

ともに体重 40g に到達しており、2 群共に漁獲されるサイズにまで成長した。

友釣り、刺網・投網共に、放流日から 6 月 1 日までの日間成長率は、早期小型群が通常群よりも上回ったが、放流日から 9 月までの漁期を通した日間成長率は 2 群とも同程度の成長を示した。また、早期に放流した小型群は通常群よりも解禁日まで早く成長し、漁期前半に多く漁獲されることから、調査区域では、6 月 1 日の漁期解禁日での漁獲には早期小型群の放流も有効であると考えられた。

## ②釣獲状況

緑川漁業協同組合の漁業者 4 名に御船川七滝地区でのアユ釣獲日誌を記入してもらい、調査区域のアユの全長、CPUE 等の釣獲状況を把握した。

七滝地区では、友釣りが 6～10 月まで、がっくり掛けが 7 月及び 10 月に釣獲が行われた。月平均の CPUE（尾/時間/人）は、6 月が 1.8、7 月が 0.5、8 月が 0.2、9 月及び 10 月が 0.1 であり、がっくり掛けが行われた 7 月及び 10 月の釣獲尾数はそれぞれ 23 尾と 6 尾であった。

(表 1、2)

また、友釣りにて釣獲されたアユの全長は、6 月及び 7 月は 15～20cm が 100%、8 月は 15cm 以下が 56%、9 月は 20～25cm が 60%、10 月は 25 cm 以上が 91%であった。(図 7)

## ③水温観測

水温データロガー(Onset 社製 HOBO ペンダントロガー UA001)を設置して計測した御船川七滝地区の日平均水温は、早期小型群放流日(3 月 25 日)が 13.8℃、通常群放流日(4 月 21 日)が 13.6℃であった。月平均水温は 4 月が 15.1℃、5 月が 16.9℃、6 月が 19.6℃であった。(図 8)

## (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、令和 3 年(2021 年)11 月 11 日と 11 月 25 日の計 2 回、18 時から翌日 6 時までの毎正時 5 分間、プランクトンネットを用いて流下するアユ仔魚を採集し、エタノール固定したのち計数した。流下仔アユ尾数については、同様の方法により流下仔アユ調査を行っている国土交通省八代河川国道事務所の調査結果と併せて推定中である。

また、令和 2 年(2020 年)は、流下仔アユ調査の採捕尾数、ろ水量及び流量データから算出した日別流下尾数の積算により流下尾数は約 5,100 万尾(前年比 18.4%)と推定した。(図 9)

### 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った稚アユのすくい上げ量から遡上量を把握した。令和 3 年(2020 年)のすくい上げは 3 月 4 日から 4 月 27 日まで行われ、遡上量は 124 万尾(前年比 631%)であった。(図 10)

令和 2 年は流下量が前年比の約 20%に減少したにもかかわらず、令和 3 年の遡上量は前年比 600%と大幅な増加となった。

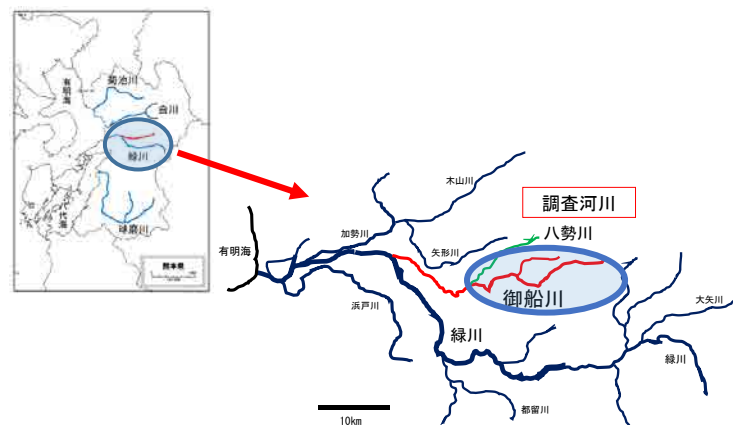


図1 調査対象河川位置図（緑川水系七滝地区）

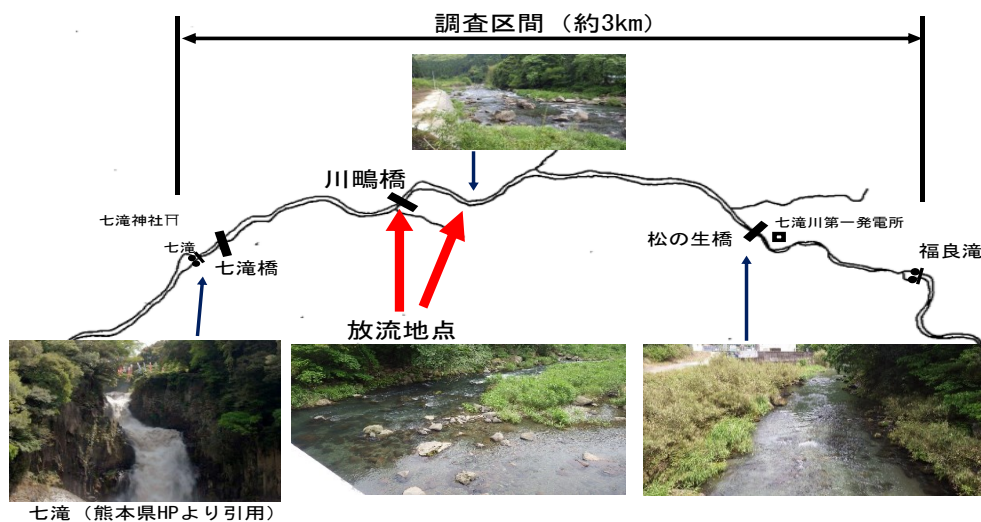


図2 緑川水系御船川七滝地区アユ放流試験実施箇所

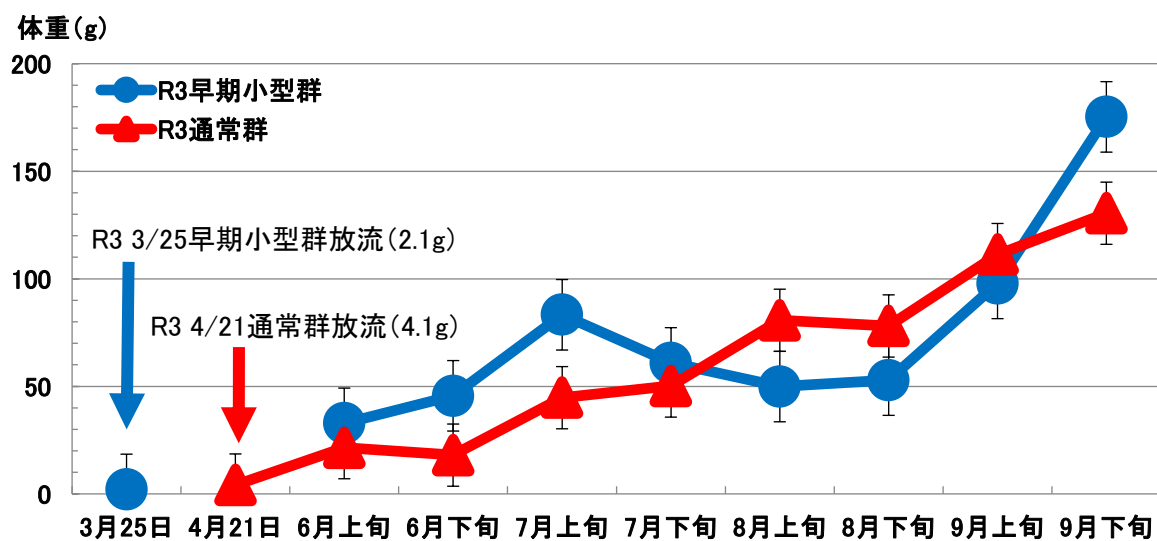


図3 友釣りにおける放流群ごとの成長

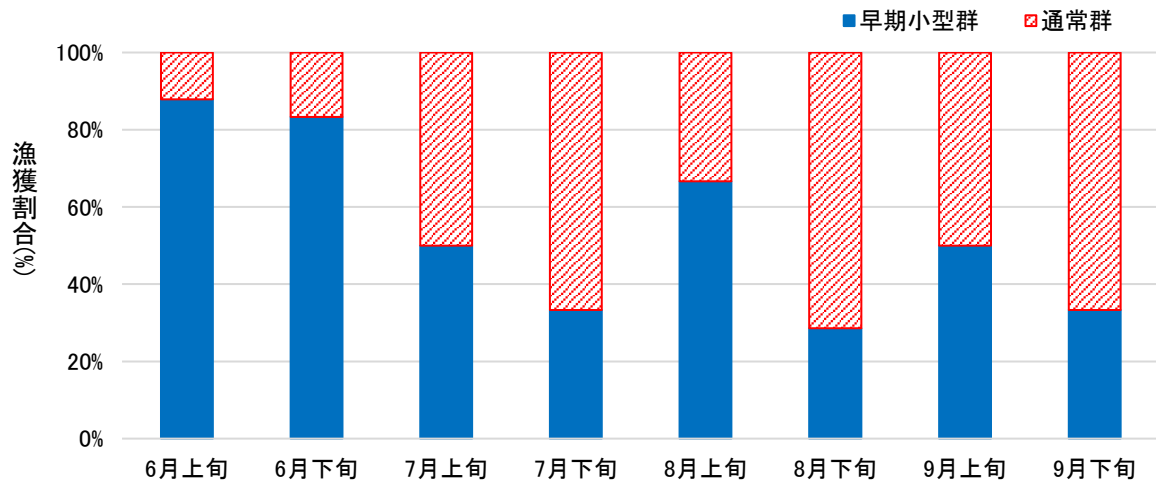


図4 友釣りの旬別漁獲尾数と漁獲割合

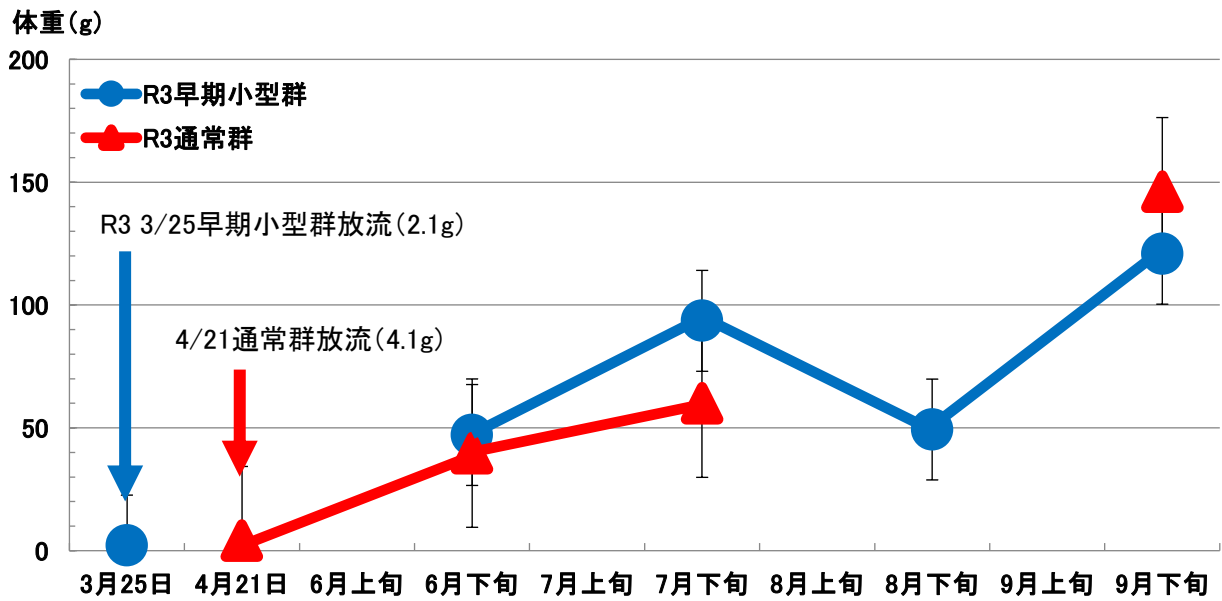


図5 投網・刺網の旬別成長グラフ

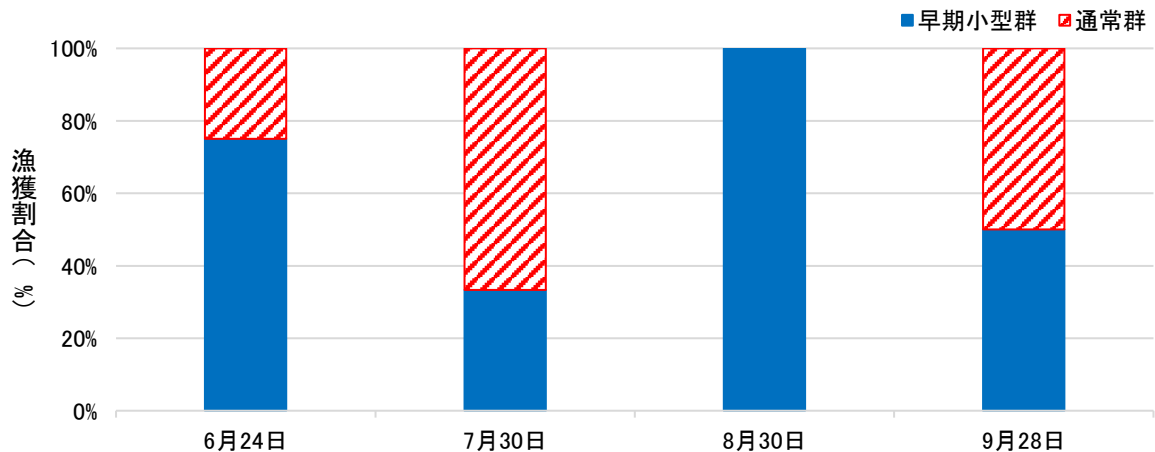


図6 投網・刺網における旬別放流群別漁獲割合

|              | 6月  | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  |
|--------------|-----|------|------|------|------|
| 釣獲回数         | 2   | 3    | 3    | 5    | 9    |
| 釣獲時間         | 6.0 | 11.0 | 16.0 | 23.5 | 37.3 |
| 釣獲尾数         | 21  | 15   | 9    | 15   | 48   |
| CPUE (尾/時間/) | 1.8 | 1.3  | 0.5  | 0.9  | 1.1  |

表1 七滝地区アユ日誌における釣獲状況（友釣り）

|              | 6月 | 7月   | 8月 | 9月 | 10月  |
|--------------|----|------|----|----|------|
| 釣獲回数         |    | 4    |    |    | 4    |
| 釣獲時間         |    | 29.7 |    |    | 11.5 |
| 釣獲尾数         |    | 35   |    |    | 48   |
| CPUE (尾/時間/) |    | 0.3  |    |    | 1.0  |

表2 七滝地区アユ日誌における釣獲状況（がっくり掛け）

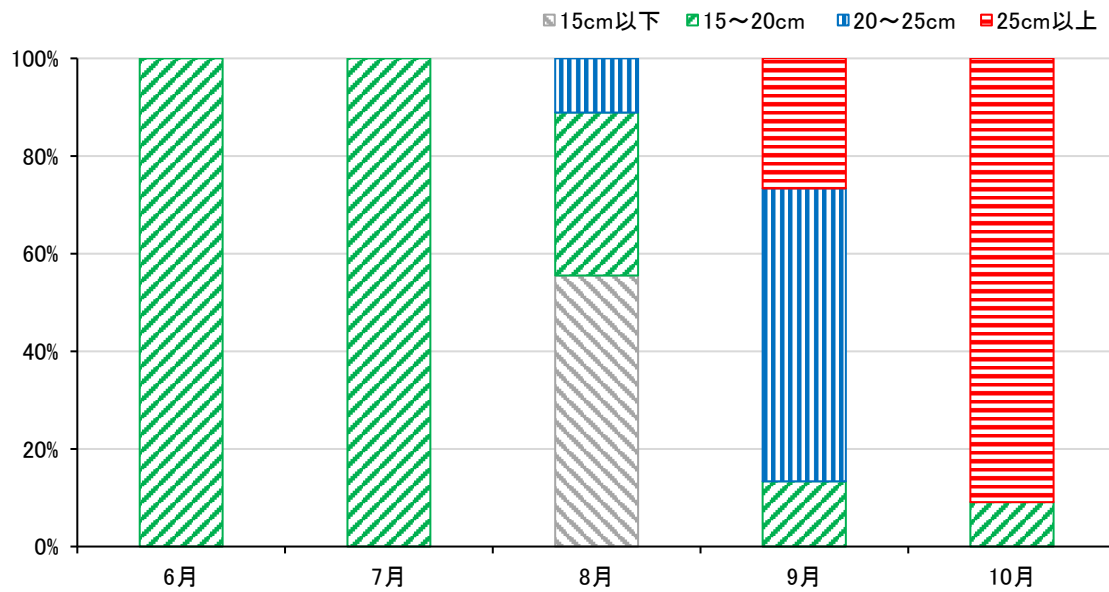


図7 御船川釣獲日誌（友釣り）のアユ全長組成割合

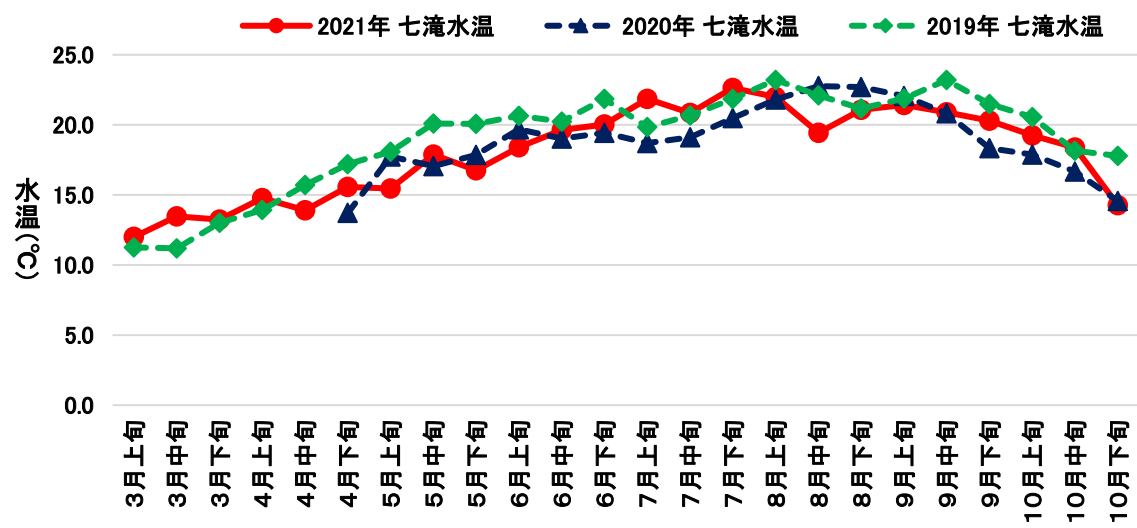


図8 七滝地区の旬別平均水温の推移

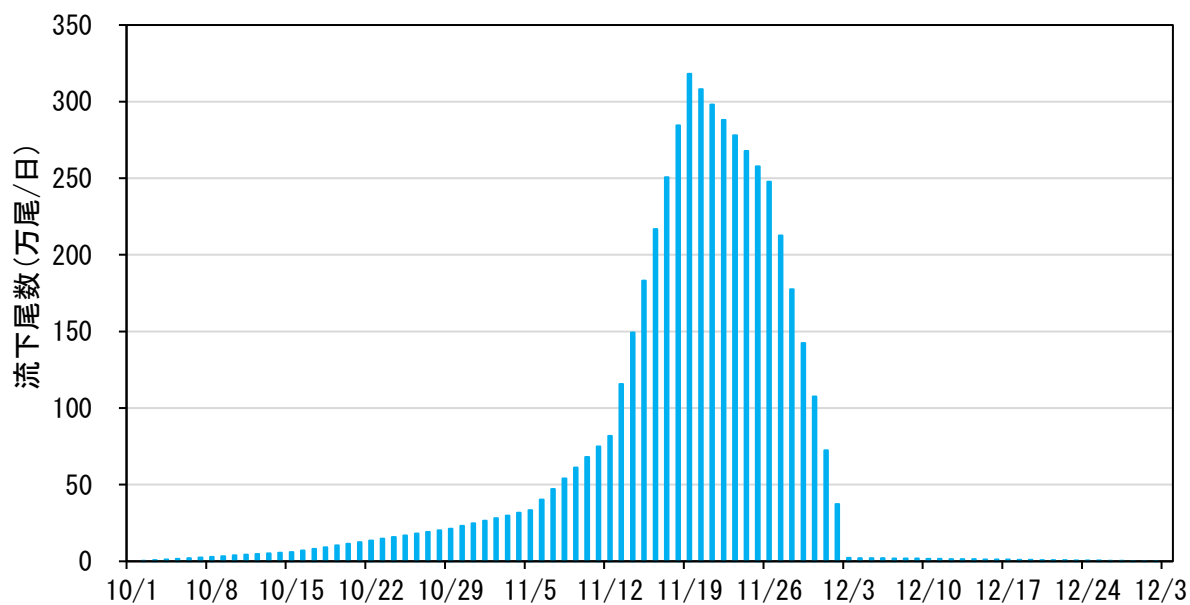


図9 2020年球磨川の日別流下仔アユ推定尾数

(熊本県水産研究センターと国土交通省八代河川国道事務所の調査結果)

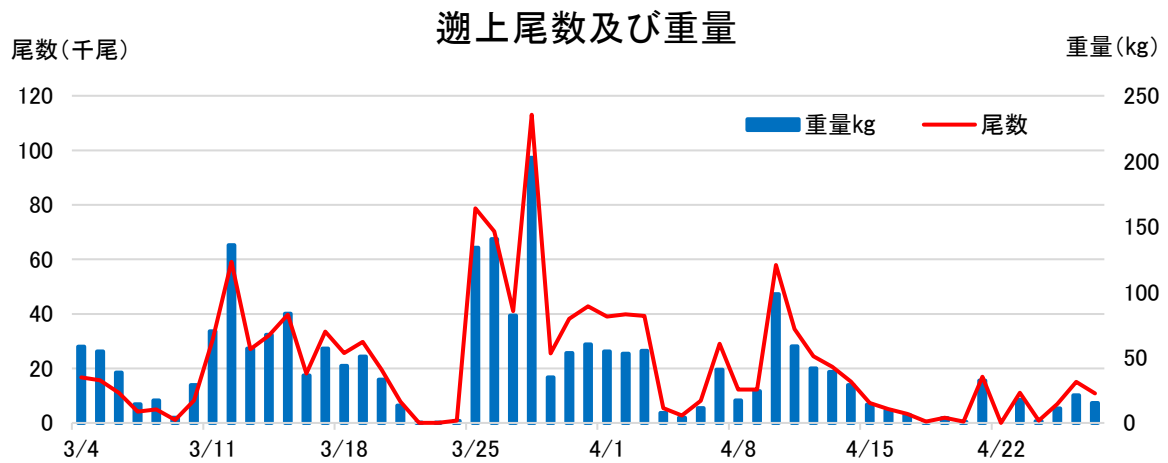


図 10 2021 年球磨川の日別遡上稚アユ尾数

課題と対応策：特に問題なく順調に実施された。

## 令和3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3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     |                                         |        |       |

**令和3年度の成果の要約：**孵化仔魚の回復不能点（PNR: point-of-no-return）を特定するために、無給餌条件下における脊索伸長および卵黄吸収の過程を追跡した。16~17℃の水温範囲では、おおむね3日間で、成長や代謝にむけて卵黄の大半が消費されることが判明した。一方、人為的な湛水環境を経験する仔アユの生残過程を明らかにする目的で、球磨川下流に設置された遥拝堰と新前川堰付近を流下する仔魚の採集を行った。遥拝堰下の人工産卵場出口では、およそ半数の個体の耳石から、孵化後2日以上経過した痕跡が認められた。こうした個体には脊索長の増加が認められたため、湛水域を挟んで上流側に形成される天然産卵場に由来する可能性が指摘された。感潮域に隣接する新前川堰では、時刻によって流下仔魚の日齢は一樣ではなく、未明までは孵化後の経過日数が3日を超える個体が大勢を占め、明け方になってようやく平均日齢が2日を下回るようになった。以上から、球磨川では、河口堰直上に発達する湛水域が河川滞在時間を大幅に延長させるために、回復不能に陥るより前の状態で降海移動を完了させる個体は流下仔魚全体の一部に限られ、アユの初期減耗を助長している実態が改めて確認された。

**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、屋内における孵化仔魚無給餌飼育実験を行い、卵黄吸収および脊索伸長に基づいて、孵化仔魚の回復不能点（PNR）の探索をおこなった。さらに、2020年に採捕された流下仔魚を中心に、形態分析ならびに耳石分析を実施した。当該年度の野外調査は遥拝堰下の人工産卵場出口と新前川堰の魚道入口に採集定点を設け（図1）、計5回（11月4-5日、11-12日、18-19日、25-26日、12月2-3日）の夜間連続調査を実施し、得られた標本の一部を2021年度の分析に使用したほか、残りについては次年度の分析に使用する予定である。



図1. 選拝堰下に造成された産卵場と球磨川堰・新前川堰上流側に形成された湛水域

## 結果および考察

### (1) 孵化仔魚の無給餌飼育実験

同じ日に媒精させた人工種苗卵を 20℃の恒温水槽に收容し、孵化後は 16, 18, 20℃の恒温ビーカーに分配し、無給餌の状態で放置した。各ビーカーから 24 時間ごとに仔魚 (N=10) の採取を続け、ホルマリン固定標本をもとに、実体顕微鏡画像を使って 1/1000 mm 単位で脊索長 (NL; notochord length) を求めるとともに、楕円体に準じて卵黄長径 (a) と卵黄短径 (b) から卵黄の体積 ( $4\pi ab^2/3$ ) を算出した (図 2)。

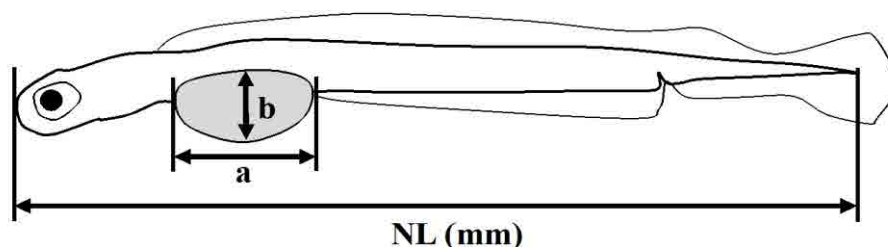


図2. 孵化仔魚の脊索長 (NL)、卵黄長径 (a)、短径 (b)

孵化日からの 3 日間において、卵黄体積は日数の経過とともに減少し (図 3 : Two-way ANOVA;  $F_{2,81}=106.9, P<0.001$ )、水温が高いほど減少の割合は大きくなった ( $F_{2,81}=7.876, P=0.001$ )。水温に関わらず、4 日目以降は卵黄の残余分を観察することが難しくなったことから、16~20℃の温度帯においては、アユ孵化仔魚の回復不能点 (PNR: point-of-no-return) が 3 日目から 4 日目にかけて訪れると判断された。

脊索長に関しては、孵化から 3 日目までの間は増加傾向を示したものの (図 4 :  $F_{2,81}=29.34, P<0.001$ )、水温の効果は認められなかった ( $F_{2,81}=0.394, P=0.676$ )。卵黄の消失のタイミングに合わせて、4 日目以降の脊索長の伸長は観察されなかった。

孵化後の 3 日間において、脊索長と卵黄体積の間には負の相関関係が検出されたが (図 5 : ANCOVA;  $F_{1,146}=269.3, P<0.001$ )、水温の効果は認められなかった ( $F_{2,146}=0.678, P=0.509$ )。エネルギー

ギー源を内部栄養に依存せざるを得ない状況の孵化仔魚は、自身の卵黄に蓄えられたエネルギーを生命維持に不可欠な代謝に振り分けるだけではなく、成長（脊索長の増大）にも投資することで、結果として、回復不能点への到達を速めているように見える。

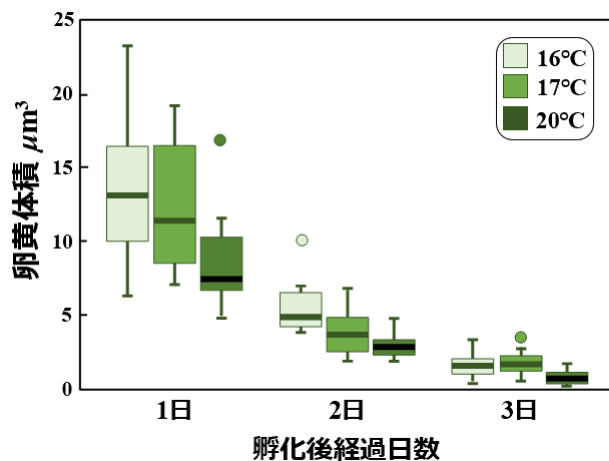


図3. 孵化後経過日数と仔魚の卵黄体積の関係における水温間の比較（ボックスプロットと外れ値）

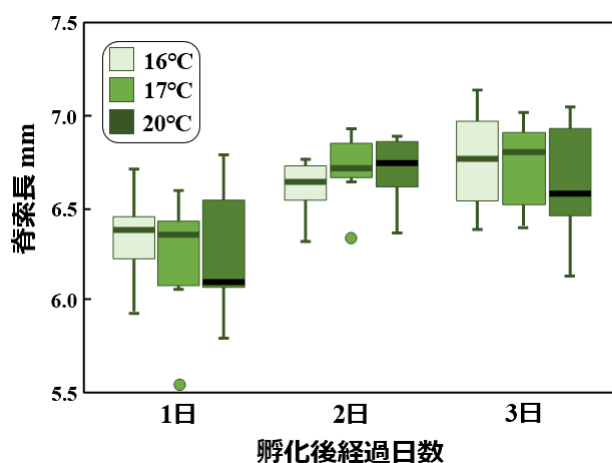


図4. 孵化後経過日数と仔魚の脊索長の関係における水温間の比較（ボックスプロットと外れ値）

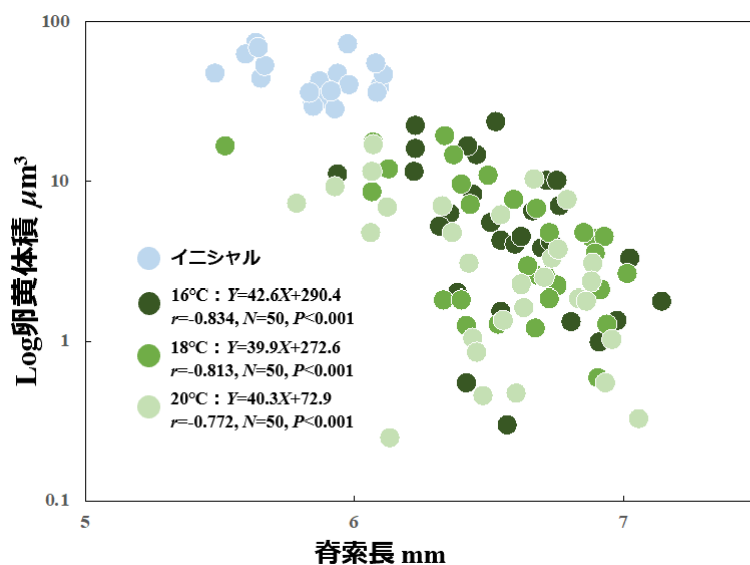


図5. 仔魚の脊索長と卵黄体積の関係における水温間の比較

## (2) 産卵場出口における流下仔魚

日没直後の時間帯にもかかわらず（2020年11月19日18時～19時）、遙拝堰下の人工産卵場の出口付近で採集された流下仔魚の脊索長には個体間で変異が認められ、7mmを超える個体も含まれていた。（図6）。内部栄養に基づく体サイズの増大を考慮すると、当該する採集群には、孵化日時の異なる個体の混在が予測される。

耳石を用いた日齢解析の結果、本採集地点からは、1日齢の仔魚のほかに、2日齢および3日齢の個体が同程度の割合で出現した（図7）。体サイズを比較したところ、2日齢仔魚の脊索長は、1日齢仔魚のそれよりも有意に大きかった（図8：t検定； $t=-3.203$ ,  $df=45$ ,  $P=0.002$ ）。本地点で採集された仔魚のなかには、直近の産卵場で孵化した個体に加えて、さらに上流側の産卵場に由来する個体が含まれている可能性が高い。

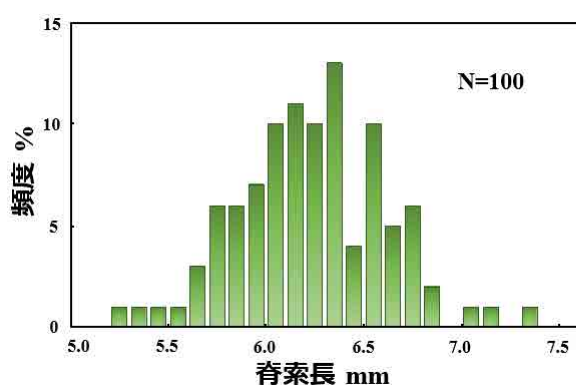


図6. 遙拝堰下の人工産卵場の出口付近で採集された流下仔魚の体サイズ頻度分布

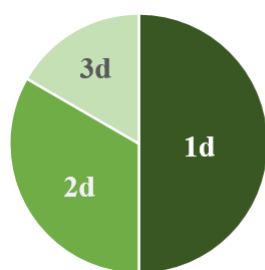


図7. 遙拝堰下の人工産卵場の出口付近で採集された流下仔魚の日齢頻度 (N=50)

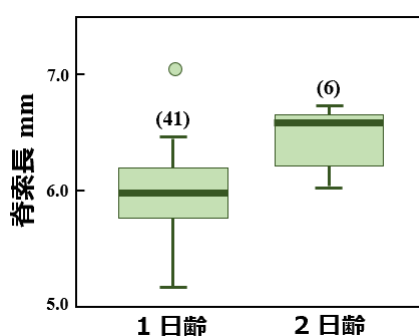


図8. 遙拝堰下の人工産卵場の出口付近で採集された1・2日齢流下仔魚間の体サイズ比較（ボックスプロットと外れ値）

### (3) 河口堰魚道入口における流下仔魚

新前川堰の魚道入口にて 2020 年 11 月 19-20 日に採集された流下仔魚の日齢は時間帯によっては一様ではなかった (図 9: ANOVA;  $F_{8,155}=11.24, P<0.001$ )。未明までは孵化後経過日数が 3 日を超える個体が大勢を占め、明け方になってようやく平均日齢が 2 日を下回る個体が出現するようになった。日齢が 3 日を超える個体の大半が、回復不能点 (PNR) を経過していることになるため、事実上、上流側の天然産卵場を利用したアユ親魚に関しては、再生産を果たすことはできない。遥拝堰下の人工産卵場で孵化した仔魚については、明け方近くに河口堰魚道入口に到達した個体を除いて、その後の生残を見込むことは難しい。球磨川では、河口堰直上に発達する湛水域が河川滞在時間を延長させるために、回復不能に陥る以前の状態で降海移動を完了させる個体は流下仔魚全体の一部に限られ、アユの初期減耗を助長しているといえる。このことが、天然アユの再生産効率の劣化を招く要因の一つになっていると考えられる。

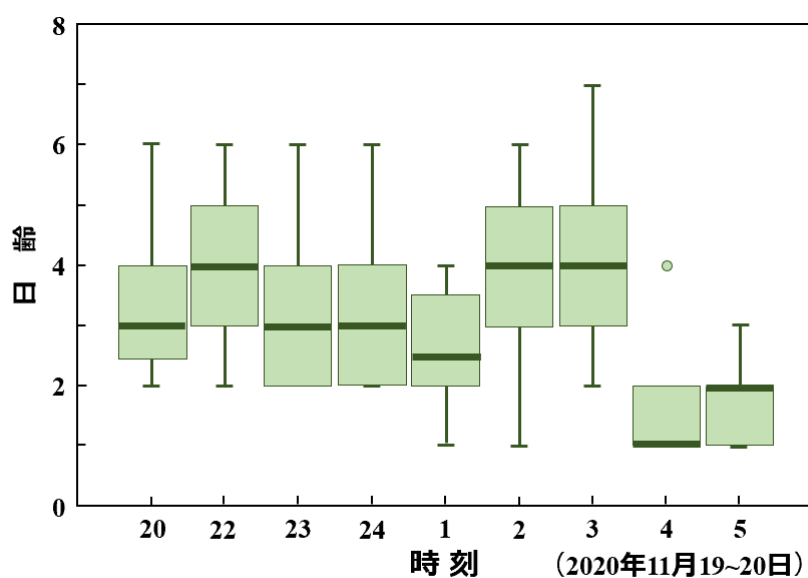


図9.新前川堰の魚道入口付近で採集された流下仔魚間の時間別の体サイズ比較 (ボックスプロットと外れ値)

### 課題と対応策：

新型コロナの影響で多少の混乱は生じたものの、大過なく実施された。

## 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. (3)                   | 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 溪流魚課題 |        |       |
| 主 担 当 者 | 水産研究・教育機構水産技術研究所 宮本幸太    |        |       |
| 分担者     | なし                       |        |       |

**令和3年度の成果の要約：**釣獲日誌のデータを活用することで漁場の把握が可能かを検証するため、聞き取り調査結果との比較を行った。その結果、調査場所ごとに釣れた魚種の組成は、釣獲日誌と聞き取り調査で概ね合致した。このため、釣獲日誌を記録することで、漁場における魚種組成の変化を把握することが可能と考えられ、増殖効果や外来魚の駆除効果の把握への活用が期待された。さらに、複数名の釣獲日誌の結果を集めることで、より精度の高い漁場の把握が可能になると予想された。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**本課題では放流魚の定着に必要な環境条件を明らかにするため、イワナ等の溪流魚を用いて河川調査や水路実験等を行い、放流魚とその定着条件（先住魚の分布、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。さらに漁場管理を実施する際に必要となる禁漁区設置（資源添加）、釣獲日誌（漁場の把握）、監視活動（規則の遵守）について、それらの効果や運用方法の調査を行う。

**当該年度計画：**本年度は、釣獲日誌のデータを活用することで漁場の把握が可能かを検証するため、鬼怒川漁業協同組合日光支部組合員と釣り人が作成した釣獲日誌の結果と現地での聞き取り調査の結果を比較して、釣獲日誌による漁場把握の効果検証を行う。

**結果：**

- (1) 2019年から2021年にかけて、栃木県鬼怒川支流の約2km区間において4月の解禁から9月の禁漁期にかけて、1か月のうちに平日3回と土日祝3回を基本として午前6時から午後6時までを対象に聞き取り調査を実施した。調査では、2019年に398名、2020年に350名、2021年に257名の釣り人から回答を得ることができた。釣獲日誌では、2019年には鬼怒川漁業協同組合日光支部の組合員1名、2020年には同組合員と釣り人の計5名、2021年には同組合員と釣り人の計20名に協力いただいた。聞き取り調査と釣獲日誌では、釣行日、釣れた場所、釣りをした時間、釣れた魚種、魚の全長、標識の有無（ヒレ切除）を聞き取りおよび記録項目とした。なお、釣れた場所の記録には、あらかじめ調査区の堰堤

区間に番号をふった地図（番号が大きいほど上流）を使用した。

- (2) 2020 年に実施した聞き取り調査と釣獲日誌のデータを比較した結果、2019 年と同様に最も多く釣獲された魚種はブラウントラウトであり、調査河川の上流（9 区より上流）では特にブラウントラウトの割合が高まった。一方、ブラウントラウトの除去とイワナ稚魚の放流を実施した区間（17 区より上流）では、除去を実施しなかった上流域（9-16 区）と比べてイワナの割合が高くなる傾向が釣獲日誌と聞き取り調査の両結果から認められた。両者の調査区間ごとの釣獲個体数の相関関係を考察するため、決定係数を算出した結果、 $R^2=0.4233$  と 2019 年（ $R^2=0.0042$ ）よりも正の相関関係が強まることが明らかとなった。この要因には、釣獲日誌への参加者が増加したことにより、釣獲個体数が増えたこと、釣りの様式や狙う対象魚によるバイアスが緩和されたことが考えられる。以上の結果を受け、在来魚であるイワナ資源の回復を目的に 2020 年の秋に調査区間全域において試験的にブラウントラウトの除去を実施することとした。
- (3) 2021 年に実施した聞き取り調査と釣獲日誌のデータを比較した結果、多く釣獲された魚種は釣獲日誌ではイワナ、聞き取り調査ではヤマメとなった。2019 年、2020 年の結果と比べると 1-8 区の下流域ではヤマメ、17 区以上の上流域ではイワナの割合の増加が確認された。一方、9-16 区では釣獲日誌と聞き取り調査の結果が異なっていた。この区間では支流から流出した大量の土砂により淵が埋まり、魚類の生息環境が消失したため、釣獲日誌と聞き取り調査ともに釣獲個体数が減少しており、数少ない釣獲データのバイアスが反映されたことが原因と考えられる。両者の調査区間ごとの釣獲個体数の相関関係を考察するため、決定係数を算出した結果、 $R^2=0.3757$  と 2019 年よりも正の相関関係が強まることが明らかとなった。これは、2020 年と同様に釣獲日誌への参加者が増加したことにより、釣獲個体数が増えたこと、釣りの様式や狙う対象魚によるバイアスが緩和されたことが原因と考えられる。
- (4) 以上の結果をまとめると、釣獲日誌は、聞き取り調査と同様に漁場の把握を行う際、有用な手法になり得ると考えられた。特に漁場における魚種組成の変化の把握が必要となる、放流効果の検証や外来魚の侵入状況や除去効果の検証に有用と考えられた。そして、釣獲日誌を用いて釣獲個体数の多寡に注目する際は、記録者の人数を増員することで釣りの様式や対象魚の違いによるバイアスを緩和させる必要があると考えられた。また、釣獲個体数が極めて少ない場合も、バイアスが大きくなることを注意する必要があることが示唆された。しかしながら、釣獲個体数の大幅な減少については、そのものが有益なデータであり、本調査では土砂流入等の影響を考察するための貴重なデータとなった。これより、釣獲日誌のデータは、複数年記録することにより、河川工事や洪水等の環境変化の評価にも使用できることが示唆された。一般的に、全ての漁場で組合員が聞き取り調査を行うことは難しいが、簡易的な方法として漁協や釣り人が協力して、複数名で釣獲日誌を作成することにより、漁場の把握を行うことが可能になると考えられた。

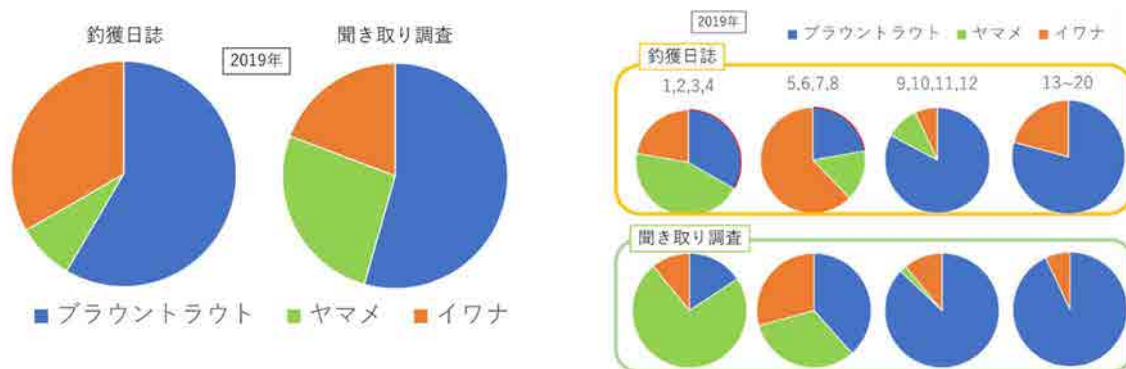


図 1. 釣獲日誌（鬼怒川漁業協同組合日光支部組員 1 名）と釣り人への聞き取り調査（398 名）との釣獲魚の魚種組成の比較（場所別データ、番号が増えるほど上流域となる）

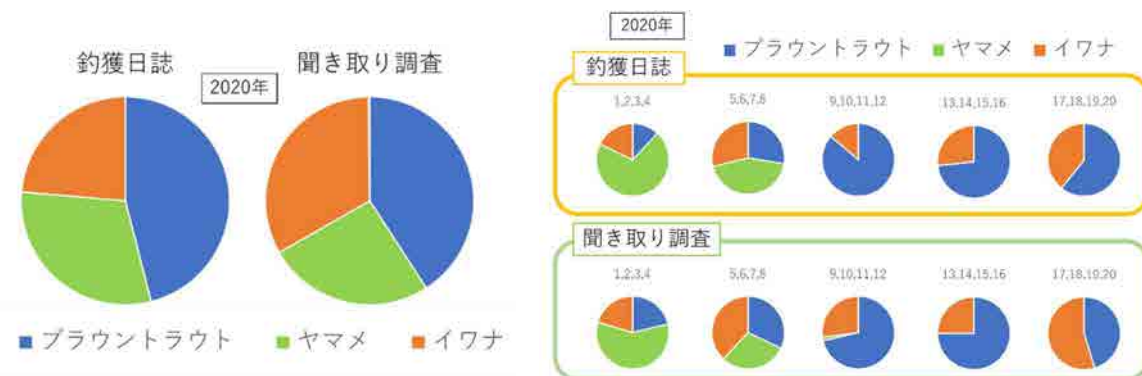


図 2. 釣獲日誌（鬼怒川漁業協同組合日光支部組員と釣り人 5 名）と釣り人への聞き取り調査（350 名）との釣獲魚の魚種組成の比較

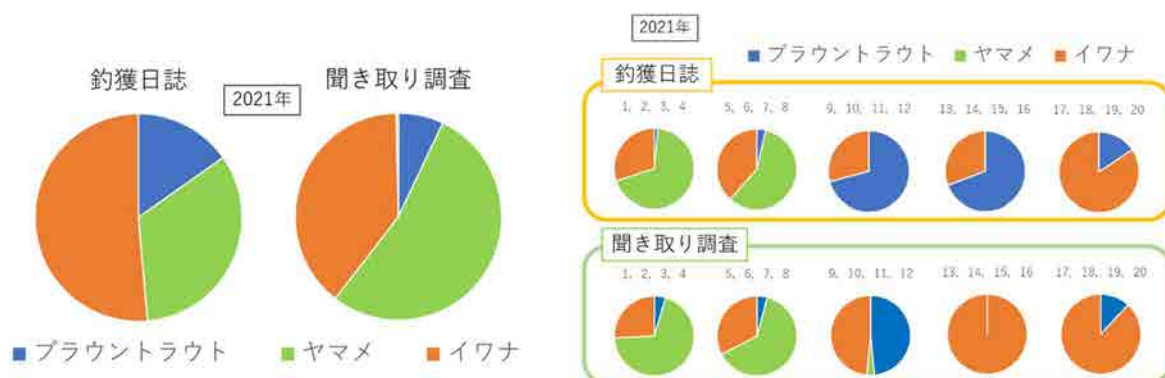


図 3. 釣獲日誌（鬼怒川漁業協同組合日光支部組員と釣り人 20 名）と釣り人への聞き取り調査（257 名）との魚種組成の比較

課題と対応策：

特に問題なく順調に実施された。

## 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. (3)                   | 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 溪流魚課題 |        |       |
| 主 担 当 者 | 群馬県水産試験場 山下耕憲            |        |       |
| 分担者     | 群馬県水産試験場 田中英樹、神澤裕平       |        |       |

**令和3年度の成果の要約：**溪流魚漁場に設定されたキャッチアンドリリース区（以下、C&R区）における資源量調査および環境測定を行った。その結果、C&R区における溪流魚の生息密度は通常の入漁区の約2倍になることが示された。また、継代養殖魚の孵化生育環境が放流後の行動特性に及ぼす影響について実験水路を用いて明らかにした。その結果、系統が同じ継代養殖魚であっても、人工孵化魚よりも自然繁殖魚の方が定着性が高いことが示された。

**全期間を通じた課題目標及び計画：**溪流魚の稚魚放流後の生残率向上を目的として、春稚魚放流における適正サイズを、実河川への放流試験により検証する。また、稚魚放流時における先住効果および成育環境等が放流魚の定着性に及ぼす影響を、実験装置を用いた試験および実河川への放流試験により評価する。加えて、禁漁区およびC&R区の設定の費用対効果と効果的な設定条件の把握を目的として、実河川における調査を行うことで禁漁区およびC&R区の条件と増殖効果の関係を評価する。

**当該年度計画：**今年度は、C&R区における資源量および環境の調査を行い、C&R区設定の増殖効果を明らかにする。また、継代養殖魚の成育環境が河川への放流後の定着性に与える影響について実験水路を用いて明らかにする。

**結果：**(1) C&R区の設定が溪流魚の資源量に与える影響に関する調査を、群馬県内を流れる吾妻川において行った。吾妻川の東部地区は東日本大震災に伴う原子力災害対策特別措置法に基づくヤマメ・イワナの出荷制限水域に指定されており、吾妻川流域のうち、吾妻郡内を管轄する吾妻漁業協同組合（以下、吾妻漁協）はこの東部地区を事実上のC&R区として扱っている。そこで、吾妻漁協が管轄する吾妻川のうち、東部地区を本調査におけるC&R区、出荷制限の指定のない西部地区を通常の入漁区とし、それぞれの区における典型的な溪流魚漁場計11か所を調査サイトとした。調査では電気ショッカーを用いてサイト内に生息するイワナ、ヤマメおよびブラウントラウトを採捕し、魚体測定、成熟の有無の確認および2-pass法による生息尾数の推定を行った。サイトの環境条件として河床勾配および川幅を計測するとともに河畔林の種類（天然林もし

くは人工林)を記録した。C&R 区の設定が生息魚の資源量に与える影響を評価するため、一般化線形モデルによる解析を行った。従属変数を未成熟魚および成熟魚の推定生息尾数、独立変数を C&R 区設定の有無、また、調整変数として河床勾配、平均川幅および河畔林の種類としたフルモデルを構築した。フルモデルの誤差分布にはポアソン分布を仮定し、リンク関数には対数リンク関数を指定した。サイトの水表面積がサイト毎に異なることから、水表面積をオフセット項とした。したがって、実際に推定する従属変数は未成熟魚および成熟魚の生息密度であった。推定されたフルモデルの偏回帰係数の有意性を判断することで、C&R 区の設定による溪流魚の生息密度への介入効果を評価した。

得られたデータの概要を表 1 に示す。また、フルモデルの各偏回帰係数を表 2 に示す。環境条件を調整した未成熟魚および成熟魚の生息密度は、入漁区に対して C&R 区においてそれぞれ 1.6 倍と 2.0 倍に有意に増加していたと推定された。したがって、溪流魚漁場における C&R 区の設定は増殖に効果があることが示された。

令和 2 年度に実施した、群馬県神流川の支流に設定された禁漁区における同様の調査では、成熟魚は禁漁区の設定によって生息密度が増加していた一方、未成熟魚は禁漁の影響を受けていなかった。しかしながら、この結果の差を直接的に禁漁区と C&R 区の設定効果の違いと見なすことはできない。禁漁区に関する調査においては、禁漁区は通常の入漁区内に点在する一部の支流に設定される形態であった。しかしながら、溪流魚は一般的に支流のみで生活史を完結するのではなく、浮上後の本流への流下(染み出し)や産卵時の本流から支流への遡上等を行う。今回の調査を行った河川では、一部の支流だけではなく支流と繋がっている本流を含む広い範囲で C&R が義務付けられていたため、一部の支流だけで漁獲制限を行った場合と異なり、生活史全体において漁獲圧が低下することで未成熟魚の生息密度も増加した可能性がある。主に、禁漁は資源の再生産促進のため、C&R は釣獲対象資源の維持のためにそれぞれ行われる漁獲制限手法である。漁獲制限が遵守されている限り、資源が釣獲によって減少しないという観点では両者の増殖効果は同程度と考えられる。漁獲制限手法だけではなく上述のように漁獲制限を行う河川の空間スケール(水系スケール～セグメントスケール)によって増殖効果に差が生じるとすれば、その目的に応じたスケールで制限範囲を設ける必要がある。

表 1 各区における生息密度、河床勾配および川幅の平均±標準偏差ならびに各河畔植生の数

| 区     | 生息密度 (尾/m <sup>2</sup> ) |           | 河床勾配 (%) | 川幅 (m)  | 河畔植生 (サイト数) |     |
|-------|--------------------------|-----------|----------|---------|-------------|-----|
|       | 未成熟魚                     | 成熟魚       |          |         | 天然林         | 人工林 |
| 入漁区   | 0.13±0.15                | 0.06±0.10 | 6.6±2.3  | 3.3±1.2 | 4           | 2   |
| C&R 区 | 0.13±0.06                | 0.05±0.02 | 6.0±1.3  | 2.9±1.2 | 1           | 4   |

表 2 推定されたフルモデルの偏回帰係数

| 従属変数     | 切片                           | 区 <sup>a</sup>        | 河床勾配(%)                           | 川幅 (m)          | 河畔植生 <sup>b</sup>     |
|----------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 未成熟魚生息密度 | -4.49<br>(0.61) <sup>d</sup> | <b>0.49</b><br>(0.14) | <b>0.30<sup>c</sup></b><br>(0.05) | -0.12<br>(0.11) | <b>1.14</b><br>(0.20) |
| 成熟魚生息密度  | -5.69<br>(0.96)              | <b>0.67</b><br>(0.24) | <b>0.39</b><br>(0.08)             | -0.27<br>(0.18) | <b>1.23</b><br>(0.32) |

<sup>a</sup> 水準「入漁区」に対しての「C&R 区」の推定値

<sup>b</sup> 水準「人工林」に対しての「天然林」の推定値

<sup>c</sup> 太字はパラメータが  $t$  検定において  $p < 0.05$  であったことを示す

<sup>d</sup> 括弧内は推定値の標準誤差を示す

(2) 種苗放流に関する研究として、成育環境が稚魚の定着性に与える影響を検証した。サケ科魚類の放流後の定着および減耗には、体サイズや先住効果の影響がない場合においては、成育環境や系統が影響することが指摘されている。一方、既存の国内の河川残留型サケ科魚類の定着性および減耗に関する研究においては、孵化成育環境と系統の影響を分離して評価していなかった。そこで、孵化成育環境以外の条件を調整した実験系で定着性を比較することで、一般的に放流に用いられる人工孵化由来魚の定着および減耗の要因を検討した。

供試魚は系統が同じかつ成育環境が異なる次の2種類のヤマメとした。令和2年に群馬県内の神流川支流で行った親魚放流由来のヤマメを8月に採捕し、このヤマメを自然繁殖魚とした。また、令和2年の秋に群馬県水産試験場川場養魚センターにおいて生産したヤマメを人工孵化魚とした。自然繁殖魚と人工孵化魚の尾差長  $\pm$  標準偏差はそれぞれ  $8.1 \pm 0.9$  および  $7.8 \pm 0.8$  であり、有意差は認められなかった ( $t$ -test,  $t = 1.29$ ,  $df = 40.0$ ,  $p = 0.21$ )。試験は図1に示す実験水路を用いて行った。2つのプールを上流区と下流区とし、自然繁殖魚と人工孵化魚をそれぞれ1尾ずつ上流区に投入し、90分馴致させた。馴致後、上下のプールの仕切りを外して試験を開始した。90分後の魚の位置を記録し、上プールにいた個体が定着したと見做した。試験は25回行い、どちらか片方の個体のみが上流に定着した21回分のデータを解析に供した。試験は令和3年8月6日から19日にかけて行った。

一般的にサケ科魚類の競争には相対サイズが影響することから、相対サイズ差と定着した魚の種類の相関を確認した。その結果、今回の試験で用いた自然繁殖魚と人工孵化魚では相関は認められなかった (Pearson's  $r = 0.28$ ,  $df = 19$ ,  $p = 0.22$ )。したがって、相対サイズ差を調整せずに2項検定を行ったところ、自然繁殖魚の方が有意に定着性が高いことが示唆された (Binomial test,  $p = 0.86$ , 95%予測区間: 0.71-1.00)。

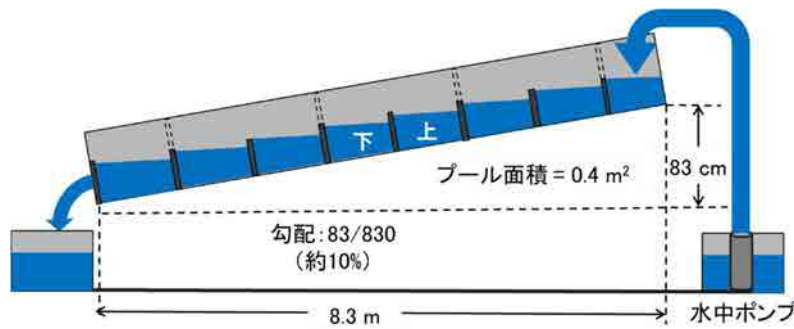


図1 実験水路概要図

**課題と対応策：**渓流魚漁場における C&R 区の設定による資源量への影響について明らかにした。しかしながら、今回解析に供したデータが 11 サイト分と比較的少ないことと、河川に生息するサケ科魚類の資源量は年変動があることが知られていることから、次年度以降もデータを蓄積したうえで再度解析を行う必要がある。また、C&R 区や禁漁区といった漁獲制限区の設定範囲の空間スケールによってもその増殖効果が変化する可能性があることから、空間スケールが異なる複数の漁獲制限区において同様の調査を行い、その影響を評価する必要がある。加えて、禁漁区および C&R 区の設定といった漁獲制限においては、前提として遊漁者の制限の遵守が必要である。したがって、漁獲制限による増殖を普及する観点から、効率的に遊漁者に制限を遵守させる介入手法についても検討する必要がある。

## 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. (3)                   | 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 溪流魚課題 |        |       |
| 主 担 当 者 | 長野県水産試験場 環境部 下山 諒        |        |       |
| 分担者     | 長野県水産試験場 環境部 上島 剛        |        |       |

## 令和3年度の成果の要約：

- ・令和2年度にイワナの資源量を調査した信濃川水系雑魚川の2支流（大倉沢とガキ沢）で、平成30年度に開発したトラップを用いてイワナ稚魚の降下実態を調査した。
- ・両支流で当歳魚及び1歳魚以上が採捕された。4月から7月までの期間に調査を行い、大倉沢では当歳魚は計162尾、1歳魚以上は計70尾降下したと推定された。ガキ沢では当歳魚は計122尾、1歳魚以上は計257尾降下したと推定された。
- ・両支流共に、令和元年の小西沢、令和2年の小西沢・本沢の調査で確認された4月下旬から5月上旬の降下のピークは確認されなかった。また、両支流共に令和元年の小西沢、令和2年の小西沢・本沢の調査よりも多くの1歳魚以上魚が採捕された。
- ・次年度にイワナ稚魚の降下調査を行う河川を選定するため、信濃川水系奈良井川の支流および信濃川水系土尻川にてイワナ稚魚の出現状況を調査した。その結果、信濃川水系土尻川の支流を選定し、10月に基本データとなるイワナの生息密度を調査した。

## 全期間を通じた課題目標及び計画：

イワナなど溪流魚の生息河川では、増殖を目的として禁漁区が設定されている場所がある。禁漁区を種川として増殖した資源が遊漁区へしみ出すことを期待するものであるが、先行研究からイワナ成魚は定住性が強く、ほとんど降下しないことが知られている。一方、イワナ稚魚の降下に関する研究は少なく、禁漁区からの降下についての詳細はわかっていない。そこで禁漁区からのイワナ稚魚のしみ出し効果について明らかにするために、i. 禁漁河川から降下するイワナ稚魚の捕獲技術開発、ii. 禁漁河川のイワナ稚魚の降下データの集積と解析、iii. イワナ稚魚が降下する要因の解明を行う。

## 当該年度計画：

令和2年度に資源量調査を実施した雑魚川の支流で、トラップによるイワナ稚魚の採捕調査を行い、水域ごとの降下実態を明らかにする。また、次年度調査に向けて県内の河川でイワナ稚魚の出現状況を調査し、調査河川を決定する。

## 結果：

### ○降下稚魚の採捕

本年度は、信濃川水系雑魚川支流の大倉沢とガキ沢の2支流にてイワナ稚魚の採捕調査を行った。大倉沢およびガキ沢は長野県下高井郡山ノ内町の志賀高原を流れる河川である。令和3年度現在、両支流は資源増殖を目的として禁漁区に設定されている。両支流ともに令和2年度調査でイワナ稚魚の出現が確認されている。

調査は、4月13日から7月26日の間に、週に1回実施した。大倉沢では計15回（7月20日未調査）、ガキ沢では計16回行った。稚魚採捕トラップは、平成31年度（令和元年度）および令和2年度調査に使用したのと同じものを用いた。1回の採捕時間を24時間とし、10:00から11:00の間にトラップを設置し、翌日の同時刻に回収した。トラップは、大倉沢では本流との合流点から上流21m、ガキ沢では本流から上流389m付近のS型淵の下端を横切るように設置し、目詰まりによって濾過流量が変化しないよう配慮した。設置・回収時に流速を測定して、河川全体及びトラップ内へ入る流量を計算し、濾水率（%） $\{ \text{トラップ内流量(L/秒)} / \text{河川流量(L/秒)} \}$ を算出した。また、両河川では調査開始日から終了日まで水温データロガーを設置し、1時間ごとの水温を測定した。採捕されたイワナは、全長と体重を測定し、99.5%エタノールにて固定し保存した。採捕されたイワナは、令和2年9月の資源量調査で得られた全長組成から、全長50mm以下をイワナ稚魚（以降、当歳魚とする）、全長50mm超を一歳魚以上と判断した。

大倉沢では、調査期間内に当歳魚が13尾、一歳魚以上が5尾採捕された。損傷が激しい1個体についてはマイクロサテライト領域（Sfo-12）のPCRでイワナであることを確認した。濾水率から河川全体量に引き伸ばしたイワナの推定降下尾数の推移を図1に示した。調査日間の降下量が直線的に推移すると仮定したときの調査期間中の総降下尾数は、当歳魚で162尾、一歳魚以上で70尾と推定された。各調査日に採捕されたイワナの平均全長を図2に示した。当歳魚の全長の最小は23.1mm、最大は44.8mmであった。一歳魚以上の全長の最小は78.7mm、最大は180.9mmであった。河川流量と推定降下尾数の間には、有意な相関はみられなかった（図3、当歳魚  $r=-0.19$ 、一歳魚以上  $r=0.02$  それぞれ n. s.）。日平均水温と推定降下尾数の間に、当歳魚については負の相関、一歳魚以上については正の相関がみられた（図4、当歳魚  $r=-0.66$   $p<0.05$  一歳魚以上  $r=0.57$   $p<0.05$ ）。当歳魚は調査期間の序盤に多く採捕され、一歳魚以上は調査期間の後半にのみ採捕されたことから、日々上昇する水温と相関したと考えられ、因果関係は明らかでない。平成31年度（令和元年度）や令和2年度調査で確認された4月下旬から5月上旬の降下ピークは、大倉沢では確認されなかった。しかし、当歳魚の降下尾数が調査開始日から徐々に低下したことから、調査開始以前に降下ピークがあった可能性がある。

ガキ沢では、調査期間内に当歳魚が8尾、一歳魚以上が17尾採捕された。濾水率から河川全体量に引き伸ばしたイワナの推定降下尾数の推移を図5に示した。調査日間の降下量が直線的に推移すると仮定したときの調査期間中の総降下尾数は当歳魚で122尾、一歳魚以上で257尾と推定された。各調査日に採捕されたイワナの平均全長を図6に示した。当歳魚の全長の最小は30.7mm、最