

〈総説論文〉

マサバ対馬暖流系群の生態と資源

黒田啓行^{1†}・北島 聡¹・後藤常夫²・佐々千由紀¹・田中秀一³・平松一彦⁴・
向草世香¹・安田十也^{1,7}・山田明德⁵・山田東也⁶・由上龍嗣⁷・依田真里¹

Fisheries biology and population dynamics of Tsushima Warm Current stock of chub mackerel *Scomber japonicus*

Hiroyuki KUROTA^{1†}, Satoshi KITAJIMA¹, Tsuneo GOTO², Chiyuki SASSA¹,
Shuichi TANAKA³, Kazuhiko HIRAMATSU⁴, Soyoka MUKO¹, Tohya YASUDA¹,
Akinori YAMADA⁵, Haruya YAMADA⁶, Ryuji YUKAMI⁷ and Mari YODA¹

マサバ対馬暖流系群は主に日本、韓国、中国のまき網漁業により漁獲され、商業上重要な水産資源である。しかし、資源の生態についてはいまだ不明な部分が多い。また資源状態は1990年代以降低水準にあり、より効果的な資源管理が求められている。本稿では、分布回遊や系群、成熟など本資源の生態に関するこれまでの研究に加えて、漁業や資源評価など資源管理に関する知見を整理し、今後さらに研究を進めるべきテーマについて検討した。より効果的な資源管理のためには、加入量の変動メカニズムや回遊パターンの解明などとともに漁業の実態把握を国際的に協調して進めていく必要がある。

キーワード：マサバ、対馬暖流系群、資源生態、資源評価、資源管理

Tsushima Warm Current stock of chub mackerel is a commercially important fishery resource that is caught mainly by purse seine fisheries of Japan, South Korea, and China. However, there are still many questions about the biology of the stock. Stock status has been at a low level since the 1990s and more effective resource management is required. In this paper, we made a review of resource management, such as fisheries and stock assessment, as well as the biology of this stock, such as distribution, migration, stock identification, and maturity. We also discussed topics that should be further studied in the future. In order to manage this stock more efficiently, it is necessary for Japanese scientists to conduct research together with scientists from related countries to understand the fisheries as well as the mechanisms of recruitment variability and migration patterns.

Key words: chub mackerel, Tsushima Warm Current stock, fisheries biology, stock assessment, resource management

2019年3月28日受付、2019年9月11日受理

¹ 水産研究・教育機構西海区水産研究所、〒851-2213 長崎県長崎市多良町1551-8
Seikai National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA), 1551-8 Taira-machi, Nagasaki-shi, Nagasaki 851-2213, Japan

² 水産研究・教育機構日本海区水産研究所、〒951-8121 新潟県新潟市中央区水道町1-5939-22
Japan Sea National Fisheries Research Institute, FRA, 1-5939-22 Suido-cho, Chuou-ku, Niigata-shi, Niigata 951-8121, Japan

³ 鳥取県水産試験場、〒684-0046 鳥取県境港市竹内団地107
Tottori Prefectural Fisheries Experimental Station, Takenouchi-Danchi, Sakaiminato, Tottori 684-0046, Japan

⁴ 東京大学大気海洋研究所、〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5
Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8564, Japan

⁵ 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科、〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14
Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan

⁶ 水産研究・教育機構研究推進部、〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3
Headquarters, FRA, 2-3-3 Minato Mirai, Nishi-ku, Yokohama, Kanagawa 220-6115, Japan

⁷ 水産研究・教育機構中央水産研究所、〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4
National Research Institute of Fisheries Science, FRA, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan

† kurota@affrc.go.jp

はじめに

マサバ *Scomber japonicus* は古くから日本人に食べられている魚であり、縄文時代の三内丸山遺跡からもサバ属の骨が多数見つかるという (樋泉, 2006)。現在では鮮魚として流通するほか、干物や缶詰などの加工品、さらにマグロなどの養殖魚の餌としての需要がある (岸田, 1986)。また、国内で利用されるだけでなく、アジアやアフリカなどに大量に輸出されている。日本の2018年のさば類 (マサバ・ゴマサバ) の漁獲量が約54万トン (農林水産省大臣官房統計部, 2019) であるのに対し、輸出量は約25万トン (農林水産省国際部, 2019) である。

マサバは太平洋の亜熱帯・温帯海域に広く分布する (Collette and Nauen, 1983; Collette et al., 2001)。日本周辺では、東シナ海、黄海、日本海に分布する集団と北西太平洋に分布する集団に大きく分けられ、前者を対馬暖流系群、後者を太平洋系群と呼び、それぞれの系群に対して資源評価が行われている (黒田ほか, 2019; 由上ほか, 2019)。

本稿の対象であるマサバ対馬暖流系群 (以降、本資源) は、主に日本、中国、韓国のまき網漁業により漁獲され、日本と韓国の年間漁獲量だけでも20万トンを超える商業上重要な水産資源である。そのため、本資源の生態および資源変動に関する知見は、基礎科学としてだけでなく、効果的な資源管理を行ううえでも必要不可欠なものである。

我が国における本資源の研究史を振り返ってみると、組織的な調査研究は1920年代から日本海を中心に各地の水産試験場によって行われ、1950年代初頭には断片的ではあるが、分布回遊、生活史、食性などに関する基礎的な生物学的知見がまとめられた (笠原・伊東, 1953)。そして、1950年代後半からは、対馬暖流開発調査 (1953–58年) などを契機に、漁場開発と相まって、成熟や食性などの生態研究がさらに進んだ (佐野ほか, 1956; Shimomura and Fukataki, 1957; 江波, 1958; 松井・前田, 1958; 西村, 1958)。その後、200カイリ時代を迎える1970年代から1980年代にかけて、主に漁業データや漁獲物を対象とした研究が西海区水産研究所を中心に進められ、分布回遊や系群識別、成長といった資源動態の全容を解明するための基盤的知見がおおよそ確立された (大川, 1975; 大内, 1978; 大内・濱崎, 1979; 飯塚・濱崎, 1983; 1986)。さらに、国連海洋法条約の発効を受け、資源管理への関心が高まった1990年代後半からは、資源評価 (Hiyama et al., 2002; 向・黒田, 2018; 黒田ほか, 2019) に力が注がれるようになり、調査研究はより大規模なものになった。特に2000年代以降は、資源評価の高度化に向け、漁業情報の分析 (Yasuda et al., 2014) や生活史に関する研究 (Shiraishi et al., 2008; Yukami et al., 2009; 森脇・宮邊, 2012) が拡充され、仔稚魚の分布と成長 (Sassa and Tsukamoto, 2010) などの新たな知見も集まりつつある。

本資源は我が国だけでなく、中国や韓国、台湾 (例 Tzeng

et al., 2007) でも研究されている。特に2010年代以降、中国による研究事例は多く、遺伝的集団構造の解明 (Yan et al., 2015; Cheng et al., 2014; Zhu et al., 2016) や生息域評価 (Chen et al., 2009; Li et al., 2014a; Gao et al., 2016) など多岐にわたる研究が行われている。また、韓国では気候変動と魚類群集の種組成の関連性について関心が高いようである (Hwang and Jung, 2012; Jung et al., 2014)。

このように、本資源に関わる資源研究は脈々と着実に続けられている。一方、近年日本船の漁場の北偏や外国船による漁業の隆盛など資源管理を取り巻く状況は刻々と変化している。このような漁場変化の要因や新たな漁業が資源に与える影響を解明せよという社会的な要望はあるが、それに応えるための科学的な研究基盤はいまだ脆弱である。また、マサバ太平洋系群や本資源と同海域に生息するマアジ対馬暖流系群と比べても、組織的な研究、調査とも後れを取っている点が多い。そこで、本資源に関わる研究者が一堂に会し、これまでの研究成果をまとめ、今後取り組むべき研究の方向性を議論するために、2018年1月23日に長崎市でシンポジウム「東シナ海・日本海におけるサバ類の資源研究：現状と将来展望」 (http://kurota.la.coocan.jp/doc/nagasaki_saba_symposium.pdf, 2019年6月18日) が開催された。本稿では、シンポジウムでの発表、議論をもとに、それぞれの研究分野について既往の知見と課題を整理し、今後重視すべき研究課題についてまとめた。

分類

マサバの研究を進める上で実際的な問題の一つは、近縁種であるゴマサバ *S. australasicus* との種判別である。マサバに比べて、ゴマサバの方がやや暖水性が強く、より南に分布するとされているが (Collette and Nauen, 1983)、東シナ海では産卵場や分布域、漁場の重なりが大きい。両種の識別は成魚の漁獲統計を集めるうえでも、卵や仔稚魚の現存量を把握するうえでも重要である。

成魚を識別する簡便法として第1背鰭棘数が用いられることがあるが (岡田・松原, 1938)、棘数の分布は両種間で重なり、明確に分離できない (村上・早野, 1956)。そのため、体側の縦走斑の有無 (体背側面から延びる縞模様と独立した縦走斑がないのがマサバ) に加えて、尾叉長に対する第1背鰭の最初の9棘の基底長の割合 (判別指数; 12%以上がマサバで、12%未満がゴマサバ) で識別することが推奨されている (水産庁水産関係試験研究推進会議マサバ・ゴマサバ判別マニュアル作成ワーキンググループ, 1999)。この判別方法は稚魚に対しても適用可能であることが確認されている (佐々・小西, 2014)。しかし、この判別指数に基づく簡便法ですら、船上の大量の全漁獲物に対して個体ごとに適用することは現実的には難しい。大中型まき網漁業では、漁業者がマサバ・ゴマサバ別の漁獲量を報告している。その判別精度に重大な問題があるとの指

摘はこれまでにないが、不確実性の定量的な評価が今後必要であろう。他の漁業も含めて魚種別漁獲量の精度をあげるためには、効率的なサンプリングに基づく漁獲量の推定方法の開発が必要である。

仔魚の識別については、項部の黒色素胞 (Ozawa, 1984)、尾部腹中線の黒色素胞数 (矢部, 1953)、肛門前部長-頭長関係 (渡部, 1970) により識別できるとされてきた。しかし、佐々ほか (2014) が mtDNA により種判別された個体に対してこれらの形質の有効性を検証したところ、マサバとゴマサバ間で形質に差はあるものの、種を確実に識別するには不十分であった。コストの問題はあるが、確実な識別には mtDNA 分析などの分子生物学的な手法が必要である。

卵の識別については、太平洋系群では卵径によりマサバ (1.1 mm 以下) とゴマサバ (1.1 mm 超) を査定していたが (西田ほか, 2001)、現在この査定方法の妥当性に疑念が生じている (由上ほか, 2019)。卵径は親魚の体サイズや栄養状態、また環境により変化する可能性がある (西田ほか, 2001) ため、卵径による種判別がどの程度有効か検証する

必要がある。確実な同定には仔魚同様、分子生物学的な手法が必要であろう。

分布回遊

まず成魚の分布回遊についてまとめる。本資源の分布は東シナ海南部から日本海北部、さらに黄海東部に及ぶ (Fig. 1; 山田ほか, 2007)。回遊の詳細については不明な点が多いが、基本的に春夏には索餌のために北上回遊し、秋冬には越冬・産卵のため南下回遊すると考えられている (Fig. 1; 飯塚・濱崎, 1986; 長谷川, 1989; 黒田ほか, 2019)。このような季節回遊は標識放流結果 (小川, 1963; 大川, 1975; 長谷川ほか, 1991) や商業船の操業位置データの分析結果 (Limbong et al., 1991; Yasuda et al., 2014) によっても支持されている。一方、太平洋へ移動する個体も稀に観察される (長谷川ほか, 1991) など、本資源の分布・回遊は多様であることが想像される。

近年、商業船の操業位置と漁獲量が記録された漁獲日誌 (漁獲成績報告書) の分析により、本資源の分布とその規定要因が明らかになりつつある。Yasuda et al. (2014) は 1970-

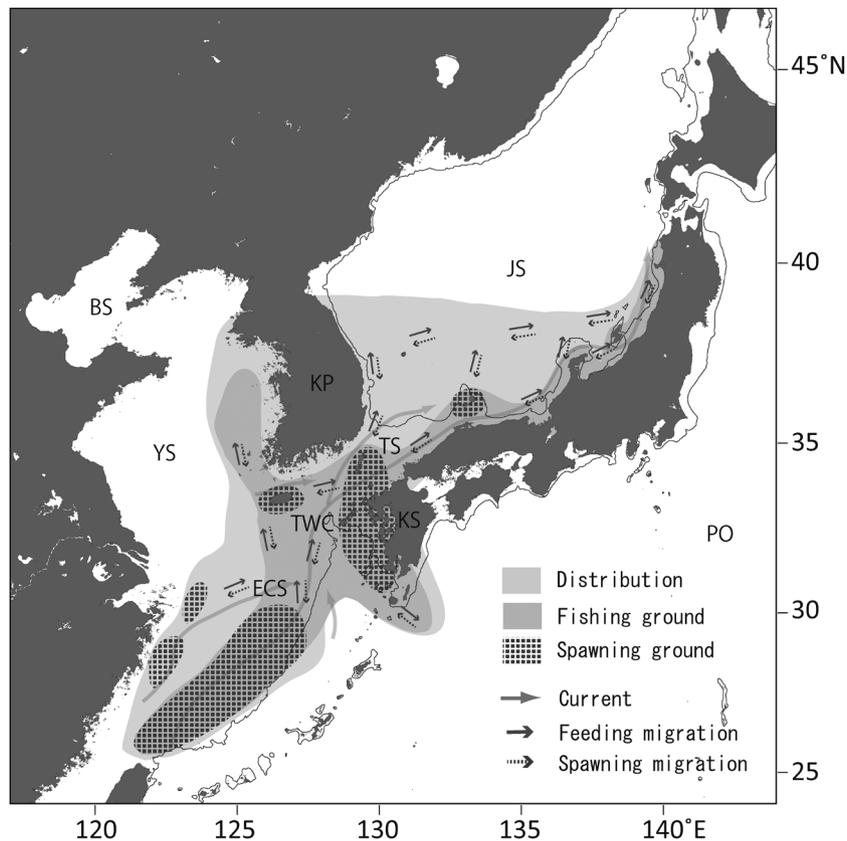


Figure 1. Spatial distribution, spawning ground, fishing ground and migration of the Tsushima Warm Current stock of chub mackerel (modified from Iizuka and Hamasaki, 1986; Hasegawa, 1989; Kurota et al., 2019). Thin black lines are 200 m isobaths. BS, YS, ECS, JS, PO, TWC, TS, KS and KP indicate Bohai Sea, Yellow Sea, East China Sea, Japan Sea, Pacific Ocean, Tsushima Warm Current, Tsushima Strait, Kyushu, and Korean Peninsula, respectively.

1990年代の日本の大中小型まき網漁業の漁場変化を月別漁区(30'×30')別に分析し、本資源が東シナ海南部から日本海西部まで季節回遊を行っていることを明らかにした。また、分布は中長期的に変化し、1990年代の分布は1970年代より北西に偏っていることを示した。その変化は黄海と東シナ海の表面水温(15°Cの水温線の黄海からの張り出し)の変化と相関があり、15°C線の張り出しが弱かった1990年代には、本資源は黄海奥部にも分布した。さらに水温の変化には北極振動や対馬暖流の流量などが影響していることが明らかになった。つまり、水温場や流動場が本資源の分布を規定していると示唆された。

同様に、Li et al. (2014a)は中国の大型灯光利用まき網漁業の操業日誌を分析し、この漁業は黄海から東シナ海南部のマサバ漁場を季節的に使い分けていることを示した。また、HSI (Habitat Suitability Index) モデルを用いた生息域評価により、魚の分布は海面高度や表面水温の好適度に規定され、これらの環境条件により分布の予測が可能であることを示した。Li et al. (2014a)が示した漁場データに関して、福若ほか(2017)は黄海の漁場は東シナ海の漁場とは連続していないことから、黄海に分布するマサバは東シナ海のものと同遊経路が異なる可能性があるとして指摘している。Li et al. (2014a)の研究の他にも同様のHSIモデルを用いた生息域評価に関する研究が中国では盛んである(Chen et al., 2009; Gao et al., 2016; Yu et al., 2018)。

このような水平方向の移動に加えて、鉛直移動に関する知見が最近得られた。Yasuda et al. (2018)は深度と環境水温が測定できるロガーをつけた放流魚25尾のうち一尾の再捕に成功し、九州北西岸における日周鉛直行動を分析した。166日間の観察結果より、昼間はおよそ100–150 m深まで潜航し、夜間に表層10–50 mまで浮上するという比較的大きな鉛直移動が明らかになった。ただし、水温躍層が明瞭な時期は、夜間でも海面まで浮上せず躍層下にとどまることがあり、生理的・運動学的な適水温を保ちながら鉛直移動していることが示唆された。現時点では一尾のみの結果であるが、遊泳深度や昼夜のパターンは変化に富んでいるようである。

成魚に比べて、仔稚魚の分布と輸送過程に関する知見は限られている。Sassa and Tsukamoto (2010)はmtDNAにより稚仔魚の種判別を行い、東シナ海南部におけるマサバの仔魚の分布は、ゴマサバと比べるとやや北側に分布することを示した。好適水温帯はマサバの方が低いが、その範囲は広く、マサバでは15–22°C、ゴマサバでは20–23°Cだった。また成長速度はマサバのほうがやや遅かった。種間の分布の違いはその後の仔魚期の輸送経路や生残過程に影響する可能性が高い。実際、粒子シミュレーションでは種間で輸送経路が異なることを示す結果が得られている(Li et al., 2014b)。Sassa and Tsukamoto (2010)の他に、台湾周辺での仔稚魚の分布がまとめられている(丘, 1999)。しか

し、前述のように、過去の仔稚魚研究は形態に基づき種判別が行われているため、マサバとゴマサバが混同されている可能性がある(佐々ほか, 2014)。

系群

マサバの系群構造については古くから多くの考察がなされてきた。例えば、大内・濱崎(1979)や飯塚・濱崎(1986)は、漁獲統計(漁獲量、体長組成)と形態特性(背部担鰭骨数、鱗、頭長–体長関係、成長など)に基づき、東シナ海から日本海西部に分布するマサバの系群を4系群(境沖亜群、九州西部系群、東シナ海南部系群、東シナ海西部系群)に分類した。また、小西ほか(2001)の総説によれば、系群構造については日本と中国の科学者間で相違があり、当時の日本の研究者は東シナ海中部以北から山陰海域に分布する九州西部系群と東シナ海南部に産卵場を持ち黄海まで分布する東シナ海西部系群の2系群があると考えていた。一方、中国の研究者は、五島西部・済州島南西部から日本海あるいは黄海に分布する五島西部系群と東シナ海中南部から黄海に分布する東シナ海西部系群の2系群があると考えていた(小西ほか, 2001)。しかし、当時の議論は形態の差異に基づくものが主であったため、議論は深化しなかった。形態は遺伝だけでなく、環境によっても変わるためである。

その後2010年代に入り、分子遺伝学的手法による渤海、黄海、東シナ海、南シナ海、太平洋におけるマサバの遺伝的集団構造に関する研究が盛んに行われている。これまでの研究によると、中国沿岸(東シナ海～南シナ海北部)の集団と太平洋の集団(高知沖、八戸沖、北太平洋中部)には分化が認められている(Cheng et al., 2015; Yan et al., 2015)。また、中国沿岸に着目すれば、渤海及び黄海北西部沿岸(Cheng et al., 2015)と海南島南部沿岸(Zeng et al., 2012; Cheng et al., 2014)では他の地域と異なる系群の存在を示唆している報告がある一方で、同じ系群であるとの報告もある(Yan et al., 2015)。福若ほか(2017)のマイクロサテライトDNAによる分析によれば、東シナ海南部から対馬海峡にかけて漁獲されたマサバに遺伝的な差は検出されず、この海域に分布するマサバは1つの遺伝的集団に属すると考えられた。この見解については、日中の研究者間でも合意されている(日中マサバ共同研究作業部会, 2017)。また、東シナ海と日本海のマサバにも遺伝的違いがほとんどない(山田, 未発表)ことから、対馬暖流系群を一つの遺伝的集団とみなすことに問題はなからう。

しかし、遺伝的には違いがみられなくとも、産卵場や発生時期、回遊経路などが異なる集団が存在すると考えられる。鈴木・村田(2011)はマサバの寄生虫であるアニサキスの種組成(*Anisakis simplex*, *A. pegreffii*)の地理的変異に着目し、太平洋岸では主に*A. simplex*が見られたのに対して、東シナ海、日本海沿岸では*A. pegreffii*が見られたこと

を報告している。この結果は、宿主のマサバに太平洋と東シナ海・日本海で異なる回遊集団が存在していることを示唆している。これまでのところ、マサバの太平洋系群と本資源との間に遺伝的な違いは報告されていないが、産卵場、分布、回遊経路などは大きく異なると考えられるため、漁業資源としては別の集団として扱うことが適切であろう。同様の観点から、対馬暖流系群内の詳細な集団構造を明らかにすることは資源管理を行ううえでも重要な課題である。

本資源と中国沿岸の集団を別の集団とするかどうかについてはさらなる遺伝的分析や分布回遊に関する研究が必要だが、太平洋系群との区別と同様に、互いの産卵場及び分布回遊域の重なりが小さければ、少なくとも漁業資源としては別の集団として分けることが妥当であろう。特に、渤海及び黄海北西部沿岸には本資源とは異なる産卵場があると考えられ（小西ほか、2001）、また遺伝的（Cheng et al., 2015）にも漁場の連続性（福若ほか、2017）の点からも、渤海及び黄海北西部沿岸の集団は東シナ海の集団とは異なる可能性が指摘されている。以上、これまでの知見をまとめると、東シナ海・日本海周辺から太平洋にかけて資源管理上の系群（集団）としては、中国沿岸、本資源、太平洋系群の少なくとも3系群が想定できる。

年齢・成長

成長については、日本海（岡地、1955; 飯塚、1967）、九州西岸（大内、1978）とも古くから研究が行われてきた。大内（1978）は胸鰭基底部の鱗を使った年齢査定から成長式を推定した。しかし、鱗は漁獲の際に脱落しやすいなどの問題があることから、Shiraishi et al. (2008) は耳石の表面観察による年齢査定を試み、年に1度4–6月頃に輪紋が形成されることから、耳石が年齢形質として有効なことを確認した。そのうえで、以下の von Bertalanffy 式による年齢 (t) と尾叉長 (L_t ; cm) の関係を明らかにした。

$$L_t = 40.6 \times \{1 - e^{-0.372 \times (t + 1.68)}\}$$

この成長式は大内（1978）とほぼ同じであるが、太平洋系群（近藤、1966）と比較すると、本資源の方が1歳から2歳にかけての成長速度が速いのが特徴である（Fig. 2）。この違いは若齢期における生息水温と餌環境の違いによると考えられている（Shiraishi et al., 2008）。これまでの本資源の成長に関する研究をまとめると、成長は海域や年代などによってやや異なるが、ふ化後1年で尾叉長25–28 cm、2年で29–32 cm、3年で33–35 cm、4年で36 cm、5年で37 cmに達する。これまでのところ、太平洋系群で観察されているような資源増に伴う成魚の成長の遅延（Watanabe and Yatsu, 2004; 由上ほか、2019）は本資源では報告されていない。また寿命は漁獲物の年齢組成から6歳程度と考えられてい

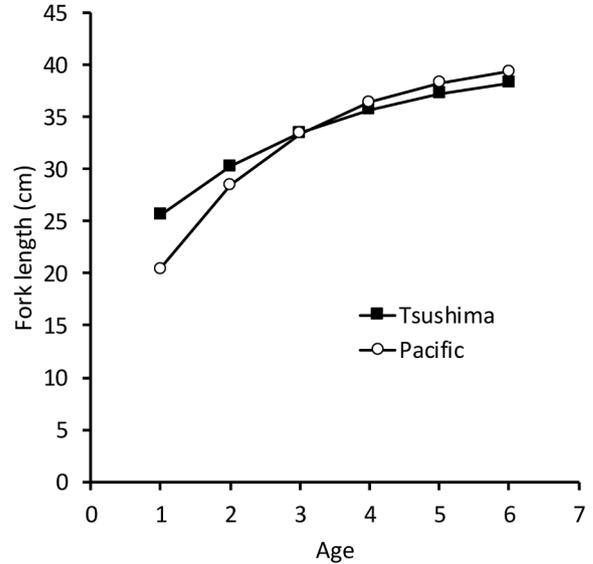


Figure 2. Comparison of the von Bertalanffy growth curves between the Tsushima Warm Current stock (Shiraishi et al., 2008) and Pacific stock (Kondo, 1966).

る（黒田ほか、2019）。

最近の技術的な進展として、川島ほか（2017）が行った耳石の横断薄片を用いたマサバ太平洋系群の年齢査定が挙げられる。従来の耳石の表面観察による年齢査定では高齢個体の年齢を過小評価する可能性が指摘されていた（林ほか、1995）。彼らによれば、横断薄片法はマサバの年齢査定に有効であり、輪紋が鮮明に見えるなどのメリットがある。漁獲物の年齢組成を調べるには大量の試料を効率よく分析する必要がある。本資源についても、効率のよい年齢査定方法と分析体制の確立が望まれる。

成熟・産卵

成熟年齢については過去から比較的多くの研究があり、どの年代でも成熟年齢は1–2歳とされている（江波、1958; 大内・濱崎、1979; 飯塚・濱崎、1986）。また、これらの研究において、成熟年齢に関する大きな雌雄差は報告されていない。現在の水産研究・教育機構による資源評価では、白石（未発表）に基づき、1歳で産卵に参加する個体が60%、2歳では85%、3歳以上では100%と仮定されている（黒田ほか、2019）。Shiraishi et al. (2009) によれば、1個体の雌が約6日ごとに産卵すると考えられている。

産卵は東シナ海南部の中国沿岸から東シナ海中部、朝鮮半島沿岸、九州・山陰沿岸にわたる広い海域で行われる（Fig. 1; 山田ほか、2007）。Yukami et al. (2009) は、東シナ海から対馬海峡の沖合に生息する集団に関して、親魚は産卵期に東シナ海から対馬海峡にかけて連続的に分布し、また産卵に適した水温環境（16–22°C）も季節的・空間的に連続して形成されることを示した。産卵期は南部ほど早い傾

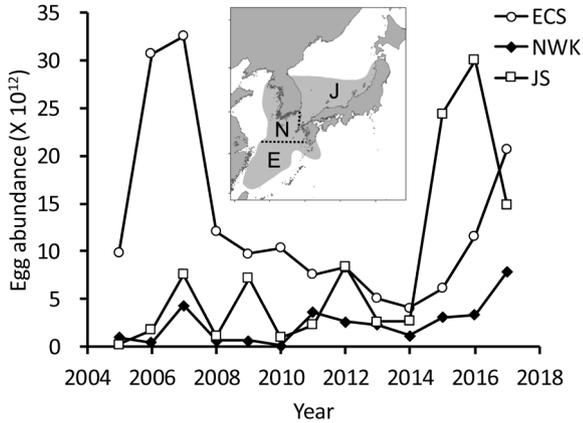


Figure 3. Egg abundance of *Scomber* spp. in three geographical regions: East China Sea (ECS or E), Northwestern Kyushu (NWK or N), and Japan Sea (JS or J).

向があり、1–2月は東シナ海南部、3–4月は東シナ海南部から九州西岸、5月は東シナ海中部から対馬海峡、6月は対馬海峡から日本海西部で産卵すると考えられている（大内・濱崎, 1979; 飯塚・濱崎, 1986; Ku and Tzeng, 1985; Yukami et al., 2009）。また、過去には日本海北部で3–4歳魚を主体とする高年齢魚が産卵し、特に石狩湾では6–7月に集中的な産卵が見られたとの報告がある（佐野ほか, 1956; 佐野・田村, 1958）。

このように産卵場は現在東シナ海南部から日本海西部にかけて連続的に形成されているが、仔魚は東シナ海南部の台湾北方沖を中心に集中的に分布しているため、この海域が重要な産卵場の一つだと考えられている（Sassa and Tsukamoto, 2010）。Li et al. (2014b) は、この海域の流動は台湾暖流と黒潮の影響を受けることから、その影響を考慮した輸送モデルを用いて卵仔稚魚の輸送経路をシミュレートした。その結果、台湾北方海域に産卵された卵は、発育に伴い北東方向に輸送され、稚魚として九州西方から対馬海峡に到達する可能性が指摘された。

一方、2015年以降、5–6月を中心に九州北部から日本海西部にかけてのさば類の産卵量が急増している（Fig. 3; 黒田ほか, 2019）。この時期の当海域における漁獲量の多寡を考えると、これらの卵の多くはマサバだと思われる。日本海での産卵が系群全体の加入への程度寄与しているのかについては不明な部分が多く、資源量の増加や分布拡大との関係の解明が今後求められている。

被捕食関係

対馬暖流域に生息する浮魚類の安定同位体比を調べた Ohshimo et al. (2015) によると、マサバの栄養段階は同じ浮魚類のマイワシやカタクチイワシなどよりやや高次であり、マアジよりやや低次であると推定されている。

具体的な餌生物については、顕微鏡観察による報告が散

見される。成魚については、オキアミ類、アミ類、カイアシ類、端脚類、十脚類などの浮遊性甲殻類の他、サルパ類やカタクチイワシなどの小型魚類を主に捕食することが知られている（山下, 1957; 西村 1959; 岸田, 1986; 飯塚・濱崎, 1986; 山田ほか, 2007; Yoon et al., 2008; 森脇・宮邊, 2012）。また、魚類マイクロネクトン（ハダカイワシ類、サイウオ類）の重要性を指摘する研究もある（田中ほか, 2012）。餌は季節によって異なり、日本海西部で調べられた際には5–8月にイカ類や魚類を、11–12月に甲殻類を、それ以外の時期にはサルパ類を主に捕食していた（森脇・宮邊, 2012）。このような食性の季節変化は主に生息場の餌生物の組成の変化に起因すると考えられる（西村, 1959; 森脇・宮邊, 2012）が、マサバ自身の餌の選択性が反映されている可能性もある（森脇・宮邊, 2012）。韓国南岸ではマサバは成長するにつれて、より大型の餌を食べようになり、魚食性が強くなるとの指摘がある（Yoon et al., 2008）。

仔魚については、小沢ほか（1991）が甌海峡のサバ属仔魚の胃内容物を調べ、小型の時期は枝角類や甲殻類卵を中心に食べ、大型になると *Oithona* や尾虫類を捕食することを報告している。また Sassa et al. (2008) は、東シナ海中南部で得たサバ属仔魚について、体長6 mm以下では主にカイアシ類ノープリウス幼生を捕食するが、成長に伴いカラヌス目カイアシ類のコペダイト幼生や尾虫類を捕食することを報告している。稚魚期に関しては、山下（1957）が3–5月に福岡、佐賀、長崎、鹿児島湾内で得られたさば類について、3月と4月にはカタクチイワシのシラスを、5月にはカタクチイワシシラスに加えてアミ類や枝角類を食べていたことを報告している。

このように本資源の餌生物については断片的な知見はあるものの、それが本種の成長や生残、加入量の変動とどのように関連するのかはいまだ不明である。マアジ対馬暖流系群では加入量が生活史初期の餌環境に影響を受けるとする研究例がある（Takahashi et al., 2016）。本資源についても加入量に水温と餌環境が影響するという仮説が得られている（佐々, 未発表; 後述）。今後、この仮説の検証に向けての調査研究が必要と思われる。

捕食に比べると、被食に関する情報はさらに少ない。Huh et al. (2006) は釜山周辺のサワラの主要な餌として、マサバを報告している。特に、60 cm以上のサワラは、マサバを最も捕食していた。また、本資源の幼稚魚は魚食性魚類に捕食されていると考えられる（黒田ほか, 2019）。Ohshimo et al. (2015) によると、マサバより上位の栄養段階の生物として、サメ類や大型アジ科魚類（カンパチ、ヒラマサ）などが挙げられているが、これらの種によるマサバの被食の実態は不明である。

漁業

本資源の漁業に関する以下の記述は特に示さない限り黒田

ほか(2019)に基づく。

(1) 漁法、漁場

現在、日本船による本資源の漁獲は、主に大中型まき網漁業及び中・小型まき網漁業によるものである。このほかに、日本海の中部以北では定置網で漁獲されている。かつて1950年代には、はね釣りによる漁獲も多かったが、1960年代以降衰退した(飯塚・濱崎, 1983)。中国では主にまき網、虎網、敷き網などにより漁獲され、韓国ではまき網による漁獲が多い(松下, 2013; 永沢, 2019)。

日本のまき網漁業の現在の主漁場は、東シナ海東部、九州北西岸、日本海西部である(Fig. 1)。かつては黄海や東シナ海西部も日本船の主漁場であったが、200カイリ時代以降、中国や韓国との競合や漁業協定のため、日本船による漁獲はない。また済州島西部は本資源の好漁場として知られていたが、2014年以降、日韓漁業共同委員会における相互入漁条件に関する交渉の決裂や資源の減少により、日本船の漁獲実績はほとんどない(永沢, 2019)。2011年以降の傾向として、九州北西岸及び日本海西部(対馬沖～隠岐島周辺)での漁獲が増加する一方、東シナ海や五島沖での漁獲が減少している(Fig. 4)。盛漁期は2000年代までは10月から翌年3月にかけてであったが、近年では10-11月に東シナ海、五島沖での漁獲が振るわないため、12月以降の日本海西部での漁獲が中心となっている。

漁場形成に関する研究は、前述のYasuda et al. (2014) や Li et al. (2014a) などがあり、基本的には水温などの海洋環境が重要とされる。今後はこの考えを発展させ、水塊の配置や海底地形の影響など、より現実の海洋構造に即した分析が必要であろう。

(2) 漁獲量・漁獲努力量の推移

マサバとゴマサバは漁獲統計上区別されず、「さば類」として一括されることが多い。日本では、大中型まき網の漁

獲物については、マサバとゴマサバの比率が漁業者から報告されているため、比率の報告に不確実性はあるものの、マサバの漁獲量を直接算定できる。しかし、それ以外の日本の漁業については、黒田ほか(2019)は北部ほどマサバの割合が高いとの仮定の下、両種の漁獲量を推定している。日本船による本資源の漁獲量は、1970年代後半には30万トン前後であったが、1990年代初めに15万トンほどまで減少した(Fig. 5)。その後、1996年に41万トンにまで増加したが、2000年以降、おおむね8-12万トンの低い水準で推移している。

韓国のマサバの漁獲量は1990年代以降増加し、近年は日本をやや上回ることが多い(Fig. 5)。中国のさば類の漁獲量は、FAO(2018)によれば、2010年以降、50万トン前後に増加し、それ以降この水準を維持している。ただし、この漁獲量は北西太平洋全体における数字であり、またマサバとゴマサバの魚種別の漁獲量は不明である。東シナ海では2010年頃から虎網による漁獲が急増したと思われる(松下, 2013; 永沢, 2019)が、漁法別の漁獲量も不明であるなど、本資源を対象とした中国の漁獲統計には大きな不確実性がある。

漁獲物の年齢組成(月別体長組成もしくは銘柄組成から推定)に注目すると、現在の日本船の漁獲のほとんどは0歳魚と1歳魚であり、尾数で見れば、9割以上がそれらの年齢に該当すると考えられている。この傾向は1990年代以降に顕著となり、それまでと比べて、0歳魚の割合が高まり、2歳以上の魚の割合が低下した(Fig. 5)。

漁獲努力量に関しては、東シナ海・日本海西部で操業する日本の大中型まき網漁業の操業回数は1980年代後半に過去最多となったが、1990年以降減少が続いている。2016年には過去最少を記録し、最盛期の3分の1以下となった。これは廃業などによる漁船隻数の減少に加え、秋にマイワシやマサバを狙って太平洋に出漁する船が増えたこと(永沢, 2019)が主な理由である。

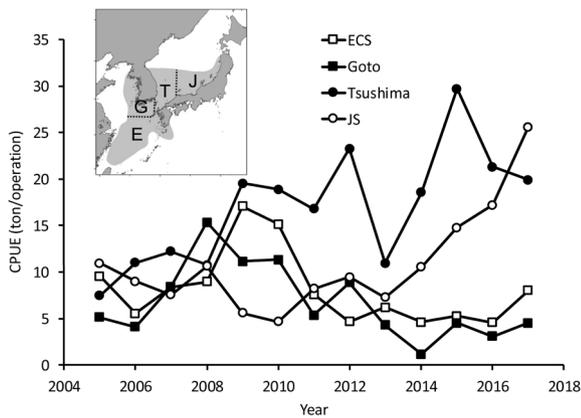


Figure 4. Catch per unit effort of the Tsushima Warm Current stock of Japanese large- and medium-type purse sein fisheries in four geographical regions: East China Sea (ECS or E), Goto area (G), Tsushima area (T), and Japan Sea (JS or J).

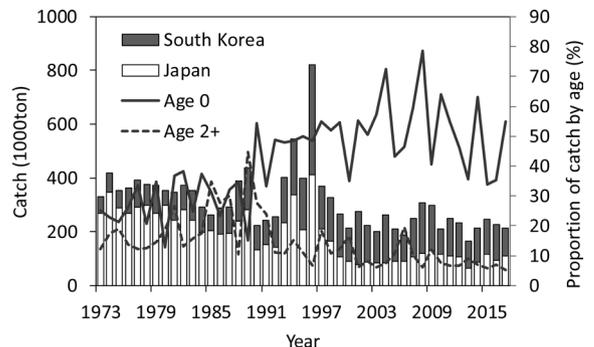


Figure 5. Catch of the Tsushima Warm Current stock by country and catch proportion of age 0 and age 2+ (modified from Kurota et al., 2019).

資源評価・資源管理

(1) 資源評価

本資源を対象とした資源評価(資源量推定)は、水産研究・教育機構(主に西海区水産研究所)により1979年(水産庁研究部ほか, 1981; 当時は「東シナ海及び日本海西部海域」と「日本海」に分けて実施)より、毎年実施されている。水産研究・教育機構による資源評価のほか、定期的に実施され、かつ結果が公開されている資源評価はないため、ここでは2018年に実施された水産研究・教育機構による最新の資源評価(黒田ほか, 2019)に基づき、内容をまとめる。この資源評価では、日本と韓国の年齢別漁獲尾数とまき網漁業の資源量指標値に基づき、1973年以降の資源量をコホート解析(いわゆる tuned VPA)により推定している。中国の漁獲に関しては、漁獲量がマサバ・ゴマサバ別に計上されていないことや、直近年の漁獲量が得られないことなどから考慮されていない。日本の年齢別漁獲尾数は1973年以降、漁業別および府県別に算定され、大中型まき網については水揚げ港での入り数(サイズ)別漁獲量、その他の漁業については水揚げ港での体長測定データに基づき年齢が割り振られている。また、大中型まき網及び中・小型まき網(日本海西部)の年齢別資源量指標値(CPUE)は、2003年以降について、漁業者から報告された銘柄別漁獲量と操業回数(大中型まき網)及び操業隻数(中・小型まき網)に基づき算定されている。

最新の評価結果に基づくと、資源量は1989年まで100万トン前後で比較的安定していたが、2000年以降は50万トン前後に留まっている(Fig. 6)。近年の傾向として、2014年以降、資源量はやや増加傾向にあり、2017年(推定される最近年)の資源量は59万トンと推定された。親魚量は1997年に急減した後、低水準であるが、2015年以降、やや増加傾向にあり、2017年は19万トンと推定された。漁獲割合は1996年に急増し、その後2013年まで40-50%と比較的高い水準で推移していたが、2014年以降やや低下し、2017年は36%であった(Fig. 7)。再生産成功率(加入量/親魚量)は年変動が大きい、近年では2014年に高く、それ以降は平均的である(Fig. 7)。親魚量と加入量の間に正の相関があることから、最低限の加入を維持する親魚量の閾値(Blimit; Fig. 8)として、1997年の親魚量水準(25万トン)が設定されている。この基準によると、2017年の親魚量はBlimitを下回っているため、資源水準は「低位」であると考えられるが、直近5年間の資源量の推移から資源動向は「増加」と判断されている。

Ichinokawa et al. (2017)によると、想定する再生産関係によって値は異なるが、本資源の最大持続生産量(MSY)達成時の親魚量(Bmsy; Fig. 8)は34-50万トン、漁獲割合(Umsy)は28-36%と推定されている。これらの管理基準値と最新の資源評価結果と比較すると、2017年の資源量(B)は乱獲状態(B<Bmsy)で、漁獲の強さ(U)はやや過剰

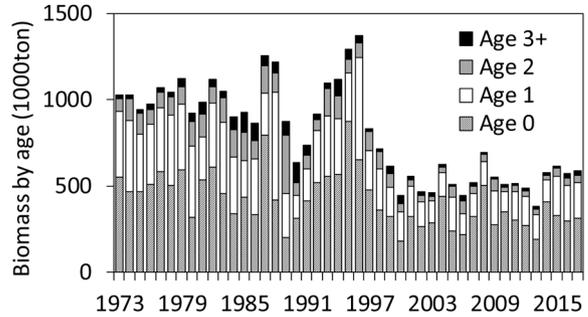


Figure 6. Biomass of the Tsushima Warm Current stock by age estimated by Kurota et al. (2019).

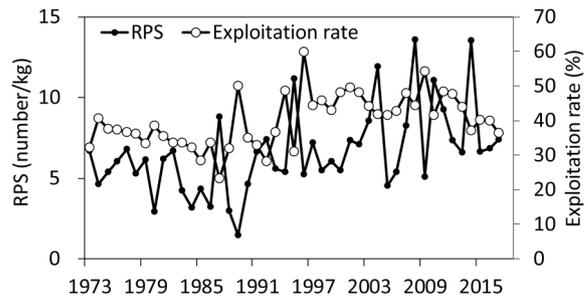


Figure 7. RPS (recruitment per spawning biomass) and exploitation rate of the Tsushima Warm Current stock estimated by Kurota et al. (2019).

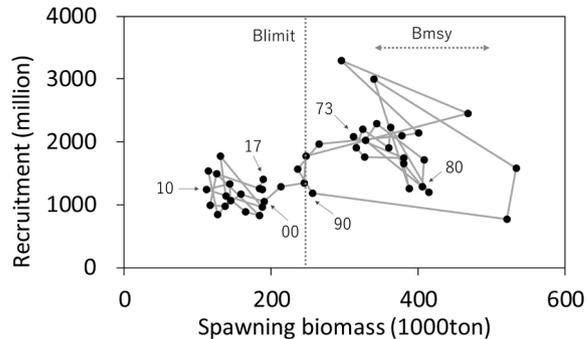


Figure 8. Stock-recruitment relationship between 1973 and 2017 of the Tsushima Warm Current stock with Blimit (Kurota et al., 2019) and Bmsy (Ichinokawa et al., 2017).

漁獲 (U>Umsy) という評価になろう。これまでのところ、水産研究・教育機構による資源評価(黒田ほか, 2019)では、BmsyやUmsyは推定されていない。

水産研究・教育機構による資源評価では、評価結果に基づきTAC(漁獲可能量)の科学的根拠となるABC(生物学的許容漁獲量; 本資源の場合、日韓の合計値)が算定される。具体的には、複数の漁獲シナリオ(漁獲係数)に基づき、将来予測を行うことで、評価実施年の翌年のABCが算定される。2018年の資源評価では、漁獲シナリオとして、親魚量の増大(F30%SPR)、親魚量の回復(Frec)、現状の

漁獲圧の維持 (Fcurrent) が想定され、それぞれのもとの2019年漁期のABC (20–31万トン) が計算された。なお、2017年の日韓の総漁獲量は22万トンである。

水産研究・教育機構による資源評価のほかに、体長データに基づく資源解析 (Limpong et al., 1988) や資源評価 (Wang et al., 2014) などがこれまで行われてきた。しかし、これらの解析は漁業情報が時空間的に限られるなどの制約があるため、簡便な評価にとどまっている。異なる資源評価モデルによる評価結果の比較は、評価結果の不確実性や妥当性を把握するうえで重要であるため、新たなモデルの開発、発展が期待される。

(2) 資源管理

本資源の日本での管理は、大中型まき網漁業の漁場 (海区分) における操業許可隻数を制限するなど、長らく努力量管理の形で行われてきた。これに加えて、1997年から全国のマサバ、ゴマサバを合わせた「さば類」としてTACによる資源管理が実施されている。TACの配分に関して、大中型まき網漁業に対しては農林水産大臣から、それ以外の漁業については各都道府県の知事から、それぞれが管轄する漁業にTACが配分されている (桜本, 1998)。このTACはABCをもとに、社会経済的な状況などを考慮して毎年決定されることになっている。かつてはABCを上回るTACが設定されることがあったが、さば類の場合、2009年以降この問題は解消している。ただし、本資源の場合、資料が確認できる2010年以降に関して、毎年複数提示されるABCのうち、量が最も多いABCに基づきTACが設定されている (http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_koukan/index.html, 2019年6月18日)。

このような国主体の管理に加えて、2009年度から2011年度の間、小型魚保護を目的として、日本海西部・九州西海域マアジ (マサバ・マイワシ) 資源回復計画 (http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_kouiki/nihonkai/pdf/n19-2-10-1.pdf, 2019年6月18日) が漁業団体主体で実施された。小型魚を主体とする漁獲があった場合、大中型まき網漁業に対しては集中的な漁獲圧をかけないよう速やかな漁場移動を求め、中・小型まき網漁業に対しては団体ごとに一定日数の休漁や水揚げ日数制限などの漁獲規制を行った。これらの取り組みは2012年度以降も、新たな枠組みである資源管理指針・計画である「日本海西部・九州西海域マアジ (マサバ・マイワシ) 広域資源管理方針」 (<http://www.jfa.maff.go.jp/kyusyu/sigen/attach/pdf/kouikihoushin-12.pdf>, 2019年6月18日) の下で継続されている。しかし、これらの施策がどの程度資源回復に効果があるのかという問いに対して科学的な評価はこれまで行われていない。マサバ太平洋系群に対しては、多くの水揚げがあった後の休漁が資源回復に正の効果をもたらすことが科学的に示されている (Ichinokawa et al., 2015)。本資源の資源評価では、若齢魚に対する漁獲圧緩和が資源量を増大させ、CPUEの増加につながる事が予測されて

いる。TAC以外の管理方策に関しても、社会経済的な視点を含めた、より現実的な条件下での検討が今後必要であろう。

韓国では1999年より日本と同様にTACによる管理が行われている (宋, 2005)。これに加えて、2016年以降、資源保護のため、小型魚 (体長21センチ以下) の漁獲制限と休漁が実施されている (<http://www.nifs.go.kr/lmo/scb/index2.lmo>, 2019年6月18日)。中国での資源管理の実態は不明な部分が多いが、本資源に対するTAC管理は実施されていない。2009年以降、資源保護のため、中国政府による夏季休漁が実施されているが、2016年より休漁期間が延長されるなど漁獲規制が強化された (日中海洋生物資源専門家小委員会, 私信)。また、2018年より小型魚 (尾叉長22センチ以下) の漁獲制限が実施されているとの情報がある (中華人民共和国農業部通告2018-3号)。

今後の課題

これまで紹介したように、本資源の生態や資源評価に関する知見は着実に蓄積され続けている。しかし一方で、資源の持続的な有効利用という観点からは、まだ不十分な部分も多い。今後重視すべき研究課題について整理した。

(1) 加入変動メカニズムの解明

本資源の動態は加入変動に強く依存している (黒田, 2016)。加入量は親魚量 (産卵量) の他に、漁獲加入前の環境要因に強く影響を受けていると考えられる。タイセイヨウサバ (Robert et al., 2007; Castonguay et al., 2008) やマサバ太平洋系群 (渡部, 1970; Kamimura et al., 2015) などの先行研究では、加入量の増減を決める要因として、仔魚期の生残過程が重要であると指摘されている。これらの資源では、特に仔魚期の水温や餌密度が仔魚の成長速度に影響し、その後の仔魚の生残を決めると考えられている。

佐々 (未発表) の分析によれば、本資源の東シナ海南部の仔魚密度と初期成長速度は年によって異なり、これらの要因により加入量の年変動の一部は説明できそうである。つまり、「成長の良い仔魚がどれだけいたか」が本資源の加入量変動を決めているという仮説が成り立つ。これまでのところ、本資源の仔魚の成長速度は、餌料環境と水温に影響を受けていることが明らかになりつつある (佐々, 未発表)。資源の初期生残と水温との関係については、いくつかの魚種で研究が進んでおり、例えばマアジ対馬暖流系群においては、マアジの好適水温帯面積の経年変化が東シナ海大陸棚上に着底するマアジの稚魚密度の変動とよく一致することが示されている (山田・渡邊, 2011)。同様のメカニズムがマサバについても想定される。

このような仮説を検証し、加入変動のメカニズムを解明するために、卵、仔稚魚 (標準体長30 mm以下)、幼魚 (標準体長30–80 mm)、漁業に加入したばかりの0歳魚 (標準体長20 cmほど) の資源動向をそれぞれ把握する必要がある。

ろう。特に、本資源の幼稚魚期の分布については知見が不足しているため、採集方法や調査時期などについての検討がまず必要である。また本資源の漁業は0歳魚に強く依存しているため (Fig. 5)、漁獲加入を的確に把握するという意味でも、漁期前の幼稚魚調査には価値がある。現在、対馬暖流域の浮魚類の調査として、2-6月にニューストーンネットとボンゴネットを用いた新規加入量調査 (Sassa and Tsukamoto, 2010; Takahashi et al., 2016)、5-6月に中層トロール網による加入量調査及び着底トロール網による資源量直接推定調査 (Takahashi et al., 2012)、8-9月に中層トロール網と計量魚群探知機による魚群分布調査 (Ohshimo, 2004) などが行われ、さらに周年にわたり改良型ノルパックネットを用いた卵稚仔調査 (大関, 2014) が実施されている。これらは主にマサバやイワシ類を対象とした調査であるが、マサバが採集されることも多い。これらの既存の調査データの解析を進めながら、本資源を主対象とした新たな調査を開始するのが現実的な対応であろう。

マサバ太平洋系群では、加入変動に影響する要因として、仔魚の成長速度に加え、親魚の成熟年齢や産卵時期などの繁殖特性が重要であるとの報告がある (渡邊, 2010)。また、水温の影響は親魚 (低温ほど加入増) と仔魚 (高温ほど加入増) で異なることや、黒潮流路などの海洋レジームの変化に伴い加入変動を決める要因も変化すること (Kaneko et al., 2019; Yatsu, 2019) などが明らかになってきた。本資源に対しても、このような観点からの分析が望まれる。

加入の変動要因を探る別のアプローチとして、資源評価から算定される加入量と環境要因との関係を統計的に分析する方法がある。本資源の再生産成功率は、1991年以降に比較的高く、また変動幅は2004年以降に増大している (黒田ほか, 2019)。これらの再生産成功率の対数と親魚量に直線関係を当てはめ、直線からの残差と2月の東シナ海中部の海面水温を比較すると、残差と海面水温には負の相関が見られる (黒田ほか, 2019)。このことから、水温に代表される海洋環境が加入量に影響を与えていると考えられている。ただし、近年の中では再生産成功率が高かった2014年は冬季の水温が特に低かったわけではないなど、いつこの海洋環境がどのように加入に関与しているのかについては不明な点が多い。さらに、加入量変動には決定論的な要因のみならず、確率的な変動も重要であるため (Bailey et al., 2005)、より長期のデータ分析が必要であろう。日本海における加入の寄与度の評価も含めて、加入の時空間変動の実態とメカニズムの解明は今後の大きな課題である。

(2) 成長に伴い変化する分布回遊の把握

加入量変動の把握とも共通する問題であるが、本系群内の個体群構造についてはいまだ不明な点が多い。すなわち、いつどこで生まれた集団が、どのように系群全体の個体群動態や漁業に寄与しているのか、よくわかっていない。例えば、2010年代以降、東シナ海での漁獲が振るわない一

方、対馬沖や島根沖での漁獲が増えている (Fig. 4) が、この現象が魚の分布が北上した結果なのか、それとも局所的集団の盛衰によるものなのか、それとも漁船が沖の遠い漁場に行かなくなったなど社会経済的な要因によるものなのか、ほかの可能性も含めて、判断がつかない。また、漁獲物の年齢組成の変化を見ると、1990年代以降、大型魚の漁獲があまり見られなくなった (Fig. 5) が、これが成長乱獲によるものか、漁業の選択性の変化によるものか、それとも高齢魚の分布回遊の変化によるものか、不明である。産卵魚の年齢組成の変化は加入動態に影響を与える可能性がある (渡邊, 2010)。日本海北部でも多くの漁獲があった時代 (1970-80年代) なども含めて、長期的な漁獲データを精査することで、系群内の構造や回遊について情報が得られるかもしれない。このような漁獲データに基づくアプローチは古くから取られてきたが (飯塚・濱崎, 1983)、現在ではさらに高度化した統計手法が開発され、より客観的な解析が可能になっている (Ichinokawa et al., 2014; Thorson et al., 2015)。

また、分布・回遊を直接的に調べる手段として、標識放流がある。本資源に対しても、1920-40年代 (松下・伊東, 1952; 木村, 1953; 笠原・伊東, 1953)、1950年代 (町中, 1960; 辻田, 1961; 兎島, 1962)、1960年代前半 (小川, 1963)、1970年前後 (大川, 1975)、1980年代後半 (長谷川ほか, 1991)、2000年代後半 (小西, 私信) など、何度か大規模な標識放流が行われている。小川 (1963) によれば、戦前の標識再捕率は漁獲圧が低かったせいと戦後に比べて低いものの、1年を超える長期再捕が多かった。そのため、広域の分布回遊を調べるにはいまだ有用な情報が含まれているかもしれない。標識再捕データは回遊パターンだけでなく、漁獲圧の推定などにも利用できる (Kurota et al., 2009)。過去の標識データの利用可能性を検討する必要があるが、過去のデータを再解析することも一案だろう。

さらに、近年では本資源に対してもアーカイバルタグなどの電子標識が利用され始めた (Yasuda et al., 2015, 2018)。標識が高額であるため放流数が限られるという問題はあるが、標識魚が再捕されれば、詳細な回遊経路や周辺環境条件などについて、多くの情報が得られる。特に、本資源の場合、漁獲情報が限られる夏季の分布回遊に関する知見は限られている (長谷川ほか, 1991) が、電子標識はこの問題を解決する最適な方法である。電子標識の活用は、分布回遊の解明だけでなく、漁場形成やCPUEの解釈などにも新たな知見をもたらす可能性がある。

本資源の生態調査を進める上で現実的な障害の一つは、分布域が多国間にまたがるため、外国との調整がつかない場合、調査海域が自国に限られてしまうことである。例えば、本資源の東シナ海における産卵場は台湾及び中国沿岸にも及ぶが、それらの海域での調査は現在では難しくなっている。このような問題の解決のため、今後は関係国間で

の国際共同調査や共同研究の進展が不可欠である。

(3) 資源評価

資源評価における大きな課題の一つは、生態調査同様、外国船の漁獲情報が不足している点である。本資源は、中国や韓国などによっても漁獲されている。特に、中国漁船による漁獲の影響は大きいと思われるが、中国の漁獲量および漁獲努力量の具体的な数値が得られていないため、資源評価ではそれらの影響を考慮できていない。資源評価、管理に当たっては、漁獲量や漁獲努力量などの情報を各国間で共有する仕組みを早急に整備する必要がある。現在、日中漁業共同委員会において、共同資源評価の実施を日本側は提案しているが、具体的な進展はない。また、水産研究・教育機構では、東シナ海における外国漁船による漁獲努力量を独自に算定するため、2014年度より人工衛星夜間可視データを用いて外国漁船の動向を把握する取組みを行っている（黒田ほか、2019）。韓国は、魚種別の漁獲量を公表している（<http://www.fips.go.kr>, 2019年6月18日）。しかし、2016年7月以降、日韓漁業共同委員会で相互入漁条件に合意できないなど、漁業に関する協議が停滞しているため（永沢、2019）、詳細な漁獲情報の入手は難しいのが現状である。

日本の漁獲データについても、いくつか改善すべき点がある。一つは、マサバとゴマサバの漁獲量の分離が沿岸漁業では難しい点である。現在の資源評価では、沖合での大中型まき網漁業のマサバ・ゴマサバ割合を参考に、各県のさば類の漁獲量に県ごとにあらかじめ定めたマサバ・ゴマサバ割合（黒田ほか、2019）を掛けることで算定しているが、現実のマサバ・ゴマサバ割合は毎年変動すると考えられるため、この算定方法には限界がある。一つの解決策として、鹿児島県では主要水揚げ港で各船のマサバ・ゴマサバ割合を漁業協同組合が聞き取ることで、魚種別の正確な漁獲量が把握できるようになった。データ収集に使える予算及び人的資源には制約があるが、このような地道な取組みが系群全体に広がることが期待される。もちろん漁業者から魚種別の漁獲報告を直接得られれば、より効率的なデータ収集が可能になる（スマート水産業；http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29_h/trend/1/t1_1_4_4.html, 2019年6月18日）。

もう一つの問題として、年齢別の漁獲情報に関する不確実性が挙げられる。コホート解析では年齢別の漁獲尾数や資源量指標値を使っているが、これらを計算する際、銘柄などやや大雑把なサイズ情報を年齢に変換しているため、推定された年齢については不確実性が存在する。この問題を解決するためには、耳石による年齢査定や市場での体長データ収集の充実など、精度の高い年齢情報を効率よく収集する仕組みを構築する必要がある。また、別のアプローチとして、マサバ太平洋系群では年齢別漁獲尾数の観測誤差を考慮できる状態空間資源評価モデル（SAM: State-space

stock Assessment Model）による資源評価が検討されている（由上ほか、2019）。このアプローチを拡張すれば、体長-年齢変換の不確実性を考慮できる資源評価統合モデル（例えば Stock synthesis; Methot and Wetzel, 2013）を活用することも考えられる。

年齢に関する別の問題として、1年を暦年で集計するか、漁期年（本資源の場合、7月-翌年6月）で集計するかという問題もある。現在の水産研究・教育機構による本資源の資源評価は、暦年集計に基づいている（黒田ほか、2019）。向・黒田（2018）は漁期年集計に基づく本資源の資源評価を行い、漁期年集計では0歳魚の漁獲尾数が8割以上になること、推定された資源量の年変化は暦年集計と大きな差はないこと、漁期年集計の方が資源量の過大推定（後述）が起こりにくいが、稀に大きなバイアスを生むことなどを明らかにした。データの入手可能性などいくつか課題は残っているが、管理上の漁期との整合性の高さなど漁期年集計に基づく資源評価には利点も多い。

本資源の資源評価に関しては、最近年の資源量が過大推定される傾向にあると指摘されている（平松、未発表）。この分析によれば、過大推定はCPUE（資源量指標値）を使った漁獲死亡係数の推定（いわゆるチューニング）に起因しているようだ。さらに、チューニングがバイアスを生む原因として、近年のCPUEが見かけ上高くなっている可能性が挙げられている。資源量の増減以外に、漁船数の減少や操業海域の縮小など操業形態の歴史的变化がCPUEの解釈に影響を与えているのかもしれない。解決策として、漁獲効率の上昇などを資源評価モデルに導入することや、操業形態の変化を考慮してCPUEを標準化することなどが考えられる。また、漁業から独立した情報として、科学調査による資源量指標値の開発も必要であろう。

(4) 資源管理

本資源の管理の問題として、さば類のTACが本資源とマサバ太平洋系群、ゴマサバ太平洋系群、ゴマサバ東シナ海系群の4系群を合わせた「さば類」として設定されている点が挙げられる。マサバとゴマサバは同所的に分布することが多いため、選択的な漁獲が難しいという管理上の困難さがあるのは確かである。しかし、本資源の資源動態が他の3系群と同じであるとは考えにくいいため、それぞれの資源状態に応じて適切に管理する必要がある。2019年漁期より、TACは日本海側（対馬暖流・東シナ海系群）と太平洋側（太平洋系群）に分けて、海域別に設定されることになった（http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_koukan/attach/pdf/index-71.pdf, 2019年6月18日）。これにより管理に一定の改善が期待されるが、マサバとゴマサバを合わせたTACが設定されるという問題は残ったままである。

また、本資源に限らず、日本の沿岸資源共通の問題として、管理の目標が明確に定量化されていないという問題がある（市野川・渡邊、2018）。本資源は資源量が低位にあ

ると評価されているため、資源を早急に回復させることが推奨されているが、いつまでにどの水準に回復させるべきかということに関して、社会的に合意された目標がない。そのため、管理の効果については、評価が曖昧になる可能性がある。この問題に関して、2018年12月に漁業法が大幅に改正され、MSYが得られる資源量（Bmsy）を目標管理基準とすることが明記された。現在この新たな管理の実施に向けた検討が加速している。想定外の加入変動など資源管理では予想だにできなかったことが起こる場合がある（黒田ほか、2015）。社会的な混乱を避ける意味でも、事前に様々な事態を検討したうえで、新しい管理方策を導入する必要がある。

これまでの本資源の管理に関する議論は基本的に単一種管理を前提としているが、将来的には視点を広げて、複数種一括や生態系を考慮した管理についても考えてみる必要があろう（米崎・牧野、2016）。近年注目されている「漁業における生態系アプローチ」は、生態系を構成する生物・非生物・人類に関する知識やそれらの相互作用を考慮したうえで、漁業活動を多様な社会の目的にバランスさせることである（FAO, 2003）。そのためには生態系の動態を記述する生態系モデルによる検討が有効だが、本資源の場合、海洋環境の影響や生物間相互作用（被食-捕食関係、競争関係）の定量化など、その開発に向けての課題はまだ多い。近年複数の時系列データから因果関係を推定する解析手法の発展が目覚ましく、マイワシとカタクチワシの資源動態における種間相互作用や環境要因との関係の分析が進んでいる（Sugihara et al., 2012; Nakayama et al., 2018）。このようなアプローチも生態系の動態を理解する一助となるだろう。また、漁業活動の社会的な目的を論ずるのであれば、漁業を社会経済的観点から分析する必要もあるだろう。生態系アプローチに関する分析の一部は、水産研究・教育機構のSH“U”Nプロジェクトの中で本資源に関しても結果がまとめられた（水産研究・教育機構、2019）が、今後も分析を深める必要がある。本資源を漁獲する代表的な漁業である大中型まき網漁業は季節に応じて、マアジやゴマサバ、ブリ、クロマグロなどを漁獲することが知られ、さらに最近では東シナ海、日本海だけでなく、太平洋での操業許可も持つ船団が秋・冬季の一時期に太平洋で操業するようになってきている（永沢、2019）。操業の最適化、産業の持続性、生態系の持続可能性などの面から、どのような管理が望ましいのか幅広い利害関係者を交えた議論が必要であろう。

謝 辞

本稿の一部は、西海区水産研究所が主催したシンポジウム「東シナ海・日本海におけるサバ類の資源研究：現状と将来展望」（長崎市、2018年1月23日）での発表および議論に基づいている。運営や議論に協力いただいた出席者にお

礼申し上げます。また本報告について、有益な指摘とコメントを下された永澤亨博士と査読者に感謝申し上げます。

引用文献

- Bailey, K. M., L. Ciannelli, N. A. Bond, A. Belgrano and N. C. Stenseth (2005) Recruitment of walleye pollock in a complex physical and biological ecosystem: A new perspective. *Prog. Oceanogr.*, **67**, 24–42.
- Castonguay, M., S. Plourde, D. Robert, J. A. Runge and L. Fortier (2008) Copepod production drives recruitment in a marine fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **65**, 1528–1531.
- Chen, X. J., G. Li, B. Feng and S. Q. Tian (2009) Habitat suitability index of chub mackerel (*Scomber japonicus*) from July to September in the East China Sea. *J. Oceanogr.*, **65**, 93–102.
- Cheng, Q., Y. Zhu and X. Chen (2014) High polymorphism and moderate differentiation of chub mackerel, *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae), along the coast of China revealed by fifteen novel microsatellite. *Conserv. Genet.*, **15**, 1021–1035.
- Cheng, J., T. Yanagimoto, N. Song and T. Gao (2015) Population genetic structure of chub mackerel *Scomber japonicus* in the northwestern Pacific inferred from microsatellite analysis. *Mol. Biol. Rep.*, **42**, 373–382.
- 丘 臺生 (1999) 台湾的仔稚魚. 海洋生物本土性教材 (二). 国立海洋生物博物館籌備處, 高雄, 1–296.
- Collette, B. B. and C. E. Nauen (1983) FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the World. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., **125**, 1–137.
- Collette, B. B., C. Reeb and B. A. Block (2001) Systematics of the tunas and mackerels (Scombridae). In: Tuna: Physiology, ecology, and evolution. eds. B. A. Block & E. D. Stevens, Academic Press, San Diego, CA., 1–33.
- 江波澄雄 (1958) サバの成熟と産卵生態. 「対馬暖流開発調査報告書」, 水産庁, **4**, 39–50.
- FAO (2003) Fisheries Management-2. The Ecosystem Approach to Fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 4, Suppl. 2., Rome, 112 pp.
- FAO (2018) Fishery and Aquaculture Statistics. Global Capture Production 1950–2016 (Release date: March 2018).
- 福若雅章・由上龍嗣・大下誠二・黒田啓行・高橋素光・永沢 亨 (2017) 「日中暫定措置水域を中心とする東シナ海のマサバ系群に関する共同研究」日本側報告書. 第6回マサバの共同資源研究に係るワーキンググループ (第15回日中海洋生物資源専門家小委員会).
- Gao, F., X. J. Chen, W. J. Guan and G. Li (2016) A new model to forecast fishing ground of *Scomber japonicus* in the Yellow Sea and East China Sea. *Acta Oceanol. Sin.*, **35**, 74–81.
- 長谷川誠三 (1989) Cohort analysisによるマサバ資源解析の妥当性. 日本海ブロック試験研究集録, **16**, 27–35.
- 長谷川誠三・永澤 亨・渡辺まゆみ (1991) 標識放流再捕結果からみたマサバの分布と移動. 日水研研報, **41**, 1–10.
- 林 周・道津光生・太田雅隆 (1995) 耳石によるカサゴの年齢査定における横断面法と表面法の信頼性の比較. 日水誌, **61**, 1–5.
- Hiyama, Y., M. Yoda and S. Ohshimo (2002) Stock size fluctuations in chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the East China Sea and the Japan/East Sea. *Fish. Oceanogr.*, **11**, 347–353.
- Huh, S.-H., J. M. Park and G.-W. Baeck (2006) Feeding habits of Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the Southern Sea of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, **39**, 35–41.

- Hwang, K. and S. Jung (2012) Decadal changes in fish assemblages in waters near the Ieodo ocean research station (East China Sea) in relation to climate change from 1984 to 2010. *Ocean Sci. J.*, **47**, 83–94.
- Ichinokawa, M., H. Okamura and H. Kurota (2017). The status of Japanese fisheries relative to fisheries around the world. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**, 1277–1287.
- Ichinokawa M., H. Okamura, K. Oshima, K. Yokawa and Y. Takeuchi (2014) Spatiotemporal catch distribution of age-0 Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* caught by the Japanese troll fishery in relation to surface sea temperature and seasonal migration. *Fish. Sci.*, **80**, 1181–1191.
- Ichinokawa M., H. Okamura, C. Watanabe, A. Kawabata and Y. Oozeki (2015) Effective time closures: Quantifying the conservation benefits of input control for the Pacific chub mackerel fishery. *Ecol. Appl.*, **25**, 1566–1584.
- 市野川桃子・渡邊千夏子 (2018) 総論：管理目標を見据えた我が国の新しい資源評価と管理。月刊海洋, **50**, 439–443.
- 飯塚景記 (1967) 東北海区に來遊するマサバの年齢と成長について。東北水研研報, **27**, 21–40.
- 飯塚景記・濱崎清一 (1983) 日本海南西海域から東シナ海におけるマサバの生態-I. 漁場の変遷と漁獲量変動。西水研研報, **60**, 31–55.
- 飯塚景記・濱崎清一 (1986) 日本海南西海域から東シナ海におけるマサバの生態-II. 漁場群別の生物特性。西水研研報, **63**, 15–48.
- Jung, S., I.-C. Pang, J.-h. Lee, I. Choi and H. K. Cha (2014) Latitudinal shifts in the distribution of exploited fishes in Korean waters during the last 30 years: A consequence of climate change. *Rev. Fish Biol. Fisher.*, **24**, 443–462.
- Kamimura, Y., M. Takahashi, N. Yamashita, C. Watanabe and A. Kawabata (2015) Larval and juvenile growth of chub mackerel *Scomber japonicus* in relation to recruitment in the western North Pacific. *Fish. Sci.*, **81**, 505–513.
- Kaneko, H., T. Okunishi, T. Seto, H. Kuroda, S. Itoh, S. Kouketsu and D. Hasegawa (2019) Dual effects of reversed winter–spring temperatures on year-to-year variation in the recruitment of chub mackerel (*Scomber japonicus*). *Fish. Oceanogr.*, **28**, 212–227.
- 笠原 昊・伊東英世 (1953) 「サバの生態」. 漁業科学叢書, 第7号, 水産庁調査研究部, 東京, 131 pp.
- 川島時英・石井光廣・片山知史 (2017) 耳石横断薄片法を用いたマサバの年齢査定の有効性。水産技術, **9**, 45–51.
- 木村喜之助 (1953) サバの回遊路 (サバ標識放流試験結果)。日水誌, **19**, 415–423.
- 岸田周三 (1986) マサバ。〔東シナ海・黄海のさかな〕. 山田梅芳・田川 勝・岸田周三・本庄康至編, 西海区水産研究所, 長崎, 260–261.
- 見島俊平 (1962) 隠岐島近海で標識したマサバの移動について。日水誌, **28**, 17–25.
- 近藤恵一 (1966) サバ属魚類の成長-II マサバの鱗による年齢査定法。東海水研研報, **47**, 31–49.
- 小西芳信・陳 衛忠・大下誠二・孟 田湘 (2001) マサバの生物・生態特性。〔東シナ海・黄海主要資源の生物・生態特性—日中間の知見の比較〕. 西海区水産研究所, 長崎, 191–202.
- Ku, J. F. and W. N. Tzeng (1985) Age and growth of common mackerel (*Scomber japonicus*) in the waters of northeastern Taiwan, with particular reference subpopulation discrimination. *J. Fish. Soc. Taiwan*, **12**, 1–11.
- Kurota, H., M. K. McAllister, G. L. Lawson, J. I. Nogueira, S. L. H. Teo and B. A. Block (2009) A sequential Bayesian methodology to estimate movement and exploitation rates using electronic and conventional tag data: Application to Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **66**, 321–342.
- 黒田啓行 (2016) 2. 気候と漁業—我が国資源のレジームシフト—. 日水誌, **82**, 966.
- 黒田啓行・境 磨・高橋紀夫・伊藤智幸 (2015) TACを算定する新しいアプローチ：ミナミマグロの管理方式の開発と運用。水産海洋研究, **79**, 297–307.
- 黒田啓行・依田真里・安田十也・鈴木 圭・竹垣草世香・佐々千由紀・高橋素光 (2019) 平成30 (2018) 年度マサバ対馬暖流系群の資源評価。平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構。
- Li, G., X. Chen, L. Lei and W. Guan (2014a) Distribution of hotspots of chub mackerel based on remote-sensing data in coastal waters of China. *Int. J. Remote Sens.*, **35**, 4399–4421.
- Li, Y., X. Chen, C. Chen, J. Ge, R. Ji, R. Tian, P. Xue and L. Xu (2014b) Dispersal and survival of chub mackerel (*Scomber japonicus*) larvae in the East China Sea. *Ecol. Model.*, **283**, 70–84.
- Limbong, D., K. Hayashi and Y. Matsumiya (1988) Length cohort analysis of common mackerel *Scomber japonicus*, Tsushima Warm Current stock. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, **66**, 119–133.
- Limbong, D., K. Hayashi and K. Shirakihara (1991) Seasonal distribution and migration of the common mackerel in the southwestern Japan Sea and the East China Sea. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **57**, 63–68.
- 町中 茂 (1960) 日本海における1952～1959年のサバ標識放流調査結果について。日水研年報, **6**, 105–126.
- 松井 魁・前田 弘 (1958) マサバの食性。対馬暖流開発調査報告書, **4**, 92–105.
- 松下友成・伊東英世 (1952) サバとブリの標識再捕記録。漁業科学叢書, 第5号, 水産庁調査研究部, 東京, 47 pp.
- 松下吉樹 (2013) 東シナ海で行われている浮魚漁獲技術について。西海ブロック漁海況調査研究報告, **20**, 1–6.
- Methot, R. D. and C. R. Wetzel (2013) Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fish. Res.*, **142**, 86–99.
- 森脇晋平・宮邊 伸 (2012) 日本海南西沿岸海域におけるマサバの摂餌生態。鳥根水技七研報, **4**, 39–44.
- 向(竹垣)草世香・黒田啓行 (2018) 暦年集計と漁期年集計にもとづく資源評価の比較：マサバ対馬暖流系群を事例として。水産海洋研究, **82**, 14–25.
- 村上子郎・早野孝教 (1956) 本邦近海産サバの背部担鰭骨数について。日水誌, **21**, 1000–1006.
- 永沢 亨 (2019) 東シナ海・黄海の漁業資源 (総説)。平成30年度国際漁業資源の現況, **66**, 1–7.
- Nakayama, S.-I., A. Takasuka, M. Ichinokawa and H. Okamura (2018) Climate change and interspecific interactions drive species alternations between anchovy and sardine in the western North Pacific: Detection of causality by convergent cross mapping. *Fish. Oceanogr.*, **27**, 312–322.
- 日中マサバ共同研究作業部会 (2017) 日中暫定措置水域を中心とする東シナ海のマサバ系群に関する共同研究報告。第6回マサバの共同資源研究に係るワーキンググループ (第15回日中海洋生物資源専門家小委員会)。
- 西田 宏・和田時夫・大関芳沖・瀬崎啓次郎・斉藤真美 (2001) 卵径によるさば属卵の種判別の可能性。日水誌, **67**, 102–104.
- 西村三郎 (1959) 1958年新潟県沿海で漁獲されたマサバの餌料と摂餌生態。日水研年報, **5**, 77–87.
- 農林水産省大臣官房統計部 (2019) 平成30年漁業・養殖業生産統計。東京, 53 pp.
- 農林水産省国際部 (2019) 農林水産物輸出入概況2018年 (平成30年)。東京, 58 pp.
- 小川信次 (1963) 標識放流試験によるアジ・サバ類資源の研究I. 「東シナ海アジ・サバ漁業対策調査研究報告第1号」水産庁調査研究部・西海区水産研究所, 105–114.
- 大川 浩 (1975) 東シナ海および日本海南西海域における大中型まき網の漁獲物による標識放流結果について-I. マサバの標識放流について。西水研研報, **47**, 15–50.
- Ohshimo, S. (2004) Spatial distribution and biomass of pelagic fish in the

- East China Sea in summer, based on acoustic surveys from 1997 to 2001. *Fish. Sci.*, **70**, 389–400.
- Ohshimo, S., H. Tanaka, K. Nishiuchi and T. Yasuda (2015) Trophic positions and predator-prey mass ratio of the pelagic food web in the East China Sea and Sea of Japan. *Mar. Freshwater Res.*, **67**, 1692–1699.
- 大内 明 (1978) 九州西、対馬東沖におけるマサバの年齢と成長について. *西水研研報*, **51**, 97–110.
- 大内 明・濱崎清一 (1979) 日本海西部・東シナ海におけるマサバの系統群. *西水研研報*, **53**, 125–152.
- 岡地伊佐雄 (1955) マサバの年齢と成長 (第1報). 対馬暖流開発調査第2回シンポジウム発表論文集, 143–146.
- 岡田弥一郎・松原喜代松 (1938) 「日本産魚類検索」. 三省堂, 東京・大阪, 584 pp.
- 大関芳沖 (2014) 卵稚仔, プランクトンのモニタリング. 「水産海洋学入門 海洋生物資源の持続的利用」水産海洋学会編, 講談社, 東京, 46–52.
- Ozawa, T. (1984) The postlarvae of spotted mackerel *Scomber australasicus* CUVIER (Pisces, Scombridae). *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 1317–1321.
- 小沢貴和・河合一彦・魚谷逸朗 (1991) 数量化I類によるマサバ仔魚の消化管内容物分析. *日水誌*, **57**, 1241–1245.
- Robert, D., M. Castonguay and L. Fortier (2007) Early growth and recruitment in Atlantic mackerel: discriminating the effects of fast growth and selection for fast growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **337**, 209–219.
- 桜本和美 (1998) 漁業管理のABC—TAC制がよくわかる本一. 成山堂書店, 東京, 200 pp.
- 佐野 蘊・田村真樹 (1958) 石狩湾近域のマサバ卵の分布と産卵親魚の漁況. 水産庁対馬暖流開発調査報告書, **2**, 66–75.
- 佐野 蘊・田村真樹・飯塚 篤 (1956) 北海道西岸のマサバ卵の分布とそれよりみた産卵場の環境の考察. *北水研研報*, **14**, 35–56.
- 佐々千由紀・小西芳信 (2014) サバ属. 「日本産稚魚図鑑 第二版」沖山宗雄編, 東海大学出版会, 秦野, 1386–1391.
- 佐々千由紀・斉藤真美・北村 徹・小西芳信・塚本洋一 (2014) マサバとゴマサバ仔魚の黒色素胞形成および体形の比較: 形態による種同定の再検討. *水産海洋研究*, **78**, 36–44.
- Sassa, C., Y. Tsukamoto and Y. Konishi (2008) Diet composition and feeding habits of *Trachurus japonicus* and *Scomber* spp. larvae in the shelf break region of the East China Sea. *Bull. Mar. Sci.*, **82**, 137–153.
- 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.
- Shimomura, T. and H. Fukataki (1957) On the year around occurrence and ecology of eggs and larvae of the principal fishes in the Japan Sea-I. *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **6**, 155–290.
- Shiraishi, T., S. D. Ketkar, Y. Katoh, M. Nyuji, A. Yamaguchi and M. Matsuyama (2009) Spawning frequency of the Tsushima Current subpopulation of chub mackerel *Scomber japonicus* off Kyushu, Japan. *Fish. Sci.*, **75**, 649–655.
- Shiraishi, T., K. Okamoto, M. Yoneda, T. Sakai, S. Ohshimo, S. Onoe, A. Yamaguchi and M. Matsuyama (2008) Age validation, growth and annual reproductive cycle of chub mackerel *Scomber japonicus* off the waters of northern Kyushu and in the East China Sea. *Fish. Sci.*, **74**, 947–954.
- 宋 政憲 (2005) 韓国のTAC管理—大型まき網漁業を中心に—. 「TAC制度下の漁業管理」小野征一郎編, 農林統計協会, 東京, 214–226.
- Sugihara, G., R. May, H. Ye, C. H. Hsieh, E. Deyle, M. Fogarty and S. Munch (2012) Detecting causality in complex ecosystems. *Science*, **338**, 496–500.
- 水産庁研究部・北海道水産研究所・東北水産研究所・東海区水産研究所・南西海区水産研究所・西海区水産研究所・日本海区水産研究所・遠洋水産研究所 (1981) 我が国200カイリ水域内漁業資源調査結果報告書. 1–314.
- 水産庁水産業関係試験研究推進会議マサバ・ゴマサバ判別マニュアル作成ワーキンググループ (1999) 「マサバ・ゴマサバ判別マニュアル」. 中央水産研究所, 横浜, 32 pp.
- 水産研究・教育機構 (2019) SH“U”Nプロジェクト評価結果 マサバ東シナ海. 1–82.
- 鈴木 淳・村田理恵 (2011) わが国におけるアニサキス症とアニサキス属幼線虫. 東京都健康安全研究センター研究年報, **62**, 13–24.
- Takahashi, M., C. Sassa, K. Nishiuchi and Y. Tsukamoto (2016) Interannual variations in rates of larval growth and development of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) in the East China Sea: Implications for juvenile survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **73**, 155–162.
- Takahashi, M., C. Sassa and Y. Tsukamoto (2012) Growth-selective survival of young juvenile jack mackerel *Trachurus japonicus* during transition from pelagic to demersal habitats in the East China Sea. *Mar. Biol.*, **159**, 2675–2685.
- 田中寛繁・依田真里・由上龍嗣・大下誠二 (2012) 東シナ海におけるあじ・さば類の食性—餌生物としての魚類マイクロネクトンの重要性—. 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 188.
- Thorson, J. T., M. D. Scheuerell, A. O. Shelton, K. E. See, H. J. Skaug and K. Kristensen (2015) Spatial factor analysis: a new tool for estimating joint species distributions and correlations in species range. *Methods Ecol. Evol.*, **6**, 627–637.
- 樋泉岳二 (2006) 魚貝類遺体群からみた三内丸山遺跡における水産資源利用とその古生態学的特徴. *植生史研究 特別第2号*, 121–138.
- 辻田時美 (1961) 西日本海域浮魚漁業資源及び海洋研究10年の成果と今後の問題点. *西水研研報*, **21**, 1–28.
- Tzeng, T.-D., H.-L. Huang, D. Wang and S.-Y. Yeh (2007) Genetic diversity and population expansion of the common mackerel (*Scomber japonicus*) off Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, **34**, 237–245.
- Wang, Y., J. Zheng and Y. Cungen (2014) Stock assessment of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the central East China Sea based on length data. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **94**, 211–217.
- 渡邊千夏子 (2010) マサバ太平洋系群の繁殖特性の変化とその個体群動態への影響. *水産海洋研究*, **74**, 46–50.
- Watanabe, C. and A. Yatsu (2004) Effects of density-dependence and sea surface temperature on interannual variation in length-at-age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio area during 1970–1997. *Fish. Bull.*, **102**, 196–206.
- 渡部泰輔 (1970) マサバの発育初期における形態・生態ならびに資源変動に関する研究. *東海水研研報*, **62**, 1–283.
- 矢部 博 (1953) ゴマサバ *Scomber tapeinocephalus* と推定される後期仔魚と稚魚 (予報). *南海水研業績集*, **1**, 1–5.
- 山田東也・渡邊達郎 (2011) マアジ対馬暖流系群 (海洋環境変動分析調査). 「平成23年度資源変動要因分析調査課題報告書」, 水産庁・水研センター, 52–53.
- 山田梅芳・堀川博史・中坊徹次・時村宗春 (2007) マサバ. 「東シナ海・黄海の魚類誌」山田梅芳・堀川博史・中坊徹次・時村宗春編, 東海大学出版会, 秦野, 972–979.
- 山下秀夫 (1957) 九州西海域に於けるイワシ, アジ, サバ類の餌料の相互関係について. *西水研研報*, **11**, 45–53.
- Yan, S., G. Catanese, C. L. Brown, M. Wang, C. Yang and T. Yang (2015) Phylogeographic study on the chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Northwestern Pacific indicates the late Pleistocene population isolation. *Mar. Ecol.*, **36**, 753–765.
- Yasuda, T., N. Nagano and H. Kitano (2018) Diel vertical migration of chub mackerel: preliminary evidence from a biologging study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **598**, 147–151.
- Yasuda, T., N. Nagano, H. Kitano, H. Ohga, T. Sakai, S. Ohshimo and M.

- Matsuyama (2015) Tag attachment success can be temperature dependent: a case study of the chub mackerel *Scomber japonicus*. Anim. Biotelem., **3**, 1–8.
- Yasuda, T., R. Yukami and S. Ohshimo (2014) Fishing ground hotspots reveal long-term variation in chub mackerel *Scomber japonicus* habitat in the East China Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., **501**, 239–250.
- Yatsu, A. (2019) Review of population dynamics and management of small pelagic fishes around the Japanese Archipelago. Fish. Sci., **85**, 611–639.
- 米崎史郎・牧野光琢 (2016) 生態系管理の考え方. 「魚たちとワシントン条約」中野秀樹・高橋紀夫編, 文一総合出版, 東京, 121–133.
- Yoon, S.-J., D.-H. Kim, G.-W. Baek and J.-W. Kim (2008) Feeding habits of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the South Sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., **41**, 26–31.
- Yu, W., A. Guo, Y. Zhang, X. Chen, W. Qian and Y. Li (2018) Climate-induced habitat suitability variations of chub mackerel *Scomber japonicus* in the East China Sea. Fish. Res., **207**, 63–73.
- 由上龍嗣・西嶋翔太・井須小羊子・渡邊千夏子・上村泰洋・古市生 (2019) 平成30 (2018) 年度マサバ太平洋系群の資源評価. 平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構.
- 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.
- Zeng, L., Q. Cheng and X. Chen (2012) Microsatellite analysis reveals the population structure and migration patterns of *Scomber japonicus* (Scombridae) with continuous distribution in the East and South China Sea. Biochem. Syst. Ecol., **42**, 83–93.
- Zhu, Y., Q. Cheng and S. M. Rogers (2016) Genetic structure of *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae) along the coast of China revealed by complete mitochondrial cytochrome *b* sequences. Mitochondrial DNA Part A, **27**, 3828–3836.