

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月25日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570026

研究課題名（和文）魚類の社会的性決定-低密度条件における逆方向性転換の検証

研究課題名（英文）Social determination of sex in fishes: testing reversed sex change under low density conditions

研究代表者

桑村 哲生（KUWAMURA TETSUO）

中京大学・国際教養学部・教授

研究者番号：00139974

研究成果の概要（和文）：野外における逆方向の性転換は魚類では5種のみで知られていたが、本研究では野外配偶者除去実験により、一夫多妻で雌性先熟の3種（ホンソメワケベラ、アカハラヤッコ、クレナイニセスズメ）で新たに確認した。一方、ランダム配偶で雄性先熟のセレベスゴチでは、水槽実験も併用することにより、逆方向性転換をしないことが強く示唆され、配偶システムのタイプに応じて逆方向性転換するか否かが決まっていると推察された。

研究成果の概要（英文）：Reversed sex change in the field has been reported in only five species among fishes. In the present study, we confirmed this in three polygynous and protogynous fishes: the cleaner wrasse *Labroides dimidiatus*, the rusty angelfish *Centropyge ferrugata*, and the magenta dottyback *Pictichromis porphyria*. On the other hand, our field and aquarium experiments strongly suggest that the Celebes flathead *Thysanophrys celebica*, random-mating and protandrous species, will not change sex in the reverse direction. We suggest that the evolution of reversed sex change may depend on the type of mating system of each species.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

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：性転換、魚類、社会的地位

1. 研究開始当初の背景

性転換する魚類は数多く知られているが、1990年代になって初めて、同一種内における逆方向の性転換（双方向の性転換）が発見された。その後、本研究開始前までに、水槽実験を含めて25種で報告されていたが、そ

のうち野外で確認されたのは5種にすぎなかった。

その理由は、逆方向性転換が通常の個体群密度では起こりにくく、低密度条件で独身化したときに起こる現象だからではないかと推察された。

一般に、社会システムや繁殖行動に関する野外調査は、対象種にとって適した環境、すなわち個体数の多い生息地を選んで行われることが多く、低密度域に注目した調査研究は少ない。このことが野外における逆方向性転換の観察例が少ないことの原因ではないかと考え、本研究計画を実施することにした。

2. 研究の目的

逆方向性転換がたんに飼育下で示される潜在能力ではなく、低密度条件に応じて進化してきた適応的な性質であることを示すために、できるだけ多くの雌雄同体魚種で、野外における逆方向性転換を確認することを目的とした。

ただし、1で述べたように、逆方向性転換が起こると予想される低密度個体群での個体追跡は、サンプル数を増やすという点では非常に効率が悪いと、野外配偶者除去実験を実施して、独身化した個体の逆方向性転換を誘発できないかと考えた。

3. 研究の方法

野外における逆方向性転換をできるだけ多くの魚種で確認するため、低密度個体群における配偶者除去実験を、代表者と分担者がそれまで野外調査を継続してきた調査地（桑村：沖縄県瀬底島、坂井：鹿児島県口永良部島、須之部：千葉県館山湾）において実施した。

各地において、対象魚種の分布状況・繁殖状況を把握したのちに、雌性先熟種では雌を除去して、独身にした雄にマークを施して個体識別し追跡した。雄性先熟魚では雄を除去して独身にした雌を追跡した。除去後に異性または幼魚の新規加入があれば、それらも除去した。

マーク個体が新規ペアを形成したら、性行動・繁殖行動を観察したのち、捕獲して腹を押して放卵放精を確認することにより、機能的な性別を判定した。

一部の種については、体サイズの異なる同性・異性個体のさまざまな組合せで水槽飼育実験も実施し、逆方向性転換するか否かを確かめた。

4. 研究成果

まず3つの調査地それぞれで得られた主な結果をまとめ、最後に全体を総括して、今後の展望について述べる。

(1) 沖縄県瀬底島

① 一夫多妻で雌性先熟のホンソメワケベラ（ベラ科）とアカハラヤッコ（キンチャクダイ科）において、雌を除去して独身化した雄

の一部が移動して雄どうしのペアを形成し（図1）、劣位個体（小さいほう）が逆方向性転換して雌として繁殖（放卵）することを確認した。

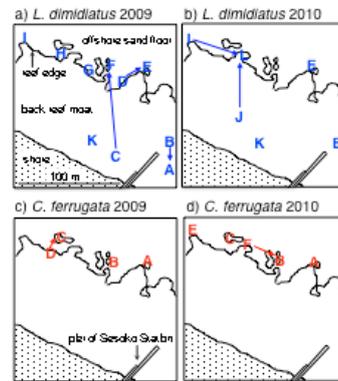


図1 ホンソメワケベラ (a, b) とアカハラヤッコ (c, d) の独身化した雄の移動とペア形成 (Kuwamura et al. 2011より改変)

② クレナイニセスズメ（メギス科）が一夫多妻的な空間配置と、雌性先熟な体長分布（図2）を示すことを確認したのち、配偶者除去実験を実施し、双方向に性転換することを確認した。

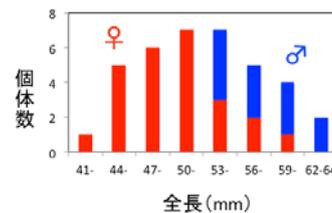


図2 クレナイニセスズメの体長分布

③ 一夫多妻で雌性先熟であるカザリキュウセン（ベラ科）においても、雌除去実験により、小型雄の行動上の逆方向性転換（雌としての繁殖行動）が確認された。しかし、放卵を確認する前に消失した。

④ 複雄群で雌性先熟のウミタケハゼ（ハゼ科）と、一夫一妻で雄性先熟のクマノミ（スズメダイ科）に関しては、逆方向性転換しないことを示唆する結果が得られた。

⑤ 他の4科5種についても配偶者除去実験を実施したが、台風による生息場所（サンゴ礁）の破壊と実験個体消失のため、実験中断を余儀なくされ、結果を出すことができなかった。

(2) 千葉県館山湾

① 一夫多妻で雌性先熟のオハグロベラ（ベラ科）では、個体群密度が高すぎたので、野外除去実験を見送り、代わりに雄どうしのペ

ア飼育実験をしたところ、小さい方が雌に逆方向性転換することが確認された。

② 雄性先熟であるセレバスゴチ(コチ科)を個体識別して、野外で繁殖行動を観察したところ、ランダム配偶であることが確認された。次に水槽中で、雌グループ、雄グループ、雌雄グループで飼育したところ、全長 100mm 以上の雄のみが性転換し、雌および 99mm 以下の雄は性転換しなかった。また、鱗による年齢査定から 2 歳の雄が性転換することが明らかになった。これらのことから本種では雄性先熟のみで、逆方向の性転換はしないと考えられた。

(3) 鹿児島県口永良部島

① 一夫多妻のサラサゴンベ(ゴンベ科)の雌を除去したところ、独身雄とハレムが隣接する状況で、独身雄が雌に戻る例、およびハレム雄が雌に戻る例をそれぞれ 1 例ずつ確認した。独身雄どうしの隣接状況では互いの行動干渉が稀なまま性転換に至らなかったことから、本種においては「独身雄とハレムの隣接」という条件が逆方向性転換を誘発しやすいことが示唆された。

その後、個体群密度が著しく低下した年には、予想に反して逆方向性転換は起こらず、雌から雄への順方向性転換のみが観察された。本種においては、幼魚の定着と雌の消失率が性転換の起こり方に深く関わっていることが示唆された。

② 一夫多妻で雌性先熟のワヌケトラギス(トラギス科)では、性転換を誘発させる野外ケージ実験を実施したが、逆方向性転換するかしないかを断定できる結果はまだ得られていない。

(4) 総括

以上の通り、野外における逆方向性転換(双方向性転換)を新たに 3 科 3 種(ホンソメワケベラ・アカハラヤッコ・クレナイニセスズメ)で確認することができた。また、水槽飼育下での逆方向性転換を 1 種(オハグロベラ)で新たに確認した。これらにより、双方向性転換する魚種数を研究開始前の 25 種(うち野外 5 種)から 27 種(うち野外 8 種)に増やすことができた。

一方、雄性先熟のセレバスゴチでは、逆方向性転換しないことを示す証拠が得られ、雌性先熟のクマノミ等でもその可能性が示唆された。

さらに、サラサゴンベほかにおける性転換が起こる条件を検討し直してみることにより、すべての性転換魚類が逆方向性転換をするわけではなく、種ごとの配偶システム・社会システムのタイプに応じて、逆方向性転換

が進化する否かが決まっている可能性が示唆された。

この可能性について、今後さらに追究していく予定である。そのために申請していた科学研究費基盤研究(C)「魚類の社会システムと逆方向性転換-配偶者除去実験と強制同居実験による検証」が平成 24 年度より 3 年間の予定で採択されている。

なお、本研究成果の一部として公表した論文②(Kuwamura et al. 2011)は、海外の同分野の研究者に強いインパクトを与え、高い評価を得ている。

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)

- ① 桑村哲生 2012 魚類の社会行動と性転換の進化. 比較内分泌学 38:68-72. 査読無
- ② Kuwamura, T., Suzuki, S., Kadota, T. 2011 Reversed sex change by widowed males in polygynous and protogynous fishes: female removal experiments in the field. *Naturwissenschaften* 98: 1041-1048. 査読有
- ③ 桑村哲生 2011 社会的地位が性を決める-サンゴ礁魚類の性転換. 学術の動向 16(4):78-80. 査読無
- ④ Kadota, T., Osato J., Nagata K., Sakai Y. 2011. Reversed sex change in the harem protogynous hawkfish *Cirrhichthys falco* in natural conditions. *Ethology* 118: 1-9. 査読有
- ⑤ Kadota, T., Osato J., Hashimoto, H., Sakai, Y. 2011. Harem structure and female territoriality in the dwarf hawkfish *Cirrhichthys falco* (Cirrhichthidae) *Environmental Biology of Fishes* 92: 79-88. 査読有

[学会発表] (計 15 件)

- ① 桑村哲生 2011 魚類の社会行動と性転換の進化. In: シンポジウム: 進化とはなんだろうか?-進化学の過去から現在. 第 36 回日本比較内分泌学会大会、2011. 11. 23、東京都、都道府県会館
- ② 桑村哲生 2011 クレナイニセスズメの双方向性転換. 2011 年度日本魚類学会年会、2011. 10. 1、弘前大学
- ③ 桑村哲生 2011 はじめに-社会的地位と体サイズ. In: 公募ワークショップ: 性表現・性役割の可塑性と社会的地位-魚類の場合. 日本動物行動学会第 30 回大会、2011. 9. 10、慶応大学三田キャンパス
- ④ 須之部友基 2011 魚類における社会的地

位と双方向性転換. In: 公募ワークショップ: 性表現・性役割の可塑性と社会的地位-魚類の場合. 日本動物行動学会第30回大会、2011.9.10、慶応大学三田キャンパス

- ⑤ 桑村哲生 2010 逆方向の性転換が起こる条件: 一夫多妻魚類の場合. 日本動物行動学会第29回大会、2010.11.20-21、沖縄県男女共同参画センター
- ⑥ 木原聡美、須之部友基 2010 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. 日本動物行動学会第29回大会、2010.11.20-21、沖縄県男女共同参画センター
- ⑦ 豊田克也、須之部友基 2010 館山湾におけるホンベラの繁殖様式. 日本動物行動学会第29回大会、2010.11.20-21、沖縄県男女共同参画センター
- ⑧ 桑村哲生 2010 独身雄の逆方向性転換: 一夫多妻の雌性先熟魚における野外操作実験. 2010年度日本魚類学会年会、2010.9.24、三重県文化会館
- ⑨ 桑村哲生 2009 ベラ科魚類の逆方向性転換: 逆境における潜在能力の進化. 日本動物行動学会第28回大会、2009.11.27、筑波大学
- ⑩ 木原聡美、須之部友基 2009 館山湾に生息するベラ科オハグロベラ *Pteragogus aurigarius* の雌の繁殖戦略. 日本動物行動学会第28回大会、2009.11.27、筑波大学
- ⑪ 清水庄太、須之部友基 2009 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. 日本動物行動学会第28回大会、2009.11.27、筑波大学
- ⑫ 境田沙知子、須之部友基 2009 セレバスゴチの繁殖生態について. 日本動物行動学会第28回大会、2009.11.27、筑波大学
- ⑬ 中村和喜、坂井陽一 2009 雌性先熟魚サラサゴンベにおけるオスによる逆方向性転換の誘発実験-メス化のきっかけとメス機能面のコスト. 日本動物行動学会第28回大会、2009.11.27、筑波大学
- ⑭ 金友勇馬、坂井陽一 2009 ワヌケトラギスのメスによる性転換の誘発に関する幼魚と成魚の社会関係. 日本動物行動学会第28回大会、2009.11.27、筑波大学
- ⑮ 門田立、坂井陽一 2009 ハレム社会をもつサラサゴンベの双方向性転換-自然状況下での発現状況と機能性. 2009年度日本魚類学会年会、2009.10.9-12、東京海洋大学

[図書] (計2件)

- ① Munday, P. L., Kuwamura, T., Kroon, F. J. 2010 Bidirectional sex change in marine fishes. pp. 241-271. In: Cole, K. S. (ed.) *Reproduction and Sexuality in Marine Fishes: Patterns and Processes*.

University of California Press, 408 pp. 査読有

- ② 須之部友基 2010 性転換. pp.182-194. In: 塚本勝巳編『魚類生態学の基礎』, 恒星社厚生閣, 317 pp. 査読有

[その他]

アウトリーチ活動 (一般向け招待講演)

- ① 桑村哲生 2011 魚にみる性と子育ての原点、長野上水内教育会夏季大学、2011.8.3、長野市若里市民文化ホール
- ② 桑村哲生 2010 サンゴ礁魚類の社会と性転換. 第11回国際精子学会サテライトシンポジウム「水生生物の生殖生物学-熱帯から温帯への研究」市民公開講座、2010.6.26、沖縄県名護市民会館
- ③ 桑村哲生 2009 性転換する魚たち-サンゴ礁の海から、沖縄県竹富町教育委員会・社会教育学級 (浦内こども会)、2009.8.24、沖縄県西表島浦内地域活性化施設

ホームページ等

- ① 桑村哲生
[http://kenkyu-db.chukyo-u.ac.jp/show/ty
pe1.php?c=733](http://kenkyu-db.chukyo-u.ac.jp/show/type1.php?c=733)
- ② 須之部友基
[http://www.kaiyodai.ac.jp/Japanese/acad
emics/center/lab/index.html](http://www.kaiyodai.ac.jp/Japanese/academics/center/lab/index.html)
- ③ 坂井陽一
[http://home.hiroshima-u.ac.jp/fshres/sa
kai.html](http://home.hiroshima-u.ac.jp/fshres/sakai.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桑村 哲生 (KUWAMURA TETSUO)
中京大学・国際教養学部・教授
研究者番号: 00139974

(2) 研究分担者

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
坂井 陽一 (SAKAI YOICHI)
広島大学・生物圏科学研究科・准教授
研究者番号: 70309946

(3) 連携研究者

なし