

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



飯田真也（資源管理部・沿岸資源グループ）

サケの発眼卵放流に適した河川環境を確かめました。また、その放流効果を検証するための標識調査を現在進めています

【はじめに】

日本のサケ *Oncorhynchus keta* については人工授精した卵を稚魚に育てて放流するふ化放流事業（図1）による資源管理が行われてきた。しかし、サケの漁獲量がそれほど多くない本州日本海側（富山県以北）では、増殖事業経費の縮減や電気・餌代の高騰、さらには従事者の高齢化などを理由にふ化放流事業を継続することが困難な地域が増えてきた。今後、本州日本海側の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の実用化に取り組む必要がある。

省コストな増殖手法の1つとして発眼卵放流が

知られている。発眼卵放流とは、発眼期に達した卵（以下、発眼卵）を河床に埋設する増殖手法である（図2）。卵飼育までは従来のふ化放流事業と同様に飼育するが（図1：①～③）、仔魚飼育以降を自然界に委ねることで増殖コストを削減出来る。著者らは発眼卵放流を導入するにあたって必要な情報を得るべく研究を推進しており、本稿では今まで得られた成果および進行中の研究についての概要を紹介する。

【サケ発眼卵放流に適した河川環境の検討】

日本の河川は早い流れの瀬、深く穏やかな淵など地形的な変化に富んでいる。しかし、どのよう

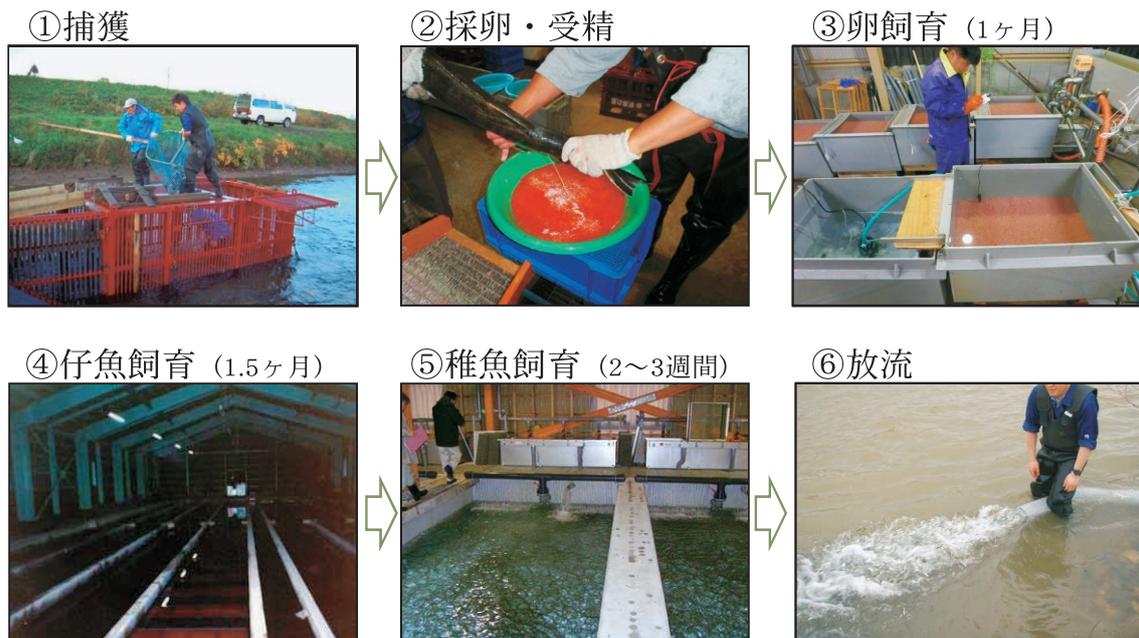


図1. サケふ化放流事業の一般的な作業工程
括弧内は水温10℃で飼育した場合の平均的な飼育期間を示す。

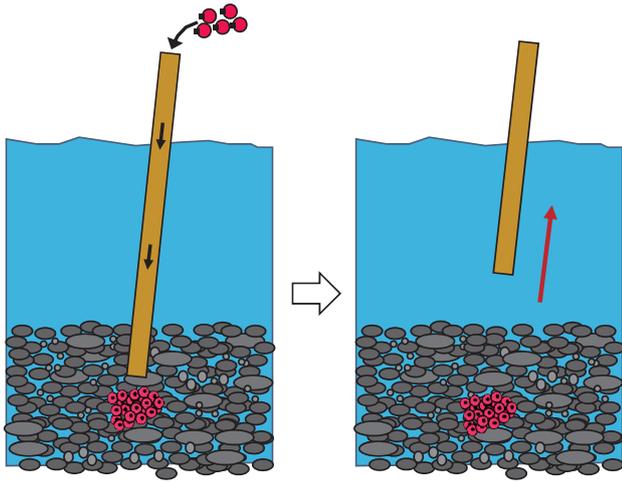


図2. 発眼卵放流の一般的な作業手順
河床へ挿入したパイプを通じて発眼卵を流し込み(左図)、パイプを抜くことで放流は完了する(右図)。

な環境にサケの発眼卵放流を行えば高い生残率で稚魚を生産出来るのかは十分明らかにされていなかった。そこで、発眼卵放流に適した河川環境を把握するため、①川底の砂礫組成、②動水勾配(意義は後述)、③水深、④流速を観測した場所で発眼卵放流を実施し(新潟県北部の荒川水系において2013年に19カ所、2014年に23カ所)、発眼卵が稚魚に育つまでの生残率と環境要素の関係を統計モデルを用いて検討した(Iida *et al.*, 2017)。

生残率の平均値は、2013年では92.7%(範囲57.2~100%)、2014年では71.5%(同6.4~100%)だった。生残率は川底に含まれる粒径2mm以下の細かな土砂の割合が高いほど低下した(図3a)。この理由として、細かな土砂が多いと河床の隙間が埋められて新鮮な水が供給されにくくなり、その結果、低酸素状態に陥った可能性が考えられた。

河床内の水環境と生残率の関係を動水勾配を用いて調べたところ、動水勾配と生残率の間に確かな関係は認められなかった(図3b)。なお、動水勾配とは表層と河床内の水交換に関する指標であり、河床から表層に向かって水が湧き上

がる場所ではプラスの値、表層から河床へ水が浸透する場所ではマイナスの値を示す。サケは川底から表層に向かって水が湧き上がる場所(すなわち、動水勾配がプラス)を優先的に選択して産卵すると認識されてきた。当初、動水勾配がプラスであれば生残率は高まることが予想された。近年、サケが産卵する条件が産卵時期によって異なることが明らかとなり、産卵期の前半に産卵するサケは表層水が浸透する場所(動水勾配がマイナス)を選択する傾向にあることが分かってきた。これらを踏まえると、発眼卵放流群が稚魚に育つまでの生残率を高めるという観点において、動水勾配を考慮する必要性は低いと判断された。

また、水深や流速との関係については、生残率は水深が浅いほど(図3c)、また、流速が速いほど(図3d)高まることが分かった。河川水に含まれる土砂が河床内へ経時的に侵入する量は、水深が深いほど、また、流速が遅いほど多くなることの実験的に確かめられている。このことから、

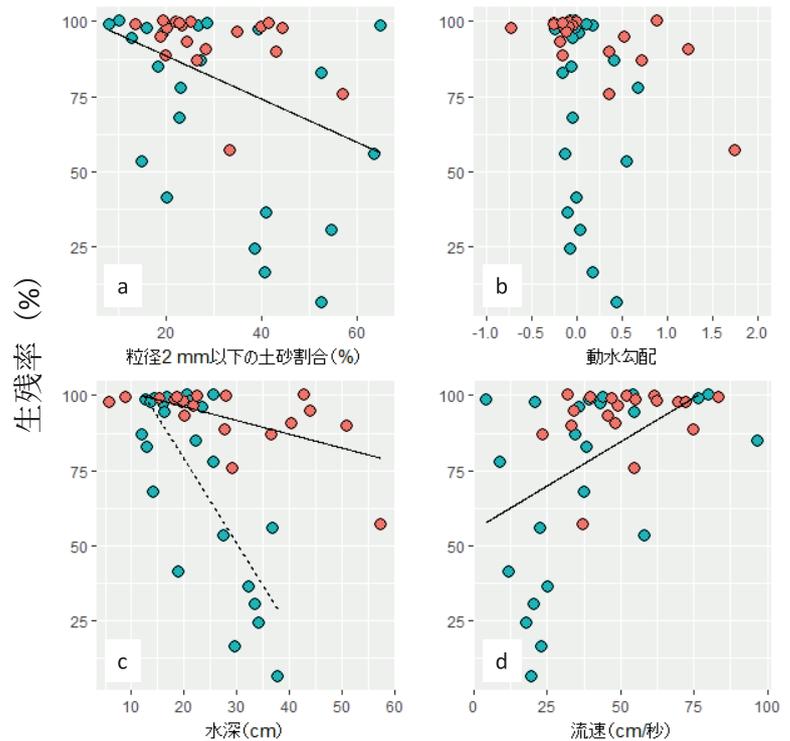


図3. 発眼卵放流群が稚魚に育つまでの生残率と放流環境の関係
赤丸が2013年級群(N=19)、青丸が2014年級群(N=23)を示す。生残率に対する環境要素の確かな影響が認められた場合、その関係性を直線で表した。水深(c)が生残率に与える影響度(直線の傾き)は調査年によって異なったため、2013年級分を実線、2014年級分を点線で示した。

水深が浅く、また、流速が速い環境では経時的な土砂の侵入が抑制されて河床の通水性が低下しにくく、その結果、生残率が高かったと考えられた。

以上から、卵が稚魚に育つまでの生残率が高い発眼卵放流を行う環境として、細かな土砂が少なく（高い通水性の確保）、流速が速くて浅い場所（経時的に侵入する土砂の抑制）を選択することが重要であり、動水勾配に配慮する必要性は低いと言える。

【発眼卵放流群の回帰率推定】

本州日本海側において、放流したサケ稚魚が放流先の河川へ回帰する確率（以下、回帰率）は0.3%程度と考えられている。しかし、発眼卵放流で生産したサケ稚魚がどれだけの回帰率を示すのか、検証した事例はない。今後、発眼卵放流の導入を検討するにあたって、その回帰率を把握しておく必要がある。そこで、著者らは新潟県三面川水系滝矢川において、2016年と2017年の12月、アリザリン・コンプレキソン（ALC）標識（図4）を施したサケ発眼卵10万粒を河床に埋設して放流した。発眼卵放流で生産されたサケ稚魚は川から海へと移動して成長し、3～5年後、再び自らが生まれた三面川へ帰ってくる。帰ってきたサケ親魚に含まれるALC標識魚の混入率を調べることで、発眼卵放流由来のサケ親魚数を推定、すなわち発眼卵放流群の回帰率を算出することが可能となる。今後、数年にわたり発眼卵放流群の回帰率を調べ、発眼卵放流の増殖手法としての有効性を検討していくこととしている。

【おわりに】

発眼卵放流は発眼期までで飼育を終えるため、稚魚放流に比べて仔魚が稚魚に育つまでのおよそ2ヶ月（図1：④～⑤）の飼育コストを削減出来る。サケ発眼卵放流群の放流効果（≒回帰率）は現時点で明らかでないものの、サクラマスに関しては、稚魚放流群と発眼卵放流群の費用対効果（漁獲可能サイズの魚を1尾生産する費用）を比較した場合、発眼卵放流群の方が優れていたことが報告されており（岸・徳原、2017）、サケ発眼

卵放流についても十分な費用対効果が期待される。また、飼育期間が短いことから稚魚放流に比べて魚病の拡散リスクが少ないとされ、生態系への配慮という点でも優れている。

一方、日本の河川では流域開発事業等の影響によって河床に細かな土砂が堆積するなど、その環境が荒廃している状況が散見される。前述したとおり、発眼卵放流群が稚魚に育つまでの生残率は河川環境に影響を受ける（図3）ことから、そのような状況においては、発眼卵放流を行う前に河床材を適当なサイズの小石と入れ替えるなど、河川環境を回復させることが必要となる。また、技術者の高齢化が進んだ状況においては、発眼卵放流規模に見合った作業労力の確保も課題となるだろう。従来の稚魚放流をどれだけ発眼卵放流に代替していくか、その配分は放流河川的环境（良好な河床環境が存在するか）や放流を行うふ化場の実情（掘削作業労力の確保が可能か）など多角的な視野で検討しなければならない。

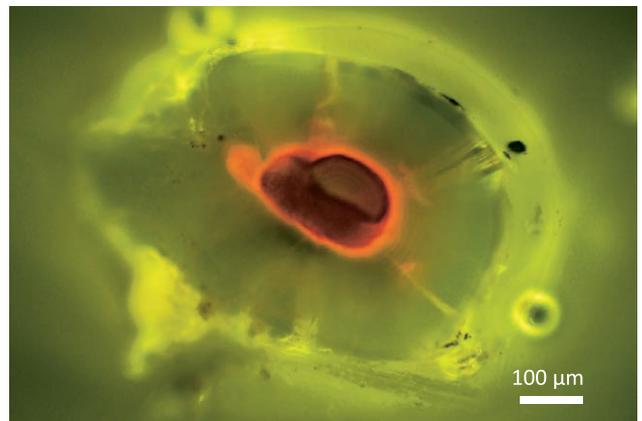


図4. サケの発眼卵をALC溶液200ppmに24時間浸漬させて耳石に施されたALC標識（中央のオレンジ色のリング）

【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*. Fish. Sci., 83, 291-300.
- 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. 岐阜県水研報, 62, 1-7.