

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 17 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450275

研究課題名(和文) マイワシも大潮に産卵する？ 小型浮魚類の月齢周期産卵の実証と資源調査への応用

研究課題名(英文) Lunar spawning rhythms of small pelagic species - Verification and utilization for stock assessment survey

研究代表者

大関 芳沖 (Oozeki, Yoshioki)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・本部・審議役

研究者番号：40371819

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：過去の産卵調査データに月齢データ等を付加し、産卵日・孵化日月齢データセットを整備した。サンマについては、採集網数に対するデータの基準化を行い解析した結果、月齢別産卵尾数・孵化尾数の月齢周期性が周期性モデル解析により確認され、月が満ちている時期の産卵が多い傾向と月が暗い時期に孵化する傾向が認められた。

産卵が長期間かつ広範囲にわたって認められるマイワシ等の魚種について、月齢と産卵の関係を探索した結果、いずれの魚種についても月齢と産卵の有意な関係は見出せなかった。

以上の結果から、小型浮魚類の月齢同期性産卵現象は種によって認められるものがあるものの、痕跡的であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Egg survey database with lunar age data was constructed on Japanese sardine, Japanese anchovy, chub mackerel and Pacific saury. Existence of lunar cycle was examined by the analyses of periodicity models on the spawning record of each species. In case of the Pacific saury, lunar cycle of spawning behavior was significantly observed, but it were not proved in other species.

研究分野：水産海洋学

キーワード：産卵生態 小型浮魚類 月齢同期性

1. 研究開始当初の背景

多くの海産生物の生活史には、潮の満ち引きや月齢が関係していることが知られている。海産魚類においても、春～夏の大潮の満潮前に海岸の一面に集合して産卵するクサフグの産卵生態や、潮間帯やサンゴ礁域に生息するスズメダイやアイゴなどの月周産卵リズムがよく調べられてきた。水槽実験の結果から、これらの魚に認められる月周産卵リズムには、潮汐による水位変化ではなく、月齢による月光変化と生物時計が関与している可能性が高いと考えられている。月齢同期性産卵生態は沿岸域の魚類で詳しく研究されてきたが、沖合域に生息する魚類でも認められる可能性があり、月齢による月光変化が産卵以外の生態に影響している可能性も考えられる。

例えば、深度 50m 前後に針をおろすメバチマグロの延縄漁業では、満月前後の漁獲量が新月前後に比べて 1 操業当り 1.8 倍程度と大きく、餌となるサンマ・マイワシ・カタクチイワシ等小型浮魚類の行動もしくはメバチマグロ自体の遊泳行動に、月齢が影響を与えている可能性が示唆される(研究協力者 友定による解析結果)。あるいは、主な餌が小型浮魚類の仔稚魚であることから、小型浮魚類の孵化仔魚の量自体が月齢同期的な産卵活動によって周期的に変化している可能性もある。しかしながら、沖合に生息するサンマ・マイワシ・カタクチイワシ等小型浮魚類における月齢同期的な産卵生態については、経時的な材料入手が困難なためほとんど研究されてこなかった。

2. 研究の目的

沖合の広い海域で産卵するサンマ・マイワシ・サバ類・カタクチイワシなどの小型浮魚類について、野外における産卵生態を直接調べることは極めて困難であるが、これらの小型浮魚類は、重要水産資源として、水産庁が設定した許容漁獲量により管理されている。水産庁は、許容漁獲量の算定のために、産卵親魚量や資源量の指標として小型浮魚類の産卵量調査を全国の水産研究機関に委託し、1978 年以降継続して実施してきた。この調査は、全国統一的な改良型 NORPAC ネットの鉛直曳きにより実施されており、調査点数は年間 4,000 点、合計で 160,000 点余りに及んでいる。また、サンマについては 1990 年以降、表層ニューストンネットによる孵化仔魚の冬季の分布量調査が継続して実施され、4,500 点余のデータが蓄積されている。本研究では、これらの蓄積された産卵調査データを用いることにより、小型浮魚類の月齢同期的な産卵生態を詳細に検討する。産卵調査では複数の小型浮魚類を同時に採集対象としており、20 年間余にわたって蓄積された膨大な産卵調査結果データを用いることで、産卵海域・産卵時期・水温など環境要因の影響による産卵生態の変化と月齢同期性産卵の発

現を分離し、各魚種における月齢同期性産卵の存在を統計的に検証することが可能となる。

3. 研究の方法

本研究は大きく以下の 2 ステップで構成される。1~2 年目に 1 を、2~3 年目に 2 を実施する。

1) ステップ-1 周期性検定手法の確立と月齢同期性産卵生態の実証

予備的な解析により、本研究で対象とする小型浮魚類は全ての月齢で産卵すると考えられる。しかしながら、解析試行過程ではサンマについて月齢同期的な産卵周期も示されており 1)、マイワシ等の小型浮魚類でも月齢同期的な産卵周期が存在する可能性が高い。このことは、クサフグなどの月周産卵リズムと比較すると、小型浮魚類では産卵が完全に同期しているとは言い難いものの、産卵生態の中に月齢同期性により説明できる部分が存在していることを示唆している。そこで、海域・季節等を絞りながら、魚種毎に産卵生態における月齢同期性の実証に取り組む。この過程では、データの整理と統計的な周期性検定手法の確立が重要であろうと想定される。

2) ステップ-2 環境要因が月齢同期性産卵生態に及ぼす影響把握と、魚種間比較

魚類の産卵生態には本来的に月齢同期性が存在しており、海域(沿岸・沖合)・時期(産卵盛期・始期・終期)・水温(適水温・適水温域外)などの環境条件によって、同期性の発現が影響を受けている可能性が想定される。そこで、環境要因による産卵生態の変化と月齢同期性を検討すると共に、魚種間の比較検討を併せて実施する。卵期が 7~10 日と長いサンマと卵期が 1~2 日と短いマイワシ等、沖合で産卵するサンマ・マイワシと極沿岸で産卵するウルメイワシや沿岸から沖合まで広範囲で産卵するカタクチイワシ等、卵期の長さや産卵場の差だけでなく、産卵季節や産卵適水温等に認められる魚種間の差(2-7)を考慮した月齢同期性産卵生態の比較を行う。

本研究の学術的な特色及び予想される結果と意義

本研究の特色は、小型浮魚類の資源管理という全く異なる目的で調査収集されてきた産卵調査データを活用することで、小型浮魚類の月齢同期性産卵生態を実証し、併せて環境要因が産卵生態に及ぼす影響を解明しようとする点にある。月齢同期性産卵生態に関する研究は、極沿岸域に分布する観察しやすい魚種で進展してきたが、クサフグなどの魚類に見られる産卵生態への内分泌支配機構が、沖合域で産卵する小型浮魚類にも認められる可能性は高いと考えられる。

現在、魚類における月周産卵リズムに関する関心は、生理的な月齢認識機序の解明に向

かっており、明確な日周変動を示すメラトニン分泌機構の解明や、1日より長い既月生物時計を分子機構から解明しようとする方向に進んでいる。サンマにおける予備的な解析で示唆された月齢同期的な産卵生態が、他の小型浮魚類についても確認されれば、大潮時にのみ産卵するクサフグや珊瑚礁域の魚類と、産卵期に毎日産卵するキスやヒラメ・マダイ等との比較研究に、新たな比較材料を提示できる。その結果として、異なる産卵リズムを示す魚類の時計遺伝子発現機構解明など分子機構的な比較研究により、魚類産卵生態の包括的な理解が飛躍的に進む可能性も高い。

一方で、小型浮魚類の資源管理の面から考えると、これまでの産卵調査手法を再考する必要が生じることは言うまでも無い。現在、水産総合研究センターや各都道府県水産試験場などにより全国的に展開されている産卵調査では、月齢を全く考慮せずに調査航海を実施している。小型浮魚類の産卵生態が月齢同期的な特性を持つのであれば、月齢に対して無作為性を考慮した調査航海計画を策定するか、もしくは月齢の影響を考慮して調査結果データの偏りを補正する手法を考案し、実際のデータでその有効性を検証する必要がある。月齢に対して無作為に調査採集時期や調査点を割り当てることは、限られた調査船航海日数等を考慮すると現実的とは言えないため、月齢同期性産卵生態を考慮した調査結果データ解析手法の考案が求められることとなる。こうした手法は世界的にも知られておらず、統計学的にも新規性に富むと共に、国際的な資源海洋研究に対して少なからぬ影響を与えるものと考えられる。

4. 研究成果

過去の産卵調査データに月齢データ等を付加し、魚種毎の産卵生態に留意して産卵日・孵化日月齢データセットを整備した。サンマについては、採集時の水温データをもとに仔魚の成長速度を考慮した孵化日データセットを構築し、水温から推定した卵発生期間を逆算することで、産卵日データセットを整備した。マイワシなど魚卵が採集できる魚種では、魚卵採集データの採集時水温をもとに卵発生期間を推定して逆算することで、産卵日・孵化日月齢データを整備した。

サンマについては、採集網数や採集日の特定月齢への偏りが認められたため、採集網数に対するデータの基準化を行った。解析の結果、月齢別産卵尾数・孵化尾数の月齢周期性が周期性モデル解析により確認され、月が満ちている時期の産卵が多い傾向と月が暗い時期に孵化する傾向が認められた。

産卵が長期間かつ広範囲にわたって認められるマイワシ等の魚種については、整備された産卵日・孵化日月齢データセットを基に

月齢と産卵の関係を探した結果、いずれの魚種についても月齢と産卵の有意な関係は見出せなかった。潮汐の影響を強く受けると考えられる浅海域のデータに限定した場合でも、周期性を見いだすことは出来なかった。

以上の結果から、小型浮魚類の月齢同期性産卵現象は種によって認められるものがあるものの、痕跡的であることが分かった。

1) サンマの産卵月齢周期性

1999～2012年に冬季黒潮域で行われた、サンマ仔稚魚分布調査 2,261点のうち、北緯 26～39度、東経 128～143度の範囲にある 2,033の採集点を用いた。体長 10mm以下の仔魚 38,120個体を対象に、Oozekiら(2004)の成長式を基に採集水温と体長から孵化日を逆算し、堀田・福島(1963)により産卵日を推定した。この際、月齢毎の採集点数で採集尾数を割ることにより、月齢による採集数の偏りを基準化した。逆算推定の際には、別途耳石日輪解析により推定した、同一採集群中の成長のばらつきを考慮した。月齢別の産卵・孵化頻度について周期性の有無をモデルにより検討した。

月齢別の産卵日組成から、満月時に産卵量が多い傾向が認められ、月齢別の孵化日組成解析結果からは新月時に孵化尾数が多い傾向が認められた。モデルによる周期性検定により、月齢別産卵尾数・孵化日数ともに周期性があることが確認され、表在性の強いサンマでは、月の明るい時期に産卵し、暗い時期に仔魚が孵化する傾向があると考えられる。

2) マイワシ等小型浮魚類の産卵月齢周期性

産卵調査データをプールし、月齢と産卵の関係を1変数の two-stage GAMで簡易的に探索した。A卵の採集日が産卵日に近似するものとした。

データ：太平洋岸産卵調査データ(1978～2015年 周年) 146,573件
魚種：カタクチイワシ、マイワシ、ウルメイワシ、サバ属、マサバ(2005年～)、ゴマサバ(2005年～)
ステージ：A卵(産卵直後)

この探索では、月齢と産卵の関係を見出せなかった。いずれの魚種でも Deviance explained の値が非常に低く、ほとんどのパターンで 1%未満となり、1%を超えた場合でも解釈できるようなパターンでは得られなかった。唯一、マサバで 15日付近にピークが出ていたが、有意性は低く、解釈は困難であった。

潮汐の影響を受けやすいと考えられる、水深 100m以浅に絞って解析した場合でも、結果はほとんど同様であった。

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 4件)

Takasuka, A., Kuroda, H., Okunishi, T., Shimizu, Y., Hirota, Y., Kubota, H.,... & Oozeki, Y. (2014). Occurrence and density of Pacific saury *Cololabis saira* larvae and juveniles in relation to environmental factors during the winter spawning season in the Kuroshio Current system. Fisheries Oceanography, 23(4), 304-321.

Ichinokawa, M., Okamura, H., Watanabe, C., Kawabata, A., & Oozeki, Y. (2015). Effective time closures: quantifying the conservation benefits of input control for the Pacific chub mackerel fishery. Ecological Applications, 25(6), 1566-1584.

Takasuka, A., Nishikawa, K., Kuroda, H., Okunishi, T., Shimizu, Y., Sakaji, H., . & Oozeki, Y. (2016). Growth variability of Pacific saury *Cololabis saira* larvae under contrasting environments across the Kuroshio axis: survival potential of minority versus majority. Fisheries Oceanography, 25(4), 390-406.

Takasuka, A., Tadokoro, K., Okazaki, Y., Ichikawa, T., Sugisaki, H., Kuroda, H., & Oozeki, Y. (2017). In situ filtering rate variability in egg and larval surveys off the Pacific coast of Japan: Do plankton nets clog or over-filter in the sea?. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 120, 132-137.

〔学会発表〕(計 件)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者
大関芳沖 (Oozeki, Yoshioki) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 本部 審議役

研究者番号：4031819

(2)研究分担者

高須賀明典 (Takasuka, Akinori) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所 グループ長

研究者番号：00392902

岡村 寛 (Okamura, Hiroshi) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所 グループ長

研究者番号：40371942

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()