

課 題 番 号	3. (3)	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 溪流魚		
主 担 当 者	水産研究・教育機構中央水産研究所 宮本幸太		
分担者	なし		

平成 31 年度の成果の要約：イワナ放流魚の定着条件を明らかにするため、放流 1 年後の放流魚の生息密度と先住魚の生息密度との関係を解析した。その結果、イワナ放流魚（1 歳魚）の放流効果は極めて低く、その生息密度は 1 歳以上の先住魚の生息密度と正の相関関係を示した。このため、先住魚と放流魚の生息環境が類似する場合、先住効果によって放流効果が著しく低下すると考えられた。鬼怒川中流域のアユ漁場へのヤマメ幼魚放流実験では、ヤマメが短期間で高成長を示すこと、回収率が釣獲個体数・重量共に高いことが明らかとなった。このため、ヤマメの成長様式と河川の生産性をうまく活用できれば、河川中流域において大型サケ科魚類の漁場造成が可能になると考えられた。

全期間を通じた課題目標及び計画：溪流魚をはじめとした内水面魚種漁獲量の減少傾向への対策として、稚魚放流等の増殖が実施されているが、その生残や定着を決定する要因については未だ不明な点が多く、どのような環境であれば放流が有効であるかを示す指標が存在しないことから、必ずしも最適な増殖手法が採用されていない可能性がある。本課題ではイワナ等の溪流魚を用いて、放流魚の定着に必要な環境条件を明らかにするため、河川調査や水路実験等を行い、放流魚や先住魚の分布、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。

当該年度計画：本年度は、イワナ放流魚の定着条件を明らかにするため、調査区（鬼怒川支流）の放流場所に定着したイワナの生息場所を記録するとともに、放流時の先住魚の個体数や物理環境との関係を調査した。さらに、河川中流域のヤマメ漁場の復活を目指し、鬼怒川中流域（宇都宮市上河内地区）にヤマメ 1 歳魚を放流して、その釣れ具合や成長を評価した。

結果：

（１）2018 年に放流したイワナ当歳魚 6800 個体のうち、1 歳魚で回収できた個体はわずか 24 個体のみと極めて少なかった。

（２）放流したイワナの捕獲場所と放流時の先住魚の生息密度との関係を調査した結果、先住魚であるブラウントラウトの全年齢および当歳魚と放流イワナの定着個体数との間に有意な関係は

認められなかった ($p > 0.05$, ピアソンの相関係数)。一方、ブラウントラウトの1歳以上魚と放流イワナの定着個体数との間には正の相関関係が認められた ($p < 0.001$, ピアソンの相関係数) (図1)。以上の結果から、イワナ1歳以上魚はブラウン1歳以上魚の生息環境は類似しており、ブラウントラウトの先住効果によってイワナの放流効果が著しく低下したと考えられた。

(3) 2019年3月に栃木県鬼怒川中流域で実施したヤマメ1歳魚(6000個体)の放流実験では、3月から9月の禁漁期までの間に鬼怒川漁業協同組合とその関係者に釣獲個体数、釣り時間および標識魚の有無を記録していただいた。その記録を解析した結果、放流魚の23%の個体が回収され、各月の平均重量に釣獲個体数を掛け合わせて算出した放流魚の重量の回収率は71%と高い値を示した。釣獲した天然魚の個体数は、放流魚を含めた総釣獲個体数のわずか3%であった。

(4) 鬼怒川上流域(日光市栗山地区)で実施した放流実験(ヤマメ1歳魚2000個体)では中流域の実験と同様に、栗山漁業協同組合とその関係者に釣獲個体数、釣り時間および標識魚の有無を記録していただいた。鬼怒川中流域と上流域のCPUEを比較すると(図2)、鬼怒川上流域では8月の放流ヤマメの平均CPUEが0を示したのに対し、鬼怒川中流域においては全期間を通して平均CPUEが0となることは無かった。

(5) 鬼怒川の中流域と上流域で釣獲した放流魚の平均全長の推移をみると(図3)、中流域では放流ヤマメは高成長を示し、7月以降は全長30cmを超える個体が各月で採捕された。一方、河川上流域で採捕した放流魚は調査期間を通して低成長を示した。これらの結果は、一般的にアユ漁場として活用されてきた河川中流域で、サケ科魚類の幼魚放流を行えば、放流効果が高く大型魚を狙うことのできる漁場を造成できる可能性を示している。さらにアユのオフシーズンである3,4,5月をヤマメ漁場として活用できることや、カワウ対策としても有効であることなど、アユ漁場の管理面でもメリットとなる点が明らかとなった。

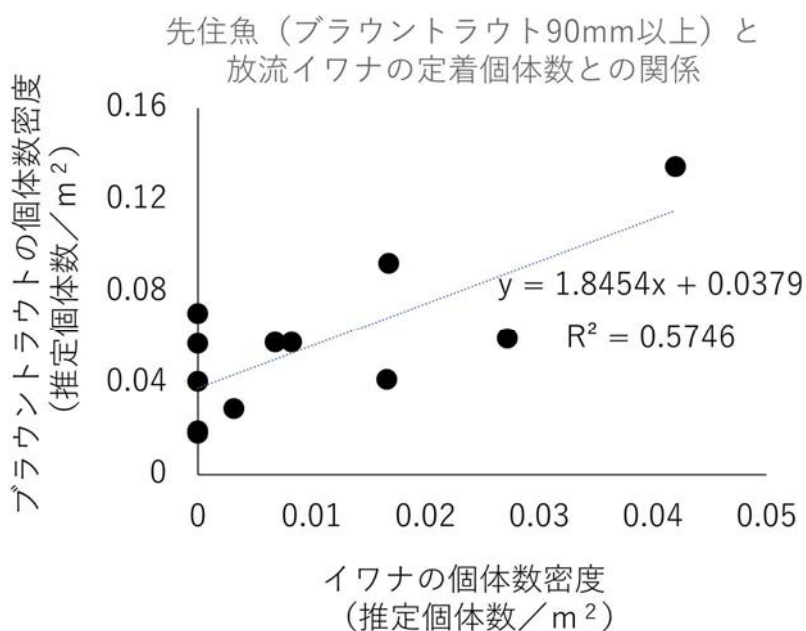


図1. A区にて採集された魚類の種組成

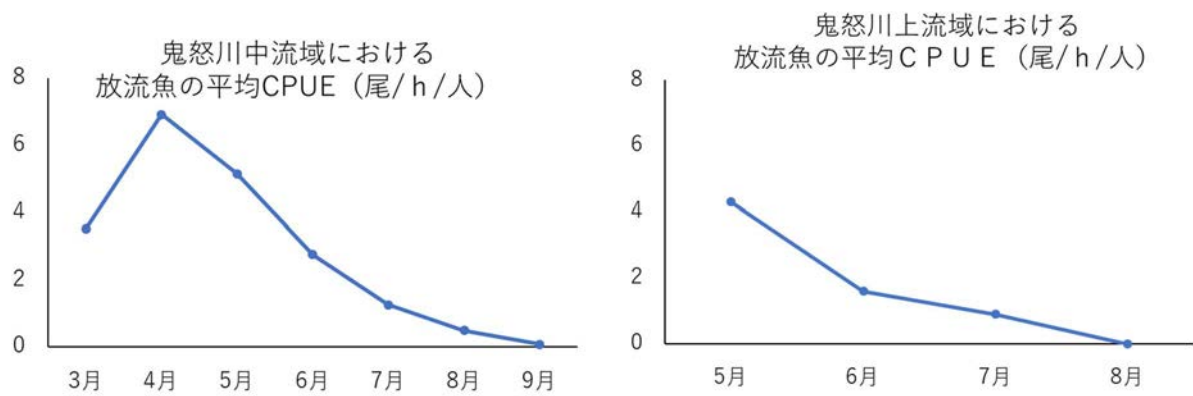


図2. B区にて採集された魚類の種組成

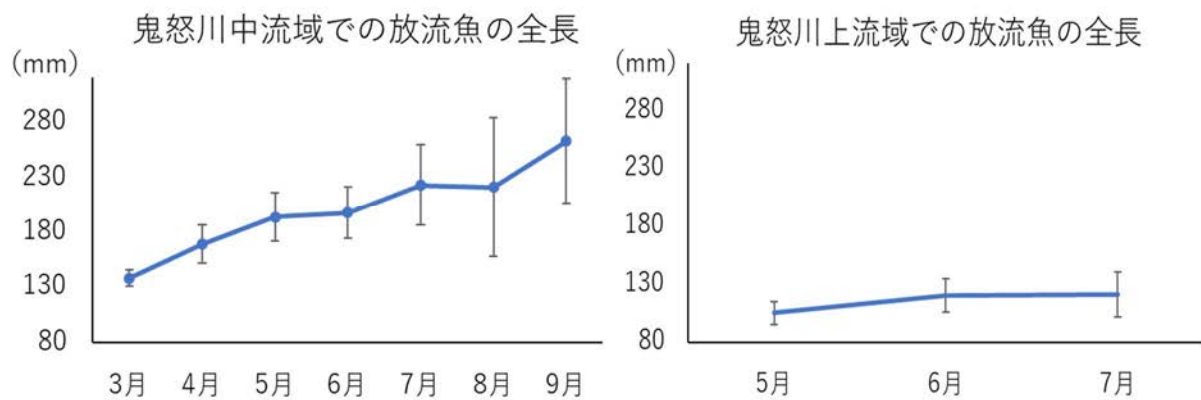


図3. C区にて採集された魚類の種組成



図3. C区にて採集された魚類の種組成

課題と対応策：

特に問題なく順調に実施された。

謝辞：本課題の実施に伴い、以下の皆様に感謝の意を表します。

鬼怒川漁業協同組合の皆様、栗山漁業協同組合の皆様、塩谷南那須農業振興事務所 高木優也様、栃木県水産試験場 渡邊長生様、Riverline 綱川孝俊様、水産研究教育機構 増田賢嗣様、坪井潤一様

課 題 番 号	3. (3)	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 溪流魚		
主 担 当 者	山下耕憲		
分担者	小西浩司、松原利光		

令和元年度の成果の要約：イワナの春稚魚放流では、より大型の放流魚ほど生残率が高く、一方、放流の費用対効果は生残率と異なり、適正なサイズが存在することが示された。また、禁漁区における資源量調査を行い、成熟魚の生息密度は禁漁区の方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の影響を、実験水路を用いた試験と実河川への放流試験により評価する。加えて、禁漁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、実際の禁漁区における調査を行い、禁漁区の条件と増殖効果の関係を明らかにする。

当該年度計画：今年度は、昨年度に引き続き放流サイズを変化させた場合の春稚魚放流について、実河川において継代養殖イワナ稚魚を用いた放流試験を行い、条件の違いによる生残、成長の差を明らかにする。また、禁漁区における資源量および環境の調査を行い、禁漁区の環境条件が資源量に与える影響について検討する。

結果：(1) 放流サイズを変化させた場合におけるイワナ継代養殖稚魚の生残率比較を行った。供試魚には群馬県水産試験場川場養魚センターで飼育している継代養殖イワナの 0+歳魚を用いた。供試魚は全長が 5 cm から 9 cm の個体を 1 cm 毎に 4 群に分けた。試験は群馬県内を流れる桐生川支流の 2 サイトで行い、令和元年 6 月 6 日に供試魚を各群 250 尾ずつ放流した。調査はサイト内の生息魚を電気ショッカーにより採捕することで行った。放流サイズ毎の生残率を推定するため、今回の調査および昨年度に行った同様の調査で得られた放流サイズ毎の生残尾数の時系列データを用いて、階層ベイズモデルの多変量状態空間モデルによる解析を行った。また、放流サイズ毎の生残率から、サイズによる費用対効果の差を検討した。一般的に放流用稚魚の購入価格は稚魚 1 尾あたりの重量に比例する。したがって、放流サイズ毎の平均重量の逆数が相対放流可能尾数であると仮定し、各放流サイズの平均月間生残率との積を相対費用対効果と定義して放流サイズ間で比較を行った。採捕調査から推定された生残尾数およびモデリングにより得られたパラ

メータの事後分布を基に推定された生残尾数をサイト毎に図 1 に示す。また、各放流サイズの平均月間生残率の事後分布の推定値と相対費用対効果を図 2 に示す。6 月頃にイワナ稚魚を放流する際には、放流サイズが 4.5 cm 以上 9.5 cm 未満の場合では、放流サイズが大型であるほど月間生残率が高いことが示された。また、費用対効果は生残率と異なり、放流サイズが大型であるほど向上するのではなく、費用対効果が最大となる適正放流サイズが存在する可能性が示唆された。

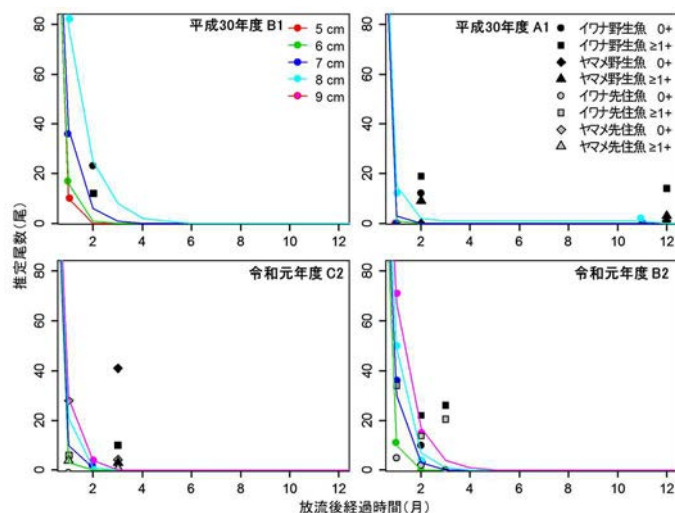


図 1 推定された各サイトにおける放流魚、野生魚および先住魚の生残尾数
(可読性のために放流魚の放流時における尾数は省略した)

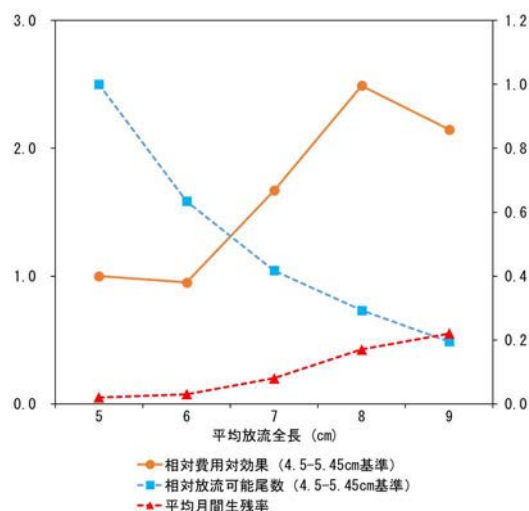


図 2 放流サイズに対する相対費用対効果（左軸）、相対放流可能尾数（右軸）
および平均月間生残率（右軸）

(2) 禁漁区的环境条件が資源量に与える影響についての調査を行った。調査サイトは、群馬県上野村内の神流川本支流に設定されている禁漁区および通常の入漁区とした。電気ショッカーによりサイト内の溪流魚を採捕し、魚体測定を行った。サイトの環境条件として、水表面積、河床勾配、流量および河川の複雑度指数 (Pool and Riffle Sequence Index ; Yamamoto et al., 2016) を計測した。禁漁区および入漁区における生息魚の密度を比較するため、ガンマ分布を仮定した一般

化線形混合モデルによる解析を行った。従属変数を未成熟魚もしくは成熟魚の密度、独立変数を禁漁措置の有無とし、ランダム変数としてセグメントを指定した。リンク関数には対数リンク関数を指定した。モデルの評価は本モデルに対して、独立変数を含まないヌルモデルと赤池情報量規準（AIC）を比較することで行った。調査の結果を表1に示す。本年度は、令和元年10月12日に関東地方に接近した台風19号の豪雨に伴う未増水により、調査サイトを含む神流川本支流の河川環境が大きく変化したことから、台風通過前に調査を行った禁漁区1サイトのデータしか得られなかった。一般化線形混合モデルによる解析の結果、成熟魚については本モデルの方がAICは小さく、禁漁措置により生息密度が増加することが示された。

表1 調査サイトにおける生息魚の生息密度および環境条件

調査日	調査サイト	区	セグメント	未成熟魚密度 (尾/㎡)	成熟魚密度 (尾/㎡)	流量 (m)	流量 (L/s)	水表面積 (㎡)	河床勾配 (%)	河川の 複雑度指数
平成30年10月10日	住居附沢 第2-3堰堤間	禁漁区	1	0.07±0.00	0.11±0.12	50	225.6	108.0	7	2.8
平成30年10月10日	住居附沢 第4-5堰堤間	入漁区	1	0.42±1.70	0.06±0.01	50	265.1	120.0	15	5.6
平成30年10月17日	住居附沢 高畑橋上	禁漁区	2	0.26±0.29	0.28±0.00	50	57.5	112.5	20	4.6
平成30年10月17日	住居附沢 集落下	入漁区	2	0.19±0.08	0.22±1.99	50	132.1	165.5	40	5.4
平成30年11月13日	本谷 御巢鷹山第1堰堤下	禁漁区	3	0.07±0.02	0.11±0.03	50	23.5	86.5	15	5.8
平成30年11月20日	本谷 中ノ沢林道入口橋上	入漁区	3	0.07±0.03	0.06±0.00	50	63.1	141.0	15	2.4
令和元年9月19日	鎌の沢 堰堤上	禁漁区	4	0.17±0.02	0.02±0.00	160	77.3	132.5*	20	1.6

* 他のサイトとの比較のため流量160 mにおける値を50 mにおける値に補正した

課題と対応策：春稚魚放流の適正サイズ検証について、理想的には、稚魚放流は壊滅的な増水による河川環境の破壊や、過度の釣獲により先住魚が枯渇した河川で行われるべきである。また、実際の遊漁においては、主に放流魚の全長が15 cm以上の個体のみが遊漁資源として扱われる。したがって、今後は他の河川における追加試験や、放流魚の全長が15 cmを超えると予想される次年度以降における再度の採捕調査によるデータの蓄積および解析が必要である。

禁漁区における資源量と環境条件に関するデータの収集を試みたが、台風による増水の影響により、これらの関係を解析するのに十分なデータを得ることができなかった。したがって、次年度以降に今年度調査を行えなかったサイトや、他の漁業協同組合が管理している禁漁区での調査によるデータの蓄積および解析が必要である。

引用文献：

Yamamoto, S., Kubota, H., Hasegawa, K., Nakamura, T. 2016. Census and effective population sizes of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) in a fragmented landscape. Ecology of freshwater fish, 25, 612-621.

課 題 番 号	3. (3)	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 溪流魚		
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 山本聡		

平成 31 年度の成果の要約：

- ・イワナ稚魚の降下要因を個体間競争と仮定し、階段状水槽で実験を行ったところ、個体間の攻撃行動が観察された。実験終了時に開始尾数の約 50%の個体が最下段に降下した。
- ・信濃川水系鎖川支流小西沢においてイワナ稚魚の降下を調査したところ、5 月上旬をピークに降下することが明らかになった。4 月から 7 月までの調査の間に、合計 563 尾のイワナ稚魚が降下したと推定された。
- ・来年度以降にイワナ稚魚の降下調査を行う河川を選定するため、5～6 月にかけてイワナ稚魚の出現状況を調査した。その結果、信濃川水系小曾部川を選定することとし、基本データとなるイワナの全長組成と生息密度を 8 月に調査した。
- ・降下稚魚を採捕するトラップの軽量化を図るために、11 月から 1 月の間に、小西沢にてトラップの耐久試験を行った。トラップは 24 時間の供試に耐えることが確認され、来年度以降の調査に使用できる見通しを得た。

全期間を通じた課題目標及び計画：

イワナなどの溪流魚では、増殖を目的とした禁漁区が設定されている。禁漁区を種川として増殖した資源が遊漁区へのしみ出しに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。そこで我々は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. イワナ稚魚が降下する要因の解明、ii. 禁漁区間から降下するイワナ稚魚の捕獲技術開発、iii. 禁漁河川のイワナ稚魚の降下データの集積と解析を行う。

当該年度計画：

イワナ稚魚の降下要因が個体間競争によるとの仮定に基づき、水槽実験にて検証する。また、自然河川でトラップによる採捕調査を実施し、降下実態を明らかにする。イワナ稚魚の降下データ蓄積のため、他の候補河川の状況を調査する。さらに、降下稚魚を採捕するためのトラップの

改良を行う。

結果：

(1) 水槽実験

イワナ稚魚の降下は個体間競争によるものかを確認するために、水槽実験を行った。実験は、2019年4月11日から6月28日に行った。牛乳パックを用いて7 cm×7 cm×10 cmの区画を作成し、それを9段の階段状（落差1 cmに設定）に連結させた（図1）。その水槽を6つ用意し、水槽AからFとした。水槽A、Bは4月から、水槽C、Dは5月から、水槽E、Fは6月から実験を開始した。中央にあたる5段目に長野県水産試験場木曽試験地産のイワナ稚魚（投入時の平均全長±SDは4月（A）29.1 mm±2.3、4月（B）29.3 mm±2.3、5月（C）34.6 mm±3.1、5月（D）34.8 mm±4.1、6月（E）41.3 mm±4.5、6月（F）42.3 mm±5.1）を各22尾入れ動向を観察した（図2）。

尾数は、実際の禁漁区を想定し、重倉（2014）の禁漁区の産卵期待数を用いて算出した。長野県の禁漁河川である満水川における産卵期待数は24粒/m²と報告されている。満水川の河川幅は3.5 mなので、河川長1 mの面積は3.5 m²である。河川長1 mの産卵数は約84粒となる。この卵の発眼率を90%、発眼から浮上までを90%（飼育下での最高値）とすると浮上する稚魚は68尾となる。稚魚が産卵床から浮上後、兩岸に均等に移動したとすると、岸延長1 mあたりの尾数は34尾となる。水槽の長さは7 cm×9個=0.63 mなので、34尾/m×0.63 m=21.4尾となり、供試尾数は22尾が適当であると判断した。

観察は1週間に4回もしくは5回行った。観察日に、最下段の個体が採餌できる量の配合飼料を最上段から給餌した。最上段から6.6 ml/秒の流量で注水を行った。死亡した個体は速やかに取り除いた。

全ての水槽で個体間でのつつき合いなどの攻撃行動が観察され、徐々に下流側へ降下する傾向が見られた（図3）。終了時、全水槽において最下段（9段目）に最も多くの個体が集まった。いずれの水槽においても開始当初の尾数の約50%の個体が最下段へ降下した。

(2) 自然河川調査

① 降下稚魚の採捕

H30年度にイワナ稚魚の出現を確認した信濃川水系鎖川支流小西沢において採捕調査を実施した。2019年3月27日から7月31日の期間に19回の調査を行った。調査は10時から11時の間にトラップを設置し、翌日の同時刻に回収することで、1回の採捕時間を24時間とした。使用した材料は、H30年度製作した稚魚採捕ネット×1個、単管パイプ8本（1.5 m×4本、1.0 m×4本）、直交クランプ×6個、自在クランプ×4個、ネット固定用ロープ×4本、60 Lバケツ×1個である。トラップは中俣沢との合流部に、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の流量を計算し、濾水率（%）{トラップ内流量(L/秒)/河川流量(L/秒)}を算出した。また、小西

沢に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。

4月22日から7月31日の間で降下したイワナ稚魚が採捕された（図4）。濾水率から推定したイワナ稚魚の降下尾数の時期変化を図5に示した。総降下尾数は563尾と推定された。降下のピークは5月1日であった。各調査日に採捕されたイワナの全長を図6に示した。5月1日のイワナの平均全長±SDは $27.2\text{ mm} \pm 2.4$ であった。トラップ調査期間の小西沢の日平均水温を図7に示した。5月1日の水温は 7.7°C であった。トラップ設置期間中の小西沢の河川流量の推移を図8に示した。4月17日から5月1日にかけて、河川流量が約2倍に増加しているが、河川流量と推定降下尾数との間に相関はみられなかった（図9）。

②候補河川の選定

来年度以降イワナ稚魚の降下調査を実施する河川を選定するために、禁漁河川である奈良井川水系小曾部川の状況を調査した。本河川は5月～6月の間にイワナ稚魚の出現が確認されており、河川形態がAa型であるため稚魚調査に適していると判断した。

調査河川の基本データの取得を目的に、2019年8月26日から27日の2日間に電気ショッカーによる採捕を行い、採捕魚の全長組成とピーターセン法による生息密度を調査した。結果、全長組成より0歳魚の出現が認められた（図10）。生息密度±95%信頼区間は 0.31 ± 0.26 尾/ m^2 と推定された。

③稚魚捕獲トラップの改良

単管パイプに代わるトラップ素材としてより軽量であるメッキパイプを使用することで（図11）、重量28 kgから12 kgへ16 kgの軽量化を図った（表1）。

河川流下物（主に落葉）の多い時期にメッキパイプを使用したトラップを、24時間設置して耐えられるかを検証した。11月20日から1月16日の間に計4回、小西沢に設置し24時間後に回収した。使用した材料は、ネット×1個、メッキパイプ8本（1.5m×4本、1.0m×4本）、直交クランプ×6個、自在クランプ×4個、ネット固定用ロープ、60Lバケツである。

結果、24時間経過しても破損、流出することはなかった。4回の平均濾水率（%）は48.9%であった。特に12月3日に設置したトラップについては27.3 kgの流下物に耐えており、イワナ稚魚出現時期の流下物量より多くの落葉を採捕しても破損しなかったため、次年度以降の調査で利用できる見通しを得た。



図1. 牛乳パックを用いた水槽

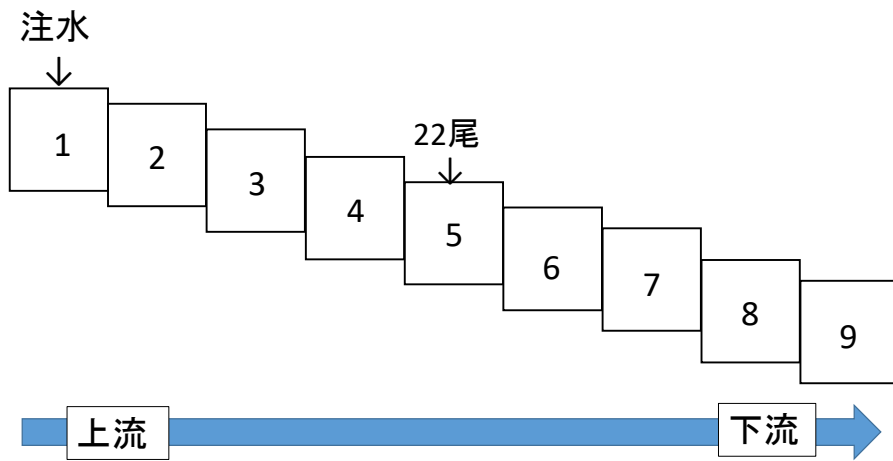


図2. 実験水槽模式図

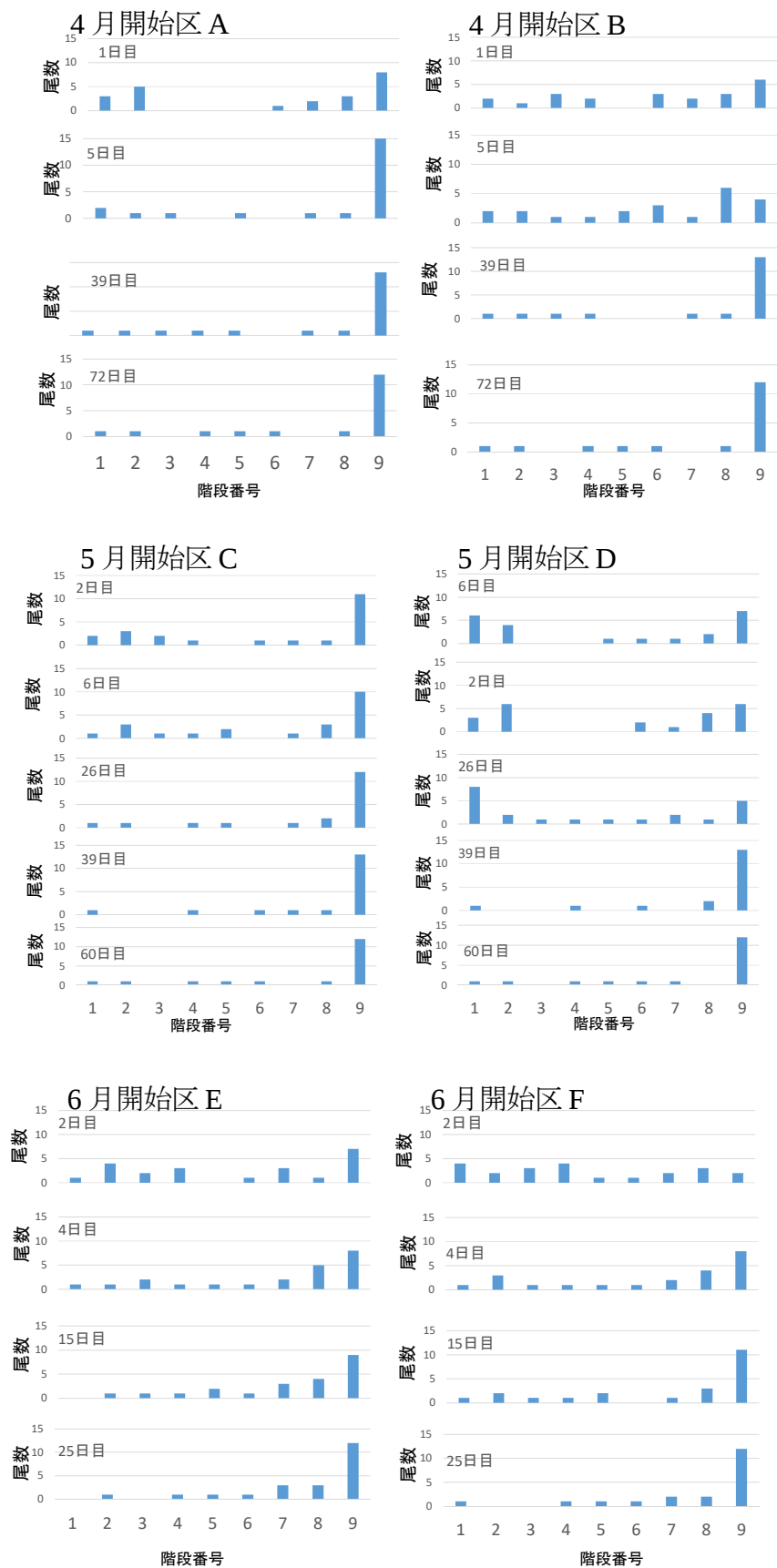


図3. イワナ稚魚の移動傾向 (A~F)



図4. 採捕されたイワナ稚魚

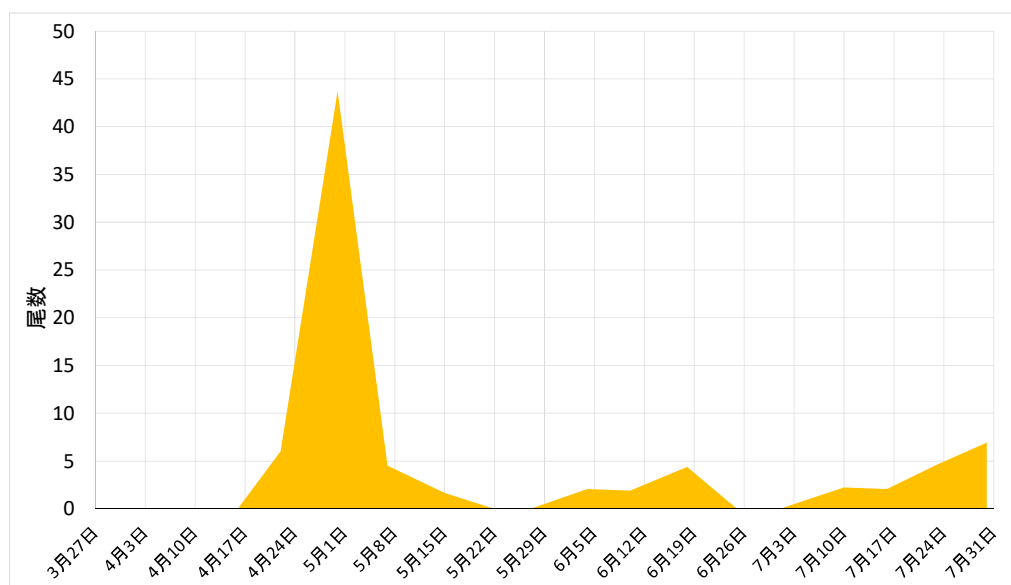


図5. 推定降下稚魚尾数の時期変化

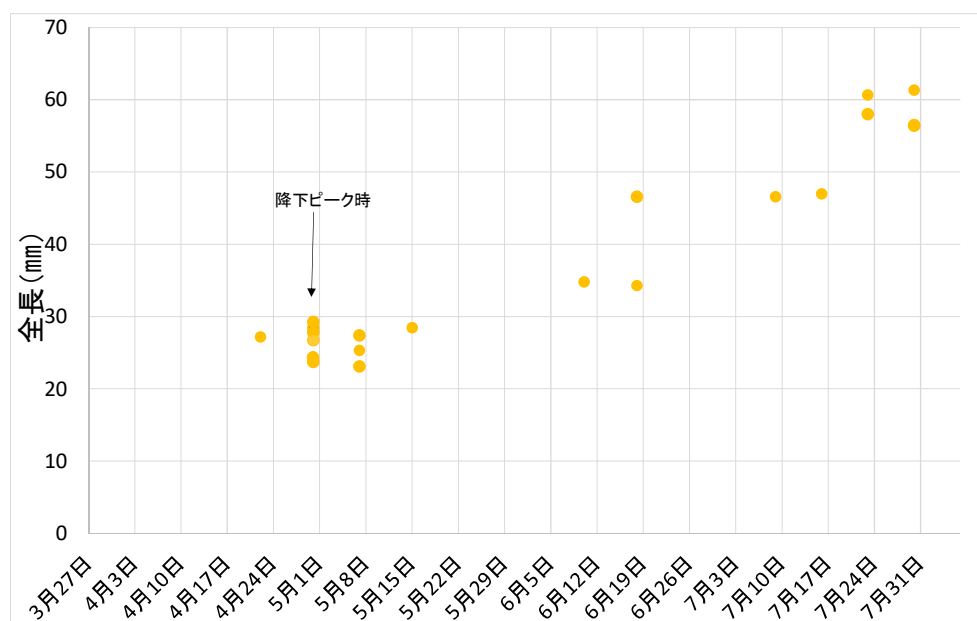


図6. 採捕されたイワナの全長 (mm)

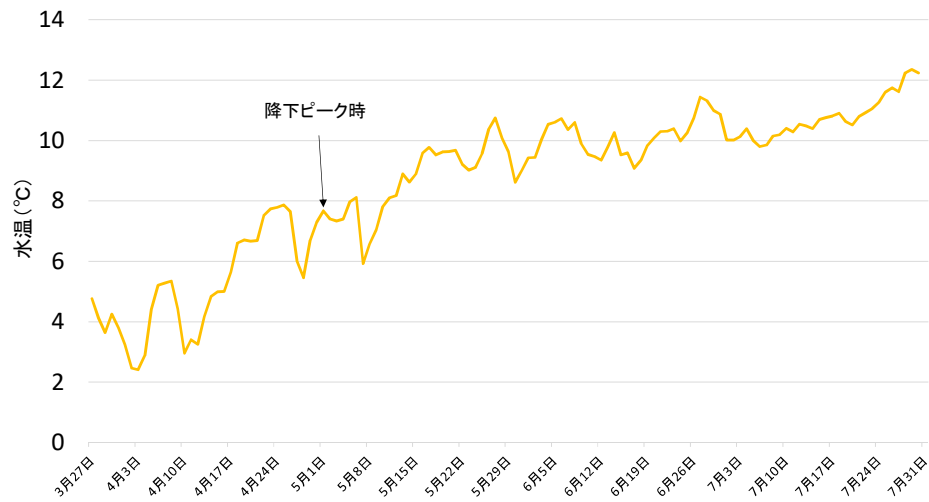


図7. 小西沢の日平均水温

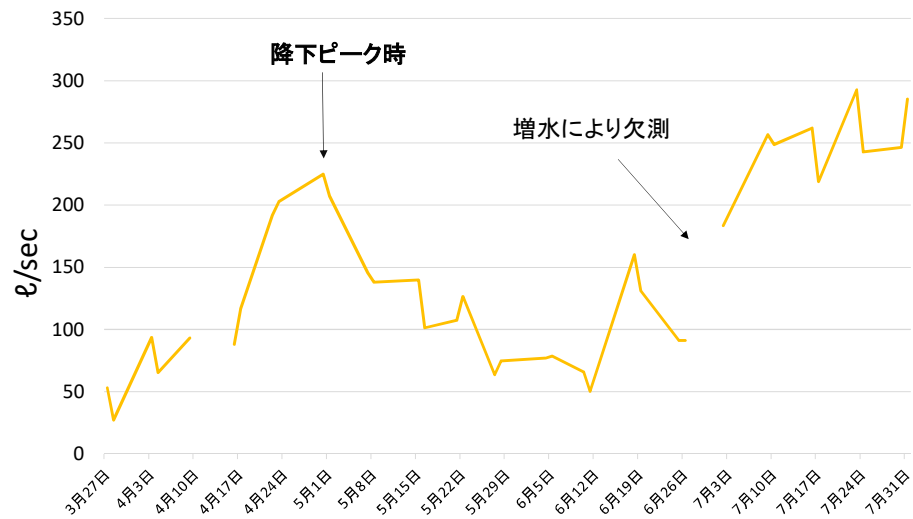


図8. 小西沢の河川流量の変化

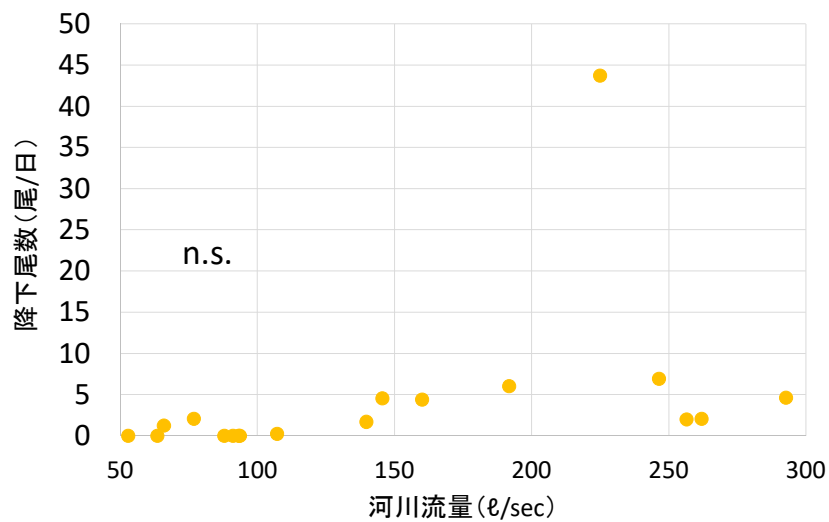


図9. 河川流量と推定降下尾数の関係

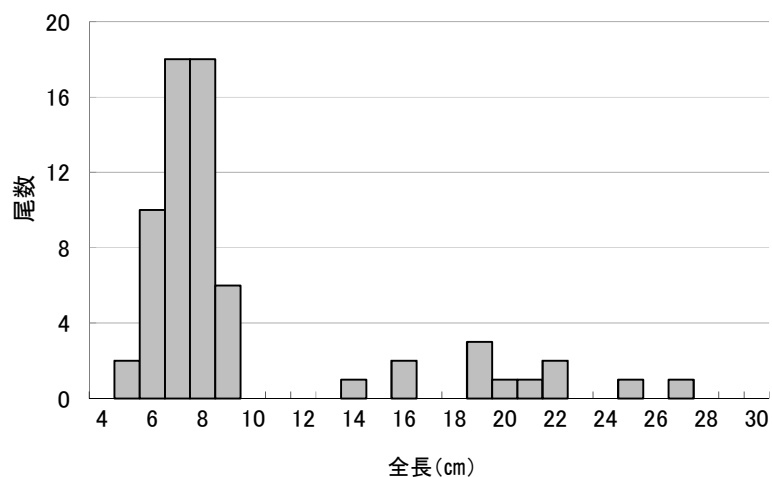


図 10. 小曽部川のイワナの全長組成



図 11. メッキパイプを使用し軽量化したトラップ

表1 単管パイプとメッキパイプ重量比較

	単管パイプ	メッキパイプ(φ31.8)
パイプ重量(kg) (1.5m×4本、1m×4本)	21	10
クランプ重量(kg) (10個)	7	2
合計(kg)	28	12

課題と対応策：

今回、自然河川においてイワナ稚魚が降下するという知見が得られた。来年度以降、他河川において調査を実施し、稚魚の降下についてのデータを蓄積していくことが必要である。

課 題 番 号	3. (3)	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 溪流魚		
主 担 当 者	岸 大弼		
分担者	下村雄志		

令和元年度の成果の要約：「禁漁区における生息状況」では、標識がないと禁漁の効果小さいことや、標識の設置によって生息密度が向上することが示唆された。「産卵場所の立地条件」では、ヤマメ・アマゴおよびイワナが選好する 2 条件の範囲が概ね特定された。「支流から本流への資源供給機能（しみ出し効果）」では、しみ出し魚の定量的な評価によって一定の知見が得られた。

全期間を通じた課題目標及び計画：アマゴ等溪流魚は、その由来によって自然繁殖魚と放流魚に大別される。自然繁殖魚は、放流魚よりも生残率が高いという長所があるが、資源量は限定的である。ただし、換言すれば、自然繁殖魚の希少価値が高く、遊漁者に重視される資源であることから、その資源量は漁協の集客力や収益に影響しうると存在といえる。近年、自然繁殖魚の持続的利用への関心が高まっている。そこで本課題では、環境収容力の高い支流を禁漁区として役立てることを目標とし、「禁漁区における生息状況」、「産卵場所の立地条件」、「支流から本流への資源供給機能（しみ出し効果）」の調査を行う。

当該年度計画：「禁漁区における生息状況」については、前年度に引き続き、溪流魚の生息密度の調査を行う。また、対照として入漁区でも調査を行うほか、過去の関連データ（県単事業）も収集し、本事業のデータと合わせて、入漁区／禁漁区 標識なし／禁漁区 標識ありの 3 つの区の間で生息密度を比較する。「産卵場所の立地条件」については、過去の関連データ（県単事業）も収集し、本事業のデータと合わせて集計を行う。「支流から本流への資源供給機能（しみ出し効果）」については、前年度に支流での稚魚の標識作業を実施した木曽川水系および神通川水系において本流での標識魚の搜索を行う。また、長良川水系に調査地を新設し、支流で稚魚の標識作業を行う。

結果：

(1)「禁漁区における生息状況」については、木曽川、長良川、神通川、庄川、九頭竜川の計5水系において生息密度を調査し、計17箇所のデータを追加した。これにより現時点で、入漁区90箇所／禁漁区 標識なし13箇所／禁漁区 標識あり17箇所のデータが得られた。

これら3つの区が生息密度の差異を検討するため、一般化線形モデルを作成した。

応答変数は個体推定値、説明変数は区(入漁区／禁漁区 標識なし／禁漁区 標識あり)、オフセット項は調査区間の面積、誤差構造はPoisson分布、リンク関数はlogを指定した。モデルの作成は、0歳、1歳以上、全個体でそれぞれ行った。なお、個体推定値は、ヤマメ・アマゴおよびイワナを合算して「溪流魚」の値として扱った。

その結果、0歳では「入漁区 ≧ 禁漁区 標識なし < 禁漁区 標識あり」、1歳以上では「入漁区 < 禁漁区 標識なし < 禁漁区 標識あり」、全個体では「入漁区 ≧ 禁漁区 標識なし < 禁漁区 標識あり」という傾向があった。以上の結果から、標識がないと禁漁の効果小さいことや、標識の設置によって生息密度が向上することが示唆された(表1)。

表1.「入漁区／禁漁区 標識なし／禁漁区 標識あり」における溪流魚の生息密度の相対値(入漁区を1とした場合)

	入漁区	禁漁区 標識なし	禁漁区 標識あり
0歳	1	0.96	1.77
1歳以上	1	1.57	2.03
全個体	1	1.14	1.85

(2)「産卵場所の立地条件」については、木曽川、長良川、庄川、九頭竜川の計4水系において産卵場所を探索し、計10箇所のデータを追加した。これにより現時点で、ヤマメ・アマゴ114箇所およびイワナ127箇所のデータが得られた。

産卵場所の立地条件(川幅および勾配)は、図1の通りだった。ヤマメ・アマゴは中・小規模の箇所、イワナは小規模の箇所を選好することが示唆された。また、イワナは、ヤマメ・アマゴよりも勾配の急な箇所でも産卵することが示唆された。

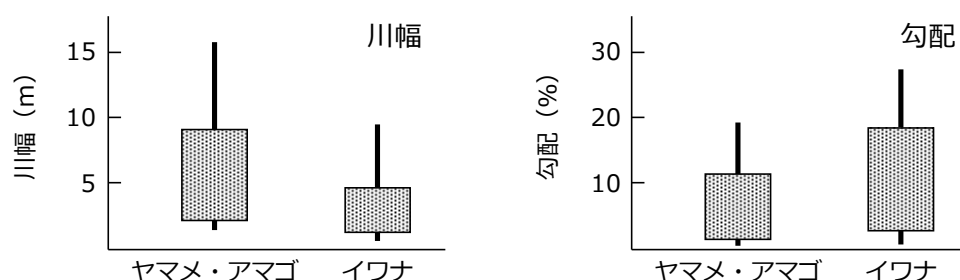


図1. ヤマメ・アマゴおよびイワナの産卵場所(図中の縦棒は範囲、箱は10-90%タイルを示す)

(3)「支流から本流への資源供給機能（しみ出し効果）」については、前年度に支流での稚魚の標識作業を実施した木曽川水系および神通川水系において、本流での標識魚（1 歳）の搜索を行った。また、長良川水系に調査地を新設し、支流で稚魚（0 歳）の標識作業を行った。

木曽川水系および神通川水系におけるしみ出し魚の数は、表 2 のように推定された。

長良川水系では、839 尾のアマゴ稚魚を採捕して標識した。標識率は 74.5%だった。

表 2. 木曽川水系および神通川水系におけるしみ出し魚の推定数

	木曽川水系		神通川水系	
	アマゴ	イワナ	ヤマメ	イワナ
標識魚（尾）	2	5	1	10
前年の支流での標識率（%）	76.4	78.1	90.3	80.9
支流出身の魚（尾）	2.6	6.4	1.1	12.4
本流で採捕された 1 歳の総数（尾）	171	89	40	135
支流出身の魚の割合（%）	1.5	7.2	2.8	9.2
本流での 1 歳の生息密度（尾/m ² ）	0.021	0.022	0.027	0.008
本流の面積（m ² ）	35650	35650	22512	22512
1 歳の生息数（尾）	742	777	608	181
しみ出し魚の数（尾）	11.4	55.9	16.8	16.6
前年に標識を実施した支流の面積（m ² ）	1567	1567	433	433
支流 1km ² あたりのしみ出し魚の数（尾）	7.3	35.7	38.9	38.3
	計 42.9		計 77.1	

課題と対応策：

(1)「禁漁区における生息状況」は、入漁区については十分なデータが揃った。しかし、禁漁区標識なしおよび禁漁区 標識ありについては、「支流から本流への資源供給機能（しみ出し効果）」の調査を優先したため、十分なデータが得られなかった。そのため、次年度以降も調査を継続してデータを追加することが課題である。

(2)「産卵場所の立地条件」は、ヤマメ・アマゴおよびイワナのいずれについてもおおよその傾向を示すことができた。次年度以降は、引き続きデータを追加することが課題である。

(3)「支流から本流への資源供給機能（しみ出し効果）」については、木曽川水系と神通川水系においてしみ出し魚を定量的に評価し、一定の知見を提示することができた。ただし、この課題は多大な労力と日数を要するため、他の 2 課題の進捗を妨げているのが実情である。次年度以降は、どの課題を優先するか精査する必要がある。

課 題 番 号	3- (3)	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 溪流魚		
主 担 当 者	滋賀県水産試験場 菅原和宏		

令和元年度の成果の要約：

〈アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズの検証〉アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズを明らかにするため、犬上川上流域の堰堤で区切られた 5 区間において、サイズの異なる稚魚を同時に放流する同時放流と、約 1 ヶ月毎に小さな稚魚から順番に放流する順次放流の 2 種類の放流試験を行った。同時放流試験は 2 区間において、7/1 に 2.0g サイズと 6.1g サイズを放流した。順次放流試験では 2 区間において、5/8 に 1.4g サイズ、5/29 に 3.4g サイズ、7/1 に 5.3g サイズを放流し、1 区間において、4/19 に 0.5g サイズ、5/8 に 1.4g サイズ、5/29 に 3.4g サイズを放流した。各区の放流尾数は同じ経費で購入できる尾数とした。放流後は標識再捕法により定期的に個体数推定を行った。同時放流試験における放流 4 ヶ月後の推定個体数は、両区間とも 2.0g 区の方が多かった。成長は両区ともに良好であったが、2.0g 区の魚が 6.1g 区の魚を上回ることはなかった。順次放流試験における 11 月中旬における推定個体数は、2 区間で実施した試験では 1.4g 区が最も多かったが、成長は最も低かった。1 区間で実施した 0.5g サイズを含む順次放流試験では、0.5g サイズは推定個体数、成長どちらにおいても最も低かった。以上の結果から、一定の増殖経費においては、1.4g～2.0g の種苗を放流する方が放流効果が高い可能性があり、さらに小型のサイズ(0.5g)では効果が低くなる可能性が示唆された。

〈イワナにおける禁漁の増殖効果の検証〉禁漁区から下流域へのしみ出し効果を調べるため、現在禁漁となっている姉川上流のナガレモンイワナ生息域において調査を行った。5 月に禁漁区内上流部（流程 600m）において、稚魚ネットで採捕したすべてのイワナ当歳魚（計 130 尾）の脂鰭を切って標識し、再放流した。その後、10 月に禁漁区域内全域（流程 1.2km）で調査を行い、標識イワナが採捕されるか調べたところ計 13 尾採捕され、そのうち 7 尾は禁漁区内下流部で採捕されたことから、この 7 尾は禁漁区上流部から下流部へ移動したことが明らかになった。一方、2018 年 11 月～2019 年 5 月に禁漁区内から非禁漁区へ親魚 6 尾が移動することを確認した。このことによる非禁漁区への資源添加効果を算出したところ、イワナ卵に換算すると 1,127 粒が添加されたと推定された。

全期間を通じた課題目標及び計画：

〈アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズの検証〉現在、溪流魚の春放流では 2～10g の種苗を

用いて4～6月に行われている。しかし、2～10gのうち放流効果の高い種苗サイズについては検討されていない。そこで本課題では、アマゴ継代養殖稚魚を用いて春放流の適正サイズについて放流試験で明らかにすることを目的とする。犬上川上流域において、サイズの異なるアマゴ継代養殖稚魚を同時または順次放流し、標識再捕法により定期的に個体数推定を行うとともに、生残、成長についても調べる。

〈イワナにおける禁漁の増殖効果の検証〉 溪流魚の漁場管理策の一つとして禁漁がある。禁漁が効果的であるという報告はいくつかあるが、禁漁で増えた魚をどのように有効に利用するかについて検討する必要がある。そこで本課題では、禁漁によって増えた魚が、禁漁区域外へ移動するか否かについて調べることを目的とする。現在、禁漁になっている姉川上流のナガレモンイワナ生息域において、禁漁区内でイワナを標識し、そのイワナが非禁漁区である下流域へ移動するか否かを調べる。

当該年度計画：

〈アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズの検証〉 昨年度と全く同じ試験設定を行うとともに、さらに小型の稚魚を放流する順次放流試験区を1区間で行う。すなわち、犬上川上流域の堰堤で区切られた5区間において、サイズの異なる稚魚を同時に放流する同時放流を2区間、約1ヶ月毎に小さな稚魚から順番に放流する順次放流を3区間（このうち1区間でさらに小型の稚魚を放流する試験を新たに実施）で実施する。各区間の放流日や種苗のサイズ・尾数は図1の通りである。各区の放流尾数は同じ経費で購入できる尾数とし、放流後は標識再捕法により定期的に個体数推定を行い、生残、成長について調べる。

〈イワナにおける禁漁の増殖効果の検証〉 現在禁漁になっている姉川上流のナガレモンイワナ生息域において調査を行う（図2）。5月に禁漁区上流部（流程600m）において、稚魚ネットで採捕したすべてのイワナ当歳魚の脂鰭を切り再放流する。その後10月に禁漁区全域（流程1.2km）で調査を行い、脂鰭を切ったイワナが採捕されるかを調べる。また、過去の調査で禁漁区内で個体識別標識されたイワナが非禁漁区域で採捕されるかを調べる。それらの結果から、下流への資源添加効果を推定する。

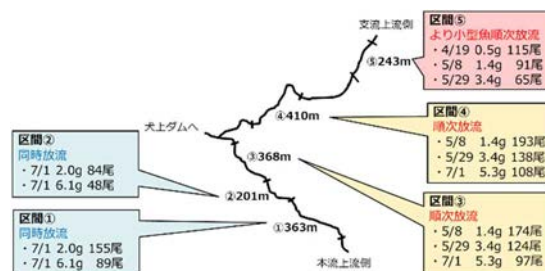


図1. 試験区間の河川環境と各区間に放流した稚魚の時期・サイズ・尾数

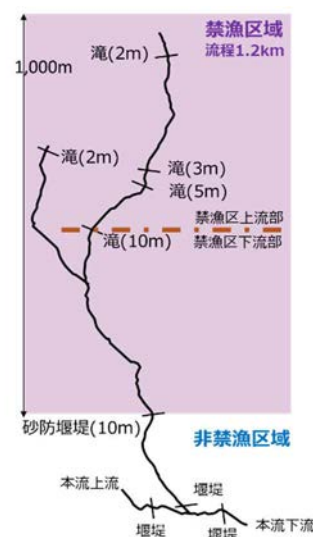


図2. 調査河川の概要

結果：

〈アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズの検証〉

(1) 同時放流試験 (区間①) にお

ける放流4ヶ月後(11/13)の推定個体数は、2.0g区49.2尾、6.1g区15.0尾であった(図3)。

(2) 同時放流試験 (区間②) にお

ける放流4ヶ月後(11/14)の推定個体数は、2.0g区9.5尾、6.1g区7.2尾であった(図4)。

(3) 同時放流試験における放流魚

の成長は良好であったが、2.0g区の魚が6.1g区の魚を上回ることにはなかった。野生当歳魚は6.1g区の魚よりさらに大型であった。(図3、4)。

(4) 順次放流試験 (区間③) にお

ける最初の放流から6ヶ月後(11/15)の推定個体数は、1.4g区21.3尾、3.4g区15.0尾、5.3g区15.3尾であった。(図5)。

(5) 順次放流試験 (区間④) にお

ける最初の放流から6ヶ月後(11/18)の推定個体数は、1.4g区45.5尾、3.4g区32.5尾、5.3g区25.2尾であった(図6)。

(6) 順次放流試験 (区間③、④)

における放流魚の成長は、い

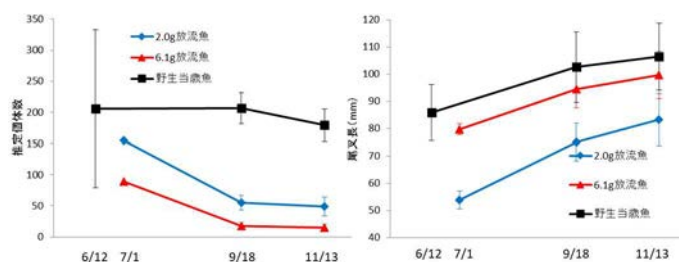


図3. 同時放流試験 (区間①) におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

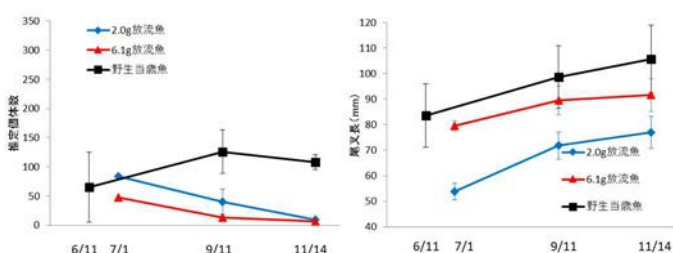


図4. 同時放流試験 (区間②) におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

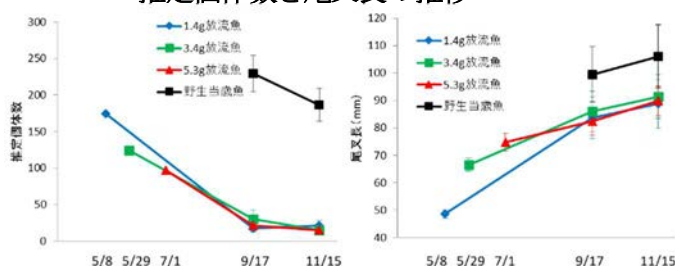


図5. 順次放流試験 (区間③) におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

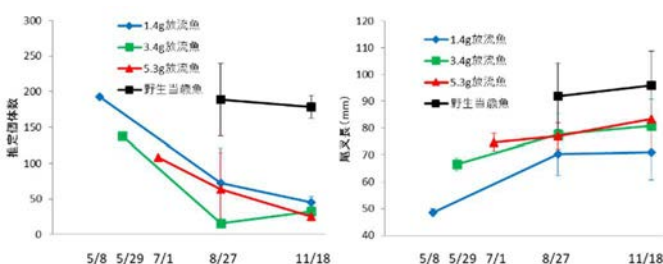


図6. 順次放流試験 (区間④) におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

いずれも 1.4g 区が最も悪かった

(図 5、6)。

- (7) 本年度新たに実施したさらに小型の稚魚を放流する順次放流試験(区間⑤)における最初の放流から 7 ヶ月後(11/12)の推定個体数は、0.5g 区 9.0 尾、1.4g 区 16.1 尾、3.4g 区 11.9 尾であった。

成長は、先に放流した群が後に放流した群を上回ることにはなかった(図 7)。

- (8) 以上の結果から、一定の増殖経費においては、1.4g~2.0g の種苗を放流する方が放流効果が高い可能性があり、さらに小型のサイズ(0.5g)では効果が低くなる可能性が示唆された。

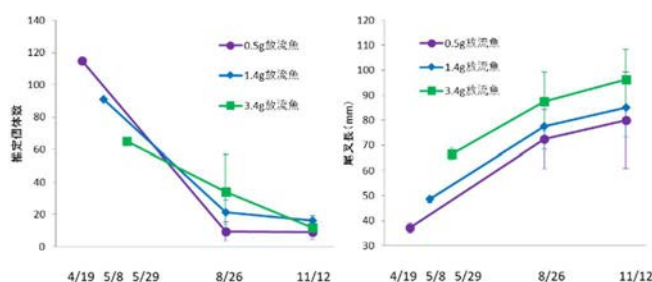


図 7. 順次放流試験(区間⑤)におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

イワナにおける禁漁の増殖効果の検証

- (1) 禁漁区上流部において 5 月 15~30 日の 5 日間で計 130 尾のイワナ当歳魚を採捕した。平均尾叉長は 32.4mm、平均体重は 0.3g であった。測定後、脂鰭を切って再放流した。
- (2) 10 月 15~31 日の計 4 日間で禁漁区全域において電気ショッカーで調査を行ったところ、標識したイワナ当歳魚が禁漁区上流部で 6 尾、禁漁区下流部で 7 尾採捕された。平均尾叉長は 72.3mm、平均体重は 4.3g であった。
- (3) 禁漁区下流部で採捕された 7 尾は、禁漁区上流部から移動したと考えられた。
- (4) 2018 年 11 月 2 日と 2019 年 5 月 10 日に非禁漁区域において、過去に禁漁区域で個体識別標識されたイワナ親魚が計 6 尾(オス 3 尾、メス 3 尾)確認された(図 8)。
- (5) これらのイワナ親魚は、禁漁区内下流部から非禁漁区へ移動したことが確認された。
- (6) この結果から、禁漁区域のイワナ親魚が非禁漁域へ移動することによる資源添加効果を算出した。
- (7) 他の調査において禁漁区域の 1 歳魚以上のイワナの電気ショッカーによる採捕率が 57.6%であることから、同期間に非禁漁区へ移動した親魚の数は、6 尾×57.6/100=10.4 尾と算出された。
- (8) メスがすべて非禁漁区内で産卵したと仮定すると

メス 1 尾当たりの卵数=25.96×
標準体長 cm-248.5 (小原ら 1994) で
あることから

=216.7 粒

メスの数を掛けて総卵数を算出すると、216.7 粒×メス 5.2 尾=



図 8. 非禁漁区で採捕されたイワナ親魚

(左: 2018 年 11 月 2 日、右: 2019 年 5 月 10 日)

卵 1,127 粒

(9) よって、イワナ卵 1,127 粒が下流域へ添加されると推定された。

課題と対応策：

〈アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズの検証〉

順次放流においては、0.5g サイズを加えた放流試験を再度行い、最適サイズを明らかにする。同時放流においては、他河川で同様の試験を実施することに加えて、放流尾数をそろえた同時放流試験についても取り組む。

〈イワナにおける禁漁の増殖効果の検証〉

稚魚、1 歳以上魚ともに引き続き同様の試験を行い、データの蓄積に努める。標識する稚魚の尾数を増やして、データの信頼性を高める。

引用文献：

小原昌和・沢本良宏・山本聡・萩上一敏（1994）：木曽川産イワナ野生魚の人工採卵、長野県水産試験場研究報告、3：5-7.