

## 富山県で漁獲されるマルソウダの生物学的特徴と 日本海沿岸海域における漁獲傾向

南條暢聡<sup>1a†</sup>, 船越裕紀<sup>2</sup>, 寺門弘悦<sup>3</sup>

### Biology of bullet tuna *Auxis rochei* caught in Toyama Prefecture and catches in Japanese coastal areas of the Sea of Japan

Nobuaki NANJO<sup>1a†</sup>, Yuki FUNAKOSHI<sup>2</sup> and Hiroyoshi TERAKADO<sup>3</sup>

マルソウダは主に太平洋側で漁獲される魚種だが、富山県は日本海側としては例外的に漁獲量が多い。近年、富山県の漁獲量は減少傾向となっているが、日本海における本種の資源生態的情報は極めて乏しく、要因について検証を行うことが困難な状況となっている。そこで、本研究は日本海におけるマルソウダの生物学的特徴を整理するとともに、各府県の漁獲傾向からその回遊動向を推定することを目的とした。富山県では、夏季に尾叉長30–35 cm台の個体群が出現し、秋季に22 cm台をモードとした当歳魚がこれに加わる特徴があった。夏季に漁獲された個体群は成熟しており、富山県沿岸海域で産卵を行っていると考えられた。一方、各府県の漁獲傾向から、マルソウダは日本海で夏季の北上回遊と秋季の南下回遊を行っており、南下回遊時には、富山湾内へ移入してくる個体群と、湾外を能登半島から南西海域へ移動する個体群が存在することが示唆された。

キーワード：マルソウダ、漁獲量、成熟、回遊、富山県、日本海

Bullet tuna *Auxis rochei*, which is primarily caught in the Pacific coastal area of Japan, exceptionally is caught in large amounts in Toyama Prefecture, but the catches have decreased in recent years. It is difficult to investigate the cause of the decline in catches off Toyama, since studies of *A. rochei* in the Sea of Japan are scarce and fragmented. Thus, in this study, the biology of *A. rochei* in the Sea of Japan was investigated using samples caught off Toyama. Additionally, the migration pattern was also inferred from commercial catches from several prefectures along the Japan Sea coast. In Toyama Prefecture, *A. rochei* in the size classes of 30–35 cm FL were caught in summer, and then recruitment of the age 0 group with the mode of 22 cm FL occurred in autumn. *Auxis rochei* caught off Toyama Prefecture in summer were mature, suggesting that the coastal area of Toyama is one of the spawning areas of *A. rochei* in the Sea of Japan. Data of commercial catches in some prefectures showed both a northward migration in summer and a southward migration in autumn in the Sea of Japan. It seems that *A. rochei* migrate into Toyama Bay or from the Noto Peninsula to the southwestern Sea of Japan during the southward migration in autumn.

**Key words:** *Auxis rochei*, catch, mature, migration, Toyama Prefecture, Sea of Japan

2019年5月27日受付, 2019年10月10日受理

<sup>1</sup> 富山県農林水産総合技術センター水産研究所, 〒936–8536 富山県滑川市高塚364

Toyama Prefectural Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center, Fisheries Research Institute, 364 Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936–8536, Japan

<sup>a</sup> 現所属：富山県農林水産公社氷見栽培漁業センター, 〒935–0411 富山県氷見市姿15–1

Toyama Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Public Corporation, Himi Sea Farming Center, 15–1 Sugata, Himi, Toyama 935–0411, Japan

<sup>2</sup> 京都府農林水産技術センター海洋センター, 〒626–0052 京都府宮津市字小田宿野1029–3

Fisheries Technology Department, Kyoto Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center, 1029–3 Odasyukuno, Miyazu, Kyoto 626–0052, Japan

<sup>3</sup> 島根県水産技術センター, 〒697–0051 島根県浜田市瀬戸ヶ島町25–1

Shimane Prefectural Fisheries Technology Center, 25–1 Setogashima, Hamada, Shimane 697–0051, Japan

† glshrimp@gmail.com; nobuaki.nanjo@pref.toyama.lg.jp

## はじめに

マルソウダ *Auxis rochei* は、全世界の熱帯から温帯海域にかけて分布する表層性のサバ科ソウダガツオ属の魚である(中村, 1984)。マルソウダは、地中海諸国等では主に小規模沿岸漁業によって漁獲されており(Collette and Nauen, 1983; Sabatés and Recasens, 2001)、また、インドやフィリピン等のアジア諸国でも漁獲されている(Yesaki and Arce, 1994; Jasmine et al., 2013)。

日本近海にもマルソウダは分布しているが、同じソウダガツオ属のヒラソウダ *A. thazard* も分布しており(中村, 1984)、農林統計ではその両種を合わせてソウダガツオ類として集計されている(梶, 2015)。ソウダガツオ類の都道府県別漁獲量は、全国漁獲量の約40%を占める高知県を筆頭に太平洋側の各県で多い傾向があるが、日本海側の富山県では例外的に漁獲量が多く、高知県に次ぐ漁獲量となる年もある(梶, 2015; 南條, 2017)。その他に日本海側では、鳥根県、京都府、石川県でも漁獲量が多いが、富山県より北側に位置する新潟県、山形県、秋田県では漁獲量が少ない([http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2019年8月13日)。なお、梶(2015)は、高知県で2010–2013年に実施した漁獲量調査において、ソウダガツオ類のうち98%以上がマルソウダであったことを報告し、南條(2017)も富山県で漁獲されるソウダガツオ類のほとんどがマルソウダであるとしている。また、ソウダガツオ類の都道府県別漁獲量を調べた堀田(1955)は、ヒラソウダの漁獲はマルソウダに比べて著しく少なく、すべてをマルソウダとしても問題ないとしている。

日本近海におけるマルソウダの生態学的特徴について、太平洋側の海域では、夏季に日本付近の海域で生まれた夏季発生群と、冬季にフィリピン近海等の南方海域で生まれた冬季発生群の、二つの発生群が来遊する(新谷, 2001b)。両発生群は、夏季に北上回遊を行い、一部は東北海域にまで分布を広げるが、秋季には南下回遊に変わり、潮岬以南の海域で越冬することが報告されている(新谷, 1999)。これらの回遊生態に関する知見は、高知県における定置網の漁獲変動要因を考察するうえでも参考とされている(林, 2014)。日本海側については分布に関する報告があり、Tanaka et al. (2007)は、9月に鳥取県から石川県の沖合海域で尾叉長13–29 cmのソウダガツオ属を多数採集し、そのほとんどがマルソウダであったとし、Mohri et al. (2016)は、8月に山口県から鳥取県の沖合海域で尾叉長2–35 cmのマルソウダを採集した。また、沖山(1965)および沖山(1974)は、ソウダガツオ属の仔稚魚が佐渡島北方海域で8月、佐渡海峡で8–9月に採集され、後者については新潟近海で8月頃に生まれた個体群である可能性を指摘した。北河ほか(1995)は、7–8月に山口県西部から男鹿半島沖合にかけて調査を行い、日本海西部を中心に調査海域のほぼ全域でソウダガツオ属仔稚魚を採集した。ソウダガツオ

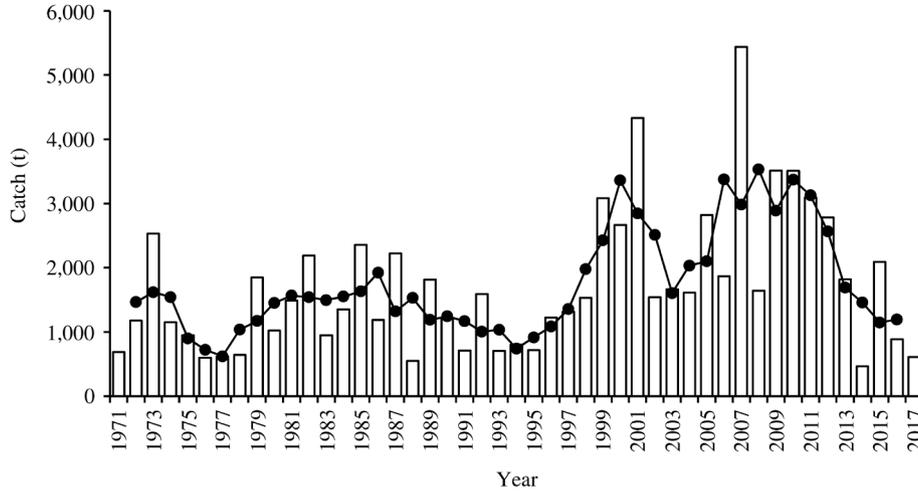
属にはマルソウダとヒラソウダが含まれるが、日本での漁獲傾向(堀田, 1955)やTanaka et al. (2007)の結果から、これらの報告も主にマルソウダの分布を反映していると思われる。なお、日本海におけるマルソウダの産卵期については、生殖腺が発達したマルソウダが山口県沖合海域で採集された報告はあるが(Mohri et al., 2016)、その情報は極めて少ない。また、日本海におけるマルソウダの回遊生態については不明である。

富山県では、県西部を中心に主に定置網でマルソウダが漁獲されている。ソウダガツオ類としての漁獲量は県内総漁獲量の約2.3–23.0%を占め、同年間産出額は約60–200百万円となっており(富山県, 2018)、秋季における重要な漁獲対象種である(南條, 2017)。富山県における年間漁獲は、1999年から2001年にかけて急増し、その後も漁獲量が多い年が断続的にみられ、2007年には5,000 tを超える漁獲量を記録した(Fig. 1)。しかし、2010年を境に減少傾向となり、2014年には500 tを下回る漁獲量となった。漁獲量のこのような減少について、富山県では定置網による漁獲が主体であるため、漁獲努力量の変化による影響は少なく、資源状況や来遊量の変化を反映している可能性がある。しかし、漁獲量変動要因を明らかにするために重要な日本海側におけるマルソウダの生物学的知見は、太平洋側に比べて非常に少なく、採集調査による断片的な分布に関する情報に限られている。そこで、本研究では、これまで報告されてきたマルソウダの日本海における分布の特徴を説明するため、その産卵期についての調査を行い、また、日本海側の各府県の漁獲傾向から本種の回遊動向についても分析し、富山県での漁獲量変動要因を解明するために必要なマルソウダの生物学的特徴を整理することを目的とした。

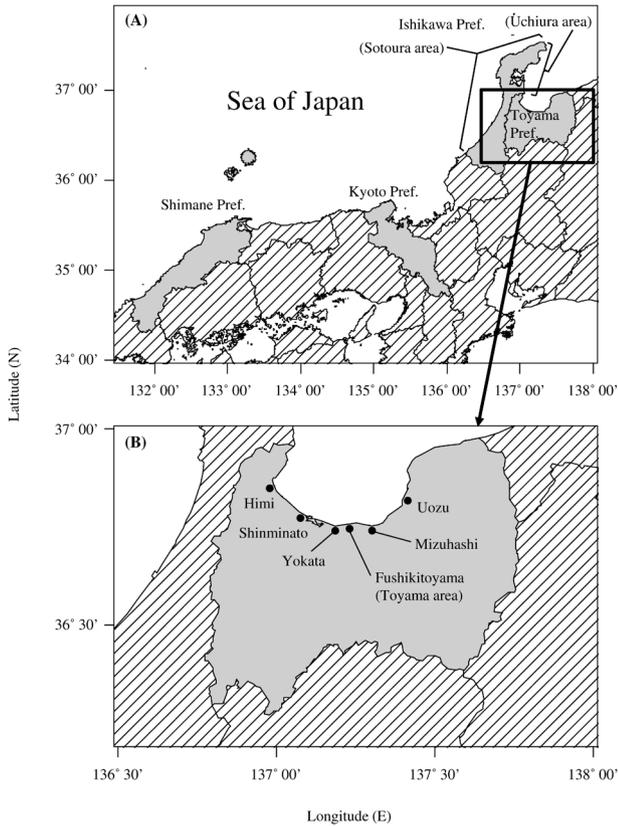
## 材料と方法

富山県内におけるマルソウダの漁獲傾向を把握するため、1971–2017年までの年別漁獲量を富山農林水産統計年報および富山県水産情報システムで抽出して集計した。また、1998–2015年については月別漁獲量の集計も行った。なお、本研究では4月から翌年3月までの合計漁獲量を年別漁獲量として扱った。

県内で漁獲されたマルソウダを調査するため、氷見漁港、新湊漁港、四方漁港、伏木富山港(富山地区)、水橋漁港、魚津港にある各市場において(Fig. 2)、2013–2017年に水揚げされた個体の測定調査を実施した。測定は月1–8回の頻度で行い、各市場でタンクに入れられた個体や並べられた個体を無作為に抽出し、メジャーを用いて尾叉長を計測した。また、2016–2017年については、新湊漁港に水揚げされマルソウダを月1–3回の頻度でサンプリングし(1回あたり最大30個体)、研究所内において尾叉長、体重、生殖腺重量、胃内容物重量の測定および雌雄の判別を行った(4–5, 8, 2–3月は漁獲量が少なかったためサンプリングを



**Figure 1.** Annual catches from April to March of *Auxis rochei* in Toyama Prefecture. Solid circles indicate the 3-year moving average of annual catches.



**Figure 2.** Prefectures (shaded areas) from which fisheries catch data of *Auxis rochei* were obtained (A). Fishing ports (solid circles) where *A. rochei* was investigated in Toyama Prefecture (B).

実施できなかった). なお, 成熟度についても調査を行うため, 新谷 (2001b) を参考にして以下の式により個体ごとに生殖腺重量指数 (GSI) を計算した.

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

ここで,  $GW$  は生殖腺重量 (g),  $BW$  は体重 (g),  $SW$  は胃内容物重量 (g) とした.

日本海におけるマルソウダの漁獲傾向を調査するため, 日本海側でソウダガツオ類の漁獲量が多い島根県, 京都府, 石川県について, 島根県水産技術センター, 京都府農林水産技術センター海洋センターおよび石川県水産総合センターで集計された, 1998–2015年までの月別漁獲量を利用した. なお, 石川県については, 能登半島の外側 (富山湾外) と内側 (富山湾内) で漁獲傾向が異なる可能性が考えられたことから, 輪島地区以西の富山湾外を外浦地区, 残りの富山湾内を内浦地区として集計した (Fig. 2). 集計されたデータの中にはヒラソウダも含まれているが, マルソウダに比べてその量は少ないと考えられることから, 本研究では全てマルソウダの漁獲量とした. なお, 得られた各府県および前述した富山県の月別漁獲量データについては, ばらつきが大きかったため, 以下の式により月別漁獲量の標準化を行った.

$$SMC_{it} = \frac{(MC_{it} - MA_t)}{SD_t} \quad (2)$$

ここで,  $SMC_{it}$  は  $t$  年  $i$  月の標準化漁獲量,  $MC_{it}$  は  $t$  年  $i$  月の漁獲量 (kg),  $MA_t$  は  $t$  年の月別平均漁獲量 (kg),  $SD_t$  は  $t$  年の月別漁獲量の標準偏差とした. これらの標準化漁獲量から各府県の漁獲盛期を特定するため, 以下の式により各月標準化漁獲量間のユークリッド距離を計算し, ウォード法を用いてクラスター分析を府県別に行った.

$$E_{ij} = \sqrt{\sum_{n=1998}^{2015} (m_{ni} - m_{nj})^2} \quad (3)$$

ここで、 $E_{ij}$ は*i*月と*j*月の標準化漁獲量のユークリッド距離、 $m_{ni}$ および $m_{nj}$ は*n*年*i*月および*j*月の標準化漁獲量とした。クラスター分析にはフリーソフトウェアR ver.3.44 (R Core Team, 2018)を用いた。

マルソウダの漁獲海域における海水温の季節変化を調べるため、気象庁ホームページにおいて公開されている「海面水温の長期変化傾向」の「日本海南西部」海面水温データ ([http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a\\_1/japan\\_warm/japan\\_warm.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html), 2019年8月6日)を利用した。データは1998年から2015年までの期間とし、公表されている季節別の平年差と平年値から各年における海面水温値を計算した。なお、各季節は、春季は4-6月、夏季は7-9月、秋季は10-12月、冬季は1-3月とされている。

## 結 果

### 富山県におけるマルソウダの月別漁獲量と体長組成

富山県で1998-2015年に漁獲されたマルソウダの月別平均漁獲量を Fig. 3 に示した。富山県では4-6月の漁獲量は非常に少なかったが (0.5 t以下)、7-9月にかけて漁獲量が増

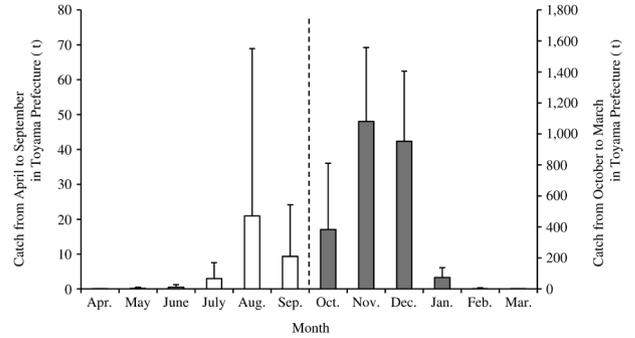


Figure 3. Monthly average catches of *Auxis rochei* from 1998 to 2015 in Toyama Prefecture. White and gray bars indicate the catch from April to September and October to March, respectively. Error bars show standard deviations of monthly catch.

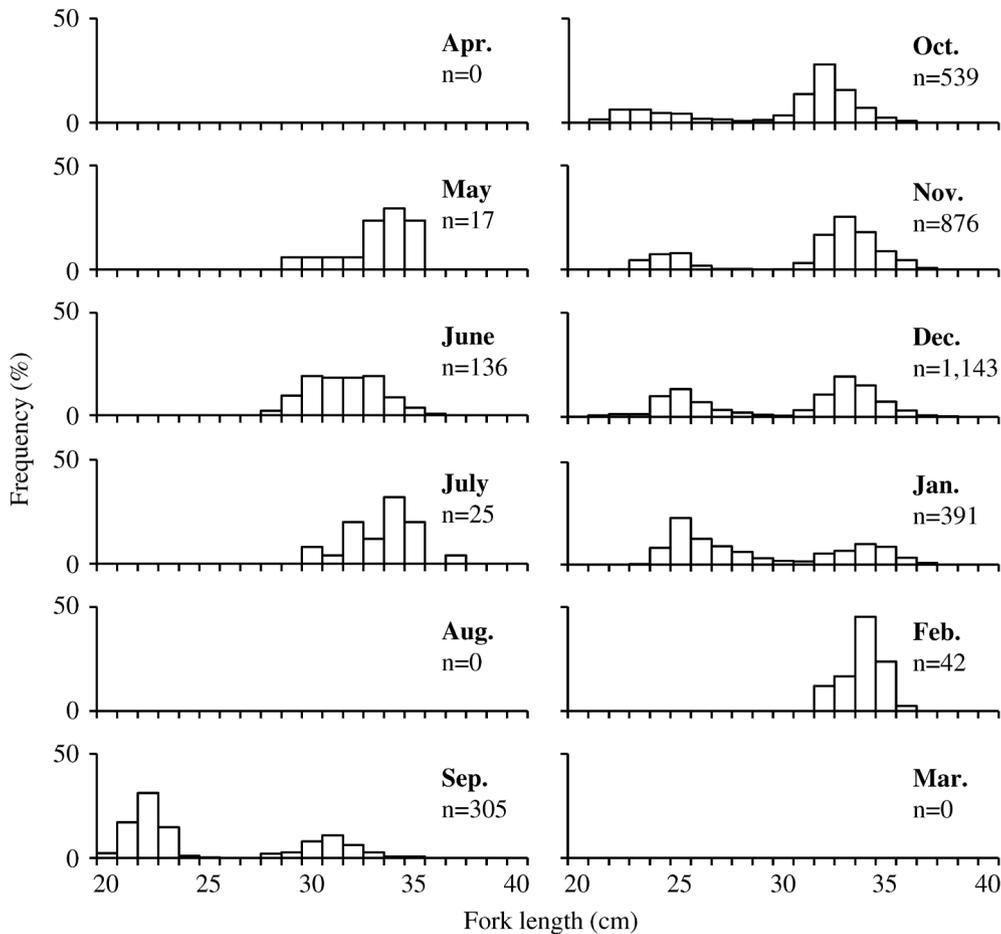
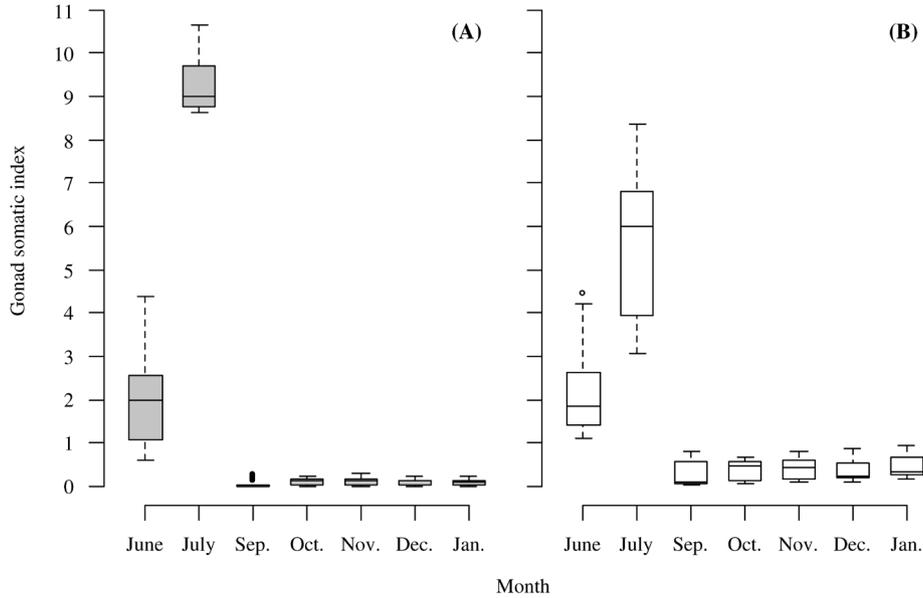


Figure 4. Monthly frequency distributions of fork length of *Auxis rochei* caught in Toyama Prefecture in 2013-2017. n: Sample size.



**Figure 5.** Boxplots of monthly gonad somatic index (GSI) of *Auxis rochei* caught in Toyama Prefecture in 2016–2017. The horizontal lines inside the boxes indicate median values. The bottom and top of the boxes indicate lower and upper quartile values, respectively. The whiskers represent 1.5 times the length of the quartiles (from the lower to upper quartile). Points outside this range indicate outliers. Gray (A) and white (B) boxes indicate male and female, respectively.

え始めた (3.0–20.9 t). そして、10月に入ると漁獲量が急増し (383.5 t), 11–12月は年間で漁獲量が多い期間となった (11月: 1,080.1 t; 12月: 952.6 t). 1月になると漁獲量は急減し (74.3 t), 2–3月にはさらに少なくなった (1.8 t以下). なお、月別漁獲量に関するこれらの傾向と年間漁獲量の増減に係り性はみられなかった.

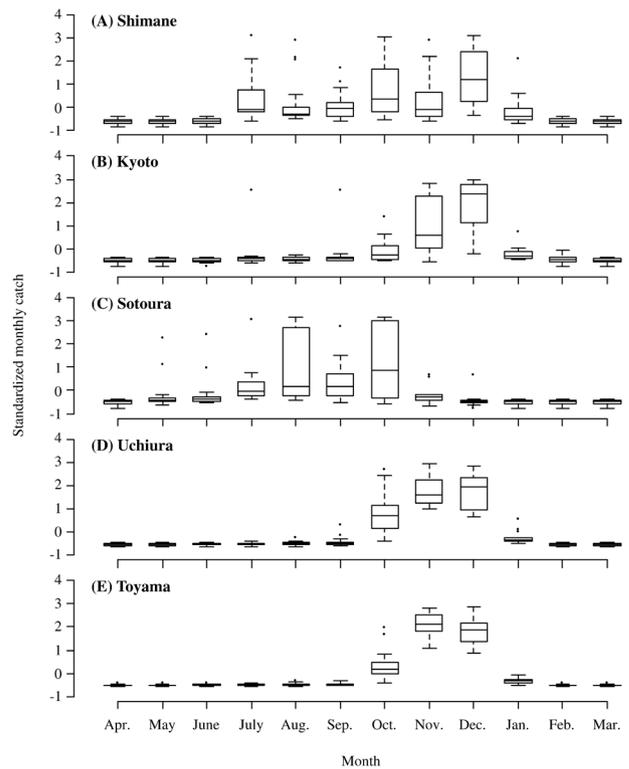
富山県内で漁獲されるマルソウダの体サイズについて、2013–2017年に漁獲されたマルソウダの月別尾又長組成を Fig. 4に示した. 5–7月は主に尾又長30–35 cm台のマルソウダが漁獲されていたが、9月に入ると尾又長22 cm台をモードとした個体群も漁獲されるようになり、二峰型の体長組成を示すようになった. このような二峰型の体長組成は翌年の1月まで続いた.

**生殖腺指数**

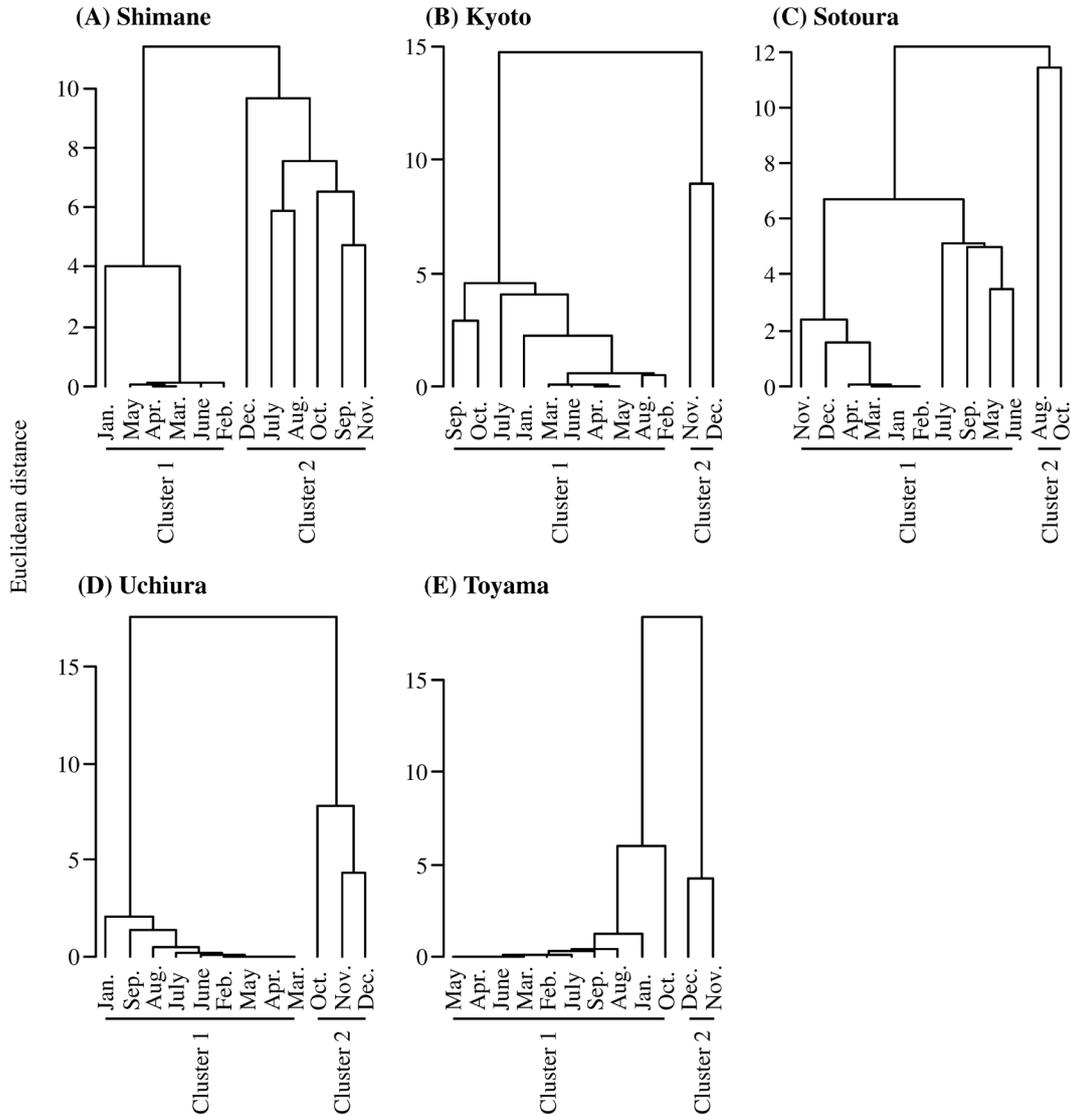
2016–2017年に富山県で漁獲されたマルソウダの月別GSIについて、雌雄別に Fig. 5に示した. サンプルを入手することができた月が限られたため、年間を通しての傾向は確認できなかったが、6月の中央値は雄が2.0、雌が1.9、7月にはさらに増加して雄で9.0、雌で6.0となった. その後、GSIは雌雄ともに減少し、9–1月の間は、雄は0.0–0.1、雌は0.1–0.5で推移した.

**日本海側の各府県における漁獲傾向**

日本海側でマルソウダの漁獲量が多い島根県、京都府、石川県 (外浦地区・内浦地区) および富山県について、1998–2015年における月別標準化漁獲量を府県別に示した (Fig. 6). 島根県の中央値は7–12月で高く、特に7月、10月、12月に



**Figure 6.** Boxplots of standardized monthly catches (SMC) of *Auxis rochei* from 1998 to 2015 in Shimane (A), Kyoto (B), Sotoura, Ishikawa (C), Uchiura, Ishikawa (D), and Toyama (E). See Fig. 5 for details.



**Figure 7.** Dendrograms for cluster analysis based on standardized monthly catches (SMC) of *Auxis rochei* in Shimane (A), Kyoto (B), Sotoura, Ishikawa (C), Uchiura, Ishikawa (D), and Toyama (E).

増加がみられた。1月になると大きく減少した。京都府は、10月から12月で高く、期間中は増加傾向だったが、1月になると減少した。外浦地区は、7月から10月の値が高かったが、11月に入ると急減した。内浦地区および富山県は、京都府と同様に10月から12月の値が高かったが、前者は12月、後者は11月の値が最も高かった。また、両海域とも1月には大きく減少した。

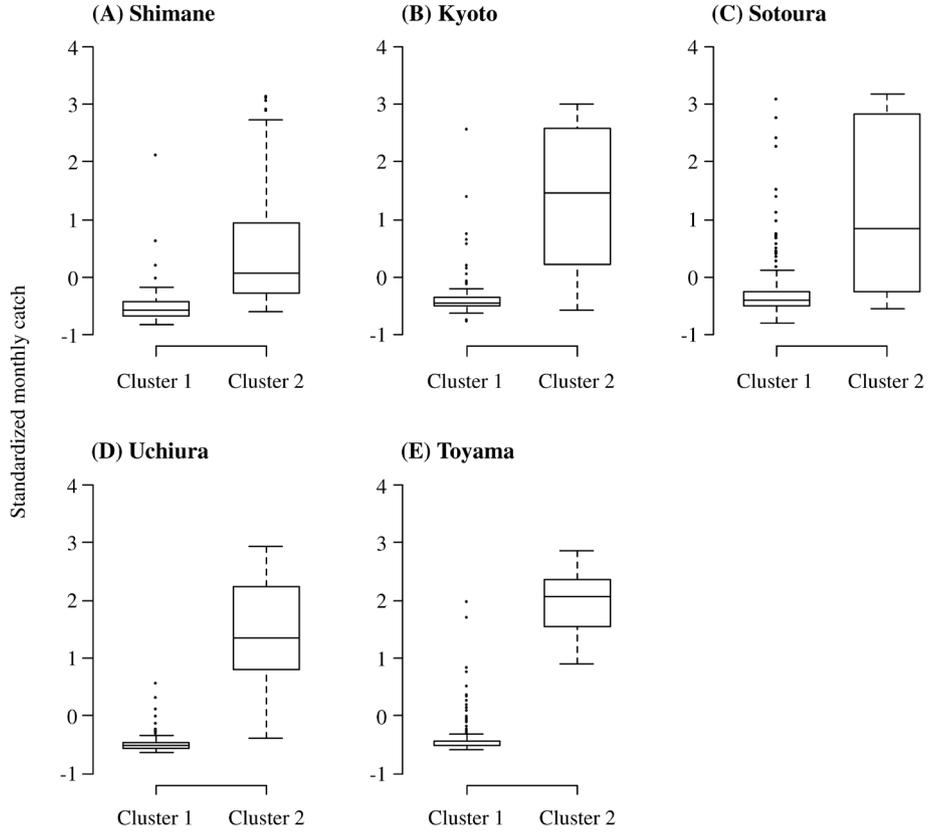
月別標準化漁獲量は、すべての府県において大きく二つのクラスターに分けることができた (Fig. 7)。各府県の標準化漁獲量は、二つのクラスター間において有意な差がみられ (Fig. 8, Kruskal-Wallis test,  $p < 0.05$ )、漁獲量が多い Cluster 2 については、島根県は7-12月、京都府は11-12月、外浦地区は8, 10月、内浦地区は10-12月、富山県は11-12

月で構成されていた (Fig. 7)。

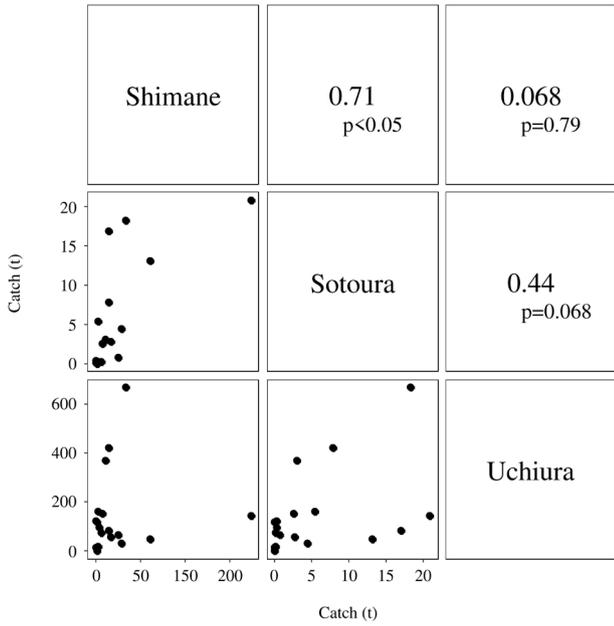
各府県で Cluster 2 に含まれることが多かった10-12月について、府県間における月別漁獲量の関係を Figs. 9-11 に示した。なお、Cluster 2 に含まれなかったことから、10月は京都府と富山県を除き、11-12月は外浦地区を除いた。有意な正の相関がみられたのは、10月の島根県と外浦地区、11月の島根県と京都府および内浦地区と富山県であった ( $p < 0.05$ )。ただし12月の内浦地区と富山県については、他の年と大きく傾向が異なった2006年 (内浦地区: 434 t; 富山県: 533 t) を除いた場合には有意な正の相関がみられた ( $r = 0.74, p < 0.05$ )。

#### 漁獲海域における水温の季節変化

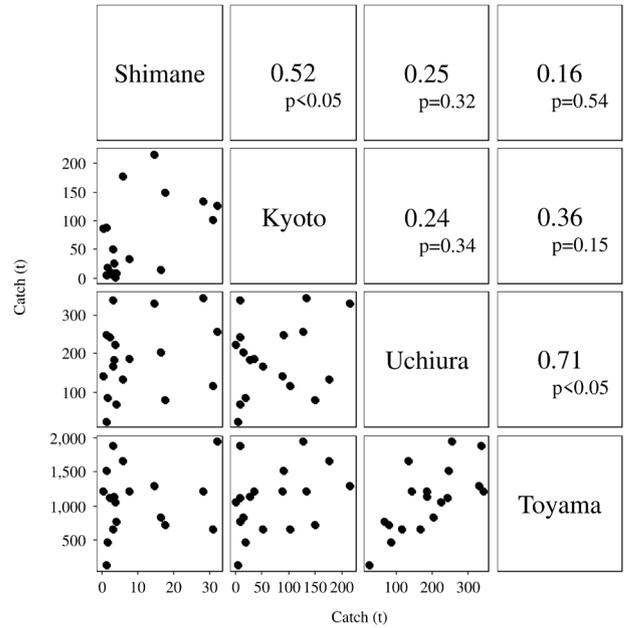
本研究における主な漁獲海域の海面水温として、日本海西南部の1998-2015年の海面水温データを収集し、季節別に



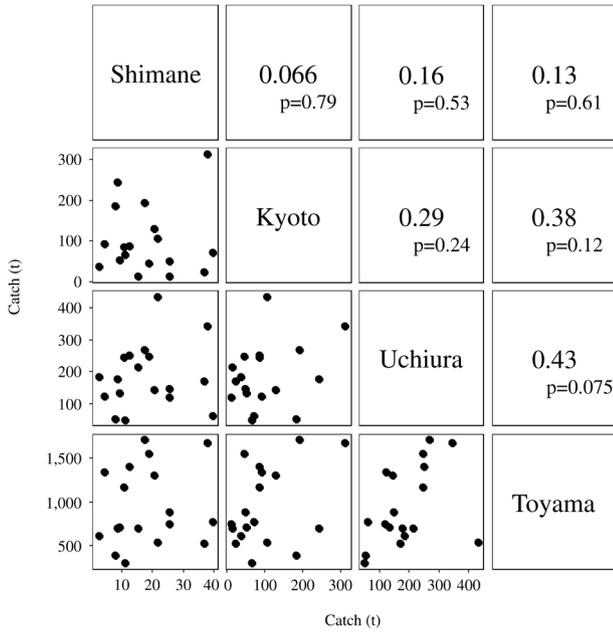
**Figure 8.** Boxplots of standardized monthly catches (SMC) of *Auxis rochei* in Shimane (A), Kyoto (B), Sotoura, Ishikawa (C), Uchiura, Ishikawa (D), and Toyama (E). See Fig. 5 for details. See Fig. 7 for Clusters 1 and 2.



**Figure 9.** Scatter plot matrix of catches in October 1998–2015 among Shimane, Sotoura, Ishikawa, and Uchiura, Ishikawa. The upper triangular matrix includes the correlation coefficients and  $p$  values.



**Figure 10.** Scatter plot matrix of catches in November 1998–2015 among Shimane, Kyoto, Uchiura, Ishikawa, and Toyama. See Fig. 9 for details.

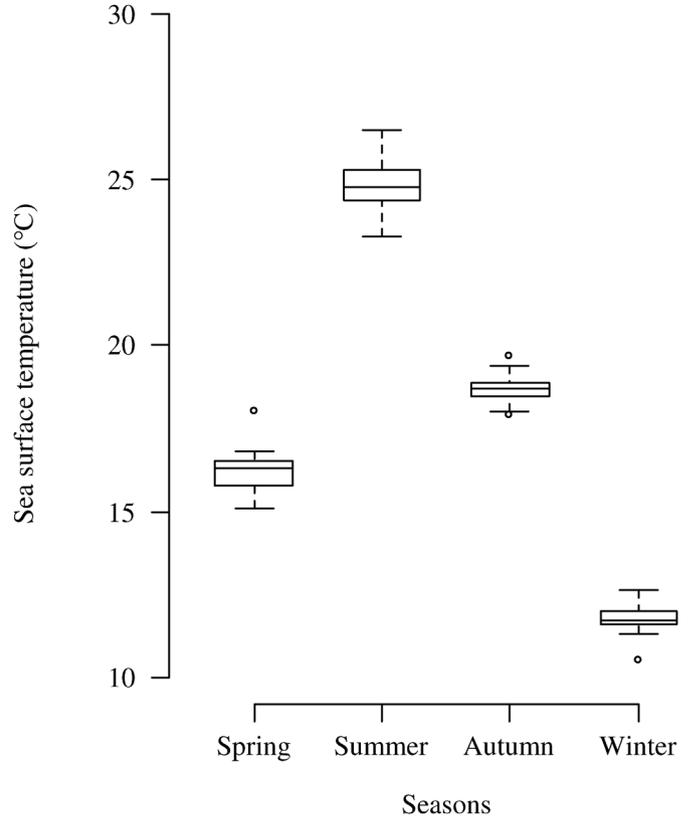


**Figure 11.** Scatter plot matrix of catches in December 1998–2015 among Shimane, Kyoto, Uchiura, Ishikawa, and Toyama. See Fig. 9 for details.

箱ひげ図として示した (Fig. 12). 箱の下端から上端の範囲 (第1四分位数から第3四分位数の範囲) は, 春季では 15.8–16.5°C (中央値; 16.3°C) であったが, 夏季には 24.5–25.3°C (中央値; 24.8°C) まで上昇した. 秋季になると水温は 18.5–18.9°C (中央値; 18.7°C) まで低下し, 冬季にはさらに 11.6–12.0°C (中央値; 11.7°C) まで下がった.

### 考察

富山県では7–9月までは漁獲量が少なく, 10月以降に急増した (Fig. 3). また, 漁獲されたマルソウダの尾叉長は, 7月までは30 cm台の大型個体のみであったが, 9月に入ると20 cm台の小型個体がみられるようになり, 翌年の1月まで20 cmおよび30 cm台にモードを持つ二峰型の尾叉長組成となっていた (Fig. 4). マルソウダは成長が速いことが知られており, 原田ほか (1973) は52日間の飼育で尾叉長15.2 cmまで成長することを報告し, 新谷 (2001b) も1歳で29 cmになると推定している. これらのことから, 富山県で9月に出現した20 cm台の個体群は当歳魚であり, 10月以降にその来遊量が大きく増加したと考えられる. 9月における当歳魚の出現は高知県でも報告されており, 越冬して翌年7月まで当該海域に分布している (新谷, 2001b). 一方, 富山県では翌年2月には当歳魚がみられなくなり (Fig. 4), マルソウダの漁獲量も2月にはほとんどなくなったことから (Fig. 3), 富山県沿岸海域では, 当歳魚を含むすべての個体群について越冬しないと考えられる. なお, 高知県では7月にも当歳魚が出現し, フィリピン近海等の



**Figure 12.** Boxplots of sea surface temperature in the southwestern Sea of Japan from 1998 to 2015. Spring, Summer, Autumn, and Winter correspond with April–June, July–September, October–December, and January–March, respectively. See Fig. 5 for details.

南方海域で冬季に生まれた個体群とされているが (新谷, 2001b), 富山県では体長組成の変化から別の時期に生まれた当歳魚の加入を確認することはできなかった (Fig. 4). また, 富山県では20 cm未満のマルソウダも確認することができなかった (Fig. 4). しかし, 本県の定置網では, 20 cm未満のカタクチイワシ *Engraulis japonicus*, マアジ *Trachurus japonicus*, プリ *Seriola quinqueradiata* の若齢魚等が夏秋季に漁獲されていることから, 魚体サイズによる漁獲選択性の影響は小さいと考えられ, 本研究で示された体長組成は, 富山県沿岸海域に分布するマルソウダの体長組成を反映しているといえる. そのため, 当該海域では20 cm未満の小型サイズは分布しておらず, 漁獲される個体は湾外で成長し, 来遊してきた個体群であると考えられる.

富山県で6–7月に漁獲された雌のGSIの中央値は1.9以上であった (Fig. 5). マルソウダの成熟について調査した新谷 (2001b) は, 雌のGSIが1以上で最大卵母細胞の直径が0.4 mm以上であれば産卵可能であり, 6–7月に高知県沖で漁獲された尾叉長25 cm以上の個体のほとんどが成熟していたことを報告した. 本研究では卵母細胞について調査を

行っていないが、6月の雌のGSIは1を上回っており、主な漁獲サイズは30 cm台であった。また、7月に漁獲された雌雄のGSIはそれぞれ6.0と9.0であったが、この値は、新谷(2001a)が報告している産卵中の雌雄のGSI(それぞれ4.2–9.7と6.0–8.6)に近似していた。したがって、6–7月に富山県で漁獲されたマルソウダは成熟した個体群であり、本種は富山県沿岸海域において太平洋側と類似した産卵期を持つと考えられる。沖山(1974)は、佐渡海峡で8–9月に全長10 mm以下のソウダガツオ属仔稚魚を採集しており、北河ほか(1995)も7–8月に日本海西部を中心にソウダガツオ属仔稚魚が多く出現したことを報告している。近年では南西諸島付近の大陸棚縁辺海域において夏季に大規模なマルソウダ仔魚のバッチも発見されている(田和ほか, 2017)。また、山口県沖合海域では8月に成熟したマルソウダが採集された(Mohri et al., 2016)。これらの仔稚魚および成熟魚の分布傾向と本研究の結果から、マルソウダは富山湾を含む対馬暖流域下において夏季に産卵を行っていると考えられる。

日本海側でマルソウダの漁獲量が多い島根県、京都府、石川県および富山県では、7月から12月にかけて漁獲量が増加し、漁獲盛期を示すことが多かった(Figs. 6–7)。したがって、マルソウダはこの期間に各沿岸海域に來遊し、富山湾はその北限に近い海域であると考えられる。來遊の特徴として、期間の前半である7月から9月は、島根県および外浦地区の漁獲量が他の海域よりも多かった(Fig. 6)。また、クラスター分析の結果から、島根県では7月から、外浦地区では8月に漁獲盛期となった(Fig. 7)。これらのことから、マルソウダは夏季に日本海南西部および能登半島付近の海域に分布し、漁獲盛期の連続性から両海域間を北上回遊しているとみられる。ただし、両海域の中間付近に位置する京都府では7–9月の漁獲量が少ないことから、両海域間におけるマルソウダの北上回遊は、沿岸海域に沿った移動ではないと考えられる。一方、期間後半の10月になるとすべての府県で漁獲量の増加がみられた(Fig. 6)。漁獲傾向としては、10月は、島根県、外浦地区、内浦地区が漁獲盛期となっていたが、11–12月には外浦地区を除く全ての海域で漁獲盛期となった(Fig. 7)。これらのことは、10月以降に日本海でのマルソウダの回遊パターンが変化したことを示しており、各府県の漁獲盛期の変化から、この期間は南下回遊が行われていると考えられる。秋季におけるマルソウダの南下回遊は太平洋側でも報告されている(新谷, 1999)。南下時期である10–12月の各海域間の漁獲傾向について、10月は島根県と外浦地区の漁獲量について正の相関がみられ(Fig. 9)、11月には島根県と京都府および内浦地区と富山県で正の相関があった(Fig. 10)。さらに12月についても特異年とみられる2006年を除いた場合に内浦地区と富山県で正の相関があった(Fig. 11)。これらの結果は、富山湾外と湾内でマルソウダの漁獲傾向が異なることを示しており、マルソウダの南下回遊は、能登半島

から南西部海域の富山湾外でみられるパターンと、湾内へ移入してくるパターンがあるものと推定される。

マルソウダの漁獲量は1月になるとすべての海域で少なくなり、その後、6月までは漁獲がほとんどみられなかった(Fig. 6)。マルソウダの漁獲水温について、原田ほか(1973)は、定置網によるマルソウダ漁獲時の漁場水温が18–22°Cであったことを報告し、北沢(1998)も定置網によるソウダガツオ属の漁獲適水温として21–23°C(海面水温)を指摘した。また、Mohri et al. (2016)は、調査船による採集調査の結果から、マルソウダの分布水深における水温が約25°Cであったことを報告した。気象庁が公表している1998–2015年における日本海南西部の海面水温は、冬季は主に11.6–12.0°C、春季は15.8–16.5°Cの範囲にあり(Fig. 12)、原田ほか(1973)が示している最も低い漁獲水温よりも低かった。そのため、各府県でみられた冬季の漁獲量の急減と春季の漁獲量の少なさ、日本海における冬季および春季の低水温が影響していると考えられる。

以上のことから、日本海で漁獲されるマルソウダは、夏季の北上回遊、秋季の南下回遊、および夏季の産卵という点において太平洋側の個体群と同様の生態をもつが、冬春季には分布適水温を下回るためその漁獲量は大きく減少する特徴があった。また、南下回遊については、富山湾内へ移入してくるパターンと湾外を南西方面へ進むパターンがあり、富山県では湾内へ移入してくる南下個体群を主に漁獲していると考えられた。

富山県のマルソウダの漁獲量は1999年から2001年にかけて急増した(Fig. 1)。このような漁獲量の変動について、梶(2015)は、太平洋側のマルソウダの長期的な漁獲傾向はレジームシフトのような気候変動と関係しており、水温上昇により本種の生息範囲が北へ拡大することを指摘した。日本海では1997–1998年に水温変動が起り、夏季を中心に水温が上昇したことが報告されており(加藤ほか, 2006; 岸田・木所, 2008)、沿岸來遊海域としては北限に位置する富山県の漁獲量がこの変動後に増加したことを考えると、夏季の水温上昇によりマルソウダの北上範囲が拡大し、そのため富山湾への南下個体群の來遊が増加した可能性がある。北上範囲の拡大については、能登半島西岸において、ソウダガツオ類の漁獲量が水温の高い年に多くなることを示した永田(1957)の結果とも一致する。なお、水温上昇による分布域の拡大は日本海のサワラ *Scomberomorus nipponius* でもみられ、1999–2000年以降に日本海での漁獲量が急増したことが報告されており(岸田・木所, 2008; 上田・的場, 2009)、富山県でマルソウダが急増した時期と一致する。

一方、富山県の漁獲量は2010年を境に減少傾向となっている。このことについて梶(2015)は、マルソウダの漁獲量の増減パターンが寒冷レジームで増加するマイワシとは逆傾向にあり、寒冷レジームへの転換が生じた場合に日本海側における來遊量が減少する可能性を指摘した。日本

周辺でのマイワシ資源量は、2010年に高い加入量がみられるなど増加傾向が報告されており（古市ほか, 2019; 安田ほか, 2019）、2014–2015年にはレジームシフトが発生した可能性も指摘されている（黒田・戸谷, 2017）。従って、現在の環境が日本海でのマルソウダの北上範囲を縮小させる傾向にあり、富山県における漁獲量減少もこのような環境変化が影響している可能性がある。

本研究では各府県の漁獲量を利用したため、沖合海域に関する情報は少なかった。マルソウダは沖合海域にも分布しており、特に北上期はその傾向が強いと思われる。南下個体群の来遊に影響を与える要因として、北上期の分布状況は重要であることから、今後は、沖合海域における北上期の経年的な分布調査を行い、南下個体群の来遊状況との関係性について明らかにすることが必要と考えられる。

## 謝辞

本研究を取りまとめるにあたり貴重なご意見をいただいた富山県水産研究所の方々に感謝いたします。また、漁獲量データ収集にご協力いただいた石川県水産総合センターの辻俊宏氏、サンプル収集にご協力いただいた新湊漁業協同組合所属の漁業関係者の方々に深く感謝申し上げます。最後に、本稿をまとめるにあたり、適切で大変丁寧なご指摘を頂いた2名の査読者と担当編集委員に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

Collette, B. B. and C. E. Nauen (1983) Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date. FAO species catalogue. FAO Fisheries Synopsis, 125(2), 137 pp.

古市 生・渡邊千夏子・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子 (2019) 平成30 (2018) 年度マイワシ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 第1分冊, 水産庁増殖推進部 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 14–56.

原田輝雄・村田 修・古谷秀樹 (1973) マルソウダの人工ふ化と仔魚飼育について. 近畿大学農学部紀要, 6, 113–116.

林 芳弘 (2014) 室戸岬沿岸の大型定置網におけるマルソウダの漁獲状況. 黒潮の資源海洋研究, 15, 63–70.

堀田秀之 (1955) 日本近海に於けるマルソウダカツオの季節的分布とその成長. 東北海区水産研究所研究報告, 4, 120–126.

Jasmine, S., P. Rohit, E. M. Abdussamad, K. P. Said Koya, K. K. Joshi, S. Kemparaju, D. Prakasan, M. N. K. Elayathu and M. Sebastine (2013) Biology and fishery of the bullet tuna, *Auxis rochei* (Risso, 1810) in Indian waters. Indian J. Fish., 60(2), 13–20.

梶 達也 (2015) 高知県海域におけるマルソウダ漁況の変動と気候のレジームシフト. 黒潮の資源海洋研究, 16, 65–73.

加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 (2006) 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡に

における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, 44(1), 19–24.

岸田 達・木所英昭 (2008) 日本海の海洋環境と漁業資源の近況. 日本水産学会誌, 74(5), 873–875.

北河康之・西川康夫・久保田 正・沖山宗雄 (1995) 1984年夏季の日本海におけるサバ科魚類を中心にした魚類プランクトンの分布. 水産海洋研究, 59(2), 107–114.

北沢菜穂子 (1998) 相模湾におけるソーダカツオの漁獲量と黒潮流路・表面水温との関係. 神奈川県水産総合研究所研究報告, 3, 39–42.

黒田 寛・戸谷夕子 (2017) 日本周辺亜寒帯域における近年の海況変動. 月刊海洋, 49(7), 398–403.

Mohri, M., H. Tanoue, T. Enoshima, T. Kamano, K. Hata, H. Gotoh, M. Kokatsu, T. Itoh and N. Hamazaki (2016) Distribution of catches of bullet tuna by surface water trawl in the Japan Sea in 2012 and 2013. Mathematical and Physical Fisheries Science, 13, 10–21.

永田俊一 (1957) 能登半島西岸の夏定置網漁況について. 日本海区水産研究所研究報告, 6, 291–300.

中村 泉 (1984) サバ科. 「日本産魚類大図鑑解説」益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編, 東海大学出版会, 東京, 216–218.

南條暢聡 (2017) 富山県で獲れる「ソウダカツオ」について. 富水研だより, 19, 3–4.

新谷淑生 (1999) 標識放流から推定される太平洋岸におけるマルソウダの回遊. 日本水産学会誌, 65(6), 1078–1083.

新谷淑生 (2001a) 高知県足摺岬周辺海域におけるマルソウダの成熟周期と産卵数. 日本水産学会誌, 67(1), 10–16.

新谷淑生 (2001b) 高知県太平洋海域におけるマルソウダの年齢, 成長, 成熟および寿命. 日本水産学会誌, 67(3), 429–437.

沖山宗雄 (1965) 佐渡海峡に出現する魚卵・稚仔に関する予察的研究. 日本海区水産研究所研究報告, 15, 13–37.

沖山宗雄 (1974) 日本海におけるクロマガロ後期仔魚の出現. 日本海区水産研究所研究報告, 25, 89–97.

R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Sabatés, A. and L. Recasens (2001) Seasonal distribution and spawning of small tunas (*Auxis rochei* and *Sarda sarda*) in the northwestern Mediterranean. Scientia Marina, 65(2), 95–100.

Tanaka, Y., M. Mohri and H. Yamada (2007) Distribution, growth and hatch date of juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* in the coastal area of the Sea of Japan. Fish. Sci., 73, 534–542.

田和篤史・千葉 悟・西本 慧・石原大樹・渡井幹雄・太田朋子・岡崎 誠・大下誠二・佐久間啓・野原健司 (2017) 夏季の南西諸島海域におけるサバ科仔魚の分布. 平成29年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 32.

富山県 (2018) 第1 漁業経営と漁業生産. 富山の水産, 1–5.

上田 拓・的場達人 (2009) サワラ漁獲量と水温との関係. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 19, 69–74.

安田十也・黒田啓行・林 晃・依田真理・鈴木 圭・高橋素光 (2019) 平成30 (2018) 年度マイワシ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 第1分冊, 水産庁増殖推進部 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 57–95.

Yesaki, M. and F. Arce (1994) A review of the biology of frigate (*A. thazard*) and bullet (*A. rochei*) tunas in the Indo-Pacific Region. Interactions of Pacific tuna fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, 336/2, 409–439.