

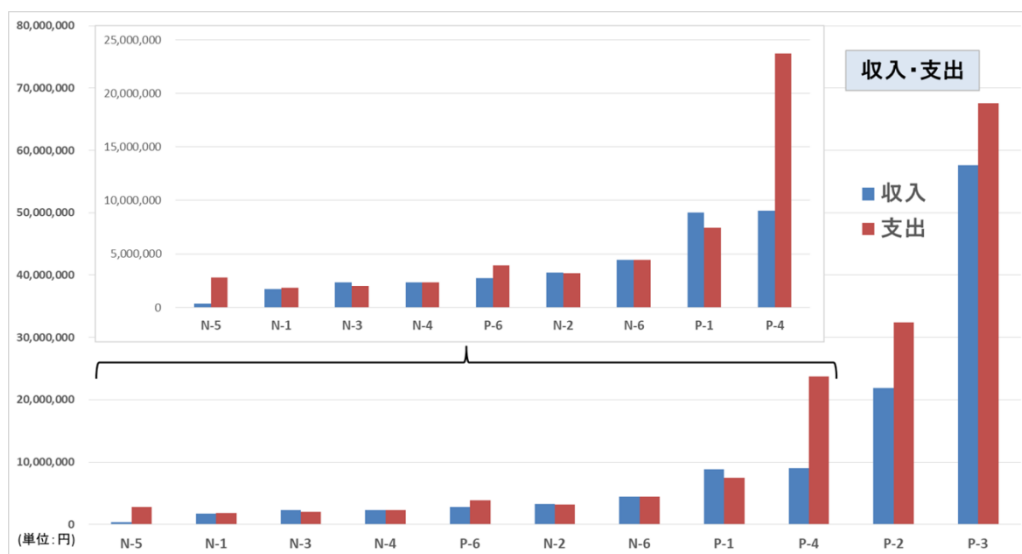


図 4. 収入・支出バランス

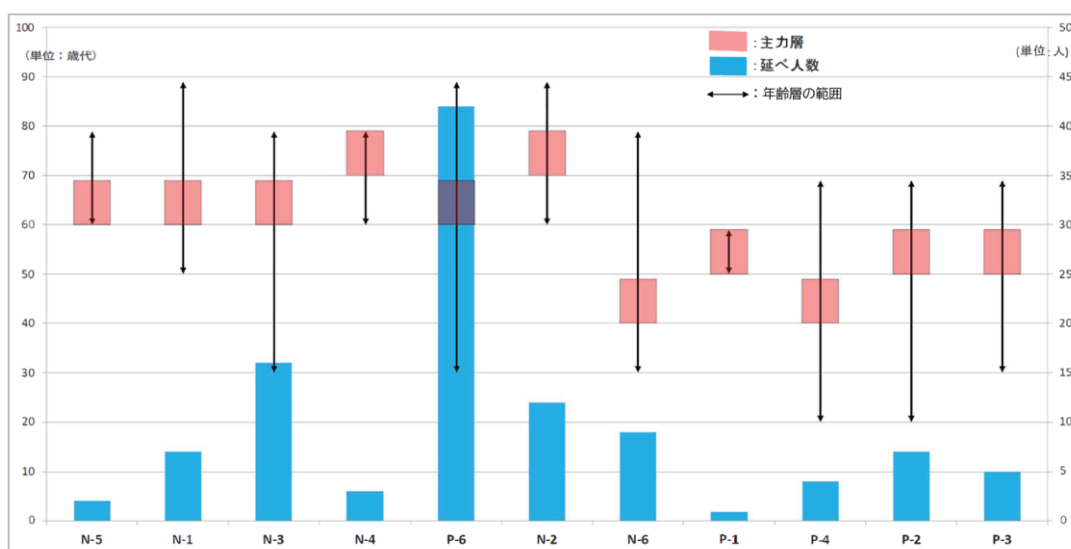


図 5. ふ化場従事者年齢層構成

漁協	イベント内容※					特記事項(対象・参加者数・イベント名等)
	稚魚放流 体験	採卵受精体験 採捕見学	ふ化場見学・その他 学習教室	地域イベント	神事・祭事	
1	1	1				水産事務所の依頼で稚魚放流・採捕体験
2	1	1			1	採捕見学・小学3年生(8名)、稚魚放流・小学3、4年生(16名)
3			1	1		小学校(50名)新巻サケ造り体験学習、サケ祭り(サケつかみ取り、いくら丼提供)
4						実施していない
5				1		お祭りを他の地域団体と共催
6	3					子ども園・保育園が稚魚放流体験
7		3				小学校3校が採捕見学・採卵体験
8				1		うまいもの祭り(サケのつかみ取り)
9			1			小学校(24名)塩引きサケ作り体験教室、サケの一生についての講話
10	3					小学校3校が稚魚放流体験
11	1			1	1	小学校稚魚放流(令和2年3月6日はコロナ過のため中止)、鮭供養祭、お祭り(つかみ取り等)

図 6. 環境教育・地域イベント等

(2) 省コストふ化放流技術開発

① 本州日本海沿岸におけるサケ省コストふ化放流技術開発試験

実施機関及び担当者：

水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部： 飯田真也，藤原邦浩，八木佑太，
白川北斗

富山県農林水産総合技術センター 水産研究所： 野村幸司、南條暢聡

【目的】

日本では、ふ化放流事業によるサケの資源管理が行われてきたが、サケの漁獲量がそれほど多くない本州では、増殖事業経費の縮減や電気・餌代の高騰などを理由にその継続が困難な地域が増えてきた。今後、サケ資源を持続的に利用していくためには、従来のふ化放流事業の継続を図りつつ、より省コストな増殖手法も導入する必要がある(飯田 2018)。

省コストな増殖手法の 1 つとして発眼卵放流がある。発眼卵放流とは、発眼卵を河床に埋設する増殖手法であり、卵期までは飼育するが仔魚期以降を自然界に委ねることで増殖コストを削減出来る(飯田 2018)。本課題では数十～数百万粒の大規模な発眼卵放流を行うための手法を開発し、また、発眼卵放流を導入することによるコスト削減率を確かめ、発眼卵放流の有効性を検討する。

【方法】

I. 大規模な発眼卵放流手法の開発

① 放流適地の探索と人工水路の造成

富山県庄川水系(図 1)で調査を実施した。庄川は伏流水が豊富で、河原を掘削すると水が湧いてくる場所が多く存在する。掘削場所によって水温(範囲 11.8～14.4℃)および溶存酸素(同 5.9～10.1 ppm)が異なったため、水温が 12℃以下、かつ、溶存酸素量が 10 ppm 以上の場所を選択した。そこで、重機を使って河原を掘削し(図 2A)、幅約 2 m、長さ約 200 m の人工水路を造成した。河床に細かな砂が多く含まれると通水性が低下して発眼卵の生残率が著しく低下する(Iida et al. 2017)。河床内の通水性を確保するため、河床材として直径 5～20 cm の小石を敷き詰め、細かな砂を可能な限り排除した。また、発眼卵を埋設する小石を人工水路の川岸に集積し、作業効率の向上を図った(図 2B)。人工水路を庄川本流に合流させ、浮上した稚魚がスムーズに降河出来るようにした(図 2C)。

② 試験に供した発眼卵

庄川で捕獲したサケ親魚から採卵・受精し、庄川沿岸漁業協同組合連合会(以下、庄川ふ化場)が飼育する発眼卵のうち、2020 年 11 月 20～22 日採卵群および同年 11 月 23 日採卵群を試験の対象とした。前者は標識を付けずに 78.4 万粒(単重 0.206 g/粒、総重量 161.5 kg)、後者は 200 ppm のアリザリン・コンプレキソン(ALC)溶液に 24 時間浸漬して ALC 標識を施した 54 万粒(単重 0.206 g/粒、総重量 111.24 kg)、両者を合わせた 132.4 万粒を試験に供した。

③ 大量発眼卵放流手法の検討

人工水路において以下 1～4 の作業を行った(図 3)。

1. トロ箱(横 80 cm×縦 50 cm×高さ 20 cm)の底をくり抜いて作成したフレームを人工水路に設置。フレーム縁辺部の隙間を小石で埋めて、フレーム内を出来るだけ止水にした(図 3A)。
2. フレーム内の河床を掘って窪みを作り、そこへ発眼卵を散布。フレーム内を止水にすること

で、発眼卵がフレーム外へ流出することを抑制した。散布密度は養魚池の収容密度(本州鮭鱒増殖振興会 1983)に合わせて、12.5 千粒/m²とした(図 3B)。

3. 産卵床の構造と同様に、小石で発眼卵を埋設。この時、細かな砂が混入して通水性が低下しないように注意した(図 3C)。

4. フレームを撤去。次の放流地点である下流にフレームを移動(図 3D)。

手順1から4を繰り返し、合計 132.4 万粒を放流した。

II. 発眼卵が稚魚に育つまでの成長予測および生残率の推定

放流した発眼卵が稚魚に育つまでの生残率を把握するため、250 粒の卵を収容したパイパートボックスを 12 個用意し、それらを人工水路(図 2)に分散して埋設した。人工水路の表層水温を 1 時間ごとに観測し(Onset Tidbit v2, Bourne MA, USA)、各日の平均値を求め、その積算水温から発眼卵放流群の成長を予測した。なお、その計算にあたって 2021 年 2 月 16 日までは観測値、2 月 17 日以降では昨年度の庄川本流平均水温に 1℃加えた値を用いた。積算水温が 900℃・日に達し、発眼卵が稚魚に育つと見込まれる時期に埋設したパイパートボックスを回収し、残存した斃死個体を計数して生残率『 $(250 - \text{斃死個体数}) / 250$ 』を求める(2021 年 2 月 22 日現在の見込み)。

なお、2018・2019 年級に関しては、パイプを用いて河床に埋設する「直まき放流」による発眼卵放流を行い、それら発眼卵が稚魚に育つまでの生残率を上述の方法で推定した。昨年度の報告書を作成する時点でデータを得られていなかったため、本報にて結果を報告する。

III. 発眼卵放流によるコスト削減の試算

庄川ふ化場におけるサケふ化放流事業の収入として、富山県水産漁港課や富山県鮭鱒部会によるサケ稚魚の買上費(以下、稚魚買上費)が全体の約 8 割を占める。また、放流総数(約 630 万尾)のうち約 8 割が稚魚買上費の対象となり、残りの約 2 割(約 140 万尾)が買上対象外の自主放流となる(庄川ふ化場 私信)。仮に稚魚買上費の対象群を発眼卵放流した場合、それらは買上対象から外れ、その結果、収入額は減少すると考えられる。そこで、収入額を維持した上で発眼卵放流を導入することを念頭に、自主放流分を全て発眼卵放流した場合の電気・餌代の削減率を試算した。試算にあたっては、庄川ふ化場の 2020 年度採卵実績(2020 年 10 月 15 日採卵開始、同年 12 月 8 日採卵終了、うち 26 日間実施)および飼育計画を入手し、全ての採卵群の発眼・ふ化・浮上時期を調べた。発眼卵放流は物理的な衝撃に弱くなるふ化の 3 日前までに行う必要がある。以上を踏まえて、まず各採卵群に対して発眼卵放流を実施することが可能な期間を求めた。次に、1 日あたり 54 万粒の発眼卵放流を実施可能(詳細は結果および考察を参照)であると仮定し、どの採卵群を発眼卵放流した場合に自主放流分の放流数を賄えるかを求めた。この時、飼育期間を出来るだけ短縮させるよう、後半の採卵群を優先的に選択した。そして、この時の飼育期間および要する電気・餌代を求め、従来の費用と比較した。なお、発眼卵放流に関する全ての作業は庄川ふ化場の職員もしくは組合員によって行われると仮定し、新たな雇用・コストの必要性を考慮しなかった。

【結果および考察】

大規模な発眼卵放流手法の開発

人工水路の掘削工事には重機一台で約 4 日を要した。今回開発した発眼卵放流手法(図 3)の放流効率は 1 チーム(4 名)1 時間あたり 24 万粒だった(図 4)。この効率は一般的な直まき放流(パイプを用いて河床に発眼卵を埋設、図 4 の挿絵、2018・2019 年級実施)に比べて 17 倍以上高く、作業効率を大幅に向上させることが出来た。本手法を用いることにより、数十～数百万規模の発眼卵放流は十分実現可能と考えられた。

発眼卵が稚魚に育つまでの成長予測および生残率

2020 年級群の放流時の積算水温は 400℃・日であり、浮上期の目安となる積算水温 900℃・日には 2021 年 3 月 2 日頃に到達すると予測された(図 5)。2021 年 3 月 3 日以降にバイバートボックスを回収し、今回開発した手法による発眼卵群が稚魚に育つまでの生残率を推定する方針である。

直まき放流した 2018 年級および 2019 年級について、前者は 2019 年 3 月 8 日、後者は 2020 年 3 月 1 日に埋設した 11~12 個のバイバートボックスを回収して生残率を求めた。生残率の平均(95%信頼区間)は 2018 年級:97.8%(97.0%~98.5%)、2019 年級:93.7%(90.7%~96.5%)と推定された(図 6)。両年級とも 20 万粒を放流しており、これら発眼卵放流によって 2018 年級では 19.6 万尾(19.4~19.7 万尾)、2019 年級では 18.7 万尾(18.1~19.3 万尾)の稚魚を生産したと考えられた。直まき放流による発眼卵放流群の生残率は庄川ふ化場における同期間(発眼卵⇒浮上稚魚)の生残率と概ね等しく、その生産効率は極めて高いと考えられた。

将来的には庄川に回帰したサケ親魚に含まれる ALC 標識魚の混入率を確かめ、発眼卵放流群の回帰率を推定する方針である。なお、岸・徳原(2017)はヤマメの稚魚放流群と発眼卵放流群の増殖効果(漁獲可能サイズの魚を 1 尾生産する費用)を比較し、発眼卵放流群の方が優れていたことを報告している。これを踏まえるとサケ発眼卵放流の増殖効果も低くないことが期待される。

発眼卵放流によるコスト削減の試算

全て稚魚放流とした場合の予定飼育期間は 10 月 13 日~3 月 19 日だった。放流総数(約 630 万尾)の 2 割を発眼卵放流とする場合、26 日間の採卵群のうち 7 日分(計 213 万粒)を対象とすると実現可能であった。この時の飼育期間は 10 月 13 日~2 月 18 日となり、従来と比べて 29 日間短縮されることが見込まれた。また、電気・餌代は従来(約 232.2 万円、2009~2019 年の平均金額、庄川ふ化場 私信)と比べて約 8 割(188 万円)に削減出来ると考えられた(図 7)。ただし、この場合、1 日あたり最大 54 万粒(24 万粒/時間/4 名を 2 時間)の発眼卵放流をのべ 9 日間行う必要がある。

今回の試算では、重機を操作出来るふ化場職員もしくは組合員がいることを想定し、掘削工事に伴う費用を含めなかった。業者による掘削工事が必要な場合、上述のコスト削減額から工事費用を差し引かなくてはならず、発眼卵放流を導入することのコスト削減効果は大きくないかもしれない。ただし、発眼卵放流を導入することで、飼育する稚魚の数が全体的に減少し、飼育密度は緩和され、しいては放流する稚魚の健苗性が向上する波及効果も期待出来る。従来の稚魚放流をどれだけ発眼卵放流に代替えしていくか、今後確かめる発眼卵放流群の回帰率なども踏まえた上で慎重に検討する必要があるだろう。

【引用文献】

- Iida, M., Imai, S. & Katayama, S. (2017) Effect of riverbed conditions on survival of planted eyed eggs in chum salmon *Oncorhynchus keta*. Fisheries Science, 83, 291-300.
- 飯田真也 (2018) 省コストなサケ増殖手法「発眼卵放流」の導入を目指した研究の紹介. 日本海リサーチ&トピックス, 23, 3-5.
- 岸 大弼・徳原哲也 (2017) ヤマメ稚魚放流個体および発眼卵放流個体の残存状況と費用対効果の比較. 岐阜県水産研究所研究報告, 1-7.
- 本州鮭鱒増殖振興会 (1983) さけ増殖事業の手引き. 社団法人本州鮭鱒増殖振興協会, 東京.