

〈寄稿〉

## 春季の東シナ海におけるカタクチイワシの分布と成熟・産卵

田中寛繁<sup>1\*</sup>, 塚本洋一<sup>1</sup>, 酒井 猛<sup>1</sup>, 大下誠二<sup>1</sup>Distribution, maturation and spawning of the Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the East China Sea in springHiroshige TANAKA<sup>1\*†</sup>, Youichi TSUKAMOTO<sup>1</sup>, Takeshi SAKAI<sup>1</sup> and Seiji OHSHIMO<sup>1</sup>

Distribution and spawning ecology of the Japanese anchovy *Engraulis japonicus* were studied in the East China Sea (ECS) in February and March, 2009. Anchovies were collected in areas with sea surface temperature (SST) from 11.7 to 17.7°C. Among them, only large anchovies ( $\geq 98$  mm body length) were collected in the southern area with SST from 15.4 to 17.7°C while both large and small ones were collected in the northern area with SST from 11.7 to 13.7°C. Gonad somatic index (*GSI*) of anchovies in the southern area was significantly higher than that in the northern area. Histological observations on ovaries revealed that the body length of the anchovies which were considered to be actively spawning (ovaries with yolked stage oocytes with postovulatory follicles, migratory nucleus stage or hydrated stage oocytes) exceeded 101 mm body length, being distributed in the southern area with SST from 15.4 to 17.7°C. On the other hand, large specimens distributed in the northern area were not associated with spawning. Estimation of relative batch fecundity (*RBF*) of the anchovies suggested that the relations between *RBF* and *GSI*, and also *RBF* and SST in the ECS, resembled to those reported for offshore Pacific waters.

**Key words:** anchovy, spawning, East China Sea, batch fecundity

## はじめに

カタクチイワシ *Engraulis japonicus* は我が国周辺水域に広く分布する小型浮魚類の一種であり、日本周辺域においてまき網や棒受網等によって漁獲されている。本種は東シナ海や黄海にも豊富に分布し（中国水産科学研究院黄海水産研究所, 1990; Iversen et al., 1993; Ohshimo, 1996）、我が国のみならず中国や韓国等にも漁獲される、いわゆるシェアドストックである。我が国における東シナ海周辺での漁獲量は近年5万トン前後で推移しており、その漁場は主に九州北・西岸の沿岸域に限られている（大下・田中, 2012）。

東シナ海・黄海に分布するカタクチイワシ資源と我が国沿岸域の資源との間のつながりについては不明の点が多いが、卵・仔魚が4–5月に東シナ海に面した我が国沿岸域および東シナ海陸棚上の広域に渡って分布することは卵稚仔

調査等からわかっている（樋谷ほか, 1994; Iseki and Kiyomoto, 1997）。また、安定同位体比を用いた研究から、九州西岸の一部の沿岸域において春季の漁獲対象群が外部の海域から来遊している可能性も示唆されている（Tanaka et al., 2010）。したがって、我が国が利用する東シナ海域のカタクチイワシの資源評価や漁況予測等を行う上では、我が国沿岸域における調査研究を進める一方で、沖合域での分布や生態に関する知見を深め、沿岸域と沖合域の資源のつながりを明らかにすることも重要と考えられる。

これまで、上記のように卵・仔魚が東シナ海に広く分布することはわかっているが、その起源となる親魚の分布や生態に関しては知見が少ない。中国の調査によると、産卵は3–4月には全長10–11 cmの群によりその時期の分布の南端である北緯29°付近において行われ、その後次第に北側でもなされる（中国水産科学研究院黄海水産研究所, 1990; Iversen et al., 1993）。また、これらは主に黄海と東シナ海を行き来する群であると考えられている。ただしこれらの知見は1980年代のものであり古く、また産卵生態に関する詳細なデータの記載が乏しい。当海域における現代の分布・産卵生態を正しく把握するには、より詳しい調査が必要である。とりわけ、本種の主産卵期である春季のなかでも早い2–3月に関する知見を得ることは、本種の産卵

2012年3月6日受付, 2012年9月10日受理

<sup>1</sup> 水産総合研究センター西海区水産研究所

Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 1551–8 Taira, Nagasaki, Nagasaki 851–2213, Japan

\* 現所属：水産総合研究センター北海道水産研究所

Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 116 Katsurakoi, Kushiro, Hokkaido 085–0802, Japan

† tanakahs@affrc.go.jp

開始時における生態的知見（産卵可能水温や産卵親魚の分布回遊）を深める上で重要と思われる。

また、本種の成熟・産卵の特性値には地理的変異が認められており、特に太平洋の沿岸域と沖合域の個体群では産卵水温やバッチ産卵数が大きく異なることが指摘されている（Funamoto and Aoki, 2002; Takasuka et al., 2005）。本種の産卵生態の地理的変異をより広く検討するには、東シナ海においても沖合域についての研究が求められる（「沿岸」「沖合」の定義はそれぞれの報文で異なるが、本研究では東シナ海中央部の陸棚域を東シナ海沖合域と呼ぶ）。そこで我々は、早春季（2-3月）における東シナ海沖合域での本種の未成魚・成魚の分布および産卵生態について詳しく調べた。

**材料と方法**

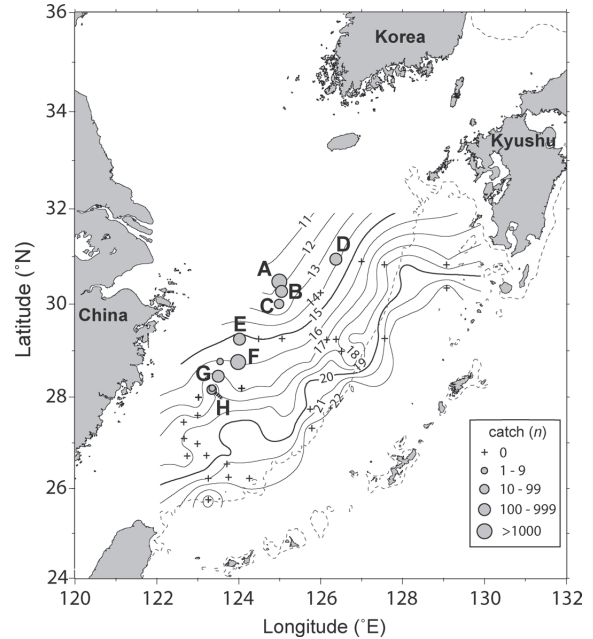
試料は、2009年2-3月に東シナ海において第七開洋丸（日本海洋株式会社、499トン）で行った中層トロール調査から得た。カタクチイワシの標本は、中層トロール（ニチモウ製NST-99型、網口30m×30m、コッドエンド目合い10mm）の夜間30分間の水平曳網により採集した。また、中層トロール曳網点および他の地点において表面水温（SST）の測定を行い、CTDにより水温の鉛直プロファイルを取得して、トロール採集層（ヘッドローブ位置）の水温を得た（Fig. 1, Table 1）。なお、SSTのコンターは中層トロール採集地点以外の海洋観測点におけるデータも含めて作成した。採集個体数が10個体未満である2地点のサンプルは解析から除いた。また、サンプル名については採集地点のSSTが低い順からA-Hとした。

カタクチイワシの標本は、船上において50個体を上限に10%ホルマリン固定あるいは冷凍保存し持ち帰った。その後研究室において総数302個体について被鱗体長（body length）、体重（body weight: *BW*）、生殖腺重量（gonad weight: *GW*）の測定を行い、肉眼で性別の確認を行った。

被鱗体長は体長測定板を用いて1mmまで、また、体重と生殖腺重量は電子天秤を用いて0.01gの単位まで測定した。生殖腺重量指数（gonad somatic index: *GSI*）は以下の式（1）によって得た。

$$GSI = \frac{GW}{(BW - GW)} \times 100 \quad (1)$$

さらに、雌の標本のうち148個体について成熟状態の観察



**Figure 1.** Sampling area of *Engraulis japonicus* in the East China Sea. Circles represent catch numbers of *E. japonicus* as a range of values. Alphabets around each circle (except for two) indicate sample names (see also Table 1). Solid lines indicate the contours of the sea surface temperature and dotted lines indicate the bottom depth of 200 m.

**Table 1.** Sampling data of *Engraulis japonicus* collected in the East China Sea in 2009.

Date	Time	Latitude (N)	Longitude (E)	Sampling depth (m)	Sea surface temperature (°C)	Temperature at sampling depth (°C)	Total catch (n)	Sample name
21 Feb.	2206-2236	30°16.1'	125°02.9'	14.2	12.8	12.7	273	C
24 Feb.	0227-0300	29°15.0'	124°01.1'	32.5	15.4	15.4	116	E
25 Feb.	2019-2049	28°45.5'	123°59.2'	58.6	15.9	15.9	1510	F
25 Feb.	2357-0027	28°46.3'	123°32.8'	17.7	16.0	16.0	3	—
26 Feb.	0232-0307	28°27.1'	123°30.2'	52.9	16.4	17.3	184	G
26 Feb.	2012-2042	28°11.7'	123°21.0'	13.6	17.7	17.7	4	—
26 Feb.	2132-2207	28°09.8'	123°20.3'	31.3	17.7	17.7	45	H
14 Mar.	1942-2012	30°28.6'	124°59.7'	8.9	11.7	11.6	3410	A
14 Mar.	2321-2351	30°00.1'	124°59.3'	2.4	11.9	11.9	22	B
15 Mar.	1949-2019	30°57.0'	126°22.5'	3.6	13.7	13.7	977	D

を行った。雌の生殖腺（卵巣）は再度10%ホルマリン固定した後、定法に従い脱水後にパラフィン包埋し、マイクロトームを用いて約8 $\mu$ mの薄切切片を作成した。切片はMayerのヘマトキシリン-エオシンの二重染色を施し、光学顕微鏡下で成熟状態を観察した。卵母細胞はHunter and Macewicz (1985) および鶴田 (1992) に従い、周辺仁期 (perinucleolus stage: PN), 卵黄胞期 (yolk vesicle stage: YV), 卵黄球期 (yolked stage: YO), 核移動期 (migratory nucleus stage: MN), 水和卵を有する成熟期 (hydrated stage: HY) の5段階の成熟状態に分類した。卵巣内において最も発達した卵母細胞の成熟状態をその個体の卵巣の成熟状態とした。また、卵黄球期以後の発達段階にある個体についてはFunamoto and Aoki (2002) に従い、排卵後濾胞 (postovulatory follicles: POF) の有無を確認した。YOの成熟状態にありPOFをもつ個体、MNおよびHYの成熟状態にある個体については、すでに産卵を行った、あるいはこれから行う個体とみなすことができるのでこれらを「産卵個体」、一方でPNとYVの成熟状態にある個体を「未成熟個体」、YOの成熟状態にあるがPOFをもたない個体を「非産卵個体」と呼ぶ。さらに、水和卵を有する成熟期が最も多く出現した（後述）サンプルFの15個体については、Funamoto and Aoki (2002) の手法に従い、組織切片に用いなかった残りの卵巣組織における水和卵の数を計数してバッチ産卵数（卵巣あたりの孕卵数、batch fecundity: BF）を算出した。

結果

カタクチイワシは、調査海域北西側のSST 11.7–17.7 $^{\circ}$ Cの範囲の地点において採集され、それより南側、東側では採集されなかった (Fig. 1, Table 1)。SSTと採集層の水温はほぼ一致していた。解析に用いたカタクチイワシ302個体のうち、109個体が雄、179個体が雌であり、残る14個体については生殖腺が未発達で雌雄の判別不能であった。体長範囲は54–139mmであり、地点別に比較すると、採集地点E–Hでは体長98mm以上の大型個体のみが採集された

が、A–Dにおいてはそれ未満の小型個体も採集され、水温が低い採集点ほどより小型の個体が認められる傾向があった (Fig. 2)。また、80mm以下の小型個体においては生殖腺が未発達であり、性別の判断が困難なものが多かった。GSIは雌雄ともにSST 15 $^{\circ}$ C以上の地点 (E–H) において高く、14 $^{\circ}$ C未満の地点 (A–D) では低い傾向が認められた (Fig. 3)。これらの水温帯に基づきデータを2つのグループに分けた場合、GSIには雌雄ともに両者のグループ

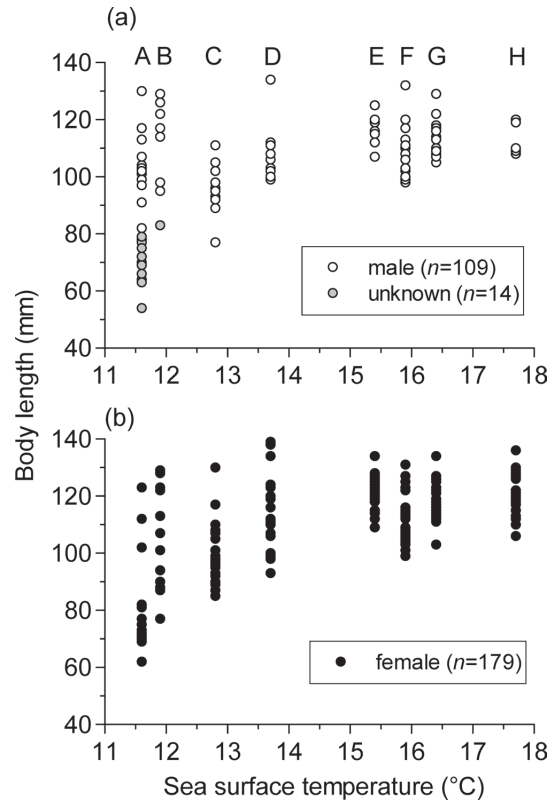
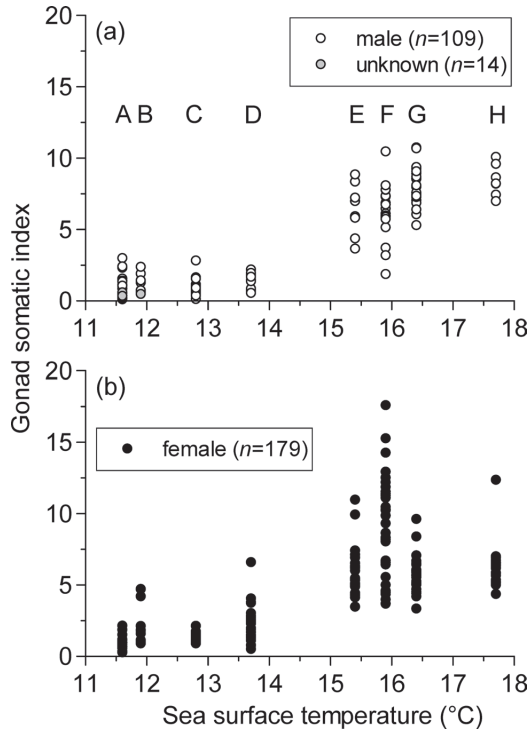


Figure 2. Relationship between sea surface temperature and body length of *Engraulis japonicus* for (a) male with unknown sex specimens and (b) female. Alphabets in the upper panel indicate sample names.

Table 2. Number of the stage of ovarian maturity (indicated by the stage of most advanced oocytes), range of body length and gonad somatic index (GSI) of *Engraulis japonicus*. PN: perinucleolus stage, YV: yolk vesicle stage, YO: yolked stage, MN: migratory nucleus stage, HY: hydrated stage, POF: postovulatory follicles.

Stage of ovarian maturity	Station								Body length (mm)	GSI
	A	B	C	D	E	F	G	H		
PN	6	4	5	2	0	0	0	0	69–123	0.52– 1.81
YV	2	4	9	4	0	0	0	0	85–139	0.92– 2.15
YO (+POF)	0	1 (0)	1 (0)	13 (0)	12 (10)	5 (5)	19 (16)	14 (4)	93–138 (101–134)	1.31– 9.63 (3.35–7.07)
MN (+POF)	0	0	0	0	11 (4)	3 (0)	8 (0)	8 (0)	105–136 (115–126)	4.14–11.0 (5.35–6.33)
HY	0	0	0	0	1	15	0	1	104–131	8.33–17.6

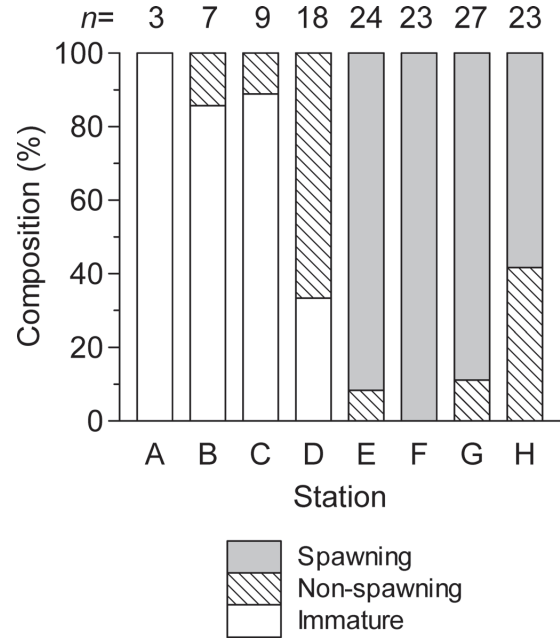


**Figure 3.** Relationship between sea surface temperature and gonad somatic index (GSI) of *Engraulis japonicus* for (a) male with unknown sex specimens and (b) female. Alphabets in the upper panel indicate sample names.

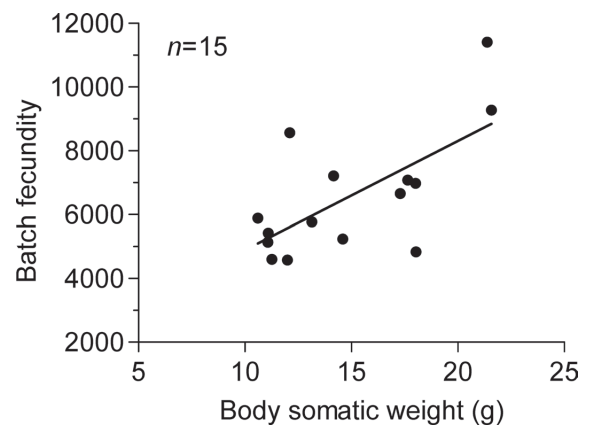
間で有意差が認められた (*t*検定, 雌雄ともに  $p < 0.001$ ). なお, 生殖腺重量が 0.01 g に満たなかった個体の GSI は, 図示および解析から除いた.

サンプルごとに卵巣の成熟状態を比較したところ, サンプル A では周辺仁期 (PN) および卵黄胞期 (YV) の個体のみが認められた (Table 2). B-D ではこれらに加えて卵黄球期 (YO) の個体が認められたが, 排卵後濾胞 (POF) は観察されなかった. 一方, E, F, H では卵黄球期, 核移動期 (MN), 水和卵を有する成熟期 (HY) の個体が認められ, 排卵後濾胞を有する個体も認められた. G では卵黄球期および核移動期の個体が認められたが, 水和卵を有する成熟期の個体は認められなかった. これらは, 産卵個体は A-D には皆無で, E-H にのみ存在していたことを示している. また, 成熟状態と体長・GSI の関係から, 産卵個体の最小体長は 101 mm, 産卵個体の最小 GSI は 3.35 (YO+POF) と判断された (Table 2). さらに, すべてのサンプルについて E-H の体長範囲である 98 mm 以上の比較的大型の個体について未成熟個体・非産卵個体・産卵個体の割合を比較したところ, 大型魚の中でも表面水温 15°C 未満の北方海域 (A-D) のものは未成熟あるいは非産卵個体であり, 産卵個体は南方海域からのみ出現したことがわかった (Fig. 4).

サンプル F の BF は 4573–11403 粒であり, 生殖腺除去体



**Figure 4.** Percent compositions of the immature, non-spawning and spawning individuals of *Engraulis japonicus* for large specimens with  $\geq 98$  mm body length. Immature: specimens with perinucleolus or yolk vesicle stage oocytes, Non-spawning: yolked stage oocytes without postovulatory follicles (POF), Spawning: yolked stage oocytes with POF, migratory nucleus stage or hydrated stage oocytes.



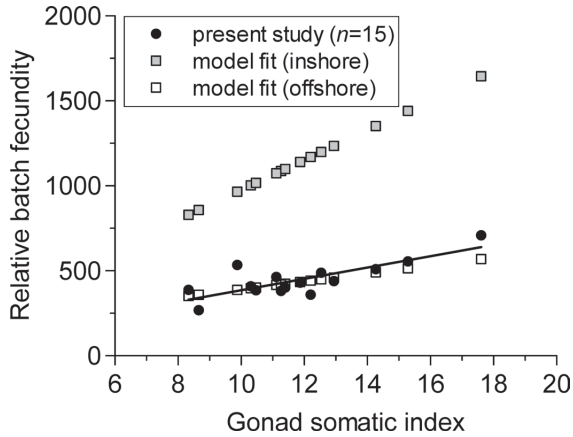
**Figure 5.** Relationship between body somatic weight and batch fecundity of *Engraulis japonicus*.

重 (body somatic weight: BSW) と有意な正の相関が認められた (Fig. 5). 回帰式は以下のとおりであった.

$$BF = 1472.6 + 341.6 \times BSW \quad (2)$$

$$(r^2 = 0.443, p < 0.01, 10.6 \text{ g} \leq BSW \leq 21.6 \text{ g})$$

また, BF を BSW で割った相対バッチ産卵数 (relative batch fecundity, 生殖腺除去体重 1 g あたりの産卵数: RBF) を



**Figure 6.** Relationship between gonad somatic index (GSI) and relative batch fecundity of *Engraulis japonicus* (closed circles). Solid line indicates the fitted linear regression. Relative batch fecundity calculated from the two models of Takasuka et al. (2005) is also shown (see text).

求めたところ、その範囲は268–708粒であり、GSIと有意な正の相関が認められた (Fig. 6)。回帰式は以下のとおりであった。

$$RBF = 51.6 + 33.4 \times GSI \quad (3)$$

$$(r^2 = 0.632, p < 0.001, 8.33 \leq GSI \leq 17.60)$$

### 考察

Iversen et al. (1993) は、3月における東シナ海沖合域のカタクチイワシについて、SST約8–17°Cの範囲に分布し、中でもSST10–13°Cの海域が主な分布域であると報告している。また、前後の時期の分布域の変化から、これらの群は主に黄海から南下してきた群であると考察している。本研究の結果でも、カタクチイワシは調査海域のうち比較的低い水温帯においてのみ採集され、SSTが18°Cを超える海域では採集されなかった。また、具体的データは取得しなかったが、ほとんどのカタクチイワシの腹腔内には多数のアニサキス科寄生虫 (幼虫) が認められた。これらは九州西岸の沿岸域のカタクチイワシではあまり認められないが (田中寛繁, 未発表)、黄海・東シナ海を回遊すると考えられる九州西岸や東シナ海産のマサバ・ゴマサバなどでは確認されている (Quiazon et al., 2008; Chou et al., 2011)。このことも、本研究で得た群が九州西岸の群とは異なり東シナ海や黄海を広く回遊している群であったことを示唆している。今後、本種に対して海域別に寄生虫の情報を調べることが、詳細に個体群構造や回遊を明らかにすることに貢献するかもしれない。

日本沿岸域におけるカタクチイワシは、主として水温15°C以上で産卵する (鶴田, 1992; Funamoto et al., 2004)。もっとも、太平洋の沖合域や道東域ではより低い水温 (水

温5–13°C) でも産卵すると報告されている (三原, 2000; Funamoto and Aoki, 2002)。また、春季の日本海鳥取沖においては約12°C以上であれば産卵可能と報告されている (志村ほか, 2008)。このように、本種の産卵水温については、海域間における変異が大きい。本研究では、水温15°C以上の調査点からのみ産卵個体が採集された。よって、東シナ海沖合における産卵水温は日本沿岸域のものとは比べて大きな変異がないことが示唆された。

本種の雌の成熟体長については、九州北西岸では9cm (大下, 2009)、若狭湾および大阪湾ではそれぞれ7.4cmおよび8.53cm (Funamoto et al., 2004)、太平洋沿岸域では7–9cm (近藤, 1969; Funakoshi, 1992) とおおむね7–9cm台と報告されている。一方、船本 (2002) は太平洋沖合域で10cm、志村ほか (2008) は日本海鳥取沖で11.9cmと述べている。また、Iversen et al. (1993) は東シナ海沖合における産卵親魚の体長を全長10–11cmと報告している。本研究を含め日本周辺域の研究では被鱗体長を用いているが、全長に比べて被鱗体長のほうが約1–2cm程度小さいことを考慮すると、Iversen et al. (1993) の全長範囲は被鱗体長8–10cm程度であると考えられる。本研究の結果は、それに類似するものの若干大きいと考えられるが、産卵個体が認められたSST15°C以上の地点においては小型個体が採集されていないことから、この結果は生物学的な最小成熟体長とは言い難く、むしろ分布回遊による結果として表れる見かけ上の成熟体長である可能性が考えられる。つまり、上記のように黄海・東シナ海の間を回遊している群である可能性を考えると、東シナ海におけるカタクチイワシは冬季から春季において大型の群が小型の群よりも先に南下し、産卵海域・水温帯に達したのから順次成熟し、産卵を行っていると考えられる。

本種のBFについては、Takasuka et al. (2005) が太平洋域の沿岸群と沖合群の比較を行っている。この中で、BFは体重の増加に伴い多くなることから、海域間比較においてはRBFと水温、GSIとの関係を用いている。本研究においてもBFと体重の間に有意な正の相関が認められたことから (Fig. 5)、RBFをこの知見と比較した。RBFはGSIと水温の影響を受けるが、その関係は太平洋域の沿岸群と沖合群で異なる。このためTakasuka et al. (2005) は、それぞれの群のRBFについてSSTとGSIを説明変数とした重回帰モデルを作成している。本研究で解析を行ったサンプルFのSST (15.9°C) とGSIをTakasuka et al. (2005) の沿岸群と沖合群の重回帰モデルに当てはめて、サンプルFの結果と比較したところ、サンプルFのRBFとGSIの関係は太平洋沖合群のモデルによる結果と類似していた (Fig. 6)。

本研究では単年のみの結果ではあるが、これまで知見の乏しかった春季におけるカタクチイワシの東シナ海沖合での産卵群の所在を確認し、分布・産卵についてSSTや体長等との関係を得た。これらの群は4–5月に東シナ海に広く

分布する仔魚の起源となっていると推察されるが、今後はこれら東シナ海沖合で発生した仔魚と日本沿岸に加入するカタクチイワシの春季発生群との関係性を調べることも、日本沿岸域の資源変動を考える上で重要であろう。東シナ海は、マアジ・マサバ・ゴマサバなど他の小型浮魚類にとっても重要な産卵場であることが、親魚・仔稚魚双方の研究から明らかとなっており(依田ほか, 2004; Sassa et al., 2006; Sassa et al., 2008; Yukami et al., 2009; Sassa and Tsukamoto, 2010), 東シナ海のみならず九州北・西岸などの日本沿岸の資源を支えていると考えられている。今後、小型浮魚類を対象とした卵・仔魚輸送モデルなどを用いて、東シナ海沖合域と日本沿岸の資源との繋がりについて検討し、東シナ海沖合域のカタクチイワシ資源が日本沿岸域の漁業資源変動に与える影響について適切に評価していくことが期待される。

## 謝 辞

本研究のデータ・標本を得た調査航海は水産庁平成20年度国際資源調査等推進対策事業の一環として行われた。調査にあたっては第七開洋丸の船長ならびに乗組員の皆様に多大な御協力を頂いた。また、水産工学研究所の高原英生博士には寄生虫の分類に関するご助言を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- Chou, Y. Y., C. S. Wang, H. G. Chen, H. Y. Chen, S. N. Chen and H. H. Shih (2011) Parasitism between *Anisakis simplex* (Nematoda: Anisakidae) third-stage larvae and the spotted mackerel *Scomber australasicus* with regard to the application of stock identification. *Vet. Parasitol.*, **177**, 324–331.
- 中国水産科学研究院黄海水産研究所 (1990) 黄、東海鯷魚及其他經濟魚類資源声学評価的調査研究。海洋水産研究, **11**, 1–143.
- Funakoshi, S. (1992) Relationship between stock levels and the population structure of the Japanese anchovy. *Mar. Behav. Physiol.*, **21**, 1–84.
- 船本鉄一郎 (2002) カタクチイワシの繁殖生態に関する研究。東京大学博士論文, 144pp.
- Funamoto, T. and I. Aoki (2002) Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan. *J. Fish Biol.*, **60**, 154–169.
- Funamoto, T., I. Aoki and Y. Wada (2004) Reproductive characteristics of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in two bays of Japan. *Fish. Res.*, **70**, 71–81.
- Hunter, J. R. and B. J. Macewicz (1985) Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, **83**, 119–136.
- Iseki, K. and Y. Kiyomoto (1997) Distribution and settling of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) eggs at the spawning ground off Changjiang River in the East China Sea. *Fish. Oceanogr.*, **6**, 205–210.
- Iversen, S. A., D. Zhu, A. Johannessen and R. Toresen (1993) Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea. *Fish. Res.*, **16**, 147–163.
- 近藤恵一 (1969) カタクチイワシの資源学的研究。東海区水研研報, **60**, 29–81.
- 三原行雄 (2000) 道東太平洋およびその周辺海域におけるカタクチイワシの成熟。水産海洋研究, **64**, 10–17.
- Ohshimo, S. (1996) Acoustic estimation of biomass and school character of anchovy *Engraulis japonicus* in the East China Sea and the Yellow Sea. *Fish. Sci.*, **62**, 344–349.
- 大下誠二 (2009) 九州北西岸におけるカタクチイワシの生物特性に関する研究。日本海ブロック試験研究集録, **44**, 51–60.
- 大下誠二・田中寛繁 (2012) 平成23年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価。平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第2分冊, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 800–818.
- Quiazon, K. M. A., T. Yoshinaga, K. Ogawa and R. Yukami (2008) Morphological differences between larvae and *in vitro*-cultured adults of *Anisakis simplex* (sensu stricto) and *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae). *Parasitol. Int.*, **57**, 483–489.
- Sassa, C., Y. Konishi and K. Mori (2006) Distribution of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) larvae and juveniles in the East China Sea, with special reference to the larval transport by the Kuroshio Current. *Fish. Oceanogr.*, **15**, 508–518.
- Sassa, C. and Y. Tsukamoto (2010) Distribution and growth of *Scomber japonicus* and *S. australasicus* larvae in the southern East China Sea in response to oceanographic conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **419**, 185–199.
- Sassa, C., Y. Tsukamoto, K. Nishiuchi and Y. Konishi (2008) Spawning ground and larval transport processes of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the shelf-break region of the southern East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, **28**, 2574–2583.
- 志村 健・山本 潤・森本晴之・大下誠二・下山俊一・桜井泰憲 (2008) 春季の日本海鳥取沖におけるカタクチイワシの成熟と産卵。水産海洋研究, **72**, 101–106.
- Takasuka, A., Y. Oozeki, H. Kubota, Y. Tsuruta and T. Funamoto (2005) Temperature impacts on reproductive parameters for Japanese anchovy: Comparison between inshore and offshore waters. *Fish. Res.*, **76**, 475–482.
- Tanaka, H., S. Ohshimo, N. Takagi and T. Ichimaru (2010) Investigation of the geographical origin and migration of anchovy *Engraulis japonicus* in Tachibana Bay, Japan: A stable isotope approach. *Fish. Res.*, **102**, 217–220.
- 槌谷容子・井関和夫・小笹悦二 (1994) 春季の東シナ海北緯31°30′線におけるカタクチイワシ卵・仔魚の分布と水系区分。西水研研報, **72**, 25–35.
- 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.
- 依田真里・大下誠二・檜山義明 (2004) 漁獲統計と生物測定によるマジ産卵場の推定。水産海洋研究, **68**, 20–26.
- Yukami, R., S. Ohshimo, M. Yoda and Y. Hiyama (2009) Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data. *Fish. Sci.*, **75**, 167–174.