

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：82708

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26850125

研究課題名(和文) 通し回遊性・非回遊性魚類の分散・滞留に関する研究

研究課題名(英文) Study of dispersal and retention of estuarine fishes in relation to the diadromy

研究代表者

横内 一樹 (Yokouchi, Kazuki)

国立研究開発法人水産総合研究センター・増養殖研究所・研究員

研究者番号：50723839

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、河口域において遊泳能力の乏しい仔稚魚が、分散・滞留をどのように選択しているか理解することを目指し、採集データ解析、飼育実験、耳石分析を行い広塩性魚類エツの河川内分布、仔魚の比重、走光性、成長、環境履歴について明らかにした。その結果、卵から仔魚にかけてエツは河川内を分散し、河川内に留まる期間の長さには個体差があった。仔魚は昼間に表層に分布し、鰾を小さくして魚体の体積を低下させ流れに対する抗力を減少させることで、下流への移動を抑えていると推察された。また、夜間は運動を停止して鰾の膨満により、沈降を緩やかにすることで滞在深度を維持していると考えられた。

研究成果の概要(英文)：In this study, data analyses for riverine distribution, experiments of specific gravity, phototaxis and body growth, and estimations of individual environmental histories of euryhaline fish larvae were conducted using the Japanese grenadier anchovy *Coilia nasus*, which was intended to understand the dispersal and the retention of larvae having poor swimming ability in estuaries. As a result of this study, individuals dispersed in the river during egg to larval stage, and durations of the stay in the river showed large variation among individuals. Results suggested that larvae stayed surface layer of water column by swimming with positive phototaxis, and minimized volume of their swim-bladder for the reduction of resistance to water currents and downward transports by river flow during daytime. In the nighttime, it was thought that larvae stopped to swim, enlarged their swim-bladder to slow down to sink and kept the depth.

研究分野：魚類生態学

キーワード：通し回遊 耳石 比重 走光性 日齢 成長速度

1. 研究開始当初の背景

魚類の移動には、種レベルで定型的な回遊に加えて、個体レベルで偶発的な成育場のシフトがある。後者は広塩性を獲得した魚類にとって、海と川を行き来する大きな生活史変異として現れる。河川から沿岸域までの塩分勾配の中で、生息域利用とそのシフトは、魚類の移動・回遊の最も基本的な要素として理解できる。

魚類の通し回遊に関する従来の研究は、サケ科魚類とウナギ属魚類が中心であった。しかし、固有種や絶滅危惧種などを多く含むその他の広塩性魚類では情報が限られ、基礎知見の集積は急務となっている。また、沿岸から河川までの異なる領域を利用するこれらの魚類の回遊実態を調べることは、河口堰や護岸、用水などで人為的な影響を強く受ける陸水や内湾域における効果的な保全策の立案に重要な示唆を与える。そこで申請者らは、河口域に分布する広塩性魚類の遊泳能力に乏しい仔稚魚期に着目した。

2. 研究の目的

本研究では、河口域に分布する遊泳力の乏しい仔稚魚に着目し、広塩性魚類の回遊・定着に関する生活史戦略の解明（遊泳能力の低い魚類種が分散・滞留をどのように選択しているか明らかにすること）を目指し、広塩性魚類の仔魚の出現・分布および生物学的・行動学的特性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、筑後川河口域に同所的に分布する遡河回遊魚エツと広塩性魚類アリアケヒメシラウオを対象に研究を計画したが、飼育実験を中心に遂行するために、まずは、受精卵が入手でき、卵から稚魚までの飼育試験体制を構築することができたエツをモデルとして研究を進めることとした。

(1) 河川内分布

河川内の卵仔稚魚の出現状況および分布要因について明らかにするため、1986年から2012年までの福岡県有明海研究所筑後川調査による筑後川感潮帯（河口から0～16.1 kmまでの6定点）におけるエツ卵仔稚魚分布データを利用し、卵仔稚魚の出現場所、出現時期、定点ごとの表層塩分、表層水温、河川流量と個体数密度との関係について検討した。

(2) ふ化仔魚の成長に伴う体比重、鉛直方向の走光性の変化

筑後川で採集されたエツ親魚から卵および精子を搾取し人工授精した受精卵から飼育を実施し、日齢0～7, 10, 15, 20, 25, 30の個体を用いて体比重の日周変動、鰾の状態および鉛直方向の走光性の検討を行った。また飼育した仔稚魚の日齢と全長の関係か

ら飼育環境下における個体の成長式を推定した。

(3) 耳石分析による個体の成長速度と生息環境履歴の推定

日齢査定

天然環境下における個体の体成長速度を明らかにするため、飼育個体の耳石輪紋と実際の日齢との対応を検討した後、筑後川で採集された天然個体について、日齢が既知の飼育個体の輪紋を参照として、採集個体の耳石輪紋数を計数して日齢を推定した。また、日齢と体サイズから、個体の成長速度を推定した。

生息環境履歴推定

筑後川で採集されたエツ親魚について、耳石を摘出し樹脂に埋埋後、研磨・琢磨して耳石核を露出させた試料について、波長分散型 X 線分析装置による二次元耳石 Sr マッピングを行い、特に耳石中心部付近に着目して初期生活史における河川生活期間の履歴の検討を行った。

4. 研究成果

(1) 河川内分布

1986～2012年までの仔稚魚の河川内分布データを1986～1991年、1992～1997年、1998～2003年、2007～2011年と4区分し、個体数密度および環境項目ごとにそれぞれの年代の平均値を計算し解析を行った。2004～2006年はデータ欠損のため解析から除外した。

仔稚魚は河口からの距離が16.1 kmから4.3 kmまでの広い範囲に分布した。河口からの距離に対する塩分、水温の変化は年、月にかかわらず一定の傾向を示した。流量は5月から6月にかけて上昇し、1998～2003年を除いて7月をピークに8月へかけて減少した。

仔稚魚の個体数密度は年や月によって大きく変動した。仔稚魚の分布と水温、塩分、流量に有意な関係は認められなかったが、全体的な傾向としては、仔稚魚個体数密度は、5月には低く、7月から8月にかけて高かった。7月では下流部に、8月は上流部に多く出現した。1998年～2003年では、7月8月ともに上流で個体数密度が高かった。各定点において出現する仔稚魚のサイズには偏りがみられ、9月には幅広いサイズの個体が複数の定点に出現した。

以上より、卵から仔魚にかけてエツは河川内を分散し、一定のサイズ範囲である程度の分布のまとまりを形成していると考えられた。これは正の走光性による表層へ集中分布によって偶発的に形成されたものである可能性が考えられた。

(2) 成長に伴う体比重、鉛直方向の走光性の変化

受精卵から 30 日齢の仔魚まで飼育試験を行い、仔魚の比重の測定をおこなった。受精卵の比重は 1.0005 ± 0.0002 ($n = 20$) であった。受精卵はおよそ 24 時間で孵化し、孵化日の仔魚の体比重は 1.0016 ± 0.0003 ($n = 40$) であった。体比重は 0~4 日齢までの間、1 日当たり 0.0016 の比重増加があった。4 日齢から 5 日齢にかけて仔稚魚の体比重は顕著な増加を示した ($+0.0057$)。6 日齢以降、鰾を有する個体が出現し、7 日齢以降の個体では、魚体比重は海水 (塩分 35) の比重 1.024 より大きな値を示した。

エツ仔魚の体比重は昼夜で変化し、鰾内にガスを保有する個体の割合は 10 日齢以降に増加した。それにもなって体比重の昼夜の差がそれ以前よりも増大した。体比重は、5 日齢から昼間と夜間で差異がみられるようになり、6 日齢以降、顕著な日周変化が確認された。夜間での鰾内ガス保有率は 10 日齢で 28.9%、15 日齢で 90.2%、20 日齢では 100%に達したが、昼間でのガス保有率は 30 日齢にて 18.9%と低かった。本種の体比重の日周変動は、生理的な浸透圧の調節による可能性に加え、鰾の膨満に起因するものである可能性が推測された。

0 から 30 日齢の飼育仔魚を用いた光条件による滞在深度への影響を調べた。0~2 日齢の個体は、光条件に関わらず水面に分布した。3~6 日齢の個体は暗黒条件下で表層から底層まで広く分布し、7 日齢以降では底層および中層に分布する個体が多くみられた。3 日齢以降の個体では上方からの光の照射後で 95%以上の個体が表層に分布し、分布に偏りがみられたため (χ^2 検定 $p < 0.01$)、3 日齢以降の個体には正の走光性があることが示唆された。

以上の結果より、仔魚は昼間に表層に分布し、鰾を小さくして魚体の体積を低下させ流れに対する抗力を減少させることで、下流への移動を抑えているものと推察された。また、夜間は運動を停止して鰾の膨満により、沈降を緩やかにすることで滞在深度を維持しているものと考えられた。

(3) 耳石分析による個体の成長速度と生息環境履歴の推定

日齢および成長速度の推定

飼育実験に用いた仔魚の全長は、孵化後 2 日目で 5.3mm となり、10 日目まではゆっくり増加した後、15 日目以降急速に増加した。孵化後 0~7 日までの全長 (Y) と日齢 (X) との関係は von Bertalanffy の成長式により $Y = 0.653 [1 - \exp(-0.554(X - 1.050))]$ と推定された。孵化後 10 日目以降では全長 (Y) と日齢 (X) の回帰式は $Y = 0.653X + 2.43031$ ($r = 0.92$) となり、有意な傾きが得られた ($p < 0.01$)。

天然の仔稚魚耳石の輪紋数を用いて日齢の推定を行った。耳石には中央の核の周辺

に透明帯と不透明帯が交互に出現したが、sub-daily increment と考えられる不明瞭な輪紋が非常に多く観察された。6 月から 9 月にかけて採集された天然個体 229 個体のうち 196 個体で輪紋の計数が可能であった。平均日齢 \pm SD は 43.5 ± 13.6 であり、15 から 93 の範囲にあった ($n = 196$)。採集日と日齢から孵化日を逆算したところ、月ごとの採集個体数の偏りが大きいため定量的な把握は困難であったが、少なくとも採集個体のうち 91%の個体が 6 月から 7 月生まれであった。また、60 日齢を超えると急速に個体数が減少した。

天然個体について 20 日齢以下の個体の全長は 8.20 ± 1.79 mm ($n = 5$) となり、日齢の増加にともない全長も増加した。70~80 日齢では全長は 31.09 ± 2.30 mm ($n = 11$) となった。天然個体の全長 (Y) と日齢 (X) の関係には正の相関関係がみられ、その関係式は $Y = 0.390 * X + 2.6479$ ($r = 0.88$, $p < 0.01$) と推定された。

筑後川河口域において採集されたエツ産卵成魚 8 個体について、耳石薄片切片を作成し、波長分散型 X 線分析装置 (EPMA) による Sr の二次元マッピングを行った。

耳石中心部と耳石全体における Sr の分布パターンから、中心部の Sr レベルが低い耳石領域が狭く、中程度の塩分域での滞在期間が長いと推定された個体が確認された。一方、耳石中心部の低 Sr エリアが広く、より長期間にわたり淡水もしくはかなり低塩分の水域に滞在した個体が確認されたため、耳石日齢査定の結果とあわせ、河川内に留まる期間の長さには大きな個体差があることがわかった。

筑後川河口域は、高い濁度により視覚的捕食者による被食を避けやすく、動物プランクトンが表層に高密度で分布する好適な餌料環境にあることが知られている。筑後川河口域においてエツ仔稚魚は、塩分 0~10 の範囲に多く出現し、昼間は正の走光性によって餌生物の豊富な河川表層に分布すると推測され、夜間では体比重の調節によって沈降を緩やかにし、滞在深度を保っている可能性があった。今後は、天然環境下のより細かな時間スケールにおける河川内分布を明らかにし、加えて、天然個体の体比重の変化および走流性を明らかにすることが河口域での分散・滞留に関連する生態を理解するために重要であると考えられた。

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 件)

[学会発表](計 1 件)

Yokouchi, K., T. Yamamoto. Otolith Aging and Geochemical Analysis for Migratory

Ecology: Brief Review and a Case of the Japanese Eel. American Fisheries Society Annual Meeting. Portland, OR, USA. 20 Aug. 2015.

〔図書〕(計1件)

Amano, Y., J.-C. Shiao, T. Ishimura, K. Yokouchi, K. Shirai (2015) Otolith geochemical analysis for stock discrimination and migratory ecology of tunas. In Biology and ecology of bluefin tuna. (T. Kitagawa and S. Kimura, Eds.) Science Publishers, New Hampshire, USA. pp. 225-257.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横内 一樹 (YOKOUCHI, KAZUKI)

国立研究開発法人水産総合研究センタ

ー・増養殖研究所・研究員

研究者番号：50723839

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：