

高知市総合調査

第1編

「地域の自然」

高知市総合調査受託研究成果報告書

平成21年3月

高 知 市
国立大学法人 高知大学

第1編 目次

第1章 太陽系の中の地球・高知

第1節 地球・人類の誕生	1
(1) 私たちの中の宇宙, 私たちは星の子供	1
(2) 太陽系の誕生	4
(3) 地球の仲間たち -新しい太陽系のイメージ-	7
(4) ハビタブル・プラネット -生物が生存できる惑星-	10
(5) 宇宙からの来訪者, そして宇宙の高知	12
第2節 高知市の地学的位置づけ	14
(1) 大山脈の上の高知	14
(2) プレートテクトニクス	15
(3) 帯状の地質構造	16
トピックス	
1. 鳥形山はハビタブル・プラネット形成に 貢献	18
2. 蛇紋岩は地球温暖化防止に貢献するか	19
3. 高知市を原産地とする鉱物 ストロナルス石	19
4. 高知の地震・雷・火事・大山風	19

第2章 地質分野

第1節 日本の地質	23
(1) 日本列島の地球科学的特徴	23
(2) 日本列島の地質分布と地体構造区分	24
(3) 先第三系の地体構造区分	24
a. I型地質体分布地帯	24
b. II型地質体分布地帯	24
第2節 高知の地質	25
(1) 概要	25
(2) 三波川帯	25
(3) 秩父累帯	26
a. 秩父帯	26
b. 黒瀬川帯	27
c. 三宝山帯	27
d. 秩父累帯の白亜系	29
(4) 四万十帯	30

(5) 火成岩類	31
a. 上八川-池川構造線の添う珪長質 火成岩類	31
b. 足摺岬花崗岩体	31
c. 沖の島-柏島花崗岩類	32
d. 室戸岬はんれい岩	34
(6) 第四系	35
(7) 鉱産物資源	35
a. 石灰岩	35
b. 超塩基性岩(蛇紋岩)	36
第3節 黒瀬川帯の地質	37
(1) 黒瀬川帯の認定基準と産状	37
(2) 黒瀬川帯の地質と形成	38
a. 黒瀬川構造帯構成要素	38
b. 黒瀬川帯の起源と形成過程	39
トピックス	
1. 放射線から見た地質	43
2. 室戸岬はなぜ三角形なのか	44
3. 四万十川の穿入蛇行	45
4. 四国で天然ダイヤモンド発見される	45
5. 地球化学図 -化学の目で見る地質-	46

第3章 土 壤

第1節 土壌とは	49
(1) 土壌ってどんなもの?	49
(2) 土壌概念の定義	49
(3) 土壌の生成	49
a. 母材	50
b. 生物	50
c. 気候	50
d. 地形	50
e. 時間	50
f. 人為	51
(4) 土壌生成作用	51
第2節 世界の土壌	52
(1) Soil Taxonomy	52
a. Soil Taxonomyの構成と特徴	52
b. 土壌各論	54
c. Soil Taxonomyにおける土壌気候区分	56
(2) FAO/Unesco世界土壌図	57
a. 特徴土層	58

b. 識別特徴(主要なもの)	59
(3) World Reference Base for Soil Resources	61
(4) 世界の土壌資源と農業上の主要な制限因子	62
第3節 日本の土壌	62
(1) 農耕地土壌分類(第3次改訂版, 1995)	63
a. 土壌グループ	63
b. 農耕地土壌分類(第3次改訂版)における土壌群の概説	63
(2) 林野土壌の分類	75
a. 分類カテゴリー	75
b. 林野土壌の分類	75
第4節 高知県の農耕地土壌の特徴	84
(1) 高知県の地質	84
(2) 県内における土壌の分布	85
a. 灰色低地土	86
b. 褐色森林土	86
c. 黄色土	86
d. グライ土	87
e. 褐色低地土	87
f. 砂丘未熟土	87
g. 多湿黒ボク土	87
h. 黒泥土	87
i. 赤色土	87
j. 黒ボクグライ土	87
k. 黒ボク土	88
l. 暗赤色土	88
(3) 県内農耕地土壌の実態	88
第5節 高知県下の自然・農業生態系の土壌評価	90
はじめに	90
(1) 農耕地土壌の肥沃度評価および土壌区分	91
a. 緒論	91
b. 調査地点の概要	92
c. 土壌評価	112
d. 統計解析	176
e. 農地と天然生林	194
(2) 造成シバ草地生態系の熟畑化	196
a. 緒論	196
b. 調査地点の概要及び実験方法	197
c. 結果・考察	203

d. 総合考察	213
(3) おわりに—まとめにかえて—	214
トピックス	
1. 環境, 生態系と土壌	218

第4章 高知市とその周辺の地層と化石

第1節 秩父帯	219
第2節 黒瀬川帯	220
第3節 三宝山帯	222
第4節 四万十帯	222
第5節 鮮新統	224
第6節 完新統	225
第7節 産業と生活の資源区分：有用性と優位性	225
トピックス	
鴻の森の下部白亜系と代表的化石	226

第5章 南四国の地形

はじめに	227
第1節 手法	228
第2節 南四国の陸上地形	228
(1) 四国の地形概要	228
(2) 等高線図・標高分布	229
(3) 接峰面・接谷面	230
(4) 起伏量図	232
(5) 水系図	232
(6) 傾斜と傾斜方向	233
a. 傾斜	233
b. 傾斜方位	233
(7) 陰影図にみる四国の地形	234
(8) 地形断面	234
(9) 立体画像でみる四国の地形	235
第3節 地質と地形の関係	237
第4節 沈降域の地形と隆起域の地形	239
(1) 高知市周辺：沈降域の地形	239
(2) 室戸半島：隆起域の地形	240
トピックス	
1. 高知平野	242
2. 巨大地震の履歴を記録する室戸半島の隆起海浜地形とジオパーク	242
3. 深海への窓口, 海底地震総合観測	

システム室戸陸上局……………	242	フラの産状……………	264
第6章 高知県の気候・地形および 四国沖の海底地形		(4) ガスボイド……………	266
第1節 日本の気候……………	245	トピックス	
(1) 日本の気候を支配する5つの気団……………	245	南海トラフでのメタンハイドレート資源開発研究…	267
(2) 「シベリア気団」……………	246	第8章 高知市沿岸の海洋について	
(3) 日本の夏を支配する「小笠原気団」…	246	はじめに……………	269
(4) 「シベリア気団」と「小笠原気団」の 交代期に登場する「揚子江気団」…	247	第1節 黒潮について……………	269
(5) 台風は赤道海洋性気団を運ぶ……………	247	(1) 黒潮とは……………	269
第2節 高知県の気候……………	248	(2) なぜ黒潮が発生するか……………	269
(1) 概要……………	248	(3) 黒潮の特徴……………	272
(2) 気温……………	248	第2節 河川から土佐湾に注ぎ込む化学成分…	273
(3) 降水量……………	248	第3節 土佐湾での海洋状況	
(4) 日照量……………	248	—黒潮と河川による影響—	273
第3節 高知県の地形……………	249	まとめ……………	274
(1) 概要……………	249	トピックス	
(2) 山地……………	249	1. 黒潮に関する呼称……………	275
(3) 河川……………	250	2. 海洋大循環……………	275
a. 物部川……………	250	第9章 四国南部沿岸域の植生史	
b. 仁淀川……………	251	第1節 照葉樹林の分布と生態……………	278
c. 四万十川……………	251	(1) 日本の照葉樹林……………	278
(4) 海岸……………	252	(2) 高知県の照葉樹林……………	278
(5) 低地(平野)……………	252	a. タブノキ林……………	279
第4節 四国沖の海底地形……………	252	b. シイ林……………	279
トピックス		c. カシ林……………	279
[高知県の全国1位]……………	255	(3) 高知市近郊の照葉樹林……………	279
第7章 土佐湾沿岸から土佐海盆の 地質と環境		第2節 花粉と花粉分析……………	280
はじめに……………	257	(1) 花粉と花粉総壁……………	280
第1節 土佐湾の海底地形と海底環境……………	257	(2) 花粉の外部形態……………	280
(1) 海底地形……………	257	(3) 花粉学……………	281
(2) 海底堆積物……………	257	(4) 花粉分析……………	281
(3) 海底地質構造……………	259	(5) 花粉分析と高知大学……………	282
第2節 土佐海盆の柱状コアからみた 土佐湾の環境変遷史……………	260	第3節 日本列島における照葉樹林の植生史…	283
(1) 海洋コアMD01-2423の概要……………	260	(1) 第四紀における照葉樹林の植生史……………	283
(2) MD012423コアの堆積年代および堆積速度…	264	a. 初期～中期更新世……………	283
(3) MD012423コアにおける鬼界アカホヤテ		b. 後期更新世……………	285
		c. 完新世……………	285
		(2) まとめ……………	286
		第4節 四国南部沿岸域の植生史……………	286
		(1) 最終氷期の植生史……………	288

a. 最終氷期初期～中期……………	288	はじめに……………	309
b. 最終氷期後期……………	288	(1) 調査地……………	309
(2) 完新世の植生史……………	290	(2) 河辺の植物群落の分布と立地環境……	310
a. 完新世初期……………	290	(3) 鏡川河川敷の植物相……………	311
b. 完新世中期……………	291	トピックス	
c. 完新世後期……………	291	きれいな花でも特定外来生物!?	320
(3) まとめ……………	292		
トピックス			
微粒炭が語る火事の歴史……………	296		
第10章 高知県の植生		第12章 高知市の蘚苔類	
第1節 高知県の植生……………	297	第1節 蘚苔類概説……………	321
はじめに……………	297	第2節 高知市市街地の蘚苔類……………	321
(1) 森林植生帯……………	297	(1) 調査方法……………	322
a. 暖温帯……………	297	(2) 高知市市街地における樹皮着生蘚苔類の	
b. 推移帯林(中間温帯林) ……	298	目録……………	322
c. 冷温帯林……………	299	(3) 1973年に確認されている種……………	324
d. 亜寒帯林(亜高山帯林) ……	299	(4) 1973年の標本を再検討した結果, 新たに	
(2) 土地的要因に結びつきの強い植生……	299	見つかった3科4属4種……………	325
a. 尾根上の針葉樹林……………	299	(5) 高知市蘚類目録(暫定版) ……	325
b. 溪谷林……………	300	トピックス	
c. 石灰岩地植生……………	300	蘚苔類……………	344
d. 蛇紋岩地植生……………	301		
e. 海岸植生……………	301	第13章 菌類・地衣類	
f. 沖積地(河川・湿地)の植生 ……	302	第1節 普遍的事項…植物	
(3) 代償植生……………	302	菌類・地衣類……………	345
a. 二次林……………	302	(1) 菌類とは……………	345
b. スギ・ヒノキ植林……………	303	(2) 系統と分類……………	345
c. 二次草原……………	303	(3) 菌類の繁殖方法……………	346
第2節 中山間地における棚田が支える		(4) 生態系における菌類……………	346
植物の多様性とその保全……………	303	(5) 菌類の栄養摂取……………	346
はじめに……………	303	a. 腐生……………	346
(1) 棚田の耕作放棄と植林……………	304	b. 寄生……………	347
(2) 棚田の放棄に伴う植生の変化と里地・		c. 共生……………	347
里山の植生の種多様性……………	304	(6) 人類とのかかわり……………	348
(3) 棚田の保全……………	305	(7) 高知県の大型菌類……………	348
トピックス		a. 大型菌類相の概要……………	349
里地・里山にあふれている有用植物 ……	308	b. 特筆すべき種……………	351
		(8) 地衣類……………	352
		(9) 地衣類の化学成分……………	353
		(10) 環境指標としての利用……………	353
		(11) 高知県の地衣類……………	353
		a. 地衣類相の概要……………	354
		b. 特徴的な種……………	355
第11章 鏡川の河辺植生と植物相			
第1節 鏡川の河辺植生と植物相……………	309		

(12) 絶滅危惧種……………	356	(1) 哺乳綱……………	383
トピックス		(2) シャーマントラップによる地上性小型哺乳類捕獲調査……………	383
地衣類は遺伝子資源の宝庫……………	357	(3) 自動撮影装置による中大型哺乳類確認調査……………	385
第14章 アメンボを指標とした高知県の温暖化現象の検討		(4) 爬虫綱……………	386
はじめに……………	359	(5) 両生綱……………	386
第1節 高知県南国市産と四万十市産アメンボの生活史と光周反応の変化……………	359	第3節 総評……………	386
第2節 アメンボの幼虫生育と産卵前期間に及ぼす光周期の影響……………	365	トピックス	
トピックス		タヌキ……………	387
1 アメンボは地球温暖化の指標生物となれるか?……………	367	第17章 鏡川淡水域の魚類相	
2 コガタウミアメンボは冬共食いで生き延びる?……………	367	はじめに……………	389
第15章 高知市の昆虫相		第1節 魚類相調査との比較……………	389
第1節 高知昆虫研究会会誌「げんせい」の報文にみる高知市の昆虫相……………	369	第2節 希少種について……………	390
第2節 2007 - 2008 年度における高知市で注目すべき昆虫類について……………	376	(1) アカザ(アカザ科)……………	394
(1) 国の特別天然記念物ミカドアゲハの生息状況……………	376	(2) メダカ(メダカ科)……………	394
(2) 分布を拡大する昆虫類……………	376	(3) カワアナゴ(カワアナゴ科)……………	394
トピックス		(4) ボウズハゼ(ハゼ科)……………	394
1. 高知に棲む昆虫は何種類?……………	378	(5) スミウキゴリ(ハゼ科)……………	395
2. 多様な昆虫がいるからこそ、害虫対策に利用可能な土着天敵も発見できる……………	378	(6) オオキンブナ(コイ科)……………	395
(7) ヤリタナゴ(コイ科タナゴ亜科)……………	395	(8) モツゴ(コイ科ヒガイ亜科)……………	395
(9) ドジョウ(ドジョウ科)……………	395	(10) マドジョウ(ドジョウ科)……………	396
(11) カマキリ(アユカケ)(カジカ科)……………	396	(12) シロウオ(ハゼ科)……………	396
第16章 高知市生物調査(哺乳綱・爬虫綱・両生綱)		第3節 移入種について……………	396
はじめに……………	381	(1) ゲンゴロウブナ(コイ科)……………	396
第1節 調査方法……………	381	(2) オイカワ(コイ科)……………	397
(1) 哺乳綱……………	381	(3) カマツカ(コイ科)……………	397
(2) シャーマントラップによる地上性小型哺乳類捕獲調査……………	381	(4) ニゴイ(コイ科)……………	397
(3) 自動撮影装置による中大型哺乳類確認調査……………	383	(5) オオクチバス(サンフィッシュ科)……………	398
(4) 爬虫綱および両生綱……………	383	(6) ブルーギル(サンフィッシュ科)……………	398
第2節 結果……………	383	(7) スゴモロコとコウライモロコ(コイ科)……………	399
		(8) ナマズ属の一種(ナマズ科)……………	399
		おわりに……………	399
		補遺	
		2008年度の魚類相調査および高知大学理学部所蔵標本で確認された種……………	401
		a. 調査地点……………	401

b. 材料と方法……………	403		
c. 鏡川の淡水域で確認された魚類リスト ……	403		
トピックス			
種の同定と標本 ……	413		
第18章 浦戸湾とその流入河川			
河口域の魚類			
第1節 浦戸湾産魚類リスト……………	416		
第2節 浦戸湾の魚類相の特徴……………	430		
トピックス			
復活した浦戸湾の魚類相 ……	474		
第19章 高知市新川川の魚類相			
第1節 新川川水系の魚類相……………	475		
第2節 新川川の魚類相の特徴……………	495		
トピックス			
アカメとハゼ類の天下 ……	533		
第20章 浦戸湾の刺し網で得られた			
カニ類			
第1節 種の記録……………	535		
第2節 浦戸湾のカニ類相の特徴……………	538		
トピックス			
“えがに” 抜きでは語れない浦戸湾……………	562		
		第21章 高知市の干潟に生息する	
		カニ類	
		第1節 確認された種……………	563
		第2節 浦戸湾の干潟のカニ類相の特徴……………	568
		トピックス	
		高知市の干潟はカニ類のホット・スポット ……	592
		第22章 土佐湾の堆積物底の	
		無脊椎動物	
		第1節 高知県の干潟の生物相……………	593
		(1) 干潟のタイプについて ……	593
		(2) 生物相……………	596
		a. 「河川水辺の国勢調査」の結果：	
		国土交通省(1997,2000, 2002)より ……	597
		b. 「第7回自然環境保全基礎調査浅海域生態系調査	
		(干潟調査)」の結果：環境省(2007)より ……	598
		第2節 土佐湾の潮下帯砂底の貝類……………	599
		(1) 調査地……………	600
		(2) 貝類相……………	600
		a. 軟体動物門……………	600
		トピックス	
		1. 高知の干潟ウェブ教材……………	603
		2. シオサザナミ ……	604

第1章

太陽系の中の地球・高知

第1節 地球・人類の誕生

(1) 私たちの中の宇宙，私たちは星の子供

画家ポール・ゴーギャンの描いた一枚の絵(図1-1)がボストン美術館にある。その絵のタイトルは「D'oùvenons-nous? Quesommes-nous? Oùallons-nous?」である。これは「我々はどこから来たのか?我々は何者か?我々はどこへ行くのか?」という意味のタイトルである。ゴーギャンはタヒチ島でどのような思いを込めてこの絵を描いたのだろうか。ゴーギャンのこの問いかけは、まさに科学の究極の目的でもある。

ここでは、まず私たちの体を作っている元素を手がかりに私たちはどこから来たのかを探ってみ

る。私たちの体を作っている元素にはどのようなものがあるのだろうか。図1-2に私たちの体を構成する、あるいは生きて行くために必要な元素を示す¹⁾。この図では、元素を「ヒトに必須な常量の元素」(H, O, C, N, Ca, P, S, Na, K, Cl, Mg), 「ヒトに必須な微量元素」(Fe, Zn, Mn, Cu, Se, I, Mo, Cr, Co), 「ヒトにたぶん必須である元素」(F, Si, Sr, Rb, Br, Pb, Al, Cd, Sn, Ba, Hg, Ni, B, As, V, Li, Be, Ge, Ag, Sb, Cs, W, Au)の3つに分けている。人間の体を作っているアミノ酸, タンパク質, 核酸, 脂肪そして糖類などを作っているのは、わずか6種類のH(水素), O(酸素), C(炭素), N(窒素), Ca(カルシウム), P(リン)という元素で人体の98.5%を占めている²⁾。この内H, O, C, N, Pという元素は、タンパク質, 核酸, 糖類や脂肪の構成成分であり, Caは骨の成分である。また, Pは核酸(DNAや

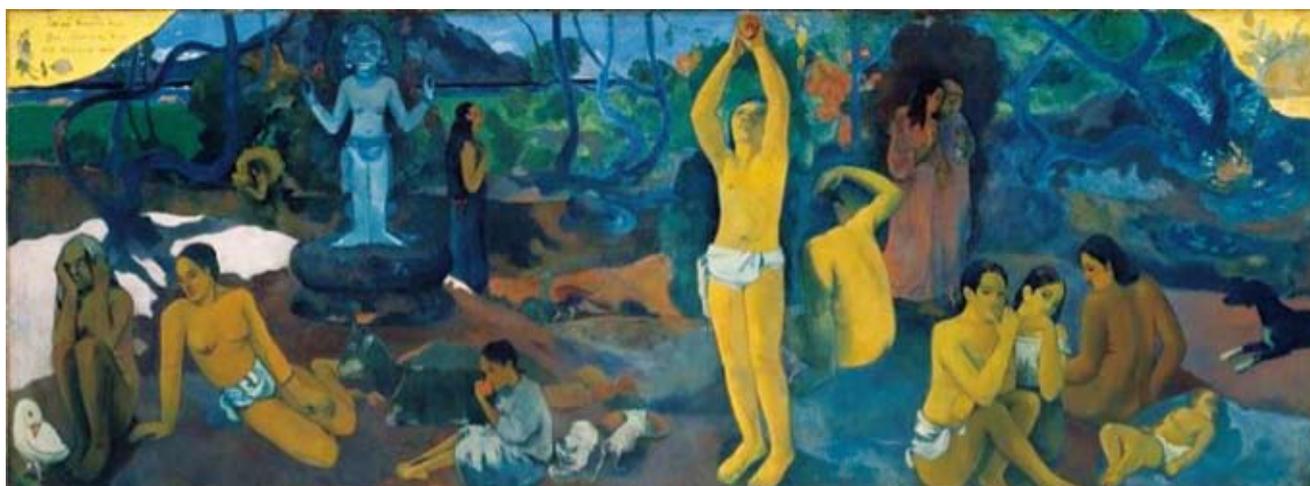


図1-1 D'oùvenons-nous? Quesommes-nous? Oùallons-nous? (英語訳: *Where Do We Come From? What Are We? Where Are We Going?*)

ポール・ゴーギャンが描いた「我々はどこから来たのだろうか?我々とは何か?我々はどこへ行くのか?」というタイトルの絵。[ボストン美術館(Museum of Fine Arts, Boston) HPより]



図1-2 生命に必要な元素.
 元素の周期律表に人に必要な元素を「必須な常量の元素」、「必須な微量元素」、「たぶん必須である元素」ごとに色分けしてある。[望月優子(2002)より]

RNA) やヌクレオシドの構成成分でもある。次に多いのは、S(イオウ), Na(ナトリウム), K(カリウム), Cl(塩素), Mg(マグネシウム)でありそれぞれ人体の0.05~0.25%を占めている。Sは含硫アミノ酸を構成する元素で、Na, K, Cl, Mgは細胞の機能を調整する働きを担っている。以上11元素で人体の99.3%を占めている。必須な微量元素も、人体中では体重1kgに対して1~100mg程度の少量で、動物実験などにより人体に必須であることがわかっている。たぶん必須である元素の中には、有毒とされている金属元素 [Cd(カドミウム), Hg(水銀)] も含まれている。これらも極々微量は、生命維持に不可欠と考えている研究者がいる。私たちが知っている103の元素の内43の元素が、私たちの体を作っているあるいは生きて行くために必要な元素であると言われている。

ここで少し視点を変えて、人体、海水、地殻、太

表 1-1 人体、海水、地殻、太陽系を構成する元素
 [平(2004)に加筆]

含有順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
人体	H	O	C	N	Ca	P	S	Na	K	Cl	Mg
海水	H	O	Cl	Na	Mg	S	Ca	K	C	N	
地殻	O	Si	H	Al	Na	Ca	Fe	Mg	K	Ti	
太陽系	H	He	C	N	O	Ne	Mg	Si	S	Ar	Fe

陽系を作っている元素存在度を比較してみる。表1-1に元素の割合の多い方から順番に並べてみた。人体と海水を見比べると、Pを除けば順番は違っているが同じ元素で出来ていることがわかる。少し乱暴であるが「海水+リン=人体」とも言える。もう少し詳しく微量元素を含めて比較したものを図1-3に示す。人体と海水の元素の割合が似ていれ

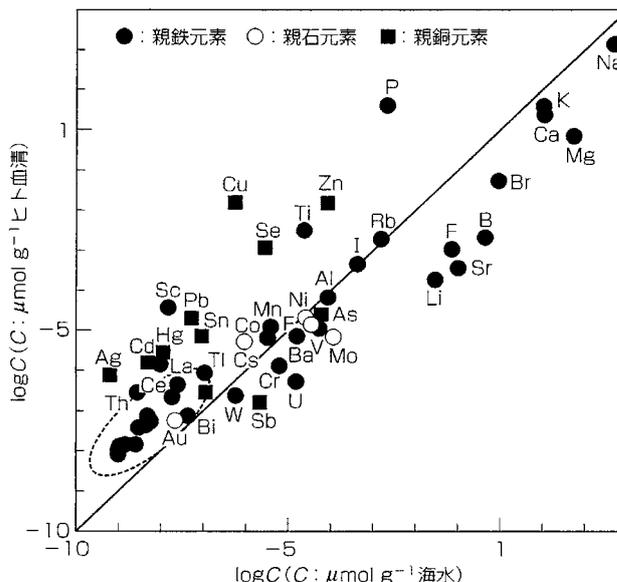


図1-3 ヒトの血清と海水中の元素濃度の相関。
 ヒトの血清と海水中の元素はほぼ直線的な関係にあり組成が似ていることがわかる。
 [桜井(2006)より]

ば、図中の直線の上にデータが来る。少しばらついてはいるが直線的な関係がある、つまり相関があることがわかる。このようなデータから、海水中で生命が発生したのではないとも言われている。一方、地殻や太陽系の元素存在度とは似ていないこともわかる。

さて私たちの体を作るたくさんの元素、あるいは地球を作っている物質を構成する元素はいったいどこから来たのか。科学はこの問いに対する答えを解明しつつある。私たちのいる宇宙は、約137億年前インフレーションと呼ばれる急激な膨張に引き続くビッグバンと呼ばれる高温高密度の火の玉として誕生した^{3),4)}。ビッグバンから3分後に最初の原子核合成が始まり、約38万年後にはHとHe（ヘリウム）の原子ガスに充満した宇宙になり、やがて原子ガスが収縮して恒星を作りその内部で起る核融合反応によりC, O, Ne（ネオン）, Mg, S, Si（ケイ素）, Fe（鉄）が作られる（図1-4）。作られた元素は、太陽程度の質量の恒星では、星の外層からゆっくり宇宙空間に放出される。一方、質量が太陽質量の数倍以上ある星では、超新星爆発と呼ばれる激しい爆発により元素を宇宙空間に放出する。その際の、爆発エネルギーによりFeより重い元素 [U（ウラン）まで] が新しく合成される。このようにして放出された元素を材料にして新しく恒星が作られその回りには惑星が形成されるということを繰り返している（図1-5）⁵⁾。その

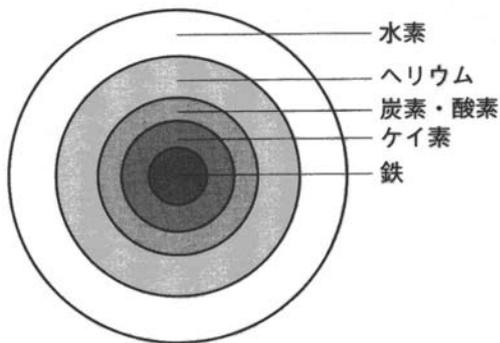


図1-4 星の中の構造。

合成された元素は重い物が中心にくる。どの元素までが合成されるかは星の質量によりことなる。太陽程度の質量では、炭素を作ったところで反応は終わってしまう。重い星ほど中心部の温度が高くなるので、より重い元素の反応が起る。[嶺重・小久保 (2004)]

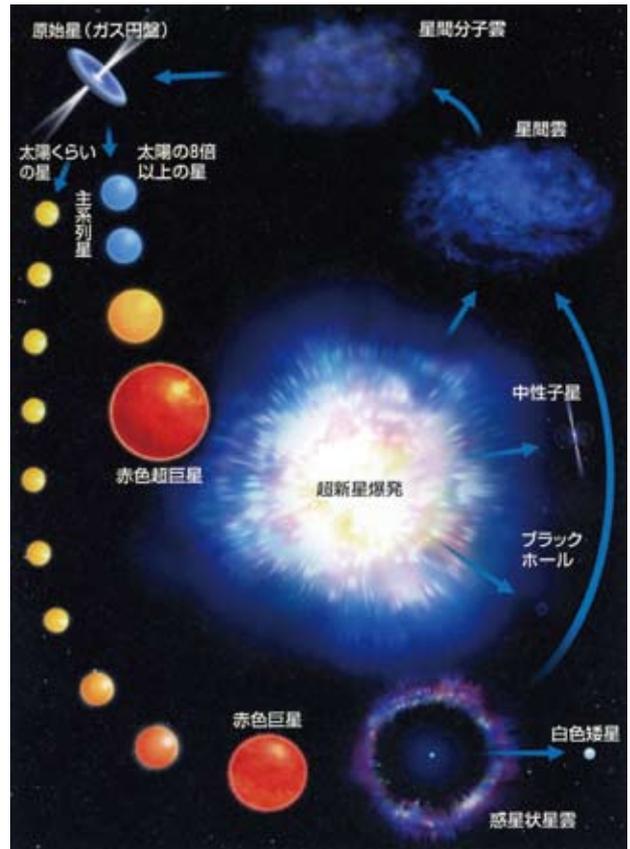


図1-5 星の輪廻転生。

太陽質量の8倍以上の星は一生の最後に、赤色巨星などから星間空間にガスを放出し、超新星爆発ではより重い元素なども合成し放出する。これらは星間雲に混ざり次の世代の星が誕生する。このような星の生と死が繰り返されている。[吉川 (2006) より]

中の一つが、我々の太陽系なのである。

では、太陽系の元素存在度を見てみよう。図1-6に現在知られている太陽系の元素存在度を示す⁴⁾。この図から7つの特徴が読み取れる：(1) 全元素存在量の99%以上をHとHeが占めている、(2) 他の元素は質量数の増加と共に減少している、(3) Li（リチウム）, Be（ベリリウム）, B（ホウ素）の存在度が周囲の元素に比べて極端に低い、(4) 質量数が4の倍数となる元素 [例えば、²⁰Ne, ²⁴Mg, ²⁸Si, ³²S, ³⁶Ar（アルゴン）, ⁴⁰Ca] の存在度が高い、(5) Feの周囲の存在度が高い、(6) Sr（ストロンチウム）, Ba（バリウム）, Pb（鉛）周辺の元素、質量数130, 195周辺の元素の存在度が高い、(7) 質量数が偶数の元素は両隣の質量数が奇数の元素に比べて存在度が高い（オッド-ハーキンス則）。このような元素存在度の特徴も、ビッグバンで作られるHやHeと恒星内部での元素合成過程に

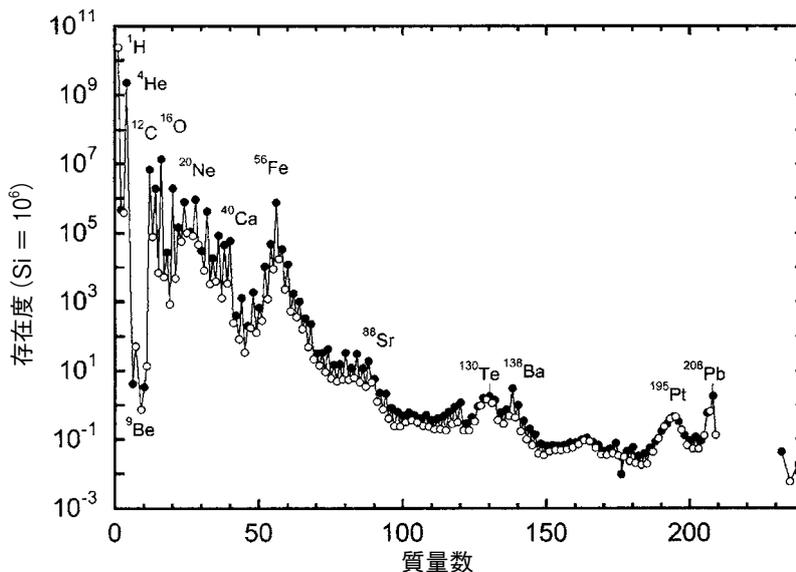


図1-6 太陽系の元素存在度.

Siの存在度を 10^6 として存在度を示す. 黒丸は質量数が偶数, 白丸は奇数を示す.
[松田・塚本(2008)より]

より説明できると考えられている. しかし, 宇宙の物質についてすべてが解明されたわけではない. 最新の観測によれば, この宇宙の組成比のうち元素が占めるのはわずかに4%で, 正体不明の光を発することのない物質「ダークマター」が20%, そして宇宙膨張に関わるエネルギー「ダークエネルギー」が76%を占めていると考えられている⁶⁾.

しかし, 私たちの体を作るのに必要な元素は, ビッグバン以来の星の誕生と死の繰り返しにより作られてきたことは確かなようである. それ故に, 私たちは「星の子供」と言えるのである.

(2) 太陽系の誕生

恒星の誕生と死の繰り返しにより恒星の内部で作られた元素が, 星間雲に混ざり次の世代の恒星とその周辺の惑星を作る材料となることを見てきた. 私たちの住む地球の属する太陽系もこのようにして出来たはずである. 太陽系を構成するメンバーは, 水星, 金星, 地球, 火星, 木星, 土星, 天王星, 海王星, 冥王星, 小惑星, 衛星, 彗星などである. 惑星の諸データを表1-2に示す⁷⁾. 水星・金星・地球・火星は岩石の地殻・マントルと鉄のコアからなる固体惑星で地球型惑星と呼ぶ. 一方, 木星・土星・天王星・海王星を木星型惑星と呼んでいたが, 最近では岩石

質の固体の周辺に厚いガス層をもつ木星と土星を木星型惑星(巨大ガス惑星), 氷・岩石質の固体の周囲に薄いガス層をもつ天王星と海王星を天王星型惑星(巨大氷惑星)と呼ぶことがある. これらの惑星はどのようにして出来てきたのかを見ることにしよう.

太陽系は今から46億年前に, 宇宙空間にまき散らされたガスと $1\mu\text{m}$ 程度の大きさのダスト(岩石や氷の塵)を材料として形成されたと考えられている^{3),8)}. 現在の太陽系形成の理論の枠組みは日本と旧ソビエトの研究者たちにより構築された. 今日もお多くの研究者が太陽系形成の過程を研究している. ここでは, 現在の標準的な太陽系形成のモデルを見ることにする.

太陽系形成モデルには二つの重要な考え方がある. 一つは, 原始太陽系円盤という考えである. 原始太陽系円盤とは, 太陽系は太陽と太陽の回りの円盤(ガスとダストからできた太陽に比べて質量の小さい)から形成されるというものである. これは, 太陽(太陽系質量の99.86%)を除く太陽系の天体の総質量が小さく, 惑星軌道がほぼ同一平面内にあることから要請される条件である. 二つ目は, ダストから形成される微惑星(～数km)と呼ばれる小天体が衝突合体して固体成分だけからなる惑星が形成されるというものである. つまり, 固体成分が先に形成されると考えるのである. 表面にガスを持つ惑星でも, その

	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	
質量 ($\times 10^{23}$ kg)	3.302	48.685	59.736	6.4185	18986	5684.6	868.32	1024.3	質量 ($\times 10^{23}$ kg)
平均半径 (km)*	2440 \pm 1	6051.8 (4 \pm 1)	6371.0 (1 \pm 2) . 6378.136	3389.9 (2 \pm 4) 3397 \pm 4	6991 \pm 6 71492 \pm 4	58231 \pm 6 60268 \pm 4	25362 \pm 12 25559 \pm 4	24624 \pm 21 24766 \pm 15	平均半径 (km)* 赤道半径 (大気圧が 1 気圧相当の半径) <i>a</i> 極半径 (上と同様) <i>b</i> 扁平率 $f = (a - b) / a$
長半径									
扁平率			1/298.257	1/154.409	0.06487	0.09796	0.02293	0.0171	
密度 (g/cm ³)	5.427	5.204	5.515	3.933 (5 \pm 4)	1.326	0.6873	1.318	1.638	密度 (g/cm ³)
自転周期	58.6462 日	-243.0185 日	23.93419 時間	24.622962 時間	9.92425 時間	10.65622 時間	17.24 \pm 0.01 時間	16.11 \pm 0.01 時間	自転周期 (表面模様 から) 自転周期 (磁場など から)
重力 (m/s ²)									
極での 赤道での									
慣性モーメント	0.33	0.33	0.3308	0.366	0.254 0.267	0.210 0.231	0.225 0.232	0.239	重力 (m/s ²) 極での 赤道での 慣性モーメント 上限値
核半径 (km)	~1600	~3200	3485	~1700	0.0261	0.1027	0.0012		岩石核の質量比
太陽定数 (W/m ²)	9936.9	2613.9	1367.6	589.0	50.5	15.04	3.71	1.47	太陽定数 (W/m ²)
平均地表温度 (K)		735	270	210	165 \pm 5	134 \pm 4	76 \pm 2	72 \pm 2	気温 (1 気圧の位置) (K)
アルベド (幾何学的)	0.106	0.65	0.367	0.150	0.52	0.47	0.51	0.41	アルベド (幾何学的)
自転軸の傾き (度)	~0.1	177.3	23.45	25.19	3.12	26.73	97.86	29.56	自転軸の傾き (度)
公転周期 (年)	0.2408445	0.6151826	0.9999786	1.88071105	11.866523	29.423519	83.747407	163.72321	公転周期 (年)

*体積=球の体積として求めたもの。

表1-2 太陽系惑星の諸データ

[平(2001)より]

中心にある固体成分が先に作られると考える。

原始太陽系円盤は、HとHeを主成分とするガスと岩石・氷のダストから出来ている(図1-7 1, 2). ダストは、太陽から3天文単位(太陽-地球間距離の3倍)の距離までは岩石(珪酸塩や金属)、それ以遠では氷(水, アンモニア, メタン)を主成分とするものである。このダストの主成分の違いが、惑星の組成の違いに反映されてゆく。3天文単位の位置を雪境界線と呼ぶ。

原始太陽系円盤の中のダストは、太陽の回りを公転しているが、太陽からの重力の円盤に垂直な成分によって円盤の中心面に引かれて集まるようになる(図1-7 2)。また、ガスの抵抗力により運動エネルギーを失い、らせんを描きながら太陽に落ちてゆく。その間にダストは衝突合体して数キロの大きさになると慣性が大きくなるのでガスからの抵抗があっても太陽に落ちることはなくなる。この数キロの大きさになったダストを微惑星と呼ぶ(図1-7 3)。雪境界線の内側では岩石質の岩石微惑星が、外側では氷微惑星が形成される。

微惑星は太陽の回りをほぼ同一平面上をほぼ円を描いて回りながら、互いの重力で軌道を乱し時々衝突合体しながら成長してゆく。質量の大きな微惑星ほど重力が大きいので、周囲から微惑星を集め大きく成長する。大きくなった微惑星を原始惑星と呼ぶ(図1-7 4)。この時、原始惑星は太陽の重力と原始惑星の重力の兼ね合いである決まった間隔で形成される。原始惑星の質量が大きく太陽からの距離が大きいほど、原始惑星の間隔は広がる。原始惑星の材料となる微惑星の組成を反映して、雪境界線の内側では岩石質で、外側では氷質の原始惑星が形成される。地球型惑星領域の原始惑星は、おおよそ100万年かけて地球質量の十分の一程度の質量になる。木星型惑星領域では、1000万年~1億年かけて地球質量の5~10倍の質量になる。そして天王星型惑星領域では、1億年~10億年かけて地球質量の15~20倍の質量になる。シミュレーションの結果から、太陽系全体で原始惑星の数は数十個くらい作られるとされている。

地球型惑星領域では、原始惑星同士の衝突合体に

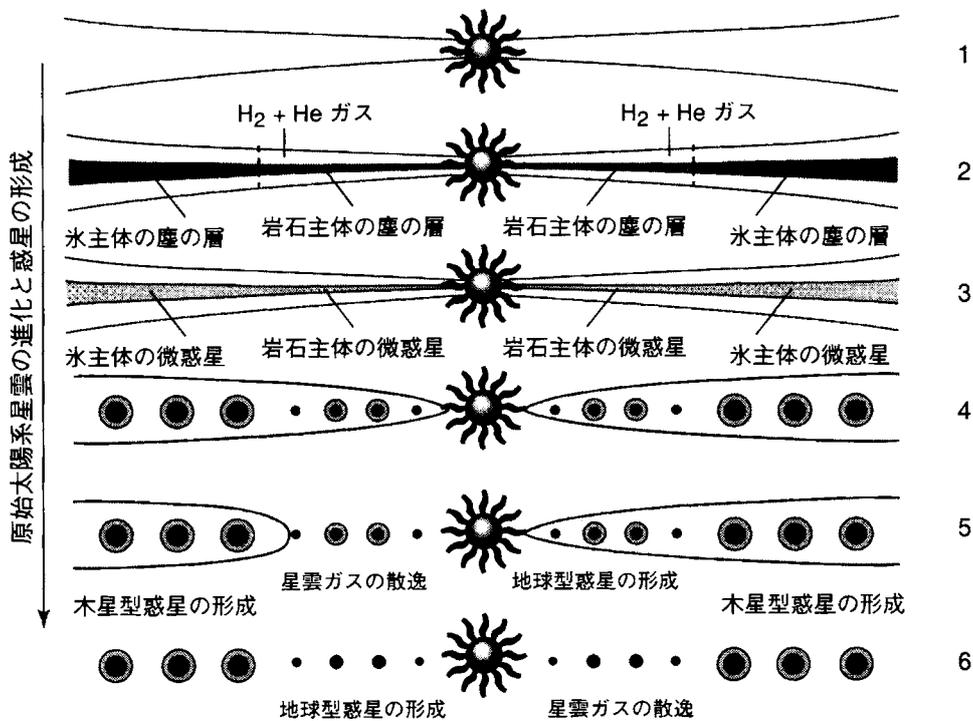


図1-7 太陽系形成の標準モデル。

原子太陽系円盤のダストが沈殿し(2)、微惑星が形成され(3)、惑星が集積していく(4~6)。(5)と(6)では、星雲ガスの散逸後に地球型惑星が形成されるモデル(左側)と、地球型惑星が星雲ガスの中で形成されるモデル。[平(2001)より]

より数千万年から数億年で最終的に数個の惑星が形成される(図1-7 5, 6). 木星型惑星領域では, 原始惑星の集積により大きな原始惑星を形成しそれが固体核となり周りにガスを集め巨大ガス惑星に成長する(図1-7 5, 6). しかし, 天王星型惑星の領域では, 原始惑星の成長に時間がかかるのでガスを集積できる大きさになったころにはすでに原始太陽系円盤ガスは消失しているので厚いガス層を持つことはなく巨大氷惑星が形成されることになる. ただ, 星雲ガスの散逸時期については, 地球型惑星の形成前と後の二つの説がある.

以上が標準太陽系形成モデルと呼ばれるものである. おおむね太陽系の現状を説明するモデルと言えるが, まだまだ課題が残されており研究が進められている.

地球型惑星領域では, 原始惑星や微惑星の衝突合体により原始惑星が成長し惑星が出来るというモデルであった. 月や水星の形成について, 原始惑星が衝突するモデル(ジャイアントインパクト説)が提唱されている(図1-8)⁷⁾. 月の形成モデルとして提唱

されているジャイアント・インパクト説は, 原始地球に火星サイズの天体が斜め衝突して地球のマントル物質から月ができたというものである. また, 水星はその大きさに比べて密度が異常に大きいため, やはり原始水星に原始惑星が衝突してマントルが吹き飛ばされたことにより金属コアの割合が増え, 大きさの割に密度が高くなったという説である.

(3) 地球の仲間たち
—新しい太陽系のイメージ—

2006年8月のプラハで開催された国際天文学連合(IAU)総会で決議された事項が, ニュースとして世界中を駆け回った. それは, 太陽系の惑星は水星, 金星, 地球, 火星, 木星, 土星, 天王星, 海王星そして冥王星の9つとしていたのを, 冥王星をはずした残りの8つを惑星とするというものである.

なぜこのような決議がされ, 冥王星が惑星でなくなったのか^{9), 10)}. それには近年の観測技術の向上が大きく影響をしている. 冥王星は1930年に発見さ

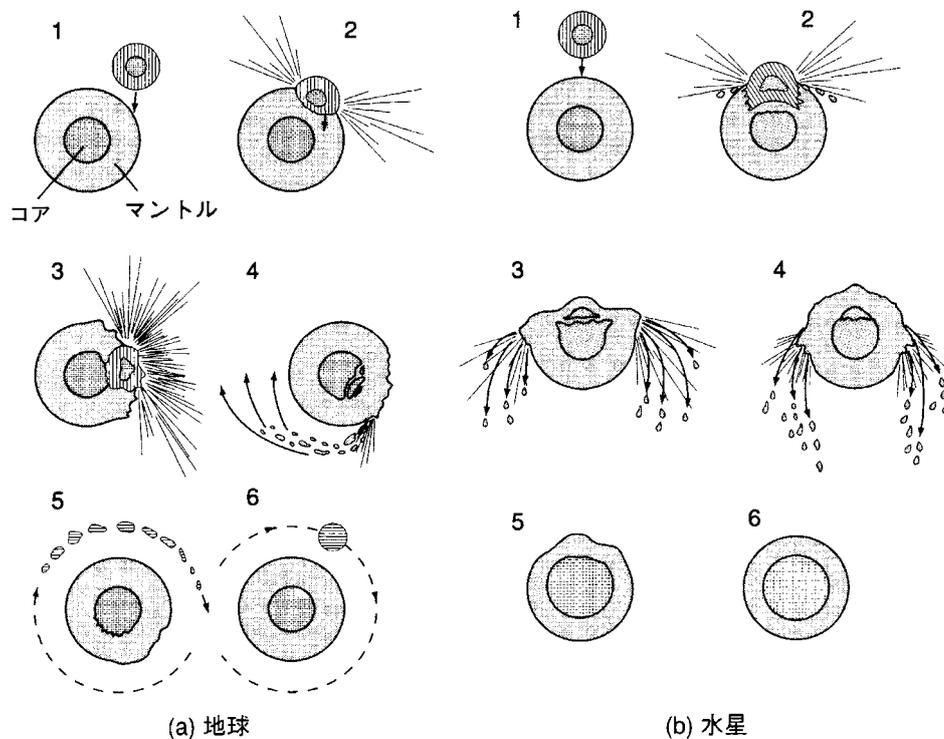


図1-8 地球と水星におけるジャイアント・インパクト.

(a)原始地球に火星サイズの原始惑星が斜め衝突して地球のマントル物質から月ができるというモデル.
(b)原始水星にやはり原始惑星が衝突して水星マントルを吹き飛ばし, 原始水星と衝突した原始惑星のコアが合体するというモデル. [平(2001)より]

れ、発見当初は地球よりも大きな質量を持つ惑星と考えられていた。しかし、1978年に発見された衛星カロンの観測から、質量は地球の1/400(月よりも小さい)に過ぎないことがわかった。そして、1992年以降に冥王星に似た軌道をもつ天体が数多く発見され、中には冥王星よりも大きなものがあることが分かかってきた。2006年のIAU総会の決議はこれらの観測事実と理論的研究の成果を反映したものであった。2006年のIAU決議の本質は冥王星の降格問題ではなく、太陽系外縁天体と呼ばれる天体の発見により太陽系の広がり認識され、その構造と歴史の理解が進んだことに対応するための決定だったと言える。実は、惑星の定義は今回が初めてで、これまでどのような天体を惑星と呼ぶかは決まっていなかったのである。

2006年8月のIAU総会で惑星の定義について次のように決議された。

- ① 次の3つの条件を満たす天体を planet と呼ぶ。
 - (a) 太陽の回りを回っている
 - (b) 質量が十分大きいために自己の万有引力で強くまとまり、ほぼ球形(流体力学的平衡の形状)になっている
 - (c) その軌道の領域で他の天体を力学的に一掃している
- ② 上記の(a), (b)は満たすが(c)を満たさない、かつ衛星でない天体を dwarf planet と呼ぶ。
- ③ 太陽のまわりを回っている他の天体は small solar system bodies と呼ぶ。

この定義に従い冥王星は dwarf planet とされた。

IAUの決議した太陽系天体の新しい分類をうけて日本学術会議では、日本語の名称の検討ならびに解説に関する報告書を2007年に出した^{9), 10)}。その報告書によれば、

- ① 惑星 (planet): 水星・金星・地球・火星・木星・土星・天王星・海王星の8つである。これらの惑星は、ほぼ同じ面内を運動している。冥王星は惑星ではない。
- ② 太陽系外縁天体 (TNO=trans-Neptunian objects): 単に外縁天体でもよい。海王星を超えて非常に遠くまで分布する多数の小天体のグループで、冥王星もその一員である。1992年以降すでに1000個以

上発見され、TNO, エッジワース・カイパーベルト天体などとも呼ばれてきた。その中で冥王星と2003年に発見されたエリスは直径2000kmを越え、それ以外にも直径1000km以上と推定されるものが数個発見されている。また、軌道が冥王星軌道の10倍以上遠くまで広がっている天体もある。

- ③ 準惑星 (dwarf planet): 2007年4月現在、太陽系外縁天体である冥王星とエリス、小惑星帯で最大のケレスの合計3つが、準惑星とされている。ある天体が準惑星かどうかの判定が難しいことなどからその定義はさらなる検討の余地があること、また高校までの学校教育に必要なレベルを超えると判断したことから、当面この概念の積極的な使用は推奨しない。また、仮訳として与えられた「矮惑星」の名は推奨しない。

- ④ 太陽系小天体 (small solar system bodies): 惑星、準惑星、衛星以外の太陽系のすべての天体。すなわち、ケレスを除く小惑星、冥王星とエリスを除く太陽系外縁天体、彗星がこれに含まれる。

- ⑤ 冥王星型天体 (英語名称は未定): 太陽系外縁天体でもあり準惑星でもある天体をさす。すなわち外縁天体の中で大きなものに対応する新しい天体カテゴリーで、2006年のIAU総会で決議された。英語名称はなお検討中だが、日本での名称は「冥王星型天体」とすることを、先の第一報告で推奨した。2007年4月現在、冥王星とエリスの2つだけだが、他にも準惑星の基準を満たしそうな外縁天体があり、今後、冥王星型天体は増える可能性がある。という名称と定義を推奨するというものである。新しい太陽系のイメージを図1-9から図1-11に示す。

分類名の変更も大きな事ではあるが、従来の「水金地火木土天海冥」が太陽系の広がりではなく、太陽系外縁天体の発見により冥王星の先まで太陽系がさらに広がりをもつものであることが認識されるようになったことが重要なことである。もしかすると、長周期彗星(周期200年以上)の故郷として推定されているオルトー雲にいたるまで天体の分布は続くのかもしれない。

2006年のIAU総会の決議をうけて惑星の定義を満たすのは8つの惑星になったのであるが、2008年2月に神戸大学の研究者により、太陽系外縁部に惑

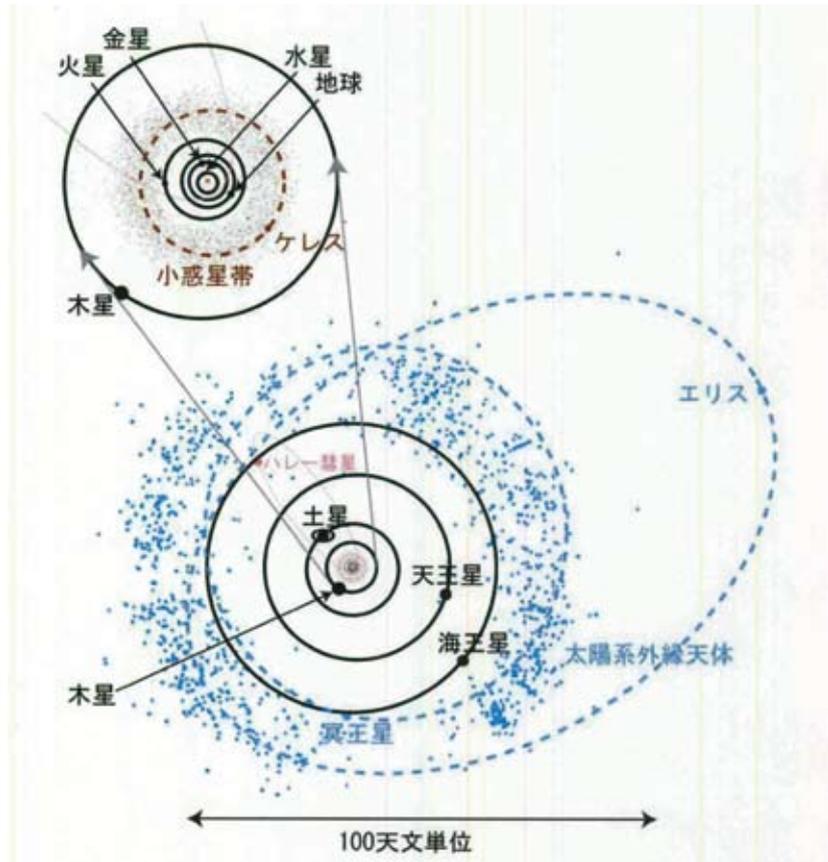


図1-9 太陽系の新しいイメージ (1).

水星・金星・地球・火星・小惑星帯・木星・土星・天王星・海王星の軌道はほぼ同一平面上にある。他の天体の軌道は必ずしもこれと同じ平面上にはない。準惑星と定義されたケレス、冥王星、エリスの軌道は波線で描かれている。ケレスは小惑星に、冥王星とエリスは太陽系外縁天体に属する。太陽系外縁天体に属する準惑星を「冥王星型天体」と呼ぶ(現在は、冥王星とエリス)、外縁天体の中には他にも大きなものがいくつかあり、今後の観測で「冥王星型天体」に分類される天体が増える可能性がある。[日本学術会議(2007)より]

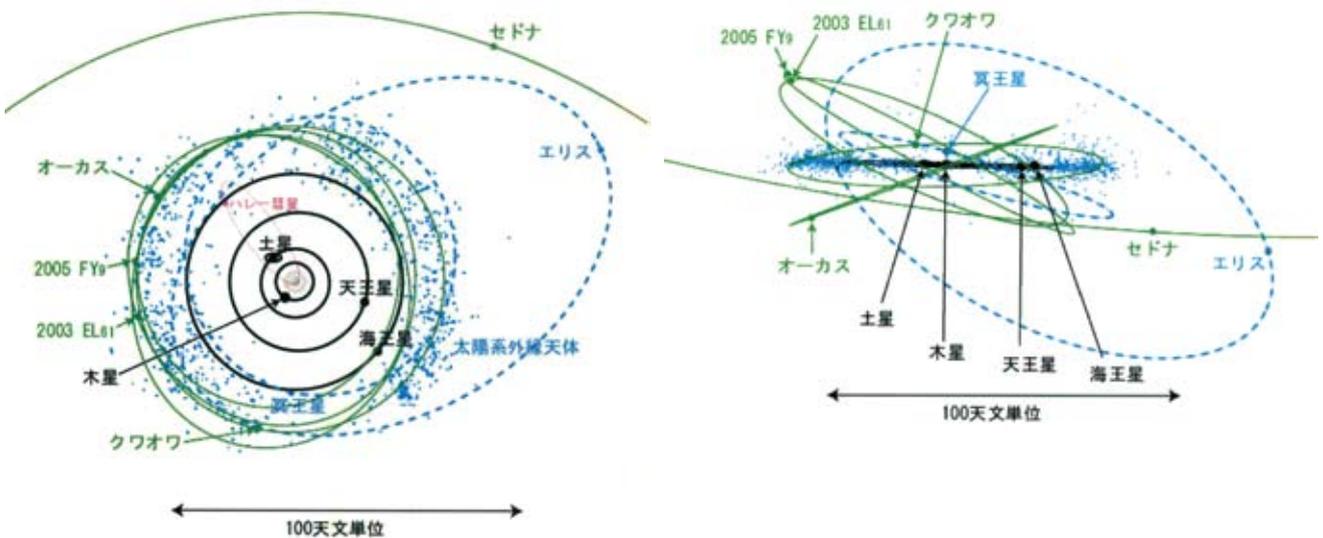


図1-10 太陽系の新しいイメージ (2).

直径が1000km以上と推定されている小天体の軌道を追加。右側の図は黄道面に沿って(横から)見た図場合で、太陽系の内側はほぼ平らで同一平面上にあるが、外側に行くほど上下に広がっている。[日本学術会議(2007)より]

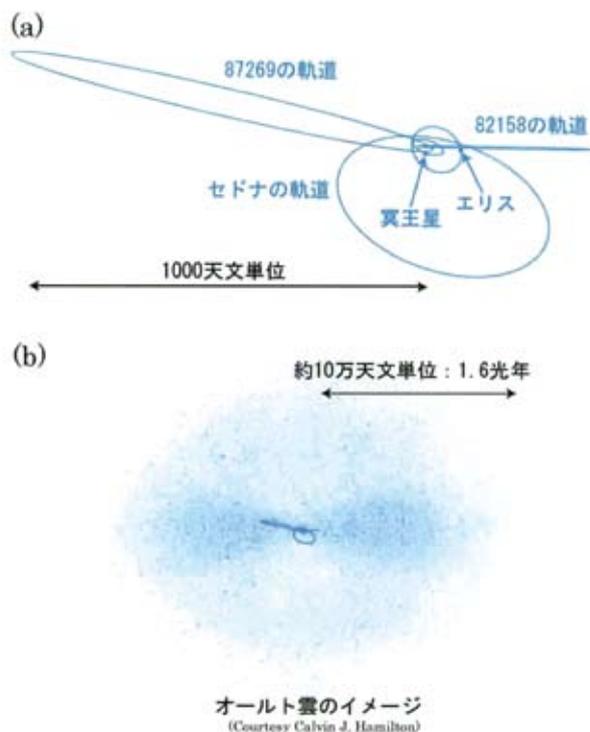


図1-11 太陽系の新しいイメージ (3) 太陽系のさらなる広がり。

(a) 特に大きな軌道長半径をもつ外縁天体の軌道を黄道面から測って30度方向から見た図。(b) オルトー雲のイメージで、長周期彗星の軌道分布から推定されている天体の集まりであるがまだ発見されていない。(a)で示した軌道も(b)図では中心の一点と見分けがつかない(参考のために実際の20倍のサイズで描いてある)。外縁天体の分布はオルトー雲につながっているのかも知れない。[日本学術会議(2007)より]

星クラスの天体が存在する可能性が報告された¹¹⁾。予測によれば、その未知の天体の軌道は、近日点距離が80天文単位以上、軌道長半径は100-175天文単位、軌道傾斜角20-40度で、その質量は地球の質量の0.3-0.7倍というものである。未知の惑星を探索するのはこれからであるが、新たな惑星と呼べる天体が見つかるかもしれない。

(4) ハビタブル・プラネット —生物が生存できる惑星—

生物が生存できる惑星をハビタブル・プラネット (Habitable planet) という。地球型の生物を考えると液体の水が、生命の発生および生存のために必須である。それで、液体の水が惑星表面に存在できる

条件を満たす範囲をハビタブル・ゾーンと呼ぶ。

地球表面の三分の二を海が被っている。そのため「水の惑星」とか「水惑星」と呼ばれることがある。水惑星ができるための3つの条件がある³⁾：(a) H_2O が惑星に供給される、(b) H_2O が惑星の表面に存在する、(c) H_2O が液体の水になる。

第一番目の条件であるが、地球形成時に H_2O は含水鉱物として取り込まれていたと考えられる。含水鉱物は加熱されると分解して H_2O をはき出す。地球形成時の微惑星は平均で1%程度の H_2O を含んでいたという推定がある。現在の海水の質量は地球質量の0.027%にしかすぎないので、40倍もの H_2O が地球形成時にはあったことになる。これは、太陽系形成時の組成を残していると考えられている隕石(炭素質隕石)の含水率が6%であり、地球形成材料の15%くらいは炭素質隕石のようなものであったという推定に基づいたものである。

次に二番目の条件であるが、微惑星が衝突するときには含水鉱物が分解して気体の H_2O が放出される。これを衝突脱ガスと呼ぶ。しかしガスはやがて宇宙空間に逃げてゆく。気体の H_2O を逃がさないためには、惑星の質量がある程度大きくなり重力により大気として H_2O を引き留める必要がある。大気を保持できる惑星のサイズは、火星サイズ、つまり地球質量の十分の一よりも少し大きい程度が必要と考えられている。

最後の条件であるが、 H_2O が液体の状態になるには、ある温度・圧力条件が成立する必要がある。水は、温度と圧力により気体・液体・固体といった異なる状態をとる(図1-12)。温度条件としては0.01℃から374.1℃の間でなければ液体の水にはならない。圧力は、大気中の水蒸気の圧力が、その大気の温度における飽和水蒸気圧より高い必要がある。飽和水蒸気圧よりも低いと、 H_2O はすべて蒸発してしまい惑星表面に液体の水は存在しなくなる。惑星表面の温度は、太陽から貰うエネルギー(太陽放射)と惑星大気による温室効果により決まる。太陽放射は太陽に近ければ大きく、距離が離れるにつれて小さくなる。太陽に近い惑星では、太陽放射の量が大きく H_2O が蒸発して大気中の水蒸気が増え、水蒸気は温室効果があるのでさらに惑星表面の温度を上げ H_2O が蒸発

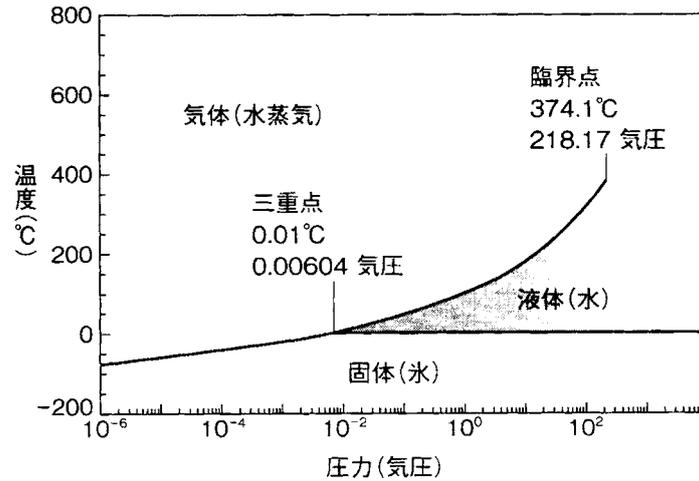


図1-12 液体の水が表れる温度・圧力条件.

H₂Oは水蒸気(気体), 水(液体), 氷(固体)の3つの状態に温度・圧力の変化に応じて変化する. 水蒸気と氷, 水蒸気と水の境界線の圧力が飽和水上気圧になる. [嶺重・小久保(2004)]

してなくなるまで続く暴走温室状態になり液体の水は惑星表面には存在できない. 逆に, 太陽から遠いところでは太陽放射が小さくなり, 大気中の温室効果ガスの影響が小さい場合にはH₂Oは凍ってしまい, 極端な場合には全球凍結という状態になる. 液体の水が惑星表面に存在できる条件というのは, この極端な状態の間である. 正味太陽放射が70~310Wの範囲, つまり金星より遠く火星よりも近い範囲となる. さらに, 大気圧はあまり高すぎず(H₂O以外の気体量は600気圧程度以下), かつ十分なH₂Oの量(地球の海水質量の三十分の一以上)が存在する必要がある.

ところで, 惑星表面にH₂Oが多いほどハビタブルなのであろうか. 現在の太陽系において, 地球と同じ大気をもつ惑星について次の2つのケース:

- (a) 地球のように水を多量にもち広い緯度範囲にまたがる海洋を通じて自由に水が移動できる惑星
 - (b) 水が少なく, 連続しない小さな湖が分布する惑星
- についてハビタブル・ゾーンを求めた結果を図1-13に示す¹²⁾. H₂Oの少ない惑星のハビタブル・ゾーンの方が広く, H₂Oを多量にもつ地球のような惑星のハビタブル・ゾーンは非常に限られていることがわかる. もちろん, H₂Oの少ない惑星の場合, 低緯度帯では乾燥してしまうが, 中緯度には液体の水が分布することが分かっている.

なぜこのような結果になっているのだろうか. 惑



図1-13 ハビタブル・ゾーン.

大量のH₂Oをもつ惑星の場合には, 現在の地球軌道の極近傍にしかハビタブル・ゾーンは存在しない. しかし, 少量のH₂Oを持つ惑星の場合には金星よりも遠く火星より内側で地球軌道に近いところまでハビタブル・ゾーンは存在する. ハビタブル・ゾーンでは液体の水が惑星表面に存在するので生命が存在可能となる. [宮本・橋・平田・杉田(2008)より]

星表面の温度が高ければ暴走温室状態になり水はすべて蒸発してしまう, 逆に寒冷になり雪氷が惑星表面を覆うと白くなり太陽光を反射してしまうので吸収する太陽光が減少しさらに寒冷化が進む(アイスアルベド効果)ので全球凍結という状態になってしまう. H₂Oが多い惑星ではこれらの二つの効果も強いということである.

少し現在の地球について考えてみよう。現在の地球の平均気温は15℃(288K)であるが、惑星の温度はこれまでみてきたように、太陽放射と惑星大気による温室効果により決まっている¹³⁾。仮に大気の温室効果がなければ地球の温度は、シュテファン・ボルツマンの法則($\sigma T^4 = E$; T:温度, E:放射エネルギー)にしたがって温度は決まる。この場合、地球における太陽定数が1368W/m²なので温度は5℃(278K)となる。しかし、実際の地球のアルベド(反射率)の値(=0.3)を導入すると-18℃(255K)となる(図1-14)。現在の地球の平均気温は15℃であるから、地球大気の温室効果により33℃ほど暖められていることになる。地球大気の組成は、窒素(78.1%)、酸素(20.9%)、アルゴン(0.9%)で、温室効果ガスの二酸化炭素はわずかに0.036%程度、水蒸気は変動があるが平均で約1%程度である。温室効果としては水蒸気の効果が大きいが、人為的に量をコントロールできないので現在問題になっている地球温暖化では二酸化炭素の排出が議論されている。

金星は太陽に近いので、大気がないときの温度でも55℃になるが、大気がほとんど二酸化炭素(96%)なので温室効果がきわめて大きく実際の表面温度は430℃になっている。火星は、地球よりも太陽から遠いので大気がない場合の温度は-50℃であるが、火星大気にも金星に比べればわずかだが大気[二酸化炭素(95%)]があるので多少の温室効果があり実際の表面温度は-45℃になっている。

このように、地球の表面に液体の水があるというのはきわめて限られた条件の上になり立っているのである。ところで、金星や火星と比べると地球にはどうして二酸化炭素が少ないのであろう。原始太陽系円盤の中で、極端に組成が違っていたとは考えられない。地球の初期には二酸化炭素の大気があったはずである。大気中のCO₂を取り除く重要な働きをしていると考えられているのが、この地球上の水の循環だと考えられている⁷⁾。大気に含まれているCO₂は炭酸として雨水に溶けこみ、炭酸を含む雨が陸地の岩石の一部(Ca)を溶かし出す。雨水は溶かし出した成分とともに河川から海へと流れ込み、海に流入した水は再び蒸発して雨となるが、岩石から溶かし出された成分は蒸発しないために海に蓄積してゆく。やがてその濃度が一定値以上に達すると、炭酸カルシウム(CaCO₃)などの炭酸塩として海底に沈殿する。こうして気体だったCO₂が固体の岩石に変わって行くと考えられている。また、現在ではサンゴなどの殻を作る生物が炭酸塩の沈殿を促すのに重要な役割を果たしている。

(5) ^{そら}宇宙からの来訪者、そして^{そら}宇宙の高知

日常生活の中で宇宙を感じることはないかもしれないが、時には私たちの目を宇宙に向けさせる出来事が起きる。そんな事件を紹介する。昭和21(1949)年11月20日夜8時頃、棧橋通に隕石が落下した。こ

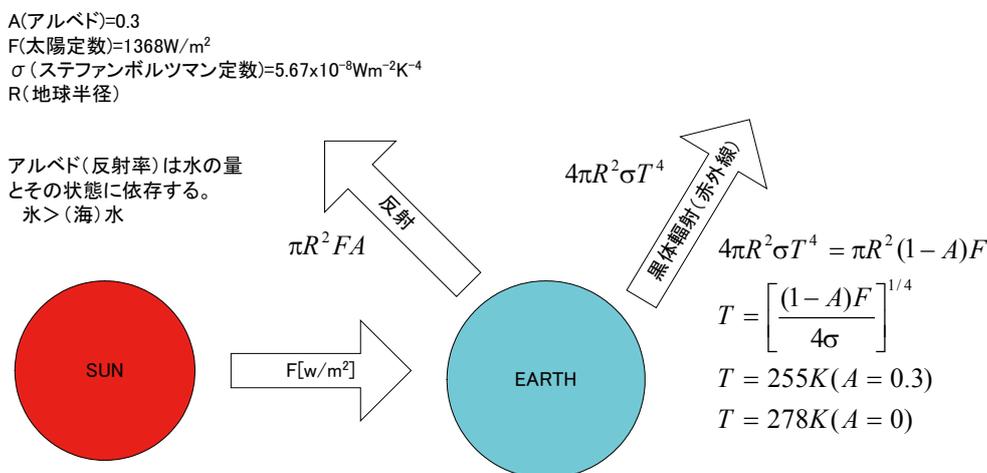


図1-14 太陽放射と地球放射による地球温度の決定。

地球のアルベド(反射率: A)がゼロの場合には地球表面の温度は5℃(278K)になり、アルベド(A)が0.3の場合には-18℃(255K)になる。現在の平均気温が15℃なので、大気による温室効果は33℃ということになる。

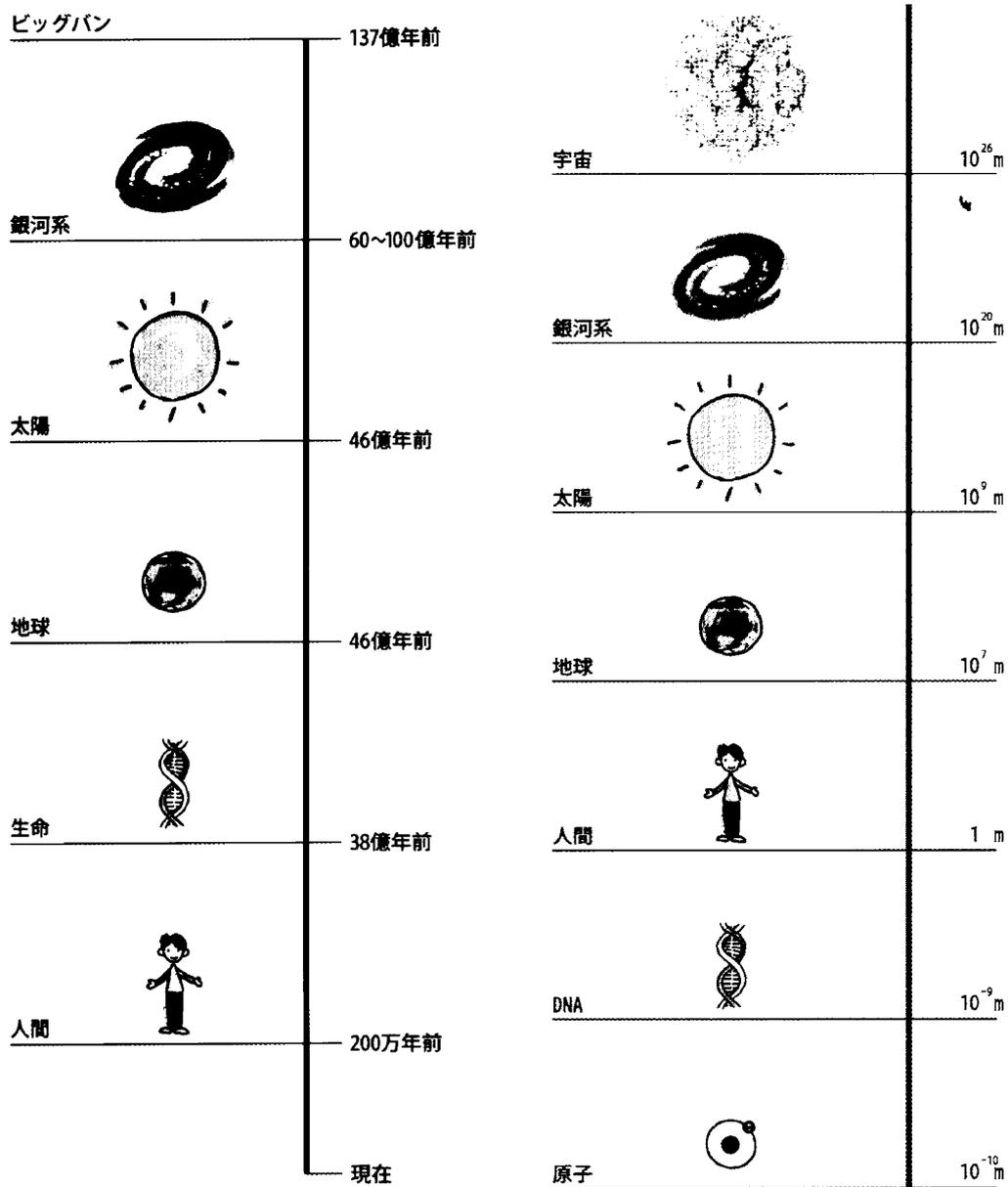


図1-15 私たちの住む世界の時空間スケール。
 時間スケール：宇宙の始まりビッグバンから現在まで，空間スケール：宇宙から原子まで
 [嶺重・小久保(2004)より]

の隕石は高知県の天然記念物にも指定され、「高知隕石」と呼ばれている。また、国内最大級の石鉄隕石として有名な「在所隕石」が、明治31(1898)年2月1日午前5時頃に香美郡香北町(現、香美市)に落下している。在所隕石が落下した地点には記念碑も建っている。隕石は太陽系の元素存在度に関する情報だけでなく、私たちの住んでいる地球のことを知るためのたくさんの情報を提供してくれる。

地上に落ちてくる隕石の故郷の一つは、火星と木星の間に存在する小惑星帯だと考えられている。この小惑星帯には、何十万もの小惑星が発見

されており、その総数は数百万もあると推定されている。この小惑星帯に「高知」、「播磨屋橋」、「桂浜」、「鏡川」、「上町」、「五台山」、「筆山」などがあるのをご存じだろうか。これらは高知市出身の著名なコメットハンター関勉さんが発見し、提案した名前を国際天文学連合(IAU)が承認したものである。正式にはそれぞれ「2396Kochi」、「2582Harimaya-Bashi」、「2961Katsurahama」、「4256Kagamigawa」、「4496Kamimachi」、「7094Godaisan」、「7235Hitsuzan」である。名前の前の番号は、小惑星の軌道が確定された際につけられる小惑星番号である。

宇宙の誕生(137億年)から地球の誕生(46億年)までの出来事を見てきた。このとてつもなく長い時間の流れと広大な空間の中で私たちは生きている(図1-15)。私たちは「星の子供」であり、生命の発生と進化に必要な液体の水が存在する希な惑星「地球」で暮しているのである。

引用文献

- 1) 望月優子, 元素誕生の謎にせまる 増補版 解説, 理化学研究所, 2002.
- 2) 桜井 弘, 生命元素事典, オーム社, 2006.
- 3) 嶺重 慎・小久保英一郎編著, 宇宙と生命の起源, 岩波書店, 2004.
- 4) 松田准一・坂本尚義, 宇宙・惑星化学, 培風館, 2008.
- 5) 吉川 真, 図解雑学よくわかる宇宙のしくみ, ネットメ社, 2006.
- 6) 井田 茂・佐藤文衛・田村元秀・須藤 靖, 宇宙は地球であふれている, 技術評論社, 2008.
- 7) 平 朝彦, 地球のダイナミクス, 岩波書店, 2001.
- 8) 井田 茂・小久保英一郎, 一億個の地球, 岩波書店, 1999.
- 9) 日本学術会議物理学委員会 IAU 分科会及び天文学・宇宙物理学分科会, 対外報告「第一報告: 国際

天文学連合における惑星の定義及び関連事項の取り扱いについて」, 日本学術会議, 2007年4月9日.

- 10) 日本学術会議物理学委員会 IAU 分科会及び天文学・宇宙物理学分科会, 対外報告「第2報告: 新しい太陽系像について-明らかになってきた太陽系の姿-」, 日本学術会議, 2007年6月21日.
- 11) 国立天文台, 太陽系外縁部に未知の惑星?, アストロトピクス368, 2008年3月2日. URLhttp://www.nao.ac.jp/nao_topics/data/000368.html
- 12) 宮本英昭・橋 省吾・平田 成・杉田誠司 編, 惑星地質学, 東京大学出版会, 2008.
- 13) W.S.プロッガー著, 齋藤馨見訳, なぜ地球は人が住める星になったか?, 講談社, 1988.

第2節 高知市の地学的位置づけ

(1) 大山脈の上の高知

もし海水を取り去ることができたら, 地球上はどのように見えるのであろう。海水を取り去ったときの四国周辺の眺めは図1-16のように見えるはずであ



図1-16 海水を取り去った後の四国周辺の地形。

日本列島の東側上空から西南日本を見下ろしている時の眺め。Google Earth を使い作成, 高度は3倍に強調してある。

る。図1-16は日本列島の東側上空から西南日本を見下ろした時の眺めである。フィリピン海の底に立って四国を眺めると、そこには4000m以上の大山脈がつまり、その上に高知があるのがわかる。普段は海水に覆われて見ることのない海底、その海底にこそ私たちの住む高知の基盤を形成する秘密が隠されている。

(2) プレートテクトニクス

高知市の面している土佐湾の沖の海底では、フィリピン海プレートと呼ばれるプレートが南海トラフ

にもぐり込んでいる。このプレートのもぐり込みにより、私たちの住む高知市の基盤が作られたと考えられている。また、フィリピン海プレートのもぐり込みは、南海地震を引き起こす原因にもなっており、私たちの生活に密接に関係している。

地球は、ユーラシア、北アメリカ、南アメリカ、太平洋、ココス、ナスカ、カリブ、アフリカ、南極、アラビア、インド、オーストラリア、フィリピン海プレートといった13枚の大きなプレートと多数の小規模なプレートに覆われている(図1-17)¹⁾。私たちの住む高知市はユーラシアプレート上にある。フィ

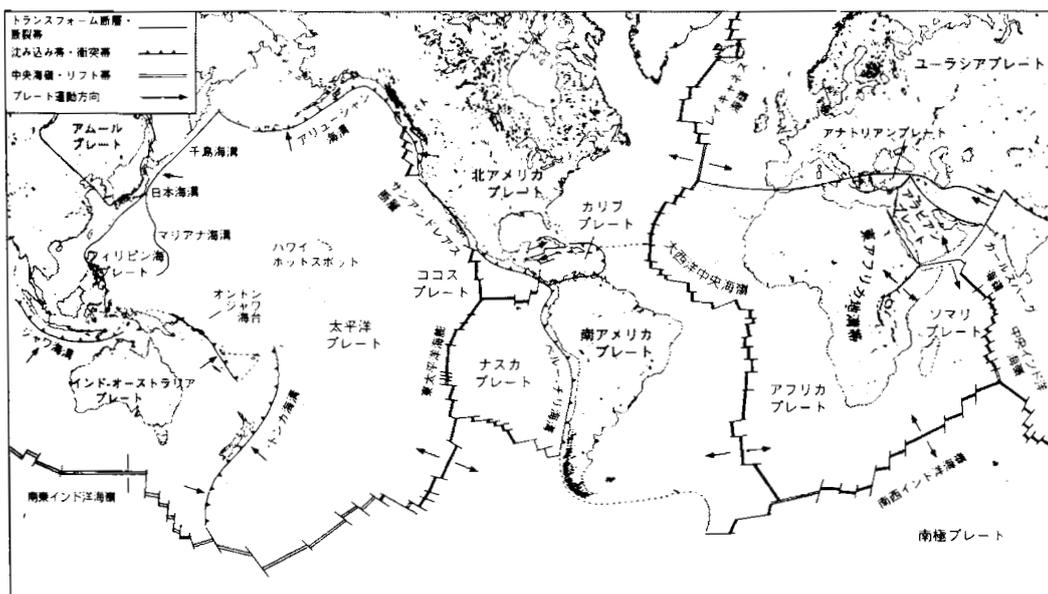
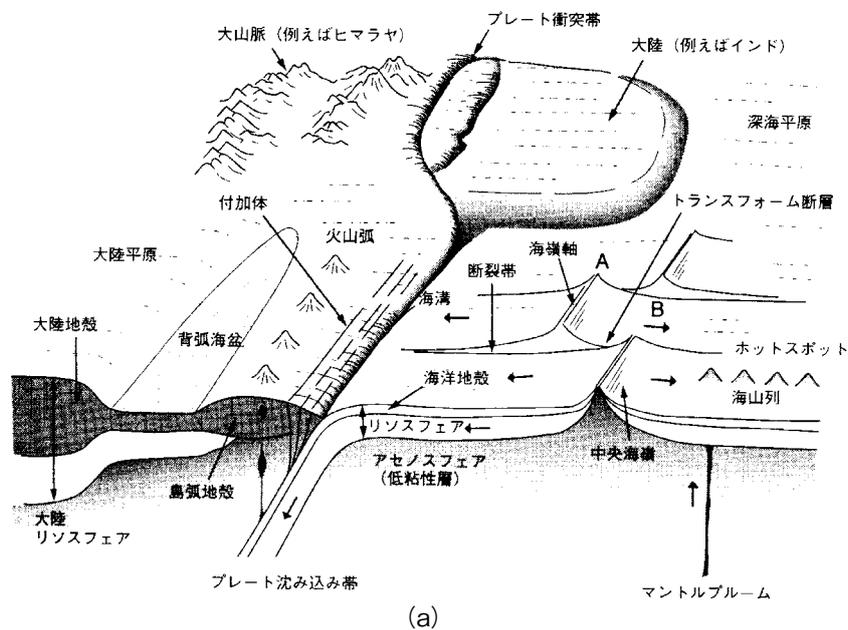


図1-17 プレートテクトニクス¹⁾。(a) プレートテクトニクスの概念図。(b) プレート分布図と運動方向。[平(2001)より]

リピン海プレートは、ユーラシアプレートの下に年数cmの割合でもぐり込んでいる。また、フィリピン海プレートの面積は、 $5.4 \times 10^6 \text{ km}^2$ で地球表面の約3%を占めている。最近では、ユーラシアプレートの東アジア部分をアムールプレートとして区別する考え方がある。その考えによれば、高知市はアムール

プレートの上に位置する。図1-17ではアムールプレートを採用している。

(3) 帯状の地質構造

高知市に分布する地質帯は、仏像線を境にして

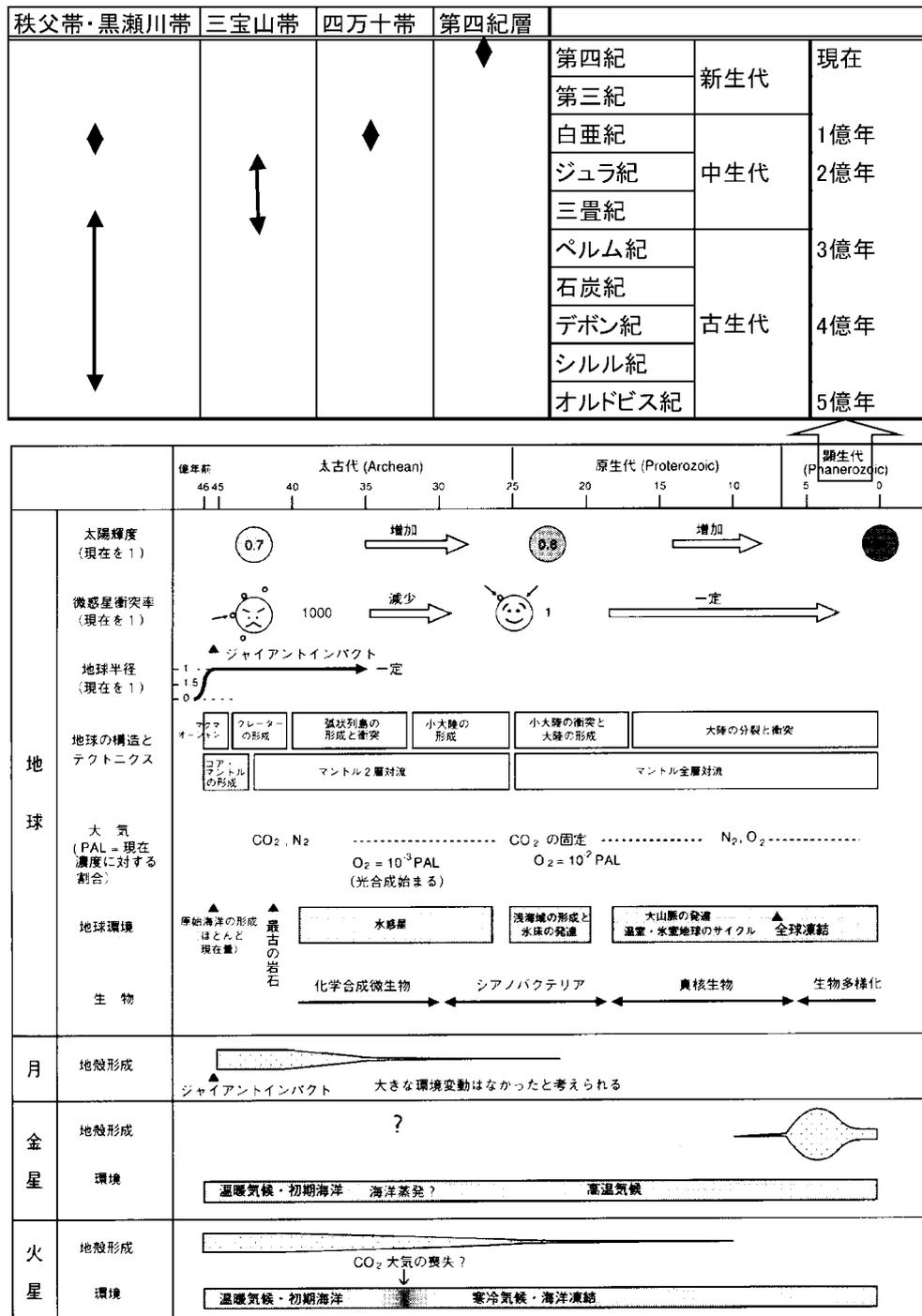


図1-18 高知市に分布する地質の時間スケール。

高知市の基盤を形成している秩父帯・黒瀬川帯・三宝山帯・四万十帯と高知平野の第四紀層の形成年代の広がり。黒瀬川構造帯中に4億年前の花崗岩類・変成岩類が含まれている。[平(2001)に加筆]

接する秩父累帯(秩父帯, 黒瀬川帯, 三宝山帯)と四万十帯というほぼ東西方向に伸びる地質帯から構成されている。また高知平野には沖積層や洪積層, 万々や朝倉などの高知平野周辺部の丘陵地には洪積層が分布している。

高知市の基盤を形成している秩父累帯・四万十帯は, 主として3億年から1億年前にかけて形成されたが, 秩父累帯の黒瀬川構造帯には4億年という放射年代を示す花崗岩類や変成岩類を含んでいる(図

1-18)。また, 現在の高知平野や周辺部には第四紀の地層が見られる。高知市は, 地質学的には約4億年前から現在までの時間の流れの中で形成されたと言える。

引用文献

- 1) 平 朝彦, 地球のダイナミックス, 岩波書店, 2001.

トピックス

1. 鳥形山はハビタブル・プラネット形成に貢献

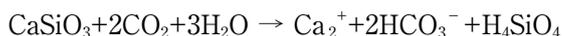
現在の地球大気組成が、地球の近くに位置する金星や火星とは大きくことなっていることは紹介した。金星や火星の大気組成の大部分は二酸化炭素であるが、地球の大気中の二酸化炭素の量はわずか0.036%にすぎない。地球温暖化に関連して、地球大気中の二酸化炭素の増加が言われているが、それは最近の200年間で0.028%から0.036%に増加したことを言っている。ここでは、昨今の地球温暖化議論よりももっと長いスケール(数千万年から数億年程度)で二酸化炭素のふるまいを見ることにする。

現在の惑星形成論からは、金星、地球、火星の形成における材料物質が大きく異なっていたとは考えられない。地球形成初期の大気組成は、金星や火星と同じく二酸化炭素が多かったと推測されている。では、減少した二酸化炭素はどこへ行ったのであるか。実は、ほとんどが堆積岩の中に蓄積されている。石灰岩(CaCO₃)として7×10⁷GtC (giga ton carbon, 10億トン炭素)、有機物(CH₂O)として2×10⁷GtCが蓄積されていると推定されている。現在の大気中の二酸化炭素量は740GtCなので、いかに多くの二酸化炭素が石灰岩や有機物として堆積岩

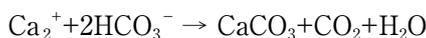
中に蓄積されているかがわかる。

図1T-1は地質時代スケール(数千万年から数億年程度)での炭素と珪酸塩の循環モデルである。大気中のCO₂は陸上と海底における炭酸塩岩形成と有機物への固定として大気中から除去されてゆき、最終的には海嶺や火山からの脱ガス量と除去量がバランスするようになると考えられている。大陸を形成する珪酸塩鉱物を簡単のためここではCaSiO₃とする。

陸上での珪酸塩鉱物の風化作用：



海洋底での石灰岩の堆積：



陸上の風化作用で大気中から2molのCO₂を取り込む。そして風化作用により海洋に流れ込んだイオン(Ca²⁺, 2HCO₃⁻)は、生物が炭酸塩の殻(貝殻・珊瑚・有孔虫など)を作る際に反応して炭酸塩(石灰岩)を作り1molのCO₂を放出する。つまり差し引き1molのCO₂を大気中から除去し炭酸塩として固定する反応であることがわかる。

高知県の鳥形山は日本有数の石灰鉱山として有名であるが、そこで産出される石灰岩は地球大気から二酸化炭素を除去する仕組みの結果作られたと言える。鳥形山に代表される四国カルストの石灰岩は、約2億5千万年前～3億7千万年前に太平洋の赤道

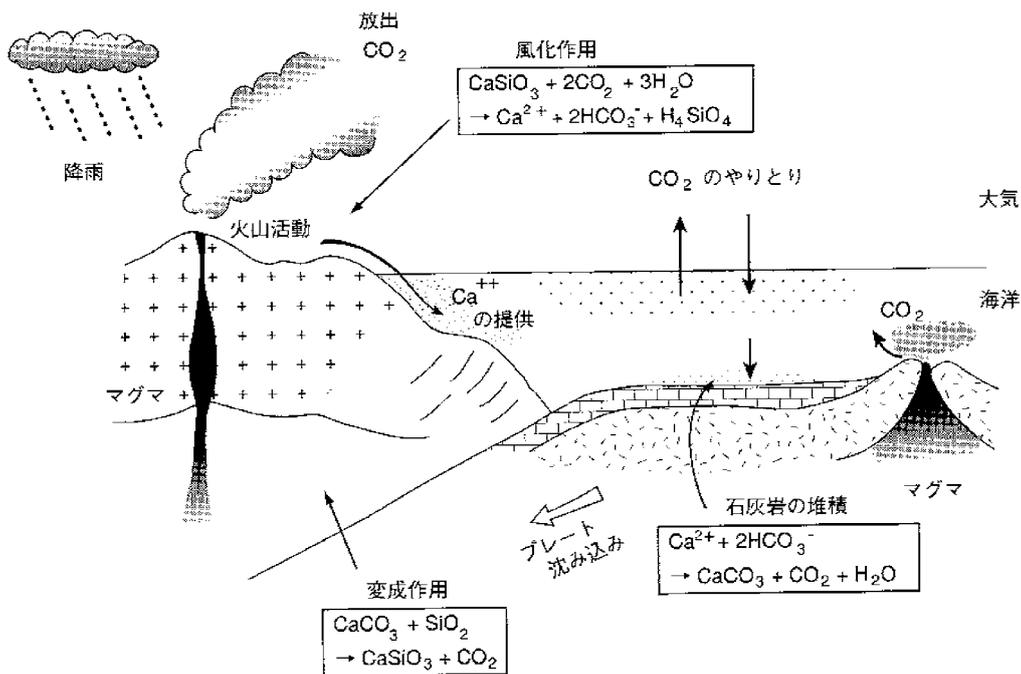


図1T-1 地質時代スケールでの炭素と珪酸塩の循環モデル。[平(2001)より]

付近で形成されたサンゴ礁がプレートテクトニクスによって移動してきたものと考えられている。

石灰岩や有機物として大気中から温暖化ガスである二酸化炭素をある程度除去する仕組みが働いていなければ、地球は生物の住める星になってはいなかったであろう。

2. 蛇紋岩は地球温暖化防止に貢献するか

高知市円行寺には蛇紋岩と呼ばれる岩石が分布している。蛇紋岩は、主にマントルを構成するカンラン岩などの超塩基性岩類が水と反応し、蛇紋岩化作用(もしくは蛇紋石化作用)を受けることで生成すると考えられている。

この蛇紋岩には、二酸化炭素と反応して炭酸塩鉱物を形成する特徴がある。この特徴に着目して、財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)が北海道日高町の蛇紋岩の岩盤中に二酸化炭素を封じ込める実験を平成16年から18年にかけて実施した。まだ基礎研究の段階であるが、実用化のめどが立てば二酸化炭素の地下貯留方法の一つとして二酸化炭素削減に貢献するかもしれない。その時には円行寺の蛇紋岩も活用され地球温暖化防止に貢献するかもしれない。

引用文献

蛇紋岩体の地化学環境を利用した原位置試験によるCO₂地中鉱物固定のための基盤技術の開発(財団法人地球環境産業技術研究機構)
<http://www.rite.or.jp/Japanese/lab0/choryu/choryu-frame.html>

3. 高知市を原産地とする鉱物 ストロナルス石

高知市蓮台の蛇紋岩採石場から、ストロナルス石という新しい鉱物が1987年に発見されている。この鉱物は、黒瀬川帯の蛇紋岩中の変成苦鉄質凝灰岩捕獲岩を切るソーダ珪灰石やスローソン石からなる白色脈中より発見された。鉱物を構成する元素(Sr:ストロ, Na・Al:ナル)にちなみストロナルス石(Stronalsite)と命名された。主成分にストロンチウムSrを含むことが特徴で、ストロンチウムをバリウムBaで置き換えた物をバナルシ石という。2007年までに世界で6産地からの報告があるのみで、その

内4箇所は日本という大変珍しい鉱物である。日本の4箇所はいずれも蛇紋岩類が分布している地域である。

引用文献

H.Hori・I.Nakai・K.Nagashima・S.Matsubara・A.Kato, Stronalsite, SrNa₂Al₄Si₄O₁₆, a new mineral from Rendai, Kochi city, Japan., Mineralogical Journal (Japan), vol.13 no.6 pp.368-375 (1987)

ストロナルス長石 <http://www2.ocn.ne.jp/~miyajima/newmineral/stronalsite.html>

4. 高知の地震・雷・火事・大山風

「地震・雷・火事・親父」というと、怖いものの代名詞として使われてきた。しかし、今や「親父」は怖いものの代名詞としての地位を失ってしまったように見える。「親父」は「大山風」あるいは「山風」が訛ったものだという説がある。大山風は台風のことである。つまり、怖い災害を挙げた言葉と言える。

2008年時点で今後30年での発生確率が50%以上といわれる南海地震は、平均100年から150年の周期で繰り返し発生しており、そのたびに高知市も多大な被害を受けてきた。次の南海地震に向けて避難施設や防災組織が作られる一方、実感として地震が迫っていると感じている、あるいは地震に備えて準備している人が多くないと言った報道がされることがある。どうしてなのだろうか。それは日頃、地震を経験することがそれほど多くないからではないだろうか。

1961年から1995年までの間の各地の有感地震回数を示しているのが図1T-2である。茨城県の柿岡では定常的に年間60回以上の有感地震があることがわかる。これは6日に1回という頻度である。一方、高知は平均4.6回/年なので柿岡の十分の一以下の頻度である。南海地震の直後は余震活動があるので有感地震の回数も多いと考えられるが、それもやがて静まり次の南海地震が起きるまでは、高知は非常に地震活動が低い場所なのである。1964年から2000年までに日本付近で発生した地震の震央分布を図1T-3に示す。マグニチュード(m_b)が4.2以上(ただし深さ100km未満は4.7以上)の地震の震央が示されている。中・四国の地震活動が極端に低いことが一

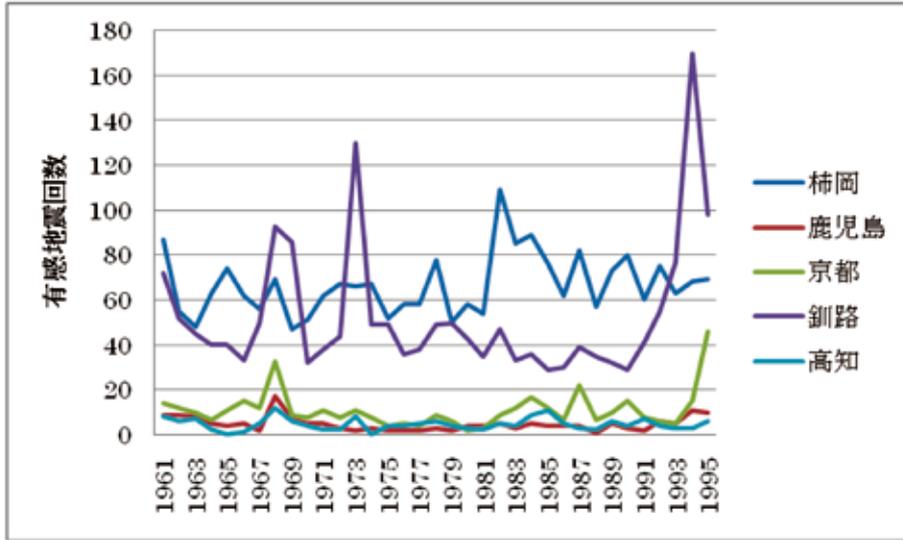


図1T-2 1961年から1995年までの各地の有感地震回数。(データは理科年表より)

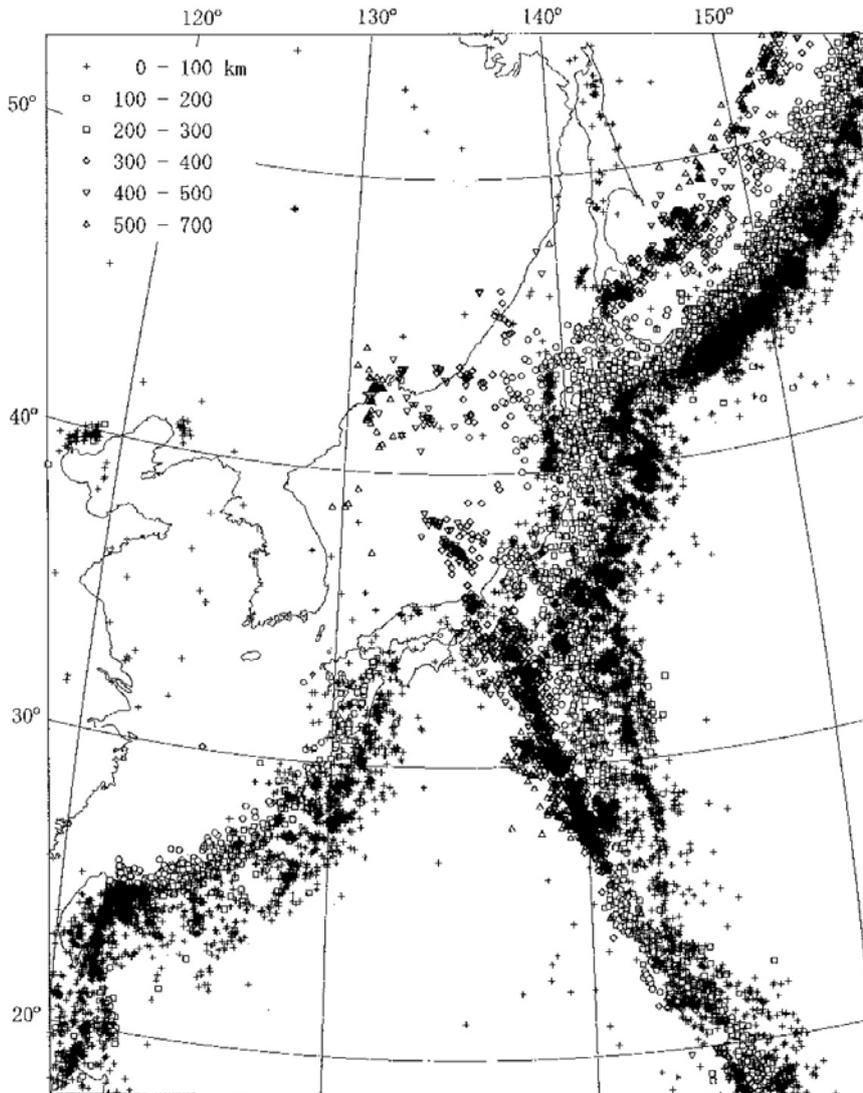


図1T-3 日本付近の震央の分布。

期間は1964年～2000年で、南海地震(1946年)とその直後の余震活動は含まれていない。
地震は $m_b \geq 4.2$ 、ただし深さ100km未満については $m_b \geq 4.7$ 。[宇津(2001)より]

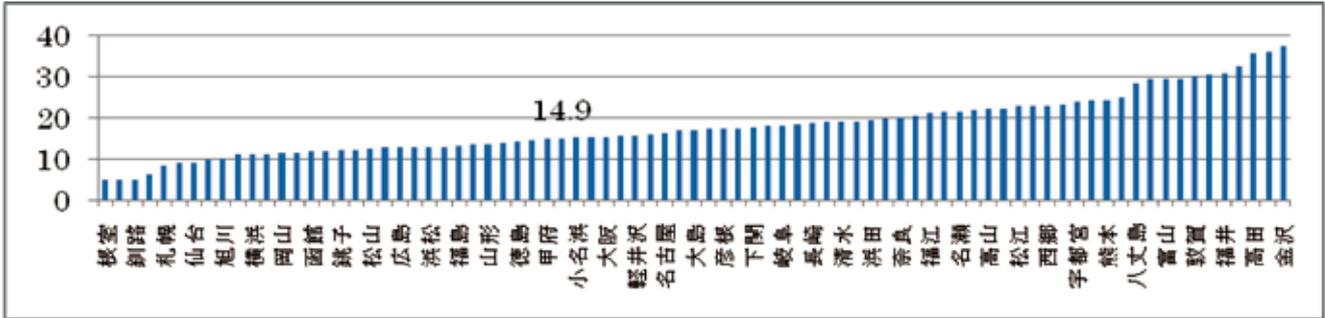


図1T-4 年間雷日数. 1971年から2000年の平均値 (理科年表より)

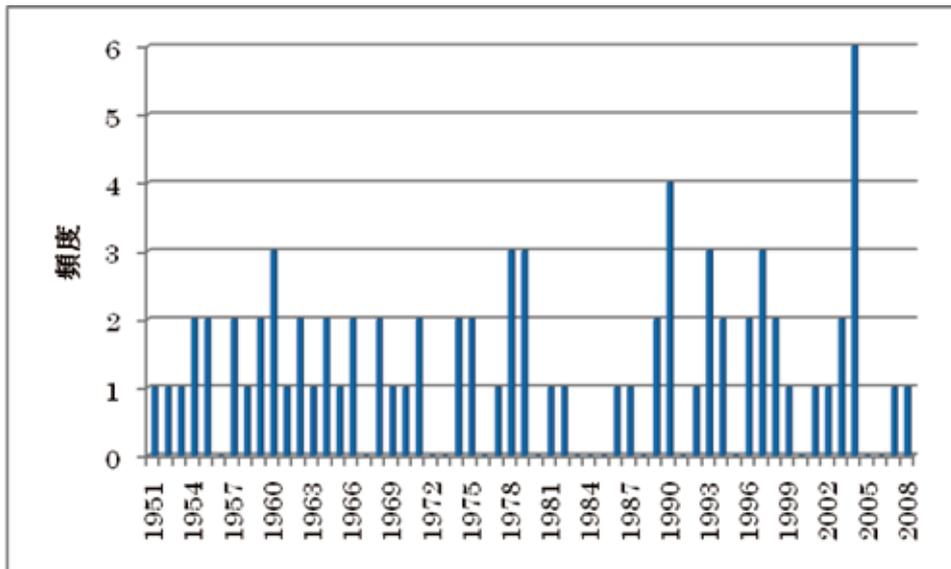


図1T-5 高知市を中心とする半径150km以内に接近した台風の数.
[データはデジタル台風 (<http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>) より]

目瞭然である。このように、普段の四国は地震活動のきわめて低いところなのである。しかし、100年から150年の周期で巨大地震が繰り返し発生していることを忘れてはいけない。天災は忘れたころにやってくるのである。

二番目の雷であるが、高知は特に多くもなく少なくもなく平均的な発生回数で年間14.9回(1971年から2000年までの平均値)となっている。ここで扱う雷日数は、雷電または雷鳴があった日数で、弱い雷鳴のみの日数は除かれている。図1T-4に各地の年間雷日数を示す。最小は根室の4.7回、最多は金沢の37.4回で冬の雷で知られる日本海側の都市が上位を占めている。

三番目の火事は、文字通り火事であれば人為的な災害ということになるが、日本列島では火山活動による災害という場合もある。しかし、高知には火山がないので直接的な火山災害は想定されない。

そして最後に、「^{おおやまじ}大山風」と台風であるが、毎年のように高知に接近する台風がある。1951年から2008年までの間で、高知市を中心とする半径150km以内に接近した台風は77件ある。図1T-5に年別の接近台風の数を示す。2004年が突出して多かったのであるが、それを除けばおよそ1から2件程度ということがわかる。もちろん、これよりも遠くを通過しても被害は出るので被害件数ということではない。

第2章 地質分野

第1節 日本の地質

(1) 日本列島の地球科学的特徴

日本列島はアジア大陸の東縁に位置する島弧で(図2-1), 北から千島弧・東北日本弧・伊豆-小笠原弧・西南日本弧・琉球弧の5つの弧状列島からなる。島弧の太平洋側には千島海溝・日本海海溝・伊豆-小笠原海溝・南海トラフ・西南諸島海溝などの海溝が並走している。日本列島はこれらの海溝のつながりから東北日本弧と西南日本弧に分けられ, 前者には太平洋プレートが後者にはフィリピン海プレートが沈み込んでいる。また, 千島弧の背後にはオホーツク海, 東北・西南日本弧の背後には日本海, 伊豆-小笠原弧の背後にはフィリピン海, 琉球弧の背後には沖縄トラフなどの縁海(背湖海盆)が存在する。このように, 日本列島は二つの海洋プレートが沈み込みに伴う海溝-島弧(火山弧)-縁海からなる典型的な島弧-海溝系をなしており, プレートの沈み込みに起因する活発な地震や火山活動の場となっている。

島弧-海溝系には地形的に共通した以下の特徴が見られる。

- ① 海洋側には水深6000m以深の海溝が島弧に並行して配列する。6000m以浅のものは舟状海盆(トラフ)とよばれる。
- ② 島弧の背後には縁海や背弧海盆と呼ばれる海域が広がる。
- ③ 島弧の中軸部には玄武岩や安山岩を生じる火山帯を伴う。火山の海溝側の分布境界を火山フロントとよぶ。

- ④ 海溝付近から島弧や背弧海盆の下に向かって次第に深くなる深発地震面あるいは, 和達・ベニオフ面が存在する。

弧海-溝系は地形的に大洋側から陸側に向かって海溝-海溝内側斜面-前弧-非火山性外弧-火山性内弧-背弧海盆(縁海)に区分される。

現在の日本列島は太平洋プレートとフィリピン海プレートの二つの海洋プレートおよび, ユーラシアプレートと北アメリカプレート(または, オホーツクプレート)二つの大陸プレートの会合部に位置し, 東北日本弧は北アメリカプレートに, 西南日本弧はユーラシアプレートに属する。太平洋プレートは千

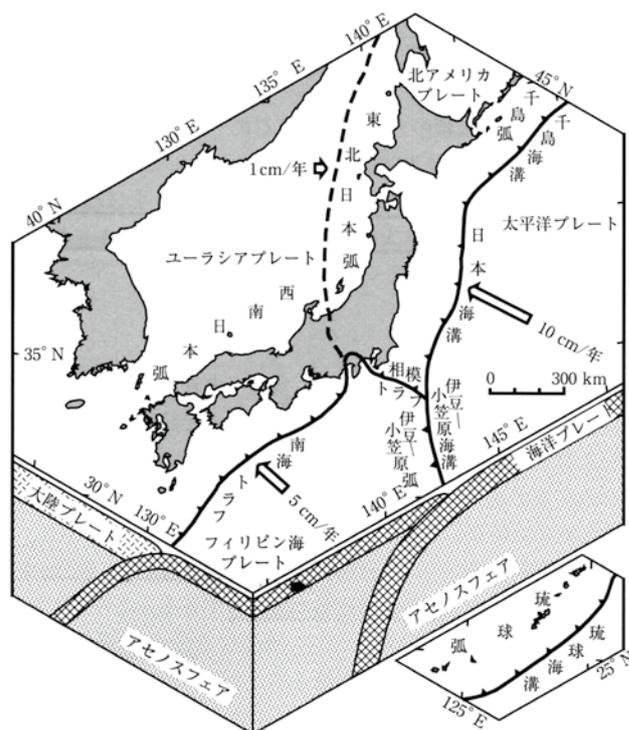


図2-1 日本付近のプレート配置とその動き
(西村ほか, 2002)。

島弧・日本海溝・伊豆-小笠原海溝に沿って年間8~10cmの速さで東北日本弧と伊豆-小笠原弧の下に斜めに沈み込んでいる。フィリピン海プレートは北西方向に年間4~5cmの速さで移動し、相模トラフ・駿河トラフ・南海トラフ・琉球海溝から西南日本弧と琉球弧の下に沈み込んでいる。日本列島の激しい地震や火山噴火などの地殻変動は、これらのプレートの沈み込みに起因している。

(2) 日本列島の地質分布と地体構造区分

日本列島は新生代の新第三紀中新世から第四紀の火山岩や堆積岩に広く覆われ、日本列島の今日の姿はこの時代に形成されたことがわかる。それ以前の地層(以後、先第三系とよぶ)は主に西南日本に広く分布し帯状配列しており、北海道や東北日本ではところどころに分布するにすぎない。しかし、量的には後者が前者に比べて圧倒的に多く、日本列島の屋台骨(基盤)を作っている。

日本列島を構成する地質は先カンブリア時代・古生代・中生代・新生代第三紀の地層群(以下、先第三系とよぶ)および、それらに貫入した火成岩(主に花崗岩類)と、新生代新第三紀および第四紀の地層群に大別される。前者は島弧の伸びにほぼ平行に帯状配列し、大局的にはより古い地層が大陸側に、より新しい地層が太平洋側に分布し、日本列島の屋台骨(基盤)を構成している。後者は前者を被覆したり、古い構造を改変したりしている。したがって、現在の日本列島の姿はこの時代に形成されたことがわかる。

(3) 先第三系の地体構造区分

先第三系は地層・岩石の年代や種類、地質構造に共通性が認められるいくつかの地質帯に区別されている。一般に、これらの地質帯は顕著な構造線(大規模な断層帯)によって境されている。また、日本列島は糸魚川-静岡構造線によって東北日本と西南日本に、さらに、西南日本は中央構造線によって大陸側の内帯と太平洋側の外帯に区分されている。ここでは主に帯状配列が明瞭な西南日本の地質帯について記述する。

西南日本の先第三系は地層の種類や年代によって二つのグループに大別される。一つはかつてアジア大陸東縁をなしていた岩石や地層で、高度変成岩と花崗岩、およびそれを覆う浅い海で堆積した(大陸性の)礫岩・砂岩・泥岩や石灰岩などの堆積岩からなるグループである。もう一つのグループは太平洋側からのプレートの沈み込みによって、アジア大陸東縁に新たに形成された地質体で、主に古生代から中生代にかけての付加体(および、それが変成作用を受けた地層や岩石を含む)とそれに貫入した火成岩からなる。このように、日本列島はアジア大陸の断片(以後、I型地質体とよぶ)とアジア大陸の東縁における沈み込み帯で形成された付加体や火成岩(以後、II型地質体と呼ぶ)からなるが、量的には後者が前者を圧倒する。したがって、日本列島は古生代以降現在に到るまで、約5億年にわたって沈み込み型プレート境界に位置し、新たな地殻が形成される場である活動的(太平洋型)大陸縁にあった。それ以前については今のところ情報が乏しく明らかではないが、沈み込み帯を伴わない受動的(大西洋型)大陸縁をなしていたと推定されている。

a. I型地質体分布地帯

能登半島から飛騨山地に広がる飛騨帯と、山陰から隠岐地域に広がる隠岐帯にはI型の地質体の特徴づける高度変成岩である片麻岩や角閃岩、およびそれに貫入したジュラ紀の花崗岩が分布する。

b. II型地質体分布地帯

II型地質体を構成する付加体は非変成~弱変成のものと、低温高压型の変成作用を受けたものに大別される。また、それらは形成年代によって7つが識別される。すなわち、非変成~弱変成のものは古生代ペルム紀末(約2.5億年前)、中生代ジュラ紀前期~後期(約2.0~1.4億年前)、中生代白亜紀後期~新生代新第三紀(約0.9~0.14億年前)に形成され、それぞれ秋吉帯や黒瀬川帯、美濃・丹波帯や秩父帯、および四万十帯に分布する。変成作用を被った古生代石炭紀(約3.0億年前)、中生代トリアス紀(約2億年前)、白亜紀(約1億年前)の付加体はそれぞれ蓮華帯、周防帯、および三波川帯に分布する。なお、小規模で

はあるが先カンブリア時代末(約5.8億年前), および
 オルドビス紀後期~デボン紀前期(4.5~4.0億年前)
 の低温高压型変成岩が長崎県・野母崎や黒瀬川構造
 帯に産する。

する。これらの地質帯は東西方向に帯状配列してお
 り, とくに外帯でその傾向が顕著である。三波川
 帯と秩父累帯は上八川-池川構造線, 秩父累帯と
 四万十帯は仏像構造線によってそれぞれ境される
 (図2-2)。以下, 高知県に分布する三波川帯・秩父
 累帯・四万十帯の三帯について述べる。

第2節 高知の地質

(1) 概 要

四国は地質学的に, 徳島県の鳴門市から池田町,
 愛媛県の新居浜市, 砥部町を通り, 佐多岬半島の北
 岸に至る, ほぼ東西方向に延びる中央構造線^{註1}に
 よって, その北側の西南日本内帯と南側の西南日本
 外帯に分けられる。内帯には領家帯, 外帯には三波
 川帯, 秩父累帯, および四万十帯の各地質帯が分布

(2) 三波川帯

三波川帯には泥質片岩・砂質片岩・珪質片岩・石
 灰質片岩・塩基性片岩などの結晶片岩類が広く分布
 し, キースラーガー型鉱床や超塩基性岩(蛇紋岩)が
 伴われる。結晶片岩類は大豊町・岩原, 本山町の汗
 見川沿い, 大川村・白滝, 伊野町の程野~長沢~越
 裏門, 高知県-愛媛県境の笹ヶ峰~寒風山~伊予富
 士~瓶ヶ森~筒上山などの山々に分布する。

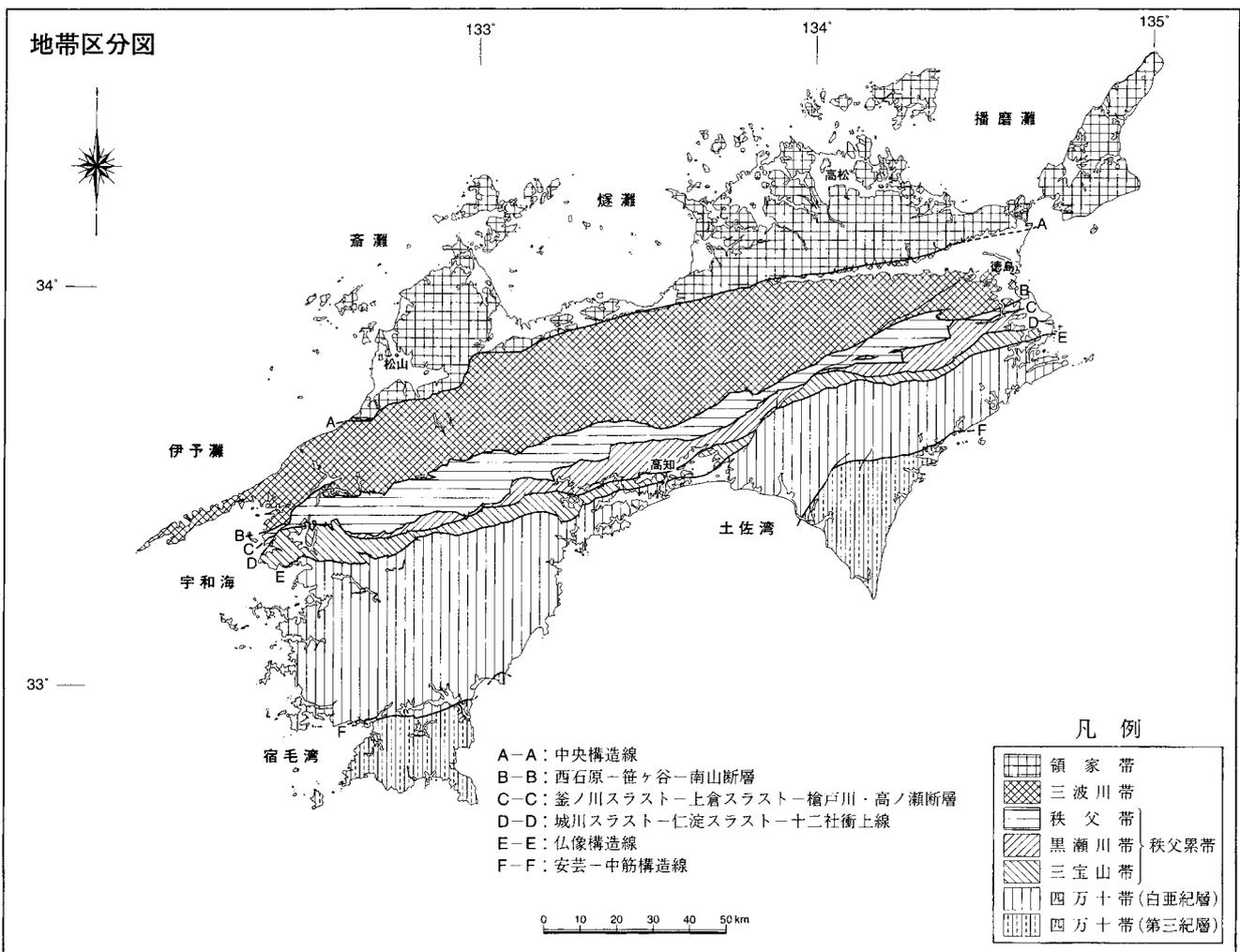


図2-2 四国の地帯区分図, 建設省四国地方建設局(1998)
 四国地方土木地質図より引用。

四国の三波川帯の基本構造はナップの積み重なりであり、大局的には下位の大步危ナップと上位の別子ナップからなる。大步危ナップは川口層と小歩危層、別子ナップは三縄層と大生院層を含む。ただし、川口層と小歩危層は同時異相の関係にある。川口層は泥質片岩に、小歩危層は砂質片岩に富む。三縄層は泥質片岩・塩基性片岩・珪質片岩、大生院層は泥質片岩から成る。三縄層の上部にはエクロジャイト相やグラニュライト相の変成作用を受けたテクトニクブロックが包有される。池川町・上土居付近の石灰質片岩からトリアス紀中期末～後期のコノドント化石^{注2}が見出されている。しかし、コノドント化石を含む石灰岩はオリストリス^{注3}であり、周囲の泥質片岩の原岩の堆積年代はそれより新しく、ジュラ紀後期～白亜紀前期と推定されている。

三波川帯は泥質片岩の鉱物組み合わせにより、低温部から緑泥石帯、ざくろ石帯、黒雲母帯、曹長石-黒雲母帯、オリゴクレーヌ-黒雲母帯の4帯に分けられている。従来、このような三波川帯の結晶片岩類は白亜紀後期に地下10～30kmで低温高压型の変成作用を受けたものと考えられてきた。しかし、最近より高压下(深部)で生じた変成岩(エクロジャイト相変成岩)が見出され、次のような形成史が提案されている。結晶片岩類は白亜紀前期(120Ma)に地下60～70kmの深部で高压・超高压変成作用(累進的変成作用^{注4})を被り、白亜紀後期(70～80Ma)に地下10～30kmの地殻中部深度まで上昇し加水再結晶作用(後退変成作用^{注5})をうけた。60～50Maには地表に露出し削剥された。現在地表で見られる三波川帯の結晶片岩類は、後退変成作用によって生じたものである。三波川帯の蛇紋岩については後述する。

三波川帯と秩父累帯の境界に沿って、三波川変成作用を被った苦鉄質火山岩・斑れい岩・超塩基性岩などからなる御荷銻緑色岩類^{注6}(御荷銻帯とよばれることもある)が断続的に分布している。高知県では大豊町・豊永～大杉、土佐町の溜井～地藏寺～西石原などにみられる。御荷銻緑色岩類に伴われる石灰質岩からは石炭紀、ペルム紀、トリアス紀のコノドント化石が知られている。しかし、珪質岩や珪質泥岩からはジュラ紀新世の放散虫化石が報告されており、石灰質岩はオリストリスであると考えられている。

なお、土佐町・西石原～池川町の間では御荷銻緑色岩類を欠き、三波川帯と秩父累帯が上八川-池川構造線を介して直接している。同構造線に沿って珪長質火成岩が貫入しており、伊野町・柳野にはざくろ石斑晶を含むデイサイトが、同町・高岩～唐越～上八川には流紋岩の小岩体が知られている。それらの黒雲母のK-Ar年代^{注7}は14～15Maである。これらの火成岩については後に詳述する。

(3) 秩父累帯

秩父累帯は北から秩父帯・黒瀬川帯・三宝山帯の三帯に分けられる。同累帯はかつて北帯・中帯・南帯(もしくは三宝山帯)の三帯に分けるのが一般的であった。しかし、北帯の中にその北に分布する中生界と、南に分布する古生界を画する断層(徳島県では檜戸川断層と高ノ瀬断層、高知県では上倉スラスト^{注8}、愛媛県では釜ノ川スラスト)の存在が明らかになり、この断層の北側を秩父帯、南側を黒瀬川帯とすることになった。また、中帯の南半分に分布する地層は、南帯に分布する地層と同じ起源や地史を有することが明らかになった。そこで、秩父累帯南帯に中帯の南半分を加えた領域が新たに三宝山帯と定義された。三宝山帯は北側の黒瀬川帯とは徳島県では十二社衝上線、高知県では仁淀スラスト、愛媛県では城川スラストで接する。黒瀬川帯の南北を画するスラストにはしばしば蛇紋岩や高度変成岩の小岩体が伴われる。また、火成岩の岩脈が貫入することもある。

a. 秩父帯

土佐山田町～南国市～高知市地域の秩父帯には上八川累層が分布する。同層は泥岩や砂岩-泥岩互層からなり、酸性凝灰岩をはさみ、チャート・石灰岩・緑色岩を伴う。チャートにはトリアス紀、石灰岩には石炭紀のコノドントやペルム紀のフズリナが含まれる。一方、泥岩や酸性凝灰岩からはジュラ紀古世～中世の放散虫化石が産する。したがって、チャート・石灰岩・緑色岩などは、泥岩や砂岩-泥岩互層中のオリストリスであると考えられている。本層は北部では片岩化し、片岩化の程度は北に向かって強

くなり、北縁部では三波川帯の岩石と区別しにくい。上八川累層の主要部は付加体注9であると考えられるが、いくつかの地層からなる複合体の可能性もあり、今後の再検討が必要である。上八川累層は大豊町南部、土佐山田町の繁藤～根曳峠、南国市・黒滝、吾北村・思地南部、吾川郡・池川町に分布する。なお、仁淀川町の大崎～九喜～名野川地域の秩父帯では仁淀川層・中津山層・吾川層の3層が識別され、これらは互いにナップ注10としてこの順に累重している。

b. 黒瀬川帯

黒瀬川帯が典型的に発達する高知県中央部では、北から①ペルム紀後期～トリアス紀前期の付加体メランジである白木谷層群、②①の付加体メランジの被変成相と考えられる上倉層や伊野層、③黒瀬川構造帯の構成岩類、④二畳紀～ジュラ紀の陸棚堆積相注11、などが分布する。また、これらを不整合に覆う白亜系が存在する。西南日本外帯においては黒瀬川帯以外は全て海洋プレート物質を含む付加体メランジ相を主とする。これに対して、同帯には大陸起源の地質体が存在する。

白木谷層群は主に泥岩・砂岩・石灰岩・チャート・緑色岩からなり、高知市・土佐山～高知市・久礼野～南国市・白木谷にかけて分布する。上倉層と伊野層は付加メランジ体の被変成相と考えられ、片状構造の発達した泥岩を主とし緑色岩・石灰岩・礫岩・酸性凝灰岩などを伴う。前者は高知市・土佐山～南国市・上倉～土佐山田町・新改にかけて、後者は高知市西部から伊野町にかけて分布する。

黒瀬川構造帯では400Ma前後の放射年代を示すグラニュライト相～角閃岩相の変成岩類(寺野変成岩類)や花崗岩類(三滝花崗岩類)、シルルーデボン系、およびさまざまな年代の低温高压型変成岩類などが蛇紋岩基質中のテクトニック・ブロックとして産し、蛇紋岩メランジ帯を形成している。寺野変成岩は高知市・横内、同市・宗安寺、伊野町・枝川、日高村・妹背峠、佐川町・馬の原などに産する。三滝花崗岩は日高村・妹背峠、越知町・横倉山、仁淀川町・形部藪、同町・大植などに分布する。シルルーデボン系は高知市・鴻の森、日高村・陣ヶ森、越知町・横倉山などに知られている。横倉山においてはシルルー

デボン系は五味花崗岩(三滝花崗岩類)を不整合に覆う。蛇紋岩については後述する。

陸棚堆積相としては市ノ瀬層群(ペルム紀後期)・蔵法院層群(トリアス紀中期)・川内ヶ谷層群(トリアス紀後期)・毛田層(ジュラ紀)などが知られている。市ノ瀬層群は主に砂岩と泥岩からなり、礫岩・石灰岩・酸性凝灰岩などを伴う。礫岩は花崗岩の円礫を特徴的に含む「薄衣式礫岩」である。本層群は主として佐川町・川内ヶ谷北方～市ノ瀬～下山にかけて分布する。蔵法院層群は黒色砂質泥岩からなり砂岩層を挟在する。雲母に富み植物片を含む砂質泥岩からは貝化石のダオネラを産することで有名である。本層群は佐川町から高知市西部までの間に断続的に分布する。川内ヶ谷層群の下部と上部で岩相がやや異なるが、主として砂岩・泥岩・砂岩-泥岩互層からなり、砂岩は時に礫質となる。トリアス紀後期の示準化石である二枚貝モノチスが産する。本層群は佐川町・川内ヶ谷～下山や越知町・大奈路などから伊野町にかけて何帯にも分かれて分布している。毛田層は主に泥岩および泥岩優勢の砂岩-泥岩互層からなり、砂岩・礫岩・酸性凝灰岩を伴う。礫岩には花崗岩礫や酸性火砕岩礫が含まれる。同層は佐川町・大平山北方において存在が知られているが分布の詳細は不明である。なお、この他に黒瀬川帯の陸棚堆積相として高知県西部の吾川郡・仁淀川町には、ペルム紀中期の宮谷層とトリアス紀後期～ジュラ紀初期の中之瀬層が知られている。黒瀬川帯の白亜系については後述する。

c. 三宝山帯

三宝山帯には付加体メランジ相(高岡累層と三宝山層)とチャート-砕屑岩相(斗賀野層)、および、それらを基盤としてその上位に累重する鳥巢層群・南海層群・外和泉層群が分布する。

高岡累層は砂岩-泥岩互層と泥岩の基質中にチャート・石灰岩・緑色岩・砂岩などのオリストリスを含むメランジからなる。佐川町・大平山の石灰岩は本累層に属し、ペルム期中期の紡錘虫化石を含む。また、チャートにはトリアス紀後期のコノドント化石や放散虫化石が含まれる。しかし、泥質基質に含まれる放散虫化石から高岡累層の年代はジュラ

紀初期～中期初頭とみなされる。三宝山層群は斗賀野層と三宝山層で構成されている。斗賀野層は北に急傾斜するチャート-碎屑岩ユニットの繰り返しからなる。一部に石灰岩や赤色頁岩を伴う。一つのユニット内では年代の正順位が保たれているが、全体として北から南に向かって年代が若くなる年代極性が認められる。三宝山層は泥岩の基質中に石灰岩・チャート・赤色頁岩・緑色岩などを含む地層からなる。石灰岩には石炭紀～ペルム紀とトリアス紀、チャートにはトリアス紀～ジュラ紀前期のものが有り、これらはジュラ紀から白亜紀前期に至る泥質基

質中のオリストリスであると考えられている。三宝山帯の石灰岩にはトリアス紀の巨大な厚歯二枚貝であるメガドロロンが特徴的に含まれる。高知県では高知市・荒倉、土佐市・仁淀川西岸、東津野村・不入山などに産する。このメガドロロンはサンゴ礁の内側のラグーンのような静かな水域に生息していたとされる。メガドロロンを含む石灰岩にはサンゴ化石も含まれ緑色岩を伴うので、海底火山活動によって生じた海山の山頂付近の浅海域に発達したサンゴ礁で形成されたものであると考えられている。

鳥巢層群は佐川町・鳥巢～奈良谷地域に模式的に

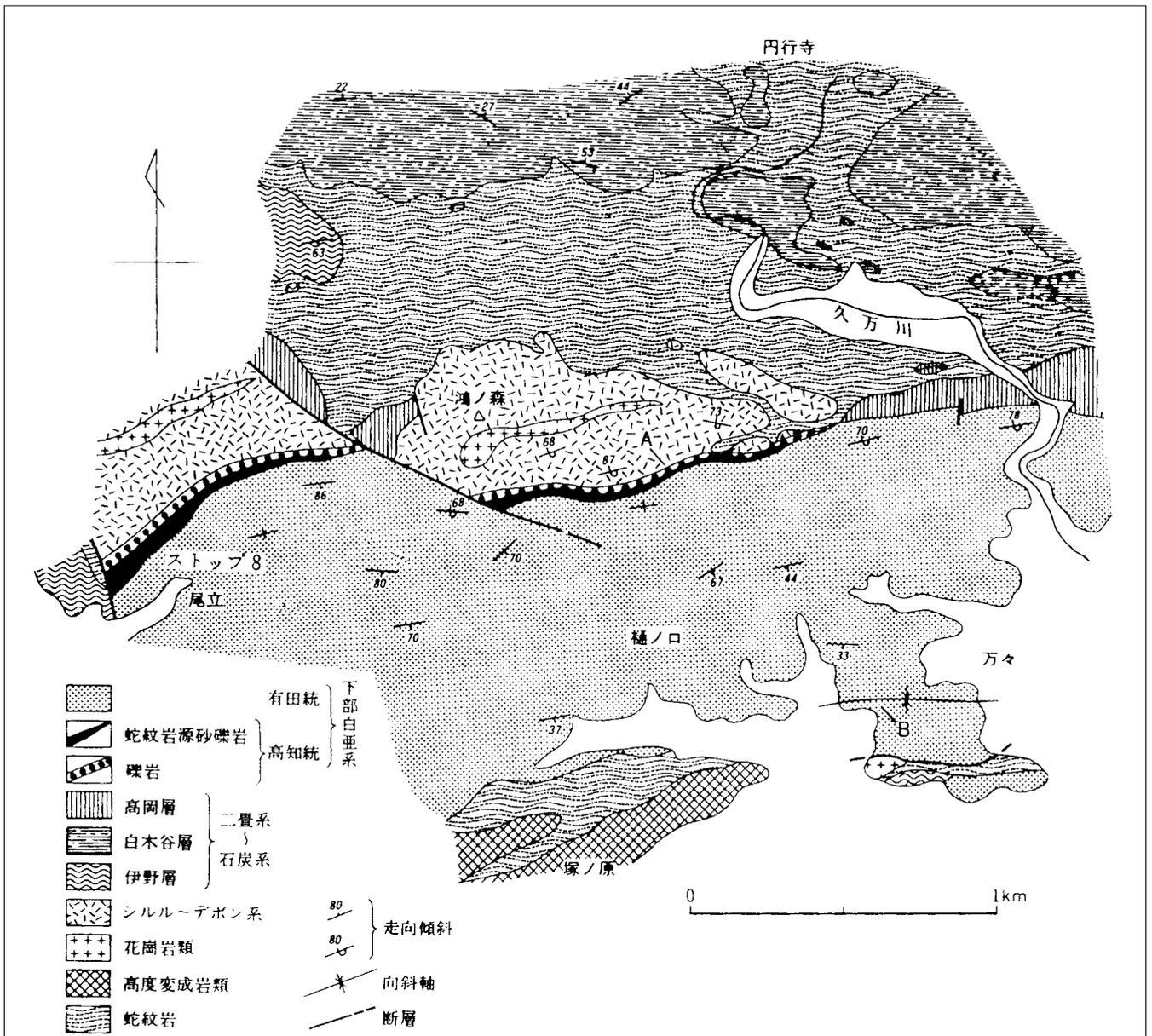


図2-3 高知市北方・鴻ノ森-尾立地域の地質図. A-Bは図2-4の模式柱状図を作成した区間(土屋, 1982).

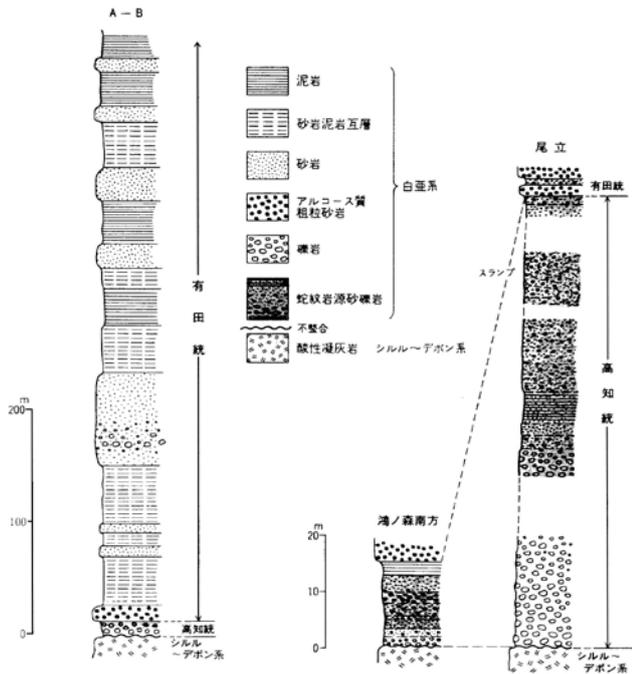


図2-4 高知市北方に分布する下部白亜系の模式柱状図と蛇紋岩砂岩・礫岩の詳細柱状図(土屋, 1982).

分布する。同層群にはいわゆる鳥巢式石灰岩が含まれる。下部(奈良谷層)は泥岩が優勢な砂岩-泥岩互層を主とするタービダイト相からなり、数100m規模の礁性石灰岩のオリストリスを含む。上部(鳥巢層)は暗灰色泥岩の基質中に礁性石灰岩の大きな岩体を含む地層である。この石灰岩は下部のものとは異なり、岩体上部は周囲の泥岩に漸移すること、石灰岩から産する貝化石が周囲の泥質岩からも産すること、などから原地性であるとみなされる。鳥巢層群の年代はジュラ紀から白亜紀であると考えられている。南海層群と外和泉層群について後述する。

d. 秩父累帯の白亜系

秩父累帯には物部川層群・南海層群・外和泉層群などによられ、礫岩・礫質砂岩・砂岩・シルト岩・泥岩・砂岩-泥岩互層からなる汽水～浅海成の白亜系が点在している。下部白亜系の物部川層群は黒瀬川帯の盆地型白亜系で、先白亜系を不整合に覆う。高知市北方の鴻ノ森周辺ではシルル-デボン系の凝灰岩と不整合関係にある(図2-3)。同層群は領石-物部川地域、高知市北部、越知町-日高村地域、東津野村-梶原町地域に分布している。一般に下位は礫岩に富み、砂岩や泥岩が赤紫色を呈する(図2-4)。

表2-1 下部白亜系蛇紋岩砂岩・シルト岩の全岩分析値 (Yoshikura, 2001).

No.	91528HJ-2	91528-3C	91528-3D
litho.	sandstone	green silts.	red silts.
SiO ₂ (wt%)	60.21	58.05	57.93
TiO ₂	0.40	0.78	0.75
Al ₂ O ₃	7.99	12.78	11.94
Fe ₂ O ₃	7.77	7.36	9.47
MnO	0.10	0.18	0.23
MgO	21.60	16.85	14.39
CaO	0.55	1.33	2.40
Na ₂ O	0.69	1.58	1.52
K ₂ O	0.65	0.98	1.19
P ₂ O ₅	0.03	0.11	0.17
total	99.99	100.00	99.99
Ce(ppm)	25.9	55.4	50.4
Cr	1268.0	851.9	749.3
Nb	8.2	11.8	11.7
Ni	1457.3	1406.2	1223.6
Pb	7.5	10.1	21.4
Rb	29.2	46.1	52.2
Sr	32.6	84.6	90.7
Th	6.7	8.3	6.2
Y	21.3	21.2	23.0
Zr	88.6	153.3	140.7
V	44.7	84.7	75.1
Ba	90.5	120.3	150.6

また、下部には黒瀬川帯の蛇紋岩由来の碎屑粒子からなる蛇紋岩砂岩や蛇紋岩泥岩が挟まれる(図2-4)。その全岩化学組成は表2-1に示すように Mg, Cr, Ni などに著しく富む。泥岩やシルト岩にはシダ類などの植物化石や汽水生貝化石が産し領石植物群、および領石動物群として知られている。また、中～上位の地層にはトリゴニア(三角貝)やイノセラムスなどの貝化石、アンモナイトなどが含まれる。

下部白亜系の南海層群は主として黒瀬川帯と三宝山帯に断片的に分布する。高知市北部～香北町地域や越知町～佐川町地域に知られている。下部(美良布層)は泥岩の優勢な砂岩-泥岩互層からなり、原地性の石灰岩の小岩体を伴う。上部(萩野層)は粗粒砂岩が優勢な砂岩-泥岩互層や暗灰色の泥岩からなる。物部川層群と南海層群は共に下部白亜系で近接して分布するが、その岩相・堆積相・動物相が大きく異なる。上部白亜系の外和泉層群は秩父累帯中に切れ切れに分布し、物部村・大栃、越知町、梶原町・横貝などに知られている。

(4) 四万十帯

四万十帯は幡多半島地域では中筋構造線、室戸半島地域では安芸構造線によって二分され、北側を四万十帯北帯、南側を四万十帯南帯とよぶ。北帯には主に白亜系が、南帯には第三系が分布している。室戸半島地域の四万十帯北帯は下位の新莊川層群と上位の安芸層群からなる。前者は北から南に向かって分布する上組層・堂ヶ奈路層・半山層・須崎層で構成される。北帯の地層群は主にタービダイト相からなり、安芸層群には月見山メランジ、手結メランジなど何列かのメランジ相がはさまれる。全体として南に向かって地層の年代は若くなる。南帯は下位の室戸半島層群と上位の葉生層群で構成される。室戸半島層群は大山岬層・奈半利川層・佐喜浜メランジ・室戸層からなる。大山岬層は片岩礫・酸性火成岩礫・マール礫などを特徴的に含む礫岩・砂岩・泥岩・砂岩-泥岩互層・凝灰質泥岩など層相変化に富む。片岩礫から分離された白雲母のK-Ar年代は71~78Maで、三波川帯の結晶片岩類のK-ArやAr-Ar年代の範囲内にある。また、酸性火成岩

礫から分離されたジルコンのU-Pb年代は98Maで、内帯白亜紀の酸性火成岩の年代に一致する。奈半利川層は砂岩優勢の砂岩-泥岩互層を主とする単調な層相を示す。佐喜浜メランジは泥質岩中に緑色岩や赤色頁岩のブロックが混在し、その層相は周辺の砂岩-泥岩互層のそれとは大きく異なる。室戸層は主に砂岩-泥岩互層からなり、奈半利川層より泥質でスランプ褶曲がより著しい。室戸市・黒耳海岸でみられるスランプ褶曲はその代表的なものである。葉生層群は日沖複合層・四十寺山層・津呂層で構成される。日沖複合層は泥質基質中にさまざまな岩相と年代の岩石がブロック状に含まれる特徴的な層相を有する。緑色岩ブロックには枕状溶岩や凝灰角礫岩などが認められる。四十寺山層は粗粒砂岩が卓越し、その層相は周囲の地層のそれとは大きく異なり、海底地すべりによる巨大な異性岩体である可能性が指摘されている。津呂層の下部は泥岩が、上部は砂岩が卓越し、所々に赤色頁岩を挟在する。同層にはしばしばスランプ褶曲部が発達する。室戸半島西海岸には四万十帯の白亜系や古第三系を傾斜不整合に覆って鮮新統の唐ノ浜層群が分布する。

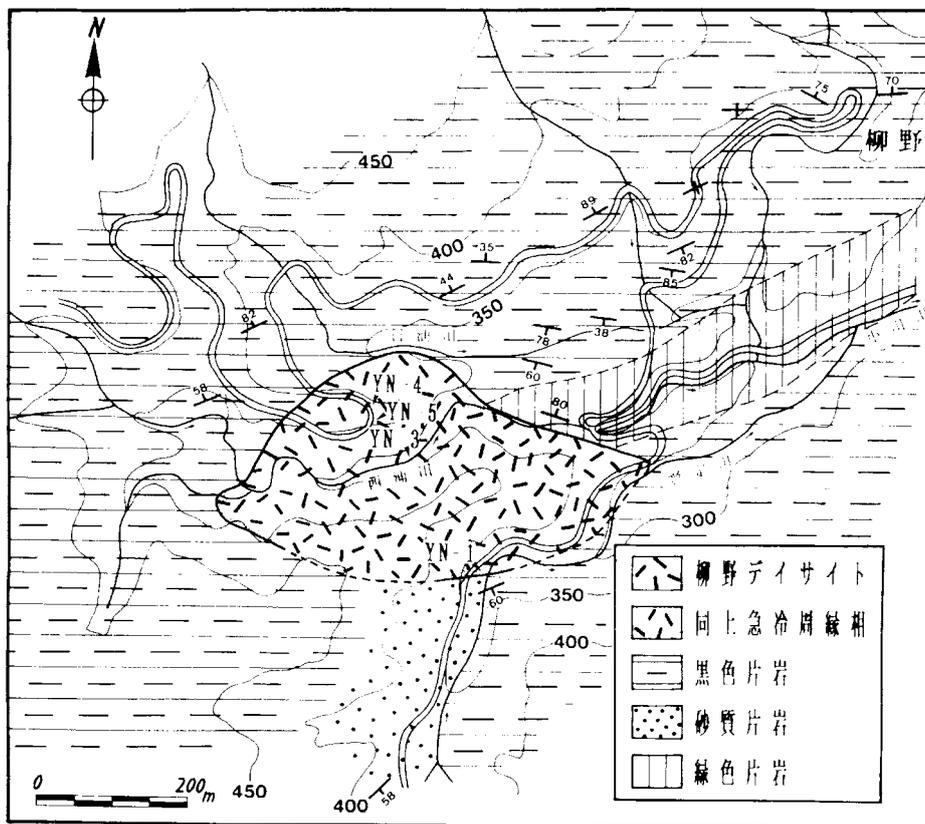


図2-5 柳野デイスайト岩体の地質図。

足摺岬半島にも唐ノ浜層群に対比される地層が分布し、^{こえ}越層とよばれている。足摺岬・沖ノ島・柏島では四万十帯の古第三系に中新世中期の花崗岩が貫入している。室戸岬では古第三系に中新世と考えられる斑れい岩が貫入している。

(5) 火成岩類

高知県内には以下の新生代第三紀中新世の火成岩類が分布する。

a. 上八川－池川構造線の添う珪長質火成岩類

高知県吾川郡吾北村上八川－同郡池川町間の上八川－池川構造線に沿って珪長質火成岩類が断続的に貫入している。その代表的なものは吾川郡吾北村柳野に産するデイサイト(柳野デイサイト)と同村高岩に産する流紋岩(高岩流紋岩)である。柳野デイサイトは黒色片岩、緑色片岩、砂質片岩等からなる地質体(思地層)に発達する背斜軸部付近に、東西600m、南北300mの紡錘形の小岩体として非調和に貫入している(図2-5)。岩体周縁部には幅約1mの急冷周縁

相が発達する。また、本岩体には見事な柱状節理が発達する(図2-6)。柳野デイサイトは暗灰色細粒の斑状岩で、最大直径2mm程度の赤褐色のザクロ石班晶を特徴的に含む。岩体周縁には結晶片岩の捕獲岩が見られる。

高岩流紋岩は高岩周辺で40～60m間隔で東西方向に並走する厚さ1～2mの数枚の岩脈をなす。これらの岩脈は周辺の片岩の構造と調和的に貫入している。このような流紋岩脈は同郡思地周辺にも分布し、風化変質により縞模様を生じ、それが虎の毛皮の模様に似ることから「虎石」とよばれている(図2-7)。

柳野デイサイトのK-Ar年代として $15.2 \pm 0.4 \sim 16.9$ Ma(黒雲母と全岩)が、高岩流紋岩のK-Ar(全岩)として 15.0 ± 0.5 Maが得られている(梅原ほか, 1991)。したがって、これらは西南日本外帯－瀬戸内中新世火成岩類に対比される。

b. 足摺岬花崗岩体

足摺岬の先端部には花崗岩類が分布し、足摺岬花崗岩体、あるいは足摺岬火成複合岩体とよばれている。同岩体は古第三紀の清水層に非調和に貫入し、



図2-6 柳野デイサイトに発達する柱状節理。



図2-7 流紋岩に発達する縞模様(虎石)。右上にスケールの10円コイン。

同層は接触変成作用を被っている。また、同層は花崗岩中の捕獲岩として産することがある。

足摺岬花崗岩体は岩相や岩質によってⅠ帯からⅢ帯に区分され、それらはⅢ帯を中心にほぼ同心状に分布している(図2-8)。

Ⅰ帯には中粒～粗粒の黒雲母花崗岩、Ⅱ帯には黒雲母花崗岩と苦鉄質岩、Ⅲ帯には花崗岩と閃長岩が分布する。これらの花崗岩には、(1) 蛍石やアルカリに富む角閃石などが含まれる、(2) 全岩組成はアルカリ成分やNbなどに富む、などのAタイプ花崗岩の特徴を有している。日本の花崗岩の大部分Iタイプ花崗岩であり、典型的なAタイプ花崗岩は足摺岬花崗岩体以外報告例がない。一般に、Aタイプ花崗岩は非造山帯に産する。しかし、足摺岬花崗岩は新生代の付加体に貫入しており、Aタイプ花崗岩としてはきわめて特異なものである。また、同岩体には中心部がカリ長石、周縁部が斜長石からなる「ラパキビ長石」を含むラパキビ花崗岩が産する(図2-9)。

世界的にみると、ラパキビ花崗岩は先カンブリア時代に形成されたものが多く大陸地殻を構成している。足摺岬花崗岩体のように、新しい時代の造山帯(沈み込み帯)に産するものはあまり知られていない。

さらに、同岩体には花崗岩マグマと苦鉄質マグマによるさまざまな混交・混合現象が観察される。これは花崗岩マグマ溜りに苦鉄質マグマが注入したことを示すものであり、マグマ溜りで進行した過程や花崗岩の成因を考える上で重要な手がかりとなる。

c. 沖の島-柏島花崗岩類

宿毛市の沖の島-柏島地域では四万十帯南帯の古第三系に花崗岩が貫入し、貫入を受けた泥質岩は輝石ホルンフェルス相に達する接触変成作用を被っている。沖の島の母島南部から弘瀬に至る海岸沿いでは、花崗岩体と古第三系の屋根部が接しているのを観察することができる。花崗岩は構成鉱物の種類、粒径、組織などに基づいて、谷尻型たにじりと母島型もしまに分けられ後者が前者に貫入している。

谷尻型は暗灰色を呈し細粒斑状の花崗閃緑岩で、主成分鉱物は斜長石、石英、カリ長石、黒雲母、斜方輝石、堇青石、ザクロ石で、副成分鉱物として燐灰石、ジルコン、褐簾石、珪線石、スピネルなどを含む。母島型中粒～粗粒優白質等粒状の黒雲母電気石花崗岩で、主成分鉱物は斜長石、カリ長石、石英、黒雲母、電気石、ザクロ石からなる。副成分鉱物は

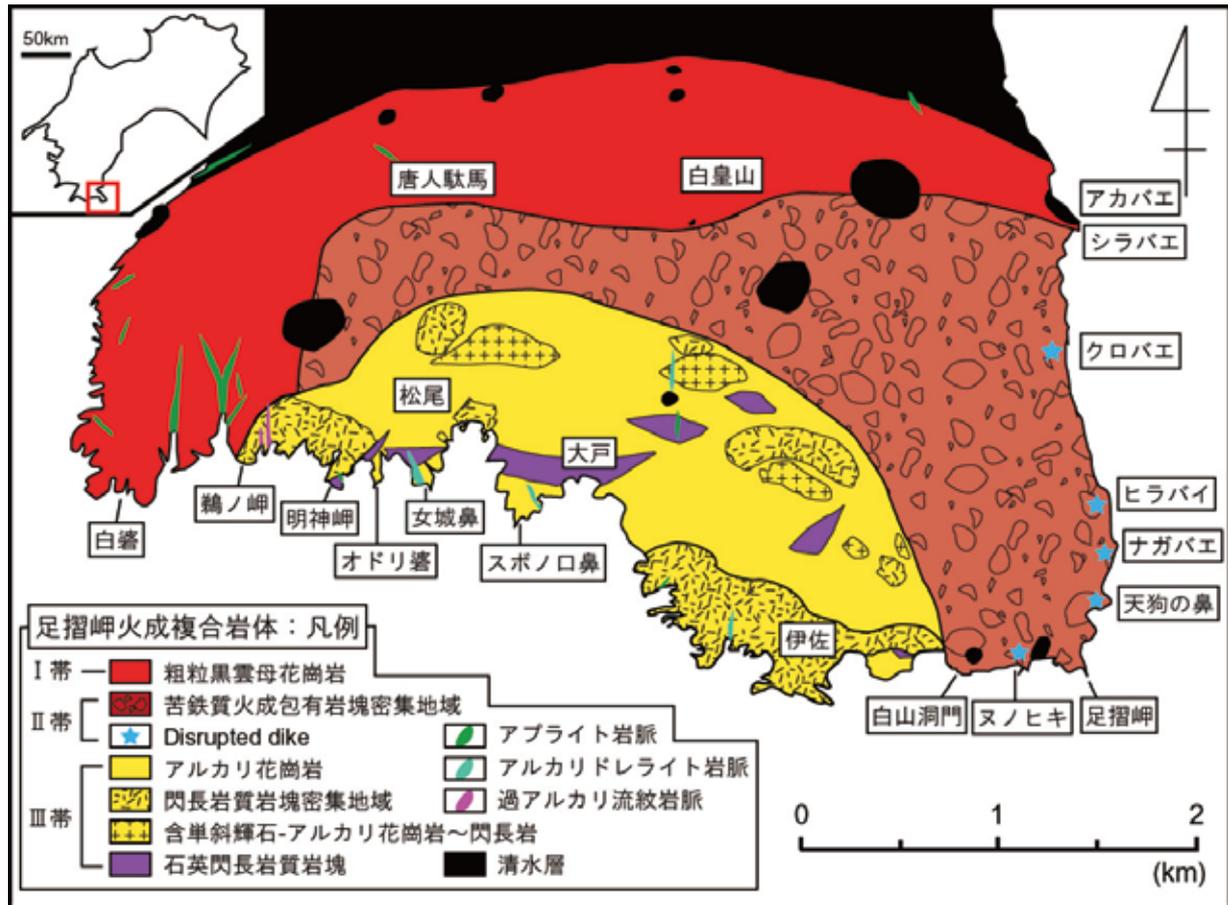


図2-8 足摺岬花崗岩体の地質図 (山脇高知大学修論).



図2-9 II帯に産するラパキビ花崗岩. 班晶状のラパキビ長石が特徴的. ラパキビ長石はピンク色のカリ長石コアと白色の斜長石マントルからなる.

燐灰石，ジルコン，褐簾石などである。沖ノ島花崗岩には堇青石，珪線石，スピネルなどのアルミニウムに富む鉱物が含まれることから，Sタイプ花崗岩であると考えられる。また，電気石が広く含まれることも特徴の一つである。

d. 室戸岬はんれい岩

室戸岬はんれい岩体は最大幅250mのシル状の層状岩体で，前期中新世の津呂層に貫入し，同層に輝石ホルンフェルス相の接触変成作用を与えている(図2-10)。また，被貫入母岩の一部は溶融し，優白細粒の幅5～20cmのグラノファイバー脈が形成されている。このグラノファイバーの黒雲母-全岩Rb-Srアイソクロン年代は14.4±0.4Maである。したがって，はんれい岩の貫入固結年代もほぼこれに近いものと考えられる。はんれい岩体の走向はNE-SW，傾斜は60～80°北西である。しかし，被貫入母岩の構造，古地磁気の測定結果，重力場で生じたマグマ性の構造(後述)などは，はんれい岩マグマがほぼ水平に定置したことを示している。

室戸岬はんれい岩体は鉱物容量比，粒径，組織などによって以下の8つの岩相が識別されている：

(1) 急冷周縁ドレライト，(2) ピクライト質はんれい岩，(3) 細粒かんらん石はんれい岩，(4) 中粒かんらん石はんれい岩，(5) 中粒ピクライト質はんれい岩，(6) はんれい岩ペグマタイトI，(7) はんれい岩ペグマタイトII，(8) 角閃石含有かんらん石はんれい岩。これらは，はんれい岩体と母岩の接触面にほぼ平行する層状構造をなす(図2-11)ことから，玄武岩マグマの現位置での結晶分化作用によって形成されたものと考えられている。中粒かんらん石はんれい岩中にはペグマタイト・レンズがみられる。このレンズ中で斜長石は西部，すなわち上位に，輝石とかんらん石は東部，すなわち下位に濃集している(図2-12)。

これは，このペグマタイト・レンズが中粒かんらん石はんれい岩中の残液から晶出した比重の異なる鉱物が，重力場で沈降することによって形成されたことを示唆している。

室戸岬はんれい岩の主成分鉱物は斜長石，かんらん石，単斜輝石，斜方輝石，角閃石，黒雲母で，副

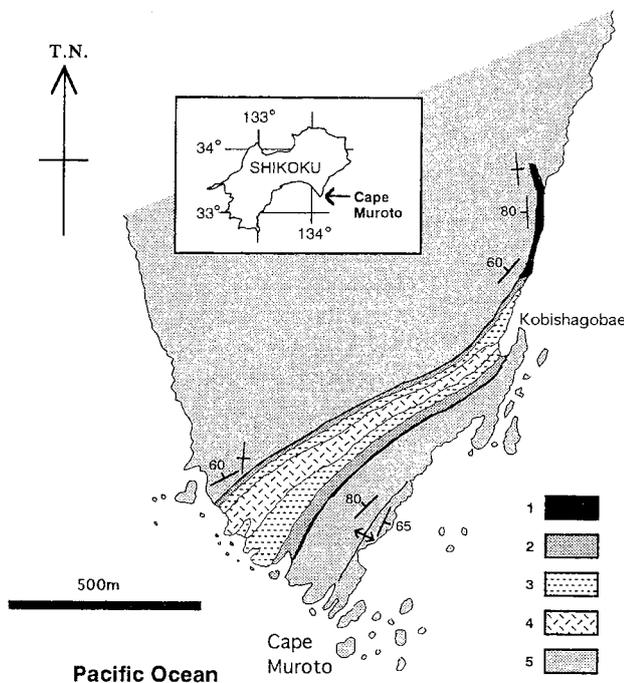


図2-10 室戸岬はんれい岩体の地質図。1: 急冷周縁相ドレライト，2: 細粒かんらん石はんれい岩とピクライト質はんれい岩，3: 中粒かんらん石はんれい岩，4: はんれい岩ペグマタイト，5: 母岩(赤塚ほか，1999)。

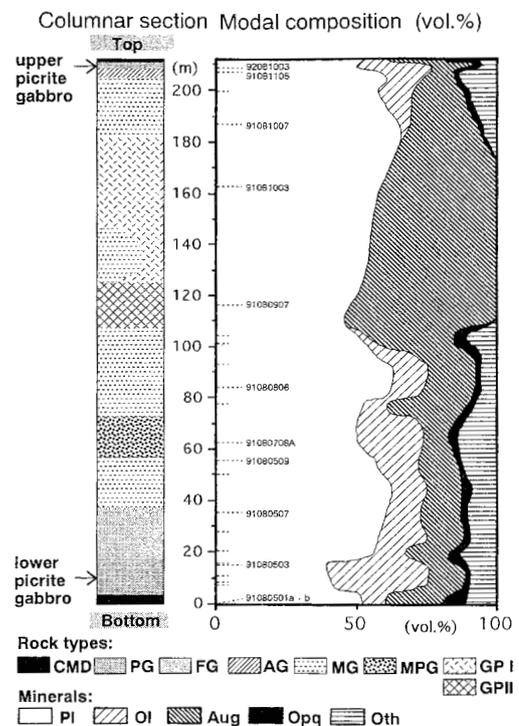


図2-11 室戸岬はんれい岩の柱状図と鉱物量比の変化
PI: 斜長石，Ol: かんらん石，Aug: 普通輝石，Opq: 不透明鉱物，Oth: その他の鉱物(赤塚ほか，1999)。

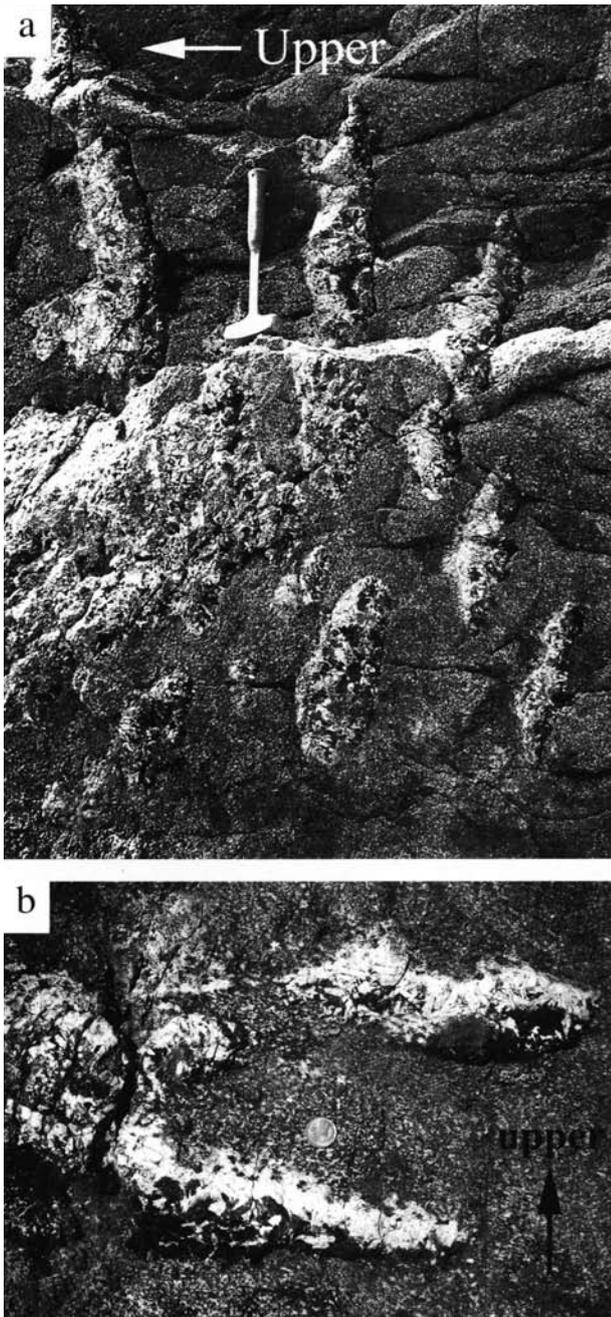


図2-12 a. 中粒かんらん石はんれい岩中のペグマタイトレンズ, b. レンズの拡大写真. スケール用のコインの直径は2.3cm.

成分鉱物として燐灰石, 磁鉄鉱, チタン鉄鉱, 硫化物鉱物などを含む. 全岩化学組成はソレイアイト質で, コンドライトで規格化した希土類元素のパターンはMORB (中央海嶺玄武岩) のそれに類似する. 上記のように室戸岬はんれい岩は陸側海溝斜面に付加した前期中新世のオリストストローム層(津呂層)に定置している. これは, 同はんれい岩体が中期中新世の near-trench magmatism の産物であることを示している.

(6) 第四系

室戸半島西部や足摺岬半島には海岸段丘が, 四万十川や物部川流域には河岸段丘が発達し, それぞれ主として礫層からなる後期更新世の段丘堆積物が分布する. 高知県西部の宿毛低地や中村平野 - 四万十川河口低地, 東部の高知平野・仁淀平野・安芸平野には, 扇状地・三角州・後背湿地・旧河道・自然堤防・内湾などに堆積した完新世の礫・砂・泥・泥炭などが分布する. これら完新統には音地火山灰をはじめとする火山灰が挟在される.

高知平野の第四系は下位から第II砂礫層・第II泥質層・第I砂層・第I泥質層・第I砂礫層に区別されている. 第II砂礫層は更新統, 第II泥質層～第I砂礫層は完新統である. 音地火山灰層が第I砂層上部に挟まれる. 音地火山灰は一般に「アカホヤ火山灰」とよばれる広域テフラ(火山灰)の一つで, 南九州の鬼界カルデラに起源をもち, 約7300年前(14C年代を暦年補正した年代)に噴出・堆積したもので, 完新統の層序区分をおこなう上で重要な鍵層となっている. 高知平野では内湾性の泥層が厚く, 軟弱地盤を形成し地盤沈下による建造物の不同沈下などの被害が発生している.

(7) 鉱産物資源

a. 石灰岩

石灰岩(その変成相を含む)は三波川帯・秩父累帯・四万十帯のいずれにも分布するが, 規模の大きなものは秩父累帯の黒瀬川帯と三宝山帯に限られる. 黒瀬川帯の白木谷層群には大規模な石灰岩体が存在し, 鉄鋼用やセメント原料用として稼行されている. 白木谷層群の石灰岩の主な分布域は南国市・亀岩, 南国市・白木谷, 高知市・土佐山, 高知市・都網, 仁淀川町・鳥形山, 天狗高原(四国カルスト)などである. これらの石灰岩は枕状溶岩やハイアロクラスタイトなどからなる緑色岩を密接に伴う. 緑色岩はアルカリ玄武岩, 石灰岩は礁性石灰岩であることから, 緑色岩と石灰岩は生物礁複合体によって頂部を被覆された海山を形成していたと考えられる. したがって, 白木谷層群の緑色岩と石灰岩は, 海山を載せた

海洋プレートが海溝から沈み込む際、海山が崩壊すると共に陸側に付加したものとされる。なお、黒瀬川帯には黒瀬川構造帯の構成岩類の一つであるシルル-デボン系に石灰岩が挟在される。その代表的なものは越知町・横倉山に分布するもので、かつて石材「土佐桜」として採掘がおこなわれていた。この石灰岩は日本で最も古い石灰岩である。

三宝山帯の大平山層には大平山石灰岩(日高村・大平)が含まれる。鳥巢層群は主に泥岩や砂岩-泥岩互層からなり、その中に“鳥巢石灰岩”とよばれる礁性石灰岩のレンズ状岩体が含まれる。鳥巢石灰岩は暗灰色を呈し、油臭がする特徴を有し、佐川町・鳥巢や同町・七良谷において採掘がおこなわれている。三宝山層(層群)の模式地である野市町・三宝山周辺には三宝山石灰岩(龍河洞がある)が産する。土佐山田町・龍河洞周辺、南国市・稲生、高知市・治国谷、同市・吉良ヶ峰、土佐市・天崎、佐川町・勝森、須崎市・可良谷、土佐市・北原神谷にも三宝山石灰岩に対比される石灰岩が分布している。このほ

か、葉山村(貝ノ川)、東津野村、梶原町、高知-徳島県境の石立山付近などにも同様の石灰岩が知られている。三宝山帯の石灰岩も緑色岩を密接に伴うことから海山起源と考えられている。

b. 超塩基性岩(蛇紋岩)

超塩基性岩の分布は空中磁気図に表現された磁気異常によって知ることができる(図2-13)。四国の中央部を東西に延びる顕著な磁気異常(コンターが密な部分)が存在している。この異常は黒瀬川構造帯の蛇紋岩に対応するものである。その北側には御荷鉾緑色岩類、三波川帯の白髪山超塩基性岩体や東赤石超塩基性岩体による磁気異常が認められる。これらの磁気異常は超塩基性岩の蛇紋岩化に伴って生成された多量の磁鉄鉱によるものと考えられる。

高知県において超塩基性岩は主に三波川帯、および秩父累帯の黒瀬川帯に分布する。三波川帯の超塩基性岩としては本山町・汗見川上流の白髪山岩体(白髪山かんらん岩体)が知られている。本岩体の大き

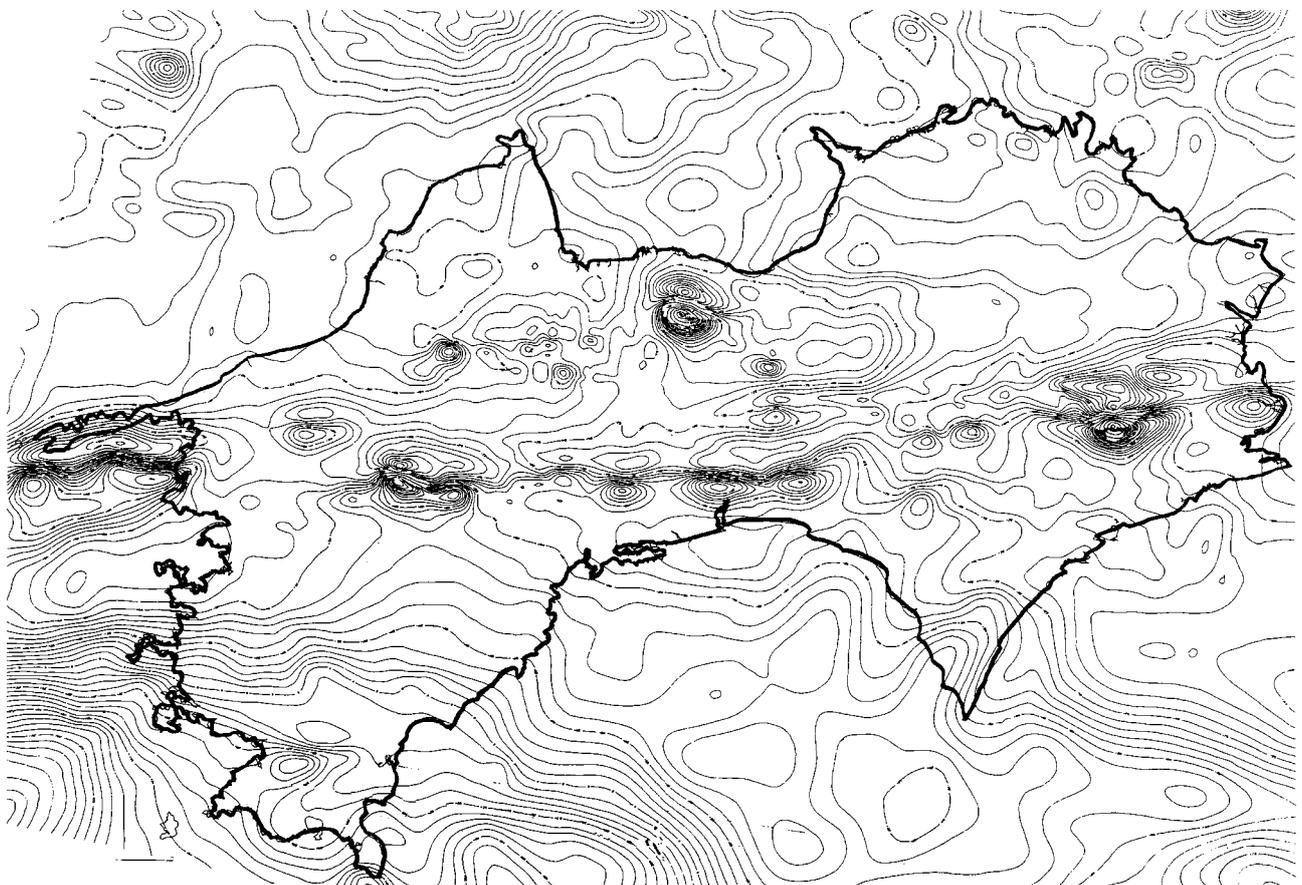


図2-13 四国のIGRF磁気残差図。新エネルギー総合開発機構のIGRF磁気残差図をもとに編集。

さは1.5×1 km²で、周りを三縄層上部層のざくろ石帯の泥質片岩によって取り囲まれている。三波川帯の他の蛇紋岩体や超塩基性岩体と同様に、テクトニック・ブロックであると考えられている。

主な構成鉱物は蛇紋石、かんらん石、磁鉄鉱、クロム鉄鉱で、ウバロバイトや緑泥石を伴う。蛇紋石はアンチゴライトで、かんらん石の仮晶をなすリザーダイトは見当たらない。かんらん石の化学組成やかんらん石に包有される鉱物から、この蛇紋岩はかんらん岩が蛇紋岩化した後に、曹長石 - 緑簾石角閃岩相の変成作用を受けて形成された変成蛇紋岩であると考えられている。

南国市・岡豊^{おこう}、高知市^{いっく}・一宮(大坂峠付近)、同市・円行寺^{えんぎょうじ}、同市^{おおがち}・大河内、同市・唐岩、伊野町・枝川、日高村^{おおぼな}・大花、仁淀川町・長者、梶原町・高階野などには黒瀬川帯の超塩基性岩の比較的大きな岩体が分布する。これらのうち、一宮、円行寺、大花では超塩基性岩(蛇紋岩)が造滓剤・脱硫剤・脱珪剤・肥料などに用いるために採掘されている。この他にも黒瀬川帯には小規模の超塩基性岩体が点在する。これらの超塩基性岩は著しく蛇紋岩化しており、黒瀬川帯を構成する各地質体の境界をなす断層や、これらを不整合に覆う下部白亜系を切る断層に沿っても侵入している。一般に塊状・ブロック状・礫状に破断されており、岩体の周辺ではしばしば片状となる。ブロック状や礫状の蛇紋岩塊の表面は、光沢のある黒色から黒緑色を呈する。蛇紋岩化の著しいものは粘土状になる。磁気異常からその原因となっている超塩基性岩の地下における分布状態を解析した結果、超塩基性岩は北に急傾斜し、少なくとも地下数キロメートルまで分布していることが判明した。

超塩基性岩(蛇紋岩)には蛇紋石(クリソタイル、リザーダイト)・滑石・ブルーサイト・クリノクロア(Mg緑泥石)・磁鉄鉱などからなり、蛇紋岩化の程度の低い塊状やブロック状のものには、かんらん石・単斜輝石・斜方輝石・クロムスピネルなどの超塩基性岩の残晶が含まれる。これらの残晶や仮晶などの量比から、蛇紋岩の原岩はダナイト・ハルツバージャイト・ウェルライト・クリノパイロキシナイトなどの超塩基性岩であったと推定される。また、鉱物容量比や残晶の化学組成から、これらの超塩基

性岩は島弧のウェッジマントルを構成していた「溶け残りマントルかんらん岩」であったと考えられる。また、蛇紋岩中には変成作用によって生じたかんらん石・単斜輝石・透閃石・アンチゴライトなどが認められる。これらのことから、この蛇紋岩は以下の四時期を経て形成されたものと考えられる。

第1期：かんらん石・単斜輝石・斜方輝石・クロム鉄鉱などが安定であった溶け残りウェッジマントルかんらん岩期。

第2期：蛇紋岩化によりクリソタイル・リザーダイト・ブルーサイト・磁鉄鉱などが生じた蛇紋岩期。

第3期：緑色片岩相～角閃岩相低温部の変成作用を被り、変成かんらん石・変成単斜輝石・透閃石・アンチゴライト・タルクなどが生じた変成蛇紋岩期。

第4期：変成蛇紋岩が地表付近で風化・変質作用を受け、クリソタイル・リザーダイト・ブルーサイト・炭酸塩鉱物などが生じた風化蛇紋岩期。

なお、この蛇紋岩にはヒスイ輝石 - 石英の共生で特徴づけられる岩塊や、斜長石斑晶に富む斑状火成岩塊が包有される。後者は著しいロジンジャイト化を被り、含水カルシウムざくろ石・透輝石・ベスブ石・緑簾石などが生じている。

第3節 黒瀬川帯の地質

(1) 黒瀬川帯の認定基準と産状

黒瀬川帯は先石炭紀の地質体、および大陸地殻由来の地質体を含むなど、主にジュラ紀以降の海洋地殻由来の地質体からなる秩父累帯にあっては特異な存在である。したがって、日本列島のみならず、東アジアの中・古生代のテクトニクスを解明する鍵として重要視されている。それにもかかわらず、黒瀬川帯の認定基準については研究者間でさまざまな見解があり、意見の一致をみていない。この不一致が同帯の分布や構造、さらには、それに基づくテクトニクス・モデルに混乱をきたす原因となっている。本稿ではこれまで提案された認定基準に共通する三滝花崗岩類、寺野変成岩類、シルルーデボン系などの黒瀬川構造帯構成要素(市川ほか、1956)に蛇紋岩

と結晶片岩類を加えたものを黒瀬川帯の認定基準とする。

黒瀬川帯において蛇紋岩の分布が広い地域(例えば、四国・高知市周辺)では、同帯を構成する各地質体は蛇紋岩に包有される大小さまざまなテクトニック・ブロックとして産し、蛇紋岩メランジュ帯をなす(鈴木ほか, 1976; 波田ほか, 1979; Maruyama, 1981)。しかし、蛇紋岩の分布が狭い地域では、上記のさまざまな地質体は幅数cm~数mの蛇紋岩の進入を伴う断層で境されている。これらの地質体はレンズ状の複合岩体をなすことがあり、それをレンズ状部と呼ぶことがある(市川ほか, 1956)。なお、黒瀬川帯の分布や構造を明らかにするには空中磁気異常図が有効である(村上・吉倉, 1992)。

(2) 黒瀬川帯の地質と形成

a. 黒瀬川構造帯構成要素

1) 三滝花崗岩類

三滝花崗岩類は中粒~粗粒・塊状~片麻状の石英閃緑岩、トータル岩、花崗閃緑岩などからなる。これらは一般にカタクラスティックな圧砕作用と著しい変質作用をこうむっている。これに伴って、長石は粘土鉱物・方解石・緑簾石に、苦鉄質鉱物は緑泥石・緑簾石・スフェーン・ぶどう石などによって交代されている。

三滝花崗岩類は後述するシルルーデボン系によって不整合に覆われる(安井, 1984)。同系下部の酸性凝灰岩から分離されたジルコンのU-Pb SHRIMP年代は 427.2 ± 7.6 Maである(Aitchison et al., 1996)。したがって、三滝花崗岩類の年代はこれより古い。これまで報告された三滝花崗岩類の放射年代は、期待される年代よりも若いものも多いが、その多くは400Ma前後に集中する。ただし、最近測定された三滝花崗岩類のジルコンU-Pb年代は440Ma前後(Hada et al., 2000)で、先に述べた地質学的証拠と矛盾しない。

2) 寺野変成岩類

寺野変成岩には角閃岩と片麻岩がある。角閃岩には角閃石+斜長石+石英±ざくろ石±黒雲母±単斜輝石の組み合わせを持つ細粒~中粒角閃岩と、角閃

石+斜長石+ざくろ石+単斜輝石+石英±黒雲母の組み合わせを持つ粗粒片麻状角閃岩がある。前者は角閃岩相に、後者はグラニュライト相に属する。後者のざくろ石は前者のそれに比べて著しくパイロブ成分に富む。粗粒片麻状ざくろ石-単斜輝石角閃岩の角閃石のK-Ar年代は 409 ± 21 Maである(Yoshikura et al., 1981)。

片麻岩は斜長石+石英+黒雲母±ざくろ石の組み合わせをもつ。指標鉱物を欠くが、ざくろ石の組成や累帯構造から角閃岩相に属すると考えられる。片麻岩の放射年代は三滝花崗岩類と同様400Ma前後に集中する。

3) シルルーデボン系

シルルーデボン系のシルル系はガラス質凝灰岩や溶結凝灰岩などの酸性凝灰岩や凝灰質砂岩~礫岩が、デボン系は酸性凝灰岩と砂岩-泥岩互層が卓越する。シルル系下位の凝灰岩層に灰白色~淡紅色を呈し、三葉虫やサンゴ化石(鎖サンゴや蜂の巣サンゴ)を含む礁性石灰岩層が挟在される。淡紅色の石灰岩はかつて石材「土佐桜」として採掘されていた。本石灰岩は花崗岩や溶結凝灰岩の礫を含むことがある(吉倉・佐藤, 1976)。

ガラス質凝灰岩には脱ガラス化するもののY字型や音叉型をなす火山ガラスや繊維状構造を残す軽石片が含まれる。また、直径5~10mmの比較的保存の良い火山豆石が含まれることがある。火山豆石の断面には噴煙中を何度も上下する間に形成されたと考えられる。構成物の粒径差に起因する同心円状構造がみられる。このような火山豆石に発達する内部構造から、本火山豆石は電を核に成長した可能性が高い。なお、ガラス質凝灰岩からは比較的保存のよい放散虫化石を産する(Furutani, 1983; Aitchison et al., 1991; Umeda, 1997)。凝灰質砂岩~礫岩は花崗岩由来の碎屑粒子に富む。

4) 結晶片岩類

黒瀬川帯には准片岩類~結晶片岩類が産することが知られており、黒瀬川構造帯の形成に関する造構運動によって形成されたものと考えられてきた(市川ほか, 1956)。Maruyama (1981)は高知市周辺に

おける准片岩類に相当する伊野層が蛇紋岩中の大きなテクトニック・ブロックをなすことを明らかにし、これを黒瀬川構造帯の構成要素とした。伊野層はパンペリー石-アクチノ閃石~藍閃石片岩相の変成作用を受け、その白雲母のK-Ar年代は352~394Maである(植田ほか, 1980)。この准片岩類~結晶片岩類に対比される結晶片岩類は紀伊半島西部や東部からも報告されている(前島, 1978; 坂 ほか, 1988)。

また、高知市周辺では白雲母のK-Ar年代が317,327 Maを示す曹長石-緑簾石角閃岩相の結晶片岩テクトニック・ブロックが蛇紋岩中に産する(植田ほか, 1980)。さらに、同地域からは蛇紋岩中のヒスイ輝石-藍閃石片岩相に属する結晶片岩テクトニック・ブロが報告されており、その白雲母のK-Ar年代は208-240 Maである(Mruiyama et al., 1978)。

5) 蛇紋岩

蛇紋岩は塊状・ブロック状・礫状・片状を呈する。特に蛇紋岩体の周縁部では著しい片状構造を呈することがある。蛇紋岩は原岩の超苦鉄質岩が蛇紋岩化された後に変成作用を受けて形成されたいわゆる変

成蛇紋岩である。変成蛇紋岩の主な変成鉱物組み合わせはアンチゴライト+かんらん石±単斜輝石±透角閃石で、緑色片岩相~角閃岩相低温部に達する変成作用を受けたものと考えられる(Yoshikura, 2001)。

蛇紋岩の原岩は主にダンかんらん岩とハルツバージャイトで、その残留かんらん石とスピネル(クロムスピネル)の組成から、ウェッジマントルを構成した溶け残りかんらん岩であったと推定される(Yoshikura and Miyaji, 1988)。

b. 黒瀬川帯の起源と形成過程

1) 黒瀬川帯の特異性

先に述べたように、秩父帯と三宝山帯には活動的大陸縁辺部において、海洋プレートが沈み込むことによって形成された付加体が分布する。これに対して、両帯に挟まれる黒瀬川帯には周囲とは全く異なる大陸の結晶質基盤岩類(寺野変成岩類や三滝花崗岩類)やそれらを被覆する種々の年代の堆積層の断片が、蛇紋岩と密接に随伴しながら分布し蛇紋岩メランジュ帯をなしている(図2-14)。また、最近、秩父帯・三宝山帯と黒瀬川帯に産する紡錘虫化石の古生

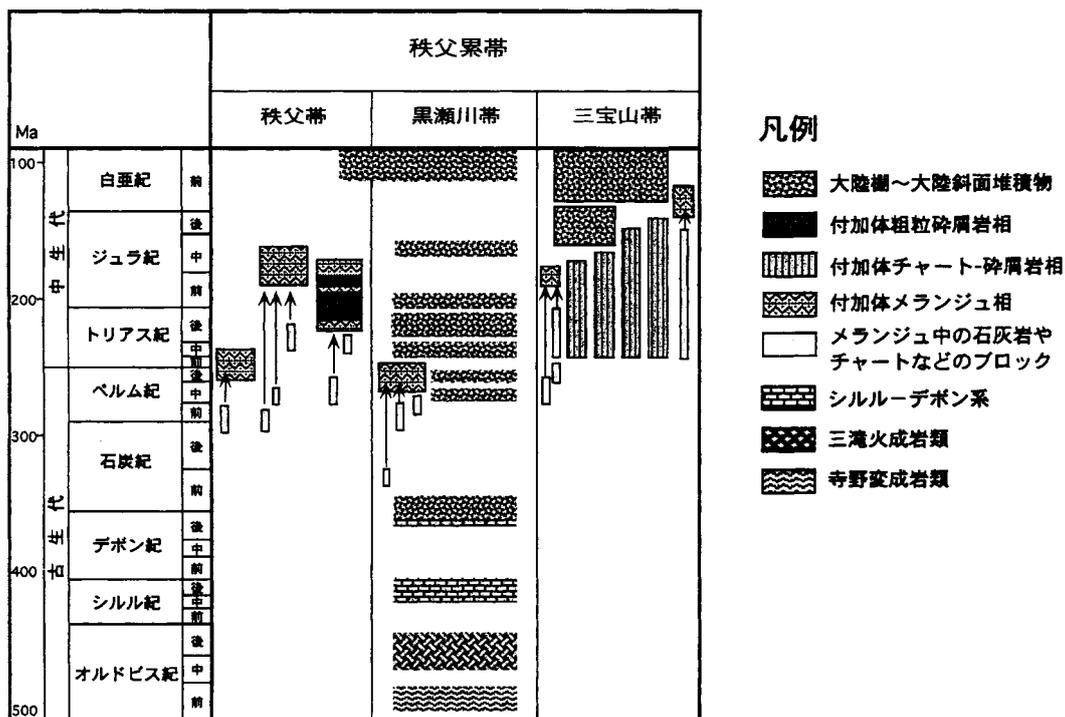


図2-14 四国の秩父累帯を構成する地質体の年代と形成場 波田・吉倉(1999)より引用。

物地理区が異なることが明らかになった。これらは、現在近接している秩父帯・黒瀬川帯・三宝山帯はそれぞれ異なった場所で形成された後、現位置に移動して互いに接するに至ったことを示唆している。では、これら三帯の起源と形成過程はどのようなものであったのであろうか。以下に、この点に関する最近の研究成果を紹介する。

2) 紡錘虫化石の古生物地理区

一般に生物は環境要因に規制され、分類のさまざまなレベルにおいて地球上における分布域が限定される。ある生物群が分布する地域を生物地理区という。地質時代における古生物も同様に、古生物地理区を形成していた。この古生物地理区を明らかにすることにより、大陸の形成や分裂過程、海陸分布の変遷、気候変化などを論じることができる。

紡錘虫(フズリナともよばれる)は原生動物有孔虫類に属する数ミリから数センチの小動物で、古生代の石炭紀からペルム紀に繁栄しペルム紀末に絶滅した。この間さまざまな進化をとげ、その大きさや形が多様に変化した。また、世界各地からその化石が産することから、紡錘虫は当時の広範な海域(浅海域)に生息していたものと考えられる。さらに、その生息域はいくつかの古生物地理区に分けられる。したがって、紡錘虫はたいへん有効な示準化石(時代を決定するのに有効な化石)や示相化石(環境を知るのに有効な化石)としてこれまで多くの研究がなされてきた。

秩父帯・黒瀬川帯・三宝山帯の石灰岩にも石炭紀からペルム紀の紡錘虫化石が含まれ、多くの研究者

がこれを対象に研究を行い、すでに膨大な成果が蓄積されている。最近、その紡錘虫の研究成果を見直すことによって、黒瀬川帯の形成過程がよりダイナミックに論じられるようになった(例えば、波田・吉倉, 1999)。古生代の海洋であったテーチス海やパンサラッサ(古太平洋)における中期ペルム紀の紡錘虫化石群は3つの古生物地理区(動物地理区)に分けられる。秩父帯と三宝山帯の紡錘虫は同じ動物地理区に属するのに対して、黒瀬川帯のそれは前二帯のものとは全く異なることが明らかになった。また、秩父帯と三宝山帯における石灰岩は海山起源で、ジュラ紀付加体の中にブロック(または、オリストリス)として含まれる。一方、黒瀬川帯の石灰岩は陸棚堆積層中の小レンズ状岩体、もしくは礫岩の基質をなしている。すなわち、黒瀬川帯の石灰岩は大陸に近接した海域で形成されたものである。

ところで、黒瀬川帯の紡錘虫が属する動物地理区は現在の南中国やインドシナ/東マラヤ地塊に知られている。したがって、黒瀬川帯の起源はこの地域に求められる。さらに、黒瀬川構造帯のシルル-デボン系から産するサンゴ化石や植物化石はオーストラリア大陸や南中国地塊に共通種が知られている。オーストラリア大陸、インドシナ/マラヤ地塊、南中国地塊はいずれも約5億年前に存在した Gondwana 超大陸から分裂した大陸の断片である。よって、黒瀬川帯の地層や岩石のもともとの形成場所は Gondwana 大陸およびそこから分裂したオーストラリア大陸・インドシナ/マラヤ地塊・南中国地塊、あるいは後二者が衝突合体して形成されアジア大陸の一部に求めることができる。

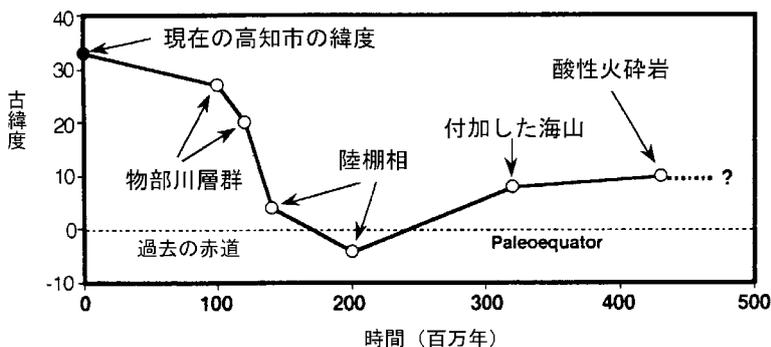


図2-15 黒瀬川帯の古緯度の時代変化。横軸は100万年単位の時間、縦軸は古地磁気から求めた各時代の緯度。

それでは、黒瀬川帯はいつ頃、どのようにしてジュラ紀付加体からなる秩父帯と三宝山帯の間に位置することになったのであろうか。これには、古地磁気データのデータと黒瀬川帯内に分布する白亜系の堆積物がヒントを与えてくれる。図2-15に示されるように、黒瀬川帯の地層や岩石はシルル紀からジュラ紀には赤道付近の低緯度地帯にあった。それがジュラ紀末から白亜紀にかけて急速に北上したことがわかる。

高知市尾立^{ひし}北方の白亜系物部川層群下部層(領石統)には、近接する黒瀬川帯の蛇紋岩に由来する砕屑粒子に富む蛇紋岩砂岩や泥岩が挟まれる。この蛇紋岩砂岩や泥岩はMg, Cr, Niなど超苦鉄質岩に特徴的な元素に富む(表2-1)。これらの事実は領石統堆積当時にはすでに蛇紋岩メランジ体としての黒瀬川構造帯が形成され、地表に露出して削剥を受け、砕屑粒子を物部川層群堆積盆に供給していたことを示している。物部川層群は大規模な横ずれ断層帯に発達した堆積盆に堆積したものである。これらから、黒瀬川帯の岩石や地層は南中国やインドシナ/東マラヤ地塊が集合・合体して形成されたアジア大陸の東縁域に形成された大規模な横ずれ断層運動によって、秩父帯と三宝山帯の間で蛇紋岩メランジ帯を形成するにいたったと考えられる。

引用文献

参考文献(引用文献)

- Aitchison, J.C., Hada, S. and Yoshikura, S., 1991, Kurosegawa terrane: disrupted remnants of a low latitude Paleozoic terrane accreted to SW Japan. *Journal of Southeast Asia Earth Sciences*, 6, 83-92.
- Aitchison, J.C., Hada, S., Ireland, T. and Yoshikura, S., 1996, Ages of Silurian radiolarians from the Kurosegawa terrane, southwest Japan constrained by U/Pb SRIMP data. *Journal of Southeast Asian Earth Science*, 14, 53-70.
- Furutani, H., 1983, Middle Paleozoic Palaeoscendidiidae (Radiolaria) from Mt. Yokokura, Shikoku, Japan. Pt. I. *Trans. proc. Pal. Soc. Japan*, 130, 96-116.
- 波田重熙・鈴木堯士・吉倉紳一・土谷信之, 1979, 四国の黒瀬川構造帯と西南日本外帯の造構環境。日本列島の基盤, 加納 博教授記念論文集, 341-368.
- 波田重熙・吉倉紳一, 1999, 黒瀬川帯の形成とゴンドワナランド。月刊地球, 21, 845-850.
- Hada, S., Yoshikura, S. and Gabites, J.E., 2000, U-Pb zircon ages for the Mitaki igneous rocks, Siluro-Devonian tuff, and granitic boulders in the Kurosegawa Terrane, Southwest Japan. *The Memoirs of the Geological Society of Japan*, 56, 183-198.
- 市川浩一郎・石井健一・中川衷三・須槍和巳・山下昇, 1956, 黒瀬川構造帯(四国秩父累帯の研究Ⅲ)。地質学雑誌, 62, 82-103.
- Maruyama, S., Ueda, Y. and Banno, S., 1978, 208-240 M.Y. old jadeite-glaucophane schists in the Kurosegawa Tectonic Zone near Kochi City, Shikoku. *Journal of Japanese Association of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, 73, 300-310.
- Maruyama, S., 1981, The Kurosegawa m_lange zone in the Ino district to the north of Kochi City, central Shikoku. *Journal Geological Society of Japan*, 87 569-583.
- 村上英記・吉倉紳一, 1992 空中磁気データから見た西南日本外帯(四国地域)の構造。月刊地球, 14, 576-580.
- 西村祐二郎・鈴木盛久・今岡照喜・高木秀雄・金折祐司・磯崎行雄, 2002, 基礎地球科学。232p., 朝倉書店。
- 日本の地質「四国地方」編集委員会編, 1991, 日本の地質8「四国地方」。共立出版, 266p.
- 太田陽子・成瀬敏朗・田中眞吾・岡田篤正編, 2004, 日本の地形6 近畿・中国・四国, 東京大学出版会, 383p.
- 四国地方土地地質図編纂委員会, 2004, 四国地方土地地質図解説書, 建設省四国地方建設局, 859p.
- 鈴木堯士・波田重熙・吉倉紳一, 1976, 黒瀬川構造帯の形成機構-主として高知県を例として-。総研連絡誌「島弧基盤」, 3, 57-58.
- 植田良夫・中島 隆・松岡喜久次・丸山茂徳, 1980, 高知市北方の黒瀬川構造帯に伴う准片岩-伊野層と結晶片岩ブロックの白雲母のK-Ar年代。岩石鉱物鉱床学会, 75, 230-233.
- 安井敏夫, 1984, 黒瀬川構造帯横倉山レンズ状部におけるシルル系の基盤について。地球科学, 38, 89-101.
- 吉倉紳一・佐藤浩一, 1976, 高知県横倉山周辺の黒瀬川構造帯に関する2, 3の事実。総研連絡誌「島弧基盤」, 3, 53-56.
- Yoshikura, S., Shibata, K. and Maruyama, S., 1981, Garnet-clinopyroxene amphibolite from the Kurosegawa Tectonic Zone, near Kochi City -Petrography and K-Ar age-. *Journal of Japanese Petrology, Mineralogy and Economic Geology*, 76, 102-109.
- 吉倉紳一・寺島禎一, 1984, 志摩半島中央部の五カ所-安楽島構造線から見いだされた角閃岩の地質学的意義。岩石鉱物鉱床学会誌, 79, 311-317.

Yoshikura, S. and Miyaji, K., 1988, Igneous petrology of ultramafic rocks from the Kurosegawa Tectonic Zone in central Shikoku, Japan. Abstract of third International Symposium on Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia. IGCP-224, Beijing, China, 141.

Yoshikura, s. (2001), Kurosegawa Terrane -A Gondwana-derived Terrane in Japan-. in: Field Guidebook of International Symposium on the assembly and breakup of Rodinia and Gondwana, and growth of Asia, Organizing Committee of ISRGA, Osaka, 37-56.

用語解説

注1：構造線

地質構造単元を画する大規模な断層(断層帯)。一般に幅広い破碎帯を伴い、水平方向へのずれの成分が大きい。

キースラーガー型鉱床

黄鉄鉱や磁硫鉄鉱を主とし、黄銅鉱を伴う硫化物鉱物からなる層状ないしレンズ状の鉱床で、層状含銅硫化鉄鉱床、あるいは別子型鉱床ともよばれる。塩基性火成岩の中に胚胎し、その多くは変成帯中に存在するが、非変成や低変成地帯にも知られている。四国・三波川帯の別子鉱床や佐々連鉱床は有名で、前者は1690年に発見され1972年に閉山される280年間に銅量にして700キロトン生産し、栃木県・足尾銅山に次いで2番目の産出量を誇る。

注2：コノドント化石

カンブリア紀～トリアス紀の海成層から産する大きさ1mm前後の動物の器官の一部で、鋸の歯のような外観を示す。食物を濾し、砕く機能を果たしていたと考えられる。未知の原索動物の器官であったとする説が有力。

注3：メランジとオリストリス

メランジは付加体に特徴的な堆積相で、変形の著しい泥質の基質の中に、大小さまざまな石灰岩・緑色岩・チャートなどの異地性の岩塊が含まれる。この岩塊をオリストリスという。一般に基質の地質年代はオリストリスのそれより新しい。海溝でのプレートの沈み込みと付加作用によって形成されたものと考えられている。

注4：累進変成作用

変成帯は温度や圧力が上昇するにつれて生成する鉱

物が規則的に変化し、鉱物の組み合わせによる累帯が生じる。温度や圧力の上昇に伴って変成作用が進行することを累進変成作用という。

注5：後退変成作用

累進変成作用がピークに達した後に、温度や圧力が低下する過程で受けた変成作用を後退変成作用という。

注6：緑色岩

海底火山活動によって生じた玄武岩質の岩石が、変質や低温の変成作用を被り、かんらん石や輝石が緑泥石やアクチノ閃石に、斜長石が緑簾石・パンペリー石・曹長石などにかわり、その結果、緑色～赤紫を呈するようになった岩石の総称。

注7：K-Ar年代

岩石や鉱物に含まれる放射性元素の壊変を利用して年代を求める放射年代測定法の一つで、 ^{40}Kr が ^{40}Ar へ壊変することを用いたもの。そのほかに、U-Pb年代、Rb-Sr年代、Nd-Sm年代、 ^{14}C 年代などがある。

注8：スラスト

衝上断層ともいう。上盤が下盤に乗り上げた(衝上した)傾斜の緩い(ふつう 45° 以下)断層。傾斜核は側方へ変化することもある。たとえば、仏像構造線は四国中央部では比較的高角度で北に傾斜するが、紀伊半島ではほぼ水平となるスラストである。

注9：ナップ

衝上断層・横臥褶曲・重力滑動などが原因となって、原位置から下盤の上をある程度の距離滑動し、原地性の基盤を覆ったシート状の大きな異地性の岩体。複数のナップが重なることもある。

注10：付加体

島弧や陸弧の前面の海溝から海洋プレートが沈み込む最、海洋プレート上に堆積した堆積物(チャートや泥岩)・海山・海台・海嶺・大陸片などが海溝を充填した堆積物(砂岩や礫岩)などと共に陸側に付加され寄木細工のように集積した地質体。高知県の地質の大部分は古生代から新生代の付加体からなる。

注11：陸棚堆積相

陸源の碎屑物が陸棚上の海底に堆積してできた地層で、礫岩層・砂岩層・泥岩層・砂岩-泥岩互層などが整然と成層しているもの。

トピックス

1. 放射線から見た地質

岩石はさまざまな鉱物の集合体である。例えば、花崗岩は石英・斜長石・カリ長石・黒雲母・角閃石などから、玄武岩はカンラン石・輝石・斜長石などからなる。これらの鉱物には多様な元素が含まれる。その中には微量ながらウラン・トリウム・ラドン・カリウムなどの放射性元素も含まれる。したがって、岩石や地層からはわずかながら放射線が出ている。それを測定することによってその地域の地質の特徴を知ることができる。この他に、このような物理量の測定から間接的に地質や地下の構造を知ることができるものに重力・地震波・磁気・地電流などがある。

図2T-1は湊(2006)による日本の地表における放射線の測定結果(地表 γ 線の空気吸収線量率)を示したものである。これを見ると、全体的に東北日本は西南日本に比べてその値が小さいことがわかる。これは、本文で述べたように東北日本には新生代の玄武岩や安山岩を主とする火山岩からなる地層(グ

リーンタフ)が広く分布するのに対して、西南日本ではこのような地層を欠き、中生代白亜紀より古い時代の地層や岩石に覆われていることと関係している。また、西南日本の中国地方にはこの値が高い地域が広がっている。これは、ウラン・トリウム・ラドン・カリウムなどの放射性元素を多く含む白亜紀から古第三紀の花崗岩が広く分布しているからである。このように花崗岩によって高い値を示す地域は、西南日本では六甲山地、琵琶湖周辺、飛騨～木曾山脈に、東北日本では越後山脈、飯豊～朝日山地、渡島半島などに見られる。

四国では愛媛県の高縄半島や高知県の西南域に高い値を示す地域が認められる。前者は白亜紀の花崗岩によるものである。後者は新第三紀中新世花崗岩によるものと思われるが、現在の花崗岩分布域より広範囲におよんでおり、地下に潜在する花崗岩によるものか、花崗岩由来の碎屑粒子からなる四万十帯の砂岩によるものと考えられる。室戸半島側にも地表 γ 線の空気吸収線量率がやや高い地域が認められるが、同地域には花崗岩の存在は知られていない。

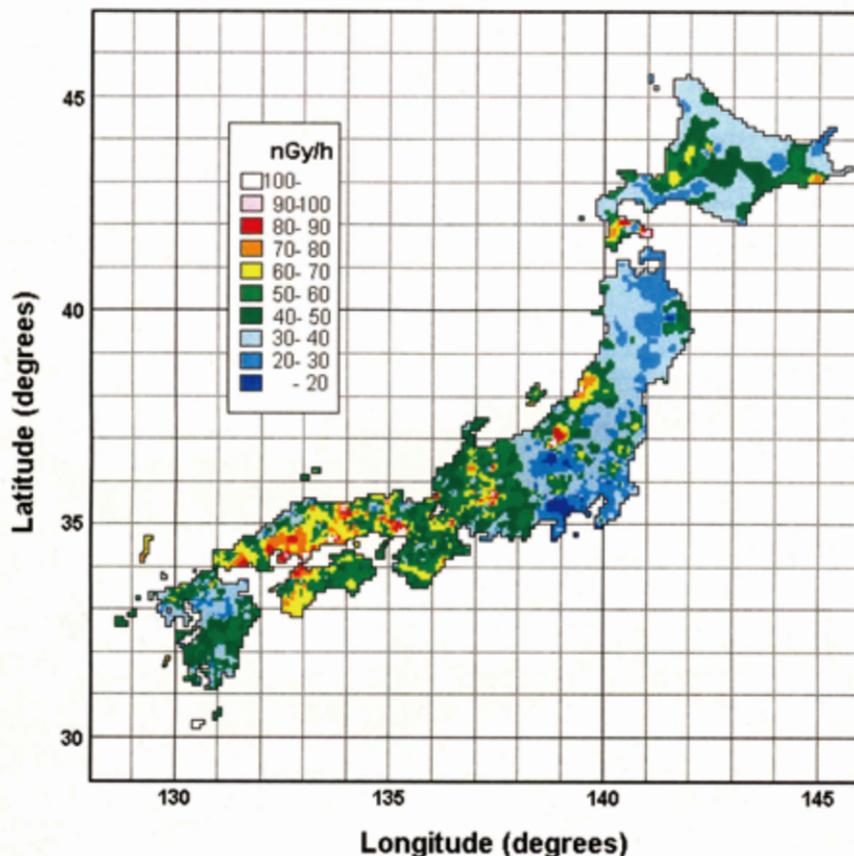


図2T-1 地表 γ 線の空気吸収線量率(湊, 2006).

したがって、花崗岩由来の碎屑粒子を含む砂岩に起因するものであろう。

2. 室戸岬はなぜ三角形なのか

室戸半島は北から南にしたいにその幅を減じて室戸岬で三角形の頂点をなして海に没する。この大地形の特徴は西の足摺半島にも見られる。また、室戸半島の岬の一つである行当岬も三角形をなす。なぜこのような特徴的な地形ができたのであろうか。実はこれは断層が作ったものなのだ。

図2T-2に示すように、室戸半島の東岸と西岸にはそれぞれの海岸線に平行する断層系(同じ方向に断層がいくつも平行して走っている)が発達しており、それぞれ室戸半島東岸断層系、および室戸半島西岸断層系とよばれている(酒井, 1987)。前者の代表的なものは西寺断層、後者の代表的なものは盲道谷断層である。両断層とも約12~13万年前の海底面が隆起してできた段丘面である室戸岬面(中位段丘面)を切っている。これら二系統の断層がX型に交差することによって室戸半島は菱形~平行四辺形のブロックに分割されている(図2T-3a)。その菱形~平行四辺形のブロックの先端部分に室戸岬が位置している。そのために室戸岬は三角形をしているのである。行当岬も小さなブロックの先端部分に当たるのだ。

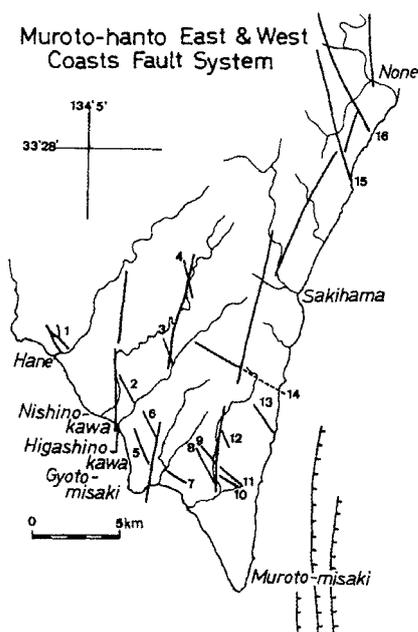


図2T-2 室戸半島の東岸断層系と西岸断層系(酒井, 1987)。

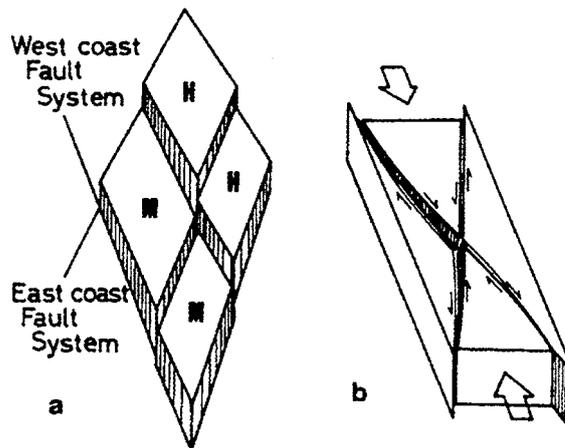


図2T-3 a: 室戸半島東岸断層系と西岸断層系によるブロック化. b: 共役断層とそれを生じた圧縮力の方向(酒井, 1987)。

ではどうしてこのような二系統の断層系ができたのであろうか。これはフィリッピン海プレートの沈み込みによって室戸半島が北北西~南南東に圧縮された結果、同時に互いのずれの方向が逆な二組の断層が形成されたのである(図2T-3b)。このような二組の断層は共役断層(共役関係にある断層ともいう)とよばれている。すなわち、室戸岬東岸断層系と同西岸断層系は共役関係にある断層であると考えられるのだ(酒井, 1987)。この断層系は室戸半島の大地形のみならず、室戸半島を流れる河川の流路をも規定している。図2T-4の点線は四万十帯の新第

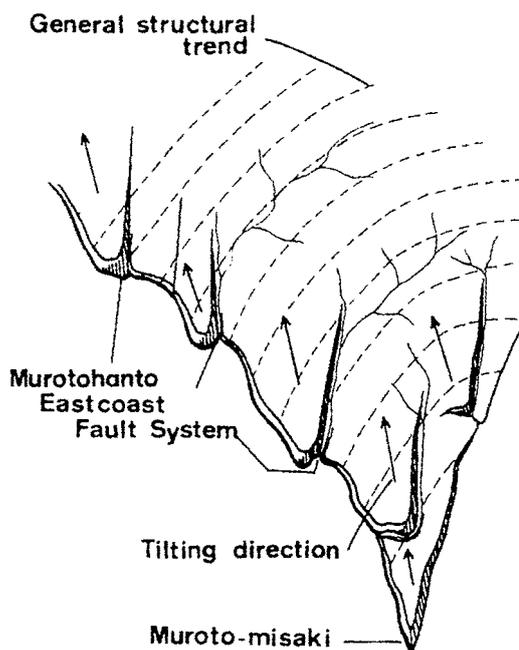


図2T-4 断層による河川の屈曲(酒井, 1986)。

三紀の基盤岩の一般的な方向である。同半島の西海岸に流れ込む河川は上流では基盤岩の方向に沿っているが、下流では南北方向に屈曲しその後は断層に沿って流れている。屈曲は西の川や元川で顕著である。これは断層によりブロック化し西に傾動した地塊によって河川の流路が変更されたためと考えられる(酒井, 1986)。

3. 四万十川の穿入蛇行

「最後の清流」として全国的に知名度が高い四万十川は高岡郡津野町の不入山を源流とし南に流れ、河口から約90km地点で禰原川と合流した後は西に、河口から約45km地点で広見川と合流した後は南東に流れ、四万十市・下田で土佐湾に注ぐ一級河川で「渡川」の別名がある。流路延長196km、流域面積2270km²で、吉野川に次ぐ四国第二の河川である。中流域から下流域では河床勾配がきわめて小さく穏やかな流れを作っている。河口付近には広大な汽水域と干潟が広がる。

四万十川の地形的特徴の一つは、四万十市・半家から四万十町・十和、大正を経て窪川に至る中流域にみられる著しい穿入蛇行である。蛇行(または曲流)とは河川の流れがS字を連ねたように左右に曲がることをいう。蛇行は通常、沖積平野や広い谷底の上を流れる河川が、洪水のたびに流路の位置を変えることによって発達する。このようなものを自由蛇行という。これに対して、山地や丘陵地を蛇行する河川が深い谷を刻んでいるものを穿入蛇行という。なお、穿入蛇行には生育蛇行と掘削蛇行がある。前者は下刻とともに側刻を行い兩岸の谷壁斜面の傾斜が異なるのに対し、後者は側刻に比べて下刻が著しく強く、兩岸の谷壁が対称的である。

穿入蛇行の成因はいまだ十分わかっていないが、一般に、過去に河川が平坦な面を流れ自由蛇行し、後の垂直隆起にもなって下刻が進んだ結果によると考えられている。この平坦面としては河床面と準平原面があげられる。四万十川中流域での穿入蛇行に関しても、その地域が他所に比べて垂直隆起速度が大きかったためであるとされてきた。

しかし、最近の林・池田(2000)の研究によれば、四万十川の穿入蛇行は自由蛇行を継承したもので

なく、同川中流域には河床礫が少なく、平滑岩盤河床が卓越するという河床形態の特徴に起因するものであるという。河床礫があるとそれが集積して砂礫堆(バー)や堆積段丘が形成される。河川がそれを避けて下刻すると河道の側方移動をとまなう生育蛇行を生じる。これに対して、平滑岩盤河床では流路を変更させる砂礫堆のような障害物がないので掘削蛇行を生じる。四万十川中流域にみられるのはこの掘削蛇行であり、同地域では河成段丘の発達極めて悪いことから、過去数十万年にわたって掘削蛇行の性質を保持してきたと可能性が高い。

4. 四国で天然ダイヤモンド発見される

2007年9月、日本の各紙で報道されたように、名古屋大学の研究者が愛媛県・四国中央市に産する火山岩中のマンテル捕獲岩の中から、天然のダイヤモンドを発見した。日本初の発見である。大きさは約1/1000mmとたいへん小さく商業的価値はないが、地球科学的にはたいへん興味深いものである。

ダイヤモンドは化学的には黒鉛(鉛筆の芯に使われる)と同じ炭素であるが、ダイヤモンドは高い圧力のもと(地下100kmより深い場所)で、黒鉛は低い圧力のもとで安定である。ダイヤモンドはそのような地下深部で形成され、それが地表に付近に上昇してきたものである。上昇速度が遅ければ圧力や温度が徐々に下がり、ダイヤモンドはそれとは似ても似つかない黒鉛に変わってしまう。このダイヤモンドの運搬役をするのがキンバーライトという一種の火山岩である。この火山岩は地下深部から時速100km以上という高速で地表に上昇すると考えられている。したがって、ダイヤモンドは黒鉛に変わる間もなく地表に到達することができる。このキンバーライトという火山岩の分布は先カンブリアの古い大陸である南アフリカ、オーストラリア、ロシアなどに限られている。したがって、ダイヤモンドの鉱山もこれらの地域に偏在している。

日本列島は島弧-海溝系をなし海洋プレートが海溝から沈み込む活発な変動帯にあり、ダイヤモンドを産する先カンブリアの安定な大陸とは地質環境が大きく異なる。したがって、これまでは日本列島からダイヤモンドは見つからないものと考えられてき

た。今回ダイヤモンドが発見された岩石はキンバーライトではなく、島弧-海溝系のみならずハワイのような海山にも産する岩石である。今回の発見はこのような地域でも地下100kmより深い所から何らかのメカニズムによって物質が上昇してくることを示唆しており、ダイヤモンドの成因や地下深部から地表への物質移動に関する従来の考え方を覆す画期的な出来事である。今後の研究成果に注目したい。

5. 地球化学図 - 化学の目で見える地質 -

地球表層においてどのような元素がどれだけ分布しているかを図示したものが「地球化学図」である。これによって、その元素の存在が自然によるものなのか、それとも大気汚染、地下水汚染、土壌汚染など的人為的なものなのかを評価することができる。また、金属資源の鉱床探査にも用いることができる。このように、地球化学図はそれぞれの国における重要な基本情報の一つであることから、主要な先進国

は全国規模の地球化学図を作成している。

我が国では産業技術総合研究所地質調査総合センターが平成11年度年から5カ年計画で「日本の地球化学図」の作成を進め、平成16年度にその成果を全国地球化学図(1/200万)と地域地球化学図(1/20万)としてウェブサイト上で公開しており自由に閲覧できる。また、分析に用いた試料の種類・採取位置・採取法・調整法、分析値、元素間の相関関係、因子分析などについても知る事ができる。この地球化学図の作成には10km当たり1試料の密度で、日本全国から採取された合計3,024個の河川堆積物についておこなった53元素の化学分析値が用いられている。

この地球化学図は試料を採取した河川の流域の地質を反映している。たとえば、マグネシウム・クロム(図2T-5)・ニッケル・コバルトなどは四国の中央部を東西に伸びる地域において高濃度で、その延長部は紀伊半島から関東山地に続くことがわかる。これは主に黒瀬川構造帯の主要な構成岩であり、こ

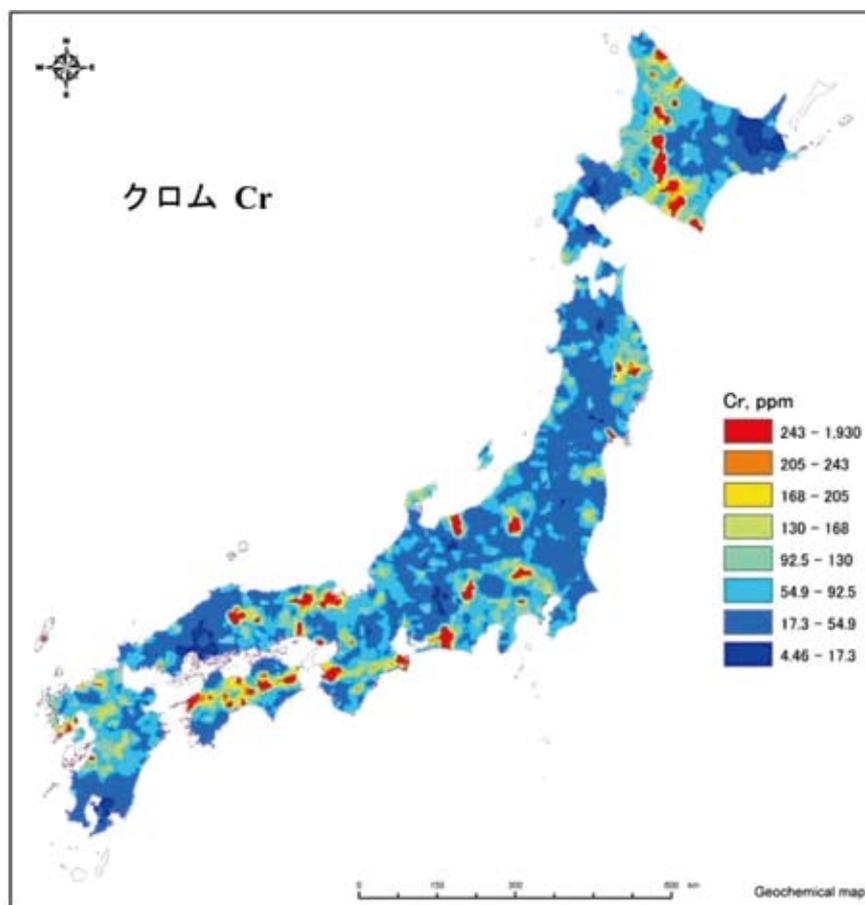


図2T-5 クロム (Cr) の分布図. 産業技術総合研究所地質調査総合センターの「日本の地球化学図」から引用。

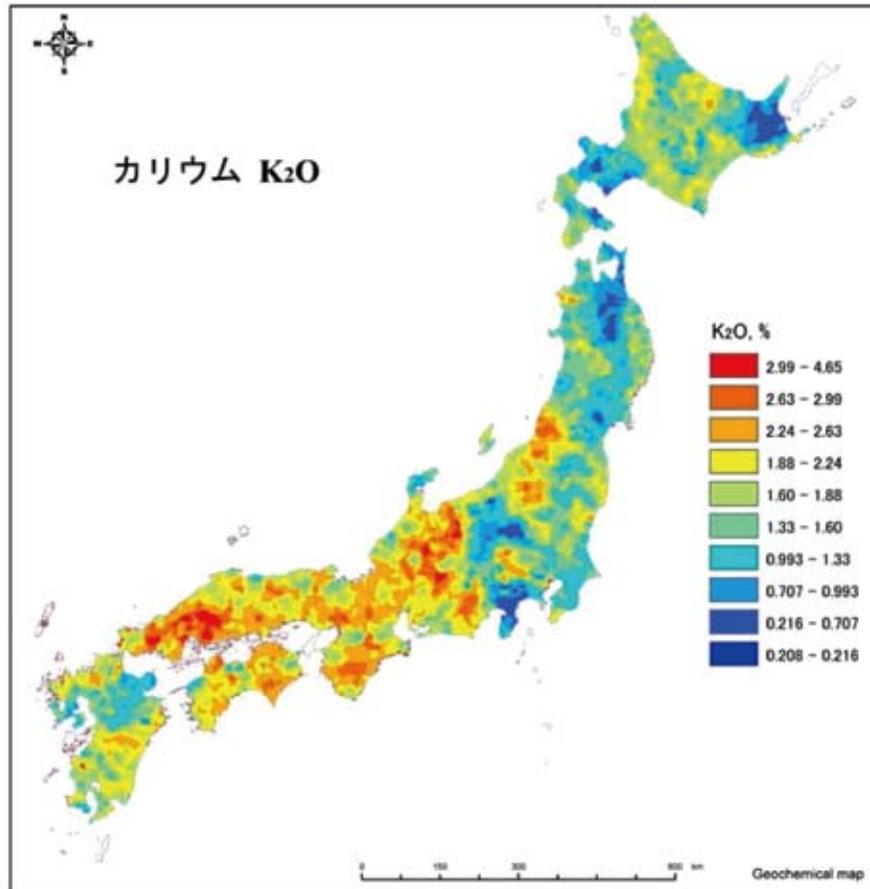


図2T-5 カリウム (K_2O) の分布図. 産業技術総合研究所地質調査総合センターの「日本の地球化学図」から引用.

これらの元素に富む蛇紋岩の分布を反映したものである。また、カリウム(図2T-5)・ルビジウム・セシウム・トリウム(図2T-5)などは東日本に比べて西日本で高濃度である。これは、西日本、特に近畿地方から中国地方にかけて広く分布する白亜紀の花崗岩によるものである。このように、化学の目で日本列島を眺めると、それぞれの地域の地質の特徴を知ることができる。

引用文献

林 千夏・池田 宏(2000)四万十川中流の穿入蛇行の成り立ち. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 1, 43-50.

湊 進(2006)日本における地表 γ 線の線量率分布. 地学雑誌, 115, 87-95
 酒井治孝(1986)室戸半島行当岬の海成段丘-室戸面-を切る西寺断層. 活断層研究, 2, 65-72.
 酒井治孝(1987)室戸面の陸側段丘崖基部を切る盲道谷断層. 活断層研究, 4, 47-54.
 水上 知行(2008)日本の天然ダイヤモンド~前弧に浮上したマンツルの謎~. JGL(日本地球惑星科学連合ニュースレター), 4, 1, 3-5.
 水上 知行(2008)日本産の天然ダイヤモンドを発見. 科研費NEWS(2007), 3, 7.
 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 日本の地球化学図, <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geochemmap/index.htm>

第3章 土 壤

第1節 土壌とは

(1) 土壌ってどんなもの？

陸地の表面を覆っている物質は、厚さ数10cmから1ないし2mの軟らかい土壌である。岩石が風化して細くなったものは“土”であり、これだけでは土壌とは呼べない。岩石鉱物の風化物を素材として、緑色植物による有機物の光合成生産と、微小動物・微生物による有機物分解という二つの生物作用によって、“土”は土壌に変わってゆく。したがって、生物活動の知られていない月には“土”はあっても、“土壌”はない。約4億年前の上部シルル紀に陸上に植物が発生したと考えられていることから、土壌が生まれたのはこの頃ということになる。いわゆる土の部分か土壌の骨格を形成し、緑色植物や微小動物・微生物によって土壌に生産機能と分解機能が与えられ、土壌が完成する。

土壌学は、大きく二つの流れに分けられる。ひとつは、農業的立場から植物培地としてみる学問分野であり、これをエダフォロジー(edaphology)という。今ひとつは、独立の自然体として生成の歴史から土壌を把握していく学問分野であり、これをペドロジー(pedology)という。両分野から派生した学問分野には、植物栄養学、土壌化学、土壌物理学、土壌微生物学、土壌肥沃度、土壌生成・分類学、土壌地理学などがある。現在では、環境科学、生物資源科学、生態学などに対する世界的な関心の高まりを受けて、細分化された土壌学の諸分野を、再び総合的に捉えることの必要性が増している。また、かけがえのない資源であり、生態環境を支える大きな

緩衝材として機能してきたことが見直され、土壌の重要性が再認識される機運にある。

(2) 土壌概念の定義

土壌とともに、土、土地という言葉がある。土は土壌と同義に用いられることが多いが、生物生産の場として扱われる場合と、物を作るための材料物質として扱われることがある。土壌と呼ばれるのはふつう、前者のみである。この場合、地表面に垂直な広がりを含むしている。すなわち、土壌は作物等が生存するために必要な空間であり、地表面から地下に存在する岩石にいたるまでの土層の積み重なりである。一方、土地は二次元の広がり指し、建造物の基盤あるいは人間の利用を前提とした場合に用いられる。

高井(2004)は、土壌を次のように定義している。

「土壌とは、地表における気候・生物・母材・地形などの自然環境因子と人間活動及び時間的因子の影響下で、岩石鉱物の風化物である無機物質と動植物・微生物の相互作用によって垂直方向に分化した物理性・化学性・生物性の異なる土層の集合した体制で、高等植物の根の伸長生育を支持できる部位である」

(3) 土壌の生成

地表面に露出した岩石は、日照や風雨にさらされ、次第に物理的に崩壊・細粒化し、同時に化学成分が溶出し、成分組成が変質する。これを風化作用という。風化作用を受けた岩石が、さらに物質の溶脱や集積、分解と合成、酸化と還元、有機物の付加・移

動、集積などの物理、化学、生物学的作用を受けると、土壌は特有の断面形態をもつようになる。これを、土壌化作用という。土壌化作用は、土壌の定義に示されているように、次の5つの土壌生成因子の相互作用によってもたらされる。イエニーは次のように表した。

$$\text{土壌 (s)} = f \{ \text{母材 (p)} + \text{生物 (o)} + \text{気候 (cl)} \\ + \text{地形 (r)} + \text{時間 (t)} \}$$

この式は、自然環境因子と時間因子とからなるが、実際には、人為の影響が大きいことから、現在では、 $\text{土壌 (s)} = f \{ \text{母材 (p)} + \text{生物 (o)} + \text{気候 (cl)} \\ + \text{地形 (r)} + \text{時間 (t)} \} + \text{人為 (h)}$ と表すのが適当であると考えられるようになっている。

以下に、それぞれの土壌生成因子について概説する。

a. 母材

土壌の無機成分の材料となる岩石を母岩という。母岩には、礫や砂、あるいは黄砂（レス）や火山灰などの未固結の堆積物も含まれる。母岩が風化作用を受け、軟らかくなったり、変性したりした物質を母材という。火山灰のような未固結の岩石はそのまま母材とみなすことができる。いわゆる黒ボク土は、母材である火山灰の影響が強く残っている土壌であり、北海道から九州、熱帯に至るまで、気候の違いにかかわらず形態や理化学性が似かよっている。

b. 生物

植物は土壌の生成に大きな影響を与える。森林になるか草原になるかで異なった土壌が生成する。日本国内の土壌では、火山灰の影響を受ける地域が非常に広いが、時間スケールを1-2万年程度として考えると、森林が成立するか草原の段階で止まっているかは主として気候要因で決まる。東北や北海道などで、寒冷気候のために草原植生でとどまっている場合には、黒ボク土の有機物集積層は非常に黒い。一方、森林植生が成立している場合には、黒ボク土は褐色であることが多い。また、森林植生下でも、樹種によって異なる土壌が生成することもある。土壌動物は、土壌有機物の混和をとおして土壌生成に

影響を与える。

c. 気候

気候は土壌の温度と水分状況を支配する。そのため、土壌内の反応速度と水分の移動に直接関与し、生物の生育をとおして間接的に土壌生成に影響する。地球表面には、気候に従って気候帯と植生帯が生じる気候帯や植生帯に応じて生成する土壌を、成帯性土壌とよぶ。気候要因として温度と降水量及び年間の降水パターンなどが上げられるが、これらの因子は母岩の風化作用や生物性に影響を与えることから、同じ母岩から異なる様相の土壌が生成することもある。

d. 地形

山地、丘陵地、台地（段丘）、平野などの地形単位がある。それぞれの地形にみられる岩の種類、年代、土の深さなどは、およそ次のように区分できる。

- 1) 山地は火成岩（火山岩や深成岩など）や堆積岩がその内部に存在し、数千年から数億年前に生成した岩であることが多い。土の深さは1メートル未満のことが多い。
- 2) 丘陵地は主として堆積岩（数十万年から数百万年前）からなり、土の深さは2-3メートルに及ぶこともある。
- 3) 台地は段丘堆積物（数万年前）からなり、土の深さは4-5メートルに及ぶ。国内では、平坦な地形面が広く続く場合に、関東平野、宮崎平野、十勝平野などのように平野として扱われることも多いが、実際にはかつての平野部を2万年前程度までの火山灰が地表面を覆っている場合が多い。段丘などは二百万年前頃の温暖期に風化が進行し、赤色土として知られる土壌地帯となっている。
- 4) 平野は河川からの運積物からなり、現在までの6千年間に堆積したものを材料とする。土の深さは数十から数百メートルに及ぶものまである。

e. 時間

地球46億年の歴史のなかで、現在の地表面になっ

ているものが土壌である。そのため、母岩からの風化の年数もさまざまである。風化生成の初期段階のものを未熟土とよび、母岩の性質を色濃く残したものとみなすことができる。生成過程の進行につれ、気候や植生の影響を強く長く受けることによって、成熟土になる。また、土壌の成熟に要する時間は、土壌の種類によって異なる。熱帯に見られるラトソルや赤色土などは数10万年かかって生成するが、ポドソルなどでは千年前後でも生成する。黒ボク土は2万年程度の間、堆積した灰の種類によってさまざまな様相のものが生成する。生成に要する年数が短いため、日本国内だけで比べても、北海道や九州、日本列島の東と西、降水量の差、などの違いによって、さまざまなタイプの黒ボク土が生成する。

f. 人 為

人類の活動の影響は非常に大きい。生物としてのヒトの影響と呼ぶことのできないほど強烈なインパ

クトを土壌生成過程にも与えてきた。たとえば、農業の影響では、長期のコンポスト施用により、腐植に富むA層が1 m以上も発達することがある。台地上でも、水田灌漑により表面からの水の影響を強く受けた土壌が生成する。湿田であっても、排水によって乾田化することにより、乾田特有の土壌生成作用が始まる。構造改善事業などで客土されたもの、新規に造成されたもの、1 mの深さにまで耕起したもの、などはまさに人工土壌と呼ぶべき物になる。

(4) 土壌生成作用

土壌は、これらの土壌生成因子の組み合わせと、発達段階の違いにより、異なる形態（断面形態）を生ずる。土壌中で進行する物理・化学・生物学的諸過程の組み合わせを基礎的土壌生成作用と呼ぶ（表3-1）。

表3-1 主な基礎的土壌生成作用と特徴。

-
- | | |
|---|---|
| <p>(1) 土壌の無機成分の変化を主とする作用</p> <p>1) 初期土壌生成作用：岩石表面に生息する微生物や藻類などにより、岩石が分解、破壊される初期段階</p> <p>2) 粘土化作用（シアリット化作用）：岩石の化学的風化により、粘土鉱物が生成する過程</p> <p>3) 褐色化作用：造岩鉱物から遊離した鉄が（水）酸化鉄となり、土壌を褐色に着色する作用</p> <p>4) 鉄・アルミナ富化作用（フェラリット化作用）：湿潤熱帯気候下で、激しい化学的風化により、塩基やケイ酸が溶脱し、酸化鉄とアルミナが残留富化する作用</p> | <p>(2) 土壌の有機成分の変化を主とする作用</p> <p>5) 腐植集積作用：枯枝落葉の堆積や植物根の分解により、土壌上部に有機物が集積し黒色味を呈する作用</p> <p>6) 泥炭堆積作用：湿地などで水面下において湿生植物の遺体が分解不十分のまま集積する作用</p> |
| <p>(3) 土壌生成物の変化と移動を主とする作用</p> <p>7) 塩類化作用：蒸発量が降水量を上回る乾燥地において、可溶性塩類が土壌中や表面に集積する作用</p> <p>8) 石灰集積作用：母材中の炭酸カルシウムや硫酸カルシウムが、断面のある深さに集積する作用</p> <p>9) 脱塩化作用：塩類土壌の脱塩作用で、炭酸ナトリウムが優勢となって強アルカリ化し、さらにアルカリが溶脱すると土壌コロイド粒子の移動が起こる。</p> <p>10) 塩基溶脱作用：土壌の可溶性塩類や交換性陽イオンが溶脱する過程</p> <p>11) 粘土洗脱作用（レシベ化作用）：表層の粘土が機械的に水の移動に伴い下層に移動・集積する作用</p> <p>12) ポドゾル化作用：堆積有機物の分解産物の有機酸が酸化鉄やアルミナを溶解し、下層へ移動集積する作用</p> <p>13) 水成漂白作用：表層の過湿、湛水、有機物の存在により、鉄やマンガンが還元溶脱されて、表層が灰白色に漂白される作用</p> <p>14) グライ化作用：水に飽和された土壌中で、鉄が還元して第一鉄を生成し、青灰色～緑灰色に着色する作用</p> <p>15) 擬似グライ化作用：季節的に酸化還元が繰り返し、灰色の還元部と褐色の酸化部が大理石模様になる作用</p> <p>16) 均質化作用：土壌動物の攪拌混合作用により、土壌が均質化する過程</p> | |
-

第2節 世界の土壌

世界の土壌の分類には、主として2つの方式が用いられている。ひとつは、FAOとUnescoが1960年代から協同で、世界の土壌資源の目録作製を意図し、世界土壌図作成のための努力を重ねた。その結果、1973年に、ようやく最初の縮尺1/500万のアフリカ図幅を出版し、その後各大陸の土壌図が完成した。1980年頃から世界の土壌資源を相互に対比する重要性が認識されるようになり、国際土壌学会とFAO/Unescoなどで、国際参照基準(International Reference Base for soil Classification, IRB) が検討され、World Reference Base for Soil Resources (WRB) という形で第16回世界土壌科学会議(フラ

ンス・モンペリエ) で発表された。いまひとつは、アメリカ合衆国農務省土壌保全局が1999年に公刊した「Soil Taxonomy (第2版)」である。こちらも、現在、世界中で使用されている。以下に久馬(2001)に基づいて、その概要について記述する。

(1) Soil Taxonomy

a. Soil Taxonomyの構成と特徴

それまでには主観による定性的な指標を用いて土壌分類が行われてきたために土壌診断に基づいた適切な農地管理をする際にはさまざまな混乱があった。Soil Taxonomyでは、定量的な分析値などに基づく分類法が提唱されたことにより、分類の再現性が高く、誰にでも分類できるということから、広く受け

表3-2-1 Soil Taxonomyの高位カテゴリーの分類基準となる特徴土層。

表層	
Mollic (A)	厚層, 暗色, 高塩基飽和度, 構造発達
Umbric (A)	塩基飽和度が低いこと以外はMollicと同じ
Ochric (A)	淡色, 低有機物含量, 乾燥時は硬で壁状なこともある
Melanic (A)	厚層, 黒色, 高有機物(有機炭素>6%), 火山灰土に普通
Histic (O)	有機物含量きわめて高く, 年間のある時期湿
Anthropic (A)	人為で作られたmollic層類似の層位, 高有効リン酸
Plaggen (A)	人工有機質層位, 多年の堆肥施用による
次表層	
Argillic (Bt)	ケイ酸塩粘土の集積
Natric (Btn)	交換性Na含量の高いargillic層, 円柱状または角柱状構造
Spodic (Bhs)	有機物, Fe・Al酸化物の集積
Cambic (Bw)	物理的な移動や化学的な反応によって変化した層位
Agric (A or B)	耕作の結果, 作土層の直下にできた有機物と粘土の集積
Oxic (Bo)	強風化層位, Fe・Al酸化物とカオリン質粘土の混合物
Duripan (m)	ケイ素で固結した硬盤層
Fragipan (x)	硬いが砕けやすい盤層, 通常, 壤土質で弱く固結
Albic (E)	淡色で, 粘土, Fe・Al酸化物がほとんど失われている
Calcic (k)	CaCO ₃ またはCaCO ₃ ・MgCO ₃ の集積
Gypsic (y)	石膏の集積
Salic (z)	塩類の集積
Kandic (Bt)	低活性粘土の集積
Petrocalcic	固結したcalcic層
Petrogypsic	固結したgypsic層
Placic	FeだけかFeとMn, またはFeと有機物で固結した薄い盤層
Sombric	熱帯高標高地に特有の有機物の集積層
Sulfuric	強酸性でジャローサイトの斑紋をもつ

入れられるようになってきた。しかし、発展途上にある国や地域によっては、分析機器や施設などの環境が整っていないため、分析値そのものを得ることが難しい、という問題点もある。

Soil Taxonomy は多階層的分類体系を取っており、高位から低位へ次の6つのカテゴリよりなる。数字はそのカテゴリに属する分類単位の数である (Soil Survey Staff, 1999)。

- 土壌目 (Soil Order) 12
- 土壌亜目 (Soil Suborder) 64
- 土壌大群 (Soil Great Group) 317
- 土壌亜群 (Soil Subgroup) 約1,300
- 土壌ファミリー (Soil Family) 約7,500
- 土壌統 (Soil Series) アメリカだけで約19,000

12の土壌目は特徴土層 (diagnostic horizons) (表3-2-1) を定義した上で、それらの有無や組み合わせによって設定されたものであり、表3-2-2 に示すとおりである。いずれも“土壌”を意味する“sol”で終わる名前の前半の一部が、亜目以下のカテゴリにおける土壌名の最後につけられている。表3-2-2 には、その際に用いられる名前が括弧内に示されている。

亜目は目を細分するにあたって、土壌水分レジ-

ム、あるいは母材の特異性などを分類基準としており、それぞれを指示する接頭辞を名前の前に付ける。例えば、aquic な水分レジームをもつ Oxisols は、Aquox とよばれる。

大群は亜目を細分するカテゴリであるが、各亜目ごとに分類基準は異なる。ここでも、土壌温度レジーム、土壌水分レジーム (3-2-(1)-c.参照) が用いられる場合もあるが、特異的な生成物や土色などの特徴的な性状 (Diagnostic soil characteristics や diagnostic features) も用いられる。これらの分類基準を示す短い接頭辞を亜目名の前につけて大群をあらわす。例えば、Plinthaquox は、プリンサイトをもつ Aquox のことである。亜群以下は、その大群に典型的なものと、大群間や大群と非土壌との間の移行型を示す。典型亜群には typic という形容詞をつけ、Typic Plinthaquox とし、移行型にはその典型からの変位を示す形容詞をつける。

土壌ファミリーと土壌等の細分には、農業的に重要な土壌の性質を分類基準として用いる。例えば、粒度組成や鉱物組成、土壌温度クラスなどは土壌ファミリーレベルで、さらに有機物の量や土壌構造などは土壌統レベルで用いられる分類基準である。ここまで細分されると、農業的利用の立場からみてかなり均質な土壌分類単位となり、施肥や灌漑などの営農管理技術として同一のものを適応できる区分と考えることができる。

表3-2-2 土壌目検索の順序と分類のための主たる基準。

検索順	分類のための基準	土壌目名
1	もし、土壌が永久凍土層をもっていれば	Gelisols (el)
2	その他の土壌で、主として有機土壌物質からなっていれば	Histosols (ist)
3	その他の土壌で、spodic層があれば	Spodosols (od)
4	その他の土壌で、andic層*があれば	Andisols (and)
5	その他の土壌で、oxic層があれば	Oxisols (ox)
6	その他の土壌で、膨潤性粘土に富み乾季に深い亀裂発生なら	Vertisols (ert)
7	その他の土壌で、aridicな水分レジームをもてば	Aridisols (id)
8	その他の土壌で、kandic層またはargillic層があり、塩基飽和度が低ければ	Ultisols (ult)
9	その他の土壌で、mollic層があれば	Mollisols (oll)
10	その他の土壌で、kandic層またはargillic層があり、塩基飽和度が高ければ	Alfisols (alf)
11	その他の土壌で、cambic層があれば	Inceptisols (ept)
12	その他全ての土壌	Entisols (ent)

*主として火山噴出物からの風化生成物が示す、高い活性アルミニウム含量、高いリン酸吸収能などの性質 (Soil Survey Staff, 1999)

b. 土壌各論

1) Oxisols

この土壌は湿潤熱帯の、古い安定な地形面上に最も広く分布する。長時間の風化と土壌生成の産物であるから、気候変化の結果として、現在はかなり乾燥的な気候下にも出現する。Oxisolsの分布はほとんど全部がアフリカとアメリカの熱帯地域に限られ、アジアにはごく小面積しか存在しない。

Oxisolsは湿潤高温条件下で激しい風化作用と洗脱作用を受けて生成した土壌であり、Oxic B層の存在で特徴付けられる。Oxic層は粘土含量が比較的高いものの、カオリナイトや遊離酸化物を粘土の主体とした低活性粘土であり、養分保持力、水分保持力とも弱い。また、高温下にあつて有機物蓄積も乏しく、易風化性鉱物もほとんど残っていないため、窒素、リン酸、ケイ酸、塩基類などの供給力はきわめて低い。そのため、農業利用上は制限因子の多い土壌である。

ただし、遊離酸化物による粘土の凝結が起こっており、土壌構造の発達が良いため、粒団の安定度が高く、排水性が良好で、侵食抵抗性も高いため、養水分の適切な補給が可能でありさえすれば、農業利用が十分に可能である。

2) Ultisols

UltisolsはOxisolsと同様、主として湿潤気候下に生成する土壌であり、長い風化と土壌生成の履歴をもち、古い安定な地形面上に広く分布する。強い化学的風化と洗脱を受けて生成した土壌であるため、易風化性鉱物が乏しいことや、低活性粘土の卓越で特徴付けられる。

形態的には、表層からの粘土の洗脱、下層での集積（粘土集積B層；argillic層、kandic層）の存在が必須である。加えて、層内の塩基飽和度が低いこと（ $<35\%$ ）が、後述するAlfisolsとの違いである。強風化の結果、土壌母材中の鉄含量が高い場合にはOxisolsとなり、低い場合にはUltisolsやAlfisolsとなることが多い。

Ultisolsはアジア地域での分布が広く（30%程度）、特に東南アジアでは50%以上がUltisolsである。塩基飽和度の低いことが必須要件であるので、Ultisols

はすべて酸性を呈する。粘土の主体はOxisolsと同じくカオリナイトであるが、鉄などの遊離酸化物による凝結は多くないため、養分保持力はやや高いが、アルカリ性を示す塩基類の含量が低いことに加え、強酸性で植物の大きな生育阻害因子となる交換性アルミニウム含量が高い。アルミニウムの活性が高いためリン酸が固定され、植物への有効性が抑えられて欠乏状態になるなど、施肥管理も難しい。

Oxisolsに比べて粘土の分散性が高く、表層土壌からの粘土の洗脱が進むため、表層が砂質土壌になることが多い。侵食抵抗性も弱く、農業利用上は物理性・化学性ともに改善する必要があることから、困難が多い。

3) Alfisols

この土壌は、Ultisolsと同様に粘土集積B層をもつが、Ultisolsと比べると明瞭な乾季をもつ熱帯地域に出現する。このような地帯では塩基類の洗脱が進んでおらず、塩基飽和度が $>35\%$ と高い。

南米では東北ブラジル、アフリカではサバンナ地帯を中心に分布する。アジアではインドやスリランカに分布するが、東南アジアには少ない。

Alfisolsは塩基飽和度が高いものの、粘土の主体はやはり低活性粘土であり、農業利用上はUltisolsとほぼ同じような問題点をもっている。しかし、Oxisols、Ultisolsと比べると、風化、土壌生成の履歴は短く、相対的に易風化性鉱物含量も高いため、肥沃度はやや高い。施肥に対しても両土壌よりは感応もよい。しかし、乾燥地帯に出現するため、早魃の危険が多いこと、地表を覆う植物が少ない分、侵食抵抗性がやや劣ることになる。

4) Inceptisols

Oxisols、Ultisols、Alfisolsが安定な地形面上で比較的長期間の土壌生成過程を経て生成されたものであり、断面内に明瞭な特徴をもつものに対し、同じような気候、母材条件下にあつても、地形的に不安定な傾斜地などでは、特徴的層位の発達が十分でないInceptisolsが生成する。Inceptisolsは土壌断面形態の発達の未熟さによってのみ特徴付けられる土壌であるため、その化学性や鉱物組成などの点では、か

なり大きく変異するものを含んでいる。また、その分布は、世界中のどこにでも見られる土壌である。一例として、傾斜地に分布する Inceptisols は、排水性良好であるのに対し、低地（沖積平野やデルタ）に分布するものは排水性が悪い。アジアの水稻栽培地のほとんどがこの Inceptisols に属する。水の集まる地域に分布するため、周辺から流れ込んだ粘土や養分に富むため、一般的には肥沃度の高い土壌ということになる。

5) Entisols

この目に属する土壌は、地表に露出したばかりの水成堆積物や、砂丘の砂、新鮮な降下火山灰のようにまだ土壌化していない風成堆積物、あるいは土層が浅すぎてすぐに基岩が露出するもの、砂質であるために土壌の形態的発達が認められないものなどがある。世界中のどこにでも出現する。

沖積の堆積物で層位分化がほとんどなく、堆積層理が認められるようなものが、自然堤防などに見られる。分布面積は限られているが、土地利用上はきわめて重要であり、一般の食用作物はじめ、果樹、野菜栽培などにも適する。モンスーン地帯のデルタなどでは、居住地としても重要である。

6) Vertisols

乾燥地の条件下で、比較的平坦な台地を形成する石灰岩、泥灰岩、塩基性火成岩などの風化産物より生成する。いずれもスメクタイト質の膨潤性粘土を主成分とする重粘質の土壌であり、乾季には収縮して深い亀裂が入り、雨季には膨張する。この膨張・収縮のため深くまで混ぜ返されて、均質で厚い土壌となる。主としてアフリカ、オーストラリアに分布する。アジアではインドのデカン（半島）高原に、レグール（Black cotton soils）の名で知られた広い Vertisols 地帯がある。アフリカではスーダンの一部に広く分布する。

塩基状態は良好で、pH が中性ないし弱アルカリ性を呈する。逆に、微量元素欠乏の危険もある。

土地利用上最も大きい問題は、膨張性粘土に富むために、湿潤な条件下では粘着性・付着性が強く、乾燥すると固結して耕起もできなくなる。つまり、

塩基状態は良好でも、農作業のしにくい土壌である。灌漑をすれば、サトウキビ、ワタ、タバコ、イネなどの栽培には優れた適性を示す。

7) Aridisols

この目の土壌は、乾燥ないし半乾燥気候をもつ地域に分布し、砂漠の景観と結びついている。Aridic な土壌水分レジームをもつものが多く、塩類や炭酸カルシウム、石膏の集積を示す層位が地表から 1 m 以内に出現するものや、古い地形面上にあるものでは、下層に粘土集積 B 層が出現するものがある。いわゆる、アフリカ、西アジア、オーストラリアなどの砂漠の周辺地域に分布する。

水不足が土地利用上の最大の制限要因である。灌漑がない限りは、わずかに季節的放牧が行われるほかには利用できない。Aridisols 地域の過放牧は容易に砂漠化につながる。灌漑農業を行う場合にも、二次的な塩類化の問題が起こる。特に、内部排水が悪い場合、地下水位が比較的高い場合（2 m 以内）に顕著である。一度塩類化が起こると、それを洗い流すための十分な水が入手不可能なため、ほぼ修復不能な荒廃地となる。塩類が集積するために高 pH であることが多く、微量元素の欠乏を引き起こす危険性が極めて高い。鉄・マンガン・亜鉛・イオウなどの施用が必須となることが多い。

8) Mollisols

Mollisols はチェルノーゼムとして知られ、主として冷温帯草原に出現する土壌である。Mollisols は塩基飽和度が高く、暗色で構造発達の良い Mollic A 層で特徴付けられる。肥沃度が高く、物理性も良好であることから、適切な管理を行う限り、高い生産性を示す。熱帯に見られるものは、やや乾燥地に分布し、水不足による旱魃の危険性の伴う。そのため植生の被覆が悪く、土壌侵食の危険もある。

9) Spodosols

この目の土壌は、北方の針葉樹林に主として出現する。また、湿潤熱帯では、古い海岸砂丘などの上に生成する数 m にもおよぶ真っ白な砂（漂白層）の下に鉄の集積層が現れる「ジャイアント・ポドゾル」

がみられる。しかし、ジャイアント・ポドゾルは分類上はEntisolsに位置づけられる。

Spodosolsは腐植と鉄の集積によって特徴付けられるspodic層(集積B層)の存在によって定義されるが、表層に漂白層(albic A層)がみられるのが普通である。一般に、砂質母材からなり、土壤表層の有機物を溶かしこんだ雨水による強い洗脱によって、このような特徴的な層位分化が起こると考えられている。

肥沃度的にはきわめて不良であり、微量元素を含むあらゆる養分の欠乏がみられ、農業的利用には適さない。熱帯のヒース林といわれる貧弱な林相をしめすケランガスやカーティンガの多くは、ポドゾルの上に分布している。

10) Andisols

Andisolsは火山噴出物起源の土壤である。日本の黒ボク土を中心概念とした土壤である。火山灰の風化物で、アロフェンやイモゴライトなどの非晶質・準晶質粘土鉱物を主体とするものと、アルミニウム・腐植複合体と2:1型粘土を主体とするものがある。いずれも、酸性シュウ酸塩溶液に可溶な「活性アルミニウム」を多量に含む。

中南米諸国、アジア(フィリピン、インドネシア、日本)に分布する。イネ科の草本下では、黒みの強い腐植が多量に蓄積され、特徴的な外見(分厚い黒い土層)を示すとともに、安定した構造を形成している。一般に酸性が強く、活性アルミニウムによるリン酸固定能が大きいことが、肥沃度管理上の大きな問題となる。熱帯では、Andisolsの多くは高冷地に分布しており、有機物に富むことから、野菜栽培などの集約的な管理農業に適している。

11) Histosols

堆積の50%以上を有機物が占める土壤であり、いわゆる泥炭地に分布する。泥炭には寒冷気候下で植物の分解が進まずに堆積したものと、熱帯地域において遠浅の海岸線にできた汽水域でのマングローブ林や湿地林由来のものがある。前者は、北海道の内陸部や、高山地帯の火山湖跡地が泥炭形成によって陸化したものが有名である。後者は、西マレーシ

ア、サラワク、サバ、カリマンタン、スマトラ、イリアンジャヤに限定的に分布する。東南アジア熱帯の約6%を占める広がりをもつが、これまではほとんど利用されてこなかった。しかし、近年、未利用な土地資源が不足しているインドネシアやマレーシアでは、泥炭地開墾が大規模に進められた。しかし、泥炭の主要な部分は貧栄養・強酸性の木質泥炭であり、土壤の物理性・化学性には問題の多い土壤であるため、開墾後も優良農地として持続的に利用することは困難である。

12) Gelisols

Gelisolsは寒冷地に出現する永久凍土層をもつ土壤である。したがって、農業を含めた土地利用はほとんど行われていない。

c. Soil Taxonomyにおける土壤気候区分

Soil Taxonomyでは、土壤気候要素の重要な要因として、土壤温度レジームと土壤水分レジームを定義している。

1) 土壤温度レジーム

年平均土壤温度(mean annual soil temperature; MAST)が地表部10cm程度の土層を除けば、深さに関わらずほぼ一定となることを利用し、MASTによって、次の4つのレジームに区分している。

さらに、深さ50cmの土層における夏季と冬季の平均土壤温度の差をとって、この差が6℃未満の場合に、上記のそれぞれに対応して、isohyperthermic, isothermic, isomesic, isofrigid温度レジームを細分している。

実測する代わりに、熱帯では年平均気温+2.5℃が、温帯では年平均気温+1℃が使われている。

土壤温度レジーム	MAST (°C)
hyperthermic	≥22
thermic	22 > ≥15
mesic	15 > ≥8
frigid	8 >

2) 土壤水分レジーム

植生・農業との関係では、土壤の水分レジーム

が重要である。Soil Taxonomyの中では、土壌水分レジームを決めるために着目すべき土壌の深さ(制御部位という)を、土性ごとに定義している。すなわち、砂土の場合は30-90cm、粗い壤土質の場合は20-60cm、それ以外の場合には10-30cmとしている。以下に、土壌水分レジームの主要なものを概説する。「乾」というのは、1,500kPa(永久しおれ点)以上の水分張力で保持されている水、つまり、植物にとっての有効水のない状態をいう。また、「湿」とは、1,500kPa以下の張力で保持されている水分の存在する状態をいう。

udic: 土壌の制御部位のどの部分をとっても、年間に積算で90日以上「乾」とならない。降雨分布の良い湿潤気候下の土壌に普通にみられ、また、夏季に十分な降水があって、土壌中の水と降水との合量がほぼ蒸発散に等しいか、あるいはそれより多い気候下の土壌にみられる。この水分レジームのうち、制御部位の土壌水分張力が100kPa以上にならず、水が常に土壌中を流下するような非常に湿な水分レジームを特に、perudicとよぶ。

ustic: 制御部位の土壌の一部がほとんどの年に年間の積算で90日以上「乾」となるが、積算180日以上は「湿」な状態にあり、かつ少なくとも90日間は引き続き「湿」であるような水分レジームと定義される。usticな水分レジームは3ヶ月以上の雨季を少なくとも1回はもつようなモンスーン気候下の土壌に典型的にみられる。

aridic: 制御部位の土壌のある部分で引き続き90日以上も「乾」であるような水分レジームであり、乾燥気候下でみられる。

aquic: 還元的な土壌水分レジームをいう。すなわち、土壌が年間のある期間水で飽和されるか、湛水する。もし、地下水位がほとんど地表面にあって、年間を通じて土壌が水で飽和されているような場合、この水分レジームをperaquicとよぶ。

(2) FAO/Unesco世界土壌図

世界土壌図の凡例に用いられている土壌単位には2つのレベル(土壌ユニットとサブユニット)があ

る。これらは厳密には前述のSoil Taxonomyのカテゴリとは対応していないが、上位の土壌ユニットのレベルはほぼ垂目に、また下位のサブユニットのレベルはほぼ大群に対応している。Soil Taxonomyと同様、特徴土層や識別特徴を定量的に定義して分類基準としているが、1/500万という小縮尺の土壌図を作る目的で土壌単位が設定されているので、Soil Taxonomyのように下位のカテゴリまでは整備されていない。そのため、分類としては不完全であるが、初めから国際機関によって作られたもので、あらためて国際的対比をする必要がないのと、2レベルだけで分類が簡単であるところから、多くの国でこの方式を用いてより大縮尺の土壌図が作られている。

1/500万の世界土壌図の図示単位には、サブユニットを基礎にした土壌群域(soil association)が用いられている。土壌群域とは、ある自然景観の中に一定の法則性をもって2種類以上の土壌が出現するが、地図の縮尺のためにそれらを分けて図化しえない場合に用いられる図示単位である。また、土地利用や土壌管理に影響を及ぼす土地の特徴(例えば、急な傾斜)がある場合には、土壌の境界を横切って土壌相による区分がなされる。

この世界土壌図を基図として1976年の砂漠化地図、1978年の農業生態ゾーン地図、1982年の人口扶養力地図、1990年の人為による土壌劣化地図などが作製されている。

1988年には、土壌図凡例の改定が行われ(FAO, 1988)、もともと26あった土壌ユニットは28に増え、サブユニットは全部で153になった。これは、熱帯発展途上国での土壌調査の進展や、Soil Taxonomyの改定と歩調を合わせたものである。表3-2-3は土壌ユニットとそれぞれの特徴ならびにSoil Taxonomyとの対比を示したものである(久馬, 2001)。

土壌ユニットとサブユニットの分類は、定量的に定義された特徴土層と識別特徴を用いて行われる(FAO, 1988)。土壌ユニットの分類基準として用いられる土壌層位を特徴土層といい、特徴A層が5つ(H層を含む)、特徴B層が5つ、その他の層位が6つ定義されている。それらの簡略な定義は以下のとおりである。

a. 特徴土層

Histic H層：有機土壌物質よりなる層位

Mollic A層：暗色表層. 塩基飽和度>50%. 1%クエン酸可溶P₂O₅<250ppm. 構造発達

Fimic A層：長期間の堆肥の投入でできた人工表層. 1%クエン酸可溶P₂O₅>250ppm.

Umbric A層：塩基飽和度以外はMollicA層と同じ.

Ochric A層：上記のH層, A層に該当しない表層土.

Argic B層：粘土集積層. 細土の粘土含量が>8%. Ferralic B層の性質を持たない.

Natric B層：交換性Naイオンに富む粘土集積層.

円柱・角柱状構造.

Cambic B層：変化を受けた層位. 他の特徴土層の定義を満たさない.

Spodic B層：酸化鉄, 酸化アルミニウム, 腐植の集積層.

Ferralic B層：強風化層. 細土の粘土含量が>8%. CEC<16 cmol kg⁻¹粘土.

Calcic層：炭酸カルシウム集積層.

Petrocalcic層：固結したcalcic層.

Gypsic層：石膏集積層.

Petrogypsic層：固結したgypsic層.

Sulfuric層：硫酸塩含有層. pH (1:1) <3.5.

Albic E層：漂白層.

表3-2-3 FAO/Unescoの世界土壌図凡例中の土壌単位 (改定凡例).

土壌名	分類のための基準	Soil Taxonomyとの対比
Acrisols	酸性で風化の進んだargic B層をもつ土壌	Ultisols
Alisols	酸性だが風化度の低いargic B層を持つ土壌	Ultisols
Anthrosols	人工土壌	なし
Andosols	わが国の黒ボクにあたる土壌	Andisols
Arenosols	粗粒の非固結堆積物上の未熟土壌	Entisols
Calcisols	石灰集積層をもつ土壌	Aridisols
Cambisols	Cambic A層をもつ形態的に未発達の土壌	Inceptisols
Chernozems	暗色のmollic A層と石灰集積層をもつ土壌	Mollisols
Ferralsols	Ferralic B層をもつ土壌	Oxisols
Fluvisols	沖積堆積物上の未熟土壌	Entisols
Gleysols	地表から50cm以内で水飽和の未熟土壌	Entisols
Greyzems	暗色のmollic A層と構造面の漂白をもつ土壌	Mollisols
Gypsisols	石膏集積層をもつ土壌	Aridisols
Histosols	積算で厚さ40cm以上の泥炭をもつ土壌	Histosols
Kastanozems	淡色のmollic A層と石灰集積層をもつ土壌	Mollisols
Leptosols	地表から25cm以内に岩盤の出る未熟土壌	Entisols
Lixisols	土壌材料がより強く風化されたLuvisols	Alfisols
Luvisols	塩基飽和度の高いargic B層をもつ土壌	Alfisols
Nitisols	構造面が輝く厚いargic B層をもつ土壌	Alfisols, Ultisols
Phaeozems	mollic A層をもつが石灰集積のない土壌	Mollisols
Planosols	難透水性粘土層の上に漂白層をもつ土壌	Alfisols, Ultisols
Plinthosols	プリンサイト層をもつ土壌	Oxisols
Podzols	spodic B層をもつ土壌	Spodosols
Podzoluvisols	漂白層とargic B層をもつ土壌	Alfisols, Ultisols
Regosols	陸成の非固結堆積物上の未熟土壌	Entisols
Solonchaks	遊離の塩の集積をもつ土壌	Aridisols
Solonetz	交換性Naに富む土壌	Alfisols, Mollisols
Vetisols	半乾燥気候下の膨潤性粘土に富む土壌	Vertisols

FAO (1988)

b. 識別特徴 (主要なもの)

- Andic な性質：火山灰の風化層.
- Ferralic な性質：cambic 層や A 層直下で CEC が $<24 \text{ cmol kg}^{-1}$ 粘土か $<4 \text{ cmol kg}^{-1}$ 土壌.
- Ferric な性質：鉄質の層.
- Fluvic な性質：沖積層.
- Geric な性質： $\text{pH (KCl)} >5$ で $\text{ECEC} <1.5 \text{ cmol}$

- kg^{-1} 土壌. 低活性と変異荷電性の層.
- Stagnic な性質：季節的に還元を受ける層.
- Nitic な性質： $>30\%$ の粘土を含み、強い角塊状構造. ペッド表面に輝き.
- Vertic な性質：粘土質で乾季に亀裂, しかし Vertisols とは認められない.

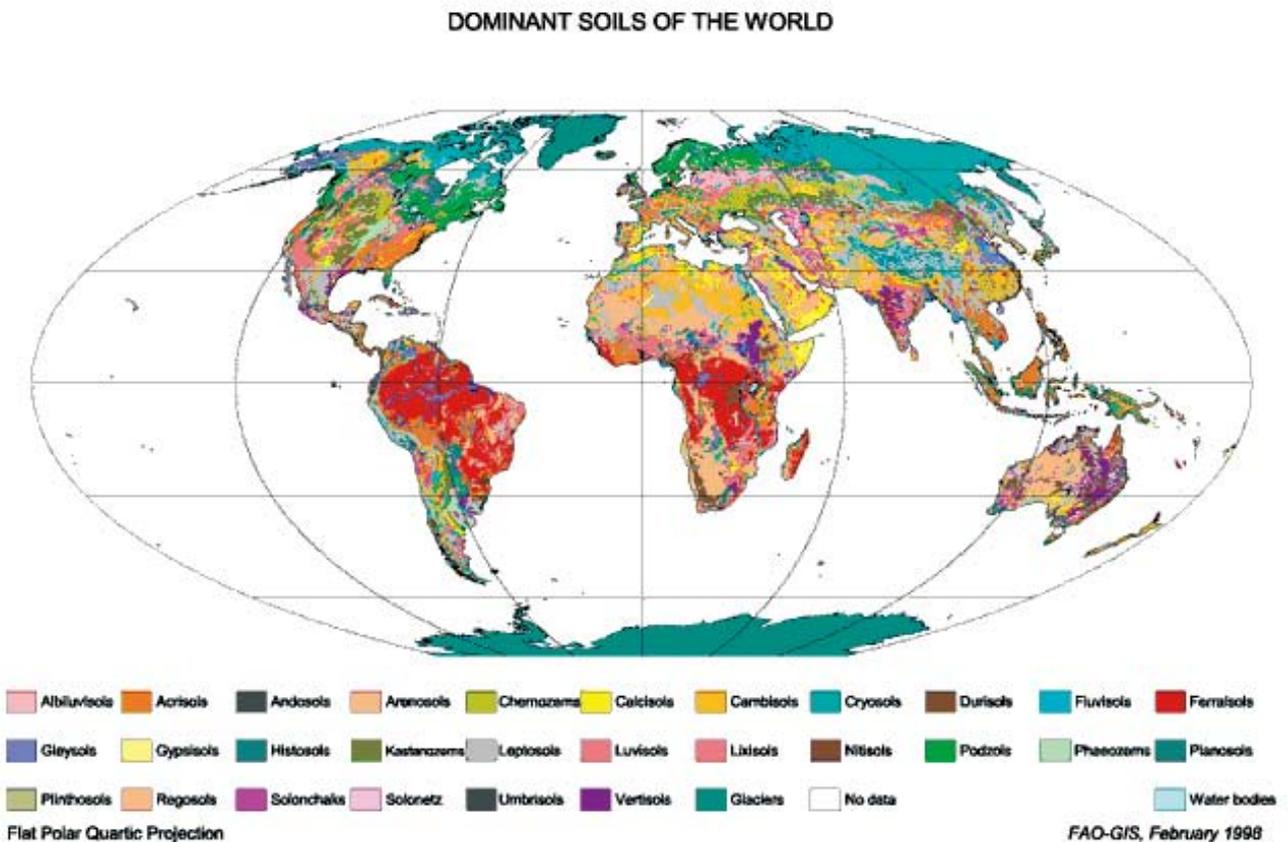


図 3-2-1

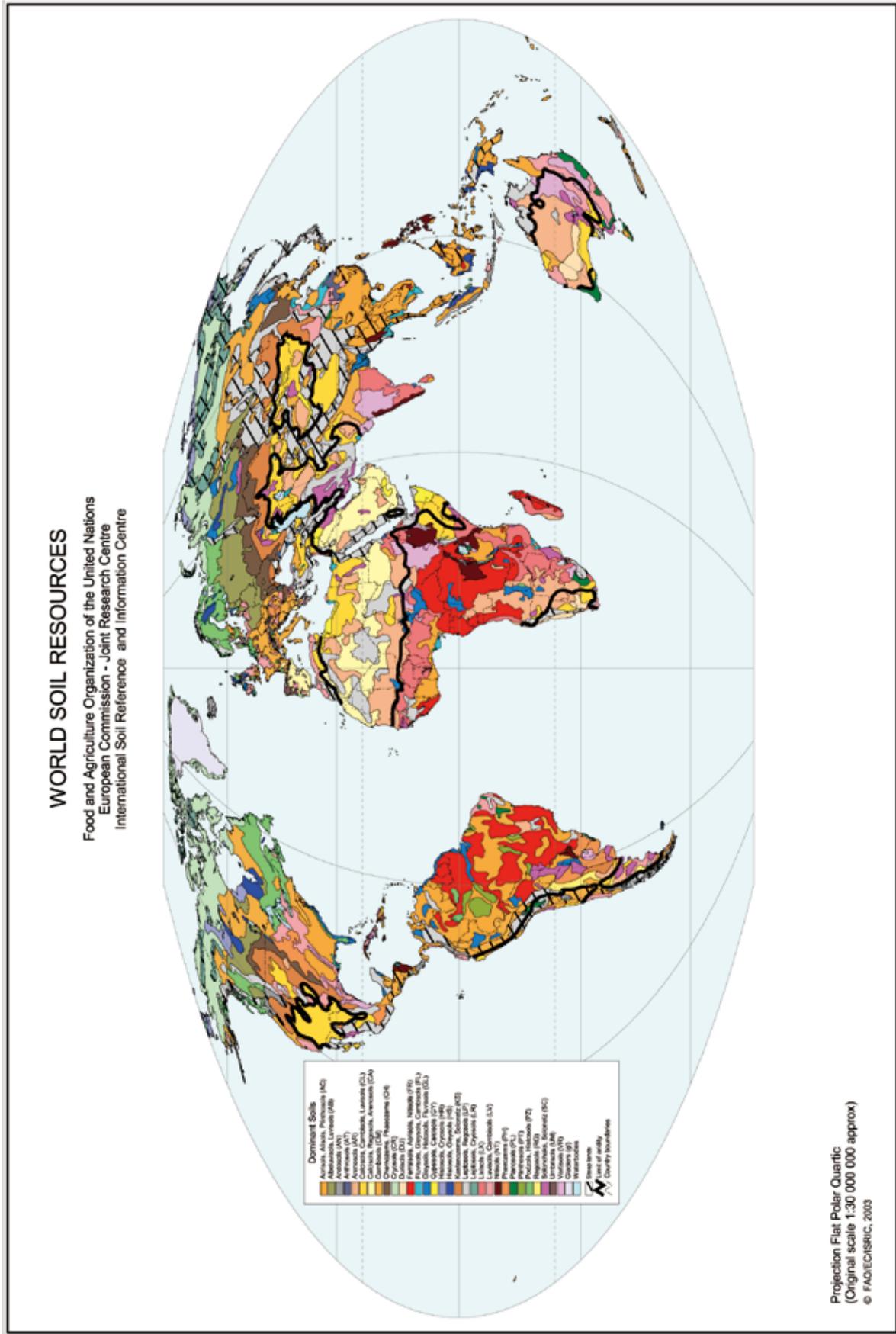


図3-2-2

(3) World Reference Base for Soil Resources

1992年に、国際土壤学会、FAOなど関係諸機関の共同によって、World Reference Base for Soil Resources (WRB) が発足した。1998年のフランス・モンペリエでの第16回世界土壤科学会議において、先のFAO/Unescoの土壤凡例をもとに検討された、

30の照合土壤群 (Reference Soil Group) が公表され、国際土壤学ユニオン (国際土壤学会から移行した) で正式に土壤分類の国際対比の手段として採用されることが決まった (表3-2-4) (ISSS/ISRIC/FAO, 1998a, b)。

表3-2-3と比較すると、新たに加えられた土壤グループは永久凍土をもつ Cryosols と二次的ケイ酸

表3-2-4 WRBによる照合土壤群 (検索順に配列)。

Histosols	有機土壤物質よりなる
Cryosols	深さ1m以内に永久凍土をもつ
Anthrosols	人為によって土壤生成が条件付けられている
Leptosols	硬い岩石上にあつて非常に浅いか、非固結で非常に礫質である
Vertisols	暗色で亀裂と膨張を繰り返す粘土質土壤
Fluvisols	沖積堆積物よりなる若い土壤
Solonchaks	強度に塩を集積している
Gleysols	表面近くまで常時ないし一時的に過湿である
Andosols	火山性堆積物よりなる若い土壤
Podzols	アルミニウム-有機化合物の集積した黒/褐/赤みがかつた色の下層土をもつ
Plinthosols	下層に不可逆的に硬化する鉄、粘土、石英の混合物をもつ
Ferralsols	深くまで強く風化した土壤で、化学的には劣悪だが物理的には安定な下層土をもつ
Solonetz	Naに富み、次表層に粘土が集積している
Planosols	難透水性の下層土上に、一時的に水で飽和される漂白された表土をもつ
Chernozems	厚く黒色の有機物に富む表土と、石灰質の下層土をもつ
Kastanozems	厚く暗褐色の有機物に富む表土と、石灰質か石膏に富む下層土をもつ
Phaeozems	厚く暗色で有機物に富む表土と、炭酸塩の溶脱された形跡をもつ
Gypsisols	二次的に石膏が集積している
Durisols	二次的にケイ酸が集積している
Calcisols	二次的に炭酸カルシウムが集積している
Albeluvisols	粘土に富む次表層に侵入した漂白層をもつ酸性土壤
Alisols	次表層に交換性アルミニウムに富む高活性粘土が集積している
Nitisols	深く、暗赤/褐/あるいは黄色の粘土質土壤で顕著な輝きのある堅果状構造をもつ
Acrisols	次表層に低活性粘土の集積と低塩基飽和度をもつ
Luvisols	次表層に高活性粘土をもつが塩基飽和度が高い
Lixisols	次表層に低活性粘土の集積層をもつが塩基飽和度が高い
Umbrisols	厚く、暗色で有機物に富む表土をもつ酸性土壤
Cambisols	発達が弱いか中程度の土壤
Arenosols	砂質で発達がきわめて弱いかまったくみられない土壤
Regosols	発達がきわめて微弱な土壤

表 3-2-5 主要土壌の分布面積 (10,000km²).

Great Group	面積
Leptosol	1655
Cambisol	1500
Acrisol	1000
Arenosol	900
Calcisol	800
Ferralsol	750
Gleysol	720
Luvisol	650
Podzol	485
Kastanozem	465
Lixisol	435
Fluvisol	350
Vertisol	335
Albeluvisol	320
Solonchak	320
Histosol	315
Regosol	260
Chernozem	230
Nitisol	200
Phaeozem	190
Solonetz	135
Planosol	130
Andosol	110
Umbrisol	100
Alisol	100
Gypsisol	90

(FAO, 2003)

の集積した Durisols, 厚い暗色の有機物に富む A 層をもつが酸性の Umbrisols の3つである. FAO/Unesco の改定凡例28のうち27が温存され, 名前の消えた Greyzems は Phaeozems に統合された. 表 3-2-5には, 主要土壌の分布面積を示した.

図3-2-1は, FAO の作成した世界土壌図 (FAO, 1998) である. 図3-2-2は, FAO と EC と ISRIC (国際土壌研究所) が合同で作成した世界土壌資源図である (FAO/EC/ISRIC, 2003). 縮尺が大きいので地域ごとの詳細はわからないが, 土壌群ごとの世界における分布域を知る上では非常に有用である.

表 3-2-6 世界の土壌資源とその農業上の主要な制限因子.

地 域	早魃	養分ストレス	土層の厚さ	水過剰	永久凍土	制限因子なし
北アメリカ	20	22	10	10	16	22
中央アメリカ	32	16	17	10	-	25
南アメリカ	17	47	11	10	-	15
ヨーロッパ	8	33	12	8	3	36
アフリカ	44	18	13	9	-	16
南アジア	43	5	23	11	-	18
北及び中央アジア	27	9	38	13	13	10
東南アジア	2	59	6	19	-	14
オーストラリア	55	6	8	16	-	15
世界全体	28	23	22	10	6	11

(4) 世界の土壌資源と農業上の主要な制限因子

表3-2-6は, 大陸別にみた世界の土壌資源のうち, 農業的にどのような制約条件をもつものがどの程度の割合でみられるかを示している (Dent, 1980). 制限要因別に見ると, 早魃はオーストラリアやアフリカ, 南アジア, 養分ストレスは東南アジアや南アメリカ, 土層の暑さは北及び中央アジア, 水過剰は東南アジア, 永久凍土は北アメリカや北及び中央アジアである. 制限因子なしに区分される面積の最も高いのがヨーロッパであり, 中央アメリカ, 北アメリカがそれに続く.

第3節 日本の土壌

日本の大部分の地域は中緯度湿潤気候に属し, 年間を通して雨が多く, 湿度が高く, 四季が明瞭である. 植生の極相は森林であり, 北から常緑針葉樹林, 冷温帯落葉広葉樹林, 暖温帯常緑広葉樹林, 亜熱帯常緑広葉樹林が分布する. また, 地殻変動帯に属しているために, 岩質も多様である. 地球に陸ができた頃の岩石から, 火山活動によって今も新たに岩石が生成している. 特に, 全国に140余りの火山が分布しており, 火山灰が各地の地表に堆積している. 山岳地帯が広いため, 地形は複雑で, 河川は急流である. 同時に, 山から海までの距離が短く, 山地斜

面の侵食や、低地への堆積などは常時進行しており、時間的に未熟な土壤が多い。このような国土環境下で、日本に分布する土壤は世界の土壤と比べて特徴的なものが多い。

農耕地と森林で土壤の分類が異なるため、それぞれについて概説する。また、第3節の終わりに、日本各地の土壤断面の写真を、地上部の植生や土地利用を示す写真とともにまとめて示した(図3-3)。

(1) 農耕地土壤分類(第3次改訂版, 1995)

a. 土壤グループ

分類上は異なるものでも、同質の土壤を判別するために、次の9つの土壤グループに類別されている。主として造成土の中の異質土壤物質を区別するために用いられる。

- ・黒ボク土壤グループ：黒ボクグライ土，多湿黒ボク土，非アロフェン質黒ボク土，黒ボク土
- ・低地土壤グループ：低地水田土，グライ低地土，未熟低地土，褐色低地土
- ・有機質土壤グループ：泥炭土，黒泥土(ただし，これらの土壤の無機質土層は低地土グループとして取り扱う)
- ・灰色台地土，グライ台地土
- ・褐色森林土
- ・赤色土，黄色土
- ・ポドゾル
- ・暗赤色土
- ・未熟土壤グループ：火山放出物未熟土，砂丘未熟土，陸成未熟土

b. 農耕地土壤分類(第3次改訂版)における土壤群の概説

(農業環境技術研究所資料第17号, 1995より抜粋)

01 造成土

定義：「自然には起こりえない，異質土壤物質が35%以上盛り土され，対応する土壤断面形態をもつ農耕地土壤が見あたらないほど大きく変化した土壤」

本土壤群は自然には起こりえない大規模な改変に

より変化した土壤を包含する。たとえば台地，丘陵地，山地の建設残土による湖沼，海面の埋め立てとか，強湿田を畑地に転換するために山土を盛り土するような場合である。基盤整備に伴う低地土のなかでの切り盛りなどは，異質土壤物質の移動ではないので造成土とはしない。また有機質土壤グループの上に低地土壤グループや黒ボク土壤グループが堆積することや，低地土壤グループの上に黒ボク土壤グループが堆積することは，自然氾濫でも起こりうるので造成土とはしない。

(有機質土壤グループ)

定義：「有機質土層(泥炭を含み，有機物含量20%以上の土層)が表層50cm以内に積算して25cm以上ある土壤」

湿生植物の遺体が，過湿のため分解を免れ厚く堆積したもの。主として自然堤防や海岸砂丘の後背湿地，谷地などの低湿地に分布する。

02 泥炭土, 03 黒泥土

定義：「泥炭層(有機質土層のうち泥炭が面積割合で2/3以上を占める土層)が表層50cm以内に積算して25cm以上ある土壤」を泥炭土，「黒泥層(有機質土層のうち泥炭が面積割合で2/3未満で黒～黒褐色の土層)または泥炭層と黒泥層を合わせたものが表層50cm以内に積算して25cm以上ある土壤」を黒泥土とする。

04 ポドゾル

定義：「漂白層/腐植または鉄集積層の層序をもつ土壤」

自然状態では，漂白層の上に粗腐植層が乗っているのが普通である。北海道，東北，中部地方の山地，丘陵地に主として分布するが，一部は海岸砂丘地にも発達している。耕作により漂白(E)層が失われていても，周辺の不攪乱土壤の情報などからその存在が想定される場合には，ポドゾルと判定して差し支えない。

05 砂丘未熟土

定義：「主として海岸線に沿う砂丘地，砂堆，砂州，砂嘴などの微高地に分布する素粒質の土壤」

北海道シリーズ



北海道・帯広の丘陵地帯のラベンダー畑



北海道・芽室市の森林

芽室・森林土壌(火山灰土壌)



北海道・天塩の泥炭地



天塩・泥炭地に設置された排水路の断面

天塩・泥炭地・泥炭土壌



図3-3 日本各地の土壌断面と地上部植生や土地利用.



北海道・剣淵の森林土壌(赤色土)

北海道・剣淵の森林土壌(断面)



宮城県・川渡の畑地(火山灰土壌)で取れたゴボウ(強酸性で変形)

宮城県・川渡の畑地
(火山灰土壌断面、
表層50cmが強酸性)



関東



つくば・農業環境技術研究所・関東ローム



火山灰土壌(関東ローム)



富士山



富士山中腹のジャイアントプロファイル

中部

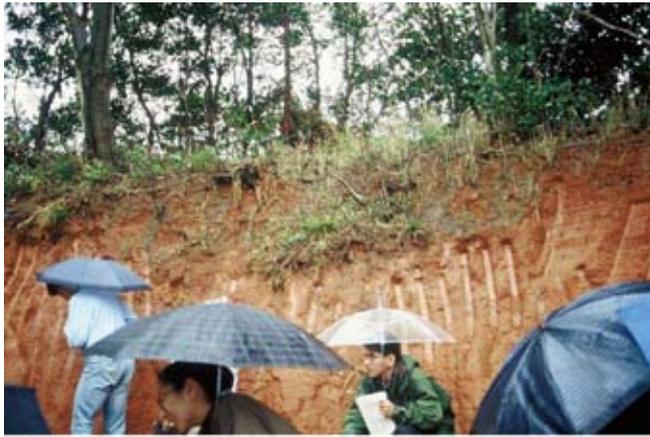


愛知県・木曾の干拓地

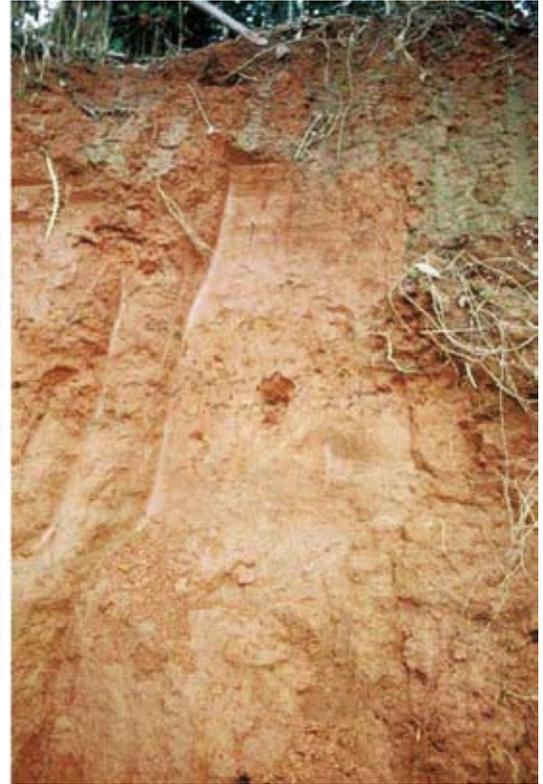


強還元状態の未熟土(不良土壌)

中 部



愛知県・豊橋の赤色土



豊橋の赤色土・虎班(ローズ)と呼ばれる

3章



加西市・高位段丘上の水田土壌

関 西



兵庫県・加西市の高位段丘上の水田



養父町の蛇紋岩風化土壌(チヨコレイト色)



京都府・養父町の蛇紋岩



石川県・珠洲市岡田地区の造成地

北 陸



珠洲市の造成地・酸性凝灰岩質土壌(パイライト含む)



山口県・秋吉台の石灰岩地帯



広島西部山地の水田



秋芳洞周辺の石灰岩風化土壌



広島西部・マサ土(花崗岩風化土壌)

四 国



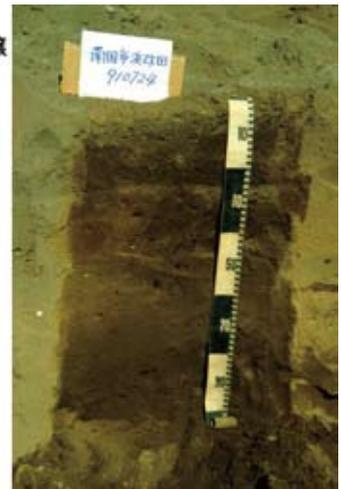
徳島県・薬王寺の森林

徳島県・薬王寺の森林土壌(断面)



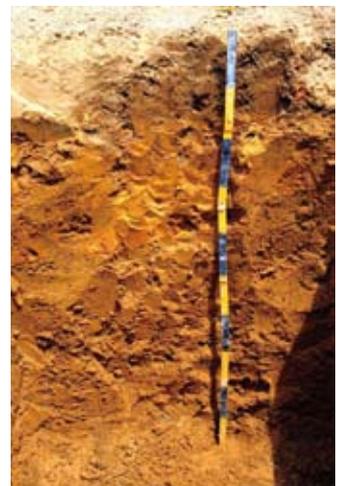
南国市・浜改田の海岸砂丘土壌

南国市・浜改田の海岸砂丘土壌(断面)



葉山村の黄色土(畑地)

高知県葉山村の黄色土(断面) 赤音地層が厚く堆積する沖積性土壌

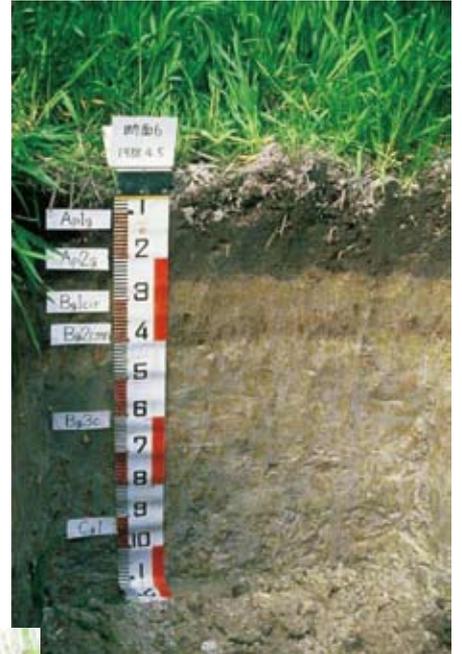


四 国



香川県・多度津町の麦畑

多度津の秋落ちする水田土壌・六角柱状構造



九 州

熊本県・人吉市の火山灰土壌(イモゴ)



熊本県・菊池台地の火山灰土壌



沖 縄



沖縄県・国頭マージ(強酸性)・紅芋畑(造成地)



沖縄県・造成直後の芋畑(強度の侵食)

沖 縄



沖縄県・シイ林



沖縄県・島尻マージ(さんご礁石灰岩風化土壤)



マングローブ林地土壤(強還元)



擬似グライ土(フェイチャ)



西表島・仲間川のマングローブ林

土性は砂土または壤質砂土と定義する。主として風積成、一部海成堆積で、土層の分化はきわめて弱い。本土壤は日本海側では、津軽・能代・秋田・庄内・新潟・鳥取・松江平野などの各海岸部、太平洋側では下北半島・仙台平野・鹿島灘・九十九里浜・遠州灘・日向灘・志布志浜・吹上浜などの各海岸部に広く分布している。大部分は未利用地であるが、一部は防風林および畑地として利用され、蔬菜・花・果物などが集約的に栽培されているところもある。

06 火山放出物未熟土

定義：「リン酸吸収係数1500未満の未風化火山放出物が、表層50cm以内に25cm以上ある土壤」
火山放出物はふつう砂壤土またはそれより粗い（砂壤土、砂土、砂礫土、礫土）。堆積様式は風積のほか、火砕流・泥流を含む。

（黒ボク土壌グループ）

定義：「リン酸吸収係数 ≥ 1500 の土層が表層50cm以内に25cm以上ある土壤」

黒ボク土の中心概念となるものは、母材が火山灰に由来し、リン酸吸収係数が高く、容積重が小さく、軽しょうな土壤である。黒ボク土壌を特徴付けるものはアロフェン、Al/Fe—腐植複合体およびフェリハイドライトのような非晶質物質と準晶質粘土のイモゴライトであり、その指標として既存のデータからリン酸吸収係数が採用された。

07 黒ボクグライ土

定義：「黒ボク土壌グループのうち、地表下50cm以内にグライ層または有機質土層の上端が現れる土壤」

風化火山灰土層はグライ化しても青灰色を呈しないことが多いが、ジピリジル反応を呈すればグライ層とし、土色は問わない。また地表下50cm以内に有機質土層が現れば、ジピリジル反応の有無に関わらず黒ボクグライ土とする。

黒ボク土壌の分布域を刻む谷底、谷地、沖積低湿地などの地下水位の高いところに分布する。大部分が水田として利用され、関東以北に広く分布する。

08 多湿黒ボク土

定義：「黒ボク土壌グループのうち、地表下50cm以内に斑鉄層（地下水の変動による季節的な還元と酸化の繰り返しの下で斑鉄（管状を指標斑鉄とする）を生じた土層）または灰色で斑紋をもつ層の上端が現れる土壤」

ただし、台地上の排水の良い黒ボク土に由来する水田土壌は本土壤群に含めない。それらは、黒ボク土土壌群の水田化亜群として取り扱う。

黒ボク土の分布域に接する台地間の谷底、台地内の谷地、沖積低地に分布が広いが、排水の不良な台地にも分布している。北海道、東北、関東および九州に分布が広い。普通、水田に利用されているが、北海道では畑地または草地にも利用されている。

09 森林黒ボク土

定義：「有機物含量10%以上、かつ黒色でない（明度/彩度1.7/1, 2/1, 2/2以外）表層土を持つ土壤」

天然林下の風化火山灰土壌は、有機物含量が高くても黒色を呈しないことが普通である。フルボ酸が腐植酸に比べて圧倒的に多く、かつ腐植酸がA型でないためである。ブナ林下に典型的に発達する。

10 非アロフェン質黒ボク土

定義：「次表層の交換酸度 $Y1 \geq 5$ の土壤」

第2次案で黒ボク土として一括されていたものの中に、結晶性粘土鉱物を主とし、交換酸度（Y1）が高く強酸性の一群があった。高いリン酸保持能や低い容積重など黒ボク土としての共通の性質は、アロフェン、イモゴライトではなく、Al/Fe—腐植複合体、フェリハイドライトのような非晶質粘土によることが明らかになったため、黒ボク土とは別の群に分類されるようになった。

北海道・東北・山陰・九州地方などに広く出現する。粘土組成がアロフェン質か非アロフェン質かの違いは、土地利用・土地管理・農地造成の際の重要な違いとなる。

11 黒ボク土

定義：「主として火山放出物を母材とし、良好な排

水条件下における風化によって生成したアロフェン、イモゴライトが優勢な無機部分と、腐植の集積によって特徴付けられる土壌」

理化学性では、高いリン酸保持能（リン酸吸収係数 ≥ 1500 ）、低い容積重、高い腐植含量、腐食化の進んだ腐植酸で特徴付けられる。

堆積様式は多くは風積で、一部に堆積後移動した水積、崩積がある。新しい沖積地や急傾斜地を除けば、地形を問わず分布する。大部分は畑地、一部が草地と樹園地に利用され、水田利用は相対的に少ない。黒ボク土はわが国の耕地の約20%、畑地の約50%を占めている。

（低地土壌グループ）

定義：「沖積堆積物が表層50cm以内に積算して25cm以上ある土壌」

現世の河成、海成沖積地の土壌グループ。台地の周辺部では台地土壌の上を沖積堆積物が覆っていることがあり、また無機質の沖積堆積物と有機質土層とが重なりを示すこともある。

12 低地水田土

定義：「①鉄集積層（作土の2倍以上の遊離鉄含量（Fed）をもつ斑鉄（糸根状、糸状、雲状）に富む厚さ2cm以上の次表層位）をもつか、②灰色化層（雲状斑鉄に富み、ふつう構造がよく発達し、構造表面は灰色の光沢を示す灌漑の影響の下で発達した次表層位）の下端が地表から50cm以深に及ぶ土壌」

13のグライ低地土との違いは、本土壌群が主として灌漑水湿性のものであり、①鉄、マンガンの溶脱・集積の結果としての層位分化を示すか、②灌漑水により灰色化した厚い次表層をもつことである。本来なら水のかからないところに水を引いて水田耕作を行う結果発達する排水の良い水田土壌で、自然堤防や扇状地に典型的に発達している。

13 グライ低地土

定義：「地下水にほぼ周年飽和されたグライ層の上端が地表下50cm以内に現れる低地の土壌」
氾濫原の後背湿地、三角州、潮汐平野などに広く

分布する。地下水位が高く一般に排水不良である。ほとんどが水田として利用されている。

14 灰色低地土

定義：「季節的地下水の飽和により発達した斑鉄層が地表下50cm以内に現れる低地の土壌」

地下水による斑鉄層は、管状・糸根状など孔隙に沿う斑鉄の存在で特徴づけられ、この点が孔隙に沿って灰色化を起こしている灌漑水による灰色化層と異なる。

海岸・河岸平野、谷底平野、扇状地などに広く分布し、地形はほぼ平坦である。グライ土に比べ地下水位は低く、排水は「やや不良」の場合が多い。大部分は水田に、一部は畑として利用されている。

15 未熟低地土

定義：「未風化の碎屑物が堆積したままの土壌」

鉄が風化遊離しないため、斑鉄をもたず、ふつう灰色（碎屑物そのものの色）を呈していることが多い。一般に砂質または砂礫質である。現在または過去の河床にしばしば見出される。一般に排水が良いため、多くは畑地として利用されている。一部は季節的に伏流水で飽和される場合があるが、そのような土層は、ふつう還元的ではない。

16 褐色低地土

定義：「表層50cm以内に地下水の影響を受けず、灌漑水の影響もないか弱い、次表層が褐色を呈する沖積低地の土壌」

沖積地の土壌母材は鉄の風化遊離が弱いため、彩度3-4のにぶい褐色を呈するのがふつうである。自然堤防、扇状地などの地下水位が低い地帯に主として分布する。沖積地の微高地にあるため、畑地または集落となっていることが多い。

17 グライ台地土

定義：「一年を通じて消失しない厚さ10cm以上の停滞水グライ層の上端が地表下50cm以内に現れる土壌」

停滞水に周年飽和されてグライ層が発達することがある。一つのタイプは、洪積台地の微凹地のよう

に周辺の台地からの水の流入によって周年飽和状態が維持される場合で、北海道などでみられる。もう一つのタイプは、山地・丘陵地の棚田のように人為的要因によるもので、稲作期の人為的湛水状態に加えて落水期も多雨、多雪の日本海側でみられる。

18 灰色台地土

定義：「停滞水の季節的飽和により形成される土壤中、灰色で斑紋（斑紋の形態は問わない）をもつ層の上端が地表下50cm以内に現れる排水不良の土壤」

多くは洪積台地に見出され、北海道・東北地方に分布が広い。土地利用は畑地および水田であるが、北海道では草地として利用される場合が多い。一方、山地・丘陵地の棚田の場合のように人為的湛水に由来する灰色化土壤も少なくない。灰色台地土は季節的湿性の結果灰色化した土壤であって、母材が灰色で湿性でないもの（たとえばマサ土、シラスなど）は本土壤群に含めない。灰色を呈するマサ土は陸成未熟土に、灰色を呈するシラスは火山放出物未熟土に分類される。

19 岩砕土

定義：「①地表下30cm以内より岩盤が現れるか、または②地表下30cm以内より礫層（基岩の破砕物）が現れ、かつ60cm以内から岩盤に移行する残積性土壤」

侵食の激しい山地、丘陵地の傾斜面に分布する土層の浅い土壤である。石灰岩由来土壤は、基岩が地表下30cm以内に現れれば①により岩砕土となるが、基岩が地表下30cm-60cmの間に現れるものはその上に礫層（基岩の破砕物）をもたないのが普通なので②には該当せず、暗赤色土となる。

20 陸成未熟土

定義：「①地表下30cm以内より礫層が現れ、かつ60cm以内には岩盤が現れないか、または②未風化で鉄の遊離が進まないため母岩（母材）のままの色を呈する未熟な土壤」

山地、丘陵地および洪積台地の風化の進まない土壤。①の例は、深層風化を受けたマサ土（花崗岩風

化物）が、②の例は、泥灰岩に由来するジャーガルがある。

21 暗赤色土

定義：「①次表層が暗赤色であるか、②石灰岩に由来し次表層の全ての亜層位で $pH(H_2O) \geq 5.5$ または塩基飽和度 $PBS \geq 50\%$ の土壤」

暗赤色とは、色相が5YRかそれより赤く、明度 ≤ 3 かつ $3 \leq$ 彩度 ≤ 6 および明度/彩度が4/3、4/4の土色をさす。母材は蛇紋岩、斑レイ岩のような塩基性～超塩基性岩か、石灰岩である。丘陵地や石灰岩台地に分布し、主として畑地に利用されている。

22 赤色土

定義：「洪積台地、丘陵に分布し、腐植に乏しく暗色を呈しないA層下に明度・彩度ともに高い赤色の次表層（B層）をもつ土壤」

赤色とは色相が5YRかそれより赤く、明度 > 3 かつ彩度 ≥ 3 （ただし明度/彩度が4/3、4/4を除く）の土色をいう。

洪積台地ではとくに高位台地に広く分布し、丘陵地に分布するものは標高200m以下の斜面の肩部に見出される。地域的には西南日本や南西諸島に広く分布するが、面積は狭くても北海道まで点在する。出現状況からみて、本土壤は更新世の湿潤亜熱帯気候の下で生成した古土壤とみなされ、それが比較的侵食されにくい地形面に残ったものと考えられている。一般に強酸性で、塩基に乏しい。黄色土との違いは、風化の程度、粘土のカオリナイト化が赤色土のほうが進んでいることなどである。普通畑、草地、樹園地として利用されており、水田としての利用は少ない。

23 黄色土

定義：「洪積台地、丘陵・低山地帯に分布し、腐植に乏しく暗色を呈しないA層下に明度・彩度ともに高い黄色の次表層（B層）をもつ土壤」

黄色とは色相が5YRより黄色（5YRは含まない）で、明度 > 3 、彩度 ≥ 6 （ただし、明度/彩度3/6、4/6を除く）の土色をいう。洪積台地では特に

中位面，下位面に広く分布する。丘陵地に分布するものは、西南日本では標高200m以下の斜面の肩部に、南西諸島では全域に見出される。地域的には西南日本、南西諸島に分布が広い。一般に強酸性で塩基に乏しい。普通畑、樹園地および水田として利用され、一部は草地にもなっている。

24 褐色森林土

定義：「山地，丘陵地に広く分布するほか，北海道東北地方では洪積台地にも分布する。A層はしばしば暗色を呈し，その下にふつう黄褐色の次表層（B層）をもつ土壤」

黄褐色とは，色相が5 YRより黄色（5 YRは含まない）で，明度 ≥ 3 で， $3 \leq$ 彩度 < 6 および明度/彩度が3/6，4/6の土色をいう。母材は山地，丘陵地では固結火成岩，半固結～固結堆積岩・変成岩であるが，洪積台地では非固結堆積物である。一般には塩基飽和度が低く，酸性で主に畑地・草地・樹園地として利用されている。

(2) 林野土壤の分類

わが国における森林土壤の分類は，大政（1951）によって確立された。その後，改定が加えられ，現在では林業試験場土じょう部（1976）によって整備された。以下に，その概要を述べる。

a. 分類カテゴリー

分類にあたっては，自然的系統分類が指向されている。すなわち，土壤群，亜群，土壤型，亜型の4段階がある。

土壤群は主な土壤生成作用が同じで，土壤断面にあらわれた特徴層位の配列と性質の類似したものの集団である。

土壤亜群は土壤群の細分である。土壤群の中の典型的なものを典型亜群とするほか，他の土壤生成作用の加わったものおよび1つの群から他の群へ移行的な性質を帯びたものを区分して亜群とする。

土壤型は土壤亜群の構成単位である。特徴層位の発達の程度ないし土壤構造などの相違によって区分する。土壤型は地形の複雑なわが国の森林土壤を区

分するのに適し，大縮尺の土壤図の作図単位に用いられる。

亜型は土壤型のうち，性状の変異の幅が広い場合、実用上細分を必要とするものについて，土壤構造など土壤型の区分に用いた特徴により，さらに区分したものである。

b. 林野土壤の分類

表3-3-1に森林土壤分類名を示す。以下に，土壤群，亜群に関して概説する。

I ポドゾル群 P (Podzolic Soils)

A₀層が発達し，溶脱層と遊離酸化物および腐植の集積層をもつ酸性の土壤である。ポドゾルは一般に寒冷偏湿気候下に広く生成される。この土壤群は次の3つの亜群に分ける。

I-1 乾性ポドゾル PD (Dry Podzolic Soils)

山頂，尾根すじ，凸斜面上部，台地の肩など乾燥の影響をうけやすい場所に生成される。このような場所では落葉の分解が悪く，A₀層が発達し，有機酸が生成され，土壤はポドゾル化をうけやすい。乾性ポドゾルの生成には上記の地形的要因が最も重要であるが，そのほか母材が酸性岩であること，砂質であること，ヒバ，コウヤマキなど特定の樹種で覆われていることもその生成を促進しやすい。

乾性ポドゾルの分布は亜鉦山帯，高山帯に広いが，温帯地域の山地帯にも出現する。その場合，尖鋭な尾根などとくに強い乾燥の影響をうけて，A₀層の厚く発達するところに点状，または線上に分布する。海拔高度の増すにつれて，ポドゾル化の程度は強くなり，分布も広がる。

I-2 湿性鉄型ポドゾル PW (i) (Wet Iron Podzolic Soils)

鈍頂尾根，準平原面，火山泥流台地などの重粘，緻密な土壤母材のところに生成される。A₀層，A₁層には多量の2価鉄が含まれ，表層部に強い還元作用をうけていることがこの土壤の特徴である。

主として北海道北部，本州脊梁山脈，中部山岳の温帯上部から亜高山帯にかけて，アカエゾマツ，アオモリトドマツ，ヒメコマツ，ネズコ，ヒノキ，ブ

ナ等の天然林下に分布が多い。

I-3 湿性腐植型ポドゾル Pw (h)

(Wet Humus Podzolic Soils)

厚い黒色脂肪状のH層をもち、土層全体が多腐植で暗色みの強い土壌である。A₂層は暗灰色、B層は鉄及び腐植を富化されて暗い鉄さび色を基調とする。しばしば斑鉄が伴う。

緩斜面に分布し、H層、A層に多量の2価鉄をふくみ、表層還元作用を強く受けた土壌である。Pw (i)にくらべて、腐植が土壌中へ良く浸透し、土層は必ずしも緻密ではない。わが国の温帯上部から亜高山帯にかけて、エゾマツ、トドマツ、アオモリトドマツ、シラベ、トウヒ、ヒノキ、ネズコ、ダケカンバ、ブナなどの天然林下に分布する。

II 褐色森林土群 B (Brown Forest Soils)

(A₀)-A-B-C層をもち、溶脱、集積は認められない。B層は普通褐色を呈し、一般に酸性ないし弱酸性の土壌である。

褐色森林土は多雨気候下の温帯から暖帯にわたって広く分布し、ポドゾルよりは温暖な気候帯に生成される成帯土壌である。性状は多様で、比較的未熟なものから成熟したものまでを含み、また他の土壌生成作用の影響を受けたものも含まれるので次のような亜群にわけてとり扱う。

II-1 褐色森林土 B (Brown Forest Soils)

典型的な褐色森林土であり、II-2以下の亜群のような他の土壌生成作用をほとんどうけていないが、比較的未熟なものから成熟したものまで、また極めて重粘なものから砂質、礫質のものまでが含まれる。

II-1-1 B_A 乾性褐色森林土(細粒状構造型)

A₀層は全体としてあまり厚くない。F層もしくはF-H層が常に発達するが、H層の発達は顕著ではない。黒色のA層は一般に薄く、B層との境界はかなり明瞭である。A層およびB層のかなり深部まで細粒状構造が発達する。この土壌は菌糸束に富み、極端な場合は菌糸網層(M層)を形成することがある。一般にB層の色調は淡い。

II-1-2 B_B 乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)

厚いF層と、H層が発達し、黒色の薄いA層またはH-A層が形成される。A層に粒状構造が発達する。A層とB層の境界は判然としている。B層の色は一般に明るく、その上部には粒状構造または堅果状構造が発達し、下部にはしばしば細粒状または微細な堅果状構造がみられる。菌糸束に富むが、菌糸網層を形成することはほとんどない。

II-1-3 B_C 弱乾性褐色森林土

F、H層は特別には発達しない。腐植は比較的深くまで浸透しているが、色は淡く、断面は比較的堅密である。A層下部およびB層上部に堅果状構造が良く発達する。B層にしばしば菌糸束が認められる。

II-1-4 B_D 適潤性褐色森林土

代表的な褐色森林土である。F、H層は特に発達しない。A層は比較的厚く、腐植に富み、暗褐色を呈し、上部には団粒状構造が発達し、下部にはしばしば塊状構造がみられる。B層は褐色で、弱度の塊状構造のほか特別の構造はみられない。A層からB層への推移は一般的に漸变的である。

II-1-5 B_E 弱湿性褐色森林土

A₀層は発達しない。A層は腐植に富み、はなはだ厚く、団粒状構造が発達し、やや暗灰色を帯びた褐色のB層へ漸変する。B層には特別の構造はみられない。

II-1-6 B_F 湿性褐色森林土

粗い粒状ないし団粒状のH層が発達する。A層はやや腐植に富む。B層への腐植の浸透は少ない。B層はカベ状、青みを帯びた灰褐色を呈する。しばしば斑鉄を認めるが、グライ層は1 m以内の土層には認められない。

II-1-7 B_D (d) 適潤性褐色森林土(偏乾亜型)

断面形態はBD型とほぼ同様であるが、A層上部に粒状構造、あるいは下部に堅果状構造が生じるなど、若干乾性の特徴を示す。

II-2 dB 暗色系褐色森林土

黒褐色脂肪状のH層またはH-A層がみられ、A層は黒褐色、B層は暗褐色の(明度・彩度ともに3に近い)土壌である。H-A層またはA層上部に団粒状構造が発達するが、A層下部およびB層はカベ状となることが多い。肉眼ではポドゾル化またはグライ化の兆候は認められない。

この土壌は褐色森林土の分布域の上部、ポドゾルの分布域との境界域に、ほぼ垂直成帯的に分布する。褐色森林土の分布域としては寒冷多湿のため、有機物の分解が遅れ、H層が形成され、また多量の腐植が土層へ蓄積されたものと考えられる。H層およびA層から少量の2価鉄が検出され、Pw(h)に近い性質をもつ。

黒色土とは次の点で異なる。

1) H-A層またはA層の腐植は、指先ですりつぶすと褐色みが残る。

2) A層とB層との推移が漸变的である。

この土壌の分布は、北海道の山地、本州脊梁山脈、中部山岳に見いだされている。

層位の遷移状態、構造などにより次の土壌型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

II-2-1 dB_D 適潤性暗色系褐色森林土

II-2-2 dB_E 弱湿性暗色系褐色森林土

II-2-3 dB_D(d) 適潤性暗色系褐色森林土(偏乾亜型)

II-3 rB 赤色系褐色森林土

褐色森林土亜群(典型亜群)にくらべて、一般にA層は淡色で層厚は薄く、B層およびC層の色調は赤みが強い(B層の色はおおむね5YR5/6より赤みが強く、7.5YR5/8より赤みが強い)。赤色風化の影響を受けて、赤みの強い母材から生成された褐色森林土である。酸性が強い。

周辺に赤色風化の証拠があること、粘土含量の割に陽イオン交換容量が小さいこと、カオリン粘土、とくにメタハロイサイトの存在などがこの土壌の指標となる。野外では土色が指標となる。分布は赤色度の分布域と同様である。

層位の遷移状態、構造などにより次の土壌型・亜

群にわけられる。褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

II-3-1 rB_A 乾性赤色系褐色森林土(細粒状構造型)

II-3-2 rB_B 乾性赤色系褐色森林土(粒状・堅果状構造型)

II-3-3 rB_C 弱乾性赤色系褐色森林土

II-3-4 rB_D 適潤性赤色系褐色森林土

II-3-5 rB_D(d) 適潤性赤色系褐色森林土(偏乾亜型)

II-4 yB 黄色系褐色森林土

褐色森林土(典型亜群)にくらべて、一般にA層は淡色で層厚は薄く、B層およびC層の色調は黄色みが強い(B層の色はおおむね10YR6/6より黄色みが強く、7.5YR6/8より黄色みが強い)。

黄色風化の影響を受けて黄色みの強い母材から生成された褐色森林土である。酸性が強い。

赤色風化と黄色風化は、まだ十分解明されていないが、密接な関係があると考えられる。赤色系褐色森林土と黄色系褐色森林土もまた関係が深い。土色の異なる以外、両者の性質は類似する。周辺に赤色風化の証拠があり、粘土含量の割に陽イオン交換容量の小さいことなどがこの土壌の指標となる。本州中部以西の丘陵地に多くみられ、赤色系褐色森林土と混在することが多い。

層位の遷移状態、構造などにより次の土壌型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

II-4-1 yB_A 乾性黄色系褐色森林土(細粒状構造型)

II-4-2 yB_B 乾性黄色系褐色森林土(粒状・堅果状構造型)

II-4-3 yB_C 弱乾性黄色系褐色森林土

II-4-4 yB_D 適潤性黄色系褐色森林土

II-4-5 yB_E 弱湿性黄色系褐色森林土

II-4-6 yB_D(d) 適潤性黄色系褐色森林土(偏乾亜型)

II-5 gB 表層グライ化褐色森林土

表層部に還元斑または斑鉄の認められる褐色森林土。

この土壌は一時的な滞水により表層部に還元の影響

響をうけたもので、地下水の停滞によるグライとは異なる。台地など緩斜地に出現しやすく、massiveな土壌である。北海道のオホーツク海および日本海側のほか、東北、北陸などの地域に主にみられる。層位の遷移状態、構造などにより次の土壌型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

- II-5-1 gB_B 乾性表層グライ化褐色森林土（粒状・堅果状構造型）
- II-5-2 gB_C 弱乾性表層グライ化褐色森林土
- II-5-3 gB_D 適潤性表層グライ化褐色森林土
- II-5-4 gB_E 弱湿性表層グライ化褐色森林土
- II-5-5 $gB_D(d)$ 適潤性表層グライ化褐色森林土（偏乾亜型）

III 赤・黄色土群 RY (Red and Yellow Soils)

淡色または層厚の薄いA層をもち、赤褐色ないし明赤褐色あるいは黄褐色ないし明黄褐色のB層、C層をもつ酸性の土壌である。土色、表層のグライ化などにより3亜群にわけられる。

本来、赤色土と黄色土は亜熱帯を中心とする地域の偏湿気候下に生成される成帯土壌とされているが、わが国の赤色土は、古期の気候の影響下に生成された古土壌と考えられている。黄色土は赤色土と同一の地域に、しばしば相接して出現し、なかには上部に黄色土層、下部に赤色土層をもつ断面、黄色土層に赤色風化物が多量に含まれ黄橙色を呈するものなどもみられる。

III-1 赤色土 R (Red Soils)

淡色で薄いA層、赤褐色ないし明赤褐色(5YR4/6より赤みが強い)のB層、C層をもつ、酸性の土壌である。

古期の温暖期に生成された赤色の古土壌で、赤色風化殻を除けば、母材の多くは第三紀末から更新世にかけての堆積物である。この土壌の分布する地形面および標高には、地域的に規則性が認められる。一般に粘土質で、メタハロイサイト、含水酸化鉄が多く、粘土含量の割には陽イオン交換容量が小さいなどの特徴がある。沖縄に分布するほか、日本各地の低海拔地域に点在する。

層位の遷移状態、構造などにより次の土壌型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

- III-1-1 R_A 乾性赤色土（細粒状構造型）
- III-1-2 R_B 乾性赤色土（粒状・堅果状構造型）
- III-1-3 R_C 弱乾性赤色土
- III-1-4 R_D 適潤性赤色土
- III-1-5 $R_D(d)$ 適潤性赤色土（偏乾亜型）

III-2 黄色土 Y (Yellow Soils)

淡色で薄いA層をもち、黄褐色ないし明黄褐色のB層、C層をもつ（標準的なB層の土色はほぼ10YR6/6あるいはこれより黄色みが強い）酸性の土壌である。

古期の温暖期の風化の影響をうけたものと現気候下で生成されたと考えられるものがある。後者は沖縄に分布する。いずれも風化が進み、カオリン粘土とくにハロイサイトが認められ、粘土の陽イオン交換容量は小さい。沖縄以外でこの土壌の分布は局地的であり、赤色度に随伴して出現することが多い。

層位の遷移状態、構造などにより次の土壌型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

- III-2-1 Y_A 乾性黄色土（細粒状構造型）
- III-2-2 Y_B 乾性黄色土（粒状・堅果状構造型）
- III-2-3 Y_C 弱乾性黄色土
- III-2-4 Y_D 適潤性黄色土
- III-2-5 Y_E 弱湿性黄色土
- III-2-6 $Y_D(d)$ 適潤性黄色土（偏乾亜型）

III-3 表層グライ系赤・黄色土 gRY (Surface Gleyed Red and Yellow Soils)

この亜群には次の2型が含まれる。

(1) 表層グライ化赤・黄色土

A_0 層は比較的厚く、特にH層が発達し、薄い A_1 層、青灰色の A_2-g 層をもつ赤・黄色土である。鉍質土層は全層緻密で孔隙、割目は少ない。 A_2-g 層に多数の斑鉄がみられる。この層の下はB層との漸移層的状态を呈し、青灰色部、黄褐色ないし黄橙色部および斑鉄が入り混じる。B層は黄褐色あるいは黄橙色で、その下部に濃赤褐色と黄色の網状斑がみられること

が多い。

この土壤は表層グライ化作用をうけた赤・黄色土と考えられる。主として沖縄の大地にみられ、地表水が停滞しやすい平坦ないし微凹地形に出現する。土層が粘土質、緻密で透水性がきわめて悪いこととあいまって、表層が過湿状態になることが多い。

(2) 表層グライ灰色化赤・黄色土

A₀層は比較的厚く、特にH層が発達し、薄いA₁層と灰白色のA₂層をもつ赤・黄色土である。A₂層は微砂質ないし細砂質で、B層にくらべて粘土含量が著しく少ない。鉍質土層は全層緻密で、A₂層の下縁部は細長く枝分かれしながら下方へ伸び、B層への漸移層の状態を呈する。B層は黄褐色ないし黄橙色で、下方へ向かって赤みを増し、下部には濃赤褐色と黄色の網状斑が多くみられる。またB層には割れ目にそってこげ茶色の腐植をともなった粘土皮膜の沈着が認められる。

表層グライ化赤・黄色土に隣接して、灰白色のA₂層をもつ赤・黄色土が沖縄の丘陵地・台地の平坦ないし緩斜面に分布する。この土壤は方言でフェイチシャ(灰土)と呼ばれている。

この土壤と前記の表層グライ化赤・黄色土との主たる違いは、表土における粘土などの移動(流亡)にある。

層位の遷移状態、構造などにより次の土壤型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壤型・亜型と類似する。

III-3-1 gRYI 表層グライ化赤・黄色土：青灰色部が層状に発達するもの

III-3-2 gRYII 弱表層グライ化赤・黄色土：青灰色部が斑状のもの

III-3-3 gRYbI 表層グライ灰色化赤・黄色土：灰色部が層状に発達するもの

III-3-4 gRYbII 弱表層グライ灰色化赤・黄色土：灰色部が斑状のもの

IV 黒色土群 BI (Black Soils)

厚い黒色ないし黒褐色のA層をもつ。A層からB層への推移は明瞭である。一般に容積重は小さく、保水力、陽イオン交換容量は大きい。

A層の黒色の程度により2亜群にわけられる。

黒色土の生成機構については諸説ある。その分布は草原に多い。永年森林で覆われていると考えられる天然林にはほとんど分布しない。

多量の腐植を含む黒色土層が厚い。多量の腐植を保持できる土壤条件としては、母材のアロフェン質火山灰が重視された。このほか、成因は不明瞭であるが火山灰をほとんど含まない黒色土も存在する。

IV-1 黒色土 BI (Black Soils)

厚い黒色のA層(明度・彩度ともに2以下)をもつ黒色土である。

火山山麓、準平原の緩斜地に分布することが多く、火山放出物を母材とすることが多い。

主として土壤構造により次の土壤型・亜型に分ける。特に土層の大部分がカベ状を呈するものは細分する。層位の遷移状態、構造などにより次の土壤型・亜群にわけられる。褐色森林土の土壤型・亜型と類似する。

IV-1-1 BI_B 乾性黒色土(粒状・堅果状構造型)

IV-1-2 BI_C 弱乾性黒色土

IV-1-3 BI_D 適潤性黒色土

IV-1-4 BI_E 弱湿性黒色土

IV-1-5 BI_F 湿性黒色土

IV-1-6 BI_D(d) 適潤性黒色土(偏乾亜型)

IV-2 IBI 淡黒色土

典型的な黒色土より淡色のA層をもつ黒色土である。

主として常総台地、武蔵野台地、相模野台地、阿武隈高地、北上高地に分布する。火山灰を母材とすることが普通である。

主として土壤構造により次の土壤型、亜型にわけられる。BIと同様に細分を行う。

IV-2-1 IBI_B 乾性淡黒色土(粒状・堅果状構造型)

IV-2-2 IBI_C 弱乾性淡黒色土

IV-2-3 IBI_D 適潤性淡黒色土

IV-2-4 IBI_E 弱湿性淡黒色土

IV-2-5 IBI_F 湿性淡黒色土

IV-2-6 IBI_D(d) 適潤性淡黒色土(偏乾亜型)

V 暗赤色土群 DR (Dark Red Soils)

A層は一般に淡色または薄い、赤褐色ないし暗褐色のB層をもつ(B層の土色は10R, 2.5YR, 5YRにまたがり、赤色土にくらべて明度・彩度ともに低い、3.4/4.6程度がほぼ中心的な土色である)。

石灰岩、蛇紋岩、超塩基性岩などからしばしば暗赤色の土壌が生成される。この場合一般に塩基飽和度が高く、しかも下層ほど高くなる傾向がある。このほか火山活動にともなう熱水作用によって生成されたもの、塩基性岩に由来し、塩基飽和度のあまり高くないものも暗赤色土に含めて取り扱う。生成条件、塩基飽和度に変異の幅が大きいので、次の3亜群に分ける。

V-1 塩基系暗赤色土 eDR (Eutric Dark Red Soils)

B層の塩基飽和度がおおむね50%をこえる暗赤色土である。

石灰岩からはカルシウム飽和度、蛇紋岩などからはマグネシウム飽和度の高い暗赤色土がそれぞれ生成されることが多い。塩基成分の相違により土壌の性質、生産力にかなりの相違がある。また石灰岩からは、明度・彩度2/2あるいはこれより黒味の強い、多腐植、石灰飽和度の高い土壌が生成されることがある。これは沖縄に広くみられ、方言でクロツチマーヅ(黒土真土)と呼ばれている。これら塩基成分の相違、腐植の多寡については細分のレベルで区分する。

褐色森林土の土壌型・亜型と類似する。

V-1-1 eDR_A 乾性塩基系暗赤色土(細粒状構造)

V-1-2 eDR_B 乾性塩基系暗赤色土(粒状・堅果状構造型)

V-1-3 eDR_C 弱乾性塩基系暗赤色土

V-1-4 eDR_D 適潤性塩基系暗赤色土

V-1-5 eDR_E 弱湿性塩基系暗赤色土

V-1-6 eDR_D(d) 適潤性塩基系暗赤色土(偏乾亜型)

細分を表示する場合には、交換性Caが多い場合には-caを、交換性Mgが多い場合には-mgを各土壌型・亜型記号のあとにつけて表示する。例えば、eDRD-ca, eDRD(d)-mgなどと表示する。

V-2 非塩基系暗赤色土 dDR (Distric Dark Red Soils)

B層の塩基飽和度がおおむね50%未満の暗赤色土である。それ以外は、eDRとほぼ同じである。

V-2-1 dDR_A 乾性非塩基系暗赤色土(細粒状構造)

V-2-2 dDR_B 乾性非塩基系暗赤色土(粒状・堅果状構造型)

V-2-3 dDR_C 弱乾性非塩基系暗赤色土

V-2-4 dDR_D 適潤性非塩基系暗赤色土

V-2-5 dDR_E 弱湿性非塩基系暗赤色土

V-2-6 dDR_D(d) 適潤性非塩基系暗赤色土(偏乾亜型)

V-3 vDR火山系暗赤色土

熱水風化をうけた赤色の母材から生成された暗赤色土である。

この土壌は一般に塩基飽和度が高くない。土色、分析値から、赤色土と類似の性質をもつと判断されるものもある。しかし赤色土と異なり、溶岩流、火山泥流など火山性の地層にともなって分布する。このような土壌も、古土壌としての赤色土と区別するため暗赤色土に含めて扱うこととする。

V-3-1 vDR_A 乾性火山系暗赤色土(細粒状構造)

V-3-2 vDR_B 乾性火山系暗赤色土(粒状・堅果状構造型)

V-3-3 vDR_C 弱乾性火山系暗赤色土

V-3-4 vDR_D 適潤性火山系暗赤色土

V-3-5 vDR_E 弱湿性火山系暗赤色土

V-3-6 vDR_D(d) 適潤性火山系暗赤色土(偏乾亜型)

VI グライ土群 G (Gley Soils)

比較的浅いところに、地下水の影響を受けて生成された灰白色のグライ層をもつ土壌である。

ポドゾル化作用を同時にうけているもの、土層中の季節的な停滞水によりグライ化されたものを包含する。次の3亜群をおく。いずれも1亜群1土壌型である。

VI-1 グライ G (Gley)

深さ1m以内に、地下水によるグライ層をもつ土

壤である。

地下水位が高いためグライ化をうけて生成された土壌である。湖沼の周辺、地下水の高い台地、平坦地および斜面の下端に沿った平坦地などに出現する。

VI-2 偽似グライ psG (Pseudogley)

深さ1m以内に、季節的な停滞水によるグライ層をもつ土壌である。一般に薄いA層またはA-g層をもつ。B-g層は灰黄褐色で、斑鉄に富み、縦の割れ目が発達し、腐植・粘土で汚れていることが多い。

停滞水の存在は地下水より不安定で、時期的変動が大きく、乾燥時期には消失することが多い。このため湿潤期に生成された2価鉄は酸化をうけ、グライ層は斑鉄を多量に含んだ灰黄褐色ないし帯赤褐色を呈する。

偽似グライは一般に平坦地の重粘な土壌など下層への排水の極度に不良な場合に生成される。表層グライ化をうけた土壌 (gB, gRY) よりはグライ化の程度が強くまた下層深くまで及んでいる。

VI-3 グライポドゾル PG (Gley Podzol)

ポドゾル化による溶脱層または溶脱斑をもち、下層に、地下水によるグライ層をもつ土壌である。

ポドゾル化作用とグライ化作用が働いて生成された土壌である。地下水位が比較的低いときはポドゾル化による集積層はその影響を強くはうけない。この場合はポドゾル群の亜群としたほうが妥当である。地下水位が高いと、集積層はその影響をうけ、酸化傾向の強いグライ層の性質を帯びるかまたはこの層とおきかわる。湿性鉄型ポドゾル (Pw(i)) とは次の点で異なる。Pw(i) は下層 (B2層以下) に地下水によるグライ層をともなわない。

VII 泥炭土群 Pt (Peaty Soils)

沼沢地など、常に滞水するところでは、植物遺体の分解が進まず、これらが堆積してできた有機質の土壌である。

泥炭は、それを形成した植物種によって高位、中間、低位に区分される。また比較的新鮮なものから、かなり分解の進んだものまであり、流入土砂、火山放出物により鉄質土粒の富化したものもある。これ

ら泥炭からなる層を泥炭層という。泥炭の分解が進み、植物組織が肉眼で認められなくなったものを黒泥といい、黒泥からなる層を黒泥層という。表層に泥炭あるいは黒泥の発達した土壌を一括して泥炭土群とする。泥炭土群は次の2亜群にわけ、それぞれ1土壌型をおく。

VII-1 泥炭土 Pt (Peat Soil)

土層上部に層厚30cm以上の泥炭層が発達する土壌である。

高位、中間、低位の区別は分類上行わない。下層の鉄質土層はふつうグライ化している。また黒泥層をとまなうことがある。泥炭層の厚さ約30cm未満のものは、グライ、グライポドゾルまたは黒泥土などに含まれる。泥炭層の上部を厚さ約30cm未満の鉄質土層 (ふつう火山放出物) で被覆されているものは泥炭土に含める。

VII-2 黒泥土 Mc (Muck Soil)

土層上部に層厚約30cm以上の黒泥層をもつ土壌である。

下層は還元的である。泥炭地の周辺に分布する。

VII-3 泥炭ポドゾル Pp (Peaty Podzol)

高位泥炭起源の腐植土層を比較的厚く堆積し、その直下に薄い灰白色の溶脱層をもつこともあるが、一般に明瞭な溶脱層は認めがたく、腐植土層全体が弱度の溶脱層的な状態を呈する。鉄質土層の上部に橙色の明瞭な集積層をもつ。

腐植土層には泥炭質のものから黒泥質のものまで包含される。この土壌は亜高山上部の湿原周辺にみられ、ハイマツや矮形のアオモリトドマツなどが群生し、林床には比較的低位のチシマザサが密生する。泥炭ポドゾルは高位泥炭と1つのカタナを形成する。八甲田山、八幡平などの諸火山の森林限界付近に典型的な分布を示している。

VIII 未熟土群 Im (Immature Soils)

土壌生成の過程を経過した時間が短いか、または受蝕のためA層、B層などの層序が発達していない土壌である。

A-B-C等の層位を完備しない土壌を一括して未熟土群とし、完備しない原因によって次の2型に区分する。

VIII-1 未熟土 Im (Immature Soil)

母材の体積が比較的新しく、まだ層位の分化が不明瞭または微弱なもの。比較的新しい火山放出、氾濫、土石流、泥流などによる堆積物、砂丘未熟土などが含まれる。

未熟土の性質は土性、母材、堆積の状態に支配されるので、これらにより細分する。なお、新しい堆積物の厚さが30cm未満のものは未熟土とせず、下

部の土壌によって分類する。

細分の例としては、Im-gr (礫質未熟土)、Im-s (砂質未熟土)、Im-cl (埴質未熟土) などがある。

VIII-2 受蝕土 Er (Eroded Soil)

受蝕により土層の一部を欠如したもの。受蝕の程度により次のように細分する。

Er- α : A層の大部分またはB層の一部までを欠如し、B層、C層を主体とするもの。

Er- β : 侵食の程度が強く、B層の大部分またはC層の一部までを欠如したもの。

表3-3-1 林野土壌の分類体系。

土壌群	亜群	土壌型・亜型	
Pポドゾル	P _D 乾性ポドゾル	P _D I 乾性ポドゾル	
		P _D II 乾性ポドゾル化土壌	
		P _D III 乾性弱ポドゾル化土壌	
	P _W (i) 湿性ポドゾル	P _W (i) I 湿性鉄型ポドゾル	
		P _W (i) II 湿性鉄型ポドゾル化土壌	
		P _W (i) III 湿性鉄型弱ポドゾル化土壌	
	P _W (h) 湿性腐植型ポドゾル	P _W (h) I 湿性腐植型ポドゾル	
		P _W (h) II 湿性腐植型ポドゾル化土壌	
		P _W (h) III 湿性腐植型弱ポドゾル化土壌	
B褐色森林土	B 褐色森林土	B _A 乾性褐色森林土(細粒状構造型)	
		B _B 乾性褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	
		B _C 弱乾性褐色森林土	
		B _D 適潤性褐色森林土	
		B _E 弱湿性褐色森林土	
		B _F 湿性褐色森林土	
		B _D (d) 適潤性褐色森林土(偏乾亜型)	
		d _B 暗色系褐色森林土	d _B D 適潤性暗色系褐色森林土
			d _B E 弱湿性暗色系褐色森林土
			d _B D(d) 適潤性暗色系褐色森林土(偏乾亜型)
	r _B 赤色系褐色森林土	r _B A 乾性赤色系褐色森林土(細粒状構造型)	
		r _B B 乾性赤色系褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	
		r _B C 弱乾性赤色系褐色森林土	
		r _B D 適潤性赤色系褐色森林土	
	y _B 黄色系褐色森林土	r _B D(d) 適潤性赤色系褐色森林土(偏乾亜型)	
		y _B A 乾性黄色系褐色森林土(細粒状構造型)	
		y _B B 乾性黄色系褐色森林土(粒状・堅果状構造型)	
		y _B C 弱乾性黄色系褐色森林土	
		y _B D 適潤性黄色系褐色森林土	
		y _B E 弱湿性黄色系褐色森林土	
		y _B D(d) 適潤性黄色系褐色森林土(偏乾亜型)	

	<i>gB</i> 表層グライ化褐色森林土	<i>gB_B</i> 乾性表層グライ化褐色森林土 (粒状・堅果状構造型) <i>gB_C</i> 弱乾性表層グライ化褐色森林土 <i>gB_D</i> 適潤性表層グライ化褐色森林土 <i>gB_E</i> 弱湿性表層グライ化褐色森林土 <i>gB_D</i> (d) 適潤性表層グライ化褐色森林土 (偏乾亜型)
RY 赤・黄色土	<i>R</i> 赤色土	<i>R_A</i> 乾性赤色土 (細粒状構造型) <i>R_B</i> 乾性赤色土 (粒状・堅果状構造型) <i>R_C</i> 弱乾性赤色土 <i>R_D</i> 適潤性赤色土 <i>R_D</i> (d) 適潤性赤色土 (偏乾亜型)
	<i>Y</i> 黄色土	<i>Y_A</i> 乾性黄色土 (細粒状構造型) <i>Y_B</i> 乾性黄色土 (粒状・堅果状構造型) <i>Y_C</i> 弱乾性黄色土 <i>Y_D</i> 適潤性黄色土 <i>Y_E</i> 弱湿性黄色土 <i>Y_D</i> (d) 適潤性黄色土 (偏乾亜型)
	<i>gRY</i> 表層グライ系赤・黄色土	<i>gRYI</i> 表層グライ化赤・黄色土 <i>gRYII</i> 弱表層グライ化赤・黄色土 <i>gRYbI</i> 表層グライ灰色化赤・黄色土 <i>gRYbII</i> 弱表層グライ灰色化赤・黄色土
Bl 黑色土	<i>Bl</i> 黑色土	<i>Bl_B</i> 乾性黑色土 (粒状・堅果状構造型) <i>Bl_C</i> 弱乾性黑色土 <i>Bl_D</i> 適潤性黑色土 <i>Bl_E</i> 弱湿性黑色土 <i>Bl_F</i> 湿性黑色土 <i>Bl_D</i> (d) 適潤性黑色土 (偏乾亜型)
	<i>lBl</i> 淡黑色土	<i>lBl_B</i> 乾性淡黑色土 (粒状・堅果状構造型) <i>lBl_C</i> 弱乾性淡黑色土 <i>lBl_D</i> 適潤性淡黑色土 <i>lBl_E</i> 弱湿性淡黑色土 <i>lBl_F</i> 湿性淡黑色土 <i>lBl_D</i> (d) 適潤性淡黑色土 (偏乾亜型)
DR 暗赤色土	<i>eDR</i> 塩基系暗赤色土	<i>eDR_A</i> 乾性塩基系暗赤色土 (細粒状構造) <i>eDR_B</i> 乾性塩基系暗赤色土 (粒状・堅果状構造型) <i>eDR_C</i> 弱乾性塩基系暗赤色土 <i>eDR_D</i> 適潤性塩基系暗赤色土 <i>eDR_E</i> 弱湿性塩基系暗赤色土 <i>eDR_D</i> (d) 適潤性塩基系暗赤色土 (偏乾亜型)
	<i>dDR</i> 非塩基系暗赤色土	<i>dDR_A</i> 乾性非塩基系暗赤色土 (細粒状構造) <i>dDR_B</i> 乾性非塩基系暗赤色土 (粒状・堅果状構造型) <i>dDR_C</i> 弱乾性非塩基系暗赤色土 <i>dDR_D</i> 適潤性非塩基系暗赤色土 <i>dDR_E</i> 弱湿性非塩基系暗赤色土 <i>dDR_D</i> (d) 適潤性非塩基系暗赤色土 (偏乾亜型)
	<i>vDR</i> 火山系暗赤色土	<i>vDR_A</i> 乾性火山系暗赤色土 (細粒状構造) <i>vDR_B</i> 乾性火山系暗赤色土 (粒状・堅果状構造型) <i>vDR_C</i> 弱乾性火山系暗赤色土

		<i>v</i> DR _D 適潤性火山系暗赤色土
		<i>v</i> DR _E 弱湿性火山系暗赤色土
		<i>v</i> DRD (d) 適潤性火山系暗赤色土 (偏乾亜型)
G グライ土	G グライ psG 偽似グライ PG グライポドゾル	G グライ psG 偽似グライ PG グライポドゾル
Pt 泥炭土	Pt 泥炭土 Mc 黒泥土 Pp 泥炭ポドゾル	Pt 泥炭土 Mc 黒泥土 Pp 泥炭ポドゾル
Im 未熟土	Im 未熟土 Er 受蝕土	

主な参考資料

どじょう部 1976. 林野土壌の分類 (1975). 林試研報280号, 28p.
 久馬一剛 2001. I-3 熱帯土壌とその分類, 久馬一剛編「熱帯土壌学」, 名古屋大学出版会, p.70-110.
 農耕地土壌分類委員会 1995. 農耕地土壌分類 第3次改訂版, 農業環境技術研究所資料17号, 79p.
 FAO 1998. Production Yearbook, 1997. FAO, Rome.
 FAO, 1995. Digital Soil Map of the World and Derived Soil Properties, Version 3.5. Land and Water Digital Media Series 1, FAO, Rome.
 FAO/EC/ISRIC 2003. World Soil Resources.
 Soil Survey Staff 1999. Soil Taxonomy, 2nd Ed.: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA Agric. Handbook No. 436. U. S. Gov' t Printing Office, Washington, D.C.

第4節 高知県の農耕地土壌の特徴

高知県の農耕地土壌については、高知県が出版している「分析測定診断テキスト 診断の手引き (第6次改訂増補版)」(高知県, 2003) に詳しい。本節では、必要な部分を可能な限り原文どおり引用する。

(1) 高知県の地質

土壌は気候や水、植生などの影響を受け生成されるが、とりわけ母材となる岩石の影響を強く受ける。したがって、県下の農耕地土壌の特徴を知るうえで、

地質は重要な要素となる。そこで、地質帯と岩石の分布について概説する。

四国の北部には、西南日本をその北側の内帯と南側の外帯に大きく二分している中央構造線が東西方向に走っている。高知県は中央構造線の南側に位置し、西南日本外帯に属す。さらに、中央構造線以南に存在する2つの構造線によって、地質状態の異なる3つの地質帯に分けられる(図3-4-1)。この3つの地質帯は、中央構造線と御荷鉾構造線に挟まれた三波川帯、御荷鉾構造線と仏像構造線に挟まれた秩父帯及び仏像構造線以南の四万十帯である。

中央構造線に南接する三波川(変成)帯は、おもに古生代後期(数億年前)に地下深くで変成作用を受けた結晶片岩からなり、脊梁山脈をつくっている。この結晶片岩は有色鉱物に富む塩基性岩が多いので、これらを母材とする残積土、崩積土、あるいは流域の沖積土は養分含量の高いものが多い。県内では最も古い地層であり、一般的に粘質で礫含量が高い。

秩父帯は、中生代ジュラ紀から白亜紀初期(1-2億年前)の古生代の堆積岩からなる地域が多く、砂岩、石灰岩、チャート、蛇紋岩などが中心である。四国カルストや龍河洞などは、この秩父帯に分布する石灰岩から生成したものである。一般的に、礫岩量が多く、有効土層も浅い。

四万十帯は、主として中生代後期、白亜紀(数千年から1億年前)の堆積岩からなり、県東部・西部の山地、丘陵群を形成している。頁岩、砂岩の互層をなす地帯が多い。この地帯の土壌は、一般に養分に乏しい。

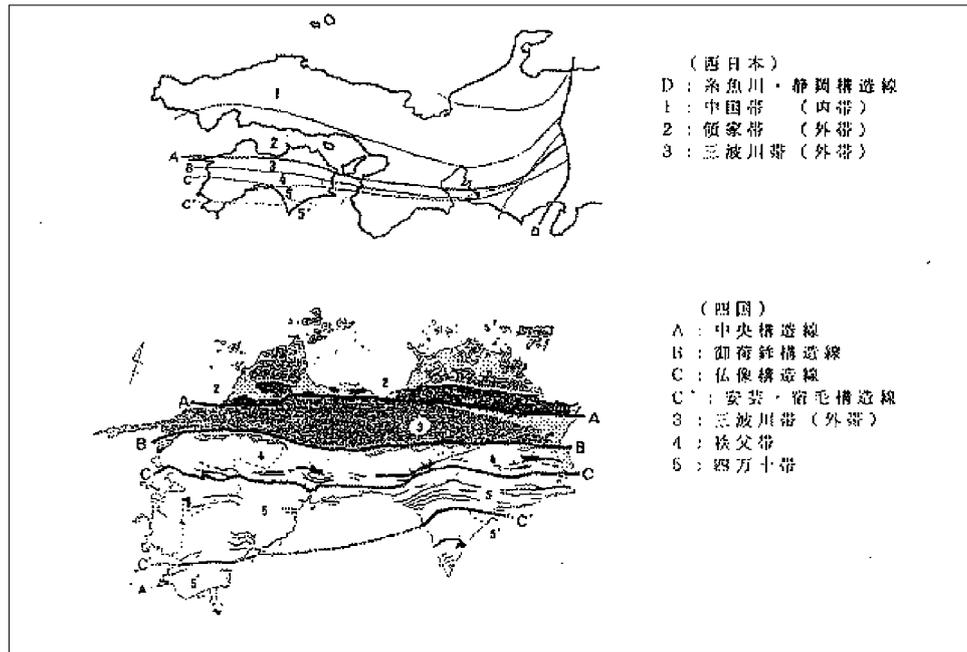


図3-4-1 地質構造区分の概要.

また、室戸、幡多地域では地質年代の比較的新しい新生代、第三紀層(数百～数千万年前)が分布している。

その他、洪積期(180万年前から1万年前)の堆積物を母材とする層が各地に点在するほか、河川流域及び沿岸部には沖積層(1万年前から現代)が分布している。

(2) 県内における土壤の分布

農耕地土壤は、土壤保全事業等により、全国的な基準による分類がなされ、土壤図が作成されている(図3-4-2)。

県内の農耕地土壤は、水田が7土壤群、畑(樹園

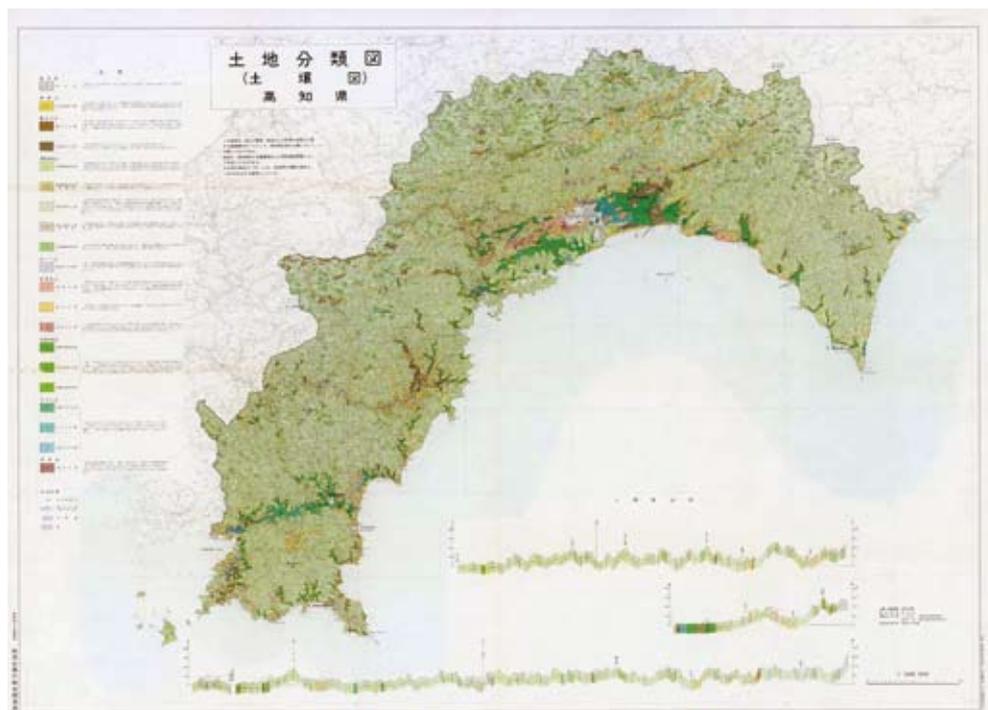


図3-4-2 耕地土壤図(高知県).

表3-4-1 高知県内に分布する土壌

土 壤 群	面 積 (ha)	(割 合) (%)	利用形態	主な分布市町村 (平成15年度時点旧市町村名で表記)
① 灰色低地土	17,719	39.3	水田	南国市, 窪川町, 中村市, 土佐市, 春野町
② 褐色森林土	10,438	23.2	畑	土佐市, 須崎市, 香我美町, 南国市, 高知市
③ 黄色土	6,380	14.2	畑, 水田	窪川町, 香北町, 安芸市, 土佐町, 室戸市
④ グライ土	6,247	13.9	水田	高知市, 中村市, 宿毛市, 土佐市, 南国市
⑤ 褐色低地土	1,496	3.3	水田	窪川町, 大豊町, 須崎市, 宿毛市, 三原村
⑥ 砂丘未熟土	1,062	2.4	畑	中村市, 高知市, 越知町, 南国市, 窪川町
⑦ 多湿黒ボク土	768	1.7	水田	土佐山田町, 南国市, 野市町, 香北町
⑧ 黒泥土	552	1.2	水田	南国市, 高知市, 春野町
⑨ 赤色土	176	0.4	畑	室戸市, 芸西村, 安芸市
⑩ 黒ボクグライ土	108	0.2	水田	高知市
⑪ 黒ボク土	60	0.1	畑	野市町, 土佐山田町, 南国市
⑫ 暗赤色土	54	0.1	畑	南国市, 日高村

(高知県, 2003より一部改変)

地を含む)が6群に分類され, その面積と主な分布市町村は表3-4-1に示したとおりである(高知県, 2003)。水田では灰色低地土が最も広く, 次いで黄色土, グライ土の順となっている。また, 畑地では褐色森林土が大部分を占めている。

a. 灰色低地土

ほぼ平坦な沖積地, 谷底平野, 扇状地などに広く分布する土壌で, おおむね全層が灰色ないし灰褐色を呈しており, 下層土には斑紋がある。これらの土壌は母材が, 地下水あるいは灌漑水の影響を受けて灰色化したか, あるいは以前のグライ層が地下水位の低下によって酸化され, 灰色化したものである。

中粗粒の土壌は, 壤質~砂質で, 一般に陽イオン交換容量が小さく, 腐植含量も少なくなっている。特に, 下層に砂質や礫を多く含む土壌では漏水過多で鉄や塩基などが溶脱していることが多く, 秋落ち現象を生じることがある。このため, 必要に応じて客土や床締め, 鉄, 塩基の補給などを行うことがある。

細粒質の土壌は, 粘質~強粘質で, 水持ちが良く, 腐植および陽イオン交換容量も比較的高くなっている。したがって, 作物を栽培するうえでの問題はほとんどない。

下層に黒ボク土が混入したものが, 野市町周辺の洪積台地や窪川町の河岸段丘上に分布している(灰色低地土下層黒ボク)。黒ボク土は, リン酸吸収係

数が高いなどの問題があるが, 黒ボク混入土は, 鉍質土の割合が多いことや, 灌漑水中の珪酸によってアルミニウムが不活性化していることなどの理由により, リン酸吸収係数は問題になるほど高くない。

b. 褐色森林土

丘陵地および山麓の斜面, 台地上の波状地, 平坦地などの排水良好なところに分布している。暗褐色の薄い表層の下に垂角塊状の構造をもった黄褐色の土層が続いている。母材は各種の岩石のものを含み, 堆積様式は残積および洪積世の堆積である。

土性は粘質~強粘質で, 塩基の流亡が進み, 酸性の土壌が多い。山間部には, 下層に礫を多く含み, 有効土層が浅い土壌も比較的多く分布している。したがって, 石灰質資材の施用による塩基の補給が必要となる。

c. 黄色土

土壌生成および分布する地形は赤色土とほぼ類似しており, 腐植含量の少ない表層の下に黄色ないし黄褐色の緻密な次表層がある。母材は非固結堆積岩を除く各種の岩石で, 堆積様式は残積および洪積世である。長年水田として利用されてきた土壌には, 鉄などの斑紋, 結核がみられる。

土性は粘質~強粘質であるが, 塩基含量が少ないため, 酸性土壌が多い。県東部・西部の海岸段丘で

は、下層に礫を多く含むことが多いため、透水性は比較的良好である。

d. グライ土

河川および海岸沿いの沖積平野ならびに台地、丘陵地間の低地などの排水不良な地帯に多く分布する。一般に地下水位が高く、湿田、半湿田の土壤である。還元された鉄のために普通青灰色ないし緑灰色を呈する(グライ層)。グライ層の存在する深さは、土壤の排水状態を知る有力な目安となる。

排水が悪いため、基本的には暗渠排水を必要とする。なお、近年は圃場整備の進展などにより、面積が減少している。

e. 褐色低地土

沖積低地のうち、自然堤防などのような比較的排水良好なところに分布する。母材は非固結堆積岩で、堆積様式は水積である。作土下の土色は概ね黄褐色で、斑紋を持つ土壤と持たない土壤とがある。

下層に礫を多く含む土壤で水稻を栽培する場合には、水持ちが悪いので床締めが必要となることがある。

f. 砂丘未熟土

海岸線に沿った砂丘地、砂洲などに分布する粗粒質の土壤である。母材は主に風や上流から運ばれた砂(非固結堆積岩)で、風積または水積によって形成するとされている。

この土壤は極めて未熟で、土層の分化発達はほとんどみられない。土性は砂質で、粘土や腐植の含量が少ないので、保水力、保肥力が小さく緩衝力も弱いという欠点がある。しかし、有効土層は深く、耕うんも容易、通気透水性がよく、連作障害がおこりにくいなどという利点を有している。そのため、有機物施用による土づくりや、灌がい施設の設置などによる養水分の供給が十分に行われれば、安定した収量を得ることができる。

g. 多湿黒ボク土

黒ボク台地上の凹地あるいは黒ボク台地周辺の沖積低地に分布する黒ボク土で、地下水または灌漑水

の影響を受けて下層に斑紋がみられる土壤である。また、台地上の黒ボク土が水田化されたため、灌漑水によって斑紋ができた土壤も含まれる。母材は降下堆積した火山放出物(風積、非固結火成岩)の場合と、これらが水によって運ばれ、再堆積した(水積)非固結火成岩の場合がある。

黒ボク土と同様に、有効土層は一般に深く、腐植含量は多いもののリン酸吸収係数が大きいのが特徴である。排水性はやや不良であるが、再堆積による他母材の混入や水田化などのために、仮比重の増大や透水性の減少、リン酸吸収係数の低下などの傾向がみられる。

h. 黒泥土

県中央部の海岸浜堤の後背湿地など排水不良地に分布している。厚い黒泥層を持つ土壤で、同時に泥炭層、グライ層を持つ場合が多い。黒泥とは、泥炭の分解がさらに進んで、植物組織が肉眼でほとんど認められない程度になり、これに無機質資材が混入したものを指す。

腐植含量は高く、陽イオン交換容量も大きい。塩基飽和度は比較的低い。暗渠の施工やきめ細かな水管理などによって、土壤の還元防止に努める必要がある。

i. 赤色土

台地および丘陵地の200m以下の地帯で、排水良好な部分に小面積で分布している。腐植に乏しい表土の下に、赤色で亜塊状の構造をもつ次表層が続く。各種の岩石を母材とする残積の土壤と、非固結堆積岩を母材とする洪積世堆積の土壤がある。

有機物含量が少なく、塩基含量も少ないため、強酸性を呈する。このため、有機物や石灰質資材の施用が必要である。

j. 黒ボクグライ土

黒ボク台地間の低地など、地下水位の高い排水不良地に分布し、下層にグライ層をもつ黒ボク土である。母材は非固結堆積岩であるが、再堆積の過程で他の資材が混入していることが多い。堆積様式は大部分水積であるが、断面の一部に集積、崩積、風積

などの土層をもつ土壤がある。

黒ボク土と類似した特性を有するが、地下水位が高く、排水不良でほぼ全層が強度の還元状態（グライ層）となっている。このため、基本的には暗渠排水を必要とする。

k. 黒ボク土

火山灰、火山れきのような火山放出物（非固結火成岩）からできた土壤で、一般に火山灰土壌と呼ばれている。堆積様式は風積のものが多く、有効土層は深い。土壤断面には、多量の腐植層を含む表層があり、その下は次第に褐色ないし黄褐色の下層土となる。

腐植含量が高いため、仮比重は小さく、C/N比も高い。陽イオン交換容量が大きいので、保肥力が高いものの、アロフェンや腐植が養分保持の主体であるため、土壤が酸性になると塩基の保持力が弱くなる。また、リン酸吸収係数が大きい、ばん土性が高いなどの特徴を有しているため、リン酸の増肥が必要である。物理性は良好で、易耕性に優れている。

l. 暗赤色土

石灰岩または蛇紋岩などの超塩基性岩を母材とする残積の土壤で、暗赤色を呈している。

母岩からの塩基供給量が多いので、土壤の塩基飽和度が比較的高く、酸性は比較的弱くなっている。蛇紋岩を母材とする場合には重金属による過剰症が認められ、作物の生育不良が起こる。また、強粘質な土壤であるため、一般に通気性は悪い。このため、必要に応じて心土破碎などの対策が必要である。

(3) 県内農耕地土壤の実態

1979年から行われてきた土壤環境基礎調査（定点調査）は、1998年に4巡目が終了し、全国的に取りまとめが行われた。県内では220ヶ所の定点が設置され、5年毎に土壤の変化が調査された。

その結果、図3-4-3～3-4-6に示すように、水田では、作土が深くなっている反面、可給態窒素が減少する傾向が明らかになった。また、普通畑におけるち密度の増大、樹園地における全炭素含量の増大などの

傾向が認められた。その他にも、水田でのち密度の増大および全炭素と全窒素の減少、普通畑での加里（カリウム）含量の減少、樹園地での全窒素含量の増大などが明らかになった。

本調査結果を高知県が定めている改良目標値と比較したものを表3-4-2に示す。これによれば、水田では、苦土（マグネシウム）や加里が不足し、これに伴って塩基がアンバランスになっていることが明らかになった。また、普通畑では、苦土がやや不足し、石灰／苦土比が大きくなっている実態や、施設畑では、普通畑に比べて、作土が深く腐植含量も高いなど土づくりが進んでいるものの、石灰やリン酸が過剰に集積している実態などが明らかとなっている。

樹園地の調査においては、定点に茶園が多かったことから、腐植含量は多いものの、土壤pHが低いという結果が得られた。また、苦土が少なく塩基のアンバランスを起こしていることや、有効態リン酸が多いことも明らかとなった。

このように、水田及び樹園地土壤に共通の問題としては、塩基のアンバランスとリン酸の過剰蓄積があげられる。作物の生理障害は、養分の不足だけではなく、アンバランスによっても発生する。たとえば、キュウリやナスのマグネシウム（苦土）欠乏症は、土壤中の交換性マグネシウム含量は適正であっても、交換性カルシウムや交換性カリウムが多量にあるために、作物のマグネシウム吸収が抑制されて発生することがある。

また、施設畑では塩基飽和度が高く、塩基が蓄積している実態も明らかとなっている。一般には、塩基飽和度が100%を超えると土壤pHも高くなるが、調査結果では、塩基飽和度が高いにもかかわらず、土壤pHが適正に保たれていることがわかった。これは、土壤に蓄積している石灰の多くは水に溶けにくい炭酸石灰の形で残存しているためと推察される。

土壤中の有効態リン酸含量は、施設畑や樹園地で、改良目標値よりも大幅に高くなっている。しかし、有効態リン酸の改良目標値は、作物に対する反応だけでなく、施肥効率も考慮して改良目標値を設定していることに加え、果菜類では乾土100gあたり400mg以上でないともリン酸の過剰症が現れにくいことから、実際にはほとんど問題になっていない。

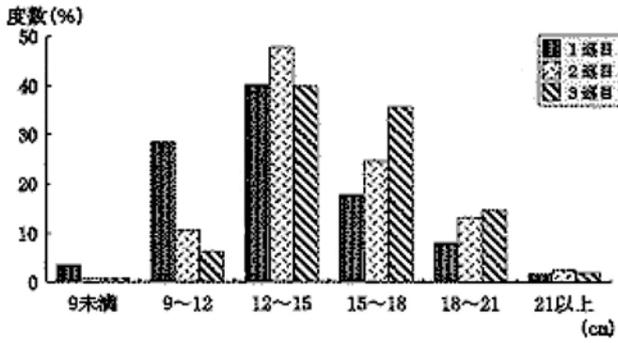


図3-4-3 作土の厚さ (水田).

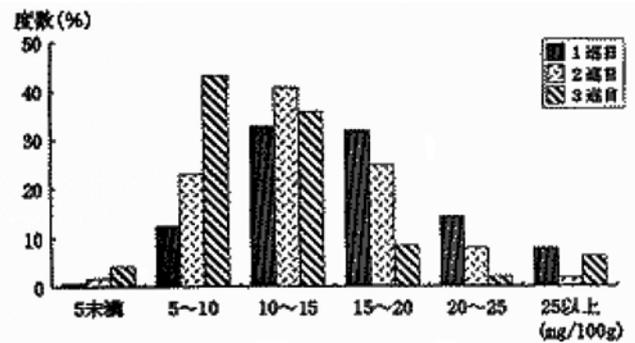


図3-4-4 可給態窒素 (水田).

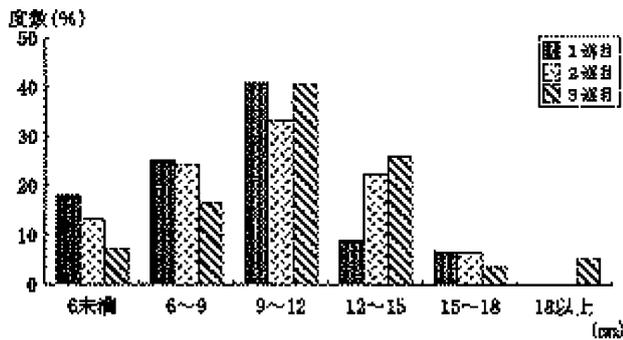


図3-4-5 ち密度 (普通畑).

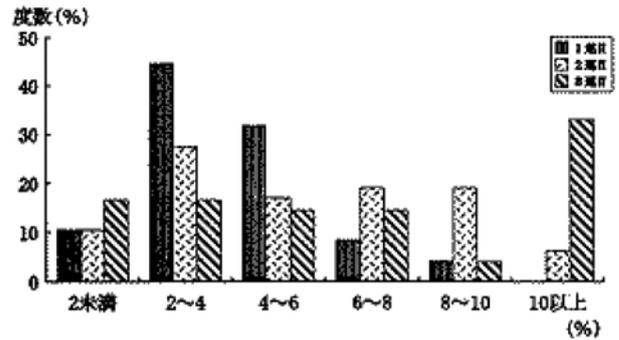


図3-4-6 全炭素 (樹園地).

表3-4-2 高知県内における耕地土壌の理化学性の実態.

項 目	水 田		普 通 畑		施 設 畑		樹 園 地		
	実 態	目 標 値	実 態	目 標 値	実 態	目 標 値	実 態	目 標 値	
作土の厚さ	cm	15.9	15~20	16.7	20以上	18.5	20以上	16.3	20以上
ち 密 度	mm	12.1	22以下	11.7	22以下	10.2	22以下	12.7	22以下
仮 比 重		1.09	—	1.04	—	0.97	—	0.82	—
腐 植 率	%	4.15	3以上	3.98	3以上	7.34	3以上	7.38	3以上
全 窒 素	%	0.24	—	0.21	—	0.24	—	0.63	—
p H (H ₂ O)		5.76	5.5~6.5	5.93	6.0~6.5	6.00	6.0~6.5	4.62	5.5~6.5
C E C	me/100g	12.8	12以上	15.8	15以上	16.2	15以上	27.4	12以上
石 灰	mg/100g	180.5	151~183	229.4	220~258	354.4	220~258	152.6	151~206
苦 土	mg/100g	20.6	33~44	35.5	49~62	54.3	49~62	22.3	33~50
加 里	mg/100g	10.7	15~41	39.5	15~58	59.8	15~58	42.6	15~45
塩基飽和度	%	61.5	60~80	61.7	70~90	115.6	70~90	36.0	60~90
石灰/苦土	me比	6.33	2.3~4.0	4.65	2.6~3.8	4.70	2.6~3.8	4.95	2.2~4.5
苦土/加里	me比	4.43	1.9~6.8	2.10	2.0~9.6	2.12	2.0~9.6	1.22	1.7~7.8
石灰/加里	me比	28.0	6.2~20.5	9.75	6.4~28.9	9.97	6.4~28.9	6.06	5.5~23.1
有効態りん酸	mg/100g	24.1	10~30	91.8	20~80	294.5	30~100	125.2	10~40
可給態窒素	mg/100g	11.8	10~20	6.07	5~15	5.76	—	12.0	—

注) 礫質~強粘質土の場合

引用文献

高知県 2003. 分析測定診断テキスト 診断の手引き (第6次改訂増補版), 高知県, 1-22p.

第5節 高知県下の自然・農業生態系の土壌評価

はじめに

豊かな環境保全機能を持つ自然生態系は、周辺域の開発にともなって事々刻々破壊されている。一方では、中山間地域においては、大きな労力を用いて拓かれた水田の放棄が急速に進行しており、農業生態系の水資源保全機能が失われつつあるといわれて久しい。このような深刻な状況の下で、地域、さらには地球環境全体の保全を達成するためには、個々の土地利用形態ごとにその適切な維持管理を目的とした土壌生態系モデルを構築することが不可欠となっている。

既存の土壌化学的分析手法は、養分の現存量という土壌の静的な側面の比較には有効であるが（例えば Hirai et al., 1997）、種々の要因が動的平衡状態にある生態系の評価には不十分であり、土壌中で最も重要な動的画分である水と有機物の動態に注目する必要があることは明らかである（Sakurai, 1995）。なかでも、水に運ばれる低分子有機酸が土壌中の物質移動にきわめて重要であることは「熱帯生態系の土壌有機物の動態」（Coleman, Oades, Uehara 編, 1989）等の成書の言葉を借りずとも明らかである。土壌中の低分子有機酸の動態に関する研究は森林土壌の生成との関連で行われており（Evans & Anderson, 1990; Tani et al., 1992）、これまでのところ農耕地生態系までを視野に入れたものはない。その一つの原因として、分析法が煩雑であることがあげられる。

近年、低分子有機酸の評価法の検討を始め、簡易な定量方法を開発した（Sakurai et al., 1997）。また、土壌中の低分子有機酸が有害物質であるCdの吸・脱着反応に大きな影響を与えることも明らかにした（Sakurai & Huang, 1995a）。一方、土壌粒子の荷電ゼロ点（ZPC）をもとに農耕地および自然土壌の評価を試み（Sakurai et al., 1991b, c）、ZPCは土壌の理化学性の他の特性値を適切に反映した指標であり、新しい土壌評価法の確立に有望であること

を検証した（櫻井, 1994; 櫻井ら1996a）。さらに、国際学術研究において、タイ国の荒廃地土壌の生物生産性の回復に関する現地調査・試験研究を行い、土壌管理による荒廃地の蘇生は技術的には可能であるが、長期のモニタリングが必要であることを指摘してきた（Sakurai et al., 1991a,c; 1995b; 1996a, b）。

また、岩崎は、ハウス土壌内の養分集積と重金属過剰の問題を土壌養分の動態の観点から解析し（岩崎ら1990; Iwasaki et al., 1993）、土地利用履歴の異なる露地カンキツ栽培圃場や（岩崎・櫻井, 1996; 櫻井ら, 1996b）、銅鉱山跡地の農地における重金属の存在状態の比較検討を行った（Iwasaki et al., 1997）。また植物根の重金属元素の吸収、特に、銅吸収に関する研究も手がけている（Iwasaki et al., 1990）。

土壌中で低分子の有機物が最も多量に生成するのは根圏である。本研究では、根圏土壌に供給される低分子有機酸の量と組成を、土地利用形態の異なる日本シバ草地とその周辺の林地において採取した土壌溶液（水抽出）中の低分子有機酸を年3回評価することにした。また、環境情報を得るために、データロガーを用いて、気温、雨量、土壌水分、地温を継続的に調べることにした。同時に、各地点の基礎データとしての土壌の一般理化学性と、ZPCや鉱物性などのこれまではあまり広範囲に用いられてこなかった項目を詳細にわたって評価することにした。

自然・農業生態系の評価に生物学的なデータが必要であることは自明である。今回の研究では生物性の基準として微生物（細菌・糸状菌）の変動の計測を行った。そのためにも前述の自然環境のモニタリングを併せて行い、土壌生態系の化学的かつ継続的評価法の確立を目指すこととした。つまり、土壌化学の一分野に偏ることなしに、土壌生態系を取り扱うために必要かつ十分な基礎的知見を選び出し、総合的な判断の基準を策定することを最も重要な研究目的の一つとした。本研究の成果は、諸分野の研究者が幅広く利用可能な広域的研究になるものと認識している。

自然生態系を扱う研究は主に生物系の研究者によって、農業生態系を扱う研究は農学系の研究者によって展開されてきた。いずれの場合にも、生態系を扱う場合には土壌生態系の動的解析も重要である

ことは共通の認識となっている。櫻井はマレーシアにおいて土壤溶液および土壤肥沃度の長期モニターを継続中であり(科研費・創成的基礎研究)、本研究の検討結果はその国際比較を可能とするものである。また、土壤化学の分野で研究を展開してきた人が、自然・農業生態系の研究に取り組む際の指針としても大きく貢献できるものと考えられる。

第5節では、(1)で農耕地土壤生態系の肥沃度を、土地管理で変わる性質(pH, 交換性塩基, 可給態リン酸など)、土壤固有の性質(荷電ゼロ点, 酸化物, 粘土鉱物)、もっとも動きやすい画分(水溶性カチオン・アニオン, 低分子有機酸)などから評価し、得られた分析値を基に新たな土壤区分を行う可能性についてまとめた。(2)では、きわめて大きなエネルギーを投入してできた人工造成農地が、農業生態系として安定になるためのプロセスを考えるために行ったモニタリングの結果をまとめたものである。このプロセスは、いわゆる“熟畑化”ということばで説明できると考えている。これまでの調査から、日本シバ草地では熟畑化が比較的短期間で達成されることが明らかになっている(石塚ら, 1997)。シバ草地開墾の際には地上部のみを刈り払うため、土壤そのものの性質に大きな変化を与えない。しかし、シバ草地は山の傾斜地に造成されるため、開墾後の土壤侵食が大きな問題となることも事実である。造成時に土壤生態系へのインパクトの少ない造成シバ草地が、途中の厳しい土壤侵食のプロセスを経て、安定した農(林畜産)業生態系となる際の変化を明らかにするために、高知県内の2つの造成シバ草地とその周辺の林地をモニタリングの対象地として選んだ。普通畑作地として利用される造成地の場合、熟畑化にはより長い年月を要する。日本シバ草地での解析結果は、一般的な畑作地の熟畑化に対しても有用な知見を与え、今後の土地管理のヒントとなるものと考えられる。

(1) 農耕地土壤の肥沃度評価および土壤区分

a. 緒 論

全国の典型的な農耕地土壤については、各県の農場試験場によって5年に1度の定点調査が行われて

おり、土壤の理化学性が継続的に調べられている。しかし、造成地の増加、ハウス農業地帯の拡大など、高知県内では従来の土壤分類に基づいて定められた調査地点だけでは把握しきれない土壤問題が増加している。加えて、地質学的変異が大きく、土壤も多様であり、問題をより一層複雑にしている。

高知県は県土の90%を山地が占めており、農業用地となる平坦地は県土の約5%、400km²にすぎない(国土庁土地局, 1993)。不足している平坦地の需要を、単に広くて平坦な新規造成地に求めれば事は足りるのだろうか。なかでも、造成地土壤の熟化が採算のとれる作物生産の可能なレベルにまで容易に引き上げられるのかという最も重要な問題点はほとんど検討されずに、農地造成が先行することは少なくない。

一方、施設栽培農業は、現在の高知県において極めて重要な農業形態である。暖地の利を活かして花き、野菜、果物などを商品の手薄な時期に市場に供給できるために大きく発展してきた。しかし、岩崎ら(1990)は、施設を利用した集約農業は自然の降雨をほとんど受けない閉鎖された系で行われるため、施肥成分の過剰な集積や、それに伴って起こる肥料中の重金属および有害元素の集積が大きな問題になりつつあると指摘している。

これらのように、新たに造りだされた農地および、露地条件からハウス条件に変更された農地の土壤の特性を十分に把握しておく必要がある。

以上のことを受けて、本研究では高知県内の農地(造成地・既成畑・転換畑)とその周辺の林地で現地調査を行ない、現存する農地の土壤の物理性・化学性・酸化物・荷電ゼロ点を自然の土壤との比較から総合的に解析し、農地の土壤評価を見直すことを検討した。これまでの土壤評価は、化学性の分析データに基づいた施肥設計を主な目的としてきた。しかし、先にも述べたように、土地利用形態の多様化が進み、その利用履歴も大きく異なるものが増加したことから、投与された肥料の過不足が生じるという問題が顕在化するようになった。

新たな土壤評価法を確立するために必要なことは、従来の基準を見直し、必要であれば新しい基準を導入することである。そこで、これまでには基準とし

て取り入れられていない荷電ゼロ点や酸化物・鋳物組成といった土壌固有の性質、すなわち、土壌管理の方法によって大きく影響を受けない性質に着目した。従来の分析項目にこれらを加えて統計解析を行ない、新たな土壌基準を勘案すること、また、その基準をもとに土壌評価・土壌分類を行うことを本研究の目的とした。

若山(1993)の調査研究に引き続き、高知県内に横たわる3つの地質帯(四万十帯[北部・南部]、秩父帯、三波川帯)別に農地(造成地・既成畑・転換畑)と林地の現地調査およびサンプリングを行なった。16市町村53地点における深さ1mまでの層位毎の土壌試料216点を対象に、物理性・化学性・酸化物・粘土鋳物組成・荷電ゼロ点を評価した。得られた分析値(造成シバ草地土壌57点を除く)をもとに重回帰分析を行ない、変異荷電の卓越する熱帯の強風化土壌や日本の火山灰土壌において土壌固有の特性値として用いられてきた荷電ゼロ点(STPT-ZPC)、 σ_p が、永久荷電の多い高知県下の土壌にも同様に適応できるかを検討した。また、主成分分析やクラスター分析を用いることによって土壌統・地質統以外の観点から高知県下の土壌を区分できないかについて検討した。

前出の試みは主に、土壌管理方法の違いに影響を受けにくい土壌の特性値を考慮に入れたものであるが、逆に、管理方法によって容易に左右される性質というのがある意味で、土壌のその時の状態を評価するには適しているという見方もできる。そこで中村(1996)は、土壌中の重金属の蓄積や輸送に大変重要な役割を果たす、低分子有機酸の量や組成に着目し、数地点の自然土壌と農耕地土壌を比較した。8種類の有機酸が分析対象であったが、分析法の確立が主な目的であったため、十分な検討には至らなかった。また、分析法も完全に確立されるまでに至らなかった。

そこで本研究では検討を加える土壌の範囲を広げ、高知県下の4つの地質帯(四万十帯[北部・南部]、秩父帯、三波川帯)における異なる土地利用形態の表層土壌試料(46点)を用いた。その分析結果から低分子有機酸の量や組成を明らかにすると同時に、土壌区分を行うことを目的とした。併せて土

壌溶液中の水溶性カチオン(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)、アニオン(Cl^- , NO_3^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, SO_4^{2-})、pH、ECなど水溶性画分の性質も同時に考慮に入れ、土壌中で最も変化し易い画分の評価を行うこととした。これらの結果から、従来から用いられてきた一般分析値、土壌に固有の特性値、最も動き易い画分の分析値を用いて土壌区分を行ったときに、現在の多様化した土地利用形態の現状を評価するためにどのような方法が最も適しているかを検討することを最終的な目標とする。

b. 調査地点の概要

現地調査を行った地点を高知県の地質帯とともに図3-5-1(甲藤, 1969)に示し、断面記載の一覧を表3-5-2~11に、土地利用形態区分を表3-5-1に示した。

はじめに、鈴木堯士(1983)に基づいて、調査地点の地質学的特徴を整理しておく。高知県は北から、中央構造線と御荷鉾構造線に挟まれた三波川帯、御荷鉾構造線と仏像構造線に挟まれた秩父帯、仏像構造線以南の四万十帯にわけられる。高知県でそれぞれの地質帯の占める面積割合は、三波川帯が約15%、秩父帯が約25%、四万十帯が約60%となっている。三波川帯は主として結晶片岩からなり、秩父帯は古生層(二畳系、石炭系)、火成岩、及び中生層(砂岩、泥岩、粘板岩、チャート、輝緑凝灰岩、石灰岩)からなる。四万十帯は、四万十層(砂岩、頁岩)からなる。

以下に採取地点の土地利用、母材、地形等の情報をまとめる。

b-1. 四万十帯(北部)

1) 大方町(調査日:1991年5月8日;K-L, 1991年5月9日;H11, 1993年5月28日;H-N)

現在、高知西南開拓事業(国営農地開発事業、昭和61年4月開始)によって農地造成が行われており、その受益地は、中村市、土佐清水市、および幡多郡大方町、大月町、三原村の2市2町1村に跨り、受益地面積は農地造成地841ha、道水路敷防災林514ha、区画整理343ha、合計1,697haにのぼる。計画営農類型は果樹・露地野菜・施設野菜・工芸作物・花卉・茶・畜産業等多岐にわたっている。

今回サンプリングした地点は造成直後の農地で未利用の早咲団地 (H11), 早咲団地そばの天然生林 (H-N), 基盤整備事業により造成後20年が経過しており花 (リアトリス) が栽培されているカタギヤ (H-L) の3地点である。母材は主に砂岩・泥岩 (頁岩) の互層である。地質学的には四万十帯大正層郡の中村層 (H11, H-N), 有岡層 (H-L) にあたる。H-Lは耕地化にともなって風化した頁岩に由来する硫酸酸性が発現したため、多量の石灰で矯正

された圃場であり、水はけも悪い。H11は造成にともなって頁岩が45-52cmに埋められ混入しており、将来の硫酸酸性問題や排水不良が懸念される圃場である。いずれも、山地から丘陵地にかかる位置にある。H-Nは、H11より30m程度比高が高く傾斜のきつい尾根の頂部付近の平坦地である。洗脱の進んだE層と腐植および粘土の集積したBh層がみられ、ポドゾル化作用を受けていた。

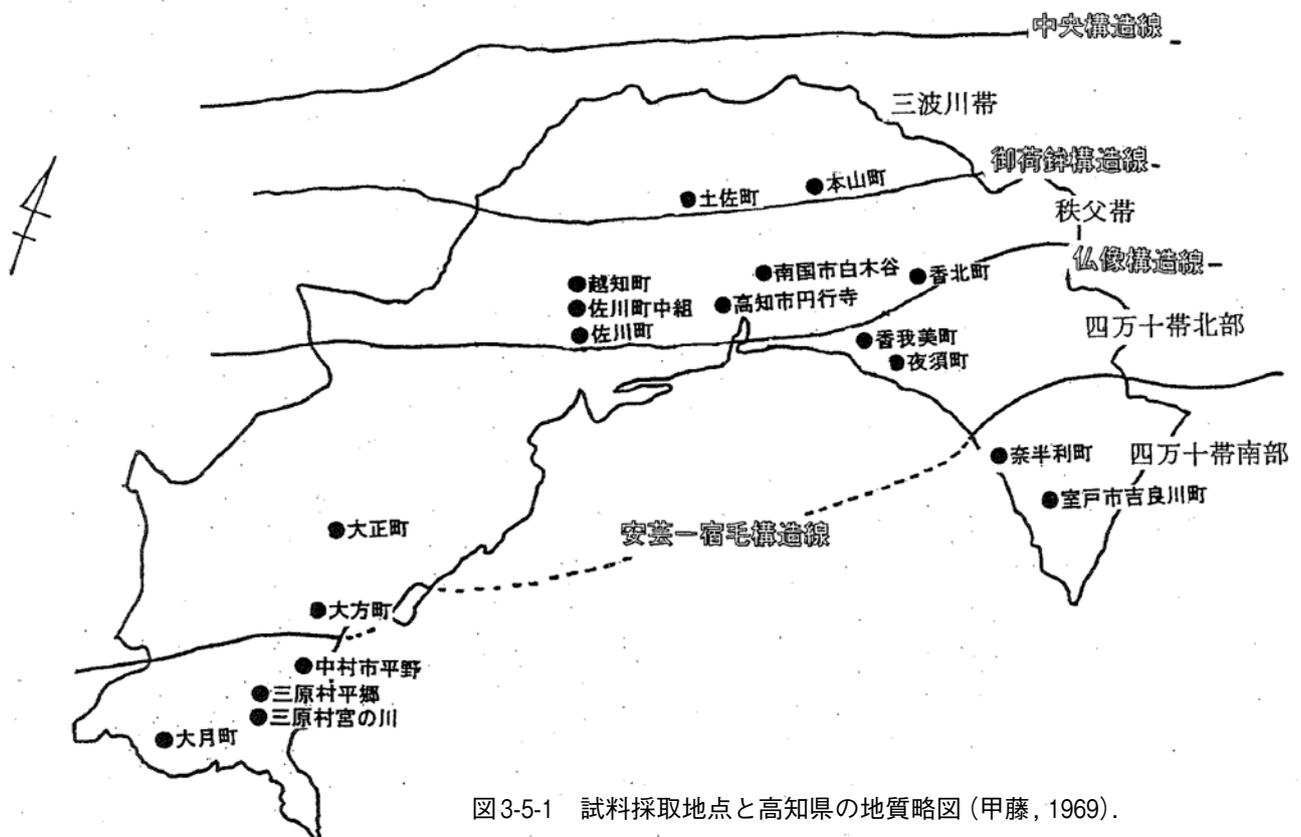


図3-5-1 試料採取地点と高知県の地質略図 (甲藤, 1969).

表3-5-1 地質帯別にみた土地区分と試料採取地点数および層位数。

	四万十帯		秩父帯	三波川帯	計
	北部	南部			
造成地 (農耕地)	3(11)	3(13)	1(3)	0(0)	7(27)
造成地 (シバ草地)	0(0)	6(19)	7(26)	0(0)	13(45)
既成畑	3(14)	2(11)	1(4)	1(4)	7(33)
転換畑	4(21)	0(0)	4(16)	2(8)	10(45)
天然生林	3(11)	4(18)	6(23)	3(13)	16(65)
計	13(57)	15(61)	19(72)	6(25)	53(215)

() : 層位数

第1編 地域の自然

表3-5-2 断面記載(1).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Ogata-cho									
H11	Ap	0 - 10	10YR5/4	SCL	no	c	N.D.	cw	H11-0(cm)
1.Flat	C1	10 - 15/20	10YR6/6	SCL	no	c	N.D.	aw	
2.No crops (Reclaimed land in 1989)	C2	15/20 - 25/30	10YR6/4	CL	no	m	N.D.	aw	H11-20
3.Shale & Sand stone	C3	25/30 - 45	10YR6/4	CL	no	c	N.D.	as	H11-40
4.Flat	C4	45 - 52	10YR6/6	SCL	no	f	N.D.	cs	
			10YR4/2						
	C5	52 - 85	10YR6/4	CL	no	f	N.D.	cw	H11-60
	C6	85+	10YR6/6	SL	no	m	N.D.		H11-80
H-L	Ap	0 - 18	10YR4/3	SL	w m gr	m	N.D.	as	H-L-0(cm)
1.Flat	C1	18 - 50	10YR4/4	SCL	w c sbk	c	N.D.	ai	H-L-20,40
2.Flower plantation (Liatris spicata) (Reclaimed land in 1974)	C2	50 - 60	10YR3/3	SCL	no	d	N.D.	ai	
3.Shale and sand stone	C3	60+	10YR7/6	SCL	no	c	N.D.		
4.Flat		* Ground water level:65cm							
H-N	O	-2 - 0	2.5YR2/3	* Root mat		n	N.D.	as	
1.Gently sloping hill ridge	E	0 - 5	10YR5/6	SCL	w m sbk	c	N.D.	gw	H-N-E
2.Natural vegetation (red pine)	Bh	5 - 12/15	10YR6/6	LiC	m m sbk	f	N.D.	cw	H-N-Bh
3.Mixture of shale and sand stone (slightly weatered)	C	12/15 - 60/70	10YR7/8	SCL	no	d	N.D.		H-N-C
4.Nearly flat	CR	60/70+		SCL			N.D.		H-N-CR
Taisho-cho									
T-1	Ap1	0 - 18	10YR3/4	CL	w f sbk	c	4	as	T-1-Ap
1.Inner part of terrace ridge	Ap2	18 - 20	10YR4/3	CL	w f sbk	c	5	as	
2.Strawberry field (open field) (reclaimed land)	C	20 - 44	7.5YR5/6	SL	no	a	17	aw	T-1-C
3.Sand stone and black shale			7.5YR3/1						
4.Flat	R	44+	N1.5/0	SL					T-1-R
T-2	Ap1	0 - 6	7.5YR2/3	CL	w f sbk	f	0	as	T-2-0(cm)
1.Middle terrace (old aluvium)	Ap2	6 - 35	7.5YR2/3	SCL	w f sbk	f	15	as	T-2-20
2.Strawberry field (green house) (former paddy field)	Bm, ir	35 - 50	10YR6/3	L	m m sbk	n	20	cs	T-2-40
3.Sand stone and river alluvium	2BC	50 - 74	10YR6/6	L	m c sbk	n	17	cw	T-2-60
4.Flat	3C	74 - 100	7.5YR5/8	LS	w m sbk	n	17	ai	T-2-80
		* Akaonji (weatered silicious volcanic ash).							
	4C	100+	10YR4/6	SL	no	f	17		T-2-100

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

表3-5-3 断面記載(2).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Taisho-cho									
T-3	O	-5 - 0							
1.Small hill ridge	A	0 - 11	7.5YR3/3	SiL	m f gr	c	2	cw	T-3-A
2.Natural forest (deciduous and evergreen (pine & cedar - bayashi)	AB	11 - 18	10YR3/4	SiL	w f gr	c	14	cw	T-3-AB
3.Sand stone	C	18 - 70	10YR6/6	L	w m sbk	c	17	gi	T-3-C
4.Sloping	R	70 - 100+					25		
Kagami-cho									
B-2	A	0 - 18	7.5YR4/4	SL	w f gr	m	15	cs	B-2-0(cm)
1.Valley bottom	BC	18 - 70	7.5YR4/4	SCL	w f sbk	m	5	as	B-2-20,40,60
2.Orange orchard (open field) (seedings were transplanted 7 years ago)	C	70 - 100+	7.5YR4/4	SCL	w f gr	c	10		B-2-80
3.Colluvium (sand stone)									
4.Flat									
B-4	Ap	0 - 9	10YR4/3	CL	m f sbk	n	18	as	B-4-0(cm)
1.Valley bottom	BA1g	9 - 17	7.5YR5/2	CL	m m sbk	n	20	as	
2.Orange orchard (open field)			7.5YR5/8						
3.River alluvium	BA2g	17 - 22	10YR4/3	CL	m m sbk	n	18	as	
4.Flat			10YR6/6						
	Bg, mn	22 - 46	7.5YR5/1	SL	w m sbk	m	22	as	B-4-20
			7.5YR6/8						
	Cg	46+	10YR5/1	CL	massive	m	15		B-4-40,60,80
			10YR5/8						
A-3	Ap	0 - 22	10YR4/4	CL	m f sbk	c	N.D.	as	A-3-0(cm)
1.Upper part of valley	AB	22 - 30	10YR4/4	CL	m f sbk	c	N.D.	cs	A-3-20
2.Orange orchard (green house) (seedings were transplanted 17 years ago)	BA	30 - 42/47	10YR4/3	CL	m f sbk	c	N.D.	aw	
3.Colluvium on valley	Bw	42/47 - 75	10YR4/3	CL	s m sbk	m	N.D.	cs	A-3-40,60
4.Flat	BC	75+	7.5YR5/8						
			7.5YR4/4	LiC	m c sbk	a	N.D.		A-3-80
			7.5YR4/6						
Yasu-cho									
Y-0	Ap	0 - 18	10YR4/4	CL	m f sbk	c	N.D.	as	Y-0-Ap
1.Mountain ridge	C	18 - 38	10YR6/6	SL	no	c	N.D.	as	Y-0-C
2.Orange orchard (green house) (seedings were transplanted 2 years ago)	2C	38 - 55	10YR3/2	L	no	c	N.D.	as	Y-0-2C
3.Sand stone and green stone	3C	55+	7.5YR4/4	CL					Y-0-3C
4.Slight									

* Gravel layer healed after Cu & FeS mining

Abbreviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, granular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Parentheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

第1編 地域の自然

表3-5-4 断面記載(3).

Site & sampling infomation	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Yasu-cho									
Y-P	Ap1	0 - 10	5YR3/3	SCL	w f gr	c	N.D.	cs	Y-P-Ap1
1.Mountain slope	Ap2	10 - 21	5YR4/3	CL	w f sbk	f	N.D.	as	Y-P-Ap2
2.Potato and paddy (rotation)	BA	21 - 31	5YR3/4	LiC	w f sbk	f	N.D.	cs	Y-P-BA
(reclaimed land)	Bt	31 - 75	5YR3/4	LiC	w f sbk	f	N.D.	cs	Y-P-Bt
3.Sand stone and green stone	BC	75 - 85+	5YR3.5/3	CL	w f sbk	c	N.D.		Y-P-BC
4.Very slight									
Y-W	Ap	0 - 17/22	5YR3/3	LC	m m sbk	c	14	cw	Y-W-0(cm)
1.Reclamed land on mauntain ridge	C	17/22 - 75	7.5YR4/4	LC	massive	cobble	19	ci	Y-W-20,40
2.Water melon (open field)	2C	75 - 105+	5YR3/4	HC	massive	c	18		Y-W-60,80
(3 crops after 1 paddy)									
3.Consolidated green stone									
4.Flat									
Y-N	LFH	-3 - 0							
1.Natural mixed deciduous forest	A	0 - 5	5YR3/4	L	m f cr	c	0	as	Y-N-A
2.Wild land	AB	5 - 10	5YR3/4	L	m f sbk	m	19	cs	Y-N-AB
3.Consolidated green stone	Bw	10 - 25/30	5YR3/4	CL	m m sbk	m	16	cw	Y-N-Bw
4.Slightly sloping	C	20/30 - 85+	5YR3/4	CL			25	ai	Y-N-C
		* Gravel larer (green stone)							
Otuki-cho									
HM-1	Ap1	0 - 18	5YR5/8	L	sg	c	6	cs	HM-1-A
1.Hil ridge	AP2	18 - 31	5YR5/8	L	sg	c	8	cs	HM-1-AB
2.Tabacco field (open feild)	C	31 - 75+	5YR5/8	S	sg	m	14		HM-1-C
(reclamated land)									
3.Consolidated and unconsolidated sedimentary rock (sand stone)									
4.Sloping(5-8 degree)									
HM-2	A	0 - 2	7.5YR4/4	CL	m m gr	f - c	0	cs	HM-2-A
1.Hill ridge	AB	2 - 13	10YR4/4	CL	w m sbk	f - c	8	cs	HM-2-AB
2.Natural forest	B	13 - 28	10YR4/6	CL	w m sbk	c	5 - 15	ai	HM-2-B
3.Consolidated and unconsolidated sedimentary rock (sand stone)	C	28 - 50+	10YR6/8	CL - LiC	no		20		
4.Sloping(5-8 degree)			* Gravel larer						

Abbreviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

表3-5-5 断面記載(4).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Shimizugawa, Mihara-mura	A	0 - 11	10YR3/4	SiCL	m f sbk	c	17	aw	MS-1-A
MS-1	B	11 - 30	7.5YR4/6	LiC	m f sbk	c	18	aw	MS-1-B
1.Mountain convex slope	ba	30 - 37	7.5YR4/4	SiC	m f sbk	c	17	as	MS-1-bA
2.Siba (Reclaimed land in 1989)	bc	37 - 67+	7.5YR5/6	HC	no	gravel layer	19		MS-1-bC
3.Mudstone and sand stone									
4.Steep(upto 33 degree)									
MS-2	A	0 - 2	10YR4/3	SiC	m f gr	f	15	as	MS-2-A
1.Mountain convex slope	AC	2 - 10/15	7.5YR4/6	LiC	m f sbk	a	20	ci	MS-2-AC
2.Siba (Reclaimed land in 1970)	C	10/15 - 50+	7.5YR4/4	HC	no	gravel layer	18		MS-2-C
3.Mudstone and sand stone									
4.Steep(28 degree)									
MS-3	A	0 - 2	7.5YR3/4	SiC	m f gr	f		as	MS-3-A
1.Mountain convex slope	AC	2 - 20+	7.5YR3/4	LiC or SiC	m f sbk	a			MS-3-AC
2.Siba (Reclaimed land in 1970)									
3.Mudstone and sand stone									
4.Steep(10 degree)									
MS-4	A	0 - 3	7.5YR3/4	LiC	m f gr	f		as	MS-4-A
1.Mountain (valler bottom)	AC	3 - 10+	7.5YR3/4	LiC	m f sbk	a			MS-4-AC
2.Siba (Reclaimed land in 1970)									
3.Mudstone and sand stone									
4.Steep(10 degree)									
MS-5	LFH	-1 - 0							
1.Mountain	A	0 - 10	10YR4/4	LiC	m vf sbk	f	5	cs	MS-5-A
2.Natural forest	AB	10 - 20	10YR4/4	LiC	m vf sbk	c	15	cs	MS-5-AB
3.Mudstone and sand stone	Bt	20 - 40	10YR4/6	LiC	m f sbk	c	20	cs	MS-5-Bt
4.Steep(34 degree)	C	40 - 85+	10YR5/6	LiC	no	a	18		MS-5-C
Kawahirago, Miharamura									
MK	A	0 - 1	7.5YR5/4	SiC	m f cr	f	10	as	MK-A
1.Mountain	AB	1 - 14	7.5YR4/3	LiC or SiC	m f sbk	f	18	ab	MK-AB
2.Siba (Reclaimed land in 1986)	B	14 - 40	10YR5/6	HC	m m sbk	c	21		MK-B
3.Mudstone and sand stone									
4.Steep(30 degree)									

3章

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

第1編 地域の自然

表3-5-6 断面記載(5).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Hirano, Nakamura-shi									
H-1	Ap	0 - 15	7.5YR4/6	SL	sg	pebble	4	as	H-1-AP
1.Old terrace	C1	15 - 40	10YR5/6	S	sg	n	8	gs	H-1-C1
2.Tabacco field (open feild) (reclamated land)	C2	40 - 65	10YR5/6 (5YR2/2)	S	sg	n	12	gs	H-1-C2
3.Unconsolidated sedimentary rock (sand stone)	C3	65 - 105+	10YR5/6	S	sg	n	18		H-1-60,80 (cm)
4.Nearly flat									
H-2									
1.Natural revee along the coast	Ap1	0 - 36	7.5YR4/4	SC	w f sbk	f	4	aw	H-2-0(cm)
(old terrace)	Ap2	36 - 46	7.5YR4/6	SC	m m sbk	f	14	aw	H-2-20,40
2.Tabacco field (open feild)	BA	46 - 70	5YR5/6	LiC	m m sbk	n	15	as	H-2-60
3.Consolidated and unconsolidated sedimentary rock (sand stone)	Bw	70 - 110+	5YR5/8	LiC	m f sbk	f	18		H-2-80
4.Nearly flat									
H-3									
1.Natural revee along the coast	LFH	-1 - 0							
2.Natural forest	A	0 - 8	5YR3/3	LiC	m m sbk	n	4	as	H-3-0(cm)
3.Consolidated and unconsolidated sedimentary rock (sand stone)	AB	8 - 22	7.5YR4/6	LiC	m m sbk	n	15	cs	H-3-10,20
4.Nearly flat(5%)	B1	22 - 35	5YR4/8	LiC	s m sbk	f	15	as	
	Bw2	35 - 53	5YR4/8	LiC	s m-c sbk	f	17	as	H-3-40
	B3	53 - 70	5YR4/8	LiC	s m-c sbk	f	18	as	H-3-60
	C	70+	5YR5/4	LiC	no		18		H-3-70+
			* Gravel layer						
Nahari-cho									
NH-1	A	0 - 5	7.5YR4/3	L	m w sbk	f	18	as	NH-1-A
1.Hill ridge bottom	AB	5 - 14	7.5YR4/6	L	m m sbk	f	22	cs	NH-1-AB
2.Siba (Reclaimed land in 1992)	BA	14 - 30	7.5YR5/6	CL	m m sbk	c	20	cs	NH-1-BA
3.Sand stone	Bt	30 - 42	7.5YR6/6	CL	m m sbk	c	21	cs	NH-1-Bt
4.Slopping(7degree)	C	42 - 55+	7.5YR7/8	LiC	no	c	20		NH-1-C
NH-2									
1.Hill ridge	LFH	-5 - 0							
2.Natural forest	A	0 - 5	7.5YR3/3	CL	m f sbk	f	14	cs	NH-2-A
3.Sand stone	AB	5 - 10/15	10YR4/3	L	m f sbk	f	14	cb	NH-2-AB
4.Moderately steep(12degree)	Bw	10/15 - 28/35	7.5YR7/8	LiC	w c sbk	f	21	gw	NH-2-Bw
	C	28/35 - 60+	10YR8/3	LS	no	f	27		NH-2-C
			7.5YR6/8						

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

表3-5-7 断面記載(6).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Kiragawa-cho									
KR-1	A1	0 - 13	7.5YR4/4	CL	w f gr	c	9	as	KR-1-0
1.Old middle to high terrace	A2	13 - 27	7.5YR4/4	CL	m m sbk	c - f	17	aw	KR-1-10
2.Orange field (ponkan for 25 years) (former seat potato field)	AB	27 - 39	7.5YR4/4	CL - LiC	m m sbk	c	13	as	KR-1-20
3.Consolidated and unconsolidated sedimentary rock (sand stone)	B	39 - 53/63	7.5YR5/8	LiC	m c sbk	c	18	ai	KR-1-40
4.Flat	C	53/63 - 75+	7.5YR5/8	LiC - HC	no	a	N.D.		KR-1-60
			* Gravel layer						
KR-2									
1.Gently sloping hill	A	0 - 3	7.5YR4/6	CL	m f sbk	f - c	1		KR-2-0
(old aluvium on the terrace)	AB	3 - 10	7.5YR4/6	SiCL	m f sbk	f - c	8		KR-2-10
2.Orange field (ponkan for 25 years) (former seat potato field)	BA	10 - 15/19	7.5YR4/4	CL	m m sbk	c	13		KR-2-20
3.Consolidated and unconsolidated sedimentary rock (sand stone)	Bt1	15/19 - 43	7.5YR5/8	CL - LiC	m m sbk	c	12		KR-2-40
	BT2	43 - 65	7.5YR5/6	HC	m m sbk	f	14		KR-2-60
4.Flat(3degree)	C	65 - 85+	7.5YR5/8	HC	no	a	N.D.		KR-2-75+
			* Gravel layer						
Oti-cho									
OT-1	Ap	0 - 17	10YR3/4	LiC	m f sbk	c	8	aw	OT-1-Ap
1.Undulating hill slope	C1	17 - 36	7.5YR4/6	LiC	no	m	18	aw	OT-1-C1
2.Upland crop field (Opren field)	C2	36 - 60	7.5YR4/3	LiC	no	a	19	cw	OT-1-C2
3.Chert (Slightly weathered)	C3	60 - 100+	10YR5/4	LiC	no	a	18		OT-1-C3
4.Sloping			* C2 & C3 layers are supposed to be buried horizons.						
OT-2									
1.Mountain	A	0 - 13	7.5YR3/3	CL	no	layer (angularshape)	3	as	OT-2-A
2.Natural forest									
3.Sand stone and partly slate (Slightly weathered)	C1	13 - 33	7.5YR2/2	LiC	no	layer (angularshape)	4	as	OT-2-C1
4.Very steep	C2	33 - 70+	10YR4/4	LiC	w f sbk	layer (angularshape)	10		OT-2-C2

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

第1編 地域の自然

表3-5-8 断面記載(7).

Site & sampling information	No. on	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Sakawa-cho									
SH-1	LFH	-2 - 0							
1.Mountain ridge	A	0 - 3	7.5YR3/3	SiC	w f gr	no	0	aw	SH-1-A
2.Natural forest			10YR2/2						
(Partly used as cemetery)	AB	3 - 8/12	7.5YR4/6	LiC	m m gr	f	0	cw	SH-1-AB
3.Chert	B	8/12 - 20	7.5YR5/6	LiC	m f-m sbk	f	10	cs	SH-1-B
4.Steep	C1	20 - 40	7.5YR5/8 2.5YR6/1	HC	m f-m sbk	f	18	as	SH-1-C1
	C2	40 - 68+	* Strongly weatered rock layer with very fine texture. 2.5YR6/1 7.5YR5/8	HC	no	f	28		SH-1-C2
SH-2									
1.Valley	Ap	0 - 22	10YR3/3	LiC	m m gr	f	4	cw	SH-2-Ap
2.Strawberry house	Bw	22 - 35	10YR4/3 (10YR5/6)	LiC-HC	m c sbk (c f d)	f	18	ca	SH-2-Bw
(formar paddy until 9 years ago)	C1	35 - 55	2.5Y 5/1 (5YR4/6)	HC	s f sbk (m f p)	m	22	ca	SH-2-C1
3.Chert	C2	55 - 70	2.5Y 5/2 (5YR4/6)	HC	m f sbk (c f d)	a	15	ca	SH-2-C2
4.Flat	C3	70 - 85+	5Y 5/1 (10YR5/6)	LiC-HC	no (f f f)	a	9		SH-2-C3
SH-3									
1.Valley along foot slope	Ap1	0 - 15	10YR3/3	CL	m vf-f sbk	f	10	cs	SH-3-Ap1
2.Strawberry house	Ap2	15 - 30	10YR4/3	CL	m f sbk	f	17	as	SH-3-Ap2
(formar paddy until 14 years ago)	Bw	30 - 50	2.5YR4/3 10YR5/6 (10YR5/6)	LiC-HC	l vc sbk (m c f)	no	23	as	SH-3-Bw
3.Fluvial deposit									
4.Flat	C	50 - 100+	2.5YR5/2 10YR5/6 (10YR5/6)	HC	w m pr (m c f)	f	20		SH-3-C
Nakagumi, Sakawa-cho									
ST-1									
1.Hill ridge	A	0 - 3	7.5YR3/3	CL	w f cr	c	12	as	ST-1-A
2.Siba (Reclaimed land in 1974)	AB	3 - 8	7.5YR4/6	LiC	m f sbk	m	20	aw	ST-1-AB
3.Chert	Bw	8 - 30	7.5YR6/8	LiC	no	m	18	cb	ST-1-Bw
4.Moderately steep(13 degree)	C	30 - 52+	10YR7/6	LiC	no	a	17		ST-1-C
ST-2									
1.Hill weak valley bottom	A	0 - 3	7.5YR3/3	CL	w f cr	c	13	as	ST-2-A
2.Siba (Reclaimed land in 1974)	AB	3 - 12	7.5YR3/4	LiC	m f sbk	m	20	aw	ST-2-AB
3.Chert	BA	12 - 35	7.5YR5/6	LiC	m c sbk	m	13	cw	ST-2-BA
4.Steep(18 degree)	Bw	35 - 50+	7.5YR5/6	LiC	m c sbk	m	13		ST-2-Bw

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

表3-5-9 断面記載(8).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Engyuji, Kochi-shi									
KE-1	A	0 - 5/6	10YR3/2	CL	w f sbk	c	1	as	KE-1-A
1.Hill	Bw	5/6 - 18	10YR4/4	LiC	w f sbk	m	23	cs	KE-1-Bw
2.Fodder field (Nihon shiba for about 40 years)	C	18 - 25/33	10YR4/6	LiC	no	a	17	ai	KE-1-C
3.Serpentinite	R	25/33 - 38+	* Slightly to strongly weathered rock layer.						
4.Moderately steep									
KE-2									
1.Mountain ridge	LFH	-2 - 0							
	A	0 - 4	10YR4/3	LiC	m m gr	c	8	as	KE-2-A
2.Natural forest (sakura-bayash)	Bw	4 - 24	10YR5/4	LiC	w f sbk	m	16	cs	KE-2-Bw
3.Serpentinite	BC	24 - 53	10YR5/6	LiC	no	m	18	cs	KE-2-BC
4.Moderately steep	C	53 - 80+	5YR5/8	LiC	no	layer	16		KE-2-C
KE-3									
1.Mountain fot	Ap1	0 - 12	2.5YR5/4	LiC - HC	m m sbk	f	8	as	KE-3-Ap1
2.Grass field (itarian grass) (formar paddy until several years ago)	Ap2	12 - 19	2.5YR5/2 (10YR6/8 Fe)	HC - LiC	s c sbk (c m d)	f	18	as	KE-3-Ap2
	C	19 - 35	10YR5/8	HC	no	c	15	as	KE-3-C
	2C	35 - 70+	7.5YR3/3	HC	no	layer	20		KE-3-2C
3.Serpentinite			* There are strongly weathered white gravels.						
4.Flat									
Shirakidani, Nankoku-shi									
NS-1	A	0 - 2/4	10YR3/2	CL	w f gr	m		as	NS-1-A
1.	Bg	2/4 - 10	2.5YR4/3	CL	w f sbk	f		cs	NS-1-Bg
2.Siba (Reclaimed land in 1983)	C	10 - 35+	10YR4/4	LiC	no	a			NS-1-C
3.Mudstone and sand stone									
4.Moderately steep(upto 15 degree)									
NS-2									
1.Mountain ridge	A	0 - 9	10YR4/4	CL	m m sbk	c	25	as	NS-2-A
	Bw	9 - 15/25	10YR5/8	LiC	m m sbk	c	22	ci	NS-2-Bw
2.Siba (Reclaimed land in 1968)	C	15/25 - 50+	7.5YR5/8 10YR6/3	LiC	no	gravel layer	29		NS-2-C
3.Mudstone and sand stone									
4.Sloping(5 degree)									
NS-3									
1.	A	0 - 2	5YR3/3	CL	w f gr	m		as	NS-3-A
	AB	2 - 8/10	5YR4/3	CL	w f sbk	m		as	NS-3-AB
2.Siba (Reclaimed land in 1968)	Bt	8/10 - 35	5YR4/6	LiC	no	a		ab	NS-3-Bt
3.Mudstone and sand stone	C/R	35 - 60+	5YR5/6	LiC	no	a			NS-3-C/R
4.Steep(upto 25 degree)									

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

第1編 地域の自然

表3-5-10 断面記載(9).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Shirakidani, Nankoku-shi									
NS-4	A	0 - 3	5YR3/3	CL	w f gr	m		as	NS-4-A
1.	AB	3 - 10	5YR4/3	CL	w f sbk	m		as	NS-4-AB
2.Siba (Reclaimed land in 1968)	BA	10 - 60	5YR5/4	LiC	w f sbk	a		cs	NS-4-BA
3.Mudstone and sand stone	Bt	60 - 100+	5YR4/6	LiC-HC	w c sbk	a			NS-4-Bt
4.Sloping(upto 10 degree)									
NS-5									
1.Mountain ridge	LFH	-2 - 0							
2.Siba (Reclaimed land in 1968)	A	0 - 8/15	7.5YR4/3	LiC	m f sbk	f	10	ai	NS-5-A
3.Mudstone and sand stone	AC	8/15 - 23/28	10YR4/4	LiC	m m sbk	m	20	ci	NS-5-AC
4.Sloping(upto 10 degree)	C	23/28 - 70+	7.5YR4/6 10YR6/4	LiC	no	a	21		NS-5-C
NS-6									
1.Mountain ridge	LFH	-2 - 0							
2.Siba (Reclaimed land in 1968)	A	0 - 8/10	7.5YR3/3 7.5YR3/4	CL	m f sbk	f	8	f	NS-6-A
3.Mudstone and sand stone	AC	8/10 - 15/18	5YR4/6	CL	m m sbk	c	10	c	NS-6-AC
4.Sloping(upto 5 degree)	C	15/18 - 65+	10YR6/2 5YR4/8	LiC	no	a	25	a	NS-6-C
Kahoku-cho									
KT-5									
1.Mountain ridge	LFH	-1 - 0							
2.Natural forest	A1	0 - 3	7.5YR2/3	n.d.	m f c	f	2	as	KT-5-A1
3.Consolidated pelittle schist	A2	3 - 8	7.5YR3/4	SL	m f c	c	4	aw	KT-5-A2
4.Hilly	AC	8 - 18	7.5YR5/8	LC	no	a	10	cs	KT-5-AC
	C1	18 - 32	7.5YR5/8	LC	no	layer	10	aw	KT-5-C1
	C2	32 - 60+	7.5YR5/8	LC	no	layer	35		KT-5-C2
KT-6									
1.Mountain	Ap	0 - 15	5YR2/2	LiC	w f c	f	7	as	KT-6-Ap
2.Spring onion house	2C	15 - 19	7.5YR7/8 10YR7/8	LiC	no	a	19	as	KT-6-2C
(Yakko-negi for about 15 years)	3C	19 - 60+	5YR2/4	LiC	no	layer	19		KT-6-3C
3.Consolidated pelittle schist									
4.Flat									
KT-7									
1.Mountain	Ap	0 - 15	5YR2/2	LiC - HC	w f sbk	f	8	as	KT-7-Ap1
2.Spring onion house (Yakko-negi)	2C	15 - 60+	7.5YR2/3 10YR6/8	HC	no	a	20		KT-7-2C
3.Consolidated pelittle schist									
4.Flat									

Abbreviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Parentheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

表3-5-11 断面記載(10).

Site & sampling information	Horizon	Depth (cm)	Matrix color	Texture	Structure	Stone	Hardness (mm)	Boundary	Sample name
Tosa-cho									
TO-1	Ap	0 - 10/20	7.5YR3/2	CL	m vf gr	c - f	2	ci	TO-1-Ap
1.Mountain slope	AB	10/20 - 30/35	10YR3/2	CL - LiC	m m sbk	m	12	cw	TO-1-AB
2.Upland open field	B	30/35 - 58/62	10YR3/3	LiC	w-m f sbk	m	15	as	TO-1-B
(former tomato until last year)	C	58/62 - 90+	10YR5/6	LiC	no	c	16		TO-1-C
3.Consolidated basic schist									
4.Very steep									
TO-2									
1.Mountain ridge	LFH	-2 - 0							
2.Natural forest	A	0 - 10	5YR3/2	CL - LiC	w vf gr-cr	f	0	as	TO-2-A
3.Consolidated basic schist	AB	10 - 20	7.5YR4/6	LiC	w f sbk	f	8	cs	TO-2-AB
4.Very steep	Bt	20 - 32	10YR4/4	LiC	m m sbk	f	10	as	TO-2-Bt
Motoyama-cho	C	32 - 50+	10YR5/6	LiC - HC	no	a	15		TO-2-C
MT-1									
1.Mountain ridge	Ap	0 - 20	2.5Y 3/2	CL	w m sbk	f	8	c w	MT-1-Ap
2.Upland field	Bw	20 - 25	10YR4/4	CL	m m sbk	c	14	a s	MT-1-Bw
(open field with binylcover)	C1	25 - 48	10YR2/2	LiC	m m sbk	m	15	a w	MT-1-C1
(former paddy until 2 years ago)	C2	48 - 70+	10YR5/8	LiC	w c sbk	c	10		MT-1-C2
3.Consolidated pelittle schist									
4.Flat									
MT-2									
1.Mountain ridge	Ap	0 - 15	10YR3/3	CL	w m sbk	f	8	as	MT-2-Ap
2.Upland open field	C1	15 - 20	10YR4/4	SL	no	f	17	cw	MT-2-C1
(former paddy until 17 years ago)	C2	20 - 35/52	10YR4/6	CL	no	c	17	ai	MT-2-C2
3.Consolidated pelittle schist	C3	35/52 - 70+	10YR3/4	CL	no	c	7		MT-2-C3
4.Flat									
MT-3									
1.Mountain ridge	LFH	-3 - 0							
2.Natural forest (Kunugi-bayashi)	A	0 - 4	7.5YR3/3	CL	m f-m gr	f	5	cw	MT-3-A
3.Consolidated pelittle schist	AB	4 - 16	7.5YR4/4	CL	w f sbk	c	11	cw	MT-3-AB
4.Hilly	Bt	16 - 22	7.5YR4/6	LiC	m m sbk	c	12	ai	MT-3-Bt
	C	22 - 32/47	7.5YR5/8	CL	no	m	10		MT-3-C
	R	32/47 - 60+	* Moderately weathered pelittle schist						
MT-4									
1.Mountain ridge	L	-8 - -5							
2.Silvicultural forest	FH	-5 - 7							
(Japanese cedar)	A	0 - 7	5YR2/2	CL	m f gr	f	0	aw	MT-4-A
3.Consolidated pelittle schist	AB	7 - 35	7.5YR2/3	CL	m f sbk	c	10	aw	MT-4-(10-15),AB
4.Hilly	BA	35 - 55	7.5YR2/2	LiC	m f sbk	m	10	cw	MT-4-BA
	BC	55 - 75+	10YR4/6	LiC	m m sbk	f	15		MT-4-BC

3章

Abbeviations

Parentheses of matrix color are mottling color.

Soil structure: Grade: l, structureless; w, weak; m, moderate; s, strong

Class: vf, very fine; f, fine; m, medium; c, coarse; vc, very coarse

Type: pr, prismatic; sbk, subangula blocky; gr, ganular; cr, crumb; sg, single grain; m, massive

Paretheses of soil structure are mottling.

Mottling: abundance: f, few; c, common; m, many

size: f, fine; m, medium; c, coarse

contrast: f, faint; d, distinct

Stone: n, no(0%); f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)

Hardness were measured with "Yamanaka model hardness tester".

Boundary: as, abrupt smooth; aw, abrupt wavy; ai, abrupt irregular;

cs, clear smooth; cw, clear wavy; ci, clear irregular;

gs, gradual smooth; gw, gradual wavy; gi, gradual irregular

2) 大正町 (調査日: 1992年6月8日; T-1, 1992年6月9日; T-2, T-3)

大正町弘瀬地区は地質学的には四万十帯の大正町郡野々川層にあたる。県の基盤整備事業による造成地づくりが行われている。ここでは、1984年に造成が完成しイチゴを露地栽培している地点 (T-1)、古くから水田耕作が行われてきたのを改変してイチゴをハウスで栽培している地点 (T-2)、T-1付近の天然生林 (T-3) から試料を採取した。

T-1は深さ20-44cmに頁岩の風化物が存在するため排水不良が認められる。T-2は四万十帯河川敷に位置し河川性堆積物からなる。また、再堆積性のガラス質火山灰の赤音地層が深さ74-100cmに存在した。水田・イチゴともに収量が良く優良農地である。T-3はやや傾斜のきつい尾根の頂部でヒノキやマツが自生していた。礫が多く、土壤断面の発達は不十分だが、70-100cmの礫層も強く風化している。

3) 香我美町 (調査日: 1990年4月25日; B-2, A-3, 1990年4月26日; B-4)

香我美町西吉次は地質学的には南縁部仏像構造線に隣接する四万十帯安芸層郡堂々奈路層に属する。この地区は地形的には丘陵から段丘への移行部にあたる。斜面では露地ミカン栽培、平坦地では水稲作が主であったが、斜面の造成地ではハウスミカンの栽培が、また、減反政策の影響で平坦地では露地ミカン栽培へと転作が進んでいる。

以前はカキ畑であった露地ミカン畑 (B-2) は、小さな谷の下部に位置し、非固結堆積岩を母材とする。斜面からの崩積物が堆積しているため、深さ100cmまで顕著な層位の発達は見られない。谷の下部に位置する平坦地の露地ミカン畑 (B-4) は1980年まで水田であった。深さ9cm以深は全てグライ層であり、深さ22-46cmにはマンガンの斑紋がみられた。B-2よりも土壤の赤みが強い。この地点は母材の堆積が不均質であることから、昔の河川の氾濫源に位置したと考えられる。1973年までは水稲作、それ以後はハウスミカン畑として利用されているA-3は、B-2よりも大きな谷の中腹に位置し、斜面からの崩積物が堆積している。深さ42/47

-75cm層の赤みが強く構造の発達もよいため、土壤が比較的安定なままで風化が進んだ地点と考えられる。

4) 夜須町 (調査日: 1991年5月28日; Y-O, 1991年6月17日; Y-P, 1993年5月21日; Y-W, Y-N)

試料を採取した夜須町西山のミカンハウス (Y-O) は、第二次世界大戦中に四万十帯に特徴的な緑色岩中の銅および硫化鉄が採掘されていたボタ山の跡地に建てられている。地質学的には四万十帯安芸層郡のメラング層である。1988年に客土を行いトウモロコシ栽培が行われたが失敗に終わり、1989年にさらに35cmの客土が行われ、現在はミカンのハウス栽培が行われている (Iwasaki et al., 1996)。一方、夜須町坪井地区には緑色岩風化物からなる土壤が存在する。地表から深層まで土壤はチョコレート色をしており、鉄以外にも多量の金属の存在が認められる地点 (Y-P) で試料を採取した。周囲の雑草には重金属の過剰症が認められる。深さ10-75cmまでの層位は細粒であるが半風化-未風化の角礫も少量含まれており、深さ31-75cmには粘土の集積層が見られ現場での風化が進んでいると考えられた。現在は甘藷のトンネル栽培を行っており、収量・味ともによいという話である。Y-O, Y-Pはそれぞれ、丘陵下部、削り取られた丘陵頂部に位置すると考えられる。以前は水田であったが、1988年に基盤整備を行い、2-3年スイカの栽培を行った露地畑 (Y-W) は、土色はチョコレート色をしており、Y-Pと同様に作物の重金属による過剰症が発現することが予想される。表層から75-105cmの2C層に造成以前の土壤が見られた。銅鉱山跡地周辺の天然生林 (Y-N) は、急斜面に位置するために土層が浅く、深く掘り進むことができなかった。表層には薄い腐植の集積層が見られた。また、C層には緑色の礫が認められ、緑色岩風化物を母材とするY-O, Y-P, Y-Wの開拓前の状態と同じ土壤であると考えられた。

b-2. 四万十帯 (南部)

5) 大月町 (調査日: 1993年7月14日; HM-1, HM-2)

大月町姫ノ井は町の東部の山間に位置し、中村市と同様に高知西南開拓建設事業により農地造成が行われた。農地造成地169ha、道水路敷防災林115ha、区画整理52ha、合計336haと高知西南開拓建設事業の受益地面積の19.8%を占めている(高知西南開拓建設事業所, 1986)。農業は、タバコ・米・ナスの栽培が主で、畜産業(酪農・肉牛・豚)も営まれている(農業改良普及員からの聞き取り)。地質学的には、四万十帯南部に属する幡多層群弘見複合層(始新統)に属する。

今回調査した姫ノ井Ⅱ団地は、昭和63年3月に完成し周りを山に囲まれた造成地である(以上、農業改良普及員からの聞き取り)。19の圃場からなるこの団地には一面タバコが栽培されている。サンプリングを行ったタバコ畑(HM-1)は、南に傾斜しており、以前の山の尾根部に位置している。砂岩を母材とする砂質土壌であるが、粘土は深さを増すごとに増加している。強く風化した礫が表層から深さ31cmまであり、それ以深には強風化礫がみられた。強風化礫には、石英、鉄、マンガン等の鉱物が含まれていた。東に傾斜した山の尾根に残る天然生林(HM-2)は、HM-1の西側に位置し20m以上比高が高い。また、HM-1と同じ母材からなる土壌である。A層からB層までに強風化礫があり、それ以深には石英を含む強風化礫が多くあった。粘土は深さを増すごとに増加している。

6-1) 三原村宮の川清水川 (調査日: 1994年10月7日; MS-1, MS-2, MS-4, MS-5)

清水川牧場は、中村市の南西約19kmに位置し、最高35°に及ぶ急峻な傾斜地である。牧場の広さは約15haである。そのうち緩傾斜面を含む7haを拓いて日本シバ草地の定着をはかると同時に、急傾斜の8haを雑木林のまま残し、避難林や牛の休憩所等として利用している。また、牧場の外縁部には1965年に植林した桧が配置されており、防風林の役目を果たしている。

1965年までは、桧の苗圃として利用されていた比

較的緩傾斜の部分は機械によって開墾し、それ以外の急傾斜地は手作業による開墾が行われた。開墾当時は寒地型牧草が播種されたが、草地造成を機械開墾中心で行ったこと、および多雨地帯のため表土の流失が激しかったことなどから、草が定着しなかった。このため牛は栄養失調となり不妊牛、へい死牛等が続出した(北川, 1992)。また寒地型牧草ではしばしば夏枯れが起るため、1970年に日本シバに転換された。それ以後24年が経過しており、現在は安定な草地となっている。1989年に牧場上部の傾斜地の灌木を切ったところ、日本シバを定植していないにもかかわらず、シバ草地が自然に広がりつつある。また、土壌の肥培管理は行っておらず、放牧をとおして排泄される牛の糞尿だけが肥料源である。

繁殖母牛は現在16頭であり、ここ数年頭数はほとんど変わっていない。このうち自家産牛13頭、外部よりの購入は3頭である。牛群は1日1回は必ず牛舎に帰るように習慣づけており、この間に観察を十分行っている。種付けは放牧による自然交配である。平均分娩間隔は10.8カ月と短い。これは、母牛のほとんどが放牧馴れした自家産牛であること、種雄牛を同時に放牧していること等が、平均分娩間隔が短いことの原因である。基幹労働力は2人で、補給飼料や育成牛の飼料給与、あるいは牛の観察等のため、朝夕2回は必ず牧場に行っている。これに糞出しや牧場までの往復の時間を含めて、1人当たり換算で4時間あれば充分である(北川健造氏談)。

三原村の地質は、四万十帯の幡多層群弘見複合層とされており、約5,000万年前の始新統起源の泥岩及び砂岩を母材とする土壌である。また現地調査において、一部火山灰起源と思われる土壌が確認された。これは、高知県西部及び中央部に分布する赤音地、黒音地と同一の起源の火山灰であろう。

土壌試料は、1989年に牧場上部の傾斜地の灌木を切り、まだシバが完全に定着していない地点(MS-1)、中腹に位置しすでに定着した草地(MS-2)、牧場内で傾斜の緩やかな斜面下部の尾根筋(MS-3)、牧場下部の谷筋(MS-4)、牧場西部の天然生林(MS-5)から採取した。

6-2) 三原村川平郷 (調査日: 1994年10月7日; MK)

川平郷第2牧場は、三原村宮の川の清水川牧場から東に約5kmのところの位置し、最高30°の傾斜地である。牧場の広さは6haである。そのほかに2.9haの採草地が隣接して存在する。

1986年に公社営畜産基地建設事業によって開墾され、8年が経過している。開墾以前は、国有林と栗園であった。日本シバの定植は一応終わっているが、現在でも雑草との競合が起こっており7-9月に草刈りを行っている。また、牧場内は切り株が至る所にみられ、日があたりにくいところではシダ類が優先しており、山裾ではカーペットグラスがはえている。日本シバはまだ完全には定着しておらず、“シバ型草地”と呼ぶのが適当である。

当牧場は1990年から通年放牧を行っている。三原村肉用牛組合では、妊娠牛のみをここに連れてきて放牧している。仔牛は爪ができるまで3年待ってから山に放牧している。肥育は窪川牛を1-2頭行っているだけで、それ以外は仔牛の生産が主である(田野修氏談)。

川平郷牧場の地質は、清水川牧場と同様であるが、土壌中に火山灰起源と思われる物質は認められなかった。牛道が細く幾筋も走っていること、開拓後の年数が浅いことなどから、シバの定着がやや貧弱である。

土壌試料は、牧場内の中腹(MK)から採取した。

7) 中村市平野 (調査日: 1993年6月3日; H-1,

H-2, 1993年6月15日; H-3)

大方町と同様、高知西南開拓事業によって農地造成が行われている。中村市全体では、農地造成地207ha、道水路敷防災林130ha、区画整理218ha、合計555haと高知西南開拓建設事業の受益地面積の32.7%を占めている(高知西南開拓建設事業所、1986)。

今回調査した平野は中村市の東部、海を目の前にした海岸段丘に位置する。地質学的には、四万十帯南部に属する幡多層郡弘見複合層(始新統)に属する。ここでは、基盤整備事業により山を切り開いて造成された農地と昔からの農地が隣接している。農業の形態はタバコ栽培農家2軒、スギ・ヒノキの育

苗農家1軒、その他にサツマイモ栽培農家があり、主力はタバコである(農業改良普及員からの聞き取り)。

タバコを栽培している造成農地(H-1)は、山を切り開いた土で埋めた谷に位置し、北東に少し傾斜している。ここでは15cm程度の表土返し処理が行われている。土壌母材は、海岸段丘の層よりも深くに存在する未固結砂岩の風化物である。全層砂質土壌なので通気性、透水性はよいが水分の保持力は低いと思われる。C1層に造成後に集積したとみられる粘土の薄い層が見られC2層に鉄とマンガンの斑紋があることから、粘土層は不透水層になっている可能性がある。タバコを栽培している既成畑(H-2)は、ずっと昔に林を切り拓いてつくられた南西方向に傾斜した既成畑である。土壌母材は、第3紀の海岸段丘の固結堆積物に由来し、粘質の強い土壌であるが、長年の土壌管理により表層の排水性は高くなっているようだ。H-2のすぐ東に位置する防風林(H-3)は、南に傾斜している。砂岩質の段丘堆積物を母材とする。表層には有機物の集積があり、下層では適度に風化を受けた砂岩の破片があった。

8) 奈半利町 (調査日: 1994年11月24日; NH-1, NH-2)

当牧場は、高知県東部・奈半利町の海岸線を走る国道55号線から車で約10分くらい山沿いの道を上った高台に位置する。全体の傾斜は10°前後と緩やかである。牧場の広さは、2haであり、周囲に避難林がある。そのほかに転作田を利用した約1haのシバ草地がある。水源は近くにないので、1,900m離れた米ヶ丘地区からパイプで牛の飲用水を引っ張っている。当牧場は日当たりがよく、眼下に太平洋が眺望できるなど景観も優れている。

1991年に5人の肉用繁殖牛農家が集まり伐採を始めた。伐採前の造成地内は33種の樹木で構成されており、その主体はヒサカキを第1位優先樹種とする天然性広葉樹であった。1992年3-4月に日本シバの定植を始めた。日本シバは通常草地の安定までに5年かかるとされているが、日当たりが良いためか約2年で定着したそうである。しかし、シバが定着

してもなおイチゴバラやサンショバラなどの雑草が根強く生えてくるため、定期的に草刈りをしている。

現在、山側の傾斜地に6頭の肉牛を放牧している。来年は4頭になる予定である。転作田草地には3-4頭放牧している。牛はシバだけでなく避難林内の樹木の葉、実や樹皮をむしって食べている。

奈半利町周辺は、四万十帯の室戸半島層群奈半利川層となっており、約5,000万年前の始新統起源の砂岩を母岩とする。

肥沃度を評価するための土壌試料は、尾根の下部のシバ草地(NH-1)、天然生林であるが牛による植生の攪乱を激しく受けている地点(NH-2)から採取した。

9) 吉良川町(調査日:1993年6月16日;KR-1, KR-2)

吉良川町西山は、室戸市西部に位置する海岸線に近い海岸段丘面の上に拓かれた集落である。ここでは芸西から入植した農家がスイカ・甘藷・果樹(ポンカン・室戸小夏・黄金柑)・花(ストレチア)・センリョウ(正月用)を栽培している。地質学的には、四万十帯南部に属する室戸半島層郡室戸層(始新統-漸新統)である。

南向きの平坦なポンカン畑(KR-1)は、標高150mぐらいに位置し、周りを防風林と石垣に囲まれている。昔は甘藷畑であったが、1968年にポンカンを選定した際に牛糞を元肥として入れた。定植された樹木の間隔が約2.7mと狭いため、ポンカンの収量が低化したので、1994年には間引きを行う予定である。年4回の追肥が2月から11月にかけて行われる(以上、農家からの聞き取り)。地表には稲わらが敷かれており、表層土には有機物が蓄積している。母材は砂岩質の海岸段丘固結堆積物であり、土壌は第3紀の温暖期に強風化を受けた赤色土である。A1層からB層まで小さな礫があり、A2層では大きな半風化の円礫($\phi=25\text{mm}$)、B層には強風化を受けた砂岩の角礫があった。C層は礫に富み、礫層に近いこの層には直径300mmの強風化した円礫があった。KR-1から北東の山間に位置する南向きの緩傾斜地に定植されたポンカン畑(KR-2)は、標

高200mぐらいに位置し、周りを防風林に囲まれている。樹木の間隔が約3.4-4.2mと広く現在栽培中のポンカンの他に別種類のポンカンの苗が至るところで試し植えされている。各樹木の間をぬって消毒時に使う機械の通り道がある。甘藷畑からポンカン畑に転換して20年あまり経過している。施肥は年4回行い、除草剤も年3-4回散布する(以上、農家からの聞き取り)。母材はKR-1と同じ海岸段丘由来の赤色土である。上層には円礫が少しあり、B1層では強く風化した砂岩の角礫があった。C層は円礫に富み、礫層に近い。いずれも強く風化した砂岩であった。A層に雑草のルートマットがあった。

b-3. 秩父帯

10) 越知町(調査日:1995年5月10日;OT-1, OT-2)

越知町は地滑り地帯にあり、母岩はチャート・砂岩・凝灰岩・粘版岩である(以上、農家からの聞き取り)。地質学的には秩父帯亜帯上八川統(ジュラ系中部統)であり、昭和33-平成13年まで地滑り対策地域に指定されている。県内でも池川町と並ぶ古い地滑りのモデル地区である。越知町の主要農産物は、ミシマサイコウ・ショウガ・米である。米作りは田植えが遅く、調査時にはまだ水を張っただけの状態であった。ほとんどの山でスギの植林が行われているが、現在では林業はほとんど行われていない。

この辺りでは300年ぐらい前から畑作が行われていた。また、水はけがよいのでいろいろな作物・柑橘類(ミカンを除く)が栽培可能である(以上、農家からの聞き取り)。露地畑(OT-1)は、段々畑で石垣で囲まれている。畑には自家消費用の作物を栽培しているということだが、調査時には東側にトウモロコシが少し植えられているだけで、他には栽培されていなかった。断面調査からC2層は以前の畑の表層、または埋没層ではないかと思われる。OT-1から北西へ歩いて5分ほどの急斜面に残された天然生林(OT-2)でも調査を行った。ほとんどの山にスギが植林されており、天然生林は非常に少ない。また、天然生林(OT-2)の残る山の裾野にはタケが広がっており、野生化したお茶もたくさんあった。植林されたスギは手入れされていなかった。

た。周囲ではお茶栽培の後（石垣が残っている）に植林が行われたらしい。いろいろな高木樹が存在し、うっそうとしていた。表層の有機物は流れ込んでいたり、逆に消失したりしていた。

11-1) 佐川町（調査日：1995年4月28日；SH-1, 1995年6月21日；SH-2, SH-3）

佐川町はいろいろな地層が複雑に入り組んだ地点であり、化石が多くでることでも有名である。水田作が多いが、施設園芸、特にイチゴ、ニラの栽培が盛んである。地質学的には黒瀬川亜帯南海層群（下部白亜統）にあたる。

この辺りはスギを植林した山がほとんどで、天然生林が残されているのは墓地として利用されている山ぐらいである（櫻井の聞き取り）。調査地点の山にも古い墓地が点在し、山の北斜面の一部は切り開かれていた。天然生林（SH-1）の植生は照葉樹林であるが、大木はなく直径30cmほどの木が点在していた。高低いろいろな樹木があったが、うっそうと茂っているほどではなく、人間による攪乱を受けていることがわかる。表層には落ち葉等の集積がみられた。山の盆地に位置するイチゴハウス（SH-2）は、以前は水田であったが1986年からイチゴのハウス栽培をしている。ここは日照時間が短く、また、土壤が粘土質なので多湿気味であるなどの難点があるが、畝の表面を斜めにして、日照をより効率的に受けるようにしたり、有機肥料の施肥を調節するなどの処理がなされている。肥料としてはパーク堆肥・稲わらを施用している（以上、農家からの聞き取り）。下層は粘土がかなり多く、斑紋も残っていることから、水田の性質が強く残っており、イチゴハウスとしては排水性・通気性ともに不良であることが伺える。SH-1のふもとにあるイチゴハウス（SH-3）は、1981年まで水田であった平坦地である。SH-2同様に水田の性質が強く残っており、粘土も多く、水管理に細心の注意を払っている（農家からの聞き取り）。

11-2) 佐川町中組（調査日：1994年11月21日；ST-1, ST-2）

佐川町畜産試験場は、高知市の西方34km、虚空

蔵山系北斜面山麓と斗賀野盆地平坦地との接点に位置している。当試験場の約7haの放牧区は、1971年に暖地型牧草の定植を終え、1973-74年にそのうち1.5ha程度を暖地型牧草からノシバに更新をし完成後20年が経過している。放牧地は、5つの牧区からなっており、乳用牛放牧場と肉用牛放牧場にわかれている。そのうち、第1, 2, 3牧区の約3haを乳牛用、第4, 5牧区の約4haを肉牛用として放牧している。第1牧区は、おもに受精卵採卵用の雌牛、第2, 3牧区は、受精卵移植用のドナー牛と受精卵採卵用の雌牛、第4牧区は、主に妊娠牛、第5牧区は、妊娠牛、仔牛、育成牛を放牧している。どの放牧区も決まった時間に濃厚飼料や粗飼料等を給与している。今回調査を行った地点は、第4牧区内のシバ草地である。この草地では、N, P, Kの混合肥料を年に2回施肥している。

佐川町の地質は非常に複雑で、地質のメッカであるとともに、外国にまで「化石の佐川」として有名である。畜産試験場の周囲は、秩父帯の三宝山亜帯斗賀野層群にあるとされており、約2億500万年前のトリアス系中部からジュラ系中部統に属している。母岩はチャートを主体とし、海山起源の溶岩や石灰岩・遠洋性堆積物・海溝堆積物からなる未区分付加体である。

土壤試料は、牧場内の尾根筋（ST-1）、中腹（ST-2）から採取した。

12) 高知市円行寺（調査日：1995年6月15日；KE-1, KE-2, KE-3）

円行寺は、高知市の北側に位置し、近隣に新興住宅地ができつつある。この辺りの母岩である蛇紋岩は、大規模に採掘されて肥料や砂利に利用されている。しかし、作物に重金属障害が発生するので客土によるかさ上げや、重金属元素が水酸化物イオンとして沈殿する中性付近にpHが調整されている。基盤整備されたところでは、1mの客土が行われている。農業形態としては水田が8割を占め、畑作は軟弱野菜（ホウレンソウ・ハクサイ・レタス等）が栽培されている（以上、改良普及員からの聞き取り）。地質学的には、黒瀬川亜帯の蛇紋岩地帯になる。

日本シバ利用の山地酪農を営んでいる西向きの急

傾斜地 (KE-1) で土壤試料を採取した。1960-61年に高知県でもっとも早く拓かれたシバ草地である。シバ草地の面積は11ha, 植林は4haあり, 成牛28頭, 仔牛22頭が飼育されている。夏は一日中牛を放牧してシバを食べさせている (以上, 農家からの聞き取り)。表層はシバのルートマットがよく発達しているが, 25/33cmから礫層が現れており土層は浅く土壤の発達は弱い。天然生林 (KE-2) は, シバ草地の上方に位置する造成されずに残った天然生林である (農家からの聞き取り)。サクラの大きな木が数本あり, 表層には有機物が蓄積していた。山の尾根部にあたり, 土層は比較的深かったが, 礫が多量に存在した。採草地 (KE-3) は, 以前は水田作をしていたが, 現在は表作にイタリアングラス・エンバク, 裏作にソルゴー・スーダングラスを栽培している。この採草地1.5haの他に2.0haの採草地があり, 収穫した牧草は冬用の飼料として利用している。1994年からEM菌を混入した堆肥を畑に投入しており, 刈り取った牧草を牛に与えたところ, 牛が健康になったので今年も続けてEM菌入りの堆肥を投入している (以上, 農家からの聞き取り)。調査時はちょうど草の栽培されていない時期であった。Ap2層にはFeの斑紋が残っており水田土壌の性質を色濃く残している。また, 全体的に粘土が多く排水不良が懸念される。

13) 南国市白木谷 (調査日: 1993年7月8日; NS-1, 1993年6月29日; NS-3, NS-4, 1994年9月26日; NS-5)

斉藤牧場は, 高知県南国市白木谷に位置し, 南国市の市街地から西北に10km山中に入った山頂付近 (標高200m) に開拓された, 最高45°に及ぶ起伏の激しい急峻な傾斜地である。牧場の広さは23haで, シバ草地は中央の住宅, 畜舎等の施設, 谷間の採草地を囲むように配置されている。主要生産基盤はこの急傾斜地のシバ草地であるが, 他に期間借地及び共同利用による飼料畑が南国市内に数カ所ある。草地管理の省力化を図るため, 草地への灌水施設が張り巡らされている。

現在, 23頭の成牛が13haの牧区で昼夜放牧されている。他に離乳後の子牛群も別牧区で放牧している。

成牛は朝夕の6時前には2牧区から寄り合うように搾乳施設のある畜舎近くに集合し, 搾乳と, 少量の濃厚飼料と乾草を食べた後, 再び草地に帰っていくのが日課となっている。草地管理上, 成牛群は2群に分けているが, 乳期や乳量による区別はない。成牛牧区の組み替えは, 牛群社会の順位に混乱を来し, 流産や事故の原因になるため行わない。搾乳舎での濃厚飼料や乾草の給与は, 乳量や季節に関わりなく年中一定量であるが, 草地に設けた廃用トラックの荷台を利用した屋台へは, シバの状況や牛の状態をみて, 牛が食べ残す程度の粗飼料を補給している。これによって, 牛群の中でも採食意欲が高く, 従って乳量の多い牛が他の牛より多く採食するという習性によって個体管理に役立てている。しかし, 6-8月のシバの最盛期はシバ採食に専念させるため, あえて補給飼料は与えていない。基幹労働力は3人で, できあがった草地における牛群の日常管理は比較的楽にこなせる。しかし, 飼料生産・収穫調整作業は労力を要するため, 市内の酪農家6戸が大型作業機を導入し, 共同圃場を管理運営している。また, 自家飼料畑及び期間借地では共同の作業機を賃借によって利用できるようにしている (斉藤, 1992)。施肥管理として年に数回尿素を散布する以外は, 放牧中に牛から排泄される牛糞尿が主な肥料源である。

シバ草地を造成管理するのは人力だけでは大変で, 牛との共同作業が必要である。移転当初, 水田牧場で乳量の多い牛を連れてきたが, 乳量, 乳質が低下し, さらに乳房や肢蹄の損傷が多かった。しかし, 2代, 3代と世代を重ねるにつれて牛は草地の歩き方を覚え, それに従って産乳量も増えてきた。それは急傾斜シバ草地という特殊環境と当牧場の管理方式に牛が順応してきたためと考えられている。言い換えれば, 山地酪農向きの牛が選抜されて残った結果といえる。現在, 生産した牛乳は, 自然食品志向の消費者などによって, 「安全で健康な食品」と高く評価され, 市場価格以上で取引が行われている。

斉藤牧場の地質は, 秩父帯の黒瀬川亜帯休場層とされており, 約2億7,000万年前のペルム系上部統起源の黒色塊状泥岩・緑色塊状砂岩を母岩とする。また周辺には, 蛇紋岩や白木谷層群 (ペルム系上部統) の砂岩泥岩互層・塩基性凝灰岩

13) 南国市白木谷 (調査日: 1993年7月8日; NS-1, 1993年6月29日; NS-3, NS-4, 1994年9月26日; NS-5)

齊藤牧場は、高知県南国市白木谷に位置し、南国市の市街地から西北に10km山中に入った山頂付近 (標高200m) に開拓された、最高45°に及ぶ起伏の激しい急峻な傾斜地である。牧場の広さは23haで、シバ草地は中央の住宅、畜舎等の施設、谷間の採草地を囲むように配置されている。主要生産基盤はこの急傾斜地のシバ草地であるが、他に期間借地及び共同利用による飼料畑が南国市内に数カ所ある。草地管理の省力化を図るため、草地への灌水施設が張り巡らされている。

現在、23頭の成牛が13haの牧区で昼夜放牧されている。他に離乳後の子牛群も別牧区で放牧している。成牛は朝夕の6時前には2牧区から寄り合うように搾乳施設のある畜舎近くに集合し、搾乳と、少量の濃厚飼料と乾草を食べた後、再び草地に帰っていくのが日課となっている。草地管理上、成牛群は2群に分けているが、乳期や乳量による区別はない。成牛牧区の組み替えは、牛群社会の順位に混乱を来し、流産や事故の原因になるため行わない。搾乳舎での濃厚飼料や乾草の給与は、乳量や季節に関わりなく年中一定量であるが、草地に設けた廃用トラックの荷台を利用した屋台へは、シバの状況や牛の状態をみて、牛が食べ残す程度の粗飼料を補給している。これによって、牛群の中でも採食意欲が高く、従って乳量の多い牛が他の牛より多く採食するという習性によって個体管理に役立っている。しかし、6-8月のシバの最盛期はシバ採食に専念させるため、あえて補給飼料は与えていない。基幹労働力は3人で、できあがった草地における牛群の日常管理は比較的楽にこなせる。しかし、飼料生産・収穫調整作業は労力を要するため、市内の酪農家6戸が大型作業機を導入し、共同圃場を管理運営している。また、自家飼料畑及び期間借地では共同の作業機を賃借によって利用できるようにしている (齊藤, 1992)。施肥管理として年に数回尿素を散布する以外は、放牧中に牛から排泄される牛糞尿が主な肥料源である。

シバ草地を造成管理するのは人力だけでは大変で、牛との共同作業が必要である。移転当初、水田牧場

で乳量の多い牛を連れてきたが、乳量、乳質が低下し、さらに乳房や肢蹄の損傷が多かった。しかし、2代、3代と世代を重ねるにつれて牛は草地の歩き方を覚え、それに従って産乳量も増えてきた。それは急傾斜シバ草地という特殊環境と当牧場の管理方式に牛が順応してきたためと考えられている。言い換えれば、山地酪農向きの牛が選抜されて残った結果といえる。現在、生産した牛乳は、自然食品志向の消費者などによって、「安全で健康な食品」と高く評価され、市場価格以上で取引が行われている。

齊藤牧場の地質は、秩父帯の黒瀬川亜帯休場層とされており、約2億7,000万年前のペルム系上部統起源の黒色塊状泥岩・緑色塊状砂岩を母岩とする。また周辺には、蛇紋岩や白木谷層群 (ペルム系上部統) の砂岩泥岩互層・塩基性凝灰岩及び石灰岩が見られる。

土壌試料は、1983年造成の尾根筋 (NS-1)、1968年造成の尾根筋 (NS-2)、中腹 (NS-3)、谷筋 (NS-4)、牧場近辺の天然生林 (NS-5, NS-6) から採取した。

14) 香北町 (調査日: 1994年9月20日; KT-5, 1994年10月4日; KT-6, KT-7)

香北町は高知県の北部に位置する山間の町である。水田が多いが、ハウスではニラ・ヤッコネギ・オオバ・花を、露地ではショウガ・ミシマサイコウ等を栽培している。調査地の高場山は、植林の多い山であり、中腹から裾野にかけては整然と棚田が続くが、住居の近くでは上記の作物の施設栽培が見られる。地質学的には、黒瀬川亜帯上部物部川亜層群になる。

スギとスギの植林の間に位置する沢に残された高場山の天然生林 (KT-5) は、道路から直線距離で約50m登ったところにある。土壌表面に礫・岩が多く見られ、下層まで礫が多く土層はかなり浅かった。透水性、通気性はよいが水分保持力は低いと思われる。ルートマットが発達しているA1層は有機物がきわめて多くLFH層と区別しにくい。高場山の麓に位置するヤッコネギハウス (KT-6) は、家屋を畑に改変したので下層にはガラスの破片や瀬戸物のかけらが埋められた造成土壌である。15-6年間ハウスをしているが以前はトマトを栽培しており、ネ

ギ栽培は1984年からである(以上, 農家からの聞き取り). 作土層以深の下層は無構造である. 1992年に棚田5枚を合わせて基盤整備されたハウス(KT-7)は, KT-6の近くにある1作目は水田作を, 2作目以降はヤッコネギを栽培している(農家からの聞き取り). KT-6同様に作土層以深の下層には構造が見られない. 下層は粘土がかなり多い.

b-4. 三波川帯

15) 土佐町大淵(調査日:1995年6月29日; TO-1, TO-2)

土佐町は高知県北部の“嶺北”と呼ばれる山間に位置する. 農林業の形態は本山町と似ている(以上, 改良普及員からの聞き取り). 調査地点は町の北部に位置し, 早明浦ダムを眼下に見据えた山の斜面に位置する大淵という地区である. ここの過疎化が進み, 現在は調査をさせてもらったトマト栽培農家を含め2世帯の家族しか住んでいない. その他はふもとの方からサクランボを栽培しにきている農家が4軒あるだけである(以上, 農家からの聞き取り). 地質学的には, 小歩危層(K)および三縄層(トリアス-ジュラ系?)泥質片岩になる.

休耕地(TO-1)は, 1994年まで有機農法で雨よけトマトを14年間栽培していた. 栽培当時は長年連作でトマトを栽培していたにも関わらず, 連作障害が起こらずよいトマトができていた. 島本微生物農法を利用した土づくりと, 傾斜地に位置するため排水性がよかったのがその理由らしい. 微生物の補強のため微生物を混入した赤土 $2t\ ha^{-1}$ が客土されている(以上, 農家からの聞き取り). 現在は放置され雑草がはびこっている. 長年有機農法で栽培されていたので土壌は色が黒く物理性・化学性両方とも良さそうに見える. 小さな虫やミミズが断面の下層からもたくさんでてくる. 天然生林(TO-2)は, TO-1から100mほど山に登った急な山の斜面である. いろいろな広葉樹林が茂っており, うっそうとしている. 表層には急な斜面のため落ち葉や枝が流れ吹き溜まりになっているところもあるが, だいたい薄く積もる程度である. 深さ50cm以降からは母岩が見えており, 上層の土層でも構造はあまり発達していない.

16) 本山町高角(調査日:1994年4月26日; MT-1, MT-2, MT-3, MT-4)

長岡郡本山町は高知県北部の山間に位置し, 土佐町と同じく“嶺北”と呼ばれ, 昔から狭い棚田で水稻を栽培してきた. その他にも林業・畜産業が盛んで, 畑作や施設園芸はあまり発達していなかった. 近年は農・畜・林の複合農業が推奨され, 施設園芸が特に優先的に指導されている. 補強型ハウスを建てる場合には県・町からの補助がある. また, ゼンマイ等の山菜でも高い収入を得ていたが, 中国の輸入品に押され気味である(以上, 改良普及員からの聞き取り). 調査地点は町の南部に位置する高角という地区である. 地質学的には御荷鉾層御荷鉾緑色岩類に属する.

雨よけトマト畑(MT-1)は, 先祖代々栽培していた水田を1992年から雨よけトマトの栽培に変えた地点である(農家からの聞き取り). Bw層に明瞭なFeの斑紋が見えることから水田状態が長く続いていたことが伺える. また, C1層(25-48cm)に礫が多いこと, 貫入試験では30cm付近が特に固いことから, 深さ25cmあたりにすき床が残っていることがわかる. それに加え, すき床より下層には粘土が集積している. トマトの質は優秀でトマトの栽培には適した土壌らしい(改良普及員からの聞き取り). 調査時は, トマトの苗を定植する直前でビニル張りが行われておらず, 雨ざらしの状態であった. 露地野菜畑(MT-2)は, 1977年から畑作を行っており, いろいろな露地野菜(自家消費)をつくっている. 現在は, ジャガイモ・キャベツ等が栽培されており, 畑の一角には水稻の苗床もあった. 以前は上段と下段の水田を整地した一つの広い水田として利用していた.(以上, 農家からの聞き取り). 土壌の層序が乱れていることから, 人為的に攪乱されていることがわかる. 転換して17年の年数が経っているが, Feの斑紋がみられることから, 水田の性質が残っている畑である. この畑の山手には沢があり, 土壌は現在も湿潤状態にあることから, 畑作には過湿な条件である. 表層には小さな礫が多く存在し有機物も少ないことから, 降雨による表土流亡が大きいのではないかと推察される. 天然生林(MT-3)は, スギの植林地(MT-4)の中に, 一カ所残っ

ていた天然生林である。周囲のスギは30年以上前に植林されたもの(改良普及員からの聞き取り)なので、それ以上に古いか同程度の二次林として保たれているのであろう。クヌギなどの広葉樹の雑樹に加え、背の低い草木がある。表層に堆積している落ち葉は、雑樹の落葉・枝もあるが、スギの落葉・枝も混ざっている。表層のLFH層(厚さ3cm)が厚いことから侵食の心配はあまりないと思われる。断面内には、粘土の垂直移動によるBt層が、C層には腐り礫があり、現在も風化が進んでいることがわかる。スギの植林(MT-4)は、30年以上も経つスギの植林地であるが、あまり手入れされてないようである。樹間は少々広いが、うっそうと茂るスギの葉で林の中は薄暗い。表層はスギの落葉・枝が積もっている。LFH層(厚さ3-5cm)はMT-3より厚い。スギの葉は分解が遅く蓄積しやすいからだろう。構造は下層までよく発達している。土の色は下層に向かって明るくなり、有機物の移動がそれほど下層にまで及んでいないことがわかる。層序の乱れから、少なくとも2回山崩れがあったことが伺える。

c. 土壌評価

c-1 物理性および化学性

c-1-1 分析方法

(物理性)

コアサンプルは、100mL容(内径50mm、高さ51mm)の採土円筒を用いて現地の上層1-2層を各層毎に6連で採取し、蓋をしてビニルテープで密封し持ち帰った。

三相分布(固相・液相・気相)、仮比重、真比重、水分含量は、コアサンプルを2連で供試し、実容積法(Daiki 土壌三相計 DIK-1120)によって分析した。pF0.0から7.0までの水分(保水性)の測定にはコアサンプルを2連で供試し、pF 0.0は水飽和状態、pF 1.5は砂柱法(Daiki DIK-3520)、pF 2.0, 2.5, 3.0は加圧板法(Daiki多容量土壌pF測定器 DIK-3420)、pF 4.2は遠心法(土壌溶液採取用ローター使用 6300-6400rpm, 1.5h)で水分量を測定した。pF 5.5は風乾(約1週間)、pF 7.0は105℃で一昼夜の炉乾によってそれぞれの水分量を測定した。これらの結果

からpF-水分曲線を作成すると同時に、pF1.8-4.2の水分を有効水分量として求めた。

土性は、2mm以下にふるった風乾細土10.0gを供試し、6%過酸化水素水を用いて湿式分解により有機物を除去した後、ピペット法によって粘土、シルト、砂を求めることによって決定した。

(化学性)

採取した土壌を室内で風乾し磁製乳鉢で軽く粉碎した試料を2mmの網ふるいに通し、風乾細土として250mL容ポリ瓶に入れて室温で保存した。

風乾細土約3.0gを105℃で一昼夜絶乾し風乾含水率(M.W.)を求めた。

風乾細土5.00gに脱イオン水25.0mlを加え1時間往復振とう(反復数120回 min^{-1})した懸濁液のpHをpH(H_2O)とした。続けて、同試料で上澄み液のECを測定した。pH(KCl)の測定は、脱イオン水を1M塩化カリウム溶液に換えて同様の操作を行った。測定後、懸濁液を遠心分離し、直ちにろ液中の交換性アンモニウムを比色分析(インドフェノール法、Weaterburnの簡便法“改良型”)によって定量した。また、塩化カリウム溶液で抽出されたアルミニウム・水素を逆滴定法により求めて、交換性アルミニウム・交換性水素とした(若山, 1993)。

交換性塩基は、風乾採土5.00gを供試し、1M酢酸アンモニウム溶液25.0mlを用いて30分間の往復振とう(反復数120回 min^{-1})抽出を2回、さらに同溶液20.0mlを加え同往復振とう抽出1回をした。炎光法でナトリウムイオン、原子吸光法でカルシウムイオン、マグネシウムイオン、カリウムイオンを定量した(Simadzu AA-610S)。残さに吸着したアンモニウムイオンを10%塩化ナトリウム溶液30.0mlを加え1時間往復振とう(反復数120回 min^{-1})によって交換抽出を3回行い、これを水蒸気蒸留後滴定しCECを求めた(若山, 1993)。

有効態リン酸は、300ml容の三角フラスコに風乾採土500mgを取り、0.001M硫酸100mlを加えて30分往復振とう(反復数120回 min^{-1})した後(トルオーグ法)直ちにろ過し、モリブデンブルー法によりリン酸を比色定量した(若山, 1993)。全炭素・全窒素は、メノウ乳鉢で摩砕した風乾細土約500mgを供試し

NC - ANALYZER (Sumigraph model NC - 80) で定量した。

c-1-2 結果と考察

各地点の土壤肥沃度を物理性・化学性の分析結果をもとに評価した。分析結果は表3-5-12~27、図3-5-2~6に示した。肥沃度の評価は表3-5-28~33(高知県, 1990)に従って行った。

1) 大方町

造成直後で現在は未利用の農地(H11)は、頁岩の風化した粘土と非固結の砂岩が混ざった砂質の土性(SCL - CL)を示した。これは、物理性・化学性両面に強く反映されている。孔隙率が53.5%と高く、通気性はよい反面、有効水分量が7.5%と低く、保水能力は低い土壤である。化学性の面からみると、造成時に混入された石灰の影響で0 cm層の交換性Ca含量がそれより高く、pH(H₂O)も6.34と高いことから、ECが若干高くなっている。一方、下層では、pH(H₂O)が5前後と酸性であり、ECも低い。また、pH(KCl)が4程度と低く、交換性Al含量が1cmol(+) kg^{-1} とやや高く、下層には石灰施肥の影響が及んでいない酸性の土壤である。交換性Mg含量が全層を通して高く、これは母岩である頁岩に由来すると考えられる。表層で若干、CEC、全炭素、有効態リン酸が高いのを除くと、概ね全層で低いものの基準値は満たしている。リン資材の施用及びCECを高くするために有機物のさらなる施用が営農上不可欠であると考えられる。

造成されて花を栽培しているK - Lは、0 cm層の固相率が59.7%と高い。また、仮比重は1.60であった。さらに、頁岩の風化物は容易に細かい粒子になること、有効水分量が7.9%と低いことから、今後、排水不良の問題が起りうると思われる。化学性は、H11よりも交換性Ca含量が9.50cmol(+) kg^{-1} と高く、塩基の含量がCECの値を越えている。そのため、pH(H₂O)が7.53と高いが、ECは0.074dS cm^{-1} とそれほど高くない。また、頁岩由来の硫酸酸性が問題となったことのある圃場で、中和の目的でかなり多量の石灰が施用されたことがその原因であると考えられる。さらに、40 cm層のpH(KCl)が低く、

交換性Al含量が高いことから、下層の酸性は矯正されていないと考えられる。ほかの圃場で栽培されているカスミ草は好石灰植物であり、アルカリ性の条件下でも比較的良好に生育するが、この圃場で栽培されているリアトリスの場合では問題となる。交換性Mg含量が全層を通して高く、頁岩風化物由来の土壤の特徴を反映している。また、CECは7.9 - 11.1cmol(+) kg^{-1} と基準値より若干高いものの、全炭素、有効態リン酸は低く、有機物施用とリン資材の施用が望まれる。造成地における継続的な牛・豚糞堆肥の多量施肥(10 - 30t ha^{-1})は、耕土の物理性の改善を徐々に進め、化学性の目標値を満たすという報告がある(高幡地区営農体系確立調査, 1986)。

自然土壤(H - N)は、層位がよく発達しており、Bh層に粘土の集積(粘土含有率30%)が見られたが、その他は砂質でやや粘土の多い土壤(SCL)であった。この性質は、他の2つの造成地土壤に反映されている。固層率がC層で55.5%とやや高いが、有効水分量が13 - 14%と保水能力は低い。全層で酸性であり、ECが低いことから、水溶性の塩基成分が乏しいことがわかる。溶脱層のE層では、全炭素含量が12.6g kg^{-1} とやや高いが、その他の元素含量は低い。一方、Bh層では、交換性Ca、全炭素および粘土の集積がみとめられ、そのためにCECが他の層位より高いと考えられる。また、全層で交換性Al、Hが高く、永久荷電性粘土の多い土壤である。さらに、交換性Mg含量が少なく、H11、K - Lと母材が異なり、砂岩の風化物が主な土壤材料と考えられる。

2) 大正町

1984年に造成されたT - 1は、表層のみ粘土含量が高い。これは頁岩風化物からなる表層土壤が、造成された際に表土返し処理によって戻されたためと考えられる。三相分布、保水性のデータはない。しかし、20 - 40 cmに頁岩風化物が地中に存在するため、排水不良が認められている。Ap層の交換性Ca、Mg、全炭素、有効態リン酸及びCECが高く、pHも6.40と微酸性であり、畑地の基準値を満たしている。造成時に多量の堆肥が施用され、その後も継続的に施用されていることが伺える。しかし、下層のC、R層は、いずれも頁岩風化物由来の酸性が強

表3-5-12 粒径組成および土性(1).

Sample	Horizon or depth	Clay	Silt	Sand	Texture
		----- % -----			
H11	0 cm	16.50	17.30	66.20	SCL
	20	20.40	21.20	58.40	CL
	40	16.60	17.60	65.80	SCL
	60	16.00	21.30	62.70	CL
	80	11.60	17.20	71.20	SL
K-L	0 cm	8.00	11.00	81.00	SL
	20	16.80	17.40	65.80	SCL
	40	17.80	18.50	63.70	SCL
H-N	E	22.00	18.40	59.60	SCL
	Bh	29.60	20.30	50.10	LiC
	C	17.80	16.60	65.60	SCL
	CR	17.70	17.40	64.90	SCL
T-1	Ap	19.50	23.10	57.40	CL
	C	8.70	14.60	76.70	SL
	R	4.40	18.40	77.20	SL
T-2	0 cm	18.70	21.70	59.60	CL
	20	19.40	16.80	63.80	SCL
	40	14.40	24.70	60.90	L
	60	10.30	26.60	63.10	L
	80	1.50	8.00	91.00	*
	100	10.90	16.10	73.00	SL
T-3	A	5.70	47.70	46.60	SiL
	AB	14.50	36.00	49.50	L
	C	13.90	31.50	54.60	L
B-2	0 cm	13.00	19.80	67.20	SL
	20	18.60	19.50	61.90	SCL
	40	15.70	17.70	66.60	SCL
	60	21.70	19.10	59.20	SCL
	80	21.40	19.70	58.90	SCL
B-4	0 cm	22.80	29.10	48.10	CL
	20	29.00	27.50	43.50	LiC
	40	9.40	18.40	72.20	SL
	60	21.80	28.50	49.70	CL
	80	21.90	30.90	47.20	CL
A-3	0 cm	16.90	30.70	52.40	CL
	20	19.70	29.40	50.90	CL
	40	22.40	31.00	45.60	CL
	60	21.60	27.20	51.20	CL
	80	25.90	23.80	50.30	LiC

表3-5-13 粒径組成および土性(2).

Sample	Horizon or depth	Clay	Silt	Sand	Texture
		----- % -----			
Y-0	Ap	16.00	22.40	61.60	CL
	C	7.40	14.80	77.80	SL
	2C	14.60	25.00	60.40	L
	3C	15.70	24.90	59.40	CL
Y-P	Ap1	20.20	17.30	62.50	SCL
	Ap2	22.00	22.20	55.80	CL
	BA	33.50	21.90	44.60	LiC
	Bt	41.70	22.80	36.10	LiC
	BC	15.70	23.40	60.90	CL
Y-W	0 cm	28.41	24.50	47.09	LiC
	20	19.62	21.44	58.94	CL
	40	23.41	22.59	54.00	CL
	60	28.17	23.86	47.97	LiC
	80	28.23	20.58	51.19	LiC
Y-N	A	29.70	20.11	50.19	LiC
	AB	26.65	17.16	56.19	SC
	B	32.62	16.89	50.49	HL
	C	12.49	9.49	78.02	SL
HM-1	0 cm	13.10	13.70	73.20	SL
	20	13.50	14.50	72.00	SL
	40	12.60	14.30	73.10	SL
	60	10.10	14.20	75.70	SL
HM-2	A	20.20	19.20	60.60	SCL
	AB	19.10	21.80	59.60	CL
	B	18.60	21.80	59.60	CL
MS-1	A	40.30	37.60	22.16	LiC
	B	46.90	36.20	16.88	HC
MS-2	A-AC	42.10	33.60	24.34	LiC
	C	40.00	29.70	30.80	LiC
MS-5	A	40.80	26.10	33.10	LiC
	Bt	41.30	27.30	31.40	LiC
MK	A	32.40	24.00	43.51	LiC
	BA	34.90	26.10	39.01	LiC
	B	38.20	19.90	41.98	LiC

表3-5-14 粒径組成および土性(3).

Sample	Horizon or depth	Clay	Silt	Sand	Texture
		----- % -----			
H-1	Ap	16.06	10.84	73.10	SCL
	C1	7.92	6.92	85.79	LS
	C2	4.86	2.03	93.11	S
	60cm	3.65	4.86	91.49	S
	80	3.34	4.25	92.41	S
H-2	0 cm	30.90	22.62	46.47	LiC
	20	32.24	23.92	43.84	LiC
	40	46.86	24.02	29.13	HC
	60	46.79	35.83	17.39	HC
	80	43.64	29.06	27.30	LiC
H-3	0 cm	38.15	19.93	41.92	LiC
	10	37.83	21.65	40.53	LiC
	20	48.79	15.23	35.98	HC
	40	29.28	11.82	58.91	SC
	60	24.89	9.02	66.08	SCL
	70+	23.68	17.37	58.96	SCL
NH-1	A	18.50	12.70	68.80	SCL
	BA	24.00	16.50	59.50	SCL
NH-2	A	16.70	11.00	72.30	SCL
	Bw	29.30	14.50	56.20	SC
KR-1	0 cm	26.43	25.01	48.56	LiC
	10	25.78	23.88	50.34	LiC
	20	27.00	22.38	50.62	LiC
	40	25.74	23.91	50.36	LiC
	60	41.18	10.85	47.98	LiC
KR-2	0 cm	26.44	26.44	47.13	LiC
	10	28.58	23.79	39.31	LiC
	20	36.91	23.79	39.31	LiC
	40	47.13	7.49	45.38	HC
	60	12.22	33.13	54.66	L
OT-1	Ap	18.49	32.79	48.72	CL
	C1	30.33	17.37	52.30	LiC
	C2	33.08	21.31	45.61	LiC
	C3	30.26	17.81	51.93	LiC
OT-2	A	28.02	1.74	70.24	SL
	C1	23.88	11.17	64.95	SCL
	C2	13.27	11.93	74.80	SL

表3-5-15 粒径組成および土性(4).

Sample	Horizon or depth	Clay	Silt	Sand	Texture
		----- % -----			
SH-1	A	25.44	71.20	3.36	SiC
	AB	38.21	22.71	39.08	LiC
	B	35.53	22.31	42.16	LiC
	C1	30.57	23.84	45.59	LiC
	C2	18.35	23.34	58.31	CL
SH-2	Ap	23.57	35.77	40.66	CL
	Bw	26.34	38.42	35.24	CL
	BC	18.39	22.75	58.86	CL
	C2	20.04	19.72	60.24	SCL
	C3g	16.03	21.40	62.57	CL
SH-3	Ap1	24.22	29.33	46.45	CL
	Ap2	23.26	30.21	46.53	CL
	Bw	13.22	33.97	52.81	L
	C	23.75	23.54	52.71	CL
ST-1	A	40.80	27.50	31.70	LiC
	Bw	43.60	22.50	33.90	LiC
ST-2	A	47.00	29.00	24.00	HC
	BA	44.80	30.10	25.10	LiC
KE-1	A	17.80	25.28	56.92	CL
	BW	12.45	21.87	65.68	SL
	C	8.55	10.43	81.02	SL
KE-2	A	32.39	17.55	50.06	LiC
	Bw	38.02	18.74	43.24	LiC
	BC	20.78	16.17	63.05	SCL
	C	18.98	18.04	62.98	SCL
KE-3	Ap1	26.94	37.04	36.02	LiC
	Ap2	26.09	36.09	37.82	LiC
	C	31.89	36.41	31.70	LiC
	2C	19.98	51.93	28.09	SiCL
NS-1	A	20.50	15.30	64.20	SCL
	Bg	22.10	16.40	61.50	SCL
	C	19.10	17.10	63.90	SCL
NS-2	A	32.10	26.60	41.30	LiC
	Bw	19.30	21.80	58.90	CL
	C	11.90	13.90	74.30	SL
NS-3	A-AB	19.50	15.30	65.20	SCL
	Bt	26.60	15.00	58.40	SC
	C	28.10	20.00	51.90	LiC
NS-4	A-AB	30.90	17.30	51.70	LiC
	BA	37.50	16.70	45.80	LiC
	BA	38.20	18.40	43.40	LiC
	Bt	37.60	16.00	46.40	LiC
	Bt	39.10	15.40	45.50	LiC
	Bt	39.40	17.10	43.60	LiC

表3-5-16 粒径組成および土性(5).

Sample	Horizon or depth	Clay	Silt %	Sand	Texture
NS-5	A	39.00	20.00	41.00	LiC
	AC	36.70	17.00	46.30	LiC
	C	20.30	11.50	68.20	SCL
NS-6	A	36.90	21.40	41.70	LiC
	AC	36.00	21.80	42.10	LiC
	C	18.00	15.20	66.70	SCL
KT-5	A1	47.23	19.09	33.68	HC
	A2	44.40	16.83	38.77	LiC
	AC	38.63	20.15	41.22	LiC
	C1	27.64	22.99	49.37	LiC
	C2	22.36	20.39	57.25	CL
KT-6	Ap	26.14	27.65	46.21	LiC
	2C	29.29	25.53	45.18	LiC
	3C	27.69	20.91	51.40	LiC
KT-7	Ap1	28.97	26.59	44.44	LiC
	Ap2	30.57	20.99	48.44	LiC
	2C	22.70	19.95	57.35	SC
TO-1	Ap	23.42	24.36	52.22	CL
	AB	24.63	24.30	51.07	CL
	B	21.39	30.73	47.88	CL
	C	20.93	35.83	43.24	CL
TO-2	A	23.07	20.93	56.00	CL
	AB	30.41	28.56	41.03	LiC
	Bt	34.65	27.87	37.48	LiC
	C	21.22	35.64	43.14	CL
MT-1	Ap	22.62	32.03	45.35	CL
	Bw	11.23	10.49	78.28	SL
	C1	24.17	11.02	64.81	SCL
	C2	22.92	28.19	48.89	CL
MT-2	Ap	3.06	37.19	59.75	L
	C1	17.80	23.23	58.97	CL
	C2	18.06	24.72	57.22	CL
	C3	18.13	29.03	52.84	CL
MT-3	A	24.38	29.08	46.54	CL
	AB	20.52	24.45	55.03	CL
	Bt	18.16	29.76	52.08	CL
	C	16.92	25.66	57.42	CL
MT-4	A	22.60	32.65	44.75	CL
	10-15	27.64	22.18	50.18	LiC
	AB	26.43	24.16	49.41	LiC
	BA	26.73	21.80	51.47	LiC
	BC	22.08	34.39	43.53	LiC

Texture: S, Sand; LS, Loamy sand; SL, Sandy loam; L, Loam;
 SiL, Silt loam; SCL, Sandy clay loam; CL, Clay loam;
 SiCL, Silty clay loam; SC, sandy clay; LiC, Light
 clay; SiC, silty clay; HC, Heavy clay

* : Not determined because of the incomplete dispersion
 in pipet method of this sample.

表3-5-17 三相分布, 假比重, 真比重(1).

Sample	Horizon or depth	Solid	Liquid	Air	Bulk	True	M.C. (%)
		phase ----- (%)	phase ----- (%)	phase ----- (%)	density (g cm ⁻³)	density (g cm ⁻³)	
H11	0 cm	46.5	27.4	26.1	1.25	2.69	18.1
K-L	0 cm	59.7	31.3	9.0	1.60	2.68	16.4
H-N	A0, E	45.1	36.4	18.5	1.19	2.64	23.5
	Bh	44.4	36.1	19.5	1.14	2.58	24.1
	C	55.5	37.7	6.8	1.39	2.51	21.3
T-2	0 cm	39.7	24.0	36.3	1.02	2.56	19.1
	20	53.5	25.1	21.4	1.21	2.27	17.2
	40	60.5	30.3	9.2	1.38	2.27	18.0
	60	58.5	30.1	11.4	1.32	2.25	18.7
	80	38.3	35.6	26.1	0.78	1.91	33.0
	100	55.4	31.8	12.8	1.44	2.60	18.3
T-3	A	42.1	36.8	21.1	0.94	2.22	28.3
	AB	54.4	37.0	8.6	1.28	2.35	22.4
	C	61.8	36.0	2.3	1.49	2.40	19.5
B-2	0 cm	42.4	32.3	24.9	1.13	2.65	22.6
	20	47.7	36.3	16.0	1.29	2.70	22.1
	40	47.0	36.6	16.7	1.27	2.70	22.3
	60	45.5	37.0	17.5	1.23	2.70	23.2
	80	48.4	41.0	10.6	1.31	2.71	23.9
		50.0	43.0	7.0	1.30	2.60	24.9
B-4	0 cm	41.6	31.3	27.1	1.09	2.62	22.3
	20	52.2	40.5	7.3	1.36	2.59	23.1
	40	50.0	41.6	8.4	1.37	2.73	23.4
	60	54.7	35.9	9.4	1.46	2.68	19.7
	80	54.1	42.7	3.2	1.45	2.68	22.8
		50.4	44.9	4.7	1.35	2.68	25.0
A-3	0 cm	44.3	32.9	22.8	1.18	2.66	21.8
	10	40.5	32.7	26.8	1.09	2.68	23.5
	20	51.4	35.9	12.7	1.36	2.67	20.9
	40	48.3	37.6	14.1	1.29	2.67	22.7
	60	56.5	37.3	6.2	1.51	2.68	19.8
	80	54.0	41.0	5.0	1.44	2.66	22.3
Y-0	Ap	55.1	31.8	13.1	1.47	2.55	18.5
	C	68.1	28.2	3.7	1.81	2.65	13.5
	2C	63.6	34.4	2.0	1.63	2.56	17.4
Y-P	Ap1	41.4	24.0	34.6	1.15	2.79	17.2
	Ap2	49.9	35.4	14.7	1.37	2.75	20.5
	BA	48.0	36.6	15.4	1.32	2.75	21.7
	Bt	48.3	39.4	12.3	1.31	2.70	23.4
Y-W	0 cm	40.5	21.8	37.7	1.09	2.70	35.1
	20	52.1	38.3	9.5	1.39	2.68	42.4
	40	46.3	44.4	9.4	1.28	2.77	48.8

M.C.: Moisture content

表3-5-18 三相分布, 仮比重, 真比重(2).

Sample	Horizon or depth	Solid	Liquid	Air	Bulk	True	M.C. (%)
		phase	phase	phase	density	density	
		----- (%) -----			(g cm ⁻³)		
HM-1	0 cm	41.9	16.5	41.6	1.14	2.71	28.2
	20	44.2	20.7	35.2	1.21	2.73	32.0
	40	55.8	25.0	19.3	1.51	2.70	31.0
H-1	0 cm	45.8	22.0	32.2	1.27	2.77	32.5
	20	47.6	20.4	32.1	1.27	2.67	30.0
	40	41.9	19.4	38.4	1.17	2.79	31.9
H-2	0 cm	33.4	19.6	47.1	0.92	2.74	36.9
	20	47.9	39.1	13.0	1.26	2.65	45.0
	40	47.8	46.0	6.3	1.18	2.49	49.2
H-3	0 cm	35.7	46.2	18.1	0.96	2.74	56.5
	20	39.9	39.4	20.8	1.05	2.63	49.7
	40	42.5	35.8	21.8	1.11	2.63	49.7
KR-1	0 cm	37.1	49.3	13.7	0.98	2.66	57.2
	20	47.6	36.1	16.3	1.24	2.60	43.2
KR-2	0 cm	36.3	23.8	40.0	0.88	2.45	39.7
	20	42.4	39.6	18.0	1.12	2.63	48.3
OT-1	Ap	37.9	22.7	39.4	0.98	2.60	37.5
SH-1	B	42.1	36.1	21.8	1.12	2.66	46.2
	C1	45.4	41.8	12.8	1.21	2.66	48.0
SH-2	Ap	36.9	32.4	30.7	0.99	2.68	46.8
	Bw	48.2	45.7	6.1	1.27	2.63	48.5
SH-3	Ap1	36.2	24.9	38.9	0.92	2.53	41.1
	Ap2	40.8	28.6	30.7	1.03	2.52	41.1
KE-3	Ap1	35.8	42.1	22.1	0.92	2.59	54.1
	Ap2	45.1	44.9	10.0	1.21	2.68	49.9
KT-6	Ap	31.6	27.7	40.7	0.83	2.62	46.8
KT-7	Ap1	39.4	27.7	32.8	1.04	2.63	41.3
TO-1	Ap	31.9	35.3	32.8	0.82	2.57	52.6
	AB	35.1	34.7	30.3	0.93	2.65	49.7
MT-1	Ap	37.7	42.9	19.5	0.96	2.56	53.3
	Bw	36.9	48.9	14.3	0.92	2.51	57.0
MT-2	Ap	32.6	41.2	26.2	0.84	2.57	55.9
MT-3	A	31.5	36.3	32.3	0.82	2.59	53.6
	AB	33.5	39.3	27.2	0.85	2.55	54.0
MT-4	0 - 5cm	33.0	42.8	24.2	0.85	2.57	56.7
	10 - 15	41.5	36.9	21.7	1.10	2.66	47.1

M.C.: Moisture content

表3-5-19 有效水分量.

Sample	Horizon or depth	Available moisture (%)	Sample	Horizon or depth	Available moisture (%)
H11	0 cm	7.5	HM-1	0 cm	8.8
K-L	0 cm	7.9		20	8.8
H-N	AO, E	14.2		40	6.4
	Bh	12.8	H-1	0 cm	9.6
	C	13.3		20	10.9
T-2	0 cm	8.2		40	10.0
	20	13.5	H-2	0 cm	7.1
	40	13.1		20	9.2
	60	23.7		40	11.7
	80	12.0	H-3	0 cm	13.9
	100	8.7		20	7.7
T-3	A	21.4		40	6.3
	AB	11.9	KR-1	0 cm	20.0
	C	10.1		20	7.2
B-2	0 cm	18.1	KR-2	0 cm	10.9
	10	14.4		20	8.5
	20	13.6	OT-1	Ap	7.9
	40	16.1	SH-1	B	14.0
	60	18.3		C1	9.1
	80	18.4	SH-2	Ap	10.0
B-4	0 cm	10.0		Bw	11.3
	10	6.8	SH-3	Ap1	9.8
	20	7.1		Ap2	8.9
	40	6.5	KE-3	Ap1	17.8
	60	5.8		Ap2	6.5
	80	6.2	KT-6	Ap	9.9
A-3	0 cm	9.9	KT-7	Ap1	6.6
	10	12.0	TO-1	Ap	13.5
	20	6.5		AB	20.9
	40	5.3	MT-1	Ap	11.3
	60	5.8		Bw	12.0
	80	7.1	MT-2	Ap	12.0
Y-P	Ap1	7.2	MT-3	A	12.7
	Ap2	6.3		AB	9.3
	BA	7.2	MT-4	0 - 5cm	7.2
	Bt	5.0		10 - 15	7.9
Y-W	0 cm	5.5			
	20	5.5			
	40	6.1			

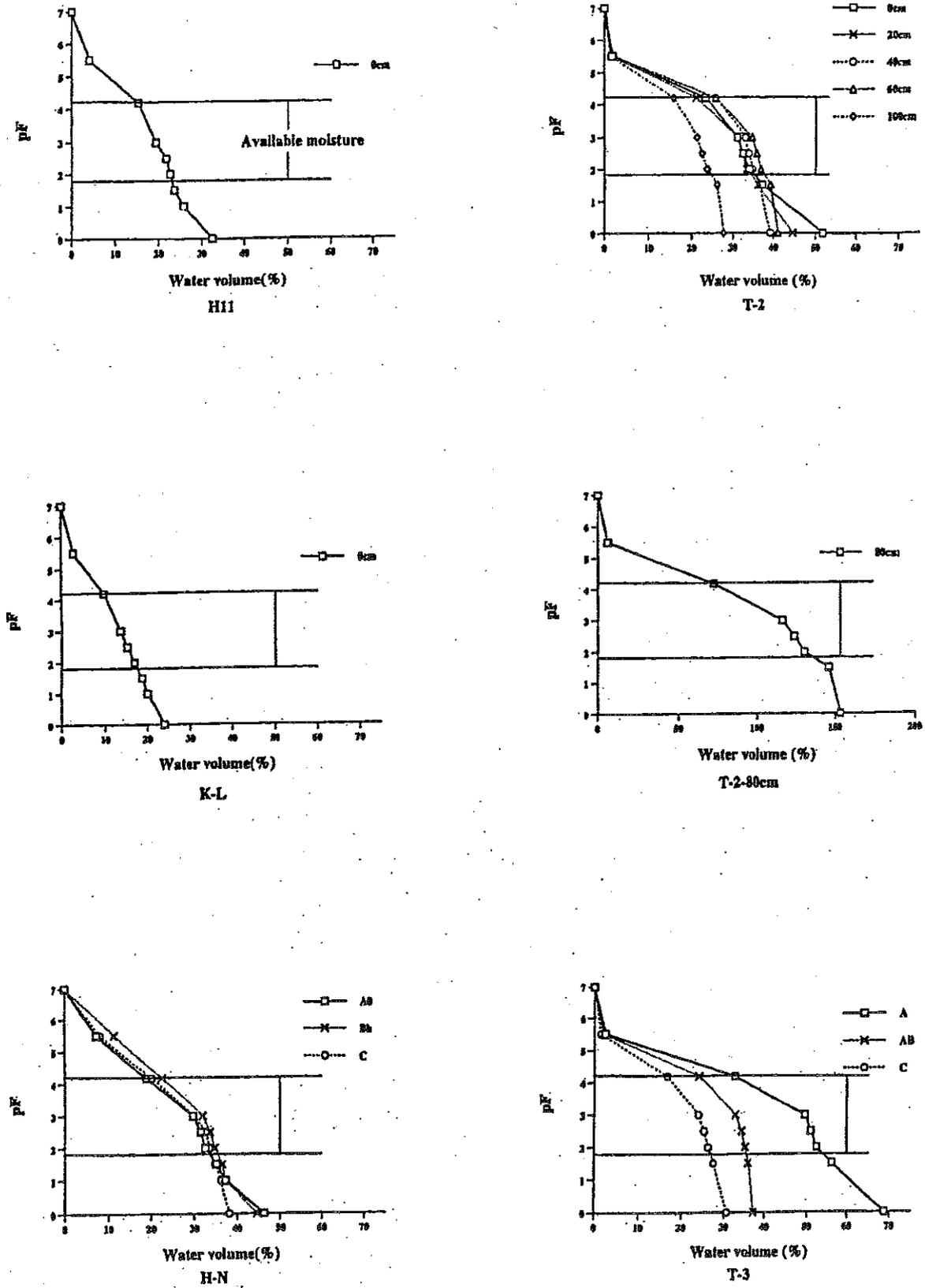


図3-5-2 pF-水分曲線(1).

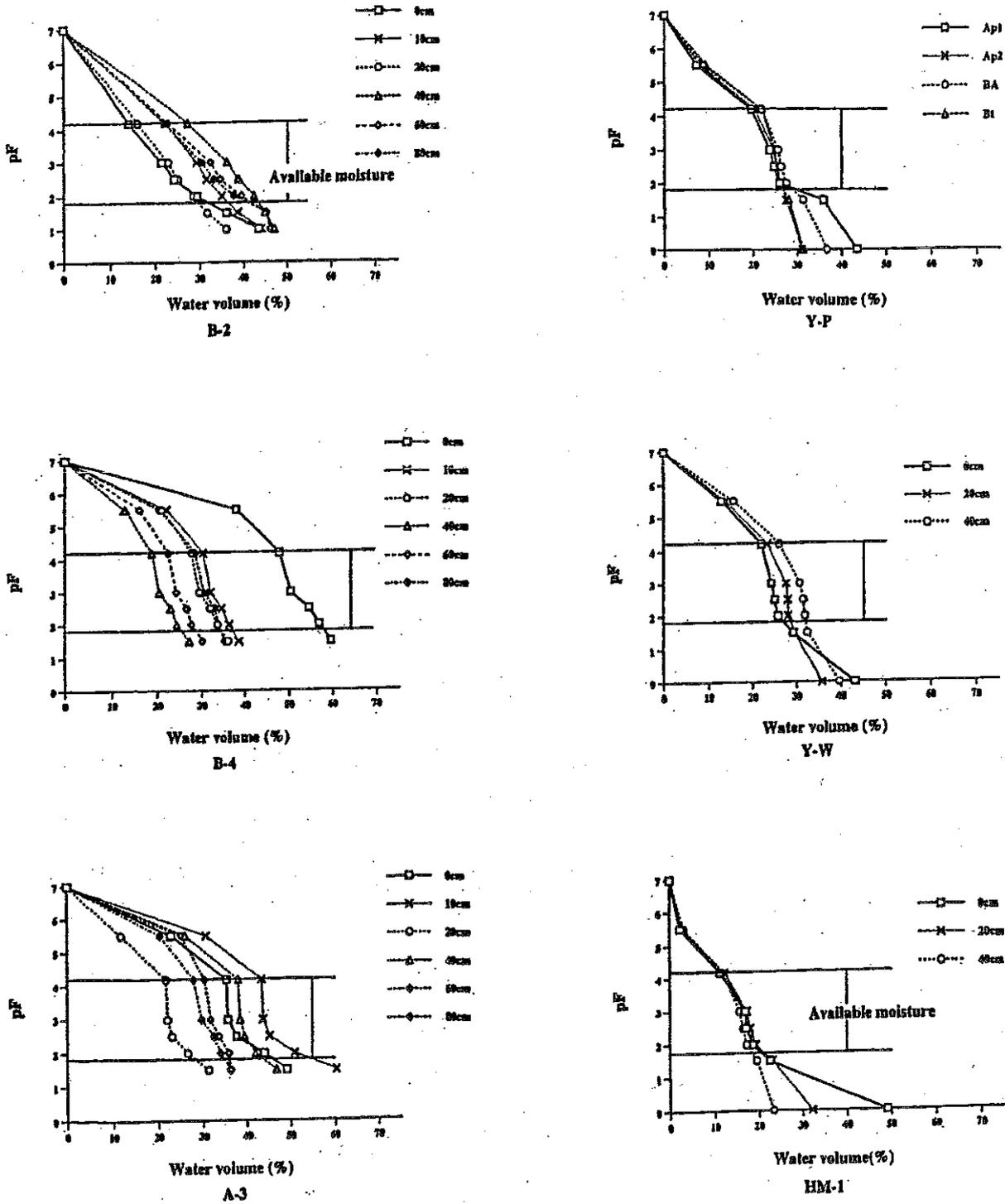


图3-5-3 pF—水分曲线(2).

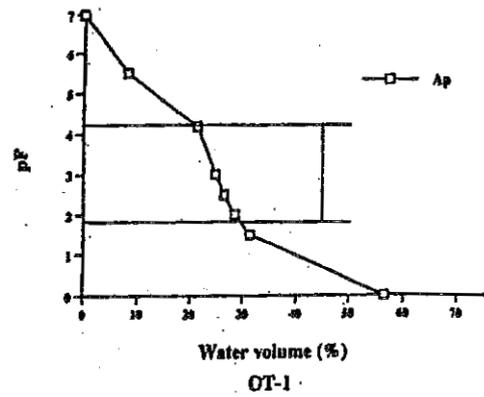
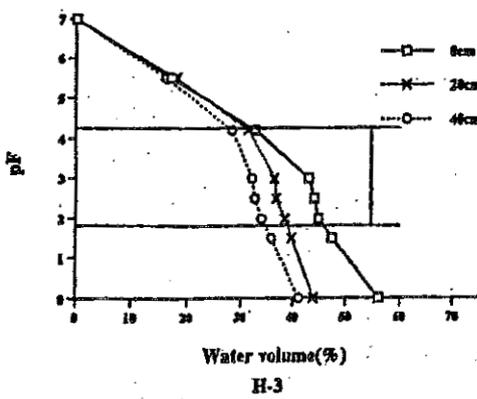
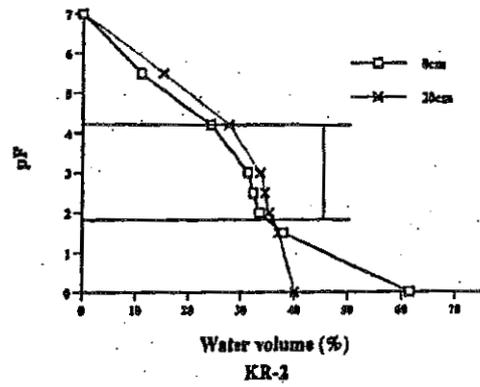
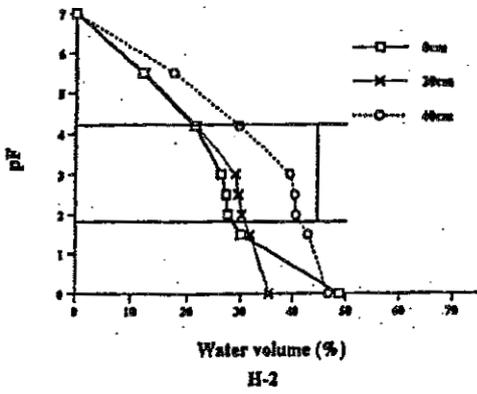
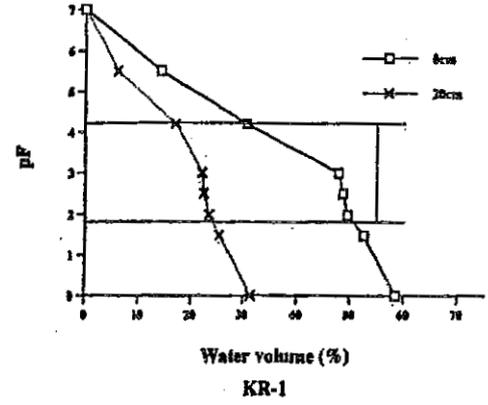
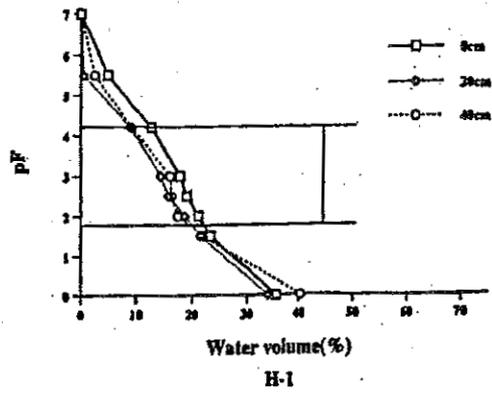


図3-5-4 pF-水分曲線(3).

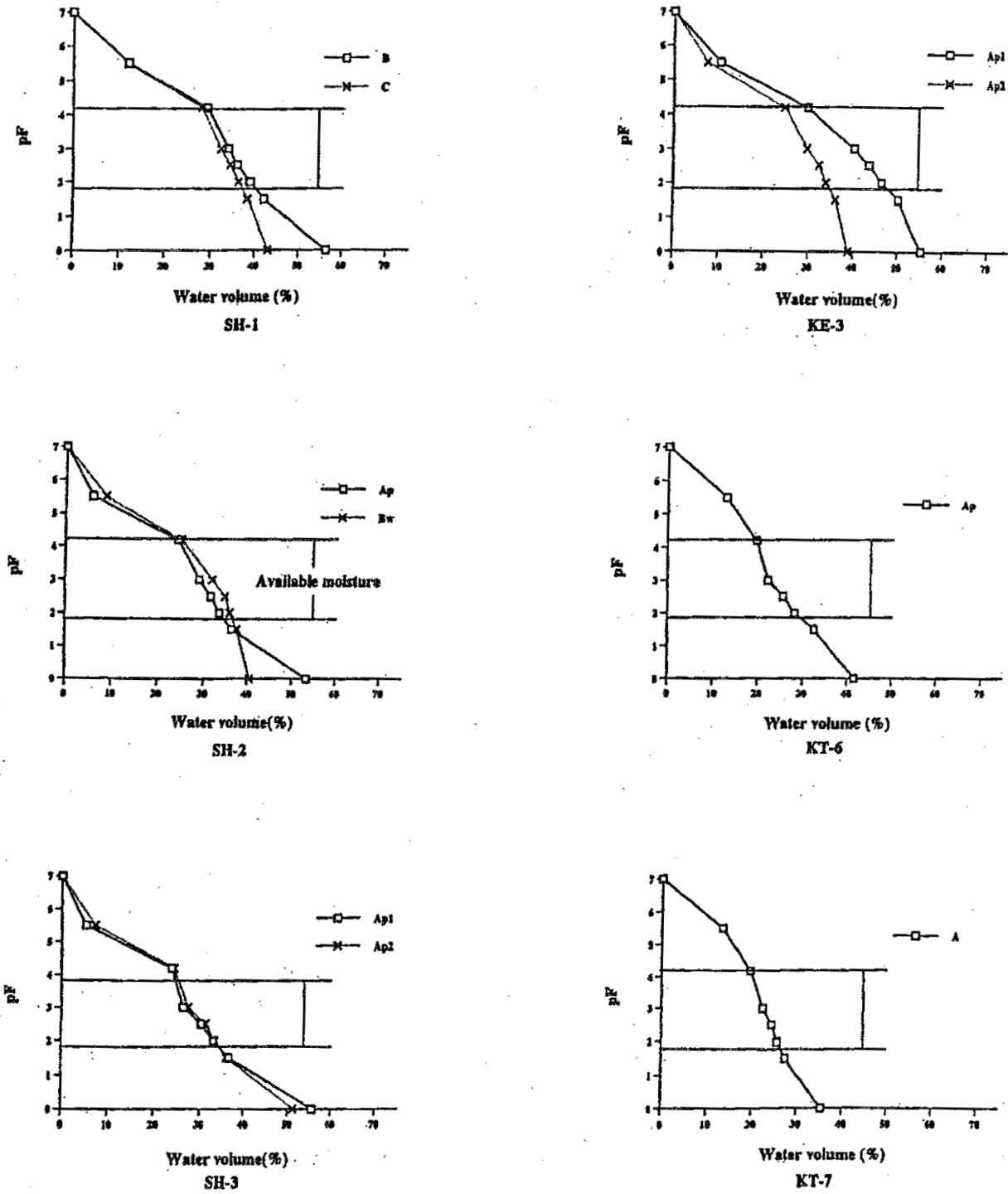


図3-5-5 pF-水分曲線(4).

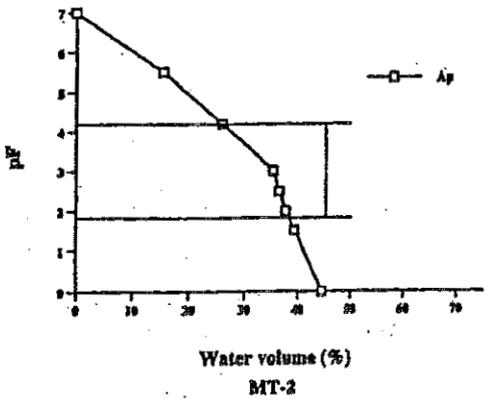
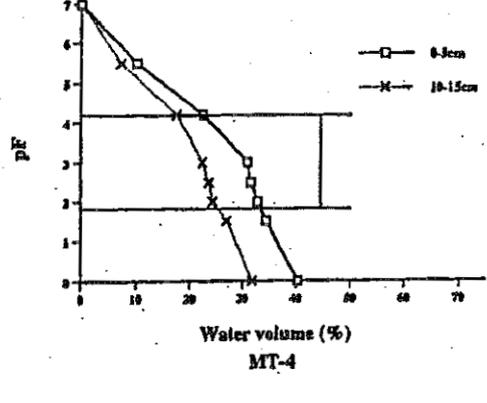
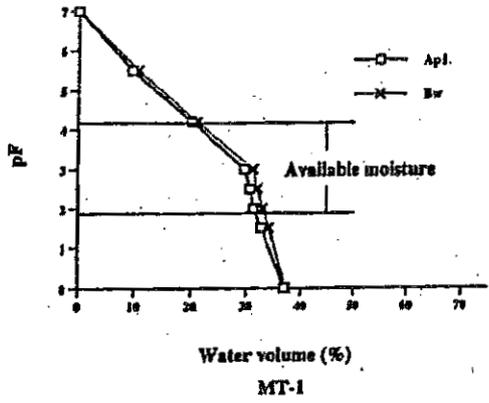
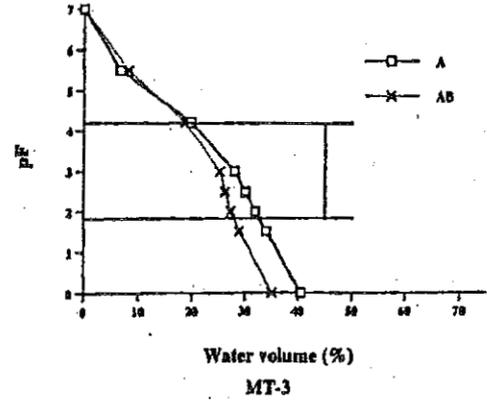
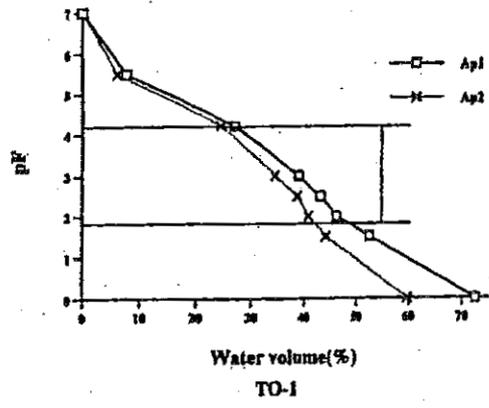


図3-5-6 pF-水分曲線(5).

表3-5-20 化学性(1).

Sample Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	△ pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations							T-C (g Kg ⁻¹)	T-N ratio	C/N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W. (%)		
					Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	H						Sum	CEC
H11	0 cm	6.34	5.51	-0.83	0.096	6.70	2.80	0.20	0.10	0.02	0.01	9.80	8.60	5.10	0.70	7.3	6.07	3.19
	20	5.37	4.12	-1.25	0.062	1.50	3.70	0.20	0.10	0.93	0.78	5.50	8.30	2.60	0.60	4.3	0.92	4.40
	40	5.25	3.99	-1.26	0.050	0.40	3.80	0.20	0.20	1.36	0.65	4.60	8.20	2.20	0.70	3.1	1.18	3.57
	60	5.19	3.96	-1.23	0.043	0.30	3.90	0.20	0.20	1.29	0.70	4.60	7.80	2.30	0.60	3.8	0.70	3.94
	80	4.96	3.90	-1.06	0.062	0.30	3.80	0.20	0.20	0.93	1.11	4.50	8.20	2.50	0.60	4.2	0.92	3.57
K-L	0 cm	7.53	7.11	-0.42	0.074	9.50	1.10	0.20	0.10	0.03	0.03	10.90	10.00	4.80	0.60	8.0	25.68	2.25
	20	5.65	4.25	-1.40	0.035	3.70	2.00	0.20	0.10	0.92	0.46	6.00	11.10	4.60	0.60	7.7	3.58	3.38
	40	5.01	4.02	-0.99	0.043	2.00	2.00	0.20	0.10	1.87	1.53	4.30	7.90	4.00	0.60	6.7	2.23	3.19
H-N	E	4.82	3.79	-1.03	0.023	0.60	0.50	0.20	0.10	3.53	6.52	1.40	13.10	12.60	0.70	18.0	3.01	4.40
	Bh	4.60	3.81	-0.79	0.028	3.00	0.60	0.20	0.10	3.24	8.58	3.90	15.40	13.50	0.90	15.0	2.10	5.75
	C	4.75	4.00	-0.75	0.026	0.20	0.20	0.10	0.10	3.92	6.34	0.60	10.40	2.60	0.50	5.2	0.70	6.72
	CR	4.72	3.99	-0.73	0.029	0.20	0.10	0.10	0.10	4.01	6.61	0.50	12.10	2.40	0.40	6.0	0.70	7.24
	Ap	6.40	5.27	-1.13	0.122	11.14	2.06	0.94	0.06	0.10	0.02	14.20	22.04	36.30	2.90	12.5	841.40	4.12
T-1	C	4.21	3.62	-0.59	0.220	1.34	0.87	0.69	0.05	2.85	0.87	2.95	9.78	7.10	0.80	8.9	27.25	2.53
	R	3.67	3.26	-0.41	0.878	1.73	2.01	0.34	0.09	1.78	1.29	4.17	8.90	9.50	0.90	10.6	95.20	1.96
	0 cm	5.25	4.48	-0.77	0.220	8.63	0.90	0.86	0.16	0.13	0.12	10.55	19.04	26.30	2.50	10.5	1326.86	3.29
	20	5.35	4.48	-0.87	0.149	8.32	0.71	1.01	0.12	0.27	0.04	10.16	19.86	27.40	2.60	10.5	1570.92	3.66
	40	5.97	5.02	-0.95	0.118	5.76	0.85	1.01	0.08	0.11	0.02	7.70	15.00	5.20	0.70	7.4	14.89	3.38
T-2	60	5.83	4.90	-0.93	0.090	4.82	0.83	0.88	0.08	0.09	0.02	6.61	13.63	4.50	0.60	7.5	8.47	3.66
	80	6.15	5.88	-0.27	0.328	2.51	0.51	0.57	0.15	0.08	0.02	3.74	25.01	9.70	0.90	10.8	7.86	10.71
	100	5.92	4.96	-0.96	0.116	4.58	0.72	0.81	0.10	0.10	0.06	6.21	12.36	2.10	0.40	5.3	2.27	3.47
T-3	A	4.49	3.78	-0.71	0.076	0.37	0.17	0.29	0.10	1.89	7.38	0.93	24.23	41.10	2.30	17.9	6.16	4.85
	AB	5.06	3.98	-1.08	0.101	0.06	0.20	0.30	0.86	1.89	5.30	1.42	18.24	24.50	1.50	16.3	4.93	4.76
	C	4.80	4.04	-0.76	0.073	0.03	0.03	0.15	0.10	2.09	4.75	0.31	9.32	4.80	0.50	9.6	4.19	4.21
B-2	0 cm	4.76	3.54	-1.22	0.082	2.16	1.43	1.15	n.d.	1.09	3.18	4.74	22.03	30.40	2.80	10.9	670.31	4.21
	20	5.04	3.73	-1.31	0.055	3.96	4.54	0.32	n.d.	1.08	1.78	8.82	12.52	10.70	0.80	13.4	418.34	3.38
	40	4.77	3.84	-0.93	0.062	1.31	1.29	0.34	n.d.	1.33	3.90	2.94	14.42	9.10	0.70	13.0	87.77	2.91
	60	4.68	3.93	-0.75	0.067	1.18	0.79	0.22	n.d.	1.55	3.79	2.19	13.82	8.30	0.60	13.8	73.80	3.01
80	4.58	4.00	-0.58	0.075	0.69	0.02	0.16	n.d.	1.98	3.57	0.87	13.42	7.50	0.60	12.5	41.92	3.10	

表3-5-21 化学性(2).

Sample Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl) Δ	pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations								T-C (g Kg ⁻¹)	T-N ratio	C / N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W.		
					Ca	Mg	K	Na	NH ₄ *	Al	H	Sum						CEC	
B-4	0 cm	4.75	3.69	-1.06	0.511	2.88	0.72	0.58	0.05	1.05	2.42	4.23	16.61	24.00	2.30	10.4	633.10	1.67	
	20	4.58	3.94	-0.64	0.279	5.18	1.00	0.20	0.08	0.78	0.90	6.46	14.76	9.00	0.90	10.0	46.68	2.63	
	40	4.75	4.46	-0.29	0.117	6.93	0.92	0.13	0.06	0.51	0.02	8.04	13.45	3.90	0.30	13.0	14.67	2.06	
	60	5.62	4.57	-1.05	0.089	8.36	0.89	0.10	0.06	0.12	0.07	9.41	14.95	5.80	0.60	9.7	6.46	2.25	
	80	5.61	4.55	-1.06	0.088	8.70	0.87	0.10	0.07	0.08	0.08	9.74	15.38	5.60	0.50	11.2	1.75	2.15	
A-3	0 cm	4.74	4.03	-0.71	0.085	8.49	0.41	1.00	0.28	0.46	0.30	10.18	17.36	17.20	1.90	9.1	3765.98	2.91	
	20	4.83	3.82	-1.01	0.079	5.34	0.47	0.55	0.14	0.87	1.45	6.50	14.70	9.20	1.10	8.4	40.22	2.53	
	40	5.89	3.77	-2.12	0.051	4.39	0.55	0.23	0.08	0.93	2.06	5.25	14.70	10.50	1.20	8.8	133.32	2.53	
	60	5.79	4.38	-1.41	0.048	7.38	0.96	0.20	0.11	0.19	0.09	8.65	15.32	6.80	0.70	9.7	18.03	2.53	
	80	5.78	4.52	-1.26	0.054	8.48	1.16	0.19	0.13	0.08	0.15	9.96	18.07	7.50	0.60	12.5	260.48	3.01	
Y-0	Ap	6.93	6.12	-0.81	0.157	7.42	2.61	1.43	n.d.	0.13	0.04	0.01	11.46	16.94	13.40	1.10	3.4	343.67	5.57
	C	5.83	3.60	-2.23	0.052	2.44	1.70	0.36	n.d.	0.04	0.83	1.14	4.50	10.35	0.90	0.00	0.9	4.37	3.38
	2C	6.05	4.52	-1.53	0.070	4.36	1.88	0.39	n.d.	0.38	0.27	0.02	6.63	16.22	8.00	0.80	0.9	48.91	6.28
	3C	6.18	4.66	-1.52	0.044	5.52	2.33	0.25	n.d.	0.28	0.13	0.11	8.10	10.35	4.40	4.40	1.0	10.48	6.72
	Ap1	5.00	3.95	-1.05	0.078	3.26	0.66	0.81	0.06	0.28	1.06	2.64	4.79	19.76	12.80	1.30	9.9	27.21	3.19
Y-P	Ap2	5.10	3.96	-1.14	0.051	4.46	0.68	0.34	0.06	0.15	1.18	2.75	5.54	18.13	12.00	1.10	10.9	23.45	3.29
	BA	4.43	3.84	-0.59	0.128	1.26	0.17	0.38	0.04	0.25	1.91	5.01	1.85	19.03	12.20	1.10	11.1	16.72	3.66
	Bt	4.52	3.91	-0.61	0.051	1.36	0.11	0.34	0.04	0.10	2.56	5.31	1.85	17.75	8.90	0.80	11.1	3.93	3.47
	BC	4.42	4.07	-0.35	0.058	1.05	0.15	0.38	0.06	0.14	3.43	2.31	1.64	16.87	9.90	0.70	14.1	n.d.	3.19
	0 cm	6.17	5.09	-1.08	0.071	4.86	2.14	0.36	0.08	0.19	0.08	0.07	7.44	24.50	11.40	0.80	14.3	70.31	8.14
Y-W	20	4.88	3.98	-0.90	0.210	1.67	1.21	0.35	0.08	0.10	10.12	0.21	3.31	25.29	3.40	0.10	34.0	11.05	11.96
	40	4.81	3.99	-0.82	0.193	1.47	1.11	0.32	0.08	0.10	9.56	0.23	2.98	24.75	4.30	0.20	21.5	11.57	12.96
	60	4.85	4.00	-0.85	0.189	0.96	0.80	0.64	0.08	0.07	10.02	0.17	2.48	22.12	3.30	0.40	8.3	7.95	7.32
	80	4.71	3.95	-0.76	0.181	1.11	2.41	0.64	0.07	0.07	11.82	0.12	4.23	24.36	4.40	0.30	14.7	10.04	8.84
	A	4.24	3.74	-0.50	0.013	0.11	4.15	0.40	0.11	0.21	29.00	1.05	4.77	28.08	43.20	3.30	13.1	8.64	11.70
Y-N	AB	4.15	3.81	-0.34	0.106	0.07	0.36	0.32	0.10	0.11	28.44	1.04	0.85	24.33	27.30	2.30	11.9	9.43	9.63
	B	4.30	3.89	-0.41	0.064	0.04	0.61	0.27	0.12	0.18	26.82	0.79	1.04	25.59	15.90	1.30	12.2	6.16	9.70
	C	4.94	4.01	-0.93	0.148	0.02	4.38	0.11	0.14	0.06	26.93	0.60	4.65	26.03	1.90	0.20	9.5	6.16	7.58

表3-5-22 化学性(3).

Sample	Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	△ pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations								T-C (g Kg ⁻¹)	T-N ratio	C/N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W. (%)	
						Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	H	Sum						CEC
HM-1	0 cm	4.99	4.55	-0.44	0.647	2.32	1.10	0.55	0.02	0.12	0.13	n.d.	3.99	4.20	2.40	1.30	1.9	16.81	1.90
	20	4.70	4.49	-0.21	0.251	1.58	0.42	0.02	0.01	0.10	0.34	n.d.	2.03	4.40	4.80	0.50	9.6	12.45	2.40
	40	4.57	4.19	-0.38	0.241	0.77	0.20	0.01	n.d.	0.03	2.61	n.d.	0.98	4.16	1.00	0.40	2.5	0.92	1.50
	60	4.43	4.11	-0.32	0.230	0.72	0.27	0.01	n.d.	0.04	2.85	n.d.	1.00	3.84	0.70	0.10	7.0	2.88	1.30
HM-2	A	5.14	4.18	-0.96	0.183	1.09	0.60	0.02	n.d.	0.25	4.15	0.34	1.71	17.74	66.10	3.80	17.4	3.32	5.20
	AB	4.48	4.18	-0.30	0.143	0.18	0.16	0.01	n.d.	0.24	3.51	0.17	0.35	14.23	30.30	1.70	17.8	3.01	4.20
	B	4.59	4.21	-0.38	0.114	0.14	0.13	0.01	n.d.	0.17	5.66	3.05	0.28	13.90	34.80	2.00	17.4	2.01	4.80
MS-1	A	5.47	4.19	-1.28	0.108	2.47	1.05	1.06	0.13	0.09	3.01	0.13	4.71	17.90	41.00	2.85	14.4	7.06	
	B	5.35	3.99	-1.36	0.049	0.38	0.20	0.52	0.07	0.06	7.59	0.17	1.17	13.90	18.50	1.09	17.0	13.30	
	ba	5.08	3.98	-1.10	0.056	0.33	0.13	0.29	0.18	0.07	8.14	0.31	0.93	14.90	25.10	1.60	15.7	6.67	
	bc	5.17	3.85	-1.32	0.038	0.18	0.08	0.20	0.15	0.04	8.14	0.31	0.61	11.70	7.55	0.51	14.8	10.20	
MS-2	A-AC	4.96	3.95	-1.01	0.086	0.43	0.25	0.24	0.09	0.12	6.82	0.28	1.01	12.40	30.70	2.29	13.4	10.60	
	AC	5.08	4.06	-1.02	0.037	0.27	0.16	0.16	0.06	0.06	6.63	0.20	0.65	11.30	16.30	1.26	12.9	6.59	
	C	5.22	3.98	-1.24	0.027	0.18	0.10	0.12	0.07	0.05	6.70	0.36	0.47	9.98	5.66	0.56	10.1	7.56	
MS-3	A	5.29	4.04	-1.25	0.083	1.53	0.92	0.54	0.12	0.78	3.97	0.29	3.11	16.30	54.70	4.62	11.8	26.40	
	AC	5.46	4.20	-1.26	0.036	0.90	0.37	0.22	0.17	0.07	5.63	0.34	1.66	15.90	30.90	2.32	13.3	8.63	
MS-4	A	5.38	4.05	-1.33	0.041	0.83	0.42	0.27	0.13	0.39	6.27	0.24	1.65	15.90	40.80	3.63	11.2	21.10	
	AC	5.45	4.16	-1.29	0.033	0.73	0.35	0.16	0.10	0.06	4.99	0.38	1.34	12.50	18.30	1.54	11.9	11.40	
MS-5	A	5.43	4.24	-1.19	0.050	0.91	0.65	0.35	0.11	0.05	5.08	0.27	2.02	17.20	51.10	3.70	13.8	8.99	
	AB	5.47	4.21	-1.26	0.036	0.46	0.39	0.25	0.11	0.20	5.29	0.20	1.21	13.30	31.10	2.17	14.3	4.89	
	Bt	5.37	4.05	-1.32	0.035	0.30	0.25	0.19	0.09	0.06	7.38	0.34	0.83	12.20	16.60	1.30	12.8	8.40	
	C	5.17	3.95	-1.22	0.032	0.21	0.17	0.10	0.10	0.05	9.62	0.36	0.58	12.00	6.13	0.63	9.7	7.55	
MK	A	5.19	3.82	-1.37	0.033	0.63	0.40	0.25	0.08	0.04	10.30	0.82	1.36	14.60	39.00	2.14	18.2	13.40	
	BA	5.18	3.81	-1.37	0.033	0.72	0.27	0.18	0.09	0.05	11.60	0.75	1.26	15.00	34.00	1.92	17.7	8.71	
	B	4.90	3.72	-1.18	0.021	0.14	0.07	0.09	0.05	0.03	11.60	0.50	0.35	10.70	6.43	0.78	8.2	4.59	

表3-5-23 化学性(4).

Sample Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl) △	pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations								T-C (g Kg ⁻¹)	T-N ratio	C/N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W.		
					Ca	Mg	K	Na	NH ₄ *	Al	H	Sum						CEC	
H-1	Ap	6.21	5.24	-0.97	0.409	2.23	0.10	0.01	n.d.	0.16	n.d.	0.39	2.34	8.43	3.40	0.40	8.5	6.03	1.64
	C1	5.43	5.27	-0.16	0.169	3.68	1.12	0.01	0.01	0.09	1.50	0.11	4.82	6.99	1.00	0.20	5.0	3.62	1.30
	C2	5.69	4.33	-1.36	0.132	0.89	2.71	0.01	0.01	0.10	7.42	0.51	3.62	5.55	0.30	0.20	1.5	2.45	1.23
	60cm	5.72	4.35	-1.37	0.138	0.82	2.16	0.01	n.d.	0.10	0.43	n.d.	2.99	6.03	0.40	0.20	2.0	1.79	1.20
	80	5.60	4.34	-1.26	0.106	0.86	2.67	0.01	n.d.	0.10	0.48	n.d.	3.54	6.39	0.30	0.20	1.5	2.40	1.14
	0 cm	5.54	4.37	-1.17	0.191	4.06	1.57	1.00	0.01	0.14	0.16	0.09	6.64	17.54	16.20	1.40	11.6	135.46	3.05
H-2	20	5.33	4.31	-1.02	0.085	3.90	1.23	0.87	0.01	0.09	0.60	0.09	6.01	18.42	15.30	1.30	11.8	119.65	3.70
	40	4.82	4.03	-0.79	0.243	2.23	0.67	0.71	0.01	0.09	0.45	n.d.	3.62	18.78	15.40	1.30	11.9	1.18	4.51
	60	4.65	3.98	-0.67	0.263	3.13	1.83	0.60	0.01	0.12	8.57	0.18	5.57	17.50	5.30	0.60	8.8	1.79	5.04
	80	4.39	3.97	-0.42	0.297	1.98	1.15	0.02	0.01	0.05	9.61	0.42	3.16	21.22	3.40	0.40	8.5	n.d.	4.77
	0 cm	5.79	4.56	-1.23	0.204	3.84	4.24	0.64	1.74	0.30	0.28	0.05	10.46	18.06	47.20	3.70	12.8	4.24	4.08
	10	4.52	4.11	-0.41	0.155	0.68	2.62	0.02	0.02	0.13	6.47	n.d.	3.34	15.62	19.20	1.50	12.8	1.18	3.38
H-3	20	4.82	4.02	-0.80	0.102	0.50	2.23	0.02	0.02	0.10	9.89	n.d.	2.77	18.58	14.90	1.20	12.4	1.18	4.18
	40	4.56	4.02	-0.54	0.212	0.58	0.77	0.66	0.02	0.10	10.34	n.d.	2.03	16.38	4.90	0.50	9.8	0.61	3.54
	60	4.39	3.94	-0.45	0.212	0.30	0.45	0.02	0.01	0.10	13.13	n.d.	0.78	14.07	3.80	0.90	4.2	0.61	2.93
	70+	4.43	3.91	-0.52	0.216	0.21	0.67	0.01	0.01	0.17	12.35	0.63	0.90	14.51	4.20	0.40	10.5	1.18	2.55
	A	5.54	4.05	-1.49	0.078	1.19	0.48	0.26	0.04	0.10	5.73	0.02	1.97	10.00	26.10	1.32	19.8	4.67	
	AB	5.08	4.07	-1.01	0.041	0.22	0.09	0.10	0.03	0.14	7.70	0.16	0.44	7.88	13.90	0.68	20.4	3.47	
NH-1	BA	4.95	4.05	-0.90	0.037	0.09	0.08	0.12	0.02	0.05	9.44	0.10	0.31	7.88	5.90	0.30	19.7	1.68	
	Bt	4.95	4.06	-0.89	0.034	0.04	0.04	0.12	0.02	0.04	11.30	0.04	0.22	8.11	2.65	0.17	15.6	10.20	
	C	5.03	4.04	-0.99	0.022	0.03	0.08	0.08	0.03	0.03	12.80	0.01	0.22	8.86	2.33	0.18	12.9	9.64	
	A	4.71	3.71	-1.00	0.062	0.10	0.20	0.22	0.05	0.05	14.20	0.35	0.57	12.80	30.90	1.35	22.9	4.60	
NH-2	AB	4.96	3.96	-1.00	0.045	0.07	0.09	0.21	0.05	0.21	11.70	0.31	0.42	9.09	17.70	0.87	20.3	5.67	
	Bw	4.75	3.92	-0.83	0.029	0.02	0.10	0.24	0.03	0.08	23.70	tr.	0.39	12.10	4.71	0.37	12.7	5.06	
	C	4.96	4.15	-0.81	0.040	0.01	0.09	0.08	0.02	0.03	9.53	0.16	0.20	5.25	1.58	0.15	10.5	2.62	

表3-5-24 化学性(5)

Sample	Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl) Δ	pH	Eu	Exchangeable cations										T-C	T-N	C/N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W. (%)	
						Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	H	Sum	CEC	(g Kg ⁻¹)						
						(cmol[+] kg ⁻¹)															
KR-1	0 cm	4.59	4.25	-0.34	1.223	8.24	2.85	1.14	0.01	1.07	0.90	0.13	12.24	20.86	58.50	5.50	10.6	596.07	5.18		
	10	4.41	3.64	-0.77	0.261	2.52	0.94	0.81	n.d.	0.23	8.12	0.07	4.27	20.38	37.10	3.10	12.0	349.13	4.41		
	20	4.79	3.79	-1.00	0.238	0.68	0.27	0.56	n.d.	0.15	10.80	0.16	1.51	24.82	21.50	2.40	9.0	130.44	3.35		
	40	4.36	3.96	-0.40	0.202	0.44	0.17	0.55	n.d.	0.16	10.94	0.07	1.16	24.38	22.50	1.90	11.8	19.83	3.27		
	60	4.61	3.94	-0.67	0.195	1.36	0.65	0.74	n.d.	0.13	10.83	0.18	2.75	18.38	5.60	0.70	8.0	1.83	4.08		
KR-2	0 cm	6.21	5.28	-0.93	0.199	2.21	3.55	1.04	n.d.	0.23	n.d.	n.d.	6.80	23.78	36.60	3.30	11.1	506.55	3.68		
	10	5.99	5.03	-0.96	0.139	6.78	3.00	0.81	n.d.	0.20	n.d.	n.d.	10.59	20.74	18.30	1.60	11.4	345.07	3.44		
	20	5.35	4.23	-1.12	0.168	4.22	1.68	0.67	n.d.	0.16	2.07	n.d.	6.57	20.54	15.20	1.30	11.7	101.14	3.63		
	40	4.63	3.84	-0.79	0.216	1.85	0.80	0.71	n.d.	0.12	18.58	n.d.	3.36	24.86	4.70	0.50	9.4	1.66	3.08		
	60	4.58	3.82	-0.76	0.215	2.00	1.00	0.81	n.d.	0.11	17.23	n.d.	3.81	24.82	3.10	0.50	6.2	1.48	2.88		
75+	4.33	3.85	-0.48	0.245	1.67	0.94	0.68	n.d.	0.15	15.76	n.d.	3.29	18.02	0.40	0.60	0.7	2.01	2.55			
OT-1	Ap	7.05	5.98	-1.07	0.177	18.37	2.28	1.64	1.73	0.08	n.d.	0.09	24.02	24.87	31.63	4.38	7.2	17.86	3.65		
	C1	5.28	3.72	-1.56	0.107	2.26	0.61	0.41	1.04	0.04	6.14	0.49	4.32	20.44	10.43	2.03	5.1	5.13	3.23		
	C2	4.69	3.75	-0.94	0.127	1.28	0.20	0.56	0.54	0.05	9.04	0.42	2.58	25.87	15.04	2.23	6.7	3.32	4.00		
	C3	5.50	4.01	-1.49	0.110	3.51	0.81	1.01	0.26	0.04	1.50	n.d.	5.59	21.49	6.52	1.41	4.6	2.92	3.71		
OT-2	A	6.01	4.75	-1.26	0.136	7.02	2.10	1.19	0.52	0.08	n.d.	0.15	10.83	18.26	31.53	3.99	7.9	1.03	2.82		
	C1	5.81	4.42	-1.39	0.103	7.50	1.87	0.74	1.88	0.08	0.22	0.18	11.99	19.32	32.92	4.06	8.1	1.04	3.03		
	C2	5.55	3.87	-1.68	0.083	2.32	0.77	0.34	0.16	0.03	10.26	0.36	3.59	12.45	6.10	1.22	5.0	0.92	1.71		
SH-1	A	4.00	3.22	-0.78	0.335	0.82	1.23	1.11	1.36	0.13	37.90	2.28	4.52	91.02	275.04	20.14	13.7	1.49	7.62		
	AB	4.42	3.66	-0.76	0.087	0.01	0.06	0.20	0.58	0.10	37.77	1.36	0.85	25.24	26.81	2.92	9.2	0.98	4.43		
	B	4.67	3.72	-0.95	0.084	n.d.	0.03	0.19	0.61	0.11	33.97	1.01	0.83	23.40	16.33	2.12	7.7	0.81	3.73		
	C1	4.19	3.75	-0.44	0.080	0.01	0.03	0.18	0.45	0.11	33.07	1.02	0.67	24.16	12.58	1.92	6.6	0.94	3.46		
C2	4.50	3.80	-0.70	0.111	0.16	0.27	0.15	0.46	0.10	28.05	0.80	1.04	15.12	1.79	0.98	1.8	0.93	2.41			
SH-2	Ap	6.43	5.39	-1.04	0.245	13.95	4.38	1.85	0.36	0.04	n.d.	0.12	20.54	34.60	24.36	2.19	11.1	14.85	3.51		
	Bw	6.62	5.29	-1.33	0.119	12.11	4.06	1.58	0.34	0.04	n.d.	0.07	18.09	25.22	19.10	1.91	10.0	12.75	5.20		
	BC	5.68	4.27	-1.41	0.137	10.32	3.11	0.49	0.37	0.03	0.48	0.07	14.29	24.68	5.02	0.72	7.0	0.91	3.65		
	C2	6.23	4.20	-2.03	0.063	11.26	3.46	0.52	0.30	0.15	0.48	0.07	15.54	21.20	4.72	0.75	6.3	1.03	3.62		
C3g	5.69	4.43	-1.26	0.132	13.06	3.78	0.35	0.29	0.03	0.26	0.08	17.48	25.04	5.45	0.68	8.0	1.41	4.20			
SH-3	Ap1	6.13	5.08	-1.05	0.147	13.33	2.42	0.97	0.30	0.13	0.08	0.12	17.02	26.09	31.96	2.76	11.6	15.37	3.42		
	Ap2	6.10	5.05	-1.05	0.131	12.63	2.27	1.31	0.28	0.14	n.d.	0.14	16.49	27.96	30.41	2.65	11.5	17.09	4.04		
	Bw	6.13	4.62	-1.51	0.070	5.40	1.32	0.37	0.21	0.03	0.05	0.11	7.30	18.59	5.42	0.63	8.6	1.12	2.21		
	C	5.88	4.49	-1.39	0.107	7.15	1.85	0.19	0.27	0.03	0.11	0.11	9.46	21.03	5.74	0.69	8.3	1.12	3.64		

表3-5-25 化学性(6).

Sample	Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl) △	pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations							T-C (g Kg ⁻¹)	T-N C / N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W. (%)		
						Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	H					Sum	CEC
ST-1	A	6.38	5.55	-0.83	0.127	11.90	5.31	0.57	0.09	0.11	0.11	0.10	17.87	22.60	77.80	4.94	15.7	41.10
	AB	6.59	5.42	-1.17	0.076	8.46	4.23	0.22	0.10	0.07	tr.	0.09	13.01	17.60	45.20	2.59	17.5	10.50
	Bw	5.05	3.97	-1.08	0.025	2.98	0.47	0.10	0.05	0.07	16.50	0.62	3.60	17.30	11.00	0.69	15.9	3.41
	C	4.83	3.92	-0.91	0.070	0.89	0.14	0.16	0.04	0.07	26.00	1.23	1.23	18.90	4.71	0.46	10.2	1.83
ST-2	A	6.18	4.96	-1.22	0.074	8.21	3.04	0.55	0.10	0.11	0.18	0.08	11.90	21.20	62.20	4.08	15.2	16.90
	AB	6.22	4.86	-1.36	0.052	6.28	2.47	0.31	0.09	0.07	0.19	0.10	9.15	18.90	49.60	3.31	15.0	7.80
	BA	5.23	4.22	-1.01	0.117	1.36	0.92	0.12	0.07	0.05	3.85	0.20	2.47	14.30	11.20	0.82	13.7	1.57
	BA-Bw	5.30	4.05	-1.25	0.037	0.45	0.28	0.13	0.10	0.05	8.37	0.31	0.96	14.10	6.81	0.51	13.4	17.50
KE-1	A	6.09	4.85	-1.24	0.047	4.13	4.62	0.13	0.14	0.08	n.d.	0.15	9.02	15.00	34.32	3.89	8.8	1.27
	Bw	6.60	5.14	-1.46	0.039	1.99	3.62	0.01	0.14	0.06	n.d.	0.13	5.76	15.25	7.27	0.74	9.8	1.03
	C	6.96	5.47	-1.49	0.026	0.95	2.92	n.d.	0.11	0.06	0.26	0.03	3.98	5.46	2.84	0.33	8.6	0.89
KE-2	A	5.82	4.51	-1.31	0.099	9.56	4.61	1.58	0.19	0.24	0.37	0.22	15.94	25.05	71.93	5.15	14.0	1.21
	Bw	4.94	3.65	-1.29	0.037	1.09	0.96	0.56	0.14	0.06	19.21	0.55	2.75	27.64	24.13	2.13	11.3	0.76
	BC	4.73	3.60	-1.13	0.034	0.93	0.36	0.31	0.14	0.08	32.43	0.78	1.74	19.62	3.07	0.84	3.7	0.72
	C	4.69	3.58	-1.11	0.035	0.31	0.42	0.31	0.25	0.11	38.99	1.31	1.29	21.78	1.83	0.72	2.5	0.70
KE-3	Ap1	5.52	4.27	-1.25	0.056	4.35	3.95	0.20	0.17	0.11	0.33	0.15	8.67	18.17	31.41	3.58	8.8	1.99
	Ap2	6.08	4.69	-1.39	0.040	5.05	3.58	0.05	0.15	0.07	n.d.	0.10	8.83	15.35	17.42	2.03	8.6	1.81
	C	6.65	5.26	-1.39	0.039	4.55	3.98	0.02	0.15	0.10	n.d.	0.08	8.70	17.20	9.77	0.94	10.4	0.73
	2C	6.93	5.37	-1.56	0.029	4.89	3.97	n.d.	0.14	0.04	n.d.	0.07	9.00	12.59	6.49	0.41	15.8	0.79
NS-1	A	4.50	3.94	-0.56	0.447	3.58	1.55	0.64	0.03	0.22	4.29	0.65	5.80	19.90	42.90	3.83	11.2	0.56
	Bg	5.21	4.06	-1.15	0.090	2.18	0.99	0.22	0.04	0.12	7.24	0.33	3.43	16.10	23.90	2.08	11.5	0.02
	C	4.76	3.98	-0.78	0.046	0.46	0.41	0.16	0.03	0.10	17.90	0.45	1.06	15.30	9.80	1.22	8.0	tr.
NS-2	A	6.21	4.66	-1.55	0.062	8.64	2.11	0.23	0.11	0.28	tr.	0.12	11.09	17.80	32.20	3.57	9.0	83.50
	Bw	6.55	4.80	-1.75	0.042	6.34	1.60	0.11	0.07	0.04	tr.	0.04	8.12	12.90	7.58	1.23	6.2	18.00
	C	5.71	4.19	-1.52	0.047	1.91	0.60	0.18	0.04	0.04	6.93	0.45	2.73	10.70	2.85	0.57	5.0	9.90
NS-3	A-AB	4.91	4.02	-0.89	0.142	2.17	0.53	0.37	0.09	0.19	10.40	0.35	3.16	14.10	15.90	1.80	8.8	0.02
	Bt	4.89	4.06	-0.83	0.120	1.62	0.36	0.31	0.03	0.10	14.90	0.31	2.32	14.80	10.00	1.62	6.2	tr.
	C	4.38	4.04	-0.34	0.206	0.16	0.20	0.21	0.04	0.13	23.70	0.46	0.61	17.80	5.74	0.93	6.2	tr.

表3-5-26 化学性(7)

Sample Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl) △	pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations							T-C (g Kg ⁻¹)	T-N C / N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W. (%)			
					Ca	Mg	K	Na NH ₄	Al	H	Sum					CEC		
NS-4	A-AB	4.42	4.00	-0.42	0.709	2.79	1.21	0.73	0.07	0.26	7.25	0.48	4.80	18.00	30.90	3.22	9.6	0.15
	BA	4.67	4.07	-0.60	0.169	0.27	0.18	0.26	0.03	0.13	15.30	0.42	0.74	15.70	8.90	1.33	6.7	tr.
	BA	4.74	4.05	-0.69	0.155	0.21	0.22	0.24	0.02	0.14	17.00	0.45	0.69	15.70	6.48	1.23	5.3	0.18
	Bt	4.78	4.00	-0.78	0.189	0.15	0.30	0.23	0.05	0.13	20.40	0.52	0.73	15.90	4.23	1.06	4.0	0.02
	Bt	4.81	4.02	-0.79	0.133	0.73	0.77	0.21	0.06	0.15	16.60	0.57	1.77	16.20	4.56	1.07	4.3	0.03
	Bt	4.92	4.04	-0.88	0.189	1.95	1.49	0.26	0.04	0.13	10.80	0.48	3.74	17.20	5.42	1.13	4.8	0.02
NS-5	A	4.97	3.89	-1.08	0.082	2.12	1.07	0.55	0.08	0.15	10.60	1.69	3.82	24.10	41.50	3.59	11.6	8.67
	AC	4.85	3.91	-0.94	0.074	0.54	0.37	0.37	0.06	0.15	13.80	1.53	1.34	20.10	18.30	1.78	10.3	1.27
	C	4.78	3.99	-0.79	0.065	0.10	0.10	0.27	0.03	0.10	13.20	1.39	0.50	16.30	5.06	0.94	5.4	3.83
NS-6	A	5.06	3.93	-1.13	0.085	5.33	2.15	0.71	0.10	0.17	13.30	tr.	8.29	28.60	59.60	5.04	11.8	13.20
	AC	4.86	3.83	-1.03	0.065	1.31	0.69	0.39	0.07	0.15	13.90	2.28	2.46	22.20	31.20	2.81	11.1	5.48
	C	4.91	3.96	-0.95	0.062	0.32	0.27	0.25	0.05	0.15	14.60	1.96	0.89	15.80	7.25	1.19	6.1	tr.
KT-5	A1	4.11	3.52	-0.59	0.264	11.24	3.29	0.98	0.20	0.15	15.72	1.01	15.71	63.77	510.16	53.80	9.5	197.99
	A2	4.42	3.64	-0.78	0.156	1.12	0.78	0.49	0.10	0.08	32.01	1.13	2.49	46.26	272.01	52.79	5.2	100.10
	AC	4.67	3.89	-0.78	0.103	0.34	0.19	0.25	0.10	0.09	22.89	0.68	0.88	34.59	98.67	2.79	35.4	51.24
	C1	4.69	3.96	-0.73	0.088	0.06	0.14	0.19	0.08	0.10	20.63	0.47	0.47	30.99	84.04	2.45	34.3	72.82
	C2	4.77	4.02	-0.75	0.074	0.03	0.12	0.19	0.08	0.07	17.81	0.25	0.42	31.09	82.91	2.57	32.3	6.39
KT-6	Ap	6.72	6.13	-0.59	0.363	10.77	2.27	1.26	0.08	0.35	0.21	0.03	14.38	32.70	78.10	4.72	16.6	8632.31
	2C	6.05	5.06	-0.99	0.162	5.01	1.53	0.43	0.07	0.28	0.19	0.06	7.04	32.01	15.55	0.48	32.4	830.13
	3C	6.06	4.89	-0.17	0.261	4.13	1.19	1.10	0.09	0.12	0.26	0.05	6.51	25.93	9.15	0.16	57.2	317.66
KT-7	Ap1	7.11	6.44	-0.67	0.319	10.08	1.35	1.22	0.08	0.16	0.22	0.04	12.73	26.52	46.17	1.95	23.7	2409.24
	Ap2	7.19	6.47	-0.72	0.322	10.59	1.35	0.74	0.08	0.16	0.34	n.d.	12.76	28.49	48.88	2.20	22.2	4145.14
	2C	6.48	5.14	-1.34	0.353	12.50	3.13	0.74	0.13	0.14	0.22	0.04	16.50	25.55	9.34	0.36	25.9	142.75
TO-1	Ap	6.59	5.80	-0.79	0.178	21.35	33.25	0.72	0.08	0.24	n.d.	0.18	55.40	32.04	6.57	0.49	13.5	3865.47
	AB	6.06	5.08	-0.93	0.134	14.08	17.26	0.23	0.11	0.32	n.d.	0.51	31.69	28.95	5.19	0.40	12.9	2179.16
	B	5.31	4.26	-1.05	0.115	2.50	2.68	0.36	0.10	0.28	11.12	0.50	5.63	26.45	4.52	0.36	12.6	2248.50
	C	5.19	4.19	-1.00	0.075	0.52	0.55	0.26	0.04	0.09	12.41	0.65	1.38	17.57	1.77	0.17	10.1	n.d.
TO-2	A	3.99	3.11	-0.88	0.239	3.57	18.10	0.76	0.08	0.06	49.27	3.46	22.51	65.57	26.81	1.49	18.0	167.76
	AB	4.44	3.54	-0.90	0.089	0.11	1.16	0.26	0.08	0.05	80.51	3.41	1.60	40.09	7.42	0.41	18.2	3.45
	Bt	4.45	3.71	-0.74	0.113	0.18	0.46	0.18	0.09	0.25	52.42	3.05	0.91	34.45	6.05	0.35	17.3	n.d.
	C	4.60	3.73	-0.87	0.063	n.d.	0.04	0.11	0.05	0.08	46.76	1.93	0.21	27.36	4.42	0.28	15.8	n.d.

表3-5-27 化学性(8).

Sample Horizon or depth	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	△ pH	EC (ds m ⁻¹)	Exchangeable cations										T-C (g Kg ⁻¹)	T-N (g Kg ⁻¹)	C/N ratio	Truog - P205 (mg Kg ⁻¹)	M.W. (%)
					Ca	Mg	K	Na	NH ₄	Al	H	Sum	CEC						
MT-1	Ap	6.60	5.71	-0.89	0.254	9.39	3.35	1.64	1.32	0.15	n.d.	0.08	15.70	22.94	45.26	4.56	9.9	1828.86	2.86
	Bw	6.64	5.67	-0.97	0.163	8.92	2.71	1.12	1.43	0.11	n.d.	0.07	14.18	23.00	40.33	4.33	9.3	1525.51	2.75
	C1	6.29	5.63	-0.65	0.315	9.62	1.92	0.45	1.88	0.16	n.d.	0.06	13.87	30.91	27.56	1.97	14.0	66.93	2.74
	C2	6.14	5.53	-0.61	0.390	3.91	1.20	0.31	1.38	0.08	0.02	0.01	6.80	23.58	8.05	0.85	9.5	53.21	1.94
MT-2	Ap	6.35	5.41	-0.94	0.206	9.79	2.33	0.57	0.45	0.13	0.33	0.02	13.14	22.27	33.84	4.76	7.1	2783.54	2.60
	C1	6.29	5.08	-1.21	0.114	4.57	0.68	0.47	0.27	0.10	n.d.	0.14	5.99	11.81	8.98	1.40	6.4	1030.43	1.79
	C2	6.42	4.98	-1.44	0.131	4.18	0.68	0.43	1.64	0.10	n.d.	0.13	6.93	14.88	6.79	1.26	5.4	405.99	1.94
	C3	6.29	5.05	-1.24	0.115	5.45	1.08	0.75	0.45	0.11	0.22	0.03	7.73	18.15	13.64	1.60	8.5	309.76	2.23
MT-3	A	4.57	3.67	-0.90	0.184	0.13	0.16	0.24	0.39	0.06	15.62	0.79	0.92	21.67	40.92	4.22	9.7	106.93	2.48
	AB	4.93	3.95	-0.98	0.151	0.04	n.d.	0.13	0.38	0.06	5.43	0.51	0.55	27.44	14.79	1.71	8.7	106.02	1.63
	Bt	4.72	3.85	-0.87	0.159	0.01	n.d.	0.15	1.00	0.20	10.29	0.35	1.16	18.45	25.29	2.88	8.8	116.20	2.98
	C	4.88	4.04	-0.84	0.186	n.d.	n.d.	0.08	0.63	0.08	3.82	0.20	0.71	11.14	5.79	0.89	6.5	96.75	1.18
MT-4	A	5.16	4.10	-1.06	0.123	0.72	0.04	0.01	0.28	0.04	5.71	0.18	1.05	23.10	16.08	2.02	8.0	152.49	3.18
	10-15	5.47	4.11	-1.36	0.130	4.91	0.66	0.20	1.08	0.27	7.23	0.38	6.85	25.77	29.61	3.33	8.9	116.45	3.15
	AB	5.22	3.91	-1.31	0.097	3.24	0.40	0.10	1.07	0.21	3.10	0.37	4.81	28.41	24.73	2.92	8.5	62.68	3.02
	BA	5.20	3.93	-1.27	0.079	2.90	0.50	0.06	0.53	0.21	8.08	0.43	3.99	26.77	26.92	2.84	9.5	55.02	4.98
BC	5.23	4.02	-1.21	0.098	1.03	0.10	0.04	1.03	0.04	5.60	0.14	2.20	21.00	15.58	2.01	7.8	54.15	3.53	

△ pH: pH_(NH₄)-pH_(KCl)
 EC: Electric condition
 Sum: Ex.Ca+Ex.Mg+Ex.K+Ex.Na
 CEC: Cation exchange capacity
 T-C: Total carbon tr.: trace
 T-N: Total nitrogen * Blanks of NH₄, M.W. were no datas.
 M.W.: Moisture weight percentage
 n.d.: no detect

表3-5-28 水田の基準値 (高知県, 1990).

土 壤 の 性 質	土 壤 の 種 類		
	壤 質 土	粘質～強粘質土	黒 ボ ク 土
	灰色低地土、黄色土、褐色低地土、グライ 土、黒泥土		多量黒ボク土、黒ボ クグライ土、灰色低 地土下層黒ボク
作 土 の 厚 さ (cm)	15～20		
すき床層のち密度 (g/cm ³)	1.4～2.2		
主要根群域の最大ち密度 (g/cm ³)	2.2以下		
日 鏡 水 深 (mm)	10～30		
腐 植 含 有 率 (%)	2以上	3以上	5以上
pH(H ₂ O)	5.5～6.5		
陽イオン交換容量 (CEC) (me)	8以上	12以上	15以上
塩基状態	塩基飽和度 (%)	60～80	
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比が (65～75):(20～25):(2～10)であること	
有効態りん酸含有量 (ppm)	10～30		
有効態けい酸含有量 (ppm)	15～20		
可給態窒素含有量 (ppm)	5～10	10～20	10～20
遊離酸化鉄含有量 (%)	0.8～2.0		

- 注1 灰色低地土下層黒ボクは、作土にも黒ボクが混入しているので、黒ボク土に分類した。(普通畑、樹園地、施設畑に共通)
- 2 主要根群域は、すき床層までの土層である。
- 3 腐植含有率は、全炭素含有率に1.724を乗じて得た数値である。(共通)
- 4 陽イオン交換容量は、塩基置換容量と同様で、pH7における測定値を乾土100g当りに換算したものである(共通)。
- 5 有効態りん酸は、トルオーグ法による分析値を乾土100g当りに換算したものである(共通)。
- 6 有効態けい酸は、pH4.0の酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液で浸出したけい酸量を乾土100g当りに換算したものである。
- 7 可給態窒素は、風乾土壌を活水密閉状態にし、30℃で4週間放置し、生成したアンモニア態窒素を乾土100g当りに換算したものである。
- 8 カリウム(K₂O)の含有量は乾土100g当り最低15ppmとする。

3章

表3-5-29 普通畑の基準値 (高知県, 1990).

土 壌 の 性 質	土 壌 の 種 類			
	砂 質 土	壤 質 ~ 強 粘 質 土	黒 水 土	
	砂 丘 未 熟 土	褐色森林土、褐色低地土、 灰色低地土、暗赤色土、 赤色土、黄色土	多量黒ボク土、灰 色低地土下層黒ボク	
作 土 の 厚 さ (cm)	20以上			
作土の物理性	孔隙率 (%)	55~70	60~70	60~75
	粗孔隙率 (%)	20~35	25~35	25~40
主要根群域の厚さ (cm)	40以上			
主要根群域の最大ち密度 (g)	2.2以下			
主要根群域の粗孔隙率 (%)	10以上			
主要根群域の透水係数 (cm ² /分)	10 ⁻⁴ 以上			
主要根群域の易有効水分含有率 (%)	5以上			
地 下 水 位 (cm)	50以下			
グライ層の位置 (cm)	50以下			
腐 植 含 有 率 (%)	2以上	3以上	5以上	
	pH(H ₂ O)			
		6.0~6.5		
陽イオン交換容量 (C.E.C.) (me)	8以上	1.5以上 (壤質土は1.2以上)	2.0以上	
塩基組成	塩基飽和度 (%)	70~90	70~90	60~90
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比が(6.5~7.5):(2.0~2.5):(2~1.0)であること。		
有効態りん酸含有量 (ppm)	20~80			
可給態窒素含有量 (ppm)	5~15			

注1 転換畑を含む。

- 2 作土の厚さは、根菜類では30cm以上とする。
- 3 粗孔隙率は水が自重で降下できる粗大な孔隙で、通気透水性に関係する。
- 4 易有効水分は、作物が容易に吸水できるpF 1.5~2.7の水分である。
- 5 作物別のpHは別表を参照のこと。
- 6 しょうが、ばれいしょ、キャベツについての有効態りん酸の改良目標は30~50ppmである。
- 7 可給態窒素は、風乾土壌を畑水分状態にし、30℃で4週間放置し、生成したアンモニア態窒素を乾土10.0g当たりに換算したものである。
- 8 水田の注1、3、4、5、8を参照のこと。

表3-5-30 樹園地の基準値 (高知県, 1990).

土 壤 の 性 質		土 壤 の 種 類		
		砂 質 土	壤質～強粘質土	黒ボク土
		砂 丘 未 熟 土	褐色森林土、黄色土、 暗赤色土、赤色土	多量黒ボク土、灰色 低地土下層黒ボク
主要根群域の厚さ (cm)		60以上		
主要根群域の最大ち密度 (g/cm ³)		2.2以下		
主要根群域の粗孔隙率 (%)		10以上		
主要根群域の透水係数 (cm ² /秒)		10 ⁻⁴ 以上		
主要根群域の易有効水分含有率 (%)		5以上		
腐 植 含 有 率 (%)		2以上	3以上	5以上
pH(H ₂ O)	茶	4.0～5.0		
	果 樹	5.5～6.5		
陽イオン交換容量 (CEC) (me)		8以上	12以上	15以上
塩 基 状 態	塩基飽和度 (%)	茶	20～40	
		果 樹	60～90	60～90
塩 基 組 成		カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比が(65～75):(20～25):(2～10)であること。		
有効態りん含有量(%)	茶	30～60		
	果 樹	10～40		

注1 果樹のpH は別表参照のこと。

2 水田の注1、3、4、5、8を参照のこと。

表3-5-31 施設畑の基準値 (高知県, 1990).

土 壌 の 性 質	土 壌 の 種 類		
	砂 質 土	壤 質 ~ 強 粘 質 土	黒 ぼ く 土
	砂 丘 未 熟 土	褐色森林土、褐色低地土、灰色低地土、黄色土、赤色土、暗赤色土、グライ土、黒泥土	多量黒ぼく土、黒ぼくグライ土、灰色低地土下層黒ぼく
作 土 の 厚 さ (cm)	20以上		
作土の物理性	孔隙率 (%)	55~70	60~70
	粗孔隙率 (%)	20~35	25~35
主要根群域の厚さ (cm)	40以上		
主要根群域の最大ち密度 (g/cm ³)	2.2以下		
主要根群域の粗孔隙率 (%)	10以上		
主要根群域の透水性係数 (cm ² /s)	10 ⁻⁴ 以上		
主要根群域の島有効水分含有率 (%)	8以上		
地 下 水 位 (cm)	50以下		
グ ラ イ 層 の 位 置 (cm)	50以下		
腐 植 含 有 率 (%)	2以上	3以上	5以上
	pH (H ₂ O)		
	6.0~6.5		
陽イオン交換容量 (CEC) (me)	8以上	15以上 (壤質土は12以上)	20以上
塩基状態	塩基飽和度 (%)	70~90	70~90
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比が(65~75):(20~25):(2~10)であること。	
有効態りん酸含有量 (mg)	30~100		

- 注1 作物別の pH は別表参照のこと。
- 注2 水田の注1、3、4、5、8を参照のこと。
- 注3 普通畑の注2、3を参照のこと。

表3-5-32 作物別の最適pH (高知県, 1990).

(1) 野菜類か

適 正 pH	作 物 名
A 群 6.5~7.0	ほうれんそう、えんどう
B 群 6.0~6.5	きゅうり、ピーマン、なす、トマト、すいか、メロン、かぼちゃ、オクラ、とうがらし、いんげん、そらまめ、えだまめ、大豆、らっかせい、スイートコーン、みょうが、カリフラワー、ブロッコリー、はくさい、ねぎ、にら、さといも、しんじく、アスパラガス、セルリー、レタス、パセリ、みつば、うど、薬元ばと、ソルゴー、ホワイトクローバ、とうもろこし(飼料)、フリージア、バラ、ゼラニウム、カーネーション、まき、ゆり、ポインセチア、シクラメン
C 群 5.5~6.5	いちご、キャベツ、こまつな、サラダな、たまねぎ、小かぶ、ふき、だいこん、にんじん、ごぼう、れんこん レッドクローバ
D 群 5.5~6.0	しょうが、かんしょ、にんにく、ばれいしょ、らっきょう、そば、イタリアンライグラス、オーチャードグラス、トールフェスク

(2) 果樹類か

適 正 pH	作 物 名
5.0~6.5	桑
5.5~6.0	くり、もも
5.5~6.5	みかん、なし、かき
6.0~7.0	ぶどう

表3-5-33 石灰, 苦土, 加里の含有量と等量比 (高知県, 1990).

区 分	OEC (me)	塩基飽和度 (%)	含有量 (mg/100g)			当 量 比		
			CaO	MgO	K ₂ O	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K
水 田	塩 土 8	60~80	100~122	22~29	15~27	2.3~4.0	1.9~4.5	6.2~13.7
	粘~強粘質土 12	60~80	151~183	33~44	15~41	2.3~4.0	1.9~6.8	6.2~20.5
	黒ボク土 15	50~80	157~229	35~55	15~51	2.1~4.7	1.6~8.5	5.1~25.7
普通畑	砂 土 8	70~90	117~137	26~33	15~31	2.6~3.8	2.0~5.1	6.4~15.4
	塩 土 12	70~90	176~206	39~50	15~46	2.6~3.8	2.0~7.8	6.4~23.1
	粘~強粘質土 15	70~90	220~258	49~62	15~58	2.6~3.8	2.0~9.6	6.4~28.9
	黒ボク土 20	60~90	251~344	56~83	15~77	2.2~4.5	1.7~12.9	5.5~38.6
果樹園	砂 土 8	60~90	100~137	22~33	15~31	2.2~4.5	1.7~5.1	5.5~15.4
	塩~強粘質土 12	60~90	151~206	33~50	15~46	2.2~4.5	1.7~7.8	5.5~23.1
	黒ボク土 15	50~90	157~258	35~62	15~58	1.8~5.3	1.4~9.6	4.6~28.9
茶樹園	砂 土 8	20~40	33~61	7~15	15	1.7~5.9	1.3~2.3	4.1~6.8
	塩~強粘質土 12	20~40	50~92	11~22	15~21	1.7~5.9	1.3~3.4	4.1~10.3
	黒ボク土 15	20~40	63~115	14~28	15~26	1.7~5.9	1.3~4.4	4.1~12.9
施設畑	砂 土 8	70~90	117~137	26~33	15~31	2.6~3.8	2.0~5.1	6.4~15.4
	塩 土 12	70~90	176~206	39~50	15~46	2.6~3.8	2.0~7.8	6.4~23.1
	粘~強粘質土 15	70~90	220~258	49~62	15~58	2.6~3.8	2.0~9.6	6.4~28.9
	黒ボク土 20	60~90	251~344	56~83	15~77	2.2~4.5	1.7~12.9	5.5~38.6

く、土層も浅いので、作物根への酸性障害が懸念される。特に、R層のpH (H₂O) は、3.67と強酸性であり、交換性Al含量が高い反面、交換性カチオン、全炭素、有効態リン酸含量が少ない。有機物、石灰を中心とした深層施肥を行い、酸性障害を未然に防ぐ必要があると考えられる。

イチゴを栽培しているハウスのT-2は、深さ40cmまで粘土が多い。これは長年、水田作が行われていたためと考えられる。深さ80cmには二次堆積性の赤音地が存在し、粘土含量が著しく少ない。60、100cmの層は、シルトと砂の割合が少し異なるが、いずれも粘土含量が低いことから、河岸段丘の堆積物であることが推測される。また、40-60cmの固層割合がやや高い。これは水田の漏水を防ぐためのすき床の名残であろう。しかしながら、イチゴは浅根性であるため下層の固層率が高いことはそれほど問題とはならないと考えられる。また、有効水分量は0-60cmの間で8-13%と基準値を超え、作物栽培に適していると考えられる。100cm層の有効水分量も高く、80cm層の赤音地は24%と著しく高い。作土層の孔隙率、保水性は十分に基準値を満たし、物理性は良好であると考えられる。また、20cm層までの交換性Ca含量は8cmol(+)kg⁻¹以上、それ以深は2.5-5.8cmol(+)kg⁻¹と基準値より高い。したがって、pHは全層で弱酸性であり、ECも0.090-0.33dS cm⁻¹と基準値より高く、交換性Al含量も低い。さらに、表層10cm層、20cm層のpHが5.3程度と下層より低いのは、全炭素、有効態リン酸が高いことから、化学肥料の施肥に由来すると考えられる。深さ80cmの赤音地は、CECが25cmol(+)kg⁻¹と基準値より高く、また、ECも0.33dS m⁻¹と最高値であった。したがって、T-2の土壌は、値の深い作物を栽培しても物理的障害を受けることはないと考えられる。

天然生林(T-3)は、急傾斜に位置し、A層の粘土含量が低いことから、表層からの粘土の流亡が進んでいると考えられる。しかし、孔隙率が57.9%と高く、仮比重も0.94と低く、また、有効水分量も20%と高いことから、腐植の蓄積が物理性をよくしていると考えられる。これは、化学性にも反映し、A層のpHは4.49と低く、全炭素、CECは高い。また、AB層もA層から移動した有機物の影響を受け、

高くなっている。しかし、C層では交換性カチオン、CECが低く、pHは4.8と酸性であり、砂質の母材で塩基類の流亡が進んでいると考えられる。全層で交換性Al、H含量が多いことから、永久荷電性粘土鉱物に富むと推測される。

3) 香我美町

谷の下部にあるB-2の粘土含量は、全層で13-22%と周囲から粘土が供給され堆積した形跡はないようである。孔隙率は全層で50%以上、保水性も有効水分量が14-18%と物理性は良好である。全層で有機物含量が高いためにこれらの値が高いと考えられる。0-40cm層で、交換性Ca、Mg、全炭素含量がやや高いが、pH (H₂O) は4.8以上と弱酸性である。しかし、交換性Al、H含量はやや高く、pH (KCl) も3.8以下と低い。有機物中の有機酸や施肥されたリン酸、永久荷電性粘土の存在が、この酸性の原因であると考えられる。CECは、有機物の多い0cm層で22cmol kg⁻¹と特に高いが、それ以深でも13-14cmol(+)kg⁻¹と高めの値であり、根の深い柑橘類に適した保肥力をもつ土壤である。斜面から有機物が継続的に供給されていると考えられる。

ミカン畑(B-4)は、以前水田であったため表層の粘土含量がやや高いが、下層は河川性の砂の堆積物である。表層の気相率は、27.1%と高く良好であるが、下層は9%以下とかなり低く、有効水分量も7%以下と低い。表層は有機物含量が高いため、物理性が改善されているが、下層は砂の堆積物が固く詰まった状態である。0-80cmまでの全ての層位のCa含量が2.9-8.7cmol(+)kg⁻¹と高く、CECも13.5-16.6cmol(+)kg⁻¹と高めの値である。表層の有効態リン酸含量は670mg kg⁻¹と高い。水田後の露地柑橘畑としては良好な肥沃度を持つ土壤である。三宝山の石灰岩風化物が過去の河川の氾濫などによって堆積したのだろう。

ハウスミカンを栽培しているA-3は、全層で土性がCL-LiCであり、作物栽培には良好な土壤であるが、60cm以下の下層で、気相率が6%以下と非常に低く、通気不良が予測される。有効水分量は全層で低めであるが、畑地としての基準値は満たしている。最下層(80cm)の交換性Ca、CEC、有効態リ

ン酸含量が20–60cm層より高く、全炭素含量の断面内の分布が不規則なことから、ここには近くの尾根からの崩積物が、繰り返し堆積したものと考えられる。また、崩積物は、Caに富み、B–4と同様に三宝山の石岩風化物を含むのかもしれない。

4) 夜須町

ミカン畑 (Y–O) 土壌の土性 (SL–CL) は、作物栽培に良好である。ボタ山残さの3C層は、50%以上が礫であるため、細土画分の土性は参考データとして載せてある。Ap層–2C層の全層で気相率が2–13%と低く、固相の割合と仮比重が1.47–1.81と高い。したがって、通気性不良による根への悪影響が懸念される。Ap層のpH、EC、交換性Ca、有効態リン酸含量が高く、化学肥料の施肥が十分であることがわかるが、全炭素は13.4g kg⁻¹と若干少なめである。2C層は1回目の造成後の施肥により、pH (H₂O) は6.05と弱酸性であり、全炭素、CEC、交換性Ca含量もC層より高い。一方、ボタ山の残さである3C層も、pH (H₂O) 6.18、交換性Ca 5.52cmol (+)kg⁻¹と高く、施肥の影響と考えることができるが、交換性Mg含量は全層で1.7cmol (+)kg⁻¹以上存在することから、海底に噴出した玄武岩を挟み込む四万十帯中の塩基性岩の風化に由来する土壌であることがその原因であると考えられる。

甘しょ畑 (Y–P) は、赤みの強い土壌で、全般的に粘土含量が高い。中でもBt層には40%もの粘土が集積しており、排水不良が懸念される。また、下層も同様に排水性が悪そうである。また、粘土含量が高いにもかかわらず、保水力は、全層で5–7%と低い。Ap層の物理性は基準を満たしているが、下層は満たしておらず、下層の物理性の改善が望ましい。pH (H₂O) が5以下、pH (KCl) も4以下と全層で酸性が強く、甘しょ栽培の最適値5.5–6.0より低い。また、交換性Al、H含量も高い。全炭素含量は8.9–12.8g kg⁻¹と低いが、CECは全層で17cmol (+)kg⁻¹以上と高い。以上の結果から、永久荷電由来の負荷電の卓越した土壌であり、保肥力が高いと考えられる。露地条件下で甘しょ栽培を行っており、降水による塩基類の溶脱が起こっているためハウス条件下のY–Oよりも交換性Ca、Mg含量が低いと考

えられる。

スイカ畑 (Y–W) は、粘土含量が全層で20%以上と高く、20、40cm層の気相率が9.5%以下と低いことから、通気性不良が懸念される。一方、0cm層は、気相率が37.7%と高く、また、固相率も低いことから、表層の土壌には団粒が発達しており、通気性は良いようだ。しかし、有効水分量が5.5%と低く、有機物含量を高めることが土壌の利用に必要であろう。全体的に水田土壌としての性質が残っており、通気性不良による作物根への悪影響が懸念される。化学性のデータは、Y–Pと類似しているが、降水による塩基の溶脱はY–Pより少ないと考えられる。また、粘土含量がY–Pよりやや多いことから、塩基を保持する量が多いと推測される。Y–Wの0cmは、pH (KCl)、交換性Ca、全炭素、有効態リン酸が高く、化学肥料の施肥が十分であると考えられる。一方、20cm層以深では、pH (H₂O) が4.7–4.9と酸性が強く、pH (KCl) も低い。スイカの栽培の最適pH (H₂O) 6.0–6.5よりかなり低く、作物根への悪影響が懸念される。交換性Al含量は、10cmol (+)kg⁻¹以上とかなり高い。以上の結果から、Y–P同様に、永久荷電由来の負荷電の卓越した土壌であり、保肥力が高いと考えられる。また、Y–Oより交換性Ca、Mg含量が少ないことから、降水による塩基の溶脱が起こっていると考えられる。

天然生林 (Y–N) は、A–B層で粘土含量が27%以上と高く、緑色岩風化物の細粒化が進んでいると考えられる。三相分布、保水性のデータはとれなかった。pH (H₂O) が5以下、pH (KCl) が4以下と酸性が強く、交換性Al、H含量も非常に高い。また、A、AB、B層の全炭素は16–43g kg⁻¹と高い反面、C層は1.9g kg⁻¹ときわめて低い。CECは、全層で24cmol (+)kg⁻¹以上とほかの夜須町の調査地点より高い。これは、表層に蓄積した有機物の影響より、むしろ永久荷電由来の負荷電の卓越した粘土に富む土壌であるため、保肥力が高いと考えられる。

5) 大月町

造成地 (HM–1) は、砂質土壌であるが、粘土含量は10%以上と若干多い。0–40cm層までは、耕作の影響で土壌の細粒化が進んでいるが、40cm層以

深には及んでいない。したがって、孔隙率も0-20cm層までは55%と高い。さらに、有効水分量も8.8%と若干高い。物理性は基準値を満たしているが、より土壌化を進めることが望まれる。0cm層は、施肥の影響を受け、EC、交換性Ca、Mg、全炭素が若干高いが、下層にまでは及んでいない。有効態リン酸は全層で基準値を満たしている。塩基含量、CECともに $4\text{ cmol}(+)\text{ kg}^{-1}$ 以下と低く、保肥力の低い砂質土壌の性質が伺える。また、降雨による土壌粒子の流亡も元来低い肥沃度を一層低くする要因の一つであろう(山田, 1994)。0cm層の交換性Mg含量が若干高いのは、主に海からの潮風による供給であると考えられる。下層(40-60cm)のpH(H_2O)が4.6以下と低い。これは交換性Alが $2.6-2.8\text{ cmol}(+)\text{ kg}^{-1}$ と高いことが原因であろう。上層は、石灰の施肥によりpHが抑制され、4.7-5.0と若干高くなっている。今後、石灰の施肥や堆肥の継続的投入が必要と考えられる。

天然生林(HM-2)は、HM-1と比較して粘土含量が20%前後と高く、造成前の土壌は土壌化が十分に進んでおり、あまり侵食を受けていないと考えられる。三相分布、保水性のデータはない。A層は、有機物の蓄積により、若干、塩基含量、EC、全炭素含量が下層より高い。また、粘土含量が高いため、全層でCECが $14\text{ cmol}(+)\text{ kg}^{-1}$ とやや高く、交換性Al含量が高い。したがって、永久荷電性粘土鉱物を多量に含んでいることが示唆される。

6-1) 三原村宮の川清水川

MS-1は、1989年に牧場上部の急傾斜地の灌木を切り払って開拓された場所に位置し、シバの定着が完全ではない。また傾斜は 33° 以上であり、表土の侵食および崩壊が起こりやすい地形的条件にある。実際に、現地での土壌断面調査では、埋没層(bA層、bC層)がみられ、灌木を切る以前に小規模の地滑りが起こったことが推察される。MS-1土壌は、A層(0-11cm)で軽植土(LiC)、B層(11-30cm)で重植土(HC)であり、ともに養水分の天然供給量の高い微粒質である。粘土・シルトが多いのは、泥質岩の風化が進んだ結果と考えられる。pH(H_2O)は、5.08-5.47の範囲で酸性である。表層のECは、

0.108 dS m^{-1} とやや高い値であるが、下層では、 $0.038-0.056\text{ dS m}^{-1}$ と自然土壌に近い値である。交換性Naは、断面内でほぼ一定であったが、その他の交換性塩基含量はA層で非常に高く、下層に向かって低くなる傾向がみられる。CECはすべての層位で $11\text{ cmol}(+)\text{ kg}^{-1}$ 以上と高めの値である。特にA層は $17\text{ cmol}(+)\text{ kg}^{-1}$ を越えている。

MS-2は、中腹に位置し、すでにシバが定着している。傾斜は 28° である。MS-2土壌は、粘土・シルト画分の多い軽植土(LiC)である。表層(A-AC層)のpH(H_2O)は、4.96と強酸性であるが、AC、C層は、それぞれ5.08、5.22とやや高い。EC、全炭素、全窒素、交換性塩基含量、CECは、表層のみ高い。

MS-3は、傾斜の緩やかな牧場下部の凸部に位置している。傾斜は 10° である。pH(H_2O)は5.3前後であった。ECは、A層で 0.083 dS m^{-1} であった。全炭素、全窒素、交換性Ca含量、交換性Mg含量、CECが表層で非常に高い。これは、長年にわたる牛の糞尿による有機物の富化が起こっているためと考えられる。また、尾根筋という地形的条件にあるが、傾斜が緩やかなため、急傾斜に位置するシバ草地よりも深くまで土壌の肥沃度が高いようである。

MS-4は、牧場下部の凹部に位置している。傾斜は 10° である。土壌断面調査では、A層が0-3cmであり、急傾斜のシバ草地に比べ若干厚かった。pH(H_2O)は5.4前後であった。全炭素、全窒素、交換性塩基含量、CECが表層で非常に高い。また、炭素率は12以下と清水川牧場の中では最も低い。つまり、谷筋に位置しているMS-4では周囲から養水分が流れ込むため、牛の排泄物に由来する窒素の富化が起こっているといえよう。

MS-5は、牧場西部の天然生林内に位置し、傾斜は 34° である。MS-5土壌は、粘土・シルト画分の多い軽植土(LiC)であった。pH(H_2O)は、5.3前後と酸性を呈している。ECは、 $0.032-0.050\text{ dS m}^{-1}$ である。A層は、有機物の集積のため全炭素、全窒素、CECが非常に高い。A層からの有機物の浸透はAB層(10-20cm)にまでみられる。

6-2) 三原村川平郷

MK土壌を採取した地点は、牧場内の中腹に位

置している。傾斜は30°である。土性は、粘土・シルト画分の多い軽埴土(Lic)であった。A層が0-1cmとほとんどなく、シバが群生していないことから、造成直後に激しい表土の侵食が起こったことが考えられる。同じ三原村の清水川牧場よりも細砂が多いことが特徴的であり、やや水はけが悪いかもしれない。pH(H₂O)は、5前後と清水川牧場よりもやや強い酸性を呈している。ECは、0.030dS m⁻¹前後と低い値を示し、水溶性成分の乏しいことがわかる。しかし表層(A層, AB層)での全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量, CECは、高い。

7) 中村市平野

造成地(H-1)は、きわめて砂質の土壤であり、C1層以深の粘土含量は10%に満たない。したがって、通気性がよい反面、孔隙率は55%以上と高い。同時に有効水分量は、10%と基準値を満たしている物理性のよい土壤である。Ap層のpH, EC, 交換性Ca, CEC, 全炭素含量, 有効態リン酸含量は、下層よりやや高い。表土としてもどされた土壤中の粘土含量が高いこと、施肥の影響を受けていることによって、これらの値が高いと考えられる。しかし、造成の際に持ち込まれた下層にまでは及んでいない。塩基に乏しい未団粒の砂岩を母材とするため、塩基の保持力は低く、CECが全層で8cmol(+)kg⁻¹以下である。また、C1層以深の交換性Mg含量が高いのは、母材に由来すると考えられる。有効態リン酸は、全層でかなり低く、リン資材堆肥の継続的施肥が望まれる。

既成畑(H-2)は、全層で粘土含量が30%以上と高く、長年の畑土壤としての利用が深部までの土壤化を進めたと考えられる。しかし、40cm層以深の粘土含量は40%を越え、気相率が著しく低下しているため、通気性不良を起こすだろう。有効水分量は、20cm層以下で10%を越し良好であると考えられるが、0cm層では若干低い。タバコの根は地表下10-20cmに多く見られる(村岡, 1958)ため、40cm以下の孔隙率が低いことの影響は少ないと考えられるが、0cm層の保水力は高める必要がある。交換性Ca, 全炭素の値が全層で大きく変わらないことから、長年の土壤管理により化学性が良好に保たれている

と考えられる。これはEC, CECが高いことから伺える。下層の交換性Alが高いことから、永久荷電性粘土鉱物が多いことが推測される。タバコのような浅根性作物の栽培には問題とならないかもしれないが、根菜類の栽培には物理性の改善が必要と考えられる。

天然生林(H-3)は、土壤としてはよく発達しているが、耕作の影響がないため、粘土の深い層への移動はないようである。孔隙率は全層60%以上と高く、仮比重も1前後と低いことから、長い間、林として安定に保たれ、物理性が良好に保たれていると考えられる。有効水分量は、有機物の蓄積している表層が13.9%と高く、保水力は高い。0cm層で、EC, 塩基含量, CEC, 全炭素が多いのは有機物含量が高いためと考えられる。0cm層の交換性Naが0.3cmol(+)kg⁻¹と高いのは南に位置する海からの潮風の影響と考えられる。また、20cm層の交換性Mgが2.2cmol(+)kg⁻¹以上と高いのは、潮風の影響と母材中の賦存量が高いためと考えられる。0cm層以深のCEC, 交換性Al含量が多いことから、永久荷電性粘土鉱物が卓越していることが示唆される。管理されていない自然条件下の土壤であり、第3紀の海岸段丘由来の古い土壤であるために、下層の肥沃度は低いと考えられる。

8) 奈半利町

当牧場は、1991年12月頃に森林を伐採して、1992年3-4月にシバの定植を行っており、造成後2年しか経過していない。尾根の下部のシバ草地(NH-1)は、傾斜が7°である。NH-1土壤は、排水性・通気性がよい中粒質の砂質埴壤土(SCL)である。これは当牧場の土壤が砂岩由来の母材であるためであろう。NH-1土壤のpH(H₂O)は、表層で5.54とやや高いが、下層では5前後と酸性を呈している。NH-1土壤のEC, 全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量, CECの値は表層のみやや高いが、下層の値は低い。

NH-2は、天然生林内に位置し、傾斜が12°である。NH-2土壤のA層(0-5cm)は砂質埴壤土(SCL), Bw層(10/15-28/35cm)は砂質埴壤土(SC)である。NH-2土壤の表層は、自然植生下での有機物の集積のため、pH(H₂O)が低く、NH-1よりもCECが

高い。一方下層ではシバ草地内のNH-1よりECおよび交換性塩基含量が低いことから、牛糞尿の添加が少ないことが予想される。また、砂質の土壤であるため、自然肥沃度が低いこと、および過去からの風化により塩基類の流亡が進んでいることがその原因と考えられよう。

9) 吉良川町

果樹園土壤のKR-1は、粘土含量が高く、果樹栽培に適した土性(LiC)を示した。0cm層の孔隙率は63%と高く、仮比重は0.98と低く、有効水分量は20%と高い。以上の結果から、有機物の蓄積により、通気性・保水性ともに良好であると考えられる。一方、20cm層は固相率が48%と高く、有効水分量も7%と低いため、粘土の集積により通気性・保水性ともに低下していると考えられる。表層の物理性は良好であるが、有効根域の深さが60cm以上必要であることを考慮すると、下層の通気性・保水性の改善が必要である。上層(0-40層)は、EC、CEC、全炭素、有効態リン酸含量が高い。これはポンカン定植後は耕起されていないため、施肥成分が表層付近に蓄積し、表層は有機物、次層は粘土がそれを保持していると考えられる。しかし、この傾向は60cm層までは及んでいない。pH(H₂O)が4.8以下と全層で低く、交換性Al含量が高いことから永久荷電由来の負荷電が卓越し、保肥力の高い土壤であるといえるだろう。

KR-1と同様、果樹を栽培しているKR-2は、全層で粘土含量が高く、特に深さ40cmでは47%と高いことから粘土の集積層であると考えられる。上層(0, 20cm層)の孔隙率は高く、仮比重は1.1以下と良好であり、保水力もある。しかし、40cm層は、粘土含量が高いため通気性が悪いと考えられる。KR-2はKR-1と同様の化学性を示しているが、やや値が低い傾向が見られる。これは傾斜地に位置するため、降雨時に養分や粘土が流亡するためと考えられる。

10) 越知町

畑土壤(OT-1)は、Ap層の粘土含量が下層より若干低く、シルト含量が高いことから、長年の

耕作により粘土が下層へ移動していると考えられる。また、孔隙率は63%と高く、有効水分量も8%とやや高いことから、土壤の団粒化が進んでおり、作土層の物理性は良好であるといえる。また、Ap層は、pH(H₂O)、EC、交換性塩基含量、CEC、全炭素、有効態リン酸含量が高く、この傾向は下層までみられる。長年にわたって畑として利用されているため、施肥由来の成分が深部にまで影響していると考えられる。C2層は、交換性Alが9.04cmol(+)kg⁻¹とC1、C3層より高く、全炭素含量、CECも高い。これは粘土の集積に伴って、増加したためと考えられる。

天然生林(OT-2)は、全層が砂礫の堆積層であり、土壤化があまり進んでいないと考えられる。また、三相分布、保水性のデータはない。全層でpH(H₂O)、EC、交換性Ca、全炭素含量が高く、腐植が深部にまで移動していると考えられる。最下層のC2層は、礫層であるため若干肥沃度は低いが、交換性Al含量は10.26cmol(+)kg⁻¹と多い。

11-1) 佐川町

天然生林(SH-1)は、全層で粘土含量が高い。また、B、C層ともに孔隙率が高く、有効水分量も9-14%と高いため、通気性・保水性ともに良好である。全層でpH(H₂O)が低く強酸性であり、交換性Al、H含量も非常に多い。また、CECも20cmol(+)kg⁻¹と高いことから、永久荷電性粘土鉱物が多いことが示唆される。さらに、A層の全炭素含量は275.04g kg⁻¹と非常に高いためLFH層が混入していると考えられる。一方、下層は、交換性塩基含量が低いが、全炭素含量は高いことから、有機物が下層にまで浸透していると考えられる。

水田からの転換畑(SH-2)は、全層で粘土含量が高い。Ap層の孔隙率は63%と高いが、Bh層の気相率は6.1%と低く、下層の排水不良が懸念される。また、有効水分量は、Ap、Bh層ともに10%を越えている。Ap層は、耕作に伴い通気性が改善されているが、Bh層には水田の性質が残っていると考えられる。全層でpH(H₂O)、EC、交換性塩基、全炭素が多く、施肥の効果が十分に下層にまで及んでいることが示唆される。交換性Al含量が全層で少ないのは、Caの施肥によりpHが上昇したためと考え

られる。また、有効態リン酸は、基準値を満たしておらず、リン資材施肥による補給が必要と考えられる。

水田からの転換畑 (SH-3) は、全層で粘土含量が高い。Ap1, Ap2層の孔隙率は60%以上と高く、有効水分量も約10%と高い。したがって、物理性のよい土壌といえる。SH-1よりも若干肥沃度が低い。石灰の施肥により、pH (KCl) は5.9-6.1と微酸性である。

11-2) 佐川町中組

ST-1は、傾斜が13°の尾根筋に位置しているシバ草地である。ST-1土壌は、粘土・シルト画分の多い軽埴土 (LiC) である。ST-1土壌は、石灰施肥によって交換性Ca, Mg含量が非常に高い。また有効態リン酸は、N, P, Kの混合肥料を年に2回施肥しているため、ほかの牧場の草地と比べて表層で41.1mg kg⁻¹とやや高い。一方、下層 (Bw層, C層) のpH (H₂O) は5以下と強酸性を呈しており、EC, 全炭素, 全窒素は低く、自然土壌にやや近い値である。CECは全層で17cmol(+)kg⁻¹と以上と高い値を示し、養分保持能力は高い。尾根筋にあるST-1では、A層, AB層はシバの根圏にあたり、牛糞尿による有機物添加の影響を大きく受けているが、下層への養水分の浸透は起こりにくいためであろう。しかし、長年にわたって牛の排泄物による養分の供給を受けているため、下層でも土壌構造が発達しており、土壌肥沃度の向上がみられる。

ST-2は、傾斜が18°の中腹の水みちに位置するシバ草地である。ST-2土壌の土性は天然生林土壌 (SH-1) よりも微粒子画分が多く、A層 (0-3cm) は重埴土 (HC) であり、BA-Bw層 (12-35cm) は軽埴土 (LiC) である。これは、造成後20年の間に、牛糞やシバの根や葉の分解による有機物の経続的な添加によって土粒子の細分化が進んだためと考えられる。さらに、現地調査では粘土・シルトの下方への移動による集積も認められる。これは、ST-2が中腹の水みちに位置していることから土層も厚く、養水分が下層へ浸透しやすいと考えられる。そのため、BA層のECが0.117dS m⁻¹, BA-Bw層の有効態リン酸が17.5mg kg⁻¹と高い値を示している。ST

-2土壌は、ST-1土壌と同様交換性Ca, Mgが非常に高い。ST-1土壌より傾斜がきつい場所に位置するためか、EC, 有効態リン酸, 全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量, CECが、ST-1より若干低い値を示している。しかし、ST-1, ST-2ともに、土層があつく有機物の影響がそれぞれ30cm, 35cmにまで及んでおり、深さ30cm程度を考えると単位面積当たりの養分の絶対量は他の調査地よりも高いと考えられる。

12) 高知市円行寺

日本シバ草地 (KE-1) は、表層はシバのルートマットの影響で粘土化が促進されているが、下層までは及んでいない。三相分布, 保水性のデータはない。A層の交換性塩基, CEC, 全炭素含量が高く、ルートマットの発達にともなう有機物の蓄積の影響と考えられる。C層は礫層であり、pH (H₂O) は6.96と高いが、交換性塩基, 全炭素, 有効態リン酸含量は少なく、養分保持力は低いと考えられる。しかし、低レベルの有効態リン酸でも、日本シバは順調に生育すると報告されている (櫻井ら, 1993; 石塚, 1994)。

天然生林 (KE-2) は、土壌化が深部にまでおよんでおり、粘土含量が約20%と多い。三相分布, 保水性のデータはない。A層の交換性塩基, 全炭素含量が高く、腐植が十分に存在するが、Bw層以深までは及んでいない。さらに、Bw層以深では、pH (H₂O) が低く、交換性Al含量が多い。これは母材の蛇紋岩中の重金属元素の影響であると考えられる。また、A層の交換性Al含量は0.37cmol(+)kg⁻¹と下層よりかなり低い。これは交換性Ca含量が9.56cmol(+)kg⁻¹と高く、pHが高いと考えられる。

採草地 (KE-3) は、全層で粘土含量が高く、特に、C層は、水田であったときのすき床にあたり、漏水を防ぐために粘土を固めたことが推測される。2C層で粘土・シルト含有率が上層と逆転していることから、2C層は客土する前の表層にあたりと考えられる。気相率がAp層で22%と高く、Ap2層では10%と低くない。また、有効水分量もAp1層で10%と多く、Ap2層では7%と少ない。以上のことから、Ap層は根の多い草の栽培によって土壌の団粒化が進んだため通気性は改善されているが、下層は水田土壌

の性質を残している。全層でpH (H₂O), 交換性塩基, CEC, 全炭素含量が高く, 施肥の効果が現れていると考えられる。Ap2層以深には, 交換性Alは検出されなかった。

13) 南国市白木谷

新しい造成地である尾根筋 (NS-1, 1983年造成) において, 粘土は20%前後, 砂は63%ぐらいで排水性・通気性がよい中粒質の砂質埴壤土 (SCL) である。NS-1土壌における表層での粘土・シルト (%) は, 天然生林土壌 (NS-5, 6) より低い。一方下層では, 天然生林土壌とほぼ同じ値を示している。これは, 表土の侵食により, 微小画分が失われたためと考えられる。NS-1は, Bg層のpH (H₂O) のみ5.2とやや高いが, A層, C層いずれも4.5, 4.8と強酸性である。表層 (0-2) のEC, 全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量は, 非常に高い値であるが, 下層は自然土壌に近い値である。

1968年造成の尾根筋 (NS-2) の表層は, 粘土・シルトの多い軽埴土 (LiC) である。C層 (15/25-50+cm) における粘土, シルト, 砂は, それぞれ11.9%, 13.9%, 74.3%で, 砂岩由来の母材であることから, 砂画分の多い砂壤土 (SL) である。NS-2は, 表層での交換性Ca, Mg含量が高い。そのため, pH (H₂O) が6.5程度と高pH側にシフトしており, 全炭素, 全窒素も表層で高い。下層では, 全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量, CECがそれほど低い値ではない。

中腹 (NS-3, 1968年造成) において, 表層は砂質埴壤土 (SCL), 下層は粘土・シルトの多い軽埴土 (LiC) である。NS-3の表層での粘土・シルト (%) は, 天然生林土壌より低い。これは, NS-3がNS-1同様急傾斜に位置しており表土の侵食があったためと思われる。一方NS-3の下層での粘土・シルト (%) は, 天然生林土壌よりやや高い。これは, NS-3の傾斜がきつく有機物が集積しにくい条件にあるが, 造成後25年経っていることから, 牛糞やシバの根や葉の分解による有機物の経時的な添加によって土粒子の細分化が進んだためと考えられる。NS-3のpH (H₂O) は4.38-4.91であり, 表層より下層の方がpHが低い。ECは, 表層より下層の45-50cmの方が高く, 50cm

の深さにまで水溶性の養分の浸透がみられる。全炭素, 全窒素, 交換性塩基, CECは, 表層で高く, 下層に向かって低くなる傾向が見られる。

谷筋 (NS-4, 1968年造成) の全てが粘土・シルト画分の多い軽埴土 (LiC) である。NS-4における下層 (40-100cm) の粘土・シルト (%) は天然生林土壌より高い。これは, NS-4が谷筋にあって水分が豊富に供給され, 有機酸なども下層まで浸透しやすく, 造成後25年の間に, 下層まで細分化の進んだ土粒子が堆積したと考えられる。さらに粘土・シルトの下方への移動による集積も認められる。NS-4のpH (H₂O) は, 4.42-4.92であり, 下層ほどpHが高くなる傾向がみられる。ECは, 表層で0.709dS m⁻¹と非常に高く, 下層でも0.100dS m⁻¹以上である。CECは, 全ての層で15 cmol(+) kg⁻¹以上と高い。特に, A-AB層, Bt層の最下部では17 cmol(+) kg⁻¹を越えている。全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量は, 表層で高く, 農耕地土壌に匹敵する。また, 下層 (80-110+) において, 交換性Ca, Mg含量が高くなっている。

天然生林土壌 (NS-5, 6) において, A, AC層は粘土・シルトの多い軽埴土 (LiC) であり, C層は中粒質の砂質埴壤土 (SCL) である。NS-5とNS-6の違いは傾斜である。NS-5は約10°で, NS-6は約5°である。そのためかNS-6は, NS-5に比べ若干粘土・シルトの量が多い。NS-5, 6は, 自然植生由来の有機物の集積のためややpHが低く, A層での有効態リン酸, 全炭素, 全窒素の値が高い。AC層は, A層から移動した有機物の影響を受けている。しかし, C層では, 有効態リン酸, 全炭素, 全窒素, 交換性塩基含量が低く, pH (H₂O) が, 4.8程度と強酸性を呈しており, 自然状態での風化により塩基類の流亡がすでに終わっていることが伺える。

14) 香北町

天然生林 (KT-5) は, 上層で粘土含量が40%以上と高く, 林床への継続的な有機物の供給が母材の細粒化を促進していると考えられる。三相分布, 保水性のデータはない。全層でpH (H₂O) が低く強酸性である。A1層はEC, 交換性塩基含量が高く, 全炭素含量が510.16mg kg⁻¹と非常に高い。A1層が0

- 3 cmと非常に薄く、土壌試料の採取の際にLFH層の有機物が混入した可能性が考えられる。A1層以深も全炭素含量が多く、腐植が浸透していると考えられる。このことと、交換性Al含量が全層で $16\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ときわめて高いことから、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が5以下と強酸性で、永久荷電性粘土鉱物に富むことが推測される。

転換畑(KT-6)は、粘土含量が26%以上と高く、作物栽培に適した土性(LiC)である。Ap層の孔隙率は69%と高く、有効水分量も10%と高い。したがって、十分に耕起され、通気性の向上とともに団粒構造の発達が進められたと考えられる。全層で $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、ECが高く、交換性塩基、全炭素、有効態リン酸含量も高い。これは利用形態が施設栽培畑であり、肥料が下層にまで浸透しているためと考えられる。天然生林(KT-5)と比較して、交換性Al含量がかなり低く、石灰の施肥により $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が矯正されていることがわかる。有効態リン酸含量が全層で非常に多いことから、リン資材の施用には注意を要する。

水田からの転換畑(KT-7)は、Ap1、Ap2層の粘土含量が約30%以上と多い。一方、2C層は、砂の割合が57%と高い。これは構造が発達していないためと考えられる。また、孔隙率は61%と高く、耕作により通気性が向上したと考えられる。有効水分量は、7%と若干少なめである。したがって、団粒構造の発達により孔隙率は高いが、保水力は十分ではないと考えられる。KT-6と同様に、全層で $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、ECが高く、交換性塩基、全炭素、有効態リン酸含量も高い。 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が全層で高く、交換性Al含量がかなり近いのは、施肥由来のCaが全層に行き渡っているためと考えられる。有効態リン酸含量が全層で非常に多く、リン資材の施肥には注意を要する。

15) 土佐町

以前、有機農法を行っていた畑土壌(TO-1)は、全層で20-25%の粘土含量を示し、土性はCLと畑作に適している。また、孔隙率は65%以上と高く、有効水分量も約20%と高い。有機物と微生物を供給する有機農法の土づくりによって団粒を発達し、通気性、保水性が向上したためと考えられる。

Ap、AB層の $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は、6以上と微酸性であるが、B、C層は5.3以下と弱酸性である。交換性Alは、上層では検出されなかったが、下層では $10\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 以上検出された。また、交換性塩基含量は、Ap、AB層で高く、それ以深では低かった。以上の結果から、微生物を利用した土づくりは上層の改良には効果的であるが、下層には大きな影響は与えないと考えられる。有効態リン酸含量は、Ap、AB、B層で非常に多いが、C層では検出されなかった。また、全炭素含量は全層であまり高くなかった。これは、微生物による分解利用が進むためと考えられる。

天然生林(TO-2)のAB、Bt層で粘土含量が多く、集積傾向にあると考えられる。三相分布・保水性のデータはない。 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が全層で4.6以下と強酸性であり、特にA層は3.99と非常に低い。また、EC、交換性塩基、CEC、全炭素含量、有効態リン酸含量が高い。これは、腐植含量が高いことに起因すると考えられる。しかし、A層以深では、交換性塩基含量は少ないものの、交換性Al含量、CECは高い。このことから永久荷電由来の負荷電が卓越した土壌であると考えられる。

16) 本山町

雨よけトマトを栽培しているMT-1は、Bw層を除く層位で粘土含量が高かった。一方、Bw層で粘土含量が低く、固層率が高いことから、すき床であったことがわかる。また、Ap、Bh層の有効水分量は10%以上と高く、保水性は良好であると考えられる。全層で $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、EC、交換性塩基、CEC、全炭素含量が高い。また、AB、Bw層で有効態リン酸含量が高いことから、施肥量が十分であり、深部にまで行き渡っていると考えられる。しかしながら、若干過剰気味であるとも考えられる。

露地の野菜畑(MT-2)は、Ap層の粘土含量が3%ときわめて低いのにたいし、シルト含量が高いことから、斜面に位置するため、侵食による表層の粘土の流亡が示唆される。また、Ap層の孔隙率は67%、有効水分量は13%とそれぞれ高いことから、通気性・保水性ともに良好であると考えられる。MT-1と同様に、全層で $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 、ECが高い。また、表層の交換性塩基、CEC、全炭素含量も多い。しか

し、下層の交換性塩基含量、CEC、全炭素含量はやや低い傾向がある。表層には施肥の効果がみられるが、深部にまでは及んでいない。有効態リン酸は全層で高く、特に、表層では過剰傾向であると考えられる。

天然生林 (MT-3) は、A層で24.8%と粘土含量が高い。これは、継続的な有機物の供給が母材の細粒化を進めた結果といえる。A、AB層ともに孔隙率が70%と高く、仮比重も0.8と良好である。また、有効水分量も約10%と高く、有機物の蓄積の影響と考えられる。また、全層でpH (H₂O)、pH (KCl) は低く、交換性Al含量は多い。以上の結果から、永久荷電性粘土鉱物の卓越した土壤であるといえる。さらに、上層では、全炭素、有効態リン酸含量は多いが、C層はかなり少なく、腐植の影響はここまで及んでいないと考えられる。

スギ植林 (MT-4) は、全層で粘土含量が多い。また、スギの葉・枝から供給される有機物は分解されにくく、天然生林 (MT-3) より多い。その結果、表層の粘土が下層へ移動しやすいと考えられる。さらに、0-5、10-15層の孔隙率は60%以上と高く、仮比重も1前後と物理性は良好である。また、有効水分量は7-8%とやや高い。全層で、pH (H₂O) が5前後と弱酸性であり、交換性Al含量は多い。また、CECが全層で高いことから、永久荷電由来の負荷電の卓越した土壤であると考えられる。A層の交換性塩基含量は、それ以深より少ない。A層よりも以深の層に分解された有機物の影響があると考えられる。全層で全炭素、有効態リン酸が多いことから推測される。

c-2 遊離酸化物、粘土鉱物組成および荷電特性

c-2-1 分析方法

(遊離酸化物)

Tamm処理は、アルミホイルで包んだ40mL容ポリ遠心管に風乾細土500mgを取り、0.2Mシュウ酸アンモニウム液 (pH3.0) 10.0mLを加えて1時間往復振とう (反復数120 min⁻¹) 抽出を3回行った。DCB処理は、風乾細土500mgに0.3Mクエン酸ナトリウム溶液と1M炭酸水素ナトリウム溶液の8:1混合液 (pH7.3) 8.0mLを加え、湯浴上で75-80℃に加温

し、垂次チオン酸ナトリウムを0.6gを5分毎に3回に分けて加え、合計15分間同温度を保った。飽和ナトリウム溶液1.0mL加えてよく攪拌し遠心分離を行い上澄み液をろ過した。この一連の操作を抽出残さを用いてもう1度繰り返した。Tamm処理、DCB処理で得られたアルミニウム、鉄、ケイ素はプラズマ発光分析装置 (Shimadzu, ICPS-1000IV) により定量した。

(粘土鉱物組成)

粘土鉱物組成は、土性の測定の際に分離した表層と下層の粘土懸濁液を用いて、イオン交換基をカリウム、マグネシウムで飽和し、スライドガラスに塗布し定方位試料を調整した。飽和の際には、1M塩化カリウム溶液 (0.5M塩化マグネシウム溶液)、1M酢酸カリウム溶液 (0.5M酢酸マグネシウム溶液) を交互に2回ずつ用いた。風乾したカリウム定方位試料と105℃、350℃、550℃で各々2時間加熱処理を行ったもの、風乾したマグネシウム定方位試料とグリセロール処理 (99%エタノールに10%グリセロールを溶解したものを吹き付ける) を施し生乾きの状態のものについてX線回折分析を行った (SHIMADZU, XD-D1w)。これらの結果から、粘土鉱物を同定した。

(荷電ゼロ点)

荷電ゼロ点 (Zero point of charge, ZPC) 測定には、STPT法 (Sakurai et al, 1988) を用いた。

50mL容ガラスサンプル瓶5-7本に風乾細土2.00gを取り、懸濁液のpHがZPCを挟むように脱塩水と0.1M塩酸を合計20.0mL添加した。4日間放置後 (時々攪拌)、pHを測定した (pH Aとする)。その後、2M塩化ナトリウム溶液0.50mL添加し、3時間往復振とう (反復数120回 min⁻¹) した後、pHを測定した (pH Bとする)。ブランク滴定を土壤を加えない系で行い、塩酸のみの添加量と溶液のpHとの関係を求めた。土壤を加えた系でのH⁺吸着量から土壤を加えない系でのH⁺吸着量を計算で差し引き、土壤に吸着されたH⁺吸着量を求めた。水懸濁系で得られたpH AでのH⁺吸着量と塩添加後塩化ナトリウム濃度が0.0485Nとなっている系で得られたpH BでのH⁺吸着量をプロットし、その交点の

pHをSTPT-ZPCとして、STPT-ZPCにおける H^+ 吸着量をSTPT- σ_p として求めた。

c-2-2 結果と考察

各地点の遊離酸化物・粘土鉱物組成・荷電ゼロ点の分析結果を表3-5-34~44に示した。以下に、各地点ごとに結果・考察を示す。

1) 大方町

造成地の土壤(H11, K-L)ではTamm処理で溶解するAl量は0.1%以下と低く、DCB処理で溶解するFeが2%前後と高いことから、造成以前にかなり風化を受けていることが推測された。一方、天然生林(H-N)はTamm処理で0.2%程度のAlが溶解しており、有機物によってAlの結晶化が妨げられており、現在も表層に継続的に供給される有機物によってポトゾル化作用を受けていることがわかる。

粘土鉱物組成は、H11(深さ60cm)、K-L(深さ40cm)ではイライトが主であり、石英も多量に存在する。前者はさらに頁岩由来、後者主には砂岩に由来すると考えられる。つまり造成過程で頁岩と砂岩が物理的に混ぜ合わされていることを反映している。一方、H-N(Bh層)では、Hydroxy-interlayered vermiculite(以後HIVと略記する)が主で、カオリン鉱物、イライトがそれに次いで多い。自然状態で風化し、現在もポトゾル化作用を受けているために中間種鉱物であるHIVが多量に存在するのであろう。また、Fedの値も高く風化の進行にともない活性の低いカオリン鉱物が増加しているようだ。H-N土壤はH11, K-LよりもCECが高く、有機物由来の負荷電のほかに、中間種鉱物の永久荷電由来の負荷電が寄与していると考えられる。

H11では、表層から下層に向かってZPCの値が低下した。一方、 σ_p の値は60, 80cm層でやや高い値となった。H11土壤は造成直後で作物栽培が行われる前に試料を採取したため、造成時に多量に施用した石灰の影響で表層の交換性Ca含量が非常に高いことが、表層のZPCの値を高くしていると考えられた。一方、下層(60, 80cm)の σ_p がやや高いのは、頁岩の風化によって生成したイライト由来の永久荷電が大きいことを示すものであろう。K-Lもま

た、表層のpHやZPC値が非常に高く(6.49)、下層では低かった。一方、 σ_p の値は20cm層で3 cmol(+) kg^{-1} 以上と高い値である。ZPCのpH値は交換性Ca含量が高い場合に高くなる。一方、ZPC、交換性Ca含量の値が高い場合には σ_p の値が小さくなる傾向にあり、STPT法による測定条件(塩濃度が最大0.0485M)では、pH6-7の微酸性-中性付近のpH値では負荷電を発生する交換基から交換性塩基が溶出しないため、ZPCのpHにおける余剰荷電として測定される σ_p の値が大きくなるのであろう。H-NはE層とBh層のZPC、 σ_p の値がほぼ等しく、下層よりZPCは低く、 σ_p は大きい値であった。E層の試料はAo層を一部含むため、溶脱層であるとはいうものの、蓄積した有機物がZPCを低下させ、 σ_p の値を高くしたと考えられる。

2) 大正町

大方町の土壤と比べると、DCB処理で抽出される結晶質(水)酸化物含量は同程度だが、Tamm処理で抽出される非晶質画分の含量が高い。その結果、アルミニウムの活性化度(Al_o/Al_d)、鉄の活性化度(Fe_o/Fe_d)が高く、風化のあまり進んでいない土壤であると考えられる。

粘土鉱物組成はT-1, T-2, T-3で異なっている。造成地土壤(T-1)にはイライトが多く、カオリン、HIV、レピドクロサイトがそれに次ぐ。レピドクロサイトは比較的還元的な環境で沈殿したFe²⁺の水酸化物が酸化した場合にできる鉱物である。従って、排水不良などによる作物根への障害が懸念される。また、イライトは永久負荷電が構造内部でのカリウムの吸着によって相殺されている鉱物である。それに加えて、HIVの量が少ないことから、T-1土壤は有機物の施用によりCECを高める努力が必要である。一方、イチゴハウス(T-2)、天然生林(T-3)では中間種鉱物であるHIVが圧倒的に多く、これらの土壤がAlの活性の高い風化の浅い土壤であることがわかる。また、永久負荷電を発現する鉱物が多量に存在することは、施肥された塩基類を保持する能力(CEC)が高いこととよく符合する。

T-1は施用された石灰のために表層でのZPCの

表3-5-34 遊離酸化物(1).

Sample	Horizon or depth	Tamm extraction			DCB extraction			Feo / Fed ratio	Alo / Ald ratio
		Alo	Feo (%)	Sio	Ald	Fed (%)	Sid		
H11	0 cm	0.066	0.110	0.013	0.181	1.947	0.113	0.06	0.36
	20	0.079	0.105	0.009	0.067	0.492	0.058	0.21	1.18
	40	0.072	0.089	0.009	0.162	2.147	0.148	0.04	0.44
	60	0.056	0.082	0.005	0.169	2.052	0.175	0.04	0.33
	80	0.068	0.106	0.008	0.154	1.879	0.119	0.06	0.44
K-L	0 cm	0.061	0.140	0.018	0.162	1.828	0.069	0.08	0.38
	20	0.088	0.191	0.009	0.195	2.096	0.072	0.09	0.45
	40	0.088	0.244	0.012	0.180	2.190	0.070	0.11	0.49
H-N	E	0.189	0.080	0.004	0.379	1.884	0.044	0.04	0.50
	Bh	0.227	0.944	0.003	0.373	2.916	0.070	0.32	0.61
	C	0.180	0.028	0.004	0.302	1.189	0.057	0.02	0.60
	CR	0.182	0.014	0.004	0.294	1.497	0.046	0.01	0.62
T-1	Ap	0.081	0.487	0.014	0.099	1.465	0.076	0.33	0.82
	C	0.081	0.196	0.009	0.095	1.668	0.063	0.12	0.85
	R	0.064	0.214	0.009	0.057	0.798	0.028	0.27	1.12
T-2	0 cm	0.196	0.187	0.026	0.199	0.613	0.102	0.31	0.98
	20	0.210	0.188	0.021	0.212	0.563	0.106	0.33	0.99
	40	0.250	0.449	0.021	0.420	1.619	0.030	0.28	0.60
	60	0.269	0.420	0.068	0.427	1.601	0.027	0.26	0.63
	80	2.167	0.725	0.315	1.615	2.381	0.374	0.30	1.34
	100	0.368	0.239	0.175	0.342	1.352	0.065	0.18	1.08
T-3	A	0.381	0.298	0.035	0.571	1.647	0.065	0.18	0.67
	AB	0.353	0.234	0.031	0.579	1.631	0.053	0.14	0.61
B-2	0 cm	0.493	0.302	0.023	0.521	1.432	0.137	0.21	0.95
	20	0.420	0.254	0.023	0.462	1.505	0.096	0.17	0.91
	40	0.301	0.234	0.014	0.407	1.472	0.071	0.16	0.74
	60	0.304	0.231	0.013	0.426	1.462	0.071	0.16	0.71
	80	0.413	0.323	0.019	0.373	1.503	0.046	0.21	1.11
B-4	0 cm	0.230	0.351	0.004	0.201	0.647	0.088	0.54	1.14
	20	0.168	0.372	0.003	0.219	2.151	0.014	0.17	0.77
	40	0.148	0.130	0.002	0.237	1.330	0.021	0.10	0.62
	60	0.165	0.354	0.009	0.181	1.352	0.026	0.26	0.91
	80	0.156	0.264	0.002	0.171	1.295	0.018	0.20	0.91
A-3	0 cm	0.284	0.377	0.034	0.310	1.147	0.091	0.33	0.92
	20	0.218	0.408	0.023	0.251	1.154	0.075	0.35	0.87
	40	0.190	0.353	0.013	0.163	0.819	0.022	0.43	1.17
	60	0.198	0.320	0.019	0.225	1.213	0.002	0.26	0.88
	80	0.252	0.284	0.008	0.304	1.530	0.003	0.19	0.83
Y-0	Ap	0.105	0.608	0.039	0.180	1.572	0.193	0.39	0.58
	C	0.094	0.159	0.020	0.183	1.192	0.152	0.13	0.51
	2C	0.143	0.654	0.045	0.227	3.209	0.185	0.20	0.63
	3C	0.186	0.449	0.062	0.300	3.873	0.110	0.12	0.62
Y-P	Ap1	0.261	0.326	0.004	0.439	5.155	0.066	0.06	0.59
	Ap2	0.252	0.309	0.010	0.405	4.990	0.062	0.06	0.62
	BA	0.299	0.381	0.007	0.480	5.100	0.071	0.07	0.62
	Bt	0.326	0.456	0.007	0.515	4.024	0.032	0.11	0.63
	BC	0.425	0.443	0.031	0.557	3.472	0.051	0.13	0.76

表 3-5-35 遊離酸化物(2).

Sample	Horizon or depth	Tamm extraction			DCB extraction			Feo / Fed ratio	Alo / Ald ratio
		Alo	Feo (%)	Sio	Ald	Fed (%)	Sid		
Y-W	0 cm	0.346	0.487	0.075	0.460	4.278	n.d.	0.11	0.75
	20	0.351	0.461	0.065	0.467	7.742	n.d.	0.06	0.75
	40	0.329	0.463	0.054	0.497	7.666	n.d.	0.06	0.66
	60	0.336	0.432	0.052	0.505	5.760	n.d.	0.08	0.67
	80	0.364	0.450	0.089	0.507	5.701	n.d.	0.08	0.72
Y-N	A	0.337	0.313	0.025	0.546	4.593	0.004	0.07	0.62
	AB	0.322	0.290	0.022	0.576	4.884	n.d.	0.06	0.56
	B	0.321	0.235	0.022	0.625	5.647	n.d.	0.04	0.51
	C	0.413	0.350	0.046	0.664	7.347	n.d.	0.05	0.62
HM-1	0 cm	0.020	0.014	0.009	0.015	2.256	n.d.	0.01	1.33
	20	0.019	0.013	0.009	0.014	2.125	n.d.	0.01	1.36
	40	0.021	0.015	0.010	0.015	2.273	n.d.	0.01	1.40
	60	0.017	0.011	0.009	0.013	2.176	n.d.	0.01	1.31
HM-2	A	0.301	0.153	0.040	0.673	1.507	n.d.	0.10	0.45
	AB	0.297	0.206	n.d.	0.637	1.650	n.d.	0.12	0.47
	B	0.341	0.230	n.d.	0.661	1.650	n.d.	0.14	0.52
MS-1	A	0.250	0.238	0.000	0.791	2.750	0.131	0.09	0.32
	B	0.236	0.190	0.000	0.922	2.331	0.061	0.08	0.26
MS-2	A-AC	0.192	0.145	0.000	0.627	2.699	0.076	0.05	0.31
	C	0.142	0.074	0.000	0.638	3.198	0.062	0.02	0.22
MS-5	A	0.527	0.311	0.000	0.760	1.450	0.101	0.21	0.69
	Bt	0.354	0.359	0.000	0.569	1.628	0.066	0.22	0.62
MK	A	0.234	0.365	0.000	0.469	1.952	0.114	0.19	0.50
	BA	0.244	0.440	0.000	0.475	2.044	0.099	0.22	0.51
	B	0.136	0.137	0.000	0.528	2.549	0.059	0.05	0.26
	C	0.223	0.064	0.028	0.446	1.394	0.054	0.05	0.50

n.d. : no detect

表3-5-36 遊離酸化物(3).

Sample	Horizon or depth	Tamm extraction			DCB extraction			Feo / Fed ratio	Alo / Ald ratio
		Alo	Feo	Sio	Ald	Fed	Sid		
		----- (%) -----			----- (%) -----				
H-1	Ap	0.033	0.017	0.013	0.426	1.822	0.197	0.01	0.08
	C1	0.028	0.014	0.008	0.311	1.378	0.197	0.01	0.09
	C2	0.016	0.012	0.013	0.197	1.074	0.145	0.01	0.08
	60cm	0.013	0.011	0.009	0.213	1.130	0.147	0.01	0.06
	80	0.015	0.013	0.010	0.218	1.176	0.151	0.01	0.07
H-2	0 cm	0.167	0.053	0.013	0.886	2.423	0.260	0.02	0.19
	20	0.168	0.053	0.014	0.957	2.407	0.264	0.02	0.18
	40	0.126	0.049	0.022	1.156	3.249	0.300	0.02	0.11
	60	0.104	0.037	0.034	1.043	3.534	0.405	0.01	0.10
	80	0.103	0.036	0.020	0.963	3.334	0.378	0.01	0.11
H-3	0 cm	0.175	0.082	0.013	0.762	2.031	0.289	0.04	0.23
	10	0.131	0.059	0.012	0.994	2.769	0.303	0.02	0.13
	20	0.123	0.039	0.012	1.110	3.579	0.302	0.01	0.11
	40	0.103	0.030	0.016	0.982	3.524	0.308	0.01	0.10
	60	0.093	0.026	0.013	0.759	2.713	0.379	0.01	0.12
	70+	0.089	0.029	0.014	0.664	2.509	0.362	0.01	0.13
NH-1	A	0.182	0.131	0.000	0.285	0.823	0.106	0.16	0.64
	BA	0.145	0.107	0.000	0.307	1.118	0.052	0.10	0.47
NH-2	A	0.091	0.153	0.000	0.231	0.698	0.140	0.22	0.39
	Bw	0.134	0.033	0.000	0.306	1.337	0.091	0.02	0.44
KR-1	0 cm	0.323	0.109	0.029	0.848	2.077	0.402	0.05	0.38
	10	0.373	0.136	0.026	1.016	2.558	0.382	0.05	0.37
	20	0.240	0.092	0.020	0.959	2.465	0.403	0.04	0.25
	40	0.215	0.084	0.023	0.965	2.363	0.459	0.04	0.22
	60	0.091	0.045	0.017	0.873	3.065	0.443	0.01	0.10
KR-2	0 cm	0.156	0.058	0.016	1.186	2.957	0.420	0.02	0.13
	10	0.108	0.023	0.170	1.247	2.939	0.425	0.01	0.09
	20	0.129	0.041	0.020	0.972	2.603	0.399	0.02	0.13
	40	0.146	0.045	0.019	1.333	4.286	0.472	0.01	0.11
	60	0.116	0.026	0.018	1.327	4.021	0.454	0.01	0.09
	75+	0.100	0.026	0.019	1.079	3.312	0.451	0.01	0.09
OT-1	Ap	0.584	0.879	0.061	0.670	2.437	n.d.	0.36	0.87
	C1	0.447	0.731	0.029	0.670	3.055	n.d.	0.24	0.67
	C2	0.747	0.989	0.056	0.882	3.031	n.d.	0.33	0.85
	C3	0.380	0.713	0.032	0.596	2.835	n.d.	0.25	0.64
OT-2	A	0.265	0.390	0.024	0.351	1.290	n.d.	0.30	0.75
	C1	0.252	0.371	0.023	0.378	1.381	0.132	0.27	0.67
	C2	0.192	0.340	0.023	0.337	1.310	n.d.	0.26	0.57

n.d. : no detect

表3-5-37 遊離酸化物(4).

Sample	Horizon or depth	Tamm extraction			DCB extraction			Feo / Fed ratio	Alo / Ald ratio
		Alo	Feo	Sio	Ald	Fed	Sid		
		----- (%) -----			----- (%) -----				
SH-1	A	0.689	0.271	0.019	0.803	1.209	0.097	0.22	0.86
	AB	0.462	0.615	0.027	0.709	3.087	n.d.	0.20	0.65
	B	0.411	0.603	0.029	0.638	2.810	n.d.	0.21	0.64
	C1	0.383	0.681	0.036	0.613	2.843	n.d.	0.24	0.62
	C2	0.237	0.471	0.030	0.410	2.849	0.127	0.17	0.58
SH-2	Ap	0.218	0.763	0.057	0.182	1.151	n.d.	0.66	1.20
	Bw	0.216	0.934	0.047	0.192	1.489	n.d.	0.63	1.13
	BC	0.151	1.151	0.036	0.180	2.045	n.d.	0.56	0.84
	C2	0.181	1.024	0.048	0.180	1.525	n.d.	0.67	1.01
	C3g	0.170	0.549	0.040	0.245	1.145	n.d.	0.48	0.69
SH-3	Ap1	0.196	0.506	0.046	0.333	1.868	0.095	0.27	0.59
	Ap2	0.201	0.549	0.048	0.068	0.139	n.d.	3.95	2.96
	Bw	0.162	0.477	0.037	0.310	1.881	n.d.	0.25	0.52
	C	0.233	0.642	1.835	0.286	1.238	n.d.	0.52	0.81
ST-1	A	0.243	0.482	0.000	0.562	2.246	0.149	0.21	0.43
	Bw	0.278	0.246	0.000	0.758	2.385	0.088	0.10	0.37
ST-2	A	0.365	0.554	0.000	0.786	2.588	0.089	0.21	0.46
	BA	0.259	0.307	0.000	0.912	3.304	0.068	0.09	0.28
KE-1	A	0.132	1.664	0.060	0.145	1.627	n.d.	1.02	0.91
	BW	0.086	1.012	0.050	0.126	1.234	n.d.	0.82	0.68
	C	0.093	1.894	0.094	0.083	0.984	n.d.	1.92	1.12
KE-2	A	0.283	0.503	0.025	0.503	1.387	n.d.	0.36	0.56
	Bw	0.357	0.576	0.024	0.699	1.690	n.d.	0.34	0.51
	BC	0.256	0.301	0.022	0.462	1.733	n.d.	0.17	0.55
	C	0.271	0.318	0.024	0.514	1.993	n.d.	0.16	0.53
KE-3	Ap1	0.181	0.673	0.052	0.170	1.277	0.030	0.53	1.06
	Ap2	0.162	0.640	0.049	0.205	1.891	0.513	0.34	0.79
	C	0.115	0.620	0.076	0.524	8.958	0.011	0.07	0.22
	2C	0.118	0.837	0.063	0.217	2.394	n.d.	0.35	0.54
NS-1	A	0.139	0.100	0.000	0.311	1.534	0.149	0.07	0.45
	Bg	0.137	0.106	0.000	0.409	1.939	0.134	0.05	0.33
	C	0.133	0.089	0.000	0.369	1.768	0.092	0.05	0.36
NS-2	A	0.195	0.661	0.000	0.340	2.091	0.102	0.32	0.57
	Bw	0.130	0.206	0.000	0.351	2.300	0.061	0.09	0.37
NS-3	A-AB	0.110	0.111	0.000	0.243	2.279	0.032	0.05	0.45
	Bt	0.141	0.109	0.000	0.307	2.553	0.032	0.04	0.46
	C	0.169	0.101	0.000	0.462	2.980	0.060	0.03	0.37
NS-4	A-AB	0.155	0.157	0.000	0.393	2.157	0.079	0.07	0.39
	BA	0.176	0.128	0.000	0.549	2.467	0.038	0.05	0.32
	BA	0.154	0.110	0.000	0.498	2.623	0.043	0.04	0.31
	Bt	0.133	0.090	0.000	0.463	2.819	0.043	0.03	0.29
	Bt	0.130	0.095	0.000	0.356	2.450	0.037	0.04	0.37
	Bt	0.110	0.097	0.000	0.360	2.547	0.045	0.04	0.31
NS-5	A	0.281	0.389	0.030	0.550	2.345	0.101	0.17	0.51
	AC	0.294	0.452	0.028	0.649	2.714	0.117	0.17	0.45

n.d. : no detect

表3-5-38 遊離酸化物(5).

Sample	Horizon or depth	Tamm extraction			DCB extraction			Feo / Fed ratio	Alo / Ald ratio
		Alo	Feo (%)	Sio	Ald	Fed (%)	Sid		
KT-5	A1	0.837	1.247	0.136	0.863	2.030	0.042	0.61	0.97
	A2	1.010	1.905	0.116	1.204	2.966	n.d.	0.64	0.84
	AC	1.157	2.105	0.083	1.574	3.578	n.d.	0.59	0.74
	C1	1.082	2.152	0.076	1.426	3.362	n.d.	0.64	0.76
	C2	1.126	2.164	0.096	1.454	3.590	n.d.	0.60	0.77
KT-6	Ap	0.292	0.496	0.080	0.264	2.743	n.d.	0.18	1.11
	2C	0.297	2.397	0.063	0.479	8.771	n.d.	0.27	0.62
	3C	0.293	0.635	0.040	0.563	7.703	n.d.	0.08	0.52
KT-7	Ap1	0.246	0.866	0.055	0.378	4.353	n.d.	0.20	0.65
	Ap2	0.247	0.853	0.060	0.332	3.748	n.d.	0.23	0.74
	2C	0.224	0.478	0.044	0.406	2.625	n.d.	0.18	0.55
TO-1	Ap	0.626	0.595	0.045	0.118	0.234	0.059	2.54	5.31
	AB	0.684	0.647	0.081	0.141	0.252	0.059	2.57	4.85
	B	1.452	1.010	0.260	0.247	0.324	0.058	3.12	5.88
	C	0.943	0.899	0.181	0.170	0.341	0.047	2.64	5.55
TO-2	A	0.519	0.741	n.d.	0.116	0.273	0.101	2.71	4.47
	AB	0.790	1.211	0.015	0.205	0.466	0.053	2.60	3.85
	Bt	0.794	1.093	0.011	0.218	0.489	0.042	2.24	3.64
	C	0.736	1.114	0.014	0.191	0.472	0.037	2.36	3.85
MT-1	Ap	0.356	0.387	0.046	0.462	1.376	n.d.	0.28	0.77
	Bw	0.356	0.392	0.048	0.470	1.497	n.d.	0.26	0.76
	C1	0.497	0.930	0.034	0.629	2.059	n.d.	0.45	0.79
	C2	0.430	0.712	0.034	0.549	2.022	n.d.	0.35	0.78
MT-2	Ap	0.321	0.166	0.041	0.368	0.646	n.d.	0.26	0.87
	C1	0.236	0.222	0.016	0.352	1.242	n.d.	0.18	0.67
	C2	0.223	0.706	0.022	0.435	2.813	n.d.	0.25	0.51
	C3	0.285	0.527	0.020	0.419	1.776	n.d.	0.30	0.68
MT-3	A	0.390	0.602	0.011	0.742	2.792	n.d.	0.22	0.53
	AB	0.323	0.504	0.010	0.683	2.525	n.d.	0.20	0.47
	Bt	0.353	0.524	0.009	0.700	2.503	n.d.	0.21	0.50
	C	0.229	0.406	0.012	0.546	2.387	n.d.	0.17	0.42
MT-4	A	0.677	0.853	0.045	0.791	2.082	n.d.	0.41	0.86
	10-15	0.481	0.715	0.030	0.612	1.945	n.d.	0.37	0.79
	AB	0.472	0.685	0.027	0.625	1.962	n.d.	0.35	0.76
	BA	0.529	0.740	0.032	0.646	1.902	n.d.	0.39	0.82
	BC	0.712	0.854	0.049	0.739	2.039	0.113	0.42	0.96

n.d. : no detect

表3-5-39 粘土鉱物組成(1).

Sample	Horizon or depth	Al or Fe Ch	Sm	Al-Vt (HIV)	Vt	It	Kt	Gb	Gt	Qz	Lp	Sp
H11	60 cm			±	±	+++	+	+		++		
K-L	40 cm			+	±	+++	±	+		++		
H-N	Bh			+++	±	+	++	+				
T-1	C	±		+	±	++	+			+	+	
T-2	60 cm			++++		±	±	±		±		
T-3	AB			++++	±	±	+	+		+		
B-2	40 cm			++++		+	++	±		+		
B-4	40 cm			++++	±	+	++	±		+		
A-3	40 cm			++++	±	+	++	±		+		
Y-0	C			+++	±	+	++			+		
	3C			+++	±	++	++	±		+		
Y-P	Bt			+++	+	++	++	+		++		±
Y-W	0 cm			++		+	++	+		++		
	60			++		±	++	±		++		
Y-N	A	±		+		±	+	±		++		
	C	±		±		++	++	±		++		
HM-1	0 cm	±		++++		++++	++++			+++		
	60	±		+++		++++	++++			+++		
HM-2	A			++		±	++++	++		+++		
	B	±		+++		±	++++	+++		+++		
MS-1	A	±	±	++		±	+	+	±	++		
	B	±	±	++	±		++	+	±	++		
MS-2	A-AC	±	±	+	±	±	++	±	±	++		
	C	±	±	+	±	±	++	+	±	++		
MS-5	A	+	±	+	±	±	++	±	±	+		
	Bt	+	±	+	±	±	++	±	±	+		
MK	A		±	++	+	+	±	±		++		
	BA		±	+	+	±	±	±	±	++		
	B		±	++	±	±	±	±	±	++		
H-1	Ap	±		+		±		±		±		
	60cm	±				±	±			±		
H-2	0 cm	±		++		±	++	±		±		
	60	±		++		±	++	±		±		
H-3	0 cm	±		++		±	++	±		±		
	60			++		±	±	++		+		
KR-1	0 cm	±		++		±	++	±		+		
	60	+++		±		±	+	+		+		
KR-2	0 cm	±		+++		±	++	++		++		
	60			+++		±	+++	+++		++		

3章

表3-5-40 荷電ゼロ点(1).

Sample	Horizon or depth	STPT-ZPC	STPT- σ_p (cmol kg^{-1})	Sample	Horizon or depth	STPT-ZPC	STPT- σ_p (cmol kg^{-1})
H11	0 cm	5.01	2.38	Y-O	Ap	6.34	3.44
	20	3.80	2.33		C	3.77	2.50
	40	3.56	2.26		2C	3.82	4.94
	60	3.57	2.77	3C	4.08	4.10	
	80	3.04	2.69	Y-P	Ap1	3.69	4.91
K-L	0 cm	6.49	2.67		Ap2	3.80	4.13
	20	3.50	3.44		BA	3.78	3.13
	40	3.47	2.27		Bt	4.00	1.65
H-N	E	3.49	2.10	BC	3.92	2.76	
	Bh	3.49	2.10	Y-W	0 cm	3.97	7.47
	C	3.73	1.36		20	4.00	2.39
	CR	3.70	1.34		40	4.31	1.45
T-1	Ap	4.90	0.85		60	3.95	3.29
	C	3.68	1.36		80	3.68	4.74
	R	3.78	0.40	Y-N	A	3.64	2.38
T-2	0 cm	3.80	6.75		AB	3.77	2.05
	20	4.52	3.98		B	3.86	2.00
	40	4.84	2.63	C	3.99	1.63	
	60	3.91	5.05	HM-1	0 cm	3.70	1.70
	80	6.10	0.15		20	3.92	0.86
	100	4.27	4.37		40	3.86	0.96
T-3	A	3.93	2.70		60	4.01	0.59
	AB	4.16	1.92	HM-2	A	4.07	2.71
	C	4.16	1.60		AB	4.11	1.53
B-2	0 cm	3.62	4.60		B	3.92	2.47
	20	3.78	4.52	MS-1	A	4.02	4.89
	40	4.02	1.50		B	4.29	1.10
	60	4.02	2.95	MS-2	A-AC	3.97	1.86
	80	3.98	2.50		C	4.32	0.85
B-4	0 cm	3.59	4.04	MS-5	A	4.47	1.83
	20	4.02	2.55		Bt	4.42	0.78
	40	4.13	3.73	MK	A	4.17	1.38
	60	3.93	4.63		BA	4.11	1.64
	80	4.01	4.50		B	4.14	0.95
A-3	0 cm	5.11	0.35				
	20	3.80	4.35				
	40	3.53	4.66				
	60	4.44	3.05				
	80	4.25	4.41				

表3-5-41 粘土鉱物組成(2).

Sample	Horizon or depth	Al or Fe Ch	Sm	Al-Vt (HIV)	Vt	It	Kt	Gb	Gt	Qz	Lp	Sp
NH-1	A	±	±	++	±	±	+	±	±	++		
	BA	±	+	++	±	±	+	±	±	+		
NH-2	A		±	±	++	+	+	±		++		
	Bw		+	+	+	±	+	±	±	++		
OT-1	Ap	±		++		++	+	±		+++		
	C3	±		++		+	+	±		++		
OT-2	A	±		++		+++	+	±		++		
	C2			++		++	±	±		++		
SH-1	A					++	±	++		+++		
	C2	±		++		++	+	±		++		
SH-2	Ap	±		+		+	++	+		+++		
	C2	±		+		+	++	±		++		
SH-3	Ap1	±		++		+	++	+		++		
	C2	±		++		+	++	+		++		
P-1	A	±	±	++	±		+	±	±	++		
	Bw	±	±	++	±	±	+	±	±	++		
ST-2	A	±	±	++	±		++	±	±	++		
	BA	±	±	++	±		+	+	±	+		
KE-1	A	±		±				±		±		++++
	C	±		±				±		±		++++
KE-2	A			++		±	+	+		++		
	C	±		+++		±	+	±		+		
KE-3	Ap	+		±		±	++	+		+		+++
	2C	±		±			+	±		±		++++
NS-1	A	±		++	+	+	+	±		++		
	Bg	±	±	+++	±	+	+	±	±	+		
	C	±	±	++	±	+	+	±	±	+		
NS-2	A	±	±	+	±	+	++	±	±	++		
	Bw	±		+	±	++	++	±		++		
NS-3	A-AB	±	±	++	+	+	+	±	±	+		
	Bt	±	±	+	+	+	+	±	±	+		
	C	±	+	+	+	+	++	±		+		
NS-4	A-AB	±	+	++	±	+	+	±	±	+		
	BA	±	+	++	±	±	+	±	±	+		
	BA	±	+	+	±	+	++	+	±	+		
	Bt	±	+	+	±	+	++	±	±	+		
	Bt	±	+	+	±	+	++	±	±	+		
	Bt	±	+	+	±	+	++	±	±	+		
NS-5	A		±	++	±	±	++	±	±	+		
	AC		±	++	±	±	++	+	±	+		

3章

表3-5-42 粘土鉱物組成(3).

Sample	Horizon or depth	Al or Fe Ch	Sm	Al-Vt (HIV)	Vt	It	Kt	Gb	Gt	Qz	Lp	Sp
KT-5	A1	±		+++		±	+	+		+		
	C2	++		+++			+	+		±		
KT-6	Ap			++		+	++	+		++		
	3C	±		++		±	±	++		+		
KT-7	Ap1	±		+++		±	++	+		+		
	2C			+++		+	+	+		+		
TO-1	Ap	+		±		+	++	±		++		
	C	+		±		+	++	+		+		
TO-2	A	±		++		+	+	±		+		
	C	+		+		±	++	+		+		
MT-1	Ap	+		+		±	+++	+		+		
	C1	+		±		+	+++	+		±		
MT-2	Ap	±		+		+	++	+		+		
	C2	+		+		+	++	+		+		
I-3	A	+		++		±	+	++		+		
	C	++		+		±	+++	+		+		
MT-4	A	+		++		±	+++	+		+		
	BC	+		++		±	++	+		+		

Al or Fe Ch: Al- or Fe-Chlorite, Sm: Smectite, Al-Vt(HIV): Al-Vermiculite(Hydroxy-interlayered Vermiculite, Vt: Vermiculite, It: Illite, Kt: Kaolins, Gb: Gibbsite, Gt: Goethite, Qz: Quartz, Lp: Lepidocrosite, Sp: Serpentinite

3章

表3-5-43 荷電ゼ口点(2).

Sample	Horizon or depth	STPT-ZPC	STPT- σ p (cmol kg^{-1})	Sample	Horizon or depth	STPT-ZPC	STPT- σ p (cmol kg^{-1})
H-1	Ap	4.54	2.72	SH-1	A	2.91	9.48
	C1	4.20	1.55		AB	4.03	0.84
	C2	4.39	1.00		B	3.97	0.00
	60cm	4.53	0.89		C1	3.85	1.36
	80	4.19	0.90		C2	3.91	0.82
H-2	0 cm	3.86	5.35	SH-2	Ap	5.98	1.68
	20	4.00	4.71		Bw	5.49	2.68
	40	3.82	4.64		BC	3.59	5.91
	60	3.86	4.87		C2	3.62	6.18
	80	3.70	3.33		C3g	3.70	5.99
H-3	0 cm	4.07	6.70	SH-3	Ap1	5.80	1.20
	10	4.15	3.24		Ap2	5.29	2.57
	20	3.90	3.50		Bw	3.37	5.28
	40	4.11	2.05	C	3.30	6.63	
	60	4.09	1.15	ST-1	A	5.34	5.73
	70+	4.12	1.07		Bw	4.19	1.64
NH-1	A	3.94	2.14	ST-2	A	4.72	5.83
	BA	4.11	1.00		BA	4.53	1.55
NH-2	A	3.76	1.05	KE-1	A	4.83	5.18
	Bw	3.90	0.81		Bw	5.16	1.79
KR-1	0 cm	4.25	4.97		C	5.41	1.57
	10	3.26	5.87	KE-2	A	3.67	14.64
	20	3.93	7.83		Bw	3.82	2.80
	40	3.93	1.79		BC	3.76	1.30
	60	3.44	5.38		C	3.68	1.70
KR-2	0 cm	4.64	10.34	KE-3	Ap1	3.36	7.74
	10	4.03	9.90		Ap2	3.94	5.28
	20	3.68	7.02		C	5.03	2.56
	40	3.79	2.81	2C	4.00	5.10	
	60	3.81	2.90	NS-1	A	3.52	6.69
	75+	3.04	7.81		Bg	3.72	5.00
C			C		3.87	2.13	
OT-1	Ap	6.47	1.26	NS-2	A	3.86	6.06
	C1	3.52	3.50		Bw	4.34	3.19
	C2	4.02	1.52	NS-3	A-AB	4.30	1.53
	C3	3.85	3.67		Bt	4.14	1.87
C			C		4.11	0.95	
OT-2	A	4.76	4.67	NS-4	A-AB	4.42	2.48
	C1	4.41	4.29		BA	4.21	0.94
	C2	3.98	2.86		BA	3.98	2.69
			Bt		4.19	2.21	
			Bt		4.07	2.74	
			Bt		4.00	4.33	
			NS-5	A	4.00	3.27	
				AC	4.13	1.29	
				C	4.25	0.41	
			NS-6	A	3.85	5.30	
				AC	3.90	2.47	
				C	4.18	0.77	

表3-5-44 荷電ゼロ点(3).

Sample	Horizon or depth	STPT-ZPC	STPT- σ_p (cmol kg^{-1})
KT-5	A1	3.13	17.40
	A2	3.59	5.50
	AC	4.18	1.95
	C1	4.13	3.45
	C2	4.24	0.95
KT-6	Ap	5.95	6.44
	2C	5.58	1.52
	3C	3.32	11.22
KT-7	Ap1	6.34	5.05
	Ap2	6.64	4.32
	2C	3.40	10.52
TO-1	Ap	6.48	4.26
	AB	5.60	3.54
	B	4.68	1.64
	C	4.57	0.99
TO-2	A	3.66	0.95
	AB	3.94	2.70
	Bt	4.25	0.19
	C	3.74	6.50
MT-1	Ap	4.05	17.56
	Bw	3.76	17.87
	C1	5.52	2.18
	C2	4.44	3.34
MT-2	Ap	5.46	5.17
	C1	4.05	4.91
	C2	3.96	5.61
	C3	3.90	6.42
MT-3	A	3.69	2.81
	AB	4.50	0.24
	Bt	4.37	0.48
	C	4.36	0.42
MT-4	A	4.26	1.16
	10-15	3.95	4.98
	AB	3.90	3.00
	BA	3.92	2.96
	BC	4.16	1.19

値が高くなっている。大方町の20年経過した造成地(K-L)でみられたように、 σ_p の値はAp層、R層よりC層の方が高い。C層の有機物含量はAp層より低いので、粘土鉱物由来の負荷電が大きいいため σ_p の値が大きいのであろう。T-2のZPC、 σ_p の層位内分布は、これらの値には様々な要因が関係することを示すよい例であらう。表層のZPCが低く、 σ_p が大きいのは主に有機物の蓄積によるものであり、80cm層のZPCが高く、 σ_p が小さいのは火山灰堆積物である赤音地に多量に含まれる非晶質アルミノケイ酸塩の寄与が大きいためである。一方、60cm、100cm層のZPCが低く σ_p が高いのは、多量に存在する中間種鉱物(HIV)由来の永久荷電が大きいためであらう(Sakurai et al.1989a)。自然山林土壌であるT-3は、表層のみ有機物含量が高いため、それ以深の層よりZPCが低く σ_p の値が高いと考えられる。

3) 香我美町

結晶質鉄酸化物含量(Fed)は、露地条件でカンキツ栽培をしている土壌(B-2)の全層で1.5%前後であった。同じく露地条件でカンキツ栽培をしている土壌(B-4)の0cm層のFedは1%以下、20cm層で2.2%、それ以深はほぼ1.3%であった。ハウスでカンキツ栽培をしている土壌(A-3)では、下層のFedが1.5%とやや高い他は0.8-1.2%であった。鉄の活性化度 Feo/Fed はB-2で0.2、B-4で0.1-0.5、A-3は0.2-0.4と3地点が異なる値であったが、アルミニウムの活性化度はB-2で0.7-1.1、B-4で0.6-1.2、A-3で0.8-1.2でいずれも似通った値を示した。これらの結果から、B-2は谷の下部にあたるため、周囲から流れ込む有機物や粘土によって、活性なアルミニウムイオンが保持されている土壌と考えられる。B-4は、すき床直下の20-40cmあたりに水田作によって生成したすき床直下の鉄の集積層において鉄の結晶化が進んでいるのに対し、表層(0cm)では鉄もアルミニウムも活性化度が高く、有機物に保持されていることが推察できる。先に肥沃度のデータから、A-3土壌は幾度も崩積物が供給されていることを考察したが、酸化物の分析結果から0-40cm、40-60cm、60cm以深はそれぞれ3つの大

大きく異なる崩積物から成ると考えられる。

B-2, B-4, A-3の粘土鉱物組成はいずれもHIV主体で、次にカオリン鉱物が多く、イライト、石英を含む。3地点とも崩壊物からなる土壤と考えられ、有機物の存在によりアルミニウムイオン(Al^{3+})が供給されることがHIVを生成する原因の一つであろう。カオリン鉱物も多いことから、いずれの土壤も母材の風化はある程度進んでいることがわかる。

B-2, B-4土壤のZPCの断面内分布は表層のみやや低く、それ以深はほぼ一定とよく似ている。それに対して σp の値はB-2の40cm以深で低くなっているのに対して、B-4では60, 80cmの層も高い値を示した。B-2の全炭素含量は、40cm以深で低くなっているものの、 $9.1g\ kg^{-1}$ 程度は存在したのに対し、B-4では40cm以深で $3.9g\ kg^{-1}$ 以下になっている。CECもB-2の0cm層の値が $22cmol(+)\ kg^{-1}$ と高い他は両者でそれほど大きな違いはない。これらのことから、いずれの断面でも有機物由来の負荷電以外に大きなZPCの決定要因が見つからない。一方、地下水レベルが高く、グライ化しているB-4の下層での σp の値が大きいことから、中間種粘土鉱物に由来する負荷電の発現が促されるような変化が起きていることが推測される。強風化土壤では永久負荷電を鉄やアルミニウムの酸化物が被覆することによって σp を小さくし、ZPCを高くすることが知られている(Sakurai et al, 1990)。B-4の下層ではグライ化による鉄の還元溶出が起るために、永久荷電由来の負荷電が発現しやすく、 σp の値が高くなっている原因のひとつであろう。この点についてはさらに検討を要する。A-3土壤のZPC、 σp の断面内分布は、造成地土壤と同じ傾向が見られた。すなわち、表層で最も高く下層で低くなる傾向にあった。この土壤では、交換性Ca含量が全層で高いが、20, 40cm層でやや低い。この2層のみZPCが低いことから、有機物含量の違いよりも、母材あるいは施肥に由来するCaの量がZPC値の最も大きく左右すると考えられた。一方、 σp の値はZPCの低いものほど高い傾向があったことから、これら2つの特性値は密接に関連していることが示唆された。

4) 夜須町

DCB処理で抽出される結晶性の鉄含量(Fed)はY-Oの2C, 3C層, Y-P, Y-W, Y-Nの全層で高く、鉄の活性化度(Feo/Fed)が低いことから、かなり風化が進んでいると考えられる。一方、アルミニウムの活性化度である Al_0/Al_d の値はいずれの土壤も0.5以上と高く、比較的若い土壤である。すなわち、土壤母材そのものの風化は進んでいるが、現在の土壤条件はAlの活性化につながるものであるということを示している。

粘土鉱物組成は造成地(Y-O)のC層, 3C層ともにHIVが最も多く、カオリン鉱物、イライトがそれに次ぐ。甘藷畑(Y-P)、スイカ畑(Y-W)もほぼ同様の傾向がみられるがやや石英が多い。天然生林(Y-N)は若干HIVが少なく、やや石英が多い。これらのことから、中間種鉱物が主要な粘土鉱物であるために、CECの値が比較的高いことがわかった。また、カオリン鉱物が存在することからある程度風化が進んでいると考えられた。

Y-Oは、 A_p 層のZPCが高く石灰施用による交換性Ca含量の高いことがその原因であると考えられた。 σp の値は全般に高いが、2C層では $4.9\ cmol(+)\ kg^{-1}$ ときわめて高い値であった。 A_p 層以外の層位では有機物含量が低いにも関わらず、いずれもZPCが4付近かそれ以下と低く σp の値も高いことから、中間種鉱物HIV由来の永久負荷電が大きいことに起因すると考えられた。また、2C層より3C層におけるDCB処理抽出態の酸化物含量がやや高く、 σp 値が低いこともZPC値の決定に影響を与えているようである。一方、Y-Pは全層でDCB処理抽出態の酸化物量が大きく、HIV由来の負荷電を中和しているため、ZPCの層位内の変異が小さいと考えられた。表層(A_{p1} , A_{p2} , BA)の全炭素含量が粘土集積層(Bt)より高いことから、全炭素含量は最も大きなZPCの決定要因であることが推察された。また、 σp の値は下層に向けて低くなっており、CECの大きさの断面内変化と同じ傾向にあった。主に、有機物の量が下層で減少するのと対応しているのだろう。Y-W, Y-Nは、Y-P同様に全層でDCB処理抽出態の酸化物量が大きく、ZPCの層位内の変異を小さくしているようである。Y-Wの

0 cm層の σ_p が7.47 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と高い。これは全炭素含量が11.4%と高いことから有機物由来の負荷電と思われる。天然生林土壌のY-Nの σ_p はY-Wよりやや低く、HIV由来の永久負荷電量の自体は同じ程度でも、ZPC決定の際には前者の負荷電の多くは交換性Alによって占められており、0.0485M程度のNaCl濃度ではAlが溶出しなため負荷電が発現しないことが考えられる。このことは、Sakurai et al. (1989b) が指摘した事実と一致する。

5) 大月町

造成地(HM-1)は、Fedが非常に高い。また、Feo/Fedが0.01と低いことから、母材の風化の進んだ土壌である。また、自然肥沃度が低い上に、造成後に粘土の侵食・流亡が起こったため、非晶質のAl量も低くなったと思われる。天然生林(HM-2)は、全層でAloが高く、Alo/Aldも0.5前後と高いことから、全層に腐植が浸透しており、Alを活性に保っていることが分かる。

HM-1, HM-2ともにカオリン鉱物が卓越しており、HIVも多い。造成地(HM-1)でイライトが多いのに対して、天然生林(HM-2)ではイライトが少ない。分散性の高いイライトが、Alを固定することによってHIVになっていること、同時にAlの水酸化物であるGbも存在することから自然条件下では有機物の供給によってAlが活性化し、既存の鉱物にとり込まれる反応が進んでいることがわかる(山田, 1994)。したがって、HIVの生成は、クロライトからのAlの脱離ではなく、むしろ、イライトへのAlの付加によって起こっていると考えられる。

造成地土壌(HM-1)の0 cm層は、ZPCの値が3.70と低く、 σ_p の値は1.70 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と高い。下層はZPCが4以下と低く、 σ_p も下層に向かって低くなっている。粘土含量も下層に向かって低くなっている。砂質土壌のため、(水)酸化物や荷電を発現する粘土鉱物が少ないことに加え、有機物も少ないことがZPC、 σ_p を低くする原因と考えられる。天然生林土壌(HM-2)は、全層でZPCの値が4程度と低い。全炭素、粘土含量が高いことがその原因であると思われる。HM-1と比較して天然生林土壌の σ_p の値がやや高いのは、腐植および粘土含量

が高いためと推察される。

6-1) 三原村宮の川清水川

シバが完全に定着していないシバ草地(MS-1)のZPC値は全層で約4と低く、 σ_p 値は表層で4.89 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と高いが、次層では1.10 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ とあまり高くない。これは、有機物と中間種鉱物(HIV)由来の負荷電が大きいことに起因すると考えられる。粘土鉱物組成はMS-1のA層(0-11cm)、B層(11-30cm)ともにHIV、石英が多く、カオリン鉱物がそれに次ぐ。DCB処理で抽出される結晶性鉄酸化物含量(Fed)は、A層(0-11cm)、B層(11-30cm)ともに3%前後と高く、鉄の活性化度Feo/Fedは、0.1以下と低い。

粘土鉱物組成は中腹に位置するMS-2土壌では、HIVが侵食によって失われたことによって、カオリン鉱物が相対的に増加している。DCB処理で抽出される結晶性鉄酸化物含量(Fed)は、3%前後と高いが、鉄の活性化度Feo/Fedは、A-AC層で0.05、C層で0.02と低い。A-AC層でZPC値は3.9と低く、 σ_p 値は1.86 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ とあまり高くない。C層ではZPC値が高くなっている。

天然生林(MS-5)は、DCB処理で抽出される結晶性鉄酸化物含量(Fed)が、15%前後と高い。粘土鉱物組成はカオリン鉱物主体である。アルミニウムの活性化度は0.65前後である。ZPC値は4.4前後と若干低く、 σ_p 値はあまり高くない。

6-2) 三原村川平郷

中腹に位置するシバ草地(MK)は、ZPCのpH値は、2:1型粘土鉱物が多いためか約4.2と低いが、 σ_p 値は1.60-1.0 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ とあまり高くない。表層(A, AB層)のアルミニウムの活性化度は0.5程度と高いが、B層は0.26と低くなっている。

7) 中村市平野

造成地(H-1)は、全層でTamm, DCB処理のAl, Fe(水)酸化物の量が少ない。0 cm層の非晶質のAl量が0.033%と下層よりやや高いのは、表土返し処理の層位であるためであろう。しかし、造成地(H-1)のAlo量は既成畑(H-2)に存在するAlo

の1/5程度であり、造成後の粘土流出にともなって活性のAlが流亡したことを裏付けている。H-1は、Feo/Fedの比が0.01とかなり低いことから、造成される以前にかなり風化が進んだ土壌であり、肥沃度も低いことが分かる。一方、既成畑(H-2)、天然生林(H-3)はH-1よりAlo、Fedなどの量がずっと高く、その含量および層位内の分布がよく似ている。既成畑と天然生林はともに長い期間侵食にたいして安定であることを示している。H-2、H-3は、Alo/Aldがやや高く、土壌有機物が多いことから、現在も断面内での土壌生成作用が進行中であることを示している。

鉱物性を見ると、造成地(H-1)は、粘土が少ないため粘土鉱物量自体が多くない。それに対して、既成畑・天然生林のH-2、H-3には明瞭なピークを持つものが存在し、その組成も似ている。特に、カオリン鉱物、HIVが多い。HIVの多いことは、土壌が酸性条件にありAlが活発に動いていることを示している。また、2:1型鉱物によって現在もAlが固定されていることを示している。H-3の下層では表層よりカオリン鉱物が少なく、ギブサイトが見られる。このことは、天然生林下で土壌の酸性化が進み、表層で溶解したAlが下層で集積したことを示すものである。

H-1のAp層のZPCの値は4.54と高く、 σp の値は2.72 cmol(+)kg⁻¹と下層と比較して高い。この層のCEC、全炭素含量および粘土含量が高いことに起因する。一方、下層の σp は深くなるに従い低くなっている。(水)酸化物、有機物も少ない砂質土壌であるためであろう。既成畑(H-2)は、H-1と比較して全層でZPCの値は4以下と低く、 σp は高い。ZPCの値が低いのは、土壌の酸性化にともなって非晶質のAl、交換性Al含量が高くなっていることが原因と考えられる。そのほかの要因としては、母材由来の永久負荷電性粘土が多いために、 σp の値が高くなり、ZPCの値を下げていていると考えられる。H-3は、全層でZPCの値が4程度と低い。また、 σp の値は40cm層まで高く、腐植の影響がみられる。腐植は下層にまでは及んでおらず、 σp の値は1.2 cmol(+)kg⁻¹と低い。

8) 奈半利町

シバ草地土壌(NH-1)は、Tamm処理で0.2%程度のAlが溶解しており、有機物によるAlの移動が進行中であり、現在もポドゾル化作用を受けていると考えられる。ZPCのpH値は4前後と低く、 σp 値は表層で2.14 cmol(+)kg⁻¹と高い。これは、この地点の傾斜が緩く、シバ草地造成後の表土の侵食が小さいために、HIVを含む土壌が失われていないことに起因するだろう。

粘土鉱物組成は天然生林(NH-2)では、パーミキュライト、カオリン鉱物が主であるが、砂岩由来の石英も多量に存在する。結晶性鉄酸化物含量(Fed)は、下層で1.337%とやや高く、鉄の活性化度Feo/Fedは、表層では0.219であるのに対して、下層では0.025と低いことから、現地での風化が進んだ土壌であるといえよう。ZPC値は3.9以下と低く、 σp 値も1 cmol(+)kg⁻¹以下と低い。

9) 吉良川町

平坦地でポンカンを栽培しているKR-1は、Tamm処理のAl、Fe量が高く、傾斜地でポンカン栽培しているKR-2はDCB処理のAl、Fe量の方が高い。また、KR-2は、Feo/Fedが0.02以下と低いことから、かなり風化が進んだ土壌であり、自然肥沃度は低いことがわかる。しかし、化学性のデータからは施肥により、肥沃度が向上していることが分かる。KR-1の深さ0-60cmでは、Alo/Aldが0.2以上とやや高く、土壌有機物、中間種鉱物(HIV)が多いことから、平地でのポンカン栽培に伴う有機物の添加・蓄積のために土壌の非晶質成分量の増加が起こったことが考えられる。

KR-1、KR-2ともに、鉱物組成は類似しているが、注目すべきことは、KR-1の下層にクロライトが存在することである。酸性であること、Alが多いこと、その他の層にはクロライトが存在しないことから、平地にあり水分も多くやや還元的な条件となっているKR-1の下層では、Alが多量に層間に集積するため、HIVからクロライトに移行したことが推定できる。

KR-1のZPCは0cm層で4.25と高く、以深は3.3-4.0と低い。 σp は全層で高く、有機物の浸透が下

層にまで及んでいるためと思われる。また、永久荷電性粘土が卓越していることから全般に σ_p が高い。KR-2のZPC、 σ_p の断面内分布はKR-1とよく似た傾向にある。

10) 越知町

露地畑(OT-1)は、Aloが0.4-0.7%と高く、Fedも0.6-0.9%以上と高い。Alo/Ald、Feo/Fedも高く、生産力の高い若い土壌であると考えられる。天然生林(OT-2)はOT-1よりAlo、Fedが若干低いが、鉄・アルミニウムの活性化度はOT-1とほとんど同じである。天然生林土壌(OT-2)は急傾斜地に位置し、現地の観察からも地形面が攪乱されていることが明らかであったことから、酸化物を多量に含む粘土は流亡してしまったのだろう。

鉱物性をみると、OT-1、OT-2ともにHIV、イライト、石英が多い。HIVの永久負荷電はCECを高めるのに大きく寄与している。

OT-1のAp層のZPCの値は6.47と非常に高く、 σ_p の値は1.26 cmol(+)kg⁻¹と低い。これは交換性Ca含量が高いこと、それによりpH(H₂O)が高くなったことが主な原因と考えられる。C2層はC1、C3層と異なり、ZPCが4.02、 σ_p は1.52 cmol(+)kg⁻¹と低い。また、CEC、全炭素含量が他の2層より高く、粘土含量も高い。 σ_p の値を決定する因子として、粘土含量・有機物由来の永久荷電が寄与していると推測される。OT-2は、A、C1層でZPCの値が高く、 σ_p の値も高い。交換性Ca、全炭素含量が高いことが原因であろう。特に、 σ_p の値が高いのは全炭素含量が高いことに起因すると推測される。全層でOT-1よりZPCが低く、 σ_p が高いのは、畑作と天然生林の違いと考えられ、主に有機物の影響が大きいことに起因すると考えられる。

11-1) 佐川町

天然生林(SH-1)は、Ap層のAloが0.689%と高く、有機物と結合したAlが多いと考えられる。また、下層でも有機物が多いので、同様の傾向がある。一方、イチゴハウス(SH-2)はSH-1と比較してAlo、Fedは低い。有機物が少ないためAloは低く、水田であったときに溶解したためFedが低いと考

えられる。イチゴハウス(SH-3)は、SH-2のAlo量、Fed量と傾向が似ているが、Alo/Ald、Feo/Fedは低い。つまり、平地の水田跡のイチゴハウス(SH-2)より山の棚田のイチゴハウス(SH-3)の方が土壌試料の風化の程度が高いことがわかる。

粘土鉱物組成は、SH-1のA層のギブサイトがC1層と比較して高い。有機物の蓄積によって、pHが強酸性であるため、ギブサイト形成に適した環境が整っている。SH-2、SH-3は、鉱物組成が類似しているが、SH-3は、SH-2より若干HIVが多い。

SH-1のA層のZPCは、2.91と非常に低く、 σ_p は9.48 cmol(+)kg⁻¹と非常に高い。これは表層で全炭素含量、交換性Al量、Alo/Aldが高く、交換性Ca含量が低いことが原因と考えられる。全炭素含量が低いA層以下ではZPCは4程度と層位内の変化があまり見られず、 σ_p はかなり低い。交換性Al、Alo/AldはA層と変わらないので、ZPCの低下と σ_p の増大には有機物の効果が最も大きいと考えられる。SH-2、SH-3は、上層でZPCが6.0-5.5、5.8-5.3と高く、 σ_p は逆に1.7-2.7、1.2-2.6 cmol(+)kg⁻¹と低かった。施肥由来の交換性Ca、全炭素含量が高く、Al由来の酸性が低いことが原因と思われる。一方、下層のZPCは低く、 σ_p は高くなっている。いずれも母材中のイライト由来の永久荷電に起因すると推測される。

11-2) 佐川町中組

尾根筋のシバ草地(ST-1)は、石灰施肥によって交換性Ca、Mg含量が非常に高く、それに伴い表層のZPCとpH(H₂O)が天然生林土壌(SH-1)より高くなっている。粘土鉱物組成は、母材がチャートということもあって石英が主体であり、次にHIVが多く、カオリン鉱物を含んでいる。Fedは、A層(0-3cm)で2.246%、Bw層(8-30cm)で3.385%と高く、現地での風化がかなり進んだ土壌であるといえよう。

中腹のシバ草地(ST-2)は、ST-1土壌と同様交換性Ca、Mgが非常に高いため、ZPC値の高pH側へのシフトと σ_p の低下がみられる。Fedは、A層(0-3cm)で2.588%、Bw層(8-30cm)で3.304%と高く、現地での風化が進んだ土壌である。

12) 高知市円行寺

日本シバ草地 (KE-1) の Alo, Fed 量は山地 (KE-2), 採草地 (KE-3) より低い。断面内では A 層で若干高い。天然生林 (KE-2) の Alo, Fed は KE-1 より高く, 腐植が多いためと考えられる。採草地 (KE-3) の Alo はやや高く, Fed も高い。元来塩基性の高い蛇紋岩風化物を母材とするため Fe 含量は高いと考えられるが, 特に, Fe の斑紋が残っている C 層の Fed は 8.958% と非常に高く, 水田当時に溶解した Fe が多いことが推察される。

KE-1 は母材である蛇紋岩由来の鉱物が卓越し, 他の鉱物は微量である。一方, KE-2 は, 蛇紋岩のピークが表れないことから, 母材が KE-1 と異なると考えられる。しかし, KE-2 には HIV が卓越しており, CEC が高いようだ。KE-3 は, 客土された A_p 層に蛇紋石鉱物が多い。客土された作土層は 35cm と浅く, 深耕に伴い下層の蛇紋岩が混入したと考えられる。

KE-1 の A 層の ZPC の値は 4.83 と下層より若干低く, σ_p の値は 5.18 cmol(+)kg⁻¹ とかなり高い。全炭素含量が高いことに起因すると思われる。B_w, C 層の ZPC の値が高いのは, 塩基性岩である蛇紋岩の風化により, pH が高く保たれているためであろう。KE-2 の ZPC の値は全層で 3.7-3.8 と層位内での変化はほとんどみられないが, A 層の σ_p の値は 14.6 cmol(+)kg⁻¹ と非常に高く, 有機物の寄与が大きいと考えられる。KE-3 は, 全炭素含量の高い A_{p1} 層の ZPC が 3.36 と下層より若干低く, σ_p は 7.74 cmol(+)kg⁻¹ とかなり高い。C 層の ZPC が 5.03 と他の層と比較して高いのは, 以前水田だったときに集積した Fe が酸化物として堆積し, 粘土鉱物由来の負荷電を中和しているためと考えられる。

13) 南国市白木谷

1983年造成の尾根筋 (NS-1) は, 中間種鉱物 (HIV) が多いため, 表層での ZPC の pH 値が 4 以下と低く, σ_p が高い。下層では Alo が, 0.133% と低い。

1968年造成の尾根筋 (NS-2) では, ZPC の pH 値は, 牛の排泄物やシバの根や葉の分解による土壌有機物により, 4 前後と低く, σ_p は高い。また, Al の活性化度は 0.57-0.37 と高い。造成後の表土の侵

食によって, 養分保持力の高い粘土鉱物が失われたためか, カオリン鉱物が相対的に多い。

1968年造成のシバ草地の中腹 (NS-3) では, ZPC 値の高 pH 側へのシフトと σ_p の低下がみられる。これは, 牛の排泄物や, シバ由来のリターなど長年にわたる有機物の供給をうけ, その分解過程で放出される低分子有機酸によって表層付近で Fe や Al の酸化物・水酸化物が溶解した後下層へ移動し, そこで有機物は分解され, Fe や Al は, 重合するといった変化が進んでいるのであろう。また, 粘土の下層への移動も同時に起こっていると考えられる。したがって, 粘土の集積と同時に下層での非晶質物質の集積がおこるため, 永久荷電性粘土由来の負荷電が中和されて, ZPC が高くなり, σ_p が低下していると考えられる。

1968年造成の谷筋 (NS-4) は, ZPC 値の高 pH 側へのシフトと σ_p の低下がみられ, NS-3 土壌と同様の荷電特性の変化が起きているのであろう。鉄の活性化度 (Feo/Fed) も低い。

天然生林土壌 (NS-5, 6) の粘土鉱物組成は HIV が主体で, 次にカオリン鉱物が多く, イライト, 石英を含む。NS-5 土壌には, 中間種鉱物 (HIV) が多く存在し, 永久負荷電を多量に含むため, ZPC の pH 値が 4 前後と低く, 表層の σ_p 値は高い。また, 中間種鉱物が主要な粘土鉱物であるために, CEC の値が比較的高いことがわかる。Fed が高く, カオリン鉱物が存在することから, ある程度風化が進んでいることもわかる。

14) 香北町

天然生林 (KT-5) の Alo は 0.8-1.2% と低く, Fed は 2.0-3.6% と高い。特に, Alo は他の全ての地点と比較しても非常に高い。表層から下層まで有機物量がかなり多いので, 活性な Al の移行量も非常に多いと考えられる。ヤッコネギ栽培土壌 (KT-6, KT-7) では, Alo, Fed は高いが, Alo/Ald, Feo/Fed は低い。特に, KT-6 の C 層の Fed は 8.771% と非常に高い。水田作当時に生成した Fe が斑紋として残っていることから鉄の集積層であったことがわかる。

香北町では HIV が卓越しており, 全般に肥沃な

若い土壌といえよう。しかし、KT-6, 7は、カオリン鉱物が多いことからやや風化の進んだ土壌と推察される。

KT-5は、A1, A2層のZPCが3.13, 3.59と下層より低く、 σ_p は17.4, 5.5 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ とかなり高い。天然生林から供給される腐植の量が多いことが原因だと思われる。KT-6, KT-7は、上2層のZPCが5.95-5.58, 6.34-6.64と下層より高かった。施肥由来の交換性Ca含量が高いことが原因だと思われる。下層のZPCが3.32, 3.40と低く、 σ_p が11.22, 11.52 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と非常に高い。これらの値は、中間種鉱物HIVの永久荷電由来の負荷電が卓越しているためと考えられる。

15) 土佐町

TO-1, TO-2ともにAloが高く、Feo/Fed, Alo/Aldもきわめて高い。有機物も多く、生産力の高い若い土壌であると考えられる。

TO-1, TO-2ともにカオリン鉱物が多く、風化の進んだ土壌である。しかし、有機物中心の施肥により物理性・化学性ともに改善がみられ、土壤肥沃度は十分に高い。

既成畑(TO-1)のZPC, σ_p は、下層に進むに従って低くなる傾向がある。交換性Ca, 全炭素含量, CECも同じ傾向が認められ、これらの相互作用によって決まっているようだ。天然生林土壌(TO-2)は、TO-1とは逆に下層に進むに従ってZPCは高くなる傾向がある。Bt層では、ZPCが4.25と高く、 σ_p は0.192 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ とかなり低い。これは、粘土とともに集積する酸化物が負荷電を中和していることに起因すると思われる。

16) 本山町

転換畑(MT-1)のAlo, Fedが高く、アルミニウムの活性化度Alo/Ald, 鉄の活性化度Feo/Fedも高い。有機物施用効果が表れているものと考えられる。露地の野菜を栽培しているMT-2はMT-1より若干Alo, Fedは低い。MT-1よりも酸化物を含む粘土の雨水による流亡が多いためであろう。天然生林(MT-3)のAlo, Fedは高い。腐植と結合したAlが多いと思われる。スギ植林(MT-4)は、MT

-3よりAloは高いが、Fedは低い。また、Alo/Ald, Feo/FedもMT-3と比べて高い。スギの葉は分解しにくく土壌有機物として蓄積しやすいために、天然生林(MT-3)との違いが表れたと考えられる。

本山町の土壌の粘土鉱物の中では、カオリン鉱物が多く、風化の進んだ土壌である。山林MT-3, MT-4は、農地MT-1, MT-2よりHIVが多い。人為による攪乱のない安定した系で有機物の供給を受けて中間種鉱物が生成したものと推察される。

MT-1のC1層でZPCの値が5.52と他の層より高くなっているのは、(水)酸化物のAl, Fe含量が高いことが原因だと思われる。これは水田だった当時の変化に起因するのだろう。Ap, Bw層の σ_p の値が17.56, 17.87 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と非常に高いのは施肥による有機物の影響と思われる。MT-2のZPCの値は下層に進むに従って低くなり、 σ_p の値は高くなる。施肥によって供給された交換性Ca(ZPCを上げる)、全炭素含量(σ_p を大きくする)も同じ傾向がみられる。MT-3のA層は下層と比較してZPCの値が3.69と低く、 σ_p の値は2.81 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と高い。表層に蓄積している有機物から供給されている交換性Al, 全炭素含量が高いことが原因と思われる。MT-4のA層は下層と比較してZPCの値が4.26とやや高く、 σ_p の値は1.16 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と低い。一方、下層では深くなるにつれZPC, σ_p の値は低くなるが、BC層ではZPCが若干上がっている。(水)酸化物のAl, Feが他の層より高いことがその原因であろう。

c-3 水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸

c-3-1 分析方法

(水溶性カチオン・アニオン)

[土壌抽出液の調整]

風乾細土10.00gに脱イオン水50mLを加え、1時間往復振とう(反復数120回 min^{-1})後、濾紙(No. 6)で濾過した。

アンモニア態窒素、水溶性カチオンの測定にはこの土壌抽出液を供試した。

水溶性アニオンの測定には、さらにこの抽出液を0.20 μm フィルター(Toyo Roshi Kaisya, Ltd DISMIC-13cp)で濾過した後に供試した。

[アンモニア態窒素の定量]

[インドフェノール法・Weaterburnの簡便法“改良型”]

土壌抽出溶液2.5mLを試験管にとりフェノールニトロプルシド溶液^{*1}2.5mLを加え混合した。さらにアルカリ性次亜塩素ソーダ液^{*2}5.0mLを加え、混合したのち、37°Cに調整したウォーターバスで20分間インキュベートした。そして波長625nmで吸光度を測定した。NH₄⁺標準液にはNH₄Clを用いた。

^{*1}フェノール 10g, Na-ニトロプルシド 50mgを脱イオン水で500mLに定容した。

^{*2}NaOH 5g, アンチホルミン 8.4mL, Na₃PO₄・12H₂O 23.95g, NaHPO₄・12H₂O 16.81gを脱イオン水で1Lに定容した。

[水溶性カチオンの定量]

カチオン (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) の測定には原子吸光・フレイム分光光度計 (島津制作所 AA-610S) を用い、Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ は原子吸光分析法で、Na⁺ は蛍光分析法で測定した。

[水溶性アニオンの定量]

アニオン (Cl⁻, NO₃⁻, H₂PO₄⁻, SO₄²⁻) は、イオンクロマトグラフ (東洋曹達工業 HLC-601型) で測定した。カラムはTSKgel IC-Anion-PW (東洋曹達工業) を使用した。溶離液にはホウ酸緩衝液 (pH8.5) ^{*3}を0.22 μm濾紙 (富士写真フィルム株式会社 FM-22) で吸引濾過し、脱気したものを用いた。測定条件は、流速1.2mL min⁻¹,

カラムオープン温度35°Cである。各標準液には、NaCl, NaNO₃, Na₂HPO₄, K₂SO₄を用いた。本法による検出限界を有機酸と併せて表45に示した。

^{*3}H₃BO₃ 36g, Na₂B₄O₇・10H₂O 500mg, グリセリン5.0g, グルコン酸カリウム300mg, CH₃CN 120mL, n-ブチルアルコール30mLを蒸留脱イオン水で1Lに定容した。

(低分子有機酸)

[土壌抽出液の調整]

風乾細土10.00gに脱イオン水100mLを加え (土:液比 1:10), 1時間往復振とう (反復数120回 min⁻¹) した後、濾紙 (No. 6) で濾過した。濾液はさらに0.20 μmフィルター (Toyo Roshi Kaisya, Ltd DISMIC-13cp) で濾過した。抽出液中の低分子有機酸の濃度がうすい場合には、脱イオン水量を50mLに減らした (土:液比 1:5)。また、抽出液の濃度が濃い場合には、風乾細土を5.00gに減らした (土:液比 1:20)。

[低分子有機酸の定量]

高速液体クロマトグラフ有機酸分析システム (島津製作所C-R7Aplus) で測定した。カラムはTSK-GEL ODS80-80TS (東洋曹達工業) を用いた。溶離液としてはリン酸緩衝液^{*4}を0.22 μm濾紙 (富士写真フィルム株式会社, FM-22) で吸引濾過し、脱気したものを用いた。測定条件は、流速0.8mL min⁻¹, カラムオープン温度45°Cである。高速液体クロマトグラフ有機酸分析システムの検出限界を表3-5-45に示した。

表3-5-45 高速液体クロマトグラフィーの検出限界 (水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸)。

検出限界	水溶性カチオン					水溶性アニオン			
	NH ₄	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄
	mmol(+) kg					mmol(-) kg			
下限値	0.0294	0.1240	0.0200	0.1090	0.0640	0.1760	0.1008	0.0066	0.1300

検出限界	低分子有機酸							
	乳酸	L-リンゴ酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸
	mmol(-) kg							
下限値	0.0278	0.0212	0.0186	0.0119	0.0240	0.0198	0.0022	0.0022
上限値	0.5550	0.4230	0.3730	0.2600	0.4800	0.5550	0.0430	0.0430

* KH_2PO_4 0.816g, H_3PO_4 0.4mLを蒸留脱イオン水で1Lに定容した。

c-3-2 結果

水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸の分析結果を、表3-5-46, 47に示した。供試した全試料について、低分子有機酸8種の内、フマル酸は極微量にしか検出されなかった。また、マレイン酸は、まったく検出されなかった。この2つの有機酸については記述を省略する。以下に、各地点ごとに結果を要約して示す。

1) 大方町

造成直後で未利用の農地(H11)は、水溶性カチオン・アニオンのうち、 Mg^{2+} が $1.57\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と高い以外は、いずれの元素も微量であった。低分子有機酸含量は他の地点と比較して最も低い値であった。

2) 大正町

1984年に造成されたT-1は、水溶性カチオン・アニオンでは、 Ca^{2+} が $0.15\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、 Mg^{2+} が $0.84\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸では、乳酸が $0.180\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ 、コハク酸が $0.038\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。

一方、天然生林(T-3)は、水溶性カチオン・アニオンでは、 Mg^{2+} が $0.75\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、 Na^+ が $0.12\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、 Cl^- が $0.13\text{cmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸では、乳酸が $0.231\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ 、コハク酸が $0.060\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ 、マロン酸が $0.015\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。

3) 香我美町

谷の下部にあるB-2の水溶性カチオン・アニオンは極微量であった。低分子有機酸は、量・組成ともに多かった。特に、コハク酸、クエン酸が $0.050, 0.024\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高い値を示した。

ハウスミカンを栽培しているA-3は、水溶性カチオン・アニオンは、種類・量ともに多かった。特に、水溶性カチオンの Ca^{2+} 、 Mg^{2+} が $0.86, 1.82\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、水溶性アニオン(NO_3^- 、 SO_4^{2-})が $0.06,$

$0.21\text{cmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は、乳酸含量が若干高いだけで、他は低かった。

4) 夜須町

ハウスミカン畑(Y-O)土壌の水溶性カチオン・アニオンは、種類・量ともに多かった。特に SO_4^{2-} 含量は $0.13\text{cmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸含量は低いが、他の地点であまり検出されなかったシュウ酸含量が $0.023\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高いのが特徴であった。

露地の甘しょ畑(Y-P)は、水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸含量は低く、クエン酸含量が若干高いのみであった。

露地のスイカ畑(Y-W)は、水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸含量は極めて低かった。

天然生林(Y-N)は、水溶性カチオン・アニオン含量はともに低いが、 NH_4^+ 、 Cl^- が $0.07\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、 $0.23\text{cmol}(-)\text{kg}^{-1}$ とやや高かった。低分子有機酸はクエン酸含量が若干高く、また、シュウ酸が $0.015\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と比較的高い値であった。

5) 大月町

造成地のタバコ畑(HM-1)は、水溶性カチオン含量が非常に高く、水溶性アニオンの SO_4^{2-} は $0.73\text{cmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と他の地点と比較して最も高い値を示した。低分子有機酸では、クエン酸含量が $0.023\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。

天然生林(HM-2)は、水溶性カチオン含量は若干高く、水溶性アニオンは Cl^- 、 NO_3^- が若干高かった。低分子有機酸では、乳酸、クエン酸が $0.151, 0.023\text{mmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。

6-1) 三原村宮の川清水川

牧場上部のシバが完全に定着していない草地(MS-1)の水溶性カチオン・アニオンは、 Mg^{2+} が $0.88\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 、 Cl^- が $0.14\text{cmol}(-)\text{kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は量・組成ともに多く、他のシバ草地と比較して最も組成が多様で含量が高かった。

牧場中腹のシバが定着している草地(MS-2)は、水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸含量は極めて低かった。

表3-5-46 水溶性カチオン・アニオン

地質帯名	試料名	水溶性カチオン					水溶性アニオン					
		NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	含量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	含量
		cmol(+) kg ⁻¹					cmol(-) kg ⁻¹					
四万十帯 (北部)	H11-0	0.00	0.16	1.57	0.04	0.07	1.84	0.05	0.01	0.00	0.09	0.15
	T-1-Ap	0.00	0.15	0.84	0.15	0.05	1.19	0.05	0.00	0.02	0.04	0.11
	T-3-A	0.02	0.00	0.75	0.06	0.12	0.95	0.13	0.01	0.00	0.03	0.17
	B-2-0	0.00	0.07	0.28	0.36	0.08	0.79	0.05	0.00	0.02	0.06	0.13
	A-3-0	0.01	0.86	1.82	0.21	0.25	3.15	0.21	0.06	0.01	0.21	0.49
	Y-0-Ap	0.01	0.25	2.42	0.16	0.17	3.01	0.11	0.03	0.01	0.13	0.28
	Y-P-Ap ₁	0.01	0.08	0.45	0.10	0.07	0.71	0.12	0.00	0.00	0.04	0.16
	Y-W-0	0.01	0.01	0.23	0.05	0.03	0.33	0.03	0.01	0.01	0.03	0.08
	Y-N-A	0.07	0.00	0.12	0.08	0.15	0.42	0.23	0.00	0.00	0.07	0.30
	平均	0.01	0.18	0.94	0.14	0.11	1.38	0.11	0.01	0.01	0.08	0.21
四万十帯 (南部)	HM-1-0	0.01	0.73	5.22	0.23	0.32	6.51	0.24	0.00	0.00	0.73	0.97
	HM-2-A	0.03	0.02	1.41	0.11	0.19	1.76	0.16	0.04	0.00	0.03	0.23
	MS-1-A	0.02	0.04	0.88	0.14	0.12	1.20	0.14	0.01	0.00	0.01	0.16
	MS-2-A	0.05	0.00	0.03	0.03	0.08	0.19	0.07	0.00	0.00	0.05	0.12
	MS-4-A	0.02	0.00	0.01	0.03	0.09	0.15	0.06	0.00	0.00	0.02	0.08
	MS-5-A	0.01	0.02	0.87	0.11	0.11	1.12	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05
	MK-A	0.01	0.00	0.49	0.05	0.10	0.65	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05
	H-1-Ap	0.00	0.04	0.25	0.00	0.11	0.40	0.09	0.00	0.00	0.01	0.10
	H-2-0	0.00	0.14	1.18	0.11	0.18	1.61	0.05	0.01	0.01	0.13	0.20
	H-3-0	0.03	0.01	1.73	0.10	0.31	2.08	0.07	0.04	0.00	0.04	0.15
	KR-1-0	0.08	1.67	9.27	0.33	0.27	11.62	0.35	0.95	0.01	0.09	1.40
	KR-2-0	0.02	0.23	1.95	0.13	0.09	2.42	0.08	0.03	0.01	0.04	0.16
	NH-1-A	0.02	0.00	0.17	0.07	0.06	0.32	0.05	0.00	0.00	0.01	0.06
	NH-2-A	0.01	0.00	0.34	0.06	0.07	0.48	0.06	0.00	0.00	0.01	0.07
	平均	0.02	0.21	1.70	0.11	0.15	2.18	0.11	0.08	0.00	0.09	0.27
秩父帯	OT-1-Ap	0.01	0.47	2.06	0.18	0.09	2.81	0.04	0.03	0.02	0.03	0.12
	OT-2-A	0.01	0.12	0.91	0.16	0.08	1.28	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
	SH-1-A	0.03	0.00	3.55	0.32	0.23	4.13	0.48	0.01	0.01	0.12	0.62
	SH-2-A	0.01	0.29	2.39	0.18	0.23	3.10	0.08	0.04	0.02	0.14	0.28
	SH-3-Ap ₁	0.01	0.19	1.41	0.09	0.15	1.85	0.03	0.03	0.02	0.06	0.14
	KE-1-A	0.03	0.05	3.90	0.05	0.06	4.09	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
	KE-2-A	0.01	0.15	2.29	0.16	0.11	2.72	0.17	0.01	0.01	0.03	0.22
	KE-3-Ap ₁	0.03	0.00	1.73	0.04	0.09	1.89	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05
	KT-5-A ₁	0.01	0.63	5.40	0.17	0.21	6.42	0.24	0.00	0.00	0.09	0.33
	KT-6-Ap	0.02	0.24	3.28	0.41	0.14	4.09	0.02	0.06	0.04	0.06	0.18
	KT-7-Ap ₁	0.01	0.71	2.70	0.20	0.13	3.75	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03
	NS-1-A	0.02	0.49	3.03	0.17	0.06	3.77	0.10	0.25	0.00	0.02	0.37
	NS-3-A-AB	0.01	0.01	0.11	0.03	0.10	0.26	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03
	NS-4-A-AB	0.03	0.39	2.20	0.19	0.13	2.94	0.27	0.18	0.00	0.01	0.46
	NS-5-A	0.01	0.00	0.43	0.14	0.11	0.69	0.07	0.00	0.01	0.02	0.10
	ST-1-A	0.01	0.26	2.25	0.07	0.08	2.67	0.05	0.00	0.00	0.02	0.07
	ST-2-A	0.00	0.12	1.48	0.07	0.07	1.74	0.06	0.00	0.00	0.02	0.08
平均	0.01	0.24	2.30	0.15	0.12	2.84	0.10	0.04	0.01	0.04	0.19	
三波川帯	TO-1-Ap	0.02	0.74	2.80	0.11	0.12	3.79	0.13	0.00	0.01	0.01	0.15
	TO-2-A	(データなし)						0.25	0.07	0.01	0.09	0.42
	MT-1-Ap	0.01	0.13	1.67	0.17	0.11	2.09	0.03	0.01	0.02	0.02	0.08
	MT-2-Ap	0.01	0.22	1.29	0.07	0.06	1.65	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08
	MT-3-A	0.03	0.00	0.89	0.08	0.09	1.09	0.09	0.00	0.00	0.02	0.11
	MT-4-A	0.00	0.05	0.13	0.00	0.05	0.23	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04
	平均	0.01	0.23	1.36	0.09	0.09	1.77	0.09	0.02	0.01	0.03	0.15

表3-5-47 低分子有機酸

地質帯名	試料名	mmol(-) kg ⁻¹								含量
		乳酸	L-リンゴ酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸	
四万十帯 (北部)	H11-0	0.036	0.001	0.006	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.046
	T-1-Ap	0.180	0.004	0.038	0.002	0.010	tr.	0.000	n.d.	0.234
	T-3-A	0.231	0.006	0.060	0.000	0.015	tr.	0.000	n.d.	0.313
	B-2-0	0.138	0.012	0.050	0.024	0.007	tr.	0.000	n.d.	0.231
	A-3-0	0.069	0.004	0.034	0.000	0.006	tr.	0.000	n.d.	0.114
	Y-0-Ap	0.041	0.010	0.003	0.001	0.005	tr.	0.023	n.d.	0.083
	Y-P-Ap ₁	0.075	0.003	0.003	0.013	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.094
	Y-W-0	0.012	0.002	0.003	0.000	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.017
	Y-N-A	0.020	0.001	0.004	0.018	0.000	tr.	0.015	n.d.	0.059
	平均	0.089	0.005	0.023	0.007	0.005	tr.	0.004	n.d.	0.132
四万十帯 (南部)	HM-1-0	0.029	0.004	0.004	0.023	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.060
	HM-2-A	0.151	0.009	0.004	0.017	0.006	tr.	0.000	n.d.	0.188
	MS-1-A	0.093	0.025	0.051	0.005	0.063	tr.	0.000	n.d.	0.237
	MS-2-A	0.008	0.006	0.016	0.002	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.032
	MS-4-A	0.013	0.006	0.011	0.018	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.062
	MS-5-A	0.103	0.046	0.105	0.004	0.144	tr.	0.001	n.d.	0.404
	MK-A	0.099	0.030	0.017	0.003	0.031	tr.	0.000	n.d.	0.179
	H-1-Ap	0.048	0.006	0.008	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.065
	H-2-0	0.075	0.005	0.005	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.088
	H-3-0	0.041	0.021	0.041	0.013	0.011	tr.	0.032	n.d.	0.159
	KR-1-0	0.035	0.004	0.040	0.012	0.006	tr.	0.019	n.d.	0.115
	KR-2-0	0.065	0.020	0.026	0.005	0.009	tr.	0.031	n.d.	0.156
	NH-1-A	0.017	0.006	0.024	0.000	0.012	tr.	0.000	n.d.	0.059
	NH-2-A	0.072	0.018	0.021	0.001	0.009	tr.	0.000	n.d.	0.121
平均	0.061	0.015	0.027	0.008	0.022	tr.	0.006	n.d.	0.137	
秩父帯	OT-1-Ap	0.079	0.014	0.010	0.003	0.005	tr.	0.000	n.d.	0.111
	OT-2-A	0.137	0.022	0.074	0.006	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.260
	SH-1-A	0.488	0.205	0.405	0.027	0.129	tr.	0.002	n.d.	1.255
	SH-2-A	0.049	0.006	0.020	0.008	0.003	tr.	0.000	n.d.	0.087
	SH-3-Ap ₁	0.083	0.012	0.010	0.011	0.008	tr.	0.000	n.d.	0.124
	KE-1-A	0.187	0.024	0.028	0.013	0.032	tr.	0.000	n.d.	0.284
	KE-2-A	0.124	0.047	0.133	0.038	0.022	tr.	0.053	n.d.	0.417
	KE-3-Ap ₁	0.015	0.011	0.003	0.012	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.062
	KT-5-A ₁	0.615	0.127	0.144	0.036	0.157	tr.	0.001	n.d.	1.079
	KT-6-Ap	0.064	0.008	0.009	0.002	0.032	tr.	0.001	n.d.	0.117
	KT-7-Ap ₁	0.064	0.008	0.028	0.015	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.135
	NS-1-A	0.020	0.021	0.044	0.001	0.009	tr.	0.001	n.d.	0.096
	NS-3-A-AB	0.048	0.026	0.047	0.002	0.010	tr.	0.000	n.d.	0.132
	NS-4-A-AB	0.103	0.050	0.095	0.002	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.263
	NS-5-A	0.041	0.035	0.063	0.001	0.043	tr.	0.001	n.d.	0.185
	ST-1-A	0.159	0.034	0.019	0.005	0.065	tr.	0.001	n.d.	0.283
	ST-2-A	0.163	0.058	0.018	0.003	0.042	tr.	0.001	n.d.	0.285
	平均	0.143	0.042	0.068	0.011	0.037	tr.	0.004	n.d.	0.304
三波川帯	TO-1-Ap	0.199	0.029	0.031	0.010	0.040	tr.	0.000	n.d.	0.308
	TO-2-A	(データなし)								n.d.
	MT-1-Ap	0.153	0.030	0.056	0.005	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.257
	MT-2-Ap	0.116	0.020	0.024	0.002	0.007	tr.	0.000	n.d.	0.170
	MT-3-A	0.114	0.052	0.111	0.002	0.057	tr.	0.000	n.d.	0.336
	MT-4-A	0.018	0.018	0.009	0.017	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.061
	平均	0.120	0.030	0.046	0.007	0.023	tr.	0.000	n.d.	0.226

tr.; 極微量の検出 n.d.; 検出なし

牧場下部の谷筋に位置するシバ草地 (MS-4) の水溶性カチオン・アニオン含量は極めて低いが、低分子有機酸ではクエン酸含量が若干高かった。

天然生林 (MS-5) は、水溶性カチオン・アニオンでは、それぞれ Mg^{2+} , K^+ , Na^+ が $0.87, 0.11, 0.11 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は、量・組成ともかなり多かった。

6-2) 三原村川平郷

牧場内中腹に位置するシバ草地 (MK) は、水溶性カチオン・アニオンでは、 Mg^{2+} が若干多かった。低分子有機酸は、乳酸、L-リンゴ酸が $0.99, 0.030 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ と高かった。

7) 中村市平野

造成地のタバコ畑 (H-1) は、水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸含量は極めて低かった。

既成畑 (H-2) は、水溶性カチオン・アニオンでは、 Mg^{2+} が若干高かった。低分子有機酸は、乳酸が $0.075 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ と若干高かった。

天然生林 (H-3) は、水溶性カチオンでは Mg^{2+} , Na^+ 含量が $1.73, 0.31 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、水溶性アニオンでは Cl^- が $0.07 \text{ cmol (-) kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は、量・組成ともに多い。また、シュウ酸が $0.032 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ と高い値を示した。

8) 奈半利町

牧場の尾根の下部に位置するシバ草地 (NH-1) は、水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸含量は極めて低かった。

天然生林 (NH-2) は、水溶性カチオン・アニオン含量は極めて低く、低分子有機酸では、乳酸、L-リンゴ酸含量が若干高い値であった。

9) 吉良川町

果樹園 (ポンカン) 土壌 (KR-1) は、水溶性カチオンは種類・量ともに多く、 NH_4^+ 含量は $0.08 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ と他の地点と比較して最も高い値であった。また、水溶性アニオンのうち Cl^- , NO_3^- 含量は $0.35, 0.95 \text{ cmol (-) kg}^{-1}$ と高かった。 NO_3^- は他の地点と比較して最も高い値を示した。低分子有機酸は、コハ

ク酸、クエン酸含量が高く、他の地点であまり検出されないシュウ酸も $0.031 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ とかなり高い値を示した。

KR-1と同様、果樹 (ポンカン) を栽培しているKR-2は、水溶性カチオン・アニオンでは、 Mg^{2+} が若干高かった。低分子有機酸は、乳酸、L-リンゴ酸含量は高く、シュウ酸含量も $0.019 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ と比較的高い値を示した。

10) 越知町

畑土壌 (OT-1) は、水溶性カチオン・アニオンともに多く、特に Ca^{2+} 含量は $0.47 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸では、乳酸、L-リンゴ酸含量が若干高かった。

天然生林 (OT-2) は、水溶性カチオン・アニオンはあまり高くないが、低分子有機酸は、量・組成ともに多かった。

11-1) 佐川町

天然生林 (SH-1) は、水溶性カチオンでは Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 含量が $3.55, 0.32, 0.23 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、水溶性アニオンでは Cl^- , SO_4^{2-} が $0.48, 0.12 \text{ cmol (-) kg}^{-1}$ と非常に高かった。低分子有機酸は、量・組成ともに非常に多い。L-リンゴ酸、コハク酸含量が他の地点と比較して最も高かった。乳酸含量は $0.488 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ と高かった。

水田からの転換畑 (SH-2) は、水溶性カチオンの Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 含量が $2.39, 0.23, 0.18 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、水溶性アニオンでは SO_4^{2-} が $0.14 \text{ cmol (-) kg}^{-1}$ とかなり高かった。低分子有機酸含量は低かった。

水田からの転換畑 (SH-3) は、水溶性カチオンの Mg^{2+} , Na^+ 含量が $1.41, 0.15 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ と若干高かった。低分子有機酸は量・組成ともに多かった。

11-2) 佐川町中組

高知県畜産試験場の牧場内尾根筋に位置するシバ草地 (ST-1) は、水溶性カチオンのうち Mg^{2+} 含量が $2.25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は、乳酸、マロン酸含量が $0.159, 0.065 \text{ mmol (-) kg}^{-1}$ と高かった。

牧場内中腹に位置するシバ草地 (ST-2) は、水

溶性 Mg^{2+} 含量が $1.48 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は、乳酸、L-リンゴ酸、マロン酸含量が $0.159, 0.058, 0.065 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

12) 高知市円行寺

日本シバ草地 (KE-1) は、水溶性 Mg^{2+} 含量が $3.90 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ とかなり高かった。低分子有機酸では、乳酸含量が $0.187 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

天然生林 (KE-2) は、水溶性 Mg^{2+} 含量が $2.29 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ 、水溶性 Cl^{-} が $0.17 \text{ cmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ とかなり高かった。低分子有機酸は、量・組成ともに多く、特に、コハク酸、クエン酸、シュウ酸含量が高かった。シュウ酸は $0.053 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と他の地点と比較して最も高かった。

採草地 (KE-3) は、水溶性 Mg^{2+} 含量が $1.73 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ と若干高かった。低分子有機酸は量・組成ともに少なかった。

13) 南国市白木谷

1983年に造成されたシバ草地の尾根筋に位置する草地 (NS-1) は、水溶性カチオン含量は高く、水溶性 NO_3^{-} は $0.25 \text{ cmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸含量は低かった。

1968年に造成されたシバ草地の中腹に位置する草地 (NS-3) は、水溶性カチオン・アニオン含量は非常に少なかった。低分子有機酸含量もあまり高くなかった。

1968年に造成されたシバ草地の谷筋に位置する草地 (NS-4) は、水溶性カチオン含量は高く、水溶性アニオンのうち Cl^{-} 、 NO_3^{-} は $0.27, 0.18 \text{ cmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸含量は高く、乳酸、L-リンゴ酸、コハク酸含量が $0.103, 0.050, 0.095 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

天然生林 (NS-5) は、水溶性カチオン・アニオン含量は低く、低分子有機酸含量もあまり高くなかった。コハク酸、マロン酸含量が $0.063, 0.043 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ とやや高かった。

14) 香北町

天然生林 (KT-5) では、水溶性カチオン含量は非常に高かった。水溶性アニオン含量も Cl^{-} 、 SO_4^{2-}

が $0.24, 0.09 \text{ cmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は組成・量ともに多く、特に、乳酸、マロン酸含量は、 $0.615, 0.157 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と最も高い値であった。

転換畑 (KT-6) の水溶性カチオン含量は非常に高かった。他の地点でほとんど検出されない水溶性アニオンの $H_2PO_4^{-}$ 含量が $0.04 \text{ cmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かったことが特徴的であった。低分子有機酸は、マロン酸含量が $0.032 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と若干高かった。

水田からの転換畑 (KT-7) は、水溶性カチオンが非常に高かった。一方、低分子有機酸含量は、あまり高くなかった。

15) 土佐町

以前、有機農法を行っていた畑土壌 (TO-1) の水溶性カチオンは高く、特に、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量は $0.74, 2.80 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ と高い値を示した。水溶性アニオンの中で Cl^{-} が $0.13 \text{ cmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。低分子有機酸は組成・量ともに多かった。特に、乳酸、マロン酸が $0.199, 0.040 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

天然生林 (TO-2) の水溶性カチオンおよび低分子有機酸は、土壤試料が足りなくなったため測定していない。水溶性アニオンは、種類・量ともに多かった。特に、 Cl^{-} が $0.25 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

16) 本山町

雨よけトマトを栽培している MT-1 の水溶性カチオン含量は高く、 Mg^{2+} 、 K^{+} 含量は $1.67, 0.17 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ であった。低分子有機酸は組成・量ともに多かった。特に、乳酸、コハク酸が $0.153, 0.056 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

露地の野菜畑 (MT-2) の水溶性カチオン含量は高く、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量は $0.22, 1.29 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ であった。低分子有機酸は、乳酸含量が $0.114 \text{ mmol}(-) \text{ kg}^{-1}$ と高かった。

天然生林 (MT-3) の水溶性カチオンの中では、 Mg^{2+} 含量が $0.89 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ と若干高かった。低分子有機酸は組成・量ともに多く、特に、乳酸、L-リンゴ酸、コハク酸、マロン酸が高かった。

スギ植林 (MT-4) は、水溶性カチオン・アニオン含量および低分子有機酸含量ともに低かった。

c-4 総合考察

1) 大方町

未利用の造成地 (H11), 花を栽培している造成地 (K-L), 天然生林 (H-N) は, 砂岩, 頁岩を母材とする砂質土壌の性質を大きく反映し, 土壌肥沃度が低い。H-N は, 物理性もよく, 粘土の集積により肥沃度も高い。これは長年安定した土壌であり, 継続的な落葉・枝等の有機物の供給があったためである。H11, K-L は, 経年数が異なるにもかかわらず, 下層の物理性・化学性に大きな違いはみられなかった。したがって, 造成地の物理性改善・肥沃度向上には, 有機物, リン資材を中心とした継続的な施肥管理が営農上不可欠である。

2) 大正町

天然生林 (T-3) は, 表層の有機物の蓄積により肥沃度が高いが, 全体で酸性を呈している。頁岩由来の硫酸根による強酸性ではないが, 砂質の母材で塩基類の流亡が進んでおり, 永久荷電性鉱物による負荷電が卓越している。イチゴを栽培している造成地 (T-1) は, 大方町の H11, K-L の造成地とは対象的な例であろう。堆厩肥の熱心な施用により, 作土層の粘土含量, 肥沃度の向上がみられる。しかし, 下層土壌は酸性が強く, また作土層が浅いので作物根への酸性障害が懸念される。有機物・石灰を中心とした下層への深層施肥を行い, 酸性障害を未然に防ぐ必要があると考えられる。T-1 とは対照的に, 土層の深い転換畑 (T-2) は保水性がよく, 深部まで有機物がゆきわたっており作物栽培に適している。深さ 80cm に CEC の高い赤音地層があり, 根の深い作物を栽培しても物理的な障害を受けない土壌といえるだろう。

3) 香我美町

カンキツ栽培の B-2 は, 他の 2 地点と比較して通気性・保水性がかなりよく, CEC が深部でも高く根の深いカンキツ栽培に適した保肥力を持つ土壌である。転換畑の B-4, A-3 は, 全層で通気不良気味であるうえに, 保水力も低い。水田土壌の性質が残っており, 樹間にベントナイト等を混入して保水力の向上をはかるのがよいだろう。また, A-3 は

ハウス栽培なので施肥の蓄積によるリン酸過剰の恐れがあるのでリン資材の施用には考慮が必要と思われる。

4) 夜須町

ミカン畑 (Y-O) は, 不耕起のため通気性が悪く, 根への悪影響が懸念される。物理性の面からは, 機械による深層までの耕起が望まれる。ところが, 重金属過剰を招くおそれもあり, 慎重な対処が必要である。造成の度に施肥を繰り返してきたおかげで深部まで肥料が行渡り, 作物栽培には十分である。しかし, 現在ではでない緑色片岩の風化に由来する重金属の障害が心配される。甘薯畑 (Y-P), スイカ畑 (Y-W) は, 永久荷電由来の負荷電の大きい土壌で, 保肥力が高い。露地条件のため, 肥料を与えても雨水による塩基の溶脱により適度な量になっている。天然生林 (Y-N) は, Y-P, Y-W 同様に永久荷電由来の負荷電の大きい土壌で, 肥沃度は高い。

5) 大月町

HM-1, HM-2 は, 土壌母材が同じであるため, 化学性・荷電特性で似たような傾向が見られるが, 作り上げられ管理されている土壌と天然生林の土壌の違いが随所に見られる。HM-1 は, 造成後 5 年を経過しているものの, 0-60cm までほぼ同様の性質を示し, 本来, 酸性が強いため, 今後の造成地管理には, 石灰や完熟堆肥の施用が不可欠であると考えられる。HM-2 は傾斜地にあるが, 表層の有機物の流亡や侵食は比較的は少なく, 安定した土壌の風化・生成が続いているようである。

6-1) 三原村宮の川清水川

牧場上部に位置しシバの定着が完全ではない MS-1 は, 強い風化が進行した土壌であるが, 現在でも養分保持力の高い粘土鉱物が卓越していること, シバの定着は進んでいないが, もとの植生 (MS-5) 由来の有機物が開墾後 5 年を経過してもそれほど失われていないことから, 開拓前の土壌の性質を残した土壌であるといえるだろう。他のシバ草地と比較して, 水溶性画分の組成・量が多いのも特徴で

ある。

中腹に位置しシバが定着しているMS-2は、傾斜が28°で有り、造成後の表層土壌の流亡により表層がうすい。しかし、シバの定着によって、更なる表土の侵食が防止され、牛の排泄物由来の有機物の供給によって表層の肥沃度が低いながらも安定に保たれている。しかも、造成後24年という長年にわたるシバと牛の牛糞尿による有機物の添加によって、深さ10-15cmにおいて、粒状構造が発達している。

傾斜の緩やかな牧場下部の凸部に位置しているMS-3は、長年にわたる牛の糞尿による有機物の富化が起きているため肥沃度が高い。また、尾根筋という地形的条件にあるが、傾斜が緩やかなため、急傾斜に位置するシバ草地よりも深くまで土壌の肥沃度が高いことがわかった。

牧場下部の凹部に位置しているMS-4は、谷筋に位置しているため周囲から養水分が流れ込み、牛の排泄物に由来する窒素の富化が起きている。

天然生林(MS-5)は、風化は進んでいるが、有機物によって活性なアルミニウムイオンが保持されている土壌である。

6-2) 三原村川平郷

牧場内の中腹に位置しているMK土壌は、A層が0-1cmとほとんどなく、シバが群生していないことから、造成直後に激しい表土の侵食が起こったことが考えられる。同じ三原村の清水川牧場よりも細砂が多いことが特徴的であり、やや水はけが悪いかもしれない。造成してまだ8年しか経過していないMKは、元の自然土壌のA、AB層の特性を残している。シバがまだ完全に定着していないことから、今後さらに表土の流亡が懸念される。

7) 中村市平野

H-1は、新規造成地であり、有機物を投与しても砂質土壌の性質が強く、物理性・化学性の改善には急速には進まないことを示している。一方、H-2、H-3は似たような化学性を示しており、攪乱が小さいこと、有機物の人為・自然による安定供給がその原因として挙げられる。H-1において、今後とも継続的にタバコ栽培を続けるのであれば、根域の

発達する表土の厚さを30cmほどにすること、つまり、畝の部分に有機物のみならず、ベントナイトやゼオライトを投入するなどして物理性・化学性両面の改善を同時に進めるのが効果的な方策であると考えられる。

8) 奈半利町

造成2年しか経過していない尾根の下部のシバ草地(NH-1)、天然生林(NH-2)は、砂岩由来の母材であるため肥沃度が低い反面、排水性・通気性がよい。また、傾斜もゆるいため造成後の表土の侵食が小さい(NH-1)。牛の糞尿やシバ定植に由来する有機物の増加によって、表層での土壌肥沃度の向上が若干見られるが、造成後の年数が浅い(2年)ため、もとの自然土壌(NH-2)の特性を残した土壌である。

9) 吉良川町

KR-1、KR-2を比較すると、KR-2の肥沃度がやや低く、永久荷電性粘土由来の負荷電がより卓越しているが、全般的に類似した特徴を示している。過去に強風化を受けた洪積層である海岸段丘の堆積物を母材とする土壌という点でKR-1、KR-2とも同じである。その土壌で果樹を栽培しており、不耕起のために土壌へのインパクトも少なく、安定した系が成立しているようである。それにも関わらず、平地と傾斜地では鉍物組成や(水)酸化鉍物の形態、水溶性画分の量に違いが見られた。土壌肥沃度は高いものの平地では排水不良も予測されるので、適切な排水対策を施せば、よい樹園地土壌として十分に機能する。

10) 越知町

OT-1は、長年畑土壌として安定して利用され、物理性・肥沃度ともに良好である。全層で若干有効態リン酸含量が低いので、リン資材の投与により改善できるだろう。天然生林(OT-2)は、全体が砂礫の堆積層で土壌化が進んでいない。しかし、OT-1のように、砂礫土壌も長年の耕作・施肥管理により土壌化が促進され、土層が深くなり作物栽培に適することがわかった。OT-1、OT-2ともに肥沃

度は似ており、土壌の利用形態より母材の影響が大きいと考えられる。

11-1) 佐川町

天然生林 (SH-1) は、全層粘土含量、有機物量が多く、非常に肥沃である。表層に蓄積した有機物は下層にまで浸透し、土壌は強酸性である。そのため水溶性画分の組成・量ともに非常に多い。転換畑 (SH-2, SH-3) は、耕起により作土層の通気性は改善されているが、下層は水田土壌の性質が強く残っており、通気性・排水性不良が問題であろう。排水対策を行うことで、畑地賭して安定をはかる必要がある。

11-2) 佐川町中組

尾根筋に位置している ST-1 は、石灰施肥によって表層の肥沃度は若干高いが、下層は低く、自然土壌にやや近い値である。土壌は、牛糞尿による有機物添加の影響を大きく受けているが、下層への養水分の浸透は起こりにくいようである。しかし、長年にわたって牛の排泄物による養分の供給を受けているため、下層でも土壌構造が発達しており、土壌肥沃度の向上がみられた。

中腹の水みちに位置している ST-2 は、造成後20年の間に、牛糞やシバの根や葉の分解による有機物の経続的な添加によって土粒子の細分化が進んでいる。ST-2 は、中腹の水みちに位置していることから土層も厚く、養水分が下層へ浸透しやすいと考えられる。ST-1, ST-2 とともに、土層があつく有機物の影響がそれぞれ30cm, 35cmにまで及んでおり、深さ30cm程度を考えると単位面積当たりの養分の絶対量は他の調査地よりも高いと考えられる。

12) 高知市円行寺

シバ草地 (KE-1)、牧草地 (KE-3) は、母材である蛇紋岩の性質が強く残っている。KE-1 は、牛の排泄によって、KE-3 は石灰施肥によって、pHの低下は抑えられているので、重金属の過剰生が直ちに発生することはない。また、KE-3には客土も行われている。今後も石灰施肥によりpHの低下を防ぐ必要がある。また、KE-3は、下層の粘土含量

が高く、通気性・排水不良の懸念がある。造成されずに残った天然生林 (KE-2) は、KE-1, KE-3と母材が異なり、永久荷電性粘土由来の負荷電が卓越した土壌である。

13) 南国市白木谷

新しい造成地である尾根筋 (NS-1, 1983年造成) は、造成して10年以上経過しているが、牛の排泄物やシバの根や葉の分解による有機物の下層への影響があまりみられない。これは、尾根筋という地形的条件にあるため、周囲からの有機物の添加が起こりにくいことが、肥沃度向上の妨げとなっている。

1968年造成の尾根筋 (NS-2) は、尾根筋という地形的条件にあるため、周囲からの有機物の供給を受けにくい、長年にわたって牛の排泄物による養分の供給を受けてきたため、下層でも肥沃化が進んでいる。

中腹 (NS-3, 1968年造成) は、傾斜がきつく有機物が集積しにくい条件にあるが、造成後25年経過していることから、牛糞やシバの根や葉の分解による有機物の経続的な添加によって土粒子の細分化が進んでいる。NS-3は、尾根筋 (NS-2) 同様、下層の土壌肥沃度の向上が見られる。

谷筋 (NS-4, 1968年造成) は、谷筋にあって水分が豊富に供給され、有機酸なども下層まで浸透しやすく、造成後25年の間に下層まで細分化の進んだ土粒子が堆積している。各所から養分が多量に集積し、同時に断面内での粘土・シルトの移動が起こっている。

天然生林土壌 (NS-5, 6) において、NS-5とNS-6の違いは傾斜である。NS-5は約10°で、NS-6は約5°である。自然肥沃度は低く、自然状態での風化により塩基類の流亡がすでに終わっていることがうかがえる。

14) 香北町

天然生林 (KT-5) は、全層に有機物が行渡り肥沃な土壌である。水溶性画分の組成・量ともに非常に多い。造成地でハウス栽培をしているKT-6, KT-7は、施肥の蓄積により塩類集積・リン酸過剰の恐れがあるので適切な施肥を行うことが望ま

しい。また、作土層以深は礫層がすぐに表れるので、下層の土壤化を促進するような施肥が望ましい。

15) 土佐町

天然生林 (TO-2) は、永久荷電性粘土由来の負荷電が卓越し肥沃度の高い土壤である。有機農法を行っていた畑 (TO-1) は、団粒がよく発達し、物理性・化学性ともに良好な作物栽培に適した土壤である。水溶性画分の組成・量ともに非常に多い。微生物の活発な活動を継続させるには、全層で全炭素量が少ないので、堆肥等のすきこみが望まれる。

16) 本山町

雨よけトマトを栽培している (MT-1)、露地条件の既成畑 (MT-2) は、以前の水田土壤の性質を色濃く残しており、排水不良の懸念がある。また、MT-2 は、表層の粘土の流亡が肥沃度を低下させる原因だと思われ、マルチ・敷き藁等による侵食の対処が望まれる。天然生林 (MT-3)、スギ植林 (MT-4) の化学性はよく似ているが、物理性・水溶性画分に両者の有機物の量と堆積の違いが現れている。

これらの結果から、造成地と既成畑、天然生林地の間にはしばしば非常に大きな違いがあり、農地の評価や施肥設計のために行う一般的な土壤理化学性の実験結果のみでは、その違いの本質が見えないことが明らかである。粘土鉱物組成・酸化物・荷電特性などの評価を積極的に取り入れた土壤の母材そのものの性質の検討が今後の農地改良方針を決めるうえで不可欠であると考えられる。同時に、さらに多くの事例を研究することが望まれる。

d. 統計解析

d-1 荷電ゼロ点、 σ_p と他の理化学性との関係

STPT-ZPC、 σ_p が他の土壤特性とどのような関連をもつのか統計学的に評価する目的で重回帰分析 (変数増減法) を行った (田中・垂水・脇本, 1984; 菅, 1993)。解析には SPSS 社の統計パッケージを用いた (SPSS, 1995; 石村, 1995)。高知県下の四万十帯、秩父帯、三波川帯で採取した農地 (造成地・既成畑・転換畑) とその周辺の林地の層位毎の

サンプル (13地点, 37断面, 158層サンプル) を対象に行った。日本シバ草地のサンプルは除いた。目的変数に STPT-ZPC、 σ_p それぞれを用い、説明変数には分析で評価した物理性、化学性、酸化物、荷電特性計 21 因子 {粘土含量 (clay), $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$, $\text{pH}_{(\text{KCl})}$, ΔpH , EC, Ex. Ca, Ex. Mg, Ex. K, Ex. Na, Ex. Sum, Ex. Al, Ex. H, CEC, T-C, T-N, C/N, Av. P, Alo, Fed, ZPC, σ_p } を用いた。しかし、説明変数が多すぎて、多重共線性の問題や目的変数に対する説明変数の相関の低さが目立ち、ZPC、 σ_p は十分に評価できなかった。従って、適切な変数を選択するため、分散分析により説明変数相互に高い相関をもつものを選択し、それ以外を除外した。次に目的変数に対する説明変数の相関が低い変数を除外した。最終的には、12変数 {clay, $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$, Ex. Ca, Ex. Mg, Ex. K, Ex. Al, T-C, Av. P, Alo, Fed, ZPC, σ_p } を用いることにした。

解析は、1) 四万十帯、2) 秩父帯、3) 高知県下全域に分けて行くと同時に表層 (A, Ap層)、下層 (A, Ap層以外の層)、全層に分けても行った。結果は、表3-5-48に示した。説明変数に示した数字は、重回帰式で1%水準で有意となった変数の偏回帰係数である。

1) 四万十帯

下層土壤のZPCには、Alo、交換性Caが正の因子として寄与している。また、 σ_p でも交換性Caは正の因子として寄与している。櫻井ら (1996) は、四万十帯北部の農耕地土壤 (48点) において石灰施用は、ZPCを高くし、 σ_p を大きくする方向に働いていると報告している。四万十帯南部の海岸段丘由来の砂質土壤を加えた今回の解析においても、同様の結果が得られた。

表層土壤のZPCには、 $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ 、Av. Pが正の因子として働いている。一方、 σ_p では粘土含量が負の因子として働いている。ただし、 σ_p に関する重相関係数の有意水準が5%と他の回帰式の重相関係数よりかなり低い。説明変数 (12) に対して試料数 (20) が少ないことがその原因と思われる。

全層位におけるZPCには、 $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ 、Alo、Av. Pが正の因子として、 σ_p は負の因子として寄与し

表3-5-48 各地質帯における層別ZPC, σ_p と他の理化学的関係。

地質帯	層位	サンプル数	説明変数*)										定数 重相関係数						
			ZPC	σ_p	粘土含量	pH(H ₂ O)	Ex. Ca	Ex. Mg	Ex. K	Ex. Al	T-C	Av. P	Al ₂ O ₃	Fed					
四万十帯	全層位	91	ZPC	-0.10		0.56												1.32	0.7596
	表層	20	σ_p	-2.06	0.06	1.88		2.16	0.025		0.0003	0.57						-0.40	0.5933
			ZPC		-0.09	0.84						0.0003							-0.06
下層	71	σ_p		-0.10	-0.16													0.74	0.2578 *2)
		ZPC	-2.12	0.04	0.20	0.04	2.14	0.040				0.79						2.99	0.6204
秩父帯・三波川帯	全層位	67	ZPC	-0.16	0.56													0.71	0.8242
	表層	17	σ_p	-3.79	2.86		2.68				0.015	0.0008						2.34	0.7574
			ZPC		-0.13	0.78	0.06					0.002	0.0001						0.31
下層	50	σ_p		-0.18	0.61		0.04	0.36	0.01	0.008								0.95	0.8137
		ZPC	-3.76	2.49		2.19					0.024	0.0015						3.93	0.7761
高知県全域	全層位	158	ZPC	-0.15	0.53	0.03		0.36				0.0002	0.42					1.43	0.7596
	表層	37	σ_p	-3.22	0.03	2.51		2.44			0.014	0.0006						1.38	0.6716
			ZPC		-0.12	0.07	0.06					0.002	0.0001						0.37
下層	121	σ_p	-4.85	4.57		0.12	2.42			0.018	0.0005							-2.41	0.7655
		ZPC	-3.18	0.39	0.03		0.24				0.004	0.0003	0.32	0.03				2.11	0.7147
			σ_p		1.53	0.15						0.023	0.0011					6.47	0.6956

*1) 数値は1%水準で有意となった変数の偏回帰係数 *2) 5%水準で有意 *3) 全説明変数

ている。 σ_p では、pH (H₂O), 交換性K, 粘土含量, T-Cが正の因子として, ZPCは負の因子として寄与している。 ZPC, σ_p ともに, 表層, 下層両方の特徴を表している。

以上のことから, Alの(水)酸化物などの変異荷電画分および石灰施肥はZPCを高くし, 有機物および永久荷電性粘土が σ_p を高くする方向にはたっていると考えられる。

2) 秩父帯・三波川帯

下層土壌のZPCは, 交換性Al, K, Mgによって高められている。 下層土壌であるため施肥由来の交換性塩基と考えるより, 母材に由来するものと考えられる。

表層土壌のZPCは, Av. P, T-Cが正に寄与している。 永久荷電性鉱物の負荷電が重要な荷電源である場合, 有機物の存在がZPCを低下させ, σ_p を大きくするという効果が隠されてしまうことが報告されている(櫻井ら, 1996)。 今回供試したサンプルには中間種鉱物(HIV)が多く含まれており, 有機物の存在がZPCを高める方向にはたっていると結果が得られた。 ZPCを低くする永久荷電を有機物が直接ブロックしているか, あるいは, 有機物と結合したAlが多く, 複合体として粘土表面に吸着し, 負荷電を中和していることなどがその原因として考えられる。 σ_p の回帰式は全変数によって説明されており, σ_p の値を決める要因が特定できなかった。

全層位土壌のZPCは, pH (H₂O), Al₂O₃, 交換性Mg, Av. Pが正の因子としてはたらし, σ_p は負の因子としてはたっている。

以上のことから, ZPCは母材由来の交換性塩基含量が高いほど高く, σ_p の値は四万十帯土壌と同じく, 有機物, 永久荷電性粘土により大きくなることが明らかになった。

3) 高知県下全域

高知県下全域の土壌においては, 四万十帯, 秩父帯・三波川帯土壌のZPC, σ_p に表われた結果が集約された解析結果となった。 すなわち, 表層土壌ではZPCは, 石灰施肥により高くなり, 下層土壌では,

母材由来の交換性塩基により高くなっていた。 σ_p の値は、有機物の寄与が高いことから、表層では人為・自然両方の有機物の添加により高くなり、下層では永久荷電性粘土の存在が高くなる事が明らかになった。

これまでに、ZPC、 σ_p とその他の分析値の関係を、高知県の四万十帯北部の土壌（櫻井ら、1994）と変異荷電性土壌を供試して得られた結果（Sakurai et al, 1989a）との比較から以下のような知見が得られている（櫻井ら、1996）。

1. 母材に由来する、あるいは農耕地において施肥されたCaは、ZPCを高くする方向に働く。
2. 変異荷電性鉱物に富む土壌では、主要な負荷電である有機物によってZPCが低下し、 σ_p の値が大きくなるという現象が認められたが（Sakurai et al, 1989a）、永久荷電性鉱物の負荷電が重要な荷電源である土壌では、永久負荷電のZPC低下への寄与がより大きいと考えられる。
3. 変異荷電性土壌では、 σ_p の大きさは交換性Al量と強い相関関係にあったが（Sakurai et al, 1989a）、永久荷電性粘土を主体とする農耕地においては、交換性Al量が少ないため、 σ_p の大きさは交換性Caの量により大きく規定される。

今回の四万十帯南部、秩父帯、三波川帯の土壌を加えた高知県下全域の土壌を対象に行った場合も、ほぼ同様のことがいえる。特に、1、2の特徴が顕著に表れている。

これらの知見、特性値の抽出より、ZPC、 σ_p は施肥管理および母材に影響され、規定されると考えられる。今後は、畑土壌のみでなく、水田土壌を含めた幅広い検討が必要であろう。また、酸化物、荷電ゼロ点、鉱物組成といった土壌固有の性質を含めて新たな土壌区分を行うことが、より現実に即した土壌肥沃度評価法につながるものと考えられる。

d-2 主成分分析、クラスター分析を用いた土壌の類型化

重回帰分析に用いた変数を主成分分析にかけ、固有値が1以上になる主成分をクラスター分析の変数として適用した。また、重回帰分析同様、四万十帯、

秩父帯・三波川帯、全高知県下の3通りについて、それぞれ、全層位、表層のみ、下層のみとして解析を行った。

主成分分析では、いずれのケースでも4つの主成分がえられた。ただし、累積寄与率は65-70%とあまり高くない。各々の主成分は因子負荷量から、pH依存のものを表わす指標、有機物と粘土の量を示す指標、荷電特性を示す指標、母材の風化度合を示す指標と解釈した。

さらに、主成分分析で得られた主成分得点にクラスター分析（Ward法）を適用して土壌区分を行った。各区分に属する土壌を表3-5-49~51に示し、各区分の特徴を表3-5-52に示した。各クラスターの第1主成分から第4主成分までの主成分の平均得点を表3-5-53にまとめた。以下に各地帯における層位別のクラスターを化学性・土性等を考慮して解析し、土壌区分を行った結果を述べる。

1) 四万十帯

表層土壌からは、5つのクラスターが得られた。重金属の多い天然生林、その他の天然生林、造成地、粘土が多い土壌、粘土が若干少ない土壌にわかれた。利用形態別にわかれていると解釈できる。

下層土壌では4つのクラスターが得られ、赤音地層、造成地、既成畑、天然生林にわかれた。火山灰堆積層の赤音地層を除くと、利用形態別にはっきりとわかれている。また、粘土含量も造成地、既成畑、天然生林の順に増えている。

全層では赤音地層、造成地の表層と転換畑、粘土が若干少ない表層、既成畑の全層、天然生林の全層、造成地の下層と、6つのクラスターが得られた。これらは主に有機物・粘土含量によって区分されており、さらに層位別・利用形態別にわかれている。

2) 秩父帯・三波川帯

表層土壌では、農地と天然生林にわかれた。農地10地点中7地点が転換畑であり、既成畑・造成地を含めた農地の利用形態では区分できなかった。よって、一括して、農地とした。

下層土壌では、4つのクラスターが得られた。農地、粘土が非常に多い下層、CEC・有効態Pの多い

表3-5-49 クラスタ分析の結果(土壌固有の特性値): 四万十帯(1).

All soils	A & Ap horizon						Subsoil								
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6									
Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5					
H-N-C	B-4-60	Y-W-20	B-2-0	H-3-0	T-2-80	H-1-0	B-2-0	H-3-0	T-1-Ap	Y-N-O	H-N-C	KR-3-10	H-1-60	A-3-40	T-2-80
H-N-CR	B-4-80	Y-W-40	B-4-0	KR-2-10		HM-1-0	B-4-0	KR-2-0	Y-O-Ap		H-N-CR	KR-2-70	JH-2-10	A-3-60	
HM-1-40	A-3-40	Y-N-C	T-2-0	KR-2-0		H-N-E	T-2-0	Y-W-0	H11-0		HM-1-20	H-2-40	H-1-80	B-4-60	
HM1-60	T-2-60	Y-N-AB	T-2-20	K-L-0		HM-2-A	KR-1-0	H-2-0	K-L-0		HM-1-40	KR-2-40	H-1-C2	A-3-80	
HM-1-20	A-3-80	Y-N-B	KR-1-0	Y-O-Ap		T-3-A	A-3-0	Y-P-Ap			HM-1-60	H-2-20	H11-40	B-4-80	
T-3-B	A-3-60	Y-W-60	A-3-0	T-2-40		T-1-R	Y-W-60	A-3-0			T-1-R	KR-2-40	H11-60	A-3-20	
T-1-R	B-4-20	Y-W-80	Y-W-80	T-2-100		H-3-70+	Y-P-BA	H11-80			H-3-70+	Y-P-BA	H11-80	T-2-60	
HM-2-ABA	3-20	KR-2-40	KR-2-40	T-1-Ap		HM-2-ABA	3-20	KR-2-40			KR-1-10	KR-1-20	H11-20	Y-O-C	
HM-2-B	K-L-40	Y-N-A	Y-N-A	H11-0		HM-2-B	K-L-40	Y-N-A			B-2-40	Y-P-Bt	K-L-20	T-2-40	
T-3-A	HM-1-0	H-2-0	H-2-0	Y-O-3C		T-3-A	HM-1-0	H-2-0			B-2-60	Y-P-BC	Y-O-2C	T-2-100	
KR-1-40	B-4-40	H-2-10	H-2-10	B-2-20		KR-1-40	B-4-40	H-2-10			B-2-80	H-3-60	K-L-40	B-2-20	
HM-2-A	H11-20	KR-2-20	KR-2-20	Y-O-2C		HM-2-A	H11-20	KR-2-20			T-3-B	Y-W-20	Y-O-3C	Y-O-3C	
H-3-60	K-L-20	H-2-20	H-2-20	Y-W-0		H-3-60	K-L-20	H-2-20			H-N-Bh	Y-N-B	Y-P-Ap2	Y-P-Ap2	
H-3-70+	H11-40	KR-1-20	KR-1-20			H-3-70+	H11-40	KR-1-20			H-3-20	Y-N-C	KR-2-20	KR-2-20	
H-N-E	H11-60	KR-1-10	KR-1-10			H-N-E	H11-60	KR-1-10			T-1-C	Y-W-40	T-2-20	T-2-20	
T-1-C	H11-80	H-2-60	H-2-60			T-1-C	H11-80	H-2-60			B-4-20	Y-W-60			
H-N-Bh	H-1-60	H-3-10	H-3-10			H-N-Bh	H-1-60	H-3-10			HM-2-AI	Y-W-80			
B-2-40	H-1-80	KR-1-60	KR-1-60			B-2-40	H-1-80	KR-1-60			HM-2-B	KR-2-75+			
B-2-60	H-1-C2	KR-2-75+	KR-2-75+			B-2-60	H-1-C2	KR-2-75+			T-3-AB	KR-2-60			
T-3-AB	H-1-Ap	H-2-40	H-2-40			T-3-AB	H-1-Ap	H-2-40			KR-2-60	Y-N-AB			
B-2-80	H-1-C1	H-3-20	H-3-20			B-2-80	H-1-C1	H-3-20			H-3-10	H-1-C1			
Y-P-BC	Y-O-C	Y-P-Ap	Y-P-Ap			Y-P-BC	Y-O-C	Y-P-Ap			H-3-40				
		Y-P-AP2	Y-P-AP2					Y-P-AP2			H-2-60				
		H-3-40	H-3-40					H-3-40							
		KR-2-60	KR-2-60					KR-2-60							
		Y-P-BA	Y-P-BA					Y-P-BA							
		Y-P-Bt	Y-P-Bt					Y-P-Bt							

表3-5-50 クラスタ分析の結果(土壌固有の特性値): 秩父・三波川帯(2).

All soils	A & Ap horizon					Subsoil			
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
MT-4-A	KE-1-Bw	KE-3-C	MT-1-Ap	TO-1-Ap	TO-1-Ap	KE-2-BC	TO-1-AB	KE-3-C	MT-1-Bw
MT-4-BC	KE-1-C	KT-6-2C	KE-2-A	TO-1-AB	TO-2-A	KE-2-C	TO-1-B	KT-6-2C	KT-6-3C
MT-3-AB	OT-2-A	KT-6-3C	MT-1-Bw	KT-7-Ap1	KT-7-Ap1	TO-1-C	KT-7-Ap2	KE-1-Bw	KE-1-Bw
MT-3-Bt	OT-2-C1	MT-1-Ap	SH-1-A	KT-7-Ap2	MT-3-A	MT-3-AB		KE-1-C	KE-1-C
MT-3-C	KT-7-2C	KE-2-A	KT-5-A2	KT-6-Ap	MT-4-A	MT-3-Bt		SH-2-Bw	SH-2-Bw
SH-1-C2	MT-2-C2	MT-1-Bw	MT-1-C1	MT-1-C1	SH-2-Ap	MT-3-BC		SH-3-Ap2	SH-3-Ap2
KE-2-BC	KE-3-2C	SH-1-A	SH-3-Ap1	SH-3-Ap1	SH-3-Ap1	MT-3-C		MT-1-C1	MT-1-C1
KE-2-C	MT-2-C1	KT-5-A2	SH-2-Ap	SH-2-Ap	OT-2-A	SH-1-C2		MT-1-C2	MT-1-C2
TO-1-C	KE-1-A	KE-1-A	SH-2-Bw	SH-2-Bw	KE-1-A	SH-1-B		KE-3-Ap2	KE-3-Ap2
TO-2-C	MT-1-C2	MT-1-C2	SH-3-Ap2	SH-3-Ap2	KE-3-Ap1	SH-1-C1		MT-2-C1	MT-2-C1
OT-1-C1	KE-3-Ap2	KE-3-Ap2	OT-1-Ap	OT-1-Ap	MT-2-Ap	SH-1-AB		MT-2-C2	MT-2-C2
OT-1-C3	OT-2-C2	OT-2-C2	MT-2-Ap	MT-2-Ap		OT-1-C1		OT-2-C2	OT-2-C2
MT-4-AB	SH-3-Bw	SH-3-Bw				OT-1-C3		KE-3-2C	KE-3-2C
MT-4-BA	SH-3-C	SH-3-C				OT-1-C2		SH-3-Bw	SH-3-Bw
MT-3-A	KE-3-Ap1	KE-3-Ap1				KE-2-Bw		SH-3-C	SH-3-C
MT-4-10-15	SH-2-BC	SH-2-BC				MT-4-AB		SH-2-BC	SH-2-BC
SH-1-AB	SH-2-C2	SH-2-C2				MT-4-BA		SH-2-C2	SH-2-C2
SH-1-B	MT-2-C3	MT-2-C3				MT-4-10-15		SH-2-C3 ^g	SH-2-C3 ^g
SH-1-C1	SH-2-C3 ^g	SH-2-C3 ^g				TO-2-AB		MT-2-C3	MT-2-C3
KT-5-C1						TO-2-Bt		OT-2-C1	OT-2-C1
KT-5-C2						TO-2-C		KT-7-2C	KT-7-2C
OT-1-C2						KT-5-C1			
KE-2-Bw						KT-5-C2			
KT-5-AC						KT-5-AC			
TO-2-AB						TO-2-AB			
TO-2-Bt						TO-2-Bt			
TO-1-B						TO-1-B			
TO-2-A						TO-2-A			
TO-2-A						TO-2-A			

表3-5-51 クラスタ分析の結果(土壌固有の特性値): 高知県下全域(3).

All soils	A & Ap horizon										Subsoil									
	Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5			Group 6								
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5										
B-4-60	SH-3-Bw	H11-40	T-3-A	MT-2-Ap	KT-5-Ac	SH-1-A	T-2-80	TO-1-C	H-2-0	MT-1-Ap	OT-1-Ap	SH-1-A	TO-1-Ap	B-4-60	SH-3-Ap2	H-N-Bh	H-1-C2	H-L-40	MT-3-Bt	KT-5
B-4-80	SH-3-C	H11-60	H-1-60	TO-1-C	KT-7-Ap1	KT-5-C2	TO-1-B	H-3-10	H-3-0	KE-2-A	KT-6-Ap	KT-5-A2	TO-2-A	B-4-80	SH-2-Bw	KR-2-60	H-1-60	H11-80	MT-4-BC	KT-5
T-2-100	MT-2-C3	K-L-40	H-1-80	A-3-0	Y-W-20	Y-W-40	TO-2-AB	H-3-40	KR-2-0	KR-2-0	KT-7-Ap			Y-O-2C	MT-1-C1	OT-1-C1	H-1-80	B-4-40	HM-2-AB	KT-5
MT-2-C1	SH-2-BC	K-L-20	H-1-C2	MT-1-C1	Y-W-40	Y-N-B	TO-2-Bt	OT-1-C1	KR-1-0	KR-1-0	A-3-0			KE-3-Ap2	MT-1-Bw	B-4-20	KE-1-Bw	Y-O-C	HM-2-B	T-2-8
A-3-80	SH-2-C2	HM-1-0	H-1-C1	SH-2-Ap	Y-N-C	Y-N-C	TO-2-A	KR-2-60	OT-2-A	OT-2-A	MT-2-Ap			MT-2-C2	KR-1-10	H-3-40	KE-1-C	H11-20	T-3-AB	TO-1
KT-5-A2	T-2-60	H11-80	KE-1-Bw	SH-2-Bw	Y-N-C	Y-N-C	TO-2-C	KR-2-60	Y-P-Ap	Y-P-Ap	T-1-Ap			T-2-40	SH-2-C3g	T-1-C	HM-1-20	H-1-C1	TO-1-C	
T-2-40	SH-2-C3g	T-1-C	KE-1-C	Y-O-Ap	Y-P-Bt	Y-P-Bt	KT-6-3C	H-N-Bb	Y-W-0	Y-O-Ap	Y-O-Ap			MT-2-C1	H-2-10	Y-P-Ap2	HM-1-40		KE-2-BC	
KE-1-A	KR-1-10	H11-20	H11-0	SH-3-Ap1	Y-W-60	Y-W-60	KT-6-3C	Y-P-BC	MT-3-A	MT-3-A	SH-3-Ap			T-3-C	OT-1-C3	Y-P-BA	HMI-60		KE-2-C	
A-3-60	KR-1-20	B-4-40	H-1-Ap	T-1-Ap	Y-P-BA	Y-P-BA	KT-6-Ap	KR-1-40	MT-4-A	SH-2-Ap	SH-2-Ap			A-3-80	KR-2-20	Y-W-60	MT-3-AB		Y-P-BC	
MT-1-C2	KR-2-75+	OT-2-C2	K-L-0	KT-7-2C	H-3-20	H-3-20	SH-1-B	KE-3-Ap2	Y-N-A	K-L-0				A-3-60	KR-2-10	H-3-20	MT-3-C		KR-1-40	
Y-O-2C	H-3-0	Y-O-C	TO-1-Ap	Y-W-80	Y-W-80	Y-W-80	SH-1-C1	B-2-0	B-2-0	B-2-0				MT-1-C2	KR-2-10	H-3-20	H-3-60		OT-1-C2	
MT-2-C2	KR-2-20	HM-1-20	OT-1-Ap	H-2-60	H-2-60	H-2-60	SH-1-C1	B-2-20	B-4-0	B-4-0				Y-O-3C	KT-7-2C	H-2-60	H-3-70+		KE-2-Bw	
KT-5-C1	H-2-0	HM-1-40	KT-6-3C	KR-2-40	KR-2-40	KR-2-40	Y-N-A	HM-2-A	KE-3-Ap	KE-3-Ap				KE-3-2C	KT-6-2C	Y-N-B	SH-1-C2		MT-4-AB	
Y-O-3C	H-2-10	HM-1-60	TO-1-B	Y-P-Ap	Y-P-Ap	Y-P-Ap	Y-N-AB	MT-4-AB	T-2-C	T-2-C				SH-2-BC	KT-6-3C	H-2-20	H-N-C		MT-4-BA	
T-2-20	OT-1-C3	H-N-C	Y-P-Ap2	Y-P-Ap2	Y-P-Ap2	Y-P-Ap2	OT-1-C2	MT-4-BA	H-N-E	H-N-E				SH-2-C2	TO-1-AB	KR-1-60	H-N-CR		MT-4-10-15	
SH-3-Ap2	Y-W-0	H-N-CR	H-2-20	H-2-20	H-2-20	H-2-20	MT-3-AB	MT-4-10-15	HM-2-A	HM-2-A				SH-2-C3g	Y-W-80	T-3-B	T-3-B		SH-1-B	
OT-2-A	KR-2-0	T-3-B	OT-2-A	H-2-40	H-2-40	H-2-40	MT-3-C	MT-3-C	T-3-A	T-3-A				MT-2-C3	H-2-40	T-1-R	T-1-R		SH-1-C1	
OT-2-C1	KR-2-10	HM-2-AB	KR-1-60	KT-7-Ap2	KT-7-Ap2	KT-7-Ap2	H-3-60	H-3-60	H-1-Ap	H-1-Ap				OT-2-C1	KR-2-40	B-2-60	B-2-60		Y-N-AB	
KR-1-0	TO-1-AB	HM-2-B	KT-7-Ap2				H-3-70+	H-3-70+	HM-1-0	HM-1-0				SH-3-Bw	Y-W-20	B-2-80	B-2-80		SH-1-AB	
B-2-0	MT-1-Ap	T-3-AB	SH-1-C2				SH-1-C2		H11-0	H11-0				SH-3-C	Y-W-40	B-2-40	B-2-40		TO-2-AB	
B-4-0	KE-2-A	B-2-40	KE-3-C				KE-3-C		KE-1-A	KE-1-A				A-3-20	Y-N-C	T-1-C	T-1-C		TO-2-Bt	
T-2-0	MT-1-Bw	B-2-60	KE-3-2C				KE-3-2C							A-3-40	KE-3-C	OT-2-C2	OT-2-C2		TO-2-C	
KT-5-A1	B-2-80	H-N-E	MT-4-A				MT-4-A							T-2-60	KT-5-C2	H11-40	H11-40			
A-3-20	H-N-E	T-1-R	MT-4-BC				MT-4-BC							T-2-100	H11-60	H11-60	H11-60			
A-3-40	T-1-R		MT-3-Br				MT-3-Br							T-2-20	H-L-20	H-L-20	H-L-20			

表3-5-52 クラスタ分析の結果(土壌固有の特性値):土地区分

四万十帯	
<p>表層</p> <ul style="list-style-type: none"> *重金属の多い自然林 *その他の自然林 *造成地 *粘土が多い土壌 *粘土が若干少ない土壌 	<p>下層</p> <ul style="list-style-type: none"> *赤音地層 *造成地 *既成畑 *自然林
秩父帯・三波川帯	
<p>表層</p> <ul style="list-style-type: none"> *農地 *自然林 	<p>下層</p> <ul style="list-style-type: none"> *農地 *粘土が非常に多い土壌 *CEC・有効態P含量の高い次層 *自然林
高知県下の全域	
<p>表層</p> <ul style="list-style-type: none"> *CEC・有効態P含量の高い土壌 *全炭素含量の高い土壌 *転換畑 *交換性Ca・CEC・全炭素含量が高い土壌 *既成畑 	<p>下層</p> <ul style="list-style-type: none"> *自然林 *造成地 *既成畑 *転換畑
全層	
<p>全層</p> <ul style="list-style-type: none"> *赤音地層 *造成地の表層と転換畑 *粘土が若干少ない表層 *既成畑の全層 *自然林の全層 *造成地の下層 	<p>全層</p> <ul style="list-style-type: none"> *農地の表層 *CEC・有効態P含量の高い表層 *粘土が非常に多い下層 *農地の下層 *自然林の全層
全層	
<p>全層</p> <ul style="list-style-type: none"> *自然林の全層 *全炭素含量の高い自然林 *既成畑の下層 *農地の表層 *造成地の全層 *転換畑の全層 	<p>全層</p> <ul style="list-style-type: none"> *自然林の全層 *全炭素含量の高い自然林 *既成畑の下層 *農地の表層 *造成地の全層 *転換畑の全層

表3-5-53 クラスタ分析の結果(土壌固有の特性値):主成分得点の平均.

Simanto belt

All soils

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6
1	0.27	-0.54	-0.78	1.43	1.33	1.46
2	-0.75	-0.69	0.84	1.08	0.33	-1.57
3	-0.77	0.43	0.09	1.14	-0.56	5.37
4	-0.08	-0.73	0.41	-1.58	0.97	3.63

A, Ap horizons

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
1	0.07	0.03	0.52	-1.38	2.38
2	-1.11	-0.37	0.99	0.57	0.22
3	-0.67	1.33	-0.23	-0.34	-0.82
4	-0.24	-0.18	-0.81	0.79	2.99

Subsoils

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
1	3.18	-0.77	0.93	2.21
2	3.01	0.75	-0.21	-1.66
3	3.72	0.18	-0.56	5.84
4	2.66	0.50	0.22	2.17

Chichibu & sanbagawa belt

All soils

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
1	-0.89	2.12	0.29	0.06	1.40
2	-0.05	1.04	-0.22	1.88	0.66
3	0.36	1.43	-1.13	-1.86	0.83
4	0.05	1.44	2.70	-1.16	0.34

A & Ap horizons

Component	Type 1	Type 2	Type 3
1	1.86	0.06	3.97
2	3.27	-1.99	3.36
3	3.37	1.36	1.31
4	2.32	0.15	3.94

Subsoils

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
1	-0.88	1.18	0.47	0.80
2	0.04	2.37	1.13	-0.49
3	0.04	-1.67	0.56	0.14
4	0.07	0.95	-3.08	0.08

Kochi prf.

All soils

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6
1	0.51	-0.30	2.15	-0.53	-0.94	-0.77
2	0.00	-1.07	0.35	0.40	4.89	0.37
3	-0.77	0.18	1.04	-0.71	-0.01	0.71
4	-0.46	-0.45	0.63	1.72	-2.46	0.01

A & Ap horizons

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
1	-0.29	0.18	1.04	-2.55	0.26
2	-0.57	1.30	0.21	1.92	1.69
3	0.12	1.62	0.00	0.06	-2.89
4	-0.08	-2.20	0.56	0.43	-0.15

Subsoils

Component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
1	1.03	-0.43	-0.32	-0.79
2	-0.11	0.19	-0.86	0.98
3	0.40	0.73	-0.77	-0.34
4	-0.33	1.30	-0.01	-0.61

次層，天然生林にわかれた。粘土が非常に多い下層には，以前水田であった地点が集まっている。

全層では農地の表層，CEC・有効態Pの多い表層，粘土が非常に多い下層，農地の下層，天然生林の全層，5つのクラスターにわかれた。利用形態・層位別にわかれ，特に，水田性質を残した土壌とその他の農地，天然生林にわかれた。

3) 高知県下全域

表層土壌はCEC・有効態Pの高い土壌，全炭素含量の高い天然生林，転換畑，交換性Ca・CEC・全炭素含量が高い土壌，既成畑の5つにわかれた。造成地の表層は施肥，耕作，表土返しにより粘土・有機物が増加しており，既成畑の表層との違いがあまりみられない傾向がある。そのため四万十帯の表層で区分されていた造成地の特徴が隠れたと思われる。また，既成畑の土壌は四万十帯に属する地点が多く，その他のクラスターは秩父帯・三波川帯に属する地点が多かった。

下層土壌では，天然生林，造成地，既成畑，転換畑と明瞭にわかれた。造成地，既成畑は，四万十帯に属する地点が多く，天然生林，転換畑には秩父帯・三波川帯に属する地点が多かった。これは，各地帯の土壌利用形態を反映する結果となった。

全層では，天然生林の全層，全炭素含量の高い天然生林，既成畑の下層，農地の表層，造成地の全層，転換畑の全層の6つにわかれた。

以上のことから，①四万十帯土壌では，造成地，既成畑，天然生林にわかれ，粘土含量・有機物量はその決定因子になっている，②秩父帯・三波川帯の土壌では，農地，天然生林にわかれ，農地のクラスターは粘土含量によって細分化される，県下全域の場合は，農地，造成地，既成畑，転換畑，天然生林にわかれ，さらに表層，③下層の区分も表われた。また，大きく四万十帯土壌，秩父帯・三波川帯土壌にわかれた。これは，土壌母材の違いを反映した結果と考えられる。しかしながら，個々の地点間の違いは明確には表われず，土壌の利用形態および層位の違いを大きく反映する結果となった。

d-3 クラスタ分析を用いた水溶性画分による土壌の類型化

水溶性カチオン・アニオン，低分子有機酸の分析値を用いて土壌区分をする目的で，クラスタ分析を行った。解析法は，d-2と同様である。はじめに全分析値を主成分分析にかけたが，フマル酸，マレン酸含量が極微量（数値上0）または0であり，分析値が0分散となるため解析ができなかった。よって，クラスタ分析（Ward法）のみを行った。高知県下の4つの地質帯（四万十帯[北部・南部]，秩父帯，三波川帯）における異なる土地利用形態の表層土壌試料（46サンプル）の分析値を解析に用いた。また，1) 水溶性カチオン・アニオン，2) 低分子有機酸，3) 水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸の3つのケースについて解析した。それぞれの解析で得られたデンドログラムを図3-5-7～9に示した。また，クラスタ分析の結果得られた各区分に属する土壌の水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸含量を表3-5-54～57に，その平均値を表3-5-58に示した。さらに，各区分に含まれる土壌の土地利用形態別頻度および割合を表3-5-59に示した。以下に，解析結果を概要する。

1) 水溶性カチオン・アニオン

水溶性カチオン・アニオンの分析値を用いて行ったクラスタ解析の結果，5つのグループが得られた。グループ1は水溶性カチオン・アニオン含量が低い土壌である。これには，三原村宮の川清水川牧場（MS），川平郷第2牧場（MK），白木谷齊藤牧場（NS），安芸郡奈半利町のシバ草地の中腹（NH-1）や谷筋（NH-2）に位置するものが53%も含まれている。傾斜地に位置するため降雨などにより水溶性成分が系外に流亡し，土壌中に残らないものが多いためと思われる。グループ4もシバ草地の占める割合が33%と高くなっているが，グループ1よりも水溶性カチオン・アニオン含量が高いのは，畑地（造成地・既成畑・転換畑）の占める割合がより大きいためである。畑地（造成地・既成畑・転換畑）の占める割合が最も大きいのはグループ2で全体の47%にもなるが，このグループでは中腹や谷筋に位置するシバ草地も27%含まれているため，水溶性カチオ

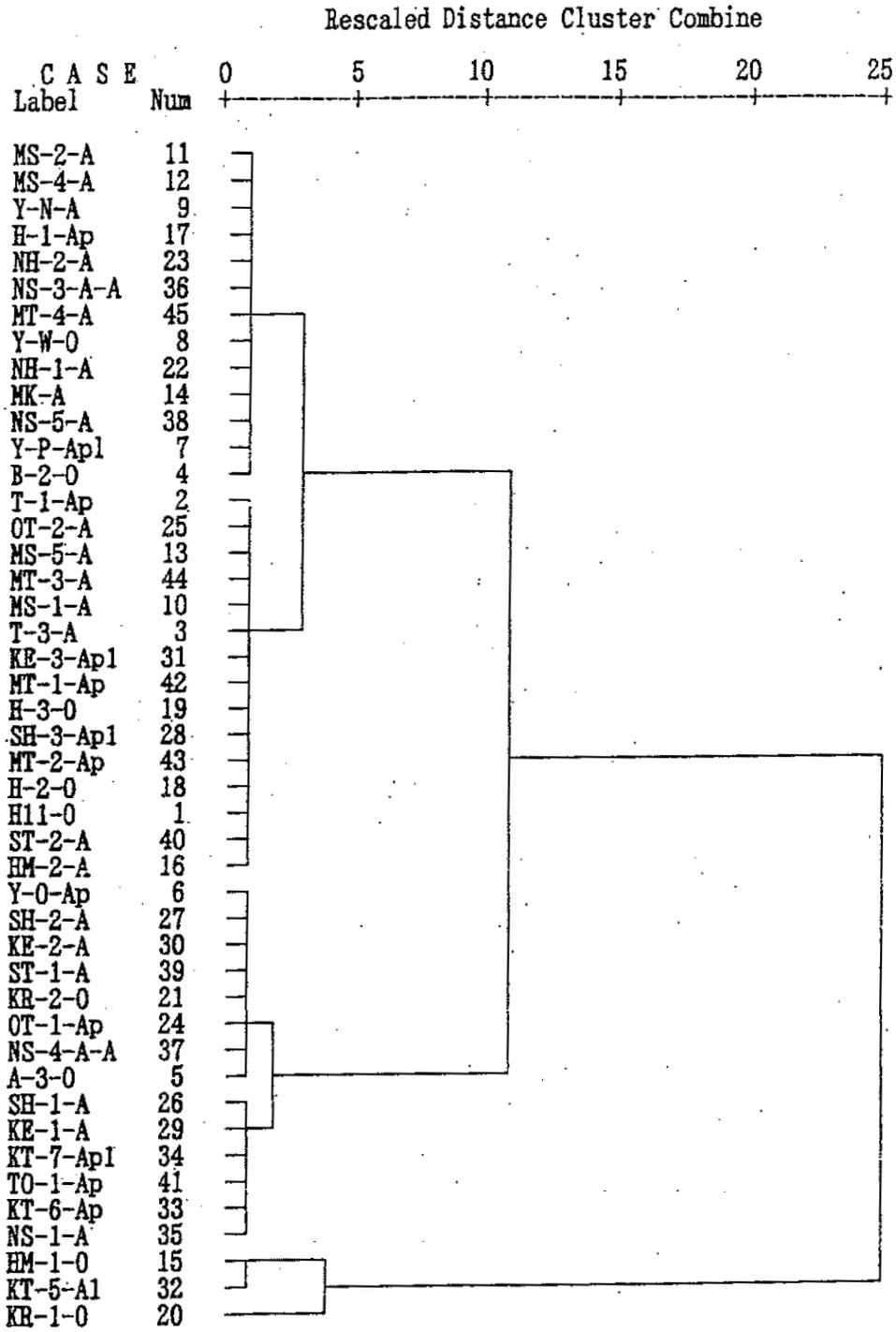


図3-5-7 デンドログラム(1)：水溶性カチオン・アニオン。

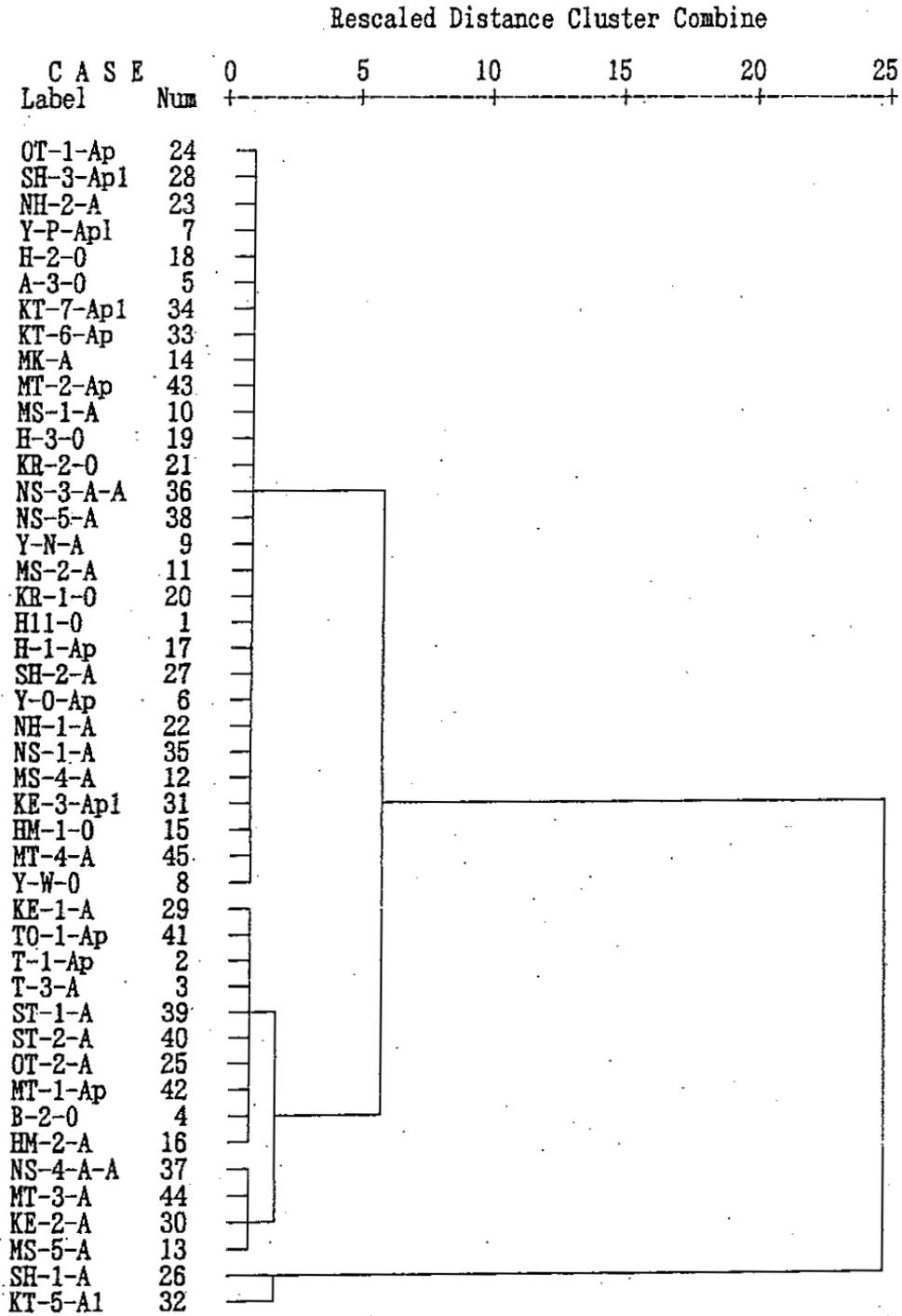


図3-5-8 デンドログラム(2)：低分子有機酸.

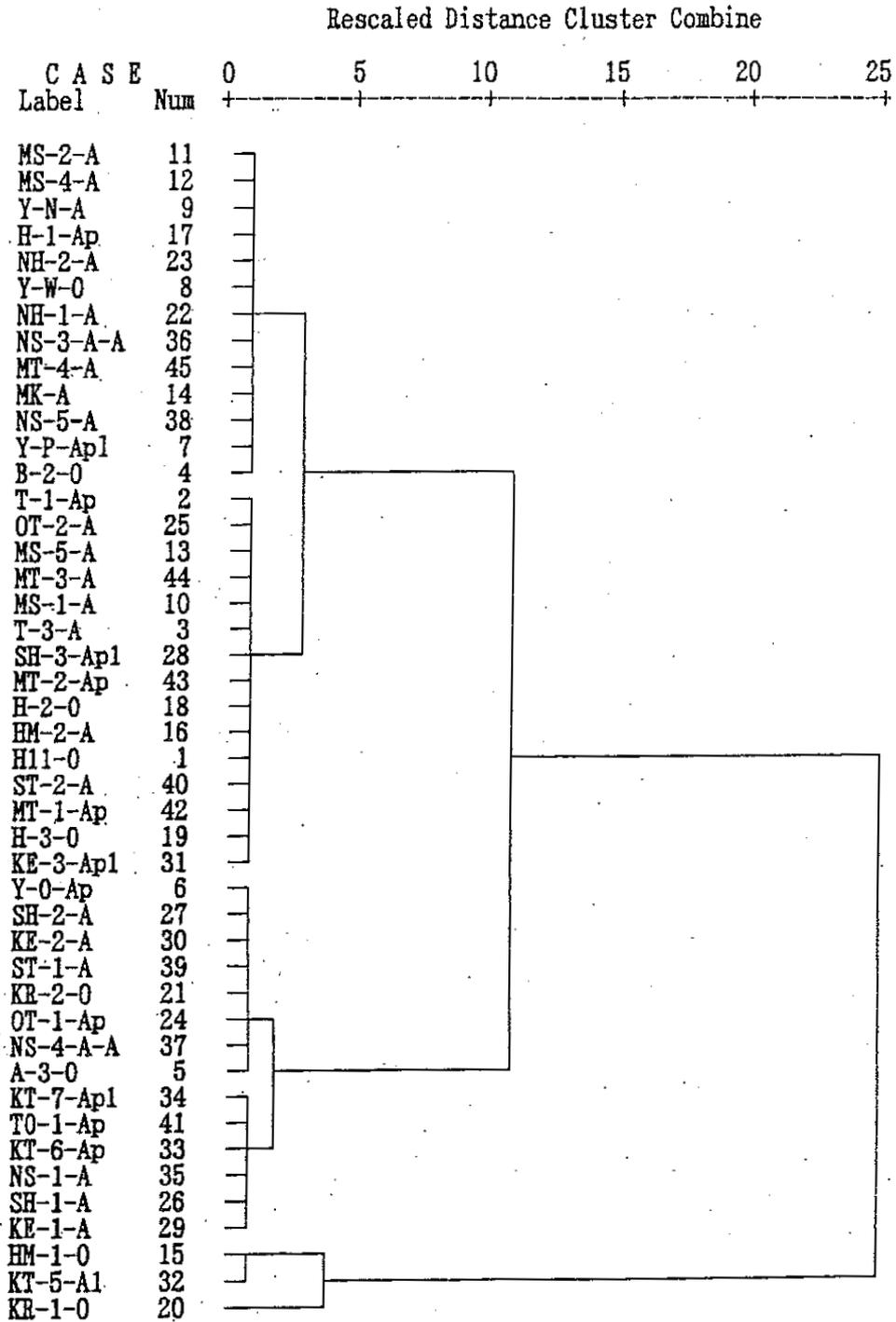


図3-5-9 デンドログラム(3)：水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸.

表3-5-54 クラスタ分析の結果(水溶性画分):水溶性カチオン・アニオン.

グループ	試料名	水溶性カチオン						水溶性アニオン				
		NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	含量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	含量
		cmol(+) kg ⁻¹						cmol(-) kg ⁻¹				
G 1	HM-2-A	0.03	0.02	1.41	0.19	0.11	1.76	0.16	0.04	0.00	0.03	0.23
	MS-4-A	0.02	0.00	0.01	0.09	0.03	0.15	0.06	0.00	0.00	0.02	0.08
	Y-N-A	0.07	0.00	0.12	0.15	0.08	0.42	0.23	0.00	0.00	0.07	0.30
	H-1-Ap	0.00	0.04	0.25	0.11	0.00	0.40	0.09	0.00	0.00	0.01	0.10
	NH-2-A	0.01	0.00	0.34	0.07	0.06	0.48	0.06	0.00	0.00	0.01	0.07
	NS-3-A-AB	0.01	0.01	0.11	0.10	0.03	0.26	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03
	MT-4-A	0.00	0.05	0.13	0.05	0.00	0.23	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04
	Y-W-0	0.01	0.01	0.23	0.03	0.05	0.33	0.03	0.01	0.01	0.03	0.08
	NH-1-A	0.02	0.00	0.17	0.06	0.07	0.32	0.05	0.00	0.00	0.01	0.06
	MK-A	0.01	0.00	0.49	0.10	0.05	0.65	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05
	NS-5-A	0.01	0.00	0.43	0.11	0.14	0.69	0.07	0.00	0.01	0.02	0.10
	Y-P-Ap1	0.01	0.08	0.45	0.07	0.10	0.71	0.12	0.00	0.00	0.04	0.16
	B-2-0	0.00	0.07	0.28	0.08	0.36	0.79	0.05	0.00	0.02	0.06	0.13
	平均	0.02	0.02	0.34	0.09	0.08	0.55	0.08	0.01	0.00	0.02	0.11
G 2	T-1-Ap	0.00	0.15	0.84	0.05	0.15	1.19	0.05	0.00	0.02	0.04	0.11
	OT-2-A	0.01	0.12	0.91	0.08	0.16	1.28	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
	MS-5-A	0.01	0.02	0.87	0.11	0.11	1.12	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05
	MT-3-A	0.03	0.00	0.89	0.09	0.08	1.09	0.09	0.00	0.00	0.02	0.11
	MS-1-A	0.02	0.04	0.88	0.12	0.14	1.20	0.14	0.01	0.00	0.01	0.16
	T-3-A	0.02	0.00	0.75	0.12	0.06	0.95	0.13	0.01	0.00	0.03	0.17
	KE-3-Ap1	0.03	0.00	1.73	0.09	0.04	1.89	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05
	MT-1-Ap	0.01	0.13	1.67	0.11	0.17	2.09	0.03	0.01	0.02	0.02	0.08
	H-3-0	0.03	0.01	1.73	0.31	0.10	2.08	0.07	0.04	0.00	0.04	0.15
	SH-3-Ap1	0.01	0.19	1.41	0.15	0.09	1.85	0.03	0.03	0.02	0.06	0.14
	MT-2-Ap	0.01	0.22	1.29	0.06	0.07	1.65	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08
	H-2-0	0.00	0.14	1.18	0.18	0.11	1.61	0.05	0.01	0.01	0.13	0.20
	H11-0	0.00	0.16	1.57	0.07	0.04	1.84	0.05	0.01	0.00	0.09	0.15
	ST-2-A	0.00	0.12	1.48	0.07	0.07	1.74	0.06	0.00	0.00	0.02	0.08
	HM-2-A	0.03	0.02	1.41	0.19	0.11	1.76	0.16	0.04	0.00	0.03	0.23
	平均	0.01	0.09	1.24	0.12	0.10	1.56	0.06	0.01	0.01	0.04	0.12
G 3	Y-0-Ap	0.01	0.25	2.42	0.17	0.16	3.01	0.11	0.03	0.01	0.13	0.28
	SH-2-A	0.01	0.29	2.39	0.23	0.18	3.10	0.08	0.04	0.02	0.14	0.28
	KE-2-A	0.01	0.15	2.29	0.11	0.16	2.72	0.17	0.01	0.01	0.03	0.22
	ST-1-A	0.01	0.26	2.25	0.08	0.07	2.67	0.05	0.00	0.00	0.02	0.07
	KR-2-0	0.02	0.23	1.95	0.09	0.13	2.42	0.08	0.03	0.01	0.04	0.16
	OT-1-Ap	0.01	0.47	2.06	0.09	0.18	2.81	0.04	0.03	0.02	0.03	0.12
	NS-4-A-AB	0.03	0.39	2.20	0.13	0.19	2.94	0.27	0.18	0.00	0.01	0.46
	A-3-0	0.01	0.86	1.82	0.25	0.21	3.15	0.21	0.06	0.01	0.21	0.49
	平均	0.01	0.36	2.17	0.14	0.16	2.85	0.13	0.05	0.01	0.08	0.26
	G 4	SH-1-A	0.03	0.00	3.55	0.23	0.32	4.13	0.48	0.01	0.01	0.12
KE-1-A		0.03	0.05	3.90	0.06	0.05	4.09	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
KT-7-Ap1		0.01	0.71	2.70	0.13	0.20	3.75	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03
TO-1-Ap		0.02	0.74	2.80	0.12	0.11	3.79	0.13	0.00	0.01	0.01	0.15
KT-6-Ap		0.02	0.24	3.28	0.14	0.41	4.09	0.02	0.06	0.04	0.06	0.18
NS-1-A		0.02	0.49	3.03	0.06	0.17	3.77	0.10	0.25	0.00	0.02	0.37
平均		0.02	0.37	3.21	0.12	0.21	3.94	0.12	0.05	0.01	0.04	0.23
G 5	HM-1-0	0.01	0.73	5.22	0.32	0.23	6.51	0.24	0.00	0.00	0.73	0.97
	KT-5-A1	0.01	0.63	5.40	0.21	0.17	6.42	0.24	0.00	0.00	0.09	0.33
	KR-1-0	0.08	1.67	9.27	0.27	0.33	11.62	0.35	0.95	0.01	0.09	1.40
	平均	0.03	1.01	6.63	0.27	0.24	8.18	0.28	0.32	0.00	0.31	0.90

表3-5-55 クラスタ分析の結果(水溶性画分):低分子有機酸.

グループ	試料名	mmol(-) kg ⁻¹								含量	有機物 %
		乳酸	L-リゾ酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸		
G 1	OT-1-Ap	0.079	0.014	0.010	0.003	0.005	tr.	0.000	n.d.	0.111	5.472
	SH-3-Ap1	0.083	0.012	0.010	0.011	0.008	tr.	0.000	n.d.	0.124	5.529
	NH-2-A	0.072	0.018	0.021	0.001	0.009	tr.	0.000	n.d.	0.121	5.346
	Y-P-Ap1	0.075	0.003	0.003	0.013	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.094	2.214
	H-2-0	0.075	0.005	0.005	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.088	2.803
	A-3-0	0.069	0.004	0.034	0.000	0.006	tr.	0.000	n.d.	0.114	2.976
	KT-7-Ap1	0.064	0.008	0.028	0.015	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.135	7.987
	KT-6-Ap	0.064	0.008	0.009	0.002	0.032	tr.	0.001	n.d.	0.117	13.511
	MK-A	0.099	0.030	0.017	0.003	0.031	tr.	0.000	n.d.	0.179	6.747
	MT-2-Ap	0.116	0.020	0.024	0.002	0.007	tr.	0.000	n.d.	0.170	5.854
	MS-1-A	0.093	0.025	0.051	0.005	0.063	tr.	0.000	n.d.	0.237	7.093
	H-3-0	0.041	0.021	0.041	0.013	0.011	tr.	0.032	n.d.	0.159	8.166
	KR-2-0	0.065	0.020	0.026	0.005	0.009	tr.	0.031	n.d.	0.156	6.332
	NS-3-A-AB	0.048	0.026	0.047	0.002	0.010	tr.	0.000	n.d.	0.132	2.751
	NS-5-A	0.041	0.035	0.063	0.001	0.043	tr.	0.001	n.d.	0.185	7.180
	Y-N-A	0.020	0.001	0.004	0.018	0.000	tr.	0.015	n.d.	0.059	7.474
	MS-2-A	0.008	0.006	0.016	0.002	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.032	5.311
	KR-1-0	0.035	0.004	0.040	0.012	0.006	tr.	0.019	n.d.	0.115	10.121
	H11-0	0.036	0.001	0.006	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.046	0.882
	H-1-Ap	0.048	0.006	0.008	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.065	0.588
	SH-2-A	0.049	0.006	0.020	0.008	0.003	tr.	0.000	n.d.	0.087	4.214
	Y-0-Ap	0.041	0.010	0.003	0.001	0.005	tr.	0.023	n.d.	0.083	2.318
	NH-1-A	0.017	0.006	0.024	0.000	0.012	tr.	0.000	n.d.	0.059	4.515
	NS-1-A	0.020	0.021	0.044	0.001	0.009	tr.	0.001	n.d.	0.096	7.422
	MS-4-A	0.013	0.006	0.011	0.018	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.062	7.058
	KE-3-Ap1	0.015	0.011	0.003	0.012	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.062	5.434
HM-1-0	0.029	0.004	0.004	0.023	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.060	0.415	
MT-4-A	0.018	0.018	0.009	0.017	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.061	2.782	
Y-W-0	0.012	0.002	0.003	0.000	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.017	1.972	
平均		0.050	0.012	0.020	0.007	0.011	tr.	0.004	n.d.	0.104	5.189
G 2	KE-1-A	0.187	0.024	0.028	0.013	0.032	tr.	0.000	n.d.	0.284	5.937
	TO-1-Ap	0.199	0.029	0.031	0.010	0.040	tr.	0.000	n.d.	0.308	1.137
	T-1-Ap	0.180	0.004	0.038	0.002	0.010	tr.	0.000	n.d.	0.234	6.280
	T-3-A	0.231	0.006	0.060	0.000	0.015	tr.	0.000	n.d.	0.313	7.110
	ST-1-A	0.159	0.034	0.019	0.005	0.065	tr.	0.001	n.d.	0.283	13.459
	ST-2-A	0.163	0.058	0.018	0.003	0.042	tr.	0.001	n.d.	0.285	10.761
	OT-2-A	0.137	0.022	0.074	0.006	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.260	5.455
	MT-1-Ap	0.153	0.030	0.056	0.005	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.257	7.830
	B-2-0	0.138	0.012	0.050	0.024	0.007	tr.	0.000	n.d.	0.231	5.259
	HM-2-A	0.151	0.009	0.004	0.017	0.006	tr.	0.000	n.d.	0.188	11.435
	平均		0.170	0.023	0.038	0.008	0.025	tr.	0.000	n.d.	0.264
G 3	NS-4-A-AB	0.103	0.050	0.095	0.002	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.263	11.435
	MT-3-A	0.114	0.052	0.111	0.002	0.057	tr.	0.000	n.d.	0.336	7.079
	KE-2-A	0.124	0.047	0.133	0.038	0.022	tr.	0.053	n.d.	0.417	12.444
	MS-5-A	0.103	0.046	0.105	0.004	0.144	tr.	0.001	n.d.	0.404	8.840
	平均		0.111	0.049	0.111	0.011	0.059	tr.	0.014	n.d.	0.355
G 4	SH-1-A	0.488	0.205	0.405	0.027	0.129	tr.	0.002	n.d.	1.255	47.575
	KT-5-A1	0.615	0.127	0.144	0.036	0.157	tr.	0.001	n.d.	1.079	88.258
	平均		0.551	0.166	0.274	0.031	0.143	tr.	0.001	n.d.	1.167

tr.; 極微量の検出 n.d.; 検出なし

表3-5-56 クラスタ分析の結果(水溶性画分):水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸。

グループ	試料名	水溶性カチオン						水溶性アニオン						低分子有機酸								
		NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	合量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	合量	乳酸	L-リジン酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸	合量	
		-cmol(+) kg ⁻¹						-cmol(-) kg ⁻¹						-mmol(-) kg ⁻¹								
G1	MS-2-A	0.05	0.00	0.03	0.08	0.03	0.19	0.07	0.00	0.00	0.05	0.12	0.008	0.006	0.016	0.002	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.032	
	MS-4-A	0.02	0.00	0.01	0.09	0.03	0.15	0.06	0.00	0.00	0.02	0.08	0.013	0.006	0.011	0.018	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.062	
	Y-N-A	0.07	0.00	0.12	0.15	0.08	0.42	0.23	0.00	0.00	0.07	0.30	0.020	0.001	0.004	0.018	0.000	tr.	0.015	n.d.	0.059	
	H-1-Ap	0.00	0.04	0.25	0.11	0.00	0.40	0.09	0.00	0.00	0.01	0.10	0.048	0.006	0.008	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.065	
	NH-2-A	0.01	0.00	0.34	0.07	0.06	0.48	0.06	0.00	0.00	0.01	0.07	0.072	0.018	0.021	0.001	0.009	tr.	0.000	n.d.	0.121	
	Y-N-0	0.01	0.01	0.23	0.03	0.05	0.33	0.03	0.01	0.01	0.03	0.08	0.012	0.002	0.003	0.000	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.017	
	NH-1-A	0.02	0.00	0.17	0.06	0.07	0.32	0.05	0.00	0.00	0.01	0.06	0.017	0.006	0.024	0.000	0.012	tr.	0.000	n.d.	0.059	
	NS-3-A-AB	0.01	0.01	0.11	0.10	0.03	0.26	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.048	0.026	0.047	0.002	0.010	tr.	0.000	n.d.	0.132	
	MT-4-A	0.00	0.05	0.13	0.05	0.00	0.23	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.018	0.018	0.009	0.017	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.061	
	MK-A	0.01	0.00	0.49	0.10	0.05	0.65	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05	0.099	0.030	0.017	0.003	0.031	tr.	0.000	n.d.	0.179	
	NS-5-A	0.01	0.00	0.43	0.11	0.14	0.69	0.07	0.00	0.01	0.02	0.10	0.041	0.035	0.063	0.001	0.043	tr.	0.001	n.d.	0.185	
	Y-P-Ap1	0.01	0.08	0.45	0.07	0.10	0.71	0.12	0.00	0.00	0.04	0.16	0.075	0.003	0.003	0.013	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.094	
	P-2-0	0.00	0.07	0.28	0.08	0.36	0.79	0.05	0.00	0.02	0.06	0.13	0.138	0.012	0.050	0.024	0.007	tr.	0.000	n.d.	0.231	
	平均	0.02	0.02	0.23	0.08	0.08	0.43	0.07	0.00	0.00	0.03	0.10	0.047	0.013	0.021	0.008	0.010	tr.	0.001	n.d.	0.100	
	G2	T-1-Ap	0.00	0.15	0.84	0.05	0.15	1.19	0.05	0.00	0.02	0.04	0.11	0.180	0.004	0.038	0.002	0.010	tr.	0.000	n.d.	0.234
		OT-2-A	0.01	0.12	0.91	0.03	0.16	1.28	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.137	0.022	0.074	0.006	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.260
		MS-5-A	0.01	0.02	0.87	0.11	0.11	1.12	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05	0.103	0.046	0.105	0.004	0.144	tr.	0.001	n.d.	0.404
MT-3-A		0.03	0.00	0.89	0.09	0.08	1.09	0.09	0.00	0.00	0.02	0.11	0.114	0.052	0.111	0.002	0.057	tr.	0.000	n.d.	0.336	
MS-1-A		0.02	0.04	0.88	0.12	0.14	1.20	0.14	0.01	0.00	0.01	0.16	0.093	0.025	0.051	0.005	0.063	tr.	0.000	n.d.	0.237	
T-3-A		0.02	0.00	0.75	0.12	0.06	0.95	0.13	0.01	0.00	0.03	0.17	0.231	0.006	0.060	0.000	0.015	tr.	0.000	n.d.	0.313	
SH-3-Ap1		0.01	0.19	1.41	0.15	0.09	1.85	0.03	0.03	0.02	0.06	0.14	0.083	0.012	0.010	0.011	0.008	tr.	0.000	n.d.	0.124	
MT-2-Ap		0.01	0.22	1.29	0.06	0.07	1.65	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	0.116	0.020	0.024	0.002	0.007	tr.	0.000	n.d.	0.170	
H-2-0		0.00	0.14	1.18	0.18	0.11	1.61	0.05	0.01	0.01	0.13	0.20	0.075	0.005	0.005	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.088	
HM-2-A		0.03	0.02	1.41	0.19	0.11	1.76	0.16	0.04	0.00	0.03	0.23	0.151	0.009	0.004	0.017	0.006	tr.	0.000	n.d.	0.188	
H11-0		0.00	0.16	1.57	0.07	0.04	1.84	0.05	0.01	0.00	0.09	0.15	0.036	0.001	0.006	0.003	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.046	
ST-2-A		0.00	0.12	1.48	0.07	0.07	1.74	0.06	0.00	0.00	0.02	0.08	0.163	0.058	0.018	0.003	0.042	tr.	0.001	n.d.	0.285	
MT-1-Ap		0.01	0.13	1.87	0.11	0.17	2.09	0.03	0.01	0.02	0.02	0.08	0.153	0.030	0.056	0.005	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.257	
H-3-0		0.03	0.01	1.73	0.31	0.10	2.08	0.07	0.04	0.00	0.04	0.15	0.041	0.021	0.041	0.013	0.011	tr.	0.032	n.d.	0.159	
KE-3-Ap1		0.03	0.00	1.73	0.09	0.04	1.89	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.015	0.011	0.003	0.012	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.062	
平均		0.01	0.09	1.24	0.12	0.10	1.56	0.06	0.01	0.01	0.04	0.12	0.113	0.021	0.041	0.006	0.028	tr.	0.002	n.d.	0.211	

tr.; 極微量の検出 n.d.; 検出なし

表3-5-57 クラスター分析の結果(水溶性画分):水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸

グループ	試料名	水溶性カチオン				水溶性アニオン				低分子有機酸												
		NH ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HPO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	合量	乳酸	L-リジン酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸	合量		
		cmol(+) kg ⁻¹				cmol(-) kg ⁻¹				mmol(-) kg ⁻¹												
G 3	Y-0-Ap	0.01	0.25	2.42	0.17	0.16	3.01	0.11	0.03	0.01	0.13	0.28	0.041	0.010	0.003	0.001	0.005	tr.	0.023	n.d.	0.083	
	SH-2-A	0.01	0.29	2.39	0.23	0.18	3.10	0.08	0.04	0.02	0.14	0.28	0.049	0.006	0.020	0.008	0.003	tr.	0.000	n.d.	0.087	
	KE-2-A	0.01	0.15	2.29	0.11	0.16	2.72	0.17	0.01	0.01	0.03	0.22	0.124	0.047	0.133	0.038	0.022	tr.	0.053	n.d.	0.417	
	ST-1-A	0.01	0.26	2.25	0.08	0.07	2.67	0.05	0.00	0.00	0.02	0.07	0.159	0.034	0.019	0.005	0.005	tr.	0.001	n.d.	0.283	
	KR-2-0	0.02	0.23	1.95	0.09	0.13	2.42	0.08	0.03	0.01	0.04	0.16	0.065	0.020	0.026	0.005	0.009	tr.	0.031	n.d.	0.156	
	OT-1-Ap	0.01	0.47	2.06	0.09	0.18	2.81	0.04	0.03	0.02	0.03	0.12	0.079	0.014	0.010	0.003	0.005	tr.	0.000	n.d.	0.111	
	NS-4-A-AB	0.03	0.39	2.20	0.13	0.19	2.94	0.27	0.18	0.00	0.01	0.46	0.103	0.050	0.095	0.002	0.013	tr.	0.000	n.d.	0.263	
	A-3-0	0.01	0.86	1.82	0.25	0.21	3.15	0.21	0.06	0.01	0.21	0.49	0.069	0.004	0.034	0.000	0.006	tr.	0.000	n.d.	0.114	
	平均	0.01	0.36	2.17	0.14	0.16	2.85	0.13	0.05	0.01	0.08	0.26	0.086	0.023	0.043	0.008	0.016	tr.	0.013	n.d.	0.189	
	G 4	KT-7-Ap1	0.01	0.71	2.70	0.13	0.20	3.75	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.064	0.008	0.028	0.015	0.021	tr.	0.000	n.d.	0.135
TO-1-Ap		0.02	0.74	2.80	0.12	0.11	3.79	0.13	0.00	0.01	0.01	0.15	0.199	0.029	0.031	0.010	0.040	tr.	0.000	n.d.	0.308	
KT-6-Ap		0.02	0.24	3.28	0.14	0.41	4.09	0.02	0.06	0.04	0.06	0.18	0.064	0.008	0.009	0.002	0.032	tr.	0.001	n.d.	0.117	
NS-1-A		0.02	0.49	3.03	0.06	0.17	3.77	0.10	0.25	0.00	0.02	0.37	0.020	0.021	0.044	0.001	0.009	tr.	0.001	n.d.	0.096	
SH-1-A		0.03	0.00	3.55	0.23	0.32	4.13	0.48	0.01	0.01	0.12	0.62	0.488	0.205	0.405	0.027	0.129	tr.	0.002	n.d.	1.255	
KE-1-A		0.03	0.05	3.90	0.06	0.05	4.09	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.187	0.024	0.028	0.013	0.032	tr.	0.000	n.d.	0.284	
平均		0.02	0.37	3.21	0.12	0.21	3.94	0.12	0.05	0.01	0.04	0.23	0.170	0.049	0.091	0.011	0.044	tr.	0.000	n.d.	0.366	
G 5		HM-1-0	0.01	0.73	5.22	0.32	0.23	6.51	0.24	0.00	0.00	0.73	0.97	0.029	0.004	0.004	0.023	0.000	tr.	0.000	n.d.	0.060
		KT-5-A1	0.01	0.63	5.40	0.21	0.17	6.42	0.24	0.00	0.00	0.09	0.33	0.615	0.127	0.144	0.036	0.157	tr.	0.001	n.d.	1.079
		KR-1-0	0.08	1.67	9.27	0.27	0.33	11.62	0.35	0.95	0.01	0.09	1.40	0.035	0.004	0.040	0.012	0.006	tr.	0.019	n.d.	0.115
	平均	0.03	1.01	6.63	0.27	0.24	8.18	0.28	0.32	0.00	0.31	0.90	0.226	0.045	0.063	0.024	0.054	tr.	0.007	n.d.	0.418	

tr.; 微量の検出 n.d.; 検出なし

表3-5-58 クラスタ分析の結果(水溶性画分): グループの平均値.

水溶性カチオン・アニオン グループ	水溶性カチオン					水溶性アニオン				
	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	含量
	mmol(+) kg ⁻¹					mmol(-) kg ⁻¹				
G1	0.02	0.02	0.34	0.09	0.08	0.08	0.01	0.00	0.02	0.11
G2	0.01	0.09	1.24	0.12	0.10	1.56	0.06	0.01	0.01	0.12
G3	0.01	0.36	2.17	0.14	0.16	2.85	0.13	0.05	0.01	0.26
G4	0.02	0.37	3.21	0.12	0.21	3.94	0.12	0.05	0.01	0.23
G5	0.03	1.01	6.63	0.27	0.24	8.18	0.28	0.32	0.00	0.31

低分子有機酸 グループ	低分子有機酸					有機物				
	乳酸	L-リジン酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	シュウ酸	マレイン酸	含量	有機物	含量
	mmol(-) kg ⁻¹					%				
G1	0.050	0.012	0.020	0.007	0.011	tr.	0.004	n.d.	0.104	6.189
G2	0.170	0.023	0.038	0.008	0.025	tr.	0.000	n.d.	0.284	7.466
G3	0.111	0.049	0.111	0.011	0.059	tr.	0.014	n.d.	0.355	9.950
G4	0.551	0.166	0.274	0.031	0.143	tr.	0.001	n.d.	1.167	67.916

水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸 グループ	水溶性カチオン					低分子有機酸														
	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	含量	乳酸	L-リジン酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	シュウ酸	マレイン酸	含量						
	mmol(+) kg ⁻¹					mmol(-) kg ⁻¹														
G1	0.02	0.02	0.23	0.08	0.08	0.43	0.07	0.00	0.00	0.03	0.10	0.047	0.013	0.021	0.008	0.010	tr.	0.001	n.d.	0.100
G2	0.01	0.09	1.24	0.12	0.10	1.56	0.06	0.01	0.01	0.04	0.12	0.113	0.021	0.041	0.006	0.028	tr.	0.002	n.d.	0.211
G3	0.01	0.36	2.17	0.14	0.16	2.85	0.13	0.05	0.01	0.08	0.26	0.086	0.023	0.043	0.008	0.016	tr.	0.013	n.d.	0.189
G4	0.02	0.37	3.21	0.12	0.21	3.94	0.12	0.05	0.01	0.04	0.23	0.170	0.049	0.091	0.011	0.044	tr.	0.000	n.d.	0.366
G5	0.03	1.01	6.63	0.27	0.24	8.18	0.28	0.32	0.00	0.31	0.90	0.226	0.045	0.063	0.024	0.054	tr.	0.007	n.d.	0.419

tr.: 極微量の検出 n.d.: 検出なし

表3-5-59 クラスタ分析の結果（水溶性画分）：グループ別の土地利用形態および頻度（％）。

水溶性カチオン・アニオン						
グループ	天然生林	果樹園	畑土壤			シバ草地
			既成畑	転換畑	造成地	
G 1	2(15.4)	1(7.7)	0(0.0)	1(7.7)	2(15.4)	7(53.8)
G 2	4(26.7)	0(0.0)	1(6.7)	4(26.7)	2(13.3)	4(26.7)
G 3	1(12.5)	2(25.0)	1(12.5)	2(25.0)	0(0.0)	2(25.0)
G 4	1(16.7)	0(0.0)	1(16.7)	1(16.7)	1(16.7)	2(33.3)
G 5	1(33.3)	1(33.3)	0(0.0)	0(0.0)	1(33.3)	0(0.0)

低分子有機酸						
グループ	天然生林	果樹園	畑土壤			シバ草地
			既成畑	転換畑	造成地	
G 1	3(11.1)	3(11.1)	2(7.4)	7(25.9)	3(11.1)	9(33.3)
G 2	3(30.0)	1(10.0)	1(10.0)	1(10.0)	1(10.0)	3(30.0)
G 3	1(25.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	3(75.0)
G 4	2(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

水溶性アニオン・カチオンおよび低分子有機酸						
グループ	天然生林	果樹園	畑土壤			シバ草地
			既成畑	転換畑	造成地	
G 1	2(15.4)	1(7.7)	0(0.0)	1(7.7)	2(15.4)	7(53.8)
G 2	4(26.7)	0(0.0)	1(6.7)	4(26.7)	2(13.3)	4(26.7)
G 3	1(12.5)	2(25.0)	1(12.5)	2(25.0)	0(0.0)	2(25.0)
G 4	1(16.7)	0(0.0)	1(16.7)	1(16.7)	1(16.7)	2(33.3)
G 5	1(33.3)	1(33.3)	0(0.0)	0(0.0)	1(33.3)	0(0.0)

() : 頻度(%)

ン・アニオン含量はやや低くなっていると思われる。グループ3は異なる土地利用形態にある土壤が平均的に含まれており、水溶性カチオン・アニオン含量も供試土壤全体の平均的な値となっている。グループ5は水溶性カチオン・アニオン含量が最も高い値を示している試料からなる。このグループ5に分類されている土壤は、吉良川町のポンカン畑(KR-1, 排水の悪い平坦な土地に位置し、多施肥により養分が蓄積されやすい土壤)のように多肥で、かつ養分の集積しやすい土壤が入っているためであろう。

2) 低分子有機酸

クラスタ解析の結果、4つのグループに分かれた。低分子有機酸の分析結果からは、低分子有機酸含量や組成は、有機物含量の高い試料ほど多いことがわかった。グループ4は、いずれも天然生林で、含まれる低分子有機酸の量・組成ともに圧倒的に多い。これは低分子有機酸が、植物、動物および微生物

物の腐朽物や代謝産物などの様々な有機物が常時土壤中に供給されるためだと思われる。グループ3も低分子有機酸含量は比較的高い。ここでも天然生林下の土壤の占める割合が高い。中でも、シュウ酸含量がグループ4よりも高い値になっている。グループ1は主に、畑地(造成地・既成畑・転換畑)、シバ草地からなっており、低分子有機酸含量は最も低い。シュウ酸だけグループ2よりも高い値になっている。これはグループ1に含まれる果樹園(ミカン、ポンカン畑)で特にシュウ酸含量が高い値を示しているためグループ内の平均値が高くなっているようだ。グループ2では、乳酸だけグループ3よりも高い値であった。これは、グループ2に天然生林が多く含まれていることと関連がありそうだ。森林土壤において、低分子有機酸の量・組成が多いのは、農耕地土壤と比べて土壤がより強い酸性条件下におかれており、生成した酸が安定に存在できるためであろう。また、その酸性の原因は、塩基成分が流亡

していること、安定な土壌生成条件にあるため樹木や動物などの生物起源の有機物が継続的に供給されていることによると考えられる。

3) 水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸

水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸を全てまとめてクラスター解析した結果、水溶性カチオン・アニオンのデータを用いて行ったクラスター解析の結果とまったく同様となった。すなわち、5つのグループにわかれ、それぞれのグループを構成する土壌も同じであった。用いた土壌の土地利用形態は多様であったが、低分子有機酸含量そのものが低く、全体的に多様な組成のものがみられなかったことから、低分子有機酸含量を土壌の特性値として考える場合は、有機物含量の高いもののみを対象とする必要があると考えられた。このことは、有機物含量が高くない場合には、それをエサとする微生物の活性なども低く、低分子有機酸が土壌中の物質循環に対する寄与は小さくなるということを示唆するものである。また、今回分析した8種の低分子有機酸以外のものが物質循環への寄与が大きいのかもしれない。この点は今後の検討を要する事項である。

前節(d-2)では、高知県下の農耕地土壌(造成地、既成畑、転換畑)を短期の土壌管理によって大きく影響を受けない土壌固有の性質(酸化物、荷電ゼロ点)に着目して、理化学性、酸化物、荷電ゼロ点の分析値(12因子)を用いて、土壌評価および土壌区分を試みた。その結果、高知県下の農耕地土壌(表層土壌、サンプル37点)は、①CEC、有効態リン酸含量の高い土壌、②全炭素含量の高い土壌、③転換畑、④交換性Ca、CEC、全炭素含量の高い土壌、⑤既成畑の5つに区分された。造成地は、既成畑に含まれていた。造成地の表層は、施肥、耕作、表土返しによって、粘土含量や有機物含量が増加しており、既成畑の表層との違いがあまりみられなくなっているためと思われる。既成畑は四万十帯に属する土壌が多く、その他の区分は、秩父・三波川帯に属する土壌が多かった。このように土地利用形態別、地質帯別の特徴が表れた。これらの区分の決定因子(主成分分析で抽出された主成分)は、pH依存性画

分、有機物と粘土含量を示す指標、荷電ゼロ点の指標、母材の風化度合を示す指標であった。特に、有機物と粘土含量を示す指標は表層土壌の大別に大きく寄与し、その他の因子は細かい区分に寄与していた。言い換えると、短期の土壌管理・土壌管理の違いによって大きく影響を受けにくいZPCや風化といった土壌固有の性質より、造成などの大規模な作用により左右される土壌の性質の方が全体的な区分に大きく寄与しているといえた。一方、水溶性カチオン・アニオン、低分子有機酸を用いたクラスター分析で、有機酸より、水溶性カチオン・アニオンによって土地区分されている。特にカチオン(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+})量の違いが目立つ。各区分を詳細にみると、土地利用形態をも含め、地点間の違いを反映した結果となっている。このような結果は、シバ草地を含めずに解析した高知県下の農耕地土壌や天然生林土壌の場合にはみられなかった。地点間の違い、立地条件の違いを含めた区分を行うには、管理方法で容易に変化する水溶性画分をも考慮に入れる必要があると考えられた。

e. 農地と天然生林

dで行った統計解析によって、本研究で取り上げた農地は、造成地、転換畑、既成畑の3つに大別されることがわかった。以下にそれぞれの特徴をまとめる。

1) 造成地

大規模造成地は主に高知県西部の四万十帯に属するため、砂質で未熟な材料が造成に用いられることになる(平野、姫ノ井)。そのため、固相率が高い、保水性が低い、自然肥沃度が低い、表層の粘土や有機物含量が低く団粒構造の発達が遅れる、さらには受食性が高いなどの問題点が造成初期から顕在化しやすい。

また、土壌の母材が特殊な場合にも数々の問題が起こる。

夜須の銅鉾山ボタ山上のミカンハウス(Y-O)では、ボタ山の名残である下層土の固相率がきわめて高く堅密で植物根の伸長が大きく制限される、植物への重金属障害が顕在化する恐れのある土壌母材

(緑色岩)であるなどの問題を含んでいる。土壤の利用形態は異なるが、既成畑(Y-P, Y-W)でも重金属障害は十分に起こりうる。

大方町(H11, K-L)では頁岩の風化により、2つの問題が起こる。1つは硫酸酸性が発現する場合があることであり、いま1つは頁岩の風化に伴う母岩の細粒化によって土壤の排水性がきわめて悪くなることである。また、その改善の目的で施用する石灰の過剰な蓄積は新たな問題となってしまう(K-L)。

2) 転換畑

転換畑は秩父帯・三波川帯の調査地に多かった。この2つの地質帯では地層を構成する母岩の種類が実に多岐にわたるため、塩基性岩・超塩基性岩から酸性の砂岩までみられ、さまざまな土壤母材が出現することになる。もともと中山間に位置するため、第2次世界対戦以前は棚田として利用してきた。近年の減反政策の影響で畑地として利用されることが多くなったこと、米の自由化に向けて畑地からの現金収入を確保する必要がうまれてきたことなどが転換畑の増加の原因である。したがって、今回の調査も畑地を対象にしてきたために転換畑を選ばざるを得なかった。

転換畑化したことで、もとの水田土壤の性質がはじめに変化するの、耕起による表層での団粒構造の発達である。畑地化にともなって表層のみ通気性が改善されることになる。しかし、下層の性質は水田作当時のまま残ることになり、通気性・排水性不良は短い期間には改善されない。SH-2, SH-3, KE-3, MT-1, MT-2, B-4, A-3, T-2などがその例である。もっとも特徴的なことは鋤床層が残り、その直下に鉄の明瞭な斑紋がみられることである。田畑輪換を中長期の目標にするとすれば、この鋤床層を残しておくことが必要になるが、畑地として利用することを目標にするとすれば深耕を行うなどして硬盤層を取り除かなければならないだろう。水田の表土がそのまま畑の作土として用いられることが多いため、土性が細かくCEC、水溶性画分含量は高いことが多い。

3) 既成畑

中村市平野の既成畑(H-2)は隣接する天然生林(H-3)と非常によく似た性質であった。

香我美町のミカン栽培土壤(B-2)は斜面に位置するため周囲からの有機物の供給を継続的にうけており深くまで肥沃度が高かった。

夜須町のイモ畑(Y-P)や吉良川町のポンカン園(KR-1, KR-2)なども深くまで土壤化が進んでおり、有機物の浸透が見られた。

また、越知町(OT-1)、土佐町(TO-1)なども、団粒構造が発達しており、保水性・透水性いずれも優れ、かつ肥沃度も高かった。

いずれの場合にも、耕起によってあるいは果樹の根を伝わることによって、深くにまで土壤有機物が浸透し、粘土の移動も天然生林よりは進んでいた。つまり、継続的な管理が行われている場合は非常にバランスの良い農地として機能しつづけることがわかる。

次にシバ草地について述べると、造成後2-11年が経過した草地(NH-1, NS-1)では、牛の排泄物やシバの根の分解による有機物の添加により、表層ではpH, EC, 交換性塩基含量が高く、土壤の肥沃度の向上がみられたが、下層ではそれらの値は低く、比較的自然土壤の特性を残していた。一方、造成後20年以上が経過した草地(MS-2, MS-3, NS-2, NS-3, NS-4)では、長年にわたる有機物の継続的な添加を受けてきたため、下層に粒状構造が発達していた。傾斜の急な地点より傾斜の緩い地点の方が、養水分の浸透が起こりやすく土粒子の細粒化が進むと考えられた。また、土壤母材の違いは主に養分保持力の差として表れた。これらのことから、地質や土壤母材、地形、造成後の経年数の違いはいずれも、土壤肥沃度の差をもたらす原因であると考えられた。

最後に、天然生林について概観すると、表層の有機物含量が高く、下層では交換性Al, Hが非常に高く酸性が強いのが共通の特徴である。低分子有機酸含量も高い。特に、高温多雨気候下にある高知県の山林土壤はこの傾向が強いのであろう。したがって、酸性土壤下で生成した土壤粘土鉱物である

Hydroxy - Interlayered Vermiculite (HIV) が卓越するものが多かった (H-3, HM-2, T-3, H-N, SH-1, OT-2, Y-N, KT-5)。しかし、いずれの土壤も養分保持能が高い。残積性土壤であり安定した風化生成を受けているとすると、自然条件下で供給された有機物の分解にともなって生成する有機酸によってアルミニウムが可溶化し、イライトやパーミキュライトなどの層間に取り込まれたために HIV は生成したと結論してよいだろう。

HIV の卓越した土壤は、畑地化されたときにも高い保肥力を発揮し、農地として十分な機能を発揮することになる。ただし、HIV が形成されるのは自然土壤の表層に限られる。また、傾斜地の土壤は土層が薄いことから、表土戻し処理が行われるにせよ、造成地全体にこれらの層を広げて有効利用するのは難しいだろう。

造成地や水田からの転換畑などが土壤区分の対象に含まれる場合に、新しい指標として ZPC, σ_p , 粘土鉱物組成, 酸化物含量などを用いることを本研究において検討し、比較的適切な区分が可能であることを明らかにした。このことは、管理された土壤のみならず、自然土壤、造成直後の土壤、管理方法が変更された土壤などを含め、あらゆる種類の土壤を評価する場合、土壤固有の性質を指標として客観的に分析することが必要であることを明らかにしたことに等しい。また、最も動きやすい画分、水溶性カチオン・アニオンおよび低分子有機酸を用いた土壤区分では、土壤固有の特性値を用いた場合と比較して、地点間の違いや立地条件の違いをより明確に反映したものとなった。今後は、水田や有機農法の畑地など、今回供試することのできなかった種別の土壤を加え、同様の解析を行った上で、「あらゆる地目の土壤の区分」についての枠組みや概念を確立することが必要であろう。

傾斜地に拓かれた造成地は、天然生林当時の表層と未風化の土壤材料の性質をあわせ持った農地である。他の農地と比べて自然条件も厳しく人為の攪乱がもっとも大きいものであるから、より大きな努力とエネルギーを投入しなければ安定な農地として機能できない。農耕地が十分に生産性が上がるほど造

成地の熟畑化が進むには、長い年月を要するため、造成地から熟畑化のメカニズムを把握するのは難しい。そこで、傾斜地という不安定な条件下にあるにもかかわらず最も短期間で土壤環境が安定する造成シバ草地に着目して、造成地が安定した系として機能する(熟畑化する)ために必要な要因を第2部では検討する。

(2) 造成シバ草地生態系の熟畑化

a. 緒論

県土を広く占める山地の有効利用が中山間農業発展の課題であり、畜産的利用はその重要な柱として位置付けられ、放牧草地の造成が進められている。これまで放牧経験が乏しかった高知県では、昭和30年に入り小規模草地改良事業等により草地造成が始められ、寒地型・暖地型牧草が導入されてきた。しかし、農村を取り巻く社会環境の変化に加え、立地条件に見合う導入草種の認定及び管理技術が伴わず、当初の目的が達成されないまま荒廃していった草地も見受けられた。そこで、高知県では全国に先駆けて、篤志家によって日本シバによる草地の造成が試みられ、省力・省資源による低コスト生産を目指して山地酪農が展開されることとなった(高知県草地飼料協会編, 1992)。シバ草地酪農の特徴は、その土壤が植被で一年中覆われることにあるが、日本シバは外来牧草に比べ気温・土壤に対する適応範囲が広く、できあがった草地は密度の高い草で地表を完全に覆う。そのため雨滴による表土の破壊が少ないので急傾斜地で問題になる土壤侵食を防止できる(斉藤, 1992)。

野草地の畜産的利用は近年減少しているが、中山間地域における土地資源の有効利用と低コスト肉用牛生産を図るためには、低投入で持続的な放牧利用が可能なシバをはじめとする野草地を積極的に活用するための方策を探っていくことが必要と考えられる。農政は推進上の技術課題(キーテクノロジー)が設定されるに至り、中国四国地域においてもその取り組みの1つとして芝型放牧技術の開発・普及を目指した推進会議がもたれるようになった(第一回97'3月, 第二回97'9月, 第三回98'3月)。ここで

はH11年末をめどに優良事例集の作成、技術指針の作成、それに引き続き、技術の普及・定着が計画されている。高知県も重点推進対象地域の一つとなっている。

これまでに、本研究室では、高知県下の地質や土壌母材・地形・造成後の経年数の異なる日本シバ草地酪農圃場を調査地点とし、造成されたシバ草地の安定化のメカニズムについて土壌の物理的・化学的視点から土壌解析を行ってきた。その結果、シバの根圏と深さ約10–15cm付近に形成される牛の踏み固めによる硬盤層との間に発達する粒状構造が、シバ草地の排水性・通気性を高めていることがわかった(石塚ら, 1997)。

シバ草地では、シバ定植後、耕起を一切行わない。一般に不耕起栽培では、有機物の浸透により団粒が生成しやすく、土壌構造が改善されやすい(Cannel, 1985; Culley et al., 1987)とされているが、シバ草地の土壌生態系では、造成後20年程度でそれがなされていることもわかった(石塚ら, 1997)。さらに、牛糞や植物・微生物由来の有機物が土壌に蓄積されていくことにより、土壌の肥沃度が向上する。このため、安定化の進んでいるシバ草地では、排水性・通気性の向上により牛→土壌→シバ草地→牛という生態系でのバランスのとれた物質循環が確立されていると考えられる。

そこでシバ草地生態系をより詳細に評価するために、従来の土壌物理学的・化学的アプローチに加え、より生物学的アプローチを試みることにした。有機物の循環や団粒形成に大きな役割をはたすと考えられる糸状菌・細菌の生菌数を測定すると同時に、土壌中の元素移動に深く関わっている低分子有機酸の変動についても継続的な調査を行った。

すなわち植被で覆われ続けた土壌の有機物の評価、牛糞による土壌の肥沃化、養水分の動態などについて、生物学的評価を加えて解析を行い、日本シバ草地において土壌生態系が安定化に向かうメカニズムを明らかにすることを目的とした。これらの解析結果を用いることによって、自然・農業生態系の土壌化学的評価法を確立することがねらいである。

b. 調査地点の概要及び実験方法

b-1 調査地点の概要

以下に調査地点の概要を(石塚, 1995)に基付き、試料採取地点のシバ草地の管理方式、母材、地形等の情報を調査地ごとにまとめた(表3-5-60, 61)。また、調査地域の地質学的特徴を高知県温泉水脈推定基礎地質図(甲籐ら, 1991)に基づいて判別し、高知県の地質(甲籐, 1969)によって解説を加える。

① 高知県安芸郡奈半利町花田牧場(図3-5-10)

高知県東部・奈半利町の海岸線を走る国道55号線から車で約10分ほど山を上った高台に位置する。牧場の広さは2ha、傾斜は10°前後と緩やかであり、周囲に避難林がある。そのほかに転作田を利用した約1haのシバ草地がある。水源は近くにないので、1,900m離れた米ヶ丘地区からパイプで牛の飲用水を引っ張っている。この牧場は景観が非常によく、眼下に太平洋を眺望できる。従って、海から来る風の影響を直接うけていると考えられる。

奈半利町周辺の地質は、四万十帯の室戸半島層群奈半利川層となっており、約5,000万年前の始新統起源の砂岩を母岩とする。

1991年に5人の肉用繁殖牛農家が集まり山林伐採を始めた。伐採前の造成地内は33種の樹木で構成されており、その主体はヒサカキを第一位優先樹種とする天然性広葉樹であった。1992年3–4月に日本シバの定植を始めた。日本シバは通常、草地の安定までに5年かかるとされているが、日当たりが良かったためか約2年で定着したそうである。しかし、シバが定着してもなおイチゴバラやサンショバラなどの雑草が根強く繁生してくるため、定期的に草刈りを行っている。

現在、山側の傾斜地に5–6頭の肉牛を放牧している。転作田草地には、3–4頭放牧している。

② 高知県南国市白木谷齊藤牧場(図3-5-11)

齊藤牧場は、高知県南国市白木谷に位置し、南国市の市街地から西北に10km山中に入った山頂付近(標高200m)に開拓された、最高45°に及ぶ起伏の激しい急な傾斜地である。牧場の広さは23haで、

表3-5-60 調査牧場の概要.

所在地及び名称	造成年	草地面積 (ha)	傾斜 (°)	地質	年代 (B.P.)	母岩
奈半利町 花田牧場	1992	2.0	5-15	四万十帯室戸半島層群 奈半利御川層	5,000	砂岩
南国市 青森牧場	1968 1983	23.0	5-40	秩父帯黒瀬川亜帯休場層 白木谷層群	27,000	黒色塊状泥岩・緑色塊状泥岩 蛇紋岩・泥岩・塩基性凝灰岩・石灰岩

表3-5-61 試料採取地点の概要

Sampling Point	Site	Horizon	Depth (cm)	Matorix Color	Texture ^a	Structure ^b	Stone ^c	Bonudary ^d	
Hanada, Nahari-cho									
(1992, 7degree)	Siba	NH-1	AB	5-14	7.5YR4/6	L	m m sbk	f	CS
			BA	14-30	7.5YR5/6	CL	m m sbk	c	CS
			Bt	30-42	7.5YR6/6	CL	m m sbk	c	CS
			C	42-55+	7.5YR7/8	LIC	no structure	c	
(12 degree)	Natural forest	NH-2	LFH	-5-0	7.5YR3/3	CL	m f sbk	f	CS
			A	0-5	10YR4/3	L	m f sbk	f	CB
			AB	5-10/15	7.5YR7/8	LIC	w c sbk	f	GW
			Bw	10/15-28/35	10YR8/3, 7.5YR6/8	LS	no structure	f	
			C	28/35-60+					
Shirakidani, Nankoku-shi									
(1983, 40degree)	Siba	NS-1	A	0-2/4	10YR3/2	CL	w f gr	m	AS
			Bg	2/4-10	2.5YR4/3	CL	w f sbk	f	CS
			C	10-35+	10YR4/4	LIC	no structure	a	
(1968, 25degree)	Siba	NS-3	A	0-2	5YR3/3	CL	w f gr	m	AS
			AB	2-8/10	5YR4/3	CL	w f sbk	m	AS
			Bt	8/10-35	5YR4/6	LIC	no structure	a	AB
			C/R	35-60+	5YR5/6	LIC	no structure	a	
(1968, 10degree)	Siba	NS-4	A	0-3	5YR3/3	CL	w f gr	m	AS
			AB	3-10	5YR4/3	CL	w f sbk	m	AS
			BA	10-60	5YR5/4	LIC	w f sbk	a	CS
			Bt	60-100+	5YR4/6	LIC to HC	w c sbk	a	
(10degree)	Natural forest	NS-5	LFH	-2-0					
			A	0-8/15	7.5YR4/3	LIC	m f sbk	f	AI
			AC	8/15-23/28	10YR4/4	LIC	m m sbk	m	CI
			C	23/28-70+	7.5YR4/6, 10YR6/4	LIC	no structure	a	

a L, loam; LS, loamy sand; CL, clay loam; SiCL, silty clay loam; SiC, silty clay; LIC, light clay; HC, heavy clay
 b Grade: w, weak; m, moderate
 Class: f, fine; m, medium; c, coarse
 Type: gr, granular; sbk, subangular blocky
 c(abundance) f, few(0-5%); c, common(5-10%); m, many(10-30%); a, abundant(30-50%)
 d AS, abrupt smooth; AB, abrupt broken; AI, abrupt irregular; CS, clear smooth; CI, clear irregular;
 CB, clear broken; GW, gradual wavy

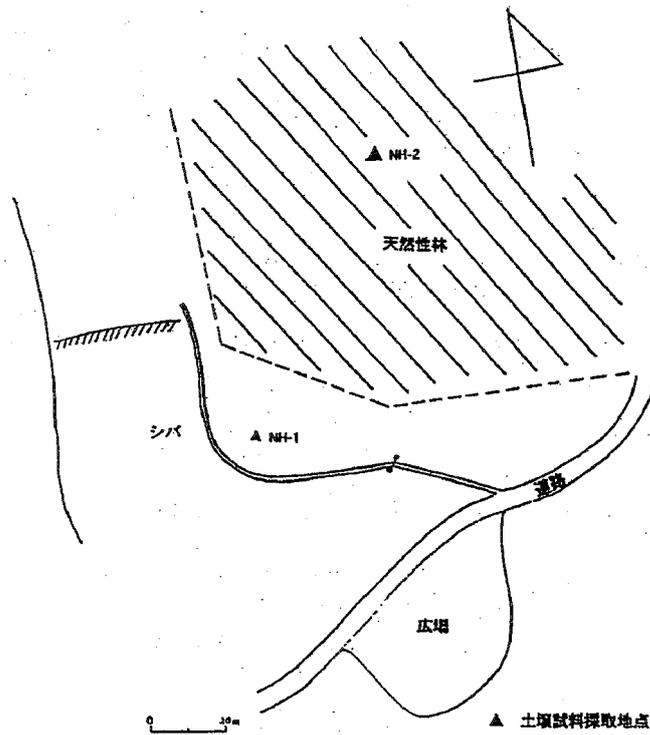


図3-5-10 奈半利町花田牧場の配置図.

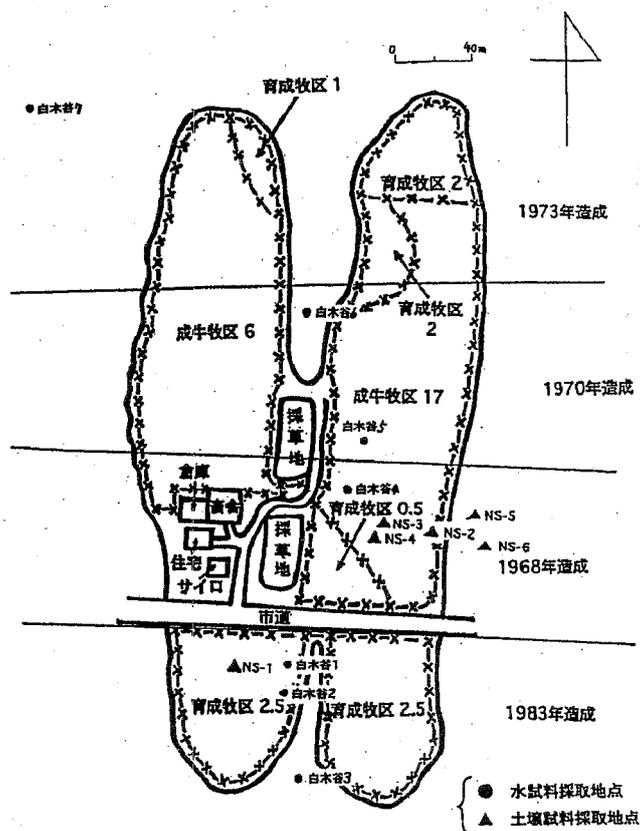


図3-5-11 南国市白木谷齊藤牧場の配置図.

シバ草地は中央の住宅、畜舎等の施設、谷間の採草地を囲むように配置されている。主要生産基盤はこの急傾斜地のシバ草地であるが、他に期間借地及び共同利用による飼料畑が南国市内に数カ所ある。草地管理の省力化を図るため、草地への灌水施設が張り巡らされている。

地質は秩父帯の黒瀬川亜帯休場層とされており、約2億7,000万年前のペルム系上部統起源の黒色塊状泥岩・緑色塊状泥岩を母岩とする。また周辺には、蛇紋岩や白木谷層群（ペルム系上部統）の砂岩泥岩互層・塩基性凝灰岩及び石灰岩がみられる。

現在、44頭の乳用牛を飼っている。このうち30頭の成牛が13haの牧区で昼夜放牧されている。他に離乳後の仔牛群14頭を別牧区で放牧している。

施肥管理の目的で年に数回尿素を散布する以外は、放牧中に牛から排出される牛糞尿がシバの主な肥料源である。

b-2 試料採取地点

試料採取地点に関しては（石塚，1995）に基づく。

① 高知県安芸郡奈半利町花田牧場（図3-5-12）

土壤試料は、尾根部の下部のシバ草地（NH-1）、天然生林であるが牛による植生の攪乱を激しく受けている地点（NH-2）から採取した。

② 高知県南国市白木谷齊藤牧場（図3-5-13）

土壤試料は、1983年造成の尾根筋（NS-1）、1968年造成の中腹（NS-3）、谷筋（NS-4）、牧場近辺の天然生林（NS-5）から採取した。水試料は、1983年造成地の系内（白木谷1, 2）、系外（白木谷3）と1968年造成地の系内（白木谷4）と1970年造成地の系内（白木谷5）、系外（白木谷6, 7）から採取した。

試料採取は、1997年4, 6, 9, 12月に行った。土壤試料は上層（5-10cm）と下層（15-20cm）から採取した。

b-3 実験方法

1) 土壤硬度

土壤硬度の測定は各調査地点において、1997年4, 6, 9, 12月に長谷川式貫入計H-60型（ダイトウ・

グリーン株式会社）を用いておこなった。

2) pH (H₂O), EC (Electric Conductivity, 電気伝導度)

乾土10gに相当する生土を100mL容ポリ瓶にとり、土壌と水が1:5になるように脱イオン水を添加し、1時間往復振とう後適量をサンプル瓶にとり、GST-5211C（東亜電波工業株式会社）を用いてpH (H₂O), CM-11P（東亜電波工業株式会社）を用いてECを測定した。

残りの懸濁液を東洋濾紙NO.5で濾過し、(3)(4)の実験に供試した。

3) アンモニア態窒素〔インドフェノール法・Weaterburnの簡便法“改良型”〕

サンプル2.5mLを試験管にとりフェノールニトロプルシド溶液（フェノール10g, Na-ニトロプルシド50mgを500mLに定用）を2.5mLを加え混合した。さらにアルカリ性次亜塩素ソーダ液（NaOH 5g, アンチホルミン8.4mL, Na₃PO₄・12H₂O 23.95g, NaHPO₄・12H₂O 16.81gを1Lに定用）5.0mLを加え混合した後、37℃に調整したウォーターバスで20分間インキュベートした。そして波長625nmで吸光度を測定した。

4) 水溶性カチオン・アニオン

カチオン（Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺）は原子吸光・フレイム分光光度計（島津製作所, AA-610S）を用い、Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺は原子吸光分析で、Na⁺は炎光分析で測定した。

アニオン（Cl⁻, NO₃⁻, H₂PO₄⁻, SO₄²⁻）は、高速液体クロマトグラフィー（東洋曹達工業株式会社, CP-8000）で測定した。カラムはTSKgel IC-Anion-PWを使用した。溶離液にはホウ酸緩衝液（pH8.5: H₃BO₃ 360g, Na₂B₄O₇・10H₂O 500mg, グリセリン 5.0g, グルコン酸カリウム 300mg, CH₃CN 120mL, n-ブチルアルコール 30mLを1Lに定用）を0.22μm濾紙（富士写真フィルム株式会社, FM-22）で吸引濾過後、脱気したものを用いた。測定条件は、流速1.2mL min⁻¹, カラムオープン温度35℃である。

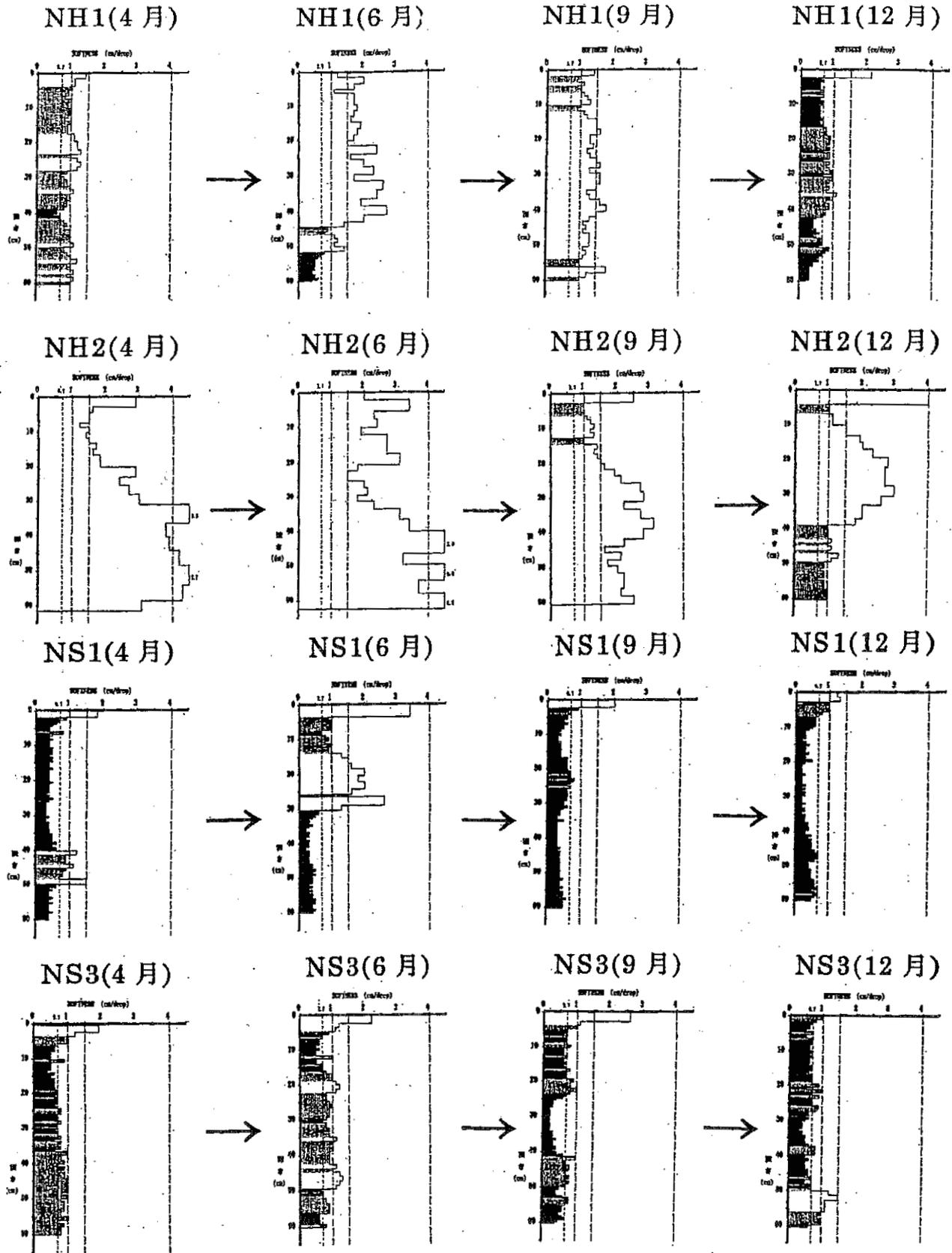


图3-5-12 土壤硬度(1).

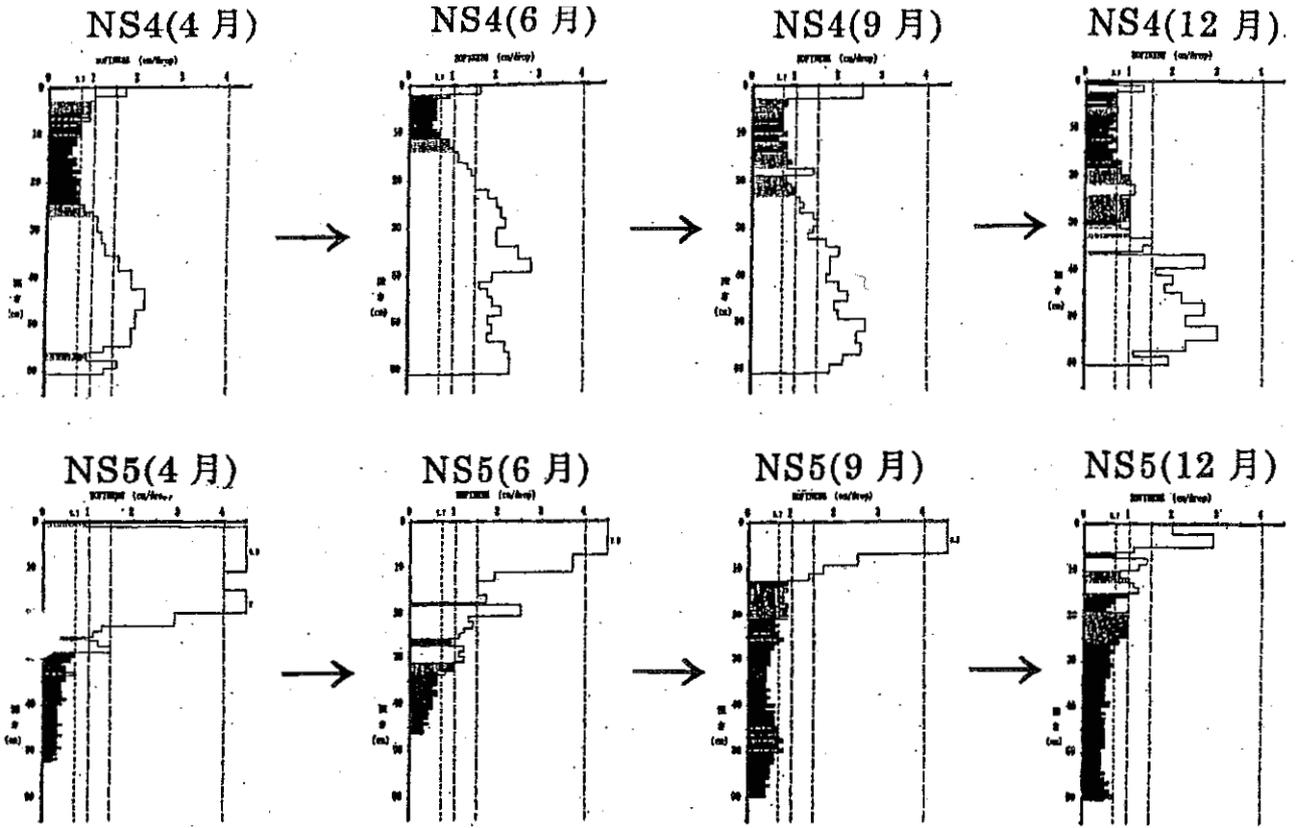


図3-5-13 土壤硬度(2).

アニオン測定時にはサンプルを0.20 μ m フィルター (ToyoRoshi Kaisha, L.t.d, DISMIC -13cp) で濾過後, 供試した。

5) 低分子有機酸組成

風乾細土 5 g を100mL 容ポリ瓶に取り蒸留脱イオン水50mLを加え, 1時間往復振後, 東洋濾紙NO.5で濾過した土壌溶液をサンプルとした。

島津製作所・島津高速液体クロマトグラフ有機酸分析システム (C-R7Aplus) で測定した。カラムはTSK-GEL ODS-80TSを用いた。溶離液にはリン酸緩衝液 (KH_2PO_4 0.816g, H_3PO_4 0.4mLを1Lに定用)を0.22 μ m濾紙 (富士写真フィルム株式会社, FM-22) で吸引濾過後, 脱気したものを用いた。測定条件は, 流速0.8mL min^{-1} , カラムオープン温度45°Cである。測定時にはサンプルを0.20 μ mフィルター (東洋濾紙製, DISMIC -13cp) で濾過後, 供試した。

6) 微生物生菌数

土壌微生物学会編 (1992) の希釈平板法を用いた。生土30gを270mLの無菌水中に加え, 10分間往復振とうした。15分間静置後, 滅菌済チップをつけたマイクロピペットで上澄み5mL取り, 45mLの無菌水に入れた (希釈倍率 10^2)。これをよく攪拌し, 10^2 希釈液5mLを次の希釈液45mLに加えた (希釈倍率 10^3)。同様の操作を6次希釈まで作った。滅菌したシャーレに, 細菌用は4次, 5次, 6次希釈液を, 糸状菌用は2次, 3次, 4次希釈液を各3連で1mLづつ入れ, これに50°C前後に保温した培地を適量分注した。培地が固まった後28°Cに保ったインキュベーターで細菌は5日間, 糸状菌は4日間培養し, コロニーを計測した。なお, 細菌には1/10 Nutrient Broth培地 (pH7.2: 肉エキス 1.0g, ペプトン 1.0g, NaCl 0.5g, Agar 15g L^{-1}) を, 糸状菌にはMartin培地 (pH6.8: KH_2PO_4 1.0g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, ペプトン 5.0g, グルコース 10.0g, ローゼンガル 0.066g, Agar 15g L^{-1}) を用いた。

c. 結果・考察

c-1 物理性の変動 (図3-5-14, 15)

① 高知県安芸郡奈半利町花田牧場

NH-1土壌は, シバの根の多い部分 (0-5cm) と岩石との境界付近で土が崩れた部分 (20-40cm) で軟らかい。6月は, 9, 11月よりも土壌が軟らかい傾向がみられた。これは, 前者では測定時の1週間以内に雨が降ったため, 土壌が軟化したことが考えられる。逆に雨の少ない時期には, 土層内全てが非常に硬いことがわかった。また, シバの根圏と深さ約10-15cm付近に形成される牛の踏み固めによる硬盤層は形成されていなかった。

天然生林内に位置するNH-2土壌は, 木の根が下層にまでおよんでいること, レキが少ないことから, 期間を通じて軟らかい。

NH-1, NH-2は, とともに深さ毎の土壌硬度の傾向がよくにている。これは, NH-1が造成されて6年と浅いため, 元の自然状態の特性を残していると考えられる。NH-1は, NH-2よりもやや硬い傾向がみられた。この理由として次のことが考えられる。林内に位置するNH-2は, 樹木が日光を遮っていること, さらに表層に有機物が集積していることが大気への水分の蒸発をおさえていると考えられる。一方, NH-1は, NH-2のように日光を遮るものがなく, 非常に乾きやすいため硬くなると推測される。つまり, 両者の土壌硬度の違いは, 土壌の保水量の差に関係しているのであろう。今後, 両地点における土壌水分と地温のモニターを行う予定である。

② 高知県南国市白木谷齊藤牧場

NS土壌は, 調査日の1週間以内に雨の降った6月において土壌が軟化していた。NS土壌は, シバの根の多い部分 (0-3cm) と岩石との境界付近で土が崩れた部分 (20-40cm) でやや軟らかい。

NS-1, 3はシバ草地土壌の深さ10-15cmで軟らか度が0.7 cm drop^{-1} 以下であり, 天然生林 (NS-5) よりもさらに硬い。一方谷筋で土壌が集積し土層の深いNS-4では, 5-20cmまで硬くなっている。粘土・シルトなどの細粒各分が多く含量も高い (石塚ら, 1997) うえ, 岩盤層が1mよりもさらに深くに

大正町・赤音地を含む沖積土壌



大正町・イチゴハウス

図3-5-14 大正町.



大方町・早咲造成地(酸性頁岩)

大方町・断面内に酸性頁岩風化岩石を含む



大方町早咲の山林土壌(土層浅い)

図3-5-14 大方町.



中村市・平野のタバコ畑



中村市の造成地土壌・四万十帯の砂が母材



中村市の海岸段丘上の林地土壌

図3-5-14 中村市.



シバ草地のルートマット



高知県南国市白木谷の造成シバ草地

図3-5-15



南国市・斉藤牧場(造成草地)



南国市・白木谷の造成シバ草地土壌(断面)



香我美町のミカンハウス

香我美町のミカンハウス土壌
(断面)



香我美町のミカン畑

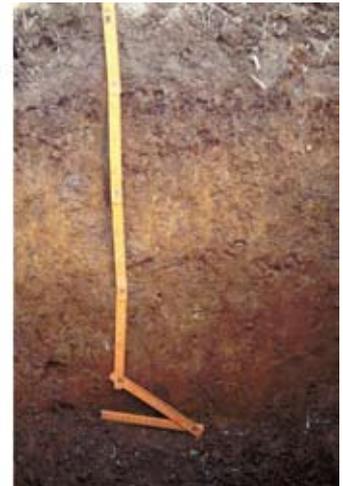


香我美町の露地ミカン畑における土壌溶液採取

夜須町・西山のミカンハウス土壌
(断面)・銅鉱山跡地のボタ山
(黒色)上に山土を乗せて造成



夜須町・西山の森林土壌(断面)
有色鉱物が多く、チョコレート色に
風化



三宝山より香長平野を望む

あるため、硬盤層が分厚くなっていると考えられている。草地では農業機械は一切使用していないことから、シバ草地造成後10数年以上経過すると、牛によって草地が踏み固められ、一種の硬盤層（不透水層）が形成されていると推測される。

c-2 土壤溶液組成の変動（表3-5-62）

① 高知県安芸郡奈半利町花田牧場

シバ草地NH-1土壤のpH, EC, 水溶性カチオン・アニオンの値は、天然生林土壤（NH-2）に近い値を示している。さらに、NH-1, NH-2の両地点におけるそれらの値の変動はほとんどない。つまり、NH-1土壤は、造成後の経年数が6年と浅いことから、元の自然状態の特性を残した土壤であるといえる。

NH土壤は海に近く、海風の影響を受けやすいため、9月・12月の上層は特に Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} の値が高くなっていた。天然生林内のNH-2土壤の Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} の値はシバ草地のNH-1よりも高かった。林内では海風で運ばれた多量の高塩粒子が樹体に付着し、降水によって洗い流され、土壤中に蓄積されやすいためと考えられる（藤本ら, 1996）。

② 高知県南国市白木谷齊藤牧場

尾根筋に位置するシバ草地NS-1のpH, EC, 水溶性カチオンは、天然生林土壤（NS-5）に近い値を示している。つまり、NS-1は、比較的もとの自然状態を残していると考えられる。NS-1のpH, EC, カチオン・アニオン含量の変動は、NS-5より小さい傾向がみられる。この理由として次のことが考えられる。シバは、太陽光線から土壤を遮隠して保護し、土壤から大気への水蒸気の動きを防いでいる。そのため、作土層に高い湿潤性が維持される（Nakamura, 1989; Maurya, 1986）。さらに、現地調査において、通気性・排水性が悪いことがわかった。つまり、NS-1土壤は、水分の変動が小さいため、それにともない水溶性画分の動きも小さいのであろう。

中腹で採取したNS-3のECの値は表層より下層で高く、下層まで水溶性の養分の浸透がみられる。谷筋に位置するNS-4は、周囲から養水分が集まっ

てくるため、急傾斜のシバ草地と比べpH, EC, カチオン, アニオンの値が高い。特に、 Ca^{2+} , K^+ , NO_3^- は、他の地点の10倍程度にもものぼる。NS-3, NS-4は、NS-1, NS-5より養分量の変動が大きい。NS-3, NS-4土壤は、牛の排泄物やシバ由来のリターなどの長年にわたる有機物の供給を受けたことにより、土壤構造が発達している。つまり、通気性・排水性が向上したことにより、養水分の動きが著しくなったと考えられる。また、比較的傾斜の緩やかな地点を中心に牛が行動するという観察結果とも符合する。

c-3 圃場系内および系外の水質の変動（表3-5-63）

① 高知県安芸郡奈半利町花田牧場

牧場内には試料を採取できる水系が見つからなかったため、調査は行っていない。

② 高知県南国市白木谷齊藤牧場

白木谷1-3は、同じ谷筋に位置しており、白木谷1から白木谷3に向かって水が流れている。白木谷3は、牧場から約20m離れたところに位置し、シバ草地圃場の外にあたる。白木谷4, 5は、牧場内の大きな水たまりで、その付近には牛の排泄物が多量に存在していた。白木谷6は、市道より北側の放牧地の外に位置している。白木谷7は、牧場から西に約300m離れた杉の植林地内を流れている水である。

採取したすべての水のpHは、6-8の間で変動しており、ほぼ中性であった。白木谷3は、圃場外であるにもかかわらずEC, カチオン・アニオン含量が非常に高い。また、 NH_4^+ 含量は 1mg L^{-1} 以下と非常に低く、 H_2PO_4^- はほとんど検出されなかった。

1970年造成地側の系内に位置する白木谷5のEC, カチオン・アニオン含量は、1983年造成地側の系内に位置する白木谷2より低い。不耕起栽培の表層の土壤環境は、耕起栽培よりも微生物の増殖、多数の微生物数や多くの微生物種の生存に適している（金沢, 1995）。また、Doran (1987) は、微生物バイオマスも同様に不耕起の作土上層で著しく富化することを報告している。つまり、長年草地として機能している1970年造成地側の方が、1983年造成地側より有機物の牛やシバによる供給、生物・微生物による

表 3-5-62 土壤溶液組成.

4月														
Sample	層位	pH	EC	Cation					Anion					
				NH ₄	Ca	Mg	Na	K	總量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	總量
		(dS m ⁻¹)		(m mol(+)kg ⁻¹)					(m mol(-)kg ⁻¹)					
NH-1	上	5.51	0.008	tr	n.d.	0.02	0.19	tr	0.27	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NH-1	下	5.13	0.012	tr	tr	0.02	0.26	0.06	0.35	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NH-2	上	4.70	0.024	0.03	n.d.	0.09	0.26	0.23	0.62	0.21	n.d.	n.d.	0.19	0.40
NH-2	下	4.91	0.025	0.03	n.d.	0.09	0.46	0.20	0.78	0.34	n.d.	n.d.	0.21	0.55
NS-1	上	5.73	0.007	tr	0.23	0.02	0.13	tr	0.39	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-1	下	5.53	0.007	tr	n.d.	tr	tr	tr	0.15	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-3	上	6.04	0.006	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-3	下	5.94	0.007	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-4	上	7.70	0.051	0.02	2.41	0.20	0.24	0.45	3.32	n.d.	tr	n.d.	tr	tr
NS-4	下	7.56	0.028	tr	0.80	0.08	0.17	0.34	1.39	tr	tr	n.d.	tr	tr
NS-5	上	5.55	0.020	0.03	tr	0.09	0.16	0.40	0.68	0.18	n.d.	n.d.	tr	0.18
NS-5	下	5.10	0.018	tr	0.16	0.05	0.16	0.19	0.55	0.22	n.d.	n.d.	tr	0.22

6月														
Sample	層位	pH	EC	Cation					Anion					
				NH ₄	Ca	Mg	Na	K	總量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	總量
		(dS m ⁻¹)		(m mol(+)kg ⁻¹)					(m mol(-)kg ⁻¹)					
NH-1	上	5.34	0.009	tr	n.d.	0.03	0.19	tr	0.29	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NH-1	下	5.16	0.011	0.03	tr	0.03	0.28	0.14	0.47	0.25	n.d.	n.d.	tr	0.25
NH-2	上	4.80	0.023	0.04	n.d.	0.08	0.18	0.27	0.57	0.41	n.d.	n.d.	0.20	0.61
NH-2	下	4.65	0.024	0.05	n.d.	0.11	0.30	0.14	0.60	0.27	n.d.	n.d.	0.24	0.51
NS-1	上	5.74	0.009	tr	n.d.	0.04	0.29	tr	0.40	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-1	下	5.73	0.008	tr	n.d.	0.02	0.24	tr	0.31	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-3	上	6.83	0.044	0.05	1.40	0.15	0.30	0.09	1.99	tr	tr	n.d.	tr	tr
NS-3	下	7.48	0.098	0.04	3.81	0.16	0.25	0.11	4.37	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-4	上	7.20	0.035	0.03	0.71	0.11	0.41	0.39	1.64	tr	0.12	n.d.	tr	0.12
NS-4	下	7.56	0.076	tr	2.84	0.15	0.41	0.07	3.46	tr	tr	n.d.	tr	tr
NS-5	上	5.37	0.020	0.03	n.d.	0.05	0.25	0.33	0.67	0.35	tr	n.d.	tr	0.35
NS-5	下	5.13	0.019	n.d.	n.d.	0.06	0.22	0.28	0.55	0.23	n.d.	n.d.	0.13	0.36

9月														
Sample	層位	pH	EC	Cation					Anion					
				NH ₄	Ca	Mg	Na	K	總量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	總量
		(dS m ⁻¹)		(m mol(+)kg ⁻¹)					(m mol(-)kg ⁻¹)					
NH-1	上	5.65	0.007	tr	n.d.	0.04	0.37	0.06	0.47	0.25	n.d.	n.d.	tr	0.25
NH-1	下	5.17	0.010	tr	0.14	0.04	0.26	tr	0.43	0.21	n.d.	n.d.	tr	0.21
NH-2	上	4.73	0.039	tr	0.08	0.20	0.68	0.39	1.35	0.74	n.d.	n.d.	0.23	0.97
NH-2	下	4.94	0.027	tr	n.d.	0.10	0.52	0.32	0.93	0.49	n.d.	n.d.	0.17	0.66
NS-1	上	5.38	0.011	tr	0.18	0.05	0.37	0.06	0.65	0.31	n.d.	n.d.	tr	0.31
NS-1	下	5.40	0.013	tr	0.17	0.04	0.42	0.06	0.68	0.35	n.d.	n.d.	tr	0.35
NS-3	上	5.69	0.006	tr	0.15	0.02	0.28	tr	0.44	0.21	n.d.	n.d.	tr	0.21
NS-3	下	5.63	0.006	tr	0.15	tr	0.17	tr	0.32	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-4	上	6.62	0.029	tr	1.37	0.13	0.25	0.13	1.87	tr	0.15	n.d.	tr	0.15
NS-4	下	7.54	0.087	tr	3.80	0.07	0.31	0.11	4.29	tr	0.19	n.d.	tr	0.19
NS-5	上	5.57	0.027	tr	tr	0.07	0.44	0.47	0.98	0.46	tr	n.d.	tr	0.46
NS-5	下	5.21	0.023	tr	0.14	0.07	0.37	0.42	0.99	0.40	n.d.	n.d.	0.19	0.59

12月														
Sample	層位	pH	EC	Cation					Anion					
				NH ₄	Ca	Mg	Na	K	總量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	總量
		(dS m ⁻¹)		(m mol(+)kg ⁻¹)					(m mol(-)kg ⁻¹)					
NH-1	上	5.57	0.009	0.04	0.13	tr	0.29	0.13	0.58	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NH-1	下	5.04	0.021	0.04	0.16	0.08	0.36	0.12	0.76	0.25	n.d.	n.d.	tr	0.25
NH-2	上	4.88	0.039	0.04	0.17	0.12	0.87	0.42	1.63	0.89	n.d.	n.d.	0.17	1.05
NH-2	下	5.09	0.026	0.03	tr	0.08	0.45	0.36	0.92	0.43	n.d.	n.d.	0.15	0.57
NS-1	上	5.81	0.009	tr	0.13	0.03	0.23	0.08	0.46	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-1	下	5.88	0.008	0.03	tr	0.02	0.17	0.09	0.32	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-3	上	5.45	0.011	0.03	0.17	tr	0.37	0.15	0.72	0.27	n.d.	n.d.	tr	0.27
NS-3	下	5.40	0.011	0.04	0.17	tr	0.31	0.12	0.64	tr	n.d.	n.d.	tr	tr
NS-4	上	6.53	0.026	0.03	0.54	0.12	0.25	0.18	1.12	tr	tr	n.d.	tr	tr
NS-4	下	6.77	0.026	0.06	0.64	0.10	0.21	0.26	1.27	tr	tr	n.d.	tr	tr
NS-5	上	5.67	0.057	0.04	0.16	0.07	0.41	0.60	1.28	0.52	tr	n.d.	tr	0.52
NS-5	下	5.33	0.053	0.02	0.13	0.05	0.21	0.36	0.77	0.32	n.d.	n.d.	tr	0.32

表3-5-63 水 質.

4月													
Sample	pH	EC	Cation					Anion					総量
			NH ₄	Ca	Mg	Na	K	総量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	
(dS m ⁻¹) (-----)			mg L ⁻¹ (-----)										
白木谷 1	6.91	0.077	tr	1.95	1.94	5.77	1.01	10.67	7.08	1.34	n.d.	1.28	9.71
2	7.30	0.123	tr	5.76	2.98	6.80	0.30	15.84	10.43	2.28	n.d.	2.57	15.28
3	7.62	0.155	0.10	10.93	3.42	6.26	3.22	23.94	8.76	1.90	tr	2.25	12.90
4	6.95	0.107	0.19	3.98	2.24	7.02	2.66	16.09	6.07	2.45	n.d.	1.89	10.41
5	6.44	0.085	tr	1.56	2.01	6.48	1.47	11.51	7.44	3.63	tr	1.83	12.90
6	7.60	0.155	tr	10.90	3.35	6.86	3.52	24.62	10.05	2.98	n.d.	1.96	14.99
7	7.17	0.080	tr	4.83	1.45	4.96	0.51	11.75	4.17	tr	n.d.	2.00	6.18

6月													
Sample	pH	EC	Cation					Anion					総量
			NH ₄	Ca	Mg	Na	K	総量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	
(dS m ⁻¹) (-----)			mg L ⁻¹ (-----)										
白木谷 1	6.75	0.072	tr	1.64	1.96	5.77	1.00	10.36	7.08	tr	n.d.	tr	7.08
2	7.12	0.105	tr	4.13	2.61	6.42	1.48	14.64	10.63	1.68	n.d.	1.42	13.74
3	7.32	0.118	tr	6.81	2.70	6.31	1.78	17.61	8.33	tr	n.d.	1.84	10.18
4	6.80	0.111	tr	4.01	2.28	6.37	3.40	16.06	7.45	11.30	n.d.	2.45	21.19
5	6.49	0.071	n.d.	1.25	1.78	5.99	1.02	10.03	5.74	3.06	n.d.	1.54	10.34
6	7.16	0.140	tr	8.33	3.58	6.37	3.17	21.44	8.64	5.01	n.d.	1.92	15.57
7	7.12	0.065	n.d.	3.66	1.17	4.69	0.39	9.90	4.42	tr	n.d.	1.37	5.79

9月													
Sample	pH	EC	Cation					Anion					総量
			NH ₄	Ca	Mg	Na	K	総量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	
(dS m ⁻¹) (-----)			mg L ⁻¹ (-----)										
白木谷 1	6.99	0.066	n.d.	3.09	1.64	6.60	0.96	12.29	7.30	tr	n.d.	tr	7.30
2	7.27	0.122	tr	10.57	2.84	8.48	1.99	23.88	10.64	2.62	n.d.	1.35	14.60
3	7.50	0.136	tr	15.47	2.79	7.75	1.80	27.81	7.34	1.27	n.d.	1.86	10.47
4	6.91	0.089	tr	6.84	1.92	7.56	0.71	17.03	5.05	2.66	n.d.	1.37	9.08
5	6.55	0.089	tr	2.70	2.04	7.66	2.85	15.25	6.63	3.06	tr	1.50	11.19
6	6.37	0.013	tr	13.72	2.84	7.56	2.43	26.55	7.36	4.18	n.d.	1.77	13.32
7	7.19	0.071	tr	7.26	1.33	5.74	0.50	14.83	4.30	tr	n.d.	1.29	5.58

12月													
Sample	pH	EC	Cation					Anion					総量
			NH ₄	Ca	Mg	Na	K	総量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	
(dS m ⁻¹) (-----)			mg L ⁻¹ (-----)										
白木谷 1	6.87	0.062	tr	2.36	1.74	5.61	0.82	10.53	7.80	tr	n.d.	tr	7.80
2	7.22	0.131	tr	9.08	3.28	7.93	2.80	23.09	13.98	tr	n.d.	1.37	15.35
3	7.35	0.156	tr	14.68	3.48	7.13	1.44	26.73	11.94	tr	n.d.	1.98	13.92
4	7.03	0.102	tr	5.35	2.07	6.90	4.13	18.45	7.98	1.91	n.d.	1.52	11.41
5	6.66	0.084	n.d.	2.92	2.13	7.21	0.76	13.02	7.16	2.82	n.d.	1.51	11.49
6	7.35	0.134	tr	11.32	3.00	7.13	2.32	23.77	11.46	3.07	n.d.	1.56	16.09
7	7.16	0.080	tr	6.66	1.58	5.30	0.42	13.96	7.29	tr	n.d.	1.41	8.70

分解, シバによる利用のサイクルが安定しているのであろう。水のpHとECは, 系内から系外に向かって高くなる傾向が見られた。これは, 牛の排泄物による影響が系外にまで及んでいることを意味する。尾形ら(1978)によると, 傾斜草地に施用した排泄物が地表流亡によって直接河川等に流入するのを防ぐ対策として, 傾斜面の下方に溝や未放牧地帯などの緩衝地帯を設けることが提案されている。しかし, 斉藤牧場の系内には緩衝地帯がないために, 白木谷3, 6は系内よりもECが高いと考えられる。しかし, EC, カチオン・アニオン含量は全体的にそれほど高い値ではない。さらに, 斉藤牧場は, 山の頂上部に位置し, 民家のある場所まで約1kmの植林地帯がある。牧場からの水は, その植林地帯をぬけるまでに, 水質浄化が進行し, 民家にとどく頃にはほとんど糞尿による水質への影響はないものと推測される。

c-4 低分子有機酸組成の変動(表3-5-64)

① 高知県安芸群奈半利町花田牧場

シバ草地(NH-1)土壤の低分子有機酸総量は, 天然生林(NH-2)に比べ低い値であった。NH-1は天然生林に比べ有機物の蓄積量が少ないためであると考えられる。NH土壤は, 乳酸・リンゴ酸・コハク酸・クエン酸が総量の9割を占めていた。NH-1土壤では6月に最も低分子有機酸量が多かった。これはシバの最盛期に低分子有機酸が最も多く分泌されたためと考えられる。

② 高知県南国市白木谷斉藤牧場

古い草地(NS-3, 4)では, 天然生林(NS-5)に比べ低分子有機酸総量は同じかやや多い程度であった。また, 新しい草地(NS-1)では他の地点よりも低分子有機酸総量は少なかった。NS-3, 4は, NS-1に比べ造成年数が長いためにシバの根や葉の分解による有機物や牛の糞尿の蓄積がおこっていると考えられる。NS土壤では, 乳酸・リンゴ酸・コハク酸・クエン酸が総量の9割を占めていた。NS-1では上層と下層での低分子有機酸総量の差が大きい, NS-3, 4では比較の変動が小さい。この理由としては古いシバ草地では粒状構造の発達により有機物が下層にまで浸透していることが考えられる。

c-5 微生物生菌数の変動(表3-5-65)

① 高知県安芸群奈半利町花田牧場

シバ草地(NH-1), 天然生林(NH-2)における微生物生菌数は上層の方が下層よりも多かった。土壤生物の活動と分布を最も大きく規制する要因は, 土壤中の有機物の分布と水分状態である(木村, 1994)。草地・天然生林は耕起されないことで, 土壤有機物は常に表層土壤へ供給される。従って土壤有機物含量の変化に伴って, 土壤生物の分布もまた, 土壤表層で多く, 下層に向かって減少すると考えられる。NH-1の生菌数はNH-2より少なかった。これは, 造成に伴う侵食によって有機物層が失われたためと考えられる。NH-2の方がNH-1より糸状菌群の生菌数が多かった。これは, 落葉落枝には糸状菌の働きで分解されるといわれるセルロースが多く含まれているため(仁王, 1996), 天然生林で糸状菌が多かったのであろう。

② 高知県南国市白木谷斉藤牧場

シバ草地(NS-1, 3, 4), 天然生林(NS-5)における微生物生菌数は, 有機物の多い上層の方が下層よりも多かった。また, 天然生林の方がシバ草地よりも生菌数が多く, 特に糸状菌群の差が顕著であった。微生物の生菌数は, NS-3, 4の方がNS-1よりも多かった。NS-1とNS-3, 4の糸状菌に対する細菌の割合をみると, NS-3, 4の方が糸状菌に対する細菌の割合が高かった。一般に土壤は熟畑化に伴い, 酸性が弱まり, 土壤微生物相は糸状菌優勢型から細菌優勢型に変わり, 作物残さの分解が速まり, アンモニア態窒素から硝酸態窒素へ速やかに変化するとされている(昆, 1993)。NS-1とNS-3, 4を糸状菌優勢型と細菌優勢型のどちらかに分類するならば, NS-1は糸状菌優勢型に, NS-3, 4は細菌優勢型に分けられるであろう。つまり, 造成後30年が経過したNS-3, 4の方がNS-1より熟畑化が進んでいると考えられる。古い草地の尾根部(NS-3)と谷部(NS-4)における細菌の生菌数は, NS-4の方がNS-3よりも多かった。細菌数は水分に比例して増加することが知られていることから(西山・服部, 1996), 周囲から養水分が集まる谷筋(NS-4)の方が, 尾根部(NS-3)よりも細菌が生

表3-5-64 低分子有機酸組成.

6月										
Sample	層位	乳酸	リンゴ酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸	総量
(----- mmol Kg ⁻¹ -----)										
NH1	上	0.754	0.023	0.208	0.150	0.042	0.007	tr	tr	1.184
	下	0.519	tr	0.210	0.039	n.d.	0.003	n.d.	n.d.	0.771
NH2	上	0.107	0.051	0.236	0.053	tr	0.004	tr	tr	0.451
	下	0.635	0.028	0.204	0.077	tr	0.002	tr	tr	0.946
NS1	上	0.760	0.020	0.196	0.125	n.d.	0.045	tr	tr	1.146
	下	0.383	0.093	0.167	0.094	tr	0.040	tr	tr	0.777
NS3	上	0.605	0.025	0.232	0.126	n.d.	0.033	tr	tr	1.021
	下	0.934	0.025	0.126	0.107	n.d.	0.021	tr	tr	1.213
NS4	上	0.762	0.382	0.287	0.407	n.d.	0.005	tr	0.002	1.845
	下	0.667	0.223	0.135	0.254	n.d.	0.003	tr	tr	1.282
NS5	上	0.602	0.043	0.365	0.216	0.042	0.010	tr	tr	1.278
	下	0.528	tr	0.337	0.142	tr	0.006	n.d.	n.d.	1.013

9月										
Sample	層位	乳酸	リンゴ酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸	総量
(----- mmol Kg ⁻¹ -----)										
NH1	上	0.247	0.229	0.098	0.108	n.d.	0.004	tr	tr	0.686
	下	0.215	0.108	0.078	0.054	n.d.	0.002	n.d.	n.d.	0.457
NH2	上	0.502	0.441	0.084	0.148	n.d.	0.007	n.d.	tr	1.182
	下	0.420	0.278	0.061	0.104	n.d.	0.006	n.d.	tr	0.869
NS1	上	0.303	0.494	0.200	0.140	n.d.	0.006	n.d.	tr	1.143
	下	0.336	0.198	0.082	0.075	n.d.	0.003	n.d.	n.d.	0.694
NS3	上	0.631	0.163	0.203	0.073	n.d.	0.002	n.d.	tr	1.072
	下	0.792	0.122	0.162	0.064	n.d.	0.002	n.d.	tr	1.142
NS4	上	0.465	0.218	0.092	0.116	0.049	0.002	tr	tr	0.942
	下	0.372	0.225	0.072	0.136	0.076	0.002	0.028	tr	0.911
NS5	上	0.342	0.490	tr	0.113	tr	0.006	n.d.	tr	0.951
	下	0.380	0.217	0.072	0.064	tr	0.003	n.d.	tr	0.736

12月										
Sample	層位	乳酸	リンゴ酸	コハク酸	クエン酸	マロン酸	フマル酸	シュウ酸	マレイン酸	総量
(----- mmol Kg ⁻¹ -----)										
NH1	上	0.379	n.d.	0.354	0.036	n.d.	tr	n.d.	n.d.	0.769
	下	0.218	n.d.	0.167	0.016	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.401
NH2	上	0.258	tr	0.607	0.091	0.077	tr	tr	n.d.	1.033
	下	0.192	n.d.	0.358	0.047	0.051	n.d.	tr	n.d.	0.648
NS1	上	0.794	n.d.	0.212	0.015	0.056	tr	n.d.	n.d.	1.077
	下	0.513	n.d.	0.106	tr	0.039	n.d.	n.d.	n.d.	0.658
NS3	上	0.335	n.d.	0.088	tr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.423
	下	0.226	n.d.	n.d.	0.003	n.d.	tr	n.d.	n.d.	0.229
NS4	上	n.d.	n.d.	n.d.	0.021	0.051	tr	n.d.	n.d.	0.072
	下	0.694	n.d.	0.054	0.013	0.161	tr	n.d.	n.d.	0.922
NS5	上	0.538	0.025	n.d.	0.018	0.077	n.d.	n.d.	n.d.	0.658
	下	0.317	n.d.	n.d.	tr	0.064	tr	n.d.	n.d.	0.381

表3-5-65 生 菌 数.

Sample	層位	細菌			糸状菌			細菌/糸状菌		
		6月	9月	12月	6月	9月	12月	6月	9月	12月
(----- $\times 10^4 \text{g}^{-1} \text{乾土}$ -----)										
NH-1	上	108.2	142.8	120.5	32.6	72.8	24.9	3.4	2.0	4.8
	下	65.2	107.1	44.1	22.4	34.8	13.5	2.9	3.1	3.3
NH-2	上	242.0	140.2	149.5	49.2	66.5	121.1	4.9	2.1	1.2
	下	104.7	184.9	194.3	20.4	55.8	163.8	5.1	3.3	1.2
NS-1	上	73.8	166.7	178.6	99.3	34.3	17.3	0.7	4.9	10.3
	下	42.7	108.0	139.5	54.2	21.7	14.0	0.8	5.0	10.0
NS-3	上	240.7	209.1	117.7	42.0	58.1	17.4	5.7	3.6	6.8
	下	158.7	139.8	59.8	17.4	63.7	4.7	9.1	2.2	12.7
NS-4	上	323.3	374.9	301.5	19.4	64.5	45.1	16.6	5.8	6.7
	下	190.7	201.9	217.4	10.9	23.1	30.8	17.5	8.8	7.1
NS-5	上	234.4	591.1	499.8	74.4	217.5	235.8	3.2	2.7	2.1
	下	225.7	162.3	254.1	60.0	81.0	49.5	3.8	2.0	5.1

息しやすい環境にあることを意味する。

d. 総合考察

今回の調査において、シバ草地土壌の物理性・化学性は、次のようにまとめられる。造成後6, 15年が経過したシバ草地では根圏より数cm下には主に牛の踏み固めによって硬盤層が形成されつつあった。また、粒状構造は未発達であり、養分の上層と下層での変動は小さかった。造成後15年経過した圃場の環境水中の水溶性カチオン・アニオンは下流に向かうほど増加していた。一方、造成後30年が経過した草地ではしっかりと硬盤層がすでに形成されており、その真上には粒状構造も発達していたため、上層、下層いずれにおいても養水分の変動は大きかった。環境水中の水溶性カチオン・アニオン量は上流と下流とあまり変わらなかった。これらは石塚ら(1995)、井上(1996)の調査結果と同じであった。つまり、造成年数が長いシバ草地ではシバのルートマットと牛の踏み固めによる硬盤層の間に粒状構造が発達し、通気性・排水性が良くなり、養水分の季節変動が大きくなるということが確かめられた。

シバ草地の生物性については、次のような結果が得られた。造成後6, 15年が経過した草地では土壌微生物の生菌数は少なく、糸状菌に対する細菌の割合は低かった。造成後30年が経過している草地では生菌数も多く、糸状菌に対する細菌の割合は高かった。つまり、造成経年数が長くなるにつれて、糸状

菌優勢型から細菌優勢型に変わり、有機物の無機化が迅速におこなわれるようになるのであろう。低分子有機酸総量は、6, 15年が経過した草地の方が30年が経過している草地より少なかった。古い草地と天然生林の低分子有機酸総量はほぼ同程度であり、乳酸、リンゴ酸、コハク酸、クエン酸などが主要なものであった。また、古い草地の尾根筋では上層と下層の低分子有機酸総量が同程度にあるのに対し、新しい草地や天然生林では上層に多かった。つまり、古い草地では透水性・排水性の向上に伴い、上層の養水分が下層まで浸透していると考えられる。また、微生物の生菌数及び低分子有機酸総量は、気温が低くなるにつれて少なくなる傾向がみられ、低分子有機酸と微生物の活動には密接な関係があることが分かった。

これらのことから、古い草地は新しい草地や天然生林に比べ、水溶性の養分は少ないが、上層と下層の差が小さいことから5-20cmの範囲での養水分の循環がうまく機能する安定な状態であることがわかった。

土壌団粒形成の第一段階は、無機物間の反応である。陽イオンが結合剤の役割を果たして負荷電を持つ粘土鉱物を凝縮させるが、これには耐水性はない。これを土壌有機物や微生物生菌数が補強して耐水性団粒が形成される。特に栽植密度の高い牧草の根は耐水性団粒をつくるのに効果的である。耐水性団粒が発達すると、通気性・排水性や保水力が高まり、

微生物の住みかの多様化に加えて、有機物からの養分供給も安定する(西尾, 1989)。その養分の動態に深く関わっている低分子有機酸は、シバの根からの分泌物と微生物の死菌体から放出される物質とが考えられる。今回の調査では、低分子有機酸の中にどちらがどの程度含まれているかということとは分からなかった。今後さらに調査を行う必要がある。

(3) おわりに—まとめにかえて—

自然・農業生態系を評価するための明確な土壌化学的基準がないというのが、本研究の出発点であった。(1)で明らかとなったように、従来の土壌の分析値に加え、荷電ゼロ点、 σ_p (荷電ゼロ点での余剰荷電)、酸性シュウ酸塩可溶のAl、中性クエン酸塩可溶のFeなどの指標値を用いることによって、様々な土地利用形態下にある農耕地土壌(造成地・転換畑・施設栽培地)や天然生林下の土壌を区分することが可能であることがわかった。土壌区分に用いる土壌の特性値は上記の4項目を含めて12項目である。土地の管理状況で変化する土壌の性質と、比較的、現在の土地利用形態によって変化しにくく、土壌固有の性質と考えられるものの2種類に分かれる。以下に、再掲する。

土地管理状況で変化する土壌の性質

粘土含量

pH (H₂O)

交換性Ca

交換性Mg

交換性K

交換性Al

全炭素

有効態リン酸

土壌固有の性質と考えられるもの

酸性シュウ酸塩可溶のAl

中性クエン酸塩可溶のFe

荷電ゼロ点 (ZPC)

σ_p

また、土壌中の現在の養分動態を大きく左右する

因子として低分子有機酸の量や組成、現在もっとも大きく動いている物質として水溶性カチオン・アニオンを分析し、クラスター分析によって土壌区分を行った。その結果、主に水溶性カチオン・アニオンの現存量から、土地利用形態や土地管理法を含めた、いわゆる地点の特徴を反映した土壌区分が得られた。一方、低分子有機酸含量は土壌有機物含量そのものの大小に大きく依存する傾向がみられた。低分子有機酸組成・量は、各地点の現在の状況を把握するには適するが、これ以上の知見を得ようとする場合には、更なる検討が必要であることがわかった。

(2)では、自然・農業生態系の一つの解析例として、造成された日本シバ草地の熟畑化を取り上げた。高知県内には、他県にさきがけ30年以上も前から日本シバ草地の造成に着手している農家がある。造成シバ草地が一般の造成地と異なる点は、開墾初期に大規模な土壌生態系の改変がないことである。山地のいわゆる急傾斜地に造成されるため、開墾時には土壌侵食の脅威にさらされる。しかし、地上植生のみを取り去り、火を入れてシバを定植するため、表土の致命的な流出は無いようである。シバが定着するのに必要な年数はおよそ3から5年。その後は、牛みずからが草地を管理するというシステムである。土壌化学的、物理学的アプローチからは、造成後10年後から土壌構造の発達が見られ、徐々に安定し始め、約20年が経過すれば土壌構造はしっかりと発達する。シバのルートマットが土壌表層を覆っていることが、土壌構造の発達を早くする要因の一つであることはもはや自明である。現存する最も古い草地の一つである30年生の斉藤牧場のシバ草地では、非常に安定に機能するシバ草地生態系が構築されていた。土壌構造の発達後は、水と低分子有機酸の表層から下層への移動がスムーズに進行する。低分子有機酸は植物根やその他の有機物、なかでも、微生物の代謝産物として根圏に放出される。30年生の草地では表層と下層の養水分および低分子有機酸の分布が比較的均質になっていた。養水分の流れが非常に円滑であることを示すものである。また、森林土壌では細菌に対する糸状菌の割合が高いが、30年生の草地では糸状菌の割合が増加しており、団粒構造の形成を助長していることは明らかである。これも、

天然生林の条件下では非常に長い時間かけて生成する団粒構造が、20-30年という短期間に生成することの一因であろう。

これらの結果から、自然・農業生態系の評価は、土壤化学的手法を用いることによって可能であること、土壤微生物、低分子有機酸、水溶性カチオン・アニオンなど、現在の土壤中の変化を支配していると考えられる項目をモニタリングしてゆくことが有効であることがわかった。また、造成シバ草地のように短期間に生態系の安定するシステムの解析を行ったが、今回用いた手法を応用することにより“熟畑化”という壮大な問題も、少しずつ解明することができるという感触を得た。今後、さらに、様々な造成地の熟畑化に取り組み、農業生態系の安定とは何か、自然生態系は安定したシステムか、など、すっきりと解明するのは非常に困難であると予想されるが、土壤科学の永遠のテーマの一つに取り組む予定である。

第5節 引用文献

(はじめに)

- 石塚悟史, 岩崎貢三, 櫻井克年 1997. 造成された日本シバ草地土壤の経年変化, 日本土壤肥科学雑誌, 68 (5), 549-558.
- 岩崎貢三, 吉川義一, 吉田徹志 1990. 施設栽培土壌における銅, 亜鉛, カドミウム含量, 日本土壤肥科学雑誌, 61, 295-297.
- 岩崎貢三, 櫻井克年 1996. 土地利用履歴の異なる露地カンキツ栽培圃場における銅, 亜鉛, 鉄, マンガンの存在状態の比較, 日本土壤肥科学雑誌, 67 (1), 62-68.
- Iwasaki, K., Sakurai, K., and Takahashi, E. 1990. Copper binding by the root cell walls of Italian ryegrass and red clover. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 36, 431-439.
- Iwasaki, K., Yoshikawa, G., and Sakurai, K., 1993. Fractionation of zinc in green housesoils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 39, 507-515.
- Iwasaki, K., Tsuji, M., and Sakurai, K. 1997. Fractionation of soils copper and manganese in the rhizosphere of finger millet. In (Eds.) Ando, T. et al. Plant nutrition for sustainable food production and environment. *Kluwer Academic Publishers.*, Japan, 503-504.
- Evans, A. Jr., and Anderson, T. J. 1990. Aliphatic acids, Influence on sulfate mobility in a forest cecil soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54,1136-1139.
- Coleman, D. C., Oades, J. M., Uehara, G. 1989. Dynamics of soils rganic matter in tropical ecosystems. *NifTAl Project, University of Hawaii*, 249 p.
- 櫻井克年, 若山順一郎 1994. 高知県下の農地の荷電ゼロ点, 日本土壤肥科学雑誌要旨集, 40, 330.
- 櫻井克年, 若山順一郎, 岩崎貢三 1996a. ZPCを用いたカンキツ栽培圃場の土壤肥沃度解析, 日本土壤肥科学雑誌, 67, 32-39.
- 櫻井克年, 津枝誠, 岩崎貢三 1996b. 施設および露地カンキツ栽培圃場の養水分の動態: 高知県香美郡香我美町の事例, 日本土壤肥科学雑誌, 67, 54-61.
- Sakurai, K. 1995. A scope on rhizosphere ecological approach to ain forest cosystem. In seng, L. H., Ashton, P. S., and Ogino, K. (Eds.) Long term ecological research of tropical rain forest in Sarawak., 110-118.
- Sakurai, K., Prachaiyo, B., Attanandana, T., Tanpibal, V., Araki, S., Naganawa, T., Iwatsubo, G., and Yoda, K. 1991a. Improvement of biological productivity in degraded lands in Thailand. II. Influences of soil temperature, moisture, and fertility on plant growth in the Takuapa experimental site. *Tropics* 1, 113-129.
- Sakurai, K., Nakamura, Y., and Kyuma, K. 1991b. Changes in zero point of charge (ZPC), phosphate retention, and specific surface area of some variable charge soils after several chemical treatments. *Soil Sci.Plant Nutr.*, 37, 435-444.
- Sakurai, K., Prachaiyo, B., Attanandana, T., Tanpibal, V., Araki, S.,Naganawa, T., Iwatsubo, G., and Yoda, K. 1991c. 12. Soil profile descriptions and its physical properties, 13. Distribution of soil organic matter and heavy metals, 14. Changes in soil moisture and temperature, 15. Changes in soil chemical characteristics and crop yield, 16. What is the problem on soil chemical properties? Difference between original and degraded conditions . In " Yoda, K. and Sahunalu, P. (eds.) *Improvement of biological productivity of tropical wastelands in Thailand*" Osaka City University, Osaka, 215-334.
- Sakurai, K. and Huang, P. M. 1995a. Chapter 4. Cadmium adsorption on the hydroxy aluminum-montmorillonite complexes influenced by oxalate. In " Huang, P.M. et al. (eds.) *Environmental impacts of soil component interactions.Vol.2.Toxic*

metals, other inorganics, and microbial activities".
Lewis Publishers, FL, USA, 37-44.

Sakurai, K., Puriyakorn, B., Preechapanya, B.P.,
Tanpibal, V., Muangnil, K. and Prachaiyo,
B. 1995b. Improvement of biological productivity
in degraded lands in Thailand III. Soil hardness
measurement in the field. *Tropics* 4, 151-172.

Sakurai, K., Kozasa, S., Yuasa, T., Puriyakorn,
B., Preechapanya, P., Tanpibal, V., Muangnil,
K., and Prachaiyo, B. 1996a. Changes in soil
properties after land degradation associated with
various human activities in Thailand. *Soil Sci.
Plant Nutr.*, 42, 81-92.

Sakurai, K., Kozasa, S., Puriyakorn, B.,
Preechapanya, P., Tanpibal, V., Muangnil,
K., and Prachaiyo, B. 1996b. Mineralogical and
physico-chemical properties of four Thai soils with
special reference to specific surface area (SSA)
and zero point of charge (ZPC). *Soil Sci. Plant
Nutr.*, 42, 93-103.

Sakurai, K., Nakamura, T., Ishizuka, S., and
Iwasaki, K. 1997. Determination of low molecular
weight organic acids in forest soils. In (Eds.)
Ando, T. et al. Plant nutrition for sustainable food
production and environment. *Kluwer Academic
Publishers*, 503-504.

Tani, M., Higashi, t., and Nagatuka, S. 1992.
Dynamics of low-molecular-weight aliphatic
carboxylic acid (LACAs) in forest soils. *Soil Sci.
Plant Nutri.*, 39 (3), 485-495.

Hirai, H., Matsumura, H., Hirotsu, H., and
Sakurai, K. 1997. Soils and the distribution
of *Dryobalanops aromatica* and *D. lanceolata*
in mixed dipterocarp forest. A case study at
Lambir hills National Park, Sarawak, Malaysia.
In "Long term ecological research in relation to
forest ecosystem management." Dept. Forestry,
Sarawak, Malaysia. *Tropics*, 7, 21-33.

(1)

石塚悟史 1994. 日本シバ草地の土壤情報解析学的研究
(高知大学平成5年度卒業論文).

石塚悟史 1995. 日本シバ草地の土壤情報解析学的研究
(高知大学大学院1995年度修士論文).

石村貞夫 1995. SPSSによる統計処理の手順, 東京図
書, 156-173.

岩崎貢三, 吉川義一, 吉田徹志 1990. 施設栽培土壌に
おける銅, 亜鉛, カドミニウム含量, 日本土壤肥料
学雑誌, 61 (3), 295-297.

Iwasaki, K., Tsuji, M., Sakurai, K. 1996.
Flotation of copper and manganese in
agricultural soils near an abandoned copper mine.
Soil Sci. Plant Nutr., 43, 330.

甲藤次郎 1969. 高知県の地質, 高知市民図書館.

河津日和佐 1994. 高知県下の農地の土壤解析学的研究
(平成5年度卒業論文).

河津日和佐 1995. 高知県下の農地の土壤解析学的研究
(高知大学大学院1995年度修士論文).

北川健三 1992. 周年放牧による繁殖牛経営, 高知県草
地飼料協会, 高知県畜産課, 高知県畜産試験場編,
シバ草地の造成と利用, 43-45.

高知県 1990. 分析・測定診断テキスト(第5次改訂
版), 153-159.

高幡地区営農体系確立調査(報告書) 1995. 畑作営農
実証調査圃場土壌分析結果.

国土庁土地区 1993. 縮尺20万分の1 土地保全図付属資
料(高知), 22-29.

久馬一剛 1995. 農業と環境, 久馬一剛, 祖田修編, 富
民協会, 64, 65.

村岡洋三 1968. タバコの造成, 農山漁村文化協会, 50.

中村太郎 1996. 土壌中の低分子有機酸の解析(高知大
学大学院1996年度修士論文).

農林水産省中国四国農政局 高知西南開拓建設事業所
1986. 国営農地開発事業 高知西南開拓建設事業計画
概要.

齊藤陽一 1992. 山地のシバ利用による低投入型酪農,
高知県草地飼料協会, 高知県畜産課, 高知県畜産試
験場編, シバ草地の造成と利用, 20-23.

櫻井克年 1994. 有機農業における「熟化」に関する
経営学・土壌学的研究, 1993年度科学研究費補助金
(一般研究(C))研究成果報告書, 45-49, 73.

櫻井克年, 岩崎貢三 1993. 高知県下の農地の自然情報
解析学的研究, 1992年度科学研究費補助金(一般研
究(C))研究成果報告書, 35-85.

櫻井克年, 若山順一郎 1994. 高知県下の農地の荷電ゼ
ロ点, 日本土壤肥料学雑誌要旨集, 40, 330.

櫻井克年, 若山順一郎, 岩崎貢三 1996. ZPCを用いた
カンキツ栽培圃場の土壌肥沃度解析, 日本土壤肥料
学雑誌, 67, 32-39.

Sakurai, K., Ohdate, Y., and Kyuma, K. 1988.
Comparison of saly titration and potentiometric
titration methods for the determination of zero
point of charge (ZPC). *Soil Sci. Plant Nutr.*, 34
(2), 171-182.

Sakurai, K., Ohdate, Y., Watanabe, T., and
Kyuma, K. 1989a. Factors affecting zero point of
charge (ZPC) of variable charge soils. *Soil Sci.
Plant Nutr.*, 35 (1), 21-31.

- Sakurai, K., Nakayama, A., Watanabe, T., and Kyuma, K. 1989b. Influences of aluminum ions on the determination of ZPC (zero point of charge) of variable charge soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 35 (4), 623-633.
- Sakurai, K., Teshima, A., and Kyuma, K. 1990. Changes in zero point of charge (ZPC), specific surface area (SSA), and cation exchange capacity (CEC) of kaolinite and montmorillonite, and strongly weathered soils caused by Fe and Al coating. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 36 (1), 623-633.
- SPSS 1995. SPSS professional statistics release 6.xJ (日本語版), 3-1-3-18.
- 菅民朗 1993. 多変量解析の実践(上), 現代数学社, 26-85.
- 鈴木堯士 1983. 高知県の地質, 山本大編, 高知研究第1巻 地質考古篇, 清文堂出版, 19-67.
- 田中豊, 垂水共之, 脇本和昌編 1984. 重回帰分析(2) -変数選択, パソコン統計解析ハンドブックII 重量解析編, 共立出版, 16-37.
- 若山順一郎 1993. 高知県下の土壌情報解析学的研究(平成4年度卒業論文).
- 山田実 1994. 造成地土壌の粘土分散性と荷電特性(高知大学平成5年度卒業論文).
- (2)
- 石塚悟史 1995. 日本シバ草地の土壌情報解析学的研究(高知大学大学院1995年度修士論文).
- 石塚悟史, 岩崎貢三, 櫻井克年 1997. 造成された日本シバ草地土壌の経年変化, 日本土壌肥科学雑誌, 68 (5), p. 549-558.
- 井上富美香 1996. 日本シバ草地土壌の養水分の動態(高知大学農学部1996年度卒業論文).
- 尾形保, 菅間道博, 畠中哲哉, 阿江教治, 小山田昭三 1978. 急傾斜地における牛ふん尿成分の地表流出について, 草地試研報, 12, 106-124.
- 甲藤次郎 1969. 高知県の地質, 高知市民図書館.
- 甲藤次郎, 波田重熙, 岡本眞, 田代正之, 平朝彦, 寺戸恒夫編 1991. 20万分の1 高知県温泉水脈推定基礎地質図, 内外地図株式会社.
- 金沢晋二郎 1995. 持続的・環境保全型農業としての不耕起栽培-畑作物の収量と土壌の特性-, 日本土壌肥科学雑誌, 66 (3), 294.
- 木村真人 1994. 物質循環の場としての土壌の特徴, 土壌生化学, 朝倉書店, 11.
- 久保田徹 1985. 農地排水と施肥技術, 鬼鞍豊編, 土壌・水質・農業資材の保全-法の制定とその技術対策-, 博友社, 229.
- Culley, J. L. B., Laeson, W. E., Allmaras, R. R. and Shaffer, M. J. 1987. Soil-water regimes of a Typic Haplaquoll under conventional no-tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 1604-1610.
- 高知県草地飼料協会, 高知県畜産課, 高知県畜産試験場編 1992. シバ草地の造成と利用.
- 昆忠男 1993. 熟畑化, 久馬一剛, 佐久間敏雄, 庄子貞雄, 鈴木皓, 服部勉, 三土正則, 和田光史 編, 土壌の事典, 朝倉書店, 167-168.
- 斉藤陽一 1992. 山地のシバ利用による低投入型酪農, 高知県草地飼料協会, 高知県畜産課, 高知県畜産試験場編, シバ草地の造成と利用, 20-23.
- Cannel, R. Q. 1985. Reduced tillage in North-West Europe-A review. *Soil Tillage Res.*, 5, 129-177.
- 土壌微生物研究会編 1992. 土壌細菌の計数, 分離, 同定, 新編 土壌微生物実験法, 養賢堂, 15-16.
- Doran, J. W. 1987. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distributions in no-tillage and plowed soils. *Biol. Fertil. Soils*, 5, 68-75.
- Nakamura, Y. 1989. Oribatids and enchytraeids in ecofarmed and conventionally farmed dryland grainfields of central Japan. *Pedobiologia*, 33, 389-398.
- 仁王以智夫 1996. 森林土の物質変化と微生物, 土壌微生物研究会編, 新・土の微生物(1), 博友社, 134.
- 西尾道徳 1995. 土壌微生物の基礎知識, 農文協, 176-177.
- 西山雅也, 服部勉 1996. 土の微視的住み場所, 土壌微生物研究会編, 新・土の微生物(1), 博友社, 15.
- 藤本浩平, 酒井佳美, 西村武二, 有光一登 1996. アカマツ枯死木樹幹流が土壌に与える影響, 森林立地, 38 (2), 98-108.
- Maurya, P. R. 1986. Effect of tillage and residue management on maize and wheat yield and on physical properties of an irrigated sandy loam soil in Northern Nigeria. *Soil & Tillage Res.*, 8, 161-170.

トピックス

1. 環境、生態系と土壌

a. 環境、生態系における土壌の役割

地球上の生物の周りに存在し、あらゆる生物活動を支えているのは、いうまでもなく環境である。生物を中心に見た場合、これを生態系と捉えることができる。人間のみが地球上に増えすぎたために、環境の質が悪化しているという事実は、いまや全ての人の知るところとなっている。その結果、地球温暖化、砂漠化などのグローバルな現象や、森林破壊、酸性雨、大気・水質・土壌汚染、固有種の消失、などの局所的な現象まで、ありとあらゆる場面で環境破壊や劣化が起こっている。いわゆる先進国の活動がもとで引き起こされる現象から、途上国において急速に進行中のものまでである。

これらを地球環境“問題”と捉える際に、土壌が大きくクローズアップされることは少ない。大気や水と異なり、土壌は陸上の表面としてわれわれの目に留まるにすぎず、目立たない存在だからだと思う。たとえば、地球温暖化の関連では、化石燃料の燃焼によって放出される大気中のCO₂濃度に関心が集まっている。また、森林破壊によって樹木中に蓄えられている炭素の放出も重大視される。しかし、森林破壊がもとで引き起こされる土壌の侵食と、土壌中に蓄えられていた有機物が分解することによってCO₂が放出されることについては意外なほどに注目されない。実のところ、温暖化がさらに進み、寒冷地域の森林土壌中に大量に蓄えられている未分解有機物が分解すると、CO₂濃度は一気に上昇することが近年指摘されるようになった。酸性雨による森林破壊についても、樹木が枯れてしまうこと以上に深

刻なことは、土壌の酸性化が急速に進むと樹木を再生することすら難しくなるという事実である。森林は時間がかかっても再生すれば炭素のシンクとなるが、短期間で土壌中に炭素を蓄えるのは容易なことではない。

b. 環境や生態系を修復する

1997年にナイロビで行われたUNEPの国連砂漠化防止会議で、「砂漠化とは、土地のもつ生物生産力の減退ないし破壊であり、終局的には砂漠のような状態をもたらす」と定義された。砂漠化は人間活動の結果起きる土壌の荒廃と言い換えることができる。原因はすべて、人間が土壌を含む自然資源に過度の負担を強いたことにある。私はこれまで、東南アジアを中心に、荒廃した（砂漠化した）環境や生態系の修復に関する研究に携わってきた。砂漠化によって不毛となった土地を修復・再生するということは、生物生産性を回復するということである。そのため、まず地表を植物で覆うことを目指して植林することになる。しかし、実際に人間が生活しているフィールド内に樹木を植えても切られてしまうだけである。その土地の社会・文化・経済などの情勢に配慮しつつ、農業による食糧自給を包含するシステムを作る必要がある。

高知にいと環境破壊や砂漠化に思いをはせるのは難しい。山は全て樹木に覆われ、環境汚染につながるような工場群もない。東南アジアからの訪問者はこぞって、緑に覆い尽くされた山をみて感嘆の声を上げる。私は緑あふれる環境の恵みを実感しつつ、東南アジアの荒廃した森林生態系が、いつか豊かに再生することを願いながら研究を続けている。

第4章

高知市とその周辺の地層と化石

高知市とその周辺地域には、南から順に四万十帯、三宝山帯、黒瀬川帯、秩父帯が配列しており、各種の化石が報告されている。その中には、佐川町や南国市領石のようにわが国の地質学史上有名な古典的産地が含まれる一方、鴻の森南麓の下部白亜系など、近年になって研究が進みつつある産地もある。本稿では、高知市とその周辺の地層と化石について、高知県内の特徴的な事例も加えながら、層序と年代・堆積環境の観点から概要を解説する。

日本列島、特に西南日本外帯では地質体の帯状配列が顕著で、それぞれの地質体ごとに地史的由来が異なり、時代とともにその違いが累積していく。一方、全地球に影響を及ぼすような気候変動や海水準変動は異なる地質体をまたいで影響を及ぼす。その結果、化石群集の特徴と分布は概して古い地質時代では地質体ごとに記述した方が理解しやすく、新しい地質時代では年代ごとに整理した方が分かりやすい。そこで、中新世までは地質体ごとに記述し、鮮新世以後については年代ごとに記述する。

第1節 秩父帯

秩父帯に分布する陸棚相堆積物は、下部白亜系(物部川層群)と上部白亜系(外泉層群)から成る。いずれも高知県東部の物部地域にまとまって露出する。下部白亜系物部川層群は浅海成および汽水成・陸成の碎屑岩を主体とし、一部に炭酸塩岩(礁成石灰岩)を含む。下位より領石層(オーテリビアン；陸成・汽水成)、物部層(パレミアン；海成)、柚木層(パレミアン；汽水成・海成)、日比原層(アプチアンからアルビアン；汽水成・海成)が順に重なる。陸域から

汽水、海水域への変化が3回繰り返されている。同様の層序は、徳島県南部の勝浦地域でも認められている。

これらの地層群には、*テチス北方型に区分される二枚貝類、腹足類、アンモナイトなどの無脊椎動物化石を含む。物部層に挟まれる石灰岩からは、熱帯ないし亜熱帯の環境を示唆する二枚貝*ルディストも報告されている。群集の優占種となる特徴的な化石としては*Protocyprina naumanni* (領石層；汽水性)、*Plicatula kiiensis* (物部層；浅海性)、*Costocyrena radiatostrata* (柚木層；汽水性)、*Tetoria sanchuensis* (柚木層；汽水性)、*Nipponitrigonia kikuchiana* (日比原層；浅海性)、*Pterotrigonia pocilliformis* (日比原層；浅海性)などがある。

この時代の海には、古異菌類であるトリゴニア類がまだ普通に生息していた。トリゴニア類は白亜紀末の後衰退し、現在ではオーストラリア周辺海域に数種がわずかに生息するだけである。一方、アサリやハマグリ仲間である、長い水管を持つ異菌類は、白亜紀前期にはまだまれな存在であったが、汽水域に生息した*Tetoria sanchuensis*はその先駆的存在であった。

なお、徳島県に分布する領石層相当層(立川層)からは、内帯の手取層群から記載された淡水成二枚貝*Trigonioides tetoriensis*が見つまっているほか、草食恐竜イグアノドンの歯も報告されている。

外泉層群は、下位より順に吹越層(アルビアン～セノマニアン)、永瀬層(セノマニアン～チューロニアン)、梶佐古層(チューロニアン～サントニアン)から成る。いずれも海成層であり、アンモナイトやイノセラムスなどの軟体動物化石を産する。檜原北方の横貝層上部層は梶佐古層に相当すると考えられ

ている。永瀬層と梶佐古層には凝灰岩が挟まれる。

第2節 黒瀬川帯

シルル・デボン系は高知市・鴻の森、日高村・陣ヶ森、越知町・横倉山などに知られている。横倉山においてはシルル-デボン系の横倉山層群が五味花崗岩(三滝花崗岩類)を不整合に覆う。下位より、五味

層(ウエンロック)、深田層(ウエンロック~ラドロウ)、市山層(ラドロウ)、上流層(ラドロウ~ブリドリ)、中畑層(プラギアン~ギベチアン)、越智層(フラスニアン~ファメニアン)から成る。深田層からは、床板サンゴ類、四放サンゴ類、三葉虫などの化石を産する。越智層からはリンボクが産出しており、同一種のリンボク *Leptophloeum rhombicum* は中国南部およびオーストラリアなどからも知られている。

秩父帯の場合と比べて、黒瀬川帯の陸棚相堆積物

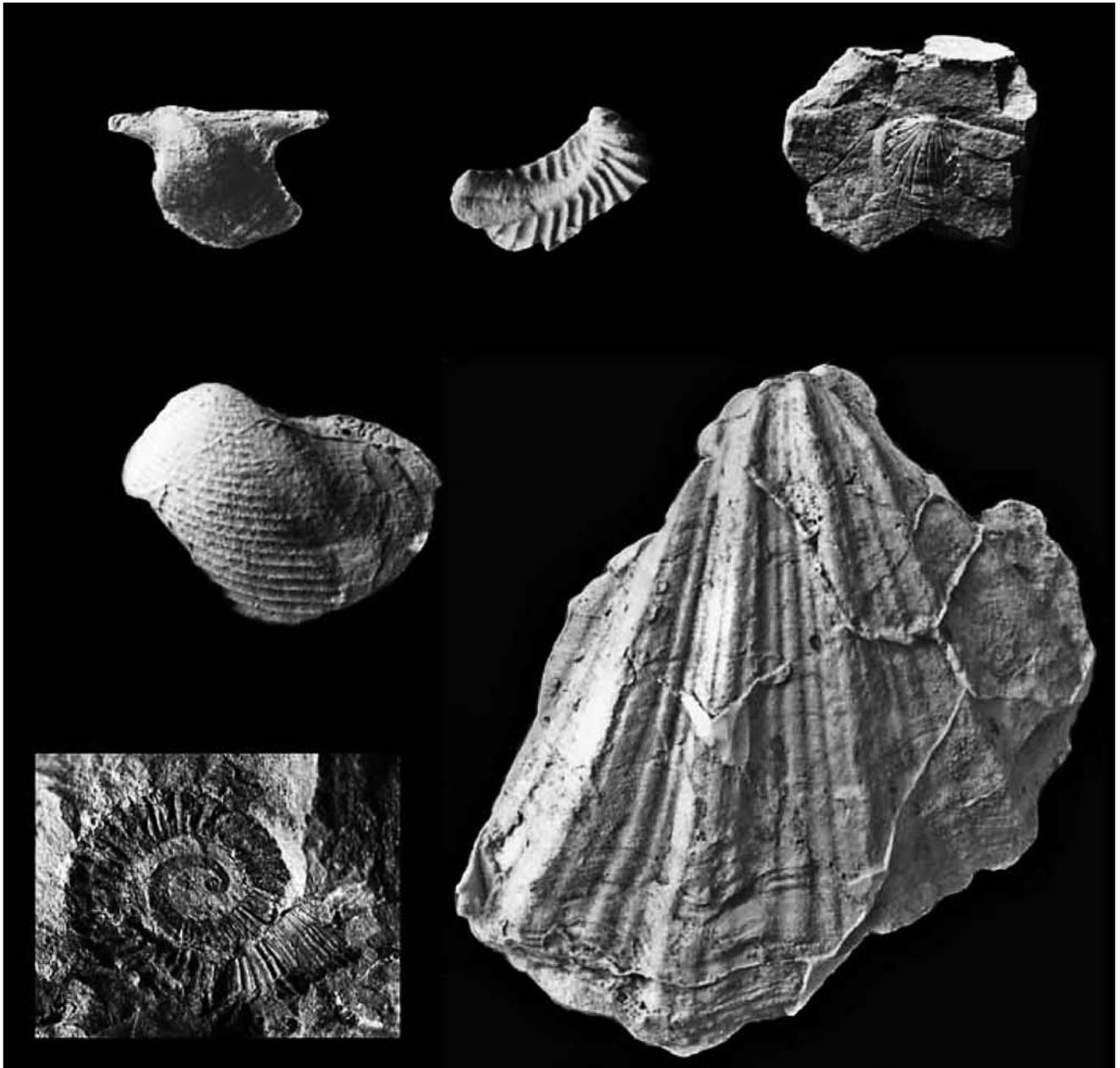


図4-1 高知市鴻の森の下部白亜系から産出した化石。上段左：*Gervillaria haradae*，上段中央：*Pterotrigonia kesadoensis*，上段右：*Parvamussium kimurai*，中段左：*Rutitrigonia yeharai*，下段左：下段右：*Neithea* sp. cf. *N. (Neithea) atava*。

は年代の幅が広いのが特徴であり、ペルム紀から白亜紀に及ぶ。主な地層は、上部ペルム系市ノ瀬層群、中部トリアス系（蔵法院層群）、上部トリアス系川内ヶ谷層群、ジュラ系毛田層のほか、物部川層群類似の下部白亜系である。

佐川地域の地層と化石は、東京大学の小林貞一教授とその弟子によって精力的に研究され、その後の中生代古生物学研究の基礎となった。特に、市川浩一郎による二枚貝類の研究や徳山 明による腕足類の研究は有名である。佐川から産出する化石では、三畳紀カーニアン期のダオネラやノーリアンのモノチスが有名である。また、土佐にちなんで命名されたトサペクテンは三畳紀のホタテガイ類としてよく知られた属であり、日本以外でも中国大陸、北米、ヨーロッパから産出する。佐川において、環太平洋地域の分布を示すモノチスを産する川内ヶ谷層群と、テチス海域に特徴的なダオネラを産する蔵法院層群が同じ地域に見られることは注目に値する。

なお、佐川は、ドイツ人で東京帝国大学初代地質学教授のエドモンド・ナウマンがしばらく滞在し採集や観察を行ったことや、小林貞一教授が佐川造山運動を提唱したフィールドとしても知られ、近代日本の科学史上重要な地である。

黒瀬川帯の下部白亜系については、一部を除いて層序や化石群の検討が不十分な状態にある。従来、秩父帯の下部白亜系物部川層群と同一視されてきたことが多かった高知市鴻の森の南麓には、*Rutitrigonia yeharai* や *Pterotrigonia kesadoensis* などの南海型動物群の要素を含む化石層がある（後述のトピック参照）。また、高知市一宮の汽水生化石群集には、菖蒲型フォーナ（海生動物群の南海層群型＝テチス型に相当する汽水域の群集型）の *Eomiodon* 属 (*Eomiodon matsumotoi*) と立川フォーナ（海生動物群の物部層群型＝テチス北方型に相当する汽水域の群集型）の *Costocyrena* 属 (*Costocyrena otsukai*) が混じって産出することが報告されている。



図4-2 佐川町一淵鉾山の採石場跡の露頭写真。谷地層のシルト岩(写真右下)から、砂質石灰岩の漸移部を経て、塊状の石灰岩(写真左)への遷移を示す。

第3節 三宝山帯

三宝山帯は、南半の三宝山亜帯と北半の斗賀野亜帯に区分される。三宝山亜帯を構成する三宝山層群は海山の衝突により形成された付加体で、巨大な石灰岩のブロックを含む。高知市朝倉西南の荒倉トンネル西方の石灰岩からは三畳紀の巨大二枚貝メガロドンが産出している。

斗賀野亜帯を構成する斗賀野層群は、下位から珪質粘土岩層、チャート層、珪質泥岩層、粗粒碎屑岩層が順に重なり、チャート-碎屑岩シーケンスと呼ばれている。チャート碎屑岩シーケンスは、スラストにより繰り返して覆瓦状構造を呈する。

斗賀野層群の北には、ジュラ系の七良谷層およびジュラ系ないし白亜系の鳥の巣層群が分布する。鳥の巣層群の礁性石灰岩には層孔虫、サンゴ、ウニ、二枚貝などが含まれる。二枚貝の中には、熱帯～亜熱帯環境を示唆する*ルディスト (*Epidiceras*

speciosum, *E. guirandi*) が報告されている。また、愛媛県城川町の鳥の巣層群相当層である今井谷層群下相層からは *Monopleura* sp. が報告されている。これらは*ルディスト最初期の化石記録であり、二枚貝類の進化史上注目に値する。

第4節 四万十帯

高知県の主体を占める四万十帯を構成する地層は四万十超層群と呼ばれ、下部四万十超層群(北帯)と上部四万十超層群(南帯)に分かれる。室戸半島では、新庄川層群、安芸層群(以上、下部四万十超層群)、室戸半島層群、菜生層群(以上、上部四万十超層群)からなる。これらの地層の多くはタービダイト層や泥質の深海堆積物が非常に厚く累積しているわりには、化石の産出量は多くない。しかし、特徴的な化石の産出がみられる。

新庄川層群堂ヶ奈路層の基底からは、*Pinna*, *Opis*, *Neoburmesia*, *Entolium* などの二枚貝化石が



図4-3 露頭写真。始新統奈半利川層群のタービダイト薄層下面に見られる生痕化石群集。室戸市羽根岬。

産する。この化石群はジュラ紀末の動物群と考えられている。しかし、堂ヶ奈路層から産出する化石は、ほとんど白亜紀の汽水生、または浅海性の貝類化石である。汽水生の貝化石としては、*Eomiodon* cf. *matsumotoi* や *Bakevelloides* cf. *nagatoensis* が産出しており、浅海性貝類としては、*Pterotrigonia* *pocilliformis* や *Laevicardium* (?) *ishidoensis* が産出している。これらはいずれも白亜紀前期の年代を示す。

白亜紀後期を示す化石も四万十帯の北縁からいろ



図4-4 露頭写真。図4-3と同じ露頭に見つかった生痕化石 *Paleodictyon*。細かな網目状の形態を示す。

いろと見つまっている。例えば、香我美町の上組層からはイノセラムスが多数産出している。四万十市の佐田からは、大型のオウナガイ類が密集して、チューブ状の化石とともに産出しており、巨大な石灰岩体をなしている。オウナガイ類のサイズが大きいことから、新生代型ともみられるが、共産する化石からは白亜紀後期と考えられる。これは、現在深海の冷湧水に見られる化学合成群集と似ており、現在研究が進められている。高知県西部の幡多層群平田層・龍ヶ迫層には、*Venericardia* など漸新世の貝類も産出している。

東部地域では化石の産出は比較的少ないが、始新統奈半利川層群のタービダイト薄層に *Protovirgularia* や *Paleodictyon* などの生痕化石がしばしば密集している露頭は壮観である。これらは、4千万年前の深海底生動物の生活の痕跡であり、羽根岬周辺はこれらを間近に観察できる絶好のフィールドである。これらの生痕化石は、甲藤次郎高知大学名誉教授により記載され、先駆的な研究が行われたもので、学術的にきわめて貴重である。これらの標本の一部は、現在高知県立牧野植物園に置かれているが、学術的に有効活用が可能な状態に改善した上で、恒久的に保管されることが望まれる。



図4-5 露頭写真。地層面上に横たわる大型の有孔虫 *Makiyama*。 *Makiyama* は、海底に散らばる海綿骨針を集めて殻を作った有孔虫と考えられる。タービダイト層の下面。かつては、海綿、ツノガイ、生痕化石などと考えられていた。室戸市羽根岬。

漸新統～中新統：室戸市四十寺山には、中ないし粗粒砂岩の卓越した葉生層群四十寺山層が分布する。ここからは、ヨルディア(*Yoldia laudabilis*)、ポータンディア(*Portlandia watasei*)など北太平洋要素の二枚貝類が産出している。漸新世における世界的な寒冷化を反映した現象とみられる。

第5節 鮮新統

室戸半島西岸には陸成および海成鮮新統である唐の浜層群が分布する。始新統奈半利川層群を基盤とし、扇状地・河川・湿地などの堆積物からなる六本松層が堆積し、沿岸ないし陸棚相の穴内層がこれを

覆う。穴内層の下部が比較的単調な岩相を示すのに対して、上部は、貝化石密集層に区切られた海進海退のサイクルを示すように岩相が変化する。穴内層には、有孔虫、貝形虫、珪藻などの各種微化石のほか、ウニ、サンゴ、貝類などの無脊椎動物化石、さらに魚類耳石、海成哺乳類の骨格や歯など、多様な化石が産出している。これらの地層や化石には、300万年前から250万年前の土佐湾の環境変遷が記録されているとともに、パナマ海峡の閉鎖に起因する氷床の発達やその結果としての寒冷化の歴史など、現在につながる地球環境変遷が記録されている。北西太平洋沿岸で数少ない地層である。なお、漸深海帯の堆積物である登層は、大部分穴内層と同じ時代に堆積したことが明らかとなっている。

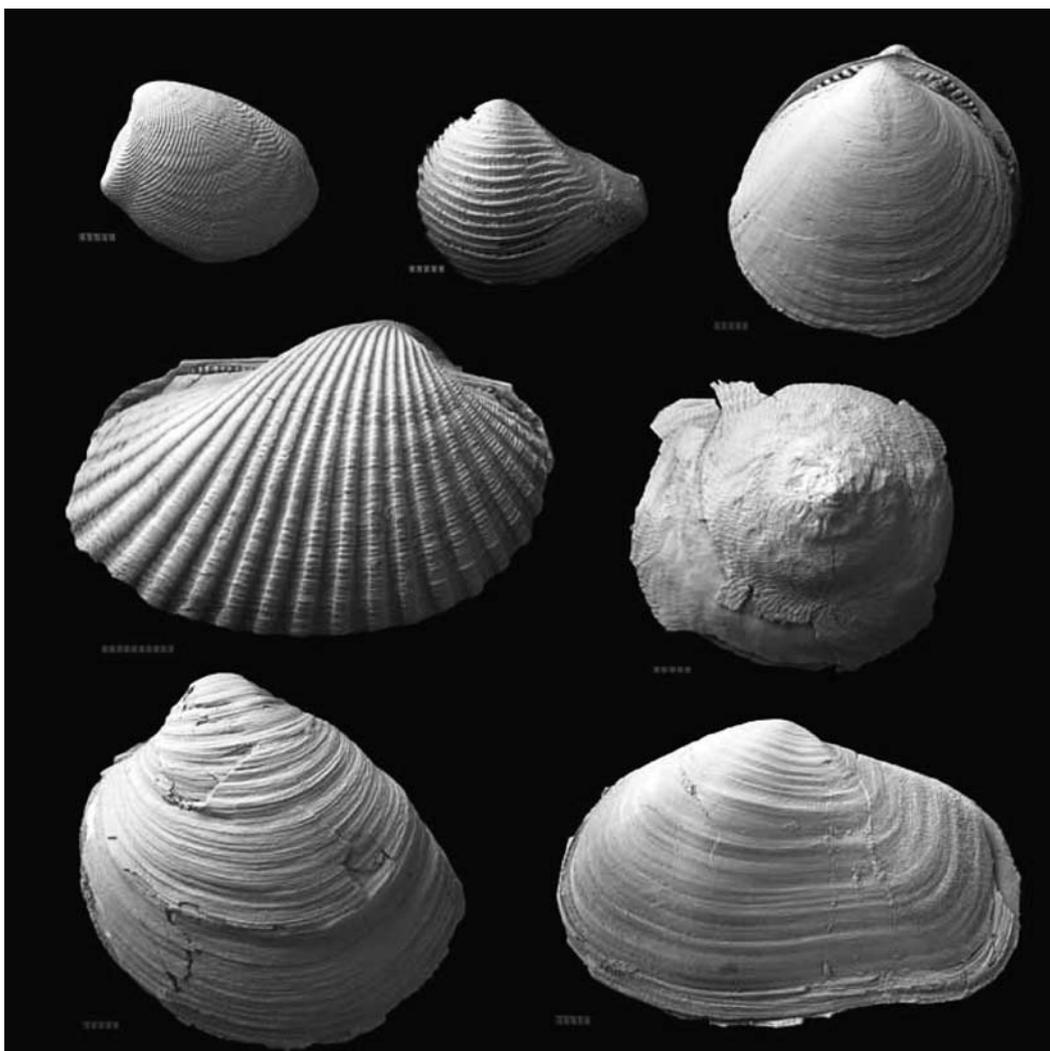


図4-6. 安田町唐の浜の鮮新統から産出した化石。上段左：オオキララガイ，上段中央：ヤグラモシオガイ，上段右：ベニグリ，中段左：ハゴロモガイの近似種，中段右：キヌガサガイ，下段左：フスマガイ，下段右：スナゴスエモノガイの近似種。スケールの目盛りは1mm刻み。

第6節 完新統

高知に限らず、沖積低地の地下には縄文海進時の海成層が堆積しており、そこには多くの海生動物化石が含まれている。高知平野の地下にも、厚さ30mの完新統が堆積しており、内湾から汽水性の干潟を示唆する貝類化石群集が産出している。例えば、高知市一宮地下の完新統最上部からシオヤガイ、ハイガイ、ニュージーランドガキ、等の二枚貝、イボウミニナ、カワアイ、ヘナタリ、等の腹足類の産出が報告されている。

高知平野以外では、遺跡関連の情報を除くと、化石を含め完新統に関する報告がないが、安芸市や四万十市などの沖積平野地下の完新統の研究は、黒潮の北上時期の解明や、その影響の評価など、南四国における環境変遷史を理解する上で重要であろう。

第7節 産業と生活の資源区分： 有用性と優位性

化石それ自体が資源として利用される例としては、石灰石が挙げられる。また、化石を多産する登層の石灰質泥岩は、量的には少ないが、家畜の飼料として利用されている。これらについては、これに続くプロジェクトで扱われることと思われるので本稿では触れない。一方、本文中にも記したように、本県から産出する化石は学術的に貴重なものが多いが、さらに、ナウマンに関わる標本、露頭、事績などは研究史的な価値がある。また、唐の浜層群の化石産地は、学術上の価値に加え、理科教育の分野での教材としても有用である。これらは、経済的価値や学術研究上の価値とは別に、文化財としての価値、教

育資源としての価値があると言える。今後は、このような長期的な価値についても目を向ける必要がある。

おもな参考文献

- 甲藤次郎・小島郁生・吉倉紳一・土谷信之・半田一幸・小川芳男・佐々木孝, 1976. 高知市, 鴻ノ森の地質. 高知大学学術研報(自然科学), 25, 107-115, pls.1-2.
- 香西 武・石田啓祐, 2003. 四国中央部黒瀬川帯下部白亜系産の“テチス”-“テチス北方”の混在型群集. 鳴門教育大学研究紀要, 18:19-28.
- 田代正之(1985): 四国秩父帯の白亜系-下部白亜系の横ずれ断層について-. 化石, 38, 23-35
- 田代正之(1985): 白亜紀海生二枚貝フォーナと層序. 地質学論集, 26, 43-75
- Tashiro, M. (1987): Cretaceous *Eomiodon* and *Cos-tocyrena* (Bivalvia) from Southwest Japan Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., No.147, 91-108, 7 Figs.
- 田代正之(1988): 西南日本白亜紀の古地理と古環境(研究課題番号61540574). 昭和61~62年度科学研究費補助金(一般研究(c))研究成果報告書.
- 田代正之, 1992. 化石図鑑, 日本の中生代白亜紀二枚貝化石. 自費出版. 307p.
- 田代正之, 1993. 日本の白亜紀二枚貝相, Part 1: 秩父帯・“領家帯”の白亜紀二枚貝相について. 高知大学学術研究報告 42:105-155.

<語彙の解説>

- ・メガロドンとルディスト
厚歯二枚貝とも呼ばれ、重厚な蝶番構造を持つ大型二枚貝類。ジュラ紀後期にメガロドンから進化したルディストは、白亜紀後期に大型化するとともに、多様化した。白亜紀末に絶滅した。ルディストはしばしば石灰岩中に密集層を作る。
- ・テチス海
古生代後期に出現した、南の Gondwana 大陸と北のローラシア大陸に囲まれた海域。中生代を通して、熱帯性、亜熱帯性海洋生物の生息地となった。現在の地中海はその名残である。

トピックス

鴻の森の下部白亜系と代表的化石

高知市民にとってなじみ深い、高知市北方の鴻ノ森地域には、二枚貝やアンモナイトを含む下部白亜系があり、多くの化石産地が知られてきた。近年の高知自動車道の整備により新たに露頭ができたことで多くの新知見が得られたので、ここでは、その一部を紹介する。調査の結果、鴻ノ森地域の下部白亜系には2回の海進海退サイクルが認められた。本地域の下部白亜系の大部分を構成する下部のサイクルでは、下位から順に、礫岩・アルコース粗粒砂岩（ユニット1，以下U1のように記す）、植物化石を含む砂岩泥岩互層（U2）、泥岩層をはさむ礫岩・礫を含む中-細粒砂岩（U3）、上方薄層化するストーム成砂岩泥岩互層（U4）、緑色シルト岩（U5；ここまでが海進期の堆積物）、極細粒砂岩シルト岩互層（U6）、泥岩をはさむ極細粒砂岩、レンズ状の化石密集層をはさむシルト岩（U7；ここまでが海退期の堆積物）が重なっている。上部のサイクルは、海進の始まりを示す、アンモナイトを含む泥岩（U8）、不連続面をはさんで、海底地滑りに伴って変形したタービダイト成砂岩泥岩互層（U9；海進のピークに相当）、そして、泥岩相（U10）、砂岩優勢の砂岩泥岩互層（U11）、シルト岩相（U12）、礫岩相（U13；以上、海退期の堆積物）から構成される。

秩父帯の下部白亜系では、上方細粒化を示す、いわば非対称な堆積サイクルが多いのに対して、ここに認められたサイクルは、層厚の点でより対称的であり、海退期の記録がよく残っているのが特徴である。

この海進海退サイクルから認定された底生動物化石群はいずれも二枚貝を含むもので、下位より、*Costocyrena - Eomiodon* 群集（汽水域群集；U2）、ブンブクークモヒトデー *Nuculopsis - Pterotrigonia* 群集（堆積物食者の多い浅海の群集；U4）、*Nanonavis - Nuculopsis - Parvamussium - ウミユリ* 群集（外側陸棚泥底群集；U5）、ゴカイ棲管化石群、そして *Pterotrigonia - Neithea - Rutitrigonia* 群集（内湾砂底の懸濁物食二枚貝群集；U7）、アンモナイトを含む泥岩（U8；*Nanonavis - Portalandia - ブンブク* 群集）、*Exogyra* 群集（内湾砂底群集；U11）、*Costocyrena - Modiolus - Crassostrea* 群集（汽水域群集；U12）が識別される。ちなみに、これらの化石の産状はほとんどが散在的なもので、密集層は海退期の地層（U7）だけに見つかっている。ここに含まれる *Pterotrigonia - Neithea - Rutitrigonia* 群集は、内生種を主体とし、自由生活型の表生種を含むもので、物理的に不安定で、比較的遮蔽された環境に生息したと考えられる。

第5章

南四国の地形

はじめに

長い時間をかけて自然のプロセスで形成された地形は、私たちの生活に大きな影響をもたらす。地形はその土地の気候・気象に局所的な影響をもたらし、日々の生活環境や農林水産物の収穫を左右する。様々な地形要素は居住や産業の場を提供しつつ制約も与える。また地形は、そこに育む動植物とともに景観を形成し、人々の心に潤いをもたらしてくれる。人は、時に優しく時に厳しく変貌する自然現象とあいまみえるなか、自然地形の特性を生かす活用方法を見出し利用するとともに、手に余る自然の猛威に対しては神の加護を願い、後生に伝えてきた。

20世紀、人口の増加と地上移動手段の発達により、土地利用への要求は増加の一途をたどり、無秩序な土地開発は時に自然災害や生態系破壊を誘発することにもなった。土地変化の技術力向上は、短期的に

土地利用可能性を拡大したが、長周期で襲い来る自然災害に対してはより重大な被害をもたらす危険性を潜在化させることにもなりかねない。

急峻な山地が続く四国においては、平地が乏しく点在している。中山間地では厳しい条件の中、土地利用法を開発してきた。人口流出と高齢化が進む中、点在する土地資源の適材活用と地域連携をはかり、有効活用することが求められている。他方、土地利用方法の乏しい地域においては、産業廃棄物や核廃棄物の処分施設建設が検討されているが、経済性を優先し土地利用の判断を誤ると、後世に負の遺産となりかねない。

地形は、基盤を形成する地質特性やテクトニクスを反映し形成され、気候・気象条件の変化により姿を変える。その特性を十分に理解し、有効利用する営みは今も昔も変わらない。技術力が発達した今日、航空測量や人工衛星からの計測により、精細な地形情報と土地利用状況が調査されるようになり、得ら

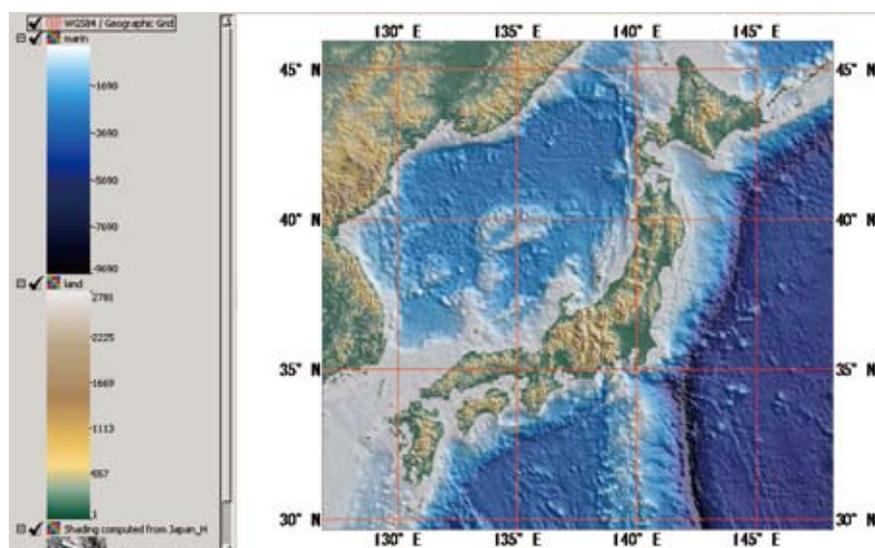


図5-1 日本地図（陸域・海域含む；陰影図）。

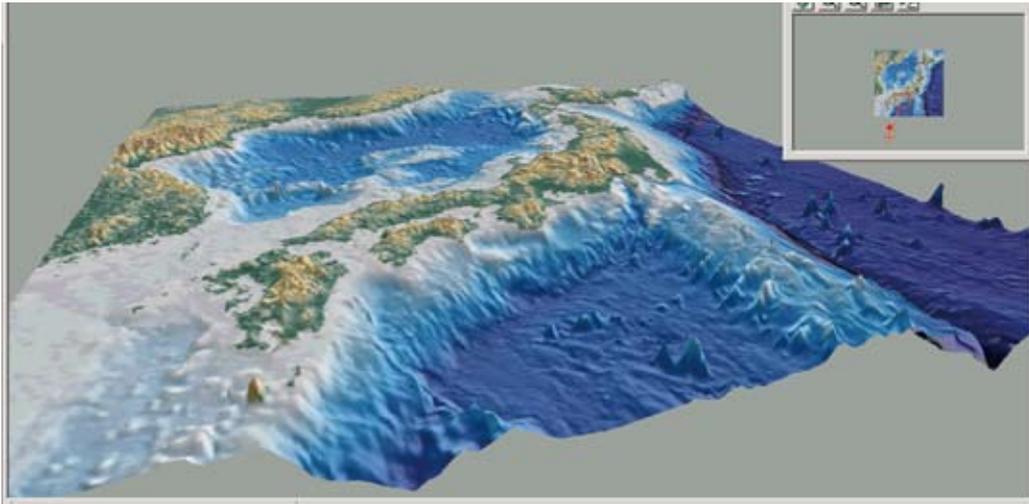


図5-2 日本周辺の3D地形図.

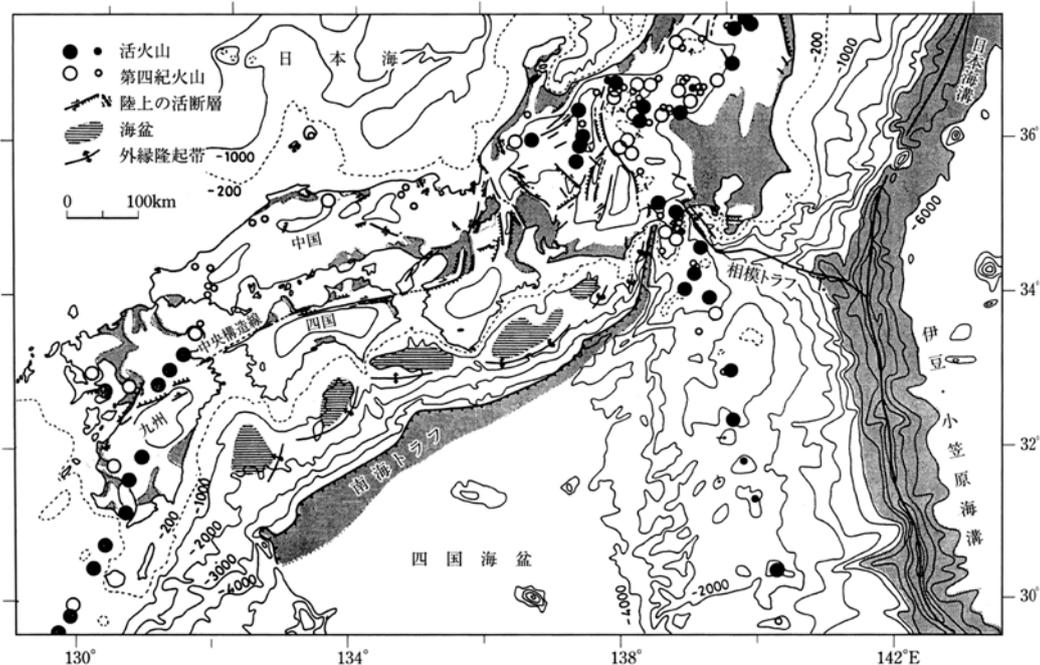


図5-3 西南日本の主要地形構造 (Yonekura, 1975; 太田ほか, 2004より).

れた情報はパソコン上で数値処理が簡単にできるようになった。そこで地理情報システム (GIS) を用い、(1) 四国、(2) 高知市周辺、(3) 室戸半島周辺、の地形情報を可視化し解析を行った。

第1節 手法

地形データは、NASAより公開されている400mグリッドデータ (スペースシャトルのレーダー測距による) を用いた。解析・可視化にはMicroImages社 (<http://www.microimages.com/>) の TNTlite (<http://www.opengis.co.jp>), 接峰面図作成には Summit_v10.

sml, 接谷面図作成には River_v10.sml を用いた。無料で配布されているが、出力等一部機能が制限されているため、ここで用いた図は全てパソコン画面からのハードコピーである。

謝辞: TNTlite の操作に際しては、GIS 沖縄研究所 (<http://gis-okinawa.bglb.jp/>) の渡邊康志氏に協力を得た。

第2節 南四国の陸上地形

(1) 四国の地形概要

四国は南海トラフと瀬戸内海にかこまれた日本列島四番目の面積を持つ島である (図5-1, 2)。

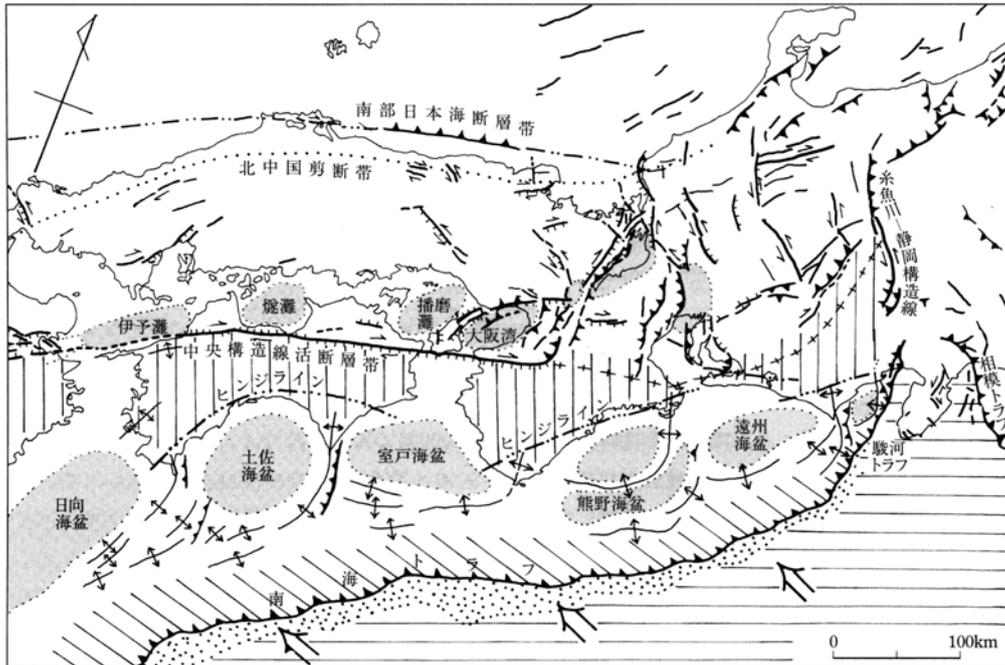


図5-4 西南日本の活構造図 (太田ほか, 2004).

近畿・中国地方を含めた西南日本弧の大地形については、太田ほか(2004)にまとめられている(図5-3, 4)。四国山地は中央構造線より南側に位置する外帯山地で、標高2000m近くに達する。1000m内外で穏やかな峰が続く中国山地(内帯山地)にくらべ急峻な地形をなしている。愛媛県石鎚山(1,982m)や徳島県剣山(1,955m)がそびえる四国山地の主軸は、中央構造線や南海トラフに平行にのびている。一方、高知平野から土佐湾にかけての低まりをはさんで、その両側足摺岬から石鎚山、室戸半島から剣山にかけ

ては高まりが形成されている。西南日本外帯の地塊がフィリピン海プレートの運動にひきずられるため(Kaizuka,1975; Huzita,1980; Okada,1980; 佃, 1992など)、中央構造線で右横ずれ運動(岡田1973; Okada, 1980など)をおこし、また隆起部と沈降部が交互に配列する波曲状構造を形成している(佃, 1992; 杉山,1992)と考えられている。

(2) 等高線図・標高分布

無償版をもちいているため利用できるデータ量が

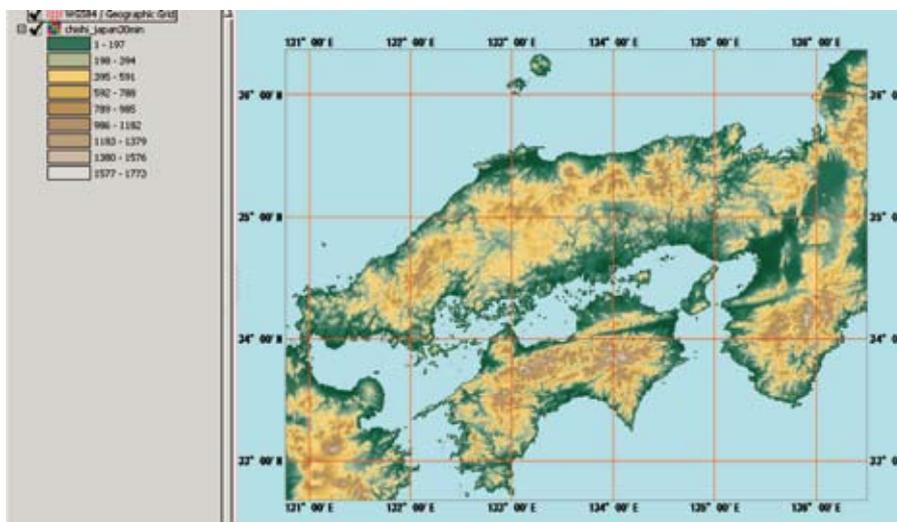


図5-5 中・四国の地形図。



図5-6 等高線ならびに陰影図を重ね合わせた中・四国の地形図（等高線は500m間隔）。

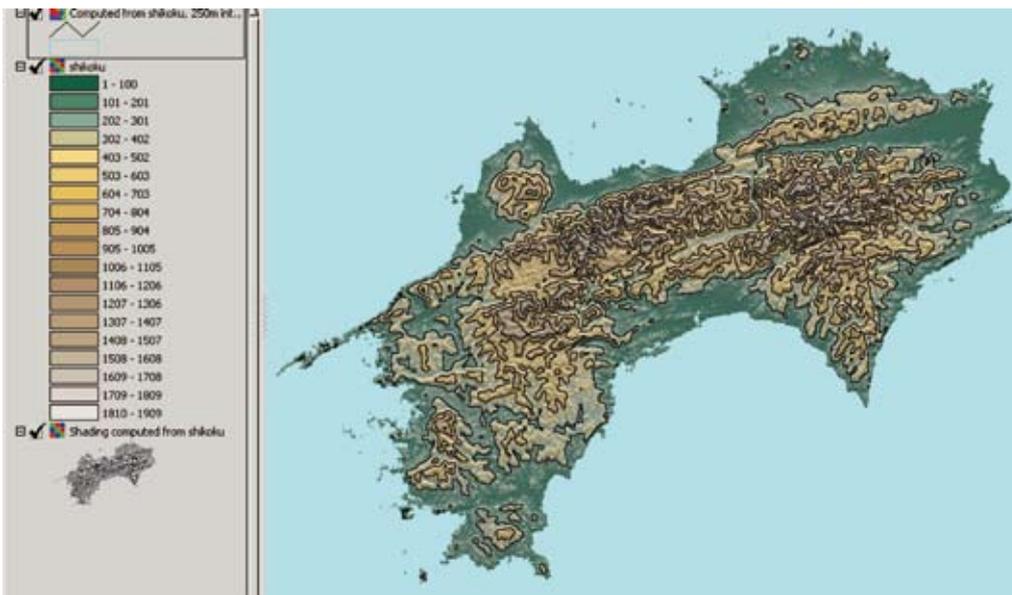


図5-7 四国の等高線図（等高線は500m間隔；陰影図を重ねて地形を強調）。

限定され、データグリッドの間隔を広く取る必要があった。その結果、標高分布等に誤差が生じている。しかし大地形の特徴はよく現れている（図5-5～8）。

(3) 接峰面・接谷面

谷を埋め戻すことにより作成される接峰面図は、侵食の影響を取り除いた原地形の姿を示すと期待される。原地形に残される線構造や陥没地形はテクト

ニクスなどを反映したものと推察される。

中央構造線に対応する線構造が見えると共に、吉野川水系沿いや佐川盆地など、複数の陥没地形が認められる。（図5-9）

接谷面は、谷底の高度分布を概観するのに適する。吉野川水系が四国山地を横切り、大きく高度を変えている様子が良く見える（図5-10）。

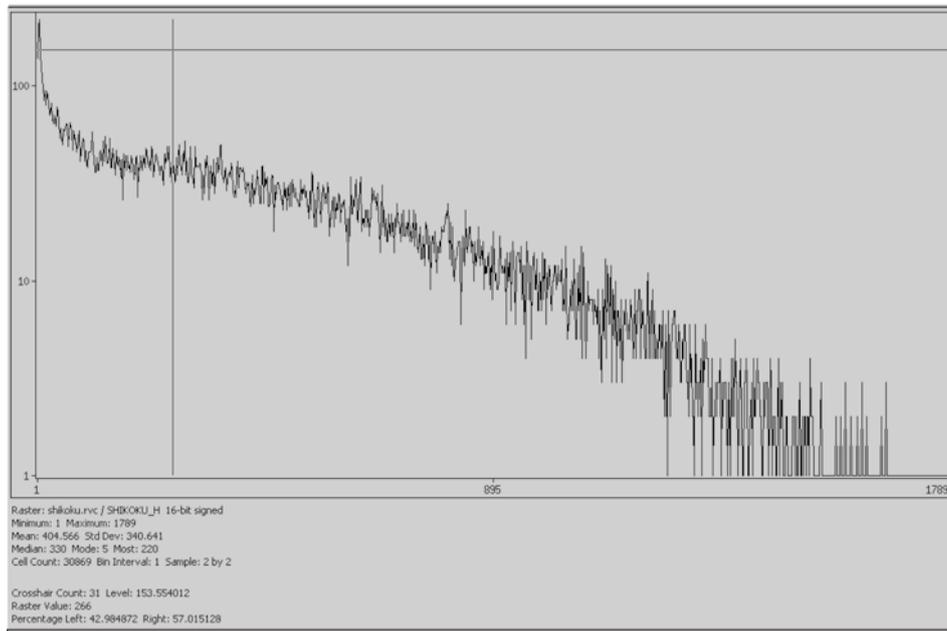
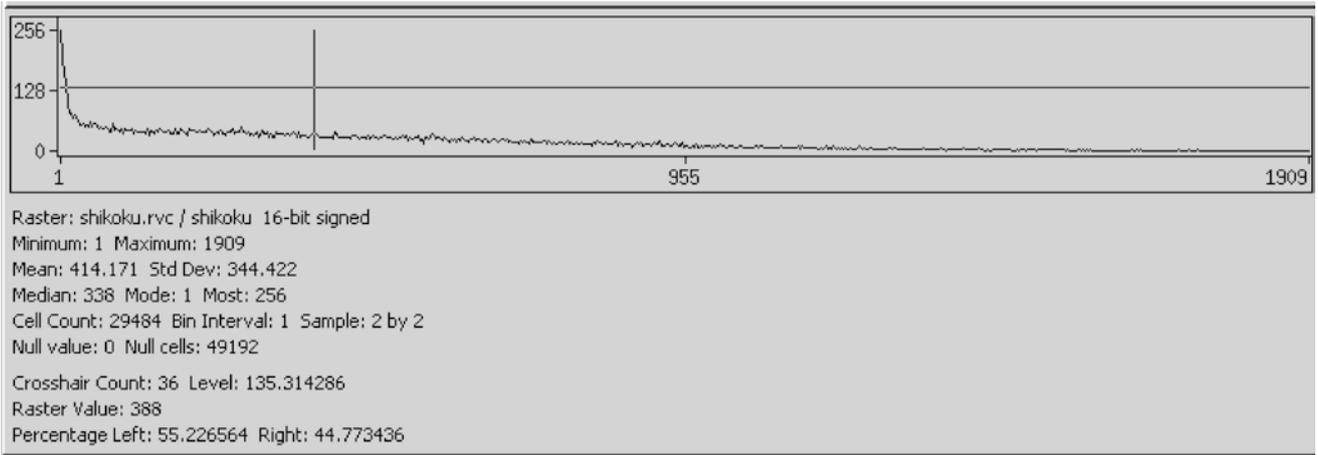


図5-8 四国の標高分布（四国の平均標高は414m）.

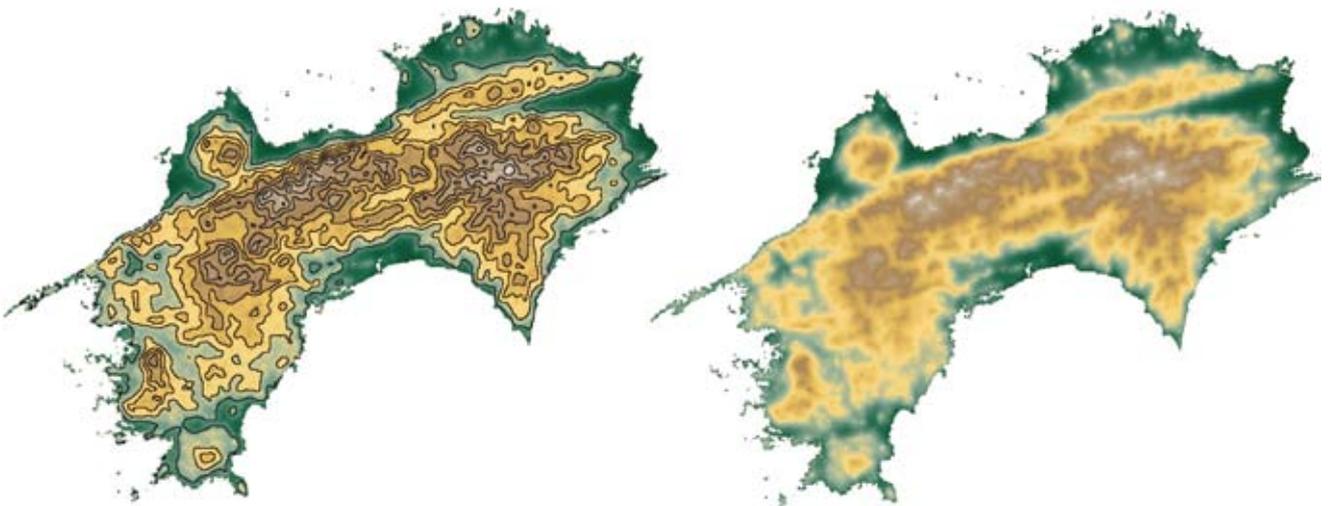


図5-9 四国の接峰面図.

右は等高線を省略したもの。いずれも 3×3 の方眼領域で最大値を返す操作を10回繰り返すことにより谷部を埋谷し、峰に接する滑らかな面を抽出、等値線で表現した。



図5-10 四国の接谷面図.

3×3の方眼領域で最小値を返す操作を10回繰り返すことにより突出部をとりぞき、谷面に接する滑らかな面を抽出、等値線で表現したもの.

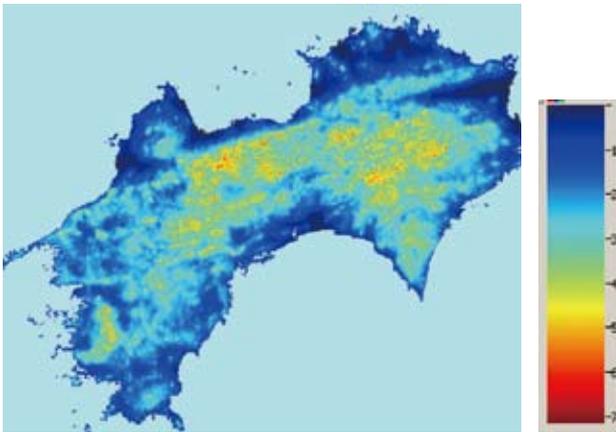


図5-11 四国の起伏量図.

(4) 起伏量図

起伏の大小は地形の開析状態を示しており、地形発達の良い指標となる。接峰面と接谷面との高度差により四国の起伏量図を描くと、隆起量の多い四国山地で起伏量が多くなっているのがわかる(図5-11).

(5) 水系図

地質や地質構造の違いは水系の発達を支配する主要因となる。四国で流域面積が大きな水系は、吉野川、四万十川、仁淀川沿いに形成されている(図5-12, 13).

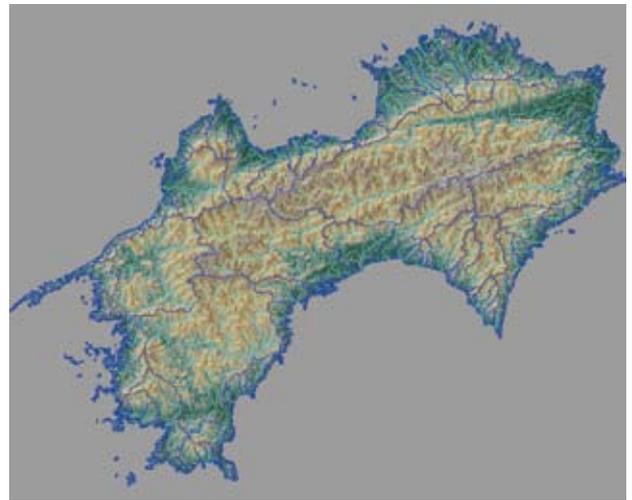


図5-12 水系と流域区分図.

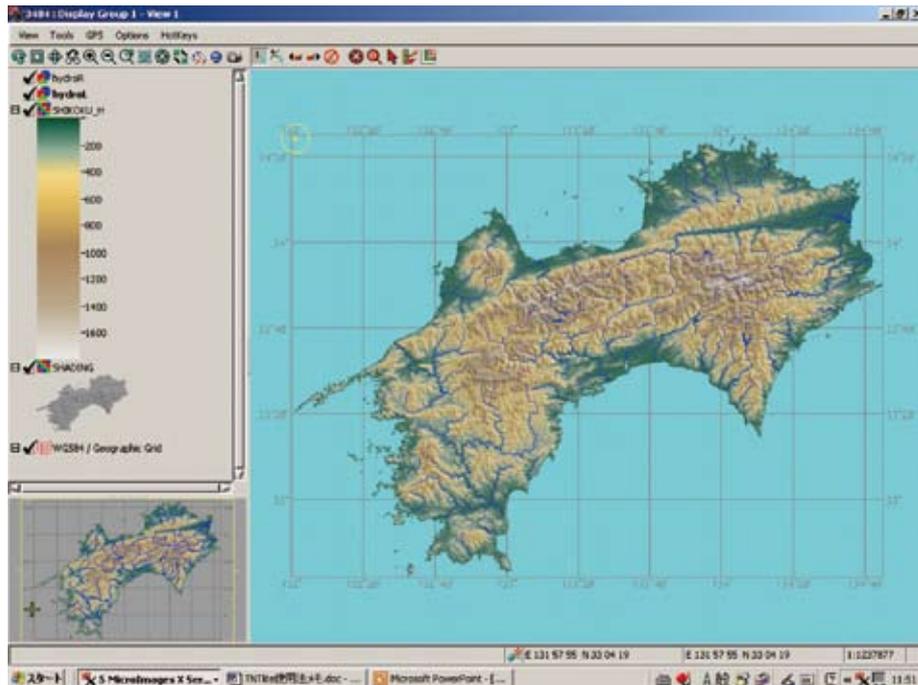


図5-13 四国の地形と主な河川 200mごとに彩色するとともに陰影図、水系図を重ね合わせて作成.

(6) 傾斜と傾斜方向

a. 傾斜

傾斜がゆるい平野部は白く、急峻な地域は黒く表現される(図5-14)。中央構造線では傾斜の急変がおきている。傾斜が急な地域は、起伏量の大きな地域にほぼ一致している。また高知中央～西部にかけて仏像構造線に沿った急崖が顕著に現れている。

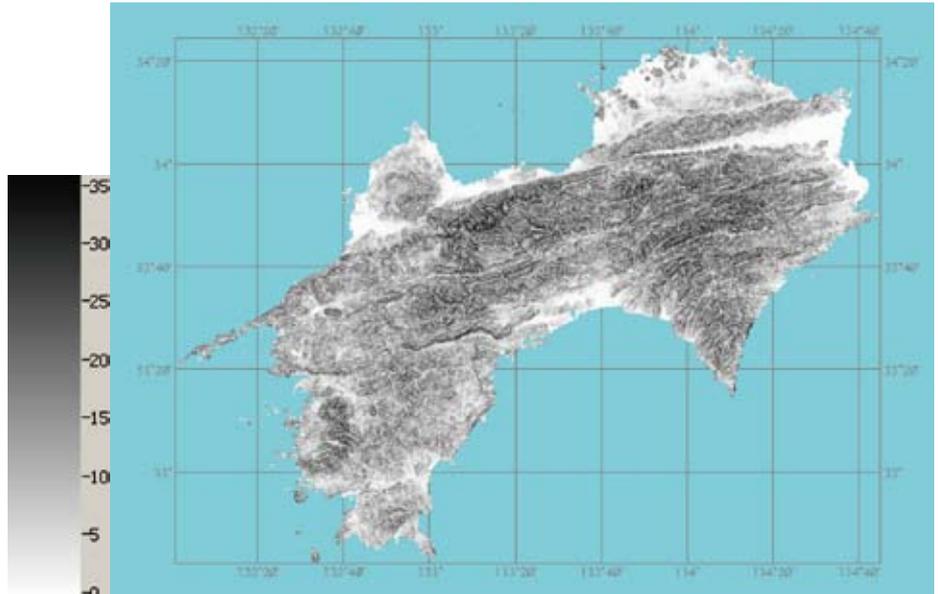


図5-14 四国の傾斜区分図.

b. 傾斜方位

赤色系統で表現される北向きの斜面と、緑色系統で表現される南向きの斜面が交互につらなる。西南西～東北東の線構造が顕著にみとめられる(図5-15, 16)。室戸半島では地層の褶曲構造(図5-4)を反映して、線構造が波打っている様子が伺える。

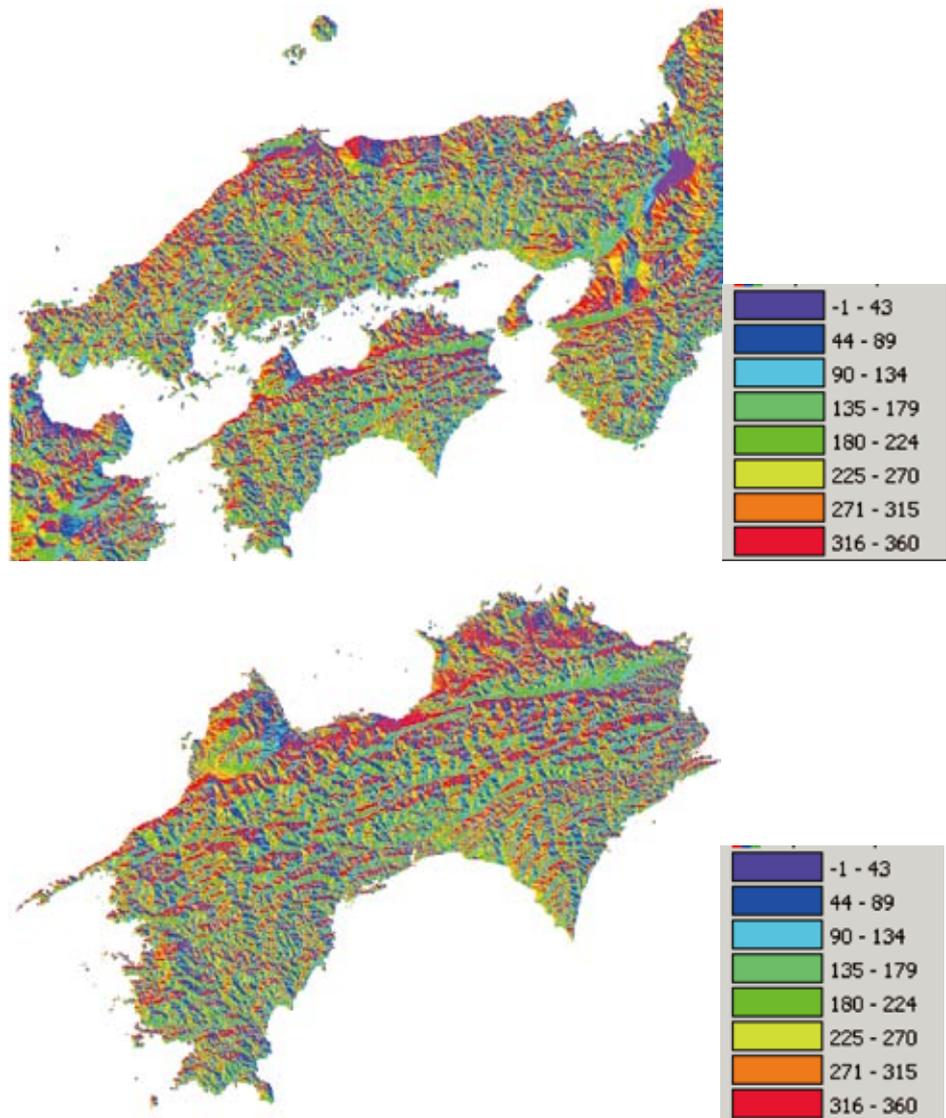


図5-15 中・四国の傾斜方向区分図.

赤く北向きの傾斜が中央構造線にそった東西方向につらなる。

(7) 陰影図にみる四国の地形



図5-16 左は北50度から、右は東50度から光を当てた陰影図。

(8) 地形断面

室戸半島から讃岐平野にかけての四国東部（図5-17）、高知平野から新居浜市にかけての四国中央（図5-18）、土佐清水市から今治市にかけての四国西

部（図5-19）で地形断面図を作成した。四国山地軸部に向かって徐々に高度を増し、瀬戸内海にむかって急激に傾斜している様子がわかる。

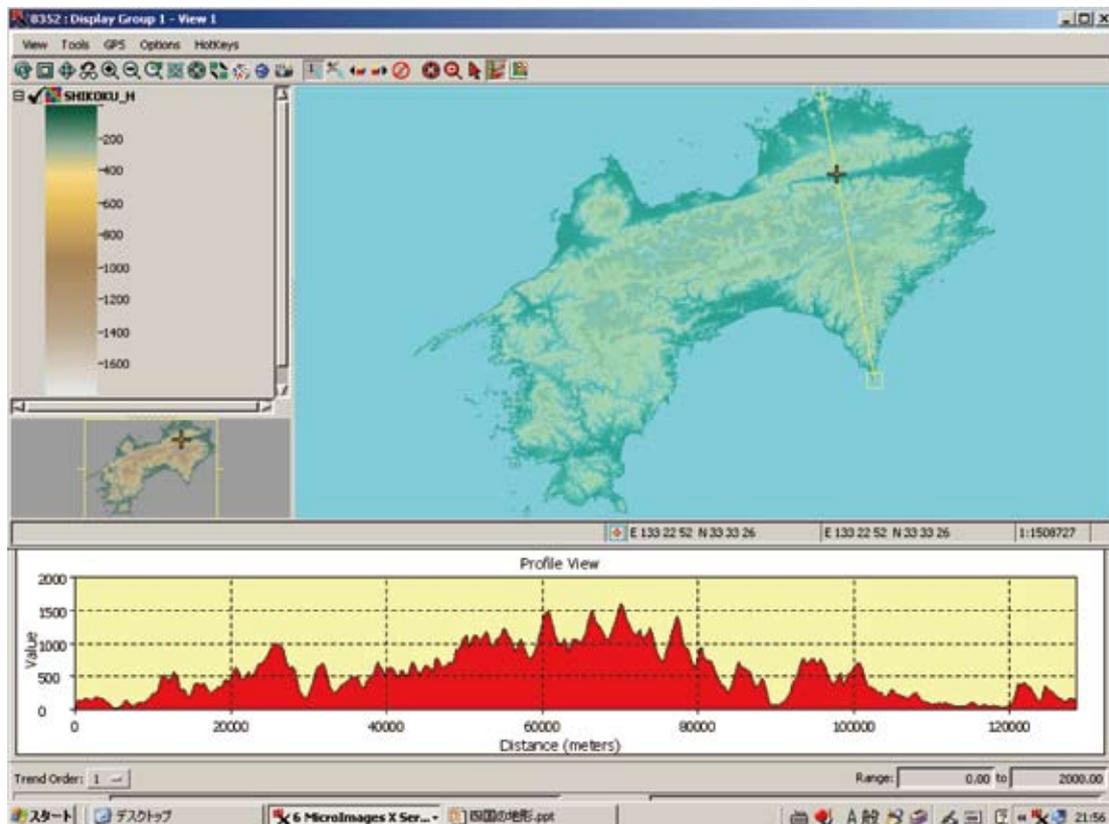


図5-17 四国断面 (1) 四国東部：室戸半島—讃岐平野。

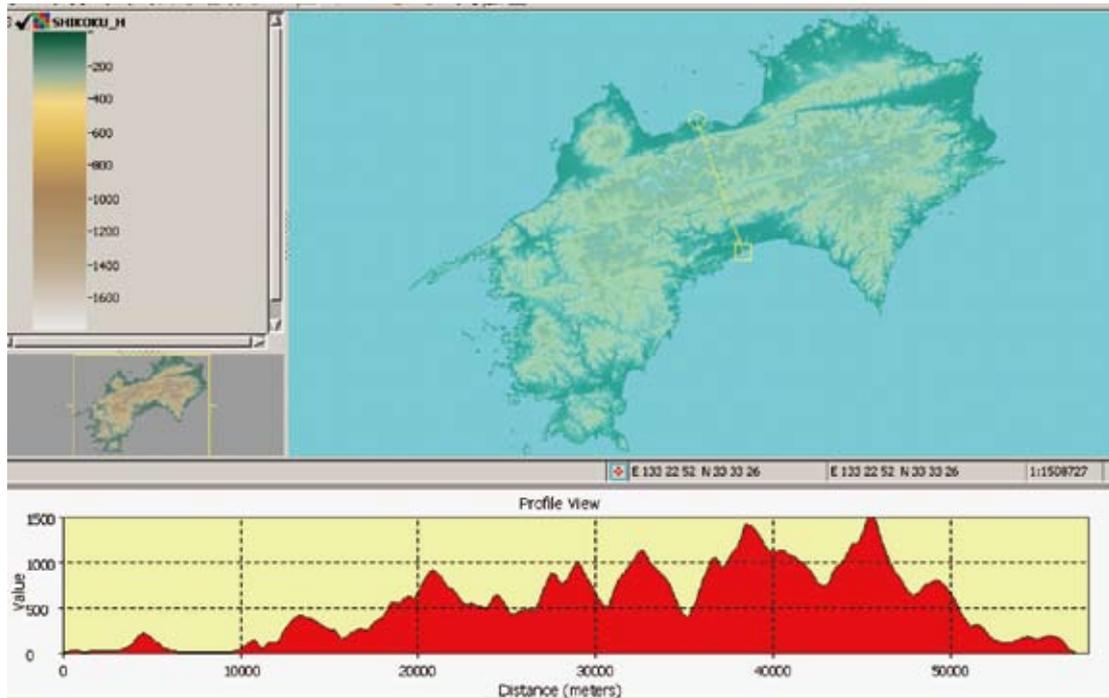


図5-18 四国断面(2) 四国中央部.

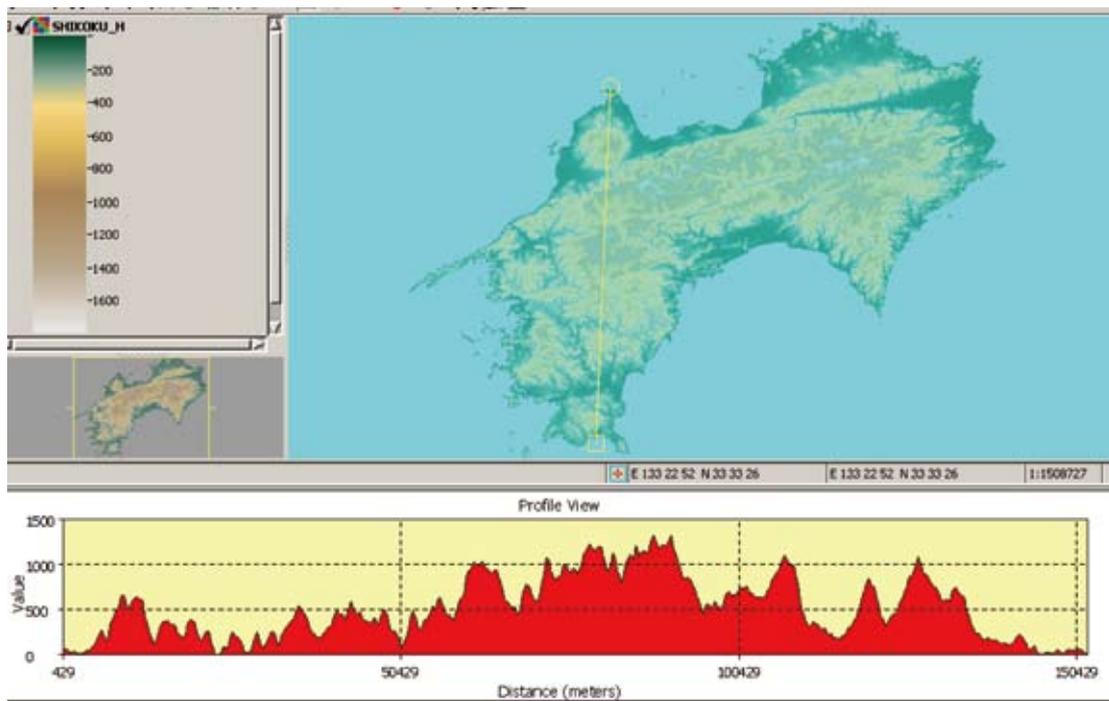


図5-19 四国断面(3) 四国西部.

(9) 立体画像でみる四国の地形

立体図は、平面図ではとらえにくい凹凸の様子を視覚的に訴える。

徳島上空からみた図5-20では、徳島から松山にかけての中央構造線がとらえられる。一方高知県西部からみた図5-21, 22では、東西方向の谷構造(線構造)

がよくみえている。

図5-23に示したアナグリフ3D地形図は、いわゆる赤青メガネを使用することで3次元的に見える地形図である。



図5-20 四国3D地形図(1) 中央構造線.

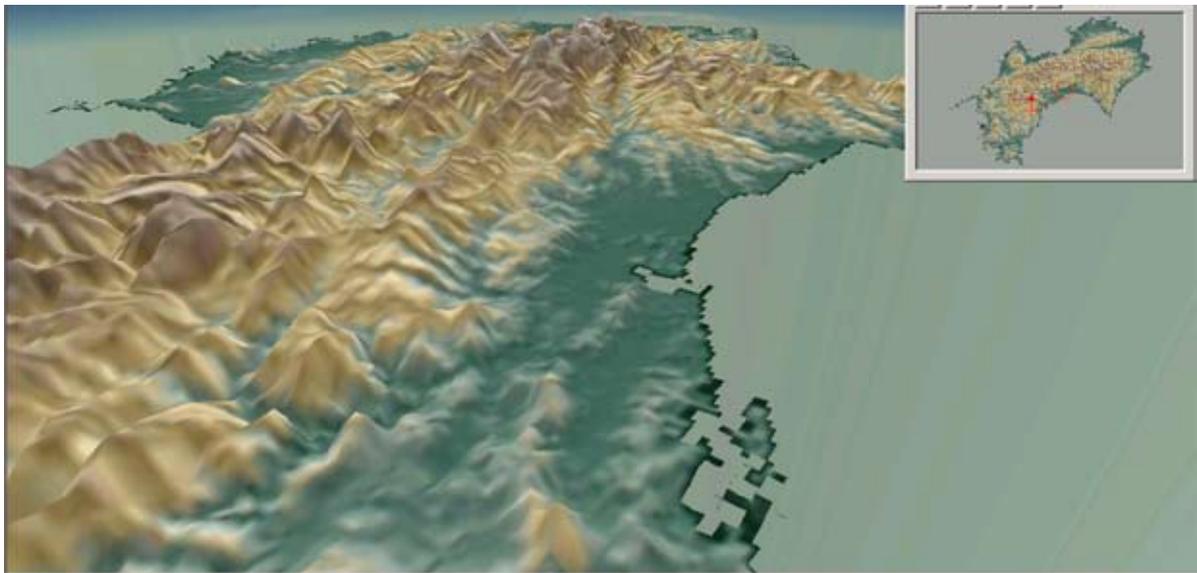


図5-21 四国3D地形図(2) 高知平野.

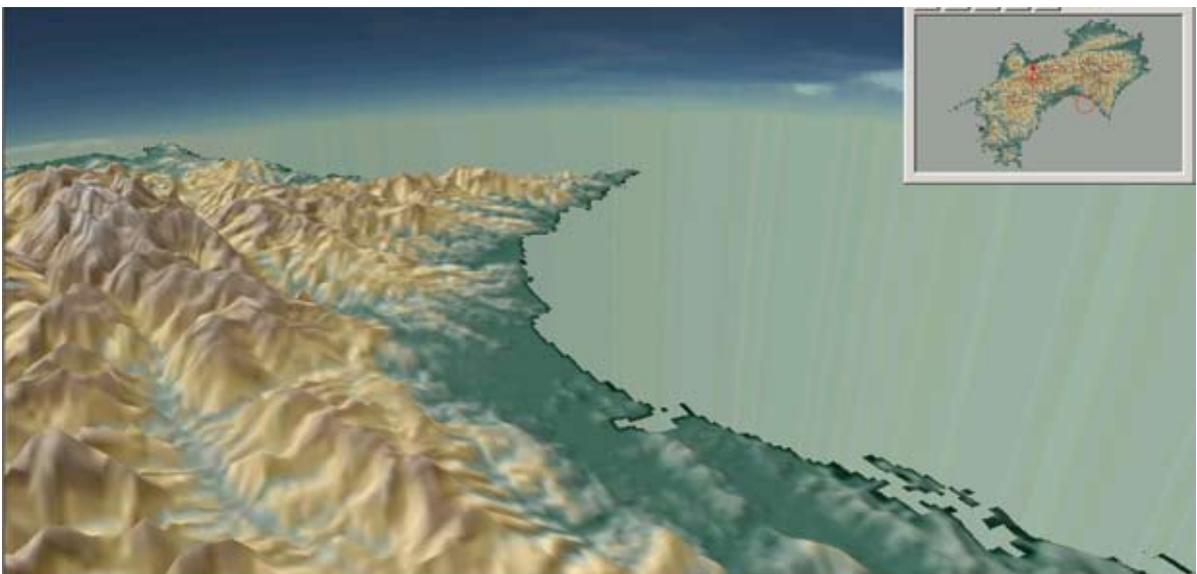


図5-22 四国3D地形図(3) 高知平野から室戸半島を望む.



図5-23 左：四国のアナグリフ3D地形図. 右：中四国のアナグリフ3D地形図.

第3節 地質と地形の関係

産業技術総合研究所地質調査総合センターより提供されている20万分の1日本数値地質図のデータを用い、地質図と地形図を重ねあわせた(図5-24)。ま

た3D地形図(図5-20, 21)とほぼ同じアングルからみた3D地質図も作成した(図5-25, 26)。



図5-24 四国の地質と地形・水系.

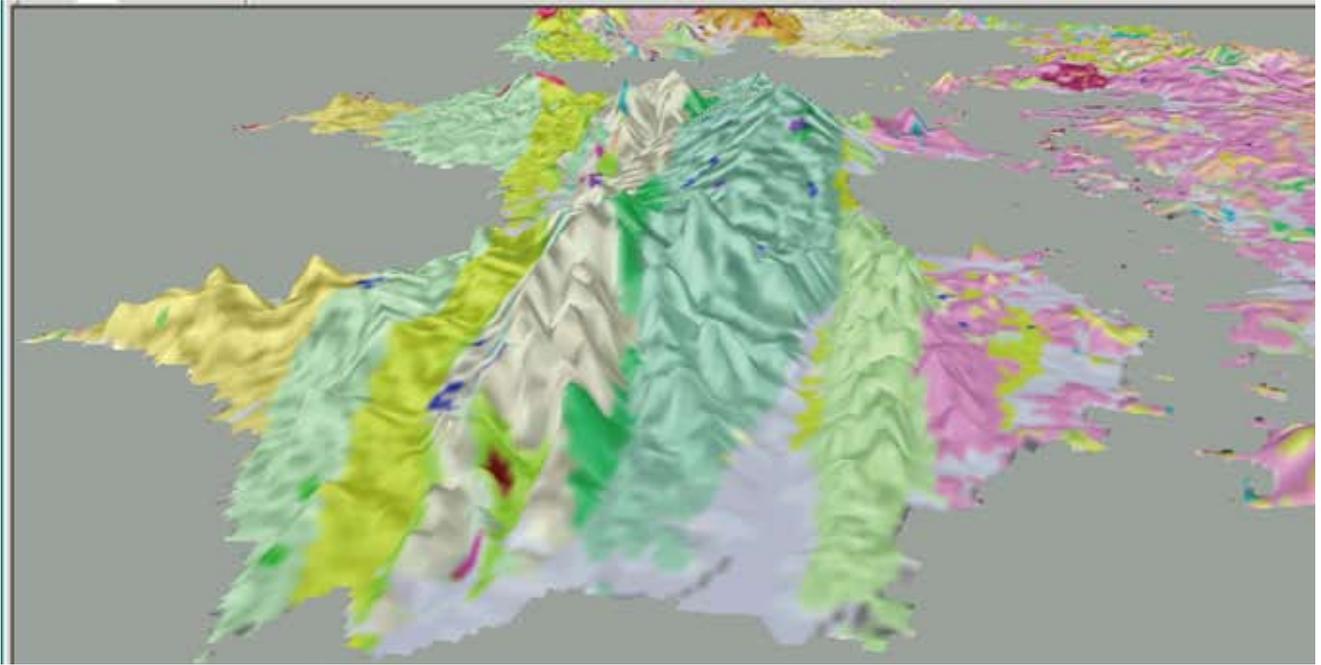


図5-25 3D地質図(1) 高知.

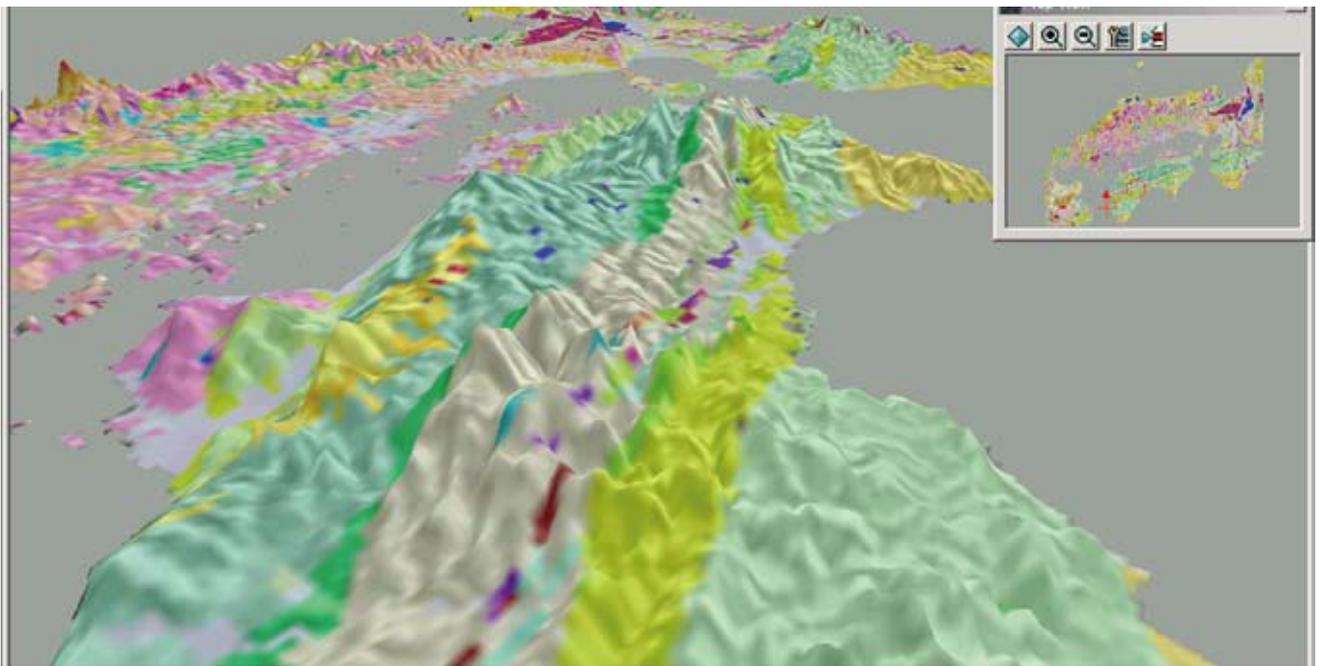


図5-26 3D地質図(2) 中央構造線.

第4節 沈降域の地形と隆起域の地形

昭和南海地震では室戸半島や足摺岬付近が隆起する一方、高知周辺では沈降し、津波が押し寄せると

いう被害が観測されている(沢村, 1951など)。沈降域と隆起域の地形的特長を見るために、以下作図した。

(1) 高知市周辺：沈降域の地形

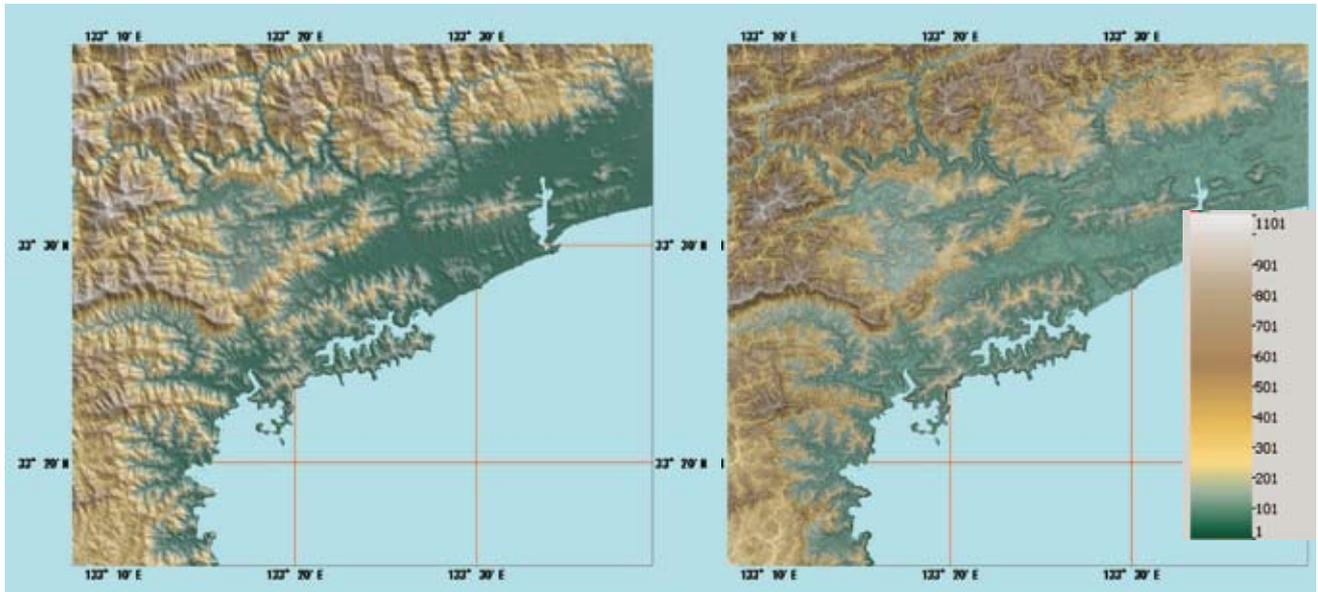
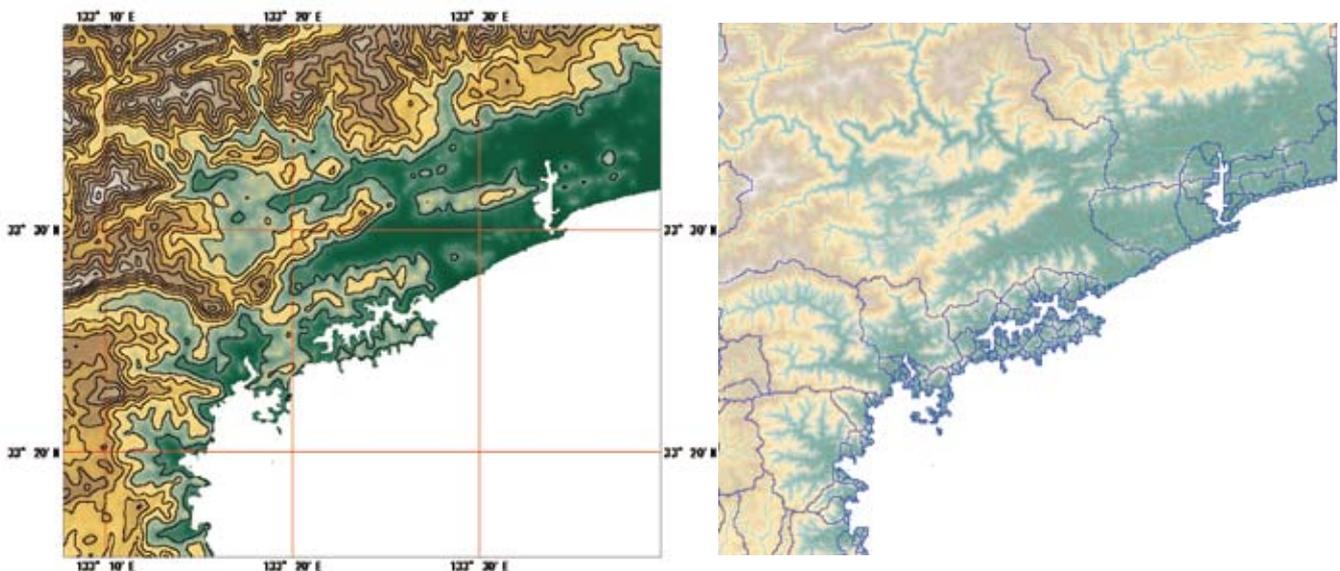
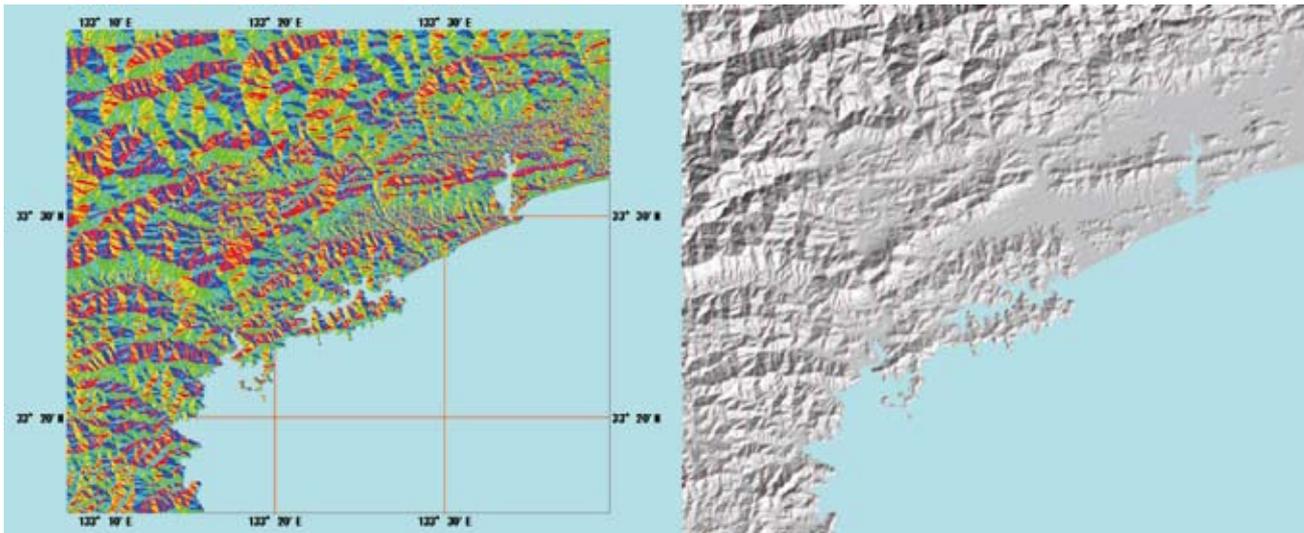


図5-27 高知市周辺地形図。左は陰影図を、右は傾斜区分図を重ね合せた。



左：図5-28 接峰面図（10回繰り返し計算；100m間隔コンター）。右：図5-29 水系図。



左：図5-30 傾斜方向区分図. 赤系統は北傾斜を，青系統は東傾斜を，緑色系統は南傾斜，黄色系統は西傾斜を示す.
 右：図5-31 アナグリフ3D陰影図（南東=135度，50度から光）.

(2) 室戸半島：隆起域の地形

室戸半島西岸には海岸段丘が発達している。比高は先端に近いほど大きく，高知市に近づくほど小さくなり，四国内陸側に傾動している。南海トラフ沿いで起こる巨大地震の際に，半島先端部がより大きく隆起する運動が累積したものと考えられている（吉川ほか，1964；Ota, 1975; Ota and Yoshikawa,

1978）.

斜面の傾斜方位は（図5-4-7）は，半島の西側と東側で異なり，北向きの斜面が示す構造は湾曲している様子がわかる。褶曲した地質構造を反映したものと考えられている。

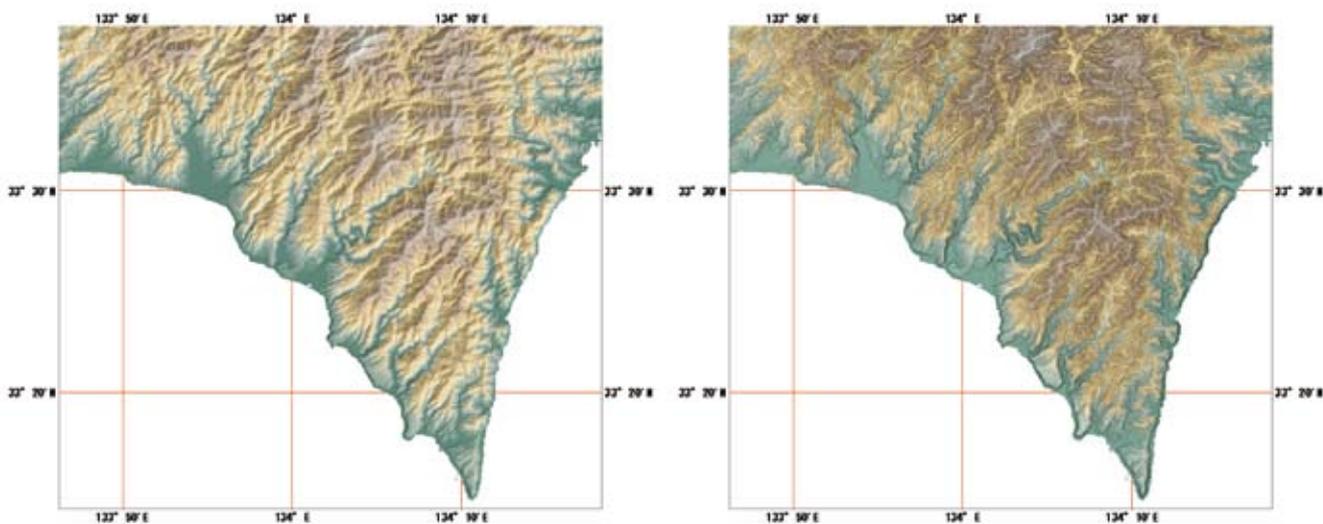


図5-32 室戸半島の地形図. 左は陰影図を，右は傾斜度区分図を重ね合わせて地形の凹凸を強調したものの。

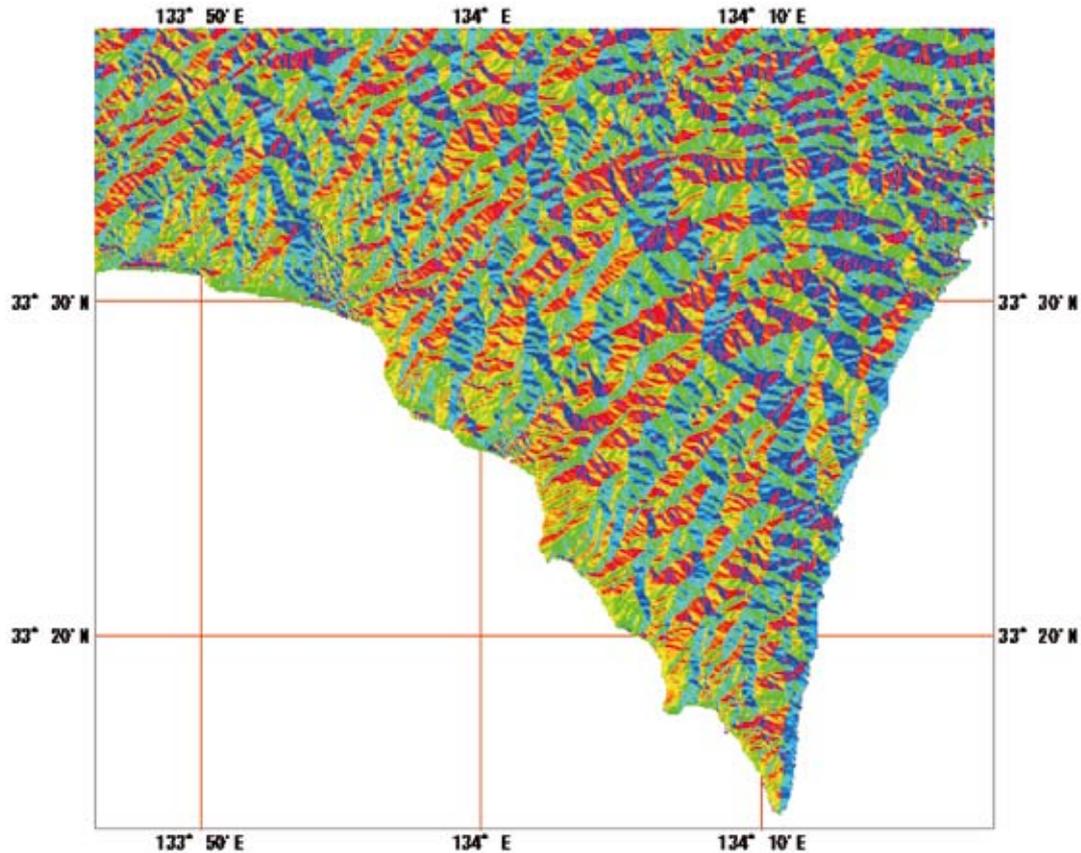


図5-33 室戸半島周辺の傾斜方位区分図.

引用文献

1. Huzita, K., 1980. Role of the Median Tectonic Line in the Quaternary tectonics of the Japanese Island. 地質学論集, 18, 129-153.
2. Kaizuka, S., 1975. A tectonic model for the morphology of arc-trench system, especially for the echelon ridges and mid arc faults. Japan. Jour. Geol. Geogr., 45, 9-28.
3. 岡田篤正, 1973. 中央構造線の第四紀断層運動について. 杉山隆二編「中央構造線」東海大学出版会, 49-86.
4. Okada, A., 1980. Quaternary faulting along the Median Tectonic Line of Southwest Japan. 地質学論集, 18, 79-108.
5. Ota, Y., 1975. Late Quaternary vertical movement in Japan estimated from deformed shorelines. Roy. Soc. New Zealand Bull., 13, 231-239.
6. 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正, 2004. 日本の地形6 近畿・中国・四国. 東京大学出版会, 383pp.
7. Ota, Y., and Yoshikawa, T., 1978. Regional characteristics and their geodynamic implications of late Quaternary tectonic movement deduced

from deformed former shorelines in Japan. Jour. Phys. Earth, 26, Suppl., S379-S389.

8. 沢村武雄, 1951. 南海地震に伴った四国の地盤変動に対する一考察. 地学雑誌, 682, 190-194.
9. 杉山雄一, 1992. 西南日本前弧域及び瀬戸内区のネオテクトニクス. 地質学論集, 40, 219-233.
10. 佃栄吉, 1992. 西南日本弧のアクティブテクトニクスー前弧スリバーの西進運動に伴う変形構造. 地質学論集, 40, 235-250.
11. 吉川虎雄・貝塚爽平・太田陽子, 1964. 土佐湾北東岸の海岸段丘と地殻変動. 地理学評論, 37, 627-648.

参考URL

- ・ MicroImages, Inc.
<http://www.microimages.com/>
- ・ オープン GIS
<http://www.opengis.co.jp>
- ・ GIS沖縄研究所
<http://gis-okinawa.bglb.jp/>

トピックス

1. 高知平野

1998年高知大水害では、高知平野周辺の山間部では土砂災害が相次ぎ、高知平野中心部（高須を中心とした高知市東部～南国市西部）では浸水被害が相次ぎ街や田畑が濁水に覆われた（高知新聞社、1998年など）。

こうした風水害は幾度ともなく不定期的にくりかえしてきた。また南海地震に際しては、高知平野は沈降域となり、津波被害を拡大する。

地震・津波や風水害は多大な自然災害を引き起こすが、一方でその営みは生活の場となる大地を造る。南海地震のたびに沈降を繰り返し、そこに物部川や鏡川が運ぶ土砂が堆積することで、穀倉地帯であり生活の場である高知平野は形成・拡大されてきた（甲藤・西、1971）。

治水や津波対策などは中世来の政治的課題であったが、現在も尚その重要性は変わっていない。自然とどのように対峙し共生するか、自然の営みを理解した街づくり・ライフスタイルがひとりひとりに求められている。

引用文献

- 甲藤次郎・西和彦、1971. 高知平野の地形と沖積層。高知大学学術研究報告(自然科学) 20(13). 219-237.
高知新聞社、1998年. 報道写真集 豪雨パニック'98 高知大水害の記録. 高知新聞社。

2. 巨大地震の履歴を記録する室戸半島の隆起海浜地形とジオパーク

室戸半島は、南海トラフに沿う地域の中で第四紀後期の隆起速度が最も速く、完新世の隆起地形・現象の保存が比較的よい地域である。ヤッコカンザシ棲管の分布高度と¹⁴C年代、および海成段丘を含む隆起波食地形の分布高度から、大地震に伴う陸地の急激な隆起に起因する海水準の相対的低下が明らかにされている（前空、2006）。

高知県の海岸域はまた、プレート沈み込みに伴い形成された付加体地質が世界的にもっとも詳しく調査されている地域で、その代表的地形・地質現象は室戸半島の海岸域に典型的に分布している（Taira

et al., 1992）。

近年、地形・地質遺産を中心とした自然・文化遺産を核に、教育・普及、ジオツーリズムを振興するジオパークの活動が活発化し、室戸ジオパークは日本ジオパークネットワークの一員として認められ、さらに世界ジオパークネットワークへの登録を目指している。

室戸半島に発達する波食地形は空海伝説に取り上げられ、段丘平坦面や斜面ではその特性を利用した農作物の作付けが工夫されている。歴史や文化面でも、世界ジオパークとしての資質は十分持ち合わせており、認定がまちのぞまれている。

引用文献

- 前空英明、2006. 室戸半島の第四紀地殻変動と地震隆起。岩井雅夫・村田明広・吉村康隆(編)、見学旅行案内書、地質学雑誌、112、補遺、S17-S26。
Taira, A., Byrne, T. and Ashi, J., 1992. Photographic Atlas of an Accretionary Prism. Geologic Structures of the Shimant Belt, Japan. University of Tokyo Press. 124pp.

3. 深海への窓口、海底地震総合観測システム 室戸陸上局

室戸市室戸岬町の海洋深層水研究所敷地北側には、独立行政法人海洋研究開発機構の海底地震総合観測システム室戸陸上局が設置されている。室戸岬から約110km沖合の水深3572mに先端ステーションが設置され、この陸上局までは光ファイバーケーブルでつながり、各種情報が観測されている。

先端ステーションは、南海地震を引き起こす震源断層から派生し海底に表在化したと考えられる海底活断層の近くに置かれた。活断層の活動によって形成された海底地すべりの崩壊堆積物上に位置しているが、そこには断層にそって染み出してくる冷湧水の影響をうける冷湧水生態系が形成されている。

ステーションにとりつけられたカメラで観察したところ、エネルギー源となる栄養の供給が少ない深海ながら、争いごとは比較的少ない平和な世界が広がっていた（岩崎ほか、2003）。

今はカメラが故障し深海の映像を直接みることはできないが、地震動と共に温度や海水の流れ、音などの情報を脈々と記録している。深海のスローライ

フに思いをはせる場として最適なジオサイトの一つに数えられる。

引用文献

岩崎望・岩井雅夫・東京シネマ新社(企画・制作・著作),
2003. 深海3572mに生きる－室戸沖南海トラフ4年間の記録－. VHS/DVD, カラー23分.

第6章

高知県の気候・地形 および四国沖の海底地形

1. 日本の気候
2. 高知県の気候
 - ① 概要
 - ② 気温
 - ③ 降水量
 - ④ 日照量
3. 高知県の地形
 - ① 概要
 - ② 山地
 - ③ 河川
 - ④ 海岸
 - ⑤ 低地(平野)
4. 四国沖の海底地形

第1節 日本の気候

日本は、ユーラシア大陸の東側に位置する周囲を海に囲まれた中緯度の島国である。日本は四季折々の変化に富んでおり、地域差も非常に大きい。この理由としては、東は太平洋、西は日本海を挟んでアジア大陸が存在しており、山脈が日本列島を太平洋側と日本海側に2分していること、また、北西季節風、温帯低気圧、梅雨前線、台風、秋雨前線など、季節特有の現象があると考えられている。日本の気候は、一般的に気団論から解釈されている。

(1) 日本の気候を支配する5つの気団

日本の気候を支配している5つの気団は、「シベリア気団」(寒帯大陸性気団)、「オホーツク海気団」(寒帯海洋性気団)、「揚子江気団」(熱帯大陸性気団)、「小笠原気団」(赤道海洋性気団)、「台風」(熱帯海洋性気団)である(図6-1)。「シベリア気団」、「オホーツク海気団」などは、一般に使用されている日本付近の地域名由来の気団の名称であり、分類としては、(寒帯大陸性気団)、(寒帯海洋性気団)など、示した性質の気団である。日本は中緯度に位置し、ユーラシア大陸や太平洋、日本海、オホーツク海で囲まれているため、このように発現地の異なる5つの気団の影響を強く受ける。しかも、図6-1に示した5つの気団とも定常的に存在している訳ではなく、それぞれの気団の性質や発現する時期、気団が影響を及ぼす時期も違っているため、日本の気候は四季折々の変化が顕著であるといわれている。そのため、降水量の長期的な変動には、大きな地域性が存在する。日本の降水量の長期変動に見られる地域性は、従来の研究においては、行政的、主観的な

帯海洋性気団)である(図6-1)。「シベリア気団」、「オホーツク海気団」などは、一般に使用されている日本付近の地域名由来の気団の名称であり、分類としては、(寒帯大陸性気団)、(寒帯海洋性気団)など、示した性質の気団である。日本は中緯度に位置し、ユーラシア大陸や太平洋、日本海、オホーツク海で囲まれているため、このように発現地の異なる5つの気団の影響を強く受ける。しかも、図6-1に示した5つの気団とも定常的に存在している訳ではなく、それぞれの気団の性質や発現する時期、気団が影響を及ぼす時期も違っているため、日本の気候は四季折々の変化が顕著であるといわれている。そのため、降水量の長期的な変動には、大きな地域性が存在する。日本の降水量の長期変動に見られる地域性は、従来の研究においては、行政的、主観的な

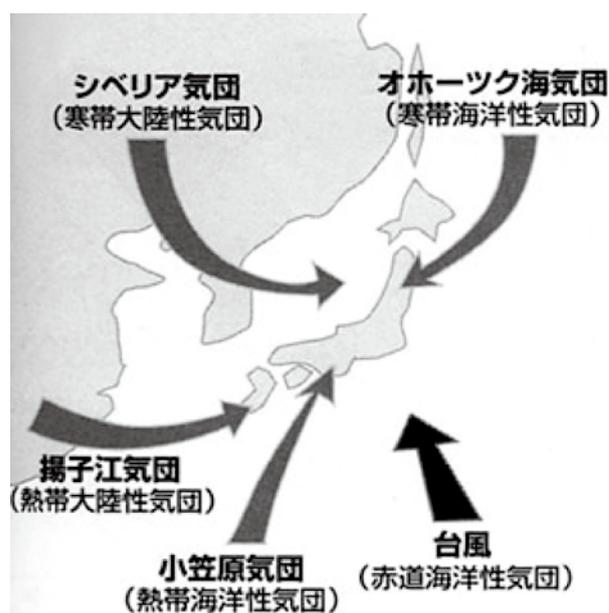


図6-1 日本の気候を支配する5つの気団。
(気象のしくみ；饒村曜著，日本実業出版社より)。

区分や季節によらず固定された区分を用いて解析されてきた。この降水量変動の地域性を決定する大気循環場の変動についても、往來の研究では、主に天候予報の目的から、地域ごとの降水量変動と直接相關のある大気大循環パターンのみを抽出するという手法により論じられていた。しかしながら、局地性の強い日本の降水量変動を、その降水の成因を含めて論じるためには、より地域的な大気循環の指標を考える必要がある。

表6-1に、5つの気団の発現地と特徴、日本の気候に影響を及ぼす時期を示す。主なものは、冬の「シベリア気団」と、夏の「小笠原気団」の2つであり、梅雨時の「オホーツク海気団」、春秋には、「揚子江気団」、台風期には、赤道海洋性気団が大きく影響する。

表6-1：気団の発現地と特徴、日本の気候に影響を及ぼす時期。

シベリア気団 (寒帯大陸性気団)	寒帯大陸が発現地で冷たく乾燥している	冬
オホーツク海気団 (寒帯海洋性気団)	寒帯の海洋が発現地で冷たく湿っている	梅雨期
揚子江気団 (熱帯大陸性気団)	熱帯大陸が発現地で暖かく乾燥している	春, 秋, 梅雨期
小笠原気団 (熱帯海洋性気団)	熱帯海洋が発現地で、下層は暖かくて湿っている	梅雨期, 夏
台風 (赤道海洋性気団)	赤道付近が発現地で下層から上層まで暖かくて湿っている	台風シーズン

(2) 「シベリア気団」

日本の冬を支配する「シベリア気団」は、冷涼で乾燥した寒帯大陸性気団である。シベリア気団の空気は重いので、ユーラシア大陸に巨大なシベリア高気圧が形成される。そのため、「シベリア気団」が勢力を強め、オホーツク海付近で温帯低気圧が発達すると、強い北西季節風が吹き、「シベリア気団」は日本海に流出し、日本海側に大雪を降らせることになる。日本海や、日本列島から少し離れた太平洋に筋状雲が発生するのは、流出した「シベリア気団」

が日本海や太平洋で変質するためである。もし、日本海が存在しなかったら、日本列島には大雪は降らないといわれている。日本海側は雪や曇りの日が多く、太平洋側では快晴の日が続く、日本の冬特有の気候をもたらしているのは、「シベリア気団」に加えて日本海と脊梁山脈が存在しているためである。日本列島から離れた南太平洋に見られる太い雲の帯は、天気図の停滞前線に対応しており、高緯度側の冷たい空気塊と低緯度側の暖かい空気塊との境界に発生している雲である。日本海には、黒潮より分岐した“対馬暖流”が流れ込んでいることもあり、海面水温は高い。シベリア気団は、もともとは冷たくて乾燥した空気塊であるが、日本海に流出すると、下から熱と水蒸気の供給を受けて変質する。下から加熱された「シベリア気団」の下層大気は非常に不安定になり、供給された水蒸気は上空に輸送されるため、積乱雲が発生し、北西季節風によって日本列島へと運ばれてくる。日本海上を移動している間、積乱雲には下からの加熱と水蒸気の供給が続くので積乱雲は発達し、日本列島に達する頃には、寒気層一杯の高さまで成長し、上陸した積乱雲は日本列島の高度3000mクラスの脊梁山脈に衝突して日本海側の山間部を中心に多量の雪をもたらす。また、発達した積乱雲は雷をともしることが普通で、日本海側では“雷鳴”は冬の訪れとも言われている。日本海側に大雪を降らせた空気が脊梁山脈を越えるときは、一種のフェーン現象も加わり、乾燥空気となって吹き降ろすため、太平洋側は晴天の日が多くなる(図6-2)。

もし、日本海がなかったら、「シベリア気団」は変質することなく、日本にやってくるので、日本海側の大雪は少ないと考えられる。このように、冬の気候を支配するのは「シベリア気団」であるが、日本海の存在も大きな役割を果たし、さらに、海拔高度3,000mクラスの山脈の地形的な特徴が大きな影響を与えている。

(3) 日本の夏を支配する「小笠原気団」

冬の気圧配置は西高東低であるが、夏は逆転し、東高西低である。夏はユーラシア大陸の気温が上昇

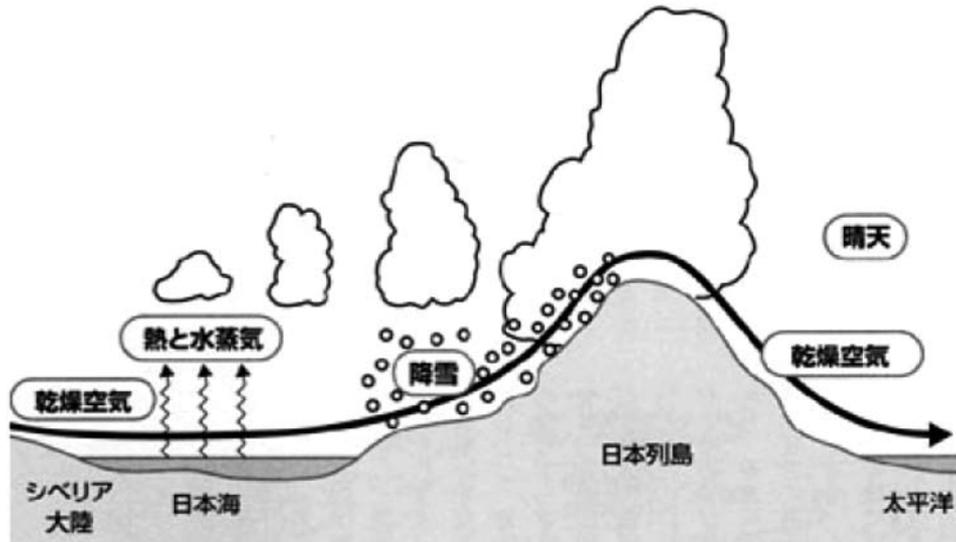


図6-2 日本海に流れ込んだ「シベリア気団」の変質と、冬の日本海側と太平洋側の天気を示した模式図
(気象のしくみ：饒村曜著，日本実業出版社より)。

し、太平洋上の気温のほうが低くなるため、冬とは逆に太平洋上が高気圧になる。全体を太平洋高気圧と呼ぶが、日本付近では「小笠原高気圧」と呼ばれる。日本列島全体がこの高気圧に覆われる時期が夏である。太平洋高気圧の正体は、亜熱帯高気圧の支配下にある亜熱帯や熱帯の海上で形成される「太平洋気団」である。「太平洋気団」のうち日本の南方洋上に広がっている部分を、特に「小笠原気団」と呼んでいるので、日本の夏を支配するのは「小笠原気団」ということになる。

(4) 「シベリア気団」と「小笠原気団」の交代期に登場する「揚子江気団」

北半球高緯度地方の日差しが強まり、「シベリア気団」の勢力が衰えてくると春になる。さわやかな春の晴天をもたらすのは、大陸から張り出してくる移動性高気圧で、この移動性高気圧の正体は、華中以南やチベット高原などの亜熱帯乾燥域で形成される(熱帯大陸性気団)である「揚子江気団」と呼ばれる。季節がすすみ、「小笠原気団」が次第に勢力を増し、日本の南の海上に停滞していた前線はゆっくり北上する。移動性高気圧をもたらした「揚子江気団」は勢力を弱め、代わって北の「オホーツク海高気圧」が台頭してくる。この「オホーツク海高気圧」の中で発現するのが、(寒帯海洋性気団)の「オホー

ツク海気団」である。

日本列島付近で「オホーツク海気団」の勢力と「小笠原気団」の勢力が拮抗するようになると、停滞前線は北上と南下を繰り返しながら日本列島付近に停滞するようになる。この停滞前線が『梅雨前線』であり、日本列島は“梅雨”の季節に入る。「小笠原気団」が勢力を強め、梅雨前線を北へと押しやると、日本列島は太平洋高気圧に覆われるようになる。“梅雨”が明け、暑い夏を迎えることになる。太陽高度が低くなり、暑さも和らいでくると、北上していた停滞前線は再び日本列島付近まで南下し、停滞する。これが秋雨前線である。「小笠原気団」の勢力がさらに衰えると、秋雨前線は日本列島の南東海上に去り、春の晴天をもたらした「揚子江気団」(移動性高気圧)が再び日本付近に移動してくるため、晴天をもたらす。

(5) 台風は赤道海洋性気団を運ぶ

(赤道海洋性気団)は、赤道付近の海洋上で形成される高温・多湿な気団で、台風襲来時に日本上空まで侵入し、大雨を降らせ、大水害を起こす。「小笠原気団」(熱帯海洋性気団)の下層は高温多湿であるが、上層は乾燥しているのに対し、(赤道海洋性気団)は下層から上層まで高温多湿という特徴を持っているため、背の高い積乱雲群を発生させ、激しい豪雨を見舞うことが多い。

したがって、四国の太平洋側は、台風期において太平洋上の強い台風による吹き出しの影響を受け、集中的に大雨が降る傾向があり、記録的な大雨となることも少なくない。このように、四国の年間降雨量は、太平洋岸に位置する高知県が第一位であり、次に徳島県がつづき、全国平均を大きく上回っている(表6-2)。

表6-2 四国4県の年間降水量.

県別	香川	徳島	愛媛	高知	全国
年間降雨量	1239	2221	1665	2723	1749

第2節 高知県の気候

(1) 概要

高知県の気候は四国山地と黒潮の影響を強く受け、①温暖で気温が高い、②平野部や海岸部では寒候期に晴天が続き日照時間が長い、③山間部や豊後水道に面した地域では寒候期にかなりの降雪がみられる、④暖候期に降水量が多い、⑤半島や岬部、島では年間を通じて風が強い、⑥夏から秋にかけて台風が襲来する、などの特徴を有し変化に富んでいる。

(2) 気温

高知県の年間平均気温は16.6℃で全国平均の14.9℃より1.7℃高く、全国で5位と温暖な地である。気温は一般に海拔高度と海洋の影響によってほとんど決まるので、高知県の年間平均気温も海岸部(17~18℃)から平野部(16℃以上)を経て内陸に入るにつれて次第に低くなり、山間部では13℃前後となる。したがって、等温線は地形の等高線とほぼ平行する。高知市比島における日最高気温は1965年8月22日に38.4℃、日最低気温は1977年2月17日に-7.9℃を記録している。

(3) 降水量

降水量は地形の影響を強く受け、山脈の風上側では雨が強く風下側では少ない。高知県の平均年間

降水量は2627.0mmで、全国平均の1,800mmに比べると800mm以上も多く、全国屈指の多雨地帯となっている。特に東部の魚梁瀬地域、中央部の山間地域、西部の四万十川上流地域では3,000~4,000mmに達する所もある。一方、東部の土佐湾沿岸や豊後水道に面した地域はではやや少ない。月別平均降雨量は9月で404.3mmと最大となり、6月の373.2mmがこれに次ぐ。前者は梅雨前線、後者は台風や日本南岸に停滞する前線によるものである。12月~1月の降水量は50~60mmと少ない。高知市比島における最大日降水量は1998年9月24日に628.5mm、最大月降水量は1976年9月、最大年降水量は1998年に4384.0mmを記録している。

高知県は、年間平均降雨量が全国一であり、このため四国南部に位置する一級河川である四万十川、仁淀川、物部川流域(高知県)、那賀川流域(徳島県)の年間降雨量は、上流部が3,000mmを超える日本でも有数の多雨地帯となっており、下流部でさえも2,500mmにも達する。1971年~2000年までの四国の年平均降雨量を図6-3に示す。

このように、高知県は、急峻な地形条件、地震発生帯に位置するため、自然災害と常に向き合っている。高知でも近年、集中豪雨が多発しており、多雨と小雨の振れ幅が大きくなり、そのため、洪水、地震、津波等の災害対策への関心も高まっている。

(4) 日照量

日照時間は雨量、および地形と密接な関係があり、一般に海岸部で多く山間部で少ない。高知県の年間日照時間は2120.1時間で全国屈指の多さとなっている。月別平均日照時間は12月の191.2時間が最多で、8月の198.2時間がこれに次ぐ。最小は6月の138.6時間で、9月の153.4時間がこれに次ぎ、降雨量と対応している。地域別に見ると室戸岬や足摺岬、高知市周辺で多く2500時間前後である。山間部では雲や霧の発生によって少なく2000時間程度である。

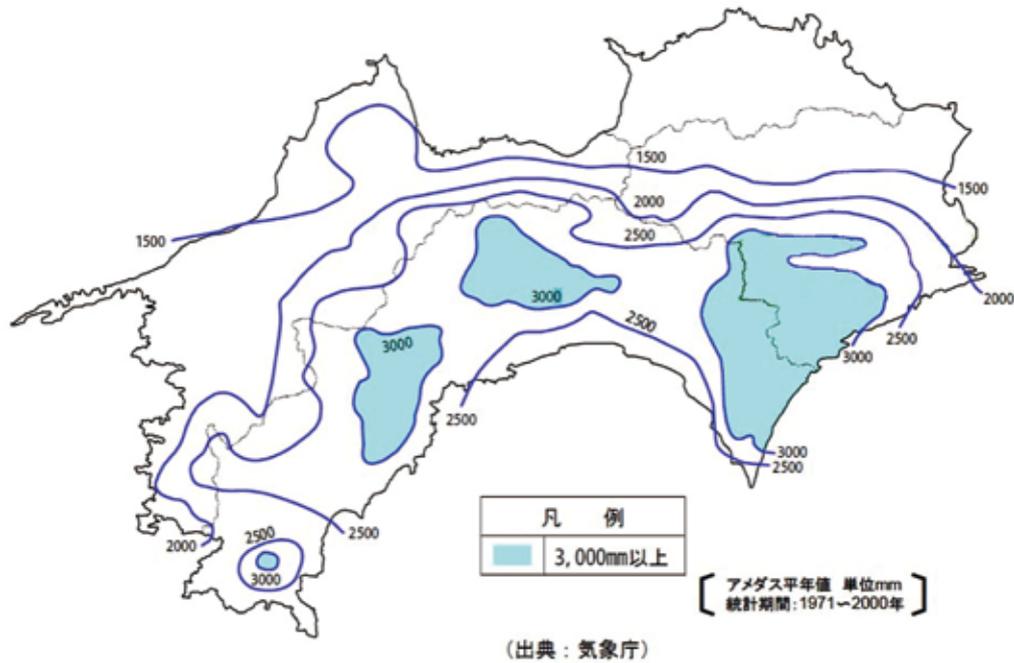


図6-3 四国の年平均降雨量 (1971年～2000年における気象庁のデータによる)。

第3節 高知県の地形

(1) 概要

高知県は四国南部に位置し、その北は石鎚山地、および四国の脊梁をなす四国山地に接し、南は土佐湾を介して太平洋に向かって扇形に開いている。地体構造的には中央構造線以南の西南日本外帯に属する。西南日本の大地形を構成する要素は北から南へ、①内帯山地、②瀬戸内低地、③外帯山地、④前弧海盆と外縁隆起帯であり、これらはいずれも島弧の伸びに平行に配列している。高知県が属する上記③は付加体の上昇と浸食作用によって生じた(曲隆)山地で、先行性の河川で浸食され、深い渓谷と急峻な山地を形成している。中・小地形として地質構造を反映した侵食地形と組織地形が発達する。

本県には北から三波川帯・秩父累帯・四万十帯の各地質帯が分布する。秩父累帯と四万十帯においては、谷筋は地質構造の一般的走向や断層に平行している。ただし、秩父累帯では東-西方向の構造に規制された谷筋が発達するのに対して、室戸半島や幡多半島の四万十帯においては北東-南西方向に谷筋

が発達する。これは4300万年前に太平洋プレートの運動方向が変わったことにより、半島域の四万十帯には北東-南西方向の構造が形成されたことによるとされる。一般に、尾根筋は風化・浸食を受けにくい砂岩・チャート・石灰岩からなることが多い。一方、三波川帯においては風化・侵食に対する抵抗性が低い泥質片岩域は谷に、それが高い砂質片岩域は尾根をつくり、必ずしも地質構造が地形に反映されているとは限らない。四国山地北部の100万年間の平均隆起量は2.5mm/年に達する。四国山地は隆起量と侵食速度が大きく、山地斜面での崩壊や地すべりに起因する地形が発達する。

高知県の面積は7,106km²で日本の1.9%、四国の37.8%を占め、全国18位の大きさである。地形分類区分毎の面積比率は山地84.3%、丘陵地6.1%、台地・段丘2.7%、低地5.7%であり、山地が海岸に迫る部分が多く、四国四県の中で最も山地に富み低地に乏しい。

(2) 山地

本県中央部の北には石鎚山系東部の山々である瓶ヶ森(1896m)・筒上山(1859m)・笹ヶ峰(1860m)・西黒森(1861m)・伊予富士(1756m)・寒風山(1763m)・

平家平(1693m)などが連なり高山地帯を形成している。これらは三波川帯に位置し結晶片岩からなる。東部には剣山西部の山々である石立山(1708m)・三嶺(1893m)・白髪山(1770m)・綱附森(1643m)・矢筈山(1607m)などが座す。また、馬路村・魚梁瀬周辺には甚吉森(1423m)・千本山(1084m)・雁巻山(1125m)・宝蔵山(1249m)・天狗森(1295m)などを擁する山地が広がっており、日本産代美林の一つ「梁瀬杉」の産地として知られている。西部の四万十川源流域には不入山(1336m)や鶴松森(1100m)が知られており、その北には天狗高原から愛媛県の大野ヶ原につながる四国カルストが広がる。西部の南には堂が森(857m)・大黒山(1106m)・篠山(1065m)などからなる山塊が広がる。さらに、今ノ山(865m)・中畑山(485m)・貝ヶ森(455m)などが渭南山地とよばれる山塊を構成している。

山地に見られる特徴的な地形に地すべりや斜面崩壊による大規模崩壊地形がある。これらは、三波川帯や秩父累帯に多い。両帯では岩石に剥離性を示す片理・断層破碎帯・剪断節理などが発達し、これに沿って崩れ崩壊性の地すべりが生じる。また、仁淀川村・長者で黒瀬川構造帯の著しく破断され、粘土化した蛇紋岩が原因となった地滑り地形が発達する。急峻な山地では古来より地すべりで生じた低平地が生活の舞台となってきた。

(3) 河川

東部の室戸半島東海岸には野根川、西海岸には羽根川・奈半利川・安田川・伊尾木川・安芸川などがあり、野根川をのぞく河川は全て土佐湾に流入している。これらの河川は四万十帯に発達する断層や構造線に沿うものである。いずれも流路延長は10～50kmと比較的短い。

中央部には物部川・鏡川・仁淀川がある。鏡川は高知市(旧土佐山村)の細薮山(531m)に源流があり、高知平野を経て高知市・吸江付近で浦戸湾に流入する。流路延長は31km、流域面積は170km²で、高知市中心部を貫流する河川でありながら水質は比較的よい。高知市西部においては鏡川の旧河床・扇状地・氾濫原・後背湿地などに市街地が立地している。

高知県には、四万十川、仁淀川、物部川の3つの一級河川が存在する(図6-4)。それぞれの河川の特徴を以下に述べる。

a. 物部川

高知県の白髪山(標高1,770m)にその源を発し、中・上流域にかけて山地に囲まれた峡谷をほぼ南西に流れ、土佐山田町で山地を離れたのち香長平野を南流して土佐湾に注いでいる。高知県においては四万十



図6-4 四国の一級河川(国土交通省ホームページより引用；
http://www.mlit.go.jp/river/jiten/nihon_kawa/map_88.html).

川、仁淀川に次ぐ流路延長71km、流域面積508km²の第3の河川である。物部川は高知県中央部に位置し、高知平野を潤したのち土佐湾に注ぐ急流河川で、流域の年間降雨量は約3,000mmにも達する。流域面積(508km²)のうち山地が約9割を占め、平地は38km²に過ぎない典型的な山地河川である。上流から中流域にかけては急峻な山地に囲まれたV字型の溪谷を呈し、下流部においても山間部から急激に開けた扇状地平野を流路が蛇行する中流河川の様相を呈している。急流河川である物部川は、下流部においても河床勾配が急勾配(約1/290)のまま海に至っているため、感潮域は河口から僅か0.7km程度と非常に短くなっているのが特徴である。

b. 仁淀川

仁淀川は、西日本の最高峰石鎚山(標高1,982m)に源を発し、愛媛県内を西南に流れたのち東に向きを変えて高知県に入り、幾つかの支流を合わせつつ流下し、吾南・高東平野を貫流して土佐湾に注ぐ流路延長124km、流域面積1,560km²の四国第3の河川である。流域のほとんどは急峻な山地に覆われ、下流部の平野は支川の奥に行くほど低くなる典型的な「低奥型地形」となる。仁淀川流域は、台風銀座の名で知られる高知県のほぼ中央に位置し、年平均降水量は流域平均で約2,500mm程度であり、特に中流部は3,000~3,250mmに達します。流域面積(1,560km²)のほと

んどが急峻な山地に覆われ、平地は中流部の越知町と伊野から河口に至る左右岸に開ける吾南・高東平野の約3%に過ぎない。河川は先行河川の性格をもって貫入蛇行し、特に中流部で著しく、平地以外では山脚が河岸まで迫っている。下流部は全体として礫質な砂州が形成される中流域の様相を呈し、感潮域は河口から3km程度までとなっている。

c. 四万十川

四万十川は、高知県の西部を流れる渡川水系の本川で一級河川である。吉野川に次ぐ四国第2位の流域面積を持ち、高知県内では最も長い川である。高知県高岡郡東津野村の不入山に源を発し、上流部の大野見村、窪川町を緩やかに南下し、中流域の大正町で流れを西に向け、十和村、西土佐村で激しく穿入蛇行し、一部に河岸段丘が見られる。再び南下し、下流の中村市から太平洋に注いでいる。中流域から下流域では河床勾配がきわめて小さく穏やかな流れを作っている。河口付近には広大な汽水域と干潟が広がる。流域面積2,270km²、流路延長196kmで流域面積に比べ流路延長が長く、河床勾配が緩いのが特徴である。また、本流に大規模なダムが建設されていないことが特徴である。

表6-3に、高知県における3つの一級河川の特徴を示し日本最大級の河川との比較をまとめた。この

表6-3 高知県における3つの一級河川の特徴と日本最大級の河川との比較。

水系名 Name of river system	河川数 No. of rivers	幹川流路延長 Length of mainstream (km)	流域面積 Catchment area (km ²)	最大流量 Max. flow (m ³ /sec)	年平均流量 Yearly averaged discharge (m ³ /s.)	単位面積あたり 年平均流量/流域面積	基準地点 Reference point	ダム数 No. of dams	関係都道府県名 Rerevant prefectures prefectures
仁淀川	166	124	1,560	13,513.70	100.07	0.064	伊野	1	高知、愛媛県
渡川(四万十川)	319	196	2,270	13,380.50	121.02	0.053	具同	2	高知、愛媛県
物部川	35	71	508	4,369.24	30.78	0.061	深測	1	高知県
十勝川	209	156	9,010	4,750.02	85.36	0.009	茂岩	2	北海道
安倍川	36	51	567	4,861.74	41.44	0.073	手越		静岡県
大井川	39	168	1,280	5,832.55	76.4	0.060	神座	1	静岡県
1 利根川	819	322	16,840	10,577.16	237.1	0.014	栗橋	18	東京都、埼玉、千
2 石狩川	464	268	14,330	4,025.32	133.18	0.009	石狩大橋	12	北海道
3 信濃川	880	367	11,900	9,638.26	503.15	0.042	小千谷	2	新潟、群馬、長野
4 北上川	302	249	10,150	5,455.28	318.42	0.031	登米	7	岩手、宮城県

(理科年表2005より抜粋)

表をみてわかるように、高知県の河川は、流域面積に対し、年平均流量が多く、単位面積あたりの流量は、日本の最大河川である利根川、石狩川、信濃川、最上川をはるかに上回る。これは、各河川とも、台風に起因する、上流域の年間降雨量が3,000mmを超える日本でも有数の多雨地帯に位置するからである。従って、四国特有の地形的な特徴から、幹線流路は短く年平均流量が多いため、最大流量も多くなり、これが中流や下流域の河川の氾濫を引き起こすことになる。また、この時に土佐湾へ多量の淡水と堆積物をもたらし、海洋環境が大きく変化することになる。

(4) 海岸

高知県の海岸線は706kmにおよび、海岸は地形的に中央部の低平な高知平野、および東部と西部の半島部に大別される。前者は溺れ谷やリアス式海岸が発達する沈降性の海岸であり、後者は海岸段丘が特徴的な隆起性の海岸である。東部の室戸半島西海岸、西部の幡多半島東海岸や足摺岬半島にはみごとな海岸段丘が発達する。室戸半島では羽根岬・行当岬・室戸岬に典型例を見ることができる。室戸市・羽根町から吉良川町にまたがる西山台地はこの海岸段丘面にある。これらの海岸段丘の高度は北方に向かって次第に減じ、ついに海岸段丘は消滅し、中央部のリアス式海岸地帯へと移り変わる。幡多半島東海岸では伊の岬・入野・平野・大岐などに、足摺岬半島では以布利・津呂・足摺岬・中ノ浜・土佐清水・松崎などにみられる。本地域の海岸段丘も北西に向かって傾動している。室戸岬周辺には、大地震に伴う陸地の急激な隆起に起因するとされる完新世隆起海岸地形がみられる。

溺れ谷は四万十川河口域に、リアス式海岸は横浪半島北側の浦ノ内湾や幡多半島西海岸に発達する。

室戸半島東海岸や幡多半島西海岸には岩石海岸が広がり、足摺岬から大堂海岸にかけては、花崗岩がつくる海食崖が続く。足摺岬の白山洞門に代表される海食洞が随所にみられる。砂浜海岸の唐ノ浜・琴ヶ浜・物部川河口から浦戸湾を経て仁淀川河口にいたる海岸、入野には浜堤・砂丘・砂州などが発達し、その背後には後背湿地が広がる。

(5) 低地(平野)

沖積低地(平野)は各河川の河口部に発達する。その代表的なものは中央部の高知平野(広義)である。同平野は西部の鏡川・久万川・国分川下流の三角州性低地と浦戸湾沿岸低地、および東部の物部川下流の扇状地性低地からなり(香長平野)、東西で性格が異なる。西部は高知市・朝倉付近に発達する小規模の扇状地を除けば氾濫原と三角州低地であり、河川に沿って微高性の自然堤防やその背後に後背湿地が形成されている。

西部の中村平野など四万十川流域に分布する低地の多くは、かつて沈降地形に海水が流入して形成されたものである。また、中筋平野は開析された東西性の断層(中筋構造線、あるいは中筋地溝帯とよばれる)に沿う堆積谷底平野として形成されたものである。

第4節 四国沖の海底地形

日本列島は、海洋プレートの沈み込む島弧一海溝型の変動帯に属する。西南日本外帯沖には、水深200mまでの比較的狭い陸棚、そこからshelf breakをへて大陸斜面へと移行する。その大陸斜面には、東から熊野舟状海盆、室戸舟状海盆、土佐海盆、日向海盆と深海平坦面が存在している(図6-5)。これらは、いわゆるupper slope basinと呼ばれている。音波探査及び地震探査記録から、この深海平坦面は、その外側に発達するouter ridgeによってせき止められた新しい時代の堆積物がつくる堆積面であると考えられるようになった(Hildeら, 1969, 吉井ら, 1970)。一方、この大陸斜面外側に存在する深海平原が南海トラフである。

南海トラフは、駿河湾より西南西方向に走る細長い海盆で、その西端は琉球トレンチに続くとされている。水深4,000~4,800mの平坦な海底で、駿河湾より段階的に南西に深くなる。この南海トラフには、大陸斜面から多数の海底谷が注いでいる。天竜海底谷、潮岬海底谷はその代表例である。日仏共同KAIKO計画(1992)の結果では、南海トラフには、トラフ軸に

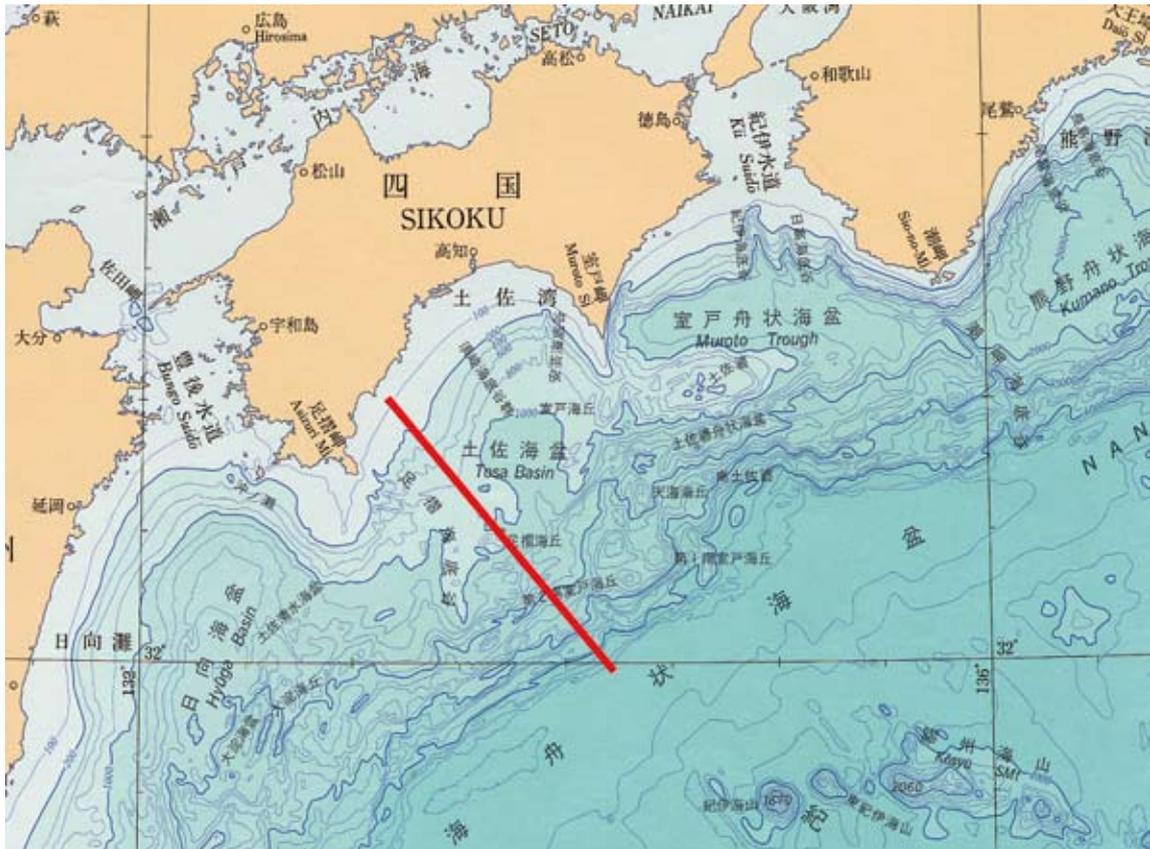


図6-5 四国沖の海底地形図。線は、図6-6に示した音波反射断面位置。

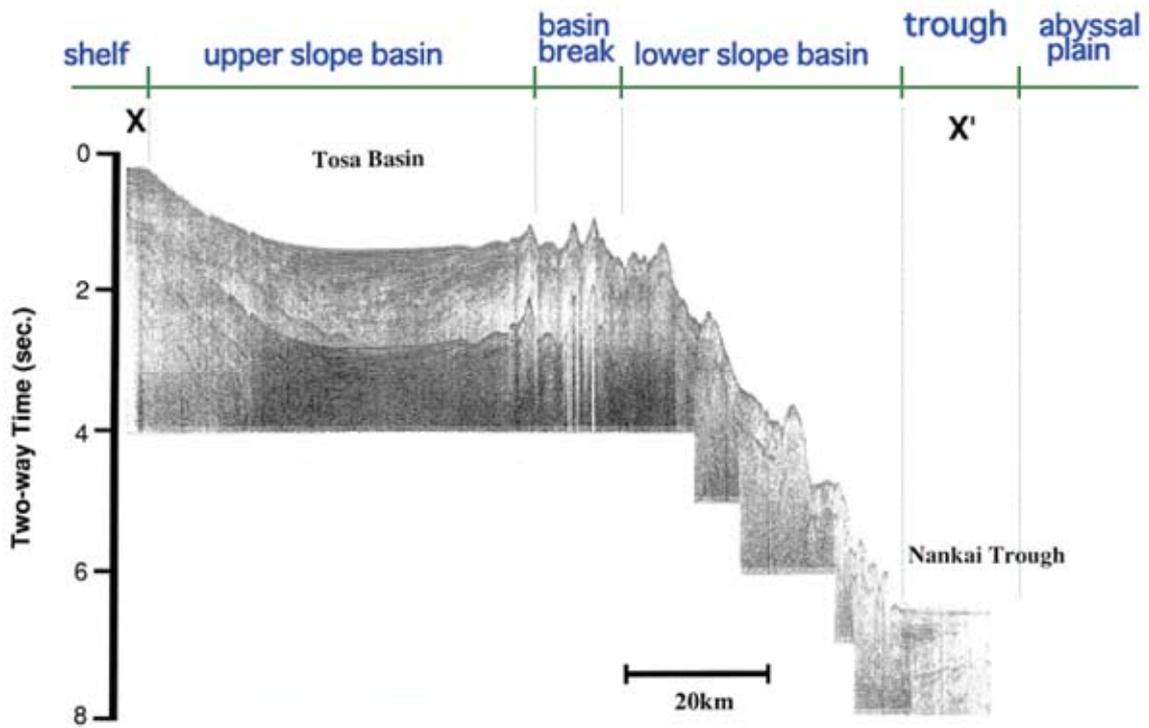


図6-6 足摺岬沖から南海トラフに至るまでの音波反射断面図 (KAIKO Project, 1992に加筆).

むかって deep-sea channel が存在することも明らかにされている。トラフ南側の四国海盆との比高はわずかに数100mであり marginal swell はない。現在の南海トラフには、厚い陸起源堆積物の存在が明らかにされているが、その陸側斜面には堆積物が少ない。その厚い堆積物は、粗粒な陸源碎屑物からなり、特に砂質タービダイトの多くは駿河湾域から供給されたものだと考えられている(平ほか, 1984, 1985)。そして、南海トラフの南側には、フィリピン海プレート上に乗る深海平原である四国海盆が位置している。ここでは、フィリピン海プレートがアジアプレートの下に沈み込み、その沈み込みにともない付加体の成長、特にアンダープレATINGなどの作用により海溝陸側斜面が盛り上がり、その背後の陸側には Back thrust が生じ、そこには堆積物がトラップされている。

四国沖の海底地形は、大きく4つに分けることができる。大陸棚 (shelf) から土佐海盆と呼ばれる上部斜面海盆 (upper slope basin) までの平坦面, basin break を経て、傾斜が急峻で細長く発達した下部大陸斜面 (lower slope basin), 南海トラフである海溝

平坦面 (Nankai Trough), さらに四国海盆と呼ばれている深海平原 (abyssal plain) である。この4つの地形区分のうち、下部斜面海盆は、四国から河川によってもたらされる陸源物質が大量に堆積した上部斜面海盆と南海トラフ域との中間に位置する。これらの堆積物は、半遠洋性堆積物 (hemipelagite) と呼ばれている。

それぞれ特徴のある地形群の各深度にともない、岩相、粒度、内容構成物がどのように変化するか、また、浅海部から堆積物の流入量がどの程度あるか、海盆ごとに堆積物は流動しているか、南海トラフの海溝軸に沿って流れるタービダイトなどの重力流の影響はあるかなど、プレート境界域のテクトニックな場における深度ごとの堆積物の概要は、採取された海洋コアから明らかにされている。

参考文献

1. 気象のしくみ; 饒村曜著, 日本実業出版社
2. 理科年表 国立天文台編 (2005年度版), 丸善
3. 日本水路部海底地形図 (西南日本)
4. 日仏 KAIKO Project (1992)

トピックス

[高知県の全国1位]

・日照時間

日照時間は、年平均2,034時間を越え、全国年平均は1,750時間程度。最下位の秋田県、青森県では年平均1500時間程度であり、高知県の日照量がいかに多いかがわかります。これが「南国土佐」と呼ばれる由縁でしょうか？豊富な農作物の生育が良い理由でもあります。ただし、年平均気温は17.7℃で、沖縄県、鹿児島県、宮崎県に次いで全国4位、最高気温も32.8℃(全国22位)とそれほど高くなく過ごしやすい気候といえるでしょう。

・降水量

年間降水量は3,213mmで、2位の熊本県の2,801mmと

比べかなり多いです。しかし、降水日数は、年間121日で全国16位と多くありません。ということは、平均降水量がかなり多いことになります。高知県を通過する低気圧(台風)の多さや四国山脈の急峻な地形などの条件がそろっているからでしょうか。

・森林面積率

森林の面積率は83.3%で1位、2位の岐阜県が79.6%です。森林の面積率とは、高知県の総面積に対する現況森林面積の割合を示します。余談ですが、宅地の割合は、全国最下位で47位。高知県は3.0%ですが、大都会の大阪府(56.7%)、東京都(53.6%)、神奈川県(45.8%)と比べるといかに少ないかがわかります。

(総務省統計局『社会・人口統計体系』(2008)より)

第7章

土佐湾沿岸から土佐海盆の地質と環境

はじめに

土佐湾沿岸から土佐海盆における海底地形、海底地質構造、および、堆積物の分布の特徴を概観するとともに、土佐海盆の柱状試料(コア)から復元される古環境変遷について概説する。

第1節 土佐湾の海底地形と海底環境

(1) 海底地形

高知市は土佐湾の湾奥部に接する。土佐湾は室戸岬と足摺岬の間にある南方に広く開いた湾である。土佐湾及び周辺海域の海底地形は、大陸棚と広い深海平坦面及び南海トラフに特徴づけられている(図7-1, 表7-1)。土佐湾の大陸棚は、室戸岬に近い東岸で狭く、西岸で広い。東岸の大陸棚は、室戸岬南方の室戸海脚から始まり、西に向かって次第に幅が広く、かつ大陸棚外縁の水深が深くなり、外縁の形状が不明瞭になるという特徴を持つ。室戸岬付近の大陸棚は幅約10km、外縁の水深が約110mであるが、土佐湾西岸は幅約20km前後の広い大陸棚で特徴づけられる。高知市沖の大陸棚は、幅約20km、外縁水深は約150mとなり、大陸棚外縁から土佐海盆にかけての大陸斜面は急激に水深が深くなる。土佐海盆は、日本列島南岸を東から熊野舟状海盆、室戸舟状海盆、土佐海盆、日向海盆と続き、南海トラフの北側にトラフ軸とほぼ平行に点在する前弧海盆の一つをなしている。土佐海盆は、水深800~1100mの広い深海平坦面を成しており、それより南方の南海

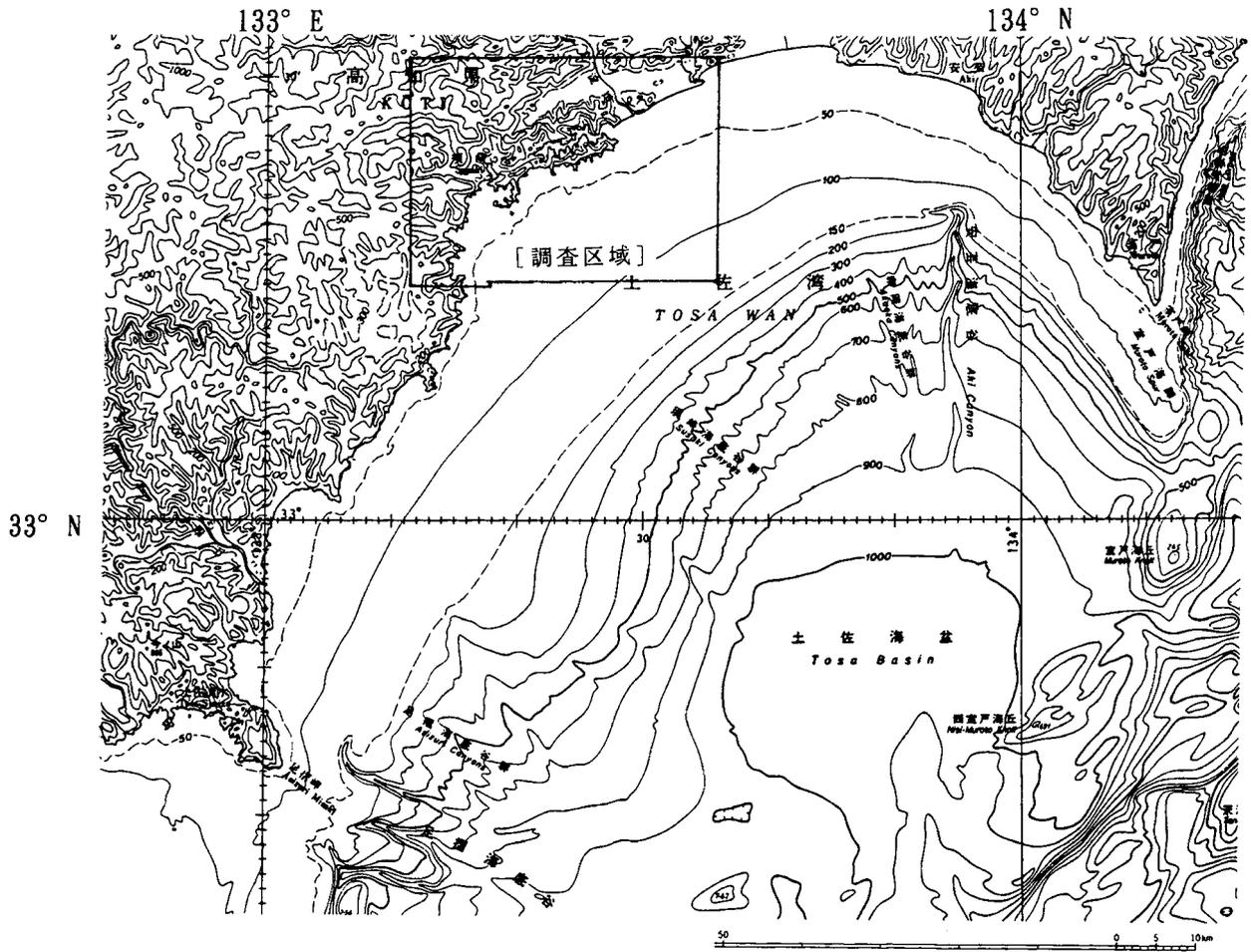
トラフに向けて湾口を開いている。また、大陸斜面上には安芸海底谷、赤岡海底谷群、須崎海底谷群などの海底谷が存在する。これらの海底谷は、およそ2万年前の最終氷期に海面が約120m低下していた時代に形成された河川谷の跡である。

図7-2に、高知市から久礼に至る海岸域における海底地形分類図を示す。これに基づく、浦戸湾から浦の内湾までの海岸部は、水深10~15m以浅の浅海が続き、砂浜海岸が発達するのが特徴である。砂浜海岸は直線的で、水深5m以浅には沿岸砂州が形成されているところもある。一方、浦戸湾口や高知新港には大規模な人工海岸もある。

浦戸湾は、鏡川、国分川などの下流域にあり、土佐湾のほぼ湾奥部に開口している。湾口部にはその両側から砂や礫からなる砂嘴が成長しており、湾口閉塞を起こしやすい。湾口部の水深は約-10m、湾央部では約-4.5mの面が広がっている。

(2) 海底堆積物

土佐湾の堆積物(底質)は、沿岸部の岩礁とその周辺に分布する粗粒砂や中粒砂および湾入部から沖合に分布する細粒砂、シルト、泥により構成されている(図7-3)。大局的に見れば、足摺海脚上や大陸棚から上部陸棚斜面の一部を除いて、土佐湾の底質は泥質堆積物が卓越している。湾奥部の高知沖の沿岸部には、含泥率が低く、淘汰の良い極細粒砂の分布が認められる。また、高知沖の水深100~300mには極細粒砂~中粒砂からなる帯状の砂質堆積物の分布が見られる。この帯状の砂質堆積物は、南西に向かって徐々に細粒化させながら、等深線と斜交してより深い水深へと舌状に分布している。この砂質堆積物



(「海底地形図 第6601号」に加筆)

図7-1 土佐湾の海底地形 (沿岸の海の基本図高知より)。

表7-1 土佐湾の海底地形土佐湾の海底地形の特徴 (日本沿岸海洋誌より)。

地名	西		東								
	南~西方	東方	中村	井ノ岬	須崎	高知	赤岡	安芸	安田	室戸岬	
大陸棚の幅 (km)	30	10	23	25	30	25	20	16	12	10	
大陸棚外縁水深 (m)	160—150		190				140		150		110
大陸棚外縁の形状	—明瞭		不明瞭			—明瞭		不明瞭		—明瞭	
海底谷 (谷頭水深— 開口部水深:m)	足摺海底谷 (130—1,000~)		須崎海底谷群 (300—900)			安芸海底谷 (130—1,000~)					
			足摺海底谷群 (130—900)			赤岡海底谷群 (300—900)					
海岸	岩石海岸	岩石海岸 + 砂・礫浜	岩石海岸	砂・礫浜	砂・礫浜	砂・礫浜	岩石海岸 + 砂・礫浜	岩石海岸	岩石海岸	岩石海岸	
地質	花崗岩	四万十帯 (南帯)	四万十帯 (北帯)	沖積層 秩父帯	四万十帯 (北帯)	四万十帯 (南帯)	はんれい岩	はんれい岩	はんれい岩	はんれい岩	

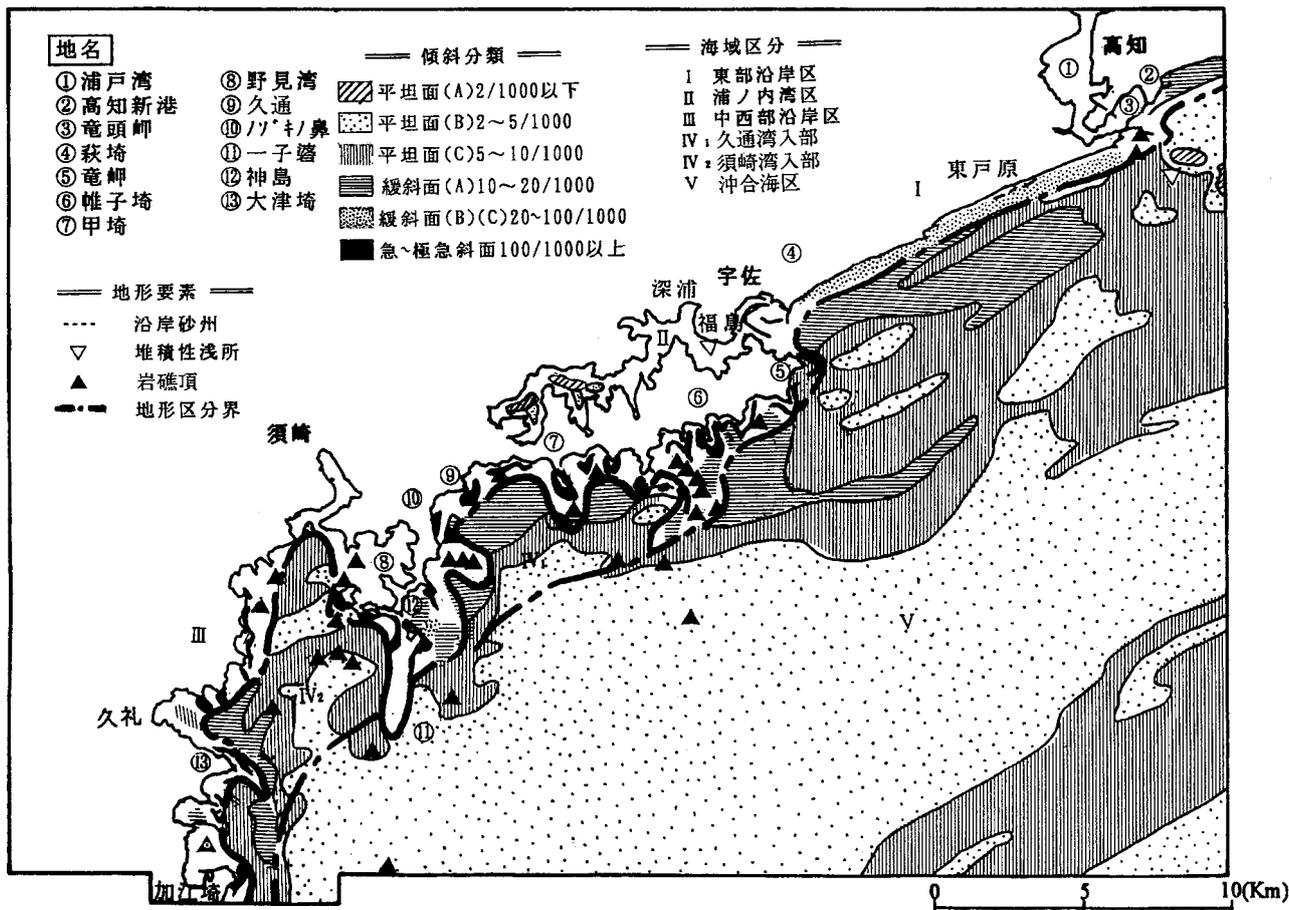


図7-2 海底地形分類図(沿岸の海の基本図高知より)。

の分布は、土佐湾に存在する反時計回りの黒潮反流によって底質が移動する方向を示唆しており、その部分に沿って比較的粗粒な砂質堆積物が露出していると考えられている。足摺海脚上には、中流砂よりも粗粒な堆積物が分布しており、礫や露岩が認められている。

(3) 海底地質構造

岡村ほか(1987)は、音波探査記録に基づいて土佐湾の海底地質構造をまとめた(図7-4)。これによれば、土佐湾には土佐沈降帯と中村沈降帯の2つの沈降帯とそれに挟まれる興津ノーズと呼ばれる隆起帯が存在する。土佐・中村両沈降帯は、第四紀前半にはほぼ同じ様に成長していたが、第四紀中頃以降西側の中村沈降帯の沈降が弱まった。しかし、中村沈降帯の沈降速度は小さくなったが、その周辺は隆起している。土佐沈降帯の陸側に相当する物部川以西の沿岸部には海成の中位段丘・低位段丘がみられないこ

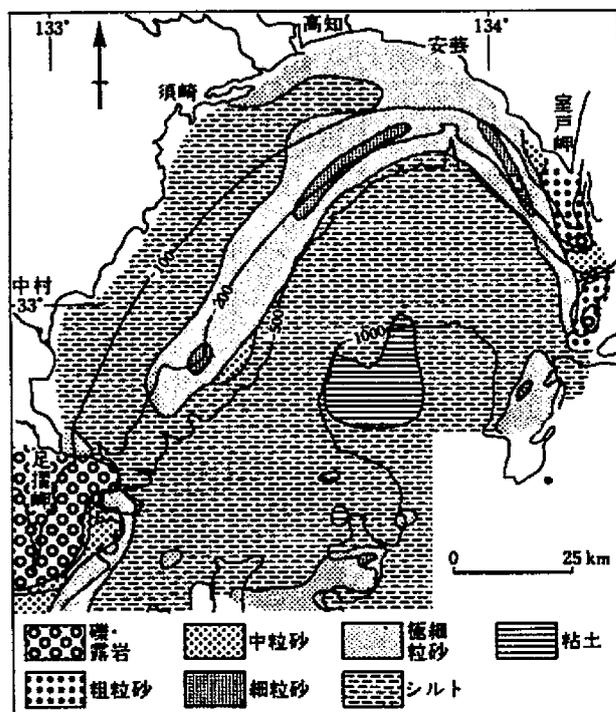
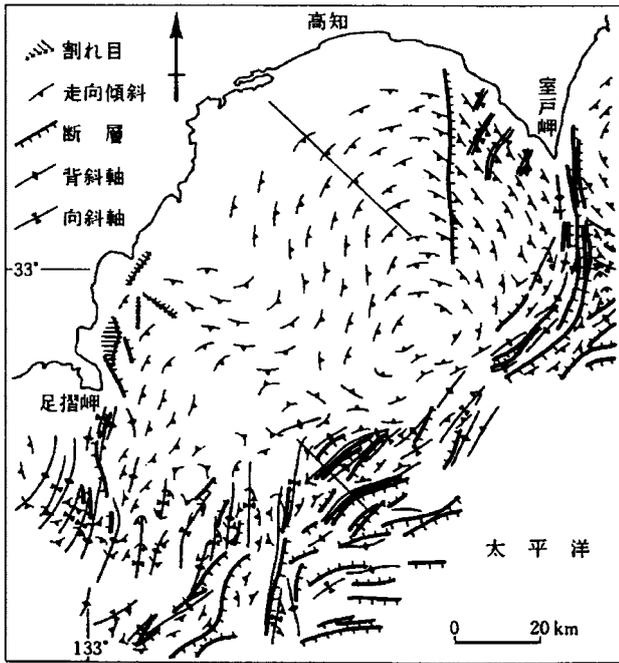


図7-3 土佐湾の底質図(池原・岡村, 1985)。

堆積物粒子の大きさは次の通り。礫:>2mm, 粗粒砂:0.5-2mm, 中粒砂:0.25-0.5mm, 細粒砂:0.125-0.25mm, 極細粒砂:0.063-0.125mm, シルト:0.004-0.063mm, 粘土:<0.004mm。



岡村ほか (1987)

図7-4 土佐湾とその周辺海域の地質構造 (沿岸の海の基本図高知より).

とから、少なくとも土佐沈降帯から高知平野までは沈降傾向にあったと考えられる。土佐沈降帯の沖側には土佐海盆があり、1500mに達する堆積物がみとめられる。

第2節 土佐海盆の柱状コアからみた土佐湾の環境変遷史

(1) 海洋コア MD01-2423の概要

池原ほか(2006)で報告された土佐海盆から採取された海洋コアの概要や、それらが示す四国沖の古環境変遷史について概説する。

ピストンコア MD01-2423は土佐湾中央部(32° 50.1' N, 133° 45.1' E, 水深1,042m) (図7-5) から採取されたコア長36.4mのコアである。MD01-2423コアは、一般

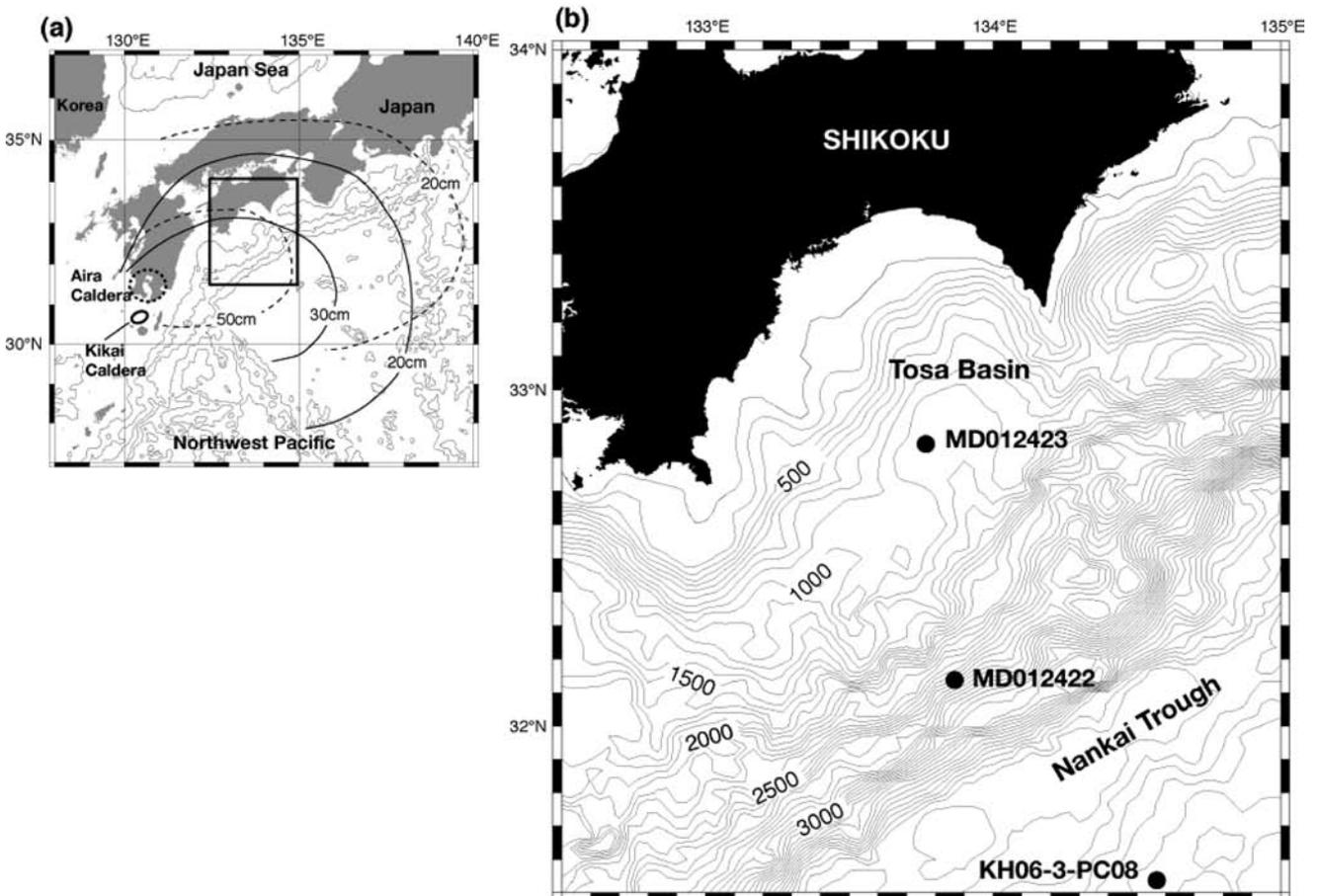


図7-5 コア採取地点および広域テフラの給源の位置。

(a) 鬼界カルデラおよび始良カルデラの位置、および、日本列島および北西太平洋における鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) と始良Tnテフラ (AT) の分布範囲を示す等層厚線図 (町田・新井, 2003を改変)。図中の四角は図 (b) の位置を示す。(b) MD012422, MD012423およびKH06-3-PC08の採取地点。(池原ほか, 2006)。

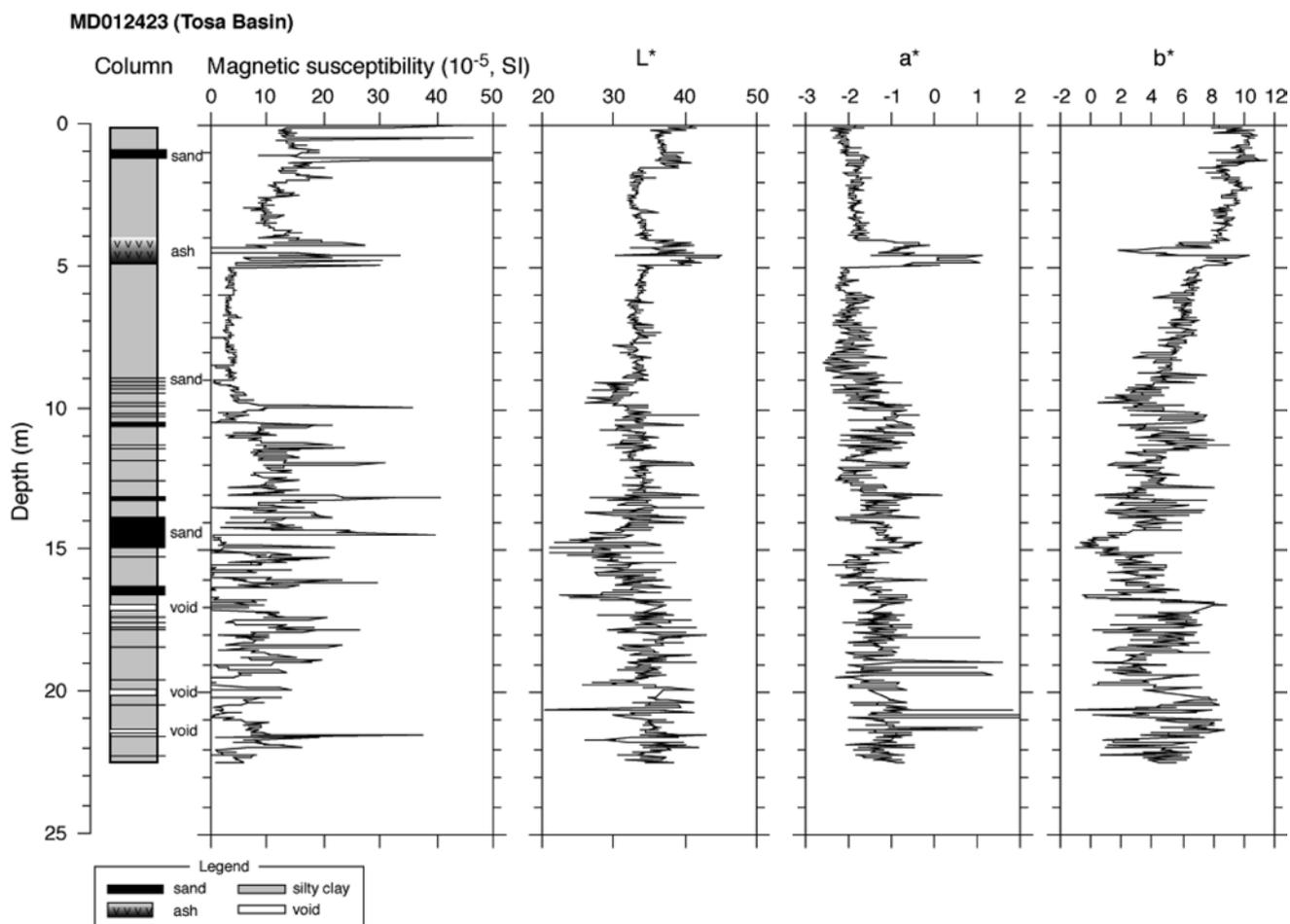


図7-6 MD012423の岩相柱状図および非破壊計測結果。
左から、岩相柱状図、帯磁率、堆積物表面の明度 (L^*)、色彩 (a^* , b^*)。(池原ほか, 2006)。

に灰オリーブ色を呈する均質なシルト質粘土を主体とするが、約9mより下位の層準では、より暗色(オリーブ黒)の砂層が多数挟在する(図7-6)。ほとんどの砂層の層厚は数cmであるが、一部には層厚が1mに達する砂層も存在する。図7-7に2423コアのX線CT画像を示すが、それぞれの砂層は、下位層との境界が明瞭で、かつ、上方細粒化を示す。したがって、これらの砂層は混濁流起源のタービダイトと解釈され、土佐海盆では、約9mより深い層準で頻繁にタービダイトが観察されている(図7-7)。このコアの年代に関しては後述するが、コアトップより約9mの層準は約17 cal kyrに相当する。したがって、土佐海盆では約17 cal kyrを境として堆積場のセッティングが、頻繁にタービダイト層が形成される環境から、タービダイトがほとんど形成されない環境へと大きく変化したことがわかる。深海底における

タービダイトは、一般に大陸棚上で発生した混濁流によって粗粒な砂やシルトが深海底に運搬され堆積したものである。この混濁流の発生メカニズムとしては、高濁度河川水の直接流入、高波・潮汐による下降流から発生するイグニティブフロー、大陸棚の懸濁層から発生する下降流、火山碎屑物の流入による高密度流の発生などが挙げられる。MD01-2423コアにおいてタービダイト層が頻繁に挟在する層準はおおよそ最終氷期に相当することから、氷河性海水準変動による海面低下に伴って、大陸棚から前弧海盆における堆積物運搬プロセスが大きく変化し、氷期にはよりタービダイトが形成されやすいセッティングとなっていたと解釈される。

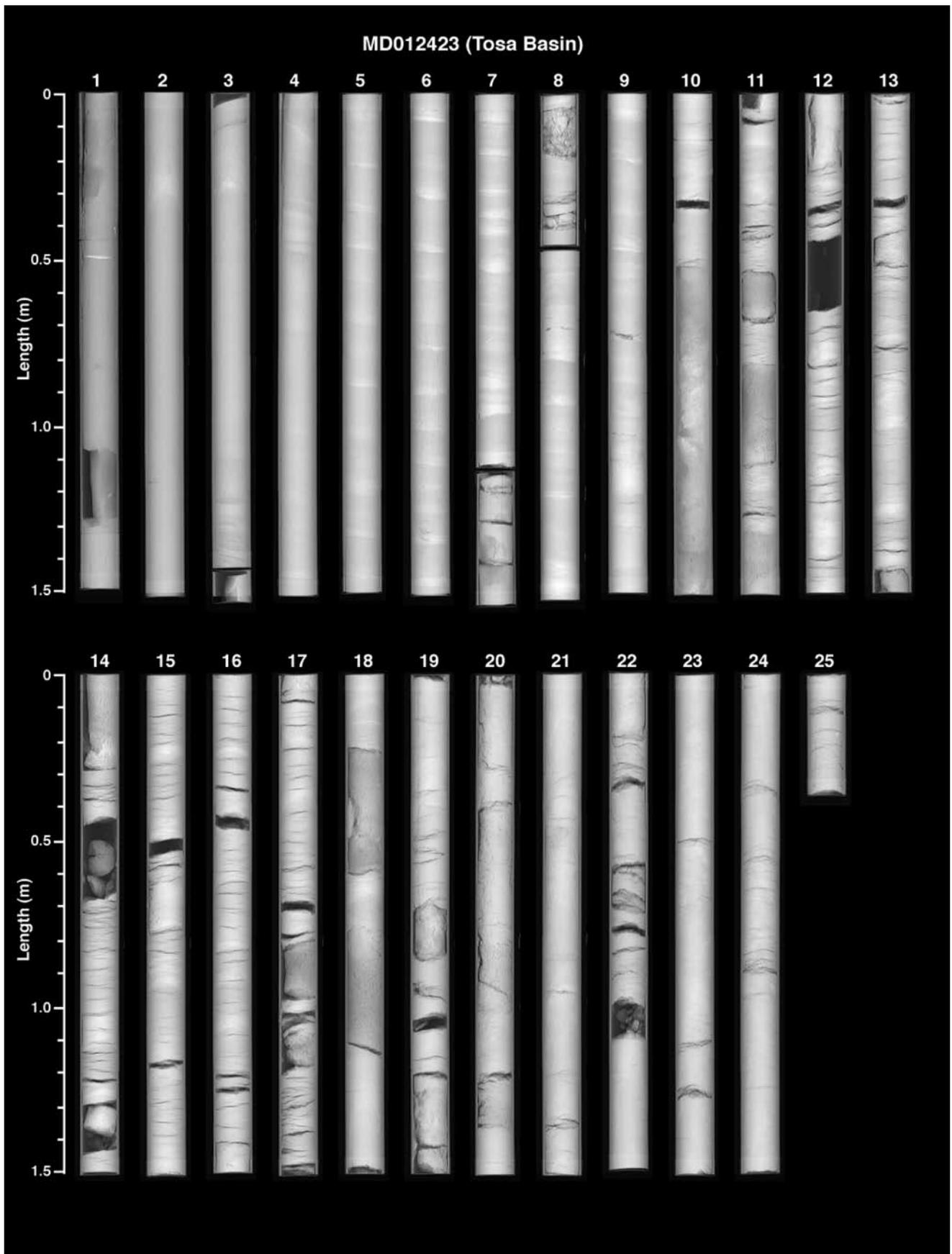


図7-7 MD012423のX線CT画像。
各コラムの上に示した数字はセクション番号。(池原ほか, 2006).

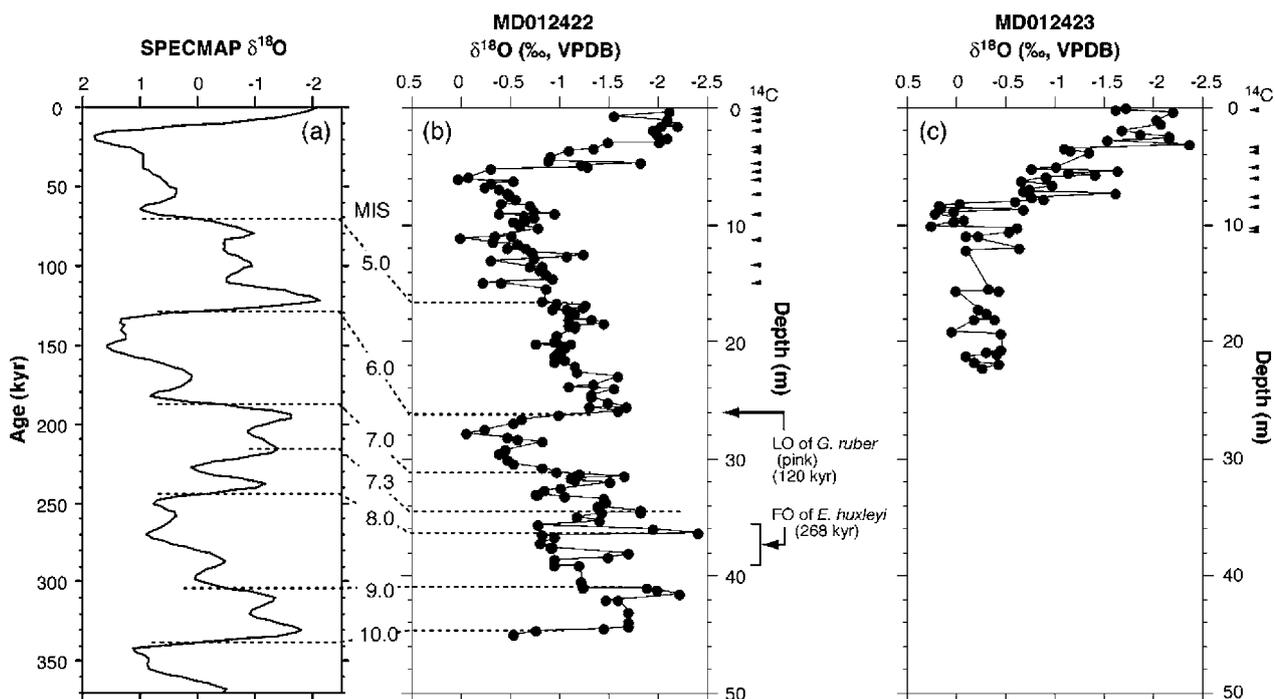


図7-8 MD012422およびMD012423における酸素同位体比層序と年代モデル。

(a) SPECMAPプロジェクトによる酸素同位体比標準曲線 (Imbrie et al. 1984)。(b) 2422コアにおける浮遊性有孔虫 *Grobigerinoides ruber* の酸素同位体比曲線。(a) (b) 間の対比層準を点線で示した。図中の数字は酸素同位体ステージ (MIS) 区分を示す。また、図の右側には、放射性炭素年代測定 of 層準 (▲), および, *G. ruber* (pink) の絶滅層準 (LO) と石灰質ナノ化石の *Emilliania huxleyi* の初出現層準 (FO) も示した。 *G. ruber* (pink) の絶滅年代はThompson et al. (1979) より引用し, *E. huxleyi* の初出現年代はThierstein et al. (1977) を引用した。(c) 2423コアにおける浮遊性有孔虫 *G. ruber* の酸素同位体比曲線。図の右側には、放射性炭素年代測定 of 層準 (▲) を示した。(池原ほか, 2006)。

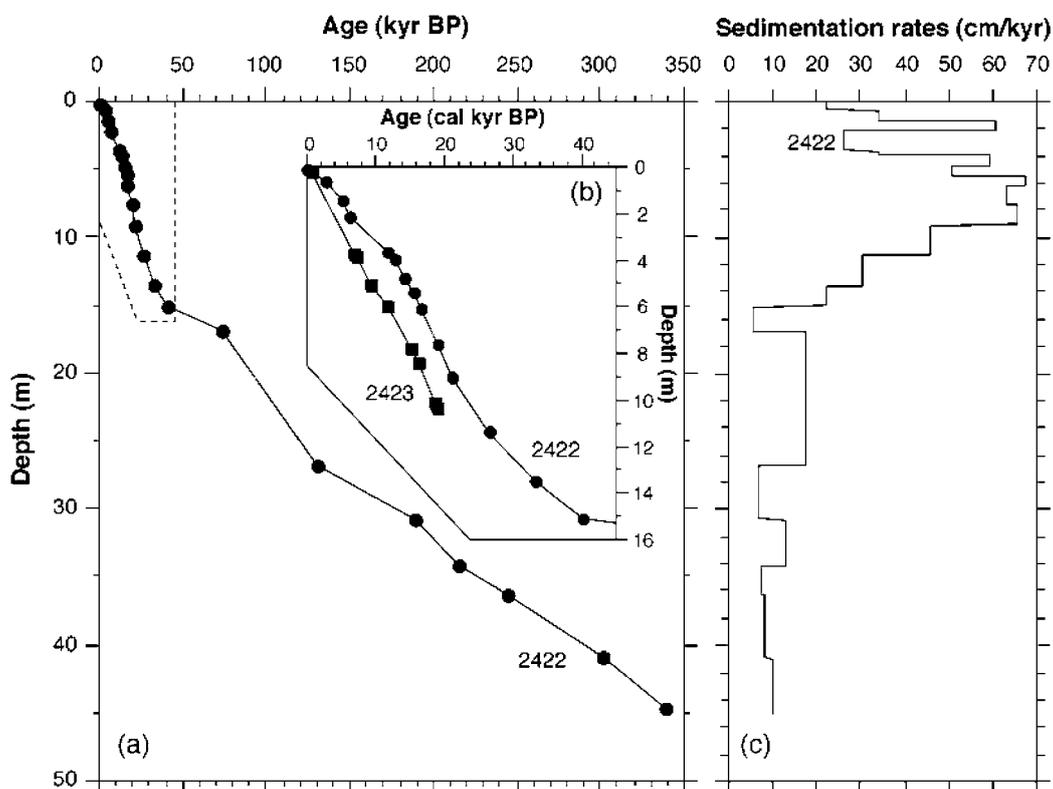


図7-9 (a) MD012422の深度-年代プロット。点線はb図の範囲を示す。(b) MD012422およびMD012423の深度-年代プロットの拡大図。(c) MD012422における堆積速度変化。(池原ほか, 2006)。

(2) MD012423コアの堆積年代および堆積速度

MD01-2423コアにおける浮遊性有孔虫 *Grobigerinoides ruber* の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は、 $-2.4\sim 0.3\%$ の間で変化しており、深度 $8\sim 9\text{m}$ で最も重い値を示す (図7-8c)。この酸素同位体比曲線に基づくと、2423コアの深度20m付近が MIS3に相当すると考えられる。また、2423コアでは、上部10.3mの9層準から放射性炭素年代が得られている (図7-8c)。図7-9bに示したように、各年代値に基づく深度-年代プロットは、年代の逆転は認められず整合的である。

2423コアにおいて、鬼界アカホヤテフラ層を除いた堆積物 ($0\sim 10.3\text{m}$) の平均堆積速度は、約 49cm/kyr である。MD01-2423コアより沖合の陸棚斜面に位置するコア MD01-2422 (図7-5) の平均堆積速度は 13.1cm/kyr である (池原ほか, 2006)。さらに、南海トラフより南の四国海盆北部から採取されたコア KH06-3-PC08 の平均堆積速度は、 11.1cm/kyr である。よって、土佐海盆中央部では、外洋域に比べて $4\sim 5$ 倍の堆積物が堆積していることが推測される。

(3) MD012423コアにおける鬼界アカホヤテフラの産状

図7-10に2423コアの $3.65\sim 5.05\text{m}$ における X線CT画像、模式柱状図、カラーイメージ、含砂率を示す。このコアから採取した堆積物試料の顕微鏡観察から推定すると、火山ガラスを多く含む層準は $3.89\sim 4.99\text{m}$ である。しかし、X線CT画像やカラーイメージから判断すると、火山灰層は約 4.55m を境に上下に分けられる。下位のテフラ層は全体として灰オリーブ色 ($5Y5/1$) を呈し、中粒から細粒の火山ガラスから構成され、それらは上方細粒化の傾向を示す。スミアスライド観察の結果、下位のテフラ層の火山ガラスの形状は、バブルウォール型を主体とする。X線CT画像およびカラーイメージからは、下位のテフラ層の基底面は、それより下位の半遠洋性シルト質粘土層を明らかに侵食していると判断され平坦面を示さない (図7-10)。また、その侵食部を埋めるように堆積している最下部には、バブルウォール型と同じく程度の割合で軽石型 (繊維状) の火山ガ

ラスが存在する。下位のテフラ層から産出する火山ガラスの屈折率は $1.510\sim 1.514$ であり、町田・新井 (1978) による K-Ah の屈折率 ($1.508\sim 1.516$) とほぼ一致する。また、上位のテフラの火山ガラス屈折率も $1.507\sim 1.512$ を示した。したがって、このテフラ層は上位層も下位層も鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) と同定される。

上位のテフラ層 (約 $3.89\sim 4.55\text{m}$) の色調は、下位のテフラ層とは明らかに異なり、暗色のオリーブ黒色 ($7.5Y\ 2/1\sim 7.5Y\ 4/1$) を呈する。構成粒子の粒径も下位のテフラ層よりも大きく、含砂率も最大 $80\text{wt.}\%$ に達し、全体として上方細粒化の傾向を示す (図7-10)。X線CT画像観察から、この上位テフラ層中の $4.15\sim 4.30\text{m}$ でラミナ構造が観察されるが、それより下位では無層理である。また、より上位のセクションでもラミナは認められず、生物擾乱によって攪拌された堆積物と考えられる。また、火山ガラスの形態は全体としてバブルウォール型を主体とするが、下部のより粗粒なセクションでは繊維状軽石型の割合が増加する傾向にある。また、下位のテフラ層では全く産出しなかった微化石 (底生有孔虫、浮遊性有孔虫、放散虫) の完全個体およびそれらの破片が、上位のテフラ層中に散在する。以上のような観察事実 (最下部の侵食面、上方細粒化、ラミナ構造、微化石の存在) から推定すると、上位のテフラ層 (約 $3.89\sim 4.55\text{m}$) は、一度大陸棚などに堆積した鬼界アカホヤテフラが混濁流によって土佐海盆中央部に運搬された二次的堆積物であると考えられる。これは、鬼界アカホヤテフラが、鬼界カルデラの風下側に位置する土佐海盆および四国に降灰し、一度堆積した火山碎屑物が何らかの原因によって崩壊したことによって再堆積したアッシュタービダイト (例えば、中嶋, 2000) であると考えられる。図7-5に示される K-Ah の等層厚線図に基づくと、土佐海盆における K-Ah の層厚はおおよそ 30cm と見積もられる。したがって、2423コアにおける $3.89\sim 4.99\text{m}$ 全体のテフラ層が1枚の K-Ah であるとは考えにくく、上位テフラ層が二次的に堆積したテフラであるとする解釈と矛盾しない。このような二次的なテフラ層の堆積は、四国沖の大陸斜面下部海盆から採取されたピストンコア (KT89-18 P-4) 中に挟在する始良 Tn

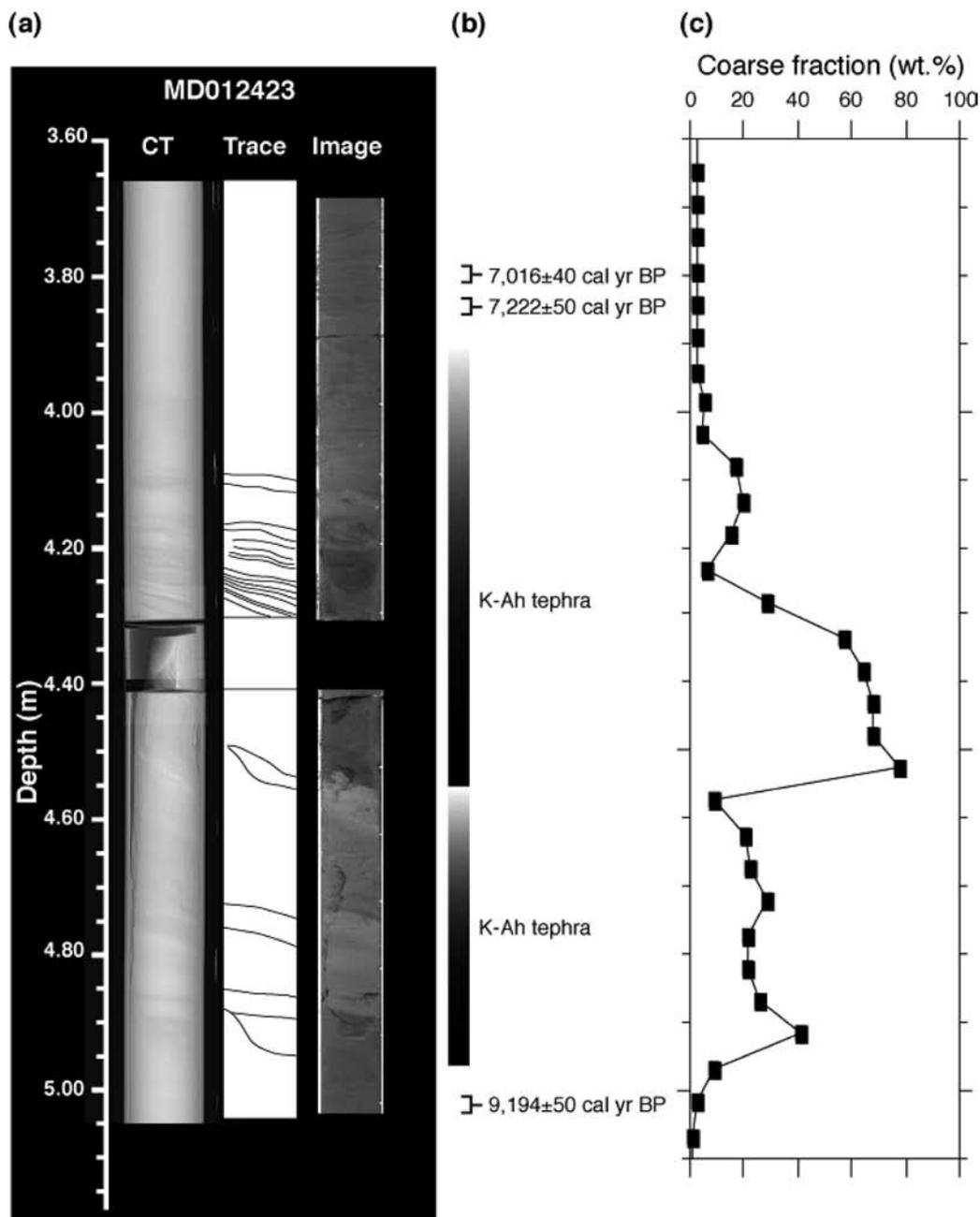


図7-10 (a) MD012423の3.65～5.05mにおけるX線CT画像, 解釈図, カラーイメージ。鬼界-アカホヤテフラ(K-Ah)は3.88～4.97mに存在する。コアの幅は約12cm。(b) 3層準での放射性炭素年代値を示した。(c) 堆積物の含砂率。(池原ほか, 2006)。

テフラでも観察されている(村山ほか, 1993)。

鬼界アカホヤテフラの噴出年代は、水月湖の堆積物コアの年縞からの推定では、AD1950年より7,280年前である(福沢, 1995)。福沢(1995)は、福井県水月湖の湖底コアに認められる年縞を数えることによって西暦1995年からさかのぼって7,325年前の年縞に鬼界アカホヤテフラが挟まれていることを報告した。つまり、西暦2000年を基準とするならば、鬼界アカホヤテフラの噴出年代は、約7,330年前と推定される。一方、土佐海盆2423コアの鬼界アカホヤ

テフラ直上から産出した浮遊性有孔虫 *G. inflata* の放射性炭素年代は、暦年代でAD1950年より7,222±50年前である(図7-10)。このコアにおける鬼界アカホヤテフラの上限は不明瞭であるが、この年代値は、水月湖コアの年縞から推定された7,280年前とほぼ一致する。また、鬼界アカホヤテフラ直下から産出した浮遊性有孔虫 *G. inflata* の放射性炭素年代は、暦年代でAD1950年より9,194±50年前である(図7-10)。鬼界アカホヤテフラが地質学的には一瞬で堆積したことを考えると、テフラ層とそれより下位

の半遠洋性粘土層との間には時間間隙(ハリエタス)が存在する。したがって、前述の通り、鬼界アカホヤテフラの下位テフラ層は、土佐海盆に堆積していた半遠洋性堆積物を侵食・削剥したと考えられ、その時間間隙は1,900年間と見積もられる。K-Ahの直下の2層準(501.8 cmと597.9 cm)で得られた放射性炭素年代を基に算出した平均堆積速度は35.7cm/kyrであるが、この値を削剥された堆積物の平均堆積速度として適用すると、約68cmの堆積物が削剥されたこととなる。下位(4.55~4.99m)のテフラ層の堆積機構はいわゆるアッシュタービダイトである可能性があるが、上位テフラ層で見られる顕著な上方細粒化やラミナ構造が下位のテフラ層では認められないことから、異地性のテフラ層であるとしてもその移動・運搬距離は大きくないと考えられる。

このように鬼界アカホヤテフラは、土佐湾や四国沖の深海底にも厚さ数十cmで堆積している。給源となる鬼界カルデラが約7300年前に大規模噴火を起こした際には、西日本を中心とした日本列島に広く火山灰を堆積させたことがわかっている(町田・新井, 2003)。鬼界アカホヤテフラは、西南日本の縄文文化に大打撃を与えたテフラとして考古学的、人類学的にも重要であり、また、過去に実際に起こっていた大規模噴火の一例として重要である。

(4) ガスボイド

MD01-2423コアでは、コア揚収後に生じたガスボイドが頻繁に観察される(図7-7)。特に、深度17m付近(セクション12)と20m付近(セクション14)では、20cm程度のガスボイドが存在する。本コアは、土佐海盆でのコアリング時にコアバレルが大きく折れ曲がった。また、コアリング直後、甲板上でコアバレルからコアライナー(塩ビ製インナーチューブ)を取り出し1.5m毎に切断していく際には、堆積物内のガス遊離に伴うコア内部の圧力上昇によって、堆積物がコアライナー中でスライド移動し、切断面から堆積物が押し出されてくることが生じた。また、コアライナーにドリルでガス抜き穴を開けた際には、ガスと同時に泥水も噴出した。このガスと泥水が噴出した層準では、ライナーの温度が低下し、ライナー

表面に水滴が凝縮した(山本ほか, 2002)。したがって、2423コアで観察されるガスボイドは、コアを海底から船上へ揚収した際の温度上昇に伴うガスハイドレートの分解に起因する可能性がある。

参考文献

- 海上保安庁水路部(1997)5万分の1沿岸の海の基本図
海底地形地質調査報告 高知, 海上保安庁。
海洋学事典, 和達清夫監修, 東京堂出版
池原研(1988)土佐湾表層堆積図, 地質調査所。
池原研, 岡村行信ほか(1985)日本全国海洋誌, 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編。
池原実, 村山雅史, 多田井修, 外西奈津美, 大道修宏, 川幡穂高, 安田尚登(2006)四国沖から採取された2本のIMAGESコアを用いた第四紀後期におけるテフラ層序, 化石, 79, 60-76。
町田洋・新井房夫(2003)新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺—, 336p., 東京大学出版会。
岡村行信, 岸本清行, 村上文敏, 上嶋正人(1987)土佐湾海底地質図, 地質調査所。
須鍵ほか(1991)日本の地質8 四国地方, 共立出版。
堆積学辞典, 堆積学研究会(編), 朝倉書店

用語解説

【テフラ】

爆発的に噴火したマグマが冷却した際に形成された軽石, スコリア, 火山灰, 火山岩塊, 火山弾などの総称。地層中で識別できるテフラ層は、過去の火山噴火を物語る試料となる。

【広域テフラ】

大規模な火山噴火が起きた際に、供給源の火口から遠く離れた地域においても独立した地層として認められるテフラを広域テフラと呼ぶ。約27000年前のAT火山灰(始良カルデラ)と約6300年前のK-Ah火山灰(鬼界カルデラ)は日本列島全域および近海の海底に分布する。

【アカホヤ火山灰】

鬼界カルデラが約7300年前に大規模噴火を起こした際に日本列島および近隣海域に広く降下した火山灰。

【メタンハイドレート】

水分子とメタン分子からできる氷状の固体結晶で、見た目は氷やシャーベットのような白い物質。低温・高圧下で安定であり、有機物の豊富な大陸棚~大陸斜面堆積物や永久凍土の下位の堆積物中に産する。燃えるガスのメタンがたくさん含まれていて、火を近づけると燃えるので「燃える氷」とも呼ばれる。

【有孔虫】

主として石灰質の殻をもつアモeba様の原生生物の一群。大部分の有孔虫は1mmに満たない大きさであるが、5cm程度の大きさを有する種もある。海水中を浮遊して生息する浮遊性有孔虫と海底面付近に生息する底生有孔虫に大きく分かれる。

トピックス

南海トラフでのメタンハイドレート資源開発研究

海底におけるメタンハイドレートの存在を示す手がかりの一つとして、海底擬似反射面（BSR: Bottom Simulating Reflector）がある。日本周辺のBSRの分布域（図7T-1）からは、四国沖南海トラフを始めとして北海道周辺や日本海佐渡沖など至る所にメタンハイドレートが存在している可能性が指摘されている。このような海底下のメタンハイドレートを新たなエネルギー資源として利用することを目指した調査研究が、「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」によって「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」として進められている。現在、この開発計画のフェーズ1（平成13年度～平成20年度）が終了し、平成21年度からはフェーズ2として平成27年度までの7年間で、日本周辺海域でのメタンハイドレート賦存状況の把握、実際に海底

からハイドレートを産出する試験や生産技術の検証を実行し、メタンハイドレートが安全かつ経済的に開発できる可能性を探ることとなっている。

資源小国ではあるが四方を海に囲まれた日本にとっては、メタンハイドレートやその他の海底鉱物資源などは新たな資源として注目されている。上記フェーズ1では実際に東海沖～熊野灘において海底ボーリング調査が行われ、メタンハイドレートはタービダイト砂泥互層の砂層に賦存していることが明らかになってきた。また、メタンハイドレート中のガスは、いずれも微生物起源メタンが主体であることが確認された。東部南海トラフのメタンハイドレートを形成している微生物起源ガスは堆積後比較的浅い深度で生成したと推定されるが、メタンハイドレートの産状や炭素のマスバランスに基づけば、現在の胚胎層内のみで生成したのではなく、下位の地層からのメタンの移動・濃集が起こっていないと推定される。そのメカニズムとしては、付加体堆積

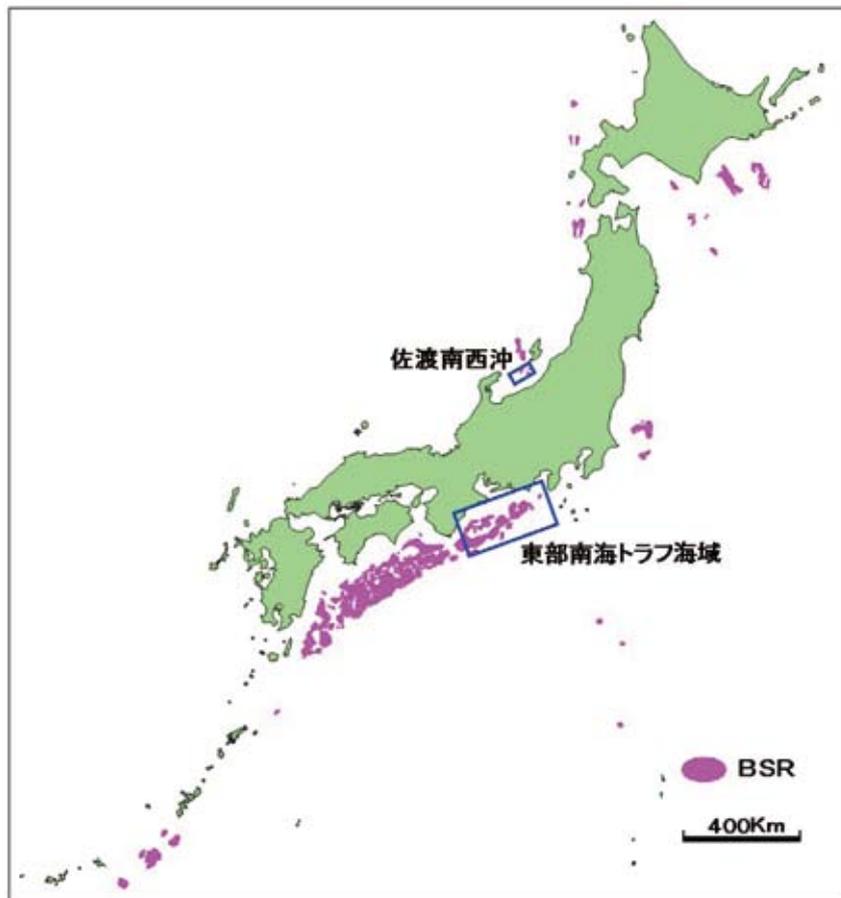


図7T-1 海底擬似反射面（BSR）から推定されるメタンハイドレートの分布。
（「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」フェーズ1総括成果報告書より）。

物が堆積した時に生成し地層水に溶存した微生物起源メタンが堆積物とともに付加作用によって埋没した後、溶存メタン量が地層水への飽和溶存濃度を越えた時点でガスとなり断層、高浸透性砂層、不整合などを通して浸透率の高い砂層に移動・濃集しメタンハイドレート層を形成したと推定されている。

このように、新たなエネルギー資源として注目される海底下メタンハイドレートの形成には、地質学的時間・空間スケールでの堆積物付加作用および物質循環が重要な役割を果たしている。南海トラフは

地震発生メカニズムを探るフィールドでもあるが、エネルギー資源探査の最前線の現場でもある。

参考情報

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム：
<http://www.mh21japan.gr.jp/japanese/index.html>
「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」のフェーズ1総括成果報告書：
http://www.mh21japan.gr.jp/seika/2008/pdf/fl_00.pdf

第8章

高知市沿岸の海洋について

はじめに

高知市は土佐湾を介して太平洋に面している。土佐湾の沖合には黒潮が流れている。この黒潮は南方より流れてきているため、温暖である。土佐湾には仁淀川、四万十川などの河川が流れ込んでいる。これらの河川水は、ケイ素、リン酸など、海洋の植物である植物プランクトンの栄養素を多量に含んでいる。これら、温暖かつ、多量の栄養素のおかげで土佐湾の豊かな水産資源をはぐくんでいる。本章では、このような土佐湾および周辺海域の海洋の状況を概観していく。

第1節 黒潮について

(1) 黒潮とは

黒潮とは、東シナ海を北上してトカラ海峡から太平洋に入り、日本の南岸に沿って流れ、房総半島沖を東に流れる暖かい暖流である。栄養分に乏しい貧栄養状態にあるため、植物プランクトン類の生息数は少ない。そのため、透明度が高くなり、黒潮の名前の由来となるように、海の色は青黒色となっている。同じような暖流は、アメリカ東海岸存在するメキシコ湾流などがあげられる。

(2) なぜ黒潮が発生するか

世界的な海流について概観すると、このような強い海流は海洋の西側に存在していることが知られて

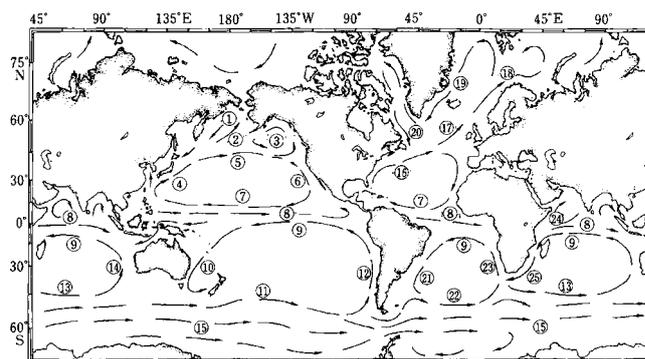


図8-1 世界の海流 (出展:「海の科学」柳哲雄著)。

いる (図8-1)。この事象を「西岸強化」と呼ぶ。先にあげたメキシコ湾流は大西洋の西側に存在している。またオーストラリアの東側、すなわち南太平洋の西側にもオーストラリア海流が流れている。この理由は上空大気の流れと、地球が半時計周りに自転していることによるコリオリ力を用いて説明できる。

地球は太陽から熱を受けている。赤道面でもっとも熱量が多くなるため、気温も高くなり、大気が暖められる。暖められた大気は軽くなり上昇気流となって、上昇していく。赤道面から南北に離れていくと、徐々に熱量が少なくなり、温度は下がっていく。北緯20度付近まで北上すると、大気を上空で維持できない程度に温度が下がるため、下降気流となり地表面へと降りてくる。地上面では、上空と逆向きに赤道へ向かって大気は流れていく。この循環をハドレー循環と呼ぶ (図8-2)。北極側では、気温が低く、大気は冷やされるため重くなり、下降気流として沈みこんでいる。沈み込んだ大気は赤道方面へと南下していく。北緯50度付近まで南下すると、気温が上昇するため、上昇気流となり上空へと上昇し、北極方面へと北上していく。この循環を極循環と呼ぶ (図8-2)。北緯20度での下降気流と北緯50度での

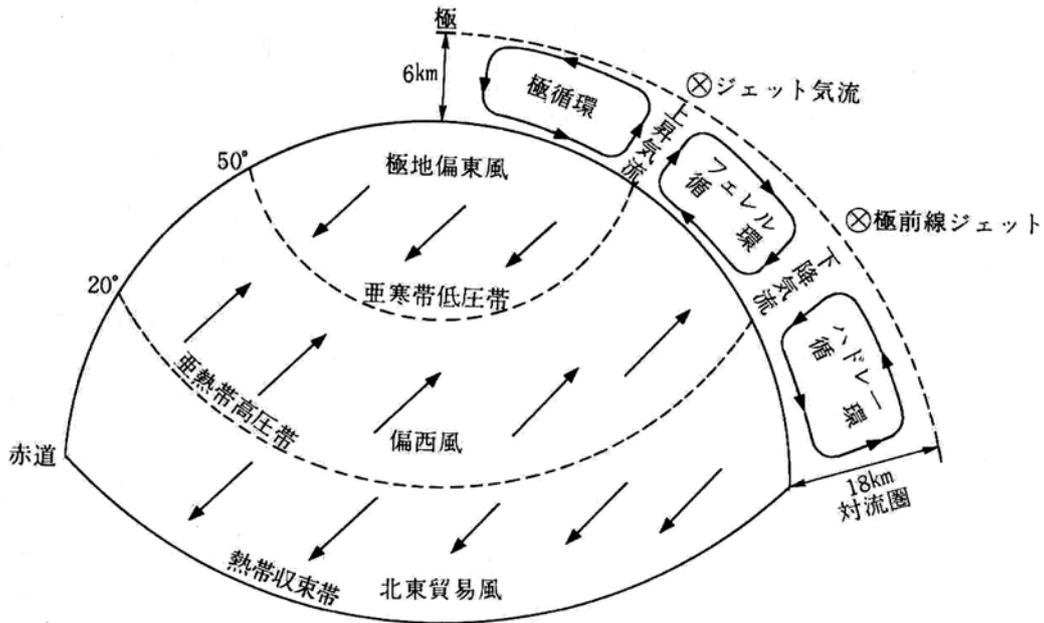


図8-2 上空大気の流れ (出展:「海の科学」柳哲雄著).

上昇気流が存在するため、この区間の地表面は北上、上空では南下方向の風の流れが発生する。この循環はフェレル循環と呼ぶ。結果として地表面での風向は、北極から北緯50度及び北緯20度から赤道では南向き、北緯50度から20度の区間は北向きとなる。

地球は北極と南極を結ぶ地軸を中心に、北極からみて半時計周りに自転している。このため、地球上で進行する物は、この力はコリオリ力という、見かけ上北半球では進行方向右側への力を受ける。このため、北緯50度から20度の区間を北上する風は進行方向右側に該当する東側へと偏向していき、最終的にはジェット気流と呼ばれる東向きの風、すなわち偏西風を形成する。それ以外の緯度では南向きの風が西側へ偏向することで、貿易風を形成する。この

ようにして、中緯度域の地上では東向きの偏西風が、赤道方面と北極方面の地上では西向きの貿易風が卓越することとなる。

次に海洋表面での海流について考察する。海洋表面においては常に偏西風及び貿易風にさらされるため、風にそって海水の移動が始まる。この海水の移動にもコリオリ力が働くため、北半球において東向きの偏西風に海水がさらされた場合、海水自体は進行方向右側の南側へと移動を始める。この現象を会苦万輸送と呼ぶ。貿易風にさらされた場合にも、同様に進行方向右側の北側へのエクマン輸送が発生する。したがって、貿易風と偏西風に囲まれた北緯20度付近では、海水は南北方向からそれぞれ中央に集まってくるため、海水面が上昇することとなる。このとき、北緯20度を中心として時計回りに海水が循環すれば進行方向右側、すなわち循環の中心付近に向かってコリオリ力が働くため、海水面上昇を保持することが可能となる。北太平洋においては、黒潮をスタート地点とし、アメリカ西海岸まで東進し、赤道方面へ南下し、赤道方面を西進し、再び黒潮域へ戻ってくるという循環が該当する。実際に、この循環の中と外では海水面に1mの高低差がついていることが知られている。また北緯50度を中心として考えると、逆に海水方向は南北方向へそれぞれ逃げていく方向へ移動するため、海水面が下降する。こ

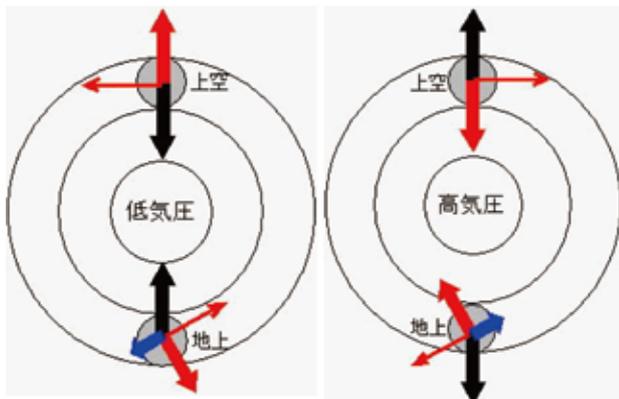


図8-3 コリオリの力.

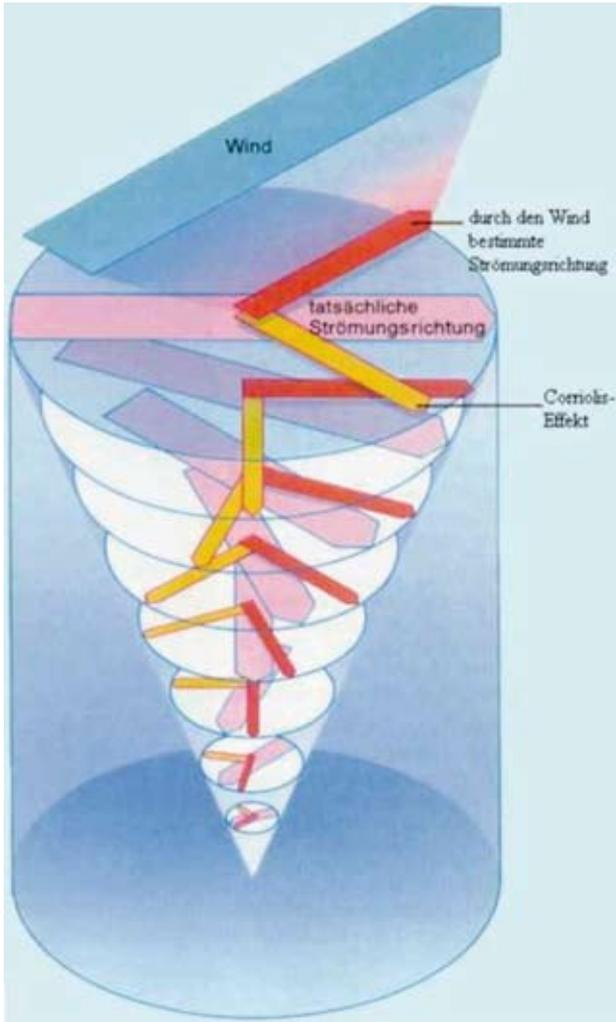


図8-4 エクマン輸送 (出展：Open University).

の下降した海水面を維持するためには、北緯50度を中心として半時計回りに循環し、中心の外側へ向かってコリオリ力が必要がある。それゆえ、北太平洋では、親潮域をスタート地点とすると、アメリカ西海岸まで東進し、北極方面へ北上し、アリューシャン列島を西進し、再び親潮域へもどってくるという逆向きの循環が形成される。同様の海流は大西洋、インド洋等、すべての海域発生しているのが図8-1からみてとれる。このように風とコリオリ力によって、海洋の表層循環は開始する。

また地球に自転にかかわる別の力として、渦度の保存則が関与してくる。これは、北半球において、物体が北側へ動くとき時計回りに、南側へ動くとき反時計回りに回転するという法則である。北極にある物体は地球の自転にあわせて半時計回りに廻っているが、南極にある物体は地球の自転にあわせて時計回

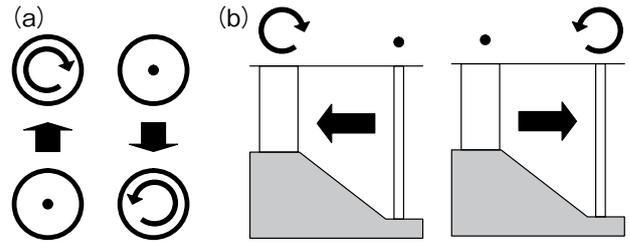


図8-5 渦度の保存.

りに廻っていることになる。このように北極と南極では物体の回転方向が全く逆になっている。中間の緯度では中間の回転速度とみなすことができるため、ちょうど真ん中の赤道では回転していないとみなすことができる。したがって、北極にある物体が赤道へと移動してきた場合、静止している赤道からその物体を眺めたとき、物体は半時計回りに回転しているように見えることになる。北半球で物体が北上した場合は、時計回りに回転しているように見えることとなる。

黒潮域で海水の移動を考えた場合、赤道方面から海水が北上してくるため、北上してきた海水自体は時計回りに循環することとなる(図8-5a)。この向きは黒潮の循環方向と合致するため、循環をより強くするように作用することとなる。このようにして、黒潮はより速い速度を得ることとなる。逆にアメリカ西海岸での例を考えると海流は南側に動いている。したがって海水は反時計回りに循環し始めるが、全体としての流れは時計回りであるため(図8-5a)、アメリカ西海岸側では循環を弱める方向に作用する。親潮域で考えると、アリューシャン列島側から海水が南側へ移動してくるため、反時計回りの循環となるが、北太平洋では海水が反時計回りに循環しているため、流れは強くなる。しかしながらカナダ側では、海水が北側へ移動するため時計回りの循環となるが、全体としては打ち消しあう方向に作用するため、流れは弱くなる。このように海洋全体としてみると、海流循環の西側で、海流が強化されるという西岸強化が働くこととなる。

以上のように、貿易風と偏西風によるエクマン輸送で太平洋中央部に海水が堆積し、海面勾配による圧力勾配力が発生するため、圧力勾配力に釣り合う

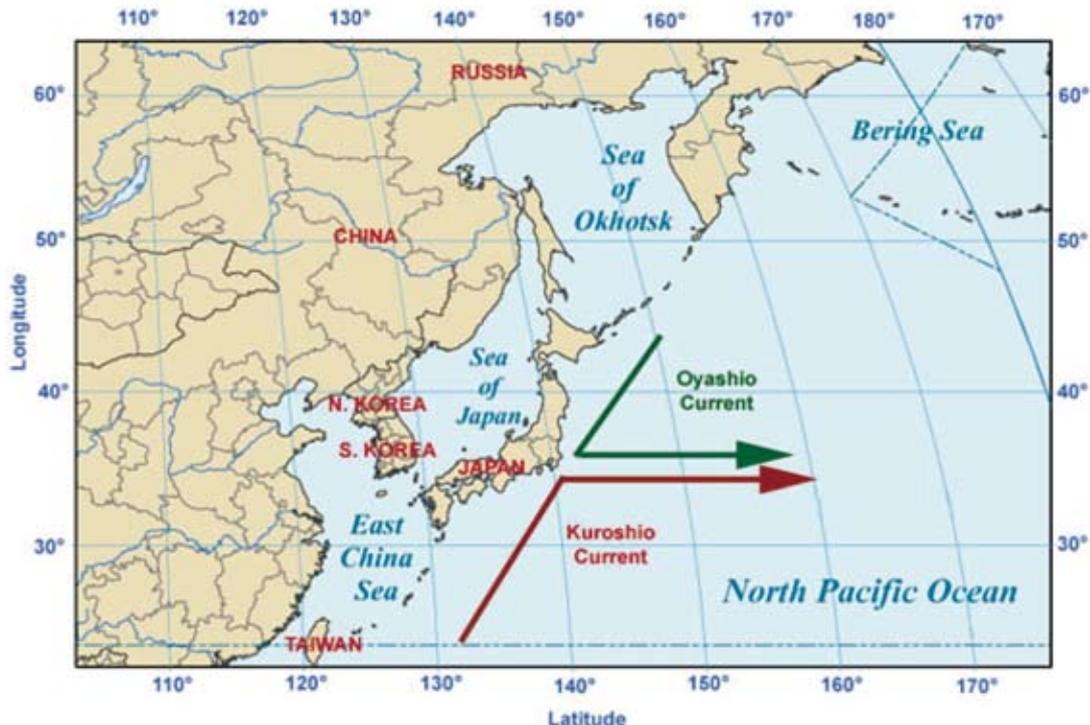


図8-6 黒潮と親潮の流れ (出展：アメリカ大気海洋局ホームページ)。

ようなコリオリ力を生じるように循環流を生じる。この海流が渦度の保存により影響を受けることで、循環の西側での流れが強化される。この強化された流れが黒潮である。

(3) 黒潮の特徴

黒潮は、赤道方面からフィリッピン東岸で北赤道海流が分岐して北上し、台湾東岸を通過して一旦東シ

ナ海に入り、トカラ海峡から再び太平洋に出て、日本南岸に沿って流れ、房総沖を過ぎたあたりから東に転じ、黒潮統流となる。黒潮は世界屈指の大海流で、その流速は最大200ないし250cm/sに達し、流量は毎秒5,000万トンに達する。赤道から北上してくるため、栄養分に乏しい貧栄養状態にあるため、植物プランクトン類の生息数は少ない。黒潮は表層流であるため、その流路にあたる深度は水深500～1000m程度までである。それ以深の深度は深層循環

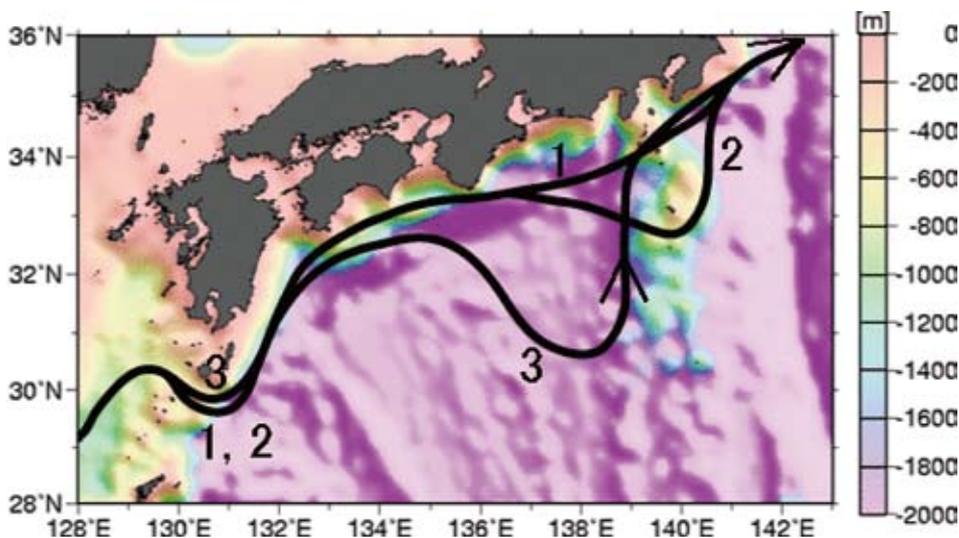


図8-7 黒潮の大蛇行経路 (出展：気象庁ホームページ <http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/kaikyō/knowledge/kuroshio.html>)。

となり、機構が異なってくる。本州南岸での黒潮には二つの安定した流路をとり得て、まっすぐ沿岸沿いに進む場合と、遠州灘沖の大冷水塊を迂回して大蛇行して流れる場合がある。大蛇行の発生原因は解明されていないが、小さな蛇行が紀伊半島沖合いに到達すると大蛇行に発展するという状況は知られている。大蛇行が発生すると反時計回りの渦が生じる。反時計回りの渦の中心部では、水深が深い水が上昇し、冷水塊が生じるため、漁業に深刻な影響を与える。大蛇行の消滅機構は解明されている。大蛇行が東進して伊豆海例を越えると消滅する。渦は西進する特性があるため、伊豆海嶺を越えた冷水塊が西進すると、伊豆海嶺にのりあげて浅くなるため、逆回りの時計回りの渦が生じるため冷水塊が消えるとされている。

第2節 河川から土佐湾に注ぎ込む化学成分

土佐湾に面する高知県下には多くの河川があり、一級河川、二級河川及び準用河川までの大規模河川で32ほど存在している。

さて、陸上で植物が生長するために必須の栄養素としてチッ素(N)、リン(P)、カリウム(K)が挙げられる。河川や海洋で生息する植物プランクトンに関しても同様の栄養素が必須となる。水中においてチッソは硝酸塩として、リンはリン酸塩として存在している。ところでカリウムは水中には多量に含まれているため、その濃度差により物プランクトン生息に影響を与えることは無い。代わりに一部の植物プランクトンにとってケイ素(Si)が必須栄養素として働くことになる。以上硝酸、リン酸、ケイ素が主要栄養塩3成分として知られている。これら栄養塩濃度に関して、仁淀川において2008年夏期に筆者らのグループが観測を行った結果、濃度はそれぞれ47、0.6、170マイクロモル/kgとなった。これは太平洋黒潮域の水深2,000mの海水と比べて、硝酸・ケイ素についてはほぼ同等、リン酸については1/4程度の値であった。リン酸は特に生活・工業排水などによく含まれていることから、仁淀川は排水による汚染が進んでいない清浄な河川であることが示唆される。

これの他、河川の水質に関しては多くの研究があり、最近では今井等²によって14河川について夏期と冬期における主要成分(Cl, Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Pb, Cd)の挙動に関する研究などがなされている。この中で高知県内14河川と四国19河川の平均値が比較されているが、それによるとNa, K, Ca, Mgといった陽イオンに関しては約1~2倍程度の値であったが、塩素イオン(Cl)に関しては14.5mg/Lと、四国19河川平均値(2.4mg/L)の6倍程度と高い値を示すことが明らかとなった。高知県下の地下水においても6.88mg/L程度であること、海水の塩素濃度が20mg/L程度であることから、全体的に海塩などの影響を多く受けていることが明らかとなっている。(以上、今井等²より)。

第3節 土佐湾での海洋状況

一黒潮と河川による影響一

河川から流れ込んだ化学成分は、海水と混合・希釈されながら土佐湾に注ぎ込む。この河口域で塩素、鉄及びアルミニウムの挙動に関して、今井等³により仁淀川と奈半利川において検討がなされている。それによると、どちらの河口域においても、塩素濃度は徐々に希釈されているが、鉄及びアルミニウムは河口域で極端に濃度が薄まり、その減少の割合は塩素濃度に比べて急激であるとされている。この理由として、河川水と海域での両元素の存在状態の違いを指摘している(以上、今井等³より)。海水はNaClなどの塩分を35パーミル(%の1/10、すなわち1/1000に相当)程度溶かしこんでいるため、1パーミル程度濃度の河川水とくらべて塩濃度が濃くなっていると同時に、pH(酸性度)が約8程度と高く雨水や河川(pH=6付近)と比較してアルカリ性になっている。それゆえ、鉄やアルミニウムは海水中では溶存しにくい。河川水では100ppb程度の濃度で溶存していることが可能だが、海水に触れると酸化物や水酸化物として沈殿してしまう。この沈殿生成は河川水の希釈率が0~60%程度までの間に完了するため、上述したような河口域での両元素の急激な濃度低下がみられることになる。沈殿生成がほぼ完了

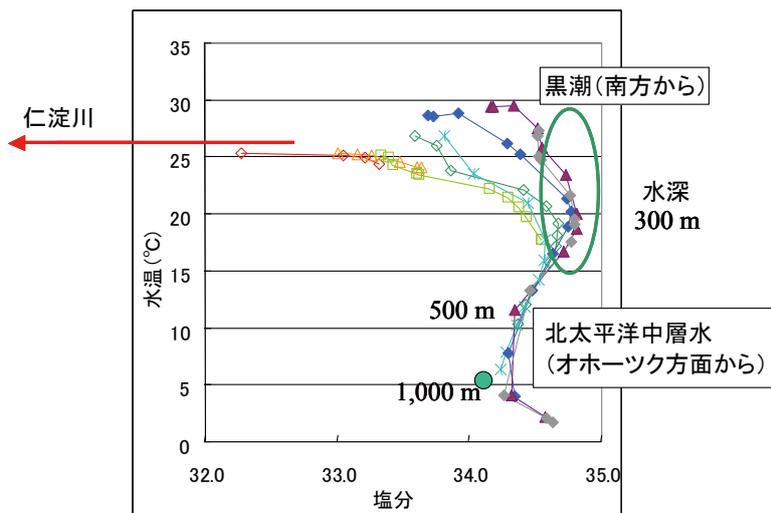


図8-8 仁淀川河口域から遠洋150kmまでの塩分水温分布。

した後は、沿岸海洋の平均値20ppb程度の値に落ち着く。また、鉄及びアルミニウムの沈殿が生成する際には、リン酸、マンガ、銅、亜鉛など単独では酸化物沈殿を生成しない元素も巻き込んで行く共同沈殿という化学現象が生じる。河川水中の汚染重金属物質類は、この過程において河口域で沈殿するため、土佐湾への流出は抑えられる。塩素はこの共同沈殿に巻き込まれないため、単純に河川水の希釈にあわせて濃度が減少していく。

土佐湾の海水組成は黒潮の影響も受けている。筆者らのグループで2008年夏に仁淀川河口域から150km遠洋までの海域で海洋調査を行った結果を例示する。縦軸に海水の水温、横軸に塩分をとった図を示した。この図は7地点でのデータをまとめたものであり、1地点につき1本の曲線で表記されている。図中では右下ほど水深が深くなる。水温5℃付近の水深が1,000m、水温12℃付近が水深500m、水温20℃付近が水深300mに相当し、グラフの一番上が水深0mである。水温15℃以下ではすべての線がほぼ一致し、一本の線になっているように見える。これはすべての地点で同じ組成の海水が存在していることを表している。15℃以上の線は地点によってばらばらの傾向を示している。表層の先に述べたように、仁淀川河口域では河川水により海水が希釈されているが、遠方に行くにつれ、その割合は少なくなる。海水は塩分が35パーミル付近にあるため、河川水が混合していると、その塩分の値は小さくなる。

影響が大きいほどグラフで左側に線が引っ張られることになる。黒潮は南方海域から流入してくるため、水温、塩分が高くなっている。図中の緑で囲んだ部分が黒潮由来の海水である。水温5℃付近で線が「く」の字に曲がっている。この曲がっている地点の海水はオホーツク方面から沈み込んできた北太平洋中層水という海水に相当すると考えられる。

まとめ

以上のように、土佐湾では、仁淀川など河川水、黒潮由来の表層海水、北太平洋中層水由来の海水など少なくとも3種類の自然水が関与し、海域分布を形成している。河川由来の栄養塩類、黒潮由来の温暖な海水が混ざり合うことで他府県海域には無い豊かな漁場を形成していく可能性が示唆される。

参考文献

- 1 柳哲雄,「海の科学-海洋学入門-」, 恒星社厚生園
- 2 今井嘉彦, 北條正司, 「土佐湾に流入する河川の水質」, くろしお, 第一巻61ページ, 1987年
- 3 今井嘉彦, 北條正司, 「河口域における微量金属の挙動」, くろしお, 第二巻5ページ, 1988年

トピックス

1. 黒潮に関する呼称

黒潮の存在についてはドイツの地理学者ベルンハルドゥス・ヴァレニウスが1650年に著書に初めて記載した。黒潮という名前が日本において最初に文献に現れたのは、1782年書かれた佐藤行信の海島風土記八丈島であるとされている。この中に「…これを島にて黒潮とも山潮とも唱え…」という記述がある。さらに1794年の古河古松軒の八丈筆記には、「…黒潮は海面墨を磨りしごとく、幾百ともなく渦ばかり流れる故…」という描写がある。江戸時代には、八丈島とその北に位置する御蔵島との約80キロを流れる黒潮を「黒瀬川」、御蔵島と三宅島の間の約20キロを流れるものを「海暗」と呼んでいた。この黒瀬川という呼称は、八丈島の官船の船頭、服部義高が1810年に著した「廻船安乗録」の序文に、八丈島への航路に関連して記したのが最初である。1841年に中濱万次郎が15歳の時に漁師の手伝いで漁に出て漁師仲間と共に遭難し、5日半の漂流後、奇跡的に太平洋に浮かぶ無人島の鳥島に漂着して143日間生活。そこでアメリカの捕鯨船ジョン・ハウランド号に仲間と共に救助されるわけであるが、これらの名称が記載され始めたのも、ちょうどこの時代のことであった。このような歴史背景もNHK大河ドラマなどの放映とあわせて行くことで、観光資源としても有効に利用できるものであろう。

2. 海洋大循環

黒潮に代表される海洋表層水の循環は貿易風、編成風などの風により起こされる。深層水の循環は風には起因せず、北半球では大西洋のグリーンランド沖合、南半球では南極海で冷やされ、重くなった海水が沈みこむことで始まる。この重くなった海水は、水深数千メートルの海洋深層を流れてゆき、太平洋のアリューシャン列島付近で海洋表面へ湧き上がる。湧き上がった海水は海洋表層を流れて最終的にはグリーンランド沖合や南極海へ戻ってゆく。この循環には2000年かかると言われている。

太平洋の北側でもベーリング海では海水が冷やされ沈み込んでいるが、アリューシャン列島に阻まれるため、太平洋を南下し世界中に循環することが出来ない。アリューシャン列島南側付近で緩く冷やされた海水は、水深1,000m程度まで潜り込み太平洋を南下している。

高知の沖合では、これらの深層水循環が存在し、絡み合って海水分布を作り上げている。また表層には黒潮が存在することで、高知沖合いの豊かな漁場が形成されていくことになる。

第9章

四国南部沿岸域の植生史

5月頃、高知市近郊の丘陵地を眺めると樹林が黄色く色づき、やや生臭い臭気が漂うのを体験された方はいないだろうか。これはたいてい、ブナ科のシイ属(スダジイ、ツブラジイ)が開花したことによる。丘陵地の下部にはスギ・ヒノキの人工林や竹林が多いため、その中にモザイク的に埋もれてしまった場所もあるが、例えば高知市北方の東西に連なる丘陵地域(北山)には、このシイ属をはじめ、同じブナ科のコナラ属アカガシ亜属(アラカシ、ツクバネガシなど)(以後、アカガシ亜属と呼ぶ)、クスノキ科、ツバキ科などが優勢な樹林が広く分布している。

シイ属のような樹木のことを「照葉樹」と言い、照葉樹の優勢な樹林を「照葉樹林」と言う。別に「常緑広葉樹」、「常緑広葉樹林」という言い方もある。照葉とは“表面にクチクラ層が発達し、光沢がある厚い葉”、常緑とは“1年中葉をつけている”と言うぐらいの意味である。

秋になると紅葉の美しい落葉広葉樹林とは違い、照葉樹林は、新しい枝条を伸ばし花をつける春～初夏を除くと、四季の移ろいに伴う外観上の変化に乏しい。1年中、厚い葉が茂ってうっそうとしており、そういう意味では南国に育った私たちにとって印象に残りにくい樹林かもしれない。照葉樹林の内部は、その外観以上に季節感に乏しく、1年中薄暗い。

照葉樹林は年中、青々として強い生命力を感じさせる一方、身近にありながらも静謐で人を寄せつけにくい印象も抱かせる。実際に、照葉樹の中には、神事や仏事において重要な役割をもつものがある。例えば、神事には“たまぐし”としてツバキ科のサカキやヒサカキを用いることが多い。県内の古い社叢には、スギやケヤキのほか、スダジイ、クスノキなどの照葉樹の大径木が並んでおり、その根元に御

幣(裂いた麻やたたんで切った紙でつくった飾り)が差してあるのをよく見かける。仏壇にはシキミを供える。地域によって多少異なるが、正月飾りにもウラジロ、ナンテン(難を転じる)、ダイダイ(家が代々、繁栄する)、マツ類など常緑の植物を用いることが多い。正月と言う时期的な理由もあって、常緑の植物が用いられてきたとも言える。

人を寄せつけにくい印象のある照葉樹林も、人間の生活圏と重なるため、昔から様々な用途に利用されてきた。例えば、アカガシ亜属は火持ちの良い木炭の材料として用いられる。アカガシやシラカシは材が緻密でくわいが少ないことから、船材や農具の柄としても広く使われてきた。ヤブツバキからは良質のツバキ油が、クスノキからは樟脳が採れる。ブナ科のマテバシイは、材に弾力性があり、海苔を養殖する際、海に立てて海苔を付着させるためのヒビ材として用いられてきた。

これまで述べてきたように、高知市民にとって照葉樹林は本来、最も馴染みの深い樹林である。しかし、古くから開発が進んできたため、自然状態に近い照葉樹林はもはや国土の2%未満に過ぎず、また、それらの大半は九州と沖縄にある(環境庁自然保護局, 1994)。四国でも照葉樹自然林は2.1%と極めて少なく、高知市近郊では社寺に孤立した状態でほそほと生き残っているに過ぎない。

この章では、高知市近郊で元々、優勢であったと推定される、この照葉樹林に焦点を当て、過去に生じた様々な環境変化のもと、いったいどのような変遷をたどって現在に至ったのかについて話を進めていきたい。植生史を紐解くには、地層に挟在する植物化石群を調べることになる。ここでは主に、花粉化石の既存研究により明らかになった照葉樹林の植

生史について述べる。

この章の構成について触れる。第1項では照葉樹林の分布や生態を概説する。植物化石と言うと、外形を留めたままの葉や種実など、肉眼で観察できる大きさの化石(大型植物遺体化石)を思い浮かべる人が多いと思う。そこで第2項では、花粉の持つ本来の役割や外部形態、分析方法などを紹介する。第3項では、花粉化石と大型植物遺体化石の成果から、日本列島における第四紀の照葉樹林の植生史についてまとめる。最後の第4項では、四国南部沿岸域における花粉化石群の産出状況を取りまとめ、同地域の最終氷期以降の植生史を概括する。

第1節 照葉樹林の分布と生態

(1) 日本の照葉樹林

東北地方南部以南の本州の沿岸低地、それに四国、九州および沖縄の低地や低山の植生は現在、ブナ科のシイ属とアカガシ亜属、クスノキ科、ツバキ科、ハイノキ科などを主とする常緑広葉樹林によって特徴づけられる。

植生学的に見ると、「照葉樹林」とは本来、カナリー諸島のゲッケイジュ林を指し(Walter, 1983)、日本のブナ科が優勢な常緑広葉樹林にそれを当てはめることは必ずしも適切ではない。しかし、照葉樹林の方が耳に親しいと思われるので、本章ではこの常緑広葉樹林のことを照葉樹林と呼ぶこととする。

照葉樹林とそれに類似する樹林は、中国南東部からヒマラヤ中腹にかけて、また、東南アジアの山地に広く分布している。また、北米東北部(フロリダ半島)や中南米の山地にもやや類似した樹林がある(Tagawa, 1995)。日本は照葉樹林の分布の東限および北限にあたり、これは東南アジアから広がる常緑広葉樹林の北限でもある。

日本の気候帯は亜寒帯、冷温帯、暖温帯、亜熱帯の4つに区分される(中野, 1942; 鈴木, 1961; 山中, 1979)。照葉樹林が本来、優勢な植生帯を照葉樹林帯と呼び、照葉樹林帯は暖温帯と亜熱帯に分布する。温量指数の一つに、暖かさの指数と寒さの指

数(吉良, 1948)がある。暖かさの指数は、植物の生理的活動が可能な温度の下限を5℃として、月平均気温が5℃以上の月を対象に、月平均気温から5℃を引いた気温を年間で積算した値である。寒さの指数は、月平均気温が5℃未満の月を対象に、月平均気温から5℃を引いた気温を年間で積算した値である。照葉樹林帯は暖かさの指数が85~240℃・月の範囲にわたる(Kira, 1991)。その北限や上限は冬の寒さによって規定されており、寒さの指数が-10~-15℃・月(吉良, 1948)あるいは1月の平均気温1~-1℃(Hattori and Nakanishi, 1985)の等値線に一致する。

日本の照葉樹林は、次の3つに大別できる:1) アカガシ亜属(アカガシ、ウラジログシ、アラカシ、シラカシなど)と、モミ、ツガなどの温帯性針葉樹が優占する地域(関東地方以西の低山と東北地方の沿岸部);2) シイ属(スダジイ、ツブラジイ)、タブノキなどが優占する地域(関東地方以西の丘陵~沿岸部);3) スダジイ(オキナワジイを含む)やオキナワウラジログシなどが優占する地域(南西諸島)。

(2) 高知県の照葉樹林

山中(1978)に基づき、県下の照葉樹林について概説する。照葉樹林は海岸から低地、丘陵地、低山まで広く分布し、その分布上限は800~900mで、場所により1,000mに達する。他地域と同様、潜在的な分布面積は他の樹林よりも広いものの、自然状態に近い照葉樹林は少ない。

高知県の照葉樹林は、その優占種から見ると、タブノキ林、シイ林およびカシ林に区分される。主な高木性樹種は、ブナ科のスダジイ、ツブラジイ、アカガシ、ツクバネガシ、ウラジログシ、イチイガシなどと、クスノキ科のタブノキ、カゴノキ、ヤブニッケイなどで、そのほか、ヤマモモ、イスノキ、コバンモチ、ホルトノキなども多い。亜高木性、低木性樹種にはクスノキ科、モチノキ科、ヤブコウジ科、ハイノキ科、アカネ科に属するものが多く、林床にはオシダ科のシダ植物が高頻度で出現する。

a. タブノキ林

室戸岬、足摺岬、沖ノ島などをはじめ、海岸部の谷沿いなどの湿潤な立地には、タブノキが優占し、ホルトノキ、スダジイ、イスノキなどを混生する樹林がある。室戸岬と足摺岬ではナギが混生し、沖ノ島ではモクタチバナが林内に多い。林床にはホソバカナワラビがよく繁茂するが、足摺岬ではカツモウイノデやオオイワヒトデが混生し、沖ノ島ではアオノクマタケランが多く出現する。室戸岬ではアコウが群生し、林床にクワズイモが多い樹林が見られる。高知市の浦戸湾の玉島や衣ガ島にはタブノキの優占林があること、また、高知市近辺にはタブノキの優勢な残存林が点在することから、高知平野にもタブノキ林が広く分布していたとされる。高知市近辺のタブノキ林は、室戸岬や足摺岬のそれに比べると組成的には単純で、林床にはホソバカナワラビを欠き、コヤブランが多い。

b. シイ林

タブノキはスダジイよりも湿性な土壌と日陰を好むので、一般的にはタブノキは谷沿いに、スダジイは斜面や尾根に多く生育することが多いが、海岸近くでは両者が混生する樹林も多い。そこではスダジイが優占するが、ホルトノキ、ヒメユズリハ、フウトウカズラ、ホソバカナワラビなどのタブノキ林に結びつきの強い植物と、ヤマモモ、コバンモチ、ヤマビワ、ミミズバイ、クチナシ、ミサオノキなどのスダジイ林と結びつきの強い植物が混生している。

海岸近くの平地のスダジイ林には、タブノキが少なく、ヤマモモ、ツゲモチ、コバンモチ、ヤマビワ、トキワガキ、(ときに)ツブラジイなどが混生するものがある。林内にはタイミンタチバナ、サカキ、ミミズバイ、クチナシ、ミサオノキがふつうに生育する。林床にはベニシダやマルバベニシダがよく見られるが、植物は疎らなことが多い。

丘陵地の日当たりの良い場所には、ツブラジイが優占し、林内にミサオノキ、ルリミノキ、サツマルリミノキなどを伴う樹林がある。内陸ではしばしばツクバネガシやウラジロガシも混生する。また、海岸沿いではタイミンタチバナ、コバンモチ、ヤマビワ、ミミズバイ、ミサオノキなどスダジイ林と結び

つきの強い樹種と混生する。

分布上限(標高500~600m)に近いスダジイ林では、アカガシのほか、ツクバネガシ、(ときに)ウラジロガシ、イスノキを伴うことが多い。林内にはサカキが多く、シキミ、イヌガシ、アオガシ、ハイノキ、キジノオシダなどカシ林と結びつきの強い植物が出現する。

c. カシ林

標高500m以上になると、アカガシ、ツクバネガシ、ウラジロガシなどが目立つ樹林に移行する。ただし、これらのカシ類が優占する樹林は少なく、モミ、ツガ、スギ(東部)などの温帯性針葉樹を混生することが多い。また、イスノキが多い樹林やイチイガシが混じる樹林もある。林内にはヤブニッケイ、サカキ、ヒサカキ、ヤブツバキなどシイ林と共通する樹木のほか、シキミ、イヌガシ、ユズリハ、ハイノキなどが多く、林床にはキジノオシダ類やツルシキミが出現する。

(3) 高知市近郊の照葉樹林

高知市近郊の照葉樹林にも古くから人為的な攪乱が加わっており、大部分がスダジイやアラカシの萌芽林となっている。ただし、小面積で孤立しているものの、社寺には自然状態に近い照葉樹林が残っている。例えば、高知市の朝倉神社には成熟したスダジイ林が残されており、1974年に高知市の特別自然保護地区に指定されている。特に社叢の北側斜面には、幹直径が60cmを超えるスダジイが多く、林内にはコバンモチ、サカキ、カナメモチ、ルリミノキ、ミミズバイ、シロバイなどの低木・亜高木が見られ、林床にはマルバベニシダ、フモトシダ、ミヤマノコギリシダなどが生育する。社寺林として点在する照葉樹自然林に関しては、引き続き厳正に保護を図る必要がある。

第2節 花粉と花粉分析

(1) 花粉と花粉総壁

春先にくしゃみをする、「ひょっとして花粉症？」と聞かれるほど、花粉症は身近な病気となった。花粉症はスギやヒノキなどの植物の花粉によって引き起こされ、主に鼻と目に症状が現れるアレルギー性の病気である。花粉症に悩まされている人々にとって、花粉は厄介なものであるに違いない。

花粉は、その中にもつ精細胞あるいは精子を、雌しべの中の卵細胞に送り届けるための袋で、種子をつくり次の世代を残す上で極めて重要な役割を果たしている。この花粉には2つの大きな特徴がある。1つは「花粉総壁」と呼ばれる頑丈な壁を持つこと、もう1つは花粉の外部形態は植物の種類によって異なることである。

花粉総壁は内壁と外壁からなる。外壁はさらに内層と外層に区分され、外層は下位から底部層、柱状層、外表層および彫紋構成要素の4つに細分される(Reitsma, 1970)。

内壁がセルロースを主成分とするのに対して、外壁はセルロースのほか、「スポロポレーニン」を多量に含んでいる。スポロポレーニンとは炭素・水素・酸素からなる高分子化合物で、化学的に極めて安定した物質である。その分子式は、例えばヨーロッパブナの花粉では $C_{90}H_{144}O_{35}$ 、ヨーロッパアカマツ花粉では $C_{90}H_{144}O_{24}$ である(Brooks & Shaw, 1971)。炭素と水素の原子数に比べると酸素原子の数が少なく、酸化に強い性質を持っている。

(2) 花粉の外部形態

図9-1は、様々な植物の花粉を化学的に処理した後、それらを光学顕微鏡下で撮影した写真である。それらを見ると、花粉の外部形態は植物の種類によって異なることがよく分かる。外部形態の多様性を生み出す主な形質として、花粉の大きさ、孔や溝の数と並び方、外表面の模様などがある。

花粉の大きさは植物の種類によって様々である

が、20~60 μm の範囲にほぼ収まる。ただし、ワスレナグサ属の一種で約5 μm 、ミヨウガやオシロイバナで約200 μm と例外もある。

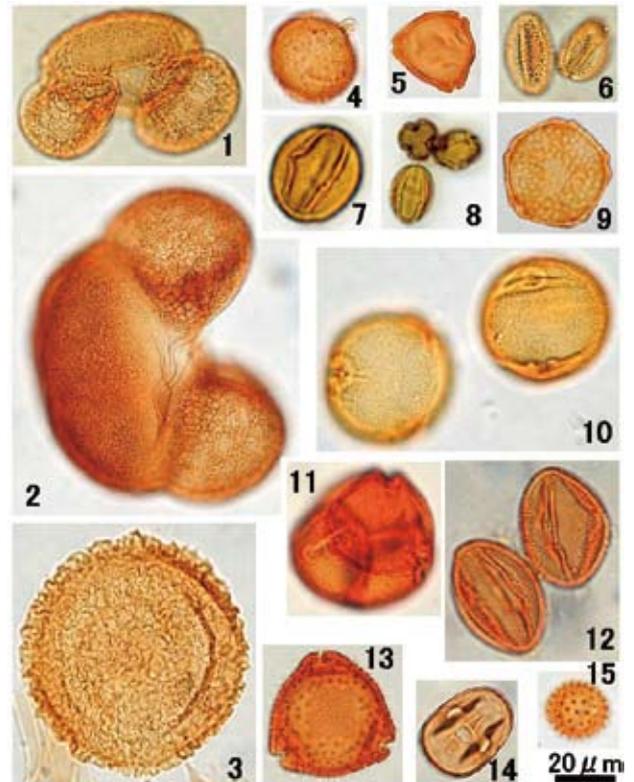


図9-1 花粉の外部形態。

1) アカマツ, 2) モミ, 3) ツガ, 4) スギ, 5) ヤマモモ, 6) ヤマヤナギ, 7) イチイガシ, 8) スダジイ, 9) ケヤキ, 10) ブナ, 11) オンツツジ, 12) ヤブツバキ, 13) スイカズラ, 14) カラスノエンドウ, 15) ヨメナ。

ブナやヤブツバキ、カラスノエンドウの花粉には孔や溝がある。これらの孔や溝のことを発芽口と呼ぶ。花粉は雌しべの先に受粉した後、花粉管を伸ばすが、発芽口は花粉管を伸ばし始める場所である。ただし、クスノキ科のように、外壁を除く全体の部分が発芽口であるといった特殊なものもある。発芽口の数と並び方は植物の種類によって異なるため、花粉を同定するときの重要な鍵となる。スギ花粉が持つ一本の突起は発芽口が外側に突き出たものである。

多くの花粉は発芽口を持つが、アカマツやモミのように、それを持たずユニークなかたちをした花粉もある。これらの花粉は丸い団子が三つ連なったかたちをしている。花粉の本体は真ん中である。その両側は気のうち(空気の袋)と呼ばれ、空中にとどまり風で飛ばされるのに有利な構造である。

先に述べた外壁の外層のうち、主として柱状層、外表層および彫紋構成要素の構造の違いによって、それぞれの花粉に特有な外表面の模様が生み出される。ヤマヤナギやヤブツバキの花粉は網目模様をしている。また、ケヤキ花粉の場合、脳みそのような斑紋がある。スイカズラやヨメナの花粉にはとげがついている。このとげは花粉を運ぶ昆虫の体に付着するのに役立つと考えられている。

(3) 花粉学

主に光学顕微鏡を用いて観察を行う微化石には種子植物の花粉、菌類やコケ・シダ植物などの胞子があり、その他には渦鞭毛藻類の休眠胞子、緑藻類の浮遊性群体などがある。これらを総称してパリノモルフと呼ぶ。パリノモルフを対象とした研究分野をパリノロジーと呼ぶが、一般に花粉・胞子が研究対象となることが多いため、これを「花粉学」として使用することが多い。

花粉に限っても、パリノロジーにおける研究領域は実にさまざまで、花粉症のほか、分類、遺伝、進化など生物学の分野から、科学捜査やハチみつの製造に関係するものまである。

花粉症に関しては、発症のしくみを解き明かす研究のほかに、花粉が空中でどうふるまい、どのような気象条件で多く飛ぶかを調べる研究も盛んに行われている。これは精度の高い花粉飛散予報を提供する上で重要である。

花粉と科学捜査という組み合わせは奇妙に思えるが、花粉によって事件が解決した例もある。被害者の爪あかの中から、その地方では限られた場所にしか生育していない樹木の花粉が多量に見つかり、犯罪現場や容疑者を割り出すことができたというものである。

ハチ蜜の品質管理の上で、巣箱のハチがどの植物の花粉を、どれだけ集めているかを知ることは極めて重要である。1つの巣箱のハチを維持するのに、1シーズンで20から40kgの花粉が必要とされる。ハチ蜜の中の花粉を調べることで、その生産地をある程度推定できるため、国産、外国産あるいは両者のブレンドといった外見では分かりにくい区別ができ

ることもある。

パリノロジーはまた、花粉の化石を扱う研究を含んでいる。堆積物の中に残存する花粉化石を取り出し、その種類や量を調べることで、過去にどのような植生があったのか、それが現在までどのように移り変わってきたのかを知ることができる。このような研究の方法を「花粉分析」という。

(4) 花粉分析

花粉とはその中にもつ精細胞あるいは精子を雌しべの中の卵細胞に送り届けるための袋だと説明した。しかし、実際に受精にあずかる花粉の数は極めて少なく、それ以外の大部分の花粉は本来の目的を果たせないまま地上に落下する。花粉の外壁は極めて頑丈であるため、風や水によって運ばれてきた花粉が湖や湿地のような酸素の少ない環境に堆積すると、化石として数十万年以上も残ることがある。湿地の堆積物にはふつう花粉化石が多量に含まれており、ときには1gの堆積物に100万粒を超える花粉化石が入っている。この花粉化石を研究対象として、過去の植生やそれに関わる環境の変化を調べる手法を花粉分析という。

堆積物の形成過程と花粉分析の流れを図9-2に示す。湖の底には、粘土やシルトなどの細かい土が厚

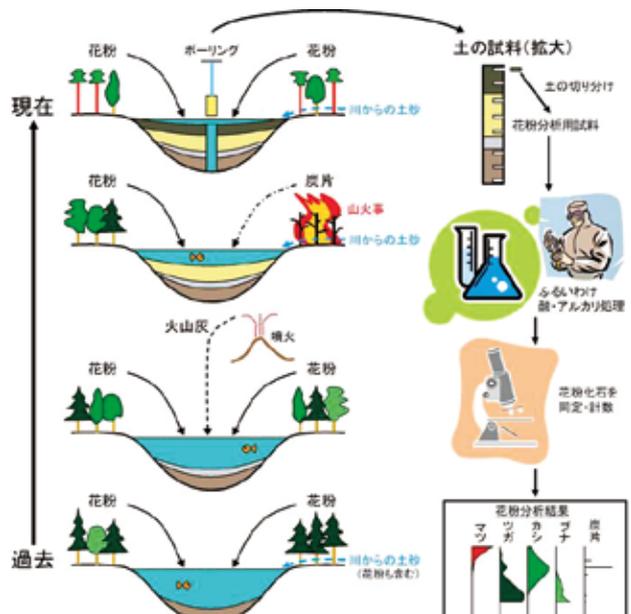


図9-2 堆積物の形成過程と花粉分析の流れ。

く堆積している。例えば、琵琶湖の底には、過去約50万年の間に降り積もった、厚さ250mにおよぶ堆積物が眠っている (Miyoshi et al., 1999)。この土は川の水などによって運ばれてきたものである。運ばれてきた土は湖の底に積もり、さらにその土の上に新しく運ばれてきた土が降り積もる。このようにして、湖の底では土が時間に沿って層を成している。

それぞれの土の層から花粉化石を取り出しその種類や数を調べれば、時代ごとにどの植物がどのくらいの量で生育していたのかを推理できる。堆積物の中には、ケイ藻の殻、貝殻、昆虫などの生物遺骸のほか、森林火災によって生じた微粒炭なども入っている。これらも過去の生物相や環境を復元する上で役立つ。

堆積物には火山灰が挟在していることもある。火山灰の中には光を屈折させる性質をもつ鉱物も含まれており、それらの種類や量は火山灰によって異なる。火山灰に含まれている鉱物の屈折率などを調べることで、どこでいつ降下した火山灰かを特定できる場合がある。火山灰は堆積物の年代指標として重要な意味も持っている。

花粉分析を始めるには、まず、湖や湿地でボーリングを行い、堆積物を柱状に採取する。湖の場合、不安定な湖の上で作業するための大きな足場と特殊な採泥器が必要となる。しかし、湿地でボーリングする場合、深さ10m程度の堆積物であれば、手動式の採泥器（ヒラー型、ピストン型、シンウォール型など）を用いて採取できる。

研究室に持ちかえった堆積物を深さごとに切り分け、切り分けた堆積物試料を様々な物理・化学処理にかけて花粉化石を濃集する。主な物理・化学処理法として、腐植の分解と試料の分散のための水酸化ナトリウム法、花粉以外の植物質粒子やセルロースを分解するためのアセトリシス法、シリカ質を溶解するためのフッ化水素法、塩化亜鉛溶液などの重液を用い花粉を濃集するための比重選別法などがある。ただし、アセトリシスとは無水酢酸と濃硫酸を9:1の比で使用直前に調合した混液である (Erdtman, 1960)。試料の種類に応じて適宜、これらを組み合わせて処理を行うこととなる。8つの試料を処理するのに6から8時間ほどかかる。また、危

険な薬品を使うため、かなり神経を使う作業である。

濃集した花粉化石をスライドガラスにのせ、プレパラートを作成する(図9-3)。通常は光学顕微鏡を用い400~600倍の倍率でプレパラートを観察し、花粉化石を同定しながら計数する。一般には樹木花粉数が最低でも200個に達するまで、同時に出現した草本花粉・胞子も同定・計数するが、各花粉・胞子の出現割合が安定するには少なくとも500個以上の読み取りが必要である (松下, 1981)。

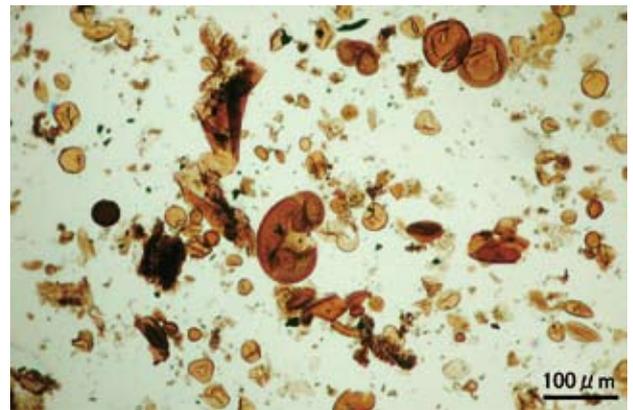


図9-3 濃集した花粉化石。

室戸市奥郷池山池湿地の堆積物試料(約8,900年前)を物理・化学的処理にかけ、花粉化石を濃集した。

それぞれの花粉化石がどれくらいの量で産出したかを表現する場合、それぞれの層で同定した樹木花粉の総数を求め、次にこれを分母としてそれぞれの花粉化石の出現割合(%)を計算することが多い。これは日本のような温暖・湿潤地域では、自然状態では基本的に樹林が成立する気候条件下にあるためである。

定量的な分析が必要な場合には、堆積物試料を一定量正確に取り出し、そこに濃度が既知のマーカージェイン(例、花粉とほぼ同様の挙動を示す耐腐食性のプラスチックビーズなど) (Ogden, 1985)を投入してから分析に入る。マーカージェインに対する比率に基づき、花粉化石の絶対量を換算する。

(5) 花粉分析と高知大学

花粉分析の研究はそもそも、日本でどのように発展し、花粉分析と高知大学にはどのようなつながりがあるのかについて簡単に触れておきたい。

花粉分析はスウェーデンのラーゲルハイム(Largerheim, 1902)を祖とし、北欧で発達した。日本では文明開化の頃、帝国大学の教官が西欧諸国に留学して先端の学問や技術を学びとり、日本に導入することに懸命になっていた時期である。

1928年、ヨーロッパ留学から帰国した京都大学の沼田大学は、すでに西欧諸国に広まっていた花粉分析を日本で紹介した(沼田, 1928)。東北大学の吉井義次は、沼田とほぼ時を同じくして北欧に留学し、花粉分析の方法を持ち帰って、教え子の神保忠男に研究テーマとして与えた。1932年に論文として公表されたこの研究が、日本で初めての花粉分析に基づく植生史研究である(Jimbo, 1932)。ラーゲルハイムの最初の論文発表から30年後の出来事である。

高知大学名誉教授の中村 純は、吉井と神保に学び、1942年に最初の論文を発表した(中村, 1942)。奇しくもこの年、ラーゲルハイムに学び、当時すでに高名であったフォン・ポストは、世界の花粉分析結果をとりまとめ、完新世をI(後期更新世最終氷期直後のまだ寒い時代)、II(現在よりも温暖な時代)およびIII(現在も含め冷涼な時代)の3つに区分している(von Post, 1942)。

1947年、中村は高知大学文理学部に着任する。戦後の不自由な環境のもと、氷期に氷床に覆われなかった日本でも、寒冷な気候の影響を受け植生も大きく変化したと考え、各地で研究を精力的に進めた。1951年、中村は福島県の上田代湿原で最終氷期末か完新世初めの堆積物を発見した。この分析結果を中心に本州以南の完新世の植生史を整理し、フォン・ポストの示した気候変化が日本にも存在したことを確認した(中村, 1951)。この成果は今でも大筋で認められる重要な発見である。

中村は1978年に定年で退官するまで、百数十箇所で行った。中村は1932年に始まった日本の花粉分析をその後20年で世界レベルにまで引き上げた第一の功労者である。

中村はまた、山中三男(元高知大学)、塚田松雄(ワシントン大学)、畑中健一(北九州大学名誉教授)、三好教夫(岡山理科大学)、日比野紘一郎(元宮城農業短期大学教授)をはじめ、優秀な弟子を多く育て、その研究の潮流は次の世代の研究者らに受け継がれている。

第3節 日本列島における照葉樹林の植生史

約160万年前から現在までを、地質時代で第四紀と呼ぶ。第四紀はさらに、更新世(約160万～1万年前)と完新世(約1万年前～現在)に区分される。第三紀(約6,500万～160万年前)が全般に温暖で気候変動が小さかったのに対し、第四紀には寒冷化が進み、特に約80万年前以降は気候変動の振幅が激しく、約10万年周期で間氷期と氷期を繰り返してきた(Shackleton, 1995など)。さらに、第三紀終末以降の地殻変動と海水準変動によって形成された山地や海峡は、この気候変動に応じた植物の移動経路を規制し、地域における種の絶滅と種分化をもたらした(Momohara, 1994; 百原, 2002)。

このような環境変動を通して、日本列島の照葉樹林(あるいはその構成種)も、その分布域や群集構造を大きく変化させてきたに違いない。ここでは、花粉化石と大型植物遺体化石の産出状況に基づき、日本列島の照葉樹林の植生史を辿ってみたい。

同一地域において、第四紀を広く覆う植物化石の連続記録は日本でも多くはないが、照葉樹林の発達史を紐解く上で重要な植物化石資料は、沖縄本島、九州地方、近畿地方などで得られている。

(1) 第四紀における照葉樹林の植生史

更新世については、初期(約160万～80万年前)、中期(約80万～13万年前)および後期(約13万～1万年前)の3期に便宜的に区分し、初期～中期と後期における植生について述べる。

a. 初期～中期更新世

琉球列島は日本列島の最南端に位置し、温暖で湿潤なため、九州以北よりも早い時期から照葉樹林が成立し発達してきた可能性がある。沖縄本島の名護市とうるま市に分布する、約190万～80万年前の第三紀末から第四紀初期更新世に対比される地層からは、マツ属、スギ属、サルスベリ属などが優勢で、ニレ属-ケヤキ属、フウ属などに加えて、シイ属、

ハイノキ属, ツゲ属, モチノキ属, ツバキ属, フトモモ科, モクセイ科 (イボタノキ属を含む), イチジク属などの照葉樹を随伴する花粉化石群が得られている (Fujiki and Ozawa, 2008). アブラスギ属 (マツ科) やフウ属 (マンサク科) などの, いわゆる第三紀要素と呼ばれ現在は絶滅した植物, サルスベリ属 (ミソハギ科) のように現在は屋久島以南に局在する亜熱帯～暖温帯性の植物を含んでいる. アカガシ亜属花粉は全般に低率で推移しており, 量的には少なかったと考えられる.

花粉組成の垂直変化から見て, 照葉樹が優勢であった時期はむしろ少ない. 約100万～80万年前になってシイ属花粉がようやく急増することから, 照葉樹林の成立時期はこの頃だと推定されている (Fujiki and Ozawa, 2008). しかし, シイ属は, 現在のように照葉樹林で優占しているのとは異なり, サルスベリ属, ニレ属-ケヤキ属, フウ属, ハイノキ属, モクセイ科 (イボタノキ属を含む) などが混生する樹林の主要構成種の1つにすぎなかったと考えられる.

大阪湾周辺には, 大阪層群と呼ばれる, 第三紀末から第四紀更新世にかけてほぼ連続して堆積した地層が広く分布している. 大陸氷床の拡大・縮小に伴う海水準の変動の影響を受けて, 温暖期 (間氷期) には海成粘土層が, 寒冷期 (氷期) には陸水成層が交互に堆積している. 花粉化石を含め, 植物化石が丹念に研究されているため, 日本の植生と植物相の変遷を知る上で最も重要な地層である. 大阪層群に含まれている花粉化石群のうち, 照葉樹花粉は全般に低率で, 中期更新世前半にあたる80万～30万年前の海成粘土層 (Ma8とMa9) においてアカガシ亜属が比較的高率を示す程度である (古谷, 1984; Furutani, 1989).

大阪層群の約40万年前にあたる海成粘土層 (Ma8) の大型植物遺体化石群は, 現在の照葉樹林構成種が多いことで特徴づけられている. 西宮市上ヶ原では, ナギ, モミ, クロマツ, ツガ, スギ, コウヤマキ, ヒノキ, サワラなどの温帯性針葉樹に加えて, ヤマモモ, アラカシ, ツクバネガシ, ウバメガシ, シバニッケイ, タブノキ, シキミ, オガタマノキ, イスノキ, サザンカ, サカキ, アデク, クロバイなどの照葉樹が産出する (Miki et al., 1957). 産出した広葉樹化

石25種のうち15種類が照葉樹で, しかもそのうち9種はこの時期に初めて出現する植物である. この化石群には, 現在, 九州南部以南に分布するアデク (フトモモ科フトモモ属), 奄美大島以南の琉球列島に分布するシバニッケイ (クスノキ科ニッケイ属) など, 更新世の大型植物遺体化石の中では現在の分布北限が最も南にある植物が含まれる. 泉北丘陵ではこのMa8より上位の地層 (海成粘土層 (Ma9) の直下～Ma10の上位) で大型植物遺体化石群が見つまっているが, そこにはチョウセンゴヨウ, ヒメバラモミなどが産し, 照葉樹をはじめ, 現在, 暖温帯以南に分布する植物は認められていない (光明池団体グループ, 1971; Itihara et al., 1982).

多少, 時間は前後するが, 高知県安芸郡大野台では大阪層群の海成粘土層 (Ma5) に対比されると考えられている海成段丘面下堆積物から植物化石群が報告されている (松下ほか, 2001). マツ属とツガ属が優勢で, モミ属, クマシデ属, ハンノキ属, ニレ属-ケヤキ属, ブナ属などを比較的高率で伴う花粉組成が得られている. 温暖期にも関わらず, アカガシ亜属とシイ属花粉は極めて低率で, その他の暖地性の植物としてサルスベリ属, アカメガシワ属などの花粉がわずかに連続出現する程度である. 大型植物遺体化石は, モミ属, マツ属, トガサワラ属, ツガなどの温帯性針葉樹と, ケヤキ, クマシデ属イヌシデ型, アカメガシワ, ミズキ, クマノミズキなどの落葉広葉樹が比較的多産するほか, ナンキンハゼ, センダン, ハマナツメ属, ハマゴウなど沿岸暖地に分布する植物も含まれている (松下ほか, 2001).

琵琶湖高島沖では, 機械ボーリングによる湖底堆積物の掘削 (全長1,422m) が行なわれ, Miyoshi et al. (1999) はその上部250mの堆積物試料の花粉分析を行っている. 挟在する火山灰のフィッシュン・トラック年代と微化石の産出状況から, その堆積年代は約50万年と推定されている. この50万年間の花粉化石群の産状を見ると, 全般にマツ属, モミ属, ツガ属, トウヒ属, スギ属, コウヤマキ属, ヒノキ科などの亜高山帯～温帯性の針葉樹と, ブナ属, コナラ属コナラ亜属 (以後, コナラ亜属と呼ぶ) などの落葉広葉樹の花粉が優勢である. 一方, シイ属, アカガシ亜属などの照葉樹花粉は少ない.

この50年間には全部で5回の温暖期が認められ、アカガシ亜属花粉が増加し、時にはシイ属、サルスベリ属花粉を随伴するが、約40万年前と約1万年前以降の2回の温暖期を除き、それらの出現率は高くない。

b. 後期更新世

後期更新世は、温暖期である最終間氷期(約13万～12万年前)と、寒冷期である最終氷期(約12万～1万年前)を含む時代である。

関東南部大磯丘陵の最終間氷期に対比される吉沢層では、スギ属、ニレ属-ケヤキ属、ハンノキ属、クマシデ属、エノキ属-ムクノキ属花粉などとともに、サルスベリ属、アカメガシワ属、センダン属、シラキ属などの暖地性の落葉広葉樹花粉が産出する。大型植物遺体化石は、暖地性のものでアカメガシワ、センダン、ナンキンハゼ、アブラギリ、ツゲ属、ハマナツメ属などが産出する(辻, 1980; 辻・南木, 1982; Tsuji and Minaki, 1985)。アカガシ亜属花粉は連続出現するが、極めて低率である。

大阪湾周辺の中位段丘堆積物層は海成粘土層(Ma12)を挟み、この時期は最終間氷期の下末吉期に対比されると考えられている。この時期に対比される大型植物遺体化石群は、ナンキンハゼ、ハマナツメ属、センダン、ハリゲヤキ属などを含み、その他として枚方層ではモミ属が(高谷・市原, 1961)、伊丹粘土層ではコウヤマキ、ヒノキ、ハイネズなどの温帯性針葉樹とシキシマハマナツメが(Huzita and Maeda, 1971)、明石市の西八木層ではサルスベリのほか、トウヒ属、ハシバミ属、キハダ、ハクウンボク、ミズナラといった冷温帯以北に分布する植物が随伴する(百原ほか, 1987)。

最終氷期は2回の亜氷期(約7万年前と約1.8万年前)を含み、そのうち約1.8万年前の亜氷期に大陸氷床が最も発達し、寒冷であったと考えられている。この時期を最終氷期最盛期と呼ぶ。

最終氷期は完新世に繋がる寒冷期であるため、現在の植生分布に最も重大な影響を及ぼした時期である。最終氷期の植物化石資料はそれ以前と比較すると多いものの、特に照葉樹林(あるいはその構成種)が残存した可能性のある西南日本の低地、特に大平

洋沿岸域では極めて少ない。

1980年代には、既存研究の植物化石資料に基づく、最終氷期最盛期の植生分布図がいくつか提案された(安田・成田, 1981; Tsukada, 1985; 那須, 1986)。これらの植生分布図における照葉樹林の分布範囲は、研究者によって相違があるものの、奄美大島を含む九州南部の沿岸低地に照葉樹林が残存していたという考えは共通している。また、前田(1980)、那須(1986)、松下(1992)などは、房総半島以南の半島や岬の先端にも照葉樹林(あるいはその構成種)が残存したものと推察している。

沖縄県伊是名島では、最盛期頃に対比される地層から、マツ属が優勢で、マキ属、アカガシ亜属、シイ属、マテバシイ属、ヤマモモ属などを含む花粉化石群が得られている(黒田・小澤, 1996)。アカガシ亜属とシイ属花粉は5%を超える出現率を示す層準が多いことも考慮すると、マツ属が優勢ではあるものの、琉球列島では最終氷期を通じて照葉樹林が残存していたと考えられる。

東シナ海東部の男女海盆では、始良Tn火山灰(噴出年代は¹⁴C年代で約2.5万年前)を含む堆積物が得られており、マツ属、トウヒ属、モミ属、ツガ属などの針葉樹花粉が優勢で、少量のブナ属、カバノキ属などの落葉広葉樹花粉とともに、アカガシ亜属、マキ属花粉などが数%～数十%程度で出現する(松岡, 1994)。同時期の大陸側の陸化した東シナ海ではアカガシ亜属、シイ属などの照葉樹花粉をほとんど含まないことから、九州南西部に照葉樹林(あるいはその構成種)が残存したと推定されている。

しかし、現在のところ、最終氷期最盛期に照葉樹林(あるいはその構成種)が残存していたことを確実に示す、陸域の堆積物を対象とした植物化石資料は得られていない。葉緑体DNAの種内変異量に基づく分子植物地理的研究からは、九州南部だけでなく、紀伊半島と室戸岬周辺が照葉樹林(あるいはその構成種)の逃避地として重要であった可能性が指摘されており(Aoki et al., 2003; 2004)、これらの地域における植物化石資料の蓄積が必要である。

c. 完新世

松下(1992)は太平洋沿岸域の花分析資料をとり

まとめ、完新世における太平洋沿岸太平洋沿岸の照葉樹林発達史について議論している。房総半島以南の太平洋沿岸地域では、完新世初頭から照葉樹林が成立し、その拡大期は約8,500年前、7,500年前、6,000年前に認められる。九州南部、室戸岬および淡路島ではすでに8,500年前以前に照葉樹林が成立し、伊豆半島では約8,500年前に、紀伊半島、浜名湖周辺および御前崎では約7,500年前に、銚子では約6,000年前に照葉樹林が分布拡大したとされている。

沿岸域では、西南日本でシイ属花粉の出現率が高く、東日本でアカガシ亜属、コナラ亜属花粉などの出現率が高い傾向にあるが、シイ属とアカガシ亜属の分布拡大の時期や過程は地域によってかなり異なっている。シイ属よりも分布上限が高いアカガシ亜属の方がより早く拡大するケースが多いものの、浜名湖周辺と御前崎のように、シイ属の増加がアカガシ亜属より1,000年以上も先行する地域もある。内陸ではアカガシ亜属が段階的に分布を拡大する傾向がある。

現在の分布北限に近い東北地方南東部に目を向けると、福島県北部には少なくとも5,000年前にはアカガシ亜属が到達しており、福島県南部では約3,000年前にアカガシ亜属が多産する(内山, 1987; 1990)。

(2) まとめ

第四紀という時間スケールで見ると、照葉樹の分布拡大の程度や照葉樹と混生した樹種は時期によって大きく異なっていたことが分かる。温暖期(間氷期)であっても、温帯～亜寒帯に分布する針葉樹および落葉広葉樹と、照葉樹が混生している場合もあるが、前者が主体で後者が低率あるいはほとんど出現しない場合が多い。約40万年前と現在の温暖期におけるシイ属、アカガシ亜属の優勢な照葉樹林の分布拡大は、むしろ例外的であったと言える。このことは、夏期に温暖であっても、沿岸を流れる海流の配置や冬期の大陸高気圧の発達具合などによって、照葉樹が分布を拡大できないほど厳しい気候条件が冬期に存在した間氷期があったことを示唆する。

寒冷期(氷期)に逃避地が存在した可能性が高い太

平洋沿岸域では、更新世以降の連続した植物化石記録が全く得られていない。この地域における今後の研究の伸展が望まれる。

第4節 四国南部沿岸域の植生史

四国地方は特に花粉化石による植生史研究の多い地域の一つであり、高知県南国市十市および稲生での研究(中村, 1948)を端緒として、主として海成段丘や低湿地の堆積物を用いた研究が数多く報告されている(例えば、中村, 1965, 1969; 中村ほか, 1972; 山中, 1984; 三宅ほか, 2005)。これまでに報告された研究の数は、後期更新世の最終氷期以降に限っても40を超える(図9-4, 表9-1)。四国地方に関する第四紀の植生史については、中村・山中(1982, 1992)および三好(1998)によって総括されている。

時間的に見ると、これまでに分析された堆積物は完新世のものが多い。また、この地域では連続した地層と、地層の年代を対比する上で有効なテフラの鍵層に乏しいため、最終氷期を通して連続した、しかも同一地点で採取された堆積物コアの花粉分析から、この時代の植生史について検討した研究は極めて少ない。しかし、近年になって、最終氷期を含む連続試料の分析結果が報告された(清水ほか, 1980; 三宅ほか, 2005)。空間的に見ると、既存研究は瀬戸内海沿岸と四国山地で少なく、大部分は太平洋沿岸、特に高知平野とその周辺に集中する。

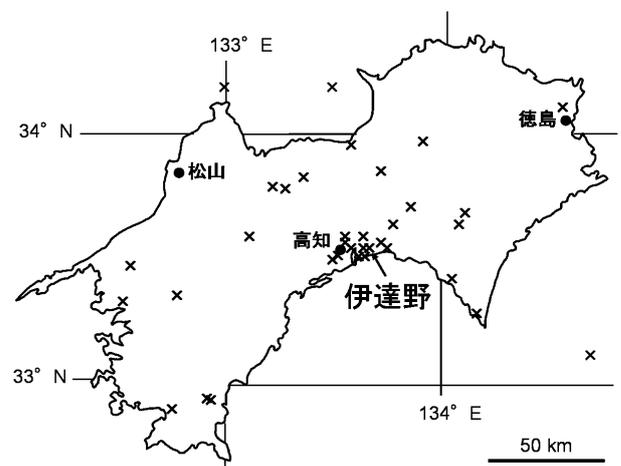


図9-4 四国地方における最終氷期以降の花粉分析地点。

表 9-1 四国地方における最終氷期以降の花粉分析的研究.

調 査 地	標高 (m)	緯度 (N)	経度 (E)	文 献
愛媛県東宇和郡宇和盆地	215	33° 23'	132° 29'	清水ほか(1980), 三宅ほか(2003)
愛媛県大洲市菅田	-	-	-	高橋(1974)
宿毛市常盤公園	3	-	-	中村・甲藤(1953a)
愛媛県東宇和郡野村町大野ヶ原	-	-	-	中村ほか(1981)
宿毛市山奈町山田雁ヶ池	6	-	-	中村・甲藤(1953a)
中村市江ノ村	8	32° 59'	132° 52'	中島ほか(2002)
中村市具同	6	32° 58'	132° 55'	三宅・石川(2004)
愛媛県越智郡大三島町大見遺跡	-	34° 16'	133° 00'	中村(1981)
吾川郡吾川村カラ池湿原	1220	33° 36'	133° 05'	山中・山中(1978)
愛媛県西条市瓶ヶ森	1700	33° 47'	133° 12'	佐々木(2003), Sasaki et al.(2004)
土佐郡本川村神鳴池	1600	33° 47'	133° 13'	Yamanaka & Hamachiyo(1981)
土佐郡本川村平家平	1400	-	-	Nakamura(1970a)
土佐市戸波	4	33° 28'	133° 22'	Nakamura(1952)
吾川郡春野町西分増井遺跡	4	33° 29'	133° 30'	三宅(2004)
吾川郡春野町大谷	10	33° 29'	133° 30'	中村・山中(1992)
高知市朝倉水久保湿原, 学芸高	10	33° 32'	133° 30'	中村(1978b)
愛媛県越智郡大三島町燧灘	-	-	-	藤木ほか(1995)
高知市吉田町	-	-	-	中村(1969)
高知市薊野	-	-	-	中村・山中(1992)
愛媛県伊予三島市平田	27-28	-	-	高橋(1975)
高知市丸池町	-	33° 33'	133° 34'	山中(1984)
高知市池国立高知療養所	-	-	-	中村・甲藤(1953a)
南国市十市石土池	-	33° 32'	133° 36'	Nakamura(1970b)
南国市伊達野	5	33° 31'	133° 37'	中村(1965), 三宅ほか(2005)
南国市岡豊中島岡豊	4	33° 34'	133° 37'	山中ほか(1992)
南国市十市	-	-	-	中村(1948)
南国市稲生	-	-	-	中村(1948)
南国市田村遺跡	6-8	33° 33'	133° 40'	山中(1986)
香美郡野市町	12.5	-	-	中村(1965)
徳島県三好郡山城町野鹿池山湿原	1200	33° 51'	133° 42'	中村・山中(1951)
香美郡香我美町遠崎遺跡	10	33° 34'	133° 44'	山中・石川(1988)
香美郡香北町美良布遺跡	110	33° 39'	133° 47'	山中(1991)
徳島県三好郡池田町黒沢湿原	560	33° 59'	133° 50'	Nakamura & Yamanaka(1961), 中村ほか(1997)
香美郡物部村神池	430	33° 44'	133° 53'	Nakamura(1952)
安芸郡馬路村天狗森	1230	-	-	中村(1978a)
安芸郡馬路村千本山	900	-	-	中村(1978a)
室戸市室津川	6.3	33° 17'	134° 09'	中村ほか(1972), 甲藤・阿子島(1980), 松下ほか(1988)
室戸市土佐箸	-	-	-	中村ほか(1972)

ここでは、既存研究が多く、植生の時空間的変遷が比較的詳しく解明されている、太平洋沿岸を主とする最終氷期以降の植生史について概説する。

(1) 最終氷期の植生史

最終氷期を、初期～中期(約12万～3万年前)と後期(約3万～1万年前)の2期に便宜的に区分して、各時期の植生について述べる。

a. 最終氷期初期～中期

この時期に確実に対比される分析資料は現段階では得られていないが、堆積物の¹⁴C年代と他地域の分析資料(守田, 1994; 安田, 1998; Takahara and Kitagawa, 2000)との比較から、南国市伊達野のITN-1帯は最終氷期初期かそれ以前の亜間氷期に、ITN-2帯は最終氷期中期の亜間氷期に対比されている(三宅ほか, 2005)(図9-5)。

ITN-1帯の花粉組成から判断して、モミ属、スギが優勢で、ツガ、マツ属、トウヒ属などを随伴する温帯針葉樹林が成立していたと考えられる。スギ属花粉の多産はこの時期の湿潤気候を示す。続くITN-2帯には、モミ属、スギが優勢で、ツガ属、トウヒ属、マツ属、コウヤマキなど他の針葉樹も含み、トネリコ属、ニレ属、ケヤキ、クマシデ属などの落葉広葉樹を混生する温帯針広混交林が分布していたと考えられる。スギ属花粉の減少にともない、落葉広葉樹花粉の出現率が増加することから、乾燥化が顕在化したと考えられる。

ITN-2帯では、サルスベリ属とハマナツメ属花粉も低率ながら連続出現することから、サルスベリ属やハマナツメ属も分布していたと推定される。サルスベリ属は、最終間氷期を中心として西南日本に広く分布し、東北地方南部まで分布を拡大していた(例えば、辻, 1980; Furutani, 1989; 日比野ほか, 1991; 守田, 1994; 三好, 1998; 長谷ほか, 1998; Miyoshi et al., 1999; Takahara and Kitagawa, 2000)。しかし、最終氷期中期におけるサルスベリ属花粉の出現は、伊達野で初めて確認された。このサルスベリ属花粉の連続出現は、四国南部沿岸域においてサルスベリ属が最終氷期中期まで残存したこ

とを示すものとして重要である。

b. 最終氷期後期

最終氷期後期の植生変遷を示す分析結果は、断片的ながら南国市伊達野(三宅ほか, 2005)で得られている。ITN-3とITN-4帯の花粉組成とその垂直変化から、次に示す植生変遷が復元される。ITN-3帯には、ITN-2帯から衰退傾向にあったスギがほぼ消滅し、モミ属とツガ属がやや衰退する一方、トネリコ属、クマシデ属、コナラ属コナラ亜属、ガンピ属などの落葉広葉樹が増加した。続くITN-4帯には、ツガ属とモミ属が再び優勢となり、コナラ属コナラ亜属、カバノキ属、クマシデ属、ブナ、イヌブナ、ハシバミ属などの落葉広葉樹も増加した。冷温帯性のブナ型とハシバミ属花粉の増加は寒冷化を示唆する。

最終氷期後期末に対比される分析結果には、香南市野市(中村, 1965)と高知市薊野(山中 未発表; 中村・山中, 1982を参照)がある。香南市野市では、ツガ属とモミ属花粉が優勢で、マツ属、トウヒ属、コナラ属コナラ亜属、クマシデ属、ブナ属花粉などが随伴する。薊野の深度26mに堆積した泥炭の堆積年代は、¹⁴C年代で約1.2万年前である。その分析結果によると、スギ属とハンノキ属花粉が優勢で、モミ属、ブナ属、マツ属、ツガ属およびサワグルミ属花粉をとまなう。この調査地点は高知市北方の丘陵地からのびる谷部末端に位置し、湿潤な立地を形成していたと考えられる。このことから、スギやハンノキ属を主とする森林が谷に沿う形で局地的に成立していたと推定されている。

最終氷期の一時期に相当するとされる分析結果としては、室戸岬沖の土佐磐のものがある(中村ほか, 1972)。土佐磐の完新世に堆積した底質の下部には、マツ属、モミ属、トウヒ属、ツガ属、トガサワラ属、コウヤマキ属、ブナ属、カバノキ属、サワグルミ属花粉などを含んだ、最終氷期の海退期のものと推定されている堆積物がある。現在、トガサワラは四国山地東部に局在する(山中, 1978)が、室戸岬付近の最終氷期の沿岸にトガサワラが分布していたと考えられている。

(2) 完新世の植生史

完新世を、初期(約1万~8,000年前)、中期(約8,000~4,000年前)および後期(約4,000年前~現在)の3期に便宜的に区分して、各時期の植生について述べる。完新世は最終氷期の後に訪れた温暖期(間氷期)であるため、これを「後氷期」とも言う。最終氷期と対比させてこの時期の植生を述べるには後氷期の方が用語として相応しいが、混乱を避けるためにここでも一貫して完新世を用いることとする。

a. 完新世初期

完新世初期に対比される分析結果は、南国市伊達野(中村, 1965; 三宅ほか, 2005)、室戸市室津川(松下ほか, 1988)および高知市大谷(山中ほか, 未発表; 中村・山中, 1992を参照)で得られている。

最終氷期後期終末以降の連続した堆積物試料は四国南部では得られていないが、野市町と伊達野の分析結果(中村, 1965)は、花粉組成の垂直変化から判断してほぼ整合的に重なっていることは確かである。伊達野(三宅ほか, 2005)のITN-5帯は、¹⁴C年代からみて、完新世初期に対比される。断片的であるが、最終氷期後期(ITN-4帯上部)と完新世初期(ITN-5帯)の花粉化石群を比較することによって、最終氷期後期終末以降の温暖・湿潤化にともなう植生史が推定できる。

これらの結果から、完新世初期には最終氷期後期に優勢であったモミ属、ツガ、コナラ属コナラ亜属、ブナ属などからなる温帯針広混交林が衰退して、照葉樹林の構成種が出現を始める時期に相当することが分かる。

南国市伊達野(中村, 1965; 三宅ほか, 2005)では、照葉樹林の主要な構成種のうち、シイ属に先行して、コナラ属アカガシ亜属が出現を開始する。一方、室戸市室津川ではシイ属花粉がすでに60%以上の出現率を示し、すでに極相に近いシイ林が成立していたと考えられている(松下ほか, 1988)。コナラ属アカガシ亜属に先行してシイ属花粉が増加する現象は、遠州灘や伊豆半島などの太平洋沿岸で認められている(松下, 1992)。これは、種による分布拡大能力や

潮風害に対する耐性などの生理生態的な特性の違い、あるいは黒潮海流の地域的な影響の違いなどに起因する可能性がある。

照葉樹の中で、ヤマモモ属花粉の出現開始期にも地域差が認められる。これまで、ヤマモモは5,000~6,000年前に出現を開始すると考えられてきた(例えば、中村, 1965; 中村ほか, 1972; 中村・山中, 1982)。しかし、次に挙げる調査地点では、完新世初期においてヤマモモ属花粉が出現する。

南国市伊達野(三宅ほか, 2005)では、少なくとも8,000年前以前にヤマモモ属花粉が一時的に高率で出現する。高知市大谷ではこの時期、ヤマモモ属花粉が木本花粉総数の60%を超える(山中ほか, 未発表; 中村・山中, 1992を参照)。四万十市具同(三宅・石川, 2004)でも、鬼界-アカホヤ(K-Ah)火山灰層(噴出年代は¹⁴C年代で約6,300年前)より下層で出現率のピークが認められる。室津川では、約8,000年前を示す層準より下層で多量のシイ属花粉とともにヤマモモ属花粉が5~20%で連続的に出現し、ヤマモモ属花粉が木本花粉の中で最も優勢な層準も認められる(松下ほか, 1988)。

このように、太平洋沿岸の低地ではヤマモモの成立時期が完新世初期に遡ることは間違いない。近畿地方におけるヤマモモの現在の主要分布域の限界が1月の平均気温4℃の等値線に一致する(服部ほか, 1987)ことを考慮すると、太平洋沿岸一帯は完新世初期にはヤマモモの生育に必要な冬期の温度条件を満たしていたと推察される。

ヤマモモは沿岸丘陵地に分布するミズバイースダジイ群集の標徴種の一つであるが、その被度はさほど高くない。蛇紋岩地のアカマツ亜高木林や海岸風衝地に発達するウバメガシ低木林など特殊な立地にも生育する。蛇紋岩地のような貧栄養で乾燥した場所に生育可能な要因の一つとして、本種が放線菌根性植物の一種であることが挙げられる(Hiyoshi et al., 1988; 山中・岡部, 2008)。関東以西の「日本植生誌」付表から本種が出現する調査林分を抽出し、相観ごとに本種の階層ごとの被度をまとめた研究によれば、アカマツ林では亜高木層で、コナラ林とカシ林では高木層で多く出現し、シイ林では高木層を中心に草本層まで優占種と並存する(大黒・佐々木,

1988). これを根拠に、本種は本来、陽樹で、遷移初期のアカマツ林の段階で侵入すると結論づけている。果実は核果で、核面に多数の多汁質の突起がある。屋久島の照葉樹林では主にムクドリ、ハト類などの果実食鳥類に捕食され種子が散布されたとしている(野間, 1999)。種子の発芽最適温度は15°C前後、発芽期間は約8ヵ月、光発芽種子で、乾燥貯蔵での寿命が短いとされる(濱野ほか, 2007)。

ヤマモモの成長・繁殖や個体群動態に関わる生活史は十分に明らかではないが、これらの研究から、本種は攪乱地に適応した生理生態的特性をもち、本来は遷移初期に先駆的に侵入する樹種であることが分かる。

福井県水月湖では、年縞堆積物中の菱鉄鉱と方解石量の変動から、約8,500~7,000年前にかけて、海水準は全体として上昇するものの、約500年周期で変動を繰り返してきたことが明らかにされた(福沢, 1995)。海水準変動が主に気候変動に起因し、太平洋沿岸域でも同様であったとすると、当時の気候は不安定であったと推定される。気候変動に伴う立地の不安定性がヤマモモの成立をもたらした可能性を指摘できる。

b. 完新世中期

水月湖での研究(福沢, 1995)に基づく、最温暖期を含む約6,800~5,500年前は気候変動の振幅が小さく、安定した環境であったと推定される。完新世中期を含む分析結果は多く、全般としてシイ属、コナラ属アカガシ亜属などが優勢な花粉組成を示す。室戸市室津川(松下ほか, 1988)では、完新世初期からシイ属花粉が最も優勢であるが、この時期も高い出現割合を示す。高知市水久保(中村, 1978b)でも、この時期の後半にシイ属が最も優勢である。宿毛市雁ヶ池で採取された堆積物の深度5.2~1.0mは、完新世中期に対比されるとされており(中村・甲藤, 1953a)、この層準でも一貫してシイ属花粉が高い出現割合を示す。なお、雁ヶ池ではこの時期、マキ属花粉も一時的に多産する。

南国市岡豊低湿地(山中ほか, 1992)と高知市大谷(山中ほか, 未発表; 中村・山中, 1992を参照)では、この時期の前半にはコナラ属アカガシ亜属、ヤマモ

モ属といった他の照葉樹林要素の花粉が多く、約6,000~5,000年前にかけてシイ属花粉が最も優勢となり、後期にはアカガシ亜属花粉が再び増加する。

このように、太平洋沿岸では、完新世初期に照葉樹林が急速に分布を拡大し、中期にはシイ属とコナラ属アカガシ亜属の優勢な照葉樹林が低地を広く覆っていたと考えられる。

南国市伊達野(中村, 1965; 三宅ほか, 2005)では、コナラ属アカガシ亜属花粉が40%程度の高率で出現する一方、シイ属花粉の出現率はほとんどの層準で30%を超えることはない。伊達野低湿地の周辺には、石灰岩を主とする丘陵(鉢伏山, 標高213m)が存在し、そこではアラカシ林が優占する。したがって、伊達野におけるコナラ属アカガシ亜属花粉の多産は、石灰岩地という土地的影響によるものと推定される。

c. 完新世後期

完新世中頃以降には、珪藻や浮遊性有孔虫など花粉化石以外の気候変化を示唆するプロキシから、降水量の増加(加ほか, 2003)や減暖化(福沢, 1995; Ujiie and Ujiie, 1999)が指摘されている。琵琶湖では、数百年オーダーの高解像度で年間珪藻殻堆積量が分析され、K-Ah降灰期直後の約7,000年前以降の降水量は現在のレベル以上であったとされる(加ほか, 2003)。

完新世後期に入ると、多くの調査地点で照葉樹花粉のうちコナラ属アカガシ亜属とシイ属の出現率がやや減少し、高知市大谷(山中ほか, 未発表; 中村・山中, 1992を参照)で顕著なように、場所によってはツガ属とモミ属花粉が増加する。これは降水量の増加や減暖化などによる立地環境の不安定化によって、照葉樹林がいく分衰退しツガ属とモミ属が増加したことを示唆する。

南国市伊達野(中村, 1965; 三宅ほか, 2005)、香美郡遠崎遺跡(山中・石川, 1988)などで顕著なように、ツガ属とモミ属花粉は完新世末まで比較的高率で連続出現する調査地点もある。低湿地をとりまく丘陵地には、ごく最近まで照葉樹と、ツガ属とモミ属が混生していたと考えられ、これら樹種の植生帯への位置づけも今後、詳細に検討する必要がある。

本州以南の各地では、完新世後期に人為の森林破壊に起因するマツ属複維管束亜属や非樹木(人里・栽培植物)花粉の増加(Tsukada, 1966; 塚田, 1967)が認められ、その開始時期は ^{14}C 年代で約3,000年前以降である。四国南部の多くの調査地点では、コナラ属アカガシ亜属とシイ属花粉が減少した後に、マツ属、ヤマモモ属などの木本花粉、ヨモギ属、イネ科(栽培イネ属を含む)などの草本花粉が増加する傾向が顕著である。人間の生業活動により調査地点周辺の照葉樹林が破壊され、マツ属やヤマモモを主とする二次林が成立したと考えられる。

(3) まとめ

最終氷期以降の四国地方太平洋岸における植生史について概要を述べた。それをまとめると次のようになる。

最終氷期の高知平野には、全般にモミ属、ツガ属などの温帯針葉樹が多く、コナラ属コナラ亜属、ブナなどの落葉広葉樹の混生する温帯針広混交林が成立していた。最終氷期中期まではスギも優勢であったが、その後期には衰退し、最終氷期後期にはほぼ消滅した。最終氷期中期には、サルスベリ属やハマナツメ属といった暖温帯性落葉広葉樹も残存していた。完新世に入ると、太平洋沿岸の多くの地域でその初期にヤマモモ、コナラ属アカガシ亜属、シイ属が順を追って分布を拡大し、中期以降、発達した照葉樹林が低地を広く覆った。室戸岬では完新世初期からシイ属が優勢であった。完新世後期には、立地環境の不安定化や人為の森林干渉などによって照葉樹林が衰退し、マツ属やヤマモモを主とする二次林が成立した。

引用文献

- Aoki, K., Suzuki, T. and Murakami, N. (2003) Intraspecific sequence variation of chloroplast DNA among the component species of evergreen broad-leaved forests in Japan. *Journal of Plant Research* 116:337-344.
- Aoki, K., Suzuki, T., Hsu, W. and Murakami, N. (2004) Phylogeography of the component species of broad-leaved evergreen forests in Japan, based on

chloroplast DNA. *Journal of Plant Research* 117:77-94.

- Brooks, J. and Shaw, G. (1971) Recent developments in the chemistry, biochemistry, geochemistry and post-tetrad ontogeny of sporopollenins derived from pollen and spore exines. J. Heslop-Harrison (ed.) *Pollen: Development and Physiology*: 99-114. Butterworth, London.
- Erdtman, G. (1960) The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54:561-564.
- 藤木利之・三好教夫・中村隆昭(1995)海底堆積物の花粉分析学的研究 1. 燧灘(愛媛県). *岡山理科大学紀要* 30:153-159.
- Fujiki, T. and Ozawa, T. (2008) Vegetation change in the main island of Okinawa, southern Japan from late Pliocene to early Pleistocene. *Quaternary International* 184:75-83.
- 福沢仁之(1995)天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物. *第四紀研究* 34:135-149.
- 古谷正和(1984)花粉化石調査 一泉州沖関西国際空港海底地盤の花粉層序一. 「関西国際空港地盤地質調査」(中世古幸次郎編):91-116. 災害科学研究所, 大阪.
- Furutani, M. (1989) Stratigraphical subdivision and pollen zonation of the Middle and Upper Pleistocene in the coastal area of Osaka Bay, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* 32:53-83.
- 濱野周泰・高松匠也・鈴木貢次郎(2007)ヤマモモ(*Myrica rubra*)の種子発芽習性からみた生育環境と増殖法. *環境情報科学論文集* 21:55-58.
- 長谷義隆・岩内明子・石坂信也(1998)中部九州西部熊本地域中期～後期更新世の植生変遷. *熊本大学理学部紀要(地球科学)* 15:51-66.
- Hattori, T. and Nakanishi, S. (1985) On the distributional limits of the lucidophyllous forests in the Japanese archipelago. *Botanical Magazine Tokyo* 98:317-333.
- 服部 保・中西 哲・武田義明(1987)近畿地方における照葉樹林主要構成種の地理的分布. *日本生態学会誌* 37:1-10.
- 日比野紘一郎・守田益宗・宮城豊彦・八木浩司(1991)山形県川桶盆地における120,000年B.P.以降の植生変遷に関する花粉分析的研究. *宮城県農業短期大学学術研究報告* 39:35-49.
- Hiyoshi, T., Sasakawa and H., Yatazawa, M. (1988) Isolation of *Frankia* strains from root nodules of *Myrica rubra*. *Soil Science and Plant Nutrition* 34:107-116.
- Hujita, K. and Maeda, Y. (1971) Itami terrace with Special Reference to the Late Pleistocene

- Transgression in Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* 14:53-70.
- Jimbo, T. (1932) Pollen-analytical study of peat formed on volcanic ash. *The Science Reports of the Tohoku Imperial University, 4th series Biology*: 7:129-132.
- 加 三千宣・吉川周作・井内美郎(2003)琵琶湖湖底堆積物の年間珪藻殻堆積量記録からみた過去14万年間の降水量変動. *第四紀研究* 42:305-319.
- 環境庁自然保護局(1994)第4回自然環境保全基礎調査植生調査報告書(全国版). 390pp. 環境庁, 東京.
- 甲藤次郎・阿子島 功(1980)室戸半島の沖積世の地殻変動. 「四万十帯の地質学と古生物学 - 甲藤次郎教授還暦記念論文集」(平 朝彦・田村正之編):1-15. 林野弘済会高知支部, 高知市.
- 吉良龍夫(1948)温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて - 日本の高冷地の合理的な利用のために一. *寒地科学* 2:47-77.
- Kira, T. (1991) Forest ecosystems of east and southeast Asia in global perspective. *Ecological Research* 6:185-200.
- 黒田登美雄・小澤智生(1996)花粉と海生動物化石からみた琉球列島の第四紀の環境変動. *月刊地球* 18:516-523.
- Largerheim, G. (1902) Motoder for pollenundersokning. *Bot. Noitis*. 75-78.
- 前田保夫(1980)縄文の海と森. 238pp. 蒼樹書房, 東京.
- 松岡数充(1994)最終氷期最盛期頃の照葉樹林 - 東シナ海東部・男女海盆から得た柱状試料中の約24,000年前の花粉群集一. *日本生態学会誌* 40:13-24.
- 松下まり子(1981)播磨灘表層堆積物の花粉分析 - 花粉組成と現存植生の比較一. *第四紀研究* 20:89-100.
- 松下まり子(1992)日本列島太平洋岸における完新世の照葉樹林発達史. *第四紀研究* 31:375-387.
- 松下まり子・前田保夫・松本英二・松島義章(1988)新宮(紀伊半島)および室戸岬の完新世植生史 - とくにシイ林の成立について. *日本生態学会誌* 38:1-8.
- 松下まり子・百原 新・兵頭政幸・佐藤裕司・田中眞吾・小倉博之(2001)室戸半島大野台の中期更新世間氷期植物化石群. *植生史研究* 10:33-44.
- Miki, S., Huzita, K. and Kokawa, S. (1957) On the occurrence of many broad-leaved evergreen tree remains in the Pleistocene bed of Uegahara, Nishinomiya City, Japan. *Proceedings of the Japan Academy* 33:41-46.
- 三宅 尚(2004)西分増井遺跡の花粉分析. 西分増井遺跡II: 新川川広域河川改修に伴う西分増井遺跡発掘調査報告書第83集((財)高知県文化財団埋蔵文化財センター編):268-272.
- 三宅 尚・石川慎吾(2004)中村市具同低湿地周辺における完新世の植生変遷. *日本花粉学会誌* 50:83-94.
- 三宅 尚・中村 純・山中三男・三宅三賀・石川慎吾(2005)高知平野伊達野低湿地周辺における最終氷期以降の植生史. *第四紀研究* 44:275-287.
- 三好教夫(1998)中国・四国地方の植生史. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編):138-150. 朝倉書店, 東京.
- Miyoshi, N., Fujiki, T. and Morita, Y. (1999) Palynology of a 250-m core from Lake Biwa: a 430,000-year record of glacial-interglacial vegetation change in Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 104:267-283.
- 守田益宗(1994)福井県三方湖の湖底堆積物. 平成5年度文部省科学研究費補助金(重点領域研究)研究成果報告書「文明と環境12」:24-28.
- Momohara, A. (1994) Floral and paleoenvironmental history from the late Pliocene to middle Pleistocene in and around central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 108:281-293.
- 百原 新(2002)東アジアの第四紀植物地理変遷とカトマンズ盆地ポーリングコアの植物化石. *月刊地球* 24:332-338.
- 百原 新・南木陸彦・粉川昭平(1987)西八木層の大型植物化石群集(明石市西八木海岸の発掘調査) - (古環境の復元). *国立歴史民族博物館研究報告* (13):116-124.
- 中島安季子・三宅 尚・石川慎吾(2002)高知県中村市江ノ村における後氷期中期以降の植生変遷史. *Hikobia* 13:713-724.
- 中村 純(1942)湿原の生物学的研究(7) 八甲田山の二三湿原の花粉分析的研究. *生態学研究* 8:18-29.
- 中村 純(1948)土佐に於ける湿原の花粉分析的研究(I). *生態学研究* 11:141-146.
- 中村 純(1951)尾瀬ヶ原湿原の花粉分析(1) 上田代湿原. *植物生態学会報* 1:36-39.
- Nakamura, J. (1952) A comparative study of Japanese pollen records. *Research reports of the Kochi University* 1:1-20.
- 中村 純(1965)高知県低地部における晩氷期以降の植生変遷. *第四紀研究* 4:200-207.
- 中村 純(1969)高知市内ポーリング・コアの花粉分析. *高知大学学術研究報告(自然科学)* 18:15-19.
- Nakamura, J. (1970a) Palynological evidence for recent destruction of natural vegetation. I. Heikedaira moor. *The Annual Report of the JIBP-CT (P) of the Fiscal Year 1969*:99-101.
- Nakamura, J. (1970b) Palynological evidence for recent destruction of natural vegetation II. Ishizuchi-ike. *The Annual Report of the JIBP-CT (P) of the Fiscal Year 1969*:102-107.

- 中村 純(1978a) 魚梁瀬スギ林の花粉分析学的研究. 吉岡邦二博士追悼「植物生態論集」:260-267.
- 中村 純(1978b) 稲作の起源と伝播に関する花粉分析学的研究. 昭和52年度文部省科学研究費(特定研究)研究成果報告書「自然科学の手法による遺跡, 古文化財等の研究」:83-89.
- 中村 純・山中二男(1951) 野鹿の池湿原の植物生態学的研究. 生態学会報 1:88-94.
- 中村 純・甲藤次郎(1953) 花粉分析と第4紀 (1) 高知県宿毛及び高知市付近の沖積層について. 高知大学学術研究報告(自然科学) 2:1-5.
- Nakamura, J. and Yamanaka, M. (1961) Palynological study of the Kurosawa Swamp in Tokushima Prefecture. Research reports of the Kochi University, 10, 179-189.
- 中村 純・満塩博美・黒田登美雄・吉川 治(1972) 花粉層序学的研究, そのI —高知県の第四系—. 高知大学学術研究報告(自然科学) 21:87-113.
- 中村 純・畑中健一・三好教夫・山中三男(1981) 農耕史の花粉分析学的研究. 「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学(昭和55年度年次報告書)」, 147-153. 文部省科学研究特定研究「古文化財」総括班.
- 中村 純・山中三男(1982) 花粉分析学的研究よりみた四国地方の洪積世後期以降の植生変遷. 「日本植生誌 3. 四国」(宮脇 昭 編著):76-83. 至文堂, 東京.
- 中村 純・山中三男(1992) 南四国における第四紀の植生変遷. 第四紀研究 31:389-397.
- 中村伸世・山中三男・石川慎吾(1997) 黒沢湿原完新世後期堆積物の花粉分析. 黒沢湿原植物群落調査報告書(黒沢湿原植物研究会・徳島県教育委員会編):119-127.
- 中野治房(1942) 本邦森林群落ノ組成. 植雑 56:186-190.
- 那須孝悌(1986) 最終氷期のもっとも寒い時期の植生図. 「日本人の系譜(日本の自然7)」(野尻湖発掘調査団・新堀友行編):20-21. 平凡社, 東京.
- 野間直彦(1999) 鳥とけものがつくる照葉樹林. 「種子散布: 助け合いの進化論2(上田恵介編著)」:1-10. 築地書館, 東京.
- 沼田大學(1928) 森林の変遷を知るに花粉分析法を用ふること. 日本林学会誌 10:511-514.
- Ogden, III, J.G. (1985) An alternative to exotic spore or pollen addition in quantitative microfossil studies. Canadian Journal of Earth Science 23:102-106.
- 大黒俊哉・佐々木寛幸(1988) ヤマモモ自生地の群落構造とその植生管理に関する研究. 造園雑誌 51:192-197.
- Reitsma, T. (1970) Suggestions towards unification of descriptive terminology of angiosperm pollen grains. Review of Palaeobotany and Palynology 10:39-60.
- 佐々木尚子(2003) 瓶ヶ森氷見二千石原における過去約700年間の植生景観と人間活動. 日本生態学会誌 53:219-232.
- Sasaki, N., Kawano, T., Takahara, H. and Sugita, S. (2004) Phytolith evidence for the 700-year history of a dwarf-bamboo community in the subalpine zone of Mt. Kamegamori, Shikoku Island, Japan. Japanese Journal of Historical Botany 13:35-40.
- Shackleton, N.J. (1995) New data on the evolution of Pliocene climatic variability. E.S. Vrba, G.H. Denton, T.C. Partridge and L.H. Burckle (eds.) Paleoclimate and Evolution with Emphasis on Human Origins: 242-248. Yale University Press, New Haven.
- 清水欣一・和田温之・富田友幸・榎並信行・古川博恭(1980) 愛媛県宇和盆地の水理地質. 応用地質 21:1-9.
- 鈴木時夫(1961) 日本の森林帯前論. 地理 6:1036-1043.
- Tagawa, H. (1995) Distribution of lucidophill oak-laurel forest formation in Asia and other areas. Tropics 5:1-40.
- Takahara, H. and Kitagawa, H. (2000) Vegetation and climate history since the last interglacial in Kurota Lowland, western Japan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 155:123-134.
- 高橋 和(1974) 愛媛県新生代層の花粉化石の研究 大洲市管田の花粉分析. 地学研究 25:389-394.
- 高橋 和(1975) 愛媛県新生代層の花粉化石の研究 (IV) —伊予三島市平田の花粉分析—. 地学研究 26:65-72.
- 高谷好一・市原 実(1961) 枚方丘陵の第四紀層 —とくに新香里層・枚方層にみられる気候変化について—. 地質学雑誌 67:584-592.
- 辻 誠一郎(1980) 大磯丘陵の更新世吉沢層の植物化石群集 (I). 第四紀研究 19:107-115.
- 辻 誠一郎・南木陸彦(1982) 大磯丘陵の更新世吉沢層の植物化石群集 (II). 第四紀研究 20:289-304.
- Tsuji, S. and Minaki, M. (1985) Plant fossil assemblage of the Late Pleistocene Shimosueyoshi Age in Yokohama, central Japan. Japanese Journal of Ecology 35:133-137.
- Tsukada, M. (1966) Late-postglacial absolute pollen diagram in Lake Nojiri. Botanical Magazine, Tokyo 79:179-184.
- 塚田松雄(1967) 過去一万二千年間:日本の植生変遷I. 植物学雑誌 80:323-336.
- Tsukada, M. (1985) Map of vegetation during the last glacial maximum in Japan. Quaternary Research 19:212-235.
- 内山 隆(1987) 中間温帯林域における花粉分析学的研究 その1 東北地方南東部. 日本花粉学会誌 33:111-117.

- 内山 隆(1990)中間温帯林域における花粉分析学的研究 その2 東北地方北東部. 日本花粉学会会誌 36:17-32.
- Ujiie, H. and Y. Ujiie (1999) Late Quaternary course changes of the Kuroshio Current in the Ryukyu Arc region, northwestern Pacific Ocean. *Marine Micropaleontology* 37:23-40. von Post, L.E.J. (1916) Om skogstradpollen i sydsvenska torvmnosslagerfoljder. *Geol. Foren. Stockh. Forh.* 38:384.
- Walter, H. (1983) *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere* -3rd revised and enlarged edition. 318pp. Springer-Verlag, Berlin.
- 山中高史・岡部宏秋(2008)わが国に生育する放線菌根性植物とフランキア菌. 森林総合研究所研究報告 7: 67-80.
- 山中三男(1984)高知市の第四紀堆積物の花粉分析. 高知大学学術研究報告(自然科学) 32:151-160.
- 山中三男(1986)高知県南国市田村遺跡群の沖積世後期堆積物の花粉分析学的研究. 高知空港拡張整備事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書「田村遺跡群」第3分冊:493-512.
- 山中三男(1991)高知県香美郡香北町美良布遺跡の縄文晩期堆積物の花粉分析. 美良布遺跡調査概報(香北町教育委員会編):82-86.
- Yamanaka, M. and Hamachiyo, M. (1981) Palynological studies of the Holocene deposits from the Kannarashi-ike bog in the Shikoku Mountains. The memoirs of the Faculty of Science of the Kochi University, Series D (Biology) 2:11-18.
- 山中三男・石川慎吾(1988)高知県遠崎遺跡の沖積世後期堆積物の花粉分析(予報). 植物研究雑誌 63: 385-392.
- 山中三男・伊藤由美子・石川慎吾(1992)高知平野の岡豊低湿地完新世堆積物の花粉分析. 日本生態学会誌 42:21-30.
- 山中二男(1978)高知県の植生と植物相. 461p. 林野弘済高知支部, 高知.
- 山中二男(1979)日本の森林植生. 219pp. 築地書房, 東京.
- 山中二男・山中三男(1978)高知県カラ池湿原の植生および花粉分析的研究. 高知大学学術研究報告(自然科学) 26:17-30.
- 安田喜憲(1998)北陸地方の植生史. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編):105-113. 朝倉書店, 東京.
- 安田喜憲・成田健一(1981)日本列島における最終氷期以降の植生図復元への一資料. 地理学評論 54: 369-381.

トピックス

微粒炭が語る火事の歴史

堆積物には、花粉化石のほかに、炭化した微細な植物片(微粒炭)が含まれていることがある。微粒炭は、自然発生した山火事、野焼き・山焼き・焼畑などの人為火災、植物質燃料(木炭等)などから生成される。堆積物中の微粒炭量の垂直変動を調べることで、過去の火事史を紐解くことができる。

大きな微粒炭の場合、その表面に残る植物組織の構造や配列から、燃焼物を特定できることがある。また、樹木が高温で炭化すると炭素濃度が高く光反射が強くなるため、微粒炭の光反射率を測定することでその燃焼温度を調べることができる。燃焼温度は燃焼形態によって異なるため、樹幹火(樹皮や幹が燃焼)、樹冠火(樹木先端の枝葉まで燃焼)など、過去に生じた火事の形態を詳しく推定することも可能である。

火事は陸域の生態系や生物多様性を規定するとともに、地球レベルの炭素循環や大気の化学的性質に直接、重大な影響を及ぼす。このため、最近では世界各地の微粒炭資料のデータベース化が進み、地球規模での火事史と気候変動、人間活動などとの関連性について研究が進められている。また、将来の気候変動が火事の発生頻度に与える影響や火事—植生—気候—大気の相互作用に関する、数理シミュレーション・モデルを用いた研究も進められている。

日本では、1980年代から火事史研究が始まり、近年、研究が進んでいるものの、過去に生じた火事やそれらの性質を時空間的に解析するには研究例が圧倒的に少ない。日本はすべての地域に樹林が成立する上で十分な降水量があり、湿潤なために火事の頻度が

低く、一旦、火事によって破壊された樹林地も遷移が進み、もとの樹林に比較的速やかに回復するという印象が根強かったためと考えられる。しかし、例えば、太平洋側と日本海側の冷温帯林の群集構造の違いや“千年の草原”とも言われる阿蘇地域の草地植生の成因には、火事が深く関わっていると推察される。

日本における近年の火事史研究によると、後期更新世末から完新世中期(1万数千年前~6,000年前)の微粒炭量が現在よりも極めて多いことから、この時期に火事が頻発したと推定されている。この時期、西南日本の低地ではシイ属、アカガシ亜属などの照葉樹花粉に、コナラ亜属、クマシデ属などの落葉広葉樹花粉が比較的高率で随伴する。これらの樹種が大規模な攪乱に依存し更新する性質を持つことを考慮すると、火事の頻発による攪乱がコナラ亜属、クマシデ属の維持更新に寄与し、この時期の樹林の群集構造を規定していた可能性もある。

後期更新世末から完新世中期に頻発した火事の要因は十分に解明されていない。この時期、地球規模で急激な温暖化が進み、陸域では植生が群系レベルで大きく変化しバイオマスが増大した。これらが火事の発生頻度を変化させた可能性が指摘されている。また、後期更新世末に始まる縄文時代の人間活動(焼狩りなど)が火事の発生要因の一つであるとする研究もある。

火事史を総合的に解析し、この分野で世界的なリーダーシップを発揮するためにも、今後、研究例の蓄積が必要である。

第10章

高知県の植生

第1節 高知県の植生

はじめに

高知県は南四国に位置し、黒潮の影響を直接受けているので日本の中でも特に温暖で雨が多い。そのため、海岸から四国山地の標高2000m近い山岳部まで、連続して森林植生がよく発達しており、垂直的な森林植生帯の移り変わりをみることができる。しかし、現在では極相林が伐採された後に成立する二次林とヒノキやスギの植林が広い面積を占めており、自然林やそれに近い姿をとどめている林は少なくなってしまった。ここでは高知県に本来成立している植生を解説することが主な目的であるので、小面積ながらも残存する自然林や自然植生を中心に解説し、二次林や植林については代表的な群落について簡単に紹介するにとどめる。また、高知県には蛇紋岩や石灰岩などの特殊岩石地帯が広く分布する。これらの母岩が露出した場所では化学的にも物理的にも特徴的な土壌が形成されるので、そこに成立する植生もほかの母岩上の植生とは異なる。高知県における蛇紋岩地帯と石灰石地帯の植生は詳しく研究されており、それぞれYamanaka (1959) およびYamanaka (1969)にまとめられている。一方、仁淀川、物部川、四万十川などの大きな河川はあるものの、山地や丘陵地が海岸まで迫っているところが多い高知県は、平野部が狭くて沖積低地の地形の発達が悪い。このため、水生・湿生植物群落などの平野部に成立する植生は貧弱である。以上のような特徴をもつ高知県の植生を解説したものとしては、「高知県の植生と植物相」(山中 1978a)が良く知られており、四国全

体の植生を扱ったものとしては「日本植生誌 四国」(宮脇編 1982)がある。これらの書籍には多くの関連する論文が引用されており、特に後者では四国における植生研究史についても詳しく述べられている。ここでは、これらの著作をもとにして、最近の知見も加えながら高知県の植生の概要を解説する。

(1) 森林植生帯

島嶼部を含めると高知県は東経132度29分から134度19分、北緯32度42分から33度53分に位置し、南側の太平洋に面する平野部はすべて暖温帯に含まれる。北側には四国山地が連なり、標高を増すに従って森林植生帯は暖温帯から推移帯、冷温帯、亜寒帯(亜高山帯)へと移りかわる。しかし、シラビソの優占する亜寒帯林の主なものは、愛媛県の石鎚山(標高1982m)および徳島県の剣山(1955m)とその周辺の山に限られており、高知県では笹ヶ峰(1860m)に残存する小林分のみが知られている。以下に各森林植生帯の概要について述べる。

a. 暖温帯

日本の暖温帯林ではシイ類、カシ類、タブノキなどの照葉樹が優占するが、高知県の暖温帯でもこれらの優占する林が主となる。この植生帯は島嶼を含めた海岸から標高900m、場所によっては1000m付近までの山岳部に成立し、高知県では最も広い面積を覆っている。暖温帯の上部ではカシ類が、下部ではシイ類やタブノキが優占する群落が多く、標高約600mを境にしてカシ帯とシイ帯に分けることができる(山中 1978b)。しかし、暖温帯は古くから人による影響を強く受けてきたために、その大部分が

人為の影響を直接・間接に受けた後に成立する代償植生であり、自然状態に近いかたちで残っている林分は社寺林や離島に限られている。残存林を手掛かりにして以下のようなタイプの森林が認められている。

1) タブノキ林およびシイ林

室戸岬や足摺岬に近い海岸部や浦戸湾内の島にタブノキが優占する残存林を見ることができ、ムサシアブミータブノキ群集として区分されている。高木層にはホルトノキ、スタジイ、イスノキ、ナギなどが混生することがあり、草本層ではホソバカナワラビが優占する林分が多い。足摺岬あるいは室戸岬など暖かさの指数（吉良1948）が140℃・月以上の場所に成立しているタブノキ林やスタジイ林には、アコウ、ビロウ、クワズイモ、アオノクマタケランなどの亜熱帯に生育する種が数多く出現する。

日本に分布するシイノキ属にはスタジイ（変種にオキナワジイがある）とツブラジイの2種があり、高知県にもこの2種の優占するシイ林が成立している。日本全体における分布と同様に、高知県でもスタジイの分布範囲の方が広く、海岸から標高600m付近まで分布している（図10-1）。スタジイ林にはタブノキが混生することが多く、ホソバカナワラビ、ホルトノキ、タイミンタチバナなどを伴うホソバカナワラビースタジイ群集と、ミミズバイ、ヤマビワ、サカキカズラなどを伴うミミズバイースタジイ群集が認められている。ツブラジイはスタジイの分布域の中間にあたる丘陵地を中心に生育しており、ここでは両種が混生することがあるものの、ツブラジイの優占する林分が広い範囲に成立している。



図10-1 土佐市宇佐青龍寺の裏山に成立したスタジイ林。

2) カシ林

ツブラジイと同様の分布範囲に成立していたと考えられるカシ林として、ルリミノキーイチイガシ群集が認められている。これは多くの社寺林の種組成をもとに抽出されたタイプで、イチイガシ、ルリミノキのほかにクロバイやサツマルリミノキなどを伴い、かつては広い範囲に成立していたと考えられる。しかし、イチイガシは材が有用であるため、特に伐採圧が強かかった結果、その優占林はもっとも早く姿を消してしまった。ツクバネガシもその主体はシイ林域にあり、特に渓谷沿いの湿性な場所で優占することが多い。

暖温帯上部の標高500m以上の地域ではアカガシ、ウラジロガシが優占する林分が成立する。ウラジロガシはやや湿性な立地を好むのに対し、アカガシは南向き斜面や尾根上に多く、ヤブツバキ、サカキ、シキミ、ハイノキなどが生育する（図10-2）。



図10-2 高知市と土佐町の境界にある工石山の南斜面に成立したアカガシ林。

これらのカシ類は温帯針葉樹のモミやツガと混生することも多く、相観的には針葉樹林といった方がよいモミやツガの優占林も広く認められる（Yamanaka 1961）。特にアカガシは推移帯（中間温帯）の森林の構成要素としても重要である。

b. 推移帯林（中間温帯林）

高知県の暖温帯から冷温帯への境界部分には、暖温帯の主要構成種であるアカガシと、冷温帯の主要構成種であるブナに、モミやツガなどの温帯針葉樹が混生する複雑な林相の森林が成立している（図10-3）。ほかの構成種として、常緑広葉樹ではシロ

ダモ、ヤブツバキ、ヒサカキ、シキミ、ハイノキなどが、落葉樹ではコナラ、クリ、イヌブナ、コハウチワカエデ、コミネカエデ、ヒメシャラ、イヌシデ、アカシデなどが混生することが多い。西日本の太平洋側では、ブナの下限（暖かさの指数 $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ ）とカシ（多くはアカガシ）の上限（寒さの指数 $-15^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ ）が標高的に重なることが知られている（吉良ほか1976）。高知県でもいくつかの山岳でこのような植生構造をみることができ、高知市と土佐町との境界にある工石山(1176m)では典型的な森林が成立している（山中1963）。



図10-3 工石山の推移帯林。

日本全国に目を向けても、暖温帯と冷温帯の境界部分は複雑な植生構造をしており、古くからその取扱いに関する議論がなされてきた（田中1887, 吉良1949, 鈴木1961, 野寄・奥富1990など）。現在では独立した植生帯としては認めず、暖温帯に含める立場（宮脇ほか1978）や、冷温帯の下部（下部温帯）にあたるとする立場（野寄・奥富1990）などがあり、植生学的な取り扱いが難しい。

c. 冷温帯林

高知県の冷温帯は概ね標高1100mから1800mの範囲に成立しており、日本の他の地域と同様にブナが優占する林が広く成立している。高標高の特に南斜面では、場所によってウラジロモミの優占度が高くなり、相観的には針葉樹林の様相を呈することがある。低標高の場所ではモミヤツガが混交することが多くなり、推移帯につながっていく。ほかの構成種ではコハウチワカエデ、コミネカエデ、ヒメシャラ、

イヌシデなどの落葉広葉樹の出現頻度が高い。日本のブナ林の種組成は太平洋側と日本海側で大きく異なることがよく知られている（例えば 福嶋 2005）。高知県のブナ林は林床にスズタケを伴うことの多い太平洋側のブナ-スズタケ群団に含まれ、スズタケ、チマキザサなどのササ類が優占し、林床の種多様性に乏しい林分が多い（図10-4）。

過去に伐採歴のある二次林的な林分では、ミズナラが優占し、ミズメ、コナラ、クリ、などが混生する落葉広葉樹林が成立するが、高知県では大面積にわたるミズナラ林はほとんど見られない。



図10-4 いの町本川のブナ林。

d. 亜寒帯林（亜高山帯林）

高知県にある亜寒帯のシラビソ林は愛媛県境の笹ヶ峯(1860m)にある小林分のみで、それもそのほとんどは愛媛県側にある。実質的には、亜寒帯針葉樹林は高知県には存在しないといってよい。

(2) 土地的要因に結びつきの強い植生

a. 尾根上の針葉樹林

モミとツガが推移帯の主要構成種となっていることはすでに述べたが、高知県では推移帯を中心にその上下の暖温帯と冷温帯にわたって、ヒノキ、コウヤマキ、ヒメコマツ、トガサワラ、アカマツなど多くの温帯針葉樹が生育している（図10-5）。これらの針葉樹は気候的極相林の構成要素としてではなく、貧栄養で乾燥しやすい痩せた尾根上や露岩地などに土地的極相林を形成することが多く、下層ではやは

り乾燥に強いアセビ、アケボノツツジ、ヒカゲツツジ、ネジキ、シクナゲ類などのツツジ科の種やクロソヨゴなどの出現頻度が高い（山中 1975）。このタイプの森林にはツガがしばしば混交するものの、モミはほとんど生育していない。



図10-5 不入山の北斜面の植生。中央の尾根上にはコウヤマキ林が、沢沿いにはサワグルミ林が発達している。

b. 溪谷林

冷温帯の溪谷沿いなどの湿性立地にはサワグルミを主要構成種とし、トチノキ、イタヤカエデ、ケヤキ、アサガラ、カツラなどを伴ういわゆる溪谷林が成立する。なお、このタイプの森林に出現頻度の高いシオジは、高知県では少ない。溪谷沿いは巨礫や大礫の堆積している場所が多いため、林床にササ類の侵入が見られず、オオマルバノテンニンソウ（トサノミカエリソウ）、テンニンソウ、ギンバイソウ、ヤハズアジサイ、テバコモミジガサ、ハガクレツリフネ、タニギキョウ、ジュウモンジシダ、オオヤマハコベ、ミヤマハコベ、シコクスミレ、コミヤマカタバミなど多様な植物種が溪谷の微地形の違いに対応して生育している（川西ほか 2005）。これらの中にはソハヤキ（襲速紀）要素と呼ばれる中国大陸とつながりの深い種も多く含まれ、面積的には狭い範囲に限られているものの、溪谷林は地域の植物相を支える上でも重要な植生である。

c. 石灰岩地植生

高知県では秩父帯を中心に石灰岩地が分布しており、鳥形山など大規模に石灰岩の採掘が行われている場所も多い。石灰岩は炭酸カルシウムを50重量%以上含む堆積岩の総称であるが、その土壌は弱アルカリ性で保水性に乏しいという特徴をもつ。暖温帯下部における石灰岩地植生でもっとも特徴的なことは、シイ林が成立しないことである。代わりに、幅広い立地環境に生育することができるアラカシが群落を形成することが多い。種組成的にもナンテン、ビワ、クスドイゲなどの出現頻度が高いなどの特徴があることから、山中(1966)によってアラカシ-ナンテン群集が記載されている。野生のタチバナやユズが生育していることも知られている。

冷温帯ではウラジロモミ林が成立することが多いものの、適湿な土壌が厚く堆積した場所では、林床にササを伴うブナ林が成立することがある。しかし、石灰岩地のブナ林ではテンニンソウ、オタカラコウ、ニシノヤマタイミンガサなどの多年生草本が生育することが多く、他の土壌のブナ林とは種組成的に異なっている。



図10-6 イワシデーイワツクバネウツギ群集（佐川町）。コナラとアラカシが混生する。

石灰岩地にもっとも特徴的なものとしてイワシデーイワツクバネウツギ群集があり、イワツクバネウツギ、イブキシモチケ、イワガサ、コマユミ、キビノクロウメモドキなどによって特徴づけられるイワシデーイワツクバネウツギ群集としてまとめられている（図10-6、山中1965）。

石灰岩地では植生だけでなく植物相も特徴的であ

ることが昔からよく知られており、岩壁や乾いた露岩地には、多くの固有種や遺存種、あるいは石灰岩地を主な生育地とする好石灰植物を見出すことができる。例えば、クロガネシダ、イチョウシダ、トサボウフウ、ヒナシャジン、ジョウロウホトトギス、ヨコグラノキ、シコクシモツケソウ、イシダテクサタチバナなどである。

d. 蛇紋岩地植生

蛇紋岩地帯の土壤は塩基性が強く貧栄養で乾燥しやすいので、特殊な植生が成立し、固有種や遺存種を数多く含む植物相を有することが知られている (Yamanaka 1959)。土壤が未熟で乾燥しやすく、しばしば斜面が崩壊して荒地ができる。当然、植生の発達も悪く、暖温帯では照葉樹林は成立できずに、アカマツの疎林となることが多い (図10-7)。



図10-7 高知市の北山にある蛇紋岩地の植生。

下層の構成種にはコックバネウツギ、コゴメウツギ、ナガバノコウヤボウキ、ケカマツカなど小型や幅の狭い葉をもつ種あるいは毛深い葉をもつ種が多い。高知県の蛇紋岩地に分布する遺存種や固有種には、トサミズキ、トサウヒレン、マツムシソウ、ホソバシュロソウ、トサオトギリなどがあり、いずれも絶滅危惧種に指定されている。このように蛇紋岩地帯は特異な植生と植物相を有し、高知県の生物多様性を高めている貴重な場所である。しかし、農用地や林地としても生産性のあがらない蛇紋岩地は、その地域に住む人にとっては価値の低い土地とみなされてきた。多くの蛇紋岩地が、製鉄の造滓剤とし

て利用されるために採掘されたり、ゴルフ場が造成されたりして消滅していく中で、多くの希少種が絶滅してしまった。

e. 海岸植生

中部地方より西の太平洋側の海岸域では、シイ林やタブノキ林が発達できない露岩地や崖地にはトベラ-ウバメガシ群集とされるウバメガシ林が成立することが知られている。高知県でも同様に、特に室戸市を中心とした東部と、土佐清水市、大月町を中心とした西部地域に発達の良いウバメガシ林が成立している (図10-8)。一方、安芸市から窪川町にかけての県中央部ではウバメガシ林の発達している場所は少ない。ウバメガシ林の上層にはしばしばクロマツが生育し、トベラ、マルバシャリンバイ、マサキ、ハマヒサカキ、タイミンタチバナを伴い、林床にはヒトツバやタマシダが密生することも多い (山中 1958)。



図10-8 室戸岬のウバメガシ林。

ウバメガシ林が成立している場所よりも安定した条件の良い海岸域では、マサキ-トベラ群集に相当する低木林が成立している。このタイプにはヒメユズリハ、ヤブツバキ、ネズミモチなどが出現し、林床にはホソバカナワラビが生育するが、これはウバメガシ林からタブノキ林、シイ林への移行的な種組成を示している (山中 1971)。

高知県の海岸域では砂浜の発達している場所は極めて少ない。黒潮町(旧大方町)の入野海岸がもっとも大きい砂浜であり、まとまった面積でクロマツ林が成立しているが、ほかの海浜ではいずれも小面積

である。海浜のクロマツ林は防風林としての機能を果たしており、いずれも人工林か二次林である。広い面積にわたって海浜植生が成立している砂浜はほとんどないものの、ハマゴウ、コウボウムギ、コウボウシバ、ハマエンドウ、ハマヒルガオなどの優占する群落は普通に見ることができる。海崖にはアゼトウナ、ハマナデシコ、タイトゴメが多く、ノジギクが高知市より西部の海岸に、シオギクは東部の海岸にわかれて分布している。

f. 沖積地(河川・湿地)の植生

高知県は平野が狭く、ヨシ群落が多い面積にわたって成立しているような湿地は極めて少ない。湿地植生は、仁淀川や四万十川などの大きな河川の河口域やその後背河川である波介川や中筋川沿い、あるいは浜堤の陸側の後背湿地に残された沼の周辺に成立しているのみである。高知市の浦戸湾にそそぐ鏡川、国分川などの河川周辺は、かつては広大な湿地帯であったが、現在では埋め立てられて市街地や水田に姿を変えており、現在では一部の水田の周辺や河床内に小規模な群落が形成されているに過ぎない。

このような場所で見られる湿生植物群落には、ヨシ、ガマ、マコモ、カサスゲ、カンガレイ、サンカクイ、ナガエミクリなどの優占する群落がある。また、水生・浮葉植物群落ではヒルムシロ、エビモ、ササバモ、フサモ(ホザキノフサモを含む)、ヒシ類などの優占する群落は普通に見ることができるが、カガブタ、アサザ、カワツルモなどの群落はほとんど姿を消してしまった。

高知県の河川では大面積にわたって河畔林が発達している河床はほとんどない。アカメヤナギ、ヨシノヤナギ、オオタチヤナギなどの優占あるいは混交するヤナギ林や、エノキームクノキ林、モウソウチク、ハチク、マダケなどの竹林が河川沿いに細長い群落を形成しているにすぎない。しかし近年になって、四万十川や物部川などの大きな河川では河床の樹林化が進行しており(石川 2004, 比嘉ほか 2006)、ヤナギ類、アキグミ、エノキ、ムクノキなどの在来樹種のほかに、ナンキンハゼなどの外来樹種の増加も目立ようになった。河床の樹林化には、流路の深掘れと高水敷の安定化を伴う河床の複断面化が関連

しており、河川の攪乱作用によって維持されてきた河川特有の生態系の喪失とともに、河川の生物多様性を低下させている。

河川の上流部には、ツルヨシ群落、ネコヤナギ群落、カワラハンノキ群落のほかにキシツツジ群集に代表される溪流沿い植物群落が良く発達している(図10-9)。この群落ではアワモリショウマ、セキショウ、イワカンスゲ、ナルコスゲ、ヒメウツギ、ヤシャゼンマイなどの出現頻度が高く、シチョウゲ、シラン、イヌトウキなどの貴重種も生育するなど、特有の植物相を支えている(山中・竹崎 1959)。



図10-9 春の川岸を彩るキシツツジ群落。

(3) 代償植生

a. 二次林

高知県のように西日本においても特に温暖多雨な地域では、極相林が伐採された後に成立する二次林にも多様なタイプが認められる。代表的なものとして、シイカシ二次林、コナラ二次林、アカマツ二次林がある。シイカシ二次林ではスダジイ、ツブラジイ、アラカシが優占することが多く、優占種のはっきりしている二次林やそれらが混生する二次林がある。いずれも伐採跡の萌芽再生林であることが多く、人為的干渉が強くなるに従ってアラカシの優占度が高くなる傾向がある。土壌条件の悪い立地でもアラカシの優占度が高くなり、シイ類は少なくなる。

暖温帯の上部から冷温帯下部にかけての二次林としては、コナラ林が普通であり、クリのほかにイヌツゲやアセビなどの常緑樹やシロモジ、シラキ、タンナサワフタギ、シラキなどの落葉樹の出現頻度が

高い。冷温帯ではコナラに代わってミズナラが優占することが多くなるものの、種組成的にはコナラ群落と類似している。高知平野周辺の丘陵地でもかつてはクリを伴うコナラ林が広く成立しており、クサギ、カラスザンショウ、ネザサ、クロバイを伴うオニシバリ-コナラ群集としてまとめられている。しかし最近では、これらのコナラ林は次第に照葉樹林化している。

アカマツ二次林は尾根上や南斜面の乾燥した場所に成立することが多く、オンツツジを標徴種、ガマズミ、アラカシ、ツルリンドウ、リョウブなどを区分種としてオンツツジ-アカマツ群集としてまとめられている。かつては高知県の暖温帯から推移帯にかけて広い面積を占めていたものの、他の多くの地域と同様に、マツノザイセンチュウの被害によって急速に枯死が進み、現在では広い面積にわたって林分が形成されている場所は極めて少なくなってしまった。

b. スギ・ヒノキ植林

高知県の森林面積の約7割を占めているのがスギとヒノキの植林である。高知県ではスギよりもヒノキの方が広い面積にわたって植えられている。一般的にスギの方が土壌の厚い適湿な立地を好み、ヒノキは乾燥しやすい尾根筋や急傾斜地でも生育可能である。高知県は急峻な山が多いので、スギの植林には不適な立地が多いのであろう。

スギとヒノキは温帯針葉樹であり、気候的には暖温帯上部から冷温帯下部が両種の生育に適している。高知県の低山地の多くはこの範囲に含まれ、そこでは古生層や中生層の植林に適した土地的条件の場所が多い。高知県が全国的にも有数の林業県である理由はその自然環境にあるとあってよさそうである。しかし、国産材の価格低迷による不良林地の増加が、山だけでなくそれから連なる川と海にも甚大な悪影響を及ぼしていることは周知の事実である。高知県の山、川、海を蘇らせるためには、全国に先駆けて導入した森林環境税の実効ある使い方を模索するなど、今後も県民全体の英知を集めた更なる取り組みが不可欠である。

c. 二次草原

森林面積の圧倒的に広い高知県においても、かつては多くのススキ型、ササ型の二次草原が成立していた（松岡 1967）。日本の他の地域と同様に、草地の利用の減少に伴って管理・維持が放棄され、多くの二次草原がコナラ林などに遷移して消滅した。高知県で現在でも残されている大規模な草地としては、津野町から梶原町にかけての山岳部の四国カルストがある。放牧用の人工草地以外にもススキ型とササ型の草原が広い範囲にわたって成立しており、ヒメユリ、ササユリなど草原生絶滅危惧種の貴重な生育地となっている。

日本は森林の国といわれるほど、森林が成立しやすい気候条件に恵まれており、火入れや刈り取りなどの人為的攪乱を加えない限り、このような草原は維持できない。昔は必要に迫られて維持されてきた草原もその役割を終えて、日本各地で姿を消している。しかし一方で、このような二次草原が多くの野生動植物の生息・生育地として重要な役割を果たしてきたこともまた事実である。地域の生物多様性を維持し、守っていく上でも二次草原の存在意義を再認識する必要がある。

第2節 中山間地における棚田が支える植物の多様性とその保全

はじめに

高知県は日本の中でも棚田が卓越している地域の一つである（中島 1999）。急傾斜な地形が多いため石積みの棚田が多く、美しい景観を作り出している。しかし、放棄された棚田は維持管理されないため石垣が崩壊することも多く、防災上の問題も指摘されている。このように棚田は米などの農作物の生産の場としてだけでなく、表層水を蓄える保水と洪水の調節機能、それに伴う斜面崩壊や土壌の侵食を防止する機能など、地域の生態系を保全するうえで重要な極めて多面的な機能を備えていることが指摘されている（千賀 1997, 志村 1982）。更に、人による働きかけが喪失したことによる生物多様性に及

ばす影響がある。日本政府が2007年に提示した第三次生物多様性国家戦略の中でも、里地・里山などの手入れ不足による自然の質の変化が第2の危機としてうたわれている（環境省ホームページ、<http://www.biodic.go.jp/nbsap.htm>）。里地・里山といわれる地域でわれわれ日本人が営んできた伝統的なライフスタイルが変質したことによる、生物多様性喪失の危機である。すなわち、田畑の耕作、薪炭や有機肥料を調達してきた雑木林の利用と維持・管理、牛馬の餌や有機肥料、茅葺の屋根の材料の調達場所としての草原の利用と維持・管理などが行われなくなったことによって、地域の生物多様性が喪失しているという指摘である（例えば Washitani 2001）。里地・里山は生活に必要な物資を持続的に供給してくれる場としてだけでなく、実は多くの動植物の生活の場としても重要であったという事実が再認識されている。

筆者は高知県の中山間地の植生の変遷を調べるとともに、そこに成立している多くの植物群落の種組成と立地環境の違いを明らかにし、地域全体としての植物の種多様性の維持機構の解明を目指している。ここでは高知県の典型的な中山間地である吾川郡いの町成山地区を例にとって、植生の変遷の概要と、特に棚田とその周辺が支えている生物多様性の現状および棚田が放棄されることによる影響について現在まで明らかにしてきた概要を紹介し、今後の棚田保全のあり方について考えてみたい。

(1) 棚田の耕作放棄と植林

いの町成山地区は高知市の西方約12kmに位置し、約150mから600mの標高の山間に広がる小集落である。この地区一帯は土佐七色紙発祥の地として知られ(北村1998)、古くからコウゾやミツマタの栽培が行われてきた。石積みの美しい棚田景観が訪れる者の目を楽ませしてくれるが、その背後にはスギ・ヒノキの植林が広がり、かつての里山の景観からは大きく変わってしまっている。その植林に入ってみると、そこもかつては棚田だったことを物語る石垣が残されているものの、多くの場所で崩壊が目立つ。しかも、間伐などの管理がされていない林分がほとんどであり、林床は暗くて下層植生の発達も悪い。

農林水産省統計情報部の2000年世界農林業センサスによると、成山地区の棚田や畑の放棄面積は1980年ころまではわずかであったものの、その後急激に放棄が進み、1990年から1995年の5年間には15戸の農家が約3haの農地を放棄した。高知県や全国の状況はこれほど急激な変化を示してはいないが、放棄農地面積は着実に増加している。

(2) 棚田の放棄に伴う植生の変化と里地・里山の植生の種多様性

離村する人たちは畑や棚田にスギやヒノキを植林することが多い。この植林が農地のさらなる放棄を



図10-10 成山本村の昭和初期の景観（左：成山小学校史編集委員会1986.から引用）と現在の景観（右）。撮影角度はやや異なるものの、ほぼ同じ場所を撮影したものである。棚田や畑が放棄され、スギやヒノキの植林地および竹林の面積が増大しているのが見て取れる。

促進する、と指摘する村民が多い。つまり、植林木が成長するにつれてその周囲の農地も日当たりが悪くなり、農作物の収穫量が減少してしまうため、そのような場所から耕作放棄が進むということである。温暖多雨な高知県では、植林されなかった農地もその多くがススキ群落や低木林などへと急速に遷移する。しかし、遷移の系列やそれに伴う種組成の変化は、棚田ごとに異なっていることが多い。例えば、耕作されている棚田では、コナギ、タイヌビエなど昔からお百姓さんを悩ませてきた多くの強外雑草が生育する一方で、ミズマツバ、マルバノサワトウガラシ、ホシクサなどの絶滅危惧植物やナズナ、コオニタビラコ、ハハコグサなど春の七草なども生育し、極めて多様な一年生草本を観察することができる。しかし、これらの田んぼの雑草の種組成は棚田によってかなり異なるし、同じ棚田の中でも場所による不均一性が高い。放棄後の遷移の進行においても、棚田の種組成の変化は水分条件に大きく影響を受けるし、周囲の植生にも影響を受けるので、場所によって遷移系列と進行速度がかなり異なる。表層水が土壌面よりも高いような湿性立地では、遷移の進行は遅く、ミゾソバやセリなどが優占する群落が比較的長期間持続することも多い。湿性な棚田における優占種や随伴種の組成は場所によって異なることが多い。この原因として、棚田ごとに埋土種子の組成が異なることが考えられる。その後、場所によってはクサヨシやガマなどの大型の抽水植物が侵入する。

乾燥しやすい棚田では遷移の進行は速く、スギナ、ヨモギ、チガヤなど次々に優占する種が交代する。ススキ群落まで遷移が進行すると、比較的安定した状態が維持されるが、いずれイヌビワ、ヤマグワ、アカメガシワ、アラカシなどの木本類が侵入し、森林へと遷移する。また、放棄された農地の周囲にメダケ、マダケ、モウソウチクなどの竹林がある場所では、それらが地下茎で棚田に侵入してくるので、極めて速やかにタケ類群落へと遷移する。

田の畔や法面などでは年間に数回ほどの草刈りが行われることによって、ススキなどの旺盛に成長する多年生草本の増加が抑えられるので、スミレ、キランソウ、ヒメハギ、アマナなどの小型の草本も生育可能となり、極めて多くの植物種の共存する群落

が維持される。このような場所にはヒメノボタンやダイサギソウなど草原生の絶滅危惧種が生育している地域もある。刈り取り作業を継続することがそれらの個体群を維持していくために必要不可欠であるが、棚田の耕作が放棄されると刈り取り作業も行われなくなるため、畔や法面ではチガヤ、カラムシ、ヨモギ、ススキなどの中型・大型の多年草やウツギなどの低木が優占する群落へ、さらに高木群落へと遷移が進行する。

このように農耕地周辺は田畑の耕起という攪乱だけでなく、頻繁な刈り取りや時には火入れなどの攪乱が加わる法面や畦畔あるいは石垣などが狭い範囲にコンパクトに配置されている。それらが結果的に植物にとって多様な環境条件の立地となり、多様な植物群落の成立を支えている（佐久間ほか 2006）。棚田などの耕作放棄はこのような多様な立地の喪失を意味する。多様な植物種は、遷移の進行によって最終的にはこの地域の気候的極相林である照葉樹林の構成種に置き換わることになる。

佐川町尾川地区における植生調査資料をもとに作成した森林群落に出現する種と、低木および草本群落に出現する種の調査面積に対する累加曲線を検討した結果、高木群落では約4000m²の調査面積に対して約400種の植物が出現した。一方で、低木および草本群落ではわずかに460m²の調査面積にほぼ同数の種が出現した。このことは低木群落や草本群落では群落間の種組成の違いが大きいこと、すなわち群落間多様性（ β 多様性）(Whittaker 1960)が高いことを示しており、里地・里山において人為的攪乱のある場所に成立する草本群落や低木群落が地域全体の植物の多様性を維持するうえで大きな役割を果たしていることが見て取れる。

(3) 棚田の保全

まとめに代えて最後に棚田の保全に関する問題に触れる。棚田の植物の多様性維持を目的とするのであれば、放棄された棚田がなるべくたくさん複田され、しかも除草剤などの農薬を用いない米作りが行われることが望ましい。上述したように棚田の雑草には絶滅が危惧される多くの種が含まれ、しかもそ

これらの分布は不均一で場所によって種組成が異なる。それぞれの棚田の履歴が異なり、土壌中に残された埋土種子の組成が異なることと、種子の移動性が低いこと（多くの種子が重力散布型か水散布型）がその理由であろう。田畑の雑草はいわゆる攪乱地依存型の植物であり、それらの種の特徴の一つとして種子生産量の多いことが知られている（Grime 1979）。しかも、それら種子には休眠性があるため寿命が長いこと、耕起などの攪乱によって光があたると休眠が解除されて発芽するなどの特性を備えているものが多い。つまり、放棄された棚田であっても、復田して耕作を再開すれば以前に生育していた植物の復活が十分に期待できる。併せて、法面など田を取り巻く草原生植物の生育立地の復活も期待できる。しかし、放棄された棚田の復田には多大な労力を必要とする上に、新たに放棄される棚田のほうが圧倒的に多いという現実を前にして、里地・里山の生物多様性の保全は極めて厳しく、その実行のためにはなんらかの戦略を講じる必要がある。一つの可能性として、復活させたい地域の優先順位をつけることが考えられる。すなわち、第三次生物多様性国家戦略にも盛り込まれているように、特に生物多様性の高い地域（ホットスポット）を見つけ出して、そのような場所から重点的に保全活動を行うという戦略である。そのための体制作りは地域によって事情が異なるので難しい問題ではあるが、先行する多くの事例の中から学ぶことができる（例えば、中島 1999, 竹内ほか 2001など）。

最近、里地・里山の保全に関心を寄せる人たちが急激に増加していることは、書店に並んだ里山や棚田に関する本や写真集の数の多さもさることながら、インターネット上の関連する多数のホームページからもうかがい知ることができる。その背景には生物多様性の保全という観点よりも、持続可能な社会や循環型社会への模索から、里地・里山の自然と上手に付き合い、持続可能な利用を実践してきた優れた日本人の生活様式が見直されたことのほうが大きく影響していると思われる。棚田を含めた里地・里山を保全する目的は多様であって構わないし、それらの活動が連携して、結果的に棚田が地域の保水力を増加させ、土壌の侵食と斜面崩壊を防止し、健全な

水循環に寄与することになれば、山と川をつなぐ景観の一要素として、ふたたび重要な役割を担ってくれることが期待できる。棚田のオーナー制度を全国にさがけて取り入れた梶原町のような成功例もあり、全国にも多数の類例が認められる。しかし、経済的な見返りが期待できない限り、放棄される棚田の増加が続くことは明らかである。このような困難な状況を少しずつでも打開する体制の構築が急務となっている。

引用文献

- Grime, J. P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons.
- 比嘉基紀・石川愼吾・三宅 尚. 2006. 河川砂礫堆上の高燥立地への侵入・定着にかかわるアキニレ・エノキ・ムクノキの生態学的特性. 植生学会誌, 23: 89-103.
- 福嶋 司. 2005. ブナ林の分布と体系. 「図説 日本の植生」(福嶋司・岩瀬徹 編著), pp. 70-75. 朝倉書店, 東京.
- 石川愼吾. 2004. 四万十川下流域の河辺植生. 海洋と生物, 26:516-521.
- 石川愼吾・載晶華・川西基博・三宅尚. 2001. 高知県の中山間地における里山の植生と種多様性－佐川町尾川地区の事例－. 高知大学理学部紀要(生物学), 22:23-37.
- 川西基博・石川愼吾・三宅 尚・大野啓一. 2005. 四国のサワグルミ林における林床植生の種組成と微地形. 植生学会誌, 22:87-102.
- 北村唯吉. 1998. 紙の町・伊野に七色紙誕生の謎を追う. 南の風社, 高知.
- 吉良竜夫・四手井綱英・沼田真・依田恭二. 1976. 日本の植生－世界の植生配置のなかでの位置づけ－. 科学, 46:235-247.
- 吉良竜夫. 1948. 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて－日本の高冷地の合理的利用のために－. 寒地農学, 2:143-173.
- 吉良竜夫. 1949. 日本の森林帯. 林業解説シリーズ 17. 日本林業技術協会.
- 松岡匡一. 1967. 四国の草地に関する研究 第一報 草地の形態と草地植生. 四国農業試験場報告, 17: 105-221.
- 宮脇 昭編. 1982. 日本植生誌 四国. 539pp. 至文堂, 東京.
- 宮脇 昭・奥田重俊・藤原陸夫編. 1978. 日本植生便覧. pp. 69-78. 至文堂, 東京.
- 中島峰広. 1999. 日本の棚田 保全への取組み. 古今

- 書院, 東京.
- 成山小学校史編集委員会 1986. 七色の里 成山小学校史, 高知.
- 野寄玲児・奥富 清. 1990. 東日本における中間温帯性自然林の地理的分布とその森林帯的位置づけ. 日本生態学会誌, 40:57-69.
- 佐久間智子・山城沙織・森口弥生・石川慎吾・三宅尚. 2006. 高知県の町成山地区における植物群落の種多様性と植物相. 四国自然史科学研究, 3:78-85.
- 千賀裕太郎. 1997. 棚田の多面的機能とその保全. 地理, 42(9):50-55.
- 志村博康. 1982. 水田・畑の治水機能評価. 農業土木学会誌, 50:25-29.
- 鈴木時夫. 1961. 日本の森林帯前論—現在の世界的視野から—. 地理, 6:1036-1043.
- 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史編. 2001. 里山の環境学. 東京大学出版会, 東京.
- 田中 壤. 1887. 校正大日本植物帯調査報告, 農商務省山林局.
- Washitani, I. 2001. Traditional sustainable ecosystem 'SATOYAMA' and biodiversity crisis in Japan: conservation ecological perspective. Global Environmental Research, 5:119-133.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs, 30:279-338.
- 山中二男. 1958. 高知県のウバメガシ群落. 高知大学学術研究報告(自然科学 I), 7:1-6.
- Yamanaka, T. 1959. A phytosociological study of serpentine area in Shikoku, Japan. Res. Rep. Kochi Univ., 8(10):1-47.
- 山中二男. 1963. 高知県工石山の森林. 高知大学学術研究報告(自然科学 I), 12:1-4.
- Yamanaka, T. 1961. Abies firma and Tsuga sieboldii forests in Shikoku (Forest climaxes in Shikoku, Japan 1). Res. Rep. Kochi Univ., 10:19-32.
- Yamanaka, T. 1969. Forest and scrub vegetation in limestone area of Shikoku, Japan. Vegetatio, 19:286-307.
- 山中二男. 1965. 日本のイワシデ群落. 高知大学学術研究報告(自然科学 I), 13:23-29.
- 山中二男. 1966. アラカシーナンテン群集について. 高知大学学術研究報告(自然科学 I), 15:11-19.
- 山中二男. 1971. 四国東南部沿岸地域の森林植生. 高知大学学術研究報告(自然科学), 7:1-6.
- 山中二男. 1975. 四国東部のトガサワラおよびその他の針葉樹林. 国立科学博物館専報, 8:119-136.
- 山中二男. 1978a. 高知県の植生と植物相. 461pp. 林野弘済会高知支部, 高知.
- 山中二男. 1978b. 四国南部のカシ林. 吉岡邦二博士追悼植物生態学論集, pp. 268-280, 仙台.
- 山中二男・竹崎恵子. 1959. キシツツジの分布と生態川岸岩上の植生とフロラ. 植物研究雑誌, 34:215-224.

トピックス

里地・里山にあふれている有用植物

田舎の家の周りには生活のための有用な植物がたくさん生えている。春は山菜の季節、ワラビ・ゼンマイ・タラノキなど全国区の種だけでなく、高知ではイタドリが人気である。天ぷらにできる植物に至ってはその辺にごろごろ生えている。カキの葉・ヨモギ・ユキノシタ・イワタバコ・セリ・ウドなど書き出したらきりがなし。料理の薬味にするサンショウ・ネギ・アオジソなど、薬に使うゲンノショウコ・ドクダミ・クコなどは家の近くの畑やその周りに植えてある。正月や祭りなど季節の行事に使うサカキ、シキミ、ユズリハ、ウラジロ、クロモジな

ども周辺の里山から調達した。里山暮らしに慣れた年配の方は、街の生活は不便で仕方がないという。有用植物が好きな時に好きなだけ手に入る生活に慣れていたら街の生活は確かに不便であろう。どのようなライフスタイルを選択するのは個人の自由ではあるが、生活の質QOLは田舎暮らしの方がはるかに高い気がするのには私だけではないであろう。しかし、暮らしの質を高めているのは自然に対する豊かな知識である。このすぐれた日本人の文化を子孫にどのように伝承していくのかを真剣に考える人が増えてきたのは嬉しい兆候である。

第11章

鏡川の河辺植生と植物相

第1節 鏡川の河辺植生と植物相

はじめに

氾濫原や河床の砂礫堆など河川周辺の立地は、洪水という植物にとって大きな攪乱作用を常に被る可能性のある場所であり（猶原 1936-37）、洪水に伴うさまざまな質的あるいは規模の異なる攪乱作用が植物の生活に大きく関わっている（White 1979）。さらに、水位の変動に伴う沈水状態や乾燥などのストレス（Kozłowski 1984）も加わり、植物が生活していくためには厳しい環境であるといえる。河川域の中でも河道に最も近い場所に形成される砂礫堆は、特に攪乱作用やストレスの卓越した場所である。

一方、都市の中を流れる河川は古くから河床の改修や人口堤防の設置など、人為的な地形改変に伴う攪乱を常に受けてきた。鏡川の場合にも昭和50年と51年に連続して来襲した台風のための洪水によって大きな被害を受けたため、河川改修工事が急激に進んだ。この時には築堤だけでなく、堰の建設も伴い、河床の縦断形状も大きな改変を受けた。この時に河辺植生も大きな影響を受けており、河岸を特徴付けていたカワラハンノキやキシツツジなどの種が消失した。本来成立していた河床植生も大きく損なわれたが、時間の経過とともに回復しつつある。

現在、自然と人間がうまく共存することが社会の大きな課題となってきている。そのような中、河川は、変化に富んだ環境条件を提供し生物多様性を保持している場として、大きく注目されている。しかし、上記のように河川は昔から人間の活動に密接に関わる環境の一つであり、開発利用の対象として改

変され続けてきた。このような状況から、河川における生物多様性の保持と人間の開発利用について議論が絶えないのが現状である。

ここでは、都市河川である鏡川における河辺植生とそれを構成している植物相の現状を把握し、人為的な改変の少ない仁淀川のものと比較することにより評価することを試みた。

(1) 調査地

鏡川は、土佐山村菖蒲の細藪山を源流とする、延長31kmの二級河川である。鏡ダムより上を上流域、ダムから宗安寺までが中流域、それ以下は下流域となっている。上流域はほとんどが山地で、川は渓谷を形成し、河床勾配も急な下刻谷の様相を呈している。中流域は民家や耕地が点在し、川幅がやや広くなり勾配も緩やかになっている。下流域は平地が開け、高知市街地を貫流しており、川幅は勾配もかなり緩やかになる。そして、新月橋から河口までは、潮汐の影響を受ける感潮域となっている。

鏡ダム下流部から高知市月の瀬橋までに4つの調査地域を設置した。Station 1は鏡村川口橋周辺であり、流呈からは中流域であるものの、上流域の様相を呈している。砂礫堆は狭く、山付きの斜面が河床に接しており、河岸の岩上にはキシツツジなどの溪流沿い植物が生育している。Station 2は高知市宗安寺周辺で鏡川が高知平野に流れ出る場所に当たり、周囲には沖積地上に作られた田畑が広がる。河床にも礫質な堆積物が卓越する砂礫堆が形成されるが、Station 1と同様に狭くて比高の低い低水敷のみで構成される。Station 3は高知市の紅葉橋周辺であり、廊中堰下流から縄手町までの約900mの区間で

ある。Station 4 は Station 3 の直下流から、月の瀬橋下流域の砂礫堆末端部までの約1200mである。

(2) 河辺の植物群落の分布と立地環境

St. 3 の上流端には廓中堰が設けられ、河川水の自然な流下が妨げられている(図11-1)。また、下流端にも固定堰があり、河床の縦断形が短い距離の間で急勾配から緩勾配へと急激に変化する。上流に近い部分の河道沿いでは大礫や中礫が堆積し、ツルヨシ群落が多い範囲に成立していた。また、左岸の堤防沿いには河床材料を盛り上げた堆積地があり、シナダレスズメガヤが優占する群落形成されていた。河道沿いの水位の高い立地にはヤナギタデやミゾソバなどのタデ科の一年生草本群落成立していたのに対して、高燥でやや表土の攪乱された立地にはコセンダングサ群落認められた。一方、堤防に近い

部分には細砂やシルトが厚く堆積した部分もあり、加えて家庭排水が流れている部分ではゴミの堆積もみられる。このような部分にはセイタカアワダチソウ群落が多く成立していたが、特に湿性な立地にはクサヨシ群落も認められた。

紅葉橋下流右岸の砂礫堆では、最近表土が攪乱された場所が広範囲にみられ、アキノエノコログサやヤハズソウなどの攪乱地依存型の草本が優占している。右岸の砂礫堆の最下流部には細砂の厚く堆積した立地があり、そこにはオギ群落成立していた。紅葉橋下流左岸の砂礫堆にはナンキンハゼやヤマグワなどの木本が侵入しており、一部では高木林を形成していた。堤防に近い部分や砂礫堆の下流側などの安定した立地には一部でクズが他の植物を覆うように群落を発達させていた。

St. 4 においても St. 3 と同様の植生配列が認められたが、新月橋を挟んで上下流に発達する砂礫堆の

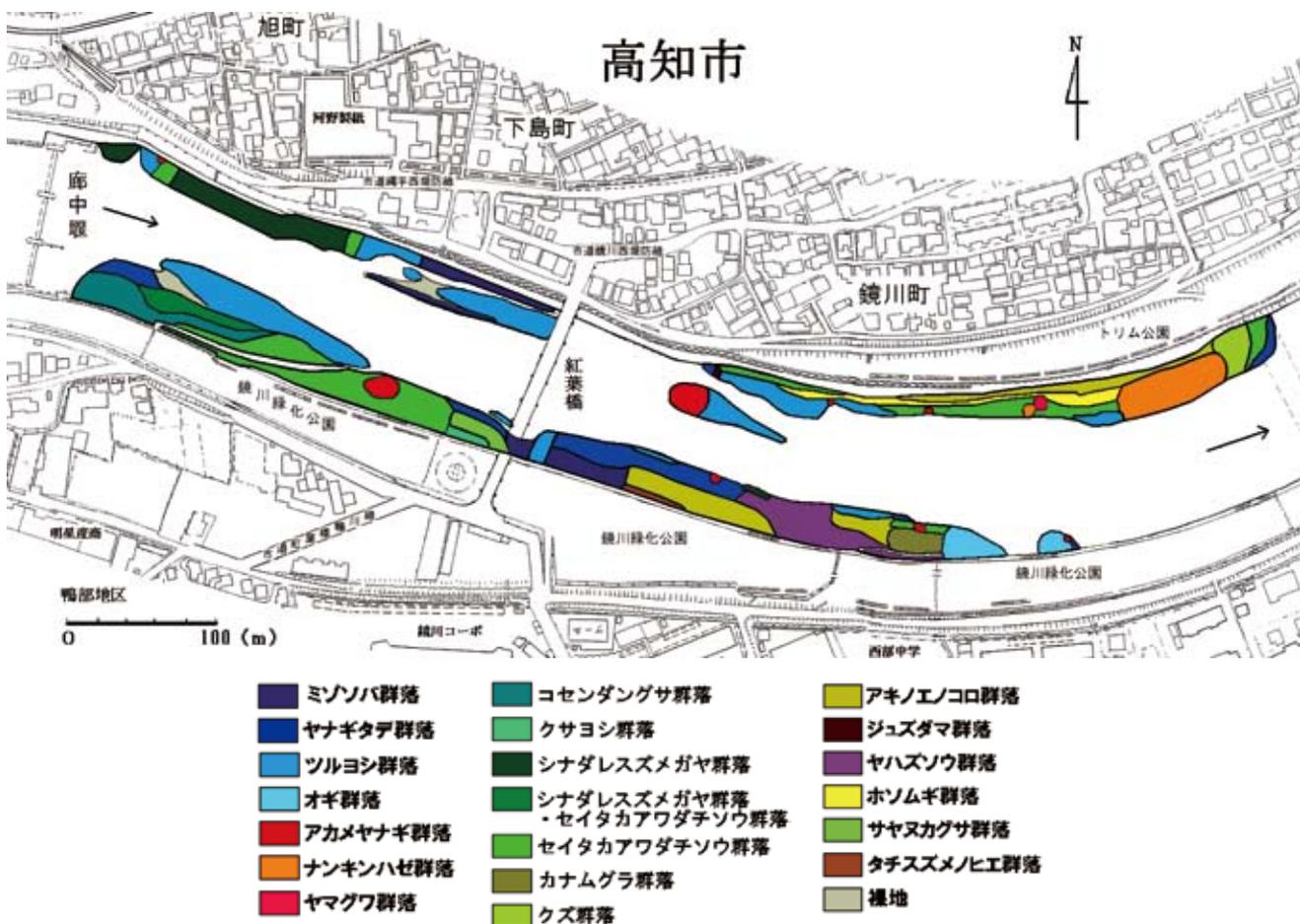


図11-1 紅葉橋付近 (St. 3) の鏡川に成立する植物群落。

下流部にはわんど状の地形が形成され、滞水域が広がっていた(図11-2)。わんど周辺はシルトや細砂の堆積が厚く、ヤナギタデ群落、ヒメガマ群落など湿性な立地に多い群落(奥田 1978)が認められた。また、それらの群落構成種として、同様に湿性立地に多い絶滅危惧種であるタコノアシ、コウキヤガラが混生していた。

本調査地は仁淀川などの自然状態に近い河川と比較して、河床の砂礫堆で裸地が占める面積の割合が小さい。鏡川の上流には鏡ダムがあり、洪水流量が調節されることと、平水時の流量も少なく、河辺植生が受ける破壊作用が小さいことが、裸地の少ない理由の一つであろう。また、明らかに人為的な河床改変を受けた場所にもシナダレスズメガヤ、コセンドングサ、アキノエノコログサなどの帰化植物が侵入定着して群落を形成していたことも、裸地率を低下されている要因である。人為的攪乱地に侵入定着して形成された帰化植物群落や、堤防に近い安定した立地で卓越しているセイタカアワダチソウ群落な

どの帰化植物の面積が広いのも高知市内を流れる鏡川下流部の一つの特徴である。帰化植物が占める面積率は30%を超えており、仁淀川の約6%、物部川の約20%(建設省河川局河川環境課 1998)と比較しても、大きな値であることが見て取れる。これは人為的攪乱だけでなく、帰化植物率の高い都市域(飯泉 1975)が周辺を取り囲んでいるので帰化植物の種子散布源も多いことも原因の一つである。実際に、堤防上の高水敷では、公園開発や周辺住民による植栽などの人為的攪乱がみられ、帰化植物も多く確認された。このような場所から帰化植物が侵入してくる機会が多いことも影響していると考えられる。

(3) 鏡川河川敷の植物相

鏡ダムより下流域の鏡川河川敷で確認された種子植物およびシダ植物の種名および学名を表11-1に記す。学名は高知県・財団法人高知県牧野記念財団編(2009)に従った。全体で約400種が確認でき、都市

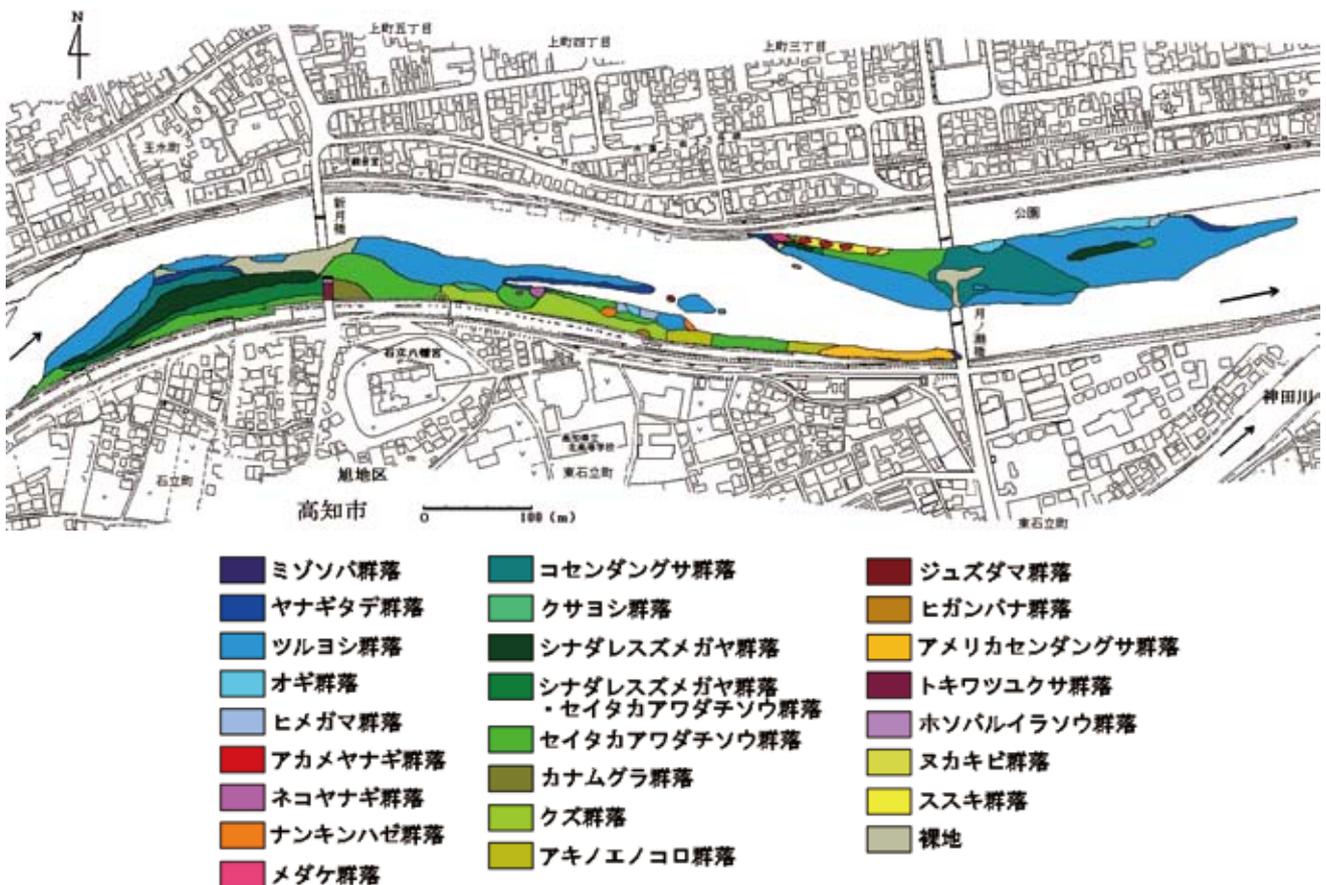


図11-2 月の瀬橋から新月橋付近(St.4)の鏡川に成立する植物群落。

第1編 地域の自然

の中心部を流れる河川としては、生育している種数も多く、タコノアシ、イヌアワなどの絶滅危惧種も確認された。しかし、同時に帰化植物の種数も多く、河川改修などの人為的な攪乱地に侵入したものと

われる。今後、鏡川本来の生態系を保ちあるいは復活させるために、特に旺盛に生育する帰化植物の管理方法を検討する必要がある。

表11-1 鏡ダムより下流域の鏡川に生育する植物種。

EN, 絶滅危惧ⅠB類；VU, 絶滅危惧Ⅱ類；NT, 準絶滅危惧；DD, 情報不足

通し番号	科名	和名	学名	高知県RDB種	環境庁RDB種	備考
1	イワヒバ科	ヒメクラマゴケ	Selaginella heterostachys			
2	イワヒバ科	カタヒバ	Selaginella involvens			
3	トクサ科	スギナ	Equisetum arvense			
4	ゼンマイ科	ゼンマイ	Osmunda japonica			
5	ウラジロ科	ウラジロ	Gleichenia japonica			
6	カニクサ科	カニクサ	Lygodium japonicum			
7	キジノオシダ科	キジノオシダ	Plagiogyria japonica			
8	キジノオシダ科	オオキジノオ	Plagiogyria euphlebica			
9	ホングウシダ科	ホラシノブ	Sphenomeris chinensis			
10	コバノイシカグマ科	イヌシダ	Dennstaedtia hirsuta			
11	コバノイシカグマ科	フモトシダ	Microlepia marginata			
12	コバノイシカグマ科	イシカグマ	Microlepia strigosa			
13	コバノイシカグマ科	ワラビ	Pteridium aquilinum var. latiusculum			
14	イノモトソウ科	イワガネゼンマイ	Coniogramme intermedia			
15	イノモトソウ科	イワガネソウ	Coniogramme japonica			
16	イノモトソウ科	シシラン	Haplopteris flexuosa			
17	イノモトソウ科	タチシノブ	Onychium japonicum			
18	イノモトソウ科	アマクサシダ	Pteris dispar			
19	イノモトソウ科	イノモトソウ	Pteris multifida			
20	イノモトソウ科	マツザカシダ	Pteris nipponica			
21	チャセンシダ科	トラノオシダ	Asplenium incisum			
22	チャセンシダ科	コウザキシダ	Asplenium ritoense			
23	チャセンシダ科	アオガネシダ	Asplenium wilfordii			
24	チャセンシダ科	クルマシダ	Asplenium wrightii			
25	イワデンド科	イヌワラビ	Athyrium niponicum			
26	イワデンド科	シケシダ	Deparia japonica			
27	イワデンド科	ヘラシダ	Deparia lancea			
28	ヒメシダ科	ミゾシダ	Stegogramma pozoi ssp. mollissima			
29	ヒメシダ科	ホシダ	Thelypteris acuminata			
30	ヒメシダ科	ゲジゲジシダ	Thelypteris decursivepinnata			
31	ヒメシダ科	イブキシダ	Thelypteris esquirolii var. glabrata			
32	ヒメシダ科	ヤワラシダ	Thelypteris laxa			
33	ヒメシダ科	ヒメワラビ	Thelypteris torresiana var. calvata			
34	オシダ科	コバノカナワラビ	Arachniodes sporadosora			
35	オシダ科	クマワラビ	Dryopteris lacera			
36	オシダ科	ベニシダ	Dryopteris erythrosora			
37	オシダ科	オオイタチシダ	Dryopteris pacifica			
38	オシダ科	イノデ	Polystichum polyblepharon			
39	ウラボシ科	ミツデウラボシ	Crypsinus hastatus			
40	ウラボシ科	マメヅタ	Lemmaphyllum microphyllum			
41	ウラボシ科	ノキシノブ	Lepisorus thunbergianus			
42	ウラボシ科	クリハラン	Neocheiropteris ensata			
43	ウラボシ科	ヒトツバ	Pyrrosia lingua			
44	ヒノキ科	ヒノキ	Chamaecyparis obtusa			
45	スギ科	スギ	Cryptomeria japonica			
46	ヤマモモ科	ヤマモモ	Myrica rubra			
47	クルミ科	オニグルミ	Juglans ailanthifolia			
48	ヤナギ科	アカメヤナギ	Salix chaenomeloides			
49	ヤナギ科	ネコヤナギ	Salix gracilistyla			

通し番号	科名	和名	学名	高知県RDB種	環境庁RDB種	備考
50	ブナ科	アラカシ	<i>Quercus glauca</i>			
51	ブナ科	コナラ	<i>Quercus serrata</i>			
52	ニレ科	ムクノキ	<i>Aphananthe aspera</i>			
53	ニレ科	エノキ	<i>Celtis sinensis</i>			
54	クワ科	コウゾ	<i>Broussonetia kazinoki</i> × <i>B. papyrifera</i>			
55	クワ科	クワクサ	<i>Fatoua villosa</i>			
56	クワ科	イヌビワ	<i>Ficus erecta</i>			
57	クワ科	カナムグラ	<i>Humulus japonicus</i>			
58	クワ科	マグワ	<i>Morus alba</i>			栽培・逸出
59	クワ科	ヤマグワ	<i>Morus australis</i>			
60	イラクサ科	ヤブマオ	<i>Boehmeria japonica</i> var. <i>longispica</i>			
61	イラクサ科	カラムシ	<i>Boehmeria nivea</i> var. <i>concolor</i>			
62	イラクサ科	コアカソ	<i>Boehmeria spicata</i>			
63	イラクサ科	カテンソウ	<i>Nanocnide japonica</i>			
64	イラクサ科	ミズ	<i>Pilea hamaoi</i>			
65	イラクサ科	アオミズ	<i>Pilea pumila</i>			
66	ビャクダン科	カナビクソウ	<i>Thesium chinense</i>			
67	タデ科	イタドリ	<i>Fallopia japonica</i>			
68	タデ科	ミズヒキ	<i>Persicaria filiforme</i>			
69	タデ科	ヤナギタデ	<i>Persicaria hydropiper</i>			
70	タデ科	オオイヌタデ	<i>Persicaria lapathifolia</i>			
71	タデ科	イヌタデ	<i>Persicaria longiseta</i>			
72	タデ科	イシミカワ	<i>Persicaria perfoliata</i>			
73	タデ科	ママコノシリヌグイ	<i>Persicaria senticosa</i>			
74	タデ科	アキノウナギツカミ	<i>Persicaria sagittata</i>			
75	タデ科	ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>			
76	タデ科	スイバ	<i>Rumex acetosa</i>			
77	タデ科	アレチギシギシ	<i>Rumex conglomeratus</i>			帰化
78	タデ科	ナガバギシギシ	<i>Rumex crispus</i>			
79	タデ科	ギシギシ	<i>Rumex japonicus</i>			
80	オシロイバナ科	オシロイバナ	<i>Mirabilis jalapa</i>			帰化, 栽培
81	ザクロソウ科	ザクロソウ	<i>Mollugo stricta</i>			
82	スベリヒユ科	スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>			
83	ナデシコ科	ノミノツツリ	<i>Arenaria serpyllifolia</i>			
84	ナデシコ科	オランダミミナグサ	<i>Cerastium glomeratum</i>			帰化
85	ナデシコ科	ミミナグサ	<i>Cerastium fontanum</i> ssp. <i>vulgare</i> var. <i>angustifolium</i>			
86	ナデシコ科	ツメクサ	<i>Sagina japonica</i>			
87	ナデシコ科	ノミノフスマ	<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>			
88	ナデシコ科	ウシハコベ	<i>Stellaria aquatica</i>			
89	ナデシコ科	コハコベ	<i>Stellaria media</i>			帰化
90	ナデシコ科	ミドリハコベ	<i>Stellaria neglecta</i>			
91	アカザ科	シロザ	<i>Chenopodium album</i>			帰化
92	アカザ科	アリタソウ	<i>Chenopodium ambrosioides</i>			帰化
93	ヒユ科	イノコズチ	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>			
94	ヒユ科	ヒナタイノコズチ	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>tomentosa</i>			
95	ヒユ科	ツルノゲイトウ	<i>Alternanthera sessilis</i>			帰化
96	ヒユ科	ホソアオゲイトウ	<i>Amaranthus patulus</i>			帰化
97	ヒユ科	ノゲイトウ	<i>Celosia argentea</i>			帰化
98	マツブサ科	サネカズラ	<i>Kadsura japonica</i>			
99	クスノキ科	タブノキ	<i>Machilus thunbergii</i>			
100	クスノキ科	シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>			
101	キンボウゲ科	センニンソウ	<i>Clematis terniflora</i>			
102	キンボウゲ科	ケキツネノボタン	<i>Ranunculus cantoniensis</i>			
103	キンボウゲ科	ウマノアシガタ	<i>Ranunculus japonicus</i>			
104	キンボウゲ科	タガラシ	<i>Ranunculus sceleratus</i>			
105	キンボウゲ科	キツネノボタン	<i>Ranunculus silerifolius</i> var. <i>glaber</i>			
106	キンボウゲ科	ヒメウズ	<i>Semiaquilegia adoxoides</i>			
107	メギ科	ナンテン	<i>Nandina domestica</i>			

第1編 地域の自然

通し番号	科名	和名	学名	高知県RDB種	環境庁RDB種	備考
108	アケビ科	アケビ	<i>Akebia quinata</i>			
109	アケビ科	ミツバアケビ	<i>Akebia trifoliata</i>			
110	ツツラフジ科	アオツツラフジ	<i>Cocculus orbiculatus</i>			
111	ドクダミ科	ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>			
112	ツバキ科	ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>			
113	ツバキ科	チャノキ	<i>Camellia sinensis</i>			帰化,栽培
114	ケシ科	クサノオウ	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>			
115	ケシ科	ムラサキケマン	<i>Corydalis incisa</i>			
116	アブラナ科	セイヨウアブラナ	<i>Brassica napus</i>			帰化
117	アブラナ科	ナズナ	<i>Capsella bursa-pastoris</i>			
118	アブラナ科	タネツケバナ	<i>Cardamine flexuosa</i>			
119	アブラナ科	オオバタネツケバナ	<i>Cardamine regeliana</i>			
120	アブラナ科	マメグンバイナズナ	<i>Lepidium virginicum</i>			帰化
121	アブラナ科	オランダガラシ	<i>Nasturtium officinale</i>			帰化
122	アブラナ科	イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>			
123	アブラナ科	スカシタゴボウ	<i>Rorippa palustris</i>			
124	ベンケイソウ科	コモチマンネングサ	<i>Sedum bulbiferum</i>			
125	ベンケイソウ科	マルバマンネングサ	<i>Sedum makinoi</i>			
126	ベンケイソウ科	ヒメレンゲ	<i>Sedum subtile</i>			
127	ユキノシタ科	アワモリショウマ	<i>Astilbe japonica</i>			
128	ユキノシタ科	ウツギ	<i>Deutzia crenata</i>			
129	ユキノシタ科	マルバウツギ	<i>Deutzia scabra</i>			
130	ユキノシタ科	タコノアシ	<i>Penthorum chinense</i>	NT	VU	
131	バラ科	キンミズヒキ	<i>Agrimonia pilosa</i> var. <i>japonica</i>			
132	バラ科	ヘビイチゴ	<i>Duchesnea chrysantha</i>			
133	バラ科	ヤブヘビイチゴ	<i>Duchesnea indica</i>			
134	バラ科	ビワ	<i>Eriobotrya japonica</i>			
135	バラ科	オヘビイチゴ	<i>Potentilla anemonifolia</i>			
136	バラ科	ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>			
137	バラ科	フユイチゴ	<i>Rubus buergeri</i>			
138	バラ科	クサイチゴ	<i>Rubus hirsutus</i>			
139	バラ科	ナワシロイチゴ	<i>Rubus parvifolius</i>			
140	マメ科	クサネム	<i>Aeschynomene indica</i>			
141	マメ科	ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>			
142	マメ科	イタチハギ	<i>Amorpha fruticosa</i>			帰化
143	マメ科	ヤブマメ	<i>Amphicarpaea bracteata</i> ssp. <i>edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>			
144	マメ科	ゲンゲ	<i>Astragalus sinicus</i>			帰化
145	マメ科	ミソナオシ	<i>Desmodium caudatum</i>			
146	マメ科	ヌスビトハギ	<i>Desmodium podocarpium</i> ssp. <i>oxyphyllum</i>			
147	マメ科	コマツナギ	<i>Indigofera pseudotinctoria</i>			
148	マメ科	マルバヤハズソウ	<i>Kummerowia stipulacea</i>			
149	マメ科	ヤハズソウ	<i>Kummerowia striata</i>			
150	マメ科	キハギ	<i>Lespedeza buergeri</i>			
151	マメ科	メドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i>			
152	マメ科	ネコハギ	<i>Lespedeza pilosa</i>			
153	マメ科	ウマゴヤシ	<i>Medicago polymorpha</i>			帰化
154	マメ科	クズ	<i>Pueraria lobata</i>			
155	マメ科	コメツブツメクサ	<i>Trifolium dubium</i>			帰化
156	マメ科	ムラサキツメクサ	<i>Trifolium pratense</i>			帰化
157	マメ科	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>			帰化
158	マメ科	スズメノエンドウ	<i>Vicia hirsuta</i>			
159	マメ科	ヤハズエンドウ	<i>Vicia sativa</i> ssp. <i>nigra</i>			
160	マメ科	カスマグサ	<i>Vicia tetrasperma</i>			
161	マメ科	ヤブツルアズキ	<i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i>			
162	マメ科	ヤマフジ	<i>Wisteria brachybotrys</i>			
163	マメ科	フジ	<i>Wisteria floribunda</i>			
164	カタバミ科	カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>			
165	カタバミ科	ムラサキカタバミ	<i>Oxalis corymbosa</i>			帰化

通し番号	科名	和名	学名	高知県 RDB種	環境庁 RDB種	備考
166	フウロソウ科	アメリカフウロ	<i>Geranium carolinianum</i>			帰化
167	フウロソウ科	ゲンノショウコ	<i>Geranium thunbergii</i>			
168	トウダイグサ科	エノキグサ	<i>Acalypha australis</i>			
169	トウダイグサ科	オオニシキソウ	<i>Chamaesyce nutans</i>			帰化
170	トウダイグサ科	ニシキソウ	<i>Chamaesyce humifusa</i>			
171	トウダイグサ科	コニシキソウ	<i>Chamaesyce maculata</i>			帰化
172	トウダイグサ科	アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i>			
173	トウダイグサ科	ナガエコミカンソウ	<i>Phyllanthus tenellus</i>			帰化
174	トウダイグサ科	ナンキンハゼ	<i>Sapium sebiferum</i>			帰化
175	センダン科	センダン	<i>Melia azedarach</i>			
176	ウルシ科	ヌルデ	<i>Rhus javanica</i>			
177	ウルシ科	ハゼノキ	<i>Rhus succedanea</i>			
178	ウルシ科	ヤマハゼ	<i>Rhus sylvestris</i>			
179	ウルシ科	ヤマウルシ	<i>Rhus trichocarpa</i>			
180	カエデ科	イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>			
181	モチノキ科	イヌツゲ	<i>Ilex crenata</i>			
182	ニシキギ科	ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i>			
183	ブドウ科	ノブドウ	<i>Ampelopsis grandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>			
184	ブドウ科	ヤブガラシ	<i>Cayratia japonica</i>			
185	ブドウ科	ツタ	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>			
186	ブドウ科	エビヅル	<i>Vitis ficifolia</i> var. <i>lobata</i>			
187	シナノキ科	カラスノゴマ	<i>Corchoropsis tomentosa</i>			
188	シナノキ科	ラセンソウ	<i>Triumfetta japonica</i>			
189	ジンチョウゲ科	ミツマタ	<i>Edgeworthia chrysantha</i>			栽培・逸出
190	グミ科	アキグミ	<i>Elaeagnus umbellata</i>			
191	スミレ科	タチツボスミレ	<i>Viola grypoceras</i>			
192	スミレ科	コスミレ	<i>Viola japonica</i>			
193	スミレ科	スミレ	<i>Viola mandshurica</i>			
194	スミレ科	ツボスミレ	<i>Viola verecunda</i>			
195	キブシ科	キブシ	<i>Stachyurus praecox</i>			
196	ウリ科	アマチャヅル	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>			
197	ウリ科	カラスウリ	<i>Trichosanthes cucumeroides</i>			
198	ミソハギ科	ホソバヒメミソハギ	<i>Ammannia coccinea</i>			帰化
199	ミソハギ科	キカシグサ	<i>Rotala indica</i> var. <i>uliginosa</i>			
200	アカバナ科	アカバナ	<i>Ephelobium pyrricholophum</i>			
201	アカバナ科	ヒレタゴボウ	<i>Ludwigia decurrens</i>			帰化
202	アカバナ科	メマツヨイグサ	<i>Oenothera biennis</i>			帰化
203	アカバナ科	コマツヨイグサ	<i>Oenothera laciniata</i>			帰化
204	アカバナ科	マツヨイグサ	<i>Oenothera striata</i>			帰化
205	ミズキ科	アオキ	<i>Aucuba japonica</i>			
206	ミズキ科	ミズキ	<i>Cornus controversa</i>			
207	ミズキ科	クマノミズキ	<i>Cornus macrophylla</i>			
208	ウコギ科	ウド	<i>Aralia cordata</i>			
209	ウコギ科	キツタ	<i>Hedera rhombea</i>			
210	セリ科	マツバゼリ	<i>Apium leptophyllum</i>			帰化
211	セリ科	ツボクサ	<i>Centella asiatica</i>			
212	セリ科	ミツバ	<i>Cryptotaenia japonica</i>			
213	セリ科	ノチドメ	<i>Hydrocotyle maritima</i>			
214	セリ科	チドメグサ	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>			
215	セリ科	セリ	<i>Oenanthe javanica</i>			
216	セリ科	ウマノミツバ	<i>Sanicula chinensis</i>			
217	セリ科	ヤブジラミ	<i>Torilis japonica</i>			
218	セリ科	オヤブジラミ	<i>Torilis scabra</i>			
219	ツツジ科	キシツツジ	<i>Rhododendron ripense</i>			
220	ヤブコウジ科	マンリョウ	<i>Ardisia crenata</i>			
221	ヤブコウジ科	ヤブコウジ	<i>Ardisia japonica</i>			
222	サクラソウ科	コナスビ	<i>Lysimachia japonica</i> f. <i>subsessilis</i>			
223	モクセイ科	マルバアオダモ	<i>Fraxinus sieboldiana</i>			
224	モクセイ科	ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>			

第1編 地域の自然

通し番号	科名	和名	学名	高知県RDB種	環境庁RDB種	備考
225	モクセイ科	イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>			
226	リンドウ科	ツルリンドウ	<i>Tripterospermum trinervium</i>			
227	キョウチクトウ科	テイカカズラ	<i>Trachelospermum asiaticum</i>			
228	アカネ科	ヤエムグラ	<i>Galium spurium</i> var. <i>echinospermon</i>			
229	アカネ科	ヨツバムグラ	<i>Galium trachyspermum</i>			
230	アカネ科	ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>			
231	アカネ科	アカネ	<i>Rubia argyi</i>			
232	ヒルガオ科	ヒルガオ	<i>Calystegia pubescens</i>			
233	ムラサキ科	ハナイバナ	<i>Bothriospermum zeylanicum</i>			
234	ムラサキ科	ミスタバコ	<i>Trigonotis brevipes</i>			
235	ムラサキ科	キュウリグサ	<i>Trigonotis peduncularis</i>			
236	クマツヅラ科	ヤブムラサキ	<i>Callicarpa mollis</i>			
237	クマツヅラ科	クサギ	<i>Clerodendrum trichotomum</i>			
238	クマツヅラ科	アレチハナガサ	<i>Verbena brasiliensis</i>			帰化
239	シソ科	キラソウ	<i>Ajuga decumbens</i>			
240	シソ科	トウバナ	<i>Clinopodium gracile</i>			
241	シソ科	カキドオシ	<i>Glechoma hederacea</i> var. <i>grandis</i>			
242	シソ科	メハジキ	<i>Leonurus japonicus</i>			
243	シソ科	ヒメジソ	<i>Mosla dianthera</i>			
244	シソ科	イヌコウジュ	<i>Mosla scabra</i>			
245	シソ科	エゴマ	<i>Perilla frutescens</i>			帰化
246	シソ科	コバノタツナミ	<i>Scutellaria indica</i> var. <i>parvifolia</i>			
247	ナス科	ワルナスビ	<i>Solanum carolinense</i>			帰化
248	ナス科	オオイヌホオズキ	<i>Solanum nigrescens</i>			帰化
249	ナス科	イヌホオズキ	<i>Solanum nigrum</i>			
250	ゴマノハグサ科	ウリクサ	<i>Lindernia crustacea</i>			
251	ゴマノハグサ科	アメリカアゼナ	<i>Lindernia dubia</i> ssp. <i>Major</i>			帰化
252	ゴマノハグサ科	アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>			
253	ゴマノハグサ科	サギゴケ	<i>Mazus miquelii</i>			
254	ゴマノハグサ科	タチイヌノフグリ	<i>Veronica arvensis</i>			帰化
255	ゴマノハグサ科	フラサバソウ	<i>Veronica hederifolia</i>			帰化
256	ゴマノハグサ科	ムシクサ	<i>Veronica peregrina</i>			
257	ゴマノハグサ科	オオイヌノフグリ	<i>Veronica persica</i>			帰化
258	ゴマノハグサ科	カワヂシャ	<i>Veronica undulata</i>	NT	NT	
259	キツネノマゴ科	キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i>			
260	イワタバコ科	イワタバコ	<i>Conandron ramondioides</i>			
261	ハマウツボ科	ナンバンギセル	<i>Aeginetia indica</i>			
262	オオバコ科	オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>			
263	オオバコ科	ツボミオオバコ	<i>Plantago virginica</i>			帰化
264	スイカズラ科	スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>			
265	オミナエシ科	オトコエシ	<i>Patrinia villosa</i>			
266	キキョウ科	ミゾカクシ	<i>Lobelia chinensis</i>			
267	キキョウ科	キキョウソウ	<i>Triodanis perfoliata</i>			帰化
268	キキョウ科	ヒナギキョウ	<i>Wahlenbergia marginata</i>			
269	キク科	カズザキヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>			
270	キク科	ノコンギク	<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>			
271	キク科	ホウキギク	<i>Aster subulatus</i>			帰化
272	キク科	ヨメナ	<i>Aster yomena</i>			
273	キク科	アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>			帰化
274	キク科	コセンダングサ	<i>Bidens pilosa</i>			帰化
275	キク科	シロノセンダングサ	<i>Bidens pilosa</i> var. <i>minor</i>			帰化
276	キク科	トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>			
277	キク科	ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>			
278	キク科	ヨシノアザミ	<i>Cirsium nipponicum</i> var. <i>yoshinoi</i>			
279	キク科	ヒメムカシヨモギ	<i>Conyza canadensis</i>			帰化
280	キク科	オオアレチノギク	<i>Conyza sumatrensis</i>			帰化
281	キク科	コスモス	<i>Cosmos bipinnatus</i>			帰化
282	キク科	ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i>			帰化
283	キク科	ツワブキ	<i>Farfugium japonicum</i>			

通し番号	科名	和名	学名	高知県RDB種	環境庁RDB種	備考
284	キク科	ハハコグサ	Gnaphalium affine			
285	キク科	チチコグサ	Gnaphalium japonicum			
286	キク科	チチコグサモドキ	Gnaphalium pennsylvanicum			帰化
287	キク科	キツネアザミ	Hemistepta lyrata			
288	キク科	オオジシバリ	Ixeris debilis			
289	キク科	ニガナ	Ixeris dentata			
290	キク科	アキノノゲシ	Lactuca indica			
291	キク科	コオニタビラコ	Lapsana apogonoides			
292	キク科	ヤクシソウ	Paraixeris denticulata			
293	キク科	コウゾリナ	Picris hieracioides ssp. japonica			
294	キク科	セイタカアワダチソウ	Solidago altissima			帰化
295	キク科	オニノゲシ	Sonchus asper			帰化
296	キク科	ノゲシ	Sonchus oleraceus			帰化
297	キク科	ヒメジョオン	Stenactis annuus			帰化
298	キク科	シロバナタンポポ	Taraxacum albidum			
299	キク科	セイヨウタンポポ	Taraxacum officinale			帰化
300	キク科	オオオナモミ	Xanthium occidentale			帰化
301	キク科	オニタビラコ	Youngia japonica			
302	オモダカ科	ウリカワ	Sagittaria pygmaea			
303	アマモ科	コアマモ	Zostera japonica	EN	DD	
304	ユリ科	ノビル	Allium macrostemon			
305	ユリ科	ヤブカンゾウ	Hemerocallis fulva var. kwanso			
306	ユリ科	スタレギボウシ	Hosta kikutii var. polyneuron			
307	ユリ科	ウバユリ	Lilium cordatum			
308	ユリ科	オニユリ	Lilium lancifolium			
309	ユリ科	ヒメヤブラン	Liriope minor			
310	ユリ科	コヤブラン	Liriope spicata			
311	ユリ科	ジャノヒゲ	Ophiopogon japonicus			
312	ユリ科	サルトリイバラ	Smilax china			
313	ヒガンバナ科	ヒガンバナ	Lycoris radiata			
314	ヤマノイモ科	ニガカシュウ	Dioscorea bulbifera			
315	ヤマノイモ科	ヤマノイモ	Dioscorea japonica			
316	ヤマノイモ科	カエデドコロ	Dioscorea quinqueloba			
317	ヤマノイモ科	オニドコロ	Dioscorea tokoro			
318	ミズアオイ科	コナギ	Monochoria vaginalis			
319	アヤメ科	シャガ	Iris japonica			
320	アヤメ科	ニワゼキショウ	Sisyrinchium rosulatum			帰化
321	アヤメ科	ヒメヒオウギズイセン	Tritonia crocosmiflora			帰化
322	イグサ科	イ	Juncus decipiens			
323	イグサ科	コウガイゼキショウ	Juncus prismatocarpus ssp. leschenaultii			
324	イグサ科	クサイ	Juncus tenuis			
325	イグサ科	スズメノヤリ	Luzula capitata			
326	ツユクサ科	ツユクサ	Commelina communis			
327	ツユクサ科	ヤブミョウガ	Pollia japonica			
328	イネ科	カモジグサ	Agropyron tsukushiense var. transiens			
329	イネ科	ヌカボ	Agrostis clavata ssp. matsumurae			
330	イネ科	スズメノテッポウ	Alopecurus aequalis var. amurensis			
331	イネ科	セトガヤ	Alopecurus japonicus			
332	イネ科	メリケンカルカヤ	Andropogon virginicus			帰化
333	イネ科	コブナグサ	Arthraxon hispidus			
334	イネ科	ケトダシバ	Arundinella hirta			
335	イネ科	カラスムギ	Avena fatua			帰化
336	イネ科	カズノコグサ	Beckmannia syzigachne			
337	イネ科	ヒメコバンソウ	Briza minor			帰化
338	イネ科	イヌムギ	Bromus catharticus			
339	イネ科	キツネガヤ	Bromus pauciflorus			
340	イネ科	ジュズダマ	Coix lacryma-jobi			帰化
341	イネ科	ギョウギシバ	Cynodon dactylon			
342	イネ科	カモガヤ	Dactylis glomerata			帰化

第1編 地域の自然

通し番号	科名	和名	学名	高知県RDB種	環境庁RDB種	備考
343	イネ科	メヒシバ	<i>Digitaria ciliaris</i>			
344	イネ科	アキメヒシバ	<i>Digitaria violascens</i>			
345	イネ科	イヌビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i>			
346	イネ科	オヒシバ	<i>Eleusine indica</i>			
347	イネ科	シナダレスズメガヤ	<i>Eragrostis curvula</i>			帰化
348	イネ科	カゼクサ	<i>Eragrostis ferruginea</i>			
349	イネ科	オニウシノケグサ	<i>Festuca arundinacea</i>			帰化
350	イネ科	トボシガラ	<i>Festuca parvigluma</i>			
351	イネ科	ドジョウツナギ	<i>Glyceria ischyronoura</i>			
352	イネ科	ウシノシッペイ	<i>Hemarthria sibirica</i>			
353	イネ科	チガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>			
354	イネ科	ネズミムギ	<i>Lolium multiflorum</i>			帰化
355	イネ科	ホソムギ	<i>Lolium perenne</i>			帰化
356	イネ科	アシボン	<i>Microstegium vimineum</i>			
357	イネ科	オギ	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>			
358	イネ科	ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>			
359	イネ科	ケチヂミザサ	<i>Oplismenus undulatifolius</i>			
360	イネ科	コチヂミザサ	<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>japonicus</i>			
361	イネ科	ヌカキビ	<i>Panicum bisulcatum</i>			
362	イネ科	オオクサキビ	<i>Panicum dichotomiflorum</i>			帰化
363	イネ科	シマスズメノヒエ	<i>Paspalum dilatatum</i>			帰化
364	イネ科	キシウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i>			帰化
365	イネ科	スズメノヒエ	<i>Paspalum thunbergii</i>			
366	イネ科	タチスズメノヒエ	<i>Paspalum urvillei</i>			帰化
367	イネ科	チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i>			
368	イネ科	クサヨシ	<i>Phalaris arundinacea</i>			
369	イネ科	ヨシ	<i>Phragmites australis</i>			
370	イネ科	ツルヨシ	<i>Phragmites japonica</i>			
371	イネ科	ハチク	<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>			栽培
372	イネ科	ネザサ	<i>Pleiblastus argenteostriatus</i> f. <i>glaber</i>			
373	イネ科	ミゾイチゴツナギ	<i>Poa acroleuca</i>			
374	イネ科	スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i>			
375	イネ科	イチゴツナギ	<i>Poa sphondylodes</i>			
376	イネ科	ヒエガエリ	<i>Polypogon fugax</i>			
377	イネ科	イヌアワ	<i>Setaria chondrachne</i>	EN		
378	イネ科	アキノエノコログサ	<i>Setaria faberi</i>			
379	イネ科	コツブキンエノコロ	<i>Setaria paviiflora</i>			
380	イネ科	キンエノコロ	<i>Setaria pumilla</i>			
381	イネ科	エノコログサ	<i>Setaria viridis</i>			
382	イネ科	ムラサキエノコロ	<i>Setaria viridis</i> f. <i>misera</i>			
383	イネ科	セイバンモロコシ	<i>Sorghum halepense</i>			帰化
384	イネ科	ネズミノオ	<i>Sporobolus fertilis</i>			
385	イネ科	ムラサキネズミノオ	<i>Sporobolus fertilis</i> var. <i>purpureosuffusus</i>			
386	イネ科	カニツリグサ	<i>Trisetum bifidum</i>			
387	イネ科	シバ	<i>Zoysia japonica</i>			
388	サトイモ科	カラスビシャク	<i>Pinellia ternata</i>			
389	ウキクサ科	ウキクサ	<i>Spirodela polyrhiza</i>			
390	ガマ科	ヒメガマ	<i>Typha domingensis</i>			
391	カヤツリグサ科	エゾウキヤガラ	<i>Bolboschoenus maritimus</i>			
392	カヤツリグサ科	イセウキヤガラ	<i>Bolboschoenus planiculmis</i>			
393	カヤツリグサ科	アオスゲ	<i>Carex leucochlora</i>			
394	カヤツリグサ科	アゼナルコ	<i>Carex dimorpholepis</i>			
395	カヤツリグサ科	シラスゲ	<i>Carex doniana</i>			
396	カヤツリグサ科	マスクサ	<i>Carex gibba</i>			
397	カヤツリグサ科	オキナワジュズスゲ	<i>Carex ischnostachya</i> var. <i>fastigiata</i>			
398	カヤツリグサ科	イワカンスゲ	<i>Carex makinoensis</i>			
399	カヤツリグサ科	ヤワラスゲ	<i>Carex brownii</i> ssp. <i>dissosciata</i>			
400	カヤツリグサ科	ヒメクグ	<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>			
401	カヤツリグサ科	クグ	<i>Cyperus cyperoides</i>			

通し番号	科名	和名	学名	高知県 RDB種	環境庁 RDB種	備考
402	カヤツリグサ科	コゴメガヤツリ	<i>Cyperus iria</i>			
403	カヤツリグサ科	カヤツリグサ	<i>Cyperus microiria</i>			
404	カヤツリグサ科	イガガヤツリ	<i>Cyperus polystachyos</i>			
405	カヤツリグサ科	テンツキ	<i>Fimbristylis dichotoma</i> var. <i>tentsuki</i>			
406	カヤツリグサ科	ヒデリコ	<i>Fimbristylis littoralis</i>			
407	カヤツリグサ科	サンカクイ	<i>Schoenoplectus triquetus</i>			
408	ラン科	ネジバナ	<i>Spiranthes sinensis</i> var. <i>amoena</i>			

引用文献

飯泉茂 1975. 帰化率. 「帰化植物」(沼田真編), 43-72, 大日本図書, 東京.
 建設省河川局河川環境課 1998. 河川水辺の国勢調査年鑑(河川版)植生調査編. 財団法人 リバーフロント整備センター 編. 山海堂, 東京.
 高知県・財団法人高知県牧野記念財団編2009. 高知県植物誌. 844 pp., 高知県.
 Kozlowski, T.T. 1984. Responses of woody plants to flooding. In : Flooding and Plant Growth (ed.

Kozlowski T.T.), pp.129-163. Academic Press, San Diego.
 猶原恭爾 1936-37. 阿武隈川河原植物群落の生態学的研究. 生態学研究, 2:180-198, 306-318.
 奥田重俊 1978. 関東平野における河辺植生の植物社会学的研究. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要 4(1):43-112.
 White, P.S. 1979. Pattern, process and natural disturbance in vegetation. Botanical Review, 45:229-299.

トピックス

きれいな花でも特定外来生物!?

外来生物法（正確には、特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律）という法律があるのをご存じだろうか？環境省のホームページには、「特定外来生物は海外起源の外来生物であって、生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすもの、又は及ぼすおそれがあるものの中から指定される」とある。動物ではブラックバス（オオクチバス）が有名である。その食欲ともいえる旺盛な食欲でアユなど在来の魚類を根こそぎ食べてしまい、日本に昔から存在していた河川や湖沼生態系をめちゃくちゃに破壊してしまうことから、特定外来生物に指定された。釣ったブラックバスを生きのまま別の水系に放したりすると罪に問われ、3年以下の懲役あるいは300万円以下の罰金が科せられるからうっかりすると大変なことになる。

オオキンケイギクという北アメリカ原産のキク科の多年草がある。この種は緑化だけでなく園芸植物

としても利用されており、その辺の花壇にも植えられているので実物を見たことのある人も多いであろう。実は、この植物も特定外来生物に指定されている。一時期、高速道路の法面や、街中の道路の中央分離帯あるいは河川の堤防などに盛んに植えられた。それらが、河川敷の中で旺盛に繁殖するようになり、5月から7月にかけてあちらこちらの河川で黄色い花の絨毯が出現するようになった。高知県では物部川の河川敷に大群落が発達しているのを見ることができる（図11T-1）。一見、殺風景な河原にお花畑が出現したようで、知らない人は大感激するであろう。しかし、在来の河川生態系に甚大な悪影響を及ぼすことが明らかになり、2006年にこの美しい花を咲かせる植物も特定外来生物の烙印を押されてしまった。河川管理者の国土交通省は、現在この植物の駆除計画をすすめている。奇麗だからといって、花壇に咲いているこの植物の種子を堤防や河川敷にまいたりすると罪に問われるので注意しよう。



図11T-1 物部川の河川敷で旺盛に繁殖するオオキンケイギク。

第12章

高知市の蘚苔類

第1節 蘚苔類概説

今から4億年以上前、水中で進化してきた緑色植物の一部が陸上に進出し、その後、現在のような多様な陸上植物へと進化したと考えられている。このような初期陸上植物の1群が、現在のコケ植物（蘚苔類）の祖先であったと考えられている。

コケ植物は世界で約2万種が知られており、陸上のあらゆる場所に生育し、水中生活を営む種も知られている。岩月(2001)によると、日本からは約1600種が報告されている。

コケ植物は孢子で繁殖し、配偶体の世代と孢子体の世代が見られる。孢子が発芽すると、糸状の原糸体を形成し、そこに芽が分化する。これが成長し、茎や葉を持つ配偶体となる。配偶体が成熟すると造卵器や造精器を形成し、その内部で卵細胞や精子をつくる。精子は2本のべん毛を持つ。雨の日などに造精器から精子が放出され、水中を遊泳して卵細胞に達し、受精が行われる。受精後、活発な細胞分裂が行われ、成長して孢子体となる。孢子体は配偶体の上に寄生することで成長を続ける。やがて孢子体の先端に孢子のう(さく)が形成され、この中で減数分裂が起こり、多数の孢子が形成される。孢子はやがて孢子のうから散布される。

コケ植物は、スギゴケなどを含む蘚類、ゼニゴケなどを含む苔類、これらにツノゴケ類を加えた3群に大別される。

蘚類：世界に約700属1万種が知られており、日本からは約300属1000種が報告されている。配偶体は茎葉体で、仮根は多細胞となる。孢子のうは帽で覆われ、その内部に弾糸は発達しない。

苔類：世界に約330属8000種が知られており、日本からは約130属600種が報告されている。配偶体は茎葉体または葉状体で、仮根は単細胞。帽は発達せず、球形の孢子のうはふつう4裂し、内部に孢子散布を行う弾糸が発達する。

ツノゴケ類：世界に2科6属約400種が知られおり、日本からは6属17種が報告されている。配偶体は葉状体で、仮根は単細胞。帽は発達せず、角状の孢子のうはふつう縦に2裂し、内部に孢子散布を行う弾糸が発達する。

第2節 高知市市街地の蘚苔類

蘚苔類は、樹幹や土上、岩上などに生育している。その中でも樹幹は、樹種や周辺環境によっては適度な湿度が保たれ、また、競合する他の植物が少ないので、蘚苔類にとって生育しやすい場所といわれている(中村ほか 2002)。薄暗い山の中の樹木や神社に祀られている老木などの樹幹を、蘚苔類が覆っているのを良く目にする。

蘚苔類は、光や水分などのわずかな環境の違いのほか、人間活動や様々な汚染物質などの影響も受けやすい。特に、樹幹に着生する蘚苔類の生態は、大気汚染の指標になるともいわれている(埴田 1974)。

蘚苔類は水分を体の表面から吸収し、それと同時に成長に必要な養分や二酸化炭素なども吸収している。この時に、様々な汚染物質も体内に取り込んでしまうことから、大気汚染の指標植物とされている。特に樹皮着生蘚苔類は、汚染物質(硫酸酸化物、窒素酸化物、重金属など)に対する感受性が強いことが知られている(中村ほか 2002)。1970年代に、工業

地帯からの硫黄酸化物による大気汚染が大きな社会問題となった。当時、大気汚染物質濃度の高かった東京湾岸では、蘚苔類や地衣類の著しい衰退が示されている(中村ほか 2002)。

このように、都市における樹皮着生蘚苔類の分布は、特に大気汚染との関連で着目されてきた。我が国における研究としては、東京都(Taoda 1972)における調査をはじめとして、滋賀県大津市(葛山ほか 1975)、三重県四日市市(葛山 1975)、千葉県(中村 1976)、山口県宇部市(梅津 1978)、広島県福山市(根平・畦 1980)、宮崎県宮崎市(仲村・岩月 1981)、広島県広島市(石山・岩月 1991)、兵庫県(中川 1998)などで、大気汚染と樹皮着生蘚苔類・地衣類との関係が調査されている。

高知市でも、同様の研究が1973年に行われており、蘚苔類17科28属29種の生育が確認され、市街地性の種として *Venturiella sinensis*, *Aulacopilum japonicum*, *Fabronia matsumurae*, *Bryum argenteum* の4種が挙げられている(原・鴻上 1978)。そこで本研究は、現在の高知市市街地における樹皮着生蘚苔類の生育状況を確認するとともに、鴻上・原(1978)の研究との比較検討を行い、30年間の変化を把握することを主な目的とした。

調査地域は、1973年の調査地点とほぼ同一の58地点に加え、葛島・高須方面、針木方面、そして1973年には建設されていなかった土佐道路近辺とした。すなわち、東は高須以西、西は荒倉トンネル以東、南は棧橋通以北、北は久万川以南とし、児童公園、緑地、学校、県庁、街路など、総計67地点で調査を行った。

(1) 調査方法

街路、公園、その他緑地帯などの各調査地点では、以下の条件で樹木を調査した。

- a. 周囲に遮蔽物のない直立した樹木。
- b. 胸高直径30cm以上のもの。
- c. 異なる樹種を選択する。
- d. 各地点2本以上調査する。

- e. 看板が取り付けられているなど、明らかに人的影響の加わっている樹木は除外する。

今回の調査は、20×20cmのコドラートを用いて行った。

樹幹の真北および真南にコドラートの中心が来るようにし、それぞれの方角で地上からの高さが30~50cmと130~150cmの2カ所を南北計4カ所に設置した。それぞれのコドラートに出現する蘚苔類の種名と被度を記録した。

野外ですべての蘚苔類の種を同定するのは困難なため、可能な範囲で標本を採集し、研究室での検鏡により種の同定を行った。

標本はすべて、高知大学理学部植物標本庫(KOCH)に保管している。

(2) 高知市市街地における樹皮着生蘚苔類の目録

本目録作成にあたり、それぞれの種は岩月ほか(2001)に従い配列してある。種名の列挙に当たっては、学名の後に和名を付し、次に証拠標本として数点を選び、その標本の採集者名とその標本番号を記した。採集者については略式で示してある。最後に、必要に応じて主な採集場所や着生樹種などを記した。また、1973年に確認されておらず、2005年の調査で確認した3科4属5種については、学名の左に*を付した。目録作成に用いられた標本はすべて、高知大学理学部植物標本庫(KOCH)に保管されている。

採集者：Ky-鴻上泰, Mr-森田梨絵

〈Musci 蘚類〉

Pottiaceae センボンゴケ科

**Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeger カタハマキゴケ(ハマキゴケ属)

Mr-389, 394.

蛍橋電停のセンダン上で見いだした。

Erpodiaceae ヒナノハイゴケ科

Glyphomitrium humillimum (Mitt.) Card. サヤゴケ(サヤゴケ属)

Ky-348 (a) . Mr-417, 418, 424.

1973年の調査ではクロマツ樹幹上に特徴的とされているが、今回は高知大学構内のヤマザクラ樹幹上で確認した。

Venturiella sinensis (Vent.) Mull. Hal. ヒナノハイゴケ (ヒナノハイゴケ属)

Ky-103. Mr-377.

1973年同様、公園や緑の多い街路で見いだした。
Aulacopilum japonicum Broth. ex Card. ヒメシワゴケ (ヒメシワゴケ属)

ky-368. Mr-43.

市内で最も多く見いだした。

Bryaceae ハリガネゴケ科

Bryum capillare Hedw. ハリガネゴケ (ハリガネゴケ属)

Ky-395. Mr-387, 388.

1973年の調査では高知大学構内のセンダンで確認されているが、今回は蛍橋電停のセンダン樹幹上で確認した。

Bryum argenteum Hedw. ギンゴケ (ハリガネゴケ属)

Ky-104. Mr-40.

1973年は市内各所で確認されているが、今回はクスノキやセンダン、イチヨウなどの樹木にわずかに着生していた。

Bartramiaceae タマゴケ科

**Philonotis thwaitesii* Mitt. コックシサワゴケ (サワゴケ属)

Mr-404.

丸の内のイチヨウ樹幹上で確認した。

Orthotrichaceae タチヒダゴケ科

Macromitrium japonicum Dozy & Molk. ミノゴケ (ミノゴケ属)

Ky-8. Mr-392.

1973年の調査ではセンダンやクロマツで多く確認されている。今回はナンキンハゼやクスノキの樹幹上、特にセンダンに多く着生していた。

Fabroniaceae コゴメゴケ科

Fabronia matsumurae Besch. コゴメゴケ (コゴメゴケ属)

Ky-313. Mr-258.

公園や緑の多い街路で見いだした。

Leskeaceae ウスグロゴケ科

Okamuraea brachydictyon (Mitt.) Broth. ホソオカムラゴケ (オカムラゴケ属)

Ky-371. Mr-152.

市内の公園の樹皮に多く着生していた。

Thuidiaceae シノブゴケ科

**Haplohymenium triste* (Ces.) Kindb. イワイトゴケ (イワイトゴケ属)

Mr-272.

南奉公人公園や上街公園、洞が島公園で見いだした。

Haplohymenium pseudo-triste (Mull. Hal.) Broth.

コバノイトゴケ (イワイトゴケ属)

Ky-361. Mr-272.

市内の公園5地点で見いだした。

Herpetineuron toccoae (Sull. & Lesq.) Card. ラセンゴケ (ラセンゴケ属)

Ky-3 (B) . Mr-161.

公園の樹木に良く着生していた。

**Claopodium aciculum* (Broth.) Broth. ハリゴケ (ハリゴケ属)

Mr-298.

桜馬場公園のナンキンハゼ樹幹上で見いだした。

Entodontaceae ツヤゴケ科

Entodon challengerii (Paris) Card. ヒロハツヤゴケ (ツヤゴケ属)

Ky-356. Mr-394.

公園の樹木に良く着生していた。

Sematophyllaceae ナガハシゴケ科

Pylaisiadelpha tenuirostris (Bruch & Schimp.) W. R. Buck コモチイトゴケ (コモチイトゴケ属)

Ky-182. Mr-400.

1973年では大膳町公園と高知大学の2地点で確認

されていたが、今回の調査では廿代町や潮の江東の丸公園など6地点で見いだした。

Sematophyllum subhumile (Mull. Hal.) M. Fleisch.
ナガハシゴケ (ナガハシゴケ属)
Ky-24. Mr-3.

1973年では大膳町公園と高知大学の2地点で確認されていたが、今回の調査では幡多倉公園や上街公園など7地点で見いだした。

Hypnaceae ハイゴケ科

Hypnum plumaeforme Wilson ハイゴケ (ハイゴケ属)
Mr-175.
大膳町公園のイチヨウ樹幹上で見いだした。

〈Hepaticae 苔類〉

Porellaceae クラマゴケモドキ科

Macvicaria ulophylla (Steph.) S. Hatt. チヂミカヤゴケ (チヂミカヤゴケ属)
Ky-141. Mr-6.
市内各所の公園で見いだした。

Frullaniaceae ヤスデゴケ科

Frullania muscicola Steph. カラヤスデゴケ (ヤスデゴケ属)
Ky-343. Mr-411.
市内各所の街路や公園で見いだした。

**Frullania hamatiloba* Steph. カギヤスデゴケ (ヤスデゴケ属)
Mr-320.
筆山町公園のクスノキ樹幹上で見いだした。

Lejeuneaceae クサリゴケ科

Trocholejeunea sandvicensis (Gottsche) Mizut.
フルノコゴケ (フルノコゴケ属)
Ky-340. Mr-78.
市内の各所で見いだした。

Acrolejeunea pusilla (Steph.) Grolle & Gradst. ヒメミノリゴケ (ミノリゴケ属)
Ky-328. Mr-2.
1973年の調査では大膳町公園でのみ確認されてい

たが、今回は12地点で見いだした。

(3) 1973年に確認されている種

〈Musci 蘚類〉

- 1) *Trematodon longicollis* Michx. ユミダイゴケ (ナガダイゴケ属)
Ky-70.
ソテツ樹幹上で記録されているが、今回は確認できなかった。
- 2) *Hyophila propagulifera* Broth. ハマキゴケ (ハマキゴケ属)
桜馬場公園や帯田公園など、4地点で記録されている。
Hyophila propagulifera と記載されている Ky-158, 163, 359, 382, 2005(1) の各標本を再検討した結果、*Hyophila involuta* であることが明らかとなった。
- 3) *Grimmia pilifera* P. Beauv. ケギボウシゴケ (ギボウシゴケ属)
Ky-396.
センダン樹幹上で記録されている。
- 4) *Brachymenium exile* (Dozy & Molk.) Bosch & Sande Lac.
ホソウリゴケ (ウリゴケ属)
Ky-164, 320 (319), 362, 364 (357), 372.
小川町公園の古いクスノキなどの基部で記録されている。
- 5) *Plagiomnium acutum* (Lindb.) T. J. Kop. コツボゴケ (ツルチヨウチンゴケ属)
Ky-16.
荻町のエノキ樹幹上で記録されているが、1973年の調査の後、その地点の *Plagiomnium acutum* は消滅したことが確認されている (原・鴻上 1978)。
- 6) *Schwetschkea matsumurae* Besch. キノウエノケゴケ (ケゴケ属)
センダンやソテツの樹幹上で記録されているが、*Schwetschkea matsumurae* と同定されている14点の標本を再検討した結果、Ky-338, 345, 349, 355 (307), 386, 401, 414, 418, 419は *Okamuraea brachydictyon* であった。また、Ky-121は

Fabronia matsumurae, Ky-412は *Pylaisiadelpha tenuirostris*, Ky-310, 416, 417は *Sematophyllum subhumile* であることが明らかとなった。

7) *Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth. コメバキノゴケ (コバノキノゴケ属)

小川町公園や潮江東の丸公園の古いクスノキで記録されている。

Haplocladium microphyllum と記載されている標本 Ky-402を再検討した結果, *Haplocladium angustifolium* であった。

8) *Brachythecium plumosum* (Hedw.) Schimp. ハネヒツジゴケ (アオギヌゴケ属)

Ky-310.

中央公園で記録されている。

9) *Rhynchostegium pallidifolium* (Mitt.) A. Jaeger コカヤゴケ (カヤゴケ属)

公園などの土壌によく見られる種であるが, 採集地点および標本が残されていない。

10) *Homomallium connexum* (Card.) Broth. エゾキヌタゴケ (キヌタゴケ属)

棧橋2丁目で採集したと記録されているが, 標本は残されていない。

11) *Cololejeunea japonica* (Schiffn.) S. Hatt. ex Mizut.

ヤマトヨウジョウゴケ (ヒメクサリゴケ属)

Ky- 311, 322, 323, 324, 350, 367.

中央公園や高知大学など11地点記録されている (Table 2参照)。

(4) 1973年の標本を再検討した結果, 新たに見つかった3科4属4種

1) *Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeger カタハマキノゴケ (ハマキノゴケ属)

Ky-158, 163, 359, 382, 2005(1).

2) *Funaria hygrometrica* Hedw. ヒョウタンゴケ (ヒョウタンゴケ属)

Ky-357(374), 372.

桜馬場公園や小川町公園, 潮江東の丸公園, 高知大学の標本で確認。

3) *Haplohymenium triste* (Ces.) Kindb. イワイトゴケ (イワイトゴケ属)

Ky-14 (A1), 14 (A2).

高知大学の標本で確認。

4) *Haplocladium angustifolium* (Hampe & Mull. Hal.) Broth.

ノミハニワゴケ (コバノキノゴケ属)

Ky-3 (B), 16, 17, 183, 402.

高知大学の標本で確認。

(5) 高知市蘚苔類目録 (暫定版)

高知市の蘚苔類相についての研究は, これまで工石山(出口・岸 1981)や高知市市街地(原・鴻上 1978)で行われている。しかし, まとまった研究はいまだ行われていない。今回, 高知大学理学部植物標本庫(KOCH)に保管されている蘚苔類標本から, 高知市より採集されたものを抽出することで, 暫定的な蘚苔類目録を作成した。

本目録では, 高知市から得られた標本を岩月(2001)に従い整理し, 種名をアルファベット順に配列した。各種については, 学名, 採集地, 標高, 生育基物を示すとともに, 証拠標本として1点を選び, その標本の採集者名と標本番号を付けた。

Aerobryopsis subdivergens (Broth.) Broth.

高知市円行寺 120m, on twigs, Deguchi-21352.

高知市土佐山村工石山, 200-300m, on rock, Kishi-325, 高

知市土佐山村工石山西川 150m, on twigs, Deguchi-23073.

Anoetangium thomsonii Mitt.

高知市土佐山村工石山, 910m, on rock, Kishi-1302.

Anomobryum filiforme (Dicks.) Husn.

高知市土佐山村工石山, 450m, on soil, Kishi-1286.

高知市春野町烏帽子山150m, on soil, Deguchi-15993.

Anomodon abbreviatus Mitt.

高知市土佐山村工石山, 860-900m, on dry on rock,

Kishi-446.

Anomodon giraldii Muell. Hal.

高知市土佐山村工石山, 900m, on rock, Deguchi-17211.

Anomodon minor (Hedw.) Lindb. subsp. *integerrimus* (Mitt.) Z. Iwats.

- 高知市土佐山村, 20-100m, on limestone, Deguchi-23041.
高知市土佐山村工石山, 860m, on boulder, Deguchi-22830.
- Anomodon rugelii* (Muell. Hal.) Keissl.
高知市土佐山村工石山, 860-900m, on dry on boulder, Kishi-455.
- Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. & Tayl.
高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Kishi-933.
- Atrichum rhytostphyllum* (Muell. Hal.) Par.
高知市土佐山村工石山, 290m, on soil, Kishi-1058.
- Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.
高知市土佐山村工石山, 980m, on wet sand, Kishi-1330.
- Atrichum yakushimense* (Horik.) Mizushima
高知市土佐山村工石山, 990m, on boulder in stream, Kishi-827.
- Aulacopilum japonicum* Broth. ex Card.
高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, on tree trunk, Deguchi-32665.
高知市土佐山村, 100m, on tree trunk, Deguchi-23530.
- Aulacopilum trichophyllum* Aongstr. ex Muell. Hal.
高知市円行寺, 120m, on tree trunk, Deguchi-21330.
- Barbella flagellifera* (Card.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on twigs, Deguchi-17214.
高知市土佐山村, 50m, on twigs, Deguchi-23054.
- Barbula indica* (Hook.) Spreng.
高知市土佐山村工石山, 100m, on boulder, Kishi-912.
高知市円行寺, 120m, on serpentine rock, Deguchi-21340.
- Barbula subcomosa* Broth.
高知市土佐山村工石山, 100m, on wet rock, Kishi-960.
- Barbula unguiculata* Hedw.
高知市曙町, 10m, on soil in open ground, Deguchi-30534.
高知市春野町烏帽子山, 200m, on rock, Deguchi-15980.
高知市土佐山村工石山, 830m, on soil, Kishi-1369.
- Bartramia pomiformis* Hedw.
高知市土佐山村工石山, 200-300m, on soil, Kishi-331.
- Bissetia lingulata* (Mitt.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 990m, on fallen twig, Kishi-1636.
- Blindia japonica* Broth.
高知市鏡樽の滝, 500m, on wet rock, Deguchi-24988.
高知市土佐山村工石山, 910m, on chert, Deguchi-23122.
- Boulaya mittenii* (Broth.) Card.
高知市土佐山村工石山, 1100m, on rotten twig, Kishi-734.
- Brachythecium buchananii* (Hook.) A. Jaeger
高知市土佐山村工石山, 200m, on boulder, Kishi-286.
高知市土佐山村, 300m, Deguchi-4489.
- Brachythecium coreanum* Card.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on humus, Kishi-197.
- Brachythecium gurovaglioides* Muell. Hal.
高知市筆山町筆山, 20-100m, on stone wall, Deguchi-24441.
- Brachythecium helminthocladum* Broth. & Par.
高知市土佐山村工石山, 800m, on shaded on boulder, Deguchi-30633.
- Brachythecium plumosum* (Hedw.) Bruch & Schimp.
高知市土佐山村工石山, 820m, on wet on boulder, Kishi-537.
高知市円行寺, 120m, on rock, Deguchi-21333.
- Brachythecium populeum* (Hedw.) Bruch & Schimp.
高知市筆山町筆山, 20-100m, on stone wall, Deguchi-24445.
高知市土佐山村工石山, 860-900m, on rock, Kishi-483.
- Brothera leana* (Sull.) Muell. Hal.
高知市土佐山村工石山, 1000-1050m, on rotten tree, Kishi-651.
- Brotherella complanata* Reim. & Sak.
高知市土佐山村工石山, 1150m, on rock, Deguchi-22879.
- Brotherella fauriei* (Card.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 400m, on rotten log,

- Deguchi-22788.
Brotherella henonii (Duby) M. Fleisch.
 高知市土佐山村工石山, 1140m, on humus,
 Deguchi-22878.
- Brotherella herbacea* Sak. ex Oti
 高知市土佐山村工石山, 1140m, on humus,
 Deguchi-22887.
- Bryhnia novae-angliae* (Sull. & Lesq.) Grout
 高知市土佐山村工石山, 1060m, on moist on soil,
 Kishi-1352.
 高知市春野町烏帽子山, 120m, on wet on soil,
 Deguchi-15974.
- Bryoxiphium norvegicum* (Brid.) Mitt. subsp.
japonicum (Bergger.) A. Loeve & D. Loeve
 高知市鏡樽の滝, 500m, on schist, Deguchi-24986.
- Bryum argenteum* Hedw.
 高知市土佐山村工石山, 260m, on wet rock, Kishi-879.
 高知市春野町烏帽子山, 150m, on stone wall,
 Deguchi-15995.
- Bryum atrovirens* Vill. ex Brid.
 高知市土佐山村工石山, 810m, on rock, Kishi-1384.
- Bryum billardieri* Schwaegr.
 高知市土佐山村工石山, 1100m, on humus, Deguchi-
 23781.
- Bryum caespiticium* L. ex Hedw.
 高知市土佐山村工石山, 800m, on concrete, Kishi-
 1391.
- Bryum capillare* Hedw.
 高知市土佐山村工石山, 420m, on rock, Kishi-1556.
- Bryum cyclophyllum* (Schwaegr.) Bruch & Schimp.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Kishi-946.
 高知市土佐山村西川, 150m, on wet rock, Deguchi-
 23079.
- Bryum paradoxum* Schwaegr.
 高知市土佐山村工石山, 820m, on rock, Kishi-697.
- Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn.
 高知市土佐山村工石山, 370m, on mortar, Deguchi-
 22778.
- Bryum billardieri* Schwaegr.
 高知市土佐山村工石山, 430m, on rock at road-
 side, Kishi-1283.
- Calypstrochaeta japonicus* (Card. & Ther.) Z. Iwats.
 & Nog.
 高知市土佐山村工石山, 420m, on rock, Kishi-1557.
- Campylium squarrosulum* (Besch. & Card.) Kanda
 高知市土佐山村工石山, 450m, on soil, Deguchi-
 22797.
- Campylopus japonicus* Broth.
 高知市土佐山村工石山, 820m, on rock, Kishi-710.
- Campylopus umbellatus* (Arn.) Par.
 高知市土佐山村工石山, 980m, on moist on rock,
 Kishi-1329.
 高知市土佐山村, 150m, Matsui-1094.
- Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.
 高知市土佐山村工石山, 380m, on concrete, Kishi-
 1277.
- Chenia rhizophylla* (Sakurai) Zander
 高知市土佐山村工石山, 270m, on stone wall, Kishi-
 1239.
- Chrysocladium retrorsum* (Mitt.) M. Fleisch.
 高知市土佐山村平山, 500m, on tree trunk, Deguchi-
 22740.
- Claopodium aciculum* (Broth.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 500-600m, on soil, Kishi-558.
- Claopodium gracillimum* (Card. & Ther.) Nog.
 高知市土佐山村, 20-100m, on limestone, Degu-
 chi-23049.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on stone wall, Ki-
 shi-921.
- Claopodium prionophyllum* (Muell. Hal.) Broth.
 高知市土佐山村菖蒲洞, 250m, on limestone,
 Deguchi-32856.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on soil on rock,
 Kishi-932.
- Climacium japonicum* Lindb.
 高知市土佐山村工石山, 1060m, on soil, Kishi-808.
- Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce
 高知市鏡樽の滝, 500m, on wet schist, Deguchi-
 24987.
 高知市円行寺, 120m, on wet serpentine rock,
 Deguchi-21342.
- Ctenidium capillifolium* (Mitt.) Broth.

- 高知市円行寺, 120m, on serpentine rock, Deguchi-21350.
- 高知市土佐山村工石山, 200-300m, on rock, Kishi-319.
- 高知市土佐山村, 20-100m, on limestone, Deguchi-23053.
- Ctenidium hostile* (Mitt.) Lindb.
高知市土佐山村工石山, 1180m, on rotten log, Deguchi-23178.
- 高知市春野町烏帽子山, 80m, on rock, Deguchi-15960.
- 高知市鏡, 100m, on humus, Deguchi-23027.
- Cyathophorella hookeriana* (Griff.) M. Fleisch.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Kishi-210.
- Cyathophorella tonkinensis* (Broth. & Par.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 860-900, on boulder, Kishi-459.
- Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp.
高知市土佐山村工石山, 790m, wet rock, Kishi-1400.
- Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp.
高知市土佐山村工石山, 910m, on soil, Deguchi-22838.
- Dicranodontium asperulum* (Mitt.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 1140m, on rock, Deguchi-22882.
- Dicranodontium denudatum* (Brid.) Britt. ex Williams
高知市土佐山村工石山, 900-980, on humus, Kishi-225.
- Dicranodontium fleischeriana* W. Schultze-Motel
高知市土佐山村工石山, 1150m, on rock, Kishi-1622.
- Dicranodontium asperulum* (Mitt.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 1150m, on rock, Kishi-1621.
- Dicranoloma cylindrothecium* (Mitt.) Sak.
高知市土佐山村工石山, 960m, on chert, Deguchi-23147.
- Dicranum caesium* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 980m, on humus, Deguchi-22864.
- Dicranum flagellare* Hedw.
高知市土佐山村工石山, 960m, on rotten log, Deguchi-23128.
- 高知市鏡宮の上, 350m, on decayed bark, Hirata-22.
- Dicranum hamulosum* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 1060, on soil, Kishi-819.
- Dicranum japonicum* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 1090m, on rock, Kishi-864.
- Dicranum leiodontum* Card.
高知市土佐山村工石山, 1130, on tree trunk, Deguchi-22888.
- Dicranum mayrii* Broth.
高知市土佐山村工石山, 910m, on boulder, Deguchi-22844.
- Dicranum nipponense* Besch.
高知市土佐山村工石山, 950-980m, on humus, Kishi-228.
- Dicranum scoparium* Hedw.
高知市土佐山村工石山, 980m, on humus, Kishi-1609.
- Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb. var. *hakodense* (Card.) Takaki
高知市土佐山村工石山, 930 on rock, Kishi-1306.
- Didymodon constrictus* (Mitt.) Saito
高知市土佐山村工石山, 110m, on limestone, Kishi-971.
- Diphyscium fulvifolium* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 910m, on soil, Deguchi-22846.
- Diphyscium chiapense* D.H. Norris
高知市土佐山村工石山, 970m, on boulder, Deguchi-22899.
- Ditrichum macrorrhynchum* Broth.
高知市土佐山村工石山, 1100m, on soil, Kishi-771.
- Ditrichum rhynchostegium* Kindb.
高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 10m, on soil Matsui-1256.
- 高知市朝倉朝倉神社, 50m, on soil, Matsui-913.
- Dolichomitra cymbifolia* (Lindb.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 1000-1100m, on moist rotten tree, Kishi-265.
- Dolichomitriopsis diversiformis* (Mitt.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 890m, on rock, Deguchi-22858.

- Dozya japonica* Sande Lac. in Miq.
高知市土佐山村工石山, 1100m, on tree trunk,
Kishi-740.
- Duthiella flaccida* (Card.) Broth.
高知市土佐山村, 20-100m, on limestone, Deguchi-
23045.
- Duthiella wallichii* (Mitt.) Muell. Hal.
高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone,
Deguchi-23512.
- Ectropothecium ohsimense* Card. & Ther.
高知市鏡宮の上, 350m, on soil, Hirata-19.
- Ectropothecium zollingeri* (Muell. Hal.) A. Jaeger
高知市滑川, 60m, on wet serpentine rock, Deguchi-
24176.
高知市鏡, 100m, on wet rock, Deguchi-23029.
- Entodon calycinus* Card.
高知市土佐山村工石山, (E-side), 820m, on tree
trunk, Kishi-1582.
- Entodon challengerii* (Par.) Card.
高知市土佐山村工石山, 880m, on rock, Kishi-1292.
高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 10m, on roof,
Deguchi-27007.
高知市土佐山村菖蒲, 250m, on tree trunk, Deguchi-
32868.
高知市春野町烏帽子山, 100m, on tree trunk,
Deguchi-15964.
- Entodon conchophyllus* Card.
高知市土佐山村工石山, 820m, on tree trunk,
Kishi-1583.
- Entodon luridus* (Griff.) A. Jaeger
高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Degu-
chi-23522.
- Entodon macropodus* (Hedw.) Muell. Hal.
高知市円行寺, 120m, on serpentine rock, Degu-
chi-21335.
高知市鏡平家の滝, 300m, T. Tada-67.
- Entodon flavescens* (Hook.) A. Jaeger
高知市土佐山村工石山, 1000-1050, on rotten log,
Kishi-673.
- Entodon sullivantii* (Muell. Hal.) Lindb.
高知市土佐山村工石山, 830m, on rock, Kishi-1360.
- Entodon viridulus* Card.
高知市土佐山村工石山, 830m, on rock, Kishi-890.
高知市春野町烏帽子山, 160m, on rock, Deguchi-
15991.
- Epipterygium tozeri* (Grev.) Lindb.
高知市土佐山村工石山, 820m, on wet rock,
Kishi-1378.
- Eumyurium sinicum* (Mitt.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 400m, on rock, Deguchi-
22786.
- Eurhynchium hians* (Hedw.) Sande Lac.
高知市春野町烏帽子山, 170m, on wet rock,
Deguchi-15990.
- Eurhynchium savatieri* Schimp. ex Besch.
高知市土佐山村工石山, 100m, on stone wall,
Kishi-923.
- Fauriella tenuis* (Mitt.) Card.
高知市土佐山村工石山, 800-1000m, on tree trunk,
Sakamoto-389.
高知市鏡宮の上, 350m, on decayed bark,
Hirata-24.
高知市鏡樽の滝, 500m, on boulder, Deguchi-24974.
- Fissidens adelphinus* Besch.
高知市土佐山村工石山, 900m, on soil, Kishi-484.
- Fissidens bryoides* Hedw.
高知市鏡平家の滝, 300m, on soil Hirata-10.
- Fissidens bryoides* Hedw. var. *lateralis* (Broth.) Z.
Iwats. & Tad. Suzuki
高知市土佐山村工石山, 350m, on rock, Deguchi-
22768.
- Fissidens crispulus* Brid.
高知市春野町烏帽子山, 110m, on soil, Deguchi-
15970.
高知市円行寺, 120m, on soil, Deguchi-21332.
高知市土佐山村工石山, 280m, on rock, Kishi-1260.
- Fissidens diverisifolius* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Kishi-945.
- Fissidens dubius* P. Beauv.
高知市土佐山村工石山, 1100m, on tree trunk,
Kishi-733.
高知市土佐山村菖蒲, 200m, on limestone, Deguchi-

23087.

高知市春野町烏帽子山, 100m, on soil, Deguchi-16003.

Fissidens geminiflorus Dozy & Molk.

高知市土佐山村工石山, 100m, on wet rock, Kishi-959.

高知市円行寺, 120m, on wet serpentine rock, Deguchi-21344.

高知市春野町烏帽子山, 150m, on wet rock, Yananose-63.

Fissidens geppii M. Fleisch.

高知市土佐山村工石山, 100m, on stone wall, Kishi-925.

Fissidens gymnogynus Besch.

高知市土佐山村工石山, 800m, on tree trunk, Deguchi-30634.

Fissidens involutus Wilson ex Mitt.

高知市鏡平家の滝, 300m, on wet boulder, Hirata-8.

Fissidens linearis Brid. var. *obscurirete* (Broth. & Paris) I.G. Stone

高知市神田, 10m, on soil, Deguchi-18093.

Fissidens nobilis Griff.

高知市春野町烏帽子山, 90m, on wet rock, Deguchi-15961.

高知市筆山町筆山, 20-100m, on soil, Deguchi-24439.

高知市土佐山村工石山, 260m, on wet rock, Kishi-885.

Fissidens protonemaecola Sak.

高知市神田, 10m, on soil, Deguchi-18092.

Fissidens taxifolius Hedw.

高知市土佐山村工石山, 600m, on wet soil, Kishi-391.

Fissidens tosaensis Broth.

高知市鏡樽の滝, 500m, on schist, Deguchi-24973.

高知市土佐山村工石山, 500-600m, on wet rock, Kishi-370.

Forsstroemia trichomitria (Hedw.) Lindb.

高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23507.

高知市土佐山村菖蒲, 200m, on tree trunk, Deguchi-23091.

Funaria hygrometrica Hedw.

高知市土佐山村工石山, 400m, on mortar works, Deguchi-22783.

Gammiella ceylonensis (Broth.) B.C. Tan & W.R. Buck

高知市土佐山村工石山, 1090m, on tree trunk, Kishi-857.

Garckea flexuosa (Griff.) Marg. & Nork.

高知市朝倉朝倉神社, 50m, on soil, Matsui-915.

高知市土佐山村工石山, 430m, on soil, Kishi-1281.

Glossadelphus ogatae Broth. & Yas.

高知市土佐山村工石山, 1000m, on rock, Deguchi-26800.

Glyphomitrium humillimum (Mitt.) Card.

高知市土佐山村工石山, 820m, on rotten tree, Kishi-1572.

高知市春野町烏帽子山, 350m, on tree trunk, Deguchi-15986.

Glyphomitrium minutissimum (Okam.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 1080m, on tree trunk, Kishi-1615.

Gollania ruginosa (Mitt.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 1000-1100m, on moist rotten tree, Kishi-264.

高知市春野町烏帽子山, 100m, on soil, Deguchi-15997.

Gollania taxiphyloides Ando & Higuchi

高知市鏡樽の滝, 500m, on rock, Deguchi-24981.

Grimmia pilifera P. Beauv.

高知市土佐山村工石山, 600-700m, on rock, Kishi-399.

高知市土佐山村菖蒲, 200m, on rock, Deguchi-23085

高知市鏡平家の滝, 300m, Deguchi-32737.

Gymnostomum recurvirostre Hedw.

高知市土佐山村工石山, 110m, on wet limestone, Kishi-986.

Haplocladium angustifolium (Hampe & Muell. Hal.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 290m, on concrete, Kishi-1067.

高知市鏡, 100m, on twigs, Deguchi-23032.

- 高知市筆山町筆山, 20-100m, on stone wall, Deguchi-24431.
 高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 5m, Miyoshi.
 高知市春野町烏帽子山, 110m, on stone wall, Deguchi-15972.
- Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 320m, on wet concrete, Kishi-1270.
- Haplohymenium longinerve* (Broth.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 1000-1050m, on tree trunk, Kishi-646.
- Haplohymenium pseudo-triste* (Muell. Hal.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 1090m, on tree trunk, Kishi-1349.
- Haplohymenium sieboldii* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk.
 高知市土佐山村工石山, 110m, on limestone, Kishi-989.
- Haplohymenium triste* (Ces.) Kindb.
 高知市土佐山村工石山, 260m, on rock, Kishi-883.
 高知市土佐山村菖蒲, 250m, on tree trunk, Deguchi-32870.
 高知市春野町烏帽子山, 350m, on tree trunk, Deguchi-15984.
- Hedwigia ciliata* (Hedw.) Ehrh. & P. Beauv.
 高知市土佐山村工石山, 280m, on stone wall, Kishi-1244.
 高知市土佐山村菖蒲, 200m, on rock, Deguchi-23084.
 高知市鏡平家の滝, 300m, on boulder, Hirata-1.
- Helicodontium doii* (Sak.) Taoda
 高知市春野町烏帽子山, 100m, on tree trunk, Deguchi-15968.
- Herpetineuron tocoae* (Sull. & Lesq.) Card.
 高知市土佐山村工石山, 260m, on rock, Kishi-882.
 高知市土佐山村菖蒲, 250m, on tree trunk, Deguchi-32866.
 高知市円行寺, 120m, on tree trunk, Deguchi-21334,
 高知市鏡, 350m, on boulder, Hirata-20.
- Herzogiella perrobusta* (Broth. & Card.) Z. Iwats.
 高知市春野町烏帽子山, 150m, on rotten log, Yananose-61.
- Holomitrium densifolium* (Wils.) Wijk. & Margad.
 高知市土佐山村工石山, 970m, on fallen log, Deguchi-22896.
 高知市春野町烏帽子山, 100m, on rock, Deguchi-16001.
- Homaliadelphus targionianus* (Mitt.) Dix. & P. Varde
 高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23489.
- Homaliiodendron flabellatum* (Sm.) M. Fleisch.
 高知市土佐山村工石山, 1150-1100m, on rock, Kishi-250.
- Homalothecium laevisetum* Sande Lac.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23485.
- Homomallium connexum* (Card.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 900m, on tree trunk, Deguchi-22905.
- Homomallium japonico-adnatum* (Broth.) Broth. SE-side
 高知市土佐山村工石山, 900m, on boulder, Kishi-480.
 高知市鏡平家の滝, 300m, on boulder, Hirata-5.
 高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24447.
- Hondaella caperata* (Mitt.) Ando, B.C. Tan & Z. Iwats.
 高知市土佐山村工石山, 1020m, on tree trunk, Deguchi-22867.
- Hookeria acutifolia* Hook. & Grev.
 高知市土佐山村工石山, 1140m, on soli, Kishi-1344.
- Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch & Schimp.
 高知市土佐山村工石山, 1140m, on rocks, Deguchi-22880.
- Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeger
 高知市筆山町筆山, 300m, Tada-73.
 高知市土佐山村工石山, 320m, on concrete, Kishi-1272.
- Hyophila propagulifera* Broth.
 高知市土佐山村工石山, 380m, on wet rock, Deguchi-22781.

- 高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24448.
Hypnodontopsis apiculata Z. Iwats. & Nog.
 高知市丸ノ内高知城, 50m, on tree trunk, Deguchi-17186.
Hypnum calcicolum Ando
 高知市土佐山村菖蒲, 200m, on limestone, Deguchi-23086.
Hypnum fujiyamae (Broth.) Par.
 高知市土佐山村工石山, 1090m, on rock, Kishi-855.
Hypnum oldhamii (Mitt.) A. Jaeger
 高知市土佐山村工石山, 1010m, on fallen tree trunk, Deguchi-23160.
 高知市春野町烏帽子山, 100m, on rock, Deguchi-15999.
 高知市鏡, 350m, on boulder, Hirata-21.
Hypnum plumaeforme Wils.
 高知市土佐山村工石山, 960m, on chert, Deguchi-23130.
 高知市円行寺, 120m, on serpentine rock, Deguchi-21336.
 高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 8m, on tree trunk, Deguchi-23026.
 高知市春野町烏帽子山, 150m, on rotten log, Yananose-67.
Hypnum sakuraii (Sak.) Ando
 高知市土佐山村工石山, 800m, on wet rock, Deguchi-2811.
Hypnum subimponens Lesq. subsp. *ulophyllum* (Muell. Hal.) Ando
 高知市土佐山村工石山, 900m, on boulder, Kishi-477.
Hypnum tristo-viride (Broth.) Par.
 高知市土佐山村工石山, 1090m, on tree trunk, Kishi-856.
Hypopterygium fauriei Besch.
 高知市土佐山村, 20-100m, on soil, Deguchi-23058.
Hypopterygium tenellum Muell. Hal.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23504.
Isocladiella surcularis (Dixon) B.C. Tan & Mohamed
 高知市土佐山村工石山, 200m, on tree trunk, Kishi-1642.
Isopterygium albescens (Hook.) A. Jaeger
 高知市鏡平家の滝, 300m, on bark, Hirata-3.
 高知市春野町烏帽子山, 150, on tree base, Yananose-60.
Isothecium subdiversiforme Broth.
 高知市土佐山村工石山, 1000-1050m, on tree trunk, Kishi-671.
Kindbergia arbuscula (Brid.) Ochyra
 高知市土佐山村工石山, 1140m, on humus, Deguchi-22890.
Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst.
 高知市朝倉, 5m, Deguchi-23528.
Leskeobryum cavifolium (Sande Lac.) M. Fleisch.
 高知市土佐山村工石山, 1100m, on schist, Kishi-764.
Leucobryum bowringii Mitt.
 高知市土佐山村工石山, 1060m, on soil, Kishi-818.
 高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24451.
Leucobryum juniperoideum (Brid.) Muell. Hal.
 高知市鏡, 350m, on bark, Hirata-18.
 高知市土佐山村工石山, 200m, on tree foot, Kishi-292.
 高知市春野町烏帽子山, 150m, on bark of tree, Yananose-59.
 高知市円行寺, 120m, on tree trunk, Deguchi-21346.
Leucobryum scabrum Sande Lac.
 高知市土佐山村工石山, 960m, on chert, Deguchi-23140.
Leucodon atrovirens Nog.
 高知市土佐山村工石山, 850m, on rotten log, Kishi-909.
Leucodon nipponicus Nog.
 高知市土佐山村工石山, 200m, on rock, Kishi-297.
Leucoloma okamuriae Broth.
 高知市土佐山村工石山, 800m, on boulder, Deguchi-22814.
Macromitrium ferriei Card. & Ther.
 高知市土佐山村工石山, 350m, on rock, Deguchi-22763.
Macromitrium gymnostomum Sull. & Lesq.

- 高知市土佐山村工石山, 1090m, on tree trunk, Deguchi-23173.
- Macromitrium japonicum* Dozy & Molk.
高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 10m, Tada-2.
高知市春野町烏帽子山, 160m, on fallen log, Deguchi-15978.
高知市土佐山村工石山, 200m, on concrete, Kishi-287.
高知市筆山町筆山, 20-100m, on stone wall, Deguchi-24456.
高知市円行寺, 120m, on tree trunk, Deguchi-21328.
- Macromitrium prolongatum* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 200-300m, on stone wall, Kishi-350.
- Meteoriella soluta* (Mitt.) Okam.
高知市土佐山村工石山, 1140m, on brunch, Kishi-846.
- Meteorium buchananii* (Brid.) Broth.
高知市土佐山村菖蒲, 250m, on tree trunk, Deguchi-32872.
高知市鏡, 100m, on tree trunk, Deguchi-23034.
- Meteorium subpolytrichum* (Besch.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 960-1000m, on wet rotten tree, Kishi-508.
- Miyabea fruticella* (Mitt.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 820m, on tree trunk, Kishi-1571.
- Mnium heterophyllum* (Hook.) Schwaegr.
高知市土佐山村工石山, 880m, on rock, Kishi-1290.
- Mnium lycopodioides* (Hook.) Schwaegr.
高知市土佐山村工石山, 200-300m, on rock, Kishi-326.
- Myuroclada maximoviczii* (Borszcz.) Steere & Schof.
高知市土佐山村工石山, 500-600m, on boulder, Kishi-588.
- Neckera flexiramea* Card.
高知市土佐山村工石山, 860m, on tree trunk, Kishi-1584.
- Neckera humilis* Mitt.
高知市鏡, 280m, on bark of shrubs, Deguchi-30528.
- 高知市土佐山村菖蒲, 200m, on tree trunk, Deguchi-23090.
- 高知市鏡樽の滝, 500m, on tree trunk, Deguchi-24990.
- Neckera konoii* Broth. & Card.
高知市土佐山村工石山, 1120m, on dead standing tree, Deguchi-22876.
- Neckera nakazimae* (Ihs.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 100m, on tree, Deguchi-23515.
- Neckeropsis calcicola* Nog.
高知市土佐山村, 20-100m, on limestone, Deguchi-23036.
- Neckeropsis nitidula* (Mitt.) M. Fleisch.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Kishi-203.
高知市円行寺, 120m, on roots, Deguchi-21345.
高知市鏡, 280m, on phyllite, Deguchi-30529.
高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24433.
高知市春野町烏帽子山, 150m, on rock, Yanadani-69.
- Neckeropsis obtusata* (Mont.) M. Fleisch. in Broth.
高知市土佐山村工石山, 100m, on tree, Deguchi-23516.
- Okamuraea brachydictyon* (Card.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 280m, on rock, Kishi-1248.
- Okamuraea hakoniensis* (Mitt.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 1080m, on tree trunk, Kishi-793.
- Oncophorus crispifolius* (Mitt.) Lindb.
高知市鏡樽の滝, 500m, on stone wall, Deguchi-24978.
高知市春野町烏帽子山, 100m, on rock, Deguchi-16002.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Deguchi-17225.
- Orthomnion dilatatum* (Mitt.) Chen
高知市土佐山村工石山, 1080m, on tree trunk, Kishi-1614.
- Orthotrichum consobrinum* Card.
高知市土佐山村工石山, 880m, on tree trunk, Deguchi-22850.

Oxystegus tenuirostris (Hook. & Taylor) A.J.E. Smith

高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Deguchi-23506.

Palamocladium macrostegium (Sull. & Lesq.) Z. Iwats. & Tak.

高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23481.

Palisadula chrysophylla (Card.) Toy.

高知市土佐山村工石山, 1090m, on rotten tree, Kishi-861.

Philonotis falcata (Hook.) Mitt. Hiraishi, foot of

高知市土佐山村工石山, 150m, on soil, Deguchi-22916.

Philonotis lancifolia Mitt.

高知市春野町烏帽子山, 100m, on soil, Deguchi-15967.

Philonotis thwaitesii Mitt.

高知市土佐山村工石山, 110m, on rock, Kishi-1046.

高知市宗安寺, 25m, on serpentine, Deguchi-30601.

高知市春野町烏帽子山, 220m, on soil, Deguchi-15982.

高知市鏡, 100m, on boulders, Deguchi-24586.

Physcomitrium japonicum (Hedw.) Mitt.

高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 10m, Deguchi-

Physcomitrium sphaericum (Ludw.) Fuerne. in Hamp.

高知市朝倉, 10m, on soil in rice-field, Deguchi-24584.

高知市土佐山村工石山, 100m, on boulder, Kishi-913

Pilotrichopsis dentata (Mitt.) Besch.

高知市土佐山村工石山, 800-1000m, on rock Sakamoto-377

Pinnatella makinoi (Broth.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23513.

Plagiomnium acutum (Lindb.) Kop.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Deguchi-17241.

高知市鏡平家の滝, 300m, on soil, Hirata-9.

Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) Kop.

高知市土佐山村工石山, 620m, on soil, Kishi-393.

Plagiomnium maximoviczii (Lindb.) Kop.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on wet rock, Deguchi-17193.

高知市春野町烏帽子山, 150m, on soil, Yananose-99.

Plagiomnium succulentum (Mitt.) Kop.

高知市土佐山村工石山, 200-300m, on rock, Kishi-300.

高知市春野町烏帽子山, 170m, on wet rock, Deguchi-15988.

Plagiomnium vesicatum (Besch.) Kop.

高知市土佐山村工石山, 360m, on wet rock, Deguchi-22773.

高知市春野町烏帽子山, 150m, on soil, Yananose-58.

Plagiothecium euryphyllum (Card. & Ther.) Z. Iwats.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on bark, Deguchi-17190.

Plagiothecium nemorale (Mitt.) A. Jaeger

高知市土佐山村工石山, 1000-1050m, on rock, Kishi-663.

Pleurozium schreberi (Brid.) Mitt.

高知市土佐山村工石山, 1000-1100m, on soil, Kishi-261.

Pogonatum contortum (Brid.) Lesq.

高知市土佐山村工石山, 1000-1050m, on soil, Kishi-675.

Pogonatum inflexum (Lindb.) Sande Lac.

高知市朝倉朝倉神社, 15m, on soil, Yananose-4.

高知市土佐山村工石山, 800-1000m, on soil, Sakamoto-392.

高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24453.

Pogonatum japonicum Sull. & Lesq.

高知市土佐山村工石山, 1000-1100m, on soil, Kishi-276.

Pogonatum neesii (Muell. Hal.) Dozy

高知市春野町烏帽子山, 150m, on soil, Yananose-11.

高知市朝倉朝倉神社, 15m, on soil, Yananose-21.

高知市春野町烏帽子山, 150m, on soil, Yananose-103

高知市土佐山村工石山, 600m, Deguchi-23190

- Pogonatum nipponicum* Nog. & Osada
高知市土佐山村工石山, 930m, on rock, Kishi-1639.
- Pogonatum spurio-cirratum* Broth.
高知市鏡樽の滝, 500m, on soil, Deguchi-24971.
- Pohlia camptotrachela* (Ren. & Card.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 830m, on soil, Kishi-891.
- Pohlia flexuosa* Hook.
高知市土佐山村工石山, 1100m, on soil, Kishi-778.
- Pohlia proliger* (Kindb.) Arn.
高知市土佐山村工石山, 950m, on soil, Kishi-618.
- Pohlia wahlenbergii* (F. Weber & Mohr) Andrews
高知市土佐山村工石山, 290m, on stone wall, Kishi-1216.
- Polytrichum formosum* Hedw.
高知市土佐山村工石山, 880, on rock, Deguchi-22857.
- Pseudobarbella attenuata* (Thwait. & Mitt.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 150m, on tree trunk, Deguchi-22910.
高知市丸ノ内高知城, 20m, on stone wall, Deguchi-27004.
- Pseudobarbella laosiensis* (Broth. & Paris) Nog.
高知市土佐山村工石山, 1060m, on tree trunk, Deguchi-22869.
- Pseudobarbella mollissima* (Broth.) Nog.
高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23517.
- Pseudoleskeopsis zippelii* (Doz. & Molk.) Broth.
高知市土佐山村工石山, 100m, on boulder, Deguchi-23519.
高知市円行寺, 120m, on wet stone wall, Deguchi-21331.
高知市春野町烏帽子山, 170, on wet rock, Deguchi-15989.
- Pseudosymblepharis angustata* (Mitt.) Chen
高知市土佐山村, 20-100m, on limestone, Deguchi-23051.
- Pseudotaxiphyllum densum* (Card.) Z. Iwats.
高知市春野町烏帽子山, 80m, on soil, Deguchi-15959.
- Pseudotaxiphyllum maebarae* (Sak.) Z. Iwats.
高知市土佐山村工石山, 600m, on rock, Kishi-887.
- Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum* (Sull. & Lesg.) Z. Iwats.
高知市土佐山村工石山, 980m, on rock, Kishi-834.
- Pterobryum arbuscula* Mitt.
高知市土佐山村工石山, 1000m, on tree trunk, Kishi-1610.
- Ptychomitrium dentatum* (Mitt.) A. Jaeger
高知市鏡樽の滝, 500m, Takeda-101.
高知市土佐山村工石山, 300-400m, on rock, Kishi-357.
- Ptychomitrium fauriei* Besch.
高知市土佐山村工石山, 890m, on rock, Deguchi-17206.
- Ptychomitrium linearifolium* Reim. & Sak.
高知市鏡樽の滝, 500m, Takeda-102.
高知市土佐山村工石山, 800m, on boulder, Deguchi-22825.
- Ptychomitrium gardneri* Lesq.
高知市土佐山村工石山, 110m, on limestone, Kishi-976.
- Ptychomitrium sinense* (Mitt.) A. Jaeger
高知市土佐山村工石山, 150m, on rock, Kishi-1054.
- Pylaisiadelpha tenuirostris* (Bruch & Schimp.) W.R. Buck
高知市五台山, on tree trunk, Deguchi-18094.
高知市土佐山村工石山, 420m, on tree trunk, Kishi-1554.
- Pyrrobryum spiniforme* (Hedw.) Mitt. var. *badakense* (M. Fleisch.) Manuel
高知市土佐山村工石山, 910m, on humus, Kishi-1592.
- Pyrrobryum dozyanum* (Sande Lac.) Manuel
高知市土佐山村工石山, 1080m, on soil, Kishi-789.
- Racomitrium atrobiride* Card.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Deguchi-17205.
- Racomitrium barbuloide* Card.
高知市土佐山村工石山, 760m, on rock, Kishi-1415.
- Racomitrium heterostichum* (Hedw.) Brid.
高知市土佐山村工石山, 450m, on rock, Kishi-1563.
- Racomitrium laetum* Card.
高知市土佐山村工石山, 960m, on chert, Deguchi-23138.

Racopilum aristatum Mitt.

高知市春野町烏帽子山, 150m, on wet rock,
Yananose-62.

高知市土佐山村工石山, 150m, on tree trunk,
Deguchi-22911.

高知市筆山町筆山, 20-100m, on stone wall,
Deguchi-24434.

高知市土佐山村菖蒲洞, 250m, on limestone,
Deguchi-32851.

Racopilum ferriei Ther.

高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone,
Deguchi-23482.

Rhabdoweisia crispata (With.) Lindb.

高知市土佐山村工石山, 910m, on soil, Deguchi-
22847.

Rhizomnium striatulum (Mitt.) T.J. Kop.

高知市土佐山村工石山, 1090m, on boulder,
Kishi-870.

Rhizomnium tuomikoskii T.J. Kop.

高知市土佐山村工石山, 1110m, on rotten log,
Deguchi-22891.

Rhodobryum giganteum (Schwaegr.) Par.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on humus,
Deguchi-17204.

Rhynchostegium inclinatum (Mitt.) A. Jaeger

高知市土佐山村工石山, 280m, on wet concrete,
Kishi-1256.

Rhynchostegium pallidifolium (Mitt.) A. Jaeger

高知市土佐山村工石山, 1080m, on humus,
Kishi-1616.

高知市筆山町筆山, 300m, Tada-76.

高知市鏡平家の滝, 300m, Tada-71.

高知市円行寺, 120m, on humus, Deguchi-21348.

Rhynchostegium riparioides (Hedw.) Card.

高知市春野町烏帽子山, 150m, on wet rock,
Yananose-66.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on wet rock,
Deguchi-17220.

Rhytidiadelphus japonicus (Reim.) Kop.

高知市土佐山村工石山, 910m, on humus, Deguchi-
23124.

Schistidium strictum (Turn.) Mart ex Kop. NW-
side of

高知市土佐山村工石山, 110m, on rock, Kishi-1038.

Schlotheimia grevilleana Mitt.

高知市土佐山村工石山, 800-1000m, on rock,
Sakamoto-378.

高知市春野町烏帽子山, 160m, on rocky cliff,
Deguchi-15976.

Schwetschkeopsis fabronia (Schwaegr.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock,
Deguchi-17202.

高知市鏡樽の滝, 500m, on boulder, Deguchi-24975.

Scopelophila cataractae (Mitt.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 740-800m, on rock, Kishi-
429.

Scopelophila ligulata (Spruce) Spruce

高知市土佐山村工石山, 600m, on soil, Deguchi-
23191

Sematophyllum subpinnatum (Brid.) E.G. Britton

高知市鏡, 100m, on fallen log, Deguchi-23033.

高知市土佐山村工石山, 150m, on tree trunk,
Deguchi-22906.

Sematophyllum subhumile (Muell. Hal.) M. Fleisch.

高知市土佐山村工石山, 100m, on rotten branch,
Deguchi-23495.

高知市鏡, 100m, on rotten log, Deguchi-23028.

Sphagnum girgensohnii Russ.

高知市土佐山村工石山, 990m, on soil, Kishi-830.

Sphagnum palustre L.

高知市土佐山村工石山, 1000-1050m, on humus,
Kishi-655.

Syrrhopodon japonicus (Besch.) Broth.

高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock,
Deguchi-17209.

高知市鏡樽の滝, 500m, on bark, Deguchi-24976.

高知市春野町烏帽子山, 100m, on rock, Deguchi-
16000.

高知市鏡, 350m, on bark, Hirata-25.

Syrrhopodon fimbriatulus Muell. Hal.

高知市土佐山村工石山, 150m, on tree trunk,
Deguchi-22908.

- 高知市円行寺, 120m, on tree trunk, Deguchi-21347.
高知市鏡, 100m, on bark, Deguchi-24585.
- Syrrhopodon tosaensis* Card.
高知市土佐山村工石山, 950m, on rock, Kishi-1604.
- Taxiphyllum alternans* (Card.) Z. Iwats.
高知市朝倉, 10m, on soil, Deguchi-26664.
- Taxiphyllum aomoriense* (Besch.) Z. Iwats.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on humus, Deguchi-17243.
- Taxiphyllum cuspidifolium* (Card.) Z. Iwats.
高知市鏡, 450m, Tada-70.
高知市土佐山村工石山, 750m, on concrete, Kishi-1427.
- Taxiphyllum taxirameum* (Mitt.) M. Fleisch.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, Deguchi-17242.
高知市鏡平家の滝, 300m, Deguchi-32738
高知市春野町烏帽子山, 150m, on soil, Deguchi-15996.
高知市円行寺, 120m, on wet serpentine, Deguchi-21343.
高知市筆山町筆山, 300m, Tada-72.
- Tetraphis pellucida* Hedw.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rotten stump, Deguchi-17212
- Thamnobryum plicatum* (Sande Lac.) Z. Iwats.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Deguchi-17195.
高知市鏡平家の滝, 300m, on boulder, Hirata-2.
- Thamnobryum subseriatum* (Mitt. ex Sande Lac.) B.C. Tan
高知市土佐山村工石山, 200-300m, on boulder, Kishi-328.
高知市春野町烏帽子山, 150m, on rock, Yananose-72.
高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24435.
- Theriotia kashmirensis* Robins.
高知市鏡樽の滝, 500m, on schist, Deguchi-24989.
- Theriotia lorifolia* Card.
高知市土佐山村工石山, 800m, on boulder., Deguchi-22813.
- Thuidium cymbifolium* (Dozy & Molk.) Dozy & Molk.
高知市春野町烏帽子山, 100m, on wet ground, Deguchi-15969.
高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24432
- Thuidium kanedae* Sak.
高知市土佐山村工石山, 880m, on rock, open, Kishi-1289.
- Thuidium pristocalyx* (Muell. Hal.) A. Jaeger
高知市土佐山村工石山, 1000m, on rock, Deguchi-26796.
- Thuidium pygmaeum* Bruch & Schimp.
高知市土佐山村工石山, 350m, on rock, Deguchi-22769.
- Thuidium recognitum* (Hedw.) Lindb. var. *delicatulum* (Hedw.) Warnst.
高知市土佐山村工石山, 110m, on rock, Kishi-1031.
- Thuidium sparsifolium* (Mitt.) A. Jaeger
高知市土佐山村工石山, 840m, on tree trunk, Kishi-899.
高知市鏡, 350m, on soil, Hirata-23.
高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24428.
- Thuidium subglaucinum* Card.
高知市春野町烏帽子山, 110m, wet on soil, Deguchi-15973.
- Timmiella anomala* (Bruch & Schimp.) Limpr.
高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Kishi-938.
- Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr.
高知市春野町烏帽子山, 100m, on soil, Deguchi-15998.
高知市円行寺, 120m, on serpentine rock, Deguchi-21337.
- Trachycystis microphylla* (Dozy & Molk.) Lindb.
高知市土佐山村工石山, 900-980m, on rock, Deguchi-17226.
高知市春野町烏帽子山, 110m, on stone wall, Deguchi-15971.
- Trachypus bicolor* Reinw. & Hornsch.
高知市土佐山村工石山, 820m, on rock, Kishi-1578.
- Trachypus humilis* Lindb.
高知市鏡樽の滝, 500m, on rock, Deguchi-24977.
- Trematodon longicollis* Michx.
高知市朝倉朝倉神社, 50m, Matsui-921.

高知市土佐山村工石山, 820m, on rock, Kishi-1379.
Trichostomum brachydontium Bruch
 高知市土佐山村工石山, 110m, on rock, Kishi-1042.
Trichostomum platyphyllum (Broth. & Ihs.) P.C. Chen
 高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Kishi-937.
Tuerckheimia svihlae (Bartr.) R.H. Zander
 高知市土佐山村工石山, 960m, on limestone, Deguchi-23133.
Venturiella sinensis (Vent.) Muell. Hal.
 高知市筆山町筆山, 20-100m, Deguchi-24457.
 高知市曙町高知大学朝倉キャンパス, 10m, on tree trunk, Deguchi-32736.
Vesicularia ferriei (Card. & Ther.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on rock, Kishi-943.
Vesicularia flaccida (Sull. & Lesq.) Z. Iwats.
 高知市土佐山村工石山, 100m, on limestone, Deguchi-23496.
 高知市春野町烏帽子山, 220m, on humus, Deguchi-15981.
Weisiopsis anomala (Broth. & Par.) Broth.
 高知市土佐山村工石山, 770m, on rock, Kishi-1412.
Weissia controversa Hedw.
 高知市土佐山村工石山, 380m, on rock, Deguchi-22782.
 高知市円行寺, 120m, on serpentine, Deguchi-21339.
Weissia edentula Mitt.
 高知市土佐山村工石山, 110m, on limestone, Kishi-988.
Wijkia hornschurchii (Dozy & Molk.) Crum

高知市土佐山村工石山, 990m, on boulder., Deguchi-22900.

引用文献

- 出口博則・岸寧夫 (1982). 工石山の蘚類. 高知大学
 学術研究報告 (自然科学) 30: 77-97, pl. 1.
 原幹雄・鴻上泰 (1978). 高知市街地の樹皮着生蘚苔類.
 高知大学学術研究報告 (自然科学) 26: 105-111.
 石山光江・岩月善之助 (1991). 広島平和記念公園にお
 ける着生蘚苔類フロラと生態. ヒコ
 ビア 11:65-72.
 岩月善之助 (2001). 日本の野生植物 コケ. 355pp.
 平凡社, 東京.
 葛山博次 (1975). 四日市市における着生蘚苔類の植
 生と大気汚染. 第22回日生態大会講演要旨集. IF14.
 葛山博次・埤田宏・小林圭介 (1975). 大津市の着生群
 落と大気汚染. 第22回日生態大会講演要旨集. IF13.
 中川吉弘 (1998). 環境指標としての地衣類. 遺伝52
 (1):54-59.
 仲村悦子・岩月善之助 (1981). 宮崎市市街地のクスノ
 キ着生蘚苔類. 日本蘚苔類学会会報
 3:1-4.
 中村俊彦 (1976). 都市化指標としての蘚苔類. 日本蘚
 苔類学会会報1 (14):178-182.
 中村俊彦・古木達郎・原田浩 (2002). 野外観察ハンド
 ブック 校庭のコケ. 191pp. 全国農村教育協会, 東京.
 根平邦人・畦浩二 (1980). 福山市市街地の着生コケ植
 物. 日本蘚苔類学会会報2:153-156.
 Taoda H. (1972). Mapping of atmospheric pollution
 in Tokyo based upon epiphytic bryophytes. Jpn. J.
 Ecol.22:125-133.
 埤田宏 (1974). 環境汚染と指標植物. 170pp. 共立出版,
 東京.
 梅津幸雄 (1978). 着生こけ植物・地衣類植生による重
 工業都市の大気汚染図示. 日生態誌28:143-154.



図12-1 *Atrichum undulatum* ナミガタタチゴケ.
市街地から山地の半日陰の土上に生育.



図12-2 *Barbella flagellifera* キヨスミイトゴケ.
湿度の高い山地の樹木から垂れ下がる.



図12-3 *Bartramia pomiformis* タマゴケ.
山地の岩上や土上に塊をつくって生育.



図12-4 *Bryum argenteum* ギンゴケ.
市街地から山地の岩上やコンクリート上などに生育.



図12-5 *Climacium japonicum* コウヤノマンネングサ.
山地の湿った土上に生育.



図12-6 *Diphyscium fulvifolium* イクビゴケ.
低山地から山地の林下の土上や土手に生育.



図12-7 *Entodon flavescens* エダツヤゴケ。
山地の木の根元や岩上に生育。



図12-8 *Fabronia matsumurae* コゴメゴケ。
市街地の街路樹や低山地の樹木に着生。



図12-9 *Herpetineuron toccoae* ラセンゴケ。
市街地から山地の岩上や樹上に生育。

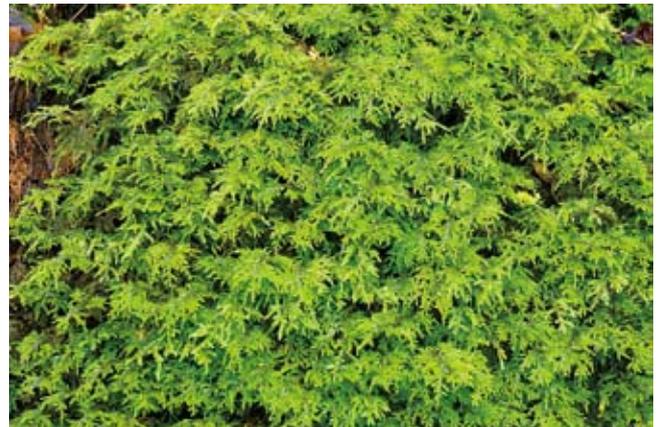


図12-10 *Hylocomium splendens* イワダレゴケ。
深山の岩上や腐木上に大きな群落をつくって生育。



図12-11 *Hyophila involuta* カタハマキゴケ。
市街地から山地の石垣・コンクリート壁・岩上に生育。



図12-12 *Hypnum oldhamii* ヒメハイゴケ。
山地のやや湿った岩上や腐木上に生育。



図12-13 *Hypnum plumaeforme* ハイゴケ.
市街地から山地の日当たりの良い地上や岩上に生育.



図12-14 *Hypopterygium fauriei* クジャクゴケ.
山地の湿った土上や岩上に生育.



図12-15 *Leucobryum juniperoideum* ホソバオキナゴケ.
低山地から山地の腐食土上や木の根元に生育.



図12-16 *Macromitrium japonicum* ミノゴケ.
市街地から山地の樹幹や岩上に生育.



図12-17 *Oncophorus crispifolius* チヂミバコブゴケ.
山地の岩上に生育.



図12-18 *Physcomitrium eurystomum* ヒロクチゴケ.
畑や裸地に生育.



図12-19 *Plagiomnium acutum* コツボゴケ.
市街地から山地の土上や岩上に生育.



図12-20 *Pogonatum contortum* コセイタカスギゴケ.
山地の日陰の土上に生育.



図12-21 *Pseudotaxiphillum pohliaecarpum* アカイチイゴケ.
低山地から山地の土上や岩上に生育.



図12-22 *Pyrrhobyrum dozyanum* ヒノキゴケ.
山地の腐植土上に塊をつくって生育.



図12-23 *Racomitrum atroviride* ナガエノスナゴケ.
低山地～亜高山の日当たりの良い転石上に生育.



図12-24 *Rhodobryum giganteum* オオカサゴケ.
山地の腐食土上に生育.



図12-25 *Sphagnum girgensohnii* ホソバミズゴケ.
山地～亜高山の林床や林縁の腐食土上に生育.



図12-26 *Thuidium kanedae* トヤマシノブゴケ.
山地の岩上や土上に生育.

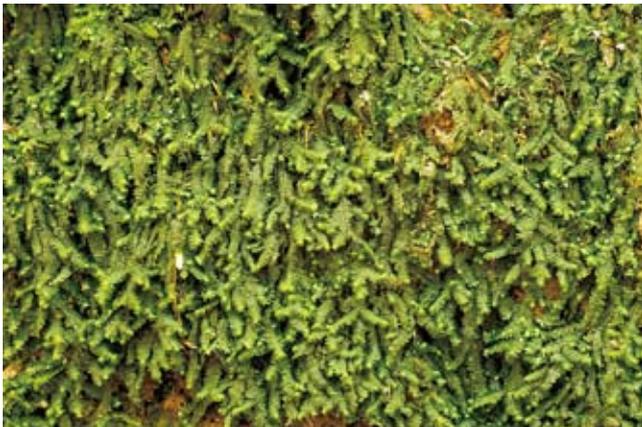


図12-27 *Bazzania japonica* ヤマトムチゴケ.
低山地から山地の土上や岩上に生育



図12-28 *Macvicaria ulophylla* チヂミカヤゴケ.
市街地から山地の樹幹に生育.



図12-29 *Riccia glauca* ハタケゴケ.
庭や畑, 水を抜いた水田に生育.

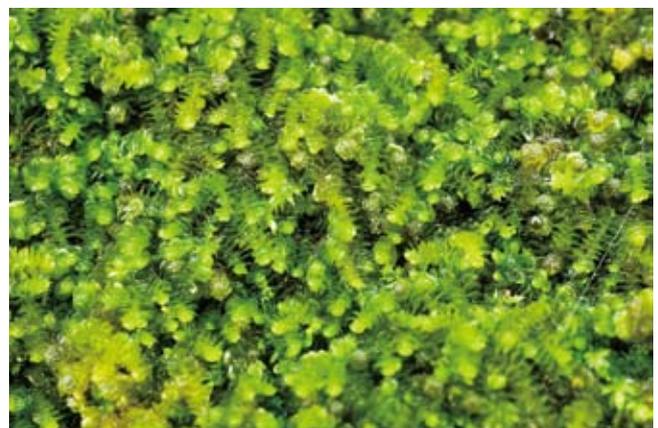


図12-30 *Trocholejeunea sandvicensis* フルノコゴケ.
市街地から低山地の樹幹や岩上に生育.

トピックス

蘚苔類

蘚苔類は世界で約2万種も知られているのですが、食用など実用品としての利用されている種類はほとんどありません。よく「トナカイがコケを食べる」とか「鮎がコケを食べる」と言われますが、トナカイが食べているのは地衣類、鮎が食べているのは珪藻類です。

しかし、園芸の分野に限ると蘚苔類は様々な種類が利用されています。代表的な日本庭園の多くには蘚苔類を主役とした「コケ庭」がありますし、盆栽や盆景に利用されることも多いです。ここでの主役は *Polytrichum formosum* (オオスギゴケ) や *Hypnum plumaeforme* (ハイゴケ), *Plagiomnium actutum* (コツボゴケ), *Pyrrhobryum dozyanum* (ヒノキゴケ), *Thuidium kanedae* (トヤマシノブゴケ), *Leucobryum juniperoideum* (ホソバオキナゴケ) など、地上に生育する蘚類が多いです。苔類、特に葉状体となる *Marchantia polymorpha* (ゼニゴケ) や *Conocephalum conicum* (ジャゴケ) などはむしろ排除されます。

近年の癒しブームの広がりとともに、野草や小さな樹木を用土などで寄せ植えし、そのまわりを蘚苔類で包み込んだ「苔玉」作りもさかんに行われるようになってきました。身近な緑のインテリアとしても人気があります。この苔玉に用いられているのは匍匐性の蘚類であるハイゴケやシノブゴケの仲間などが多いです。

水槽内に様々な種類の水草をレイアウトして鑑賞する「アクアリウム」でも蘚苔類が利用されていま

す。代表的な種類は「リシア」でしょう。リシアとは水田などに広く見られる *Riccia fluitans* (ウキゴケ) の属名をカタカナ書きしたものです。ウキゴケの名の通り、本来は水面に浮遊して生育するのですが、アクアリウムでは水槽の底に敷き詰めるようにして栽培されることが多いようです。この他に「ウィローモス」なる種類もよく利用されます。一般に市販されているものは *Leptodictyum riparium* (ヤナギゴケ) や *Fontinalis antipyretica* (クロカワゴケ) のようで、これらも自然界において水中生育する種類です。

では、本来陸上で生育する種を水中で育てるとどのようなのでしょうか？越智(1956)や樋口・岩月(1986)などの研究によると、匍匐性の蘚類の一部は水中でも旺盛に成長するようです。また、自然集団では見られない形態の変化も観察されています。樋口・岩月(1986)によると、ハイゴケと *Gollania japonica* (サジバラッコゴケ) では葉の翼細胞の分化の程度、葉縁の鋸歯の様子、偽毛葉の形など、重要な分類形質とされている特徴にも変化が確認されています。

引用文献

- 越智一男 (1956) . 陸産蘚類の沈水培養について. 日本生態学会誌 5:109-111.
 樋口正信・岩月善之助 (1986) . ハイゴケおよびサジバラッコゴケの沈水培養. 日本蘚苔類学会会報 4:51-56.

第13章

菌類・地衣類

第1節 普遍的事項…植物 菌類・地衣類

(1) 菌類とは

「菌」という文字は、「細菌」や「変形菌(粘菌)」など、さまざまな生物群に対して用いられる。また、「乳酸菌」や「大腸菌」、あるいは「黴菌」などは、日常生活においても頻繁に耳にする単語である。しかし、乳酸菌や大腸菌などの細菌類(バクテリア)は核を持たない原核生物であり、変形菌類は原生生物界に分類される。また、「黴菌」は学術的に定義された用語ではない。

本稿では、後述する「菌界」に属するとされる菌類、いわゆる真菌類を対象とし、その中でも特に大型の子実体や地衣体を形成する大型菌類と地衣類とを扱っている。なお、菌類を「キノコ」と「カビ」とに区別することもあるが、これは肉眼的な大きさの子実体を形成するものを「キノコ」と呼んでいるに過ぎず、分類学的な意味を持つものではない。

(2) 系統と分類

生物を動物と植物とに区分する二界説では、菌類は「動かない」という特徴から植物界に含まれている。このような考え方は現在でも根強く残っており、「植物図鑑」として市販されている書籍に、キノコやカビが掲載されている例も少なくない。

生物の高次の分類については、19世紀以降、三界説、五界説、八界説などさまざまな説が提唱されてきており、これらの説の多くが「菌界」を設けている。

菌界に属する生物の特徴としては、真核生物で、吸収型の栄養摂取を行う従属栄養生物であること、体が原則として菌糸で構成され、その細胞壁(菌糸壁)はキチンを主成分としていることなどが挙げられる。また、「偽菌類」と総称される変形菌類や卵菌類と区別するため、菌界に属する生物を「真菌類」と呼ぶ場合もある。最近の分類体系では、菌界に子囊菌門、担子菌門、ツボカビ門、接合菌門の4つの門を設けている。本稿では、子囊菌門や担子菌門に属す種について、それぞれ子囊菌類、担子菌類という表記を用いている。

菌類の起源に関しては、さまざまな学説が提唱されてきた。その中には、藻類が葉緑体を失うことで菌類となったと考える「藻類起源説」もあったが、これは形態的な類似のみに基づくもので、現在では支持されていない。最近の遺伝情報に基づく研究からは、菌類は植物よりも動物(後生動物)に近縁な生物群であることが明らかとなり、後生動物と菌類および幾つかの原生生物のグループをオピストコンタ(後方鞭毛生物)としてまとめる分類体系も発表されている。ただし、菌類の学名の取り扱い「国際植物命名規約」に基づき、植物の場合と同様に行われている。

Kirkほかによれば、これまでに記載された全世界の菌類の種数は、子囊菌門が約64000、担子菌門が約31000、ツボカビ門が約700、接合菌門が約1000とされ、その合計は97000あまりとされている¹。また、2003年に発表された日本分類学会連合による「日本産生物種数調査」では、日本産の菌類をおよそ13000種としている²。しかし、菌類は毎年多くの種が新種として記載されているため、種数は今後大幅に増加することが予想される。

(3) 菌類の繁殖方法

菌類の繁殖方法は、大きく有性生殖と無性生殖とに分けることができる。ここでは菌類のうち、担子菌類、子囊菌類の典型的な生活環と有性生殖について以下に述べる。なお、かつて「不完全菌類」と呼ばれた菌類は、子囊菌類や担子菌類の不完全世代(アナモルフ)であり、現在では独立した群とはみなされていない。これらの菌類は、主として体細胞分裂によって形成される分生子(無性孢子)によって繁殖を行う。

担子菌類では、 n 世代である胞子が発芽し、核を一つ含んだ一次菌糸を伸ばす。一次菌糸は他の一次菌糸と融合するが、その際に核は融合せず、1細胞中に2核の状態($n+n$)の二次菌糸となる。二次菌糸はその先端で細胞分裂を繰り返しながら伸長し、その際にかすがい(クランプ)形成が観察される種が多い。二次菌糸はやがて集合して子実体を形成し、担子器と呼ばれる細胞中で核の融合と減数分裂とが起こり、担子器上に担子胞子を形成する。このように、担子菌類の生活環では、単相(n)、重相($n+n$)、複相($2n$)という、3つの核相が交代している。

子囊菌類でも、生活環の中で単相(n)、重相($n+n$)、複相($2n$)の3つの核相が交代する。しかし、担子菌類とは異なり、子囊果原基中に造精器と造囊器が形成され、その融合によって造囊糸が形成される。造囊糸からは子囊と呼ばれる袋状の構造が分化し、胞子はその中で減数分裂によって形成される。胞子は成熟すると子囊の外に散布されるが、その際に子囊先端部の微細構造により、先端から裂けるもの、孔が開くもの、弁となって開口するものなど、幾つもの様式が知られている。このような子囊先端部の微細構造は、分類学的に極めて重要な形質として扱われている。

(4) 生態系における菌類

菌類は、しばしば生態系における分解者、還元者として位置づけられる。これは、動植物の遺骸や排泄物を分解する種が多いため、これらの菌類は生

態系内の物質循環を支える重要な存在である。しかし、菌類の役割はこれだけに留まらず、外生菌根によるネットワークを通じて樹木間での物質の移動が起きていることや、植物を食害する昆虫に菌類が寄生し、その数を抑える働きを持つことなども明らかとなっている。菌類はそのさまざまな能力により、植物を中心とした生態系を健全に育む存在だと言える。したがって、生態系について理解するためには、菌類に関する知見が不可欠である。

(5) 菌類の栄養摂取

菌類は前述したように従属栄養生物であり、自ら光合成をして糖を作り出すことができない。このため、生命活動に必要なエネルギー源は、他の生物に依存することになる。菌類の栄養摂取の様式としては、腐生、寄生、共生を挙げることができる。また、最近では、これらを再編し、腐生栄養、殺生栄養、活物栄養と区分することも行われるようになってきている。

a. 腐生

腐生は、動植物の遺骸や排泄物を分解する栄養摂取の様式である。腐生によって栄養を得ている菌類のうち、樹木の材を分解する能力を持つものを木材腐朽菌と呼ぶ。植物の細胞壁を構成するセルロースやリグニンは極めて分解されにくい多糖類であるが、木材腐朽菌によって低分子の物質に分解されることで、含有されていた炭素を植物が再び利用することが可能となる。木材腐朽菌は、リグニンお



図13-1 マツカサキノコモドキ。

よびセルロースを分解する白色腐朽菌，セルロースを分解する褐色腐朽菌に区別される。

腐生を行う菌のうち，特殊な栄養を要求する例としては，マンナンを分解するカキノミタケ，動物の骨や角などを分解するホネタケなどを挙げることができる。また，針葉樹の毬果や葉，あるいはモクレン目の植物の果実のみを分解する，マツカサキノコ属のようなグループも知られている。(図13-1)

b. 寄生

寄生は，生きた動植物や菌類から栄養を吸収するもので，場合によってはそれらの宿主を殺すこともある。身近に観察される植物寄生菌としては，サザンカやツツジ類に発生する餅病，ソメイヨシノやモウソウチクなどに発生する天狗巣病などを挙げることができる(図13-2)。また，昆虫に寄生するラブールベニア類や冬虫夏草，イグチ類等の子実体に寄生するHypomyces属なども稀なものではない(図13-3)。



図13-2 ソメイヨシノに発生した天狗巣病。



図13-3 Hypomyces属に寄生されたキノコ。

c. 共生

菌類には，他の生物と共生している例も数多く知られている。代表的なものとしては，植物との間で菌根を形成する菌根菌や，後述するように光合成生物と共生して地衣体を形成する(地衣化する)地衣菌が挙げられる。

菌根には幾つものタイプが知られている。その一つである外生菌根は，樹木の根の表面を菌糸が覆う菌鞘と，根の細胞間に菌糸が入り込んだハルティヒネットを形成するものである。外生菌根を形成する菌類は，菌糸によって地中のわずかな空隙から吸い上げた水分と養分を植物に供給し，植物からは光合成産物である糖が菌類へと移動していく。日本に生育し，外生菌根を形成する主要な樹種としては，マツ科，ブナ科，カバノキ科が挙げられる。これらの科に属する樹木には，アカマツ，ブナ，シイ・カシ類，ダケカンバなど，日本の森林を構成する重要な種が多数含まれる。

ラン科の植物は，発芽の段階から特定の菌類の存在が必要なが明らかとなっており，ラン型菌根と呼ばれる菌根を形成する。ラン科植物の中には，ツチアケビのように自らは光合成を行わず，菌類から栄養を得ている種も知られている(図13-4)。このため，ラン科植物が菌類に寄生しているとみなされることもある。



図13-4 ツチアケビ。

(6) 人類とのかかわり

菌類は、人類とさまざまな面に関わりを持っている。その中には、食用や薬用としての利用や、菌類の能力を応用した発酵食品や医薬品の生産など、多岐にわたるものが含まれる。

シイタケ、マツタケ、エノキタケ、シメジ、マイタケ、キクラゲなどは、日本で利用されている代表的な食用菌である(図13-5,6)。このような菌のうち、木材を腐朽する性質を持つものには、人工的に栽培されている種も多い。また、サルノコシカケ類やマンネンタケ(霊芝)などは、古くから民間薬として用いられている(図13-7)。日本酒の醸造の際にはコウジカビによるデンプンの糖化と酵母によるアルコール発酵が利用され、鰹節の製造過程ではカビ付けが行われるなど、発酵食品の製造にも菌類は極めて重要な存在である。

その一方で、有毒な成分を含み、場合によっては命に関わる菌類も存在する。毎年多くの中毒者を出すツキヨタケや、マイコトキシン(カビ毒)と呼ばれる二次代謝産物を作り出す菌類はその代表的なものである。また、菌類の中には、通常は木材腐朽をおこなうが、ごく稀に人体に感染して病原性を持つスエヒロタケのような種も知られている(図13-8)。前述した動植物に寄生する様々な菌類の中には、農作物や家畜等に寄生するために、経済的な被害を及ぼすものも多く存在する。

(7) 高知県の大型菌類

高知県は、県土に占める森林面積の割合が高く、暖温帯から亜寒帯までの植生が見られ、国内でも植物相の多様な地域の一つである。県内の維管束植物に関しては、牧野富太郎博士をはじめとする多くの



図13-5 エノキタケ。



図13-7 マンネンタケ。



図13-6 キクラゲ。



図13-8 スエヒロタケ。

研究者によって古くから調査が行われているが、菌類に関しては研究者の数が少なく、未だにその全貌を把握するには至っていない。

高知県産の菌類のうち、いわゆる「キノコ」を形成する大型菌類に関しては、1982年に近安により目録が発表され、担子菌類425種、子囊菌類39種が挙げられている³。その後近安は、高知県で1995年までに確認された大型菌類を、67科210属609種（不明種約450種は除く）としている⁴。また、矢野は高知市で採集した大型菌類118種について目録を発表している⁵。しかし、これらの種数は高知県産の大型菌類のごく一部であると考えられ、今後、多くの研究者によって県内の菌類調査が推進されることが望ましい。

a. 大型菌類相の概要

・落葉広葉樹林

高知県では、標高およそ900m以上の山地で、ブナなどの落葉広葉樹で構成された森林が見られる。このような森林に特徴的な大型菌類としては、ブナなどの樹幹から発生するツキヨタケやツリガネタケなどが挙げられる（図13-9）。また、食用菌としてよく知られているマイタケも、ミズナラなどの老木の基部から子実体が発生する。



図13-9 ツキヨタケ.

・照葉樹林

照葉樹林は、シイ・カシ類やタブノキなどが主要な構成樹種で、高知県の平地から山地にかけての各地に残されている。このような森林では、シロオニタケ（写真13-10）などのテングタケ科、ニセクロハツ



図13-10 シロオニタケ.



図13-11 アカヤマドリ.



図13-12 クロコブタケ.

などのベニタケ科、アカヤマドリ(図13-11)、ムラサキイグチ、キアミアシイグチなどをはじめとするイグチ科など、シイ・カシ類との間で外生菌根を形成する担子菌類が多数発生する。

また、シイ類の樹幹基部から子実体が発生するカンゾウタケ、倒木上で見られるシイタケやクロコブタケ(図13-12)、タブノキの切り株などから発生するマユハキタケ(図13-13)も、照葉樹林に特徴的な種である。



図13-13 マユハキタケ.

• 植 林

県内に多く見られるスギとヒノキの植林では、大型菌類はわずかな種しか見られない。これは、スギやヒノキと外生菌根を形成する種が存在しないこと、落葉落枝や倒木などを分解する種も、シッコイタケ(図13-15)など限られたものであることが原因である。



図13-15 シッコイタケ.

• アカマツ林

アカマツ林では、ハツタケやヌメリイグチ、アミタケなど、アカマツとの間で外生菌根を形成する種が多く発生する。また、硬質菌類のヒトクチャタケは、マツ類の樹幹や枝から発生し、材を分解する腐朽菌である。(図13-14)



図13-14 ヒトクチャタケ.

• 市 街 地

人間の主要な活動地域である市街地でも、多くの菌類を確認することができる。例えば、コムラサキシメジやムジナタケ(図13-16)などは、しばしば人家周辺や公園、路傍などで発生する。また、土を入れ替えて間もない花壇やプランターなどから、コガネキノカラカサタケが発生することも稀ではない(図



図13-16 ムジナタケ.



図13-17 コガネキノカラカサタケ.



図13-18 オニフスベ.

13-17). 竹林や耕作地では、巨大なボール状の子実体を形成するオニフスベが発生し、話題となることもある(図13-18).

b. 特筆すべき種

ここでは、高知市を中心とした高知県中部で確認された大型菌類のうち、分布上特筆すべき種について詳述する。

ウスキノキヌガサタケ(図13-19)

本種は担子菌類のスポンタケ科キノガサタケ属に分類される。幼菌時には白色の卵状の塊で、そこから傘(頭部)と柄が伸び、更に傘の付け根の部分から菌網と呼ばれる網状のものが地表付近まで広がり、レースの mant を纏ったような美しい姿となる。傘の表面には網目状の隆起があり、その間には暗緑色のグレバ(基本体)と呼ばれる胞子を含んだ粘液が満

ちている。グレバは悪臭を放ち、それに惹かれてやってきたハエなどの体に付着して胞子を散布する。本種の子実体の成長は早朝に始まり、短時間のうちに菌網を広げ、昼頃にはもう萎れ始めてしまうため、状態のよい子実体を観察することは意外に難しい。

本種は、国内では京都府と広島、山口、徳島、高知、愛媛、福岡、大分、熊本、宮崎の各県で報告されている。環境省のレッドリストでは絶滅危惧II類とされ、京都府では既に絶滅、広島、愛媛、宮崎の各県でも絶滅危惧種に指定されている。高知県では菌類のレッドリストは作成されていないが、県内でも稀産種であることは間違いないと考えられる。



図13-19 ウスキキノガサタケ.

オオシロカラカサタケ(図13-20)

本種はハラタケ科の担子菌類で、夏から秋にかけて大型の子実体が地上に発生する。傘の直径は20cmを超えることもあり、表面にはさまざまな大きさの褐色の鱗片が見られる。傘の裏側の「ひだ」はやや



図13-20 オオシロカラカサタケ.

密に配列し、茎は中空で可動性の「つば」が存在する。外見は食用となるカラカサタケに似ているが、激しい腹痛や下痢などの症状を引き起こす有毒成分を含んでおり、国内での中毒例が増えている。カラカサタケとは、成熟した傘の裏側の「ひだ」がオリーブ色となり、胞子紋が緑色である点で区別が可能である。

本種は本来熱帯から亜熱帯に分布する菌で、かつて国内では沖縄など限られた地域でしか報告されていなかったものである。しかし、1980年代に近畿地方から報告されるようになり、現在では北陸や関東の一部でも生育が確認されている。これは、ヒートアイランド現象等により越冬が可能となったためではないかと推測されており、今後も温暖化によって分布域が拡大していくのではないかと推測される。

(8) 地衣類

地衣類は、菌類が光合成生物と共に地衣体と呼ばれる体を形成する複合生物である。これまでに世

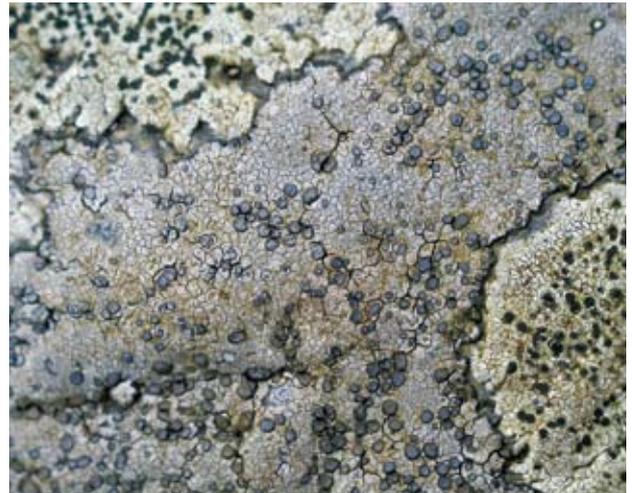


図13-23 痲状地衣 (ヘリトリゴケ)。



図13-24 担子地衣 (ケットゴケ)。



図13-21 樹状地衣 (コフキカラタチゴケ)。



図13-22 葉状地衣 (マツゲゴケ)。

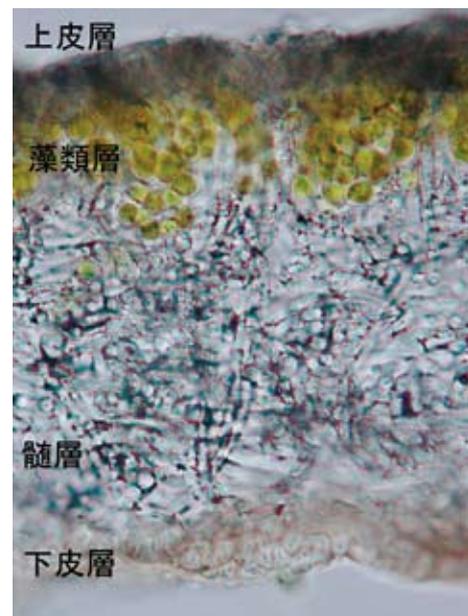


図13-25 地衣体の構造 (異層地衣)。

界でおよそ2万種、日本では約1600種が記載され⁶、極地や高山などを含めた陸上のほとんどの地域に生育している。菌類が藻類と共に地衣体を形成することを地衣化と呼ぶが、地衣化する菌類のほとんどは子囊菌類であり、地衣類全体のおよそ99%を占めている。一方、地衣化する担子菌類は、ケツゴケやシラウオタケなど世界的に見てもごくわずかである(図13-24)。地衣体を形成する光合成生物としては、緑藻およびシアノバクテリア(藍藻、藍色細菌)が知られている。

地衣類を体の構造から見た場合、藻類が表面付近で層を形成しているもの(異層地衣)と、地衣体全域に広がっているもの(同層地衣)とが区別される(図13-25, 26)。また、地衣類の外部形態に基づき、樹状(あるいは樹枝状)地衣、葉状地衣、痂状(あるいは固着)地衣として区分することもある(図13-21~23)。

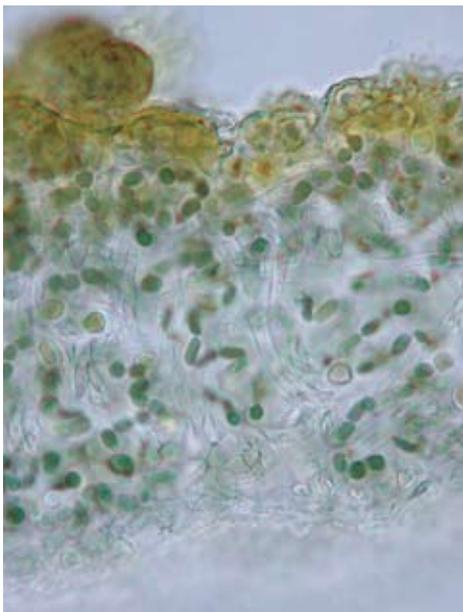


図13-26 地衣体の構造(同層地衣)。

(9) 地衣類の化学成分

地衣類は、炭水化物(糖質)、タンパク質、脂肪以外にもさまざまな二次代謝産物を含んでいる。こうした化合物は現在までに約700種類が発見され、その多くは地衣類以外の生物からは発見されていない。このような化合物は「地衣成分」と呼ばれ、その分子構造や生体内での合成経路は、地衣類の重要な分類形質ともなっている。

化学実験に用いられるリトマスやオルセインは、地衣成分をもとに作られた色素であり、地衣類を使ってウールを染色する「地衣染め」も古くからヨーロッパで行なわれている。また、ツノマタゴケ(オークモス)が香水の香りを長持ちさせるための保香剤として用いられている。最近では抗腫瘍作用などさまざまな生理活性を示す化合物も発見されており、将来的に医薬品などとしての応用も期待されている。

(10) 環境指標としての利用

地衣類は極地や高山、砂漠などの厳しい環境でも生育できるが、大気汚染には意外なほど弱い。そのため、地衣類の生育状況を調査することで汚染の程度を知ることができ、生物指標として利用されている。特に、二酸化硫黄の濃度と地衣類の生育状況は密接に関連し、工業地帯や交通量の多い道路沿いなどでは、街路樹等への地衣類の着生が全く見られないことがある。このような状態は「地衣砂漠」と呼ばれ、汚染物質の濃度が高いことを示し、人間にとっても好ましくない環境である。また、酸性雨が地衣類にダメージを与えること、地衣類が水銀などの重金属を蓄積することも明らかとなっており、この方面での研究も進んでいる。

市街地の街路樹等に着生する地衣類の調査は比較的容易に行うことができ、身近な地域の環境への関心を高める効果も期待される。このため、中学校や高校における課外研究のテーマとしても注目されている。

(11) 高知県の地衣類

高知県の地衣類に関する研究の歴史は古く、1891年に発表された Müller による日本産地衣類の報告中に“Tosa”産の標本が引用されている⁷。この論文で報告された地衣類118種のうち、高知県産の標本に基づくものは41種にのぼり、その一部は新種記載における基準標本となっている。その後も数多くの論文で高知県産の地衣類標本が引用され、特に吉村庸博士(元高知学園短期大学学長)と山中二男博士(高知大学名誉教授)により、1960年頃から分類学や

生態学の分野で多数の研究成果が発表されている。その研究の中には新種の記載や新産地の報告も数多く含まれており、吉村博士による地衣類図鑑にもその成果が反映されている⁸。また、最近では筆者の研究室において、工石山(高知市)⁹、梶ヶ森(大豊町)¹⁰、三嶺(香美市)¹¹などで地衣類相の研究を行ってきた。しかしこれまでに調査が行われた地域は県内のごく一部にすぎず、種ごとの詳細な分布や生育状況に関する情報はまだ不足している。また、日本では地衣類研究者の数が極めて少なく、十分な分類学的研究が行われていないグループが多数残っているため、種の正確な同定ができない場合も多い。

a. 地衣類相の概要

• 落葉樹林

ブナなどで構成される落葉樹林は、林内に適度な明るさと湿度があり、地衣類の生育に非常に適している。ブナやカエデ類の樹皮には、トリハダゴケ属やモジゴケ属、アオゾメサネゴケなどの痂状地衣、ヒモウメノキゴケやカラクサゴケ類、トコブシゴケ類、カブトゴケ属などの葉状地衣、カラタチゴケ属やサルオガセ属の樹状地衣などが見られ、種数、量ともに豊富である。樹幹全体が地衣類に覆れ、樹皮が見えないほどになった状態も珍しくない。

• 照葉樹林

県内の平地から低山地にかけては、シイ・カシ類などで構成される常緑樹林が分布するが、一年を通して林内が薄暗く、地衣類の生育にはあまり適さない。このような森林では、林縁や林内のギャップなどの明るい場所でウメノキゴケ類や不完全地衣類の着生が若干見られる。また、湿度が高い場所では、アオキやヤブツバキの葉の上に、アオバゴケなどの葉上地衣が生育する場合もある。

• 植林

高知県では、スギやヒノキの植林地の面積が多い。しかしこのような植林地では、地衣類は種数、量ともに少なく、わずかにウメノキゴケ類、ハナゴケ属、サルオガセ属、あるいは不完全地衣類などが数種見られる程度である。

• 海岸

海岸付近の岩の表面は海水の飛沫によって塩分濃度が高くなり、通常の陸上植物の生育には不適な環境である。しかし、地衣類にはこのような場所でも生育できる種が存在する。防砂林のクロマツの樹幹には、ウメノキゴケやマツゲゴケなどの葉状地衣や、モジゴケ属などの痂状地衣が着生することが多い。また、海岸近くの岩石には、ハマキクバゴケやダイダイゴケ属の種が見られることがあり、岩の表面を独特な色調に彩っている。

• 石灰岩地

石灰岩地には、特有の維管束植物や蘚苔類が生育することが知られている。地衣類に関しても同様の現象が見られ、高知県内でも横倉山(越知町)や石立山(香美市)などに代表される石灰岩地には、リキナ科の種を中心に、他の地質の地域には見られない種が生育している。これらの地衣類はシアノバクテリアと共生する種で、国内でも限られた地域のみに分布することが多い。

• 市街地

市街地は、山地と比較すると大気中の汚染物質の濃度が高い傾向があるため、本来地衣類の生育には向かない環境である。しかし、このような地域でも街路樹や公園の樹木には、薄い青緑色のウメノキゴケ(図13-27)、コフキヂリナリア(図13-28)、レプラ



図13-27 ウメノキゴケ。



図13-28 コフキチリナリア.

ゴケ, 黄色のロウソクゴケなどが着生している. これらの種は, 大気汚染に対する耐性が高いことが明らかとなっている.

民家の屋根瓦には, 地衣体が黄色のキクバゴケ類や, 灰色の地衣体に黒い子器をつけた痂状地衣類, また, 庭や植木鉢の土の上には, ヒメジョウゴゴケなどが生育することが多い.

人工的な着生基物であるコンクリート上には, シ



図13-29 チクビゴケ.



図13-30 アミモジゴケ.

アノバクテリアと共生するリキナ科の地衣類や, 黄色やオレンジ色の美しい地衣体を持つダイダイゴケ属の種も見られる.

b. 特徴的な種

チクビゴケ, アミモジゴケ(図13-29, 30)

これら2種は, 熱帯から亜熱帯を中心とした温暖な地域に分布する痂状地衣である. 高知市の平野部において街路樹等への着生が複数の地点で確認され, 高知県の温暖で多雨な気候を反映しているものと考えられる.

フクレヘラゴケ(図13-31)

本種は, ハナゴケ科フクレヘラゴケ属に分類される. 国内では兵庫県, 広島県などの数箇所のみで報告されている稀産種で, 環境省によって絶滅危惧Ⅱ類に指定されている. 筆者の調査で, 本種が高知大学朝倉キャンパスで生育していることが確認された. これは高知県からの初めての記録であり, 早急な保護対策が必要である.



図13-31 フクレヘラゴケ.

アリノタイマツ(図13-32)

本種は, 地衣類の中でも数少ない担子菌類が地衣化したものであり, 高知市内の里山で生育が確認された. 地衣体は土壌の表面に緑色の薄い膜状となって拡がり, 6-7月にかけて橙色で棒状の子実体が発生する.



図13-32 アリノタイマツ.

(12) 絶滅危惧種

近年、人間の活動によって多くの野生生物が絶滅あるいは急減し、世界的な問題となっている。野生生物の絶滅や減少の原因としては、人間による乱獲、生育地の破壊、外来種の移入による影響などが考えられる。菌類や地衣類の場合には、生育地の破壊とそれに伴う環境の変化による影響が大きいと考えられ、森林の伐採、石灰岩地の採掘、林道やダムの建設等による森林の乾燥化は致命的な打撃となる。また、先に述べた大気汚染も地衣類減少の大きな要因である。

高知県および県内の自治体では、菌類、地衣類を対象としたレッドリストは未だに作成されていない。これは、専門家の数が極めて少ないことによるが、既にレッドリストが作成された維管束植物や動物と

同様に、菌類、地衣類の中にも急速に個体数が減少したり、生育地域が狭まっている種が少なくないと予想される。このため、早急に高知県全域での詳細な調査を行い、菌類、地衣類の生育の現状を把握するとともに、必要な場合には効果的な保護対策を策定することが望まれる。

引用文献

1. Kirk, P. M., P. F. Cannon, D. W. Minter & J. A. Stalpers (編), Dictionary of the Fungi 10th Edition, CABI Europe, 2008.
2. 日本分類学会連合, 第1回日本産生物種数調査, <http://research2.kahaku.go.jp/ujssb/>, 2003.
3. 近安和雄, 高知県で採集された高等菌類, 日本菌学会報 23:501-508, 1982.
4. 近安和雄, 四国のキノコ, 高知新聞社, 1995.
5. 矢野清八郎, 南四国の高等菌類(II), 高知学芸高等学校研究報告 第5号, 37-43, 1964.
6. Harada, H., T. Okamoto & I. Yoshimura, A Checklist of Lichens and Lichen-allies of Japan, Lichenology 2:47-165, 2004.
7. Muller, J., Lichenes Miyoshiani in Japonia a cl. Miyoshi lecti et a cl. Professore Yatabe communicati, Nuov. Giorn. Bot. Ital. 23:120-131, 1891
8. 吉村庸, 原色日本地衣植物図鑑, 保育社, 1974.
9. Ono, M. & T. Okamoto, Macrolichens of Mt. Kuishi, Shikoku, Japan, Mem. Fac. Sci. Kochi Univ. ser. D (Biol.), vol. 19, 27-34, 1999.
10. 三原正法・岡本達哉, 梶ヶ森(高知県)の大型地衣類, 高知大学理学部紀要(生物学) 21, 25-38, 2000.
11. 岡本達哉・松川直寛, 三嶺の地衣類相, 自然環境科学研究 14, 161-168, 2001.

トピックス**地衣類は遺伝子資源の宝庫**

地衣類は、世界のさまざまな地域で民間薬として利用されています。その作用には、抗菌、健胃、利尿、止血、皮膚の皴取りなどがあり、地衣類に含有される化学成分の働きによるものです。日本で食用とされ、「仙人の食べ物」や「不老長寿の妙薬」などと呼ばれるイワタケにも、抗腫瘍作用を持つ多糖類が含まれることが知られています。

地衣類からは他の生物では確認されていない多数の化学成分が報告され、その生物活性や生合成に関する研究も行われています。その結果、がん細胞や

ウイルスの増殖抑制、メラニンの合成阻害、記憶力や判断力の増進などの活性を持つ物質が確認され、地衣体を構成する菌類を単独で培養すると、共生状態とは異なる物質が生産されることなども明らかとなってきました。

地衣類の研究者は他の生物のグループに比べて数が少ないため、未解明の点が数多く残されています。そのため、今後研究が進むにつれて、人類にとって有益な新たな化学成分が発見されることも十分予想されます。遺伝子資源としての地衣類は、大きな可能性を秘めた「宝の山」ということができるでしょう。

第14章

アメンボを指標とした高知県の 温暖化現象の検討

はじめに

地球温暖化に伴う昆虫の分布の北上，マラリアなど昆虫を媒介とする伝染病の広がり，食植性昆虫と植物，寄生性昆虫と宿主のそれぞれの関係の変化など，地球温暖化に伴う昆虫生態の変化に関する研究はここ3年に限っても50を超える原著論文が発表されている。その中であって，報告者らの研究グループは1988年から約20年間アメンボの高知市などでの生態調査や飼育実験を主とする生活史研究を断続的に行っている。本中間報告では，アメンボの生活史の変化やそれに及ぼす光周期反応の役割についてデータに基づいた考察を試みる。

第1節 高知県南国市産と四万十市産アメンボの生活史と光周期反応の変化

田村寿樹・舞原伸也・竹中志保・原田哲夫（高知大学教育学部環境生理学研究室）

高知市産や東に隣接する南国市産のアメンボ (*Aquarius paludum*) の生活史研究は1988年から断続的に行なわれている (Harada & Numata, 1993; Harada et al. 2000, Harada et al., 2005)。1988-1990年当時はアメンボは年3化性であったが，2004年には年4化性が疑われており，翅型と生殖の光周期反

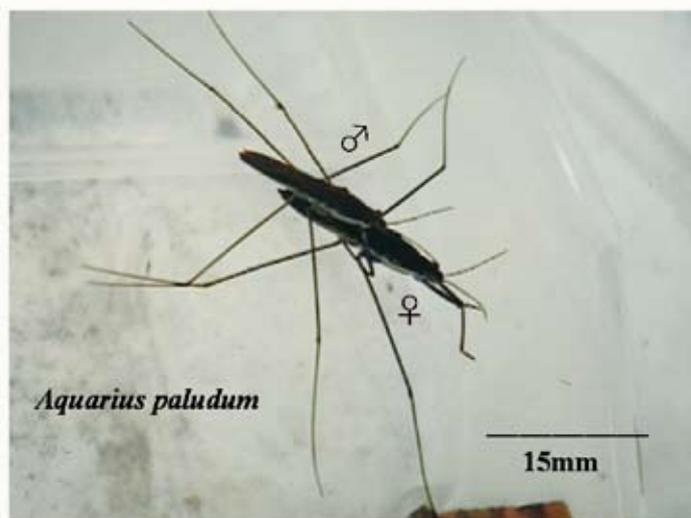


図14-1 アメンボ (*Aquarius paludum*) 成虫。雄が雌の上に乗っているタンデムの状態。生殖腺が発達している季節は常にこの状態にある。本種の分布の西限は大英帝国，北限は南シベリア，南限はインド，東限は日本列島であり，旧北区の広い範囲に分布する (Andersen, 1990)。

応の臨界値短縮化がその原因と考えられる (Harada et al., 2005).

図14-2 のように年3化性であったアメンボの生活史が、温暖化(図14-3)と休眠誘導の臨界日長の短縮(図14-4)によって、秋遅い季節まで産卵、幼虫の発育が可能となったため、2000年~2004年には4化性に変化してきていることがうかがえる(図14-5)。そこで、本調査では、つぎの3つの問題に答える目的で行われた。

- ① 2004年からの3, 4年で高知市・南国市個体群の生活史がどのように変化しているのか。
- ② 暖温帯と冷温帯の境界線が四万十市付近に存在している。そこに存在している個体群は温暖化の影響を受けやすい可能性があるため、その生活史を探り、高知市・南国市個体群と比較する。

- ③ 2000年から7~8年後に光周期反応曲線はどのような変化を遂げているのか。

アメンボ (*Aquarius paludum*) を対象に、2年(2007年4月~2008年9月)に渡って採集調査を行い、翅型率や出現推移について季節的変動を緯度の若干異なる2つの定点で調べた。

- A. 調査地：四万十市後川 (33°00' N), 高知市東隣接域水路 (33°36' N)
- B. 期間：2007年4月-2008年8月, 約2週間毎
- C. 方法： サンプリング調査 (Timed-catch-sampling:20分50回網振), 直径30cmの柄 (1m) つき網を用いた。
- D. 光周期反応曲線を求めるべく、2007年4月に上記の後川と高知市東隣接域水路で採集された越冬後成虫の次世代幼虫をさまざまな日長で飼育し、休眠誘導の光周期反応曲線を求めた。

アメンボの高知市個体群生活史(1990)

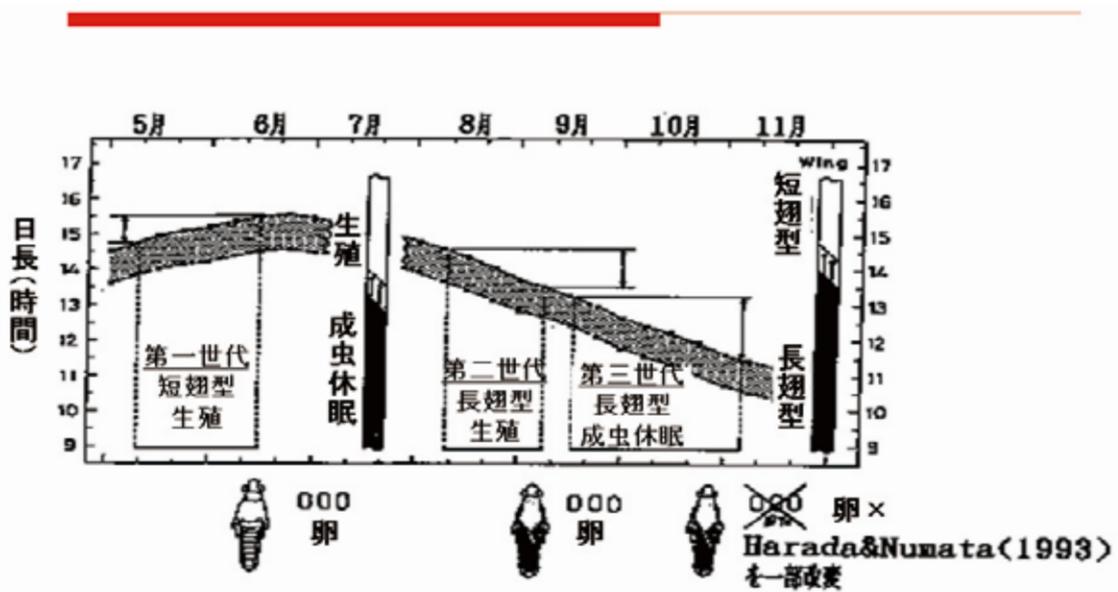


図14-2 高知市や東に隣接する南国市のアメンボの1990年当時の生活史とそれを決定する光周期反応。当時は年3化性を示していた。

中央付近の縦棒が当時のアメンボの休眠誘導の臨界日長を示す。

生殖の臨界日長(短縮する中で)は13.75hで、それより長い日長である5-6月や8月に成育する第一世代や第二世代は生殖を行うが、9月後半から十月にかけて成育する第3世代は生殖的休眠に入り、越冬する。

高知市年間平均気温の年次変動

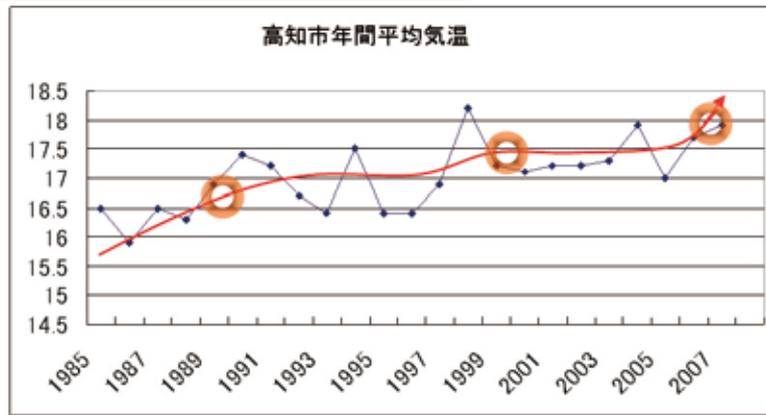


図14-3 高知市の年間平均気温の1985年から約20年間の変遷. 1985年当時16度付近であった値が20年後には18度に達するようになり, 1-2°Cの上昇が認められる.

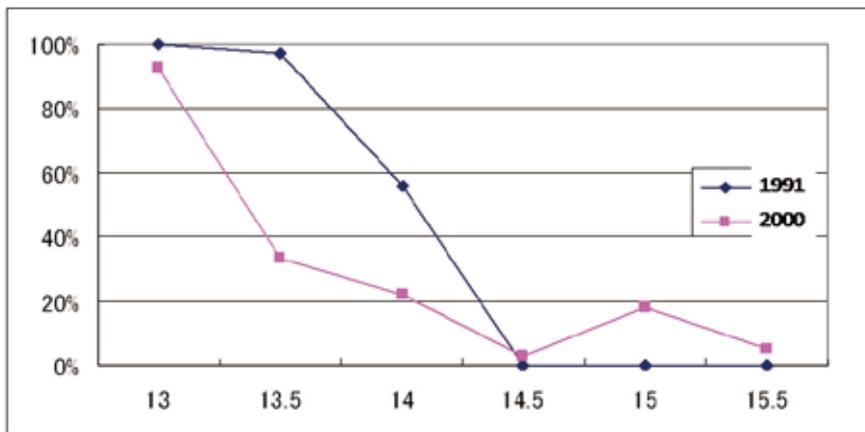


図14-4 高知市産アメンボ成虫の生殖的休眠誘導の光周反応曲線. 1991年のは日長が徐々に短縮する中での休眠誘導率. 2000年には日長の短縮には反応しなくなっていた (Harada et al., 2005). 10年間で臨界日長が約30分短縮した.

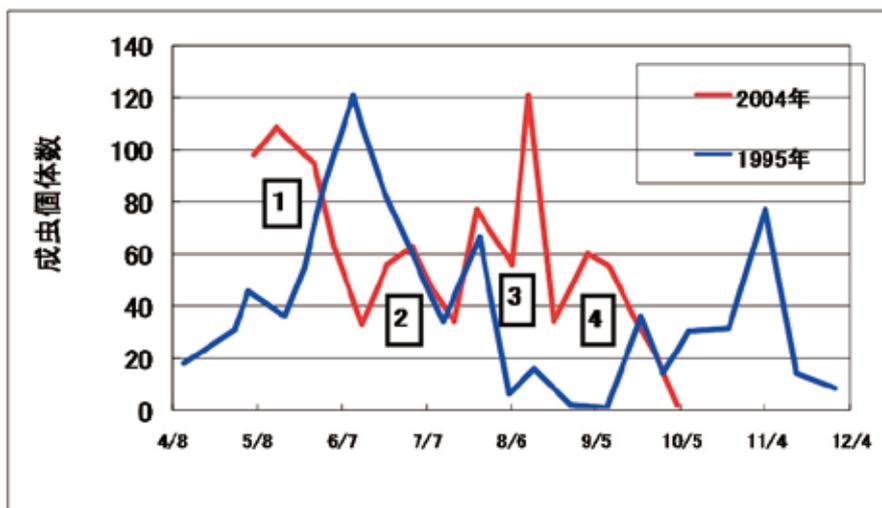


図14-5 高知市個体群における1995年と2004年のアメンボ成虫サンプリング個体の季節推移. 1995年当時6月初旬, 7月末, 11月初旬に大きな個体数の急激な増加が見られ, 新世代の新規加入が年3回あったことをうかがわせる. 約10年後, 9月の初旬までに個体数の増加が4回見られ, 既に年4性以上の生活史に変化していた可能性がある.

図14-6～14-9を基本に検討すれば、高知市東隣接個体群では12月中旬まで新規羽化成虫が加入しており、年4～5化性に達している可能性がある。ま

た、四万十川支流後川個体群では年3化性が主流で、2008年のデータからは一部年4化性の個体が出現している可能性が十分に考えられる。

アメンボ成虫の出現推移(↓新規加入世代数)
2007年データ

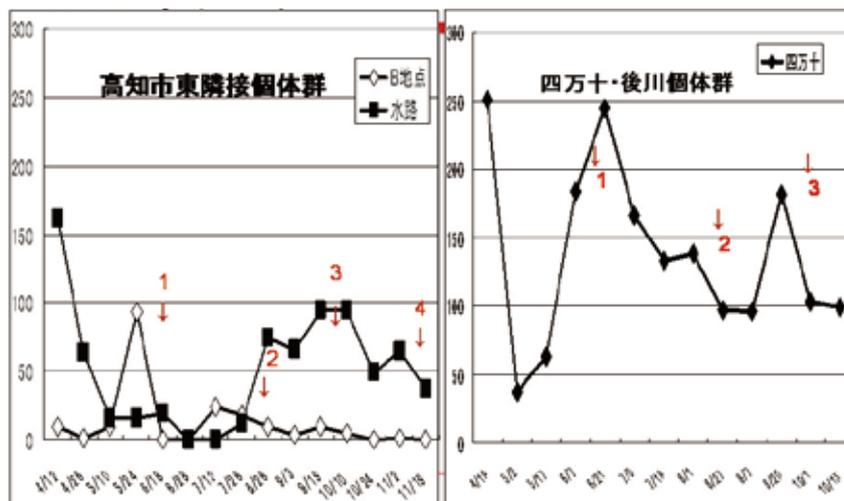


図14-6 高知市東隣接個体群(水路)では、採集個体の増加が6月初旬、8月末、9月末、11月初旬に4回見られ、年4化性が疑われる。一方四万十川支流の後川個体群では6月初旬、8月初旬、10月初旬の3回のみ成虫の新規加入があり、年3化性の可能性が高い。

5齢幼虫の出現推移 2007データ

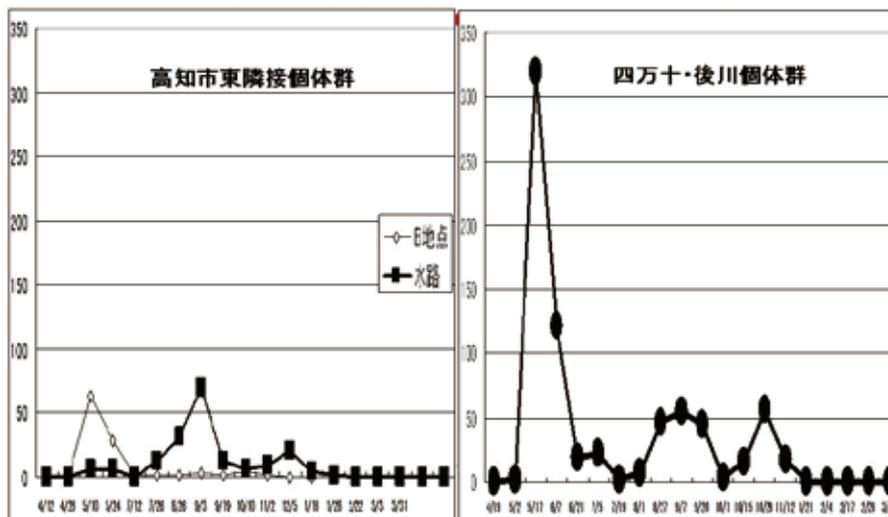


図14-7 5齢(終齢)幼虫の出現推移。高知市東隣個体群では終齢幼虫が5月中旬～6月、7月末から9月初旬、12月初旬に見られた。それぞれの5齢幼虫は第1世代、第2～3世代、第4世代に該当するものと考えられる。四万十川支流後川では、5月末、8月末～9月初旬、10月中旬～11月初旬にそれぞれ5齢幼虫が採集されており、年3化性が主流であると思われる。

成虫の出現推移(↓新規加入世代数)
2008年データ

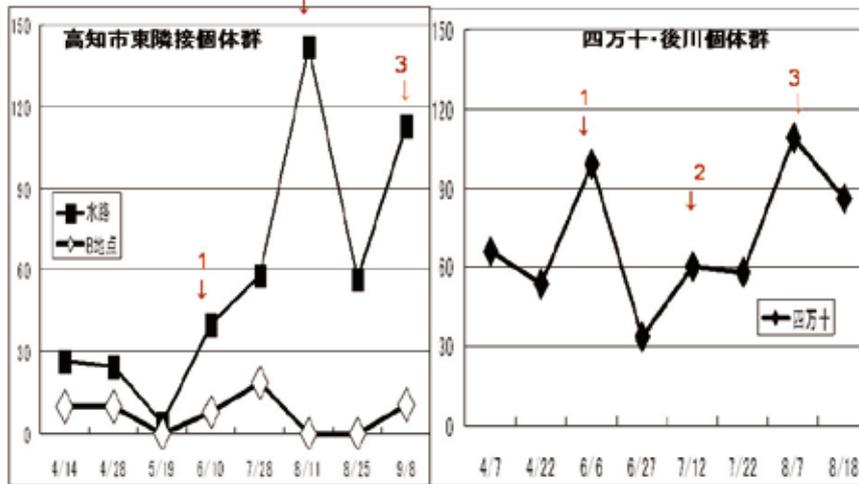


図14-8 2008年9月までのサンプリングデータ。高知市東隣接個体群、後川個体群ともに6月初旬に第1世代と見られる新規加入個体による増加が認められた。高知市東隣接個体群では、8月初旬(第2世代?)と9月初旬(第3世代?)に新規加入個体が記録された。後川個体群では7月中旬には第2世代と思われる新規加入が、8月初旬には第3世代の可能性のある新規加入がそれぞれ認められた。

5齢幼虫の出現推移 2008データ

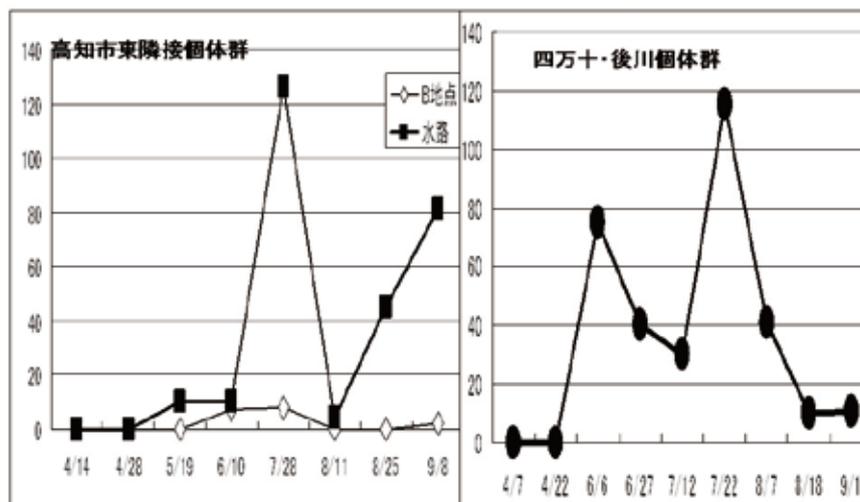


図14-9 高知市東隣接個体群では5月中旬, 7月末, 8月下旬~9月初旬にかけて終齢幼虫が認められ9月初旬までにすでに3化目の成虫が表れている可能性が高い。後川個体群では, 6月初旬から8月初旬にかけて連続して相当数の終齢幼虫が採取されている。この季節の水温・気温などを考えた場合, こちらも8月中旬までに少なくとも1部3化目の成虫が表れているものと考えられる。

図14-10で示されている2007年個体群の光周期反応曲線は衝撃的な状況を示している。すなわち、暖温帯域の南端に近い高知市の個体のうち少なくとも半数が冬季に短日条件による休眠を行わず、年中生

殖を行う可能性を示しているのである。これは年中生殖する本種亜種であるアマミアメンボ (*Aquarius paludum amamiensis*) に近い亜熱帯型の生活史に移行しつつあることを物語っている。

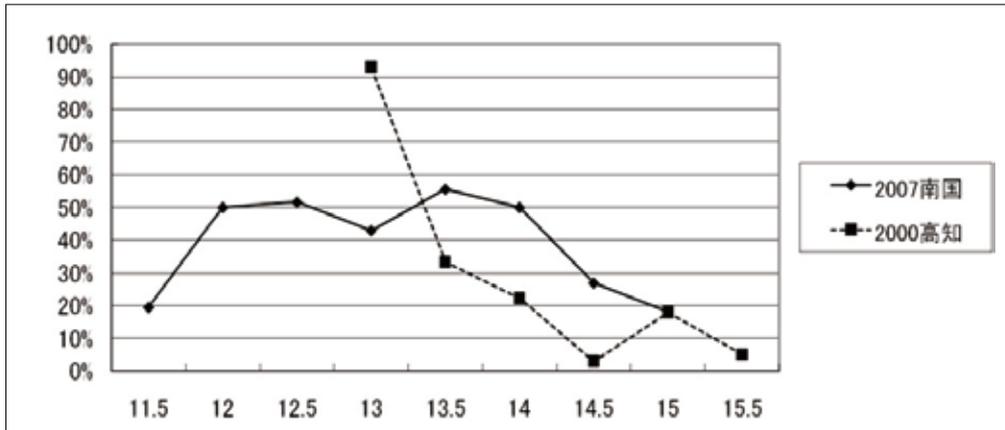


図14-10 2007年アメンボ高知市東隣接個体群成虫の生殖的休眠誘導の光周期反応曲線。

2000年から7年後、アメンボは従来の光周期反応をもはや示さなくなった。

日長にかかわらず、約半数またはそれ以上の成虫が休眠に入らなかった。11.5時間のような晩秋から初冬にかけての日長では80%もの成虫が生殖を誘導された。

日最低気温

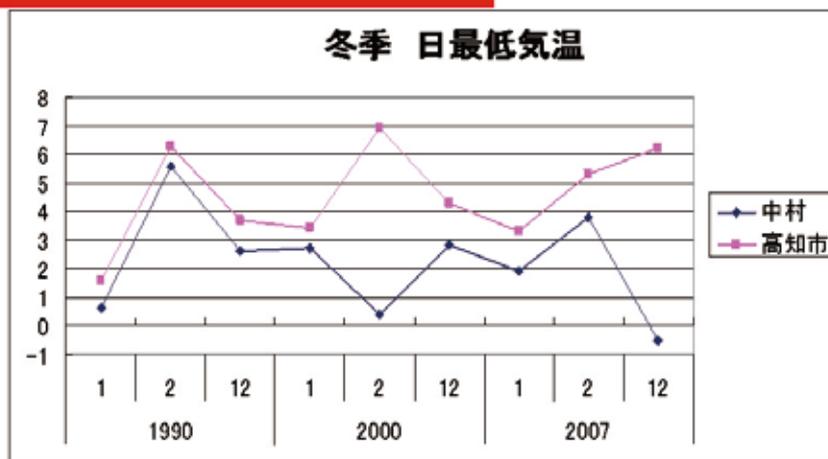


図14-11 高知市と中村市の冬季日内最低気温の平均値を比較している。2000年や2007年には冬季の高知市の最低気温が中村市を上回っている。

高知市と四万十市を比較すると晩秋から冬季の最低気温が高知市で高くなっており（図14-11）、秋遅くまで幼虫が生育出来る事で、年4化性以上の生活史が定着していると考えられる。四万十市では逆に冬季の最低気温が低く、冬季の生殖、発生はまだ不可能で、従来の年3化性で第3世代が生殖休眠という戦略が主であると考えられるが、1部年4化性が表れている可能性が2008年のデータから伺える。

高知県は冬季でも日照時間が長いので、地面が建築物で覆われていたり、舗装率が高い高知市で日中の輻射熱が保持され、いわばヒートアイランド現象によって比較的高い最低気温がもたらされた可能性がある。高知市では冬季には半数以上が生殖的休眠に入らず、寒い日には岸辺で休止し、暖かい日には産卵を行なうような日和見的生活史に移行する可能性がある（亜熱帯化）。

摘要：

四万十市後川（33°00' N）と南国市水路（33°36' N）において、サンプリング調査（Timed-catch sampling:20分, 50回網振）を直径30cmの柄（1m）つき網を用い、約2週間毎、2007年4月～2008年8月に行った。両地点共、5月中旬、9月初旬、10月末～11月初旬にそれぞれ、5齢幼虫捕獲数の大きなピークが見られ、一見、年3化性の生活史が主体を占めるように見える。しかしながら、四万十川地点では7月初旬に、南国市地点では7月26日に5齢幼虫が捕獲されており、5月下旬に羽化した第1世代が2～3週間で産卵を開始したと仮定すれば、7月末の5齢幼虫は第2世代と考えられ、年4化性の生活史は存在し得る。また、個体数の多い第1世代の一部が産卵開始後1か月頃である7月中～下旬にまだ産卵している可能性もあり、9月初旬のピークの中に第2世代も含まれる。成虫サンプルの解剖データも検討し、気象データとの関係を考察する。

第2節 アメンボの幼虫生育と産卵前期間に及ぼす光周期の影響

竹中志保, 田村寿樹, 舞原伸也, 原田哲夫（高知大学教育学部環境生理学研究室）

地球温暖化の影響により高知市や東に隣接する南国市のアメンボの活動期が晩秋から初冬にまで延長している可能性がある。従って、本格的な冬に突入する前に、産卵や幼虫の発育が終了しておく必要がある。本研究では、比較的低温である20℃下で、短日条件下で産卵前期間や発育期間が短縮するかどうかを高知市産株で検証した。

近年問題になっている地球温暖化現象によって高知県産アメンボ = *Aquarius paludum*（南国产 = 高知市の東隣 = 33°34'N, 四万十産 = 33°00'N）の光周期反応（長日一生殖、短翅、短日一休眠、長翅）に変化が生じ、臨界値の短縮化だけでなく、秋～冬に生育しても短翅型・非休眠となって生殖する個体の一部出現する可能性がある（Harada et al., 2005; 竹中ら, 2008）。

2007年南国产と四万十産のいずれも、20℃下で飼育した場合、12L-13Lの短日下では14.5Lの長日下より、幼虫期間が有意に短くなり、非休眠雌の産卵前期間が短くなった。

亜熱帯域と暖温帯域の境界線上にある高知にあって、短日下の11月～12月初旬に幼虫の発育や産卵のタイミングが早まることは、1～2月の越冬期までに、本種の休眠ステージである成虫になっておける個体が増えるという意味するのかもしれない。

参考文献

- 1) Andersen NM (1982). The Semiaquatic Bugs (Hemiptera Gerromorpha) Phylogeny, Adaptations, Biogeography and Classification. *Entomograph* 3:1-455.
- 2) Andersen NM (2000). The Evolution of Dispersal Dimorphism and Other Life History Traits in Water Striders (Hemiptera: Gerridae). *Entomol Sci* 3: 187-199.
- 3) Harada, T et al., (2003) M Effects of low

- temperature on the condition of flight muscles and flight propensity in a water strider, *Aquarius paludum* (Heteroptera: Gerridae) *Eur J Entomol* 100: 481-484.
- 4) Harada, T. (2003). Comparative study of diapause regulation and life history traits among four species of water striders, *Aquarius paludum*, *Gerris latiabdominis*, *Gerris nepalensis* and *Gerris gracilicoenisi*. *Recent Res Devel Entomol* 4: 77-98.
 - 5) Harada T. (2005) Geographical distribution of three oceanic *Halobates* spp. and an account of the behavior of *H. sericeus* (Heteroptera:Gerridae) *Eur J Entomol* 102: 299-302.
 - 6) Harada, T. & Taneda, K. (1989) Seasonal changes in alary dimorphism of a water strider, *Gerris paludum insularis* (Motschulsky). *J Insect Physiol* 35:919-924.
 - 7) Harrison RG (1980) Dispersal polymorphisms in insects. *Annu Rev Ecol Syst* 11: 95-118.
 - 8) Harada T, Nitta S, Ito K (2005). Photoperiodic changes according to global warming in wing-form determination and diapause induction of a water strider, *Aquarius paludum* (Heteroptera:Gerridae) *Appl Entomol Zool* 40:461-466.
 - 9) IPCC (2007) IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
 - 10) 近藤純正ホームページ www.asahi-net.or.jp/
 - 11) 桐谷圭司 (2000) 地球温暖化が昆虫に及ぼす影響予測 気象利用研究13:32-37.
 - 12) Moriyama M, Numata H (2009) Comparison of cold tolerance in eggs of two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata* in relation to climate warming. *Entomological Science* 12, in press.
 - 13) Roff D (1986) The evolution of wing dimorphism in insect. *Evol* 40:1009-1020.
 - 14) 白木正規 (2003) 百万人の天気教室 成山堂書店.
 - 15) Southwood, T.R.E (1977) Habit, the template for ecological strategies? *J Anim Ecol* 46:337-365.
 - 16) Solbreck C (1978) Migration, diapause and direct development as alternative life histories in a seed bug, *Neacoryphus bicrucis*. In: *Evolution of Insect Migration and diapause*. (Dingle H ed.) , Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp.195-217.
 - 17) 武田邦彦 (2007) 環境問題はなぜウソがまかり通るのか 洋泉社.
 - 18) 竹田真木生・田中誠二 (1993) 昆虫の季節適応と休眠 文一総合出版.
 - 19) 田中誠二・檜垣守男・小滝豊美 (2004) 休眠の昆虫学 - 季節適応の謎 - 東海大学出版会.
 - 20) 田中誠二・小滝豊美・田中一裕 (2008) 耐性の昆虫学 東海大学出版会.

トピックス

1 アメンボは地球温暖化の指標生物となれるか？

暖温帯と亜熱帯の境界線上に位置する高知は、地球温暖化の研究にうってつけのフィールドと言える。20年以上断続的に高知市でアメンボ (*Aquarius paludum paludum*) の生態調査やその生活史研究を行ってきた。最近の調査 (2007年度~2008年度) で驚くべきことが判明しつつあるので紹介しよう。アメンボは厳しい冬を乗り越えるために水面から離れた陸の越冬場所 (林床の落ち葉の下や樹の皮の裏など比較的暖かい場所) へ飛翔によって移動し、春また越冬場所から水面へやはり飛翔によって戻ってくる。これは淡水産アメンボ科昆虫の暖温帯以北における一般的な生態であった。しかし、温暖化によって、越冬場所を水面近くに切り替え、秋や春に飛翔することを放棄しているらしい。つまり、飛翔する為の飛翔筋をまるで発達させないのである (越冬場所まで飛んでいったものは死亡リスクが高く淘汰されたい)。これは、分散によって遠い越冬地まで移動する危険リスクを回避しているものが子孫を

多く残していると考えられることができる。そして、2番目はこれまで全く観察されなかった、“夏休眠 = aestivation” の出現である。9月頃、生殖腺を未発達の状態にしている個体が多数みられるようになった。夏休眠の状態によって、“暑すぎる”夏の気候をやり過ごす戦略が自然選択されたのかもしれない。このように世代を短期間で繰り返す昆虫を指標として、気候変動を逆に評価するようなシステムが出来れば、一人間生活に関係ないと思われる昆虫が環境指標生物として人間生活に役立つ可能性も大いに期待できよう。

2 コガタウミアメンボは冬共食いで生き延びる？

高知市は四国山地と太平洋に挟まれた独特の地理的特徴を持つ。黒潮は北赤道海流の分流として北上したあと、高知県の南沖近くを北東の方向に流れていく。アメンボの仲間は世界で約570種類知られているが、海水に棲むものは65種類程度で、外洋棲は6種類しかいない。このうち、北赤道海流から黒潮に乗って移動しているのはツヤウミアメンボ (大型)、センタウミアメンボ (中型)、コガタウミアメンボ (小

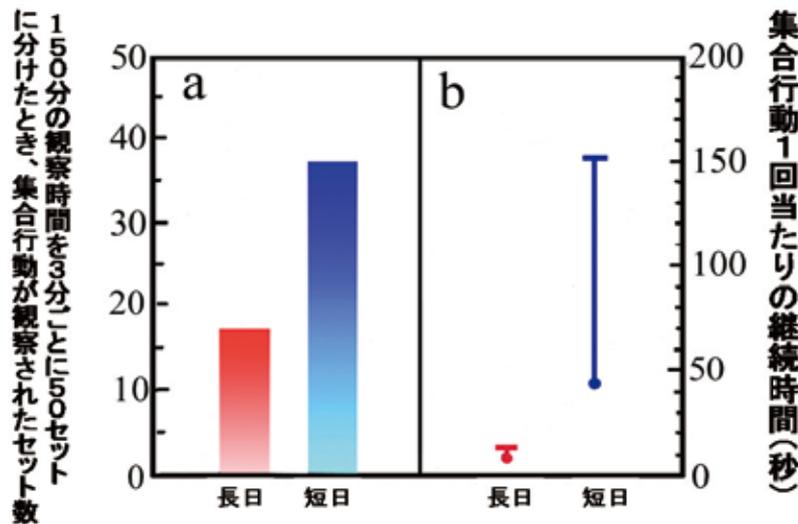


図14T-1 短日条件で頻りに集合行動が誘発される (a)。また、一回当たりの集合行動の時間が短日下で長い (b) (Harada, 2005)。

型)の3種であるが、より高緯度地方に分布の中心を持つコガタウミアメンボは、10月から冬季にかけて、黒潮によって北緯40度を越えて運ばれている可能性がある。秋から冬の間、比較的高緯度地方まで黒潮により流され、その後再び北赤道海流へと戻っていくことも否定できない。餌の乏しい冬季に比較的高緯度地方に仮に流されたとして、コガタウミアメンボはどのように過ごしているのでしょうか？2002年5月の白鳳丸航海中、東シナ海で採取されたコガタウミアメンボ成虫を20日間、北緯25度付近における春から夏の日長に近い14.5h明期 - 9.5h暗期

の長日条件か、冬の日長に近い10.5h明期 - 13.5h暗期の短日条件で(温度は約23℃)飼育したところ、約10頭くらいの成虫がまるでスカイダイビングのように集合する行動(図14T-2)が短日条件でのみ見られた(図14T-1)。この行動の生態学的意義としては、コガタウミアメンボが海流によって秋から冬高緯度地方に流された場合、集合する行動が短日条件への反応として現れ、弱った仲間から順に共食いによってしのぎ、個体群として冬場を乗り切る戦略をもつのでは？と考えている。

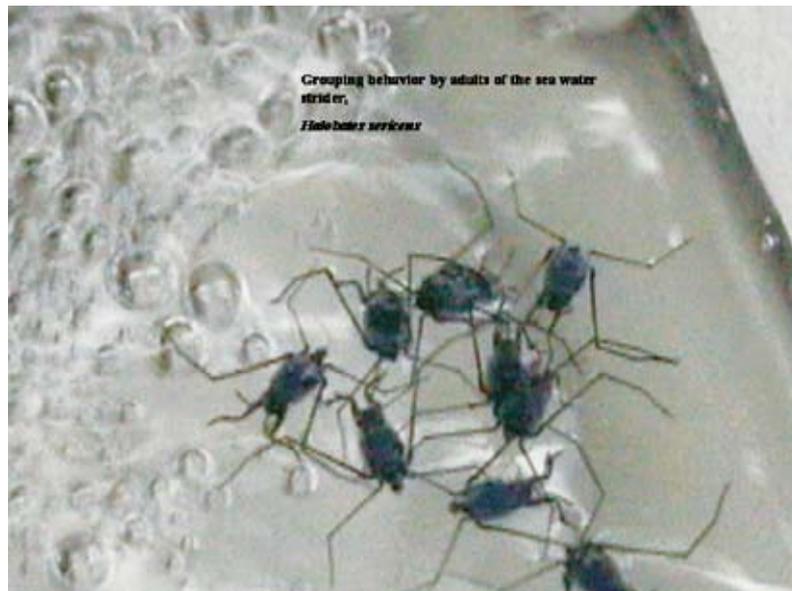


図14T-2 短日条件で盛んに見られたコガタウミアメンボ成虫(雌雄混合) Aによる集合行動(Harada, 2005).

第15章 高知市の昆虫相

第1節 高知昆虫研究会会誌「げんせい」の報文にみる高知市の昆虫相

高知県には1952年に設立された高知県唯一の昆虫同好者の集まりである高知昆虫研究会がある。同会が発行する会誌「げんせい」には昆虫類の分布や生態に関する報文が掲載されているが、その中から高知市に関する報文をリストアップし、報文のタイトル、著者名、掲載種の概要と地名を表15-1に示した。地名は報文が発表された時点での高知市における地名であり、また市町村合併前の地域は含んでいない。昆虫の種名も発表当時の物を採用したので、現行と和名・学名が異なる場合がある。

「げんせい」に発表された高知市関連の報文は2008年発行の84号まで197件ある。ある程度まとまった分類群としては、トンボ目、バッタ目、カマキリ目、ナナフシ目、カメムシ目の一部、コウチュウ目の一部、チョウ目の一部、ハエ目の一部、ハチ目の一部があげられる。掲載種は1000種を越えるが、実際、高知市にはそれをはるかに超える昆虫類が生息

すると考えられるが、その実態を把握するのは至難である。

報文の中では高知を代表するコウチュウ目マメハシムシ科ヒラズゲンセイの報告が目立つが、本種の生活史の解明は高知県でもっばら行われていることがわかる。

近年の傾向として、やはり南方系の昆虫の飛来や分布の北上を報告する報文が1990年代後半より増加していることがあげられる。特にチョウ目シジミチョウ科ヤクシマルリシジミは、かつては室戸市や土佐清水市の高知県東南端と西南端に分布していたが、2000年代になってからは高知市内でも至る所で見られるようになってきている。また、クロメンガタズメなど、南方系の迷蛾の発生が見られるようになったのも近年の特徴であり、今回の総合調査の過程でキョウチクトウスズメの発生が確認された。

高知市の昆虫相の全容を解明することは至難であるが、高知昆虫研究会のような地道な活動が今後も継続されることにより、少しずつデータが蓄積されていくことが期待される。

表15-1 高知昆虫研究会会誌「げんせい」に報告された高知市に関する昆虫類の報文一覧。

表 題	著者名	号	頁	発行年	地 名	掲 載 種
高知の蜻蛉類	奥村 定一	1	1-7	1952	高知市	トンボ58種
四国の蟻(1)	岡本 啓	1	9-12	1952	高知市	アリ3種
四国産シジミ蝶科の1未記録種について	岡本 啓	1	13-14	1952	五台山	オジロシジミ
高知県に産する熱帯性甲虫「トサヒラツゲンセイ」と「ササキトビイロゲンセイ」についての知見	吉永清夫	2	7	1953	高知市第4小学校	トサヒラツゲンセイ
トサヒラツゲンセイの産地	岡本 啓	2	8	1953	長浜塩谷	トサヒラツゲンセイ
ウラゴマダラシジミの亜種の分布についての知見(1)	野町泰造	2	15-18	1953	円行寺	ウラゴマダラシジミ
四国の蟻(2)	岡本 啓	2	39-43	1953	高知市	アリ3種

第1編 地域の自然

表題	著者名	号	頁	発行年	地名	掲載種
Sphex nigellus コクロアナバチの異常巣について	川村 満	2	45-46	1953	高知市	コクロアナバチ
トサヒラツゲンセイについて	吉永清夫 井上孝三 小島圭三	3	7-11	1954	高知市第4小学校	トサヒラツゲンセイ
虫雑感	太田玲子	3	6	1954	高知市	カ11種
オオウスバキトンボの産卵行動	岡本 啓	3	12	1954	三里	オオウスバキトンボ
Osmia pedicornis (ツツバチの一種) の習性について	川村 満	3	27-33	1954	丸の内	Osmia pedicornis (ツツバチの一種)
オオキンカメムシの生態	中村重久	3	33	1954	初月, 小高坂, 桂浜	オオキンカメムシ
ミカドアゲハ夏型の一経過	野町泰造	3	40	1954	新屋敷	ミカドアゲハ
高知の昆虫覚え書き	中村重久	3	41-42	1954	高知市	ナガヒラタムシ, ネプトクワガタ, スジグロシロチョウ
四国の蟻(3)	岡本 啓	3	43-48	1954	高知市	アリ2種
興味あるベッコウバチの巣	川村 満	4	6	1955	鴻の森	ベッコウバチ
ミカドアゲハ, タイサンボクを食う	岡部正明	4	18	1955	高知市	ミカドアゲハ
高知市に於ける蚊の生態	太田玲子	4	27-34	1955	高知市	カ12種
衛生上注意すべきハエ類の高知市内に見られる季節消長	宮本和子 日野桂子 松崎沙和子	4	37-40	1955	高知市	ハエ25種
高知市の冬季におけるモンシロチョウの生育状態について	岡部正明	4	49-52	1955	旭本宮町, 石立町, 塩屋崎町	モンシロチョウ
ミノムシの交尾	中平 清	4	52	1955	円行寺	ミノガ
キリギリスの観察	上杉孝彦	4	53-55	1955	長浜	キリギリス
ヒメハナバチの1種の巣の1観察	川村 満	5(2)	19	1957	円行寺	Andrena prostomias
ジガバチについての1観察	川村 満	5(2)	28	1957	筆山	ジガバチ
アカエグリバの生態	吉井孝雄 松崎征美	5(2)	35-38	1957	朝倉	アカエグリバ
四国の蟻(4)	岡本 啓	5(2)	39-43	1957	高知市	アリ4種
ニカメイチュウの蛹化実験	岡本盛康	5(2)	44	1957	高須	ニカメイガ
膜虫卵に対する卵寄生蜂の小観察	岡本盛康	5(2)	48	1957	六泉寺町	卵寄生蜂
四国南部の蝶	岡部正明 中村重久	6(1/2)	1-49	1957	高知市	チョウ57種
モズノハヤニエにされた昆虫	岡部正明	8	8	1958	本宮町	ガ幼虫など40種
高知市付近におけるブユについての二, 三の観察	坂城スナミ	8	11-14	1958	高知市	ブユ12種
ベニカミキリの幼虫の令期について	渡辺弘之 小島圭三	8	15-16	1958	六泉寺町, 円行寺	ベニカミキリ
ニカメイチュウの幼虫の分布	岡本盛康	8	21	1958	六泉寺町	ニカメイガ
魚屋の店先を集るクロバエ科群集の種の構造	岩本倅枝	8	22	1958	寿町	クロバエ科7種
高知県未記録のガ	川島保夫	9	69	1959	小高坂山	サツマヒメジャク
墓地の花立て内ヤブカ幼虫個体群に対する生活空間の大きさの影響(その2)	松崎沙和子	10	1-10	1960	筆山, 東谷	ヒトスジシマカなど3種
コハナバチの1種の巣について	川村 満	10	18	1960	朝倉	Halictus scitulus
モンシロチョウの生態学的研究Ⅵ 高知市付近のモンシロチョウの年間を通じた発生状況	岡部正明	10	19-20	1960	高知市西部	モンシロチョウ
五台山でリュウキュウムラサキを採る	海地節雄	11	6	1961	五台山	リュウキュウムラサキ
ヒメハナバチの一種(Andrena prostomias Perez)の生態について	川村 満	11	11-22	1961	小高坂山	ヒメハナバチの一種(Andrena prostomias Perez)
四国南部のスズメガを記録する	中村重久	11	26	1961	越前町	イッポンセスジスズメ
高知市本宮町清和女子高等学校寄宿舎の灯火に飛来したコガネムシ類	渡辺敬子	12	4	1962	高知市	コガネムシ9種

表 題	著者名	号	頁	発行年	地 名	掲 載 種
高知市でミナミヤンマを採る	真 鍋 祐 治	12	31	1962	相生町	ミナミヤンマ
数種カミキリムシの食樹	土 田 治 一	12	32	1962	若松町, 円行寺	カミキリ13種
高知市若松町で採れたカミキリムシ	土 田 治 一 森本恵一郎	12	50	1962	若松町	カミキリ29種
ギンモンウスキチョウを採集	土 田 治 一	14	2	1964	長浜	ギンモンウスキチョウ
ハネビロトンボの羽化期と越冬について	岡 本 啓	14	10	1964	三里	ハネビロトンボ
故橋本清美チョウ類コレクションについての若干の報告	竹 東 正	15	1-6	1965	築屋敷	クロアゲハ異常型
ヒメアカネの記録	岡 本 啓	15	18	1965	五台山	ヒメアカネ
高知県で発見されたキバチ類	富 樫 一 次	15	18	1965	丸山台	キバチ4種
四国のアリ(5)	岡 本 啓	16	5-8	1966	高知市	アリ2種
最近高知県から発見されたアカトンボ3種について	浜 田 康	16	14	1966	仁井田	タイリクアカネ
高知県のオサムシ亜科について	竹 東 正	16	43-48	1966	高知市	オサムシ3種
高知県のトンボ相	岡 本 啓 中 内 光 昭 浜 田 康	17	1-12	1967	高知市	トンボ61種
カミキリムシの後食 c	小 島 圭 三 中 村 慎 吾	17	13-17	1967	高知市	ルリカミキリ
メスグロヒョウモンの黒化型を採集	島 本 竜 一	17	20	1967	横内	メスグロヒョウモン
カミキリムシの寄生バチ2種について	市 川 俊 英	18	4	1968	五台山, 鷲尾山	ヒメバチ科2種
高知県の早生温州ミカンに加害する果実吸ガ類について	川 澤 哲 夫	18	9-14	1968	五台山	ガ4種
タケウチヒゲナガコバネカミキリの体の大きさ	市 川 俊 英 小 島 圭 三 浜 田 康	18	25	1968	筆山	タケウチヒゲナガコバネカミキリ
四国のアリ(6)	岡 本 啓	19	5-10	1969	高知市	アリ5種
インドオオズアカアリ, オオシワアリ, ハダカアリ 高知市内に産す	岡 本 啓	19	16	1969	高知市	アリ10種
チョウ2種の採集記録	波 末 明	23	4	1972	五台山	リュウキュウムラサキ
四国のアリ(7)	岡 本 啓	23	11-14	1972	高知市	アリ3種
高知県におけるオサムシ亜科の新産地について	島 本 竜 一 伊 東 善 之	26	36	1974	高知市	ヒメオサムシ, マイマイカブリ
五台山でサツマジミを採集	海 地 節 雄	27	26	1974	五台山	サツマジミ
はやにえにされたムカシトンボ	浜 田 康	28	18	1975	円行寺	ムカシトンボ
カミキリムシ食樹の観察記録	郷 小 島 圭 三 中 村 慎 吾	30	9-22	1976	高知市	カミキリ11種
ウラゴマダラシジミの飛行活動性	竹 東 正	31	21-24	1977	小高坂山	ウラゴマダラシジミ
カミキリムシ類の訪花の観察記録	幾 留 秀 一	32	11-13	1977	高知市	カミキリ4種
高知平野におけるハキリバチ科15種の訪花性	幾 留 秀 一	36	9-15	1979	五台山	ハキリバチ類
南国市物部と高知市円行寺のふん虫	岡 村 栄 俊	38/39	8	1980	高知市	コガネムシ9種
トサヒラズゲンセイを採集	石 田 明 儀	38/39	57-58	1980	朝倉	トサヒラズゲンセイ
ホシミスジの3化の条件	清 水 昭 三	41	7	1982	小高坂山	ホシミスジ
鴻ノ森で採集した昆虫2種	清 水 昭 三	41	20	1982	鴻ノ森	アカシジミ, ミナミヤンマ
1981年のトサヒラズゲンセイ採集記録そのほかについて	石 田 明 儀	42	12	1982	朝倉	トサヒラズゲンセイ
高知市鴻ノ森の蝶	清 水 昭 三	43	25-31	1983	鴻ノ森	チョウ63種
オキナワカギバ幼虫, サンゴジュを食う	河 上 友 三	43	43	1983	朝倉	オキナワカギバ

第1編 地域の自然

表題	著者名	号	頁	発行年	地名	掲載種
高知県のスズメバチ上科	幾留秀一 山根正気	43	51-54	1983	高知市	ハチ21種
ヒロヘリアオイラガが高知市で発生	河上友三	43	65	1983	朝倉	ヒロヘリアオイラガ
キタテハの異常型	秋沢稔浩	43	90	1983	小高坂山	キタテハ
マツ林におけるアリ類の分布、特にヒメアリについて	越智	44	1-6	1983	朝倉	アリ14種
灯火に來たウスイロコノマチョウ5頭	三好啓之	44	6	1983	井口町	ウスイロコノマチョウ
キアゲハの夏型黒化型	三好啓之	44	12	1983	万々	キアゲハ
ススキのくさむらで羽化失敗したウスイロコノマチョウ	秋沢稔浩	44	14	1983	中万々	ウスイロコノマチョウ
トサヒラズゲンセイの生活史に関する新発見	竹東正	45	9-13	1984	小高坂山	トサヒラズゲンセイ
高知市小高坂山の昆虫二題	浜田康	45	13	1984	小高坂山	ウスバシロチョウ, アオヤンマ
ツマグロヒョウモンの異常型2頭	秋沢稔浩	45	14	1984	小高坂山	ツマグロヒョウモン
ミカドアゲハの一異常型	竹東正	45	17	1984	長浜	ミカドアゲハ
高知市で採れたオオトラカミキリ	中山紘一	45	18	1984	中万々	オオトラカミキリ
高知市におけるメスアカムラサキの採集など	清水昭三	46	36	1985	鴻ノ森	トサヒラズゲンセイ
トサヒラズゲンセイの一採集記録	浜田康	46	36	1985	福井町	トサヒラズゲンセイ
1984年8月に鴻ノ森(高知市)でメスアカムラサキを採る	横山康夫	47	28	1985	鴻ノ森	メスアカムラサキ
ヒラズゲンセイ(旧トサヒラズゲンセイ)成虫の生態について	竹東正	48	11-22	1986	長浜, 上町, 葛島, 築屋敷, 八反町, 曙町, 三ノ丸, 福井町	ヒラズゲンセイ
1985年に採集されたヒラズゲンセイ	乾孝二	48	22	1986	南万々	ヒラズゲンセイ
高知県でとれた蝶数種について	清水昭三	48	23	1986	鴻ノ森	ウラゴマダラシジミ
蝶類雑録PART 1	植田英雄 清水昭三	49	2	1986	福井町, 鴻ノ森	サツマシジミ
高知市内市街地の庭木にミヤマカラスアゲハが産卵	竹東正	49	16	1986	福井東町	ミヤマカラスアゲハ
ミカドアゲハの新食餌植物について	岡部正明	49	21	1986	築屋敷	ミカドアゲハ
高知県における蛾2種の採集記録	中村重久	49	22	1986	小高坂山	クロキバアツバ
四国南部のウスバシロチョウについて	岡部正明 中村重久	49	23-27	1986	仏瀬峠	ウスバシロチョウ
高知市の蛾類(I)	中村重久	50	13-30	1986	高知市	ガ481種
蝶類雑録PART 2	植田英雄 清水昭三	51	2	1987	高知市	アカタテハ越冬幼虫
ヒラズゲンセイを高知市雪隠寺境内で見る	岡本啓	51	22	1987	長浜	ヒラズゲンセイ
蝶類雑録PART 3	清水昭三	52	2	1987	旭町	ウスイロコノマチョウ
クロモンチビゴキブリを高知県で採集	中山紘一	52	10	1987	三里	クロモンチビゴキブリ
1987年の高知県内におけるヒラズゲンセイ発生状況	竹東正	52	26	1987	山手町	ヒラズゲンセイ
高知県内におけるヒラズゲンセイの1988年および1955年の採集記録などについて	竹東正	53	2	1989	丸ノ内	ヒラズゲンセイ
四国のキンカメムシ亜科Scutellerinaeカメムシの記録	川沢哲夫 川村満夫 高井幹夫	53	13-18	1989	高知市	オオキンカメムシ
高知市の蛾類(II)	中村重久	53	19-26	1989	高知市	ガ169種
カッコウメダカカミキリの高知県での記録	中山紘一	53	27	1989	小高坂山, 円行寺	カッコウメダカカミキリ
高知市のゴイシジミとウスイロコノマチョウ	中村重久	53	28	1989	円行寺, 小高坂山	ゴイシジミ・ウスイロコノマチョウ
ウラギンシジミ雌の黒化型など	秋沢稔浩	53	28-29	1989	大津	アオスジアゲハ(エサキ型)

表 題	著者名	号	頁	発行年	地 名	掲 載 種
蝶類雑録PART 4	植田英雄三 清水昭三	54	2	1989	筆山	アカシジミ
高知市付近および室戸市における1989年のリュウキュウムラサキ大陸亜種など迷蝶の採集記録などについて	竹東 正	54	19	1989	皿ヶ峯, 鴻ノ森, 鷲尾山, 五台山	リュウキュウムラサキ
シロテンカバナミシヤクを高知市の記録から削除する	中村重久	54	22	1989		誤同定
ムラサキツバメの越冬	大津 修	55	1	1989	長浜	ムラサキツバメ
蝶類雑録PART 5	植田英雄三 清水昭三	55	2	1989	鴻ノ森	キマダラモドキ
蝶類雑録PART 6	植田英雄三 清水昭三	56	2	1990	小富士山	アカシジミ
1989年におけるリュウキュウムラサキの赤斑型とフィリピン型の採集報告	海地節雄幸 梅田正幸	56	8	1990	一宮	リュウキュウムラサキ
四国におけるウシカメムシとフタテンカメムシの記録	川澤哲夫 高井幹夫	56	25-26	1990	鴻ノ森, 荒倉	ウシカメムシ, フタテンカメムシ
マダラガ2種の記録	中村重久	57	6	1990	七ツ湖	ミノウスバ
スズバチ	小島圭三	58	1	1991	介良	スズバチ
1990年における高知県内のウスイロコノマチョウの採集記録とその子の越冬試験	竹東 正	58	19-21	1991	福井東町, 南万々, 円行寺, 長浜	ウスイロコノマチョウ
高知県で1990年に児童が採集したヤエヤマムラサキの記録	吉永清夫	58	22	1981	大津	ヤエヤマムラサキ
高知県で採集したカメムシその他	別府隆守	58	23	1991	五台山, 円行寺	ウシカメムシ, ヤマクダマキモドキ
1990,1991年の高知県におけるヒラズゲンセイ発生状況	竹東 正	58	24	1991	加賀野井	ヒラズゲンセイ
日本産主要動物の種別知見総録(26)ヒラズゲンセイ(1)	大野正男	61/62	9-22	1993	高知市	ヒラズゲンセイ
高知県及び愛媛県で採集した昆虫-1	別府隆守	61/62	41	1993	布師田, 鴻ノ森	ヨコヅナサシガメ, ツチゴキブリ
高知県における直翅目・カマキリ目・ナナフシ目	別府隆守	63/64	3-20	1993	高知市	直翅目・カマキリ目・ナナフシ目43種
四国未記録のゴミムシ3種について	伊東善之	63/64	37	1993	布師田	イグチケブカゴミムシ
1992年の高知県におけるヒラズゲンセイ発生状況	吉松靖峯	63/64	40	1993	中泰泉寺	ヒラズゲンセイ
ヒラズゲンセイ	濱田 康	65	1	1994	加賀野井町	ヒラズゲンセイ
ウチワヤンマを高知市で採集	竹東 正	65	2	1994	池	ウチワヤンマ
高知県における1993年(1992年の3頭を含む)リュウキュウムラサキの採集報告	竹東 正	65	3	1994	長浜, 水分, 五台山	リュウキュウムラサキ
チャイロヒゲビロウドカミキリを高知市大津で採集	中山絃一	65	26	1994	大津	チャイロヒゲビロウドカミキリ
蝶類雑録PART 8	植田英雄三 清水昭三	66	2	1995	池, 介良, 円行寺, 本宮町	ウスイロコノマチョウ
高知県で採集したシテムシ類について	伊東善之	66	21-23	1995	高知市	シテムシ4種
高知県で採集された蛾数種の記録	中山絃一	66	24	1995	大津乙	アカマダラヨトウ
高知市三ノ丸, 小高坂山産ウラゴマダラシジミの型の過去と現在	竹東 正	66	25	1995	小高坂山	ウラゴマダラシジミ
高知市三里で採集した3種のトンボの報告	竹東 正	67	6	1995	三里	トンボ3種
高知県における蝶類の環境庁第4回(1990~1991)自然環境保全基礎調査データの報告について(I)	竹東 正	67	16-24	1995	高知市	チョウ26種
高知県産ネジレバネ3種の記録	木船梯嗣良 荒川 良	68	13-15	1996	介良	スズバチネジレバネ

第1編 地域の自然

表 題	著者名	号	頁	発行年	地 名	掲 載 種
高知県における蝶類の環境庁第4回(1990~1991)自然環境保全基礎調査データの報告について(Ⅱ)	竹 東 正	68	19-26	1996	高知市	チョウ31種
トゲナナフシ	中山 絃一	69	1	1996	宇賀	トゲナナフシ
高知県におけるウラゴマダラシジミの分布について	竹 東 正	69	9-12	1996	高知市	ウラゴマダラシジミ
高知県で採集した糞虫類について	伊 東 善之	70	7-11	1997	高知市	コガネムシ9種
1996年高知市でのヒラズゲンセイの採集例	中山 絃一	70	23	1997	一宮	ヒラズゲンセイ
1996年に高知県春野町で採集されたヒラズゲンセイと高知市内で採集されたヒメアケビコノハの報告	竹 東 正	70	24	1997	越前町	ヒメアケビコノハ
ヤクシマルリシジミの低温期型に出るコバルト色のオス	森 澤 正	71	1	1998	長浜	ヤクシマルリシジミ
四国及び高知県未記録のふん虫ほかについて	山 下 泉	71	9-11	1998	高知市	コガネムシ4種
1997年の高知県におけるヒラズゲンセイ発生状況	吉 松 靖 峰	71	22-24	1998	介良, 九反田, 小津町, 越前町, 鴨部, 朝倉東町, 大津, 仁井田, 一宮	ヒラズゲンセイ
ヒラズゲンセイの生活史に関する知見Ⅱ. 飛来行動について	吉 松 靖 峰	72	21-23	1998	朝倉	ヒラズゲンセイ
高知県中部におけるヤクシマルリシジミの分布について	森 澤 正	72	32	1998	長浜, 桂浜, 浦戸, 瀬戸, 種崎, 仁井田, 御豊瀬	ヤクシマルリシジミ
1997年高知市周辺におけるアオマツムシの分布	熊 沢 秀 男	73	3-7	1999	高知市	
1998年高知市筆山の採集会で確認された昆虫	中山 絃一	73	20-22	1999	高知市	トンボ, バッタなど96種
高知県中部におけるヤクシマルリシジミの分布継続調査報告	森 澤 正	73	27	1999	長浜, 筆山, 五台山, 仁井田, 布師田	ヤクシマルリシジミ
高知市朝倉でシンジュキノカワガを採集	種 田 耕 二	73	28	1999	朝倉	シンジュキノカワガ
1998年の高知県におけるヒラズゲンセイ発生状況	吉 松 靖 峰	73	29	1999	小津町, 鴨部, 大津, 朝倉東町, 朝倉丁, 一宮	ヒラズゲンセイ
コシボソヤンマを高知市吉野で採集	和 智 伸 是	74	19	1999	神田	コシボソヤンマ
四国および高知県のシテムシ類について	宮 田 隆 輔 宮 田 俊 江	74	20-22	1999	介良甲	ベッコウヒラタシテムシ
クロオビヒゲトオサムシ, マダラノコメダシヤクなどの数種の記録	中山 絃一	74	33-35	1999	筆山	クロモンシタバ
高知県中部で採集したりゅうキュウムラサキ	森 澤 正	74	36-37	1999	五台山	りゅうキュウムラサキ
ヒラズゲンセイの生活史に関する新知見Ⅲ. 後期発育の観察, 特に夏期における擬蛾の存在について	吉 松 靖 峰	74	38-42	1999	鴨田	ヒラズゲンセイ
迷蝶2種の採集記録	森 澤 正	74	53	1999	長浜	ウスイロコノマチョウ
タマカメムシを高知市神田で採集	和 智 伸 是	75	40	2000	神田	タマカメムシ
迷蝶りゅうキュウムラサキの採集記録	森 澤 正	75	42	2000	長浜	りゅうキュウムラサキ
高知市長浜およびその隣接地域におけるミヤマカラスアゲハ, 特に食樹としてのハマセンダンについて	森 澤 正	76	17	2001	長浜, 御豊瀬, 桂浜	ミヤマカラスアゲハ
ヒラズゲンセイ幼虫の記録	吉 松 靖 峰	76	18	2001	吉野	ヒラズゲンセイ
クロメンガタスズメの採集例と高知県初記録の蛾数種について	別 府 隆 守	76	19-20	2001	河ノ瀬町	クロメンガタスズメ
高知市長浜及びその周辺におけるホシミスジの分布について	森 澤 正	77	26	2002	長浜, 神田, 桂浜, 横浜西町	ホシミスジ

表 題	著者名	号	頁	発行年	地 名	掲 載 種
ナガサキアゲハ雌の野外産無紋型の報告	竹 東 正	77	27	2002	吉田町	ナガサキアゲハ
高知県におけるブタクサハムシの記録	荒 川 良	78	6	2003	朝倉南町	ブタクサハムシ
高知市におけるカバマダラの交尾飛翔の記録	森 澤 正	79	7-8	2004	長 浜	カバマダラ
2002年採集した三種の蝶について	森 澤 正	79	21-22	2004	長 浜	ナガサキアゲハ異常型・カバマダラ
四国で採集されたアブラムシ類 I. アブラムシ科 (Aphididae)	山 下 泉	80	5-13	2005	高知市	アブラムシ31種
高知県で採集したオナガバチ	熊 沢 秀 雄	80	14-18	2005	五台山, 鷲尾山, 逢坂山	オオホシオナガバチ
					鷲尾山	Epirhyssa nigristigma
高知市大津におけるヒラズゲンセイの飛来に関する記録	景 山 寛 司	80	21	2005	大 津	ヒラズゲンセイ
高知市でシラホシアシブトクチバを採集	海 地 節 雄	80	22	2005	布師田	シラホシアシブトクチバ
高知県におけるホシミスジの採集例	伊 藤 寿	80	23	2005	逢坂峠, 五台山	ホシミスジ
高知県のアリヅカムシ	野 村 周 平 宮 田 隆 輔 宮 田 俊 江	81	3-46	2006	高知市	アリヅカムシ6種
四国で採集されたアブラムシ類 II. フィロキセラ科 (Phylloxeridae), タマワタムシ科 (Pemphigidae), ヒラタアブラムシ科 (Hormaohididae), ミツアブラムシ科 (Thelaxidae), ミズキヒラタアブラムシ科 (Anoeciidae), トドワタムシ科 (Mindaridae), マダラアブラムシ科 (Drepanosiphidae), ケブカアブラムシ科 (Greenideidae), オオアブラムシ科 (Lachnidae)	山 下 泉	82	3-7	2006	高知市	アブラムシ10種
カミキリムシ2種の記録	中 山 絃 一	82	28	2006	土佐山工石山	ホソツヤヒゲナガコバネカミキリ
高知県産タマムシの記録	高 野 勉 大 桃 定 洋	83	3-5	2007	高知市	タマムシ10種
高知県のハネカクシ覚え書き	中 山 絃 一	83	7-10	2007	高知市	ハネカムシ3種
高知市で採集したPseudorhyssa maculicoxisの形態について	熊 沢 秀 雄	83	11-16	2007	逢坂山	ヒメバチ科Pseudorhyssa maculicoxis
高知県中部におけるヤクシマルリシジミの分布拡大と気温の上昇	森 澤 正	83	22	2007	長 浜	ヤクシマルリシジミ
アブラムシを捕食するオオテントウ	中 山 絃 一	83	1	2008	大 津, 介 良	オオテントウ
高知県内で採集した食糞性コガネムシ類 I. 2007年までの記録	山 下 泉	84	7-14	2008	治国谷, 五台山, 烏帽子山, 泰泉寺, 円行寺, 三谷	コガネムシ(糞虫)9種
高知市逢坂山で得たPseudorhyssa属ヒメバチ9個体の形態比較	熊 沢 秀 雄	84	15-19	2008	逢坂山	ヒメバチ科Pseudorhyssa maculicoxis
高知県におけるプラタナスグンバイの初発生	山 下 泉	84	20	2008	JR高知駅~山ノ端交 差点~上町2丁目, 熊茶山交差点	プラタナスグンバイ
高知市で発生したキョウチクトウスズメ	荒 川 良	84	40	2008	若松町	キョウチクトウスズメ
ウミホソチビゴミムシを種崎, 宇佐の海岸で採集	中 山 絃 一	84	45	2008	種崎海岸	ウミホソチビゴミムシ



図15-1 ミカドアゲハ幼虫 (2008年6月3日高知市筆山).

第2節 2007-2008年度における高知市で注目すべき昆虫類について

(1) 国の特別天然記念物ミカドアゲハの生息状況

高知市の代表的昆虫として、チョウ目アゲハチョウ科のミカドアゲハをあげることができる。

本種に関しては昭和18年、文部省告示により天然記念物「みかどあげは棲息地」として高知市の潮江天満宮境内、要法寺境内、潮江中学校（当時県立女子師範学校）校庭の3カ所が指定された。その後昭和29年の文化財保護委員会告示により、「高知県高知市所在の天然記念物みかどあげは棲息地」の名称を「高知市のミカドアゲハ及びその生息地」に改め特別天然記念物に指定することが告示された（日本鱗翅学会四国支部，1978）。

この経緯からすると、ミカドアゲハについては、上記生息地3カ所が生息地として特別天然記念物として指定されているのであって、高知市のミカドアゲハが生物種として指定されているのではないと考えるべきであろう。

これら生息地について2008年6月3日に現地調査を行った。指定されている生息地は筆山の山麓にあたるため、よりミカドアゲハの個体数が多いと思わ

れる筆山を巡回した。第1化成虫の羽化期は過ぎていたため、その植樹のオガタマノキの存在とミカドアゲハ幼虫を探索した。筆山頂上付近は大規模な整備が行われており、決してミカドアゲハの生息を配慮したような整備とは思われなかったが、食樹であるオガタマノキの古木が数本存在しており、山腹には植林されたと思われるオガタマノキの低木もあり、そこで幼虫の生息を確認した（図15-1）。

今日の高知県では、海岸沿いを中心にミカドアゲハは広く生息していることが知られており、地域によってはオガタマノキの植樹なども行われているため、特に保護を必要とする様な状況ではないと思われる。しかし、本種の生息地が国の特別天然記念物に指定されていることは周知されているとは言えないので、市民や観光客に対する啓蒙が必要であると思われる。

(2) 分布を拡大する昆虫類

2007年10月29日、高知市若松町のキョウチクトウで、多数のキョウチクトウスズメの幼虫が発見された（荒川，2008）（図15-2，15-3）。キョウチクトウスズメは東南アジアに広く分布するチョウ目スズメガ科の昆虫であるが、高知県では1999年に同じ高知市若松町で1頭の成虫が確認されたという未発表データがあるのみであった（中山，私信）。2007年



図15-2 キョウチクトウスズメ終齢幼虫
2007年10月29日高知市若松町.



図15-3 キョウチクトウスズメ成虫
2007年11月21日室内羽化.

はその後、高知市曙町の高知大学構内、菜園場、高須などでも幼虫あるいは食害痕が発見され、高知市中央部で一時的に多発したことが伺われた。2008年は10月31日に高知市廿代町のキョウチクトウで多数の幼虫が確認され（荒川、未発表）、他にも曙町や朝倉などで幼虫や食害痕が発見され、2年連続の発生となった。春期にはまだ幼虫や成虫が確認されていないため本種が定着したかどうかは未確定であり、今後の推移が注目される。

他にもクロメンガタスズメやイチジクヒトリモドキと言った南方性の蛾類が高知市に隣接する南国市で筆者は確認しており、その個体数の多さから高知市でも発生していることは間違いないと思われる。クロメンガタスズメ幼虫はナス科植物、イチジクヒ

トリモドキ幼虫はイチジクやイヌビワを加害するため、害虫としての対策を講じる必要があるだろう。これら南方性の昆虫類の分布拡大が地球温暖化によるものかを結論づけるのは早計であるが、蛾類に限らず南方性の昆虫類の分布拡大には今後も注目すべきであると思われる。

引用文献

- 荒川 良 (2008) 高知市で発生したキョウチクトウスズメ. げんせい (83) :40.
 日本鱗翅学会四国支部(編)(1979) 四国の蝶. 229pp.
 日本鱗翅学会四国支部, 松山.
 高知昆虫研究会 (1952) - (2008) げんせい1号-84号,
 高知昆虫研究会, 高知.

トピックス

1. 高知に棲む昆虫は何種類？

世界中で記録されている昆虫の種類数は100万種を超えている。未知種を含むと種類数はその何倍あるいは何十倍にもなると推定され、地球上の全動物種に占める割合は6割とも7割とも言われている。日本においては、これまで記録されている昆虫の種類は3万種ほどであり、未知種を含むと10万種に達すると推定されている。一方で、環境破壊などにより絶滅あるいは絶滅に瀕している種類はもとより、記載されることなく姿を消していく種類も多々ある事は想像に難くない。

高知県あるいは高知市に何種の昆虫がいるかを明らかにすることは不可能に近い。ただでさえ、高知県には昆虫の分類を専門とするプロの研究者が一人もいない。昆虫愛好者の集まりとして高知昆虫研究会があり、そこにはプロ顔負けの虫好きもいるが、新種の記載や分類の困難な種の同定等はやはり県外の専門家に依存する状態である。県内の昆虫愛好者の年齢相は高く、集められた貴重な標本の行く末を案じておられる方も少なくない。高知県にはこのような貴重な標本を維持管理できる総合博物館もないのが実状である。植物に関しては牧野植物園という世界に誇る施設があるが、総合博物館があれば、地域の子供たちの生物への興味をより養う事が期待できる。

今日、里山の自然の保全が叫ばれている。高知の農業地帯もまさにその里山環境であり、多様な昆虫をはじめとする種々の生物がその環境に依存して生息しているが、その実態が分からないまま開発等で姿を消していくのは残念でならない。地域にすむさまざまな生物と共存する社会を構築するためには、総合博物館を設立し、そこを中心に産官学共同で生物の多様性を保全していくことが必要ではないだろうか。

2. 多様な昆虫がいるからこそ、害虫対策に利用可能な土着天敵も発見できる

高知県の平野部は施設園芸が盛んで、ナスやピーマンなどを栽培するビニールハウスが海岸沿いに広がっている。このような施設園芸においては、害虫防除に天敵を利用する農家が多く、地域ぐるみで減農薬栽培を実践しているところもある。現在現場で使用されている天敵昆虫・ダニ類は大半が外国からの輸入種である。このような輸入天敵の利用についてはその非標的効果（対象害虫以外の土着生物に影響を与えること）が世界レベルで問題視されている。日本においても平成17年には「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」が施行され、今後は海外からの天敵資材の導入はより困難になることが予想される。一方、平成18年にはポジティブリスト制度導入に基づく新しい農薬残留基準が定められ、栽培現場における化学農薬散布も、より慎重にならざるを得ない状態になっている。このような状況の中、化学農薬の使用を減らした減農薬栽培を実践する農家では、栽培現場で活動する土着天敵の利用への期待が高まっている。しかし、国産の天敵資材として農薬登録され、広く普及している種類は、捕食性カメムシの一種タイリクヒメハナカメムシだけであり、本種の適用害虫は施設におけるアザミウマ類のみである。

高知大学農学部昆虫研究室では高知県農業技術センターとの共同研究で害虫防除に利用が期待できる土着天敵の発掘を数年来行っている。その過程で2005年初夏、当時の大学院生が農学部構内のピーマン栽培ビニールハウスで発生していた難防除害虫であるコナジラミ類を、一見アリのように見えるカメムシの一種クロヒョウタンカスミカメ（図15T-1）が捕食していることを発見した。このクロヒョウタンカスミカメの存在自体は古くから知られていたものの、その生態についての情報はほとんどなかった。時期を同じくして、高知県下のいくつかの農業従事者から、本種が発生しているハウスではコナジラミを初めとした害虫の密度が低くなっているとの情報も入ってきた。クロヒョウタンカスミカメはこれまで日本で実用化されている天敵資材とは異なって、



図15T-1 実用化に近い土着天敵クロヒョウタンカスミカメ♂成虫(体長2.7mm).

攻撃範囲が広い広食性の捕食者であるという特徴がある。外国産の広食性の天敵は、その非標的効果が懸念されるために国内での実用化は困難であり、広食性という性質自体も、餌種を特定できないと言う面から害虫防除への利用が難しいと考えられていた。しかし、クロヒョウタンカスミカメは土着天敵であることから非標的効果を懸念する必要はなく、また施設栽培という半閉鎖環境においては、発生する害虫種がある程度限られており、それらの大半を攻撃できるという広食性という性質がかえって有効に働き、高価な複数の天敵資材を投入しなくてもすむというコストの面からも、農業従事者に受け入れられる要素を十分に備えている。現在、クロヒョウタンカスミカメを生物農薬資材として利用することについて、生物農薬メーカーと特許を共同出願すると共に、生物農薬資材としての登録、実用化に向けての研究を継続しており、平成21年度中にはメーカーにより農薬登録される予定である。

高知県下で天敵を利用した害虫防除を実践している農業従事者は、害虫や天敵の動向にも関心が強く、特に施設内で様々な土着天敵が活動していることを注目して、それら土着天敵を利用した害虫防除を行いたいという強い要望がある。実際、クロヒョウタンカスミカメに引き続き、他にも利用が期待できる天敵の発見が高知県では続いている(図15T-2)。これらの天敵も農薬登録を行えば現場で利用ができるようになるが、それには時間と経費がかかる。そこで、地域の農業従事者の要請も受けて、高知県内で



図15T-2 アブラムシを捕食する土着天敵ニッポンクサカゲロウの幼虫。

採取し、実験室等で増殖した土着天敵を高知県内限定で防除に利用する場合は、農薬登録の必要のない「特定農薬」として扱ってほしいという「高知県天敵特区」の提案を、内閣府の構造改革特別区域推進本部に高知大学として平成20年6月に行った。内閣官房、農水省、環境省の関係部署との交渉、視察等を経て、平成21年3月の農水省と環境省により、「採取され、増殖された土着天敵を同一都道府県内で使用する場合は農薬登録することなく、都道府県に届けるだけで利用できる」という通知が全国の都道府県知事宛に発出された。高知大学からの提案が全国レベルで認められたのである。

食品の安全、安心指向から、生産現場においてもより安全、安心な農作物の生産が求められている。害虫防除にはこれまでの化学農薬一辺倒による害虫撲滅を考えるのではなく、様々な手段を総合的に用いて害虫密度を経済的被害が出る密度レベル以下に押さえ込み、その状態を維持するという総合的害虫管理(Integrated Pest Managements: IPM)の考え方が、高知県、国レベルでも推進されている。さらに土着天敵を始めとした農生態系のすべての生物と共存できるシステムである総合的生物多様性管理(Integrated Biodiversity Managements: IBM)へと発展した考えも提案されている。高知県はIPMのトップランナーを目指す事を宣言しているが、地域と共に生物多様性を考慮した環境保全型の農業が推進されることが期待される。

第16章

高知市生物調査

(哺乳綱・爬虫綱・両生綱)

はじめに

高知市(旧鏡村, 土佐山村, 高知市および春野町)に生息する哺乳綱, 爬虫綱および両生綱の種を把握することを目的に調査を行った。

第1節 調査方法

(1) 哺乳綱

調査は, 既存文献調査を中心に行い, 補足的に現地調査を実施した。

現地調査は, シャーマントラップによる地上性小型哺乳類捕獲調査(学術捕獲許可 20高鳥獣第189号)および自動撮影装置による中大型哺乳類確認調査を行った。

また, 四国自然史科学研究センターが独自に行っている四国地域生物生息状況調査で得られた情報も利用した。利用したデータは2003年1月1日~2009年2月15日の期間に得られた生息情報に限定した。

(2) シャーマントラップによる地上性小型哺乳類捕獲調査

高知県より学術捕獲許可(20高鳥獣第189号)を受けて実施した。

調査は, 春野仁野地域(北緯33度28分53秒, 東経133度29分41.9秒, 標高80m), 鏡横矢地域(北緯33度36分48.6秒, 東経133度25分40.9秒, 標高450m)お

よび土佐山梶谷地域(北緯33度38分15.9秒, 東経133度32分20.2秒, 標高450m)の3地域で実施した(図16-2)。

使用したシャーマントラップは, アルミ製箱型76mm×90mm×230mmを用いた。調査期間は, 2009年1月7日から8日の1晩である。設置台数は1箇所あたり10台とし, 夕方に設置し, 翌朝に回収した。誘引物は, 市販されているリス・ハムスター用配合飼料((株)ペット・プロジャパン製, リス・ハムスターのごはん/フルーツ・やさいミックス1kg)を用いた。

捕獲した個体は, 各種2個体(雌雄1個体ずつ)を標本化し, それ以外の個体は種の識別後, 後足長(爪含まず)の計測および体重の計量を行い, 速やかに捕獲地点で放逐した。

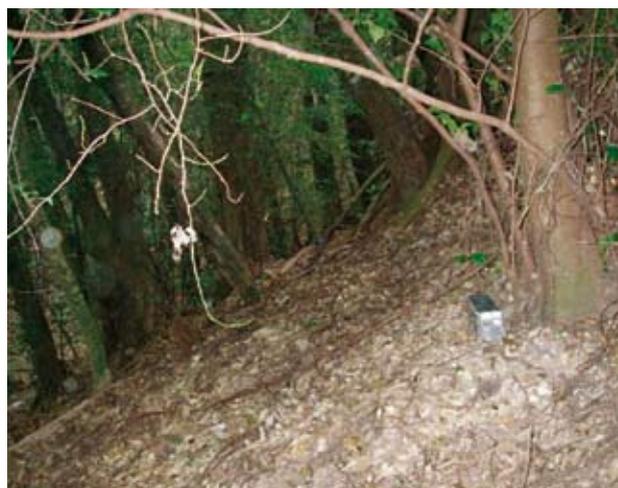


図16-1 シャーマントラップ設置状況。

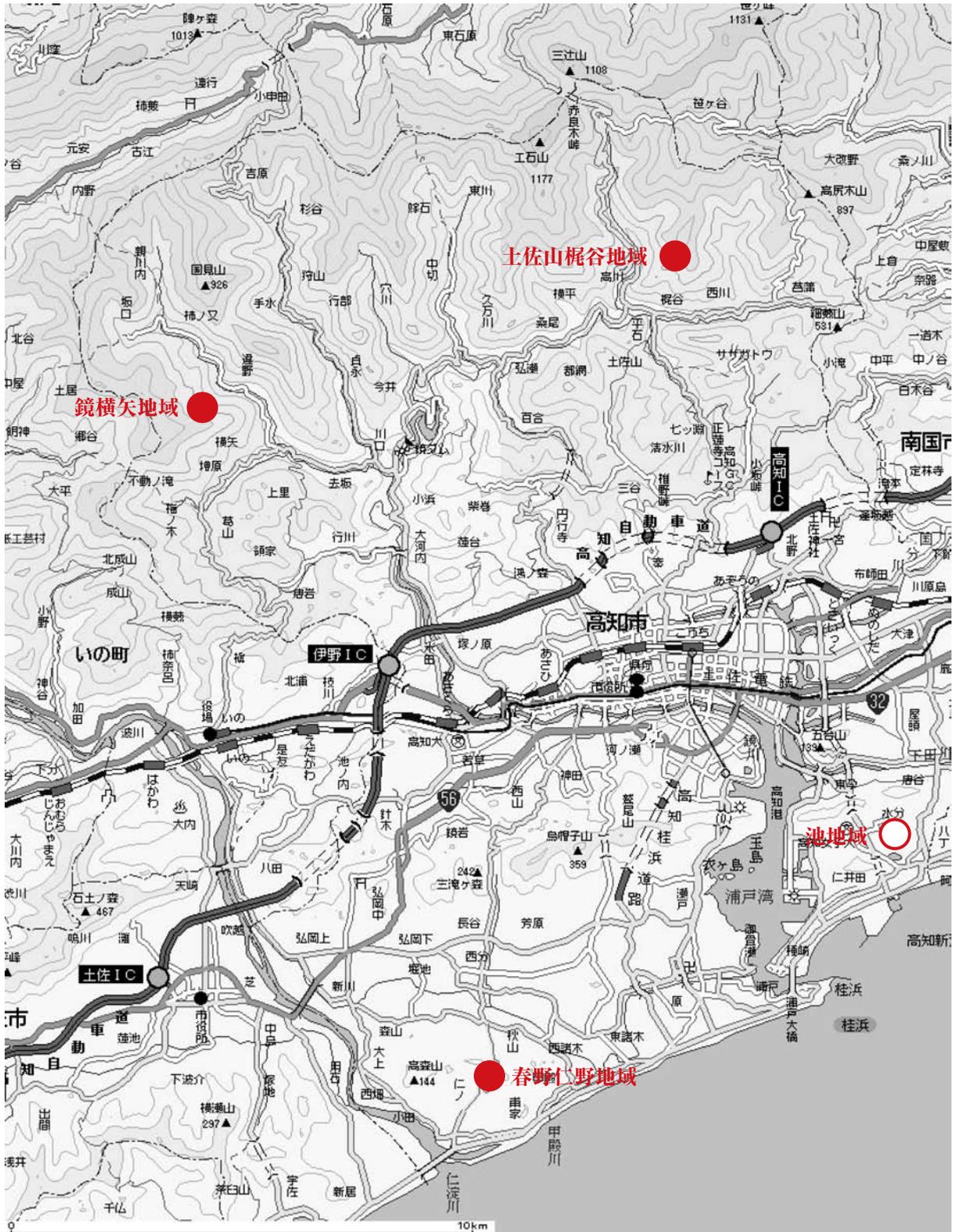


図16-2 調査実施地域.

- : シャーマントラップによる地上性小型哺乳類捕獲および自動撮影装置による中大型哺乳類確認調査実施地域
- : 自動撮影装置による中大型哺乳類確認調査実施地域.



図16-3 自動撮影装置設置状況。

(3) 自動撮影装置による中大型哺乳類 確認調査

調査は、シャーマントラップによる地上性小型哺乳類捕獲調査地域および池地域（北緯33度31分37秒，東経133度35分32.7秒，標高10m）の4地域で実施した（図16-2）。調査期間は，春野仁野地域および池地域は，2009年1月7日設置，2月4日回収，鏡横矢地域および土佐山梶谷地域は2009年1月7日設置，2月10日回収とした。自動撮影装置は，（有）麻里府商事製，Fieldnote Iaタイプを使用し，各地域1台ずつ計4台設置した。調査地点に動物を誘引するためのエサなどは用いなかったが，撮影範囲の周囲に木の枝などの障害物を配置し，動物が確実に撮影範囲を通過するようにした。使用したフィルムは，ISO400，36枚撮りを用いた。自動撮影装置回収後，フィルムは直ちに現像し，写真から種を識別した。

(4) 爬虫綱および両生綱

調査は，既存文献調査を中心に補足的に現地調査を実施した。また，四国自然史科学研究センターが独自に行っている四国地域生物生息状況調査で得られた情報も利用した。利用したデータは2003年1月1日～2009年2月15日の期間に得られた生息情報に限定した。

種の和名および学名は，哺乳綱は阿部ほか（2005）に，爬虫綱および両生綱は日本爬虫両棲類学会にそれぞれ従った。

調査の過程で入手した死体や捕獲調査で入手した生体は，必要最小限の個体数を標本化し，四国自然史科学研究センターに保管した。

第2節 結果

生息情報が得られた種のリストを表16-1に示す。

(1) 哺乳綱

生息情報が得られた種は，翼手目キクガシラコウモリ科コキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*，キクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum*，ヒナコウモリ科モモジロコウモリ *Myotis macrodactylus*，ユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus*，霊長目オナガザル科ニホンザル *Macaca fuscata*，兎目ウサギ科ニホンノウサギ *Lepus brachyurus*，齧歯目リス科ニホンリス *Sciurus lis*，シマリス *Tamias sibiricus*，ムササビ *Petaurista leucogenys*，ネズミ科アカネズミ *Apodemus speciosus*，カヤネズミ *Micromys minutus*，食肉目アライグマ科アライグマ *Procyon lotor*，イヌ科タヌキ *Nyctereutes procyonoides*，キツネ *Vulpes vulpes*，イタチ科テン *Martes memlampus*，チョウセンイタチ *Mustela sibirica*，フェレット *Mustela furo*，アナグマ *Meles meles*，ジャコウネコ科ハクビシン *Paguma larvata*，偶蹄目イノシシ科イノシシ *Sus scrofa*，シカ科ニホンジカ *Cervus nippon* の6目12科21種であった。

(2) シャーマントラップによる地上性小型 哺乳類捕獲調査

捕獲できた種および個体数は，ヒメネズミ2個体およびアカネズミ3個体の2種5個体であった。捕獲個体の計測値を表2に示す。

ヒメネズミは，土佐山梶谷地域および春野仁野地域でそれぞれ1頭ずつ捕獲された。捕獲個体はいず

第1編 地域の自然

表16-1 高知市で生息情報が得られた種.

綱	目	科	種	
哺乳	翼手	キクガシラコウモリ	コキクガシラコウモリ	
			キクガシラコウモリ	
		ヒナコウモリ	モモジロコウモリ	
			ユビナガコウモリ	
	霊長	オナガザル	ニホンザル	
	兔	ウサギ	ニホンノウサギ	
	齧歯	リス	ニホンリス	
			シマリス	
			ムササビ	
			アカネズミ	
			カヤネズミ	
	食肉	アライグマ	アライグマ	
			タヌキ	
		イヌ	キツネ	
			テン	
		イタチ	チョウセンイタチ	
			フェレット	
			アナグマ	
		偶蹄	ジャコウネコ	ハクビシン
			イノシシ	イノシシ
シカ			ニホンジカ	
爬虫	カメ	ウミガメ	アカウミガメ	
		カミツキガメ	カミツキガメ	
			ワニガメ	
		イシガメ	ニホンイシガメ	
			クサガメ	
	有鱗	ヌマガメ	アカミミガメ	
			スッポン	ニホンスッポン
		ヤモリ	ニホンヤモリ	
		イグアナ	グリーンイグアナ	
		トカゲ	ニホントカゲ	
		カナヘビ	ニホンカナヘビ	
		ナミヘビ	アオダイショウ	
			シマヘビ	
			ヤマカガシ	
			クサリヘビ	ニホンマムシ
両生	有尾	サンショウウオ	オオダイガハラサンショウウオ	
		イモリ	アカハライモリ	
無尾	ヒキガエル	ニホンヒキガエル		
		アマガエル		
		ウシガエル		
		タゴガエル		
		ツチガエル		
		トノサマガエル		
		ニホンアカガエル		
		ヤマアカガエル		
ヌマガエル				
アオガエル	シュレーゲルアオガエル			
	カジカガエル			

表16-2 捕獲個体の計測値.

種	性別	後足長 (mm)	体重 (g)	処理	個体番号
ヒメネズミ	♀	21.2	18.4	標本化	H20-119
	♀	20.2	15.2	放逐	
アカネズミ	♀	22.9	36.0	標本化	H20-120
	♀	23.6	38.9	放逐	
	♂	22.9	24.6	標本化	H20-121

れも雌であった。土佐山梶谷地域で捕獲された個体は標本化した（標本化 H20-119）。春野仁野地域で捕獲した個体は、計測後、直ちに放逐した。

アカネズミは鏡横矢地域のみ捕獲され、雄1頭雌2頭であった。雄個体と雌個体1頭を標本化し（雌：H20-120、雄H20-121）、他雌1頭は計測後、直ちに放逐した。

(3) 自動撮影装置による中大型哺乳類確認調査

撮影された野生哺乳類で種の識別ができたのは、タヌキ（図16-4）、イノシシ（図16-5）およびニホンノウサギ（図16-6）の3種であった。いずれの調査地点においても、種の識別ができなかったアカネズミ属 sp.（図16-7、アカネズミもしくはヒメネズミ）が撮影された。



図16-4 タヌキ.



図16-5 イノシシ.



図16-6 ニホンノウサギ.



図16-7 アカネズミ属 sp..

(4) 爬虫綱

生息情報が得られた種は、カメ目ウミガメ科アカウミガメ *Caretta caretta*, カミツキガメ科カミツキガメ *Chelydra serpentina*, ワニガメ *Macrochelys temminckii*, イシガメ科ニホンイシガメ *Mauremys japonica*, クサガメ *Chinemys reevesii*, ヌマガメ科アカミミガメ *Trachemys scripta*, スッポン科ニホンスッポン *Pelodiscus sinensis*, 有鱗目ヤモリ科ニホンヤモリ *Gekko japonicus*, イグアナ科グリーンイグアナ *Iguana iguana*, トカゲ科ニホントカゲ *Plestiodon japonicus*, カナヘビ科ニホンカナヘビ *Takydromus tachydromoides*, ナミヘビ科アオダイショウ *Elaphe climacophora*, シマヘビ *Elaphe quadrivirgata*, ヤマカガシ *Rhabdophis tigrinus*, クサリヘビ科ニホンマムシ *Gloydus blomhoffii* の, 2目11科15種であった。

(5) 両生綱

生息情報が得られた種は、有尾目サンショウウオ科オオダイガハラサンショウウオ *Hynobius boulengeri*, イモリ科アカハライモリ *Cynops pyrrhogaster*, 無尾目ヒキガエル科ニホンヒキガエル *Bufo japonicus*, アマガエル科ニホンアマガエル *Hyla japonica*, アカガエル科ウシガエル *Rana catesbeiana*, タゴガエル *Rana tagoi tagoi*, ツチガエル *Rana rugosa*, トノサマガエル *Rana nigromaculata*, ニホンアマガエル *Rana japonica*, ヤマアマガエル *Rana ornativentris*, ヌマガエル *Fejervarya limnocharis*, アオガエル科シュレーゲルアオガエル *Rhacophorus schlegelii*, カジカガエル *Buergeria buergeri* の, 2目6科13種であった。

第3節 総評

今回の調査で、四国内において広範に生息が確認されているほとんどの種が、高知市地域においても生息していることが確認された。哺乳綱、爬虫綱および両生綱は地域生態系において中上位消費者として位置づけられることから、これらの種が数多く生

息していることは高知市地域に多様な環境が存在することを示している。

一方で、人間との間に様々な軋轢が生じていることもわかった。例を挙げると、ニホンジカ、イノシシ、ニホンザルおよびハクビシンによる農林業被害、野生動物の交通事故であるロードキル、アライグマやワニガメなど外国産の種が野生化することによる在来生態系に対する影響などである。これらは問題ごとに対策が異なるが、その対策を検討するためには今回のような生息状況を把握する基礎的な調査を継続的に行うことが必要である。得られた情報を基に、適材適所の対応策を検討し、順次実施していくことが重要である。

高知県には自然史科学全般を対象とし、記録（文献、映像、標本）を蓄積する体制や施設が十分とはいえない。近年、人の生活形態の変化や研究者の高齢化に伴って本県で蓄積された貴重な記録が散逸、流出、消滅する事態が起り始めている。今回の調査によって得られた記録も含めて、早急に自然史科学の記録を蓄積する体制と施設を整備することが強く望まれる。

参考文献

- 阿部 永・石井信夫・伊藤徹魯・金子之史・前田喜四雄・三浦慎悟・米田政明. 2005. 日本の哺乳類 [改訂版]. 東海大学出版会. 神奈川. 195pp.
- 高知県文化環境部自然共生課. 2007. 平成18年度外来種生息分布調査（陸上脊椎動物）委託業務報告書. 高知, 78pp.
- 高知県企画振興部鳥獣対策室. 2004. 平成15年度鳥獣生息状況調査 浦戸湾鳥獣保護区. 高知, 28pp.
- 高知県企画振興部鳥獣対策室. 2006. 平成17年度鳥獣生息状況調査 高ノ森鳥獣保護区. 高知, 22pp.
- 高知県企画振興部鳥獣対策室. 2007. 平成18年度鳥獣生息状況調査 鏡ダム鳥獣保護区. 高知, 22pp.
- 高知県企画振興部鳥獣対策室. 2007. 平成18年度鳥獣生息状況調査 大津鳥獣保護区. 高知, 22pp.
- 高知県森林政策課. 2002. 平成13年度鳥獣生息状況調査 筆山鳥獣保護区. 高知, 21pp.
- 高知県森林政策課. 2003. 平成14年度鳥獣生息状況調査 工石山鳥獣保護区. 高知, 24pp.
- 中西安男・渡部 孝・清家晴男・門田智恵美・吉澤未来・山崎博継・吉川貴臣・大地博史・三宅由起・野田こ

- ずえ. 2002. 高知県でのヤマネ *Glirulus japonicus* の生息調査. 香川生物, (29):33-38.
- 山崎三郎. 2004. 高知県中央部における翼手類の越冬生態. 四国自然史科学研究, (1):51-58.
- 谷地森秀二・山崎三郎. 2006. 高知県における洞窟性コウモリ目の越冬状況. 四国自然史科学研究, (3):62-70.
- 財団法人自然環境研究センター. 2005. 平成16年度高知県特定鳥獣(ニホンジカ)保護管理計画策定調査報告書. 東京, 78pp.

トピックス

タヌキ

タヌキは「狸(けものへんにさと)」と書きます。里山に多く生息しますが、標高2,000m以上の高標高地域や、市街地や住宅地でも生活できる動物です。雑食性で、季節や住んでいる環境で手に入りやすい物を食べます。人家周辺に住む個体は残飯などの人の食べ物も積極的に利用します。そのような個体は栄養状態がよくなり、一腹産子数も増加します。食べ物には困らない生活をする一方で、交通事故に遭ったり、ペットから伝染病をうつされ死亡したりする個体も少なくありません。愛媛県、香川県、徳島県ではタヌキを神様として祭っている神社が多く、大切にしています。ところが、高知県にはタヌキの神様はいなくて、土佐人はタヌキの脂をとって、薬として利用している地域があります。

第17章

鏡川淡水域の魚類相

はじめに

鏡川は延長31kmの二級河川で、2005年に土佐山村と鏡村が高知市へ合併されたことにより、その源流域から河口部までがすべて高知市に含まれることとなった。鏡川の源流域は、高知市北東部の細藪山(標高530.7m)付近にあり、そこから反時計回りに弧を描いて浦戸湾に注ぐ(図17-1)。鏡川は多くの支流を含み、高知県内では比較的急峻な河川である。河川形態の区分では、上流部は梶谷より上流、上流と中流の移行域は梶谷から鏡ダム上流端まで、中流域は鏡ダム下から宗安寺まで、下流域は宗安寺から新月橋まで、新月橋から河口までが汽水域となる。鏡ダムには吉野川支流の瀬戸川や地蔵地川の分水が流入し、その下流の水量はダムの貯水や放水の影響を直接受ける。また、鏡川の上流と中流域にかけて多くの集落が点在し、下流部は高知市中心部を流れるため、人為的な汚水の影響も受けやすい。さらに、大小の堰堤や農業用の水路の設置、とくに下流域は護岸工事も多数行われており自然度は著しく低いといえる。そしてアユやアマゴなどの放流事業も毎年行われて、それらに起因した移入種も多く確認されてきた(今井ほか, 2002)。

鏡川が注ぐ浦戸湾は、1951年から1972年まで旭町のパルプ製紙工場から江ノ口川を通して流出した大量の廃液により極度に汚染された歴史をもつ(長野ほか, 2006)。この汚水の流入以後に、生活史のなかで汽水域を利用する両側回遊性のカジカ科魚類である小卵回遊型のカジカとカマキリ(アユカケ)は、鏡川では絶滅した(岡村ほか, 1976)。その後、カジカは高知県内では完全に絶滅したと考えられているが、

カマキリの稚魚は浦戸湾内や鏡川で再び確認された(高知県RDB, 2002)。また、パルプ工場の廃止後36年が経過し、最近の水生動物の記録からも浦戸湾の汽水環境は明らかに改善されてきたことがわかる(三宅ほか, 2006; 長野ほか, 2006)。

第1節 魚類相調査との比較

淡水域に生息する魚類は生活型により、純淡水魚、回遊魚、汽水・海水魚に大別され、さらに純淡水魚は在来種と移入種を含む。四国山地の南側、南四国の中央部に位置する高知県の純淡水魚類相は、日本の他地域と比較すると、在来種が17種と少ない[例えば、琵琶湖の在来種は54種(西野・浜端, 2002)]。これは日本の純淡水魚類相が大陸を起源とした祖先種の分散と分断により形成された結果であり、南四国では四国山地がその障壁であったと考えられる(渡辺ほか, 2006)。そのため、固有種を基に日本の各地域間を比較したところ、南四国の淡水魚類相の固有性はかなり低いことが示された(Watanabe, 1998)。高知県の淡水魚類は蒲原(1961)により初めてまとめられ、その後の研究史は高知県レッドデータブックで概説されている(高知県RDB, 2002: 15)。

鏡川の魚類相に関する調査は、1975年度および1989年度から1990年度に行われた(岡村ほか, 1976, 1990, 1992)。また、高知県レッドデータブックに関係した調査は、1994年から1998年までの5年間行われたが(高知県RDB, 2002)、鏡川の魚類相全体の調査結果は公表されていない。2002年までに鏡川で記録された魚類は87種に達し、そのうち移入種は18種である(岡村, 2002c)。さらに、最近もアユの生息

状況に関する調査が実施されている（西日本科学技術研究所，2008）。

2008年3月から2009年1月まで、鏡川淡水域の計40地点において魚類相調査を実施した（図17-1）。本調査で確認された魚種は、合計7目13科30種であった（表17-1, 17-2）。この種数は岡村ほか(1976)で確認された8目15科43種と、岡村ほか(1992)の8目16科40種と比べ、それぞれ13種と10種の減少である（表17-1）。また、大半の種の出現範囲が過去の調査よりも狭い（表17-2, 17-3）。種数と出現範囲が狭い要因として、生息個体数が少ない種、発見が難しい生活様式（夜行性や砂礫底に潜入など）をもつ種の採集が不十分であること、採集期間が短いこと（岡村，1976では延べ5年間；岡村，1990，1992では2年間）、個体数の年変動もあるため、生息状況の悪化に直接結びつけることはできない。したがって、ここでは

詳細な過去の調査結果との比較は行わない。しかし、環境変化の指標のひとつとして、魚類各種の生息状況を把握するために今後も定期的な調査が望まれる。

第2節 希少種について

本調査では3目4科5種の希少種を確認した。これら5種のうち、アカザとメダカは絶滅危惧IB類に、カワアナゴ、ボウズハゼ、そしてスミウキゴリは準絶滅危惧にそれぞれ指定されている（高知県RDB，2002）。また、スミウキゴリは鏡川で初めて確認され、生息域が拡大した種はカワアナゴのみであった。他種はすべて生息範囲が減少していた。

本研究で確認された希少種と、岡村ほか(1976)の6目8科12種および岡村ほか(1992)の6目8科11種

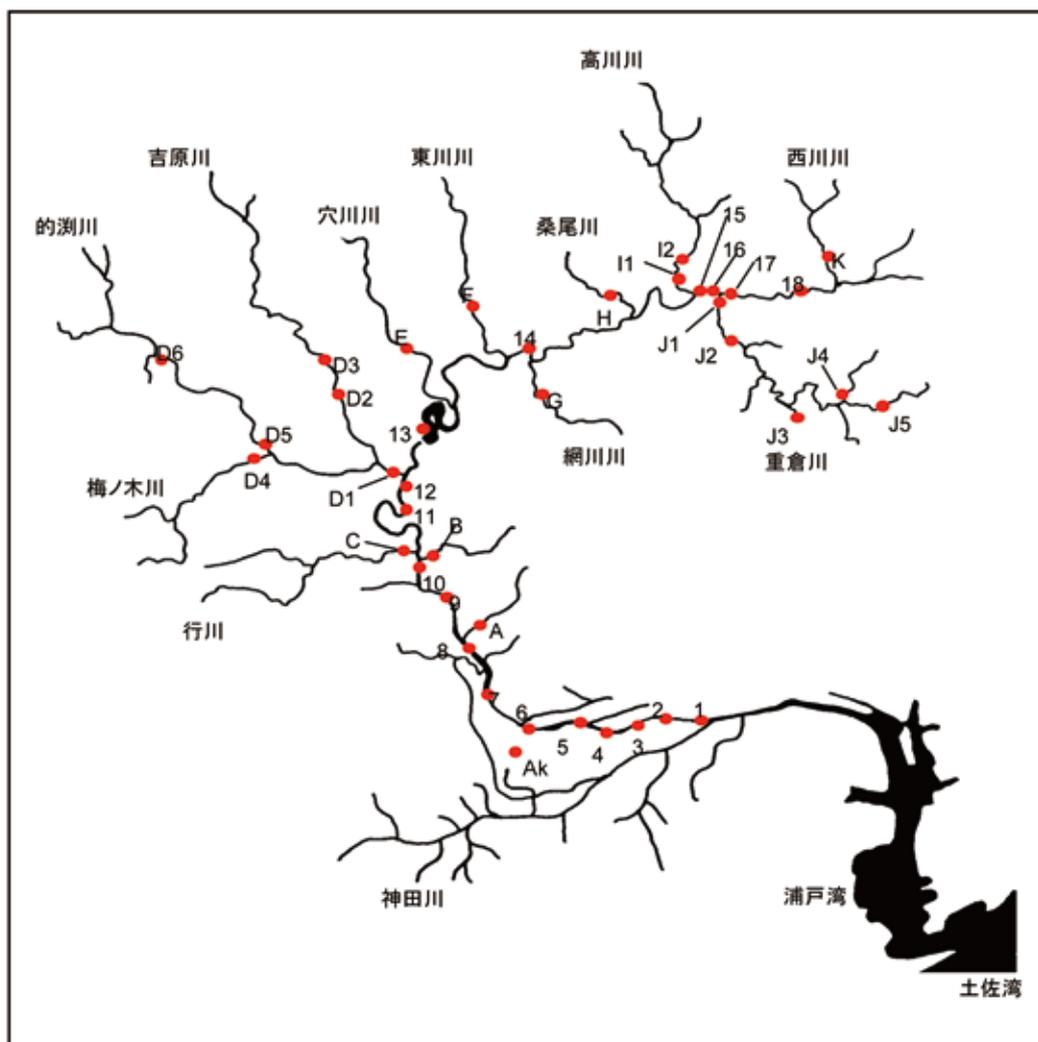


図17-1 鏡川淡水域の調査地点。

表17-1 鏡川淡水域における出現魚種の比較(標本調査は高知大学理学部所蔵の魚類標本に基づく).

科	標準和名	岡村ほか(1976)	標本調査		2008年度		
			岡村ほか(1992)	標本調査			
			調査期間	調査地点			
		1969,1971-1972, 1974-75年	1986年	1989.4-1991.1	1992-2007	2008.3-2009.1	
		高知県RDB(2002)	調査地点12	調査地点12	調査地点40		
ウナギ科	ウナギ	DD	●	●		●目視	
コイ科	コイ		●	●		●リリース	
	ゲンゴロウブナ	移入	●漁協情報	●		●目視	
	ギンブナ		●	●	●	●	
	オオキンブナ	DD	●	●			
	ヤリタナゴ	EN,NT	●	●			
	アブラボテ	移入	●				
	タイリクバラタナゴ	移入	●漁協情報				
	ハス	移入	●				
	オイカワ	移入	●	●	●	●	
	カワムツ		●	●	●	●	
	タカハヤ		●モツゴタカハヤ混同	●	●	●	
	ウグイ		●	●		●	
	モツゴ	VU		●			
	ヒガイ亜科の一種	移入				●目視	
	ゼゼラ	移入	●				
	カマツカ	移入	●	●	●	●	
	ニゴイ	移入		●		●	
	スゴモロコ	移入		●	●		
	コウライモロコ	移入		●	●		
ドジョウ科	ドジョウ	VU	●水路のみ	●	●		
	シマドジョウ	VU	●		●		
ナマズ科	ナマズ		●	●	●	●	
	ナマズ属の一種	移入		●			
アカザ科	アカザ	EN,VU	●	●	●	●	
アユ科	アユ		●	●	●	●	
サケ科	ニジマス	移入		●			
	アマゴ(さつきます)		●	●			
	アマゴ(あめご)		●	●	●	●	
ボラ科	ボラ		●	●		●	
	セスジボラ		●	●			
	メナダ	DD	●	●			
メダカ科	メダカ	EN,VU	●水路のみ	●	●	●水路	
カジカ科	カマキリ(アユカケ)	VU,VU	●1960年以前	●	●		
	カジカ(小卵回遊型)	EX,EN	●1960年以前				
スズキ科	スズキ					●	
サンフィッシュ科	ブルーギル	移入			●	●目視	
	オオクチバス	移入		●	●	●	
ユゴイ科	ユゴイ		●	●			
ドンコ科	ドンコ		●	●	●	●	
カワアナゴ科	カワアナゴ	NT	●	●	●	●	
	ボウズハゼ	NT	●	●	●	●	
ハゼ科	シロウオ	EN,NT	●	●			
	ウキゴリ		●				
	スミウキゴリ	NT				●	
	ピリンゴ		●				
	ウロハゼ		●	●	●	●	
	マハゼ		●	●	●	●	
	ゴクラクハゼ		●	●		●	
	シマヨシノボリ		●混同	●	●	●	
	オオヨシノボリ		●混同	●	●	●	
	カワヨシノボリ		●混同	●	●	●	
	ヌマチチブ		●	●	●	●	
	タイワンドジョウ科	タイワンドジョウ	移入	●漁協情報			
		カムルチー	移入	●	●		
	種数	56種	43種	40種	27種	30種(目視4種)	
	高知RDB(2002)	14種	12種	11種	7種	5種	
移入種	17種	9種	3種	8種	7種		

レッドデータブックカテゴリー：EX絶滅；EN絶滅危惧IB類；VU絶滅危惧II類；NT準絶滅危惧；DD情報不足。移入は移入種を示す。黒字の略号は環境省の指定。

表17-3 鏡川淡水域の魚類相調査の比較[太線は本研究, 細線は岡村ほか(1992), 破線は岡村(1976)].

科	種	学名	新月橋	鏡川堰	宗安寺	大河内	川口	吉原川	天神発電所	弘瀬	平石	高川川	梶谷橋	重倉(下)	重倉(上)
ウナギ科	ウナギ	<i>Anguilla japonica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ゲンゴロウブナ	<i>Carassius cuvieri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorffii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	オオキンブナ	<i>Carassius auratus buergeri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ヤリタナゴ	<i>Tanakia lanceolata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	アブラボテ	<i>Tanakia limbata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	タイリクバラタナゴ	<i>Rodeus ocellatus ocellatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ハス	<i>Opsariichthys uncirostris uncirostris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
コイ科	カワムツ	<i>Nipponocypris temminckii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	タカハヤ	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ヒガイ亜科の1種	<i>Sarcocheilichthyinae sp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ゼゼラ	<i>Biwia zezera</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ニゴイ	<i>Hemibarbus barbuis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	コウライモロコ	<i>Squalidus chankaensis subsp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ドジョウ科	ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	シマドジョウ	<i>Cobitis sp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ナマズ科	ナマズ	<i>Silurus asotus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アカザ科	アカザ	<i>Liobagrus reini</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アユ科	アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ニジマス	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
サケ科	アマゴ(さつきます)	<i>Oncorhynchus masou ishikawae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	アマゴ(あめご)	<i>Oncorhynchus masou ishikawae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ボラ科	ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	セスジボラ	<i>Chelon affinis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
メダカ科	メナダ	<i>Chelon haematocheilus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	メダカ	<i>Oryzias latipes</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
カジカ科	カマキリ(アユカケ)	<i>Cottus kazika</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	カジカ(小卵回遊型)	<i>Cottus reinii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
スズキ科	スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
サンフィッシュ科	オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ユゴイ科	ユゴイ	<i>Kuhlia marginata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ドンコ科	ドンコ	<i>Odontobutis obscura</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
カワアナゴ科	カワアナゴ	<i>Eleotris oxycephala</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ボウズハゼ	<i>Sicyopterus japonicus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	シロウオ	<i>Leucopsarion petersii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ウキゴリ?	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	スミウキゴリ	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ハゼ科	ウロハゼ	<i>Glossogobius olivaceus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ゴクラクハゼ	<i>Rhinogobius giurinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	シマヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp. CB</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	オオヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp. LD</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	カワヨシノボリ	<i>Rhinogobius flumineus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
タイワンドジョウ科	タイワンドジョウ	<i>Channa maculata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	カムルチー	<i>Channa argus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

赤:希少種 青:移入種

(1:1987年に確認)

とを比較すると、それぞれ7種と6種の減少となった。岡村ほか(1992)の希少種は、オオキンブナ(情報不足, フナ属の一種), ヤリタナゴ(高知県では絶滅危惧IB類), モツゴ(絶滅危惧II類, ヒガイ亜科の一種), ドジョウ(絶滅危惧II類), メナダ(情報不足, ボラの備考参照), カマキリ(アユカケ)(絶滅危惧II類)およびシロウオ(絶滅危惧IB類)である。

(1) アカザ(アカザ科) 図17-2

アカザは2003年の環境省レッドデータブックで絶滅危惧II類に指定された。本種は1属1種の日本の固有種で、宮城、秋田県以南の本州、四国、九州に分布し、河川の中流から上流に生息する(森・名越, 2001)。高知県では、淡水域最下流端付近でも見られる(岡村, 2002a)。本調査では支流の吉原川(St. D1, D3)と穴川川(St. E), そして東川川(St. F)において、礫や岩陰に潜む多数の個体を目視観察した。本種は夜行性であり、日中は礫底や岩の間隙に潜行するため採集が困難である(森・名越, 2001)。岡村ほか(1992)の調査では鏡川の全域で確認されたが、本調査からは生息範囲が大幅に減少している可能性もある。しかし、本種の習性を考慮して、夜間の調査により生息状況を確認する必要がある。



図17-2 アカザ(BSKU 95481, 標準体長42.9mm)
写真撮影：清沢遼太郎。

(2) メダカ(メダカ科) 図17-3

メダカは2003年の環境省のレッドデータブックで絶滅危惧II類に指定され、その後、2007年のレッドリストの改訂により北日本集団と南日本集団に分けられた(環境省, 2007)。本種は北海道から沖縄まで広く分布するが、都市化や水田の乾田化、小川や水路の整備による生息環境の悪化や消失により全国的に著しく減少している。また、地域個体群の遺伝的な多様性を考慮しない放流が各地で行われている。

岡村ほか(1976, 1992)では、メダカは鏡川下流から鏡ダム上流の平石地区までの周辺水路で採集され

た。また、重倉川最上流部の久礼野地区や高知大学朝倉キャンパス周辺の用水路で採集されている(本標本)。久礼野地区は鏡川の最上流部に位置するが、平坦な土地で、住居や田畑が多数ある。メダカはこの田畑および灌漑用水路に生息する。本調査では11月に採集を行ったため、灌漑用水路に導水されていなかった。今後、久礼野地区では灌漑用水路への導水時、下流からダム上流の平石地区までの鏡川周辺の水路で調査する必要がある。



図17-3 メダカ(BSKU 97076, 標準体長29.1mm)
写真撮影：清沢遼太郎。

(3) カワアナゴ(カワアナゴ科)

カワアナゴは千葉県と鳥取以南の南日本沿岸、屋久島、瀬戸内海沿岸、東シナ海沿岸に分布し、河川の汽水域直上の淡水域に生息する(鈴木ほか, 2004)。夜行性で、昼間は物陰に潜む。本調査では6月に江の口鴨田堰内(St.7)で、目視観察された。また、最下流の月の瀬橋と新月橋(St.1,2)では、夜間には多数の個体が、昼間にはテトラポッドや岩の間隙で複数個体が確認された。なお、本種は環境省のレッドデータブックには掲載されていない(環境省, 2007)。

(4) ボウズハゼ(ハゼ科) 図17-4

ボウズハゼは関東以西の本州、四国そして九州の太平洋側から琉球列島に分布し、河川の中流から上流域に生息する。本種は付着藻類食であるため、アユと競合する。河川の中流から上流部に生息し、岩面匍行により高い堰を越えて上流域まで遡上できる。河川で産卵し、孵化した仔魚は海に流下し、翌春体長30mmほどで河口域に集まり、集団で溯上する(福井, 2001)。また、鈴木ほか(2004)では、河川の渓流域に生息するとある。しかし、本調査では、5月に2.7mm SLほどの溯上個体2個と97mm SLの成魚を下流域のSt.3で採集した。また、著者のひとりの清沢が2008年の10-12月に高知県全域の30河川の下流

から河口域の堰堤周辺のアユカケの生息状況調査を行った際に(大谷, 未発表), ほぼ全ての河川でボウズハゼの若魚ないし成魚が複数個体確認された。これは福井(2001)が示す遡上時期や生息範囲と一致せず, 鈴木ほか(2004)が記述した生息範囲とも一致しない。このことから, 高知県のボウズハゼは, 下流域にも多く生息すると思われる。なお, 本種は環境省のレッドデータブックには掲載されていない(環境省, 2007)。



図17-4 ボウズハゼ (BSKU 94792, 標準体長97.0mm)
写真撮影：清沢遼太郎。

(5) スミウキゴリ (ハゼ科)

スミウキゴリは北海道日高地方, 本州, 四国, 九州, 屋久島, 壱岐, 対馬, そして朝鮮半島に分布し, おもに河川の汽水域から下流域に生息する(鈴木ほか, 2004)。鏡川のスミウキゴリは, 岡村ほか(1976)がウキゴリと同定した種と同一である可能性が高い(高橋弘明氏, 私信)。しかし, 少数であるが県内でウキゴリが採集された記録があるため(仁淀川で1995年に採集されたBSKU 82649と82650など), 岡村ほか(1976)の標本を再同定する必要があったが, 保存されておらず確認できなかった。なお, 本種は環境省のレッドデータブックには掲載されていない(環境省, 2007)。

(6) オオキンブナ (コイ科)

オオキンブナは本州では静岡以南の太平洋・瀬戸内海側, 四国, 九州に分布する。鏡川では, 本種は天神発電所から下流域まで生息するとされた(岡村ほか, 1976, 1992)。しかし, 本調査では確認されなかった。鏡川産のオオキンブナと同定された唯一の標本(BSKU 43524)を再調査した結果, 体長が頭長の2.49倍(SL/HL=2.49), 鰓耙数36, 背鰭分枝軟条数14となり, キンブナとオオキンブナの両形質をもつことが判明したため, フナ属の一種とした。鏡川のオオキンブナについては, 今後調査が必要である。

(7) ヤリタナゴ (コイ科タナゴ亜科)

ヤリタナゴは日本では本州, 四国および南部を除く九州に分布し, 河川の中流域から下流域やそれ周辺水路に生息する(高橋, 2002)。岡村ほか(1976, 1992)では鏡ダムより下流域の広範囲で生息が確認されていたが, 近年鏡川水系ではすでに絶滅したと考えられている(高橋, 2002)。ヤリタナゴは, 本調査でも鏡川から確認されなかった。

(8) モツゴ (コイ科ヒガイ亜科)

モツゴは平地の河川の中流から下流域とその周辺の水路, 池や沼などに生息し, 日本では関東以西の本州, 四国, 九州に, 国外では朝鮮半島, 中国, 台湾に分布する(高橋, 2002)。高知県内の河川のうち, 鏡川, 国分川, 久万川および物部川では絶滅した可能性が高く, 仁淀川水系で比較的多く見られる(高橋, 2002)。モツゴは本調査でも確認されなかったが, 2008年10月にヒガイ亜科の一種と考えられる合計6個体を江ノ口鴨田堰内(St. 7)で目視観察した。それぞれペアでテトラポッドやコンクリート壁の表面をついばむように遊泳していた。目測による全長は60mmほどで, 体側に黒色縦線がみられ, 背鰭に黒色斑をもつ個体も確認した。しかしながら, これらの特徴から種を同定することは困難であり, 本調査ではヒガイ亜科の一種とした。これらがモツゴか, ビワヒガイの小型個体であるかについては標本を採集して確認する必要がある。

(9) ドジョウ (ドジョウ科)

ドジョウは移入の疑いがある北海道と琉球列島を除くと日本全国に分布する。また, 国外では朝鮮半島, 中国および台湾に分布する。高知県内にも広く分布するが, 高知市内をはじめ郡部でも生息状況は悪化している(高橋, 2002)。岡村ほか(1976, 1992)では, ドジョウは下流部周辺の水路で採集されていた。また, 本種は2001年に重倉川最上流部の久礼野地区で採集された(BSKU標本)。久礼野地区は鏡川の最上流部に位置するが, 平坦な土地で住居や田畑が多数ある。ドジョウはこの田畑と灌漑用水路で採集された。しかし, 本調査では11月に調査を行ったため, 灌漑用水路に導水されていなかった。今後,

久礼野地区では灌漑用水路への導水時、鏡川下流部周辺の水路で調査する必要がある。

(10) シマドジョウ (ドジョウ科)

シマドジョウは日本固有種で、山口県西部を除く本州と四国に広く分布する(君塚, 2001)。高知県には、シマドジョウの2倍体性種と4倍体性種が生息し、絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。(高橋, 2002)。しかし、両種は非常によく類似するため、形態による同定は困難である(高橋, 2002)。鏡川に生息するシマドジョウは、2倍体性種と考えられているが、その実態は判明していない。シマドジョウは岡村ほか(1976)以降に鏡川から報告されていなかったが、2002年に鏡地区(St. 11)で再発見された。しかし、本調査では確認されていない。今後St. 11周辺での集中的な調査が必要である。

(11) カマキリ (アユカケ) (カジカ科)

カマキリは2007年の環境省のレッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に指定された(環境省, 2007)。カマキリは日本固有種で、河川の中流から下流域にかけて生息し、汽水域で産卵し、仔稚魚が成育する(岡村, 2002a)。また、本種は神奈川県相模川および秋田県雄物川以南の本州、四国、九州に広く分布する(岡村, 2002a)。鏡川のカマキリは浦戸湾の水質悪化のため、1960年以降絶滅した(岡村ほか, 1976; 岡村, 2002b)。しかし、その後浦戸湾の水質が改善され、岡村ほか(1992)は河口域で1個体を再確認した。BSKU 62851の標本は、2002年に鏡川の川口地区(St.12付近)で採集されたが、所在不明により確認できなかった。聞き込み調査によると、鏡ダム下流の川口橋周辺(St.12)では稚魚が採集されている。最近、浦戸湾内で稚魚が複数確認されたが(未発表)、成魚は見つかっていない。現在の鏡川下流域に少数生息する可能性があり、今後も調査が必要である。

(12) シロウオ (ハゼ科)

シロウオは函館湾以南から鹿児島志布志湾までの日本と朝鮮半島南部に生息し、2003年の環境省レッドデータブックで準絶滅危惧に指定された。その後、環境省のレッドリストの改訂により絶滅危惧Ⅱ類へ

移された(環境省, 2007)。シロウオは寿命が1年で、内湾の浅所の中層域で成長し、春季に河川下流域に侵入して産卵し、その後2週間ほどで斃死する(道津, 2001)。そのため、この短い産卵期間に採集を行う必要がある。本調査では下流域の調査と産卵期間が合わず確認できなかったものと思われる。

第3節 移入種について

蒲原(1961)は高知県内の淡水魚に関する情報をまとめ、純淡水魚として31種を挙げた。このうち、オイカワとカマツカはアユの養殖により移入したと述べた。そして、県外からの移植魚として次の7種を挙げた：ニジマス、ワカサギ、ソウギョ、ドイツゴイ、タツミノウ(カダヤシ)、タイワンキンギョおよびカムルチー。高知県RDB(2002)では、高知県の河川で記録された移入種は32種とされた。また、岡村(2002c)はこれまでの記録から鏡川の純淡水魚移入種11種を挙げている：ニゴイ、ゲンゴロウブナ、オイカワ、ハス、スゴモロコ、アブラボテ、タイリクバラタナゴ、カマツカ、カムルチー、オオクチバスおよびブルーギル(さらに、ビワヒガイの写真的みを掲載した)。

本調査では鏡川から2目2科7種の移入種を確認した：ゲンゴロウブナ、オイカワ、ヒガイ亜科の一種、カマツカ、ニゴイ、オオクチバスおよびブルーギル。いっぽう、岡村ほか(1976)は2目2科9種を、岡村ほか(1992)は4目4科8種をそれぞれ確認した。これらと比べると、本調査での種数はそれぞれ2種と1種の減少となった(表17-1)。このうち、岡村ほか(1976, 1992)により確認され、その後定着している魚種は、ゲンゴロウブナ、オイカワおよびカマツカである。また、オオクチバスやブルーギルも確実に定着している。さらに、ヒガイ亜科の一種が確認されたが、標本に基づく同定が必要である。

(1) ゲンゴロウブナ (コイ科)

ゲンゴロウブナは琵琶湖原産の移入種であるが、環境省のレッドリストでは絶滅危惧IB類に指定された(環境省, 2007)。本調査では江の口鴨田堰内

(St.7)で水中での目視により観察された。岡村ほか(1976)によると、ゲンゴロウブナは1969年頃に鏡ダムへ放流された。本調査では鏡ダム内とその直下(St.12, 13)で、体高が高くゲンゴロウブナと思われるフナ属を陸上から目視観察したが、確信が得られず結果には含めていない。

(2) オイカワ (コイ科) 図17-5

オイカワは鏡川の移入種の中で最も広範囲に分布する。岡村ほか(1976)によると、本種が鏡川で繁殖しはじめた時期は昭和15年(1940年)頃であり、仁淀川から移植された稚アユへの混入や、すでに繁殖していた国分川から、洪水期に浦戸湾奥部を経由して移入したとある。これは、鏡川漁協によるアユの放流が1950年からであること、以前は浦戸湾の弘化台が埋め立てられておらず、鏡川と国分川の河口が隣接していたことから推測できる。水野(1980)と水野・御瀬(1993)によると、河川改修による河床の平坦化および平瀬化、各種堰堤の設置がオイカワの生息や繁殖に有利に働くことあり、岡村ほか(1976, 1992)でも指摘されている。このことから、河川改修が多く施された鏡川の環境は、オイカワの定着と生息範囲の拡大に適していたと思われる。岡村ほか(1976)はオイカワを鏡川で最も優占する種としたが、その後岡村ほか(1992)は河床の劣悪化により全域で密度が激減し、とくにダム上流域で著しいと報告した。本調査でも、平石(St.15)と梶谷橋(St.16)において生息を確認できず、ダム上流域で生息範囲が減少したと推測する(表17-2)。この原因として考えられることは、オイカワが稚魚期に集団流下するという生態的特性と、鏡ダムへのオオクチバスの移入が挙



図17-5 オイカワ (BSKU 95244, 写真撮影115.7mm)
写真撮影：清沢遼太郎。

げられる。オイカワは、山間部の瀬でも産卵することができる。ダム湖は、ダムより上流で産卵、孵化し、流下する稚魚の育成場となる(水野, 1980)。これは、鏡川上流域と鏡ダムにも当てはまる。オオクチバスの鏡川への移入は、高橋ほか(1987)により初めて確認された。また岡村ほか(1992)では、ダムより上流で確認されている。また、オオクチバスは捕食しやすい餌生物を選択する性質がある(大谷・菊川, 1980)。稚魚期(全長15mm前後)のオイカワは、手網で容易に採集することができるほど遊泳力が弱い。このことから、稚魚期に鏡ダムへ流下したオイカワが、オオクチバスの選択的な捕食を受け、ダムから溯上する個体が減少し、ダム上流域の生息範囲も減少したと思われる。

(3) カマツカ (コイ科) 図17-6

カマツカは1960年頃に高知県水産科により物部川と仁淀川に移入された。鏡川へは前記のオイカワと同様の経路でアユ種苗とともに移入し、1970年頃から生息が確認された(岡村, 1976)。岡村ほか(1992)はダム上流への移入を確認したが、本調査ではダム下流の確認のみであった。



図17-6 カマツカ (BSKU 96744, 標準体長123.0mm)
写真撮影：清沢遼太郎。

(4) ニゴイ (コイ科) 図17-7

ニゴイは高橋ほか(1987)で初めて確認された移入種で、その移入経路は不明である。大きな河川の中・下流域に多い。また、汚濁や富栄養化に強く、河川環境が悪化すると本種が目立つようになる(細谷, 2001)。本調査では江ノ口鴨田堰(St.7)でのみ確認され、岡村ほか(1992)より生息範囲は減少している。標準採集時、水中に並ぶテトラポッド周辺で、同程度の体長サイズのウグイと共に20個体ほどが群泳しており、それらを水中撮影した(図17-7)。ニゴ

イの若魚には背鰭と尾鰭に暗色斑が存在する(中村, 1969). しかし, ニゴイとコウライニゴイの交雑種では, この暗色斑がより顕著に現れる(高橋弘明氏, 私信). 標本個体はこの暗色斑がほぼ見られず, いっぽう水中撮影した個体には暗色斑が顕著に見られた. このことから鏡川に生息するニゴイには, コウライニゴイとの雑種も含まれる可能性が高い.



図17-7 ニゴイ(上, BSKU 96230, 標準体長65.6mm)とニゴイとコウライニゴイとの雑種と考えられる個体(下) 写真撮影: 清沢遼太郎.

(5) オオクチバス (サンフィッシュ科) 図17-8

オオクチバスは本調査では春から秋に鏡ダム(St. 13), 夏季に鏡川堰上流側(St. 6)で目視観察された. オオクチバスは高橋ほか(1987)により初めて確認され, その後定着している. 本種は産卵床をつくり, 親魚による卵仔稚魚の保護が行われるため, 生存率が高い. オオクチバスが定着した水域の多くで, 在来種が減少している(松沢ほか, 2008). 本調査では初めて鏡ダムより上流の平石(St.16)で標本を採集した. ダムに生息するオオクチバスの稚魚は, 産まれたまれの年の秋には体長80mmほどに成長し, 河川



図17-8 オオクチバス (BSKU 96222, 標準体長118.7mm) 写真撮影: 清沢遼太郎.

を溯上する(大谷・菊川, 1980). 平石の個体(118.7 mm SL)は鏡ダムで成長し, 溯上したものであろう. しかし, 本標本のみ確認であり, ダム上流域への定着の可能性は低いと考える.

(6) ブルーギル (サンフィッシュ科) 図17-9

ブルーギルは北アメリカ原産の移入種で, 1960年に日本に初めて持ち込まれた. 雑食性で小魚や甲殻類, 水生昆虫, 水生植物などを食べ, 水域中に最も多く存在する餌料を優先的に利用する. 直接の捕食や餌の競合などで在来生物へ影響を及ぼす. 礫底域に産卵床を作り, コロニーを形成する. 最短1年で成熟する早い成長, 親魚による卵仔稚魚の保護による高い生存率, 幅広い食性, 捕食者に対する形態学的な適応(高い体高と棘条の発達)などにより, 止水域で爆発的に増加する. これらのことから, 移入した水域に生息するあらゆる生物に影響をあたえる(松沢ほか, 2008). 本調査では江ノ口鴨田堰(St. 7), 鏡ダム直下(St.12)と鏡ダム内(St.13)でブルーギルが確認された. 夏季に江の口鴨田堰(St. 7)と鏡ダム内(St.13)で陸上から目視確認され, 2007年5月には釣りにより3標本が採集された. 岡村(2002b)は2001年に鏡川で本種が確認されたと記述し, 岡村(2002c)は本種が新月橋から廊中堰(St.2-5)まで生息することを図示した. 本調査では鏡ダム内に多数の個体が生息することを陸上から確認した. 本種の鏡川への移入は, おそらく岡村ほか(1992)の調査以降から2001年前までの間と推測される. その後, 中流部や上流部に移入されたか, あるいは生息域を広げたことは, 本研究の記録からも明らかである. 今後, さらに生息範囲を広げ, 急激に個体数が増加する可能性が危惧される.



図17-9 ブルーギル (BSKU 97230, 標準体長118.8mm) 写真撮影: 清沢遼太郎.

(7) スゴモロコとコウライモロコ (コイ科)

スゴモロコ(琵琶湖固有種)とコウライモロコ(近畿, 和歌山, 広島以东の本州瀬戸内海沿岸, 吉野川, 朝鮮半島西部に分布)は, 岡村ほか(1992)により鏡川から初めて報告され, 中流と下流の堰に生息していた。これら2種は琵琶湖産の稚アユへの混入により移入したと思われる。両種ともに本調査では確認できなかった。

(8) ナマズ属の一種 (ナマズ科) 図17-10

ビワコオオナマズは琵琶湖の固有種で, 岡村ほか(1992)により鏡川から初めて報告された。その後, 本種は高知県レッドデータブック(2002: 435)の汽水・淡水魚類のリストにも移入種として含められた。本研究ではこの標本をKobayakawa(1989)が記載したナマズ属17種の識別形質と比較検討した。その結果, 本標本の胸鰭棘の前面が鋸歯状であることからビワコオオナマズ(粒状)とは明確に異なることが判明した。本標本の標準体長は頭長の4.36倍(SL/HL値)であり, Kobayakawa(1989)が示したナマズの4.68-4.88倍(琵琶湖産, 9個体)の値よりも小さく, 明らかに頭長が長い。また, 体型が細く, 頭部が丸みを帯びないため, ナマズとはやや異なる。暫定的にナマズ属の一種 *Silurus* sp. とするが, 本標本はナマズの奇形あるいは成長不良個体である可能性も考えられる。今後, さらに本標本の詳細な検討が必要である。



図17-10 岡村ほか(1992)によりビワコオオナマズとされたナマズ属の一種 (BSKU 47849)
写真撮影: 清沢遼太郎。

おわりに

本年度の調査結果からは, 鏡川の淡水魚類が減少傾向にあるのかどうかは, 十分に判断出来ない。近年, 生息環境の悪化から鏡川水系から絶滅したと考えら

れた在来種のヤリタナゴやモツゴは今回確認されなかった。また, 過去には平地の水路や池, 水田では普通に見られていたメダカやドジョウは, 近年の生息環境の悪化から, 現在では著しく減少していると考えられている。しかし, その実態を把握するには, さらに詳細な調査が必要である。いっぽう, 鏡川河口から浦戸湾内の水質は, 一時期の強度の汚染から改善されたことが, 最近のアユカケ稚魚の再確認やアカメ幼魚や成魚の多数の記録からもわかる。移入種については, とくにブルーギルの生息域の拡大が危惧される。また, 鏡川水系の調査地点では確認出来なかったが, 高知市内にはナイルティラピアやカダヤシも生息する。今後も高知市内の淡水から汽水域に生息する魚類の生息状況調査が必要である。

謝 辞

鏡川での特別採捕許可証の発行にご協力して頂いた鏡川漁業共同組合組合長の高橋正臣氏ならびに高知県海洋部の清水重樹氏, 高知県の淡水魚に関する情報を頂いた高橋弘明氏(住鉦テクノリサーチ株式会社)に厚く御礼申し上げる。標本採集に協力頂いた高知大学教育学部学生の山内 聡氏と農学部学生の辻 裕人氏, 採集と標本写真撮影にご協力頂いた理学部海洋生物学研究室大学院生の片山英里氏, 石川晃宏氏, 中山直英氏, 太田真由加氏, 濱田早穂子氏, 山村将士氏, 同研究室の学部学生の朝田貴之氏, 大谷正成氏, 山本俊介氏, 永野優希氏, 天野悟志氏, 原田邦生氏, 菅原弘貴氏に感謝する。

参考文献

- 明 仁. 1987. チチブ類. 水野信彦・後藤 晃(編・監), pp.167-178. 日本の淡水魚類-その分布, 変異, 種分化をめぐって-. 東海大学出版会, 東京.
- Chen, I, J. Wu and C. Hsu. 2008. The taxonomy and phylogeny of *Candidia* (Teleostei: Cyprinidae) from Taiwan, with description of a new species and comments on new genus. The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement, (19):203-214.
- 道津喜衛. 2001. シロウオ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監), pp.630-631. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- 福井正二郎. 2001. ボウズハゼ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監) pp.638-641. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- 細谷和海. 2000. コイ科. 中坊徹次(編), pp.1465-1468. 日本産魚類検索全種の同定. 第2版. 東海大

- 学出版会, 東京.
- Hosoya, K. 2002. Cyprinidae. Pages 253-271 in T. Nakabo, ed. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. English edition. Tokai University Press, Tokyo.
- 細谷和海. 2001. ニゴイ, コイ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監), pp. 324-327, 334-338. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- 今井嘉彦・岡村 収・広谷喜十郎・中山絃一・佐藤重穂・黒岩和男. 2002. ひかり輝け 未来をうつつ鏡川 鏡川ものしりガイドブック. 高知市中央広域市町村圏事務組合, 高知市. 196pp.
- 岩田明久. 1987. ドンコ類-幼形形成による種分化の可能性-. 水野信彦・後藤 晃(編・監), pp. 91-101. 日本の淡水魚類-その分布, 変異, 種分化をめぐる-. 東海大学出版会, 東京.
- 蒲原稔治. 1961. 高知県の淡水魚類について. 高知大学学術研究報告, 10(自然科学I, 2):1-12.
- 環境省(編). 2003. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物-レッドデータブック-4 汽水・淡水魚類. 自然環境研究センター, 東京. 230pp.
- 環境省. 2007. レッドリスト 汽水・淡水魚類. 環境省ホームページ: http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html (参照2009-02-28).
- 片野 修. 2001. カワムツ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監), pp. 239-243. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- 君塚芳輝. 2001. シマドジョウ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監), pp. 392-393. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- Kobayakawa, M. 1989. Systematic revision of the catfish genus *Silurus*, with description of a new species from Thailand and Burma. Japan. J. Ichthyol., 36(2):155-186.
- 高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会(編). 2002. 高知県レッドデータブック [動物編]. 高知県の絶滅のおそれのある野生動物. 高知県文化環境部環境保全課, 高知. 470pp. *本文中では, 高知県RDB(2002)と略記する.
- 松沢陽士・瀬能 宏. 2008. 日本の外来魚ガイド. 文一総合出版, 東京. 160pp.
- 水野信彦. 1980. 分布の拡大. 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦(編), pp. 172-182. 日本の淡水生物-侵略と攪乱の生態学-. 東海大学出版会, 東京.
- 水野信彦. 2001. シマヨシノボリ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監), pp. 586-587. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- 水野信彦・御瀬久右衛門. 1993. 河川の生態学 補訂・新装版. 築地書館, 東京.
- 三宅崇智・佐竹直人・黒木広大・町田吉彦. 2006. 高知市浦戸湾南部に生息するハゼ科魚類. 四国自然科学研究, (3):38-49.
- 森 誠一・名越 誠. 2001. アカザ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監), pp. 410-411. 日本の淡水魚. 第3版. 山と溪谷社, 東京.
- Nakabo, T. 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. English edition. Tokai University Press, Tokyo. lxi+vii+1749pp.
- 長野博光・阪本匡祥・中尾光利・町田吉彦. 2006. 高知県初記録種を含む高知市新堀川の魚類. 四国自然科学研究, (3):50-56.
- 中村守純. 1969. 水産科学シリーズ4. 日本のコイ科魚類(日本産コイ科魚類の生活史に関する研究). 資源科学研究所, 東京. 455pp.
- 西日本科学技術研究所. 2008. 平成20年度 鏡川清流保全環境調査業務 アユ遡上状況調査結果概要. 西日本科学技術研究所, 高知.
- 西野麻知子・浜端悦治. 2002. 生物多様性からみた内湖復元の重要性について. 琵琶湖研究所所報, 21:111-121.
- 岡村 収. 2002a. アカザ, カマキリ(アユカケ). 高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会(編), pp. 186-187, 216-217. 高知県レッドデータブック [動物編]-高知県の絶滅の恐れのある野生動物-. 高知県.
- 岡村 収. 2002b. 鏡川の魚介類. 土佐の地域文化研究会(編), pp. 16-33. 土佐地域文化, 第5号(鏡川小特集), 高知.
- 岡村 収. 2002c. 川の形態と鏡川の水生動物. 今井嘉彦・岡村 収・広谷喜十郎・中山絃一・佐藤重穂・黒岩和男(編著), pp. 42-51. ひかり輝け 未来をうつつ鏡川 鏡川ものしりガイドブック. 高知市中央広域市町村圏事務組合, 高知市.
- 岡村 収・為家節弥・青木博幸. 1976. 鏡川水系の魚類. 岡村 収(編), pp. 81-128. 鏡川の生物と環境に関する総合調査-特に塚の原地区水の放出に伴う影響について 1975年度委託調査-. 高知県, 高知.
- 岡村 収・佐々木邦夫・三谷 寛・土居敏幸・浜川智明・武山直史・篠原直哉. 1990. 鏡川水系の魚類および甲殻類. 鏡川環境調査対策協議会(編), pp. 91-116+vii(4 pls.). 鏡川水系の自然環境. 水質, 底質ならびに生物に関する調査報告-1989年度委託調査-. 鏡川環境調査対策協議会, 高知.
- 岡村 収・碓井利明・宮原 一・山下信吾・和田浩史郎. 1992. 鏡川水系の魚類および甲殻類. 高知大学理学部海洋生物学講座(編), pp. 99-146+ix(4 pls.). 鏡川水系の生物と環境に関する総合調査II-1989・1990年度調査-. 高知県土木部河川課, 高知.
- 大谷和夫・菊川義仁. 1980. ブラックバス-典型的な害魚?-. 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦(編), pp.

- 20-29. 日本の淡水生物。－侵略と攪乱の生態学－。東海大学出版会，東京。
- 坂井隆彦。2001. アカザ。川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監修)，pp. 274-277. 日本の淡水魚。第3版。山と溪谷社，東京。
- Sakai, H., Y. Ito, S. V. Shedko, S. N. Safronov, S. V. Frolov, L. A. Chereshevnev, S. Jeon and A. Goto. 2006. Phylogenetic and taxonomic relationships of Northern Far Eastern Phoxinini minnows, *Phoxinus* and *Rhynchocypris* (Pisces, Cyprinidae), as inferred from allozyme and mitochondrial 16S rRNA sequence analyses. *Zool. Sci.*, 23:323-331.
- Stevenson, D. E. 2002. Systematics and distribution of the Asian goby genera *Chaenogobius* and *Gymnogobius* (Osteichthyes: Perciformes: Gobiidae), with the description of a new species. *Species Diversity*, 7:251-312.
- 須永哲雄。1980. ハス－猛魚の定着条件－。川合禎次・川那部浩哉・水野信彦，pp. 30-36. 日本の淡水生物。－侵略と攪乱の生態学－。東海大学出版会，東京。
- 鈴木寿之・渋川浩一・矢野維幾(瀬能 宏，監修)。2004. 決定版。日本のハゼ。平凡社，東京。536pp.
- 多部田修。2001. ウナギ。川那部浩哉・水野信彦・細谷和海(編・監)，pp. 47-49. 日本の淡水魚。第3版。山と溪谷社，東京。
- 高橋弘明。2002. ヤリタナゴ，モツゴ，ドジョウ，シマドジョウ2倍体性種，4倍体性種。高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会，pp. 182-183, 208-215. 高知県レッドデータブック〔動物編〕－高知県の絶滅のおそれのある野生動物－。高知県。
- 高橋勇夫・藤田真二・東 健作。1987. 鏡川清流保全環境調査報告書(Ⅱ)。高知市，高知。58pp.
- Watanabe, K. 1998. Parsimony analysis of the distribution pattern of Japanese primary freshwater fishes, and its application to the distribution of the bagrid catfishes. *Ichthyol. Res.*, 45(3):259-270.
- 渡辺勝敏・高橋 洋・北村晃寿・横山良太・北川忠生・武島弘彦・佐藤俊平・山本祥一郎・竹花佑介・向井貴彦・大原健一・井口恵一朗。2006. 日本産淡水魚類の分布域形成史：系統地理的アプローチとその展望。魚類学雑誌，53(1):1-38.

補 遺

2008年度の魚類相調査および高知大学理学部所蔵標本で確認された種

a. 調査地点

鏡川淡水域の調査は，2008年3月から2009年1月までの間に計40地点で実施した。各調査地点は図1に，各地点の概要を以下に示す。河口は高知港とし，本文中に表記した経度と緯度は国土地理院地図閲覧サービスによる[<http://watchizu.gsi.go.jp>]。また，河川形態の区分は水野・御勢(1993)に従った。この区分ではAa型，Bb型およびBc型に分類され，それぞれに移行型がある：A，一つの蛇行区間に多くの瀬と淵が交互に出現；B，瀬と淵が一ずつ出現；a，瀬から淵への流れ込み方が滝のようである；b，落ち込まずに流れ込むが波立つ；c，落ち込まずほぼ波立たない。なお，本流の定点をSt.1-St.18，支流の定点をSt.A-St.Kとした。また，St.Akは鏡川から分水された水路とした。

St.1：月の瀬橋付近(33°33.13'N, 133°31.15'E)。河口から3.9km。感潮域。水際部は兩岸とも草本，右岸の橋より下流はコンクリート張り。右岸周辺を調査した。河川形態はBc型。

St.2：新月橋付近(33°33.18'N, 133°31.1'E)。河口から4.5km。感潮域。右岸は草本，左岸はコンクリート張りでブロックが並び，一部草本がある。通常ここまで感潮域となる。Bc型。

St.3：縄手町トリム公園周辺(33°33.8'N, 133°30.38'E)。河口から5km。感潮域直上。コンクリートブロックを重ねた固定堰が設置される。右岸はブロックが並び，一部草本および木本，左岸は草本。堰下流の瀬および淵を調査した。Bb-Bc移行型。

St.4：紅葉橋下流側(33°33.10'N, 133°30.21'E)。河口から5.7km。右岸は水草，草本，木本。中州があり，右岸側分流を調査した。Bc型。

St.5：廓中堰下流側(33°33.16'N, 133°30.10'E)。河口から6km。左岸は草本および木本。堰の左岸付近で定置網での採集のみ行った。Bb型。

St.6：鏡川堰上流側(33°33.18'N, 133°29.24'E)。河口から7.5km。兩岸ともコンクリート張り。採集は左岸の水門周辺で行い，釣り採集および陸上からの

目視観察のみ行った。河床形態は淵。

St. 7: 江ノ口鴨田堰内(33° 33.39'N, 133° 29.2'E)。河口から8km。灌漑用水が流れ込む。兩岸ともコンクリート張り、一部草本および木本、右岸際にブロックが並ぶ。底質は小礫や中礫だが、表面に泥が堆積している。水深4-6m。右岸ブロック付近を調査を行った。河床形態は淵。

St. 8: 宗安寺橋付近(33° 34.10'N, 133° 28.53'E)。河口から9km。左岸に大節川が流れ込む。兩岸ともコンクリート張り、一部草本。鏡川中流域の最下流部。Aa-Bb移行型。

St. 9: 大河内バス停付近(33° 34.46'N, 133° 28.32'E)。河口から10.5km。大きな淵が形成されており、右岸は草本、淵の左岸は大きな岩盤で一部コンクリート張り。淵とその直上の瀬を調査した。Aa-Bb移行型。

St. 10: 大河内橋付近(33° 35.10'N, 133° 28.23'E)。河口から14km。兩岸から支流が合流する。橋直下の瀬を調査した。Aa-Bb移行型。

St. 11: 鏡小浜郵便局裏(33° 35.49'N, 133° 28.13'E)。河口から14.7km。Aa-Bb移行型。

St. 12: 川口橋周辺(33° 36.6'N, 133° 28.18'E)。河口から15km。右岸に吉原川が合流する。橋直下の大型の淵のみを調査した。Aa-Bb移行型。

St. 13: 鏡ダム(33° 36.32'N, 133° 28.33'E)。河口から16km。標高50m。目視観察のみ行った。

St. 14: 弘瀬橋付近(33° 37.20'N, 133° 29.49'E)。河口から22km。左岸に網川川が合流する。Aa-Bb移行型。

St. 15: 平石(33° 38.5'N, 133° 31.49'E)。河口から25km。右岸に高川川が合流する。Aa-Bb移行型。

St. 16: 平石上流(33° 38.5'N, 133° 31.59'E)。河口から26km。鏡川本流の中流域最上流部。Aa-Bb移行型。

St. 17: 梶谷橋付近(33° 38.2'N, 133° 32.4'E)。26.5km。標高150m。鏡川本流の上流域。Aa型。

St. 18: 梶谷(33° 38.2'N, 133° 33.13'E)。河口から28.5km。標高180m。本調査の本流最上流地点。Aa型。

St. Ak: 曙町周辺水路(33° 32.52'N, 133° 29.10'E)。高知大学構内、南門、および周辺民家脇を流れる水路を調査した。構内水路は三面コンクリート張りで水深約30cm。南門水路は兩岸コンクリート張りで底質は泥、水深約1m。周辺水路は三面コンクリートで水深約15cm。

St. A: 大節川下流部(33° 34.16'N, 133° 28.51'E)。宗安寺上流100m付近で合流する支流。兩岸ともコンクリート張りだが、土が堆積し草本や小低木が生える。本流への流入部は1mほど落差がある。Bc型。

St. B: 大河内支流下流(33° 35.8'N, 133° 28.27'E)。大河内橋下流20m付近で合流する支流。水深は10-20cmほど。Aa型。

St. C: 行川川下流(33° 35.14'N, 133° 28.19'E)。大河内橋上流100m付近で合流する支流。兩岸ともコンクリート張り。Aa型。

St. D: 吉原川・的瀧川・梅ノ木川。梅ノ木川が的瀧川に合流し、的瀧川となる。的瀧川は吉原川と合流し、吉原川となる。本流へは川口橋下流20m付近に流れ込む。

St. D1: 吉原川下流(33° 36.6'N, 133° 28.13'E)。本流との合流点直上。右岸は木本で左岸はコンクリート張り。民家が隣接する。標高30m付近。Aa型。

St. D2: 吉原川白岩地区堰下流(33° 37.11'N, 133° 27.34'E)。本流との合流点から約4km上流に5mほどの堰があり、その堰の下流、標高110m付近。Aa型。

St. D3: 吉原川白岩地区堰上流(33° 37.20'N, 133° 27.33'E)。上記堰の上流側、さらに上流に落差10mほどの滝がある。標高150m付近。Aa型。

St. D4: 梅ノ木川下流(33° 36.23'N, 133° 26.45'E)。的瀧川との合流点直上部、標高90m付近。Aa型。

St. D5: 的瀧川畑川橋周辺(33° 36.26'N, 133° 26.44'E)。梅ノ木川の合流点付近の堰の上流側、標高90m付近。Aa型。

St. D6: 的瀧川平家の滝下流(33° 37.31'N, 133° 25.30'E)。平家の滝からの流れが合流する堰の下流側、標高250m付近。Aa型。

St. E: 穴川川(33° 37.28'N, 133° 28.36'E)。河口から約19km上流で合流する支流。本流合流点から約1.2km上流、標高140m付近を調査した。Aa型。

St. F: 東川川(33° 38.1'N, 133° 29.12'E)。河口から約21km上流で合流する支流。合流点から約3km上流、標高145m付近を調査した。Aa型。

St. G: 網川川(33° 36. 57'N, 133° 29.50'E)。弘瀬橋付近で合流する支流。本流との合流点から1km上流、標高120m付近で調査した。一部泥が堆積する。下流に多数の小規模堰が設置されている。Aa型。

St.H: 桑尾川(33° 38.14'N, 133° 30.29'E). 河口から約24km上流で合流する支流. 本流との合流点から800m上流, 標高150m付近で調査した. 両面コンクリート張り. Aa型.

St.I: 高川川. 河口から25km付近で合流する支流.

St.II: 高川川下流(33° 38.3'N, 133° 31.43'E). 本流との合流点直上, 標高140m付近. Aa型.

St.I2: 高川川中流(33° 38.33'N, 133° 31.45'E). 合流点から1.5km上流, 標高200m付近. Aa型.

St.J: 重倉川. 梶谷橋付近で本流と合流する支流. 砂防ダムがある. 上流に平地を持ち, 田畑が広がる.

St.J1: 重倉川下流(33° 38.1'N, 133° 32.2'E). 本流との合流点直上, 標高150m付近. Aa型.

St.J2: 重倉川日の浦付近(33° 37.26'N, 133° 32.14'E). 合流点から1.5km上流付近, 標高170m. Aa型.

St.J3: 重倉川七つ淵バス停付近(33° 36.35'N, 133° 32.51'E). 合流点から4km付近, 重倉砂防ダムより上流側. 標高250m. Aa型.

St.J4: 重倉川川内神社付近(33° 36.46'N, 133° 33.25'E). 合流点から4.5km付近, 標高270m. 平地になる. Bb型.

St.J5: 重倉川久礼野(33° 36.43'N, 133° 33.54'E). 合流点から5.7km付近, 標高290m. 平坦な土地で, 住居や田畑が多数ある. Aa型だが勾配は緩い.

St.K: 西川川(33° 38.20'N, 133° 33.18'E). 河口から29.2km付近で合流する支流. 合流点から1.7km上流付近, 標高210m. 田畑や住宅が隣接する. 両岸コンクリート張り. Aa型.

b. 材料と方法

本調査はおもに手網, 小型定置網, 釣り, 水中または陸上からの目視観察により実施した. 目視観察での同定が確実な種についてはリストに加えた. なお, 小型定置網は大きさの違う目合7mmのものを4統用い, 採集地点の規模に合わせて使い分けた. 採集した個体は持ち帰り, 10%ホルマリン水溶液で固定後70%エタノール水溶液に保存した. 各部の測定と種の同定は固定前もしくは固定後に行った. 一部の個体は現地で同定および測定後放流した. なお, 種の同定はおおむねNakabo(2002)に従った. 固定した標本は高知大学理学部海洋生物学研究室の魚類標本コレクション(BSKU)に登録し保管し

た. また, 本文中で使用した略称は, 標準体長 SL (Standard length) 全長 TL (Total length) 体高 BD (Body depth) 頭長 HL (Head length) 尾柄高 DCP (Depth of caudal peduncle) 胸鰭鰭条数 P (Pectoral fin rays) 腹鰭鰭条数 Pel (Pelvic fin rays) 臀鰭鰭条数 A (Anal fin rays) とした. なお, カワムツの学名はChen et al. (2008), タカハヤはSakai et al. (2006), スミウキゴリはStevenson(2002)にそれぞれ従った.

下記の魚類リストでは, 本調査で確認した魚種と所蔵標本について, 標本番号, 個体数, 標準体長(必要に応じ各部計測値), 採集地点, 採集方法と採集日時を記す. また, 必要に応じて備考を付した. さらに, 本調査の確認魚種を表1, 生息範囲を表2, 岡村ほか(1976, 1992)との比較を表3(生息範囲)にまとめた.

c. 鏡川の淡水域で確認された魚類リスト

Anguilliformes ウナギ目

Anguillidae ウナギ科

1. *Anguilla japonica* Temminck and Schlegel ウナギ
備考 2008年3月St. I2, 7月St. 1, 10月St. 3で目視観察された. 鏡川漁協により放流が行われている. 本種は昼間, 石垣や土手の穴, 泥の中などに潜むため(多部田, 2001), 生息の確認が難しい. そのため, 本調査では3地点のみの確認であった.

Cypriniformes コイ目

Cyprinidae コイ科

2. *Cyprinus carpio* Linnaeus コイ

備考 周年St.1, 2, 3, 4, 6, 7, 13で目視観察された. 2003年まで漁協により鏡ダム, 重倉砂防ダム, 吉原砂防ダムなどに放流されていたが, ダムより上流域では確認できなかった. コイは野生型と飼育型が知られているが, 自然分布の実態は判明していない. また, 高知県では四万十川で野生型が確認されている(細谷, 2001). 本調査で確認されたコイは, おおむね体高が高く, 飼育型であると思われる.

フナ属

Carassius spp.

備考 フナ属魚類の各型は形態的に互いに類似し, 学名の適用については統一的な見解が得られて

いない(細谷, 2000)。しかし, 本研究で採集または目視観察し, 同定可能であった個体については, Nakabo (2002)の種および亜種の分類に従った。

3. *Carassius cuvieri* Temminck and Schlegel

ゲンゴロウブナ

備考 2008年11月にSt. 7において水中で目視観察され, St.12と13において本種と思われる体高が高いフナ属を陸上から目視観察したが, 確信が得られず結果に含めていない。

4. *Carassius auratus langsdorfii* (Valenciennes)

ギンブナ

標本 11個体: BSKU 97326, 1個体, 105.6mm SL, St. Ak, 釣り, 2008年5月8日. BSKU 97327, 1個体, 120.7mm SL, St. Ak, 釣り, 2008年5月8日. BSKU 97328, 1個体, 123.9mm SL, St. Ak, 釣り, 2008年5月8日. BSKU 97329, 1個体, 124.3mm SL, St. Ak, 釣り, 2008年5月8日. 1個体, 10.9mm SL, St. Ak, 手網, 2008年7月10日. BSKU 97349, 1個体, 38.3mm SL, St. 4, 定置網, 2008年7月13日. 1個体, 17.2mm SL, St. 4, 定置網, 2008年7月13日. BSKU 96810, 1個体, 48.6mm SL, St. 8, 定置網, 2008年10月31日. BSKU 97077, 1個体, 98.8mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97078, 1個体, 109.8mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97079, 1個体, 134.6mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日.

備考 本調査では3地点のみ採集できたが, 鏡川の中流から下流域にわたる淵や淀み, 堰および周辺水路に広く分布していると思われる。

5. *Carassius auratus* subsp. フナ属の一亜種

標本 1個体: BSKU 43524, 132.7mm SL, 53.2mm HL, 新月橋 (St. 2), 1977年1月29日.

備考 岡村ほか(1992)によりオオキンブナとされた本標本は, SL/HL=2.49, 鰓耙数が36, 背鰭分枝軟条数が14であり, ギンブナとオオキンブナの両形質をもつため, フナ属の一亜種とする。今後, この標本については再検討を要する。

6. *Tanakia limbata* (Temminck and Schlegel)

アブラボテ

標本 2個体: BSKU 97523, 60.4mm SL, ウグルス川(神田川), 1964年6月. BSKU 97524, 60.4mm SL, ウグルス川(神田川), 1964年6月.

備考 本種は45年前に鏡川水系の神田川において上記2個体のみが採集された。

7. *Opsariichthys uncirostris uncirostris* (Temminck and Schlegel) ハス

標本 1個体: BSKU 28791, 202.85mm SL, 新月橋上流, 1976年6月30日.

備考 岡村ほか(1976)によると, 本種は放流用の稚アユに混入し移入され, 1970年頃には定着したとある。また, 当時は沈下橋(現在の柳原橋)からダム下(川口橋)まで生息していた。しかし, 1992年と本年度の調査では確認されておらず, 現在は生息していない可能性が高い。須永(1980)によると, 本種が移入後定着するためには, 仔稚魚期の餌となるプランクトンが十分に供給され, かつ成魚の餌となる小型魚類が豊富であることが必須であり, この条件を満たす生息域は, 天然湖と結合した河川か, 流域の大きい大型河川, 大きな遊水地やダム湖以外にはないとある。この本種の特性からも, 鏡川ではダムより下流域にのみ移入されたため, 定着しなかったと思われる。

8. *Zacco platypus* (Temminck and Schlegel)

オイカワ

標本 93個体: BSKU 95244, 1個体, 115.7mm SL, St. 10, 定置網, 2008年7月6日. 2個体, 65.5-97.3mm SL, St. J 2, 定置網, 2008年9月18日. 1個体, 111.6mm SL, St. 16, 手網, 2008年9月27日. 8個体, 26.7-73.5mm SL, St. 8, 定置網, 2008年9月28日. 12個体, 29.0-91.5mm SL, St. 10, 定置網, 2008年9月28日. BSKU 97424, 1個体, 109.5mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年9月29日. BSKU 97429, 1個体, 127.0mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. 1個体, 80.1mm SL, St. 14, 定置網, 2008年9月29日. 11個体, 31.0-98.7mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年9月29日. 3個体, 61.2-112.5mm SL, St. J 1, 定置網, 2008年10月22日. 6個体, 60.6-76.9

mm SL, St. I 1, 定置網, 2008年10月22日. 11個体, 33.9-81.8mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年10月29日. 13個体, 25.0-37.3mm SL, St. 8, 定置網, 2008年10月31日. BSKU 97471, 1個体, 52.2mm SL, St. C, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97476, 1個体, 53.0mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. 2個体, 19.2-21.7mm SL, St. 8, 手網, 2008年11月7日. 1個体, 38.2mm SL, St. 7, セル瓶, 2008年11月16日. 6個体, 22.5mm SL, St. 7, セル瓶, 2008年11月16日. BSKU 97486, 1個体, 86.5mm SL, St. D 4, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97073, 10個体, 21.0-43.4mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日.

備考 鏡川の移入種の中では, 本種は最も広範囲に分布する. 詳細は本文中に記す.

9. *Nipponocypris temminckii* (Temminck and Schlegel) カワムツ

標本 116個体: BSKU 97308, 1個体, 42.1mm SL, St. Ak, 手網, 2008年3月18日. BSKU 97309, 1個体, 47.1mm SL, St. Ak, 手網, 2008年3月18日. BSKU 97310, 1個体, 49.0mm SL, St. Ak, 手網, 2008年3月18日. BSKU 95501, 1個体, 68.6mm SL, St. D 3, 寄贈, 2008年3月29日. BSKU 97325, 1個体, 120.3mm SL, St. Ak, 釣り, 2008年5月8日. 1個体, 28.0mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. 1個体, 26.8mm SL, St. 10, 手網, 2008年7月5日. BSKU 97376, 1個体, 132.5mm SL, St. 10, 定置網, 2008年7月6日. BSKU 97377, 1個体, 110.7mm SL, St. 10, 定置網, 2008年7月6日. BSKU 97378, 1個体, 79.6mm SL, St. 10, 定置網, 2008年7月6日. BSKU 97379, 1個体, 43.6mm SL, St. 10, 定置網, 2008年7月6日. BSKU 97356, 1個体, 35.4mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97357, 1個体, 86.8mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97358, 1個体, 102.9mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. 1個体, 32.4mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. 5個体, 58.6-128.5mm SL, St. J 2, 定置網, 2008年9月18日. 7個体, 33.2-103.3mm SL, St. 17, 定置網, 2008年9月27日. 2個体, 97.7-108.3mm SL, St. 10, 手網, 2008年9月28日. 2個体, 25.5-31.3mm SL, St. 10, 定置網, 2008年9月28日. 4個体, 22.5-

53.6mm SL, St. 8, 定置網, 2008年9月28日. BSKU 97425, 1個体, 86.6mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年9月29日. 2個体, 26.9-30.9mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年9月29日. 11個体, 41.0-111.7mm SL, St. 14, 定置網, 2008年9月29日. BSKU 97445, 1個体, 43.6mm SL, St. I 1, 定置網, 2008年10月22日. 1個体, 96.1mm SL, St. 15, 定置網, 2008年10月22日. 1個体, 77.6mm SL, St. 17, 定置網, 2008年10月22日. 2個体, 101.0-140.6mm SL, St. I 1, 定置網, 2008年10月22日. 3個体, 112.0-137.5mm SL, St. J 1, 定置網, 2008年10月22日. 4個体, 35.1-104.2mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年10月29日. 1個体, 52.5mm SL, St. 10, 定置網, 2008年10月31日. 1個体, 27.2mm SL, St. 8, 定置網, 2008年10月31日. BSKU 97456, 1個体, 54.0mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97457, 1個体, 77.1mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97465, 3個体, 25.4-56.0mm SL, St. J 5, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97467, 1個体, 63.9mm SL, St. B, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97472, 1個体, 71.8mm SL, St. C, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97477, 2個体, 20.0-26.7mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97478, 1個体, 44.4mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97484, 5個体, 20.2-32.0mm SL, St. G, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97488, 1個体, 56.6mm SL, St. D 4, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97492, 17個体, 18.8-29.3mm SL, St. J 3, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97506, 8個体, 21.7-29.6mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97069, 1個体, 93.9mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97070, 1個体, 85.5mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97072, 7個体, 24.7-37.4mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97253, 1個体, 63.8mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97260, 1個体, 46.3mm SL, St. E, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97265, 1個体, 51.4mm SL, St. F, 手網, 2008年12月12日.

備考 2008年7月にSt. 1で, 11月にSt. 7とKで, 12月にSt. 11でそれぞれ目視観察された. 本種は鏡川全域に生息する在来種である. 淵に多く生息し, 瀬には少ない(片野, 2001). そのため, 鏡川では河川改修による淵の平瀬化により個体数は減少した

(岡村ほか1976, 1992). 競争相手となるオイカワの移入と定着による本種への影響が懸念されたが、鏡川におけるカワムツの生息範囲の縮小は見られない。これは従来カワムツが好まない河川形態となった改修区間にオイカワが定着したこと、カワムツの生息密度が高い自然護岸の区間ではオイカワの侵入が困難であることによる(水野, 1980)。カワムツは前記のオイカワに見られるような稚魚の集団流下はしないため(水野・御瀬, 1993), 鏡ダムの上流域に生息する個体群では、ダム内でオオクチバスの捕食を受ける割合が少ないと思われる。今後、河川改修が行われると、カワムツの個体数や生息範囲が減少する可能性がある。

10. *Rhynchocypris oxycephalus* (Sauvage and Dabry)

タカハヤ

標本 18個体: BSKU 14282, 1個体, 47.1mm SL, 13.0mm HL, 6.7mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU14283, 1個体, 45.8mm SL, 13.0mm HL, 6.25mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14284, 1個体, 45.6mm SL, 12.0mm HL, 6.9mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14285, 1個体, 43.0mm SL, 12.4mm HL, 5.9mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14286, 1個体, 41.8mm SL, 12.4mm HL, 6.0mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14287, 1個体, 42.5mm SL, 12.0mm HL, 6.0mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14288, 1個体, 41.8mm SL, 11.9mm HL, 5.8mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14289, 1個体, 42.5mm SL, 12.1mm HL, 6.2mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14290, 1個体, 40.2mm SL, 11.1mm HL, 5.7mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14291, 1個体, 35.1mm SL, 9.7mm HL, 4.9mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 14292, 1個体, 39.1mm SL, 10.8mm HL, 5.2mm DCP, 内野(St. 18付近), 1970年5月29日. BSKU 95500, 1個体, 73.1mm SL, 20.4mm HL, 9.0mm DCP, St. D3, 寄贈, 2008年3月29日. BSKU 95174, 1個体, 44.6mm SL, 12.8mm HL, 5.7mm DCP, St. 18, 手網, 2008年6月5日. BSKU 95175, 1個体, 37.8mm SL, 10.6mm HL, 4.2mm DCP, St. 18, 手網, 2008年6月5日. BSKU 97448, 1個体, 58.0mm SL,

17.3mm HL, 7.5mm DCP, St. I1, 定置網, 2008年10月22日. BSKU 97463, 1個体, 70.0mm SL, 19.2mm HL, 9.3mm DCP, St. J4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97257, 1個体, 68.2mm SL, 18.5mm HL, 8.0mm DCP, St. D3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97261, 1個体, 55.9mm SL, 16.8mm HL, 7.1mm DCP, St. E, 手網, 2008年12月12日.
備考 本調査で得られた7個体の標本は、側線下方の暗色斑が明瞭であること、尾鰭後端の切れ込みが浅いこと、河川の上流域に生息することで坂井(2001)とHosoya(2002)のタカハヤと同定した。しかし、本標本の頭長に対する尾柄高の割合は39.8-48.6%であり、タカハヤの50%以上と一致しない。また、尾鰭基底中央に暗色斑が見られることも、暗色斑が無いタカハヤと一致しなかった。1970年に採集され、アブラハヤと同定されていた11個体の標本も、側線下方の暗色斑が明瞭であることや、尾鰭後端の切れ込みが浅いことでタカハヤによく一致した。このうち6個体の尾柄高の割合が47.7-48.6%であり、このうち5個体の尾鰭基底中央には暗色斑が観察され、タカハヤがもつ形質と異なる。このように、鏡川に生息するタカハヤの形態はHosoya (2002)が示したタカハヤの形態とやや異なるため、本種は分類学的な検討が必要であると思われる。

11. *Tribolodon hakonensis* (Günther)

ウグイ

標本 40個体: BSKU 97350, 1個体, 108.1mm SL, St. D6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97417, 1個体, 62.0mm SL, St. 17, 手網, 2008年9月27日. 1個体, 33.4mm SL, St. 17, 定置網, 2008年9月27日. BSKU 97422, 3個体, 3.7-43.0mm SL, St. 5, 定置網, 2008年9月28日. 1個体, 33.4mm SL, St. 10, 定置網, 2008年9月28日. BSKU 97423, 1個体, 76.8mm SL, St. D1, 定置網, 2008年9月29日. BSKU 97427, 1個体, 94.5mm SL, St. D1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97428, 1個体, 137.9mm SL, St. D1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 96371, 1個体, 117.6mm SL, St. 16, 手網, 2008年10月21日. BSKU 97444, 1個体, 65.5mm SL, St. I1, 定置網, 2008年10月22日. 1個体, 49.6mm SL, St. 15, 定置網, 2008年10月22日. 3個体, 36.8-60.6mm SL, St. I1, 定置網, 2008年10月22

日. 4 個体, 30.3-123.3mm SL, St. J 1, 定置網, 2008年10月22日. 3 個体, 40.0-43.8mm SL, St. 10, 定置網, 2008年10月31日. 6 個体, 32.0-41.9mm SL, St. 8, 定置網, 2008年10月31日. 1 個体, 99.4mm SL, St. 7, セル瓶, 2008年11月16日. BSKU 97494, 1 個体, 98.2 mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97071, 1 個体, 67.0mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97267, 1 個体, 84.2mm SL, St. F, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97295, 1 個体, 240.2mm SL, St.12, 釣り, 2009年1月14日. BSKU 97296, 1 個体, 220.4mm SL, St.12, 釣り, 2009年1月14日. BSKU 97297, 1 個体, 188.9mm SL, St. 12, 釣り, 2009年1月14日. BSKU 97298, 1 個体, 188.9mm SL, St.12, 釣り, 2009年1月14日. 3 個体, 179.3-228.6mm SL, St.12, 釣り, 2009年1月14日.

備考 2008年9月 St. 16, 11月 St. 6, 7, 12月 St. 11 で目視観察された. 在来の普通種である.

12. Sarcocheilichthyinae sp. ヒガイ亜科の一種

備考 2008年10月に St. 7 で合計 6 個体を目視観察した. 詳細は本文中に記す.

13. Pseudogobio esocinus esocinus (Temminck and Schlegel) カマツカ

標本 4 個体: BSKU 46955, 1 個体, 19.5mm SL, 鏡川 廓中堰, 1989年10月30日. BSKU 97442, 1 個体, 64.8mm SL, St. 7, 手網, 2008年10月3日. BSKU 96744, 1 個体, 123.0mm SL, St. D 1, 手網, 2008年10月27日. BSKU 97192, 1 個体, 118.6mm SL, St. 11, 手網, 2008年12月19日.

備考 岡村ほか(1992)は鏡ダム上流で本種を確認したが, 本調査の確認はすべて鏡ダム下流であった.

14. Hemibarbus barbatus (Temminck and Schlegel)

ニゴイ

標本 1 個体: BSKU 96230, 1 個体, 65.6mm SL, St. 7, 手網, 2008年10月3日.

備考 本種は高橋ほか(1987)により初めて確認された移入種である.

15. Squalidus chankaensis biwae (Jordan and Snyder)

スゴモロコ

標本 18 個体: BSKU 28795, 1 個体, 56.1mm SL, 10.2mm BD, 鏡川米田 (St. 7 付近), 1978年5月28日. BSKU 28796, 1 個体, 57.7mm SL, 10.5mm BD, 鏡川米田 (St. 7 付近), 1978年5月28日. BSKU 43501, 1 個体, 69.0mm SL, 14.55mm BD, 鏡川, 1980年4月14日. BSKU 47846, 1 個体, 60.8mm SL, 11.0mm BD, 鏡川堰, 突き, 1990年7月20日. BSKU 47847, 14 個体 (1 個体破損), 50.8-79.65mm SL, 9.1-15.0mm BD, 鏡川, 投網, 1990年8月1日.

備考 本調査では確認できなかった.

16. Squalidus chankaensis subsp. コウライモロコ

標本 1 個体: BSKU 44827, 1 個体, 81.4mm SL, 18.8mm BD, 鏡川鉄橋下, 釣り, 1988年6月22日.

備考 本調査では確認できなかった.

Cobitidae ドジョウ科

17. Misgurnus anguillicaudatus ドジョウ

標本 5 個体: BSKU 53766, 1 個体, 58.3mm SL, 久礼野 (St. J5-6), 2001年3月26日. BSKU 55656, 4 個体, 54.5-87.8mm SL, 久礼野 (St. J5-6), 2001年9月4日.

備考 本調査では確認されていない. 2001年に久礼野地区の灌漑用水路で標本が採集された.

18. Cobitis biwae Jordan and Snyder シマドジョウ

標本 3 個体: BSKU 62852, 1 個体, 79.7mm SL, St. 11, 手網, 2002年5月26日. BSKU 62853, 1 個体, 83.8mm SL, St. 11, 手網, 2002年5月26日. BSKU 62854, 1 個体, 88.0mm SL, St. 11, 手網, 2002年5月26日.

備考 本調査では確認されていない.

Siluriformes ナマズ目

Siluridae ナマズ科

19. Silurus asotus Linnaeus ナマズ

標本 4 個体: 3 個体, 330.0-580.0mm TL, St. 4, 定置網, 2008年7月13日. BSKU 96809, 1 個体, 384.0 mm SL, St. 5, 定置網, 2008年10月31日.

備考 岡村ほか(1992)ではダムより上流でも確認されたが、本調査では下流域でのみ確認された。本種は夜行性で昼間は物陰に潜む。このため生息の確認が難しく、さらなる調査が必要である。

20. *Silurus* sp. ナマズ属の一種

標本 1個体: BSKU 47849, 217.3mm SL, 50.0mm HL, 胸鰭鰭条数 I, 12, 腹鰭鰭条数12, 臀鰭鰭条数83, 脊椎骨数60, 鏡川堰, 1990年8月1日。

備考 岡村ほか(1992)によりビワコオオナマズと同定された。詳細は本文中に記す。

Amblycipitidae アカザ科

21. *Liobagrus reini* Hilgendorf アカザ

標本 14個体: BSKU 95481, 1個体, 42.9mm SL, St. I 2, 手網, 2008年3月26日。 BSKU 95502, 1個体, 95.3mm SL, St. D 3, 寄贈, 2008年3月29日。 BSKU 97342, 1個体, 67.0mm SL, St. 10, 手網, 2008年6月30日。 BSKU 96746, 1個体, 42.5mm SL, St. D 1, 手網, 2008年10月27日。 1個体, 76.5mm SL, St. D 1, 手網, 2008年10月27日。 BSKU 97452, 1個体, 41.8mm SL, St. 14, 定置網, 2008年10月29日。 BSKU 97453, 1個体, 47.2mm SL, St. 14, 定置網, 2008年10月29日。 BSKU 97249, 1個体, 56.0mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日。 BSKU 97250, 1個体, 99.3mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日。 BSKU 97258, 1個体, 57.0mm SL, St. E, 手網, 2008年12月12日。 BSKU 97266, 1個体, 46.9mm SL, St. F, 手網, 2008年12月12日。 3個体, 57.5-91.3mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日。
備考 本種の調査結果は本文中に記述する。

Salmoniformes サケ目

Plecoglossidae アユ科

22. *Plecoglossus altivelis altivelis* Temminck and

Schlegel アユ

標本 4個体: BSKU 94719, 1個体, 61.8mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日。 BSKU 94720, 1個体, 66.0mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日。 BSKU 94721, 1個体, 51.2mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日。 BSKU 97380, 1個体, 136.8mm SL, St. 10, 定置網, 2008年7月6日。

備考 2008年9月にSt.16で目視観察された。漁協によると、1950年より放流が行われ、1990年以降、年間約2-6t, 合計82tが全域に放流されている。このうち約40%が琵琶湖産である。西日本科学技術研究所が行った平成20年度の鏡川清流保全環境調査業務によって算出されたアユの生息数は、合計29.8万尾, 放流アユ13.7万尾, 天然アユ16.1万尾とされており、過去3年間で天然アユの生息数は変わらず、放流アユは増加している。本調査では3地点のみの確認となったが、ほぼ全域に生息する。

Salmonidae サケ科

23. *Oncorhynchus masou ishikawae* Jordan and McGregor アマゴ

標本 4個体: BSKU 73491, 1個体, 20.7mm SL, St. 8, 1998年4月17日; BSKU 97182, 1個体, 120.2mm SL, St. D 2, 寄贈, 2008年12月18日; BSKU 97183, 1個体, 135.2mm SL, St. D 2, 寄贈, 2008年12月18日; BSKU 97184, 1個体, 183.0mm SL, St. D 2, 寄贈, 2008年12月18日。

備考 本種は1950年より漁協による放流が行われている。

Mugiliformes ボラ目

Mugilidae ボラ科

24. *Mugil cephalus cephalus* Linnaeus ボラ

標本 4個体: 2個体, 28.8-31.0mm SL, St. 1, 手網, 2008年5月4日; BSKU 94718, 1個体, 33.0mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日; BSKU 97333, 1個体, 30.1mm SL, St. 2, 手網, 2008年5月12日。

備考 体長30mm前後の4個体のみが採集された。St. 3より下流で、20-60cmほどのボラ科魚種を多数目視観察したが、目視による同定は困難であり、結果に含めていない。

Beloniformes ダツ目

Adrianichthyidae メダカ科

25. *Oryzias latipes* (Temminck and Schlegel) メダカ

標本 19個体: BSKU 53764, 1個体, 38.1mm SL, 久礼野, 2001年3月26日。 BSKU 53767, 6個体, 20.9-10.2mm SL, 久礼野, 2001年3月26日。 BSKU 97075, 11個体, 22.1-

30.2mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日. BSKU 97076, 1 個体, 29.1mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日.

備考 本調査では高知大学朝倉キャンパス周辺の水路で標本を採集した. 詳細は本文中に記す.

Scorpaeniformes カサゴ目

Cottidae カジカ科

26. *Cottus kazika* Jordan and Starks

カマキリ (アユカケ)

標本 1 個体: BSKU 47795, 1 個体, 37.0mm SL, 寄付標本, 1990年.

備考 本調査では確認できなかった.

Perciformes スズキ目

Mornidae スズキ科

27. *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) スズキ

標本 4 個体: BSKU 96218, 1 個体, 142.0mm SL, 柳原橋, 釣り, 2008年9月26日. BSKU 96219, 1 個体, 232.0mm SL, St. 2, 釣り, 2008年9月26日. BSKU 96220, 1 個体, 220.0mm SL, St. 1, 釣り, 2008年9月26日. BSKU 96221, 1 個体, 208.0mm SL, St. 1, 釣り, 2008年9月26日.

備考 岡村ほか(1976)は本種を鏡川河口付近で確認した. 本研究では St. 2 で初めて確認した. 岡村ほか(1992)によると, 1989年以前に行なわれた河床掘削により, 新月橋から柳原橋までが汽水化した. St. 2 での出現はこの影響によるものと思われる.

Centrarchidae サンフィッシュ科

28. *Lepomis macrochirus* Rafinesque ブルーギル

標本 3 個体: BSKU 97230, 1 個体, 118.8mm SL, St. 12, 釣り, 2007年5月31日. BSKU 97231, 1 個体, 105.7mm SL, St. 12, 釣り, 2007年5月31日. BSKU 97232, 1 個体, 68.9mm SL, St. 12, 釣り, 2007年5月31日.

備考 本種は夏季に St. 7 と 13 で目視観察され, 2007年5月には St. 12 で 3 標本が採集された. 詳細は本文中に記す.

29. *Micropterus salmoides* (Lacepède) オオクチバス
標本 5 個体. BSKU 90594, 1 個体, 112.8mm SL, St. 12, 釣り, 2007年9月3日. 1 個体, 263.0mm SL, St. 7, 釣り, 2008年7月21日. 1 個体, 295.0mm SL, St. 7, 釣り, 2008年7月28日. BSKU 96222, 1 個体, 118.7mm SL, St. 16, 手網, 2008年9月27日.

備考 春から秋に St. 13, 夏季に St. 6 で目視観察された. 詳細は本文中に記す.

Odontobutidae ドンコ科

30. *Odontobutis obscura* (Temminck and Schlegel)

ドンコ

標本 17 個体: BSKU 97311, 1 個体, 95.3mm SL, St. Ak, 手網, 2008年3月18日. BSKU 95243, 1 個体, 77.6mm SL, St. 10, 手網, 2008年7月5日. 5 個体, 7.7-49.0mm SL, St. Ak, 手網, 2008年7月10日. BSKU 96372, 1 個体, 124.4mm SL, St. J 1, 手網, 2008年10月21日. BSKU 97464, 1 個体, 21.0mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97482, 1 個体, 37.0mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97483, 1 個体, 80.8mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97074, 1 個体, 96.3mm SL, St. Ak, 手網, 2008年12月10日.

備考 2008年11月に St. 7 で目視観察された. 本種は日本に生息するハゼ亜目の中で, 河川陸封性である 3 種 (本種のほかカワヨシノボリと中卵型のヨシノボリ) に含まれる. 卵が大きく, 成魚に近い形態で孵化する (岩田, 1987). 本調査では曙町周辺水路 (St. Ak) で仔稚魚と若魚を多く観察した.

Eleotridae カワアナゴ科

31. *Eleotris oxycephala* Temminck and Schlegel

カワアナゴ

標本 12 個体: BSKU 94390, 1 個体, 123.5mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月5日. BSKU 95610, 1 個体, 106.7mm SL, St. 1, 釣り, 2008年5月1日. 5 個体, 58.4-126.6mm SL, St. 1, 釣り, 2008年5月1日. BSKU 95611, 1 個体, 142.0mm SL, St. 1, 釣り, 2008年5月3日. 1 個体, 136.0mm SL, St. 1, 釣り, 2008年5月3日. BSKU 97332, 1 個体, 85.2mm SL, St. 2, 手網, 2008年5月12日. BSKU 97372, 1 個体, 83.0mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月22日. 1 個体, 116.2mm SL, St. 1, 手網, 2008年7

月22日.

備考 詳細は本文中に記す.

Gobiidae ハゼ科

32. *Sicyopterus japonicus* (Tanaka) ボウズハゼ

標本 5個体:BSKU 94792, 1個体, 97.0mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. BSKU 97334, 2個体, 26.7-26.8mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. 1個体, 28.6mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月31日. BSKU 97430, 1個体, 75.6mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日.

備考 7月にSt. 9で目視観察された. 詳細は本文中に記す.

33. *Gymnogobius petschiliensis* (Rendahl)

スミウキゴリ

標本 2個体:BSKU 97330, 1個体, 26.9mm SL, St. 1, 釣り, 2008年5月3日. BSKU 97331, 1個体, 25.5mm SL, St. 1, 釣り, 2008年5月3日.

備考 詳細は本文中に記す.

34. *Glossogobius olivaceus* (Temminck and Schlegel)

ウロハゼ

標本 1個体:BSKU 97371, 1個体, 59.1mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月22日.

35. *Rhinogobius giurinus* (Rutter) ゴクラクハゼ

標本 10個体:BSKU 97319, 1個体, 36.6mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月15日. BSKU 94722, 1個体, 45.7mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日. 5個体, 38.0-43.5mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日. 1個体, 32.7mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. BSKU 97369, 1個体, 38.0mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月7日. BSKU 97373, 1個体, 53.1mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月22日.

36. *Rhinogobius* sp. CB シマヨシノボリ

標本 37個体:BSKU 97320, 1個体, 53.3mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月15日. BSKU 97321, 7個体, 38.8-48.9mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月15日. BSKU 94717, 1個体, 34.2mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月

9日. 6個体, 34.5-41.1mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. 3個体, 37.0-45.9mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月31日. BSKU 97361, 1個体, 55.5mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97366, 1個体, 51.9mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. BSKU 97367, 1個体, 58.6mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. BSKU 97421, 1個体, 68.9mm SL, St. 17, 定置網, 2008年9月27日. BSKU 97438, 1個体, 56.9mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97439, 1個体, 60.2mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97440, 1個体, 42.3mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. 1個体, 51.7mm SL, St. 14, 定置網, 2008年9月29日. BSKU 96743, 1個体, 55.0mm SL, St. D 1, 手網, 2008年10月27日. 1個体, 61.6mm SL, St. 14, 定置網, 2008年10月29日.

備考 本調査では鏡ダムより上流域で生息が確認された. 本種は河川中流域に生息し, 仔魚期を海で過ごす. その後, 20mm TLほどで川河を溯上する(水野, 2001). このため, 魚道が設置されていない鏡ダムより上流域には生息しない(岡村ほか, 1976, 1992). 水野(2001)は陸封性のシマヨシノボリの存在を示唆したが, 鏡ダムより上流では過去に出現が確認されなかったことから, おそらくアユ種苗への混入による人為的な移入と思われる.

37. *Rhinogobius* sp. LD オオヨシノボリ

標本 26個体. BSKU 94368, 1個体, 78.0mm SL, St. 8, 手網, 2008年3月29日. BSKU 97351, 1個体, 57.0mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97352, 1個体, 58.3mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97353, 1個体, 58.3mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97354, 1個体, 79.2mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97355, 1個体, 93.7mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97363, 1個体, 66.6mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. BSKU 97364, 1個体, 78.2mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. BSKU 97365, 1個体, 81.4mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. BSKU 97426, 1個体, 60.8mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年9月29日. BSKU 97431, 1個体, 83.1mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97432, 1個体, 82.0mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97433, 1

個体, 76.4mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97434, 1個体, 78.4mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97435, 1個体, 57.2mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97436, 1個体, 53.3mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97437, 1個体, 50.3mm SL, St. D 1, 手網, 2008年9月29日. BSKU 97455, 1個体, 52.7mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年10月29日. BSKU 97487, 1個体, 76.2mm SL, St. D 4, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97502, 1個体, 34.5mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97503, 1個体, 47.1mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97504, 1個体, 55.8mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97505, 1個体, 80.8mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97251, 1個体, 61.4mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97252, 1個体, 85.6mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 96231, 1個体, 40.1mm SL, St. 7, 手網, 2008年10月3日.

備考 10月にSt. 12で目視観察された。

38. *Rhinogobius flumineus* (Mizuno) カワヨシノボリ
標本 137個体: BSKU 97312, 8個体, 33.1-51.4mm SL, St. I 2, 手網, 2008年3月26日. BSKU 97313, 4個体, 24.3-42.8mm SL, St. 8, 手網, 2008年3月29日. BSKU 97335, 4個体, 25.5-28.7mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. BSKU 97324, 3個体, 29.2-34.2mm SL, St. 18, 手網, 2008年6月5日. BSKU 97345, 10個体, 28.8-40.3mm SL, St. 10, 手網, 2008年6月30日. BSKU 97346, 1個体, 44.7mm SL, St. 10, 手網, 2008年7月5日. BSKU 97347, 1個体, 41.9mm SL, St. 10, 手網, 2008年7月5日. BSKU 97348, 3個体, 26.7-37.5mm SL, St. 10, 手網, 2008年7月5日. BSKU 97359, 1個体, 42.4mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97360, 1個体, 47.2mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97362, 5個体, 30.4-36.8mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. 7個体, 38.7-52.0mm SL, St. J 2, 手網, 2008年9月18日. BSKU 97416, 1個体, 34.4mm SL, St. J 1, 定置網, 2008年9月27日. BSKU 97418, 1個体, 41.9mm SL, St. 17, 手網, 2008年9月27日. BSKU 97419, 1個体,

44.7mm SL, St. 17, 手網, 2008年9月27日. BSKU 97420, 1個体, 46.8mm SL, St. 17, 手網, 2008年9月27日. 1個体, 38.6mm SL, St. 17, 定置網, 2008年9月27日. 2個体, 28.6-32.7mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年9月29日. BSKU 97446, 1個体, 41.8mm SL, St. I 1, 定置網, 2008年10月22日. BSKU 97447, 1個体, 45.6mm SL, St. I 1, 定置網, 2008年10月22日. BSKU 97449, 1個体, 41.0mm SL, St. 15, 定置網, 2008年10月22日. BSKU 97450, 1個体, 40.5mm SL, St. 15, 定置網, 2008年10月22日. BSKU 97451, 14個体, 23.9-37.5mm SL, St. 15, 定置網, 2008年10月22日. 1個体, 41.2mm SL, St. 15, 定置網, 2008年10月22日. 3個体, 35.3-46.5mm SL, St. J 1, 定置網, 2008年10月22日. BSKU 97454, 1個体, 37.3mm SL, St. D 1, 定置網, 2008年10月29日. 2個体, 37.7-40.8mm SL, St. 8, 定置網, 2008年10月31日. BSKU 97458, 1個体, 33.0mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97459, 1個体, 34.0mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97460, 1個体, 40.1mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97461, 1個体, 40.4mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97462, 1個体, 44.7mm SL, St. J 4, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97466, 3個体, 23.0-36.2mm SL, St. J 5, 手網, 2008年11月6日. BSKU 97468, 1個体, 41.8mm SL, St. B, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97469, 1個体, 41.4mm SL, St. B, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97470, 6個体, 22.0-39.9mm SL, St. B, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97473, 1個体, 25.0mm SL, St. C, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97474, 1個体, 36.2mm SL, St. C, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97475, 1個体, 42.3mm SL, St. C, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97479, 1個体, 24.6mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97480, 1個体, 28.5mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97481, 1個体, 36.1mm SL, St. A, 手網, 2008年11月7日. 7個体, 24.1-34.8mm SL, St. 8, 手網, 2008年11月7日. BSKU 97485, 2個体, 31.0-37.9mm SL, St. G, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97489, 1個体, 35.1mm SL, St. D 4, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97490, 1個体, 39.1mm SL, St. H, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97491, 1個体, 49.9mm SL, St. H, 手網,

2008年11月23日. BSKU 97493, 4 個体, 29.3-39.0mm SL, St. J 3, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97495, 1 個体, 31.4mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97496, 1 個体, 37.0mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97497, 1 個体, 38.2mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97498, 1 個体, 39.0 mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97499, 1 個体, 39.0mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97500, 1 個体, 40.2mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97501, 1 個体, 43.5mm SL, St. K, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97507, 1 個体, 26.9 mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97508, 1 個体, 38.9mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97509, 1 個体, 44.0mm SL, St. D 5, 手網, 2008年11月23日. BSKU 97254, 1 個体, 38.2mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97255, 1 個体, 39.4mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97256, 1 個体, 46.6mm SL, St. D 3, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97259, 1 個体, 40.0mm SL, St. E, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97262, 1 個体, 37.5mm SL, St. F, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97263, 1 個体, 40.5 mm SL, St. F, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97264, 1 個体, 43.6mm SL, St. F, 手網, 2008年12月12日. BSKU 97344, 1 個体, 41.1mm SL, St. 10, 手網, 2008年6月30日. BSKU 97343, 1 個体, 48.6mm SL, St. 10, 手網, 2008年6月30日.

備考 本種は生活史のすべてを河川で過ごし(水野, 2001), 以前から鏡ダム上流域にも広く分布している(岡村ほか, 1976, 1992). 本調査では鏡川のほぼ全域で見られた.

39. *Tridentiger brevispinis* Katuyama, Arai and

Nakamura ヌマチチブ

標本 27個体: BSKU 97314, 1 個体, 22.0mm SL, St. 3,

手網, 2008年4月1日. BSKU 97315, 1 個体, 51.0mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月1日. BSKU 97316, 1 個体, 30.5mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月5日. BSKU 97317, 1 個体, 43.1mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月5日. BSKU 97318, 1 個体, 58.3mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月5日. BSKU 97322, 2 個体, 28.5-33.7mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月15日. BSKU 97323, 1 個体, 77.4mm SL, St. 3, 手網, 2008年4月15日. BSKU 94723, 1 個体, 59.1mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日. 2 個体, 30.9-31.3mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月9日. 4 個体, 28.3-44.8mm SL, St. 3, 手網, 2008年5月14日. BSKU 97370, 1 個体, 46.6mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月7日. BSKU 95280, 1 個体, 96.6mm SL, St. D 6, 寄贈, 2008年7月16日. BSKU 97368, 1 個体, 100.9mm SL, St. 9, 手網, 2008年7月18日. BSKU 97374, 1 個体, 40.8mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月22日. BSKU 97375, 1 個体, 41.7mm SL, St. 1, 手網, 2008年7月22日. BSKU 97443, 1 個体, 45.5 mm SL, St. 7, 手網, 2008年10月3日.

備考 10月に St. 12 で目視観察された. 本種は稚魚期に海で浮遊生活を送り, その後着底すると河川を遡上し, 淡水域で成長する(明仁, 1987). 本調査ではダムより下流で断続的に確認され, St. 2 と 3 で多数目視観察された. また, 的漕川の St. D6 でも確認された. St. D6 は Aa 型の河床形態をもつ上流域であり, 河口から約 20km 上流で, 確認された地点の中では最上流である(その下流の採集地点である St. 12 は Aa-Bb 移行型, 河口から約 13km 上流). 河口から St. D6 までに大規模な堰堤はなく, 自然な溯上が可能であるが, 人為的な移入も否定できない(アユの種苗への混入など).

トピックス

種の同定と標本

ある地域の生物相を定期的に調査することは、その環境の変化を知るうえで大変重要である。生物相を知ることは、すなわち、その地域にどのような種が生息しているかを知ることである。実際には観察や採集した生物を分類し同定し（学名を確定し）、そのグループの分類体系に基づいて種名をリストにまとめることが基本となる。また、定期的にそれらの種の生息情報が得られれば、長期的な種の増減の比較もできる。

生物の調査や採集には様々な方法があるが、野外で観察した個体や採集した標本の形態学的な特徴を詳しく調べて種名を確定する。正確な種の同定は、ある地域の生物相を把握するためには何よりも重要である。生息している個体を写真撮影し、種の特徴が十分にわかる鮮明な画像が得られれば、生物を採集せずに同定の根拠とすることは可能である。しかし、採集した生物の標本を作成し保存しておけば、過去に同定された種名が正しいかどうか、いつでもその標本に基づいて再検討できる。また、種を分類するうえで、写真からは判断できない細かな特徴を調べてみなければわからない場合もある。標本として保存することは、個人的にはなくて、自然史博物館やそれに相当する研究施設（標本コレクションを維持管理する大学の研究室）の学術標本として登録し、保管することを意味する。新種の学名はこの

ような標本に基づいて、分類に関する学術論文の中で付けられている。そのため、調査や研究で使用した標本を同定の証拠として残すことは極めて重要であるし、分類学の研究にも寄与する。さらに、現在では地球規模の環境変化を知るために、各地域の生物多様性の証拠となる標本コレクションは、人類共通の貴重な財産とみなされている。

鏡川の淡水域で記録された移入種の中に、ビワコオオナマズ（学名は *Silurus biwaensis* で、琵琶湖の固有種）が含まれていた。この記録の根拠となった1標本は鏡川下流で1990年に採集され、高知大学理学部海洋生物学研究室（研究機関の略号はBSKU）に保管されていた。その後、この記録は2002年に出版された高知県レッドデータブックにも引用されている。この標本を1989年に発表されたナマズ属（*Silurus*）の分類を再検討した論文情報に基づいて再同定した結果、ビワコオオナマズではないことが判明した。この誤同定の理由として、標本採集当時にナマズ属の分類学的知見との比較が不十分であったことや、実際のビワコオオナマズの標本と直接比較できなかったことが考えられる。しかしながら、記録の基となった標本が保管されていなければ、鏡川の“ビワコオオナマズ”の記録は再確認する手立てがなく、いつまでも謎として残っていたかもしれない。

第18章

浦戸湾とその流入河川河口域の魚類

浦戸湾の魚類に関する最初のまとまった報告は蒲原(1934)によってなされ、127種の魚類が記録された。しかしながら、蒲原博士が戦前に採集した標本は1945年7月4日の高知大空襲による火災ですべて消失してしまった。蒲原博士はその後も研究を継続し、浦戸湾の魚類を再度整理して194種の魚類を記録した(蒲原, 1958)。蒲原(1958)は、「その後も調査を続行していたので、次第に種数を増加しつつあったが、昭和21年12月の南海大地震のため、湾全体が沈下し、海水の侵入が多くなったので、外海からはいる魚類が著しく増加した様であった。(中略)しかし、一方最近工場からの廃液のため水が著しく汚染せられ、その影響は殆ど湾全体に及ぶようになったので、魚種も個体数も減少したのは事実である。」と記述しており、また、「本論文に記載した種数は194種であるが、これは嘗て採集した事もあるものも全部含めたものであって、必ずしも今日棲息しているとは限らない。」とも述べている。すなわち、蒲原(1958)が報告した194種は、蒲原(1934)以降に蒲原博士と当時の研究室の学生諸氏が浦戸湾で記録したすべての種となる。パルプ廃液による浦戸湾の汚染は1951年から始まり、工場が閉鎖された1972年まで、日量13,500tの廃液が江ノ口川を經由して湾内に流入していた(和田, 1980)。1958年当時、蒲原博士が湾全体の汚染と魚類の減少を憂慮されていたことは明白である。

蒲原(1958)以後の浦戸湾における魚類の研究は、落合・岡村(1972)、落合ほか(1975)、岡村ほか(1976)によりなされた。落合・岡村(1972)は浦戸湾の魚類の分布と斃死に関する報告をしたが、魚種の顕著な減少が認められ、約30種の魚類が姿を消し、内湾性8種、外湾性57種の計65種について個体数が激減し

ており、また、その最大の原因は水質の汚染と埋立て工事による藻場の減少であるとしている。このように、余りにも強度の汚染から、浦戸湾は市民の誰もが近づかない海域となった(町田, 2004a, b)。近年になっても、1997年から1999年にかけて、衣ヶ島周辺に中土佐町沖の浚渫海砂を用いた覆砂事業が行なわれた。この覆砂事業に関して町田(2004b)は、砂は動物の生息には不適であり、浄化機能のほとんどない空間を創造しただけであり、覆砂が衣ヶ島周辺の干潟の減少を招いたとしている。このように、浦戸湾は過去に大きな人為的攪乱を受けたのは事実である。

この覆砂事業と、実現はしなかったが、灘地区の埋め立て問題を契機に町田が浦戸湾の動物相の調査を2003年から開始し、現在も継続中である。町田が関与した魚類に関する調査の成果の一部は、すでに佐藤ほか(2005)、町田・山川(2005)、三宅ほか(2006)、長野ほか(2006)、森田ほか(2006)、阪本ほか(2007)により報告され、浦戸湾の魚類の生息状況が徐々に明らかになりつつある。なお、本報告は、著者の一人である阪本による平成17年度高知大学理学部卒業論文と、平成19年度高知大学理学研究科修士論文が基礎となっている。

本報告では、2004年6月から2008年8月の間に、浦戸湾とその流入河川の河口域で確認された魚類を扱う。種の記録は、人力による小型曳き網、小型のすくい網、投網および釣りによる採集、柴漬け、目視および写真撮影による確認、聞き取り調査に加え、遊漁者からの寄贈標本と、高知市横浜の漁師、永野廣・昌枝御夫妻のカニ刺し網と延縄で得られた種に基づいた。

学名はおおむね中坊(編)(2000)に従った。スミウ

キゴリはStevenson (2002)に、カワムツはChen *et al.* (2008)に、ゴンズイはYoshino and Kishimoto (2008)に、ハゼ亜目はおもに鈴木・渋谷(2004)にしたがった。また、カエルアンコウの和名は日本魚類学会(2007)の日本産魚類の差別的標準和名の改名最終勧告にそれぞれ従った。

以下に、標本ならびに目視で確認された種とその産地を示す。刺し網は湾内の数ヶ所に設置されるため、設置場所が特定された場合にのみ、その場所を示す。また、遊漁者から寄贈された標本で正確な場所が特定できなかった場合、産地を浦戸湾内として示す。採集された標本は、高知大学理学部海洋生物学研究室標本(BSKU)として登録してある。なお、採集例が希な種および貴重な種に関しては、標本登録番号、個体数、サイズ、採集日を併せて示す。とくに標本番号に関しては、これらが浦戸湾の現状を物語る証拠物件としてのみではなく、高知市民ならびに高知県民の共有の財産として認識する必要があると考え、記すことにした。なお、魚類の体盤幅はDW、全長はTL、標準体長はSLと略記する。レッドリストカテゴリーは、高知県の指定に関しては高知県レッドデータブック [動物編] (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)に、環境省の指定に関しては、最新のリストが印刷物として公表されていないため、NPO 法人野生生物調査協会・NPO 法人 Envision 環境保全事務所 (http://www.jpnrdb.com/rdb_category.html) にそれぞれ従った。

第1節 浦戸湾産魚類リスト

Carcharhiniformes メジロザメ目

Carcharhinidae メジロザメ科

1. *Carcharhinus dussumieri* (Müller and Henle, 1839) スミツキザメ (図版1-A)
標本: BSKU 90722, 1 個体, 298.0mm TL, 2007年6月21日.
備考: 本種は土佐湾沿岸の底曳き網漁で漁獲されるが、浦戸湾内での捕獲例はこれまでにないと考えられる。なお、本標本は刺し網で得られた。

Rajiformes エイ目

Rhinobatidae サカタザメ科

2. *Rhinobatos hynnicephalus* Richardson, 1846
コモンサカタザメ (図版1-B)
標本: BSKU 91860, 1 個体, 530.5mm TL, 衣ヶ島, 2005年1月16日.
備考: 本種は土佐湾沿岸の底曳き網漁で漁獲されるが、湾内での捕獲例は稀である。なお、本標本は刺し網で得られた。

Torpedinidae シビレエイ科

3. *Narke japonica* (Temminck and Schlegel, 1850) シビレエイ (図版1-C)
標本: BSKU 90380, 1 個体, 314.0mm TL, 浦戸湾内, 刺し網, 2007年6月1日.
備考: 本種は土佐湾沿岸の底曳き網漁で漁獲されるが、内湾での捕獲例はきわめて希である。本標本は水深4mで得られたが、本種がこのような浅い場所で漁獲されたという知見はこれまでにないと考えられる。

Dasyatidae アカエイ科

4. *Dasyatis akajei* (Müller and Henle, 1841) アカエイ
灘 (漁獲の現場を目視).
備考: 本種は浦戸湾の刺し網でしばしば漁獲されるが、標本は確保されていない。

Myliobatidae トビエイ科

5. *Aetobatus flagellum* (Bloch and Schneider, 1801) ナルトビエイ (図版1-D)
標本: BSKU 79817, 1 個体, 309.0mm DW, 浦戸湾内, 刺し網, 2006年9月30日; BSKU 79817, 1 個体, 322.0mm DW, 浦戸湾内, 刺し網, 2006年9月30日.
備考: 本種はごく最近、浦戸湾内で漁獲されるようになった種である。同様に、瀬戸内海などで本種によるアサリの食害がマスコミで報道されている。
6. *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790) マダラトビエイ
玉島.
備考: 2007年8月30日に、浦戸湾内の刺し網漁で捕獲されている個体が目視で確認された。大型個体のため、標本は確保されていない。時には体重が30kgを超える個体が刺し網に掛かる(永野, 私信)。

Elopiformes カライワシ目

Elopidae カライワシ科

7. *Elops hawaiiensis* Regan, 1909 カライワシ
標本：BSKU 76995, 1 個体, 33.8mm SL, 西灘,
2005年 8月30日.

Megalopidae イセゴイ科

8. *Megalops cyprinoides* (Broussonet, 1782) イセ
ゴイ
標本：未登録 3 個体, 20.6-23.2mm SL, ゴウシ山,
2004年 9月12日.

Albuliformes ソトイワシ目

Albulidae ソトイワシ科

9. *Albula neoguinaica* Valenciennes, 1847 ソトイ
ワシ
標本：BSKU 91243, 1 個体, 32.4mm SL, 久万川 (一
宮), 2006年 7月12日.
備考：本種は、高知県レッドデータブック[動物編]
編集委員会(2002)による高知県の汽水産魚類のリ
ストに含まれていない。本種の幼魚と若魚は河口
付近の汽水域に侵入することがあるが、本報告で
湾奥部から採集されたことは注目に値する。

Anguilliformes ウナギ目

Anguillidae ウナギ科

10. *Anguilla japonica* Temminck and Schlegel,
1846 ウナギ
新堀川, 久万川支流名切川, 浦戸湾内.
備考：環境省は本種を情報不足種に指定している。
本種は浦戸湾内に広く分布する。

Muraenidae ウツボ科

11. *Gymnothorax pseudothyroideus* (Bleeker,
1852) アミメウツボ (図版2-A)
標本：BSKU 79877, 1 個体, 572mm TL, 貴船漁港,
2006年 9月29日；BSKU 79878, 1 個体, 586mm TL,
貴船漁港, 2006年 9月29日；BSKU 79881, 1 個体,
556mm TL, 貴船漁港, 2006年10月 5日；BSKU 91500,
1 個体, 613mm TL, 貴船漁港, 2007年 6月28日.
備考：本種は阪本ほか(2007)により、土佐湾中央
部における初記録種として公表された。
12. *Gymnothorax isingteena* (Richardson, 1845) ニ

セゴイシウツボ (図版2-B)

標本：BSKU 79879, 1 個体, 724mm TL, 貴船漁港,
2006年10月 5日；BSKU 91513, 1 個体, 663mm TL,
貴船漁港, 2007年 6月28日.

備考：本種は阪本ほか(2007)により、標本に基づ
く高知県初記録種として公表された。本種と上記
のアミメウツボは釣りにより得られた。両種は貴
船漁港で普通種である。

Ophichthidae ウミヘビ科

13. *Ophisurus macrorhynchus* Bleeker, 1853 ダイ
ナンウミヘビ
衣ヶ島.
備考：本種は浦戸湾の刺し網で漁獲されるほか、
釣りでも得られる。
14. *Pisodonophis zophistius* Jordan and Snyder,
1901 ホタテウミヘビ
貴船漁港, 浦戸湾内.
備考：本種は浦戸湾の刺し網で漁獲されるほか、
釣りでも得られる。
15. *Pisodonophis cancrivorus* (Richardson, 1848)
ミナミホタテウミヘビ
浦戸湾内.
備考：本種は浦戸湾の刺し網で漁獲されるほか、
釣りでも得られる。

Congridae アナゴ科

16. *Conger japonicus* Bleeker, 1879 クロアナゴ
貴船漁港.

Muraenesocidae ハモ科

17. *Muraenesox cinereus* (Forsskål, 1775) ハモ (図
版3-A)
標本：BSKU 79816, 1 個体, 818mm TL, 衣ヶ島,
2006年 9月30日.
備考：本種は浦戸湾における覆砂事業の後、しば
らく確認されていなかった。ごく最近になり、本
種が衣ヶ島周辺で延縄により再び漁獲されるよう
になった。

Clupeiformes ニシン目

Clupeidae ニシン科

18. *Etrumeus teres* (De Key, 1842) ウルメイワシ
灘, 赤松漁港.

19. *Spratelloides gracilis* (Temminck and Schlegel, 1846) キビナゴ
西灘.

20. *Sardinops melanostictus* (Temminck and Schlegel, 1846) マイワシ
赤松漁港.

21. *Sardinella zunasi* (Bleeker, 1854) サツパ
衣ヶ島, ゴウシ山, 赤松漁港, 浦戸湾内.
備考: 本種は刺し網で漁獲されるほか釣りでも得られるが, 個体数は多くない.

22. *Konosirus punctatus* (Temminck and Schlegel, 1846) コノシロ (図版3-B)
灘, 御豊瀬漁港, 浦戸湾内.
備考: 本種は曳き網, 釣り, 刺し網で得られる. 成魚は刺し網で得られるが, 個体数は多くない.

23. *Nematalosa japonica* Regan, 1917 ドロクイ (図版3-C)
標本: BSKU 90030, 1 個体, 221.8mm SL, 浦戸湾内, 2007年4月19日; BSKU 91906, 3 個体, 54.8-58.2mm SL, 西灘, 2005年8月3日; BSKU 91908, 1 個体, 54.2mm SL, 灘, 2005年9月29日; BSKU 91909, 3 個体, 56.3-66.1mm SL, 西灘, 2004年9月4日; BSKU 92308, 1 個体, 185.0mm SL, 浦戸湾内, 2007年5月3日; BSKU 92498, 1 個体, 196.8mm SL, 浦戸湾内, 2007年12月1日.
備考: 本種は高知県絶滅危惧II類で, 環境省絶滅危惧IB類である. 若魚は曳き網で, 成魚は刺し網で得られるが, 成魚は浦戸湾内において特定の場所での刺し網にしか掛からない.

Engraulidae カタクチイワシ科

24. *Engraulis japonicus* Temminck and Schlegel, 1846 カタクチイワシ
灘, 御豊瀬漁港, 浦戸湾内.

25. *Stolephorus indicus* (van Hasselt, 1823) インドアイノコイワシ
西灘.

Cypriniformes コイ目

Cyprinidae コイ科

26. *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 コイ
鏡川.

備考: 本種は鏡川の河口付近の橋の下において, 周年観察された.

27. *Carassius auratus langsdorfii* Temminck and Schlegel, 1846 ギンブナ
国分川.

28. *Carassius auratus buergeri* Temminck and Schlegel, 1846 オオキンブナ (図版4-A)
標本: BSKU 91563, 1 個体, 259.7mm SL, 久万川, 2006年12月4日; BSKU 93120, 1 個体, 253.5mm SL, 国分川(布師田), 2006年10月12日; BSKU 93121, 1 個体, 251.7mm SL, 国分川(布師田), 2006年10月12日; BSKU 93122, 1 個体, 248.3mm SL, 国分川(布師田), 2006年10月12日; BSKU 93123, 1 個体, 257.0mm SL, 国分川(布師田), 2006年10月12日; BSKU 93124, 1 個体, 246.7mm SL, 国分川(布師田), 2006年10月12日; BSKU 93125, 1 個体, 256.6mm SL, 国分川(布師田), 釣り, 2006年10月12日.
備考: 本種は高知県情報不足種である. 浦戸湾流入河川における本種の実態はこれまで不明であったが, 奥部の流入河川で生息が確認された.

29. *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Kner, 1866) タイリクバラタナゴ
久万川支流金切川, 絶海池.
備考: 本種は移入種である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002). 本種は環境省により, 要注意外来生物に指定されている.

30. *Zacco platypus* (Temminck and Schlegel, 1846) オイカワ
久万川.

31. *Nipponocypris temminckii* (Temminck and Schlegel, 1846) カワムツ
久万川, 久万川支流金切川, 久万川支流名切川, 久万川支流東谷川.

32. *Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877) ウグイ
薊野川, 久万川, 灘, 西灘.

33. *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel, 1846) モツゴ
標本: BSKU 75801, 1 個体, 30.9mm SL, 下田川, 2005年8月8日.
備考: 本種は高知県絶滅危惧II類である.

Siluriformes ナマズ目

Plotosidae ゴンズイ科

34. *Plotosus japonicus* Yoshino and Kishimoto, 2008 ゴンズイ
灘, 西灘, 浦戸湾内に普通.

Salmoniformes サケ目

Plecoglossidae アユ科

35. *Plecoglossus altivelis altivelis* Temminck and Schlegel, 1846 アユ (図版4-B)
青柳橋, 灘, ゴウシ山, 長浜川.

Aulopiformes ヒメ目

Synodontidae エソ科

36. *Saurida wanieso* Shindo and Yamada, 1972 ワニエソ

標本: BSKU 92604, 1 個体, 276.0mm SL, 浦戸湾内, 2007年12月6日.

備考: 本種は土佐湾沿岸の底曳き網で漁獲され, 浦戸湾内での捕獲例は希である.

本標本は刺し網で得られた.

Lophiiformes アンコウ目

Antennariidae カエルアンコウ科

37. *Antennarius striatus* (Shaw, 1794) カエルアンコウ
ゴウシ山, 浦戸湾内.

Gasterosteiformes トゲウオ目

Fistulariidae ヤガラ科

38. *Fistularia commersonii* Rüppell, 1838 アオヤガラ
ゴウシ山.

Syngnathidae ヨウジウオ科

39. *Urocampus nanus* Günther, 1870 オクヨウジ
標本: BSKU 74699, 1 個体, 76.4mm SL, 衣ヶ島, 2005年4月22日.
備考: 本種は高知県情報不足種である. 本種が浦戸湾で記録されたという報告はこれまでにない.
40. *Syngnathus schlegeli* Kaup, 1856 ヨウジウオ (図版4-C)

標本: BSKU 73240, 1 個体, 196.2mm SL, 灘, 2004年9月16日; BSKU 73847, 1 個体, 150.4mm SL, 衣ヶ島, 2004年10月13日; BSKU 73848, 1 個体, 167.8mm SL, 衣ヶ島, 2004年10月13日; BSKU 74167, 1 個体, 124.7mm SL, 灘, 2005年1月8日; BSKU 74677, 1 個体, 171.6mm SL, 衣ヶ島, 2005年4月22日; BSKU 76932, 1 個体, 194.1mm SL, 青柳橋, 2005年7月21日; BSKU 77070, 1 個体, 157.4mm SL, 衣ヶ島, 曳き2005年6月9日; BSKU 77071, 1 個体, 146.5mm SL, 衣ヶ島, 2005年6月9日.

備考: 本種は高知県絶滅危惧IA類である. 本種は過去20年以上にわたり浦戸で確認されていないとされていたが, 佐藤ほか(2005)が衣ヶ島と灘で生息を確認した. 本報告で, 本種が衣ヶ島で再確認され, また, 湾奥部の青柳橋で初めて生息が確認された.

41. *Hippichthys (Parasyngnathus) penicillus* (Cantor, 1849) ガンテンイシヨウジ

新堀川, 竹島川, 灘, 浦戸漁港.

備考: 佐藤ほか(2005)が本種を灘から報告している. 本種は浦戸湾産のヨウジウオ科で最も個体数が多い.

42. *Hippichthys (Hippichthys) heptagonus* Bleeker, 1849 アミメカワヨウジ (図版4-D)

標本: BSKU 76155, 1 個体, 73.7mm SL, 新堀川, 2005年10月2日.

備考: 本標本は沖縄以北の初記録として長野ほか(2006)により公表された. 本種は環境省の絶滅危惧IB類である.

43. *Hippichthys (Hippichthys) spicifer* (Rüppell, 1838) カワヨウジ (図版5-A)

標本: BSKU 73235, 1 個体, 121.5mm SL, 西灘, 2004年8月29日; BSKU 73236, 1 個体, 103.8mm SL, 貴船漁港, 2004年10月7日; BSKU 76302, 1 個体, 108.4mm SL 西灘, 2004年12月10日.

備考: 本種は高知県絶滅危惧IB類である. 西灘と貴船漁港から得られた標本は, 佐藤ほか(2006)により公表された.

44. *Microphis (Oostethus) brachyurus brachyurus* (Bleeker, 1853) テングヨウジ

薊野川, 長浜川, 浦戸漁港.

45. *Hippocampus mohnikei* Bleeker, 1853 サンゴ
タツ

青柳橋, 衣ケ島, 西灘.

46. *Hippocampus kuda* Bleeker, 1852 クロウミウマ
(図版5-B)

玉島, 衣ケ島, 灘, 西灘.

備考: 浦戸湾産の本種は, 高知県初記録種として
佐藤ほか(2005)により報告され, さらに浦戸湾か
らの追加記録が森田ほか(2006)により報告された.

Mugiliformes ボラ目

Mugilidae ボラ科

47. *Crenimugil crenilabis* (Forsskål, 1775) フウラ
イボラ

標本: BSKU 90583, 1 個体, 70.6mm SL, 灘, 2004
年10月11日.

備考: 本種は, 高知県レッドデータブック[動物編]
編集委員会(2002)による高知県の汽水産魚類のり
ストに含まれていない.

48. *Mugil cephalus cephalus* Linnaeus, 1758 ボラ
久万川, 久万川支流金切川, 灘, 衣ケ島, 浦戸湾
に多産する.

49. *Chelon affinis* (Günther, 1861) セスジボラ
久万川, 西灘, ゴウシ山.

50. *Chelon haematocheilus* (Temminck and Schlegel,
1845) メナダ (図版6-A)

標本: BSKU 77036, 1 個体, 102.0mm SL, 久万
川, 2005年12月14日; BSKU 90572, 1 個体, 223.6
mm SL, 浦戸湾内, 2004年9月14日; BSKU 92212,
6 個体, 27.3-39.0mm SL, 久万川, 2007年7月26日.

備考: 本種は高知県情報不足種である.

51. *Chelon macrolepis* (Smith, 1846) コボラ

標本: BSKU 76939, 1 個体, 30.5mm SL, 青柳橋,
2005年10月15日; BSKU 76961, 2 個体, 28.8-36.0
mm SL, 灘, 2005年11月13日; BSKU 76970, 2 個体,
24.5-26.6mm SL, 西灘, 2005年8月30日.

備考: 本種は高知県情報不足種である.

52. *Moolgarda sehelii* (Forsskål, 1775) タイワンメ
ナダ

標本: BSKU 92932, 1 個体, 69.8mm SL, 西灘,
2006年10月21日.

Atheriniformes トウゴロウイワシ目

Atherinidae トウゴロウイワシ科

53. *Hypoatherina valenciennei* (Bleeker, 1853) トウ
ゴロウイワシ
西灘.

Cyprinodontiformes カダヤシ目

Poeciliidae カダヤシ科

54. *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) カダ
ヤシ

薊野川, 竹島川, 絶海池, 灘.

備考: 本種は移入種である (高知県レッドデー
タブック[動物編]編集委員会, 2002).

灘で捕獲された個体は, 大雨による増水で河川か
ら流されてきた個体と考えられる.

Beloniformes ダツ目

Hemiramphidae サヨリ科

55. *Hyporhamphus sajori* (Temminck and Schlegel,
1846) サヨリ (図版6-B)
浦戸大橋下.

Scorpaeniformes カサゴ目

Scorpaenidae カサゴ科

56. *Scorpaenopsis neglecta* Heckel, 1837 サツマカ
サゴ

標本: BSKU 79875, 1 個体, 101.0mm SL, 赤松漁港,
2006年5月15日.

57. *Scorpaenopsis cirrosa* (Thunberg, 1793) オニカ
サゴ (図版6-C)

標本: BSKU 76269, 1 個体, 153.8mm SL, 赤松漁港,
2005年9月17日; BSKU 91207, 1 個体, 145.0mm SL,
浦戸漁港, 2006年10月4日.

58. *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier, 1829) カサゴ
(図版7-A)

赤松漁港, 御豊瀬漁港, 浦戸漁港, 貴船漁港.

備考: 本種を含むカサゴ科の標本は, いずれも湾口
部付近に位置する漁港の内外で釣りより得られた.

Tetrarogidae ハオコゼ科

59. *Hypodytes rubripinnis* (Temminck and Schlegel,
1843) ハオコゼ

玉島, 裸島, 浦戸漁港, 種崎.

Triglidae ホウボウ科

60. *Chelidonichthys spinosus* (McClelland, 1844)

ホウボウ

衣ヶ島, 横浜, ゴウシ山.

備考: 本種の若魚が希に引き網で得られた.

Platycephalidae コチ科

61. *Platycephalus* sp. 1 ヨシノゴチ

標本: BSKU 91486, 1 個体, 267.8mm SL, 浦戸湾内, 2007年 9 月 20 日.

62. *Platycephalus* sp. 2 マゴチ

標本: 灘, 西灘, ゴウシ山, 浦戸湾内.

63. *Cociella crocodila* (Tilesius, 1812) イネゴチ

標本: BSKU 93108, 1 個体, 178.4mm SL, 浦戸湾内, 2007年 12 月 27 日.

64. *Inegocia japonica* (Tilesius, 1812) トカゲゴチ

ゴウシ山, 浦戸湾内.

Cottidae カジカ科

65. *Cottus kazika* Jordan and Starks, 1904 カマキリ (図版7-B)

標本: BSKU 69821, 1 個体, 24.9mm SL, 衣ヶ島, 2004年 4 月 7 日; BSKU 74644, 1 個体, 40.4mm SL, 衣ヶ島, 2005年 4 月 22 日; BSKU 76235, 1 個体, 32.0mm SL, 横浜, 2004年 4 月 21 日; BSKU 76702, 1 個体, 35.0mm SL, 衣ヶ島, 2004年 4 月 22 日; BSKU 92210, 1 個体, 18.2mm SL, 久万川, 2007年 3 月 21 日; BSKU 92211, 1 個体, 16.3mm SL, 久万川, 2007年 3 月 21 日.

備考: 本種は高知県絶滅危惧Ⅱ類である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002).

66. *Pseudoblennius percooides* Günther, 1861 アナハゼ

標本: BSKU 91825, 112.0mm SL, 1 個体, 貴船漁港, 2005年 1 月 2 日.

Perciformes スズキ目

Latidae アカメ科

67. *Lates japonicus* Katayama and Taki, 1984 アカメ (図版8-A)

標本: BSKU 76868, 1 個体, 19.9mm SL, 青柳橋, 2005年 10 月 16 日; BSKU 89775, 1 個体, 8.3mm SL,

長浜川, 2006年 8 月 7 日; BSKU 88974, 1 個体, 13.2mm SL, 長浜川, 2006年 9 月 22 日; BSKU 89000, 1 個体, 11.7mm SL, 曳き網, 2006年 10 月 27 日; 1 個体, 450.0mm SL, 西灘, 2005年 5 月 7 日; 9 個体, 43.9-84.8mm SL, 新堀川, 2005年 10 月 2 日; 12 個体, 26.8-284.0mm SL, 長浜川, 2005年 11 月 1 日; 6 個体, 78.2-120.1mm SL, 長浜川, 2006年 4 月 7 日; 1 個体, 82.6mm SL, 長浜川, 2006年 5 月 25 日; 1 個体, 141.9mm SL, 長浜川, 2006年 7 月 10 日; 19 個体, 19.4-28.8mm SL, 長浜川, 2006年 8 月 7 日; 64 個体, 11.1-200.4mm SL, 長浜川, 2006年 9 月 22 日; 19 個体, 17.0-106.0mm SL, 新堀川, 2006年 10 月 8 日; 1 個体, 66.6mm SL, 長浜川, 2006年 10 月 27 日; 2 個体, 35.0-90.0mm SL, 薊野川, 2006年 11 月 7 日; 4 個体, 77.6-104.6mm SL, 長浜川, 2006年 1 月 19 日; 1 個体, 800mm SL, 浦戸湾内, 2007年 8 月 16 日; 1 個体, 730mm SL, 浦戸湾内, 2007年 8 月 16 日.

備考: 本種は高知県絶滅危惧ⅠA類である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002). 本種の幼魚から若魚は浦戸湾内に広く生息する. 浦戸湾では, 全長 1m 程度までの成魚がしばしばカニ刺し網に掛かる. 成魚はルアーフィッシングの対象となっており, 全長 1m を超える個体の釣獲も珍しくはないが, ほとんどの個体はリリースされているようである.

本報告のアカメは, 現地で標準体長を測定した後, ただちに放流した. とくに本種の幼魚は捕獲が簡単なことから, 採集圧による個体数の減少が危惧される. 刺し網にも掛かるがこの網はカニ刺し網であり, アカメの捕獲を目的としたものではない. 換言すれば, アカメの個体数が多いということになる. また, 釣獲されたアカメのほとんどがリリースされていることから, 釣りによる採集圧はさほど大きくないことが考えられる. アカメは産卵場所がいまだ確定されておらず, 生態も未解明の種である. 今後, 長期間にわたる調査・研究を実施し, 絶滅危惧種か否かを再検討する必要がある.

Moronidae スズキ科

68. *Lateolabrax latus* Katayama, 1957 ヒラスズキ 灘漁港, 浦戸湾内.

69. *Lateolabrax japonicus* (Cuvier, 1828) スズキ
玉島, 灘漁港, 浦戸漁港, 浦戸湾内.

70. *Lateolabrax* sp. タイリクスズキ (図版8-B)
国分川, 長浜川.

備考: 本種は移入種である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002). 本種を含むスズキ科の種は, いずれもルアーフィッシングの対象となっており, 全長80cmを超える個体も浦戸湾では珍しくない. 若魚は漁港内などで頻繁に釣獲されている.

Serranidae ハタ科

71. *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg, 1793)
マハタ (図版8-C)

標本: BSKU 73929, 1 個体, 66.1mm SL, 貴船漁港, 2004年11月5日.

72. *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) チャイロマルハタ (図版9-A)

標本: BSKU 91441, 1 個体, 310.0mm SL, 浦戸湾内, 2007年9月14日; BSKU 92370, 1 個体, 253.7mm SL, 浦戸湾内, 2007年11月17日.

備考: 本種は南方系の種であるが, 高知県での捕獲例はこれまでにない. 本標本は刺し網で得られたが, 釣り人による釣獲例もあるようである.

Centrarchidae サンフィッシュ科

73. *Micropterus salmoides* (Lacèpede, 1802) ブラックバス (オオクチバス) (図版9-B)

標本: BSKU 90576, 1 個体, 82.3mm SL, 灘, 2004年9月14日.

備考: 本種は移入種である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002). 灘で捕獲された個体は, 大雨による増水で河川から流されてきた個体と考えられる.

Apogonidae テンジクダイ科

74. *Apogon semilineatus* Temminck and Schlegel, 1842 ネンブツダイ

赤松漁港, 浦戸漁港.

75. *Apogon doederleini* Jordan and Snyder, 1901 オオスジイシモチ

浦戸漁港, 貴船漁港.

76. *Apogon cathetogramma* (Tanaka, 1917) ヨコスジイシモチ

赤松漁港, 御豊瀬漁港, 浦戸漁港, 浦戸湾内.

備考: 本種を含むネンブツダイ科の3種は, 湾口付近での釣りで普通に得られる.

Carangidae アジ科

77. *Seriola quinqueradiata* Temminck and Schlegel, 1845 プリ

浦戸湾内.

備考: 2003年2月4日に横浜の漁師, 永野廣氏がカニ刺し網で捕獲した個体の写真による記録がある.

78. *Seriola dumerili* (Risso, 1810) カンパチ (図版9-C)

BSKU 75771, 1 個体, 241.4mm SL, 灘漁港, 2005年8月3日.

79. *Trachurus japonicus* (Temminck and Schlegel, 1844) マアジ

標本: 灘漁港, 赤松漁港.

80. *Megalapsis cordyla* (Linnaeus, 1758) オニアジ (図版10-A)

標本: BSKU 93109, 1 個体, 166.7mm SL, 浦戸湾内, 2007年12月27日; BSKU 93110, 1 個体, 161.1mm SL, 浦戸湾内, 2007年12月27日; BSKU 93111, 1 個体, 153.6mm SL, 浦戸湾内, 2007年12月27日.

備考: 本種は通常, 土佐湾の釣らないし底曳き網で漁獲される. 本標本は刺し網で得られたが, 浦戸湾内での本種の捕獲例はこれまでにないと考えられる.

81. *Scomberoides tol* (Cuvier, 1832) ミナミイケカツオ (図版10-B)

西灘, 浦戸湾内.

備考: 本種の標本は曳き網および刺し網で得られた.

82. *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793) メアジ

標本: BSKU 91916, 1 個体, 110.0mm SL, 赤松漁港, 2007年10月29日.

83. *Caranx sexfasciatus* Quoy and Gaimard, 1825 ギンガメアジ (図版11-A)

衣ヶ島, 浦戸湾内.

備考: 本種の標本は曳き網, 釣りおよび刺し網で得られた. いずれも幼魚ないし若魚である.

84. *Caranx ignobilis* (Forsskål, 1775) ロウニンアジ

青柳橋, 灘, 西灘, 衣ヶ島, 浦戸湾内.

備考: 本種の標本は曳き網, 釣りおよび刺し網で

得られた。幼魚と若魚は、浦戸湾中央部から湾口部にかけて普通に見られる。

85. *Alectis ciliaris* (Bloch, 1787) イトヒキアジ

浦戸漁港。

備考：数個体の群れが2005年8月8日に目視により確認された。本種は土佐湾沿岸の漁港内でしばしば観察される。

86. *Carangichthys oblongus* (Cuvier, 1833) テンジクアジ (図版11-B)

標本：BSKU 66191, 1 個体, 235.3mm SL, 浦戸湾内, 2003年9月14日

Leiognathidae ヒイラギ科

87. *Nucleola nuchalis* (Temminck and Schlegel, 1845) ヒイラギ (図版11-C)

新堀川, 灘, 西灘, 玉島, 衣ヶ島, 御豊瀬漁港, ゴウシ山, 浦戸湾内。

備考：本種は古くから高知市民に親しまれている魚で、高知県では「にろぎ」と称されている。

Lutjanidae フェダイ科

88. *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskål, 1775) コマフェダイ

新堀川, 赤松漁港。

備考：新堀川では2006年10月8日に、赤松漁港では2007年11月26日にそれぞれ目視により確認された。

89. *Lutjanus russellii* (Bleeker, 1849) クロホシフェダイ

灘漁港, 御豊瀬漁港, 浦戸漁港, 種崎。

90. *Lutjanus fulvus* (Forster, 1801) オキフェダイ (図版12-A)

標本：BSKU 91897, 1 個体, 92.0mm SL, 赤松漁港, 2007年10月24日；BSKU 91898, 1 個体, 82.2mm SL, 赤松漁港, 2007年10月24日。

Gerreidae クロサギ科

91. *Gerres japonicus* Bleeker, 1854 ダイミョウサギ (図版12-B)

横浜, 浦戸湾内。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。

92. *Gerres filamentosus* Cuvier, 1829 イトヒキサギ

衣ヶ島, 浦戸湾内。

93. *Gerres equulus* Temminck and Schlegel, 1844

クロサギ

灘, 衣ヶ島, 横浜, 浦戸漁港, 種崎, 浦戸湾内。

Haemulidae イサキ科

94. *Parapristipoma trilineatum* (Thunberg, 1793) イサキ

御豊瀬漁港, 浦戸漁港。

95. *Diagramma pictum* (Thunberg, 1792) コロダイ

標本：BSKU 72603, 1 個体, 224.2mm SL, 御豊瀬漁港, 2004年9月12日。

96. *Plectorhinchus cinctus* (Temminck and Schlegel, 1843) コショウダイ

標本：BSKU 91797, 1 個体, 41.1mm SL, 衣ヶ島, 2004年8月4日。

Sparidae タイ科

97. *Sparus sarba* (Forsskål, 1775) ヘダイ (図版13-A)

玉島, 衣ヶ島, 横浜, 仁井田, 浦戸湾内。

備考：幼魚から若魚は湾内で普通に見られ、成魚も希に見られる。

98. *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker, 1854) クロダイ (図版13-B)

御豊瀬漁港, 浦戸漁港, 浦戸湾内。

99. *Acanthopagrus latus* (Houttuyn, 1782) キチヌ

玉島, 衣ヶ島, 横浜, 深浦神社前, 仁井田, 浦戸湾内。

備考：幼魚から若魚は湾内で普通に見られ、成魚も希に見られる。

100. *Pagrus major* (Temminck and Schlegel, 1843) マダイ (図版14-A)

標本：BSKU 92452, 1 個体, 168.0mm SL, 赤松漁港, 2007年11月26日。

Sciaenidae ニベ科

101. *Nibea mitsukurii* (Jordan and Snyder, 1900) ニベ

標本：BSKU 90035, 1 個体, 157.0mm SL, 浦戸湾内, 2007年4月19日；BSKU 92309, 1 個体, 150.7mm SL, 浦戸湾内, 2007年5月3日。

Sillaginidae キス科

102. *Sillago japonica* Temminck and Schlegel, 1843 シロギス

衣ヶ島, 横浜, 深浦神社前, 御豊瀬漁港, 浦戸湾内。

Mullidae ヒメジ科

103. *Upeneus tragula* Richardson, 1846 ヨメヒメジ
(図版14-B)

標本: BSKU 91191, 1 個体, 81.6mm SL, 浦戸漁港,
2006年11月5日.

104. *Upeneus vittatus* (Forsskål, 1775) ミナミヒメジ
(図版14-C)

標本: BSKU 76283, 1 個体, 49.9mm SL, 浦戸漁港,
2005年10月16日; BSKU 94104, 1 個体, 150.1mm
SL, 浦戸湾内, 2008年2月4日.

105. *Parupeneus indicus* (Shaw, 1803) コバンヒメジ
(図版15-A)

標本: BSKU 73930, 1 個体, 131.2mm SL, 赤松漁港,
2004年11月23日.

Chaetodontidae チョウチョウオ科

106. *Chaetodon auriga* Forsskål, 1775 トゲチョウ
チョウオ

赤松漁港.

備考: 2007年11月19日に数個体が目視で確認された.

107. *Chaetodon ephippium* Cuvier, 1831 セグロチョ
ウチョウオ

赤松漁港.

備考: 2007年11月19日に数個体が目視で確認され
た. また, 2008年8月20日に灘漁港で目視により
確認された.

Cheilodactylidae タカノハダイ科

108. *Goniistius zonatus* (Cuvier, 1830) タカノハダイ

標本: BSKU 76478, 1 個体, 285.3mm SL, 赤松漁港,
2005年11月20日.

Cichlidae カワスズメ科

109. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) ナイル
ティラピア (図版15-B)

標本: BSKU 75775, 1 個体, 83.9mm SL, 棧橋6丁目,
2005年8月8日; BSKU 75776, 1 個体, 93.2mm SL,
棧橋6丁目, 2005年8月8日; BSKU 75777, 1 個
体, 111.7mm SL, 棧橋6丁目, 2005年8月8日.

備考: 本種は移入種である (高知県レッドデー
タブック [動物編] 編集委員会, 2002).

Pomacentridae スズメダイ科

110. *Abudefduf vaigiensis* (Quoy and Gaimard,
1825) オヤビッチャ

赤松漁港, 浦戸漁港.

備考: 2007年8月から11月の間に, 上記の両地点
で目視によりしばしば確認された.

Teraponidae シマイサキ科

111. *Terapon jarbua* (Forsskål, 1775) コトヒキ

灘, 西灘, 玉島, 衣ケ島, 横浜, 浦戸漁港, 十津,
浦戸湾内.

備考: 湾内で幼魚から成魚までが見られる. 幼魚
は汽水域で頻繁に採集される. 普通種.

112. *Rhyncopelates oxyrhynchus* (Temminck and
Schlegel, 1842) シマイサキ

薊野川, 新堀川, 灘, 西灘, 衣ケ島, 横浜, ゴウ
シ山, 浦戸湾内.

備考: 湾内で幼魚から成魚までが見られる. 幼魚
は汽水域で頻繁に採集される. 普通種.

Kuhliidae ユゴイ科

113. *Kuhlia marginata* (Cuvier, 1829) ユゴイ

標本: 標本未登録, 1 個体, 19.4mm SL, ゴウシ山,
2004年11月12日.

Microcanthidae カゴガキダイ科

114. *Microcanthus strigatus* (Cuvier, 1831) カゴガ
キダイ

衣ケ島, 仁井田, 浦戸漁港.

Girellidae メジナ科

115. *Girella punctata* Gray, 1835 メジナ

赤松漁港, 浦戸漁港, 浦戸大橋下.

Polynemidae ツバメコノシロ科

116. *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) ツバ
メコノシロ (図版15-C)

標本: BSKU 93145, 1 個体, 185.3mm SL, 浦戸湾内,
2008年1月11日.

Labridae ベラ科

117. *Pseudolabrus sieboldi* Mabuchi and Nakabo,
1997 ホシササノハベラ

赤松漁港, 浦戸漁港, 貴船漁港, 浦戸湾内.

118. *Pseudolabrus eoethinus* (Richardson, 1846) アカ
ササノハベラ

御豊瀬漁港, 浦戸漁港.

119. *Halichoeres poecilopterus* (Temminck and
Schlegel, 1845) キュウセン

浦戸漁港.

120. *Halichoeres tenuispinnis* (Günther, 1862) ホン

ベラ

赤松漁港, 浦戸漁港.

Scaridae ブダイ科

121. *Calotomus japonicus* (Valenciennes, 1840) ブダイ
標本:BSKU 93225, 1 個体, 241.3mm SL, 浦戸大橋下,
2008年1月12日.

Stichaeidae タウエガジ科

122. *Dictyosoma burgeri* van der Hoeven, 1855 ダイ
ナンギンボ
浦戸漁港.

Pholidae ニシキギンボ科

123. *Pholis nebulosa* (Temminck and Schlegel,
1845) ギンボ
浦戸湾内.

Pinguipedidae トラギス科

124. *Parapercis pulchella* (Temminck and Schlegel,
1843) トラギス
標本:BSKU 91740, 1 個体, 131.5mm SL, 貴船漁港,
2004年9月21日.

Chaenopsidae コケギンボ科

125. *Neoclinus bryope* (Jordan and Snyder, 1902)
コケギンボ
標本:BSKU 91199, 1 個体, 55.3mm SL, 浦戸漁港,
2007年5月15日;BSKU 91502, 1 個体, 42.0mm SL,
浦戸漁港, 2007年5月19日.

Blenniidae イソギンボ科

126. *Parablennius yatabei* (Jordan and Snyder, 1900)
イソギンボ
灘, 浦戸漁港.

127. *Omobranchus fasciolatoceps* (Richardson, 1846)
トサカギンボ
西灘, 横浜.

128. *Omobranchus punctatus* (Valenciennes, 1836)
イダテンギンボ
灘, 裸島, 浦戸漁港.

Callionymidae ネズッポ科

129. *Repomucenus curvicornis* (Valenciennes, 1837)
ネズミゴチ
灘, 玉島, 衣ヶ島, 浦戸湾内.

Odontobutidae ドンコ科

130. *Odontobutis obscura* (Temminck and Schlegel,

1845) ドンコ

標本:BSKU 91554, 2 個体, 57.8-61.8mm SL, 久万川,
2006年12月4日.

Eleotridae カワアナゴ科

131. *Eleotris oxycephala* Temminck and Schlegel,
1845 カワアナゴ
標本:BSKU 76156, 1 個体, 126.2mm SL, 新堀川,
2005年10月2日;BSKU 76202, 3 個体, 44.3-66.1mm
SL, 新堀川, 2005年10月2日;BSKU 91217, 1 個体,
15.3-20.1mm SL, 薊野川, 2006年11月7日;BSKU
91238, 1 個体, 157.1mm SL, 久万川(一宮), 2006
年7月12日;BSKU 91239, 1 個体, 50.9mm SL, 久
万川(一宮), 2006年7月12日;BSKU 91268, 1 個体,
83.1mm SL, 新堀川, 2006年10月8日;BSKU 91560,
2 個体, 43.8-87.8mm SL, 久万川, 2006年12月4日.
備考:本種は高知県準絶滅危惧種である(高知県
レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002).

132. *Eleotris acanthopoma* Bleeker, 1853 チチブモ
ドキ(図版16-A)
標本:BSKU 90034, 1 個体, 98.0mm SL, 浦戸湾内,
2007年4月19日;BSKU 90035, 1 個体, 59.6mm SL,
浦戸湾内, 2007年4月19日;BSKU 90036, 1 個体,
77.0mm SL, 浦戸湾内, 2007年4月19日;BSKU 91021,
1 個体, 77.0mm SL, 灘漁港, 2007年7月18日;BSKU
91269, 1 個体, 44.2mm SL, 新堀川, 2006年10月8日.
備考:本種は高知県準絶滅危惧種である(高知県
レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002).
新堀川の個体はすくい網で得られたが, 他の個体
は柴漬けで得られた.

Gobiidae ハゼ科

133. *Apocryptodon punctatus* Tomiyama, 1934 タビ
ラクチ(図版16-B)
青柳橋, 灘, 西灘, 衣ヶ島, ゴウシ山.
備考:本種は高知県準絶滅危惧II類である(高知県
レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002).
本種が浦戸湾南部に広く分布することは三宅ほか
(2006)により示された. 本報告で, 本種が浦戸湾
南部のみならず, 湾奥部にも生息することが明らか
となった.

134. *Periophthalmus modestus* Cantor, 1842 トビ
ハゼ(図版16-C)

棧橋通り6丁目, ゴウシ山(深浦神社南).

備考:上記2地点では, 個体数は少ないものの, ほぼ年間を通して目視で確認された. 新堀川での生息の情報もあるが, 筆者らは確認していない. 本種は高知県絶滅危惧II類である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). また, 本種は2007年10月に高知県希少野生動植物に指定され, 県知事の許可がある場合を除き捕獲・殺傷が禁止となった.

135. *Taenioides cirratus* (Blyth, 1860) チワラスボ (図版17-A)

標本:BSKU 77006, 1 個体, 49.0mm SL, 浦戸湾内, 2005年4月6日;BSKU 77013, 1 個体, 171.3mm SL, 灘, 2005年7月31日;BSKU 77026, 1 個体, 34.0mm SL, 衣ヶ島, 2005年4月22日;BSKU 77095, 1 個体, 72.1mm SL, ゴウシ山, 2005年7月5日.

備考:本種は高知絶滅危惧IA類である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). 三宅ほか(2006)は, 本種が浦戸湾に生息することを明らかにした.

136. *Leucopsarion petersii* Holgendorf, 1880 シロウオ
標本:BSKU 87926, 1 個体, 38.0mm SL, 灘, 2006年2月28日;BSKU 91848, 1 個体, 26.3mm SL, 灘, 2006年2月28日.

備考:本種は高知県絶滅危惧IB類である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002).

137. *Luciogobius guttatus* Gill, 1859 ミミズハゼ
西灘, 浦戸漁港.

138. *Eutaenichthys gilli* Jordan and Snyder, 1901
ヒモハゼ(図版17-B)

青柳橋, 灘, 西灘, 衣ヶ島, 横浜, ゴウシ山.

備考:本種は高知県絶滅危惧IB類である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). 本種は浦戸湾の南部に広く分布する(三宅ほか, 2006). 本報告で, 本種が湾奥部にも生息することが明らかになった.

139. *Callogobius tanegasimae* (Snyder, 1908) タネハゼ(図版17-C)

標本:BSKU 91020, 1 個体, 67.0mm SL, 灘, 2007年7月18日;BSKU 91226, 1 個体, 16.5mm SL, 西灘, 2007年3月21日;BSKU 91406, 2 個体, 34.1-

34.5mm SL, 灘, 2007年9月11日.

備考:本種は高知県絶滅危惧IB類である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). 三宅ほか(2006)は灘で得られた本種を報告したが, 本報告で西灘にも分布することが明らかになった. ただし, 個体数はヒモハゼより明らかに少ないと考えられる.

140. *Oxyurichthys ophthalmonema* (Bleeker, 1856-57) マツゲハゼ(図版17-D)

標本:BSKU 74166, 1 個体, 21.9mm SL, 灘, 2005年1月9日.

備考:本種はKamohara(1957)により, 浦戸湾産の1個体に基づいて日本初記録種として報告された. 三宅ほか(2006)は本標本を報告したが, その報告が高知県における本種の二番目の記録であり, ほぼ50年ぶりに確認されたことになる.

141. *Chaenogobius annularis* Gill, 1859 アゴハゼ
灘.

142. *Chaenogobius gulosus* (Sauvage, 1882) ドロメ
灘, 衣ヶ島, 浦戸漁港.

143. *Gymnogobius petschiliensis* (Rendahl, 1924) ス
ミウキゴリ(図版17-E)

標本:BSKU 91604, 1 個体, 74.7mm SL, 久万川支流東谷川, 2004年12月4日;BSKU 91733, 1 個体, 24.4mm SL, 灘, 2005年4月23日.

備考:本種は高知県準絶滅危惧種である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002).

144. *Psammogobius biocellatus* (Valenciennes, 1837)
ヒトミハゼ(図版18-A)

青柳橋, 灘, 西灘.

備考:三宅ほか(2006)は, 本種が灘と西灘に生息することを明らかにしたが, 本報告で湾奥部にも生息することが判明した. 本種は, 高知県下では, 土佐清水市, 四万十市, 須崎市の数河川と, 浦戸湾に生息するにすぎないとされている(三宅ほか, 2006).

145. *Glossogobius olivaceus* (Temminck and Schlegel, 1845) ウロハゼ

久万川, 新堀川, 竹島川, 灘, 衣ヶ島, 裸島, ゴウシ山.

146. *Parachaeturichthys polynema* (Bleeker, 1853)

ヒゲハゼ

標本：BSKU 72401, 1 個体, 82.6mm SL, 御豊瀬漁港, 2004年8月25日.

備考：本種は土佐湾沿岸の底曳き網でしばしば漁獲される。蒲原(1958)は、本種が浦戸湾に多産するとしているが、本報告で得られたのは1 個体のみである。なお、本標本は三宅ほか(2006)により報告された。

147. *Acanthogobius flavimanus* (Temminck and Schlegel, 1845) マハゼ

薊野川, 久万川, 新堀川, 竹島川, 玉島, 灘, 西灘, 玉島, 横浜, ゴウシ山, 種崎, 浦戸湾内.

148. *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1879) アシシロハゼ (図版18-B)

標本：BSKU 69822, 1 個体, 36.5mm SL, 衣ヶ島, 2004年4月7日；BSKU 77005, 46.0mm SL, 1 個体, 浦戸湾内, 2005年4月6日；BSKU 77027, 2 個体, 17.7-33.8mm SL, 衣ヶ島, 2005年4月22日；BSKU 91208, 2 個体, 42.0-44.0mm SL, 久万川, 2007年3月21日；BSKU 92216, 4 個体, 30.6-40.5mm SL, 青柳橋, 2007年3月21日；BSKU 92285, 42 個体, 12.4-31.0mm SL, 久万川, 2006年12月16日；BSKU 92286, 22 個体, 15.5-32.7mm SL, 久万川, 2007年1月24日；BSKU 92287, 9 個体, 19.1-45.1mm SL, 久万川, 2007年2月27日；BSKU 92288, 22 個体, 22.4-41.6mm SL, 久万川, 2007年3月21日；BSKU 92289, 5 個体, 17.3-24.6mm SL, 久万川, 2006年12月16日；BSKU 92290, 12 個体, 19.0-32.3mm SL, 久万川, 2007年1月24日；BSKU 92291, 22 個体, 23.5-41.1mm SL, 久万川, 2007年2月27日；BSKU 92292, 6 個体, 29.9-54.6mm SL, 久万川, 2007年3月21日.

備考：本種は高知県絶滅危惧IB類である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). 高橋(2002)によれば、本種は高知県では四万十川と仁淀川の他に2 小河川にしか生息していないとされていた。三宅ほか(2006)は本種を浦戸湾で記録したが、衣ヶ島で得られたわずか1 個体のみであった。本報告で、本種が湾奥の青柳橋に生息し、さらに久万川河口域に安定した個体群のあることが判明した。なお、本種は蒲原(1958)の記録に含まれていない。

149. *Pseudogobius masago* (Tomiyama, 1936) マサゴハゼ (図版18-C)

久万川, 青柳橋, 灘, 西灘, ゴウシ山.

備考：本種は高知県準絶滅危惧種である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). 本種が浦戸湾南部に分布することは、三宅ほか(2006)により示された。本報告で、本種は湾奥にも生息し、とくに青柳橋に大きな個体群があることが判明した。

150. *Istigobius campbelli* (Jordan and Snyder, 1901) クツワハゼ

浦戸漁港, 浦戸湾内.

151. *Bathygobius fuscus* (Rüppell, 1830) クモハゼ

灘, 衣ヶ島, 浦戸漁港.

152. *Bathygobius honkongensis* Lam, 1986 クロホシヤハズハゼ

標本：BSKU 76229, 1 個体, 47.9mm SL, 灘, 2004年7月5日；BSKU 76300, 1 個体, 50.6mm SL, 灘, 2004年7月5日；BSKU 76301, 1 個体, 46.8mm SL, 灘, 2004年7月5日.

備考：本種は高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会(2002)による高知県の汽水・淡水産魚類のリストに含まれていない。高知県産の本種の標本に基づく初記録は三宅ほか(2006)であり、上記の標本が検討された。しかしこれ以降、本種は浦戸湾では採集されていない。

153. *Cryptocentrus filifer* (Valenciennes, 1837) イトヒキハゼ

標本：BSKU 72473, 1 個体, 81.9mm SL, 赤松漁港, 2004年8月29日.

154. *Asterropteryx semipunctata* Rüppell, 1830 ホシハゼ

標本：BSKU 76285, 1 個体, 38.5mm SL, 浦戸漁港, 2005年8月8日.

155. *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker, 1860) ヒメハゼ

久万川, 灘, 玉島, 衣ヶ島, 横浜, ゴウシ山.

備考：本種は浦戸湾に多産する(三宅ほか, 2006).

156. *Favonigobius reichei* (Bleeker, 1853) ミナミヒメハゼ

青柳橋, 灘, 西灘, 衣ヶ島, 横浜, 深浦.

備考：本種はインド・西太平洋に分布し、日本では屋久島、種子島および琉球列島に分布するとされていた(鈴木・渋川, 2004)。近年、本種の分布域は北上しているようであり、三宅ほか(2006)が浦戸湾から報告したヒメハゼを精査したところ、本種の混在が確認された。さらにその後に行われた標本も併せて検討した結果、本種は浦戸湾では普通種であることが判明した。2004年4月から2007年3月に実施された調査において、8.4-34.9mm SLの個体が多数得られており、本種はすでに浦戸湾に定着していると判断される。

157. *Oligolepis acutipennis* (Valenciennes, 1837) ノボリハゼ

標本：BSKU 91231, 1 個体, 33.2mm SL, 青柳橋下, 2007年3月21日；BSKU 92213, 2 個体, 22.1-24.4 mm SL, 久万川(一宮), 2006年11月24日。

備考：本種は蒲原(1958) および三宅ほか(2006)の報告に含まれていない。

158. *Redigobius bikolanus* (Herre, 1927) ヒナハゼ
久万川, 新堀川, 竹島川, 灘, 西灘。

159. *Mugilogobius abei* (Jordan and Snyder, 1901) アベハゼ

薊野川, 久万川, 新堀川, 竹島川, 灘, 衣ヶ島, 横浜。

160. *Acentrogobius pflaumii* (Bleeker, 1853) スジハゼ
久万川, 青柳端, 灘, 西灘, 衣ヶ島, 横浜, ゴウシ山。

備考：本種は浦戸湾で最も個体数が多いハゼで、2004年4月から2005年1月までの間に7589個体が採集されている(三宅ほか, 2006)。

161. *Drombus* sp. クロコハゼ

青柳橋, 灘, 西灘, 衣ヶ島, 横浜, ゴウシ山。

備考：本種は高知県の準絶滅危惧種である(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。高橋(1996)によれば、高知県下では仁淀川水系の波介川, 大方町の蛸瀬川および浦ノ内湾で記録されているのみとされていたが、三宅ほか(2006)が本種を浦戸湾から初めて報告した。本報告で、本種が湾奥部にも分布することが明らかとなった。

162. *Rhinogobius giurinus* (Rutter, 1897) ゴクラク

ハゼ

薊野川, 久万川, 西灘。

163. *Rhinogobius* sp. OR トウヨシノボリ

標本：BSKU 91559, 4 個体, 31.7-33.9mm SL, 久万川, 2006年12月4日；BSKU 91591, 3 個体, 32.4-34.4mm SL, 絶海池, 2006年9月29日。

164. *Tridentiger trigonocephalus* (Gill, 1859) アカオビシマハゼ

竹島川, 灘, 西灘, 衣ヶ島, ゴウシ山。

165. *Tridentiger brevispinis* Katsuyama, Arai and Nakamura, 1972 ムマチチブ

灘, 西灘。

166. *Tridentiger obscurus* (Temminck and Schlegel, 1845) チチブ

薊野川, 久万川, 灘, 西灘, ゴウシ山, 十津。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種である(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。

Microdesmidae オオメワラスボ科

167. *Parioglossus dotui* Tomiyama, 1958 サツキハゼ

標本：BSKU 90387, 4 個体, 24.3-32.6mm SL, 浦戸漁港, 2007年6月1日。

Scatophagidae クロホシマンジュウダイ科

168. *Scatophagus argus* (Linnaeus, 1766) クロホシマンジュウダイ (図版18-D)

標本：BSKU 73124, 1 個体, 10.9mm SL, 棧橋6丁目, 2004年8月31日；BSKU 87848, 1 個体, 14.2 mm SL, 灘漁港, 2004年9月26日；BSKU 91262, 3 個体, 28.6-33.7mm SL, 新堀川, 2006年10月8日；BSKU 91309, 1 個体, 223.4mm SL, 浦戸湾内, 2007年6月7日；BSKU 92385, 1 個体, 252.2mm SL, 浦戸湾内, 2007年11月21日。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種である(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。本種が浦戸湾に生息することは町田・山川(2005)により初めて報告された。町田・山川(2005)の浦戸湾産の本種は幼魚であったが、本報告で2007年に成魚が初めて確認された。

Siganidae アイゴ科

169. *Siganus fuscescens* (Houttuyn, 1782) アイゴ

標本：未登録, 4 個体, 17.2-25.6mm SL, 衣ヶ島, 2004年8月9日。

Acanthuridae ニザダイ科

170. *Acanthurus dussumieri* Valenciennes, 1835 ニセカンランハギ

備考：2008年8月20日に、灘漁港で目視により若魚が確認された。本種は、土佐湾沿岸の岩礁地帯におけるイセエビの刺し網でしばしば漁獲され、また、若魚は漁港内においてしばしば観察される。

Sphyraenidae カマス科

171. *Sphyraena barracuda* (Walbaum, 1792) オニカマス

青柳橋, 西灘, ゴウシ山。

172. *Sphyraena pinguis* Günther, 1874 アカカマス (図版19-A)

標本: BSKU 92340, 1 個体, 308.3mm SL, 浦戸湾内, 2007年11月15日。

Scombridae サバ科

173. *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 マサバ 貴船漁港。

Trichiuridae タチウオ科

174. *Trichiurus japonicus* Temminck and Schlegel, 1844 タチウオ

備考：2008年8月20日の永野廣氏の情報によれば、御豊瀬付近の深い場所で本種が釣獲されている。

Pleuronectiformes カレイ目

Paralichthyidae ヒラメ科

175. *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel, 1846) ヒラメ (図版19-B)

灘, 衣ヶ島, 浦戸湾内。

備考：本種は放流されているが、冬季に浦戸湾内の刺し網で漁獲され、市場で流通している。

176. *Pseudorhombus oligodon* (Bleeker, 1854) ナンヨウガレイ (図版19-C)

標本: BSKU 94103, 1 個体, 310.2mm SL, 浦戸湾内, 2008年2月4日。

177. *Pseudorhombus arsius* (Hamiltom, 1822) テンジクガレイ

灘, 西灘, ゴウシ山, 浦戸湾内。

備考：本種は浦戸湾に産するヒラメ科で最も個体数が多い。

Tetraodontiformes フグ目

Triacanthidae ギマ科

178. *Triacanthus biaculeatus* (Bloch, 1786) ギマ (図版20-A)

青柳橋, 灘, 西灘, 玉島, 衣ヶ島, ゴウシ山, 長浜川, 浦戸湾内。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種である (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。本種は浦戸湾に多産する。本報告で、湾奥部のコアモ場で多数の幼魚が確認されたが、このような例はこれまで未報告と考えられる。若魚と成魚は、湾中央部から湾口にかけての区間で、釣りや刺し網で普通に得られる。

Balistidae モンガラカワハギ科

179. *Balistoides viridescens* (Bloch and Schneider, 1801) ゴマモンガラ

備考：2008年8月20日に、灘漁港で若魚が目視により確認された。本種の幼魚ないし若魚は土佐湾沿岸でまれに採集される。

Monacanthidae カワハギ科

180. *Stephanolepis cirrhifer* (Temminck and Schlegel, 1850) カワハギ

貴船漁港, 浦戸湾内。

181. *Paramonacanthus japonicus* (Tilesius, 1809) ヨソギ

貴船漁港。

Tetraodontidae フグ科

182. *Canthigaster rivulata* (Temminck and Schlegel, 1850) キタマクラ

衣ヶ島, 御豊瀬漁港。

183. *Takifugu pardalis* (Temminck and Schlegel, 1850) ヒガンフグ

標本: BSKU 89440, 1 個体, 291.1mm SL, 長浜川, 2007年1月19日。

184. *Takifugu poecilonotus* (Temminck and Schlegel, 1850) コモンフグ

灘, 仁井田, 浦戸湾内。

185. *Takifugu niphobles* (Jordan and Snyder, 1901) クサフグ

西灘, 衣ヶ島, 横浜, 浦戸漁港, 浦戸湾内。

186. *Arothron hispidus* (Linnaeus, 1758) サザナミ

フグ

標本：BSKU 91899, 1 個体, 61.1mm SL, 赤松漁港, 2007年10月24日；BSKU 91910, 1 個体, 62.1mm SL, 西灘, 2005年9月4日。

187. *Arothron manilensis* (Marion de Procé, 1822)

スジモヨウフグ (図版20-B)

標本：BSKU 91917, 1 個体, 40.1mm SL, 赤松漁港, 2007年10月29日。

第2節 浦戸湾の魚類相の特徴

2003年4月から2008年8月までの間に、浦戸湾とその流入河川の河口域で20目77科187種の魚類が確認された。ハゼ科が最も多く34種であり、次いでアジ科10種、コイ科8種、ヨウジウオ科8種、ニシン科6種、ボラ科6種、フグ科6種およびその他の順であった。

本報告と194種が記録された蒲原(1958)とでは、17目53科103種が共通している。ただし、目と科と種は蒲原(1958)以降に分類学的に整理され、細分化されている。蒲原(1958)の成果は30年以上にわたる調査・研究の集大成であり、また、当時は、浦戸湾内で投網、釣り、延縄、手繰縄、地曳き網、建て網、柴漬け、筒漬けなどのさまざまな漁が行われていた(蒲原, 1958)。したがって、本報告と蒲原(1958)の間での種数とそれぞれの出現種の直接的比較は困難であるが、本報告の187種という数値は、蒲原(1958)の当時の浦戸湾内の種数に匹敵すると考えてよいであろう。

近年、自然保護・種の保全の観点から、ユネスコおよび国レベル、また、日本国内では自治体レベルでレッドデータブックが公開されている。高知県の動物に関するレッドデータブックは2002年に発行された(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。以下に、レッドデータブック掲載種を中心に浦戸湾とその流入河川河口域の魚類相の特徴を述べる。

本報告で、浦戸湾から高知県絶滅危惧IA類が3種、IB類が5種、II類が5種、準絶滅危惧種が9種確認され、さらに3種の情報不足種が確認された。これ

らのうち、蒲原(1958)で記録されているのは、ヨウジウオ、アカメ、チワラスボ、タネハゼ、ドロクイ、トビハゼ、ダイミョウサギ、チチブ、ギマ、メナダの10種である。

高知県絶滅危惧IA類の魚類は4種である(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。これらのうち、淡水産のスナヤツメを除く3種、すなわち、ヨウジウオ、アカメ、チワラスボが浦戸湾に生息する。浦戸湾のヨウジウオは、佐藤ほか(2005)により20年数年ぶりに浦戸湾で生息が確認されたが、本報告で再確認され、さらに湾奥部でも発見されたことから、定住はほぼ確実と考えられる。また、浦戸湾のチワラスボは三宅ほか(2006)により報告されたが、本報告でも新たな個体が追加された。アカメの幼魚と若魚は、湾口付近から湾奥まで、広い地域で確認された。このことは、アカメの幼魚と若魚がコアモ場に依存することと無関係ではない。一方、移動力が大きい成魚は確認が難しく、釣り人ないし刺し網漁に従事する漁業者からの情報に頼るしか手段がない。しかしながら、本報告で多数の個体が確認されており、浦戸湾はアカメにとって安定した環境であることは疑う余地がない。

高知県絶滅危惧IB類の魚類は13種で、これには純淡水魚のヤリタナゴ、イシドジョウ近似種とされていたヒナイシドジョウおよびメダカが含まれており、他の10種は汽水魚ないし両側回遊魚である(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。本報告では、本カテゴリーの純淡水魚は確認できなかったが、カワヨウジ、シロウオ、タネハゼ、ヒモハゼ、アシシロハゼの5種の生息が確認された。とくに、これまで高知県内で安定した生息地が四万十川河口域と仁淀川河口域しかないとされていたアシシロハゼが、浦戸湾奥部にまとまった個体群として存在していることが明らかになったことは大きな発見である。本カテゴリーで、本報告で確認できなかった汽水魚ないし両側回遊魚は、オオウナギ、イドミズハゼ、クボハゼ、ゴマハゼであるが、クボハゼとゴマハゼは今後のより綿密な調査で生息が確認される可能性が高い。

高知県絶滅危惧II類の魚類は8種であり、これには純淡水魚のモツゴ、ドジョウ、シマドジョウ2倍

体性種およびシマドジョウ倍体性種が含まれており、他の4種は汽水魚ないし両側回遊魚である（高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会，2002）。本報告では汽水魚ないし両側回遊魚のすべて、すなわち、ドロクイ、カマキリ、トビハゼ、タビラクチが確認された。ドロクイは全国的に個体数の減少が著しいが、浦戸湾に安定した個体群が存在することは、カニ刺し網漁で本種が多数混獲されえていることで裏付けられる。しかしながら、浦戸湾内のトビハゼの生息地がきわめて少ないことは明らかである。カマキリは全体的に個体数が増加の傾向にあり、また、タビラクチの安定した個体群が浦戸湾に存在することは特筆されよう。モツゴは純淡水魚であるが、おもに河川の下流域に生息する。このため、大雨による河川の増水時には河口域や汽水域でしばしば採集される。本報告でのモツゴの確認も、増水とは無関係ではないと考えられる。

高知県準絶滅危惧種の魚類は11種であり、すべての種が汽水魚ないし両側回遊魚である（高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会，2002）。本報告では、ベニサツキハゼとボウズハゼを除く9種、すなわち、ダイミョウサギ、クロホシマンジュウダイ、カワアナゴ、チチブモドキ、スミウキゴリ、マサゴハゼ、クロコハゼ、チチブ、ギマが確認された。これらのうち、クロホシマンジュウダイは最近になって浦戸湾に侵入したと考えられるが、2007年に成魚が2個体確認されたことから、すでに定着している可能性が高い。また、ギマの幼魚が湾奥部のコアマモ場で確認されたのは新知見と考えらえる。

高知県情報不足種の魚類は6種であり、これらのうち純淡水魚はオオキンブナのみである（高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会，2002）。本報告では、本カテゴリーの汽水魚のうち、オクヨウジ、メナダ、コボラが確認され、純淡水魚のオオキンブナも確認された。コイ属とフナ属は河川の中・下流域に生息するが、高知県下では河口域に生息することが珍しくない。情報不足種とは、絶滅危惧種および準絶滅危惧種かどうかを判定するだけの資料の蓄積がない種である。したがって、本報告で4種の情報不足種が確認されたことは大きな意義がある。上記のように、浦戸湾には多数の魚類が生息して

り、市街地に大きく入り込んだ海域としては日本で希有の存在である。本報告で確認されたものの、蒲原(1958)に含まれていない種のほとんどは南方系の種であり、今後、海水温の上昇に伴い、さらに魚類相が変化することが予想される。また、蒲原(1958)の時代には存在しなかった移入種の今後の推移にも留意する必要があるだろう。

最後に、著者らの調査に惜しめない協力をいただいた高知市横浜の永野廣・昌枝御夫妻、浦戸湾を守る会と高知市漁協の関係者、安芸市の長野博光氏、高知市の上杉一臣氏、著者らの所属する研究室の在学生ならびに卒業生諸君に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Chen, I.-S., J.-H. Wu. and C.-H. Hsu. 2008. The taxonomy and phylogeny of *Candidia* (Teleostei: Cyprinidae) from Taiwan, with description of a new species and comments on a new genus. *Raffles Bull. Zool.*, 19:203-214.
- 蒲原稔治. 1934. 浦戸湾における魚類の移動状態. *植物及動物*, 2:359-370.
- 蒲原稔治. 1958. 浦戸湾内の魚類. *高知大学学術研究報告*, 7:1-11.
- 高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会. 2002. 高知県の絶滅のおそれのある野生動物. 高知県文化環境部環境保全課, 高知市, 470pp.
- 町田吉彦. 2004a. 浦戸湾の埋め立てを考える. *ネイチャー高知* (高知県自然観察指導員連絡会報), (22):2-4.
- 町田吉彦. 2004b. シーブルー事業の問題点. *緑と森林* (高知県緑の会議会報), (32):22-27.
- 町田吉彦・山川 武. 2005. 高知県初記録を含む高知県産クロホシマンジュウダイの標本 (スズキ目クロホシマンジュウダイ科). *四国自然史科学研究*, (3):58-62.
- 三宅崇智・佐竹直人・黒木広大・町田吉彦. 2006. 高知市浦戸湾南部に生息するハゼ科魚類. *四国自然史科学研究*, (3):38-49.
- 森田 仁・中尾光利・阪本匡祥・三宅崇智・町田吉彦. 2006. 高知県におけるクロウミウマの新産地と浦戸湾からの追加記録 (硬骨魚類: トゲウオ亜目). *四国自然史科学研究*, (3):97-99.
- 長野博光・阪本匡祥・中尾光利・町田吉彦. 2006. 高知県初記録を含む新堀川の魚類. *四国自然史科学研究*, (3):50-56.
- 中坊徹次(編). 2000. 日本産魚類検索 全種の同定, 第2版. 東海大学出版会, 東京, 1vi+1748pp.

- 日本魚類学会. 2007. 日本産魚類の差別的標準和名の改名最終勧告. 魚類学雑誌, 54:99-103.
- 落合 明・岡村 収. 1972. 浦戸湾の魚族斃死に関する基礎的研究. 高知県 (編), pp. 35-36. 公害調査報告書.
- 落合 明・岡村 収・榎田 晋. 1975. 浦戸湾およびその地先の魚類の分布と生息の実態. 高知県 (編), pp. 101-120. 高知港(種崎新港)建設に係る環境事前調査報告書.
- 岡村 収・為家節弥・青木博幸. 1976. 鏡川の魚類. 高知県 (編), pp. 81-122. 鏡川の生物と環境に関する総合調査報告書.
- 阪本匡祥・石川晃寛・町田吉彦. 2007. 高知県浦戸湾初記録のニセゴイシウツボとアミメウツボ (ウナギ目ウツボ科). 四国自然史科学研究, (4):45-47.
- 佐藤友康・高田陽子・佐竹直人・黒木広大・町田吉彦. 2005. 高知県浦戸湾の潮間帯で採集されたヨウジウオ科魚類(硬骨魚綱:トゲウオ亜目). 四国自然史科学研究, (2):26-32.
- Stevenson, D. E. 2002. Systematics and distribution of fishes of the Asian goby genera *Chaenogobius* and *Gymnogobius* (Osteichthyes: Perciformes: Gobiidae), with the description of a new species. *Species Diversity*, 7:251-312.
- 鈴木寿之・渋川浩一. 2004. 決定版 日本のハゼ. 平凡社, 東京, 534pp.
- 高橋弘明. 1996. 純淡水魚を中心とした高知県中央部, 浦ノ内湾流入河川の魚類相. *南紀生物*, 38:107-114.
- 高橋弘明. 2002. アシシロハゼ. 岡村 収・岡山健仁・酒井勝司・佐藤重穂・澤田佳長・多田 昭・中山絃一・町田吉彦 (編), pp. 203-204. 高知県レッドデータブック [動物編]. 高知県文化環境部保全課, 高知市.
- 和田幸雄. 1980. 高知生コン事件の全貌 21世紀への案内書. 近森謄写堂, 高知市, 298pp.
- Yoshino, T. and H. Kishimoto. 2008. *Plotosus japonicus* a new eeltail catfish (Siluriformes: Plotosidae) from Japan. *Bull. Natn. Mus. Nat. Sci., Ser. A, Suppl.*, (2):1-11.

図 版

図版 1

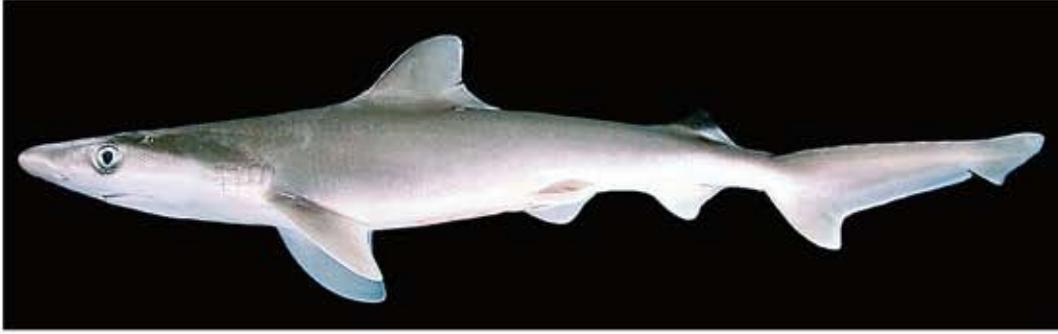
A: *Carcharhinus dussumieri*, スミツキザメ, BSKU 80722, 298.0mm TL.

B: *Rhinobatos hynnicephalus*, コモンサカタザメ, BSKU 91860, 530.0mm TL.

C: *Narke japonica*, シビレエイ, BSKU 90380, 314.0mm TL.

D: *Aetobatus flagellum*, ナルトビエイ, BSKU 97817, 309.0mm TL.

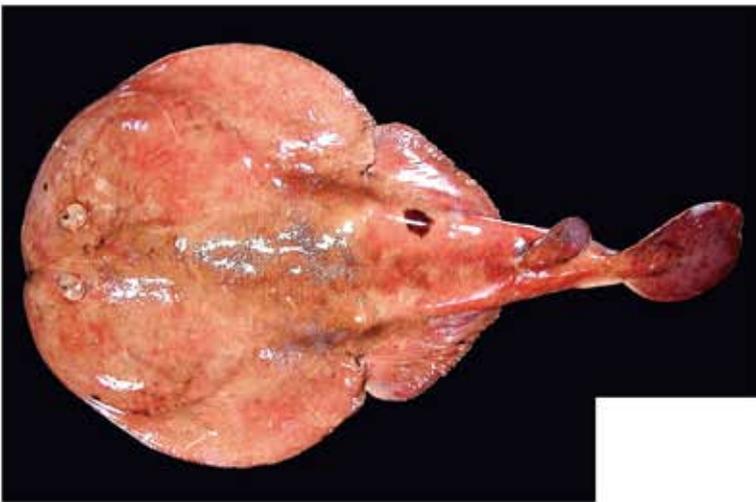
A



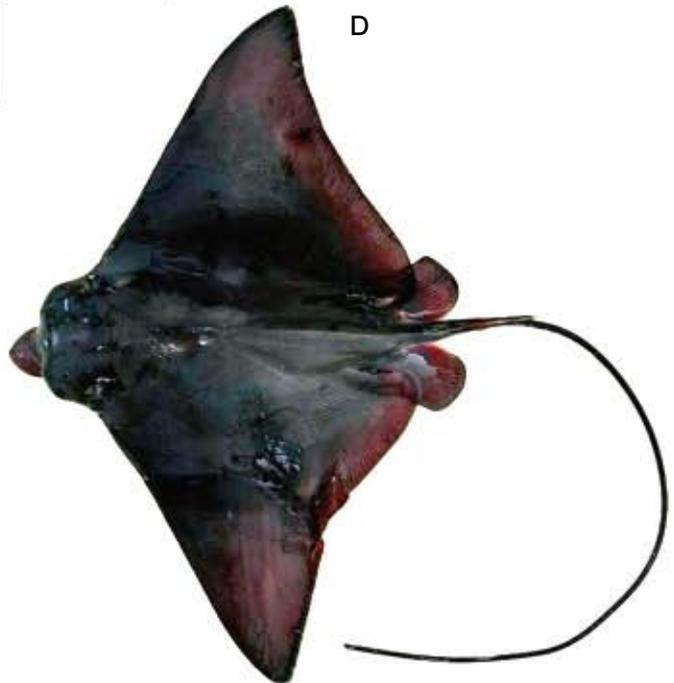
B



C



D



図版 2

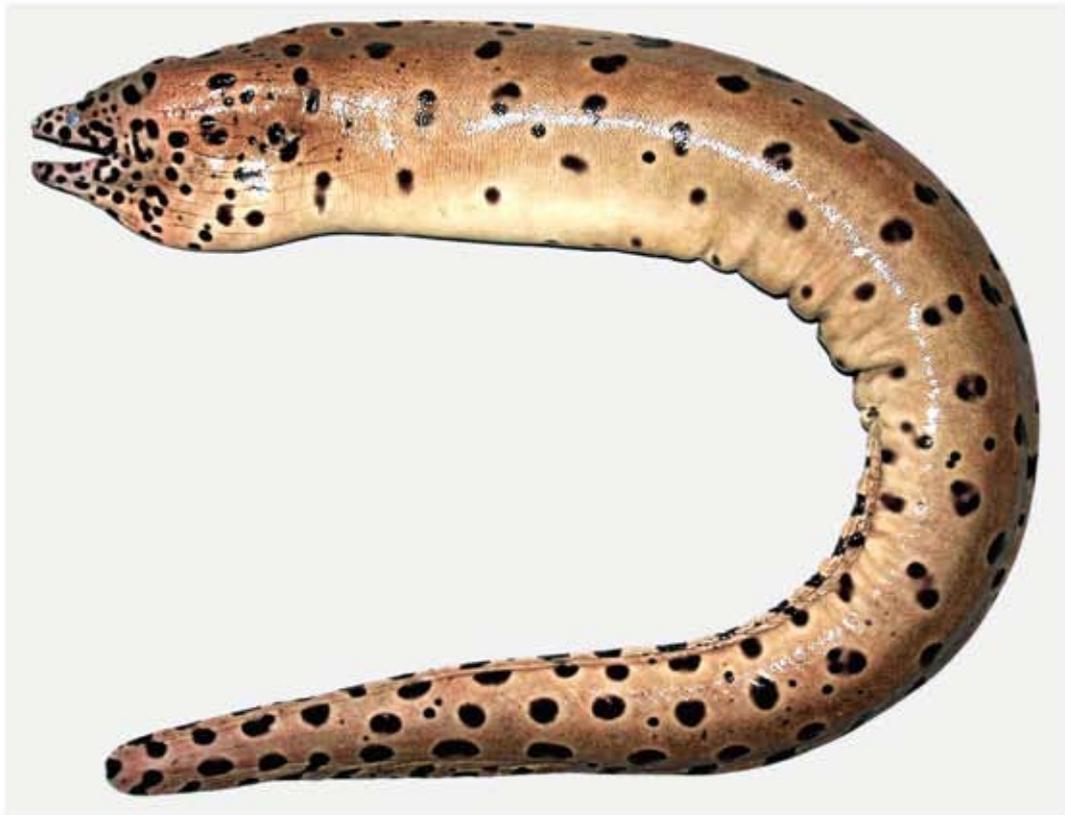
A: *Gymnothorax pseudothyrsoides*, アミメウツボ, BSKU 79877, 628mm TL.

B: *Gymnothorax isingteena*, ニセゴイシウツボ, BSKU 79879, 856mm TL.

A



B

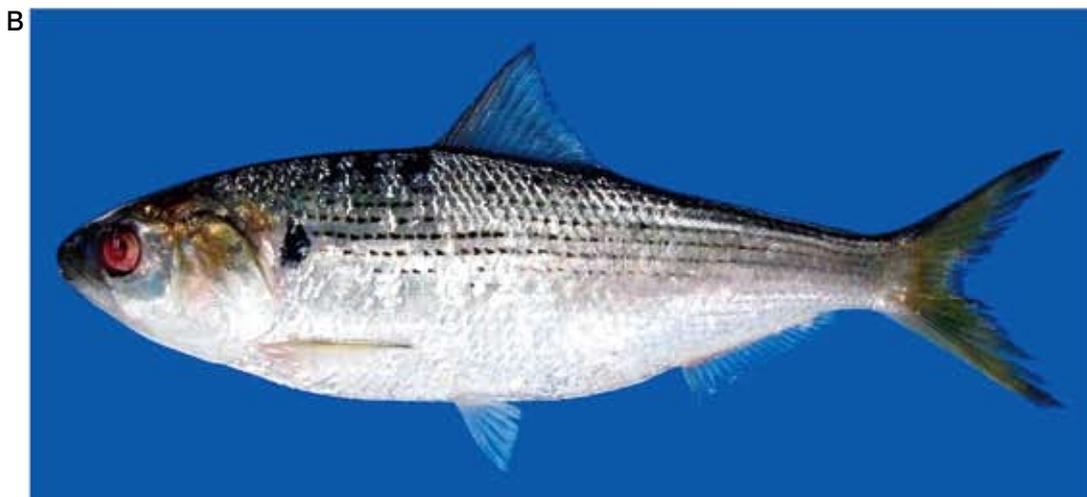
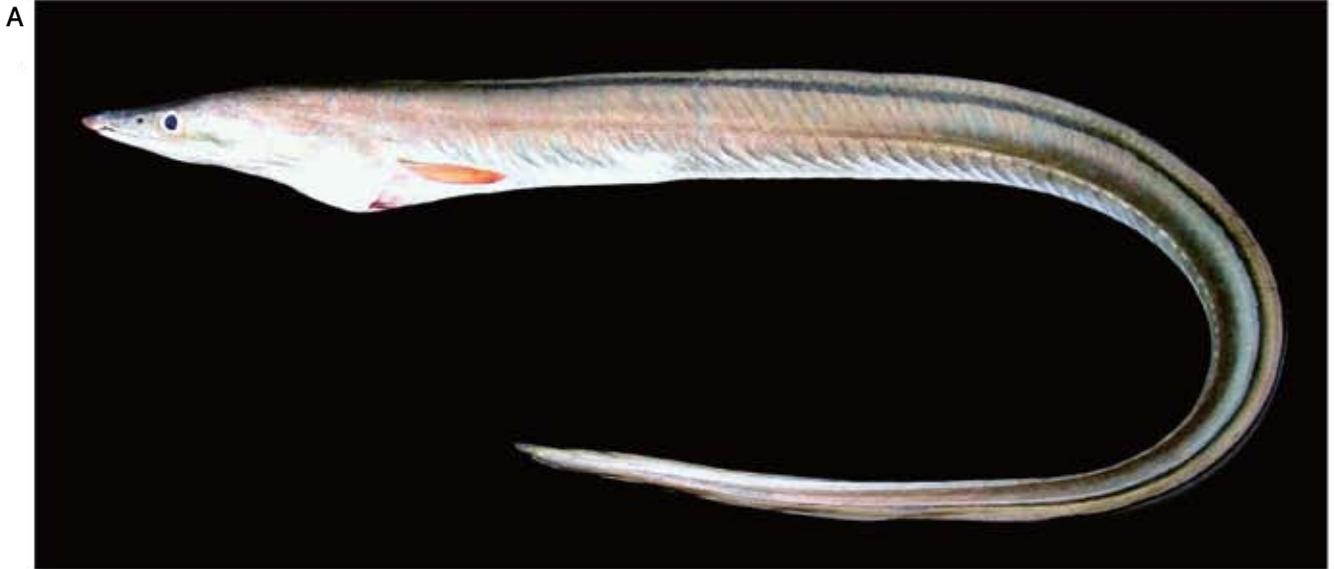


図版 3

A: *Muraenesox cinereus*, ハモ, BSKU 76816, 818.0mm TL.

B: *Konosirus punctatus*, コノシロ, BSKU 90031, 174.9mm SL.

C: *Nematalosa japonica*, ドロケイ, BSKU 90030, 221.8mm SL.



図版 4

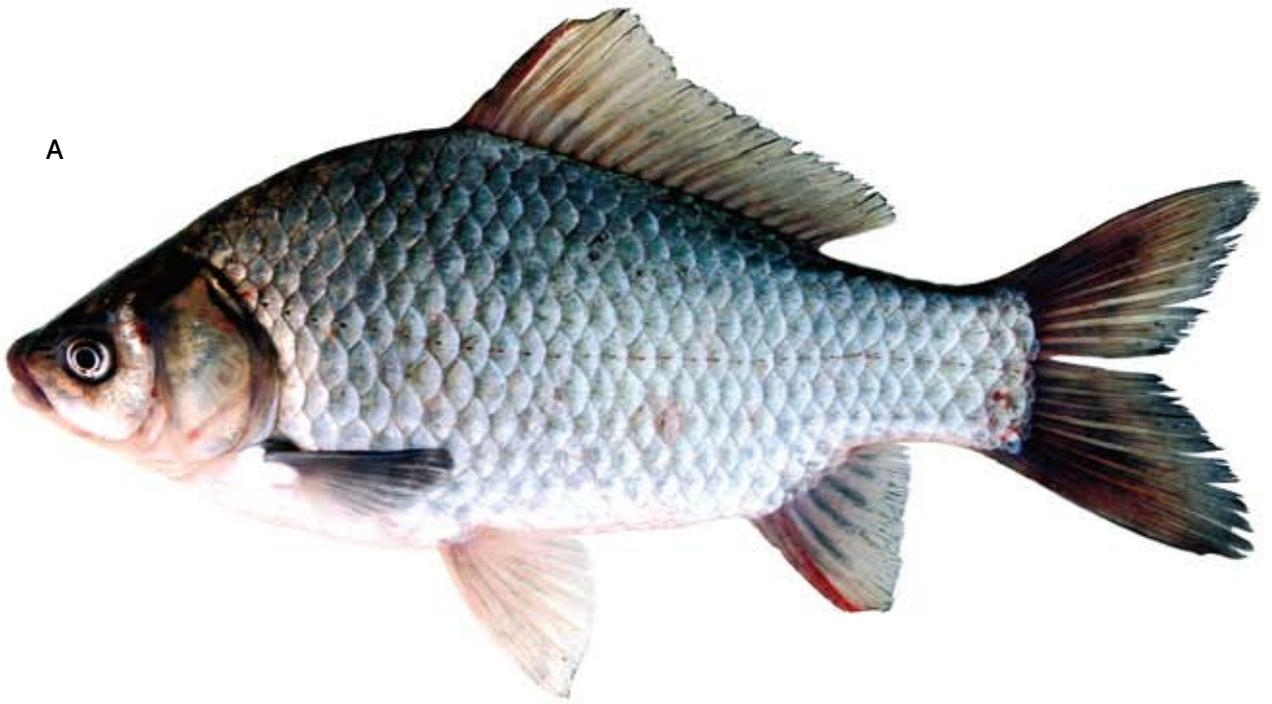
A: *Carassius auratus buergeri*, オオキンブナ, BSKU 93120, 253.5mm SL.

B: *Plecoglossus altivelis altivelis*, アユ, BSKU 90573, 204.5mm SL.

C: *Syngnathus schlegeli*, ヨウジウオ, BSKU 74677, 171.6mm SL.

D: *Hippichthys (Hippichthys) heptagonus*, アミメカワヨウジ, BSKU 96155, 73.7mm SL.

A



B



C



D



図版 5

A: *Hippichthys* (*Hippichthys*) *spicifer*, カワヨウジ, BSKU 76302, 108.4mm SL.

B: *Hippocampus kuda*, クロウミウマ, BSKU 76205, 106.0mm SL.

A



B



図版 6

A: *Chelon haematocheilus*, メナダ, BSKU 90572, 223.6 mm SL.

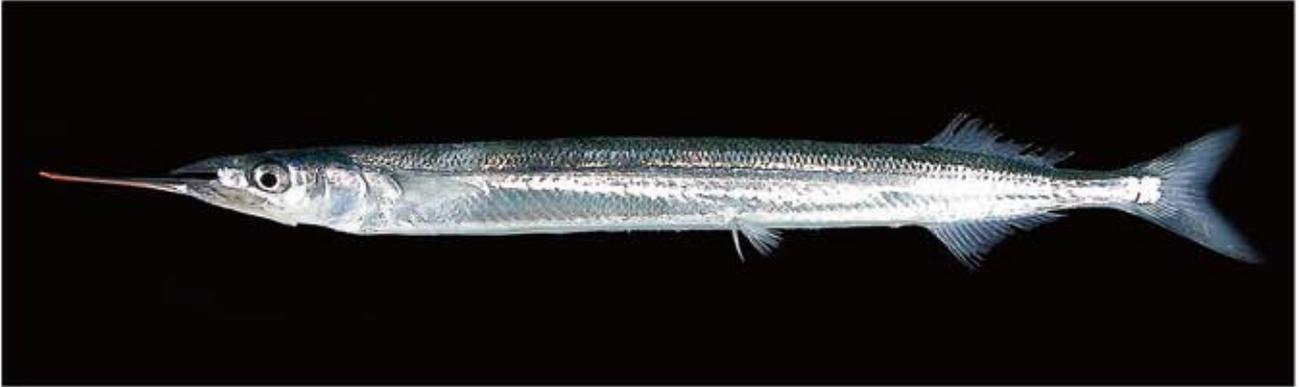
B: *Hyporhamphus sajori*, サヨリ, BSKU 94106, 189.4 mm SL.

C: *Scorpaenopsis cirrosa*, オニカサゴ, BSKU 76269, 153.8 mm SL.

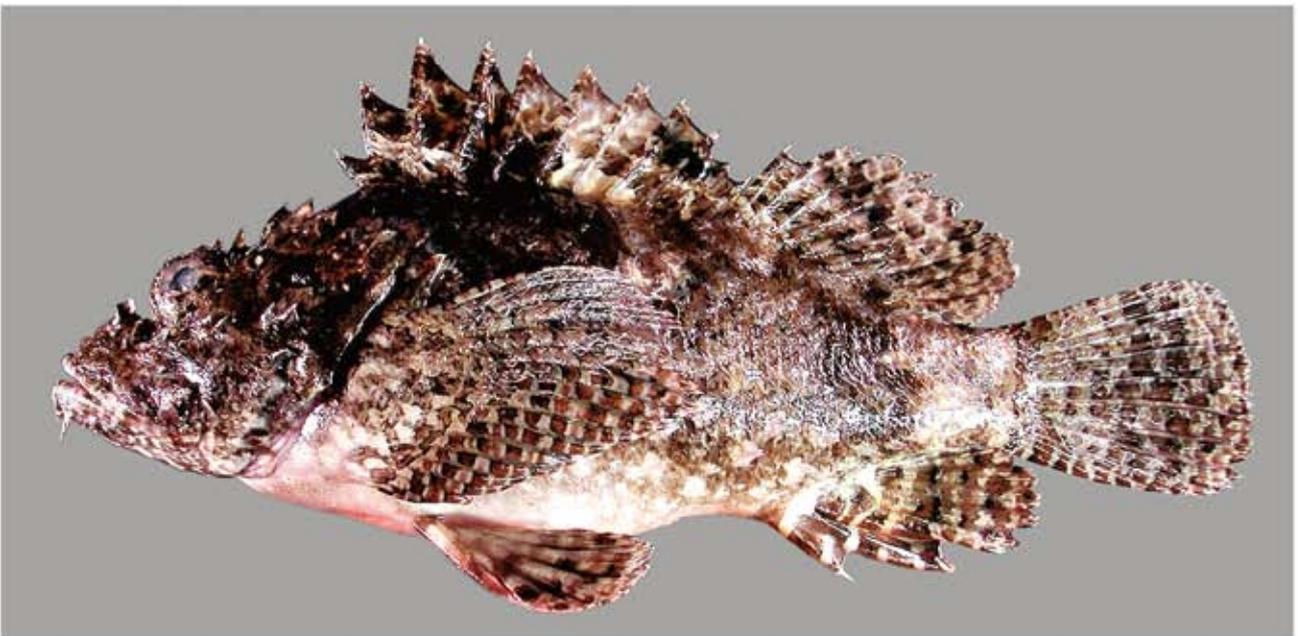
A



B



C



図版 7

A: *Sebastiscus marmoratus*, カサゴ, BKSU 72604, 205.9 mm SL.

B: *Cottus kazika*, カマキリ, BSKU 74644, 40.4 mm SL.

A



B



図版 8

A: *Lates japonicus*, アカメ, 西灘, 2005年5月7日.

B: *Lateolabrax* sp., タイリクスズキ, BSKU 76979, 178.9mm SL.

C: *Epinephelus septemfasciatus*, マハタ, BSKU 73929, 66.1mm SL.

A



B



C



図版 9

A: *Epinephelus coioides*, チャイロマルハタ, BSKU 91441, 310.0mm SL.

B: *Micropterus salmoides*, ブラックバス, BSKU 90576, 82.3mm SL.

C: *Seriola dumerili*, カンパチ, BSKU 75771, 241.4mm SL.



図版 10

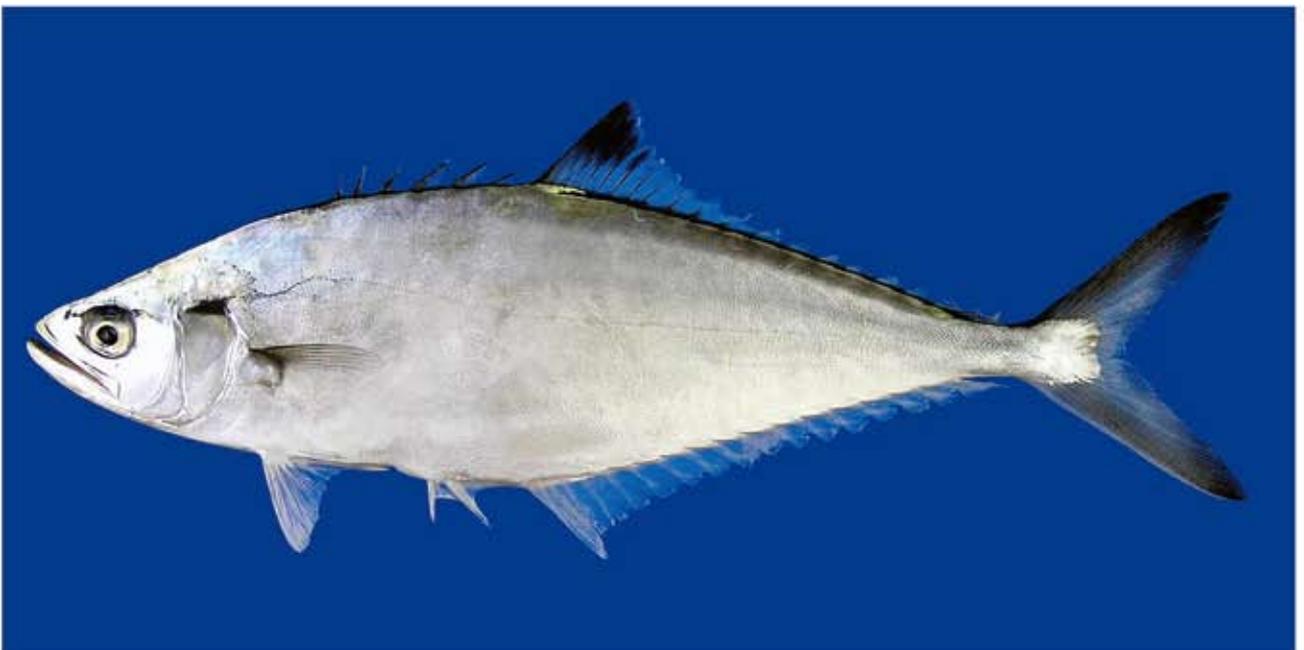
A: *Megalapsis cordyla*, オニアジ, BSKU 93109, 166.7 mm SL.

B: *Scomberoides tol*, ミナミイケカツオ, BSKU 92496, 164.2 mm SL.

A



B



図版 11

A: *Caranx sexfasciatus*, ギンガメアジ, BSKU 81412, 115.6mm SL.

B: *Carangichthys oblongus*, テンジクアジ, BSKU 66191, 235.3mm SL.

C: *Nuchequula nuchalis*, ヒイラギ, 青柳橋, 2005年4月22日.

A



B



C



図版 12

A: *Lutjanus fulvus*, オキフエダイ, BSKU 91887, 92.0mm SL.

B: *Gerres japonicus*, ダイミヨウサギ, BSKU 75800, 179.9mm SL.

A



B



図版 13

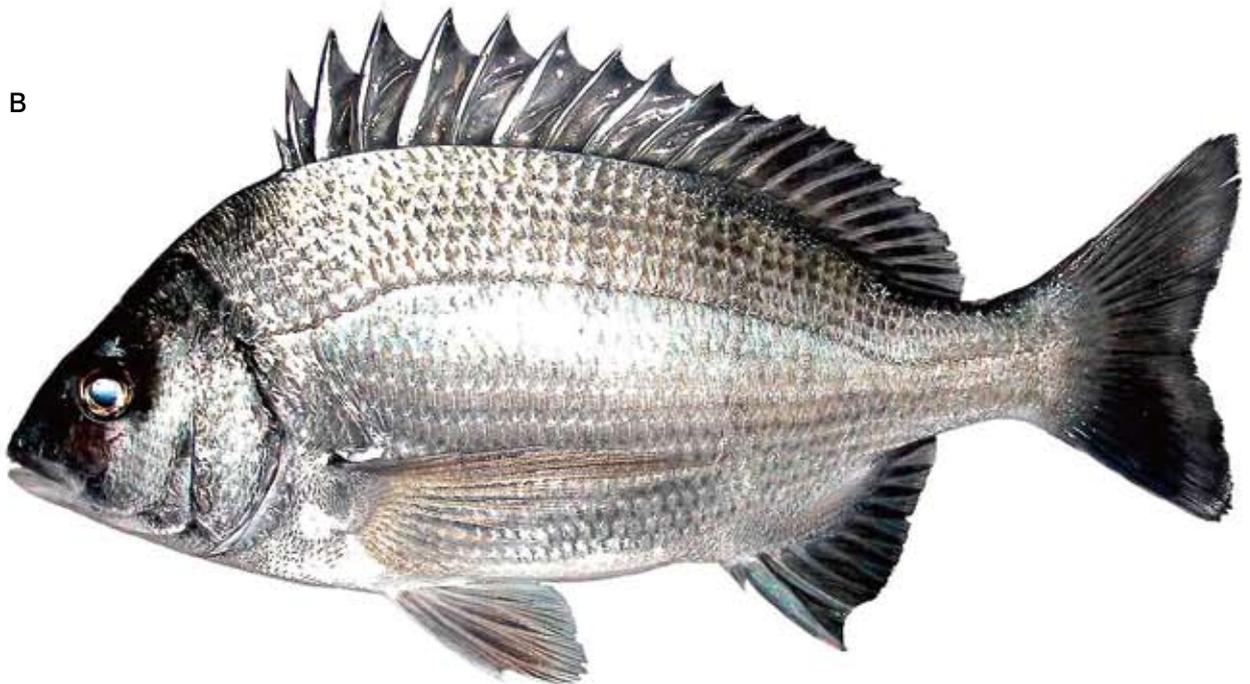
A: *Sparus sarba*, ヘダイ, BSKU 91043, 112.0mm SL.

B: *Acanthopagrus schlegelii*, クロダイ, BSKU 91046, 215.0mm SL.

A



B



図版 14

A: *Pagrus major*, マダイ, BSKU 92453, 168.0mmSL.

B: *Upeneus tragula*, ヨメヒメジ, BSKU 91191, 81.6mmSL.

C: *Upeneus vittatus*, ミナミヒメジ, BSKU 94104, 150.1mmSL.

A



B



C



図版 15

A: *Parupeneus indicus*, コバンヒメジ, BSKU 73930, 131.2mm SL.

B: *Oreochromis niloticus*, ナイルティラピア, BSKU 75775, 83.9mm SL.

C: *Polydactylus plebeius*, ツバメコノシロ, BSKU 93145, 185.3mm SL.

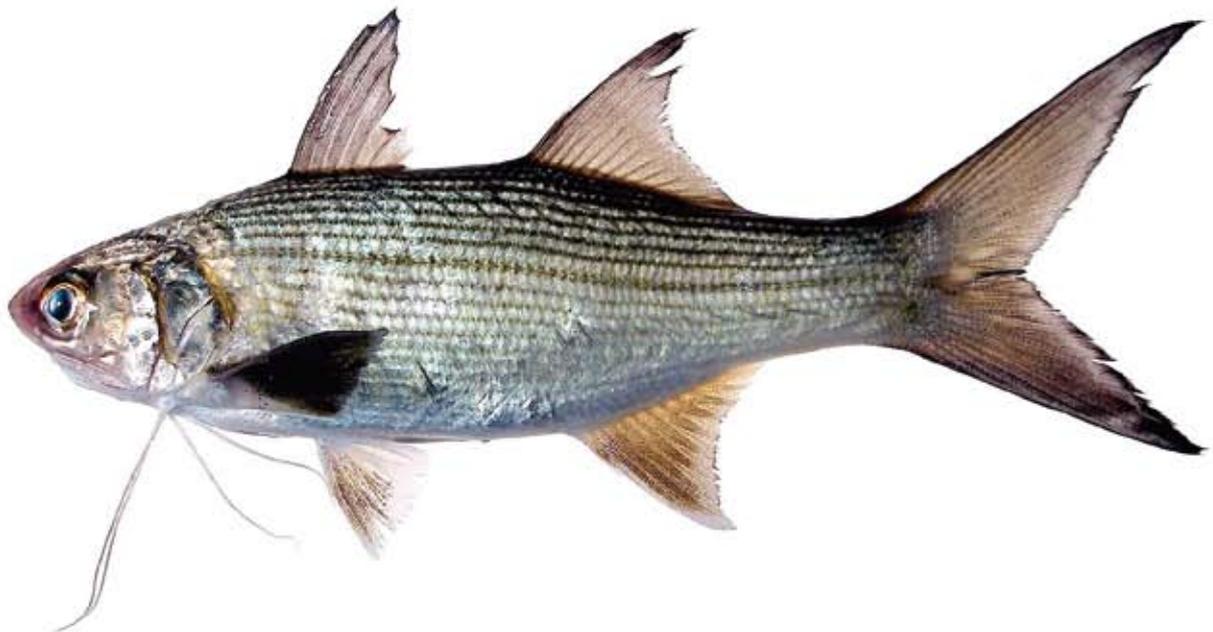
A



B



C



図版 16

A: *Eleotris acanthopoma*, チチブモドキ, BSKU 91269, 44.2mm SL.

B: *Apocryptodon punctatus*, タビラクチ, BSKU 91225, 38.6mm SL.

C: *Periophthalmus modestus*, トビハゼ, 深浦神社横, 2005年4月22日.

A



B



C



図版 17

A: *Taenioides cirratus*, チワラスボ, BSKU 77006, 49.0mm SL.

B: *Eutaeniichthys gilli*, ヒモハゼ, BSKU 76703, 31.4mm SL.

C: *Callogobius tanegasimae*, タネハゼ, BSKU 91020, 67.0mm SL.

D: *Oxyurichthys ophthalmonema*, マツゲハゼ, BSKU 74166, 21.9mm SL.

E: *Gymnogobius petschiliensis*, スミウキゴリ, BSKU 91604, 74.7mm SL.



図版 18

A: *Psammogobius biocellatus*, ヒトミハゼ, BSKU 74394, 26.1 mm SL.

B: *Acanthgobius lactipes*, アシシロハゼ, BSKU 91208, 44.0 mm SL.

C: *Pseudogobius masago*, マサゴハゼ, BSKU 91224, 20.2 mm SL.

D: *Scatophagus argus*, クロホシマンジュウダイ, BSKU 92385, 252.2 mm SL.

A



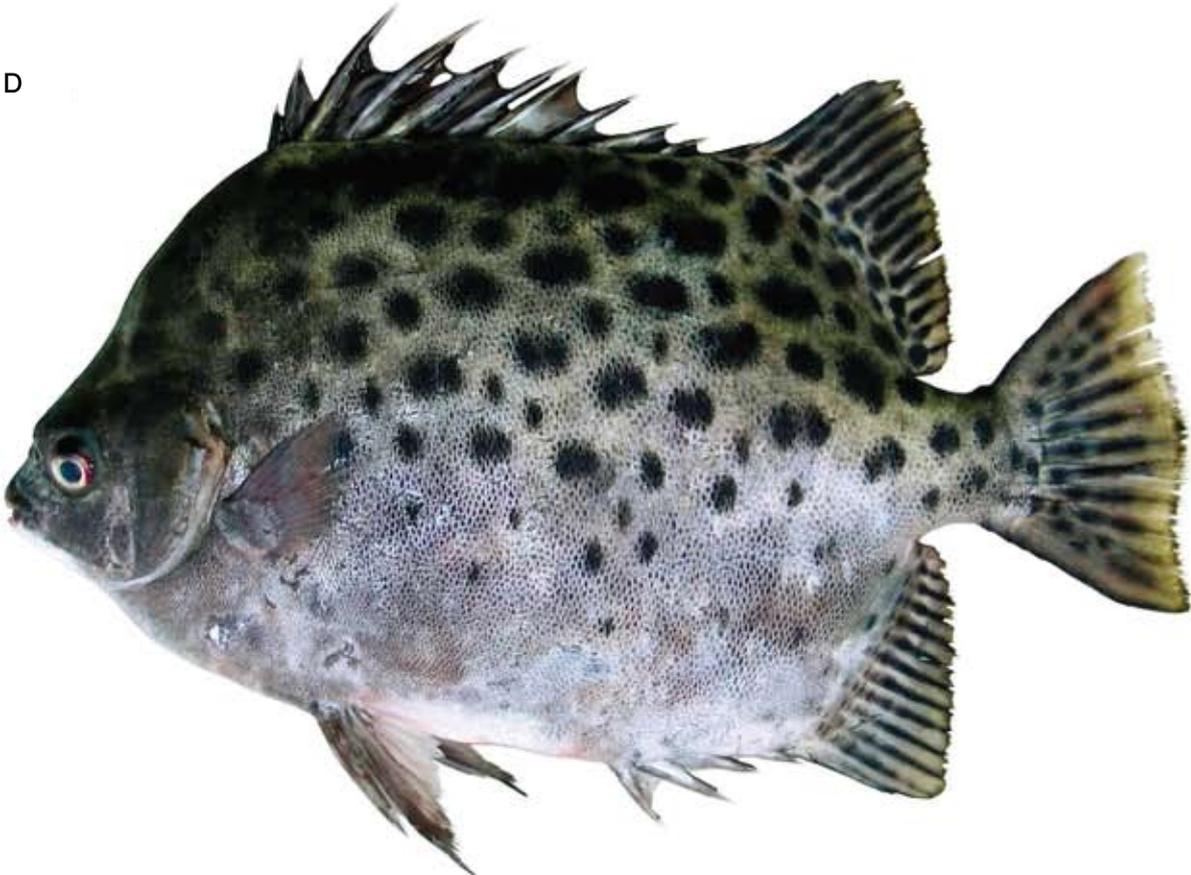
B



C



D



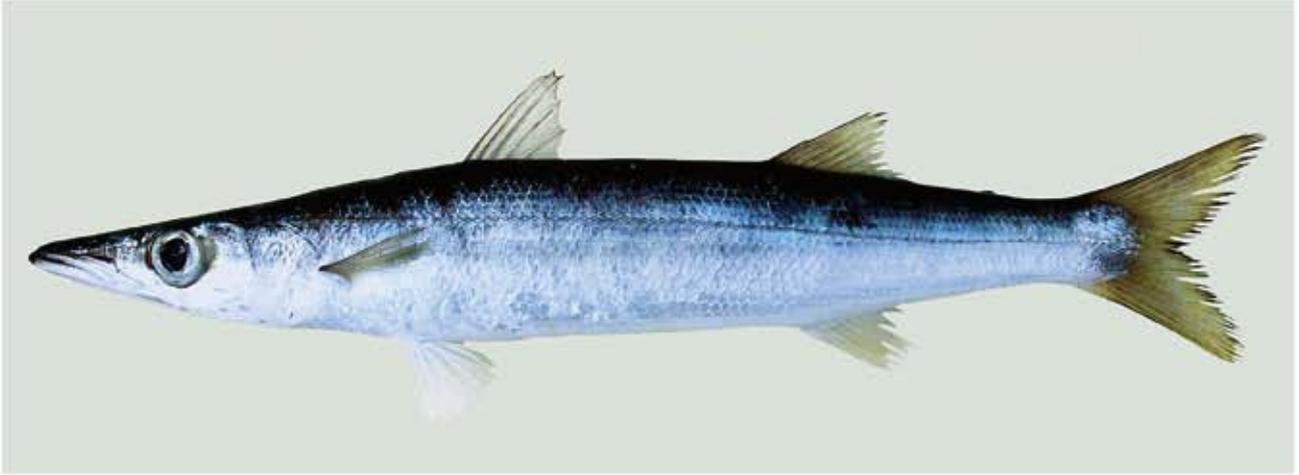
図版 19

A: *Sphyraena pinguis*, アカカマス, BSKU 92340, 79.5mm SL.

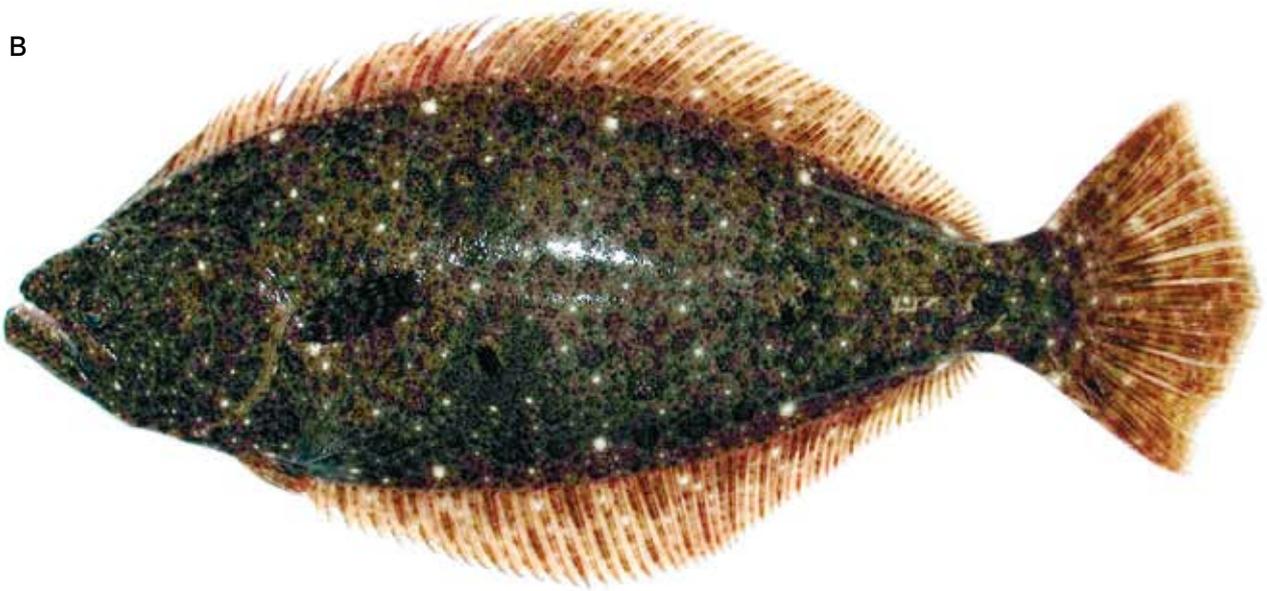
B: *Paralichthys olivaceus*, ヒラメ, 衣ヶ島, 2004年1月23日.

C: *Pseudorhombus oligodon*, ナンヨウガレイ, BSKU 94103, 310.2mm SL.

A



B



C



図版 20

A: *Triacanthus biaculeatus*, ギマ, BSKU 89945, 100.2 mm SL.

B: *Arothron manilensis*, スジモヨウフグ, BSKU 91917, 40.1 mm SL.

A



B



トピックス

復活した浦戸湾の魚類相

浦戸湾はかつて市民の憩いの場であった。しかしながら、パルプ廃液による強度の汚濁が市民を遠ざけ、バブル景気に伴う日常生活の多忙さから、市民にはすっかり縁の遠い存在になってしまった。1971年の“高知パルプ生コン事件”を知る市民も少なくなり、浦戸湾は研究対象としても縁遠い海域になっ

てしまっていたのである。ところが、この事件からほぼ35年、浦戸湾の環境は着実に回復していた。魚類の種数は汚濁以前に回復し、多数の希少種が生息する全国でも屈指の貴重な内湾であることが明らかとなった。そのシンボルは、やはりアカメであろう。

第19章

高知市新川川の魚類相

新川川は、おもに高知市春野町を流れる流路延長約14kmの二級河川である。本河川はその源を春野町行当付近の吾南用水とし、途中北山川、大用川および芳原川などと合流して春野町西戸原付近で東西に分流する。東の分流は春野町唐戸付近で内の谷川と合流した後、高知市長浜へ入って長浜川となり、浦戸湾に流入する。一方、西の分流は甲殿川となり、土佐湾に流入する。本河川の感潮域は河口から約2.8km上流にまでおよび、県内の同規模河川と比べて比較的広い。また、長浜川は内湾である浦戸湾の影響を受ける。甲殿川には河口干潟が形成され、長浜川には常時、コアマモが高密度に繁茂する。

本河川はかつて仁淀川の分流であったが、現在は堤防により仁淀川と遮断されている。しかし、本河川には仁淀川の八田堰の分水先である吾南用水および弘岡井筋を通じて仁淀川の水が流れ込んでおり、現在もなお仁淀川の影響を少なからず受けている。

新川川と甲殿川が流れる春野町は近年宅地化が進行しており、2008年1月1日に高知市と合併したことで今後その傾向はさらに強くなると考えられる。また、長浜川は住宅地の中を流れているため、今後の環境悪化が予測され、新川川水系の水質が激変する可能性もある。しかし、本水系の魚類相については、新川川河川環境調査(1999)および当研究室のメンバーなどによる短期間の調査しか行われていない。また、新川川河川環境調査(1999)では長浜川の調査は行なわれておらず、新川川水系全体の詳細な魚類相は不明である。

本報告は、2006年3月から2009年1月までに実施した調査の記録である。調査範囲は新川川水系全域であり、新川川では東前川原橋、山根橋、新川川橋、長浜川分流出点および根宜谷橋を、長浜川では宇賀谷

川と長浜川を、甲殿川では河口、水門前および船着き場をおもな調査地点とした(表19-1)。調査は、人力による小型曳き網、手網、三角押し網および釣りで行い、補足的に目視観察も行なった。得られた標本は高知大学理学部海洋生物学研究室(BSKU)に登録した。

第1節 新川川水系の魚類相

新川川水系全域で13目45科111種、総計25608個体の魚類が確認された。以下にリストを示し、種の確認地点を表1に示す。ただし、幼若個体のため未同定であった種はリスト中で◆を付して種数に加えず、通し番号を付記しない。なお、仔稚魚のみが確認された種については※を和名の後に付記する。高知県もしくは土佐湾沿岸中央部において出現が希な種、高知県レッドリスト対象種、外来種を含む移入種については、可能な限り標本番号と標準体長(SL)をmmで示す。

Elopiformes カライワシ目

Elopidae カライワシ科

1. *Elops hawaiiensis* Regan, 1909 カライワシ※

計36個体：32.1-38.1mm SL, 20個体, 甲殿川河口, 2006年5月18日；28.0mm SL, 新川川橋付近, 2006年6月11日；30.3mm SL, 甲殿川河口, 2006年6月11日；26.5-33.5mm SL, 9個体, 新川川橋付近, 2006年7月13日；BSKU 89202, 30.8mm SL, 長浜川, 2006年11月2日；BSKU 96705, 25.1-27.6mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2007年10月30日24.4mm SL, 新川橋付近, 2008年6月30日；32.1mm SL, 新川川橋付近, 2008年7月20日。備考：成魚の記録は、高知県ではきわめて希である。

表 19-1 新川川水系の採集地別魚類リスト。 ●：標本採集；○：目視観察；*：外来種

目 科	標準和名	学 名	新 川 川									
			各支流	東前川原橋	山根橋	新川川橋	分流点	根宜谷橋	宇賀谷川	長浜川	甲 殿 川	水門前
カライワシ目	Elopiformes											
カライワシ科	Elopidae											
	カライワシ	<i>Elops hawaiiensis</i>				●			●		●	
イセゴイ科	Megalopidae											
	イセゴイ	<i>Megalops cyprinoides</i>				●			●			
ウナギ目	Anguilliformes											
ウナギ科	Anguillidae											
	ウナギ	<i>Anguilla japonica</i>				●			●		●	
ネズミギス目	Gonorynchiformes											
サバヒー科	Chanidae											
	サバヒー	<i>Chanos chanos</i>				●			●			
コイ目	Cypriniformes											
コイ科	Cyprinidae											
	コイ	<i>Cyprinus carpio</i>				○			○			
	ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorffii</i>				○			○			
	オオキンブナ	<i>Carassius auratus buergeri</i>				●			●			
	タイリクバラタナゴ*	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>				●			●			
	オイカワ*	<i>Zacco platypus</i>				●			●			
	カワムツ	<i>Nipponocypris temminckii</i>				○			●			
	ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>				○			●			○
	カマツカ*	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>				○			○			
	ニゴイ*	<i>Hemibarbus barbus</i>				○			○			
ナマズ目	Siluriformes											
ナマズ科	Siluridae											
	ナマズ	<i>Silurus asotus</i>				○			●		○	
ゴンズイ科	Plotosidae											
	ゴンズイ	<i>Plotosus japonicus</i>							●		●	●

目 科	標準和名	学 名	各支流	東前川原橋	山根橋	新川	川	川	分流量	根宜谷橋	宇賀谷川	長浜川	甲 殿 川	水門前	船着場
サケ目	Salmoniformes														
サケ科	Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>		●							●	●	●		
アユ															
トゲウオ目	Gasterosteiformes														
ヨウジウオ科	Syngnathidae														
ガンテンインヨウジ		<i>Hippichthys penicillus</i>		●							●	●	●		
アミメカワヨウジ		<i>Hippichthys heptagonus</i>													
カワヨウジ		<i>Hippichthys spicifer</i>													●
イッセンヨウジ		<i>Microphis leiaspis</i>		●											
テングヨウジ		<i>Microphis brachyurus brachyurus</i>		●							●				
クロウミウマ		<i>Hippocampus kuda</i>										●			
ボラ目	Mugiliformes														
ボラ科	Mugilidae														
ボラ		<i>Mugil cephalus cephalus</i>		○	●			○	●	●	●	●	○	○	○
セスジボラ		<i>Chelon affinis</i>													
コボラ		<i>Chelon macrolepis</i>													●
ナンヨウボラ		<i>Moolgarda perusii</i>										●			●
ダツ目	Belontiiformes														
メダカ科	Adrianiichthyidae														
メダカ		<i>Oryzias latipes</i>		●	○						●				
カサゴ目	Scorpaeniformes														
ハオコゼ科	Tetrarogidae														
ハオコゼ		<i>Hypodytes rubripinnis</i>													●
コチ科	Platycephalidae														
ヨシノゴチ		<i>Platycephalus sp.</i>													●
トカゲゴチ		<i>Inegocia japonica</i>													●
カジカ科	Cottidae														
カマキリ		<i>Cottus kazika</i>													●

目 科	標準和名	学 名	新 川							甲 殿 川		
			各支流	東前川原橋	山根橋	新川川橋	分流点	根宜谷橋	宇賀谷川		長浜川	甲 殿 川
スズキ目	Perciformes											
アカメ科	Latidae											
	アカメ	<i>Lates japonicus</i>	●	●	●	●	●	●	●			
スズキ科	Moronidae											
	ヒラスズキ	<i>Lateolabrax latius</i>								●		
	スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>		○	●	●	●	●	●			
	サンフィッシュ科	Centrarchidae										
	ブルーギル*	<i>Lepomis macrochirus</i>						●				
	ブラックバス*	<i>Micropterus salmoides</i>		○	●			●				
アジ科	Carangidae											
	イケカツオ	<i>Scomberoides lysan</i>						●				
	ギンガメアジ	<i>Caranx sexfasciatus</i>							●	●		●
	ロウニンアジ	<i>Caranx ignobilis</i>				●				●		
ヒイラギ科	Leiognathidae											
	ヒイラギ	<i>Nuchequula nuchalis</i>			●			●		●		
フエダイ科	Lutjanidae											
	ゴマフエダイ	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>			●							
	ニセクロホシフエダイ	<i>Lutjanus fulviflamma</i>							●	●		○
	クロホシフエダイ	<i>Lutjanus russellii</i>							●	●		
	オキフエダイ	<i>Lutjanus fulvus</i>							●	●		
クロサギ科	Gerreidae											
	セダカクロサギ	<i>Gerres erythrorus</i>			●				●	●		
	ダイミヨウサギ	<i>Gerres japonicus</i>			●							
	イトヒキサギ	<i>Gerres filamentosus</i>			●				●	●		○
	クロサギ	<i>Gerres equulus</i>			●				●	●		○
イサキ科	Haemulidae											
	コシヨウダイ	<i>Plectorhynchus cinctus</i>								●		●
タイ科	Sparidae											

目 科	標準和名	学 名	新 川					甲 殿 川
			各支流	東前川原橋	山根橋	新川川橋	分流点	
	ヘダイ	<i>Sparus sarba</i>		●				
	クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		●			●	○
	キチヌ	<i>Acanthopagrus latus</i>		●			●	
	キス科 Sillaginidae							
	シロギス	<i>Sillago japonica</i>		●				
	チヨウチヨウウオ科 Chaetodontidae							
	チヨウハン	<i>Chaetodon lunula</i>						●
	タカノハダイ科 Cheilodactylidae							
	タカノハダイ	<i>Goniistius zonatus</i>					○	
	スズメダイ科 Pomacentridae							
	シマスズメダイ	<i>Abudefduf sordidus</i>					●	○
	オヤビツチャ	<i>Abudefduf vaigiensis</i>						○
	シマイサキ科 Teraponidae							
	コトヒキ	<i>Terapon jarbua</i>		●			●	●
	シマイサキ	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>					●	●
	ユゴイ科 Kuhliidae							
	オオクチュユゴイ	<i>Kuhlia rupestris</i>		●				
	メジナ科 Girellidae							
	メジナ	<i>Girella punctata</i>		●			●	●
	ツバメコノシロ科 Polynemidae							
	ツバメコノシロ	<i>Polydactylus plebeius</i>					●	
	ベラ科 Labridae							
	カミナリベラ	<i>Stethojulis interrupta terina</i>						●
	イソギンボ科 Blenniidae							
	タテガミギンボ	<i>Scartella emarginata</i>					●	
	イダテンギンボ	<i>Omobranchus punctatus</i>					○	○
	ネズミゴチ科 Callionymidae							
	ネズミゴチ	<i>Repomucenus curvicornis</i>						●

目 科	標準和名	学 名	新 川							甲 殿 川			
			各支流	東前川原橋	山根橋	新川川橋	分流点	根宜谷橋	宇賀谷川		長浜川	甲殿川	水門前
カワアナゴ科 Eleotridae													
	カワアナゴ	<i>Eleotris oxycephala</i>	●		●	●	●		●	●			
	チチブモドキ	<i>Eleotris acanthopoma</i>			●	●	●		●	●			
ハゼ科 Gobiidae													
	トビハゼ	<i>Periophthalmus modestus</i>					○		●	●			
	チウラスボ	<i>Taenioides cirratus</i>							●	●			
	ボウズハゼ	<i>Sicyopterus japonicus</i>			●				●	●			
	シロウオ	<i>Leucopsarion petersii</i>							●				
	ミミズハゼ	<i>Luciogobius guttatus</i>			●								
	ヒモハゼ	<i>Eutaeniichthys gilli</i>								●			
	タネハゼ	<i>Callogobius tanegasimae</i>							●	●			
	スミウキゴリ	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>							●	●			
	ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>					●						
	ヒトミハゼ	<i>Psammogobius biocellatus</i>							●	●			
	ウロハゼ	<i>Glossogobius olivaceus</i>							●	●		●	●
	マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>							●	●		○	○
	アシシロハゼ	<i>Acanthogobius lactipes</i>							●	●			
	マサゴハゼ	<i>Pseudogobius masago</i>							●	●			
	クサビハゼ	<i>Bathygobius cottiiceps</i>								●			
	クモハゼ	<i>Bathygobius fuscus</i>								●			●
	クロホシヤハズハゼ	<i>Bathygobius hongkongensis</i>								●			
	ヒメハゼ	<i>Favonigobius gymnauchen</i>							●	●			
	ミナミヒメハゼ	<i>Favonigobius reichei</i>								●			
	ノボリハゼ	<i>Oligolepis acutipennis</i>								●			
	ヒナハゼ	<i>Redigobius bikolanus</i>	●						●	●			
	アベハゼ	<i>Mugilogobius abei</i>							●	●			
	スジハゼA	<i>Acentrogobius sp. A</i>							●	●			
	クロコハゼ	<i>Drombus sp.</i>							●	●			

目 科	標準和名	学 名	新 川							甲 殿 川		
			各支流	東前川原橋	山根橋	新川川橋	分流点	根宜谷橋	宇賀谷川		長浜川	甲殿川河口
	ゴクラクハゼ	<i>Rhinogobius giurinus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●		
	アカオビシマハゼ	<i>Tridentiger trignocephalus</i>								●	●	
	ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>			●				●	●		
	クロユリハゼ科 Ptereleotridae											
	サツキハゼ	<i>Parioglossus dotui</i>							●	●	●	●
	ベニツケサツキハゼ	<i>Parioglossus philippinus</i>							●	●	●	●
	クロホシマンジュウダイ科 Scatophagidae											
	クロホシマンジュウダイ	<i>Scatophagus argus</i>			●				●			
	アイゴ科 Siganidae											
	アイゴ	<i>Siganus fuscescens</i>							●			
	ニザダイ科 Acanthuridae											
	クロハギ	<i>Acanthurus xanthopterus</i>							●			
	カレイ目 Pleuronectiformes											
	ヒラメ科 Paralichthyidae											
	ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>							●			○
	テンジクガレイ	<i>Pseudorhombus arsius</i>							●			
	ササウシノシタ科 Soleidae											
	ミナミウシノシタ	<i>Pardachirus pavoninus</i>							●			
	フグ目 Tetraodontiformes											
	ギマ目 Triacanthidae											
	ギマ	<i>Triacanthus biaculeatus</i>							●			
	カワハギ科 Monacanthidae											
	アミメハギ	<i>Rudarius ercodes</i>							●			
	ヨソギ	<i>Paramonacanthus japonicus</i>								●		
	フグ科 Tetraodontidae											
	ヒガンフグ	<i>Takifugu pardalis</i>							●			
	コモンフグ	<i>Takifugu poecilonotus</i>								●		
	クサフグ	<i>Takifugu niphobles</i>							●			●

目 科	標準和名	学 名	新 川 川	長 浜 川	甲 殿 川
サザナミフグ	<i>Arothron hispidus</i>		各支流 東前川原橋 山根橋 新川川橋 分流点 根宜谷橋 宇賀谷川 長浜川 甲殿川河口 水門前 船着場	●	●
スジモウヨウフグ	<i>Arothron manilensis</i>			●	●

Megalopidae イセゴイ科

2. *Megalops cyprinoides* (Broussonet, 1782) イセゴイ* (図版1-1)

計11個体：19.1mm SL, 長浜川, 2006年5月25日；20.3mm SL, 長浜川, 2006年7月10日；28.2mm SL, 新川川橋付近, 2006年7月13日；22.0mm SL, 長浜川, 2006年9月22日；24.8-26.7mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2006年10月5日；28.0 mm SL, 長浜川, 2006年10月27日, BSKU 96788, 31.0mm SL, 新川川橋付近, 2007年10月25日；23.5-25.0mm SL, 3個体, 新川川橋付近, 2008年7月20日。

備考：本研究で確認された個体はすべてレプトケファルス幼生期の個体であるが、幼魚は新川川河川環境調査(1999)でも確認されている。成魚の記録は、高知県ではきわめて希である。

Anguilliformes ウナギ目

Anguillidae ウナギ科

3. *Anguilla japonica* Temminck and Schlegel, 1846 ウナギ

計63個体：51.7-650.0mm SL.

備考：本種は環境省情報不足種に指定されている。新川川水系では普通種。

Gonorynchiformes ネズミギス目

Chanidae サバヒー科

4. *Chanos chanos* (Forsskål, 1775) サバヒー*

計41個体：12.0-12.7mm SL, 4個体, 新川川橋付近, 2006年9月8日；BSKU 96759, 12.6-13.2mm SL, 5個体, 新川川橋付近, 2007年8月30日；BSKU 96276, 11.5-13.5mm SL, 26個体, 新川川橋付近, 2008年7月20日；BSKU 96062, 13.2-13.9mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2008年8月29日；BSKU 96126, 13.1mm SL, 新川川橋付近, 2008年9月12日；21.2-24.9mm SL, 3個体, 長浜川, 2008年11月29日。

備考：成魚の出現は高知県ではきわめて希であるが、2008年5月に室戸市吉良川で全長90cmの個体が釣獲された例がある(長野・町田, 未発表)。

Cypriniformes コイ目

Cyprinidae コイ科

5. *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 コイ

備考：目視観察のみ。

6. *Carassius auratus langsdorfi* Cuvier and Valenciennes, 1846 ギンブナ (図版1-2)

計29個体：8.4-38.3mm SL.

7. *Carassius auratus buergeri* Temminck and Schlegel, 1846 オオキンブナ

計7個体；BSKU 96754, 17.4-26.7mm SL, 7個体, 新川川橋付近, 2008年6月30日。

備考：本種は高知県情報不足種に指定されている(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002)。なお、浦戸湾流入河川で本種が確認されている(別掲)。

8. *Rhodeus ocellatus ocellatus* (Kner, 1866) タイリクバラタナゴ (図版1-3)

計72個体：8.4-25.0mm SL, 22個体, 新川川橋付近, 2006年8月6日；14.5mm SL, 長浜川, 2006年7月10日；7.7-24.9mm SL, 7個体, 芳原川・工場前, 2007年7月15日；9.9-29.6mm SL, 13個体, 新川川橋付近, 2008年6月30日；9.8-23.9mm SL, 25個体, 新川川橋付近, 2008年7月20日；25.0mm SL, 新川川付近, 2008年8月29日；BSKU 96873, 36.2mm SL；BSKU 96874, 29.4mm SL, 新川川橋付近, 2008年11月29日；19.2mm SL, 新川川・東前川原橋, 2009年1月14日。

備考：本種は新川川水系の中流域では普通に確認された。本種は環境省により、要注意外来生物のうちの「被害に係る一定の知見はあり、引き続き特定外来生物等への指定の適否について検討する外来生物」に指定されている。

9. *Zacco platypus* (Temminck and Schlegel, 1846) オイカワ

計6個体：20-34.6mm SL, 6個体, 新川川橋付近, 2008年9月12日。

備考：本種は吉野川から仁淀川に移植された外来種であり(岡村ほか, 1976), 仁淀川から水路を經由して新川川水系に侵入したと考えられる。

10. *Nipponocypris temminckii* (Temminck and Schlegel, 1846) カワムツ

計869個体：8.0-59.8 mm SL.

備考：本種は、大用川でも多数の個体が目視により確認された。なお、学名はChen *et al.* (2008)に従った。

11. *Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877) ウグイ (図版2-1)

計59個体：14.1-370.0mm SL.

12. *Pseudogobio esocinus esocinus* (Temminck and Schlegel, 1846) カマツカ

計4個体；BSKU 96720, 47.1mm SL, 新川川橋付近, 2007年7月27日；16.7-24.9mm SL, 3個体, 新川川橋付近, 2008年6月30日。

備考：本種は1960年頃に吉野川から仁淀川に移植された外来種で（岡村ほか, 1976）, 仁淀川から水路を経由して新川川水系に侵入したと考えられる。

13. *Hemibarbus barbuis* (Temminck and Schlegel, 1846) ニゴイ (図版2-2, 3)

計443個体：15.6-465.0mm SL.

備考：本種は外来種であり、琵琶湖産の放流アユに混入して仁淀川に移植されたものが、水路を経由して新川川水系に侵入したと考えられる。本種は、新川川水系の中流域で普通に確認された。

Siluriformes ナマズ目

Siluridae ナマズ科

14. *Silurus asotus* Linnaeus, 1758 ナマズ (図版3-1)

計1個体：568.0mm SL, 山根橋付近, 2008年7月10日。
備考：分流量より上流の、特に山根橋付近で多数の個体が目視で確認された。

Plotosidae ゴンズイ科

15. *Plotosus japonicus* Yoshino and Kishimoto, 2008 ゴンズイ (図版3-2)

計42個体：55.5-172.4mm SL.

備考：学名はYoshino and Kishimoto (2008)に従った。

Salmoniformes サケ目

Plecoglossidae アユ科

16. *Plecoglossus altivelis altivelis* Temminck and Schlegel, 1846 アユ* (図版3-3)

計298個体；BSKU96513, 52.0mm SL；14.9-43.0mm SL, 151個体, 甲殿川河口, 2006年3月28日；38.9mm

SL, 長浜川, 2006年4月4日；32.9-36.3mm SL, 5個体, 甲殿川河口, 2006年4月17日；25.6-37.4mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2006年4月17日；BSKU 96839, 12.5-17.7mm SL, 20個体；12.6-17.1mm SL, 6個体, 甲殿川河口, 2006年11月24日；18.4-19.9mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2006年12月4日；24.1mm SL, 長浜川, 2006年12月4日；28.4-35.6mm SL, 7個体, 新川川橋付近, 2007年1月10日；20.1-40.2mm SL, 93個体, 長浜川, 2007年1月10日；16.7-18.9mm SL, 3個体, 甲殿川河口, 2007年月19日；BSKU 96805, 35.7-45.1mm SL, 5個体, 長浜川, 2008年1月28日39.2mm SL, 新川川橋付近, 2008年2月19日。

Gasterosteiformes トゲウオ目

Syngnathidae ヨウジウオ科

17. *Hippichthys (Parsyngnathus) penicillus* (Cantor, 1849) ガンテンイシヨウジ (図版4-1)

計25個体：84.7-150.0mm SL.

18. *Hippichthys (Hippichthys) heptagonus* Bleeker, 1849 アミメカワヨウジ (図版4-2)

計1個体；BSKU 91521, 93.5mm SL, 新川川橋付近, 2007年9月28日。

備考：本種は環境省絶滅危惧IB類に指定されている。本種の高知県における報告は、長野ほか (2006)のみである。

19. *Hippichthys (Hippichthys) spicifer* (Rüppell, 1838) カワヨウジ (図版4-3)

計1個体；BSKU 96291, 131.1mm SL, 甲殿川河口の船着場, 2008年10月16日。

備考：本種は高知県絶滅危惧IB類に指定されている（高知県レッドデータブック動物編】編集委員会, 2002）。新川川水系における本種の確認例はこれまでにない。

20. *Microphis (Coelonotus) leiaspis* (Bleeker, 1853) イッセンヨウジ (図版5-1)

計1個体；BSKU89221, 98.5mm SL, 新川川橋付近, 2006年8月6日。

21. *Microphis (Oostehus) brachyurus brachyurus* (Bleeker, 1853) テングヨウジ (図版5-2)

計55個体：84.6-78.1mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2006年6月11日；81.7mm SL, 長浜川, 2006年7月10

日；89.5-96.1mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2006年7月13日；80.8-104.3mm SL, 4個体, 新川川橋付近, 2006年8月6日；127.6-144.4mm SL, 3個体, 新川川橋付近, 2006年9月8日；138.5mm SL, 新川川橋付近, 2006年10月5日；BSKU89201, 162.7mm SL, 長浜川, 2006年11月2日；BSKU 95450, 136.2mm SL；BSKU 96515, 118.9mm SL；BSKU 96516, 149.8mm SL；BSKU 96817, 91.5mm SL；BSKU 96518, 142.9mm SL；BSKU 96519, 131.1mm SL, 新川川橋付近, 2007年9月28日；78.0mm SL, 新川川橋付近, 2007年10月25日；BSKU 96798, 136.1mm SL；BSKU 96799, 136.0mm SL, 新川川橋付近, 2007年11月26日；79.3mm SL, 新川川橋付近, 2008年5月22日；63.0-64.6mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2008年6月30日；81.7mm SL, 新川川橋付近, 2008年6月30日；88.8-109.1mm SL, 4個体, 新川川橋付近, 2008年7月20日；85.2-142.0mm SL, 18個体, 新川川橋付近, 2008年8月29日, 80.1-119.1mm SL, 4個体, 新川川橋付近, 2008年9月12日；74.7mm SL, 50.1mm PL (肛門前長), 新川川橋付近, 2008年10月23日.

22. *Hippocampus kuda* Bleeker, 1852 クロウミウマ (図版5-3)

計1個体；BSKU 96078, 121.6 mm TL (全長), 甲殿川河口, 2007年10月30日.

備考：本種の高知県初記録は、浦戸湾産の個体に基づき佐藤ほか(2005)によりなされた。その後、森田ほか(2006)が、浦戸湾、中土佐町の上ノ加江川および土佐清水市の清水港から報告している。

Mugiliformes ボラ目

Mugilidae ボラ科

23. *Mugil cephalus cephalus* Linnaeus, 1758 ボラ (図版6-1)

計1392個体；13.5-195.2mm SL.

24. *Chelon affinis* (Günther, 1861) セスジボラ (図版6-2)

計1個体；BSKU 89207, 135.3mm SL, 甲殿川河口, 2006年6月11日.

25. *Chelon macrolepis* (Smith, 1846) コボラ

計18個体；BSKU 94779, 23.9-37.0mm SL, 18個体, 甲殿川河口, 2007年6月18日.

備考：本種は高知県情報不足種に指定されている(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002).

26. *Moolgarda perusii* (Valenciennes, 1836) ナンヨウボラ (図版6-3)

計6個体；BSKU 89448, 40.8mm SL；BSKU 89453, 68.4mm SL, 長浜川, 2006年12月4日；BSKU 89438, 43.1mm SL；BSKU 89439, 42.1-43.4mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2007年1月19日；BSKU 96108, 41.6mm SL, 長浜川の側溝, 2007年4月5日.

備考：本種は高知県情報不足種に指定されている(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002).

Beloniformes ダツ目

Adrianichyidae メダカ科

27. *Oryzias latipes* (Temminck and Schlegel, 1846) メダカ (図版7-1)

計135個体；9.6-24.6mm SL.

備考：本種は高知県絶滅危惧IB類に(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002), また、環境省絶滅危惧II類に指定されている。

Scorpaeniformes カサゴ目

Tetrarogidae ハオコゼ科

28. *Hypodytes rubripinnis* (Temminck and Schlegel, 1843) ハオコゼ (図版7-2)

計2個体；BSKU 96051, 34.4mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日；BSKU 96146, 35.0mm SL, 甲殿川河口, 2008年9月15日.

備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編] (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない。

Platycephalidae コチ科

29. *Platycephalus* sp. ヨシノゴチ

計1個体；BSKU 79942, 114.1mm SL, 長浜川, 2006年4月27日.

備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編] (高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載され

ていない。

30. *Inegocia japonica* (Tilesius, 1812) トカゲゴチ
計2個体：33.4mm SL, 甲殿川河口, 2006年7月13日；
BSKU 94781, 15.1mm SL, 甲殿川河口, 2007年6月
18日。

Cottidae カジカ科

31. *Cottus kazika* Jordan and Starks, 1904 カマキリ
(アユカケ)* (図版7-3)
計1個体；BSKU 96110, 15.9mm SL, 長浜川, 2008年
2月19日。
備考：本種は高知県絶滅危惧Ⅱ類に(高知県レ
ッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002), また,
環境省絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。

Perciformes スズキ目

Latidae アカメ科

32. *Lates japonicus* Katayama and Taki, 1984 ア
カメ(図版8-1)
計271個体：85.0-148.0mm SL, 9個体, 長浜川, 2006
年4月4日；78.2-120.1mm SL, 6個体, 長浜川, 2006
年4月27日；82.6mm SL, 長浜川, 2006年5月25日；
141.9mm SL, 長浜川, 2006年7月10日；BSKU 89218,
10.6mm SL；17.3-18.9mm SL, 2個体, 新川川橋付近,
2006年8月6日；BSKU 89775, 8.3mm SL；19.4-28.8
mm SL, 19個体, 長浜川, 2006年8月7日；BSKU
88974, 13.2mm SL；11.1-200.4mm SL, 63個体, 長
浜川；2006年9月22日；BSKU 89000, 11.7mm SL, 長
浜川, 2006年10月27日；66.6mm SL, 長浜川, 2006年
11月2日；92.4-100.5mm SL, 4個体, 長浜川, 2007年4
月5日；63.0-130.7mm SL, 7個体, 長浜川, 2007年5月
22日；147.6mm SL, 長浜川, 2007年7月27日；BSKU
96756, 15.4mm SL；BSKU 96757, 16.8mm SL；15.9-
41.9mm SL, 14個体, 新川川橋付近, 2007年8月30日；
37.3mm SL, 新川川橋付近, 2007年8月30日；23.6-
47.7mm SL, 6個体, 新川川橋付近, 2007年9月28日；
BSKU 96075, 61.2mm SL；28.8-35.0mm SL, 2個体, 新
川川橋付近, 2007年10月25日；BSKU 96382, 19.9
mm SL；18.8-106.2mm SL, 25個体, 長浜川, 2007年12
月15日；35.9-63.4mm SL, 3個体, 長浜川, 2008年1月
28日；46.3-79.7mm SL, 3個体, 長浜川, 2008年3月29
日；60.6-126.6mm SL, 9個体, 長浜川, 2008年4月27

日；BSKU 96273, 8.6-13.7mm SL, 11個体, 新川川橋
付近, 2008年7月20日；24.4-79.6mm SL, 38個体, 新
川川橋付近, 2008年8月29日；32.7-95.2mm SL, 30個
体, 新川川橋付近, 2008年9月12日；78.5mm SL, 新
川川分流点, 2008年9月27日；99.6mm SL, 芳原川・
高田橋上流, 2008年9月27日；88.5mm SL, 新川川橋
付近, 2008年10月23日；56.6-86.7mm SL, 2個体, 長
浜川, 2008年11月29日；85mm SL, 新川川橋付近, 2008
年11月29日。備考：本種は高知県絶滅危惧Ⅱ類
(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会,
2002)に, また, 環境省絶滅危惧Ⅱ類に指定され
ている。本調査では, 一部を標本としたが, 他は
すべて現地で体長を測定した後, 放流した。

Moronidae スズキ科

33. *Lateolabrax latus* Katayama, 1957 ヒラスズキ
(図版8-2) 計20個体：14.1-175.1mm SL。
34. *Lateolabrax japonicus* (Cuvier, 1828) スズキ(図
版9-1) 計54個体：14.1-421.8mm SL。

Centrarchidae サンフィッシュ科

35. *Lepomis macrochirus* Rafinesque, 1819 ブルー
ギル
計1個体：32.5mm SL, 2006年4月27日。備考：本種は,
環境省によりで特定外来生物に指定されており,
飼育, 運搬および保管などが禁止されている。
36. *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) ブラッ
クバス(オオクチバス)(図版9-2)
計8個体：32.3mm SL, 長浜川, 2006年6月28日；
BSKU 89224, 23.9mm SL, 長浜川, 2006年7月10日；
33.5mm SL, 新川川橋付近, 2006年7月13日；BSKU
96718, 61.5mm SL, 長浜川, 2007年7月27日；30.8-
30.9mm SL, 2個体, 長浜川, 2008年5月26日；48.3-
52.4mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2008年7月20日。
備考：本種は, 環境省により特定外来生物に指定
されており, 飼育, 運搬および保管などが禁止さ
れている。

Carangidae アジ科

37. *Scomberoides lysan* (Forsskål, 1775) イケカツオ
計5個体：22.8-30.0mm SL, 2個体, 長浜川, 2006年9
月22日；23.7-33.2mm SL, 3個体, 長浜川, 2006年11
月2日。
38. *Caranx sexfasciatus* Quoy and Gaimard, 1825

ギンガメアジ (図版10-1)

計2個体：35.4mm SL, 甲殿川河口, 2006年8月6日；
BSKU 96534, 67.3mm SL, 甲殿川河口船着場, 2008
年11月15日.

39. *Caranx ignobilis* (Forsskål, 1775) ロウニンアジ
(図版10-2) 計16個体：37.6-113.9mm SL.

Leiognathidae ヒイラギ科

40. *Nuchequula nuchalis* (Temminck and Schlegel,
1845) ヒイラギ
計179個体：7.0-44.3mm SL.

Lutjanidae フエダイ科

41. *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskål, 1775) ゴ
マフエダイ (図版11-1)

計1個体；BSKU 96060, 18.7mm SL, 新川川橋付近,
2008年8月29日.

42. *Lutjanus fulviflamma* (Forsskål, 1775) ニセク
ロホシフエダイ (図版11-2)

計2個体；BSKU 96079, 43.2mm SL, 甲殿川河口,
2007年10月30日；BSKU 96145, 23.3mm SL, 甲殿川
河口, 2008年9月15日. 備考：本種は高知県レッド
データブック [動物編] (高知県レッドデータブッ
ク [動物編] 編集委員会, 2002) の高知県産汽水・
淡水魚リストに掲載されていない.

43. *Lutjanus russellii* (Bleeker, 1849) クロホシフエ
ダイ (図版12-1)

計1個体；BSKU 89217, 74.0mm SL, 甲殿川河口,
2006年10月19日.

44. *Lutjanus fulvus* (Forster, 1801) オキフエダイ (図
版12-2)

計3個体；BSKU 89350, 32.4mm SL；BSKU 89351,
32.3mm SL, 甲殿川河口, 2006年11月24日；BSKU
96144, 27.7mm SL, 甲殿川河口, 2008年9月15日.

備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載され
ていない.

- ◆ *Lutjanus* sp. フエダイ属の一種* (図版13-1)

計1個体；BSKU 89361, 12.9mm SL, 甲殿川河口,
2006年11月24日.

備考：本標本は成魚の形質が発現していないため,
種の同定はできなかった.

Gerreidae クロサギ科

45. *Gerres erythrouros* (Bloch, 1791) セダカクロサギ*

計100個体：10.8-15.3mm SL, 5個体, 新川川橋付近,
2006年8月6日；10.6-12.7mm SL, 21個体, 長浜川,
2006年9月22日；10.9-12.3mm SL, 10個体, 新川川橋
付近, 2006年10月5日；10.6-11.5mm SL, 4個体, 甲殿
川河口, 2006年10月5日；11.3-11.6mm SL, 2個体, 長
浜川, 2006年10月27日；11.9-15.8mm SL, 12個体, 長
浜川, 2006年11月2日；9.9-14.6mm SL, 43個体, 新川
川橋付近, 2007年8月30日；11.7-16.7mm SL, 8個体,
新川川橋付近, 2007年10月25日；17.5-18.8 mm SL, 4
個体, 新川川橋付近, 2007年11月26日；12.4mm SL,
長浜川, 2007年12月15日.

備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載され
ていない.

46. *Gerres iaponicus* Bleeker, 1854 ダイミヨウサギ
(図版13-2)

計1個体；BSKU 96691, 45.5mm SL, 新川川橋付近,
10月23日.

備考：本種は高知県準絶危惧種に指定されている
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002).

47. *Gerres filamentosus* Cuvier, 1829 イトヒキサ
ギ (図版14-1)

計55個体：25.6mm SL, 新川川橋付近, 2007年10月
25日；21.1mm SL, 新川川橋付近, 2007年11月26日；
25.3-30.0mm SL, 5個体, 長浜川, 2007年12月15日；
BSKU 96061, 31.3mm SL；23.7-31.9mm SL, 11個体,
新川川橋付近, 2008年8月29日；45.1-48.6mm SL, 3
個体, 長浜川, 2008年11月29日；BSKU 96871, 66.2
mm SL；BSKU 96872, 65.5mm SL；29.7-63.0mm SL, 31
個体, 新川川橋付近, 2008年11月29日.

備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載され
ていない.

48. *Gerres equulus* Temminck and Schlegel, 1844
クロサギ (図版14-2) 計619個体：11.2-49.5mm SL.

Haemulidae イサキ科

49. *Plectorhinchus cinctus* (Temminck and Schlegel, 1843) コシヨウダイ (図版14-3)
計4個体；BSKU 89205, 50.8mm SL, 37.9-31.6mm SL,
2個体, 甲殿川河口, 2006年8月6日；46.9mm SL, 甲
殿川河口, 2006年10月5日.

Sparidae タイ科

50. *Sparus sarba* (Forsskål, 1775) ヘダイ (図版15-1)
計68個体；11.0-45.9mm SL.
51. *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker, 1854) クロダイ
計58個体；7.9-162.0mm SL.
52. *Acanthopagrus latus* (Houttuyn, 1782) キチヌ (図
版15-2)
計1338個体；8.9-228.0mm SL.

Sillaginidae キス科

53. *Sillago japonica* Temminck and Schlegel, 1843
シロギス* (図版16-1)
計3個体；13.5-30.7mm SL.

Chaetodontidae チョウチョウオ科

54. *Chaetodon lumula* (Lacepède, 1802) チョウハン
(図版16-2)
計1個体；BSKU 96291, 31.6mm SL, 甲殿川河口船
着場, 2008年10月16日.
備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載され
ていない.

Cheilodactylidae タカノハダイ科

55. *Goniistius zonatus* (Cuvier, 1830) タカノハダイ
備考：目視観察のみ, 甲殿川河口で数個体が目視
で確認された.

Pomacentridae スズメダイ科

56. *Abudefduf sordidus* Forsskål, 1775 シマスズメ
ダイ (図版17-1)
計6個体；BSKU 89353, 27.4mm SL；BSKU 89354,
20.0-31.1mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年11月24
日；BSKU 96703, 29.9-38.7mm SL, 2個体, 甲殿川河
口, 2007年10月30日；BSKU 96147, 22.3mm SL, 甲
殿川河口, 2008年9月15日.
備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,

2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載され
ていない.

57. *Abudefduf vaigiensis* (Quoy and Gaimard, 1825)
オヤビッチャ
備考：目視観察のみ, 甲殿川河口の船着場で複数
個体が目視で確認された. また, 本種は高知県
レッドデータブック [動物編] (高知県レッドデー
タブック [動物編] 編集委員会, 2002) の高知県産
汽水・淡水魚リストに掲載されていない.

Teraponidae シマイサキ科

58. *Terapon jarbua* (Forsskål, 1775) コトヒキ (図
版17-2)
計401個体；9.8-52.9mm SL.
59. *Rhyncpelates oxyrhynchus* (Temminck and
Schlegel, 1842) シマイサキ (図版18-1)
計966個体；8.5-189.9mm SL.

Kuhliidae ユゴイ科

60. *Kuhlia rupestris* Lacepède, 1802) オオクチュゴイ*
計3個体；19.7-22.4mm SL, 2個体, 新川川橋付近,
2006年6月11日；16.6mm SL, 長浜川, 2006年9月22日.

Girellidae メジナ科

61. *Girella punctata* Gray, 1825 メジナ (図版19-1)
計10個体；10.0-113.1mm SL.

Polynemidae ツバメコノシロ科

62. *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) ツバメ
コノシロ (図版19-2)
計1個体；BSKU 96290, 35.9mm SL, 甲殿川河口,
2008年10月16日.

Labridae ベラ科

63. *Stethojulis interrupta terina* Jordan and Snyder,
1902 カミナリベラ (図版 20-1)
計1個体；BSKU 89437, 43.2mm SL, 甲殿川河口,
2007年1月19日.
備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されて
いない.

Blenniidae イソギンボ科

64. *Scartella emarginata* (Günther, 1861) タテガミ
ギンボ
計1個体；BSKU 96838, 11.4mm SL, 甲殿川河口,

2006年11月24日。備考：本標本はイソギンポに似るが、体がややずんぐりし、腹鰭鰭膜および尾鰭基底に黒色素が出現しない、胸鰭鰭膜の黒色素が濃密である、鰭条数が少ない、上顎に犬歯がないことにより本種と同定された。本種は高知県レッドデータブック〔動物編〕(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない。

65. *Omobranchus punctatus* (Valenciennes, 1836)
イダテンギンポ (図版20-2)

計2個体；BSKU 89082, 84.4mm SL, 他1個体, 甲殿川河口, 2006年12月15日。

Collionymidae ネズッコ科

66. *Repomucenus curvicornis* (Valenciennes, 1837)
ネズミゴチ* (図版20-3)

計4個体；BSKU 96375, 12.1-25.0mm SL, 2個体；BSKU 96381, 28.5mm SL, 長浜川, 2007年12月15日；BSKU 96076, 49.0mm SL, 長浜川, 2008年2月19日。

Eleotridae カワアナゴ科

67. *Eleotris oxycephala* Temminck and Schlegel, 1845 カワアナゴ (図版21-1)

計10個体；BSKU 96163, 106.1mm SL；BSKU 96164, 133.5mm SL, 新川川橋付近, 2006年4月17日；BSKU 89223, 71.6mm SL, 長浜川, 2006年7月10日；BSKU 88981, 42.6mm SL, 長浜川, 2006年9月22日；BSKU 94890, 146.8mm SL, 新川川橋付近, 2007年6月18日；BSKU 96520, 74.1mm SL, 新川川橋付近, 2007年9月28日；BSKU 96786, 75.8mm SL；BSKU 96787, 117.9mm SL, 新川川橋付近, 2007年10月25日；114.0mm SL, 新川川橋付近, 2008年8月29日；BSKU 96214, 93.9mm SL, 芳原川・高田橋上流, 2008年9月27日。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002)。

68. *Eleotris acanthopoma* Bleeker, 1853 チチブモドキ (図版21-2)

計28個体；BSKU 88973, 30.6mm SL；BSKU 88975, 20.4mm SL；BSKU 88976, 49.7mm SL；BSKU 88977, 35.0mm SL；BSKU 88978, 18.6-22.7mm SL, 3個体；BSKU 88979, 46.3mm SL, 長浜川, 2006年9月22日；

BSKU 88996, 30.2mm SL, 長浜川, 2006年10月27日；BSKU 89194, 19.0mm SL；BSKU 89196, 12.0-15.2mm SL, 2個体, 長浜川, 2006年11月2日；BSKU 89435, 24.9mm SL, 長浜川, 2007年1月10日；BSKU 96741, 17.0-38.8mm SL, 3個体, 長浜川, 2007年12月15日；BSKU 96800, 67.8mm SL, 長浜川, 2008年1月28日；BSKU 96053, 58.7mm SL；BSKU 96054, 50.7mm SL；BSKU 96055, 46.1mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日；BSKU 96141, 53.1mm SL；BSKU 96142, 43.3mm SL；BSKU 96143, 34.5mm SL, 甲殿川河口, 2008年9月15日；BSKU 96208, 42.1mm SL；BSKU 96209, 44.9mm SL；BSKU 96210, 51.3mm SL；BSKU 96211, 55.5mm SL, 甲殿川河口, 2008年9月27日；BSKU 96870, 53.0mm SL, 新川川橋付近, 2008年11月29日。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002)。

Gobiidae ハゼ科

69. *Periophthalmus modestus* Cantor, 1842 トビハゼ (図版21-3)

計3個体；BSKU 89215, 33.9mm SL；BSKU 89216, 30.3mm SL, 他1個体, 甲殿川河口, 2006年9月8日。

備考：本種は高知県絶滅危惧Ⅱ類であり(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002), また, 2008年10月に高知県希少野生動植物に指定されている。なお, 本種は環境省準絶滅危惧種に指定されている。本研究で標本とした個体は, 高知県希少野生動植物に指定される以前に採集された個体である。この指定の後, 新川川分流域において多数の個体が目視で確認された。この生息地は, 高知県中央部における本種の最大の生息地である。

70. *Taenioides cirratus* (Blyth, 1860) チワラスボ (図版22-1)

計7個体；BSKU 89255, 192.8mm SL, 長浜川, 2006年6月11日；90.7mm SL, 甲殿川河口, 2006年8月6日；BSKU 89268, 247.8mm SL, 長浜川, 2007年1月10日；BSKU 94778, 39.6mm SL, 甲殿川河口, 2007年6月18日；BSKU 96131, 39.8mm SL；35.9-44.5mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2008年9月15日。

備考：本種は高知県絶滅危惧IA類（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)に、また、環境省絶滅危惧IB類に指定されている。

71. *Sicyopterus japonicus* (Tanaka, 1909) ボウズハゼ* (図版22-2)

計31個体；BSKU 89459, 27.1-27.7mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年3月28日；BSKU 89458, 21.7-30.3mm SL, 7個体；27.5mm SL, 甲殿川河口, 2006年4月17日；BSKU 96766, 25.5mm SL, 新川川橋付近, 2006年4月17日；BSKU 89369, 26.7-28.4mm SL, 5個体；BSKU 89363, 13.2-28.3mm SL 13個体, 甲殿川河口, 2006年5月18日；BSKU 96107, 25.6-26.8mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2007年5月22日。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002）。

72. *Leucopsarion petersii* Hilgendorf, 1880 シロウオ (図版22-3)

計1個体；BSKU 95969, 40.6mm SL, 長浜川, 2008年3月29日。備考：本種は高知県絶滅危惧IB類（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)に、また、環境省絶滅危惧II類に指定されている。

73. *Lucigobius guttatus* Gill, 1859 ミミズハゼ (図版23-1)

計1個体；BSKU 89270, 54.6mm SL, 新川川橋付近, 2007年1月10日。

74. *Eutaeniichthys gill* Jordan and Snyder, 1859 ヒモハゼ (図版23-2)

計34個体；BSKU 89460, 19.4-31.5mm SL 12個体, 甲殿川河口, 2006年3月28日；BSKU 89457, 28.2-28.6mm SL, 2個体；27.0-30.8mm SL, 4個体, 甲殿川河口, 2006年4月17日；BSKU 89367, 30.5mm SL；BSKU 89365, 26.1-30.9mm SL, 5個体, 甲殿川河口, 2006年5月18日；BSKU 89210, 18.5 mm SL；BSKU 89214, 13.7-14.9mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年9月8日；BSKU 88983, 16.9mm SL, 甲殿川河口, 2006年10月5日；BSKU 89356, 20.0mm SL；BSKU 89360, 20.7-21.8mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年11月24日；BSKU 89078, 16.8-22.2mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年12月15日；BSKU 96708, 15.5mm SL, 甲殿川

河口, 2007年10月30日。備考：本種は高知県絶滅危惧IB類（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)に、また、環境省準絶滅危惧に指定されている。

75. *Callogobius tanegasimae* (Snyder, 1908) タネハゼ (図版23-3)

計2個体；BSKU 88997, 8.7mm SL, 長浜川, 2006年10月27日；BSKU 96212, 34.8mm SL, 甲殿川河口, 2008年9月27日。

備考：本種は高知県絶滅危惧IB類に指定されている（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002）。

76. *Gymnogobius petschiliensis* (Rendahl, 1924) スミウキゴリ (図版24-1)

計38個体；BSKU 89461, 18.8-20.9mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年3月28日；BSKU 89456, 23.8-21.4mm SL, 6個体；21.5mm SL, 甲殿川河口, 2006年4月17日；BSKU 96765, 20.6-22.9 mm SL, 12個体, 新川川橋付近, 2006年4月17日；BSKU 89432, 17.1-28.7mm SL, 4個体；BSKU 89431, 17.3-27.7mm SL, 16個体, 新川川橋付近, 2006年5月18日；BSKU 89370, 13.2-19.9mm SL, 4個体；BSKU 89364, 19.2mm SL, 甲殿川河口, 2006年5月18日；BSKU 96077, 74.6mm SL, 長浜川, 2008年2月19日；27.5mm SL, 新川川橋付近, 2008年4月29日。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002）。

77. *Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1879) ウキゴリ*

計3個体；23.1mm SL, 根宜谷橋, 2006年4月27日；20.4-21.8mm SL, 2個体, 新川川橋付近, 2008年4月29日。

78. *Psammogobius biocellatus* (Valenciennes, 1837) ヒトミハゼ (図版24-2)

計12個体；BSKU 88780, 44.1mm SL, 新川川橋付近, 2006年9月8日；BSKU 93130, 51.8mm SL；BSKU 93131, 31.7mm SL；BSKU 93132, 16.8mm SL, 新川川橋付近, 2007年9月28日；BSKU 96377, 60.0mm SL, 新川川橋付近, 2007年10月25日；BSKU 93133, 52.3mm SL, 甲殿川河口, 2007年10月30日；23.0mm SL, 新川川橋付近, 2008年8月29日；BSKU 96121,

48.0mm SL, 新川川橋付近, 2008年9月12日; BSKU 96386, 51.1mm SL; BSKU 96392,

25.0mm SL; BSKU 96393, 51.5mm SL; BSKU 59.6mm SL, 新川川橋橋付近, 2008年10月23日. 備考: 三宅ほか(2006)は, 本種が灘と西灘に生息することを明らかにしたが, 本報告で湾奥部にも生息することが判明した. 本種は, 高知県下では, 土佐清水市, 四万十市, 須崎市の数河川と, 浦戸湾に生息するにすぎないとされている(三宅ほか, 2006). したがって, 新川川は本種にとっての新産地となる.

79. *Glossogobius olivaceus* (Temminck and Schlegel, 1845) ウロハゼ

計1432個体: 8.6-151.6mm SL.

80. *Acanthogobius flavimanus* (Temminck and Schlegel, 1845) マハゼ (図版24-3)

計579個体: 11.4-149.2mm SL.

81. *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1879) アシシロハゼ (図版25-1)

計210個体; BSKU 89462, 40.7mm SL, 甲殿川河口, 2006年4月17日; BSKU 96767, 39.3mm SL, 新川川橋付近, 2006年4月17日; BSKU 89368, 46.2mm SL, 甲殿川河口, 2006年5月18日; BSKU 89267, 40.2mm SL, 新川川橋付近, 2007年1月10日; BSKU 96074, 40.9-43.7mm SL, 2個体, 長浜川, 2007年4月5日; BSKU 96106, 33.5-36.4mm SL, 3個体, 新川川橋付近, 2007年5月22日; BSKU 94893, 34.1-43.4mm SL, 4個体, 新川川橋付近, 2007年6月18日; BSKU 96722, 27.2-40.6mm SL, 22個体; BSKU 17.2-30.8mm SL, 57個体, 新川川橋付近, 2007年7月27日; BSKU 96758, 13.7-29.5mm SL, 15個体, 新川川橋付近, 2007年8月30日; BSKU 96791, 35.2mm SL, 新川川橋付近, 2007年10月25日; BSKU 96800, 16.1-23.2mm SL, 8個体, 新川川橋付近, 2007年11月26日; BSKU 96506, 16.9-19.3mm SL, 5個体, 長浜川, 2007年12月15日; 16.5-23.1mm SL, 12個体, 新川川橋付近, 2007年12月18日; BSKU 96807, 21.5-31.0mm SL, 8個体, 長浜川, 2008年1月28日; BSKU 17.6-25.1mm SL, 14個体, 新川川橋付近, 2008年1月28日; 32.7-41.5mm SL, 6個体, 長浜川, 2008年2月19日; 22.5mm SL, 新川川橋付近, 2008年2月19日; BSKU 96074, 40.9-43.7mm SL, 2個体, 長浜川, 2008年4月27日; 31.5-48.5mm SL, 25個体,

新川川橋付近, 2008年4月29日; BSKU 96753, 24.6mm SL, 新川川橋付近, 2008年6月30日; BSKU 18.6-35.9mm SL, 15個体, 新川川橋付近, 2008年7月20日; BSKU 96059, 24.6-33.3mm SL, 5個体, 新川川橋付近, 2008年8月29日; BSKU 96125, 26.7mm SL, 新川川橋付近, 2008年9月12日.

備考: 本種は高知県絶滅危惧IB類に指定されている(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002). 本種が新川川水系に生息することはこれまで知られていない. 長浜川および甲殿川で得られた標本は少ないが, 新川川には本種の安定した個体群が維持される環境があると考えられる.

82. *Pseudogobius masago* (Tomiyama, 1936) マサゴハゼ (図版25-2)

計181個体; BSKU 96803, 18.2mm SL, 宇賀谷川, 2006年4月27日; BSKU 89172, 10.8mm SL, 長浜川, 2006年8月7日; BSKU 89195, 8.9-10.3mm SL, 3個体; BSKU 89192, 8.6mm SL, 長浜川, 2006年11月2日; BSKU 89446, 12.3-12.7mm SL, 3個体; BSKU 89447, 13.5-14.5mm SL, 3個体, 長浜川, 2006年12月4日; BSKU 89269, 11.5-13.5mm SL, 3個体; BSKU 89436, 12.8-14.5mm SL, 5個体, 長浜川, 2007年1月10日; BSKU 96105, 15.6-22.0mm SL, 5個体, 長浜川, 2007年4月5日; BSKU 96373, 11.1-18.1mm SL, 31個体, 長浜川, 2007年12月15日; BSKU 96808, 9.1-17.2mm SL, 53個体, 長浜川, 2008年1月28日; BSKU 95980, 10.3-17.0mm SL, 57個体, 長浜川, 2008年2月19日; BSKU 95968, 18.1mm SL, 長浜川, 2008年4月27日; 16.6-23.3mm SL, 7個体, 長浜川, 2008年5月22日; BSKU 96867, 11.4-18.3mm SL, 7個体, 長浜川, 2008年11月29日. 備考: 本種は高知県準絶滅危惧種に(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002), また, 環境省絶滅危惧II類に指定されている. 本種が新川川水系に生息することはこれまで知られていないが, 長浜川の個体群は安定していると考えられる.

83. *Bathygobius cotticeps* (Steindachner, 1879) クサビハゼ* (図版25-3)

計3個体; BSKU 89357, 7.1mm SL, 甲殿川河口, 2006年11月24日; BSKU 96704, 9.3-10.9mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2007年10月30日. 備考: 本種は高知県

レッドデータブック〔動物編〕(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない。

84. *Bathygobius fuscus* (Rüppell, 1830) クモハゼ (図版26-1)

計24個体：11.2-34.5mm SL.

備考：本種は高知県レッドデータブック〔動物編〕(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない。

85. *Bathygobius hongkongensis* Lam, 1986 クロホシヤハズハゼ (図版26-2)

計1個体：BSKU 89358, 33.1mm SL, 甲殿川河口, 2006年11月24日。

備考：本種は高知県レッドデータブック〔動物編〕(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない。しかしながら, 三宅ほか(2006)が本種を浦戸湾で記録しており, これが標本に基づく本種の高知県で唯一の記録と考えられる。したがって, 甲殿川が高知県における本種の新産地であり, 本報告が高知県における本種の第2番目の記録となる。

- ◆ *Bathygobius* sp. クモハゼ属の一種 (図版26-3)

計1個体：BSKU 89383, 15.6mm SL, 甲殿川河口, 2006年11月24日。

備考：本標本の感覚管開孔H'とK'は互いに離れている。クサビハゼ*B. cottips*とクロホシヤハズハゼ*B. hongkongensis*は感覚管開孔H'とK'が合わさるため, 本種はこれらとは別種と考えられる。クモハゼ*B. fuscus*とシジミハゼ*B. petrophilus*では感覚管開孔H'とK'が離れるが, 第一背鰭の色彩が異なること, 両眼間隔が狭いことなどで本種はこれらとは別種と考えられる。感覚管開孔H'とK'が離れる種として, 他にスジクモハゼ*B. cocosensis*, クロヤハズハゼ*B. padangensis*およびカワクモハゼ*B. sp. A*である可能性が考えられるが, 本標本は成魚の形質が発現していないため種の同定はできなかった。

86. *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker, 1860) ヒメハゼ (図版27-1)

計1001個体：7.1-64.7mm SL.

87. *Favonigobius reichei* (Bleeker, 1853) ミナミヒメハゼ (図版27-2)

計333個体；BSKU 96512, 13.0-22.8mm SL, 50個体, 甲殿川河口, 2006年3月28日；11.4-24.9mm SL, 52個体, 甲殿川河口, 2006年4月17日；12.3-23.6mm SL, 18個体, 甲殿川河口, 2006年5月18日；BSKU 96535, 26.7-31.4mm SL, 7個体；24.4mm SL, 甲殿川河口, 2006年6月11日；BSKU 96536, 35.6mm SL, 甲殿川河口, 2006年7月13日；BSKU 96840, 7.9-25.1mm SL, 81個体；BSKU 96841, 10.9-18.9mm SL, 43個体；BSKU 96842, 11.4-14.2mm SL, 3個体, 11.6-13.2mm SL, 3個体, 甲殿川河口, 2006年11月24日；BSKU 94780, 28.4-34.1mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2007年6月18日；BSKU 96706, 9.5-16.8mm SL, 13個体；9.6-18.6mm SL, 29個体, 甲殿川河口, 2007年10月30日；BSKU 96507, 15.4mm SL, 長浜川, 2007年12月15日；BSKU 96133, 20.1mm SL；BSKU 96134, 16.7mm SL；BSKU 96137, 11.9-21.8mm SL, 24個体, 甲殿川河口, 2008年9月15日；BSKU 96868, 13.9-17.7mm SL, 6個体, 長浜川, 2008年11月29日。備考：本種は高知県レッドデータブック〔動物編〕(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002) の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない。しかしながら, 浦戸湾でも多数の個体が確認されており(別掲), 高知県下では普通種になっていると考えられる。

88. *Oligolepis acutipennis* (Valenciennes, 1837) ノボリハゼ (図版27-3)

計10個体；BSKU 89339, 36.8mm SL；BSKU 89340, 13.6-24.6mm SL, 4個体, 新川川橋付近, 2006年11月2日；BSKU 96374, 20.1-22.2mm SL, 2個体, 長浜川, 2008年12月15日；BSKU 96122, 26.5mm SL；BSKU 96123, 17.7mm SL, 新川川橋付近, 2008年9月12日；26.7mm SL, 新川川橋付近, 2008年10月23日。

89. *Redigobius bikolanus* (Herre, 1927) ヒナハゼ (図版28-1)

計3645個体：5.0-31.5mm SL.

90. *Mugilogobius abei* (Jordan and Snyder, 1901) アベハゼ (図版28-2)

計269個体：8.6-34.6mm SL.

91. *Acentrogobius* sp. A スジハゼ A (図版29-1)

計471個体：9.5-56.5mm SL.

備考：本種は頭部の鱗域や腹鰭先端の色彩などに
基づき、吉郷(2001)のスジハゼ A と同定された。92. *Drombus* sp. クロコハゼ (図版29-2)計120個体：BSKU 89211, 17.8mm SL, 甲殿川河
口, 2006年9月8日；BSKU88982, 20.1mm SL, 甲殿川
河口, 2006年10月5日；BSKU 89349, 12.5-12.6mm
SL, 2個体；BSKU 89355, 15.3-15.4mm SL, 2個体；
BSKU 89359, 8.2-12.1mm SL, 10個体；BSKU 89362,
7.1-13.2mm SL, 6個体, 甲殿川河口, 2006年11月24
日；BSKU 89442, 14.1mm SL；BSKU 89443, 11.3-
21.0mm SL, 12個体, 新川川橋付近, 2006年12月4日；
BSKU 89444, 13.8mm SL；BSKU 89445, 14.5mm SL,
長浜川, 2006年12月4日；BSKU 89080, 32.1mm SL,
甲殿川河口, 2006年12月15日；BSKU 96699, 10.5-
28.5mm SL, 8個体；BSKU 96707, 6.5-10.9mm SL, 2個体,
甲殿川河口, 2007年10月30日；BSKU 96383, 20.1
mm SL, 甲殿川河口, 2008年2月23日；BSKU 96052,
25.4mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日；BSKU
96139, 10.0-31.4mm SL, 66個体, 甲殿川河口, 2008
年9月15日；BSKU 96206, 12.1-22.3mm SL, 4個体,
甲殿川河口, 2008年9月27日。備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されてい
る（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委
員会, 2002）。高橋(1996)によれば、高知県下では
仁淀川水系の波介川, 大方町の蛸瀬川および浦ノ
内湾で記録されているのみとされていた
が、三宅ほか(2006)が本種を浦戸湾から初めて報
告した。本種は、浦戸湾に広く分布しており、新
川川水系でも頻繁に採集された。93. *Rhinogobins giurinus* (Rutter, 1897) ゴクラク
ハゼ (図版29-3)

計5113個体：6.6-53.4mm SL.

◆ *Rhinogobins* spp. ヨシノボリ属の複数種

計281個体：9.1-22.9mm SL.

備考：標本は、頭部鱗域や黒色素の分布からゴク
ラクハゼとは別種と考えられるが、いずれも仔稚
魚で成魚の形質が発現していないため種の同定は
できなかった。また、これらには複数種が含まれ
ている可能性が高い。94. *Tridentiger trigenocephalus* (Gill, 1859) アカオ
ビシマハゼ (図版30-1)計5個体：18.9-22.3mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006
年6月11日；17.0mm SL, 2006年7月13日, 甲殿川河口；
BSKU 89081, 54.4mm SL, 甲殿川河口, 2006年12月
15日；43.4mm SL, 甲殿川河口水門前, 2008年2月
23日。95. *Tridentiger brevispinis* Katsuyama, Arai and
Nakamura, 1972 ヌマチチブ (図版30-2)

計43個体：14.5-38.3mm SL.

Ptereleotridae クロユリハゼ科

96. *Parioglossus dotui* Tomiyama, 1958 サツキハゼ**

計16個体：10.8-18.9mm SL.

97. *Parioglossus philippinus* (Herre, 1945) ベニツ
ケサツキハゼ (図版30-3)計7個体：12.1-13.5mm SL, 6個体, 甲殿川河口, 2006
年8月6日；BSKU 89079, 19.1mm SL, 甲殿川河口船
着場, 2006年12月15日。備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002)。

Scatophagidae クロホシマンジュウダイ科

98. *Scatophagus argus* (Linnaeus, 1766) クロホシマ
ンジュウダイ (図版31-1)計21個体：BSKU 88776, 18.0mm SL, 長浜川, 2006
年8月7日；BSKU 88980, 11.9mm SL, 他1個体, 長浜
川, 2006年9月22日；BSKU 89441, 16.9mm SL, 新
川川橋付近, 2006年12月4日；BSKU 96057, 11.1-
18.3mm SL, 11個体, 新川川橋付近, 2008年8月29日；
BSKU 96120, 11.9-22.1mm SL, 5個体, 新川川橋付近,
2008年9月12日；BSKU 96385, 24.9mm SL, 新川川
橋付近, 2008年10月23日。備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されてい
る（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委
員会, 2002)。

Siganidae アイゴ科

99. *Siganus fuscescens* (Houttuyn, 1782) アイゴ (図
版31-2)計4個体：BSKU 96047, 84.5mm SL；BSKU 96048,
76.5mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日；BSKU
96138, 35.8-44.1mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2008年9

月15日.

Acanthuridae ニザダイ科

100. *Acanthurus xanthopterus* Valenciennes, 1835

クロハギ (図版32-1)

計1個体; BSKU 96050, 30.5mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日.

Pleuronectiformes カレイ目

Paralichthyidae ヒラメ科

101. *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel, 1846) ヒラメ (図版32-2)

計21個体: 16.5-21.3mm SL, 8個体, 甲殿川河口, 2006年3月28日; 10.2-31.5mm SL, 11個体, 甲殿川河口, 2006年4月17日; 50.2mm SL, 甲殿川河口, 2006年6月10日; BSKU 96243, 125.1mm SL, 甲殿川河口, 2008年10月9日.

102. *Pseudorhombus arsius* (Hamilton, 1822) テンジクガレイ (図版33-1)

計5個体: BSKU 89213, 66.9mm SL; BSKU 89212, 54.9mm SL; BSKU 89209, 47.5mm SL, 甲殿川河口, 2006年9月8日; BSKU 96537, 17.2-9.7mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2006年10月5日.

Soleidae ササウシノシタ科

103. *Pardachirus pavoninus* (Lacepède, 1802) ミナミウシノシタ (図版33-2)

計7個体; BSKU 96080, 33.0mm SL; 33.1-44.5mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2007年10月30日; BSKU 96132, 29.5mm SL; 31.0-32.8mm SL, 2個体, 甲殿川河口, 2008年9月15日. BSKU 96207, 30.0mm SL, 甲殿川河口, 2008年9月27日. 備考: 本種は高知県レッドデータブック[動物編](高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002)の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない. 中坊(2002)によれば, 本種は日本では渥美半島以南に分布し, サンゴ礁域の砂底に生息する. 高知県では未記録で, 汽水域の浅所での確認例は希と考えられる.

Tetraodontiformes フグ目

Triacanthidae ギマ科

104. *Triacanthus biaculeatus* (Bloch, 1786) ギマ (図版34-1)

計3個体; BSKU 89206, 34.9mm SL, 甲殿川河口, 2006年8月6日; BSKU 88774, 9.2mm SL, 長浜川, 2006年8月7日; BSKU 88999, 23.9mm SL, 長浜川, 2006年10月2日.

備考: 本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002). しかしながら, 本種は浦戸湾に多産する(別掲).

Monacanthidae カワハギ科

105. *Rudarius ercodes* Jordan and Fowler, 1902 アミメハギ (図版34-2)

計1個体; BSKU 96380, 21.1mm SL, 長浜川, 2007年12月15日.

106. *Paramonacanthus japonicus* (Tilesius, 1809) ヨソギ (図版35-1)

計1個体; BSKU 96049, 36.9mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日. 備考: 本種は高知県レッドデータブック[動物編](高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002)の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されていない.

Tetraodontidae フグ科

107. *Takifugu pardalis* (Temminck and Schlegel, 1850) ヒガンフグ (図版35-2)

計1個体; BSKU 89440, 291.1mm SL, 長浜川河口, 2007年1月19日.

備考: 本種は蒲原(1958)の浦戸湾産魚類リストに掲載されていない.

108. *Takifugu poecilonotus* (Temminck and Schlegel, 1850) コモンフグ

計14個体: 6.3-18.6mm SL.

109. *Takifugu niphobles* (Jordan and Snyder, 1901) クサフグ (図版36-1)

計16個体: 6.7-57.9mm SL.

110. *Arothron hispidus* (Linnaeus, 1758) サザナミフグ (図版36-2)

計6個体; BSKU 88998, 12.3mm SL, 長浜川, 2006年10月27日; BSKU 89348, 14.4mm SL, 甲殿川河口, 2006年11月24日; BSKU 96701, 12.9mm SL; BSKU 96702, 13.6mm SL, 甲殿川河口, 2007年10月30日; BSKU 96056, 28.0mm SL, 甲殿川河口, 2008年8月28日; BSKU 96136, 31.4mm SL, 甲殿川河口, 2008年9

月15日.

111. *Arothron manilensis* (Marion de Procé, 1822)
スジモヨウフグ (図版36-3)

計1個体；BSKU 96379, 26.1mm SL, 長浜川, 2007年
12月15日.

備考：本種は高知県レッドデータブック [動物編]
(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会,
2002)の高知県産汽水・淡水魚リストに掲載されて
いない.

第2節 新川川の魚類相の特徴

本報告の調査期間中に、新川川水系全体で標準
体長8.3-200.4mmのアカメが271個体採集された。採集
された地点では長浜川が最も個体数が多く158個体、
次いで新川川橋付近で111個体であった。ただし、
これらの採集個体数は定量的な資料ではないため、
直接的な比較は困難である。これらの個体の57%が
コアマモ場で採集されたが、残りはコアマモ場以外
の場所で採集された。コアマモ場以外の生息場所に
ついてはさらなる確認が必要である。しかしながら、
アカメの幼稚魚と若魚がコアマモ場以外から多数確
認されたことは注目に値する。

新川川水系には汽水・淡水産魚類の絶滅危惧種が
多数生息することが明らかとなった。それらは、高
知県絶滅危惧IA類のチワラスボ、同IB類のカワヨ
ウジ、メダカシロウオ、ヒモハゼ、タネハゼ、アシシ
ロハゼ、同絶滅危惧II類のカマキリ(アユカケ)、ト
ビハゼ、同準絶滅危惧種のカワアナゴ、チチブモド
キ、ボウズハゼ、ベニツケサツキハゼ、スミウキゴリ、
マサゴハゼ、クロコハゼ、クロホシマンジュウダイ、
ギマである。これらの中には新川川が初の産地と
なった種も含まれており、高知県レッドリストの改
定時には重要な資料となろう。

さらに、おそらく近年の海水温の上昇に関連して
いると思われるが、南方系の種が確認された。これ
らを、現時点で生物地理学的重要種とみなす。それ
らは、アミメカワヨウジ、クロウミウマ、ヒトミハゼ、
ミナミヒメハゼであるが、これらの中にはすでに高
知県下で再生産を行なっている可能性のある種が含

まれている。

このように、新川川水系の汽水域は高知県下でも
貴重な環境であることは明らかである。高知県では、
四万十川の感潮域に多数のハゼ類が生息しているこ
とが知られており、同地域の魚類相の多様性を裏付
ける根拠の一つとなっている。

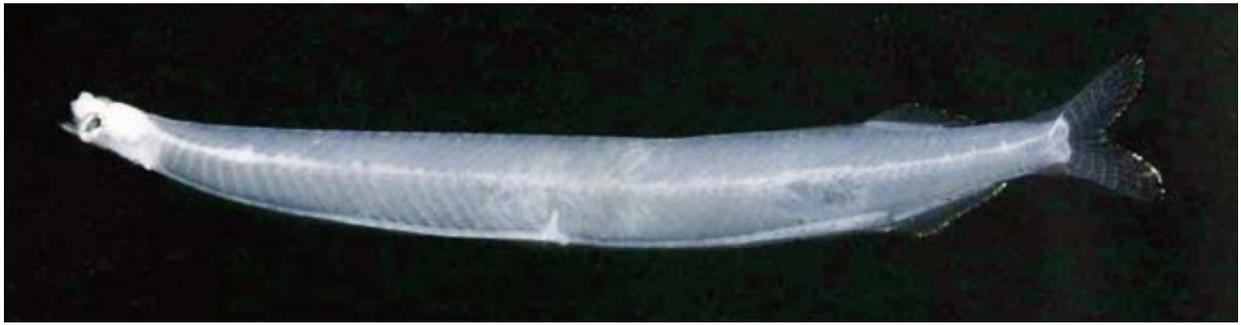
岩田・細谷(2005)は四万十川河口域で3科38種の
ハゼ類を確認しており、これには3種の未同定種が
含まれている。本報告で確認されたハゼ類は3科
31種で、両河川での共通種は26種である。どちらか
一方のみで確認された種は14種で、そのうちわけは
四万十川のみで確認された種が9種で、本報告では
5種である。四万十川のみで確認された種のうち3
種は南方系魚種で、高知県内の他の汽水環境の魚類
相および、日本における分布(鈴木・渋川, 2004; 岩
田, 2005) から判断して、定着している可能性はき
わめて低い。ヒトミハゼとミナミヒメハゼは四万十
川では無効分散とされている(岩田・細谷, 2005)。
しかしながら、これら両種は新川川水系では再生産
していると考えられる。高知県レッドデータリス
ト対象種は、四万十川で15種、本水系で13種である。
四万十川のみで確認された高知県レッドデータブ
ック掲載種は、タビラクチ、クボハゼおよびゴマハゼ
で、環境省はタビラクチとクボハゼを絶滅危惧IB類、
ゴマハゼを絶滅危惧II類に指定している。四万十川
で確認されていないが、本研究で確認された高知県
レッドデータブック掲載種はベニツケサツキハゼで
ある。四万十川と本水系ではハゼの種組成に多少の
差異はあるが、本水系のみで確認された魚種も認め
られたことから、新川川水系は小規模河川でありな
がら、ハゼ亜目に関しては四万十川に匹敵するほど
の高い種多様性をもつ貴重な汽水水域を有すると判
断される。

引用文献

- Chen, I.-S., J.-H. Wu. and C.-H. Hsu. 2008. The
taxonomy and phylogeny of *Candidia* (Teleostei:
Cyprinidae) from Taiwan, with description of
a new species and comments on a new genus.
Raffles Bull. Zool., 19:203-214.
- 岩田明久. 2005. ヒメハゼ・ミナミヒメハゼ・マサゴ
ハゼ・ヒトミハゼ. pp. 569-570, 577, 612. 川那部浩哉・

- 水野信彦・細谷和海(編)：改訂版 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京.
- 岩田明久・細谷誠一. 2005. ハゼ類の多様性から見た 四万十川河口域. 海洋と生物, 27(1):39-46.
- 高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会. 2002. 高知県の絶滅のおそれのある野生動物. 高知県文化環境部環境保全課, 高知市, 470pp.
- 三宅崇智・佐竹直人・黒木広大・町田吉彦. 2006. 高知市浦戸湾南部に生息するハゼ科魚類. 四国自然史科学研究, (3):38-49.
- 森田 仁・中尾光利・阪本匡祥・三宅崇智・町田吉彦. 2006. 高知県におけるクロウミウマの新産地と浦戸湾からの追加記録(硬骨魚類:トゲウオ亜目). 四国自然史科学研究, (3):97-99.
- 長野博光・阪本匡祥・中尾光利・町田吉彦. 2006. 高知県初記録を含む新堀川の魚類. 四国自然史科学研究, (3):50-56.
- 中坊徹次. 2000. ササウシノシタ科. pp. 1383-1389, 1638-1639. 中坊徹次(編)日本産魚類検索 全種の同定, 第2版. 東海大学出版会, 東京. 岡村 収・為家節弥・青木博幸. 1976. 鏡川の魚類. 高知県(編), pp. 81-122. 鏡川の生物と環境に関する総合調査報告書. 佐藤友康・高田陽子・佐竹直人・黒木広大・町田吉彦. 2005. 高知県浦戸湾の潮間帯で採集されたヨウジウオ科魚類(硬骨魚綱:トゲウオ亜目). 四国自然史科学研究, (2):26-32.
- 鈴木寿之・渋川浩一. 2004. 決定版 日本のハゼ. 平凡社, 東京. 536pp.
- 高橋弘明. 1996. 純淡水魚を中心とした高知県中央部, 浦ノ内湾流入河川の魚類相. 南紀生物, 38:107-114.
- 吉郷英範. 2001. 松永湾河口域で採集された広島県未記録種の魚類3種と“スジハゼ”3種について. 比婆科学, (201):1-13.
- Yoshino, T. and H. Kishimoto. 2008. *Plotosus japonicus* a new eeltail catfish (Siluriformes: Plotosidae) from Japan. Bull. Natn. Mus. Nat. Sci., Ser. A, Suppl., (2):1-11.

図版 1



1. イセゴイ, BSKU 96788, 新川川橋付近.



2. ギンプナ, 長浜川, 2006年7月10日.



3. タイリクバラタナゴ, BSKU 96874, 新川川橋付近.

図版 2



1. ウグイ (成魚), 山根橋付近, 2006年10月19日.



2. ニゴイ (若魚), BSKU 89219, 長浜川.



3. ニゴイ (成魚), 山根橋, 2006年10月19日.

図版 3



1. ナマズ, 山根橋付近, 2008年7月10日.



2. ゴンズイ, 甲殿川, 2006年10月5日.

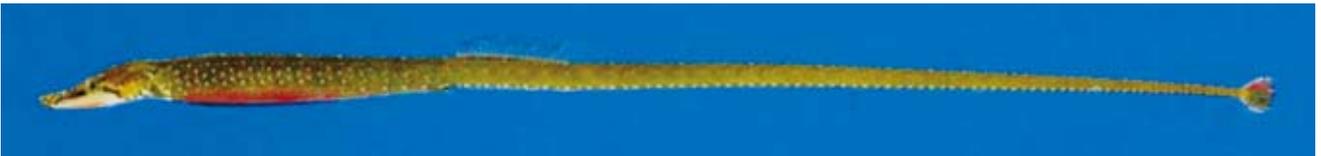


3. アユ, 長浜川, 2007年1月10日.

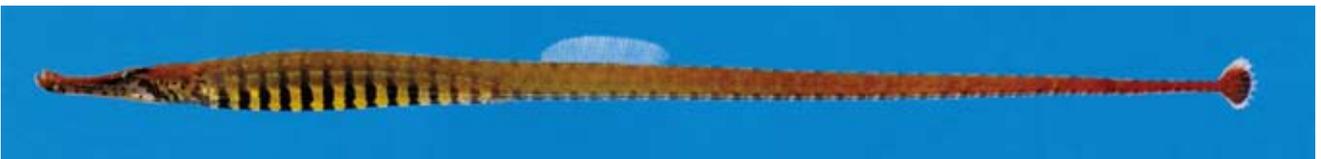
図版 4



1. ガンテンイシヨウジ, 甲殿川河口, 2007年6月4日.



2. アミメカワヨウジ, BSKU 91521.



3. カワヨウジ, BSKU 96291.

図版 5



1. イッセンヨウジ, BSKU 89221.



2. テングヨウジ, BSKU 96798.



3. クロウミウマ, BSKU 96078.

図版 6



1. ボラ, BSKU 89077.



2. セスジボラ, BSKU 89207.



3. ナンヨウボラ, BSKU 89438.

図版 7



1. メダカ, BSKU 96790.



2. ハオコゼ, BSKU 96051.



3. カマキリ, BSKU 96110.

図版 8



1. 上-アカメ (幼魚), BSKU 96075. 下-アカメ (稚魚), BSKU 88974.



2. ヒラスズキ, BSKU 96318.

図版 9



1. 上-スズキ (若魚), BSKU 96072. 下-スズキ (成魚), 新川川分流点, 2008年11月4日.



2. ブラックバス (オオクチバス), BSKU 96718.

図版 10



1. ギンガメアジ, BSKU 96534.



2. ロウニンアジ, BSKU 96319.

図版 11



1. ゴマフエダイ, BSKU 96060.



2. ニセクロホシフエダイ, BSKU 96079.

図版 12



1. クロホシエダイ, BSKU 89217.



2. オキフエダイ, BSKU 89351.

図版 13



1. フェダイ属の一種, BSKU 89361.



2. ダイミヨウサギ, BSKU 96691.

図版 14



1. イトヒキサギ, BSKU 96871.



2. クロサギ, 長浜川, 2007年1月10日.



3. コショウダイ, BSKU 89205.

図版 15



1. ヘダイ, BSKU 96073.



2. キチヌ, BSKU 89374.

図版 16



1. シロギス, BSKU 89199.



2. チョウハン, BSKU 96291.

図版 17



1. シマスズメダイ, BSKU 89353.



2. コトヒキ, BSKU 89208.



1. 上-シマイサキ (幼魚), BSKU 89352. 下-シマイサキ (成魚), BSKU 97116.

図版 19



1. メジナ, BSKU 89063.



2. ツバメコノシロ, BSKU 96290.

図版 20



1. カミナリベラ, BSKU 89439.



2. イダテンギンボ, BSKU 89082.



3. ネズミゴチ, BSKU 96076.

図版 21



1. カワアナゴ, BSKU 94890.

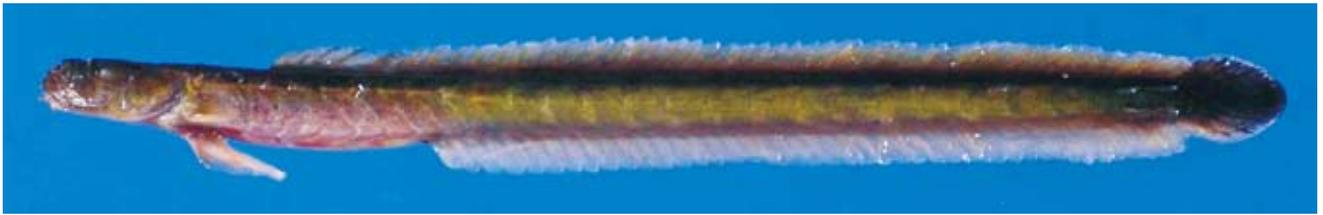


2. チチブモドキ, BSKU 89435.



3. トビハゼ, 新川川分流点, 2008年10月12日.

図版 22



1. チワラスボ, BSKU 89255.

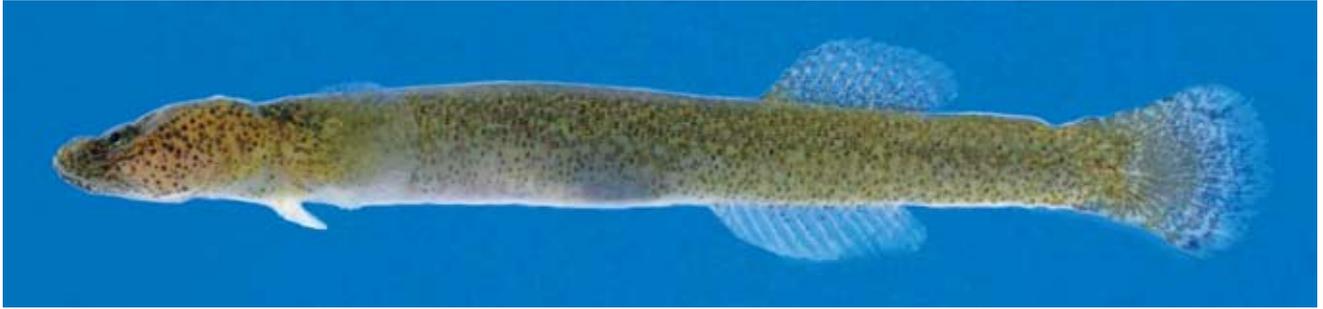


2. ボウズハゼ (稚魚), 甲殿川河口, 2006年4月17日.



3. シロウオ, BSKU 95969.

図版 23



1. ミミズハゼ, BSKU 89270.



2. ヒモハゼ, BSKU 89460.



3. タネハゼ (成魚), BSKU 96212.

図版 24



1. スミウキゴリ, BSKU 96077.



2. ヒトミハゼ, BSKU 96386.



3. マハゼ, BSKU 89075.

図版 25



1. アシシロハゼ, BSKU 96791.



2. マサゴハゼ, BSKU 89436.



3. クサビハゼ (稚魚), BSKU 96704.

図版 26



1. クモハゼ, 甲殿川河口, 2006年11月24日.

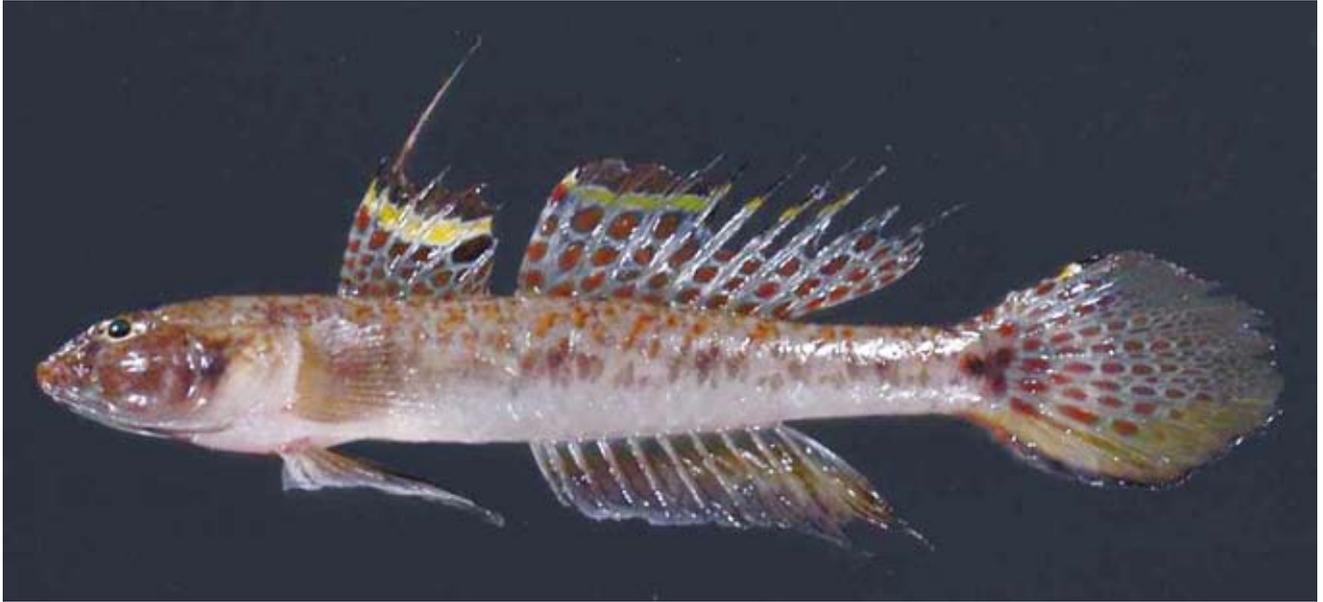


2. クロホシヤハズハゼ, BSKU 89358.



3. クモハゼ属の一種, BSKU 89383.

図版 27



1. ヒメハゼ, BSKU 89366.



2. ミナミヒメハゼ, BSKU 96134.



3. ノボリハゼ, BSKU 89339.

図版 28



1. 上-ヒナハゼ, ♂, 長浜川, 2008年5月26日. 下-ヒナハゼ, ♀, 甲殿川, 2007年1月19日.



2. アベハゼ, 長浜川, 2006年4月4日.

図版 29



1. スジハゼA, BSKU 96378.



2. クロコハゼ, BSKU 89080.



3. ゴクラクハゼ, BSKU 97300.

図版 30



1. アカオビシマハゼ, BSKU 89081.



2. ヌマチチブ, 新川川, 2007年1月10日.

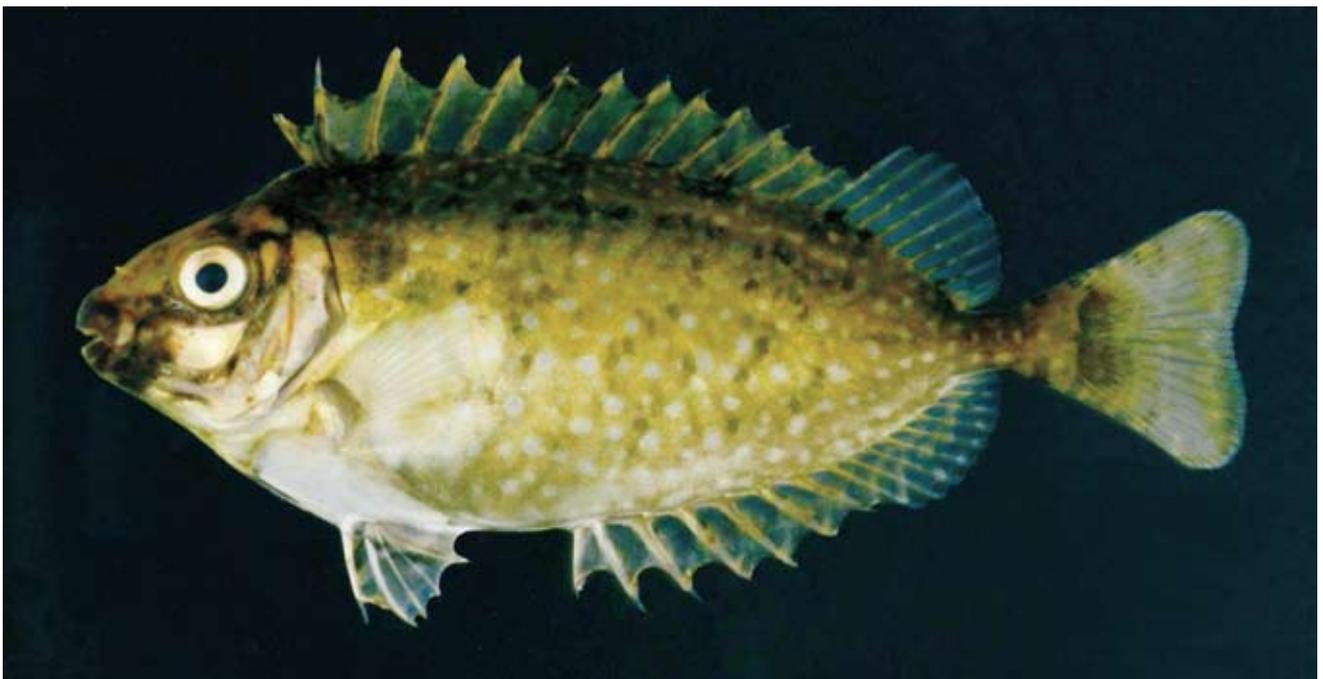


3. ベニツケサツキハゼ, BSKU 89079.

図版 31



1. クロホシマンジュウダイ, BSKU 8876.



2. アイゴ, BSKU 96048.

図版 32



1. クロハギ, BSKU 96050.

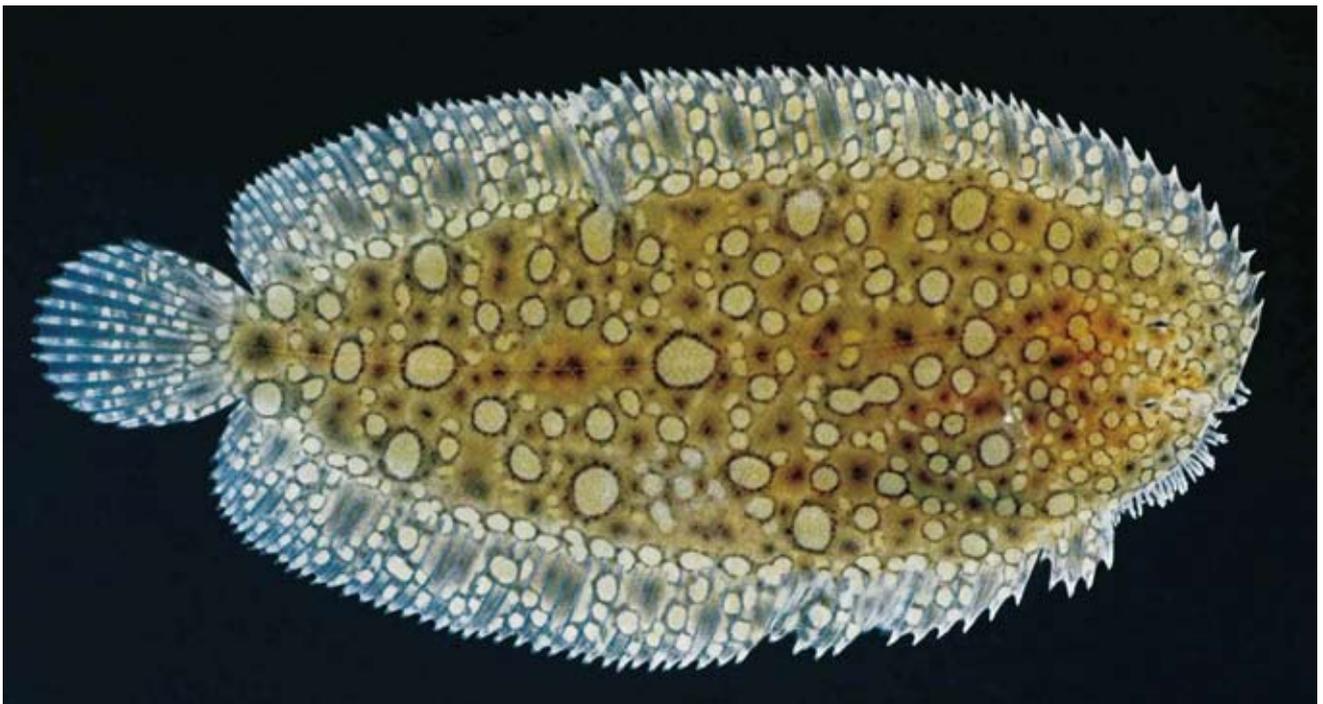


2. ヒラメ, BSKU 96243.

図版 33



1. テンジクガレイ, BSKU 89213.



2. ミナミウシノシタ, BSKU 96080.

図版 34



1. ギマ, BSKU 89206.



2. アミメハギ, BSKU 96380.

図版 35



1. ヨソギ, BSKU 96049.

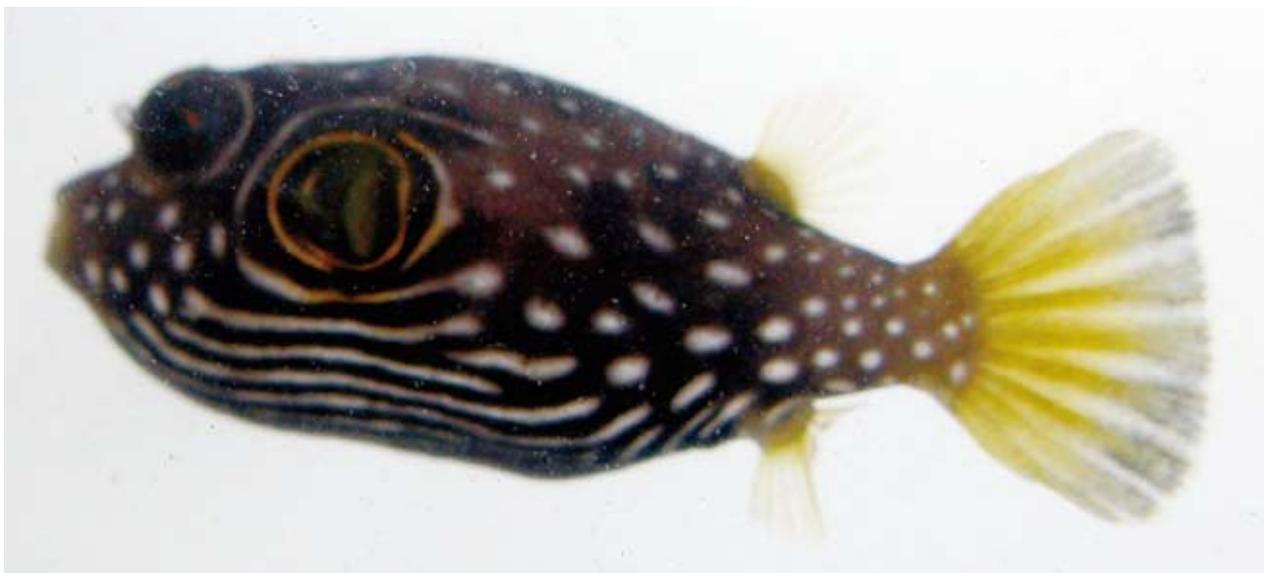


2. ヒガンフグ, BSKU 89440.

図版 36



1. クサフグ, 長浜川, 2007年5月22日.



2. サザナミフグ, BSKU 96056.



3. スジモヨウフグ, BSKU 96379.

トピックス**アカメとハゼ類の天下**

新川川の感潮域に、高知県の汽水域の代名詞ともいえるアカメの幼魚と若魚が多数生息していることが明らかとなった。これまで、アカメの幼稚魚と若魚と言えば、コアマモ場という固定観念に縛られていた。しかし、新川川の感潮域では、アカメがコア

マモ場以外の多種多様な環境を利用している。このことは、本種の生活史の解明にとって重要な新知見である。また、四万十川河口域に匹敵する多様なハゼ類群集の存在が認められた。これまた驚くべき事実である。

第20章

浦戸湾の刺し網で得られたカニ類

浦戸湾は土佐湾沿岸中央部に位置し、旧高知市内に大きく入り込んだ総面積7km²の高知県内有数の汽水域である。浦戸湾は1951年から1972年の間、パルプ工場からの廃液による強度の汚濁を受けていた(和田, 1980)。浦戸湾に生息するカニ類の報告は橋口(1975)によりなされたが、これ以前の記録はない。しかしながら、橋口(1975)の報告は種崎新港を建設するための環境事前調査の一環であり、高知県の依託事業報告書として公表されたため、多くの研究者に注目されることがなかった。その後、2003年から著者の一人、町田が浦戸湾灘地区の埋め立て問題を契機に動物相の調査を開始し、研究者ならびに市民のほとんどが汚濁後に関心を寄せなかった浦戸湾に貴重な動物が生息することを示した(町田, 2004a, b)。町田は最初の成果として、浦戸湾のカニ刺し網で得られたワタリガニ科を報告し、豊富なカニ類相の一部を明らかにした(細木・町田, 2004)。浦戸湾の動物相の調査は著者らが所属する研究室が継続中であり、本報告では2003年8月から2008年1月までに漁業者によるカニ刺し網で得られた種を扱う。

カニ類の調査は、高知市横浜の漁師、永野 廣・昌枝御夫妻のカニ刺し網の漁獲物に基づいた。御夫妻の刺し網はおもに浦戸湾中央部の玉島(通称、巢山)から衣ヶ島にかけて設置されており、この地点で捕獲された種の確認地点を玉島～衣ヶ島として以下に表記する。また、刺し網は湾口に近い長浜や他の地点にも稀に設置される。

2003年8月から2007年3月までは随時、調査を実施し、2007年4月から2008年1月までは23回にわたって漁労に同行させてもらい、漁獲される種と個体数を調べた。なお、希な種が得られた場合は、逐次連絡をしてもらった。

第1節 種の記録

Dromiidae

カイカムリ科

Lauridromia dehaani (Rathbun, 1923)

カイカムリ

(図版 1-A)

確認地点：玉島～衣ヶ島。

備考：本種は通常、秋季から春季にかけて土佐湾の底曳き網の漁獲物として見ることができる。本標本は2006年12月27日にカニ刺し網で得られたが、水深わずか4mであり、しかも内湾で得られたことは興味深い。浦戸湾ではきわめて希な種と考えられる。

Dorippidae

ヘイケガニ科

Heikea japonica (von Siebold, 1824)

ヘイケガニ

(図版 1-B)

確認地点：玉島～衣ヶ島。

備考：浦戸湾に本種が生息することは橋口(1975)が報告している。本報告の標本は2007年4月に得られたが、2003年8月以降に得られた標本はわずか1個体であり、浦戸湾における本種の個体数はきわめて少ないと考えられる。

Calappidae

カラッパ科

Calappa philargius (Linnaeus, 1758)

メガネカラッパ

(図版 1-C)

確認地点：玉島～衣ケ島。

備考：橋口(1975)は本種が浦戸湾に生息することを報告しているが、1974年10月から同年12月の間で、湾口部付近において3個体が記録されているにすぎない。本報告で得られたのは1個体のみであり、本種は浦戸湾では希な種と考えられる。ただし、土佐湾沿岸の底曳き網漁では普通に得られる。

Parthenopidae

ヒシガニ科

Parthenope validus De Haan, 1837

ヒシガニ

(図版 2-A)

確認地点：玉島～衣ケ島。

備考：本報告では2003年8月10日に1個体、2007年5月17日に2個体の標本が刺し網で得られたのみであり、個体数は少ないと考えられる。なお、本種は橋口(1975)の浦戸湾産のカニ類の報告に含まれている。

Portunidae

ワタリガニ科

Callinectes sapidus Rathbun, 1896

アオガニ

(図版 2-B)

確認地点：玉島～衣ケ島。

備考：本種は北米大陸の太平洋側に自然分布する種であり、日本では1975年に浜名湖で雄1個体と雌2個体の計3個体と、大阪府泉佐野漁協が1984年に採集した雌1個体の記録があるのみの外来種である(有山, 1985)。浦戸湾では2004年3月と4月に刺し網でそれぞれ1個体が得られ、同年10月に潮間帯の砂泥地で1個体が得られた。さらに、2004年4月に

須崎湾で、2006年8月に愛媛県の干潟でそれぞれ1個体が得られており、浦戸湾産の標本を含む南四国の本種については別途、詳細に報告される予定である。

Charybdis aisodon (De Haan, 1835)

ホンコンイシガニ

(図版 3-A)

確認地点：玉島～衣ケ島、長浜。

備考：Sakai (1983)によれば、本種は日本国内では八重山諸島の西表島と、奄美大島で記録されており、海外では韓国・台湾からシンガポールに至る西部太平洋と、シンガポールからケープタウンに至るインド洋に分布するとされていた。本種が浦戸湾に生息することは細木・町田(2004)により初めて報告され、トカラ列島以北の初記録でもある。その後も継続して本種の生息が浦戸湾で確認されており、2007年4月から2008年1月までの間に48個体が記録された。本種は小型種であり、また、外骨格がきわめて硬い上に棘が鋭いことから、流通していない。

Charybdis feriata (Linnaeus, 1758)

シマイシガニ

(図版 3-B)

確認地点：玉島～衣ケ島、長浜。

備考：浦戸湾における本種の記録は、橋口(1975)および細木・町田(2004)の報告にない。細木・町田(2004)の調査は2003年8月から12月にかけて実施されたが、その後、2005年10月に本種の標本が長浜で採集された。2007年5月から同年11月にかけて、6個体が玉島～衣ケ島で確認された。本種は浦戸湾では個体数が少ないが、土佐湾沿岸の小型底曳き船により漁獲される大型の個体は高価な値段で流通している。

Charybdis japonica (A. Milne Edwards, 1861)

イシガニ

(図版 4-A)

確認地点：玉島～衣ケ島、長浜。

備考：浦戸湾に本種が生息することは、橋口(1975)と細木・町田(2004)が報告している。2007年4月から2008年1月までの間に、32個体が確認された。本種は高価ではないが、流通している。

Charybdis lucifera (Fabricius, 1798)

モンツキイシガニ

(図版 4-B)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜（浦戸湾）。

備考：本種は，日本では Balss が 1922 年に相模湾で本種を記録したとされるが，この記録は再検討が必要とされており，その後 1997 年まで報告がなかった（鍋島・福井，1999）。しかしながら，1997 年以降，東京湾口から浦戸湾までに至る各地で採集されるようになった（鍋島・福井，1999）。浦戸湾産の本種の標本を初めて記載したのは細木・町田（2004）である。本種は流通しており，2007 年 4 月から 2008 年 1 月にかけては 94 個体が確認された。

Charybdis truncata (Fabricius, 1798)

ヒロハイシガニ

(図版 5-A)

確認地点：玉島～衣ケ島。

備考：橋口（1975）と細木・町田（2004）が浦戸湾産の本種を報告している。本種は浦戸湾では個体数が少なく，2007 年 4 月から 2008 年 1 月の間では，2007 年 10 月に 3 個体が確認された。本種は小型種であることもあり，流通していない。

Portunus pelagicus (Linnaeus, 1758)

タイワンガザミ

(図版 5-B, 6-A)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：本種が浦戸湾に産することは橋口（1975）が報告しており，細木・町田（2004）は浦戸湾産の本種を解説している。本種は浦戸湾に多産し，浦戸湾のカニ刺し網による漁獲物の中で最も個体数が多い。本種は，2007 年 4 月から 2008 年 1 月までの間に，雄 595 個体，雌 200 個体の計 795 個体が確認された。本種は産業上の重要種であり，流通している。

Portunus sanguinolentus (Herbst, 1783)

ジャノメガザミ

(図版 6-B)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：浦戸湾に本種が生息することは橋口（1975）

と細木・町田（2004）が報告している。本種は流通しているが，浦戸湾では個体数の年変動が大きいと考えられる。

Portunus trituberculatus (Miers, 1876)

ガザミ

(図版 7-A)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：浦戸湾に本種が生息することは橋口（1975）と細木・町田（2004）が報告している。本種は浦戸湾産のワタリガニ科では個体数がきわめて少ない。

Scylla olivacea (Herbst, 1796)

アカテノコギリガザミ

(図版 7-B)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：本種は高知県では浦戸湾と浦ノ内湾に生息していることが知られており（杉本，1991；兎玉，2002），浦戸湾産の標本は細木・町田（2004）により詳細に報告された。2007 年には 8 月から 11 月にかけては 6 個体が確認された。

Scylla paramamosain Estampador, 1949

トゲノコギリガザミ

(図版 8-A)

確認地点：国分川河口域～長浜。

備考：浦戸湾産の本種の標本は細木・町田（2004）が詳細に報告している。本種は種苗が放流されていることもあり，浦戸湾に多産する。種苗の生産は浦戸湾産の個体に基づいており（永野廣，私信），遺伝子汚染はない。本種は 2007 年 4 月から 2008 年 1 月の間に，雄 63 個体，雌 40 個体，計 103 個体が刺し網で確認されており，ほぼ通年，漁獲されている。

浦戸湾の漁業者はノコギリガザミ属のカニを「えがに」と称しており，とくに本種を「まがに」と称している。高知県で一般に「えがに」と称しているのは本種であることが多い。本種は浦戸湾産のノコギリガザミ属 3 種の中では最も小型種であるが，味がよいことから，高値で流通している。市販されているトゲノコギリガザミは刺し網で漁獲されるが，甲幅 10cm 程度までの個体は浦戸湾内の潮間帯の砂泥

地で普通に見られる。本種は高知市の中央部に位置する新堀川にも生息しており、柄付きの網で岸から簡単に捕獲することができる。

Scylla serrata (Forsskål, 1775)

アミメノコギリガザミ

(図版 8-B)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：本種は浦戸湾に生息するノコギリガザミ属で最大の種であり、甲幅が20cm、体重が3kgを超える個体も珍しくない。2007年4月から2008年1月の間に、雄68個体、雌32個体、計100個体が確認された。本種もまた流通している。歩脚に明瞭な網目模様があることが本種の特徴のひとつであるが、トゲノコギリガザミにも薄い網目模様を有する個体が見受けられる。

橋口(1975)は浦戸湾にノコギリガザミが生息していることを報告したが、当時はノコギリガザミ属が分類学的に整理されておらず、ノコギリガザミ1種とされていたが、近年、本属に4種が認められた(Keenan *et al.*, 1998)。したがって、橋口(1975)はノコギリガザミを*S. serrata*として報告したものの、このノコギリガザミには複数の種が含まれていた可能性が高い。

Thalamita crenata Rüppell, 1830

ミナミベニツケガニ

(図版 9-A)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：本種は、日本国内では奄美大島から八重山諸島に分布するとされていた(三宅, 1998)。その後、三重県と和歌山県から報告がある南方系のカニである(丸村ほか, 2000)。本種が浦戸湾に産することは細木・町田(2004)により初めて報告された。本種は2007年4月から2008年1月の間に34個体が確認された。なお、本種は流通していない。

Podophthalmus vigil (Weber, 1795)

メナガガザミ

(図版 9-B)

確認地点：玉島～衣ケ島，長浜。

備考：本種が浦戸湾に生息することは橋口(1975)と細木・町田(2004)が報告している。本種は浦戸湾では多産し、流通しているが、浦戸湾以外の高知県下の採集例はきわめて少ない(細木・町田, 2004)。

Xanthidae

オウギガニ科

Atergatis integerrimus (Lamarck, 1801)

ホシマンジュウガニ

(図版 10-A)

確認地点：玉島～衣ケ島。

備考：峯水(2002)によれば、本種は日本では東京湾から九州の太平洋岸にかけて分布し、酒井(1976)は土佐湾を本種の産地の一つとしている。松沢(1997)は本種を室戸市で記録しているが、詳細な産地は不明である。なお、本種は浦戸湾では未記録である。

Varuridae

モクズガニ科

Eriocheir japonicus (De Haan, 1835)

モクズガニ

(図版 10-B)

確認地点：湾奥～湾口。

備考：本種は浦戸湾に多産する。特に、国分川河口から衣ケ島にかけてはカニ籠で大量に漁獲され、流通している。これら以外に、潮間帯のごく浅い砂泥地で普通に見られる。

第2節 浦戸湾のカニ類相の特徴

浦戸湾のカニ刺し網漁は、県知事の認可を得た漁業者より細々と実施されてきていたが、市民や研究者が浦戸湾に関心を寄せなくなったこともあり、最近までその漁獲物の詳細は不明であった。本報告で、浦戸湾のカニ刺し網で得られた6科19種のカニ類が浦戸湾で確認された。橋口(1975)は49種のカニ類を浦戸湾から報告したが、これらのうち干潟で採集したと明記されているカニ類は21種であり、これら以外の28種が刺し網および潜水により捕獲されている。

しかしながら、この28種のうちの何種が刺し網で捕獲されたかは明記されていない。また、湾口部の御豊瀬付近で記録されたカニ類の多くは、湾外で漁業者により漁獲されたものの、流通に適していないため、湾内に投棄された種である可能性が指摘されている(橋口, 1975)。しがたって、橋口(1975)の結果と本報告を直接比較することは困難であり、一般的に刺し網で捕獲されるワタリガニ科を中心に述べる。

前述のように、1975年当時、浦戸湾のノコギリガザミ属はノコギリガザミのみとされていた。橋口(1975)では、ノコギリガザミを含む10種のワタリガニ科が含まれている。本研究では、ノコギリガザミ属の3種が確認され、さらにガザミ、タイワンガザミ、ジャノメガザミ、イシガニ、ヒロハイシガニ、メナガガザミの6種が橋口(1975)との共通種である。橋口(1975)が報告したものの、本研究で確認できなかった種はイボガザミ(*Portunus haani*)、アカイシガニ(*Charybdis miles*)およびベニイシガニ(*Charybdis acuta*)である。これらのうち、前2種は土佐湾沿岸の底曳き網で普通に漁獲されている種であり、漁獲物として湾外から持込まれた可能性がある。ベニイシガニの日本における分布域は東京湾から紀伊半島とされており、土佐湾からの記録はない(峯水, 2002)。しかしながら、著者の一人、町田(未発表)は2007年に幡多郡黒潮町のイセエビ刺し網で多数の本種を確認しており、ベニイシガニは明らかに外海の岩礁地帯に生息する種と判断され、現在、公表の準備中である。このように、橋口(1975)のベニイシガニもまた、湾外から持込まれた可能性がある。

一方、橋口(1975)に含まれていないワタリガニ科の種は、ノコギリガザミ属を除けば、アオガニ、ホンコンイシガニ、シマイシガニ、モンツキイシガニ、ミナミベニツケガニである。シマイシガニは橋口(1975)および細木・町田(2004)で扱われていない。しかしながら、個体数は少ないものの、本種が浦戸湾に生息していることが確実となった。他の4種はいずれも南方系のカニであり、近年になって浦戸湾に進入した種と考えられる。アオガニを除けば、いずれの種も多数の抱卵個体が確認されており、すでに浦戸湾に定着していると考えられる。

橋口(1975)は6種のカラッパ科を浦戸湾で確認し

ているが、本報告ではそれらのうちメガネカラッパのみが確認された。本種を含む橋口(1975)のカラッパ科はいずれも土佐湾沿岸の底曳き網漁で得られる種である。橋口(1975)によれば、これらのうち、メガネカラッパ、ソデカラッパ、トラフカラッパ、マルミカラッパが湾口部の浦戸で得られている。浦戸と、浦戸に隣接する御豊瀬は沿岸底曳き船の基地であり、これらの種が湾外から持込まれた可能性は否定できない。本報告のメガネカラッパが浦戸湾中央部で得られたことは興味深い。個体数が少ないため、以前から湾の中央部に生息していたかどうかの判断は困難である。

高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会(2002)は高知県の汽水産カニ類のリストを公表した。このリストにホシマンジュウガニは含まれていない。町田(未発表)は本種の複数個体を浦ノ内湾で確認しており、本報告でも浦戸湾で本種が確認されたことから、本種が汽水域に進入することが確実となった。

以上のように、浦戸湾は産業上重要なワタリガニ科の種とモクズガニが多産し、現時点では南方系のワタリガニ科の種の増加が顕著である。特に、ノコギリガザミ属の3種が生息する汽水域は、トカラ列島以北では浦戸湾と浜名湖だけと考えられ、浦戸湾はきわめて貴重な海域である。

本報告にあたり、採集物を快く提供していただき、また、惜しみない協力をいただいた高知市横浜の漁師、永野 廣・昌枝御夫妻に厚く御礼申し上げます。なお、本報告は山本の2004年度卒業論文ならびに2006年度修士論文、渡邊の2007年度卒業論文の成果の一部を含む。

引用文献

- 有山啓之. 1985. 大阪湾でとれたアオガニ *Callinectes sapidus* Rathbun について. 南紀生物, 27:52.
- 橋口義久. 1975. 浦戸湾における甲殻類, とくにエビ・カニ類の生息状況. 高知県(編), pp. 87-100. 高知港(種崎新港)建設に係る環境事前調査報告書.
- 細木光夫・町田吉彦. 2004. 高知県浦戸湾で得られたワタリガニ科のカニ類. 四国自然史科学研究, (1): 9-17.
- Keenan, C. P., P. J. F. Davie and D. L. Mann. 1998. A revision of the genus *Scylla* De Haan, 1833

- (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Portunidae).
Raffles Bull. Zool., 46:217-245.
- 高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会. 2002.
高知県の絶滅のおそれのある野生動物. 高知県文化
環境部環境保全課, 高知市, 470pp.
- 町田吉彦. 2004a. 浦戸湾の埋め立てを考える. ネイ
チャー高知(高知県自然観察指導員連絡会報), (22):
2-4.
- 町田吉彦. 2004b. シーブルー事業の問題点. 緑と森
林(高知県緑の議会会報), (32):22-27.
- 丸村真弘・後藤 伸・玉井済夫. 2000. 和歌山県にお
けるミナミベニツケガニの記録. 南紀生物, 42:73.
- 松沢圭資. 1977. 室戸産海産動物図鑑. 室戸産海岸動
物図鑑発行委員会, 室戸市, 126pp.
- 峯水 亮(武田正倫・奥野淳児監修). 2002. ネイチャー
ガイド 海の甲殻類, 初版2刷. 文一総合出版, 東
京, 344pp.
- 三宅貞祥. 1998. 原色日本大型甲殻類図鑑(II), 3刷.
保育社, 東大阪市, viii+277pp.
- 鍋島靖信・福井康雄. 1999. 大阪湾に侵入した外来種
Charybdis (Charybdis) lucifera (Fabricius) モンツ
キイシガニについて. Nature Study, 45:75-79.
- 酒井 恒. 1976. 日本産蟹類. 講談社, 東京, 英文
解説版 xxix+773pp., 日本語解説版461pp., 2 figs.,
3maps, 原色図版16pp., 251pls.
- Sakai, T. 1983. Description of new genera and species
of Japanese crabs, together with systematically
and biogeographically interesting species (I). Res.
Crust., (12) : 1-44.
- 杉本昌彦. 1991. 地域特産種増殖技術開発試験. 平成
元年度高知県水産試験場事業報告書, 87:1-2.
- 和田幸雄. 1980. 高知生コン事件の全貌 21世紀への
案内書. 近森謄写堂, 高知市, 298pp.

図 版

図版 1

A: *Lauridromia dehaani*, カイカムリ, 玉島～衣ヶ島, 2006年12月27日.

B: *Heikea japonica*, ヘイケガニ, 玉島～衣ヶ島, 2007年4月12日.

C: *Calappa philargius*, メガネカラッパ, 玉島～衣ヶ島, 2006年11月21日.

A



B



C



図版 2

A: *Parthenope validus*, ヒシガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年8月10日.

B: *Callinectes sapidus*, アオガニ, 玉島～衣ヶ島, 2004年3月8日.

A



B



図版 3

A: *Charybdis aisodon*, ホンコンイシガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年8月23日.

B: *Charybdis feriata*, シマイシガニ, 長浜, 2005年10月6日.

A



B



図版 4

A: *Charybdis japonica*, イシガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年9月11日.

B: *Charybdis lucifera*, モンツキイシガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年9月11日.

A



B



図版 5

A: *Charybdis truncata*, ヒロハイシガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年8月10日.

B: *Portunus pelagicus*, タイワンガザミ, ♂, 玉島～衣ヶ島, 2003年10月17日.

A



B



図版 6

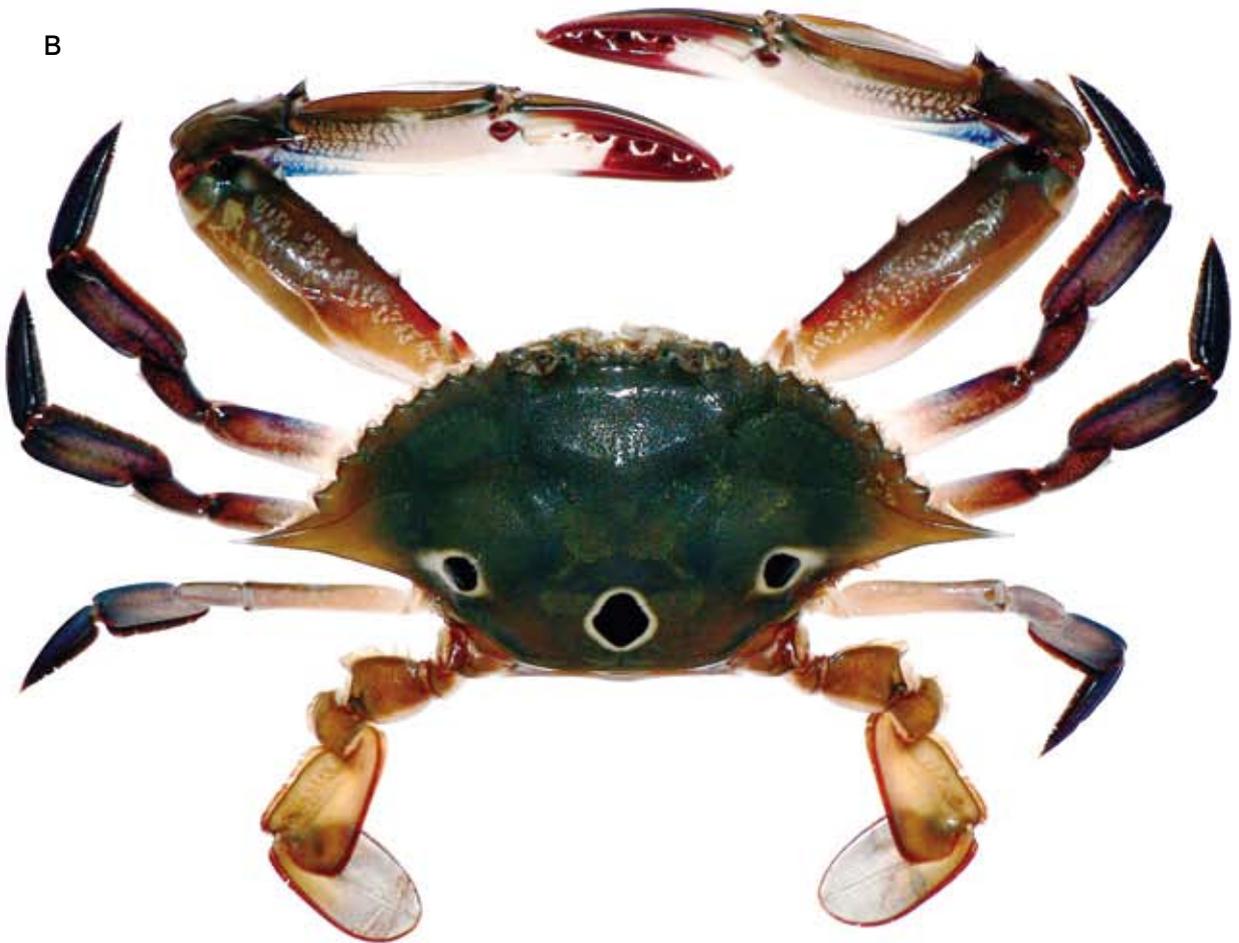
A: *Portunus pelagicus*, タイワンガザミ, ♀, 玉島～衣ヶ島, 2007年4月26日.

B: *Portunus sanguinolentus*, ジャノメガザミ, 長浜, 2003年10月26日.

A



B



図版 7

A: *Portunus trituberculatus*, ガザミ, 長浜, 2003年9月30日.

B: *Scylla olivacea*, アカテノコギリガザミ, 玉島～衣ヶ島, 2003年11月7日.

A



B



図版 8

A: *Scylla paramamosain*, トゲノコギリガザミ, 玉島～衣ヶ島, 2003年12月23日.

B: *Scylla serrata*, アミメノコギリガザミ, 長浜, 2005年11月25日.

A



B



図版 9

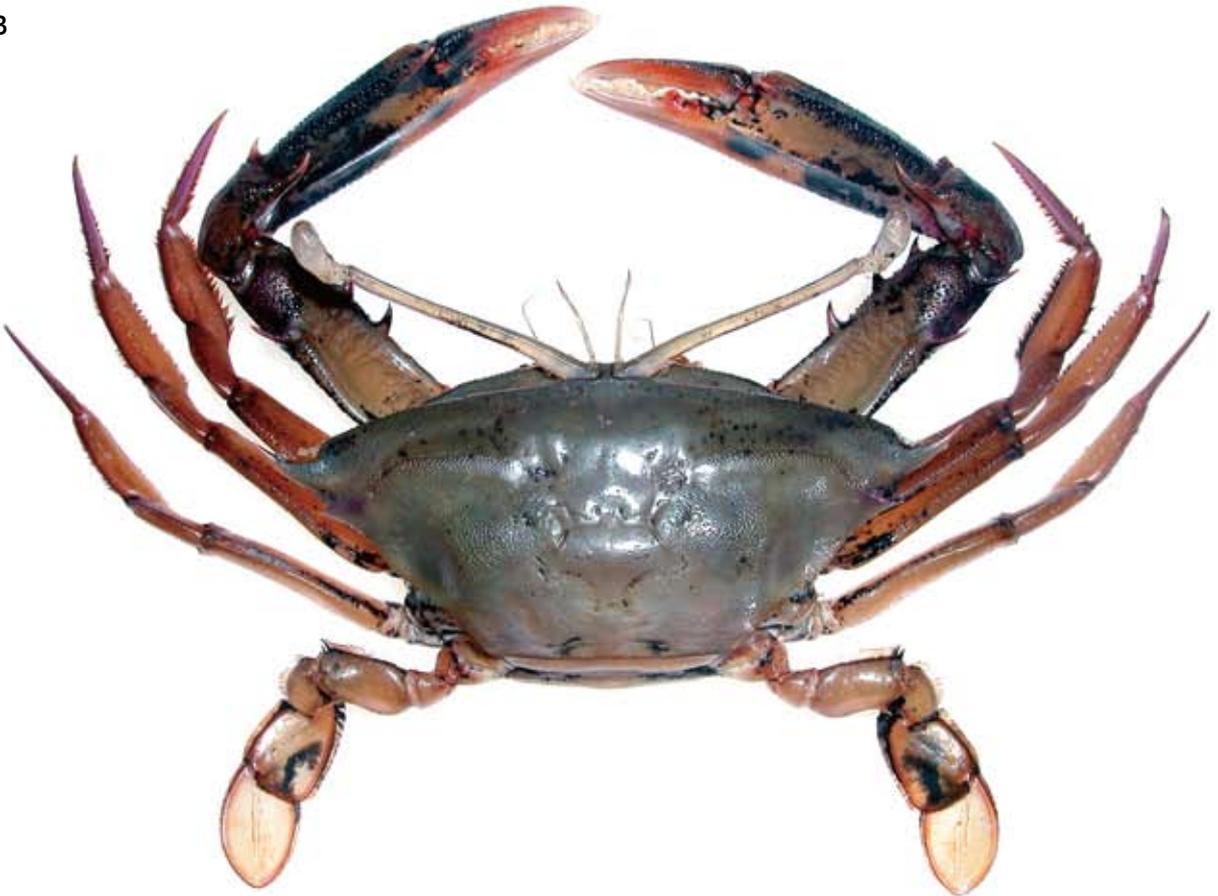
A: *Thalamita crenata*, ミナミベニツケガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年8月1日.

B: *Podophthalmus vigil*, メナガガザミ, 長浜, 2003年8月4日.

A



B

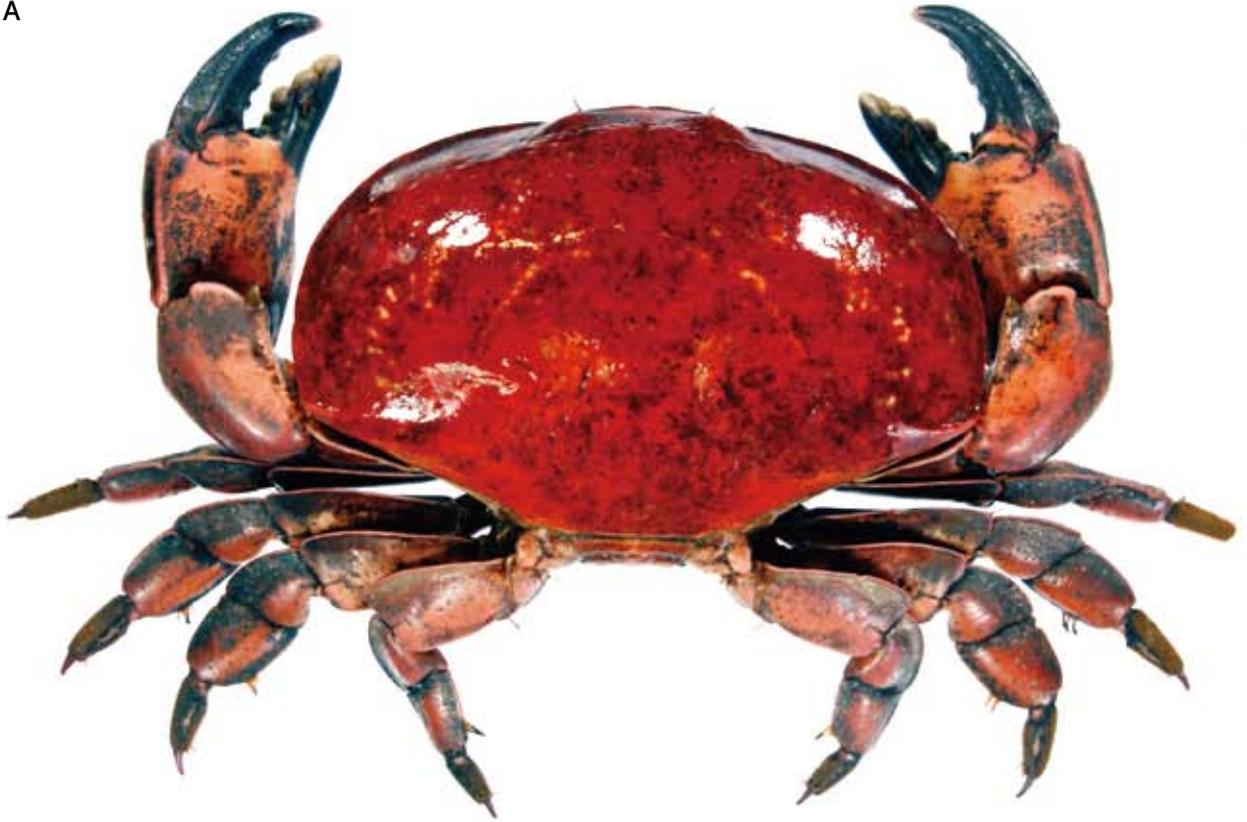


図版 10

A: *Atergatis integerrimus*, ホシマンジュウガニ, 玉島～衣ヶ島, 2006年8月2日.

B: *Eriocheir japonicus*, モクズガニ, 玉島～衣ヶ島, 2003年12月23日.

A



B



トピックス

“えがに” 抜きでは語れない浦戸湾

浦戸湾のカニ漁師はノコギリガザミ類を“えがに”と称している。浦戸湾に生息する“えがに”は3種で、それらはトゲノコギリガザミ、アカテノコギリガザミ、アミメノコギリガザミである。奄美・沖縄地方を除けば、これら3種が同所的に出現する場所はおそらく浦戸湾と静岡県浜名湖だけではなかろうか。種苗が放流されていることもあるが、中でも

トゲノコギリガザミは最も味が良い。そのため、カニ中のカニという意味で“まがに”と呼ばれている。最も大きくなるのはアミメノコギリガザミで、4kgを超えるカニには驚きを通り越して恐怖心を覚える。これらに加え、浦戸湾は食用になるカニが他にも多数生息している。

第21章

高知市の干潟に生息するカニ類

カニ類は干潟環境の指標として重要な動物群の一つである。しかしながら、高知県は干潟が発達しにくい地形であり、和田ほか(1996)は全国の85ヶ所の干潟の動物の生息状況を概説したものの、その中高知県の干潟としては四万十川河口域が含まれているのみである。

浦戸湾の潮間帯のカニ類についての報告は橋口(1975)によりなされた。橋口(1975)は浦戸湾から49種のカニ類を報告したが、これらのうち干潟で採集されたのは21種である。その後、浦戸湾の干潟に生息するカニ類についての研究は、町田ほか(2004)まで途絶えた。これに先立ち、高知県の汽水・淡水産のカニ類のリストが高知県レッドデータブックに掲載された(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002)。このレッドデータブックでは、絶滅危惧種に関する情報が提示されたが、準絶滅危惧種と情報不足種を含むこれら以外の種については、学名と和名が掲載されているにすぎない。

町田ほか(2004)は浦戸湾と須崎湾の干潟に生息するカニ類の絶滅危惧種と稀少種を扱ったが、これが契機となり、山本ほか(2005, 2006a, 2006b, 2007; 佐藤ほか, 2006)により浦戸湾を含む潮間帯のカニ類の生息状況が明らかにされつつある。本研究は現在も継続中であり、また、2008年1月1日に春野町が高知市に編入合併したため、甲殿川と仁淀川の河口干潟が高知市に含まれることとなった。しかしながら、これらの河口干潟に関しても、浦戸湾と同様に十分な知見が蓄積されておらず、今後の研究課題となっている。そこで、本報告は、2003年から2008年1月までの間に浦戸湾、甲殿川、仁淀川の河口域の干潟で得られたカニ類を暫定的なリストとして示し、必要に応じて若干のコメントを付すにとどめる。

第1節 確認された種

Leucosiidae

コブシガニ科

Philyra pisum De Haan, 1841

マメコブシガニ

(図版1-A)

生息地：浦戸湾、仁淀川河口域。

備考：本種は高知県絶滅危惧Ⅱ類に指定されている(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002)。酒井・細木(2002)は浦戸湾における本種の生息地を国分川ほか3地点とし、その後、町田ほか(2004)は本種を灘と衣ヶ島から報告している。本種はやや富栄養化した砂泥地に生息し、浦戸湾では普通種と考えられる。しかしながら、仁淀川河口域では個体数が少ない。なお、本種は橋口(1975)の浦戸湾産のカニ類に含まれていない。

Hymenosomatidae

ヤワラガニ科

Neorhynchoplax okinawaensis

(Nakasone and Takeda, 1994)

オキナワヤワラガニ

(図版1-B)

生息地：浦戸湾、甲殿川河口域。

備考：町田ほか(2004)は、浦戸湾の灘で得られた本種を *Halicarcinus orientalis* (トウヨウヤワラガニ) として報告したが、山本ほか(2005)により、*Neorhynchoplax okinawaensis* (オキナワヤワラガニ) として報告された。

ニ)と訂正され、町田(2004)ほかの報告が本種の高知県初記録であることが示された。山本ほか(2005)は本種が浦戸湾の灘、西灘、衣ヶ島、玉島、裸島および深浦に生息することを示したが、甲殿川で新たに確認された。

Portunidae

ワタリガニ科

Scylla paramamosain Estampador, 1949

トゲノコギリガザミ

(図版2-A)

生息地：浦戸湾。

備考：浦戸湾の干潟では、若い個体が湾奥から湾口にかけての潮間帯で普通に見られる。

Callinectes sapidus Rathbun, 1896

アオガニ

生息地：浦戸湾。

備考：本種はアメリカ大陸の太平洋岸に分布する外来種である(有山, 1985)。2004年10月28日に甲幅3.6mmの個体が採集された。なお、本種は刺し網でも得られている。

Xanthidae

オウギガニ科

Leptodius exaratus (H. Milne Edwards, 1834)

オウギガニ

生息地：浦戸湾。

Pilumnidae

ケブカガニ科

Pilumnopeus makianus (Rathbun, 1931)

マキトラノオガニ

(図版2-B)

生息地：浦戸湾。

備考：本種は高知県の汽水・淡水産十脚甲殻類には含まれていない(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。近年、山本ほか(2005)は

高知県浦戸湾の鏡川、灘、衣ヶ島、ゴウシ山、裸島および深浦から本種を報告しており、浦戸湾の礫帯では普通種である。

Camptandriidae

ムツハアリアケガニ科

Camptandrium sexdentatum Stimpson, 1858

ムツハアリアケガニ

(図版2-C)

生息地：浦戸湾。

備考：本種は高知県の絶滅危惧IA類で、蛸瀬川と浦戸湾国分川および下田川で生息が確認されている(酒井・細木, 2002)。その後、本種は浦戸湾の久万川河口と灘、須崎湾桜川から報告され(町田ほか, 2004)、本報告で新たに浦戸湾の鏡川河口域、吸江、深浦で本種が確認された。

Deiratonotus japonicus (Sakai, 1934)

カワスナガニ

(図版3-A)

生息地：浦戸湾、甲殿川、仁淀川。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種に指定されている(高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002)。同時に、本種は環境省指定の準絶滅危惧種である(http://www.jpnrdb.com/rdb_category.html)。佐藤ほか(2006)は、本種が浦戸湾流入河川としては細流である灘谷川(灘地区)に多産し、また、甲殿川に生息することを明らかにした。本報告で、本種が仁淀川に生息することが追加された。

Deiratonotus cristatus (De Man, 1895)

アリアケモドキ

(図版3-B)

生息地：浦戸湾、甲殿川、仁淀川。

備考：和田ほか(1996)は本種を全国的な稀少種としている。本種が浦戸湾流入河川に生息し、とくに国分川河口域に多産することが佐藤ほか(2006)により明らかにされた。本報告で、甲殿川と波介川が本種の高知県における新産地として追加された。

Ocypodidae

スナガニ科

Ilyoplax pusillus (De Haan, 1835)

チゴガニ

(図版3-C)

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

Ocyhode simpsoni Ortmann, 1897

スナガニ

生息地：浦戸湾。

備考：本種は、著者の一人、町田がカニ類の本格的な調査を開始する以前の2001年7月22日に、干潮時に標本を採集した。その後、本種は高知市の干潟で確認されていない。

Macrophthalmus abbreviatus

Manning and Holthuis, 1981

オサガニ

生息地：浦戸湾。

備考：本種は高知県情報不足種である(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002)。橋口(1975)は本種を浦戸湾から記録しているが、その後、本種の県下における確実な記録はない。著者らは浦戸湾で新たに得られた標本を含め、浦戸湾以外の標本とともに詳細を公表する予定である。なお、2008年の調査では、浦戸湾における本種の生息地が移入種であるコウロエンカワヒバリガイの群生により覆われ、本種が絶滅した可能性が高い。

Macrophthalmus banzai Wada and Sakai, 1989

ヒメヤマトオサガニ

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

備考：本種はやや富栄養化した泥の多い底質を好む。下記のヤマトオサガニと同所的であるが、本種の方が多きようである。

Macrophthalmus japonicus (De Haan, 1835)

ヤマトオサガニ

(図版4-A)

生息地：浦戸湾。

備考：橋口(1975)は、本種が浦戸湾に生息することを記録している。

Scopimera globosa (De Haan, 1835)

コメツキガニ

生息地：浦戸湾，甲殿川。

備考：浦戸湾には本種の生息に適した砂地が少ない。また、甲殿川の生息地も著しく狭い。

Uca arcuata (De Haan, 1835)

シオマネキ

(図版4-B)

生息地：浦戸湾。

備考：本種は高知県絶滅危惧IA類で(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002)、環境省の絶滅危惧II類である(http://www.jpnrdb.com/rdb_category.html)。本種は2007年に高知県希少野生動植物に指定された。著者らは、高知市の本種に関しては標本の採集を行っておらず、目視ならびに写真による確認にとどめた。浦戸湾では、新堀川、棧橋通り6丁目、深浦神社横の干潟で確認された。ただし、深浦神社横の個体は移植された個体と考えられ、定着していない。他の2地点でも個体数はきわめて少なく、個体群の消滅が危惧される。なお、仁淀川に生息しているという情報があるが、著者らは個体を確認していない。

Uca lactea (De Haan, 1835)

ハクセンシオマネキ

(図版5-A)

生息地：浦戸湾，仁淀川。

備考：本種は高知県の準絶滅危惧種で(高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会, 2002)、環境省の絶滅危惧II類である(http://www.jpnrdb.com/rdb_category.html)。

Grapsidae

イワガニ科

Ilyograpsus nodulosus (Sakai, 1983)

チゴイワガニ

(図版5-B)

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

備考：四国における本種の記録はSawada et al. (2005)による高知県鏡川産の2個体のみであったが，山本ほか(2007)により浦戸湾とその西方の河口干潟に広く分布することが明らかにされた。その後，Komai and Wada (2008)が本属を分類学的に整理し，本種が日本では和歌山県，広島県，高知県，愛媛県，宮崎県，鹿児島県(奄美)および沖縄県に分布することを明らかにした。

Planes cyaneus Dana, 1851

オキナガレガニ

生息地：浦戸湾，仁淀川。

Sesarmidae

ベンケイガニ科

Chiromantes dehaani (H. Milne Edwards, 1853)

クロベンケイガニ

(図版6-A)

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

備考：本種は浦戸湾，甲殿川，仁淀川で最も普通のベンケイガニ科の種である。

Chiromantes haematocheir (De Haan, 1833)

アカテガニ

(図版6-B)

生息地：浦戸湾，仁淀川。

備考：本種は徳島県の準絶滅危惧種であり(徳島県版レッドデータブック掲載種検討委員会，2001)，同様に愛媛県の準絶滅危惧種でもある(愛媛県貴重野生動植物検討委員会，2003)。浦戸湾では深浦神社横の干潟にまとまった個体群があるが，これを除けば個体数は著しく少ない。

Parasesarma pictum (De Haan, 1835)

カクベンケイガニ

(図版7-A)

生息地：浦戸湾。

備考：本種はしばしば草地で見られるが，個体数は少ない。

Parasesarma acis Davie, 1993

ユビアカベンケイガニ

生息地：浦戸湾。

備考：本種は干潟近くの草地で見られるが，生息地は少ない。

Parasesarma bidens (De Haan, 1835)

フタバカクガニ

(図版7-B)

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

備考：本種は，ベンケイガニ科ではクロベンケイガニに次いで個体数が多く，感潮域の上端部付近にまで分布する。

Sesarmops intermedium (De Haan, 1835)

ベンケイガニ

(図版7-C)

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

Nanosesarma minutum (De Man, 1887)

ヒメベンケイガニ

生息地：浦戸湾，仁淀川。

備考：本種は高知県の情報不足種である(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会，2002)。最近，山本ほか(2006b)は高知県における本種の詳細な分布を報告した。それによると，高知市における本種の産地は，浦戸湾の灘，西灘，ツヅキ島および衣ヶ島である(山本ほか，2006b)。

Helice tridens (De Haan, 1835)

アシハラガニ

(図版8-A)

生息地：浦戸湾，甲殿川，仁淀川。

Helice wuana (Rathbun, 1929)

ヒメアシハラガニ

生息地：仁淀川。

備考：本種は高知県準絶滅危惧種である（高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会, 2002）。

Chasmagnathus convexus (De Haan, 1833)

ハマガニ

(図版8-B, C)

生息地：浦戸湾, 仁淀川。

備考：本種は干潟の潮間帯のカニでは大型の種である。浦戸湾と仁淀川の生息地はごく狭く、個体数も少ないことから、個体群の消滅が危惧される。

Varunidae

モクズガニ科

Ptychognathus capillidigitatus Takeda, 1984

ヒメヒライソモドキ

(図版9-A)

生息地：浦戸湾, 甲殿川, 仁淀川。

備考：本種は山本ほか(2005, 2006a)より、高知県での詳細な分布が示された。

Ptychognathus ishii Sakai, 1939

タイワンヒライソモドキ

(図版9-B)

生息地：浦戸湾, 甲殿川, 仁淀川。

備考：本種は山本ほか(2005, 2006a)より、高知県での詳細な分布が示された。本種はヒメヒライソモドキと同所的に存在することもあるが、ヒメヒライソモドキより生息地点数が多い（山本ほか, 2005, 2006a）。

Eriocheir japonicus (De Haan, 1835)

モクズガニ

(図版9-C, D)

生息地：浦戸湾, 甲殿川, 仁淀川。

Hemigrapsus penicillatus (De Haan, 1835)

ケフサイソガニ

(図版10-A)

生息地：浦戸湾, 甲殿川, 仁淀川。

備考：本種は高知県の干潟で普通種である。

Hemigrapsus takanoi Asakura and Watanabe, 2005

タカノケフサイソガニ

(図版10-B)

生息地：浦戸湾, 甲殿川, 仁淀川。

備考：本種はAsakura and Watanabe(2005)により新種として記載された。上記のケフサイソガニと同所的であることが知られており、高知市内でも同様である。ただし、高知市内の干潟における本種とケフサイソガニの分布の詳細は今後の課題である。

Hemigrapsus sanguineus (De Haan, 1835)

イソガニ

(図版10-C)

生息地：浦戸湾, 甲殿川

備考：本種は浦戸湾では湾の中央部から湾口にかけて生息する。

Cyclograpsus intermedius Ortmann, 1894

アカイソガニ

生息地：甲殿川。

備考：本種は河口付近の礫地帯に生息するが、高知県下の生息地はきわめて少ない。

Acmaeopleura parvula Stimpson, 1858

ヒメアカイソガニ

(図版11-A)

生息地：浦戸湾, 甲殿川。

備考：本種は、山本ほか(2005)による浦戸湾のゴウシ山からの報告がある。

Acmaeopleura toriumii Takeda, 1974

トリウミアカイソモドキ

(図版12-B)

生息地：浦戸湾。

備考：町田ほか(2004)は浦戸湾産の標本に基づき、本種の高知県初記録を報告した。さらに、山本ほか(2005)が本種を浦戸湾の西灘から報告している。

Parapyxidognathus deianira (De Man, 1888)

トゲアシヒライソガニモドキ

生息地：仁淀川。

備考：本種は高知県情報不足種である(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002)。著者らは本種を高知県で数ヶ所から得ているが、いずれも未報告である。仁淀川産の個体を含む高知県下の本種は、別途報告される予定である。

Metopograpsus thukuhar (Owen, 1839)

ハシリイワガニモドキ

生息地：浦戸湾。

備考：本種は高知県の情報不足種に指定されている(高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会, 2002)。和田ほか(1996)によると、本種は和歌山県および西南諸島で記録されている。著者らは浦戸湾以外でも本種を得ているが、未報告である。

Planes cyaneus Dana, 1851

オキナガレガニ

生息地：浦戸湾。

Varuna litterata (Fabricius, 1798)

オオヒライソガニ

(図版12-C)

生息地：浦戸湾。

第2節 浦戸湾の干潟のカニ類相の特徴

浦戸湾、甲殿川および仁淀川の干潟に生息する蟹類については、一部の種を除いてこれまで十分な知見がなかった。しかしながら、これらの干潟には高知県絶滅危II類のマメコブシガニが多数生息しており、また、浦戸湾では同IA類のムツハアリアケガニが湾奥から湾口付近にまで広く分布している。浦戸湾の東岸は広く埋め立てられたが、湾中央から湾口部にかけての西岸にはかろうじて自然が残されている。この長浜の深浦神社の湾口寄りにある干潟は、おそらく高知県内でもカニ類がもっとも豊富な

場所の一つである。甲殿川の河口干潟は狭いが、海水の影響が強く、浦戸湾内とはまた違ったカニ類が生息する貴重な環境である。仁淀川は右岸の草地と左岸の礫地帯で特徴あるカニ類相が認められる。右岸はとくにアリアケモドキの個体群で代表されるが、ハマガニを含む大型のベンケイガニ科が生息できる環境が残されている。

これらの干潟には、オキナワヤラワガニ、チゴイワガニ、トゲアシヒライソガニモドキなどの全国的に報告例が少ない種が生息しており、また、同様に報告例が少ないヒメヒライソモドキが普通に生息している。したがって、全国的にも貴重な干潟であることは明らかである。

最後に、著者らの調査に惜しめない協力をいただいた(株)東洋技研の佐藤友康博士に厚く御礼申し上げます。なお、本報告は山本の2004年度の卒業論文ならびに2006年度の修士論文の成果の一部を含む。

引用文献

- 由山啓之. 1985. 大阪湾でとれたアオガニ *Callinectes sapidus* Rathbun について. 南紀生物, 27:52.
- Asakura, A. and S. Watanabe. 2005. *Hemigrapsus takanoi*, new species, a sibling species of the common Japanese intertidal crab *H. peniciliatus* (Decapoda: Brachyura: Grapsidae). J. Crust. Biol., 25(2):279-292.
- 愛媛県貴重野生動植物検討委員会. 2003. 愛媛県レッドデータブック-愛媛県の絶滅のおそれのある野生生物-. 愛媛県県民環境部環境局自然保護課, 愛媛, 447pp.
- 橋口義久. 1975. 浦戸湾における甲殻類, とくにエビ, カニ類の生息状況. pp. 87-100. 高知港(種崎新港)建設に係る環境事前調査報告書. 高知県.
- 高知県レッドデータブック〔動物編〕編集委員会(編). 2002. 高知県レッドデータブック〔動物編〕. 高知県文化環境部環境保全課, 高知, 470pp.
- Komai, T. and K. Wada. 2008. A revision of the estuary crab genus *Ilyograpsus* Barnard, 1955 (Crustacea: Decapoda: Macrophthalmidae), with description of a new genus and one new species. Raffles Bull. Zool., 56(2):357-384.
- 町田吉彦・細木光夫・厚井 享. 2004. 高知県浦戸湾と須崎湾の潮間帯で記録されたカニ類の絶滅危惧種と希少種(十脚目:短尾下目). 四国自然史科学研究, (1):1-7.

- Nakasone, Y. and M. Takeda. 1994. A new hymenomatid crab, *Elamenopsis okinawaensis*, n. sp. (Crustacea: Hymenomatidae), from Okinawa, the Ryukyu Islands, Japan. *Pacific Sci.*, 48:158-160.
- 野元彰人・和田恵次. 2000. 高知県甲殿川で採集されたケフサヒライソモドキ(イワガニ科). *南紀生物*, 42:53-54.
- 酒井勝司・細木光夫. 2002. ムツハアリアケガニ, シオマネキ. 高知県レッドデータブック [動物編] 編集委員会(編), pp. 226-229. 高知県レッドデータブック [動物編].
- 佐藤友康・山本藍子・町田吉彦. 2006. 高知県におけるアリアケモドキ属2種の分布 (カニ下目: ムツハアリアケガニ科). *四国自然史科学研究*, (3):9-14.
- Sawada, T., M. Hosogi and K. Sakai. 2005. A new species of the genus *Ilyograpsus*, *I. vanninii* sp. nov. (Brachyura, Grapsidae) from Somalia. *Crustaceana*, 78 (7):851-864.
- 徳島県版レッドデータブック掲載種選定作業委員会(編). 2001. 徳島県の絶滅のおそれのある野生生物 - 徳島県版レッドデータブック -. 徳島県環境生活部環境政策課, 徳島, 438pp.
- 和田恵次・西平守孝・風呂田利夫・野島 哲・山西良平・西川輝昭・五嶋聖治・鈴木孝男・加藤 真・島村賢正・福田 宏. 1996. 日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状. *WWF Japan サイエンス レポート*, 3:1-181.
- 山本藍子・町田吉彦・佐藤友康. 2005. 土佐湾流入河川ならびに内湾の汽水域に生息する8種のカニ類の分布. *四国自然史科学研究*, (2):1-19.
- 山本藍子・町田吉彦・佐藤友康. 2006a. 高知県の干潟環境におけるタイワンヒライソモドキとヒメヒライソモドキの分布 (カニ下目: モクズガニ科). *四国自然史科学研究*, (3):1-8.
- 山本藍子・町田吉彦・佐藤友康. 2006 b. 高知県におけるヒメベンケイガニの分布 (カニ下目: ベンケイガニ科). *四国自然史科学研究*, (3):23-28.

図版 1

A : *Philyra pisum*, マメコブシガニ, 浦戸湾灘, 2004年3月22日.

B : *Neorhynchoplax okinawaensis*, オキナワヤワラガニ, 浦戸湾玉島, 2004年4月9日.

C (参考画像) : *Neorhynchoplax okinawaensis*, オキナワヤワラガニ, 浦ノ内湾, 2004年11月10日.

A



B



C



図版 2

A : *Scylla paramamosain*, トゲノコギリガザミ, 浦戸湾舟入川, 2003年11月27日.

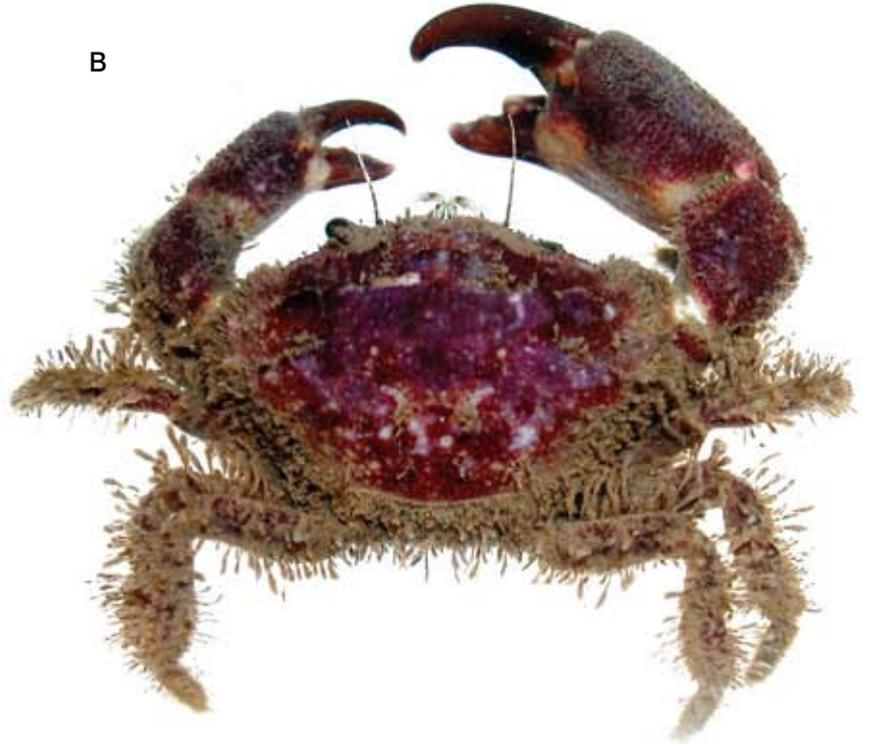
B : *Pilumnopus makianus*, マキトラノオガニ, 浦戸湾灘, 2004年3月9日.

C : *Camptandrium sexdentatum*, ムツハアリアケガニ, 浦戸湾西灘, 2004年5月7日.

A



B



C



図版 3

A : *Deiratonotus japonicus*, カワスナガニ, 浦戸湾西灘, 2004年8月29日.

B : *Deiratonotus cristatus*, アリアケモドキ, 浦戸湾西灘, 2004年8月29日.

C : *Ilyoplax pusillus*, チゴガニ, 浦戸湾西灘, 2004年8月29日.

A



B



C



図版 4

A : *Macrophthalmus japonicus*, ヤマトオサガニ, 浦戸湾衣ヶ島, 2005年5月18日.

B : *Uca arcuata*, シオマネキ, 高知市新堀川, 2004年7月19日.

A



B



図版 5

A : *Uca lactea*, ハクセンシオマネキ, 浦戸湾西灘, 2004年8月20日.

B : *Ilyograpsus nodulosus*, チゴイワガニ, 浦戸湾衣ヶ島, 2005年4月22日.

A



B



図版 6

A : *Chiromantes dehaani*, クロベンケイガニ, 浦戸湾国分川, 2007年7月19日.

B : *Chiromantes haematocheir*, アカテガニ, 浦戸湾深浦, 2004年9月27日.

A



B



図版 7

A : *Parasesarma pictum*, カクベンケイガニ, 浦戸湾深浦, 2004年5月18日.

B : *Parasesarma bidens*, フタバカクガニ, 高知市新堀川, 2004年7月19日.

C : *Sesarmops intermedium*, ベンケイガニ, 浦戸湾深浦, 2004年9月26日.

A



B



C



図版 8

A : *Helice tridens*, アシハラガニ, 浦戸湾深浦, 2004年9月26日.

B : *Chasmagnathus convexus*, ハマガニ, 浦戸湾国分川, 2004年5月6日.

C : *Chasmagnathus convexus*, ハマガニ, 浦戸湾深浦, 2004年10月14日.

A



B



C



図版 9

A : *Ptychognathus capillidigitatus*, ヒメヒライソモドキ, 浦戸湾西灘, 2004年9月11日.

B : *Ptychognathus ishii*, タイワンヒライソモドキ, 浦戸湾西灘, 2004年7月5日.

C : *Eriocheir japonicus*, モクズガニ, 浦戸湾灘, 2003年12月23日.

D : *Eriocheir japonicus*, モクズガニ, 浦戸湾国分川, 2004年7月19日.

A



B



C



D



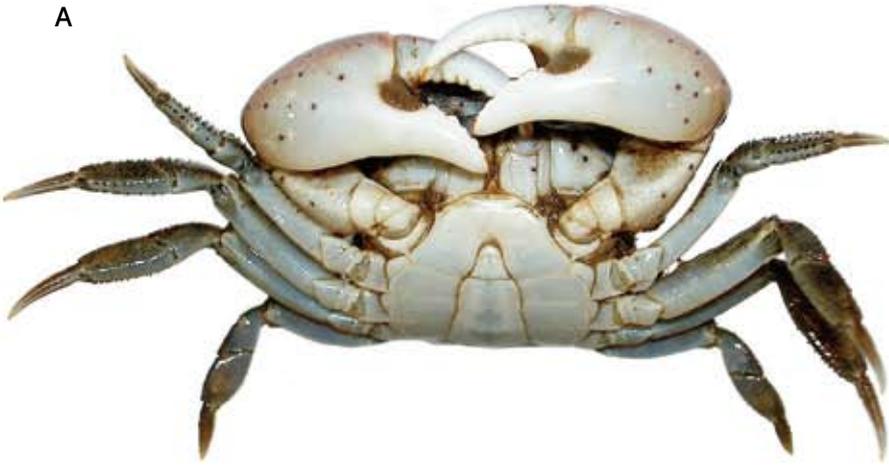
図版 10

A : *Hemigrapsus penicillatus*, ケフサイソガニ, 浦戸湾灘, 2003年6月14日.

B : *Hemigrapsus takanoi*, タカノケフサイソガニ, 浦戸湾灘, 2004年3月9日.

C : *Hemigrapsus sanguineus*, イソガニ, 浦戸湾灘, 2003年6月14日.

A



B



C



図版 11

A : *Acmaeopleura parvula*, ヒメアカイソガニ, 浦戸湾ゴウシ山, 2004年9月17日.

B : *Acmaeopleura toriumii*, トリウミアカイソモドキ, 浦戸湾灘, 2003年6月29日.

C : *Varuna litterata*, オオヒライソガニ, 浦戸湾舟入川, 2003年11月27日.

A



B



C



トピックス

高知市の干潟はカニ類のホット・スポット

高知県指定のカニ類の絶滅危惧種は4種である。それらのうち、マメコブシガニ(II類)とムツハアリアケガニ(IA類)は浦戸湾に広く分布し、ここでは「普通種」と言えるほどである。シオマネキ(IA類)の浦戸湾の個体群は壊滅的であるが、新川川水系に

安定した個体群が存在する。ここにはトビハゼも生息しており、保護区の設定が望まれる。また、カワスナガニ、タイワンヒライソモドキ、アリアケモドキ、チゴイワガニ、トゲアシヒライソモドキなどの全国的に貴重な種が高知市の干潟に生息している。

第22章

土佐湾の堆積物底の無脊椎動物

第1節 高知県の干潟の生物相

干潟は、潮が引くと姿を現す、泥から砂の底質よりなる平坦な浜辺である。干潟と聞いて一般的に想起されるのは、ムツゴロウが飛び跳ねる有明海の見渡す限りの泥干潟であろう。高知県には広大な干潟はないものの、河口域や浦ノ内湾、浦戸湾などに小規模ながらも干潟が確かに存在する。干潟にはアサリなどの漁業対象種が多大な現存量を持つうえ、絶滅危惧種を含む多様な生物の生活の場となっている。また、干潟の生物による食物連鎖によって、さらに、干潟に生息する細菌類の硝化・脱窒作用によって水質が浄化されるため、環境面での役割も大きい。本稿では、県下の干潟の生物相を概観する。なお、干潟の短尾類（カニ類）については、高知大学理学部の町田吉彦教授による解説を別に設ける。

(1) 干潟のタイプについて

干潟は、その地形的成り立ちからは、前浜干潟、河口干潟、潟湖干潟の3つのタイプに分類される(秋山・松田, 1974; 栗原, 1980)。前浜干潟は海岸にできる干潟、河口干潟は河口域にできる干潟、潟湖干潟は河口の入り江にできる干潟である。

干潟はその底質の性質からは、泥干潟、砂泥質干潟、砂質干潟などに分類することができる。さらに、ヨシ原やアマモ場（コアマモ）などの植生を伴う場合もある。底質の性質や植生の有無は生息する生物相に大きな影響を与える。

浦戸湾では、衣ヶ島付近に砂泥質の前浜干潟が広がるほか(図22-1)、鏡川河口に砂質の河口干潟が(図22-2)、国分川河口域にはコアマモ場を伴う泥室の河口干潟(図22-3)やヨシ原(図22-4)が形成される。甲殿川には砂質の河口干潟が(図22-5)、仁淀川に



図22-1 衣ヶ島



図22-2 鏡川河口



図22-3 国分川コアマモ



図22-4 国分川ヨシ原



図22-5 甲殿川



図22-6 仁淀川



図22-7 チワラスボの巣塚 (鏡川)



図22-8 ハザクラガイ (甲殿川)



図22-9 タケノコカワニナ (仁淀川)

は砂質の河口干潟と砂泥質の潟湖干潟 (図22-6) が生じる。いずれも小規模であるが、貴重な生物のすみかとなっている (図22-7~22-9)。

(2) 生物相

高知県の干潟はいずれも小規模であることから、その生物相について詳しく記述されている報告書はほとんどない。現在の干潟保全調査の基礎となっている、和田ほか (1996) 「日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状」で調査が行われた干潟は、高知県では四万十川河口のみであり、「河口近く (竹島川沿い) には小規模な干潟がありチゴ

ガニ、アシハラガニ、トビハゼなどが見られる」という簡単な記述が見られる。

その後、国土交通省による「河川水辺の国勢調査」の調査地として、物部川河口、仁淀川河口、四万十川河口が取りあげられ、また、環境省による「第7回自然環境保全基礎調査 浅海域生態系調査 (干潟調査)」では、浦ノ内湾と四万十川河口が取りあげられた。その後、高知大学理学部海洋生物学研究室 (町田ほか, 2006) (カニ類に関しては町田吉彦教授による執筆の項を参照)、高知大学教育学部海洋共生生物学研究室による干潟の生物相の調査が開始された。高知県の干潟の生物相に関する研究は途上にある。

環境省(2002)「日本の重要湿地500」は、四万十川下流・河口域が重要湿地として選定されている。その理由は、コアマモ、アオノリ、アカメ、ゴマフエダイ、トビハゼ、シオマネキの生息地としてである。しかし、その後、環境省によって開始された「モニタリングサイト1000」では高知県の干潟は選定されていない(高知県の砂浜やサンゴ礁はモニタリングサイトに選定されている)。

高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会(編)(2002)「高知県レッドデータブック[動物編]高知県の絶滅の恐れのある野生動物」では、干潟に生息する甲殻類として、ムツハアリアケガニ(絶滅危惧IA類)、シオマネキ(絶滅危惧IA類)、オオユビアカベンケイガニ(絶滅危惧IB類)、マメコブシガニ(絶滅危惧II類)が挙げられている。また、貝類として、ヒロクチカノコ(絶滅危惧IA類)、コハクカノコ属の1種(絶滅危惧II類)、フトヘナタリ(絶滅危惧II類)、カワアイ(絶滅危惧IA類)、ヘナタリ(絶滅危惧IA類)、ミズゴマツボ(絶滅危惧IB類)、ナラビオカミミガイ(絶滅危惧IA類)が挙げられている。

a. 「河川水辺の国勢調査」の結果：国土交通省(1997,2000,2002)より

河川の適切な整備と管理のため、および河川環境に関する基礎的な情報を収集する目的で行われている調査である。そのうち、河口域で底生動物を対象に行われた調査は干潟の生物相に関する情報が含まれている。調査方法は、コドラートを用いた定量採集と、タモ網や採泥器などを用いた定性採集を組み合わせている。報告書(国土交通省のホームページから閲覧可能)では、一部、定量採集の結果と思われる個体数の集計表を見ることができ、多くの生物については出現リストでしか確認できない。

以下に、出現する巻貝類(軟体動物門腹足綱)、二枚貝類(軟体動物門斧足綱)、ゴカイ類(環形動物門多毛綱)、エビ・カニ類(節足動物門甲殻綱十脚目)のうち、種まで同定できたものを挙げる。

物部川河口(平成12年度結果)

巻貝類：イシマキガイ、カノコガイ、フネアマガ

イ、スクミリンゴガイ(ジャンボタニシ)、カワニナ、タケノコカワニナ

二枚貝類：カネツケシジミ、ヤマトシジミ、マシジミ

ゴカイ類：ゴカイ、イトメ

エビ・カニ類：モエビ、ミナミテナガエビ、テナガエビ、ミゾレヌマエビ、ヒメヌマエビ、ヌマエビ、クロベンケイガニ、モクズガニ、アシハラガニ、ケフサイソガニ、タイワンヒライソモドキ、ベンケイガニ、オオヒライソガニ、アリアケモドキ、チゴガニ

仁淀川河口(平成12年度結果)

巻貝類：イシマキガイ、カノコガイ、タケノコカワニナ、カワザンショウガイ

二枚貝類：カネツケシジミ、ヤマトシジミ、マシジミ

ゴカイ類：ゴカイ、イトメ

エビ・カニ類：モエビ、ミナミテナガエビ、テナガエビ、スジエビモドキ、ミゾレヌマエビ、ヨコヤアナジャコ、ハマガニ、クロベンケイガニ、アカテガニ、モクズガニ、アシハラガニ、ケフサイソガニ、フタバカクガニ、タイワンヒライソモドキ、ベンケイガニ、アリアケモドキ、チゴガニ、コメツキガニ

四万十川河口(平成9年度,14年度結果)

巻貝類：ヒメカノコガイ、イシマキガイ、カノコガイ、キンランカノコ、ムシヤドリカワザンショウガイ、カワザンショウガイ、エドガワミズゴマツボ(ウミゴマツボ)、ヒメヨウラク、ヨコイトカケギリガイ、カラスキセワタ、ヒメコメツブガイ、トゲアメフラシ、ウミナメクジ

二枚貝類：ヒバリガイモドキ、ホトトギスガイ、クログチガイ、コウロエンカワヒバリガイ、マクガイ、マガキ、ニュージーランドガキ、チリハギガイ、チゴトリガイ、ヤマトシジミ、アサリ、ソトオリガイ

ゴカイ類： ヤマトキョウスチロリ， コケゴカイ， ゴカイ， イソゴカイ， スナイソゴカイ， イトメ， ホソミサシバ， コアシギボシイソメ， ツノスピオ， ヤマトスピオ， ドロオニスピオ， *Pseudopolydora pauchibranchiata*， コシオリマクスピオ， ツツオオフエリア， カニヤドリカンザシゴカイ

エビ・カニ類：ヨシエビ， クマエビ， キシユメエビ， ミナミテナガエビ， テナガエビ， ユビナガスジエビ（フトユビスジエビ）， シラタエビ， スジエビモドキ， フタミゾテッポウエビ， イソテッポウエビ， エビジャコ， ミゾレヌマエビ， ハサミシャコエビ， ヨコヤアナジャコ， ユビナガホンヤドカリ， ハマガニ， クロベンケイガニ， アカテガニ， ウモレベンケイガニ， モクズガニ， アシハラガニ， ケフサイソガニ， ヒメベンケイガニ， トゲアシヒライソガニモドキ， ユビアカベンケイガニ， カクベンケイガニ， フタバカクガニ， ベンケイガニ， オオヒライソガニ， トウヨウヤワラガニ， マメコブシガニ， アリアケモドキ， カワスナガニ， チゴガニ， ヒメヤマトオサガニ， ヤマトオサガニ， シオマネキ

定量調査と定性調査の両方の結果が含まれているため，単純に種数の比較をすることはできないが，四万十川河口が他の河川河口域に比べ，底生生物の種の多様性が明らかに高いことが分かる。

b. 「第7回自然環境保全基礎調査 浅海域生態系調査（干潟調査）」の結果：環境省（2007）より
自然環境の現状及び改変状況を把握し，自然環境保全の施策を推進するために行われている自然環境保全基礎調査のうち，全国の代表的な干潟における底生動物相について統一的手法により情報の収集把握を行ったものである。

調査方法は，半定量調査であり，5m×5mの方形枠内を，調査者2名が最初の5分間，底質表面で見られる底生動物の種と個体数の多寡（多，普通，

少）を記録し，次いで10分間，スコップを用いて約20cmの深さまで底質を掘り返し，目視で発見できた底生動物を採集した。同定を専門家に依頼していることも，本調査の特徴である。

高知県では，四万十川河口干潟と浦ノ内湾が調査対象となっている。以下に，出現する巻貝類（軟体動物門腹足綱），二枚貝類（軟体動物門斧足綱），ゴカイ類（環形動物門多毛綱），エビ・カニ類（節足動物門甲殻綱十脚目）のうち，種まで同定できたものを挙げる。

四万十川河口（2002年7月）

巻貝類：カノコガイ，クリイロカワザンショウ，ツブカワザンショウ，ヒラドカワザンショウ，カワザンショウガイ，ムシヤドリカワザンショウ，ヨシダカワザンショウ，ナラビオカミミガイ

二枚貝類：ヤマトシジミ

エビ・カニ類：イソスジエビ，マングローブテッポウエビ，ヨコヤアナジャコ，トウヨウヤワラガニ，ハマガニ，アシハラガニ，クロベンケイガニ，クシテガニ，カクベンケイガニ，ユビアカベンケイガニ，フタバカクガニ，ベンケイガニ，シオマネキ，コメツキガニ，チゴガニ，ヒメヤマトオサガニ，アリアケモドキ，カワスナガニ

そのほか，トビハゼやチワラスボなどの魚類，シマントコツブムシなどの等脚目甲殻類などが採集されている。ゴカイ類は種まで同定できていない。

浦ノ内湾（2002年7月）

巻貝類：カノコガイ，イシマキ，ホソウミニナ，タケノコカワニナ，ムシロガイ

二枚貝類：マガキ，マゴコロガイ，クチバガイ，マテガイ，ヒメアサリ

ゴカイ類：スナイソゴカイ，イワムシ，ムギワラムシ

エビ・カニ類：ニホンスナモグリ，ヨコヤアナジャコ，コワタクズガニ，タイワンヒライソモドキ，トリウミアカイソモドキ，ケフサイソガニ，ヒライソガニ，カクベンケ

イガニ, スナガニ, コメツキガニ, チゴガニ,
ヒメヤマトオサガニ, カワスナガニ

そのほか, 埋性ナマコ類のヒモイカリナマコ,
転石に付着する岩礁性の生物が多数記録されている。

国土交通省の調査に比べ, 種の同定精度が上がっており, また, 標本も環境省自然環境局生物多様性センターまたは同定者のもとで保管されることになっているため, 調査の資料的価値がきわめて高い。また, 本調査は全国157カ所の干潟で統一的手法により行われているため, 今後, 調査結果の比較解析が進めば, 全国の干潟の生物相と比較して高知県の干潟の特徴が明らかになるかもしれない。一方, 定量採集に比べ, 小型の生物の見落としが多い, 調査者の力量によって結果が左右されやすいなどの欠点もある。

以上のように, 高知県には大規模な干潟がなくこれまで生物相に関する研究例に乏しかったが, 実際には絶滅が危惧される種や貴重な種が分布している。今後の研究の進展による生物相の解明を期待するとともに, これ以上, 干潟環境の悪化が起きないことを願う。

最後に, 高知県の干潟やその生物相について助言をいただいた高知大学理学部の町田吉彦教授とエコシステムの細木光夫氏に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 秋山章男・松田道夫(1974):干潟の生物観察ハンドブック, 東洋館出版社. 332 pp.
環境省(2002):日本の重要湿地500, 環境省自然環境局. 382 pp.
環境省(2007):第7回自然環境保全基礎調査 浅海域生態系調査(干潟調査)報告書, 環境省自然環境局 生物多様性センター. 236 pp.
高知県レッドデータブック[動物編]編集委員会(編)(2002):高知県レッドデータブック[動物編]高知県の絶滅のおそれのある野生動物. 470 pp.
国土交通省(1997, 2000, 2002):河川水辺の国勢調査報告書(国土交通省ホームページにて掲載), http://www.3.river.go.jp/index_seibutu.htm
栗原康(1980):干潟は生きている, 岩波新書. 220 pp.

町田吉彦・佐藤友康・片山英里・山本藍子(2006):高知県浦ノ内湾におけるヘナタリの生息状況と須崎湾で得られた貝殻(腹足綱:フトヘナタリ科), 四国自然史科学研究, (3) 57-61.

和田恵次・西平守孝・風呂田利夫・野島哲・山西良平・西川輝昭・五嶋聖治・鈴木孝男・加藤真・島村賢正・福田宏(1996):日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状. WWF Japan Science Report, 3: 182pp.

第2節 土佐湾の潮下帯砂底の貝類

高知県に分布する貝類のリストは, 「土佐産貝類総目録」として中山駿馬氏によりまとめられている(中山, 1965)。土佐湾は, 土佐清水のサンゴ網や御豊瀬の底曳漁船による漁業の副産物として貝類の採集が行われるなど, 深海性貝類の新種が数多く記載され, また“珍種”とも言われるような希少種の宝庫となっている。現在でも土佐湾では, 高知大学理学部海洋生物学研究室により漁獲物に混じる貝類や甲殻類の調査が行われているほか, (独)水産総合研究センター中央水産研究所高知黒潮研究拠点の「こたか丸」による生物資源調査が行われ, 近年では, 例えば土佐湾の水深450mから780mに分布する腹足類をまとめたOkutani & Iwahori(1992)などの成果があげられている。

土佐湾からは今後も新種や希少種の存在が報告されてゆく「貝類の宝庫」のような場所であろうが, 今後予想されるさまざまな環境変化による脅威にさらされてゆくことも否定できない。地球温暖化による海水の酸性化の影響, 乱獲や生息場所の破壊などの問題が山積しているなか, 本稿で特に注意を喚起するのが沿岸域における砂浜海岸とその潮下帯砂底の環境保全である。ダム建設による流出土砂の減少によって海浜が貧弱化する問題は各地で知られているが(宇野木, 2002), これは高知県でも例外ではない。また, 瀬戸内海で海砂利採集が禁止されてからは太平洋で海砂利採集が行われており, 瀬戸内海で起きた底生生物の減少が土佐湾でも起きないという保証はない。

土佐湾の海底，沿岸域の堆積物底に生息する貝類に関しては，漁業対象種について，その分布要因や個体群動態に関して研究が行われているものもあるが，漁業対象とならない生物も含めた潮下帯の貝類群集の研究は潮間帯のそれに比べて乏しく，また断片的である．今後予想される環境問題に対する生物群集の応答を研究するためには，現時点での生物群集を多少とも定量的に記述するベースラインスタディが必要である．そこで，本稿では，高知県土佐湾の潮下帯砂底の貝類相とその季節変化，および水深による変化を明らかにするために行われたドレッジによる調査（山田ほか，2008）をもとに，砂浜潮下帯の貝類相を記す．

(1) 調査地

調査地には，水質，堆積物特性，魚類相，動物プランクトン相などの調査が高知大学により活発に行われている高知市仁ノ地先の仁淀川沖合を選定した．2007年4月から2008年4月まで隔月に，土佐湾仁淀川河口沖で堆積物底における貝類群集の季節変動の調査を行った．採集には桁網（間口0.5 x 0.2 m，目合い4 mm）を用い，水深10・20・30 mの等深線沿いに，それぞれ船速1ノットで10分間曳網し試料を得た．採集した試料は研究室に持ち帰った後80%エタノールで固定し，後日同定および計数を行った．

(2) 貝類相

仁淀川河口沖の砂底からは33科60種の貝類が採集された．

a. 軟体動物門

腹足綱

ニシキウズガイ科

キサゴ *Umbonium costatum*

クマサカガイ科

キヌガサガイ *Stellaria exustus*

タマガイ科

ウチヤマタマツバキ *Polinices sagamiensis*

マンジュウガイ *Polinices albumen*

ヒメツメタ *Glossaulax vesicalis*

ソメワケツメタ *Glossaulax bicolor*

ツガイ *Sinum undulatum*

カスミコダマ *Natica buriasensis*

イボボラ科

イボボラ *Distorsio reticularis*

アッキガイ科

カゴメガイ *Bedeva birileffi*

クリフレイシ *Thais (Reishia) luteostoma*

ムシロガイ科

アラレガイ *Niotha variegata*

エゾバイ科

トクサバイ *Phos senticosum*

ミクリガイ *Siphonalia cassidariaeformis*

シマミクリ *Siphonalia signa*

テングニシ科

テングニシ *Hemifusus tuba*

マクラガイ科

ムシボタル *Olivella fulgurata*

マクラガイ *Oliva mustelina*

ツクシガイ科

タオヤカツクシ *Costellaria sculptile*

オオツクシ *Costellaria suluensis*

コロモガイ科

ヘソアキオリイレボラ *Trigonostoma crenifera*

クダマキガイ科

ミガキモミジボラ *Inquisitor vulpionis*

コゲマキモノシヤジク *Tomopleura pouloensis*

クダマキガイ *Lophiotoma leucotropis*

タケノコガイ科

オウナタケ *Dimidacus anilis*

キリガイ *Triplostephanus triseriata*

タクミニナ科

オネジタクミニナ *Mathilda quinquelirata*

スイフガイ科

ツマベニクダタマガイ *Eocylichna braunsi*

キセワタガイ科

キセワタガイ *Philine argentata*

ウツセミガイ科

- ウツセミガイ *Akera soluta*
- 二枚貝綱
- ロウバイガイ科
 - ゲンロクソデガイ *Jupiteria confusa*
- フネガイ科
 - クイチガイサルボウ *Scapharca inaequivalvis*
 - ヌノメアカガイ *Cucullaea labiata*
- イガイ科
 - ツヤガラス *Modiolus elongatus*
 - ヤマホトトギス *Musculista japonica*
- イタヤガイ科
 - イタヤガイ *Pecten albicans*
 - ツキヒガイ *Amusium japonicum*
- ザルガイ科
 - マダラチゴトリガイ *Laevicardium undatopictum*
 - チゴトリガイ *Fulvia hungerfordi*
- バカガイ科
 - バカガイ *Mactra chinensis*

- ニッコウガイ科
 - モモノハナガイ *Moerella jedoensis*
 - ヨセギザクラ *Iacra japonica*
 - Tellinidae sp. 1
 - Tellinidae sp. 2
- シオサザナミ科
 - シオサザナミ *Gari truncata*
 - ヒノデアシガイ *Gari pallida*
- ユキノアシタガイ科
 - ミゾガイ *Siliqua pulchella*
- マルスダレガイ科
 - ハナガイ *Placamen tiara*
 - ヒメカノコアサリ *Veremolpa micra*
 - ウスハマグリ *Pitar japonicus*
 - スダレガイ *Paphia lischkei*
 - マツヤマワスレガイ *Callista chinensis*
 - ワスレガイ *Cyclosunetta menstrualis*
- サザナミガイ科

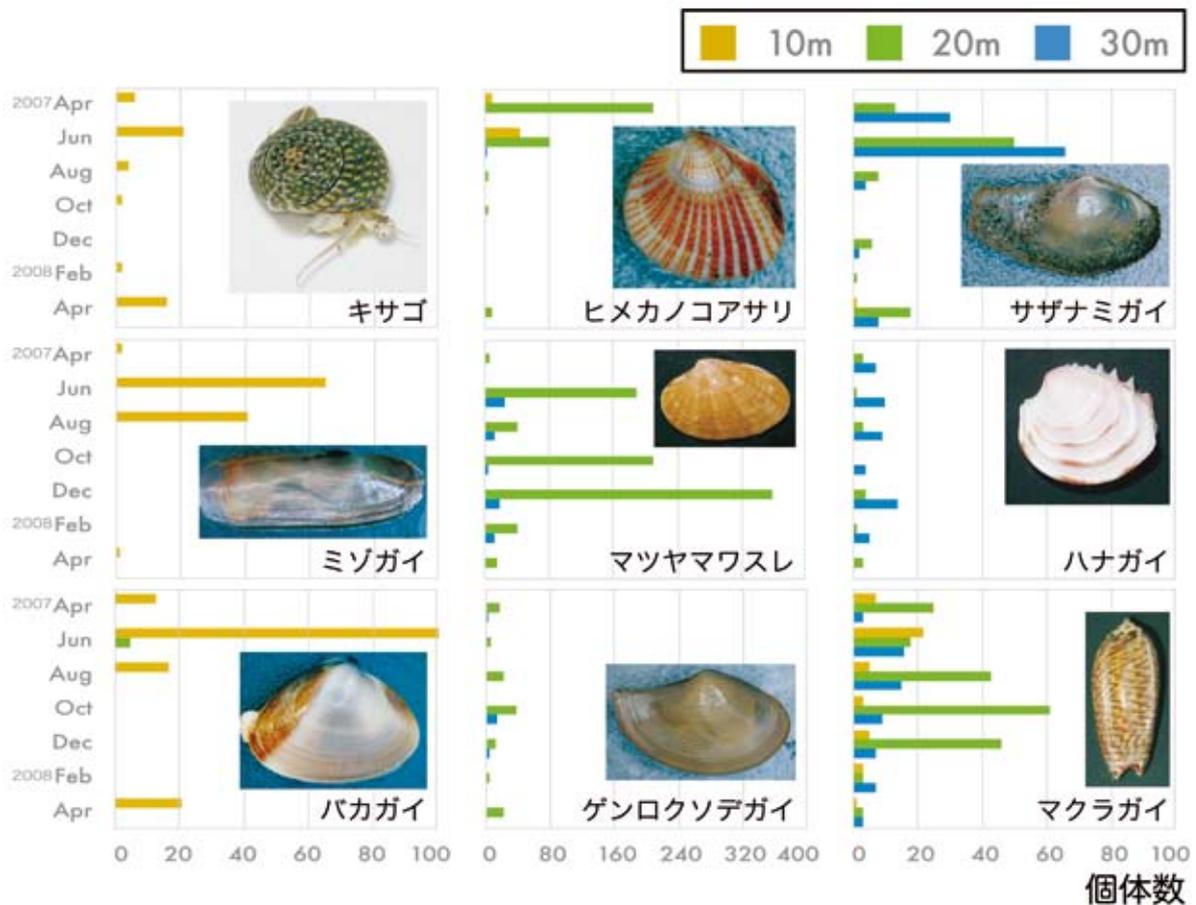


図22-10 仁淀川沖潮下帯砂底の貝類. 優占種の採集結果を示す.

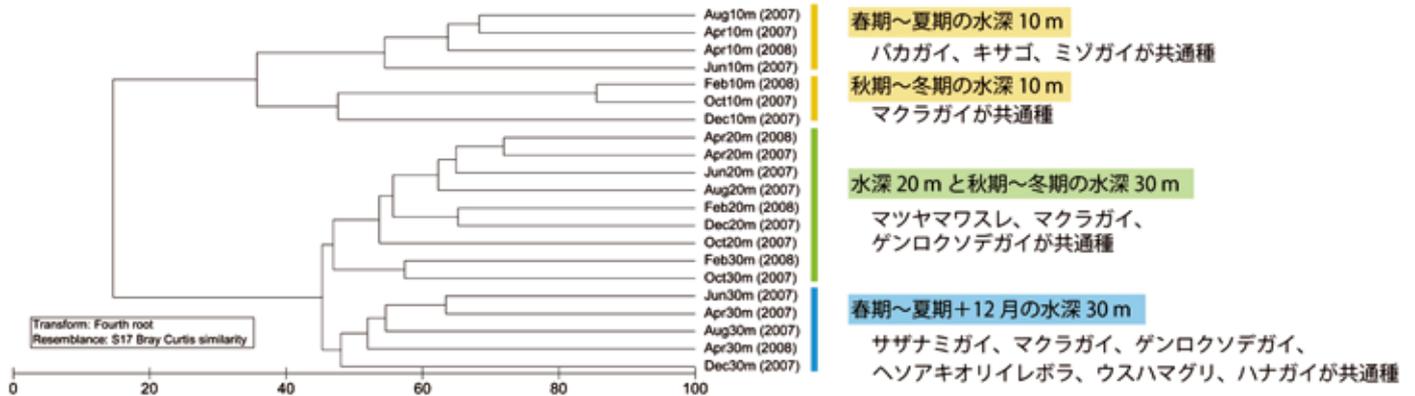


図22-11 仁淀川沖潮下帯砂底の貝類群集. クラスタ解析の結果を示す.

サザナミガイ *Lyonsia ventricosa*

ネリガイ科

ネリガイ *Pandorella otukai*

オキナガイ科

オキナガイ *Laternula anatina*

スエモノガイ科

ノムラスエモノガイ *Trigonothracia pusilla*

スナメガイ科

スナメガイ *Poromya flexuosa*

シャクシガイ科

ヒメシャクシ *Cardiomya gouldiana*

優占種の出現状況を図22-10に示す。例えば、マツヤマワスレやゲンロクソデガイは通年採集され、水深20mに多く、水深30mからも採集されたが、水深10mからは採集されなかった。ハナガイは通年採集され、水深30mに多く、水深20mからも採集されたが、水深10mからは採集されなかった。一方、バカガイやミゾガイは水深10mに多く、春期～夏期にのみ採集された。

Bray-Curtis類似度を用いたクラスタ解析の結果(図22-11)をからは、群集組成は水深ごとに異なり、さらに春期～夏期と秋期～冬期での季節変化

があることが明らかになった。今後、環境の変化に対する生物群集の応答を記述するために潮下帯における貝類群集の調査を行う場合には、地点や水深とともに季節性も考慮した採集を行う必要がある。

最後に、調査に際し、採集にご協力いただいた高知大学総合研究センターの木下泉教授、上田拓史教授、井本善次技官、貝類の同定にご協力いただいたPhuket Marine Biological Center (Thailand) のVararin vongpanich氏、京都大学人間環境学研究科の加藤真教授に深く御礼申し上げる。

引用文献

- 宇野木早苗 (2002) : 河川事業が沿岸環境へ与える影響を物理面から考える. 海の研究, 11:637-650.
- 中山駿馬 (1965) : 土佐産貝類総目録. 自費出版. 136 pp.
- Okutani, T. and Iwahori, A. (1992): Noteworthy Gastropods Collected from Bathyal Zone in Tosa Bay by the R/V Kotaka-Maru in 1987 and 1988. Venus, 51: 235-268.
- 山田ちはる・伊谷行・Vararin vongpanich・上田拓史・木下泉 (2008) : 土佐湾における潮下帯砂底の貝類群集の季節変動. 2008年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会 in 熊本 要旨集. p. 110.

トピックス

1. 高知の干潟ウェブ教材

高知県での環境教育を考える際、高知が海と山の自然に恵まれていることを、地の利として生かす必要があるだろう。そこで、まずは土佐の海岸の自然に触れ合う非日常体験を通して、こどもの心に残る環境教育を行うことを考え、「高知の干潟ウェブ教材」を作成した(図)。アドレスは<http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~itani/higata.html>である。高知大学のHPからは、生活環境コースのHP内のリンクから伊谷教員のHPをたどるか、附属教育実践総合センターのHP内のリンク「Web教材, 教育用素材など」をたどることにより表示できる。または、「干潟 教材」でgoogle検索を行うとトップで表示され

る(2009年3月31日)。

本web教材の特徴は、高知の自然に根ざしており、そのすべての素材を高知の海岸で撮影したことである。カニの行動については、動画を用いて、その採餌行動や求愛行動を見ることがもできる。これらの素材を用いて、干潟という環境がどこにでも存在し人と密接に関わっていること、多様な生物が暮らす場所であること、水質浄化の機能を持つこと、海と山の自然がつながっていること、などを理解できるように工夫している。

「高知の干潟ウェブ教材」作成には、(財)クリタ水・環境科学振興財団、平成20年度教育学部学部長裁量経費の助成を受けたことを記す。

高知の干潟 ウェブ教材

～干潟の生物多様性と水質浄化機能を学ぼう～

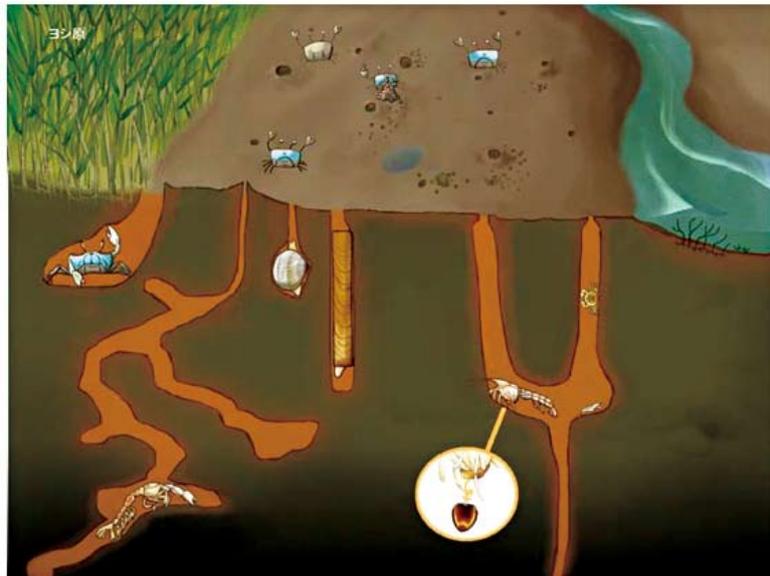


イラスト by 守田倫子 (高知大学教育学部
生活環境コース 平成19年3月卒業)

[＜小学生編＞](#)

[＜中学生編＞](#)

[＜学校の先生むけ＞](#)

作成：高知大学教育学部 伊谷行 (海洋共生生物学研究室)
このホームページは (財)クリタ水・環境科学振興財団の助成を得て作成されました。
田村氏、廣田氏、岩田氏 (高知大学大学院教育学研究科)、伊知地氏 (東京大学大学院海洋研究所)、中城先生 (高知大学教育学部附属小学校)、横田先生 (高知市一宮中学校) の助言により改訂を行いました。

2. シオサザナミ

世界各地の航空写真を見ることのできる Google Earth™ で、仁淀川河口を見てみよう。そこには、美しい土佐湾の海岸線や横浪半島の自然が映し出されている。しかし、少し気をつけてよく見てみると、

海岸線の砂浜はやせ細り、人工構造物によって砂の流出を抑えていることが分かる。また、横浪半島には砂利採取船が砂を採取し、不要な泥を捨てている様子を見ることができる。



土佐湾の砂浜は大丈夫なのか、砂浜沖合の海底の環境はどうなっているのだろうか？ 意外にも、砂浜やその沖合の海底の生物調査は少なく、どのような生物がその環境を代表する生物なのか、十分に分かっていない。今回の調査で採集されたシオサザナ

ミ *Gari truncata* は、砂浜沖合の細砂底に住む、いまや希少な二枚貝の代表である。写真は、仁淀川沖で12月に採集された殻長 16.7 mm の個体である。この美しい貝が今後も生き続けることのできる土佐湾であってほしい。



高知市総合調査 第1編 「地域の自然」 担当者

平成21年3月

- 第1章 太陽系の中の地球・高知
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
村上 英記
- 第2章 地質分野
高知大学副学長、教育研究部自然科学系理学部門教授
吉倉 紳一
- 第3章 土 壤
高知大学理事（総務担当） 櫻井 克年
- 第4章 高知市とその周辺の地層と化石
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
近藤 康生
- 第5章 南四国の地形
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
岩井 雅夫
- 第6章 高知県の気候・地形および四国沖の海底地形
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
海洋コア総合研究センター 村山 雅史
高知大学副学長、教育研究部自然科学系理学部門教授
吉倉 紳一
- 第7章 土佐湾沿岸から土佐海盆の地質と環境
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
海洋コア総合研究センター 池原 実
- 第8章 高知市沿岸の海洋について
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
海洋コア総合研究センター 岡村 慶
- 第9章 四国南部沿岸域の植生史
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
三宅 尚
- 第10章 高知県の植生
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
石川 慎吾
- 第11章 鏡川の河辺植生と植物相
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
石川 慎吾
- 第12章 高知市の蘚苔類
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
松井 透
- 第13章 菌類・地衣類
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
岡本 達哉
- 第14章 アメンボを指標とした高知県の温暖化現象の検討
高知大学教育研究部人文社会科学系教育学部門准教授
原田 哲夫
- 第15章 高知市の昆虫相
高知大学教育研究部自然科学系農学部門教授
荒川 良
- 第16章 高知市生物調査（哺乳綱・爬虫綱・両生綱）
NPO法人四国自然史科学研究センター長
谷地森秀二
- 第17章 鏡川淡水域の魚類相
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
遠藤 広光
高知大学大学院総合人間自然科学研究科修士課程
清沢遼太郎
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
町田 吉彦
- 第18章 浦戸湾とその流入河川河口域の魚類
高知大学大学院理学研究科博士前期課程修了
阪本 匡祥
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
町田 吉彦
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
遠藤 広光
- 第19章 高知市新川川の魚類相
高知大学大学院理学研究科博士前期課程修了
石川 晃寛
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
町田 吉彦
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
遠藤 広光
- 第20章 浦戸湾の刺し網で得られたカニ類
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
町田 吉彦
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
遠藤 広光
高知大学大学院理学研究科博士前期課程修了
山本 藍子
高知大学理学部卒業 渡邊 博満
- 第21章 高知市の干潟に生息するカニ類
高知大学教育研究部自然科学系理学部門教授
町田 吉彦
高知大学教育研究部自然科学系理学部門准教授
遠藤 広光
高知大学大学院理学研究科博士前期課程修了
山本 藍子
- 第22章 土佐湾の堆積物底の無脊椎動物
高知大学教育研究部人文社会科学系教育学部門准教授
伊谷 行
高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科博士課程
山田ちはる