

## 論文の内容の要旨

水圏生物学専攻  
平成 25 年度博士課程進学

氏名 林晃  
指導教員名 渡邊良朗

### 論文題目 親潮系冷水域におけるカタクチイワシの初期生態に関する研究

1990 年代に起こった資源量増加に伴い、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* 太平洋系群の回遊範囲と卵仔魚分布域は、千葉県以南の黒潮系暖水域から茨城県以北の親潮系冷水域へと拡大した。1980 年代にはほとんどみられなかった親潮系冷水域における本種の漁獲量は、1990 年代には太平洋系群全体の約半分を占めるまでに増加した。カタクチイワシ太平洋系群は、資源量増加に伴って資源の構造を変化させたと考えられるが、親潮系冷水域のカタクチイワシの初期生態に関する知見は少ない。本系群の資源量は 2003 年以降減少を続けており、親潮系冷水域資源は消滅に向かっていると考えられる。本研究は、親潮系冷水域においてまず卵仔魚の分布と成長を調べて基礎的な初期生態を明らかにし、続いて本海域へのカタクチイワシの産卵場と初期成育場の拡大が亜寒帯の低温環境への適応によるのか、また本種の資源量増加が本海域への産卵場の拡大によって起こったのか、さらに近年の資源量低下が資源加入の場として重要と考えられる本海域沖合域の成長速度低下によるのかを検証した。

#### 各海域における初期生態

- ①親潮系冷水域で発生する卵仔魚の分布と成長を調べる目的で、三陸・道南・道東沖合域 (39°00′–42°50′N, 142°00′–145°30′E) において 2011 年と 2012 年の夏季に調査を実施した。卵が採集された表面水温の最低値は 15.9°C で、親潮系冷水域における本種の産卵は、黒潮系暖水域と同様の水温で行われると考えられた。調査海域では南西流が卓越し、本海域に分布する卵仔魚は三陸沿岸域へ向かって輸送されると考えられた。
- ②資源量水準と卵仔魚分布の関係を調べるため、親潮系水・黒潮系水・対馬暖流系水の影響を受ける三陸沿岸域 (38°56′–40°00′N, 141°44′–142°48′E) における 1980–2015 年 5–10 月

の卵仔魚採集データを解析した。また本海域における仔稚魚の成長を調べるため、岩手県宮古湾（2012–2015年 4–10月、1–2回/月）で仔稚魚を採集した。三陸沿岸域では卵は1980年から少数ながら採集された。卵分布密度が急増したのは本種太平洋系群の資源量が高水準となった1990年より後の1992年であったことから、親潮系冷水域への産卵場の拡大は資源量増加の結果として起こったことが示唆された。資源量高水準期には6–8月に多数の卵が採集され、親潮系冷水域における本種の産卵は夏季の高水温期に集中すると考えられた。宮古湾における仔稚魚の採集数は6–8月に多く、孵化日組成から判断するとこれらは三陸・道南・道東沖合域で発生した群と考えられた。一方で、仔稚魚の体長に対する頭長と耳石半径の相対成長は採集月によって大きく変動し、異なる環境履歴の複数群の混在が示唆された。

③親潮系冷水域の中でも黒潮系暖水の影響が強い水域における仔稚魚の成長を調べる目的で、茨城県大洗漁場（2011–2015年 4–11月、1–2回/月）で仔稚魚を採集した。本海域においても、仔稚魚の体長に対する頭長と耳石半径の相対成長は季節変化し、環境履歴の異なる仔魚群の混在が示唆された。

④黒潮続流に載って親潮系冷水域に移入する黒潮系暖水域発生群の分布と成長を既往知見と比較する目的で、常磐・三陸沖合域（35°–42°N, 143°–160°E）において2011–2015年の5–6月に調査を実施した。本海域における仔魚の分布水温は安定的で、各年とも採集個体数の70%以上が好適水温とされる17.3°C以上の水域に分布していた。ところが、好適餌料環境域とされる餌料生物密度が56.4 mgDW m<sup>2</sup>以上の海域と仔魚の分布域の重複度は年変動が大きく、結果的に水温と餌料環境が共に好適な水域に分布した仔魚の割合は10–80%の範囲で大きく年変動した。採集点の水温環境における仔魚の採集前5日間の体長成長速度（ $G_5$ ）は過去の高加入年（1997–1999年）よりも低い傾向にあったが、これは餌料環境の劣化からは説明されなかった。仔魚の $G_5$ が孵化から採集時までにおける平均体長成長速度 $G$ （mm day<sup>-1</sup>）と有意に正相関していたことから、近年における $G_5$ の低下の要因として、黒潮系暖水域の産卵場から常磐・三陸沖合域に輸送される過程の環境履歴の劣化が考えられた。

上記①–③の水域で採集された仔魚の $G$ は黒潮系暖水域や瀬戸内海における既往知見に匹敵した。また、仔魚の $G_5$ に低下が認められた④常磐・三陸沖合域でも、40日齢時の体長成長速度（ $G_{40}$ ）は、ほとんどの個体において資源加入に必要な既知の最低水準（0.25 mm day<sup>-1</sup>）を上回った。以上から、親潮系冷水域は本種の産卵場・成育場として機能していることがわかった。

## 資源量変動と資源構造変化に関わる初期生態特性

親潮系冷水域における産卵場の形成要因を調べる目的で、三陸沿岸海域の卵仔魚採集データを解析した。0.5°C間隔の各水温階級について卵と仔魚の出現頻度を求め、これを各水温階級の観測頻度で除して卵と仔魚の分布指数を求めた。卵の分布指数は水温階級 15.0–15.5°Cにおいて高かったが 19.0°C以上の水温階級で急速に低下し、親潮系冷水域における産卵は黒潮系暖水域における産卵水温範囲の下限近くに集中することがわかった。同様の解析を採集点の日長に対して行った結果、高水温帯における卵分布指数の低下は、産卵活動が 13 時間以下の短日によって終息したためと判断された。仔魚の分布指数が高かったのは 18.5°C以上の水温階級で、これは黒潮系暖水域を含む日本の太平洋岸で得られている値と同じであった。親潮系冷水域における本種の産卵が黒潮系暖水域と同様に 15°C以上で行われることは、孵化仔魚の経験水温を成長に好適な範囲に保つことに役立っていると考えられた。

親潮系冷水域におけるカタクチイワシの産卵を、日長と水温が共に好適水準を満たす水域の面積として近似させることを試みた。4–10 月に水温が 15.0°C以上の水域をカタクチイワシの産卵可能水域と定義し、海洋大循環モデル OFES の月平均水温を用いて、1950–2007 年の東北沖合域 (38°–44°N, 142°–150°E) における産卵可能水域の変動を調べた。産卵可能水域にみられた数年から数十年周期の変移は必ずしも本種の資源量水準の変動を説明せず、これは資源量低水準期の 1980 年代にも東北沖合域に本種の産卵可能な水域が存在していたためと考えられた。三陸沿岸海域における卵分布密度の増加時期と併せて考えると、親潮系冷水域への本種の産卵場拡大は資源量増加の結果として起こったと考えられた。

親潮系冷水域沿岸のカタクチイワシ仔魚群の由来を調べる目的で、日本沿岸海域の流動モデル JCOPE2 の流向・流速データを用いた粒子追跡実験を行った。本種太平洋系群と対馬暖流系群の産卵が実測された各格子において、2011 年の 1 月 1 日–12 月 31 日にそれぞれ 100 個の粒子を毎日投入した。大洗漁場と宮古湾とを想定した各座標から半径 30 分の円を到達海域と定義し、それぞれの海域に到達した粒子の数とその供給源を調べた。大洗漁場では、実際のシラス漁獲量の季節変動と対応する来遊粒子数のピークが春季と秋季に認められた。春季には来遊粒子のおよそ 50%が黒潮系暖水域由来であったが、7 月以降にはおよそ 90%以上が金華山以北の親潮系冷水域から来遊した。宮古湾では、7 月に金華山以北の親潮系冷水域由来の粒子からなるピークが認められた。5 月には和歌山県以東の黒潮系暖水域から、6 月には能登半島以東の日本海から、少数ながら粒子が来遊した。以上から、親潮系冷水域の沿岸域では、当該海域沖合で発生した仔魚群に加えて、黒潮系暖水域からの移入群や量的に少

ないながらも対馬暖流域からの移入群が混在することがわかった。資源量低水準期に親潮系冷水域発生群が消滅することによって、本海域の資源構造が数十年周期でも変化していることが考えられた。

親潮系冷水域におけるカタクチイワシ仔魚の成長・変態動態を理解する目的で、宮古湾と大洗漁場で採集された仔稚魚の肥満度をロジスティック回帰して半数変態肥満度 ( $C_{m50}$ ) を求め、相模湾における先行研究と比較した。宮古湾と大洗漁場における  $C_{m50}$  は 5.6 と 7.4 で、採集時の水温によらずほぼ一定であった。親潮系冷水域における本種の変態は、既往知見と同様に肥満度が  $C_{m50}$  を超えた個体から始まると考えられた。相模湾の  $C_{m50}$  は 7.4 で、採集された仔魚の肥満度成長速度は水温低下に伴い低下したのに対して、大洗漁場では仔魚の肥満度成長速度は水温と無関係で、24°C未満の水温区で相模湾の仔魚よりも早く変態した。宮古湾では水温と肥満度成長速度が無関係であったことに加え、 $C_{m50}$  が相模湾よりも低いことによって、24°C未満の水温帯で相模湾の仔魚よりも早く変態した。親潮系冷水域に分布する仔魚期後期から稚魚期のカタクチイワシは、本海域の好適な餌料環境を利用して低温適応的な成長・変態動態をみせた。

常磐・三陸沖合域に分布するカタクチイワシ仔魚の成長と加入量との対応を調べる目的で、2011–13年に採集された仔魚の成長速度を、低加入年であった1996年および高加入年であった2001年と比較した。2011–13年に採集された仔魚の40日齢時の体長成長速度  $G_{d40}$  は1996年に採集した仔魚に勝り、2001年に匹敵していた。日齢を遡って比較すると、2011–2013年の体長成長速度は、10日齢以下の生活史のごく初期において1996・2001年を大きく下回った。これらのことから、加入量上昇期の1990年代後半から2000年代初頭には、加入量増加は仔魚期後期の成長速度の増加によって説明されたのに対して、加入量低下期の近年では、加入量減少が仔魚期前期の成長速度の低下によると考えられた。

親潮系冷水域のカタクチイワシ群は、親潮系・黒潮系・対馬暖流系の仔魚によって構成される。中でも沿岸域で優占する親潮系冷水域群は、沖合域の成育場の好適化による資源量増加の後に出現した群であり、卵から仔魚期前期には黒潮系暖水域と同様の水温帯で、仔魚期後期から稚魚期には黒潮系暖水域よりも低い水温帯で良好に成長していた。近年の太平洋系群の資源量減少の要因として黒潮系暖水域の成育場の劣化が考えられ、これは親潮系冷水域発生群の消滅を通して資源構造の変化につながると考えられた。