

平成 20 年度
鏡川清流保全アユ生態調査委託業務

報告書

平成 21 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. 調査項目とその概要	1
4-1 アユ産卵場調査	1
4-2 仔アユの流下状況調査	1
4-2-1 夜間連続調査	1
4-2-2 定期調査	1
業務の内容	2
1. アユ産卵場調査	2
1-1 調査時期	2
1-2 調査地点	2
1-3 調査方法	2
1-4 調査結果	3
1-4-1 産卵場の位置と面積	3
1-4-2 産卵場の水深と流速	8
1-4-3 産着卵密度と死卵率	9
2. 仔アユの流下状況調査	10
2-1 夜間連続調査	10
2-1-1 調査日	10
2-1-2 調査地点	10
2-1-3 調査方法	10
2-1-4 調査結果	11
2-2 定期調査	16
2-2-1 調査日	16
2-2-2 調査地点	16
2-2-3 調査方法	16
2-2-4 調査結果	17
3. 廓中堰のゲート半倒の効果	20
4. 今後の課題と対策	20
4-1 アユの遡上に関して	20
4-2 アユの産卵に関して	22
4-3 その他対策	24
4-3-1 アユ産卵場の造成	24
4-3-2 鏡ダム放流量の調整	24
4-3-3 川全体の生産力向上（中・長期的課題）	24
引用文献	25

業務概要

1. 業務の目的

鏡川の清流保全に資する環境調査の一環として、アユの産卵場と仔アユの流下状況に関する調査を実施し、その実態を把握する。また、これら実態とアユ資源の保護・増殖を目的として廓中堰のゲート半倒運用との関連を明らかにする。

2. 業務の期間

自：平成 20 年 10 月 1 日

至：平成 21 年 2 月 28 日

3. 業務の対象範囲

鏡川におけるアユの主要な産卵範囲である鏡川下流域(およそ新月橋～鏡川堰)とした。

4. 調査項目とその概要

「アユ産卵場調査」および「仔アユの流下状況調査」を実施した。

4-1 アユ産卵場調査

調査は平成 20 年 11 月 18 日に 1 回実施し、4 箇所のアユ産卵場を確認した。各産卵場において産卵面積、水深、流速を計測するとともに、一定量の砂礫に産着されたアユ卵を生死別に計数した。

4-2 仔アユの流下状況調査

4-2-1 夜間連続調査

廓中堰、トリム公園前床止、新月橋の 3 地点において、流下仔アユの採集を 2 時間間隔(主に夜間)で計 8 回の実施した。調査は平成 20 年 11 月 27～28 日に 1 回行った。

4-2-2 定期調査

廓中堰において 21:30 前後に 1 回、流下仔アユを採集した。調査は平成 20 年 10 月 14 日～12 月 25 日の間に計 5 回実施した。

業務の内容

1. アユ産卵場調査

1-1 調査時期

調査はアユの産卵盛期に近いと想定された2008年11月18日に実施した。調査当日の天候は晴れ。水温は15.4～16.2の範囲にあった。

1-2 調査地点

図2-1に示した新月橋から鏡川堰までの間の7地点を調査対象とし、このうち、St.1～St.4の4地点で産卵場が確認された。

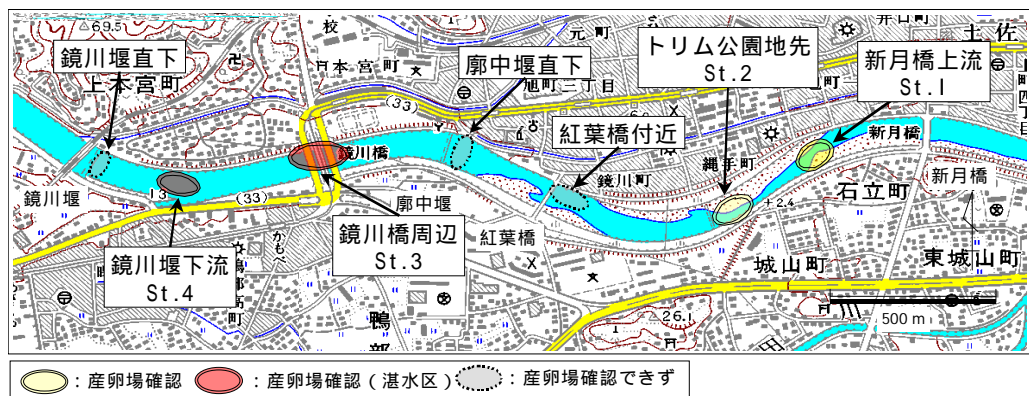


図1-2-1 アユ産卵場調査対象地点

1-3 調査方法

河床に産み付けられたアユ卵の有無を目視により確認し、産着卵が確認された位置と範囲をレーザー距離計 TruPules360B によって測量した。その測量結果をCADにより平面図上に整理するとともに、産卵場面積を計測した。さらに、産卵場内の任意の7～11箇所において水深と流速(底層)を測定した。

また、産卵場内の石礫を一定体積採取し、その石礫に産着したアユ卵を生死別に全数計数した後、河床に戻した。この計数値から産着卵密度(個/1000cc)と死卵率(死卵数/総卵数×100)を求めた。



産着卵の確認状況（左）とレーザー距離計 TruPules360B による測量（右）



流速の測定（左）および産着卵数の計数状況（右）

1.4 調査結果

1.4.1 産卵場の位置と面積

アユ産卵場の分布状況を図 1-4-1 に示した。また、表 1-4-1 に各地点の産卵場面積を整理した。

産卵場は新月橋上流、トリム公園地先、鏡川橋周辺、鏡川堰下流の 4 箇所を確認された。このうち、後 2 箇所は従来の廓中堰湛水部に位置しており、今般の廓中堰のゲート半倒に伴った湛水部の縮小によって形成された産卵場である。

産卵場面積はトリム公園地先での 470 m^2 が最大で、次いで新月橋上流の 423 m^2 であった。廓中堰のゲート半倒によって形成された鏡川橋周辺と鏡川堰下流の産卵場面積はそれぞれ 185 m^2 、 105 m^2 であり、これらの合計面積は全体の 25% に相当した。

産卵場の総面積は 1183 m^2 であった。これは平成 17 年度に確認された総面積約 2500 m^2 より狭いものの、平成 19 年度の 1010 m^2 は僅かに上回っている。なお、後述する仔アユの流下状況から判断すると、今年度の産卵盛期は 10 月下旬～11 月上旬頃であった可能性が高く、この点を考えると産卵場の総面積は 1183 m^2 以上であったと判断してよい。

表 1-4-1 各地点で確認されたアユ産卵場の面積

産卵場地区名		面積 (m ²)
新月橋上流	St.1	423
トリム公園地先	St.2	470
鏡川橋周辺	St.3	185
鏡川堰下流	St.4	105
合 計		1183



産み付けられたアユ卵（左）と産卵場に集合した親アユ



面積が最大であったトリム公園地先 St.2 (左) と次いで広がった新月橋上流 St.1 (右) の産卵場

確認された産卵場の位置を過去の知見も含め図 1-4-2 に整理した。これによると、過去下流側にあった産卵場が近年において消失しつつある状況が認められる。しかし、平成 20 年には前年に消失していた最下流の新月橋上流において産卵が確認された。平成 19 年度調査によると、新月橋上流の産卵場が消失した直接的な原因は塩水化である事が明らかにされている。一方、今年度の産卵期における塩水の遡上端は新月橋の 400m 程度下流まで短縮しており（11 月 27 日に現地確認）これによって産卵が可能となったと判断できる。この塩水遡上域の縮小は平成 20 年の産卵期における豊富な河川流量に起因している（図 1-4-3）。したがって、新月橋上流の産卵場は秋季の流量が豊富な限り形成され、その年次の気象条件によって消失し得る不安定な状態にあるといえよう。

産卵場でふ化した仔アユは可及的速やかに成育場となる汽水～海域に流下する必要がある。この点から下流側の産卵場はアユの再生産にとってとりわけ重要な存在である。今後、当産卵場が恒久的に維持させるための対策が急がれる。

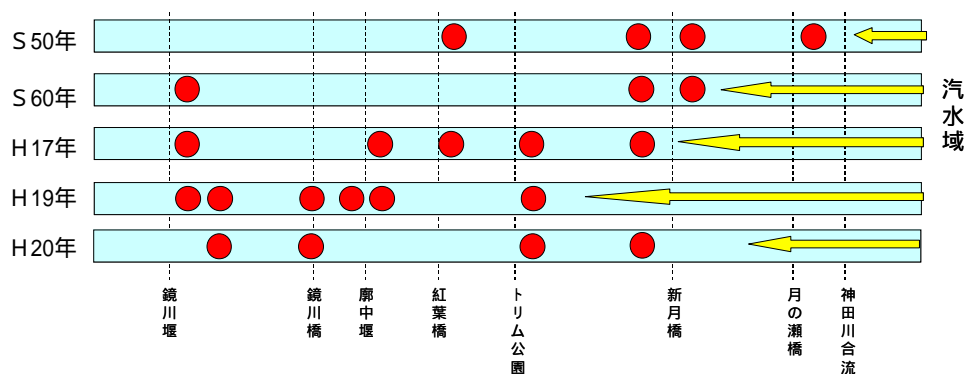


図 1-4-2 産卵場の位置
昭和 50 年：岡村ほか（1976）、昭和 60 年：高知市（1986）

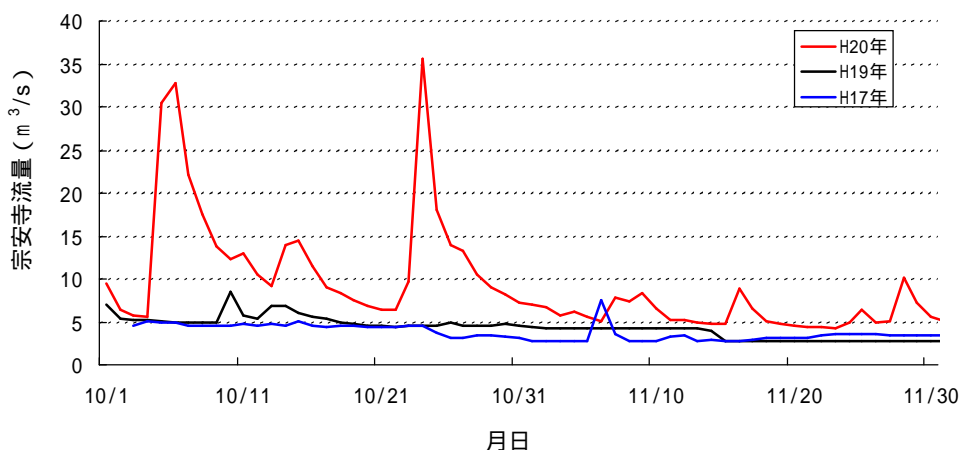


図 1-4-3 アユの産卵期における河川流量（宗安寺地点）

産卵域における産卵場の面積配分（割合）を過去の調査結果も含め、図 1-4-4 に示した。これをみると、平成 20 年度はトリム公園床止下流区（図中 D 区）での産卵場面積の割合が過去に比べ顕著に高く、全体の 75% の産卵場がこの区間に形成されていた。前述したように、下流側での産卵が仔アユの成育場への加入に有利である点を考慮すると、今年度の産卵は好ましい状況にあったと評価できる。この要因は前記のとおり豊富な河川流量による新月橋上流での産卵場の再形成に加え、産卵親魚がより多く下流へ移動した点も関連していよう。廓中堰ゲートの半倒によって産卵親魚がスムーズに下流へ移動できた可能性も想像できる。

このように、産卵期における河川流量の豊富さはアユの再生産にとって非常に重要な要件であり、とりわけ鏡川ではこの点が強調されよう。

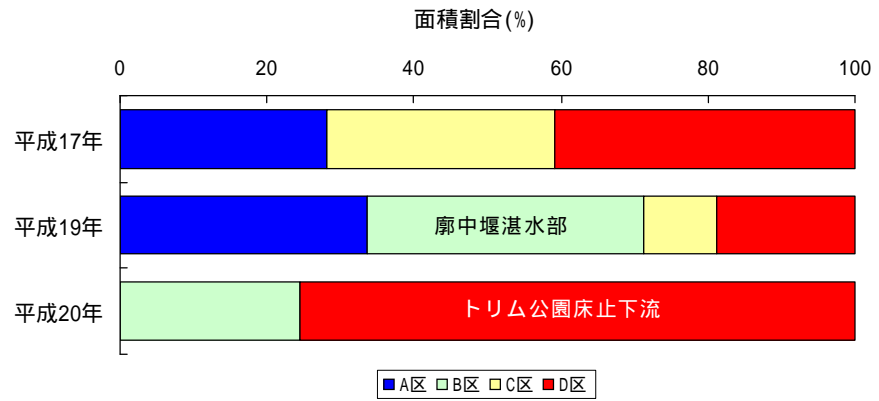
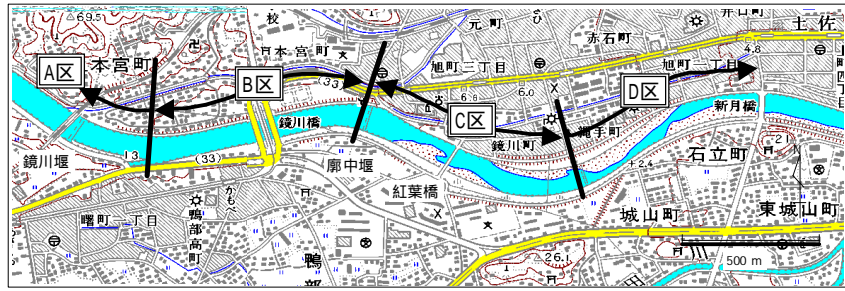


図 1 4 4 産卵域内における産卵場面積の配分比

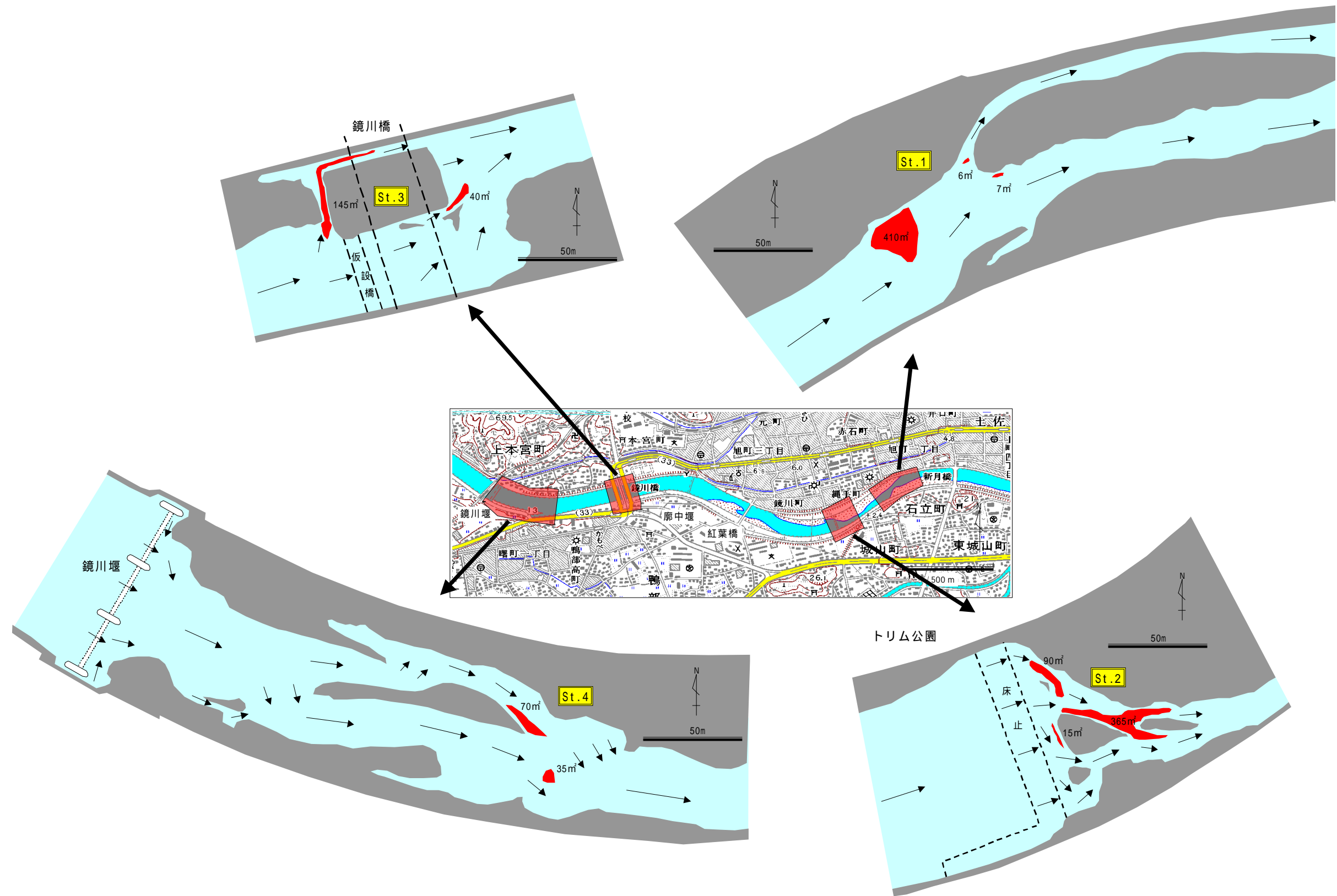


図 1 4 4 確認されたアユ産卵場の分布状況

1.4.2 産卵場の水深と流速

各産卵場内で観測した水深と流速の範囲と平均を図 1-4-5 に示した。

産卵場の水深は 0.1~0.58m の範囲にあった。また、各地点の平均値 (0.20~0.42m) は全てアユ産卵場の好適な条件にあった。一方、平均流速は 0.20~0.78m/s の範囲にあり、産卵に好適な範囲とされる 0.5~1.5m/s を一部下回った。

地点別にみると、新月橋上流 (St.1) が相対的に水深が深く、流速の遅い特徴にあった。本地点は感潮域内であるため水深と流速は潮位によって変動する。したがって、これら結果を評価するのは難しいものの、調査時の印象からも河床勾配が小さく、流速が遅い特徴があると判断できる。同様に、鏡川橋 (St.3) も相対的に水深が深く、流速が遅い状況にあった。ただし、本地点は橋脚工事によって地形が大きく変更されていたことから人為的な関与が大きい。この他、トリム公園地先 (St.2) と鏡川堰下流 (St.4) の水深、流速は好適範囲をよく満足していた。特に、鏡川堰下流地点は廓中堰ゲートの半倒によって湛水部に形成された産卵場であり、ゲートの半倒によって産卵に好適な条件が創出できた点は評価できよう。

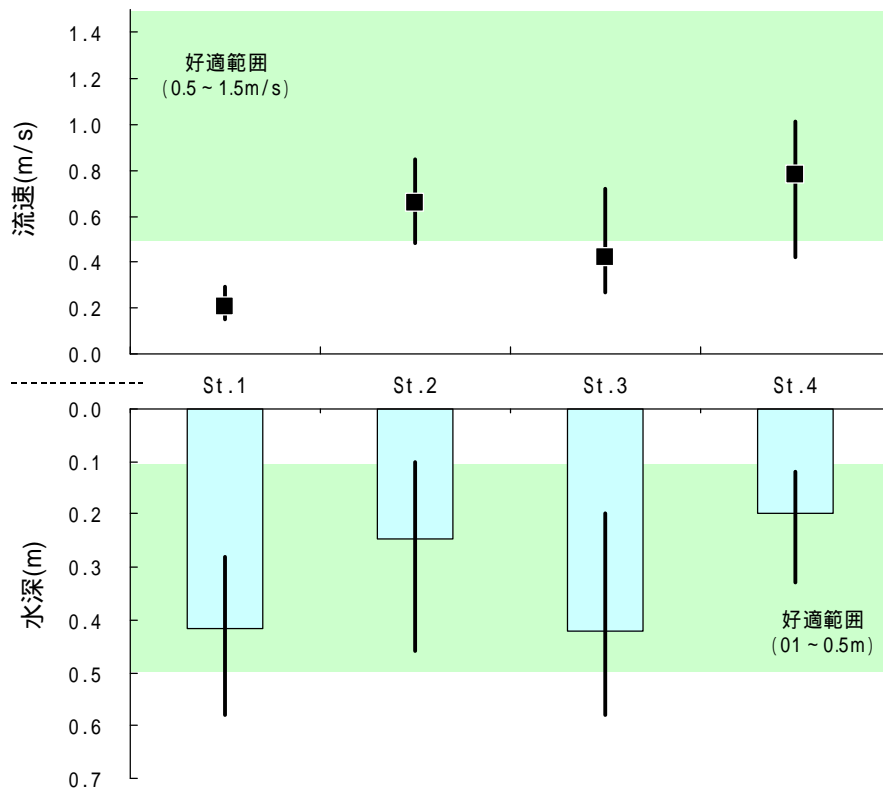


図 1 4 5 各産卵場の水深と流速 (平均と範囲)
好適範囲は上森・高橋 (1984) による

1 4 3 産着卵密度と死卵率

各地点で観測した卵数に関する結果を表 1-4-2 に示した。また、各地点の死卵率と産着卵密度との関係を図 1-4-6 に示した。

砂礫 1000cc 当たりの産着卵密度は 773 ~ 2050 個の範囲にあり、最大は鏡川橋 (St.3) であった。また、死卵率は 0.3 ~ 0.9% の範囲にあり、最大はトリム公園地先 (St.2)、最小は鏡川橋 (St.3) であった。したがって、鏡川橋では卵密度が高く、死卵率も低い特徴にあり、産着卵の状態が最も良好であったと評価できる。当地点は廓中堰のゲート半倒によって創出された産卵場であり、ここでの産卵状況が良好であった点は注目される。

なお、産着卵密度と死卵率の間には有意な関係は認められなかった。

一方、平成 19 年度に観測された死卵率は最大 9.5% に達し、ほぼ今年と同じ場所に産卵場が形成されていたトリム公園地点で比較すると、今年度の死卵率は前年の 1/5 程度にまで改善されていた。



前述したように、今年の産卵期における河川流量は平成 19 年度に比べ明らかに豊かであった。流量の豊富さは卵の生残にとっても重要な要件となっている可能性が示唆される。

表 1 4 2 各産卵場で計数したアユの産着卵数と死卵率

地点名	計数した 礫容量 (cc)	生卵数	死卵数	死卵率 (%)	卵密度 (n/1000cc)	
新月橋上流	St.1	1,100	970	8	0.8	889
トリム公園地先	St.2	1,000	1,940	18	0.9	1,958
鏡川橋周辺	St.3	700	1,430	5	0.3	2,050
鏡川堰下流	St.4	800	582	4	0.7	733

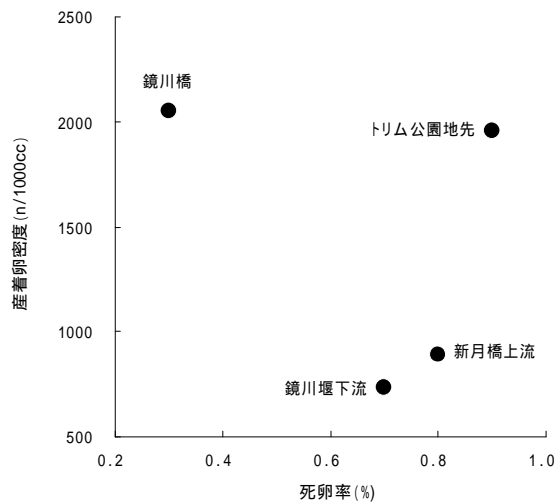


図 1 4 6 死卵率と産着卵数の関係

2. 仔アユの流下状況調査

2-1 夜間連続調査

2-1-1 調査日

調査は平成20年11月27～28日に1回実施した。調査時の天候、水温、河川流量等は仔アユの採集結果とともに付表2-1-1に整理した。

なお、参考として廓中堰で調査時に観測した水温の平均値と宗安寺での河川流量（調査時間帯の平均値）を過去の同調査時の値とともに図2-1-1に示した。これによると、今年度の調査時は過去に比べ河川流量が明らかに豊富で、水温がやや低い特徴にあった。

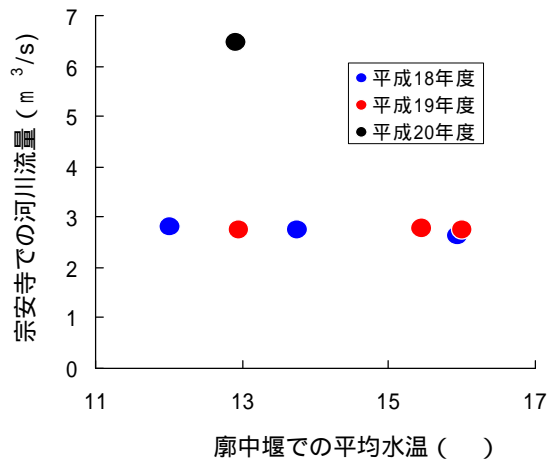


図2-1-1 調査時における廓中堰の水温と宗安寺流量

2-1-2 調査地点

図2-1-2に示した廓中堰、トリム公園床止、新月橋の3地点で実施した。

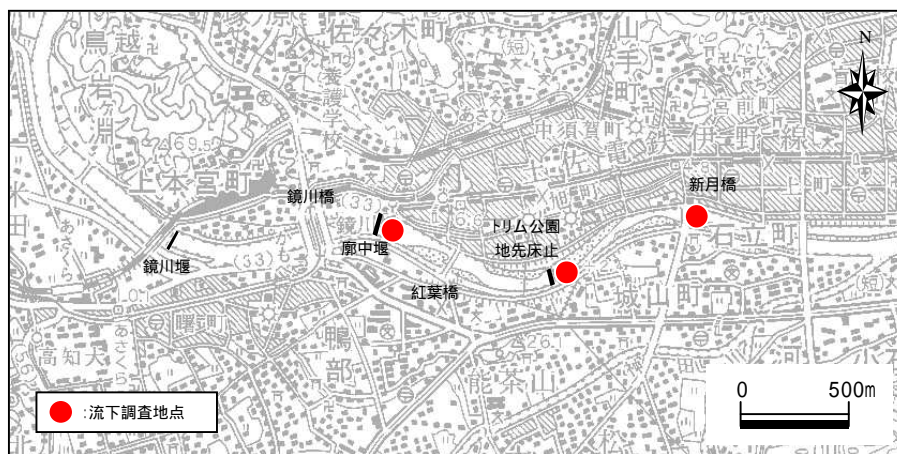


図2-1-2 流下仔アユの連続調査地点

2-1-3 調査方法

1) 採集

口径50cm、網目0.3mmの円錐形のプランクトンネットにより流下仔アユを採集した。採集時には網口に装着した濾水計により採集ネットを通過した水量を計測した。

採集は日没前の15:30から2時間間隔で翌5:30まで、計8回行い、採集物を直ちに約5%ホルマリン水溶液で固定した。

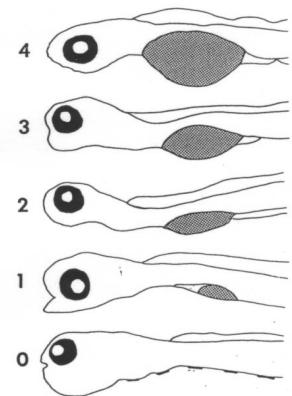


流下仔アユの採集状況（左：トリム公園床止、右：新月橋）

2) 分析

各採集物から仔アユを選別し、その個体数を計数した。当計数値と各採集時に計測した濾水量から河川水 1m^3 当たりの採集密度を求めた。さらに、得られた仔アユの体長を測定するとともに、卵黄の吸収程度（卵黄指数）を測定した。

なお、卵黄指数 4 はふ化直後の個体で、卵黄はその後 3～4 日程度までに吸収される（落合・田中、1986；谷口ほか、1989）。したがって、卵黄を持たない指数 0 はふ化後約 4 日以上経過した仔アユといえ、およそ卵黄指数 1 段階で 1 日程度経過すると考えてよい（高橋、新見、1999）。



卵黄指数
（塚本、1991）

2-1-4 調査結果

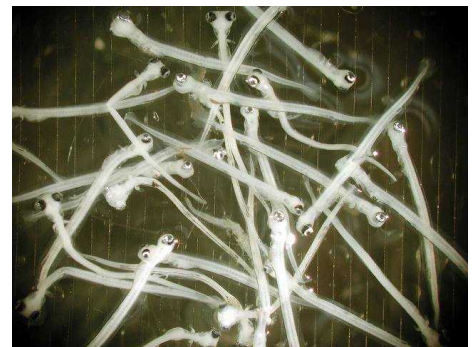
1) 仔アユの採集密度

各調査時刻の河川水 1m^3 当たりの採集密度を図 2-1-2 に示した。

廓中堰、トリム公園床止、新月橋地点で観測された密度の最大値はそれぞれ 2.3、0.7、123.8 尾/ m^3 で、新月橋での値が突出して高かった。また、各最大値が観測された時刻は廓中堰が 1:30、トリム公園床止が 19:30、新月橋地点では 21:30 であり、地点により異なった。しかし、廓中堰ではトリム公園床止と同じ 19:30 にも最大値とほぼ同程度のピークが観測されたのに加え、トリム公園床止でも廓中堰で最大値が観測された 1:30 に不明瞭ながら値の上昇が認められた。このように、廓中堰とトリム公園床止の流下状況には共通性が窺える。

これに対し、新月橋の流下密度のピークは非常に明瞭で、単峰型の変動を示した。なお、平成 19 年度の同調査での採集密度の最大値は 162 尾/ m^3 （廓中堰）であった。したがって、今年度の新月橋の最大値は特に高い水準にはとはいえない。

日中の 15:30 に実施した調査の各採集密度は 0～0.6 尾/ m^3 のごく低い結果を示し、日中にはほとんど流下していない事がわかる。この結果は過去と同様であり、仔アユの流下生態に起因した現象である。



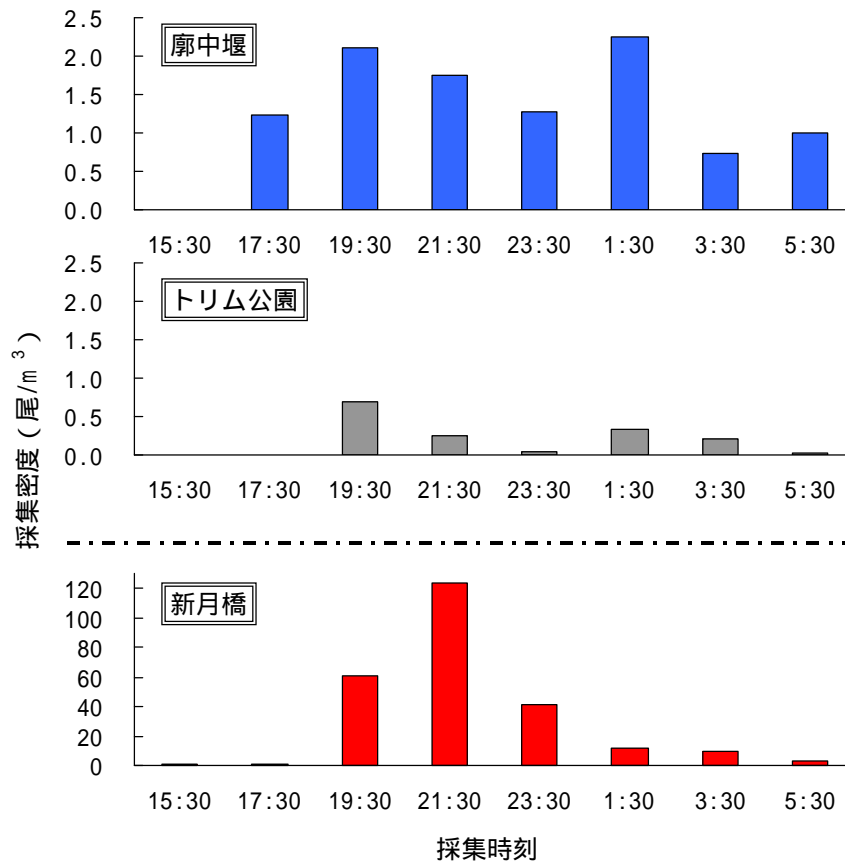


図 2-1-2 各調査時の仔アユの採集密度

2) 仔アユの日流下総数

仔アユの採集密度と河川流量

(宗安寺地点) から仔アユの日流下総数(24時間の流下尾数)を推算し、図 2-1-3 に示した。

廓中堰、トリム公園、新月橋の日流下総数は、それぞれ 47 万尾、7 万尾、1050 万尾と推算され、新月橋の流下数が卓越していた。過去の同調査によって推算された日流下総数の最大は平成 18 年度の新月橋で記録された 268 万尾であり、今年度の新月橋の値はこれの 4 倍近くに達する。前節のとおり、新月橋における採集密度の最大値

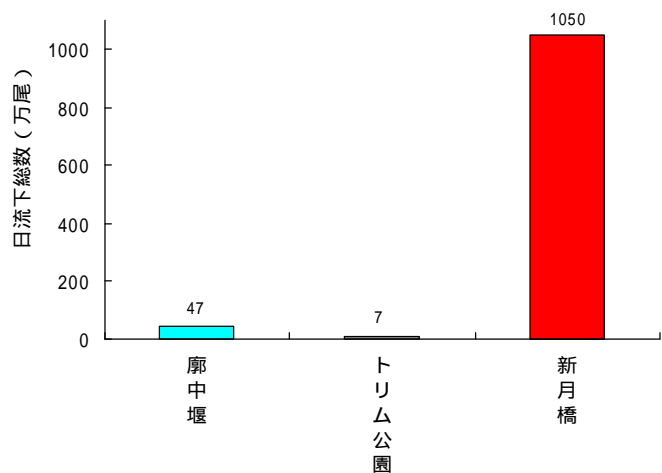


図 2-1-3 各地点の日流下総数

は過去と比べ高いとはいえなかった。他方、図 2-1-1 に示したように本年度の調査時の河川流量は過去に比べ明らかに豊富であり、日流下総数の豊富さは河川流量の多さを反映した結果である。

今年度と同地点で調査が実施された平成 19 年度の各地点の日流下総数と比較すると(図 2-1-4)、新月橋の今年度の値は前述したとおり最も高かった一方、廓中堰での流下数は明らかに少なかった。これは、前項で述べたように、今年度のトリム公園より下流側での産卵場の面積割合が平成 19 年度に比べ大きく増大した状況(図 1-4-4)を反映していると判断できる。

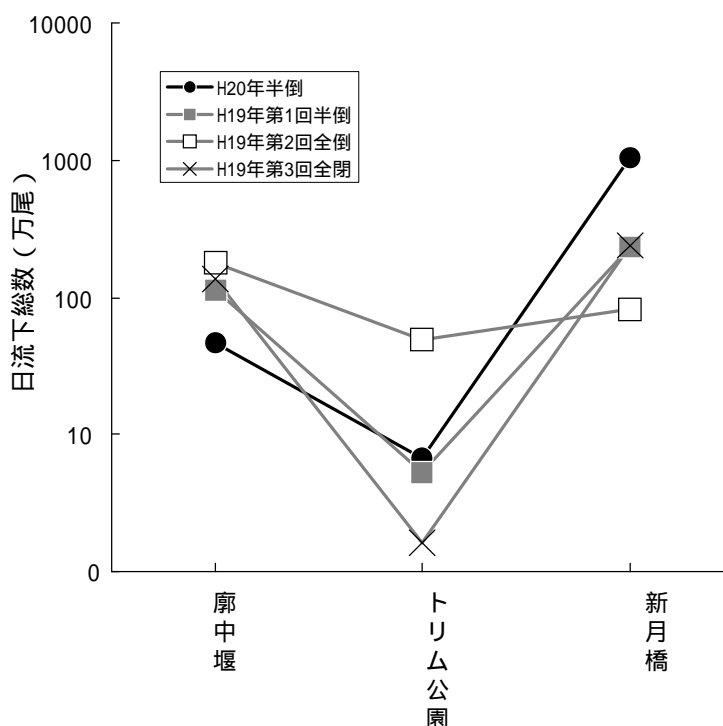


図 2-1-4 平成 19 年度結果を含めた各調査時の日流下総数

次に、トリム公園での今年度の日流下総数をみると(図 2-1-4)、平成 19 年度の廓中堰ゲートの全開時よりは少ないながら、他 2 回の調査時を上回っていた。特に、廓中堰の総数が平成 19 年度に比べ少なかったのに対し、廓中堰ゲートの閉鎖時よりも流下数が豊富であった点は今年度のゲート半倒の効果が表れた結果であると評価できる。これら廓中堰とトリム公園での日流下総数の比は図 2-1-5 に整理したとおりである。

一方、上記のようなゲート半倒の効果は確認できるものの、図 2-1-5 から分かるように廓中堰の流下数に比べトリム公園のそれは意外に少ない。これにはトリム公園床止の湛水部による流下速度の低下が関与している可能性があり、この点については次項の仔アユの発育程度等から検証したい。

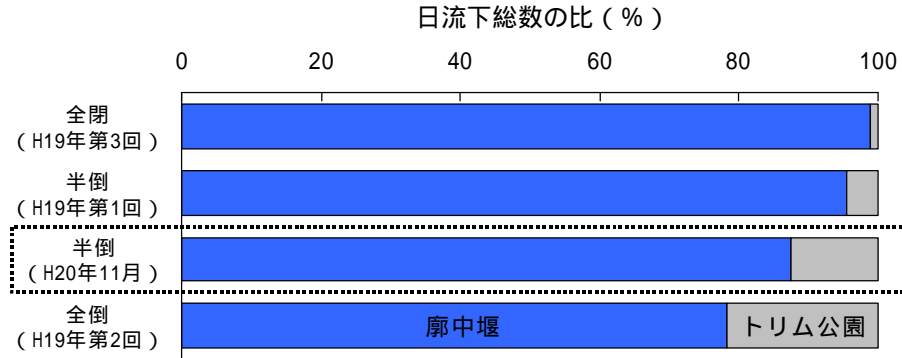


図 2-1-5 廓中堰とトリム公園の日流下総数の割合

図 2-1-5 と同じように廓中堰と新月橋の日流下総数の割合を図 2-1-6 に示した。これを見ると、本年度の新月橋における日流下総数の豊富な特徴がよく理解できる。なお、今年度の廓中堰と新月橋の日流下総数の比は 4 : 96 であった。

先にも述べたとおり、下流側での産卵は仔アユの生残にとって有利であるとの想定に加え、新月橋での流下数の豊富さは今年度のアユの再生産活動が良好に進行した様子を想像させる。

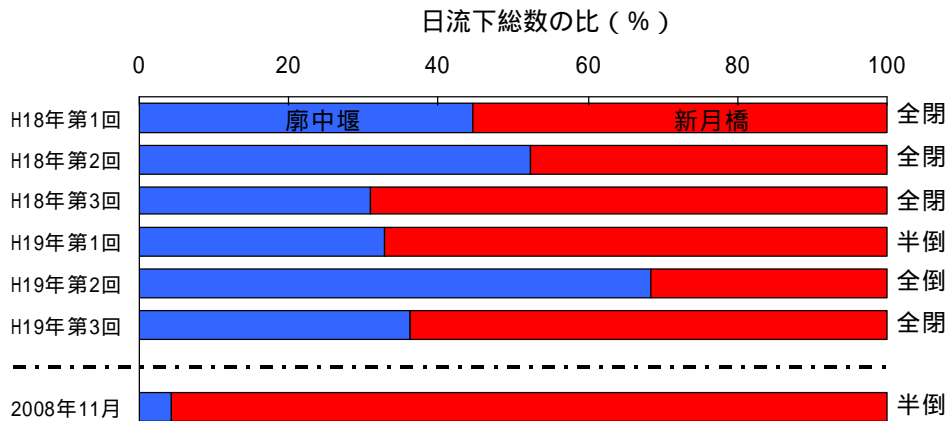


図 2-1-6 廓中堰と新月橋の日流下総数の割合

3) 流下仔アユの体長と卵黄指数

仔アユの体長と卵黄指数の測定結果を付表 2-1-3 に整理した。また、これら測定結果を集計し、各地点で採集された仔アユの体長と卵黄指数の頻度分布を図 2-1-7 に示した。なお、参考値として平成 19 年度の廓中堰ゲート閉鎖時の結果を合わせて示した。

各地点で採集された仔アユの体長は、廓中堰では 5.2~6.8mm (平均 5.9mm)、トリム公園で 5.2~6.2mm (平均 5.8mm)、新月橋が 4.9~6.7mm (平均 6.1mm) の範囲にあり、地点間で大差なかった。また、体長モードも廓中堰とトリム公園が双方とも 6.0~6.2mm、新月橋では 5.8~6.0mm にあり、ほぼ同様なサイズにあった事がわかる。一方、平成 19 年度の廓中堰ゲートの閉鎖時における結果と比較すると、廓中堰とトリム公園では今年度のサイズが

明らかに小型であり、これら差異に比べ顕著ではないものの新月橋においても同様な傾向にあった。

また、卵黄指数の頻度分布をみると、廓中堰では指数 4、トリム公園で指数 3、新月橋では指数 2 の頻度がそれぞれ最も高く、地点間で僅かながら異なった。しかし、各地点とも卵黄吸収が進んだ指数 1、0 の割合が少ない傾向はよく一致しており、特に卵黄を持たない指数 0 は各地点とも採集されなかった。これに対し、平成 19 年度の廓中堰ゲート閉鎖時における廓中堰とトリム公園では卵黄吸収直前の指数 1 の頻度が卓越して高く、今年度とは大きな違いが確認できる。なお、新月橋の頻度分布は両年度とも大差なかった。

以上のように、本年度の廓中堰とトリム公園では廓中堰ゲートの閉鎖時に比べ体長が小型で、卵黄の吸収が進んでいない仔アユの割合が明らかに増加しており、ゲート半倒による仔アユの流下速度の向上が確認できる。また、前節において指摘された廓中堰に比べてトリム公園での流下数が少ない状況については、トリム公園で採集される仔アユの発育程度が廓中堰と大差ない事からトリム公園床止の湛水部における流下速度の低下に起因した餓死とは考え難い。

なお、新月橋においても平成 19 年度に比べ仔アユの体長が小さい傾向を考えると、今年度のふ化仔魚のサイズが全体に小型であった可能性もある。アユのふ化仔魚の体長と卵径は正比例の関係にあり、卵が小さいとふ化仔魚のサイズも小さい。また、親アユの大きさと卵径との間にも関係性があり、大型のアユ程産む卵が小さい事が知られている(井口、2001)。これら知見に基づくと、本年度は親アユのサイズが相対的に大型であった可能性が推論できる。

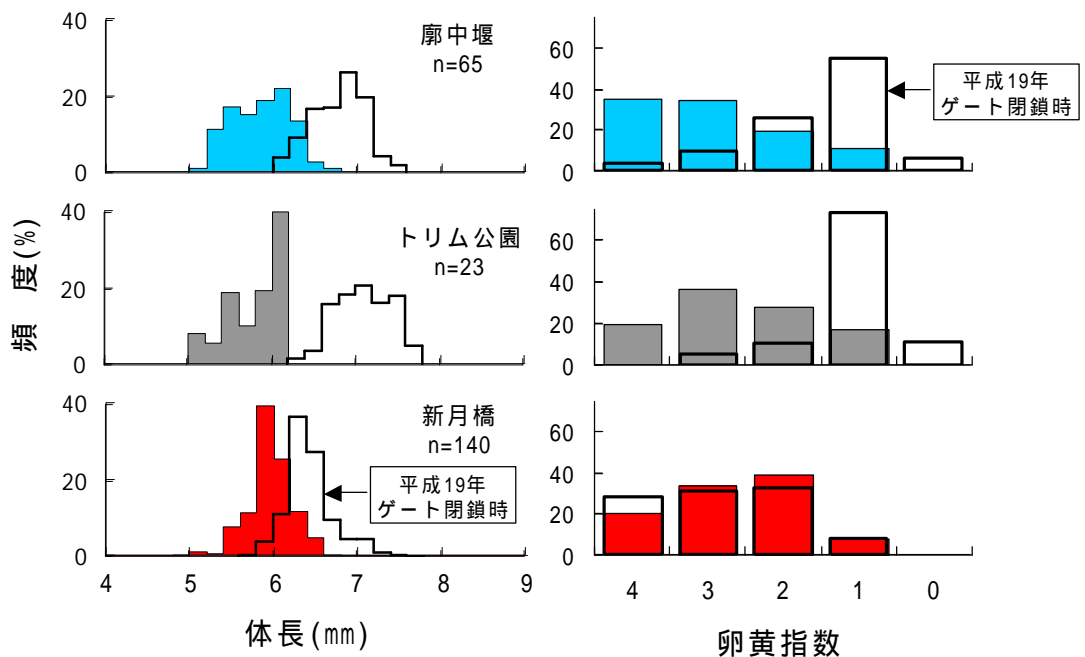


図 2-1-7 各地点で採集された仔アユの体長と卵黄指数の頻度分布

2-2 定期調査

2-2-1 調査日

以下に示した計5回実施した。

平成20年10月14日（ゲート半倒直前 閉鎖中）

10月31日（以下ゲート半倒中）

11月9日

12月8日

12月25日

なお、整理・分析は11月27日に実施した夜間連続調査の結果の一部を含め、計6回の結果について実施した。

図2-2-1に調査期間中の宗安寺地点での河川流量を示した。これによると、今年度の河川流量は期間前半を中心に平成18、19年に比べ豊富な状態にあり、この傾向は期間を通じ維持されていた。

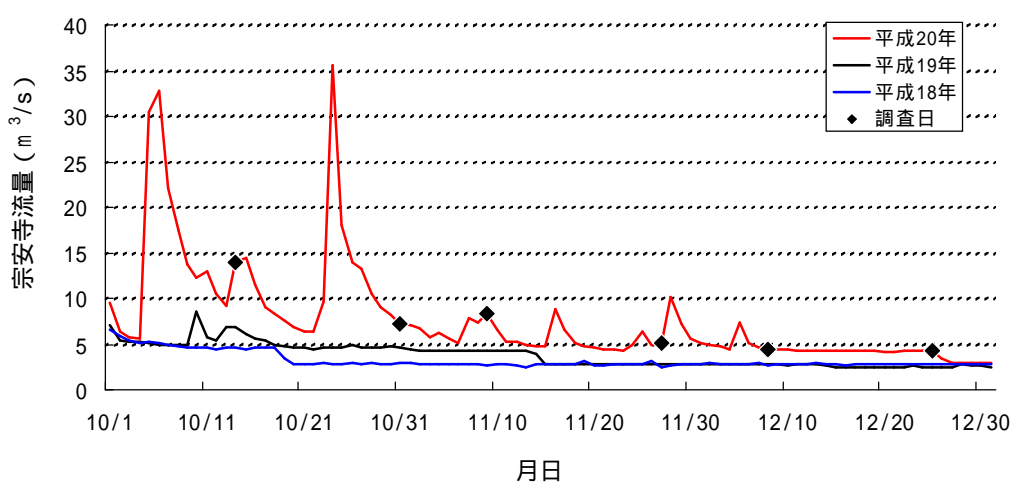


図2-2-1 10～12月の宗安寺観測所における日平均河川流量
(鏡ダム管理所資料より作図)

2-2-2 調査地点

調査は廓中堰（図2-1-2）の1地点とした。

2-2-3 調査方法

仔アユの採集および分析方法は前項の夜間連続調査と同様とした。ただし、採集は21:30に1回実施した。



2-2-4 調査結果

1) 流下数の季節変化

各調査時の仔アユの採集密度および、それと河川流量から推定した日流下総数の推移を図 2-2-2 に示した。なお、日流下総数は前項の夜間連続調査(11月27~28日)によって求めた廓中堰での9:30の採集密度と河川流量の積(A)と日流下総数(B)との関係から、次式により推定した。

$$\text{日流下総数} = A \times (\text{採集密度} \times \text{河川流量} \div B)$$

期間中における仔アユの採集密度の季節変化をみると、11月9日の採集時を頂点とした単峰型の推移を示し、ピーク時の採集密度は3.7尾/m³であった。前項で述べたとおり、今年度は廓中堰より上流における流下数が少ない特徴にあり、しかも河川流量が豊富な状態であった事も反映して採集密度は低い水準に止まっている。

日流下総数の変動についても採集密度とほぼ同調した推移を示し、11月9日に最大の152万尾に達した。この季節変化から本年度の流下の盛期は11月10日前後にあったと推察できる。また、この流下状況から産卵盛期は10月下旬頃と推察できる。

図 2-2-2 に示した期間中の日流下総数を積算すると期間中に約4100万尾の仔アユが廓中堰を流下したと推計される。今年度は廓中堰に比べ新月橋の流下数が明らかに多く(図 2-1-6) 夜間連続調査時の推定ではその差が20倍程度に達している。この較差と廓中堰の総流下数から新月橋における期間中の総流下数を想定すると8億尾程度となる。これは非常に大まかな推算ながら、今年度の流下数は豊富であったと考えてよさそうである。

期間中の水温をみると(図 2-2-2)、18.5 から10.6 まで一貫して低下した。アユ卵がふ化する適水温は13~20 との指摘があり(伊藤ほか、1971)、11月下旬にはこれを下回っていた。また、流下の盛期に近いと推定された11月10日前後の水温は適水温帯のほぼ中央値に相当しており、水温からも当推定の妥当性が支持される。

一方、適水温が20 以下とすると、廓中堰ゲートの半倒開始直前の10月14日時点ですでに適水温に達していたといえる。また、この時点では1日当たり40万尾程度の仔アユが流下していたと推定され、仔アユの流下状況からみる限り、ゲートの半倒開始時期はより早期が望ましいと判定される。しかし、今年度は産卵期の流量が豊富であった事などから産卵開始が例年以上に早まった可能性がある一方、早期に流下した仔アユは海域での減耗が大きいの事も指摘されている。半倒の時期に関しては流況の異なる調査データを蓄積するとともに、海域生活期のアユ仔稚魚の実態も含め検討すべきである。

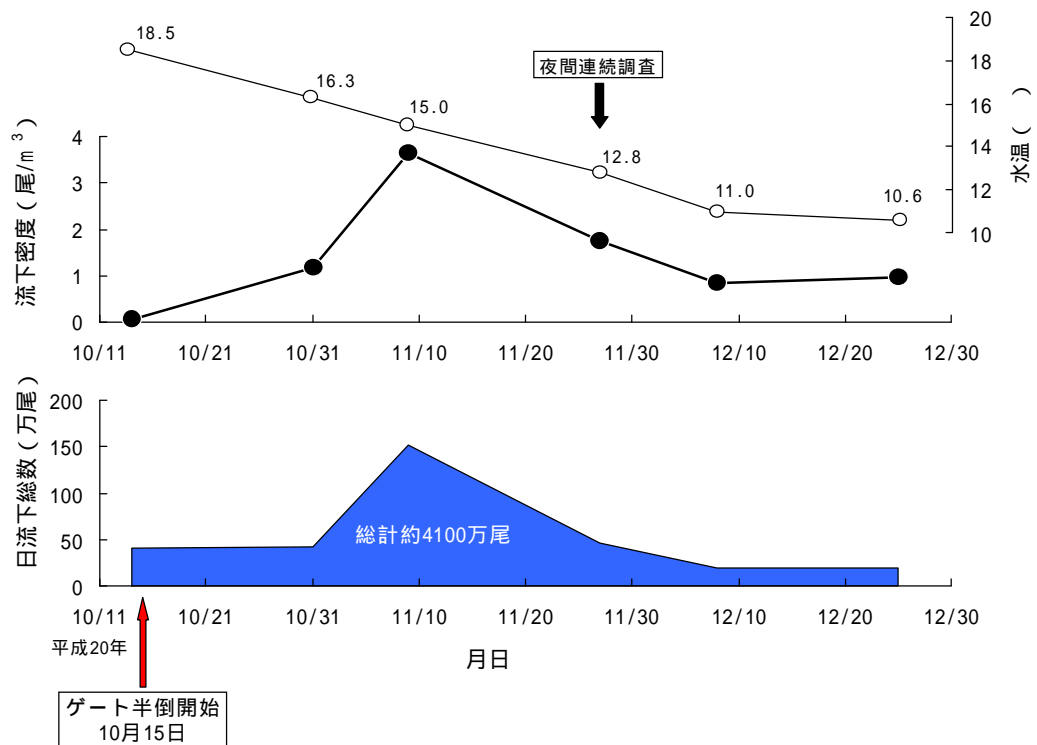
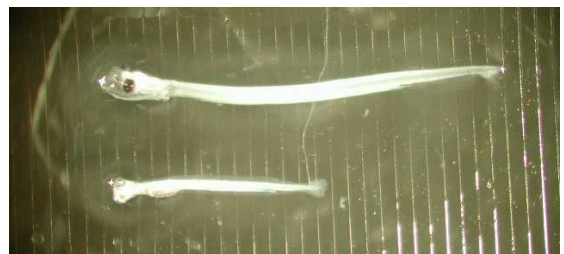


図 2-2-2 廓中堰における仔アユ流下数の季節変化

2) 仔アユの体長と卵黄指数の季節変化

各調査時に採集された仔アユの体長と卵黄指数の季節変化を図 2-2-3 に示した。なお、体長は平均と範囲を、卵黄指数は頻度分布を図示した。

採集された仔アユの体長は 5.0 ~ 13.5mm の広い範囲にあった。しかし、最大体長を含む 12mm 以上の仔アユ (5 個体) は流下期の発育段階にはなく、河川内で摂食、成長していた個体と判断される。これら成長個体は廓中堰が湛水状態にあった 10 月 14 日の調査時においてのみ採集され、以降確認されていない。この点を考えると、廓中堰の湛水部において摂食、成長した個体と判断される。



10 月 14 日採集されたアユ仔魚
上：体長 12.5mm、下：体長 6.5mm

これら個体は体長から想像するとふ化後 15 日程度生存していたといえ、ダム湖等を除く河川域内でこのように長期生存する例はごく稀な事例である。また、採集日から判断するとこれら仔アユは 9 月中旬頃に産卵された事になる。西日本でのアユの産卵期は 10 月中旬から始まるのが通説である一方 (白石・鈴木、1962)、琵琶湖産アユは海産アユより 1 ヶ月程度産卵期が早い事が知られている (落合・田中、1986)。これらの点を勘案すると、10 月 14 日に採集された成長個体は琵琶湖産である可能性が高い。今年度、鏡川には琵琶湖産の稚アユが放流されていた事実 (鏡川漁協から聞き取り) もこれと矛盾しない。

これら成長個体を除いた流下仔アユの体長の推移をみると、時期とともに大型化している傾向が確認できる。同じサイズの親アユと比較すると、産卵する卵径は産卵後期程大き

い事が知られている（井口、2001）。したがって、ふ化する仔アユの体長も後期において相対的に大きくなる。今般の後期における流下仔アユの大型化もこのような卵サイズの季節変化に起因した現象であろう。

各調査時の卵黄指数の頻度分布をみると（図 2-2-3）、10月14日とそれ以降の調査時の間で大きな違いが認められた。これは廓中堰ゲートの閉鎖中と半倒中との差異であると考えてよく、前者では卵黄の吸収が進んだ個体が多く、後者では吸収の進んでいない指数 2～4 の個体が中心となっている。当結果も廓中堰ゲートの半倒による流下速度の向上をよく示している。

また、ゲート半倒中の傾向に着目すると、前期ではふ化後間もない指数 4 の割合が多かったのに対し、後期の 12 月の調査では指数 2 の頻度が高まった。この傾向は仔アユの流下速度が徐々に遅くなった状況を想像させる。先述したとおり、期間中の河川流量は前期が豊富で、後期の減少が明瞭であった（図 2-2-1）。河川流量と流速は密接に関連し、流速は仔アユの流下速度を決定する。流下期間の後期、特に 12 月以降には流量の減少によって流下速度が低下したと推察できる。

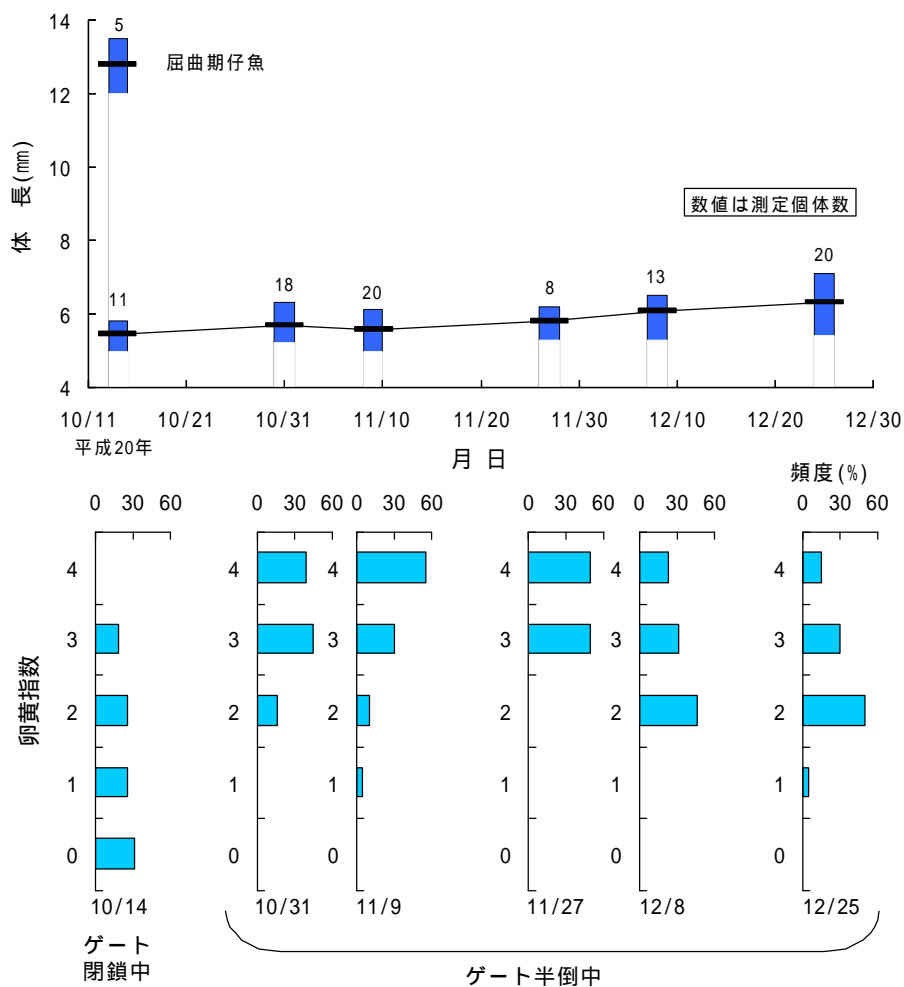


図 2-2-3 各調査時の体長（平均と範囲）と卵黄指数（頻度分布）の季節変化

3. 廓中堰のゲート半倒の効果

これまで鏡川におけるアユの産卵と仔アユの流下に関しては次のような課題が指摘されてきた。

上流側への産卵場の拡大 消滅した下流側産卵場の代替
汽水域の拡大抑制 下流側産卵場の維持
仔アユの流下速度の向上

今年度、これら課題の対策として廓中堰のゲートを10月15日に半倒し、以降その状態が維持された。この間に実施した前項までの調査により、湛水部における産卵場の形成および仔アユの流下速度の向上が確認され、上記課題のとが同時に解決された。



さらに、今年度の産卵期は河川流量が豊富であった点が特徴的で、これによってアユの再生産にとって重要な下流側での産卵場面積や流下量の割合が大きく増加し、特に平成19年度に消失していた新月橋上流の産卵場が再形成された事は注目される。これは親魚が下流側へスムーズに移動した状況を示しており、この点においてもゲート半倒が関与している可能性がある。その場合、ゲート半倒は予想以上の効果をもたらしたといえるものの、ゲートの半倒と親魚の移動に関しては流況の異なる状態での検証が必要であろう。

以上のように、廓中堰のゲート半倒によってアユの再生産に係わる大きな二つの課題が解決された意義は大きく、次年度以降の継続が望まれる。ただし、ゲート半倒による効果がアユ資源の増殖に結びつくためには、稚アユの遡上数に反映されねばならず、結論は今春の遡上を待つ必要がある。この他、汽水域の拡大抑制については今後の課題として残されている。

4. 今後の課題と対策

4-1 アユの遡上に関して

アユの遡上期に関しては図4-1-1に示したように河川流量が豊富な状況では朝倉堰で、逆に少ない状態ではトリム公園床止においてそれぞれ稚アユの遡上障害となっている現象が確認されている。

稚アユの遡上が制限された場合、稚アユの遡上速度が低下し、河川内への拡散がスムーズに進まないとともに遡上範囲も縮小する可能性がある。それによって十分な成長が得られない状況が生じる。また、遡上障害となる構造物の直下流に稚アユが高密度に集積するため、成長の遅滞や鳥類等による被補食の割合が増大し、資源量が減少する可能性も想定される。

このような観点から、図 4-1-1 に示した朝倉堰とトリム公園床止の魚道やその周辺の効果的な構造改善の検討と施工が主な課題として指摘できる。なお、この対策案の一例は図 4-1-2 に示すとおりであり、その内容は「平成 19 年度鏡川清流保全環境調査業務 報告書」に詳しい。

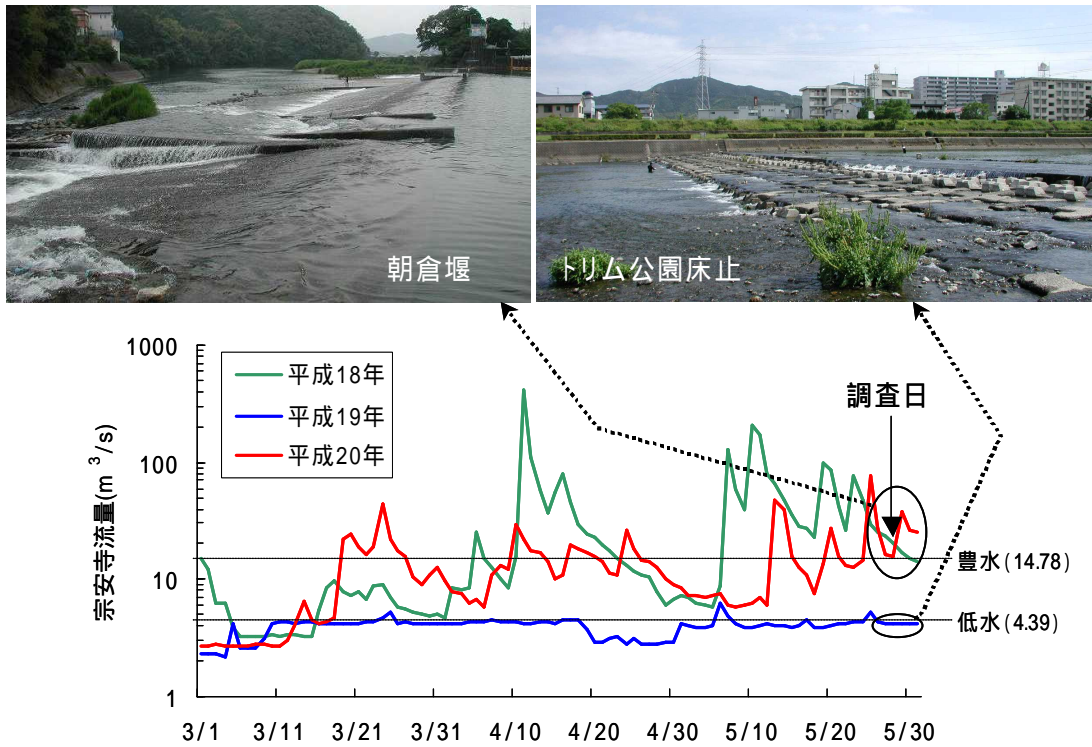
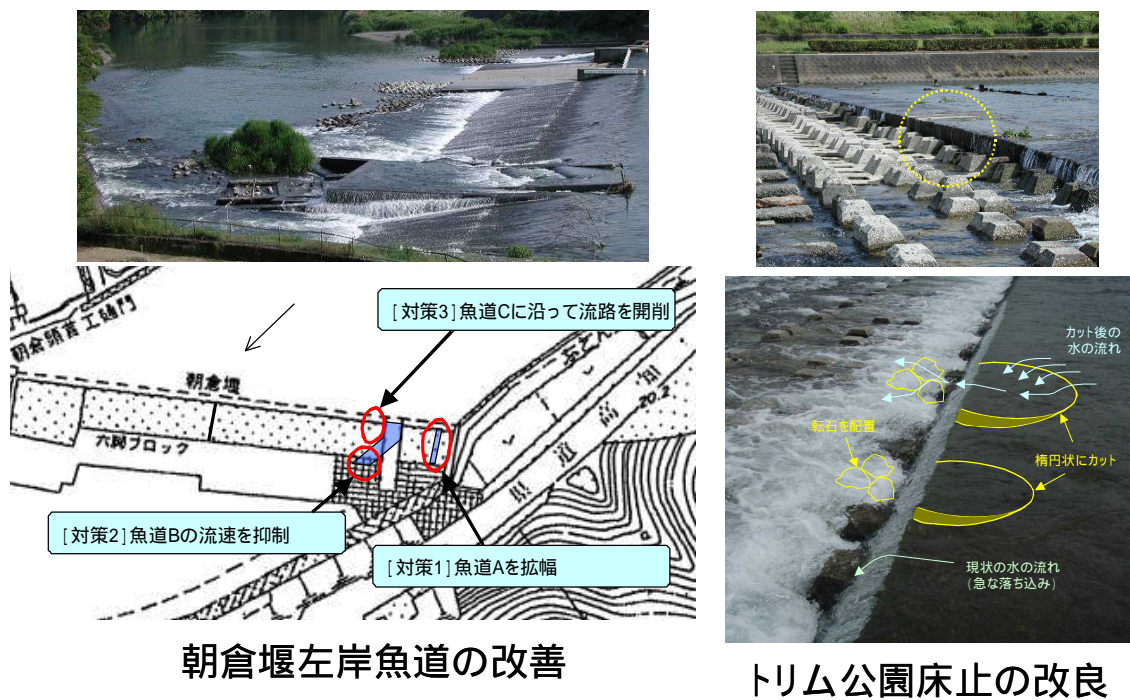


図 4-1-1 稚アユの遡上障害が確認された朝倉堰とトリム公園床止
 河川流量が豊富な状態では朝倉堰、少ない場合にはトリム公園床止で障害顕在化



朝倉堰左岸魚道の改善

トリム公園床止の改良

図 4-1-2 朝倉堰とトリム公園床止の対策案（一例）

4-2 アユの産卵に関して

先に指摘したように、汽水域の上流側への拡大抑制が大きな課題として残されている。特に、今年度再形成した新月橋上流の産卵場の恒久的な維持はこれに係わる大きなテーマと考える。そこで次のような対策案の検討を行った。

1) 検討上必要な測量調査

実施日時

平成 21 年 1 月 12 日 12:45 ~ 14:00

干潮時刻 12:57 (潮位、70.3cm)

方法

水準測量。

測量範囲

新月橋上流のアユ産卵場 (平成 20 年確認)を中心とした約 600m の範囲。



測量結果

図 4-2-1 のとおり。

2) アユ産卵場保全対策案の検討

目的

鏡川最下流のアユ産卵場 (新月橋上流約 300m) の恒久的維持。

具体的には次のとおり (イ~ハは図 4-2-1 中と対応)。

イ. 産卵場の現状地形 (平瀬) の維持。

ロ. 産卵場の浮き石性状の維持。

ハ. 塩水遡上の上流端 (新月橋上流約 380m) を産卵場より下流 (新月橋上流約 250m) まで短縮。

保全対策案 (図 4-2-1 のとおり)

上記の 3 条件を満たす対策として、当社が取り組んできた近自然河川工法における瀬・淵・砂州の保全・再生技術を検討してみたい。具体的には蛇行の半波長(淵~瀬~淵)や瀬の一区間(淵尻~瀬~淵頭)を単位に、これの河床安定を図りつつ生態学的な河床環境を維持または復元する分散型落差工の応用である。

これまでの実施例としては、高知県鏡川や福岡県岩岳川における山地河道、また北海道網走川における沖積河道などがある。これを応用すれば、当現場においても「淵~瀬~淵」(上図での ~)の区間を嵩上げすることは可能ではないかと判断する。

この嵩上げで、塩水遡上端を下流側へ短縮することを考える。この方式でいけば、産卵場の現状地形や浮石性状の維持、あるいはその面積の拡大も可能であるかもしれない。

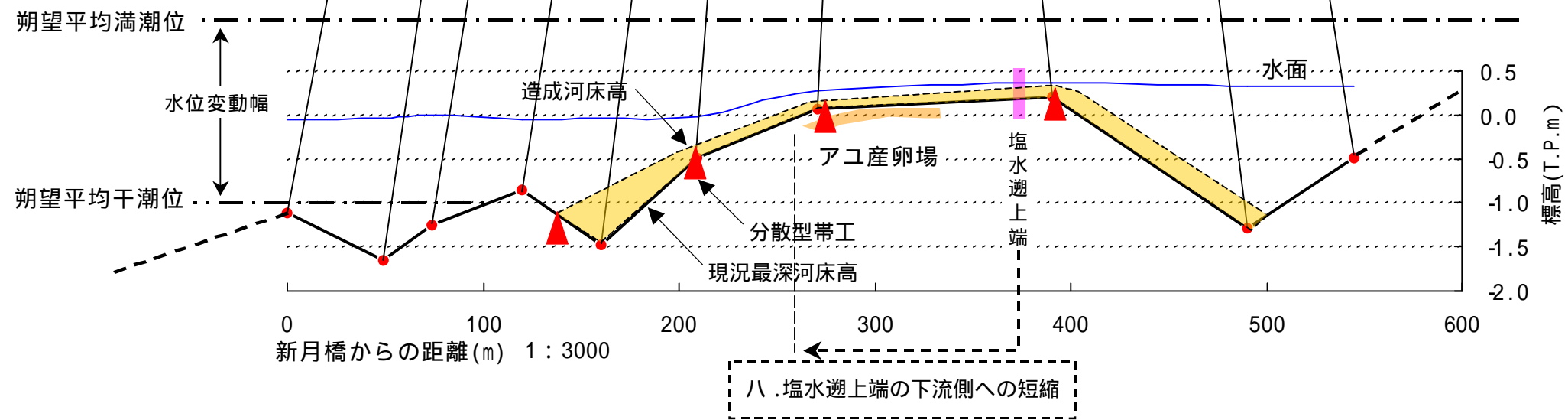
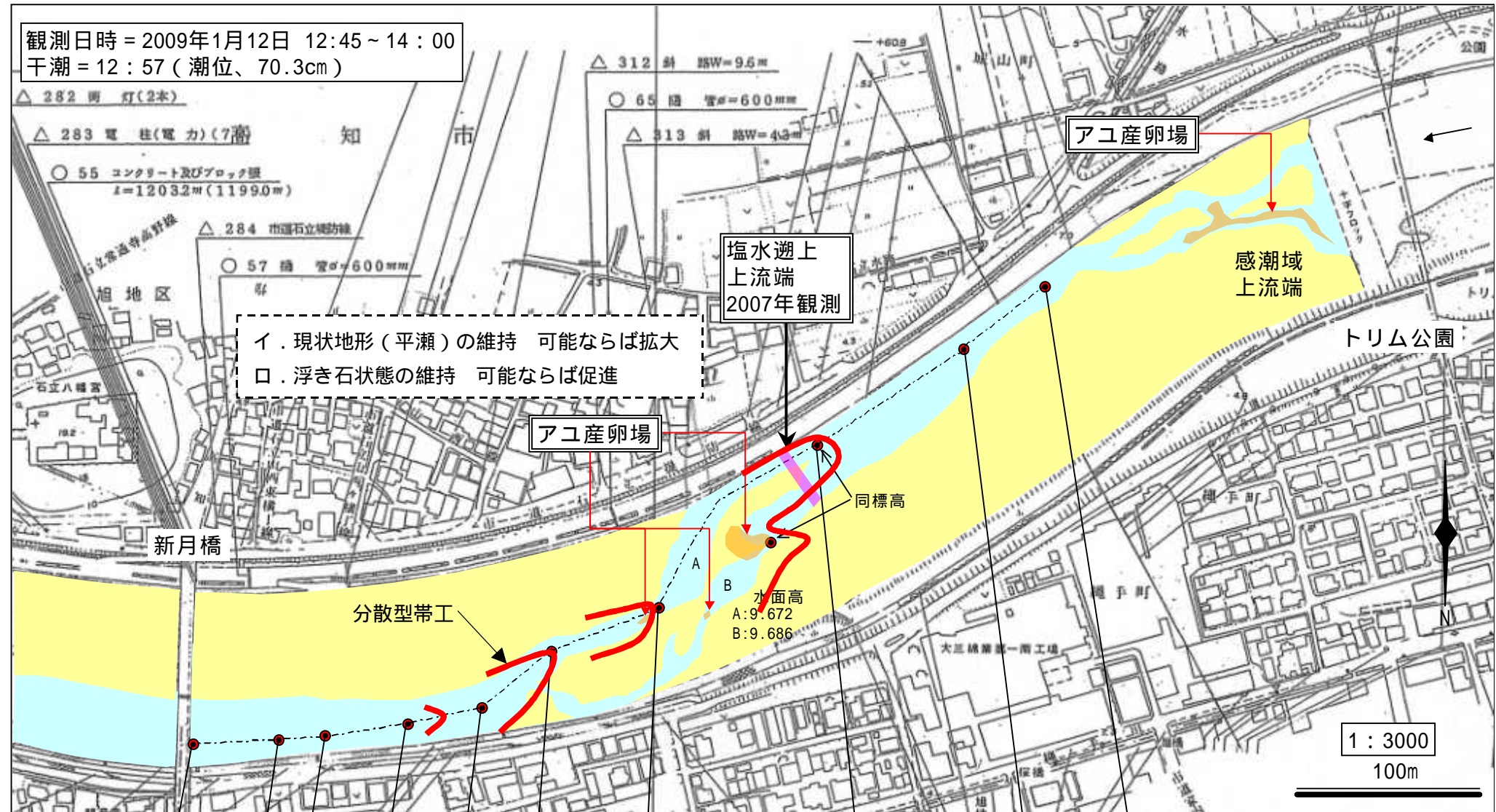


図 4-2-1 新月橋上流のアコ産卵場の保全対策

4-3 その他対策

4-3-1 アユ産卵場の造成

鏡川でのアユの産卵場造成作業はこれまでも実施されてきた。また、産卵場調査によって造成した場所での産卵が確認されており、一定の効果が認められている。当作業は今後とも継続するのが望ましい。

さらに、今般行われた廓中堰ゲートの半倒によって湛水域での産卵場の形成が確認された。加えて、平成19年度の湛水域での産卵場形成も勘案するとゲートの半倒運用によって湛水域にはほぼ継続的に産卵場が形成されると判断できる。また、これまでの調査によって産卵場の形成位置もおおよそ予測できよう。

そこで今後、半倒後の湛水域に形成された主要な瀬においても産卵場を造成できれば、ゲート半倒の事業効果をより一層高める事にもつながる。これまでのトリム公園床止下流での造成作業に加え、廓中堰湛水域での造成が望まれる。



4-3-2 鏡ダム放流量の調整

鏡ダム放流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、今年度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非常に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。

4-3-3 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20～30万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。

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。

引用文献

- 上森千秋・高橋勇夫．1984．アユの産卵場について 河川の正常流量に関連して．第39回農業土木学会中四国支部講演要旨．
- 伊藤隆・富田達也・岩井寿夫．1971．アユ種苗の人工生産に関する研究 - LXXI アユの人工受精卵のふ化に対する水温の影響．アユの人工養殖研究、1:57-98.
- 井口恵一朗．2001．個体から集団レベルの適応：アユ．後藤晃・井口恵一朗編「水生動物の卵サイズ 生活史の変異・種分化の生物学」、海游舎、東京．
- 高知市．1986．昭和60年度鏡川清流保全環境調査報告書．
- 岡村収・為家節弥・青木博幸．1976．鏡川の魚類．高知県編、「鏡川の生物と環境に関する総合調査」、高知県．
- 落合明・田中克．1986．新版魚類学(下)．恒星社厚生閣、東京．
- 白石芳一・鈴木規夫．1962．アユの産卵生態に関する研究．淡水研報、12(1):83-107．
- 高橋勇夫・新見克也．1999．矢作川におけるアユの生活史 - II 遡上から産卵・流下までの生態．矢作川研究、(3):247-267.
- 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．
- 塚本勝巳．1991．長良川・木曾川・利根川を流下する仔アユの日齢．日水誌、57(11):2013-2022.

付表 2-1-1 夜間連続調査時の仔アユの採集結果

廊中堰

調査日		2008年11月27～28日								
時間帯区分	6:30-16:30	16:30-18:30	18:30-20:30	20:30-22:30	22:30-0:30	0:30-2:30	2:30-4:30	4:30-6:30		
採集時刻	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	1:30	3:30	5:30		
天候	曇	雨	雨	雨	雨	曇	晴れ	晴れ		
水温(℃)	13.5	13.3	13.2	12.8	12.7	12.7	12.5	12.2		
濾水量(m³)	10.3	5.7	5.7	4.6	5.5	8.0	13.7	6.9		
採集個体数	0	7	12	8	7	18	10	7		
仔魚密度(n/m³)	0.00	1.23	2.11	1.74	1.27	2.26	0.73	1.01		
河川流量(m³/sec)	4.90	4.90	5.26	5.46	5.81	6.49	8.57	10.32		
時間帯流下数	0	43,400	79,900	68,400	53,100	105,600	45,000	75,000		
流下尾数比(%)	0.0	9.2	17.0	14.5	11.3	22.4	9.6	15.9		
日流下総数	470,400									

トリム

調査日		2008年11月27～28日								
時間帯区分	14:30-16:30	16:30-18:30	18:30-20:30	20:30-22:30	22:30-0:30	0:30-2:30	2:30-4:30	4:30-6:30		
採集時刻	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	1:30	3:30	5:30		
天候	曇	雨	雨	雨	雨	曇	晴れ	晴れ		
水温(℃)	13.1	13.1	13.2	13.0	12.9	12.8	12.6	12.4		
濾水量(m³)	41.4	26.6	11.6	11.4	24.3	12.3	29.5	36.3		
採集個体数	0	0	8	3	1	4	6	1		
仔魚密度(n/m³)	0.00	0.00	0.69	0.26	0.04	0.33	0.20	0.03		
河川流量(m³/sec)	4.90	4.90	5.26	5.46	5.81	6.49	8.57	10.32		
時間帯流下数	0	0	26,100	10,200	1,700	15,400	12,300	2,200		
流下尾数比(%)	0.0	0.0	38.4	15.0	2.5	22.7	18.1	3.2		
日流下総数	67,900									

新月橋

調査日		2008年11月27～28日								
時間帯区分	6:30-16:30	16:30-18:30	18:30-20:30	20:30-22:30	22:30-0:30	0:30-2:30	2:30-4:30	4:30-6:30		
採集時刻	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	1:30	3:30	5:30		
天候	曇	雨	雨	雨	雨	曇	晴れ	晴れ		
水温(℃)	13.8	13.7	13.4	13.6	13.4	13.2	13.0	12.7		
濾水量(m³)	17.9	16.6	4.6	3.5	3.5	6.6	13.5	16.7		
採集個体数	10	10	278	427	141	79	128	58		
仔魚密度(n/m³)	0.56	0.60	60.81	123.77	40.87	12.05	9.45	3.47		
河川流量(m³/sec)	4.90	4.90	5.26	5.46	5.81	6.49	8.57	10.32		
時間帯流下数	197,600	21,200	2,303,000	4,865,600	1,709,700	563,100	583,100	257,800		
流下尾数比(%)	1.9	0.2	21.9	46.3	16.3	5.4	5.6	2.5		
日流下総数	10,501,100									

付表 2-1-2 定期調査時の仔アユの採集結果

廊中堰定期

調査日	2008年10月14日	2008年10月31日	2008年11月9日	2008年11月27日	2008年12月8日	2008年12月25日
時間帯区分	20:30-22:30	20:30-22:30	20:30-22:30	20:30-22:30	20:30-22:30	20:30-22:30
採集時刻	21:30	21:30	21:30	21:30	21:30	21:30
天候	曇	曇	曇	雨	曇	曇
水温(℃)	18.5	16.3	15.0	12.8	11.0	10.6
濾水量(m³)	273.3	15.3	9.0	4.6	16.5	53.4
採集個体数	16	18	33	8	14	51
仔魚密度(n/m³)	0.06	1.17	3.65	1.74	0.85	0.95
河川流量(m³/sec)	13.92	7.29	8.39	5.46	4.47	4.23
時間帯流下数	60,100	61,400	220,500	68,400	27,400	28,900

付表 2-1-3 流下仔アユの測定結果 (1)

調査日		2008年11月27~28日														
採集地点		廓中堰														
No.	採集時刻															
	15:30		17:30		19:30		21:30		23:30		1:30		3:30		5:30	
	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数
1			5.6	1	5.9	4	6.1	4	6.0	1	5.9	2	6.5	4	6.5	3
2			5.9	2	5.8	4	5.3	4	5.6	3	5.8	3	6.2	3	6.2	2
3			5.6	3	6.2	4	5.4	3	6.1	4	6.2	3	5.2	4	6.0	4
4			6.2	1	5.4	3	5.6	4	5.9	4	6.4	3	6.3	4	5.8	3
5			6.0	2	5.4	4	5.6	4	5.3	4	5.8	2	6.8	1	5.6	2
6			5.9	1	6.4	4	6.2	3	6.4	2	5.7	3	6.2	3	6.3	2
7			5.9	3	5.8	4	6.2	3	5.8	3	6.1	4	6.4	1	BK	BK
8					5.6	4	5.9	3			6.4	3	6.4	1		
9					6.3	1					5.5	2	5.7	4		
10					5.7	4					6.1	3	BK	BK		
11					6.2	3					6.1	2				
12					5.4	4					5.6	3				
13											5.6	2				
14											5.8	2				
15											6.0	3				
16											6.4	2				
17											BK	BK				
18											BK	BK				
19																
20																
最大	-	-	6.2	3	6.4	4	6.2	4	6.4	4	6.4	4	6.8	4	6.5	4
最小	-	-	5.6	1	5.4	1	5.3	3	5.3	1	5.5	2	5.2	1	5.6	2
平均	-	-	5.9	1.9	5.8	3.6	5.8	3.5	5.9	3.0	6.0	2.6	6.2	2.8	6.1	2.7

付表 2-1-3 流下仔アユの測定結果 (2)

調査日		2008年11月27~28日														
採集地点		トリム公園														
No.	採集時刻															
	15:30		17:30		19:30		21:30		23:30		1:30		3:30		5:30	
	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数
1					6.1	1	6.1	3	6.2	3	6.1	2	6.1	3	6.1	4
2					6.0	1	6.0	4			6.2	3	5.8	4		
3					5.6	2	6.1	3			6.1	3	5.6	4		
4					5.2	2					5.5	4	5.2	4		
5					5.8	2							6.0	3		
6					5.9	2							5.7	3		
7					5.6	3										
8					5.4	1										
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
最大	-	-	-	-	6.1	3	6.1	4	6.2	3	6.2	4	6.1	4	6.1	4
最小	-	-	-	-	5.2	1	6.0	3	6.2	3	5.5	2	5.2	3	6.1	4
平均	-	-	-	-	5.7	1.8	6.1	3.3	6.2	3.0	6.0	3.0	5.7	3.5	6.1	4.0

付表 2-1-3 流下仔アユの測定結果 (3)

調査日		2008年11月27～28日														
採集地点		新月橋														
No.	採集時刻															
	15:30		17:30		19:30		21:30		23:30		1:30		3:30		5:30	
	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数
1	5.8	2	5.7	2	6.3	2	6.2	3	6.1	3	6.6	3	6.4	3	6.1	3
2	5.5	3	6.2	1	6.2	2	5.8	2	5.2	3	6.1	3	6.2	2	6.1	3
3	6.1	2	5.2	4	6.2	2	6.0	1	6.4	3	6.3	2	6.2	4	6.2	2
4	5.7	4	5.3	4	6.3	2	5.8	3	5.8	4	6.2	4	6.7	4	6.2	3
5	5.7	3	6.0	3	6.0	4	6.0	3	6.3	2	6.4	4	6.6	3	6.6	1
6	6.0	1	6.1	3	5.7	4	5.9	2	5.9	2	5.4	4	6.2	2	5.6	4
7	6.1	2	6.2	4	6.0	3	5.9	1	6.1	3	6.2	3	6.3	2	5.8	4
8	6.0	1	6.2	3	6.1	3	6.4	3	5.6	2	6.1	2	6.4	2	6.4	3
9	5.5	2	5.8	2	6.2	4	5.9	2	6.2	2	5.9	3	6.6	3	5.3	2
10	5.9	2	4.9	4	6.1	3	5.6	2	5.5	4	6.6	1	6.6	2	6.2	2
11					6.3	4	5.9	4	6.1	3	6.0	2	6.5	4	6.2	2
12					6.6	1	5.6	4	6.2	2	6.2	3	6.1	1	6.1	3
13					6.0	3	6.0	2	6.1	4	6.4	2	6.5	2	6.4	3
14					6.6	3	6.0	2	6.3	2	6.1	3	6.3	2	6.3	4
15					5.8	4	5.7	3	5.9	1	6.2	2	6.3	2	6.1	2
16					5.9	4	5.9	2	5.5	4	6.2	3	6.2	3	5.8	4
17					6.0	2	6.1	3	5.9	2	6.5	2	6.5	2	6.2	3
18					5.9	2	5.9	2	6.3	3	5.9	4	6.3	4	5.8	4
19					5.9	3	6.1	2	6.1	4	5.3	4	6.2	4	6.1	3
20					6.1	4	6.0	3	6.2	3	6.0	1	6.3	3	6.2	2
最大	6.1	4	6.2	4	6.6	4	6.4	4	6.4	4	6.6	4	6.7	4	6.6	4
最小	5.5	1	4.9	1	5.7	1	5.6	1	5.2	1	5.3	1	6.1	1	5.3	1
平均	5.8	2.2	5.8	3.0	6.1	3.0	5.9	2.5	6.0	2.8	6.1	2.8	6.4	2.7	6.1	2.9

付表 2-1-3 流下仔アユの測定結果 (4)

採集地点		廓中堰		採集時刻								21:30	
No.	調査日												
	10月14日		10月31日		11月9日		12月8日		12月25日				
	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	体長 (mm)	卵黄 指数	
1	5.0	3	5.8	4	5.5	4	5.3	2	7.1	3			
2	5.4	2	5.9	3	5.8	4	6.4	4	6.4	4			
3	5.3	2	5.7	3	5.6	4	5.8	4	5.4	4			
4	5.8	3	5.5	2	5.6	4	6.2	3	6.4	2			
5	5.7	3	5.5	3	5.8	3	6.1	2	6.9	2			
6	5.6	2	5.8	4	5.8	3	6.2	2	6.1	3			
7	5.8	1	5.9	4	6.1	4	6.1	3	6.2	2			
8	5.4	1	5.9	4	5.6	3	5.5	4	6.4	1			
9	5.3	2	5.4	3	5.4	3	6.4	3	6.3	2			
10	13.5	0	6.3	2	5.2	3	6.2	2	6.4	2			
11	12.3	0	6.1	4	5.9	4	6.5	2	6.1	2			
12	13.1	0	5.5	4	6.1	2	6.2	3	6.5	3			
13	5.2	1	5.6	3	5.7	4	BK	2	6.0	2			
14	12.0	0	5.8	3	5.6	4			6.2	2			
15	13.0	0	5.6	4	5.6	4			6.2	2			
16	BK	1	5.9	2	5.0	1			6.5	3			
17			5.3	3	5.4	4			6.1	4			
18			5.2	3	5.2	3			6.8	4			
19					5.1	2			6.2	2			
20					5.5	4			5.9	3			
最大	13.5	3	6.3	4	6.1	4	6.5	4	7.1	4			
最小	5.0	0	5.2	2	5.0	1	5.3	2	5.4	1			
平均	7.9	1.3	5.7	3.2	5.6	3.4	6.1	2.8	6.3	2.6			