

平成 21 年度
鏡川清流保全環境調査委託業務

報告書

平成 22 年 2 月

株式会社 西日本科学技術研究所

目次

業務概要	1
1. 業務の目的	1
2. 業務の期間	1
3. 業務の対象範囲	1
4. 作業項目とその概要	1
業務の内容	2
1. アユ遡上状況調査	2
1-1 調査日	2
1-2 調査地点	3
1-3 調査方法	4
1-4 結果および考察	5
1-4-1 生息密度	5
1-4-2 生息尾数	7
1-4-3 天然アユの遡上尾数	7
2. アユ産卵場調査	10
2-1 調査時期	10
2-2 調査対象範囲	10
2-3 調査方法	10
2-4 結果および考察	12
2-4-1 産卵期間中の気象条件等	12
2-4-2 産卵場の分布状況	13
2-4-3 産卵場面積	15
2-4-4 産着卵密度	17
2-4-5 死卵率	17
2-4-6 産卵深度	18
2-4-7 総産着卵数の推定	19
2-4-8 産卵場の水深と流速	20
3. 今後の課題と対策	22
3-1 アユ遡上状況調査から	22
3-2 アユ産卵場調査から	23
3-3 その他対策	25
3-3-1 鏡ダム放流量の調整	25
3-3-2 川全体の生産力向上（中・長期的課題）	25
3-3-3 江の口鴨田堰の取水口における降下アユの迷入防止策の一案	26
引用文献	27

業務概要

1. 業務の目的

本業務は昨年度からのアユの遡上、産卵等に関する継続調査であり、平成 18 年度に策定された新鏡川清流保全基本計画に伴い、鏡川に 100 万尾のアユの遡上を目指し、河川環境の保全と再生、アユ資源の拡大に向けた対策、取り組み等を検討するための基礎的情報の整備を目的とする。

2. 業務の期間

自：平成 21 年 5 月 13 日

至：平成 22 年 2 月 28 日

3. 業務の対象範囲

新月橋から鏡ダムまでの鏡川本川を対象とする。ただし、天然アユの遡上端が鏡ダムに達していると判断された場合には、支川の的淵川、吉原川も対象範囲に含める。

4. 作業項目とその概要

本業務では次の 2 項目の現地調査を実施した。両調査の概要は表 4-1 に示したとおりである。

アユ遡上状況調査

アユ産卵場調査

表 4-1 作業項目とその概要

作業項目	調査範囲	調査時期	作業内容
アユ遡上状況調査	新月橋～鏡ダム（19 地点）および支川の的淵川、吉原川	平成 21 年 5 月 28～29 日	潜水観察により、アユの遡上状況を把握
アユ産卵場調査	鏡川下流域 （新月橋～鏡川堰）	平成 21 年 11 月 30 日	アユ卵の確認により、アユの産卵場の位置と規模等を把握

業務の内容

1. アユ遡上状況調査

1-1 調査日

現地調査は平成 21 年 5 月 28 日（本川）、29 日（支川）に実施した。

調査時に観測した鏡川本川における水温と濁度を表 1-1 に示した。

調査時の水温（本川）は 17.8～18.8 の範囲で変動した。なお、平成 18、19、20 年の遡上調査時の水温は、それぞれ 16.6～19.2、16.9～23.7、17.0～18.3 の範囲にあった。これらと比べると、平成 21 年度の水温条件はやや高い範囲で変動が小さかったと評価できる。なお、支流の的淵川、吉原川では 16.6～17.7 の範囲にあり、本川に比べ 1 程度低い傾向にあった。

調査時の濁度は濁りが相対的に強いとされる鏡ダム直下においても 1.7 で、各地点とも概ね清澄な状態にあり、潜水目視に大きな支障はなかった。

表 1-1-1 調査時に観測した水温と濁度

調査日	平成21年5月28日(木)	天候	曇りときどき雨
測定時刻	地点名	水温()	濁度
7:50	St.19(鏡ダム下流)	18.7	1.7
8:00	St.18(川口橋下流)	18.8	
8:25	St.17(郵便局前)	18.4	1.7
8:50	St.15(大河内橋)	18.0	1.0
9:18	St.13(宗安寺)	18.0	
9:55	St.12(朝倉堰湛水部)	17.9	1.1
10:33	St.11(朝倉堰)	17.9	
11:30	St.10(江の口鴨田堰上流)	17.8	
12:36	St.8(鏡川堰湛水部)	17.9	1.2
13:02	St.6(廓中堰湛水部)	17.9	
13:30	St.4(廓中堰)	17.9	
13:52	St.3(紅葉橋)	18.0	
14:15	St.2(トリム公園前堰)	18.1	
14:40	St.1(新月橋上流)	18.1	

過去の同調査時も含め、アユの主な遡上時期である 3～5 月の河川流量（宗安寺地点）の推移を図 1-1-2 に整理した。これによると、平成 19 年の河川流量が期間を通じほぼ一貫して乏しく、他年では期間中、不定期に変動した。一方、調査を実施した 5 月下旬の流量に着目すると、平成 18 年と平成 20 年の流量が豊富で、平成 19 年と平成 21 年ではほぼ同等で、前者に比べ明らかに少なかった。このように、平成 21 年では 4 月下旬までの間は平成 19 年より流量は豊富であったものの、遡上活動が活発化する 5 月以降の流況は平成 19 年と同様に低水流量に近い水準にあった。なお、調査時の流量は平成 21 年 5 月 28 日が 4.19m³/s、平成 19 年では 4.16m³/s であった。

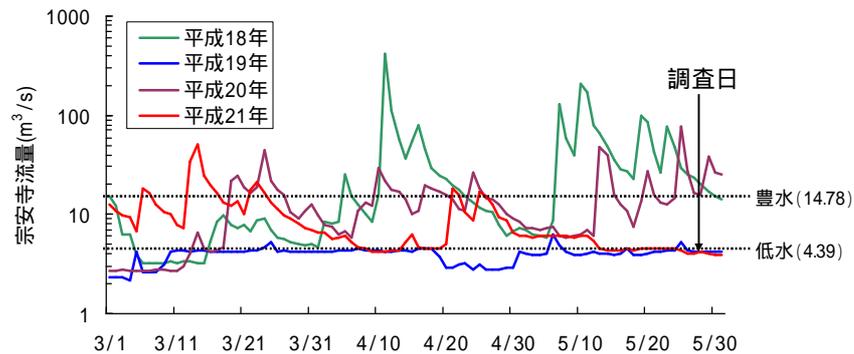


図 1-1-2 3～5月の宗安寺地点における河川流量

1-2 調査地点

図 1-2-1 に示した本川 19 地点および支川の吉原川、的淵川で 7 地点の計 26 地点で調査を実施した。このうち、支川での調査は天然遡上個体と思われるアユ（小型個体）の分布範囲で実施した。

調査地点のうち、下流域の St.2、4、7、9、11 はそれぞれトリム公園床止、廓中堰、鏡川堰、江の口鴨田堰、朝倉堰の直下流に位置している。また、中、上流域（St.13～19）では各地点とも瀬と淵の 2 箇所以上において潜水観察を行った。

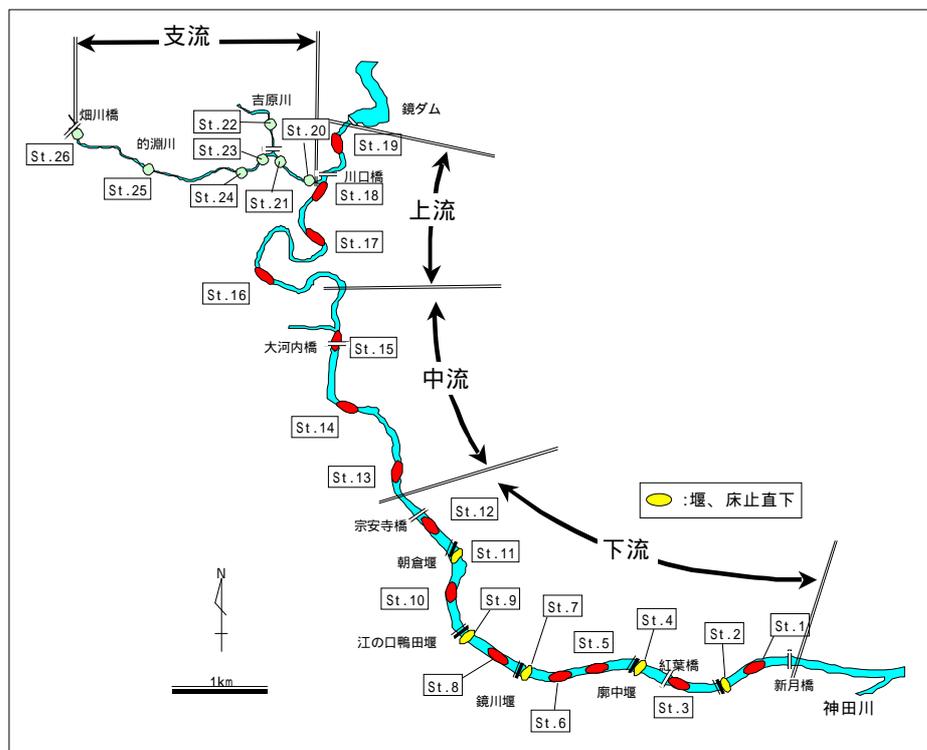


図 1-2-1 調査地点



St.2 (本川下流調査地点)



St.15 (本川中流調査地点)



St.18 (本川上流調査地点)



St.26 (支川の淵川上流調査地点)

1-3 調査方法

潜水目視観察により、アユの個体数を計数するとともに、各箇所での観察面積から生息密度(尾/m²)を算出した。なお、生息密度は原則として瀬と淵に分けて算出し、取水堰周辺では各堰の直下流と堰湛水部の生息密度を求めた。



潜水目視観察の状況



遡上アユの群れ

1.4 結果および考察

1.4.1 生息密度

各地点で観察したアユの生息密度を巻末に、過去の結果も含め図 1-4-1 に示した。

平成 21 年ではトリム公園床止直下 (St.2) において観測された 9.90 尾/m² が最大の生息密度であった。また、平成 21 年では最下流の St.1 の淵における生息密度が他年に比べ高い特徴があり、ここでの密度は St.2 に次ぐ 6.6 尾/m² に達した。この他、St.3 においても淵の生息密度が上流側の各地点に比べ高く、平成 21 年では稚アユの分布が下流域の淵等の緩流部に偏っていた傾向が確認できる。

過去の結果と比較すると、平成 21 年の分布は朝倉堰直下 (St.11) に多くの稚アユが集積していた平成 18 年と平成 20 年とは状況が大きく異なり、トリム公園床止直下 (St.2) の集積が顕著である点で平成 19 年と類似している。しかしながら、上記のとおり、平成 21 年では St.1 や St.3 の淵での生息密度が高い点で平成 19 年とも差異が認められる。

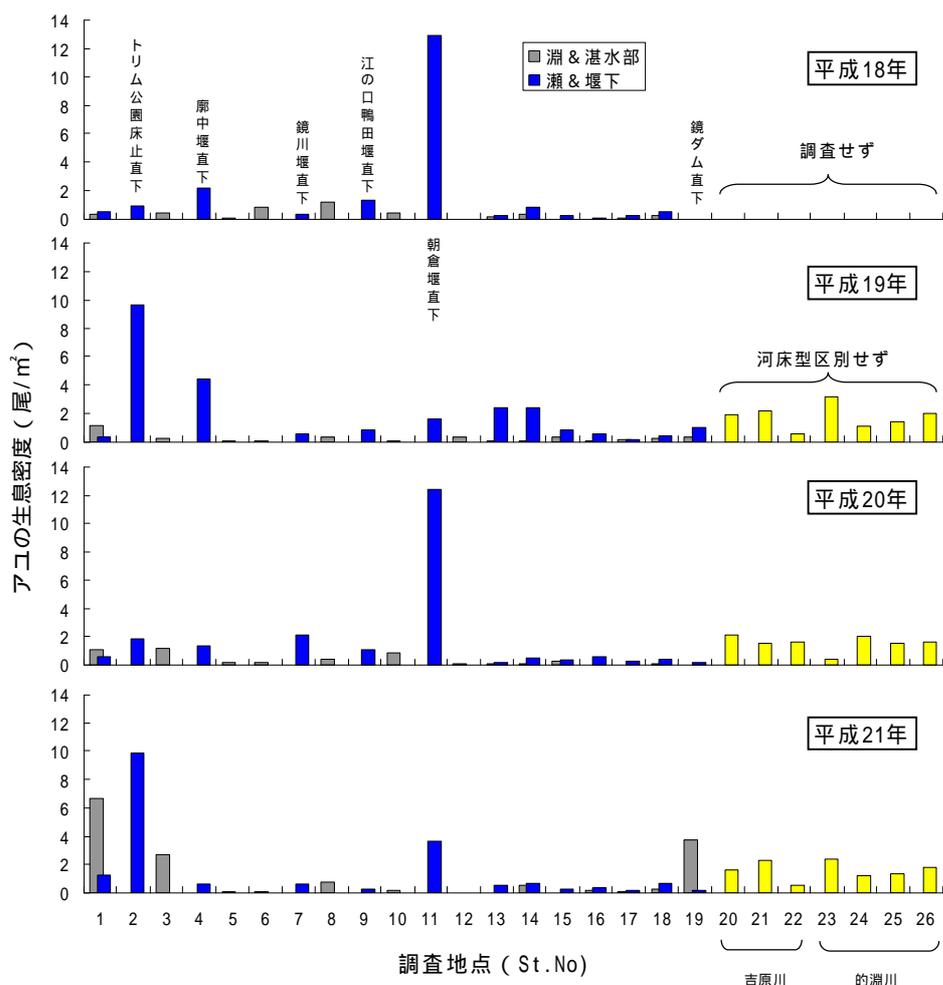


図 1-4-1 各地点におけるアユの生息密度



トリム公園床止直下 (St.2) に集積していた稚アユ

第 1-1 項で述べたとおり、河川流量は平成 18 年と平成 20 年が豊富で、平成 19 年と平成 21 年では流量が乏しい状態で共通していた。したがって、流量が乏しい状態ではトリム公園床止が稚アユの遡上障害となり、朝倉堰での遡上障害は小さくなると判断される。一方で、流量が豊富な状態では、遡上障害の程度はトリム公園床止で小さく、朝倉堰で大きくなる関係にあると結論しても良さそうである。このように、鏡川では河川流量の変動によって遡上障害となる場所が異なり、遡上障害が全体として小さくなる流量段階がほとんどないといってもよい。ただし、遡上障害の生じる場所は、下流側程河川全体に及ぶ影響の程度は大きいと考えるべきであり、ゆえに河川流量が乏しい際のトリム公園床止での遡上障害が特に問題であると指摘できよう。トリム公園床止の構造改善を優先すべきである。

流量の違いによるトリム公園床止の概況を比較すると(下写真) 流量の豊富な平成 20 年は床止の全域が越流しており、稚アユは概ね全面に亘り遡上が可能と想定される。しかし、流量の少ない状態では(平成 21 年) 遡上経路となる流水部が床止の右岸端の水路にほぼ限定され、ここ以外では落差が大きいため遡上は困難となる。しかも、感潮域のほぼ上流端に位置する当床止を通過する稚アユは遡上間もない小型個体が主体であり、遊泳力や跳躍力が劣ると考えねばならない。この点も遡上障害が顕在化する要因であろう。



平成 20 年と 21 年調査時におけるトリム公園床止の状況

1 4 2 生息尾数

観測したアユの生息密度に水面面積を乗じることにより算出したアユの生息尾数を図 1-4-2 に示した。なお、算定に用いた水面面積は、流況がほぼ同様であった平成 19 年に求めた水面面積（平成 18 年の実測値の補正值）を使用した。

鏡ダムまでの本川および支川下流部における平成 21 年度のアユの生息数は約 42 万尾と推定された。これは、過去最大であった平成 20 年の約 30 万尾を上回っており、年を追うごとに増加している状況が確認できる。

流程による分布をみると、各年とも新月橋～宗安寺の下流区間での生息数が豊富で、平成 21 年においてもこの範囲での増加が顕著であった。なお、河川流量が乏しい点で共通していた平成 19 年と平成 21 年での分布に着目すると、平成 19 年では宗安寺～大河内の中流部での生息数が豊富な点で相違が見られる。この違いは、平成 19 年では下流から中流区間への稚アユの移動、分散が平成 21 年に比べ活発であった様子を示している。ただし、このような分布状況の差異が生じた要因は明らかではない。

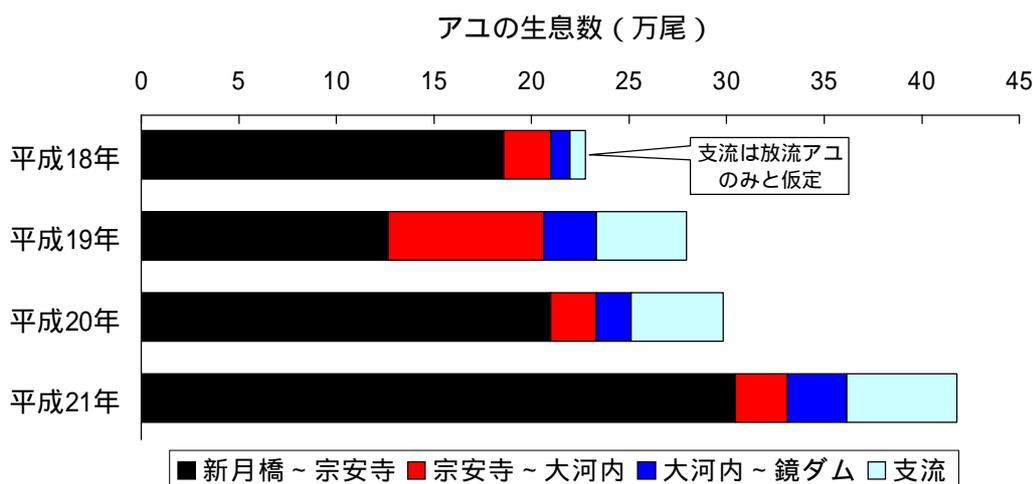


図 1 4 2 鏡川本川の下、中、上流および支流におけるアユの生息尾数

1 4 3 天然アユの遡上尾数

前項で示したアユの生息尾数は放流魚を含む。そこで、鏡川漁業協同組合から対象範囲内に放流されたアユの尾数を聞き取り、表 1-4-1 に示した。これによると、調査時までに対象範囲内に約 173000 尾のアユが放流されていたことがわかる。ただし、放流されたアユ種苗はその後死亡する個体もあり、谷口ほか（1989）は放流後の生残率を 60～80% と指摘している。放流アユの生残率を 70% と仮定すると、調査時点での放流アユの生息尾数は 121000 尾程度であったと推算できる。

先に求めた総生息尾数(418000 尾)から放流アユの生息尾数(121000 尾)を減じると、約 297000 尾となる。当尾数が 5 月末までに鏡川へ遡上した天然アユの尾数であり、調査時点で生息していたアユの 71% が海域から遡上した天然アユであったと推定できる。

表 1-4-1 鏡川（調査対象範囲内）における平成 21 年のアユの放流実績

放流日	放流地点	放流量(kg)	1尾あたり重量 (g/尾)	推定放流 尾数(尾)	備考
4月22日	廓中堰	170	10～12	15455	琵琶湖産種苗
	鏡川堰	160		14545	
	朝倉堰	310		28182	
4月27日	カジヤ下	160	10～15	12800	
	一号橋	170		13600	
	川口橋	170		13600	
5月8日	廓中堰	150	8～10	16667	熊本県産種苗
	鏡川堰	170		18889	
	朝倉堰	170		18889	
	行川	10		1111	
5月13日	川口橋	140	8～10	15556	熊本県産種苗
	畑川	30		3333	
計		1810		172626	

天然アユの遡上数の過去 4 ヶ年の推移をみると(図 1-4-3)、平成 18～20 年では 16 万尾前後でほぼ一定していた遡上数が平成 21 年において大きく増加した。なお、前述したアユ生息数の流程分布を勘案すれば、平成 21 年の天然アユの増加は主として新月橋～宗安寺の下流区間で生じていたと考えてよい。さらに、下流区間の生息数を廓中堰の上流と下流に分け、その割合をみると(図 1-4-4)、平成 21 年では特に廓中堰下流での生息割合が高く、8 割に達していた。一方、表 1-4-1 に示したとおり、アユ種苗の放流地点はほとんどが廓中堰より上流にあり、少なくとも平成 21 年では廓中堰下流の個体はほぼ全て天然遡上した個体と推論できる。

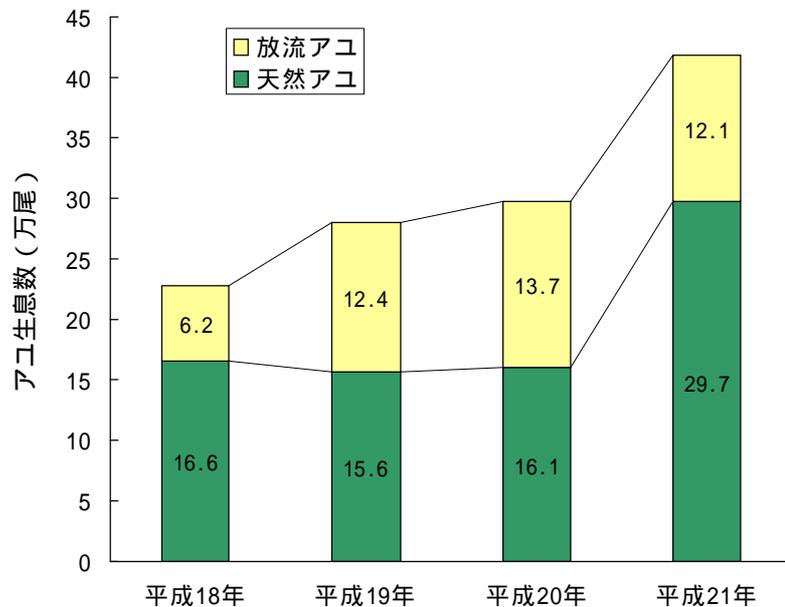


図 1-4-3 過去 4 ヶ年における放流と天然アユの生息尾数

このように、平成 21 年に増大した天然アユは、アユ漁解禁時(6月1日)においてもその大半が廓中堰より下流に分布しており、主漁場となる中流域での資源増大には大きく反映されなかったと推察できる。この原因の特定は困難ながら、平成 21 年 5 月の降水量が極端に乏しかった点も可能性として指摘できよう(図 1-4-5)。

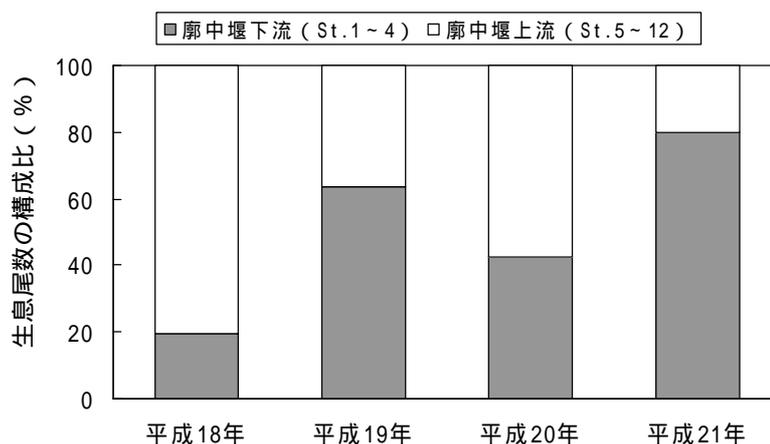


図 1 4 4 新月橋～宗安寺のアユ生息数の廓中堰上下流比

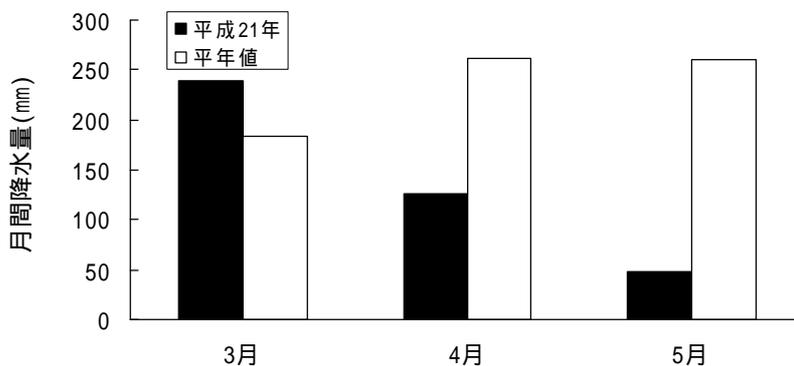


図 1 4 5 平成 21 年の月間降水量と平年値



平成 21 年の廓中堰下流(紅葉橋付近)で豊富に確認された稚アユ

2. アユ産卵場調査

2-1 調査時期

調査はアユの産卵盛期に近いと想定された平成 21 年 11 月 30 日に 1 回実施した。当日の天候は晴れ、宗安寺水位は 0.38m、同流量は 5.69m³/s であった。また、水温は 13.7～14.9 の範囲にあった。アユの産卵適水温は 14～19 とされており(落合・田中、1986)、調査時の水温は概ねこの範囲にあった。

なお、鏡川では 10 月 18 日に産卵場の造成作業(トリム床止下流、鏡川橋付近)が実施された。また、それに先立つ 10 月 16 日には廓中堰が半倒され、当堰の湛水部が大きく縮小されていた。

2-2 調査対象範囲

図 2-2-1 に示した新月橋～鏡川堰の範囲とし、この間の全ての瀬(7 箇所)を調査対象とした。

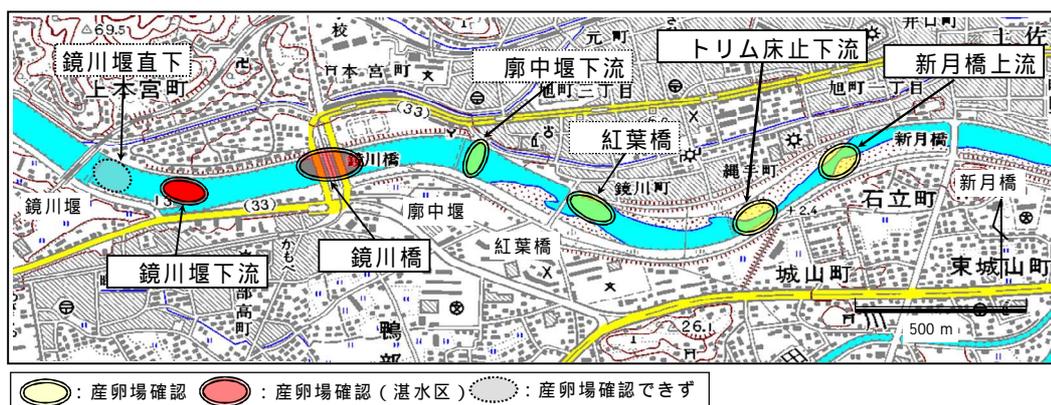


図 2-2-1 アユの産卵場調査対象地点

2-3 調査方法

調査対象範囲内の全ての瀬を踏査し、河床礫間に産み付けられたアユ卵(直径約 1mm)の有無を目視により確認した。その結果、6 地点で産卵場が確認された(図 2-2-1)。

産卵が確認された地点では以下の調査を実施した。





産卵場の位置、範囲、面積

産卵が確認された各地点において、産卵場の範囲を GPS で記録し、GIS ソフトを用いて平面図に整理するとともに、面積を計測した。

産着卵の状況

産卵が確認された各地点の 2~3 箇所、河床の砂礫を一定量採取し、その砂礫に産み付けられたアユ卵を生死別に計数した。当計数值と採取した砂礫の体積から、産着卵密度を求めるとともに、全卵数に占める死卵の割合から死卵率を算出した。

また、同箇所において河床砂礫中におけるアユ卵の分布深度(産着卵深度)を測定した。



産卵場の環境条件

各地点の産卵場内の 4~7 箇所において水深と流速を測定した。また、各地点の水温を観測した。



2-4 結果および考察

調査時に観測した産卵場面積、水深、流速、産着卵密度等の全データを巻末の付表 2-4-1 に示した。また、調査時に撮影したアユの産卵状況の写真を巻末に整理した。

2-4-1 産卵期間中の気象条件等

アユの産卵期間とされる 10～11 月の高知市における降水量と日平均気温（気象庁データ）および鏡川中流部の宗安寺地先における河川流量（鏡ダム観測データ）の推移を図 2-4-1 に整理した。なお、河川流量は過去の同調査時の変動も合わせて示した。

これによると、平成 21 年の産卵期の気温は概ね、平年気温を中心に変動し、大きな特異性はなかった。ただし、11 月上旬に比較的大きな低下と、その後中旬頃の高温傾向が特徴として指摘できる。

一方、降水量は 11 月中旬までは少雨傾向にあり、河川流量も乏しい状態で一定していたものの、11 月 10～11 日に総計 200mm を超える降雨があり、それに伴って河川流量も大きく増加した。この最の流量は過去の同調査年における産卵期の中で、最大であった。アユは急激な水温の低下等により産卵が促進されることから（落合・田中、1986）、この最の出水とその後 11 月 20 日前後に見られた気温の低下によって産卵が活発化した可能性が高いと推察できる。したがって、平成 21 年では 11 月 30 日の調査時に確認された産着卵は、11 月中旬の出水後に産卵されたものと考えてよく、例年に比べ河川流量が豊富な状態で産卵が行われた点が特徴といえよう。なお、産卵期の流量が比較的豊富な状況は平成 20 年と共通している。

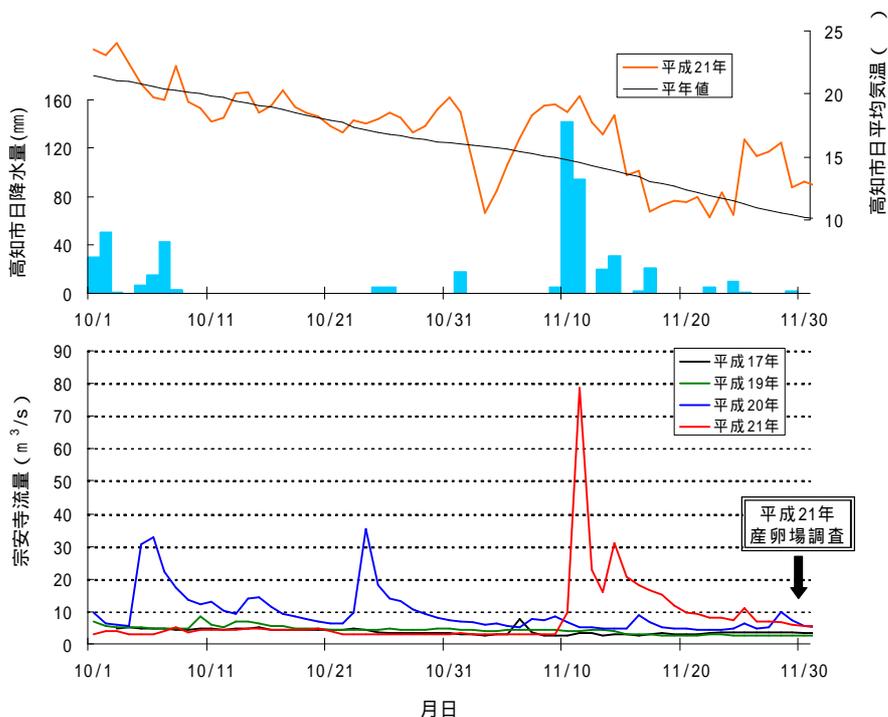


図 2-4-1 アユの産卵期間中の気象条件等

2 4 2 産卵場の分布状況

確認された産卵場の位置、形状を図 2-4-2 に示した。

産卵場は（新月橋上流）（トリム床止下流）（紅葉橋）（廓中堰下流）（鏡川橋）（鏡川堰下流）の計 6 地点で確認された。このうち、と の 2 地点は従来の廓中堰湛水部に形成されており、当堰の半倒の効果により形成された産卵場である。また、（新月橋上流）は感潮域に形成された産卵場で、潮汐に伴って水深や流速が日周的に大きく変動する。

これら産卵場の位置を過去と比較すると（図 2-4-3）、昭和 50、60 年にあった新月橋より下流側の産卵場は近年形成されず、下流方面から産卵場が縮小しつつある状況が確認される。また、近年実施された 4 回の調査でみると、全ての調査年で産卵場が確認された地点はトリム床止下流であり、安定的に産卵場が形成される地点であると評価できる。この他、廓中堰の半倒によって形成された鏡川橋付近およびその上流地点は、半倒時には必ず形成される産卵場となっている。

平成 21 年の産卵場の位置に着目すると、過去 2 ヶ年形成されていなかった紅葉橋地点に産卵場が形成された点が特徴的である。また、平成 19 年に塩水化のため消失していた新月橋上流に、平成 20 年に続いて産卵場が形成された点も特筆できよう。

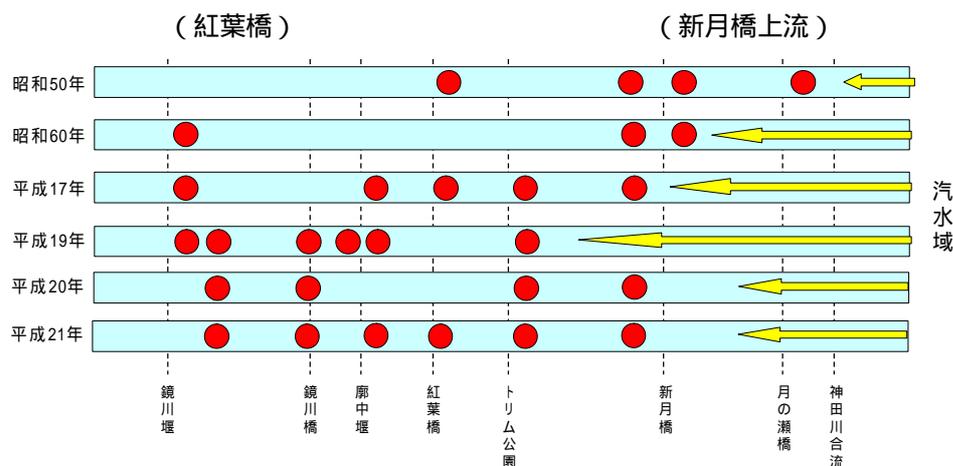


図 2 4 3 産卵場の位置
昭和 50 年：岡村ほか（1976）、昭和 60 年：高知市（1986）

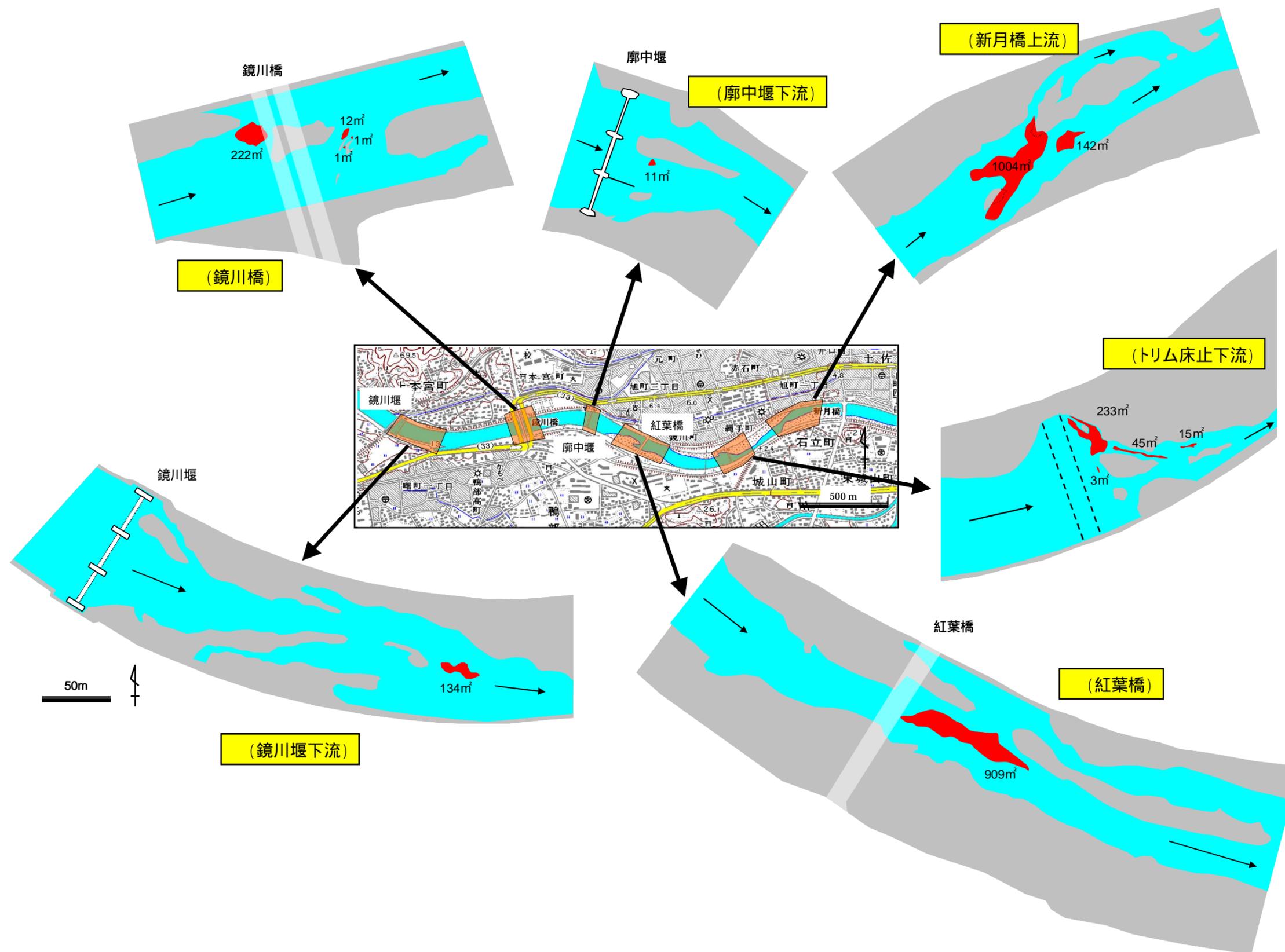


図 2-4-2 各地点におけるアユ産卵場（赤部分）の位置

2 4 3 産卵場面積

確認された産卵場の総面積は 2732 m²であった。これは、近年確認された産卵場総面積の中では最大であり（図 2-4-4）、最も狭かった平成 19 年の 2.7 倍に相当する。また、前年の平成 20 年に比べても倍増しており、平成 21 年の産卵場面積は例年になく広がったと評価できる。

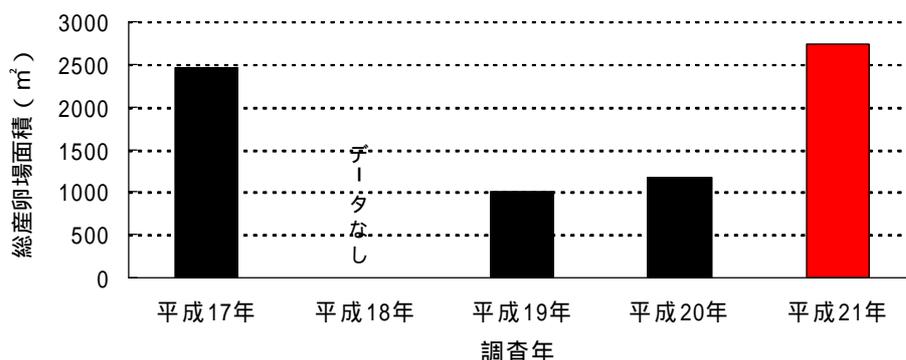


図 2 4 4 各調査年における産卵場の総面積

各地点の産卵場面積を図 2-4-5 に示した。これによると、産卵場面積が最も広がったのは 新月橋上流 (1146 m²)、次いで 紅葉橋 (909 m²) で、双方とも 1000 m²前後にあった。一方、最小は 廓中堰下流の 11 m²であった。

図 2-4-6 に示した各区間での産卵場面積の割合を過年度と比較すると、平成 21 年はトリム床止より下流の面積割合が高く、前年の平成 20 年の傾向と類似している。第 2-4-1 項で述べたとおり、平成 20 年と 21 年は双方とも産卵期の河川流量が豊富な点で共通しており、流量が豊富な場合に最下流の新月橋上流地点に広い産卵場が形成され、下流側の面積割合が高まる傾向が確認できる。

また、平成 21 年ではトリム公園床止～廓中堰 (C 区) の面積割合が高い点も特徴的であり、これは (紅葉橋) に比較的広い産卵場が形成されたためである。当産卵場は流量が豊富な点で共通していた平成 20 年には形成されていなかった。産卵場の形成条件は流量のみならず、地形や河床の状況、親アユの多寡等の多様な要因が関与していると考えられる。

なお、平成 21 年での廓中堰の半倒によって形成された産卵場の面積割合は半倒が実施された平成 19 年、20 年に比べ小さく、全体の 1 割程度であった。しかしながら、この区間の平成 19、20、21 年の産卵場面積はそれぞれ、380 m²、290 m²、370 m²であり、平成 21 年においても過去と同等の面積にあったといえる。

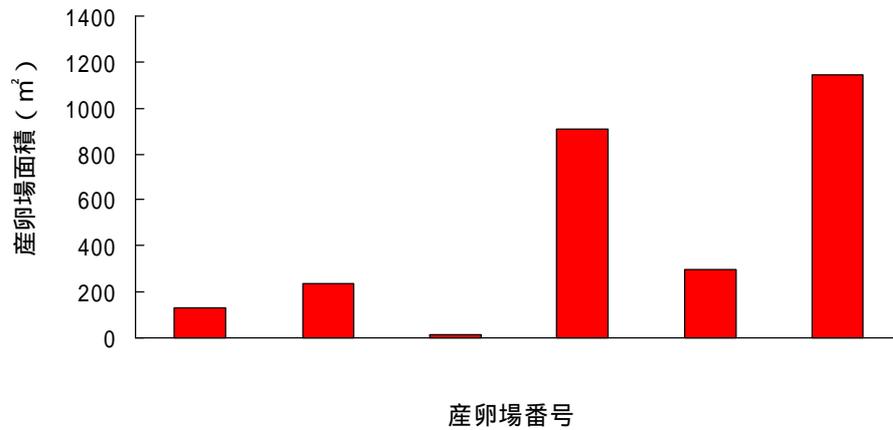
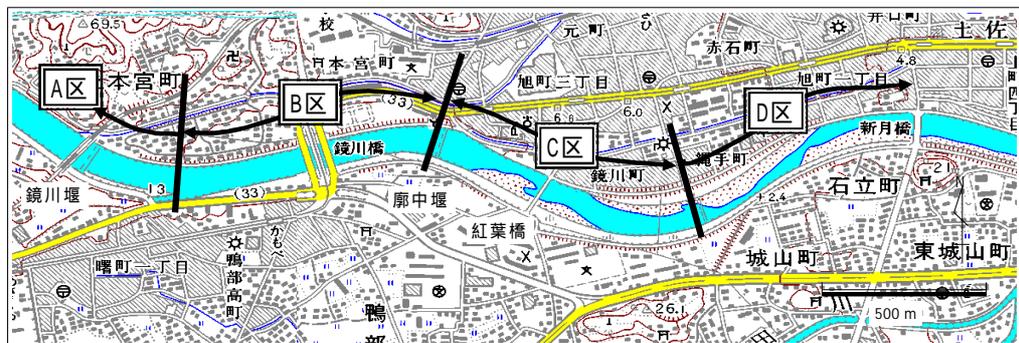


図 2-4-5 各地点の産卵場面積



面積割合 (%)

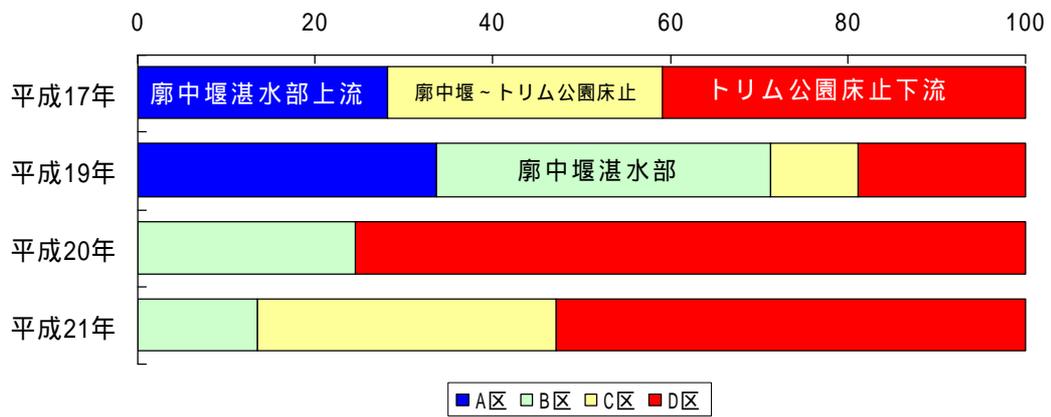


図 2-4-6 産卵場の区間別面積割合

2 4 4 産着卵密度

各地点の産着卵密度（平均値）を図 2-4-7 に示した。

産着卵密度が最も高かった地点は（鏡川橋）で、約 3200 個/1000cc に達した。なお、平成 20 年に観測された産着卵密度の最大は、同地点での 2050 個/1000cc であり、今般の密度はこれを大きく上回っていた。また、に次いで密度が高かった地点は（鏡川堰下流）であり、とも廓中堰の半倒によって形成された産卵場である。一方、産卵場面積が広がった（新月橋上流）や（紅葉橋）での産着卵密度は低く、これら産卵場では広く疎らに産卵されていた特徴が窺える。

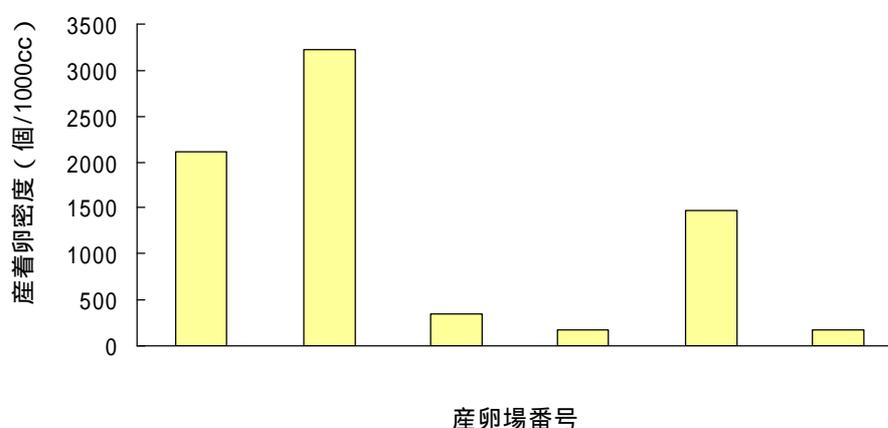


図 2 4 7 各地点の平均産着卵密度

2 4 5 死卵率

各地点の死卵率は 0～4.2%の範囲にあり、全平均は 0.62%であった。平成 20 年に観測された死卵率は 0.3～0.9%（平均 0.68%）の間にあり、最大値は平成 21 年において高かった。図 2-4-8 に示したとおり、この最大値は（新月橋上流）で観測されており、当地点では平均死卵率も 1%を超え、地点中最も高かった。先述したとおり、地点は感潮域に位置しており、潮汐によって水深、流速が大きく変動する。事実、低潮時に実施した調査時には産卵場の一部が干出した状態にあり、このような流水条件の変化が死卵率を高めたと判断できる。一方、～では平均死卵率は 1%以下の狭い範囲にあり、大差は認められなかった。



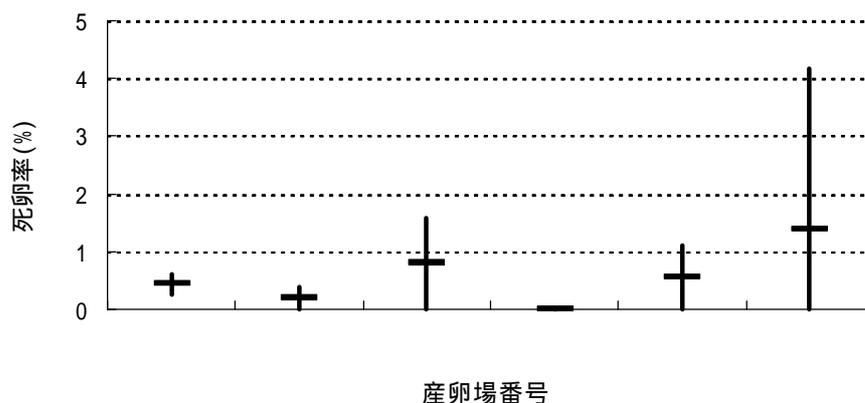


図 2-4-8 各地点での死卵率
横棒：平均、縦棒：範囲

2-4-6 産卵深度

各地点において観測した河床砂礫中におけるアユ卵の分布深度（産着卵深度）の平均と範囲を図 2-4-9 に示した。

これによると、（紅葉橋）と（廓中堰下流）の産卵深度が最大で、8cm に及び、相対的に深く、良好な産卵条件にあったと評価できる。一方、これら 2 地点以外の産卵深度は平均が 5.0～6.3cm の狭い範囲にあり、顕著な違いはない。ただし、（トリム床止下流）地点では観測値で最も浅い 3.5cm の箇所が認められ、相対的にやや浅い特徴が窺える。

岡村・為家（1977）によると、四万十川での良好な産卵場での産卵深度は 20cm 以上に及ぶとの報告があり、これに比べると、鏡川の産卵場はいずれの地点とも好適な河床状態にあるとは評価し難い。

なお、産卵場の造成（河床の耕耘）が実施された、地点の産卵深度は特に深いとはいえず、上記のとおりではむしろやや浅い状態にあった。したがって、産卵場の造成によって河床環境が改善されたとは判断できない。これは、産卵場造成を実施した 10 月 18 日以降の 11 月中旬に比較的規模の大きな出水があり（図 2-4-1）これによって、耕耘した河床が周辺の河床環境と同等の状態にまで改変された可能性が考えられる。



（鏡川橋）地点の産卵場造成場所

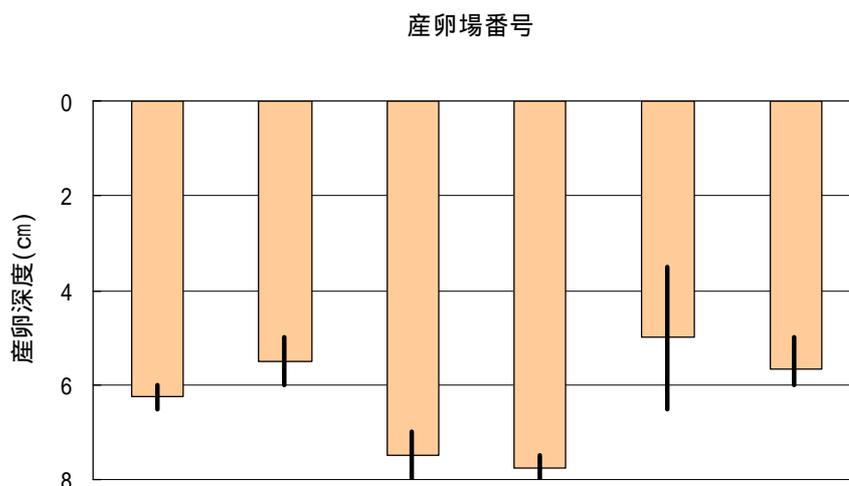


図 2 4 9 各地点で観測した産卵深度の平均と範囲

2 4 7 総産着卵数の推定

これまでに述べた産卵場面積、産着卵密度（平均）、死卵率（平均）、産卵深度（平均）のそれぞれの値から各地点の総産着卵数（生卵数）を求め、図 2-4-10 に示した。

全地点を合計した総産着卵数は約 1 億個と算定された。これは、ごく概算的に約 4 万尾の親アユ（性比 1 : 1、5000 個産卵/1 尾と仮定）が産卵した個数に相当する。産着卵数が最も多かった地点は（鏡川橋）で、約 4000 万個と推算され、次いで（トリム床止下流）が多かった。これら 2 地点はさほど広い面積ではなかったものの（図 2-4-5）、平成 21 年の中心的な産卵場であったと評価できる。さらに、このうち 地点は廓中堰の半倒によって形成された産卵場であり、両地点とも産卵場造成を実施した場所である点もアユ資源の増殖に向けた取り組みの効果を実証できる結果といえそうである。

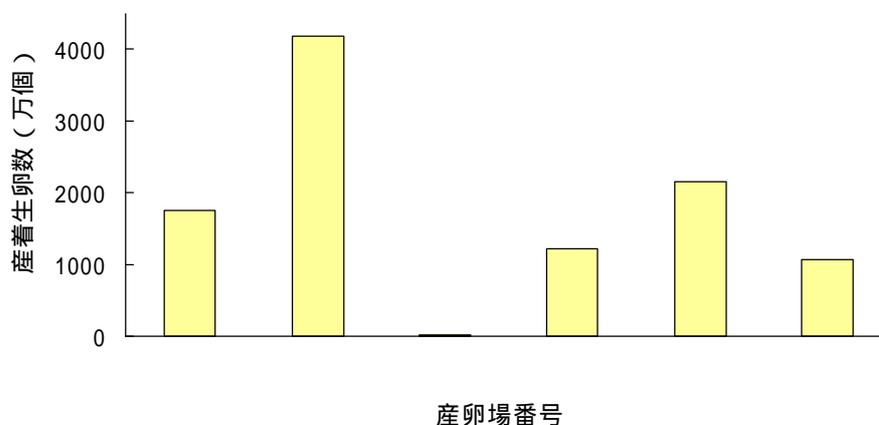


図 2 4 10 各地点における総産着生卵数の推計値

図 2-4-11 に示した各区間別の産着卵数の割合をみると、廓中堰の半倒によって形成された同堰湛水部に位置する区間での卵数が 6 割近くを占め、半倒の効果がより強調される結果となった。一方、トリム床止～廓中堰(C 区間)の卵数が占める割合は 1 割程度であり、当区間の産卵範囲としての現状における価値は大きくない。この区間における産卵環境の整備も今後の課題となろう。

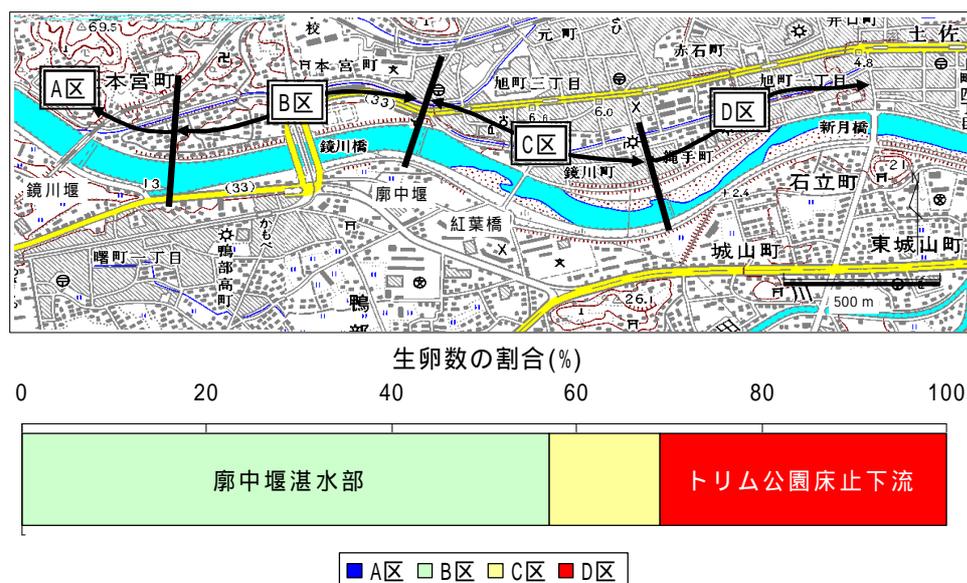


図 2 4 -11 産着生卵数の区間別割合

2 4 8 産卵場の水深と流速

各地点の産卵場内で観測した水深と流速（平均と範囲）を図 2-4-12 に示した。

各産卵場の水深は 0.05～0.92m の範囲にあり、全測定値の平均は 0.33m であった。ただし、先に述べたとおり、感潮域に位置する（新月橋上流）地点での一部産卵場は低潮時には干出していた。一方、産卵場の流速は 0.07～1.00m/s の範囲にあり、平均は 0.44m/s であった。四万十川で調査されたアユ産卵場の水深と流速の好適範囲は図 2-4-12 に示したとおり、水深が 0.1～0.5m、流速は 0.5～1.5m/s とされている。これと対比すれば、平成 21 年における鏡川の産卵場の水深は多様で、流速はかなり小さい範囲にまで及んでいた特徴が認められる。

地点別にみると、（紅葉橋）の水深が特異的に深く、流速が小さい状態にあった。また、（廓中堰下流）地点も同様な傾向にあり、特に、両地点とも流速が好適範囲よりかなり緩やかな状況にあったといえる。平成 21 年では 11 月中旬に比較的大きな出水があり、その後、流量が減少しつつある過程で産卵が行われたと考えられる。したがって、この地点では産卵が開始された当初の流速は速く、その後次第に緩流化した可能性が高い。その結果、調査時の流速が産卵場としては特異的に緩やかな状態になっていたと推論される。

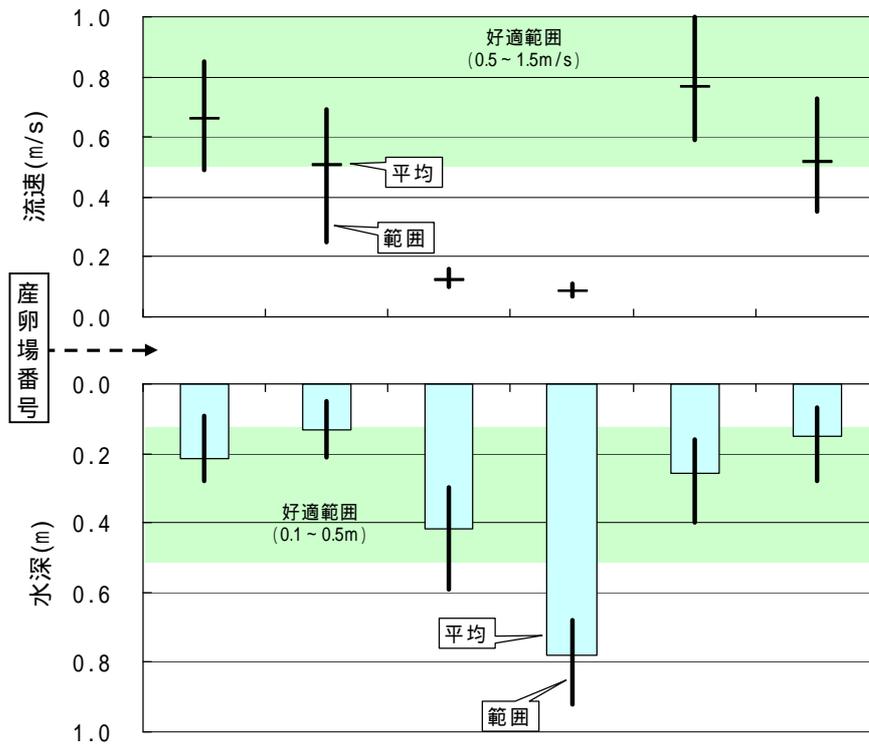


図 2-4-12 各地点の産卵場内で観測した流速（上）と水深（下）
 図中の好適範囲は上森・高橋（1984）による

3. 今後の課題と対策

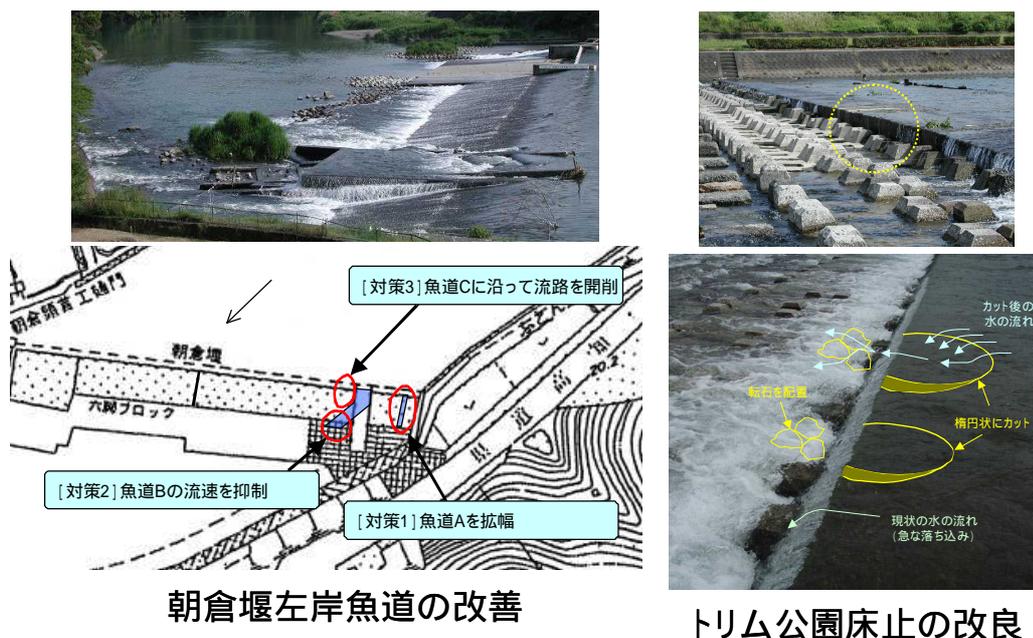
3-1 アユ遡上状況調査から

今回実施したアユ遡上状況調査により、天然遡上アユの増加が確認された。これは、前年の対策として、廓中堰を半倒し、新たな産卵場の拡大とふ化した仔アユの流下を円滑化できた効果が現れた可能性を持つ。しかしながら、遡上範囲が下流側に偏り、主漁場となる中流域への分散や、その後の成長も十分ではなかった。おそらく、5～6月の少雨が影響したものと推察する。そのため、鏡川ではアユ漁解禁当初より漁況は不振であったのは報道等のとおりであり、多くの天然遡上アユが小型のまま下流域に止まる状態が続いた。



この上流側への分散を妨げた一因には、トリム公園床止による遡上障害がある。この現象は遡上期の流量が乏しかった平成 19 年にも確認されており、同様に流量の少なかった今年度の確認により、その普遍性が確認できたといえよう。

アユの遡上障害は下流側で生じる程、河川全体に及ぶ影響が大きいと考えるべきであり、鏡川における最下流の横断構造物による遡上障害は大きな課題として位置づけられる。一方、流量が豊富な際には朝倉堰において遡上障害が顕在化する現象も過去 2 カ年で確認されている。このように、鏡川ではほとんどの流量段階において遡上障害が生じていると考えるべきである。ただし、その影響度からみて、トリム公園床止での対策が優先されるべきであろう。図 3-1-1 にその対策の一案を示した。



朝倉堰左岸魚道の改善

トリム公園床止の改良

図 3-1-1 朝倉堰とトリム公園床止の対策案（一例）

なお、トリム公園床止の管理者である高知県によると、床止本体の改良は難しいとのことであり、本体下流の護床工の改良を検討中である。平成 22 年冬季に施工予定とのことである。当対策による効果の検証も今後（平成 22 年度）の課題である。



高知県によるトリム公園床止の視察とその際検討された改善案

3.2 アユ産卵場調査から

平成 21 年の産卵場面積は平成 17 年以降に実施した同調査中最大であった。これは、同年春季でのアユの天然遡上量が最大であった状況と齟齬せず、親アユも相対的に多かったと判断してよさそうである。しかし、前項で述べたとおり、鏡川での今年のアユ漁は全般に不振であった。このような関係から考え、平成 21 年では秋季まで成長が不十分な小型のアユが下流側へ止まっていたため、主漁場である中～上流部での漁獲が減少した可能性を想像させる。さらに、これによって相対的に漁獲されるアユが少なかった点も秋季に産卵する親アユが比較的多く残存した一因かもしれない。

一方、平成 21 年の産卵状況で特筆すべきは、廓中堰の半倒によって新たに形成された産卵場での産着卵数が総卵数の半数以上に及んだ点である。さらに、3 ヶ年継続した半倒の結果、これら産卵場はほぼ一定の場所に毎年、形成される実態が確認でき、半倒によって確実に産卵場が形成されると結論できる。河川下流域の堰湛水部がアユの産卵場となる確実性を明示できた点は、全国的に応用可能な対策として貴重な情報である。

また、中心的な産卵場となった2地点（ 、 ）はいずれも10月中旬に産卵場の造成を実施した場所でもあった。当結果は産卵場造成の効果を証明しており、今後とも産卵場の造成を継続するために意義深い情報と考える。ただし、造成後の河床環境は良好とは言い難かった。これは造成から産卵盛期まで1カ月以上経過し、しかもその間に出水を経験した事が大きな要因と推察する。産卵場の造成作業は産卵開始に極力近い時期に実施すべきであろう。



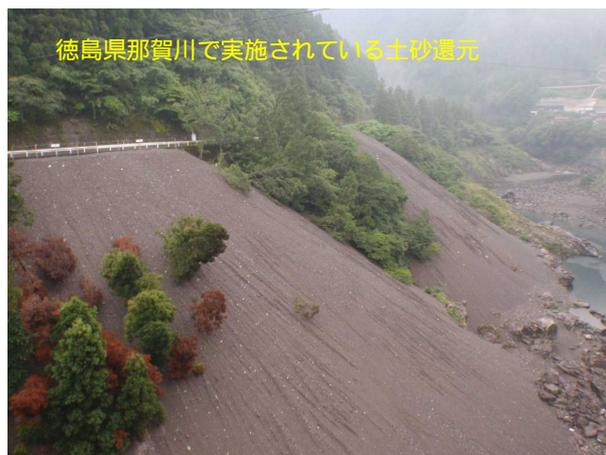
（トリム公園床止下流）での産卵場造成作業の状況



（鏡川橋）での産卵場造成作業の状況

調査結果からも明らかなように、鏡川の産卵深度は良好な産卵場に比べ明らかに浅く、産卵場造成を行った場所においても河床環境が大きく改善されたとは言い難かった。この主な原因は、調査時の印象から、鏡川下流域の河床材の粒径が相対的に大きいためと推察する。今後、河床材料の粒度組成も把握し、その特性を明らかにする必要がある。アユは径 1～20mm の礫に好んで産卵する一方（石田、1961）鏡川下流域にはこのような小粒径の砂利が仁淀川や四万十川に比べ少ない傾向が指摘できる。このような、産卵に好適な小砂利の確保も重要な課題と考える。

今後、河岸や河床の掘削時等には径 1～20mm の礫（細礫と中礫）を積極的に残す対策等の検討が望まれる。さらに、近年ダム下流域で実施されるようになってきた、土砂還元対策も検討すべき課題である。



3-3 その他対策

3-3-1 鏡ダム放流量の調整

鏡ダム放流水量の弾力的な運用が可能となれば、アユの成育等にとって効果的な運用計画を検討できる。特に、平成 20 年、21 年の調査によって産卵期の流量の豊富さがアユの再生産活動にとって重要である点が指摘され、秋季の流量のコントロールが重要な役割を持つ事が明らかである。今後の検討により大きな効果も期待できる。

3-3-2 川全体の生産力向上（中・長期的課題）

一般に、アユの生息数が豊富な年には魚体が小さくなる傾向がある。これは生物全般にみられる現象ともいえよう。現在の鏡川の中～下流域には推定 20～40 万尾程度のアユが生息している。ここに、100 万尾のアユが遡上した場合、十分に成長できない可能性がある。遡上数が豊富であった平成 21 年でのアユの成長が劣っていたとの指摘からもこの可能性が強調されよう。

これを解決するには、川全体の生産力、収容力をこれまで以上に高める必要がある。これには水質、水量、河道形態等の改善に加え、森林整備による栄養塩や土砂供給、水量の安定化など長期的、包括的な検討が必要となろう。鏡川に限らず、全国の河川が抱える課題でもある。

3-3-3 江の口鴨田堰の取水口における降下アユの迷入防止策の一案

鏡川でのアユの再生産に関する問題の一つとして、江の口鴨田堰の湛水部に建設されている取水口から江の口用水へのアユ（産卵降下個体）迷入が指摘されている。この対策として、高知市では平成 21 年秋季に木製の迷入防止装置を当取水口に設置した。しかし、当装置はアユの降下期に設置し、その後撤去するため、恒久的な装置ではなく、毎年着属的に設置と撤去を繰り返す必要がある。

ここでは、恒久的な迷入防止対策の一案として、図 3-3-1 に示す庇状構造物（鋼製）の設置を提案する。アユは主に底層を移動する習性があるため、当装置によりある程度の迷入が防止できると推察する。ただし、当構造により迷入が大きく低減できる確証は現状では得られていない。設置後の効果検証も必要であるものの、ある程度の効果が得られれば、他施設での応用が期待できる。



江の口用水（左）と取水口に設置された迷入防止装置（右）

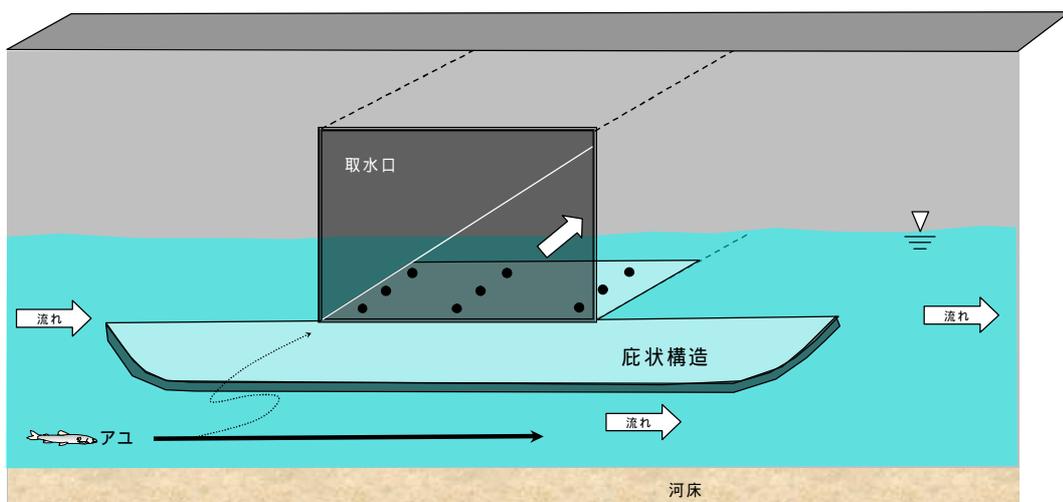


図 3-3-1 迷入防止対策の一案

引用文献

石田力三．1961．アユの産卵生態-II 産卵魚の体型と産卵床の砂礫の大きさ．日本水産学会誌，27) 12): 1052-1057．

落合明・田中克．1986．新版魚類学(下)．恒星社厚生閣、東京．

岡村収・為家節弥．1977．四万十川の魚類．四万十川水系の生物と環境に関する総合調査報告書，高知県．

谷口順彦・依光良三・西島敏隆・松浦秀俊．1989．土佐のアユ 資源問題を考える．高知県内水面漁業協同組合連合会、高知．

付表 1-4-1 アユの生息密度調査結果

地点			確認尾数	観察面積 (m^2)	生息密度 (尾/ m^2)
1	新月橋上	瀬	121	96	1.260
		淵	530	80	6.625
2	トリム堰	堰下	594	60	9.900
		瀬	67	20	3.350
3	紅葉橋	湛	1676	630	2.660
4	廓中堰下	堰下	66	115	0.574
		瀬	30	30	1.000
5	廓中堰湛水下	湛	47	470	0.100
6	廓中堰湛水上	湛	50	660	0.076
7	鏡川堰下	下	163	265	0.615
8	鏡川堰湛水	湛	300	390	0.769
9	鴨田堰下	下	48	190	0.253
10	鴨田堰湛水	湛	61	370	0.165
11	朝倉堰下	a右	83	20	4.150
		a左	9	4	2.250
		a中央	6	12	0.500
		b	115	21	5.476
		c	110	32	3.438
12	朝倉堰湛水	湛	21	1140	0.018
13	宗安寺	瀬	53	102	0.520
		淵	3	240	0.013
14	消防道	瀬	43	65	0.662
		淵	139	270	0.515
15	大河内橋	瀬	34	155	0.219
		淵	8	190	0.042
16	運動公園	瀬	45	125	0.360
		淵	20	100	0.200
17	-	瀬	29	138	0.210
		淵	9	190	0.047
18	川口橋	瀬	51	80	0.638
		淵	53	210	0.252
19	鏡ダム下	瀬	10	75	0.133
		淵	334	90	3.711

付表 2-4-1 アコ産卵場における各種観測値

調査日		2009年11月30日		産着卵観測								
天候		晴れ		産卵深度 (cm)	採取礫量 (cc)	生卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵密度 (粒/1000cc)	死卵率 (%)			
地点番号		(新月橋上流)										
水温(°C)		13.7		No.	水深 (m)	流速 (m/s)						
面積(m ²)		1146		1	0.10	0.35	5.0	200	43	0	215	0.0
2	0.12	0.44	6.0	200	46	2	240	4.2				
3	0.07	0.42	6.0	250	13	0	52	0.0				
4	0.09	0.52	-	-	-	-	-	-				
5	0.28	0.62	-	-	-	-	-	-				
6	0.26	0.73	-	-	-	-	-	-				
7	-	-	-	-	-	-	-	-				
最大	0.28	0.73	6.0	-	-	-	240	4.2				
最小	0.07	0.35	5.0	-	-	-	52	0.0				
平均	0.15	0.51	5.7	-	-	-	169	1.4				

調査日		2009年11月30日		産着卵観測								
天候		晴れ		産卵深度 (cm)	採取礫量 (cc)	生卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵密度 (粒/1000cc)	死卵率 (%)			
地点番号		(トリム床止下流)										
水温(°C)		14.2		No.	水深 (m)	流速 (m/s)						
面積(m ²)		296		1	0.16	0.84	6.5	140	359	4	2593	1.1
2	0.17	0.88	3.5	240	82	0	342	0.0				
3	0.22	0.59	-	-	-	-	-	-				
4	0.17	0.63	-	-	-	-	-	-				
5	0.34	1.00	-	-	-	-	-	-				
6	0.40	0.65	-	-	-	-	-	-				
7	0.35	0.76	-	-	-	-	-	-				
最大	0.40	1.00	6.5	-	-	-	2593	1.1				
最小	0.16	0.59	3.5	-	-	-	342	0.0				
平均	0.26	0.76	5.0	-	-	-	1467	0.6				

調査日		2009年11月30日		産着卵観測								
天候		晴れ		産卵深度 (cm)	採取礫量 (cc)	生卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵密度 (粒/1000cc)	死卵率 (%)			
地点番号		(紅葉橋)										
水温(°C)		14.9		No.	水深 (m)	流速 (m/s)						
面積(m ²)		909		1	0.68	0.07	8.0	230	33	0	143	0.0
2	0.85	0.09	7.5	250	51	0	204	0.0				
3	0.75	0.11	-	-	-	-	-	-				
4	0.70	0.08	-	-	-	-	-	-				
5	0.92	0.07	-	-	-	-	-	-				
6	-	-	-	-	-	-	-	-				
7	-	-	-	-	-	-	-	-				
最大	0.92	0.11	8.0	-	-	-	204	0.0				
最小	0.68	0.07	7.5	-	-	-	143	0.0				
平均	0.78	0.08	7.8	-	-	-	174	0.0				

調査日		2009年11月30日		産着卵観測								
天候		晴れ		産卵深度 (cm)	採取礫量 (cc)	生卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵密度 (粒/1000cc)	死卵率 (%)			
地点番号		(廊中堰下流)										
水温(°C)		14.6		No.	水深 (m)	流速 (m/s)						
面積(m ²)		11		1	0.34	0.16	8.0	200	125	2	635	1.6
2	0.30	0.10	7.0	300	14	0	47	0.0				
3	0.44	0.11	-	-	-	-	-	-				
4	0.59	0.12	-	-	-	-	-	-				
5	-	-	-	-	-	-	-	-				
6	-	-	-	-	-	-	-	-				
7	-	-	-	-	-	-	-	-				
最大	0.59	0.16	8.0	-	-	-	635	1.6				
最小	0.30	0.10	7.0	-	-	-	47	0.0				
平均	0.42	0.12	7.5	-	-	-	341	0.8				

調査日		2009年11月30日		産着卵観測								
天候		晴れ		産卵深度 (cm)	採取礫量 (cc)	生卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵密度 (粒/1000cc)	死卵率 (%)			
地点番号		(鏡川橋)										
水温(°C)		14.3		No.	水深 (m)	流速 (m/s)						
面積(m ²)		236		1	0.05	0.25	5.0	100	390	0	3900	0.0
2	0.11	0.36	6.0	100	254	1	2550	0.4				
3	0.12	0.52	-	-	-	-	-	-				
4	0.14	0.62	-	-	-	-	-	-				
5	0.17	0.69	-	-	-	-	-	-				
6	0.21	0.58	-	-	-	-	-	-				
7	-	-	-	-	-	-	-	-				
最大	0.21	0.69	6.0	-	-	-	3900	0.4				
最小	0.05	0.25	5.0	-	-	-	2550	0.0				
平均	0.13	0.50	5.5	-	-	-	3225	0.2				

調査日		2009年11月30日		産着卵観測								
天候		晴れ		産卵深度 (cm)	採取礫量 (cc)	生卵数 (粒)	死卵数 (粒)	卵密度 (粒/1000cc)	死卵率 (%)			
地点番号		(鏡川堰下流)										
水温(°C)		14.1		No.	水深 (m)	流速 (m/s)						
面積(m ²)		134		1	0.09	0.61	6.0	160	416	1	2606	0.2
2	0.18	0.49	6.5	200	321	2	1615	0.6				
3	0.28	0.85	-	-	-	-	-	-				
4	0.28	0.73	-	-	-	-	-	-				
5	0.24	0.63	-	-	-	-	-	-				
6	-	-	-	-	-	-	-	-				
7	-	-	-	-	-	-	-	-				
最大	0.28	0.85	6.5	-	-	-	2606	0.6				
最小	0.09	0.49	6.0	-	-	-	1615	0.2				
平均	0.21	0.66	6.3	-	-	-	2111	0.4				

調査時に撮影した親アユの状況

