

# 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・湯浅明彦・牧野賢治

## 目 的

赤潮の多発時期に気象、海況及びプランクトンについて調査し、赤潮発生予察手法の確立を図るとともに、漁業被害の未然防止と軽減対策の一助とすることを目的とした。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、本年度から有害プランクトンモニタリング事業として新たに実施した。

## 方 法

### 1 調査地点及び調査月日

図 1 及び表 1 に調査地点と調査実施日を示した。

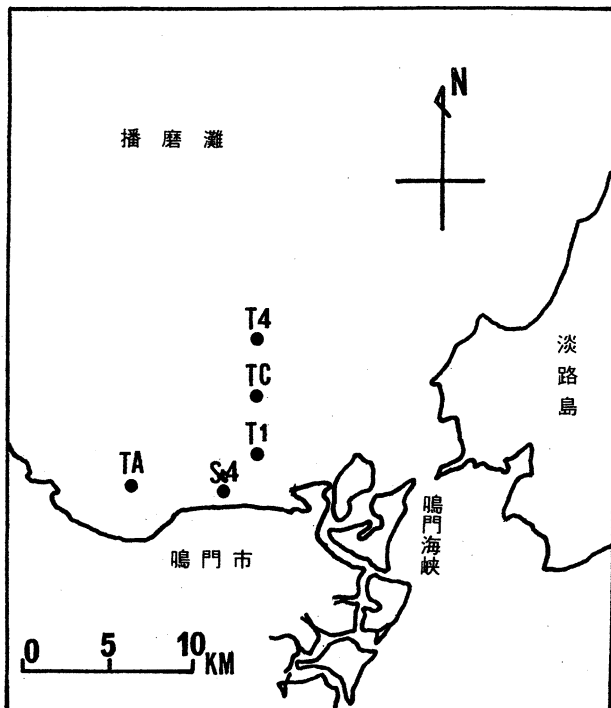


図 1 調査地点

表1 調査実施日及び調査地点の緯度経度

調査日	調査地点	備考	調査地点緯度経度
6月26日	T4, TC, T1, St. 4, TA		T4 : 北緯34° 20' 24" 東経134° 32' 48"
29日	T4, TC, T1, St. 4, TA		TC : 北緯34° 17' 54" 東経134° 32' 48"
7月3日	T4, TC, T1, St. 4	※広	T1 : 北緯34° 15' 24" 東経134° 32' 48"
6日	T4, TC, T1, St. 4, TA		St. 4 : 北緯34° 13' 36" 東経134° 31' 54"
10日	T4, TC, T1, St. 4	※広	TA : 北緯34° 13' 36" 東経134° 27' 36"
13日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
17日	T4, TC, T1, St. 4	※広	
20日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
24日	T4, TC, T1, St. 4	※広	
27日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
31日	T4, TC, T1, St. 4	※広	
8月3日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
7日	T4, TC, T1, St. 4, TA	※広	
10日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
14日	T4, TC, T1, St. 4, TA	※広	
17日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
21日	T4, TC, T1, St. 4, TA	※広	
24日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
28日	T4, TC, T1, St. 4	※広	
31日	T4, TC, T1, St. 4, TA		
9月4日	T4, TC, T1, St. 4		

※広は、瀬戸内海東部海域赤潮広域共同調査で実施したもので、本調査データに加え解析を行った。

## 2 調査項目及び観測層

表2に一括して示した。

表2 調査項目及び観測層

	調査項目	観測層
気象	天候、雲量、風向、波浪、うねり	—
海象	水温、塩分	表層から海底まで0.5m間隔
	透明度、水色	—
水質	PO <sub>4</sub> -P, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, SiO <sub>2</sub> -Si	T4及びSt. 4 1, 5, 10, 20, 30, (40)m
	DO	1, 5, 10m・・・以下5m間隔でB-1mまで
プランクトン	採水法・・・種組成・個体数	0~5m層
	ネット法・・・沈澱量・優占種	0~20m層垂直曳 (T4, St. 4)

## 結 果

### 1 気象

高松地方气象台引田測候所の観測資料を図2に示した。

6月中は日照時間が少なく気温は25以下で推移した。7月初めにまとまった雨があり、日照時間・気温ともに低下したが、その後7月上旬後半に梅雨明けとなったことから、気温は急昇湿し25以上となった。7月中旬は降水量は少なかったものの、天候不順のため日照時間は変動が大きく気温も一時

25 を下回った。7月22日には山陰沖に停滞する梅雨前線と沖縄北西海上の台風3号の影響から大雨となったが、その後は太平洋高気圧に覆われ、8月下旬まで概ね晴れて暑い日が続き、降水量は少なかった。

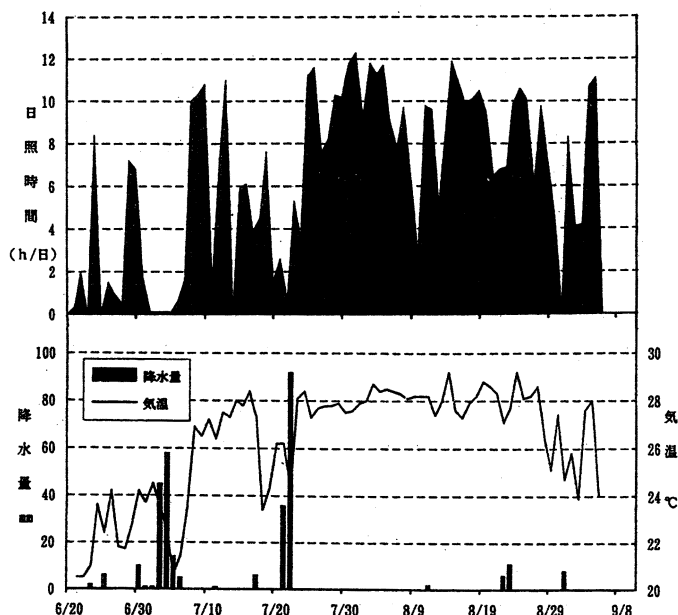


図2 播磨灘南部における気象(引田測候所観測資料より)

## 2 海象

### 1) 水温

各調査地点における水温の推移を図3-7に示した。

各地点とも概ね似かよった推移を示した。

7月上旬から中旬前半にかけて表層水温の上昇により成層を形成したが、沖合域では7月中旬後半に表層水温の低下により成層は弱まった。一方、沿岸域では表層水温の大きな低下はなかった。各地点の底層水温は7月中旬に20に達し、以後は20~25前後の範囲で推移した。7月下旬の降雨後、太平洋高気圧に覆われて晴れの日が多くなり、表層水温は急昇し25以上で推移した。8月上旬に安定した成層を形成し、表層水温は沿岸域で29以上、沖合域で28以上となり、表底層の水温差は7以上に達した。8月下旬頃から表層水温が低下しはじめ、それ以後は成層が発達することはなかった。

### 2) 塩分

各調査地点における塩分の推移を図8~12に示した。

6月は沖合域の全層で32前後、沿岸域の表層で31.5、底層で32程度で推移した。7月中旬初めに表層塩分が低下し、各調査地点で30以下となり、7月下旬中頃から8月上旬の間にも塩分の低下がみられ、沿岸域のSt.4とTAでは表層から20m層間で31以下であった。8月中旬以降は大きな変動はなく、概ね31~32の範囲で推移し、沖合域では中底層でまれに32以上となったが、沿岸域では32に達するこ

とはなかった。全期間を通じてみると沿岸域の塩分は沖合域に比べて低い傾向があった。

### 3) 透明度(m)

各調査地点における透明度の推移を図 13～17 に示した。

各調査地点の透明度は、T4 で 5.9～16.8(平均 9.1), TC で 3.4～15.0(平均 8.6), TI で 1.7～15.0(平均 8.0), St.4 で 0.7～9.2(平均 6.0), TA で 1.2～11.8(平均 5.9)であった。沖合域では 10 以上の高い値がしばしば観測されたが、沿岸域ではまれで St.4 では 10 に達することはなかった。期間を通じてみると沖合域で高く、沿岸域で低い傾向にあった。

8月上旬には *Gymnodinium mikimotoi* が赤潮を形成したことにより、透明度が 2 以下に低下する地点があった。

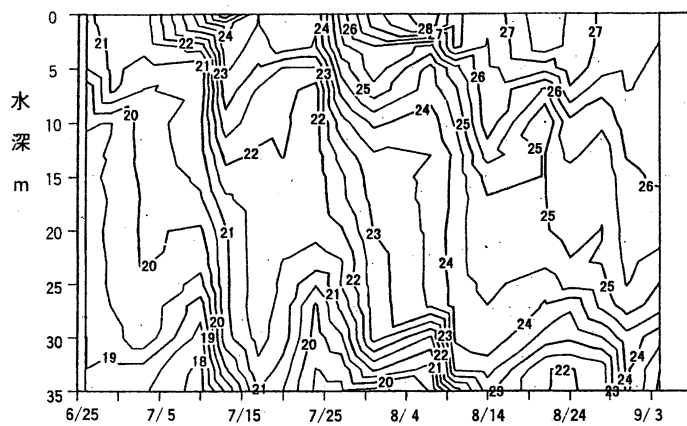


図 3 T4 における水温( )の推移

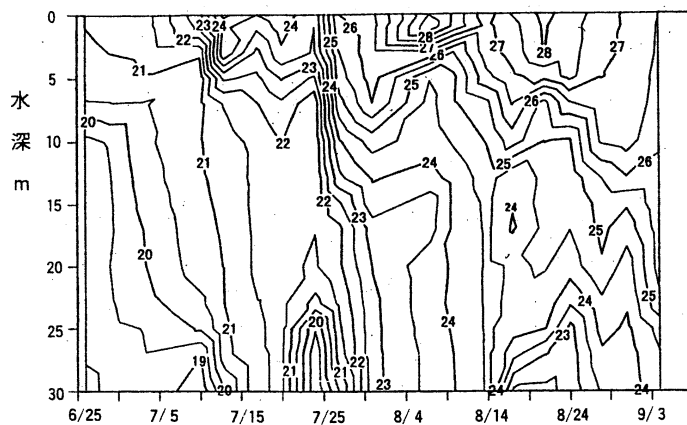


図 4 TC における水温( )の推移

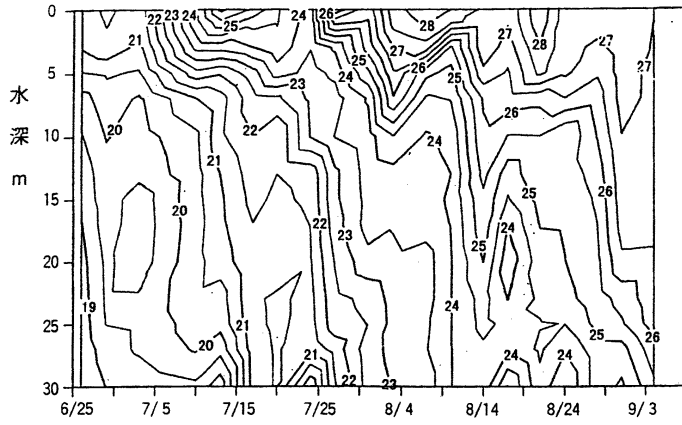


図5 T1における水温(°C)の推移

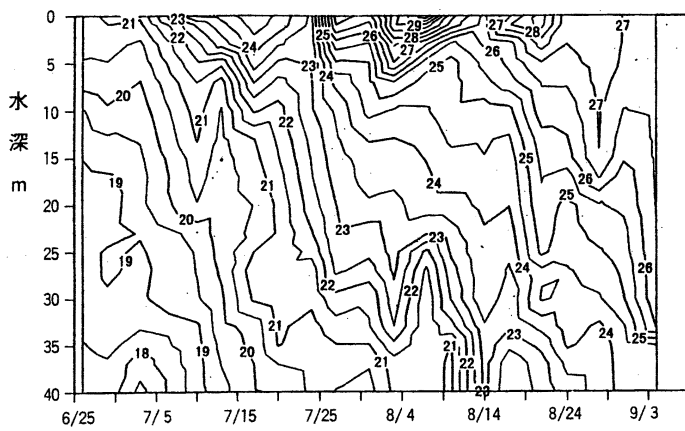


図6 St. 4における水温(°C)の推移

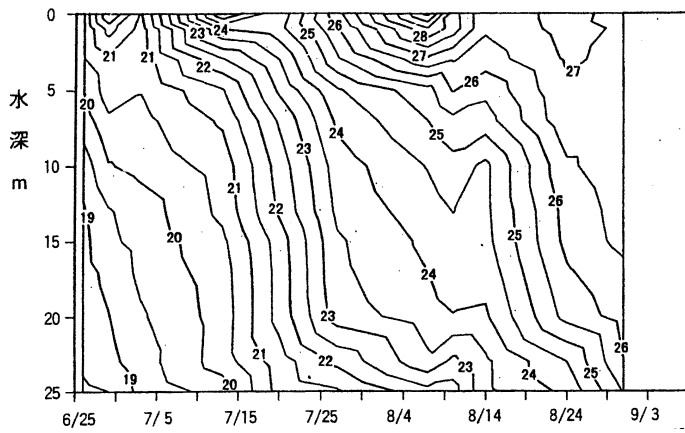


図7 TAにおける水温(°C)の推移

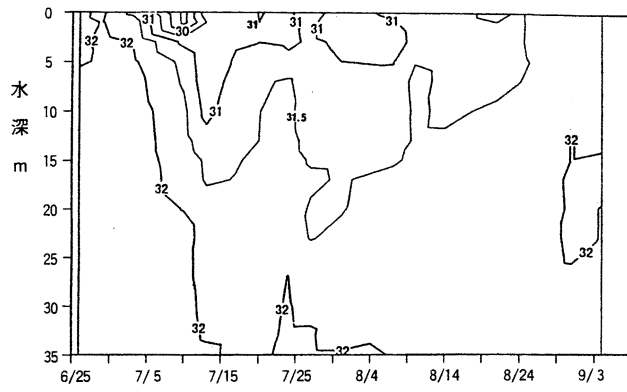


図8 T4における塩分の推移

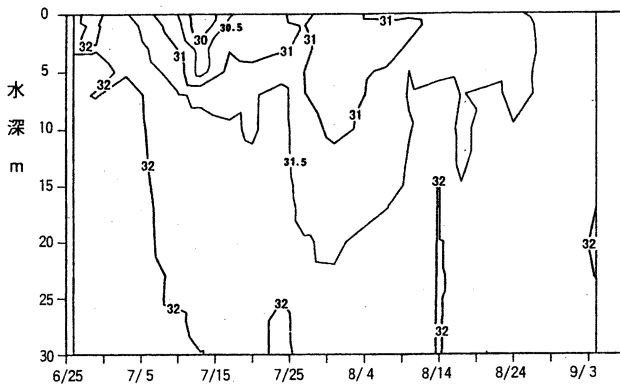


図9 TCにおける塩分の推移

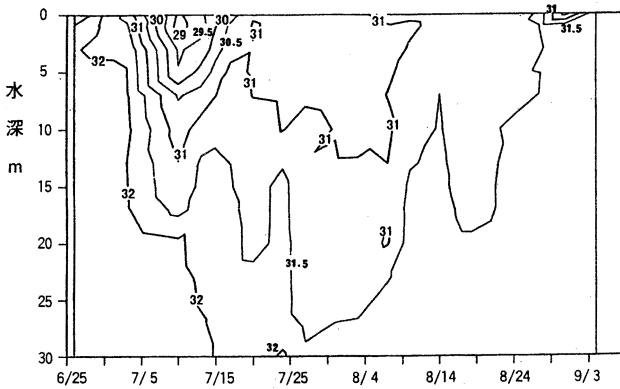


図10 T1における塩分の推移

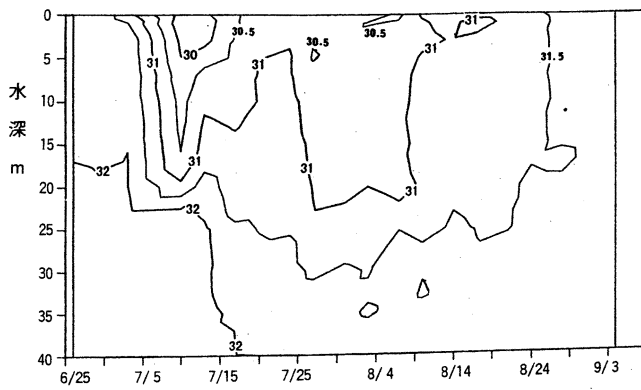


図11 St. 4における塩分の推移

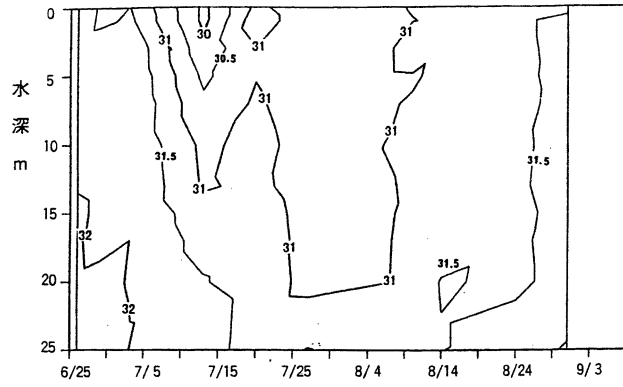


図12 TAにおける塩分の推移

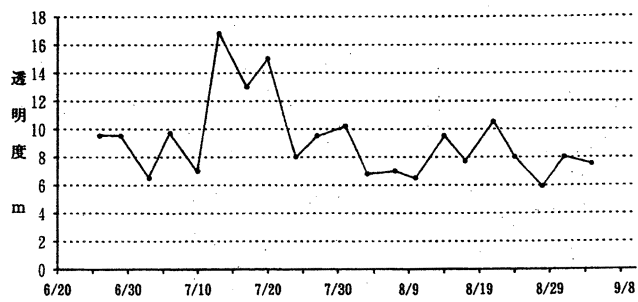


図13 T4における透明度の推移

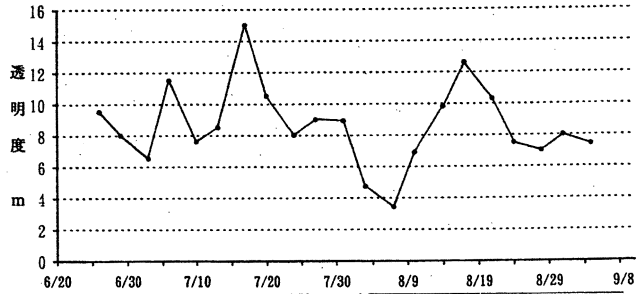


図14 TCにおける透明度の推移



図15 T1における透明度の推移

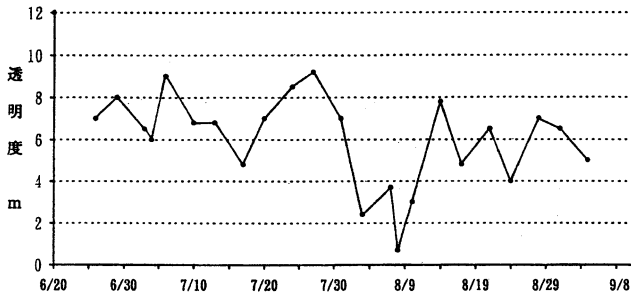


図16 St.4における透明度の推移



図17 TAにおける透明度の推移

### 3 水 質

#### 1) 溶存酸素量 (ml/l)

T4 と St.4 における溶存酸素量の推移を図 18,19 に示した。

T4 は表層で 4.57~7.75, 底層で 2.12~4.97, St.4 は表層で 0.13~11.83, 底層で 1.55~3.69 の範囲で推移した。

溶存酸素量が最も多かったのは, T4, St.4 とともに *Gymnodinium mikimotoi* が赤潮を形成した 8 月初めであった。St.4 の上層における赤潮形成から衰退までの溶存酸素量の推移(図 19-2)をみると, 8 月 3 日に最多となり, 8 月 8 日には *G. mikimotoi* 死細胞の集積・分解による無酸素層(0~3m 層)が形成された。また, 同日の St.4 では全層で低酸素が観測されており, 10m 層で 2.39, 30m 層で 1.95, 底上 1m では 1.55 であった。

#### 2) 酸素飽和度 (%)

T4 と St.4 における酸素飽和度の推移を図 20,21 に示した。



溶存酸素量と同様に推移し、T4は表層で93.1~160.1、底層で41.3~95.0、St.4は表層で2.7(赤潮衰退時)~249.6(赤潮形成時)、底層で28.8~62.7の範囲で推移した。

### 3) 栄養塩

#### (1) DIN( $\mu\text{g-at}/\ell$ )

T4とSt.4におけるDINの推移を図22,23に示した。

T4では1m層で0.6~4.5(平均1.7)、10m層で1.0~7.6(平均3.3)、30m層で1.4~14.5(平均6.7)、St.4では1m層で0.6~8.7(平均1.9)、10m層で0.5~11.0(平均2.8)、B-1m層で5.3~15.8(平均11.3)の範囲で推移した。

1m層ではT4、St.4ともに2以下で推移することが多く、T4で変動は小さかった。St.4では7月上旬の降雨により一時8以上となった。ギムノデイニウム赤潮のピーク時(8月3日)には、T4、St.4ともに表層から30m層にかけて低かったが、T4の5m層だけは4以上と比較的高かった。底層では赤潮衰退時(8月7,8日)に高濃度となり、St.4で著しく高かった。その他にT4では7月下旬に、St.4では7月中旬に高かった。

#### (2) $\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )

T4とSt.4における $\text{PO}_4\text{-P}$ の推移を図24,25に示した。

T4では1m層で $\text{Tr} \sim 1.09$ (平均0.27)、10m層で0.02~1.34(平均0.37)、30m層で0.03~1.50(平均0.59)、St.4では1m層で $\text{Tr} \sim 1.08$ (平均0.27)、10m層で0.02~1.51(平均0.32)、B-1m層で0.05~1.76(平均0.91)の範囲で推移した。

T4、St.4ともに7月上旬から中旬にかけて変動が大きく硬度も高かったが、7月下旬以降は変動は小さく比較的低濃度で推移した。赤潮ピーク時にはDINと同様に表層から30m層にかけて低かった。

#### (3) $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )

T4とSt.4における $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の推移を図26,27に示した。

T4では1m層で2.4~15.6(平均8.2)、10m層で2.1~20.6(平均10.4)、30m層で11.9~37.3(平均17.4)、St.4では1m層で3.6~27.3(平均9.7)、10m層で3.6~25.5(平均12.4)、B-1m層で25.6~41.2(平均32.0)の範囲で推移した。

5以下の低濃度となったのは、T4では6月下旬の上層、8月下旬から9月上旬の上中層、St.4では7月下旬の上中層、8月下旬の上層であった。また、St.4では7月上旬の降雨時に表層で20以上に急増した。

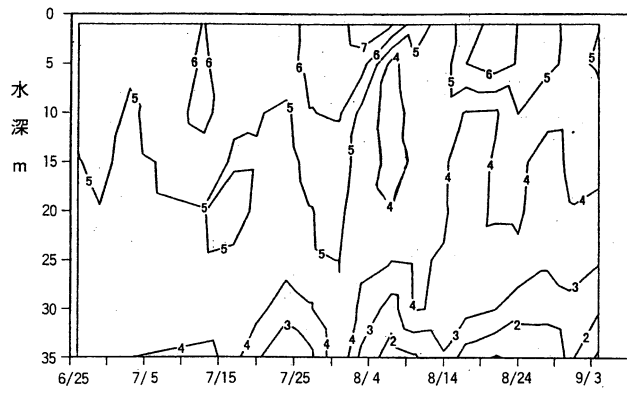


図 18 T4 における溶存酸素量 (ml/l) の推移

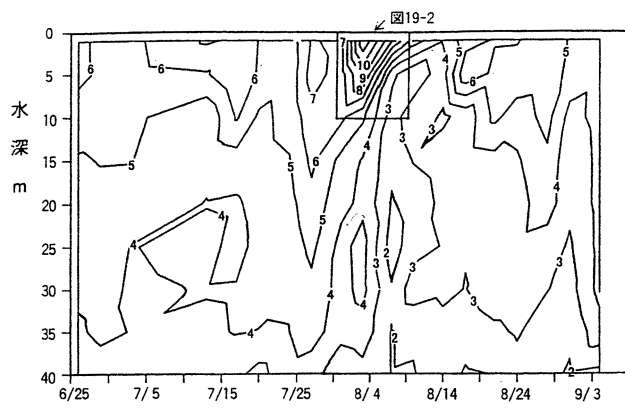


図19-1 St. 4における溶存酸素量 (ml/l) の推移

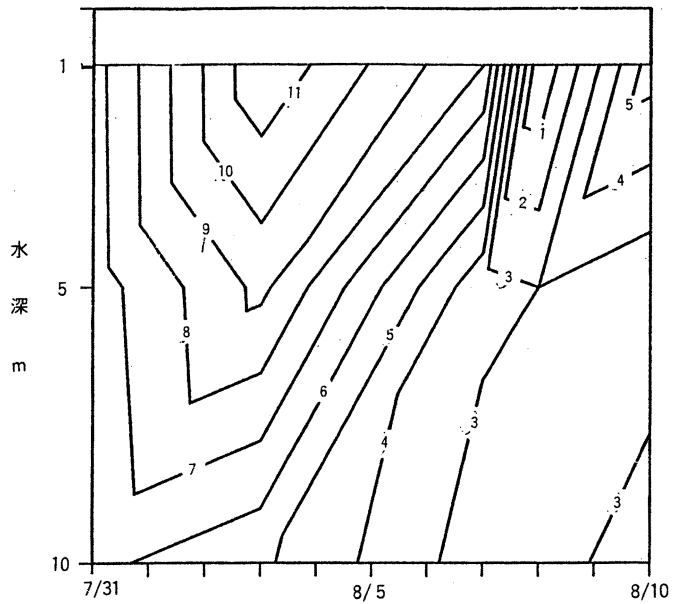


図19-2 St. 4における溶存酸素量 (ml/l) の推移  
(7月31日～8月10日)

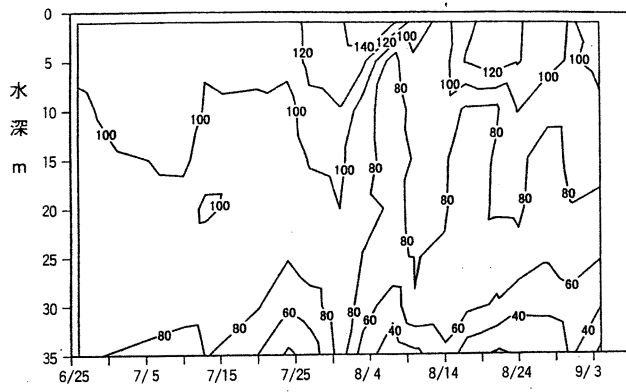


図20 T 4における酸素飽和度(%)の推移

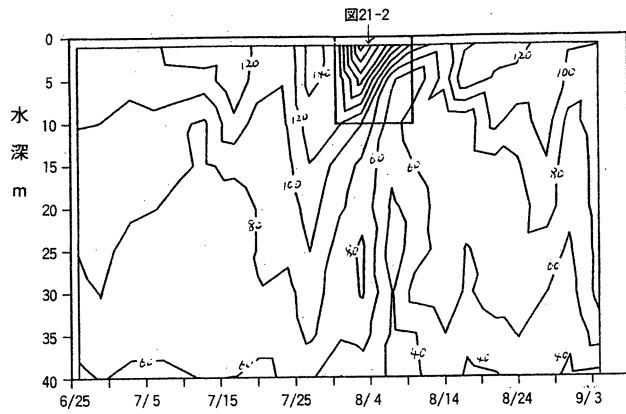


図21-1 St. 4における酸素飽和度(%)の推移

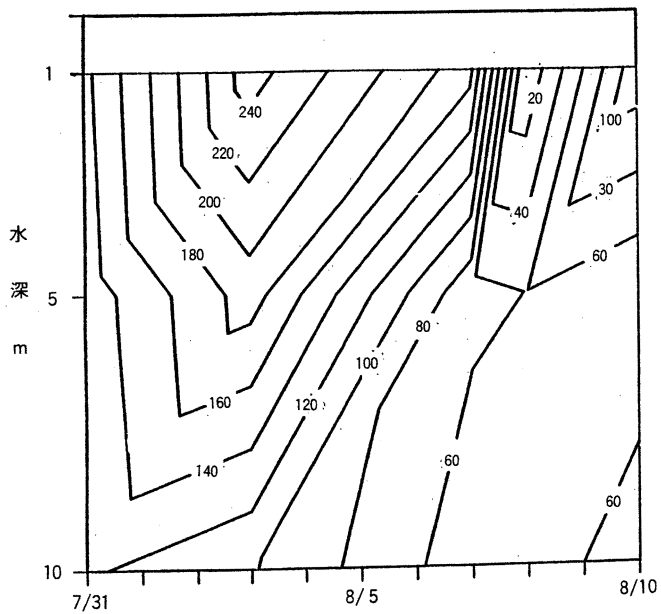


図21-2 St. 4における酸素飽和度(%)の推移  
(7月31日～8月10日)

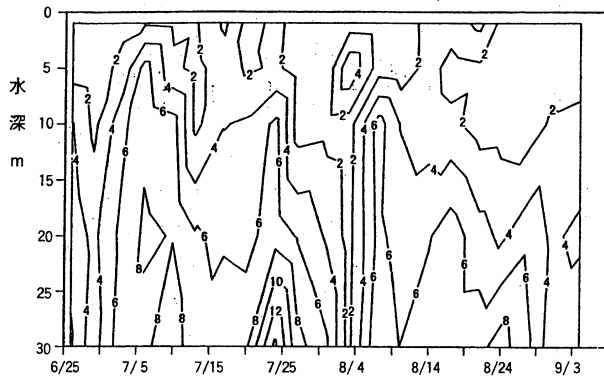


図22 T 4におけるDIN ( $\mu\text{g-at}/\ell$ ) の推移

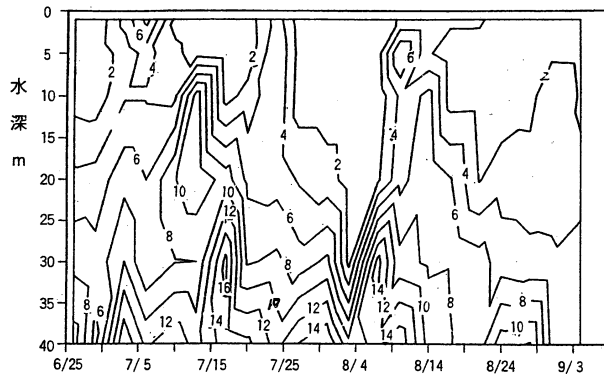


図23 St. 4におけるDIN ( $\mu\text{g-at}/\ell$ ) の推移

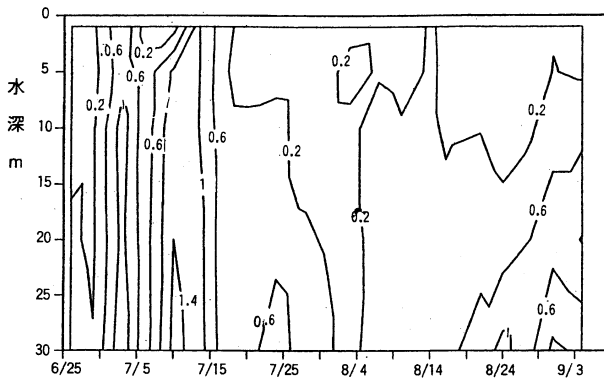


図24 T 4における $\text{PO}_4\text{-P}$  ( $\mu\text{g-at}/\ell$ ) の推移

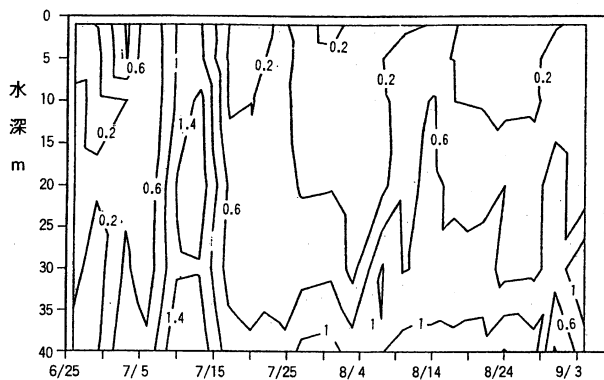


図25 St. 4における $\text{PO}_4\text{-P}$  ( $\mu\text{g-at}/\ell$ ) の推移

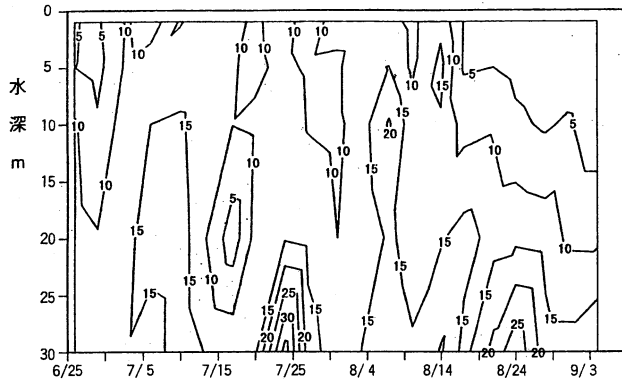


図26 T4におけるSiO<sub>2</sub>-Si (μg-at/l)の推移

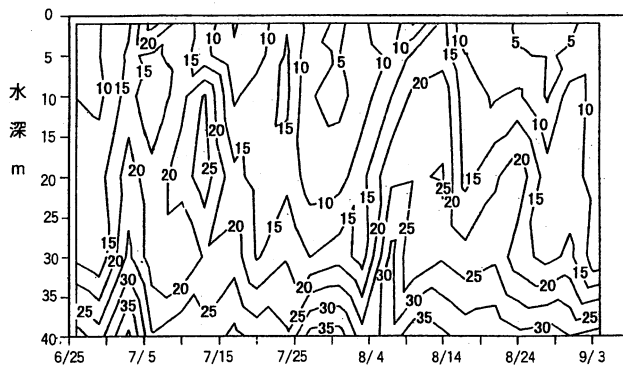


図27 St. 4におけるSiO<sub>2</sub>-Si (μg-at/l)の推移

#### 4 プランクトン

##### 1) 採水法

T4, St. 4 及び TA におけるプランクトンの出現数(0~5m 層柱状採水)の推移を図 28~30 に示した。

各調査点における出現数(cells/ml)は, T4 では珪藻が 0~1,933(平均 313.7), 渦鞭毛藻が 0~607(平均 40.7), その他の鞭毛藻が 0~35(平均 5.6), 繊毛虫が 0~78(平均 9.7)。St. 4 では珪藻が 1~5,366(平均 660.5), 渦鞭毛藻が 4~1,461(平均 135.8), その他の鞭毛藻が 0~79(平均 18.2), 繊毛虫が 0~209(平均 18.2)。TA では珪藻が 13~2,228(平均 606.5), 渦鞭毛藻が 7~1,307(平均 138.6), その他の鞭毛藻が 1~135(平均 24.9), 繊毛虫が 0~333(平均 35.5)であった。

各調査点とも珪藻が優占することが多く, 出現数は 8 月下旬に多かった。8 月初めには *Gymnodinium mikimotoi* が播磨灘全域におよぶ大規模な赤潮を形成したことにより, 渦鞭毛藻が優占種となった。また, 8 月中旬には沿岸域で再び *G. mikimotoi* 赤潮が発生し, その後赤潮衰退に伴い *Gyrodinium dominans* が増加・赤潮形成したことにより, St. 4 と TA で渦鞭毛藻の出現数が増加した。繊毛虫は沿岸域で 8 月上旬と 8 月下旬に増加がみられた。8 月上旬のものはギムノデイニウム赤潮衰退期に有鐘繊毛虫が増加したことによるもので, *G. mikimotoi* を捕食している細胞が多数検出された。8 月下旬のものは *Mesodinium rubrum* が赤潮を形成したことによるものであった。

図 31 に播磨灘南東部における有害プランクトンの出現数の推移を示した。

Chattonella の出現数は昨年同様非常に少なく、概ね 0.1cells/ml 未満で推移した。7月10日に沿岸域で 0.01cells/ml 検出(今夏初検出)され、その後も少数検出された。7月下旬から8月上旬にかけてやや増加の兆しを見せたが、8月8日には検出されなかった。しかし、8月10日に 1.01cells/ml(今夏最高)検出されて以降、8月31日までの間に 0.01~0.06cells/ml の範囲で連続して検出された。9月に入ってから出現はみられず、今夏の Chattonella は終息した。

Gymnodinium mikimotoi は8月初めと8月中旬の2回にわたり赤潮を形成した。8月初めの赤潮(8月1~7日)は播磨灘全域においてほぼ同時に発生し、このような本種の大規模な赤潮は播磨灘では過去に例がない。8月中旬の赤潮(8月14~16日)は播磨灘南部沿岸域(香川県引田町~徳島県北灘町折野の沿岸域)における局所的な赤潮であった。本年の本種の出現は、1月上旬以降の低水温期においても濃縮試料で少数ながらほぼ連続して検出されており、4月上旬には一時 0.1cells/ml を越えたが、その後やや減少し、6月中旬に再び 0.1cells/ml を越えた。7月に入ってから増殖が活発となり、7月下旬の大雨以降急激に増加し、7月31日には各調査点の10m層で数十~千 cells/ml、8月2日には今夏最高の 55,500cells/ml に達した。赤潮状態は8月7日まで続いたが、翌8月8日には急激に衰退し、死細胞(細胞が変形・崩壊し、遊泳力無し)のみとなった。8月10日に沖合域で再び検出され初め、8月14日には沖合域での出現が少なくなり、変わって沿岸域で増加し最高 9,200cells/ml となった。8月17日には着色域は消失し、それ以降出現数は次第に減少し、8月終わりから9月上旬にかけては生海水から検出されることはなかった。

## 2) ネット法(0~20m層鉛直曳)

T4およびSt.4における沈澱量( $\text{m}\ell/\text{m}^3$ )の推移を図32に、優占種の推移を表3に示した。

沈澱量はT4で7.58~110.60(平均37.79)、St.4で4.42~97.80(平均34.86)の間で変動した。T4では6月29日に100を越えており、主にDoliolumによるものであった。7月~8月前半はT4,St.4ともに少なめで推移し、この時期の主な優占種はCoscinodiscus, Noctiluca, Copepodaであった。8月後半以降は珪藻の増殖によって多めで推移し、主な優占種はChaetoceros, Stephanopyxis, Nitzschia, Thalassionemaであった。

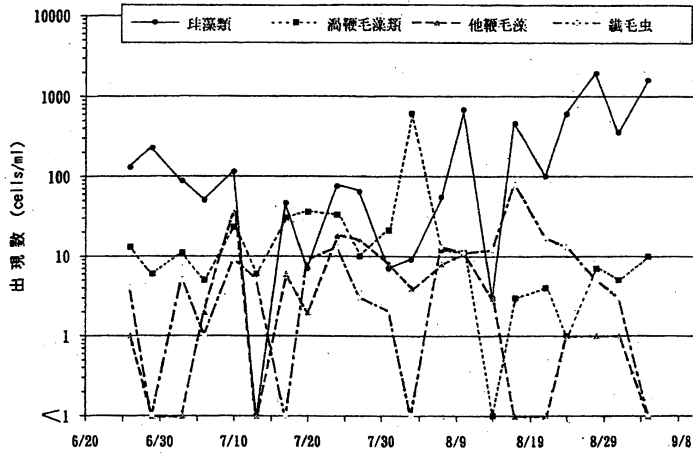


図28 T 4におけるプランクトン出現数の推移(0~5m層柱状採水)

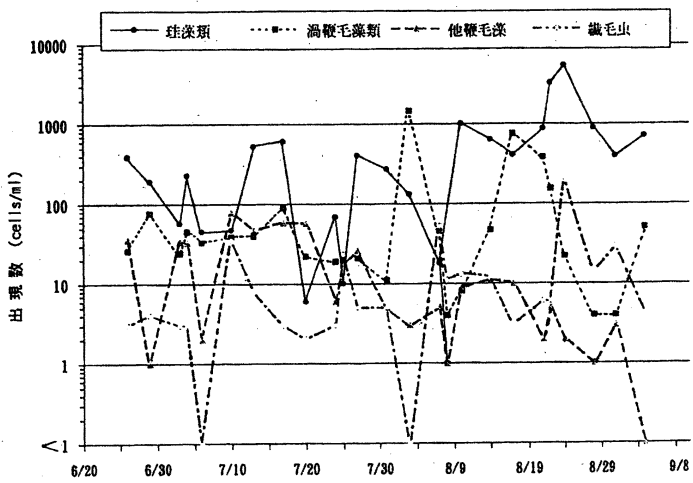


図29 St. 4におけるプランクトン出現数の推移(0~5m層柱状採水)

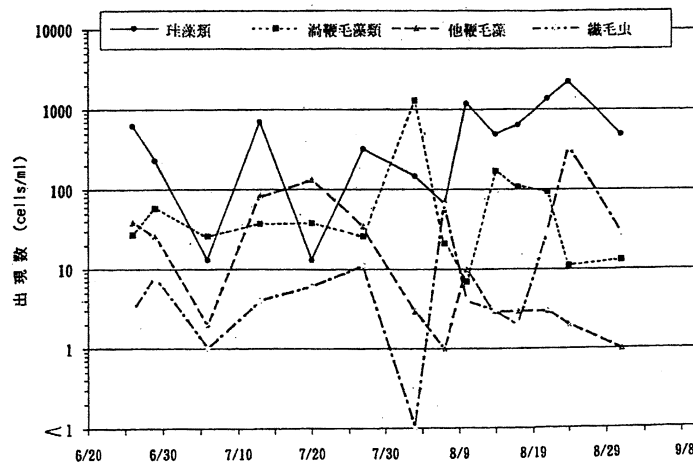


図30 T Aにおけるプランクトン出現数の推移(0~5m層柱状採水)

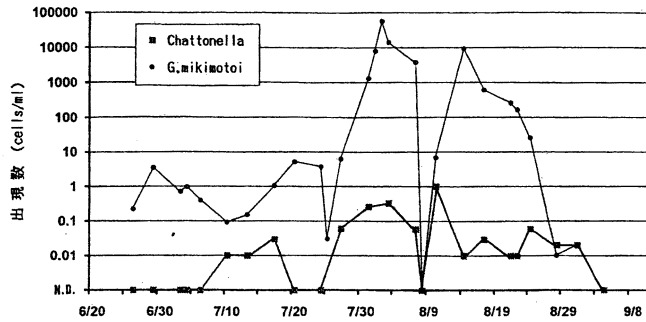


図31 播磨灘南東部における有害プランクトンの出現数の推移

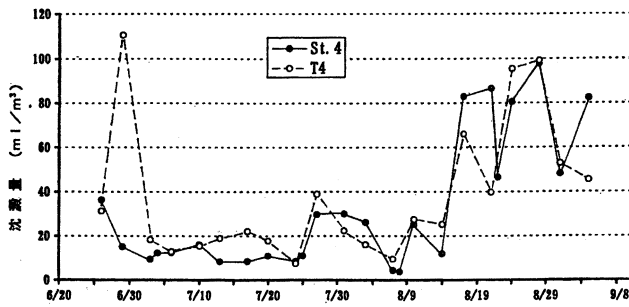


図32 沈殿量 (ml/m³) の推移

表3 ネット採集によるプランクトンの沈殿量(ml/m³)および優占種の推移(ネット：NXX13,鉛直曳)

地点 採集日	T 4			S t . 4				
	沈殿量 0~20m	優 占 種			沈殿量 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26日	31.28	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	36.34	<i>Noctiluca</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Coscinodiscus</i>
6月29日	110.60	<i>Doliolum</i>	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Noctiluca</i>	15.17	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Noctiluca</i>	<i>Copepoda</i>
7月3日	18.33	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	9.48	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Rhizosolenia</i>
7月6日	12.96	<i>Rhizosolenia</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	12.48	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Rhizosolenia</i>
7月10日	15.48	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>	16.12	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>
7月13日	18.96	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>	8.37	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>
7月17日	22.12	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>	8.53	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Copepoda</i>
7月20日	17.85	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>	11.06	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Thalassionema</i>
7月24日	7.58	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Thalassionema</i>	<i>Ditylum</i>	8.53	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Thalassionema</i>	<i>Ditylum</i>
7月27日	38.87	<i>Ditylum</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>	29.70	<i>Ditylum</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Coscinodiscus</i>
7月31日	22.44				30.02	<i>Chaetoceros</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>
8月3日	16.12	<i>Noctiluca</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Ceratium</i>	26.23	<i>Copepoda</i>	<i>Ceratium</i>	<i>Thalassionema</i>
8月7日	9.56	<i>Noctiluca</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Thalassionema</i>	4.42	<i>Copepoda</i>	<i>Ceratium</i>	<i>Noctiluca</i>
8月10日	27.49	<i>Noctiluca</i>	<i>Copepoda</i>	<i>Nitzschia</i>	25.28	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Stephanopyxis</i>
8月14日	25.28	<i>Copepoda</i>	<i>Noctiluca</i>	<i>Coscinodiscus</i>	12.01	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Stephanopyxis</i>
8月17日	66.04	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Nitzschia</i>	82.95	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Nitzschia</i>
8月21日	39.82	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Nitzschia</i>	86.60	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Nitzschia</i>
8月24日	95.43	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Nitzschia</i>	80.58	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Nitzschia</i>
8月28日	99.22	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Nitzschia</i>	97.80	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Coscinodiscus</i>
8月31日	52.77	<i>Chaetoceros</i>	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Thalassionema</i>	48.03	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Thalassionema</i>
9月4日	45.35	<i>Chaetoceros</i>	<i>Thalassionema</i>	<i>Stephanopyxis</i>	82.31	<i>Chaetoceros</i>	<i>Thalassionema</i>	<i>Stephanopyxis</i>
最少量	110.60				97.80			
最少量	7.58				4.42			
平均	37.79				34.86			