

## 千葉県館山湾におけるマアジの魚群行動と海洋構造

根本雅生<sup>1)</sup>\*・澁谷勝晶<sup>1)</sup>・中野知香<sup>1), 3)</sup>・古見拓郎<sup>1)</sup>・  
上嶋紘生<sup>2)</sup>・宮崎唯史<sup>2)</sup>・北出裕二郎<sup>1)</sup>

### The relationship between the behavior of fish school, Jack mackerel *Trachurus japonicus* and oceanic conditions in Tateyama Bay, Chiba Prefecture, Japan

Masao NEMOTO<sup>1)</sup>\*, Katsumasa SHIBUYA<sup>1)</sup>, Haruka NAKANO<sup>1), 3)</sup>, Takuro FURUMI<sup>1)</sup>,  
Hiroki JOSHIMA<sup>2)</sup>, Tadashi MIYAZAKI<sup>2)</sup> and Yujiro KITADE<sup>1)</sup>

**Abstract:** In this study, the relationship between the behavior of fish school, Jack mackerel *Trachurus japonicus* and oceanic conditions was investigated in Tateyama Bay, Chiba Prefecture, Japan. We showed that the fish school entered from offshore to the inside of Tateyama Bay with the flood tide inflow of water masses having lower temperature and higher salinity at the bottom layer. The fish school appeared in the inside of Tateyama bay along with mixed water masses of Tokyo Bay, Sagami Bay, and the offshore Kuroshio water. The Kuroshio water mass was distributed over the depth from several tenth of meter to around 100 m depth off Tateyama Bay. These results indicated that the fish school behaves with a diurnal tidal cycle in accordance with the movement of the Kuroshio water, and as a result, Jack mackerel was fished near the bottom layer where the mixed water was flowed into the bay.

**Keywords:** Jack mackerel, behavior of fish school, tidal period, Tateyama Bay

#### 1. はじめに

マアジ *Trachurus japonicus* はアジ科マアジ属の一種で、日本では重要な水産資源であり、東シナ海から日本海に分布するマアジを対馬暖流系

群、太平洋沿岸に分布するマアジを太平洋系群と分け、資源評価が行われている。年間漁獲量をみると、マイワシやさば類とは異なり、黒潮流域である太平洋側に比べて、対馬暖流域である日本海

- 1) 東京海洋大学海洋環境科学部門  
〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7  
Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan
- 2) 東京海洋大学練習船青鷹丸  
〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7  
Training Vessel Seiyo-Maru, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan

- 3) 現所属：(財)日本気象協会  
〒170-6055 東京都豊島区東池袋 3-1-1 サンシャイン 60 55階  
Japan Weather Association, Sunshine 60 Bldg. 55, 3-1-1 Higashi-Ikebukuro, Toshima-ku, Tokyo 170-6055, Japan  
\*連絡著者：根本雅生  
〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7  
東京海洋大学  
E-mail : nemoto@kaiyodai.ac.jp

側で圧倒的に多くなっている。この漁獲量の偏りは、分布の偏りともとらえられる。これは、本種が一般的には多獲性浮魚類の範疇に含まれてはいるが、むしろ底魚的な生態を有するためである(塚本, 2007; 渡邊ら, 2015; 依田ら, 2015)。つまり、未成魚期のマアジは東シナ海を中心にして日本海ならびに本州太平洋側の沖合まで広域に分布しているものの、成魚期になると陸棚上の底層や沿岸が主な分布域となるため(西田, 2006)、大陸棚のよく発達した東シナ海から日本海西部ではマアジの漁獲が多くなる(塚本, 2011)。

また、沿岸地先に来遊したマアジ魚群の行動について、受動的な漁具である定置網周辺海域において、漁獲対象とする魚群の行動生態を把握する目的で研究が行われた。標識放流(徳永, 1983)、テレメトリー(市原ら, 1975; 町中ら, 1977)、水中カメラ(井上, 1992)、魚群探知機(井上・有元, 1985)、スキヤニングソナー(井上, 1987; 井上, 1988; 金ら, 1993)を用いて研究が進められ、定置網に関連する魚群行動や漁具性能に関連する知見が得られている。しかし、これら多くの研究は、定置網漁場内の魚群の移動経路から定置網に入網するまでの過程についての報告であった。

しかしながら、沖合から接岸し、沿岸地先に来遊する過程での魚群行動に関して明確に示した知見は比較的少ない(為石, 1988)。沿岸域に来遊する魚群の行動を解明することは、沿岸漁業の効率的な操業および経営安定にとって有効であり、海洋観測および釣獲試験を同時に行い、その過程を解明することは意義があると考え。そこで、本研究では沿岸地先に来遊するマアジ魚群の接岸行動を解明するために、館山湾を研究対象海域としてマアジ魚群の行動について調査を行った。

## 2. 調査と解析

### 2.1 調査海域

東京湾外湾の千葉県側に位置する湾の一つに館山湾がある。館山湾は、千葉県館山市と南房総市の海岸線に面し、大房岬と洲崎を結んだ線より東側を指す。館山湾は湾奥では水深 10m 程度であるが、湾口では水深 300m 程度になる館山海底谷

を有しており、地形の変化に富んだ湾である(Fig. 1)。この湾は沖合系水の影響を直接受けやすいと考えられ、湾内での流れは、湾口中央部より海底谷沿いに湾内に流入した後、湾奥にて分流するとされている(石野ら, 1980)。

### 2.2 調査方法

東京海洋大学所属練習船「青鷹丸」により、館山湾におけるマアジ生態調査を 2013 年 5 月、2014 年 5 月、6 月、7 月、2015 年 5 月の計 5 回実施した。調査項目は、マアジの生物学的特性(生息水深、尾叉長 Fork length; FL 等)を調べるための釣りによる釣獲試験、ならびに CTD (Conductivity - Temperature - Depth, Falmouth Scientific, Inc. 社製)、および海洋微細構造プロファイラー TurboMAP (Turbulence Ocean Microstructure Acquisition Profiler, JFE アドバンテック社製)によって得られる水温・塩分の観測と、ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, RDI 社製)の係留によって得られる流向流速観測である。

まず、館山湾錨泊前に館山湾およびその沖側に設定した 3 点 (St. C,D,E)、および館山湾抜錨後に東京湾湾口部の 2 点 (St. A,B) にて、CTD による観測を行った(Fig. 1a)。そして、館山湾中央部(水深 40m 付近)において錨泊し、釣獲試験ならびに TurboMAP の定点観測を実施した(Fig. 1b)。調査時間帯は、日没から日出までとした。

釣獲試験は釣竿を用いた一本釣りにより行った。また、時間帯ごとの人数による漁獲努力量の偏りが出ないように実施した。釣獲された魚は魚種を特定したうえで、尾叉長 (FL)、体重 (Body weight; BW) を計測し、釣獲深度を記録した。釣獲深度は、釣糸のマーカをを目安として求めた。

TurboMAP による水温・塩分の観測は、2013 年 5 月では 60 分間隔、それ以外では 30 分間隔で実施した。サンプリング周波数は 128Hz である。TurboMAP は有線式の測器であるため、深度 2m 付近より自由落下させた後、着底するまでデータを取り続けることができる。

また、ADCP は船からロープを用いて係留し

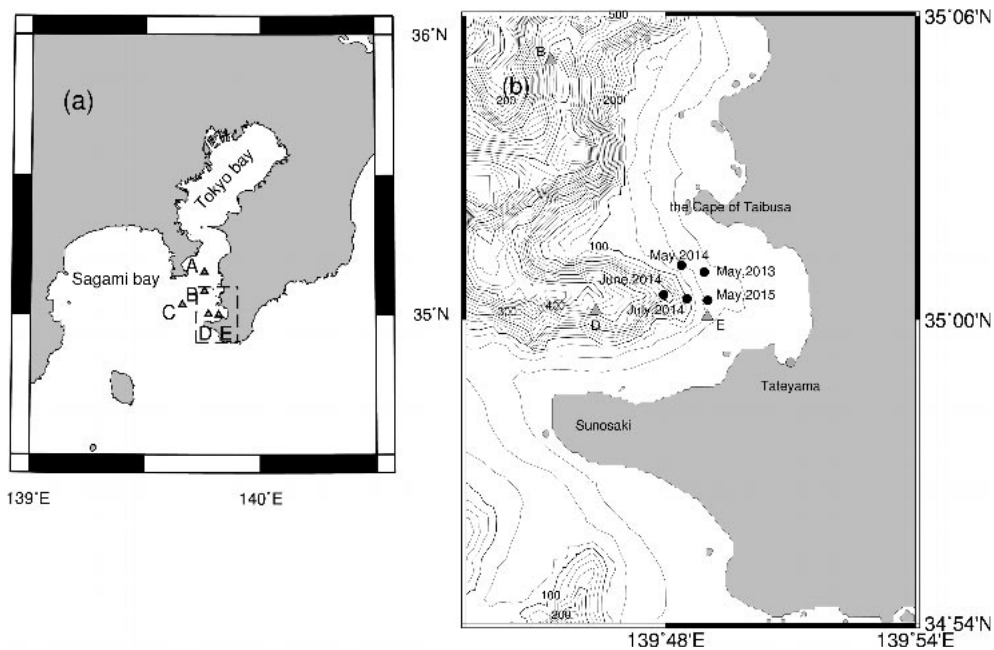


Fig. 1 Observation Site, (a) Tokyo bay and Sagami bay, and (b) Tateyama bay shown as dashed area of (a) with contours of depth (50m interval). Triangles indicate CTD stations and black circles are survey points of Jack mackerel.

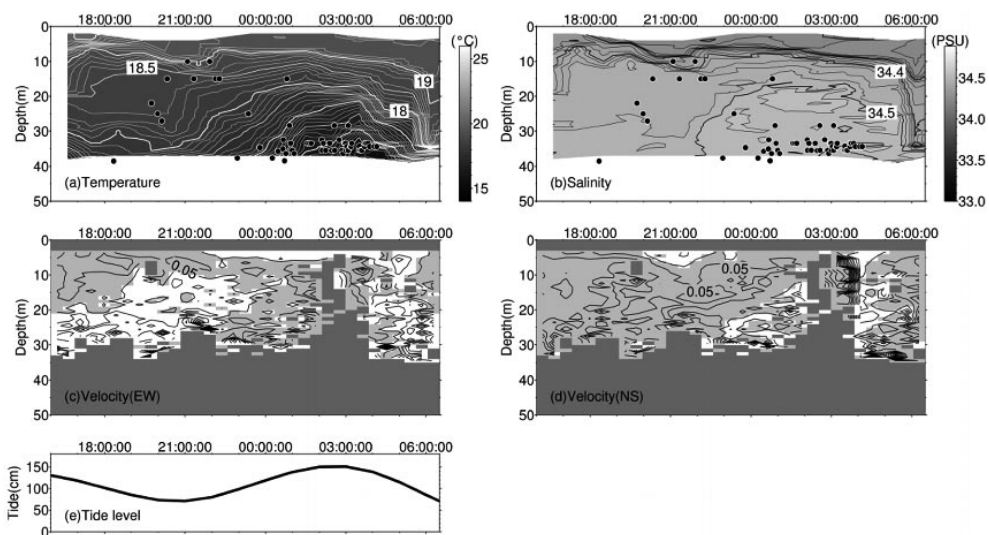


Fig. 2 Temporal change of temperature, salinity and velocity components (E-W, N-S) on 22 May, 2013 are shown in Fig. 2 (a), (b), (c) and (d). Light gray-shaded areas indicate East component in (c) and North component in (d). Tidal level change at Tateyama is also shown in (e). Black circles in Fig.2 (a) and (b) show caught depths.

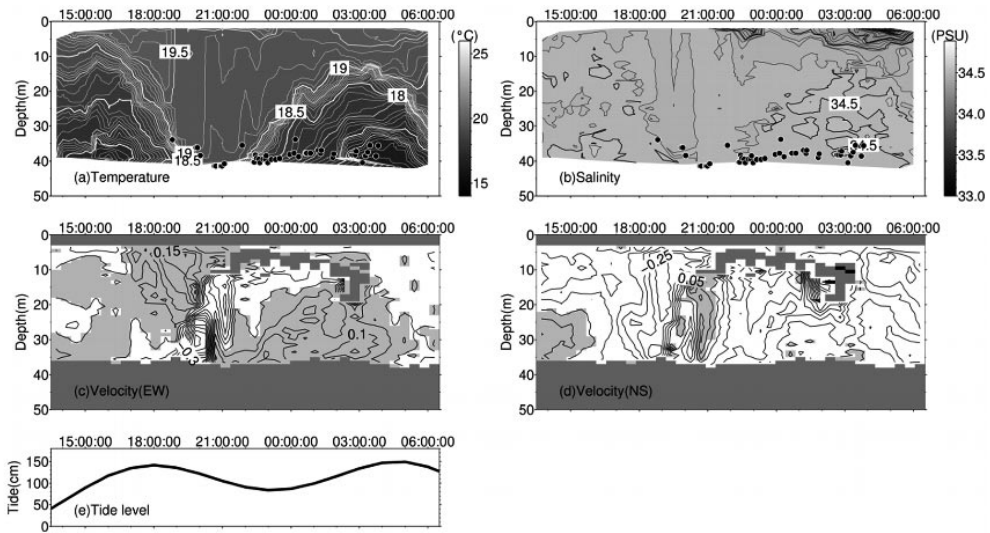


Fig. 3 Same as Fig. 2, but on 29 May. 2014.

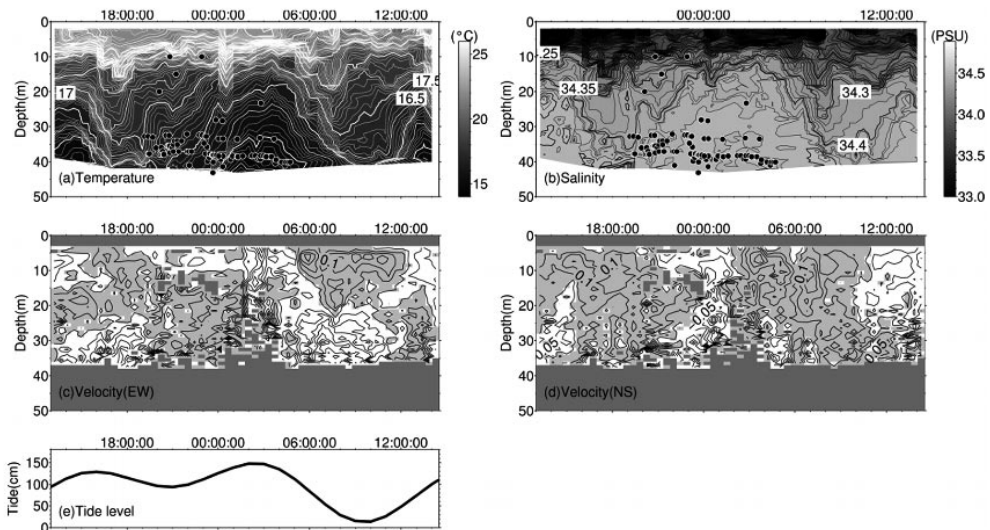


Fig. 4 Same as Fig. 2, but on 24 June 2014.

た。測定間隔は1秒で、1mごと最大49層を取得できるように設定した。ADCPは、おおむね海面から1mのところの位置していた。

潮位資料としては、気象庁が公開している天文潮位（推算潮位）を使用した。

### 2.3 解析方法

TurboMAPの水温・塩分に関しては、再起型フィルターを施すことにより塩分のスパイクを除去した。その後、1mごとのデータを作成した。流向流速データに関しては、各層毎に、ヘディング、ピッチング、ローリングが $15^\circ$ 以下であり、PG4（Percent Good；4ビームで計測した際の有



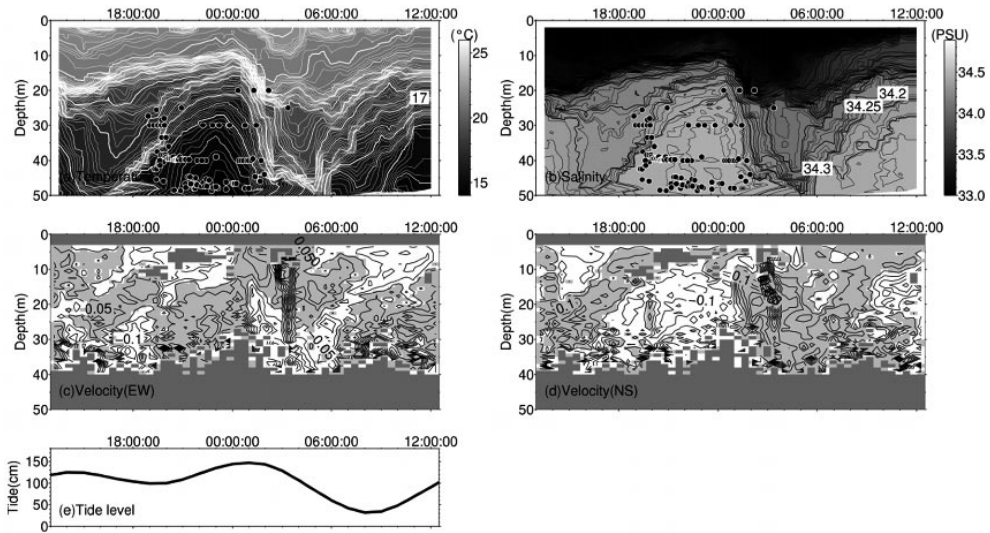


Fig. 5 Same as Fig. 2, but on 8 July 2014.

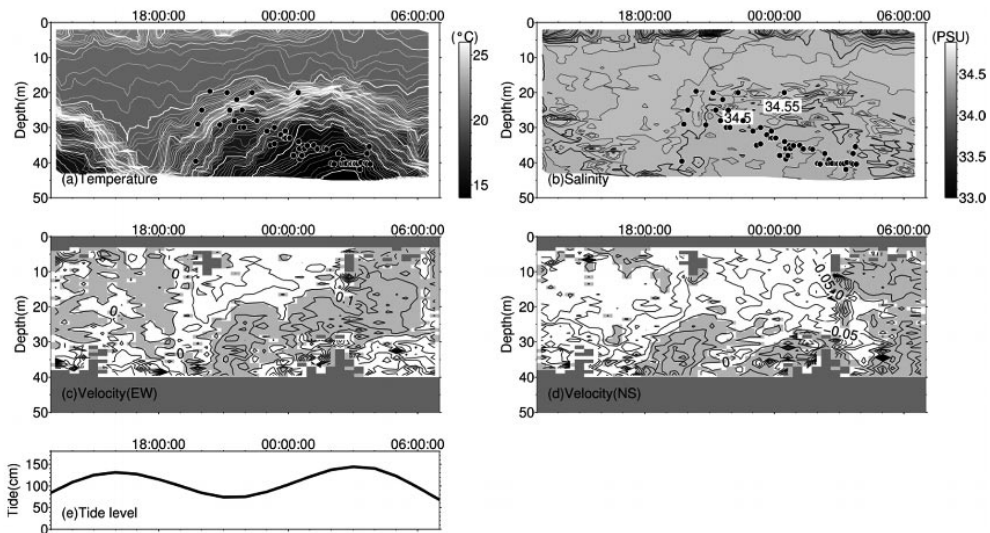


Fig. 6 Same as Fig. 2, but on 31 May 2015.

効データ比率)が80%を上回るデータを抽出したのち、1分間隔で平均したものを使用した。

### 3. 結果

2013年5月のマアジの釣獲は、22日22時頃から23日4時頃に集中していた (Fig. 2a, b 黒丸)。また、釣獲がみられた20mから30mには、水温

15.5~17.5°C、塩分34.5PSUの低温高塩な水塊が分布していた (Fig. 2a, b)。このとき ADCP によって得られた東西流速は、東向きであったことが推測される (Fig. 2c, d)。また、館山における推算潮位から、22日22時には上げ潮であり、23日4時には下げ潮であったことがわかる (Fig. 2e)。以上のことから、22時頃から翌4時頃に出現した

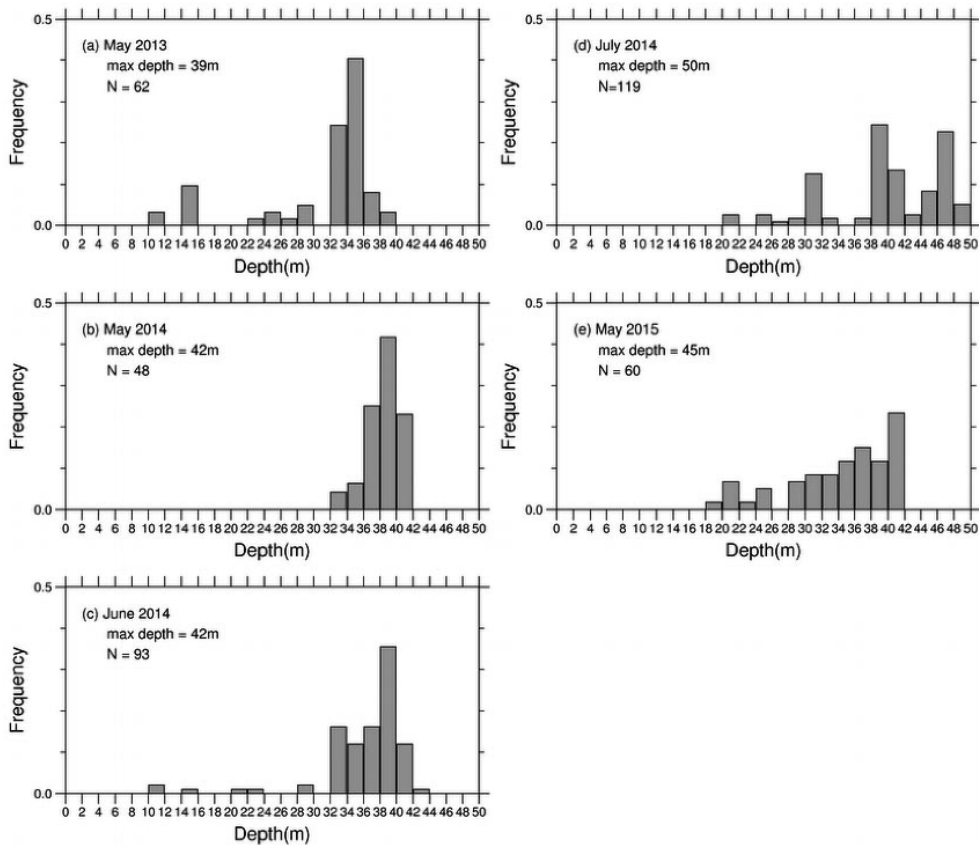


Fig. 7 Distribution of fish caught depth from May 2013 to May 2015.

水塊は、館山湾外から流入したものであることが示唆された。

2014年5月 (Fig. 3) においても、マアジの釣獲が集中していた29日22時頃から30日4時頃に、底層 (15m 以深) に水温  $17.0\sim 19.0^{\circ}\text{C}$ 、塩分 34.5PSU の低温高塩な水塊が出現していた (Fig. 3a, b 黒丸)。このときの底層付近の流速は、東西成分では20時頃までは西向きであったが、20時から4時頃にかけて  $10\text{cm/s}$  以下の東向きの流れに変わり、4時以降に再び西向きの流れに変わっていた (Fig. 3c)。南北成分は16時から1時まで南向きであったが、1時から5時にかけて北向きの  $5\text{cm/s}$  以下の流れに変わっていた (Fig. 3d)。

2014年6月 (Fig. 4) では、マアジの釣獲深度は24日19時頃から25日5時頃にかけて  $30\sim 40\text{m}$

深で集中していた (Fig. 4a, b 黒丸)。同深度帯には、水温  $14.5\sim 17.0^{\circ}\text{C}$ 、塩分  $34.4\sim 34.5\text{PSU}$  の水塊が分布していた (Fig. 4a, b)。このときの流速は、東西成分では20時から4時頃にかけて  $10\text{cm/s}$  以下の東向きの流れであった (Fig. 4c)。南北成分は18時から22時頃には北向きの流れであったが、それ以降は  $5\text{cm/s}$  以下の南向きの流れとなっていた (Fig. 4d)。以上のことから、底層付近の流向は北東から南東に変化していたことがわかる。

2014年7月においても上げ潮にともない、 $20\sim 50\text{m}$  深にかけて水温  $14.0\sim 16.5^{\circ}\text{C}$ 、塩分 34.5PSU の低温高塩な水塊が流入していたことがわかる (Fig. 5a, b, e)。この水塊は8日18時から翌2時頃に出現していたが、このときにマアジの釣獲が集中していた (Fig. 5a, b 黒丸)。この水塊

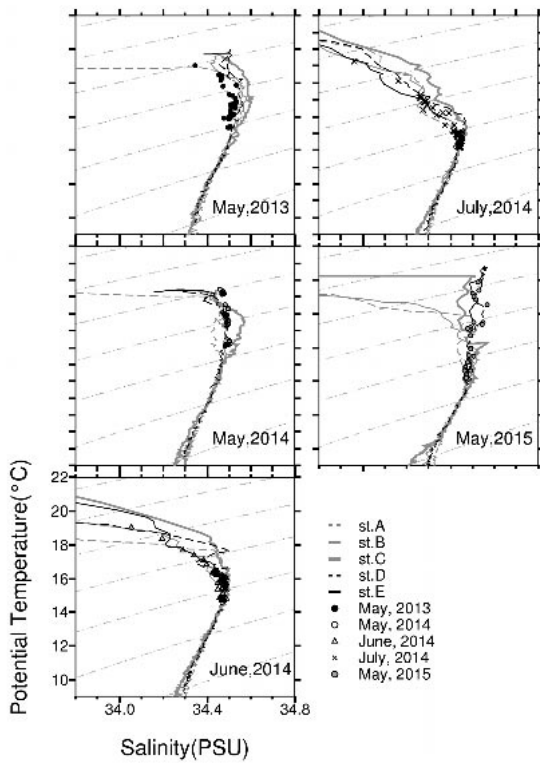


Fig. 8 T-S diagrams, gray dashed line: st. A, gray thin line: st. B, gray thick line: st. C, black dashed line: st. D, black thin line: st. E, Contours indicate  $\sigma_\theta$  (0.5 interval). Fish caught points; Black circles: May 2013, Circles: May 2014, Triangles: June 2014, Crosses: July 2014, Gray circles: May 2015.

が出現したときの流れは、0時頃までは南東向きであったが (Fig. 5c, d), 2時以降流向が北西向きに変化するとともに流速は大きくなり、東西成分では最大で西向きに 50cm/s、南北成分では最大で北向きに 30cm/s であった。

2015年5月においても、マアジの釣獲がみられた31日18時から翌4時頃に、水温 14.0~19.0°C、塩分 34.5PSU の低温高塩な水が底層から 20m 以深に出現していた (Fig. 6a, b 黒丸)。この水塊は、20時から3時頃にかけて 10cm/s 以下の上げ潮にともなう東向きの流れによって館山湾に流入し、下げ潮にともなう、北西向きに流出したことがわかった (Fig. 6c, d, e)。

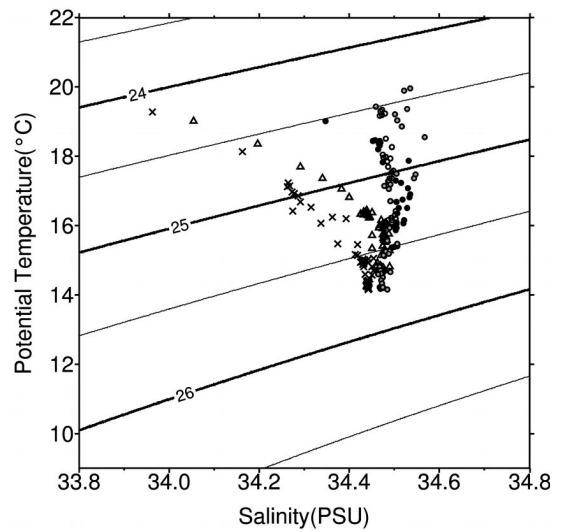


Fig. 9 Distribution of water properties in the case of catching a fish. Black circles: May 2013, Circles: May 2014, Triangles: June 2014, Crosses: July 2014, Gray circles: May 2015. Contours indicate  $\sigma_\theta$  (0.5 interval).

以上の結果から、春季から初夏の館山湾において、マアジは低温高塩な水塊の出現とともに釣獲されていることが明らかとなった。

## 4. 考察

### 4.1 マアジの生息深度

館山湾にて釣獲されたマアジの釣獲深度の頻度分布を、Fig. 7に示す。マアジ釣獲深度のモードをみると、いずれの時期においても海底から 4~5m 付近にモードが認められた。ここで、「母集団分布は正規分布である」という帰無仮説のもとで、適合度の検定を行った結果、2013年5月、2014年6月、2014年7月では p 値 0.01 未満であり、帰無仮説は棄却された。また、2014年5月および 2015年5月では有意であると判定されたものの、2014年5月の頻度分布をみると海底付近に釣獲のモードは認められる。また、この時は表層から中層に高密度でゴマサバの魚群が分布していた。そのため、中層に分布していたマアジを釣獲できなかったか、底層付近に分布が偏った可能性

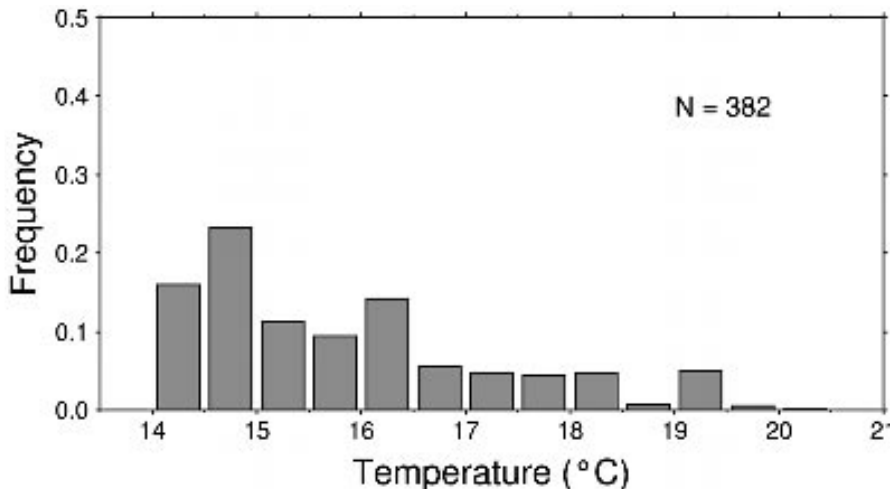


Fig. 10 Occurrence frequency of the temperature of habitat depth of Jack mackerel.

が考えられる。2015年5月の頻度分布では、海底付近だけでなく近底層にも釣獲のモードがみられた。マアジは浮魚であるものの、水温よりむしろ水深によって生息域が限定されているという底魚的な生態を有しているとの報告があることから(塚本, 2007), 次節ではマアジの釣獲がみられた時刻および深度での水温・塩分に着目して議論を進める。

#### 4.2 マアジの魚群分布と海洋構造

マアジの釣獲は、各月ごとに異なるもの特定の時間帯に集中していた。このとき沖側からの低温高塩な水塊の流入が認められた。そこで本節では、低温高塩な水塊の起源を探るとともに、マアジの釣獲された時刻および深度の水温・塩分を TurboMAP 観測データより抽出することで、マアジの分布特性と海洋構造の関連を調べることにした。

まず、釣獲があった低温高塩な水塊は、館山湾湾口部に位置する St. E の水塊特性と一致していることがわかる (Fig. 8 マアジの釣獲点, 黒色実線)。また、この T-S ダイアグラムより、2013年5月ならびに2014年5月の St. E の水塊は St. A の水塊と類似していたことがわかる (Fig. 8 黒色実線, 灰色破線)。一方、2015年5月、2014年6

月ならびに7月では、St. E の水塊は St. B の水塊と類似していた (Fig. 8 黒色実線, 灰色実線)。また、T-S ダイアグラムにおいては塩分の極大付近にマアジの釣獲が集中していることがわかる。Yanagi *et al.* (1989) は東京湾湾口部における密度や濁度分布の変動から、成層期において黒潮系沖合水が等密度の水塊が存在する湾内中層に貫入(中層貫入)することを指摘している。八木ら(2003) は東京湾における外海水進入特性を3次元流動モデルにもとづく数値実験によりとりまとめ、その特徴として外海水中層貫入現象発生時の空間構造として、東京湾内東側(千葉県側)中層に外海水が流入する性質があることを示した。また、相模湾では250m以浅に黒潮系沖合水と河川系水、東京湾系水およびこれらの混合層水が分布している(宇田, 1937; 岩田, 1979)。東京湾湾口部に位置する St. A や St. B には、東京湾や相模湾の水塊と黒潮系沖合水の混合した水塊(黒潮系沿岸水)がみられることがわかる。これらのことより、館山湾ではこの黒潮系沿岸水が潮汐周期にともない底層から流入していると考えられる。

ここで、マアジの釣獲割合と潮汐周期との関係を見ると、満ち潮時(潮位上昇時)での釣獲割合は2013年5月では66.1%, 2014年5月では51.0%, 2014年6月では52.3%, 2014年7月では



73.6%、2015年5月では78.0%であった。調査日における館山湾に波及してきたマアジ魚群の密度・量により影響は出るものと考え、満ち潮での釣獲割合が引き潮時と比較して高いことがわかる。

次に、マアジの釣獲がみられた水温は14~20℃であった。一方、塩分は5月には34.4~34.6PSUであったが、6月、7月には34.0~34.5PSUであり、時期による違いがみられたが (Fig. 9)、このことは夏季の東京湾、館山湾内に注ぎ込む河川水等の増加にともなう塩分の低下によるものと考えられる。マアジの適水温は18~23℃といわれており、館山湾では適水温よりもわずかに低い水温帯でマアジの釣獲が多くなっていた (Fig. 10)。このことは、いろいろな理由が考えられるが、その一つにマアジの生息域が水温よりも深度の影響を受け、底魚的特性を有するというマアジの生物学的特性によるものと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、千葉県館山湾を研究対象海域として、春季から初夏の日没時から日出時におけるマアジ魚群の行動と海洋構造との関係について、連続的な海洋観測と釣りによる調査を行った。

マアジは主に底層付近で釣獲され、その釣獲深度ではほぼ塩分極大を示した。また、釣獲された時間帯では、流れはほぼ湾内に向かっていった。以上より、春季から初夏にかけて潮汐周期にともなう底層からの低温高塩な水塊の流入とともに湾内へマアジ魚群が波及していることを示した。このことは、潮汐にともなう東京湾や相模湾の水塊と黒潮系沖合水の混合した水塊 (黒潮系沿岸水) とともに、マアジ魚群が館山湾内に出現することを示すものである。また、館山湾において日没後に湾内に波及するマアジ魚群の行動は、伊藤ら (2009) が示したマアジが日中には沖合に位置する人工魚礁の周辺部や天然礁の底層部付近に留まり、日没後には礁から離脱し、沿岸域に來遊し、日出前には沖合の礁へと蟄集し始めるというマアジの行動様式である日周行動と一致しており、マアジがごく沿岸域で日周行動するという生態学的

特性を確認したものとする。一方で、伊藤ら (2009) では夜間にマアジは表層を遊泳することを示していたが、本研究ではマアジは海底付近に生息していることが確認されている。黒潮系沖合水は、館山湾沖では数十メートルから100m程度の深度に分布していた。この黒潮系沖合水を中心としてマアジが日周行動を行っており、館山湾ではこの水塊が流入する海底付近でマアジが釣獲されたものとするが、これらのことに関しては調査海域を拡張する等、さらなる議論を進める必要がある。

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、査読者の方々から非常に意義のある多くのご指摘・ご助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。また、本研究を進めるにあたり、館山湾での調査に多大なるご理解をいただいた館山船形漁業協同組合の方々、漁獲調査・海洋観測にご協力いただいた東京海洋大学練習船「青鷹丸」乗組員の方々を中心に謝意を表します。また、青鷹丸での調査・観測にご協力いただいた資源・海洋情報解析学研究室ならびに海洋物理学研究室内の乗船調査メンバーに心からお礼申し上げます。

## 引用文献

- 市原忠義・米盛 保・浅井久男 (1975) : 南千島, エトロフ島沖合における南下回遊期のシロザケ (アキザケ) の遊泳行動. 遠洋水研報, 13, 63-77.
- 井上喜洋・有元貴文 (1985) : 相模湾定置網漁場における魚群性状. 日本水産学会誌, 51 (11), 1789-1794.
- 井上喜洋 (1987) : 定置網周辺における魚群の規模と移動状況. 日本水産学会誌, 53 (8), 1307-1312.
- 井上喜洋 (1988) : ソナーによる定置網漁場における魚群の行動に関する研究. 水工研報, 9, 227-287.
- 井上喜洋 (1992) : キンコ網に入るサケの行動. ていち, 81, 1-14.
- 石野 誠・大塚一志・木原興平・糸洌長敬 (1980) : 館山湾内水の流動特性 (1). 東京水産大学研究報告, 67 (1), 55-66.
- 伊藤 靖・三浦 浩・中村憲司・吉田 司 (2009) : 日本

- 海佐渡島羽茂地先の人工魚礁における超音波バイオテレメトリーを用いたマアジの行動様式. 日本水産学会誌, 75 (6), 1019-1026.
- 岩田静夫 (1979): 平均場から見た相模湾の海況. 相模湾資源環境調査報告書-2, 15-26.
- 金 文官・有元貴文・松下吉樹・井上喜洋 (1993): 定置網漁場における魚群の移動行動. 日本水産学会誌, 59 (3), 473-479.
- 町中 茂・今村 月・橋田新一 (1977): バイオ・テレメトリーシステムによるブリの行動生態に関する研究. 石川水研報, 2, 1-20.
- 西田 宏 (2006): マアジとマイワシの繁殖生態. 水産総合研究センター研究報告, 別冊 (4), 113-118.
- 為石日出生 (1988): 相模湾のマアジ漁況と海況. 第11回相模湾の環境保全と水産振興. 水産海洋研究会報, 52 (4), 319-323.
- 塚本洋一 (2007): マアジの生物学的特徴. 月刊海洋, 39 (8), 495-499.
- 塚本洋一 (2011): マアジの資源動向の実態と加入量予測. 1) マアジの加入量予測手法に関する現状の整理. 水産海洋研究, 75 (2), 83-84.
- 徳永武雄 (1983): 網型別標識魚の放流結果について. ていち, 64, 43-71.
- 宇田道隆 (1937): 「ぶり」漁期における相模湾の海況及び気象と漁況との関係. 水産試験場報告, 8, 1-50.
- 渡邊千夏子・川端 淳・上村泰洋・赤嶺達郎・亘 真吾・水戸啓一 (2015): 平成26年度マアジ太平洋系群の資源評価. 平成26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・独立行政法人水産総合研究センター, 78-105.
- 八木 宏・片岡理英子・山口 肇・藤原建紀 (2003): 東京湾の外海水進入特性に関する数値実験. 海洋工学論文集, 50, 931-935.
- Yanagi, T., H. Tamaru, T. Ishimaru and T. Saino (1989): Intermittent outflow of high-turbidity bottom water from Tokyo Bay in summer. *La mer*, 27, 34-40.
- 依田真里・由上龍嗣・黒田啓行・福若雅章 (2015): 平成26年度マアジ対馬暖流系群の資源評価. 平成26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・独立行政法人水産総合研究センター, 106-136.

受理: 2016年12月5日

受付: 2016年11月1日