

研究成果情報

本州日本海域における野生サケ資源の現状と保全

い だ ま さ や
飯田 真也 (水産資源研究センター 底魚資源部)

本州日本海域におけるサケふ化放流事業の現状

水産資源は自らの子孫を新たに生み出す再生可能資源であり、その資源管理のために漁獲を制限して次世代の魚を生み出してくれる親魚を残す方策、自然再生産の保全が多くの魚類で取り組まれてきました (能勢ら 1988)。一方、現代における我が国のサケ *Oncorhynchus keta* に関しては、稚魚を放流することで加入を維持する資源管理、ふ化放流事業が重点的に行われており (高橋 2015)、自然産卵を行う親魚の保全や河川環境の改善にあまり意識が向けられてきませんでした。ふ化放流事業は主に海面漁業団体からの拠出金 (漁獲高の 2%~7%) で運営されていますが、サケの漁獲量が多くない本州日本海域 (以下、当海域) では、その拠出金は僅かであり、事業費の大半を国・県からの補助金が占めています。近年これら補助金は減額傾向にあり、ふ化場を運営する内水面漁業協同組合の経営状況は年々厳しさを増しています。また、内水面漁業協同組合に関しては組合員の約 7 割が 60 代以上と漁業従事者の中でも特に高齢化が進んでいることが指摘されており (玉置 2021)、後継者不足の問題も顕在化しています。実際、サケの平均放流数は北海道・本州太平洋域では概ね一定で推移する一方、当海域 (青森~石川県) では 1990 年代 (2.3 億尾) から 2010 年代 (1.4 億尾) にかけて 4 割も減少しました (図 1)

(NPAFC 2020)。これらを踏まえると、現行の放流数を維持することは非常に困難と考えざるを得ません。今後、当海域のサケ資源を持続的に利用していくためには、ふ化放流事業の継続を図りつつ、他魚種と同様、自然再生産由来の加入を増やすこと、野生魚の保全にも着手していくことが必要です。ここで、野生魚とは一世代以上にわたり自然再生産し、その両親が野生魚か放流魚かは問わない個体を示します (森田・大熊 2015)。

野生サケを保全するには、その生態的知見が不可欠です (Nagata et al. 2012)。なぜなら、野生サケが産卵・生息する場所や期間を明らかにすることで、行政機関や地域社会 (資源を利用している漁業者や放流事業者を含む) が野生サケの存在や保全することの意義を認知し、その保管理策を優先的に講じることが可能になるからです。しかし、日本では野生サケに関する研究が行われることが少なく、当海域ではその存在自体殆ど確かめられていない状況にありました。そこで、野生魚

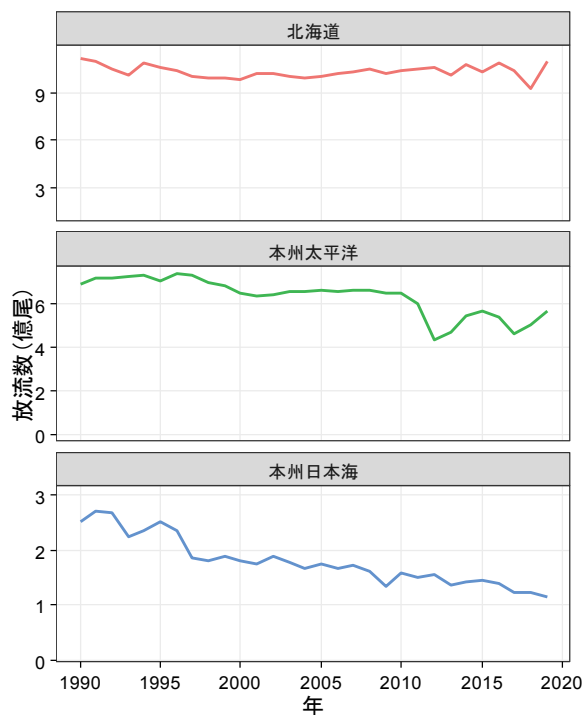


図 1. 地域別サケ稚魚放流数 (1990~2019 年)

の保全に向けた第一作業として、著者は当海域における野生サケの基本的な生態を理解するための研究を行ってきました。以下、その概要を紹介します。

サケの産卵はどこで行われている？

サケの自然産卵に関して、当海域では京都府・福井県・石川県などサケの遡上が少ない地域で僅かに観察されているに過ぎず (藤原ら 1983; 加藤 2007; 坂井ら 2011)、富山県以北ではふ化放流が行われる河川 (以下、放流河川) および行われていない河川 (以下、非放流河川) で自然産卵が行われているのか否か、記録として殆ど残されていませんでした。また、サケの資源管理を行う上で遡上数を把握することは重要ですが、非放流河川にサケがどれくらい遡上しているのか殆ど分かっていませんでした。そこで、当海域のサケ主要分布域である秋田県~富山県の河川を網羅的に踏査して自然産卵の有無および場所を確認し、非放流河川においてサケ遡上数を推し量る調査を実施しました (Iida et al. 2018)。

2015~2016 年 10~12 月、秋田県~富山県にお

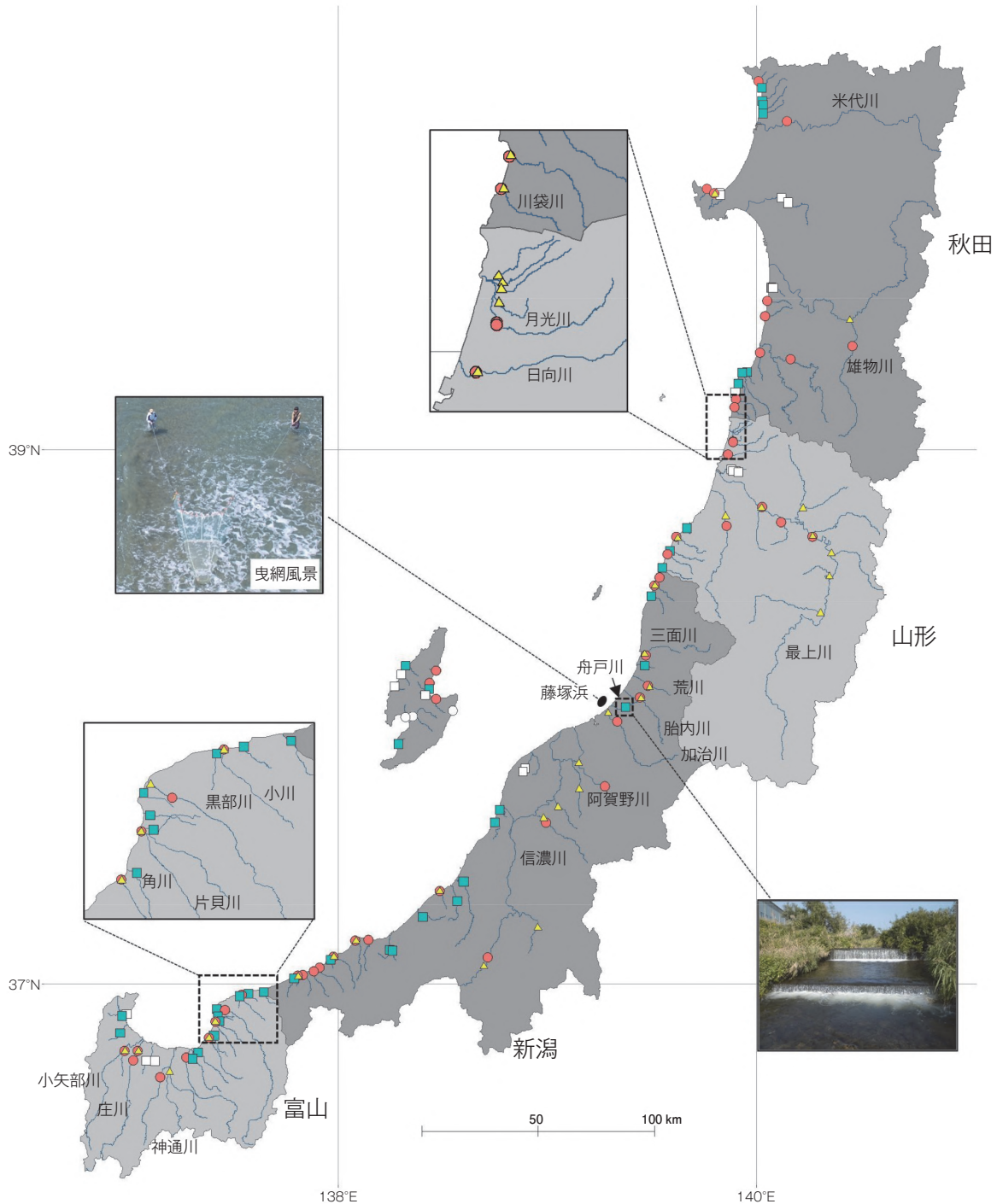


図2. サケ産卵床数を目視調査した河川 (2015~2016年)。丸は放流河川, 四角は非放流河川の調査場所, 色付きは産卵床を確認, 白抜きは確認出来なかったこと, 黄色三角はウライ設置場所を示す (Iida et al. 2018のFig. 1を改変)。

ける長さ5 km以上の全河川でサケの産卵床を目視確認しました(放流河川:47, 非放流河川:47, 図2)。ある河川に作られた産卵床数は, その河川へ遡上したサケ親魚数の指標になることから, 調査区間の産卵床密度を放流河川と非放流河川の間で比較しました。

その結果, 放流河川の93.6% (44/47)で産卵床が確認されました(図2)。このことから, 当海域の放流河川には, 放流魚だけでなく野生魚も生息している可能性が示唆されました。北海道では,

河口付近にウライ(河川を格子状の柵で遮断することでサケの遡上を止め, 併設された捕獲槽に誘導して捕獲する施設)が設置されることが多く, 自然産卵が可能な流域は限定的と考えられるものの, 捕獲したサケ親魚のうち約3割が野生魚と推定されています(森田ら2013)。当海域では, ウライが河口から10 km以上離れた場所あるいは支流に設置(例えば, 最上川・信濃川水系, 図2参照)されることが多く, また, 捕獲河川の約3割ではサケの移動を妨げない投網や刺し網などが用

いられており(飯田 2020), サケ親魚が本流を自由に移動出来る環境が比較的多く残されています。このことを踏まえると、放流河川においてサケが産卵可能な流域は北海道に比べて広く、回帰資源に占める野生サケの割合は北海道と同様もしくはそれ以上に高いと推察されます。現に、河口から10.8 km 上流にウライが設置される新潟県荒川(図2)では、ウライまでの流程で毎年多くの産卵床が観察され(飯田 未発表), 現地では回帰親魚に野生サケがある程度含まれると考えられています(荒川漁業協同組合, 私信)。

非放流河川でも74.5% (35/47) と高い割合で産卵床が確認されました(図2)。驚いたのは、我々の生活圏内を流れる身近な河川でも産卵が行われていたことです。例えば、富山県角川(図2)では大型商業施設から100 m以内の流程に多くの産卵床が確認されました。日本系サケは強い母川回帰性を持つことから(福澤 2016), 非放流河川で確認した産卵床はその河川で生まれたサケによって作られた可能性が高いと考えられます。今まで非放流河川における野生サケの存在は殆ど認識されていませんでしたが、実際はサケが広域的に遡上・産卵していることが初めて確かめられました。産卵床密度に放流河川(3.5 個/1,000 m²)と非放流河川(2.4 個/1,000 m²)の間で大差が認められませんでした(図3)。本解析では産卵床密度の経時的・空間的な変化を考慮出来ていませんが、非放流河川におけるサケの遡上数も無視できない数に及ぶ可能性が示唆されました。自然再生産由来の加入の維持・増大に向けて、今後、放流河川のみならず非放流河川においても野生サケの保全策を講じていくことが求められます。

野生サケ稚魚はいつ海に下る?

サケの個体数は降海直後の生き残りに大きく影響を受けると考えられています(例えば, Fukuwaka and Suzuki 2002)。野生魚を保全するためには、海洋生活初期の生態を把握することが重要です。日本では、北海道の放流魚を対象とした研究に基づき、サケ稚魚の適水温帯は7~11℃であり、14℃以上の環境には殆ど生息しないと考えられてきました(入江 1990; Urawa et al. 2018)。しかし、放流魚に比べて降海サイズが小さく、北海道系群と遺伝的に異なる当海域の野生サケ稚魚の生態は殆ど分かっていませんでした。当海域において野生サケ稚魚はいつ降海するのか、著者らは海洋生活初期の基本的な生態を調べるため、産卵が毎年行われる新潟県舟戸川(非放流河川)および舟戸川が流入する藤塚浜で調査を実施しました(図2)(Iida et al. 2021)。

2013~2018年2~6月の毎旬1回、藤塚浜にお

いて曳網を使ってサケ稚魚を採集しました。藤塚浜から10 km以内に2つの放流河川(胎内川・加治川)があり、サンプルに両河川の放流魚が含まれる可能性がありました。そこで、放流魚の期待最小サイズ(尾叉長41.2 mm)よりも小さい採集個体を便宜的に野生魚と判断しました。また、2015~2017年10~1月の毎旬1回、舟戸川にて産卵床を定期的に目視し、産卵期間を調べました。産

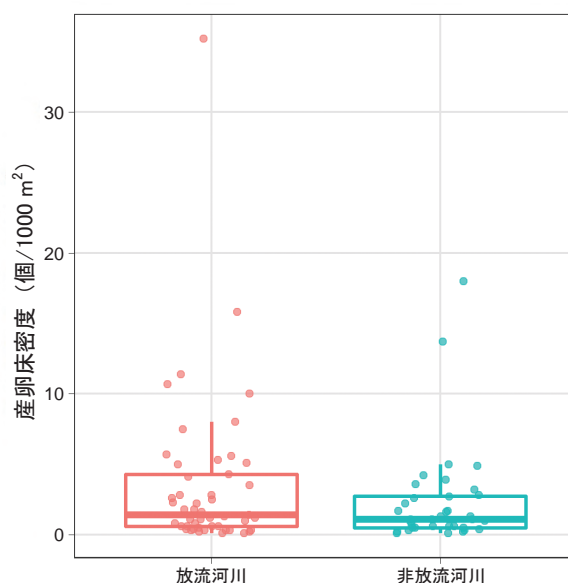


図3. 放流河川および非放流河川におけるサケの産卵床密度。丸は観測値、箱は第1, 第3四分位数、太線は中央値、バツは平均値、ひげは第3四分位数+1.5×四分位範囲以下である値の中で最大値、第1四分位数-1.5×四分位範囲以上である値の中で最小値を示す(Iida et al. 2018のFig. 2を改変)。

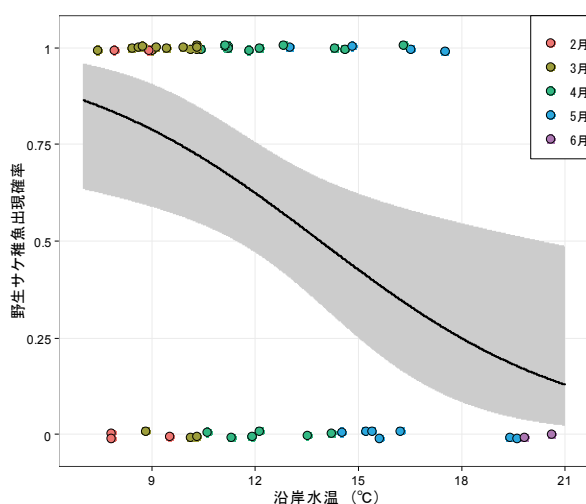


図4. 新潟県藤塚浜における野生サケ稚魚の出現確率と沿岸水温の関係。色丸は2013~2018年2~6月の観測データ(1:在, 0:不在), 実線(帯)は一般化線形モデルで予測した塩分22における期待値(95%信頼区間)を示す(Iida et al. 2021のFig. 4を改変)。

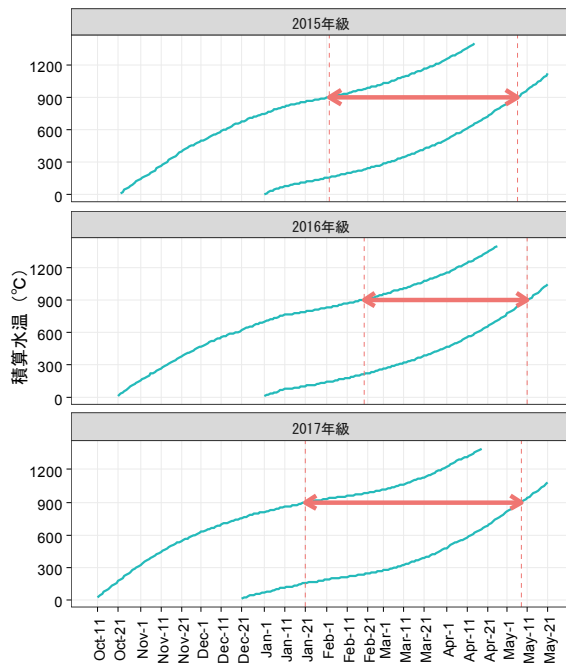


図5. 新潟県舟戸川における野生サケの産卵開始(青線左)・終了時期(青線右)を起点とした河川表層水の積算水温。矢印は積算水温(900°C)から予測される野生サケ稚魚の浮上時期を示す(Iida et al. 2021のFig. 6を改変)。

卵床の内部と河川表層水の温度に差が認められなかったため、卵・仔魚の経験水温は表層水温と等しいと仮定し、野生サケ稚魚の浮上時期を表層水の積算水温から予測しました。

野生サケ稚魚は例年2~5月に採集され、その時の沿岸水温は7.4~17.5°Cでした。当海域の野生サケ稚魚は、既往知見(14°C)に比べて3.5°Cも高い環境にも出現し、その出現確率は15°Cでも43%と高いことが分かりました(図4)。産卵床は10~12月、水温が低くて大きく変動する河床(平均水温、11~12月:9.0°C, 1~2月:4.2°C, 3~4月:8.7°C)にみられました。積算水温で予測した浮上時期は、前述したサケ稚魚の採集時期と概ね一致しました(図5)。

一般的にサケは水温が安定する湧水付近に産卵すると考えられてきましたが(Salo 1991)、舟戸川では水温が低くて大きく変動する河床で産卵が行われていました。このため、水温13°C前後で飼育される放流魚(野川 1992)に比べ、野生魚の発育は遅くなります。当海域の放流は3月までに行われますが(高橋 2015)、発育の遅い野生サケ稚魚の浮上は放流終了2ヶ月後の5月までおよぶこととなります。サケ科魚類は地域個体群ごとに異なる環境に順応した進化を遂げ(Beacham and Murray 1987)、生息する適水温・上限に地域差が存在します(Beacham and Murray 1990)。当海域はサケの分布南限にあたり(Salo 1991)、対馬暖流の影響を強く受けます。当海域の沿岸における

野生サケ稚魚は14°C以上でも高い出現確率を示しましたが(図4)、北海道など北方域の個体群に比べて高い水温環境に順応しているのかもしれませんが。当海域では春季に養浜工事が行われることが多いですが、野生サケ稚魚が完全に離岸する6月以降に実施するなど、その生態に配慮することが望まれます。

河川構造物がサケ自然産卵に与える影響

野生サケを保全するためには、産卵河川の環境を良好に保つことが重要です。しかし、日本では砂防堰堤など河川を横断する構造物(以下、河川構造物)が設置され、サケ親魚が河川構造物の上流に遡上出来ず、産卵空間が制限される場合があることが指摘されています(卜部ら 2013)。魚道の設置など、産卵環境を拡大する取り組みが求められますが、その普及には河川構造物が設置された河川におけるサケ産卵実態を把握し、河川管理機関と問題意識を共有することが必要です。そこで、著者は魚道のない河川構造物が設置された新潟県舟戸川(非放流河川、図2)においてサケ産卵床の分布を経時的に調べ、その河川構造物がサケ自然産卵に与える影響を検討しました(飯田 投稿中)。

産卵床密度は河川構造物に近づくほど急激に高まり、構造物直下の調査区間では既に産卵床が作られている場所に別の親魚が繰り返して卵を産む「重複産卵」が生じ、その掘り返しによって減耗したと推察される死卵が河床に堆積している状況が散見されました(図6)。

河川構造物の直下部に産卵場が集中することは同属種ビワマスでも観察されています(尾田 2010; 尾田・淀 2016)。産卵床密度が高まると重複産卵が生じやすくなり、その掘り返しによって物理的な衝撃を受けた卵は減耗し、卵が稚魚に育つまで



図6. 重複産卵による掘り返しによって減耗したと推察されるサケの死卵(2016年11月7日新潟県舟戸川にて撮影)。

の生残率は著しく低下してしまいます。魚道を設置するなどして、今まで未利用だった堰堤上流域が産卵場として利用可能になれば、産卵密度は緩和され、重複産卵のリスクが軽減されるかもしれません。舟戸川以外のサケ自然産卵河川においても、河川構造物等の影響によって産卵密度が過多になっていないかなど産卵実態を確認し、その対応を個別に検討していく必要があります。

結びに

当海域におけるふ化放流事業は1970年代より本格的に行われ、以来、一貫してサケ資源の維持に貢献してきました。経営的な課題を抱える今、野生魚の保全に着手することが必要と著者は考えますが、それは当海域におけるサケ増殖事業の大きな転換になります。野生魚を効果的に保全しようとした場合、上述した魚道の設置以外にも、産卵に適した大きさの礫を入れ替える河床環境の修復 (Jonsson and Jonsson 2011; Merz and Setka 2004)、冬季 (渇水期) に行われることが多い河川工事を野生サケの生息期間と重複させない配慮など、様々な対策が望まれます。このように、野生魚の保全にも少なくないコストを要することが想定されますが、当然ながらその金額・労力は保全活動の規模に依存します。水産資源には増殖事業、漁業、加工流通から消費に至るまで様々な人々が関わっており、現代の資源管理においては、それら多様な利害関係者を包括しながら意思決定を行うことが重要視されています (半沢ら 2021)。しかし、当海域においては、サケ資源管理の展望を内水面漁業協同組合および海面漁業団体を主体とする利害関係者が集まって検討する機会は多くないように思われます。海面漁業団体が期待する漁獲量とそれを実現しうる放流数ほどの程度なのか、ふ化放流を継続するために何が必要なのか、そして、野生魚の保全をどのように推進していくのか、利害関係者の共通認識を今後醸成し、持続的なサケ資源管理に向けて一丸となって取り組む必要があると考えます。

引用文献

- Beacham, T. D. and Murray, C. B. 1987. Adaptive variation in body size, age, morphology, egg size, and developmental biology of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44, 244-261.
- Beacham, T. D. and Murray, C. B. 1990. Temperature, egg size, and development of embryos and alevins of five species of Pacific salmon: a comparative analysis. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119, 927-945.
- Fukuwaka, M., and Suzuki, T. 2002. Early sea mortality of mark-recaptured juvenile chum salmon in open coastal waters. *J. Fish Biol.*, 60: 3-12.
- 福澤博明. 2016. サケの母川回帰精度について. *SALMON 情報*, 10: 16-19.
- 藤原正夢, 大橋 徹, 生田哲朗. 1983. 南限域における天然サケの産卵および降海回遊と水温との関係. *京都海洋センター研報*, 7: 1-8.
- 半沢祐大, 山川 卓, 亘 真吾. 2021. 資源管理における参加型モデリングへのステークホルダーの関与の可能性と課題. *日水誌*, 87: 225-242.
- Iida, M., Yoshino, K., and Katayama, S. 2018. Current status of natural spawning of chum salmon *Oncorhynchus keta* in rivers with or without hatchery stocking on the Japan Sea side of northern Honshu, Japan. *Fish. sci.*, 84: 453-459.
- 飯田真也. 2020. 本州日本海側におけるサケ河川捕獲の操業実態. *水産増殖*, 68: 301-307.
- Iida, M., Yagi, Y., and Iseki, T. 2021. Occurrence of wild chum salmon fry in the surf zone, and spawning and emergence timing in the adjacent nonstocked river in Niigata Prefecture, Japan. *Fish. sci.*, 87: 549-557.
- 飯田真也. 投稿中. 河川構造物が設置された非放流河川におけるサケ産卵床の分布. *水産増殖*.
- 入江隆彦. 1990. 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究. *西海区水研報*, 68: 1-142.
- Jonsson, B., and Jonsson, N. 2011. *Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat as a Template for Life Histories.* Springer, New York. 708 pp.
- 加藤文男. 2007. 福井県河川に遡上するサケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活史. *福井市自然史博物館研報*, 54: 63-74.
- Merz, J.E., and Setka, J.D. 2004. Evaluation of a spawning habitat enhancement site for chinook salmon in a regulated California river. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 24: 397-407.
- 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. *魚類学雑誌*, 62: 189-195.
- 森田健太郎, 高橋 悟, 大熊一正, 永沢 亨. 2013. 人工ふ化放流河川におけるサケ野生魚の割合推定. *日水誌*, 79: 206-213.
- Nagata, M., Miyakoshi, Y., Urabe, H., Fujiwara, M., Sasaki, Y., Kasugai, K., Torao, M., Ando, D., and Kaeriyama, M. 2012. An overview of salmon enhancement and the need to manage and monitor natural spawning in Hokkaido, Japan. *Environ. Biol. Fishes*, 94: 311-323.
- NPAFC. 2020. NPAFC Statistics: Pacific Salmonid Catch and Hatchery Release Data. <https://npafc.org/>

- statistics/ (2021 年 3 月 26 日).
- 野川秀樹. 1992. 本州日本海沿岸におけるサケ増殖と資源動態. 魚と卵, 161: 29-43.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠. 1988. 水産資源学. 東京大学出版, 東京. 207 pp.
- 尾田昌紀. 2010. 琵琶湖流入河川におけるビワマスの産卵床分布. 日水誌, 76: 213-215.
- 尾田昌紀, 淀 太我. 2016. 2015 年の琵琶湖流入河川におけるビワマス産卵床の流程分布. 水産増殖, 64: 339-345.
- 坂井恵一, 甲斐嘉晃, 中坊徹次. 2011. ミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列に基づく石川県のサケ個体群の遺伝的変異. 日本生物地理学会会報, 66: 155-163.
- Salo, E.O. 1991. Life history of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). In Pacific salmon life histories. Edited by C. Groot and L. Margolis. UBE Press, British Columbia, Canada. pp. 231-309.
- 高橋昌也. 2015. 日本系サケ地域個体群におけるふ化放流の現状. 水研センター研報, 39: 49-84.
- 玉置泰司. 2021. 内水面漁協組合員の減少・高齢化とその対策. 機関誌ぜんない, 59: 18-21.
- ト部浩一, 三島啓雄, 宮腰靖之. 2013. 十勝川水系におけるサケ・サクラマスの産卵環境評価 (資料). 北海道水試研報, 84: 47-56.
- Urawa, S., Beacham, T.D., Fukuwaka, M., and Kaeriyama, M. 2018. Ocean ecology of chum salmon. In The ocean ecology of pacific salmon and trout. Edited by R.J. Beamish. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. pp. 161-317.