

課題番号	3. (2)	事業実施期間	平成31年度
課題名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 アユ		
主担当者	水産研究・教育機構中央水産研究所 坪井潤一		
分担者			

**令和元年度の成果の要約：**アユ種苗放流の資源添加効率を最大化するため、放流から解禁までの時期、種苗サイズ、放流密度等のパラメータについて検討した。本州、四国、九州の計4県において、放流試験を行った結果、河川によって、放流後の日間成長率が大きくばらつくことが明らかになった。また、放流時の体重が5g以下の小型種苗で、日間成長率が高いことが明らかになった。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**アユの放流効果の向上に関する取組が全国各地で実施されているが、河川等の環境においてどの程度の内水面水産資源が生息可能かを示す指標が存在しないことから、必ずしも最適な資源増殖等の手法が採用されていない可能性がある。本課題では内水面の最重要魚種の1つであるアユが生息するために必要な環境を、維持・改善するために重要な環境収容力の調査手法について検討する。栃木、岐阜、高知、熊本の各県の複数水系においてアユの種苗放流ならびに採捕調査を行い、成長率（体サイズ）、生息環境等に関するデータを収集・解析する。

**当該年度計画：**本年度は、昨年度に続き、アユの生息密度、成長について、放流場所付近において川幅、水温など河川環境調査を実施するとともに、標識放流等の手法を活用して放流後の追跡調査を行い、河川環境とアユの生残、成長の生息状況に係る知見を収集・分析する。

**結果：**

- (1) 利根川（栃木県）、庄川（岐阜県）、仁淀川および鏡川（高知県）、緑川（熊本県）の各水系におけるアユ種苗放流ならびに環境条件に関する調査を行った（表1, 2）。
- (2) 解禁日の友釣りによる採捕調査から、アユの成育状況を調べたところ、日間成長率は1.90%から5.20%であり、河川間で大きくばらつくことが明らかになった（表3）。
- (3) 日間成長率を規定する要因として、水温があげられる。5.20%を記録した熊本県緑川水系では、放流時に水温が17.8℃であり、アユの成長にとって至適であったことが推察された。一方、高知県鏡川水系では、水温が9.9℃と低く、成長率が最も低い1.90%であった。昨年度の結果と合わせて重回帰分析を行った結果、水温が高いほど（ $p = 0.007$ ）、また放流時の体サイズが小型で

あるほど ( $p = 0.001$ )、日間成長率が高い傾向がみられた (図 1)。今後も環境測定ならびに解禁時の漁獲状況の調査を継続し、データを蓄積して行くことで、養殖アユが自然河川で生育するために必要な環境条件ならび最適な放流プロトコルが提案可能であると考えられる。

表 1. 放流試験を行った 5 河川

	水系	河川	緯度	経度	川幅(m)
栃木県	利根川	黒川	36.610	139.710	11.4
岐阜県	揖斐川	御手洗川	36.033	136.936	8.6
高知県	鏡川	土居川	33.608	133.171	30
高知県	仁淀川	高川川	33.643	133.529	5
熊本県	緑川	八勢川	32.741	130.877	7

表 2. 放流試験の概要

	放流日	放流時の水温(°C)	標識方法	種苗の系統	放流魚の平均体重(g)	放流地点のアユ密度(N/m <sup>2</sup> )
栃木県	2019/4/4	9.6	単独放流	ハイブリッド_F1 (鶴田系×七色系)	4.4	0.89
岐阜県	2019/5/23	14.8	あぶら鱭切除	木曾川_F1	10.2	1.16
高知県	2019/4/4	10.4	あぶら鱭切除	奈半利川_F2	8.7	3.02
高知県	2019/4/4	9.9	単独放流	奈半利川_F2	8.7	1.01
熊本県	2019/4/25	17.8	あぶら鱭切除	球磨川_F1	3.2	2.14

表 3. 解禁日における友釣りによる捕獲調査結果

	解禁(再捕)日	解禁日に釣れた標識魚の平均体重(g)	放流日から解禁日までの日数	日間成長率(%)	解禁日CPUE(尾/時間/人)
栃木県	2019/5/31	30.1	57	3.36	12.00
岐阜県	2019/7/6	35.1	44	2.82	1.40
高知県	2019/5/22	33.8	48	2.83	5.30
高知県	2019/6/24	40.4	81	1.90	9.60
熊本県	2019/6/6	28.2	42	5.20	1.00

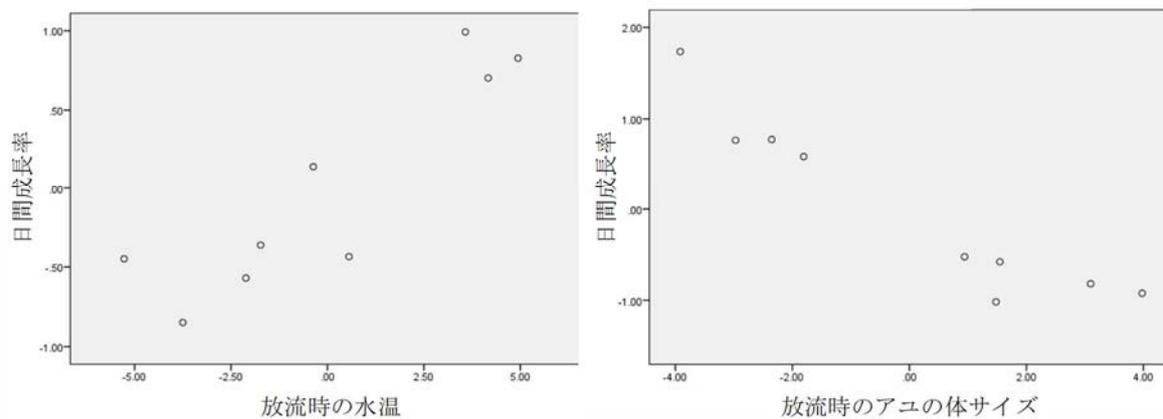


図1. 水温（左）および放流時のアユ体サイズ（右）と日間成長率の関係（偏残差プロットであるため数値自体に意味はない）

#### 課題と対応策：

特に問題なく順調に実施された。

今後、できる限り多くの河川で放流試験を行い、成長率などのパラメータの推定精度の向上に努めたい。

#### 引用文献

桑田知宣・太田雅賀 2014. 天然アユの遡上変動を考慮したアユ種苗放流マニュアル（長良川試  
行版）. 岐阜県河川環境研究所

坪井潤一・桑田知宣・加地弘一・高木優也 2018. 赤字にならない！アユ放流マニュアル.

<http://www.jfa.maff.go.jp/j/enoki/attach/pdf/naisuimeninfo-11.pdf>



課題番号	3 (2)	事業実施期間	平成 31 年度
課題名	河川環境がアユの成長に及ぼす影響の解明 天然アユの生息に適した河川環境復元手法の開発		
主担当者	栃木県水産試験場 酒井忠幸		
分担者	栃木県水産試験場 武田維倫		

**令和元年度の成果の要約：**利根川水系黒川で放流試験を実施したところ、良好な成長が見られ、友釣りの対象となるサイズまで成長していた。目視調査の結果、水田からの幹線排水の流入箇所ではアユの生息密度が低かったことから、排水場所を避けて種苗放流を行うことが望ましいと考えられた。那珂川において流失しにくい巨石の設置方法を検討したところ、2m の増水時には石を組んで設置することで流失しにくくなることを確認できた。2.5m の増水時には石組みによる設置方法でも多くが流失したが、過去の水位データから、平年並みの水位状況であればアユ釣りシーズンの中頃まで石組みによる設置により巨石が残存すると考えられた。

#### 全期間を通じた課題目標及び計画：

- (1) アユの放流効果向上のために、効果的な放流時期やサイズ、水温等について検討する。
- (2) 河川環境の悪化は、天然アユ減少の主因である。河川工作物による遡上範囲の縮小とともに、近年、巨石の減少など質の低下も著しい。そこで、効果的な巨石投入の実施方法（投入場所、投入量、サイズ、並べ方）を明らかにする。また、アユの生息に悪影響を与えるその他の事象の状況を調査分析し、改善策を検討する。

**当該年度計画：**本年度は、放流試験を行い、放流種苗の成長状況及び定着状況について把握する。また、那珂川において巨石の設置方法について検討する。

#### 結果：

(1) 利根川水系黒川で放流試験を実施した。鹿沼市板荷地区の流程 3.4km の区域において、4月4日に平均サイズ 4.43g のハイブリッド系種苗（鶴田ダム由来の系統×七色ダム由来の系統）3.8 万尾を放流した。放流した区域は堰によって魚類の移動が制限されており、同区域への他のアユ種苗は放流されなかったことから標識は行わなかった。放流時の水温は 9.6℃だった。放流後の水温の変化を見ると、最も水温が低かったのは4月10日に記録された 8.9℃で、種苗放流の目安である 8℃を下回ることはなかった（図1）。

放流から 57 日後の 5 月 31 日、調査員 2 名で友釣りによる釣獲調査を実施した。釣獲されたアユは 38 尾で、調査員 1 人 1 時間あたりの釣れ具合は 12.0 尾だった。釣獲魚の平均サイズは 30.5g と友釣りの対象となるサイズに成長していた。放流後の日間成長率は 3.36% だった。

放流から 42 日後の 5 月 16 日に潜水目視調査を 6 地点で実施した。流程 50m の流心を流下し、

2m 範囲のアユの尾数を計数し、生息密度を算出した。併せて、目視地点の巨石率及び透明度を計測した。アユの生息密度と巨石率、透明度及び放流尾数との関係を比較したところ、巨石率 (47~63%) 及び放流尾数 (5,600~8,000 尾) との間に相関は見られず (無相関検定,  $p > 0.05$ )、アユの生息密度と透明度の間に正の相関が見られた (無相関検定,  $p < 0.05$ 、図 2)。アユは懸濁物質量が 25 mg/L で忌避行動を起こすとされており (日本水産資源保護協会 2000)、透明度に換算するとおよそ 30cm となる (坪井ら 2012)。しかし、今回の調査においてアユの生息密度が低かった地点の透明度は 3.4~4.0m で (図 2)、前述の知見と乖離しており、調査時の透明度の違いがアユの生息密度に影響したとは考えにくい。密度の低い 3 地点の上流には水田からの幹線排水が存在しており、4 月下旬から 5 月上旬にかけての農繁期には濁水が流入していたと予想される。このことから、種苗放流の際は水田からの排水場所を避けて行うことが望ましいと考えられた。

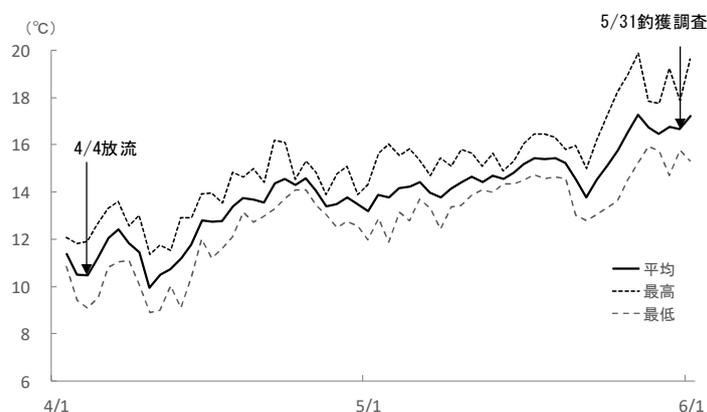


図 1 河川水温の経時変化

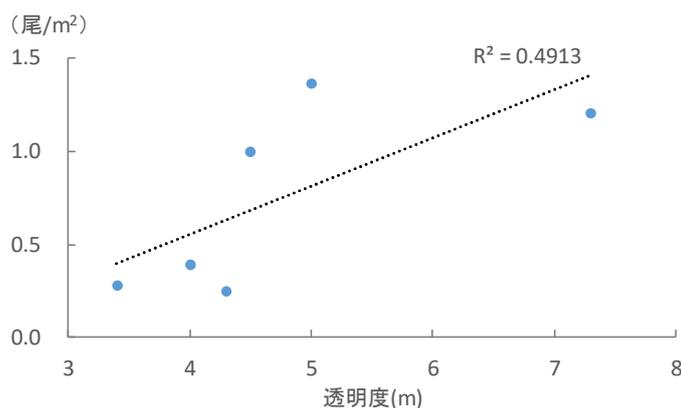


図 2 透明度とアユの生息密度

(2) 那珂川町小口地内の那珂川において、石組みによる巨石の移動抑制効果について検証した。9個の石を重ねないように枠内に置いた「ばら区」と3行3列に石を組んだ「石組区」を各5区設定した。枠のサイズは1m×1mとし、ばら区と石組区を2m間隔で交互に配置した(図3)。石の設置は5月30日に実施し、使用した石は調査場所付近の河岸で収集した。個別に重量を計測し、偏りが出ないように各区に配分した。設置した石の平均重量は12.7(±0.9)kgで、各区间で差は確認されなかった(分散分析,  $p=0.99$ )。設置場所の水深は57~70cmだった。石の設置前後に各区の下流部5点で川底の流速を計測した。河川の増水後、枠内に残存した石を計数し、アユの定着状況を確認した。水位の変動は国土交通省「川の防災情報

(<https://www.river.go.jp/portal/#80>)」により公開されている小口観測所の水位データを使用した。

石の設置後における各区の川底の流速は、ばら区・石組区ともに設置前に比べて有意に減少した(t検定,  $p<0.05$ 、図4)。また、各区の標準偏差は石の設置後に大きくなったことから、石の設置によって流速が抑えられ、流れが複雑化したと考えられた。設置時(5月30日)の水位は0.3mで、その後水位は1mまで上昇したが(図5)、ばら区・石組区ともに変化は見られなかった(図6)。水位が2mまで上昇した後の調査(7月3日、図5)では、石の平均残存数はばら区1.8個、石組区5.6個で、石組区で有意に多く(U検定,  $p<0.05$ 、図6)、石組による石の移動抑制効果が認められた。水位が2.5mまで上昇した後の調査(8月8日、図5)では、平均残存数はばら区1.6個、石組区1.4個に減少し、両区の間で差は認められなかった(U検定,  $p>0.05$ 、図6)。過去5年間の2.5m以上の出水回数を月別に見ると、4月から6月にかけて出水は見られず、7月及び8月では各1回だった(図7)。一方で、9月から10月にかけて出水回数は増加する傾向を示したことから、石組みの効果はアユ釣りシーズンの中頃まで期待できると考えられた。今回の調査は那珂川本流で実施したが、増水時の流量の変化が大きく、0.5mの水位の違いで石組区の残存数は大きく異なった。一方で流量の変化が比較的小さい支流などの中小河川では、本流に比べて支流では石組による巨石投入の効果が大きいことが予想される。

今回は、調査期間を通じてアユの定着は確認できなかった。この理由として、調査区域のアユの生息密度が低く設置した石に定着しなかった可能性や、設置区が川岸から距離があることにより接近する際にアユが逃避した可能性などが考えられる。

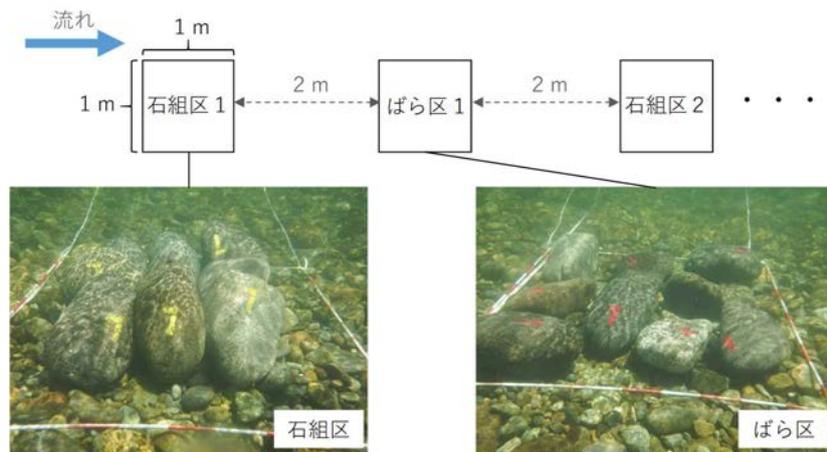


図3 石の設置状況 (5月30日)

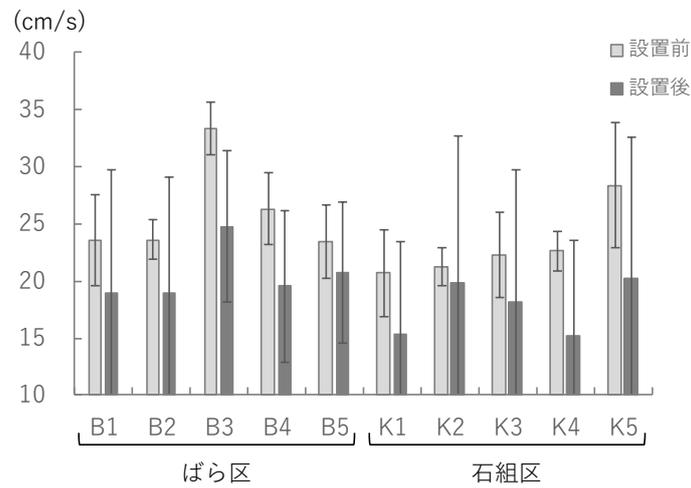


図4 石の設置による流速の変化 (5月30日)

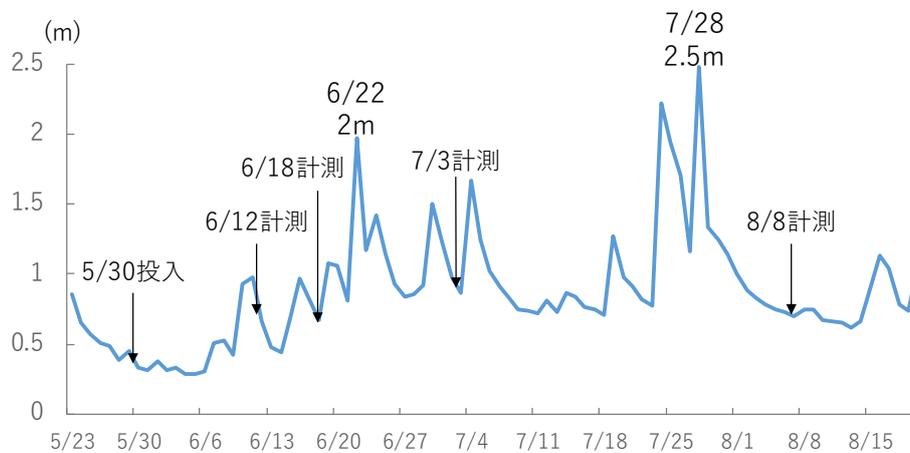


図5 那珂川の水位 (小口観測所) と作業状況

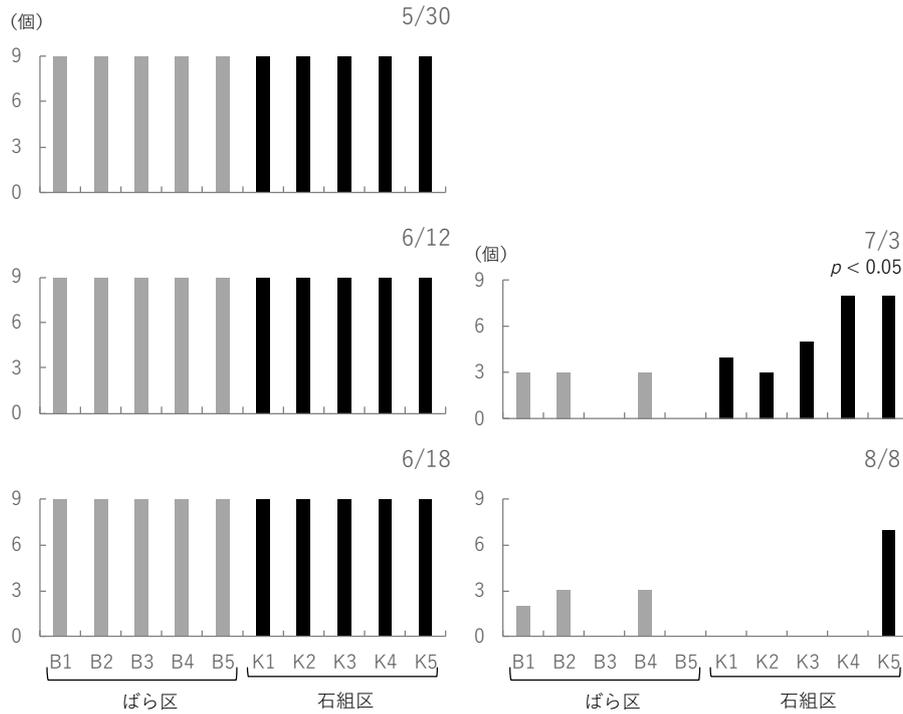


図6 設置した巨石の経時変化

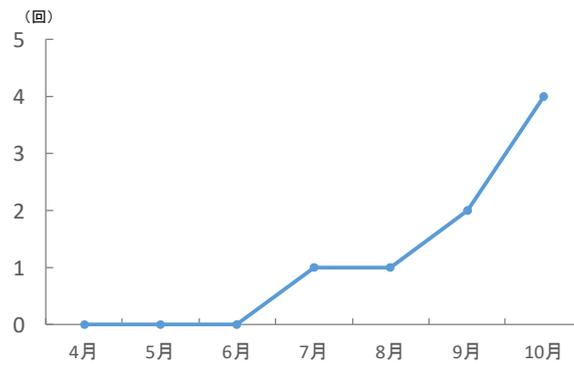


図7 過去5年間で2.5m以上の出水回数(小口観測所)

**課題と対応策：**今年度実施した石組みの効果検証ではアユの定着について確認できなかった。このため次年度では、アユの生息密度が高く、目視調査が行いやすいと予想される那珂川の支流においてアユの定着状況について調査を行うこととしたい。

引用文献

日本水産資源保護協会. 「水産用水基準」日本水産資源保護協会, 東京. 2000.  
 坪井潤一・芦澤晃彦・熊田那央・有馬智子・阿部信一郎. 流下する砂礫が放流されるアユ *Plecoglossus altivelis* の定着に及ぼす影響. 日本水産学会誌 2012;78:705-710.

課題番号	3. (2)	事業実施期間	平成31年度
課題名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 アユ		
主担当者	岐阜県水産研究所 大原 健一		
分担者	岐阜県水産研究所 藤井 亮吏		

### 令和元年度の成果の要約：

庄川水系御手洗川において、アユの放流試験を行い、解禁日までの成長について調査した。放流は5月23日に実施し、解禁は7月6日であった。解禁日の漁獲調査では、7名の調査員により計73尾の釣果があり、平均釣獲数は10.4尾/人であった。解禁日までの日間平均成長率は、約2.9%となった。360度カメラによる、放流後の生息密度の調査から、放流約1月後の6月23日には、14カ所中10カ所でアユが確認され、総確認尾数は101尾であった。解禁後約10日の7月17日は17カ所中12カ所でアユが確認され、総確認尾数は24尾であった。模型による視程確認の結果から、360度カメラにより確認可能な範囲を11.0m<sup>2</sup>と仮定すると、6月23日は0.65尾/m<sup>2</sup>、7月17日は0.15尾/m<sup>2</sup>であった。この値は、漁場面積と放流尾数から推定した密度、0.48尾/m<sup>2</sup>と大きな隔たりはなかった。

郡上漁協管内の長良川において、友釣りおよびやなで漁獲されたアユの天然遡上/人工産放流アユの漁獲割合を調査した。その結果、遡上魚の割合は、概してやなが高く、友釣りで低い値となった。混合率は2つのグループに分かれ、8月、9月の友釣りと、10月の大和、八幡のやなでは人工の割合が高く、混合率に有意差は認められず、9月の大和、八幡、美並の10月のやなでは遡上魚の割合が有意に高かった。また、背びれ長/背びれ基底長は8月の友釣りで漁獲される個体で大きく、よりなわばり性の強い背びれの伸長した個体が選択的に漁獲されている可能性が示唆された。郡上市内の3カ所のやな管理者に対して、漁獲量の記録を依頼した。その結果、8月1日～10月31日で、3カ所合計で8,544kgの漁獲が報告され、推定漁獲尾数は113,617尾であった。一方で、郡上漁協の集出荷記録から友釣りの漁獲量および平均体重を推定した。期間内に延べ、4,153回のアユの持ち込みがあり、平均39.4人/日、平均15.6尾/人であった。総持ち込み数は64,506尾であった。持ち込まれたアユの平均体重は、55.2gであり、解禁から6月中下旬までは、40g以下のアユが多いものの、それ以降から8月上旬までは40～60gがメインとなり、それ以降は60～80gへと移行していくことが判明した。

### 全期間を通じた課題目標及び計画：

#### 1) 環境収容力ごとの放流アユの成長率の検討

天然アユの遡上のない河川において、環境収容力と解禁日までの成長率から、「どの程度の放流量」を「いつ放流する」ことによって漁協が目標とするアユ資源の増大を期待できるのか検討する。

#### 2) 漁法による天然遡上アユの混獲率の推定

アユ漁には様々な漁法が存在するが、天然遡上アユの持続的な資源確保のためには漁法ごとの漁獲率の差異を検討する必要がある。岐阜県には、友釣り以外にも、網、やな、夜網、鵜飼など伝統的な漁法があり、それらにより漁獲される天然遡上アユの割合等から、今後の持続的な資源活用のための最善策を検討する。

**当該年度計画：**

1) 環境収容力ごとの放流アユの成長率の検討

庄川水系御手洗川において、放流地点の河川面積を環境収容力と仮定し成長率を推定する。また、360度カメラにより、アユの生息密度を推定し、放流時の推定密度と比較する。

2) 漁法による天然遡上アユの混獲率の推定

郡上漁業協同組合管内の長良川において、8～10月期の天然遡上/人工産放流アユを漁法ごとに識別し、その漁獲率等の差異を調査する。また、やなの漁獲日誌および、郡上漁協に共同出荷のために持ち込まれた友釣りで漁獲されたアユから、漁獲物の動態について調査した。

**結果：**

1) 環境収容力ごとの放流アユの成長率の検討

庄川水系御手洗川の漁場およびアユの放流地点、放流量、平均体重、放流尾数を図1に示した。令和元年5月23日に放流した海産系人工産アユは、すべての個体の脂びれを切除し、標識を行った。また、放流地点付近の河川内に自記式水温計を設置し、1時間おきに水温を測定した。

漁獲調査は、令和元年7月6日、7月17日、9月7日は友釣りによって、9月16日は投網で行った。漁獲調査の結果を表1に示した。

7月6日の解禁日には、7名の調査員により、計73尾の釣果があった。平均釣獲数は10.4尾/人であった。解禁日までの日間平均成長率は、約2.9%であった。また、すべての漁獲魚は、脂びれが切除された標識魚であり、下流域からの遡上による混入は認められなかった。



図1. 調査区間のおよび放流の概要

表1 御手洗川における友釣りおよび投網による漁獲調査結果

調査日	7月6日	7月17日	9月7日	9月16日
調査方法	友釣り	友釣り	友釣り	投網
調査人数	7	1	1	1
総漁獲数(尾)	73	6	9	21
平均体重 (g)	35.1	36.7	57.0	58.5
最大体重 (g)	60.0	51.7	75.0	123.0
最小体重 (g)	13.6	23.9	35.0	24.0

調査区間内に設置した5月10日から9月30日までの水温変化を図2に示した。最低水温は、5月23日の6:00に記録した9.6℃、最高水温は8月13日の15:00に記録した23.7℃であった。放流日(5月23日)から解禁日(7月6日)までの平均水温は14.7℃とやや低い値であった。8月に入ると水温が上昇するものの、8月中旬を過ぎたところから急激に低下することが判明した。このことは、放流は現在よりも2~3週間ほど早くすることは可能であるが、低水温が続くことから、高成長は望めず、水温が低下する8月中旬以降は釣り人も減少することが想定される。

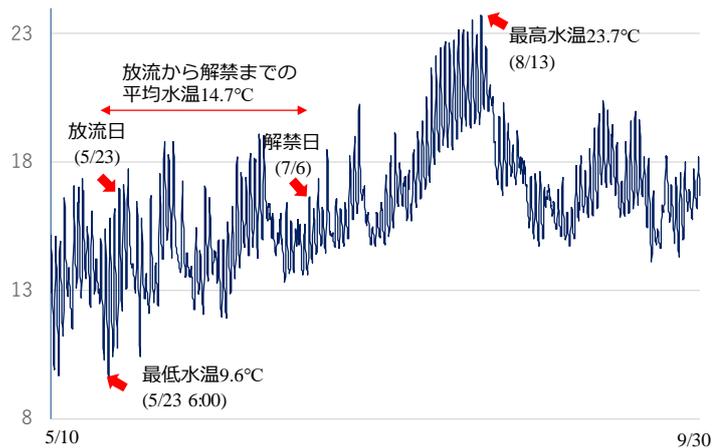


図2. 御手洗川における水温の変化

360度カメラによる密度推定は、解禁前の6月26日および、解禁後の7月17日に実施した。撮影にはRICOH THETA Vを用い、約5mの竿の先にカメラを装着し、約10秒間、水中で撮影を実施した。その後、映像をPC画面上で確認して、撮影されたアユの尾数を計数した。なお、撮影箇所数は、調査区間内で、6月26日は14カ所、7月17日は17カ所であった。撮影可能

表2 御手洗川における360度カメラによる密度推定

6月26日				7月17日			
調査地点*	撮影時間(秒)	確認個体数	密度(尾/m <sup>2</sup> )	調査地点*	撮影時間(秒)	確認個体数	密度(尾/m <sup>2</sup> )
①	13	1	0.09	①	12	1	0.09
②	14	8	0.73	②	12	1	0.09
③	11	0	0.00	③	10	0	0.00
④	14	2	0.18	④	10	1	0.09
⑤	13	5	0.45	⑤	11	0	0.00
⑥	10	0	0.00	⑥	11	1	0.09
⑦	9	1	0.09	⑦	10	3	0.27
⑧	13	73	6.62	⑧	9	3	0.27
⑨	11	2	0.18	⑨	10	3	0.27
⑩	11	4	0.36	⑩	9	3	0.27
⑪	11	0	0.00	⑪	7	0	0.00
⑫	12	1	0.09	⑫	9	5	0.45
⑬	12	0	0.00	⑬	11	1	0.09
⑭	12	4	0.36	⑭	8	1	0.09
計	166	101	0.65	⑮	1	1	0.09
				⑯	11	0	0.00
				⑰	9	0	0.00
				計	160	24	0.13

\*調査地点の番号が同一でも同じ場所とは限らない

な面積を推定するため、全長約120mmのアユ型ルアーを用いて、撮影を実施したところ、約1.87mまでアユの認識が可能であることが判明した。そのことから、撮影可能な範囲の面積を11.0m<sup>2</sup>とした。

6月26日には、14カ所中10カ所でアユが確認され、総確認尾数は101尾であった。最も多くのアユが確認された場所は、放流地点から約100m上流で73尾/カ所であった。7月17日は17カ所中12カ所でアユが確認され、総確認尾数は24尾であった。最も多くのアユが確認された場所は、5尾/カ所であった。360度カメラにより確認可能な範囲を11.0m<sup>2</sup>と仮定すると、解禁前の6

月 26 日は 0.65 尾/m<sup>2</sup> であり、放流時の推定密度である 0.48 尾/m<sup>2</sup> と大きな隔たりはなかった。

## 2) 漁法による天然遡上アユの混獲率の推定

郡上漁協管内の長良川において、天然遡上/人工産放流アユ（以下遡上/人工）の漁獲割合の差異を求めるための調査を行った。その時期と漁法について表 3 に示した。岐阜県郡上市内の 3 か所の長良川に設置されたやな、上流から大和、八幡、美並の 3 か所で、標本を採集した。遡上/人工の識別には側線上方横列鱗数および下顎側線孔を用いた。すなわち、側線上方横列鱗数が 17 未満の個体を人工産、17 以上で且つ下顎側線孔に乱れないものを遡上と特定した。この基準に合わない個体は 348 個体中で 21 個体（6.0%）であった。なお、郡上漁協管内の長良川の放流種苗の 95%以上は（一財）岐阜県魚苗センター産の人工種苗である。

遡上/人工の漁法ごとの漁獲割合を表 4 に示した。遡上の割合は、概してやなが高く、友釣りで低い値となった。混合率は 2 つのグループに分かれ、8 月、9 月の友釣り、10 月の大和、八幡のやなでは人工の割合が高く、混合率に有意差は認められず、9 月の大和、八幡、10 月の美並は遡上の割合が高く、有意差は認められなかった（Ryan の多重範囲検定、 $p > 0.05$ ）。平成 30 年の結果と比較すると、やなでは人工の割合が低い傾向が認められた。

各漁法で漁獲されたアユの全長および背びれ長/背びれ基底長（DFL/BDFL）の比について表 5 に示した。なわばりを持つアユは、背びれの後端が伸長することが知られており、DFL/BDFL はなわばり個体が漁獲されているかどうかの指標となる。全長は 9 月の八幡におけ

表3 漁法ごとの調査日および調査個体数

漁法	調査日	調査個体数	調査地点
友釣り	8月7, 25, 26, 27日	52	大和-八幡
	9月5, 25, 27, 28日	50	美並
やな	9月23日	50	大和
	9月23日	50	八幡
	10月4日	50	大和
	10月4日	49	八幡
	10月4日	47	美並

表4 漁法・調査日ごとの天然遡上/人工産の割合

漁法	調査地点/月	人工産	天然遡上	不明	混合率*
友釣り	大和-八幡/8月	21	28	3	a
	美並/9月	26	23	1	a
やな	大和/9月	6	39	5	b
	八幡/9月	4	41	5	b
	大和/10月	17	31	2	a
	八幡/10月	15	30	4	a
	美並/10月	9	37	1	b

\*同じアルファベット間には有意差がない ( $p > 0.05$ )

表5 漁法・調査日ごとの全長(TL)および背びれ長/背びれ基底長(DFL/BDFL)

漁法/調査場所/調査日	TL (mm)*	漁法/調査場所/調査日	DFL/BDFL*
やな/美並/9月	206.73 a	友釣り/大和-八幡/8月	1.959 a
やな/大和/9月	205.50 bc	やな/大和/9月	1.829 b
やな/八幡/10月	199.29 bcd	友釣り/美並/9月	1.827 b
やな/大和/10月	199.23 bcd	やな/美並/9月	1.809 b
友釣り/美並/9月	196.20 cd	やな/大和/10月	1.797 b
友釣り/大和-八幡/8月	191.28 d	やな/八幡/10月	1.790 b
やな/八幡/9月	181.26 e	やな/八幡/9月	1.746 c

\*同じアルファベット間には有意差がない ( $p > 0.05$ )

るやなが小さいものの、やなでは、友釣りよりも大型の個体が漁獲されていた。一方、背びれ長/背びれ基底長は8月の友釣りで漁獲される個体で大きく、よりなわばり性の強い背びれの伸長した個体が選択的に漁獲されている可能性が示唆された。

各漁法で漁獲された遡上/人工の全長および背びれ長/背びれ基底長(DFL/BDFL)を比較した(表6)。その結果、10月の大和のやなで漁獲される人工のみが、遡上よりも有意に大型であった(Mann-Whitney U test,  $p < 0.05$ )。DFL/BDFLには有意差は認められなかった。

表6 漁法/調査日ごとの全長および背びれ長/背びれ基底長(DFL/BDFL)

漁法	調査日	全長(mm)		DFL/BDFL	
		天然遡上	vs 人工産	天然遡上	vs 人工産
友釣り	大和-八幡8月	191.5	191.3	1.96	1.95
	美並9月	195.6	198.3	1.78	1.88
	大和9月	203.7	219.6	1.81	1.93
やな	八幡9月	183.6	169.4	1.77	1.53
	大和10月	194.3	* 208.3	1.80	1.80
	八幡10月	200.2	202.8	1.79	1.80
	美並10月	208.8	206.7	1.78	1.83

\* ( $p < 0.05$ )

大和、八幡、美並の3カ所のやな管理者に対して、漁獲量の記録を依頼した。その結果、8月1日~10月31日で、3カ所合計で8,544kgの漁獲が報告された。やなの総漁獲量と長良川の水位の変動

(郡上市稲荷、水文水質データベースより各日の最高水位)を図3に示した。9月後半以降は、増水により漁獲量が増加することが示された。やなの漁獲調査で得られた平均体重(75.2g)から、推定されるやな3カ所の漁獲尾数は113,617尾であった。

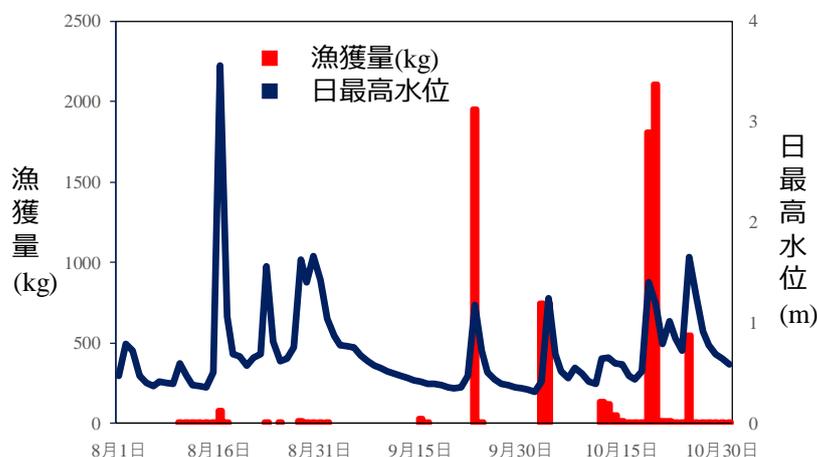


図3. 長良川におけるやな3カ所の総漁獲量および、日最高水位の変動

郡上漁協の集荷場に持ち込まれた、友釣りで漁獲されたアユについて、集出荷記録よりその漁獲量および平均体重を推定した。郡上漁協では、100g以上のアユを“特”、80~100g以上を“大”、60~80gを“中”、40~60gを“小”、それ以下を“ビリ”と格付けし、買い取り価格をサイズごとに変動させている。友釣りの解禁日である6月2日から、集荷の終了する9月30日までのうち、洪水等により持ち込みのなかった日、および休日等により集荷がなかった16日間を除く、105日間の記録を調査した。この期間内に延べ、4,153回のアユの持ち込みがあった。最大は解禁日の121人/日であり、最小は1人/日で、平均39.4人/日であった。各日の平均持ち込み尾数を図4-Aに示した。平均持ち込み尾数の最大は解禁日の24.8尾/人であり、最小は8.5尾/人であった。期間を通しての持ち込み数/人は、ほぼ横ばいであり、平均15.6尾/人であった。各日の平均持ち込み尾数は614尾/日、期間を通しての総持ち込み数は64,506尾であった。持ち込まれたアユの平均体重の変化を図4-Bに示した。期間を通して持ち込まれたアユの平均体重は

55.2g、最大は9月30日の77.3g、最小は解禁1週間後の34.6gであった。平均体重は右肩上がりに上昇していくことが判明した。解禁から6月中下旬までは、“ビリ”と称される40g以下のアユが多いものの、それ以降から8月上旬までは、40～60gの“小”サイズがメインとなり、それ以降は60～80gの“中”サイズへと移行していくことが判明した。

**課題と対応策：**

放流アユの解禁時の釣果には、放流密度が大きく関係しているが、一般的な釣り人がどの程度の釣果を期待しているかによって、密度の調整が必要となってくるだろう。十分な天然遡上と放流量のある河川では、漁期を通じて、友釣りによる釣果数の変動が小さいことが示されたが、他の漁法による漁獲の影響も含めて、持続可能な資源管理の在り方を詳細に検討する必要があるだろう。

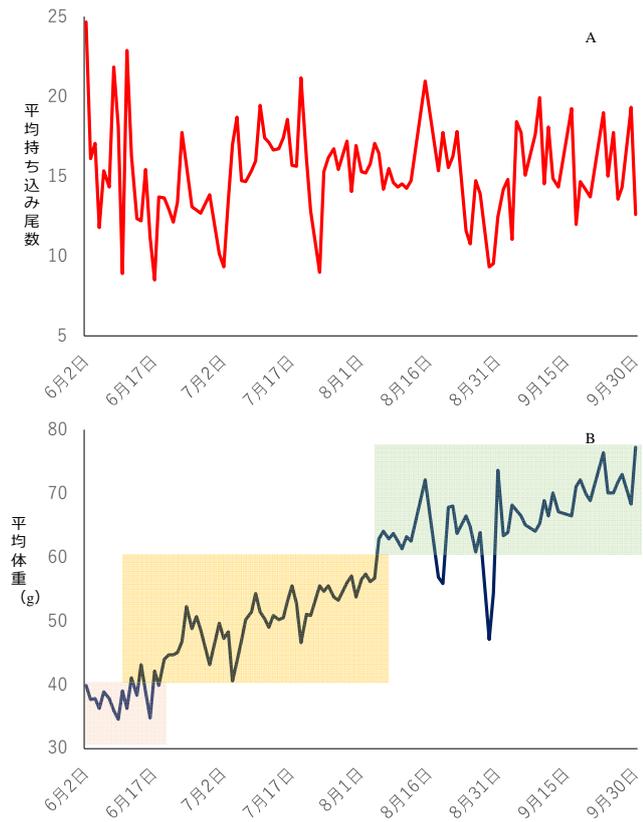


図4. 郡上漁協共同出荷へ持ち込まれたアユの平均尾数 (A) および平均体重 (B)

課題番号	3. (2)	事業実施期間	平成31年度
課題名	漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 アユ		
主担当者	高知県内水面漁業センター 占部敦史		
分担者	高知県内水面漁業センター 隅川 和		

#### 令和元年度の成果の要約：

2019年4月4日に平均体重9gの人工アユ（海産系F2）を鏡川水系高川川及び仁淀川水系土居川の2河川に標識放流し、放流後の成長を調査した。釣獲調査において、放流後の平均体重は高川川が放流後42日で23.1g、61日で29.1g、81日で40.4g、土居川が放流後48日で33.8gとなり、両河川の放流後の成育を確認することができた。両河川の同時期の釣獲調査（放流後42～48日）において、平均体重は高川川より土居川のほうが重く（ $t$ 検定、 $P<0.01$ ）、放流後の成長は土居川のほうが優れていた。

物部川の2018年及び2019年の遡上魚及び産卵親魚について、耳石日齢査定を実施し、孵化月を明らかにした。その結果、2018～2019年の3月遡上群は11～12月孵化群、4月遡上群は12～1月孵化群、5月遡上群は12～2月孵化群が主群であった。早期孵化群は早期に遡上し、晚期孵化群は晚期に遡上する傾向があった。次に、産卵親魚群の耳石日齢査定を実施したところ、2018～2019年の11月産卵群は11～3月孵化群、12月産卵群は11～4月孵化群であった。また、産卵の主群となる親魚群は12月以降の孵化群が多かった。これは晩期の孵化・遡上群が産卵に大きく貢献している可能性を示している。ただし、アユが3月以降に孵化したという事例はないことから、親魚の推定日齢が過少評価された可能性があるため、今後は晩期の孵化・遡上群の追跡調査を実施する必要があると考えられた。

#### 全期間を通じた課題目標及び計画：

近年、わが国のアユ漁獲量は著しく減少しており、アユ資源の増殖活動が必要不可欠となっている。そのため、高知県では各内水面漁業協同組合がアユ資源の増殖活動として種苗放流や資源保護に努めている。しかしながら、漁獲量は過去の水準まで回復していない。また、種苗放流や資源保護を効果的な手法で実施することが必要であるが、その最適な条件が明らかとなっていない。そこで、本課題では、種苗放流や資源保護を効果的な手法で実施するための知見収集を目的として、アユ放流手法では放流後の分布、生息環境、体サイズ等のデータを、資源保護手法では遡上魚と産卵親魚の耳石解析による孵化月組成等のデータを収集する。

#### 当該年度計画：

##### 1 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

高知県内の河川において、標識放流により、人工アユの成長、移動等についての調査を行う。

## 2 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

遡上魚及び産卵親魚において耳石の日輪解析を用いて日齢査定を実施し、産卵親魚の孵化月と遡上月を明らかにする。

### 結果：

#### 1 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

高知県鏡川水系高川川及び仁淀川水系土居川で標識放流を実施した。高川川では脂鱗切除を施した人工アユ（種苗系統：奈半利川海産系 F2，魚体重：8.7g）5,057尾を、土居川では脂鱗切除を施した人工アユ（種苗系統：奈半利川海産系 F2，魚体重：8.7g）13,793尾を4月4日に放流した（表1）。

高川川は川幅が約5mの小規模河川で、鏡川本流との合流点から1km上流に堤高約5mの堰堤（魚道なし）がある。試験放流区間はこの堰堤から上流域の800m程度とし、放流はその区間の下流端から200m上流の地点で行った（図1）。土居川は川幅が約30mの大規模河川で、仁淀川本流との合流点から4km上流に堤高約10mの堰堤（魚道あり）がある。試験放流区間はこの堰堤から上流域の6km程度（土居川本流：2km、支流安居川：2km、支流用居川：2km）とし、放流は区間の中間にあたる土居川、支流安居川及び支流用居川の合流地点で行った（図2）。

高川川は標識放流後42日、61日及び81日に、土居川は標識放流後48日に友釣りによる釣獲調査を行った。その結果、放流後の平均体重は高川川がそれぞれ放流後42日で23.1g、61日で29.1g、81日で40.4g、土居川が放流後48日で33.8gであり、両河川において放流後の成育を確認することができた（表2）。両河川の同時期の釣獲調査（高川川：放流後42日、土居川：放流後48日）において、平均体重は高川川より土居川のほうが重く（*t*検定、 $P<0.01$ ）、放流後の成長は土居川のほうが優れていた。これについては、河川水温は高川川で平均13.0°C（期間：4/4-5/16、最小：8.9°C、最大：15.7°C、積算：559.1）、土居川で平均15.3°C（期間：4/4-5/22、最小：10.5°C、最大：18.7°C、積算：749.2°C）であり、土居川のほうが高かったことによるものと考えられる。さらに、土居川では川幅も広く、アユが生息できる環境収容力が高かったことがあげられる。ただし、試験区間の推定放流密度は高川川で1.26尾/m<sup>2</sup>（試験区間：推定4千m<sup>2</sup>）、土居川で0.50尾/m<sup>2</sup>（試験区間：推定180千m<sup>2</sup>）となり、放流密度の違いもあった。これらから、両河川における水温や川幅を含む河川環境（環境収容力）や放流密度の違いが放流後の成長に影響を与えた可能性があった。

高川川では前年（2018年）にも放流後40日、60日及び80日付近に同様な釣獲調査を実施している。各年の放流後の平均体重は、放流後40日及び60日付近で体重に有意な差があったが、放流後80日で差がなくなった（*t*検定、放流後40日付近： $P=0.01$ 、放流後60日付近： $P<0.01$ 、放流後80日付近： $P=0.27$ ；表2）。本年（2019年）は前年（2018年）と比べて、放流後2ヶ月間の成長が劣っていた。これについては、放流時の河川水温は前年が13.3°C、本年が9.9°Cで

あり、放流から最終の釣獲調査までの平均水温は前年（4/5-6/26）が 15.1℃、本年（4/4-6/24）が 14.6℃であり、本年は河川水温が低いことがあげられた。水温を含めた河川環境の違いにより放流後の成長に差が生じた可能性が高い。ただし、他の要因として、前年は種苗系統が F1 系統、本年は F2 系統であり、種苗系統の違いが放流後の成長に影響を与えた可能性もある。

一方、土居川では標識放流魚を 4 月 4 日に 13,793 尾、無標識放流魚を 4 月 18 日及び 22 日に 76,911 尾を追加放流している。標識率は全体放流量の 15% であるが、釣獲調査（5/22）では標識魚の採捕率は 87% と有意に高かった（ $\chi^2$  検定、 $\chi^2=274.5$ 、 $P<0.01$ ）。このことについて、縄張りアユの定着には先住効果が影響する可能性があった。実際、仁淀川漁業協同組合の組合員 1 名の釣獲日誌において、6 月 1 日（解禁日）～8 月 1 日までに土居川で採捕したアユには約半分以上の標識魚が混入していたとの記載がされており、最初に放流したアユは先に釣獲される可能性が高いことがうかがえた。

表 1 アユ試験放流における釣獲調査結果

調査河川	川幅 (m)	標識放流						同地点の 全放流尾数	標識放流以外 の放流日	標識率
		放流日	水温 (℃)	標識方法	種苗の 系統	平均体重 (g)	標識魚の 放流尾数			
鏡川水系高川川	5	2019/4/4	9.9	脂鱗カット	奈半利川_F2	8.7	5,057	5,057	-	100%
仁淀川水系土居川	30	2019/4/4	10.4	脂鱗カット	奈半利川_F2	8.7	13,793	90,704	4/18, 4/22	15%

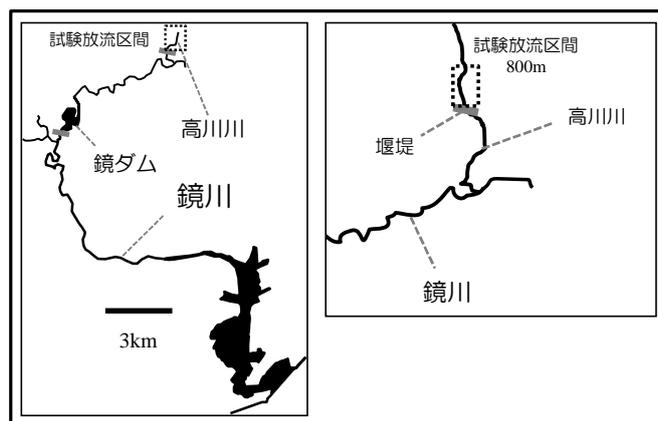


図 1 鏡川水系高川川での試験放流地点

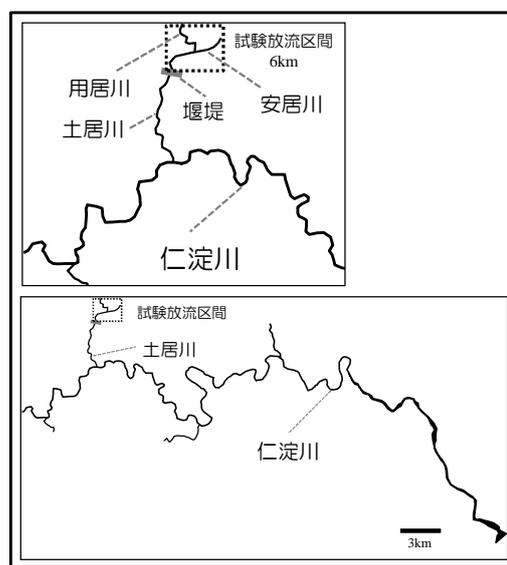


図 2 仁淀川水系土居川での試験放流地点

表 2 アユ試験放流における釣獲調査結果

調査河川	釣獲調査日	放流後 日数	全採捕尾数		採捕した標識魚			CPUE (尾/時間/人)
			<i>n</i>	<i>n</i>	採捕 割合	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	
高川川	2019/5/16	42	34	34	100%	141.1±12.9	23.1±7.7	5.7
	2019/6/4	61	23	23	100%	150.2±12.6	29.1±7.2	5.1
	2019/6/24	81	23	23	100%	167.1±12.9	40.4±9.7	9.6
土居川	2019/5/22	48	69	60	87%	154.5±17.6	33.8±7.9	5.3

## 2 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

物部川の2018年及び2019年のアユ遡上魚について耳石日齢査定を行い、3月～5月の遡上群の孵化月組成を明らかにした。その結果、2018年は3月遡上群 ( $n=30$ ) が11～12月、4月遡上群 ( $n=30$ ) が12～1月、5月遡上群 ( $n=28$ ) が12～2月に孵化したアユであることが分かった。なお、3月遡上群では11～12月孵化群、4月遡上群では1月孵化群、5月遡上群では1～2月孵化群が主群であった(図3)。さらに、2019年は3月遡上群 ( $n=20$ ) が11～12月、4月遡上群 ( $n=20$ ) が11～12月、5月遡上群 ( $n=21$ ) が12～1月に孵化したアユであった。なお、3月遡上群では11～12月孵化群、4月及び5月遡上群では12月孵化群が主群であった(図3)。これらから、早期孵化群は早期に遡上し、晚期孵化群は晚期に遡上する傾向があった。

次に、2018年及び2019年に産卵場で投網により採集した親魚の耳石日齢査定を行った。ただし、前年の報告書(2018年報告書参照)や既報(Tsukamoto K and Kajihara, 1987)において、親魚の日齢査定は耳石縁辺部の日周輪が計数しにくく、推定日齢が過少評価されることが分かっている。そのため、査定した親魚の日齢を13日加算することで(2018年報告書参照)、誤差の補正を行い、11月及び12月の産卵親魚群の孵化月組成を明らかにした。その結果、2018年は11月産卵群 ( $n=21$ ) が1～3月孵化群、12月産卵群 ( $n=13$ ) が1～4月孵化群であることが分かった。さらに、11～12月の産卵親魚は、1月孵化が7.7～33.3%、2月孵化が38.1～46.2%、3月孵化が28.6～38.5%、4月孵化が0.0～7.7%で構成されていた(図4)。一方、2019年は11月産卵群 ( $n=6$ ) が11～3月孵化群、12月産卵群 ( $n=9$ ) が11～2月孵化群であった。さらに、11～12月の産卵親魚は、11月孵化が11.1～16.7%、12月孵化が11.1～16.7%、1月孵化が44.4～50.0%、2月孵化が0.0～33.3%、3月孵化が0.0～16.7%で構成されていた(図4)。これらの結果から、2018～2019年の11～12月産卵親魚群は12月以降の孵化群と判定されたものが多かった。これは、晚期の孵化・遡上群が産卵に大きく貢献している可能性を示唆している。ただし、アユが3月以降に孵化したという事例はないことから、親魚の推定日齢が過少評価された可能性もあったため、今後は晚期の孵化・遡上群の追跡調査を実施する必要がある。

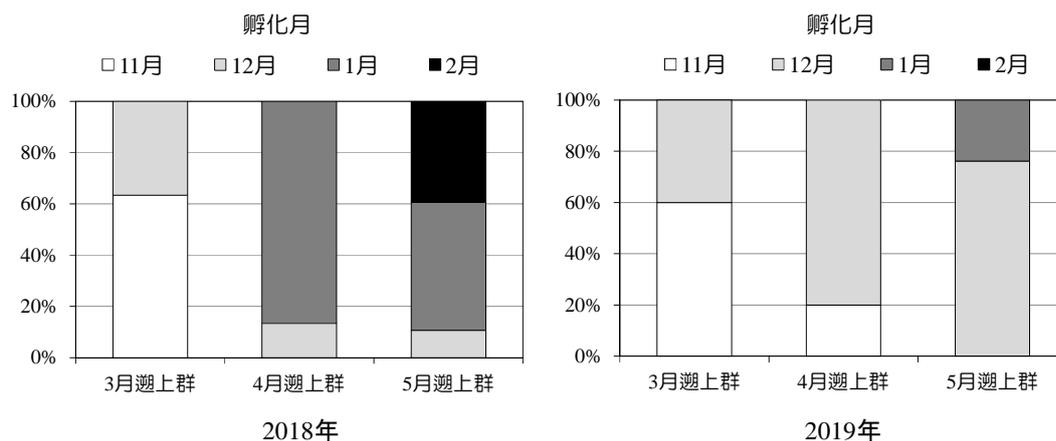


図3 アユ遡上魚の孵化月組成

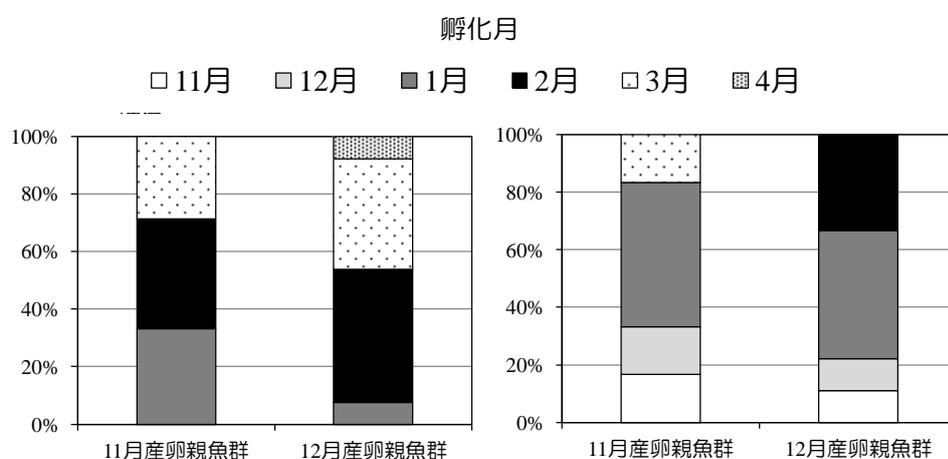


図4 アユ産卵親魚の孵化月組成

**課題と対応策：**

本事業は概ね計画どおり順調に実施された。しかしながら、次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護については、親魚の推定日齢が過少評価された可能性があった。そのため、今後は、天然アユの親魚において孵化月や遡上月などを含めた履歴を明らかにするための新たなアプローチを考える必要がある。さらに、晩期の孵化・遡上群が産卵に大きく貢献している可能性があることが示唆され、今後は晩期の孵化・遡上群の資源貢献に関する調査の検討が必要と考える。

**参考文献：**

Tsukamoto K and Kajihara T. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi. 1987; 53: 1985-1997.

課題番号	3. (2)	事業実施期間	平成 31 年度
課題名	最近の種苗性や河川環境に合った放流方法の開発及び早期遡上群の回復に向けた研究		
主担当者	熊本県水産研究センター資源研究部 宗 達郎		
分担者			

**令和元年度の成果の要約：**河川の漁場環境に応じたアユ人工種苗放流技術を開発するため、熊本県内の緑川水系八勢川において人工種苗の単独放流を行い、漁獲されたアユから放流後の成長と移動分布を把握した。また、天然アユの遡上モニタリング及び遡上変動要因について明らかにするため、球磨川におけるアユの流下仔魚調査及び遡上稚魚調査を行い、平成 30 年の流下仔魚は 6.6 億尾、平成 31 年が遡上稚魚は 54 万尾と推定された。

#### 全期間を通じた課題目標及び計画

- (1) 河川の漁場環境に応じた人工種苗放流技術の開発  
(最近の種苗性や河川環境に合った放流方法の開発)  
河川放流後のアユの成長率の把握と放流後の移動分布の把握
- (2) 天然アユの遡上モニタリングおよび遡上量変動要因の検討  
(遡上量の回復に向けた研究)  
近年、遡上量が減少している天然アユ稚魚の状況把握および遡上量増減の要因について検討し考察する

**当該年度計画：**本年度は、緑川水系八勢川において、放流した人工種苗アユの放流後追跡調査を行い、放流アユの成長等を把握する。

また、球磨川におけるアユの流下及び遡上状況を把握する。

#### 結果

- (1) 河川環境に合ったアユ放流手法の検討

##### ①人工種苗放流

2019 年 4 月 25 日に緑川漁協が中間育成している平均体重 3.2g のアユ人工種苗(球磨川遡上海産アユ F1) 1.5 万尾を緑川水系八勢川の長崎橋に放流した。(図 1、図 2)

また、データロガーを八勢川及び御船川に設置して水温を計測した。

6 月～9 月に八勢川で友釣り及び投網により漁獲されたアユ 88 尾を入手し、精密測定を行った。解禁直後の 6 月 6 日の平均体重と日間成長率は、友釣りで漁獲されたアユが平均体重 27.6g で日間成長率 5.2% (n=4)、投網で漁獲されたアユが平均体重 17.0g で日間成長率 4.0% (n=19)であった。(図 3、表 1)

八勢川の日平均水温は、放流時の4月25日が17.8℃、5月の平均水温が18.0℃、6月の平均水温が20.1℃であった。(図4)

## ②釣獲日誌

緑川漁業協同組合の組合員6名に緑川水系御船川でのアユ釣獲日誌を記入してもらい、CPUE等を算出した。

月平均のCPUEは、6月が4.0尾/h、7月が2.9尾/h、8月が2.0尾/h、9月が1.0尾/h、10月が2.4尾/時間であった。(表2)

また、釣獲されたアユの全長は、6月は15～20cmが54%を占めており、7月になると15～20cmが51%と20～25cmが44%とほぼ同じ割合となり、8～9月は20～25cmが60%以上を占め、10月は52%が25cm以上であった。(図5)

## (2) 早期遡上群の回復に向けた研究

### ①流下仔アユ調査

球磨川の球磨川堰において、2018年11月8日と11月21日の計2回、18時から翌日6時までの毎正時に5分間プランクトンネットにより流下するアユ仔魚を採集し、エタノール固定したのちに計数した。

また、国土交通省八代河川国道事務所も同様の方法により流下仔アユ調査を行っており、その調査結果と併せて流下仔アユ量を推定した結果、平成30年は約6.6億尾(H29年比200%)であった。(図6)

### ②遡上稚アユ調査

球磨川の球磨川堰において、球磨川漁業協同組合が行う稚アユのすくい上げ量から稚アユの遡上量を把握した。すくい上げは2019年3月15日から5月14日まで行われ、合計54万尾(H30年比26%)が遡上したと算出された。(図7)

2019年の球磨川のアユについては、流下仔魚が多かったものの、海域での生残が悪かったと推察される。

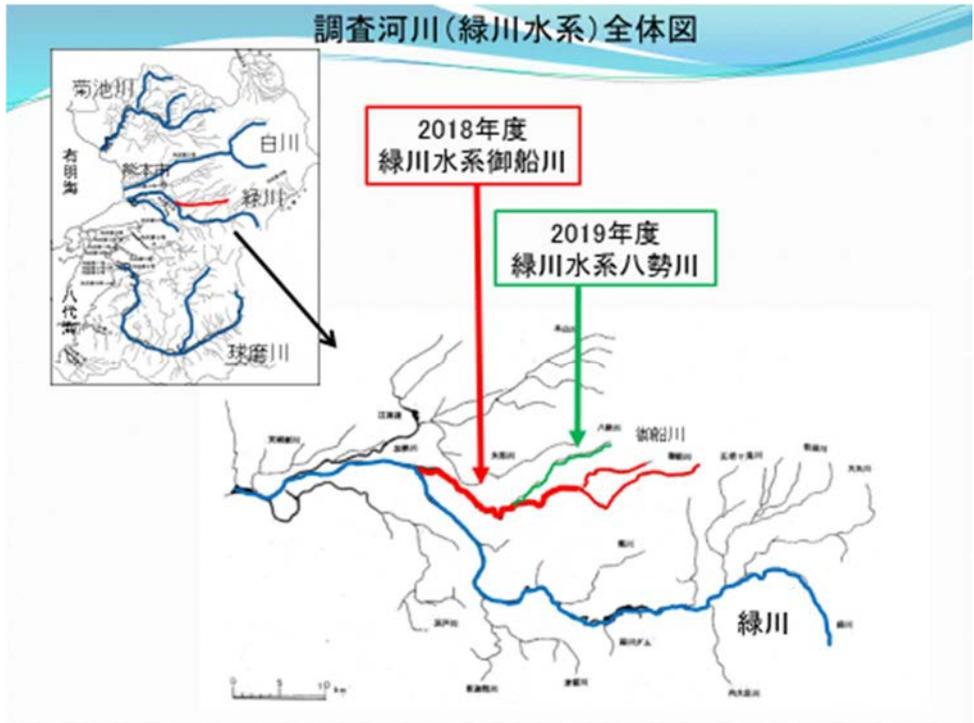


図1 調査対象河川位置図 (緑川水系)



図2 2019年度年緑川水系八勢川アユ放流地点

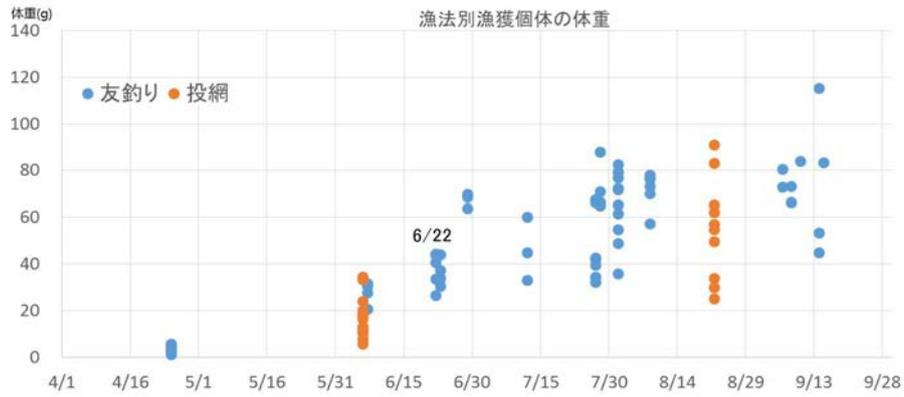


図3 2019年八勢川の漁法別の漁獲アユ体重

漁獲日	漁獲場所	漁法	個体数	平均体重(g)
6月6日	長崎橋	投網	19	17.0
6月6日	長崎橋	友釣り	4	27.6
6月22日	川内田	友釣り	5	37.8
6月23日	川内田	友釣り	4	36.4
6月29日	川内田	友釣り	4	67.9
7月12日	川内田	友釣り	3	46.1
7月27日	川内田	友釣り	7	46.4
7月28日	川内田	友釣り	4	72.6
8月1日	長崎橋	友釣り	10	64.9
8月8日	長崎橋	友釣り	7	72.7
8月22日	長崎橋	投網	10	55.2
9月6日	川内田	友釣り	2	76.8
9月8日	川内田	友釣り	2	69.9
9月10日	長崎橋	友釣り	1	83.8
9月14日	川内田	友釣り	3	71.2
9月15日	川内田	友釣り	1	83.4

表1 漁獲日別の漁獲アユ個体数及び平均体重



図4 御船川の日平均水温の推移

表2 御船川アユ釣獲努力量(CPUE)

	6月	7月	8月	9月	10月
最大	10.9	9.3	4.0	2.7	12.0
最小	0.4	1.1	0.0	0.0	0.0
平均	4.0	2.9	2.0	1.0	2.4

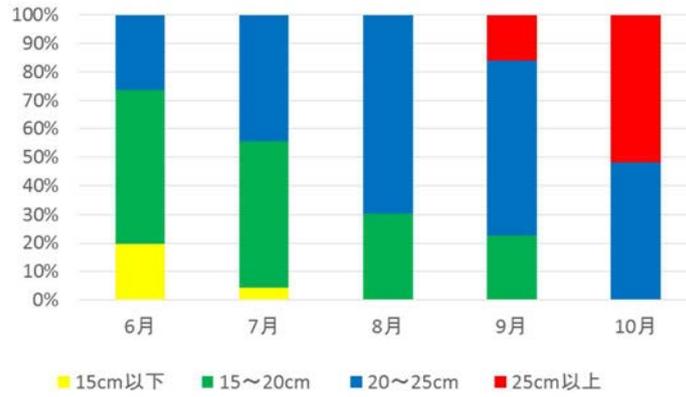


図5 御船川釣獲アユ全長頻度分布

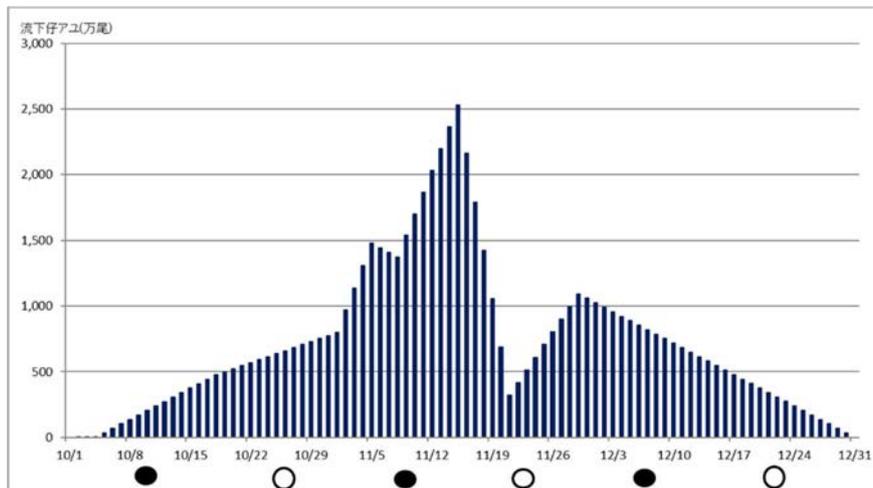


図6 2018年球磨川の日別流下仔アユ推定尾数

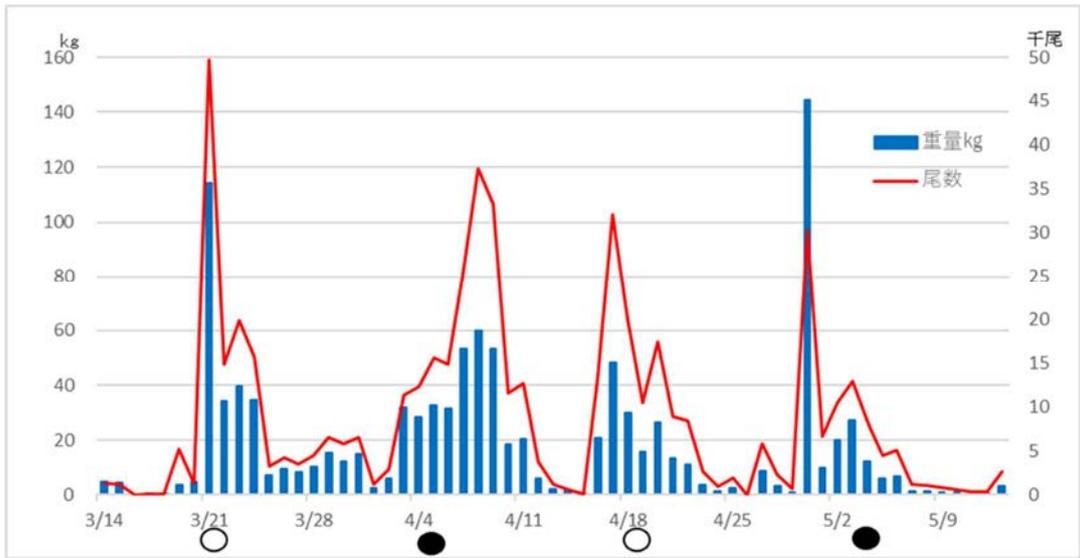


図7 2019年球磨川の日別遡上稚アユ尾数

課題と対応策：特に問題なく順調に実施された。

課題番号		事業実施期間	平成31年度
課題名	球磨川水系等をモデル河川としたアユ海洋生活期の成長・生残に関する環境要因の抽出		
主担当者	井口恵一朗		
分担者	村瀬 偉紀		

**平成31年度の成果の要約：**平成30年度に引き続き、天然海域におけるアユの初期生活史を明らかにする目的で、熊本県を流れる球磨川において、早期遡上群ならびに晩期遡上群を対象として、耳石分析を実施した。日輪解析の結果、早期遡上群は、晩期遡上群と比べて、早い時期に孵化し、高い比成長速度を実現し、大型の体サイズで河川に進入してくる傾向が示された。Sr/Ca（ストロンチウム/カルシウム）を指標とした微量元素分析の結果、晩期遡上個体において、河川進入後からしばらくの間は、遡河移動を中断して下流域に滞留するという傾向が認められた。以上から、球磨川におけるアユの移動・回遊パターンは、個々の遭遇する環境条件に応じて、個体間のレベルで変異する実態が確認された。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**近年のアユの漁獲量は低迷しており、漸減傾向に歯止めのかからない状況が続いている。事態の打開にむけて、天然アユ資源の回復に高い期待が寄せられている。しかしながら、本種の生残に影響を及ぼす環境要因に関する知見は乏しいため、有効な施策の構築には至っていない。本課題では、両側回遊魚であるアユが初期生活史をおくる時季に焦点を当てながら、体サイズ、行動、生息環境等に関するデータを収集・解析する。

**当該年度計画：**本年度は、球磨川下流の河口近傍の定点において3月14日（遡上初期）、4月18日（遡上盛期）ならびに5月13日（遡上晩期）に採捕された個体を検討の対象とした。早期遡上群については50個体、晩期遡上群については47個体について、それぞれ、耳石を摘出し、耳石核から後端方向へ日輪解析と微量元素分析を行った。また、球磨川河口の9カ所においてCTDを用いて表層から低層までの塩分勾配を測定した。

#### 結果：

##### (1) 体長、日齢範囲と孵化日組成

河川遡上時の標準体長ならびに日齢の平均（±標準偏差）は、3月遡上群では71.43 mm ± 7.48 および 134.85 day ± 8.17（ $n = 20$ ）、4月遡上群では50.66 mm ± 5.18 および 142.25 day ± 7.65（ $n = 20$ ）、

5月遡上群では  $47.87 \text{ mm} \pm 3.31$  および  $139.89 \text{ day} \pm 11.32$  ( $n=9$ ) となった。図1に示した通り、孵化日の推定範囲について、3月遡上群では10月7日–11月7日 ( $n=20$ )、4月遡上群では11月5日–12月10日 ( $n=20$ )、5月遡上群では11月8日–12月20日であった ( $n=9$ )。早期孵化群と晚期孵化群における河川遡上時の標準体長ならびに日齢の平均 ( $\pm$ 標準偏差) について、早期孵化群では  $69.34 \text{ mm} \pm 9.83$  および  $137.45 \text{ day} \pm 11.52$  ( $n=22$ ) であったのに対して、晚期孵化群では  $49.90 \text{ mm} \pm 4.96$  および  $140.04 \text{ day} \pm 6.56$  ( $n=27$ ) であった。

## (2) 成長履歴

早期遡上群と晚期遡上群のそれぞれについて、比成長速度 [SGR; Specific Growth Rate:  $(\text{Log}_{10}\text{SL} - \text{Log}_{10}(6.1))/\text{Age}$ ] を求めた。10日間隔で算出した比成長速度の平均値を比べてみると、図2に示した通り、71–100日齢区間を除き、全ての日齢範囲で、両遡上群の間には差異が認められ、1–70日齢までは、早期遡上群が高い比成長速度を示したのに対して、91–120日齢では、晚期遡上群が高い比成長速度を示した (Two-way repeated measures ANOVA,  $p<0.05$ )。

## (3) 経験塩分履歴

早期遡上群と晚期遡上群のそれぞれについて、日齢ごとの平均 Sr/Ca を図3に示す。本研究では、Hata *et al.* (2016)\*に基づいて、Sr/Ca 値が初めて 2.4 を下回った時機を目安に「河川進入時日齢」と定義することとした。早期遡上群では、河川に進入したばかりのタイミングで採集の対象となった個体が多く含まれていたため、塩分履歴が耳石に反映されていないケースが高い頻度で観察された。一方で、晚期遡上群では、河川侵入時から1ヶ月以上の時間を河川内で過ごした個体が、採集の対象となっていたことが判明した。また、孵化から1–50日経過後に記録された Sr/Ca の平均は、早期遡上群よりも晚期遡上群の方で高い値を示す傾向があった (Two-way repeated measures ANOVA,  $p<0.05$ )。

\*Environ Biol Fish 99: 527–538

## (4) 河口域の塩分勾配

水深 0 m、1.0 m、2.0 m における塩分勾配を図4に示した。9つの観測点における塩分は、0–27.2‰の範囲であり、表層は淡水、中層以深は汽水の性状を呈した。

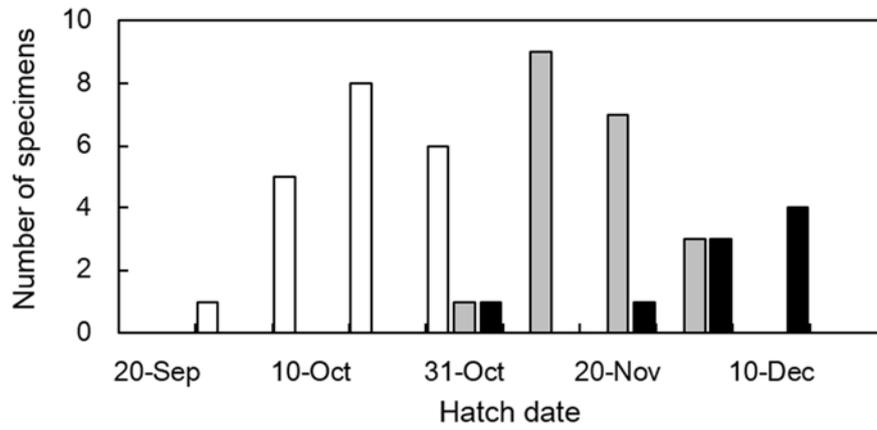


図1. 3月遡上群 (□)・4月遡上群 (□)・5月遡上群 (■) の孵化日組成の比較

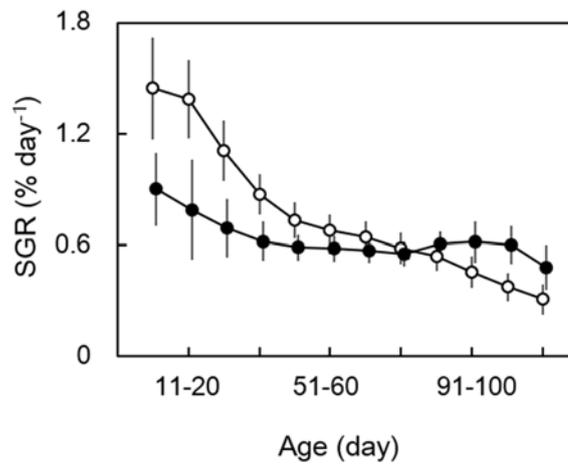


図2. 早期・晚期孵化群における10日間隔の平均値 (±標準偏差) による比成長速度の比較  
○は早期孵化群、●は晚期孵化群を示す

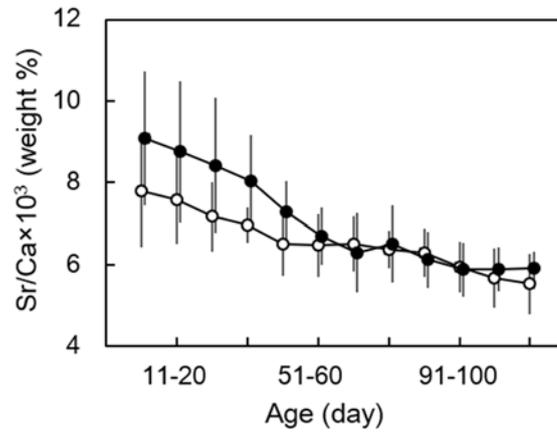


図3. 早期・晚期孵化群における10日間隔の平均値(±標準偏差)によるSr/Ca比の比較  
○は早期孵化群、●は晚期孵化群を示す

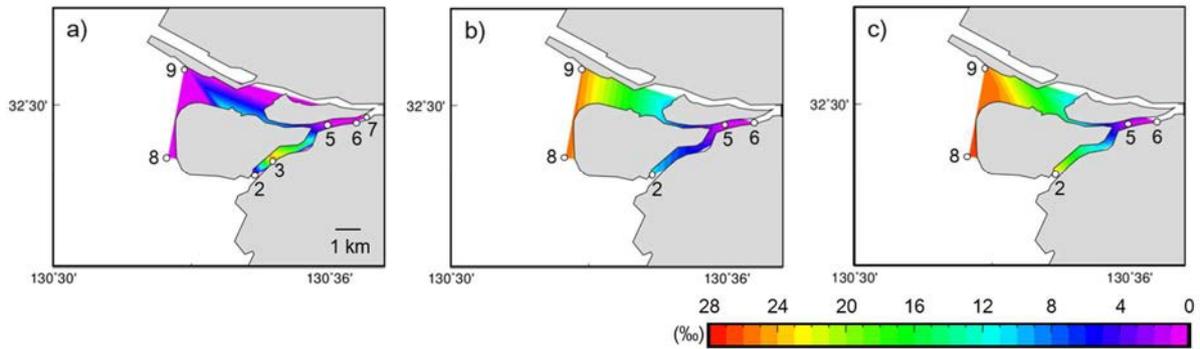


図4. a) 水深0 m、b) 水深1.0 m、c) 水深2.0 mにおける塩分勾配

図中の数字は観測地点 (St. 1-9) を示す

課題と対応策：

特に問題なく順調に実施された。