

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2021

課題番号：16K07857

研究課題名(和文) 視覚的障害物の競争緩和効果を利用したサケ科複数種の放流魚と野生魚の共存策の提言

研究課題名(英文) Mitigating competitive interaction between hatchery and wild salmonid species by visual barriers

研究代表者

長谷川 功 (Hasegawa, Koh)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所(札幌)・主任研究員

研究者番号：00603325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：サケ稚魚放流魚は、個体間の干渉型競争ではサクラマス稚魚野生魚よりも劣位であるが、実際に放流された場合は、個体数がサクラマスよりも圧倒的に多いので、消費型競争を通じて、サクラマス稚魚の採餌効率や成長の低下を引き起こすことが野外調査より示唆された。河川に放流されたサケ稚魚やサクラマス稚魚のうち、相対的に小型の個体が魚食性魚類に捕食されやすいことを示した。これは、小型個体の方が遊泳速度など、捕食者回避能力に劣るためであろう。視覚的障害物をはじめ流速等の河川の物理環境が一連の結果に及ぼした影響は、検出できなかった。これは物理環境の影響をマスクするほどに放流魚の密度が高かったためと考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

資源増殖目的で放流されるさけますの孵化場産魚が、自然産卵由来の野生魚とどのような関係にあるか、河川の物理環境の影響も加味して検討した。その結果、サケはサクラマスよりも1対1の縄張り争いでは劣位であるが、河川に放流されるとサクラマス野生魚よりも数的に圧倒的に優位になるために、サクラマスの成長を阻害することがわかった。また、放流された孵化場産のサケやサクラマスのうち、相対的に小型の魚がイワナやブラウントラウトに捕食されていた。いずれの研究事例においても物理環境の影響は検出されなかったが、これは、放流された孵化場産魚が物理環境の影響をかき消すほどに高密度であるためだろう。

研究成果の概要(英文)：Hatchery chum salmon fry were inferior to wild masu salmon fry in interference competition. However, chum salmon fry might suppress foraging efficiency and growth of masu salmon fry through exploitative competition in stocked streams due to the excess number of individuals.

Among stocked hatchery chum and masu salmon fry, the smaller individuals tended to be preyed upon piscivorous fish. The poor ability of predator avoidance (e.g., swimming speed) of the small fish may cause these results.

Throughout the studies, I couldn't detect the effect of stream physical factors (e.g., visual barrier, current velocity) on the interspecific interactions such as competition and predation. The high densities of stocked hatchery fish may mask the effects of the physical factors.

研究分野：水産

キーワード：さけます 野生魚 放流魚 競争 捕食 密度依存 外来種

1. 研究開始当初の背景

サケ科魚類の多くは食用や遊漁の対象となる水産重要種で、資源増殖のための種苗放流が世界各地で行われてきた。日本国内では、北日本を中心にサケ・サクラマス等が放流されているほか、北海道以外の地域ではイワナ・ヤマメ・アマゴが遊漁対象として放流されている河川が多い。また、国外外来種であるニジマス・ブラウントラウト等が放流され、野生魚として定着している地域もある。

放流が行われる多くの河川には、野生のサケ科魚類が、放流魚種と同種、異種を問わず生息している。したがって、放流魚と野生魚間には、様々な相互作用(競争・食う - 食われるの関係・交雑等)が生じる。特に、稚魚放流では、彼らは稚魚期特有のハビタットを利用するため、放流魚と野生魚の稚魚の間に強い競争関係が生じる。競争関係は、稚魚の成長や死亡を通して、その後の放流魚と野生魚両方の資源動向にも影響するとして、国内外で研究が盛んである。その概要は、放流魚は飼育下で大型にしてから河川へ放されるため体サイズのアドバンテージを活かして野生魚より優位になるか、逆に放流魚は飼育条件に特化した行動特性をもつため、河川では野生魚より劣位になるか、に大別される。ただし、これらは同種の放流魚と野生魚の競争関係(放流魚と野生魚間の種内競争)の場合で、放流魚と異種の野生魚との競争関係については、海外の研究を見渡しても数例しかない。種間競争では、前述の体サイズ差、行動特性のほか、種特異的な要因(例:攻撃能力の種間差)も加わるので、競争関係の帰結は種内競争とは異なる場合もある。つまり、放流魚と野生魚の競争関係は、種内・種間競争の両方を考慮してはじめて理解したといえるだろう。

河川内のサケ科魚類の競争様式は、基礎生態学的な視点から研究が進んでいる。一連の研究によると、干渉型競争(採餌空間を巡り、他個体への攻撃による競争)が主体で消費型競争(餌を巡る競争:個体間の干渉はない)も同時に起きているという。そして、これらの競争関係の帰結は、密度依存的であり、攻撃からのシェルターとなる障害物や各個体のハビタット利用に関係する流速など、物理的環境要因の影響も受ける。

2. 研究の目的

サケ科魚類の競争関係について基礎生態学的な知見が蓄積されていることから、放流魚と野生魚間の種間競争の研究を進める際にも、密度依存性と、それに対する物理的環境要因の影響も評価することが必要だろう。本研究では、北日本の広域で放流事業が行われているサケとサクラマスを対象魚種として、生息河川の物理的環境要因の影響を考慮したうえで、放流魚と野生魚の種間競争の実態解明に取り組む。加えて、放流魚に対する他魚種の捕食についても検討した。

3. 研究の方法

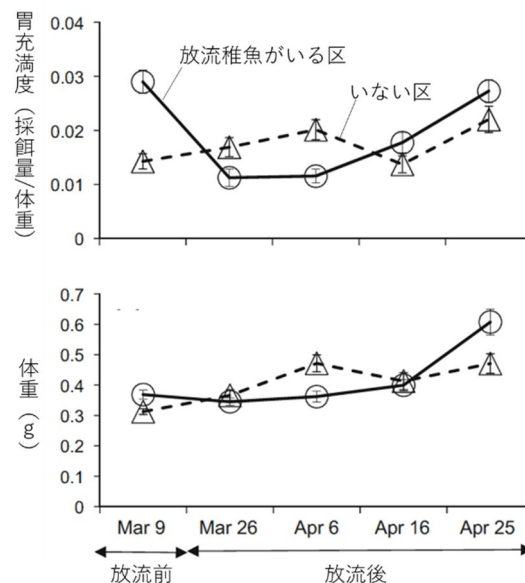
1. 北海道石狩川水系千歳川支流ママチ川(サケ稚魚が300万匹放流)に、放流地点から下流に4調査区(放流稚魚がいる区)と上流(同いない区)に4調査区を設け、調査区内の野生サクラマス稚魚の採餌量(胃充満度)と体サイズ(体重)

の経時変化を記録した。

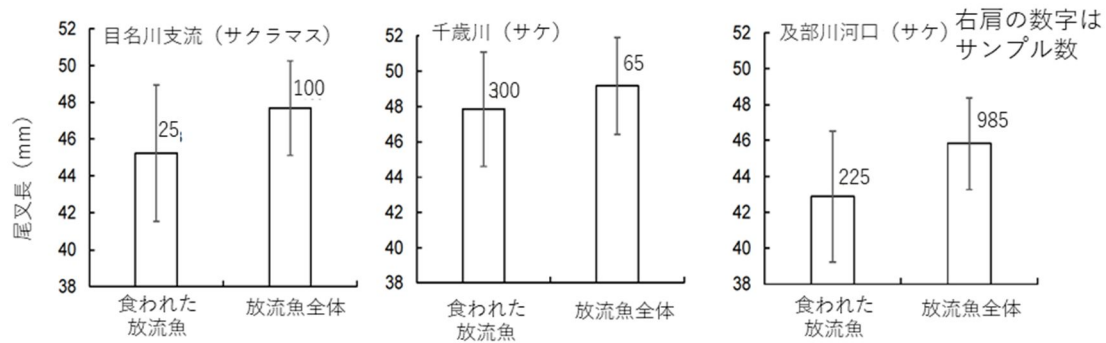
2. 物理的環境が異なる、上述の千歳川（川幅約 30m：被食者：放流サケ稚魚；捕食者：サケ科ブラウントラウト）、北海道尻別川水系目名川（川幅 3~5m：被食者：放流サクラマス稚魚；捕食者：サケ科イワナ）、北海道及部川河口周辺の海域（被食者：放流サケ稚魚；捕食者：イワナ）の 3 地点で捕食者の胃内容物から捕食直後の放流魚のサンプルを採取し、放流魚全体の体サイズ（尾叉長）と比較した。

4. 研究成果

1. 放流稚魚がいる区では、放流直後にサクラマスの胃充満度が急減し、その後、しばらく放流稚魚がいない区よりも低水準を推移したが、降海行動によりサケ稚魚が調査区からいなくなるにつれて放流稚魚がいる区といない区の胃充満度は同程度となった。また、体サイズの推移も同様であった（下図）。以上のことから、放流稚魚が極端に高密度に生息すると、野生サクラマス稚魚の成長は種間競争により抑制されたと考えられた。



2. いずれの地点においても、平均体サイズは、放流魚全体に比べて捕食された放流魚は小さかった（下図）。本研究で捕食者として扱った魚種は、群れに突進して小型魚を捕食する。そのような捕食行動の場合、捕食者は餌生物を体サイズに応じて選択できるとは考えにくい。むしろ体サイズの違いによって生じる捕食者回避能力の違いが反映されたため、小型個体の方が多く捕食されたのであろう。



研究成果 1 と 2 とともに、調査区の物理的環境によって結果の傾向が異なることはなかった。これは、放流魚があまりにも高密度であったために密度の影響が物理的環境要因の影響をマスクしたためと考えている。これまでのサケ科魚類間に生じる相互作用への物理的環境要因の影響を調べた研究例では、(放流が実施されていない)自然河川での密度条件を想定して行われてきた。同様の研究を放流実施下で行う場合は、放流は自然下ではあり得ないほどの高密度条件をもたらすことを考慮する必要があるだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 K Hasegawa, K Honda, T Yoshiyama, K Suzuki & S Fukui	4. 巻 78
2. 論文標題 Small biased body size of salmon fry preyed upon by piscivorous fish in riverine and marine habitats	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science	6. 最初と最後の頁 631-638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/cjfas-2020-0339	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Watz, J., Ohtsuki, Y., Nagatsuka, K., Hasegawa, K. & Koizumi	4. 巻 64
2. 論文標題 Temperature-dependent competition between juvenile salmonids in small streams	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Freshwater Biology	6. 最初と最後の頁 1534-1541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/fwb.13325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 長谷川功・北西滋・宮本幸太・玉手剛・野村幸司・高木優也	4. 巻 86
2. 論文標題 沿岸漁業および内水面の遊漁における重要種Oncorhynchus masou masou (サクラマス・ヤマメ)の包括的な資源管理に向けた提言	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 2-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2331/suisan.19-00028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hasegawa, K.	4. 巻 29
2. 論文標題 Invasions of rainbow trout and brown trout in Japan: A comparison of invasiveness and impact on native species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology of Freshwater Fish	6. 最初と最後の頁 419-428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eff.12534	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長谷川功	4. 巻 84
2. 論文標題 尻別川支流におけるサクラマスとイワナの生息密度	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 728-730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2331/suisan.18-00001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koh Hasegawa & Ayumi Nakashima	4. 巻 20
2. 論文標題 Wild masu salmon is outcompeted by hatchery masu salmon, a native invader, rather than brown trout, a nonnative invader	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biological Invasions	6. 最初と最後の頁 3161-3166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10530-018-1765-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koh Hasegawa	4. 巻 90
2. 論文標題 Displacement of native white-spotted charr by nonnative brown trout after resolution of habitat fragmentation by a migration barrier	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 2475-2479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.13320	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐々木系・長谷川功・八谷三和	4. 巻 83
2. 論文標題 岩手県沿岸河川で起きた養殖ギンザケの逸出とその後の分布様式	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 1005-1007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2331/suisan.17-00012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hasegawa, K., Ohta, T. & Takahashi, S	4. 巻 806
2. 論文標題 Are hatchery chum salmon fry a native invader? Direct and indirect effects of stocking salmon fry on stream organisms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Hydrobiologia	6. 最初と最後の頁 111-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10750-017-3344-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hasegawa K	4. 巻 99
2. 論文標題 The density dependent interspecific competition between nonnative salmonids, rainbow trout and brown trout	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Environmental Biology of Fishes	6. 最初と最後の頁 433-438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10641-016-0484-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋悟・長谷川功・伊藤洋満・伴真俊・宮内康行	4. 巻 82
2. 論文標題 温度・餌環境が異なる河川に放流されたサケ稚魚の成長比較	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 559-568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2331/suisan.15-00032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto, S., Kubota, H., Hasegawa, K. & Nakamura, T	4. 巻 25
2. 論文標題 Census and effective population sizes of white-spotted charr (<i>Salvelinus leucomaenis</i>) in a fragmented landscape	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Ecology of Freshwater Fish	6. 最初と最後の頁 612-621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eff.12239	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hasegawa K, Mori T & Yamazaki C	4. 巻 90
2. 論文標題 Density-dependent effects of non-native brown trout <i>Salmo trutta</i> on the species-area relationship in stream fish assemblages.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 370-383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.13185	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 長谷川功、本多健太郎、芳山拓、鈴木健吾、福井翔
2. 発表標題 河川と沿岸域で魚類に捕食されたサケ科稚魚の体サイズ組成
3. 学会等名 日本魚類学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川功、本多健太郎、芳山拓、鈴木健吾、福井翔
2. 発表標題 河川と沿岸域で魚類に捕食されたさけます放流種苗の体サイズ組成
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川功、福井翔
2. 発表標題 放流種苗がもたらすボトムアップ効果：サクラマス稚魚の捕食を通じたイワナの成長促進
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本多健太郎、長谷川功、小野郁夫、宮下和士
2. 発表標題 ブラウントラウトはサケ稚魚放流地点に集まるのか？
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hasegawa, K.
2. 発表標題 Brown trout invasion in Japan: Comparison of their invasiveness from rainbow trout
3. 学会等名 Advances in the Population Ecology of Stream Salmonids (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koh Hasegawa & Ayumi Nakashima
2. 発表標題 Wild masu salmon is outcompeted by hatchery masu salmon rather than nonnative brown trout
3. 学会等名 Ecology and Evolutionary Ethology of Fishes (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川功・鈴木健吾・吉野州正・芳山拓
2. 発表標題 降海後のサケ放流魚に対するイワナによる捕食
3. 学会等名 日本魚類学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大槻泰彦・Johan Watz・長塚健汰・長谷川功・小泉逸郎
2. 発表標題 河川性サケ科魚類における温度依存的な種間競争：野外実験による検証
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川功
2. 発表標題 Oncorhynchus masou masouの分布に影響する人為的要因
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川功
2. 発表標題 北海道から本州に飛び火したブラウントラウト問題～定着メカニズムと生物多様性への影響を知るための今後の課題
3. 学会等名 日本魚類学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koh Hasegawa & Kazumasa Ohkuma
2. 発表標題 Lower growth of hatchery masu salmon fry compared with wild conspecifics in a stocked stream: Is it caused by high fish density or hatchery fish-specific traits?
3. 学会等名 International Symposium on the Discovery of Formosa Landlocked Salmon's 100th Anniversary (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川功・中島歩
2. 発表標題 競争を通じたサクラマス野生魚への影響は外来種よりも同種放流魚の方が大きい
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川功
2. 発表標題 尻別川支流におけるサクラマス(ヤマメ)とイワナの分布様式～ふ化放流事業と外来種問題の観点からの考察
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中江雅典・長谷川功
2. 発表標題 サケ科魚類3種カラフトマス <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , サクラマス <i>O. masou masou</i> およびサケ <i>O. keta</i> の側線系
3. 学会等名 日本魚類学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 長谷川功・大熊一正
2. 発表標題 サクラマス放流種苗で観察された顕著な低成長 - 密度依存型競争に着目した原因考察
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川功・太田民久・高橋悟
2. 発表標題 サケ稚魚放流が河川生態系に与える影響 - サケ放流魚とサクラマス野生魚の種間競争
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川功・太田民久・高橋悟
2. 発表標題 サケ稚魚放流が河川生態系に与える影響 - 水生昆虫の捕食を介した藻類へのトップダウン効果
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木系・長谷川功・八谷三和
2. 発表標題 岩手県沿岸河川への養殖ギンザケ種苗の逸出
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------