

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：82708

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K15316

研究課題名（和文）大型魚類が卵を産むために必要となる栄養状態の解明とその応用

研究課題名（英文）Studies on reproductive response to nutritional status in large multiple-spawning fish

研究代表者

樋口 健太郎（Higuchi, Kentaro）

国立研究開発法人水産研究・教育機構・西海区水産研究所・主任研究員

研究者番号：40577607

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）：大型多回性産卵魚であるブリを材料に用いて、一年のうちこういった時期の、どのくらいの栄養状態が良質卵を生産するうえで重要であるかを飼育実験により調べた。その結果、ブリは卵形成が進行する成熟期の栄養状態がその後の成熟に重要であることが強く示唆された。また、成熟期の栄養状態が高いほど良好な成熟・産卵を示すことが明らかになった。これらの成果は、養殖現場における良質卵の安定確保につながる重要な基礎知見になるものと期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マグロやブリといった海産有用魚種では、環境制御やホルモン投与によって卵を得ることが可能になってきたものの、得られる卵の数や質が不安定という問題が未だ残されている。本研究の結果から、ブリは成熟期の栄養状態に依存して繁殖特性を決定するタイプであることが強く示唆されており、これらの知見は良質卵の安定確保に向けた重要な技術要素になるものと期待される。また、これまで不明な部分が多かった栄養状態の低下に伴う成熟内分泌機構の変化に関する知見は学術的にも繁殖生理分野にとって有益な情報になるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The problem of unstable quality and quantity of eggs remains a significant issue in aquaculture. In this study, we examined the effects of nutritional status changes on ovarian development and spawning in female yellowtail, a large marine fish with asynchronous-type oocyte development. Our results indicate that the yellowtail has the potential to exhibit an income breeding pattern in which egg production is highly constrained by the energy resources available during the vitellogenic phase. In addition, reduced nutritional status can directly affect ovarian steroid production and lead to delayed oocyte growth. This study provides important information to support successful reproduction and the production of healthy fingerlings in aquaculture.

研究分野：魚類繁殖生理学、魚類養殖学

キーワード：養殖 大型多回性産卵魚 ブリ 栄養状態 成熟 産卵

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

1. 研究開始当初の背景

クロマグロやブリの養殖現場では、近年飛躍的に増大した内分泌学的知見をもとに光・水温等の環境制御やホルモン投与を行うことで、養殖種苗のもととなる卵の確保が可能になってきた。しかし、得られる卵の数や質が不安定という問題が未だ残されており、計画的かつ安定的に良質卵を生産する技術の確立には至っていない。こうした現状から、良質卵の安定確保に向けて従来と異なるアプローチを積極的に利用していくことが求められている。

一般に、肥満度や体脂質量といった魚体の栄養状態は産卵数ならびに卵の質を左右する極めて重要な要素であることが古くから知られている。栄養状態の良い個体はより多くの卵を産み出すことが可能であり、肥満度が高くなるにつれて大型の卵を産卵することも報告されている。興味深いことに、最近の研究から、このような卵の数や質といった繁殖特性はある限られた時期の栄養状態に強く依存して決定されることが明らかになってきた (McBride et al., Fish and Fisheries, 2015)。例えば、サケやニシンのように一年に一回あるいは少数のバッチを産卵する魚種は、産み出されるすべての卵が一斉に発達を開始して産卵に至るため、卵形成を開始する時点の栄養状態がその後の成熟や産卵に大きな影響を及ぼす。一方で、メダカのように一年に何度も産卵する魚種は、産卵期中も継続して卵の発達が開始されるため、成熟・産卵期の栄養状態が産卵数や卵の質の決定に深く関与する。このように、繁殖特性が「成熟開始前に蓄えた栄養状態に依存して決定されるタイプ」と「成熟・産卵期の栄養状態に依存して決定されるタイプ」に大別されることがわかってきた。したがって、こうした栄養学的な基礎知見は良質卵を安定確保するうえで不可欠な技術要素になると考えられる。しかし、魚類の繁殖特性に及ぼす栄養状態の影響に関する研究は、これまで小型魚類を中心に展開されており、マグロやブリ等の大型多回性産卵魚がこういった時期の栄養状態に依存して成熟や産卵を進行させるかについてはほとんどわかっていない。

2. 研究の目的

本研究では、大型多回性産卵魚であるブリを材料に用いて、(1) こういった時期の、(2) どのくらいの栄養状態が成熟・産卵に重要であるかを飼育実験により明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 栄養状態の時間的変化が成熟・産卵に及ぼす影響の解析

こういった時期の栄養状態が成熟・産卵に重要なことを明らかにするため、一年のうちの異なる成熟段階の時期にそれぞれ餌を一定量削減する飼育実験を行った。具体的には、実験期間を通じて飽食給餌する試験区、未成熟期（11～1月）に飽食量の30%量を給餌する試験区、成熟期（2～4月）に飽食量の30%量を給餌する試験区を設定し、ブリ2歳魚を用いて11月から翌年4月（産卵期）まで飼育を行った。

(2) 栄養状態の量的変化が成熟・産卵に及ぼす影響の解析

どのくらいの栄養状態が成熟・産卵に重要なことを明らかにするため、7～12月の給餌量を削減することにより、成熟期の栄養状態を段階的に変化させる飼育実験を行った。具体的には、実験期間を通じて飽食給餌する試験区、7～12月に飽食量の50%量を給餌する試験区、同25%量を給餌する試験区を設定し、ブリ2歳魚を用いて7月から翌年の4月まで飼育を行った。

4. 研究成果

(1) 栄養状態の時間的変化が成熟・産卵に及ぼす影響の解析

肥満度及び肝臓重量比、血中の脂質含量を経時的に調べた結果、給餌量の削減に伴ってこれらの値が低下したことから、各給餌削減時期における親魚の栄養状態の低下が確認された。

次に、これら栄養状態の低下が成熟に及ぼす影響を明らかにするため、産卵期である4月の卵巢重量及び最大卵巢卵群の平均卵径を調べた。その結果、成熟期に給餌量を削減した試験区のみで卵巢重量及び卵巢卵径ともに低くなったことから、ブリの成熟の進行には成熟期の栄養状態が重要であることが強く示唆された（図1）。併せて、栄養状態の低下が成熟内分泌機構に及ぼす影響を調べたところ、成熟期に給餌量を削減した試験区のみで4月の血中エストラジオール-17（E2）濃度が低かった。また、脳下垂体及び卵巢における成熟誘導遺伝子の解析から、成熟期の給餌削減により、脳下垂体の生殖腺刺激ホルモン遺伝子の発現量には影響が認められなかったが、卵巢のステロイド代謝酵素遺伝子の発現量が有意に変化した。以上の結果を考え合わせると、成熟期

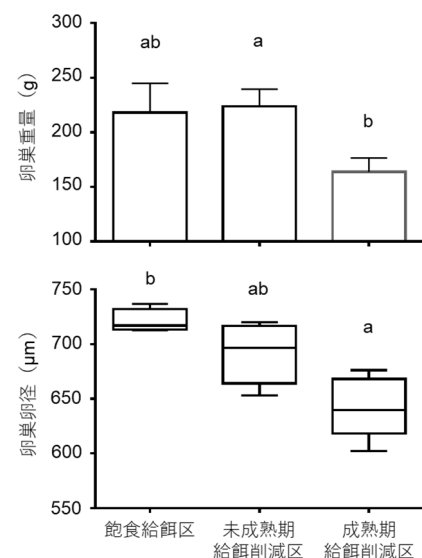


図1. 異なる成熟段階の時期の給餌削減が産卵期の卵巢重量及び最大卵巢卵群の卵径に及ぼす影響
異なるアルファベットは統計的に有意差があることを示す

に栄養状態が低下すると、卵巣の性ステロイド合成が直接抑制され、結果として成熟の遅滞が生じるものと推察された。

一方で、未成熟期に給餌量を削減した試験区では産卵期に十分な成熟状態に達したためホルモン投与による産卵誘導を行ったところ、飽食給餌を行った試験区と遜色ない受精卵数及びふ化率が得られた。このことから、未成熟期の栄養状態の変化は成熟・産卵に大きく影響しないことが示唆された。

(2) 栄養状態の量的変化が成熟・産卵に及ぼす影響の解析

(1)の研究から、成熟期の栄養状態の変化は成熟の進行に対して極めて大きな影響を及ぼすことが明らかになったが、一方で成熟期に給餌量を削減すると産卵期までに十分な成熟状態まで達せず、成熟期の栄養状態の低下が産卵に及ぼす影響を解析することができなかった。そこで本研究では、どのくらいの栄養状態が成熟・産卵に重要であるかを調べるため、未成熟期(7~12月)に様々な割合で給餌削減を行うことにより、成熟期の栄養状態を段階的に変化させる飼育実験を行った。まず、成熟期における肥満度及び肝臓重量比、血中の脂質含量を経時的に調べた結果、給餌量の削減に伴ってこれらの値が低下し、成熟期における親魚の栄養状態の低下が確認された(図2)。

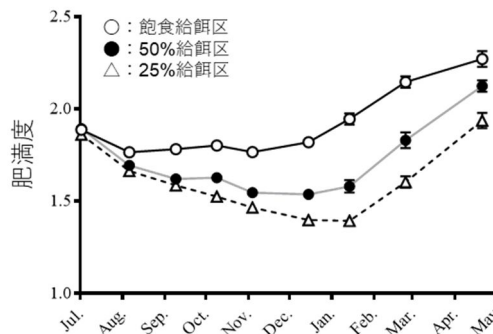


図2. 未成熟期の給餌削減が肥満度に及ぼす影響

次に、これらの栄養状態の変化が成熟に及ぼす影響を明らかにするため、定期的に得られたサンプルを用いて卵巣の組織観察を行った結果、給餌量を削減したいずれの試験区でも卵形成の開始が遅延する傾向が認められた(図3)。また、血中E2濃度及び成熟誘導遺伝子の発現量を測定した結果、特に成熟初期(1及び2月)において給餌量を削減した試験区で低い傾向が認められた。さらに、これらの測定値を個体レベルで比較した結果、高い肥満度及び血中脂質量を示す栄養状態の良好な個体ほど血中E2濃度が高い傾向が認められた。

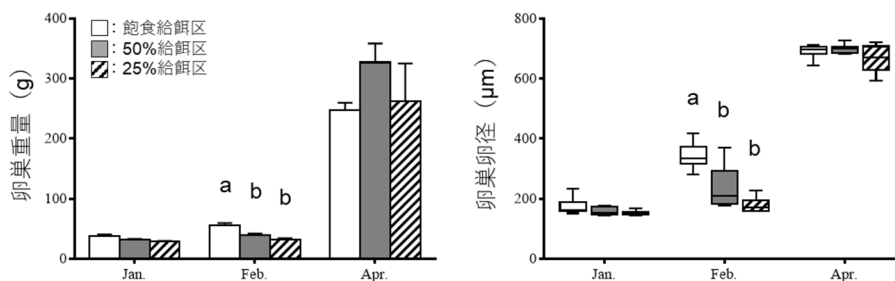


図3. 未成熟期の給餌削減が卵巣重量及び最大卵巣卵群の卵径に及ぼす影響
異なるアルファベットは統計的に有意差があることを示す

栄養状態の変化が産卵に及ぼす影響を調べるため、産卵期にホルモン投与によって得られた受精卵数及び受精卵径、ふ化率と各個体の栄養状態を比較した結果、栄養状態が良好な個体ほど受精卵径が大きい卵を産む傾向が認められたが、その他の産卵特性との明瞭な関連性は認められなかった。

以上の結果から、ブリでは成熟期の栄養状態が高いほど良好な成熟・産卵を示すことが明らかになったが、良質卵を産むための具体的な栄養状態の解明にはさらなる研究が必要であると考えられた。

本研究課題において、大型多回性産卵魚であるブリは成熟期の栄養状態に依存して繁殖特性を決定するタイプであることが強く示唆された。また、成熟期の栄養状態が高いほど良好な成熟・産卵を示すことも明らかになった。さらに、成熟期の栄養状態が低下すると、直接卵巣での性ステロイド合成が抑制され、結果として成熟の進行に悪影響が生じることが示唆された。これらの成果は、クロマグロやブリといった大型多回性産卵魚の養殖現場において良質卵の安定確保につながる重要な基礎知見になるものと考えられる。他方、本研究では良質卵を産むための具体的な栄養状態の解明には至らなかった。これは、サンプル数が不十分であったことやホルモン投与による卵質のバラつき等が要因と考えられた。今後は、本研究の結果をもとにさらなる研究を行うことで、良質卵を安定確保するための親魚の栄養学的指標の開発が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Higuchi K, Yoshida K, Gen K, Matsunari H, Takashi T, Mushiake K, Soyano K	4. 巻 486
2. 論文標題 Effect of long-term food restriction on reproductive performances in female yellowtail, <i>Seriola quinqueradiata</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 224-231
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.aquaculture.2017.12.032	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 Higuchi K, Yoshida K, Gen K, Nyuji M, Takashi T, Mushiake K, Soyano K	4. 巻 479
2. 論文標題 Effect of timing of restricted feeding on sexual maturation in female yellowtail, <i>Seriola quinqueradiata</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Aquaculture	6. 最初と最後の頁 609-615
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.aquaculture.2017.06.039	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 Higuchi K, Kazeto Y, Ozaki Y, Izumida D, Hotta T, Soyano K, Gen K	4. 巻 6
2. 論文標題 Insulin-like growth factors 1 and 2 regulate gene expression and enzymatic activity of cyp17a1 in ovarian follicles of the yellowtail, <i>Seriola quinqueradiata</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e04181
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.heliyon.2020.e04181	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----