

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

岸 大弼, 徳原哲也

Survival and cost-effectiveness of fry and eyed egg of masu salmon (*Oncorhynchus masou masou*) stocked in a stream

DAISUKE KISHI AND TETSUYA TOKUHARA

日本の河川や湖沼には、第五種共同漁業権の対象水域が多数存在する。これらの水域では、漁業法に基づく増殖義務が課せられており、第五種共同漁業権の免許を受けた漁業協同組合によって増殖事業が実施されている。このうち溪流漁場を有する漁業協同組合の多くでは、ヤマメ (*Oncorhynchus masou masou*) ・アマゴ (*O. m. ishikawae*) およびイワナ (*Salvelinus leucomaenis*) が漁業権対象魚種と位置付けられており、各地で増殖事業が実施されている。

これら溪流魚の増殖方法として最も普及・定着しているのは、稚魚放流である。稚魚放流は、養殖場で生産された稚魚を春から秋にかけて溪流に放流するという増殖方法である(中村・飯田, 2009)。稚魚放流は、完全養殖技術が確立されて種苗の流通が始まった1970年代に普及・定着し、多数の漁業協同組合が主要な増殖方法として実施している。しかし、漁業協同組合が期待するほどの増殖効果は実感されておらず、近年はその費用対効果が疑問視されているのが実情である。こうした背景から、稚魚よりも安価な種苗である発眼卵への関心が高まっており、稚魚放流に代わる増殖方法のひとつとして発眼卵放流が注目されるようになった。溪流魚の発眼卵放流は、養殖場で生産された発眼卵を秋季から冬季にかけて溪流の河床の礫中に埋設するという増殖方法である(中村・飯田, 2009; 岸・徳原, 2013)。稚魚放流個体あるいは発眼卵放流個体の残存率については、公立水産研究機関を中心に調査が実施されてきた。稚魚放流では、漁獲可能サイズ(全長15cm:多くの府県の内水面漁業調整規則により採捕が禁止されている上限サイズ)到達時期までの残存率は、岐阜県の神通川水系山田川のヤマメが3.80%、滋賀県の淀川水系犬上川・杉野川・草野川・姉川のアマゴが0.30-26.86%と報告されている(岐阜県河川環境研究所, 2013; 滋賀県水産試験場, 2013)。また、発眼卵放流では、漁獲可能サイズ到達時期までの残存率は、群馬県の利根川水系温川のヤマメが0.73%、岐阜県の神通川水系米溪川・山口谷川・山田川のヤマメが0.50-1.50%、岐阜県の本曾川水系大谷のアマゴが1.00%と報告されている(群馬県水産試験場箱島養鱒場, 1991; 岐阜県河川環境研究所, 2013)。このように稚魚放流も発眼卵放流も、放流個体の残存率は溪流によって異なることが示唆されている。そのため、稚魚放流および発眼卵放流の良否を判断する際には、同一溪流における統一した条件下での比較が必要である(例えば、山形県内水面水産試験場, 1991; 栃木県水産試験場, 2008; 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部, 2013)。ただし、漁獲可能サイズ到達時まで継続して残存状況を調査した事例は、筆者らが把握している範囲内では報告されておらず、稚魚放流および発眼卵放流の費用対効果を比較する判断材料が不足しているのが現状である。そこで本課題では、同一溪流において同数かつ同サイズのヤマメ稚魚放流個体および発眼卵放流個体の標識放流を実施し、漁獲可能サイズ到達時期までの両者の残存状況を検証した。

なお、本課題は、水産庁「地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業(平成22-24年度)」により行わ

れた。

キーワード：溪流魚、増殖、養殖魚、放流効果

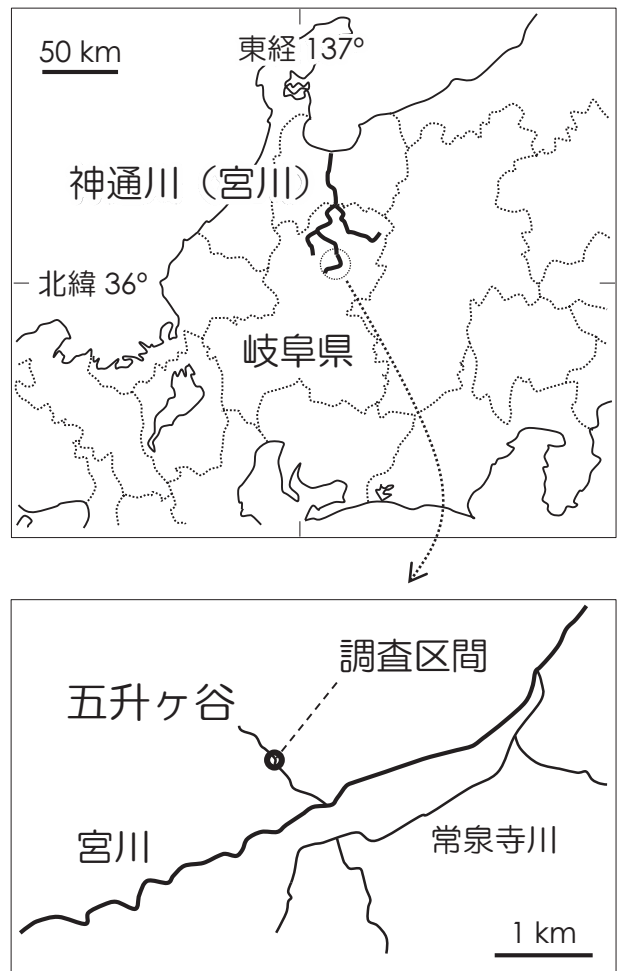
材料と方法

本課題では、同一兄弟群のヤマメ発眼卵を用意し、その一部を溪流での発眼卵放流に使用するとともに、残りは養魚施設に收容してふ化させた後、育成した個体を稚魚放流に使用した。本課題では、まず発眼卵放流個体の個体数推定を実施した後、それと同数の稚魚放流を同一の溪流で実施し、両者の漁獲可能サイズ到達時期までの残存状況を調査した。また、この調査で得られる稚魚放流個体および発眼卵放流個体の残存率のデータを使用して両者の費用対効果を比較した。

調査は、岐阜県高山市の神通川（宮川）水系五升ヶ谷において実施した（第1図）。調査区間（区間長 126 m、水面幅 1.47 m、水表面積 184.8 m²、河床勾配 12.0%）は、下流側に設置された堰堤によって孤立した水域であり、本流に生息する魚類が遡上できない条件である。また、調査区間内における予備調査では、魚類の生息は確認されなかった。五升ヶ谷では、地元の漁業協同組合による増殖事業が行われていないことから、後述する調査で採捕されたヤマメは、すべて本課題の放流に由来する個体とみなした。

ヤマメの発眼卵は、2009年11月13日に直まき法（中村・飯田，2009；岸・徳原，2013）により200粒を1ヶ所に埋設放流した。これらは神通川下流で採捕されたサクラマス初代親魚とする系統で、岐阜県水産研究所下呂支所で継代飼育しているものである。この発眼卵放流に由来する個体（0+）の採捕は、エレクトリックフィッシャー（Smith-Root社、LR-24型）を使用して2010年8月23日に実施した。採捕した64尾は、標識として右腹鰭を切除した後、調査区間に放流した。これらの個体の全長の平均値±標準偏差（範囲）は 92.5±16.8 mm（59-134 mm）だった。

稚魚放流は、同25日に実施した。使用した個体64尾は、発眼卵放流に使用したものと同一兄弟群の発眼卵を下呂支所の養魚施設でふ化・育成した稚魚（0+）で、標識として左腹鰭を切除した後、調査区間に放流した。これら稚魚放流個体の全長は、87.9±14.7 mm（66-127 mm）だった。体重は測定しなかったが、全長87.9 mmは概ね体重6.4gに相当し（岸，未発表）、放流個体の総重量は



第1図 調査を行った神通川（宮川）水系の五升ヶ谷の位置

推定 0.41kg だった。稚魚放流個体および発眼卵放流個体の全長に有意差は認められなかった（Welch の t 検定、 $t=1.7$ 、 $P=0.10$ ）。調査区間に標識放流した稚魚放流個体および発眼卵放流個体の密度は計 0.69 尾/m²であり、中村・飯田（2009）が提示している 1-2 m²あたり 1 尾（0.5-1.0 尾/m²）という放流密度の範囲内だった。

残存状況の調査は、0+秋（2010年10月15日）、1+春（2011年5月17日）、2+春（2012年5月22日）および秋（同9月24日）に実施し、エレクトリックフィッシャーを使用した2回除去法（Mbhモデル）とProgram CAPTUREにより稚魚放流個体および発眼卵放流個体の尾数を推定

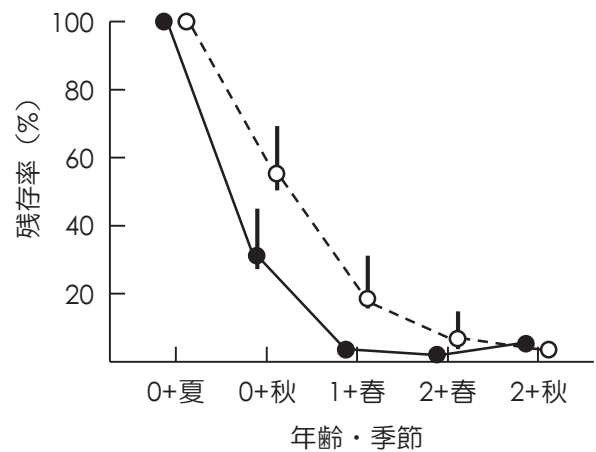
した (White et al., 1978)。各調査時の残存率 (%) は、0+夏の標識放流時の個体数である 64 尾を基準として算出した。採捕した個体は、全長の測定後に調査区間内に放流した。1+春以降の調査では、体重および肥満度 ($10^6 \times \text{体重} / \text{全長}^3$) も記録した。各調査時の発眼卵放流個体および稚魚放流個体の全長・体重・肥満度は、Welch の t 検定により比較した。なお、発眼卵放流個体は、2010 年 8 月 23 日の採捕時の生息尾数は 85 尾と推定されており (岐阜県河川環境研究所, 2013)、その時点で無標識の個体が 21 尾前後存在すると考えられた。以降の残存状況の調査では、それら無標識の個体が混入することがあったが、残存率の算定および体サイズの測定の対象から除外した。

本課題では、同一金額の種苗購入費を用意した場合を想定し、発眼卵放流および稚魚放流の費用対効果を比較した。種苗購入費は、稚魚放流も発眼卵放流もそれぞれ 10,000 円と設定した。稚魚放流については、推定体重 6.4g の個体を使用したため、中村・飯田 (2009) が例示している 2g および 5g 相当の稚魚単価のうち後者に準拠して 13-25 円/尾と設定した。発眼卵の単価は、中村・飯田 (2009) が例示している 1.8-2.5 円/粒と設定した。本課題では、これらの条件での 10,000 円相当の放流数量を求め、前述の残存状況調査で得られた残存率を適用して漁獲可能サイズ (全長 15 cm) 到達年齢での残存数を算定した。さらに漁獲可能サイズの個体 1 尾あたりの投資額を稚魚放流および発眼卵放流でそれぞれ算定した。

結 果

0+秋に実施した 1 回目の調査時の残存率は、稚魚放流個体が 54.69% および発眼卵放流個体が 31.25% だった (第 2 図)。全長の平均値 ± 標準偏差 (範囲) は、稚魚放流個体が 91.6 ± 14.1 mm (67-121 mm)、発眼卵放流個体が 93.6 ± 17.1 mm (69-136 mm) だった (第 3 図)。稚魚放流個体および発眼卵放流個体の全長に有意差は認められなかった ($t=0.4$, $P=0.67$)。

1+春に実施した 2 回目の調査時の残存率は、稚魚放流個体が 18.75% および発眼卵放流個体が 3.13% だった。稚魚放流個体は、全長が 100.4 ± 16.0 mm (75-128 mm)、体重が 10.1 ± 5.0 g (3.7-18.8g)、肥満度が 9.29 ± 0.81 (8.14-10.52) だった。発眼卵放流個体は、全長が 89.5 ± 9.2 mm (83-96 mm)、体重が 7.4 ± 2.8 g (5.4-9.4g)、肥満度が 10.03 ± 0.83 (9.44-10.62) だった。稚魚放流個体および発眼卵放流個体の全長・体重・肥満度に有意



第 2 図 五升ヶ谷におけるヤマメ発眼卵放流個体および稚魚放流個体の残存率および 95% 信頼区間 (黒丸および実線は発眼卵放流個体、白丸および破線は稚魚放流個体)

差は認められなかった ($t=0.7-1.2$, $P=0.26-0.48$)。

2+春に実施した 3 回目の調査時の残存率は、稚魚放流個体が 6.25%、発眼卵放流個体が 1.56% だった。稚魚放流個体は、全長が 138.7 ± 15.5 mm (126-156 mm)、体重が 28.3 ± 14.7 g (17.8-45.1g)、肥満度が 9.96 ± 1.67 (8.90-11.88) だった。発眼卵放流個体は、全長が 137 mm、体重が 22.7g、肥満度が 8.83 だった。発眼卵放流個体の採捕数が 1 尾のみだったので、 t 検定は行わなかった。

2+秋に実施した 4 回目の調査時の残存率は、稚魚放流個体が 3.13%、発眼卵放流個体が 4.69% だった。稚魚放流個体は、全長が 164.0 ± 19.8 mm (150-178 mm)、体重が 50.1 ± 24.4 g (32.8-67.3g)、肥満度が 10.83 ± 1.57 (9.72-11.93) だった。発眼卵放流個体は、全長が 163.5 ± 4.9 mm (160-167 mm)、体重が 47.8 ± 4.2 g (44.8-50.7g)、肥満度が 10.91 ± 0.04 (10.89-10.94) だった。稚魚放流個体および発眼卵放流個体の全長・体重・肥満度に有意差は認められなかった ($t=0.0-0.1$, $P=0.92-0.98$)。

残存状況調査の結果、稚魚放流個体も発眼卵放流個体も 2+で漁獲可能サイズに到達することが明らかになった。そこで本課題での費用対効果を算定には、0+夏の標識放流時から 2+春および秋にかけての残存率として稚魚放流個体が 3.13-6.25%、発眼卵放流個体が 1.56-4.69% という値を使用した。ただし、発眼卵放流個体については、五升ヶ谷における前年秋の発眼卵放流時から 0+夏にかけての残存率である 42.50% を考慮し (岐阜県河川環境研究所, 2013)、発眼卵放流時から 2+春および秋にか

けての残存率を 0.66-1.99%と換算して算定に使用した。

稚魚放流については、単価 13-25 円/尾および種苗購入費 10,000 円による放流数は 400.0-769.2 尾であり、これに残存率 3.13-6.25%を乗じると漁獲可能サイズに到達するのは 12.4-48.5 尾と算定された。また、この個体数が 10,000 円の投資に由来するものであることから、漁獲

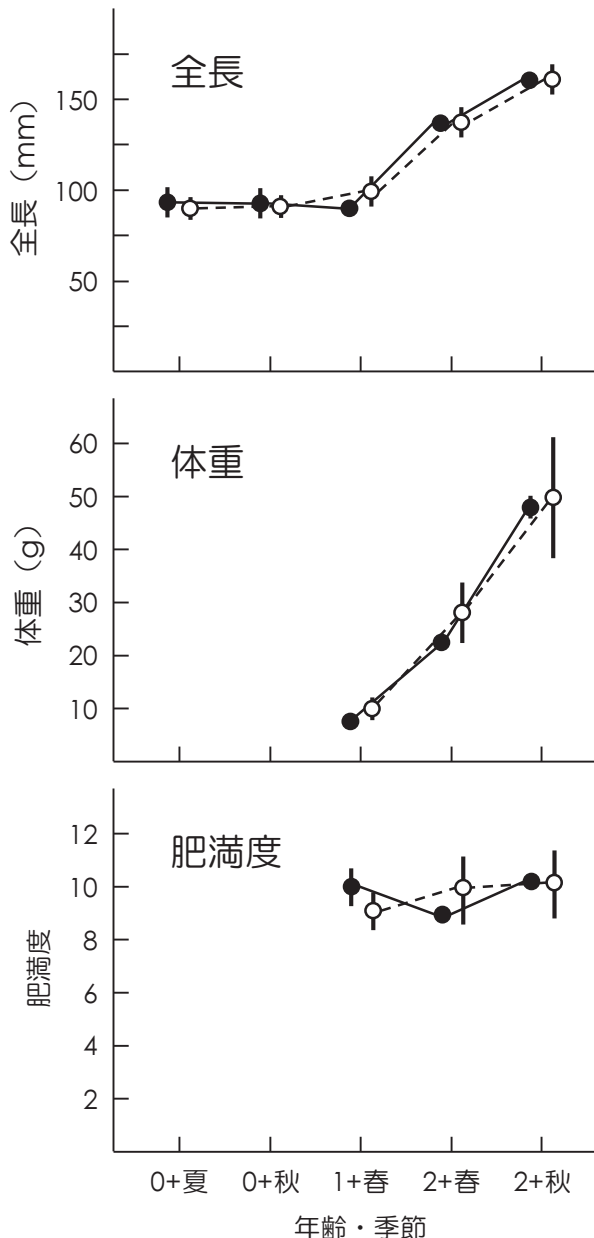
可能サイズの個体 1 尾あたりの投資額は 206.3-806.5 円と算定された。

発眼卵放流については、単価 1.8-2.5 円/粒および種苗購入費 10,000 円による放流数は 4000.0-5555.6 粒であり、これに残存率 0.66-1.99%を乗じると漁獲可能サイズに到達するのは 26.6-110.7 尾と算定された。また、この個体数が 10,000 円の投資に由来するものであることから、漁獲可能サイズの個体 1 尾あたりの費用は 90.4-376.5 円と算定された。

考 察

本課題が調査を行った五升ヶ谷では、稚魚放流個体および発眼卵放流個体の体サイズに差は認められなかった。栃木県の利根川水系キリズシ沢においてヤマメ 0+の稚魚放流個体および発眼卵放流個体を比較した事例でも、両者の体サイズに差は認められていない（水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部, 2013）。五升ヶ谷では、いずれの調査時も稚魚放流個体および発眼卵放流個体の全長に有意差は認められず、稚魚放流個体も発眼卵放流個体もすべて 2+秋に全長 15 cm を超過していた。ただし、稚魚放流個体のうち最大のものは 2+春に全長 15 cm に到達しており、漁獲可能サイズには稚魚放流個体の方が先に到達し始めることが示唆された。イワナの事例でも稚魚放流個体および発眼卵放流個体の体サイズに有意差がない一方、成長率は稚魚放流個体の方が高い傾向が示唆されており（栃木県水産試験場, 2008）、稚魚放流個体の中に成長がより良好な個体が含まれている可能性がある。稚魚放流個体および発眼卵放流個体の体サイズの調査は、これまでに多数実施されているが、本課題も含めてその大部分が平均値の経時変化に着目したものであった。今後は、平均値だけでなく、最大値（成長が最も速い個体）や最小値（成長が最も遅い個体）の経時変化についても検証が必要であろう。

稚魚放流の効果を検証した事例では、漁獲可能サイズ到達時期は、岐阜県の神通川水系山田川のヤマメが 1+、滋賀県の淀川水系犬上川・杉野川・草野川・姉川のアマゴが 1+、山形県の赤川水系水無川のイワナが 1+と報告されている（山形県内水面水産試験場, 1991；岐阜県河川環境研究所, 2013；滋賀県水産試験場 2013）。漁獲可能サイズ到達年齢は、本課題の五升ヶ谷のヤマメは 2+と他の事例と異なっており、魚種間の差だけでなく同種内（ヤマメ・アマゴ）でも放流河川によって変動することが示唆された。また、稚魚放流時から漁獲可能サイズ到達



第 3 図 五升ヶ谷におけるヤマメ発眼卵放流個体および稚魚放流個体の全長・体重・肥満度の平均値および標準偏差（黒丸および実線は発眼卵放流個体、白丸および破線は稚魚放流個体）なお、体重・肥満度は、1+の春以前は測定していない

時期までの残存率は、神通川水系山田川のヤマメが3.80%、淀川水系犬上川・杉野川・草野川・姉川のアマゴが0.30-26.86%、赤川水系水無川のイワナが4.00%と報告されており、魚種間の差よりも放流河川の差の方が大きい可能性が示唆されているが、本課題のヤマメの残存率3.13-6.25%は他の事例の範囲から逸脱するものではなかった。全国の調査事例を収集して解析した水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部（2013）は、漁獲可能サイズの個体5.7尾を得るのに稚魚213.9尾の放流が必要と試算しており、これに基づくと残存率は2.66%と算定される。本課題の残存率3.13-6.25%は、この値よりも高いことから、比較的良好な結果であると考えられた。

発眼卵放流の効果を検証した事例では、群馬県の利根川水系温川のヤマメ、岐阜県の神通川水系米溪川・山口谷川・山田川のヤマメ、岐阜県の木曾川水系大谷のアマゴのいずれも1+で漁獲可能サイズに到達することが報告されている（群馬県水産試験場箱島養鱒場，1991；岐阜県河川環境研究所，2013）。本課題の五升ヶ谷のヤマメは2+で漁獲可能サイズに到達しており、同種内でも放流河川によって変動することが示唆された。その一方で、発眼卵放流時から漁獲可能サイズ到達時期までの残存率は、利根川水系温川のヤマメが0.73%、神通川水系米溪川・山口谷川・山田川のヤマメが0.50-1.50%、木曾川水系大谷のアマゴが1.00%と報告されており、本課題の五升ヶ谷のヤマメの残存率0.66-1.99%はこれらの事例と概ね一致していた。また、全国の調査事例を収集して解析した水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部（2013）は、漁獲可能サイズの個体5.7尾を得るのに発眼卵316.6粒の放流が必要と試算しており、これに基づくと残存率は1.80%と算定される。本課題の残存率0.66-1.99%は、この値を内包するものだった。

残存率の経時変化については、0+秋に発眼卵放流個体が31.25%および稚魚放流個体が54.69%、1+春に発眼卵放流個体が3.13%および稚魚放流個体が18.75%であり、1+春までは稚魚放流個体の方が高かった。稚魚放流個体は、2+にかけて漸減した。一方、発眼卵放流個体は0+秋から1+春にかけて急減し、以降は低い水準ながら安定的に推移した。2+春の残存率は稚魚放流個体が6.25%および発眼卵放流個体が1.56%、2+秋では稚魚放流個体が3.13%および発眼卵放流個体が4.69%であり、0+や1+の時点のような顕著な差はないものの、漁獲可能サイズに到達する2+では残存率は同等か、稚魚放流の方が良好と考えられた。

漁獲可能サイズ到達時期の残存数は、種苗購入費を10,000円とした場合、稚魚放流個体が12.4-48.5尾および発眼卵放流個体が26.6-110.7尾に相当すると算定された。そして、これら漁獲可能サイズの個体への投資額は、稚魚放流が206.3-806.5円/尾および発眼卵放流が90.4-376.5円/尾と算定され、費用対効果は稚魚放流と発眼卵放流とが同等か、稚魚放流の方が劣ると考えられた。これらの結果には変動幅があるが、水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部（2013）が提示している稚魚放流が563円/尾および発眼卵放流が106円/尾という値を内包するものであり、発眼卵放流の方が堅実という解釈は一致しているといえる。

本課題では、同一兄弟群のヤマメ発眼卵を用意し、その一部は発眼卵放流に使用し、他方は養魚施設に収容して稚魚を育成した。その後、同一溪流の同一区間に発眼卵放流個体と同数かつ同サイズの稚魚放流を実施するという条件下で両者の残存率や費用対効果を明らかにした。本課題のように統一した条件下での検証事例はごく少数であり（例えば、山形県内水面水産試験場，1991；栃木県水産試験場，2008；水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部，2013）、中でも漁獲可能サイズ到達時期まで調査を継続した本課題は貴重な事例といえる。前述のように、本課題では、稚魚放流の残存率は発眼卵放流と同等か、発眼卵放流よりも良好という結果が得られた。その一方で、費用対効果は両者が同等か、むしろ稚魚放流の方が劣ることが示唆された。この費用対効果が残存率と相反するという結果は、発眼卵が稚魚よりも安価である分、放流数をより多く用意できることに起因している。仮に発眼卵を2.5円/粒と割高な単価かつ稚魚を13円/尾と割安な単価を適用した場合は、漁獲可能サイズ到達時期の残存数は発眼卵放流が26.6-79.7尾および稚魚放流が23.9-48.5尾であり、漁獲可能サイズの個体への投資額は発眼卵放流が125.5-376.5円/尾および稚魚放流が206.3-419.4円/尾と算定される。こうした稚魚放流に有利な単価を想定しても、費用対効果は両方の放流方法が同等か、発眼卵放流が上回っており、やはり発眼卵放流の方が堅実と考えられる。

本課題では、漁獲可能サイズ到達時期の残存率は、稚魚放流と発眼卵放流が同等か、稚魚放流の方が良好と考えられた。その一方で、発眼卵は稚魚より安価であるため、費用対効果は稚魚放流と発眼卵放流が同等か、稚魚放流の方が劣ることが示唆された。ただし、稚魚放流も発眼卵放流も、河川によって放流個体の残存率が変動するため（群馬県水産試験場箱島養鱒場，1991；岐阜県河

川環境研究所, 2013; 滋賀県水産試験場, 2013)、各地の調査事例のデータを一括して解析することが望ましい。水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(2013)は、稚魚放流個体・発眼卵放流個体・自然繁殖個体の調査事例を一括して解析し、それら3者の漁獲可能サイズまでの残存率の相対値を1:2.08:2.88と算定している。その結果、本課題と同様に稚魚放流よりも発眼卵放流の方が堅実であることが示唆されているが、発眼卵放流個体の残存率もまた自然繁殖個体には及ばないことに留意する必要がある。実際の漁獲量に占める放流個体および自然繁殖個体の構成比については今後の検証が待たれるが、水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(2013)および本課題が明らかにした稚魚放流個体の残存率(2.66%および3.13-6.25%)や発眼卵放流個体の残存率(1.80%および0.66-1.99%)の程度を勘案すれば、自然繁殖個体に対する内水面漁業の依存度は相応の規模であると予想される。近年、自然繁殖個体を増加させる方法として、禁漁区の設定(中村ほか, 2001; 重倉ほか, 2014)、輪番禁漁制の採用(久保田ほか 2010)、漁獲制限サイズの再考(横田ほか, 2003)、人工産卵場や人工産卵河川の造成(中村, 1999; 中村ほか, 2009; 岸・徳原, 2017)といった方法が注目されるようになった。今後は、既存の増殖方法である稚魚放流や発眼卵放流だけでなく、こうした自然繁殖個体の持続的利用も意識した漁場運営について検討することが望まれる。

謝 辞

本課題を実施するにあたり、宮川漁業協同組合各位や同僚諸氏の支援を受けた。ここに記して感謝する。

要 約

1. 同一溪流において同数かつ同サイズのヤマメ稚魚放流個体および発眼卵放流個体の標識放流を実施し、漁獲可能サイズ到達時期までの両者の体サイズ・残存率・費用対効果を比較した。
2. 調査の結果、稚魚放流個体および発眼卵放流個体の成長に差は認められなかった。
3. 漁獲可能サイズ到達時期の残存率は、稚魚放流と発眼卵放流が同等か、稚魚放流の方が良好と考えられた。
4. その一方で、発眼卵は稚魚より安価であるため、費用対効果は稚魚放流と発眼卵放流が同等か、稚魚放流の方が劣ることが示唆された。

文 献

- 岐阜県河川環境研究所. 2013. ヤマメ・アマゴの放流効果の検証調査. 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(編), pp.5-38. 地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業研究報告書. 水産庁, 東京.
- 群馬県水産試験場箱島養鱒場. 1991. ヤマメ、イワナ発眼卵標識放流試験. 全国湖沼河川養殖研究会マス類放流研究部会(編), pp.63-70. マス類の河川放流に関する研究-III(マス類放流研究部会 昭和63~平成2年度のとりまとめ). 全国湖沼河川養殖研究会マス類放流研究部会.
- 岸 大弼・徳原哲也. 2013. アマゴ・ヤマメの発眼卵埋設放流の方法. 岐阜県河川環境研究所, 岐阜県各務原市. 16pp.
- 岸 大弼・徳原哲也. 2017. 岐阜県下呂市馬瀬に整備された人工産卵河川の物理環境およびイワナの産卵状況. 応用生態工学, 19: 221-231.
- 久保田仁志・酒井忠幸・土居隆秀. 2010. 溪流魚の資源増殖に対する輪番禁漁の効果. 日本水産学会誌, 76: 1048-1055.
- 中村智幸. 1999. 人工産卵場におけるイワナの産卵と産着卵のふ化. 日本水産学会誌, 65: 434-440.
- 中村智幸・飯田 遥. 2009. 水産総合研究センター叢書 守る・増やす溪流魚. 農山漁村文化協会, 東京. 136pp.
- 中村智幸・丸山 隆・渡邊精一. 2001. 禁漁後の河川型イワナ個体群の増大. 日本水産学会誌, 67: 105-107.
- 中村智幸・徳田幸徳・高橋剛一郎. 2009. 人工産卵河川におけるイワナの産卵と当歳魚の動態. 応用生態工学, 12: 1-12.
- 重倉基希・傳田郁夫・小川 滋・熊川真二・築坂正美・上島 剛・北野 聡・山本 聡. 2014. 上流河川に設けた禁漁区におけるイワナ産卵量の増加. 長野県水産試験場研究報告, 15: 12-20.
- 滋賀県水産試験場. 2013. アマゴを対象とした稚魚放流と自然繁殖の増殖効果の比較. 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(編), pp.39-61. 地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業研究報告書. 水産庁, 東京.
- 水産総合研究センター. 2008. イワナにおける放流された大型養殖稚魚が河川に生息する小型野生稚魚に及ぼす生態的影響の解明. 中村智幸・飯田 遥(編), pp.140-146. 流域管理体構築事業報告書. 水産庁,

- 東京.
- 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部. 2013. マス類の効果的な増殖手法の開発. 水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部 (編), pp. 62-86. 地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業研究報告書. 水産庁, 東京.
- 栃木県水産試験場. 2008. ズーニングに合わせた効果的な種苗放流手法の開発. 中村智幸・飯田 遥 (編), pp. 133-139. 渓流域管理体制構築事業報告書. 水産庁, 東京.
- White, G. C., K. P. Burnham, D. L. Otis and D. R. Anderson. 1978. User's Manual for Program CAPTURE. Utah State Univ. Press, Logan, Utah, USA.
- 山形県内水面水産試験場. 1991. イワナ・ヤマメの放流効果試験. 全国湖沼河川養殖研究会マス類放流研究部会(編), pp. 26-33. マス類の河川放流に関する研究—III (マス類放流研究部会 昭和 63~平成 2 年度のとりまとめ). 全国湖沼河川養殖研究会マス類放流研究部会.
- 横田賢史・中村智幸・渡邊精一・高橋悟史. 2003. イワナ *Salvelinus leucomaenis* の個体群維持に対する釣獲サイズ制限の効果. 水産増殖, 51: 25-29.