

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K06419

研究課題名(和文)産卵移動をみせる魚類社会の実態解明と成立機構に関する研究

研究課題名(英文)Ecological study on mating systems of reef fishes demonstrating spawning migration

研究代表者

坂井 陽一 (Sakai, Yoichi)

広島大学・統合生命科学研究科(生)・教授

研究者番号：70309946

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：サンゴ礁などのリーフ環境に生息する魚類には、産卵移動をみせるものが少なくない。しかし、その実態が明らかにされた例は乏しい。そこで、ハコフグ科クロハコフグ、ニザダイ科ニザダイ、チョウチョウオ科フウライチョウチョウオの3魚種に注目した生態調査を実施した。このうちクロハコフグでは、日中に浅場に分布するホヤ類を主に採餌し、夕刻に産卵に適した比較的水深のある沖合へ移動することが明らかとなった。オスが沖合に産卵なわばりを構え、訪問メスとペア産卵する複婚社会を有していた。これらの成果は、魚類生態学における新知見として学会発表を実施し、学术论文の発表を進めている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

産卵移動をみせる魚類の繁殖の実態や、産卵移動を行う生態学的背景を理解することは、魚類の再生産環境を保全するための基盤となる。産卵移動習性を有する魚類が産卵場において偶発的に一網打尽に漁獲される事例がある。スケールの大きな移動習性を有する魚類の再生産活動を維持し、守るために、産卵移動習性の実態を正しく理解することは重要である。個体レベルの野外観察データから、産卵移動、繁殖行動、産卵時間帯以外の行動のパターンを明らかにしたクロハコフグの研究成果は、産卵移動魚類のフィールド観察研究の可能性を提示するものである。

研究成果の概要(英文)：Many fish species that inhabit coral reefs and other reef environments exhibit spawning migrations. However, there are few studies that have clarified environmental mechanisms and mating systems of this phenomenon. We conducted ecological surveys focusing on three species of fish: the boxfish *Ostracion meleagris* (Ostraciidae), the surgeonfish *Prionurus scalprum* (Acanthuridae), and the butterflyfish *Chaetodon vagabundus* (Chaetodontidae). Of these, we obtained particular significant results with the boxfish. The boxfish mainly fed on ascidians distributed in shallow waters during the daytime, and moved to offshore areas with relatively deep water suitable for spawning in the evening. The males set up a spawning territories offshore and spawned in pairs with visiting females, indicating that they had a male-territory-visiting polygamy as mating system. These results are being published as new findings in fish ecology.

研究分野：魚類行動生態学

キーワード：魚類 産卵移動 繁殖生態 採餌生態 潜水観察 標本分析

1. 研究開始当初の背景

サンゴ礁などのリーフ環境に生息する魚類には、繁殖活動を定住空間で行うものが多い。これらの魚種を中心に社会形態が典型的に捉えられ、繁殖戦略・戦術に関する研究が進められてきた(桑村・中嶋 1996, 矢部・桑村・都木 2017)。しかし、サンゴ礁魚類には産卵移動、すなわち定住空間を一時的に離れる行動をみせる魚種(ハタ類、タイ類など水産有用種も含む)も決して少なくない。産卵時に個体が沖合へと移動し、産卵場所に集合する現象は「spawning aggregation(産卵群がり)」と呼ばれ、これまでに26科160種を超える魚類から現象が報告されている(Claydon 2004)。産卵移動は潮通しの良い場所へと行われるため、産卵直後の卵や孵化仔魚の生残・分散に有利性があると考えられている。この産卵移動は親魚にかなりのコストとリスクの負担を強いる。それゆえ、親魚の性別や体サイズに関連した個体間の駆け引きや対立が内在するものと予想される。しかし、その実態は謎のままにある。特に、繁殖に関する社会構造の実態(雌雄の空間配置とつがい関係)と産卵移動の成立機構(生息環境条件、雌雄の駆け引きや対立)について明らかにした事例は極めて乏しい。

2. 研究の目的

そこで本研究では、チョウチョウオ科、ハコフグ科、ニザダイ科の魚類を研究対象に、行動生態学的手法に基づく個体レベルの野外観察調査から、どのような移動・産卵行動パターンをみせ、また雌雄個体がどのような空間配置をとり、どのようなつがい関係にあるのかの実態データを明らかにし、魚類における産卵移動社会の繁殖戦略としての位置づけを明確にすることを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

産卵移動の成立する背景を追求するため、予想される社会構造の異なる3魚種を研究対象に選定する。具体的には、1)典型的な一夫一妻社会をもつチョウチョウオ科フウライチョウオ *Chaetodon vagabundus*、2)非産卵時と産卵移動時でオスが別のなわばりを維持し、複婚社会が示唆されるハコフグ科クロハコフグ *Ostracion meleagris*、3)常時群れで行動し、乱婚が示唆されるものの産卵実態が謎のニザダイ科ニザダイ *Prionurus scalprum*の3魚種である。本研究では、2018年から2021年までの4年間の研究期間内において、沖縄県瀬底島(琉球大学熱帯生物圏研究センター前リーフ)と鹿児島県口永良部島(西浦湾美浦海岸)のサンゴ礁をフィールドに、これら3魚種の生態データを、個体識別に基づく観察調査法により獲得した。

4. 研究成果

クロハコフグにおいては、産卵移動の実態に関する詳細なデータを獲得することに成功した。鹿児島県口永良部島リーフでの個体識別を施した個体群の観察調査より、まず同種が光化学共生ホヤ類(ウスボヤ科)を主要な餌として利用していることを突き止めた。生育のための光条件を満たした浅場にホヤ群体が集中的に分布し、そこに日中、クロハコフグの雌雄が採餌のための行動圏を集中的に分布させていることを明らかにした。この浅場での採餌を行う必要性が、沖合への産卵移動の大きな背景になっているものと考えられる。DNAバーコーディング法によるホヤ類の種同定を伴った消化管内容物分析、並びに野外でのホヤ類への採餌行動が直接観察を実施し、クロハコフグがホヤ類を餌として利用していることの証拠データを獲得した。ホヤ類が消化管内容物から出現することは幾つかのハコフグ類の研究で過去に報告されていたが、消化管

内のホヤ類の形態学的な同定の困難さから、その餌生物としての重要度は過小評価されていた。これらの採餌生態に関する成果は魚類学分野の国際誌 *Ichthyological Research* に発表した (Koide and Sakai 2021)。

クロハコフグの観察個体は、日中午後より沖のリーフへの産卵移動を伴うことが確認された。雌雄がそれぞれ単独で100-900mを移動した。その移動の際に、魚食性魚類と遭遇することが観察されたが、硬い外骨格を有する外部形態を有するがゆえに、被捕食事例は生じなかった。オス個体はメス個体よりも早く沖合に到着し、産卵のためのなわばりを形成した。メスはなわばりを訪問し、夕刻から日没時にかけてペア産卵をみせた。なわばりオスは複数のメスと産卵しており、なわばり訪問型複婚の繁殖システムを有することが確認された。また、GLMM解析により、オスの産卵成功(獲得メス数)を説明する要因として、オスのなわばりサイズとなわばりの水深が選択された。メス個体はそれぞれが独自のルートで沖に遊泳するため、移動するメスを見つけて求愛するためには、なわばりが大きい必要がある。また、ペア産卵は最長12mもの水面方向への上昇をみせた。この産卵上昇の高さには親魚への捕食圧の低さが貢献しており、プランクトン食魚による卵捕食を避ける有利性があると考えられた。浅場では産卵上昇を中断する事例も確認され、産卵メスは深いなわばりを好むことが伺えた。このようにクロハコフグにおいて浅場の採餌エリアから毎日数百メートル沖合に移動する習性が確認されたことは、従来コンパクトな行動圏内で採餌と繁殖を担う事例のみが報告されていたハコフグ類の空間利用の議論上に非常に有意義なデータを提供するものである。産卵移動をみせる魚類において、雌雄の行動パターンの相違を詳しく捉えることに成功した研究事例は乏しく、それを成し遂げた本研究データは、魚類生態学分野に意義あるデータを提供しうるものであると考える。これらの繁殖生態に関する成果は、現在魚類生態学分野の国際誌に投稿中である (*Environmental Biology of Fishes*誌 査読改訂中)。

フウライチョウチョウウオについては、沖縄県瀬底島のサンゴ礁での個体識別した個体群の野外調査を実施し、個体識別した個体群における雌雄ペアの社会関係と持続期間に関するデータを獲得した。個体の入れ替えなどがほとんど生じない非常に安定したペアが維持されていることを確認した。ペアは夕刻に沖合へ移動し、翌日の日中に戻る移動パターンをみせ、メスの腹部の大きさの変化から産卵移動と推察された。しかし、産卵の直接的な証拠データを獲得することはできなかった。産卵移動からの帰還はペア雌雄が揃わずに採餌なわばりまで戻るものであった。ペアのオスあるいはメスを一時的に除去する操作実験を実施した結果、メスに新たなオス個体を拒否する傾向がみられないこと、オスは2個体のメスを他のオスから防衛維持することが困難であることが確認された。魚類における一夫一妻社会の形成機構に関する議論上に貴重なデータを提供するものと考えている。発表論文については現在準備中である。

ニザダイについては、鹿児島県口永良部島における個体群の標本解剖調査を中心に研究を進めた。産卵を直接確認することはできなかった。しかし、成熟した大型個体が外洋の影響の強い湾外に多い傾向にあることが認められ、藻類の比較的乏しい環境における採餌生態に関する分析を進めたところ、動物プランクトンに強く依存した栄養採餌生態を有していることが明らかとなった。藻類が消化管から大量に出現する同種において、本研究により藻類の栄養貢献の低さ示す結果が得られたことは、藻類食魚の採餌生態に関する従来知見の見直しを迫るものである。この成果については、現在発表論文を準備中である。

<引用文献>

桑村哲生・中嶋康裕 共編 1996 魚類の繁殖戦略1. 海游舎
矢部衛・桑村哲生・都木靖彰 編 2017 魚類学. 恒星社厚生閣

Claydon 2004 Spawning aggregations of coral reef fishes: characteristics, hypotheses, threats and management. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 42: 265-302

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yuki Koide, Yoichi Sakai	4. 巻 68
2. 論文標題 Feeding habits of the white-spotted boxfish <i>Ostracion meleagris</i> reveal a strong preference for colonial ascidians	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ichthyological Research	6. 最初と最後の頁 461-470
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10228-021-00800-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小出佑紀・坂井陽一
2. 発表標題 広大な生活空間を維持するクロハコフグの実態-採餌場・産卵場・睡眠場の使い分け
3. 学会等名 日本動物行動学会 第38回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小出佑紀・坂井陽一
2. 発表標題 クロハコフグにみられる藍藻共生ホヤへの専食性と採餌生態
3. 学会等名 第 31 回魚類生態研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西林伸・藤本将也・坂井陽一
2. 発表標題 藻類食魚ニザダイによる動物プランクトン摂餌利用に関する生態学的研究
3. 学会等名 第 31 回魚類生態研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤梓・坂井陽一
2. 発表標題 フウライチョウチョウウオの産卵生態と一夫一妻の進化要因
3. 学会等名 日本動物行動学会第37回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小出佑紀・坂井陽一
2. 発表標題 クロハコフグはどんなオスがモテるのか
3. 学会等名 第30回魚類生態研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤 梓・坂井陽一
2. 発表標題 フウライチョウチョウウオの産卵生態と一夫一妻の進化要因
3. 学会等名 第30回魚類生態研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------