〈調査報告〉

1995年5月の東京湾に発生した *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER 赤潮について

小 倉 久 子* 佐 藤 正 春**

A Bloom of *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER in Tokyo Bay in May 1995

Hisako OGURA* and Masaharu SATO**

* Chiba Prefectural Laboratory of Water Pollution, 3-5-1, Inage kaigan, Mihama-ku, Chida 261-0005 Japan

Abstract

Investigation was conducted on the outbreaks of bloom *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER in Tokyo Bay during the first two weeks of May 1995. The bloom broke out in Tokyo Bay early in May, spread to Sagami Bay and died out around May 20. According to our investigation, the bloom was 0.4m transparency, $117\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ chlorophyll, 1.5×10^5 cells $\cdot\text{m}^{-1}$ of the total amount of plankton and 17.0 mg $\cdot\text{l}^{-1}$ dissolved oxygen (218.9% saturation). Compared to the bloom of diatom which often breaks out in Tokyo Bay, *G. oceanica* was much higher in turbidity. Observed values of fluorescence intensity in water and DO have indicated that the outbreaks of the bloom reached the peak from May 8 through May 10. Although the cause and mechanism of the outbreaks of bloom have remained unknown, it is assumed that *G. oceanica* was led to Tokyo Bay by the meandering Japan Current and that conditions for its multiplication were met by the bay environment.

Key words: *Gephyrocapsa oceanica*, bloom, Tokyo Bay, density of plankton, turbidity

1. はじめに

1995年5月上旬から中旬にかけて、東京湾全域および相模湾の水色が泥水のような黄緑褐色に変色するという現象が生じた。千葉県水産試験場富津分場が漁業者から得た情報によれば、東京湾内が変色し始めたのは5月の連休後半ということであり、神奈川県水産総合研究所には5月4日に三浦半島東岸の金田湾の変色が報告されている¹⁾。

この変色現象は東京湾の内湾域から相模湾に広がったものとされており、石丸らの報告²⁾にあるように NOAA 14の可視画像によっても、5月6日、9日、10日の順に高濁度水の分布が東京湾から相模湾の方に広がっていったことが確認できる。

調査の結果、この海水変色はハプト藻の一種である *Gephyrocapsa oceanica* の異常発生によるものであることが判明した。著者らは今回の赤潮の発生期間中に、千葉県環境部（当時、以下同じ）の行っている東京湾定期調査も含めて数回の水質調査を行ったが、これまで東京湾におけるこの赤潮発生についてはほとんど報告がないと思われるので、その調査結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査日および調査地点

調査は、千葉県環境部の水質調査船「きよすみ」により、原因不明の海水変色が発生という第一報を受け取った1995年5月8日と、9日、10日、12日および15日におこなった。調査海域は、5月15日が富津岬以南から館山沖までの内房海域、それ以外の日には富津岬以北の内湾海域の、いずれも湾の東半分の千葉県側である。調査地点図を Fig. 1 に示す。これらの調査地点は千葉県が毎月1回実施している公共用水域水質調査の定点である。

2.2 水質調査の項目および方法

いずれの調査日も現場で一般気象、色相、透明度を観測し、多成分水質計（アレック電子製；モデル ADR-1000S）により、水温、電気伝導度、塩分、密度、濁度、溶存酸素量、溶存酸素飽和度、pH、蛍光強度（励起光 420~510nm、蛍光677nm）の鉛直分布を測定した。また、5月12日には上記に加えて表層水（水深0.5m）のクロロフィル a（ローレンツェン法³⁾）、5月9日、10日および15日にはさらに COD、栄養塩類等の水質分析も行った。水質分析方法は常法によった。

* 千葉県水質保全研究所 〒261-0005 千葉市美浜区稲毛海岸 3-5-1

** 元千葉県水質保全研究所

Fig. 1 Obserbation points in Tokyo Bay

2.3 プランクトンの計数と同定方法

プランクトン用試料はポリバケツにて表層水 2 l を採取し、直ちに50%グルタルアルデヒド40ml を加えて固定した。

この試水をプランクトン沈殿管中で静置沈殿法により30ml にまで濃縮し、均一化した後、0.1ml を分取して罫線幅0.5mm の計数盤に滴下し、カバーガラス (24mm×32mm) を被せて100~400倍で検鏡した。ただし、固定保

存できない種不明の微細鞭毛藻類 (Micro-flagellates) 等の定量には、生試料を使用して同上の操作を行い、計数・同定した。

また、*G. oceanica* の同定確認のために、電子顕微鏡 (日立 S-2400型走査電子顕微鏡) も用いた。

3. 結果と考察

3.1 調査海域の概況

5月8日の調査時には富津沖から江戸川放水路沖までの全域が泥水のような黄緑色~黄土色を呈しており、透明度は0.5m~0.6m と極端に低かった。しかし、表層水の塩分は湾の最奥部の Stn. 1 (Fig. 1 参照、以下同じ) で28.9、湾中央部の Stn. 14で32.3であり、この季節の通常値とほぼ変わらなかったことから、濁質が河川由来の土砂によるものではないと判断された。また、溶存酸素飽和度がやや過飽和であり、クロロフィル量の指標である水中蛍光強度および pH の値が高いことから、この海水変色は植物プランクトンの大発生によるものと推測された。

さらに同日、湾奥中央 (Stn. 8) の水を採取して実験室に持ち帰り光学顕微鏡で観察した結果、ハプト藻の一種であることが判明した。

5月9日、10日および12日には東京湾内湾海域の定期水質調査を行い、Table 1 に示す調査結果を得た。

15日には内房海域 (Stn. 21~27) の定期水質調査を行ったが、すでにこの海域の水質はほとんど通常の状態にもどっていた。

22日には富津沖の第一海堡から第二海堡にかけて、ハプト藻の死骸と思われるスカムが幅約100m の帯状に残っている程度であり、湾内のハプト藻赤潮は終息したと判断された⁴⁾。

神奈川県側の変色域は11日をピークに縮小し、城ヶ島では17日までに消滅した¹⁾。

3.2 透明度

透明度の最も低い値は5月10日に Stn. 7と Stn. 8で観測された0.4m であった。経時変化をみると、10日には湾

Table 1 Transparency, chlorophyll a and density of plankton in 1995

Stn.No.	Transparency (m)			Chl-a ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)			Density of plankton(cells $\cdot \text{ml}^{-1}$)	
	May9	May10	May12	May9	May10	May12	May9	May10
1		1.0	0.6		33.3	71.9		3.2×10^4
2		1.0	0.8		16.6	48.2		
3		0.6	0.5		117.0	75.3		8.6×10^4
4		0.9	0.6		62.7	44.6		5.5×10^4
5		0.6	0.5		70.7	50.5		9.4×10^4
6		0.6	0.7		76.7	20.6		
7		0.4	0.6		74.0	20.1		1.6×10^5
8		0.4	0.7		53.4	13.2		7.1×10^4
9		0.5	0.6		56.7	19.3		9.1×10^4
10		0.5	0.6		64.0	15.9		
11	0.6			50.2				
12	0.6			55.4				
13	0.9			46.7			1.1×10^5	
14	0.9			22.6				
15	1.0			22.0			6.4×10^4	
16	1.2			11.1				
17	1.0			11.3				
18	1.0			39.3				
19	1.1			32.7				
20	0.9			24.0			5.0×10^4	

Table 2 Representative red tide organisms and water quality in Tokyo Bay

Date	Stn.No.	Red tide organisms		Chl-a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	COD ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	Turb. ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	Trans. (m)
Jun 3, 1992	Stn.3	Raphidophyceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>	1150	48.0	---	0.3
Aug.2, 1995	Stn.3		Micro flagellates	79	11.0	5.1	1.0
Jun 5, 1996	Stn.9	Bacillariophyceae	<i>Skeletonema costatum</i>	240	10.0	6.6	0.9
		Raphidophyceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>				
Sep.4, 1996	Stn.3	Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> sp.	84	6.8	6.3	1.0
Jul. 2, 1997	Stn.1	Bacillariophyceae	<i>Skeletonema costatum</i>	75	11.0	8.1	1.1
May10, 1995	Stn.7	Haptophyceae	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	74	6.0	48.0	0.4

の最奥部 (Stn. 1~Stn. 4) の透明度は湾中央部 (Stn. 5~Stn. 10) よりもやや高い値であったが、12日には中央部と同程度まで低下し、調査した全域で0.5m~0.8mとなった。

3.3 クロロフィル a

5月9日、10日、および12日に調査した表層水クロロフィル a 濃度の最高値は Stn. 3 (水深 5 m) の $117\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (5月10日) であった。千葉県では赤潮発生の目安として「透明度1.5m 以下、溶存酸素飽和度150%以上、クロロフィル a 濃度が $50\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度以上」等を定めている⁵⁾が、今回の赤潮は海水の変色度合が著しい海域でもクロロフィル a 濃度は $50\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ まで達していない地点が多かった。

これまでに千葉県が行った調査^{5,6)}から、東京湾で頻繁に発生する珪藻 (*Skeletonema costatum* および *Cyclotella* sp.), ラフィド藻 (*Heterosigma akashiwo*) および微細鞭毛藻類の赤潮を抽出し、その時の COD, クロロフィル a, 濁度および透明度を Table 2 に示した。1992年6月3日の *H. akashiwo* 赤潮の発生時に観測されたクロロフィル a の $1,150\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ という値は東京湾千葉県側の海域で1990年以降に観測された最高値であり、このときの透明度は0.3m, pH8.9, 総細胞密度 $2.4\times 10^5\text{cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ であった。同表の下段に示した *G. oceanica* の値と比較すると、*G. oceanica* はラフィド藻だけでなく珪藻よりも、透明度に比べてクロロフィル a の含有量が少ないといえる。

クロロフィル a の水平分布の経時変化をみると、5月10日には透明度と同様に湾奥部よりも湾中央部のほうが濃度が高かったが、12日になると奥部の濃度が増加し、湾中央部では減少していた。一方、透明度については上述のように湾中央部の低い値は12日にも維持されていることから、12日の湾中央部のプランクトンは活性が落ちていた可能性が高い。

3.4 プランクトン

プランクトン優占種は、まず光学顕微鏡により coccolith をもつハプト藻であることが確認された。さらに、電子顕微鏡を用いて形状をより詳細に観察した結果、楕円形の coccolith の短軸付近にアーチを有する等の特徴から、*Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER と同定された^{7,8)}。電子顕微鏡写真を Fig. 2 に示す。

5月9日、10日の調査では10測点でプランクトン種の同定および計数を行った。Table 1 に表層水中のプランクトン総細胞密度を示す。また、Stn. 7, Stn. 8および Stn. 20における出現種の密度を Table 3 に示す。細胞密度の

Fig. 2 Scanning electronmicrograph of *Gephyrocapsa oceanica*

最高値は $1.6\times 10^5\text{cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Stn. 7), 最低値でも $3.2\times 10^4\text{cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Stn. 1) で、*G. oceanica* がそのほとんどを占める海域が多かった。それ以外で比較的密度が高かった種は、*S. costatum*, 種不明の微細鞭毛藻類、ユーグレナ藻であった。

なお、前月の定期調査時 (4月11日および13日) に、Stn. 1から Stn. 20の全域で、すでに $0.8\text{cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Stn. 1) ~ $111\text{cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Stn. 9) の *G. oceanica* が検出されており⁵⁾、それらが5月に入って急に増殖したものと推察される。

3.5 濁度, 溶存酸素飽和度, 水中蛍光強度

95年5月の初旬から中旬というのは東京湾内湾部の成層化が始まった時期であり、表層 (水深0.5m) 水温は $17.5\sim 20.3^\circ\text{C}$, 底層 (海底上1 m) 水温は $16.4\sim 17.7^\circ\text{C}$ であった。

5月8日、10日および12日の湾奥中央部 (Stn. 8) にお

Table 3 Composition of plankton at upper layer of three sampling points of Tokyo Bay on May 10, 1995

(May 10, 1995)			
	cells(indiv.) · ml ⁻¹		
	Stn. 7	Stn. 8	Stn. 20
Deposits (ml · m ⁻³)	175	175	200
PHYTOPLANKTON			
<i>Prorocentrum minimum</i>	4	9	0.2
<i>Dinophysis acuminata</i>	11	2	0.4
<i>Noctiluca scintillans</i>	+	0.6	+
Gymnodiniales	+		0.4
<i>Gyrodinium</i> spp.	2	0.6	0.6
<i>Gonyaulax verior</i>	25	2	
<i>Oblea</i> sp.	2		0.4
<i>Protoperidinium conicum</i>		+	+
<i>Protoperidinium excentricum</i>	+		
<i>Protoperidinium oblongum</i>	2	+	+
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0.6	1	
<i>Protoperidinium</i> spp.	+	+	0.2
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	84	2	1
<i>Distephanus speculum</i> v. <i>octonarius</i>		0.6	
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	151,200	56,160	49,280
<i>Skeletonema costatum</i>	571	6,732	136
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	2	6	0.2
<i>Coscinodiscus walleii</i>		+	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+	+	+
<i>Actinopteryx senarius</i>		+	
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	9	41	3
<i>Rhizosolenia setigera</i>		0.6	
<i>Chaetoceros affine</i>		9	2
<i>Chaetoceros danicum</i>	4	2	
<i>Chaetoceros debile</i>	5	15	
<i>Chaetoceros</i> spp.	+	13	
<i>Cerataulua pelagica</i>	+	5	
<i>Ditylum brightwellii</i>		+	
<i>Eucampia zodiacus</i>	11	22	0.4
<i>Nitzschia pungens</i>	1	19	16
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.6	0.6	0.2
Euglenophyceae	77	173	46
Micro-flagellates	6,080	8,480	1,440
ZOOPLANKTON			
<i>Mesodinium rubrum</i>		13	8
<i>Tiarina fusus</i>	+		
<i>Tintinnopsis</i> spp.		0.6	0.4
<i>Helicostomella fusiformis</i>			+
<i>Helicostomella longa</i>		0.6	
<i>Eutintinnus</i> cf. <i>rectus</i>			+
Naked Ciliata	2	12	2
<i>Oithona davisae</i>	+	+	
<i>Oikopleura dioica</i>	+		
Nauplius larva of Copepoda	0.6	+	
Nauplius larva of Cirripedia		+	
Total	158,093.8	71,722.2	50,937.4
Number of <i>G. oceanica</i> / Total	96%	78%	97%

(+: Detected qualitatively)

ける溶存酸素飽和度、濁度および水中蛍光強度の鉛直分布を Fig. 3(a)~(c)に示す。

5月8日の濁度および溶存酸素飽和度は表層部で最も高く、水深とともに減少していた。また、蛍光強度の極大値は水深約3mの位置にあり、それ以深では約10mまでほとんど直線的に減少した。5月10日の観測では Fig. 3(b)に示すように蛍光強度の極大が8日よりやや浅い位置にシフトしたほかはほぼ同じパターンであったが、10m以浅の溶存酸素飽和度と濁度は8日より増加していた。その後、12日になると濁度、溶存酸素飽和度、蛍光強度はどれも海面から水深約13mまで均一になった (Fig. 3(c))。そして、濁度は引き続きこの水深まで非常に高かったが、蛍光強度は10日と比較して大きく減少し、溶存酸素飽和度もほぼ100%になり、プランクトンの活性が低下していることがうかがえた。これらの観測値から、東京湾内の *G. oceanica* 赤潮のピークは5月8日

Fig. 3 Vertical distribution of fluorescence (■), DO(%) (●), and turbidity (▼) at Stn. 8 (May 8, 10, 12, 1995)

から10日ごろであったものと推測された。

なお、今回の一連の調査で得られた溶存酸素量、濁度、蛍光強度の最高値はそれぞれ、 $17.9\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (飽和度218.6%；5月10日, Stn. 5, 水深0.5mの値), $51.4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (10日, Stn. 5, 水深0.68mの値), 3,964 A.U. (11日, Stn. 5, 水深0.68mの値)であった。

今回のハプト藻赤潮は Table 2に示したように、東京湾で通常発生する珪藻などの赤潮と比較して濁度が際立って高いのが大きな特徴であった。上述の最高値以外でも5月10日の表層水の濁度は、Stn. 7が $48.2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, Stn. 9が $37.0\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ というように、軒並み際だって高い値となっていた。Table 2の例以外でも、*G. oceanica* 赤潮の終息後に発生した *H. akashiwo* (6月6, 7日調査)では、クロロフィル a 及び濁度がそれぞれ、Stn. 13で $40.7\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, $3.6\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, Stn. 4で $29.8\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, $3.1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。これらの値と比較すると、同程度のクロロフィル a 濃度に対して *G. oceanica* 赤潮は約10倍の濁度であった。

3.6 その他の水質分析結果

5月9日および5月10日に調査した内湾部 (Stn. 1~Stn. 20) の表層水の水質分析結果を20地点の平均値および最大値、最小値としてまとめ、Table 4に示す。また比較のために、前年 (1994年) 同月の内湾部水質調査結果⁶⁾も同表に掲げた。1994年5月10, 11日の東京湾の湾奥部には渦鞭毛藻の *Ceratium fusus*, *Gonyaulax verior*, Micro-flagellates および珪藻の *S. costatum* の赤潮が発生しており、5月としては平均的なプランクトン組成

Table 4 Average, maximal, and minimal values of water quality of upper layer (Stn. 1~Stn. 20)

	May 9,10 1995		May 10,11 1994	
	Average	(Max.~min.)	Average	(Max.~min.)
Water Temperature(°C)	18.7	(20.3~17.5)	18.7	(19.7~17.8)
Salinity	29.5	(32.1~22.8)	30.9	(33.8~24.0)
DO(mg · l ⁻¹)	12.1	(17.0~7.5)	8.9	(10.9~4.9)
DO Saturation Rate(%)	154	(218~96)	112	(141~63)
pH	8.3	(8.6~8.0)	8.4	(8.5~7.7)
COD(mg · l ⁻¹)	5.2	(9.1~2.4)	5.8	(12.9~2.6)
Dissolved COD(mg · l ⁻¹)	2.5	(3.9~1.5)	3.4	(6.3~1.7)
Chlorophyll a(μg · l ⁻¹)	47.0	(117~11.1)	33.1	(105~4.0)
NH ₄ -N(mg · l ⁻¹)	0.16	(0.70~0.01)	0.12	(0.44~0.03)
NO ₂ -N(mg · l ⁻¹)	0.049	(0.087~0.029)	0.040	(0.091~0.002)
NO ₃ -N(mg · l ⁻¹)	0.33	(0.59~0.21)	0.20	(0.45~0.01)
PO ₄ -P(mg · l ⁻¹)	0.016	0.120~<0.005)	0.020	0.146~ <0.005)
T-N(mg · l ⁻¹)	1.20	(2.21~0.81)	1.05	(2.00~0.41)
T-P(mg · l ⁻¹)	0.090	(0.202~0.056)	0.102	(0.268~0.026)

であった。

両年の水質を比較してみると、95年はDO、クロロフィル a および無機態窒素の濃度が94年よりも高めであり、このうちDOは全地点で94年よりも高い値であった。DOの違いは、94年5月は赤潮発生域が湾奥部に限られていたのに対し、95年は調査海域全域にわたって *G. oceanica* の赤潮が発生していたことによるものである。また無機態窒素濃度が高かったのは、調査前(5月5日)の降雨(23mm)の影響と考えられるが、そのために塩分が低下しており、降雨が外洋性種である *G. oceanica* の異常発生要因となった可能性は小さい。

一方、pH、COD、全リン濃度は同程度または前年よりもやや低めであった。*G. oceanica* 赤潮は上述のように濁度が非常に高いのが特徴であるが、COD濃度がさほど上昇しなかったことは、ハプト藻が炭酸カルシウムの殻を持つことから考えて当然のことともいえる。

4. おわりに

東京湾では夏季を中心にひんぱんに赤潮が発生しているが、ほとんどは珪藻、ラフィド藻、渦鞭毛藻によるもので^{5,9~11)}、褐色～赤色を呈している。したがって、今回の *G. oceanica* 赤潮で生じた、非常に広範囲にわたる泥水のような黄褐色の変色現象に対し、初期の時点ではマスコミが河川からの泥水と報道するなど、混乱した場面がみられた。

G. oceanica は日本近海に一般的に生息している種であり、東京湾では湾口部から沖合いに出現することが多いといわれているが、内湾部については1988年の本牧沖に出現した例がある⁷⁾のみで、今回のように東京湾に広範囲にしかも高濃度に発生したという報告はない。

1995年の春季には黒潮が蛇行して日本列島に近づいていたといわれており⁴⁾、たまたま *G. oceanica* を含む外洋水が東京湾に入り込み、湾内の水域環境と増殖の条件が一致したという可能性が考えられる。本種が外洋性プランクトンであるということから、東京湾内での大発生が湾内の水質悪化を意味するものではないと思われる。1996年5月には伊勢湾においても *G. oceanica* の赤潮発生の報告もあり¹²⁾、今後はそのときの環境条件も併せて

比較検討し、発生原因等についてさらに検討していきたい。

謝 辞

本調査は、千葉県環境部水質保全課水質監視係(当時)と共同で行ったものです。ご協力に深く感謝いたします。また貴重な情報を下さいました千葉県水産試験場富津分場の山口利夫室長および庄司紀彦技師(いずれも当時)、および電頭写真撮影にご協力いただきました千葉県環境研究所石井克巳上席研究員、同水質保全研究所飯村晃上席研究員、新日本気象海洋(株)環境創造研究所の皆様にも厚く御礼申し上げます。

(原稿受付 2000年6月16日)

(原稿受理 2000年12月4日)

参 考 文 献

- 1) 山田佳昭, 清水顕太郎, 岩田静夫 (1996) 1995年5月の東京湾近傍における海水変色現象, 第6回東京湾検討会発表要旨集, 3-4.
- 2) 石丸隆, 川村宏 (1995) 東京湾, 相模湾に出現した円石藻の大規模ブルーム, 1995年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 262-263.
- 3) 上水試験方法 (1993年版) VI-4.20, pp. 444-446, 日本水道協会, 東京.
- 4) 千葉県水産試験場富津分場 (1995) 東京湾海況速報第2報, 第3報.
- 5) 小倉久子, 佐藤正春(ら) (1995~) 赤潮等プランクトン調査, 千葉県水質保全研究所年報.
- 6) 千葉県環境部 (1991~) 公共用水域水質測定結果および地下水の水質測定結果.
- 7) 福代康夫他編 (1990) 日本の赤潮生物—写真と解説—, pp. 362-363, 内田老鶴圃, 東京.
- 8) 石井克巳, 内藤季和 (1995) 環境制御型走査電子顕微鏡を用いた環境中未知試料の観察例について, 千葉県環境研究所研究報告, 27, 79-82.
- 9) 佐藤正春 (1991) 東京湾の赤潮プランクトンについて, 全国公害研究会誌, 16, 11-15.
- 10) 山口征矢 (1997) 2-2 赤潮「東京湾の生物誌」(沼田眞・風呂田利夫編), pp.30-33, 築地書館, 東京.
- 11) 野村英明 (1998) 1900年代における東京湾の赤潮と植物プランクトン群集の変遷, 海の研究, 7, 159-178.
- 12) Kai, M., Hara, T., Aoyama, H. and Kuroda, N. (1999) A Massive Coccolithophorid Bloom Observed in Mikawa Bay, Japan, *Journal of Oceanography*, 55, 395-406.