

研究種目： 基盤研究 (C)

研究期間： 2007 ～ 2010

課題番号： 19570016

研究課題名 (和文) 魚類における性転換現象の系統発生と社会構造に関する研究

研究課題名 (英文) Studies on phylogeny of hermaphroditism and social structure in fish

研究代表者

須之部 友基 (SUNOBE TOMOKI)

東京海洋大学・水圏科学フィールド教育研究センター・准教授

研究者番号： 00250142

研究成果の概要 (和文)：本研究では互いに近縁で雌雄同体と雌雄異体の種類から成るハゼ科ベニハゼ属、イレズミハゼ属、シマイソハゼ属の配偶システムと系統関係を明らかにした。ベニハゼ属アオギハゼ、オヨギベニハゼ、カスリモヨウベニハゼ、イレズミハゼ属 4 種の配偶システムを飼育観察により明らかにした。その結果、アオギハゼは一夫多妻、オヨギベニハゼはランダム配偶、カスリモヨウベニハゼは縄張り雄が複数のつがいになる縄張り訪問型一夫多妻であぶれた雄はスニーキングにより繁殖に参加した。アオギハゼは雌性先熟、オヨギベニハゼは雄性先熟、カスリモヨウベニハゼは雌雄異体で体長-有利性モデルに適合している。またイレズミハゼ属 4 種は一夫一妻であった。mtDNA による系統解析では雌雄異体であるシマイソハゼ属から雌雄同体のベニハゼ属とイレズミハゼ属が派生したことが明らかとなった。さらにベニハゼ属の中でアオギハゼ、オヨギベニハゼ、カスリモヨウベニハゼが単系統群を形成した。このことから雌雄異体→雌雄同体→雌雄異体の順で進化したことが示された。

研究成果の概要 (英文)：In this study, mating system and phylogenetic relationship among the gobiid genus *Trimma*, *Priolepis* and *Trimmatom* were investigated. Mating system was observed in aquarium. Those of *Trimma tevegae*, *T. taylori* and *T. marinae* were polygyny, random mating and male-territory-visiting polygyny with sneaking, respectively. Sexuality of *T. tevegae*, *T. taylori* and *T. marinae* were protogyny, protandry and gonochore, respectively, corresponding to prediction by size-advantage model. Four species of *Priolepis* were captured as single or pairs, suggesting monogamous mating system. Phylogenetic analysis by mtDNA showed that *Trimmatom* was plesiomorphic, and *Trimma* and *Priolepis* were apomorphic. As *Trimmatom* is gonochore, the results indicate that evolution for gonochore to hermaphrodite to gonochore took place.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2007 年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2008 年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 2009 年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 2010 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 総計 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

研究分野： 生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学 ・生態・環境

キーワード： 行動生態

1. 研究開始当初の背景

ハゼ科ベニハゼ属, イレズミハゼ属, シマイソハゼ属は互いに近縁で雌雄同体と異体種が混在している. 雌雄同体の種はすべて双方向の性転換をすることがこれまでの研究で示されている. その適応的意義を明らかにするためオキナワベニハゼの配偶システムの観察がなされた. 一夫多妻の本種は多くが雌から雄に性転換するが, 雄になっても配偶相手が得られない場合や, より大きな雄が現れた場合, 雄から雌への性転換が起きた.

しかし, 本属およびその近縁属はこれまでの研究で 60 種以上が含まれ, 様々な配偶システムが予想され双方向性転換が進化してきた真の理由は不明のままである. また, 雌雄異体種が雌雄同体種の中から進化してきたのか明らかになっていない. これらの問題を解決するには, さらに多くの種の配偶システムを明らかにした上, 系統解析によって系統樹を作成し, 種間比較をおこなうことでその選択圧をしめすことができる.

2. 研究の目的

以上の課題を解決するために, 本研究では 3 属に含まれる種について飼育実験による配偶システムを明らかにする. また, 系統関係を mtDNA により解析し, 配偶システムの観察結果と併せて雌雄性の進化を探るものである.

3. 研究の方法

(1) 配偶システムの観察

ベニハゼ属アオギハゼ, オヨギベニハゼ, カスリモヨウベニハゼ, イレズミハゼ属イレズミハゼ, ベンケイハゼ, コクテンベンケイハゼ, フトスジイレズミハゼの配偶システムを観察した. 奄美大島で採集した個体を用いた. 採集時に単独が群れかを区別した. 群れる種についてはその構成を明らかにするため群れごと採集した.

水槽に収容した個体は配偶関係を示すため色素を注射して個体識別した. しかし, カスリモヨウベニハゼは注射をすると死亡したので, 巣を構えた雄を注目することにした.

飼育実験に用いた 2 グループの魚をそれぞれガラス水槽に収容した. 水槽は並列に置き, 隣接する水槽の間には互いが見えないように, 黒色ビニールシートで覆った発砲スチロールを挿んだ. 水槽底部には 3 cm 程度砂を敷き, その上に産卵床用に塩化ビニルパイプ (内径 20mm, 長さ 5cm と内径 110mm, 長さ 10cm), 2 個と素焼きの植木鉢を半分にしたものを 1 個ずつ各水槽に設置した. 産卵床には卵を回収できるように, 内側に耐水紙を密着させた.

(2) 系統解析の方法

解析には, ベニハゼ属 (*Trimma*) 44 種に加え, 外群としてイレズミハゼ属 (*Priolepis*) を 10 種, さらにその他のハゼ亜目魚類 7 種の計 61 種を用いた. 解析には系統学的パフォーマンスに優れたミトコンドリアゲノム ND4/ND5 遺伝子領域 (3.4kb) の塩基配列を用いる. 各種の組織サンプルから市販のキットを用いて DNA を抽出した後, ハゼ亜目魚類のミトコンドリアゲノムの ND4/5 遺伝子領域 (介在する 3 つの tRNA 遺伝子を含む) を増幅するプライマー 17 種を用い, 本領域の約 3.7 kb を PCR 法によっていくつかの断片に分けて増幅した {Miya, 2006 #943}. 各 PCR 産物から酵素反応を用いて余剰プライマーや未反応 dNTPs を不活性化した後, 直接法により塩基配列を決定した. 系統解析には RAxML ver. 7.2.8 {Stamatakis, 2006 #1437} を用いた最尤法を採用した. 分子進化モデルには general time reversible (GTR) モデル {Yang, 1994 #193} をガンマ補正した GTR + gamma を用いた. 解析アルゴリズムには, 1000 回のブーツストラップ (BS) サンプリングに基づく高速 BS 法を用い, 各ノードの BS 確率を求めると同時に最尤樹を推定した.

4. 研究成果

(1) 社会構造と雌雄性

アオギハゼとは群れで洞窟の中に生息している. 群れの大きさは 15-114 尾で約 80% は雌で構成されている複雄群であった. 雄は雌より有意に大きかった.

オヨギベニハゼは 96 尾の群れで雌の数は同様に 80%であったが、雌の方が有意に大きかった。両種の生殖腺構造は他のベニハゼ属と同様の両性生殖腺で双方向性転換が可能であった。しかし、アオギハゼは雌性先熟、オヨギベニハゼは雄性先熟的であることがわかった。

配偶システムを飼育により観察したところ、アオギハゼは 1 尾の雄に複数の雌が訪問する縄張り訪問型一夫多妻的であった。オヨギベニハゼは雌が様々な雄と配偶関係を持ち、特定の雄とはつがいにならなかった。つまりランダム配偶であった。これは雌性先熟および雄性先熟の各タイプの進化を予測する体長-有利性モデルとよく合致した。

カスリモヨウベニハゼは 59 個体と 21 個体の群れを採集した。性比はほぼ 1:1 であった。また、生殖腺の構造から雌雄異体であることが予測された。雄は産卵巣に巣を構えると求愛をして雌を巣に誘い産卵させる。巣を持たない雄はスニーキングにより繁殖に参加した。

イレズミハゼ属 4 種は洞窟の奥部に単独あるいはペアで生息し、配偶システムは一夫一妻が予測された。生殖腺を組織学的に観察したところいずれの種も両性生殖腺を有し、同性どうしの組み合わせ実験では、双方向性転換を示し、大型個体が雄となった。

(2) mtDNA による系統解析

雌雄異体であるシマイソハゼ属から雌雄同体のベニハゼ属とイレズミハゼ属が派生したことが明らかとなった。さらにベニハゼ属の中でアオギハゼ、オヨギベニハゼ、カスリモヨウベニハゼ、オニベニハゼが単系統群を形成するがこれらの種は全て中層に浮くタイプであり、カスリモヨウベニハゼは雌雄異体であった。また、配偶システムも一夫多妻、一妻多夫、縄張り訪問型一夫多妻、スニーキングによる条件戦略を含み多様性が高い。

野外において配偶システムがよく研究されているオキナワベニハゼはベニハゼ属の中でも派生的な位置にある。では双方向の性転換が進化した選択圧は何だったのか？

イレズミハゼ属は一夫一妻の傾向が強く、ベニハゼ属では一夫一妻の種は見つかっておらず、一夫多妻の種が多いことが予想される。このことからシマイソハゼ属の配偶システムと共通点をより多く持つ属の特徴が双

方向性転換を進化させた真の選択圧であることが予想される。

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 2 件)

- ① Sakurai, M., S. Nakakoji, H. Manabe, S. Dewa, A. Shinomiya and T. Sunobe (2009) Bi-directional sex change and gonad structure in the gobiid fish *Trimma yanagitai*. Ichthyol. Res. 56: 82-86 (査読有)
- ② Manabe, H., M. Matsuoka, K. Goto, S. Dewa, A. Shinomiya, M. Sakurai, T. Sunobe (2008) Bi-directional sex change in the gobiid fish *Trimma* sp.: does size-advantage exist? Behaviour 145: 99-113 (査読有)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 木原聡美・清水庄太・須之部友基. 館山湾に生息するベラ科オハグロベラ *Pteragogus aurigarius* の雌の繁殖戦術. 2009 年 11 月 27 日, 日本動物行動学会年会(筑波大学)
- ② 清水庄太・木原聡美・須之部友基. 館山湾に生息するベラ科オハグロベラ雄における繁殖行動の多様性について. 2009 年 11 月 27 日, 日本動物行動学会年会(筑波大学)
- ③ 渡井幹雄・須之部友基. 潮汐周期とベラ科魚類の群れ産卵時刻. 2009 年 11 月 27 日, 日本動物行動学会年会(筑波大学)
- ④ 境田沙知子・須之部友基. セレバスゴチの繁殖生態について. 2009 年 11 月 27 日, 日本動物行動学会年会(筑波大学)
- ⑤ 木原聡美・須之部友基. 館山湾におけるベラ科オハグロベラ *Pteragogus aurigarius* が性転換する条件について. 2010 年 11 月 20 日, 日本動物行動学会年会(那覇市)
- ⑥ 豊田克也・木村清志・須之部友基. 館山湾におけるホンベラの繁殖様式. 2010 年 11 月 20 日, 日本動物行動学会年会(那覇市)

[図書] (計 1 件)

- ① 須之部友基(2010)第 16 章性転換. 183-194. 塚本勝巳 編"魚類生態学の基礎"恒星社厚生閣.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

須之部友基 (SUNOBE TOMOKI)
東京海洋大学・水圏科学フィールド教育研究
センター館山ステーション・准教授
研究者番号：00250142

(2) 研究分担者

四宮明彦 (SHINOMIYA AKIHIKO)
鹿児島大学・水産学部・教授
研究者番号：9004172

櫻井 真 (SAKURAI MAKOTO)
鹿児島純心女子短期大学・生活学科・教授
研究者番号：90321356

宮 正樹 (MIYA MASAKI)
千葉県立中央博物館動物学研究科・上席研究員
研究者番号：30250137

(平成 19 年～21 年)

萩原清司 (HAGIWARA KIYOSHI)
横須賀市自然人文博物館・自然部門学芸員
研究者番号：50359113
(平成 19 年～21 年)

(3) 連携研究者

(なし)