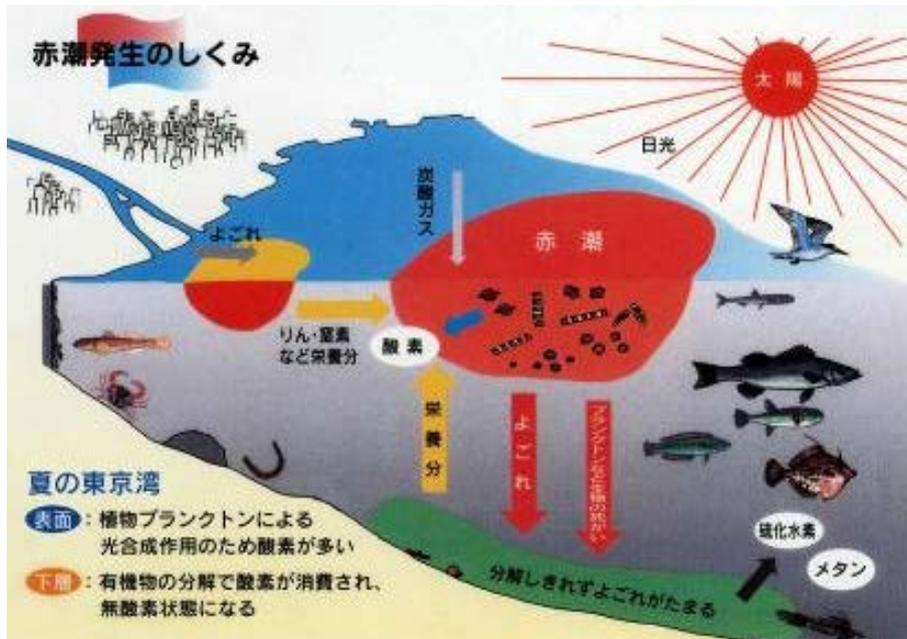


平成 23 年度 赤潮発生状況

【赤潮発生の仕組み】

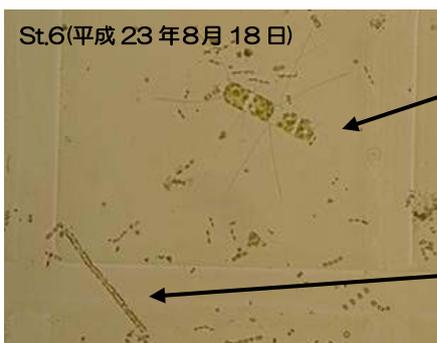


【赤潮の有無による水面の色の違い】

赤潮発生中(平成 23 年 8 月 18 日)



赤潮発生なし(平成 23 年 10 月 4 日)



キートケロス

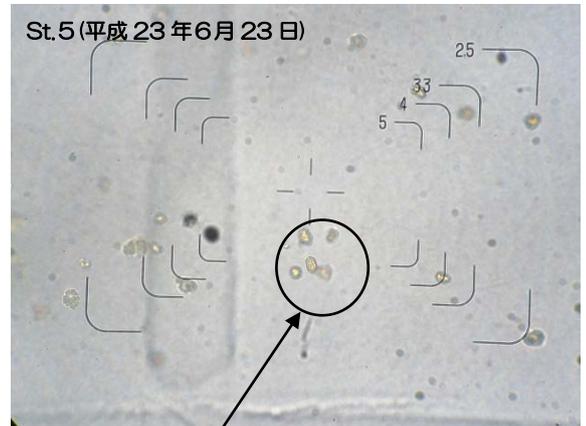
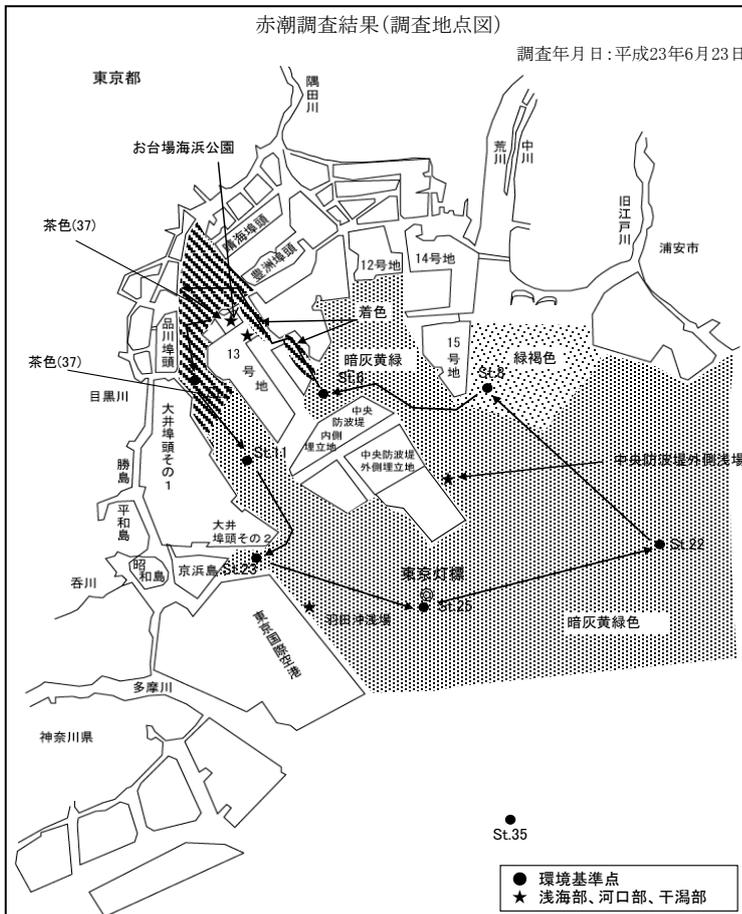
スケルトネマ

赤潮が発生した St.6 で採水し、顕微鏡で観察すると、多数のプランクトンが確認された。

【第5回赤潮 平成23年6月23日(St.5の様子)】



強風で調査ができなかった St.35 を除き、ほぼ全域で、赤潮が発生していた。特に St.5 では、概観の色は褐色で透明度は0.6mであった。
出現したプランクトンの優占種は *Heterosigma akashiwo* であり、しかも60,800細胞/mlと多かった。顕微鏡による観察で多くのプランクトンが見られた。



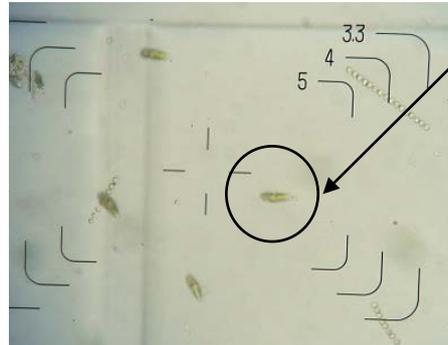
【平成 23 年度 トピックス】

St.32(平成 23 年 7 月 6 日)



平成 23 年 7 月 6 日 内湾水質測定調査にて St.32(羽田空港 D 滑走路付近)を調査し、赤潮を確認した。
この地点での底層 DO は 1.2mg/L と貧酸素であった。

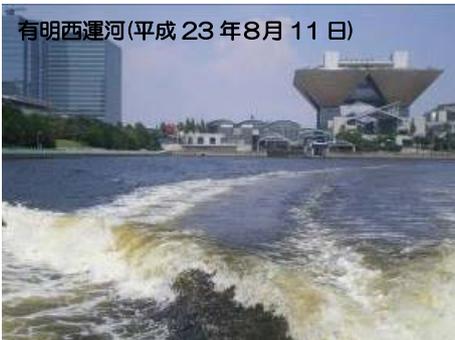
京浜大橋付近(平成 23 年 8 月 9 日)



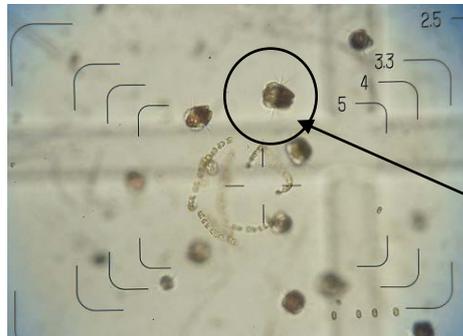
ミドリムシ

平成 23 年 8 月 9 日運河水質測定調査航行中の水色が緑色に呈色しているのが確認された。京浜大橋で採水し、顕微鏡で観察すると多くのミドリムシが確認された。

有明西運河(平成 23 年 8 月 11 日)



平成 23 年 8 月 11 日
左写真は東京ビッグサイト前の有明西運河である。
有明ふ頭橋でも赤潮の発生が確認された。



Mesodinium rubrum

St.11(平成 23 年 10 月 13 日)



St.11 は暗緑色に着色し、透明度が 1.3m であった。
プランクトンは *Mesodinium rubrum* が多かった。

【混合生サンプルプランクトン写真】

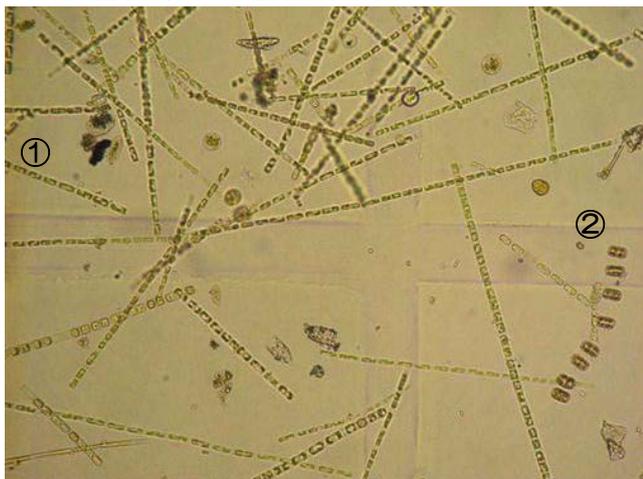
平成 23 年 4 月 21 日 (St.6)



透明度 1.7m
概観：暗緑色
透明度板色：黄茶色
水温：16.1℃
塩分：26.9
表層 DO：10.8mg/L
優占種：*Skeletonema costatum*
写真の種：
① *Eucampia zodiacus* (丸い)
② *Thalassiosira rotula* (ボタン状)
③ *Skeletonema costatum* (鎖状)

※細胞数は、さほど多くない
※同じ月のデータでは
細胞数 17,000 細胞/ml、
クロロフィル濃度 27.5mg/m³

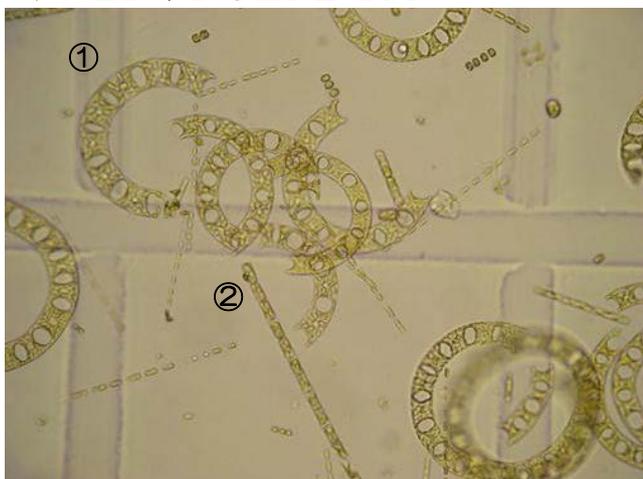
平成 23 年 5 月 2 日 (St.6)



透明度 2.2m
概観：暗緑色
透明度板色：黄緑色
水温：18.0℃
塩分：26.9
表層 DO：8.3mg/L
優占種：*Skeletonema costatum*
写真の種：
① *Skeletonema costatum* (鎖状)
② *Thalassiosira rotula* (ボタン状)

※細胞数は、さほど多くない
※同じ月のデータでは
細胞数 15,000 細胞/ml、
クロロフィル濃度 44.85mg/m³

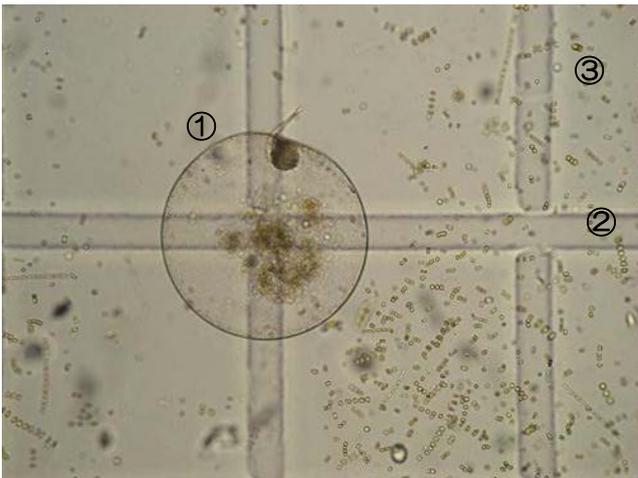
平成 23 年 8 月 25 日 (St.6)



透明度 0.9m
概観：緑褐色
透明度板色：黄土色
水温：21.9℃
塩分：19.4
表層 DO：15.3mg/L
優占種：*Skeletonema costatum*
写真の種：
① *Eucampia zodiacus* (丸い)
② *Leptocylindrus danicus* (鎖状)

※細胞数 18,600 細胞/ml、
クロロフィル濃度 129mg/m³
COD 8.0mg/L

平成 23 年 7 月 14 日 (1) (St.6)



透明度：0.6m

概観：緑褐色

透明度板色：灰黄色

水温：28.4℃

塩分：24.1

表層 DO：12.1mg/L

優占種：*Thalassiosira* spp.

写真の種：

① *Noctiluca scintillans* (丸い)

② *Thalassiosira* spp. (細かい粒)

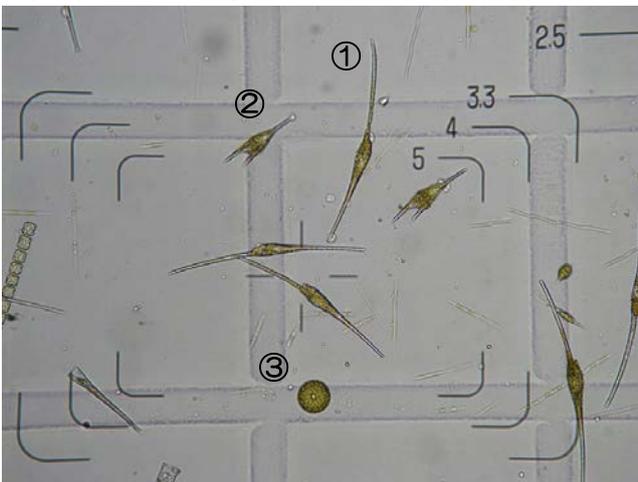
③ *Cyclotella* sp. (細かい粒)

※細胞数 72,800 細胞/ml、

クロロフィル濃度 114mg/m³

COD 8.5mg/L

平成 23 年 7 月 14 日 (2) (St.6)



透明度：0.6m

概観：緑褐色

透明度板色：灰黄色

水温：28.4℃

塩分：24.1

表層 DO：12.1mg/L

優占種：*Thalassiosira* spp.

写真の種：

① *Ceratium fusus* (両端が尖っている)

② *Cratium furca* (角が 2 本ある形状)

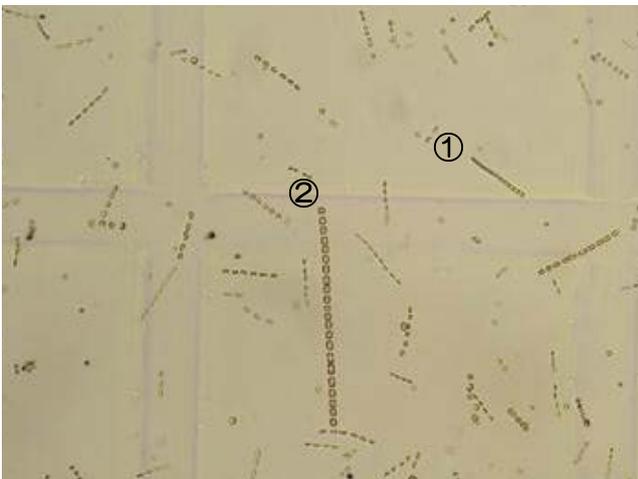
③ *Coscinodiscus*. (丸い)

※細胞数 72,800 細胞/ml、

クロロフィル濃度 114mg/m³

COD 8.5mg/L

平成 23 年 8 月 25 日 (St.6)



透明度：0.8m

概観：緑褐色

透明度板色：黄土色

水温：27.0℃

塩分：20.2

表層 DO：9.6mg/L

優占種：*Skeletonema costatum*

写真の種：

① *Skeletonema costatum* (短い鎖状)

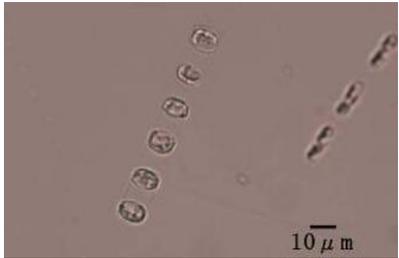
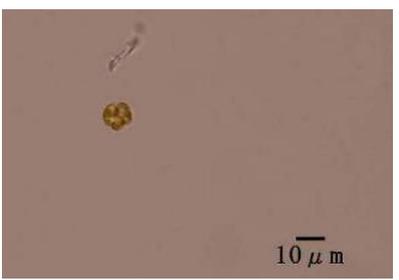
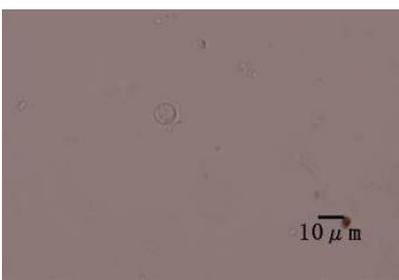
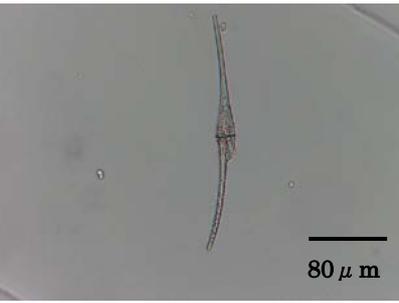
② Cryptomonadaceae (長い鎖状)

※細胞数 117,000 細胞/ml、

クロロフィル濃度 85.3mg/m³

COD 8.2mg/L

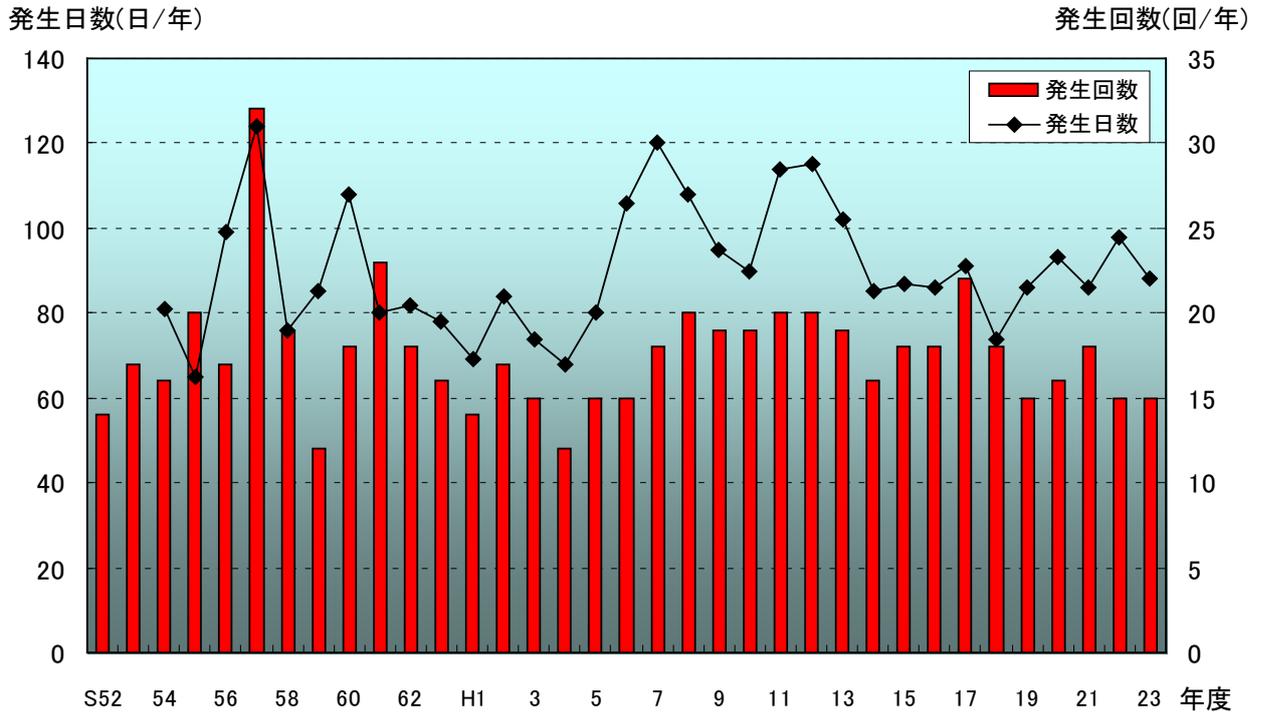
【平成 23 年度赤潮優占プランクトン①】

画像	名称・特徴
	<p><i>Skeletonema costatum</i> (スケルトネマ コスタツム) 珪藻綱 細胞の直径 10~20 μm 東京内湾の最も代表的なプランクトンであり、年間を通じて見られる。レンズ状の細胞が二つの細胞の真ん中で連結棘に繋がり、直線状の群体を形成する。夏期の高水温期には、しばしば大増殖して広範囲に赤潮を形成する。</p>
	<p><i>Eucampia zodiacus</i> (ユーカンピア ソディアクス) 珪藻綱 細胞の直径 7~100 μm 細胞は扁平で、蓋殻両端の突出部で連結して、らせん状の群体を形成する。沿岸、ない湾に多くみられ、東京湾では春先に多い。</p>
	<p><i>Heterosigma Kashiwa</i> (ヘテロシグマ アカシオ) ラフィド藻綱 細胞の直径 8~25 μm 形も色もいびつなポテトチップのようなプランクトンで、うねるように泳ぐ。沿岸性で、東京湾においては春から秋にかけて頻繁に赤潮を形成する。</p>
	<p>Thalassiosiraceae (タラシオシラシーラ) 珪藻綱 細胞の直径 20 μm 以下 細胞は円筒状で、その多くは直径 20 μm 以下と小型である。このような形状を示す円心目珪藻の中には、Thalassiosira 属、Cyclotella 属、Minidiscus 属などである。種の同定には電子顕微鏡による殻面の微細構造の観察が必要である。</p>
	<p><i>Ceratium fusus</i> (ケラチウムフサス) 渦鞭毛藻綱 細胞の直径 300~600 μm 細胞は前後に長い。細胞表面を覆う鎧板は厚く、色素体は黄褐色で細胞内に多数認められる。汎世界種であり、内湾で赤潮を形成することがある。</p>

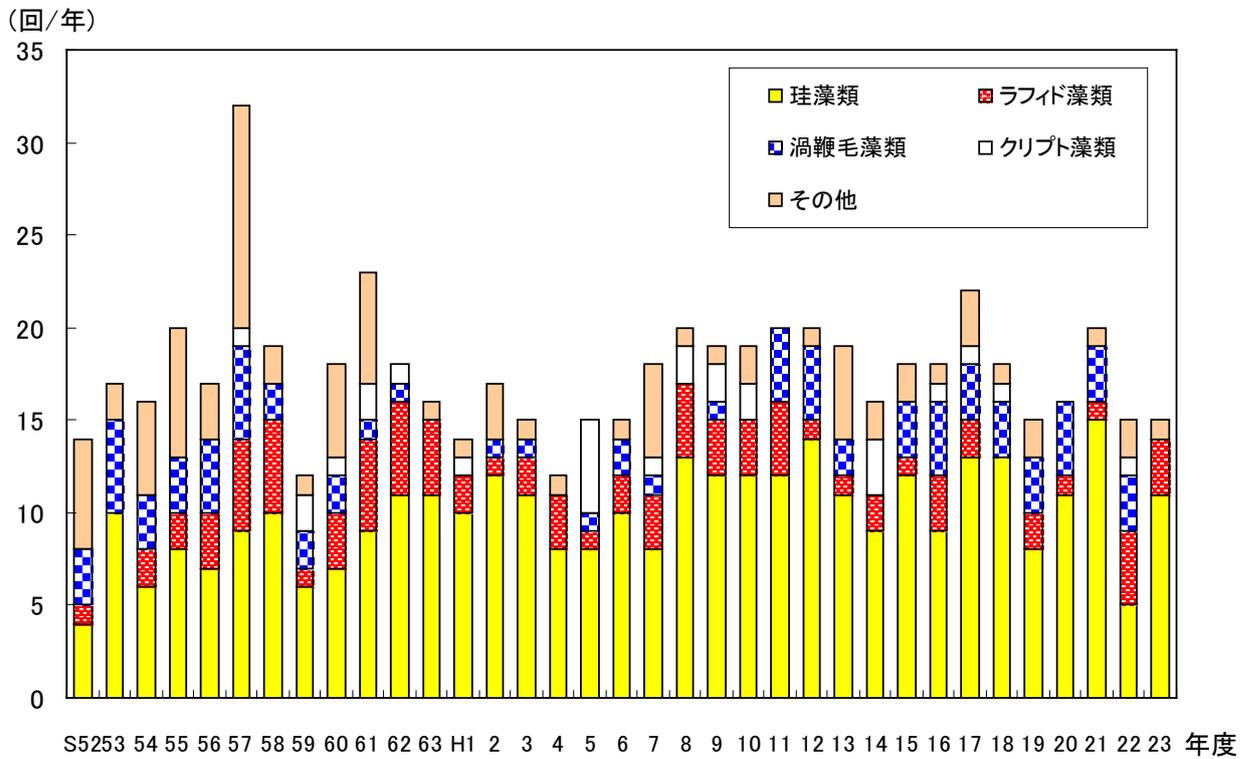
【平成 23 年度赤潮優占プランクトン②】

画像	名称・特徴
	<p><i>Ceratium furuca</i> (ケラチウムフルカ) 渦鞭毛藻綱 細胞の直径 100~200μm 細胞の上角は頂端に向かって徐々に細くなり、頂角を形成している。下殻にはほぼ平行に後方に向かう 2 本の後角がある。本種は汎世界種で、熱帯から寒帯まで世界の海洋に分布する。時に内湾で赤潮を形成することがある</p>
	<p>Cryptomonadaceae (クリプトモナス) 渦鞭毛藻綱 細胞の直径 30μm 以下 長さおおよそ 30μm 以下であり、10μm 前後の大きさの種類が多い。非対称の楕円形あるいは紡錘形で、鞭毛は亜長端から出る。</p>
	<p>Euglenophyceae (ミドリムシ綱) ミドリムシ綱 細胞の直径 20~200μm 海域に出現する Euglenophyceae は長さ 20~200μm のものが多い。細胞の形態は球形から円筒形まで様々であるが、大部分は紡錘形である。内湾域で赤潮を形成することがある。</p>
	<p><i>Mesodinium rubrum</i> (メソディニウム ルブラム) 繊毛虫綱 細胞の直径 30~50μm 体は中央よりわずかに上部でくびれる。体内に共生藻を有し、赤潮を起こす繊毛虫として知られる。汽水域、あるいは内湾奥部で多く出現する。</p>
	<p>Oligotrichida (オリゴトリチダ) 繊毛虫綱 細胞の直径 20~200μm 細胞は卵円形から細長い形のものまで様々である。殻を持たず、固定により細胞が変形するため、種の同定は困難である。</p>

【赤潮発生回数及び発生日数の経年変化】



【優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化】



【降雨状況と赤潮発生状況(平成23年4月1日～平成24年3月31日)】

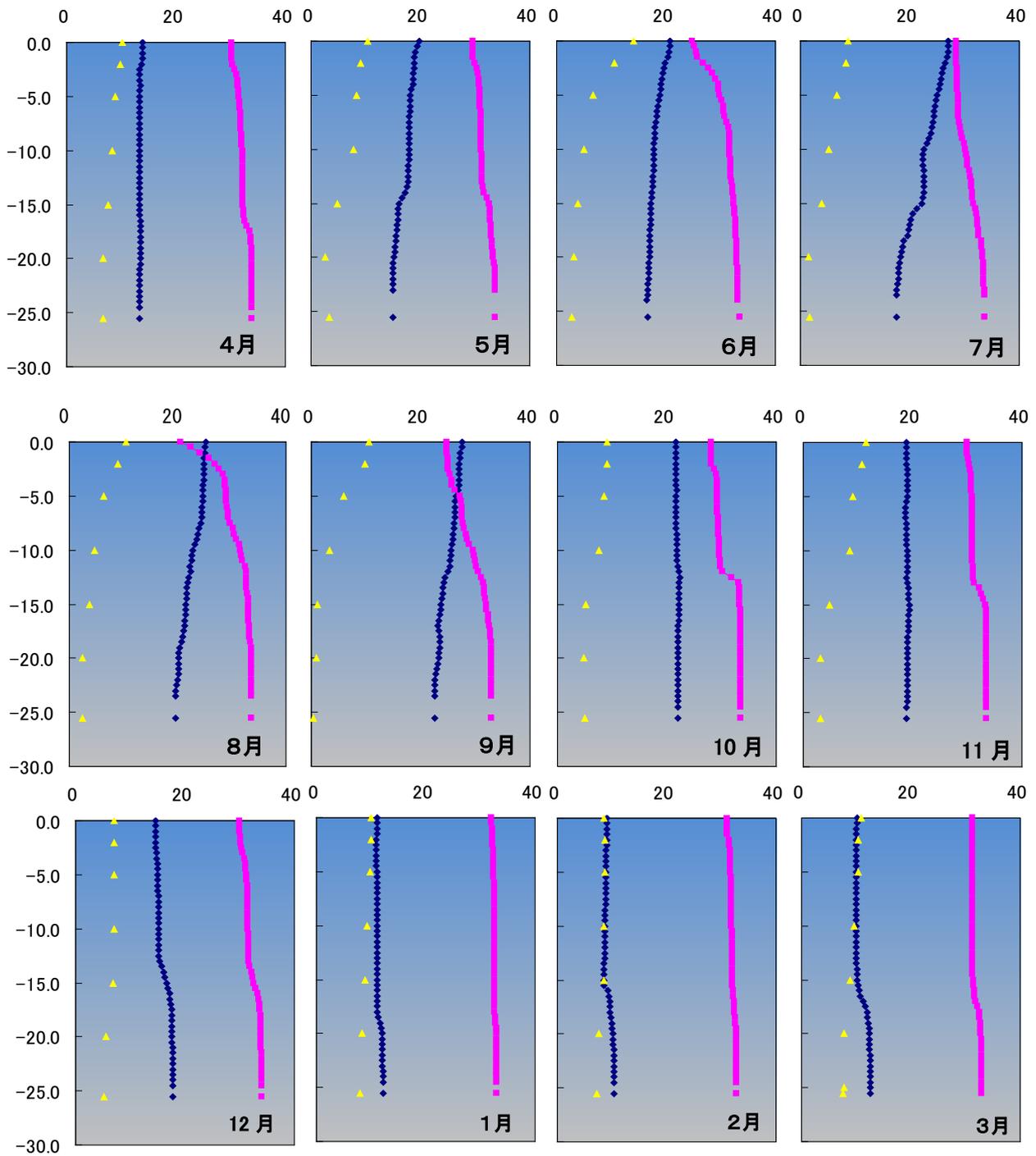
月 日	4		5		6		7		8		9		10		11		12		1		2		3		
	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	降雨量	発生状況	
1			2.0		0.0		0.0	⑥	0.0		2.0	⑫	0.0				4.5		0.0						
2					10.0		0.0	⑥		⑨	27.0		0.0				1.5		0.0				10.0		
3	0.0		6.0			③		⑥	15.5	⑨	19.0						35.0						0.5		
4			0.0					⑥	4.5	⑨	2.0		0.0				0.0		0.0				0.5		
5			0.0		5.5	③		5.5	4.5	⑥	15.0		53.5	1.5									37.0		
6								0.0	0.0	⑥	14.5		3.0	7.0			9.5				4.0		3.0		
7			1.0					0.0	20.0	⑥			1.5	0.0	②						28.5				
8	0.0				3.0			0.0		⑥				1.0	②		3.5				0.0		0.0		
9	0.5				0.0					⑥							4.0						26.5		
10			1.0		0.0					⑥			6.0										19.5		
11	12.0		35.0		35.5			⑦	0.0	⑥						19.0			0.0				0.0		
12	0.5		15.5		0.0					⑥															
13					29.5					⑥													0.0		
14			0.0		0.0					⑥							4.0	⑭	5.5		1.5		3.5		
15					0.0	④			0.0	⑥							2.0	⑭	0.5				0.0		
16	0.0				3.5					⑥		5.0		8.0								0.0		1.0	
17			3.5		21.5					⑥		0.0											2.0	24.0	
18	0.0				4.5					⑥												0.5		1.0	
19	23.0				0.0			3.5		57.0		0.5				78.0			0.0						
20	0.0				0.0			6.0	0.0		21.0				0.0				9.0					0.0	
21	0.0				1.0			3.0	11.0		124.0								15.0						
22	0.0		13.5		0.0	⑤			26.0		5.0		37.5						3.0		0.0				
23	54.0		7.0		0.0			0.0		⑩											22.5	17.0	11.0		
24	0.0		20.5						0.0	⑩									0.5		0.0			3.5	
25	0.0				0.0			0.0	2.5	⑩								0.0		0.0		19.0		0.0	
26			0.0	②	0.0				88.5	⑩		0.0										0.0		0.0	
27	2.0		1.0		1.5			0.0	0.5																
28	4.0	①	24.0		0.0			2.5		⑧														0.0	
29	0.0		69.5			⑥		5.0		⑧			0.0										18.5		
30			14.0		1.0			29.0		4.5		0.0				0.0									
31			0.0					0.0		9.5	⑫								0.0					8.0	
月合計(H22)	96.0		213.5		116.5			54.5		244.0		235.0		119.5		112.5		59.5		50.0		94.0		144.5	
月合計(平年)	130.3		128.0		164.9			161.5		155.1		208.5		163.1		92.5		39.6		48.5		60.2		114.5	

注1 降雨状況月合計欄における「平年」とは、1971～2000年の平均値を示す。

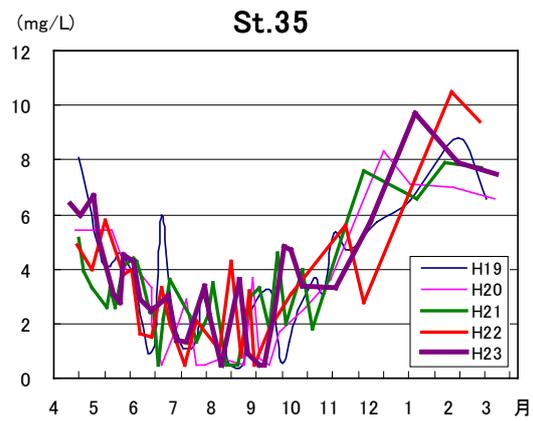
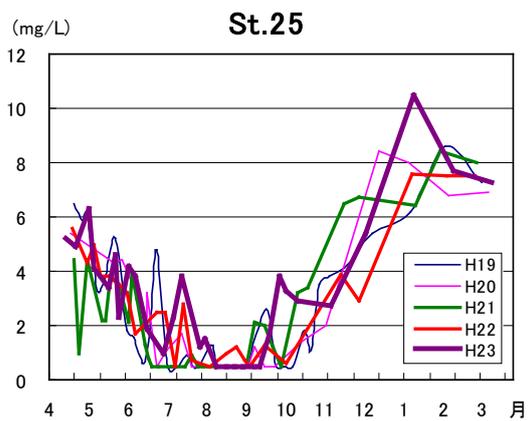
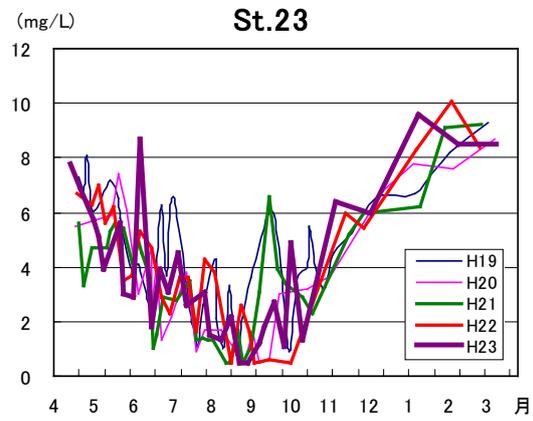
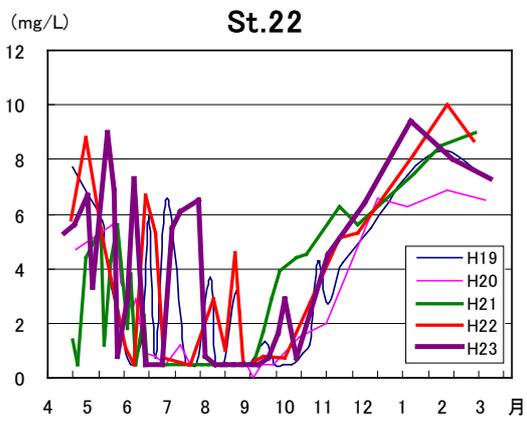
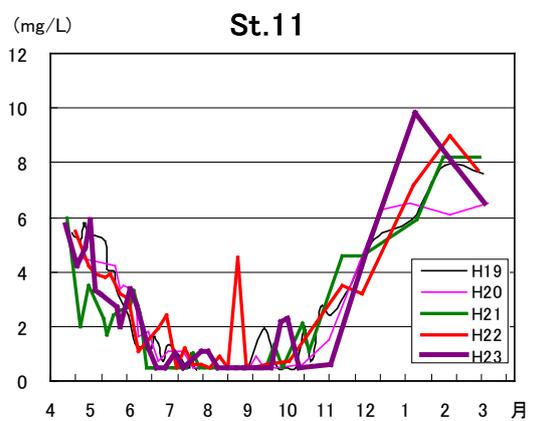
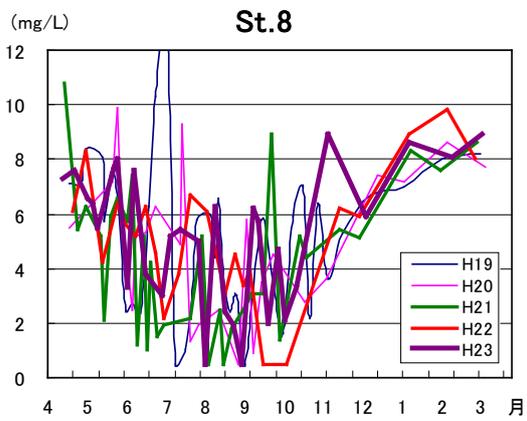
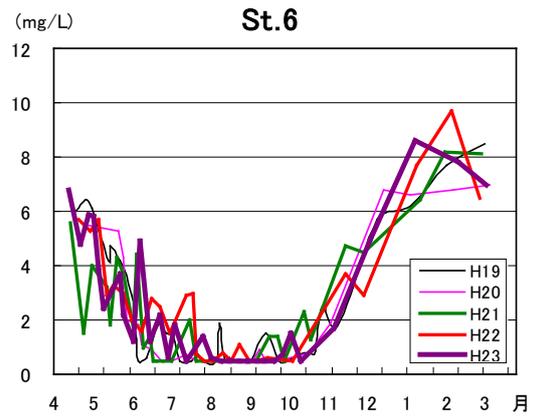
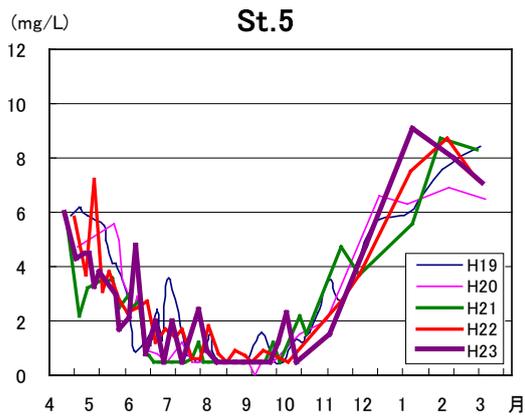
注2 発生状況欄の凡例

- | | | |
|--|---|--|
| <i>Skeletonema costatum</i> | <i>Heterosigma akashiwo</i> | <i>Thalassiosiraceae</i> |
| <i>Eucampia zodiacus</i> | <i>Mesodinium rubrum</i> | |

【平成 23 年度 St.35 における月別鉛直分布(水温・塩分・DO)】

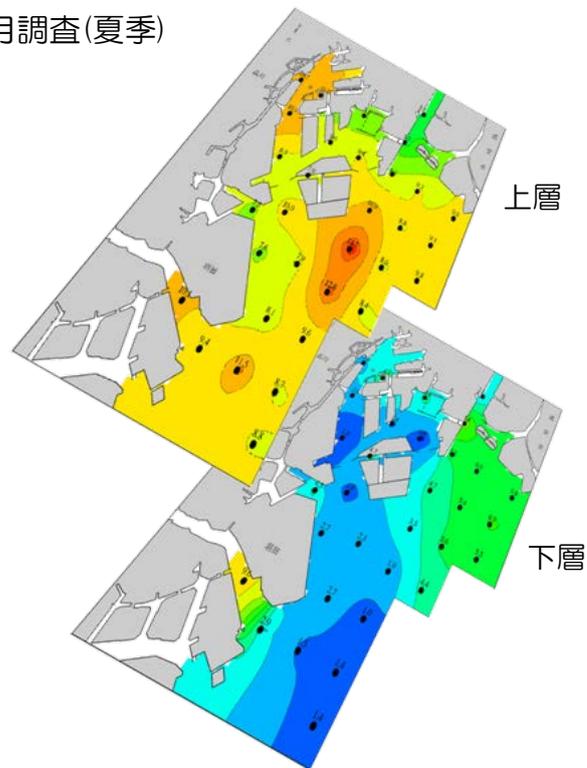


【溶存酸素量(DO)の経年変化】

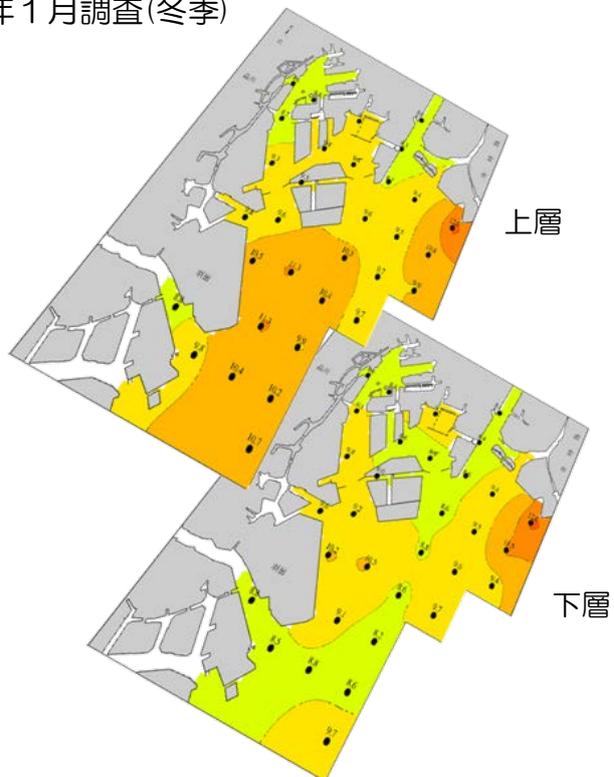


【内湾水質測定調査(全地点調査)時の溶存酸素量(DO)水平分布】

平成 23 年 7 月調査(夏季)



平成 24 年 1 月調査(冬季)



【赤潮原因種の判定方法に関する検討】

《細胞数と体積容量》

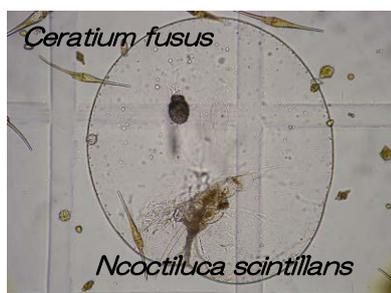
従来、赤潮優占種は植物プランクトンはその細胞数で判定することが多かった。単一種のプランクトンが圧倒的に多い場合以外に、複数種が出現した場合や、種によっては、数は少なくとも細胞体積が比較的大きいものが存在するため、細胞数のみによる判定では疑問が生じる。そこで、細胞体積を調べ、細胞数と体積現存量の比較をした結果、*Ceratium furca*、*Ceratium fusus*、*Prorocentrum micans*、*Eucampia zodiacus*、*Mesodinium rubrum* は他の種類と比べ細胞数が比較的少ないが細胞体積が大きいため赤潮原因種になったと推察された。

このような大型種が最優占種ではないが、優占上位5種に入るような場合は、細胞数ではなく、体積現存量で赤潮原因種を判断したほうがよい場合もあるという結論に至った。

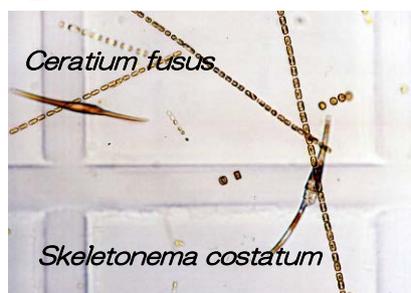
以下に示す表は、プランクトン種別の細胞体積と、*Skeletonema costatum* を1とした時の相対比を表したものである。

綱	種名	細胞体積	相対比
クリプト藻	Cryptomonadaceae	95	0.6
渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum toriestinum</i>	790	5
	<i>Noctiluca scintillans</i>	45,000,000	300,000 ※1
	<i>Ceratium furca</i>	32,000	210
	<i>Ceratium fusus</i>	27,000	180 ※1、※2
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	1,100	7
珪藻	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	530,000	3,500 ※3
	<i>Leptocylindrus minimum</i>	130	0.9
	<i>Skeletonema costatum</i>	150	1 ※2
	<i>Thalassiosira</i> spp.	130	0.9
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	18,000	120
	<i>Cerataulina pelagica</i>	3,600	24
	<i>Eucampia zodiacus</i>	16,000	107 ※3
	<i>Chaetoceros sociale</i>	200	1.3
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	110	0.7
	<i>Nitzschia</i> spp.	270	2
ラフィド藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	2,500	17
ミドリムシ藻	Euglenophyceae	580	4
絨毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	5,300	35

※1



※2



※3



【(参考)東京湾湾奥部におけるプランクトン種別の細胞体積と炭素量】

綱	種名	細胞体積 ($\mu\text{m}^3/\text{cell}$)	<i>S. costatum</i> 相対比	炭素量 (pgC/cell)	<i>S. costatum</i> 相対比
渦鞭毛藻綱					
	<i>Ceratium furca</i>	35899	31.4	3009.6	41.7
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	2728	2.4	322.6	4.5
	<i>Prorocentrum dentatum</i>	2088	1.8	256.9	3.6
	<i>Prorocentrum mican</i>	18161	15.9	1644.4	22.8
	<i>Prorocentrum minimum</i>	1715	1.5	213.9	3.0
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	2090	1.8	256.5	3.6
珪藻綱					
	<i>Cerataulina dentata</i>	110230	96.3	2987.3	41.4
	<i>Cerataulina pelagica</i>	8340	7.3	324.3	4.5
	<i>Chaetoceros sociale</i>	1361	1.2	86.0	1.2
	<i>Coscinodiscus granii</i>	919598	803.2	20000.7	277.3
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	385	0.3	27.4	0.4
	<i>Eucampia zodiacus</i>	15013	13.1	534.1	7.4
	<i>Leptocylindrus danicum</i>	1464	1.3	86.1	1.2
	<i>Leptocylindrus minimum</i>	904	0.8	64.1	0.9
	<i>P-nitzschia multistriata</i>	4000	3.5	180.5	2.5
	<i>P-nitzschia pungens</i>	1777	1.6	103.0	1.4
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	6008	5.2	249.7	3.5
	<i>Skeletonema costatum</i>	1145	1.0	72.1	1.0
	<i>Thalassiosira binata</i>	9614	8.4	370.4	5.1
ディクチオカ藻綱					
	<i>Distephanus speculum</i>	18407	16.1	662.7	9.2
ユーグレナ藻綱					
	<i>Euglenophyceae</i>	115014	100.5	8052.7	111.6

(出典:吉田健一(2009)博士学位論文「東京湾における植物プランクトン群集の長期変動と環境との関係」)

※本論文においても、*Skeletonema costatum* に対しての相対比が示されている。
炭素量による相対比もしめされている。体積の大きい種が炭素量も大きい傾向が見られる。

【植物プランクトン細胞数の月変化】

※植物プランクトンは夏季に多く、冬季は 1/10 以下と極端に少なくなる。

平成 23 年度は 12 月に極めて少なくなった。植物プランクトンの数が透明度にも大きく影響する。

