

I 「赤潮調査」の概要

1 調査の目的

東京都では、東京都内湾の水質汚濁の状況を把握するため、水質測定計画に基づく水質測定調査（以下「水質測定調査」という）を毎月1回、年12回実施し、この中でプランクトン優占10種、クロロフィル、形態別窒素・りん等の調査を行っている。

しかし、東京都内湾に頻発する赤潮の状況を把握するには「水質測定調査」だけでは不十分なため、昭和52年度から「赤潮調査」を実施している。「赤潮調査」は、赤潮発生頻度の高い春から秋に重点的に実施している。

2 調査の方法

（1）調査時期、調査回数

「赤潮調査」は、赤潮の頻発する春から秋を中心に、平成14年度は年48回実施した。そのうち、毎月1回（11、1、2月は除く）、赤潮の発生にかかわらず定期採水を主に4地点（St.5、St.6、St.22、St.35、図－1参照）において実施している。また、東京都では「赤潮調査」の他に、「水質測定調査」や「水生生物調査」を行っており、それらの調査においても赤潮の発生状況を確認し、本報告書に反映させている。なお平成14年度は、「水質測定調査」が年12回（ただし、1日で全調査地点を回ることができないため、延べ29日調査を行っている。）、「水生生物調査」が年30回行っている。

（2）調査地点

環境基準点（図－1 ○印）において（3）調査項目に示す調査を行い、調査地点間の移動中の航路においても目視により赤潮発生水域の範囲の確認を行った。

（3）調査項目

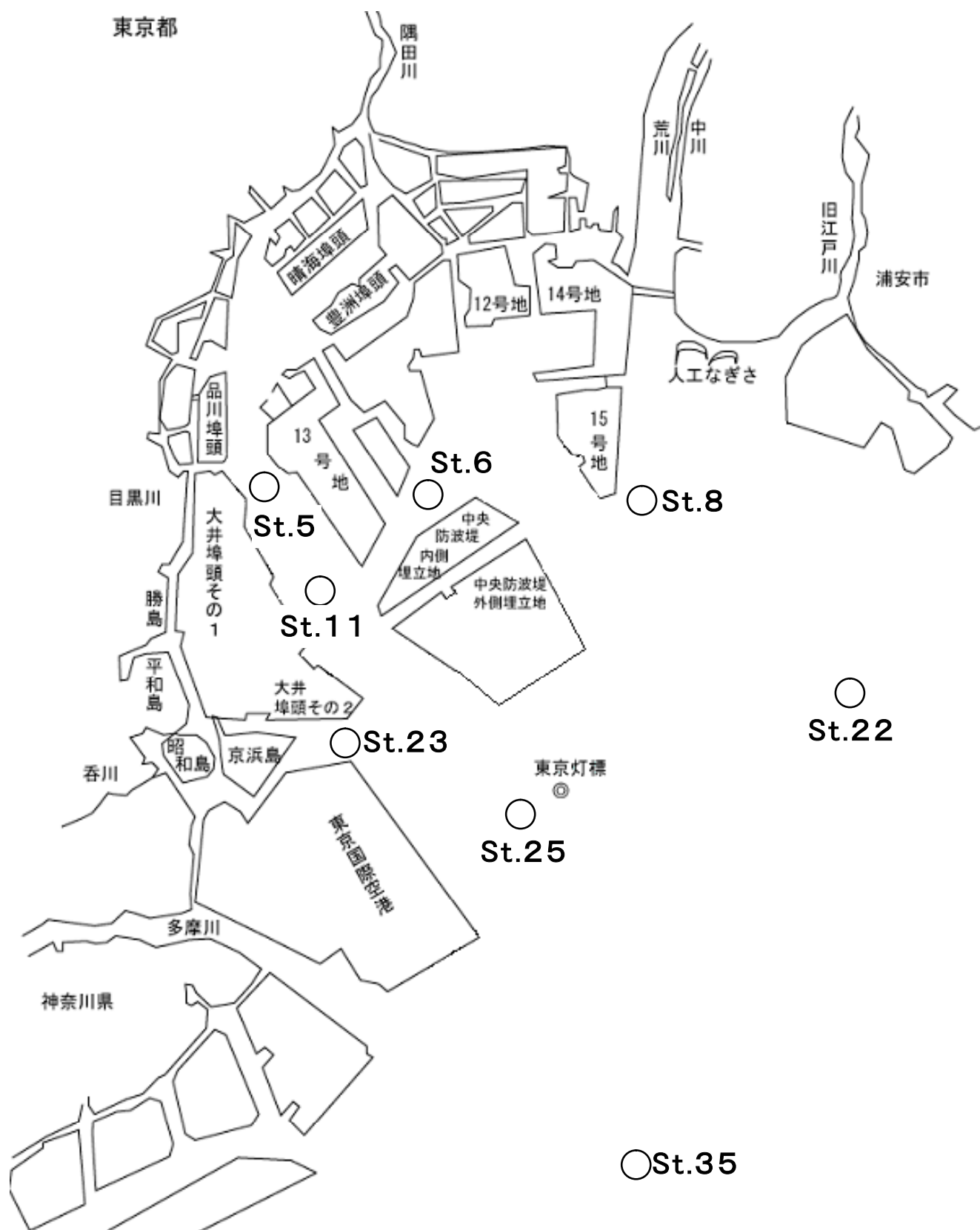
①現場測定項目は、赤潮の有無にかかわらず全地点で測定した。②分析項目は、月1回のSt.5、St.6、St.22、St.35における定期採水時及び、現場測定の結果や赤潮の発生状況から水質の分析が必要であると判断された場合に行った。なお、同時に現場で底層の溶存酸素量（DO）他を測定し、貧酸素水塊の把握（千葉県水産研究センターの貧酸素水塊情報への情報提供）を行った。

① 現場測定項目

- ア 天候、風向、風速、気温、透明度、水色（概観及び透明度板）、水温、塩分
- イ 赤潮発生水域の範囲

② 分析項目（表層水のみ）

- ア COD、DO、pH、クロロフィル
- イ 動物・植物プランクトンの同定及び計数（各優占5種、水質測定調査では優占10種）
- ウ プランクトン沈殿量



図一 1 赤潮調査調査地点

(4) 分析・測定方法

表－１の方法で行った。

表－１ 赤潮調査の分析・測定方法

項 目	分 析 ・ 測 定 方 法
透明度	気象庁編「海洋観測指針」(1990)4.1透明度の測定（透明度板）
水色（概観） 水色（板）	船上から日陰の部分の海水の色を判定 透明度板を利用し、目視により判定 共に色版は（財）日本色彩研究所の日本色研色名帖から抜粋した50色により、表現は環境省の名称を記した
水 温	STD 計(AST-200)
塩 分	STD 計(AST-200)
C O D	JIS K 0102-1998 17
D O	JIS K 0102-1998 32.1 ウィンクラー・アジ化ナトリウム変法
p H	JIS K 0102-1998 12.1 ガラス電極法
クロロフィル 注)	「海洋観測指針」9.6.2 (3) のJeffrey & Humphreyの式による方法及び同(4)のフェオ色素の測定と計算の方法 (Lorenzen法に準ずる方法)
プランクトン 種の同定・計数 (優占5種)	無固定試料について、定性的な検鏡を行うとともに、固定により破壊されるものについては定量的に検鏡を行う。グルタールアルデヒド固定（グルタールアルデヒド濃度1％）試料について、動物・植物各々の上位5種についての同定及び計数。
プランクトン 沈殿量	「海洋観測指針」9.3.1 (1) 沈殿法に準ずる方法
風向・風速	プロペラ式風向風速計
気 温	JIS K 0102-1998 7.1 棒状水銀温度計(1/10℃)(アスマン)

注) 本文中のクロロフィルは、特にことわりがないかぎりLORENZEN法に準ずる方法によって分析したクロロフィルaとフェオ色素の合計である。

3 東京都内湾の赤潮判定基準

赤潮とは、一般には、「海水中で浮遊生活をしている微小な生物（おもに植物プランクトン）が、突然、異常に繁殖して、このため海水の色が変わる現象」の視覚的な慣習的呼称である¹⁾。しかし、これでは赤潮の定量的な把握には不十分である。また、この定量化については様々な意見があり、必ずしも明確になっていない。

そこで、本調査では次の基準を満足する場合に赤潮と判定し、赤潮の発生状況を把握した。

- ① 海水が、茶褐、黄褐、緑色などの色を呈している。
- ② 透明度が、おおむね1.5 m以下に低下している。
- ③ 顕微鏡下で赤潮プランクトンが多量に存在しているのが確認できる。
- ④ クロロフィル濃度（LORENZEN法によるクロロフィルaとフェオ色素の合計）が50 mg/m³以上ある。ただし、動物プランクトン等クロロフィルを有さないものはこの限りではない。

赤潮の発生回数は次の基準により数えた。

- ◎ プランクトン群集の種類組成がほぼ同一で、一定期間継続して発生した赤潮を1回とする。優占種が地点により異なる場合は、総合的に判断して赤潮プランクトンを決定した。その間、透明度やクロロフィル濃度が上記の基準を若干下まわっても、1回の赤潮が継続しているとみなす。
- ◎ 長期的かつ広域的な大規模赤潮も、短期的かつ局所的な小規模赤潮も、回数とともに1回とする。
- ◎ 同一日時でも、場所によって明らかにプランクトン群集の種類組成が異なっている場合は、別個の赤潮とする。

Ⅱ 調査結果

1 赤潮の発生状況

(1) 赤潮発生回数、発生日数

平成14年度及び過去の月別の赤潮発生回数と日数を表－2に、赤潮発生回数・発生日数の経年変化を図－2に示す。平成14年度の赤潮発生回数は16回、発生日数は85日であった。平成13年度と比べ、発生回数は3回、発生日数は17日減少した。

年間発生回数、日数とも昭和57年度の32回、124日が最も多く、その後は平成4年ごろまで発生回数は15回程度、発生日数は70日程度まで減少した。現在は、発生回数が20回程度、発生日数が100日前後で推移している。平成13年度までの平均年間発生回数は約18回、年間平均発生日数は約91日である。

平成14年度及び過去の平均の赤潮発生回数と日数の経月変化を図－3に示す。平成13年度までの傾向としては、赤潮は例年4月から10月にかけて発生し、そのうち特に5～8月に集中しているが、2、3月にも発生することがある。平成14年度の赤潮発生状況の特徴は以下の通りである。

- ・ 4月に赤潮の発生が確認されなかった。これは、平成5年度以来のことである。
- ・ 第1回の赤潮発生が5月下旬（5月29日）と例年より遅かった。
- ・ 例年と比較して、4～6月にかけては赤潮発生回数、発生日数とも少なかったが、7～8月は例年よりも発生日数が多く、ほぼ毎日赤潮が発生していた。
- ・ 最後に確認された赤潮は10月中旬であり、冬季には1回も発生が無かった。

図－4に、東京地方の月間の日照時間・降雨量・気温及び4月、5月の気温の推移を示す。平成14年度は、5月上旬の気温が過去平均と比較して低いことから、5月は下旬に1回のみの赤潮発生となったものと考えられる。しかし、4月については、気温は平年より高いものの赤潮の発生は確認できなかった。原因は分からないが、4月の降雨量が平年の半分程度となったことが影響している可能性がある。

また、7、8月の日照時間は例年よりも多く、気温が高く、降雨量では大きな差はないことから、植物プランクトンの増殖には好条件であったと思われる。そのため、7、8月はほぼ毎日赤潮の発生が見られたものと考えられる。

表－２ 各年度における赤潮発生状況（月別）

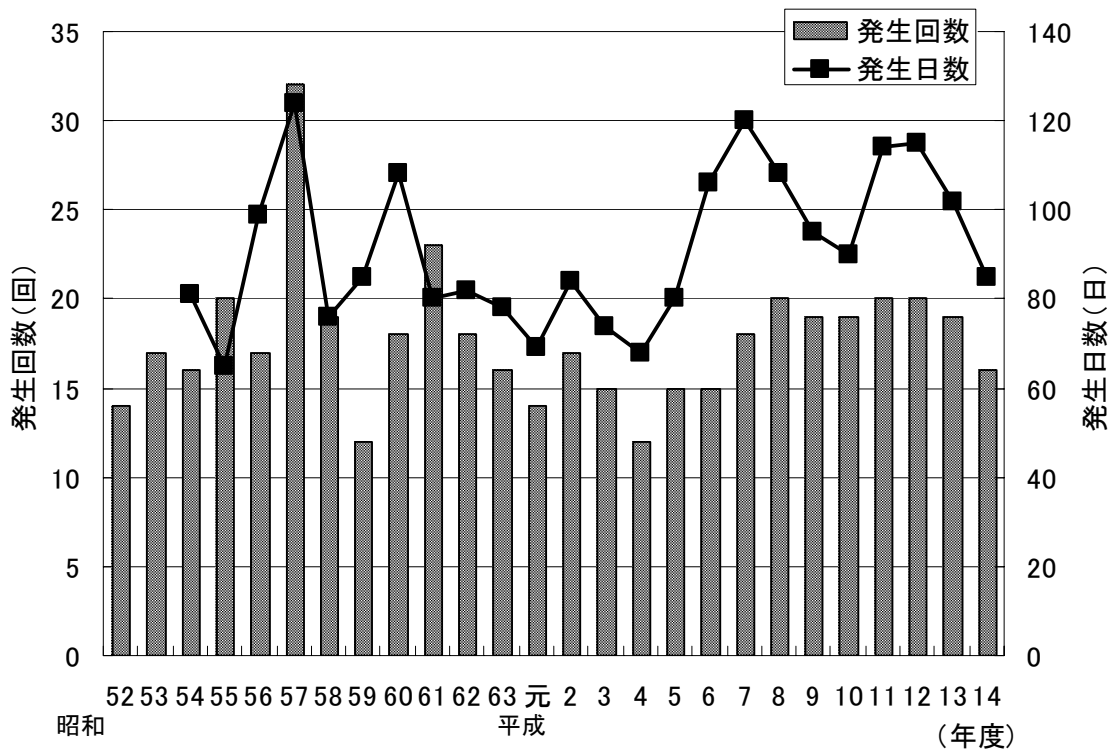
上段 発生回数
下段 発生日数

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
14	0	1	3	4	4	2	2	0	0	0	0	0	16
	0	11	4	28	27	7	8	0	0	0	0	0	85
13	1	5	3	3	4	2	0	1	0	0	0	0	19
	8	23	11	29	17	12	0	2	0	0	0	0	102
12	5	2	2	4	4	2	0	0	0	0	1	0	20
	16	25	6	23	26	9	0	0	0	0	10	0	115
11	2	3	3	5	2	3	1	0	0	0	0	1	20
	8	22	19	21	19	19	4	0	0	0	0	2	114
10	1	3	2	5	3	4	1	0	0	0	0	0	19
	3	18	16	20	21	11	1	0	0	0	0	0	90
9	1	4	3	3	5	2	1	0	0	0	0	0	19
	2	16	21	18	23	9	6	0	0	0	0	0	95
8	3	1	3	5	2	4	1	0	0	0	0	1	20
	17	12	24	19	19	14	2	0	0	0	0	1	108
7	1	4	2	2	3	3	2	0	0	0	0	1	18
	4	21	22	22	29	13	5	0	0	0	0	4	120
6	1	2	3	2	4	2	0	0	0	0	0	1	15
	3	14	26	25	22	10	0	0	0	0	0	6	106
5	0	2	4	1	4	3	0	1	0	0	0	0	15
	0	6	16	9	17	20	0	12	0	0	0	0	80
4	1	1	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	12
	4	5	13	25	12	9	0	0	0	0	0	0	68
3	1	4	3	2	3	1	1	0	0	0	0	0	15
	3	20	11	24	8	4	4	0	0	0	0	0	74
2	1	3	3	2	4	2	0	0	1	0	1	0	17
	3	13	18	21	14	9	0	0	4	0	2	0	84
元	1	2	5	2	3	1	0	0	0	0	0	0	14
	5	4	14	13	23	10	0	0	0	0	0	0	69
63	1	3	4	4	2	1	1	0	0	0	0	0	16
	10	19	19	15	10	4	1	0	0	0	0	0	78
62	1	2	3	5	4	2	1	0	0	0	0	0	18
	5	17	9	16	27	6	2	0	0	0	0	0	82
61	0	4	4	6	5	4	0	0	0	0	0	0	23
	0	19	19	8	17	15	2	0	0	0	0	0	80
60	0	4	2	5	4	2	1	0	0	0	0	0	18
	0	25	21	21	18	10	13	0	0	0	0	0	108
59	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	12
	13	14	21	16	12	3	1	5	0	0	0	0	85
58	0	2	3	2	3	2	3	0	1	1	1	1	19
	0	15	21	7	13	8	4	0	1	5	1	1	76
57	2	6	6	6	7	2	3	0	0	0	0	0	32
	9	28	25	19	23	9	10	1	0	0	0	0	124
56	1	2	2	5	2	3	1	0	0	1	0	0	17
	3	15	16	25	13	16	2	0	0	9	0	0	99
55	1	5	6	3	2	2	1	0	0	0	0	0	20
	1	16	17	17	8	5	1	0	0	0	0	0	65
54	1	3	2	4	2	2	2	0	0	0	0	0	16
	11	21	12	13	14	5	5	0	0	0	0	0	81
53	1	4	4	6	0	0	1	0	0	0	1	0	17
52	0	1	2	3	4	3	0	0	1	0	0	0	14

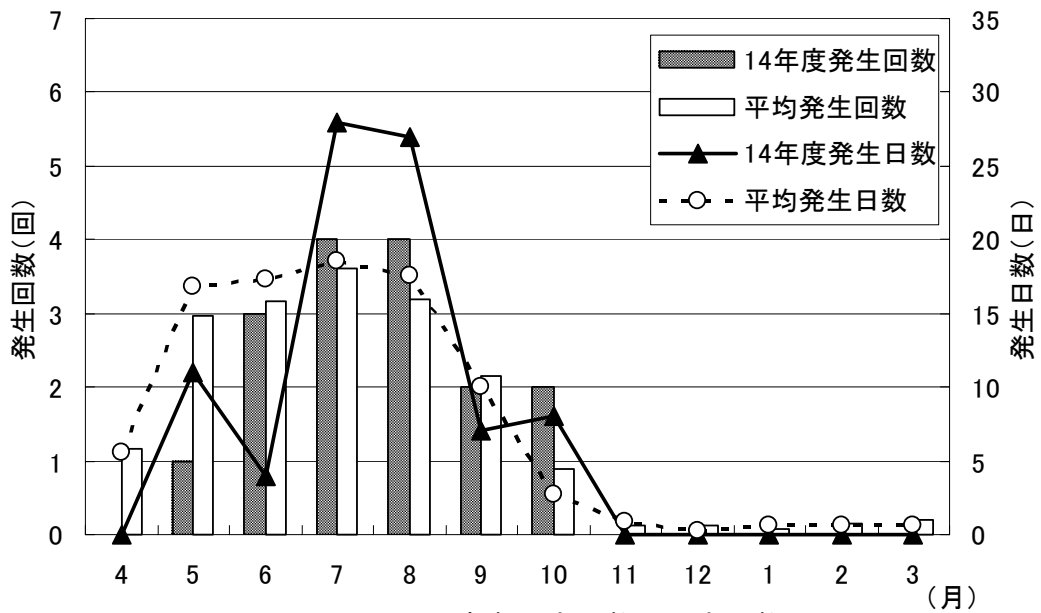
注１ 発生回数は発生期間が次月にわたる場合は発生日数の多い月に分類した。

注２ 同じ日に２種以上の赤潮が発生している場合でも、発生日数は１日とした。

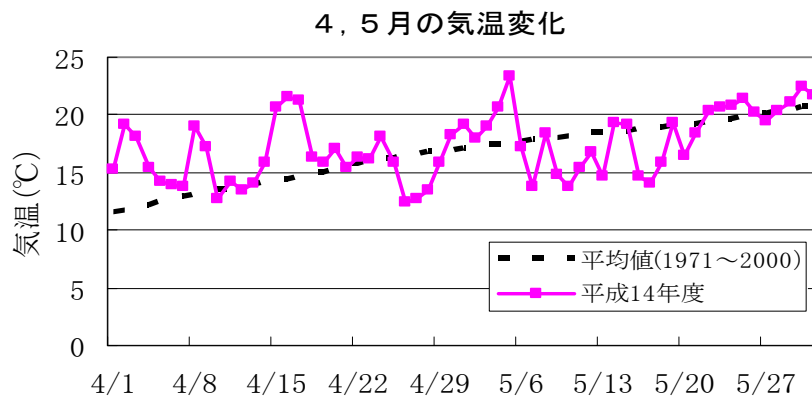
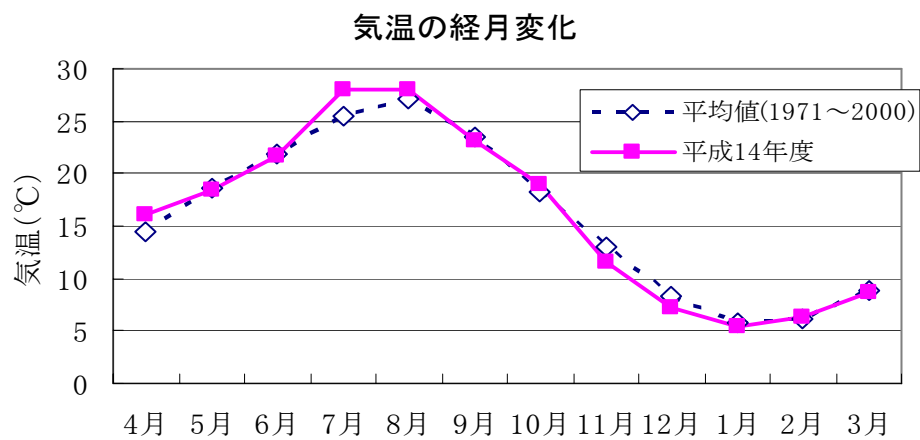
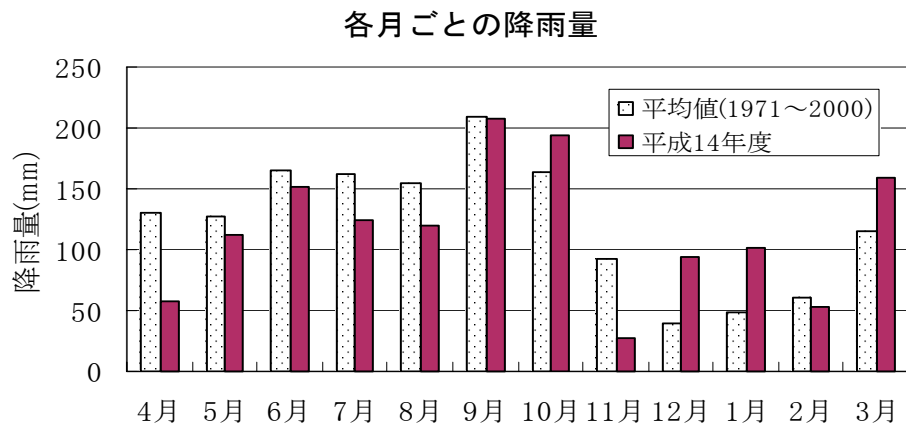
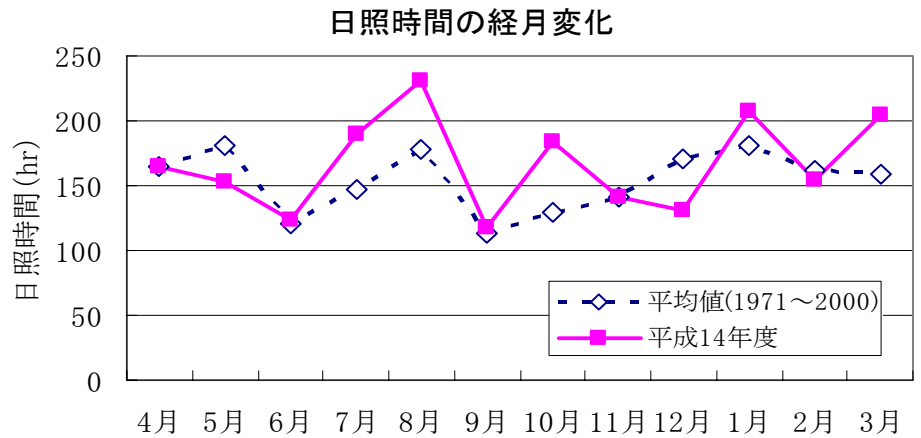
注３ 赤潮調査は昭和５２年度から開始。



図－2 赤潮発生回数・発生日数の経年変化



図－3 月別の赤潮発生回数・発生日数



図－4 平成14年度の東京の気象状況
(気象庁東京管区気象台 HP の東京のデータより)

(2) 発生した赤潮の概要

平成14年度に発生した赤潮の発生期間・発生水域・優占プランクトン・水質等を表-3に示す。また、各赤潮の発生水域を図-5に示す（赤潮の規模は日によって変わるため、ここでは発生期間中に「赤潮調査」を行った日の発生水域を載せている。）。なお、赤潮発生時の詳細なプランクトン量や水質は資料3、資料4、資料5に示す。

発生水域については、St.5,St.6,St.11,St.23,St.25を「東京港内」、St.8,St.22,St.35と前述の5地点を「東京都内湾」としている。各地点の特徴を表-4に示す。

各赤潮の発生状況及び特徴は以下の通りである。

(第1回)

期間：5月29日～6月8日、優占種：*Heterosigma akashiwo*

水域：東京都内湾全域、色相：濃暗褐色～濃赤褐色

特徴：6月4日～6月5日に8地点すべてで赤潮を確認。他の赤潮と比較してCODやクロロフィルが特に高い赤潮である。

(第2回)

期間：6月9日～6月10日、優占種：*Skeletonema costatum*

水域：St.6、St.25を中心に東京港内の一部、色相：濃茶色

(第3回)

期間：6月20日、優占種：不明微細鞭毛藻類

水域：沖合（St.22、St.35）から千葉県側にかけて（東京都内湾の一部）、色相：濃褐色

特徴：6月18日の50mmの降雨後の晴天に伴っての発生と思われる。

(第4回)

期間：6月24日、優占種：*Skeletonema costatum*

水域：東京港内の一部（St.6、St.23）、色相：緑褐色系

(第5回)

期間：7月1日～7月5日、優占種：*Thalassiosira* spp.

水域：東京都内湾の一部（沖合のSt.22、St.35）、色相：濃黄褐色～濃緑褐色

特徴：同時期に*Skeletonema costatum*・*Mesodinium rubrum*（第6回）の赤潮も発生しているが、プランクトンの種類構成から別の赤潮と判断したものである。

(第6回)

期間：7月1日～7月9日、優占種：*Skeletonema costatum*・*Mesodinium rubrum*

水域：東京港内全域、色相：濃黄褐色～濃緑褐色

特徴：7月10日の54mmの降雨後、Cryptomonadaceae（第7回）の赤潮に変わる。

(第7回)

期間：7月6日～7月15日、優占種：Cryptomonadaceae

水域：沖合（St.22、St.35）から千葉県側にかけて及びSt.6（東京都内湾の一部）

色相：濃暗赤褐色～濃茶色

特徴：7月10日の54mm降雨後も継続していた。

(第8回)

期間：7月19日～8月11日、優占種：主に*Thalassiosira* spp.

水域：東京都内湾の大部分、色相：濃暗褐色～濃黄褐色

特徴：平成14年度では最も継続期間の長い赤潮である。8月4日に31.5mmの降雨があったが、その後も継続して発生していた。また、*Thalassiosira* spp.とともに期間の前半は*Skeletonema costatum*が多かったが、後半はCryptomonadaceaeが多くなった。また期間後半については、東京港内に発生区域が限られるようになった。

(第9回)

期間：8月2日～8月8日、優占種：Cryptomonadaceae

水域：東京都内湾の一部（沖合のSt.22、St.35）、色相：濃黄褐色

(第10回)

期間：8月13日～8月18日、優占種：*Thalassiosira* spp.

水域：東京港内の一部（St.6、St.25を中心とした水域）、色相：濃灰

(第11回)

期間：8月21日～8月23日、優占種：Cryptomonadaceae

水域：東京都内湾の一部（沖合のSt.35周辺）、色相：暗褐色

(第12回)

期間：8月25日～8月31日、優占種：主に*Chaetoceros* spp.・*Thalassiosira* spp.

水域：東京都内湾の大部分、色相：主に濃茶色

特徴：プランクトンとしては他にも*Skeletonema costatum*、*Heterosigma akashiwo*、*Mesodinium rubrum*など複数種が多く確認されている。

(第13回)

期間：9月1日～9月5日、優占種：主に*Skeletonema costatum*

水域：東京都内湾の大部分（荒川河口近くのSt.8を除く）、色相：濃褐色系

特徴：9月6日の107.5mm降雨により赤潮は終息。その後は9月下旬まで赤潮は確認できない。

(第14回)

期間：9月26日～9月27日、優占種：*Pseudo-nitzschia multistriata*

水域：東京港内の一部（St.6）、色相：暗褐色

(第15回)

期間：10月6日～10月10日、優占種：*Fibrocapsa japonica*

水域：東京都内湾の一部（St.25から沖合にかけて）、色相：濃茶色

特徴：昭和52年に「赤潮調査」を始めて以来、初めての*Fibrocapsa japonica*による赤潮である。

(第16回)

期間：10月15日～10月17日、優占種：Thalassiosiraceae

水域：東京都内湾の一部（St.6、St.25から荒川河口近くのSt.8にかけて）、色相：濃茶色

表－4 調査地点（環境基準点）の概要

調査地点名	所在地	調査地点の概要
St.5	船の科学館 前	隅田川河口部に位置し、東京港内の最奥にある。
St.6	中央防波堤 内側	中央防波堤内側埋立地等に囲まれ、海水が停滞しやすい。
St.11	大井水産物 ふ頭前	隅田川河口部の航路上に位置し、しゅんせつが行われているため比較的水深が深い。
St.23	大田区 城南島南	森ヶ崎水処理センターの流路運河に接しており、水深が浅い。
St.8	荒川河口	荒川河口に位置し、B類型水域では最も沿岸に近い。
St.22	ディズニー ランド沖	千葉県よりにあり、沿岸から4 km 程度離れているため陸水の影響が比較的少ない。
St.25	東京灯標際	中央防波堤外側埋立地及び新海面処分場埋立地の南にあり、降雨後には荒川の影響を強く受けることがある。
St.35	多摩川 河口沖	東京都内湾の環境基準点中、陸から最も遠いため、陸水の影響が少ない。

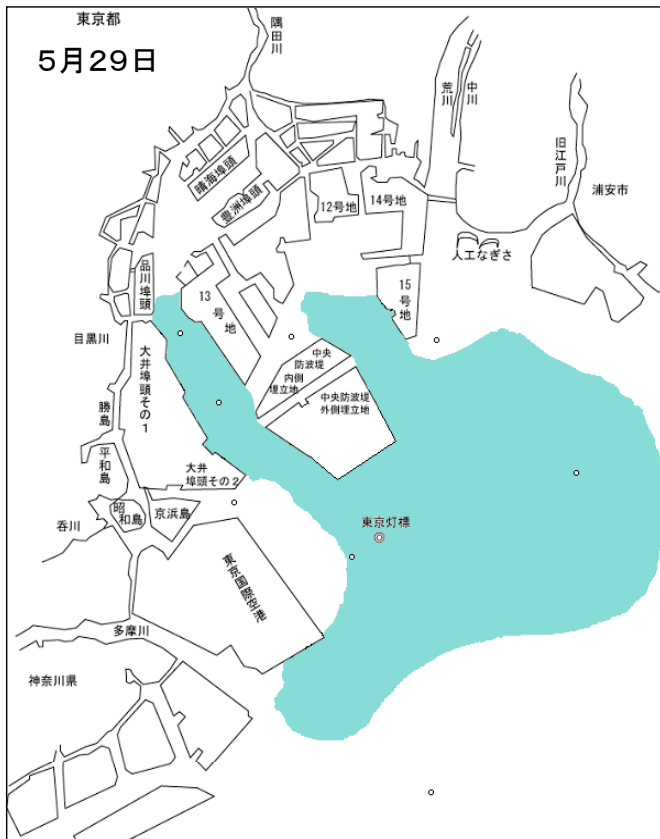
表一 3 赤潮発生時における優占プランクトン及び水質（平成14年度）

回	発生期間	日数	発生水域	優占プランクトン	COD 最大値	透明度 最小値	クロロフィル 最大値	DO 最大値	pH 最大値	水温	塩分
1	5月29日 ～ 6月8日	11	①	<i>Heterosigma akashiwo</i>	17.0	0.3	1890	20.3	9.0	20.2 ～ 27.3	17.5 ～ 29.3
2	6月9日 ～ 6月10日	2	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	6.6	1.1	93.9	12.1	8.4	21.9 ～ 22.3	25.7 ～ 27.8
3	6月20日	1	③	不明微細鞭毛藻類	5.5	0.9	157	15.4	8.6	22.1 ～ 22.2	27.1 ～ 28.6
4	6月24日	1	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	7.5	1.3	81.9	11.3	8.3	21.2 ～ 22.2	17.9 ～ 25.0
5	7月1日 ～ 7月5日	5	③	<i>Thalassiosira</i> spp.	6.0	1.3	94.1	16.9	8.9	21.8 ～ 25.1	27.1 ～ 27.6
6	7月1日 ～ 7月9日	9	④	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Mesodinium rubrum</i>	6.7	0.8	285	17.9	8.7	22.3 ～ 26.2	15.8 ～ 23.8
7	7月6日 ～ 7月15日	10	③	Cryptomonadaceae	5.5	0.5	192	14.7	8.8	24.9 ～ 28.3	12.2 ～ 27.8
8	7月19日 ～ 8月11日	24	②	<i>Thalassiosira</i> spp.	6.8	0.8	211	13.7	8.9	25.6 ～ 29.7	15.0 ～ 26.0
9	8月2日 ～ 8月8日	7	③	Cryptomonadaceae	5.0	0.8	161	15.3	8.9	28.5 ～ 29.6	19.1 ～ 25.7
10	8月13日 ～ 8月18日	6	⑤	<i>Thalassiosira</i> spp.	6.9	1.1	109	13.3	8.6	28.9 ～ 29.9	21.4 ～ 21.5
11	8月21日 ～ 8月23日	3	③	Cryptomonadaceae	4.1	1.7	51.4	7.9	8.2	23.8	28.4
12	8月25日 ～ 8月31日	7	②	<i>Chaetoceros</i> spp. <i>Thalassiosira</i> spp.	6.9	0.6	235	15.7	8.7	24.5 ～ 27.4	18.1 ～ 28.7
13	9月1日 ～ 9月5日	5	②	<i>Skeletonema costatum</i>	5.2	1.0	126	13.6	9.0	26.6 ～ 30.0	18.2 ～ 25.5
14	9月26日 ～ 9月27日	2	⑤	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	4.6	1.8	73.5	9.6	8.1	21.4	26.6
15	10月6日 ～ 10月10日	5	③	<i>Fibrocapsa japonica</i>	6.1	1.4	134	9.5	8.1	21.5	21.0
16	10月15日 ～ 10月17日	3	③	<i>Thalassiosira</i> spp.	7.1	1.1	249	14.0	8.4	21.3 ～ 21.5	23.5 ～ 25.9

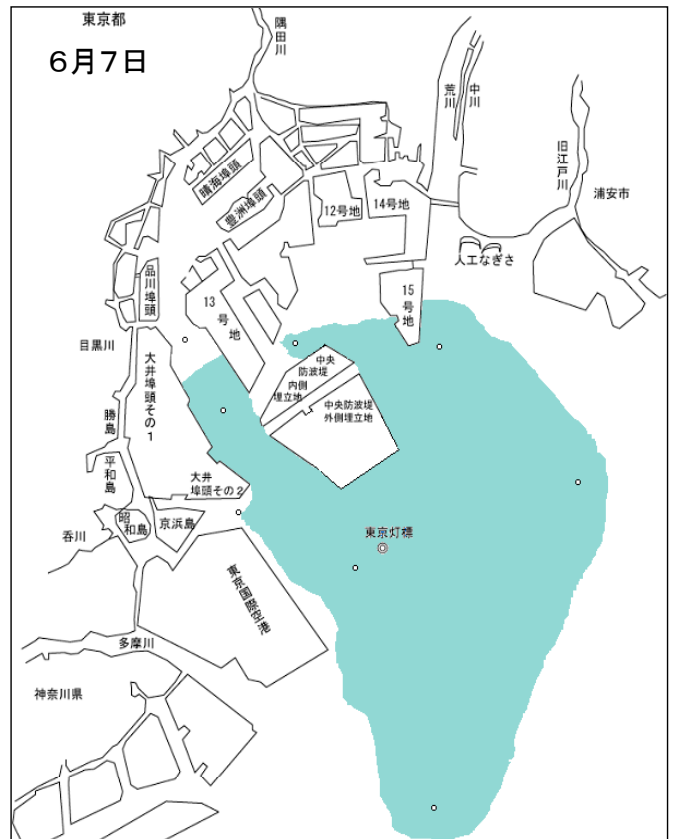
注 1 発生水域は次の記号で表示した。①：東京都内湾全体 ②：東京都内湾の大部分 ③：東京都内湾の一部 ④：東京港内全域 ⑤：東京港内一部

注 2 優占種が地点により異なる場合は、総合的に判断して赤潮プランクトンを決定した。

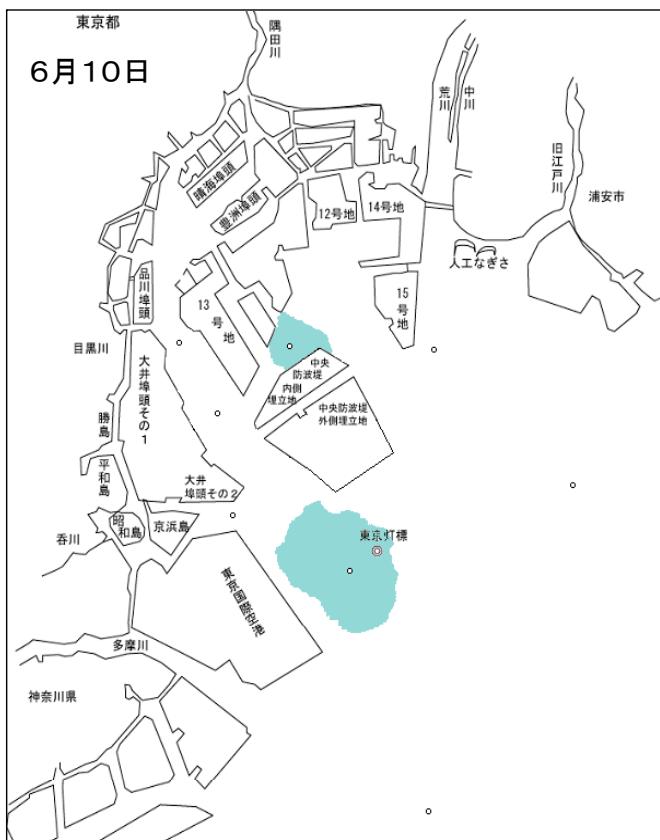
注 3 「水質測定調査」のデータも含む。



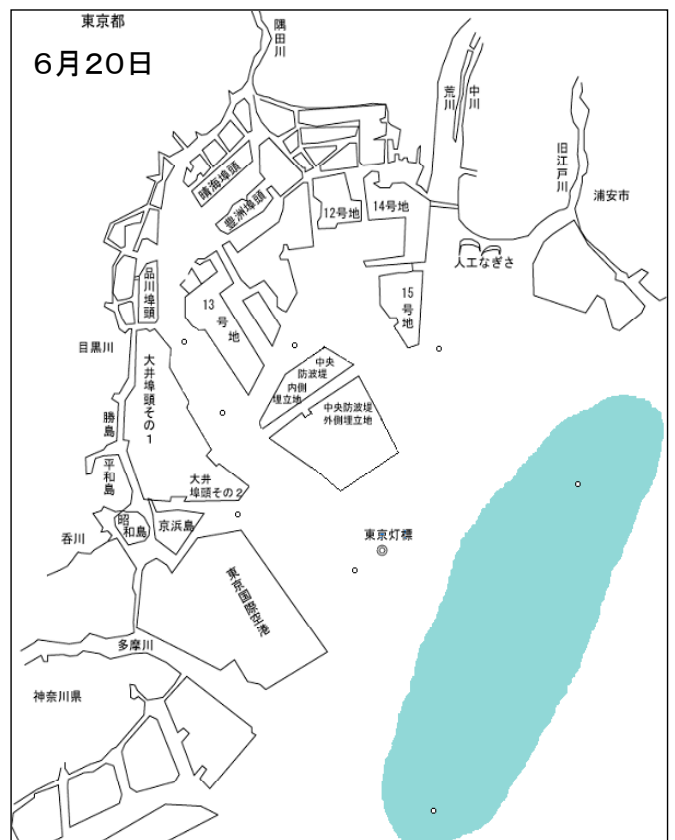
第1回赤潮 (*Heterosigma akashiwo*)



第1回赤潮 (*Heterosigma akashiwo*)

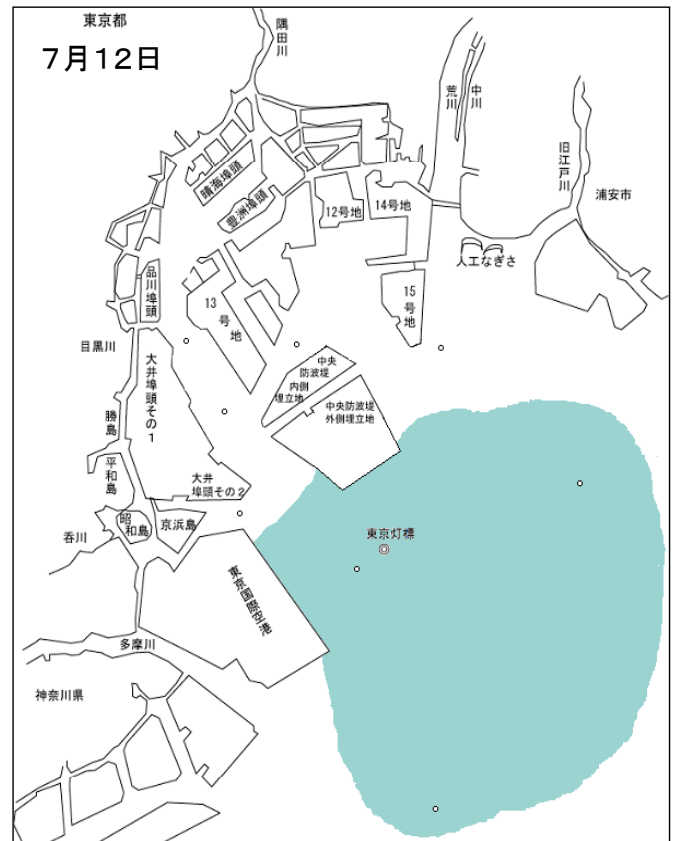
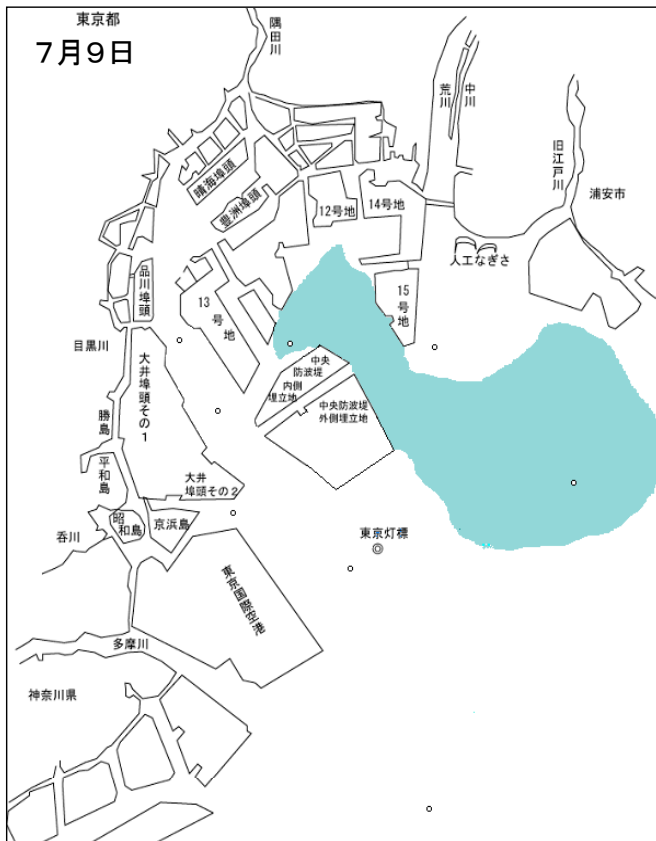


第2回赤潮 (*Skeletonema costatum*)

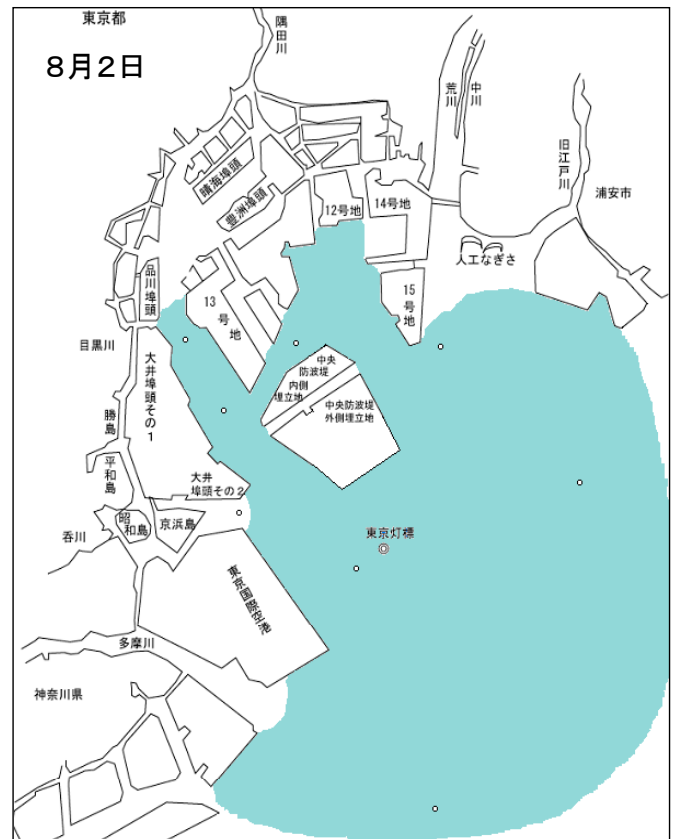
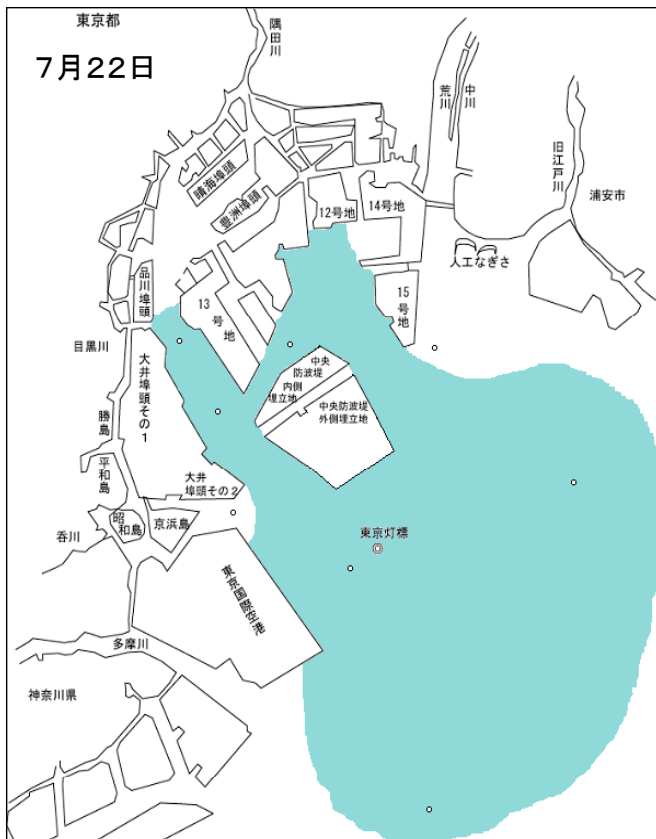


第3回赤潮 (Cryptomonadaceae)

図一5 赤潮の発生水域(1)



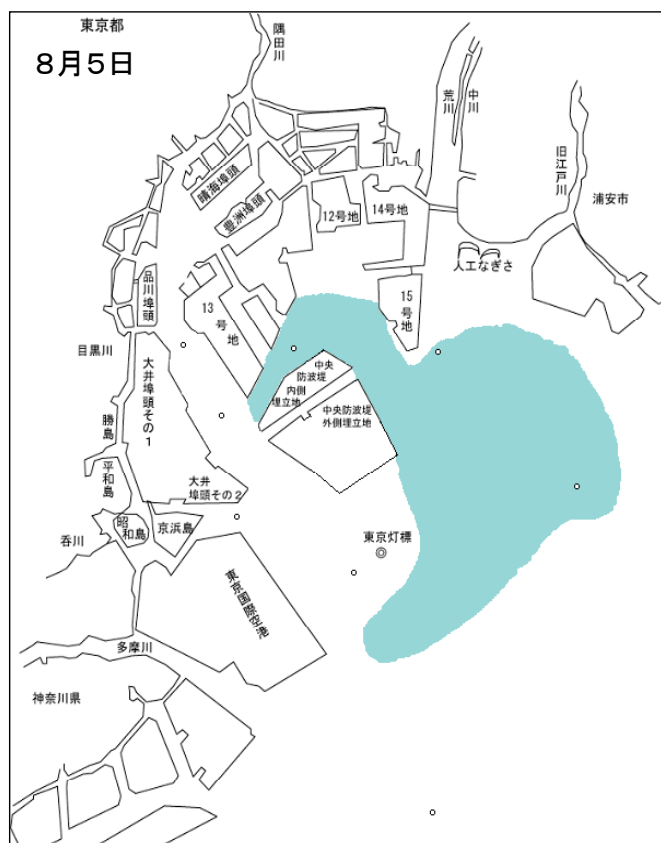
第6回赤潮 (*Skeletonema costatum*、*Mesodinium rubrum*) 第7回赤潮 (Cryptomonadaceae)
第7回赤潮 (Cryptomonadaceae)



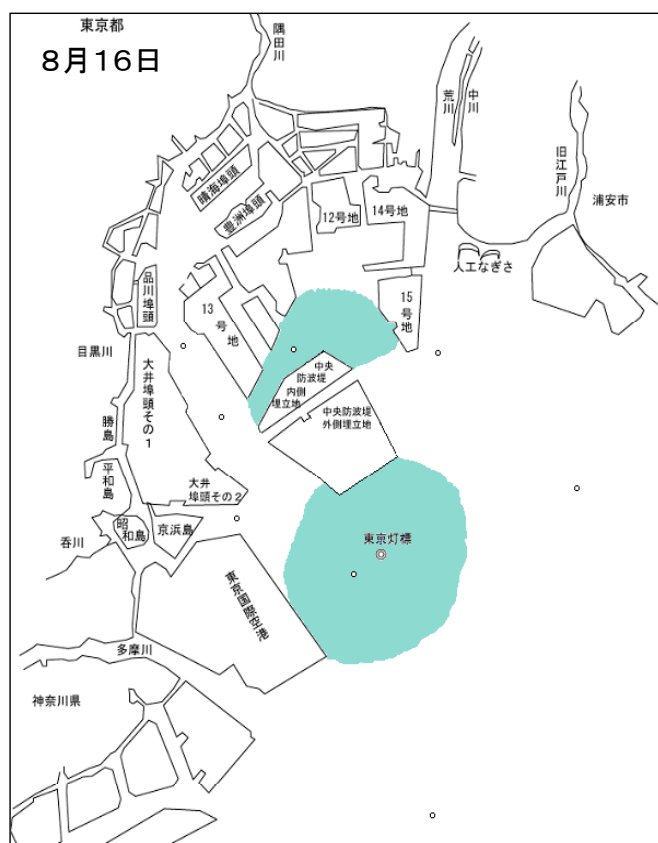
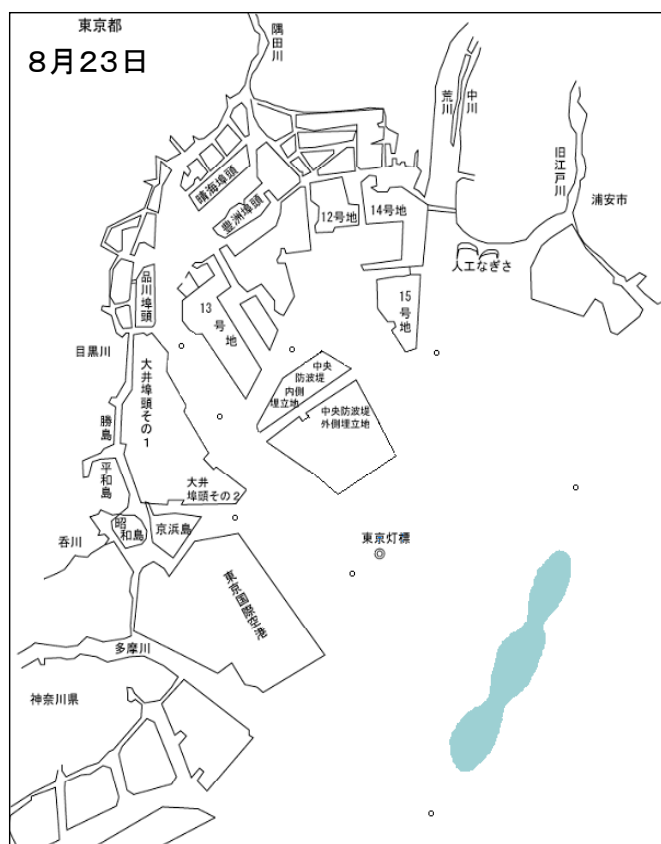
第8回赤潮 (*Thalassiosira* spp.)

第8回赤潮 (*Thalassiosira* spp.)

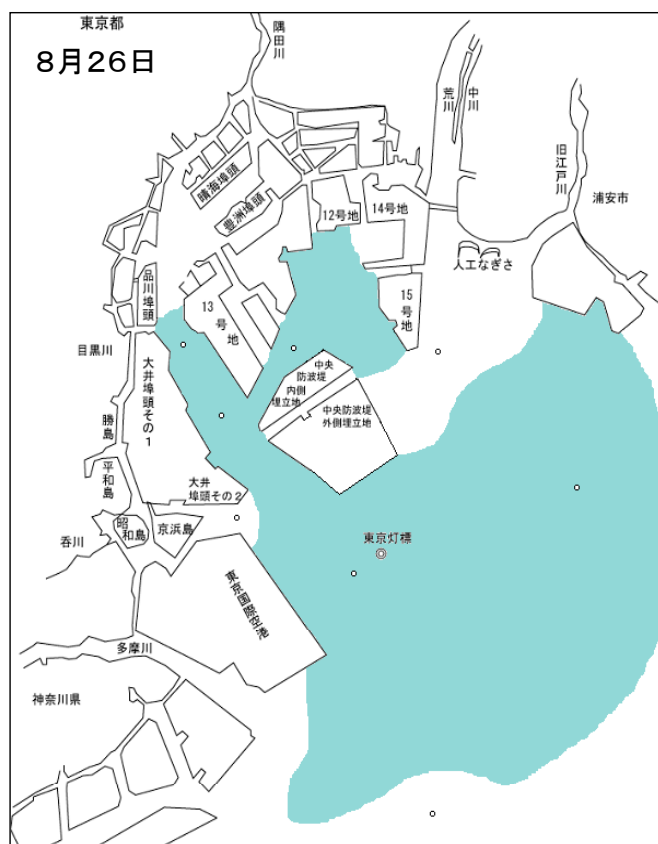
図一5 赤潮の発生水域(2)



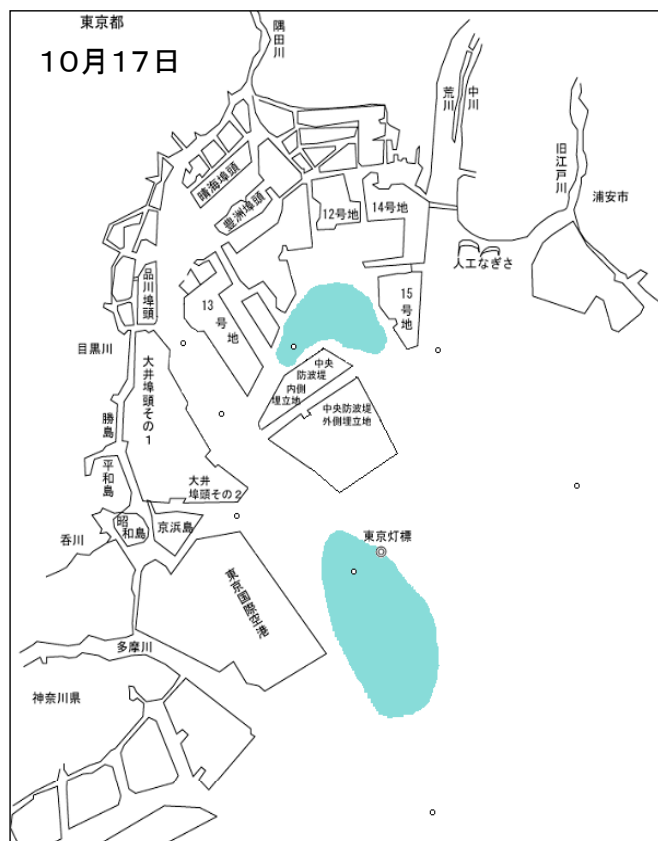
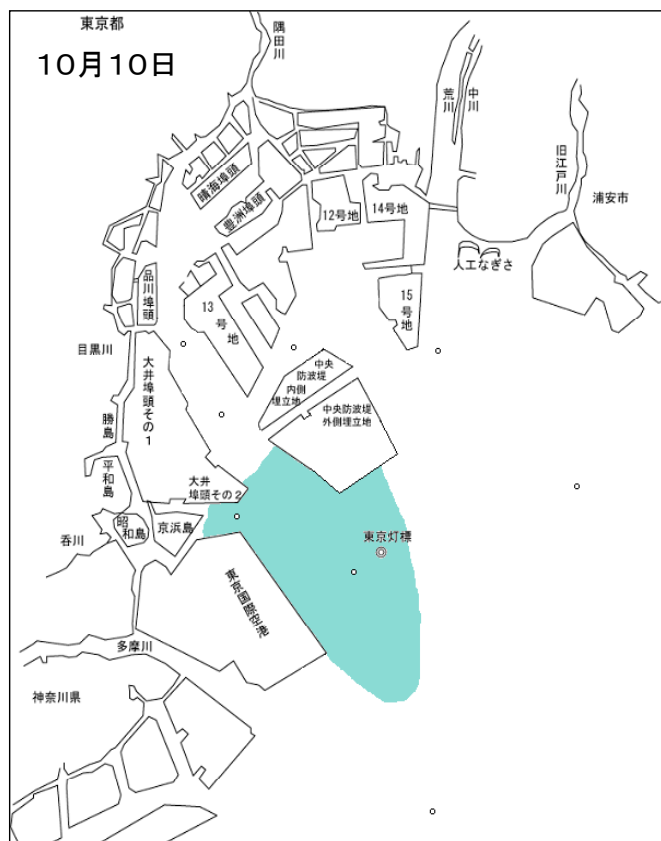
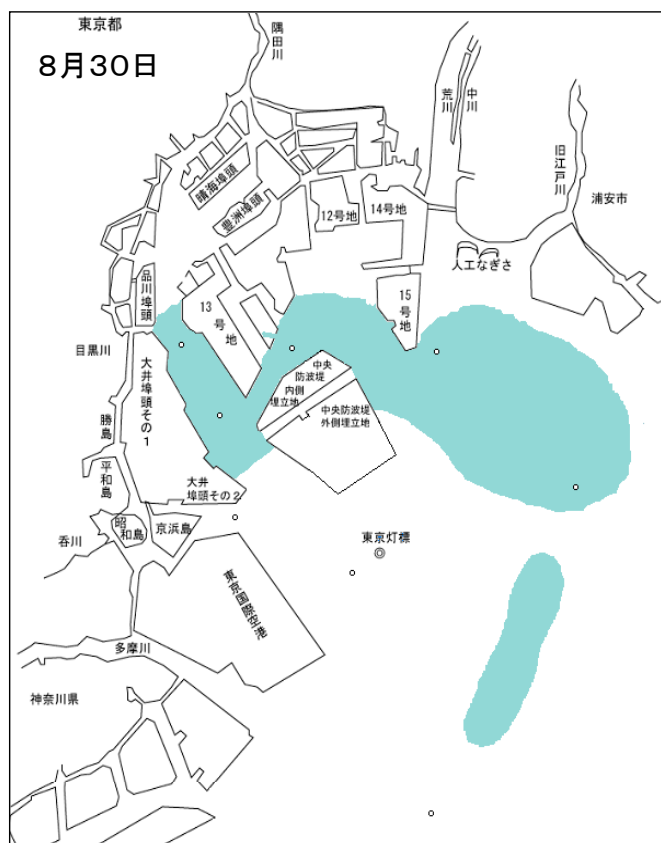
第8回赤潮 (*Thalassiosira* spp.)
第9回赤潮 (Cryptomonadaceae)

第10回赤潮(*Thalassiosira* spp.)

第11回赤潮(Cryptomonadaceae)

第12回赤潮(*Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp.)

図一5 赤潮の発生水域(3)



図一5 赤潮の発生水域(4)

(3) 赤潮の発生水域と継続日数

表－５に赤潮発生水域の規模、表－６に赤潮発生期間を示す。

平成１４年度において東京都内湾全域に広がった赤潮は、*Heterosigma akashiwo*による第１回赤潮のみであった。他に、東京都内湾の大部分に広がった赤潮は３回あり、平成１４年度赤潮発生回数の６９％（１１回）は東京港内を越えて東京都内湾に広がった赤潮であった。平成１４年度の赤潮発生水域の規模は、過去の調査結果と大きな違いは認められない。また、地点ごとの赤潮発生状況は、隅田川河口部に位置し閉鎖性の強い水域にあるSt.6が赤潮を確認した日が最も多く、荒川河川水の影響を強く受け塩分の低いSt.8が最も少なかった。

赤潮の継続日数をみると、発生した赤潮の２５％（４回）は２日間以内に消滅し、５６％（９回）が５日間以内の継続日数であった。比較的短期間で赤潮が収束する現象は、過去の赤潮の発生状況と同様の傾向である。なお、発生日数が最長の赤潮は*Thalassiosira* spp.による第８回赤潮で、７月１９日から８月１１日までの２４日間であった。

平成１４年度の優占プランクトン別の発生時期、期間、規模を図－６に示す。*Thalassiosira* spp.、*Heterosigma akashiwo*を第一優占種とする赤潮は比較的発生規模が大きい。一方、*Skeletonema costatum*を第一優占種とする赤潮は比較的発生規模が小さく、短期間で終結している。

赤潮プランクトンの種類	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
<i>Skeletonema costatum</i>												
<i>Thalassiosira</i> spp. & <i>Thalassiosira</i> spp.												
<i>Chaetoceros</i> spp.												
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>												
<i>Heterosigma akashiwo</i>												
<i>Fibrocapsa japonica</i>												
Cryptomonadaceae												
不明微細鞭毛藻類												
<i>Mesodinium rubrum</i>												

【凡例】 * 網掛けの高さは下記のような規模を示す

東京都内湾全体

内湾の大部分

内湾の一部

東京港内全域

東京港内の一部

** 網掛けの幅はおおよそその期間を示す

図－６ 平成１４年度 優占プランクトン別赤潮発生時期と期間、規模

表－５ 赤潮発生水域の規模

発生水域	発生回数																						
	14 年度	13 年度	12 年度	11 年度	10 年度	9 年度	8 年度	7 年度	6 年度	5 年度	4 年度	3 年度	2 年度	元 年度	63 年度	62 年度	61 年度	60 年度	59 年度	58 年度	57 年度	56 年度	55 年度
東京都内湾 全 体	1	2	3	2	1	1	4	5	6	1	2	1	4	2	4	3	2	2	4	3	3	4	4
東京都内湾 大 部 分	3	4	3	6	4	12	5	4	4	5	6	7	5	11	7	4	4	2	2	9	8	5	4
東京都内湾 一 部	7	8	11	9	10	4	6	8	5	6	1	5	6	1	5	10	12	6	5	4	11	4	4
東京港内 全 体	1	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	2	3	3	1
東京港内 一 部	4	3	2	2	4	1	4	1	0	3	3	2	2	0	0	0	3	6	0	1	7	1	4
計	16	19	20	20	19	19	20	18	15	15	12	15	17	14	16	18	23	18	12	19	32	17	17

表－６ 赤潮発生期間別の発生回数

発生期間 延 日 数	発生回数																						
	14 年度	13 年度	12 年度	11 年度	10 年度	9 年度	8 年度	7 年度	6 年度	5 年度	4 年度	3 年度	2 年度	元 年度	63 年度	62 年度	61 年度	60 年度	59 年度	58 年度	57 年度	56 年度	55 年度
1～2日	4	5	2	4	3	2	5	3	2	4	5	4	3	5	5	8	14	4	3	8	16	4	14
3～5日	5	7	8	7	11	11	4	8	4	3	3	8	8	5	5	5	4	6	4	6	6	3	3
6～10日	4	6	7	4	2	5	9	4	6	7	1	1	5	3	5	3	4	3	3	4	7	5	1
11～15日	2	0	2	4	2	1	1	0	1	1	3	1	1	0	1	0	0	5	0	1	1	4	1
16～20日	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
21日以上	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
計	16	19	20	20	19	19	20	18	15	15	12	15	17	14	16	18	23	18	12	19	32	17	20

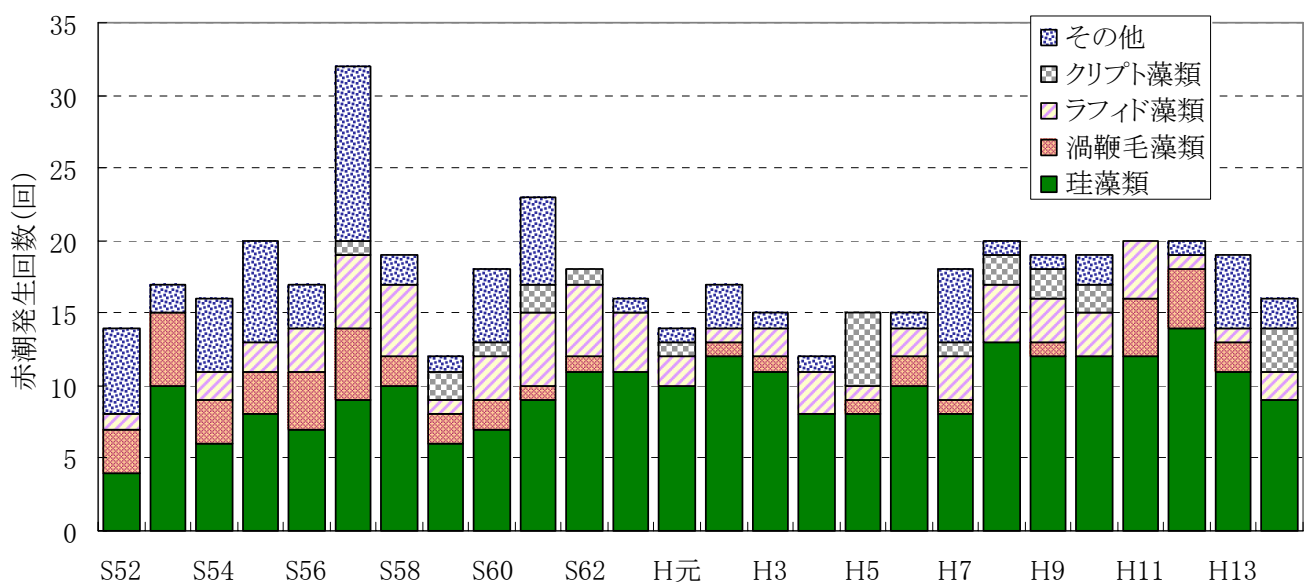
(4) 赤潮時優占プランクトンの出現状況

植物プランクトンの出現種は、毎月1回実施した「水質測定調査」をあわせて、平成14年度は62種が確認された。同様に、動物プランクトンも62種確認された。それぞれの出現種を表-7、表-8に示す。

これらのうち、赤潮と判定された時の第一優占種は、植物プランクトンでは9種、動物プランクトンは1種であった。優占プランクトン別の赤潮発生回数の経年変化を表-9、図-7に示す。*Skeletonema costatum* (珪藻) は、毎年5～10回程度赤潮時の優占プランクトンとなるが、平成14年度は3回と少なめであった(第6回赤潮は*Skeletonema costatum*と*Mesodinium rubrum*の2種が優占種となっているが、表-9では*Mesodinium rubrum*のみを優占種としている。)。他には、*Thalassiosira* spp. (珪藻) が3回(第12回赤潮は表-9では*Chaetoceros* spp.のみを優占種としている)、*Cryptomonadaceae* (クリプト藻) が3回であった。平成14年度赤潮発生回数の56%(9回)が珪藻を優占種とするものであった。優占種が珪藻となる割合が半分以上を占める傾向は1980年代後半から続いており、渦鞭毛藻による赤潮が多い他の湾と傾向が異なっている(2)。

近年、*Noctiluca scintillans* (渦鞭毛藻) を優占種とする赤潮が増えてきている。平成13年度は5月に1回発生したが、平成14年度は発生がなかった。また、平成14年度は*Fibrocapsa japonica* (ラフィド藻) が、「赤潮調査」を始めて以来、東京都内湾で初めて優占種として確認された(3)。本種は、国内では東北地方から九州にいたる湾、内海、河口周辺で生息が知られており、赤潮形成の記録はあるが、大規模で長期間にわたることはない。稀に魚がへい死するが、鰓の物理的な閉塞あるいは本種により発生する活性酵素による障害に伴う窒息死と判断されている(4)。また、平成13年度に引き続き*Pseudo-nitzschia multistriata* (珪藻) を優占種とする赤潮も1回発生した。

平成14年度に優占種となった主な赤潮プランクトンの写真と特徴を図-8に示した。



注) 珪藻類: *Skeletonema costatum*、*Thalassiosira* sp.、*Thalassiosiraceae* 等
 渦鞭毛藻類: *Prorocentrum minimum*、*Noctiluca scintillans* 等
 ラフィド藻類: *Heterosigma akashiwo*、*Fibrocapsa japonica*
 クリプト藻類: *Cryptomonadaceae*
 その他: 不明微細鞭毛藻や動物プランクトン(*Mesodinium rubrum*)を含む

図-7 優占プランクトン別の赤潮発生回数の経年変化

表ー７ 平成１４年度 植物プランクトン出現種リスト

門	綱	種名
クリプト植物	クリプト藻	Cryptomonadaceae
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum micans</i>
		<i>Prorocentrum minimum</i>
		<i>Prorocentrum triestinum</i>
		<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>
		<i>Gyrodinium instriatum</i>
		Gymnodiniales
		<i>Ceratium furca</i>
		<i>Ceratium fusus</i>
		<i>Ceratium lineatum</i>
		<i>Protoperdinium bipes</i>
		<i>Protoperdinium pellucidum</i>
		Peridinales
		<i>Heterocapsa</i> sp.
ハプト植物	ハプト藻	Haptophyceae
黄色植物	黄金色藻	<i>Apedinella spinifera</i>
		<i>Ebria tripartita</i>
	珪藻	<i>Coscinodiscus granii</i>
		<i>Leptocylindrus danicus</i>
		<i>Leptocylindrus minimus</i>
		<i>Aulacoseira granulata</i>
		<i>Cyclotella</i> spp.
		<i>Lauderia annulata</i>
		<i>Skeletonema costatum</i>
		<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>
		<i>Thalassiosira rotula</i>
		<i>Thalassiosira</i> spp.
		Thalassiosiraceae
		<i>Rhizosolenia delicatula</i>
		<i>Rhizosolenia fragilissima</i>
		<i>Rhizosolenia setigera</i>

門	綱	種名
黄色植物	珪藻	<i>Cerataulina pelagica</i>
		<i>Eucampia zodiacus</i>
		<i>Chaetoceros affine</i>
		<i>Chaetoceros constrictum</i>
		<i>Chaetoceros compressum</i>
		<i>Chaetoceros danicum</i>
		<i>Chaetoceros debile</i>
		<i>Chaetoceros didymum</i>
		<i>Chaetoceros lorenzianum</i>
		<i>Chaetoceros radicans</i>
		<i>Chaetoceros sociale</i>
		<i>Chaetoceros</i> spp.
		<i>Asterionella formosa</i>
		<i>Neodelphineis pelagica</i>
		<i>Thalassionema nitzschioides</i>
		<i>Navicula</i> sp.
		Naviculaceae
		<i>Cylindrotheca closterium</i>
		<i>Nitzschia pungens</i>
		<i>Nitzschia</i> spp.
		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
	ラフィド藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>
		<i>Fibrocapsa japonica</i>
ミドリムシ植物	ミドリムシ藻	Eutreptiaceae
緑藻植物	プラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.
	緑藻	<i>Chlamydomonas</i> sp.
		<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
		<i>Pediastrum duplex</i>
		<i>Scenedesmus</i> spp.
その他の微細鞭毛藻類		Unidentified flagellata
その他		Other phytoplankton

(注) 太字は平成14年度に赤潮を形成した種を示す。
「水質測定調査」で確認された種も載せている。

表－８ 平成１４年度 動物プランクトン出現種リスト

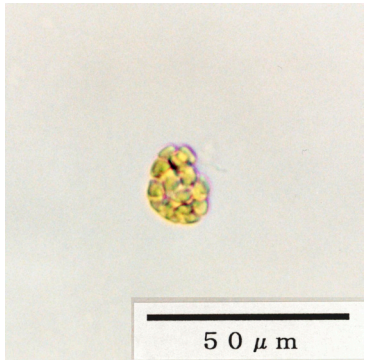
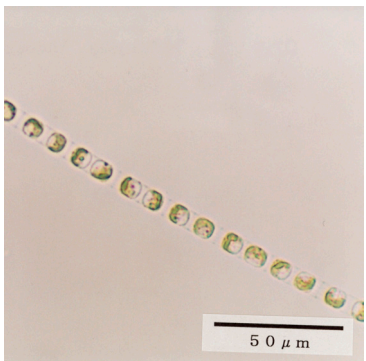
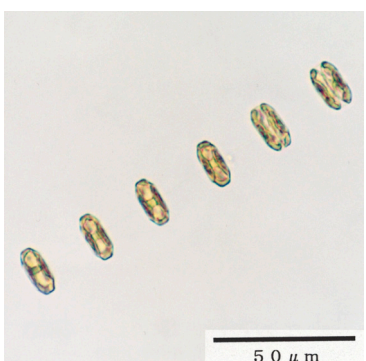
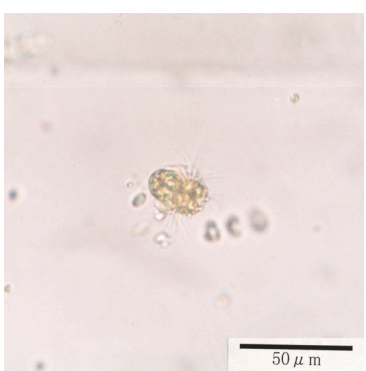
門	綱	種 名	門	綱	種 名
原生動物	根 足 虫	<i>Arcella vulgaris</i>	原生動物	繊 毛 虫	<i>Tintinnidium</i> sp.
		Arcellidae			Tintinnina
		<i>Euglypha</i> sp.			Hypotrichida
	放射足虫	Actinopoda			Ciliatea
					<i>Brachionus plicatilis</i>
	繊 毛 虫	<i>Tiarina fusus</i>	腔腸動物	ヒドロ虫	Hydroida
		<i>Didinium gargantua</i>	袋形動物	輪 虫	<i>Monostyla</i> sp.
		<i>Mesodinium rubrum</i>			<i>Lecane</i> sp.
		Peritrichida			<i>Synchaeta</i> sp.
		<i>Vorticella</i> sp.			<i>Trichocerca marina</i>
		Oligotrichina			
		<i>Tintinnopsis aperta</i>		線 虫	<i>Nematoda</i>
		<i>Tintinnopsis beroidea</i>	環形動物	多 毛	Larva of Polychaeta
		<i>Tintinnopsis corniger</i>	軟体動物	二 枚 貝	D-shaped larva of Bivalvia
		<i>Tintinnopsis directa</i>			<i>Penilia avirostris</i>
		<i>Tintinnopsis kofoidi</i>			<i>Paracalanus crassirostris</i>
		<i>Tintinnopsis lahmanni</i>			Umbo larva of Bivalvia
		<i>Tintinnopsis radix</i>	節足動物	甲 殻	<i>Acartia omorii</i>
		<i>Tintinnopsis</i> sp.			Copepodite of <i>Acartia</i>
		<i>Tintinnopsis</i> spp.			Copepodite of <i>Centropages</i>
		<i>Codonellopsis nipponica</i>			Copepodite of <i>Corycaeus</i>
		<i>Stenosemella nivalis</i>			Copepodite of <i>Paracalanus</i>
		<i>Stenosemella parvicollis</i>			<i>Oithona davisae</i>
		<i>Stenosemella ventricosa</i>			Copepodite of <i>Oithona</i>
		<i>Stenosemella</i> sp.			Nauplius of Copepoda
		<i>Helicostomella longa</i>			<i>Cypris of Bala nomorpha</i>
		<i>Helicostomella subulata</i>	棘皮動物	ヒトデ	Binnaria of Asteroidea
		<i>Favella taraikaensis</i>			<i>Pluteus of ECHINODERMATA</i>
		<i>Amphorella quadrilineata</i>	毛顎動物	矢 虫	<i>Sagitta</i> sp.
		<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	原索動物	尾 索	<i>Oikopleura dioica</i>
		<i>Eutintinnus</i> sp.			<i>Oikopleura</i> sp.
		<i>Tintinnidium mucicola</i>	その他		Other zooplankton

(注) 太字は平成14年度に赤潮を形成した種を示す。
「水質測定調査」で確認された種も載せている。

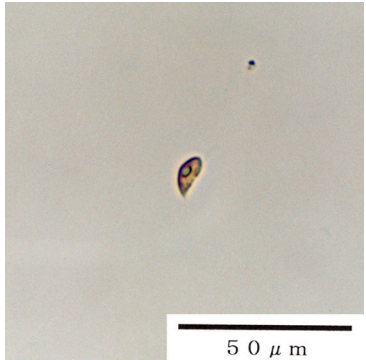
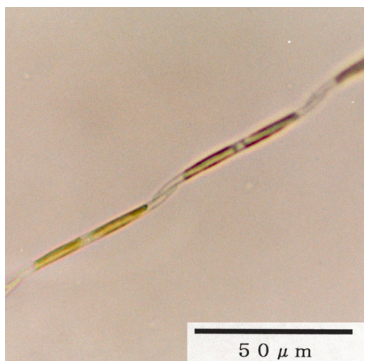
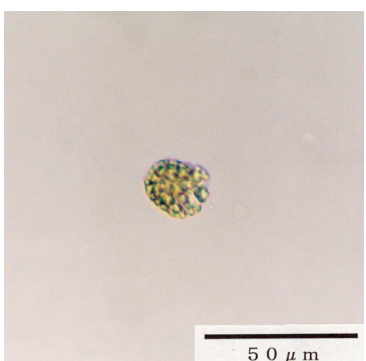
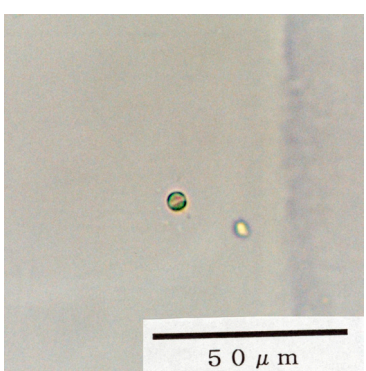
表一9 優占プランクトン別の赤潮発生回数の経年変化

赤潮プランクトンの種類		年度	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	元	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>		4	8	6	3	5	5	10	4	5	6	5	8	7	10	8	6	8	6	6	9	8	8	10	11	12	13	14	
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)			1		3	1	2		1		1	1	1	1	1	1					3	2	3	4		3		3	
	Thalassiosiraceae												2	2	2	1				3	1		4	1			3	1		
	<i>Cyclotella</i> spp.																			1		1				1				
	<i>Minidiscus comicus</i>					1																								
	<i>Leptocylindrus minimus</i>													1																
	<i>L. danicus</i>											1												1						
	<i>Coscinodiscus granii</i>										1																			
	<i>Coscinodiscus</i> sp.		1																											
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>									1	1								1											
	<i>Chaetoceros sociale</i>																				1							1		
	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>salsugineum</i>																		1											
	<i>Chaetoceros</i> spp.																													
	<i>Lithodesmium variable</i>					1																								
	<i>Eucampia zodiacus</i>												1		2															
	<i>Cylindrotheca closterium</i>							1						1										1						
	<i>Cerataulina pelagica</i>													1	1															
	<i>Nitzschia pungens</i>																	1												
	<i>Pseudo-nitzschia ministriata</i>																													
	種不明珪藻							1	1																				1	1
ラフィド藻		1			2	2	3	5	5	1	3	5	5	4	2	1	2	3	1	2	3	4	3	3	4	1	1	1	1	
黄色鞭毛藻																														
																1														
渦鞭毛藻																														
														</																

(注) 優占種が地点により異なる場合は、総合的に判断して赤潮プランクトンを決定した。
平成8年度以前の報告書でEuglena sp. としていたものは Euglenophyceae と表記を改めた。

形態	名称・特徴
	Heterosigma akashiwo ラフィド藻綱：細胞は黄褐色を呈し、全形は概ね楕円形である。大きさは $10\sim 25\mu\text{m}\times 8\sim 15\mu\text{m}$ で、厚さは変化に富む。日周性の規則正しい鉛直運動をして、日中は海表面に浮遊、夜間には沈下する。本種は沿岸性赤潮の優占種として良く知られ、東京都内湾でも濃厚な茶褐色の赤潮をつくらることがある。
	Skeletonema costatum 珪藻綱：細胞は楕円又はレンズ型。直径 $18\sim 35\mu\text{m}$。周辺棘はきわめて細く $8\sim 30$ 本で、直鎖状の群体をつくる。本種は、沿岸・汽水域でごく普通の種であり、春～秋に顕著な赤潮となる。色調は茶褐色。しばしば冬季にも多量に発生し、変色域をつくる。
	Thalassiosira sp. 珪藻綱：細胞の直径 $10\sim 30\mu\text{m}$ 程度。細胞間に連結糸が見られ、群体を形成する。光学顕微鏡では種の同定は困難である。東京都内湾ではしばしば赤潮の優占種となる。
	Mesodinium rubrum (アカシオウズムシ) 原生動物門 繊毛虫綱：体長 $30\sim 50\mu\text{m}$。ダルマのような形で、くびれた所から2種類の繊毛を活発に動かし遊泳する。体内に赤褐色の植物色素体が共生し、光合成を行っている。そのため、本種の赤潮はワインレッドの色調を呈する。汽水域・湾奥部に多く、東京都内湾においてしばしば赤潮を形成する。

図－８（１） 平成１４年度に確認された主な赤潮優占プランクトン

形態	名称・特徴
	Cryptomonadaceae クリプト藻綱：小型のプランクトンで、種の同定は困難である。高水温期を中心に東京都内湾において、しばしば赤潮の優占種となる。
	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> 珪藻綱：連鎖して群体を形成する。殻の両端が曲がり S 字をなす。
	<i>Fibrocapsa japonica</i> ラフィド藻綱：比較的富栄養化の進んだ海域に生息。細胞前端から 2 本の鞭毛が出る。葉緑体は多数で、網目状に配列する。
	Thalassiosiraceae 珪藻綱：細胞は円筒状で。10 μm 程度と小型のため、光学顕微鏡での同定は困難。Thalassiosira 属、Cyclotella 属、Minidiscus 属等を含む。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。

図－８（２） 平成１４年度に確認された主な赤潮優占プランクトン

(5) 植物プランクトンの月変化

「赤潮調査」の定期採水における植物プランクトンの年間集計結果（St.6及びSt.35、優占上位5種）を表－10に示す。また、「水質測定調査」における植物プランクトンの月別出現状況を表－11に示す。

表－10、表－11より、冬季にはプランクトン細胞数が夏期の1/100程度まで減少することが確認できる。また、表－11を見ると、1年中出現する種、夏期を中心に出現する種、冬季を中心に出現する種に分けられる。1年中出現する種としては、*Skeletonema costatum*やCryptomonadaceae等がある。また、*Thalassiosira* spp.、Thalassiosiraceae等もほぼ1年中出現しているが、特に6月から10月に多く出現している。夏期を中心に出現する種としては、*Heterosigma akashiwo*や*Chaetoceros* spp.がある。ただし、*Heterosigma akashiwo*は、最も水温が高くなる8月には全く出現していない。一方、*Chaetoceros*の仲間（*Chaetoceros* spp.を除く）や*Eucampia zodiacus*は秋から春にかけて出現し、夏はほとんど出現していない。

表ー10(1) St.6における植物プランクトン年間集計結果(平成14年度)

単位: $\times 10^6$ 細胞 / m^3

門	綱	種 名	調 査 月											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
クリプト植物 渦鞭毛植物	クリプト藻	Cryptomonadaceae	345	2200	1440	4080			132				72	132
	渦鞭毛藻	Prorocentrum minimum			1560									
		Gyrodinium instriatum												
		Gymnodiniales		420		2040								
ハプト植物 黄色植物	ハプト藻	Heterocapsa sp.			3420									
		Haptophyceae	375						36					
	黄金色藻 珪藻	Apedinella spinifera											45	
		Leptocylindrus danicus												
		Leptocylindrus minimus												
		Skeletonema costatum				14240	7100	1160	308				48	4270
		Thalassiosira rotula												60
		Thalassiosira spp.	190			9560	12900							
		Thalassiosiraceae	210	975										
		Rhizosolenia fragilissima	555										2630	
		Eucampia zodiacus												
		Chaetoceros debile												
		Chaetoceros didymum v. protuberans												182
		Chaetoceros radicans												
ミドリムシ植物 緑藻植物	ラフイド藻	Chaetoceros sociale												
		Chaetoceros spp.					15400							
		Neodelphineis pelagica												
		Cylindrotheca closterium												
		Nitzschia pungens						995						66
		Nitzschia spp.						870						
		Pseudo-nitzschia multistriata						14100						
		Fibrocapsa japonica					4820	510						
		Heterosigma akashiwo		220	3360				42					
		Eutreptiaceae												
		Pyramimonas sp.												
		Unidentified flagellata		1840	3240	3120	5640		168				126	
		Other phytoplankton	840	290	4660	4980	12700	2200	198				84	240
合 計			2515	5945	17680	38020	58560	19835	884				3005	4950

注)「赤潮調査」の定期採水の結果より

表ー10(2) St.35における植物プランクトン年間集計結果(平成14年度)

単位: $\times 10^6$ 細胞 / m^3

門	綱	種 名	調 査 月											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
グロト植物 渦鞭毛植物	クリプト藻	Cryptomonadaceae	675	360	2040	8400			44		31			132
	渦鞭毛藻	Prorocentrum minimum												
		Gyrodinium instriatum												
		Gymnodinales		675	1260	1740			2					36
		Heterocapsa sp.												
ハプト植物 黄色植物	ハプト藻	Haptophyceae							2					
	黄色藻 珪藻	Apedinella spinifera												
		Leptocylindrus danicus	375				6500							
		Leptocylindrus minimus						130						
		Skeletonema costatum	405			1180					49			306
		Thalassiosira rotula									21			
		Thalassiosira spp.					1620							
		Thalassiosiraceae		570		3600								
		Rhizosolenia fragilissima	780											
		Eucampia zodiacus	245											
		Chaetoceros debile									15			
		Chaetoceros didymum v. protuberans												52
		Chaetoceros radicans												
		Chaetoceros sociale												
		Chaetoceros spp.					2640							
ラフト藻	Neodelphineis pelagica					2460								
	Cylindrotheca closterium								4					
	Nitzschia pungens							305					102	
	Nitzschia spp.							270						
	Pseudo-nitzschia multistriata													
	Fibrocapsa japonica					2480		5520						
	Heterosigma akashiwo		200	5700				245						
	Eutreptiaceae													
	Pyramimonas sp.			1320										
	Unidentified flagellata			720	1920	6120				13	28			
ミドリシ植物 緑藻植物	アラシノ藻	Other phytoplankton	960	440	3340	4260	10900	670	6		22		182	
		合計	3440	2965	15580	25300	26600	7140	71	166			810	

注)「赤潮調査」の定期採水の結果より

表-11 植物プランクトンの月別出現状況（水質測定調査より）

門	綱	学名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	回数
クリプト植物	クリプト藻	<i>Cryptomonadaceae</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	◎	◎	◎	○	18
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum minimum</i>			●		●	◎	●	◎					0
		<i>Prorocentrum micans</i>													0
		<i>Prorocentrum triestinum</i>			◎	●			●						0
		<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>		○											0
		<i>Gyrodinium instriatum</i>													0
		<i>Gymnodiniales</i>	◎	◎	●	●	●	●	●	◎	△	△	○	○	0
		<i>Ceratium furca</i>			◎						△				0
		<i>Ceratium fusus</i>	◎	○							△	△	○		0
		<i>Ceratium lineatum</i>	○								△	○	◎	○	0
		<i>Protoperdinium bipes</i>		○											0
		<i>Protoperdinium pellucidum</i>		○											0
		<i>Peridinales</i>		○				◎							0
ハプト植物	ハプト藻	<i>Heterocapsa sp.</i>			●										0
		<i>Haptophyceae</i>	◎	◎	●	●	◎		◎	◎	◎		○		1
黄色植物	黄金色藻	<i>Aedinella spinifera</i>	◎		◎										0
		<i>Ebria tripartita</i>	△												0
															0
	珪藻	<i>Coscinodiscus granii</i>		○											0
		<i>Leptocylindrus danicus</i>		○		◎		●	◎	◎					1
		<i>Leptocylindrus minimus</i>					●			◎					0
		<i>Aulacoseira granulata</i>				○	◎				△				0
		<i>Cyclotella sp.</i>	◎		◎		●	◎			△				0
		<i>Lauderia annulata</i>	◎												0
		<i>Skeletonema costatum</i>	◎	◎	●	●	●	●	●	●	◎	◎	○	●	34
		<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>										◎	△	○	0
		<i>Thalassiosira rotula</i>									△			◎	0
		<i>Thalassiosira spp.</i>	△			●	●	●	◎	○	△	○	○	◎	6
		<i>Thalassiosiraceae</i>	◎	◎	●	●	●	●	●			○	○		7
		<i>Rhizosolenia delicatula</i>												△	0
		<i>Rhizosolenia fragilissima</i>				●		◎							0
		<i>Rhizosolenia setigera</i>													0
		<i>Cerataulina pelagica</i>	○	○		◎	●								0
		<i>Eucampia zodiacus</i>	◎									○	●	●	8
		<i>Chaetoceros affine</i>						○				◎		◎	0
		<i>Chaetoceros compressum</i>								○					0
		<i>Chaetoceros constrictum</i>											○	○	0
		<i>Chaetoceros danicum</i>								○	△	◎	△		0
		<i>Chaetoceros debile</i>	○								△	●	△		7
		<i>Chaetoceros didymum</i>											○	◎	0
		<i>Chaetoceros lorenzianum</i>												△	0
		<i>Chaetoceros radicans</i>										○	○	●	1
		<i>Chaetoceros sociale</i>										○	○	●	0
		<i>Chaetoceros spp.</i>				●	●	●	●	◎	△				0
		<i>Asterionella formosa</i>				◎	◎							△	0
		<i>Neodelphineis pelagica</i>						◎							0
		<i>Thalassonema nitzschoides</i>									△				0
		<i>Navicula sp.</i>													0
		<i>Naviculaceae</i>					◎								0
		<i>Cylindrotheca closterium</i>					◎		◎	◎					0
		<i>Nitzschia pungens</i>		○		●		◎		◎		○	◎	◎	0
		<i>Nitzschia spp.</i>	△					◎							0
		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>						●		◎					0
	ワフト藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>			●	●		◎	●	●	△				10
		<i>Fibrocapsa japonica</i>							●						0
ミドリムシ植物	ミドリムシ藻	<i>Euglenophyceae</i>	○	○	●	◎	◎	●	◎	△	△				0
緑色植物	ブラシノ藻	<i>Prasinophyceae</i>	◎	◎	●	●	●		◎	◎					0
		<i>Chlamydomonas sp.</i>										○			0
	緑藻	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>													0
		<i>Pediasrum duplex</i>													0
		<i>Scenedesmus spp.</i>	○		○			◎		○	△				0
その他の微細鞭毛藻類		other Micro-flagellates	◎	●	●	●	●	●	●	◎	○	◎	◎	◎	4
その他		others	◎	◎	●	●	●	●	●	●	△	◎	○	◎	0

△ 10未満 ○10~100未満 ◎100~1000未満 ●1000以上 (×10⁶ 細胞/m³)

注) 内湾の環境基準点8地点の出現細胞数の合計

右端欄回数は第一優占種となった回数(ただし、2種が同数で第一優占種となったことが1回ある)

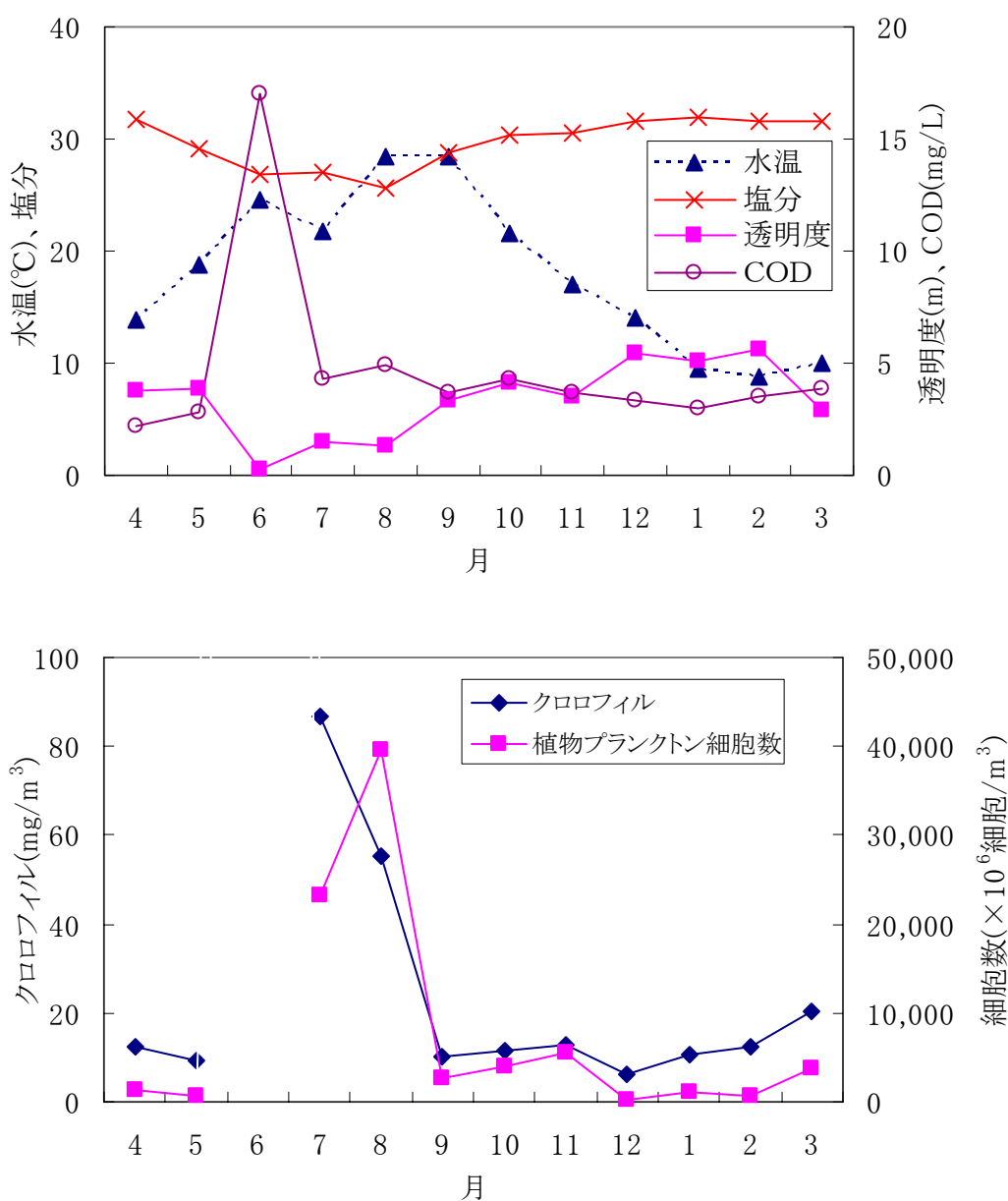
2 水質測定結果

(1) 水質の経月変化

陸水の影響を受けにくい沖合部のSt.35（上層）における「水質測定調査」結果及び「赤潮調査」結果より作成した各水質の経月変化を図－9に示す。

上層の水温は3月から上昇を始め、8～9月にかけて最も高くなり、その後低下し、2月が最低となっている。上層の塩分は、梅雨や台風による降雨のため6～9月にかけて低くなる。秋から冬にかけては降水量も少なく、水温の低下に伴う海水の上下混合の影響もあり、高い値で安定する。

COD、クロロフィル、植物プランクトン細胞数は、夏に高く、冬に低い傾向がある。また、透明度は夏に低く、冬に高くなっている。なお、6月は*Heterosigma akashiwo*による赤潮が発生しており、COD 17 mg/L、クロロフィル 1,260 mg/m³、植物プランクトン細胞数 209,240 × 10⁶ 細胞/m³ と極めて高い値となっている。



図－9 St.35 における水質経月変化（水質測定調査より）

(2) 赤潮時の水質

「赤潮調査」で赤潮発生を確認した調査日の水質を資料3に示す。また、赤潮発生時の各項目の頻度分布を図-10に示す。

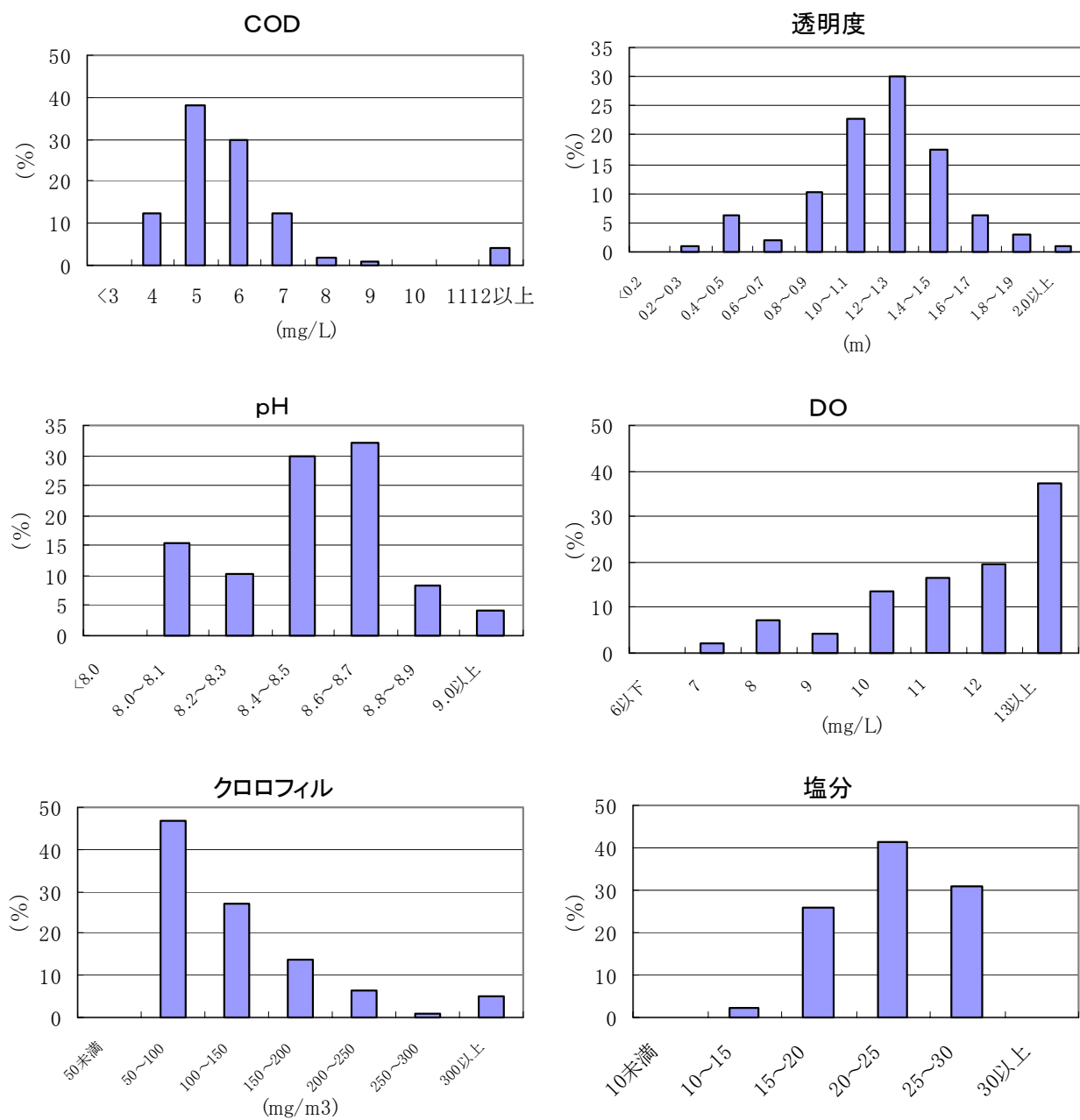


図-10 赤潮発生時の各水質頻度分布（「水質測定調査」の結果も含む）

① COD

図－１０より、赤潮発生時はCODが5 mg/L以上となることが多く、通常と比較して高い値となっている。また、COD 8 mg/L以上（C類型環境基準）の調査日も「水質測定調査」も含めて6日（いずれも第1回赤潮時）確認された。CODの平成14年度最大値は、*Heterosigma akashiwo*による第1回赤潮時の6月4日St.35の17 mg/L（平成13年度は7月10日St.30のThalassiosiraceaeによる赤潮時の150 mg/L）である。なお、過去における東京都内湾でのCODの最大値は昭和60年6月3日St.35における*Prorocentrum minimum*による赤潮時の310 mg/Lである（5）。

「赤潮調査」における各赤潮プランクトンの細胞数とCODとの関係を図－１１に示す。*Cryptomonadaceae*、*Skeletonema costatum*については、細胞数とCODの間に明確な相関は確認できない。*Heterosigma akashiwo*については、弱いものの正の相関が認められる。相関があまり見られない原因としては、赤潮発生時に複数のプランクトンが増殖することがあり、他のプランクトンによるCODへの影響が無視できないためと考えられる。

② 透明度・pH・DO

図－１０より、透明度については赤潮の定義により大半が1.5 m以下である。ただし、1 m以下となることは少ない。なお、透明度が最小の赤潮は、6月4日*Heterosigma akashiwo*赤潮によるSt.35の0.3 mであった（平成13年度はThalassiosiraceae赤潮による6月5日St.25の0.7 m）。過去における東京都内湾での最小値は昭和60年6月3日、St.35における*Prorocentrum minimum*赤潮時の0.1 mである（6）。

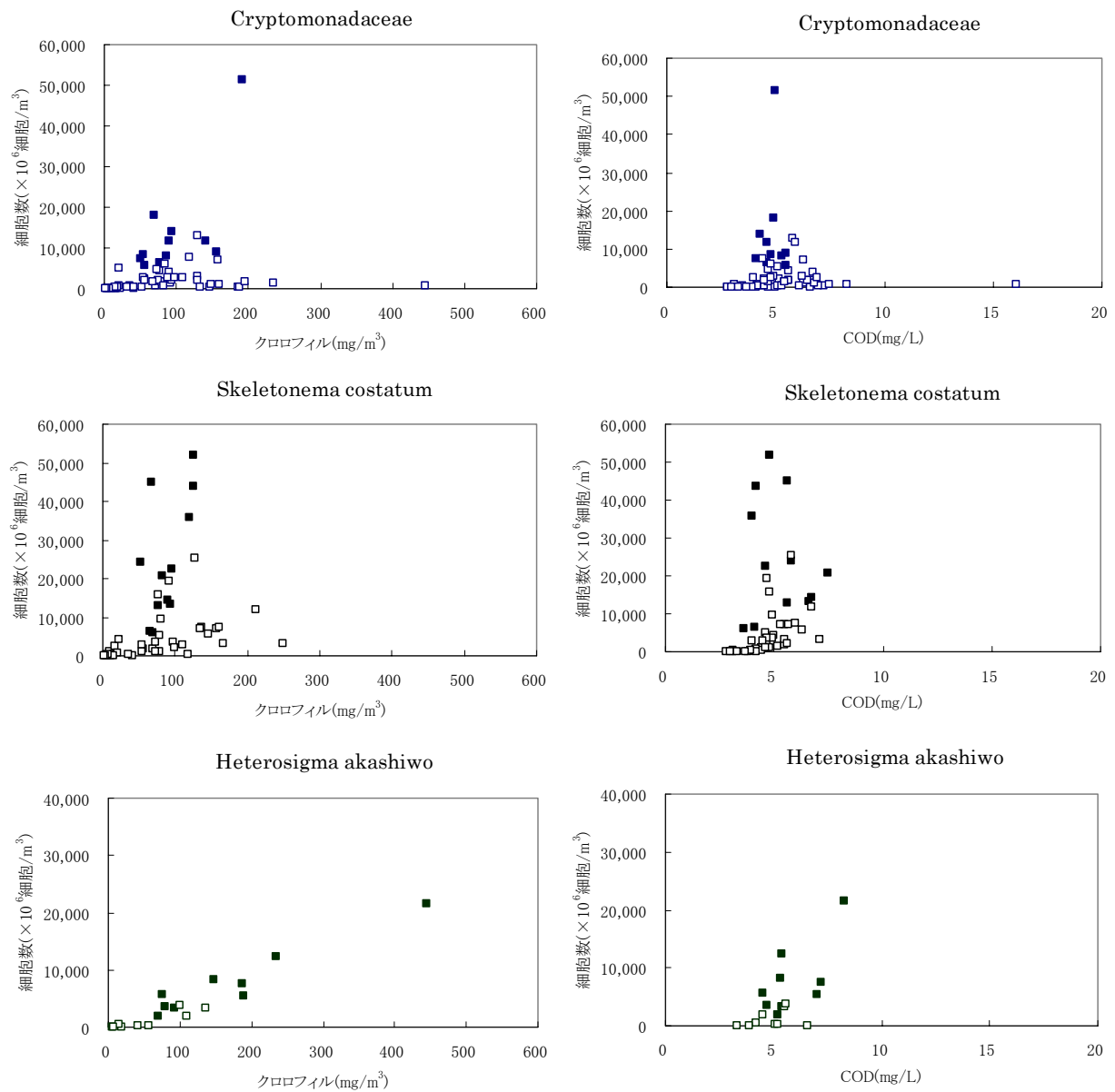
pHについては、通常は8.0程度であるが、赤潮時には8.5程度まで上昇する。DOは赤潮時には10 mg/L以上と過飽和になることが多い。

③ クロロフィル（クロロフィルa＋フェオ色素）

図－１０より、クロロフィル100 mg/m³以上が赤潮発生時の半分を占めている。また、クロロフィル濃度が200 mg/m³をこえた調査日も7日（平成13年度6日）確認された。平成14年度最大値は5月29日*Heterosigma akashiwo*赤潮によるSt.22の1,890 mg/m³（平成13年度はThalassiosiraceae赤潮による7月10日St.30の1,287 mg/m³）であった。ここ数年は、クロロフィル濃度が200 mg/m³をこえた調査日は5日前後で推移している。

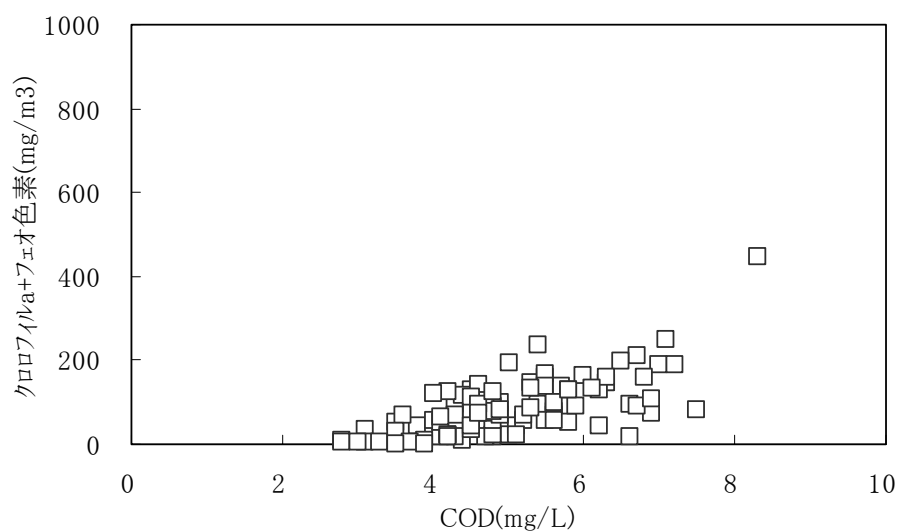
「赤潮調査」におけるCODとクロロフィルの関係を図－１２に示す。図－１２より、クロロフィルが高い場合にはCODも高くなる傾向がある。ただし、CODは植物プランクトン以外の影響も大きいいため、相関は強くない。

赤潮プランクトンの細胞数とクロロフィルとの関係を図－１１に示す。*Heterosigma akashiwo*については、細胞数とクロロフィルについて正の相関が見られる。一方、*Cryptomonadaceae*、*Skeletonema costatum*では細胞数とCODの関係同様に相関がほとんど見られない。



注) 白抜きは赤潮未発生時または赤潮発生時でも優占プランクトンでない場合

図－１１ 各プランクトン細胞数とクロロフィル・CODの関係



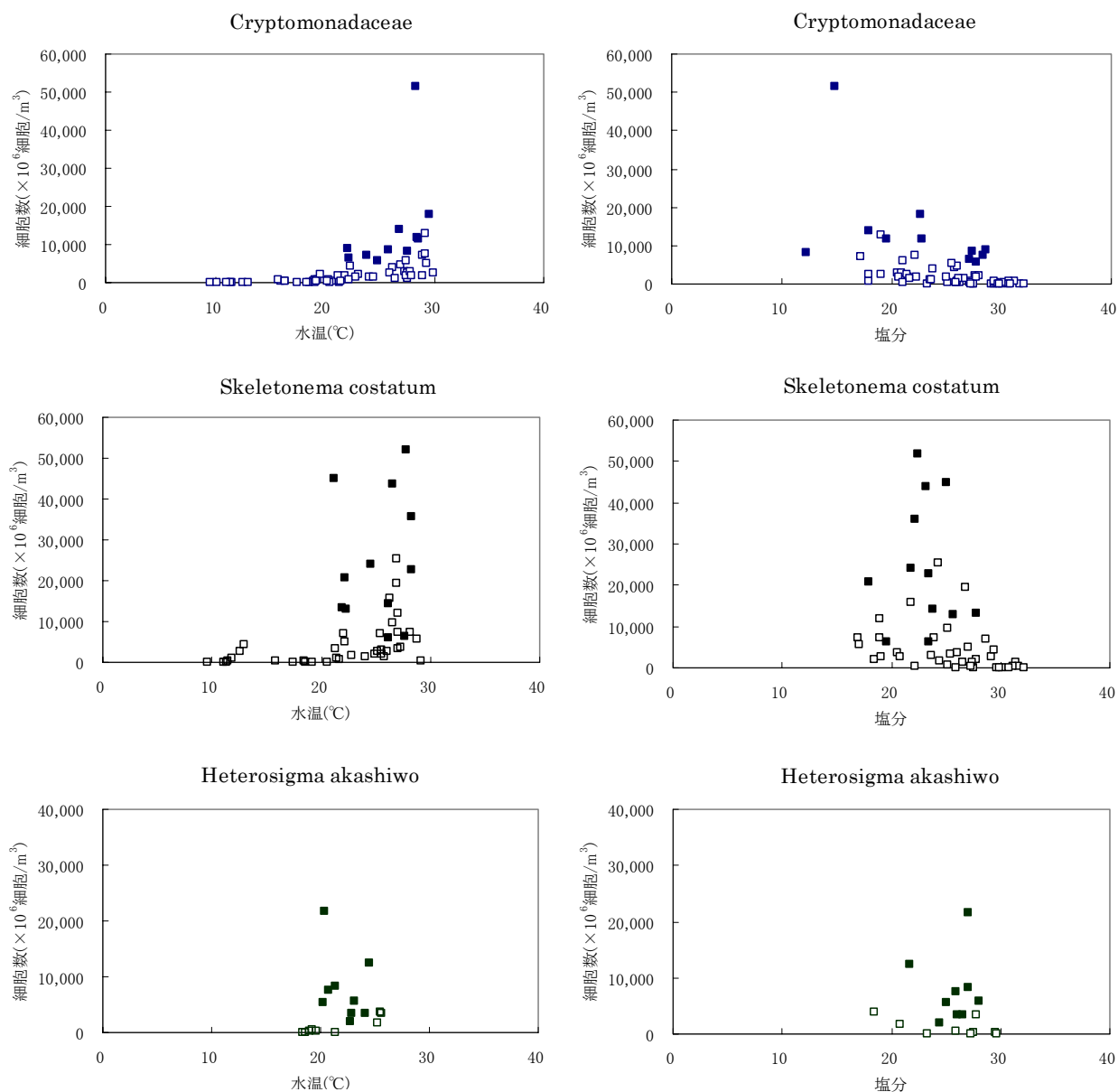
図－１２ クロロフィルとCODの関係

④ 水温、塩分

主要な植物プランクトンの細胞数と水温、塩分との関係を図－１３に示す。

各プランクトン細胞数と水温との関係は、*Skeletonema costatum*、Cryptomonadaceaeは10～30℃の範囲で出現しているが、特に、20～30℃で大量発生が見られる。ただし、*Skeletonema costatum*については、低水温期でも赤潮の優占種となることがあり、過去に水温10℃程度で細胞数 $10,000 \times 10^6$ 細胞/m³を超えたことがある。Cryptomonadaceaeは、過去の赤潮調査においても同様の傾向を示しており、主に高水温期に大量増殖するプランクトンといえる。*Heterosigma akashiwo*は、水温20～25℃程度の狭い範囲で出現しており、過去の赤潮調査と同様の結果であった。

各プランクトン細胞数と塩分との関係では、*Skeletonema costatum*は塩分17～30の範囲で出現している。ただし、過去の赤潮調査では10程度の低塩分でも細胞数 $10,000 \times 10^6$ 細胞/m³を超えたことがある。Cryptomonadaceaeは、塩分10～30の広い範囲で出現しており、過去の調査結果と同様の傾向を示している。*Heterosigma akashiwo*は、塩分20～30の範囲で出現している。これまでの調査では、15程度の低塩分でも細胞数 $5,000 \times 10^6$ 細胞/m³程度となったことが確認されているが、傾向としては20～30で増殖しており、平成14年度も同様の傾向であったといえる。



注) 白抜きは赤潮未発生時または赤潮発生時でも優占プランクトンでない場合

図－１３ 各プランクトン細胞数と水温・塩分の関係

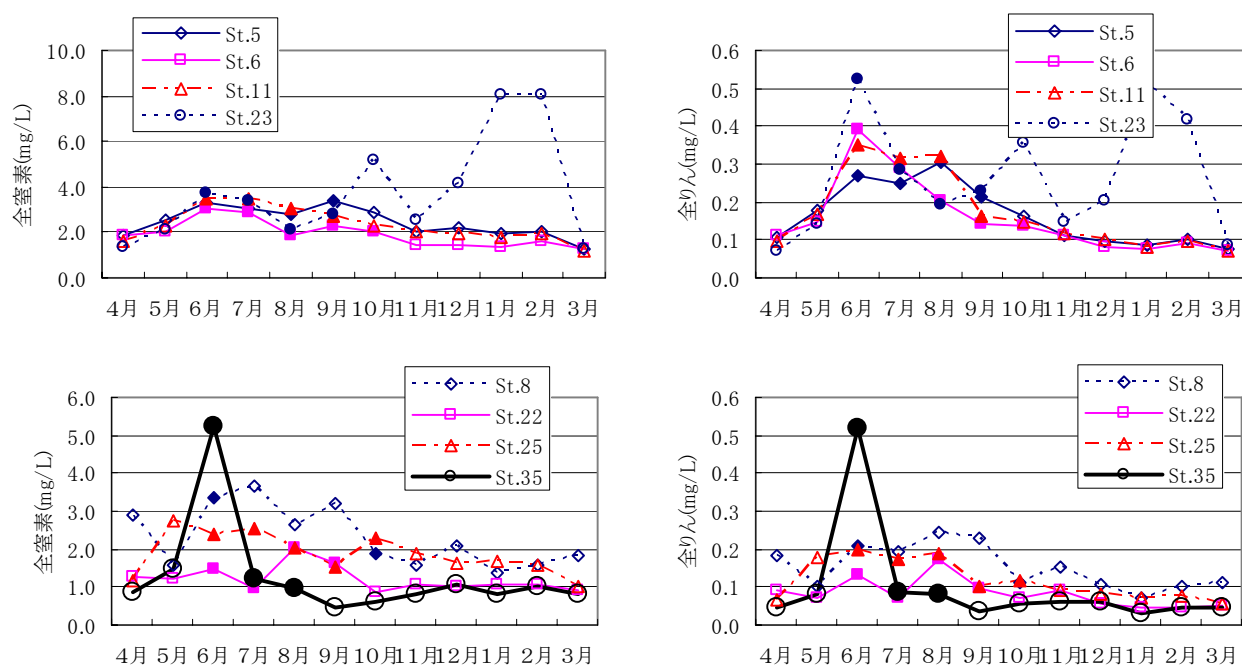
⑤ 窒素・りん

窒素・りんの分析は「赤潮調査」では行われていないが、「水質測定調査」では毎月行われているので、その濃度と赤潮発生との関係を調べた。

図－１４に、各測定地点の全窒素・全りん濃度の経月変化と分布状況を示す。全窒素（以下Ｔ－Ｎと記す。）、全りん（以下Ｔ－Ｐと記す。）とも、St.23を除く７地点は、春から夏にかけて濃度が高くなり、秋から冬にかけて低くなっていく傾向が認められる。St.23については、下水処理場近傍の環境基準点のため処理場排水の影響が強く、そのため他の地点と比べてＴ－Ｎ、Ｔ－Ｐとも高く、月間変動が激しい特徴がある。また、沖合の地点であるSt.22とSt.35は、比較的Ｔ－Ｎ、Ｔ－Ｐとも低い傾向がある。

赤潮発生には、Ｔ－Ｎ、Ｔ－Ｐ等の栄養塩類だけでなく、水温・塩分・日射等の要因も大きい。特に、St.22、St.35を除く６地点については年間を通してＴ－Ｎ、Ｔ－Ｐが高いことから、赤潮発生には水温や日射が大きな影響を与えていると考えられる。そこで、最もＴ－Ｎ、Ｔ－Ｐの低いSt.35における赤潮発生と栄養塩類の関係を確認した。

St.35において、Ｔ－Ｎ１．０mg/L以上またはＴ－Ｐ０．０８mg/L以上となったのは、５月、６月、７月、１２月、２月である。このうち、水温の低い１２月、２月は赤潮が発生していない。また、５月についても調査日が上旬（５月８日）であることから水温が低い時期であり、赤潮は発生していない。残りの６月、７月は赤潮が発生している。一方、Ｔ－Ｎ１．０mg/L以下及びＴ－Ｐ０．０８mg/L以下となったその他の月については、水温の高い８月も含めて、すべて赤潮は発生していない。以上のことから、平成１４年度についてみれば、水温や塩分が適していてもＴ－Ｎが１．０mg/L以下、Ｔ－Ｐが０．０８mg/L以下では、赤潮は発生しない傾向がみられると考えられる。



注）赤潮発生時は中塗りで示している。

図－１４ 環境基準点における全窒素・全りん経月変化（水質測定調査より）

3 生物学的水質判定

「赤潮調査」（プランクトン優占5種）の定期採水と「水質測定調査」（プランクトン優占10種）の月2回の調査結果を用いて、吉田（7）の一般生物種の好適富栄養度を適用した生物学的水質判定にあげられた指標プランクトンの出現状況を表-12に示す。

東京都内湾に出現した指標生物のうち、植物プランクトンでは、過栄養域にランクされる *Skeletonema costatum* は全地点で周年にわたり多数出現していた。*Heterosigma akashiwo* は夏から秋にかけて多く出現している。

富栄養域にランクされるものでは *Eucampia zodiacus* が冬から春にかけて多く出現した他 *Ceratium furca* も同じ頃に出現している。*Rhizosolenia delicatula* は St.5 の春にのみ見られた。また、*Chaetoceros affine* が冬に出現した。

動物プランクトンでは、腐水域にランクされる *Stenosomella nivalis* が冬に、過栄養域にランクされる *Tintinopsis beroidea* がほぼ周年にわたり出現した。*Favella taraikaensis* が St.5 で夏に、*Oithona davisae* が秋から冬に、*Oikopleura dioica* が春及び秋から冬にかけて出現した。また、富栄養域にランクされる *Favella ehrenbergii* が夏に出現した。

これらの結果から、東京都内湾の水域は周年、過栄養域にランクされと考えられる。

表-12 好適栄養度指標プランクトンの出現頻度（吉田リストから抜粋して作成）
(平成14年度)

		地点	St. 5				St. 6				St. 22				St. 35			
		プランクトン	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
植物 プランクトン	過 栄 養 域	<i>Skeletonema costatum</i>	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○
		<i>Heterosigma akashiwo</i>		●	●		○	●	●			●	●		○	●	○	
		<i>Euglena agilis</i>																
		<i>Chlamydomonas</i> sp.																
	富 栄 養 域	<i>Chaetoceros affine</i>				○				○				○			○	○
		<i>Ch. larenzianum</i>																
		<i>Ch. Curvisetum</i>																
		<i>Eucampia zodiacus</i>	○			○	○			○	●			○	○			●
		<i>Rhizosolenia delicatula</i>	○															
		<i>Ceratium furca</i>	○			○	○				○			○	○		○	○
		<i>Noctiluca scintillans</i>																
動物 プランクトン	腐	<i>Stenosomella nivalis</i>				○				○				○				
		<i>Tintinopsis radix</i>																
	過 栄 養 域	<i>T. beroidea</i>	○	○	○	○	○	○	●		○	○	○	○	○	○	○	○
		<i>Favella taraikaensis</i>		○														
		<i>Oithona davisae</i>			○	○							○			○	○	
		<i>Acartia clausi</i>																
		<i>Oikopleura dioica</i>	○		○		○		○		○		○	○	○		○	
		<i>Sagitta crassa</i> f. <i>naikaiensis</i>																
	富 栄 養 域	<i>Favella ehrenbergii</i>														○		
		<i>Paracalanus parvus</i>																
		<i>Oithona rigida</i>																
		<i>Oithona similis</i>																
		<i>Sagitta nagae</i>																
		<i>Microsetella</i> spp.																

注1) 吉田の表記のうち、*Olithodiscus* sp. (*Heterosigma* sp.) は *Heterosigma akashiwo* に、*Eucampia zodiacus* は *Eucampia zodiacus* に、*Noctiluca milialis* は *Noctiluca scintillans* に、*Oithona brevicornis* は *Oithona davisae* に改めた。

注2) 春は4, 5, 3月、夏は6, 7, 8月、秋は9, 10, 11月、冬は12, 1, 2月とし、赤潮定期調査、水質測定調査の月2回の出現数の合計を記号で示した。

注3) 植物プランクトン ●は 1000×10^6 細胞/ m^3 以上、○は $100 \sim 999 \times 10^6$ 細胞/ m^3 以上、○は $1 \sim 99 \times 10^6$ 細胞/ m^3

動物プランクトン ●は 10×10^6 細胞/ m^3 以上、○は $1 \sim 10 \times 10^6$ 細胞/ m^3 以上、○は 1×10^6 細胞/ m^3 未満

注4) 吉田の栄養階級区分 COD濃度 (mg/L) 腐水域 (0) : 10以上 過栄養域 (I) : 3~10 富栄養域 (II) : 1~3 貧栄養域 (III) : 1以下

Ⅲ 要 約

- 1 平成14年度の調査回数は、赤潮調査48回、水質測定調査12回（述べ29日）、生物調査との並行調査30回、合計90回（延べ107日）の赤潮の調査を実施した。
- 2 平成14年度の赤潮の発生回数は16回、発生日数は85日間で、平成13年度と比べ発生回数は3回、日数は17日減少したものの、夏期はほとんど毎日、東京都内湾で赤潮が発生していた。
- 3 平成14年度において最も多く赤潮の優占種となったプランクトンは珪藻の*Skeletonema costatum* と *Thalassiosira* spp.で、各々4回、ついで*Cryptomonadaceae*の3回であった。回数としては56%が珪藻によるものであった。また、東京都内湾で始めて*Fibrocapsa japonica*（ラフィド藻）による赤潮が確認された。
- 4 赤潮の69%が東京港内より広い範囲で発生したものであった。また、赤潮の56%が継続日数5日以内であった。これは、過去の赤潮調査結果とほぼ同様の傾向である。
- 5 ほとんどの赤潮でCOD 5 mg/L以上であった。また、C類型環境基準であるCOD 8 mg/L以上が6回確認された。
- 6 吉田(7)の一般生物種の好適富栄養度による生物学的水質判定結果から、東京都内湾は、ほぼ全域過栄養域であるといえる。

【参考文献】

- (1) 岩崎英雄(1974)：3章 赤潮、海洋学講座10 海洋プランクトン（丸茂隆三編），pp. 41-63、東京大学出版会。
- (2) 原島省：陸水域におけるシリカ欠損と海域生態系の変質、水環境学会誌、pp9-13
- (3) 保坂三継ら：東京湾におけるラフィド藻*chattonella* sp.（球形シャットネラ）の出現、日本プランクトン学会報、第38巻第1号（1991）
- (4) 松山幸彦；瀬戸内海区水産研究所
- (5) 東京都環境保全局水質保全部：赤潮発生時における優占プランクトン及び水質，昭和60年東京都内湾赤潮調査報告書，p.17.
- (6) 東京都環境保全局水質保全部：赤潮時の水質（最大値・最小値），昭和57年度 東京都内湾赤潮調査報告書，p.10.
- (7) 吉田陽一(1983)：Ⅲ 環境変化の予想と評価の方法，3 生物指標法，漁業環境アセスメント（吉田多摩夫編，日本水産学会監修），pp.25-46，恒星社厚生閣。