

平成 22 年 5 月 12 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19570057

研究課題名（和文）

アユモドキの“純淡水回遊”から魚類の回遊を普遍的に制御する環境/内分泌要因を探る

研究課題名（英文） "The compact, freshwater migrations" for the general mechanisms of the fish migrations

研究代表者

坂本 竜哉 (SAKAMOTO TATSUYA)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：10294480

研究成果の概要(和文): アユモドキの河川本流と産卵場所である氾濫原の間での回遊を見出した。これは淡水域に限られ、数 km と小規模である。野外調査から遡上と産卵を制御する環境 - 内分泌要因を示唆し、それを基に飼育下での行動の再現に成功した。現在、水没した陸地から生じる"におい"や、テストステロン、甲状腺ホルモンに絞りつつある。サケ科魚類等との比較から、これらは普遍的な回遊の制御要因である可能性がある。このシンプルかつコンパクトな「非通し回遊」は、回遊研究の魅力的なモデルであると思われる。

研究成果の概要(英文): We have observed that kissing loach and some other freshwater fishes migrate from the main stream of rivers to spawn in flood areas. These flood areas are unstable and ephemeral, however, they contain few aquatic predators and a large amount of food suitable for the development of embryos/juveniles. The present study provides the first evidence that the spawning migration of kissing loach is stimulated by rainfall and the subsequent rise in water level, as well as the new moon. Since similar observations have been reported for downstream migrations of salmonids, these stimuli may serve as general cues for migrations of fishes in rivers. Furthermore, the spawning of kissing loach is rigidly limited spacio-temporally after the formation of flood areas. Recently we have successfully demonstrated that changes in water quality directly induce migration and spawning behavior, suggesting some particular odoriferous substances may be the environmental proximate factors.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：比較内分泌学/生態生理学/適応生物学
 科研費の分科・細目：基礎生物学・形態・構造

キーワード：回遊、環境、ホルモン、適応、保全、行動、国際研究者交流、アメリカ合衆国：デンマーク

1. 研究開始当初の背景

これまで回遊の制御に関する研究は、河川と海洋の間を移動する「通し回遊魚」のサケ科魚類やウナギを中心に行われてきた。しかし、

- ・ 回遊を制御するとされる内分泌系の多くが異なった塩分濃度への適応にも重要である。

- ・ 回遊規模が極めて広範囲に及ぶ。

等から、いまだ回遊そのものの制御機構は十分理解されていない。また、適当な魚種もないことから、それらの普遍性も不明である。とくに、遡上への環境要因の関与やその行動そのものの内分泌支配はほとんど報告されていない。

一方、我々は、アユモドキが淡水域のみを数 km と小規模な回遊することを発見した。遡上期の体重も 50g 強と、この魚は飼育も容易である。この“純淡水回遊魚”という極めて有望なモデルにより、以上の解決困難な回遊の制御機構の問題に迫れると思う。

2. 研究の目的

本研究では、アユモドキを用いて、環境要因 - 内分泌系の役割を中心に回遊の制御機構の解明をめざし、次のように研究を進める。

- (1) 遡上期を中心に、前述のホルモンの動態を解析する。月齢、雨量、水深、水質などの環境因子も同時に調べ、関連を検討する。
- (2) 飼育下で上記の環境因子を操作し、行動への影響を解析する。以上から、回遊を制御する環境要因を特定し、重要な内分泌系を示唆する。

以上のように、“純淡水回遊魚”のアユモドキをユニークなモデルとして用い、回遊行動と環境要因および内分泌系とを関連づけて解析した結果を、サケ科魚類の知見と比較し共通項を抽出し、回遊の普遍的な制御機構を提唱することが、本研究の最大の目的である。通し回遊あるいはその陸封型以外の回遊の研究は、国際的にもほとんどされておらず、エコフィジオロジーや水産学にも新しい独創的展開が生まれることが期待される。ひいては、脊椎動物の本能行動の内分泌制御を理解する基礎になると考えている。

また、アユモドキは琵琶湖淀川水系と岡山県の数河川だけでしか見られず、生態の最も不明な天然記念物のひとつとされている。し

かし、本研究により、逆にその生態の最も解明された天然記念物となり、効率的な保全が行えると確信している。さらには、希少動物研究のモデルケースとなるであろう。

3. 研究の方法

- (1) 成魚の遡上と産卵にともなうホルモンの動態と環境要因との相関

成魚の生態調査

遡上から産卵期を中心にアユモドキ成魚の行動を、ルートセンサス、ポイントセンサス、連続観察により定量的に把握した。また、アユモドキを効率よく捕獲できるトラップを開発し、捕獲も行った。同時に、月齢、雨量、水深、流速、水温、pH、溶存酸素、濁度、植被率、底質、他魚種との関係などを調べた。これらの環境パラメータは、データロガー付の水温計、水位計、多項目水質計により、従来どおり測定、記録した。捕獲個体において、甲状腺ホルモン、コルチゾル、11-デオキシコルチコステロン、エストラジオール-17s、テストステロン、プロゲステロン、11-ケトテストステロンの血中濃度を測定した。

人工繁殖時のホルモンレベルの変動と遡上・産卵

遡上直前のオスは人工繁殖に使用可能であった。一方、メスからは採卵すらできなかった。しかし、生殖腺刺激ホルモン(HCG)を投与することにより、メスも最終成熟が完了し人工繁殖に成功した。そこで、生殖腺刺激ホルモン投与後のメスにおける上記のホルモン濃度および遡上・産卵行動を解析した。遡上用水路と産卵場を再現し、かつ水深など環境条件の設定と選択ができる行動実験用水槽をデザインし外注・購入した。行動はデジタルビデオにより記録した。

以上の結果の相関を検討し、いつ、どのような環境要因が、どのホルモンを介して、成熟魚の遡上行動を制御しているか、最終成熟 - 産卵とどのように絡み合っているかを考察した。

- (2) 仔稚魚の移動 / 降河を制御する環境要因の特定

示唆された環境要因について、どの要因が

実際に仔稚魚の移動を制御しているか明らかにする。環境選択水槽において環境要因を一つずつ操作し、行動を記録し検証した。

以上の生態調査と飼育実験の一連の結果から、“純淡水回遊魚”のアユモドキの降河、遡上を制御する環境要因と内分泌系を明らかにし、サケ科魚類の場合と比較・検討した。

4. 研究成果

“純淡水回遊”と遡上を制御する環境 - 内分泌要因

ストレスをかけずに効率よくアユモドキの捕獲ができるトラップを開発し、5月から7月は週一回、それ以外の時期は2-4週間に一回、吉井川水系にて回遊経路に出現する個体数や成熟状況を調査した。5年間の調査の結果、氾濫原への水路における個体数は毎年5月から7月にかけて著しく増加した。その増加個体の90%以上が性的に成熟していた。雌雄ともに増加は、降雨による高水位や、血中テストステロン、甲状腺ホルモンの上昇との関連していた。従って、初夏に成熟魚が河川本流から用水路を通して産卵場所の氾濫原まで遡上し、産卵を終えた成魚と成長した当歳魚が河川へ下るといった淡水域に限った回遊を行うことが明らかになった。その遡上を誘起する要因は、水位上昇と上記のホルモンと考えられた。これらは、コイやフナ類、ナマズ、サケ科魚類といった分類群や生態の異なる魚類でも示唆されており、回遊制御の普遍的要因の可能性がある。

産卵行動とその環境要因

氾濫原における産卵は不明である。そこで、アユモドキがいつどのような環境で産卵を行うのか明らかにするため、20-30時間の連続観察や定時のルートセンサス、ポイントセンサス等を行った。また、30×30cmのコドラートを10箇所を設置し、毎日の卵の確認や、仔魚の調査を行った。これらの結果、自然状態でのアユモドキの産卵を初記載するとともに、広範囲に移動しながらの産卵であることを明らかにした。このばらまき型の産卵は、干上がる危険性の高い氾濫原で、卵が干上がる確立を低下させるためと考えられる。また、大規模な水位上昇により、陸上植物が茂った陸地に、氾濫原環境が新たに形成された直後に産卵は限られていた。そのときに生じる水質の変化による産卵行動の解発が示唆された。

初期生態と氾濫原への適応

生殖腺刺激ホルモンの投与による人工繁殖を行い、特に移動能力が乏しい胚と仔魚の氾濫原環境への適応戦略を調べた。まず、受精から孵化までの初期発生について連続的な記録を行った。胚は25の場合、受精40分後には卵割が開始され、5時間後には囊胚中期に、14時間後には23体節期になった。25時間後には色素胞も未発達な段階で孵化した。次いで、浮袋が発達し遊泳できるまで、仔魚は水面方向に移動し植物等に付着した。この行動は、産卵場所の野外調査でもみられた低酸素条件で誘導された。これら、迅速な発生、早期の孵化、仔魚の付着行動は、不安定で、底が低酸素である氾濫原環境への適応と考えられる。

本研究から、アユモドキは河川と氾濫原の間で“純淡水回遊”を行うことを明らかにした。そして、水位上昇や、テストステロン、甲状腺ホルモンが、回遊の普遍的な制御要因と示唆された。この回遊に加え、氾濫原形成直後に一斉に行なうばらまき型の産卵や迅速な形態形成と早期の孵化、仔魚の付着行動なども氾濫原環境に適応する戦略であると考えられる。このように、アユモドキは氾濫原環境に強く依存している。一方、現在の日本の河川や水田地帯は、このような環境を失っている。その結果、氾濫原で繁殖する多くの魚類、中でもアユモドキは激減している。これらの魚類の存続には、氾濫原環境の保全が重要である。

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5件)

Prolactin receptor and proliferating/apoptotic cells in esophagus of the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) in fresh water and in seawater. Takahashi H., Prunet P., Kitahashi T., Kajimura S., Hirano T., Grau E.G. and Sakamoto T. Gen. Comp. Endocrinol. 152: 326-331 (2007) 査読有
Spawning behavior of kissing loach (*Leptobotia curta*) is limited after the formation of temporary waters. Abe T., Kobayashi I., Kon M. and Sakamoto T.

Zool. Sci. 24: 922-926 (2007) 査読有
Spawning behavior of kissing loach
(*Leptobotia curta*) in temporary waters.
Abe T., Kobayashi I., Kon M. and
Sakamoto T. Zool. Sci. 24: 850-853
(2007) 査読有

〔学会発表〕(計 2 2 件)

〔図書〕(計 2 件)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

坂本 竜哉 (SAKAMOTO TATSUYA)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：10294480