

平成 27 年度 赤潮発生状況

【赤潮の有無による水面の色の違い】

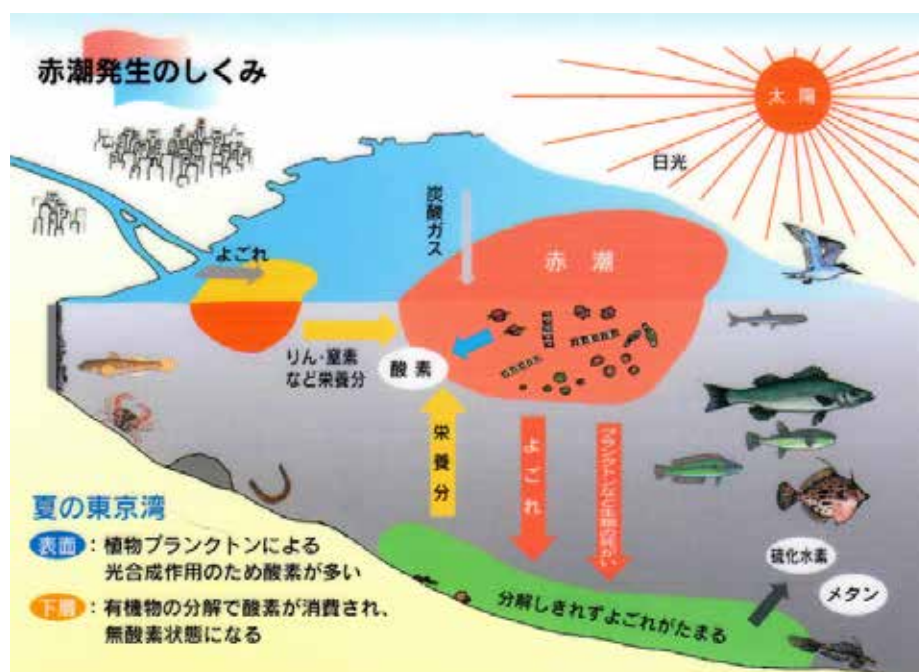
赤潮発生中(平成 27 年 5 月 2 日)



赤潮発生なし(平成 28 年 2 月 3 日)

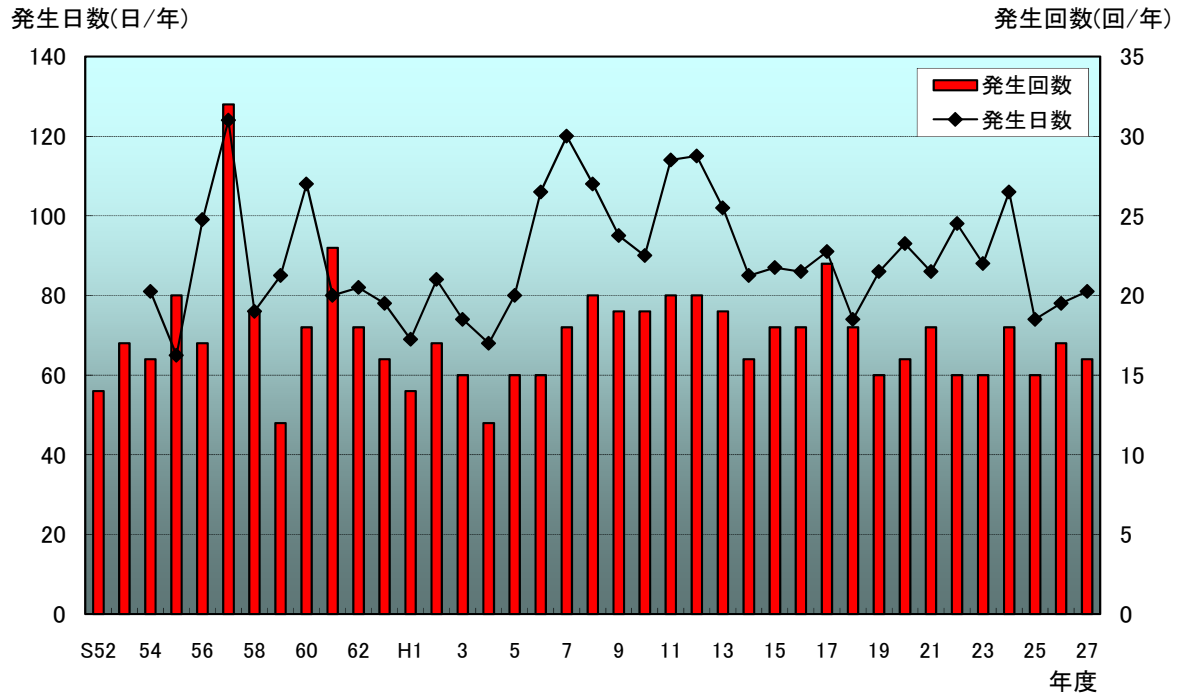


【赤潮発生の仕組み】



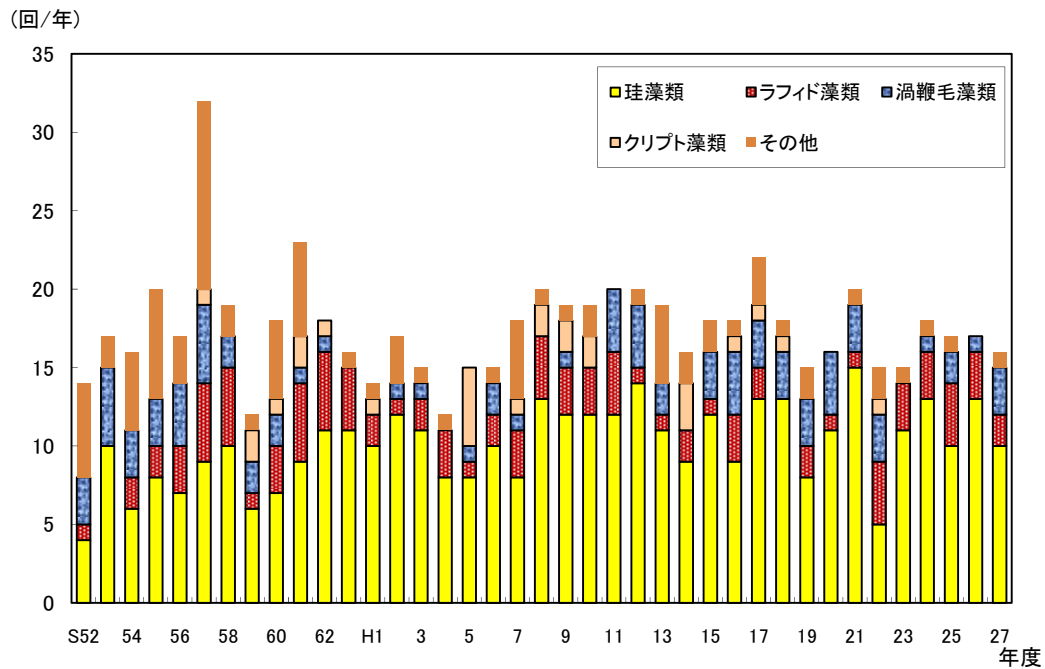
東京湾には植物の栄養となる窒素やりんがたくさん溶け込んでいます。春から夏にかけて、気温が上がり日照時間が長くなると、海水の中の植物プランクトンが増殖します。プランクトンが異常に繁殖して海水の色が変わる現象を「赤潮」とよんでいます。赤潮になると、海水が濁り、有害なプランクトンが発生すれば魚や貝類に影響がでます。大量に発生したプランクトンは、死んで海の底に堆積し、酸素を消費して、生物が生きられない無酸素状態を作る大きな要因となります。

【赤潮発生日数・回数の経年変化】



平成 27 年度、赤潮の発生回数は 16 回、日数は 81 日であった。変動はあるものの、依然として年間 80～100 日程度、15～20 回程度で継続している。

【優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化】



プランクトン種は珧藻が半分程度と多く、次いでラフィド藻類、渦鞭毛藻類となっている。

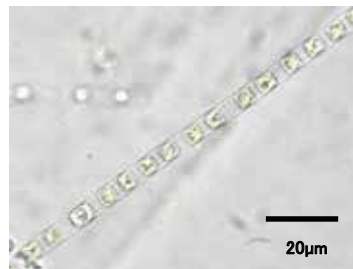
【珪藻：スケルトネマ コスターツムによる赤潮】



←5月26日 St.6近辺

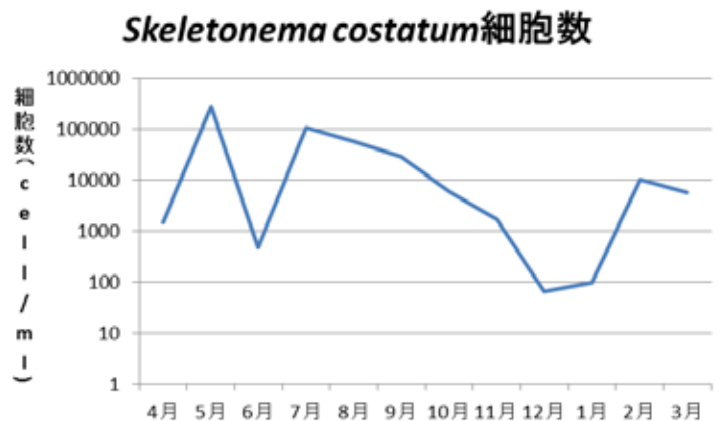
東京都内湾で最も多く赤潮を形成するのは珪藻の *Skeletonema costatum* (スケルトネマ コスターツム) である。本年度も赤潮16回中6回は同種が優占種であった。

同種は一年を通して優占して海水中に見られる。その密集度合いにより、1 mL 中に1万細胞を超える程度で（活性度や細胞サイズにもよるが）赤潮を形成し、しょうゆを流したような茶褐色などの着色となる。透明度板を下しても黄褐色などに着色し、透明度が1.5mを下回るようになる。顕微鏡で見ると多くの鎖状のものが見られるが、鎖の1個ずつが1個の細胞である。



月1回の16条調査結果から8地点における同種の細胞数を合計し、対数表記の月変化を示す。

夏季に多く出現し、冬季12月および1月には例年、細胞数が少なくなる。（本年6月は同じ珪藻の *Thalassiosiraceae* が13万細胞/mlと多く出現したため、少なくなっている。）



【渦鞭毛藻：プロロセントラム ミカンスによる赤潮】



← 7月14日 St.12 (水深9.8m)
 長雨が続いた後に、5日間日照が強かったため、7月14日のSt.12 (中防大橋) は、さび色に強く着色していた。(採水した海水はそれほど着色していない。)



透明度 1.1m

渦鞭毛藻類の *Prorocentrum micans* (プロロセントラム ミカンス) であった。



同目の
Prorocentrum minimum (プロロセントラム ミニマム) の赤潮
 (表紙裏参照) →



【ラフィド藻：ヘテロシグマ アカシオによる赤潮】



← 6月16日 St.6付近
 本年度16回中2回が同種による赤潮であった。
 同種による赤潮は6、7月に発生した。
 珪藻と違い殻を持たない。
 緑褐色など強い着色を示す。



6月16日 St.6 透明度0.8m
 同種の細胞数16,000細胞/mL
 表層DO 19.8mg/L
 クロロフィル濃度 223mg/m³
 T-N 2.07mg/L
 T-P 0.356mg/L

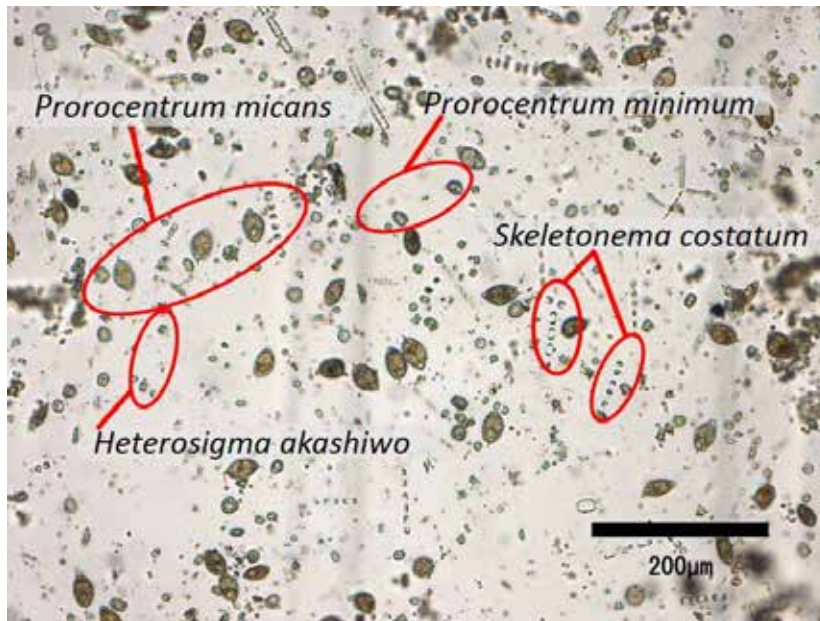


※季節によるプランクトンの動きについては口絵14を参照

じゃがいものような形で鞭毛をもち、回転して動く。昼間は水面近くで光合成を行うが、夜間は底層に移動し、底層の豊富な栄養塩を得ている※。千葉県では魚類に有害なプランクトンとして、10,000細胞/mLを警戒基準密度としている。

【混合生サンプル等プランクトン写真】

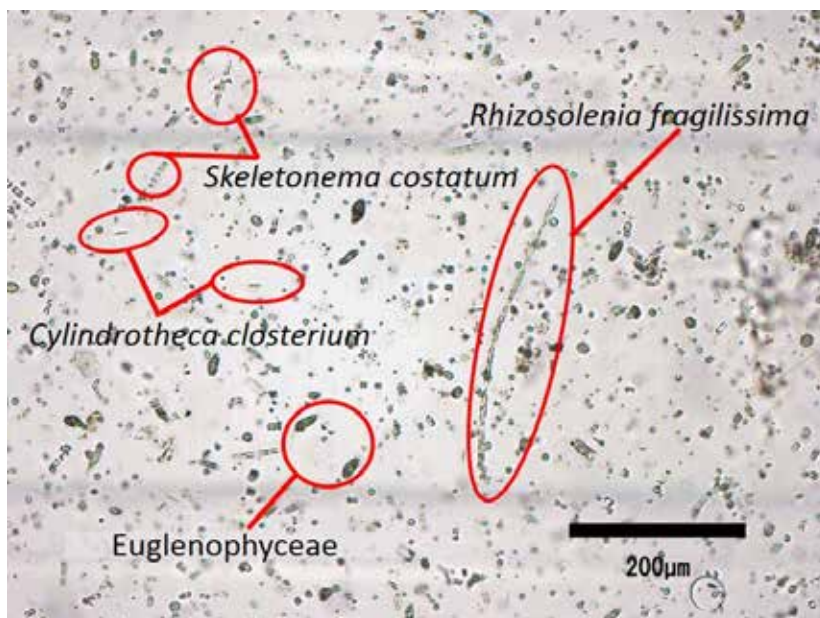
平成 27 年 7 月 21 日 (St.25 : 羽田沖) : 優占種 スケルトネマ類



透明度：1.0m
概観：黄褐色
透明度板色：黄緑色
水温：27.6℃
塩分：16.9
表層 DO：12.1mg/L
全窒素：2.21mg/L
全りん：0.195mg/L

スケルトネマ類が優占種ではあるが、ヘテロシグマも多く、他の種も共生している。このサンプルではプロロセントラム ミカンスが多く見える。ヘテロシグマは細胞が小さい。

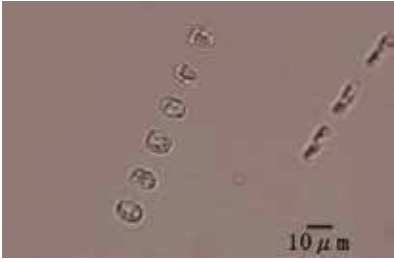
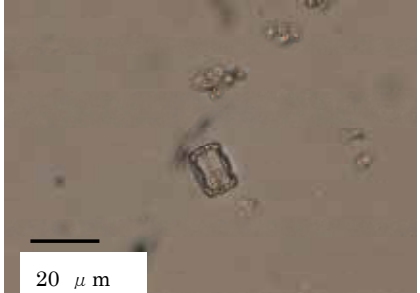
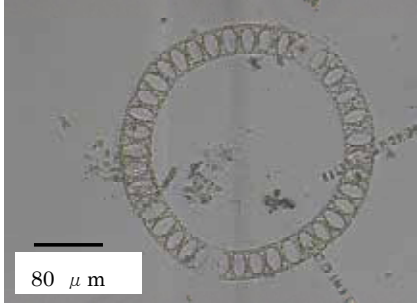
平成 27 年 8 月 5 日 (St.11 : 大井水産埠頭前) : 優占種 スケルトネマ類



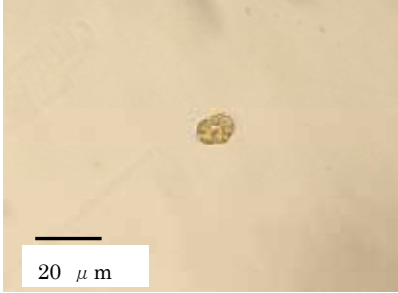
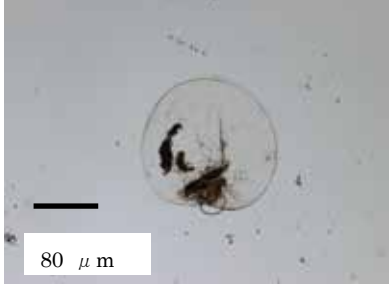
透明度：1.4m
概観：黄褐色
透明度板色：黄緑色
水温：28.5℃
塩分：21.9.0
表層 DO：9.0mg/L
全窒素：2.14mg/L
全りん：0.184mg/L

優占種はスケルトネマ類で 3 万細胞/mL 計数されたが、連鎖の一つ一つが 1 細胞である。概観すると細胞の大きさから他のプランクトンが目につく。

【平成 27 年度代表的なプランクトン①】

画像	名称・特徴
	<i>Ceratium furca</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。
	<i>Ceratium fusus</i> (ケラチウム フサス) 渦鞭毛藻綱 細胞の直径 300~600μm 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。
	<i>Skeletonema costatum</i> (スケルトネマ コスタツム) 珪藻綱 細胞の直径 10~20μm 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。
	Thalassiosiraceae (タラシオシラシー) 珪藻綱 細胞の直径 20μm 以下 細胞は円筒状で、その多くは直径 20μm 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。
	<i>Eucampia zodiacus</i> (ユーカンピア ソディアクス) 珪藻綱 細胞の直径 7~100μm 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、内湾に多くみられ、東京湾では春先に多い。

【平成 27 年度代表的なプランクトン②】

画像	名称・特徴
	<i>Prorocentrum micans</i> (プロロセントラム ミカンス) 渦鞭毛藻綱 細胞の長さ 0.04～0.07mm, 幅 0.02～0.05mm 細長い卵形で平べったく前端に突起がある。富栄養化した環境を好み、内湾部で赤潮を引き起こす。
	<i>Heterosigma akashiwo</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。
	<i>Noctiluca scintillans</i> (ノクチルカ シンチランス) 渦鞭毛藻綱 細胞の直径 0.15～2mm。 背面は円形、側面はややなす型であり、外皮殻は透明なゼラチン質の2層よりなる。本種が赤潮を形成すると、トマトジュース様の色を呈する。
	Euglenophyceae (ユーグレノフィシー) ミドリムシ綱 細胞の直径 20～200 μm 海域に出現する Euglenophyceae は長さ 20～200 μm 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。
	<i>Mesodinium rubrum</i> (メソディニウム ルブラム) 繊毛虫綱 細胞の直径 30～50 μm 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。

【降雨状況と赤潮発生状況(平成27年4月1日～平成28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	1.5		—		—		13.5		—		12.0		7.5		—		—		—		0.0		0.0	
2	—		—		—		2.5		0.0		5.5		22.0		38.0		1.0		—		0.0		—	
3	0.0		—		16.0		67.6		—		1.5		—		0.0		1.5		—		—		—	
4	0.0		0.0		—		4.0		—		14.0		0.0		—		—		—		—		—	
5	8.0		—		27.0		20.0		—		—		0.0		—		—		—		—		—	
6	0.0		—		23.6		14.5		—		46.6		—		—		—		—		0.0		2.0	
7	4.5		0.0		—		0.0		—		19.0		—		0.0		—		—		0.0		31.5	
8	20.0		—		0.5		11.0		—		66.6		—		14.0		0.0		—		—		—	
9	—		0.0		33.0		11.0		—		166.6		—		1.0		—		—		—		21.5	
10	9.5		—		—		0.5		1.0		60.0		0.0		7.5		5.5		—		—		0.0	
11	7.5		—		0.0		—		—		0.0		15.0		0.0		64.0		0.0		—		0.0	
12	—		58.6		4.5		—		0.0		—		—		—		—		0.0		—		0.0	
13	36.6		0.0		0.0		—		1.0		0.0		—		0.0		1.5		—		0.0		—	
14	22.6		—		1.5		—		2.0		0.0		—		17.5		0.0		—		12.5		37.0	
15	2.0		—		—		0.0		0.0		—		0.5		8.5		—		0.0		0.5		0.5	
16	—		3.5		31.0		63.6		8.0		4.0		7.0		0.0		0.0		—		—		—	
17	3.5		—		11.0		14.5		33.6		74.6		5.0		3.0		0.0		3.0		—		—	
18	—		3.5		0.0		0.5		0.0		5.5		—		13.0		—		67.0		—		2.0	
19	0.0		4.5		10.5		0.0		0.0		0.0		—		7.0		—		0.0		—		7.5	
20	10.5		0.5		0.0		0.0		8.0		0.0		—		0.0		0.0		—		40.5		0.5	
21	0.5		8.5		0.5		—		2.5		—		—		—		—		—		0.0		0.0	
22	2.5		—		0.0		—		—		—		—		—		—		—		1.5		—	
23	—		—		20.0		4.5		0.0		—		0.0		0.5		4.0		0.0		0.0		—	
24	—		—		0.0		7.0		—		1.0		—		2.0		5.0		—		0.5		0.5	
25	0.0		—		—		—		0.5		43.0		—		7.0		0.0		—		0.5		—	
26	—		—		13.0		—		35.5		5.0		—		20.5		—		—		—		0.0	
27	—		—		3.0		—		0.0		0.0		—		—		—		—		—		—	
28	—		—		—		0.0		3.0		—		0.0		—		—		—		0.5		0.0	
29	—		9.0		—		—		2.5		0.0		0.0		—		—		9.5		0.5		—	
30	—		—		0.5		0.0		3.5		—		0.0		—		0.0		5.5		—		—	
31	—		0.0		—		—		2.5		—		—		—		—		—		—		—	
月合計	129.0		88.0		195.5		234.5		103.5		503.5		57.0		139.5		82.5		85.0		57.0		103.0	
月合計	130.3		128.0		164.9		161.5		155.1		208.5		163.1		92.5		39.6		48.6		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

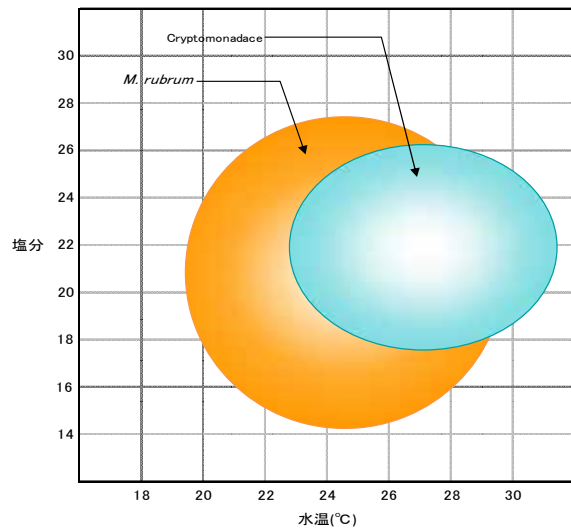
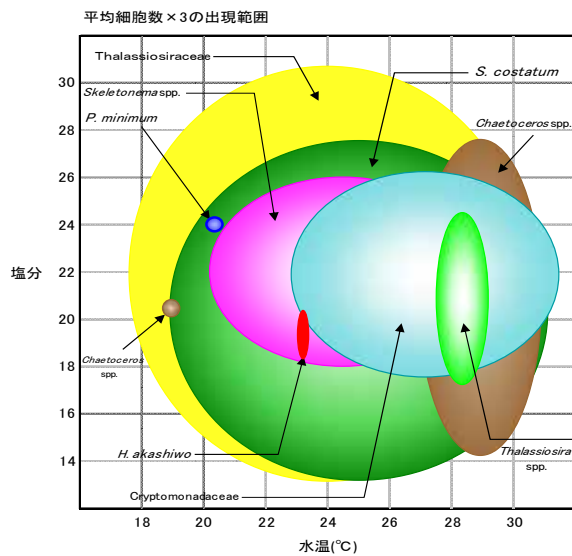
	<i>Skeletonema costatum</i>		<i>Thalassiosiraceae</i>		<i>Heterosigma akashiwo</i>
	<i>Prorocentrum minimum</i>		<i>Prorocentrum micans</i>		<i>Heterocapsa lanceolata</i>
	<i>Euglenophyceae</i>				

注3  は16条調査及び赤潮調査日、赤字は当日あるいは2日間で40mm以上の降雨を示す。

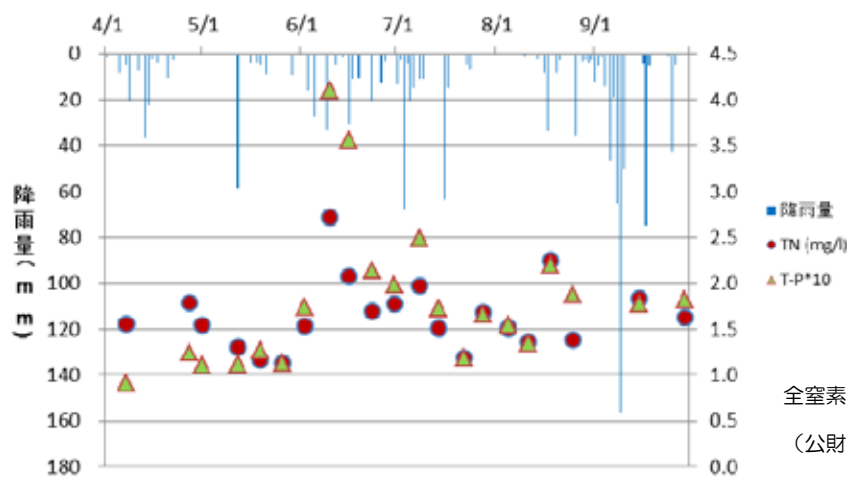
5月は上旬に気温が高く、6月は平年並み、7月は中旬に暑い日が続き、台風11号の大雨があった。8月上旬は気温が高く、下旬は、かなり気温が低く変動が大きかった。9月鬼怒川豪雨があり、月降雨量が多く、荒川下流放流水量が平水に戻ったのは10月以降であった。

【主要プランクトンと水温および塩分範囲】

本文 29 ページ参照



【降雨と窒素・りん濃度】

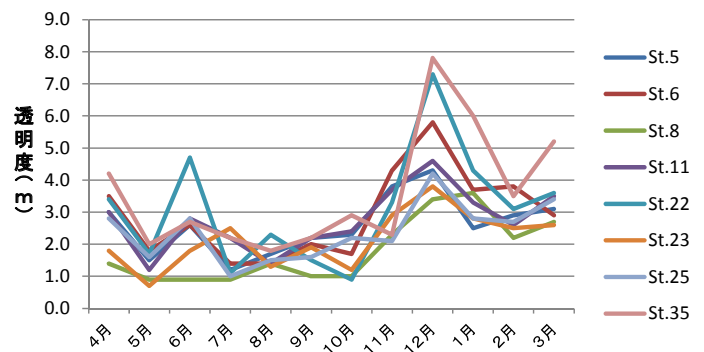
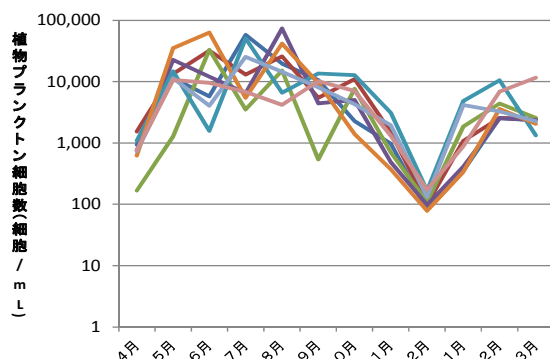


降雨後すぐに、環境水の窒素やりの濃度が上昇している。降雨により、上流など流域から栄養塩が供給されることを示している。

全窒素・全りん分析：

(公財) 東京都環境公社 東京都環境化学研究所

【植物プランクトン細胞数の月変化と透明度】

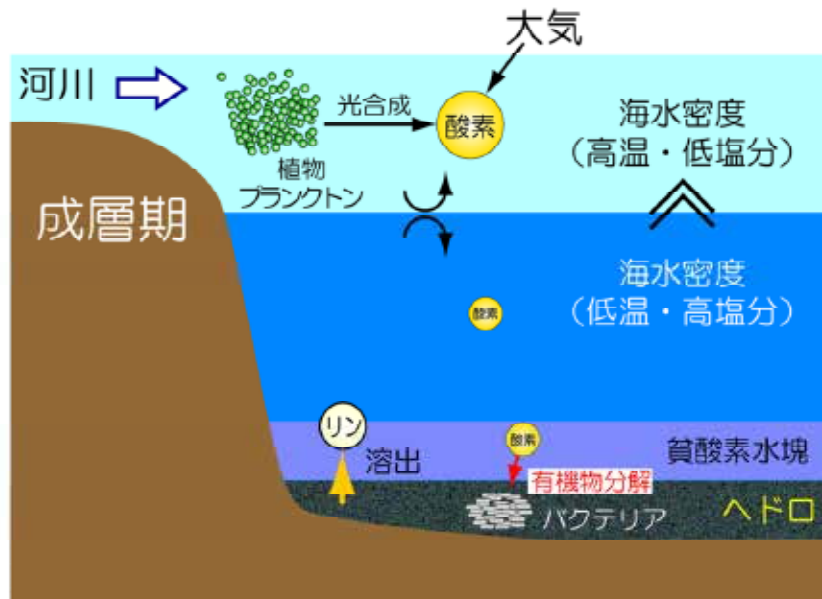


植物プランクトンは夏季に多く、冬季は1/10～1/100 以下と極端に少なくなる。

平成27 年度は1 2月に極めて少なくなった。植物プランクトンの数は透明度に大きく影響する。

【貧酸素水塊】

東京湾内の溶存酸素の挙動（夏）

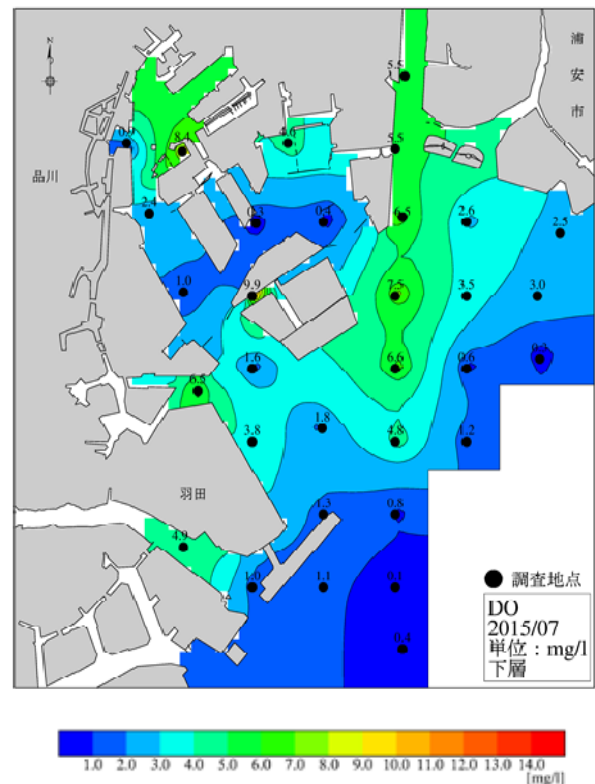


(公財) 東京都環境公社 東京都環境化学研究所 安藤晴夫

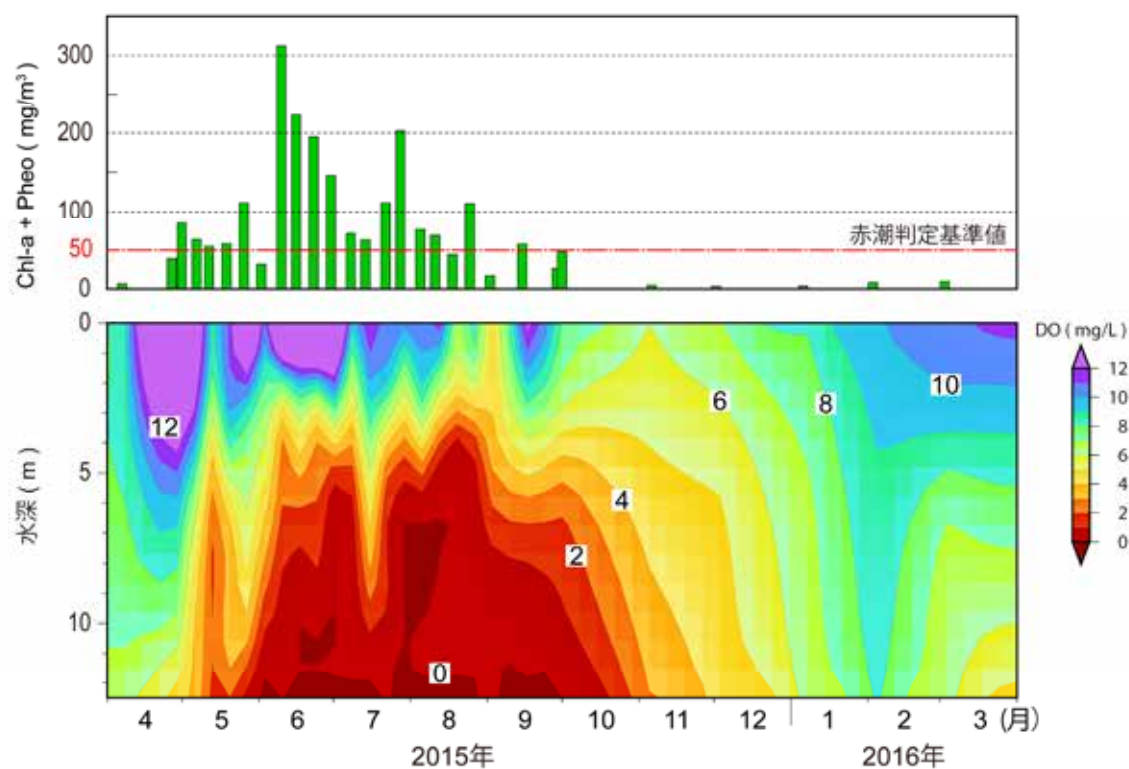
夏季に赤潮が長く続くことにより、上層水は植物プランクトンの光合成で酸素が過飽和となるが、下層では酸素の少ない状態が続く。酸素が少ないと生き物は生息できず、無生物となる。

下層では、底層で有機物の分解やリンの溶出に酸素が多く消費されるうえに、海水密度差が大きいこの期間、水が上下に循環しない成層状態となり、貧酸素水塊が形成される。

7月、東京都内湾では右図のように、溶存酸素(DO)が2mg/L以下の酸素の少ない水域が広がっていた。



【St.6 におけるクロロフィル濃度と貧酸素状況の関係】

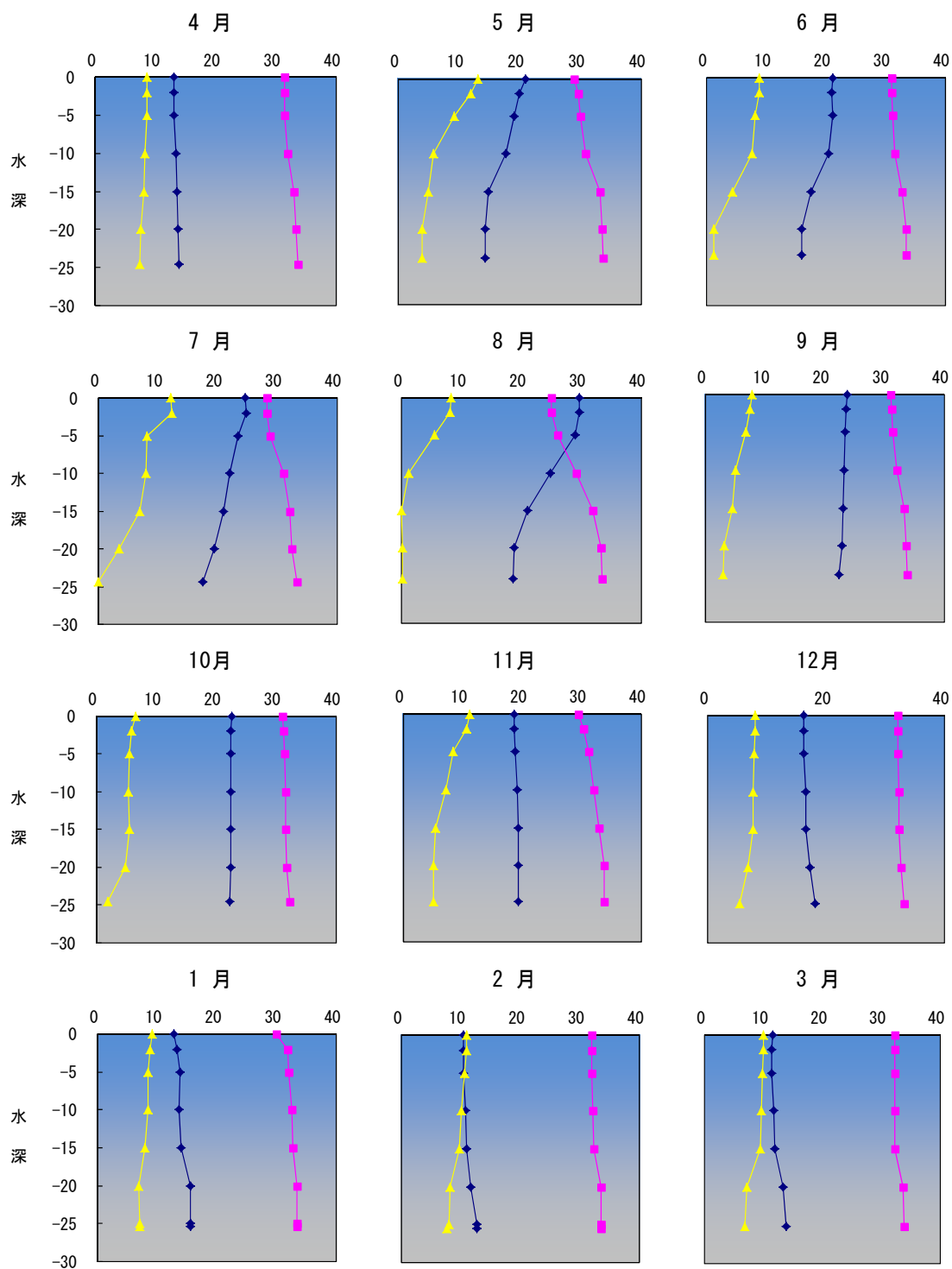


(公財) 東京都環境公社 東京都環境化学研究所 安藤晴夫

St.6では、6月から10月末まで底層の貧酸素状況が続き、7月から9月は水深6mでも溶存酸素(DO)が 2mg/L 以下となった時期があった。

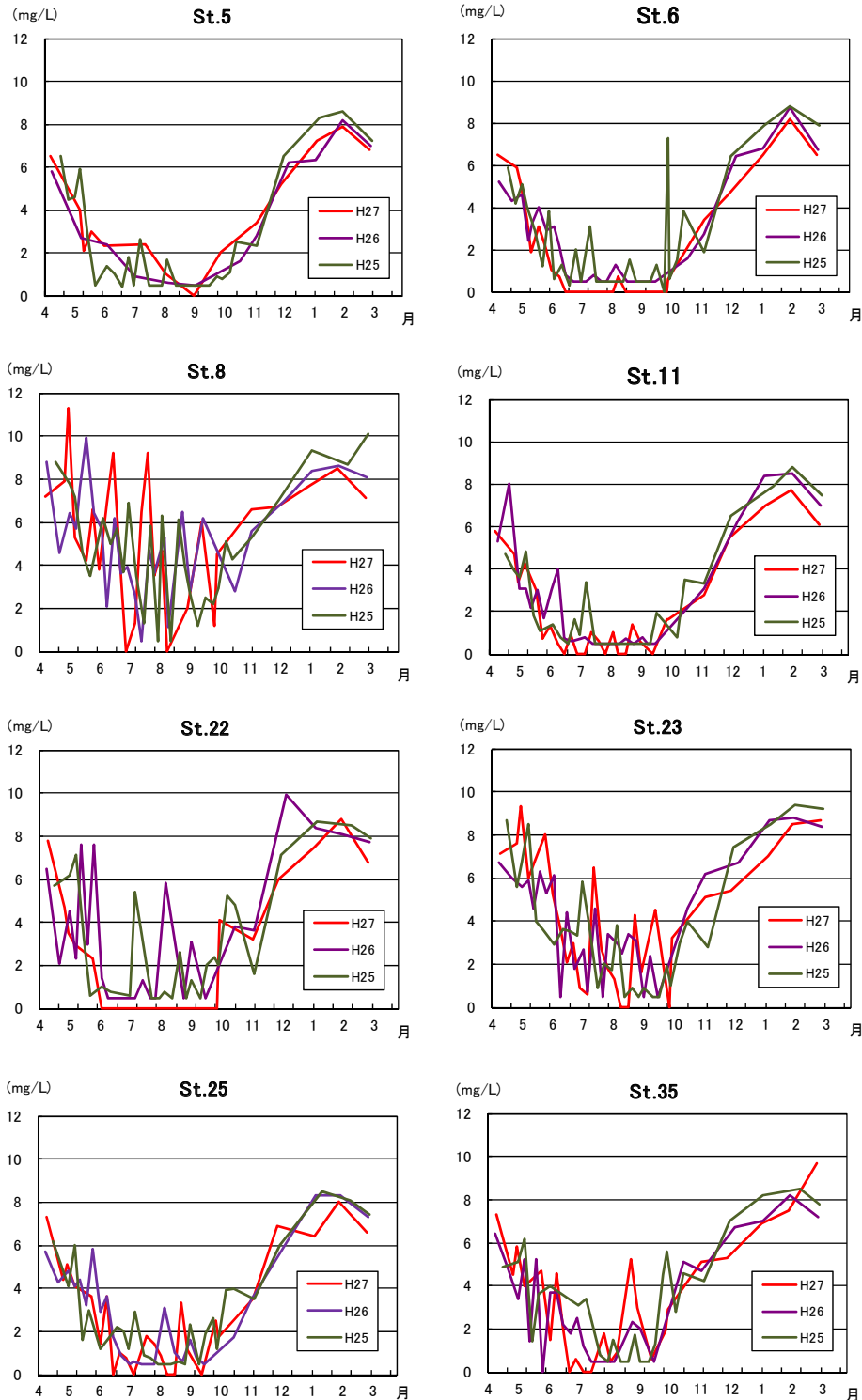
東京都の赤潮判定基準(本文4ページ)では、クロロフィル濃度について 50mg/m^3 以上(上図赤点線)としている。水深6m程度から貧酸素が発生する現象は、クロロフィル濃度から見て、赤潮の発生後に起こっていたことが見てとれる。

【平成 27 年度 St.35 における月別鉛直分布(水温・塩分・DO)】



水深 25m の St.35 で、鉛直方向の水温、塩分、DO の変化をみた。5 月に大きく成層が始まり、6 月にはすでに 10m 以深で溶存酸素濃度が 2 mg/L 以下の貧酸素状態となった。9 月には成層が解消し、上層と下層の水が混合した循環期となった。

【下層溶存酸素濃度（DO）の経月変化】



各地点での、下層のDOの変化を示す。St.6では例年、5月中旬から9月まで長期間にわたって貧酸素状態が続いている。ここ3年間では全地点での貧酸素の開始、終了の時期の変化は確認されない。

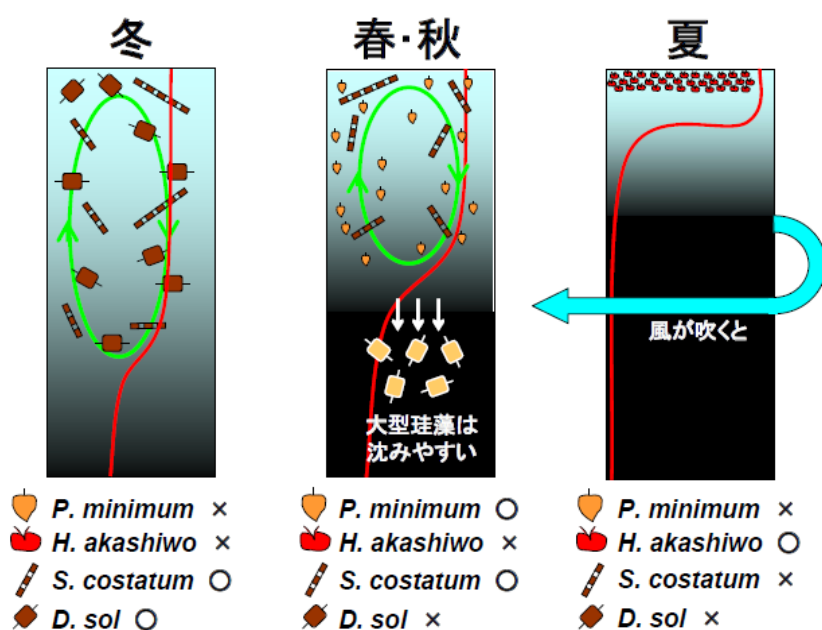
《関連情報》

【プランクトン群集に変動をもたらす要因】

- 1 栄養塩収支の変化
 - 2 日射量や水温の変化
 - 3 淡水流入量の変化
 - 4 成層度の変化
 - 5 流れの変化
 - 6 外洋水の影響
 - 7 食う食われるの関係の変化
- (植物プランクトンの変化
→動物プランクトン、ミズクラゲの増加
→動物プランクトン群集の変化)

出典：プランクトンから環境
変化を考える、石丸隆、東京
湾環境情報センター

【季節によるプランクトンの動き】



出典：プランクトンから環境
変化を考える、石丸隆、東京
湾環境情報センター

(注) 循環期の冬、スケルトネマ類 (S) や、ディティルム類に代表される大型珪藻は共に鉛直に移動する。春・秋には循環がやや弱くなり S やプロロケントラム類 (P) は循環するが、大型珪藻は沈みやすくなる。成層ができる夏にはラフィド藻 (H:ヘテロシグマに代表される) など鉛直移動するものが表層に集積し、赤潮を形成しやすい。