

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23248028

研究課題名(和文) 親潮系冷水域におけるカタクチイワシの資源生態学的研究

研究課題名(英文) Fisheries ecology of Japanese anchovy in the Oyashio-associated cold water area

## 研究代表者

渡邊 良朗 (Watanabe, Yoshiro)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：90280958

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,900,000円

研究成果の概要(和文)：日本の太平洋系群カタクチイワシは、1990年代の資源量急増に伴って、親潮系冷水域で産卵する群を形成した。親潮系冷水域産卵群の繁殖生態と初期生態を調べた結果、カタクチイワシは季節的昇温によって東北・北海道沖の冷水域に夏季に出現する産卵適水温帯で、集中的に産卵することがわかった。孵化した仔魚は南西に向かう流れによって東北沿岸域へと輸送されて資源へ加入すると考えられた。この加入群は、黒潮続流によって運ばれてくる黒潮系暖水域生まれた群と、津軽海峡を通過して来遊する対馬暖流系群と混在して太平洋北区のカタクチイワシ資源を構成しており、資源量変動はこれら3群の構成比率の変動を伴って起こることがわかった。

研究成果の概要(英文)：The Pacific stock of Japanese anchovy increased in stock abundance in the 1990s and produced a substock spawns in the Oyashio-associated cold water area off northern Japan. This study investigated reproductive and early life ecology of the substock in the cold water area. The substock spawns in the warm surface water in a short summer period. Hatched larvae are to be transported southwestward to the coastal waters off northern Japan and recruited to the substock. The Pacific stock of anchovy is composed of the 3 substocks, the one spawned in the cold water area, the one immigrated from the Kuroshio waters, and the one from the Sea of Japan through the Tsugaru Strait. Fluctuation of the stock abundance is associated with the variation in composition of the 3 substocks.

研究分野：資源生態学

キーワード：カタクチイワシ 親潮系冷水域 繁殖生態 初期生態 加入量変動

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 日本の太平洋側海域に分布するカタクチイワシ(太平洋系群)の200海里水域内資源量は1990年代末に100万トンを超え、漁獲量は1980年代の平均6.5万トンから1990年代後半以降の26万トンへと4倍に増加した。近年の太平洋系群の年間総産卵量は1980年代のマイワシ産卵量水準を超えて $10^{16}$ 粒に達し<sup>1)</sup>、公海を含めた資源量はきわめて大きいと推定される。漁獲量の増加は犬吠埼以北の太平洋北区で顕著で、1980年代の0.8万トンから1990年代には8.8万トンへと10倍以上に増加し、太平洋中区と南区の合計漁獲量が5.8万トンから9.7万トンへと2倍以下の増加にとどまったことと対照的であった。

(2) 太平洋の温帯域に分布するカタクチイワシ類資源は、日本の黒潮親潮域(1960年以降の漁獲量は4-39万トン)、北米西岸のカリフォルニア海流域(0.4-42万トン)、南米西岸のフンボルト海流域(9-1305万トン)において、海洋生態系のレジームシフトにともなって同期的に自然変動し、マイワシ類との間で卓越魚種の交替を繰り返している<sup>2)</sup>。黒潮親潮域では、資源の量的変動に伴って黒潮系暖水域から親潮系冷水域へと海洋前線を越えて分布域が拡大・縮小する。

(3) 黒潮続流以北の移行域~親潮域で、1950・60年代の資源量高水準期にはカタクチイワシ卵・仔稚魚が大量に採集されたが<sup>3)</sup>、1980年代の低水準期には採集されなくなった。1990年代以降の高水準期になると再び卵や仔魚がまとまって採集され<sup>1)</sup>、産卵直後の親魚も採集された<sup>4)</sup>。これらの知見から、本研究ではカタクチイワシが資源量高水準期に親潮系冷水域へ分布域を拡大するのみならず、この海域を産卵場として利用する「親潮系冷水域産卵群」を発生させると考えた。カタクチイワシ科魚類は熱帯・亜熱帯性の分類群で、日本の太平洋岸のカタクチイワシも、通常は東シナ海~中部日本沖の黒潮系暖水域に産卵場を形成する。

ところが、資源量が増大すると産卵場を北方へと拡大し、「親潮系冷水域産卵群」を新たに発生させられると思われる。このような産卵場形成の柔軟性は魚類の繁殖生態としてきわめて特異的であり資源生態学的に興味深い。

(4) 西日本~中部日本の黒潮系暖水域におけるカタクチイワシの資源生態学的研究は多く、これらの海域における生物特性や生活史については、野外観察<sup>5)</sup>や室内実験<sup>6)</sup>によって詳しく調べられている。これに対して、資源量高水準期に漁獲量の約50%を占める親潮系冷水域のカタクチイワシ群についての研究の歴史は浅く、変態期稚魚の生態と資源加入の関係<sup>7)</sup>が近年解明され始めた段階で、生物特性や生活史の全体像は不明である。黒潮系暖水域のカタクチイワシは15以上で産卵可能とされるが、親潮系冷水域では近年産卵直後の親魚が東北沖の5~13の海域で採集される<sup>4)</sup>。両海域では成熟・産卵生態が大きく異なることが想定されるが、その実態は不明である。また、親潮系の低水温海域で産み出された仔稚魚の生態についても、卵仔魚が夏季に東北沖に出現することを除くと、初期生活史を通じた成長や生残過程などはわかっていない。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究は、「親潮系冷水域産卵群」の実態を把握し、黒潮系の暖水性種であるカタクチイワシが親潮系冷水域で再生産する群を発生させるしくみを明らかにすることを目的とする。その上で、冷水域産卵群の形成に伴う資源構造の変化という視点からカタクチイワシ資源の量的変動のしくみを解明し、その保全と合理的利用の生態学的基础知見を得る。

## 3. 研究の方法

(1) 1960年代の資源量高水準期以降の50年間について、「親潮系冷水域産卵群」の産卵場分布と海洋環境の経年変動、および親魚の生物特性の経年変動を遡及的に解析す

る。現在の「親潮系冷水域産卵群」について、繁殖生態と初期生態および資源加入生態を調査・解析して4~5年分のデータセットを得る。遡及解析と生態調査の結果から得られる「親潮系冷水域産卵群」の生態特性と変動特性を、知見の蓄積が多い「黒潮系暖水域産卵群」およびカリフォルニア海流域の「北米西岸湧昇域産卵群」と対照して、「親潮系冷水域産卵群」の量的変動のしくみとレジームシフトに対する応答過程を解明する。

(2) 本研究では、「親潮系冷水域産卵群」の繁殖特性を理解する仮説として、『その時々エネルギー摂取 (income) に依存してほぼ周年繁殖投資する income breeder としての「黒潮系暖水域産卵群」に対して、資源量高水準期に新たに形成される「親潮系冷水域産卵群」は、春季ブルーミング期における多量のエネルギー蓄積 (capital) を夏季の短い産卵期に集中して繁殖投資する capital breeder としての性質を持つ』と考える。「親潮系冷水域産卵群」が、capital breeder としての特性を持つかという視点からこの仮説を検証する。その上で、income breeder と capital breeder の2群からなるカタクチイワシ太平洋系群における資源量変動と資源構造変化の関係を理解し、カタクチイワシ資源の保全と合理的利用方策の生態学的基礎とする。

#### 4. 研究成果

(1) カタクチイワシの分布回遊域と産卵場は、資源量の増減に伴って黒潮域から親潮域の範囲で拡大縮小する。特に海洋学的性質が大きく異なる黒潮域から親潮域への産卵場拡大は、小型浮魚類のなかでもカタクチイワシに特異的な繁殖生態である。そこで、親潮域、黒潮域、対馬暖流域、瀬戸内海域における調査を同一時期に行い、繁殖生態を海域間で比較した。黒潮域の相模湾、対馬暖流域の若狭湾、瀬戸内海東部燧灘、親潮域の道東・千島列島沖、対馬暖流域北海道の石狩湾で、2009年5月~2010年11月に標本を採集した。相模湾では、春季に

出現する産卵親魚は体長約120 mmと大型で、1600~4600/尾の卵黄蓄積後期卵母細胞を持っていた。これに対して秋季の親魚は体長70 mmと小型で、卵母細胞数も約500/尾と少なかった。1・2月を除いてほぼ周年産卵親魚が出現した。若狭湾でも燧灘でも春季に大型の親魚が出現したが、秋季の小型化はより顕著で、若狭湾における最小成熟個体は41.7 mm、卵巣重量0.1 gでGSI < 1.5という小さい卵巣に少数の成熟卵母細胞を持ち11月まで産卵活動を継続した。これに対して道東海域と石狩湾では、6、7月に体長120 mmを超える大型親魚が出現し、GSI > 7.0と高く18000/尾の成熟卵母細胞を持っていたが、9月にはGSIが0.2と極端に低下し、産卵期が夏季の短期間に限られていた。このように、日本周辺のカタクチイワシは海域によって多様な繁殖特性を示した。黒潮域の相模湾ではほぼ周年産卵が見られたのに対して、北海道海域では大型の卵巣に蓄積されたエネルギーが夏季に集中的投下されていることがわかった。カタクチイワシが繁殖生態を各海域の環境特性に調節的に適応させている結果と考えられた。

(2) 資源変動に応じてカタクチイワシの生物特性はどのように変化するのか、海域によって変動傾向に差があるのか、また生物特性値は海域によって異なるのかなどについて整理された知見はない。本課題では親魚の繁殖特性の時空間的変異を概観することを目的とし、1964~2009年のデータを用いて体長、体重、肥満度、GSIおよび生殖腺重量を資源量水準の異なる年代間と海域間で比較した。三重県から青森県に水揚げされた標本の測定データを収集し、解析には1964年~2009年の精密測定標本の被鱗体長、体重、生殖腺重量を用いた。神奈川~三重県を東海、千葉~福島県を常磐、宮城~青森県を三陸とまとめて解析した。資源量水準は太平洋北区の漁獲量変動によって、1万トン以下となった1976-86年を低水準期、5万トンを超えた1998-2007年を高水準期、1964-74年を中水準期とした。

GSI 1.7 を成熟個体とみなして月別の成熟個体の割合を求め、成熟個体の割合が高い3ヶ月を産卵盛期とした。親潮系冷水域の三陸海域では、資源密度に応じた生物特性変化は見られなかったが、東海と常磐の両海域では、資源量が増大すると、体長と体重も増加した(図1)。資源水準にかかわらず、三陸、常磐の両海域のカタクチイワシの平均体長、体重、GSI および生殖腺重量は、東海海域のそれよりも高い値を示した。カタクチイワシでは、密度依存的な体サイズ変動は見られず、常磐や東海では、逆に資源量高水準期に体サイズや生殖腺が

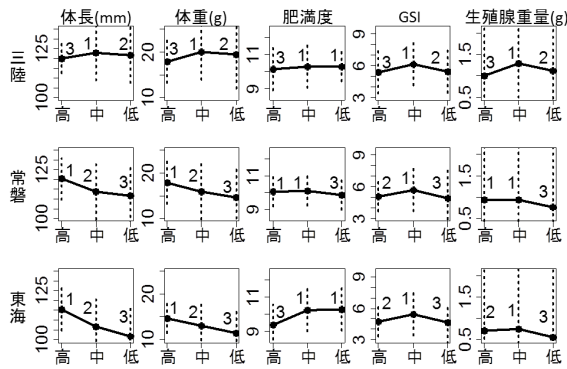


図1. 体長、体重、肥満度、GSI、および生殖腺重量の資源水準比較。○の値は平均値、縦棒は標準偏差、上段から三陸、常磐、東海海域を示す。3つの資源水準の中で高い値から順に1から3の数字で示す。

大きくなった。これらのことは、環境が好転するとカタクチイワシの体サイズが増加し、それが資源量増大に寄与するという可能性を示している。

(3) 三陸・道南・道東沖合域において2011年と2012年の夏季に、親潮系冷水域で発生する卵仔魚の分布と成長を調べた。卵が採集された表面水温の最低値は15.9で、親潮系冷水域における本種の産卵水温は、黒潮系暖水域と近似することがわかった。親潮系水・黒潮系水・対馬暖流系水域における1980-2015年5-10月の卵仔魚採集データを解析して、資源量水準と卵仔魚分布の関係を調べた。また本海域における仔稚魚の成長を調べた。三陸沿岸域で卵分布

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と考えられた。資源量高水準期には6-8月に本種の産卵が集中すると考えられた。孵化日組成から、宮古湾における仔稚魚は三陸・道南・道東沖合域で発生した群と考えられた。茨城県大洗漁場で仔稚魚を採集し、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た。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。以上のような結果から、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。

(4) 本研究によって得られた知見を総括すると以下ようになる。親潮系冷水域のカタクチイワシ資源は、季節的な昇温によって東北・北海道海域に夏季に出現する産卵適水温帯で、春季に蓄積したエネルギーを用いて集中的に産卵する capital breeder 的な産卵生態を持つ。孵化した仔魚は南西に向かう流れによって東北沿岸域へと輸送され、黒潮域に比べると低水温の環境下ながら高い成長速度を達成して資源に加入する。これらの加入群は、黒潮統流によって運ばれてくる黒潮系暖水域生まれた群と、津軽海峡を越えて来遊する対馬暖流系群と混在して、太平洋北区のカタクチイワシ資源を構成する。資源量変動はこれら3群の構成比率の変動を伴って起こる。

< 引用文献 >

- 1) 高須賀明典 他 (2005). 中央ブロック卵・稚仔、プランクトン調査研究担当者協議会研究報告 25, 93-11.
- 2) Chavez FP, et al (2003). Science 299, 217-221.
- 3) 小達繁 (1957). 東北水研研報 9, 111-128.
- 4) Funamoto T, et al (2002). J Fish Biol 60, 154-169.
- 5) 船越茂雄 (1990). 愛知水試研究業績 B しゅう 10, 1-208.

- 6) Tsuruta Y (1992). Bull Natl Res Inst Fish Eng 13, 129-168.  
7) Takahashi M, Watanabe Y (2004). Mar Ecol Prog Ser 266, 227-238.

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8件)

Hayashi A, Zhang K, Kawamura T, Watanabe Y (2016). Distribution of eggs and larvae of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Pacific waters off northern Japan in summer. Fisheries Science 82 , 310 - 319 .(査読有) DOI 10.1007/s12562-015-0966-4

Watanabe Y, Ochiai S, Fukamichi K (2014). Larval growth rates differ in response to temperature variation among clupeoid species inhabiting the Pacific coastal waters of Japan .Fisheries Science 80 , 43 - 51 .(査読有) DOI 10.1007/s12562-013-0684-8

Watanabe Y, Suzuki T, Tsuno K (2013). Temperature determines growth rates of larval round herring in the Pacific waters off southern Japan . Fisheries Science 79 , 757 - 766 .(査読有) DOI : 10.1007/s12562-013-0647-0

須原三加・森泰雄・三原行雄・山本昌幸・川端淳・高橋素光・勝川木綿・片山知史・山下洋・河村知彦・渡邊良朗 (2013). カタクチイワシの繁殖特性の海域間比較 . 日本水産学会誌 79 , 813 - 822 .(査読有)

Yatsu A, Chiba S, Yamanaka Y, Ito S, Shimizu Y, Kaeriyama M, Watanabe Y (2013). Climate forcing and the Kuroshio/Oyashio ecosystem. ICES Journal of Marine Science 70 , 922 - 933 .(査読有) doi:10.1093/icesjms/fst084

渡邊良朗 (2012). 海の生産力に依存する水産業 . Ship & Ocean Newsletter 296 , 4 - 5 .(査読無)

渡邊良朗 (2011). 自然変動する海洋生物資源の持続的利用 . 遺伝 65 , 12 - 16 .(査読無)

渡邊良朗 (2011). 地球温暖化と海 . 日

本水産学会誌 77, 275 - 276 .(査読無)

〔学会発表〕(計 38件)

林晃・佐々木由華・岩田容子・後藤友明・渡邊良朗 (2016年3月29日). 三陸中部海域におけるカタクチイワシの産卵 . 平成28年度日本水産学会春季大会 . 東京海洋大学 (東京都・品川区).

林晃・村瀬緯紀・山根広大・白藤徳夫・岩田容子・河村知彦・渡邊良朗 (2015年3月27日). 親潮域におけるカタクチイワシ仔魚の成長 . 平成27年度日本水産学会春季大会 . 東京海洋大学 (東京都・品川区)

林晃・佐々木由華・山根広大・後藤友明・河村知彦・渡邊良朗 (2014年11月15日). 三陸沖合海域におけるカタクチイワシ卵仔魚の分布と資源量水準 . 2014年度水産海洋学会研究発表大会 . 中央水産研究所 (神奈川県・横浜市)

Zhang K, Kawabata A, Kawamura T, Watanabe Y (2014年10月8日). Survival processes of young-of-the-year Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio transition region. John Hjort Symposium on Recruitment Dynamics and Stock Variability . Bergen (Norway).

Watanabe Y (2014年10月8日). Species-specific growth responses to seasonal temperature variations in clupeoid larvae. Survival processes of young-of-the-year Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio transition region. John Hjort Symposium on Recruitment Dynamics and Stock Variability . Bergen (Norway).

Hayashi A, Fukamichi K, Yamane K, Ebisawa Y, Kawamura T, Watanabe Y (2014年10月8日). Latitudinal difference in condition at the initiation of metamorphosis in Japanese anchovy *Engraulis japonicus*. John Hjort Symposium on Recruitment Dynamics and Stock Variability . Bergen (Norway).

ケイショウコ・須原三加・山下洋・河村

知彦・渡邊良朗 (2013年11月15日). カタクチイワシ産卵親魚の孵化月による成長履歴の違い. 2013年度水産海洋学会研究発表大会. 京都大学 (京都府・京都市).

張ガイ・山根広大・天野洋典・堀真子・米田道夫・渡邊良朗 (2013年11月15日). カタクチイワシの経験水温と耳石酸素安定同位体比の関係. 2013年度水産海洋学会研究発表大会. 京都大学 (京都府・京都市).

ケイショウコ・須原三加・山下洋・河村知彦・渡邊良朗 (2013年11月15日). カタクチイワシ産卵親魚の孵化月による成長履歴の違い. 2013年度水産海洋学会研究発表大会. 京都大学 (京都府・京都市).

久保田洋 (2013年3月27日). カタクチイワシ太平洋系群の加入量変動と春季の仔稚魚の分布特性. 平成25年度日本水産学会春季大会、東京海洋大学 (東京都・品川区)

Zhang K, Watanabe Y, Kubota H, Kawamura T (2012年10月18日). Growth and survival of juvenile Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Kuroshio-Oyashio transition region in 2010. PICES Annual Meeting in 2012, 広島国際会議場 (広島市・広島県).

張ガイ・川端淳・久保田洋・河村知彦・渡邊良朗 (2011年11月11日). 下記の東北沖合におけるカタクチイワシ当歳魚の生態. 2011年度水産海洋学会研究発表大会, 東京大学大気海洋研究所 (千葉県・柏市).

林晃・張ガイ・渡邊良朗 (2011年11月11日). 夏季の三陸沖におけるカタクチイワシ仔魚の分布. 2011年度水産海洋学会研究発表大会, 東京大学大気海洋研究所 (千葉県・柏市).

須原三加・森泰雄・渡邊良朗 (2011年11月11日). カタクチイワシの繁殖即製の海域間比較. 2011年度水産海洋学会研究発表大会, 東京大学大気海洋研究所 (千葉県・柏市).

Takasuka A, Aoki I, Oozeki Y, Robert D (2011年9月20日). Predator-specific growth-selective predation and dynamics of the growth-based survival

mechanisms in anchovy larvae. ICES Annual Science Conference 2011. Gdansk (Poland).

〔図書〕(計 3件)

渡邊良朗・渡邊千夏子・高須賀明典・高橋素光 (2014). 水産海洋学入門 - 海洋生物資源の変動と管理 -. 講談社, P303.

渡邊良朗 (2012). ニシン・イワシ類. 講談社, 最新水産ハンドブック, 159 - 162.

渡邊良朗 (2012). イワシ - 意外と知らないほんとの姿 -. 恒星社厚生閣, 111.

〔産業財産権〕(計 0件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊良朗 (Watanabe Yoshiro)  
東京大学・大気海洋研究所・教授  
研究者番号 9 0 2 8 0 9 5 8

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

高橋素光 (Takahashi Motomitsu)  
水産研究・教育機構・西海区水産研究所・グループ長  
研究者番号 8 0 5 2 6 9 8 9

高須賀明典 (Takasuka Akinori)  
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 0 0 3 9 2 9 0 2

久保田洋 (Kubota Hiroshi) 水産研究・教育機構・研究開発コーディネーター  
研究者番号 0 8 0 7 1 8 2 1

### (4) 研究協力者

森泰雄 (Mori Yasuo) 北海道総合研究機構・釧路水産権試験場・主査

後藤友明 (Goto Tomoaki) 岩手県水産試験場・上席専門研究員

海老沢良忠 (Ebisawa Yoshitada) 茨城県水産試験場・部長

勝川木綿 (Katsukawa Yuu) 東京大学・大気海洋研究所・特任研究員