

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. (3)	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 溪流魚		
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2年度の成果の要約：放流魚の定着条件を明らかにするため、放流約1年後のイワナの生息個体数を調査した。その結果、先住魚の除去を行うことでイワナの放流効果が改善することが明らかとなった。この結果は、効果的な稚魚放流を行う際、先住魚の有無や個体数を調べることが重要であることを示唆している。以上のことから、大水、乱獲および外来魚侵入等により資源が著しく減少した場合には、即効性のある増殖として稚魚放流が効果的と考えられた。さらに、標識放流と釣獲調査を組み合わせることで、河川での野生魚の存在や放流効果を把握できると考えられた。

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の漁獲量減少への対策として、稚魚放流等の増殖が実施されている。しかし、放流魚の生残や定着を決定する要因は未だ不明な点が多く、効果的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。

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（栃木県鬼怒川支流の河川と中禅寺湖流入河川）に放流したイワナの個体数と放流時の先住魚の生息状況との関係を調査した。さらに、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をもとに、調査河川の野生イワナの生息状況と放流効果について解析を行った。

結果：

- (1) イワナの放流実験は、栃木県の中禅寺湖流入河川（A 区間）と鬼怒川支流（B 区間、C 区間）の3区間で実施した。初年度となる2018年には、各調査区間に生息する先住魚を調査した後、イワナ0+（全長50-70mm、1.0-3.0g）の放流（40mごとに400個体を分散放流）を行った。2019年には放流したイワナの定着個体数や先住魚との関係を調査するため、調査区内に生息する放流魚と先住魚を調査した。A区間では2018年と同様、採捕し

た先住魚は再放流して、イワナ 0+を放流した。B、C 区間では、採捕した先住魚（イワナは再放流）の除去を行った後に、2018 年と同様にイワナ 0+の放流を行った。2020 年には、2018 年、2019 年と同様に放流魚と先住魚の採捕調査を行った。魚類採捕調査の結果、2018 年の A、B、C 区間で先住魚として最も個体数が多かったのはブラウントラウトであった（図 1, 2, 3）。先住魚であるイワナの個体数の割合は A 区で 0%、B 区で 1.2%、C 区で 0.9%であった。2019 年の調査で採捕した放流イワナの個体数の割合は A 区で 7.9%、B 区で 2.3%、C 区で 0%と低い値を示した。なお放流効果は 0~0.6%と極めて低い値を示した。この結果は先住魚（ブラウントラウト）が生息している河川では、イワナ稚魚を放流しても定着が難しいことを示唆している。2020 年の調査で採捕した放流イワナの個体数の割合は、A 区で 6.4%、B 区で 80.4%、C 区で 89.8%を示した。上述した通り、2019 年の魚類採捕時に A 区では先住魚を再放流、B、C 区では先住魚を除去しており、先住魚を除去した区間に限り、放流イワナの生息個体数が増加する傾向が認められた。なお、放流効果は、A 区で 0.4%、B 区で 7.7%、C 区で 5.7%となり、先住魚を除去すれば放流効果が改善することも明らかとなった。2020 年に採捕した放流イワナの平均全長は B 区で $172.6 \pm 16.1\text{mm}$ 、C 区で $153.6 \pm 23.1\text{mm}$ であり、B、C 区ではイワナ 0+放流によって栃木県の漁業調整規則で定める体長制限以上のイワナを釣ることが可能な漁場を造成することができた。

- (2) 鬼怒川漁業協同組合日光支部組合員と釣り人の合計 5 名（以下、調査員と呼ぶ）が作成した釣獲日誌を用いて、鬼怒川支流（約 2km 区間）のイワナ野生魚の存在や放流効果について解析を行った。釣獲日誌には、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）を記録した。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）を調査員に配布した。釣獲日誌の記録期間は、漁期である 4/1 から 9/20 までとした。調査区間では、イワナの稚魚放流（全ての放流魚にはヒレ切除標識）と発眼卵放流（無標識）が実施された。調査場所の堰堤区間 12 には、遡上が不可能な堰堤が設置されており、堰堤より下流に生息する魚類は 12 区間より上流には移動できないつくりとなっていた（図 4）。このため、12 区間より上流で採捕された未標識魚は野生魚とみなし、記録した。釣獲日誌を集計した結果、稚魚放流したイワナが放流場所（図中の 18, 19 区）よりも下流でも釣りで採捕されていることが明らかとなった。12 区間より上流で採捕された野生魚はごくわずかであり、12 区よりも下流である発眼卵放流魚と野生魚が混在する場所では、イワナの釣獲個体数が増加する傾向が認められた。以上の結果から、釣獲日誌と標識放流の組み合わせにより、漁場における野生魚の存在や放流の効果を大まかに把握することが可能と考えられた。

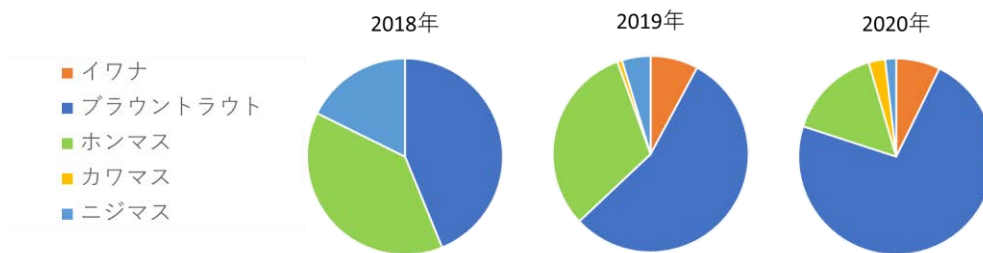


図1. A 区にて採集された魚類の種組成 2018 年と 2019 年に稚魚放流を実施

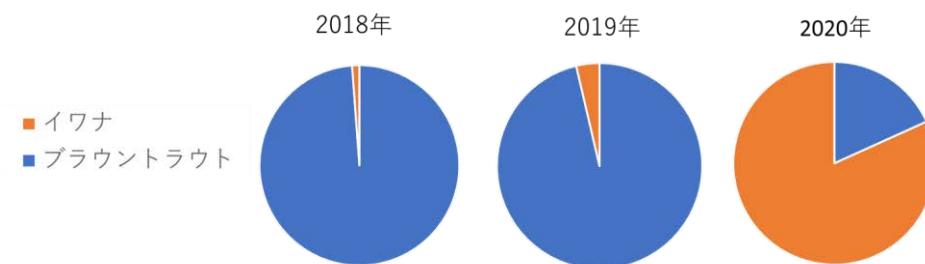


図2. B 区にて採集された魚類の種組成 2019 年に先住魚除去+稚魚放流を実施

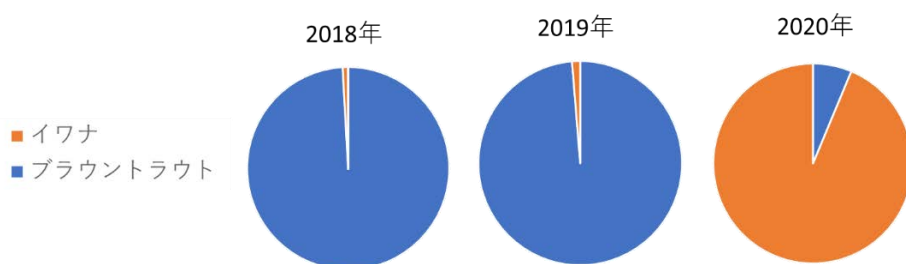


図3. C 区にて採集された魚類の種組成 2019 年に先住魚除去+稚魚放流を実施

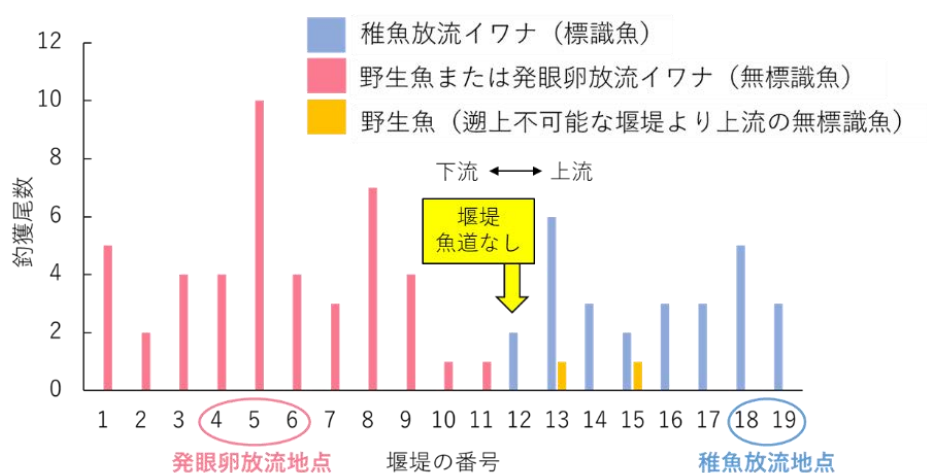


図4. 釣獲日誌より明らかとなったイワナ野生魚の存在と放流効果の概要

課題と対応策：

特に問題なく順調に実施された。

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. (3)	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		
主 担 当 者	山下耕憲		
分担者	田中英樹、神澤裕平		

令和2年度の成果の要約：継代養殖イワナの春稚魚放流についての放流試験を実施し、過去2年間のデータと併せて解析を行った。その結果、より大型の放流魚ほど単位時間あたりの生残率が高いことが示された。さらに、溪流魚漁場の禁漁区における資源量調査および環境測定を行い、過去2年間のデータと併せて解析を行った。その結果、推定された当てはまりが最も良いモデルでは、メス成熟魚の生息密度および抱卵数は禁漁区および河床勾配が大きい河川で高く、また、未成熟魚の生息密度は禁漁の有無に関係ない一方、河床勾配が大きく川幅が小さい河川、すなわち支流で高かった。

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等の影響を、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、実際の禁漁区およびC&R区における調査を行い、禁漁区およびC&R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、過去2年間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6cmから9cmの個体を1cm毎に4群に分けた。試験は群馬県内を流れる神流川支流の2サイトで行った。供試魚の放流2週間前に河川生息魚(先住魚)を電気ショッカーを用いて除去し、令和2年5月29日に供試魚を放流した(表1)。採捕調査はサイト内の生息魚を電気ショッカーを用いて採捕することで行った。今回の調査および過去2年間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、状態空間モデルによる解析を行っ

た。放流サイズによる生残への影響を評価するため、モデル中に各放流サイズ特有の生残パラメータ α を仮定した。大型サイズの α に対しての小型サイズの α の差の事後分布を用いて、放流サイズ間で α に差があるか検討した。

採捕調査から推定された生残尾数および状態空間モデルにより推定された α の差の事後分布を図 1 に示す。 α の差の事後分布 95%信用区間は、放流サイズが 6 cm と 5 cm の群の差以外で全て正の値であり、6 cm と 5 cm の群以外は有意に大型群の方が生残率が高いと推定された。サイトの効果を 0 に固定した場合の単位時間あたりの生残率の比の中央値は、5 cm 群を 1 とすると 5 cm : 6 cm : 7 cm : 8 cm : 9 cm = 1.0 : 1.3 : 2.6 : 4.2 : 6.0 であった。

表 1 放流サイズ毎のイワナの尾数および体重ならびに調査サイト概要

サイト	放流時全長 (cm)					流路長 水表面積	備考
	5	6	7	8	9		
H30 1	192尾 1.30 g	213尾 1.85 g	240尾 2.71 g	250尾 3.94 g	-	180 m 262 m ²	イワナ単独域
	250尾 1.17 g	250尾 1.86 g	250尾 2.72 g	250尾 3.91 g	-	120 m 591 m ²	ヤマメ混生域
R1 3	-	250尾 2.06 g	250尾 3.18 g	250尾 4.53 g	250尾 6.30 g	205 m 212 m ²	イワナ単独域
	-	250尾 2.05 g	250尾 3.33 g	250尾 4.60 g	250尾 6.37 g	190 m 563 m ²	ヤマメ混生域
R2 5	-	245尾 1.93 g	240尾 3.00 g	248尾 4.28 g	250尾 5.88 g	135 m 525 m ²	イワナ単独域 先住魚除去
	-	250尾 2.03 g	250尾 2.94 g	250尾 4.16 g	250尾 5.89 g	210 m 757 m ²	ヤマメ混生域 先住魚除去

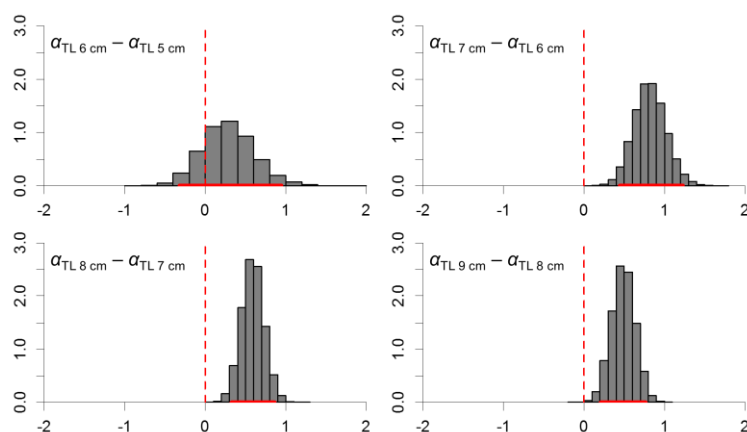


図 1 放流サイズ毎の生残パラメータ α の差の事後分布

(赤の実線は 95%信用区間；左上の図を除いて 95%信用区間は 0 を含んでいない)

(2) 禁漁区の環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。電気ショッカーを用いてサイト内に生息するイワナおよびヤマメを採捕し、魚体測定および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した。禁漁区の設定および環境が生息魚の資源量に与える影響を評価するため、一般化線形混合モデルによる解析を行った。従属変数を

メス成熟魚および未成熟の推定生息尾数とした。独立変数を禁漁区設定の有無、河床勾配および平均川幅とした。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メス成熟魚および未成熟の生息密度であった。釣獲圧や今回計測しなかった環境条件等の要因は同じ支流内では等しいと仮定し、支流をランダム変数とした。リンク関数には対数リンク関数を指定した。フルモデルに対してステップワイズ変数選択法で赤池情報量規準（AIC）が最小となるモデルをベストモデルとして採択した。

得られたデータの概要を表2に示す。メス成熟魚の密度モデルにおいては、禁漁区の設定および河床勾配を含むモデルがベストモデルとして採択された。ベストモデルにおいてメス成熟魚の密度は、入漁区に対して禁漁区で2.00倍に増加し、河床勾配が1%増加する毎に1.03倍に増加すると推定された。未成熟魚の密度モデルでは、河床勾配と川幅を含むモデルがベストモデルとして採択された。ベストモデルにおいて未成熟魚の密度は、河床勾配が1%増加する毎に1.03倍に増加する一方、川幅が1m増加する毎に0.86倍に減少すると推定された。したがって、メス成熟魚は禁漁の設定によって生息密度が増加する一方、未成熟魚は禁漁の影響を受けず、河床勾配が大きく川幅が小さい河川、すなわち支流で生息密度が高いことが示唆された。

表2 得られたデータの平均±標準偏差

	禁漁区 (N = 11)	入漁区 (N = 10)
メス成熟魚密度 (尾 / m ²)	0.04±0.03	0.03±0.02
未成熟魚密度 (尾 / m ²)	0.11±0.08	0.10±0.07
平均川幅 (m)	2.75±1.13	2.86±1.02
河床勾配 (%)	14.9±5.15	14.7±9.71

課題と対応策：春稚魚放流の適正サイズについて、イワナにおいては放流サイズが大きいほど生残に有利であることを明らかにした。一方、稚魚の単価はサイズによって変化し、また、地域や出荷業者によっても異なる。本結果から、漁業協同組合は購入するイワナ稚魚のサイズ毎の単価および生残率を基に、費用対効果の高い放流サイズを選択することが可能になった。したがって、今後は各漁業協同組合が費用対効果の高い放流サイズを、入手する稚魚の単価を基に容易に選択できるような図表を作成する必要がある。

禁漁区の設定および環境条件による資源量への影響についても明らかにした。しかしながら、これまで収集したデータでは禁漁区設定の費用対効果を解析するに至らなかった。また、禁漁区と同様に支流域にC&R区が設定されている河川も国内には複数存在するが、支流域におけるC&R区設定の増殖効果や、その費用対効果については知見がない。したがって、今後は禁漁区設定河川におけるコストに関するデータの蓄積、およびC&R区設定河川における同様のデータ収集が必要である。

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- (3)	事業実施期間	令和2年度
課 題 名	課題3. 漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発 アマゴ継代養殖稚魚の春放流の適正サイズの検証 イワナにおける禁漁の増殖効果の検証		
主 担 当 者	滋賀県水産試験場 幡野 真隆		

令和2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、姉川上流域の堰堤で区切られた2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、犬上川上流域の堰堤で区切られた1区間において、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、6/25に2.0gおよび6.1gサイズを放流したところ、放流4ヶ月後の推定個体数は、2区間の平均では6.1gの方が多かったが、仮に同じ放流経費で放流した場合には過年度試験と同様に2.0gの方がより多くの個体が生存すると推定された。成長は6.1gの方が高かった。順次放流試験では、4/21から5/29にかけて0.5g、1.4g、3.4gサイズを順に放流したところ、9月下旬における推定個体数は3.4g区が最も多く、成長も最も高かった。以上の結果から、同時放流において一定の放流経費あたりでは、2.0gの種苗を放流する方が放流効果は高い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。4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291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9尾採捕されたが、禁漁区内下流部では採捕されなかった。また、今年度は親魚の禁漁区内から非禁漁区への移動は確認されなかった。

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〉 姉川上流域において同時放流試験区として、サイズの異なる稚魚を同時に放流する試験を2区間実施するとともに、犬上川上流域において順次放流として、約1か月毎に小さな稚魚から順番に放流する試験を1区間で行う。各区間の放流日や種苗のサイズ・尾数は表1の通りである。同時放流は昨年度までと同じサイズの組み合わせとし、順次放流は昨年度検討したより小型の0.5g～3.4gまでの種苗を放流する。各区の放流尾数は同時放流では同尾数とし、順次放流では同じ経費で購入できる尾数とする。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。

表 1. 放流日および種苗のサイズ

試験区	区間長	放流日	種苗サイズ	放流尾数
順次放流 犬上区間①	363m	4/21	0.5g	230尾
		5/8	1.4g	188尾
		5/28	3.4g	135尾
同時放流 姉川区間①	425m	6/25	2.0g	160尾
		6/25	6.1g	160尾
同時放流 姉川区間②	215m	6/25	2.0g	80尾
		6/25	6.1g	80尾

〈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。4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。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において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。

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) 同時放流試験のうち、姉川区間①における

放流4ヶ月後（11/11）の推定個体数は、2.0g区が27.3尾、6.1g区が57.1尾、姉川区間②における放流4ヶ月後（11/9）の推定個体数は、2.0g区が26.0尾、6.1g区が18.2尾であった（図1, 2）。

(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。（図1, 2）。

(4) 順次放流試験における最初の放流から5ヶ月後（9/30）の推定個体数は、0.5g区は15.0尾、1.4g区が17.0尾、3.4g区が32.0尾であった。（図3）。

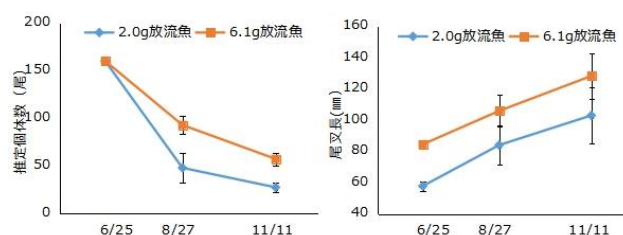


図 1. 同時放流試験（姉川区間①）におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

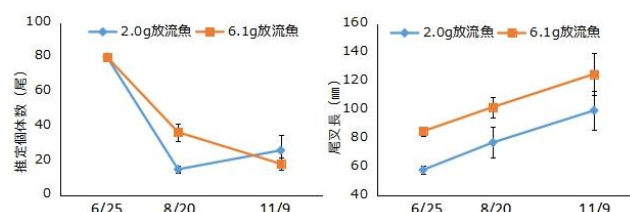


図 2. 同時放流試験（姉川区間②）におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

- (5) 順次放流試験における放流魚の成長は、3.4g 区が最も高かった (図 5)。
- (6) 同時放流試験における放流 4 ヶ月後の推定個体数は、平均で 6.1g 区の方が多かったが、仮に同じ放流経費で放流した場合は過年度と同様に 2.0g 区の方がより多くの個体の生存がすると推定された。

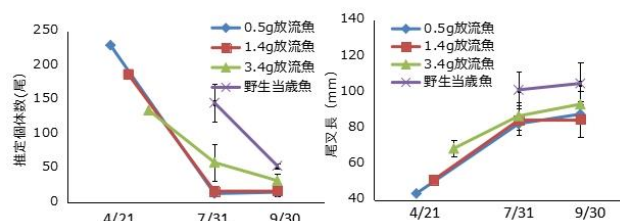


図 3. 順次放流試験 (犬上川区間①) におけるアマゴの推定個体数と尾叉長の推移

- (7) 順次放流では昨年度までは 1.4g 区で放流効果が高い結果が得られていたが、今年度は 3.4g 区で放流効果が高くなった。
- (8) よって、今年度の順次放流試験では最適な放流サイズは明確にはならなかったが、同時放流では一定の増殖経費においては、2.0g サイズの方が放流効果は高い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〉

- (1) 禁漁区上流部において 4 月 24 日～5 月 12 日に 4 日間で計 291 尾のイワナ当歳魚を採捕した。平均尾叉長は 29.8mm、平均体重は 0.24g であり、測定後は脂鰭を切って再放流した。
- (2) 10 月 22～30 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 9 尾採捕されたが、禁漁区下流部では採捕されなかった。平均尾叉長は 80.7mm、平均体重は 5.9g であった。
- (3) 春に脂鰭切除標識を行った個体の秋までの生残率は 2019 年が 14%であったのに対し、2020 年は 4%であったことから今年度は稚魚の生残率が低く、しみだし効果が確認されにくい状況であったと考えられた (図 6)。
- (3) 昨年度は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確認され、今年度は 7 月から 10 月にかけて非禁漁区域で 5 回の採捕調査を行ったが、個体識別標識されたイワナ親魚は確認されなかった。
- (5) 以上のことから、ナガレモンイワナ禁漁河川では、稚魚のしみだし効果および親魚の下流への添加効果は年変動が大きいことが示唆された。

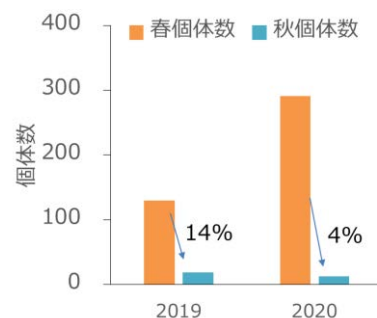


図 6. 春季の脂鰭標識個体の個体数と生残率

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〉

今年度放流試験の追跡調査を行うとともに、これまでの結果をとりまとめ、放流適正サイズの解析を行う。

〈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うほか、標識河川を追加してデータの蓄積に努める。また、過年度のデータを解析し、当歳魚資源尾数に影響を及ぼす要因の検討を行うことでしみだし効果を検証する。

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. (3)	事業実施期間	令和2年度
課 題 名	アマゴ等における支流から本流への資源供給機能の解明		
主 担 当 者	岸 大弼		
分担者	後藤功一		

令和2年度の成果の要約：「禁漁区における生息状況」では、看板がないと禁漁の効果が小さいことが示唆された。「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、2つの支流で稚魚の標識作業を行った。

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 看板なし／禁漁区 看板ありの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、九頭竜川水系および神通川水系に調査地を新設し、支流で稚魚の標識作業を行う。このうち九頭竜川水系では、標識個体の生残状況も調査する。

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 57 地点のデータを追加した。これまでは飛騨地方の入漁区と禁漁区で調査を行ってきたが、今年度は特に美濃地方の禁漁区で調査を行った。これにより現時点で、入漁区 91 地点／禁漁区 看板なし 13 地点／禁漁区 看板あり 49 地点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。応答変数は個体数推定値、説明変数は区（入漁区／禁漁区 看板なし／禁漁区 看板あり）、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、稚魚（全長 15cm 未満）、成魚（全長 15cm 以上）、全個体でそれぞれ行った。なお、個体数推定値は、ヤマメ・アマゴおよびイワナを合算して「溪流魚」として扱った。

その結果、稚魚は「禁漁区 看板なし < 入漁区 ≒ 禁漁区 看板あり」、成魚は「入漁区 < 禁漁区 看板なし < 禁漁区 看板あり」、全個体は「禁漁区 看板なし < 入漁区 < 禁漁区 看板あり」という傾向があったが、入漁区と禁漁区の明確な差異は認められなかった（表 1）。現時点では、美濃地方の入漁区のデータが不十分であることがその一因と考えられる。

表 1. 「入漁区／禁漁区 看板なし／禁漁区 看板あり」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 看板なし	禁漁区 看板あり
稚魚	1	0.70	1.05
成魚	1	1.21	2.03
全個体	1	0.77	1.18

(2) 「産卵場所の立地条件」については、主に木曽川水系において産卵場所を探索し、ヤマメ・アマゴ 9 地点およびイワナ 5 地点のデータを追加した。これにより現時点で、ヤマメ・アマゴ 123 地点およびイワナ 133 地点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、表 1 の通りだった。ヤマメ・アマゴは、イワナより河川規模の大きい地点でも産卵することが示唆された。また、イワナは、ヤマメ・アマゴより勾配の急な地点でも産卵することが示唆された。

表 2. ヤマメ・アマゴおよびイワナの産卵場所の川幅および勾配（括弧内は 10～90% タイル）

魚種	川幅	勾配
ヤマメ・アマゴ	1.4～15.9 m (2.3～9.1 m)	1.6～23.5% (2.0～12.3%)
イワナ	0.8～9.7 m (1.2～4.7 m)	1.1～27.7% (2.2～18.7%)

(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、九頭竜川水系および神通川水系において、支流で稚魚（0 歳）の採捕および標識作業を行った。九頭竜川水系の支流（桂清

水の沢)では、100尾のイワナ稚魚を採捕して標識した。標識率は66.7%だった。神通川水系の支流(人工産卵河川)では、234尾のヤマメ稚魚および281尾のイワナ稚魚を採捕して標識した(※ヤマメとイワナの交雑個体1尾も採捕)。標識率は76.7%および74.9%だった。

表3. 九頭竜川水系および神通川水系における稚魚の標識数および標識率

	九頭竜川水系	神通川水系		
	イワナ	ヤマメ	イワナ	交雑個体
全長	21～31 mm	28～66 mm	23～52 mm	38 mm
採捕・標識数	100 尾	234 尾	281 尾	1 尾
個体数推定値(2回除去法)	151 尾	305 尾	375 尾	1 尾
標識率	66.7%	76.7%	74.9%	100%

上記の標識後、九頭竜川水系では、8月に支流(桂清水の沢)、10～11月に本流(峠川)において標識個体の生残状況を調査した。桂清水の沢では、標識個体の個体数推定値は11尾と少数だった。峠川では、標識個体は確認されなかった。岐阜県内の河川は、7月豪雨で大規模な増水が発生した。今回、九頭竜川水系で標識個体がほとんど発見されなかったのは、豪雨の影響と考えられる。

神通川水系では、10月に支流(人工産卵河川)において標識個体の生残状況を調査する予定であった。しかし、7月豪雨で取水施設が損壊して人工産卵河川が断水し、魚類の生息が不可能な状態となったために調査を実施できなかった。本流(蒲田川)での調査は次年度に実施する予定だが、7月豪雨で大規模な増水が発生したため、標識個体が流失して残存していない可能性がある。

課題と対応策：

(1)「禁漁区における生息状況」は、飛騨地方の入漁区および禁漁区については概ねデータが蓄積できたが、禁漁区のデータの追加が望まれる。今年度は、美濃地方も調査範囲に追加した。ただし、今年度の美濃地方の調査は、主に禁漁区で実施したため、入漁区のデータが不十分である。次年度以降も調査を継続し、美濃地方(特に入漁区)のデータを追加する必要がある。

(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確認地点を追加することができた。ただし、データが未集計の地点があるため、次年度以降は集計作業も進める必要がある。

(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、九頭竜川水系と神通川水系の2つの支流において稚魚の標識作業を行った。しかし、昨年7月の豪雨で標識個体が減少したため、九頭竜川水系では調査の継続を断念する。神通川水系については試行的に漁獲調査を実施し、調査継続の可否を判断する予定である。状況によっては、別の調査地の新設を検討する必要がある。

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. (3)	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		
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 熊川真二		

令和2年度の成果の要約：

- ・平成31年度（令和元年度）にイワナ稚魚の降下を調査した信濃川水系鎖川支流小西沢で降下実態を調査したところ、5月上旬に降下尾数のピークが確認された。4月から6月までの調査期間中に、合計256尾のイワナ稚魚が降下したと推定された。これにより、稚魚降下現象に再現性が認められた。
- ・今年度新たに信濃川水系小曾部川支流本沢でイワナ稚魚の降下を調査したところ、4月下旬と6月中旬に降下尾数のピークを確認した。4月から6月まで調査期間中に、合計996尾が降下したと推定された。これにより小西沢以外の河川でも、イワナ稚魚が降下することが明らかになった。
- ・両調査河川で4月下旬から5月上旬の降下尾数のピーク時にイワナ稚魚の降下時間帯の調査を行ったところ、夜間に多く降下していることが明らかになった。
- ・ピーク時に採捕されたイワナ稚魚を対象に雌雄判別PCRを実施したところ、性比に偏りはなかった。
- ・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、5月にイワナ稚魚の出現状況を調査した。その結果、信濃川水系稚魚川の禁漁区を選定し、9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. 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：

平成31年度（令和元年度）に、稚魚の降下を調査した支流と本年度初めて調査する支流の2支

流で、①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。②降下ピーク時の移動時間帯について調査する。③降下ピーク時のイワナ稚魚の性比について調査する。④次年度調査に向けて禁漁河川のイワナの生息状況等を調査する。

結果：

①降下稚魚の採捕

本年度は、平成 31 年度（令和元年度）にイワナ稚魚の降下を調査した信濃川水系鎖川支流小西沢と、初めて調査する信濃川水系小曾部川支流本沢の 2 水域にてイワナ稚魚の採捕調査を行った。小西沢は長野県東筑摩郡朝日村、本沢は長野県塩尻市を流れる河川である。令和 2 年度現在、小西沢は遊漁区（平成 31 年 3 月まで禁漁区）、本沢は禁漁区となっている。両水域ともに平成 31 年度（令和元年度）調査でイワナ稚魚の出現が確認されている。

調査は、小西沢で 4 月 3 日から 6 月 30 日、本沢で 4 月 8 日から 6 月 30 日の間に週に 1 回実施した。平成 31 年度（令和元年度）に使用した稚魚採捕トラップを使用した。各調査は 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、1 回の採捕時間を 24 時間とした。トラップは、小西沢では本流にあたる中俣沢との合流部、本沢では安治郎橋上流 40m 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。採捕されたイワナ稚魚は、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。

小西沢では、4 月 8 日から 6 月 16 日の間でイワナ稚魚が 19 尾採捕された。損傷が激しいサンプル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伸ばしたイワナ稚魚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総降下尾数は 256 尾と推定された。降下のピークは 5 月 5 日であった。各調査日に採捕されたイワナの全長を図 2 に示した。5 月 5 日のイワナの平均全長は 28.3 mm（最大 31.7 mm、最小 22.2 mm）であった。降下尾数と河川流量の間には、有意な相関はみられなかった（図 3、 $r=0.05$ 、n. s.）。降下尾数と日平均水温の間には有意な相関はみられなかった（図 4、 $r=0.27$ 、n. s.）。平成 31 年度（令和元年度）調査と同様に 5 月上旬に降下のピークがあることが確認されことから、降下現象に再現性があることがわかった。

本沢では、4 月 8 日から 6 月 30 日の間でイワナ稚魚が 49 尾採捕された。濾水率から河川全体量に引伸ばしたイワナ稚魚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総降下尾数は 996 尾と推定された。降下尾数は、4 月 28 日、6 月 23 日にピークが確認された。各調査日に採捕されたイワナの全長を図 6 に示した。イワナ稚魚の平均全長は、4 月 28 日では 26.3 mm（最大 28.7 mm、最小 23.7 mm）、6 月 23 日 47.7 mm（最大 53.0 mm、最小 41.4 mm）であった。降下尾数と河川流量の間には、有意な相関はみられなかった（図 7、 $r=0.53$ 、n. s.）。

降下尾数と日平均水温の間には有意な相関はみられなかった（図 8、 $r=-0.49$ 、n. s.）。4 月下旬に降下現象が確認されたことから、小西沢以外の河川でも春先に降下現象が起きることがわかった。

②降下ピーク時の降下時間帯の調査

降下のピークが想定される時期に、1 日を昼間と夜間に分けてトラップを設置した。小西沢は 5 月 4 日から 5 日、本沢では 4 月 27 日から 28 日にかけて調査した。小西沢では昼間 4 : 50–18 : 00、夜間 18 : 00–5 : 30、本沢では昼間 5 : 00–18 : 20、夜間 18 : 20–5 : 00 に分けて設置・回収した。結果、小西沢では昼間に 1 尾、夜間に 10 尾、本沢では昼間に 1 尾、夜間に 14 尾が採捕された（表 1）。どちらの河川においても夜間の方が多く降下していることが明らかになった。降湖型イワナ稚魚は夜間に降下することが知られているが、河川型イワナ稚魚においても同様の現象が確認された。

③降下ピーク時の性比についての調査

平成 31 年度（令和元年度）小西沢、令和 2 年度小西沢、令和 2 年度本沢の 4 月下旬から 5 月上旬の降下ピーク時に採捕されたイワナ稚魚の性比を調査した。採捕されたイワナ稚魚の体組織から DNA を抽出し、サケ科魚類の雌雄判別 PCR（雄決定遺伝子 sdY を対象）を行い各サンプルの性比を確認した。結果、平成 31 年度（令和元年度）小西沢では雌 7 尾、雄 9 尾、令和 2 年度小西沢では雌 6 尾、雄 5 尾、令和 2 年度本沢では雌 7 尾、雄 8 尾であった（表 2）。降湖型イワナでは移動個体の頻度に雌雄間で差がみられなかったと報告されている。河川型イワナ稚魚についても性比に偏りがないと考えられた。

④しみ出し調査河川の選定

次年度に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、禁漁河川である信濃川水系雑魚川の状況を調査した。雑魚川はほとんどの支流が禁漁である。5 月から 6 月にかけて 5 支流でイワナ稚魚の出現を調査したところ、全ての支流で稚魚が確認された。

稚魚出現河川のうち 3 支流（大洞沢、大倉沢、ガキ沢）を選定し、支流の基本データの取得を目的に、9 月 15 日から 16 日の 2 日間に電気ショッカーによる採捕を行い、ピーターセン法により生息密度を推定した。生息密度 $\pm 95\%$ 信頼区間はそれぞれ、大洞沢 0.57 ± 0.18 尾/ m^2 、大倉沢 0.61 ± 0.17 尾/ m^2 、ガキ沢 0.79 ± 0.23 尾/ m^2 と推定された。

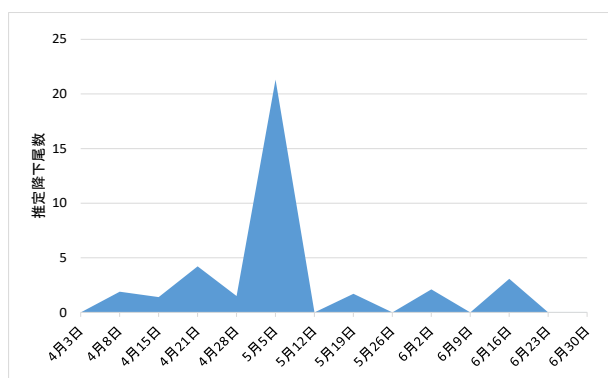


図 1. 推定降下尾数の推移（小西沢）

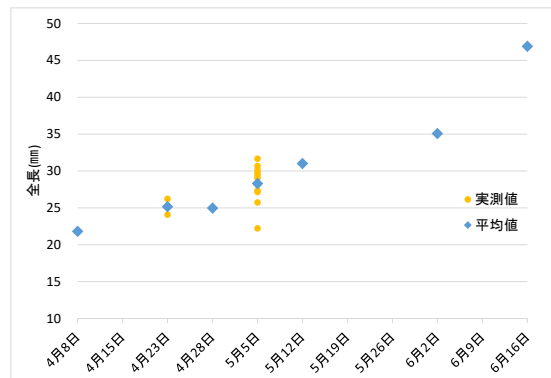


図 2. 降下稚魚の全長（小西沢）

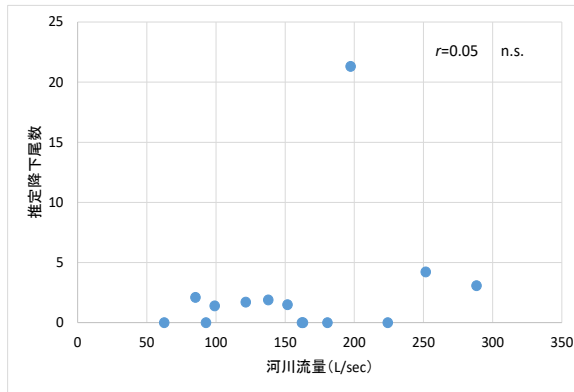


図3. 降下尾数と河川流量の関係（小西沢）

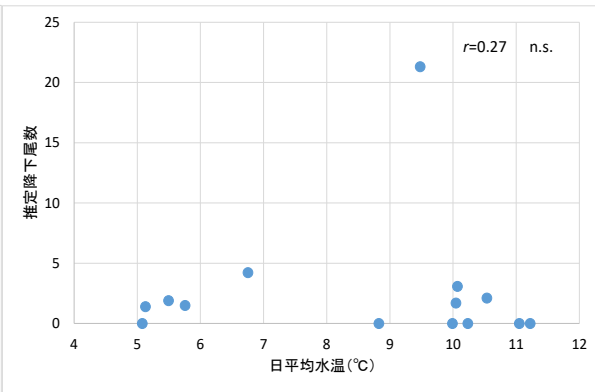


図4. 降下尾数と日平均水温の関係（小西沢）

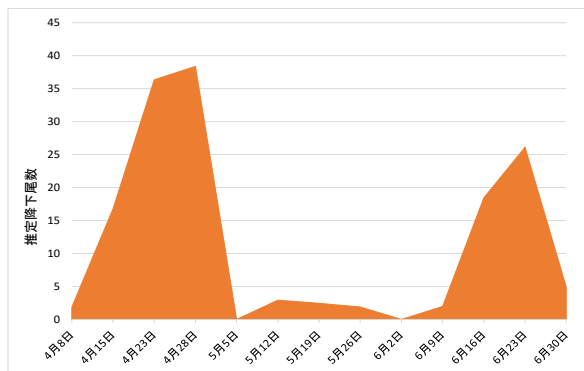


図5. 推定降下尾数の推移（本沢）

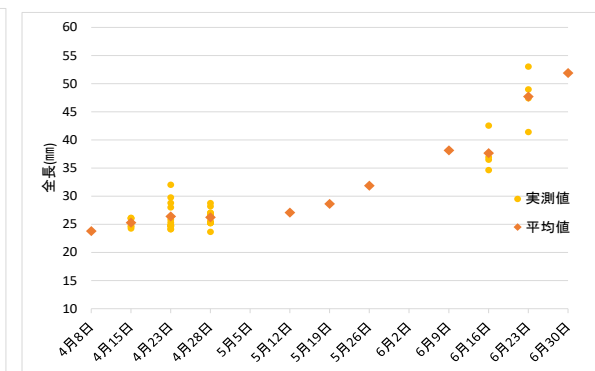


図6. 降下稚魚の全長（本沢）

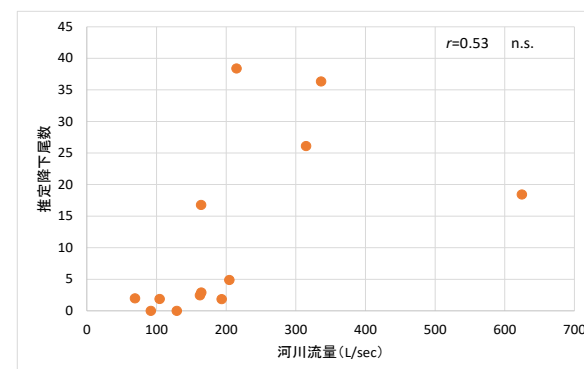


図7. 降下尾数と河川流量の関係（本沢）

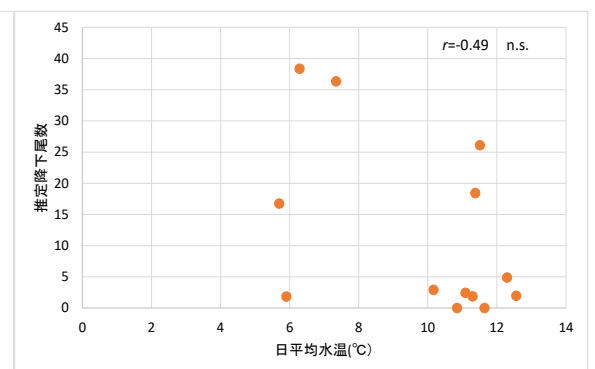


図8. 降下尾数と日平均水温の関係（本沢）

表1 昼間と夜間の降下尾数

河川	採捕日	昼間	夜間
小西沢	5月5日	1	10
本沢	4月28日	1	14

表2 ピーク時に採捕された稚魚の性比

年度	河川	採捕日	♀	♂
平成31年度(令和元年度)	小西沢	5月1日	7	9
令和2年度	小西沢	5月5日	6	5
令和2年度	本沢	4月28日	7	8

課題と対応策：

今回、2 水域においてイwana稚魚が降下するという知見が得られた。来年度以降、他の禁漁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。