

## 平成 29 年度 赤潮発生状況

### 【赤潮の有無による水面の色の違い】

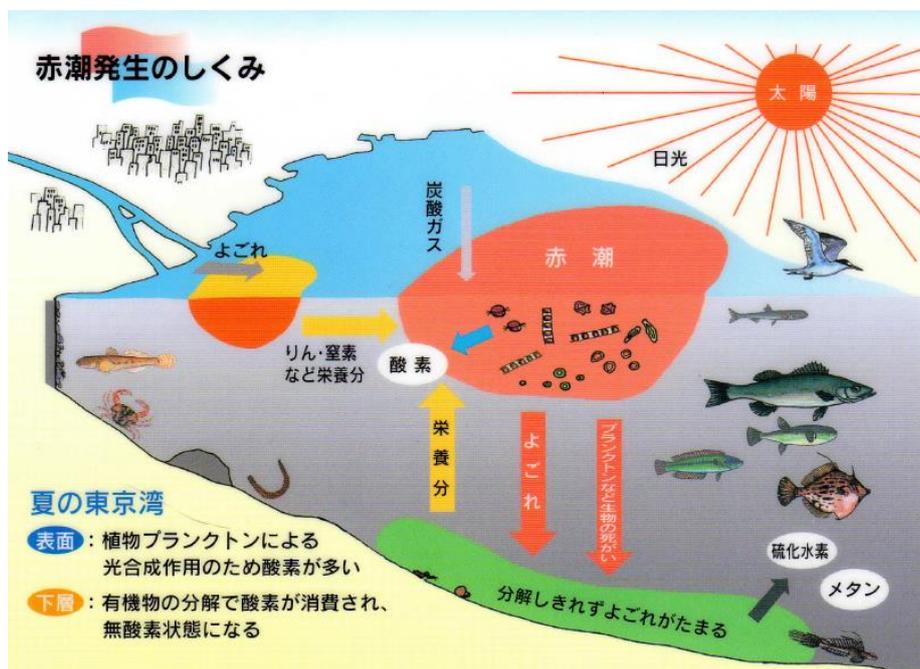
赤潮発生中(平成 29 年 7 月 3 日)



赤潮発生なし(平成 29 年 12 月 5 日)

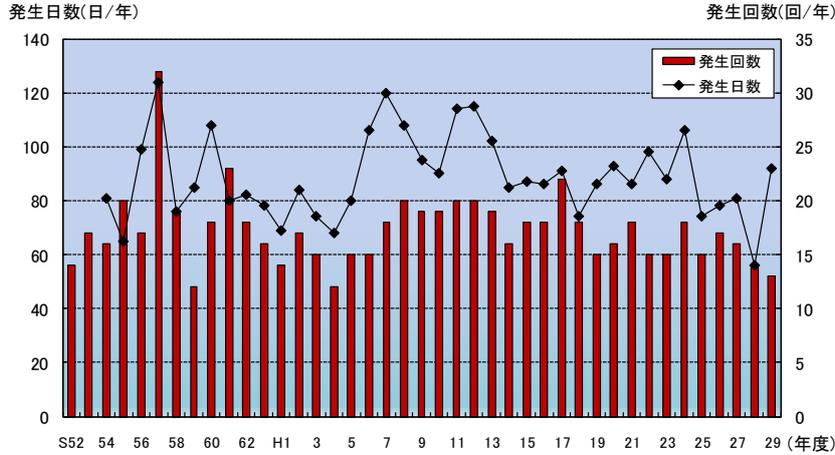


### 【赤潮発生の仕組み】

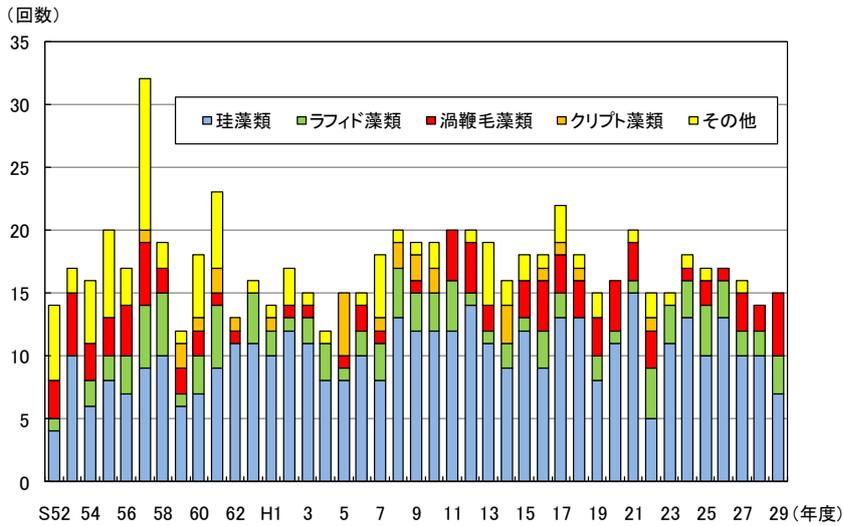


東京湾には植物の栄養となる窒素やりんがたくさん溶け込んでいる。春から夏にかけて、気温が上がり日照時間が長くなると、海水の中の植物プランクトンが増殖する。プランクトンが異常に繁殖して海水の色が変わる現象を「赤潮」とよんでいる。赤潮になると、海水が濁り、有害なプランクトンが発生すれば魚や貝類に影響がでる。大量に発生したプランクトンは死んで海底に堆積し、酸素を消費して生物が生きられない無酸素状態を作る大きな要因となる。

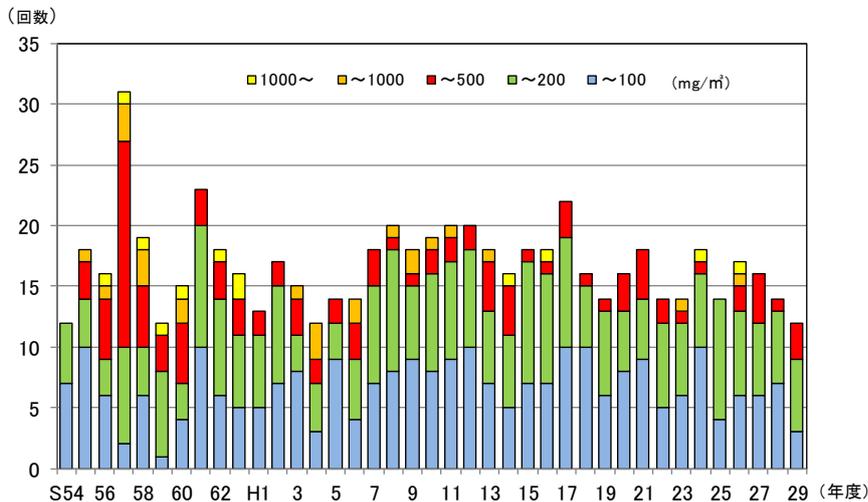
## 【赤潮発生日数・回数の経年変化】



## 【優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化】



## 【クロロフィル濃度別赤潮回数の推移】



## 【珪藻：スケルトネマ コスターツムによる赤潮】

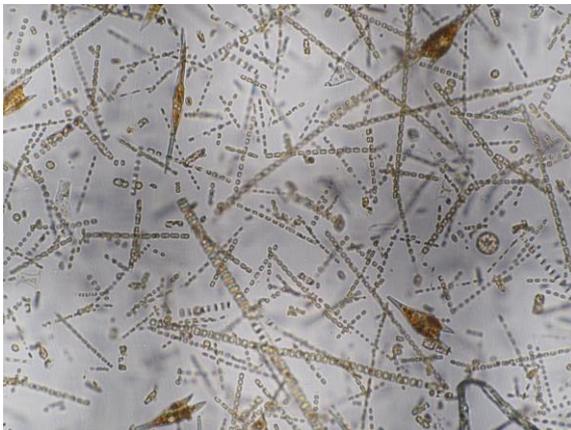


平成 29 年 5 月 24 日 St. 6 透明度 1.2m  
*Skeletonema costatum* 100,000 細胞/mL

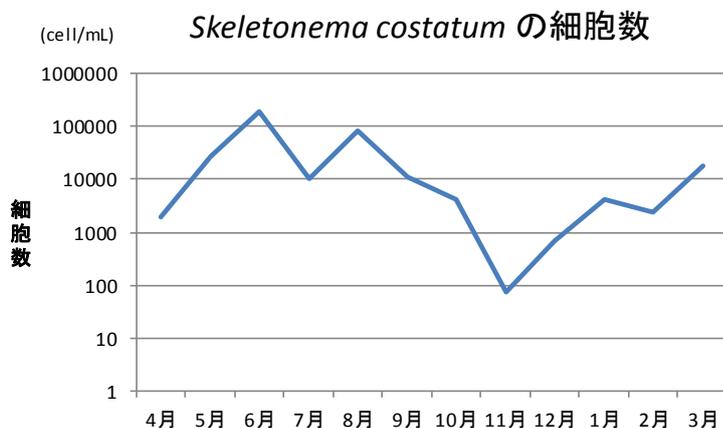


東京都内湾で最も多く赤潮を形成するのは珪藻の *Skeletonema costatum* (スケルトネマ コスターツム) である。29 年度は、赤潮 13 回中 4 回は同種が優占種であった。

同種は一年を通して優占して海水中に見られる。活性度や細胞サイズにもよるが、1mL 中に 1 万細胞を超える程度で赤潮を形成し、茶褐色や黄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。



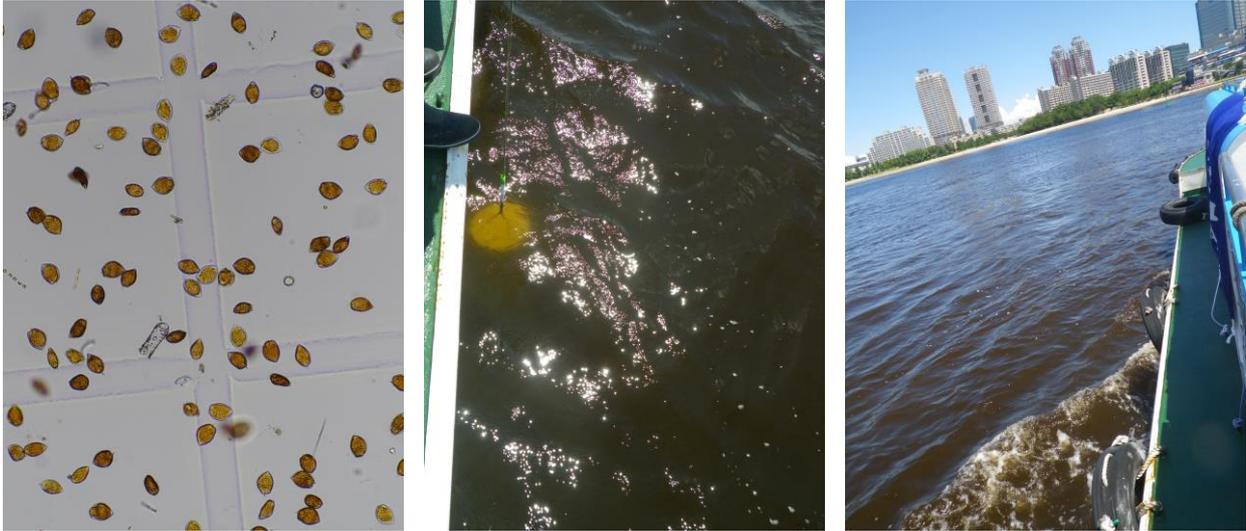
平成 29 年 5 月 24 日は、5 月 16 日の調査まで見られた *Prorocentrum minimum* が姿を消して *Skeletonema costatum* が優占種となったが、他にも多くの種類の珪藻類や渦鞭毛藻類、さらに動物プランクトンもみられた。



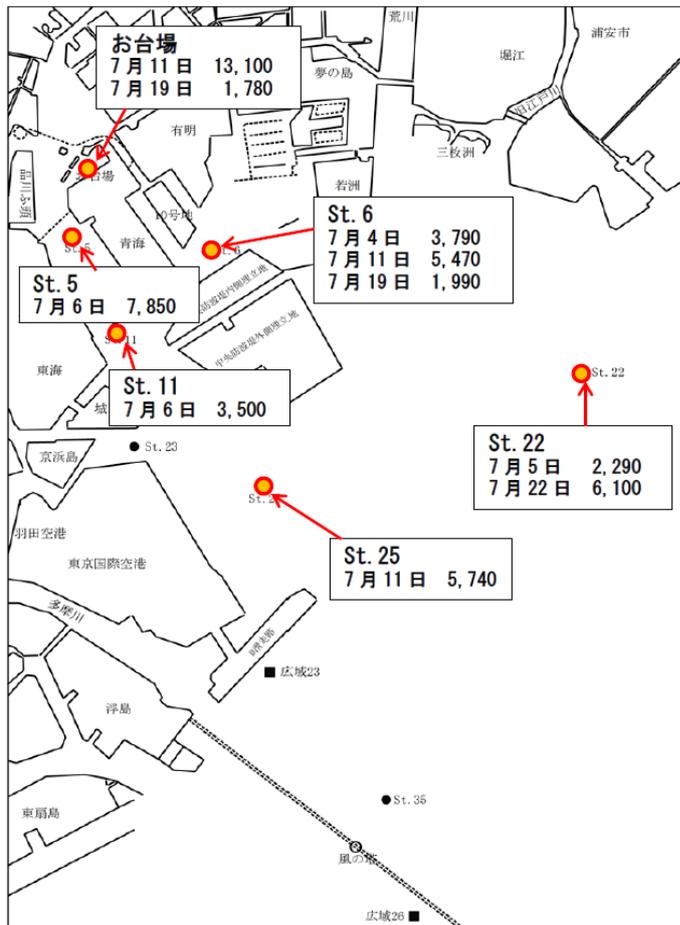
月 1 回の 16 条調査結果から環境基準点 8 地点における同種の細胞数を合計し、対数表記で月変化を示す。

同種は夏季に多く出現し、冬季に細胞数が少なくなることがわかる。

【渦鞭毛藻類：プロロセントラム ミカンスによる赤潮】



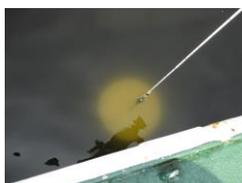
平成 29 年 7 月 11 日 お台場  
 透明度 0.9m、表層 DO 17.73mg/L、クロロフィル濃度 229mg/m<sup>3</sup>、細胞数 13,100 細胞/mL、



左図は東京都内湾における *Prorocentrum micans* の出現状況（細胞数/mL）である。

平成 29 年 6 月から 7 月にかけて東京内湾全域で広範囲、長期間、高濃度の赤潮が発生した。渦鞭毛藻類の *Prorocentrum micans* は、魚介類に直接害を及ぼさないものの、夜間の呼吸や死後海底で分解されることにより周囲を無酸素状態にするため、結果として魚介類を弱らせてしまう。

## 【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。

平成 29 年 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<sup>3</sup>、細胞数 14,000 細胞/mL、

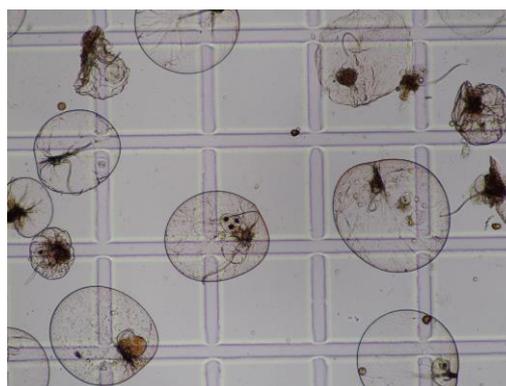
T-N 1.82mg/L、T-P 0.257mg/L

珪藻と違い殻を持たない。緑褐色など強い着色を示す。平たく凹凸のある楕円形で鞭毛があり、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、海水が攪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】



平成 29 年 6 月 7 日 St.22 付近（右写真背景の方眼は 0.5 mm）

透明度 3.0m、表層水温 20.6°C、表層 DO 7.7mg/L、クロロフィル濃度 25.2mg/m<sup>3</sup>、

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。透明度は高い。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 29 年 5 月 24 日(お台場): 優占種 スケルトネマ類 透明度 1m

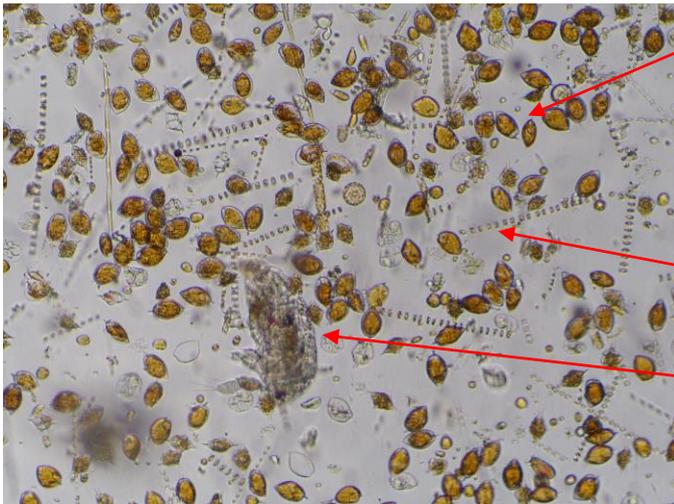


**スケルトネマ コスターツム**  
年中出現する珪藻類。

**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。  
大增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。

**ディチルム ブライトウェリイ**  
三角柱が多く串だんごの群体をつくる。  
秋から春に出現する。

平成 29 年 6 月 27 日(St.23 京浜島沖): 優占種 プロロセントラム ミカンス



**プロロセントラム ミカンス**  
(渦鞭毛藻類)  
細胞前端に三角形の突起がある。二本の鞭毛をもつ。富栄養化した環境を好み、黄褐色の赤潮を引き起こす。

**スケルトネマ コスターツム** (珪藻類)

**パラカラヌス類** (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。

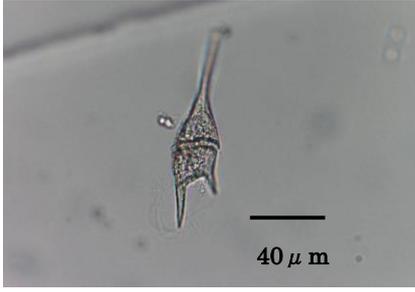
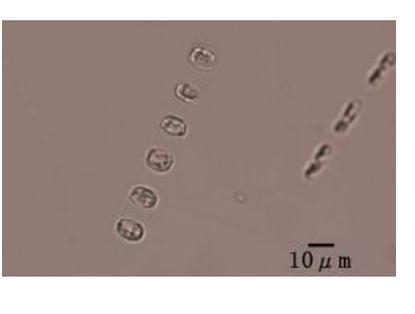
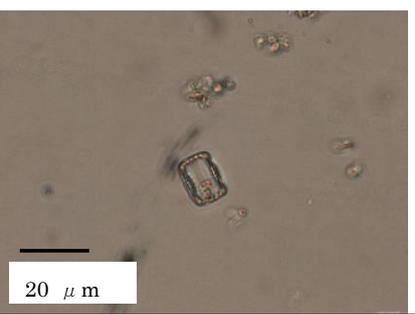
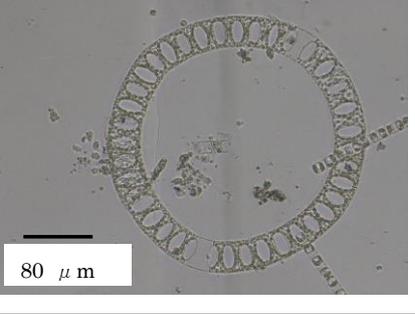
平成 29 年 9 月 20 日(St.22: デイズニーランド沖): 有害種 ミキモトイ類



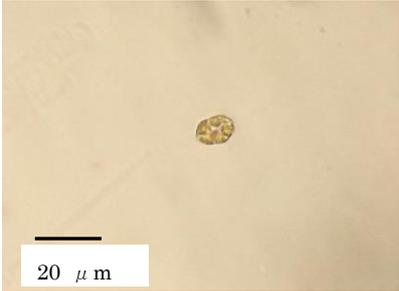
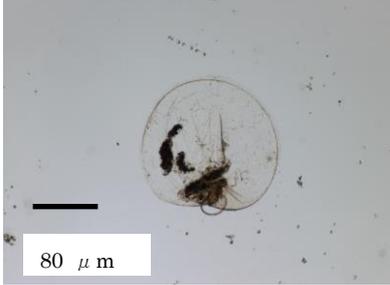
**ギムノジウム ミキモトイ** (渦鞭毛藻類)  
魚介類の大量死を引き起こすことがある。

**セラチウム フルカ** (渦鞭毛藻類)  
魚類のエラに刺さる事例がある。

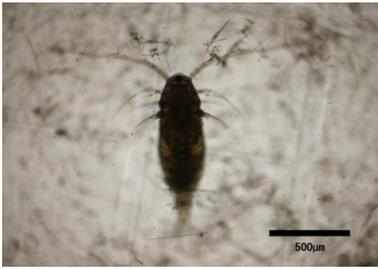
【平成 29 年度代表的なプランクトン①】

画像	名称・特徴
	<p><b><i>Ceratium furca</i></b> (セラチウム 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><b><i>Ceratium fusus</i></b> (セラチウム 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。</p>
	<p><b><i>Skeletonema costatum</i></b> (スケルトネマ コスターツム)                      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><b>Thalassiosiraceae</b> (タラシオシラシー)                      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><b><i>Eucampia zodiacus</i></b> (ユーカンピア ゾディアクス)                      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、内湾に多くみられ、東京湾では春先に多い。</p>

【平成 29 年度代表的なプランクトン②】

画像	名称・特徴
	<p><b><i>Prorocentrum micans</i></b> (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。</p>
	<p><b><i>Heterosigma akashiwo</i></b> (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><b><i>Noctiluca scintillans</i></b> (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。</p>
	<p><b>Euglenophyceae</b> (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。</p>
	<p><b><i>Mesodinium rubrum</i></b> (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>

【平成 29 年度代表的なプランクトン③】

画像	名称・特徴
	<p><i>Tintinnopsis beroidea</i> (チンチノプシス ベロイディア)            繊毛虫綱            殻長 30~100 μm            殻は細長いガラスのような形で、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。</p>
	<p><i>Oligotrichida</i> (オリゴトリチーダ)            繊毛虫綱 体長 20~200 μm            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。</p>
	<p><i>Acartia omorii</i> (アカルチア オオモリイ)            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。</p>
	<p><i>Oithona davisae</i> (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。</p>
	<p><i>Nauplius larva of Copepoda</i> (橈脚類のノープリウス期幼生)            甲殻類綱            体長 70~数 100 μm            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。</p>

【降雨状況と赤潮発生状況(平成29年4月1日～平成30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						
1	5.5	1.0	15.5	2.0	6.5	9.5	-	-	0.0	-	9.0	48.0
2	-	-	-	1.0	0.5	14.5	3.5	0.0	-	-	6.0	-
3	1.5	-	-	0.0	0.0	-	0.5	5.5	-	-	0.0	-
4	-	-	-	15.0	0.0	8.0	0.0	0.5	0.0	-	0.0	-
5	-	-	3.5	0.5	0.5	0.5	-	-	-	0.0	-	15.5
6	0.5	-	0.0	0.0	0.0	9.5	28.0	-	-	-	-	3.0
7	3.0	0.0	0.0	0.0	9.0	3.0	33.5	-	-	-	-	0.0
8	7.0	-	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0	4.5	8.0	-	26.0
9	9.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	1.5	-	58.0
10	-	4.0	0.0	-	2.5	0.0	-	-	-	-	1.5	1.5
11	46.0	0.0	0.0	-	10.5	3.0	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	-	9.5	4.5	0.5	-	-	-	-	-
13	0.0	27.0	9.5	0.0	0.0	0.0	4.5	7.0	-	-	-	-
14	-	0.0	3.5	-	9.5	0.0	19.0	4.0	-	-	-	-
15	0.0	0.0	-	-	43.5	0.0	13.5	-	0.0	-	-	-
16	-	0.0	0.0	-	18.5	8.0	32.0	-	-	-	-	4.0
17	13.0	-	-	0.0	3.5	52.0	7.5	-	-	15.0	0.0	-
18	17.5	1.5	11.5	10.5	0.0	16.0	0.0	0.5	-	0.0	-	-
19	-	-	1.0	0.0	17.0	-	42.0	-	-	-	-	0.5
20	0.0	-	-	-	0.0	0.0	15.5	-	-	0.0	-	10.0
21	0.0	-	45.5	-	0.5	-	21.5	-	-	-	-	31.0
22	15.0	-	-	-	-	20.5	147.5	2.0	-	24.0	2.0	20.0
23	0.5	-	-	0.0	-	12.5	40.0	27.0	-	0.0	0.5	2.5
24	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0
25	-	1.0	10.0	0.0	0.0	0.0	9.5	-	10.5	-	0.0	-
26	0.0	14.5	0.5	35.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-
27	3.5	0.0	1.0	0.5	-	2.5	-	-	-	-	-	-
28	-	-	3.0	0.0	-	45.5	7.5	0.0	-	0.0	1.0	-
29	0.0	-	-	16.0	0.0	0.0	105.5	-	-	0.0	-	-
30	-	-	2.0	0.5	2.0	-	-	0.5	-	0.0	-	-
31	-	-	-	-	8.0	-	-	-	0.0	-	-	-
月合計 (H28)	122.0	49.0	106.5	81.0	141.5	209.5	531.5	47.0	15.0	48.5	20.0	220.0
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

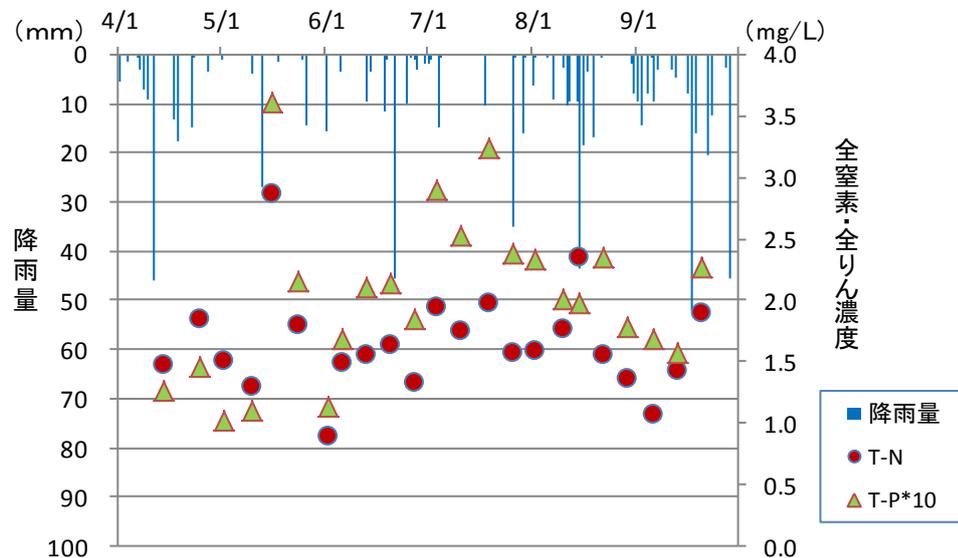
 <i>Skeletonema costatum</i>	 <i>Thalassiosira</i> 類	 <i>Rhizolenia fragilissima</i>
 <i>Chaetoceros</i> 類	 <i>Heterosigma akashiwo</i>	 <i>Heterocapsa lanceolata</i>
 <i>Prorocentrum minimum</i>	 <i>Prorocentrum micans</i>	 <i>Prorocentrum triestinum</i> (8月10日のみ)
 <i>Gymnodinium mikimotoi</i>		

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、太字は30mm以上の降雨を示す。

平成29年度は、4月から7月に日照がやや多く、8月は統計開始以来第一位に少なく、10月に降雨量が多かったことが特徴である。(本文4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。

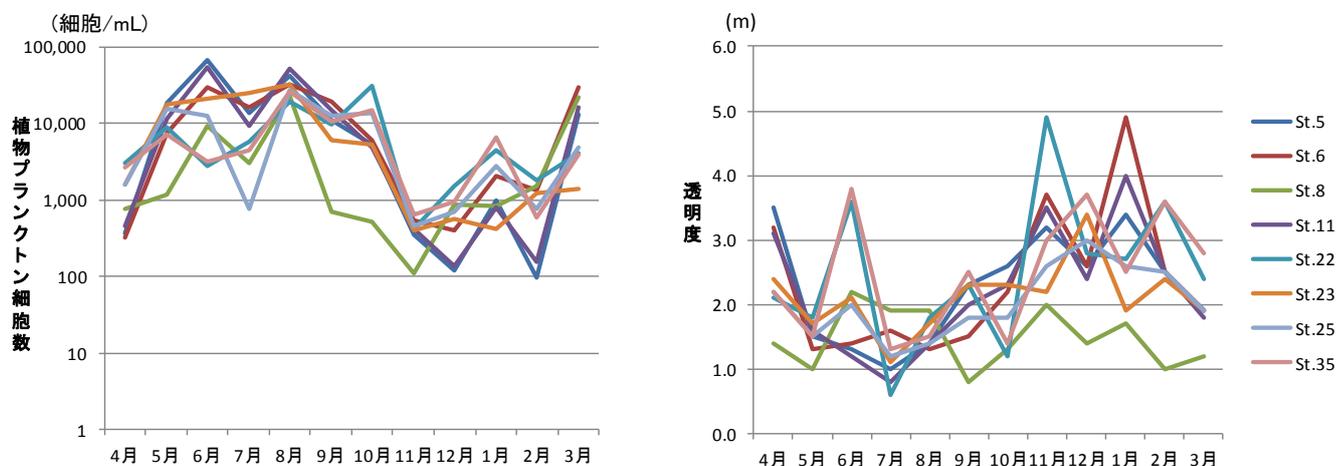


全窒素・全りんの分析：（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所

## 【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 以下と少なくなる。

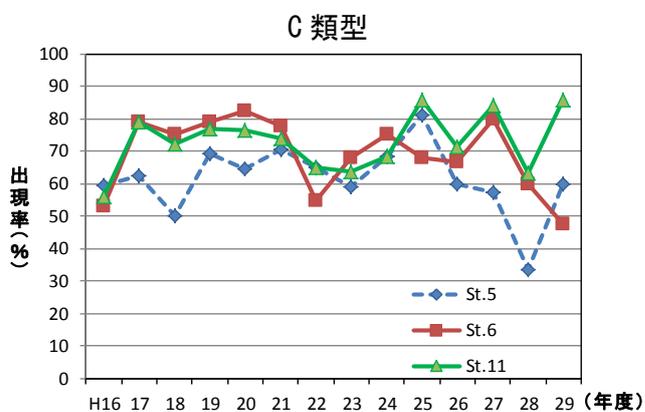
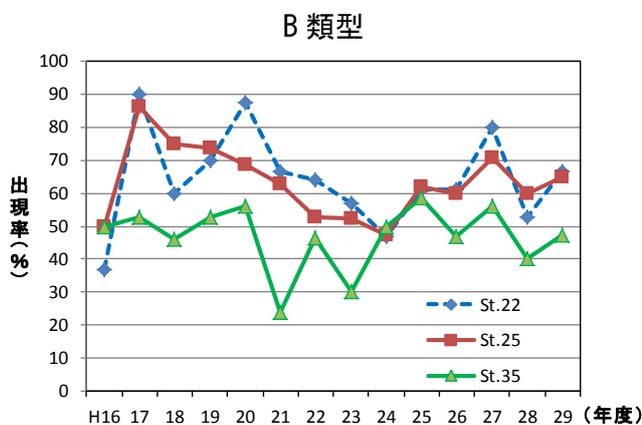
平成 29 年度は 11 月と 12 月に少なくなった。植物プランクトンの数は透明度に大きく影響する。



## 【貧酸素水塊】

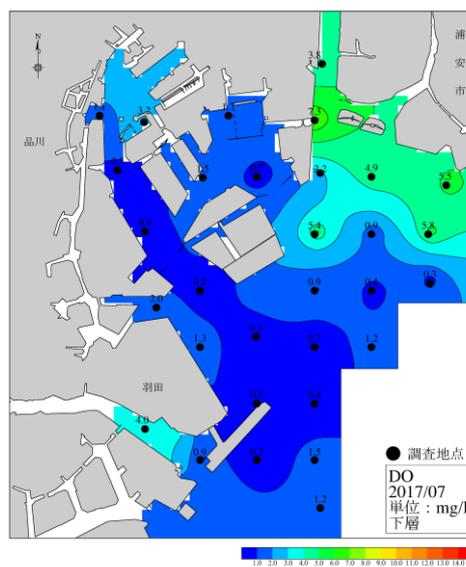
### 貧酸素水塊出現率の経年変化

B 類型 C 類型とも出現率が 50%を超える状況が続いており、改善の傾向は確認されない。



### 下層 DO 濃度の平面分布 (平成 29 年 7 月)

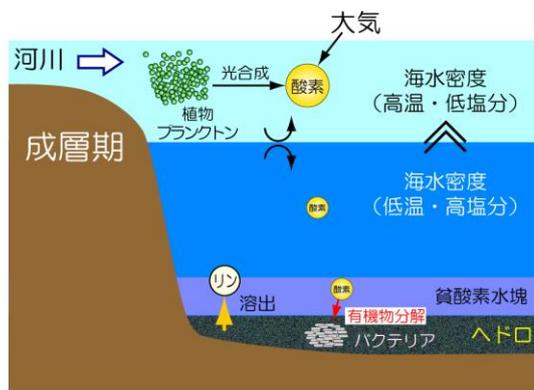
7 月の東京都内湾では、溶存酸素 (DO) が 2mg/L 以下の貧酸素水域が広がった。



### 夏季の東京湾内の溶存酸素の挙動

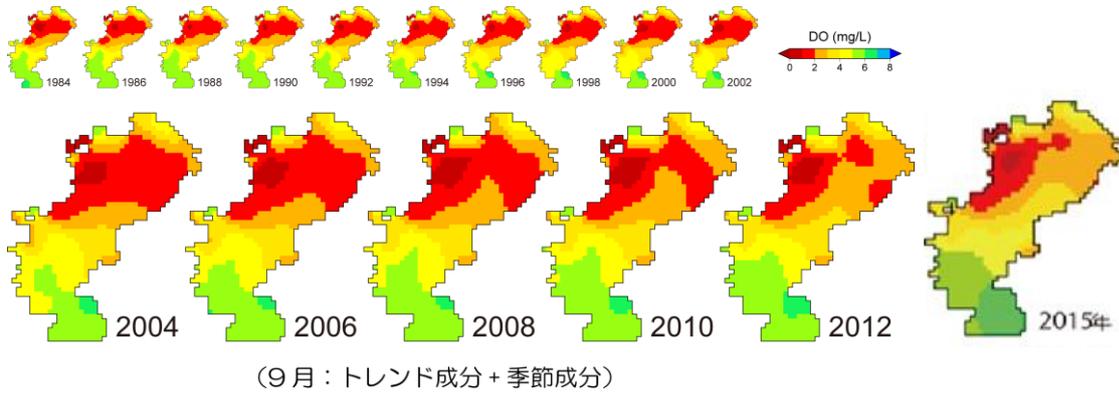
夏季に赤潮が長く続くことにより、上層水は植物プランクトンの光合成で酸素が過飽和となるが、下層は酸素の少ない状態が続き、生き物は生息できず無生物となる。

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ためこの期間は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。



作図 (公財) 東京都環境公社 東京都環境化学研究所 安藤晴夫

## 【底層 D0 の長期的推移】

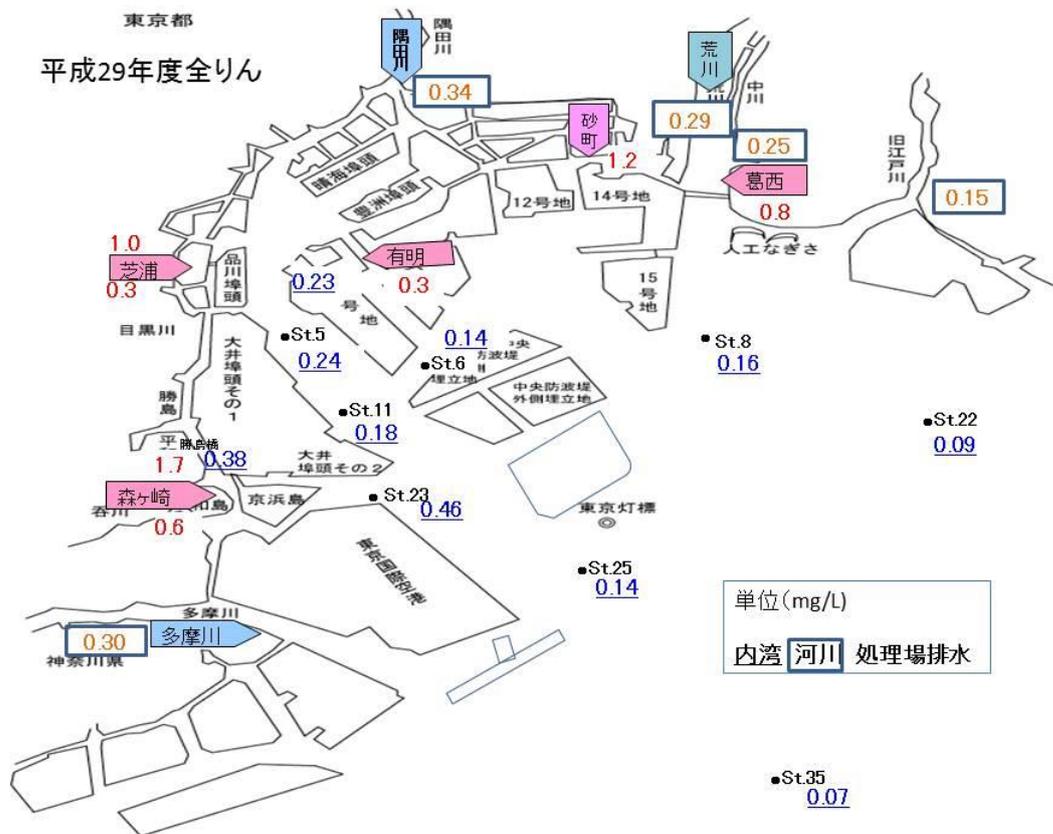


2015 年は下記出典による。

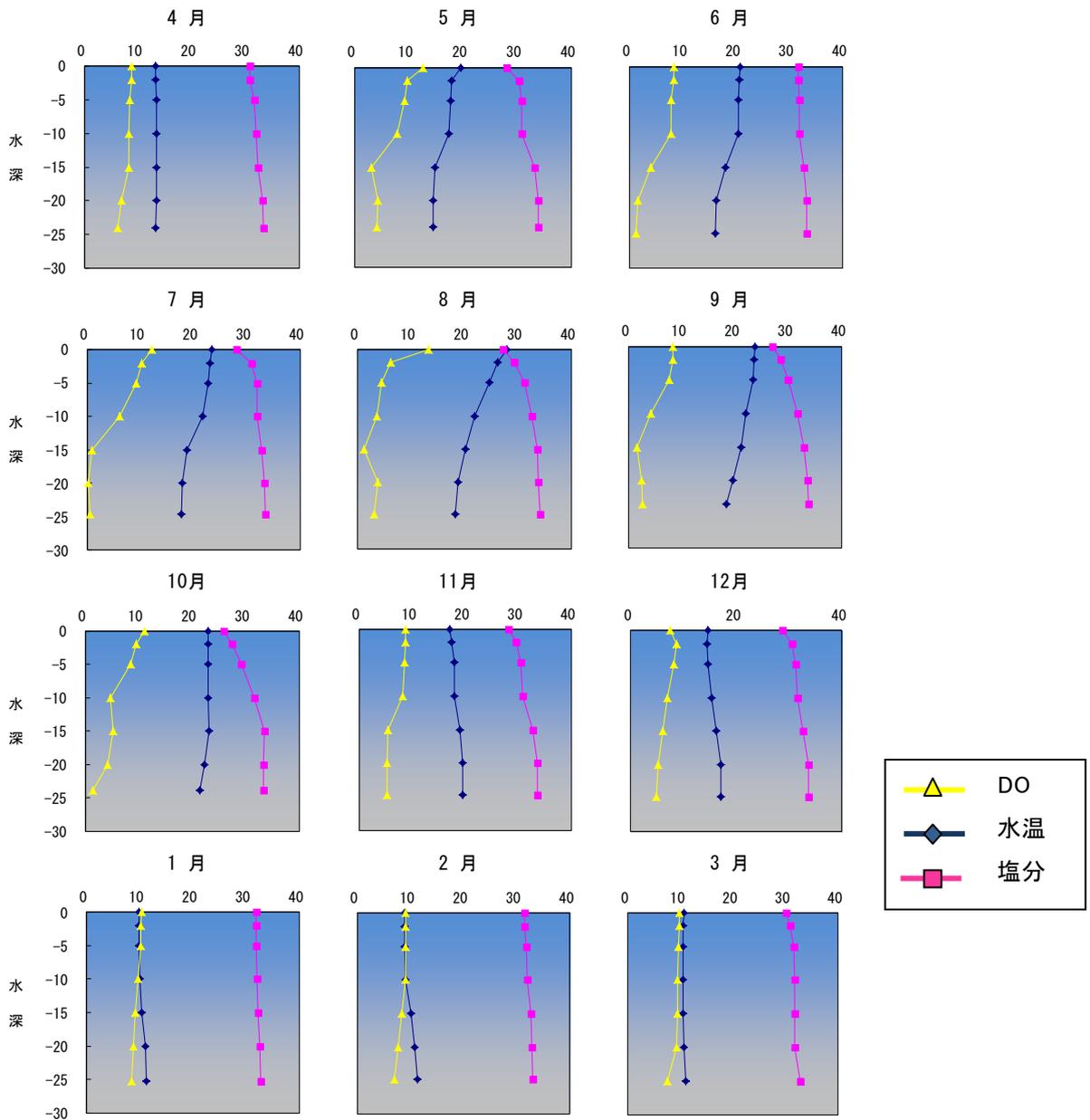
安藤ら「東京湾における底層 D0 の近年の変化について」日本海洋学会 2018 年度秋季大会講演要旨集、p. 43

底層 D0 は長期間改善が認められなかったが、近年は千葉側に改善のきざしが現れてきている。

## 【りん濃度で示した流域の水質】(本文 32 ページ参照)



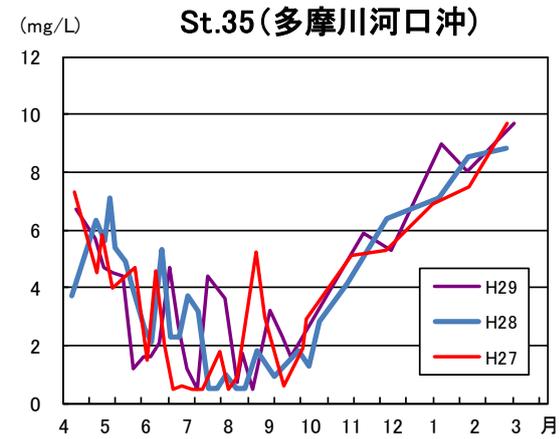
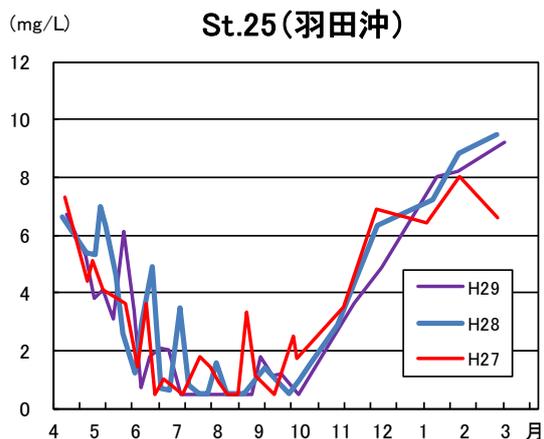
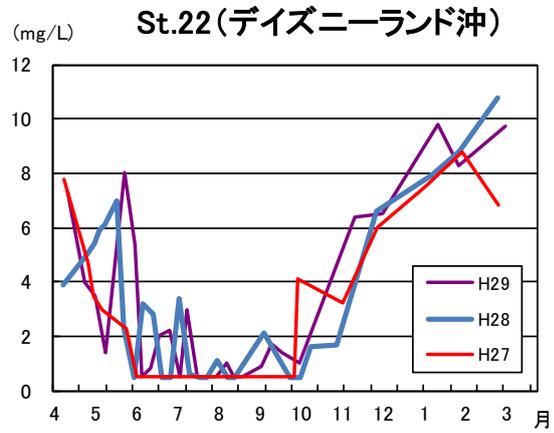
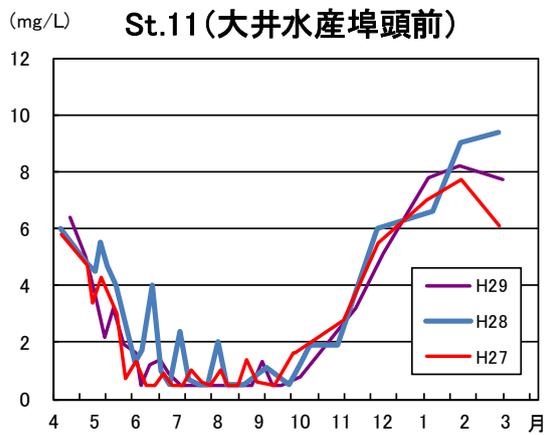
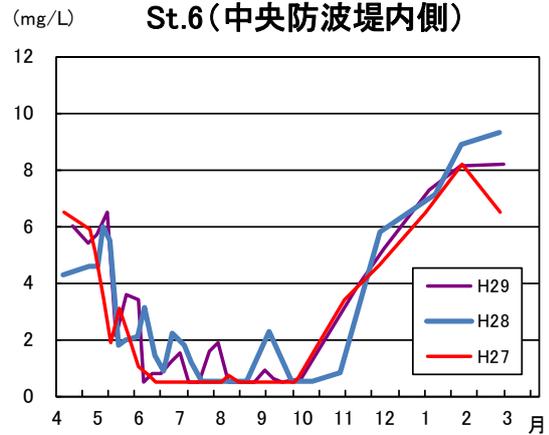
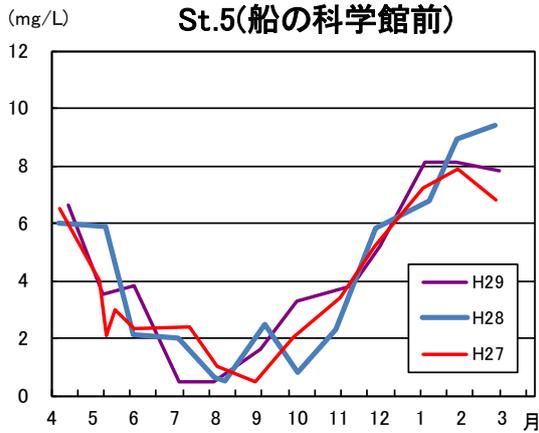
## 【平成 29 年度 St. 35 における月別鉛直分布(水温・塩分・DO)】



水深 25m の St. 35 における、鉛直方向の水温、塩分、DO の変化を示す。5 月には成層が形成され、15m 以深で溶存酸素濃度が 2mg/L 以下の貧酸素状態となった。

11 月によりやう成層が解消し上下層の水が混合した循環期となり、貧酸素状態から回復した。

## 【下層溶存酸素濃度 (D0) の経月変化】



各地点における下層D0の変化を示す。例年6月から10月の初めまで2mg/L以下の貧酸素状況が続く。