

## 有明海に出現した植物プランクトンの種組成と季節変化 (2003-2004)

手崎 桂介<sup>\*1</sup>, 岩滝 光儀<sup>\*2,3</sup>, 松岡 数充<sup>\*3</sup>, 水島康一郎<sup>\*1</sup>

## Species composition and seasonal changes of phytoplankton occurred in Ariake Sound (2003-2004)

Keisuke TEZAKI<sup>\*1</sup>, Mitsunori IWATAKI<sup>\*2,3</sup>, Kazumi MATSUOKA<sup>\*3</sup> and Koichiro MIZUSHIMA<sup>\*1</sup>

Species composition and seasonal changes of phytoplankton were investigated by using samples collected from four stations in Ariake Sound, western Japan. Total five research cruises were carried out on 17-19 October 2003, 9-10 February, 12-13 May, 23 July and 15-17 October 2004, which represent four seasons. Species identification was performed mainly on diatoms and dinoflagellates, finally 79 genera 172 species in total could be recorded from Ariake Sound. This phytoplankton flora was composed of 108 diatoms, 57 dinoflagellates, 2 raphidophytes, 2 dictyochophytes, 1 haptophyte, 1 cyanobacterium and 1 unidentified flagellate species. Of these approximately 1/3 species are first record from Ariake Sound (e.g. *Coscinodiscus gigas* Ehrenberg). As compared with species composition in each station and season, the sample collected in the mouth of the sound in spring and summer were characterized by pelagic species such as *Rhizosolenia formosa* Peragallo. This indicates that the phytoplankton composition is affected by oceanic water especially in summer.

**Key Words :** 赤潮 red tide, 有明海 Ariake Sound, 渦鞭毛藻 dinoflagellate, 珥藻 diatom, 植物プランクトン phytoplankton

2000年初冬より2001年初春にかけて有明海で起きた大規模なノリの色落ち被害は、植物プランクトンである珥藻 *Rhizosolenia imbricata* Brightwell の赤潮に直接の原因があったとされる<sup>1)</sup>。これを機に、有明海では植物プランクトンの生理・生態について一段と注目が集まるようになり、各県水産試験場<sup>2)</sup>や九州農政局諫早湾干拓事務所<sup>3)</sup>より、植物プランクトン出現種等の調査結果が報告されてきた。しかしこれらの報告は、赤潮発生時の出現種や優占種に限られるもの、または種の同定が属レベルまでのものがほとんどであり、有明海に出現する植物プランクトンの種組成を表したものとはいえない。2001年～2002年のノリ色落ちの原因種とされる *R. imbricata* をはじめ、植物プランクトンは漁業被害が起きて初めて有害赤潮原因種として注目される場合が多い。したがって、有害赤潮が発生する以前より、有害種とは認識されていない種を含めた植物プランクトンの種組成と出現の季節変化

を把握することは、赤潮予察や有害種の分布を研究する上で重要な基礎資料となる。本研究では、2003年秋季の有明海に出現した植物プランクトンの種組成<sup>4)</sup>に、新たに2004年冬季、春季、夏季そして秋季の出現種の情報を加えることで、有明海に出現する植物プランクトンの種組成を一年を通して把握すると共に、季節変化の推察も行った。

## 方 法

有明海の湾口から湾奥までの4地点 (Fig.1) で、2003年10月17日～19日 (秋季)、2004年2月9日と10日 (冬季)、5月12日と13日 (春季)、7月23日 (夏季)、そして10月15日と17日 (秋季) の計5回、植物プランクトン試料の採集を行った。試料は目合い20  $\mu$ m のプランクトンネット (Nytal HD20) を用いて海水表層部 3-4m を垂直に曳いて採取し、

\*1 長崎大学大学院生産科学研究科水産学専攻

Division of Fisheries, Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University

\*2 長崎県産業振興財団

Nagasaki Industrial Promotion Foundation

\*3 長崎大学水産学部沿岸環境学研究室

Laboratory of Coastal Environmental Sciences, Faculty of Fisheries, Nagasaki University

ホルマリン等で固定を行わずに研究室での観察に供した。それぞれの採集地点では、表層水温と塩分 (WTW Cond 330i, ただし冬季は長崎県水産試験場よりデータを頂いた), クロロフィル濃度を併せて測定し, 各々について最小二乗法により相関を求めた。採取した海水試料は, よく攪拌した後に1 ml を分取して倒立顕微鏡 (Olympus IX70) により観察し, 植物プランクトン出現種の同定を行うと共に写真を撮影した (Olympus Camedia C-5060)。優占種を確認するとともに低頻度で出現する種も出来る限り同定し, 出現種リストを作成した<sup>5-18)</sup>。

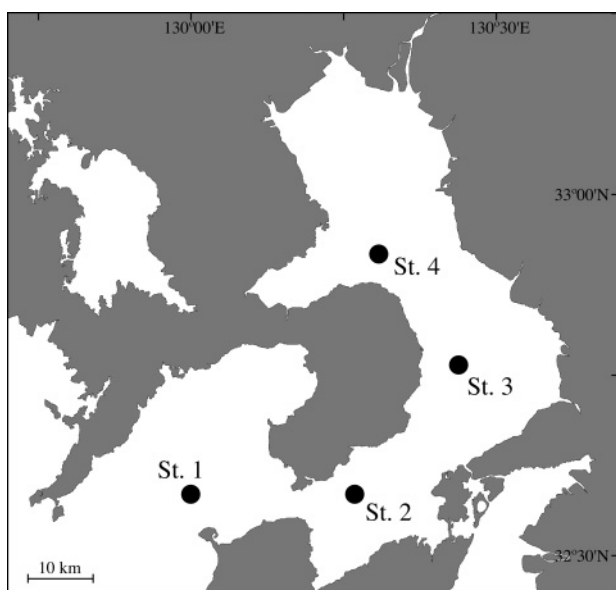


Fig. 1. Sampling stations (St. 1, 32° 35'N, 13° 00'E, water depth 72m; St. 2, 32° 35'N, 130° 15'E, water depth 47m; St. 3, 32° 45.3'N, 130° 26.2'E, water depth 41m; St. 4, 32° 55.5'N, 130° 18'E, water depth 24m).

### 結果と考察

表層水温, 塩分およびクロロフィル a の値は, 有明海系外の影響を受けていると思われる湾口部がすべての項目において比較的安定しているのに対し, 河川などの影響を受けやすい湾奥部は最大値と最小値との差が大きく, 変化に富んでいた (Fig. 2)。湾奥部 (St. 3, St. 4) では, 水温とクロロフィル a 値の間に正の相関 (St. 3:  $r^2=0.607$ , St. 4:  $r^2=0.627$ ) が認められたのに対し, 湾口部 (St. 1, St. 2) では, 負の相関 (St. 1:  $r^2=0.455$ ) もしくは相関関係はみられなかった (St. 2:  $r^2=0.169$ )。また夏季と秋季において湾口から湾奥に行くに従いクロロフィル a の値が高くなる傾向がみられたのに対し, 冬季および春季にはその傾向はみられなかった (Fig. 2)。

有明海に出現する植物プランクトンを同定した結果, 年間を通して種数, 細胞数ともに珪藻が卓越していた (Table 1)。周年調査で確認した植物プランクトンは, 珪藻綱では, 中心目33属89種以上, 羽状目16属19種以上, 渦鞭毛藻綱では, プ

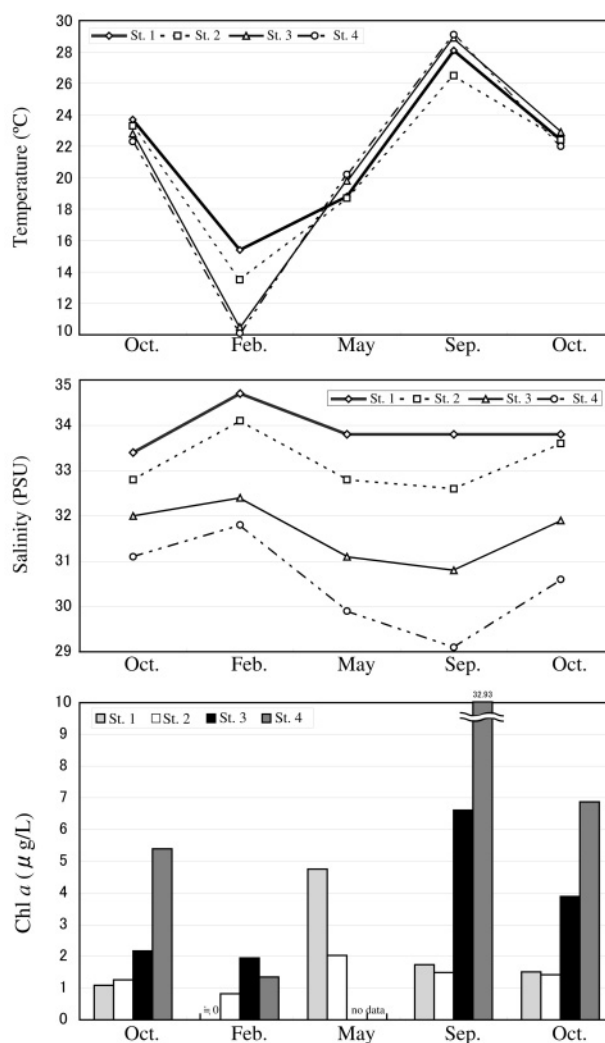


Fig. 2. Temperature, salinity and chlorophyll a profile at each season and station of Ariake Sound.

ロケントルム目1属3種, ディノフィシス目1属5種, ギムノディニウム目11属17種以上, ペリディニウム目3属19種以上, ゴニオラックス目7属13種, ラフィド藻綱2属2種, ディクチオカ藻綱2属2種などで, 総計79属172種であった (Table 2)。またこれらの出現種の中で, 現在までに赤潮原因生物として報告<sup>19, 20, 21)</sup>がある種は, 珪藻綱では11種以上, 渦鞭毛藻綱では19種, ラフィド藻綱では2種, ディクチオカ藻綱では1種であった。ただし, 珪藻 *Chaetoceros* 属や *Coscinodiscus* 属, *Rhizosolenia* 属, *Thalassiosira* 属については今回種レベルでの同定を行っているが, 光学顕微鏡下での同定が困難であり, 属レベルで赤潮原因プランクトンとして報告されているため, 今回これらを赤潮原因種には含めていない。これらの種に関しては, 赤潮原因種が特定されていないため, 種レベルでの同定をした上で, それぞれの出現量や時期などを調査する必要がある。中でも, 今まで注目されていなかった *Coscinodiscus* 属については, 瀬戸内海播磨灘におけるノリの色落ち被害の原因種が同属の *Coscinodiscus wailesii* Gran であるため<sup>22)</sup>, 今後より詳細な調査が必要と思われる。

**Table 1.** Dominant phytoplankton species of each station at Ariake Sound. Hyphens (-) indicate no dominant species.

St. 1	Diatom	Dinoflagellate
Oct. 2003	<i>Actinopterychus senarius</i> <i>Odontella mobiliensis</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>	-
Feb. 2004	-	-
May 2004	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	-
Sep. 2004	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-
Oct. 2004	-	-
St. 2		
Oct. 2003	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassionema frauenfeldii</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>	-
Feb. 2004	<i>Actinocyclus octonarius</i> <i>Rhizosolenia setigera</i>	-
May 2004	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>Gyrodinium instriatum</i>
Sep. 2004	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	<i>Ceratium furca</i>
Oct. 2004	-	-
St. 3		
Oct. 2003	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	-
Feb. 2004	<i>Chaetoceros debilis</i> <i>Chaetoceros socialis</i> <i>Ditylum brightwellii</i> <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira mala</i> <i>Thalassiosira</i> sp. cf. <i>nordenskerdii</i> <i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Akashiwo sanguinea</i>
May 2004	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>Gyrodinium instriatum</i>
Sep. 2004	<i>Coscinodiscus granii</i> <i>Thalassiosira</i> spp. <i>Pleurosigma</i> sp. cf. <i>normanii</i>	<i>Ceratium furca</i>
Oct. 2004	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> <i>Ditylum brightwellii</i> <i>Skeletonema costatum</i>	-
St. 4		
Oct. 2003	<i>Actinopterychus senarius</i> <i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> <i>Eucampia cornuta</i> <i>Eucampia zodiacus</i> <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Thalassionema frauenfeldii</i>	-
Feb. 2004	<i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Thalassiosira</i> sp. cf. <i>nordenskerdii</i>	<i>Akashiwo sanguinea</i>
May 2004	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	-
Sep. 2004	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> <i>Coscinodiscus granii</i> <i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Ceratium furca</i>
Oct. 2004	<i>Coscinodiscus granii</i> <i>Ditylum brightwellii</i> <i>Skeletonema costatum</i>	-









Table 2-4. Species composition and frequency of phytoplankton occurred in this study. Asterisks (\*) indicate red tide species<sup>2D)</sup>.

	St.1						St.2						St.3						St.4					
	Oct.	Feb.	May	May	Sep.	Oct.	Oct.	Feb.	May	May	Sep.	Oct.	Oct.	Feb.	May	May	Sep.	Oct.	Oct.	Feb.	May	May	Sep.	Oct.
<b>Dinoflagellates</b>																								
<b>Gonyaulacales</b>																								
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède et Lachmann) Diesing*																								
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia*																								
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge*																								
<i>Prorocentrum reticulatum</i> (Claparède et Lachmann)*																								
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall et Dale																								
<b>Raphidophytes</b>																								
<i>Chattonella marina</i> (Subrahmanyan) Hara et Chihara*																								
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Sournia*																								
<b>Dictyochophytes</b>																								
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg*																								
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg																								
<b>Haptophytes</b>																								
<i>Geophryocapsa oceanica</i> Kamplner																								
<b>Cyanophytes</b>																								
<i>Microcystis</i> sp.																								
<b>Incertae sedis</b>																								
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann																								

## 出現種の季節変化

今回の種組成の調査は、有明海の湾口部 (St. 1) から湾奥部 (St. 4) までの4点で行ったが、観察した植物プランクトンの多くの種は全ての採集定点において確認された (Table 2)。このような種の多くは、その出現に季節性を見いだすことは困難であったが、一部の種では特定の季節にのみ出現が確認されたため、有明海における出現時期を推測することができた。出現時期と種名を以下に挙げる。

## [周年]

珪藻：*Actinopterychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg,

*Ditylum brightwellii* (West) Grunow

渦鞭毛藻：*Prorocentrum micans* Ehrenberg

## [春季～秋季]

渦鞭毛藻：*Gonyaulax spinifera* (Claparède et Lachmann)

Diesing

## [夏季～冬季]

珪藻：*Chaetoceros didymus* Ehrenberg, *Lauderia annulata*

Cleve, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow)

Mereschkowsky

## [夏季～秋季]

珪藻：*Bacteriastrum* spp., *Chaetoceros lorenzianus* Grunow,

*Chaetoceros pseudocurvisetus* Mangin, *Rhizosolenia imbricata* Brightwell

渦鞭毛藻：*Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède et Lachmann

## [春～冬季]

珪藻：*Chaetoceros debilis* Cleve

上記の出現種の季節性は、諫早湾で2001～2002年に行なわれた種組成の調査結果<sup>23)</sup>とほぼ同じであった。また今回の出現種のほとんどは、温帯域で普遍的にみられる種<sup>24)</sup>であった。

今回の調査で観察した種の多くは、湾口部から湾奥部までの全調査定点においてさまざまな時期に出現が確認されており、これらの種は有明海に広く分布していると考えられる (Table 2)。しかし、一部の種は特定の時期と定点でのみ出現しており、このような傾向は特に春期から夏季にかけての有明海湾口部付近 (St. 1, St. 2) で顕著に見られた。例えば、渦鞭毛藻 *Ceratium boehmii* Graham et Bronikovsky, *Cochlodinium convolutum* Kofoed et Swezy, *Gymnodinium abbreviatum* Kofoed et Swezy, *G. aureum* Kofoed et Swezy, *Gyrodinium falcatum* Kofoed et Swezy, *Karenia brevis* (Davis) Hansen et Moestrup, *Torodinium teredo* (Pouchet) Schiller などは、湾口部の St. 1 で春期のみに出現が確認されたが、それ以外の定点では観察されていない。また、珪藻 *Chaetoceros diversus* Cleve, *C. indicus* Karsten, *Dactyliosolen blavyanus* (Peragallo) Hasle, *Hemiaulus hauckii* Grunow, *Lioloma* sp. cf. *pacificum* (Cupp) Hasle, *Rhizosolenia formosa*



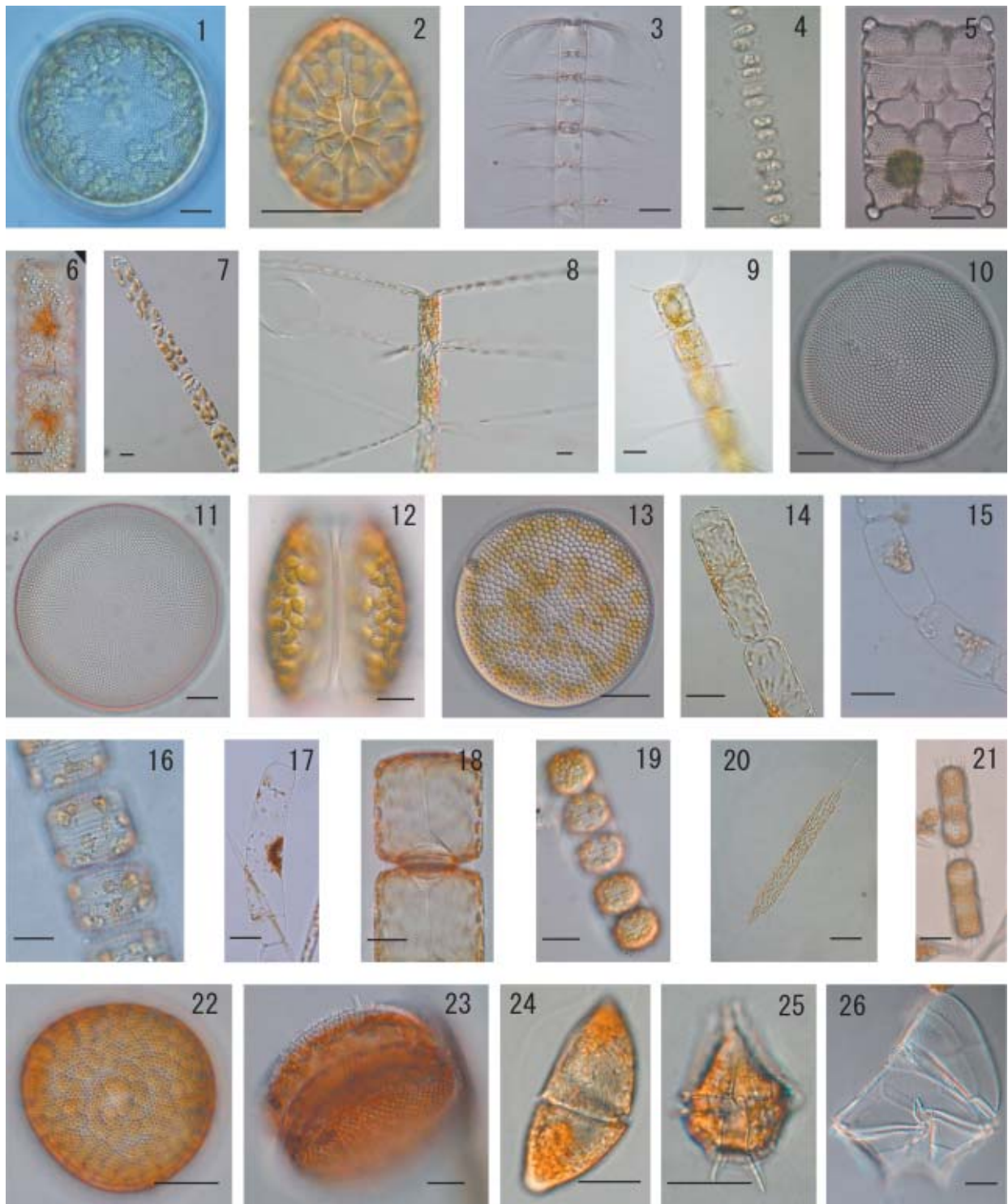


Fig. 3. Light microscopy of diatoms and dinoflagellates occurred in this study (1-26). 1. *Actinocyclus octonarius* Ehrenberg; 2. *Asteromphalus flabellatus* (Brébisson) Greville; 3. *Bacteriastrum furcatum* Shadbolt; 4. *Bacteriastrum minimus* Karsten; 5. *Biddulphia pulchella* Gray; 6. *Cerataulina dentate* Hasle; 7. *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey; 8. *Chaetoceros borealis* Bailey; 9. *Chaetoceros lauderi* Falfs in Lauder; 10. *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg; 11. *Coscinodiscus gigas* Ehrenberg; 12. *Coscinodiscus granii* Gough; 13. *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg; 14. *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle; 15. *Dactyliosolen phuketensis* (Sundstrom) Hasle; 16. *Detonula pumila* (Castracane) Gran; 17. *Guinardia striata* (Stoleterfoth) Hasle; 18. *Lauderia annulata* Cleve; 19. *Melosira nummuloides* Agardh; 20. *Rhizosolenia setigera* Brightwell; 21. *Stephanopyxis palmerianum* (Greville) Grunow; 22. *Roperia tessellata* (Roper) Grunow; 23. *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve; 24. *Gyrodinium falcatum* Kofoed et Swezy; 25. *Gonyaulax verior* Sournia; 26. *Protoperidinium pentagonum* (Gran) Balech. Scale bar: 20  $\mu$ m.



Peragallo などは、夏季に湾口部の St. 1 と湾口部に近い St. 2 のみに出現していた。これらの種が有明海湾奥部の St. 4 や湾中央部の St. 3 では観察されていないことから有明海系外からの由来であること、そして有明海の植物プランクトン相は春季から夏季にかけて外海の影響を受けることが推察される。また、これらの種は春季には湾口部のみで観察されたが、夏季になると St. 2 でも確認されることから、夏季に外海の影響をより強く受けていることがわかる。例えば St. 1 で春季と夏季に出現した珪藻 *Rhizosolenia formosa* Peragallo は、外洋性種として黒潮域から報告されており<sup>25)</sup>、本種が夏季にのみ St. 2 でも観察されたことはこのような環境を反映しているためと考えられる。湾口部の St. 1 では、秋季になると夏季に観察されなかった *Actinopterychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg などの沿岸性種が確認された。

#### 既存報告との比較 (分類)

2003年秋季から2004年秋季までの5回の調査で観察された植物プランクトンの出現種には、福岡県水産試験場の研究報告<sup>2)</sup>や九州農政局諫早湾干拓事務所報告資料<sup>3)</sup>では有明海からは報告のなかった、*Bacteriastrium comosum* Pavillard, *Cerataulina dentate* Hasle, *Chaetoceros diversus* Cleve, *Coscinodiscus gigas* Ehrenberg, *Dactyliosolen phuketensis* (Sundström) Hasle, *Guinardia cylindrus* (Cleve) Hasle, *Hemiaulus hauckii* Grunow および *Odontella longicruris* (Greville) Hoban などが含まれている。今回の調査により、有明海での初報告となる種を60種以上確認することができた (Fig. 3)。これらの種を分類群別に見てみると、珪藻類では *Chaetoceros* 属と *Coscinodiscus* 属、渦鞭毛藻類ではギムノディニウム目と *Protoperidinium* 属などに所属するものが多い。これらの分類群は、各機関から出される報告書の中ではその多くが spp. としてまとめられている<sup>2, 3)</sup>。珪藻類の *Chaetoceros* 属、そして渦鞭毛藻類のギムノディニウム目や *Protoperidinium* 属は、所属種の形態が多様なため記載種数が非常に多く、種同定には多くの類似種との詳細な比較が必要となることから種同定が困難になっていると考えられる。また、珪藻 *Coscinodiscus* 属でも、種の分類基準である小室や唇状突起などの形態形質が微小なため、光学顕微鏡での観察が困難である。調査回数、場所、さらには電子顕微鏡を用いた観察を増やせば、今まで同定が困難なため見落とされていた珪藻 *Thalassiosira* 属をはじめとして、有明海に生息している植物プランクトンを種レベルで分類ができるようになると考えられる。

各機関における植物プランクトン調査は、通常は特定の赤潮原因種などの有害植物プランクトンに焦点を絞って行われるため、赤潮発生時の原因種のみが報告されることが多い。また詳細な種同定に関しても、分類研究者が不足している状況に加え、種同定に必要な文献が水産試験場をはじめ多くの機関で不備であることが考えられる。既存の文献には、光学顕微鏡による写真すら掲載されていないものが多く、単に形態説明が記載されているだけの場合もあり、同定をさらに困難なものにしている。しかしながら、有害種の多くは漁業被害

を起こすまで、存在に注意が払われていなかった種もあることから、現在には有害種と認識されていない種についても存在や出現時期を記録していくことは、赤潮予察の観点からは非常に重要である。将来の有明海研究の基礎的データを残すためにも、出現種を正確に同定することは必要不可欠な作業であり、今後はこれらの同定困難なプランクトンにも焦点を絞った研究、同定とりわけ分類学的研究が必要であると考えられる。

#### 既存報告との比較 (生態)

2000年から2001年にかけてのノリの色落ち被害は、珪藻 *Rhizosolenia imbricata* が原因であるとされるが、この時の同種の出現時期は冬季にあたる。しかし、今回の調査では本種は冬季および春季の試料には確認できず、夏季と秋季の試料のみより観察された。このような本種の出現時期に関しては、2001年から2002年にかけて諫早湾で行われた植物プランクトン出現種の調査でも同様の結果が得られている<sup>23)</sup>。水温に対する *R. imbricata* の培養実験では、ノリの色落ち被害を起こした時の現場水温15℃前後より、水温25℃のほうが増殖はより速く<sup>1)</sup>、今回の夏季と秋季における本種の出現はこの実験結果と一致する。本種は塩分が下がると一時的に増殖速度が増すため、2000年の11月上旬に降った平年の約9倍の降水量によって塩分が下がり、*R. imbricata* が増加したと推測されている<sup>1)</sup>。さらに、*R. imbricata* は他の珪藻と比較して、より低栄養条件下においても増殖できる特性をもっていたために、栄養塩が減少した12月以降も赤潮状態を維持することができ、今回のような長期間にわたっての大規模な被害に結びついていたとしている。

既報告では *R. imbricata* は外洋域に分布するとされている<sup>24, 25, 26)</sup>。これらの出現報告や、本種が比較的栄養塩の少ない環境でも増殖できることより<sup>1)</sup>、本種は外洋域を中心に分布することが推察されるが、沿岸域においても広く出現していることが考えられる。

#### 謝 辞

本報告の成果の一部は、2003年10月17日から19日及び2004年10月15日から17日にかけて長崎大学水産学部附属練習船鶴洋丸を活用して実施された長崎大学水産学部3年生海洋環境科学コースの乗船実習中に採取した試料に基づいている。この航海でお世話になった鶴洋丸船長の秋重祐章船長をはじめ乗組員の方々、実習指導を共に行った中田英昭教授、石坂丞二教授、鈴木利一助教授、実習補助の方々、海洋環境科学コース学部3年生のみなさんに感謝します。同じく本報告の一部、2004年2月9日及び10日の試料は長崎県総合水産試験場による浅海定線調査の際に採取された試料及び環境測定項目の調査結果を提供していただいた、長崎県総合水産試験場の山砥稔文氏、山本憲一氏及び水産試験場関係者の方々に感謝します。また、本研究の一部に文部科学省科学研究補助金（基盤研究S課題番号13854006）及び自然保護助成基金を使用した。

## 参考文献

- 1) 佐々木和之・鬼頭鈞: 有明海で発生した珪藻 *Rhizosolenia imbricata* Brightwell の増殖特性, 日本プランクトン学会報, **50**, 79-87. (2003)
- 2) 尾田成幸・富永剛・小谷正幸・洲上哲: 貝毒成分・有害プランクトン等モニタリング事業(1)赤潮調査, 平成12年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 195-207. (2001)
- 3) 九州農政局諫早湾干拓事務所: 第18回諫早湾干拓地域環境調査委員会資料, (2001)
- 4) 松岡数充・手崎桂介・岩滝光儀・水島康一郎: 2003年秋季の有明海に出現した植物プランクトンの種組成, 長崎大学水産学部研究報告, **85**, 13-20. (2004)
- 5) 小久保清治: 浮游珪藻類, 恒星社厚生閣, 330 pp. (1960)
- 6) Brooks, M.: Studies on the genus *Coscinodiscus*. II. Light, transmission and scanning electron microscopy of *C. asteromphalus* Ehrenberg, *Botanica Marina* **18**, 15-27. (1975)
- 7) Brooks, M.: Studies on the genus *Coscinodiscus*. III. Light, transmission and scanning electron microscopy of *C. granii* Ehrenberg. *Botanica Marina* **18**, 29-39. (1975)
- 8) Navarro, J. N.: A survey of the marine diatoms of Puerto Rico I. Suborders Coscinodiscineae and Rhizosoleniineae, *Botanica Marina* **24**, 427-439. (1981)
- 9) Navarro, J. N.: A survey of the Marine Diatoms of Puerto Rico II. Suborder Biddulphiineae: families Biddulphiaceae, Lithidesmiaceae and Eupodiscaceae, *Botanica Marina* **24**, 615-630. (1981)
- 10) Hoban, M. A.: Biddulphioid Diatoms II: The morphology and systematics of the pseudocellate species, *Biddulphia biddulphiana* (Smith) Boyer, *B. alternans* (Bailey) van Heurck, and *Trigonium arcticum* (Brightwell) Cleve, *Botanica Marina* **26**, 271-284. (1983)
- 11) von Stosch, H. A.: Some Marine Diatoms from Australian Region, especially from Port Phillip Bay and Tropical North-eastern Australia. *Brunonia* **8**, 293-348. (1985)
- 12) Rines, J. E. B. and Hargraves, P. E.: The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay, Rhode Island, USA. *Bibliotheca Phycologica* **79**, 1-196. (1988)
- 13) Fryxell, G. A. and Ashworth, T. A.: The diatom genus *Coscinodiscus* Ehrenberg: characters having taxonomic value, *Botanica Marina* **31**, pp. 359-374. (1988)
- 14) Hasle, G. R. and Lange, C. B.: Morphology and distribution of *Coscinodiscus* species from the Oslofjord, Norway, and the Skagerrak, North Atlantic. *Diatom Research* **7**, 37-68. (1992)
- 15) Moreno, L. and Licea, S.: Morphology of three Related *Coscinodiscus* Ehrenberg taxa from the Southern Gulf of Mexico and coastal North of Mexico. 11th Diatom Symposium 1990, pp. 113-127. (1993)
- 16) 福代康夫・高野英昭・千原光雄・松岡数充(編): 日本の赤潮生物—写真と解説—, 内田老鶴圃, 407 pp. (1997)
- 17) 千原光雄・村野正昭(編): 日本産海洋プランクトン検索図鑑, 東海大学出版会, 1574 pp. (1997)
- 18) Jensen, K. G. and Moestrup, O.: The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in inner Danish coastal waters. *Opera Botanica* **133**, 5-68. (1998)
- 19) 有害・有毒プランクトン観察手法と分類, 日本水産資源保護協会, 101 pp. (1998)
- 20) 松岡数充: 諫早湾における赤潮原因プランクトンの最近の変化, 月刊海洋 **35**, 246-250. (2003)
- 21) Okaichi, T. (ed.): Red Tides. Kluwer Scientific Publishing, 439 pp. (2003)
- 22) 長井敏・眞鍋武彦: 培養条件下における大型の珪藻類の *Coscinodiscus wailesii* の増大胞子形成, 日本プランクトン学会報 **40**, 151-167. (1994)
- 23) 手崎桂介: 諫早湾における珪藻および渦鞭毛藻の種組成と季節変動, 長崎大学水産学部卒業論文, 76 pp. (2003)
- 24) Hasle, G. R., Syvertsen, E. E and Tomas, C. R. (eds.): Identifying Marine Phytoplankton, Academic Press, 858 pp. (1997)
- 25) 藤岡城: 黒潮のプランクトン図鑑—奄美大島篇, 長崎県出版文化協会, 170 pp. (1990) 山路勇: 日本海洋プランクトン図鑑, 保育社, 25-27. (1986)
- 26) 山路勇: 日本海洋プランクトン図鑑, 保育社, 25-27. (1986)