

## 対馬海峡蓋井島周辺海域における長江希釈水と沿岸水の分布

滝川哲太郎<sup>1†</sup>, 鬼塚 剛<sup>1</sup>, 秦 一浩<sup>2</sup>, 川崎潤二<sup>1</sup>,  
下川伸也<sup>1</sup>, 山口正人<sup>1</sup>, 森本昭彦<sup>3</sup>

### Distributions of Changjiang diluted and coastal waters around Futaoi Island in Tsushima Straits

Tetsutaro Takikawa<sup>1†</sup>, Goh Onitsuka<sup>1</sup>, Kazuhiro Hata<sup>2</sup>, Junji Kawasaki<sup>1</sup>,  
Shinya Shimokawa<sup>1</sup>, Masato Hamaguchi<sup>1</sup> and Akihiko Morimoto<sup>3</sup>

**Abstract** : Hydrographic condition around Futaoi Island in eastern channel of Tsushima Straits was not only changed by seasonal thermohalocline and mixed layer depth but also strongly influenced by coastal water distribution depending on local precipitation and spread of Changjiang diluted water from Chinese continent through Tsushima Straits. Chlorophyll *a* concentrations were high in the coastal water with nearshore low salinity but were low in the Changjiang diluted water with offshore low salinity. Subsurface chlorophyll *a* maximums were found corresponding to the thermohalocline which depended on the distributions and thicknesses of Changjiang diluted and coastal waters.

**Key words** : Changjiang diluted water, Coastal water, Temperature and salinity distributions, Chlorophyll *a*, Tsushima Straits, Meteorological condition

#### はじめに

蓋井島は、山口県下関市から西方約7 km沖合の対馬海峡東水道東部に位置する (Fig. 1)。対馬暖流は対馬海峡を通過し、東シナ海から日本海に流入している (e.g. Takikawa et al.<sup>1)</sup>)。対馬暖流は、大量の熱、淡水、物質を日本海内部に輸送することによって、日本海の海洋循環や海洋環境に大きな影響を与えている (e.g. Morimoto et al.<sup>2)</sup>)。蓋井島周辺海域は対馬海峡東水道を通過した対馬暖流水と沿岸水が接する海域である。対馬暖流の水塊特性は、基本的に高温高塩分であるが、長江河川水等の中国大陸からの淡水の輸送により、夏季に表層塩分が著しく低下することが知られている (e.g. Senjyu et al.<sup>3)</sup>)。

一方、蓋井島周辺の沿岸水は、陸水の影響を強く受け、塩分が低い。沿岸水の特徴づける低塩分は河川水等の流入

と海面への降水によってもたらされることから (宇野木<sup>4)</sup>)、北九州から山陰地方にかけての降雨は、蓋井島周辺の沿岸水をさらに低塩分化させるであろう。また、水深の浅い沿岸域では、夏季の台風や冬季の北西季節風の強風による海面冷却や鉛直混合の影響が沖合に比べ強い。

対馬暖流水と沿岸水のような2つの異なる水塊のフロント付近は好漁場となる。これは北原の法則と呼ばれており、魚群は一般に潮境付近に集群する傾向がある (宇田<sup>5)</sup>)。蓋井島を含む対馬海峡から日本海山陰沖にかけての沿岸域は、特に好漁場として知られており (江波<sup>6)</sup>)、実際、蓋井島北部では、マアジ、ブリ、マサバ、ケンサキイカ、スルメイカなどを対象とした大型定置網漁業が周年操業している。

多くの魚類の回遊や産卵が、水温等の海洋環境の変化に敏感に反応することを考えると、生物生産力の高い好漁場

2008年4月14日受付. Received April 14, 2008.

1 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fisheries Science and Technology, National Fisheries University)

2 水産大学校天鷹丸 (Training vessel Tenyo Maru, National Fisheries University)

3 名古屋大学地球水循環研究センター (Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University)

† 別刷り請求先 (corresponding author): tetu@fish-u.ac.jp

域での海洋環境の把握は、漁場形成、漁況予測、さらには地球温暖化や気候変動等の評価にとって極めて重要である。本研究では、蓋井島周辺海域で、夏季から秋季にかけて、船舶によって観測された水温、塩分、クロロフィル $a$ データを用いる。クロロフィル $a$ は一次生産者である植物プランクトンの指標となる。これらの観測データをもと

に、蓋井島周辺海域の海洋環境の特徴を詳述する。さらに、低塩分で特徴づけられる長江希釈水と沿岸水の分布について、クロロフィル $a$ 濃度と関連づけて考察する。また、気象条件によって変化する海洋構造が、クロロフィル $a$ の分布に与える影響について議論する。

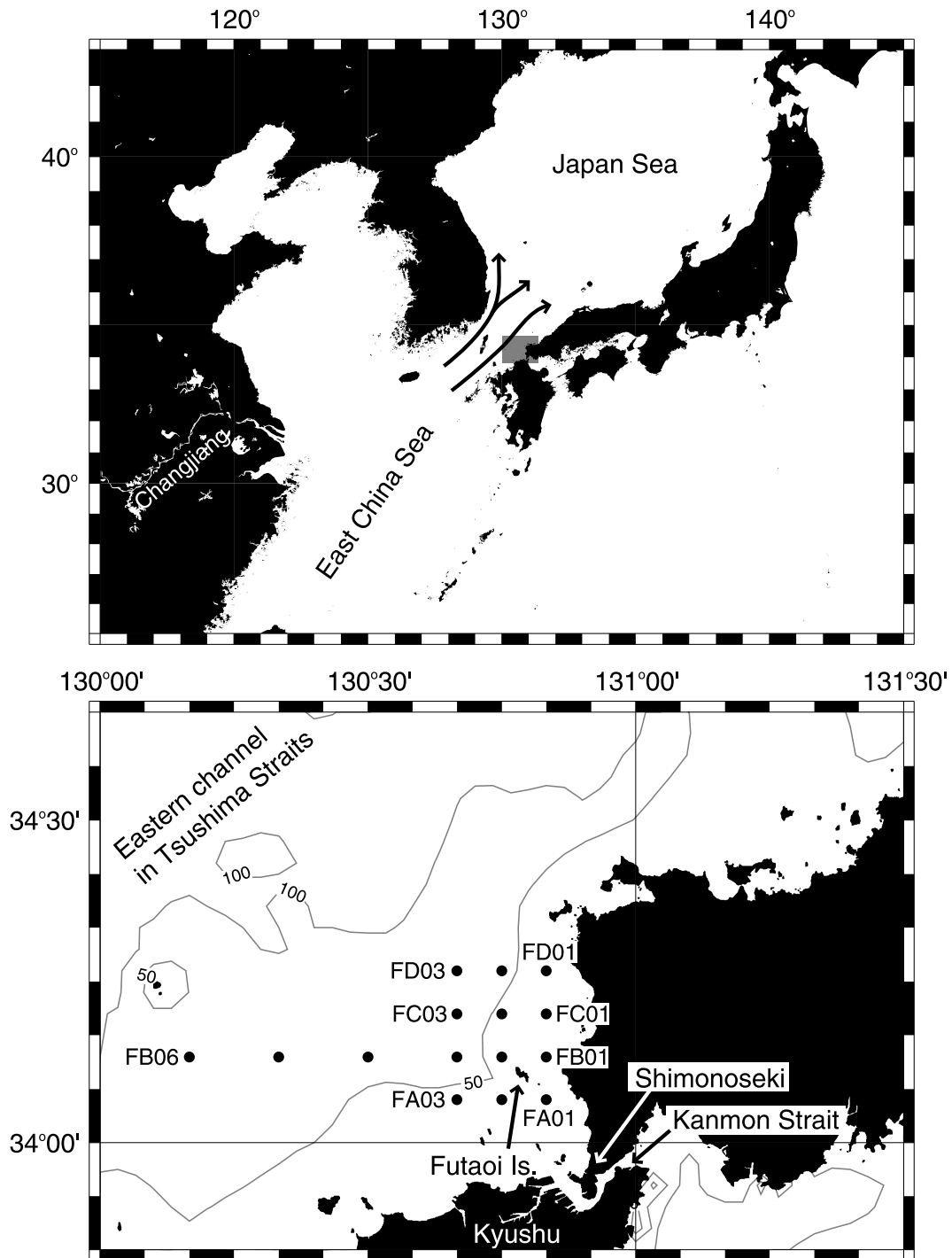


Fig. 1. Locations of hydrographic observations around Futaio Island in eastern channel of Tsushima Straits (lower panel). Futaio Island is located in gray area of upper panel. Arrows in the upper panel represent schematic view of Tsushima Warm Current through the Tsushima Straits. Contour lines in the lower panel show the bottom topography at 50-m intervals.

## 観測・データ

2004年から2007年の6月から8月にかけて年間1回、蓋井島周辺海域において、水産大学校実験実習艇「紺碧」を用い、クロロテック（アレック電子株式会社, ACL220-PDK）による海洋観測が行われた。観測点と観測日をFig. 1とTable 1に示す。各年によって、観測点数が3点から12点と異なること、1回の観測期間が1日から8日と幅を持つことに注意が必要である。これらの観測点では、バケツによる表面採水とバンドン採水器による海底付近の採水も行われた。本研究では、クロロテックのセンサーが測定した水温、塩分、クロロフィル $a$ の鉛直プロファイルを使用し、塩分とクロロフィル $a$ は、採水した試水を分析した結果を用い更正した。塩分の分析には、サリノメーター（Guildline Instruments, Portasal 8410）を使用した。クロロフィル $a$ の分析では、試水を濾過し、90%アセトンでクロロフィル色素を抽出してから、分光光度計を用いHolm-Hansen法<sup>7)</sup>で蛍光を測定した。

また、2004年には、10月から11月にかけて3回、水産大学校練習船「天鷹丸」を用い、蓋井島周辺から西方へ伸びるFB測線に沿ってCTD（Sea-Bird Electronics, SBE911*plus*）

とロゼット採水器による海洋観測が行なわれた（Fig. 1, Table 1）。本研究では、CTDのセンサーが測定した水温、塩分の鉛直プロファイルを使用した。これらの観測の中で2回（10月8日と11月25日）は、クロロテックによるクロロフィル $a$ の鉛直プロファイル観測も行われた。採水は、任意の観測点の標準層（10, 20, 30, 50, 75m, 最下層）で行なわれた。実験実習艇「紺碧」による観測データと同様に、採水した試水は、塩分とクロロフィル $a$ の分析に使用し、これらの分析結果を用いCTD（またはクロロテック）センサーの測定値を更正した。ただし、クロロフィル色素の抽出には、 $n, n$ -ジメチルホルムアミド（DMF）を使用し、蛍光光度計（Turner Designs, AU10-005）を用いWelschmeyer法<sup>8)</sup>によるクロロフィル $a$ の分析を行なった。DMFによるクロロフィル色素の抽出力はアセトンと比べ非常に強く、Welschmeyer法<sup>8)</sup>はHolm-Hansen法<sup>7)</sup>よりも正確にクロロフィル $a$ の測定ができる（Suzuki and Ishimaru<sup>9)</sup>）。このため、実験実習艇「紺碧」と練習船「天鷹丸」の各観測で得られたクロロフィル $a$ の相対値は議論できるが、クロロフィル $a$ 量そのものを単純に比較できないことに注意する必要がある。

**Table 1.** Date, vessel (or boat) name and stations of hydrographic observations around Futaoi Island in Tsushima Straits (Fig. 1).

| Date         | Vessel or boat | Hydrographic stations         |
|--------------|----------------|-------------------------------|
| 29 Jul. 2004 | Konpeki        | FA01 FA02 FA03                |
| 04 Aug. 2004 |                | FC01 FC02 FC03 FD01 FD02 FD03 |
| 05 Aug. 2004 |                | FB01 FB02 FB03                |
| 08 Oct. 2004 | Tenyo-Maru     | FB01 FB02 FB03 FB04           |
| 06 Nov. 2004 | Tenyo-Maru     | FB01 FB02 FB03 FB04 FB05 FB06 |
| 25 Nov. 2004 | Tenyo-Maru     | FB01 FB02 FB03 FB04 FB05 FB06 |
| 11 Jul. 2005 | Konpeki        | FA01 FA02 FB01                |
| 14 Jul. 2005 |                | FA03 FB02 FB03 FC01 FC02 FC03 |
| 28 Jun. 2006 | Konpeki        | FB01 FB02 FB03 FC01 FC02 FC03 |
| 29 Jun. 2006 |                | FA01 FA02 FA03                |
| 09 Jul. 2007 | Konpeki        | FA01 FB01 FC01                |

## 結 果

2004年7月29日から8月5日にかけて観測された蓋井島  
周辺海域 (Fig. 1) の水温, 塩分, クロロフィル $a$ の鉛直

断面図をFig. 2に示す。全ての観測線 (FA, FB, FC, FD)  
の西側に塩分33.0以下の表層低塩分水が観測された。FB,  
FC, FD測線で, 厚さ10m程度の表層低塩分水はFC03で最  
低塩分32.7となり, その水温は27℃以上であった。FA03

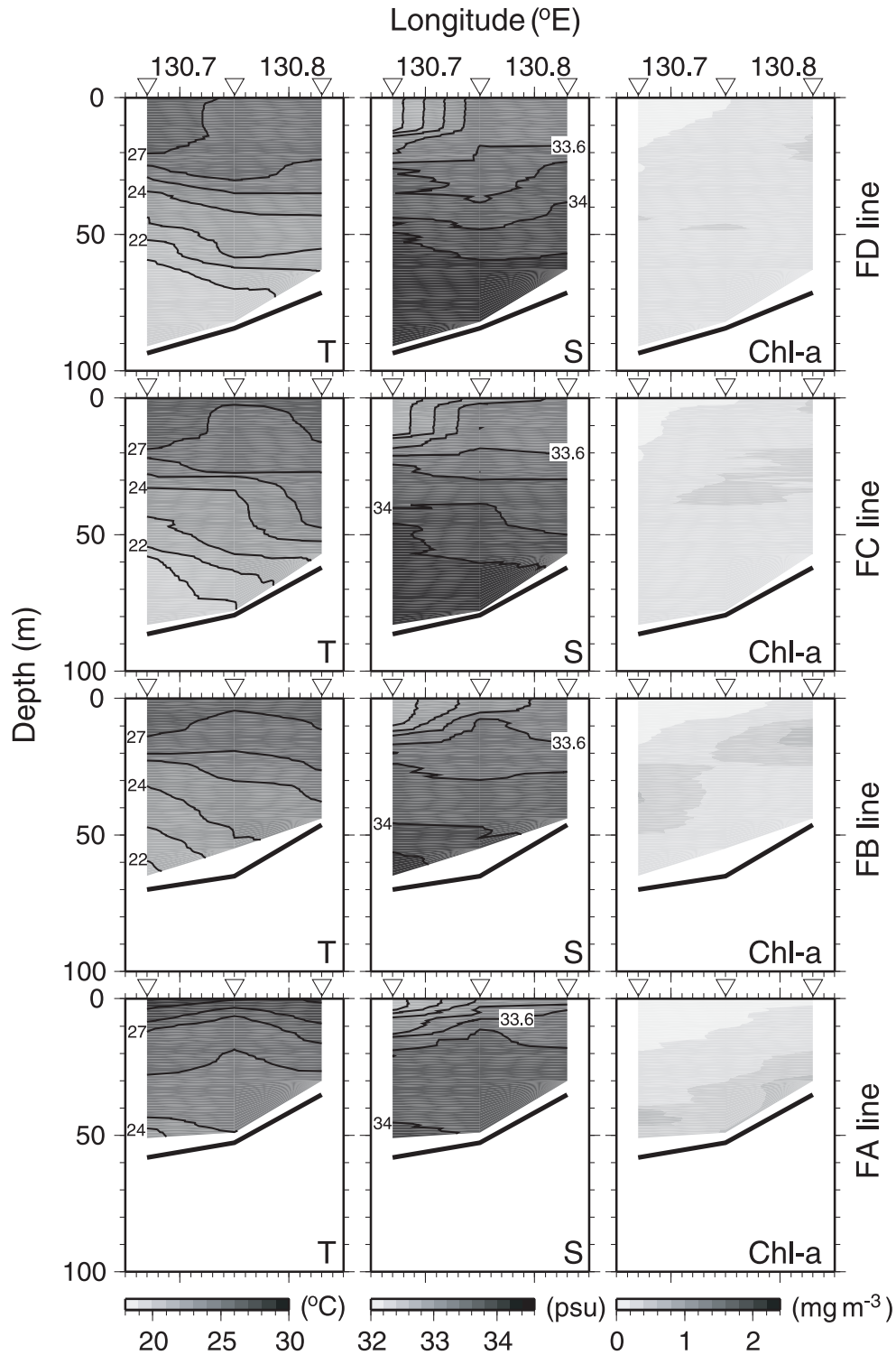


Fig. 2. Temperature (T), salinity (S) and chlorophyll  $a$  (Chl- $a$ ) sections along FA, FB, FC and FD lines (Fig. 1) around Futaoi Island from 29 July to 5 August 2004. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.

でも、海表面近くの薄い層（3m以浅）で、塩分が32.7と低く、水温は28℃以上と高かった。表層低塩分水の下層（10–30m深）には、明瞭な水温・塩分躍層があり、特にFC03とFD03の60m以深では、表層と比べ低温高塩分（水温22℃以下、塩分34.2以上）で一様な水塊が確認できる。

クロロフィルa濃度は、南側のFA測線ほど高い傾向を示す（Fig. 2）。FA測線のクロロフィルa濃度は、海底付近で最大となり、表層低塩分水で低かった。表層低塩分水での低濃度クロロフィルa分布は、全ての観測線で確認できる。FB03に着目すると、表層低塩分水の下層（約35m深）で、クロロフィルaが極大となる。このクロロフィルaの亜表層極大は、水温・塩分躍層下部に対応している。クロロフィルaの亜表層極大深度は、岸よりのFB01で約15m深

と浅く、沖合のFB03で約35m深と深く、表層低塩分水の厚さに対応していた。

2004年10月8日に蓋井島周辺から西方へ伸びるFB測線において観測された水温、塩分、クロロフィルaの鉛直断面をFig. 3に示す。夏季の海洋構造（Fig. 2）と比べ、鉛直混合や海面冷却によって、表層混合層が発達していた。しかしながら、海底付近の水塊は、表層混合層と比べ低温高塩分であった。岸よりのFB01表層には、低温低塩分な沿岸水が分布していた。この沿岸水で、クロロフィルa濃度が非常に高かった。また、海底付近の低温高塩分水上部の躍層付近に、クロロフィルaの極大が確認できる（FB01, FB02）。これらの結果から、FB01では、表層の沿岸水と亜表層の水温・塩分躍層に2つのクロロフィルa

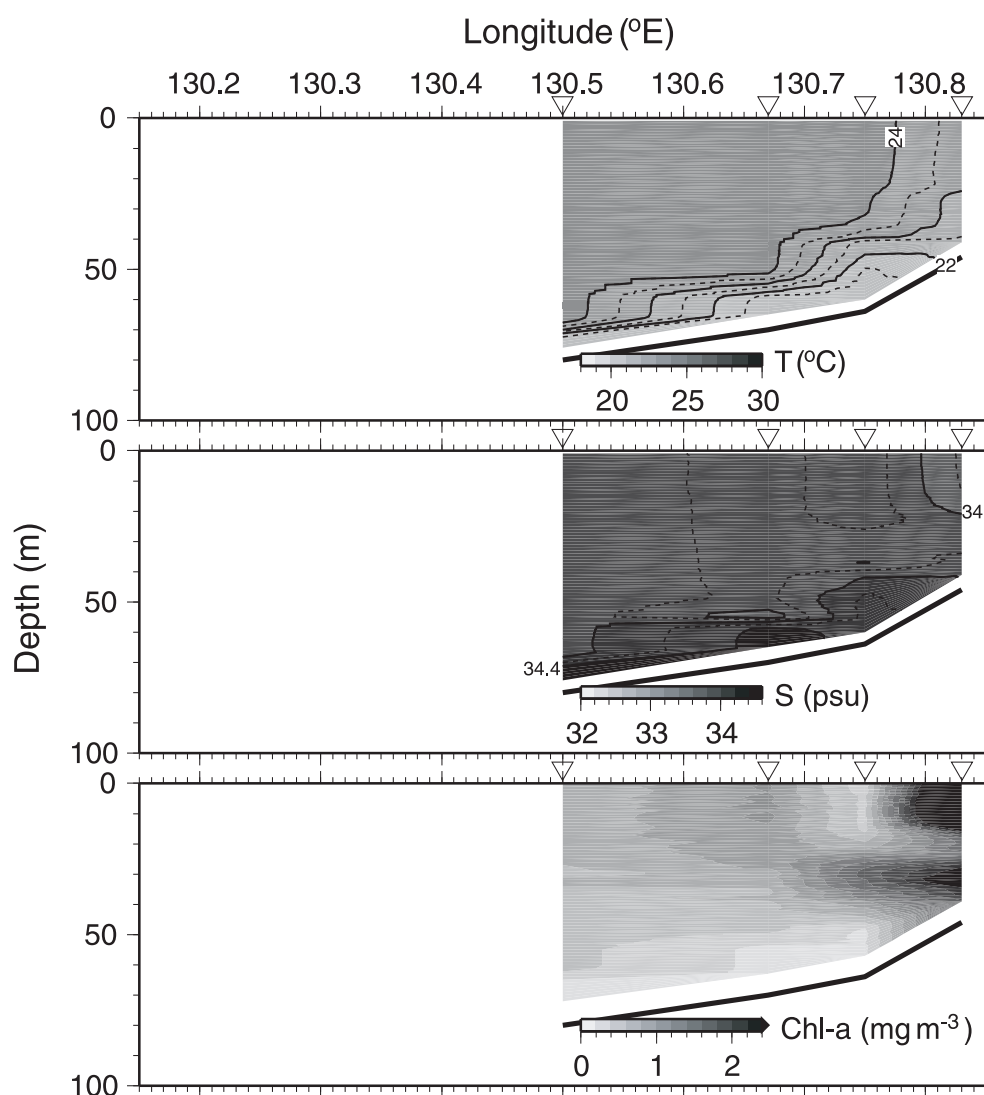


Fig. 3. Temperature (T), salinity (S) and chlorophyll a (Chl-a) sections along FB line (Fig. 1) on 8 October 2004. Dotted contour lines show temperature and salinity with 0.5°C and 0.1 intervals, respectively. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.

極大が形成されていた。

Fig. 4 に示す2004年11月6日のFB測線の海洋構造は、Fig. 2 の10月上旬と比べ、さらに混合と冷却が進んでいた。沿岸 (FB01) から沖合 (FB06) の全測点で、混合層が海底まで達していた。しかしながら、FB測線に沿って水温と塩分の水平勾配があり、蓋井島周辺の沿岸水は、沖合の対馬暖流水と比べ、低温低塩分であった。

2004年11月6日と25日の水温と塩分の鉛直断面は非常に類似しており、表層から底層まで混合層が発達していた (Figs. 4, 5)。しかしながら、11月上旬から下旬にかけて、さらに冬季の海面冷却や鉛直混合が強まり、水温が約1℃低下、塩分が0.1–0.2増加していた。クロロフィルa濃度は沿岸域 (FB01) で高く、弱い水温・塩分躍層に対応して水深20m付近にクロロフィルa極大を確認できる。

2005年7月11日と14日に観測された蓋井島周辺海域の水温、塩分、クロロフィルaの鉛直断面をFig. 6 に示す。東側の岸よりの観測点 (FA01, FC01) に塩分32.0以下の表層低塩分水が観測された。FA01では、この表層低塩分水でクロロフィルa濃度が高いが、FC01表層のクロロフィルa濃度は低かった。塩分データを詳しく見ると、FA01とFC01表層で塩分32.0以下、FB01表層で塩分約32.3であり、表

層塩分はFB測線で最大となる。10–30m深に着目すると、全ての観測線でクロロフィルaの亜表層極大を確認できる。

2006年6月28日と29日の水温と塩分の鉛直断面には、明瞭な水温・塩分躍層が約10m深にあり、その上層に低塩分な沿岸水が東側の岸より (FA01, FB01, FC01) で観測された (Fig. 7)。FA01の表層の塩分は約29.2と非常に低い。この沿岸水が観測されたFB01とFC01では、表層付近で下層の水温が高い水温逆転が存在していた。ここでは示さないが、この水温逆転を塩分が補償することによって、安定した密度成層を形成していた。2005年同様 (Fig. 6), クロロフィルa濃度は沿岸水で高く、その濃度は北側のFC測線ほど低かった。クロロフィルaの亜表層極大は20–30m深に確認でき、その構造は南側のFA測線ほど明瞭であった。

2007年7月上旬は海況が悪く、東側の岸よりの3測点 (FA01, FB01, FC01) のみで海洋観測が行われた (Fig. 8)。2005年と2006年同様 (Figs. 6, 7), 南側のFA01で低塩分な沿岸水が、北側のFC01ほど塩分が高くなる様子を捉えている。表層クロロフィルa濃度は、低塩分なFA01ほど高く、高塩分なFC01ほど低く、塩分とよく対応し分布していた。

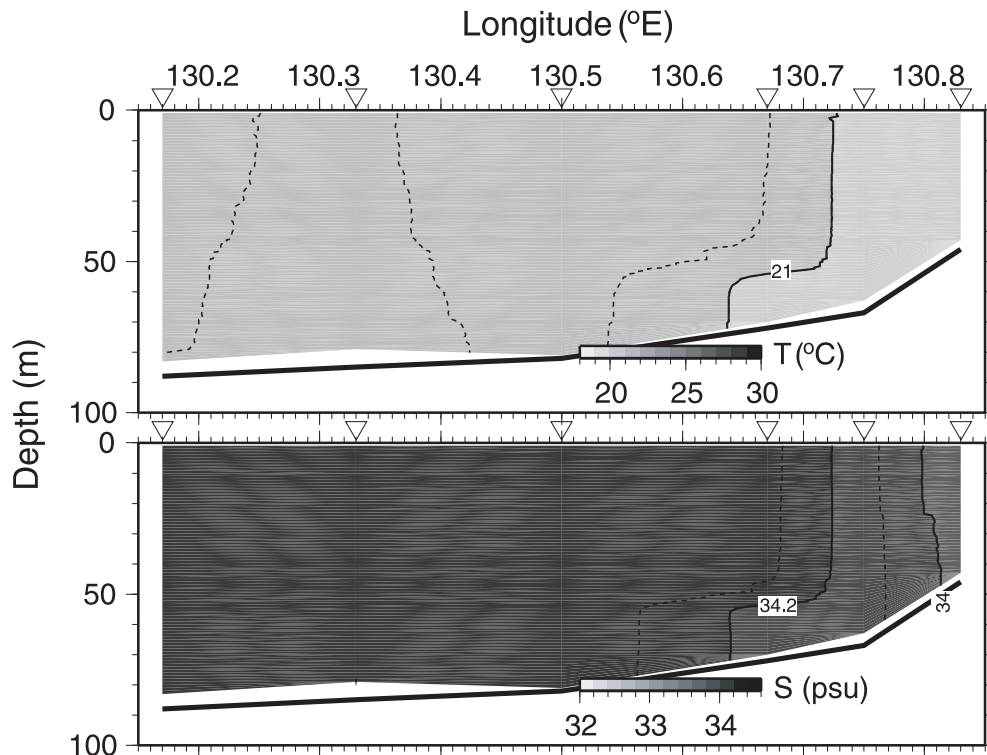


Fig. 4. Temperature (T) and salinity (S) sections along FB line (Fig. 1) on 6 November 2004. Dotted contour lines show temperature and salinity with 0.5°C and 0.1 psu intervals, respectively. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.

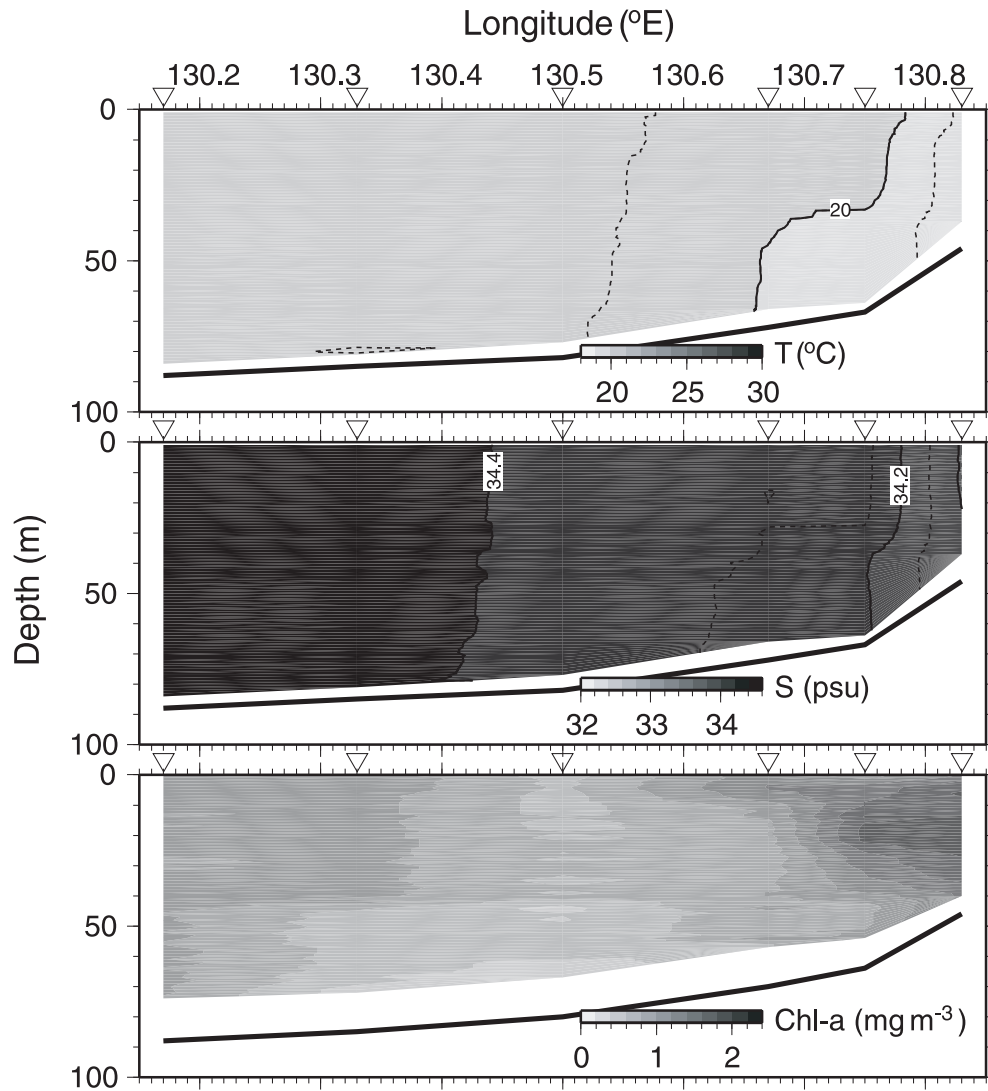
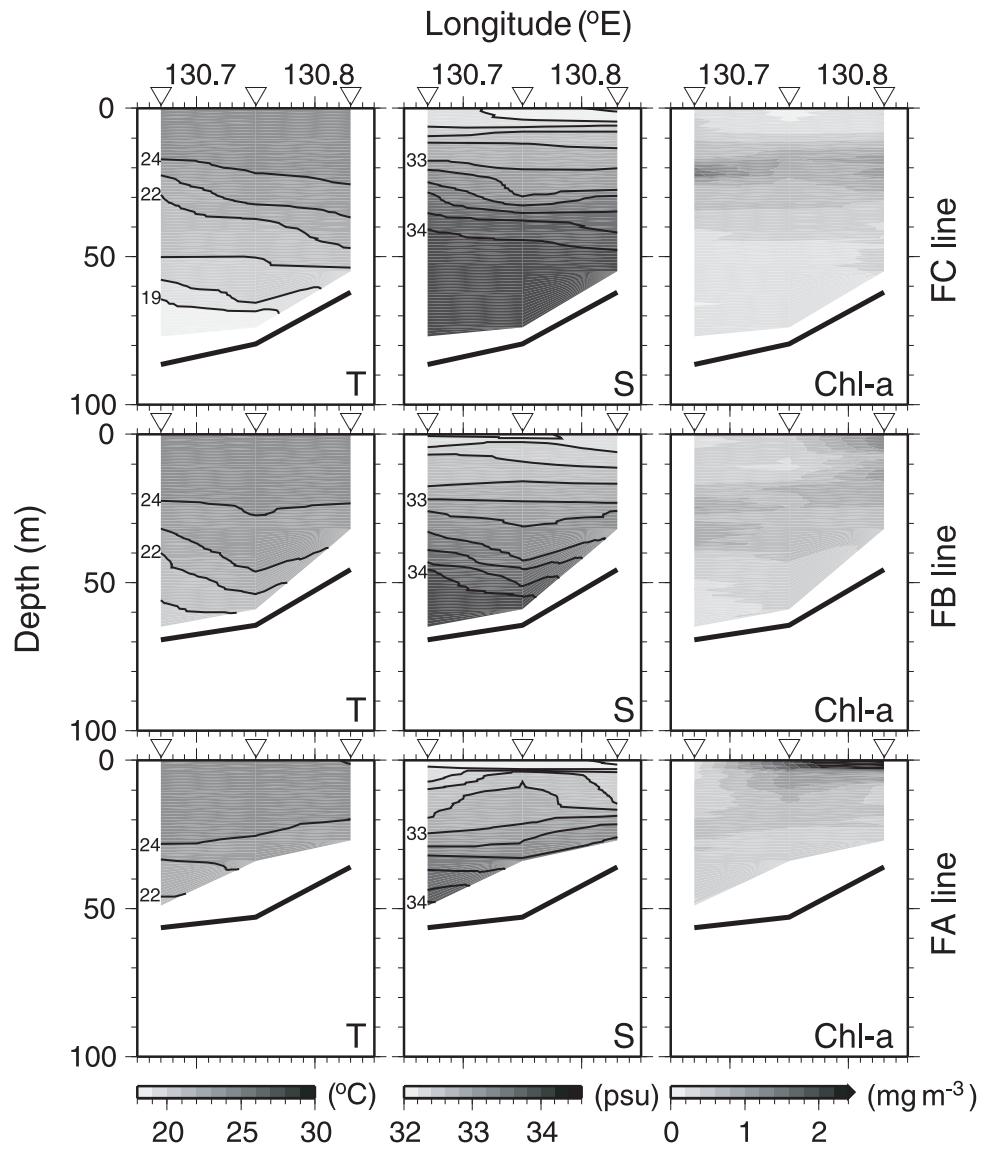


Fig. 5. Temperature (T), salinity (S) and chlorophyll *a* (Chl-*a*) sections along FB line (Fig. 1) on 25 November 2004. Dotted contour lines show temperature and salinity with 0.5°C and 0.1 psu intervals, respectively. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.



**Fig. 6.** Temperature (T), salinity (S) and chlorophyll *a* (Chl-*a*) sections along FA, FB and FC lines (Fig. 1) on 11 and 14 July 2005. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.



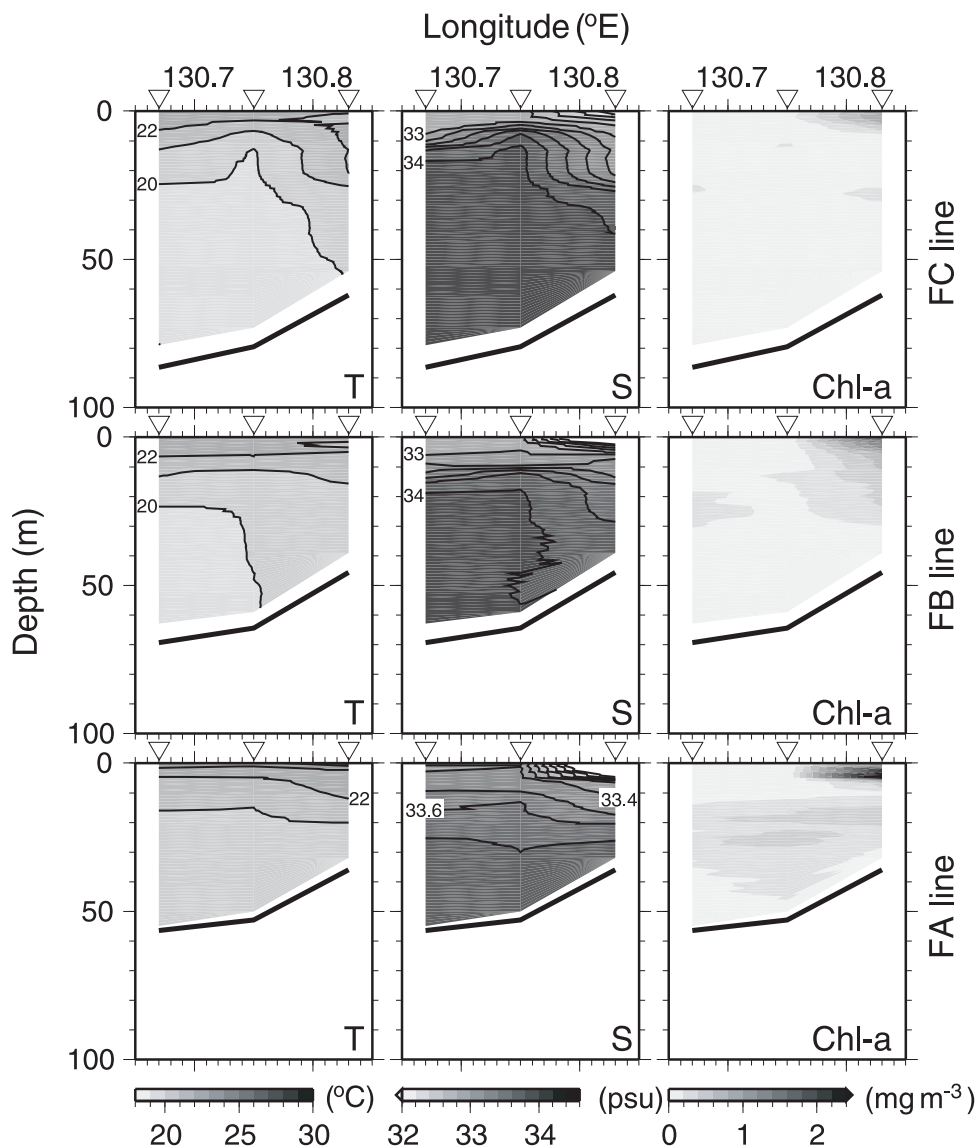


Fig. 7. Temperature (T), salinity (S) and chlorophyll *a* (Chl-*a*) sections along FA, FB and FC lines (Fig. 1) on 28 and 29 June 2006. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.

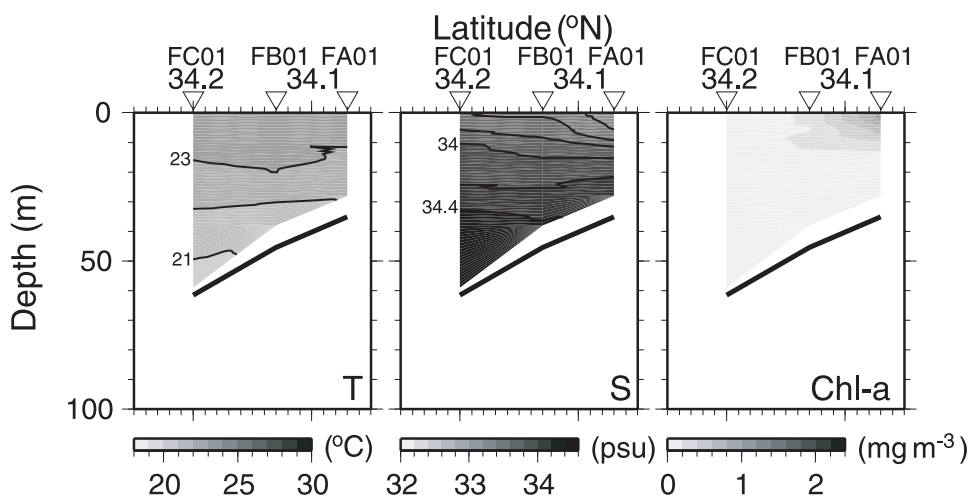


Fig. 8. Temperature (T), salinity (S) and chlorophyll *a* (Chl-*a*) sections from FA01 to FC01 (Fig. 1) on 9 July 2007. Inverted triangles indicate the hydrographic stations.

## 考 察

夏季の沖合の対馬海峡では、中国大陸起源の長江希釈水の影響を強く受け、塩分が大幅に低下することが知られている (e.g. Senjyu et al.<sup>3)</sup>)。2004年7月下旬から8月上旬に、蓋井島周辺で観測された低塩分水は、沖合のFC03ほど低塩分であることから、長江希釈水の影響を受け低塩分化した対馬暖流水が、蓋井島周辺の沿岸域まで到達していたことが考えられる (Fig. 2)。ただし、FA03でも、海表面近くの薄い層 (3m以浅) で、FC03と塩分が同程度低い。FA測線は7月29日に、その他の観測線 (FB, FC, FD) は8月4日と5日に海洋観測が行われており、その間、台風が下関付近を通過している (Fig. 9)。台風の強風による海面冷却や鉛直混合によって、台風前後で、海表面近くの海洋構造が変化することが考えられる。下関の海面気圧の

変化から、台風は8月1日3時頃、下関に最接近しており、その前後で、 $7-9\text{ ms}^{-1}$ の強風を記録している (Fig. 10)。滝川ら<sup>10)</sup>によると、台風通過時に風速約 $10\text{ ms}^{-1}$ の強風によって、蓋井島北部の定置網の水温が $1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低下、塩分が約0.4増加したことが報告されている。FA以外の観測線の海洋構造が台風の強風による海面冷却や鉛直混合の影響を受けたため、FA測線の表層が他の観測線と比べ高温低塩分であったと考えられる。

衛星海色画像によると、中国大陸から東シナ海に流出した長江希釈水はクロロフィルa濃度が非常に高いことが知られている (Ning et al.<sup>11)</sup>)。これは、大陸起源の栄養塩類を豊富に含んだ河川水が、大量に東シナ海へ流入しているためである (Gong et al.<sup>12)</sup>)。しかしながら、2004年夏季に、蓋井島周辺海域で観測された長江希釈水と考えられる低塩分水のクロロフィルa濃度は非常に低かった (Fig. 2)。

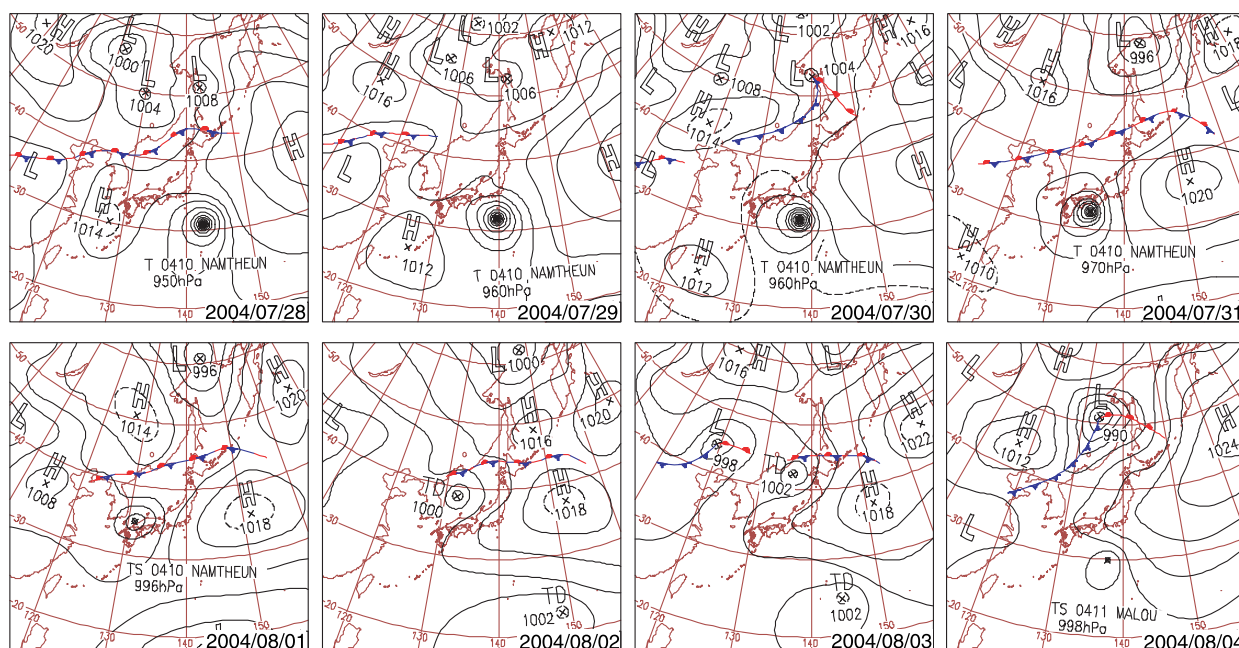


Fig. 9. Weather charts at 9:00 local time showing the typhoon migration from 28 July to 4 August 2004.

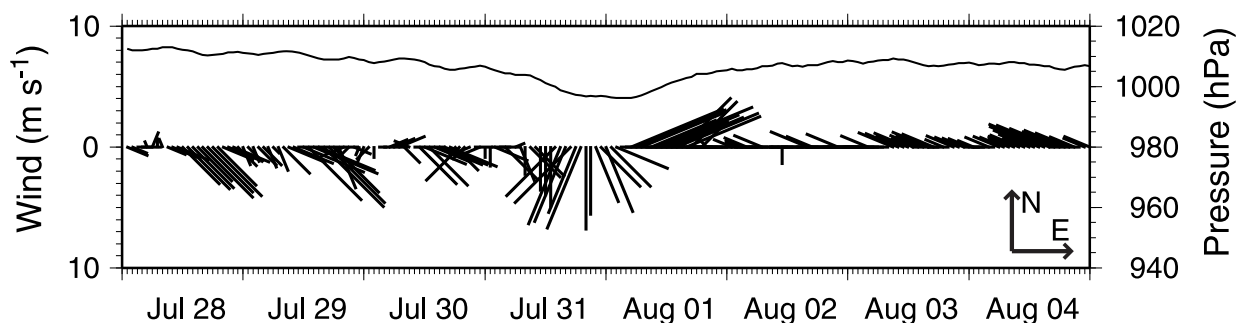


Fig. 10. Time series of wind vector and sea level pressure at Shimonoseki (Fig. 1) during the typhoons passed the area from 28 July to 4 August 2004. Length and direction of vectors indicate wind velocity and direction, respectively.

これは、長江希釈水が東シナ海から対馬海峡を経て日本海へ流入する間、一次生産過程で栄養塩類が消費されたためと考えられる。Morimoto et al.<sup>2)</sup>によると、夏季の表層の栄養塩は枯渇しており、クロロフィル $a$ 濃度は表層で低いことが報告されている。

2004年から2006年の6月下旬から8月上旬にかけて、蓋井島周辺海域の表層塩分の水平分布をFig. 11に示す。2004年7月下旬から8月上旬にかけて、当海域の西側で長江希釈水と考えられる低塩分水が広がっている (Fig. 11a)。また、蓋井島南東部または東部に、低塩分な沿岸水が、2004年を除く夏季に観測された (Figs. 8, 11b, 11c)。これらの沿岸水はクロロフィル $a$ 濃度が高いことから、高栄養な陸水の影響を強く受けていることが考えられる。南側で低塩分な沿岸水は、北側ほど高塩分となる傾向があり、沿岸水は南から北へ広がっていることが考えられる。塩分の分布と対応し、沿岸水のクロロフィル $a$ 濃度は南側で高く、北側ほど低かった (Figs. 6, 7, 8)。2005年7月中旬には、FA01とFC01に2つの表層低塩分水が確認できる (Fig. 11b)。

FA01表層では高クロロフィル $a$ 濃度、FC01表層では低クロロフィル $a$ 濃度の特徴を持つことから、FA01とFC01の表層低塩分水は、それぞれ沿岸水と長江希釈水の可能性がある。Fig. 11cには、2004年7月下旬から8月上旬に明瞭に観測された長江希釈水 (Fig. 11a) は確認できない。対馬海峡の表層塩分は、気候値で8月に最小となることから (Senjyu et al.<sup>19)</sup>、2006年6月下旬には対馬海峡からの低塩分水は蓋井島周辺海域に到達していなかったことが考えられる。

Fig. 12に夏季の各年毎の塩分とクロロフィル $a$ 濃度の関係を散布図で示す。2004年の約32.7の低塩分水は低クロロフィル $a$ 濃度の長江希釈水の特徴を持っていた (Fig. 12a)。2005年には、クロロフィル $a$ 濃度が異なる2種類の低塩分水 (32.0以下) が確認できる (Fig. 12b)。低クロロフィル $a$ 濃度と高クロロフィル $a$ 濃度の低塩分水は、それぞれFC01の長江希釈水とFA01の沿岸水の特徴を表している (Figs. 11b, 12b)。2006年には、蓋井島東部に広く分布した表層低塩分水が高クロロフィル $a$ 濃度の沿岸水の特徴

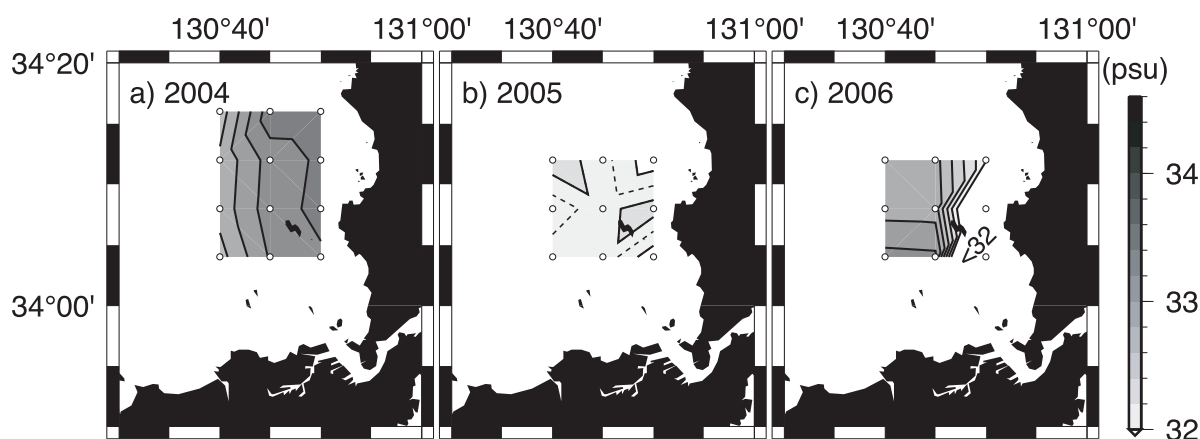


Fig. 11. Surface salinity distributions around Futaoi Island from 29 July to 5 August 2004 (a), on 11 and 14 July 2005 (b), and on 28 and 29 June 2006 (c). Dotted contour lines in 2005 (b) show salinity with 0.1 intervals.

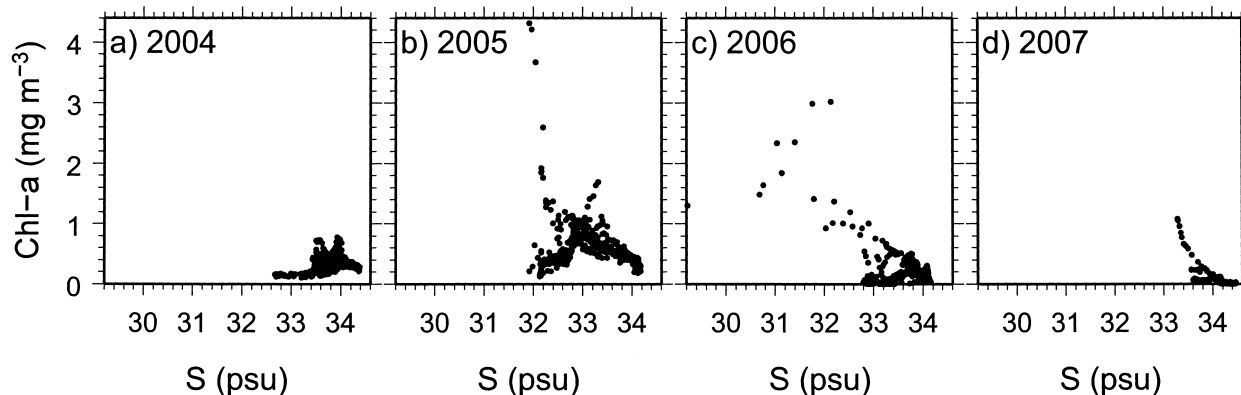
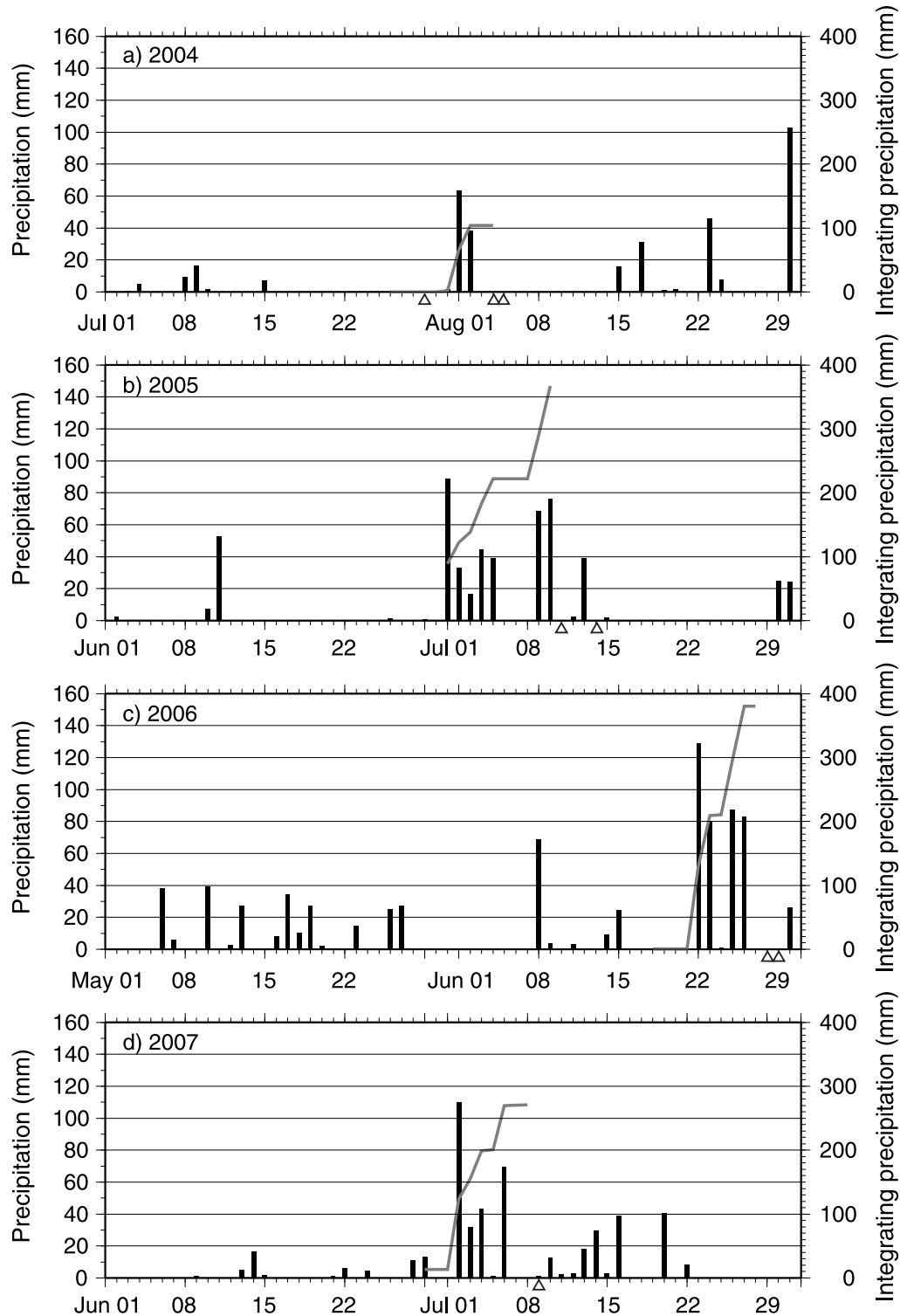


Fig. 12. Chlorophyll  $a$  (Chl- $a$ ) and salinity (S) diagrams around Futaoi Island from 29 July to 5 August 2004 (a), on 11 and 14 July 2005 (b), on 28 and 29 June 2006 (c), and on 9 July 2007 (d).

を持っていた (Figs. 11c, 12c)。2007年のデータは、東側の岸よりの3測点 (FA01, FB01, FC01) のみであるため、塩分が低いほどクロロフィル $a$ 濃度が高い沿岸水の特徴を表している (Fig. 12d)。

観測日前後の下関における降水量によると、2005年、2006年、2007年の海洋観測前の数日間で、まとまった降水が記録されている (Fig. 13)。2004年は観測日 (7月29日と8月4日) の合間に台風による降水はあるが、その量は他の



**Fig. 13.** Precipitation at Shimonoseki (Fig. 1) around the date of hydrographic observations from June to August: (a) 2004, (b) 2005, (c) 2006, (d) 2007. Triangles indicate the date of hydrographic observations (Table 1). Gray lines represent the integrating precipitation before ten days from the date of hydrographic observations at FB01.

年と比べ少ない。各年のFB01の観測日（2004年8月5日，2005年7月11日，2006年6月28日，2007年7月9日）より前の10日間の積算降水量は，2004年で104mm，2005年で367mm，2006年で381mm，2007年で271mmであった。2004年は台風通過にも関わらず，降水量が少なかったことが，低塩分な沿岸水が観測されなかった原因と考えられる。2006年は観測日前のFig. 13の日降水量（7月22，23，25，26日）と10日間の積算降水量（381mm）ともに特に多く，短期間のうちに多量の降水が観測されている。その結果，2006年に観測された沿岸水は，南側のFA01で塩分29.2と非常に低く，低塩分で高クロロフィルa濃度の特徴が，北側のFC01まで広がっていたことが考えられる。

夏季の観測日またはその前後の衛星海色画像によると，2007年を除く全ての年で，本観測海域の南側にあたる北九州沿岸から関門海峡付近に表層クロロフィルaの高濃度域が確認できる（Fig. 14）。2007年の観測日前後には，雲等による影響で，蓋井島周辺海域の衛星海色画像が得られていない。2004年は他の年と比べ表層クロロフィルa濃度が低く，船舶による海洋観測と衛星海色画像の結果が一致する（Figs. 2， 14）。2006年には，本観測海域の東側にあたる山口県沿岸をクロロフィルaの高濃度域が南北に分布していた。2006年は大雨を記録した年であり（Fig. 13），近隣の河川から，多量の高栄養な淡水が対馬海峡へ流出し，高クロロフィルa濃度の低塩分水が，表層に広がったことが考えられる（Fig. 7）。

6月から10月にかけて，季節躍層に対応してクロロフィルaの亜表層極大が頻繁に観測された（Figs. 2， 3， 6， 7）。季節躍層の上層に，沖合から長江希釈水または陸水起源の沿岸水が広がることによって，クロロフィルa分布に大きな影響を与えていた。Morimoto et al.<sup>2)</sup>によると，夏季の対馬海峡の水溫躍層以深では栄養塩濃度が高いことから，栄養塩制限の上層と光制限の下層の中間で植物プランクトンが増加したことが考えられる（Onitsuka et al.<sup>10)</sup>。11月には，海面冷却や鉛直混合の鉛直一次元過程によって，混合層が海底まで発達する。蓋井島周辺海域東部の沿岸域には，沖合の対馬海峡と比べ低温低塩分水が分布しており，この沿岸水でクロロフィルa濃度が高かった。

### おわりに

夏季の対馬海峡蓋井島周辺海域では，クロロフィルa濃度が高い沿岸水とクロロフィルa濃度が低い長江希釈水の2種類の表層低塩分水が観測された（Fig. 11， 12）。沿岸

水は東側の岸よりに分布し，南から北へ広がっていた。長江希釈水は本観測海域の西または北側に分布していた。

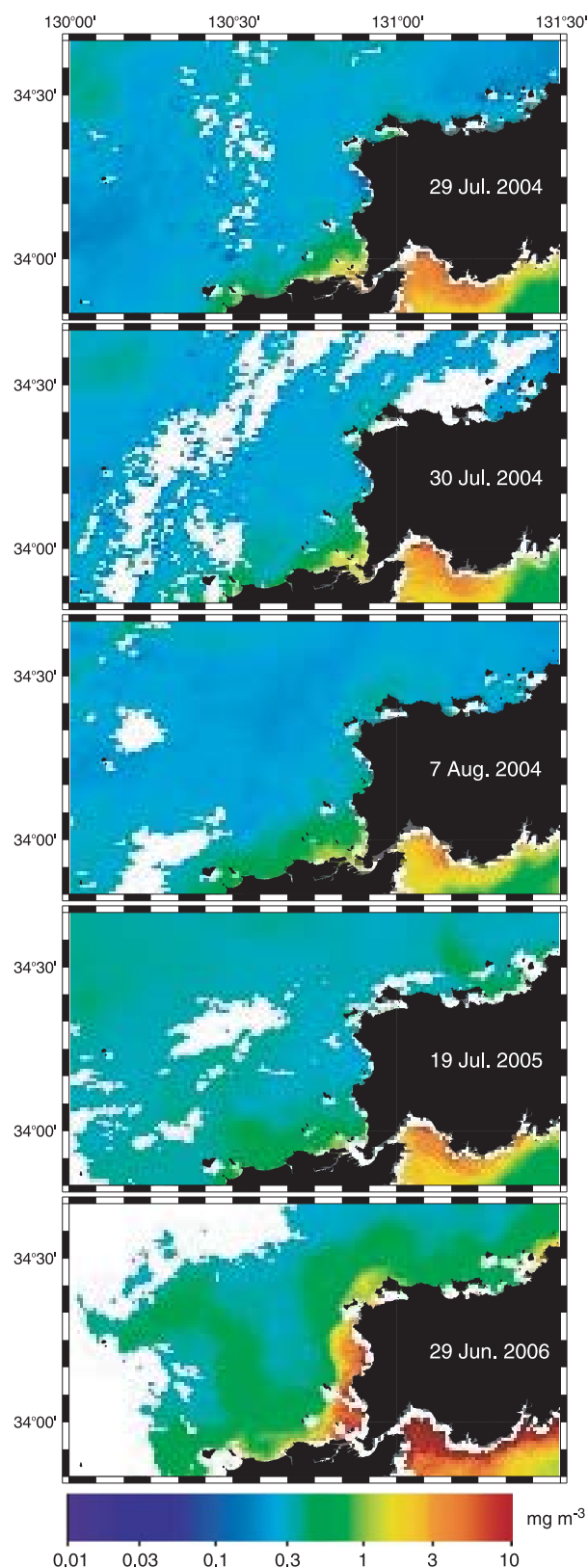


Fig. 14. Chlorophyll a distributions observed by the MODIS sensor on the Aqua satellite.

水温・塩分躍層や表層混合層下部に対応して、クロロフィル $a$ の垂表層極大が観測された。水温・塩分躍層の深度は、季節変化するだけでなく、夏季には表層低塩分水である沿岸水や長江希積水の水平分布や厚さによって変化することから、局所的な降雨や対馬暖流による長江希積水の移流が、対馬海峡蓋井島周辺海域の一次生産過程に大きな影響を与えているであろう。

## 謝 辞

貴重なご意見、ご指摘を頂いた2名の査読者に感謝致します。水産大学校実験実習艇「紺碧」による海洋調査は、財団法人海外漁業協力財団（OFCE）の水産大学校における漁業科学技術科学研修の一環として行われました。また、海洋観測に惜しまない協力をして頂いた水産大学校練習船「天鷹丸」の船長及び乗組員の皆様に感謝致します。分光光度計を用いたクロロフィル分析は、水産大学校水産学研究科早川康博教授の協力により行なわれました。本研究では、気象庁が保有する多数の気象情報と宇宙航空研究開発機構が公開している衛星観測データを使用させて頂きました。

## 文 献

- 1) Takikawa T, Yoon JH, Cho KD : The Tsushima Warm Current through Tsushima Straits estimated from ferryboat ADCP data. *J Phys Oceanogr*, **35**, 1154-1168 (2005)
- 2) Morimoto A, Takikawa T, Onitsuka G, Watanabe A, Moku M, Yanagi T : Seasonal variation of horizontal material transport through the eastern channel of the Tsushima Straits. *J Oceanogr*, accepted
- 3) Senjyu T, Enomoto H, Matsuno T, Matsui S: Interannual salinity variations in the Tsushima Strait and its relation to the Changjiang discharge. *J Oceanogr*, **62**, 681-692 (2006)
- 4) 宇野木早苗：沿岸の海洋物理学. 東海大学出版会, 東京, 672pp (1974)
- 5) 宇田道隆：海洋漁場学. 水産学全集16, 恒星社厚生閣, 東京, 347pp (1960)
- 6) 江波澄雄：対馬暖流域の浮魚資源. 対馬暖流—海洋構造と漁業, 水産学シリーズ5, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京, 69-88 (1974)
- 7) Holm-Hansen O, Lorenzen CJ, Holmes RW, Strickland JDH: Fluorometric determination of chlorophyll. *J Cons Cons Int Explor Mer*, **30**, 3-15 (1965)
- 8) Welschmeyer NA : Fluorometric analysis of chlorophyll  $a$  in the presence of chlorophyll  $b$  and pheopigments. *Limnol Oceanogr*, **39**, 1985-1992 (1994)
- 9) Suzuki R, Ishimaru T : An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using  $n,n$ -dimethylformamide. *J Oceanogr*, **46**, 190-194 (1990)
- 10) 滝川哲太郎, 竹内謙介, 浅田里恵：台風接近時に対馬海峡蓋井島で観測された沿岸湧昇. *海と空*, **84**, 33-41 (2008)
- 11) Ning X, Liu Z, Cai Y, Fang M, Chai F : Physicobiological oceanographic remote sensing of the East China Sea : Satellite and in situ observations. *J Geophys Res*, **103**(C10), 21623-21635 (1998)
- 12) Gong GC, Wen YH, Wang BW, Liu GJ : Seasonal variation of chlorophyll  $a$  concentration, primary production and environmental conditions in the subtropical East China Sea. *Deep-Sea Res II*, **50**, 1219-1236 (2003)
- 13) Senjyu T, Matsui S, Han IS : Hydrographic conditions in the Tsushima Strait revisited. *J Oceanogr*, **64**, 171-183 (2008)
- 14) Onitsuka G, Morimoto A, Takikawa T, Watanabe A, Yoshikawa Y, Yanagi T : Enhanced chlorophyll associated with island-induced cyclonic eddies in the eastern channel of the Tsushima Straits. *Estuarine Coast Shelf Sci*, submitted