

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450296

研究課題名(和文)川を降るサケ科魚類の行動と耐病性をホルモンで繋ぐ：放流種苗特性評価への展開

研究課題名(英文) Bridging between down-stream migration and defense system in salmonids through hormonal regulation: application for stock enhancement

研究代表者

矢田 崇 (Yada, Takashi)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・中央水産研究所・グループ長

研究者番号：80372043

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：サケ科魚類の降河行動と耐病性の制御機構について、「神経系-免疫系-内分泌系」間の相互作用という観点から調べた。行動でタイプ分けした個体群の比較により、水面近くに定位する群、または環境変化に反応して効果行動を起こしやすい群では、脳神経系での副腎皮質ホルモン刺激ホルモン放出ホルモン遺伝子の発現量に特徴的な差異が見られた。一方免疫系では、行動タイプによる顕著な差異は認められなかったが、環境変化に対する抑制的な反応が見られた。

研究成果の概要(英文)：This study examined possible regulatory mechanisms of down-stream migratory behavior and disease resistance in salmonid fishes, in a view of interaction between nervous, immune, and endocrine systems. Comparison of gene expression between groups selected by behavioral characteristics suggested a possible importance of corticotrophin-releasing-hormone in brain. There was no significant difference in immune-related genes between behavior-selected groups, except for suppression responding to environmental changes.

研究分野：農学

キーワード：生理

1. 研究開始当初の背景

日本でも広く行われているサケの放流は、自然でも孵化後にすぐに川を降るシロザケなどでは成功をおさめ、高い回帰率を示している。一方、孵化後しばらくは川で生活し、ある程度の大きさに育ってから海へと降るサクラマスなどでは、放流後に海での生活に慣れ、漁獲されるサイズにまで成長できる効率は、必ずしも高くない。この問題は海外においても広く認められ、大西洋沿岸諸国ではタイセイヨウサケ、北米西海岸ではマスノスケ・ギンザケ・スチールヘッドトラウトで顕著となっている。これらの魚では、川で生活する中でも複雑な生活型に分かれ、すべての個体が同じ時期に降河するわけではない。また川だけで暮らすタイプ（陸封型）も存在することが知られ、サクラマスではヤマメ、スチールヘッドトラウトではニジマスがそれに当たる。

降河期のサケ科魚類では、体の斑紋が消えて銀色に変化するスモルト化（銀毛化）という形態変化や、なわばりをやめて群れを作る、川の流れに逆らわなくなるなどの行動変化、海水の塩分にも慣れることができる生理変化が前もって起こり、海での生活の準備をすることが必要である。これらのスモルト化に伴う変化のうち、海水に適応する機構については幅広い研究が行われ、海水に慣れやすい放流種苗を判別する試みなども始まっている。しかし塩分には適応できても、河口に滞留してなかなか外洋へ出て行かない、海の新しい環境での疾病・寄生虫を防御できないなどの事例も報告される。即ち海水適応だけでなく、行動特性・耐病性を含めた総合的・効果的な対策が必要であるが、そのための基礎的知見が十分には得られていない。海水適応は内分泌系（ホルモン）で調節されているが、行動を司る脳神経系、体を守る免疫系もまたホルモンと密接な関係の上に成り立っており、神経-免疫-内分泌間の相互作用は、魚類においても恒常性の維持や成長の制御のために大きな役割を担うものである。応募者らはこのような視点からこれまでに、高成長と耐病性というプラスの面、そしてストレスと免疫抑制というマイナスの面から、魚類の神経・内分泌・免疫間相互作用について解析してきた。サケ科魚類が川を降るタイミングを計り、生残率・回帰性の高い放流種苗を育てるためには、スモルト化に伴う行動特性と免疫系の変化について、相互作用の観点から包括的に明らかにする必要がある。

『神経-免疫-内分泌間相互作用』は、行動科学・神経科学・免疫学・内分泌学の幅広い分野にまたがり、恒常性維持と耐病性・行動制御の総合的な理解を目指した概念である。サケ科魚類のスモルト化を通して、脳神経系と免疫系、内分泌系の相互作用が明らかになることにより、この概念を新しい環境への適応能力の高い種苗作出技術と、資源管理技術の開発に繋ぐことができる。またその成果は、

ウナギやアユなど、我が国の重要な回遊性水産魚種の降河・遡上行動について、共通した制御機構を理解することに対しても、波及することが期待される。

2. 研究の目的

神経-免疫-内分泌系相互作用に立脚した放流種苗特性評価技術を開発するために必要な知見を得ることで、将来の湖ならびに海からの回帰も見据えた、新たな視点による総合的な種苗作出技術の開発に資する。本研究ではサケ科魚類のスモルト化を通して、脳神経系と免疫系で起こるホルモンの機能的な変化を鍵として、即ち行動と耐病性をホルモンで繋ぐことで、放流種苗の特性評価に新たな視点を提供することを目的とする。そのため、行動面でタイプ分けした個体群の比較により、脳神経・免疫系におけるホルモン関連遺伝子の意義を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) ニジマス・スチールヘッドトラウトでのスモルト化ならびに環境刺激による行動変化の検証

身近なサケ科魚類であり、スモルト化しないニジマスに対して、同じ種でもスモルト化・降河行動が起こるスチールヘッドトラウトを材料として、スモルト化に伴う脳神経・免疫系におけるホルモン・免疫関連遺伝子の発現量の変動についての知見を得る。また環境変化に反応した行動で、タイプ分けした個体群の比較により、行動制御に関するホルモンの役割について解析する。具体的には白陶土の濁りに反応して、下流でトラップされた個体を降河群、上流に留まったものを残留群とする（図1）。脳・脾臓・頭腎等から RNA を抽出、逆転写により作成した cDNA を用い、リアルタイム PCR により特定遺伝子の mRNA 量を測定する。

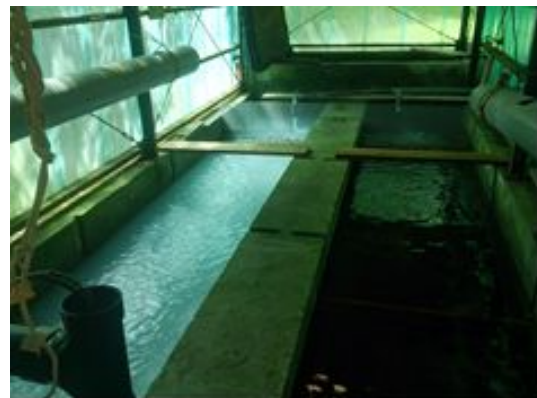


図1. 白陶土により濁らせた水路（左）と対照区（右）

(2) マスノスケでのスモルト化ならびに行動パターンによるタイプ分けの検証
併せて、アメリカ西海岸でマスノスケの行

動特性評価による資源管理を研究しているオレゴン州立大学の協力のもと、水面近くまたは底近くに定位するという行動パターンによりタイプ分けしたマスノスケについて（図2，3）スチールヘッドトラウト同様に、ホルモン・免疫関連遺伝子の発現量の変動について検証する。



図2．底近くに定位したマスノスケ稚魚。



図1．ピペットによるマスノスケの選別。このあと1年にわたり飼育し、スモルト化を待って実験に供した。

4．研究成果

(1) ニジマス・スチールヘッドトラウトでのスモルト化ならびに環境刺激による行動変化の検証

ニジマスとスチールヘッドトラウトを比較したところ、脳では視床下部基部を除いてコルチゾル受容体の mRNA 量に顕著な差は見られなかったが、コルチゾル分泌を調節し移動行動にも関与すると見られる副腎皮質ホルモン刺激ホルモン放出ホルモン (CRH) の mRNA 量は、終脳並びに視索前核でスチールヘッドの方が高かった。また脾臓におけるリゾチームの mRNA 量は、スチールヘッドの方が低かった。スチールヘッドの中で降河行動を起こしたものと起こさなかったものについて、コルチゾル受容体の mRNA 量を比較すると、脾臓並びに終脳では差がなかった一方、視索前核では降河したもののほうが高く、視床

下部基部では低くなっていた。CRH は終脳と視索前核で、降河したもののほうが高くなっていた。ニジマスとスチールヘッドトラウトの違いはスモルト化と、スチールヘッドの中での違いは降河したいという衝動と、それぞれ別個に関係しているものと思われる。

(2) マスノスケでのスモルト化ならびに行動パターンによるタイプ分けの検証

マスノスケでの行動とホルモン・遺伝子の関係を解析した結果、定常状態を比較すると、水面近くに定位する群よりも、底近くに定位する群の方が、CRH が高い傾向があった。一方水温低下の刺激を受けると、水面近くの群では CRH が上昇する反応が見られたが、底近くの群では有意な反応は見られなかった。ニジマスとスチールヘッドとの比較の場合と同じく、行動パターンに対応した遺伝子発現の差異が認められた。

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

Yada, T., Mekuchi, M., Ojima, N., Moriyama, S., (2016) Endocrinological assessment of the fish immune system from a high through-put gene sequencing perspective. 8th International Symposium on Fish Endocrinology, Gothenburg.

〔図書〕(計 2 件)

Yada, T., Tort, L. (2016) Stress and disease resistance. Immune system and immuno-endocrine interactions, in Fish Physiology, vol. 35, "Biology of Stress in Fish" Schreck, C.B., Tort, L., eds., Academic Press, 365-403.

矢田 崇 (2016) 魚類下垂体と免疫。「ホルモンから見た生命現象と進化」シリーズ第7巻 守 - 生体防御・社会性, 水澤寛太・矢田 崇編, 裳華房, 48-61.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢田 崇 (YADA TAKASHI)
国立研究開発法人・水産研究・教育機構・
中央水産研究所・内水面研究センター・資
源増殖グループ長
研究者番号：80372043

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

棟方 有宗 (MUNAKATA ARIMUNE)
国立大学法人・宮城教育大学・教育学部・
准教授
研究者番号：10361213

(4) 研究協力者

Carl B. Schreck (KAARU BI SYUREKKU)
オレゴン州立大学・オレゴン魚類・野生動
物研究連携ユニット・教授