

研究成果情報

ふ化放流の効果をもとめるためには野生魚の保全が重要だった:野生魚は放流稚魚の回帰率を改善する

さしはし げんき 佐橋 玄記 (水産資源研究所さけます部門 資源生態部)

はじめに

日本では、さけます類について、野生魚^{*1}はほとんど資源に貢献していない、あるいは貢献していてもわずかである、と考えられてきました。しかし、最近になり、野生魚が資源に大いに貢献していることが認識されるようになってきました。また、近年はサケが歴史的な不漁に陥ったことに伴い、野生魚を適切に保全し、活用しようという機運も高まっています。今回は、野生魚がふ化放流事業の親魚に加わることによって、放流された稚魚の回帰率が向上していた、という驚くべき結果が明らかになりましたので、紹介したいと思います(元論文: Sahashi and Morita 2022, オープンアクセス, <https://doi.org/10.1002/fee.2457>)。

どのような研究内容だったの?

さけます類のふ化放流という行為は、生物をその一生の少なくとも一部において飼育環境下で繁殖・飼育する、という広義の「飼育下繁殖」に含まれます(参照: Araki et al. 2008)。こうした飼育下繁殖は、保全や生物資源管理の観点から世界中の多くの種で行われてきました(Frankham et al. 2002, Laikre et al. 2010)。一方で、日本ではあまり認識されていないものの、世界では飼育環境への適応や近交弱勢(近親交配による弊害)の影響によって、野外における適応度の低下が広く懸念されています(例えば, Araki et al. 2007, Boakes et al. 2007, Christie et al. 2012)。この問題の解決策として、飼育下繁殖個体群に野生個体群の遺伝子を導入することが提案されてきましたが(例えば, Frankham and Loebel 1992, Frankham 2008, Williams and Hoffman 2009)、この手法がどのような効果をもたらすか不明でした。本研究では、水産研究・教育機構が実施したサケとサクラマス^{*}の長期標識放流データを用いて、親世代の野生遺伝子の割合がふ化放流個体群の野外における生存率に及ぼす影響を評価しました。

用いたデータは、サケで6河川の計40年級群分、サクラマスで4河川の計29年級群分です(図1)。これらの河川で水産研究・教育機構が放流する放流魚には、耳石温度標識が付けられているため(浦和 2001, 宮内 2016)、この標識の有無で野

生魚と放流魚^{*2}を判別することができます。また、ふ化放流に用いる野生魚の割合は、捕獲された河川回帰親魚に含まれる野生魚の割合から、野外の生存率は、放流数と河川回帰数の関係から推定しました(図2)。さらに、河川と年級の効果は、統計モデルに組み込むことによって考慮しました。

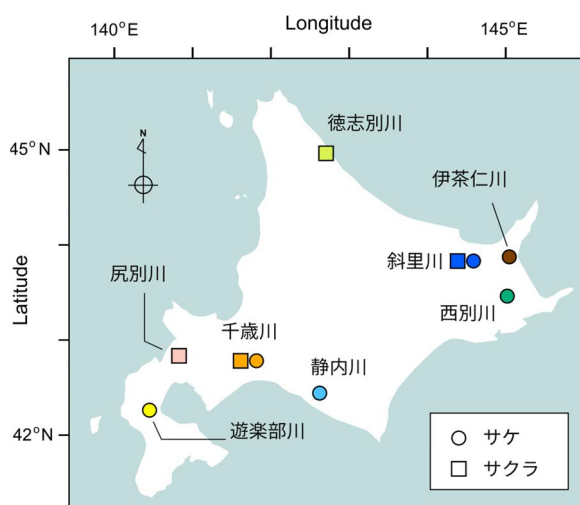


図1. 研究データを取得した北海道の8河川
丸印はサケの調査河川、四角印はサクラマスの調査河川を示す。

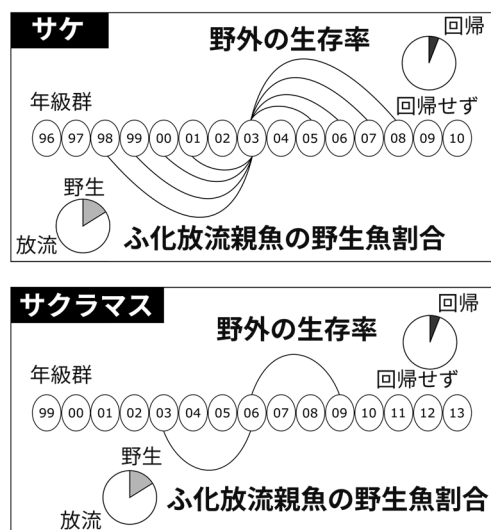


図2. ふ化放流の親魚に用いる野生魚の割合と野外の生存率の算出イメージ
サケは2003年級群、サクラマスは2006年級群の例を示した。

※1 野生魚: 自然産卵で生まれた魚。その両親が野生魚か放流魚かは問わない(森田・大熊 2015)。

※2 放流魚: ふ化場から野外に放流された魚。人工授精に用いられた両親は野生魚か放流魚かは問わない(森田・大熊 2015)。

研究の結果、両種において、ふ化放流に用いる野生魚の割合が高いほど、ふ化放流で生まれた子の野外における生存率が高いことがわかりました（図3）。つまり、野生魚がふ化放流事業の親魚に加わることによって、放流された稚魚の回帰率が向上していたわけです。さらに、サケではふ化放流に用いる野生魚の割合を20%から40%にできれば、河川回帰率は1.9倍にもなることがわかりました。

では、なぜこのような結果となったのでしょうか？飼育環境への適応や近交弱勢の影響により、飼育下繁殖された個体の野外における適応度は低下することが知られています。一方で、飼育下繁殖個体群に野生個体群の遺伝子を導入すると飼育環境への適応（Frankham and Loebel 1992）や近交弱勢の影響が減少することも知られています（Duchesne and Bernatchez 2002; Waters et al. 2020）。よって、ふ化放流に用いる野生魚の割合が高いほど、放流魚の回帰率が高かったのは、飼育環境への適応や近交弱勢の影響が減少したためだと考えられました。これらの知見は、ふ化放流事業の効果をも高めるためにも、自然繁殖によって生まれる野生魚の保全が有効であることを示唆します。

野生魚の保全を実現しよう

これまで、野生魚を適切に保全することで、降下稚魚の大幅な増加や親魚不足のリスク低減につ

ながるなど、多くのメリットがあるということが明らかにされてきました（森田 2020）。今回の研究では、これまでの知見に加えて、野生魚がふ化放流事業の親魚に加わることによって、ふ化放流で生産された稚魚の回帰率向上にも貢献することを明らかにしました。

日本系のサケ資源について、2022年度は豊漁の地域もあったのですが、長期的に見れば、資源状態は低位で、資源動向は減少傾向と言わざるをえません（渡邊ら 2022）。そのため、こうした資源状態を踏まえ、先進的な地域では野生魚の保全につながる取り組みが行われています。例えば、日高管内増殖協会では、ふ化放流に用いる親魚を捕獲するために河川下流部に設置していたヤナを撤去し、上流の支流にあるふ化場まで親魚を遡上させる取組をおこなっています（NHK web サイト 1, 2）。この取組の結果、卵がふ化する確率や稚魚の生存率が向上しただけでなく、川のいたる場所で自然産卵が見られるようになりました。また、斜里地方の漁師さんらは、自ら河川を歩くことで、さけます類の河川遡上の障害となっている河川工作物を発見し、魚道清掃や手作り魚道の設置を行う取り組みや、行政機関に働きかけを行うことで魚道をつける取り組みなどを行っています（北海道新聞記事 1, 2; NHK web サイト 3）。

しかし、こうした先進的な取組を地道に行っている方々がいる一方で、日本全体を見渡すと残念ながら野生魚が適切に保全されていない状況にあ

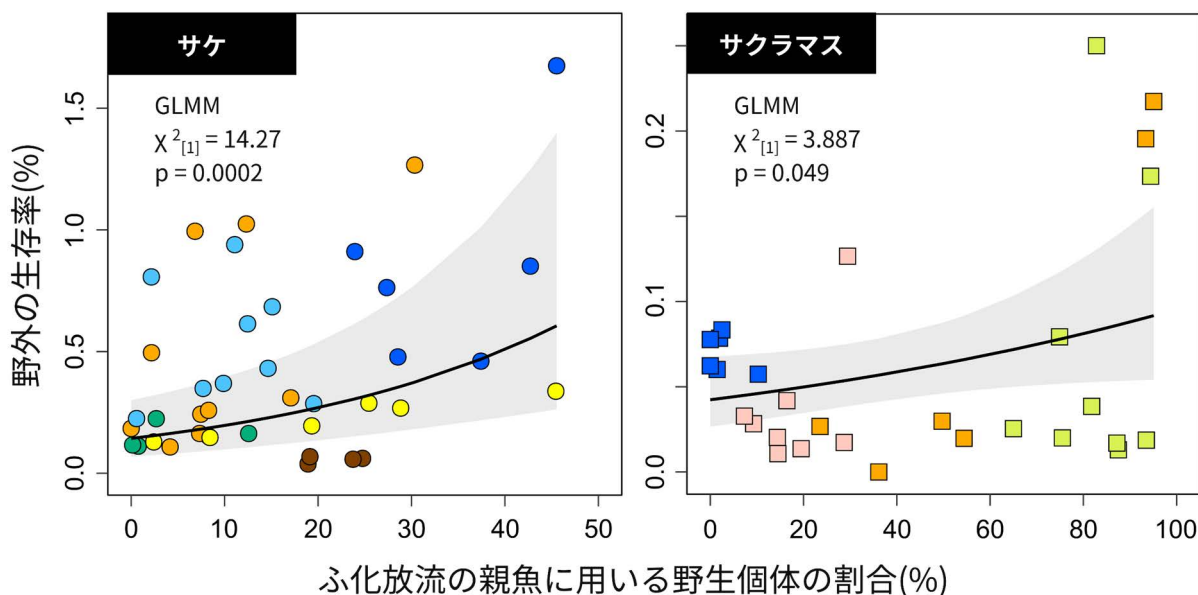


図3. ふ化放流の親魚に用いる野生個体の割合と野外の生存率の関係
プロット点の色は、図1の河川に対応する。黒線は回帰直線、グレーの網掛けは95%信頼区間を示す。

ると言わざるを得ません。例えば、北米などでは一定量の自然産卵親魚を取り残すという資源管理が当たり前に行われていますが、日本では自然産卵親魚を取り残すという資源管理が存在しません(森田 2020)。つまり、放流が行われている河川に遡上した親魚は全てふ化放流事業のために捕獲することができ、自然産卵親魚は居なくて良いという資源管理が現状の日本では採用されています(大熊ら 2016; 長谷川ら 2019; 渡邊ら 2022)。また、ふ化放流事業のために捕獲される親魚は、必ずしも全てが採卵・受精に用いられるわけではありません。例えば、北海道では雌親の使用率は3~4割に留まっており(森田 2015)、実際にはふ化放流事業のために必要な親魚数を大幅に超過した捕獲が行われています。そのため、野生魚は危機的な状況に追い込まれてしまっています(森田・大熊 2015)

今回、ふ化放流に用いる野生魚の割合を上げると放流される稚魚の回帰率が大幅に向上することが示されました。しかし、日本でこの手法を用いるために、自然産卵親魚を取り残す管理方策やふ化放流に使用しない親魚の河川への再放流など、自然産卵で生まれる野生魚を保全する当り前の取り組みを実現することが必要です。より効果的なふ化放流事業を実現する手段として、また不漁に苦しむサケ漁業を救う手段として、野生魚保全の取組を始めるのか、我々を助けてくれている野生魚に、皆さんはどのように向き合いますか?

引用文献

- Araki, H., Berejikian, B. A., Ford, M. J., and Blouin, M. S. 2008. Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild. *Evol. Appl.*, 1: 342-355.
- Araki, H., Cooper, B., and Blouin, M.S. 2007. Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science*, 318: 100-03.
- Boakes, E.H., Wang, J., and Amos, W. 2007. An investigation of inbreeding depression and purging in captive pedigreed populations. *Heredity*, 98: 172-82.
- Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A., and Blouin, M.S. 2012. Genetic adaptation to captivity can occur in a single generation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 109: 238-42.
- Duchesne, P., and Bernatchez, L. 2002. An analytical investigation of the dynamics of inbreeding in multi-generation supportive breeding. *Conserv. Genet.*, 3: 45-58.
- Frankham, R. 2008. Genetic adaptation to captivity in species conservation programs. *Mol. Ecol.*, 17: 325-33.
- Frankham, R., Briscoe, D.A., and Ballou, J.D. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Frankham, R., and Loebel, D.A. 1992. Modeling problems in conservation genetics using captive *Drosophila* populations: rapid genetic adaptation to captivity. *Zoo Biol.*, 11: 333-42.
- 長谷川功・江田幸玄・佐橋玄記. 2019. ギジユ川・トゥムニン川(ロシア)訪問記. *SALMON 情報*, 13: 38-43.
- 北海道新聞記事1. 逆風の秋サケ漁好転へ斜里一丸環境変化に強い「野生魚」を育成. URL: <https://www.hokkaido-np.co.jp/article/747794/>, (参照 2022-11-30).
- 北海道新聞記事 2. カラフトマス, 石組み魚道を遡上 昨年設置の斜里で確認 漁業関係者, 資源増に期待. URL: <https://www.hokkaido-np.co.jp/article/731816>, (参照 2022-11-30).
- Laikre, L., Schwartz, M.K., Waples, R.S., et al. 2010. Compromising genetic diversity in the wild: unmonitored large-scale release of plants and animals. *Trends Ecol. Evol.*, 25: 520-29.
- 宮内康行. 2016. 耳石温度標識パターン数の増加に向けた取り組み. *さけ・ます資源管理センターニュース*, 10: 20-22.
- 森田健太郎. 2015. 漁業の特性と生物の適応. 人間活動と生態系(日本生態学会・森田健太郎・池田浩明編), 共立出版, 東京. pp. 149-166.
- 森田健太郎. 2020. サケを食べながら守り続けるために. *日水誌*, 86: 180-183.
- 森田健太郎・大熊一正. 2015. サケ: ふ化事業の陰で生き長らえてきた野生魚の存在とその保全. *魚雑*, 62: 189-195.
- NHK web サイト 1. サケの卵が徐々に軽く小さく 生育環境が影響している可能性も. URL: <https://www3.nhk.or.jp/sapporo-news/20220930/7000051100.html>, (参照 2022-11-30).
- NHK web サイト 2. サケのふ化放流に"新たな"一手. URL: <https://www.nhk.or.jp/hokkaido/articles/slugged5e9a291464>, (参照 2022-11-30).
- NHK web サイト 3. サケ日本一のまち斜里町で web 後編. URL: <https://www.nhk.or.jp/hokkaido/articles/slugin49f84abf1eb7>, (参照 2022-11-30).
- 大熊一正・長谷川功・佐藤俊平・岸大弼・市村正樹・飯田真也・森田健太郎. 2016. 野生魚を活用した持続可能なさけます漁業と増殖事業. *SALMON 情報*, 10: 30-37.
- Sahashi, G., and Morita, K. 2022. Wild genes boost the survival of captive-bred individuals in the wild. *Front. Ecol. Environ.*, 20: 217-221.

浦和茂彦. 2001. さけ・ます類の耳石標識: 技術と応用. さけ・ます資源管理センターニュース, 7: 3-11.

渡邊久爾・水本寛基・本多健太郎・佐藤俊平. 2022. 61 サケ (シロザケ) 日本系. 「令和 3 年度国際漁業資源の現況」水産庁・水産研究・教育機構, 東京. URL: https://kokushi.fra.go.jp/R03/R03_61_CHU.pdf, (参照 2022-11-30).

Waters, C.D., Hard, J.J., Fast, D.E., et al. 2020. Genomic and phenotypic effects of inbreeding across two different hatchery management regimes in Chinook salmon. *Mol. Ecol.*, 29: 658-72.

Williams, S.E., and Hoffman, E.A. 2009. Minimizing genetic adaptation in captive breeding programs: a review. *Biol. Conserv.*, 142: 2388-400.

佐橋玄記研究員, 「若手農林水産研究者表彰」にて 農林水産技術会議会長賞を受賞!

本稿の元論文である「Wild genes boost the survival of captive-bred individuals in the wild (Sahashi and Morita. 2022. *Frontiers in Ecology and Evolution*)」を含む以下の業績により, 水産資源研究所さけます部門の佐橋玄記研究員が, 令和 4 年度 (第 18 回) 「若手農林水産研究者表彰」にて, 農林水産技術会議会長賞を受賞しました。

- 業績名: 多様な野生魚を守って活用する:
サケ資源回復方策の開発



写真: 自然産卵で生まれたサケ野生魚