

なお、今回のアンテナ調査及び電気ショッカー調査では天然ウナギの上流への移動は確認できなかった。

課題と対応策：

芝マット魚道の耐久性向上試験は、9月以降台風の接近がなく降水量も少なめだったため、今後も引き続き調査を継続する必要がある。

今年度新たに設置した金網魚道についても、耐久性を調べるため、引き続き調査を継続する必要がある。

令和3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3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3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。日間成長率を推定するためのモデルを作成した。

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：本年度を含め過去4か年分、計30河川において、アユ放流場所の川幅、水温など河川環境調査を実施するとともに、放流後のアユ生息密度、体サイズを追跡することで、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）、長良川（岐阜県）、斐伊川（島根県）、物部川および仁淀川（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1.79%から3.78%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 県 30 河川のデータを解析したところ、水温ラインをあらわす指標として緯度が選択された (図 1)。解析の結果、低緯度ほど ($p = 0.021$)、放流時の体サイズが小型であるほど ($p < 0.001$)、また放流日から解禁日までの日数が短いほど ($p = 0.005$)、日間成長率が高い傾向がみられた (図 1)。今後、さらに解析をすすめ、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になると考えられる。

表 1. 本年度に放流試験を行った 13 河川

	水系	河川	緯度	経度	川幅 (m)
栃木県	利根川	黒川	36.646	139.650	11
栃木県	利根川	大芦川	36.644	139.568	10
栃木県	利根川	田川	36.614	139.876	15
栃木県	利根川	田川	36.614	139.876	15
栃木県	利根川	田川	36.614	139.876	15
岐阜県	長良川	片知川	35.600	136.909	11
岐阜県	長良川	片知川	35.600	136.909	11
島根県	斐伊川	斐伊川	35.186	133.073	16
島根県	斐伊川	斐伊川	35.181	133.089	13
高知県	物部川	物部川	33.767	134.035	12
高知県	仁淀川	土居川	33.609	133.175	30
熊本県	緑川	御船川	32.721	130.877	15
熊本県	緑川	御船川	32.721	130.877	15

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 ²)
栃木県	2021/4/19	10.8	—	那珂川系×七色系_F1	7.66	3.64
栃木県	2021/4/16	9.4	—	那珂川系×七色系_F1	3.41	0.98
栃木県	2021/4/15	12.3	あぶら鰭カット	那珂川系×七色系_F1	3.06	3.29
栃木県	2021/4/15	12.3	左腹鰭カット	鶴田系×七色系_F1	2.82	3.29
栃木県	2021/4/20	12.3	—	七色系_F6	7.03	3.29
岐阜県	2021/4/20	13.5	あぶら鰭カット	長良川_F1	5.99	1.86
岐阜県	2021/5/13	15.1	—	長良川_F1	8.11	1.86
島根県	2021/4/22	15.2	—	江川漁協海産F3	5.00	0.37
島根県	2021/4/22	15.8	—	江川漁協海産F3	5.00	0.63
高知県	2021/4/2	11.4	あぶら鰭カット	奈半利_安田川_F2	6.90	0.72
高知県	2021/4/2	12.4	あぶら鰭カット	奈半利_安田川_F2	6.90	0.49
熊本県	2021/3/25	13.8	—	球磨川_F3	2.10	1.30
熊本県	2021/4/21	13.6	あぶら鰭カット	球磨川_F3	4.10	1.30

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	2021/6/17	22.0	59	1.79	5.14
栃木県	2021/6/19	14.3	64	2.23	0.29
栃木県	2021/6/15	26.8	61	3.56	2.48
栃木県	2021/6/15	21.8	61	3.35	2.48
栃木県	2021/6/15	28.0	56	2.47	2.48
岐阜県	2021/6/21	36.2	62	2.90	4.42
岐阜県	2021/6/21	30.3	39	3.38	4.42
島根県	2021/7/1	32.0	70	2.65	0.50
島根県	2021/7/1	33.4	70	2.71	1.00
高知県	2021/6/7	31.2	66	2.29	8.50
高知県	2021/5/25	35.4	53	3.08	11.80
熊本県	2021/6/1	27.5	68	3.78	—
熊本県	2021/6/1	14.4	41	3.07	—

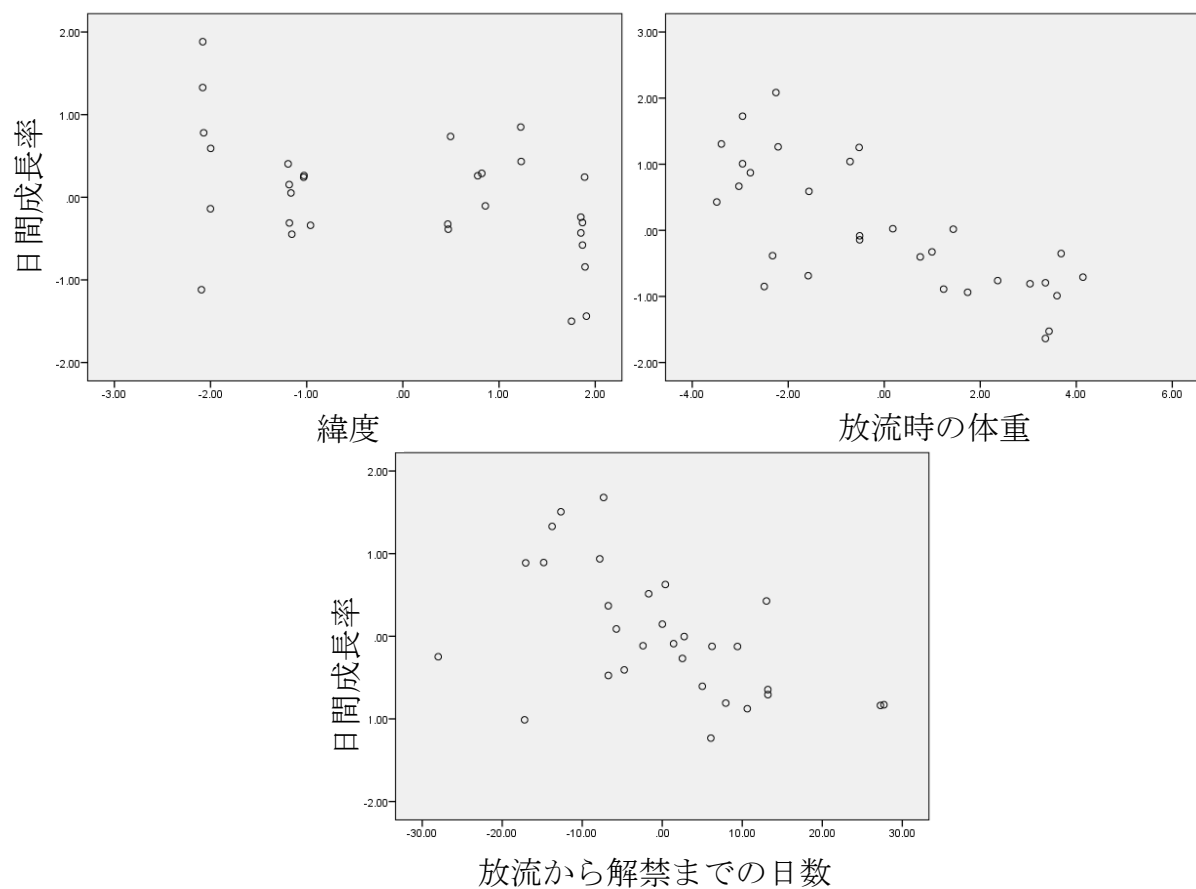


図1. 緯度（左）、放流時のアユ体重（右）、および放流から解禁までの日数（下）と日間成長率の関係（偏残差プロットであるため数値自体に意味はない）

課題と対応策：

特に問題なく順調に実施された。

今後、漁業協同組合が放流を行う際、放流サイズを最適化できるよう、本研究で得られたモデルをアプリとして公表し、普及させていく（図2）。

あなたのアユ釣り場の特徴を入力するだけで、 最適な種苗サイズがわかります			
Q1	放流する川はどこ？	東海	
Q2	放流種苗の購入予算は？	200 万円	
Q3	放流種苗のキロ単価は？	5000 円 / kg	
Q4	釣り場の川幅は何メートル？	30 m	
Q5	あさ8時の水温が8℃を超えるのはいつ頃？	2022/4/20	←放流適期
Q6	解禁日は？	2022/6/15	
Q7	解禁日に何cmで釣れてほしい？	15 cm	
釣れてほしいサイズ		28.1 g	→この値をソルバーの目標値へ（指定値）へ
A1	最適な放流サイズ	3.8 g	
A2	放流できる尾数（川の面積1平米あたり1尾で換算）	117,723 尾	
A3	アユの生息密度が最適になる釣り場の長さ（流程）	3.9 km	
日間成長率（％）		3.58	解禁日の予測体サイズ（g）
（定数）		13.917	28.10000059
Initial_BW		-0.282	3.8
Lat		-0.209	35.77
Days		-0.032	56

図 2. アプリ化を想定したアユ種苗放流に関するパラメータ入力とその応答

令和3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3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 土居隆秀		

令和3年度の成果の要約：利根川水系3河川で放流試験を実施した。日間成長率は1.79-3.56%で、種苗サイズが小さいほど成長率が高い傾向が見られた。小型種苗は成長率が高いことが確認された一方で、解禁日に十分なサイズまで成長していない事例が確認されたことから、種苗の小型化を進めるにあたっては、あらかじめ解禁日の釣獲サイズを設定し、それに見合った種苗サイズや育成日数を検討する必要があると考えられた。放流後に水温が8℃を下回った河川では種苗の流下が確認されたことから、放流時期の設定に際しては安定的に8℃を上回る時期の見極めが重要と考えられた。また、成長率の低い漁場では、成長の良い漁場へ放流を振り向けることも選択肢のひとつと考えられた。

昨年度に引き続き、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と体重を比較した。ふ化のピーク時期は両地点共に11月上旬で共通していたが、早期（10月中）にふ化した個体は中流部に定着する個体が多かった。この傾向は昨年度も同様だったことから、那珂川水系での一般的な遡上・定着パターンである可能性が考えられた。また、同時期にふ化した個体でも上流部よりも中流部で釣獲されたアユの方が大型であったが、要因として、相対的に大きな個体が早期に中流域に定着し、安定した水温環境の下、遡上に使うエネルギーを成長に振り向けたことが考えられた。

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）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、複数の河川で放流試験を行い、放流種苗の成長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（宇都宮市）、大芦川（鹿沼市）、黒川（日光市）の3河川で放流試験を実施した。放流は4月15日から4月20日にかけて実施し、種苗サイズは2.8-7.7g、放流時の水温は9.4-13.3℃だった（表1）。なお、田川ではサイズの異なる3群の種苗を放流し、4月15日に放流した2群について脂ビレまたは左腹ビレを群別に切除して標識とした。

6月15日から6月19日にかけて友釣りによる釣獲調査を実施した。放流から釣獲調査までの生育日数は56-61日だった（表2）。日間成長率は1.79-3.56%で、種苗サイズが小さいほど成長率が高い傾向が見られた（ $R=0.75$ ）。田川においても4月15日に放流した2群（約3g）の日間成長率は3%を超えており比較的高い成長を示したが、釣獲サイズは26.8g及び21.8gで、友釣りのオトリサイズの目安とされる30gを下回っていた（表2）。一方、4月20日放流群の釣獲サイズは28.0gで、30gには届かなかったものの、3群の中では最も大きく採捕数も多かったことから（表2）、放流種苗の小型化を進めるにあたっては、あらかじめ解禁日の釣獲サイズを設定し、それに見合った種苗サイズや生育日数を検討する必要があると考えられた。大芦川での釣獲調査では採捕数はわずか2尾だった。「赤字にならないアユ放流マニュアル」では最低水温8℃以上を放流の目安としている（坪井ら，2018）。同河川では放流3日後に7.6℃まで水温が低下し（表2）、その後、調査区間より下流で降下したアユの群れが目撃されている。このことから、放流時期の設定にあたっては、安定的に8℃を上回る時期を慎重に見極めることが重要と考えられた。

黒川に放流した種苗サイズは7.7gで、今回の試験で最も大きかった（表1）。しかし、釣獲魚のサイズは22.0gに留まり、日間成長率は1.79%と低かった（表2）。同河川は、2019年の台風19号によって砂礫が堆積した。坪井ら（2012）は、砂礫が流下することによって藻類を剥ぎ取り、アユの餌料を減少させる影響を指摘している。このことから、黒川では砂礫が堆積・流下したことによりアユの成長を低下させた可能性がある。放流試験を実施した区間は、黒川のアユ漁場では上流部に位置する。中流部の漁場では十分なサイズに成長したアユが釣獲されていたことから、今後は、上流部への放流分を中流部へ振り向けることも選択肢のひとつと考えられた。

今回の放流試験結果から、漁場の水温変化を把握することや、出水等の災害後は漁場の変化を踏まえ柔軟に放流計画を変更することが必要と考えられた

河川名	放流日	種苗の系統	水温(°C)	サイズ (g)	尾 数
田 川	4/15	那珂川系×七色系_F1	12.3	3.1	10,000
		鶴田系×七色系_F1		2.8	10,000
	4/20	七色系_F6	13.3	7.0	28,000
大芦川	4/16	那珂川系×七色系_F1	9.4	3.4	10,000
黒 川	4/19	七色系_F6	10.8	7.7	40,000

表1 放流試験の実施状況

河川名	放 流		種苗の系統	生育日数	最低水温 (°C)	採 捕		日間成長率 (%)	採捕数
	実施日	サイズ (g)				実施日	サイズ (g)		
田 川	4/15	3.1	那珂川系×七色系_F1	61	10.6	6/15	26.8	3.56	22
		2.8	鶴田系×七色系_F1	61	10.6	6/15	21.8	3.35	18
	4/20	7.0	七色系_F6	56	10.6	6/15	28.0	2.47	115
大芦川	4/16	3.4	那珂川系×七色系_F1	64	7.6	6/19	14.3	2.23	2
黒 川	4/19	7.7	七色系_F6	59	13.0	6/17	22.0	1.79	54

表 2 放流後の状況、日間成長率及び採捕数

(2) 昨年度に続き、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と体重を比較した。6 月 1 日から 6 月 3 日にかけて友釣り釣獲された、黒川 18 尾、烏山 34 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できた個体をサンプルとした。

今年度釣獲されたアユのふ化日組成を見ると、ふ化時期のピークは両地点共に 11 月上旬であり昨年度（11 月中旬から下旬）よりも早期化していた（図 1）。ふ化の期間は、上流部の黒川で 10 月上旬から 11 月中旬、中流部の烏山で 10 月上旬から 11 月下旬であり、烏山でふ化の期間が長かった点は昨年度と一致したが、統計的な差異は認められなかった（正確確率検定： $p > 0.05$ ，図 1 左）。烏山では早期（10 月中）のふ化個体の割合が高く、黒川では 11 月上旬のふ化個体の割合が高くなっており、両地点での釣獲魚のふ化日構成に昨年度と同傾向の違いが確認された。また、釣獲魚の平均サイズは黒川で 20.3g、烏山で 44.2g と烏山の方が大型で（t 検定： $p < 0.001$ ）、ふ化日が同一又は近い個体間でも烏山の方が大型になる傾向が見られた（図 2）。調査地点の 4 月から 5 月にかけての水温変化は、平均水温に大きな違いは見られなかったものの、黒川では日較差が大きく、4 月下旬まで 10℃を下回る日が見られたが、烏山では日較差は小さく 10℃を下回ることにはなかった（図 3）。調査地点の環境を坪井・高木（2016）に従って測定したところ、浮き石の割合は黒川で比較的高かったが、底質（河床の石の大きさ）は両地点で変わらなかった（表 3）。

昨年度、栃木県の下流部で採捕された遡上魚のふ化日組成から、早期に遡上した個体は大型で早い時期にふ化していることが確認されている（小原，2021）。

このことから、現時点における那珂川における天然アユの遡上・定着のパターンとして、相対的に早期にふ化した個体のうち成長の良い個体が早期に遡上して水温が安定している中流部に定着しさらに高成長を遂げ、他の個体がより上流に遡上していることが考えられた。

また、釣獲アユのふ化期間やピーク時期は今年度と昨年度で違いが見られ、遡上量についても今年度は平年に比べて少なく、昨年度は平年より多かった。特に、今年度は昨年度の釣獲魚の主群だった 11 月中旬から下旬にかけてふ化した個体が少なく（図 1）、このことが調査時のサンプル収集を困難にした可能性が考えられた。このことから、次年度はサンプル収集の体制を強化し、どのような状況であっても一定数のサンプルを確保する必要があると考えられた。

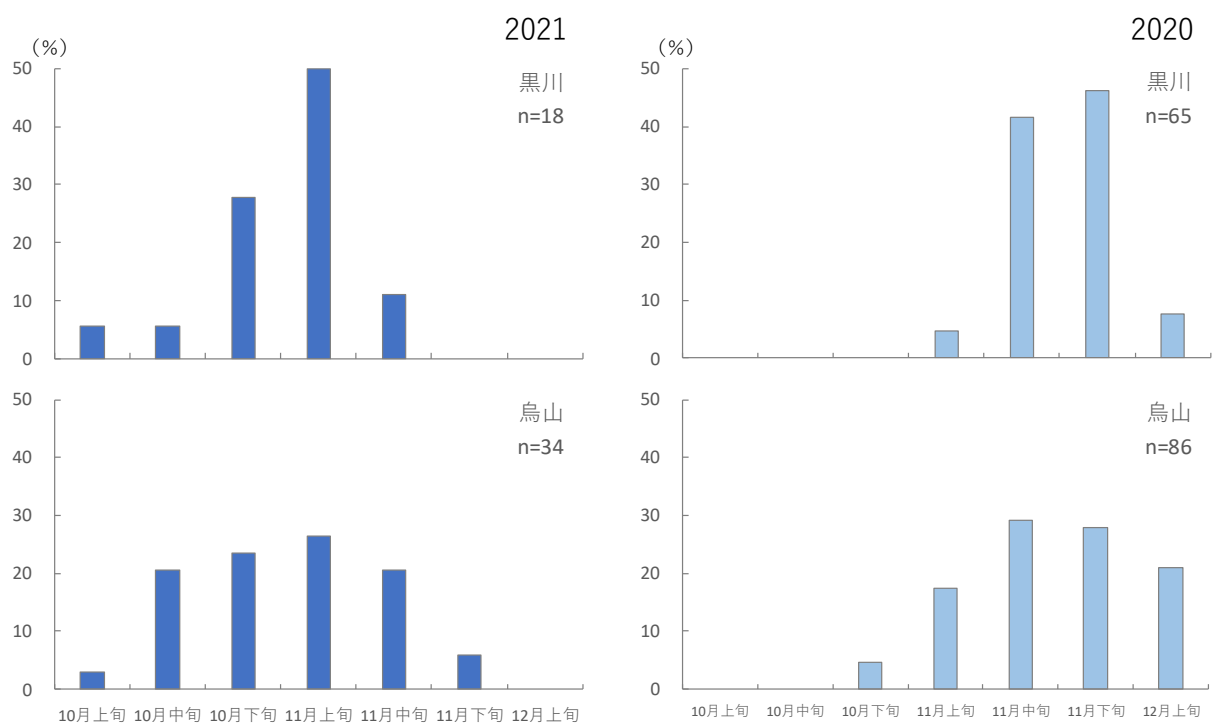


図1 釣獲地点ごとのふ化日組成（左は今年度、右は昨年度の結果を示す。）

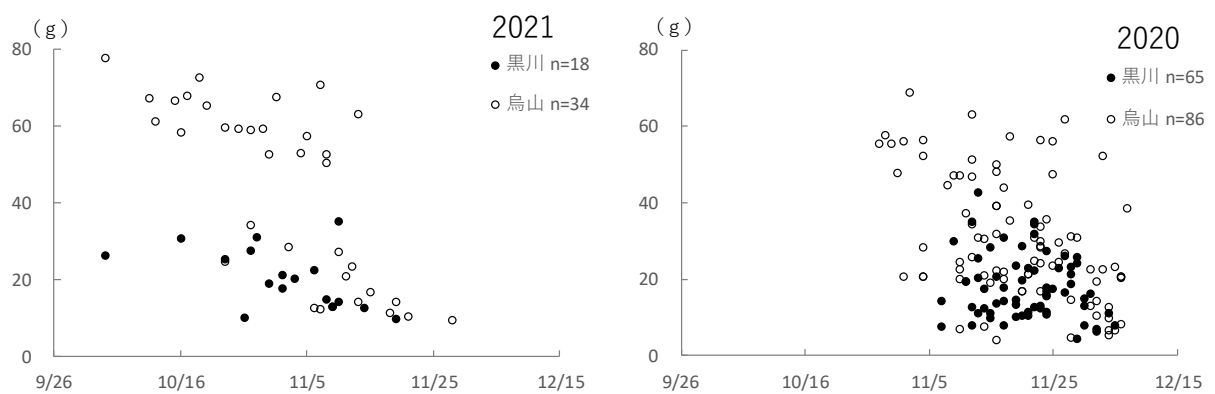


図2 釣獲地点ごとのふ化日と体重

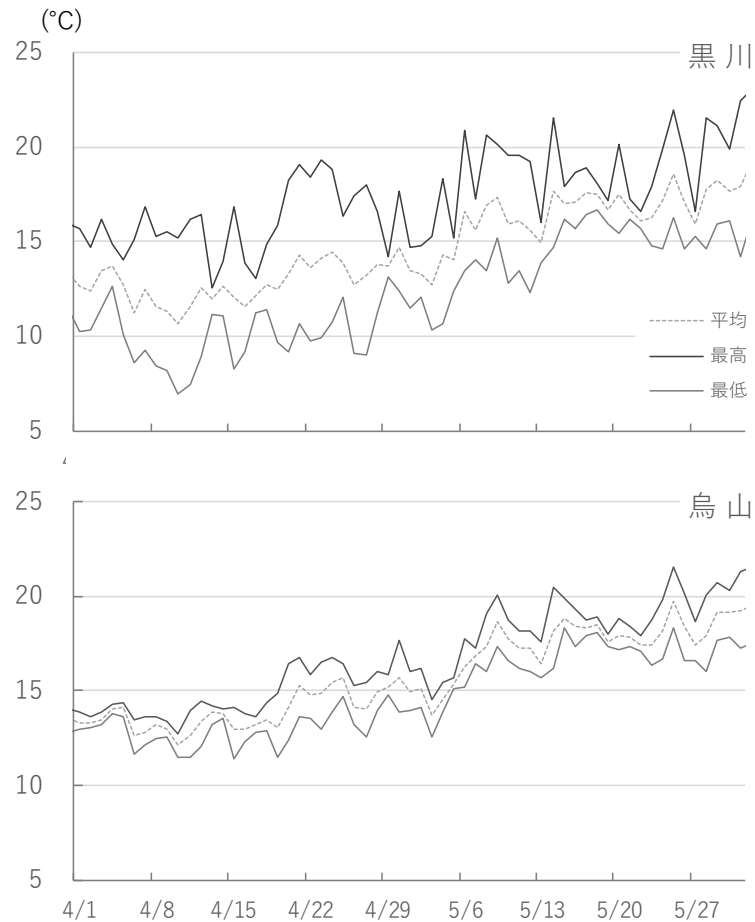


図3 調査地点の水温変化(4-5月)

	川幅(m)	水深(cm)	流速(cm/s)	底質	浮き石率(%)
黒川	16.5 (12 - 23)	43.3 (16 - 82)	60.2 (30.2 - 88.7)	3.1 (2 - 4)	42.9 (28.6 - 60.0)
烏山	100.2 (45 - 183)	68.2 (31 - 131)	83.0 (24.0 - 129.7)	3.4 (3 - 4)	34.3 (0.0 - 60.0)

※括弧内は最小・最大値を示す。

※底質は谷田・竹門の底質粒度の簡便階級(1995)に準じて分類。

表3 調査地点の環境

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。

参考文献：

小原明香. 那珂川における2020年遡上アユの孵化時期推定について. 栃木水試研報. 2021;65:24-25.

武田康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井宏・川端善一朗. 棲み場所の生態学. 平凡社. 1995;29.

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たアユ
Plecoglossus altivelis の定着に及ぼす影響. 日水誌. 2012;78(4):705-710.

坪井潤一・桑田知宣・加地弘一・高木優也. 赤字にならないアユ放流マニュアル. (研) 水産研究
教育機構. 2018.

坪井潤一・高木優也. アユの生息にとって重要な環境要因の検討. 日水誌. 2016;82(1):12-17.

令和3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3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3年度の成果の要約：

長良川水系板取川支流の片知川において早期放流群と通常放流群を放流しその漁獲割合等を調査した。解禁日には計115尾の釣果があり、CPUEは4.42尾であった。早期放流群と通常放流群の漁獲割合は、放流時の割合に差異は認められなかったが、平均体重は早期放流群が大きかった。同地点で360度カメラによる密度推定を実施した。通常放流群放流前の5月10日および5月11日には、上流区間ではアユの姿を全く確認できなかった。下流区間ではほぼすべての地点でアユを確認することができ、平均密度は1.77尾/m²であった。通常放流群放流後の6月11日には上流区間でもアユを確認することができた。

2019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。平均ふ化日は8月7日に友釣りで漁獲されたものを除き11月中旬から12月上旬に集中していた。9月23日と10月4日のやなで漁獲されたアユは、異なる地区であっても、ほぼ同一のふ化日であったが、友釣りで漁獲されたアユは、後半になるにつれて、ふ化日が遅いものの割合が増加する傾向にあった。

2010年から2021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資源の状況を調査した。出荷尾数は、期間を通した平均は約15尾/回であり、大きな変動は認められなかった。平均体重は解禁日から右肩上がりで上昇し、解禁日から9月30日までの平均は58.5gであった。2010年から2021年までの平均出荷尾数と、遡上数には関係性が見いだせないものの、総降水量が少ないほうが、平均出荷尾数が多くなった。また、2020年までであれば、平均出荷尾数と遡上数に有意な正の相関が認められた。8月および9月は放流量が増加すると平均体重が減少する傾向が認められ、さらに、6月の平均最低気温等の気象条件が、それ以降の平均集荷尾数に影響することも観察された。

2009年から郡上漁協主催で開催されている郡上鮎杯争奪長良川アユ釣り大会の決勝戦でのCPUEは1.37から4.67であり、優勝者の釣果は9尾から24尾であった。CPUEと優勝者釣果数は、それぞれ放流量と正の相関関係が認められたものの、遡上カウント数とは関係性は認められなかった。一方で、釣果なし人数と遡上カウント数には有意な負の相関関係が認められたものの、放流量と関係性は認められなかった。

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

長良川水系板取川支流の片知川において、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2021年の12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

長良川水系板取川支流の片知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。すなわち、早期放流群として、2021年4月20日に標識した海産系人工種苗を50kg（8,347尾）、通常放流群として2021年5月13日に無標識の海産系人工種苗を100kg（12,330尾 以下通常放流群）放流し、それらの尾数の割合はおおむね4：6であった。放流地点から約200m上流に滝状の段差があり、そこから下流を下流区間、それより上流

を上流区間とした。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。降水量は岐阜地方気象台の美濃の降水量を用いた。漁獲調査は、アユ漁の解禁日が2021年6月20日であったが、降雨・増水のため、翌日の6月21日に下流区間を、6月22日には上流区間を友釣り

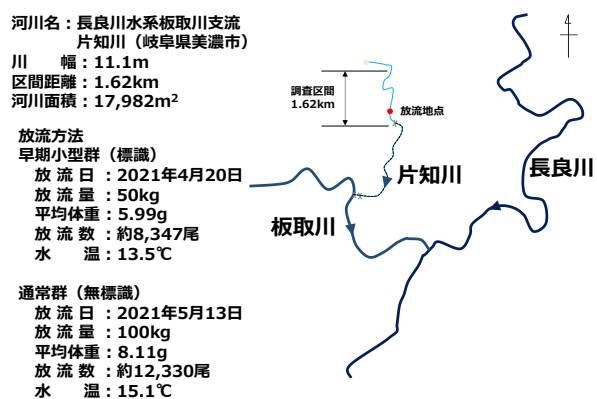


図1. 片知川の調査区間およびアユの放流地点、

放流量、平均体重、放流尾数

によって実施し、その後、網解禁前の7月20日には上流区間で実施した。また、7月21日には、下流区間で網による漁獲物の調査も行った。

解禁直後（6月21日、22日）に実施した友釣りによる漁獲調査の結果を表1に示した。6月21日および6月22日は2名の調査員により計115尾の釣果があり、CPUEは4.42尾であった。早期放流群と通常放流群の漁獲割合は、放流時の割合に有意差は認められなかった（ χ^2 -test）。平均体重は6月22日に実施した上流区間が有意（ $p < 0.01$ ）に大きく、両区間を合わせると早期放流群が有意（ $p < 0.01$ ）に大きかった（ t -test）。放流時から6月21日および6月22日までの日間成長率は、早期放流群で2.9%、通常放流群で3.4%であった。網解禁直前（7月20日）および網（7月21日）による調査結果を表2に示した。平均体重は早期放流群が有意（ $p < 0.01$ ）に大きかった（ t -test）。網による漁獲割合は有意（ $p < 0.05$ ）に通常放流群が多かった。

調査区間内に設置した2月8日から9月12日までの水温および美濃市の日降水量を図2に示した。最低水温は2月19日に記録した4.7℃、最高水温は7月29日に記録した23.3℃であった。なお、8月3日～10日および、8月30日は水温計が空中に露出していたと考えられ、データから削除した。放流日（4月20日）から解禁日（6月20日）までの平均水温は13.8℃であった。放流の基準と考えられる最低水温の8℃を最後に下回っていたのは、3月23日であった。

360度カメラによる密度推定結果を表3に示した。360度カメラによる密度推定は、通所放流群放流前の5月10日および5月11日、通常放流群放流後の6月11日、網解禁前の7月14日に実施

表1 片知川における解禁時の友釣り調査結果

	6月21日 下流区間	6月22日 上流区間	計/平均
調査人数	2	2	2
漁獲尾数	62	53	115
早期放流群	30	21	56(44%)
通常放流群	32	32	64(56%)
平均体重(g)	30.4 ^{*1}	35.8 ^{*1}	32.9
早期放流群	31.8	41.2	36.2 ^{*2}
通常放流群	28.5	31.3	30.3 ^{*2}
CPUE	4.77	4.08	4.42

^{*1} $p < 0.01$ 、^{*2} $p < 0.01$

表2 片知川における友釣りおよび網調査結果

	7月20日 上流区間	7月21日 下流区間 ^{*1}
調査人数	3	-
漁獲尾数	36	20
早期放流群	16	5(25%) ^{*3}
通常放流群	20	15(75%) ^{*3}
平均体重(g)	47.8	41.8
早期放流群	53.2 ^{*2}	48
通常放流群	44.1 ^{*2}	39.7
CPUE	2.00	-

^{*1} 網による漁獲、^{*2} $p < 0.01$ 、^{*3} $p < 0.05$

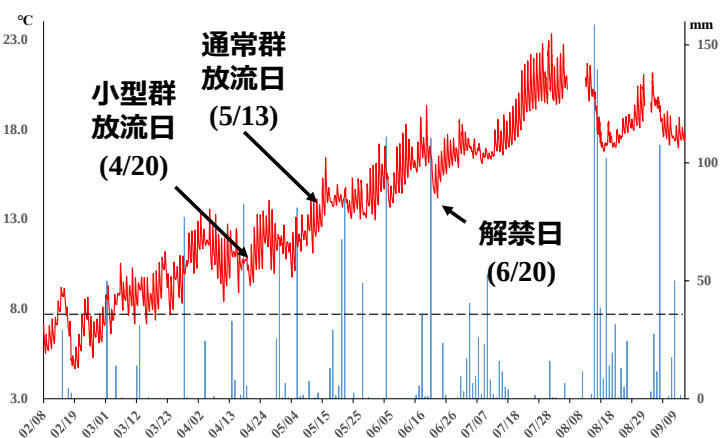


図2. 片知川の水温および降水量
(水温：折れ線、降水量：棒グラフ)

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。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。片知川

表 3 片知川における 360 度カメラによる密度推定

調査日	調査地点	確認カ所数/ 調査箇所数	確認尾数	平均密度 (尾/m ²)	全平均密度 (尾/m ²)
5月10日、11日 (通常放流群放流前)	上流区間	0/17	0	0	0.86
	下流区間	15/16	289	1.77	
6月11日 (通常放流群放流後)	上流区間	24/26	261	0.98	1.06
	下流区間	13/13	163	1.21	
7月14日 (網解禁前)	上流域	34/35	246	0.69	0.62
	下流域	16/18	88	0.48	

における 360 度カメラによる密度推定の結果を表 3 に示した。通常放流群放流前の 5 月 10 日および 5 月 11 日には、上流区間ではアユの姿を全く確認できなかった。下流区間ではほぼすべての地点でアユを確認することができ、平均密度は 1.77 尾/m²であった。通常放流群放流後の 6 月 11 日には上流区間でもアユを確認することができた。下流区間の平均密度は 5 月 10 日および 5 月 11 日の調査時よりも低下し、1.21 尾/m²となった。網解禁前の 7 月 14 日には、上流区間、下流区間ともに低下し、全体の平均密度は 0.62 尾/m²となった。

友釣り解禁前の生息密度が1尾/m²を超え、網解禁前の生息密度が0.62尾/m²と大きく低下したことは、解禁直後の友釣り調査のCPUEが4を超え、網解禁前のCPUEが2と半減したことに関連していると考えられる。日間成長率が通常放流群よりも早期放流群が低い値となったことは、放流から約3週間後の密度調査で上流域への移動が認められなかったことと関連があるだろう。つまり、放流地点付近に多数のアユが留まることで、高密度（1.77尾/m²）となり餌環境が十分でなかった可能性がある。早期放流の分散能力が低いことが小型種苗に起因するのか、低水温によるものか判然としないものの、通常よりも放流場所をより分散して放流することで解決が可能と考えられる。

2) 郡上漁協管内における漁法ごとのふ化日の調査、共同出荷アユによる資源動態調査、友釣り大会の釣果から推定されるCPUEと諸条件の関連性について

2019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、スライドグ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。アユの供試魚は郡上漁協管

表 4 耳石日輪数から推定されたアユのふ化日

	地区	捕獲日 (2019)	人工産	遡上	不明	分析 個体数	推定ふ化日			
							平均	最早	最遅	
友釣り	八幡	8月7日	4	5	2	5	10月15日	10月7日	10月24日	
		8月25日	2	4	0	4	12月1日	11月22日	12月8日	
		8月26日	6	12	0	12	11月20日	11月21日	1月8日	
		8月27日	9	7	1	7	11月13日	11月5日	12月23日	
		9月5日	9	3	0	3	11月23日	11月10日	12月12日	
	美並	9月25日	4	9	1	9	12月13日	11月24日	1月4日	
		9月27日	10	5	0	5	12月11日	11月28日	12月24日	
		9月28日	3	6	0	6	12月8日	12月30日	12月8日	
		八幡 (0 km)	9月23日	4	41	5	40	12月8日	10月31日	1月24日
		大和 (+8 km)	9月23日	6	39	5	39	11月23日	10月14日	1月15日
やな*	八幡 (0 km)	10月4日	15	30	4	30	11月27日	10月10日	1月22日	
	大和 (+8 km)	10月4日	17	31	2	30	12月3日	10月25日	1月13日	
	美並 (-15 km)	10月4日	9	37	1	37	12月2日	10月26日	1月2日	

*カッコ内の距離は八幡地先のやなを0km地点とした距離を示す

内の八幡地区と美並地区で友釣り、大和地区、八幡地区と美並地区のやな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4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8月7日に友釣りで漁獲されたものを除き、11月中旬から12月初旬に集中していた。最早は8月7日の友釣りにより漁獲された2018年10月7日、最遅は9

月23日に八幡やなで漁獲された2019年1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。9月23日と10月4日のやなで漁獲されたアユは、異なる地区（15-23km離れている）であっても、ほぼ同一のふ化日であった。一方で、友釣りで漁獲されたアユは、後半になるにつれて、ふ化日が遅いものの割合が増加する傾向にあったが、9月後半には同時期のやなの漁獲魚と同時期生まれのアユが多く漁獲されていた。

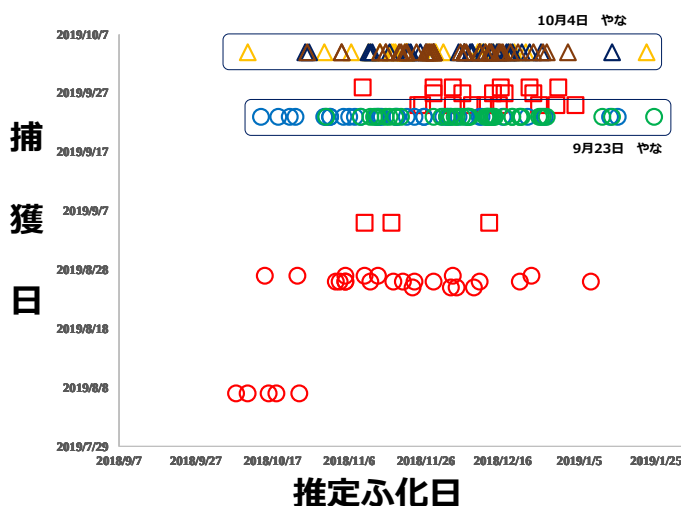


図3. 耳石日輪数から推定されたアユのふ化日の分布
(□および○は友釣りによる漁獲)

2010年から2021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。集荷開始日は各年の解禁日（6月上旬）、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。12年間における集荷を実施した総日数は1045日、延べ集荷回数は39,162回、総集荷尾数は601,139尾であった。

集荷日ごとの平均出荷尾数を図4に示した。出荷尾数は、期間を通した平均は約15尾/回であり、大きな変動は認められなかった。集荷日ごとの平均体重を図5に示した。平均体重は解禁日から右肩上がりで見られ、9月30日までの平均は58.5g/尾であった。

2010年から2021年までの平均出荷尾数と、遡上カウント数の関係について図6Aおよび図6Bに示した。遡上カウント数は、長良川河口堰に

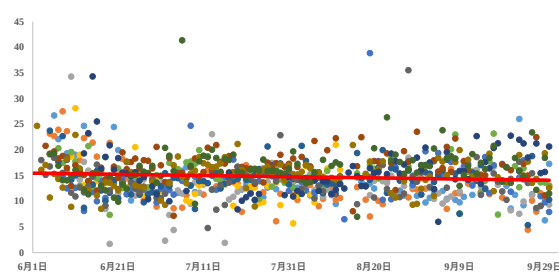


図4. 集荷日ごとの平均出荷尾数

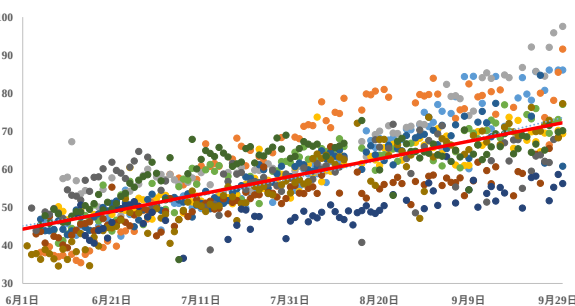


図5. 集荷日ごとの平均体重

において実施された、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。総降水量は八幡の気象観測所のデータを用いた。なお、この期間の遡上カウント数は約20万尾（R3）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。2010年から2021年までの平均出荷尾数と、遡上カウント数の関係についてみると、2020年までに限れば、平均出荷尾数と遡上数に有意な正の相関が認められた。この原因として、長良川河口堰で実施されている魚道の一部を遡上するアユの計数が、2021年から目視からAIによる計数に変更になったこと、さらに遡上期にあたる3月から5月にかけて増水が多く、河口堰の全開操作が例年よりも多かったため、カウントができない日数が多かったことが関係しているかもしれない。

集荷アユの月ごとの平均体重と放流量について、図7に示した。6月および7月は放流量と平均体重は無関係であるものの、8月および9月は放流量が増加すると平均体重が減少する傾向が認められた。また、図示はしていないものの解禁日の平均体重が大きいほど、その年の平均集荷尾数/人が少なくなる傾向が認められた。

8月の平均集荷尾数と6月の平均最低気温について図8に示した。6月の平均最低気温は、8月の平均集荷尾数と負の相関が認められた。同様に7月の平均集荷尾数も6月の日照時間や最低気温と関係性が認められた。この地域では、6月の上旬、アユの解禁の時期に梅雨入りすることが多い。つまり、梅雨の時期の日照時間が短く、最低気温が低い時には、それから1-2ヵ月経過した平均釣果尾数に影響していることを示している。

2009年から郡上漁協主催の郡上鮎杯争奪長良川アユ釣り大会が、7月後半から8月上旬にかけて郡上市大和町の約5kmの範囲で行われている。参加者は約234名、このうち上位者が決勝に進出し、友釣りによる釣技を競う。なお、雷等により時間短縮の場合があるものの、決勝は例年ほぼ同じ場所（約1.5-2.8kmの範囲）で約120分行われ、オトリ（2尾配布）を含む総尾数で優勝者を決めている。

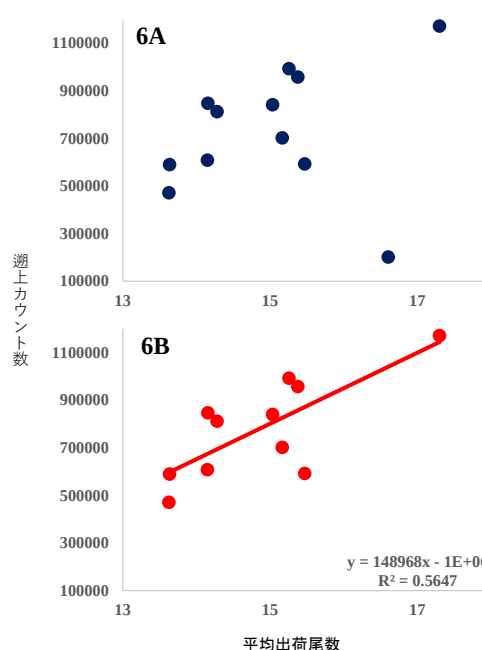


図 6. 平均出荷尾数と遡上数の関係

(A は 2010-2021、B は 2010-2020 まで)

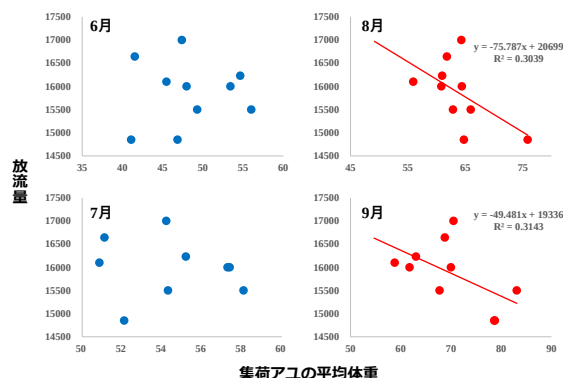


図 7. 集荷アユの平均体重と放流量の関係

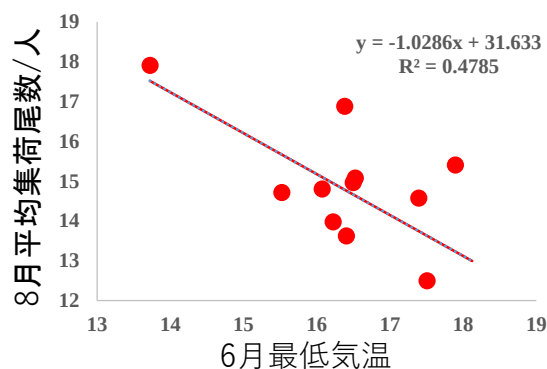


図 8. 6 月の最低気温と 8 月の集荷尾数の関係

表5に2010年から2019年の大会決勝の結果を示した。なお、2020年と2021年はCOVID-19の影響により開催中止となっている。各年のCPUEは1.3から4.7であり、優勝者の釣果は9尾から24尾であった。また表中の0釣果人数(%)は検量時の釣果尾数が2尾以下、つまり配布されたオトリ2尾から増加していない人数の割合を示している。

表 5 郡上鮎杯争奪長良川アユ釣り大会の決勝の結果

開催日	総参加者数	決勝戦 実釣時間	決勝戦 参加者数	決勝平均 CPUE	優勝者 CPUE	0釣果 人数割合
2010/7/25	230	120	34	1.3	4.50	21%
2011/8/7	155	120	33	2.2	8.00	12%
2012/7/29	208	130	48	1.9	6.92	10%
2013/7/28	187	120	35	3.3	10.00	3%
2014/7/27	270	120	43	2.2	7.50	9%
2015/7/26	256	120	42	3.6	9.50	5%
2016/7/31	269	105	45	4.7	13.71	7%
2017/7/23	290	120	59	3.6	10.50	2%
2018/7/22	240	120	52	2.8	10.00	2%
2019/7/21	239	120	53	3.3	10.00	8%
平均	234.4	119.5	44.4	2.88	9.06	8%

図9AにCPUEと郡上漁協管内の放流量および遡上カウント数、図9Bに優勝者CPUEと放流量および遡上カウント数、図9Cに0釣果人数割合と放流量および遡上カウント数の関係を示した。CPUEと優勝者CPUEは、それぞれ放流量と有意な正の相関関係が認められたものの、遡上カウント数とは関係性は認められなかった。一方で、0釣果人数割合と遡上カウント数には有意な負の相関関係が認められたものの、放流量と関係性は認められなかった。

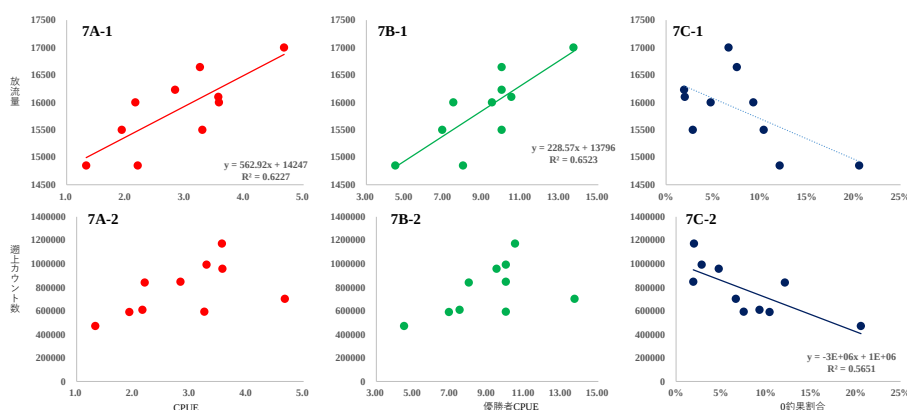


図 9. 郡上鮎杯争奪長良川アユ釣り大会の CPUE(A)、優勝者 CPUE(B) および 0 釣果人数割合(C)と放流量、遡上カウント数の関係

このことは、放流量の増加は特定の釣り人、つまり特定の場所の釣果を増加させる可能性がある。一方で、遡上数の増加は偏りなく多くの釣り人に釣果をもたらすことを示唆している。今回の釣果は、郡上杯の決勝進出者のものであり、友釣りの手練れの釣果といえるが、その釣果に放流量や遡上量が大きく影響していることは興味深い。

課題と対応策：

早期放流群の移動が初期に制限されることが判明したことから、今後の放流方法についてさらに検討が必要であろう。また、天然遡上が豊富な河川においても、釣り大会のような特殊な条件では、放流量もその釣果に影響があることを示している。今回の結果は、長良川上流の郡上漁協管内のものであるが、同様の関係性、つまり放流量や遡上量と大会の釣果の関係性を見出すことが可能であれば、アユ資源の変動について、他の地域でもより正確に導き出すことが可能かもしれない。