

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：82708

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K20597

研究課題名（和文）汽水域は通し回遊魚の単なる通過点か?: 繁殖場所としての機能の定量

研究課題名（英文）Is the estuary just a transit point for diadromous fish?: quantifying as a spawning ground

研究代表者

大戸 夢木 (OTO, Yumeki)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産大学校・助教

研究者番号：30951488

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、通し回遊種が繁殖を行う場として河川汽水域が担う役割の重要性を、ハゼ科魚類をモデルに明らかにした。重要な成果として、野外調査と耳石微量元素分析から、対象の通し回遊種はしばしば産卵期の直前に淡水域から汽水域へ降って産卵を行うこと、産卵場所として汽水域が淡水域と同程度以上の割合で利用されていることがわかった。さらに、飼育実験により、こうした種の精巣の発達は汽水環境への進入によって促されることが示された。発展的な成果として、繁殖までの特に成長の場として汽水域が利用可能か否かによって、繁殖を開始する際の体サイズが異なることも示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海と川を行き来する通し回遊種は、水産、学術のどちらにおいても重要である一方、生涯を通じて様々な水域を利用する必要があるため、昨今の環境変化から多大な負の影響を被っている。本研究では、野外調査や飼育実験が容易なハゼ科魚類をモデルに、良好な汽水環境の有無やそこへのアクセス性が、繁殖を通じて通し回遊種の個体群にインパクトを与えうることを示すことができた。商業的に重要な通し回遊種においても、汽水域で繁殖を行う、あるいは仔稚魚期に汽水域を利用する種は少なくなく、本研究の成果はそれらの種を保全する上でも有用な基盤情報になると期待される。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the importance of riverine estuaries as spawning grounds for diadromous species using goby fishes as a model. Key findings from field surveys and otolith microchemical analysis were that most adults of the target diadromous species migrated from freshwater areas to estuaries to spawn shortly before the spawning season, and that estuaries were used as spawning grounds at least as frequently as freshwater areas. In addition, the rearing experiment suggested that the testicular development of one of the target species was enhanced by their entry into brackish water environments. Another finding was that body size at the onset of reproduction was likely to differ depending on the availability of estuaries as growth habitats until breeding.

研究分野：水圏生態学

キーワード：通し回遊 汽水域 ハゼ科 産卵回遊 個体群 繁殖生理 塩分適応

1. 研究開始当初の背景

海洋と河川を行き来する通し回遊性を持つ水棲生物は、その特徴的な生活史が生態学、進化生物学といった学術的に魅力的であるだけでなく、水産上重要な場合が多く、水産資源学的な観点からも回遊行動に関する生態、生理学的知見が積み重ねられてきた。一方、通し回遊種は生涯を通じて様々な水圏環境を経験・利用する必要があるため、地球規模から地域レベルまで、様々なスケールでの環境変動・改変に対して脆弱であるという側面も併せ持つ。実際に、絶滅危惧種に指定されている通し回遊種は多く、それらの保全は喫緊の課題であるといえる。

一般に、海と川の接点である汽水域は、多くの通し回遊種にとって、異なる塩分への生理的な順応や初期成長の場所として重要な環境である。しかし、汽水域は人口の集中する平野部の下端に位置することが多いことから、水質汚染、コンクリート護岸化などの人為的攪乱の影響にさらされやすく、そこを利用する多くの水棲生物が負の影響を被っている。

近年、通し回遊性ハゼ科魚類において、汽水域に集まって繁殖を行う種が、複数あることが分かってきた。これは、一部の通し回遊種にとって、汽水域が繁殖場所としても重要な機能を果たしていることを示唆している。なぜこれらの種が汽水域で産卵する必要があるのかというのは、汽水環境の劣化が通し回遊種の個体群に与える影響を評価する上で重要であるにも関わらず、未解明であった。

一般に、魚類の繁殖生理は塩分の影響を受けやすく、成魚が広塩性を持つ種であっても、しばしば繁殖場所は特定の塩分環境に限られる。ゆえに、一部の通し回遊性ハゼ類も同様に、繁殖生理的要因に制約され、汽水域において産卵する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、その成魚の多くが淡水域で多く見られる一方、汽水域での繁殖が観察されている通し回遊性ハゼ類であるゴクラクハゼおよびスミウキゴリに着目し、まず、野外においてそれらの種が繁殖場所として汽水域にどれほど依存しているのかを調べた(図1)。次に、それらの種がなぜ汽水域で繁殖を行う必要があるかを、繁殖生理に着目して明らかにした。さらに、発展的テーマとして、成長期における汽水域への依存度が、各河川におけるゴクラクハゼの繁殖成功率にどのような影響を与えるかを調べた。

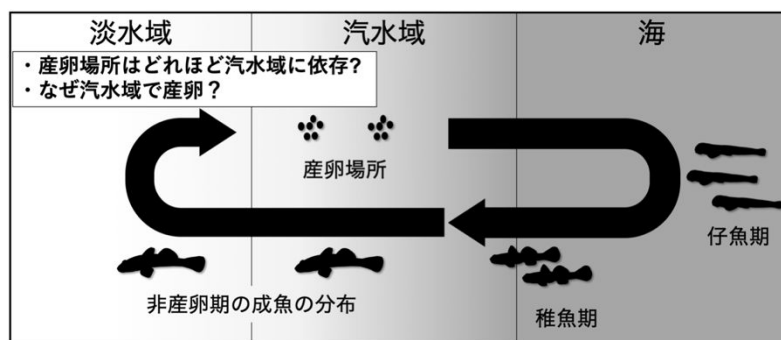


図1 対象種の生活史を表す模式図において、本研究に関する課題を提示している。

3. 研究の方法

(1) 降河産卵回遊の実態

繁殖期に汽水域で対象種の成魚を採集し、耳石微量元素分析によって回遊履歴の推定を行った。この分析は、生息場所の塩分によって、耳石に蓄積されるストロンチウム量が変化することを利用したものである。より具体的には、海域や汽水域での滞在時には、淡水域と比べて耳石のストロンチウム/カルシウム比 (Sr/Ca 比) が高くなる。

分析の対象は、福岡県福津市西郷川汽水域で採集したゴクラクハゼの繁殖個体に絞った。この汽水域では、本種成魚の出現が、産卵期である夏季に限られることが経験的にわかっていた。上記の繁殖個体から摘出した耳石を微量元素分析に供し、産卵期直前まで淡水域で過ごしていたかどうかを推定することで、汽水域での産卵に先立って降河回遊が行われていたかを検証した。この分析に合わせ、調査地の西郷川における生殖腺の発達度 [生殖腺重量指数 = (精巢または卵巣重量/体重) * 100] の年間を通じた季節変化を明らかにした。なお、スミウキゴリについては、申請者の以前の研究から、成魚が産卵期直前に汽水域へ降河回遊することが既に示されている (Oto, 2021; Oto et al., 2023)。

(2) 卵塊の分布

対象の2種について、複数河川の淡水および汽水域において卵塊密度の調査を行った。どちらの種も、石の裏に卵を産みつけ、孵化まで雄親がそれを保護する繁殖様式をとる。調査では、石を裏返して発見された調査時間あたりの卵塊数を卵塊密度として、淡水域と汽水域で比較した。また、各調査河川の汽水域の塩分変動を塩分ロガーによって観測し、汽水域の塩分特性が産卵場所

の分布に影響するかを調べた。

(3) 塩分が生殖腺の発達に与える影響

ゴクラクハゼについて、繁殖期ピーク前の6月に成魚を採集し、塩分0, 10, 20の環境下で飼育を行った後、生殖腺の発達度を各塩分処理区間で比較した。飼育開始から30および60日後にサンプリングを行い、生殖腺重量指数を求め、その値を各塩分処理区間で比較した。なお、当初はスミウキゴリにおいても同様の実験を行う予定であったが、十分な数の成魚を集められなかったことから、本種での実験は行わなかった。

(4) 汽水域の塩分特性と繁殖成功率

汽水域の利用可能性が高いほど、個体群内の平均繁殖成功率が高くなるという仮説を立て、この検証を行った。調査は(2)の研究と並行して行われ、塩分変動の程度が様々な海域の河川で発見した卵塊のサイズと、その卵塊を保護する雄親の成長過程における汽水域滞在期間の割合を耳石微量元素分析によって推定した。

4. 研究成果

(1) 降河産卵回遊の実態

汽水域にて採集された繁殖個体の雄22個体、雌12個体の耳石の核(孵化前後に形成)から縁辺(サンプリング時に形成)に向けてSr/Ca比を線分析したところ、調査河川において、本種成魚の多くは雌雄に関わらず繁殖期の直前に淡水域から汽水域へ、繁殖のために降河回遊することがわかった(図2)。なお、採集個体の生殖腺重量指数は、調査河川における年間を通じたそのピーク値とほぼ等しく、分析に供した個体は、まさに繁殖を行おうとしているものであったことが確認された。

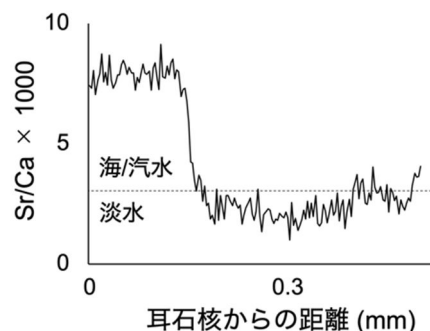


図2 成長とともに大きくなる耳石の核から縁辺に向け、Sr/Ca比を計測した。核付近の高い値は仔魚期を海で過ごしたことを反映している。

(2) 卵塊の分布

ゴクラクハゼの卵塊は、汽水域および淡水域から同程度の密度で発見されたものの、河川によってどちらかに集中する傾向にあり、塩分の有無以外の環境要因が産卵場所の分布をより強く規定していると考えられた。現時点では客観的な統計解析を行っていないが、本種の汽水域での卵塊密度は塩分変動が大きい河川において低い傾向にあった。このことから、基本的に本種は汽水域を産卵場所として好む一方、汽水域での塩分変動が大きい場合は、そこでの産卵を避ける可能性がある。

スミウキゴリについては、調査を行った河川数が2と少なかったものの、淡水域で産卵を行っていたケースを発見できなかった。これは、本種の産卵場所として汽水環境を選好する傾向がゴクラクハゼのそれよりも強く、汽水域の利用可能性が本種の繁殖に特に大きく影響する可能性を示唆している。

(3) 塩分が生殖腺の発達に与える影響

ゴクラクハゼにおいて、精巢の生殖腺重量指数は、淡水よりも汽水飼育条件において有意に大きいという結果が得られた。一方、卵巣については塩分処理区間で有意差が認められなかった。以上のことから、汽水環境が一部の繁殖生理パフォーマンスを向上させることが示唆された。これは、繁殖場所として汽水域の利用が制限された河川では、繁殖成功率が低下する可能性があることを示している。本成果については、(1)の成果と併せ、国際誌に投稿するための論文原稿を執筆している。

(4) 汽水域の塩分特性と繁殖成功率

近畿から九州地方にかけて8河川において調査を行ったところ、卵塊を保護する雄親の体サイズの平均値と分散は、河川によって大きくばらつくことがわかった。特に多くのサンプルが得られた山口県響灘沿岸の河川(汽水域の塩分変動が小さい)と、同県瀬戸内海沿岸の河川(汽水域の塩分変動が大きい)との比較では、前者においては小型個体と大型個体、どちらもが繁殖に参加していたが、後者では大型個体に偏って参加していた。また、両河川について、雄親の塩分環境利用履歴を調べたところ、響灘沿岸の河川のサンプルの方が瀬戸内海沿岸のものより、繁殖期まで汽水域で過ごす期間が長い傾向にあった。これらを総合すると、成長期における汽水域の利用可能性が高いと成長、成熟が促進され、繁殖開始年齢が早まる可能性が示唆された。今後この可能性をテストするため、各個体の年齢推定を、射出骨を用いた方法(林・池辺-仲里, 2000)などにより行う必要がある。

引用文献

林 博之, 池辺 - 仲里 裕子 (2000). 和歌山県富田川におけるゴクラクハゼの年齢と生長. 関西自然保護機構会誌, 22, 17-21.

- Oto, Y. (2021). Distribution of adult fish and spawning nests of estuarine-dependent amphidromous goby (*Gymnogobius petschiliensis*) in two streams of central Japan. *Marine and Freshwater Research*, 72, 81–91.
- Oto, Y., Kuroki, M., Iida, M., Ito, R., Nomura, S., & Watanabe, K. (2023). A key evolutionary step determining osmoregulatory ability for freshwater colonisation in early life stages of fish. *Journal of Experimental Biology*, 226, jeb246110.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 大戸夢木	4. 巻 34
2. 論文標題 京都府舞鶴市の湧水地帯から採集されたマハゼによる淡水域での越冬の示唆	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ichthy, Natural History of Fishes of Japan	6. 最初と最後の頁 23-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34583/ichthy.34.0_23	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 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------