

1978–2003年における伊勢湾でのカタクチイワシ現存量と動物プランクトン密度、塩分の関係

吉田 司^{1†}, 大竹由華², 芝 修一²,
前田隼平¹, 原 武史¹, 鈴木輝明³

Relationship between the biomass of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* and zooplankton density and salinity from 1978 to 2003 in Ise Bay

Tsukasa YOSHIDA^{1†}, Yuka OHTAKE², Shuichi SHIBA²,
Junpei MAEDA¹, Takeshi HARA¹ and Teruaki SUZUKI³

カタクチイワシ漁業は伊勢湾の主幹漁業であるが湾内のカタクチイワシ現存量の変動要因はよく分かっていない。湾外のカタクチイワシ単位努力量あたり漁獲量を基準に湾内との比（現存量指数）を求め、経年変化（1978–2003）を調べた。湾口水に伴うカタクチイワシの湾内への進入は大蛇行が頻発した黒潮離岸期の1978–1994年に認められ、大蛇行がほとんど発生しなかった黒潮接岸期の1995年以降は認められなかった。また、1999–2003年に毎月、伊勢湾北東部水域で計量魚群探知機によりカタクチイワシ現存量を推定し、動物プランクトンを定量採取した。主漁期の7–9月には両者に正の相関が認められ、伊勢湾がカタクチイワシの索餌場として機能していることが示された。以上により、伊勢湾のカタクチイワシ現存量は黒潮離岸期に湾口水の進入とともに増加、黒潮接岸期には湾内の動物プランクトン密度とともに増加する傾向が示された。

Japanese anchovy *Engraulis japonicus* is one of the main species for fisheries in Ise Bay. The factors that contribute to changes in the Japanese anchovy biomass in the bay have not been identified. The ratio of the catch per unit effort of Japanese anchovy inside the bay to that outside the bay (biomass index) was calculated between 1978 and 2003 to reveal its interannual changes. The entry of Japanese anchovy into the bay along with the bay-mouth water was observed from 1978 to 1994 when the Kuroshio Current was offshore and a large meander occurred frequently; such a coincidence was not observed in the bay after 1995 when the Kuroshio Current was onshore and a large meander hardly ever occurred. From 1999 to 2003, we estimated the Japanese anchovy biomass each month using a quantitative echo sounder in the north-eastern waters of the bay, and investigated the zooplankton density. From July to September (i.e. the main fishing season), a positive correlation was found between the Japanese anchovy biomass and zooplankton density. This showed that the bay serves as a feeding ground for Japanese anchovy. Consequently, the influence of offshore water and prey availability are important for determining Japanese anchovy biomass in Ise Bay.

Key words: Japanese anchovy, zooplankton, Ise Bay

2015年8月19日受付, 2016年7月4日受理

¹ 一般社団法人全国水産技術者協会

Japan Fisheries Science and Technology Association, 1–9–13, Akasaka, Minato, Tokyo 107–0052, Japan

² 株式会社シャトー海洋調査

Chateau Marine Survey Co., Ltd., 1–4–2 Katamati, Miyakojima, Osaka 534–0025, Japan

³ 名城大学大学院総合学術研究科

Graduate School of Environmental and Human Sciences, Meijo University, 1–501 Shiogamaguchi, Tempaku, Nagoya, Aichi 468–8505, Japan

† yosida.tu20@gmail.com

はじめに

伊勢湾においては、体長40 mm以上のイワシ類を対象としてパッチ網漁業が行われ、主幹漁業の一つとなっている。一方、伊勢湾では1970年代から多くの大規模埋め立てを中心とする沿岸域の開発が実施され、現在も継続されている。地形の大幅な改変は、内湾規模で流況を変化させ、海域の密度分布や栄養塩濃度の分布に変化が生じ、海域の基礎生産量にも影響を与える (Taguchi et al., 1999)。これら一連の変化は近年の主たる漁獲対象種であるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* の移動経路およびその餌環境を変化させ、漁場形成機構や生残過程へ影響を与えることが懸念されている。現在、埋め立てなどがカタクチイワシ漁業へ与える影響を定量的に評価することが喫緊の課題となっており、漁場環境や餌環境に関連した調査が継続して行われている。カタクチイワシ漁業への影響を定量的に評価するためには、伊勢湾におけるカタクチイワシの現存量と水塊分布など漁場環境との関連を明らかにするとともに、カタクチイワシの生残に大きく影響を与えると考えられる餌環境 (米田・北野, 2013)、特に、カタクチイワシの主な餌である動物プランクトン密度との関連を明らかにすることが重要である。

伊勢湾へのカタクチイワシの主な供給源と考えられる太平洋系群のカタクチイワシは、1978年から資源量の推定が開始され、その資源水準は1978年から1985年は低迷期、1990年から2003年は中位期であり、1986年から1989年は低位から中位に移行する境界時期とされている (久保田ほか, 2014)。各期間における太平洋系群のカタクチイワシ漁獲量は1980年代後半までは数万トンで推移し、1990年以降、年変動は大きいものの増加傾向にあり、2003年には過去最高の41万トンとなった (大下・久保田, 2012)。

カタクチイワシの資源量を推定するための生理、生態的な知見は、主に外洋域の研究やシラス期 (全長2.6–40 mm) の研究により集積されてきた (三谷・長谷川, 1988; 中田・船越, 1996; Nakata et al., 2000; 兪・中田, 2001; 中村, 2002; 久保田ほか, 2014)。伊勢湾でもカタクチイワシの産卵場、産卵場からシラス漁場にかけての仔魚の来遊様式は検討されてきたが (船越, 1990; 中村・岡田, 2001; 鶴崎, 2009)、遊泳力が増す体長40 mm以上のカタクチイワシを対象とした資源変動に関する研究例は極めて少ない。

本研究は、体長40 mm以上のカタクチイワシを対象として1978–2003年の期間において、特に沖合から伊勢湾へ進入する湾口水 (塩分33以上を示す水塊) の勢力の強弱に着目し、伊勢湾のカタクチイワシの現存量との関連を調べた。さらに、1999年から2003年にかけては伊勢湾の主漁場 (水産資源保護協会, 1996) の一部である北東部水域において、カタクチイワシの現存量を計量魚群探知機により推定するとともに餌となる動物プランクトン密度を調べた。

材料と方法

伊勢湾におけるカタクチイワシ現存量指数

伊勢湾内における体長40 mm以上のカタクチイワシは主としてパッチ網により漁獲される。伊勢湾の湾内と湾口およびその沖合のパッチ網漁場を Fig. 1 に示す。伊勢湾のパッチ網によるカタクチイワシの漁獲量、漁労体数、操業日数を三重県漁業地区別統計表 (東海農政局津統計・情報センター, 1978–2003) より収集し、湾内のカタクチイワシ現存量の指標となる1漁労体、1日あたりの漁獲量 ($\text{kg fishing unit}^{-1} \text{day}^{-1}$; 以下, CPUE) を求めた。また、伊勢湾内のカタクチイワシ漁獲量は、湾口部沖合域の資源状態や環境条件で大きく変動することから湾口部やその沖合域で主に操業する三重県志摩・渡会地区のCPUE ($\text{kg fishing unit}^{-1} \text{day}^{-1}$) を同資料より求め、湾外を基準に湾内とのCPUEの比 (以下, 現存量指数, Biomass index) から、湾内に進入するカタクチイワシの割合の経年変化 (1978–2003) を調べた。

湾口水勢力指数

伊勢湾には主に3つの水塊が存在する (藤原, 2002)。1つ目は湾奥部から湾西部に存在する低塩分の湾奥水、2つ目は湾東部の中底層から進入する高塩分の湾口水、3つ目は湾奥水と湾口水が混合して湾東部の表中層に存在する混合

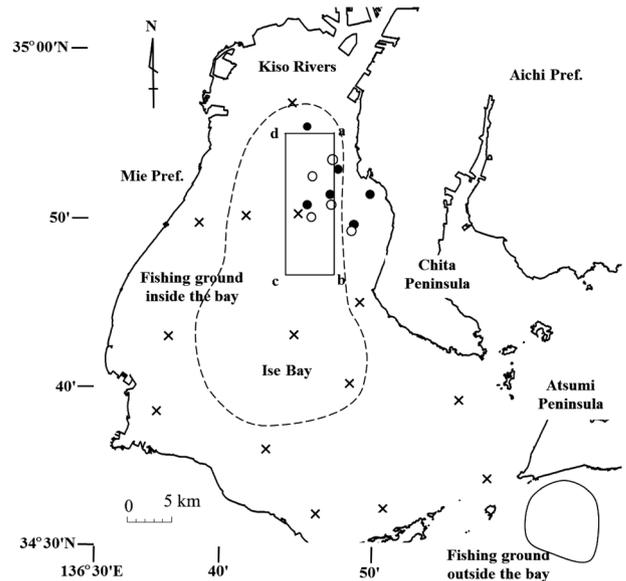


Figure 1. Map showing Ise Bay and survey area. Crosses (×) represent survey points for monthly coastal observation along fixed lines by the Mie Prefecture Fisheries Research Institute, the area demarcated by a, b, c, and d (the northeastern water of Ise Bay) represents the area where the biomass of Japanese anchovy was measured using a quantitative echo sounder, and solid circles (●) and open circles (○) represent survey points of zooplankton density and salinity, respectively.

水である。

三重県水産研究所の浅海定線観測によって、湾内に14測点 (Fig. 1) が設けられ、表層から5 m, 10 m, 20 m, 30 m および底層で毎月1回、観測が行われている。カタクチイワシの主漁期にあたる7-9月 (年間漁獲量の60%以上) に観測された表, 中, 底層の塩分データを解析に用いた (三重県水産研究所, 1978-2003)。なお, 中層のデータは全14測点にわたり共通して観測されていた10 m層のデータを使用した。伊勢湾における湾口水の勢力は、塩分が33以上を示した観測層数を計数し、総観測数に対する比として求め、これを湾口水勢力指数 (Offshore water influence index) とした。

伊勢湾の北東部水域におけるカタクチイワシの現存量

伊勢湾の北東部水域 (Fig. 1のa, b, c, dで囲まれた水域, 面積: 9,580 ha) において, 1999年4月から2003年12月まで毎月1回, 計量魚群探知機 (SIMRAD社製, EY-500, 周波数70 kHz) を用いて, 体長40 mm以上のカタクチイワシの魚群密度 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) を計測した。

同じ伊勢湾の北東部水域でカタクチイワシが出現した任意の5測点で毎月1回, パッチ網 (愛知県所属, 袋網の開口部の長さ約15 m, 袋網の目合い19.8 mm, 曳網時の船速約2ノット, 10分間曳網) による試験操業を行った。一網ごとのカタクチイワシの漁獲量 (Wet weight, kg) は愛知県の漁業者が使用する370×500×250 mmのかごを一かごあたり25 kgとして, かご数より換算した。カタクチイワシの体長, 体重は一網あたり100尾を上限に計測した。

計量魚群探知機の記録は, エコープロセッシングシステムEP-500 (SIMRAD, 1996) により解析し, 1 m^2 ごとに面積後方散乱係数 (Area backscattering coefficient, 以下 sa) を求めた。なお, 計量魚探信号像からのカタクチイワシの魚種判別は海底 (-30 dB) や雑音および残響 (-70 dB) の影響を取り除き, パッチ網による試験操業の魚種組成比率

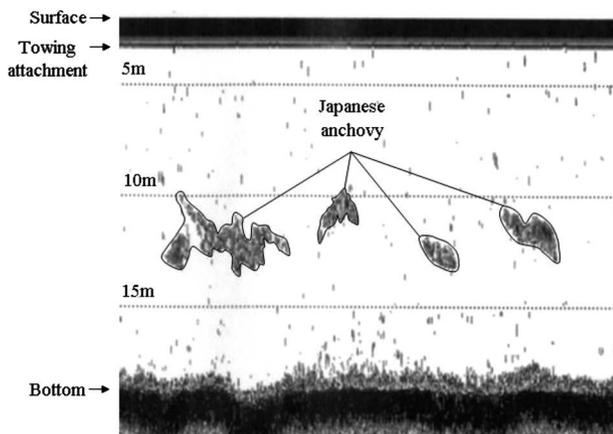


Figure 2. Echogram of Japanese anchovy recorded by a quantitative echo sounder.

(個体数) および操業時に漁業者が利用する漁船に搭載された魚探信号像を参考とした。伊勢湾の日中におけるカタクチイワシの計量魚探信号像は水深10 m付近にみられることが多く, 魚群の幅は水深方向に1-4 mであった (Fig. 2)。

カタクチイワシの魚群尾数は (1)式によりカタクチイワシと判別した 1 m^2 あたりの sa を (2)式から求めたターゲットストレングス (Target strength, 以下, TS dB) で除することで求め, 1 ha あたりの魚群尾数に換算した。

$$\rho = \text{sa} / 10^{\text{TS}/10} \quad (1)$$

ρ : 魚群尾数, sa: 面積後方散乱係数, TS: ターゲットストレングス

カタクチイワシの TS は, 試験操業で得られた毎月の平均体長から (2)式 (古澤, 1990) により求めた。

$$\text{TS} = 20 \log L + \text{TS cm} \quad (2)$$

L: 体長 (cm) TS cm: 規準化 TS (-66 dB; 古澤, 1990)

カタクチイワシの魚群密度 ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) は毎月のパッチ網試験操業 (5測点) から求めた1尾あたりの平均体重より換算した。伊勢湾の北東部水域におけるカタクチイワシの現存量は魚群密度 ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) に伊勢湾の北東部水域の面積 (9,580 ha) を乗じて求めた (北水研, 2004)。

伊勢湾の北東部水域における動物プランクトン密度と塩分 1999年4月から2003年12月まで毎月1回, 伊勢湾北東部の7測点 (Fig. 1) において北原式プランクトンネット (目合い0.1 mm, NXX13) により海底面上1 mから表層までの鉛直曳きを行い, 採取した動物プランクトンは種類別に個体数を計数した。塩分は5測点 (Fig. 1) において動物プランクトンの採取と同じ期間, 毎月1回, STD計 (アレック電子社製) により表層から0.1 mごとに海底まで測定, 5測点の水深0.5 m層の値を平均し, 北東部水域における湾奥水の指標とした。

統計処理

カタクチイワシの現存量指数と湾口水勢力指数, 計量魚群探知機により推定したカタクチイワシの現存量と動物プランクトン密度および塩分の互いの関係はSpearmanの順位相関係数 (R_s) を求め, その有意性 ($p < 0.05$) を判定した。

結果

伊勢湾におけるカタクチイワシの現存量指数と湾口水勢力指数

伊勢湾における1978年から2003年のカタクチイワシの現存量指数と湾口水勢力指数の推移をFig. 3に示す。カタクチイワシの現存量指数は1978年から1990年にかけて0.00から1.42まで上昇した後, 1995年には0.11まで低下し, このレベルが2003年まで維持された。ただし, 1979年と

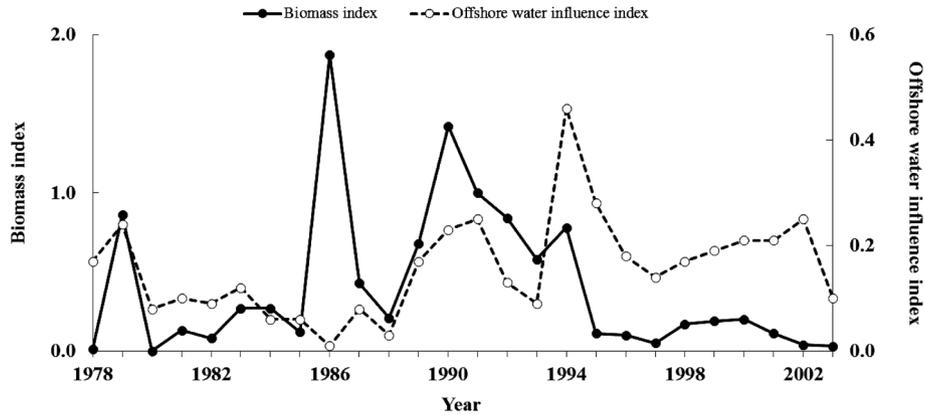


Figure 3. Changes in the Japanese anchovy biomass index from 1978 to 2003 and the offshore water influence index (using salinity as an index during the main fishing season for Japanese anchovy from July to September) in Ise Bay. Solid circles (●) and open circles (○) in the figure represent the Japanese anchovy biomass index and the offshore water influence index, respectively.

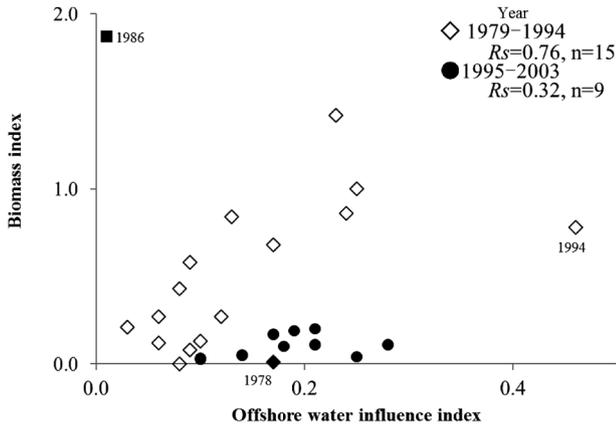


Figure 4. Correlation between the Japanese anchovy biomass index and the offshore water influence index from 1978 to 2003. R_s indicates Spearman's correlation coefficient by ranks. n indicates number of sample. Data of 1978 and 1986 were excluded from the analysis.

1986年は長期的傾向から外れており、それぞれ0.86と1.87であった。湾口水勢力指数は1979年から1986年にかけて0.24から0.01に低下し、1991年には再び0.25まで上昇した。その後は0.10から0.45の範囲で変動し、1994年と2002年に極大値、1993年と1997年に極小値が認められた。

1978年から2003年の期間における現存量指数と湾口水勢力指数の関係をFig. 4に示す。なお、1986年は現存量指数が期間中の最高値、湾口水勢力指数が期間中の最低値をとり、期間全体の傾向から完全に逸脱していたため、分析から除外した。1978年から1994年には現存量指数と湾口水勢力指数の間に正の相関関係が認められ (Spearmanの順位相関係数, $R_s=0.64, p<0.05$, 以下、同じ)、1978年を外れ値として除外した場合、正の相関関係が強まった

($R_s=0.76, p<0.05$)。1995年から2003年の期間では現存量指数と湾口水勢力指数に相関関係は認められなかった ($R_s=0.32, p=0.37$)。

伊勢湾の北東部水域におけるカタクチイワシ現存量と餌環境
伊勢湾の北東部水域における1999年4月から2003年12月の毎月のカタクチイワシ現存量、餌環境として動物プランクトン密度 (7測点の平均値)、塩分 (5測点の平均値) の月変化をFig. 5に示す。北東部水域におけるカタクチイワシ現存量は毎年、7月から9月 (以下、夏季) に増加し、1999年8月には調査期間中の最大値 35×10^3 tを示した。2001年の夏季にはカタクチイワシ現存量の明瞭なピークは認められなかった。動物プランクトン密度は毎年、夏季に増加し、1999年8月には調査期間中の最大値 57×10^4 inds m^{-3} を示した。2001年の夏季には明瞭なピークは認められなかった。動物プランクトンは調査期間 (1999-2003年の夏季) を通し、*Oithona davisae* (キクロブス目カイアシ類) が採集個体数の24%以上を占め、優占していた。塩分は毎年6月から8月の間にその年の最低値 (12.0-27.5, 水深0.5 m層) を観測した。

1999年から2003年に伊勢湾の北東部水域において観測されたデータのうち、カタクチイワシの主漁期にあたる夏季3ヶ月 (7-9月) のデータを用い、カタクチイワシ現存量と動物プランクトン密度および塩分について相関関係をFig. 6に示す。北東部水域における夏季のカタクチイワシ現存量と動物プランクトンには正の相関関係が認められ ($R_s=0.71, p<0.05$)、カタクチイワシ現存量と塩分には負の相関関係が認められた ($R_s=-0.60, p<0.05$)。夏季の伊勢湾の北東部水域では動物プランクトン密度の増加とともに、カタクチイワシの現存量も増加する傾向となった。動物プランクトン密度と塩分に相関関係は認められなかった ($R_s=-0.31, p=0.21$)。

伊勢湾のカタクチイワシ現存量

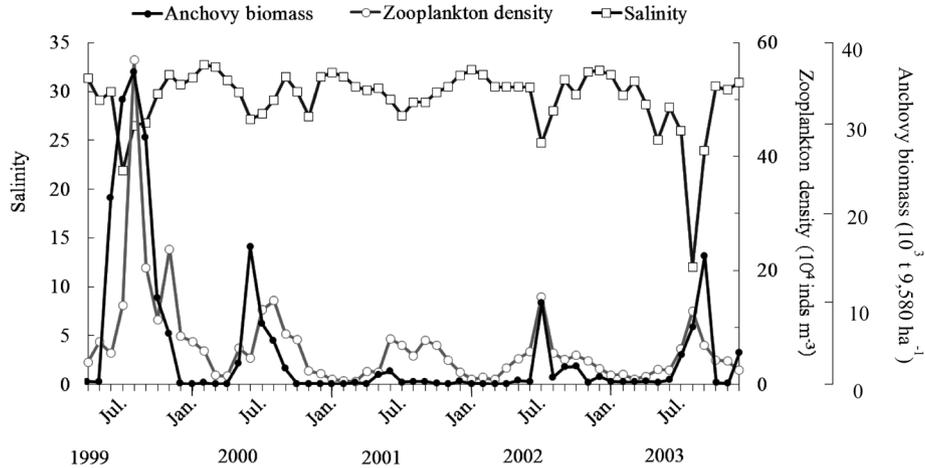


Figure 5. Monthly changes of Japanese anchovy biomass, zooplankton density, and salinity in the northeastern water of Ise Bay between 1999 and 2003. The Japanese anchovy biomass, zooplankton density, and salinity are represented by solid circles (●), open circles (○), and open squares (□), respectively.

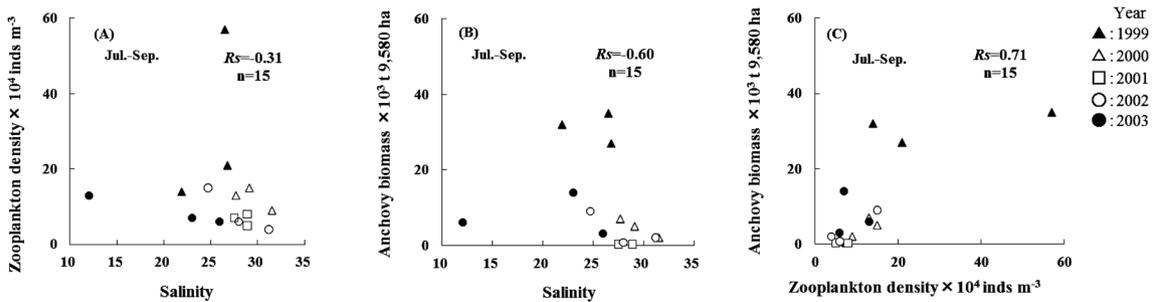


Figure 6. Correlations between Japanese anchovy biomass, zooplankton density, and salinity in summer (July, August, and September) in the northeastern water of Ise Bay from 1999 to 2003. (A) shows the correlation between salinity and zooplankton density, (B) shows the correlation between salinity and Japanese anchovy biomass, and (C) shows the correlation between zooplankton density and Japanese anchovy biomass. R_s indicates Spearman's correlation coefficient by ranks. n indicates number of sample.

考 察

カタクチイワシの現存量指数は伊勢湾内と沖合の資源バランスを示す指数である。伊勢湾での資源水準が高くなると1.0以上を示し、沖合域の資源水準が高いと1.0以下となる。伊勢湾でのカタクチイワシ現存量指数は概ね1.0以下で推移した (Fig. 3)。1978年から1994年の期間は湾口水勢力指数と現存量指数に正の相関関係が認められ (Fig. 4)、湾口水勢力指数の上昇につれて、現存量指数も上昇する傾向にあり、カタクチイワシは湾口水とともに湾内に進入していたことが示唆された。この期間、伊勢湾沖合の黒潮は大蛇行が頻繁に発生していた (http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/kuroshio_stream/kuroshio_stream.html 2016年6月13日)。ちなみに、太平洋系群のカタクチイワシの資源水準は1978年から1985年が低迷期、1986年から1989年が境界時期、1990年から1993年が中位期の初期にあたる (久保田ほか, 2014)。

愛知県の沿岸域で漁獲されるカタクチイワシのシラスについて、その漁獲量の変動要因は黒潮の離接岸による黒潮系暖水の沿岸域や伊勢湾への波及効果によると考えられている (鶴崎, 2009)。それは黒潮が蛇行して、黒潮流路が大蛇行を示し、黒潮流域と沿岸域との間に広い黒潮内側域が形成され、伊勢湾湾口部付近に黒潮系暖水の強い流入が繰り返し発生した年には、沖合のカタクチイワシ資源水準が低迷期であっても沖合から伊勢湾へのカタクチイワシシラスの供給が盛んとなり、沿岸域、伊勢湾内では好漁となる (鶴崎, 2009)。

一方、1995年から2003年の期間は湾口水勢力指数と現存量指数の間に明瞭な関係はみられず、湾口水勢力指数の値によらず、現存量指数は低水準のままで推移した。すなわち、太平洋系群のカタクチイワシ資源水準が中位期 (久保田ほか, 2014) であってもカタクチイワシが湾口水とともに湾内に進入する傾向は弱まり、湾内の現存量は湾外の

現存量に比べ低水準で推移した。この期間、黒潮流路は非蛇行接岸を示した。黒潮流路が非蛇行となり接岸すると黒潮の内側域が狭くなり、湾内への暖水の流入がみられなくなり、このとき伊勢湾内のカタクチイワシのシラスも不漁となる(鶴崎, 2009)。

このように、1978年から1994年の期間に認められた湾口水勢力指数と現存量指数の正の相関関係や1995年から2003年の期間のように湾口水勢力指数の値によらず、現存量指数は低水準のままで推移する現象は、体長40 mm以上のカタクチイワシにおいても黒潮の離岸により黒潮系暖水の波及効果として発生する沿岸に向けた流れの強弱によって供給量変動することを伺わせる。

なお、1986年の夏季(7-9月)、伊勢湾は湾口水の進入がほとんど認められず、伊勢湾が全体的に低塩分となり、湾口水勢力指数は期間中の最低値であった。しかし、カタクチイワシ現存量指数は期間中の最高値をとり、他の年とは全く異なる傾向を示した。ただし、餌となる伊勢湾の動物プランクトンの湿重量は例年(178 mg·t⁻¹, 1980-1991の夏季平均値, 三重県水産研究所)と比べ、やや低く(155 mg·t⁻¹, 1986の夏季平均値, 三重県水産研究所)、特に餌環境が好条件であったとは言えない。このように長期的傾向から逸脱した現象を理解するには、測器による連続的な観測や主な餌となる動物プランクトンの鉛直分布と水塊構造との関連など、詳細なモニタリングとともにカタクチイワシの湾内での再生産についても注目する必要がある。

1999年から2003年には伊勢湾の北東部水域において表層塩分が低いほど、また、動物プランクトン密度が高いほどカタクチイワシ現存量が大きい傾向が認められた(Fig. 6)。カタクチイワシ太平洋系群については栄養塩の豊富な湾奥水勢力が強いほど生産力が向上し、餌環境が良好になるため、シラス漁獲量が増大することが知られている(船越, 1984)。ただし、本研究においては表層塩分と動物プランクトン密度に明瞭な関係は認められなかった。したがって、湾奥水勢力の強弱は必ずしも餌環境の良否に結びつかず、低塩分・高濁度の湾奥水がカタクチイワシを直接誘引していた可能性も考えられる(魚谷ほか, 1993)。

カタクチイワシは摂餌した餌のエネルギーを速やかに卵生産へ利用する *income breeder* である。産卵期間中の餌環境の悪化は産卵回数の減少を招き、次に卵数の減少、そして産卵の停止へと導き、カタクチイワシの再生産に大きく影響するとされる(米田・北野, 2013)。また、カタクチイワシは同一個体が6月上旬から12月上旬にかけて長期にわたり多回産卵する能力を有しており、この産卵期間中の栄養状態がおよそ2週間後の産卵活動に影響する(鶴田, 1992)。カタクチイワシの生残あるいは再生産には良好な餌環境との遭遇が大きく寄与していると考えられる。

以上により、黒潮離岸期には伊勢湾のカタクチイワシ現存量が湾口水の進入とともに増加する傾向が示された。一

方、黒潮接岸期には湾内ではカタクチイワシ現存量と動物プランクトン密度に正の相関が認められたことから伊勢湾はカタクチイワシにとって餌の供給場として重要であることが伺える。今後、伊勢湾での大規模な沿岸開発が湾内の主幹漁業の対象種であるカタクチイワシへ与える影響を定量的に評価するためには、モニタリングで得られたデータをもとに湾内の水塊分布や動物プランクトン密度などの餌環境条件とカタクチイワシ現存量の分布、そして湾内での再生産を含めた生物学的な特徴を総合的に整理して検討する必要がある。さらに、定量的な評価に向けては生態系モデルの導入も考慮することが重要である。

謝 辞

三重県水産研究所には伊勢湾浅海定線観測データの利用を快諾していただいたことを心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 独立行政法人水産総合研究センター 北海道区水産研究所(2004) 水産音響資源調査マニュアル. pp. 68.
- 藤原建紀(2002) 伊勢湾の生態系を支配する流動構造. プランクトン学会報, 49, 114-121.
- 船越茂雄(1984) カタクチイワシ初期餌料環境と生残り-II-クロロフィル-aおよび橈脚類ノープリウス幼生の極大層と仔魚の分布. 水産海洋研究会報, 45, 21-30.
- 船越茂雄(1990) 遠州灘、伊勢・三河湾およびその周辺海域におけるカタクチイワシの再生産機構に関する研究. 愛知水試研究業績Bしゅう, 10, pp. 208.
- 古澤昌彦(1990) 水産資源推定のための超音波による魚群探知に関する研究. 水産工学研究所研究報告, 11, 173-249.
- 久保田洋・川端 淳・本田 聡・渡邊千夏子(2014) 平成24年度カタクチイワシ太平洋系群の資源評価. 平成24年度魚種別系群別資源評価, 水産総合研究センター, 705-733.
- 三重県水産研究所(1978-2003) 漁況海況予報関係事業結果報告書, 浅海定線観測. pp. 250.
- 三谷 勇・長谷川 保(1988) 河川水の流入に伴う表面塩分変化とカタクチシラス漁場の形成. 水産海洋研究会報, 52, 297-303.
- 中村元彦・岡田秋芳(2001) 遠州灘西部および伊勢・三河湾におけるカタクチイワシシラス漁場への来遊様式. 愛知県水試研報, 8, 29-36.
- 中村元彦(2002) 2001年夏季の伊勢湾におけるカタクチイワシの産卵場からシラス漁場への仔魚の輸送と流動. 黒潮の資源海洋研究, 3, 69-74.
- 中田英昭・船越茂雄(1996) 黒潮の離接岸変動とシラスの加入. 水産海洋研究, 60, 419-422.
- Nakata, H., S. Funakoshi and M. Nakamura(2000) Alternating dominance of postlarval sardine and anchovy caught by coastal fishery in relation to the Kuroshio meander in the Enshu-nada Sea. Fish. Oceanogr., 9, 1-11.
- 大下誠二・久保田 洋(2012) 太平洋および対馬暖流域におけるカタクチイワシの資源変動の現状. 2011年度 水産海洋シンポジウム. 水産海洋研究, 76, 224-225.
- SIMRAD(1996) 「SIMRAD EP-500 エコー処理システム取扱説明書EP-500」. 日本海洋株式会社, pp. 74.
- 水産資源保護協会(1996) 愛知県の漁業動向調査. 社団法人 水産資源保護協会, 東京, pp. 30.
- Taguchi, K., K. Nakata and T. Ichikawa(1999) A 3-D simulation of the

伊勢湾のカタクチイワシ現存量

- lower trophic ecosystem in the Ise-Mikawa Bay estuary using a coupled physical and biochemical model. *J. Adv. Mar. Sci. Tech. Soc.*, **5**, 49–62.
- 鶴田義成 (1992) カタクチイワシの成熟・産卵と再生産力の調節に関する研究. *水工研研報*, **13**, 129–168.
- 東海農政局津統計・情報センター (1978–2003) 三重県漁業地区別統計表. 三重農林統計協会, 三重, pp. 58.
- 魚谷逸朗・岩川敬樹・川口弘一 (1993) イワシシラス漁場形成機構に果たす濁度の重要性. *日本水産学会誌*, **60**, 73–78.
- 鶴崎直文 (2009) 2008年春期の愛知県沿岸域におけるカタクチイワシシラス漁場の好漁. *黒潮の資源海洋研究*, **10**, 53–64.
- 米田道夫・北野 載 (2013) カタクチイワシの成熟・産卵量の調整機構. 「漁業資源の繁殖特性研究」粟田 豊, 川邊 玲, 松山倫也編, 恒星社厚生閣, 東京, 79–91.
- 兪俊宅・中田英昭 (2001) 黒潮の離接岸変動が遠州灘の春季のシラス漁況に及ぼす影響. *水産海洋研究*, **65**, 51–58.