

有害プランクトン調査

(有害プランクトンモニタリング事業)

酒井基介・高木俊祐・宮田 匠

赤潮の多発時期に海況・水質及び有害プランクトンの発生状況を調査することにより赤潮の発生状況を的確に把握し、赤潮による漁業被害の防止に資するため、昭和55年度以降実施してきた赤潮貝毒監視事業に引き続き、平成7年度から有害プランクトンモニタリング事業として実施した。

方 法

図1に調査地点を示した。また、調査項目及び観測層は表1に一括して示した。

表1 調査項目及び観測層

	調査項目	観測層
気象	天候・雲量・風向	
海象	水温・塩分	表層から海底まで
	透明度・水色	
水質	栄養塩(リン・窒素・珪酸)	T4(1.5,10,20,30m) St.4(1.5,10,20,30 B-1m)
	溶存酸素量	1.5,10…以下5m間隔でB-1mまで)
プランクトン	採水法・種組成・細胞数	1.5,10,B-1m及び10~5m層)
	ネット法・沈澱量・優占種	0~20m層鉛直曳(T4,St.4)

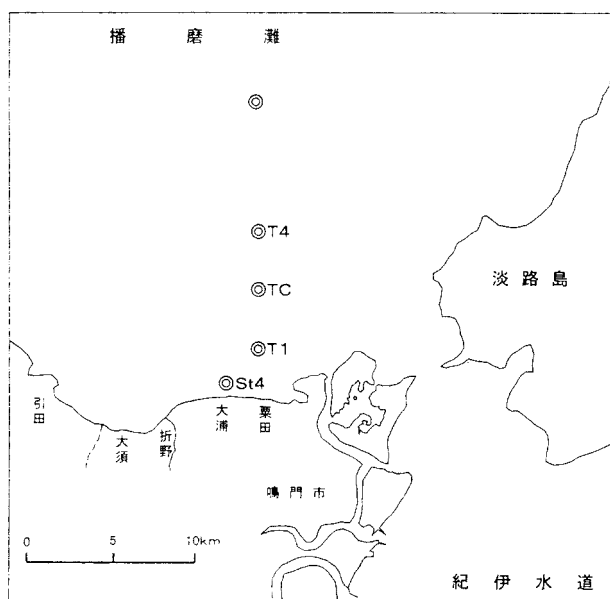


図1 調査地点

平成9年6月23日～9月1日の間、主として *Chatonella* , *Gymnodinium mikimotoi* を対象に出現状況を調査した。プランクトンの計数は、対象種が 1cells/ml の場合は、8 μ m 径のフィルターで試水 1,000ml を 10ml まで濃縮したものを 1ml 用い、1cells/ml 以上の場合は、無処理の試水 0.5～1ml を 1～3 回計数し、1ml 当たりの細胞数に換算した。

水温と塩分の測定は、STD (AST-1000M アレック電子社製) 及びクロロテック (ACL-215-DK アレック電子社製) を用い、溶存酸素量の測定には、デジタル DO メーター (モデル 58YSI 社製) を用いた。栄養塩類の測定は、試水を GF/C フィルターで濾過した後凍結保存したものを、TRAACS800 (プラン・ルーベ社製) を用いて行った。

結 果

1 気象

播磨灘南部における気象を図 2 に示した。

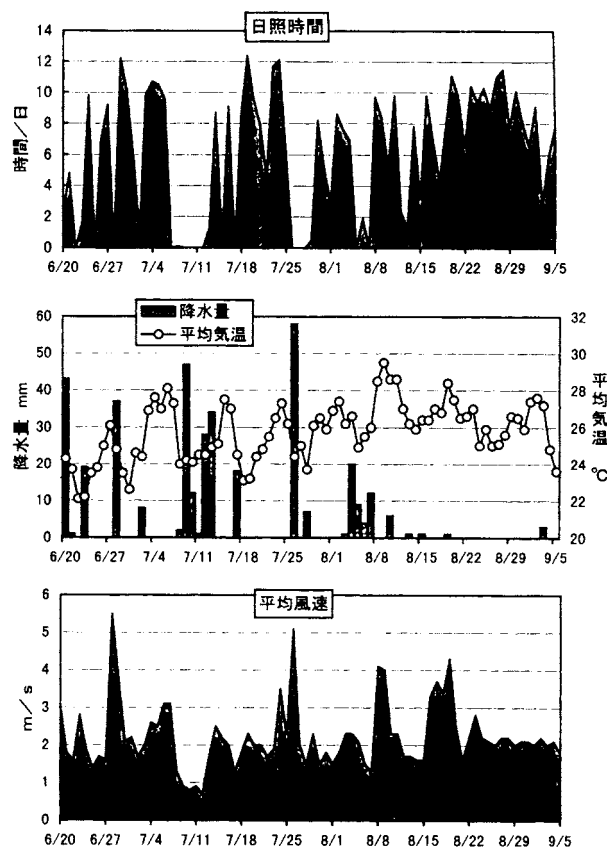


図 2 播磨灘南部の気象 (引田測候所観測資料より)

6月20日に台風7号が四国の南海上を北東進し日本の東海上に去り、梅雨前線の活動が次第に活発化、その後26日には梅雨前線は日本海に北上し太平洋高気圧に覆われた。6月28日には台風8号が瀬戸内海に沿って東北東に進み大荒れの天気となった。台風通過後は7月上旬中頃まで太平洋高気圧

に覆われて晴れたが、7月上旬の終わりごろからは梅雨前線が中国地方に停滞したことにより、梅雨明けの7月19日までは雨の日が多かった。7月20日以降は太平洋高気圧に覆われて晴れの日となったが、7月26日には台風9号が徳島県阿南市付近に上陸した後四国東部を北上した。7月30日から8月上旬前半は高気圧に覆われてだいたい晴れたが、8月上旬中頃～8月中旬の間は、高気圧に覆われるものの大気の状態が不安定な日が多かった。8月下旬は太平洋高気圧に覆われて晴れの日が続いた。

2 水温（ ）

各調査点における水温を図3に示した。

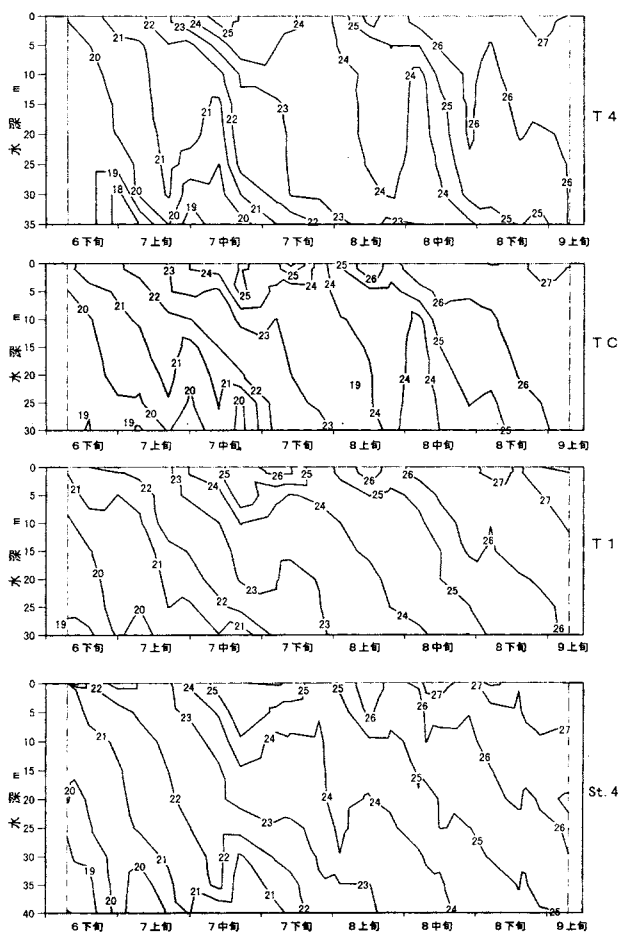


図3 各調査点における水温（ ）

表層水温は沖合域に比べて沿岸域で高く、7月下旬には全地点で一時的な低下がみられた。底層水温はT1で最も高く、沖合にいくほど低かったが、St.4では水深が深い分だけT1よりも低かった。底層水温が20を越えたのは、T4とTCでは7月上旬中頃、T1とSt.4では6月末～7月上旬にかけてであった。沖合域のT4とTCでは、8月中旬に24以下の低水温水が底層から10m深にかけて分布していたが、沿岸域では同様な分布はみられなかった。成層が発達したのは、全地点とも7月中旬であった。

3 塩分

各調査点における塩分を図4に示した。

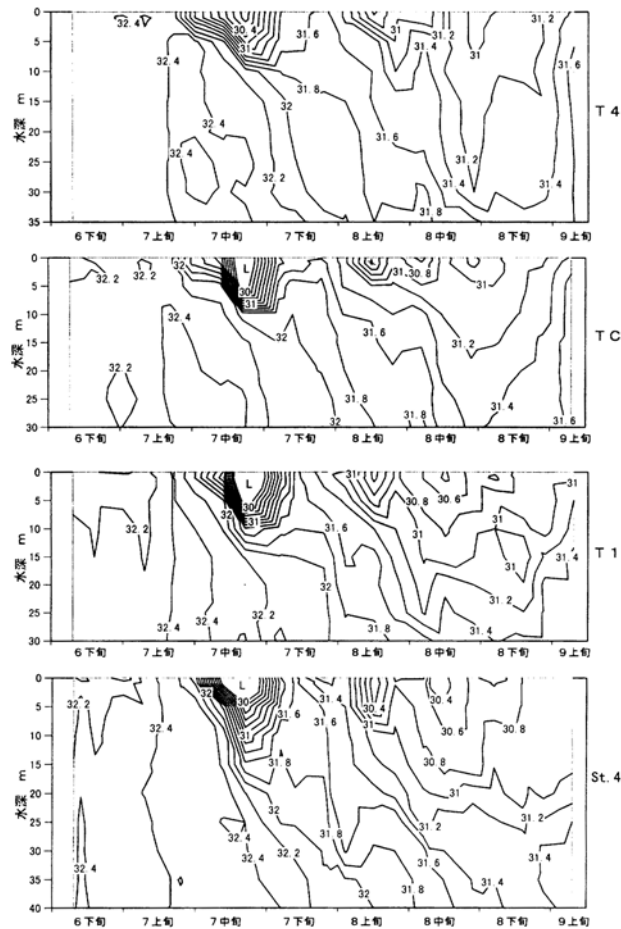


図4 各調査点における塩分

表層塩分は、全地点とも7月上旬までは32以上であったが、7月上旬終わり～中旬初めに表層塩分の低下がみられ始め、32を初めて下回った時期は、T4、TCでは7月10日、T1、St.4では7月14日で、その後T4を除く3地点では30以下となった。7月下旬には全地点で31.6になったが、8月上旬に再び低下した。8月中旬以降は、T4、TCでは31以上であることが多かったが、T1、St.4では31以上になることはなかった。底層塩分は、全点とも7月下旬まで32以上であったが、7月中旬(表層塩分低下時)から低下し始め、概ね8月上旬のうちに全点とも32以下となり、その後は31.4弱～31.8の範囲で推移した。

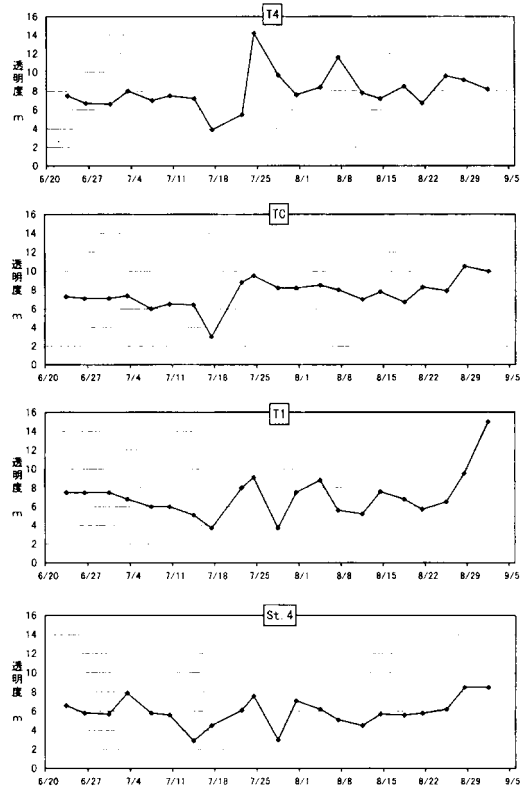


図5 各調査点の透明度

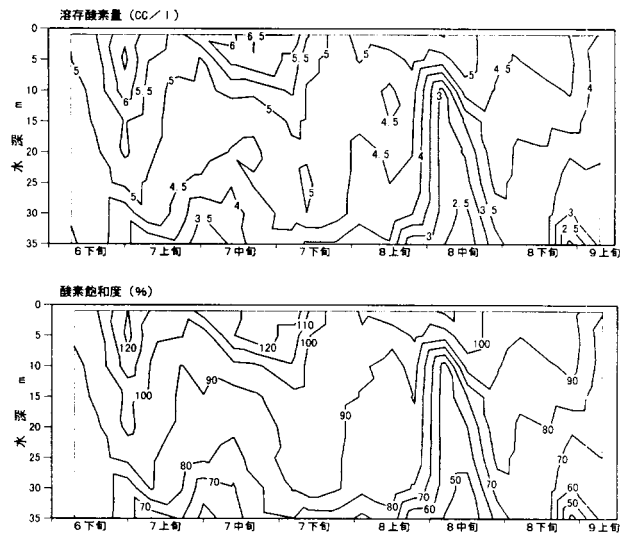


図6-1 T4における溶存酸素量と酸素飽和度

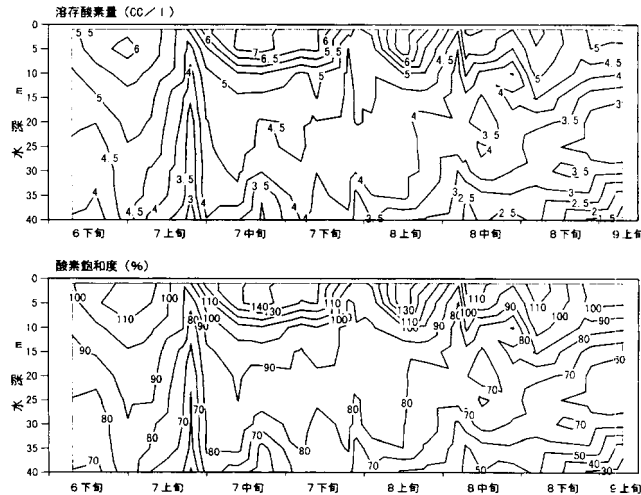


図 6-2 St.4 における溶存酸素量と酸素飽和度

4 透明度 (m)

各調査点の透明度を図 5 に示した。

6 月下旬～7 月上旬の間は地点間の差，変動ともに小さかった。7 月中旬中頃に T1，St.4 で低下，7 月中旬後半には T4，TC でも低下した。7 月下旬初め～中頃にかけて全点で増加し，T4 で著しく高かった。7 月下旬後半に T1，St.4 で急激に低下したが，その後すぐに増加した。8 月以降は，T4，TC では，8 以上で推移することが多く，T1，St.4 では 8 以下であることが多かった。TC，T1，St.4 では 8 月末と 9 月初めに増加したが，T4 ではやや低下した。

5 溶存酸素量

溶存酸素量 (c.c./l) と酸素飽和度 (%) の推移を，T4 について図 6-1 に，St.4 について図 6-2 に示した。

T4 の表層では，6 月末と 7 月中下旬に高く，8 月下旬～9 月にかけて低かった。St.4 の表層では 6 月末，7 月中下旬，8 月上旬に高く，7 月上旬後半と 8 月中旬前半に低かった。T4 の底層では，7 月上旬中，8 月中旬，8 月下旬末に低く，St.4 の底層では，7 月上旬後半，7 月中旬，8 月中旬～9 月に低かった。T4 では 8 月中旬前半には底層から 10m 深にまで酸素量 3cc/l 以下の低酸素水が分布しており，St.4 でも同時期に，T4 程ではないが，比較的低酸素の水が上層に分布していた。また，St.4 では 7 月上旬後半にも低酸素水が上層に分布し，同時期の T4 には上層の低酸素はみられなかった。

6 栄養塩 (μg-at/l)

1) T4

T4 における栄養塩を図 7-1 に示した。

PO₄-P と DIN は同様の推移をした。上層では 6 月下旬～7 月下旬前半までは PO₄-P は 0.2 以下，DIN は 2 以下であった。7 月下旬後半に高くなったが，8 月上旬前半までの短期間に急激に低下し，それ以降は 8 月下旬まで低く推移した。底層から上層への上昇は，7 月中旬初め，7 月下旬後半，8 月中旬前半，8 月下旬前半にみられたが，表層にまで著しい栄養塩の増加を及ぼしたのは，7 月下旬後半のものだけであった。SiO₂-Si は，表層では 7 月上旬中，8 月上旬中，8 月下旬

旬後半～9月に10以下と比較的低く，9月前半には全層で10以下であった。

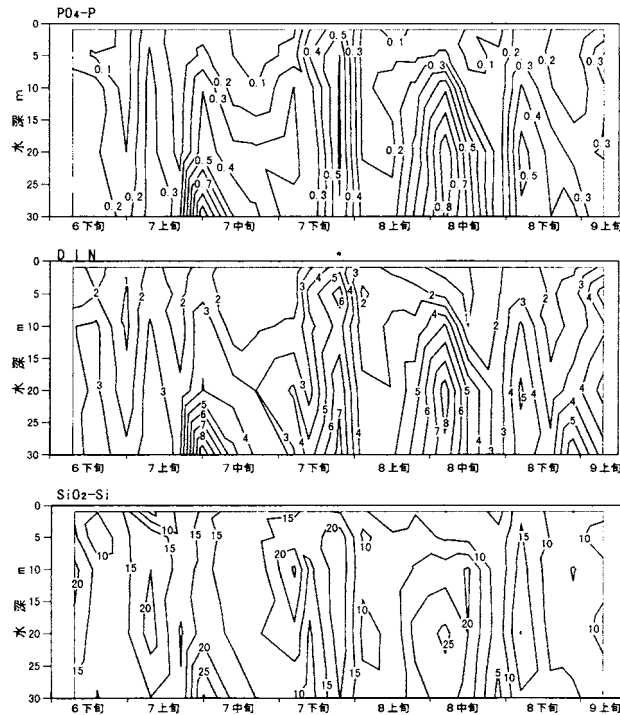


図 7-1 T4 における栄養塩 ($\mu\text{g-at/l}$)

2) St.4

St.4 における栄養塩を図 7-2 に示した。

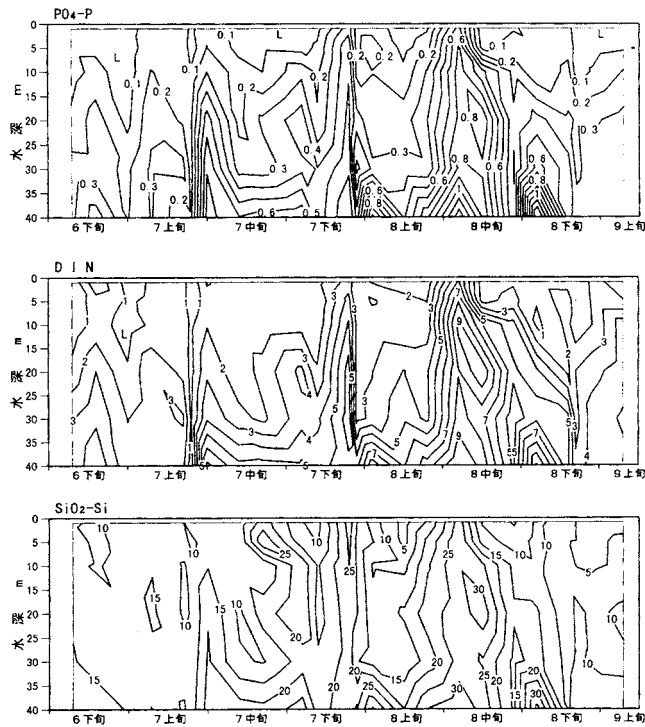


図 7-2 St.4 における栄養塩 ($\mu\text{g-at/l}$) .

PO₄-P と DIN は同様の推移をした。上層では、T4 と同様に 6 月下旬～7 月下旬前半までは PO₄-P は 0.2 以下，DIN は 2 以下であった。T4 と同様に 7 月下旬後半に高くなったが，8 月上旬前半までの短期間に急激に低下した。8 月中旬前半には再び高くなったが，中旬後半には低濃度となり，それ以降は低く推移した。底層から上層への湧昇も T4 と同様に，7 月中旬初め，7 月下旬後半，8 月中旬前半，8 月下旬前半にみられた。このうち表層にまで栄養塩を供給したのは，7 月下旬後半と 8 月中旬前半のものであった。上層の SiO₂-Si は，6 月下旬～7 月中旬前半まで 10～15 で推移し，その後 10 以下となった時期は，7 月下旬後半，8 月上旬後半，8 月中旬後半～8 月下旬初め，8 月下旬後半以降であった。

7 プランクトン

1) 有害プランクトン

有害プランクトンと球形シャットネラの最高細胞数を図 8 に示した。

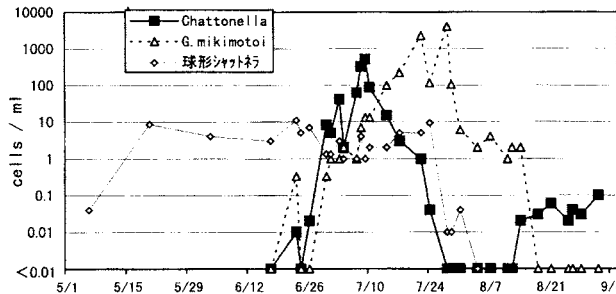


図 8 有害プランクトンと球形シャットネラの最高細胞数

Chattonella , *G.mikimotoi* ともに 1cells/ml 以下の密度で 6 月 23 日に初検出され，台風 8 号通過 2 日後の 6 月 30 日に *Chattonella* は 8.34cells/ml に急増した。7 月 8 日に今夏最高の 328cells/ml となり薄い赤潮を形成した。また，このときには *G.mikimotoi* も 7cells/ml にまで増加していた。7 月 10 日以降，*Chattonella* は減少していき，7 月末には検出されなくなった。8 月中旬以降再び検出され始めたが，細胞数は少なく赤潮を形成することなく終息した。一方，*G.mikimotoi* は 7 月 10 日以降，急速に増加し始め，7 月 22 日に沖合域で 2,250cells/ml となった。7 月 24 日には沖合域での細胞数は減少し，代わって沿岸域で増加してきたが，着色域はみられなかった。7 月 26 日に台風 9 号が通過，2 日後の 28 日には，沿岸域で局所的に赤潮を形成し 4,050cells/ml となった。翌 29 日には着色域は消失し，7 月末～8 月中旬には数 cells/ml 検出される程度となり，8 月下旬以降は検出されなかった。なお，平成 7，8 年の *G.mikimotoi* 赤潮終息時に *Gyrodinium dominans* 赤潮が発生しているが，本年は *Gyrodinium* のある程度の増殖はみられたものの，赤潮を形成するには至らなかった。

球形シャットネラは有害種ではないが，本種の出現数が多い年には *Chattonella* 赤潮の発生事例が多いことが知られている。本年は，4 月以降 1cells/ml 未満の低密度ながら継続して検出され，5 月には数 cells/ml に増加，6 月下旬に本年最高の 11cells/ml となり，その後も 7 月末まで数 cells/ml の密度で検出された。

2) 組成

(1) T4

T4におけるプランクトンの出現数(0~5m層柱状採水)を図9-1に示した。

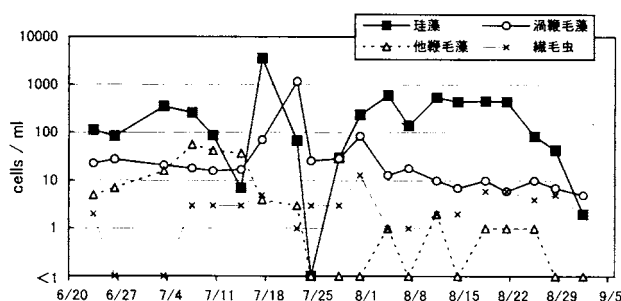


図9-1 T4におけるプランクトンの出現数

珪藻が優占することが多かったが、7月下旬に沖合域で *G.mikimotoi* が赤潮を形成したときには渦鞭毛藻が優占し珪藻も少なかった。珪藻の出現数は7月中旬~下旬にかけて変動が大きかったが、8月上旬~中旬にかけては数百 cells/ml と安定して推移し、その後、8月下旬に出現数は著しく減少した。7月中旬に珪藻の出現数が急増しており、これは *Skeletonema* の増加によるものであった。鞭毛藻類が比較的多かった時期は、7月上旬~7月末にかけてで、7月上旬は *Chattonella*、7月中旬~下旬にかけては *G.mikimotoi*、7月末には *Gyrodinium* によるものであった。

(2) St.4

St.4におけるプランクトンの出現数(0~5m層柱状採水)を図9-2に示した。

珪藻出現数は、6月下旬~7月の間は少なめで、数十~300cells/ml程度であることが多かったが、7月中旬には出現数が急増しており、これは同時期のT4と同様に *Skeletonema* の増加によるものであった。8月以降は珪藻の多い状態が続き、600cells/ml以上であることが多く、1,000cells/mlを越えることも珍しくなかった。また、8月中は、その他のプランクトンの出現数は少なかった。鞭毛藻類の多かった時期は、6月下旬~7月にかけて数回みられ、6月下旬には *Prorocentrum*、7月上旬には *Prorocentrum*、と *Chattonella*、7月中下旬には *G.mikimotoi* の増加によるものであった。

3) ネット・プランクトン(0~20m層鉛直曳)

ネット採集によるプランクトンの沈澱量 (ml/m³) および優占種の推移を表2に示した。

(1) T4

6月下旬~7月下旬前半にかけて沈澱量は少なく、第一優占種は *Noctiluca* であることが多かった。7月末~8月下旬前半まで沈澱量は多く、優占種は *Chaetoceros*、*Rhizosolenia*、*Noctiluca* 等、珪藻類の占める割合が高かった。8月末と9月初めに沈澱量は著しく減少した。

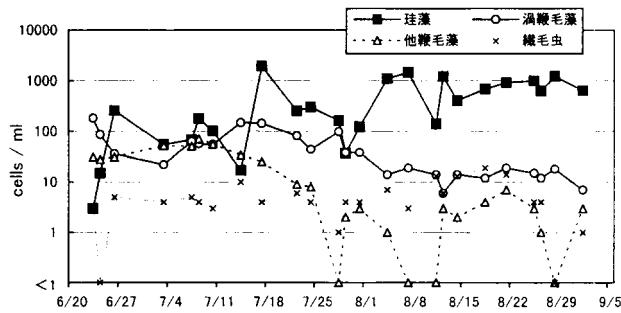


図 9-2 St.4 におけるプランクトンの出現数

(2) St.4

期間を通じて珪藻が優占することが多く、沈澱量の多かった時期は、6月末～7月上旬と7月下旬～8月末にかけてで、この期間の第一優占種は全て *Chaetoceros* であった。6月下旬と7月中旬に沈澱量は少なく、このときの優占種は、第1位は全て *Noctiluca*、第2位は *Ceratium* と *Copepoda* であった。

考 察

本年出現した *Chattonella* の特徴として、小型細胞や色素の薄い細胞、*Chattonella marina* と *Chattonella antiqua* の区分が困難あるいは不能のものが多かったことで、全体的に細胞の状態が良好ではないように思われた。6月30日の *Chattonella* 細胞数の急増は、6月28日の台風8号によって底泥中のシストが上層に巻き上げられ、一斉に発芽したことが考えられる。7月に入って栄養塩の増加がみられ、供給源としては、同時期の底層水温が低下していることから、他水域の水が流入したことが考えられる。7月8日に *Chattonella* 細胞数はピークに達したが、通常とは逆に溶存酸素量が著しく低下しており、このときの細胞は光合成を行っていなかった可能性があり、7月10日以降 *Chattonella* は終息に向かっている。7月14日には、上層で溶存酸素量が増加しており、この時は微細な鞭毛藻が多数検出（未計数）され、クロロテックによる現場観測でも比較的高いクロロフィル値がみられたので、その増殖によるものと思われる。また、7月17日には一時的に *Skeletonema* の増殖がみられているが、ネット採集したサンプルからの出現は少なかったことから、上層部だけに分布していたものと思われる。7月中旬以降は *G.mikimotoi* の増殖が活発になっており、この頃、 $PO_4\text{-P}$ 濃度は上層で低いが、10m層以深には充分な濃度で分布しており、栄養塩を競合する他種プランクトンも少なかったことに加え、7月20日以降晴れの日が続いたことから、中層増殖を行う本種が赤潮を形成するに至ったものと思われる。

表2 ネット採集によるプランクトンの沈澱量 (ml/m³) 及び優占種の推移 (ネット: NXX13, 鉛直曳)

地点 採集日	T4				St. 4			
	沈澱量 0~20m	優 占 種			沈澱量 0~20m	優 占 種		
		第1位	第2位	第3位		第1位	第2位	第3位
6月23日	12.8	<i>Noctiluca</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Coscinodiscus</i>	23.1	<i>Noctiluca</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Chaetoceros</i>
6月26日	9.8	"	"	"	19.0	"	"	<i>Coscinodiscus</i>
6月30日	29.4	<i>Chaetoceros</i>	<i>Noctiluca</i>	<i>Rhizosolenia</i>	121.3	<i>Chaetoceros</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>
7月3日	27.2	<i>Skeletonema</i>	"	<i>Coscinodiscus</i>	52.1	"	<i>Copepoda</i>	<i>Coscinodiscus</i>
7月7日	17.2	"	"	"	72.7	"	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>
7月10日	10.1	<i>Noctiluca</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Skeletonema</i>	34.8	"	<i>Ceratium</i>	"
7月14日	10.1	"	<i>Ceratium</i>	<i>Copepoda</i>	12.3	<i>Noctiluca</i>	"	"
7月17日	20.5	"	<i>Nitzschia</i>	"	18.2	"	<i>Copepoda</i>	<i>Ceratium</i>
7月22日	14.2	"	<i>Ceratium</i>	"	42.5	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>	"
7月24日	11.7	"	<i>Copepoda</i>	<i>Ceratium</i>	61.6	"	<i>Ceratium</i>	<i>Nitzschia</i>
7月28日	33.8	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>	<i>Doliolum</i>	41.4	"	<i>Copepoda</i>	"
7月31日	136.8	<i>Chaetoceros</i>	<i>Ceratium</i>	<i>Nitzschia</i>	73.6	"	<i>Ceratium</i>	"
8月4日	161.2	"	<i>Nitzschia</i>	<i>Ceratium</i>	241.6	"	<i>Nitzschia</i>	<i>Ceratium</i>
8月7日	96.4	"	"	"	69.8	"	"	"
8月11日	114.4	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>	31.6	"	<i>Hemiaulus</i>	<i>Copepoda</i>
8月14日	99.9	<i>Chaetoceros</i>	<i>Rhizosolenia</i>	"	99.5	"	<i>Nitzschia</i>	<i>Ceratium</i>
8月18日	101.1	<i>Noctiluca</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Doliolum</i>	61.9	"	<i>Bacteriostrum</i>	<i>Nitzschia</i>
8月21日	101.4	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Bacteriostrum</i>	150.1	"	<i>Nitzschia</i>	<i>Bacteriostrum</i>
8月25日	49.6	"	<i>Stephanopyxcis</i>	<i>Copepoda</i>	62.6	"	<i>Thalassionema</i>	<i>Nitzschia</i>
8月28日	14.5	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Ceratium</i>	42.7	"	<i>Stephanopyxcis</i>	<i>Thalassionema</i>
9月1日	7.9	<i>Copepoda</i>	<i>Stephanopyxcis</i>	<i>Rhizosolenia</i>	25.3	<i>Stephanopyxcis</i>	<i>Ditylum</i>	"
最多量	161.2				241.6			
最少量	7.9				12.3			
平均	51.4				64.7			