

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06214

研究課題名(和文) 側線系が退化した継代飼育サクラマスは生残に不利になるのか

研究課題名(英文) Are captive-bred cherry salmon with degenerated lateral line systems at a survival disadvantage?

研究代表者

中江 雅典(Nakae, Masanori)

独立行政法人国立科学博物館・動物研究部・研究主幹

研究者番号：30462807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：何世代にも渡って飼育されたサクラマス(継代飼育魚)では、水流等を感知する側線系の受容器数が野生のサクラマス(野生魚)よりも少なくなっていた。その継代飼育魚が自然環境下での生存に不利になるか検証した。その結果、暗闇での落下障害物に対する回避行動が変化し、回避成績も悪化していることを解明した。また、自然環境下での成長率も野生魚よりも低かった。ただし、側線系の受容器数との関連性はあまりなく、それ以外の要素の影響が強いことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

養殖等により何世代にも渡って飼育された魚では、自然環境下での生存率等が野生魚よりも低いことが知られていた。その原因のひとつとして側線系の受容器数の減少が挙げられると考えて検証したが、成長率や暗闇での落下障害物に対する回避の成績が悪化しているものの、側線系の受容器数以外の要素の影響が強いことが示唆された。今後も多様な視点での検証が必要であるが、本データは養殖や希少魚の生息域外保全での飼育の際に役立つ知見となる。

研究成果の概要(英文)：A reduction of neuromasts (sense organ of lateral line system) over the entire body, was examined for the first time in captive-bred (approx. F13) masu salmon *Oncorhynchus masou masou*. The total number of neuromasts in captive-bred fish was ca. 10% lower than in wild-caught and F1 (offspring of wild parents) fishes, suggesting that the system in captive-bred fish had reduced in number due to domestication. Furthermore, captive-bred masu salmon (approx. F15) tend to high rate of avoidance failure to a falling object under dark conditions than wild and F1 fishes. Growth rates of captive-bred fish (approx. F15) under natural conditions was also lower than those of wild fish. However, these trends were not be correlated with the number of neuromasts, suggesting a strong influence of other factors.

研究分野：魚類形態学

キーワード：サケ科 飼育 行動実験 回避行動 成長

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

側線系は、魚類と両生類に特有の感覚器であり、走流性や捕食、外敵からの逃避、群れの形成などに関わる重要な器官である。米国産のサケ科ニジマスの継代飼育魚において、感丘(側線系の受容器)数が野生魚よりも減少していることが2013年に報告された(Brown et al, 2013)。ただ、この報告には、継代飼育の世代数が不明であり、体全体の側線系を観察していないなどの問題があった。申請者らによる日本産サクラマスを用いた研究において、継代飼育魚(13世代目)の側線系の受容器数が10%以上減少していること、頭部ではなく体部の受容器数が減少していること、F1魚(人工授精によって生まれた魚で、親は河川に遡上してきた個体)では受容器数が減少していないことなどが明らかになっていた。

つまり、継代飼育魚において、養殖地域(孵化・養殖場)や種を超えて、側線系の受容器数の減少が生じるケースがあることが判明し、一世代では減少が生じていないため、養殖事業等ではしばしば起きる発生異常による形態異常とも異なることも示されていた。

### 2. 研究の目的

継代飼育魚が養殖・放流事業に利用されている場合があるため、事業の効率化のため、側線系の受容器数の減少が生存や成長にどの程度不利になるかを確かめることを目的とした。さらに、近年には放流魚が野生魚に及ぼす生態学的影響への配慮が水産資源管理にも求められるようになっており、野生魚と受容器数が減少した継代飼育魚間に生じる相互作用(主に競争・捕食・被食関係)についても科学的知見を収集することにした。

しかしながら、新型コロナウイルス感染症拡大に関連する社会状況(緊急事態宣言による外出・移動自粛要請等)により、競争・捕食・被食関係に関連する実験の2年間の延長や規模の縮小を強いられ、個体間競争や実際の捕食者回避の実験が行えなかったため、模擬捕食者(落下障害物)への回避行動および自然環境下での成長・摂餌実験に絞って評価を行うことにした。

### 3. 研究の方法

#### < 模擬捕食者回避実験 >

45 L 水槽に遮蔽板を入れて作成した幅 45 cm × 奥行 10 cm × 水深 20 cm の空間に実験魚 1 個体を入れ、水面下からの落下物(鉛粒 30 g と水を満たした 55.0 × 90.3 mm の円柱状 100 ml プラ容器を 3 本連ねたのもの)に対する反応を捕食者回避行動とし、回避行動や成功率を記録し、側線系の受容器数の計数も行った。実験魚には、北海道尻別川水系のサクラマスの野生魚(46.1-60.9 mm FL)、水産研究・教育機構日光庁舎産の同水系の継代飼育魚(41.5-53.6 mm FL; 約 15 世代目)、および同機構尻別さけます事業所蘭越施設産の F1 魚(43.5-61.0 mm FL; 親は尻別川に遡上してきた個体)を用いた。実験は、明条件(継代飼育魚 n=25, 野生魚 n=24, 人工孵化魚 n=28)と暗条件(継代飼育魚 n=30, 野生魚 n=27, F1 魚 n=28)で行動パターンを記録した。

#### < 成長・摂餌実験 >

北海道の石狩川水系千歳川の支流イケジリママチ川に 1 m × 1 m × 1 m の生け簀(生け簀内の平均水深 5.2 cm, 平均流速 12.3 cm/s)を設置し、各生け簀に実験魚 1 個体を入れて約 2 週間飼育後、成長率や採餌量を比較し、側線系の受容器数も計数した。実験魚には、北海道尻別川水系のサクラマスの野生魚(n=21, 45.2-59.3 mm FL)、水産研究・教育機構日光庁舎産の同水系の継代飼育魚(n=19, 47.3-54.4 mm FL; 約 15 世代目)、および同機構尻別さけます事業所蘭越施設産の F1 魚(n=18, 45.0-60.6 mm FL)を用いた。

均流速 12.3 cm/s)、各生け簀に 1 個体を入れて約 2 週間飼育して成長率や採餌量を比較した

#### 4. 研究成果

##### < 模擬捕食者回避実験 >

暗条件にて、継代飼育魚、F1魚、野生魚の順で回避成功率が下がるという結果が得られた(図1)。これはF1魚では学習の機会の欠如が、継代飼育魚では学習の機会の欠如と感覚機能の鈍化に起因すると考えられた。継代飼育魚では、暗条件での障害物回避時にフリージング(freezing)を行う割合が低かった。この理由は不明である。

##### < 成長・摂餌実験 >

継代飼育魚とF1魚の摂餌量が野生魚よりも多かったが、成長率は野生魚で高いという結果が得られた。側線系については、摂餌量と頭部の受容器数の間には関連性が認められたが、そのパターンは由来(野生魚、F1、継代飼育魚)によって異なった。全受容器数や成長率等では、いずれの由来の魚にも関連性が認められなかった。

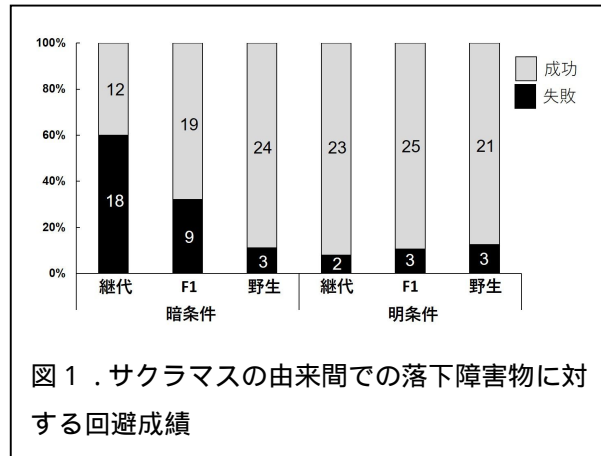


図1. サクラマスの由来間での落下障害物に対する回避成績

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hasegawa Koh, Nakae Masanori, Miyamoto Kouta	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of domestication and captive breeding on reaction to moving objects: implications for avoidance behaviours of masu salmon <i>Oncorhynchus masou</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1098/rsos.230045	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 Nakae Masanori, Hasegawa Koh, Miyamoto Kouta	4. 巻 12
2. 論文標題 Domestication of captive-bred masu salmon <i>Oncorhynchus masou masou</i> (Salmonidae) leads to a significant decrease in numbers of lateral line organs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-21195-3	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 Nakae Masanori, Hasegawa Koh	4. 巻 69
2. 論文標題 The lateral line system and its innervation in the masu salmon <i>Oncorhynchus masou masou</i> (Salmonidae)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ichthyological Research	6. 最初と最後の頁 362-371
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10228-021-00843-0	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 Sato Mao, Nakae Masanori, Sasaki Kunio	4. 巻 282
2. 論文標題 The paedomorphic lateral line system in <i>Pseudamiops</i> and <i>Gymnapogon</i> (Percomorpha, Apogonidae), with morphological and molecular based phylogenetic considerations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Morphology	6. 最初と最後の頁 652-678
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jmor.21337	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 Nakae Masanori, Kuroki Mari, Sato Mao, Sasaki Kunio	4. 巻 282
2. 論文標題 The lateral line system and its innervation in the Japanese eel <i>Anguilla japonica</i> (Teleostei: Elopomorpha: Anguillidae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Morphology	6. 最初と最後の頁 863-873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jmor.21353	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5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 中江雅典・長谷川 功
2. 発表標題 継代飼育と飼育環境がサクラマス <sup>1</sup> の捕食者回避行動に与える影響
3. 学会等名 2021年度日本魚類学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中江雅典・長谷川功・宮本幸太
2. 発表標題 サクラマス <sup>1</sup> の家魚化に伴う模擬捕食者に対する回避行動の変化 (予報)
3. 学会等名 2020年度日本魚類学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中江雅典・黒木真理・佐藤真央・佐々木邦夫
2. 発表標題 ニホンウナギ ( <i>Anguilla japonica</i> ) の側線系とその神経支配
3. 学会等名 2019年度日本魚類学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中江雅典・長谷川 功・宮本幸太・佐藤真央
2. 発表標題 サクラマスにおける成長と側線系の関係は由来によって異なる
3. 学会等名 2022年度日本魚類学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川 功・中江雅典・宮本幸太
2. 発表標題 家魚化と学習機会の喪失によって回避行動は鈍化する
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>以下の記事を執筆した。 中江雅典・長谷川 功・宮本幸太，2023．サクラマス（ヤマメ）の感覚が短期間に鈍る可能性～継代飼育魚の側線の研究から見えてきたこと～．アクアネット，2023年2月号：50&amp;#8211;54.</p>
--

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
研究分担者	長谷川 功  (Hasegawa Koh)  (00603325)	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   (82708)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	佐々木 邦夫  (Sasaki Kunio)  (10215717)	高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授    (16401)	2022年3月末で退職

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