2版

様　式　C－19、F－19－1、Z－19　(共通)

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　元 年　 6 月 20 日現在

機関番号：８２７０８

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：１６K０７８５８

研究課題名（和文）ホッケの加入量変動機構：父性効果と母性効果の検証

研究課題名（英文）Effect of maternal and paternal influences on the recruitment of Arabesque greenling

研究代表者

森田　晶子（Shoko, Morita）

国立研究開発法人水産研究・教育機構・北海道区水産研究所・主任研究員

研究者番号：４０４４３３８７

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）：北海道日本海側で採集されたホッケを用い、国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所で飼育実験を行った。産卵期前の肥満度や体サイズが繁殖形質に与える影響を調べるため、異なる給餌条件で飼育した親魚を用いて自然産卵実験およびペア産卵実験を行った。その結果、大型の雄親魚では卵サイズや孵化時のサイズが小さい傾向が見られたが、給餌飼育の成長率は大型のペアの方が高い傾向が見られた。また、ホッケの加入量変動を予測するモデルでは父母性効果を加える方が高い加入量が予測された。これらのことから、ホッケは父性効果が加入量変動に影響を及ぼす可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
近年、資源管理において母性効果の重要性も指摘されるようになり、従来の小型魚の保護だけではなく、大型魚や高齢魚の親魚の保護の重要性が指摘されるようになった。今回、ホッケの繁殖実験により雄親親魚の体サイズが繁殖形質に影響を及ぼす可能性が示唆され、父性効果が加入量変動に影響を及ぼす可能性が考えられた。また、資源評価結果の分析により、再生産モデルに父母性効果のパラメータとして高齢魚の割合を加えた結果、親魚量に占める高齢魚の割合が高いほど高い加入量が予測されたことから、高齢魚を獲り残すことが加入乱獲の予防には重要であることが示唆された。これらの結果は、実際の漁業資源管理に活用されることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：A laboratory experiment was conducted at Hokkaido National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency using the arabesque greenling which were collected at Sea of Japan off the coast of Hokkaido. All fish were individually marked with an PIT tag (Passive Integrated Transponder Tag) and kept in two 20 tons tank under differnet feeding conditions. In order to investigate the influence of body size on reproductive traits (egg size, egg weight, survaival rate of hatching larve), we conducted natural spawning expetiments and 8 paired spawning experiment using mature fishes under differnt feeding conditions. We found that large pair tended to have smaller eggs, females laid small eggs paired with large male compared with paired with smaller males. The growth rate of larve tended to be higher from large female-male pair. This study indicates that paternal effects may affect the recruitment of arabesque greenling.

研究分野：水圏生産科学

キーワード：ホッケ　父性効果　母性効果　加入量変動

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９、ＣＫ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

水産資源学において、加入とは、魚類の卵稚仔が初期減耗を免れて、ある生活史段階まで生き残り、漁獲対象に加わることを指す。多くの水産動物では明瞭な親子関係が認められないことが多く、また、著しく大きな加入量変動が見られる。加入量の多寡を左右するのは死亡率が著しく高い初期生活期の生き残りであると考えられており、主な死亡要因には飢餓と被食が考えられている。加入量変動の機構は、水産資源学において極めて重要な研究トピックであり、仔稚魚期の海洋環境に着目した複数の仮説（Critical Period 仮説、Match/Mismatch 仮説等）が提示されているが、未だに不明な部分も多く、十分な解明には至っていない。近年、雌親魚の体サイズや栄養状態が、生まれてくる子供の生存率を左右するという母性効果仮説が提示され、これは生まれてきた仔稚魚の環境条件を問題とした上述の諸仮説とは根本的に異なり、注目されている（Berkeley et al. 2004, Birkeland & Dayton 2005, Venturelli et al. 2012）。

２．研究の目的

本研究では、これまであまり注目されてこなかった“父性効果”と“母性効果”に着目し、近年漁獲量の低迷が深刻なホッケを対象として、雄親魚および 雌親魚の体サイズや肥満度が、産卵数、卵サイズおよび仔魚期の生残率に及ぼす影響（それぞれ父性効果、母性効果）を、飼育実験により明らかにすることを目的とした。ホッケはペア産卵を行い（Munehara & Markevich 2003)、産出された沈性卵塊を雄が保護する。そのため，さまざまな雄親魚と雌親魚を用いたペア実験により，父性効果と母性効果の有無を検証することが可能であると考えられた。さらに、実際の加入量変動に父性 効果と母性効果が作用しているか否かを検証するため、1985-2014 年の漁獲量データおよび資源評価のデータをもとに、加入量変動と親魚の年齢組成との関係をモデル化し、父性効果・母性効果の有無を検証することを目的とした。そして，飼育実験で得られる結果と長期データの分析結果を統合することによって，ホッケにおける父性効果と母性効果のメカニズムと，実際の加入量変動に及ぼす量的効果について，総合的な考察を行うことを目的とした。

３．研究の方法

平成 28 年の 4～5 月に、小樽水族館公社の研究協力により、北海道日本海側で採集されたホッケを、水産総合研究センター北海道区水産研究所厚岸庁舎の飼育施設に活魚輸送し、飼育実験開始時にホッケの筋肉中に電子標識（PIT タグ）を装着した。給餌量の異なる複数の水槽で親魚を蓄養し、 体サイズや肥満度に変異のあるホッケ親魚を養成したのち、体サイズの異なる親魚のペアを複数パターン選別し、 各々小型の産卵用水槽で自然産卵させたほか、水槽を体サイズで区分し、それぞれの水槽で自然産卵させた。また、大型の展示用水槽に体サイズの異なる雌雄６尾ずつを収容し、外部標識で個体識別を行った上で産卵行動実験を行った。それぞれの実験において、産卵された卵塊の全重量を計測するとともに、卵標本を部分抽出し、卵サイズ、 卵重量、卵カロリーを計測した。また、ペア実験においてそれぞれの卵塊から生まれた仔魚を一定期間無給餌および給餌飼育し、仔魚の生残率と成長率のデータを取得した。これらの繁殖形質値を従属変数にとり、雌雄別の親魚の体サイズと肥満度を独立変数として、繁殖ペアの母性効果と父性効果がホッケの繁殖形質値（卵数、卵サイズ、卵カロリー、仔魚サイズ、初期生残率）に影響を及ぼすかどうか検証を行った。なお、ペア実験および仔魚飼育実験についてはH28～30 年の秋期に行い、繰り返しデータを取得した。

一方、長期モニタリングデータとして、1985～2014 年の年齢別漁獲尾数（我が国資源評価事業、道総研提供）を用いてコホート解析（VPA）を行い、年齢別資源尾数から再生産成功率（RPS、加入量を産卵親魚量で除した値） を計算し、加入量変動を予測する再生産モデルに親魚量に占める高齢魚割合を父母性効果のパラメータとして加え、その有効性を検討した。

４．研究成果

①北海道日本海側で採集されたホッケを用い、国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所厚岸庁舎で飼育実験を行った。異なる給餌条件で飼育した親魚を用い、自然産卵実験およびペア産卵実験を行った。自然産卵実験およびペア実験で得られた卵塊の重量を計測し、卵塊の一部から卵サイズ、卵重量、卵カロリーを計測した。雌雄の体長および肥満度等が仔魚の生残に与える影響を調べるために、自然産卵実験およびペア産卵実験で得られた卵塊を用いて複数水温で仔魚の 飼育実験を行った。その結果、雌親魚の体重１g あたりの産卵数は体重が大きいほど多いという傾向は見られず、大型魚の割合が高いほど産卵親魚重量当たりの産卵数量が増えるという仮説は棄却

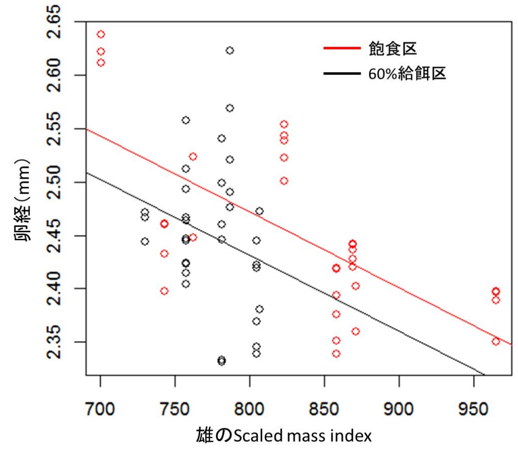

図 1. 雄の Scaled mass index と卵サイズ

された。また雌親魚の体重と卵径の間に明瞭な相関関係は見られなかったことから、卵サイズにおいて、大型の雌ほど卵質が良いという仮説は支持されなかった。一方、繁殖形質値（卵数、卵サイズ、卵カロリー、仔魚サイズ、初期生残率）を従属変数にとり、雌雄別の親魚の体サイズと肥満度を独立変数として、繁殖ペアの母性効果と父性効果がホッケの繁殖形質値に影響を及ぼすかどうか検証を行ったところ、雌よりも雄の体サイズ（Scaled mass index）を説明変数として加える方が AIC は小さくなり、雄が大型であるほど卵サイズは小さくなる傾向が認められた（図 1)。大型ペアと小型ペアから産まれた卵経は大型ペアの方が小型である傾向が見られたが、ふ化仔魚の給餌飼育の成長率は大型のペアの方が高い傾向が見られた(図 2)。これらのことから仔魚が十分餌を利用できる状況では、卵サイズおよび孵化時のサイズが小型でも高成長率により被食や飢餓を免れやすくなる可能性が考えられた。

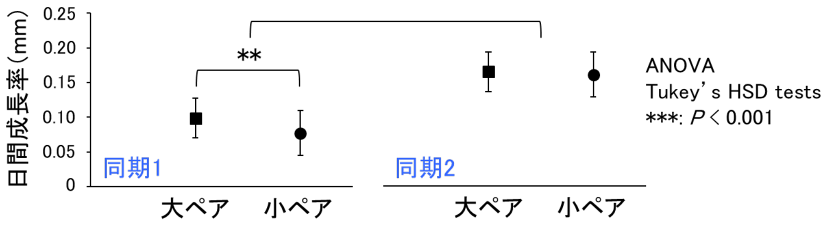

図 2.大ペアと小ペアから産まれた仔魚の日間成長率の比較

②大型展示用水槽を用いた産卵行動実験では、体サイズ区分の異なる雌雄親魚 12 尾を用い、雌雄それぞれの選択および各雄の縄張りで産まれた卵塊の重量や卵経および卵重量を調べた。その結果、縄張りを形成した雄は自分と同等もしくは大型の雌に対して産卵行動を行い、繁殖する傾向が見られた。産卵回数は大型の個体の方が多く、各雌は同一の雄を選択する傾向が見られた。卵サイズがどのような要因に影響を受けるのか雌雄の体サイズを独立変数とする一般化線形モデルで調べたところ、大型の雄の方が卵経が小さくなる傾向が見られ（図 3)、ペア実験での結果と同様の傾向が見られた。すなわち、雄親魚の体サイズが繁殖形質に影響を及ぼす可能性が示唆された。

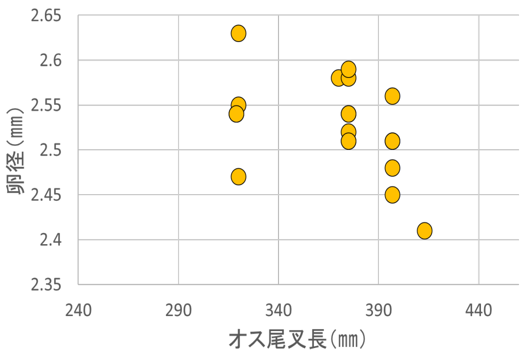

図３.雄の叉長と卵経の関係

③長期モニタリングデータとして、1985～2014 年の年齢別漁獲尾数（我が国資源評価事業、道総研提供）を用いてコホート解析（VPA）を行い、推定された年齢別資源尾数、加入量、親魚量のデータを用いた。ホッケの加入量変動を予測する再生産モデルに、親魚量に占める高齢魚割合を父母性効果のパラメータとして加え、その有効性を検討した。父母性効果の係数は全てプラスであり、全てのモデルにおいて標準モデルよりも父母性効果を加えたほうが、AIC が小さかった。親魚量に占める高齢魚の割合が高いほど、高い加入量が予測されたことから、同じ親魚量であってもより多くの加入を得るためには高齢魚まで獲り残すことが重要だと考えられた。

　これらの結果から、雌雄親魚の体サイズが繁殖形質およびその後の成長率などにも影響を及ぼすこと、親魚量に占める高齢魚の割合が高いほど高い加入量が予測されたことなどから、ホッケにおいては父母性効果が加入量変動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

＜引用文献＞

Berkeley, S.A., Chapman, C., and Sogard, S.M. (2004) Maternal age as a determinant of larval growth and survival in a marine fish, Sebastes melanops. Ecology, 85: 1258-1264.

Birkeland, C., and Dayton, P.K. (2005) The importance in fishery management of leaving the big ones. Trends in Ecology & Evolution, 20: 356-358.

Munehara, H., and Markevich, A. (2003) Spawning behavior of Japan Sea greenling, Pleurogrammus azonus, off the Bol'shoi Pelis Island, Peter the Great Bay, Russia. Bull. Fish. Sci. Hokkaido Univ. 54: 67-72.

Venturelli, P.A. et al. (2012) Evidence for harvest-induced maternal influences on the reproductive rates of fish populations. Proceedings of the Royal Society B, 276: 919-924.

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計　１件）

森田晶子　北海道周辺のホッケ資源の現状、月刊海洋、査読無、49 巻 9 号、2017、pp481-485

〔学会発表〕（計　7 件）

① 森田晶子、横田高士、ホッケ親魚およびふ化仔魚に対する水温の影響、H29 年度日本水産学会、2017 年
② 森田晶子、ホッケ、H29 年度日本水産学会漁業懇話会、2017 年
③ 森田晶子、ホッケの資源変動要因として考えられる水温や父母性効果について、水産海洋学会、2017 年
④ 森田健太郎、森田晶子、父母性効果を加えたホッケの再生産モデル、2016 年度海洋生態系モデリングシンポジウム、2017 年
⑤ 森田晶子、横田高士、横山貴洋、中屋光裕、ホッケの産卵行動と繁殖形質に与えるホッケ雄の影響、H30 年度日本水産学会、2018 年
⑥ 横田高士、森田晶子、泉田大介、中川亨、伊藤明、ホッケの親魚サイズが卵経や仔魚の生残・成長に及ぼす影響、H31 年度日本水産学会、2019 年
⑦ 森田晶子、横田高士、横山貴洋、中屋光裕ホッケの産卵行動と繁殖形質に与えるホッケ雄の影響②、H31 年度日本水産学会、2019 年

〔図書〕（計　0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計　0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計　0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

森田晶子、山下夕帆、境磨、山下紀生、横田高士、森田健太郎、共同調査報告「さんま、まさば、まいわし、かたくちいわし、いか及びすけとうだらの生態学及び数量動態」に関する意見交換会、2018 年、北海道周辺のホッケの資源状況および近年の資源減少の要因“Current status of stock for arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) around Hokkaido and factor affecting the decrease of stock.”

６．研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：横田　高士

ローマ字氏名：Takashi Yokota

所属研究機関名：国立研究開発法人水産研究・教育機構

部局名：北海道区水産研究所

職名：主任研究員

研究者番号（8 桁）：80731504

研究分担者氏名：森田　健太郎

ローマ字氏名：Kentaro Morita

所属研究機関名：国立研究開発法人水産研究・教育機構

部局名：北海道区水産研究所

職名：主任研究員
研究者番号（8 桁）：30373468

(2)研究協力者
研究協力者氏名：中屋 光裕、横山 貴洋
ローマ字氏名：Mitsuhiro Nakaya、Takahiro Yokoyama

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。