

博多湾中東部海域のプランクトンと その静置培養プランクトンの出現状況

常松 順子¹・石松 一男¹・高木 雅子¹

State of appearance of Plankton in the Central and Western Hakata bay and State of appearance of static cultivated Plankton

Jyunko TSUNEMATSU, Kazuo ISHIMATSU, Masako TAKAKI

博多湾中部海域のC1, C4地点と東部海域のE6地点について, 1994年4月から1995年3月まで博多湾の定期採水として約月1回(計13回)行われた際の表層水を用いて, 北側窓際で栄養塩を添加しない静置培養を行った. その結果, 24採水試料のうち, C1地点は1試料, C4地点は5試料, E6地点は8試料, 計14試料でプランクトンの増加及び減少が観察された.

また, 採水試料と培養試料との水質変化については, プランクトンが増殖するパターンとして, 1) DINやリン酸態リンがほとんど存在しない状態で増殖する場合, 2) アンモニア態窒素やリン酸態リンがある程度存在する状態で増殖する場合, 3) アンモニア態窒素は存在するがリン酸態リンはほとんど存在しない状態で増殖する場合の3つがあった. また, 9月以降の水質は, 9月以降にはアンモニア態窒素とリン酸態リン, さらに10月以降には硝酸態窒素も高くなっていったが, プランクトンの増殖の際消費された窒素成分は, アンモニア態窒素だけであり, 硝酸態窒素はほとんど消費されていなかった.

Key Words: 博多湾 Hakata bay, プランクトン Plankton, 出現状況 State of appearance, 静置培養 Static cultivation, *Gymnodinium sanguineum*, *Skeletonema*, *Nitzschia*, *Thlassiosira*

I はじめに

近年, 博多湾では富栄養化が著しく, 1993年度の月1回の定期採水では, 10回の赤潮もしくは赤潮に近い状態があった. だが, プランクトンの遷移現象が一般的に2週間と言われていることから, 月1回の定期採水で各回の各プランクトンの増殖及び消滅状況を知ることは不可能である. しかし, 博多湾の富栄養化においてプランクトン由来の内部生産量(COD)を把握することは, 赤潮プランクトンの増殖及び消滅状況をはっきりさせるために重要であると考えられる. そこで, 1994年4月から1995年3月まで, 博多湾の定期採水として約月1回(計13回)行われた際の中東部海域2地点の表層水(採水試料)について, 当試験所の北側の窓際で3~5日静置培養を行い, プランクトンを計数すると同時に,

窒素, リンの分析を行うことによって, プランクトンの増殖及び消滅状況やその際の水質についての特徴等について検討したので, 報告する.

II 調査方法等

採水試料: 採水試料は, 図1のように博多湾中部海域のC1, C4地点と東部海域のE6地点について, 1994年4月から1995年3月まで博多湾の定期採水として約月1回(計13回)行われた際の表層(海面から0.5m)水のうち, C1地点は1994年4月から5月まで, C4地点は1994年6月から1995年3月まで, E6地点は1994年4月から1995年3月までの表層水を用いた. この際, 培養試料として用いた採水試料の地点は, 中部, 東部海域よりそれぞれ1地点ずつ選出する予定で, 1994年4月時点ではC1地点とE6地点を選出したが, C1地点のプランクトン出現数が少なかったため, 1994年6月

1. 福岡市衛生試験所 理化学課

より C4 地点に変更した。

培養試料と培養方法：培養試料は、採水試料を静置培養したものを用いた。培養方法は、300 ml コニカルビーカーに採水試料 250 ml を入れ、埃などが入らないようビーカー上部をラップフィルムで軽くおおい、北側の窓際で静置して行った。

培養条件：C1 地点は 1994 年 4 月から 5 月まで、C4 地点は 1994 年 6 月から 1995 年 3 月まで、E6 地点は 1994 年 4 月から 1995 年 3 月までの各採水日から 3 日～5 日間の範囲内を培養期間とした。培養試料は採水試料を原水のままで用い、栄養塩類の添加は行わなかった。

窒素、リンの分析と細胞数の計測法：窒素、リンの分析は、各採水試料については採水当日に分析または前処理し、培養試料については、冷凍保存後、後日分析した。測定項目は、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、溶解性有機態窒素、不溶性態窒素、全窒素、リン酸態リン、溶解性有機態リン、不溶性態リン、全リンなどについて行った。尚、溶解性有機態窒素、リンは、各試料を Whatman GF/C にて濾過した濾液の全窒素、リンから溶解性無機態窒素 (DIN)、溶解性無機態リン (DIP) を引いたものであり、不溶性態窒素、リンは、各試料の全窒素、リンから濾液の全窒素、リンを引いたものである。また、プランクトンの計数は、各採水試料については採水当日中に行い、培養試料については培養終了日中に行った。同定は、文献^{2) 3) 4)}の写真で判別できる数種については種まで行い、その他は属までとした。

III 結果及び考察

1. プランクトン出現数変化と水質変化について

各地点の採水試料と培養試料の 100 個/種類以上のプランクトン出現状況について、表 1～3 に示した。尚、採水日の下に (海) と書いてある箇所が採水試料の結果で、(室) と書いてある箇所が培養試料の結果である。また、C1 地点の 6 月の採水試料と E6 地点の 10 月の培養試料の結果は 100 個/種類未満であったため、記載しなかった。

プランクトンが増加又は減少傾向にあったと考えられる月について、その採水試料及び培養試料の結果、そして該当月前後の採水試料及び培養試料の結果から、プランクトンの出現状況変化と水質変化を検討した。

1) 4 月

プランクトン出現数変化について、採水試料では、19 日に C1 地点で、27 日に E6 地点で、*Gymnodinium sanguineum* 赤潮が形成された。C1 地点では 27 日には出現数がかなり少なくなり、5 月には出現しなくなったことから、27 日以降は減少し、19 日から 27 日の間に消滅期間があったと考えられた。E6 地点は 19 日より 27 日の方が出現数が多かったことから 19 日以降増殖し、5 月には出現しなくなったことから、27 日から 5 月 17 日までの間に消滅期間があったと考えられた。また、培養試料では、C1 地点において増殖が観察されたことから、C1 地点の採水試料は潜在増殖能力があったと考え

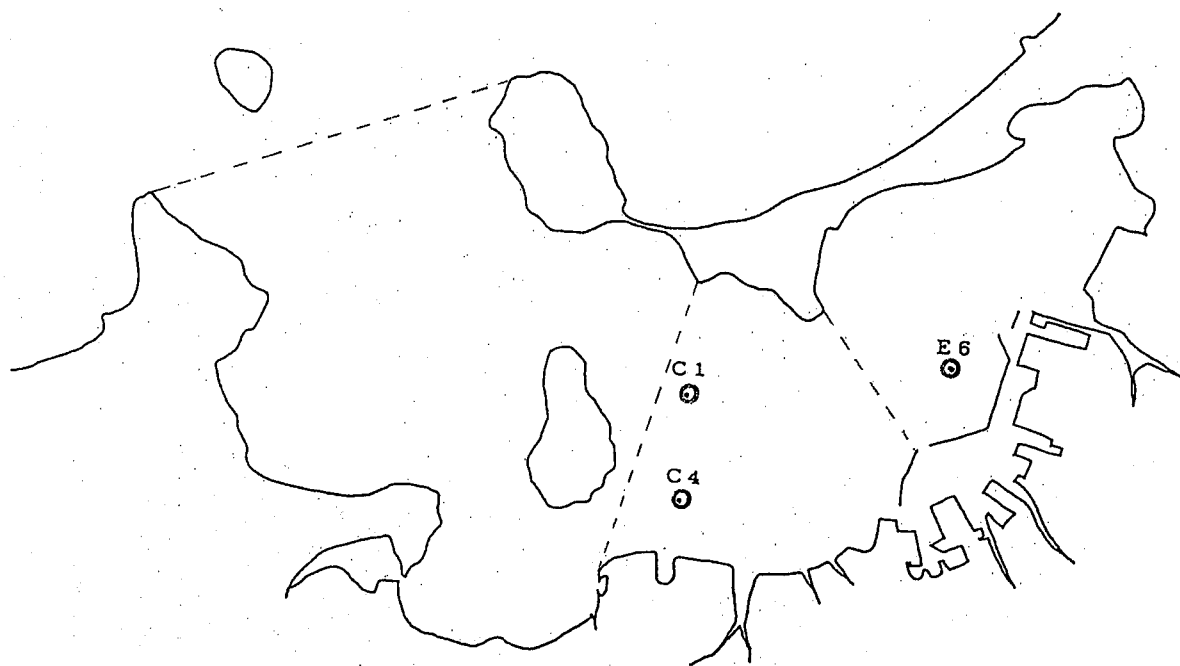


図1 博多湾の調査地点

表1 < C1及びC4地点表層水とその培養試料のプランクトン出現状況 >

藻網	C1 地点 月 日 (採水場所)										C4 地点 月 日 (採水場所)														
	6/4/19 (海)	4/22 (室)	4/27 (海)	5/17 (海)	5/20 (室)	6/4/21 (海)	6/25 (室)	7/5 (海)	7/11 (室)	8/18 (海)	8/22 (室)	9/13 (海)	9/19 (室)	10/27 (海)	11/10 (海)	11/14 (室)	12/01 (海)	12/05 (室)	7/1/17 (海)	1/23 (室)	2/7 (海)	2/10 (室)	3/7 (海)	3/11 (室)	
プランクトン名																									
ハプト				1348													145								
Emiliana spp.																									
Prymnesium spp.				1348													506								
ハプト計																									
ラフィド								149	176																
Fibrocapsa spp.																									
Heterosigma spp.								149	176																
ラフィド計																									
渦鞭毛	3300	7333	220														144								
Gymnodinium sanguineum																									
Gyrodinium spp.				385												118									
Katodinium spp.						162										493	544								125
Prorocentrum dentatum								186																	
Prorocentrum micans																									
Prorocentrum minimum(?)						387																			
Prorocentrum triestinum						144	384	300																	
Heterocapsa spp.	330																								
渦鞭毛計	3300	7663	220	385		693	384	486								611	1104					125			125
Ebria spp.																						125			
黄金色計																						125			
珪				1430	3300																				
Cheatoceros spp.																									
Cheatoceros didymus									1147																
Cheatoceros spp.(debile?)																									
Lauderia spp.											296														
Leptocylindrus danicus											796														
Leptocylindrus minimus									518		407														
Neodelphinaeis spp.																									
Nitzschia longissima				193																					
Nitzschia longissima				165				2240	5032	160															
Nitzschia pungens				275				64																	
Nitzschia spp.(small)								4373	18852																
Rhizosolenia fragilissima				2118	413																				
Skeletonema spp.	202			12513	15895																				
Thalassionema spp.				110	110						2017	2064													
Thalassiosira spp.											426	176													
Thalassiosira spp.(small)									5402	400															
珪計	202			16803	20075			4373	18256	12099	3941	2240			266	148									
総計	3300	7685	220	18535	20075	693	384	5007	18432	12099	3941	2240	152	4394	148	1117	4224	300	13317	888	1600	317		125	

表2 < E6 地点表層水とその培養試料のプランクトン出現状況 >

藻網 その他	月 日 (採水場所)																								
	6/4/19 (海)	4/22 (室)	4/27 (海)	5/17 (海)	5/20 (室)	6/6/21 (海)	6/25 (室)	7/5 (海)	7/11 (室)	8/18 (海)	8/22 (室)	9/13 (海)	9/19 (室)	10/27 (海)	11/10 (海)	11/14 (室)	12/01 (海)	12/05 (室)	7/1/17 (海)	1/23 (室)	2/7 (海)	2/10 (室)	3/7 (海)	3/11 (室)	
プランクトン名																									
Tintinnopsis spp.																130									
その他計															130										
ハプト				1898										481	574		574	368	113						
Pyrrnesium spp.				1898										481	574		574	368	113						
ハプト計				1898										481	574		574	368	113						
ブラシノ								128																	
Pyraminonas spp.								128																	
ブラシノ計								128																	
ラフイド									704						222										
Fibrocapsa spp.									704						222										
Heterosigma spp.									704						222										
ラフイド計									704						222										
渦鞭毛	1320	1632	4720																						
Gymnodinium sanguineum																									
Heterocapsa spp.																									
Katodinium spp.																									
Prorocentrum dentatum						241	224																		
Prorocentrum triestinum						241	928																		
Protoperidinium spp.				165	165	241	1152	112																	
渦鞭毛計	1320	1632	4720	165	165	241	1152	112									315	240						513	725
Ebria spp.																									
黄金色																									
黄金色計																									
珪																									
Cheatoceeros decipiens										256															
Cheatoceeros didymus																									
Cheatoceeros spp.(debile?)																									
Cheatoceeros spp.				1705	605			544										880							
Leptocylindrus mininus										192															
Nitzschia longissima						720	720	176	13760	336															
Nitzschia pungens				303																					
Nitzschia spp.(small)								112	26040	160															
Rhizolenia fragilissima				2888																					
Skeletonema spp.		917		29700	1788			128	1232									3972	1500			613	7250	11875	
Thalassionema spp.					193								1008						113						
Thalassiosira spp.												128	4448						672	113			200		
Thalassiosita spp.(small)																									
珪計		917		34595	2585			832	27208	43408	656	128	5456		204	185	5424	1938	51975	6488	26388	1900	2325	14200	
原生動物																									
Mesodinium spp.															111										
原生動物計															111										
総計	1320	2648	4720	36658	2750	241	1152	1072	27912	43408	656	128	5456	481	1110	315	888	6032	2050	53850	6913	27525	9663	14925	

られ、従って19日は増殖期間中であり、その後27日までの間に消滅期間があったと考えられた。今回の採水試料における水質の特徴としては、*Gymnodinium sanguineum* が大型であったため、全窒素、リン及び不溶解性窒素、リンが、他の月よりかなり高くなっていた。また、増殖における水質変化について、窒素では、培養試料及び用いた採水試料の両方でDINが少なかったこと、その際の溶解性有機態窒素と不溶解性窒素にもあまり変化はなかったことから、ほぼプランクトンに蓄積された窒素により増殖したと考えられ、リンでは、リン酸態リンの減少及び不溶解性リンの増加が観察されたことから、プランクトンの増加によりリン酸態リンが消費され、プランクトンに取り込まれたと考えられた。

2) 5月

プランクトン出現数変化について、採水試料では、2地点とも珪藻類の *Skeletonema* 属が優占属となり万単位で出現していたが、4月27日及び6月でほとんど出現していなかったことから、4月27日から6月21日の間で増殖及び消滅したと考えられた。培養試料では、地点による差が見られ、C1地点は少し増加したことから、採水試料は潜在増殖能力があったと考えられ、従って17日は増殖期間中であり、その後消滅期間に入ったと考えられたが、E6地点はかなり減少していたことから、採水試料は消滅する状況にあったと考えられ、従って17日は消滅期間中であったと考えられた。5月の2地点の採水試料における水質の特徴としては、DIN及びリン酸態リンが非常に少なく、このことよりDIN及びリン酸態リンはプランクトンの増殖によりほとんど消費されたと考えられた。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点ともほぼ同じ傾向であり、採水試料及び培養試料の両方でDIN及びリン酸態リンが少なく、溶解性有機態窒素、リンと不溶解性窒素、リンにもあまり変化はなく、2地点ともほぼ同じ傾向であった。この結果より、C1地点ではプランクトンに蓄積された窒素、リンにより増殖したものと考えられたが、E6地点では培養試料のプランクトン数が減少していたことから、C1地点のように考えられなかった。このように、同じような水質での静置培養により、増殖及び消滅が起こったことから、増殖及び消滅に関して窒素、リン以外の物質の要因が考えられた。

3) 7月

プランクトン出現数変化について、採水試料では、C4地点においては、珪藻類の *Nitzschia* spp. (small) が多く出現し優占種となっていたが、6月の採水試料及び培養試料では出現せず、8月の採水試料では少なくなっていたことから、6月21日以降から8月18日の間に増殖及び消滅したと考えられた。E6地点においては、こ

の *Nitzschia* spp. (small) は、6、7、8月ともに出現数が少なかったため、6月21日から8月18日の間は増殖及び消滅の傾向はみられなかった。また、培養試料では、2地点とも増加していたことから、採水試料において、2地点とも潜在増殖能力があったと考えられ、従って、C4地点では採水試料の結果と異なっていたが、E6地点では5日は増殖期間中であったと考えられた。7月の採水試料における水質の特徴としては、2地点ともDIN及びリン酸態リンが非常に少なかったことから、C4地点ではDIN及びリン酸態リンはプランクトンの増殖によりほとんど消費されたと考えられたが、E6地点では採水試料のプランクトン数が少なかったためC4地点のような傾向は考えられなかった。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点ともほぼ同じ傾向であり、採水試料及び培養試料の両方でDIN及びリン酸態リンが少なく、溶解性有機態窒素、リンと不溶解性窒素、リンにもあまり変化はなかった。この結果より、培養試料におけるプランクトンの増殖は、C4地点ではほぼプランクトンに蓄積された窒素、リンによると考えられたが、E6地点ではDINが少ない状態からプランクトンが増殖しており窒素、リン以外の物質の要因が考えられた。

4) 8月

プランクトン出現数変化について、採水試料では、2地点とも珪藻類の *Nitzschia longissima* と *Talassiosira* 属が優占種となっており、2種ともに7月での出現数は少なかったことから、これらの種は7月5日から9月13日の間に増殖及び消滅したと考えられた。また、培養試料では、2地点とも減少していたことから、採水試料は消滅する状況にあり、従って18日は消滅期間中であると考えられた。8月の採水試料における水質の特徴としては、2地点ともDIN及びリン酸態リンが非常に少なくプランクトン数が多かったことから、DIN及びリン酸態リンはプランクトンの増殖によりほとんど消費されたと考えられた。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点ともほぼ同じ傾向であり、出現数の減少していた培養試料は採水試料よりアンモニア態窒素及びリン酸態リンが少し増加したが、不溶解性窒素、リンは減少していた。この結果より、培養試料におけるプランクトン数減少により、2地点ともプランクトンに由来する窒素、リンの総量は少なくなり、一部それらの分解によりアンモニア態窒素やリン酸態リンが増加した可能性も考えられた。

5) 9月

プランクトン出現数変化について、採水試料では、C4地点の方が多かったが、数的には2地点とも比較的少なく、また、10月の採水試料も少なかったことから、

2地点ともプランクトンの増殖の傾向は観察されなかった。また、培養試料では、C4地点は採水試料とあまり変わらなかったことから、採水試料の結果と同じ傾向であったが、E6地点は珪藻類の *Talassiosira* 属の出現数が多くなっていたことから、E6地点の採水試料において、潜在増殖能力があったと考えられた。9月の採水試料における水質の特徴としては、2地点とも DIN 及びリン酸態リンが8月より多くなり、特にE6地点ではアンモニア態窒素及びリン酸態リンが全窒素、全リンの50%以上を占めていた。また、C4地点では不溶性リンが多かったが、これは *Thalassionema* 属によると考えられた。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点ともアンモニア態窒素及びリン酸態リンが減少しており、出現数の変化があまりなかったC4地点では溶解性有機態窒素、リンが増加していたが、出現数の増加していたE6地点では不溶性窒素、リンそして溶解性有機態窒素が増加していた。この結果より、減少したアンモニア態窒素及びリン酸態リンは、C4地点では溶解性有機態窒素、リンへ変化したと考えられたが、E6地点ではアンモニア態窒素はプランクトン増殖による消費と溶解性有機態窒素への変化の2つが考えられ、リン酸態リンはほとんどプランクトン増殖により消費されたと考えられた。

6) 12月

プランクトン出現数変化について、採水試料は、2地点とも少なく、また、1月の採水試料も少なかったことから、2地点ともプランクトンの増殖の傾向は観察されなかった。しかし、培養試料では、2地点とも出現数が増加傾向を示し、特にE6地点では珪藻類の *Skeletonema* 属の出現数が多くなっていたことから、E6地点の採水試料において、潜在増殖能力があったと考えられた。12月の採水試料における水質の特徴としては、E6地点では、アンモニア態窒素及びリン酸態リンが、9月同様全窒素、全リンの50%以上を占めており、また、2地点とも硝酸態窒素が9月より多くなっていた。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点とも、アンモニア態窒素及びリン酸態リンが減少し、不溶性窒素、リンが増加していた。この結果より、2地点とも、減少したアンモニア態窒素及びリン酸態リンは、ほとんどプランクトン増殖により消費されたと考えられた。

6) 1月

プランクトン出現数変化について、採水試料は、2地点とも少なく、また、2月の採水試料では、C4地点は出現数が少なく、E6地点は珪藻類の *Talassiosira* 属の出現数が多くなっていたことから、C4地点ではプランクトン増殖の傾向は観察されなかったが、E6地点では、17日から2月7日の間に *Talassiosira* 属の増殖期間が

あったと考えられた。培養試料では、2地点とも *Talassiosira* 属の増加が観察されたため、採水試料においては、2地点とも潜在増殖能力があったと考えられ、従って、E6地点において17日は増殖期間中であったと考えられた。1月の採水試料における水質の特徴としては、2地点とも、アンモニア態窒素及びリン酸態リンが、全窒素、全リンのほぼ50%以上を占めていた。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点とも、アンモニア態窒素及びリン酸態リンが減少し、不溶性窒素、リンが増加していた。この結果より、2地点とも、減少したアンモニア態窒素及びリン酸態リンは、ほとんどプランクトン増殖により消費されたと考えられた。

7) 2月、3月

プランクトン出現数変化について、採水試料は、C4地点では、出現数が少なかったが、E6地点では、珪藻類の *Talassiosira* 属の出現数が多くなっていた。また、3月の採水試料では、C4地点では、出現数が少なかったが、E6地点では、珪藻類の *Skeletonema* 属の出現数が多くなっていたことから、C4地点ではプランクトンの増殖の傾向は観察されなかったが、E6地点では、*Talassiosira* 属が2月7日から3月7日の間に増加及び消滅し、*Skeletonema* 属が2月7日から3月7日の間に増加期間があったと考えられた。培養試料では、2月10日にE6地点で *Talassiosira* 属の増加が観察されたが、*Skeletonema* 属の出現数はかなり少なかった。この結果から、2月7日のE6地点の採水試料においては、*Talassiosira* 属について潜在増殖能力があり *Talassiosira* 属の増殖期間であったと考えられた。また、2月の採水試料における水質の特徴としては、2地点とも、アンモニア態窒素及びリン酸態リンのみ1月より少なくなっていた。特にリン酸態リンはかなり少なくなっていたことから、プランクトンの増殖によりリン酸態リンはほとんど消費されたがアンモニア態窒素はある程度残ったものと考えられた。採水試料と培養試料との水質変化については、2地点とも、アンモニア態窒素が減少し、不溶性窒素、リンが増加していた。この結果より、2地点とも、窒素に関しては、減少したアンモニア態窒素は、ほとんどプランクトン増殖により消費されたと考えられたが、リンに関しては、プランクトンに蓄積されたリンにより増殖したと考えられた。

2. プランクトンの出現変化のあった月の水質変化及びその特徴について

採水試料については、C1、C4地点の水質結果を表4に、E6地点の水質結果を表5に示し、培養試料については、C1、C4地点の水質結果を表6に、E6地点の水質結果を表7に示した。また、窒素については、図2

表 4 < C1, C4 地点採水試料水質結果 >

地点名	月日	気温	水深	水温	pH	DO	COD	SS	T-N	T-P	CL	NH4-N	NO2-N	NO3-N	DON	PON	PO4-P	DOP	POP	SiO4	CHL	DCOD
C-1	94/04/19	16.3	10.5	15.6	8.6	12	9.1	23	1.231	0.1	17700	0.003	0.002	0	0.254	0.972	0.009	0.017	0.074	1.3	44	5.3
C-1	94/04/27	18.6	11	17.5	8.5	12	2.8	9	0.197	0.019	17100	0.004	0.002	0.002	0.097	0.092	0	0.007	0.012	1.3	2.8	2
C-1	94/05/17	18.6	10.8	19.2	8.3	8.6	4.6	11	0.326	0.042	17400	0	0.003	0	0.129	0.194	0.002	0.013	0.027	0.19	17	2.9
C-1	94/06/21	19.8	10.2	20.8	8.1	7.2	2.4	3	0.34	0.046	16400	0.092	0.008	0.043	0.09	0.1	0.02	0.011	0.015	1.1	5.8	1.8
C-4	94/06/21	19.6	7.8	21	8.1	7.5	3.9	4	0.485	0.066	14900	0.093	0.01	0.087	0.14	0.155	0.023	0.017	0.026	1.4	16	2.3
C-4	94/07/05	32	7.2	27.4	8.4	11	3.3	7	0.303	0.029	17200	0.005	0.003	0.004	0.15	0.13	0	0.012	0.017	1	7.7	1.8
C-4	94/08/18	30	7.8	28.6	8.3	8.4	3.2	12	0.34	0.049	18400	0.004	0.001	0	0.155	0.18	0	0.022	0.027	0.06	11	2.7
C-4	94/09/13	26.2	7	27.3	8.2	6.6	3.7	9	0.518	0.087	17700	0.096	0.01	0.024	0.15	0.22	0.034	0.012	0.041	0.25	18	2.3
C-4	94/10/27	19.2	6.9	19.5	8.1	7.4	1.8	6	0.616	0.055	17800	0.37	0.033	0.104	0.026	0.083	0.039	0.011	0.005	1.4	3.2	1.4
C-4	94/11/10	19.7	7.2	17.8	8.3	9.4	4.2	7	0.63	0.052	17600	0.05	0.03	0.17	0.18	0.2	0.014	0.018	0.02	0.48	23	2.6
C-4	94/12/01	15.3	7.8	15.5	8.3	8.6	3	6	0.548	0.038	18000	0.07	0.019	0.144	0.147	0.16	0.01	0.012	0.016	0.86	8.6	1.8
C-4	95/01/17	9.3	8	8.3	8.3	9.3	1.5	8	0.419	0.039	17600	0.158	0.02	0.156	0.047	0.038	0.025	0.004	0.01	0.65	1.2	1.2
C-4	95/02/07	9.7	7.3	7.7	8.4	10	2.1	6	0.517	0.024	17700	0.121	0.03	0.204	0.101	0.061	0.003	0.009	0.012	0.15	2.3	1.4
C-4	95/03/07	11.7	7.4	10	8.7	9.6	2.9	4	0.371	0.021	18300	0.055	0.012	0.077	0.131	0.096	0.001	0.009	0.011	0.14	2.3	2
C1, C4 地点 採水試料	平均値	19.04	8.35	18.3	8.329	9.114	3.464	8.214	0.4886	0.0476	17414	0.0801	0.0131	0.0725	0.1284	0.1915	0.0129	0.0124	0.0224	0.734	11.64	2.25
	最高値	32	11	28.6	8.7	12	9.1	23	1.231	0.1	18400	0.37	0.033	0.204	0.254	0.972	0.039	0.022	0.074	1.4	44	5.3
	最低値	9.3	6.9	7.7	8.1	6.6	1.5	3	0.197	0.019	14900	0	0.001	0	0.026	0.038	0	0.004	0.005	0.06	1.2	1.2

表 5 < E6 地点採水試料水質結果 >

地点名	月日	気温	水深	水温	pH	DO	COD	SS	T-N	T-P	CL	NH4-N	NO2-N	NO3-N	DON	PON	PO4-P	DOP	POP	SiO4	CHL	DCOD
E-6	94/04/19	17.3	6.7	15.2	8.4	9.8	4.4	5	0.517	0.034	17600	0.001	0.002	0.004	0.161	0.449	0.001	0.013	0.02	1.2	12	2.3
E-6	94/04/27	18.2	7.4	17.1	8.8	15	9.7	20	1.885	0.18	15300	0.007	0.002	0.001	0.539	1.336	0.033	0.039	0.108	1.9	116	7.1
E-6	94/05/17	18.5	6.7	19.9	8.4	10	5.3	16	0.428	0.052	16500	0.005	0.002	0.001	0.172	0.248	0.003	0.012	0.037	0.13	42	3.7
E-6	94/06/21	19.6	6.1	21	8.1	6.7	2.3	3	0.73	0.069	16700	0.156	0.011	0.075	0.119	0.369	0.038	0.015	0.016	1.1	6.2	1.6
E-6	94/07/05	30.5	7.2	28.8	8.5	10	3.8	11	0.457	0.041	16500	0.023	0.008	0.024	0.18	0.21	0.001	0.016	0.024	1.1	15	2.5
E-6	94/08/18	30.5	6.4	29.2	8.4	11	5.1	15	0.547	0.083	18300	0.008	0	0.001	0.167	0.371	0.001	0.025	0.057	0.06	43	3.1
E-6	94/09/13	25.5	6.4	27	8	5.1	3.1	6	0.8	0.103	17200	0.46	0.023	0.052	0.14	0.12	0.079	0.009	0.012	2.1	2.5	2.8
E-6	94/10/27	19.7	6.6	19.7	8.1	7.5	2.1	5	0.891	0.071	17400	0.576	0.039	0.133	0	0.146	0.05	0.013	0.008	1.6	4.4	2.1
E-6	94/11/10	21.5	6.4	18.4	8.3	9.1	2.9	7	0.818	0.054	17300	0.482	0.043	0.2	0.029	0.05	0.033	0.011	0.01	0.75	11	2
E-6	94/12/01	16.6	6.5	15.5	8.2	7.6	2.1	7	0.712	0.049	17500	0.372	0.032	0.212	0.045	0.051	0.031	0.007	0.011	1.1	4.3	1.9
E-6	95/01/17	8	6.9	7.3	8.2	9.7	2.5	8	0.925	0.063	16900	0.485	0.046	0.325	0.026	0.043	0.043	0.007	0.013	1.1	2.9	1.4
E-6	95/02/07	9.3	7.2	7.5	8.5	11	3.7	11	0.826	0.036	17400	0.154	0.038	0.274	0.122	0.24	0.001	0.012	0.024	0.07	19	2.2
E-6	95/03/07	15.1	6.8	9.6	8.8	10	3	5	0.688	0.035	17400	0.195	0.045	0.158	0.14	0.16	0.002	0.013	0.02	0.16	7.2	2.6
E6 地点 採水試料	平均値	19.25	6.715	18.17	8.362	9.423	3.846	9.154	0.7865	0.0669	17077	0.2249	0.0224	0.1123	0.1415	0.2918	0.0243	0.0148	0.0277	0.952	21.96	2.715
	最高値	30.5	7.4	29.2	8.8	15	9.7	20	1.885	0.18	18300	0.576	0.046	0.325	0.539	1.336	0.079	0.039	0.108	2.1	116	7.1
	最低値	8	6.1	7.3	8	5.1	2.1	3	0.428	0.034	15300	0.001	0	0.001	0	0.043	0.001	0.007	0.008	0.06	2.5	1.4

表6 C1, C4 地点培養試料水質結果

地点名	月日	T-N	T-P	NH-4	NO2-N	NO3-N	DON	PON	PO4-P	DOP	POP
C-1	94/04/22	1.061	0.103	0.001	0.001	0	0.206	0.851	0.002	0.02	0.083
C-1	94/05/20	0.302	0.039	0.052	0.003	0.002	0.157	0.088	0.001	0.016	0.022
C-4	94/06/25	0.57	0.06	0.028	0.002	0.007	0.27	0.227	0.001	0.015	0.044
C-4	94/07/11	0.337	0.029	0.014	0.002	0.003	0.165	0.153	0.001	0.009	0.019
C-4	94/08/22	0.311	0.022	0.016	0.001	0.004	0.218	0.082	0.003	0.015	0.004
C-4	94/09/19	0.476	0.094	0.008	0.001	0	0.243	0.224	0.01	0.032	0.052
C-4	94/10/31	0.499	0.051	0.005	0.017	0.095	0.299	0.073	0.004	0.021	0.026
C-4	94/11/14	0.625	0.048	0.07	0.025	0.156	0.239	0.135	0.011	0.017	0.02
C-4	94/12/05	0.41	0.035	0.005	0.011	0.054	0.125	0.215	0.002	0.007	0.026
C-4	95/01/23	0.458	0.037	0.004	0.016	0.073	0.115	0.24	0.001	0.007	0.029
C-4	95/02/13	0.491	0.031	0.014	0.03	0.177	0.158	0.128	0.002	0.007	0.022
C-4	95/03/13	0.413	0.019	0.045	0.023	0.106	0.132	0.107	0.001	0.005	0.013
C1, C4 地点 培養試料	平均値	0.496	0.047	0.022	0.011	0.056	0.194	0.21	0.0033	0.0143	0.03
	最高値	1.061	0.103	0.07	0.03	0.177	0.299	0.851	0.011	0.032	0.083
	最低値	0.302	0.019	0.001	0.001	0	0.115	0.073	0.001	0.005	0.004

表7 E6 地点培養試料水質結果

地点名	月日	T-N	T-P	NH-4	NO2-N	NO3-N	DON	PON	PO4-P	DOP	POP
E-6	94/04/22	0.463	0.039	0.009	0.001	0	0.152	0.301	0.001	0.009	0.029
E-6	94/05/20	0.363	0.048	0	0.002	0.002	0.128	0.131	0	0.012	0.036
E-6	94/06/25	0.524	0.059	0.017	0.003	0.003	0.195	0.306	0.002	0.015	0.042
E-6	94/07/11			0.016	0.002	0.014	0.325		0.004	0.006	
E-6	94/08/22	0.394	0.058	0.026	0.002	0.004	0.212	0.15	0.006	0.02	0.032
E-6	94/09/19	0.732	0.12	0.047	0.016	0.018	0.384	0.332	0.019	0.013	0.088
E-6	94/10/31	0.71	0.059	0.067	0.037	0.171	0.225	0.21	0.006	0.016	0.037
E-6	94/11/14	0.799	0.053	0.025	0.036	0.211	0.285	0.242	0.012	0.015	0.026
E-6	94/12/05	0.59	0.046	0.128	0.031	0.18	0.102	0.149	0.01	0.014	0.022
E-6	95/01/23	0.896	0.062	0.008	0.044	0.265	0.196	0.383	0.004	0.011	0.047
E-6	95/02/13	0.736	0.037	0.039	0.037	0.273	0.115	0.272	0.001	0.009	0.027
E-6	95/03/13	0.628	0.043	0.044	0.05	0.177	0.158	0.201	0.001	0.009	0.033
E6 地点 培養試料	平均値	0.621	0.057	0.036	0.022	0.11	0.206	0.243	0.0055	0.0124	0.0381
	最高値	0.896	0.12	0.128	0.05	0.273	0.384	0.383	0.019	0.02	0.088
	最低値	0.363	0.037	0	0.001	0	0.102	0.131	0	0.006	0.022

にC1, C4 地点の各試料の窒素成分変化を、図3にE6 地点の各試料の窒素成分変化を示し、リンについては、図4にC1, C4 地点の各試料のリン成分変化を、図5にE6 地点の各試料のリン成分変化を示した。

1) 採水試料での出現数が多い月の水質の特徴：

窒素については、3つのパターンが観察された。

(1) 4月19日のC1地点、4月27日のE6地点で全窒素及び不溶解性窒素が、他の月よりかなり多くなっていたが、DINは非常に少なかった。これは、出現種の

Gymnodinium sanguineum が大型で赤潮を形成したため、全窒素及び不溶解性窒素が高くなり、その増殖の際、DINはほとんど消費されたと考えられた。

(2) 5月、8月のC1, E6地点、7月のC4地点で、DINは非常に少なかったが、これはプランクトンの増殖により、DINはほとんど消費されたと考えられた。

(3) 2月、3月のE6地点で、DINが全窒素の50%程度を占めていた。E6地点では、9月以降DINが高い傾向にあり、特にアンモニア態窒素が高く、硝酸態窒素

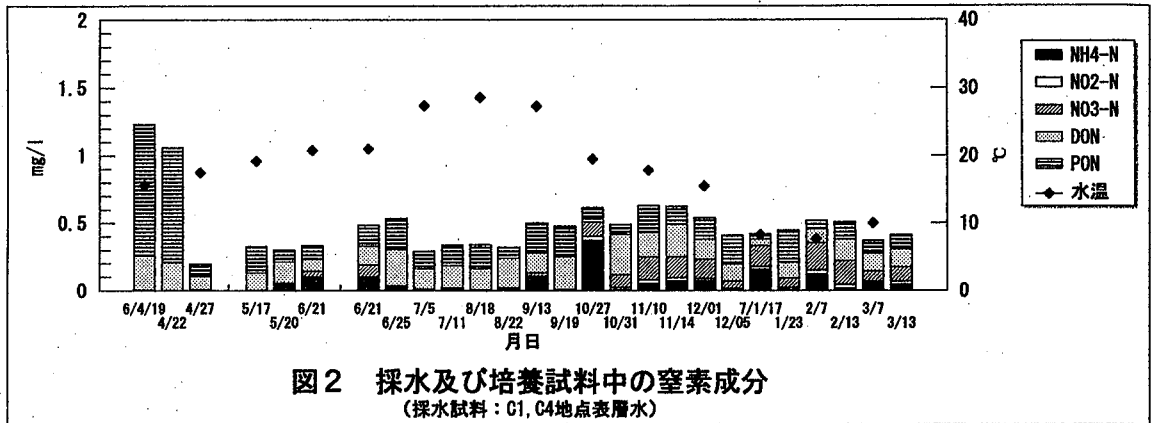


図2 採水及び培養試料中の窒素成分
(採水試料: C1, C4地点表層水)

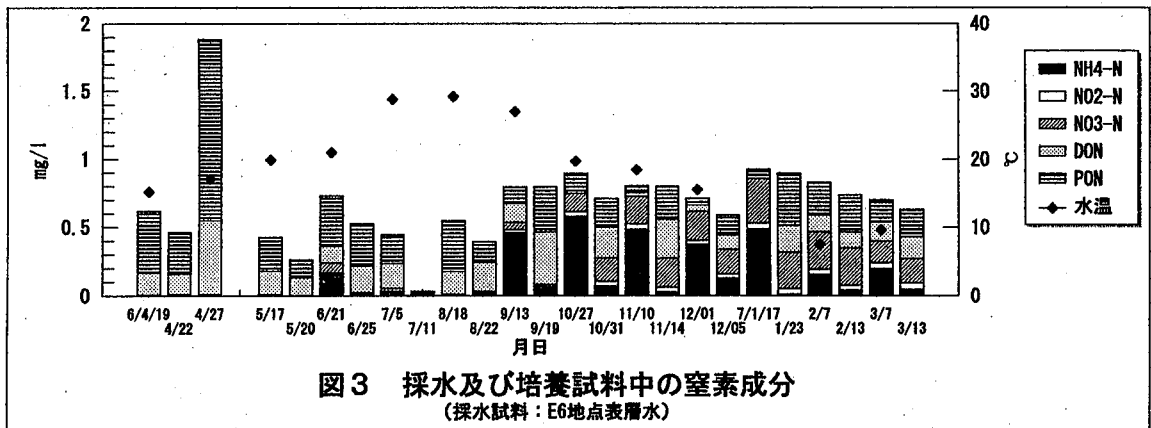


図3 採水及び培養試料中の窒素成分
(採水試料: E6地点表層水)

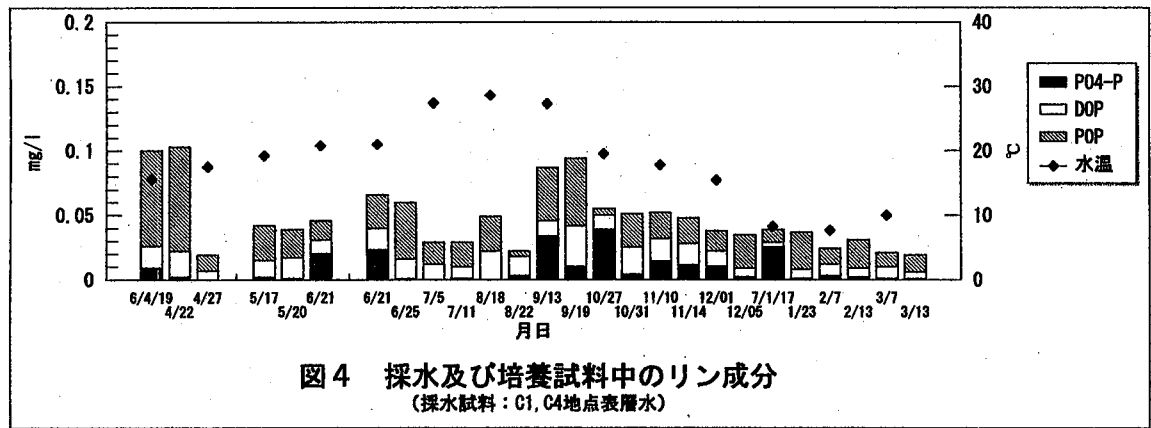


図4 採水及び培養試料中のリン成分
(採水試料: C1, C4地点表層水)

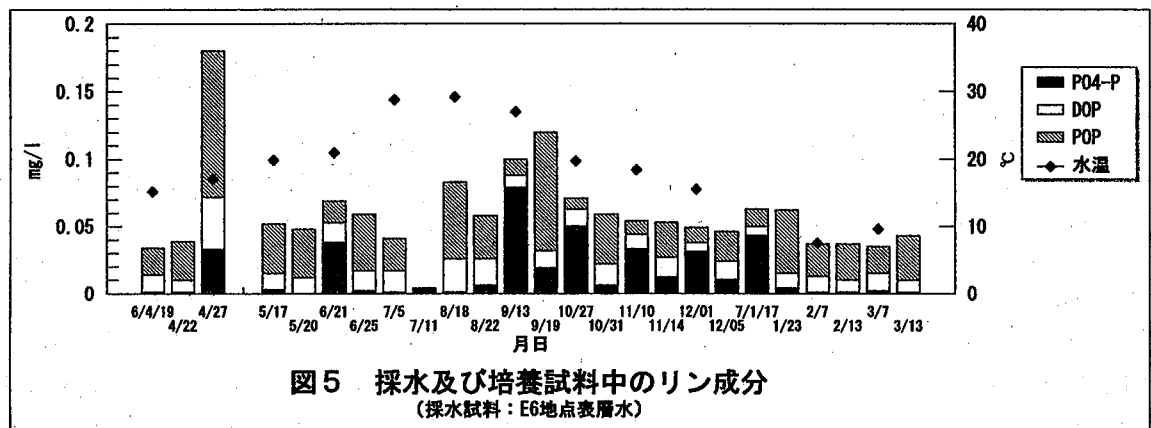


図5 採水及び培養試料中のリン成分
(採水試料: E6地点表層水)

も高くなっていったが、2月、3月は硝酸態窒素はほとんど変わらず、アンモニア態窒素が低くなったことから、DINはプランクトンの増殖による消費量以上に採水試料中に存在していたと考えられた。

リンについては、窒素と異なる2つのパターンが観察された。

(4) 4月の *Gymnodinium sanguineum* の出現数が多かった際、リン酸態リンが出ており、特に4月27日は採水試料の平均値以上であった。

(5) 5月、8月のC1、E6地点、7月のC4地点、2月、3月のE6地点は、リン酸態リンが少なく、プランクトンの増殖により、リン酸態リンはほとんど消費されたと考えられた。特に、E6地点については、アンモニア態窒素同様、9月以降リン酸態リンが高い傾向にあったが、2月、3月はリン酸態リンがかなり低かったことから、2月、3月のE6地点においては、リンの方が窒素より早く消費されたと考えられた。

以上をまとめると、4月は、大型の *Gymnodinium sanguineum* の出現数が多かったため、全窒素、リン及び不溶性窒素、リンが、他の月よりかなり高く、プランクトンの増殖により、DINはほとんど消費されたが、リン酸態リンはある程度検出されていた。5月から8月まではプランクトンの増殖により、DIN及びリン酸態リンはほとんど消費されたと考えられた。9月以降の水質は、9月以降にはアンモニア態窒素とリン酸態リン、さらに10月以降には硝酸態窒素が高くなったが、リン酸態リンがかなり少なかった2、3月のE6地点では、プランクトンの増殖によりリン酸態リンはほとんど消費されたがアンモニア態窒素はある程度残ったと考えられた。

2) 培養試料で出現数が多い月の水質変化の特徴：

窒素については、2つのパターンが観察された。

(1) 4月22日のC1地点、5月のC4地点、7月のC1、E6地点で、培養試料及び用いた採水試料の両方でDINが少なかったことから、プランクトンの増加によるDINの減少が起こる可能性は考えられず、また、その際の溶解性有機態窒素と不溶性窒素にもあまり変化はなかった。このことから、今回の増殖は、プランクトンに蓄積された窒素により増殖したと考えられた。

(2) 1月のC4地点、9月と12月から3月までのE6地点で、用いた採水試料と比較するとアンモニア態窒素の減少及び不溶性窒素の増加が観察されたことから、プランクトンの増加によりアンモニア態窒素が消費され、プランクトンに取り込まれたと考えられた。

リンについては、窒素と同様の2つのパターンが観察されたが、月、地点等が異なっていた。

(3) 5月のC4地点、7月のC1、E6地点、2月、

3月のE6地点で、培養試料及び用いた採水試料の両方でリン酸態リンが少なかったことから、プランクトンの増加によるリン酸態リンの減少が起こる可能性は考えられず、また、その際の溶解性有機態リンと不溶性リンにもあまり変化はなかった。このことから、今回の増殖は、プランクトンに蓄積されたリンにより増殖したと考えられた。

(4) 4月22日のC1地点、1月のC4地点、9月と12月と1月のE6地点で、用いた採水試料と比較するとリン酸態リンの減少及び不溶性リンの増加が観察されたことから、プランクトンの増加によりリン酸態リンが消費され、プランクトンに取り込まれたと考えられた。

以上をまとめると、培養試料及び用いた採水試料の両方でDIN及びリン酸態リンが少なかった月では、溶解性有機態窒素、リンと不溶性窒素、リンにもあまり変化はなかったことから、プランクトンに蓄積された窒素、リンにより増殖したと考えられた。また、培養試料と用いた採水試料と比較して、DIN及びリン酸態リンの減少と不溶性窒素、リンの増加が観察された月では、プランクトンの増加によりDIN及びリン酸態リンが消費され、プランクトンに取り込まれたと考えられた。

3) 培養試料でプランクトンが消滅傾向にあると考えられる月の水質変化の特徴：

5月のE6地点では、両方ともDIN及びリン酸態リンが少なく、溶解性有機態窒素、リンそして不溶性窒素、リンにもあまり変化はなかったことから、プランクトンの消滅に関して窒素、リン以外の要因の関与も考えられた。

また、8月の2地点では、不溶性窒素、リンは減少していたが、アンモニア態窒素及びリン酸態リンはわずかに増加していたことから、培養試料における消滅によって、プランクトン由来の窒素、リンの総量は少なくなり、一部それらの分解によりアンモニア態窒素及びリン酸態リンが増加したと考えられた。

IV ま と め

博多湾中部海域のC1、C4地点と東部海域のE6地点について、1994年4月から1995年3月まで博多湾の定期採水として約月1回(計13回)行われた際の表層水を用いて、北側窓際にて栄養塩類の添加を行わずに静置培養を行った。月1回の定期採水のため、プランクトンの増加及び消滅状況の推定の間隔がプランクトンの遷移現象の2週間を越えており、培養試料の結果がどの程度採水試料からの推定と一致しているかどうかの確認はほとんどできていないに等しかったが、24採水試料のうち、C1地点は1試料、C4地点は5試料、E6地点は

8 試料, 計 14 試料でプランクトンの増加及び減少が観察された。

また, 採水試料と培養試料との水質変化については, プランクトンが増殖するパターンとして, 1) DIN やリン酸態リンがほとんど存在しない状態で増殖する場合, 2) アンモニア態窒素やリン酸態リンがある程度存在する状態で増殖する場合, 3) アンモニア態窒素は存在するがリン酸態リンはほとんど存在しない状態で増殖する場合の 3 つがあった。1) は 4 月から 8 月の間で起こり, プランクトンに蓄積された DIN 及びリンにより増殖したと考えられると同時に, 5 月の E6 地点のように同じような条件で減少した試料もあったことから, 増殖及び消滅に関して窒素, リン以外の要因が考えられた。2) は 9 月から 1 月の間に起こり, アンモニア態窒素やリン酸態リンはプランクトン増殖の際消費されたと考えられ, 3) は 2, 3 月に起こり, 窒素に関しては, 減少したアンモニア態窒素は, ほとんどプランクトン増殖により消費されたものと考えられたが, リンに関しては, プランクトンに蓄積されたリンにより増殖したものと考えられた。また, 9 月以降の水質は, 9 月以降にはアンモニア態窒素とリン酸態リン, さらに 10 月以降には硝酸態窒素が高くなっていったが, プランクトンの増殖の際消費された窒素成分は, アンモニア態窒素だけであり, 硝酸態窒素はほとんど消費されていなかった。これらのことから, 博多湾では, 9 月以降プランクトンが少ない場合, 窒素ではアンモニア態窒素と硝酸態窒素 (特にアンモニア態

窒素が著しい), リンではリン酸態リンが高くなるが, そのうちのアンモニア態窒素やリン酸態リンがプランクトン増殖の一因となることが考えられた。

今回のような静置培養は, プランクトンの赤潮生物試料の保存の 1 例で⁴⁾使用されており, 田中ら⁵⁾は *Prorocentrum* の赤潮発生水域の試水を用いて, 本種の群増殖率と増殖速度を求めている。今回は定期的な採水試料を使用しているため, 赤潮予測になるような明確な結果は出ていないが, プランクトン数と同時に窒素, リンを測定することにより, 採水試料だけではわからないいくつかのことが明らかとなり, 採水間隔をさらに短くすることにより, プランクトンの遷移現象等が把握できる可能性を持っているのではないかと思われた。

文 献

- 1) 山路勇: 日本海洋プランクトン図鑑, 保育社, 1972
- 2) 徳島県保健環境センター: 徳島のプランクトン, 徳島県保健環境センター, 1987
- 3) 福代康夫, 他: 日本の赤潮生物—写真と解説—, 内田老鶴圃, 1990
- 4) 常松順子, 他: 博多湾におけるプランクトンの出現状況, 福岡市衛試報, 19, 152 ~ 169, 1993
- 5) 田中義興, 他: *Prorocentrum minimum* 赤潮試水の静置培養について—水質変化と細胞増殖量の関係—, 昭和 56 年度福岡水産試験場研究業務報告, 1983