

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 6 日現在

機関番号：17701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25850137

研究課題名(和文) テンジクダイ科でみられる卵黄をもたない卵の生産の適応的意義の解明に向けて

研究課題名(英文) Searching for factors to cause oogenesis without yolk as a reproductive strategy in *Apogon lineatus*

研究代表者

久米 元 (KUME, Gen)

鹿児島大学・水産学部・助教

研究者番号：00554263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：2年間の潜水調査により、テンジクダイの自然状況下での行動、群れパターンについて明らかにすることができた。実効性比の雌への偏りが、テンジクダイの雌でみられる異常な卵生産(一定の割合で卵黄をもたない卵を生産)を進化させたと考えられるが、雌雄間で行動様式には違いがみられ、特に口内保育に伴う雄の死亡率の上昇が実効性比の雌への偏りを引き起こす主要因となっている可能性が示された。また、合計7種に対し卵巣の組織学的観察を行った結果、同様の卵生産がみられなかったことから、このような卵生産が同科の中で稀な現象であることが確認された。

研究成果の概要(英文)：Aggregation and behavioral patterns were examined for wild population of *Apogon lineatus* in Omura Bay, Nagasaki Prefecture, for two consecutive spawning seasons. Individuals were occurred solitarily on the sandy-muddy bottoms during the nighttime. Sexual differences in behavioral patterns were observed. The increase in mortality rates of males following mouthbrooding care was suspected to be one of the major factors to cause reversed operational sex ratio. For a total of seven apogonid species, ovaries were investigated histologically. The oogenesis pattern similar to *A. lineatus* (approximately 20% of each brood is constituted by eggs without yolk, which were hydrated without the vitellogenesis phase and eventually ovulated with other normal eggs as a single egg mass.) was not observed, suggesting that it is not prevailing in apogonids.

研究分野：魚類生態学

キーワード：口内保育 卵生産 実効性比 テンジクダイ

1. 研究開始当初の背景

(1) テンジクダイ科魚類では雄雌がペア産卵を行い、雄が卵塊を孵化するまで口内保育する。雄はより大きな卵塊を保護することにより、同等のコストでより多くの卵を孵化させ、大きな利益を得ることができる。そこで、雄は卵食戦略を進化させた。卵塊の卵数が少なかった場合、それを食べ、すぐに別の雌と産卵を行い、その卵塊の卵数が保護のコストに見合うほど十分であれば保護する。ただし、この戦略は実効性比が雌に偏っている条件下でのみ実行可能となる。

(2) 本研究で対象とするテンジクダイの雌は、興味深いことに正常卵とともに卵黄を含まない卵を生産している (Kume et al. 2002)。申請者は、この卵生産は本種に特有の実効性比が一貫して雌に偏った、完全に性役割が逆転した社会、すなわち、雄による卵食リスクが極めて高い状況下で進化した雌の適応的戦略であるという仮説をたてた。雌は、卵黄を含まない卵を生産することで、エネルギーをかけることなく見かけ上サイズが大きい (卵数が多い) 卵塊を産出し (Kume et al. 2000)、雄にその卵塊が口内保育を続けるのに十分に値すると思わせ、卵食を防いでいると推測している。

2. 研究の目的

(1) 雄が卵を口内保育するテンジクダイ科魚類では一時的に実効性比が雌に偏り、雄は卵食戦略を実践する (一旦保育を開始した卵塊が保護コストに見合わないほど小さければそれを食べ、すぐに別の雌が産出するより大きな卵塊を保護する)。テンジクダイの雌は卵黄をもたない卵を生産するが、申請者はこれ

が本種特有の完全に性役割が逆転した社会、すなわち、雄による卵食リスクが高い状況下で進化した雌の適応的戦略であるという仮説を提唱した。本研究では仮説の検証に向けて、野生個体群を対象とし実効性比の推定を試みる。

(2) 同科魚類において、テンジクダイ以外の魚類で同様の卵生産様式を示す種がみられるのか、卵巣の組織学的観察を行い明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 対象種の産卵期である 2013 年と 2014 年の夏季に、長崎県大村湾の水深 10 メートル以浅に設置した観察区で、スクーバ潜水により目視観察を行った。これまで分かっていない出現、行動様式について記録した。その上で、実効性比、実効性比の偏りを生み出す主要因について精査した。

(2) テンジクダイと同様の卵生産をすることが確認されている *Apogon fleurieu* について潜水観察を行い、行動や群れ構造についてテンジクダイと比較した。また、同科 7 種の標本を採集し、テンジクダイ、*A. fleurieu* と同様の卵生産を示す種がみられないか、卵巣の組織学的観察を実施した。

4. 研究成果

(1) 出現、行動様式に 2 年間で大きな違いは見られなかった。本種は産卵期になると水深 5 メートル以深の砂泥域に出現していた。これは岩礁域、藻場、サンゴ礁域といった複雑な構造物付近に昼夜を問わず高密度で生息し、繁殖行動を行う同科魚類とは顕著に異な

っていた。日中はほとんど見られなかったが、日没後、比較的高密度で出現していた。ただし、当初の予想とは異なり、本種は群れで存在せず、各個体が独立して出現し、行動していた。日中は、アナゴ類やシャコ類が遺棄したと考えられる砂泥中の巣穴内に隠れており、日没後、中層から底層に出現し、ヨコエビ類やアミ類に対する摂餌活動等も観察された。夜行性である本種は日中はこのような行動をとることにより、身を隠す構造物の存在しない砂泥域において捕食者からの被食を防いでいると考えられた。また、夜間にクロサギ類で知られている潜砂行動も観察され、これも砂泥域で捕食者からの被食を防ぐ行動と推察された。

(2)水深5メートルから15メートル以浅に設定した観察区内で産卵行動は確認されなかった。隣接した岩礁域、藻場でもみられなかったことから、産卵行動は観察区より深い砂泥域で行われている可能性が高い。低い割合ではあったが口内保育中の雄が観察された。観察区内で、口内保育中の雄の出現率に昼夜で違いは検出されなかった。口内保育中の雄は、アナゴ類やシャコ類の巣穴内をほとんど利用していないと考えられた。また、口内保育中であることから潜砂行動は不可能で、口内保育を行っていない個体に比べ遊泳速度が明らかに遅いことから、口内保育中の個体とそうでない個体との間には被食率に顕著な違いが生じていると推察された。また、産卵期後期の口内保育中の雄の体色は明らかにくすみ、各鰭の状態も劣化していたことから、口内保育に伴う絶食が雄のコンディションの悪化に与える影響も大きいと考えられた。

(3)2年間の観察を通じて、本種の各個体は一定の範囲内に定位しておらず、数日後に、観察区内で観察できないことが多かった。これは口内保育中の雄個体についても同様で、これが移動によるものか、被食等にもなう死亡によるものかは断定できず、実行性比について正確に推定することは困難であった。同様の理由で、当初、本種では、他のテンジクダイ化魚類に比べ、雄の口内保育に要する日数が長く、かつ、雌の産卵間の日数が少ないため、この繁殖速度の雌雄間の違いが実効性比の雌への偏りを引き起こす一要因となっているとの仮説を設定したが、仮説を裏付けるデータは得られなかった。一方で、産卵期中の口内保育に伴う被食率の上昇とコンディションの悪化は結果的に雄の死亡率を高め、これが実効性比の雌への偏りを引き起こす要因となっている可能性が示唆された。

(4) *Apogon fleurieu* もテンジクダイ同様に、正常な卵とともに卵黄を含まない異常な卵を一定の割合で生産することが確認されている。本種に対し、屋久島で潜水調査を実施した。予想とは異なり、本種とテンジクダイの間には群れ構造をはじめ顕著な違いがみられた。*A. fleurieu* はテンジクダイとは異なり、一般的な同科魚類と同様、構造物の周囲にアオスジテンジクダイ等といった同科の複数種と比較的高密度の群れを形成していた。潜水観察時間が短かったこともあり、少なくとも今回の調査から、本種においてテンジクダイで観察された性役割の逆転を引き起こしうる雌雄間での行動様式の違いについて検出することはできなかった。

(5) テンジクダイと *A. fleurieu* 以外に、同

様の卵巣の成熟様式を示す種がみられないか検討するために、鹿児島県周辺海域で採集した合計 7 種について卵巣の組織学観察を行った。



図 1 ヨコスジイシモチの卵巣断面図

しかし、図 1 で示したヨコスジイシモチの卵巣のように、全 7 種の卵母細胞の成熟様式は一樣で、テンジクダイ、*A. fleurieu* と同様の卵巣の成熟様式を示す種は確認できなかった。

(6) テンジクダイ科の実効性比の偏りを引き起こす要因として、雌雄間での死亡率の違いに加え、卵巣に特異的に寄生し、雌の正常な産卵を不可能にする線虫の存在が挙げられる。クロホシイシモチやネンブツダイでは高頻度で雌の卵巣に線虫が寄生しており、産卵期に産卵不能な個体が多く出現する。結果的に、卵巣に線虫が寄生することにより実効性比は雄に偏ると推察されるが、テンジクダイではこれまで卵巣への線虫の寄生は一例も観察されていない。今後は、クロホシイシモチやネンブツダイといった通常の卵巣の成熟様式を示す種とテンジクダイ同様に異常な卵巣の成熟様式を示す *A. fleurieu* について卵巣に対する線虫の寄生状況について明らかにし、

卵巣の成熟様式との因果関係について精査する必要がある。

<引用文献>

Kume G, Yamaguchi A, Taniuchi T, Filial cannibalism in the paternal mouthbrooding cardinalfish *Apogon lineatus*: egg production by the female as the nutrition source for the mouthbrooding male. *Environmental Biology of Fishes*, 58, 2000, 233-236

Kume G, Yamaguchi A, Aoki I, Dummy egg production by female cardinalfish to deceive cannibalistic males: oogenesis without vitellogenesis. *Environmental Biology of Fishes*, 65, 2002, 469-472

Fishelson L, Gon O. Comparative oogenesis in cardinal fishes (Apogonidae, Perciformes), with special focus on the adaptive structures of the egg envelopes. *Environmental Biology of Fishes*, 81, 2008, 397-414

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

Gen Kume. Ecological studies on the cardinal fish *Apogon lineatus* in the temperate coastal regions of Japan. Asian Fish Biodiversity Conference, 2014 年 2 月, Penang (Malaysia)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久米 元 (KUME, Gen)

鹿児島大学・水産学部・助教

研究者番号：00554263