

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¹⁾*・澁谷勝晶¹⁾・中野知香^{1), 3)}・古見拓郎¹⁾・
上嶋紘生²⁾・宮崎唯史²⁾・北出裕二郎¹⁾

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

Masao NEMOTO¹⁾*, Katsumasa SHIBUYA¹⁾, Haruka NAKANO^{1), 3)}, Takuro FURUMI¹⁾,
Hiroki JOSHIMA²⁾, Tadashi MIYAZAKI²⁾ and Yujiro KITADE¹⁾

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

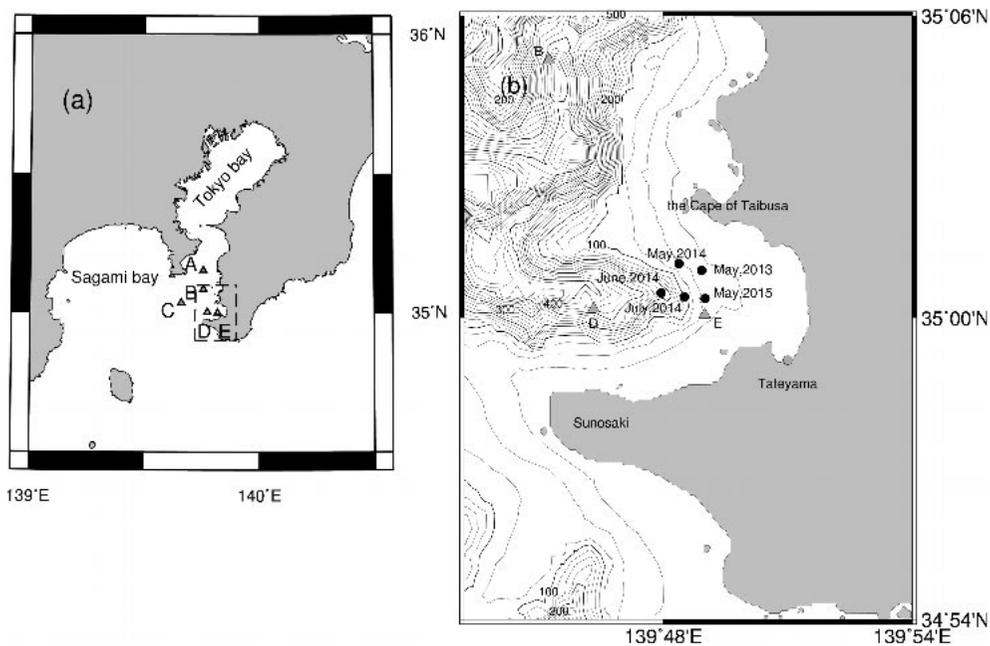


Fig. 1 Observation Site, (a) Tokyo bay and Sagami bay, and (b) Tateyama bay shown as dashed area of (a) with contours of depth (50m interval). Triangles indicate CTD stations and black circles are survey points of Jack mackerel.

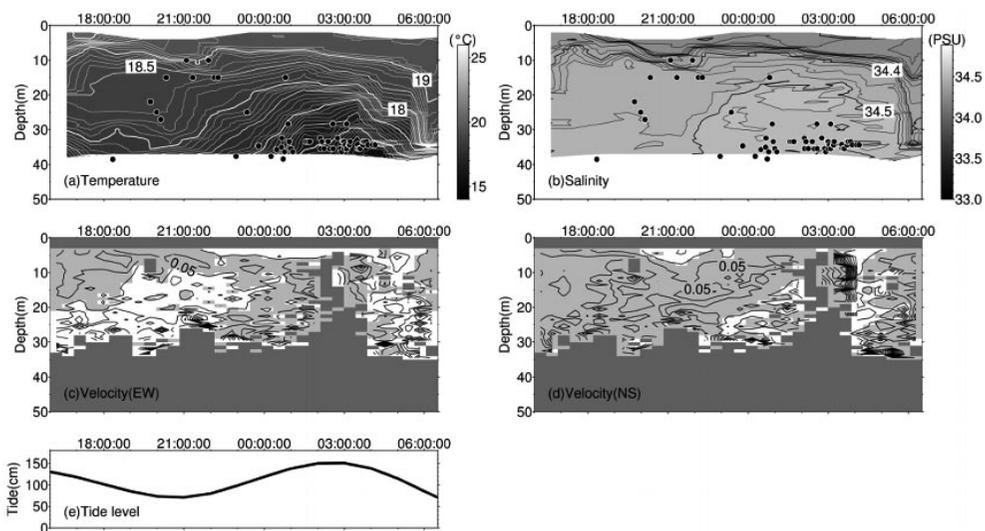


Fig. 2 Temporal change of temperature, salinity and velocity components (E-W, N-S) on 22 May, 2013 are shown in Fig. 2 (a), (b), (c) and (d). Light gray-shaded areas indicate East component in (c) and North component in (d). Tidal level change at Tateyama is also shown in (e). Black circles in Fig.2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

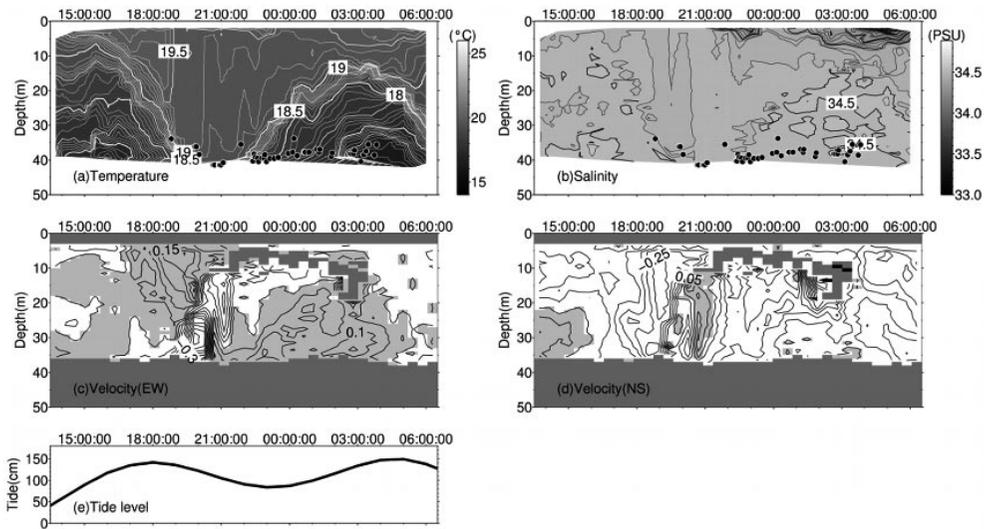


Fig. 3 Same as Fig. 2, but on 29 May. 2014.

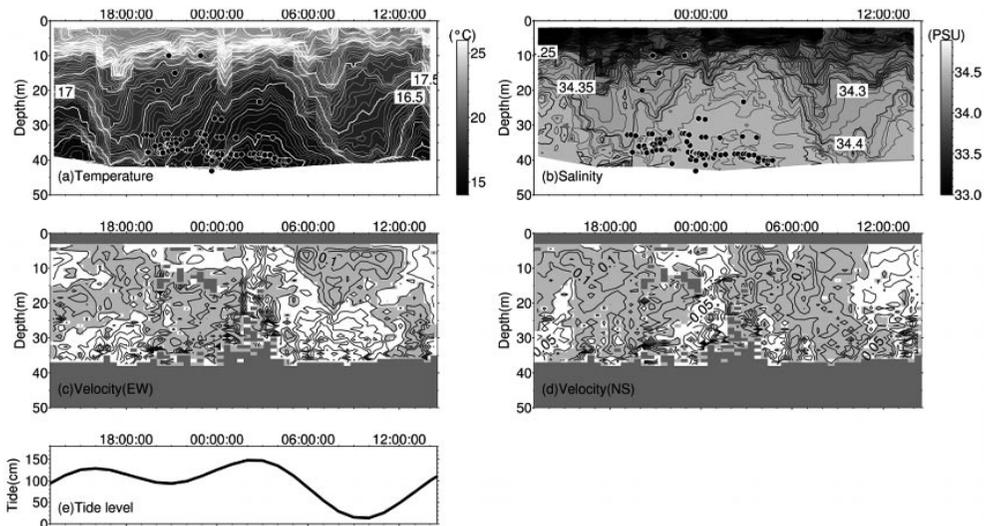


Fig. 4 Same as Fig. 2, but on 24 June 2014.

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° 以下であり、PG4（Percent Good；4ビームで計測した際の有

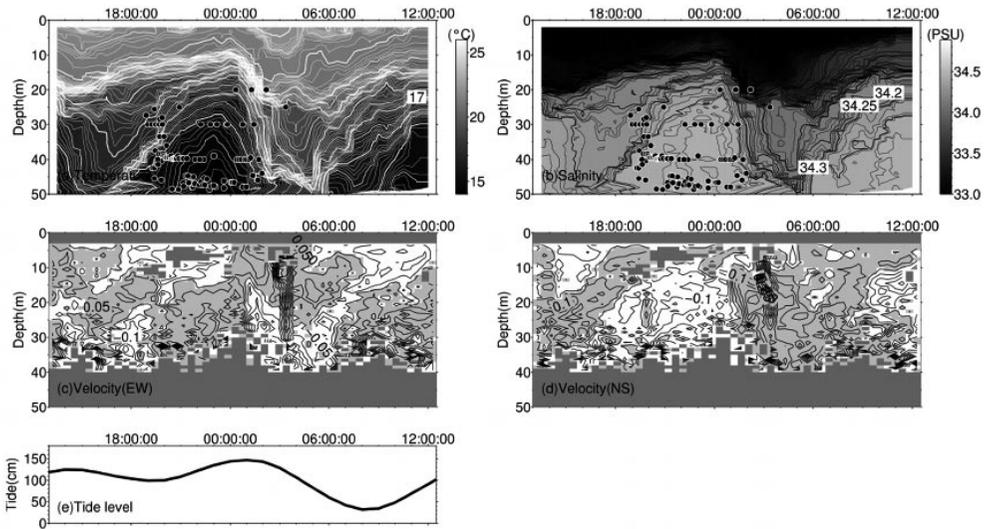


Fig. 5 Same as Fig. 2, but on 8 July 2014.

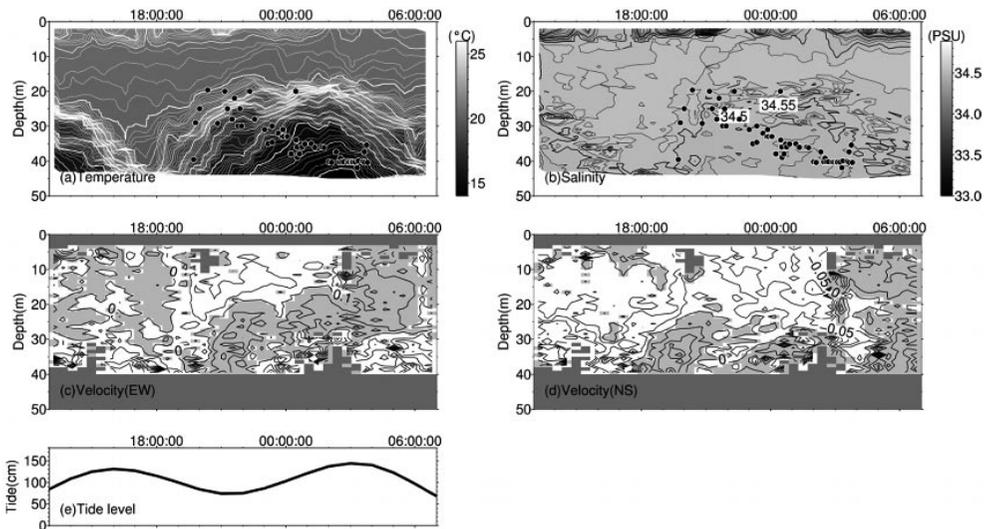


Fig. 6 Same as Fig. 2, but on 31 May 2015.

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

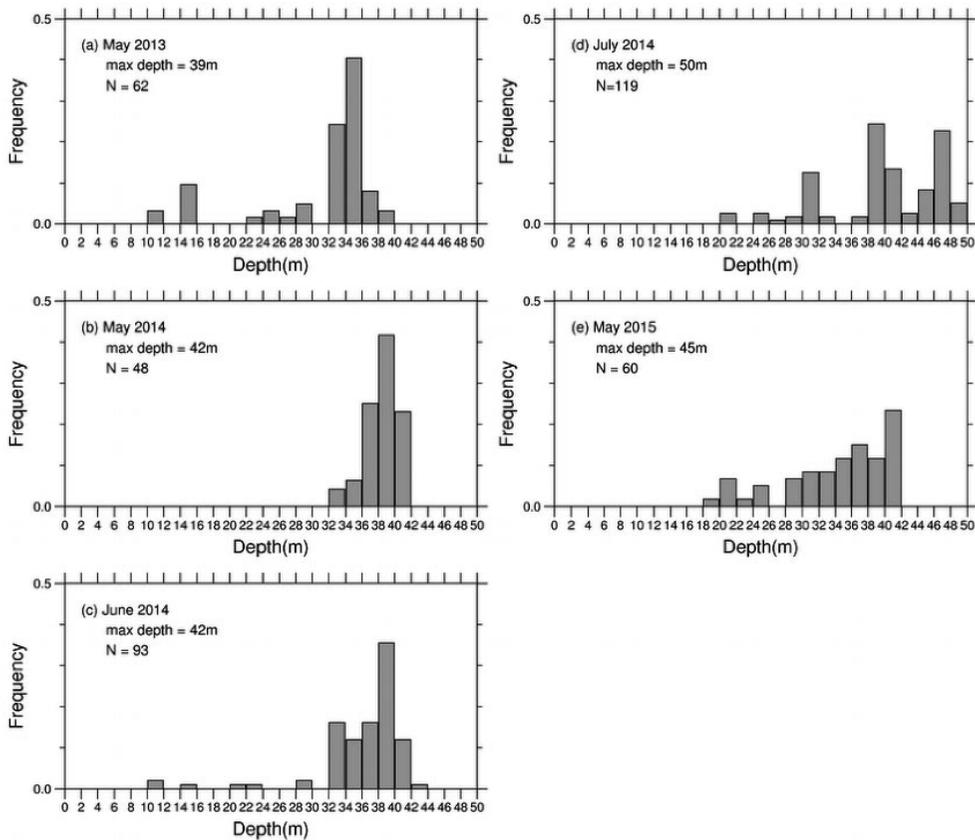


Fig. 7 Distribution of fish caught depth from May 2013 to May 2015.

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 10cm/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 5cm/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 10cm/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 5cm/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

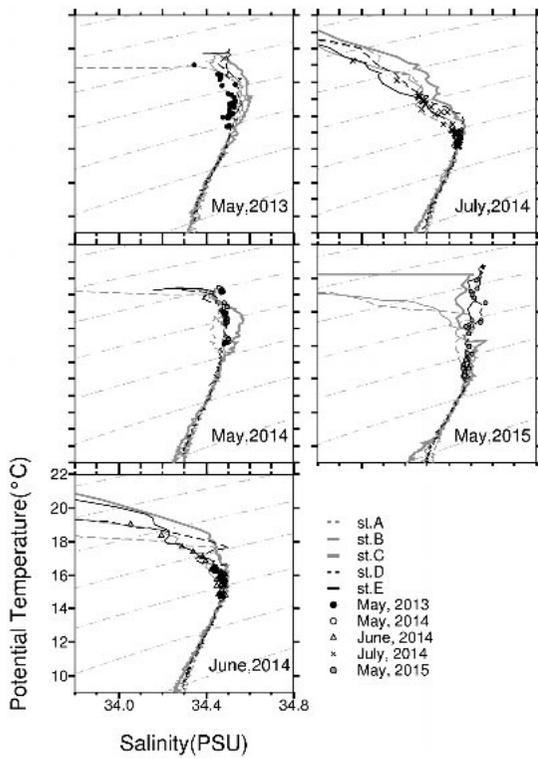


Fig. 8 T-S diagrams, gray dashed line: st. A, gray thin line: st. B, gray thick line: st. C, black dashed line: st. D, black thin line: st. E, Contours indicate σ_θ (0.5 interval). Fish caught points; Black circles: May 2013, Circles: May 2014, Triangles: June 2014, Crosses: July 2014, Gray circles: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

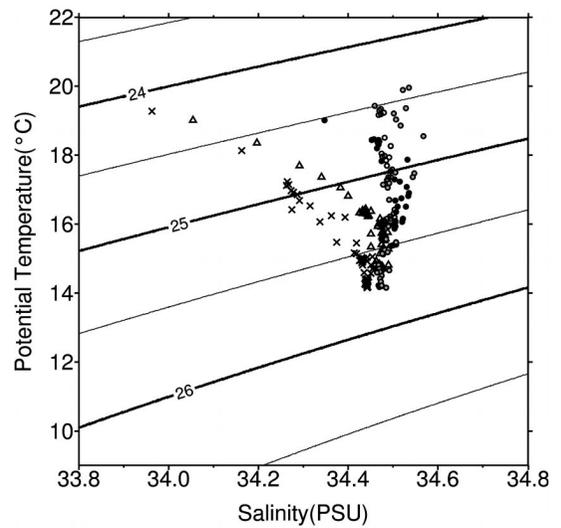


Fig. 9 Distribution of water properties in the case of catching a fish. Black circles: May 2013, Circles: May 2014, Triangles: June 2014, Crosses: July 2014, Gray circles: May 2015. Contours indicate σ_θ (0.5 interval).

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

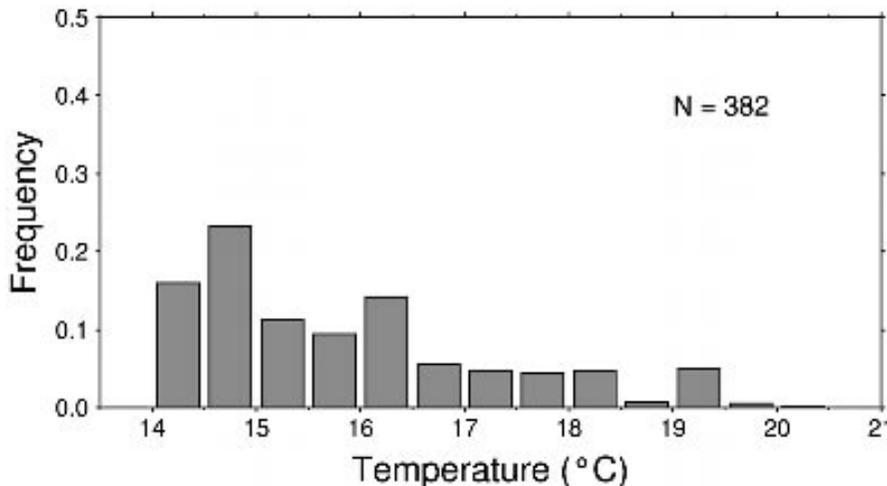


Fig. 10 Occurrence frequency of the temperature of habitat depth of Jack mackerel.

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るが、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、潮汐にともなって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・糸洩長敬 (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.

受付: 2016年11月1日

受理: 2016年12月5日

Growth and reproductive seasonal pattern of *Sargassum polycystum* C. Agardh (Sargassaceae, Phaeophyceae) population in Samaesarn Island, Chon Buri Province, Thailand

Thidarat NOIRAKSAR¹⁾*, Vipoosit MANTHACHITRA²⁾, Aunkul BURANAPRATHEPRAT²⁾ and Teruhisa KOMATSU³⁾

Abstract: *Sargassum* forests form important habitats in coastal waters worldwide. *Sargassum polycystum* C. Agardh is a dominant species consisting of *Sargassum* forests and distributed widely in the Gulf of Thailand. We studied seasonal variations of *S. polycystum* on the intertidal reef flats in Samaesarn Island off the northeast coast of the Gulf of Thailand by monthly quadrat sampling, observation of *S. polycystum* and measurements of environmental variables from January 2014 to December 2015. Percent cover, thallus length, standing crop, percentages of the numbers of immature and mature plants of *S. polycystum* per 0.25 m² were the maximum during the dry and cold season from November to February. They showed a significant negative correlation with water temperature ($p < 0.05$) and significant positive correlation with DO and phosphate ($p < 0.05$). Percentage of the number of holdfasts, main without stipes of *S. polycystum* per 0.25 m², which was the highest in among the numbers of juvenile, immature and mature plants, and main holdfasts without stipes of *S. polycystum* per 0.25 m² in March 2014 and December 2015, showed a significant and negative correlation with current speed ($p < 0.05$). Plant density, percentage of the number of juvenile plants of *S. polycystum* were the maximum during the rainy season from May to September. These results indicate that the monsoon drives environmental variables controlling the seasonal pattern of the growth and reproduction of *S. polycystum*. Its maturation and reproduction occur under a calm sea condition and low water temperature with sufficient solar radiation in January-February at the end of dry season.

Keywords : *Sargassum polycystum*, phenology, Gulf of Thailand; growth

1. Introduction

Genus, *Sargassum* C. Agardh (Sargassaceae, Phaeophyceae), is the largest genus of the brown

algae which is the most ecologically abundant and economically important. *Sargassum* species are distributed in tropical to temperate regions all

1) Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Chon Buri 20131, Thailand

2) Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsaen, Chon Buri 20131, Thailand

3) Atmosphere and Ocean Research Institute, The

University of Tokyo, 5-1-5, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564, Japan

*Corresponding author: Thidarat Noiraksar

Tel: + 66 (0) 38 391671

Fax: + 66 (0) 38 391674

E-mail: sargassum2005@gmail.com

over the world (YOSHIDA, 1983). *Sargassum* beds absorb CO₂ and produce O₂ in seawater through photosynthesis. Thus, they influence dissolved oxygen content in seawater (DO) (MIKAMI *et al.* 2007) and consequently pH distributions through changing equilibrium of carbonate in seawater by absorption and release of CO₂ (KOMATSU, 1989; KOMATSU and KAWAI, 1986). They influence downward radiation from the sun through their canopy (KOMATSU *et al.*, 1990), and eventually water temperature distributions inside the *Sargassum* forest (KOMATSU *et al.*, 1982; KOMATSU, 1985, KOMATSU *et al.*, 1995). Their stipes and fronds buffer water motion inside the forest (KOMATSU and MURAKAMI, 1994). Many commercially important species spawn in *Sargassum* beds (*e.g.* sea urchins, abalones, cuttlefish); larvae and juveniles use the beds as nursery grounds. Detached *Sargassum* species from the substrates form drifting seaweeds providing habitats for fishes and attached animals (KOMATSU *et al.*, 2007; KOMATSU *et al.*, 2008). Thus, *Sargassum* beds support biodiversity and are an important habitat for marine animals.

In Thailand, *Sargassum* species were recorded by Reinbold in "Flora of Koh Chang" from the specimens collected by SCHMIDT (1900) during the Danish Expedition to Siam. *Sargassum polycystum* C. Agardh was reported from Koh Kahdat, Trat Province situated on the northeast coast of the Gulf of Thailand for the first time. *S. polycystum* is distributed widely along the Gulf of Thailand (LEWMANOMONT, 1988; NOIRAKSAR *et al.*, 2006; NOIRAKSAR and AJISAKA, 2008). *S. polycystum* has secondary holdfasts that are transformed from a stolon and heavily muricate on main branches (CHIANG *et al.*, 1992; AJISAKA *et al.*, 1995, 1999) (Fig. 1). Normally recruitment of *S. polycystum* populations is maintained by sexual reproduction while its recruitment is also sustained by secondary holdfasts (NOIRAKSAR and

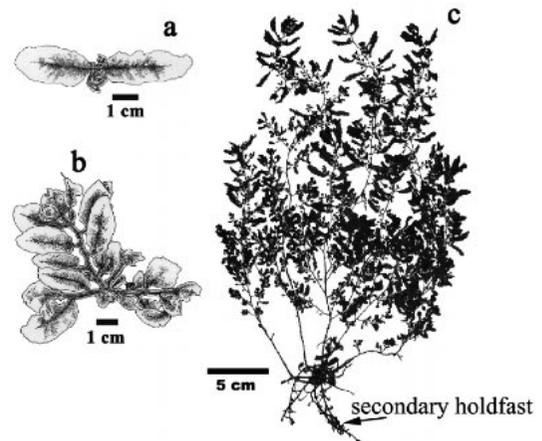


Fig. 1 Thallus stages of *Sargassum polycystum*. a juvenile plant, b immature plant, and c mature plant

AJISAKA, 2008). Although there are some reports about distributions and ecology of *S. polycystum* in some countries, its ecology of Thailand hasn't been fully examined. To conserve *S. polycystum* in Thailand, it is necessary to understand its ecology. This study aims to elucidate growth and reproductive patterns in a natural habitat off northeast coast of the Gulf of Thailand.

2. Materials and methods

2.1 Study site

Samaesarn Island, Chon Buri Province (12° 31' 21.37"N, 100° 57' 25.12"E) is surrounded with a large intertidal flat, of which the substratum is composed of rock and dead coral with fine to coarse sand, followed by a subtidal coral reef. This intertidal flat is exposed during the low tide in the day time for about 4–6 hours from April to May (Fig. 2). This island is designated as the conservation area rich in benthic marine algae including four species of *Sargassum* (*S. aquifolium*, *S. oligocystum*, *S. polycystum* and *S. swartzii*) with other seaweeds such as *Turbinaria conoides*, *Padina australis*, *Padina santae-crucis*, *Lobophora*

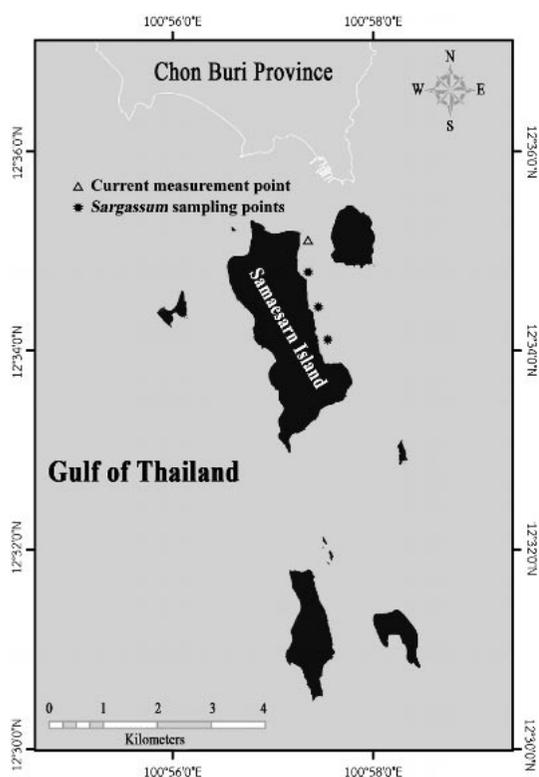


Fig. 2 The study site, on the eastern coast of Samaesarn Island, Chon Buri Province.

asiatica, *L. pachyventera*, *Amphiroa anceps*, *Bryopsis pennata*, *Gelidiella acerosa*, *Chondrophycus cartilagineus*, etc. Among them, *S. polycystum* is the most dominant species.

2.2 Quadrat sampling of seaweeds and measurements of environmental parameters

Three belt transects, 30 m apart parallel to the shore were set in the *Sargassum* bed (Fig. 2). Quadrats (0.5 x 0.5 m) were placed at 10 m intervals along each line with a length of 120 m starting from a point near an end randomly decided. Thirty-six quadrats in total were monitored in each month for a period of 24 months from January 2014 to December 2015. We measured percent covers of all quadrats and collected

seaweeds on three quadrats per line in each month. Collected seaweeds were preserved in plastic bags with sodium chloride and brought back to the laboratory at the Institute of Marine Science, Burapha University. The samples were rinsed in fresh water and cleaned of sand and shells. Plant density means the total numbers of juvenile plants, immature plants, mature plants and main holdfasts without stipes of *S. polycystum* on a quadrat (0.5 x 0.5 m). A stipe length of individual *S. polycystum* was measured. Epiphytic plants and aquatic animals attached to an individual were removed before the wet sample was weighed prior to drying in a hot air oven (TS8000 Termaks, Bergen, Norway) at 60°C for 48 h. Dry weight of each sample was then obtained (CP3202S, Sartorius, Goettingen, Germany) and used for calculating standing crop, which is expressed as the dry weight (g) per unit area.

Three environmental parameters such as water temperature, salinity and DO were recorded at the time of sample collection with a portable multiparameter measuring instrument (YSI 556 MPS, Ohio, USA). Water current was measured by current meters (Valeport Model-105, Valeport Limited, UK) deployed off the study site (Fig. 2). Water samples were collected for the analysis of nutrients (phosphate, nitrate and silicate) using a spectrophotometer (HACH DR 2500, Colorado, USA). Nitrate was measured using cadmium reduction and diazotization method. Phosphate was analyzed by ascorbic acid method. Silicate was analyzed by molybdo-silicate method (STRICKLAND and PARSONS, 1972).

2.3 Statistical analysis

A two-way ANOVA was applied to examine differences among characteristics of *S. polycystum* by month and year. Before the ANOVA, standing crop, plant density and thallus length per unit area were transformed using a loga-

rhythmic transformation, while percent cover, and percentages of juvenile plants, immature plants, mature plants and main holdfasts in the number of all plants of *S. polycystum* per 0.25 m² were transformed using an arcsine transformation. We examined relationships among percent cover, thallus length, standing crop, plant density, percentages of juvenile plants, immature plants, mature plants and holdfasts on the number of all plants of *S. polycystum* per 0.25 m² with the eight environmental parameters using Spearman's rank correlation analysis.

3. Results

3.1 Seasonal growth pattern of *Sargassum polycystum*

S. polycystum was monthly found throughout the year for a period of two years. The annual maximum percent covers of *S. polycystum* per unit area in 2014 and 2015 were obtained in January 2014 ($66.3 \pm 5.4\%$) and January 2015 ($69.0 \pm 8.0\%$) during the northeast monsoon season from November to February corresponding to the dry season of winter months in the northeast coast of Gulf of Thailand, respectively. The annual minimum percent covers of *S. polycystum* per unit area in 2014 and 2015 occurred in June ($4.3 \pm 1.4\%$) and July ($4.5 \pm 0.8\%$) during the southwest monsoon season from May to September corresponding to the rainy season of summer months in the northeast coast of the Gulf of Thailand, respectively (Fig. 3). Results of two-way ANOVA (95% confidence level) indicated monthly differences in percent cover of *S. polycystum* per unit area were significant although its interaction of year and months was significant (Table 1).

The annual maximum thallus lengths in 2014 and 2015 were obtained in December 2014 (18.0 ± 3.2 cm) and February 2015 (18.0 ± 2.8 cm) during the dry season, respectively. The annual

minimum thallus lengths in 2014 and 2015 occurred in July 2014 (1.6 ± 0.4 cm) and July 2015 (1.1 ± 1.1 cm) during the rainy season, respectively (Fig. 3). Results of two-way ANOVA indicated difference in monthly thallus length of *S. polycystum* was significant although its interaction of year and months was significant (Table 1).

The annual maximum standing crops in 2014 and 2015 were obtained in January (58.23 ± 13.41 g dw. 0.25 m⁻²) and February (63.15 ± 9.25 g dw. 0.25 m⁻²) during the dry season, respectively. The annual minimum standing crops in 2014 and 2015 were in July (3.59 ± 0.95 g dw. 0.25 m⁻²) and July (5.21 ± 1.09 g dw. 0.25 m⁻²) during the rainy season, respectively (Fig. 3). Results of two-way ANOVA indicated difference in monthly standing crop of *S. polycystum* was significant although its interaction of year and months was significant (Table 1).

The annual maximum plant densities consisting of juvenile plants, immature plants, mature plants and main holdfasts in 2014 and 2015 were obtained in August (533.2 ± 148.9 no. 0.25 m⁻²) and August (387.0 ± 78.3 no. 0.25 m⁻²) during the rainy season, respectively. The annual minimum plant density in 2014 and 2015 occurred in February (102.2 ± 35.9 no. 0.25 m⁻²) during the dry season and June (108.8 ± 21.9 no. 0.25 m⁻²) during the rainy season, respectively (Fig. 3). Results of two-way ANOVA indicated difference in monthly plant density of *S. polycystum* was significant although its interaction of year and months was significant (Table 1).

The annual maximum percentages of juvenile plants in 2014 and 2015 were obtained in August ($62.9 \pm 15.7\%$) and July ($86.3 \pm 2.9\%$) during the rainy season, respectively. The annual minimum percentages of juvenile plants in 2014 and 2015 occurred in February ($3.4 \pm 1.4\%$) and February ($15.3 \pm 4.7\%$) during the dry season, respectively (Fig. 4). Results of two-way ANOVA indicated

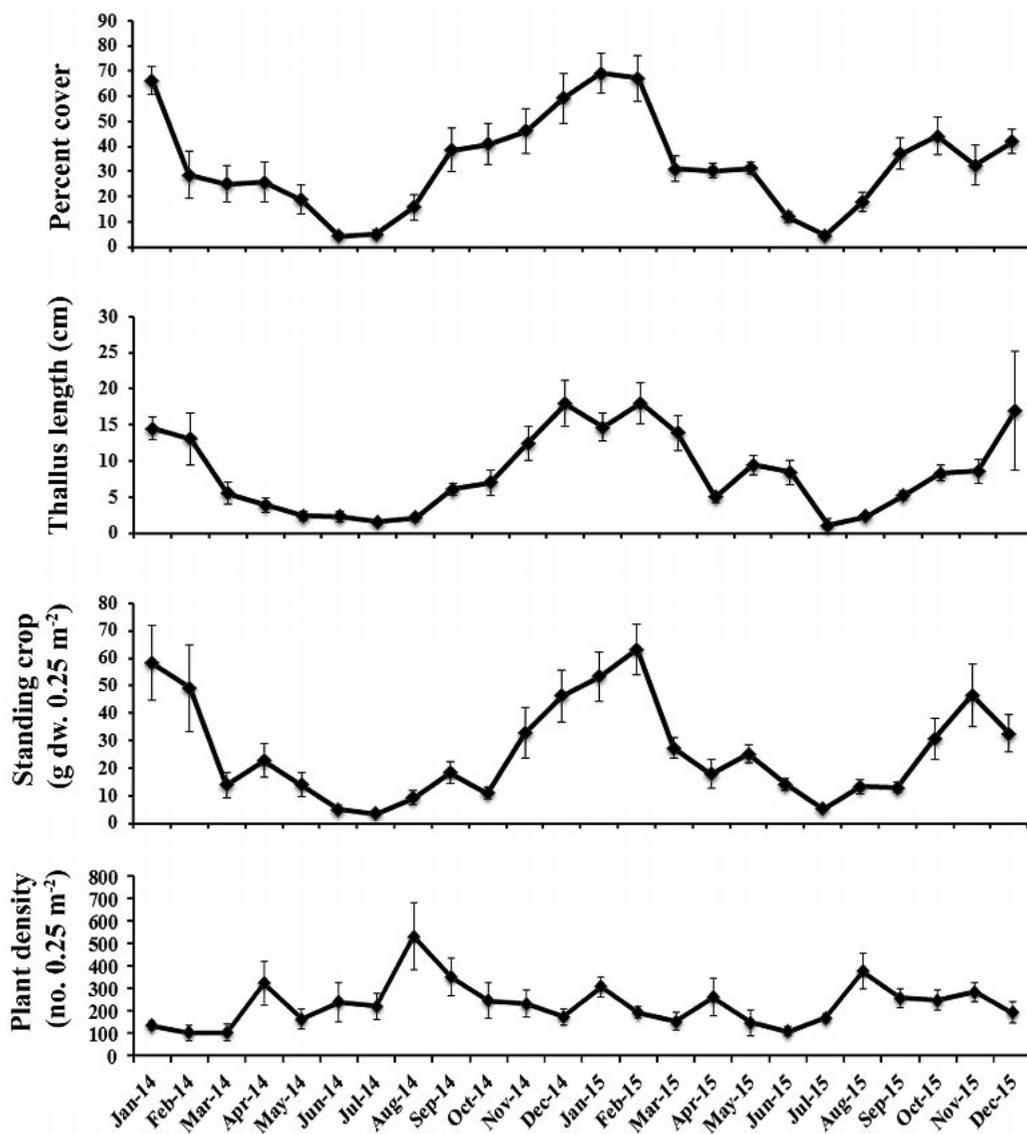


Fig. 3 Percent cover, thallus length, standing crop and plant density of *Sargassum polycystum* (mean \pm standard error) in Samaesarn Island, Chon Buri Province from January 2014–December 2015.

difference in monthly percentage of juvenile plants of *S. polycystum* was significant (Table 1).

The annual maximum percentages of immature plants in 2014 and 2015 were obtained in January ($87.9 \pm 2.2\%$) and February ($61.1 \pm 5.4\%$) during the dry season, respectively. The annual

minimum percentages of immature plants in 2014 and 2015 occurred in August ($3.2 \pm 1.1\%$) and July ($0.5 \pm 0.5\%$) during the rainy season, respectively (Fig.4). Results of two-way ANOVA indicated difference in monthly percentage of immature plants of *S. polycystum* was significant

Table 1. Results of ANOVA testing effects of year and month on percent cover, thallus length, standing crop, plant density, percentages of the numbers of juvenile, immature and mature plants, and main holdfasts without stipes of *Sargassum polycystum* per 0.25 m².

Source of variation	Percent coverage of <i>S. polycystum</i>				Thallus length of <i>S. polycystum</i>			
	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>
Year	1	0.099	1.906	0.169	1	0.188	4.206	0.042
Month	11	0.815	15.667	0.000	11	0.818	18.268	0.000
Interaction	11	0.141	2.707	0.003	11	0.182	4.056	0.000
Error	192	.052			163	0.045		
	Standing crop of <i>S. polycystum</i>				Plant density of <i>S. polycystum</i>			
	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>
Year	1	0.012	0.138	0.711	1	0.443	2.844	0.04
Month	11	1.415	16.315	0.000	11	0.417	2.740	0.003
Interaction	11	0.221	2.551	0.005	11	0.415	2.725	0.003
Error	171	0.087			171	0.152		
	Juvenile plants of <i>S. polycystum</i>				Immature plants of <i>S. polycystum</i>			
	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>
Year	1	0.498	6.618	0.011	1	0.045	0.954	0.330
Month	11	1.373	18.257	0.000	11	1.004	21.160	0.000
Interaction	11	0.085	1.133	0.338	11	0.224	4.725	0.000
Error	192	0.075			192	0.047		
	Mature plants of <i>S. polycystum</i>				Holdfasts of <i>S. polycystum</i>			
	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>
Year	1	0.015	1.058	0.305	1	0.195	15.641	0.000
Month	11	0.031	2.179	0.017	11	0.086	6.887	0.000
Interaction	11	0.018	1.248	0.258	11	0.031	2.520	0.005
Error	192	0.014			192	0.012		

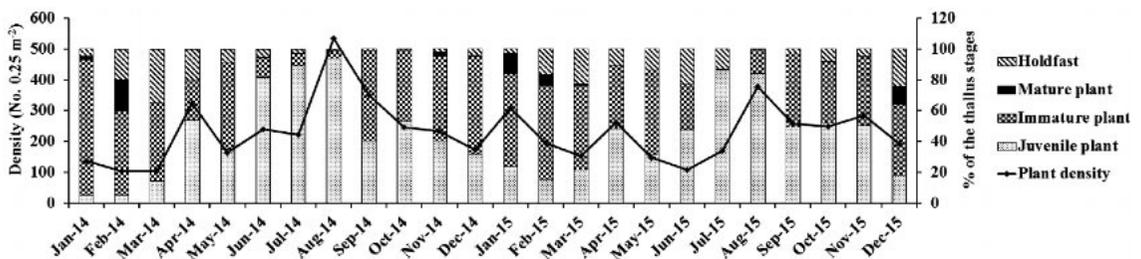


Fig. 4 Percentage of plant stages and density of *Sargassum polycystum* in Samaesarn Island, Chon Buri Province from January 2014 to December 2015

although its interaction of year and months was significant (Table 1).

The annual maximum percentage of mature plants in 2014 and 2015 were obtained in February ($13.6 \pm 5.0\%$) and January (13.4 ± 6.1

$\%$) during the dry season, respectively (Fig. 4). There was a low percentage of mature plants between March and November in 2014 and 2015. Results of two-way ANOVA, indicated difference in monthly percentage of mature plants of *S.*

polycystum was significant (Table 1).

The annual maximum percentage of main holdfasts in 2014 and 2015 were obtained in March ($23.4 \pm 7.5\%$) during the first inter-monsoon and December ($24.5 \pm 10.0\%$) during the dry season, respectively. There was a low percentage of holdfasts during the rainy season (Fig. 4). Results of two-way ANOVA, indicated differences between year and among months were significant although its interaction of year and months was significant (Table 1).

3.2 Relationships between the features of plant and environmental variables

The monthly average measurements of environmental parameters were shown in Fig. 5. The annual highest water temperatures in 2014 and 2015 were measured in May (31.2°C) and May (31.0°C) during the rainy season, respectively, and the annual lowest water temperatures in 2014 and 2015 were in December (27.4°C) and December (27.2°C) during the dry season, respectively. The annual highest salinities in 2014 and 2015 were observed in October (35.1) during the second inter-monsoon and July (35.3) during the rainy season, respectively, and the annual lowest salinities in 2014 and 2015 were in November (32.0) and January (30.4) during the dry season, respectively. The annual highest DOs in seawater in 2014 and 2015 were observed in December (7.3 mg l^{-1}) and February (8.21 mg l^{-1}) during the dry season, respectively, and the annual lowest DOs in 2014 and 2015 were in July (4.22 mg l^{-1}) and July (4.13 mg l^{-1}) during the rainy season, respectively. The annual highest Phosphate contents in seawater in 2014 and 2015 were observed in October (0.12 mg l^{-1}) during the second inter-monsoon season and July (0.21 mg l^{-1}) during the rainy season, respectively, and the annual lowest phosphate contents were in March (0.02 mg l^{-1}) during the first inter-

monsoon season and May (0.03 mg l^{-1}) during the rainy season, respectively. The annual highest nitrate contents in seawater in 2014 and 2015 were observed in July (1.15 mg l^{-1}) and July (1.53 mg l^{-1}) during the rainy season, respectively, and the annual lowest nitrate contents in 2014 and 2015 were in April (0.73 mg l^{-1}) during the first inter-monsoon season and August (0.6 mg l^{-1}) during the rainy season, respectively. The annual highest silicate contents in seawater in 2014 and 2015 were observed in June (4.73 mg l^{-1}) and July (5.53 mg l^{-1}) during the rainy season, respectively, and the annual lowest silicate contents in 2014 and 2015 were in January (1 mg l^{-1}) and December (1.1 mg l^{-1}) during the dry season, respectively. In general, silicate and phosphate contents in seawater were increased during the rainy season except December 2014 for phosphate. The annual highest water currents in 2014 and 2015 were observed in July (38.3 cm s^{-1}) and September (33.1 cm s^{-1}) during the rainy season, respectively, and the annual lowest water currents in 2014 and 2015 were in March (14.2 cm s^{-1}) during the first inter-monsoon season and July (10.8 cm s^{-1}) during the rainy season, respectively.

A Spearman's rank-order correlation was applied to determine the relationship between the characteristics of *S. polycystum* and environmental variables (Table 2). There was a significant negative correlation between water temperature and characteristics of *S. polycystum* such as percent cover ($r_s = 0.569, p = 0.004$), thallus length ($r_s = 0.630, p = 0.001$), standing crop ($r_s = 0.583, p = 0.003$), percentage of immature plants ($r_s = 0.469, p = 0.021$) and percentage of mature plants ($r_s = 0.496, p = 0.014$). On the other hand, the water temperature was positively correlated with percentage of juvenile plants ($r_s = 0.496, p = 0.014$). The salinity negatively and significantly correlated with the percent cover ($r_s = 0.424, p$

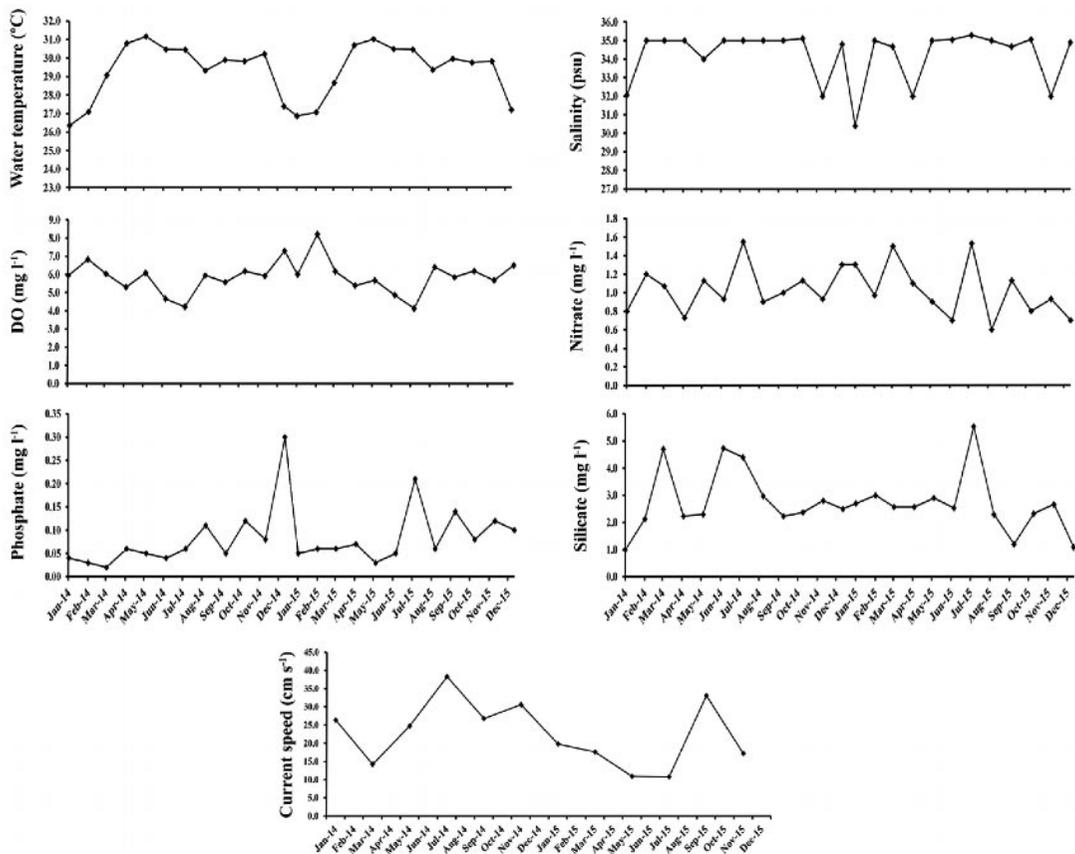


Fig. 5 Environmental variables of seawater measured off the east coast of Samaesarn Island from January 2014 to December 2015.

= 0.039), standing crop ($r_s = 0.463$, $p = 0.023$), percentage of immature plants ($r_s = 0.522$, $p = 0.009$) and percentage of mature plants ($r_s = 0.429$, $p = 0.036$). The DO significantly and positively correlated with percent cover ($r_s = 0.539$, $p = 0.007$), thallus length ($r_s = 0.602$, $p = 0.002$), standing crop ($r_s = 0.504$, $p = 0.012$), percentage of immature plants ($r_s = 0.431$, $p = 0.035$) or percentage of mature plants ($r_s = 0.518$, $p = 0.009$), while it negatively correlated with percentage of juvenile plants ($r_s = 0.470$, $p = 0.020$). The phosphate content significantly and positively correlated with plant density ($r_s = 0.416$, $p = 0.043$) or percentage of juvenile plants ($r_s = 0.482$,

$p = 0.017$). The current speed significantly and negatively correlated with percentage of hold-fasts ($r_s = 0.790$, $p = 0.002$).

4. Discussion

Monsoon is a very important forcing that controls ecology of seaweed in Southeast Asia. Southwest monsoon from May to September accompanies strong waves with rain while northeast monsoon from November to February accompanies a calm sea condition with sunshine and low water temperature in the northeast coast of the Gulf of Thailand (Fig. 5). The first inter-monsoon season from March to April is also a

Table 2. Significant of Spearman's rank correlation between analysis between environmental parameters and the characteristics of *Sargassum* plant.

S. polycystum	Water temperature (°C)		Salinity (psu)		DO (mg l ⁻¹)		Phosphate (mg l ⁻¹)		Current speed (cm s ⁻¹)	
	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>
% cover	-0.569	0.004**	-0.424	0.039*	0.539	0.007**	0.185	0.387	0.315	0.319
Thallus length	-0.630	0.001**	-0.367	0.078	0.602	0.002**	-0.048	0.823	-0.028	0.931
Standing crop	-0.583	0.003**	-0.463	0.023*	0.504	0.012*	-0.103	0.631	-0.119	0.713
Plant density	0.091	0.671	-0.108	0.614	-0.144	0.501	0.416	0.043*	0.392	0.208
% juvenile plants	0.444	0.030*	0.367	0.078	-0.470	0.020*	0.482	0.017*	0.126	0.697
% immature plants	-0.469	0.021*	-0.522	0.009**	0.431	0.035*	0.014	0.948	0.224	0.484
% mature plants	-0.496	0.014*	-0.429	0.036*	0.518	0.009**	-0.200	0.348	0.037	0.908
% holdfasts	0.015	0.944	0.088	0.684	0.074	0.731	-0.232	0.274	-0.790	0.002**

** *p* = 0.01; * *p* = 0.05

Table 3. Periods of *Sargassum polycystum* growth, reproduction and degeneration phases at Samaesarn Island from January 2014 to December 2015

Plant stages	Timing
Growth	January 2014
Reproduction	January-February 2014
Degeneration	February-July 2014
Growth	August 2014-February 2015
Reproduction	November 2014-February 2015
Degeneration	March-July 2015
Growth	August-December 2015
Reproduction	December 2015
Degeneration	December 2015

calm sea condition. Phenology of *Sargassum* species may be controlled with water temperature strongly related to the monsoon because water temperature is one of the most critical factors affecting the phenological patterns of *Sargassum* species (ANG, 2006). It is speculated that warm surface water is accumulated along the northeast coast of the Gulf of Thailand by the southwest monsoon from May to September and cold surface water is supplied by the coastal upwelling along the northeast of the Gulf of Thailand driven by the northeast monsoon from November to February.

In the Philippines, the dry and wet seasons are from January to May and from June to December,

respectively. TRONO and LLUISMA (1990) studied *Sargassum* populations at Santiago Island, Bolinao and reported that thallus length and fertility of *S. polycystum* attained the highest in December (447 g wet wt m⁻²) and in January or February, respectively, before the sudden reduction in standing crop. Investigating *Sargassum* beds in Bolinao, TRONO and TOLENTINO (1993) reported that the maximum standing crops of both intertidal and subtidal *Sargassum* beds were obtained in October to December or January, and the reproductive period was from November to January during the cold season there. LARGO *et al.* (1994) examined the seasonal changes in the growth and reproduction of *Sargassum* species in Liloan, Cebu, and found that the maximum thallus length of *S. polycystum* was in January (30.0 ± 11.4 cm), and its reproductive period was from December to January and February to May during the dry season. OHNO *et al.* (1995) reported *S. polycystum* at Danajon Reef, the Central Visayas area had a mean standing crop of 4.3 kg m⁻² with the maximum one of 9.6 kg m⁻² in December. CALUMPONG *et al.* (1999) reported the maximum standing crop and percent cover of *S. polycystum* in Negro Island were in May (11.3 ± 0.5 g m⁻², 10–15%), and the reproductive stage was found

from March to May. Thus, the reproductive period and the months of the maximum standing crop of *S. polycystum* range in the dry and cold season in the Philippines like those in Samaesarn Island.

In Taiwan, HWANG *et al.* (2004) reported percent cover and standing crop of *S. polycystum* decreased with increasing water temperature in coral reef in Nanwan Bay. They also stated that its reproductive stage was in January-April during the dry and cold season. In Malaysia, MAY-LIN and CHING-LEE (2013) studied *S. polycystum* at Teluk Kemang, Port Dickson, of which dry season is from June to September, and reported that the pattern of mean thallus length (MTL) and the maximum fertilities showed the highest in July 2010 (MTL = 228 mm, largest length class within 800–899 mm) and in August 2010 (17%), respectively. In India, Rao (2002) reported that the growth of *S. polycystum* attained its maximum length in the winter months (November to December/ January) and *S. polycystum* became reproductive between November and February in Visakhapatnam coast, east India, of which dry season is from November to March. The seasonal growth cycle in *S. polycystum* showed a significant negative correlation with seawater temperature. PADAL *et al.* (2014) verified the same tendency in Visakhapatnam coast as the same as Rao (2002). The maximum mean length, maximum fertilities and reproductive stage of *S. polycystum* occur in dry season when the sea is calm and seawater temperature is low in Taiwan, Malaysia and India. Thus, it is reasonable that those of *S. polycystum* in Samaesarn Island do from December to February in the dry season and March in the inter-monsoon season when the sea is calm and seawater temperature is low.

For reproduction of *S. polycystum*, the thalli must become the longest in a year. The longer the thallus length is, the stronger the drag force

posed by waves is (XU and KOMATSU, 2016). Therefore, maturation period must be under a calm condition. In the study area, the northeast monsoon season from November to February and the first inter-monsoon season from March to April are calm sea condition. Since the northeast monsoon season is dry season, the solar radiation is sufficient for photosynthesis of *S. polycystum* to acquire energy to prepare reproduction with elongation of its thalli.

Percentage of holdfasts was low in the rainy season and showed a significant and negative correlation with current speed ($p < 0.05$). In general, main branches and stipes of *Sargassum* species are damaged by strong waves in the monsoon season and remained only holdfasts. The *Sargassum* plants were damaged by the strong water motion (LARGO *et al.*, 1994). The study area is affected by the southwest monsoon from May to October. In the northeast coast of the Gulf of Thailand, southwest monsoon produces greater waves with fetch longer than in northeast monsoon season. Therefore, the onset of southeast monsoon removes large thallus after the luxuriant growth in February. DO is also influenced by stratification of surface layer. Since southwest monsoon brings warm water in the northeast coast of the Gulf of Thailand, it is possible that the stratification is strengthened and eventually DO is decreased. Therefore, DO was higher in the dry season and lower in the rainy season. This phenomenon coincides with higher percent cover, thallus length, standing crop, percentage of immature plants and percentage of mature plants of *S. polycystum* that provide O₂ through photosynthesis to seawater during the dry season from November to February. Therefore, they are apparently correlated to DO.

Phosphate and nitrate might be increased with increase in discharge from the river to the Gulf of

Thailand during the rainy season in east Gulf of Thailand. Hwang *et al.* (2004) stated that phosphate limits growth of *Sargassum* germlings. This hypothesis may be applied to a positive relation between phosphate, and plant density or percentage of juvenile plants.

S. polycystum existed throughout the year in Samaesarn Island, Chon Buri Province in the Gulf of Thailand as in the Philippines (TRONO and LLUISMA, 1990; CALUMPONG *et al.*, 1999), Malaysia (MAY-LIN and CHING-LEE, 2013) and India (RAO, 2002; PADAL *et al.*, 2014). This means that *S. polycystum* is a perennial species that can regenerate new stipes from a persistent rhizoidal holdfast. Many young *S. polycystum* consisting of juvenile and immature plants constituted a population.

A typical growth cycle in *Sargassum* species is characterized by presence of a slow growth phase, a rapid growth phase, and a reproductive phase that is followed by senescence and dieback (ANG, 2006). In the present study, we can summarize the phenology of *S. polycystum* to three periods of growth, reproduction and degeneration in a year (Table 3).

Present study shows the variations of environmental factors and growth patterns of *S. polycystum* from the northeast coast of the Gulf of Thailand. The monsoon drives environmental variables such as water temperature, sunshine, calm sea condition, etc. which influence seasonal variations of growth, reproduction and degeneration of *S. polycystum*. Reproduction of *S. polycystum* occurs under the calm condition during the dry and cold season. In this way, seasonal growth and reproduction are controlled by the monsoon in the northeast coast of the Gulf of Thailand.

Acknowledgments

We are deeply indebted to the sponsors of this study which was conducted under the National

Science and Technology Development Agency (NSTDA). Our thanks go to Plant Genetic Conservation Project Under the Royal Initiation of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG); Naval Special Warfare Command, Royal Thai Navy; Institute of Marine Science and Faculty of Science, Burapha University; Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo; School of Marine Biosciences, Kitasato University; the Asian CORE Program of the Japan Society for the Promotion of Science, Establishment of research and education network on coastal marine science in Southeast Asia; and Core-to-Core Program, of the Japan Society for the Promotion of Science, Research and Education Network on coastal ecosystems in Southeast Asia (RENSEA) for their supports.

References

- AJISAKA, T., PHANG, S. M. and YOSHIDA, T. (1999): Preliminary report of *Sargassum* species collected from Malaysian coasts. *In* Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to Some Pacific Species vol. 7. ABBOTT, I. A. (ed.), California Sea Grant College, La Jolla, p. 23-41.
- AJISAKA, T., NORO, T. and YOSHIDA, T. (1995): Zygo-carpic *Sargassum* species (Subgenus *Sargassum*) from Japan. *In* Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to Some Pacific Species vol. 5. ABBOTT, I. A. (ed.), California Sea Grant College, La Jolla, p. 11-44.
- ANG, P. O. Jr. (2006): Phenology of *Sargassum* spp. in Tung Oing Chau Marine Park, Hong Kong, SAR, China. *J. Appl. Phycol.*, **18**, 629-636.
- CALUMPONG H. P., MAYPA, A. P. and MAGBANUA, M. (1999): Population and algininate yield and quality assessment of four *Sargassum* species in Negros Island, Central Philippines. *Hydrobiol.*, **398-399**, 211-215.
- CHIANG, Y-M, YOSHIDA, T., AJISAKA, T., TRONO, G. C. Jr., TSENG, C. K. and LU, B. (1992): Distribution and variation in *Sargassum polycystum* C. Agardh (Fucales, Phaeophyta). *In* Taxonomy of Econom-

- ic Seaweeds with Reference to Some Pacific and Western Atlantic Species vol. 3, ABBOTT, I.A. (ed.), California Sea Grant College, p. 35-42.
- HWANG, R. L., TSAI, C. C. and LEE, T. M. (2004): Assessment of temperature and nutrient limitation on seasonal dynamics among species of *Sargassum* from a coral reef in Southern Taiwan. *J. Phycol.*, **40**, 463-473.
- KOMATSU, T. (1985): Temporal fluctuations of water temperature in a *Sargassum* forest. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **41**, 235-243.
- KOMATSU, T. (1989): Day-night reversion in the horizontal distributions of dissolved oxygen content and pH in a *Sargassum* forest. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **45**, 106-115.
- KOMATSU, T. and KAWAI, H. (1986): Diurnal changes of pH distributions and the cascading of shore water in a *Sargassum* forest, *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **42**, 447-458.
- KOMATSU, T. and MURAKAMI, S. (1994): Influence of a *Sargassum* forest on the spatial distribution of water flow. *Fish. Oceanogr.*, **3**, 256-266.
- KOMATSU, T., ARIYAMA, H., NAKAHARA, H. and SAKAMOTO, W. (1982): Spatial and temporal distributions of water temperature in a *Sargassum* forest. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **38**, 63-72.
- KOMATSU, T., KAWAI, H. and SAKAMOTO, W. (1990): Influences of *Sargassum* forests on marine environments. *Bull. Coast. Oceanogr.*, **27**, 115-126. (in Japanese with English abstract).
- KOMATSU, T., MATSUNAGA, D., MIKAMI, A., SAGAWA, T., Boisnier, E., Tatsukawa, K., Aoki, M., Ajisaka, T., UWAI, S., TANAKA, K., ISHIDA, K., TANOUÉ, H. and SUGIMOTO, T. (2008): Abundance of drifting seaweeds in eastern East China Sea. *J. Appl. Phycol.*, **20**, 801-809.
- KOMATSU, T., MURAKAMI, S. and KAWAI, H. (1995): Some features of jump of water temperature in a *Sargassum* forest. *J. Oceanogr.*, **52**, 109-124.
- KOMATSU, T., TATSUKAWA, K., FILIPPI, J.-B., SAGAWA, T., MATSUNAGA, D., MIKAMI, A., ISHIDA, K., AJISAKA, T., TANAKA, K., AOKI, M., WANG, W. D., LIU, H. F., ZHANG, S. Y., ZHOU, M. D. and SUGIMOTO, T. (2007): Distribution of drifting seaweeds in eastern East China Sea. *J. Mar. Syst.*, **67**, 245-252.
- LARGO, D. B., OHNO, M. and CRITCHLEY, A. T. (1994): Seasonal changes in the growth and reproduction of *Sargassum polycystum* C. Ag. and *Sargassum siliquosum* J. Ag. (Sargassaceae, Fucales) from Liloan, Cebu, in Central Philippines. *Jpn. J. Phycol.*, **42** (1), 53-61.
- LEWMANOMONT, K. (1988): Marine algae of coral reefs of Thailand. *Thai Fish. Gazette*, **41** (6), 561-568.
- MAY-LIN, B. Y. and CHING-LEE, W. (2013): Seasonal growth rate of *Sargassum* species at Teluk Kemang, Port Dickson, Malaysia. *J. Appl. Phycol.*, **25** (3), 805-814.
- MIKAMI, A., KOMATSU, T., AOKI, M. and SAGAWA, T. (2007): Biomass estimation of a mixed-species *Sargassum* forest using aerial photography, field survey and Geographical Information Systems. *In GIS/spatial analyses in fisheries and aquatic sciences*. Volume 3. NISHIDA, T., P.J. KAIOLA and A.E. CATON (eds.), Fishery-Aquatic GIS Research Group, Saitama. p. 147-160.
- NOIRAKSAR, T. and AJISAKA, T. (2008): Taxonomy and distribution of *Sargassum* (Phaeophyceae) in the Gulf of Thailand. *J. Appl. Phycol.*, **20**, 963-977.
- NOIRAKSAR, T., AJISAKA, T. and KAEWSURALIKHIT, C. (2006): Species of *Sargassum* in the east coast of the Gulf of Thailand. *ScienceAsia*, **32** (Sup. 1): 99-106.
- OHNO, M., LARGO, D. B. and TRONO, G. C. Jr. (1995): A survey of standing crop, lengths of primary lateral branches and reproductive states of *Sargassum* communities on the reefs of the Philippine Islands. *Bull. Mar. Sci. Fish.*, Kochi University, **15**: 67-78.
- PADAL, S. B., RAO, D. A. and SUBBARANGALAH, G. (2014): Habitat influences the seasonal growth, fruiting behaviour in *Sargassum polycystum* C. Agradh. (Fucales, Phaeophyceae) at Visakhapatnam coast, India. *Int. J. Pharm. Bio-Sci.*, **1** (1), 1-8.
- RAO, A. S. (2002): Seasonal growth pattern in *Sargassum polycystum* C. Agradh. (Phaeophyta, Fucales) occurring at Visakhapatnam, east coast of India. *Indian J. Mar. Sci.*, **3** (1), 26-33.
- SCHMIDT, J. (1916): Flora of Koh Chang. Contributions to the knowledge of the vegetation in the Gulf of Siam. Bianco Luno, Copenhagen, 498 pp.

- STRICKLAND, J. D. H. and PARSONS, T. R. (1972): A practical handbook of seawater analysis. Second Edition, Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, 310 pp.
- TRONO, G. C. Jr. and LLUISMA, A.O. (1990): Seasonality of standing crop of a *Sargassum* (Fucales, Phaeophyta) bed in Bolinao, Pangasinan, Philippines. *Hydrobiol.*, **204/205**, 331-338.
- TRONO, G. C. Jr. and TOLENTINO, G. L. (1993): Studies on the management of *Sargassum* (Fucales, Phaeophyta) bed in Bolinao, Pangasinan, Philippines. *Kor. J. Phycol.*, **8** (2), 249-257.
- YEONG, B. M. and WONG, C. L. (2012): Three months' monitoring of environmental factors, biomass, length and size classes variation of *Sargassum* species at Cape Rechado, Port Dickson. *Pertanika J. Trop. Agri. Sci.*, **35** (3), 623-630.
- YOSHIDA, T. (1983): Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophycus* (Phaeophyta, Fucales). *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Series V (Botany)*, **13**, 99-246.
- XU, M. and KOMATSU, T. (2016): Field measurement of drag force on *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh towed by a boat and estimation of its drag coefficient. *La mer*, **54**, 77-86.

Received: December 9, 2016

Accepted: January 13, 2017

Morphogenesis and growth in the early life stages of *Sargassum oligocystum* Montagne from fertilized eggs to juveniles examined in culture

Thidarat NOIRAKSAR¹⁾*, Vipoosit MANTHACHITRA²⁾, Hisao OGAWA³⁾,
Khanjanapaj LEWMANOMONT⁴⁾ and Ken-ichi HAYASHIZAKI⁵⁾

Abstract: Species of *Sargassum* are widely distributed along the coasts of Thailand. *Sargassum oligocystum* Montagne is a dominant species consisting of *Sargassum* beds, playing an important ecological role in a marine ecosystem along the east coast of the Gulf of Thailand. However, there is little information available on the early life stages of *S. oligocystum*. To fill the gap in this ecological knowledge, fertilized eggs obtained from the receptacles of wild matured individuals were cultured and morphogenesis in the early life stages of *S. oligocystum* due to their development was observed through laboratory culture. A fertilized egg divided transversely into one large cell and one small cell. The latter gradually induced rhizoidal cells after several divisions and many rhizoidal cells came out at the basal part of germling in 3 day culture. Finally, they became the holdfast of germling. In the large cell, cell divisions occurred and apical part came out in 1 day culture. It developed into the first cauline leaf in 7 day culture and the fourth cauline leaf was appeared in 30 day culture, which were lanceolate. Cauline leaves were lanceolate to spatulate in 60 day culture and broad spatulate in 90 day culture. Three-month-old juveniles of *S. oligocystum* were cultured in two 500 L fiberglass tanks set outdoor under a roof with translucent windows, and one was filled with seawater and another was filled with seawater with urea dissolved at a concentration of 4 g t^{-1} . When juveniles cultured in two different conditions for five weeks, the growth rate of the germlings of *S. oligocystum* cultured in seawater was always higher than that of culture in seawater with urea dissolved. The results suggest that *S. oligocystum* has a potential to adapt to grow under lower nutrient environment.

Keywords : *Sargassum oligocystum*, morphogenesis, early development and growth, culture

1) Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Chon Buri 20131, Thailand

2) Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsaen, Chon Buri 20131, Thailand

3) Center of Excellence for the Oceans, National Taiwan Ocean University, 2 Pei-Ning Road, Keelung 20224, Taiwan

4) Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatu-

jak, Bangkok 10900, Thailand

5) School of Marine Biosciences, Kitasato University, Kitasato, Minami-ku, Sagami-hara, Kanagawa, 228-8555, Japan

*Corresponding author: Thidarat Noiraksar

Tel: + 66 (0) 38 391671

Fax: + 66 (0) 38 391674

E-mail: sargassum2005@gmail.com

1. Introduction

Sargassum C. Agardh is one of the largest genus of brown algae and the most important seaweed both ecologically and economically. The *Sargassum* plants are distributed all over the world, especially in tropical and temperate regions (YOSHIDA, 1983). Seaweed beds consisting of *Sargassum* species influence the dissolved oxygen content in seawater (hereafter, this is referred to as DO) through photosynthesis (KOMATSU 1989; MURAOKA, 2004; MIKAMI *et al.*, 2007) and consequently the pH value by CO₂ absorption through photosynthesis and release through respiration (KOMATSU and KAWAI, 1986). They support biodiversity and habitat for marine organisms (KOMATSU *et al.*, 1982; KOMATSU, 1985; KOMATSU *et al.*, 1990; KOMATSU and MURAKAMI, 1994; KOMATSU *et al.*, 1995; KOMATSU *et al.*, 2007; KOMATSU *et al.*, 2008). *Sargassum* species comprise bioactive compounds such as vitamins, carotenoids, dietary fibers, proteins, and minerals, and biologically active compounds, like terpenoids, flavonoids, sterols, sulfated polysaccharides, polyphenols, sargaquinoic acids, sargachromenol and pheophytin (LUCAS and SOUTHGATE, 2012). *Sargassum* species are used as human foods, especially by people living in coastal areas (*e.g.* KIRIMURA, 2007). There are many reports on the bioactive substances extracted from seaweeds, such as antibacterial, antifungal, antiviral, anti-inflammatory, anti-diabetic, antioxidant, and cytotoxic substances (*e.g.* ZANDI *et al.*, 2010; TAJBAKHSH *et al.*, 2011; YENDO *et al.*, 2014; MEHDINEZHAD *et al.*, 2015). *Sargassum* plants also play an effective bio-absorption role to remove nutrients (FEI, 2004) and heavy metals such as cadmium ion (Cd²⁺), copper ion (Cu²⁺), and mercuric ion (Hg²⁺) dissolve in seawater. Therefore, this function of *Sargassum* species is focused from the environmental and economic aspects (RAMAVANDI *et al.*, 2015; DELSHAB *et al.*, 2016).

Many reports exist concerning the early development stages of *Sargassum* species such as *S. micracanthum* and *S. ringgoldianum* (OGAWA, 1974), *S. muticum* (NORTON, 1977; HALE and FLETCHER, 1989; UCHIDA *et al.*, 1991; KERRISON and LE, 2016), *S. horneri* (NANBA, 1993; UCHIDA, 1993; YOSHIDA *et al.*, 1995; YOSHIDA *et al.*, 1999; CHOI *et al.*, 2008), *S. filicinum* (YOSHIDA *et al.*, 1999), *S. confusum* (KAWAGOE *et al.*, 2005), *S. vachellianum* (YAN and ZHANG, 2013), *S. thunbergii* (ZIGUO *et al.*, 2008; YONGZHENG *et al.*, 2015), *S. echinocarpum* (HAMZA *et al.*, 2016) and *S. swartzii* (KAFALE and VEERAGURUNATHAN, 2016). In addition, there are reports on the technical development for artificial seed production in *S. fulvellum* (HWANG *et al.*, 2006, 2007) and *S. thunbergii* (ZHANG *et al.*, 2012). However, there is not any available information on the embryo release and early development of *S. oligocystum* which is one of the most common and abundant species in tropical waters of the western Pacific Ocean.

There are some extensive researches on fertilizer application in seaweed cultivation (AMANO and NODA, 1987; BRAULT and QUÉGUINER, 1989; PHILLIPS and HURD, 2003; TYLER *et al.*, 2005; MANSILLA *et al.*, 2007; KIM and YARISH, 2014; MIKI *et al.*, 2016). Urea is an organic compound with the chemical formula of CO(NH₂)₂ and is widely used as a fertilizer for nitrogen source. Urea has the highest nitrogen content of all solid nitrogenous fertilizers in common use and can get anywhere at a reasonable price. The standard crop-nutrient rating (NPK rating) of urea is 46-0-0, and it is also used in many multi-component solid fertilizer formulations for land plants (WIKIPEDIA, 2016). However, it is unknown on the effect of urea on the growth of *S. oligocystum*.

Seaweed culture techniques have been developed by researchers to observe the early development of seaweeds. Unfortunately, we have no detailed studies on Thai *Sargassum* species until



Fig. 1 Mature thalli of *Sargassum oligocystum* observed around Samaesarn Island.

now. The objective of this study is to present the morphogenesis and growth in the early life stage of *S. oligocystum* from the fertilized egg stage to the juvenile stage, and to test an effect of urea on the growth of its juvenile plants. Materials were cultured under laboratory and outdoor conditions. Results were served for the objectives of this study.

2. Materials and methods

2.1 Laboratory culture of fertilized eggs

Mature *S. oligocystum* plants were collected in the intertidal zone of Samaesarn Island, Chon Buri Province, Thailand (12° 31' 21.37"N, 100° 57' 25.12"E) in April 2014 (Fig. 1). The plants were cleaned to eliminate epiphytes and rinsed thoroughly with sterilized seawater. Receptacles were examined to check whether fertilized eggs were released and the eggs had attached to their surface or not. The fertilized eggs were removed from the receptacles by brush and rinsed several times with sterile seawater. Plant Nutrition + liquid (Tropica, Aquacare) was used as a culture medium and renewed once a week. Culture conditions were as follows: a salinity of 30, a water temperature of 25°C and photosynthetic active

radiation (PAR) of 85 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with the use of cool daylight fluorescent tubes (Philips, TL-D 18W/54-765 1SL, Thailand) for a 12 h: 12 h (L:D) (Figs. 2a, b). PAR was measured with a light meter (LI-250A, LI-COR, USA). Growth and development from the fertilized egg stage to the juvenile stage for 90 d were observed. Juvenile thalli cultured for 90 d were used for an outdoor tank culture experiment.

2.2 Outdoor tank culture of juveniles

Three-month-old *S. oligocystum* juvenile thalli were cultured in outdoor tanks of 500 L made from fiberglass, set under a roof with translucent plastic windows (Fig. 2c). To know the nutritional effects for the growth of *S. oligocystum* juvenile, three hundred juvenile thalli were cultured in a tank filled with seawater and also a tank filled with seawater with urea fertilizer dissolved at a concentration of 4 g t^{-1} (hereafter, this is referred to as seawater with urea dissolved for simplicity) (Fig. 2d). The culture mediums in both tanks were renewed once a week. Two replicates were used for each treatment. At intervals of 7 d during 35 d of culture, fifteen young thalli were randomly selected to measure the size of juvenile thalli under each treatment for examination of their growth (Fig. 2e). In an outdoor tank, we measured eight environmental parameters such as water temperature, PAR (HOBO Pendant UA-002-64, USA), pH (Mettler Toledo pH Five Go, Switzerland), salinity (ATAGO 508 IIW, Japan).

2.3 Growth rate and data analyses

A growth rate of a thallus was estimated from an increase in size of thallus. A specific growth rate for *S. oligocystum* was obtained with the formula proposed by Luhan and Sollesta (2010):

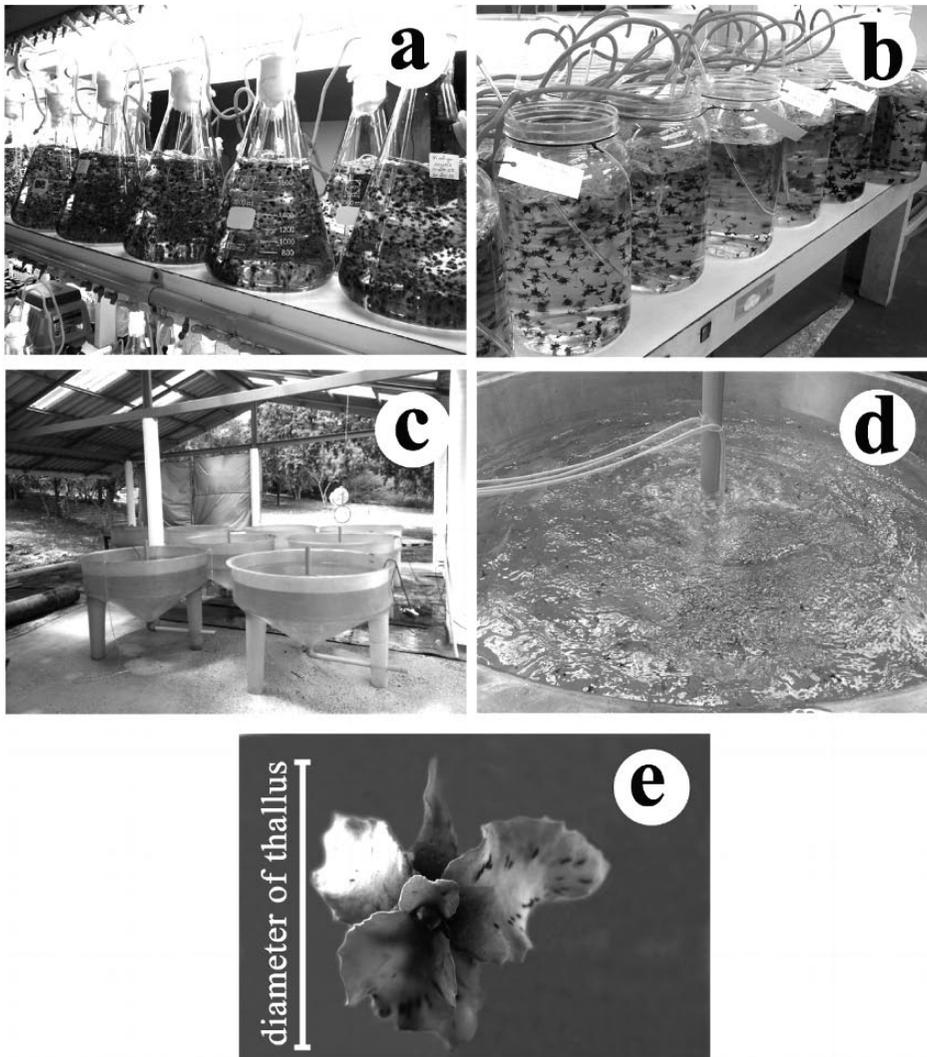


Fig. 2 Pictures showing laboratory cultures of *Sargassum oligocystum* germlings (a and b); juveniles in outdoor tanks (c and d) in Samaesarn Island and the diameter measurement of the thallus (e).

$$SGR = \frac{100 (\ln W_t - \ln W_0)}{t} \quad (1)$$

where SGR , t , W_0 and W_t are specific growth rates, time of day after the start of outdoor tank culture, an initial size of thallus (mm) on the first day of culture and a size of thallus (mm) at t , respectively. The first day t and a size W_t on the

first day of each week were set as 0 and W_0 because measurements were conducted at intervals of 7 d for 35 d. Differences in specific growth rates of *S. oligocystum* thallus per week were examined between those cultured in seawater or seawater with urea dissolved, and comparing the eight environmental parameters between the two different mediums.

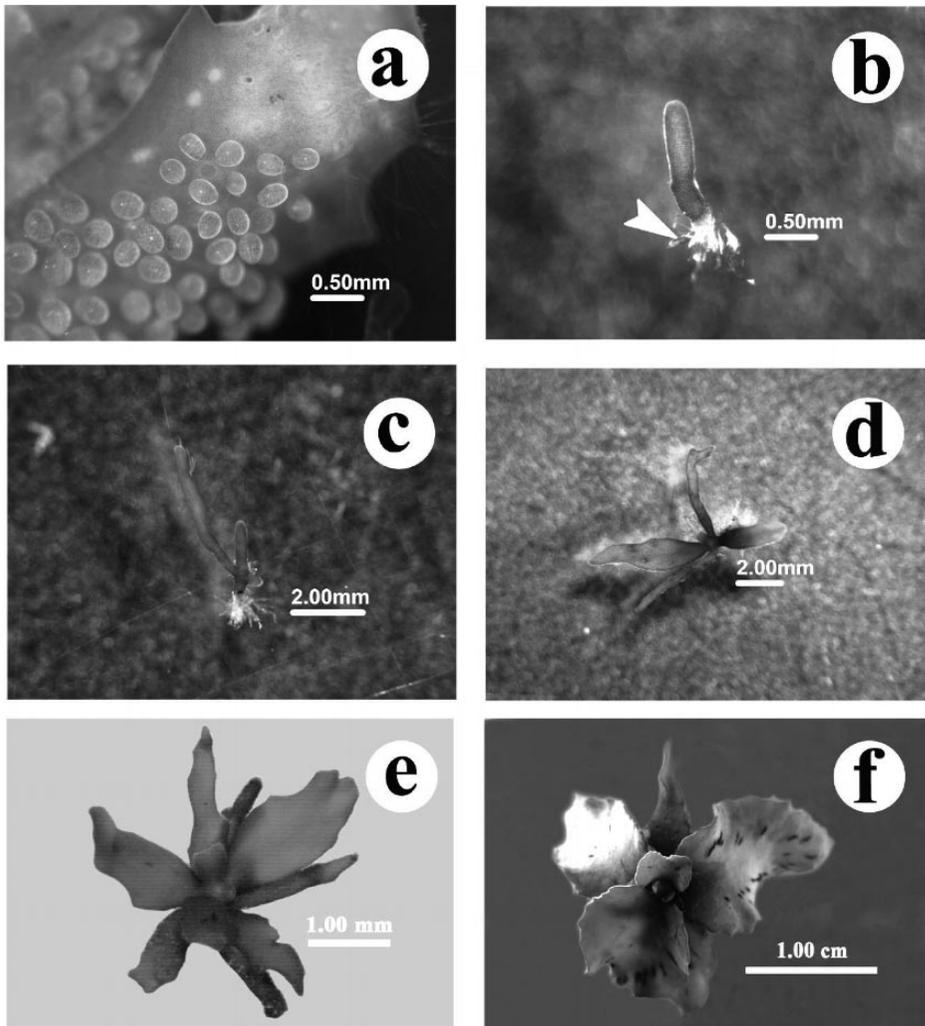


Fig. 3 Embryo development of *Sargassum oligocystum* in a container filled with a culture medium of Plant Nutrition⁺ liquid (Tropica, Aquacare) under a salinity of 30, a water temperature of 25°C and PAR of 85 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Pictures of fertilized eggs in a receptacle on the 1st day (a), a germling on the 3rd day with an arrow showing the rhizoidal cell (b), a germling on the 7th day (c), a juvenile on the 30th day (d), a juvenile on the 60th day (e) and a juvenile on the 90th day (f).

3. Results

3.1 Field observation and embryo culture in a laboratory

The receptacle formation of *S. oligocystum* was observed from February to June around Samaesarn Island, Chon Buri Province, Thailand. Fertil-

ized eggs released from conceptacles attached to their surface. After verifying the start of germination, zygotes were isolated in containers filled with culture medium. The first segmentation in an egg occurred transversely to the longitudinal axis of the egg and divided it into one large cell

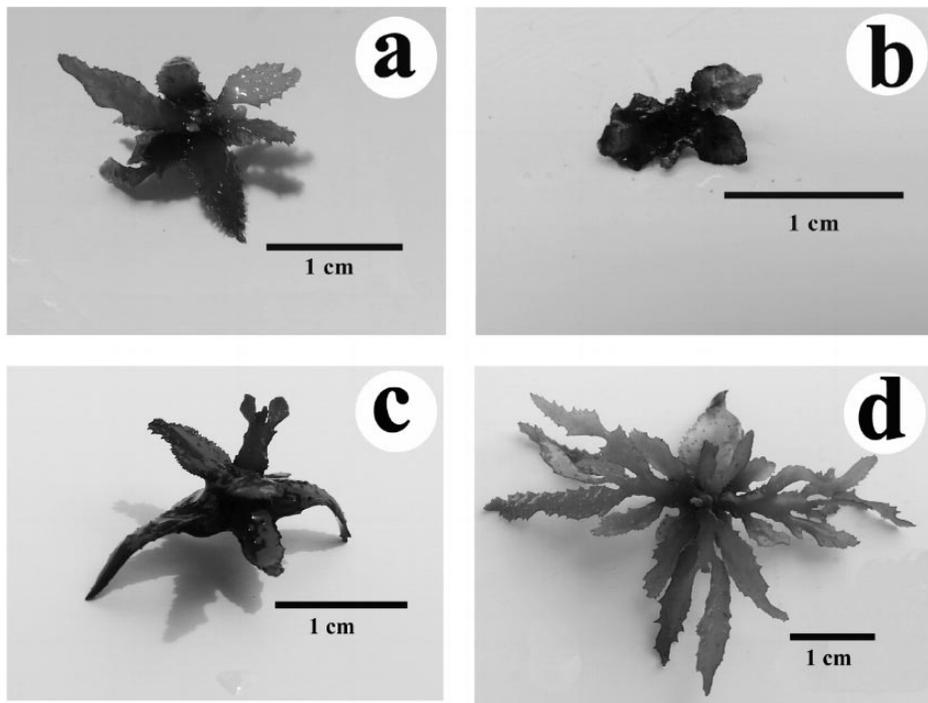


Fig. 4 *Sargassum oligocystum* juveniles in seawater (a) and seawater with urea dissolved at a concentration of 4 g t^{-1} (b) on the 5th day, with lateral branches in seawater on the 7th day (c) in seawater on the 14th day, and (d) from the start of outdoor tank culture.

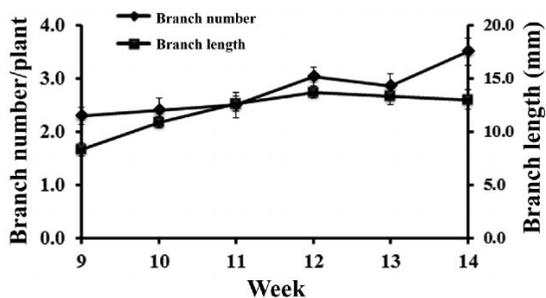


Fig. 5 Branch development of *Sargassum oligocystum* cultured in outdoor tanks from the 9th week to the 14th week.

and one small cell. The latter was gradually induced to rhizoidal cells after several divisions and rhizoids grew out, and became a basal part of the germling for the attachment to substrate. The cells from the former cell became an apex in 1 day

culture (Fig. 3a). Germlings produced many rhizoids in 3 day culture (Fig. 3b). They developed the first cauline leaf in 7 day culture (Fig. 3c) and the fourth cauline leaf came out in 30 day culture (Fig. 3d), becoming juvenile. The shape of these leaves was lanceolate. Through the development, cauline leaves were lanceolate to spatulate in 60 day culture (Fig. 3e), and broad-spatulate in 90 day culture (Fig. 3f).

In the seventh week of culture, juvenile thalli of *S. oligocystum* developed a primary branch (Fig. 4c). The average number of branches was 2.3–2.4 with 8.3–10.9 mm in length from the 9th to 10th week, 2.5–3.0 branches with 12.6–13.7 mm in length between the 11th and 12th weeks, and 2.9–3.5 branches with 13.0–13.3 mm between the 13th and 14th weeks (Figs. 4d and 5a).

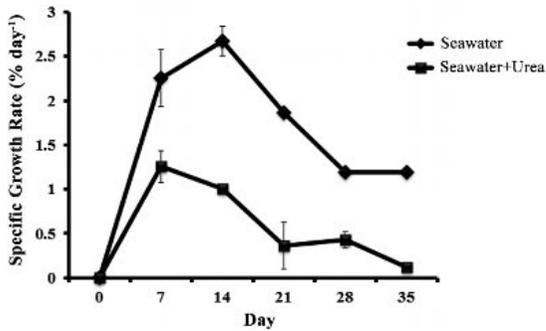


Fig. 6 Growth rates of *Sargassum oligocystum* juveniles (mean \pm standard error) at intervals of 7 d, cultured in outdoor tanks filled with seawater (closed circle) and seawater with urea dissolved at a concentration of 4 g t^{-1} (closed square) for 35 d.

3.2 Growth rate of juvenile cultured in outdoor tanks

Three-month-old juveniles of *S. oligocystum* (hereafter referred to as young thalli) were used for a growth experiment cultured in tanks filled with two different mediums: seawater or seawater with urea dissolved. At the end of the experiment on the 35th day, the average size of thalli obtained from the tanks filled with seawater and seawater with urea dissolved were $18.7 \pm 0.3 \text{ mm}$ and $13.7 \pm 0.2 \text{ mm}$, respectively. The highest specific diameter of growth rates for the thallus in the former and latter tanks were $2.7 \pm 0.2\% \text{ d}^{-1}$ on the 14th day and $1.3 \pm 0.2\% \text{ d}^{-1}$ on the 7th day of culture, respectively (Fig. 6). Growth rate for the juvenile thalli of *S. oligocystum* cultured in the latter tanks were decreased because of growth of blue-green algae on the thallus surface (Fig. 4b), while those in the former tanks showed less growth of blue-green algae (Fig. 4a).

The averages of environmental parameters are as follows: water temperature ranged from 30.4 to 30.9°C ; photosynthetic active radiation ranged from 21.7 to $40.5 \mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$; salinity in

tanks filled with seawater and seawater with urea dissolved ranged from 32 to 33.9 and 31.5 to 35.5 , respectively; The pH in the former and latter tanks ranged from 8.1 to 8.3 and 8.2 to 8.4 , respectively (Fig. 7). There was little difference in environmental parameters between the former and latter tanks.

4. Discussion

The germling development of *S. oligocystum* is similar to that of tropical or temperate species of *Sargassum* such as *S. confusum*, *S. horneri*, *S. thunbergii*, *S. swartzii* and *S. vachellianum* (UCHIDA, 1993; KAWAGOE *et al.*, 2005; ZHAO *et al.*, 2008; YAN and ZHANG, 2013; KAVALE and VEERAGURUNATHAN, 2016). The development of embryonic germlings in this species follows the classic “8 nuclei in 1 egg” type, as described for Sargassaceae. Fertilized eggs developed into embryos at the primary-rhizoid stage in 24 h, and the secondary-rhizoid stage in 3 d. The first leaflet of the germling with cylindrical shape was formed in 7 day culture. It is reported that cues on an egg release and the early germling growth of seaweeds were water temperature, irradiance, photoperiod, day length, nutrient, desiccation, thermal and osmotic stress (NORTON, 1977; UCHIDA *et al.*, 2009; NANBA, and OKUDA, 1993; YOSHIDA *et al.*, 1995, 1999; STEEN, 2004; STEEN and RUENESS, 2004; HWANG *et al.*, 2006; CHOI *et al.*, 2008; CHU *et al.*, 2012; YONGZHENG *et al.*, 2015). However, such cues could not be observed through our culture experiment.

The specific growth rates of the juvenile thalli of *S. oligocystum* cultured in the tanks filled with seawater were higher than those cultured in the tanks filled with seawater with urea dissolved. This difference is due to the chemical composition of the nutrient solutions used in this experiment. Urea is an excellent nitrogen source for some seaweeds such as kelps, but others show growth inhibition. For example, BRAULT and QUÉGUINER

(1989) studied the effect of inorganic and organic nitrogen sources on the growth of *Ulva gigantean* and found that ammonium was a better nitrogen source than urea and nitrate. PHILLIPS and HURD (2003) reported on nitrogen ecophysiology of four intertidal seaweeds (*Stictosiphonia arbuscula*, *Apophlaea lyallii*, *Scytothamnus australis* and *Xiphophora gladiata*) from southeastern New Zealand and reported that there is a difference in absorption by nitrogen sources and its seasonality. The order of nitrogen sources well absorbed by seaweeds is $\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{urea}$ in winter and $\text{NH}_4^+ = \text{NO}_3^- > \text{urea}$ in summer. MANSILLA *et al.* (2007) reported that *Gigartina skottsbergii* germ-lings grew more rapidly when they were cultured in solution of Bayfoland 250 SL and Provasoli than the growth rates cultured in solution with urea and superphosphate, which were significantly lower. Nitrogen and phosphorus are limiting nutrients for growth and yield of seaweeds in most natural environment. Physiological and biological factors of seaweeds may have an influence on growth and uptake of nutrients, such as inter-seaweed variability, nutritional history, type of tissue, life history stage, age, surface area to volume ratio of a thallus, and morphology. (HARRISON and HURD, 2001). HARRISON and HURD (2001) mentioned also that epiphytes growing on surfaces of seaweeds can control seaweed growth to a critical level by starving nitrogen uptake for several days. The present study shows that the specific growth rates of *S. oligocystum* juveniles cultured in seawater with urea dissolved were decreased by blue-green algae contamination. It is possible that some attached algae may use the nutrients more efficiently than *S. oligocystum*. It is estimated that *S. oligocystum* succeeds to acquire a great ability to adapt to the low nutrient level in tropical waters, especially in the waters of the east coast of the Gulf of Thailand.

Acknowledgments

We are deeply indebted to the sponsors of this study which was conducted under the National Science and Technology Development Agency (NSTDA). Our thanks go to Plant Genetic Conservation Project Under the Royal Initiation of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG); Naval special warfare Command, Royal Thai Navy; Institute of Marine Science and Faculty of Science Burapha University; Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo; National Taiwan Ocean University; Faculty of Fisheries, Kasetsart University; School of Marine Biosciences, Kitasato University; the Asian CORE Program of the Japan Society for the Promotion of Science, "Establishment of research and education network on coastal marine science in Southeast Asia; and Core-to-Core Program of the Japan Society for the Promotion of Science, Research and Education Network on coastal ecosystems in Southeast Asia (RENSEA) for their supports.

References

- AMANO, H. and H. NODA (1987): Effect of nitrogenous fertilizers on the recovery of discoloured fronds of *Porphyra yezoensis*. *Botanica Marina*, **30** (6), 467-474.
- BRAULT, D. and B. QUÉGUINER (1989): Effect of inorganic and organic nitrogen sources on growth of *Ulva gigantean* (Kützting) Bliding. *In* Aquaculture: a biotechnology in progress I. De Pauw, N. *et al.* (eds.), European Aquaculture Society, Breda, Belgium, p. 425-430.
- CHOI, H.G., K. H. LEE, H. I. YOO, P. J. KANG, Y. S., KIM and K. W. NAM (2008): Physiological differences in the growth of *Sargassum horneri* between the germling and adult stages. *Journal of Applied Phycology*, **20**, 729-735.
- CHU, S.H., Q. S. ZHANG, Y. Z. TANG, S. B. ZHANG, Z. C. LU and Y. Q. TU (2012): High tolerance to fluctuating salinity allows *Sargassum thunbergii* germ-

- lings to survive and grow in artificial habitat of full immersion in intertidal zone. *Journal of Experimental and Marine Biology and Ecology*, **412**, 66–71.
- DELSHAB, S., E. KOUHGARDI and B. RAMAVANDI (2016): Data of heavy metals biosorption onto *Sargassum oligocystum* collected from the northern coast of Persian Gulf. *Data in Brief*, **8**, 235–241.
- FEI, X. (2004): Solving the coastal eutrophication problem by large scale seaweed cultivation. *Hydrobiologia*, **512** (1–3), 145–151.
- HAMZA, W., R. BOGARDUS, A. AHMADANI, R. A. MESKARI, R. A. and A. A. HASHMI (2016): Effect of temperature and substrate variations on vegetative growth of spores of the brown alga *Sargassum echinocarpum* J. Agardh under laboratory conditions. *Journal of Applied Phycology*, **28**, 1827–1833.
- HALES, J.M. and R. L. FLETCHER (1989): Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. IV. The effect of temperature, irradiance and salinity on germling growth. *Botanica Marina*, **32**, 167–176.
- HARRISON P. J. and C. L. HURD (2001): Nutrient physiology of seaweeds: application of concepts to aquaculture. *Cahiers de Biologie Marine*, **42**, 71–82.
- HWANG, E. K., C. S. PARK and J. M. BAEK (2006): Artificial seed production and cultivation of the edible brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh: developing a new species for seaweed cultivation in Korea. *Journal of Applied Phycology*, **18**, 251–257.
- HWANG, E. K., J. M. BAEK and C. S. PARK (2007): Assessment of optimal depth and photon irradiance for cultivation of the brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh. *Journal of Applied Phycology*, **19**, 787–793.
- KAWAGOE, C., T. TANI, J. R. INDY, H. MIZUTA and H. YASUI (2005): Effect of various water temperatures on the fertilized eggs, embryos, young thalli of *Sargassum confusum* C. Agardh (Fucales, Phaeophyceae) from Hokkaido. *Aquaculture Science*, **53** (2), 181–187 (in Japanese with English abstract).
- KAVALE, M.G. and V. VEERAGURUNATHAN (2016): Development of zygote for seed production of *Sargassum swartzii* in India. *Journal of Applied Phycology*, **28**, 2875–2882.
- KERRISON, P. and H. N. LE (2016): Environmental factors on egg liberation and germling production of *Sargassum muticum*. *Journal of Applied Phycology*, **28**, 481–489.
- KIM, J.K. and YARISH, C. (2014): Development of a sustainable land-based *Gracilaria* cultivation system. *Algae*, **29** (3), 217–225.
- KIRMURA, M. (2007): A study on the edible use of seaweed *Sargassum fulvellum*. *Bulletin of Kyoto Junior College*, **35**, 41–50. (in Japanese)
- KOMATSU, T. (1985): Temporal fluctuations of water temperature in a *Sargassum* forest. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **41**, 235–243.
- KOMATSU, T. (1989): Day-night reversion in the horizontal distributions of dissolved oxygen content and pH in a *Sargassum* forest. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **45**, 106–115.
- KOMATSU, T. and H. KAWAI (1986): Diurnal changes of pH distributions and the cascading of shore water in a *Sargassum* forest, *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **42**, 447–458.
- KOMATSU, T. and S. MURAKAMI (1994): Influence of a *Sargassum* forest on the spatial distribution of water flow. *Fisheries Oceanography*, **3**, 256–266.
- KOMATSU, T., H. ARIYAMA, H. NAKAHARA and W. SAKAMOTO (1982): Spatial and temporal distributions of water temperature in a *Sargassum* forest. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **38**, 63–72.
- KOMATSU, T., H. KAWAI and W. SAKAMOTO (1990): Influences of *Sargassum* forests on marine environments. *Bulletin on Coastal Oceanography*, **27**, 115–126. (in Japanese with English abstract).
- KOMATSU, T., D. MATSUNAGA, A. MIKAMI, T. SAGAWA, E. BOISNIER, K. TATSUKAWA, M. AOKI, T. AJISAKA, S. UWAI, K. TANAKA, K. ISHIDA, H. TANOUÉ and T. SUGIMOTO (2008): Abundance of drifting seaweeds in eastern East China Sea. *Journal of Applied Phycology*, **20**, 801–809.
- KOMATSU, T., A. MURAKAMI and H. KAWAI (1995): Some features of jump of water temperature in a

- Sargassum* forest. Journal of Oceanography, **52**, 109–124.
- KOMATSU, T., K. TATSUKAWA, J.-B. FILIPPI, T. SAGAWA, D. MATSUNAGA, A. MIKAMI, K. ISHIDA, T. AJISAKA, K. TANAKA, M. AOKI, W. D. WANG, H. F. LIU, S. Y. ZHANG, M. D. ZHOU and T. SUGIMOTO (2007): Distribution of drifting seaweeds in eastern East China Sea. Journal of Marine Systems, **67**, 245–252.
- LUCAS, J.S. and P. C. SOUTHGATE (2012): Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants, 2nd edition. Wiley-Blackwell, Oxford, 648 pp.
- LUHAN, M. R. J. and H. SOLLESTA (2010): Growing the reproductive cells (carpospores) of the seaweed, *Kappaphycus striatum*, in the laboratory until out planting in the field and maturation to tetrasporophyte. Journal of Applied Phycology, **22**, 579–585.
- MANSILLA, A., M. PALACIOS, N. P. NAVARRO and M. AVILA (2007): Growth and survival performance of the gametophyte of *Gigartina skottsbergii* (Rhodophyta, Gigartinales) under defined nutrient conditions in laboratory culture. Journal of Applied Phycology, **2**, 439–446.
- MEHDINEZHAD, N., A. GHANNADI and A. YEGDANEH (2015): Phytochemical and biological evaluation of some *Sargassum* species from Persian Gulf. Research in Pharmaceutical Sciences, **11** (3), 243–249.
- MIKAMI, A., A. KOMATSU, M. AOKI and T. SAGAWA (2007): Biomass estimation of a mixed-species *Sargassum* forest using aerial photography, field survey and Geographical Information Systems. In GIS/spatial analyses in fisheries and aquatic sciences. Volume 3. Nishida, T., Kaiola, P.J. and Caton, A.E. (eds.), Fishery-Aquatic GIS Research Group, Saitama, p. 147–160.
- MIKI, O., T. NAGAI, M. MARZUKI, C. OKUMURA, C. KOSUGI and T. KATO (2016): Effect of Fe fertilizer eluate on the growth of *Sargassum horneri* at the germling and immature stages. Journal of Applied Phycology, **28**, 1775–1782.
- MURAOKA, D. (2004): Seaweed resources as a source of carbon fixation. Bulletin of Fisheries Research Agency, Supplement No. 1, 59–63.
- NANBA, N. and T. OKUDA (1993): Germling growth of *Myagropsis myagroides* and *Sargassum horneri*. Nippon Suisan Gakkaishi, **59** (8), 1289–1295 (in Japanese with English abstract).
- NORTON, T.A. (1977): The growth and development of *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, **26**, 41–53.
- OGAWA, H. (1974): On the antheridium development of *Sargassum micracanthum* and *S. ringgoldianum*. Marine Biology, **27**, 21–26.
- PHILLIPS, J. C. and C. L. HURD (2003): Nitrogen ecophysiology of intertidal seaweeds from New Zealand: N uptake, storage and utilization in relation to shore position and season. Marine Ecology Progress Series, **264**, 31–48.
- RAMAVANDI, B., A. EBRAHIMI, S. E. HASHEMI, S. AKBARZADEH and G. ASGARI (2015): The Potential of *Sargassum oligocystum* Harvested From Persian Gulf for the Adsorption of Copper Ions From Aqueous Solutions. Avicenna Journal of Environmental Health Engineering, **2** (1), e3155.
- STEEN, H. (2004): Effects of reduced salinity on reproduction and germling development in *Sargassum muticum* (Phaeophyceae, Fucales). European Journal of Phycology, **29**, 293–299.
- STEEN, H. and J. RUENESS (2004): Comparison of survival and growth in germling of six furoid species (Fucales, Phaeophyceae) at two different temperature and nutrient levels. Sarsia, **89**, 175–183.
- TAJBAKSH, S., M. POUYAN, K. ZANDI, P. BAHRAMIAN, K. SARTAVI, M. FOULADVAND, G. ASAYESH and A. BARAZESH (2011): *In vitro* study of antibacterial activity of the alga *Sargassum oligocystum* from the Persian Gulf. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, **15**, 293–298.
- TYLER, A. C., K. J. GLANTHERY and A. A. MACKO (2005): Uptake of urea and amino acid by the macroalgae *Ulva lactuca* (Chlorophyta) and *Gracilaria vermiculophylla* (Rhodophyta). Marine Ecology Progress Series, **294**: 161–172.
- UCHIDA, T. (1993): The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. Journal of Phycology, **29**, 231–235.
- UCHIDA, T., K. YOSHIKAWA, A. ARAI and S. ARAI (1991): Life-cycle and control of *Sargassum muticum*

- (Phaeophyta) in batch culture. Nippon Suisan Gakkai Shi, **57** (12), 2249–2253.
- YAN, X. H. and J. ZHANG (2013): Embryology of zygote and development of germling in *Sargassum vachellianum* Greville (Fucales, Phaeophyta). Journal of Applied Phycology, **26** (1), 577–585.
- YONGZHENG, T., C. SHAOHUA, L. ZHICHENG, Y. YONGQIANG and L. XUEMENG (2015): Responses of *Sargassum thunbergii* germling to acute environmental stress. The Open Biotechnology Journal, **9**, 127–133.
- YOSHIDA, T. (1983): Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fucales). Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series V (Botany), **13**, 99–246.
- YOSHIDA, G., N. MURASE and T. TERAWAKI (1999): Comparisons of germling growth abilities under various culture conditions among two *Sargassum horneri* populations and *S. filicinum* in Hiroshima Bay. Bulletin of Fisheries and Environment of Inland Sea, **1**: 45–54.
- YOSHIDA, G., S. ARIMA and T. UCHIDA (1995): Effect of photoperiod, light intensity and water temperature on early development of *Sargassum horneri* (Phaeophyta). Bulletin of Nansei National Fisheries Research Institute, **28**, 21–32 (in Japanese with English abstract).
- WIKIPEDIA (2016): Urea. <https://en.wikipedia.org/wiki/Urea> Accessed on 6 January 2016.
- ZHAO, Z., F. ZHAO, J. YAO, J. LU, P. O. JR. ANG and D. DUAN (2008): Early development of germlings of *Sargassum thunbergii* (Fucales, Phaeophyta) under laboratory conditions. Journal of Applied Phycology, **2**, 475–481.

Received: December 12, 2016

Accepted: January 17, 2017

Decadal changes in the fish assemblage structure at a modified shore site in an urbanised estuarine canal

Atsunobu MURASE^{1, 2)}*, Yusuke MIYAZAKI³⁾, Masato MOTOKI⁴⁾ and Hiroshi KOHNO⁴⁾

Abstract: We analysed datasets of fish assemblages for two timescales (decadal and annual, composed of four periods: 1993–1994; 2004–2005; 2005–2006; 2006–2007) to estimate the temporal dynamics of assemblage structures and changes in estuarine use functional groups (EUFGs) along a modified shoreline. The datasets were obtained from monthly sampling using a light trap at a mooring berth site reinforced with a vertical hard structure in an estuarine canal in Tokyo, Japan. A comparison of the fish community parameters during the sampling periods showed significant decadal variation in some factors, but no significant variation across sequential annual timescales. Total species richness increased due to increased richness in fish in the marine EUFG category. The percent abundance of marine fish also significantly increased, whereas the abundance of estuarine fish (primarily *Acanthogobius flavimanus* predominated) decreased. Habitat degradation around the mooring berth site accompanying city planning might be responsible for the decline in estuarine fish species over several decades, whereas the increased species richness reflected a recent recovery in water quality in the Tokyo Bay. These results suggest that nowadays the study site functions as an ecological corridor between natural shore sites rather than as a true habitat for estuarine fish species.

Keywords : *Artificial structure, community dynamics, estuarine fish, Tokyo Bay*

Introduction

Estuaries, where rivers flow into the ocean forming a complex environment with transitional waters, represent a key ecosystem in coastal zones that fulfils various biotic and abiotic

functions, and is of both ecological and economic importance (COSTANZA *et al.*, 1997; McLUSKY and ELIOTT, 2004; BARBIER *et al.*, 2011). In addition, this ecosystem, which lies adjacent to many of the world's megacities (DAY *et al.*, 2012a), is highly

1) Nobeoka Marine Science Station, Field Science Center, University of Miyazaki, 376-6 Akamizu, Nobeoka, Miyazaki 889-0517, Japan.

2) Department of Marine Biology and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, 1-1 Gakuen-Kibanadai-Nishi, Miyazaki, 889-2192, Japan

3) Department of Child Education and Welfare, Shiraume Gakuen College, 1-830 Ogawa-cho,

Kodaira-shi, Tokyo 187-8570

4) Laboratory of Ichthyology, Department of Ocean Sciences, Graduate School of Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan

*Corresponding author:

Tel: + 81-982-20-7230

Fax: + 81-982-37-0327

E-mail: nobi@cc.miyazaki-u.ac.jp

vulnerable to anthropogenic impacts. Common artificial changes in coastal zones are modifications of the shoreline and construction of urban infrastructures, typically classified in terms of the materials used and purpose, such as riprap/rubble or vertical walls and their combination, breakwaters, groynes, jetties, seawalls, bulkheads, and pilings (BULLERI and CHAPMAN, 2010; SCYPHERS *et al.*, 2015). The negative effects of these artificial structures on estuarine ecosystems have been reported as various ecological responses of fish communities (e.g., decreases in native fish diversity and/or abundance) (ABLE *et al.*, 1998; PETERSON *et al.*, 2000; BILKOVIC and ROGGERO, 2008; MUNSCH *et al.*, 2014; MORENO-VALCÁRCCEL *et al.*, 2016), and degradation of habitats in relation to foraging (LOWE and PETERSON, 2015; DAVID *et al.*, 2016), growth (DUFFY-ANDERSON and ABLE, 1999; ABLE *et al.*, 1999) and reproduction (RICE, 2006; BALOUSKUS and TARGETT, 2012). In contrast, several studies have reported the possible function of artificial hard structures as habitats for coastal and estuarine fish assemblages (GUIDETTI, 2004; CLYNICK, 2006; SAKAI *et al.*, 2007; INUI *et al.*, 2012; TAKIGASAKI and SANO, 2013), and the lack of significant negative effects of modified shorelines on fish communities in estuarine environments compared to natural shorelines (MCKINLEY *et al.*, 2011; MORLEY *et al.*, 2012). However, some authors have noted the need for additional studies on the ecological effects of shoreline armouring (AIROLDI *et al.*, 2005; BULLERI and CHAPMAN, 2010; MORLEY *et al.*, 2012), particularly, over longer timescales (CHAPMAN and UNDERWOOD, 2011). Although the cumulative effects of artificially altered environments have been previously reported (PETERSON and LOWE, 2009), there have been few long-term studies on this modified environment. SCYPHERS *et al.* (2015) compared the stability of fish community structures among three types of modified shorelines

and a natural shoreline using a series of 11-year samples (based on a fisheries database) in the Mobile Bay of the northern Gulf of Mexico. The authors reported that the most simplified shoreline (vertical wall) had the lowest assemblage stability, and that the natural shoreline had the most stable assemblages. This indicates the need for long-term studies of several months or even years to accurately assess modified shorelines as habitats for aquatic organisms and elucidate the impacts on this ecosystem as a basis for implementing effective policies to support sustainable development.

Guild classification, the categorisation of each organism relative to its pattern of using the space and resources in an ecosystem, is a key approach for evaluating systems as habitats for organisms in the current context of the global decrease in biodiversity and increase in ecosystem disturbances (WHITFIELD and ELLIOTT, 2002; BLONDEL, 2003; CARDOSO *et al.*, 2011b). ELLIOTT *et al.* (2007) performed a global-scale review and defined estuarine fish guilds covering three dimensions of resource usage: 1) the ways in which the fish use the estuary during their entire life cycle (refined by POTTER *et al.*, 2015); 2) primary feeding method; and 3) use of the site to reproduce. This guild classification, which has been applied in the assessment of the ecosystem value of estuaries (FRANCO *et al.*, 2008), the understanding of the relationships between the condition of each estuary and structure of the functional groups (NICOLAS *et al.*, 2010), and the assessment of estuary habitat quality (CARDOSO *et al.*, 2011a; GAMITO *et al.*, 2012; PÉREZ-DOMÍNGUEZ *et al.*, 2012), has significantly contributed to enhancing our understanding of the connection between the structure of functional communities and the condition of the estuarine ecosystem. Moreover, long-term studies have revealed that extreme climate events have caused dramatic changes in

the functional trait structure of estuarine fish communities (NYITRAI *et al.*, 2012; BOUCEK and REHAGE, 2014). In addition, the long-term effects of anthropogenic impacts (such as hydrological changes) on guild structures in estuaries have only recently been detected, and the combined effects with those of climate change could cause marked changes in ecosystem function (BAPTISTA *et al.*, 2015).

Tokyo is one of the world's largest megacities, and is located along the shoreline of the innermost part of the Tokyo Bay. Numerous rivers flow into the bay, creating various estuarine environments. The inner part of the bay formerly comprised a wide area of shallow tidal flats, but currently, the natural shore has completely disappeared due to land reclamation for industrialisation, which has taken place at an increasing rate since the 1950s (ENDO, 2004; NOMURA, 2012). A number of studies on fish assemblage structures and their temporal changes have been performed during the last 20 years in several semi-natural shoreline areas (shallow tidal flats formed after reclamation) of the estuarine environment adjacent to the city, suggesting that environmental recovery is at least a short-term prerequisite as a habitat for marine and estuarine fish with fewer effects from severe pollutants and modified shoreline (NASU *et al.*, 1996; KANOU *et al.*, 2000; YAMANE *et al.*, 2003; KOHNO *et al.*, 2008; MOTOKI *et al.*, 2009; KANOU and KOHNO, 2014; MURASE *et al.*, 2014). Despite extensive shoreline development, few studies examining the function of modified shorelines as habitat have been performed in the inner part of the bay. Recent 1-year surveys on fish assemblages in the inner bay demonstrated that the artificial canal constructed with vertical walls might provide suitable habitat for parts of the lifecycle of several estuarine fish species (MURASE *et al.*, 2007; SAKAI *et al.*, 2007). However, there is little information

on whether modified shorelines in estuarine environments can function as a consistent long-term habitat for fish species. In this context to reveal temporal dynamics of fish community of modified estuarine shorelines, the present study examined the long-term changes of fish community structure including guild classification by combining previously published data (1993–1994: SAKAI *et al.*, 2007) with a more recent (2004–2007) dataset (collected using a method similar to that of the earlier dataset) of fish assemblages at an armoured site in the inner part of the Tokyo Bay.

Materials and Methods

Study site. The study site was located at the mooring berth of the Shinagawa Campus of Tokyo University of Marine Science and Technology, in the Keihin Canal in the inner part of the Tokyo Bay, central Japan (35° 37' 33" N, 139° 45' 04" E; Fig. 1), approximately 1.6 km north of the mouth of the Meguro River and 4.0 km south of Sumida River. The site is classed as estuarine based on its year-round salinity (SAKAI *et al.*, 2007). The entire shoreline at this site is armoured with vertical wall structures. The water depth ranges from 1.5 m to 3.0 m, and the bottom sediment comprises sandy mud including sludge. The armouring wall is almost fully covered in adhered oyster shells and blue sea mussels.

Sampling protocol. Although light-trap sampling has several problems caused by utilizing the positive phototaxis of fishes, it is a more favourable sampling method in habitats where it is difficult to draw plankton, seine, and other fishing nets (DOHERTY, 1987; SAKAI *et al.*, 2007). Following the sampling protocol of a previous study at the same site (SAKAI *et al.*, 2007), we conducted fish sampling twice a month between December 2004 and November 2007 (72 sampling events in total), using an aquatic lamp (300 W) and two hand nets

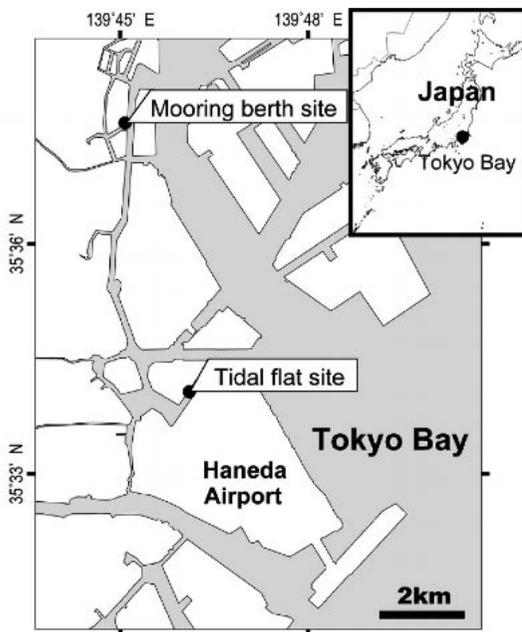


Fig. 1. Map showing the locations of the study site, a mooring berth in Keihin Canal, and a semi-natural site, a tidal flat of Keihin-jima Island, for comparison, in the inner part of the Tokyo Bay (partly modified from a 1:25000 topographic map from the Geospatial Information Authority of Japan).

(1 mm mesh, 40 cm diameter). We set the aquatic lamp 0.5 m below the surface 0.5 m from the mooring berth, and turned on the lamp 30–60 min after sunset but did not consider the tide and moon's age. Subsequently, we collected all fish attracted to the light for 1 h after the light had been turned on for 5 min. All of the samples were fixed in 5–10% formalin in the field, and later preserved in 70% ethanol in the laboratory. Before each fish sampling, the surface water temperature and salinity were measured using a standard mercury thermometer and salinity refractometer, respectively. Fish were picked from the samples using a dissecting microscope and identified to the lowest possible taxon following OKIYAMA (1988) and NAKABO (2002). Scientific names revised after NAKABO (2002), fol-

lowed NAKABO (2013) and HOSOYA (2015). All of the specimens were deposited in the Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, Odawara, Japan (KPM-NI 18477–18511), the Laboratory of Ichthyology of Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan (MTUF-P [L] 16385–16627), and the National Museum of Nature and Science, Tsukuba, Japan (NSMT-P 92707–92717).

Fish classification. ELLIOTT *et al.*, (2007) developed a classification of guilds for estuarine usage functional groups (EUFGs) for fish in estuarine environments and defined 10 traits. Refining this classification, POTTER *et al.*, (2015) divided the EUFGs into 4 main categories (marine, estuarine, diadromous, and freshwater), and subdivided these into a total of 14 categories. Using the sampled fish as general indicators to assess the temporal variability in habitat quality at the study site, we classified them into three main categories and three subcategories (six categories in total) following POTTER *et al.*, (2015): marine, estuarine, and freshwater, and anadromous, catadromous, amphidromous subcategories in the diadromous category. For this classification, we referred to KAWANABE *et al.*, (2001), KOHNO *et al.*, (2011) and HOSOYA (2015) for information on the ecological use of estuarine environments by each fish species.

Data analysis. To analyse the variation in structure of the fish assemblages and changes in EUFG composition on decadal and annual time-scales, we defined the following four sampling periods: Period 0 (P0), May 1993–April 1994 (Sakai *et al.*, 2007); Period 1 (P1), December 2004–November 2005; Period 2 (P2), December 2005–November 2006; and Period 3 (P3), December 2006–November 2007. Due to the difference in monthly sampling frequency between P0 (1–3

times per month) and P1-3 (2 times per month), the catch per unit effort (CPUE) was calculated for each month by comparing the mean abundance of fish among sampling periods. Monthly one-way repeated measures of analysis of variance (ANOVA) and a Tukey's test were performed to analyse the variability in each variable for the fish assemblages, predominant EUFG categories, and environments among the sampling periods. When the condition of normal distribution was violated based on a Shapiro-Wilk test, the data were $\log_{10}(x + 1.0)$ transformed or Friedman and Wilcoxon's signed rank tests were adopted. Furthermore, to analyse differences in community structure among sampling periods, the similarity index of CHAO *et al.*, (2005), which extended the Jaccard index so that it reflected unseen species and abundance data (DOI and OKAMURA, 2011), was calculated and non-metric multi-dimensional scaling (nMDS) was used to generate ordination plots based on the values of similarity index. All of the procedures were conducted using the software program R 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

Comparison with nearby tidal flat. The fish assemblage structures have been studied since 1994 on a semi-natural tidal flat of artificial Keihin-jima Island (35° 34'05"N, 139° 46'06"E; Fig. 1), close to the present study site, and the results have shown consistent predominance of estuarine gobies for almost 20 years (MOTEGI *et al.*, 2009; MURASE *et al.*, 2014), indicating a relatively stable long-term community structure. To compare the temporal stability of the community structure between modified (the study site) and semi-natural sites over similar time periods, abundance data on each species from the tidal flat site were extracted from published papers and reflected in the composition of the EUFG and nMDS. Then, the following time periods were fixed for the data

from the tidal flat site: Period 0 on Keihin-jima Island (P0, 1994–1995: NASU *et al.*, 1996); Period 1 (P1, 2006–2007: MOTEGI *et al.*, 2009); Period 2 (P2, 2007–2008); and Period 3 (P3, 2008–2009: MURASE *et al.*, 2014). The abbreviations for these periods are the same as those of the mooring berth site unless mentioned in the text.

Results

Composition of fish assemblages. A total of 4,211 individuals representing 47 fish species belonging to 28 families were captured during P0–3, with 1,249 individuals and 16 species in P0, and 925–1056 individuals and 29 or 30 species in P1–3 (Table 1). The total sampling frequencies in P0 (26 times) and P1–3 (24 times in each period) were almost equal, resulting in no significant differences in total abundance, but the number of species in P1–3 was almost two-fold that in P0 (Table 1). The number of species and abundance of each EUFG in each sampling period are shown in Table 2, with values from the nearby tidal flat for comparison. The marine category was predominant in terms of number of species across sites and sampling periods, but the most abundant group changed from estuarine in P0 to marine in P1–3 at the mooring berth site, whereas on the nearby tidal flat site the estuarine group was consistently dominant throughout all sampling periods. The four categories, freshwater, anadromous, amphidromous, and catadromous, were barely observed (0.00–0.95% in total abundance) throughout the sampling periods except for P1 (10.70% and 12.23% for the anadromous and amphidromous categories, respectively; Table 2). Corresponding to the changes in abundance of the EUFGs, the most abundant fish species also changed (Table 3), in that an estuarine gobiid, *Acanthogobius flavimanus*, was most abundant in P0 followed by a marine species, the marine pelagic clupeid (*Sardinella zunasi*) as the

Table 1. Fish species and their dominance (% abundance) in each sampling period collected at a mooring berth in the Keihin Canal in the inner Tokyo Bay during Periods 0–3 (P0–3)

Family	Species	EUFG	% Abundance in each period			
			P0	P1	P2	P3
Anguillidae	<i>Anguilla japonica</i>	C	0.00	0.00	0.32	0.19
Engraulidae	<i>Engraulis japonica</i>	M	17.05	4.89	35.57	16.29
Clupeidae	<i>Etrumeus teres</i>	M	0.00	0.31	0.22	0.76
	<i>Konosirus punctatus</i>	M	0.08	0.10	0.00	0.00
	<i>Sardinella zunasi</i>	M	1.20	30.58	36.65	60.04
	<i>Sardinops melanostictus</i>	M	3.12	0.00	0.00	0.00
Cyprinidae	<i>Tribolodon brandtii maruta</i>	An	0.00	10.70	0.11	0.28
Osmeridae	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	Am	0.08	0.00	0.11	0.09
	<i>Salangichthys ishikawae</i>	M	0.08	0.00	0.00	0.00
Mugilidae	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	M	0.00	3.57	6.05	11.17
Atherinidae	<i>Hypoatherina valenciennei</i>	M	0.00	13.66	7.78	0.85
Adrianichthyidae	<i>Oryzias latipes</i>	F	0.00	0.00	0.11	0.00
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus sajori</i>	M	0.40	0.10	0.00	0.00
Belontiidae	<i>Strongylura anastomella</i>	M	0.00	0.00	0.00	0.09
Scomberesocidae	<i>Cololabis saira</i>	M	0.00	0.00	0.00	0.09
Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	F	0.08	0.00	0.11	0.00
Syngnathidae	<i>Hippocampus mohnikei</i>	M	0.00	0.10	0.00	0.00
Scorpaenidae	<i>Sebastes cheni</i>	M	0.00	0.82	2.59	0.09
	<i>S. pachycephalus pachycephalus</i>	M	0.00	0.10	0.22	0.09
Platycephalidae	<i>Platycephalus</i> sp.	M	0.00	0.10	0.22	0.09
Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	M	0.88	3.98	1.73	0.09
Centrarchidae	<i>Lepomis macrochirus macrochirus</i>	F	0.00	0.20	0.00	0.00
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>	M	0.00	0.00	0.00	0.28
Leiognathidae	<i>Nuchequula nuchalis</i>	M	0.00	0.00	0.00	0.09
Sparidae	<i>Acanthopagrus latus</i>	M	0.00	0.00	0.22	0.00
Kyphosidae	<i>Girella punctata</i>	M	0.00	0.20	0.11	0.09
Teraponidae	<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	M	0.00	0.00	0.00	0.09
	<i>Terapon jarbua</i>	M	0.00	0.10	0.00	0.00
Pholidae	<i>Pholis nebulosa</i>	M	0.00	0.31	0.11	0.00
Blenniidae	<i>Omobranchus fasciolatoiceps</i>	E	0.00	0.00	0.11	0.19
	<i>Parablennius yatabei</i>	M	0.00	0.10	0.00	0.00
Gobiidae	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	E	71.26	5.71	0.54	0.19
	<i>Acentrogobius virgatus</i>	M	0.00	0.10	0.32	0.00
	<i>Chaenogobius gulosus</i>	M	3.76	4.69	2.59	5.40
	<i>Gymnogobius breunigii</i>	E	0.32	0.20	0.11	0.47
	<i>G. heptacanthus</i>	M	0.00	0.61	0.11	0.19
	<i>G. macrognathos</i>	E	0.00	2.14	0.00	0.38
	<i>G. petschiliensis</i>	Am	1.20	11.93	0.54	0.76
	<i>Luciogobius</i> sp.	Am	0.32	0.31	0.00	0.09
	<i>Mugilogobius abei</i>	E	0.08	2.45	1.08	0.57
	<i>Pseudogobius masago</i>	E	0.00	0.00	0.00	0.09
<i>Redigobius bikolanus</i>	E	0.00	0.00	0.65	0.09	
	<i>Tridentiger</i> spp.	E	0.00	1.12	0.76	0.76
Ptereleotridae	<i>Ptereleotris evides</i>	M	0.08	0.00	0.00	0.00
Pleuronectidae	<i>Kareius bicoloratus</i>	M	0.00	0.51	0.86	0.00
	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	M	0.00	0.00	0.11	0.00
Tetraodontidae	<i>Takifugu pardalis</i>	M	0.00	0.31	0.00	0.00
Sampling frequency in total			26	24	24	24
Total individuals in each period			1249	981	925	1056
Number of species in each period			16	30	29	30

EUFG, estuarine use functional group: Am, amphidromous; An, anadromous; C, catadromous; E, estuarine; F, freshwater; M, marine

Table 2. Summary of the composition of the estuarine use functional groups (EUFGs) in each sampling period (P0–3) during 1993–1994 (Period 0) and 2004–2007 (Periods 1–3) at a mooring berth in the Keihin Canal using light-trap sampling, and on a semi-natural tidal flat on Keihin-jima Island in the inner Tokyo Bay during 1994–1995 (P0) and 2006–2009 (P1–3) using seine net sampling

EUFG at each site	Number of species				% Abundance			
	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3
Mooring berth								
Marine	9	21	17	17	26.66	65.24	95.46	95.83
Estuarine	3	5	6	8	71.66	11.62	3.24	2.75
Freshwater	1	1	2	0	0.08	0.20	0.22	0.00
Anadromous	0	1	1	1	0.00	10.70	0.11	0.28
Catadromous	0	0	1	1	0.00	0.00	0.32	0.19
Amphidromous	3	2	2	3	1.60	12.23	0.65	0.95
Total	16	30	29	30				
Tidal flat								
Marine	23	18	20	22	24.31	43.76	32.60	3.00
Estuarine	7	9	9	10	75.50	53.59	61.75	93.41
Anadromous	1	1	1	1	0.09	0.01	0.79	0.41
Amphidromous	2	3	3	3	0.11	2.65	4.86	3.19
Total	33	31	33	36				

Table 3. Percent abundance (%) of the five most abundant fish species and their estuarine use functional group (EUFG) classification (Am, amphidromous; An, anadromous; E, estuarine; M, marine) at the mooring berth in each sampling period

Rank	Period 0 (1993–1994)				Period 1 (2004–2005)			
	Family	Species	EUFG	%	Family	Species	EUFG	%
1	Gobiidae	<i>A. flavimanus</i>	E	71.26	Clupeidae	<i>S. zunasi</i>	M	30.58
2	Engraulidae	<i>E. japonica</i>	M	17.05	Atherinidae	<i>H. valenciennei</i>	M	13.66
3	Gobiidae	<i>C. gulosus</i>	M	3.76	Gobiidae	<i>G. petschiliensis</i>	Am	11.93
4	Clupeidae	<i>S. melanostictus</i>	M	3.12	Cyprinidae	<i>T. brandtii maruta</i>	An	10.70
5	Clupeidae	<i>S. zunasi</i>	M	1.20	Gobiidae	<i>A. flavimanus</i>	E	5.71
Period 2 (2005–2006)				Period 3 (2006–2007)				
Family	Species	EUFG	%	Family	Species	EUFG	%	
Clupeidae	<i>S. zunasi</i>	M	36.65	Clupeidae	<i>S. zunasi</i>	M	60.04	
Engraulidae	<i>E. japonica</i>	M	35.57	Engraulidae	<i>E. japonica</i>	M	16.29	
Atherinidae	<i>H. valenciennei</i>	M	7.78	Mugilidae	<i>M. cephalus cephalus</i>	M	11.17	
Mugilidae	<i>M. cephalus cephalus</i>	M	6.05	Gobiidae	<i>C. gulosus</i>	M	5.40	
Scorpaenidae	<i>S. cheni</i>	M	2.59	Atherinidae	<i>H. valenciennei</i>	M	0.85	

See Table 1 for initial of genera in each family

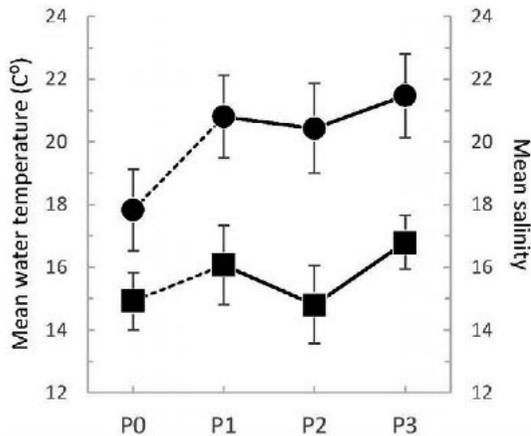


Fig. 2. Decadal (broken lines) and annual (solid lines) variation in the physical parameters over four time periods (P0–3): solid circles, mean water temperature; solid squares, mean salinity at the mooring berth site. Vertical bars indicate standard errors.

most abundant species during P1–3; 2–5 marine species were ranked in the top five abundant members over all sampling periods. This trend significantly differed from that of a nearby tidal flat, where estuarine gobiids were diverse and the most abundant group throughout 1994–2009 (MOTÉKI *et al.*, 2009; MURASE *et al.*, 2014).

Variation in environmental parameters. The temporal variation in the environmental parameters at the study site is shown in Fig. 2. Mean water temperature (17.8–21.5°C) varied significantly on a decadal time scale (Tukey’s test, $p < 0.001$ for P0 versus the other sampling periods), but no significant annual variation was observed. Mean salinity (14.8–16.8) showed no significant variation across all sampling periods (Friedman test, $p = 0.445$).

The mean total number of species increased significantly from P0 to P1 (Tukey’s test, $p = 0.047$) together with an increase in the marine category from P0 to P1 and from P0 to P2

(Tukey’s test, $p = 0.012$ and 0.039 , respectively), whereas no significant temporal variation was detected in the estuarine category (ANOVA, $p = 0.864$; Fig. 3a). The mean CPUE of the total fish abundance was constant throughout the sampling periods (ANOVA, $p = 0.995$; Fig. 3b), but the composition of those EUFGs that constituted the majority of the total abundance (marine and estuarine categories) in each sampling period changed with time. The percent abundance of the marine category increased from P0 to P1, and remained stable from P1 to P3 (Fig. 3c), varying significantly among the sampling periods (Friedman test, $p = 0.024$), although no significant differences between P0 and the other sampling periods were detected (Wilcoxon’s signed rank test, $p = 0.222$ for P0 versus P1; $p = 0.087$ for P0 versus P2; $p = 0.147$ for P0 versus P3). In contrast, the percent abundance of the estuarine group decreased from P0 to P1 and remained stable from P1 to P3 (Fig. 3c), varying significantly among sampling periods (Friedman test, $p = 0.027$), whereas no significant differences between P0 and the other sampling periods were detected (Wilcoxon’s signed rank test, $p = 0.480$ for P0 versus P1; $p = 0.570$ for P0 versus P2; $p = 0.480$ for P0 versus P3).

Multi-dimensional scaling. The stress value of the nMDS ordination was 0.053, indicating that it was well-fitted and that the relative distances of similarities among the sampling periods were substantially greater at the mooring berth site than at the tidal flat site (Fig. 4). In particular, the plot of P0 for the mooring berth site had a significantly greater distance of similarity than those of the other three periods (P1–3). Because there was only 1 year-round dataset in the earliest sampling period, analyses of similarities could not be performed between the earliest (P0) and more recent sampling periods (P1–3), but

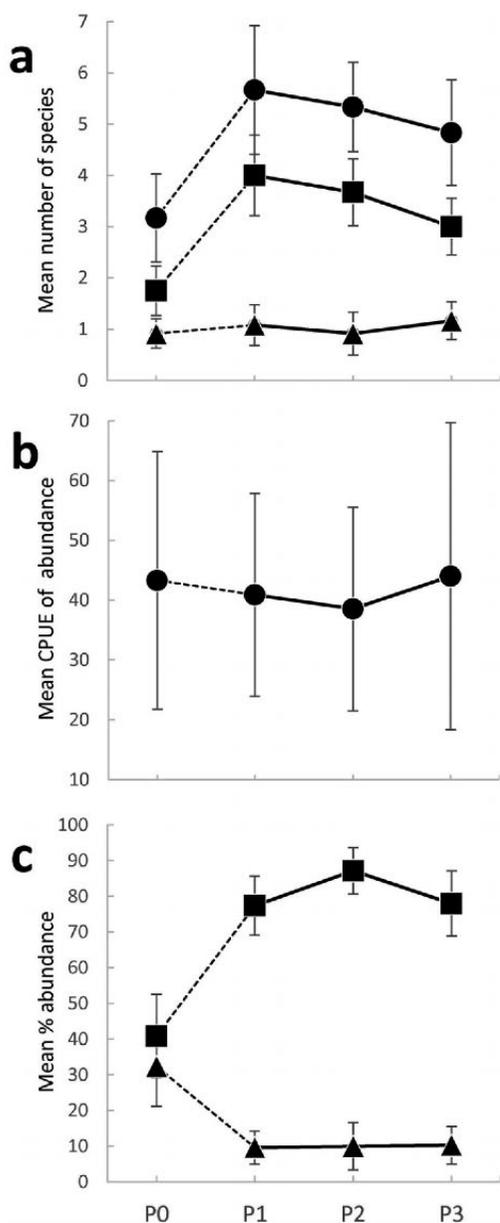


Fig. 3. Variation in the fish assemblage parameters at the mooring berth over decadal (broken lines) and annual (solid lines) time scales: a, monthly mean number of species in each sampling period (P0–3); b, monthly mean catch per unit effort (CPUE) of individuals; c, mean percent abundance of total catch. Solid circles, squares and triangles indicate total assemblages, and marine and estuarine categories, respectively.

the above community parameter variation, which reflect changes in the number of species and composition of the EUFGs from P0 to P1–3, were reflected well in the nMDS results.

Discussion

In general, the transitional water environment of estuaries results in lower biodiversity but a higher abundance of the surrounding freshwater/marine environments (McLUSKY and ELLIOTT, 2004; DAY *et al.* 2012b), and fish of the estuarine category are a common and abundant guild in many estuaries (ELLIOTT and DEWAILLY, 1995; KANOU *et al.*, 2000; PIHL *et al.*, 2002; HARRISON and WHITFIELD, 2008). Furthermore, a few generalist species tended to be abundant in some developed areas of estuaries (e.g., BILKOVIC and ROGGERO, 2008; MORENO-VALCÁRCCEL *et al.*, 2016), which were also observed by SAKAI *et al.*, (2007) at the mooring berth site. An estuarine gobiid, *Acanthogobius flavimanus*, which is the most abundant fish in the inner part of the Tokyo Bay (KANOU *et al.*, 2000; MURASE *et al.*, 2007, 2014), was dominant in terms of abundance during 1993–1994, whereas other estuarine gobies had low abundance at the mooring berth site. SAKAI *et al.*, (2007) concluded, on the basis of a 1-year dataset, that the mooring berth site could function as habitat primarily for estuarine gobies, and that its low-salinity conditions rendered it poorly suitable as a habitat for marine fish species. However, our dataset combined with the results of SAKAI *et al.*, (2007) revealed that the composition of the EUFGs changed markedly after 10 years, and this was reflected in the nMDS plot (Fig. 4), although salinity levels (Fig. 2) and total fish abundance (Fig. 3b) did not significantly vary during the entire study period. This change in community structure can be summarised as follows: the mean number of species in the marine category increased, whereas that in the estuarine category

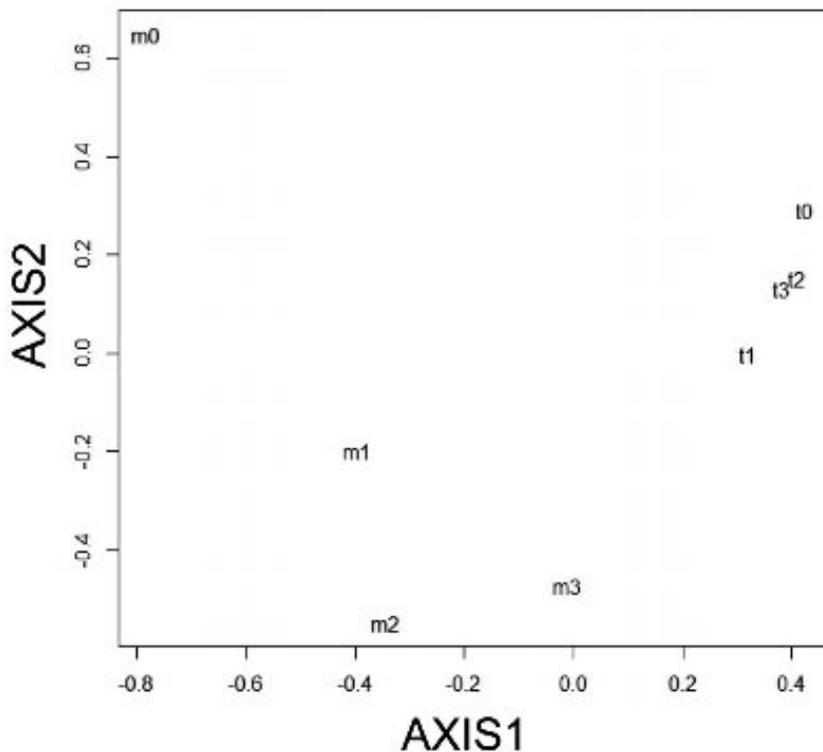


Fig. 4. Results of nMDS ordination based on Chao's adjusted Jaccard index at the mooring berth site (m) and the nearby tidal flat site (t). Numbers next to abbreviations of sites indicate each sampling period (P0–3) defined for each site (e.g., “m1” indicates Period 1 of mooring berth site).

remained unchanged, leading to an increase in the total number of species (Fig. 3a); and the percent abundance of the marine category increased while that of the estuarine category decreased. Most surprisingly, even an abundant generalist goby species (*A. flavimanus*) declined significantly after 10 years (in P1), and almost disappeared thereafter (in P2 and P3; Tables 1, 3), causing a decrease in the total abundance of the estuarine category. *A. flavimanus* is constantly predominant at the nearby tidal flat site also in terms of decadal and annual time scales, and predominance of this species and the other estuarine gobies (NASU *et al.*, 1996; MOTEKI *et al.*, 2009; MURASE *et al.*, 2014) resulted in that the fish

assemblage structure and EUFG composition at the nearby tidal flat site did not show any conspicuous change (i.e. constant predominance of estuarine category was detected: Fig. 4, Table 2). Contrary to this, abundance of *A. flavimanus* at an artificial riprap shoreline was almost half of tidal flat environment within artificial lagoon of the inner part of the Tokyo Bay (KANOU, 2006). Although there have been no data explaining habitat degradation around the study site, recent development of infrastructure for city planning in Tennozu Isle, an area of Shinagawa City, located in front of the mooring berth site, which started 1988 (SHINAGAWA CITY, 2005), might affect suitable habitat (such as soft-bottom

shallow environment) for estuarine category, especially *A. flavimanus*.

On the other hand, an increase in the total number of species (16 to 29 or 30) over the course of one decade was recorded at the study site, and the total number of species in the estuarine category also increased (from 3 to 8 species; Table 2) despite no variation in the mean number of estuarine species over the sampling periods (Fig. 3a). Improvement in water quality in estuaries can recover species richness (McLUSKY and ELLIOTT, 2004), and the increasing species richness over one decade at the study site may reflect water quality improvements in the inner part of the Tokyo Bay (NOMURA, 2012). In fact, population recoveries in several diadromous fish species (e.g., *Plecoglossus altivelis altivelis* and *Tribolodon blandtii maruta*) in the rivers flowing into the bay were reported (KOHNO *et al.*, 2011; HOSOYA, 2015). Low abundances in these diadromous and other estuarine fishes at the mooring berth site, despite increases in species richness, suggest that the modified shoreline without surrounding shoreline habitat such as tidal flat may only function as an ecological corridor connecting natural or semi-natural environments rather than as true habitat for the lifecycles of fish in the inner part of the Tokyo Bay. Hydrological changes relating to man-made changes (e.g., bank regulation and dam interventions) causing variation in salinity levels are also important in determining estuarine fish community composition (BAPTISTA *et al.*, 2015), and generally, high salinity attracts marine species into the estuary, leading to higher overall species richness (McLUSKY and ELLIOTT, 2004). However, because salinity showed no significant variation over the sampling periods in this study (Fig. 2), water quality improvements might be the major contributor to the increase in species richness and abundance in the marine category rather

than salinity changes at the mooring berth site.

In conclusion, this study highlights importance of maintaining surrounding natural/semi-natural environments in addition to water quality improvement whereas an artificial structure such as the mooring berth site can be habitat for estuarine fishes. Although the present study is based on data from a single site, it can further our understanding of how the deployment of coastal infrastructures influences coastal assemblages (AIROLDI *et al.*, 2005; BULLERI and CHAPMAN, 2010), which can guide interventions in the broader context of marine spatial planning (FIRTH *et al.*, 2014). In particular, greater understanding of the factors directly and/or indirectly causing instability in guild structures based on future studies will enhance the development of more effective shoreline engineering that takes into account the long-term ecological impacts.

Acknowledgements

We are grateful to Drs. T. Kadoya and I. Washitani for their valuable advice. The following people assisted in sampling: Dr. T. Yokoo, Mrs. A. Gokita, E. Harunari, Y. Ishida, H. Kageyama, J. Kaiga, T. Kaniwa, Y. Kashiwagura, Y. Niwa, T. Okada, D. Okazaki, G. Okuyama, S. Saegusa, Y. Tamura, Y. Tazaki, K. Uchida and R. Yamashita, and Ms N. Kakimoto, M. Kobayashi and H. Yuki. This research was partly supported by JSPS KAKENHI Grant Number 15K00654.

References

- ABLE, K. W., J. P. MANDERSON and A. L. STUDHOLME (1998): The distribution of shallow water juvenile fishes in an urban estuary: The effects of man-made structures in the lower Hudson River. *Estuaries*, **21**, 731-744.
- ABLE, K. W., J. P. MANDERSON and A. L. STUDHOLME (1999): Habitat quality for shallow water fishes in an urban estuary: the effects of man-made

- structures on growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **187**, 227–235.
- AIROLDI, L., M. ABBIATI, M. W. BECK, S. J. HAWKINS, P. R. JONSSON, D. MARTIN, P. S. MOSCHELLA, A. SUNDELÖF, R. C. THOMPSON and P. ÅBERG (2005): An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures. *Coast. Eng.*, **52**: 1073–1087.
- BALOUSKUS, R. G. and T. E. TARGETT (2012): Egg deposition by Atlantic silverside, *Menidia menidia*: substrate utilization and comparison of natural and altered shoreline type. *Estuar. Coasts*, **35**, 1100–1109.
- BAPTISTA, J., F. MARTINHO, D. NYITRAL, M. A. PARDAL and M. DOLBETH (2015): Long-term functional changes in an estuarine fish assemblage. *Mar. Pollut. Bull.*, **97**, 125–134.
- BARBIER, E. B., S. D. HACKER, C. KENNEDY, E. W. KOCH, A. C. STIER and B. R. SILLIMAN (2011): The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol. Monogr.*, **81**, 169–193.
- BILKOVIC, D. M. and M. M. ROGGERO (2008): Effects of coastal development on nearshore estuarine nekton communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **358**, 27–39.
- BLONDEL, J. (2003): Guilds or functional group: does it matter? *Oikos*, **100**, 223–231.
- BOUCEK, R. E. and J. S. REHAGE (2014): Climate extremes drive changes in functional community structure. *Glob. Chan. Biol.* **20**, 1821–1831.
- BULLERI, F. and M. G. CHAPMAN (2010): The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *J. Appl. Ecol.*, **47**, 26–35.
- CARDOSO, I., S. FRANÇA, M. P. PAIS, S. HENRIQUES, L. CANCELA DA FONSECA and H. N. CABRAL (2011a): Fish assemblages of small estuaries of the Portuguese coast: A functional approach. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **93**, 40–46.
- CARDOSO, P., S. PEKÁR, R. JOCQUÉ and J. A. CODDINGTON (2011b): Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE*, **6** (6), e21710.
- CHAO, A., R. L. CHAZDON, R. K. COLWELL and T.-J. SHEN (2005): A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecol. Lett.*, **8**, 148–159.
- CHAPMAN, M. G. and A. J. UNDERWOOD (2011): Evaluation of ecological engineering of “armoured” shorelines to improve their value as habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **400**, 302–313.
- COSTANZA, R., R. D’ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, S. NAEEM, K. LIMBURG, J. PARUELO, R. V. O’NEILL, R. RASKIN, P. SUTTON and M. VAN DEN BELT (1997): The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**, 253–260.
- CLYNICK, B. G. (2006): Assemblages of fish associated with coastal marinas in north-western Italy. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **86**, 847–852.
- DAVID, A. T., C. A. SIMENSTAD, J. R. CORDELL, J. D. TOFT, C. S. ELLINGS, A. GRAY and H. B. BERGE (2016): Wetland loss, juvenile salmon foraging performance, and density dependence in Pacific northwest estuaries. *Estuar. Coast.*, **39**, 767–780.
- DAY, J. W., A. YÁÑEZ-ARANBICIA and W. M. KEMP (2012a): Human impact and management of coastal and estuarine ecosystems. *In Estuarine Ecology*, 2nd edn. DAY, J. W., B. C. CRUMP, W. M. KEMP and A. YÁÑEZ-ARANBICIA (eds.), John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, p. 483–495.
- DAY, J. W., A. YÁÑEZ-ARANBICIA and W. M. KEMP and B. C. CRUMP (2012b) Introduction to estuarine ecology. *In Estuarine Ecology*, 2nd edn. DAY, J. W., B. C. CRUMP, W. M. KEMP and A. YÁÑEZ-ARANBICIA (eds.), John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, p. 1–18.
- DOHERTY, P. J. (1987): Light-traps: selective but useful devices for quantifying the distributions and abundances of larval fishes. *Bull. Mar. Sci.*, **41**, 423–431.
- DOI, H. and H. OKAMURA (2011): Similarity indices, ordination, and community analysis tests using the software R. *Japan. J. Ecol.*, **61**, 3–20. (in Japanese with English abstract)
- DUFFY-ANDERSON, J. T. and K. W. ABLE (1999): Effects of municipal piers on the growth of juvenile fishes in the Hudson River estuary: a study across a pier edge. *Mar. Biol.*, **133**, 409–418.
- ELLIOTT, M. and F. DEWAILLY (1995): The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **29**, 397–417.
- ELLIOTT, M., A. K. WHITFIELD, I. C. POTTER, S. J. M.

- BLABER, D. P. CYRUS, F. G. NORDLIE and T. D. HARRISON (2007): The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish Fish.*, **8**, 241–268.
- ENDOH, T. (2004): Historical review of reclamation works in the Tokyo Bay area. *J. Geogr.*, **113**, 785–801. (in Japanese with English abstract)
- FIRTH, L. B., R. C. THOMPSON, K. BOHN, M. ABBIATI, L. AIROLDI, T. J. BOUMA, F. BOZZEDA, V. U. CECCHERELLI, M. A. COLANGELO, A. EVANS, F. FERRARIO, M. E. HANLEY, H. HINZ, S. P. G. HOGGART, J. E. JACKSON, P. MOORE, E. H. MORGAN, S. PERKOL-FINKEL, M. W. SKOV, E. M. STRAIN, J. VAN BELZEN and S. J. HAWKINS (2014): Between a rock and a hard place: Environmental and engineering considerations when designing coastal defence structures. *Coast. Eng.*, **87**, 122–135.
- FRANCO, A., M. ELLIOTT, P. FRANZOI and P. TORRICELLI (2008): Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **354**, 219–228.
- GAMITO, R., S. PASQUAUD, A. COURRAT, H. DROUINEAU, V. F. FONSECA, C. I. GONÇALVES, N. WOUTERS, J. L. COSTA, M. LEPAGE, M. J. COSTA and H. N. CABRAL (2012): Influence of sampling effort on metrics of fish-based indices for the assessment of estuarine ecological quality. *Ecol. Indic.*, **23**, 9–18.
- GUIDETTI, P. (2004): Fish assemblages associated with coastal defence structures in south-western Italy (Mediterranean Sea). *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **84**, 669–670.
- HARRISON, T. D. and A. K. WHITFIELD (2008): Geographical and typological changes in fish guilds of South African estuaries. *J. Fish Biol.*, **73**, 2542–2570.
- HOSOYA, K. (2015): *Freshwater Fishes of Japan*. Yama-Kei Publishers, Tokyo, 527 pp. (in Japanese)
- INUI, R., T. NISHIDA and N. ONIKURA (2012): Characteristics of fish assemblages in boat slips (gentle slope revetments) built in fishing ports. *Ecol. Civil Eng.*, **15**, 1–17. (in Japanese with English abstract)
- KANOU, K. (2006): Fish fauna in artificial structures [original title in Japanese: Jinko-gogan no gyoruisoh]. *In* Natural History of Fishes in Tokyo Bay [original title in Japanese: Tokyo-wan sakana no shizen-shi]. KOHNO, H. and LABORATORY OF ICHTHYOLOGY, TOKYO UNIVERSITY OF MARINE SCIENCE and TECHNOLOGY (eds.), Heibon-sha, Tokyo, p. 81–84. (in Japanese)
- KANOU, K. and H. KOHNO (2014): Fish diversity and conservation on tidalflats: A case study of Tokyo Bay. *J. Japan Soc. Wat. Environ.*, **37** (A), 106–110. (in Japanese)
- KANOU, K., T. KOIKE and H. KOHNO (2000): Ichthyofauna of tidelands in the inner Tokyo Bay, and its diversity. *Jap. J. Ichthyol.*, **47**, 115–129. (in Japanese with English abstract)
- KAWANABE, H., N. MIZUNO and K. HOSOYA (2005): *Freshwater Fishes of Japan*, 3rd edn. Yama-Kei Publishers, Tokyo, 719 pp. (in Japanese)
- KOHNO, H., K. KANOU and T. YOKOO (2011): *A Photographic Guide to the Fishes in Tokyo Bay*. Heibon-sha, Tokyo, 374 pp. (in Japanese)
- KOHNO, H., T. YOKOO, M. MOTEKI and K. KANOU (2008): Ichthyofauna of the artificial lagoon, Shinhama-ko, located along the northernmost shore of Tokyo Bay. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan*, **63**, 133–142. (in Japanese with English abstract)
- LOWE, M. R. and M. S. PETERSON (2015): Body condition and foraging patterns of nekton from salt marsh habitats arrayed along a gradient of urbanization. *Estuar. Coast.* **38**: 800–812
- MCLUSKY, D. S. and M. ELLIOTT (2004): *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*, 3rd edn. Oxford University Press, Oxford, 214 pp.
- MCKINLEY, A. C., K. A. DAFFORN, M. D. TAYLOR and E. L. JOHNSTON (2011): High levels of sediment contamination have little influence on estuarine beach fish communities. *PLoS ONE*, **6** (10), e26353.
- MORENO -VALCÁRCEL, R., F. J. OLIVA- PATERNA, S. BEVILACQUA, A. TERLIZZI and C. FERNÁNDEZ-DELGADO (2016): Long-term effects of tidal restriction on fish assemblages in east Atlantic coastal marshlands. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **543**, 209–222.
- MORLEY, S. A., J. D. TOFT and K. M. HANSON (2012): Ecological effects of shoreline armoring on intertidal habitats of a Puget Sound urban estuary. *Estuar. Coast.*, **35**, 774–784.
- MOTEKI, M., K. YASUDA, K. YAMAMOTO, T. YOKOO, H. KOHNO, K. MOROHASHI, N. SUZUKI, S. MATSUZAKA and R. ARIZI (2009): Seasonal changes of fish fauna at

- the Keihin-jima artificial tidal flat in the inner Tokyo Bay, with special reference to the necessity of long-term biological monitoring. *La mer*, **46**, 121-134. (in Japanese with English abstract)
- MUNSCH, S. H., J. R. CORDELL, J. D. TOFT and E. E. MORGAN (2014) Effects of seawalls and piers on fish assemblages and juvenile salmon feeding behavior. *N. Am. J. Fish. Manage.*, **34**: 814-827.
- MURASE, A., C. KAKUBARI, Y. KASE, Y. SAITO and H. KOHNO (2014): Effects of the construction of new runway on the fish assemblages inhabiting tidal flats around the Haneda Airport located at the mouth of Tama River in the inner part of Tokyo Bay. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan*, **69**, 57-75. (in Japanese with English abstract)
- MURASE, A., Y. NEMOTO and H. MAEDA (2007) Gobiid fishes from Shioirino-ike, Hama-rikyu Garden and Takahama Canal, Tokyo Bay. *Nat. Hist. Rep. Kanagawa*, **28**, 75-83. (in Japanese with English summary)
- NAKABO, T. (2002): Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edn. Tokai University Press, Tokyo, 1800 pp.
- NAKABO, T. (2013): Fishes of Japan with pictorial keys to the species, 3rd edn. Tokai University Press, Hadano, 2428 pp. (in Japanese)
- NASU, K., M. KOUHARA, K. SHIBUKAWA and H. KOHNO (1996): Fishes occurring to the tideland at Keihin-jima in the recesses of Tokyo Bay. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **82**, 125-133. (in Japanese with English abstract)
- NICOLAS, D., J. LOBRY, O. LE PAPE and P. BOËT (2010): Functional diversity in European estuaries: Relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **88**, 329-338.
- NOMURA, H. (2012): Succession of Tokyo Bay ecosystem with increasing anthropogenic activities in the coastal area and river basin. *J. Japan Soc. Wat. Environ.*, **35**, 138-143. (in Japanese)
- NYITRAI, D., F. MARTINHO, M. DOLBETH, J. BAPTISTA and M. A. PARDAL (2012) Trends in estuarine fish assemblages facing different environmental conditions: combining diversity with functional attributes. *Aquat. Ecol.*, **46**, 201-214.
- OKIYAMA, M. (1988): An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, 1154 pp. (in Japanese)
- PÉREZ-DOMÍNGUEZ, M., S. MACI, A. COURRAT, M. LEPAGE, A. BORJA, A. URIARTE, J. M. NETO, H. CABRAL, V. ST. RAYKOV, A. FRANCO, M. C. ALVAREZ and M. ELLIOTT (2012): Current developments on fish-based indices to assess ecological-quality status of estuaries and lagoons. *Ecol. Indicat.*, **23**, 34-45.
- PETERSON, M. S., B. H. COMYNS, J. R. HENDON, P. J. BOND and G. A. DUFF (2000): Habitat use by early life-history stages of fishes and crustaceans along a changing estuarine landscape: differences between natural and altered shoreline sites. *Wetl. Ecol. Manag.*, **8**, 209-219.
- PETERSON, M. S. and M. R. LOWE (2009): Alterations to estuarine and marine habitat quality and fish and invertebrate resources: What have we wrought and where do we go? *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.*, **61**, 256-262.
- PIHL, L., A. CATTRIJSSE, S. CODLING, S. MATHIESON, D. S. MCLUSKY and C. ROBERTS (2002): Habitat use by fishes in estuaries and other brackish area. *In* Fishes in Estuaries. ELLIOTT, M. and K. L. HEMINGWAY (eds), Blackwell Science, Oxford, p. 10-53.
- POTTER, I. C., J. R. TWEEDLEY, M. ELLIOTT and A. K. WHITFIELD (2015): The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish Fish.*, **16**, 230-239.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015): R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>
- RICE, C. A. (2006): Effects of shoreline modification on a Northern Puget Sound beach: Microclimate and embryo mortality in surf smelt (*Hypomesus pretiosus*). *Estuar. Coast.*, **29**, 63-71.
- SAKAI, Y., M. MOTEKI and H. KOHNO (2007): Seasonal occurrence of fishes gathered with an aquatic lamp in the inner part of Tokyo Bay. *J. Tokyo Univ. Mar. Sci. Tech.*, **3**, 45-50. (in Japanese with English abstract)
- SCYPHERS, S. B., T. C. GOUHIER, J. H. GRABOWSKI, M. W. BECK, J. MARESKA and S. P. POWERS (2015): Natural

shorelines promote the stability of fish communities in an urbanized coastal system. PLoS ONE, **10** (6), e0118580.

SHINAGAWA CITY (2005): Shinagawa landscape guide plan report. Available at <http://www.city.shinagawa.tokyo.jp/ct/other000000800/report.pdf>

TAKIGASAKI, K. and M. SANO (2013): Fish assemblage structure in an artificial canal on reclaimed land in Lake Hamana, central Japan: comparison with an adjacent shore zone. *La mer*, **51**, 73-84. (in Japanese with English abstract)

WHITFIELD, A. K. and M. ELLIOTT (2002): Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *J. Fish Biol.*, **61** (Suppl A), 229-250.

YAMANE, T., M. KISHIDA, I. HARAGUCHI, R. ABE, M. DAITO, H. KOHNO and K. KANOU (2003): Larval and juvenile ichthyofauna in artificial beaches facing Tokyo Bay. *La mer*, **42**, 35-42. (in Japanese with English abstract)

Received: January 4, 2017

Accepted: April 8, 2017

学 会 記 事

1. 2017 年度総会報告

6月10日(土)日仏会館(東京都恵比寿)において2017年度総会を開催した。

2017年度(第58回)日仏海洋学会総会議事録

日 時: 2017年6月10日(土)15時30分~16時20分

場 所: 公益財団法人日仏会館 会議室501号室
議事に先立ち、本総会の成立について、成立要件である22名以上の出席(会員数131名の1/6以上の出席)に対し、出席者数は96名(会議参加25名、委任状による出席71名)であり、成立が確認された。会則により小松会長が総会議長として議事を進めた。

第1号議案 2016年度事業報告

- (1) 庶務関係(荒川庶務幹事)
会員移動状況(2017/3/31現在)

	個人会員					賛助会員	
	名誉 会員	正 会員	特別 会員	学生 会員	合計	社数	口数
2015年度末	1	107	17	7	132	7	11
2016年度末	1	110	18	2	131	8	21
増減	0	3	1	-5	-1	1	10

(2) 活動状況

- ① 評議員会1回(6/18 日仏会館)、総会1回(6/18 日仏会館)、学術研究発表会1回(6/18 日仏会館)、幹事会4回(4/28, 5/19, 9/30, 3/21 海洋大)開催
- ② 日仏関連学会連絡協議会(7/12日仏会館—小松会長・本多事務員出席, 12/5日仏会館—本多事務員出席)、水産・海洋科学研究連絡協議会(5/31海洋大—荒川幹事出席, 11/14海洋大—茂木会員出席)
- ③ 学会賞選考委員半数改選
- ④ 学会賞1件、論文賞2件の授与

(3) 編集関係

学会誌 La mer 第54巻1-2号, 第54巻3-4号
発刊

(4) その他

- ① 日仏海洋学会会則の改正(事業年度の明記)
- ② 日仏海洋学会誌 La mer 投稿規定および執筆要領の改正
- ③ 第26回日仏海洋開発専門部会(6/2パリ IFREMER—小松会長による基調講演「Past, present and future collaboration in oceanography between Japan and France for realizing healthy and sustainable oceans and seas」)
- ④ 日仏イノベーション年フォーラム(12/6-7 グランフロント大阪, 小池康之幹事による基調講演2題「カキ養殖を廻る日仏交流の絆」および「フランスにおけるカキ養殖」)
- ⑤ フランス国家功労勲章オフィシエ 小松輝久会長受章(12/9フランス大使館公邸)(写真1)

各報告ののち、第1号議案は承認された。

第2号議案 2016年度収支決算報告および監査報告

- (1) 資料1に従って2016年度収支決算を会計幹事代理(荒川庶務幹事)より報告された。
- (2) 監査の結果、会計が適正であることを監事代理(荒川庶務幹事)より報告された。

各報告および質疑応答の後、収支決算の収支摘要を



写真1 小松輝久会長がフランス国家功労勲章オフィシエ受章(於・フランス大使館公邸, 写真提供: フランス大使館)

一部修正し、第2号議案を承認した。

第3号議案 2017年度事業案

- (1) 総会1回、学術研究発表会1回、評議員会1回、幹事会4回 開催予定
- (2) 2017年度学会賞、論文賞の授与
- (3) 2018年度学会賞、論文賞の候補者の推薦
- (4) 評議員選挙、会長選挙、学会賞委員半数改選
- (5) 学会誌 La mer 第55巻1-4号 発刊予定
- (6) 第17回日仏海洋学シンポジウム開催 (2017/11/7~9, ボルドー)
- (7) 2015年度第16回日仏海洋学シンポジウムプロシーディングスの発行

各項目の説明と質疑応答の後、第3号議案を承認した。

第4号議案 2017年度予算案

資料2に従って2017年度予算案が説明された。第4号議案を承認した。

第5号議案 2017年度役員、評議員、学会賞推薦委員
2016年度学会賞選考委員半数改選により、2016-2017年学会賞選考委員を選任されたことが報告され、第5号議案を承認した。

報告事項

- (1) 正式ロゴマークが報告された。(図1) 本ロゴマークはフォントの関係で商標登録不可であることが説明された。
- (2) 資料3に従って日仏海洋学会会則第12条(名誉会長および名誉会員推薦)改正を説明し報告した。
- (3) 資料4および5に従って日仏海洋学会誌 La mer 投稿規定および執筆要領の改正を説明し報告した。

感謝状贈呈

学会創立以来半世紀にわたる学会誌 La mer の出版に尽力し、学会に貢献されたことを称え、有限会社英和出版印刷社 代表取締役 佐藤一二氏に感謝状と金一封を小松会長から贈呈した。(写真2)



写真2 感謝状の贈呈

(右: 英和出版印刷社 代表取締役 佐藤一二氏)

2. 2017年度学術研究発表会

日時: 2017年6月10日(土) 09時30分~15時00分

場所: 公益財団法人日仏会館 会議室501号室
プログラムは以下の通り。

9:30~10:15

座長 中野 知香 (日本気象協会)

- ① 海底広域研究船「かいめい」による伊豆・小笠原海溝のCTD採水観測

○内田裕¹・横川太一¹・小野越郎²・前野克尚¹ (¹海洋研究開発機構, ²気象庁)

- ② 瀬戸内海・四国南方におけるpCO₂濃度長期測定データを用いた解析

○林美鶴¹・山下栄次²

(¹神戸大内海域セ, ²岡山理大)

- ③ 中規模ポリニヤを起源とした南極底層水の生成に関する考察

○北出裕二郎・嶋田啓資 (海洋大)

10:15~11:00 座長 林 美鶴 (神戸大)

- ④ 南極海水周辺に出現する微細藻類の現存量と種多様性

○宮崎奈穂¹・河野洋右²

(¹海洋大, ²水産機構北水研さけます生技)

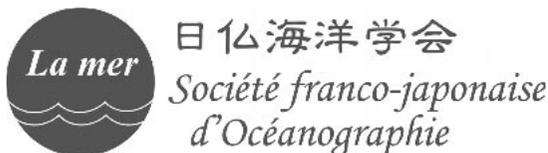
- ⑤ 二枚貝養殖の盛んな半開放性内湾(南三陸町志津川湾)の物質循環過程

○門谷 茂・矢田部創 (北海道大)

- ⑥ Acoustic tracking of the Japanese endemic fish *Lates japonicus* during the spawning season

○S. Gonzalvo¹, H. Tanoue² and T. Komatsu³

(¹Sanyo Techno Marine Inc.,



(図1) 日仏海洋学会正式ロゴマーク (商標登録不可)

²National Fisheries University,

³Yokohama College of Commerce)

13:00 ~ 14:00 座長 奥村 裕 (水産機構東北)

- ⑦ トリプトファンによるトラフグの攻撃性の抑制

○柴田玲奈¹・東照雄²・村田裕子³

(¹水産機構水工, ²水産機構研究推進, ³水産機構中央)

- ⑧ 福島県沿岸のキシエビ *Metapenaeopsis dalei* における¹³⁷Cs濃度の減少過程

○樋口謙¹・荒川久幸¹・成田美穂¹・山本涼花¹・松本陽²

(¹海洋大, ²福島水試相馬)

- ⑨ 褐藻類アラメ遊走子の基質着生に与える微細堆積粒子の影響

○佐藤 陽・荒川久幸 (海洋大)

- ⑩ サケ *Oncorhynchus keta* の稚魚に対する懸濁粒子の影響

○岸航平¹・小野寺玲¹・

荒川久幸¹・松林由里子²

(¹海洋大, ²岩手大)

14:00 ~ 15:00

座長 柴田 玲奈 (水産機構水工)

- ⑪ 福島県松川浦における震災後のアマモ場経年変化

○松本陽¹・成田薫¹・佐藤太津真²・藤田恒雄¹

(¹福島水試相馬, ²福島内水試)

- ⑫ 長面浦におけるカキの餌料環境について

○奥村裕¹・原素之²

(¹水産機構東北, ²東北大)

- ⑬ 縦延縄漁具の敷設形状について

○上嶋絃生・生井沢知佳・宮崎唯史・

塩出大輔・吉田次郎・根本雅生 (海洋大)

- ⑭ 相模湾におけるヨシキリザメの年齢査定

○生井沢知佳¹・上嶋絃生²・宮崎唯史²・

吉田次郎¹・根本雅生¹

(¹海洋大, ²海洋大青鷹丸)

15:10 ~ 16:20 総会

16:20 ~ 16:30

2017年度日仏海洋学会学会賞および論文賞授与式

〈学会賞受賞〉 多田邦尚会員 (香川大)

「沿岸海域の低次生物生産過程と生元素循環に関する研究」

〈論文賞受賞〉 中村 玄会員 (海洋大)

「Presence of an interparietal bone and morphological variation in the vertex of the skull in North

Pacific common minke whale.」54巻1-2号, 1-10, 2016

16:30 ~ 17:00

2017年度日仏海洋学会学会賞記念講演

多田邦尚会員 (香川大) 「沿岸海域の低次生物生産過程と生元素循環に関する研究」

17:30 ~ 19:30

懇親会 (肉バルサルー恵比寿店にて)

3. 諸会議報告

2016年度第4回幹事会議事録

日時: 2017年3月21日(火) 10時30分~11時40分

場所: 東京海洋大学 9号館203号室

参加者: 小松, 今脇, 森永, 小池(康), 河野, 吉田, 市川, 荒川, 北出, 内田, 本多(事務)

報告事項:

(1) 学会誌 *La mer* 第54巻3-4号を3月上旬に発送済み, 第55巻は1-2合併号であることが報告された。論文の投稿状況は受理済み3編, 修正中4編。(吉田編集委員長)

(2) 学会賞選考委員半数改選が行われ, 2017-2018年度委員として, 一見和彦, 内田 裕, 北出裕二郎, 河野 博, 中野俊樹の5名が選出された。2017年度非改選委員は, 今脇資郎, 神田穰太, 田中祐志, 八木宏樹の4名。

(3) 2016年度の学会賞選考委員会で委員長を門谷茂会員とした。

(4) 英和出版印刷社は今年度で賛助会員を退会し, 2017年度より株式会社新協が入会すると報告された。

(5) 第2回水産・海洋科学研究連絡協議会(2016/11/14, 海洋大)に茂木正人会員が出席した。

(6) 第2回日仏関連学会連絡協議会(2016/12/5, 日仏会館)に本多事務員が出席した。

(7) 日仏イノベーション年フォーラム(2016/12/6-7, グランフロント大阪)に小池康之幹事が出席し, カトリーヌ・マリオジュルス先生来日不可能により, 「カキ養殖を廻る日仏交流の絆」および「フランスにおけるカキ養殖」の基調講演2題を行なった。

(8) 小松輝久会長が海洋学分野における日本とフランスの交流に尽くした功績に対し, フランス国家功労勲章オフィシエを受章(2016/12/9, フラ

- ンス大使館公邸)した。
- (9) アンスティチュ・フランセ主催「夜想記念日思想の夕べ 海—世界と私たちを結ぶもの」(Yves HENOCQUE 先生)の討論会があり、小松会長と小池(康)渉外幹事が参加した。(2017/1/26, アンスティチュ・フランセ東京)
- (10) いであ株式会社は La mer 第 55 巻 1-2 号に広告掲載することとなった。

審議事項：

- (1) 2017 年度総会および学術研究発表会
- ① 評議員会・総会および学術研究発表会を 2017 年 6 月 10 日(土)日仏会館(501 会議室)で開催することが承認された。
 - ② 学術研究発表会の要旨作成要項、申込票、発表受付票の案が一部修正の上、承認された。
 - ③ 次回幹事会で評議員会および総会の議案(会計報告含む)を確認し、5 月初旬に案内状等を会員に発送することが承認された。
 - ④ 開催案内は 4 月上旬に会員へメール配信することにした。
 - ⑤ 学会賞・論文賞の賞状は、これまでの手書きを止めて印刷とし、次回幹事会で賞状サンプルを確認することにした。
- (2) 第 16 回日仏海洋学シンポジウムのプロシーディングスの進捗状況が吉田編集委員長より報告された。シュプリングーとの契約について小松会長から「プロシーディングス 200 部を学会が買い取る。費用は 5,200 ユーロ(約 60 万円)」との報告があった。事務局で配布先リストを作成し、次回幹事会で検討することにした。
- (3) 第 17 回日仏海洋学シンポジウムについて会長から以下の報告があった。
- ① 開催日は 2017 年 11 月 7～9 日、開催地はボルドー。
 - ② シンポジウム HP がすでに立ち上がっている。ウェブにて登録申込が可能。
- (4) 学会のロゴマークは以下のプロセスを経て決定することにした。
- ① 評議員によるロゴマーク 3 案のメール投票を行う
 - ② 投票結果を基にして次回幹事会で最終案を決める
 - ③ 6 月 10 日の評議員会で承認を得て、正式なロゴマークとする。

- (5) 会則の変更および名誉会員推薦規定の策定について議論し、次回幹事会で再提案・検討することにした。
- (6) La mer 掲載論文の、国立国会図書館のデジタルコレクションでの公開状況について、現状では公開されていないが、事務局が国会図書館に連絡し、著作権の確認を済ませて、インターネットで公開してもらうことにした。
- (7) 萩博物館からの依頼「学会報告書『瑞洋丸に収容された未確認動物について』(昭和 53 年発行)に掲載されている写真・イラストの使用」について議論し、申込票の提出およびクレジットを表記することで承認することとした。
- (8) 寄贈図書の保管期限を 3 年間とした。

2017 年度第 1 回幹事会議事録

日 時：2017 年 4 月 27 日(木) 10 時 30 分～12 時 00 分

場 所：東京海洋大学 9 号館 203 号室

参加者：小松, 今脇, 森永, 小池(康), 吉田, 荒川, 内田, 奥村(Skype), 本多(事務局)

報告事項：

- (1) 平成 29 年度岩手県三陸海域研究論文知事表彰事業を例年通り後援する。
- (2) 評議員の投票により、2017 年度日仏学会賞受賞者に多田邦尚会員(香川大)を、同論文賞受賞者に中村 玄会員(海洋大)を決定したことが報告された。
- (3) La mer 第 55 巻 1-2 号の編集状況が報告された。
- (4) 学会誌 La mer を国立国会図書館デジタルコレクションに登録申請し、近日中にインターネット公開されることが報告された。学会記事公開について後日審議することにした。

審議事項：

- (1) 2017 年度(第 58 回)日仏海洋学会総会および学術研究発表会
 - ① 評議員会および総会の議案を一部修正し、承認した。
 - ② 2016 年度決算報告、監査報告、2017 年度予算案を承認した。
 - ③ 5 月初旬に案内状・委任状等を会員に発送することとした。
 - ④ 学会賞・論文賞賞状の印刷レイアウト案を

一部修正し、承認した。

- ⑤ 感謝状の印刷レイアウト案を一部修正し、承認した。

- (2) 第16回日仏海洋学シンポジウムプロシーディングス配布リスト案を確認し、一部修正した。フランス人参加者への発送については小松会長より Prouzet 先生に確認することにした。
- (3) 第17回日仏海洋学シンポジウムの進捗状況を報告した。
- (4) 学会ロゴマーク1案を決定した。評議員会へ提案し、承認を得ることにした。
- (5) 日仏海洋学会会則に名誉会員の推薦に関する申合せを入れた改正案を一部修正し、評議員会の議案にすることにした。
- (6) 現状の日仏海洋学会論文賞の規定では、学会誌 La mer に掲載された論文で筆頭著者が非学会員の論文については、内容が優れていても選考対象とならないことについて対応を議論した。

その他：

4月25日付毎日新聞山口版に掲載された萩博物館 堀 成夫主任研究員執筆の海洋生物に関する記事中に、本学会発行の報告書『瑞洋丸に収容された未確認動物について』の写真1枚および内容の一部が使用および引用されたことが報告された。

4. 新入会員

氏名	所属	紹介者
高柳 和史	三洋テクノマリン株式会社	小松 輝久
石橋 矩久	東京海洋大学 化学海洋学研究室	神田 穰太
今井 智	水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所 屋島庁舎	河野 博
佐藤 陽	東京海洋大学	荒川 久幸
三橋 賢太郎	東京海洋大学	荒川 久幸
大越 和加	東北大学大学院農学研究科 株式会社新協	大越 健嗣
		英和出版印刷社

5. 所属および住所変更

氏名	新所属先
中野 俊樹	東北大学農学研究科 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1
阿部 博和	岩手医科大学 教養教育センター生物学科 〒028-3694 岩手県紫波郡矢巾町西徳田 2-1-1

小松 輝久 横浜商科大学

中野 知香 日本気象協会

6. 退会

佐藤義夫, 村山利幸, 小林 豊, 張 峻徳, 服部 寛, 重岡 柚, 劉 軒禹, 大草 駿, 岸野元彰, 服部茂昌, 英和出版印刷社

7. 寄贈図書

広島日仏協会報 BULLETIN No.201-202
 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター 2016 見島沖海底地質図
 Ocean Newsletter (海洋政策研究財団) ; No.392-407
 FRANEWS (水産総合研究センター) ; No.49-50
 なつしま (JAMSTEC) ; 通巻 360 号-363 号
 Techno-ocean News (テクノオーシャンネットワーク) ; No.62-63
 農村工学通信 ; No.106-107
 水産研究・教育機構 研究報告 ; No.43-44
 年報 (水産総合研究センター) ; 平成 27 年度
 東京大学大気海洋研究所 メーユ通信 ; 第 8 号-第 9 号
 Ocean Breeze (東京大学大気海洋研究所) ; 第 24 号-第 25 号
 気候システムニュース ; 2017.2 No.6
 CIC NEWSLETTER (東京大学) ; No.14
 神奈川県立博物館研究報告 (神奈川県立生命の星・地球博物館) ; 自然科学 46 号
 国立科学博物館研究報告 A 類 (動物学) ; 第 42 巻第 4 号-第 43 巻第 1 号
 海洋白書 2017 本格化する海洋をめぐる世界と日本の取組み (笹川平和財団海洋政策研究所)
 農研機構研究報告 農村高額研究部門 No.1 March, 2017 (農研機構)
 東京大学大気海洋研究所 要覧・年報 2017
 水産技術 (国立研究開発法人水産研究・教育機構) ; 第 9 巻第 1 号-第 9 巻第 3 号

資料 1

2016 年度収支決算

収入の部				
費 目	予算額 (A)	決算額 (B)	増減 (B) - (A)	摘 要
前年度繰越金	1,409,104	1,409,104	0	
正会員会費	856,000	1,000,000	144,000	8,000 円×のべ 125 名
特 別 会 員	102,000	162,000	60,000	6,000 円×のべ 27 名
学生会員会費	28,000	28,000	0	4,000 円× 7 名
賛助会員会費	80,000	200,000	120,000	7 社 (20 口)
学会誌売上金	150,000	131,621	-18,379	
広 告 費	20,000	0	-20,000	
論文印刷費・カラー印刷費	300,000	380,000	80,000	6 件
別刷り印刷費	10,000	62,400	52,400	4 件 (梱包・送料含む)
雑 収 入	100,000	38,174	-61,826	学術著作権使用料他
収入合計	3,055,104	3,411,299	356,195	

支出の部				
費 目	予算額 (A)	決算額 (B)	増減 (B) - (A)	摘 要
学会誌印刷費	660,000	858,827	198,827	54 (1.2), 54 (3.4), 別刷 (会員) 4 件
送料・通信費	100,000	46,238	-53,762	
事 務 費	700,000	697,962	-2,038	事務用品, 人件費 (通勤手当含む)
交 通 費	10,000	1,386	-8,614	事務局～日仏会館
会 議 費	5,000	734	-4,266	
学会賞経費	30,000	29,721	-279	賞状他
雑 費	25,000	13,390	-11,610	振込手数料他
次年度繰越	1,525,104	1,763,041	237,937	
支出合計	3,055,104	3,411,299	356,195	

資料 2

2017 年度予算

収入の部				
費目	2017 年度予算 (B)	2016 年度予算 (A)	増減 (B) - (A)	摘要
前年度繰越金 (銀行残高)	1,763,041	1,409,104	353,937	
正会員会費	880,000	856,000	24,000	8,000 円 × 110 名
特別会員	108,000	102,000	6,000	6,000 円 × 18 名
学生会員会費	8,000	28,000	-20,000	4,000 円 × 2 名
賛助会員会費	210,000	80,000	130,000	10,000 円 × 21 口 (8 社)
学会誌売上金	150,000	150,000	0	
広告費	20,000	20,000	0	
論文印刷費・カラー印刷費	300,000	300,000	0	
別刷り印刷費	10,000	10,000	0	
雑収入	100,000	100,000	0	学術著作権使用料他
収入合計	3,549,041	3,055,104	493,937	

支出の部				
費目	2017 年度予算 (B)	2016 年度予算 (A)	増減 (B) - (A)	摘要
学会誌印刷費	660,000	660,000	0	年 4 号 (2 回) 発行で試算
送料・通信費	100,000	100,000	0	
事務費	700,000	700,000	0	事務用品, 人件費 (通勤手当含む)
交通費	10,000	10,000	0	事務局～日仏会館
会議費	5,000	5,000	0	
学会賞経費	30,000	30,000	0	
雑費	125,000	25,000	100,000	英和印刷への永年慰労金 100,000 円
次年度繰越 (予備費)	1,919,041	1,525,104	393,937	
支出合計	3,549,041	3,055,104	493,937	

資料 3

日仏海洋学会会則 現 行	日仏海洋学会会則 改 正
<p>第 12 条 本会に名誉会長，顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長，顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長がこれを<u>委嘱又は推薦</u>する。日仏会館フランス<u>人学長</u>を本会の名誉会長に推薦する。</p> <p>第 16 条 本会の解散と資産の処分は総会における，出席者の 3 分の 2 以上の議決を経なければならない。</p>	<p>第 12 条 本会に名誉会長，顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長，顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長がこれを<u>推薦又は委嘱</u>する。日仏会館フランス<u>事務所所長</u>を本会の名誉会長に推薦する。</p> <p>第 16 条 本会の解散と資産の処分は総会における，出席者の 3 分の 2 以上の議決を経なければならない。</p>
	<p><u>名誉会員の推薦に関する申合せ</u> (目的) 第 1 条 本申合せは日仏海洋学会会則第 12 条に定める<u>名誉会員の推薦</u>について，必要な事項を定める。 (推薦基準) 第 2 条 名誉会員に推薦される者の資格は，原則として<u>年齢 75 歳以上で，次の各項の一に該当すること</u>を要する。 (1) <u>本会の発展に特に功労のあった者。</u> (2) <u>優れた研究業績により，海洋学・水産学の発展に功績があった者。</u> (3) <u>日仏両国の海洋学・水産学の交流に著しい功績があった者。</u> (推薦・決定方法) 第 3 条 名誉会員の推薦を希望する会員は，理由を付して会長に申し出るものとする。 2 名誉会員の推薦は評議員会の決議を経て行う。</p> <p>附則 本申合せは，2017 年 6 月 10 日から施行する。</p>

資料 4

日仏海洋学会誌 「La mer」 投稿規定

日仏海洋学会誌 La mer 投稿規定

現 行

改 正

1. 日仏海洋学会は機関誌として誌名 「La mer」 を発行する。
2. 「La mer」 は、海洋学および水産学ならびにそれらの関連分野の研究成果を発表する学術雑誌であり、同時に研究者間の情報交換の役割をもつことを目的とする。
3. 「La mer」 は、原則として年 4 回発行され、投稿による原稿（依頼原稿を含む。以下、原稿）を、編集委員会の審査により掲載する。原稿の種類は、原著論文、原著短報、総説、学術資料、および書評他とする。これらの著作権は日仏海洋学会に帰属する。
4. 略
5. 原稿の言語は日本語、仏語、英語のいずれかとする。ただし、要旨、表および図の説明の言語は英語または仏語に限る。原著論文は、和文表題、著者名および 500 字以内の和文要旨を原稿に添付する。ただし、日本語圏外からの投稿の和文要旨は編集委員会の責任とする。和文要旨は、「資料」として 「La mer」 に掲載される。
6. 略
7. 原稿の体裁形式および記載方法は「執筆要領 La mer」最近号掲載論文のそれに従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は一般的な基準に従う。引用文献の表示形式は、雑誌論文、単行本分載論文（単行本の一部引用も含む）、単行本などの別による基準（執筆要領）に従う。
- 8-11. 略
12. 「La mer」 は印刷後まもなく、学会ホームページ上へ PDF を掲載する。投稿に際し、このことを承諾したものとす。
13. 原稿は下記のメールアドレスに添付ファイルを送付するものとする。なお著者（共著の場合は代表者）連絡先の E-mail アドレス並びに FAX 番号を付けることとする。
〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7
東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科
(吉田 次郎気付) 日仏海洋学会編集委員会
E-mail : jiro@kaiyodai.ac.jp

1. 日仏海洋学会は機関誌として誌名 La mer を発行する。
2. La mer は、海洋学および水産学ならびにそれらの関連分野の研究成果を発表する学術雑誌であり、同時に研究者間の情報交換の役割をもつことを目的とする。
3. La mer は、原則として年 4 回発行され、投稿による原稿（依頼原稿を含む。以下、原稿）を、編集委員会の審査により掲載する。原稿の種類は、原著論文、原著短報、総説、学術資料、および書評他とする。これらの著作権は日仏海洋学会に帰属する。
4. 略
5. 原稿の言語は日本語、仏語、英語のいずれかとする。ただし、要旨、表および図の説明の言語は英語または仏語に限る。原著論文は、和文表題、著者名および 500 字以内の和文要旨を原稿に添付する。ただし、日本語圏外からの投稿の和文要旨は編集委員会の責任とする。和文要旨は、「資料」として La mer に掲載される。
6. 略
7. 原稿の体裁・形式および記載方法は「執筆要領」に従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は一般的な基準に従う。引用文献の表示形式は、雑誌論文、単行本分載論文（単行本の一部引用も含む）、単行本などの別による基準（執筆要領）に従う。
- 8-11. 略
12. La mer は印刷後まもなく、学会ホームページ上へ PDF を掲載する。投稿に際し、このことを承諾したものとす。
13. 原稿は下記のメールアドレスに添付ファイルを送付するものとする。なお著者（共著の場合は代表者）連絡先の E-mail アドレス並びに FAX 番号を付けることとする。
〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7
東京海洋大学海洋資源環境学部海洋環境科学科
(吉田 次郎気付) 日仏海洋学会編集委員会
E-mail : jiro@kaiyodai.ac.jp

資料 5

執筆要領	執筆要領
現 行	改 正
<p>1. 原稿</p> <p>(1) 和文原稿の場合：コンピュータソフト（MS Word など）を使用し、A4 判の用紙に<u>およそ横 30 字、縦 25 行</u>を目安に作成する。</p> <p>(2) 欧文原稿（英語および仏語）の場合：コンピュータソフト（MS Word など）を使用し、A4 判の用紙に<u>ダブルスペース 25 行</u>で作成する。<u>原稿は十分な英文添削または仏文添削</u>を経て提出すること。</p> <p>(3) 略</p> <p>(4) 最終原稿提出の際に、印刷原稿とともに原稿、表、図版が保存されたファイルを編集委員長宛てのメールアドレス（jiroy@kaiyodai.ac.jp）に提出する。この場合、原稿は MS Word、Just System 一太郎、PDF の原稿<u>のみに</u>限る。また、表、図版はこれら原稿ファイルの中に取り込むか、bmp、jpg 等の一般的な画像ファイルに保存したものに<u>限る</u>。</p> <p>2. 原稿記載の順序</p> <p>(1) 原著（和文原稿）：原稿の第 1 ページに表題、著者名、研究の行われた所属機関、所在地、郵便番号を和文と英文で記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。連絡先（共著の場合は連絡先とする著者を明示する）の住所、電話番号、ファックス番号、E-mail アドレスを記す。最後にキーワード（4 語以内）、ランニングヘッドを英語で記載する。第 2 ページに欧文要旨（欧文表題、著者名を含む）を 200 語以内で記す。本文は第 3 ページから、「緒言」「資料」「結果」「考察」「謝辞」「文献」「図版の説明」などの章立てあるいは項目で順に記載する。基本的には最近号掲載論文の<u>体裁形式</u>を参考にして投稿原稿を作成する。原稿には<u>通しの</u>ページ番号を記入する。</p> <p>(2) 原著（欧文原稿）：原稿の第 1 ページに表題、著者名、研究の行われた所属機関、所在地、郵便番号を記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。最後にキーワード（4 語以内）、ランニングヘッドを記載する。第 2 ページに欧文要旨（欧文表題、著者名を含む）を 200 語以内で記す。本文は第 3 ページからとする。「Introduction」「<u>Data</u>」「Results」「Discussion」「Acknowledgement」「References」「<u>Figure Caption</u>」などの章立てで順に記載する。基本的には投稿原稿の体裁形式は最近号掲載論文を参考にして作成する。最終ページに和文の表題、著者名、連絡先著者住所、電話番号、ファックス番号、E-mail アドレスおよび約 500 字以内の和文要旨を添える。原稿には<u>通しの</u>ページ番号を記入する。</p>	<p>1. 原稿</p> <p>(1) 和文原稿の場合：コンピュータソフト（MS Word など）を使用し、A4 判の用紙に<u>横 30 字、縦 25 行</u>を目安に作成する。</p> <p>(2) 欧文原稿（英語および仏語）の場合：コンピュータソフト（MS Word など）を使用し、A4 判の用紙に<u>ダブルスペースで（縦 25 行を目安に）</u>作成する。<u>十分な英文校閲または仏文校閲</u>を経て提出すること。</p> <p>(3) 略</p> <p>(4) 最終原稿提出の際に、印刷原稿とともに原稿、表、図版が保存されたファイルを編集委員長宛てのメールアドレス（jiroy@kaiyodai.ac.jp）に提出する。この場合、原稿は MS Word、Just System 一太郎、PDF の原稿に限る。また、表、図版はこれら原稿ファイルの中に取り込むか、bmp、jpg 等の一般的な画像ファイルに保存したものを<u>提出する</u>。</p> <p>2. 原稿記載の順序</p> <p>(1) 原著（和文原稿）：原稿の第 1 ページに表題、著者名、研究の行われた所属機関、所在地、郵便番号を和文と英文で記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。連絡先（共著の場合は連絡先とする著者を明示する）の住所、電話番号、ファックス番号、E-mail アドレスを記す。最後にキーワード（4 語以内）、ランニングヘッドを英語で記載する。第 2 ページに欧文要旨（欧文表題、著者名を含む）を 200 語以内で記す。本文は第 3 ページから、「緒言」「資料」「結果」「考察」「謝辞」「文献」「図版の説明」などの章立てあるいは項目で順に記載する。基本的には最近号掲載論文の<u>体裁</u>を参考にして投稿原稿を作成する。原稿には、<u>各行頭に通しの行番号と、各ページに</u>ページ番号を記入する。</p> <p>(2) 原著（欧文原稿）：原稿の第 1 ページに表題、著者名、研究の行われた所属機関、所在地、郵便番号を記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。最後にキーワード（4 語以内）、ランニングヘッドを記載する。第 2 ページに欧文要旨（欧文表題、著者名を含む）を 200 語以内で記す。本文は第 3 ページからとする。「Introduction」「<u>Data（あるいは Materials and methods など）</u>」「Results」「Discussion」「Acknowledgement」「References」「<u>Figure Captions</u>」などの章立てで順に記載する。基本的には投稿原稿の体裁形式は最近号掲載論文を参考にして作成する。最終ページに和文の表題、著者名、連絡先著者住所、電話番号、ファックス番号、E-mail アドレスおよび約 500 字以内の和文要旨を添える。原稿には<u>通しの</u>ページ番号を記入する。</p>

(3) 原著短報, 総説: 和文ならびに欧文原稿とも原著論文に準ずる。

(4) 略

3. 略

4. 文献

文献は本文および図・表に引用されたものすべてを記載しなければならない。和文論文, 欧文論文共に筆頭著者のアルファベット順 (同一著者については, 単著, 共著の順とし, それぞれ発表年の古い順) にまとめ, 以下の例に従って記載する。

(1) 略

(2) 単行本分載論文 (単行本の一部引用の場合)

村野正昭 (1974): あみ類と近底層プランクトン. 海洋学講座 10 海洋プランクトン (丸茂隆三編), 東京大学出版会, 東京, p.111-128.

WYNNE, M. J. (1981): Phaeophyta: Morphology and classification. *In* the Biology of Seaweeds. LOBBAN, C. S. and M. J. WYNNE (eds.), Blackwell Science, Oxford, p. 52-85.

(3) 略

(4) 本文中での文献の引用

本文中での文献の引用方法はすでに発行された雑誌を参考にすが, 基本的には次の形式に従う。

① GREVE and PARSONS (1977)

② (AVIAN and SANDRIN, 1988),

③ YANAGI *et al.* (1997) は

(3名以上の共著の場合)

④ 示されている (例えば, YANAGI *et al.*, 1997)

(3名以上の共著の場合)

(5) 「うみ」および「La mer」の引用

日仏海洋学会誌引用時の表記は, 2016年第54巻第1号から「La mer」とする。それ以前の論文は, 和文の場合「うみ (Umi)」, 欧文の場合「La mer」とする。

5. 略

(1) - (3) 略

(4) 図 (写真を含む) には, Fig. 1, Fig. 2, のように通し番号をつけ, 一つの図中に複数の図を含む場合は Fig. 3 (a), Fig. 3 (b), のように指定する。本文中での引用は和文原稿の場合も「Fig. 1にみられるように」のようにする。

(5) 表には, 表題の次 (表の上のスペース) に説明をつけ, 表ごとに別紙とし, Table 1, Table 2, というように通し番号をつける。

(3) 原著短報, 総説: 和文・欧文原稿とも原著論文に準ずる。

(4) 略

3. 略

4. 文献

文献は本文および図・表に引用されたものすべてを記載しなければならない。和文, 欧文論文は区別せず筆頭著者のアルファベット順 (同一著者の文献については, 発表年の古い順) に並べる。筆頭著者が同一の場合には, 第二著者以降の姓 (Family name) のアルファベット順とする。以下の例に従って記載する。

(1) 略

(2) 単行本分載論文 (単行本の一部引用の場合)

村野正昭 (1974): あみ類と近底層プランクトン. 海洋学講座 10 海洋プランクトン (丸茂隆三編), 東京大学出版会, 東京, p.111-128.

WYNNE, M. J. (1981): Phaeophyta: Morphology and classification. *In* The Biology of Seaweeds. LOBBAN, C. S. and M. J. WYNNE (eds.), Blackwell Science, Oxford, p. 52-85.

(3) 略

(4) 本文中での文献の引用

本文中での文献の引用方法はすでに発行された雑誌を参考にすが, 基本的には次の形式に従う。

① GREVE and PARSONS (1977)

② (AVIAN and SANDRIN, 1988),

③ YANAGI *et al.* (1997) は

(3名以上の共著の場合)

④ 示されている (例えば, YANAGI *et al.*, 1997)

(3名以上の共著の場合)

(5) 「うみ」および「La mer」の引用

日仏海洋学会誌の引用時の表記は, 第54巻 (2016年発行) から「La mer」とする。それ以前の論文は, 和文の場合「うみ (Umi)」, 欧文の場合「La mer」とする。

5. 略

(1) - (3) 略

(4) 図 (写真を含む) には, Fig. 1, Fig. 2, のように通し番号をつけ, 一つの図中に複数の図を含む場合は Fig. 3 (a), Fig. 3 (b), のように指定する。本文中での引用は和文原稿の場合も「Fig. 1にみられるように」のようにする。

(5) 表には, 表題の次 (表の上のスペース) に説明をつけ, 表ごとに別紙とし, Table 1, Table 2, というように通し番号をつける。

(6) - (8) 略

6. 単位系

原則として SI 単位を用いること。塩分として 実用塩分単位 (Practical Salinity Unit: psu または PSU) を用いる場合は単位なしとする。

(6) - (8) 略

6. 単位系

原則として SI 単位を用いること。塩分として 実用塩分 (Practical Salinity) を用いる場合は単位なしとする (psu や PSU を付けない)。

日仏海洋学会会則

昭和35年 4月7日 制定
 昭和60年 4月27日 改正
 平成4年 6月1日 改正
 平成19年 6月9日 改正
 平成21年 6月20日 改正
 平成28年 6月18日 改正
 平成29年 6月10日 改正

- 第1条 本会は日仏海洋学会と称する。
- 第2条 本会の目的は日仏海洋および水産学者の連絡を密にし、両国のこの分野の科学の協力を促進するものとする。
- 第3条 上記の目的を実現するため本会は次の事業を行う。
- (1) 海洋および水産に関する研究会および講演会の開催
 - (2) 定期刊行物、学術上の刊行物の発行
 - (3) 学会賞の授与
 - (4) 日仏両国を主とする海洋および水産に関する共同研究成果の発表、ならびに、技術開発成果の導入および普及
 - (5) 両国の海洋・水産関係者の交流促進および親睦をはかること
 - (6) その他本会の目的を達成するために必要な事業
- 第4条 本会の事業年度は4月1日から翌年の3月末日までとする。
- 第5条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。分科会は評議員会の決議によって作るものとする。
- 第6条 本会の事務所は日仏会館（〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿3丁目9番25号）に置く。
- 第7条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第8条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を納めるものとする。会員は正会員、特別会員（年度初めに満65歳以上で申告のあった者）、学生会員および賛助会員とする。会費（年額）は、正会員8,000円、特別会員6,000円、学生会員4,000円、賛助会員一口10,000円とする。
- 第9条 会員は、退会、死亡、または除名によって、

資格を喪失する。

- (1) 会員で退会しようとするものは、理由を付して退会届を会長に提出しなければならない。この場合、未納会費があるときはこれを全納しなければならない。
- (2) 会員が本会の名誉を毀損または会費を3年以上滞納したとき、評議員会の承認によってこれを除名することができる。

第10条 本会は評議員会によって運営される。評議員の定数は28名以内とし、24名は正会員、特別会員および学生会員の投票によって選出される。

会長は評議員会の同意を得て4名以内の正会員および学生会員を評議員に委嘱することができる。評議員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

評議員会は評議員総数の3分の1以上の出席がなければ成立しない。ただし、出席できない評議員で、委任状により他の出席評議員または議長に決議を委任した者は、出席者とみなす。評議員会の議決は出席者の過半数でなされる。

第11条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。ただし、監事は評議員以外からも選ぶことができる。

会長 1名、副会長 2名、幹事 10名以上
 12名以内、監事 2名

役員は任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。

第12条 本会に名誉会長、顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長、顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長がこれを推薦又は委嘱する。日仏会館フランス事務所所長を本会の名誉会長に推薦する。

- 第13条 会長は本会を代表し、総会および評議員会の議長となる。会長事故あるときは副会長がこれに代わる。
会長、副会長および幹事は幹事会を構成し、本会の庶務、会計、編集、研究発表、渉外などの会務を行う。
監事は本会の会計を監督する。
- 第14条 通常総会は毎年1回会長が招集する。会長は必要に応じて評議員会の決議を経て臨時総会を招集することができる。総会では評議員会の報告に基づいて、会の重要問題を審議する。
総会は正会員、特別会員および学生会員の6分の1以上の出席がなければ成立しない。ただし、出席できない会員で、委任状により他の出席会員または議長に決議を委任した者は、出席者とみなす。総会の議決は出席者の過半数でなされる。
- 第15条 本会則の変更は総会の決議による。
- 第16条 本会の解散と資産の処分は総会における、出席者の3分の2以上の議決を経なければならない。

名誉会員の推薦に関する申合せ (目的)

第1条 本申合せは日仏海洋学会会則第12条に定める名誉会員の推薦について、必要な事項を定める。

(推薦基準)

第2条 名誉会員に推薦される者の資格は、原則として年齢75歳以上で、次の各項の一に該当することを要する。

- (1) 本会の発展に特に功労のあった者。
- (2) 優れた研究業績により、海洋学・水産学の発展に功績があった者。
- (3) 日仏両国の海洋学・水産学の交流に著しい功績があった者。

(推薦・決定方法)

第3条 名誉会員の推薦を希望する会員は、理由を付して会長に申し出るものとする。

2 名誉会員の推薦は評議員会の決議を経て行う。

附則 本申合せは、平成29年6月10日から施行する。

日仏海洋学会評議員・役員選出規定

1. 本規定は日仏海洋学会会則第9条および第10条に基づき本会の評議員および役員を選出方法について規定するものである。
2. 評議員の選出は正会員、特別会員および学生会員の24名連記無記名投票による。
評議員の選挙事務は庶務幹事が行なう。ただし、開票にあたっては本会役員以外の会員2名に立会人を委嘱するものとする。
3. 会長は評議員の単記無記名投票により選出する。会長選挙の事務は庶務幹事が行なう。ただし、開票にあたっては本会役員以外の会員2名に立会人を委嘱するものとする。
4. 副会長、幹事、および監事は、会長の推薦に基づき評議員会で決定する。
5. 本規定の改正は評議員会の議を経て行なう。

日仏海洋学会賞規定

1. 日仏海洋学会賞（以下「学会賞」という）および日仏海洋学会論文賞（以下「論文賞」という）を本学会に設ける。学会賞は、海洋学および水産学において顕著な学術業績を挙げた者を対象とする。論文賞は、若手研究者や大学院生を筆頭著者とし、原則として選考年度を含む3年（暦年）の間に本学会誌に発表された優秀な論文を対象とする。学会賞および論文賞は、本学会員の中から以下に述べる選考を経て選ばれた者に授ける。
2. 学会賞および論文賞候補者を選考するため学会賞および論文賞受賞候補者推薦委員会（以下「委員会」という）を設ける。
3. 委員会の委員は9名とする。委員は毎年春の評議員会で選出し、委員長は委員の互選により定める。委員の任期は2年とし、隔年に4名および5名を交代する。会長は委員会が必要と認めた場合、評

議員の同意を得て2名まで委員を追加委嘱することが出来る。ただし、追加委嘱された委員の任期はその年度限りとする。

4. 委員会は学会賞受賞候補者1件および論文賞受賞候補者2件以内を選び、12月末までに選考理由書をつけて会長に報告する。
5. 会長は委員会が推薦した各候補者につき無記名投票の形式により評議員会にはかる。投票数は評議員総数の3分の2以上を必要とし、有効投票のうち4分の3以上の賛成がある場合、これらを各賞受賞者として決定する。
6. 授賞式は翌年春の総会において行い、学会賞受賞者には賞状およびメダルを、論文賞受賞者には賞状をそれぞれ贈呈する。
7. 本規定の改正は評議員会の議を経て行なう。

覚書

1. 委員は各専門分野から選出されるように十分配慮すること。
2. 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。
3. 平成27年度より適用する。

日仏海洋学会誌 La mer 投稿規定

(2017年6月改訂)

1. 日仏海洋学会は機関誌として誌名 La mer を発行する。
2. La mer は、海洋学および水産学ならびにそれらの関連分野の研究成果を発表する学術雑誌であり、同時に研究者間の情報交換の役割をもつことを目的とする。
3. La mer は、原則として年4回発行され、投稿による原稿（依頼原稿を含む。以下、原稿）を、編集委員会の審査により掲載する。原稿の種類は、原著論文、原著短報、総説、学術資料、および書評他とする。これらの著作権は日仏海洋学会に帰属する。
4. 投稿者は、日仏海洋学会会員でなければならない。共著者に会員を含む場合は会員からの投稿とみなす。
5. 原稿の言語は日本語、仏語、英語のいずれかとする。ただし、要旨、表および図の説明の言語は英語または仏語に限る。原著論文は、和文表題、著者名および500字以内の和文要旨を原稿に添付する。ただし、日本語圏外からの投稿の和文要旨は編集委員会の責任とする。和文要旨は、「資料」として La mer に掲載される。
6. 原稿は、すべてコンピュータソフト（MS Word など）を用いて作成する。原稿サイズは A4 判とし、白紙にダブル・スペース（和文では相当間隔）で記入する。表、図および図説明は本文とは別紙とする。
7. 原稿の体裁・形式および記載方法は「執筆要領」に従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は一般的な基準に従う。引用文献の表示形式は、雑誌論文、単行本分載論文（単行本の一部引用も含む）、単行本などの別による基準（執筆要領）に従う。
8. 原図は版下用として、鮮明で縮小（版幅または 1/2 版幅）に耐えられるものとする。
9. 初稿に限り著者の校正を受ける。
10. 10 印刷ページまでの掲載を 3,000 円 / ページとする。上記限度を超える分の印刷実費はすべて著者負担（1 万円 / ページ）とする。ただし、カラー印刷を含む場合には、別に所定の費用（9 万円 / ページ）を著者が負担する。
11. 別刷りは有料（50 部単位）で作成される。別刷り請求用紙は初稿校正と同時に送付される。
12. La mer は印刷後まもなく、学会ホームページ上へ PDF を掲載する。投稿に際し、このことを承諾したものとす。
13. 原稿は下記のメールアドレスに添付ファイルを送付するものとする。なお著者（共著の場合は代表者）連絡先の E-mail アドレス並びに FAX 番号を付けることとする。
〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7
東京海洋大学 海洋資源環境学部 海洋環境科学科（吉田 次郎 気付）
日仏海洋学会 編集委員会
E-mail : jiroiy@kaiyodai.ac.jp

執筆要領

(2017年6月改訂)

1. 原稿

- (1) 和文原稿の場合：コンピュータソフト（MS Word など）を使用し、A4 判の用紙に横 30 字、縦 25 行を目安に作成する。
- (2) 欧文原稿（英語および仏語）の場合：コンピュータソフト（MS Word など）を使用し、A4 判の用紙にダブルスペースで（縦 25 行を目安に）作成する。十分な英文校閲または仏文校閲を経て提出すること。
- (3) 和文原稿、欧文原稿いずれの場合も、要旨、表原稿および図版説明原稿はそれぞれ本文原稿とは別紙とする。
- (4) 最終原稿提出の際に、印刷原稿とともに原稿、表、図版が保存されたファイルを編集委員長宛てのメールア

ドレス (jiroy@kaiyodai.ac.jp) に提出する。この場合、原稿は MS Word、Just System 一太郎、PDF の原稿に限る。また、表、図版はこれら原稿ファイルの中に取り込むか、bmp、jpg 等の一般的な画像ファイルに保存したものを提出する。

2. 原稿記載の順序

- (1) 原著 (和文原稿)：原稿の第 1 ページに表題、著者名、研究の行われた所属機関、所在地、郵便番号を和文と英文で記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。連絡先 (共著の場合は連絡先とする著者を明示する) の住所、電話番号、ファックス番号、E-mail アドレスを記す。最後にキーワード (4 語以内)、ランニングヘッドを英語で記載する。第 2 ページに欧文要旨 (欧文表題、著者名を含む) を 200 語以内で記す。本文は第 3 ページから、「緒言」「資料」「結果」「考察」「謝辞」「文献」「図版の説明」などの章立てあるいは項目で順に記載する。基本的には最近号掲載論文の体裁を参考にして投稿原稿を作成する。原稿には、各行頭に通しの行番号と、各ページにページ番号を記入する。
- (2) 原著 (欧文原稿)：原稿の第 1 ページに表題、著者名、研究の行われた所属機関、所在地、郵便番号を記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。最後にキーワード (4 語以内)、ランニングヘッドを記載する。第 2 ページに欧文要旨 (欧文表題、著者名を含む) を 200 語以内で記す。本文は第 3 ページからとする。「Introduction」「Data (あるいは Materials and methods など)」「Results」「Discussion」「Acknowledgement」「References」「Figure Captions」などの章立てで順に記載する。基本的には投稿原稿の体裁形式は最近号掲載論文を参考にして作成する。最終ページに和文の表題、著者名、連絡先著者住所、電話番号、ファックス番号、E-mail アドレスおよび約 500 字以内の和文要旨を添える。原稿には通しのページ番号を記入する。
- (3) 原著短報、総説：和文・欧文原稿とも原著論文に準ずる。
- (4) 学術資料、書評：特に記載に関する規定はないが、すでに掲載されたものを参考にする。

3. 活字の指定

原稿での活字は 10.5-12 pt を目安に設定し、英数字は半角フォントを用いる。学名はイタリック、和文原稿での動植物名はカタカナとすること。句読点は (。) および (、) とするが、文献リストでは (.) および (,) を用いること。章節の題目、謝辞、文献などの項目はボールドまたはゴシックとする。

4. 文献

文献は本文および図・表に引用されたものすべてを記載しなければならない。和文、欧文論文は区別せず筆頭著者のアルファベット順 (同一著者の文献については、発表年の古い順) に並べる。筆頭著者が同一の場合には、第二著者以降の姓 (Family name) のアルファベット順とする。以下の例に従って記載する。

- (1) 論文の場合
有賀祐勝, 前川行幸, 横浜康継 (1996): 下田湾におけるアラメ群落構造の経年変化. うみ, 34, 45-52. (雑誌名については (5) を参照)
YANAGI, T., T. TAKAO and A. MORIMOTO (1997): Co-tidal and co-range charts in the South China Sea derived from satellite altimetry data. *La mer*, 35, 85-93.
- (2) 単行本分載論文 (単行本の一部引用の場合)
村野正昭 (1974): あみ類と近底層プランクトン. 海洋学講座 10 海洋プランクトン (丸茂隆三編), 東京大学出版会, 東京, p.111-128.
WYNNE, M. J. (1981): Phaeophyta: Morphology and classification. *In* The Biology of Seaweeds. LOBBAN, C. S. and M. J. WYNNE (eds.), Blackwell Science, Oxford, p. 52-85.
- (3) 単行本の場合
柳 哲雄 (1989): 沿岸海洋学—海の中でのものはどう動くか—. 恒星社厚生閣, 東京, 154 pp.

SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON and R. H. FLEMING (1942): The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, 1087 pp.

(4) 本文中での文献の引用

本文中での文献の引用方法はすでに発行された雑誌を参考にするが、基本的には次の形式に従う。

① GREVE and PARSONS (1977)

② (AVIAN and SANDRIN, 1988),

③ YANAGI *et al.* (1997) は…

(3名以上の共著の場合)

④ …示されている (例えば, YANAGI *et al.*, 1997) (3名以上の共著の場合)

(5) 「うみ」および“La mer”の引用

日仏海洋学会誌の引用時の表記は、第54巻(2016年発行)から“La mer”とする。それ以前の論文は、和文の場合「うみ (Umi)」, 欧文の場合“La mer”とする。

5. 図, 表および写真

- (1) 図, 表および写真とその説明はすべて英語または仏語を用いる。
- (2) 図, 表, 写真はそのま写真製版用の草稿となるような明瞭なもので, bmp, jpg 等の一般的な画像ファイルに保存したものに限る。カラーでの印刷を希望する場合はその旨明記する。この場合, 別に所定の費用を著者負担とする。
- (3) 図, 表および写真は刷り上がり時に最大横が 14 cm, 縦が 20 cm (説明文を含む) 以内であることを考慮して作成する。
- (4) 図 (写真を含む) には, Fig. 1, Fig. 2, …のように通し番号をつけ, 一つの図中に複数の図を含む場合は Fig. 3 (a), Fig. 3 (b), …のように指定する。本文中での引用は和文原稿の場合も「Fig. 1 にみられるように…」のようにする。
- (5) 表には, 表題の次 (表の上のスペース) に説明をつけ, 表ごとに別紙とし, Table 1, Table 2, …というように通し番号をつける。
- (6) 最終原稿の提出時, 図, 表および写真の本文中での挿入箇所を原稿の該当箇所右欄外に朱書きで示す。
- (7) 図, 写真の説明は別紙にまとめる。
- (8) 地図にはかならず方位と縮尺または緯度, 経度を入れる。

6. 単位系

原則として SI 単位を用いること。塩分として実用塩分 (Practical Salinity) を用いる場合は単位なしとする (psu や PSU を付けない)。

以上

La mer (Bulletin de la
Société franco-japonaise
d'océanographie)
Tome 54 (2016)

Sommaire

Numéro 1, 2

Notes originales

Presence of an interparietal bone and morphological variation in the vertex of the skull in North Pacific common minke whale
 …… Gen NAKAMURA, Megumi TAKAHASHI,
 Ayumi HIROSE, Ryotaro HAYASHI,
 Yoshihiro FUJISE, Naoko MIYAKAWA,
 Satoko INOUE and Hidehiro KATO 1-10

Fish assemblage and diversity in the developed tidal flat and sandy beach at the Furuhamama Park, Ota City, Tokyo, central Japan
 …… Shunta MURAI, Atsunobu MURASE,
 Hiroshi KOHNO, Kana TAKEYAMA,
 Kota NAKASE and Takahiro IWAKAMI 11-27

Faits divers 29

Procès-verbaux 30

La mer (日仏海洋学会誌)

第 54 卷 (2016 年)

総目次

第 1, 2 号

原 著

北太平洋産ミンククジラの頭骨頭頂部における
 形態学的多様性と頭頂間骨の発見
 …… 中村 玄・高橋 萌・廣瀬亜由美・
 林凌太郎・藤瀬良弘・宮川尚子・
 井上聡子・加藤秀弘 1-10

東京湾の湾奥に再生された干潟と人工海浜（大
 森ふるさとの浜辺公園）の魚類相
 …… 村井俊太・村瀬敦宣・河野 博・
 竹山佳奈・中瀬浩太・岩上貴弘 11-27

資料 29

学会記事 30

Notes originales

Field measurements of drag force on *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh towed by a boat and estimation of drag coefficient
Min XU and Teruhisa KOMATSU 43-53

Seasonal variation of primary productivity in the Shinkawa River estuary, eastern Seto Inland Sea, Japan
Keigo HIGASHIZONO, Hitomi YAMAGUCHI, Kuninao TADA and Kazuhiko ICHIMI 55-72

Nutrients supplied by upwelling from Shimanto Canyon to the euphotic zone of western Tosa Bay, Japan
Goro NIGI, Izumi KINOSHITA and Yuka SHIGETA IBARAKI 73-84

Faits divers 85

Procès-verbaux 87

THE 16TH JAPANESE-FRENCH OCEANOGRAPHY SYMPOSIUM

Abstract 90
 Excursion 139

原 著

ボートで曳航したアカモク (*Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh) に作用する抗力に関する野外実験と抵抗係数の推定
許敏・小松輝久 43-53

新川河口域 (瀬戸内海備讃瀬戸) における一次生産速度の季節変動
東蘭圭吾・山口一岩・多田邦尚・一見和彦 55-72

四万十海底谷からの湧昇による土佐湾西部有光層への栄養塩供給
和 吾郎・木下 泉・茨城裕佳 (舊姓 重田) 61-71

資料 73

学会記事 75

第 16 回日仏海洋学シンポジウムの記録

要旨 90
 エクスカーション 139