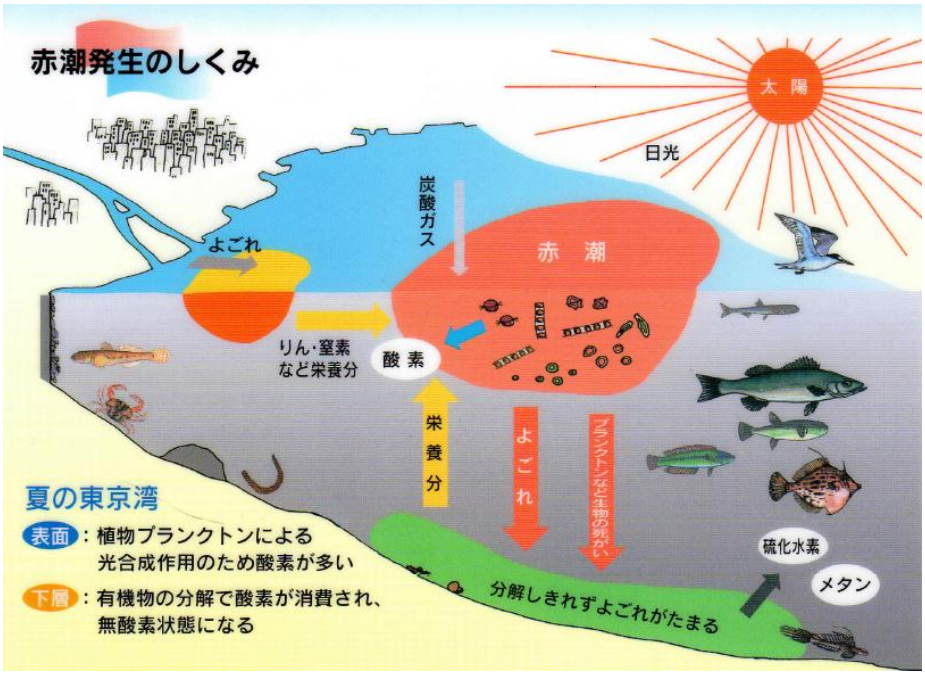
平成 28 年度　赤潮発生状況

【赤潮の有無による水面の色の違い】

赤潮発生中(平成 28 年 5 月 24 日)

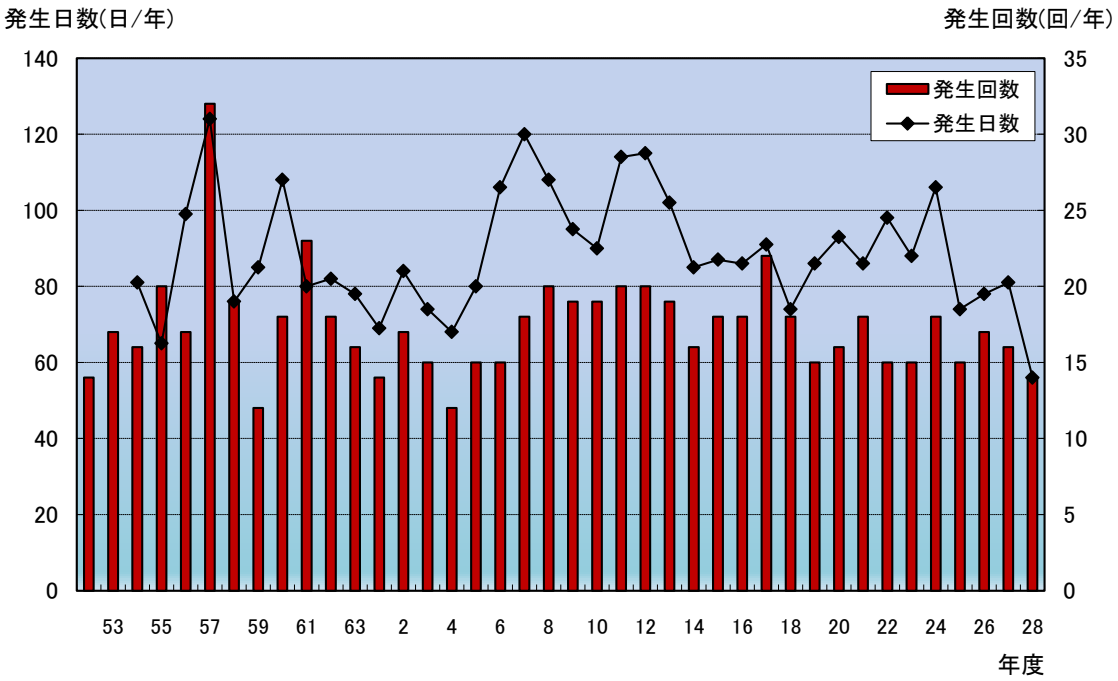
赤潮発生なし(平成 29 年1月 12 日)

【赤潮発生の仕組み】



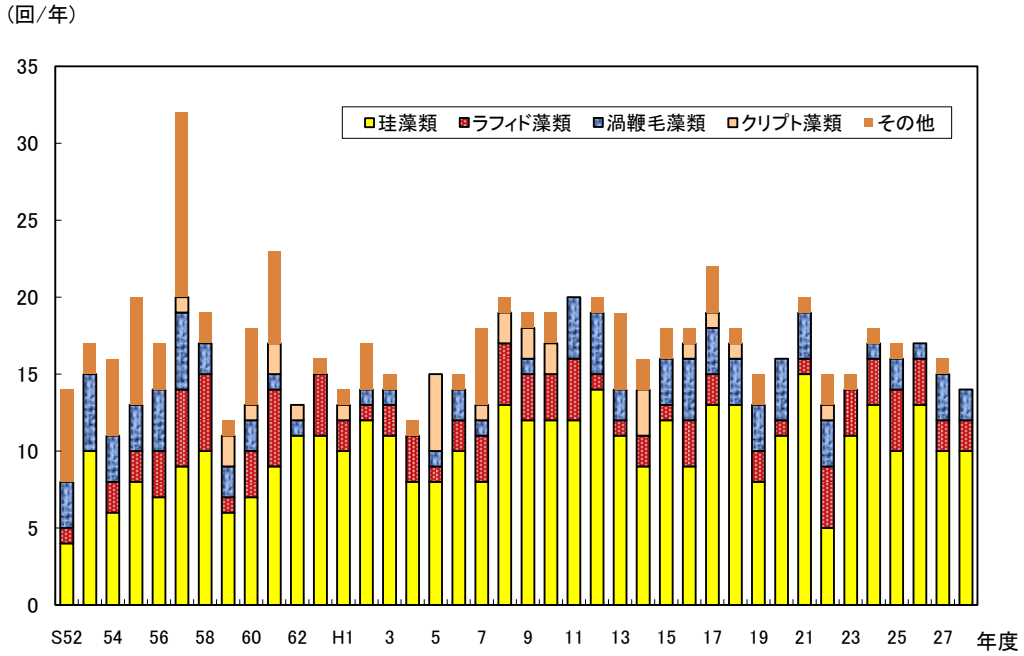
東京湾には植物の栄養となる窒素やりんがたくさん溶け込んでいる。春から夏にかけて、気温が上がり日照時間が長くなると、海水の中の植物プランクトンが増殖する。プランクトンが異常に繁殖して海水の色が変わる現象を「赤潮」とよんでいる。赤潮になると、海水が濁り、有害なプランクトンが発生すれば魚や貝類に影響がでる。大量に発生したプランクトンは、死んで海底に堆積し、酸素を消費して、生物が生きられない無酸素状態を作る大きな要因となる。

【赤潮発生日数・回数の経年変化】



平成 28 年度、赤潮の発生回数は 14 回、日数は 56 日であった。経年変化は回数、日数ともに年度により変動が大きいため顕著な傾向は見られず、近年は横ばい状況であるといえる。

【優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化】



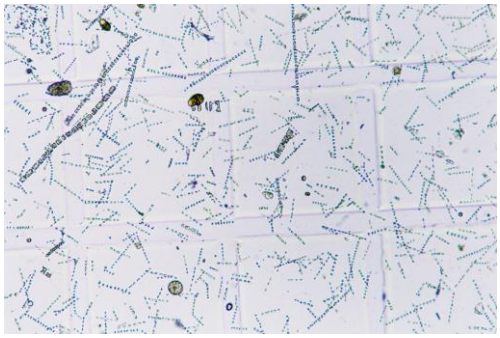
プランクトン種は珪藻が半分程度と多く、次いでラフィド藻類、渦鞭毛藻類となっている。

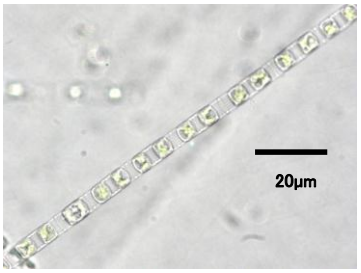
【珪藻：スケレトネマ　コスターツムによる赤潮】

７月２０日　お台場入り口

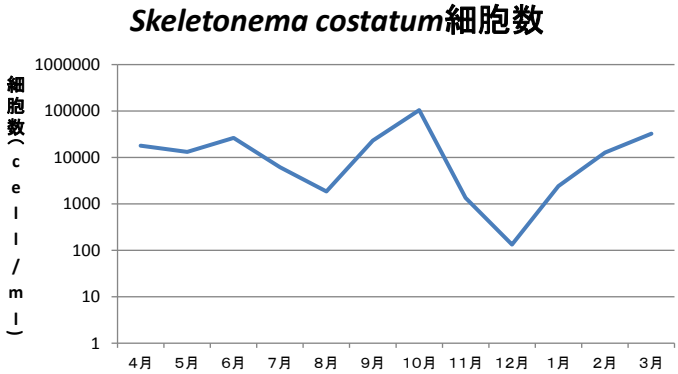
東京都内湾で最も多く赤潮を形成するのは珪藻の *Skeletonema costatum*（スケレトネマ コスターツム）である。本年度、赤潮 14 回中 3 回は同種が優占種であった。

同種は一年を通して優占して海水中に見られる。1mL 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。透明度板を下して見た水色は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。

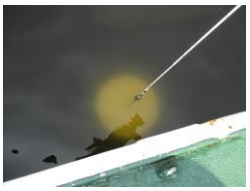




月 1 回の 16 条調査結果から 8 地点における同種の細胞数を合計し、対数表記で月変化を示す。夏季に多く出現し、冬季 12 月には例年、細胞数が少なくなる。



【ラフィド藻：ヘテロシグマ　アカシオによる赤潮】



本年度は 14 回中 2 回が同種による赤潮であり、5 月に発生した。

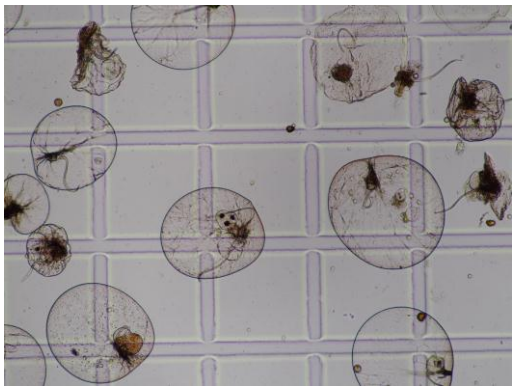
5 月 12 日　St.6
透明度 1.8m、表層 DO　13.3mg/L、クロロフィル濃度　123mg/m^3 、細胞数 14,000 細胞/mL、
T－N　1.82mg/L、T－P　0.257mg/L

珪藻と違い殻を持たない。緑褐色など強い着色を示す。じゃがいものような形で鞭毛があり、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、10，000 細胞/mL を警戒基準密度としている。

この前日は、調査を延期するほど強風（10m/s 以上）であり、海水が撹拌されたとみられる。St.6 の他、St.11、St.5 に多く、St.35 などでも同種が確認された。

【渦鞭毛藻類：ノクチルカ（夜光虫）による赤潮】

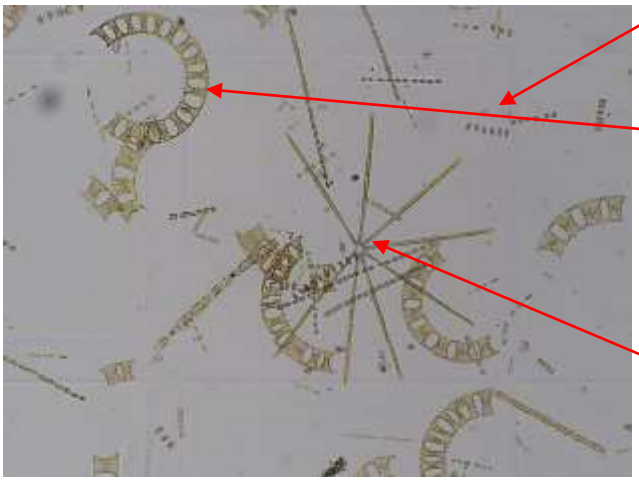


6 月 7 日　St.22 付近　（右写真背景の方眼は 0.5 ㎜）
透明度 3.0m、表層水温　20.6℃、表層 DO　7.7mg/L、クロロフィル濃度　25.2mg/㎥、
細胞数 56.6 個体/mL

大型のプランクトンで、集合するとオレンジ色に見える。透明度は良い。刺激を受けると細胞全体が青白く輝く。

【混合生サンプル等プランクトン写真】

平成 28 年 5 月 24 日(St.6 中央防波堤内側):優占種　スケレトネマ類

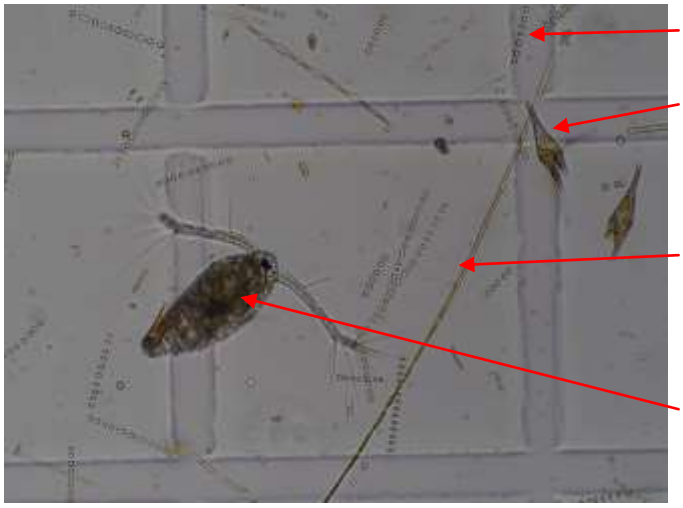


スケレトネマ　コスターツム

ユーカンピア　ゾディアクス
　冬から春先に出現する大型珪藻。
　大増殖すると水中の窒素やりんを激しく消費するため、養殖ノリの色落ち被害を招くことがある。

タラシオスリックス　フラウエンフェルディ
（ニチリンケイソウ）
　放射状の群体をつくる。
　夏から秋に出現する。

平成 28 年 8 月 10 日(St.35:多摩川沖):優占種　スケルトネマ類



スケレトネマ　コスターツム

ケラチウム　フルカ（渦鞭毛藻類）
　夏から秋に多く現れ、中層赤潮を起こす。魚のエラに突き刺さるやっかいな種。

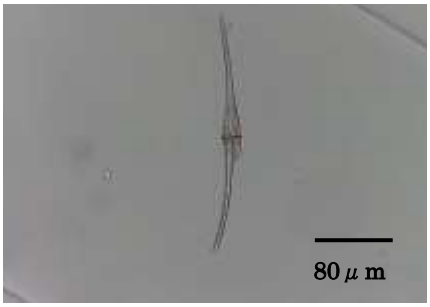
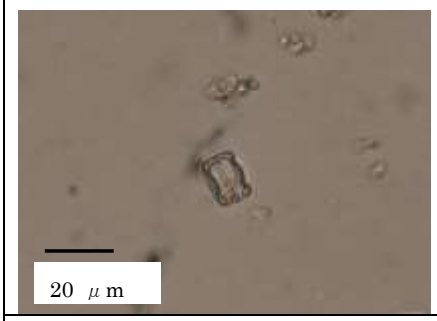
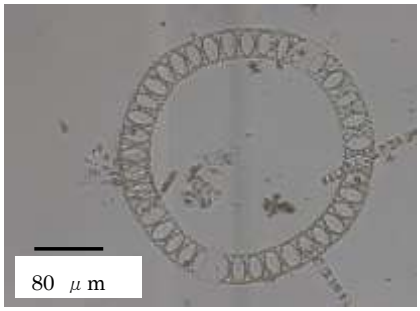
ニッチア類（珪藻類）
　棒のように長く伸びた群体をつくり、すべるように移動する。

カイアシ類（動物プランクトン）
　植物プランクトンを捕食する一方、魚たちの重要なエサとなる。

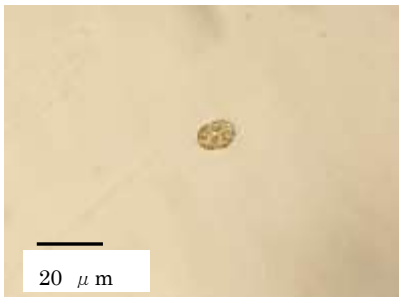
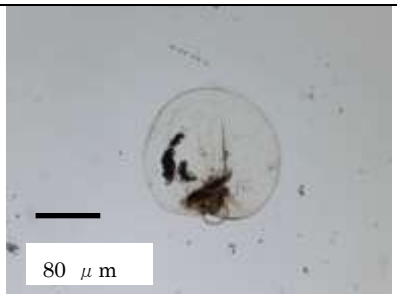
平成 28 年 5 月 2 日(St.22:デイズニーランド沖):優占種　タラシオシラ類

ケラチウム　フスス（渦鞭毛藻類）
魚類のエラに刺さり、死に至らせる事例があるという。この写真はスライドグラスの上の際に溜まったものである。

【平成 28 年度代表的なプランクトン①】

画像	名称・特徴
	Ceratium furca（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。
	*Ceratium fusus*（ケラチウム　フスス） 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。
	Skeletonema costatum（スケレトネマ　コスターツム） 珪藻綱 細胞の直径 10～20 μ m 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 20 μ m 以下 細胞は円筒状で、その多くは直径 20 μ m 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。
	*Eucampia zodiacus*（ユーカンピア　ゾディアクス） 珪藻綱 細胞の直径7～100 μ m 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 28 年度代表的なプランクトン②】

画像	名称・特徴
	Prorocentrum micans（プロロケントラム　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。
	*Heterosigma akashiwo*（ヘテロシグマ　アカシオ） ラフィド藻綱 細胞の直径 8～25μm 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。
	*Noctiluca scintillans*（ノクチルカ　シンチランス） ラフィド藻綱 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　20～200μm 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。
	Mesodinium rubrum（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。

【平成 28 年度代表的なプランクトン③】

画像	名称・特徴
	Tintinnopsis beroidea（チンチノプシス　ベロイデイア） 繊毛虫綱 殻長 30～100μm 殻は細長いグラスのような形で、後端が少し尖っている。殻全体にはたくさんの砂粒がついている。東京都内湾で通年みられる。
	Oligotrichida（オリゴトリチ-ダ） 繊毛虫綱　　体長 20～200μm 卵円形から細長い形のものまで様々である。殻を持たない。各地の沿岸及び内湾に多く、東京都内湾でも最も多く出現する動物プランクトンである。
	Acartia omorii（アカルチア　オオモリィ） 甲殻類綱 成体は体長　0.9～1.2mm どちらかというと冷水性であり、春に多く出現する。
	Oithona davisae（オイソナ　ダビサエ） 甲殻類綱 体長は 0.5～0.6mm カイアシ類の中では小型。富栄養な暖水域内湾に多く、東京湾におけるカイアシ類の最優占種である。
	Nauplius larva of Copepoda（橈脚類のノープリウス期幼生） 甲殻類綱 体長 70～数 100μm ノープリウス幼生はカニ・エビなどの甲殻類が最初に通過する基本的な浮遊幼生である。東京都内湾では通年、頻度高くみられる。

【降雨状況と赤潮発生状況(平成 28 年 4 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日)】

月 / 日	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量	降雨量
1	2.5	-	-	-	2.0	-	1.5	10.0	10.5	-	-	4.5
2	1.5	-	-	0.0	**27.0**	0.0	-	1.5	-	-	-	9.5
3	4.0	-	-	-	**16.0**	0.0	2.0	3.0	-	-	-	-
4	8.0	13.5	0.0	1.5	-	3.0	-	-	2.5	-	-	-
5	1.5	-	3.0	0.0	-		0.5	0.0	1.5	-	0.0	-
6	-	2.5	-	-	-		0.0	-	-	-	0.0	1.0
7	**33.0**	0.0	0.5	-	-	4.5	-	-	-	-	-	0.5
8	-	-	0.0	0.0	0.0	11.5	**10.0**	2.0	-	20.5	-	-
9	-	19.0	6.5	12.5	-		**32.5**	5.0	-	5.5	8.0	-
10	-	6.0	-	-	-		0.0	0.0	-	-	0.5	-
11	0.0	5.5	-	-	0.0	5.0	-	**49.0**	-	-	-	-
12	-	-	0.0	-	-		-	-	-	-	-	0.0
13	1.5	-	**98.5**	2.0	0.0	**34.5**	0.0	-	3.0	0.0	-	0.5
14	**20.0**	-	-	21.0	0.0	0.0	-	6.0	**37.0**	0.0	-	2.5
15	-	-	0.0	5.5	0.5	24.0	-	0.0	-	-	-	1.0
16	-	-	7.5	-	**33.0**	3.5	0.0	-	-	-	-	0.0
17	6.0	**31.5**	2.5	0.0	**14.0**	-	**24.0**	-	-	-	-	0.0
18	0.5	-	-	0.0	**67.0**	2.0	**6.0**	-	-	-	0.0	-
19	0.0	-	5.0	5.0	5.0	**21.5**	0.0	18.0	-	-	0.0	-
20	-	-	4.0	1.0	**82.0**	**91.5**	0.0	-	-	0.0	6.5	-
21	6.0	0.0	10.0	**28.5**	0.0	0.0	-	2.5	-	-	-	25.5
22	0.0	-	0.5	3.5	**106.5**	**56.5**	0.0	2.0	10.5	-	-	-
23	0.0	-	9.5	-	0.5	**16.5**	0.0	0.0	7.5	-	0.5	0.0
24	13.5	-	1.5	-	0.0	**10.5**	-	23.0	-	-	0.0	-
25	-	0.0	1.0	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-
26	-	-	-	1.0	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	**12.5**
27	0.0	**36.5**	-	0.0	2.0	-	-	9.5	11.5	-	-	**21.5**
28	22.0	-	23.0	-	2.0	0.0	18.0	7.5	-	-	-	0.0
29	0.0	0.0	0.5	-	**16.0**	0.0	0.0	-	-	-		-
30	-	23.0	1.0	-	**40.5**	2.5	1.0	0.0	-	0.0		-
31		-		0.0	-		-		-	-		6.5
月合計 (H28)	120.0	137.5	174.5	81.5	414.0	287.0	96.5	139.0	84.0	26.0	15.5	85.5
月合計 (平年)	130.3	128.0	164.9	161.5	155.1	208.5	163.1	92.5	39.6	48.6	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。

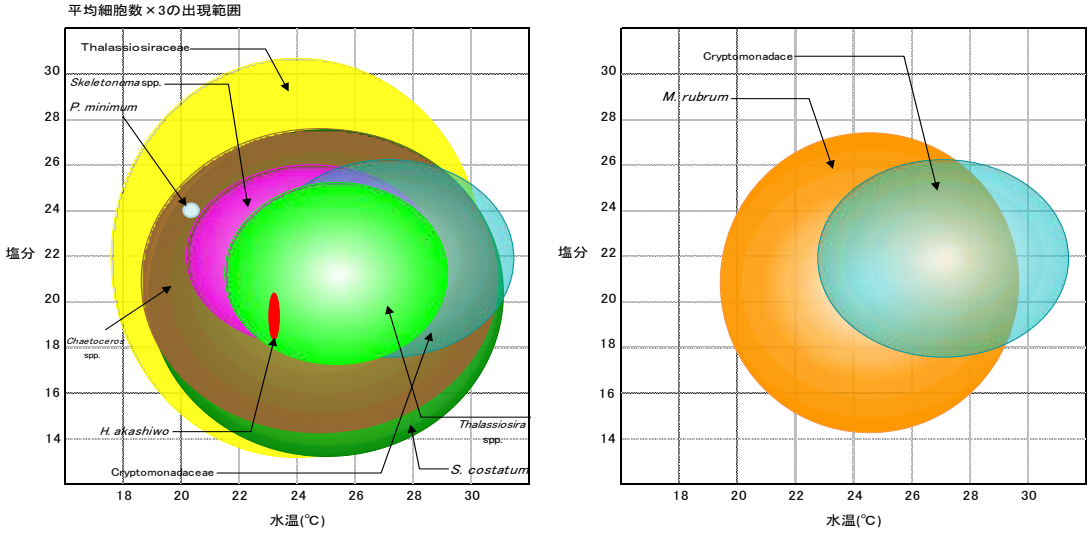
注2　発生状況欄の凡例

- *Skeletonema costatum*
- *Thalassiosira 類*
- *Rhizosolenia fragilissima*
- *Chaetoceros 類*
- *Eucampia zodiacus*
- *Heterocapsa lanceolata*
- *Noctiluca scintillans*
- *Heterosigma akashiwo*

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40㎜以上の降雨，太字は30㎜以上の降雨を示す。

平成 28 年度は、赤潮が多く発生する 8 月に平年の 2.7 倍の降雨があり、9 月も降雨が多かったのが特徴である。(本文 29 ページ参照)

【主要プランクトンと水温および塩分範囲】

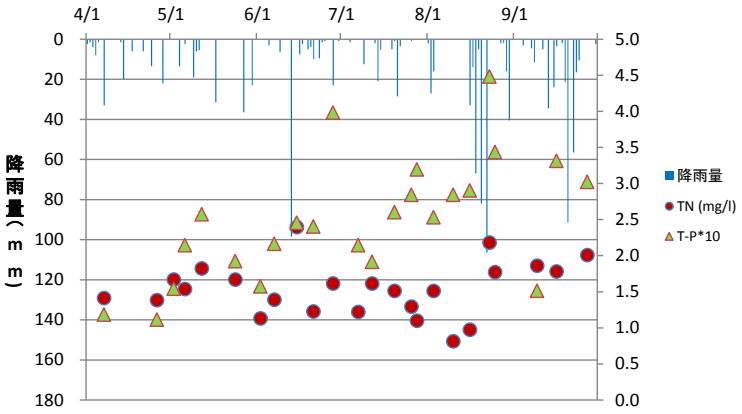


【降雨と窒素・りん濃度】

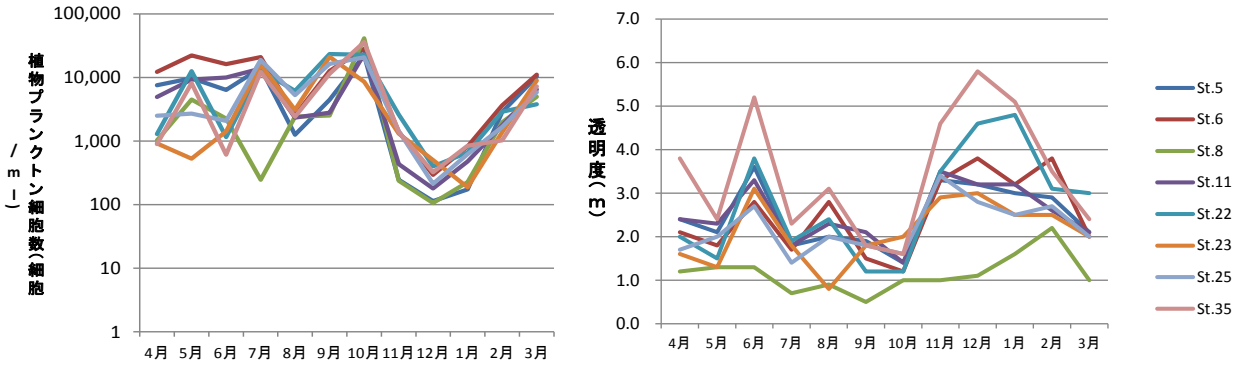
降雨後すぐに、環境水の窒素やりんの濃度が上昇している。降雨により、上流など流域から栄養塩が供給されることを示している。

全窒素･全りんの分析：

（公財）東京都環境公社　東京都環境科学研究所



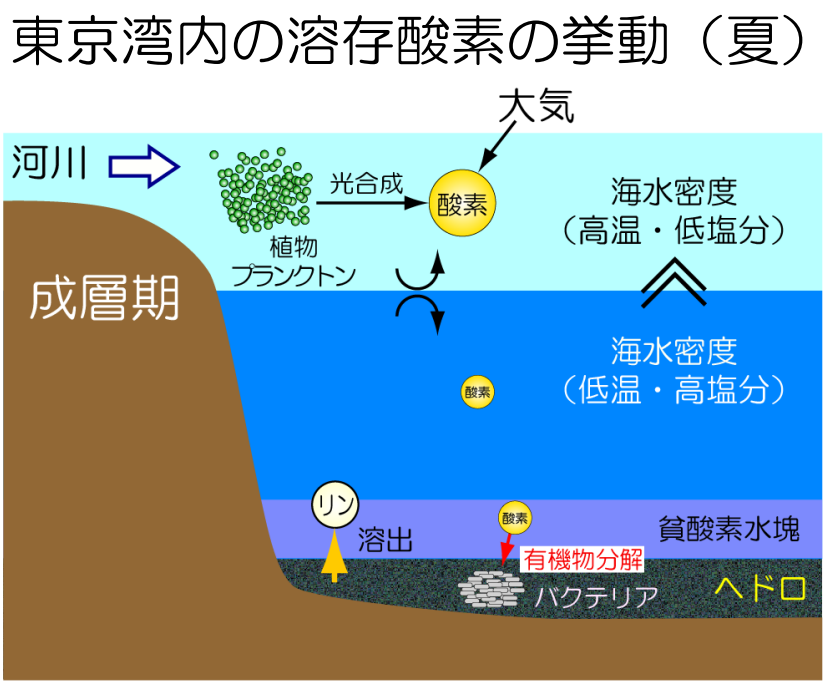
【植物プランクトン細胞数の月変化と透明度】



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28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は透明度に大きく影響する。

【貧酸素水塊】

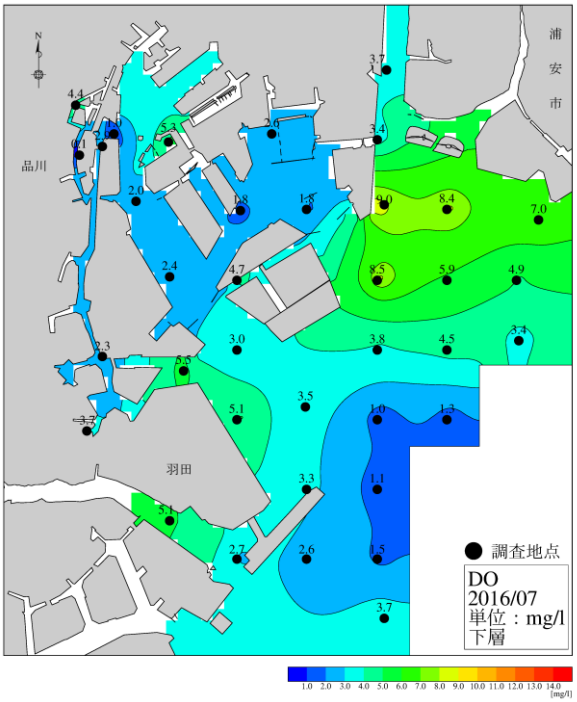


（公財）東京都環境公社　東京都環境化学研究所　安藤晴夫

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。

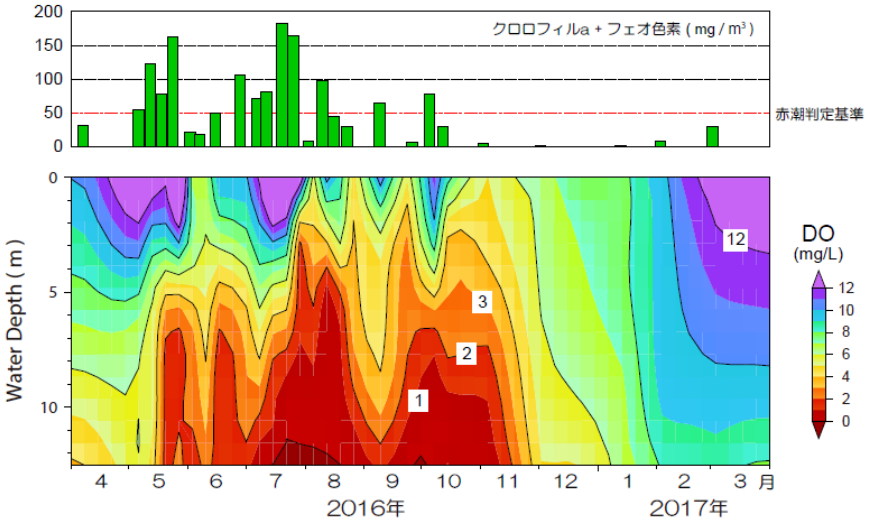
下層では、底層で有機物の分解やりんの溶出に酸素が多く消費されるうえに、海水密度差が大きいこの期間、水が上下に循環しない成層状態となり、貧酸素水塊が形成される。

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拡がっていた。



下層 DO 濃度の平面分布（平成 28 年 7 月）

【St.6 におけるクロロフィル濃度と貧酸素状況の関係】

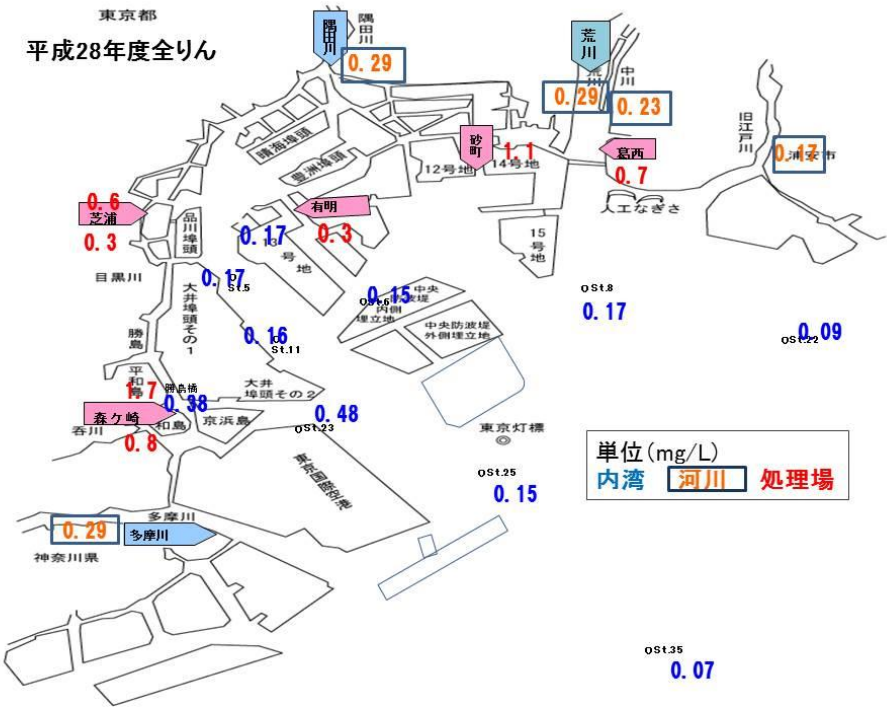


（公財）東京都環境公社　東京都環境化学研究所　安藤晴夫

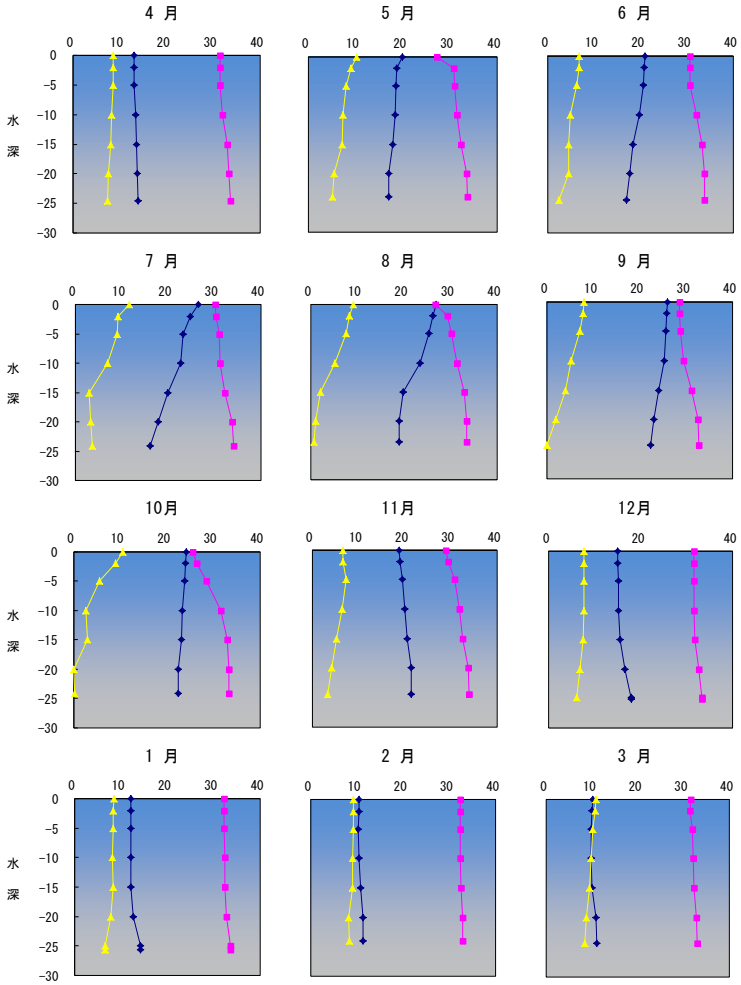
St.6 では、6 月から 10 月末まで底層の貧酸素状況が続き、7 月から 9 月は水深 6m でも溶存酸素（ＤＯ）が 2mg/L 以下となった時期があった。

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/m³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。

【流域からみたりん濃度】（本文 30 ページ参照）



【平成 28 年度　St.35 における月別鉛直分布(水温・塩分・DO)】

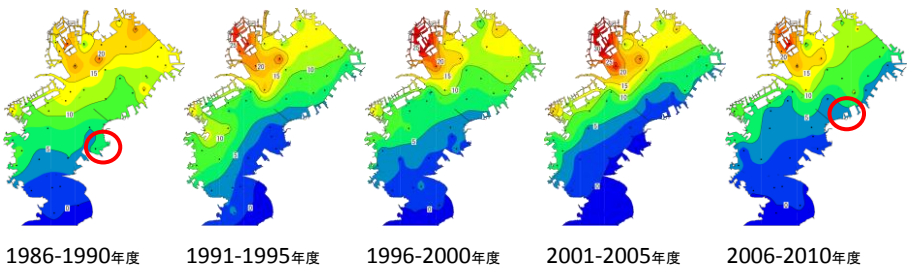


水深 25mの St.35 で、鉛直方向の水温、塩分、ＤＯの変化をみた。7 月に大きく成層が始まり、10m 以深で溶存酸素濃度が 2mg/L 以下の貧酸素状態となった。

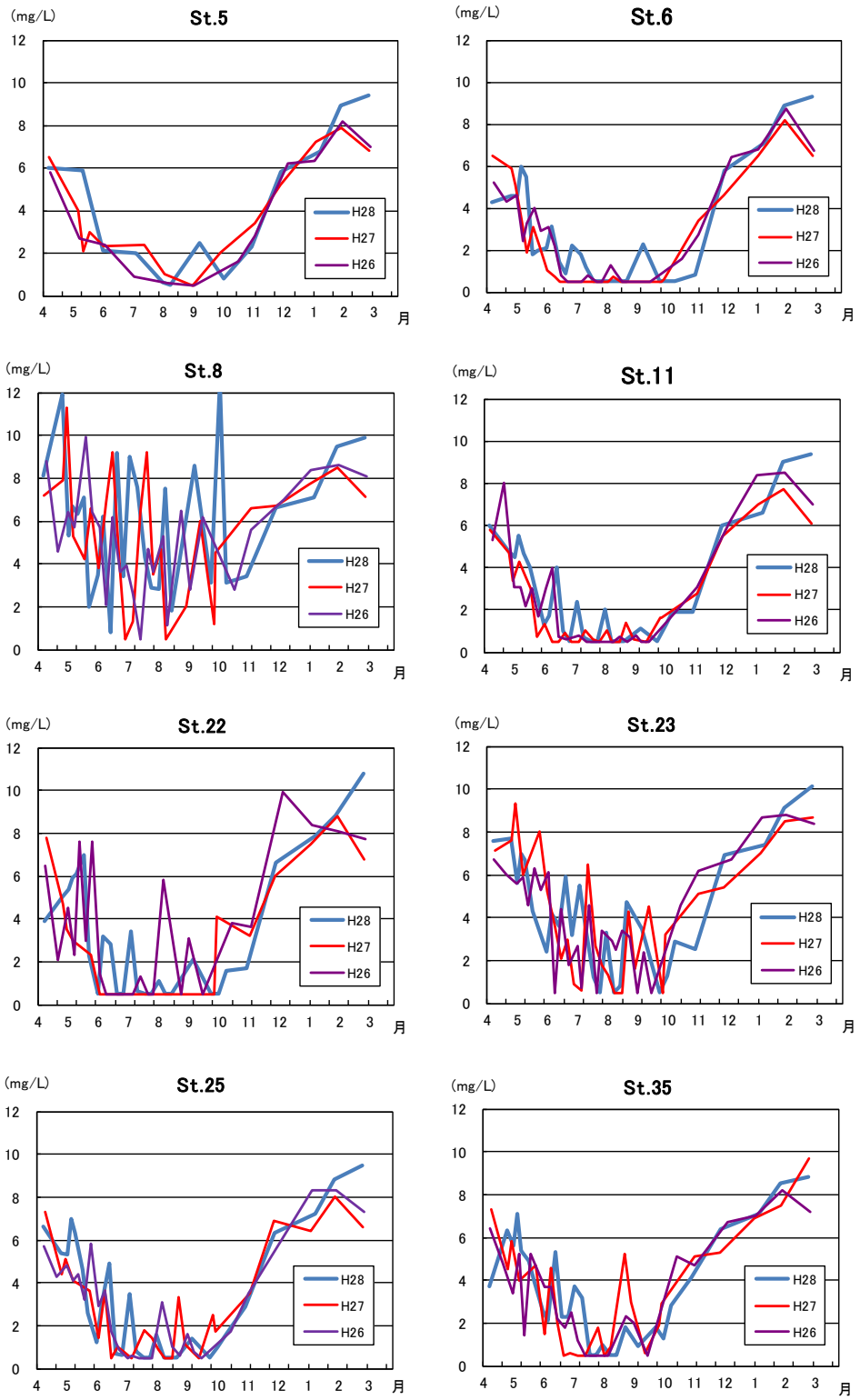
今年は回復が遅く、11 月になってやっと成層が解消し、上層と下層の水が混合した循環期となった。

【湾全域の赤潮発生率の長期変化】

（本文 34 ページ　赤潮発生回数及び発生日数参照）



【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。St. 6, 11, 22, 25, 35 において、貧酸素の終了時期がやや遅くなっていた。（河川水や処理水の影響の大きい St. 8, 23 を除く）