

1990年夏季に佐賀県有明海で発生したシャトネラ赤潮—I

— 発生状況 —

野田 進治・大隈 斉・古賀 秀昭

Red Tide of *Chattonella antiqua* in Saga Ariake Sea in Summer.1990- I Occurrence of Red Tide

Shinji NODA, Hitoshi OHKUMA and Hideaki KOGA

まえがき

佐賀県有明海で発生する赤潮のうち、ノリ養殖時期における珪藻類については栄養塩の挙動と関係することもあって、多くの知見が得られている¹⁻¹¹⁾。一方、珪藻以外の渦鞭毛藻、ラフィド藻類等の赤潮も夏季には恒常的に発生しており、一般的な構成種として、*Heterosigma akashiwo*, *Gymnodinium sanguineum* 等が知られている^{9,10,12)}。特に、魚介類に大きな被害を与える種類として *Chattonella antiqua* があげられるが¹³⁾、同

種の発生は当海域において近年までなく、1984年8月に *G.sanguineum*, *Ceratium furca* と複合して初めて赤潮となった^{10,14)}。その後3年ほど赤潮とはならなかったものの、1988年以降3ヶ年連続して赤潮となり、恒常化した感さえある。1990年には1989年に引き続き、コノシロ、ワラスボ、雑ガニ等の天然魚介類の斃死もみられ、水産業に与える影響が懸念されたため若干の調査を行なったので、以下に報告する。

材料及び方法

調査は図1に示した6地点で実施した。採水層は表・底層の2層(地点により中層を加えた3層)で、北原式採水器により採水し、水温、塩分、*C. antiqua* の細胞数を測定した。

また、*C. antiqua* 赤潮のほぼピーク時であった8月7日には、溶存酸素量(以下DOと略す)を早朝と日中の2回測定した。

平均気温、降水量、日照時間、風速、風向は佐賀県気象月報(佐賀地方気象台気象月表)によった。光量子量は米国LI-COR社製LI-1000を使用し、センサー(LI-190SA)を当水試屋上に設置し、1時間積算値の測定から1日積算値として求めた。

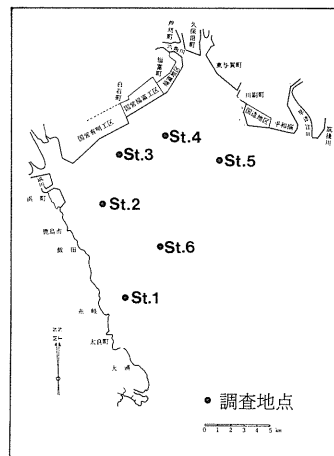


図1 調査地点

結果及び考察

1. 発生経過

C. antiqua 赤潮の発生経過を図2に示した。

7月26日に St.1,2,5,6で *C. antiqua* が初認された。この時の最高細胞数は St.2 の表層で40cells・ ml^{-1} であった。なお、当海域で確認する以前の7月上・中旬に、福岡県、熊本県の有明海において *C. antiqua* が確認されていた¹⁵⁾。

7月30日には St.2 の表層で細胞数は1,420 cells・ ml^{-1} となり、着色域がみられた。また、この付近でコノシロの斃死個体が散見された。

8月1日には着色域は St.3付近一帯と東部海域に形成されていた。*C. antiqua* 以外には、*C. furca*、*Skeletonema costatum*、クリプト藻 (*Chroomonas* sp.) 等の微小藻類等がみられたが、量的には少なかった。斃死個体はコノシロを中心に、グチ、ウナギ、エツ等が散見された。

8月2日には St.3 の底層で5,790cells・ ml^{-1} を示す等、St.1~4で細胞数は増加し着色域は拡大傾向にあった。

8月4日には着色域はさらに拡大し、湾奥部全域に広がった。少数ではあるが依然として、コノシロを中心にワラスボ、雑ガニ、フグ等の斃死個体が見られた。

8月6日には着色域は南西海域及び沖合域へと拡大したが、東部海域の St.5では細胞数は表層で260cells・ ml^{-1} 、底層で60cells・ ml^{-1} と減少傾向となった。

8月8日には着色域は東部海域で縮小傾向となったが、St.1の表層で9,700cells・ ml^{-1} と今季の最高細胞数を示した。コノシロを中心とする天然魚介類の斃死個体はかなり減少した。

8月10日には各地点で細胞数は減少し、着色域も西部海域に限られてきた。*C. antiqua* 以外には、*Gyrodinium fissum* (Max.790cells・ ml^{-1})、*S. costatum* (Max.650cells・ ml^{-1})、*C. furca* (Max.100cells・ ml^{-1}) 等が見られた。天然魚介類の斃死個体はみられなくなった。

8月13日には *C. antiqua* は各地点とも全く確

認されず、優占種は *G. fissum* (Max.2,710cells・ ml^{-1}) であった。

このように、当初西部海域の St.2 で着色域がみられ、滞流域とされる St.3 付近^{16,17)}に期間を通じて濃密な群が常在しこれを中心に増殖が進行し、ほぼ佐賀県有明海全域で赤潮状態となった。その後、南西海域の St.1 で細胞数が増加し、東部海域では細胞数が減少傾向となり着色域も東部海域から縮小し始めた。この細胞数及び着色域の推移は、有明海の反時計回りの恒流^{18,19)}の影響を受けたのかもしれない。

以上のように、1990年佐賀県有明海における *C. antiqua* の発生期間は7月26日から8月13日までの約3週間であり、赤潮状態となったのは7月30日から8月10日までの12日間、ピークは8月4日から8月8日頃であった。発生期間の長さや細胞数で見ると、佐賀県有明海では過去最大規模の *C. antiqua* 赤潮であった。また、1989年に続き天然魚介類の斃死個体が見られた。コノシロがほとんどであったが、他に、ワラスボ、雑ガニ、フグ、グチ、ウナギ、エツ等多種にわたっていた。なお、*C. antiqua* の細胞の大きさは、増殖のピーク時である8月8日に採取した50個体を測定した結果、 $90.7\mu\text{m}$ (45~130 μm) \times 23.2 μm (15~30 μm) であった。

2. *C. antiqua* 赤潮の発生と環境との関連

1) 発生段階による環境との関連

1990年の *C. antiqua* 出現前後の旬別平均気温、降水量、日照時間を表1に、気象と *C. antiqua* 細胞数及び水質 (6地点平均値) を図3に示した。

(1) 発生直前期

7月26日に *C. antiqua* が初認されたが、それ以前の気象、海況は以下のとおりであった。旬別平均気温は7月上旬から7月下旬まで平年値を1.1~1.9°C上回り、水温は7月23日の浅海定線の平均値で、29.2°C (6地点平均値29.1°C) と平年より3.3°C高く、極めて高温であった。降水量は、7月

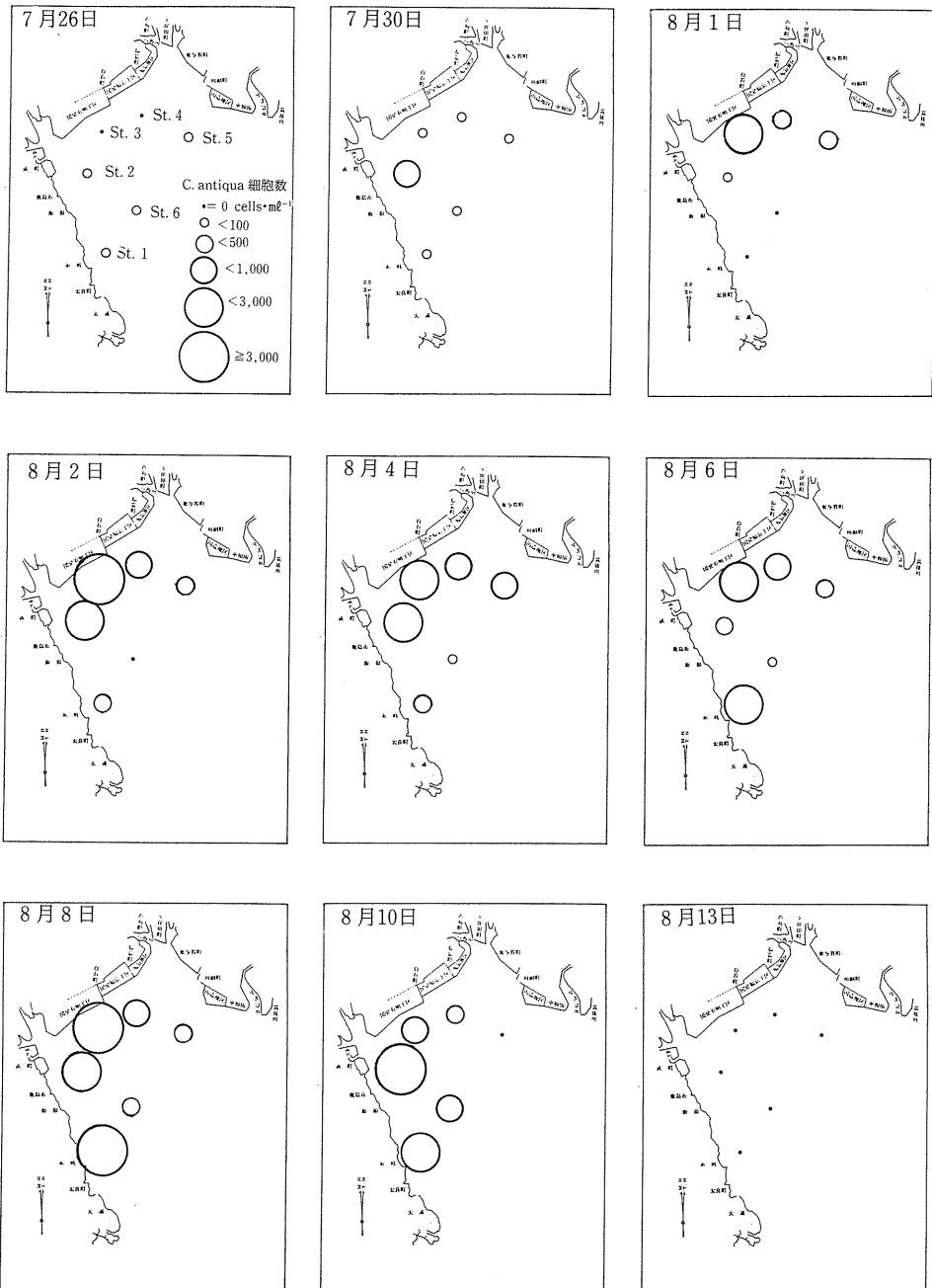


図2 1990年佐賀県有明海における *C. antiqua* の発生経過

表1 *C. antiqua*出現前後の旬別平均
気温, 降水量, 日照時間

月・旬	平均気温(°C)		降水量(mm)		日照時間(hr)	
	1990年	平年	1990年	平年	1990年	平年
7・上	26.3	25.2	333.0	187.7	67.8	32.0
7・中	27.9	26.8	61.5	91.0	55.4	53.9
7・下	29.8	27.9	9.5	69.3	110.1	79.4
8・上	29.8	27.9	6.0	52.6	93.3	71.9
8・中	29.1	27.7	49.0	58.3	81.3	68.8

※佐賀県気象月報(佐賀地方気象台気象月表)による

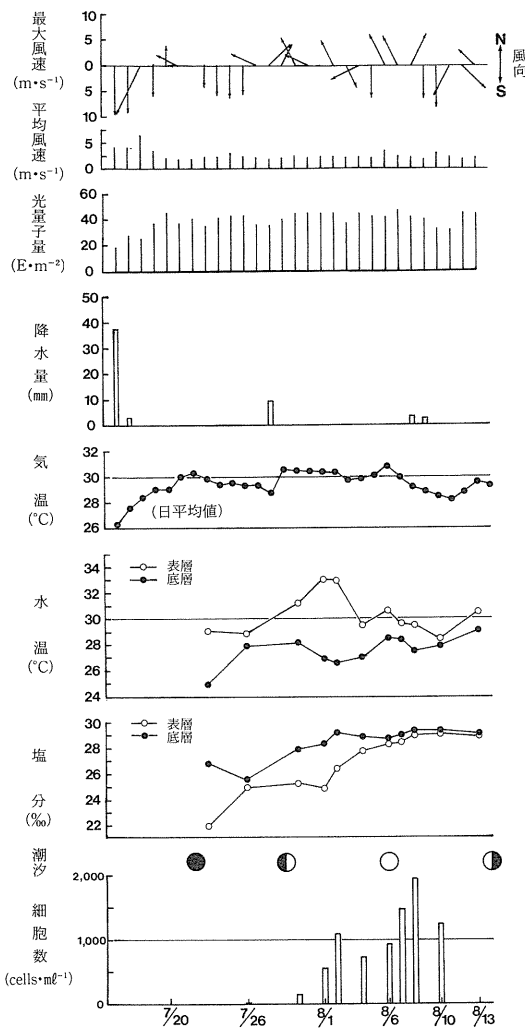


図3 *C. antiqua*出現前後の気象, 水質及び
*C. antiqua*細胞数(6地点平均値)

上旬に333.0mmと平年を大幅に上回っており, 梅雨明け5日後であった7月23日の塩分は, 表層で21.6(6地点平均値21.9%)と低い値を示したが, この時期としてはほぼ平年並であった。日照時間は7月上旬から7月下旬までは平年比1.03~2.12とかなり多く, 光量子量は*C. antiqua*の出現1週間前の7月20日からほぼ安定して40E·m⁻²前後で推移していた。

一般的な知見として*C. antiqua*の好適水温は20~30°C²⁰⁾, 好適塩分は20~30‰²¹⁾で, 発生前の日照時間が多く^{21,22)}, 水温上昇期に発生しやすいとされている²³⁾ことから, 発生条件は揃っていたと思われた。

また, 7月23日の調査点の表・底層の水温, 塩分較差は4.2°C, 4.9‰と大きかったが, *C. antiqua*が初認された7月26日には, それぞれ0.9°C, 0.6‰と急激に小さくなっていったことから, この間に海水の鉛直混合が起こり成層が崩れたことがうかがえた。

なお, 7月7日から7月15日にかけて当海域に*S. costatum*を優占種とする赤潮が発生していた。

(2) 増殖期

*C. antiqua*の初認日である7月26日からピーク時の8月8日まで(増殖期)の降水量は13.0mmと極めて少なかった。光量子量はほぼ40E·m⁻²以上と安定して高く, 日照時間も平年比1.30~1.39と多かった。増殖期の調査点の平均水温は表層28.2~33.0°C, 底層26.5~28.4°Cとかなり高めで経過し, 8月4日のSt.3の表層で34.2°Cと期間中の最高値を示した。塩分は表層24.9~29.0‰, 底層25.6~29.4‰であった。

また, 7月30日から8月4日にかけては表・底層の水温と塩分の較差は大きく(最高値6.1°C, 3.4‰), 成層が明瞭であった。これは, 安定した天候と海水の変動及び交換等が少ない小潮時が重なり, 平均風速も図3に示すように2m·s⁻¹前後で風状態が続いたためと考えられた。

日射量の増加と水塊の安定性は*C. antiqua*の増殖を促進する方向に作用するとされており²⁴⁾, 前述のような安定した天候と海況が, *C. antiqua*

を大規模な赤潮まで発展させた一要因になったものと考えられた。

8月6日には表・底層の水温、塩分較差はそれぞれ2.2°C、0.6‰と小さくなったが、これは大潮に風(平均風速3.2m・s⁻¹, 最大風速6.7m・s⁻¹)も加わったことで、海水の鉛直混合が起こったためと思われた。しかし、8月8日には図3で示したように調査点の平均細胞数は1,950cells・mL⁻¹と期間中最高となり、ピークに達した。

(3) 終息期

C. antiqua の細胞数の減少期は大潮から小潮にかけてであった。

8月10日には表・底層の水温、塩分較差は0.6°C、0.3‰と8月6日よりさらに小さくなり、海水の鉛直混合がより進んだものと思われた。塩分は表・底層で29‰以上と発生当初と比べると3~4‰高くなった。このような海況下で *C. antiqua* 赤潮は終息し、8月13日には *C. antiqua* は全くみられなくなった。

2) *C. antiqua* の細胞数と水温、塩分との関係

C. antiqua の細胞数と水温、塩分との関係を図

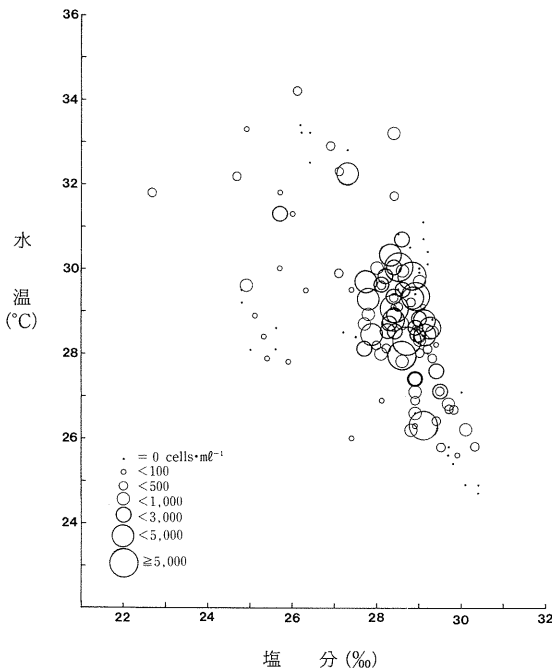


図4 *C. antiqua*細胞数と水温・塩分の関係

4に示した。発生期間中の水温範囲は24.9~34.2°C、塩分は18.6~30.4‰であった。細胞数が多かったのは水温26~31°C、塩分27.7~29.5‰の範囲であった。これがそのまま、*C. antiqua* の好適水温、塩分であるとは言えないが、当海域においてある程度の出現予測の指標になると思われた。また、表層水温が28~30°Cという高水温域で高密度に分布する例は多く知られているが²⁵⁾、当海域では32.3°Cで3,740cells・mL⁻¹、34.2°Cで160cells・mL⁻¹と32°C以上の高水温でも分布が認められた。

3) *C. antiqua* の細胞数の鉛直分布状況

C. antiqua の細胞数の鉛直分布状況を図5に示した。地点、調査日により異なった鉛直分布状況を示した。例えば、St. 2, 3で8月2日(快晴)のほぼ同時刻(15:02, 15:13)に調査したが、St. 2は表層ほど細胞数が多く、St. 3は底層ほど多い傾向があった。同地点でも調査日により鉛直分布状況は異なっており、*C. antiqua* はある程度濃密な部分を形成し移動していることがうかがわれた。しかし、明確な移動状況は不明であり、有明海湾奥部は濁度が高く干満の差が大きい等一般の海域とは異なった特徴を持っていることから、今後、*C. antiqua* の鉛直移動については詳細な調査が必要であろう。

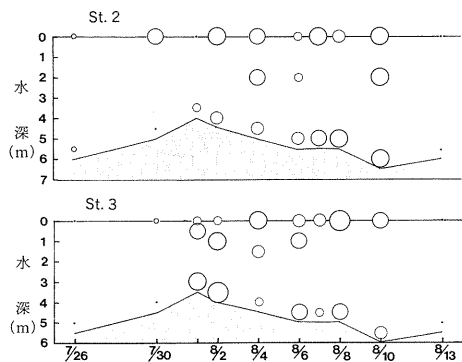


図5 *C. antiqua*細胞数の鉛直分布状況

・ = 0 cells・mL⁻¹ ○ <3,000 cells・mL⁻¹
 ○ <100 ○ <5,000 "
 ○ <500 ○ <1,000 "
 ○ <1,000 ○ ≥5,000 "

表2 1990年8月7日におけるDOと*C. antiqua*細胞数

調査時刻		5:00~6:00				10:00~11:30			
調査地点	項目	水深	DO	飽和度	細胞数	水深	DO	飽和度	細胞数
		(m)	($\text{ml} \cdot \ell^{-1}$)	(%)	($\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$)	(m)	($\text{ml} \cdot \ell^{-1}$)	(%)	($\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$)
St. 1	表層	0	4.11	85.0	6,630	0	7.38	155.7	2,850
	中層	3.0	4.15	85.2	7,100	—	—	—	—
	底層	5.5	3.19	65.0	2,710	7.0	2.52	51.9	330
St. 2	表層	0	4.10	85.5	2,550	0	6.83	143.7	4,100
	中層	1.5	4.17	86.8	3,330	—	—	—	—
	底層	3.5	3.93	81.5	2,530	5.0	3.38	74.3	1,070
St. 3	表層	0	3.46	72.3	5,740	0	7.73	164.5	610
	底層	3.0	3.44	71.5	6,910	4.5	2.49	51.3	330
St. 4	表層	0	4.72	97.7	2,510	0	7.86	168.0	4,580
	底層	2.5	4.62	95.0	1,880	4.0	3.97	82.9	490

4) *C. antiqua* 赤潮ピーク時のDO

天然魚介類の斃死の一原因として、*C. antiqua* 増殖によるDOの低下が考えられたため、赤潮のほぼピーク時であった8月7日に調査を行なった。各調査点の水深別のDO、飽和度及び*C. antiqua*の細胞数を表2に示した。DOが最も低下する明け方(午前5:00~6:30)には、細胞数が多かったSt.1のDOは表層 $4.11\text{ml} \cdot \ell^{-1}$ (飽和度85.0%、細胞数 $6,630\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$)、中層 $4.15\text{ml} \cdot \ell^{-1}$ (85.2%、 $7,100\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$)、底層 $3.19\text{ml} \cdot \ell^{-1}$ (65.0%、 $2,710\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$)を示し、魚介類が酸素欠乏を引き起こす²⁶⁾ほど低くなかった。他の地点においても飽和度は60%以上であった。一方、正午前(午前10:00~11:30)には、細胞数が少なかった底層のSt.1で $2.52\text{ml} \cdot \ell^{-1}$ 、St.3で $2.49\text{ml} \cdot \ell^{-1}$ 等とむしろ低い値を示した。いずれにしても、DOは酸素欠乏を引き起こすほど低い値ではなく、天然魚介類の直接の斃死原因とは考えられなかった。

当海域においては表3に示したように、これまで4件の*C. antiqua*赤潮が発生している。共通した特徴として、いずれも年間で最も高水温期となる7~8月に発生し、また、*C. antiqua*赤潮発生

前後には、*C. furca*、*S. costatum*、*G. fissum*及び*G. sanguineum*が多くみられ、さらに、西部海域での発生が多いことがあげられた。

今回についても、同様の特徴がみられたが、その初期発生海域及び発生機構等については不明な点が多い。*C. antiqua*はシストから発芽し増殖することから²²⁾、今後シスト分布調査等を実施することによりそれらの解明を図る必要があろう。また、1989年以降*C. antiqua*赤潮が大規模化し、天然魚介類の斃死も2年連続してみられていることから、今後、より厳重な監視が必要であろう。

表3 佐賀県有明海における*C. antiqua*赤潮の発生(1989年以前)

No.	発生時期	発生海域	細胞数(Max.)	漁業被害
1	1984. 8.14 ~8.29	全域	430 $\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$	無
2	1988. 8.22 ~8.29	西部海域	3,990 $\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$	無
3	1989. 7.13 ~7.14	西部海域	1,000 $\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$	無
4	1989. 8.17 ~8.18	西部海域	2,780 $\text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$	天然魚介類の斃死 (コノシロ、ボラ、ウナギ等)

要 約

1. 1990年7月26日から8月13日において佐賀県有明海に *Chattonella antiqua* が発生し、赤潮状態となった。コノシロ等の天然魚介類の斃死がみられ、8月8日には最高細胞数 $9,700\text{cells}\cdot\text{mL}^{-1}$ を示した。
2. 発生期間中の水温は $24.9\sim 34.2^{\circ}\text{C}$ 、塩分は $18.6\sim 30.4\%$ であった。細胞数が多かったのは水温 $26\sim 31^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $27.7\sim 29.5\%$ の範囲であった。
3. *C. antiqua* の細胞数の鉛直分布状況は、地点、調査日により異なっていた。
4. 天然魚介類の斃死の一原因として、*C. antiqua*

増殖によるDOの低下が考えられたため、最も低下する明け方近く調査を行なったが、DOは酸素欠乏を引き起こすような低い値ではなかった。

5. 当海域においては今季も含めて、これまで5件の *C. antiqua* 赤潮が発生している。共通した特徴として、いずれも年間で最も高水温期となる7～8月に発生し、また、*C. antiqua* 赤潮発生前後には、*C. furca*、*S. costatum*、*G. fissum* 及び *G. sanguineum* が多くみられ、さらに、西部海域での発生が多いことがあげられた。

文 献

- 1) 佐賀県有明水試 1983：昭和57年度九州海域赤潮予察調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、89-120。
- 2) 佐賀県有明水試 1984：昭和58年度九州海域赤潮予察調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、61-96。
- 3) 佐賀県有明水試 1985：昭和59年度九州海域赤潮予察調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、59-79。
- 4) 佐賀県有明水試 1986：昭和60年度九州海域赤潮調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、53-70。
- 5) 佐賀県有明水試 1987：昭和61年度九州海域赤潮調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、79-98。
- 6) 佐賀県有明水試 1988：昭和62年度九州海域赤潮調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、69-88。
- 7) 佐賀県有明水試 1989：昭和63年度九州海域赤潮調査報告書（西海ブロック）。水産庁他、37-55。
- 8) 北嶋博卿・野口敏春 1980：海況観測結果からみた漁場環境の特徴について。佐有水試報、(7), 1-1。
- 9) 川村嘉成・北嶋博卿・小澄千尋・山下康夫 1986：六角川河口沖合定点における微細環境-I、珪藻類と水温・塩分・栄養塩類との関連について。佐有水試報、(10), 71-88。
- 10) 古賀秀昭 1986：昭和59年度における植物プランクトンの出現状況とその発生予測について。佐有水試報、(10), 89-99。
- 11) 古賀秀昭 1990：光量子と日照時間・全日射量及び珪藻類増殖との関連。佐有水試研報、(12), 67-74。
- 12) 安部 昇・松尾新一他 1984：有明海・福岡湾に発生する赤潮生物の増殖を支配する物理、化学的要因に関する比較研究。大規模赤潮の形成及び赤潮被害防止に関する研究、5年間の研究成果、125-137。
- 13) 香川県 1979：昭和53年6月発生ホルネリア赤潮に関する調査報告書。
- 14) 水産庁九州漁業調整事務所 1985：九州海域の赤潮（昭和59年）。
- 15) 水産庁九州漁業調整事務所 1990：九州海域における赤潮発生状況（平成2年7月分）。
- 16) 佐賀県有明水試 1987：ノリ品質向上のための漁業行使に関する研究。昭和61年度地域重要技術開発促進事業報告書。
- 17) 杠 学 1986：佐賀県有明海ノリ漁場における海況特性について。佐有水試報、(10), 57-69。
- 18) 長崎海洋気象台 1954：有明海の総合開発に関連した海洋学的研究-I。
- 19) 海上保安庁 1978：島原湾・八代海潮流図、第6217号。
- 20) 矢持進 1984：大阪湾に出現する赤潮鞭毛藻6種の増殖に及ぼす水温の影響。日本プランクトン学会報、(31), 15-22。
- 21) 水産庁・(社)日本水産資源保護協会 1990：赤潮対策技術開発試験等の成果の要約。1-202。

- 22) 今井一郎 1990：有害赤潮ラフィド藻 *Chattonella* のシストに関する生理生態学的研究。南西海区水研研報, (23), 63-166.
- 23) 小野知足 1988：播磨灘における赤潮生物の細胞周期と群生長速度。香川県赤潮研究所研報, (3), 1-67.
- 24) 伊藤克彦・寺田和夫他 1988：赤潮の発生に関与する環境要因の把握。赤潮の発生予知技術の開発に関する研究, 昭和62年度研究報告書, 南西海区水産研究所・東海区水産研究所, 95-101.
- 25) 吉田陽一・沼田 克己 1982：*Chattonella antiqua* (HADA) ONO の集積に及ぼす風の影響, 日水誌, 48, (9), 1277-1280.
- 26) 田村 正 1964：浅海増殖学, 水産学全集, 2, 恒星社厚生閣.