

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：38005

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780200

研究課題名(和文) 北西太平洋のボウズハゼ亜科の分類と生活史

研究課題名(英文) Taxonomy and life history of sicydiine goby in northwestern Pacific

研究代表者

前田 健 (Maeda, Ken)

沖縄科学技術大学院大学・マリンゲノミクスユニット・ポストドクトラルスカラー

研究者番号：20572829

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：川と海を回遊する熱帯性の両側回遊魚、ボウズハゼ亜科の分類と生活史を研究した。特にナンヨウボウズハゼ属について、分類を再検討して2新種を発表し、分布初記録3件を報告するなど多くの成果を挙げ、その系統関係も明らかにした。さらにボウズハゼ属、ヨロイボウズハゼ属の分類に関する新知見を得た。また、浮遊期の長さ、浮遊期の形態と行動、河川加入時の形態、河川加入時期、希少種の生息状況などを調べた。これらの研究から、浮遊期に仔魚が海で広く分散する可能性があり、特に孵化後数日間の仔魚の行動や特性がその分散に重要な役割を果たしていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Fishes of the subfamily Sicydiinae are distributed mainly in tropical insular streams, but they migrate between freshwater and marine environments at specific times in their life cycles. Their taxonomy and life history were studied in this project. After taxonomic revision of the genus *Stiphodon*, two new species were described and three new distribution records were reported. Mitochondrial genome sequences revealed the phylogeny of this genus. Some taxonomic issues in the genera *Sicyopterus* and *Lentipes* were also resolved. The length of pelagic larval period, morphology, and behavior of the larvae, seasonality of recruitment into streams, and distribution and seasonal abundance of rare species were also investigated. Results of these studies suggest that sicydiine goby larvae disperse widely during the marine larval phase, and that behavior of the newly hatched larvae plays an important role in the dispersal.

研究分野：魚類学

キーワード：ハゼ 分類 生活史 系統 仔魚 分散 新種 両側回遊

1. 研究開始当初の背景

ボウズハゼ亜科は、熱帯から亜熱帯の島嶼域を中心に分布する小型のハゼ目魚類で、成魚は主に小河川の淡水域に生息する。ボウズハゼ亜科の分類には未解決の問題が多く、既存の知見では種の同定が困難な事例も多かった。

ボウズハゼ亜科は、全て両側回遊型の生活史を持ち、河川で孵化した仔魚は海へ降りて浮遊生活をし、ある程度成長した後、河川に加入し遡上すると考えられている。しかし、特に浮遊期の生態に関する知見は乏しく、浮遊期は生活史の中のブラックボックスとなっていた。

日本では研究開始までに5属10種が記録されていた。環境省のレッドリストに掲載され絶滅が危惧されている種が多いが、分類、生活史、国内外における分布に関する情報が十分でなく、仔魚の分散の実態や分布の変遷も不明であるため、保全に結び付く的確な評価が難しい状況にあった。

2. 研究の目的

本研究では、北西太平洋地域のボウズハゼ亜科の分類を再検討するとともに、集団構造や系統を明らかにする。これらにより各種の正確な分布情報を示す。さらに、仔魚の形態や生息環境、行動などに関する研究を行い、浮遊期の仔魚の分散機構を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 標本の採集、観察

琉球列島の沖縄島、西表島、ベトナムのダナンにおいてサンプルの採集および水中観察を行った。研究室において、これらの標本および国内外の博物館、大学等から借用したボウズハゼ亜科の標本の形態を観察、計測した。また、ドイツ、フランス、オランダの博物館を訪問し、保管されているタイプ標本等を観察した。

(2) ミトコンドリアゲノム塩基配列の決定

ナンヨウボウズハゼ属、ヨロイボウズハゼ属およびアカボウズハゼ属107個体の標本からDNAを抽出し、Illumina社の次世代シーケンサーMiSeqを用いてミトコンドリアゲノムの全塩基配列を決定した。

(3) 仔魚の飼育、行動観察

沖縄島の河川においてボウズハゼ亜科2種を含む両側回遊性ハゼ類の産着卵を採集し、孵化した仔魚を飼育した。仔魚の形態変化、行動と比重を記録した。

(4) 仔魚の採集、形態観察

沖縄島の河川および海岸で仔魚の採集を行った。本研究以前に採集された標本と合わ

せ、その形態を観察、計測した。また、大学や研究機関に所蔵されている仔魚標本コレクションの観察を行った。

(5) 河川加入時期の特定

ボウズハゼ亜科(特にボウズハゼ)の仔魚の加入時期を特定するため、沖縄島の河口において、約2年半にわたり毎月水中観察調査を行い、海から加入する仔魚のカウントを行った。また仔魚の採集も行った。

(6) 耳石による日齢査定、浮遊期間の推定

河川加入直後の仔魚の耳石を取り出し、日齢査定を行った。また、着底して成長した稚魚の耳石を取り出し、着底までの日数を推定した。これらから、浮遊期の長さを推定した。

(7) 希少種の生息状況のモニタリング

沖縄島の3河川に水温データロガーを設置した。これらを含む各地の河川において水中観察を行い、ヒスイボウズハゼなど希少種の生息状況を記録した。

4. 研究成果

(1) ナンヨウボウズハゼ属の分類

本研究により得られた琉球列島産の標本に基づき新種 *Stiphodon niraikanaiensis* (新標準和名: ニライカナイボウズハゼ) を記載し、また *Stiphodon multisquamus* (新標準和名: トラフボウズハゼ) の日本初記録を報告した。また、インドネシアのスマトラ島産の標本を調査し、新種 *Stiphodon maculidorsalis* を記載し、*Stiphodon ornatus* と *Stiphodon semoni* の2種を再記載した。これまでインドシナ~マレー半島においてボウズハゼ亜科の記録はなかったが、ベトナム中部でトラフボウズハゼの大規模な生息地を発見した。そこで採集された多数の標本を調査し、マレーシアで記載された *Stiphodon aureorostrum* が本種のシノニムであることを明らかにした。



図1 本研究で記載されたナンヨウボウズハゼ属の新種 *Stiphodon niraikanaiensis* の雄(上)と *Stiphodon maculidorsalis* の雄(下)

(2) ヨロイボウズハゼ属の分類

日本からはヨロイボウズハゼのみが知られる。琉球列島において体色と鱗の模様によ

り明瞭に区別される3タイプの雄が確認されたが、ミトコンドリアゲノムの塩基配列に差がなかったことから、それらは同種の色彩変異である可能性が高いと考えられた。

(3) ボウズハゼ属の分類

日本からは2種が知られている。沖縄島でこれらとは別種の2標本が得られたが、ボウズハゼ属の分類には問題が多く、既存の知見では同定困難であった。そこで、オランダの博物館所蔵のタイプ標本を調査し、de Beaufort (1912) が記載した *Sicyopterus longifilis* と *Sicyopterus brevis* が同種であり、沖縄島で採集された個体もこれらと同種であることを明らかにした。今後論文を公表し、学名を確定させる予定である。

(4) ナンヨウボウズハゼ属の系統

ミトコンドリアゲノムの塩基配列により、ナンヨウボウズハゼ属 16 種の系統関係を明らかにした。本属は大きく2系統に分けられ、北西太平洋地域にはそれら両方が分布する。また、複数の種がシノニムであることが示唆された。

(5) トラフボウズハゼの集団構造

トラフボウズハゼにおいて、沖縄、ベトナム、マレーシアの集団間に遺伝的な変異がなかったことから、本種が分布域のほぼ全体で単一の集団を形成していることが示唆された。また、この結果は、本研究以前には別種とされていたマレーシアの *Stiphodon aureorostrum* がトラフボウズハゼのシノニムであることを裏付けた。



図2 トラフボウズハゼ *Stiphodon multisquamus* の分布

本研究により、沖縄およびベトナムにおける分布が初めて報告された。また、*Stiphodon aureorostrum* とされていたマレーシアの個体群(黄色の丸)も同種であることが示された。

本研究により発見されたベトナムの個体群が大規模である一方、他地域において本種は比較的希であることから、ベトナムから仔魚が周辺地域に運ばれている可能性が示唆された。

(6) 浮遊期の形態と行動

ボウズハゼ亜科のナンヨウボウズハゼとルリボウズハゼに加え、カワアナゴ科のチチブモドキ、ゴビオネルス科のナガノゴリ、ゴクラクハゼ、タネカワハゼの仔魚を飼育し、比較した。ナガノゴリとゴクラクハゼの仔魚は、孵化後すぐに摂餌を開始し、体を水平に保って遊泳した。仔魚の比重は昼夜で異なり、その分布や行動との関わりが示唆された。ボウズハゼ亜科の2種とチチブモドキ、タネカワハゼの孵化仔魚は小さく、著しく未発達であった。頭を下にしてゆっくりと沈み、その後水面に向かって素早く泳ぎ上がる行動を繰り返した。この行動により、仔魚は表層に留まって河川から流下し、海に達した後も遊泳開始まで受動的に運ばれると考えられた。孵化後2-3日で開口し、眼が黒化して、体を水平に保って遊泳するようになったが、仔魚が小型であるため十分な給餌が難しく、浮遊期を通じた形態変化と行動を明らかにすることはできなかった。

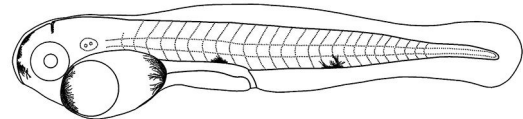


図3 ボウズハゼの孵化仔魚
非常に小さく(全長1.6 mm)、眼に色素はなく、口も胸鰭も未形成。

(7) 浮遊期の生息環境

海岸および河口周辺で採集されたボウズハゼ亜科の仔魚は、全て着底直前の発育段階であった。ボウズハゼ亜科と同じ両側回遊性のヨシノボリ属などでは、発育段階の早い仔魚も同時に採集されたが、ボウズハゼ亜科ではそのようなことはなく、河川から流下した仔魚は河口近くに留まらないと考えられた。沖合での仔魚の採集例もあることから、沖へ分散する可能性が示唆された。

(8) 河川加入時の形態と浮遊期の長さ

ボウズハゼ、ルリボウズハゼ、ナンヨウボウズハゼ、カエルハゼ、ヨロイボウズハゼ、アカボウズハゼの仔魚の河川加入時の形態を明らかにした。ボウズハゼとルリボウズハゼの河川加入時の体長は21-29 mmで特に大きく、他種は13-14 mmであったが、河川産のハゼ亜目の中では大型の部類に入る。

上記5種および南太平洋のアカボウズハゼ、*Smilosicyopus chloe*、*Akihito vanuatu* の浮遊期の長さを調べた。ボウズハゼが約5-7ヵ月、

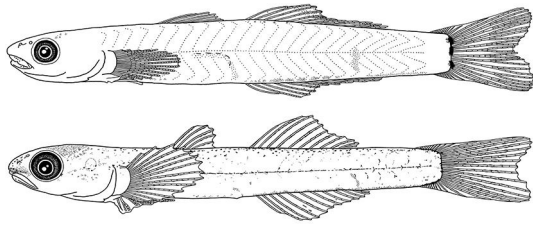


図3 ボウズハゼ亜科の河川加入前後の仔魚
ボウズハゼ（上、標準体長 28.2 mm）はアカ
ボウズハゼ（下、標準体長 13.6 mm）と比べ
大型であった。

ルリボウズハゼは4-5 ヶ月、ナンヨウボウズハゼは2-5 ヶ月、他は2-3 ヶ月であった。アカボウズハゼの浮遊期は、琉球列島、インドネシア、バヌアツ、ニューカレドニアのいずれにおいても約2 ヶ月であり、広域分布種でありながら、ボウズハゼ亜科の中で最も短かった。しかし、多くのハゼ亜目の浮遊期は数週間から1 ヶ月であり、2 ヶ月の浮遊期はそれらと比べて十分に長い。そのため2 ヶ月の浮遊期があれば広範囲への分散が可能と推測される、ボウズハゼ亜科各種の分布域は浮遊期の長さだけでなく、種分化のプロセスや過去の分布の変遷、海流や水温を含む海洋および河川的环境、仔魚の分布と行動、競合種の存在など様々な要因に影響されると考えられた。

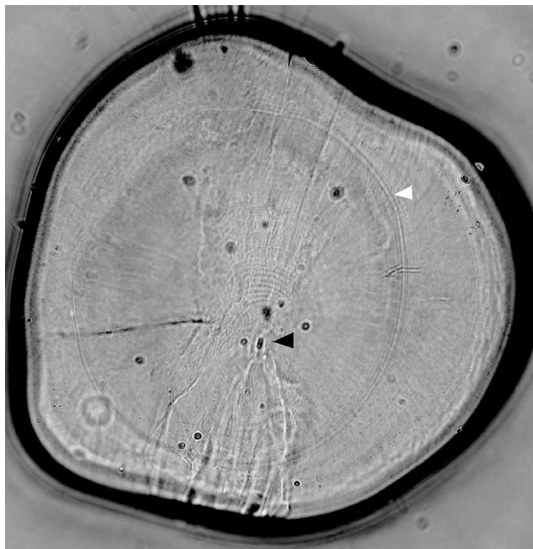


図5 ヨロイボウズハゼの耳石
耳石の中心（黒三角）から着底時に形成される
チェックマーク（白三角）までの日周輪を
計数し、浮遊期の長さを推定した。

(9) ボウズハゼの河川加入時期と仔魚の分散
ボウズハゼは台湾から日本南部にかけて分布する。沖縄島において、ボウズハゼの仔魚は概ね1-7月に河川に加入し、特に4-6月に個体数が多かった。その一方で、8、10月のような季節外れに加入する個体もわずか

に認められた。沖縄島における産卵期は5-8月であり、浮遊期は5-7 ヶ月であることから、特に加入盛期の仔魚は、台湾または八重山諸島等の他地域で生まれ、海を越えて運ばれてきた個体である可能性が示唆された。

(10) 希少種の生息状況

沖縄島におけるヒスイボウズハゼとニライカナイボウズハゼの例を紹介する。ヒスイボウズハゼの分布は局所的であり、通常1カ所で見られる個体数は10未満である。夏から秋に100個体以上の生息が認められた河川もあったが、そこで越冬した個体はいなかった。沖縄島において本種が越冬し継続して生息している場所は1河川のみであり、その河川の冬季の水温は他河川より約5度高かったことから、水温が本種の越冬の可否に重要な影響を与えていると考えられた。繁殖も確認されたが、沖縄島における繁殖だけで個体群を維持しているとは考えにくい。

ニライカナイボウズハゼは、沖縄島の4河川で確認されたが、いずれの地点においても越冬は確認されなかった。

両種は琉球列島でしか見つかっていない。しかし、このような生息状況から、琉球列島の固有種ではなく、フィリピンなど東南アジアに主要な生息地があり、そこから仔魚が運ばれて加入している可能性が高い。

(11) 仔魚の分散と今後の展望

上記の成果により、ボウズハゼ亜科には海を越えて広い範囲に分布する種が多く、それは仔魚が浮遊期に広く分散するためと考えられた。特に未発達な仔魚が孵化後表層に留まり能動的に運ばれることが分散のキーになっている可能性がある。

沖縄をはじめとする日本南部には、熱帯域に主要な分布域を持つボウズハゼ亜科の仔魚が運ばれ、それが多彩な顔ぶれを維持する要因となっていることが示唆された。しかし、東南アジアにおける研究は未だ不十分であり、今後分布情報をさらに蓄積する中で、沖縄島に出現するヒスイボウズハゼやニライカナイボウズハゼなどの故郷を特定したい。

本研究では、フィリピンで共同研究者との打ち合わせ、下見などを行ったが、共同研究の契約、採集許可の取得等に想定以上の時間を要し、本研究期間中にフィリピンにおける本格的な採集調査を行うことができなかった。しかし期間中に共同研究体制を構築し、必要な許可を取得できたことから、2015年5月に第1回の調査を行い、今後その成果を発表するとともに、研究を継続したいと考えている。

また、ボウズハゼ亜科の仔魚を着底まで飼育することができなかったため、浮遊期を通じた仔魚の形態と行動の変化を解明することができなかった。今後飼育方法を確立し、仔魚の分散機構の全貌を解明したいと考えている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

1. Maeda K, Tran HD, Tan HH. Discovery of a substantial continental population of the subfamily Sicydiinae (Gobioidei: Gobiidae) from Vietnam: Taxonomic revision of the genus *Stiphodon* from the western South China Sea. *Raffles Bulletin of Zoology* 63: 246–258 (2015). 査読有

https://lknhm.nus.edu.sg/nus/images/data/raffles_bulletin_of_zoology/vol63/63rbz246-258.pdf

2. Maeda K, Tachihara K. Larval fish fauna of a sandy beach and an estuary on Okinawa Island, focusing on larval habitat utilization by the suborder Gobioidei. *Fisheries Science* 80: 1215–1229 (2014). 査読有

DOI 10.1007/s12562-014-0800-4

3. Maeda K. *Stiphodon niraikanaiensis*, a new species of sicydiine goby from Okinawa Island (Gobiidae: Sicydiinae). *Ichthyological Research* 61: 99–107 (2014). 査読有

DOI 10.1007/s10228-013-0379-2

4. Maeda K, Tan HH. Review of *Stiphodon* (Gobiidae: Sicydiinae) from western Sumatra, with description of a new species. *Raffles Bulletin of Zoology* 61: 749–761 (2013). 査読有

[https://lknhm.nus.edu.sg/nus/pdf/PUBLICATION/Raffles%20Bulletin%20of%20Zoology/Past%20Volumes/RBZ%2061\(2\)/61rbz749-761.pdf](https://lknhm.nus.edu.sg/nus/pdf/PUBLICATION/Raffles%20Bulletin%20of%20Zoology/Past%20Volumes/RBZ%2061(2)/61rbz749-761.pdf)

5. Maeda K, Saeki T. First record of a sicydiine goby, *Stiphodon multisquamus* (Actinopterygii: Gobioidei: Gobiidae), from Okinawa Island, Japan. *Species Diversity* 18: 215–221 (2013). 査読有

DOI 10.12782/sd.18.2.215

6. Taillebois L, Maeda K, Vigne S, Keith P. Pelagic larval duration of three amphidromous Sicydiinae gobies (Teleostei: Gobioidei) including widespread and endemic species. *Ecology of Freshwater Fish* 21: 552–559 (2012). 査読有

DOI 10.1111/j.1600-0633.2012.00575.x

〔学会発表〕(計 11 件)

1. 前田健. ボウズハゼ類の研究の話. 第一回 沖縄魚類研究交流会. 名護青少年の家 (沖縄県名護市), 2015 年 3 月 1 日.

2. 飯田碧・近藤正・前田健・立原一憲. 沖縄島に生息する両側回遊性ハゼ亜目魚類の初期生活史特性. 第一回 沖縄魚類研究交流会.

名護青少年の家 (沖縄県名護市), 2015 年 3 月 1 日.

3. 前田健・近藤正・齋藤稔・飯田碧・立原一憲. 両側回遊のバリエーション: 沖縄の川に住むハゼ亜目の事例. 日本魚類学会 2014 年度年会シンポジウム “魚類における両側回遊: その生活史多様性と進化”. 神奈川県立生命の星・地球博物館 (神奈川県小田原市), 2014 年 11 月 17 日.

4. 前田健・立原一憲. 河川性ハゼ類の加入機構. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会シンポジウム “魚類の初期生活史研究の最前線”. 九州大学箱崎キャンパス (福岡県福岡市), 2014 年 9 月 22 日.

5. 飯田碧・近藤正・前田健・立原一憲. 両側回遊性ハゼ類仔稚魚の海洋分散戦略. 平成 26 年度日本水産学会秋季大会シンポジウム “魚類の初期生活史研究の最前線”. 九州大学箱崎キャンパス (福岡県福岡市), 2014 年 9 月 22 日.

6. 前田健・近藤正・齋藤稔・飯田碧・立原一憲. 両側回遊とは? バリエーションから考える. 2014 年度ゴリ研究会. 日本大学生物資源科学部 (神奈川県藤沢市), 2014 年 8 月 2 日.

7. 前田健・Hau Duc TRAN. ユーラシア大陸で初めて発見されたボウズハゼ亜科の高密度生息地. 日本魚類学会 2013 年度年会. 宮崎観光ホテル (宮崎県宮崎市), 2013 年 10 月 5 日.

8. Tran HD, Thi TT, Nguyen DH, Maeda K. An overview of species diversity of freshwater fish in Vietnam. The 3rd International Symposium on East Asian Vertebrate Species Diversity. Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam. September 13–15, 2013.

9. Iida M, Kondo M, Tabouret H, Maeda K, Keith P, Tachihara K. Specific gravity and migratory pattern of two types of amphidromous gobies on Okinawa Island, Japan. The 9th Indo-Pacific Fish Conference. Okinawa Convention Center, Ginowan-shi, Okinawa, 25 June 2013.

10. 前田健・花原 (山崎) 望・飯田碧・立原一憲. ボウズハゼ亜科の仔魚の形態と浮遊期間. 日本魚類学会 2012 年度年会. 水産大学校 (山口県下関市), 2012 年 9 月 22 日.

11. 前田健・佐伯智史. 南シナ海からの分散が示唆される沖縄島における *Stiphodon multisquamus* の記録. 平成 24 年度ゴリ研究会. 海のホテル一の滝 (和歌山県那智勝浦町), 2012 年 6 月 2 日.

〔図書〕(計4件)

1. 前田健・飯田碧・近藤正．川に住むハゼ類の多様な分散戦略．望岡典隆・木下泉・南卓志(編)水産学シリーズ 182 魚類の初期生活史研究の最前線．恒星社厚生閣(東京)発行(印刷中)．

2. Keith P, Lord C, Maeda K. Indo-Pacific sicydiine – biodiversity, biology and distribution. Société Française d’Ichtyologie, Paris, in press.

3. 前田健．ナンヨウボウズハゼ等、ハゼ亜目の51種．沖山宗雄(編)日本産稚魚図鑑第二版，東海大学出版会発行，pp. 1218–1338 (2014)．

4. 前田健．新種！ヒスイボウズハゼ．名護博物館(編)発見！私たちのすむ名護の川と自然～あなたは何本の川を知っていますか？～，名護博物館発行，pp 64–65 (2012)．

〔その他〕

【報道関連】

1. OIST ニュース：ニライカナイを探して (2014年1月30日公開)

<https://www.oist.jp/ja/news-center/news/2014/1/30/13862>

2. 沖縄タイムス「謎多き生活史に迫る 前田健・OIST 研究員」(2012年7月4日)

3. OIST プレスリリース：OIST の研究者が沖縄の川で新種の魚を発見～東南アジアの魚類相の解明に期待～(2012年5月16日公開)
このプレスリリースに基づき、本件は、NHK ニュース(2012年5月16日)、沖縄タイムス、琉球新報(2012年5月17日)等において広く報道された。

https://www.oist.jp/sites/default/files/img/stories/20120515_goby-press-release/Press_japanese_goby_final2.pdf

【アウトリーチ活動】

1. 碧南海浜水族館 講演会「ハゼトーク どんどん見つかるボウズハゼ」(2013年8月4日、碧南海浜水族館、愛知県碧南市)

2. 碧南海浜水族館 特別展「ハゼの魅力展」展示協力(2013年7月20日～9月1日開催、碧南海浜水族館、愛知県碧南市)

3. 名護博物館 講演会「川の自然を学ぼう！」(2012年11月17日、名護博物館、沖縄県名護市)

4. 名護博物館「発見！私たちのすむ名護の川と自然」展示協力(2012年11月2日～12月2日開催、名護博物館、沖縄県名護市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 健 (MAEDA, Ken)

沖縄科学技術大学院大学 マリンゲノミクスユニット・ポストドクトラルスカラー

研究者番号：20572829