

令和2年度 環境収容力推定手法開発事業 報告

課 題 番 号	3. (2)	事業実施期間	令和2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・教育機構水産技術研究所 坪井潤一		
分担者			

令和2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5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、島根、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、一昨年度、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）、斐伊川（島根県）、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1.99%から5.56%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。5.56%を記録した熊本県緑川水系では、放流時に水温が13.6℃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10.3℃と低く、成長率が最も低い1.99%であった。一昨年度、昨年度の結果と合わせて17河川のデータセットで重回帰分析を行った結果、水温が高いほど ($p = 0.010$)、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、データを蓄積することで、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8河川

	水系	河川	緯度	経度	川幅(m)
栃木県	利根川	田川	36.614	139.876	15
岐阜県	庄川	御手洗川	36.033	136.936	9
島根県	斐伊川	斐伊川	35.210	132.986	20
高知県	仁淀川	土居川	33.609	133.175	30
高知県	鏡川	高川川	33.642	133.529	5
高知県	鏡川	的湊川	33.603	133.467	13
熊本県	緑川	御船川	32.720	130.874	19
熊本県	緑川	御船川	32.720	130.874	19

表2. 放流試験の概要

	放流日	放流時の水温(℃)	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 ²)
栃木県	2020/4/30	15	あぶら鰭カット	ハイブリッド_F1 (那珂川系×七色系)	5.5	3.15
岐阜県	2020/5/23	14.8	—	木曽川_F1	6.0	1.94
高知県	2020/4/2	10.3	あぶら鰭カット	奈半利_安田川_F1	9.8	1.80
高知県	2020/4/2	11.2	あぶら鰭カット	奈半利_安田川_F1	9.8	0.92
高知県	2020/4/2	14.1	あぶら鰭カット	奈半利_安田川_F1	9.8	0.93
島根県	2020/4/22	10.1	あぶら鰭カット	江の川F1	4.8	0.70
熊本県	2020/3/24	12.7	—	球磨川 F2	2.6	1.06
熊本県	2020/4/17	13.6	あぶら鰭カット	球磨川 F2	3.5	1.06

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	2020/5/28	11.7	28	2.70	9.00
岐阜県	2020/7/5	40.5	43	4.44	0.67
高知県	2020/5/20	26.3	48	2.06	2.33
高知県	2020/5/18	24.4	46	1.99	4.00
高知県	2020/5/18	36.1	46	2.84	2.43
島根県	2020/7/1	70.1	70	3.83	5.00
熊本県	2020/6/1	51.9	69	4.34	1.00
熊本県	2020/6/1	42.8	45	5.56	0.20

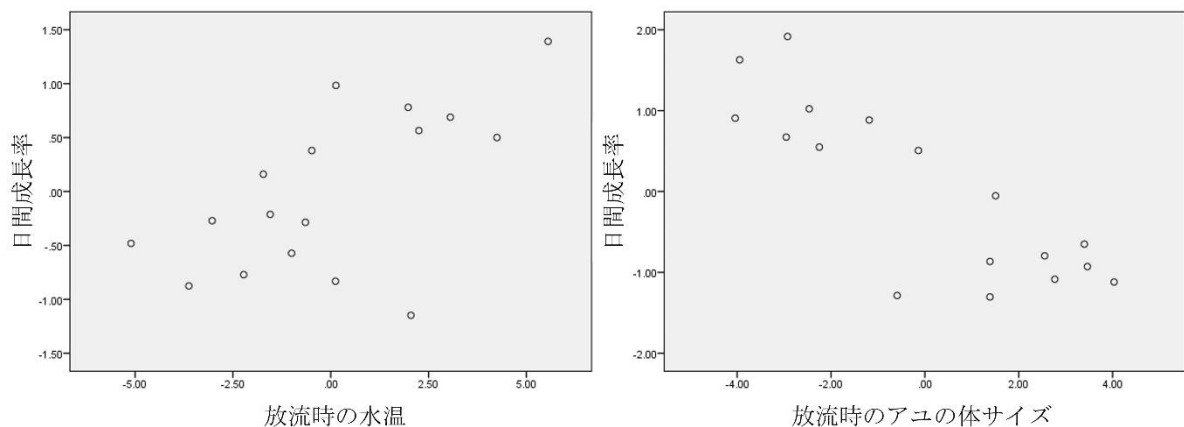


図 1. 水温（左）および放流時のアユ体サイズ（右）と日間成長率の関係（偏残差プロットであるため数値自体に意味はない）

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>



令和2年度 環境収容力推定手法開発事業 報告

課 題 番 号		事業実施期間	令和2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 渡邊長生		

令和2年度の成果の要約：利根川水系田川で放流試験を実施した。放流から28日後に釣獲した試験魚の平均サイズは11.7gで、日間成長率は2.70%だった。試験魚のサイズは友釣りの対象としては小ぶりだったが、先住魚がいたこと、河川工事に伴う日常的な濁水の発生が試験魚の成長に影響を与えた可能性がある。解禁後の漁獲日誌から、試験魚は主に放流地点から3.5km以内の範囲に定着したと考えられる。多数の試験魚が放流地点直上の魚道を遡上したことも確認された。

那珂川水系の上流部及び中流部において解禁当初に釣獲された天然アユのふ化日を比較した。上流部で釣獲された個体はふ化時期の範囲が狭く、中流域では広がった。また、早期にふ化した個体は上流部ではほとんど確認されず、中流部に定着したと考えられる。釣獲魚の主群は上流部、中流部ともに11月中旬から下旬にかけてふ化した個体だったが、中流部で釣獲された個体が大型であり、中流部に定着した個体は成長が早いと考えられる。中流部は早期にふ化した個体が定着したこと、ふ化が同時期でもサイズが大型だったことから、アユの定着に適した条件がそろっていると考えられる。上流部で釣獲された個体の平均サイズは友釣りの対象として小型だったことから、解禁を遅らせることで天然資源を有効に利用できると考えられる。

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) 那珂川水系は栃木県内で唯一の安定的な天然遡上のある水系であり、全国有数のアユの漁場となっている。天然資源の持続的な利用を図るため、那珂川水系での資源実態を明らかにする。

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移動状況について把握する。また、那珂川において解禁当初に釣獲された天然アユのふ化日組成を上流部と中流部で比較する。

結果：

(1) 利根川水系田川で放流試験を実施した。宇都宮市瓦谷町地先において、4月30日に平均サイズ5.50gの新とちぎ系種苗（那珂川遡上魚由来の系統×七色ダム由来の系統）2.2万尾を放流した。試験魚は脂ビレを切除し、標識とした。放流時の水温は15.0℃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5月8日に記録された12.8℃で、種苗放流の目安である8℃を下回ることにはなかった（図1）。

放流から28日後の5月28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36尾で、調査員1人1時間あたりの釣れ具合は9.0尾だった。釣獲魚の平均サイズは11.7gで、放流後の日間成長率は2.70%だった。今回の試験では、釣獲魚の平均サイズは友釣りの対象としては小型だった。試験魚を放流する10日前に漁協による種苗放流（7.9g、15,000尾）が行われたことにより先住魚が定着していたこと、前年の台風19号の復旧工事により濁水が日常的に発生していたこと等が試験魚の成長に影響を与えた可能性がある。

試験魚の移動状況を把握するため、試験河川を5箇所の調査区を設定した（図2）。漁協組合員に釣獲日誌を配布し、釣行日、試験魚の釣獲尾数及び調査区の記録を依頼したところ、6月15日の解禁日から8月19日の期間で、延べ108人・日、116尾のデータが収集できた。区間ごとの平均釣果は区間①～③で高く、区間④、⑤では低かったことから、試験魚は主に放流地点から3.5km以内の範囲に定着したと考えられる（表1）。また、区間①は放流地点との間に魚道のある堰が設置されている（図2）。区間①で、放流地点の区間②よりも平均釣果が高かったことから、多数の試験魚が魚道を遡上し、定着したことが確認された（表1）。

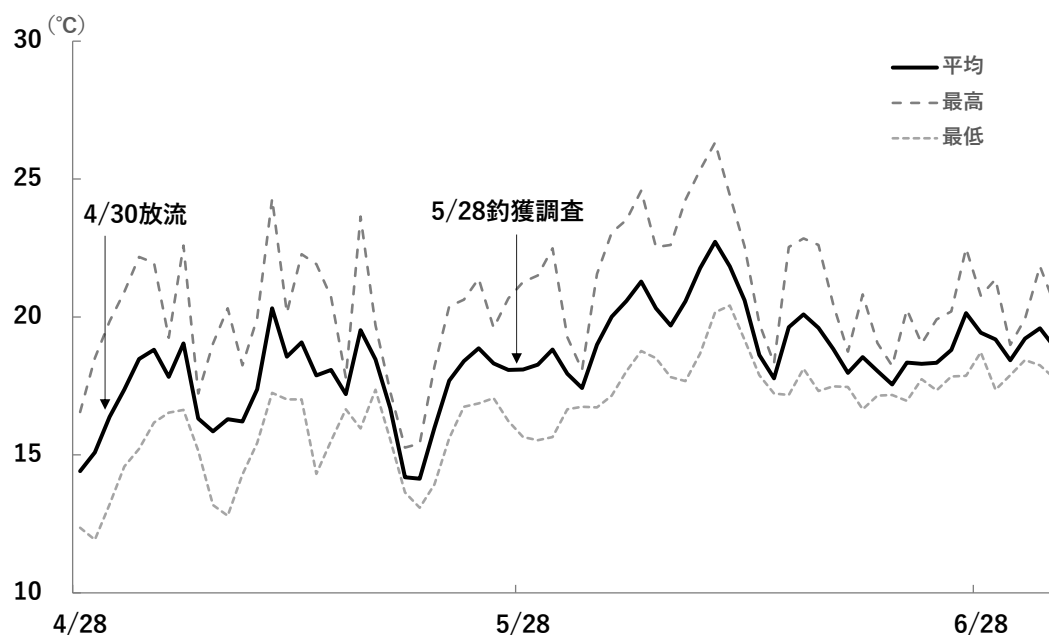


図1 河川水温の経時変化

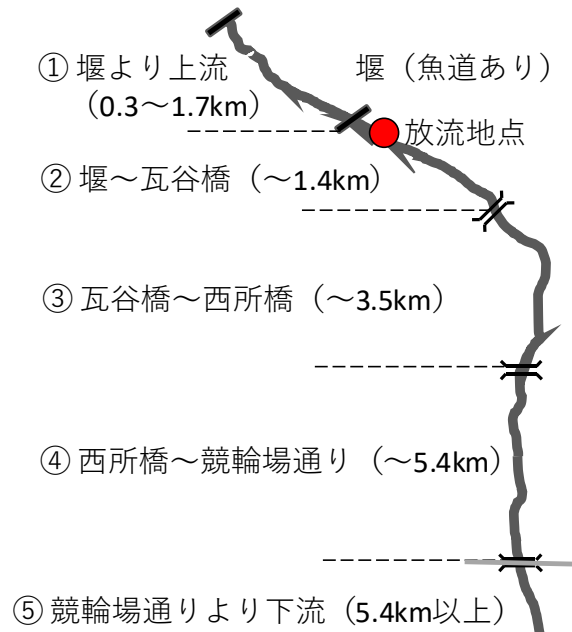


図2 試験河川と調査区間の概要

調査区間	6月	7月	8月	平均	釣行回数	備考
① (0.3~1.7km)	2.0	2.7	3.0	2.7	11	
② (~1.4km)	1.6	2.2	—	2.1	19	放流地点
③ (~3.5km)	—	3.3	—	3.3	9	
④ (~5.4km)	0.3	0.0	0.0	0.2	6	
⑤ (5.4km~)	0.3	0.3	0.0	0.3	63	

※ —は釣行実績なし

表1 区間ごとの月別平均釣果（尾/人/日）

（2）栃木県内の那珂川中流部の烏山地区（河口から77km）及び上流部の支流黒川（河口から104km）で解禁当初に釣獲されたアユのふ化日組成を比較した。6月1日から5日にかけて友釣り釣獲された、黒川65尾、烏山86尾の天然アユの耳石日輪を判読し、ふ化日を推定した。側線上方横列鱗数及び耳石の形状から天然魚であることを確認した。

釣獲されたアユのふ化日は、上流部の黒川で11月上旬から12月上旬、中流部の烏山で10月下旬から12月上旬にかけて確認され、烏山でふ化時期の範囲が広がった（図3）。烏山で釣獲されたアユは、黒川で確認されなかった10月下旬にふ化した個体が見られ、11月上旬にふ化した個体も多かったことから、早期にふ化した個体は烏山に定着したと考えられた（正確確率検定： $p < 0.01$ 、図3）。また、黒川、烏山ともに11月中旬から下旬にかけてふ化した個体が多く、ふ化時期のピークは同じだったことから、主に11月中旬から下旬にかけてふ化した個体の一部が黒川まで遡上していると考えられた（図3）。両地区の平均全長は黒川12.9（±1.8）cm、烏山14.7（±2.5）cm

で、烏山の釣獲魚が大型だった（ t 検定： $p < 0.001$ 、図4）。旬ごとの比較が可能だった11月中旬及び11月下旬の全長組成は、烏山の釣獲魚が大型だった（どちらも t 検定： $p < 0.01$ 、図5）。また、全長の標準偏差はどちらの時期も烏山で大きく、成長の差が大きいと考えられた（図5）。一方、12月上旬にふ化した個体は烏山が多かった（図3）。

解禁当初に釣獲されたアユのふ化日組成から、那珂川水系では早期にふ化した個体は主に中流部に定着していることが確認された。同時期にふ化した個体間では、中流部は上流部に比べて平均サイズが大きかったことから、中流部はアユの成長に適した条件が揃っており、遡上してきた早期生まれの個体が定着しやすかった可能性がある。あるいは、河川環境や水温、先住魚の密度等の一定の条件を満たせば、アユは遡上を止めて定着する可能性も考えられる。11月中旬から下旬生まれの個体は上流部、中流部の両方で釣獲魚の主群となっており、同時期にふ化した個体でも中流部に定着した個体と上流部まで遡上を続けた個体が存在することが確認された。一方で、12月上旬にふ化した個体は中流部が多かったことから、アユのふ化時期と定着の関係については、今後検討が必要な点が多いと考えられる。当场では、県内最下流部において3月から5月にかけて遡上魚の採捕調査を実施しており、耳石を解析中である。今回のデータと遡上魚のふ化日組成を比較・検証することで、ふ化時期と定着の関係についてより詳しい考察が可能と考えられる。

那珂川水系では、毎年6月1日に全川が解禁となっている（支流の一部区域を除く）。しかし、今回上流部で釣獲された天然魚の平均サイズは12.9 cm、17.9 gと友釣りの対象としては小型だった。このことから、上流部の解禁を遅らせて天然魚の成長を促すことは、天然資源を有効に利用するための選択肢のひとつとして有効と考えられる。アユの釣り人は全国的に減少傾向にあるが、解禁日には例年多くの釣り人で賑わう。漁場を分けて段階的に解禁することで集客力の向上も見込むことができ、経済的なメリットも期待できると考えられる。また、上流部で釣獲された放流魚の平均サイズは15.1 cm、27.6 gと天然魚に比べて大きく、友釣りの対象サイズを概ね満たしていた（図6）。しかし、放流魚が釣獲魚に占める割合は27.8%に留まっている。アユ釣り人の減少により漁協の経営は厳しく、放流費用を増やすことは難しい。現在の解禁日を維持し、放流種苗によって上流部の釣獲魚のサイズを高めるためには、種苗サイズや放流時期を見直すことが必要と考えられる。

今回の結果及び考察は今年度単年のデータに基づいたものであり、那珂川水系での一般的な傾向について言及することは難しい。また、今年度は初遡上の確認が観測開始以降最も早く、遡上量も多かったことから、今年度特有の結果だった可能性もある。加えて、上流部の黒川では釣獲範囲が限られていたが、中流部の烏山では比較的広い範囲でサンプリングされており、この違いが今回の結果に影響している可能性も否定できない。このため、次年度も本調査を継続するとともに環境条件等の必要なデータを収集し、結果を精査することが必要と考えられる。

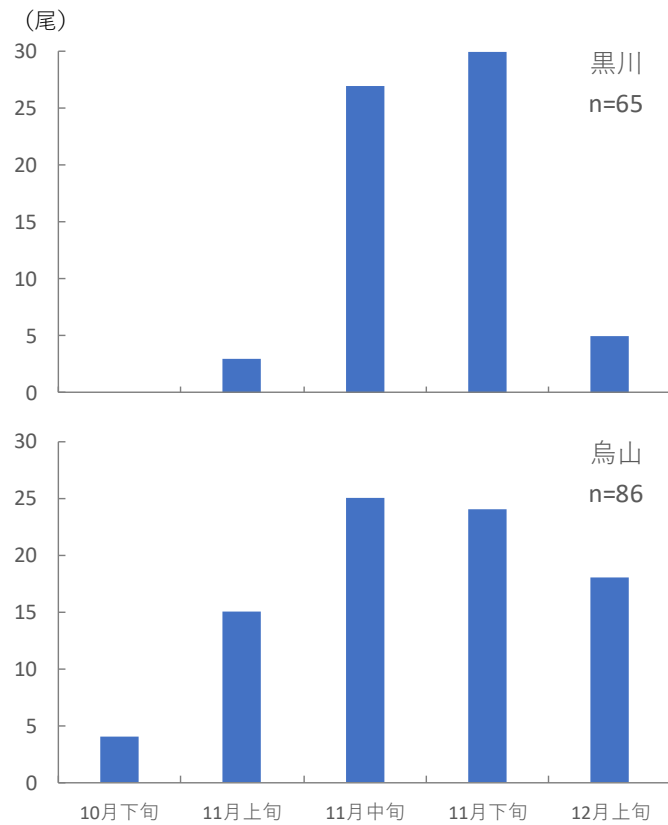


図3 釣獲地点ごとのふ化日組成

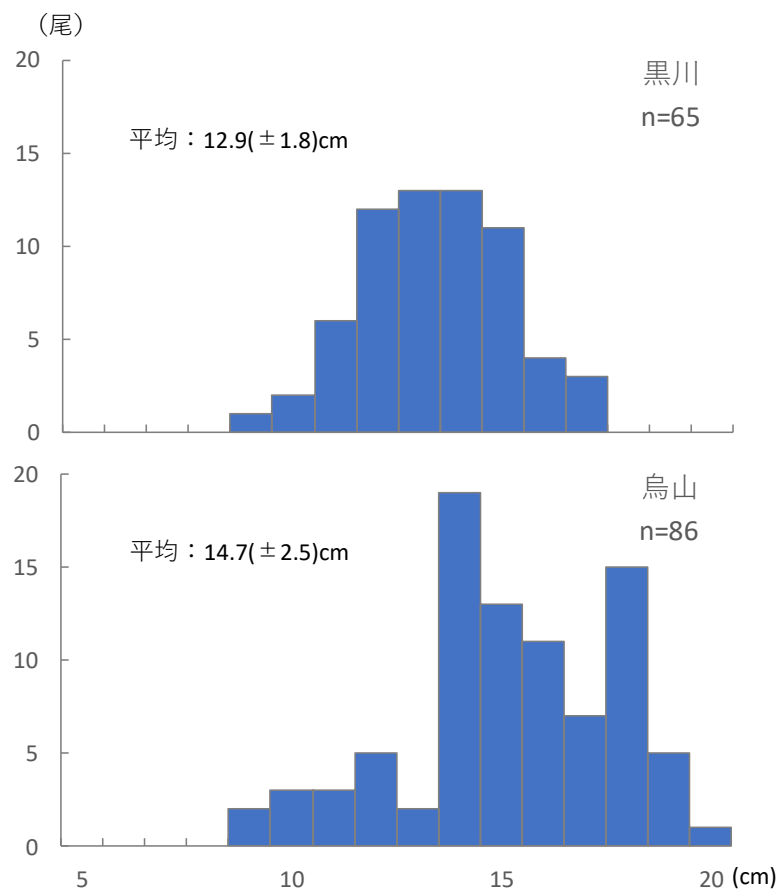


図4 釣獲地点ごとの全長組成 (括弧内は標準偏差を示す)

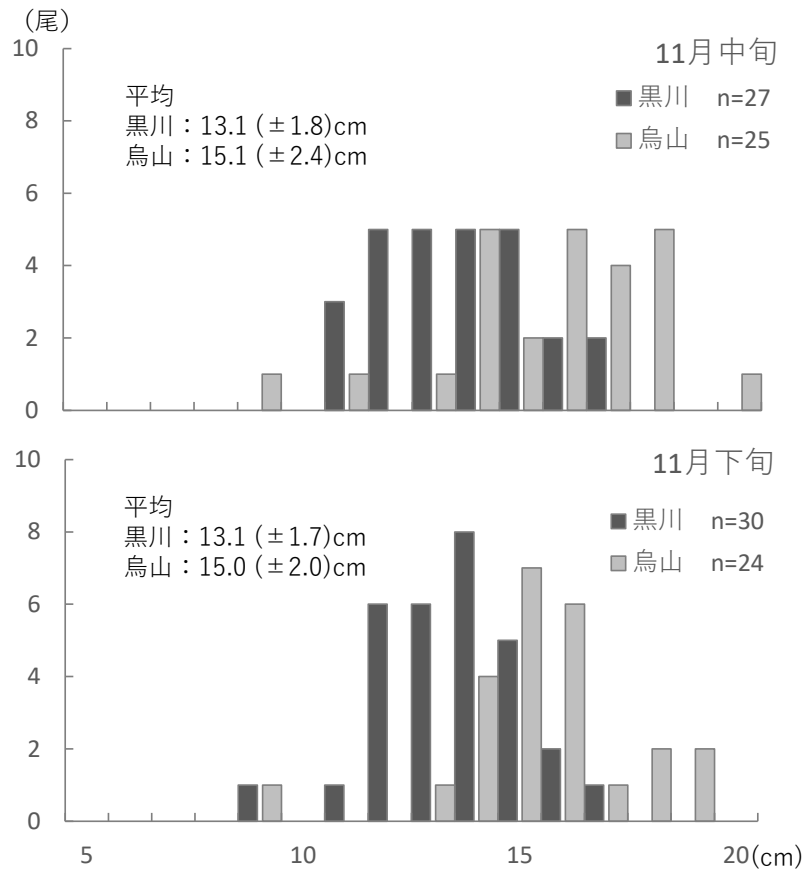


図5 ふ化時期ごとの全長組成（括弧内は標準偏差を示す）

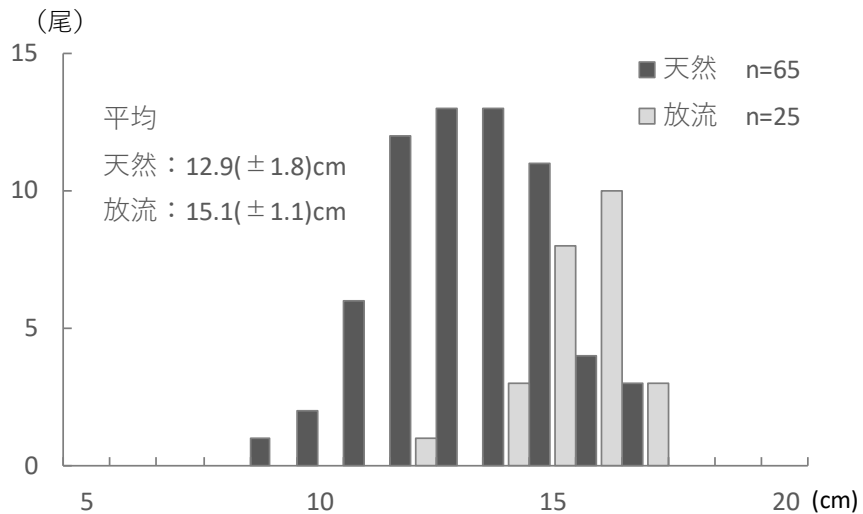


図6 黒川の由来別全長組成（括弧内は標準偏差を示す）

課題と対応策： 次年度は、放流試験を引き続き行い放流時期やサイズ、水温等のデータを収集する。また、那珂川水系での釣獲魚のふ化日組成についても、データを蓄積するため調査を継続することとしたい。

令和2年度 環境収容力推定手法開発事業 報告

課題番号	3. (2)	事業実施期間	令和2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2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7日に平均体重6gで実施し、解禁は7月4日であった。漁獲調査は解禁日が降雨・増水であったため、翌日の7月5日に実施した。3名の調査員により計12尾の釣果があり、平均釣獲数は4尾/人であった（平均体重40.5g）。さらに、7月22日に再度、漁獲調査を実施しところ、3名の調査員により計10尾の釣果であった。解禁日までの日間平均成長率は、約3.4%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年半後の6月24日には、23地点中12地点でアユが確認され、総確認尾数は49尾であった。解禁後約1年半後の8月19日は37地点中12地点でアユが確認され、総確認尾数は54尾であった。360度カメラにより確認可能な範囲を11.0m²と仮定すると、6月24日は0.19尾/m²、8月19日は0.13尾/m²であった。昨年度の解禁前の密度が0.65尾/m²、平均釣獲数は10.4尾/人であったことを考慮すると今年度の釣果の不振と生息密度に関連がある可能性がある。

郡上漁協管内の長良川において、2018年に友釣りおよびやなで漁獲された遡上アユのふ化日について調査した。2018年に郡上漁協管内で張切り網（8月）、友釣り（8月、9月）、たくり（8月）、やな（8月、9月）で漁獲されたもののうち、側線上方横列鱗数および下顎側線孔により天然遡上と判別されたものの一部を用いて、耳石の日輪調査によって比較した。確認された最早ふ化日は2017年8月7日、最遅ふ化日は2019年2月2日であった。漁法、漁獲日によって漁獲された平均ふ化日は異なり、最早は8月7日の張切り網により漁獲された2017年11月2日、最遅は2018年10月30-31日に漁獲された2019年2月2日であった。8月上旬の張切り網の推定ふ化日は11月上旬に、10月下旬のやなは翌年の2月上旬に集中していた。一方で、その他の漁法による漁獲魚のふ化日は、広く分散しているものの、いずれの漁法においても、漁獲日が遅くなるほどふ化日は遅くなることが判明した。

2010年から2019年の10年間の郡上漁協の集荷記録から友釣りの漁獲状況の変化について調査した。期間内に漁協集荷所が開いていた総日数は867日、延べ集荷回数は29,838回、総集荷尾数は454,837尾であった。持ち込まれたアユの平均体重は58.9gであり、年変動はあるもののお盆（8月13-15日）以降に集荷サイズのばらつきが大きくなることが判明した。集荷数は13.6-17.3尾/回で変動し、平均は15.2/回となり、漁期を通してほぼ一定であった。

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、張切網、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) 郡上漁協管内における漁法ごとのふ化日の調査、および共同出荷アユによる資源動態調査

郡上漁業協同組合管内の長良川において、8～10月期に様々な漁法で漁獲された天然遡上アユの日齢を比較し天然資源の状態を調査する。また、2010年から2019年の10年間の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、資源動態について調査する。

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調査区間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。2020年5月7日に海産系人工産アユを放流した。当該放流地点は、昨年度の調査により下流からの遡上アユが滝により阻害されていることから標識は行わなかった。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、アユ漁の解禁日が2020年7月4日であったが、降雨・増水のため、翌日の7月5日に友釣りによって実施し、その後、7月22日にも調査した。7月5日は3名の調査員により計12尾の釣果があり、平均釣獲数は4尾/人であった（平均体重40.5g）。また、7月22日の漁獲調査では、3名の調査員により計10尾の釣果であった（平均体重43.0g）。解禁日までの日間平均成長率は、約3.4%となった（昨年度は2.9%）。

平均川幅：8.6m
区間距離：2,420m
河川面積：20,812m²
放流尾数：16,687尾
平均体重：6.0g
放流密度：0.80尾/m²
水 温：12.7℃

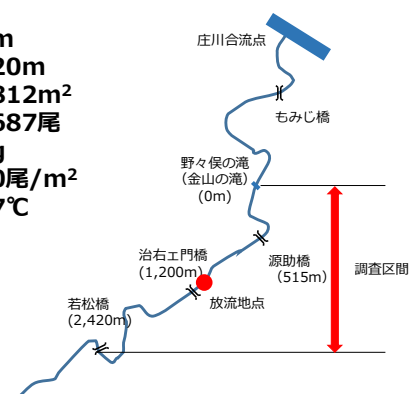


図1. 放流試験の調査区間および放流情報

調査区間内に設置した4月15日から8月31日までの水温変化を図2に示した。最低水温は4月15日に記録した4.7℃、最高水温は8月29日に記録した23.4℃であった。放流日（5月7日）から解禁日（7月4日）までの平均水温は14.1℃と昨年度（14.7℃）よりもやや低い値であった。また、放流前ではあるが4月30日には放流の基準と考えられる最低水温の8℃を下回っていた。昨年度は8月中旬を過ぎたところから水

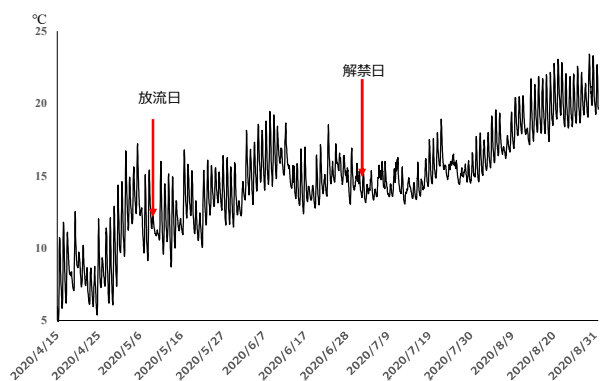


図2. 御手洗川の水温変化

温が急激に低下したが、今年度は8月末まで水温上昇が継続した。放流は、水温の状況および日間平均成長率を考慮すると今年度実施した5月上旬に可能であると考えられる。

360度カメラによる密度推定結果を表1に示した。360度カメラによる密度推定は、解禁前の6月24日および、解禁後の8月19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。

表1 360度カメラによる密度推定

調査年	調査日	確認地点数	確認数	密度
2020	6月24日	12 (52%)	49	0.19尾/m ²
	8月19日	12 (32%)	54	0.13尾/m ²
2019	6月26日	10 (71%)	101	0.65尾/m ²
	7月27日	12 (71%)	24	0.13尾/m ²

撮影可能面積は昨年度の結果を踏まえ11m²とし、各地点の撮影個体数と撮影可能面積から密度を推定した。なお、撮影箇所数は、調査区間内で、6月24日は23地点、8月19日は37地点であった。6月24日には、23地点中12地点でアユが確認され、総確認尾数は49尾であった。しかし、昨年度のように高密度で撮影された場所（73尾/地点）は認められず、最大は放流地点よりやや上流の10尾/地点であった。8月19日は37地点中12地点でアユが確認され、総確認尾数は54尾であった。最も多くのアユが確認された場所は6月24日と同地点で、11尾/地点であった。両調査の推定生息密度は、6月24日が0.19尾/m²、8月19日が0.13尾/m²と放流時の推定密度である0.80尾/m²よりも低い値であった。なお、庄川漁協への聞き取り調査によると、放流後2週間程度は大きな群れアユが観察されたが、その後大きな群れは認められなかったとのことであった。解禁前の生息密度が昨年度より低下した要因は不明であるが、気候や疾病の発生状況を除くと、放流時期を早めたこと、放流サイズを小型化したことが要因の可能性もある。

2) 郡上漁協管内における漁法ごとのふ化日の調査、および共同出荷アユによる資源動態調査

2018年に様々な方法で漁獲されたアユのふ化日について、耳石の日輪調査によって比較した。供試魚から耳石（扁平石）を摘出し、スライドガラス上に市販の透明マニキュアで固定した後、2種類の超精密仕上げ用研磨フィルム（#1200、#4000）を用いて研磨し、耳石標本とした。これら標本は耳石日輪解析システム（RATOCエンジニアリング社）を用いて、500倍に拡大して輪紋数の計数を行った。各供試魚の採捕日から日齢を差し引き、個体毎にふ化日を推定した。アユの供試魚は2018年8月～10月に、郡上漁協管内で張切り網（8月）、友釣り（8月、9月）、たくり（8月）、やな（8月、

9月)で漁獲されたもののうち、側線上方横列鱗数および下顎側線孔により天然遡上と判別されたものの一部を用いた。

表2に耳石日輪数の計数により推定されたふ化日等について示した。平均ふ化日は漁法、漁獲日によって異なり、最早は8月7日に張切り網により漁獲された2017年11月2日、最遅は10月30-31日にやなで漁獲された2018年2月2日であった。各個体の最早ふ化日は、8月7日に張切り網により漁獲された2017年9月27日、最遅ふ化日は10月30-31日にやなで漁獲された2019年2月24日であった。図3に、各漁法の漁獲日と推定ふ化日の分布を示した。8月上旬の張切り網の推定ふ化日は11月上旬に、10月下旬のやなは翌年の2月上旬に集中していた。その他の漁法による漁獲魚のふ化日は広く分散しているものの、漁法が同じであっても、漁獲日が遅くなるほどふ化日は遅くなる

表2 耳石日輪数により漁法ごとに推定されたふ化日

	捕獲日 (2018)	人工産	遡上	不明	分析 個体数	推定ふ化日		
						平均	最早	最遅
張切り網	8月7日	7	43	0	41	11月2日	9月27日	11月28日
友釣り	8月8日	10	40	0	40	11月5日	10月10日	12月31日
たくり	8月31日	9	31	0	24	12月9日	10月18日	1月24日
やな	8月24日	18	30	2	28	12月2日	10月3日	1月8日
友釣り	9月24日	25	23	2	11	12月17日	11月7日	2月4日
やな	10月30-31日	31	18	1	13	2月2日	1月6日	2月24日

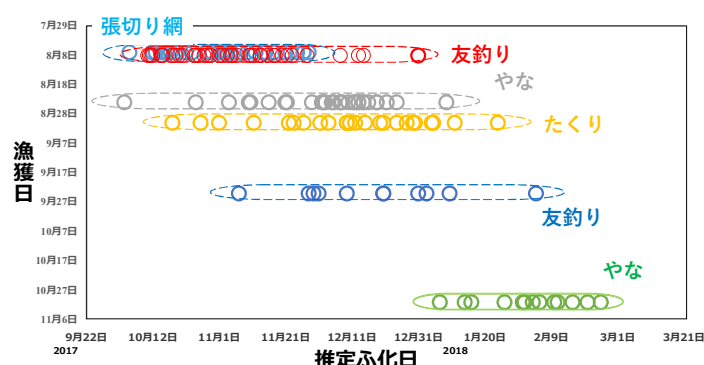


図3. 各漁法の漁獲日と推定ふ化日の分布

ことが判明した。

2010年から2019年までの郡上漁協が行っている集荷事業の記録から、アユの友釣りの漁獲状況の変化を考察した。集荷は、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。これらの集荷記録から、平均体重、集荷回数（人数）、各人の出荷尾数、等を調査した。集荷されるアユは、友釣りにより漁獲されたものがほとんどであるが、釣り大会、釣りクラブ、とりまとめ業者などの一人による漁獲でないものを除外し、一部に含まれていた友釣り以外の漁獲（たくり等）も除外した。集荷開始日は各年の解禁日（6月上旬の日曜日）、終了日は9月30日（天候等により一部9月28日および29日）とした。集荷の休業日は、翌日が市場休（主に火曜日および土曜日）あるいは、増水等により釣りができない日、お盆休等であった。

10年間における集荷を実施した総日数は867日、延べ集荷回数は29,838回、総集荷尾数は454,837尾であった。各集荷日ごとの集荷回数を図4に示した。集荷回数は、6月上旬の解禁日を含む数日間が多いものの、その後、減少し、7月下旬から8月上旬にやや増加し、その後は減少する傾向であった。集荷回数は日ごとのばらつきが大きく、特に天候に大きく左右されることが多い。解禁当初に集荷は多いもののその後減少するのは、冷水病の蔓延や漁獲圧による漁獲量の減少が想定され、7月中旬からお盆前にかけて増加するのは、冷水病からの回復や、お盆前は比較的魚価が高いことが

影響していると考えられる。9月以降は台風などの天候とともに、魚価が比較的低いことが集荷回数に影響している可能性がある。

集荷日ごとの平均出荷尾数を図5に示した。出荷尾数は、解禁直後は比較的多いものの、期間を通した平均は約15尾/回であり、変動は認められなかった。集荷日ごとの平均体重を図6に示した。平均体重は右肩上がりであり、全体の平均は58.9g/尾であった。また、お盆（8月13-15日）を過ぎると、集荷されるアユのサイズにばらつきが大きくなることが判明した。このことは、小型の遡上アユの漁獲割合が多くなることや、成長した大型個体が上流域から流下してくることと関連付けられるだろう。

各年の天然遡上数と平均出荷尾数および平均体重の関係について図7に示した。遡上カウント数は、長良川河口堰で実施された、遡上調査において魚道の一部を通過した実測値を使用している。なお、この期間の遡上カウント数は約47万尾(H22)から約117万尾(H29)であり、放流量は14.9tから17.0t

で、すべて平均10gであった。図7Aが示すように遡上数が増加すると平均出荷尾数が増加するものの、図7Bが示すように平均体重は減少していた。放流量に大きな変化がない（最大値/最小値=1.3倍）ことを考慮すると、遡上数の増加は漁獲数を増加させるものの漁獲サイズが小さくすることを

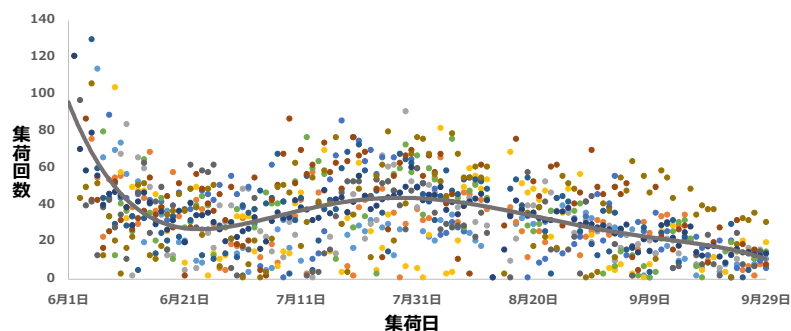


図4. 各集荷日ごとの集荷回数

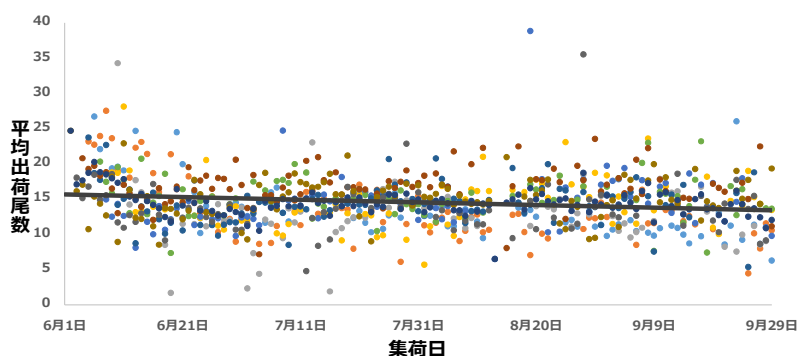


図5. 集荷日ごとの平均出荷尾数

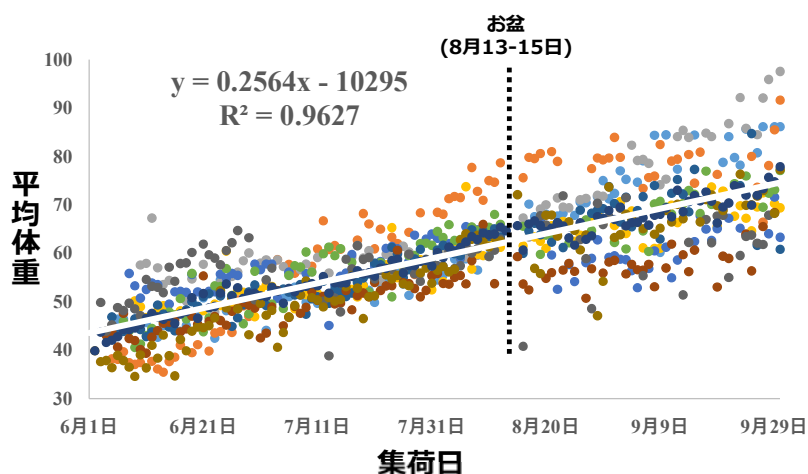


図6. 集荷日ごとの平均体重

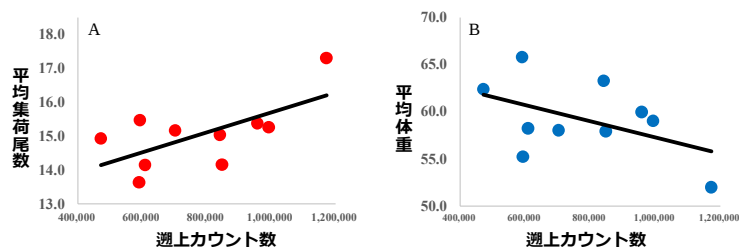


図7. 天然遡上数と平均集荷尾数および平均体重

示している。

各年の期間降水量と平均出荷尾数および平均体重の関係について図8に示した。期間降水量は、気象庁の郡上市八幡の観測データを用い、各年の解禁日から9月30日までの総和を使用し

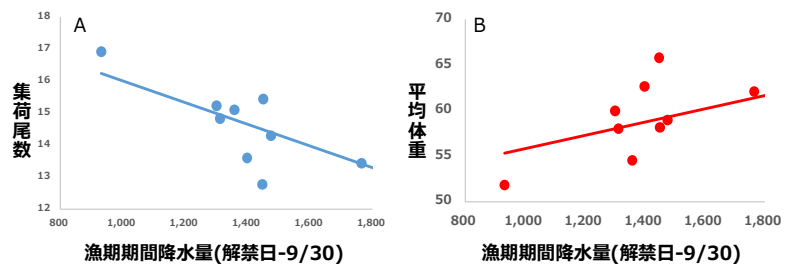


図8. 期間降水量と平均出荷尾数および平均体重

た。この期間の期間降水量の範囲は931.5mm (H29) から約1873mm (H30) であり、平均1431.3mmであった。図8Aにあるように、期間降水量が増加すると平均出荷尾数は低下したが、図8Bが示すように平均体重は増加した。一方で、すべての期間で降水量が0mmの日と、それ以外の日(降雨日)を比較すると、両者の平均出荷尾数は全く同じ(14.7尾)であり、平均体重はそれぞれ58.7gと57.6gとほぼ同じであった。つまり、期間降水量が多い年は、長引く増水により漁に出られる時間や漁場等が限られ、出荷尾数が減少するものの、漁獲圧の低減や増水による生息(水面)面積の拡大により平均体重が増加した可能性がある。一方で、増水等を除くと個々の天候は、その日の漁獲に大きな影響がないと考えられる。

さらに、各年の平均気温と平均出荷尾数および平均体重の関係について図9に示した。平均気温は、気象庁の郡上市八幡の観測データを用い、各年の解禁日から9月30日までの平均値を使用した。この期間の平

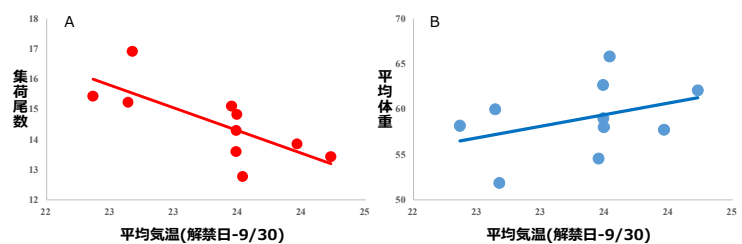


図9. 期間平均気温と平均出荷尾数および平均体重

均気温は22.4℃ (H26) から24.2℃ (H22) の範囲であり、平均23.3℃であった。図9Aにあるように、平均気温が上昇すると平均出荷尾数は低下したが、図9Bが示すように平均体重は増加した。この原因ははっきりしないものの、気温の上昇と水温の上昇が一致するのであれば、長期にわたる高水温でアユの漁獲数が減少する可能性がある。この原因は、エドワジエラ・イクタルリ感染症のように、高水温で発症する疾病の影響も考えられる。一方で、高水温はアユの成長を促し、平均体重を増加させた可能性もある。

課題と対応策：

放流アユの解禁時の釣果には、放流時の生息密度よりも、当然ながら解禁時の生息密度が大きく関係しており、解禁時までの生息密度の変化の調査が必要である。また、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、気候変動や遡上数の変動に合わせた適正で持続可能な漁場管理の在り方を検討する必要があるだろう。

令和 3 年 2 月 26 日

令和 2 年度 環境収容力推定手法開発事業 報告

課題番号		事業実施期間	令和 2 年度
課題名	河川環境がアユの成長に及ぼす影響の解明 天然遡上アユ遡上不振の原因解明		
主担当者	島根県水産技術センター 福井克也		
分担者	島根県水産技術センター 沖 真徳		

令和 2 年度の成果の要約

斐伊川において早期小型種苗放流試験を実施した。体重平均 4.8 g で放流し、70 日後の解禁時には体重平均は 70.5 g であった。また、優良漁場である放流試験実施区域と、支流の不良漁場とで河床の比較を行ったところ、放流試験区と不漁漁場区で、長径 25 cm を超える巨石の割合が低く、河床の変化が乏しいことが判った。

高津川において天然遡上と、流下仔魚出現状況について調査を行った。令和 2 年の高津川における天然遡上魚の推定孵化時期は 11 月中～下旬が主体であり、前年に流下尾数の 60% を占めた 10 月中に孵化したものは遡上魚中に見つからなかった。今年度の流下仔魚調査では、これまでの流下パターンとは大きく異なり、11 月上旬以降の流下が主体となった。海面での生残が良いと推測される晩期降下群の作出試験を行ったが、殆どの卵が死卵となったため、実験を中止した。

全期間を通じた課題目標及び計画

アユの放流効果向上のため、早期小型種苗放流を実施し、放流後の成長率等を把握することで、早期小型種苗放流の効果について評価を行うと共に、優良漁場と不漁漁場の環境を調査し、放流に適した条件を把握する。また、平成 26 年以降、島根県では天然遡上アユの減少が著しく、県内河川のアユ資源はその殆どが放流種苗によって支えられている状況が続いている。天然遡上魚の推定孵化時期と前年の流下仔魚出現状況から、再生産と流下時期の関係について明らかにする。また、従来の調査により海面での生き残りが良いと推測されている 11 月中旬以降に孵化・流下する仔魚群を作出する方法について検討する。

当該年度計画

(1) 小型種苗早期交流効果の検討

県東部の斐伊川において小型種苗の早期放流試験を実施し、アユ漁解禁時までの成長率等のデータ収集を行う。また、同水系で放流効果の低い漁場の環境を評価し、その違いを明らかにする。

(2) 天然アユ遡上不振の原因解明と晩期流下群作出試験

県西部の高津川において天然遡上魚の採集と孵化日推定から、流下時期と遡上魚の生残に関するデータを収集し、海域での生残性の高い降下時期について検討を行う。また、受精卵の低水温管理を実施し、従来の調査により比較的回帰率が高いと考えられる晩期流下群作出の可能について検討を行う。

結果

(1) 小型種苗早期交流効果の検討

① 小型種苗放流の実施

島根県東部の斐伊川水系斐伊川本流において実施した。実施区域は斐伊川上流部の県管理の三成発電所放水口から中国電力株式会社管理の三沢堰堤までの約 4.7 km 区間とした(図 1)。本区域は、斐伊川の上流部に位置するが、友釣り漁場として多くの遊漁者が利用する優良漁場となっている。4 月 22 日に平均サイズ 4.8 g の江川漁協生産の海産系種苗 14,000 尾(以下、供試魚とする)を三沢堰堤上流のトロ場に一括放流した(図 2)。放流時の河川水温は 10.1℃であった。供試魚の内、8,489 尾については、放流前に脂鰭カット(標識率 60.6%)を行った(図 3)。また、供試魚から 50 尾をサンプルとして抜き取り、後日、背鰭第 5 軟条直下の側線横列鱗数の計数を行った。放流地点には水温ロガーを設置し、水温の連続観測を行った。

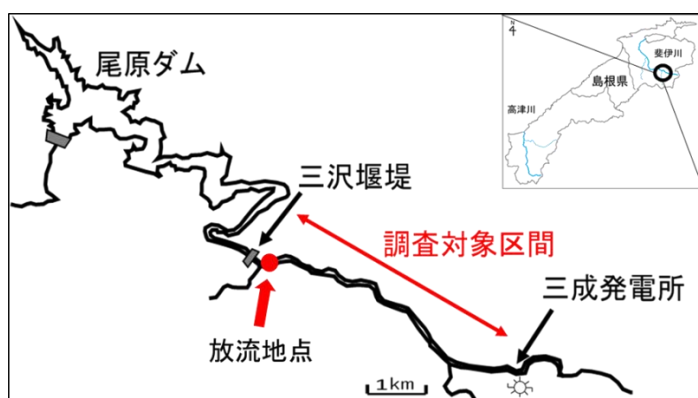


図 1 放流実施区域



図 2 放流の様子 識別



図 3 脂鰭をカットした標識アユ

供試魚の放流後、斐伊川漁協より試験区の下流にある小原ダム湖よりダム湖産アユが遡

上しているとの情報があり、サンプルの採集を依頼した。さらに、本試験区内には 5 月 15 日に琵琶湖産アユ 24,000 尾が追加で放流され、試験区内に三種類の由来を持つアユが混在する事となった。これらを識別するため、ダム湖産アユ、琵琶湖種苗それぞれの側線上方横列鱗数を計数した。その結果、供試魚の側線上方横列鱗数は 13～17 枚の範囲にある一方、ダム湖産アユ、琵琶湖産種苗は 17～23 枚の間にあり、各種苗で重複する 17 枚を除けば供試魚を識別できると判断された（図 4）。由来別の側線上方横列鱗数 17 枚の個体出現割合を見ると、供試魚 3.4%、ダム湖産 7.9%、琵琶湖産 13.0%と、供試魚の出現割合が低かったことと、ダム湖産の遡上数が不明であったことから、17 枚以上は全てダム湖産又は琵琶湖産とし、側線上方横列鱗数 13～16 枚のものを供試魚として識別することとした。

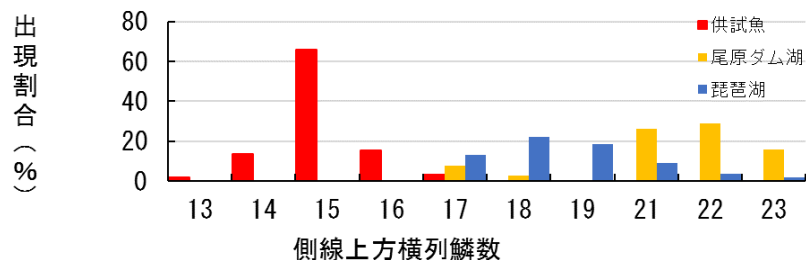


図 4 種苗の由来別側線上方横列鱗数出現割合

③解禁前調査

斐伊川のアユ漁解禁は 7 月 1 日であるが、放流後から解禁までの成長を追うため、5 月 30 日及び 6 月 8 日に試験区域内にある瀬から、三沢 1、三沢 2、岡畑、三成の 4 か所を選び（図 5、表 1）、投網による採集と潜水目視観察（6 月 8 日のみ）を行った。



図 5 解禁前調査地点図

表 1 解禁前調査地点測量結果等

地点名称	標高 (m)	調査距離 (m)	流れ幅 (m)			平均流れ幅 (m)	調査対象面積 (㎡)	河川形態 (上流端～下流端)
			上流端	中間	下流端			
三沢 1	216m	185	19	21	19.5	19.8	3669.2	平瀬－早瀬－平瀬－早瀬－平瀬－トロ
三沢 2	217m	45	19	—	28	23.5	1057.5	トロ－平瀬－早瀬－トロ
岡畑	218m	113	23	29	23	25.0	2825.0	トロ－平瀬－早瀬－平瀬－早瀬－渚
三成	222m	91	22	23	20	21.7	1971.7	トロ－平瀬－早瀬－平瀬－トロ

その結果、5 月 30 日に 86 尾のアユを採集し、そのうち脂鰭カットの個体または側線上方横列鱗数から供試魚と判断した 17 尾（混獲率 19.8%）を得た。また 6 月 8 日の調査では、67 尾のアユを採集し、そのうち脂鰭カットの個体または側線上方横列鱗数から供試魚 5 尾（混獲率 7.5%）を得た。供試魚の全長、体重については、5 月 30 日に採集した供試魚で、

全長平均 132.7 mm、平均体重 25.0 g であった。放流からの日間増重率は 3.6% であった。6 月 8 日の採集魚は、全長平均 133.0 mm、平均体重 24.7 g であった。放流からの日間増重率は 2.9% であった。供試魚の分布範囲は、5 月 30 日の調査時点で、放流地点から 3 km 上流の三成まで遡上していることが確認された。6 月 8 日の調査では、潜水調査の結果、各調査地点とも早瀬や巨石周りにアユがなわばりを形成している事が確認されたが、非常に警戒心が強く、調査者の姿を確認したアユが素早く石の下に逃避する行動が多く見られた。また、採集したアユのうち 38.8% にあたる 26 尾に冷水病を発症したものが確認された。

⑤解禁日調査

7 月 1 日の解禁時に遊漁者によって釣獲されたアユの内、鰭カットされた 8 個体の全長および体重の測定を行った（表 2）。その結果、全長は 185～218 mm の範囲にあり、平均値は 197.9 mm であった。また、体重は 49.6～97.0 g の範囲にあり、平均体重は 70.5 g であった。放流から解禁日までの日間増重率は 2.5% であった。釣獲されたアユには冷水病の発症は確認されなかった。このほか、斐伊川漁協 HP での情報提供の呼びかけに応じ、解禁後の 7 月 4 日並びに 8 月 1 日にも遊漁者から供試魚の釣獲情報が寄せられた（表 3）。

No.	全長 (mm)	体重 (g)	採集方法
1	200	75.0	友釣り
2	218	97.0	"
3	209	92.0	"
4	210	88.0	"
5	178	59.0	"
6	197	53.0	"
7	186	50.0	"
8	185	49.6	"
平均値	197.9	70.5	

表 2 解禁当日に釣獲された供試魚測定結果

採集日	全長 (mm)	体重 (g)	採集方法
7月4日	210	—	友釣り
"	160	—	"
8月1日	200	63	"
"	195	63	"

表 3 解禁後に釣獲された供試魚測定結果

⑥水温の推移

放流後から 7 月末までの正午水温の推移を見ると（図 6）、放流翌日の 4 月 23 日に 9.1℃まで降下したが徐々に昇温し、4 月の平均水温は 11.6℃であった。5 月の水温は 16.9～23.3℃を推移し、平均水温は 18.2℃であった。6 月の水温は 16.9～24.7℃の範囲で推移したが、中旬以降、梅雨の影響により水温の上昇が停滞し、平均水温は 20.4℃であった。7 月も梅雨の影響により 17～20.8℃の範囲で推移し、平均水温は 19.2℃であった。

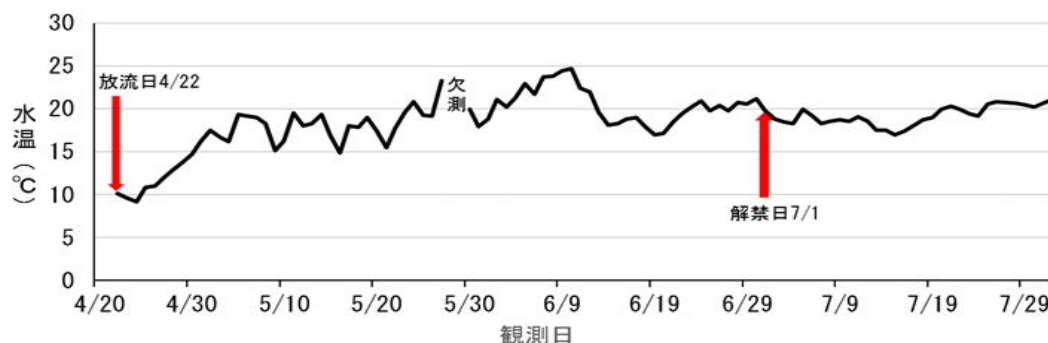


図 6 河川正午水温の推移

⑦漁場別の河床比較

9月30日に放流試験区間中のうち区間の短い三沢2を除く三沢1、岡畑、三成の3か所の瀬と、支流の三刀屋川で近年不漁が続く栗谷地区の友釣り専用区(図7)において、河床の礫組成及び浮石率について面積格子法により調査した(図8)。調査の結果、本流3か所の浮石率は放流試験区中下流の岡畑、三沢1では20~23%であったのに対し、友釣り専用区の三成では、15%程度の浮石率であった(図9)。また、三刀屋川の栗谷では23%であった。

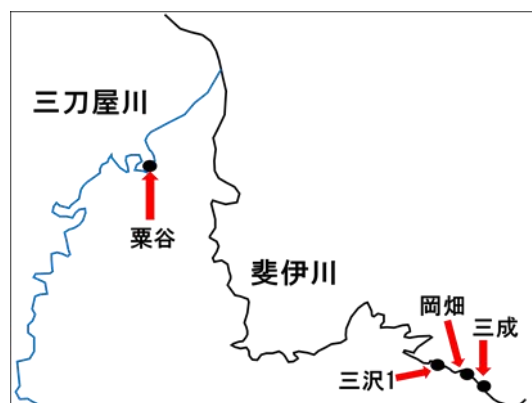


図7 河床比較調査地点

一方、長径が25cmを超える巨石率については、試験区では25%~28%であるのに対し、三刀屋川の栗谷では9%であった(図10)。浮石率には差が無いものの、長径が20cm未満の石が全体の71.6%を占めており、アユの生息に適しているとされる巨石の割合が少ない河床であると評価された。

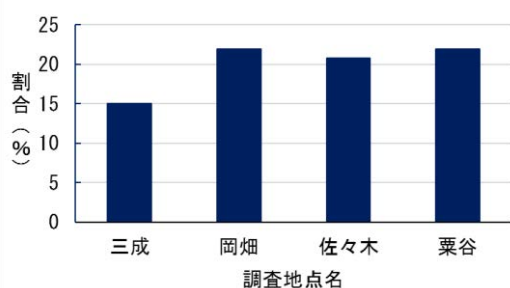


図8 調査地点別浮石率

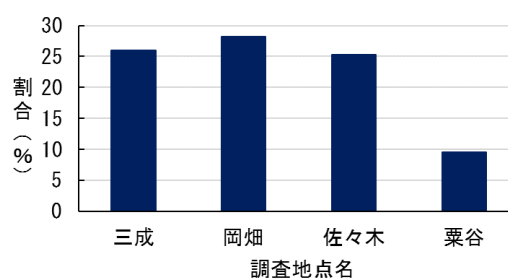


図9 調査地点別巨石率

2. 天然アユ遡上不振の原因解明と晩期流下群作出試験

①天然遡上の状況

高津川および近隣河川において遡上魚の採集と日齢査定を行うと共に、前年実施したアユ流下仔魚の出現状況と、遡上魚の孵化日から流下と遡上の関係比較した(図10)。

今年度の天然遡上アユ出現時期は3月24日から5月22日の調査時まで続いたが、遡上量は非常に少なく、期間中58個体を採取したに留まった。採集数は5月11日調査時が36個体と最も多

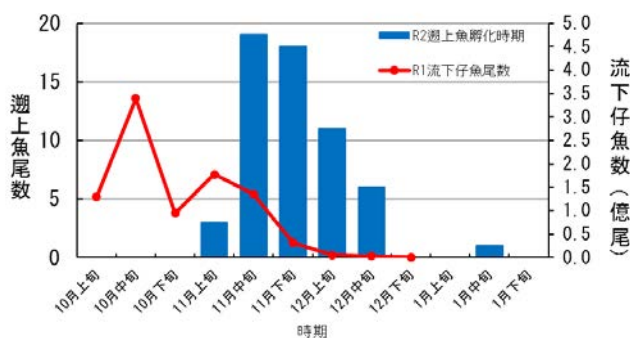


図10 流下仔魚出現時期と遡上魚の推定孵化時期

く、全体の62%を占めた。耳石日周輪数から、遡上魚の孵化時期は11月上旬から翌年1月中旬までに孵化したものと推定され、11月中・下旬に孵化した個体が全体の64%を占めた。前年実施した流下仔魚調査の結果では、総流下尾数が9.2億尾であったが、その61%にあたる5.6億尾が流下した10月流下群は遡上魚から確認されず、全く再生産に寄与していない事が明らかになった。例年であれば、遡上魚の主群は10月下旬から11月上旬に孵化したものであるが、今年の遡上魚の主群が1～2旬遅れた理由は明らかにできなかった。

②流下仔魚調査

令和2年の流下仔魚の出現傾向については、総量が11.9億尾であるとともに、これまでと異なった出現であった(図11)。例年であれば、10月下旬に出現ピークを迎えるが、今年度は10月中の出現が少なく、例年より2旬遅れた11月中旬がピークとなった。理由は不明であるが、令和2年度は全県的にアユの成熟・産卵が2旬程度遅れており、これが来季の天然遡上にどのような影響するか注視する必要がある。

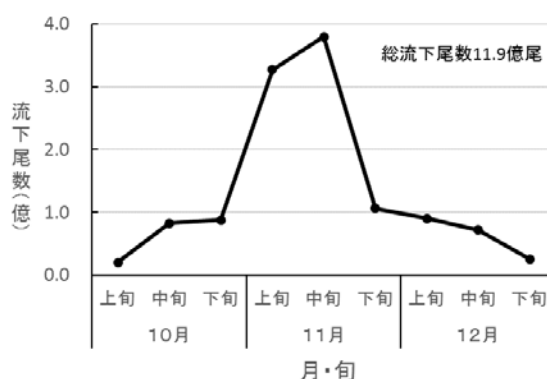


図11 流下仔魚出現時期

④晩期流下群作出試験

11月5日に江川漁協の種苗生産用養成親魚の雌140尾から搾出した卵約140万粒を乾導法により媒精し、陶芸用粘土で不粘着処理を行った。処理後の受精卵は、ビニール袋に詰め、水産技術センターまで低温で輸送した。到着後、水温10℃に調温した循環式の孵化器2本に半量ずつ収容した(図12、13)。収容後、一部の卵を検鏡し、受精膜の形成から受精していることを確認した。卵管理については、1～2日おきに調温した循環水を全量入れ替えると共に、3日おきにパイセスにより卵消毒を行った。その後定期的に卵を観察したが卵割初期で発生が停滞しており、収容20日目になっても発生が進んでいない状態であった。その後、収容卵が黄変し、ほぼすべての受精卵が腐敗していたことが確認されたため、実験を中止した。

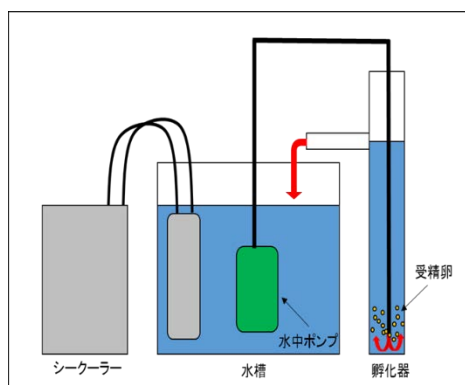


図12 受精卵の低温管理概要



図13 収容した受精卵