

研究成果情報

稚魚が食われて起こること

はせがわ こう ほんだ けんたろう
長谷川 功・本多 健太郎（水産資源研究所さけます部門 資源生態部）・佐々木 系（水産技術研究所環境・応用部門 沿岸生態システム部）

肉食動物が獲物を狩るシーンは、ダイナミックで、テレビの自然番組などで流れると思わず見入ってしまう人も多いのではないのでしょうか？食う（捕食）－食われる（被食）の関係は、生物の個体数の変動に影響するだけでなく、ときに何種類もの生物で構成される生態系の構造まで変えてしまう、生態学的にみてもダイナミックな現象です。

さけますも、自然界では食う－食われるの関係の真っ只中にいます。Okado and Hasegawa (2024)では、日本生まれのさけます3種（サケ・カラフトマス・サクラマス）の、河川から外洋にかけて、つまり、稚魚から親になって川に遡上するまでの捕食者に関する先行研究を整理しました。すると、彼らが常に色々な捕食者から狙われていることが読み取れたのですが、実際に、きちんと調査ができているのは今のところ、河川から沿岸にかけての稚魚期だけです。その他の場所、成長段階については調査を計画もしていないので、読者の皆様には怠慢とお叱りを受けるかもしれませんが、特に放流直後は、あらゆる魚類に稚魚が食われることは古くから知られていました（久保 1946; 長澤・帰山 1995）。ですので、まずは稚魚期に着目した研究アプローチは悪くはないと思っています。そこで、本稿では近年、著者らが取り組んださけますの稚魚をめぐる食う－食われるの関係に関する研究を紹介します。

小さい稚魚は食われやすい

そもそもさけますの被食に関する研究に取り組もうとしたきっかけは、2018年3月に北海道松前町及部川でサケ稚魚の降海行動（長谷川ら 2019）を調査していた空き時間に“海アメ”釣りに興じたことでした。北海道では、イワナ（アメマス）はごく普通に沿岸部でもみられ、遊漁の人気ターゲットです。彼らが放流したサケ稚魚を捕食することは釣り人の間ではよく知られたことだったので、実際にどれくらい捕食しているのだろうか？と放流日翌日に及部川周辺でイワナを釣っては胃内容物を吐き出させてみました。すると、釣ったイワナ9尾（尾叉長34～43 cm）すべてがサケ稚魚（12～57尾）を食べていました。これはもはや当然の結果なのかもしれませんが、興味深いことに、耳石温度標識から前日及部川から放流された稚魚について尾叉長をみると、食われていた

稚魚（平均4.3 cm：換算式を用いて生存時の尾叉長に補正）は、放流された稚魚全体（平均4.6 cm）よりも小さい方に偏っていました（Hasegawa et al. 2021）。捕食者からしてみれば大きい方が魅力的な餌なので、食われる稚魚の尾叉長は大きい方に偏ることも考えられたのですが、今回の結果は、小さい方が捕食者回避能力（逃げるスピードなど）が劣るということが強く反映されたようです。また、Honda et al. (2020)では、釧路川で放流されたサケ稚魚の河口到達時（≒降海時）の体サイズ組成と比べて、少し離れた沿岸部で採集した稚魚の耳石を使って割り出した降海時の体サイズは大きい方に偏ったことから、降海時に小さい稚魚はその後生き残りにくいことを指摘しています（図1）。及部川での結果を踏まえると、捕食者が誰かまでは断定できませんが、小さい稚魚が食われたことが原因のように思います。

なお、同様のパターンは、石狩川水系千歳川のブラウントラウトとサケ稚魚、尻別川水系目名川のイワナとサクラマス稚魚の組合せでも確認されました（Hasegawa et al. 2021）。どうやら、放流されたさけますの稚魚のうち、小さい魚は早々に食われてしまい、場合によってはその後の幼稚魚の体サイズ組成にまで影響しているのかもしれません。

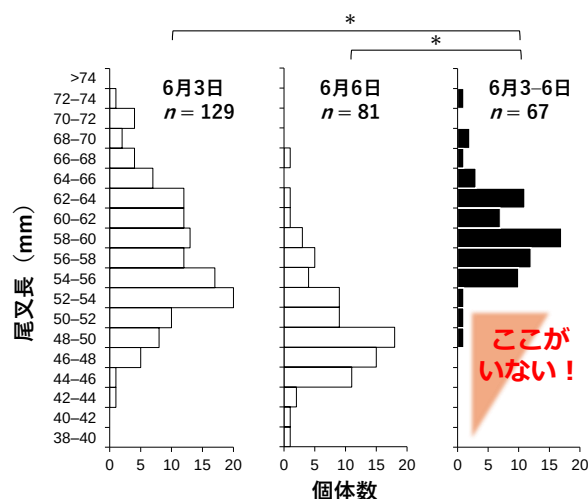


図1. 2013年6月3日と6日に釧路川河口（降海直前）で採集されたサケ幼稚魚の尾叉長分布（白）と同年に釧路川河口から東方約20 km 沖で採集された釧路川産サケ幼稚魚のうち、耳石の日輪から逆算・推定した降海日が6月3-6日の個体の降海時点の尾叉長分布（黒）。*統計学的な有意差あり。すなわち、降海後約20 km 東方まで生残した個体は降海サイズが大きく偏る≒大型個体が生残しやすい。Honda et al. (2020)の Fig. 3 を改変。

稚魚が食われるのは一時的？

稚魚の放流が行われると、周囲にいる捕食者は、普段は魚を食べない種類であっても稚魚ばかり食うようになります。サケ科魚類がその代表例で、なかには、体型が変わるほどお腹がパンパンになるまで食っている場合があります(図2)。そんな捕食者は、きっとガンガン成長しているに違いない！と思って、2019年に先述の目名川のイワナとサクラマス稚魚で調査をしました(Hasegawa and Fukui 2022)。方法はシンプルで、尻別川水系目名川のイワナに外部標識を施し、定期的に採集しては体サイズを測り成長を記録しました。また、比較のために同じ尻別川水系でサクラマスのいない支流でイワナの成長を同様に記録しました。その結果は、予想と全く異なりました。たしかに放流後2日以内だと、幅がせいぜい5m程度の川に、足の踏み場もないほど稚魚が泳いでいて、イワナもお腹がはちきれんばかりに稚魚を食っていたのですが(イワナの尾叉長:12~26cm;イワナ1尾が捕食していた稚魚数:1~38尾)、20日も経過すると、稚魚はまだまだたくさんいるのに、イワナはぱったり稚魚を食わなくなりました。そんなことから、捕食者の成長がよくなるなんてことはありませんでした。その理由として、放流後しばらくして、稚魚が河川環境に馴致し、適切に捕食者回避行動をとれるようになったこと、それに伴いイワナにとっては、逃げ回る稚魚よりも動きの鈍い落下・流下昆虫を狙った方が採餌効率を高めやすい、なんて教科書通りの考察をラーメン屋で同僚に説明していたら、その彼が脂多めのラーメンにやられながら、

「魚も胃もたれするんじゃない??」

とぼそっとつぶやきました。

生理学的に紐解く、食うー食われるの関係

調べてみると、魚が胃もたれをすることを証明する方法はなくはなさそうなのですが、聞いたこともない薬品や機械があれこれと必要で、予算的に研究はできそうにありません。ただ、脂(脂肪酸)というキーワードは著者らにとっては目新しく、研究対象として魅力的でした。そこで、捕食者の筋肉中に含まれるオメガ3脂肪酸(特にDHA(ドコサヘキサエン酸)とEPA(エイコサペンタエン酸))の変化を先述の尻別川水系のイワナで調べました(Hasegawa et al. 2023)。サンプリングは2021年にやり直したのですが、やはり放流直後以外はイワナはサクラマス稚魚を食べていませんでした。ところが、イワナのDHAとEPAの含有量は放流前と比べると放流後は劇的に増加していました(図3)。魚にとってDHAは成長や性成

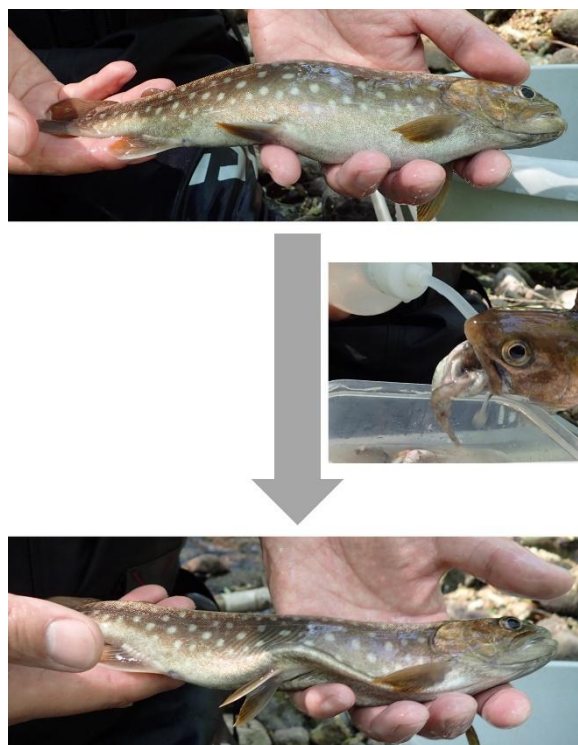


図2. 放流されたサクラマス稚魚を大量に食ったイワナ。ストマックポンプで胃内容物を採取したら腹がぺちゃんこになった。

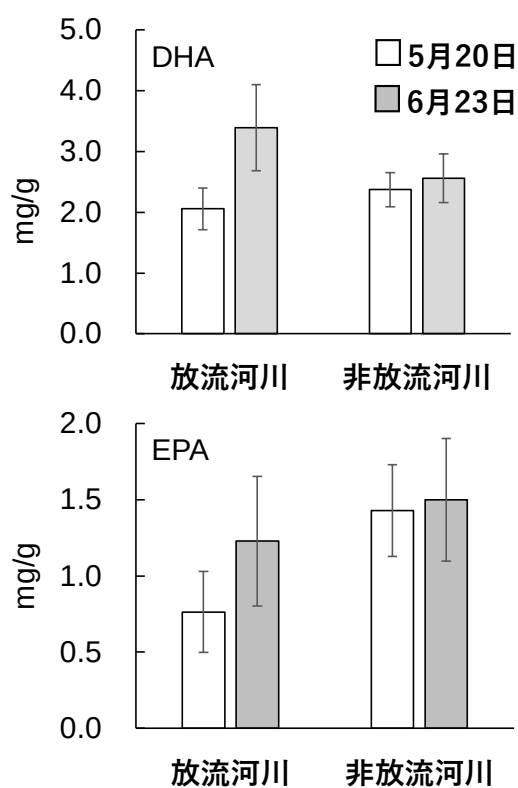


図3. サクラマス稚魚放流河川と非放流河川でイワナの筋肉中のDHAとEPAの含有量を放流前後(5月20日と6月23日:放流日は5月25日または27日)と比較した。棒グラフは平均値、エラーバーは標準偏差を示す。グラフはHasegawa et al. (2023)のFig. 2で示したデータを元に本稿用に作り直した。

熟に不可欠な栄養素で、普段は体内で EPA から合成して獲得します。これだけ急激に DHA が増加したということは、もともと DHA を含んでいた魚類を捕食、すなわち放流された稚魚から獲得したと考えるのが妥当でしょう。EPA は魚類よりも水生昆虫の方が含有量が多いのですが、稚魚を大量に捕食したために急増したと考えられます。いずれにせよ、成長では評価できなかったサクラマス稚魚捕食のメリットを、生理学的アプローチによって、1 つ示唆することができました。

浮かびあがった不都合な真実～ふ化放流事業と外来種問題の意外な関係～？

ここまでイワナを捕食者代表として研究成果を紹介してきました。ふ化放流事業を通じて在来種であるイワナの生態を攪乱することに生物多様性保全上の問題がないとは言い切れないのですが、捕食者が外来種になると、ふ化放流事業遂行と外来種管理の両方の観点からより複雑な問題がありそうです。そこで、北海道のサケ稚魚と外来種ブラウントラウトがどのような関係にあるか調べてみました。

ブラウントラウトはヨーロッパ周辺が原産のサケ科魚類で、北海道でもいくつかの河川で定着し、イワナを駆逐してしまうなど生物多様性保全上の問題がかねてから指摘されています(長谷川 2016, Hasegawa 2020)。放流されたサケ稚魚を大量に捕食することから(図 4)、駆除が行われた河川もありますが(下田 2012)、ブラウントラウトがサケの資源変動にどれだけ影響しているかはよく分かっていません。そんなブラウントラウトについて、実は放流されたサケ稚魚が越冬後(しかも産卵後)の栄養状態回復に一役買っているのではないかと考え調べてみました(Honda et al. 2024)。この研究では、北海道内のいくつかのサケ稚魚放流河川、非放流河川でブラウントラウトを採集し、イワナとサクラマス稚魚のときと同様に、生理学的アプローチを用い、栄養状態の指標となるいくつかの項目(肥満度、トリグリセリドや DHA の含有量など)を測ってみました。その結果、総じて放流河川のブラウントラウトの方が回復が早い、つまり、サケ稚魚の捕食を通じて、ブラウントラウトが栄養状態をより早く回復させていることが明らかになりました。大袈裟な言い方をすると、サケ稚魚放流はブラウントラウトの個体群維持に一役買っているかもしれない、ということです。ふ化放流事業や外来種管理の方針については、多種多様な考え方があるので、本稿で正解を探ることはしません。しかし、本研究はサケ稚魚とブラウントラウトの関係について看過できない事実を示しており、少なくとも両種と関係が深い方々に



図 4. 水中銃で捕獲したブラウントラウトから胃内容物を取り出す。この個体はおよそ 500 尾のサケ稚魚を食べていた。

はこのような事実があることをぜひ知っておいて欲しいと思います。

捕食者の分布を考える～さけますをめぐる食うー食われるの関係をよりよく知るために～

冒頭で食うー食われるの関係は時に生物の個体数の変動に影響する、と述べましたが、さけますが稚魚期に食われることで、実際にどの程度、資源量に影響しているのかはよく分かっていません。あるいは、稚魚は栄養段階でいえば低次に位置付けられるので(生態ピラミッドの下の方)、食われて当然の存在なのかも知れません。とはいえ、捕食者の分布やその捕食者がどの程度稚魚を食べているかを把握しておくことは、さけますの管理に必要な知見でしょう。そこで、最後に捕食者の分布に関する研究事例を紹介します。

まずは、千歳川でのブラウントラウトの分布・移動を調べた研究です(Honda et al. 2023)。本研究では、サケ稚魚の放流シーズンになるとブラウントラウトが放流場所に集まってくる(蛸集(いしゅう)してくる)、というまことしやかに言われていた噂を確かめることを目的としました。2 年以上にわたり月一回(稚魚の放流シーズンを含む 2～5 月は 10 日に一回)の頻度で潜水目視により、放流場所(千歳さけます事業所)周辺のブラウントラウトを計数しました。気温がマイナス 10 度を下回る極寒の季節でもシュノーケリング調査を

し、さらに音響テレメトリーも併用して数十個体のブラウントラウトに発信器を付けて行動を追跡したのですが、結局噂は噂でしかありませんでした。稚魚の放流シーズンでも放流場所付近ではブラウントラウトの数は増えず、いずれの追跡個体も放流場所付近まで移動しませんでした。どうやら、千歳川のように定期的に大量放流（毎年計約 3 千万尾、一回当たりの放流が 100 万尾以上）をする河川では、捕食者がわざわざ放流場所まで移動しなくても、自然条件下ではあり得ないほど大量の餌（サケ稚魚）にありつけるようです。実際に、放流場所から 10 km ほどの下流でも稚魚の放流翌日に 100 尾以上のサケ稚魚を食っているブラウントラウトが複数確認されました。食われた稚魚の耳石温度標識を調べたところ、そのほとんどが前日に放流された稚魚と判明しました。蛇足ですが、千歳川はブラウントラウト釣りで人気の河川ですが、釣り人をよく見掛けた場所では、あまり魚を目にすることはありませんでした。

捕食者の自然分布域は、経年的にも変わります。特に海域では新たな捕食者の分布が確認されることもあります (Kitada et al. 2023)。実際に岩手県では海洋環境が変化したためか、近年、サケ稚魚の沿岸滞泳期である春季にサバ類（マサバおよびゴマサバ：主にマサバ）成魚がまとまって沿岸に来遊するようになりました。サバ類は魚食性を示すことに加え、個体数が多いため、放流されたサケ稚魚の多くが食べられていないか懸念されました。そこで、岩手県の宮古湾において、サケ稚魚の沿岸滞泳期にあたる 4 月から 6 月にかけて釣獲したサバ類成魚 166 尾の胃内容物を調べてみました。その結果、サケ稚魚はサバ類の成魚に捕食されていることが確認されましたが（サバ類の尾叉長：30~35 cm；サバ類 1 尾が捕食していたサケ稚魚数：1~7 尾）、サケ稚魚を捕食していたサバ類の数は、10 尾と多くありませんでした (Sasaki et al. 2023)。サバ類は、魚類ではサケよりもカタチイワシを多く捕食していました。また、オキアミ類や端脚類（カマキリヨコエビ類、ワレカラ類など）を中心とした体長十数 mm の動物プランクトンや小型甲殻類をよく捕食していました。サバ類は魚類から動物プランクトンまで幅広い生物種を餌として利用できるため、サケ稚魚といった特定の種に対する捕食圧は高くなりにくいかもしれません。

著者らの本音

本稿で紹介した食う—食われるの関係はすべて放流されたさけます稚魚が研究対象です。ふ化放流事業に従事する人たちから、放流した稚魚の被食実態を把握して欲しいという研究ニーズがあが

っていたため実施したということもありますが、放流がされていない野生魚のみの河川では、実はそれほどさけます稚魚は食われていません (Hasegawa et al. 2012 ; Honda et al. 2024)。すなわち、本稿で紹介した事例はふ化放流事業によっておきた現象ともいえます。さけますの資源管理はふ化放流事業と自然再生産の両方を活用して進めるのが理想とされています (大熊ら 2016)。しかし、近年はふ化放流事業を続けても資源低迷に歯止めがかからない中で、著者らの本音としては、いくつかの既存文献が示すように野生魚を増やしていくのが良さそうだと考えるのですが (小倉ら 2024 ; 佐橋 2024 ; 有賀 2024)、そのように判断するにはまだまだ情報不足です。だからこそ、本稿で示したように稚魚が食われることで何が起るかという情報もさけます資源管理についての議論を建設的に進めるためには重要と考えます。

引用文献

- 有賀 望. 2024. 豊平川のサケは存続可能？SWSP の役割と今後の課題. SWSP NEWSLETTER, 14: 4-7.
- 長谷川 功. 2016. 外来サケ科魚類ニジマス・ブラウントラウトの定着メカニズムと在来生態系への影響. SALMON 情報, 10: 8-15.
- Hasegawa, K. 2020. Invasions of rainbow trout and brown trout in Japan: A comparison of invasiveness and impact on native species. Ecology of Freshwater Fish, 29: 419-428.
- Hasegawa, K., and Fukui, S. 2022. Pulsed supplies of small fish facilitate time-limited intraguild predation in salmon-stocked streams. Royal Society Open Science, 9: 220127.
- Hasegawa, K., Honda, K., Yoshiyama, T., Suzuki, K., and Fukui, S. 2021. Small biased body size of salmon fry preyed upon by piscivorous fish in riverine and marine habitats. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 78: 631-638.
- 長谷川 功・森田健太郎・大熊一正・鈴木健吾・本多健太郎・中島 歩・吉野州正・日本海さけます増殖事業協会・渡島管内さけます増殖事業協会. 2019. サケ稚魚の降海行動が活発になるとき. SALMON 情報, 13: 14-19.
- Hasegawa, K., Yamazaki, C., Ohta, T., and Ohkuma, K. 2012. Food habits of introduced brown trout and native masu salmon are influenced by seasonal and locational prey availability. Fisheries Science, 78: 1163-1171.
- Hasegawa, K., Yano, Y., Honda, K., and Ogura, Y. 2023. DHA and EPA levels in a piscivorous fish changed by preying upon stocked salmon fry.

- Scientific Reports, 13: 15278.
- Honda, K., Hasegawa, K., Ono, I., and Miyashita, K. 2023. Piscivorous brown trout *Salmo trutta* does not migrate from distant downstream habitats to a massive release site for chum salmon *Oncorhynchus keta* fry in the Chitose River, northern Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 106: 707-715.
- Honda, K., Hasegawa, K., Ban, M., Yano, Y., and Ogura, Y. 2024. Massive stocking of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry fattens non-native brown trout (*Salmo trutta*) in Hokkaido, Japan. *PLOS ONE*, 19: e0307552.
- Honda, K., Shirai, K., Komatsu, S., and Saito, T. 2020. Sea-entry conditions of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* that improve post-sea-entry survival: a case study of the 2012 brood-year stock released from the Kushiro River, eastern Hokkaido, Japan. *Fisheries Science*, 86: 783-792.
- Kitada, S., Myers, K. W., and Kishino, H. 2023. Hatcheries to high seas: climate change connections to salmon marine survival. *bioRxiv*, 2023-09.
- 久保達郎. 1946. 各種河川魚の鮭鱒稚魚食害に就て. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 1: 51-55.
- 長澤和也・帰山雅秀. 1995. 日本沿岸水域における魚類と海鳥類によるサケ幼稚魚の捕食. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 49: 41-53.
- 小倉裕平・大門純平・長谷川 功. 2024. サクラマ
- ス日本系. 令和 5 年度国際漁業資源の現況 (詳細版). 水産庁・国立研究開発法人 水産研究・教育機構, 東京・横浜. 62: 1-11.
- 大熊一正・長谷川 功・佐藤俊平・岸 大弼・市村政樹・飯田真也・森田健太郎. 2016. 平成 27 年度さけます資源部第 1 回連絡会議ワークショップ「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.
- Okado, J., and Hasegawa, K. 2024. Exploring predators of Pacific salmon throughout their life history: The case of Japanese chum, pink, and masu salmon. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, <https://doi.org/10.1007/s11160-024-09858-y>
- 佐橋玄記. 2024. カラフトマス日本系. 令和 5 年度国際漁業資源の現況 (詳細版). 水産庁・国立研究開発法人 水産研究・教育機構, 東京・横浜. 60: 1-10.
- Sasaki, K., Yatsuya, M., Shimizu, D., Ojima, D., and Komatsu, S. 2023. Occurrence of Predation of Juvenile Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*) by Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) and Spotted Mackerel (*Scomber australasicus*) in Miyako Bay, Iwate Prefecture, Japan. *Journal of Marine Science and Technology*, 31: 15.
- 下田和孝. 2012. 北海道における外来魚問題 (外来サケ科魚類). *日本水産学会誌*, 78: 754-757.