

平成 20 年 6 月 9 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2006年度～2008年度
 課題番号：18780143
 研究課題名(和文) 通し回遊現象の起源と進化
 研究課題名(英文) Origin and evolution of the diadromus migration
 研究代表者
 氏名(アルファベット) 渡邊 俊(WATANABE SHUN)
 所属機関・所属部局名・職名 東京大学・海洋研究所・特任研究員
 研究者番号 60401296

研究成果の概要：

降河回遊性のウナギ属魚類と両側回遊性のボウズハゼ(*Sicyopterus japonicus*)について、フィールドワークを通じた生活史および生態に関する研究を行った。その結果、ボウズハゼの生活史は熱帯のボウズハゼ亜科魚類の生活史と異なり、完全に四季に対応した生活史を持つことが明らかになった。また、ボウズハゼ亜科魚類はヨシノボリ属魚類やアユと同様の両側回遊魚であるが、両者の仔魚期の海洋生活様式には本質的に大きな違いがあった。すなわち、ボウズハゼ亜科魚類は海洋生活期に大規模に分散して、全く母川回帰はないが、ヨシノボリ属魚類やアユは、海域での分散は少なく、結果として母川に回帰する傾向があるものと考えられた。ボウズハゼ亜科魚類の海洋生活期の大規模分散はウナギ属魚類と類似しており、さらに、この特性はボウズハゼ亜科魚類が熱帯島嶼域に広い分布域を持つに至った理由の一つと考えられた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
18年度	1,600,000円	0円	1,600,000円
19年度	1,500,000円	0円	1,500,000円
20年度	500,000円	150,000円	650,000円
年度			
年度			
総計	3,600,000円	150,000円	3,750,000円

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：ボウズハゼ、ボウズハゼ属魚類、両側回遊、ウナギ属魚類

1. 研究開始当初の背景

「回遊」は、魚類をはじめとして、イカ、ウミガメ、クジラなど、広く水圏に棲む生物にみられる普遍的現象である。サケの母川回帰やウナギの産卵場は動物行動の謎として、古くから人々の興味を集めてきた。一方、回遊は繁殖・成長などの生活史要素や資源変動

にも深く関わる重要な行動でもある。また、一生のうちに海と河川を往き来する通し回遊魚の中には、サケマス、ウナギ、アユなど水産重要種が数多く含まれる。しかし、回遊に関する研究例は意外に少ない。北太平洋におけるサケの系群問題やサイズの小型化、絶滅もささやかれるほど深刻なここ30年間の

ウナギ資源の激減ぶり、さらにはかつて隆盛を極めた琵琶湖産アユの放流事業の行き詰まりなど、これらの難問に直面すると、魚類の回遊生態に関する基礎的知見が大幅に不足していることに改めて気付く。今、フィールドワークに根ざした回遊に関する基礎研究が必要とされている。これを通じて、魚類の回遊現象の共通原理とそれぞれの種の回遊における特性を早急に明らかにすることが重要である。これらの理解に基づいてこそ、初めて適切にして健全な資源保全の方策と増殖・管理対策の立案が可能となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、低緯度域に卓越する降河回遊性のウナギ属魚類と、中緯度域に多い両側回遊性のボウズハゼをモデル魚類として、フィールドワークを通じてそれぞれの生活史および生態研究を行い、魚類における通し回遊現象がいつ、どこで、どのように起源し、進化してきたかを明らかにすることにある。また、これらの成果を他の通し回遊性魚類の既往の知見と比較することによって、通し回遊現象の共通原理と、それぞれの種における回遊特性を明らかにすることもねらいとする。

3. 研究の方法

フィールドワークを通じてウナギ属魚類とボウズハゼの生活史および生態に関する研究を行い、それぞれの回遊特性を明らかにし、他の通し回遊魚と回遊特性を比較する。

(1)ボウズハゼ

生態調査：和歌山県太田川の河口に定置網を設置し、ボウズハゼ仔魚の採集を行い、加入時期、個体数およびサイズを明らかにする。また、太田川に定点を設置し、毎月、ボウズハゼの採集を行い、雌雄の肥満度、雌の生殖腺重量の経月変化を調べ、産卵期を明らかにする。さらには、夏季に小型網により河川を流下する孵化仔魚を採集し、その期間と個体数を明らかにする。

耳石解析：加入調査で採集された仔魚の耳石の日齢を光学顕微鏡で計数し、海洋生活期を推定する。また、河川で採集されたボウズハゼの親魚の耳石を用いて、年齢を査定する。

(2)ウナギ属魚類

形態および分子形質の精査：ウナギ属魚類の形態計測および分子遺伝学的手法を用いて、種間、亜種間、そして集団間の差異を検討する。

(3)回遊特性の比較

熱帯域に生息するボウズハゼ属魚類および温帯に生息するヨシノボリ属魚類やアユとボウズハゼの両側回遊魚の生活史と生態を比較し、本種およびボウズハゼ属魚類の生活史と回遊生態の特性を浮き彫りにする。

4. 研究成果

(1)ボウズハゼ

2006年4月から8月に和歌山県太田川の河口で定置網を設置し、ボウズハゼ仔魚の河川への加入調査を行った。その結果、仔魚は4月18日から8月26日まで採集され、加入のピークは4月下旬から5月中旬であった。この調査から本種の仔魚は、上げ潮に乗って河川へ加入することが明らかとなった。また、2007年3月17日から9月20日まで、同河川にて昨年と同様に定置網を設置し、ボウズハゼ仔魚の河川への加入調査を行った結果、2007年の加入期間は4月13日から8月11日までの約4ヶ月間であった。この結果と2006年の結果を比較すると、加入時期は同じであるものの、仔魚の採集個体数は2006年に12,766個体、そして2007年に372個体と大きな変動があった。

ボウズハゼの海洋生活期間を推定するために、2005年4月30日に太田川で採集した仔魚30個体の耳石を用いて日齢査定を行った。その結果、これらの仔魚の海洋生活期間は173日から253日であり、そして孵化日は8月21日から11月9日と推定した。加入仔魚から逆算した孵化日と太田川における産卵期(7月下旬から8月中旬)が一致しないのは、太田川での産卵期よりも長い産卵期を持つ他の河川から孵化した個体が太田川に加入していることを示唆する。この考察は、本種の集団構造がメタポピュレーションを形成し、それは仔魚の海洋生活期の分散から生じるとの分子遺伝学的研究結果を支持する。一方、高知沖でボウズハゼ仔魚が採集された例から、本種が黒潮を使って長距離分散している事実が示された。

ボウズハゼの河川における生態調査を3年間に亘り行った結果、本種の生活史は熱帯のボウズハゼ亜科魚類の生活史と異なり、完全に四季に対応した生活史を持つことが明らかになった。すなわち、河川水温、雌雄の肥満度、雌の生殖腺重量の経月変化の観察結果より、本種は春に活動を始め、夏に産卵、秋に栄養を蓄え、そして冬に越冬するという明瞭な季節性を示した。本種の生態は、他の熱帯に生息するボウズハゼ属魚類とは大きく異なることが明らかになった。また本種の最

高齡は6歳であり、加入して1年後から雌雄ともに繁殖に参加した。

太田川のボウズハゼ仔魚の流下時期は7月から9月の3ヶ月間で、夜間、一斉に流下する。仔魚の加入および流下時期についても本種は、熱帯のボウズハゼ亜科魚類と比べ、短いことが分かった。さらに、太田川に加入するボウズハゼ仔魚の日令査定を行い、その海洋生活期は熱帯のボウズハゼ亜科魚類に比べて2~4倍長いことを明らかにした。

(2)ウナギ属魚類

オーストラリア東海岸に生息する *Anguilla australis australis* とニューカレドニア・ニュージーランドに生息している *A. australis schmidtii* の模式標本を含む125個体を用いて、24の外部形態と脊椎骨数の変異を調べた結果、両亜種の17形質間に統計学的有意な差異が認められた。

ウナギ属魚類の中で最も分布域が広範囲なオオウナギ (*Anguilla marmorata*) の脊椎骨数を用いて集団構造を検討し、さらには本種の初期生活史と分子遺伝学的集団構造の結果も踏まえた結果、4つの地域的な集団(インド洋・北太平洋・ミクロネシア・南太平洋)を推定することができた。

ウナギ属魚類の亜種間の形態および分子形質を、種間と *A. marmorata* の集団間の形態および分子形質と比較した結果、亜種間の差異は、種間の最も小さい差異より小さく、そして集団間の最も大きい差異以上であった。

フィリピン・ルソン島北部のカガヤン川上流で採集したウナギ属魚類29個体を基に新種 *Anguilla luzonensis* を記載した。この有効種は、ウナギ属魚類において1938年以来70年ぶりの発見である。

(3)ボウズハゼ属魚類の回遊特性

ボウズハゼ亜科魚類はヨシノボリ属魚類やアユと同様の両側回遊魚であるが、両者の仔魚期の海洋生活様式には本質的に大きな違いがあるものと考えられた。すなわち、ボウズハゼ亜科魚類は海洋生活期に大規模に分散して、全く母川回帰はないが、ヨシノボリ属魚類やアユは、海域での分散は少なく、結果として母川に回帰する傾向があるものと考えられた。ウナギ属魚類と同様の海洋における大規模分散は、ボウズハゼ亜科魚類が熱帯島嶼域に広い分布域を持つに至った理由の一つと考えられた。

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14件、以下抜粋)

1. Watanabe, S., M. J. Miller, J. Aoyama & K. Tsukamoto. Morphological and meristic evaluation of the population structure of *Anguilla marmorata* across its range. *Journal of Fish Biology*, in press, 2009 (査読有).
2. Watanabe, S., J. Aoyama & K. Tsukamoto. A new species of freshwater eel, *Anguilla luzonensis* (Teleostei: Anguillidae) from Luzon Island of the Philippines. *Fisheries Science*, 75, 387-392, 2009(査読有).
3. Watanabe, S., J. Aoyama, M. J. Miller, S. Ishikawa, E. Feunteun & K. Tsukamoto. Evidence of population structure in the giant mottled eel, *Anguilla marmorata*, using total number of vertebrae. *Copeia* 2008, 680-688, 2008 (査読有).
4. Watanabe, S., J. Aoyama & K. Tsukamoto. The use of morphological and molecular genetic variations to evaluate subspecies issues in the genus *Anguilla*. *Coastal Marine Science*, 32, 19-29, 2008 (査読有).
5. Iida, M., S. Watanabe, A. Shinoda & K. Tsukamoto. Recruitment of the amphidromous goby *Sicyopterus japonicus* to the estuary of the Ota River, Wakayama, Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 83, 331-341, 2008 (査読有).
6. 渡邊 俊, 飯田 碧, 福井正二郎, 滝野秀二, 塚本勝巳. ボウズハゼ (*Sicyopterus japonicus*) の海洋分散に関する一考察: 集団構造と浮遊仔魚期間に着目して. *南紀生物*, 50, 205-213, 2008 (査読無).
7. 福井正二郎, 渡邊 俊, 飯田 碧. 「[紀州・熊野採集] 日本魚類図譜」から考察される当地域の稀種と魚類相. *南紀生物*, 50, 108-113, 2008 (査読無).
8. 渡邊 俊, 飯田 碧, 福井正二郎, 滝野秀二, 塚本勝巳. 南紀3河川におけるボウズハゼ (*Sicyopterus japonicus*) の生活史に関する一考察. *南紀生物*, 48, 125-130, 2007 (査読無).
9. Watanabe, S., M. Iida, Y. Kimura, E. Feunteun & K. Tsukamoto. Genetic diversity of *Sicyopterus japonicus* as

- revealed by mitochondrial DNA sequencing. *Coastal Marine Science*, 30, 473-479, 2006 (査読有).
10. Watanabe, S., J. Aoyama & K. Tsukamoto. (2006). Reconfirmation of morphological differences between *A. australis australis* Richardson and *A. australis schmidtii* Phillipps. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 40, 325-332 (査読有).

[学会発表](計24件、以下抜粋)

1. Watanabe, S., M. Iida and K. Tsukamoto. Oceanic dispersal of the amphidromous goby *Sicyopterus japonicus*: population structure and larval duration. The 5th World Fisheries Congress, October 23, Yokohama, Japan.
2. Watanabe, S. Variation in vertebral number in freshwater eels, genus *Anguilla*: A legacy of life history, migration and selection. The 11th annual meeting of East Asia Eel Resource Consortium (EASEC) International Symposium "Eel 2008 in Yokohama: Multi disciplinary approaches for eel conservation", October 17, Yokohama, Japan.
3. 渡邊 俊・飯田 碧・塚本勝巳. 両側回遊性ボウズハゼの分布を決める要因-仔魚の分散と成魚の生残-. 日本生態学会第55回大会, 2008年3月17日, 福岡国際会議場.
4. 飯田 碧・渡邊 俊・塚本勝巳. 両側回遊性ボウズハゼの生活史-流下と加入. 日本生態学会第55回大会, 2008年3月17日, 福岡国際会議場.
5. 飯田 碧・渡邊 俊・塚本勝巳. 和歌山県太田川における両側回遊魚ボウズハゼの加入時期と海洋生活期間. 日本魚類学会年会, 2007年10月6日, 北海道大学.
6. Iida, M., S. Watanabe and K. Tsukamoto. Migration strategy of *Sicyopterus japonicus* (Gobiidae: Sicydiinae) in Japan. 2nd International Symposium on Diadromous Fishes, June 17, 2007 Halifax, Nova Scotia, Canada.
7. 渡邊 俊・飯田 碧・塚本勝巳. ボウズハゼ (*Sicyopterus japonicus*) の生活史特性. 平成19年度ゴリ研究会, 2007年6月17日, 東京大学海洋研究所.
8. 渡邊 俊. 好きなことをしてきて思うこと.

高校生キャリアアップ講座, 2006年9月15日, 岩手県立高田高等学校.

9. 渡邊 俊・飯田 碧・木村呼郎・福井正二郎・瀧野秀二・塚本勝巳. ミトコンドリア DNA 解析により推定したボウズハゼの遺伝的多様性. 平成18年度ゴリ研究会, 2006年5月27日, 横須賀自然・人文博物館.
10. 森山敬太・渡邊 俊・飯田 碧・福井 正二郎・佐原 紀行. 歯科医学から見たボウズハゼの上顎歯. 平成18年度ゴリ研究会, 2006年5月28日, 横須賀自然・人文博物館.

[図書](計2件)

1. 渡邊 俊. 形態観察. 塚本勝巳編 魚類生態学の基礎. 恒星社厚生閣, 東京, 印刷中, 2009.
2. Iida, M., S. Watanabe & K. Tsukamoto. Life history characteristics of a Sicydiinae goby in Japan, compared with its relatives and other amphidromous fishes. In Haro, A. J., K. L. Smith, R. A. Rulifson, C. M. Moffitt, R. J. Klauda, M. J. Dadswell, R. A. Cunjak, J. E. Cooper, K. L. Beal, and T. S. Avery, editors. *Challenges for Diadromous Fishes in a Dynamic Global Environment*. American Fisheries Society Symposium 69. Bethesda, Maryland, in press, 2009.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 俊 (WATANABE SHUN)

(研究者番号 60401296)

東京大学・海洋研究所・特任研究員

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし