

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06197

研究課題名(和文) 脂質・脂肪酸分析を用いたクロマグロの繁殖投資量の推定と産卵能力の評価

研究課題名(英文) Estimation of reproductive investment of Pacific bluefin tuna based on the analysis of fat and fatty acid

研究代表者

芦田 拓士(Hiroshi, Ashida)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所(横浜)・主任研究員

研究者番号：00603862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：クロマグロにおいて個体の1回産卵に産みだされる卵数と卵の1個中の総脂肪酸量を用いて1回の産卵で支出される脂肪酸量(繁殖投資量)を推定し、産卵場間(南西諸島、日本海、常磐・三陸沖)で比較した。推定された卵1個あたりの総脂肪酸量および1回あたりの産卵数は海域間で異なり、これらは尾叉長、肥満度などの内的要因、水温などの外的要因の影響を受ける可能性が示唆された。推定された繁殖投資量は南西諸島の個体で最も大きくなり、水温や個体の体サイズと正の相関を持つことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的に、魚類の繁殖能力は産みだす卵の数をベースに評価されてきた。本研究では産卵数に加え、卵内の総脂肪酸量を用いて、繁殖投資量を推定して産卵能力を評価したことに学術的意義がある。本研究の成果は、水産上重要種であり、社会的にも関心の高いクロマグロの再生産構造の理解や産卵能力の高い産卵場の特定に供するための有用な知見となる。

研究成果の概要(英文)： The spawning grounds of Pacific bluefin tuna (PBF) is assumed to be located in three areas around Japan (i.e., the water around Nansei Islands, Sea of Japan and Kuroshio-Oyashio transition area). This study examined the reproductive investment of Pacific bluefin tuna using the batch fecundity and the total amount of fatty acid per one hydrated oocyte. Estimated batch fecundity and the total amount of fatty acid per one hydrated oocyte were varied by biotic (e.g., condition factor and body size) and abiotic (e.g., water temperature). Reproductive investment of PBF in the Nansei Islands was the largest among three spawning grounds. Estimated reproductive investment was positive correlation with SST and body size.

研究分野：水産資源学

キーワード：マグロ 繁殖投資量 産卵数 脂肪酸 脂質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) クロマグロは1産卵期に何度も繰り返して産卵を行う年間総産卵数非決定の多回性産卵魚であることが知られている。年間総産卵数非決定型の多回性産卵魚は産卵期中の水温の変化や個体の栄養状態・年齢に応じて、産卵数や卵径などの繁殖特性値が調節されると考えられている。本種の産卵場は南西諸島、常磐・三陸沖、日本海にあると考えられており、それぞれの産卵場で産卵する親魚のサイズ(年齢)が異なり、産卵数も異なる事が報告されている。

(2) 脂質は海産魚類における主要なエネルギー源であり、脂肪酸の1種である EPA や DHA といった高度不飽和脂肪酸は仔魚の発育・成長に重要な栄養源として知られている。魚類では孵化～摂餌開始までの期間は、卵形成の際に卵内に蓄積された脂質・脂肪酸を使用して発育・成長する。即ち、親の内的要因(例:体長や肥満度)・環境要因(例:産卵場や表面水温)の変化に応じて形成された卵が、初期生活史に大きな影響を与える可能性が示唆されている(母性効果)。一方、これまで多回性産卵魚の産卵能力の評価には産卵数に関する情報が用いられることが一般的であり、卵自体の質的情報を個体の産卵能力の評価に考慮する例は少なかった。

2. 研究の目的

本研究では、同一個体から1回あたりの産卵数と卵内の総脂質・総脂肪量を測定し、個体の1回の産卵における繁殖投資量を推定する。更に、推定された繁殖投資量を用いて、各産卵場における親魚の産卵能力を評価し、その変動がどのような要因の影響を受けるのかを明らかにする事を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、同一個体において1回あたりの産卵数と卵1個当たりの総脂質・脂肪酸量を測定し、1回の産卵で卵に投資する脂質・脂肪酸量を推定することで個体の繁殖投資量を求めた。更に、求めた繁殖投資量が外的(例:水温・産卵場)や内的(例:尾叉長・肥満度)要因によって、どのように変動するかを検討した。

(1) クロマグロの産卵場(即ち南西諸島、常磐・三陸沖、日本海)におけるクロマグロの1回あたりの産卵数およびその変動要因を明らかにした。組織学的手法より卵巣組織内での吸水卵(数時間後に排卵・産卵される卵)の存在が確認された個体の卵巣標本を用いて、重量法より1回あたりの産卵数を推定した。推定された1回あたりの産卵数と個体の内的要因と環境要因を用いて、統計モデルによって1回あたりの産卵数の変動に及ぼす要因を明らかにした。

(2) (1)で用いた個体の冷凍の卵巣を使用して、吸水卵の脂質および脂肪酸量を測定し、その変動要因を調べた。卵巣組織の解剖を通じて、吸水卵を収集し脂肪酸分析用の試料を準備した。分析用試料中に含まれる卵数・試料重量を測定した後に、分析を実施し、分析試料中の総脂肪酸量および脂肪酸組成を明らかにした。得られた分析結果に、個体の内的要因・環境要因を加味し、産卵期における吸水卵の脂肪酸の動態の特性を調べた。脂肪酸分析に供した一部の個体において、吸水卵中の総脂質量を計測し、総脂質・総脂肪酸量の回帰式を作成した。

(3) (1)および(2)で明らかになった1回あたりの産卵数と卵の総脂質・脂肪酸量を用いて、1回の産卵における繁殖投資量を脂質・脂肪酸量ベースで推定し、各産卵場における親魚の産卵能力を評価した。個体の繁殖投資量から各産卵場における親魚の産卵能力を評価し、繁殖投資量の変動に及ぼす個体の内的要因・環境要因について検討した。

4. 研究成果

(1) 各産卵場から推定された1回あたりの産卵数(平均値)は日本海で329~648万粒、常磐・三陸沖で756万粒、南西諸島で974万粒と推定された。1回あたりの産卵数を個体の体重で除した体重1g・1回あたりの産卵数(平均値)は日本海で69.8~92.7粒/g、常磐・三陸沖で76.5粒/g、南西諸島で64.8粒/gと推定された。

一般化線形モデルを用いた解析の結果、日本海では尾叉長と表面水温、南西諸島では尾叉長と

産卵期の開始日からの経過日数が 1 回あたりの産卵数に有意な正の影響を与えることが明らかになった。常磐・三陸沖では 1 回あたりの産卵数と尾叉長・表面水温の間には正の相関が認められた。

(2) 吸水卵 1 個あたりの総脂肪酸量と乾燥重量には正の相関が認められた ($r=0.42$, $p<0.01$)。各産卵場の個体から得た吸水卵 1 個あたりの総脂肪酸量は、南西諸島の吸水卵が他の海域よりも有意に高いことが明らかになった (図 1)。また、各発達段階の卵母細胞の脂肪酸を分析した結果、卵内の総脂肪酸量の海域間差異は、卵黄形成期から生じている可能性が示唆された。一般化線形モデルによる解析の結果、尾叉長、相対肥満度 (Kn)、吸水卵 1 個あたりの乾燥重量が説明変数に組み込まれたモデルが最適モデルとなり、Kn、吸水卵 1 個あたりの乾燥重量は吸水卵 1 個あたりの総脂肪酸量に対し、有意な影響を与えることが明らかになった ($p<0.05$ 、図 2)。一方で、1 回あたりの産卵数は最適モデルには選択されなかった。

吸水卵中の脂肪酸組成は産卵場間で有意に異なることが明らかになり (PERMANOVA, $p<0.01$)、吸水卵 1 個に含まれる DHA 量、不飽和脂肪酸量、n-3 系高度不飽和脂肪酸量は海域間で有意に異なることが明らかになった。

吸水卵 1 個あたりの総脂質量と総脂肪酸量に正の相関が認められ、両者の関係は線形回帰式で表せることが明らかになった ($R^2=0.69$, $p<0.01$)。これにより、吸水卵中の総脂肪酸量を計測することで吸水卵中の脂質量を推定できる可能性が示された。

(3) 同一個体の 1 回あたりの産卵数と吸水卵 1 個あたりの総脂肪酸量から推定した 1 回の産卵における繁殖投資量 (平均値) は南西諸島が最も大きく、次いで常磐・三陸沖、日本海となる事が示され、各産卵場で繁殖投資量が有意に異なることが明らかになった ($p<0.01$)。一方、繁殖投資量を個体の体重で除した相対繁殖投資量は産卵場間で有意な差は認められなかった。繁殖投資量は尾叉長、表面水温と有意な正の相関を示した。

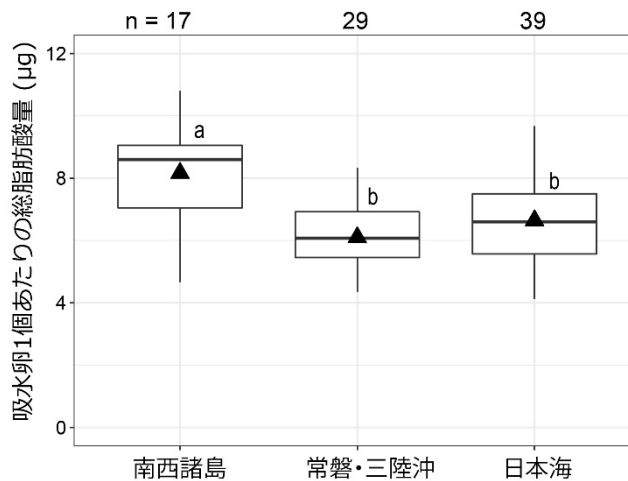


図 1 各産卵場におけるクロマグロの吸水卵 1 個あたりの総脂肪酸量の比較
異なる文字は海域間での有意差を示す ($p<0.01$)

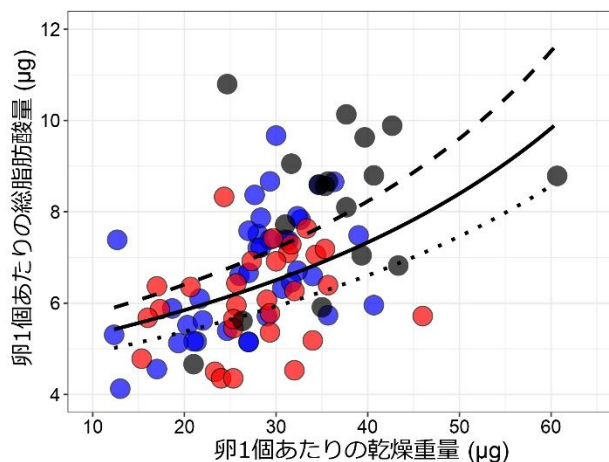


図 2 一般化線形モデルより明らかになったクロマグロの吸水卵 1 個あたりの総脂肪酸量と 1 個あたりの乾燥重量の関係

実線 : Kn=1.0, 破線 : Kn=1.3, 点線 : Kn=0.7 時の予測値 (尾叉長 150 cm 時の予測値を図示。Kn の値が高いほど、肥満度が高い事を示す)

黒点は南西諸島, 赤点は常磐・三陸沖, 青点は日本海の個体を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Ashida Hiroshi, Shimose Tamaki, Okochi Yumi, Tanaka Yosuke, Tanaka Sho	4. 巻 249
2. 論文標題 Reproductive dynamics of Pacific bluefin tuna (<i>Thunnus orientalis</i>) off the Nansei Islands, southern Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 106256 ~ 106256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fishres.2022.106256	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 -

1. 著者名 Ashida H, Okochi Y, Ohshimo S, Sato T, Ishihara Y, Watanabe S, Fujioka K, Furukawa S, Kuwahara T, Hiraoka Y, Tanaka Y	4. 巻 662
2. 論文標題 Differences in the reproductive traits of Pacific bluefin tuna <i>Thunnus orientalis</i> among three fishing grounds in the Sea of Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 125 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps13625	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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 芦田 拓士, 渡辺 秀洋, 下瀬 環, 安藤 靖浩, 田中 庸介
2. 発表標題 クロマグロ卵における脂肪酸特性の把握と産卵場間での比較
3. 学会等名 令和5年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2023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
研究分担者	安藤 靖浩 (Ando Yasuhiro) (30261340)	北海道大学・水産科学研究院・准教授 (10101)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	下瀬 環 (Shimose Tamaki)		
研究協力者	渡辺 秀洋 (Watanabe Syuuyo)		
研究協力者	田中 庸介 (Tanaka Yousuke)		

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