

1. 「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、この中で動物プランクトン優占10種、植物プランクトン優占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) 調査方法

(a) 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15年度は年40回実施した。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15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28日調査を行っている。）、「水生生物調査」が年30回行っている。

(b) 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。

(c) 調査項目

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。分析項目は、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。

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

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、水質測定調査では各優占10種）
- ウ プランクトン沈殿量

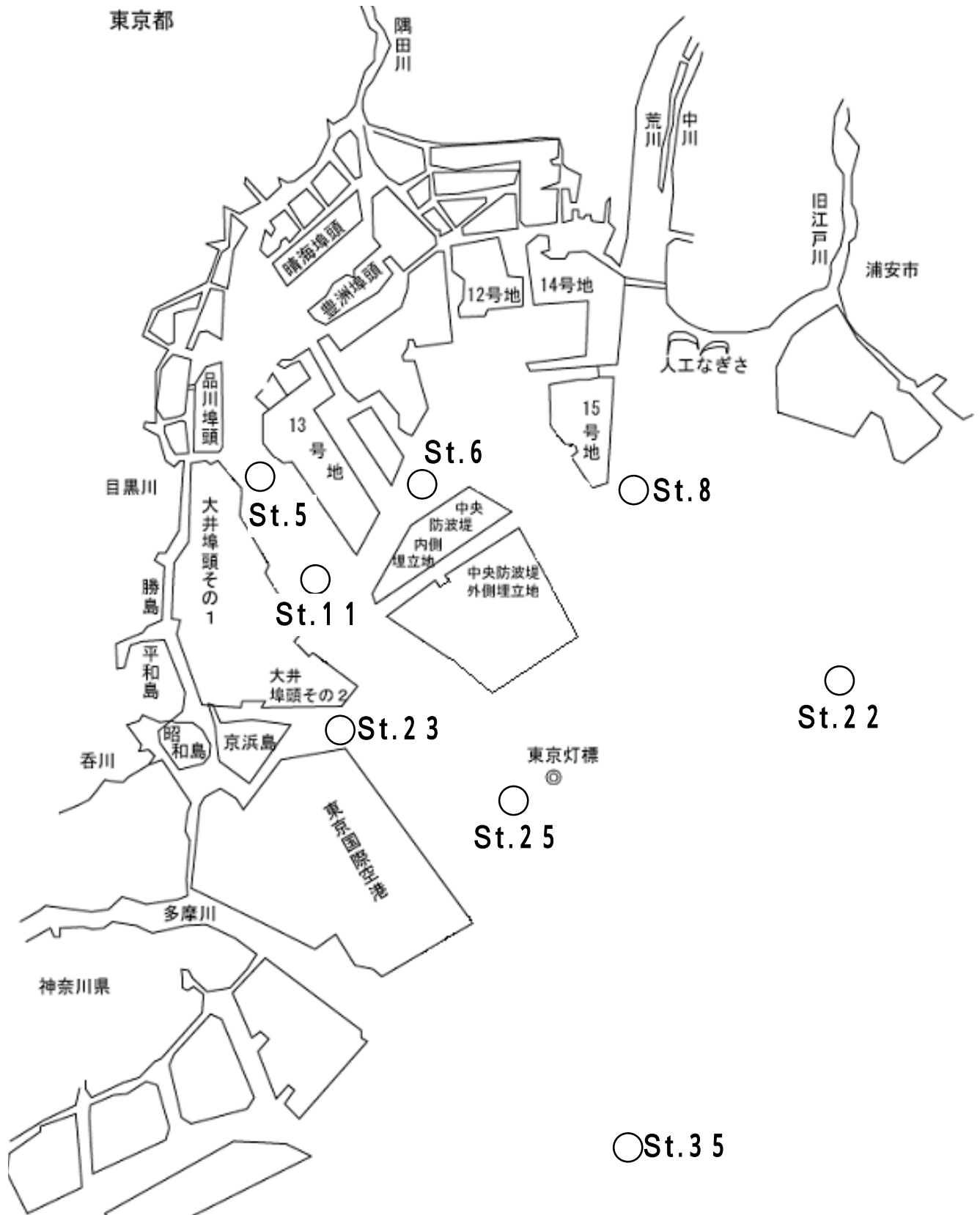


図 - 1 赤潮調査調査地点

(d) 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)	船上から日陰の部分の海水の色を判定
水色(透明度板)	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。グルタルアルデヒド固定(グルタルアルデヒド濃度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。

海水が、茶褐、黄褐、緑色などの色を呈している。

透明度が、おおむね1.5m以下に低下している。

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。

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50mg/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。

2. 調査結果

(1) 赤潮の発生状況

(a) 赤潮発生回数、発生日数

平成15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15年度の赤潮発生回数は18回、発生日数は87日であった。平成14年度と比べ、発生回数は2回、発生日数は2日増加した。

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年頃まで発生回数は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14年度までの平均発生回数は約18回、年間平均発生日数は約91日である。

平成15年度の発生回数及び発生日数と、過去の平均発生回数及び発生日数の経月変化を図-3に示す。過去の傾向としては、赤潮は4月から10月にかけて発生し、そのうち特に5~9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15年度の赤潮発生状況の特徴は、以下の通りである。

- ・ 赤潮発生の期間は4月~10月で、例年通りであった。
- ・ 5月の発生回数が6回と多く、平成14年度までの平均発生日数の2倍であった。
- ・ 発生日数は5月が例年より多く、全体としては例年と同様の傾向であった。
- ・ 最後に確認された赤潮は10月中旬であり、冬季には1回も発生がなかった。

図-4に、東京地方の月間の気温・日照時間・降雨量の推移を示す。平成15年度は、特に7月の日照時間が短く(例年の約1/3)、気温も例年より2.6℃下回った。7月は赤潮発生日数・回数ともに例年より少なく、天候の影響を大きく受けたものと考えられる。また、8月は例年の2倍以上の降雨があり、日照時間も短かったが、赤潮の発生回数・日数は例年とほぼ変わらなかった。これは、短い期間に集中して降雨があったためと考えられる(8月14日~16日の3日間で270mmの降雨)。

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
15	2	6	2	2	3	2	1	0	0	0	0	0	18
	5	20	18	15	20	7	2	0	0	0	0	0	87
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。

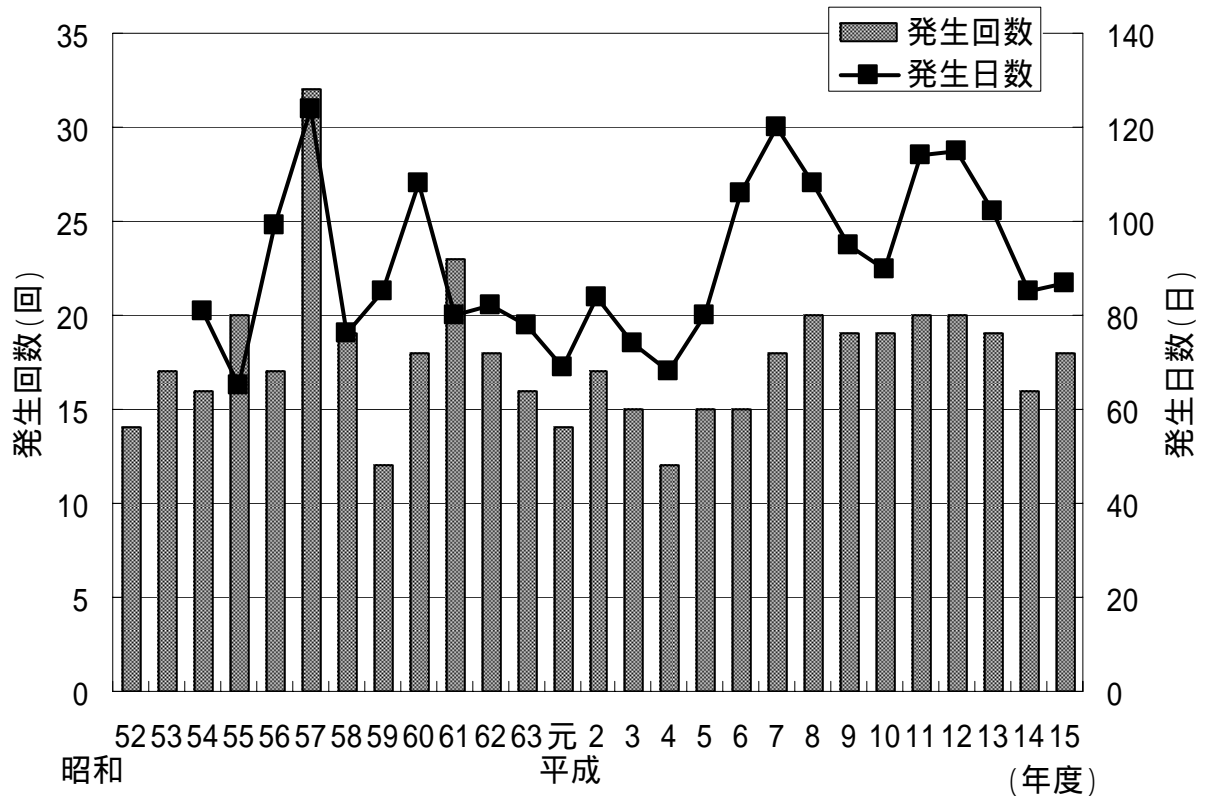


図 - 2 赤潮発生回数・発生日数の経年変化

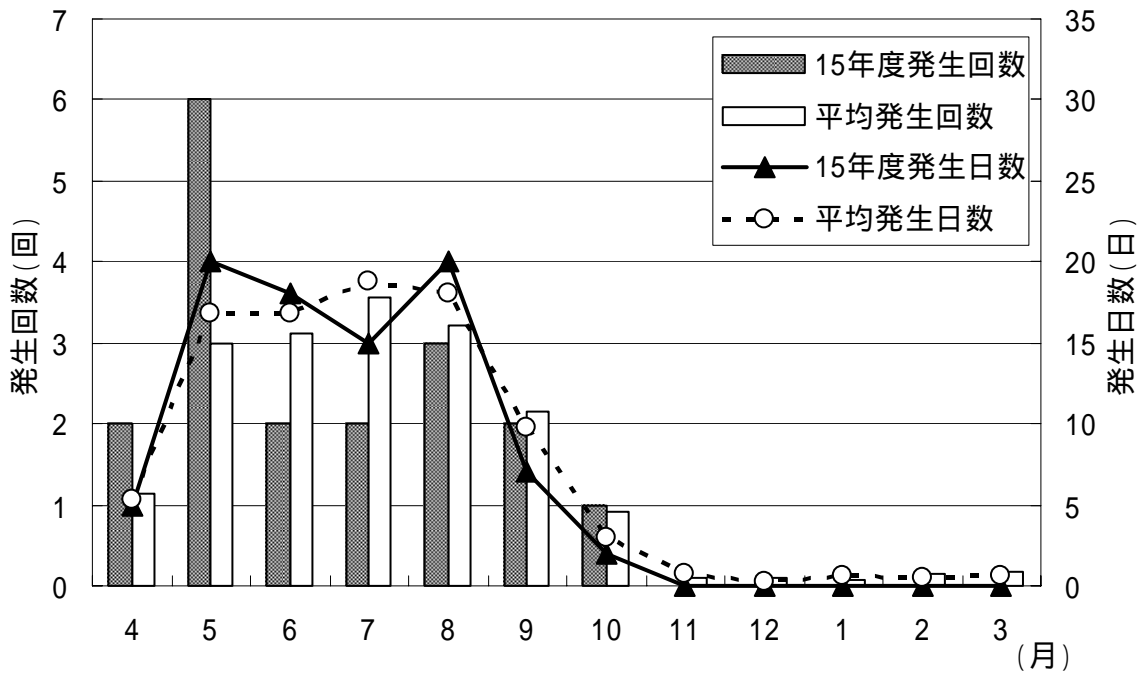
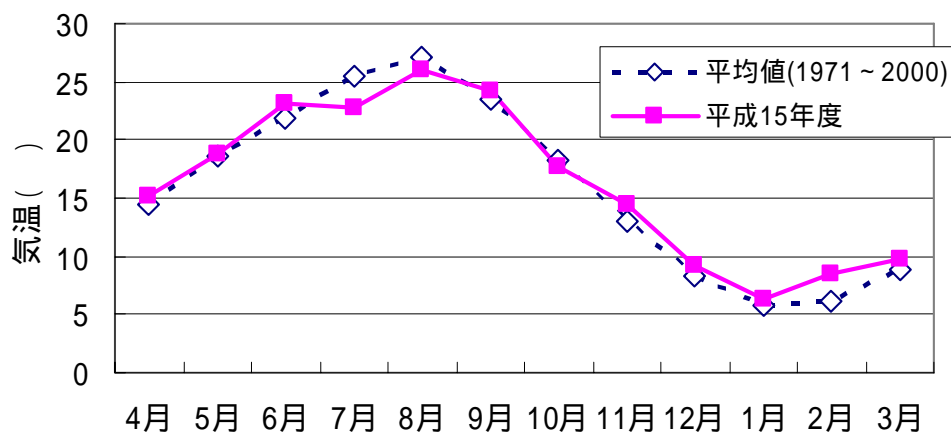
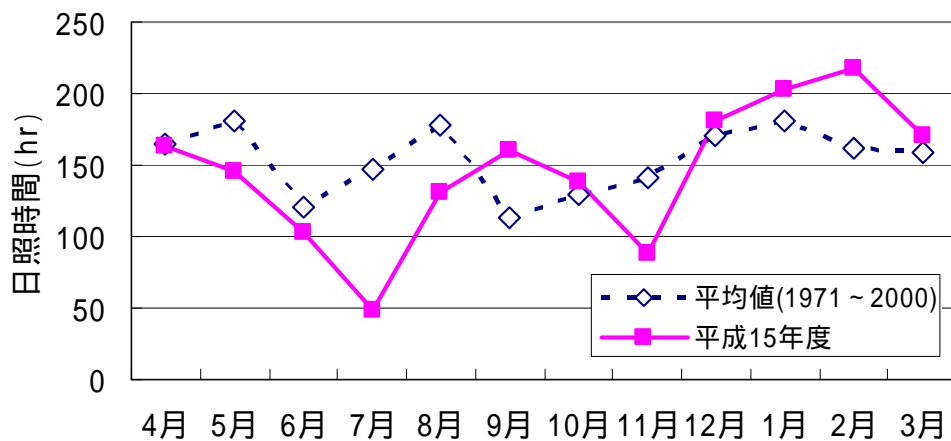


図 - 3 月別の赤潮発生回数・発生日数

気温の経月変化



日照時間の経月変化



各月ごとの降雨量

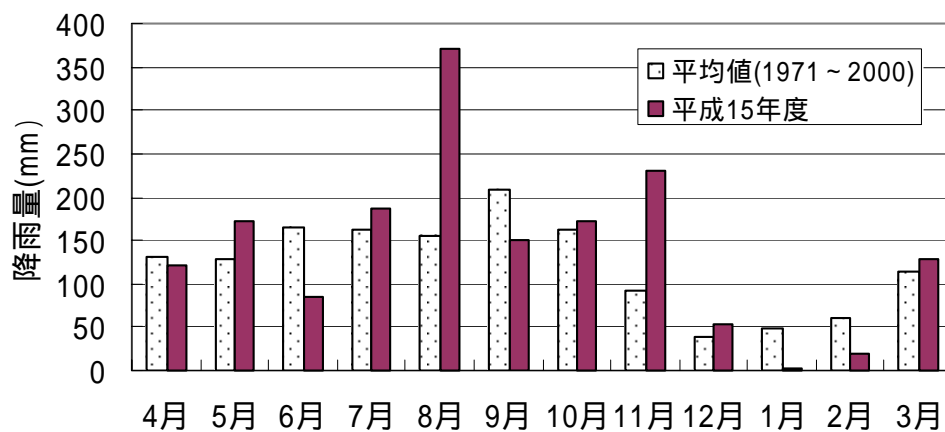


図 - 4 平成 15 年度の東京の気象状況
(気象庁東京管区气象台 HP の東京のデータより)

(b) 発生した赤潮の概要

平成15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、「赤潮調査」を行った日の各赤潮の発生水域を図 - 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：4月17日～4月19日、優占種：*Skeletonema costatum*
水域：隅田川河口部から東京灯標周辺にかけて（東京港内の一部）
色相：茶色、一部暗緑色から緑褐色

(第2回)

期間：4月28日～4月29日、優占種：*Noctiluca scintillans*
水域：St.35からSt.22にかけてパッチ上に広がる（東京都内湾の一部）、色相：黄金色
特徴：2年ぶりの*Noctiluca scintillans*による赤潮。陸から離れた沖合に集中。

(第3回)

期間：5月2日、優占種：*Noctiluca scintillans*
水域：St.22を中心に沖合に広がる（東京都内湾の一部）、色相：灰茶色～赤褐色

(第4回)

期間：5月5日～5月9日、優占種：*Skeletonema costatum* (*Mesodinium rubrum*)
水域：東京都内湾の大部分（荒川河口沖(St.8)を除く）、色相：？
特徴：*Skeletonema costatum* が非常に多く確認された。

(第5回)

期間：5月10日～5月14日、優占種：*Mesodinium rubrum*
水域：St.25を除く東京都内湾の大部分（お台場など東京港内の奥部含む）
色相：暗赤褐色～暗褐色
特徴：5月15日の22.5mmの降雨で消滅。また、第6回赤潮(*Noctiluca scintillans*)と同時期の発生だが、St.22では両種とも多く確認されており、*Mesodinium rubrum*の赤潮の上に、*Noctiluca scintillans*の赤潮がパッチ上に存在するようであった。また、クロロフィルが平成15年度最大値である483mg/L(St.11)を示した。

(第6回)

期間：5月12日～5月14日、優占種：*Noctiluca scintillans*
水域：St.22周辺にパッチ上（東京都内湾の一部）、色相：暗赤褐色
特徴：第5回赤潮(*Mesodinium rubrum*)と同時期に発生。

(第7回)

期間：5月18日～5月25日、優占種：*Mesodinium rubrum*
水域：東京灯標(St.25)を中心とする東京都内湾の一部、色相：暗赤褐色
特徴：5月20日に44mmの降雨があったが、その後も継続して発生した。

(第8回)

期間：5月27日、優占種：*Skeletonema costatum*
水域：St.6周辺（東京港内一部）、色相：灰黒色

(第9回)

期間：6月3日～6月12日、優占種：*Skeletonema costatum*

水域：東京都内湾の大部分（荒川河口部(St.8)及び沖合(St.35)を除く）

色相：褐色～暗褐色～暗緑色

特徴：平成15年度でもっとも透明度の低い赤潮。6月4日にSt.6、St.22に0.6mを記録した。赤潮の発生期間はほとんど降雨がなく、6月12日の16mmの降雨により消滅した。

（第10回）

期間：6月24日～7月1日、優占種：*Skeletonema costatum* (*Mesodinium rubrum*)

水域：東京港内湾の大部分（荒川河口沖(St.8)を除く）、色相：暗褐色

特徴：発生期間の前半は、*Heterosigma akashiwo* が多く、後半は*Mesodinium rubrum*が増加した。

（第11回）

期間：7月7日～7月8日、優占種：*Mesodinium rubrum*

水域：St.6周辺（東京港内の一部）、色相：？

（第12回）

期間：7月17日～7月29日

優占種：*Pseudo-nitzschia multistriata* (*Skeletonema costatum* , *Mesodinium rubrum* 他)

水域：日によって発生範囲が移動・前半は陸寄り後半はSt.35等の沖合（東京都内湾の一部）

色相：主に褐色系（一部、*Noctiluca scintillans* 交じりでオレンジ）

特徴：平成15年度で最も発生期間の長い赤潮。複数種のプランクトンによる赤潮である。

（第13回）

期間：8月1日～8月7日

優占種：*Skeletonema costatum* (*Mesodinium rubrum* , *Noctiluca scintillans*)

水域：東京都内湾の大部分（沖合(St.35)を除く）、色相：暗灰黄緑色？

（第14回）

期間：8月11日～8月12日、優占種：*Thalassiosira* spp.

水域：東京港内の一部（St.6）、色相：茶色

（第15回）

期間：8月25日～9月4日

優占種：*Thalassiosira* spp. (*Skeletonema costatum* , *Mesodinium rubrum*)

水域：東京都内湾全域で発生、色相：主に茶色

特徴：前半は荒川河口沖(St.8)、城南島周辺(St.23)を除くほぼ全域で赤潮。比較的*Skeletonema costatum* が多く、場所によっては*Mesodinium rubrum* も多い。9月1日に赤潮の規模は小さくなったが、その後*Thalassiosira* spp.のみが増加し、東京都内湾全域に規模が拡大した。

（第16回）

期間：9月16日～9月19日、優占種：*Skeletonema costatum* (*Thalassiosira* spp.)

水域：東京都内湾の一部（荒川河口沖(St.8)、隅田川河口部(St.5)、St.35を除く）

色相：暗灰黄緑色

特徴：*Skeletonema costatum*と*Thalassiosira* spp.の2種がほぼ同数である。

（第17回）

期間：9月28日～9月30日、優占種：*Pseudo-nitzschia multistriata*

水域：東京都内湾の一部（隅田川河口部(St.5,St.11)、荒川河口沖(St.8)を除く）

色相：暗灰黄緑色

（第18回）

期間：10月16日～10月17日、優占種：*Fibrocapsa japonica*

水域：東京灯標(St.25そば)より沖合を中心とする東京都内湾の一部

色相：褐色系

特徴：平成14年度に、本調査で始めて確認した*Fibrocapsa japonica*を優占種とする赤潮。

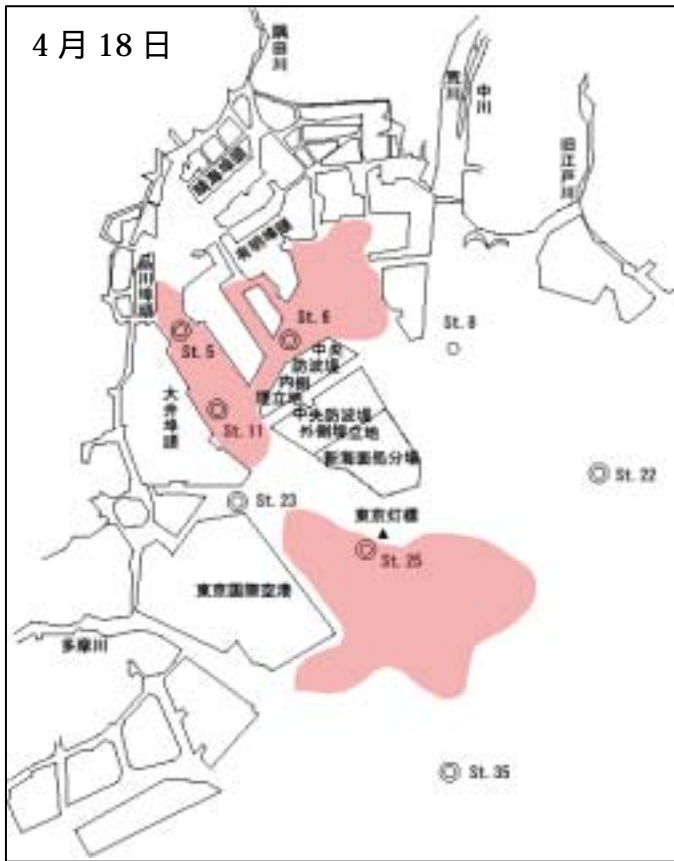
表 - 3 赤潮発生時における優占プランクトン及び水質（平成15年度）

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	加7日 最大値	DO 最大値	pH 最大値	水温	塩分
1	4月17日 ~ 4月19日	3		<i>Skeletonema costatum</i>	7.2	1.2	61.0	16.9	8.6	17.0 ~ 18.0	24.9 ~ 26.7
2	4月28日 ~ 4月29日	2		<i>Noctiluca scintillans</i>	30	2.1	18.6	9.7	8.2	18.0	25.1
3	5月2日	1		<i>Noctiluca scintillans</i>	5.2	1.5	32.5	11.0	8.5	17.0	29.5
4	5月5日 ~ 5月9日	5		<i>Skeletonema costatum</i> (<i>Mesodinium rubrum</i>)	6.6	0.9	119	15.1	8.6	18.7 ~ 21.1	23.8 ~ 29.4
5	5月10日 ~ 5月14日	5		<i>Mesodinium rubrum</i>	15	0.7	483	17.6	8.8	19.0	19.8 ~ 26.7
6	5月12日 ~ 5月14日	3		<i>Noctiluca scintillans</i>	8.2	1.2	39.2	12.5	8.6	19.0	28.4
7	5月18日 ~ 5月25日	8		<i>Mesodinium rubrum</i>	18	0.7	151	16.5	8.6	19.0 ~ 20.0	19.2 ~ 22.7
8	5月27日	1		<i>Skeletonema costatum</i>	5.8	1.7	25.7	14.1	8.1	18.0	29.0
9	6月3日 ~ 6月12日	10		<i>Skeletonema costatum</i>	8.1	0.6	139	18.7	8.7	21.0 ~ 23.0	20.6 ~ 29.7
10	6月24日 ~ 7月1日	8		<i>Skeletonema costatum</i> (<i>Mesodinium rubrum</i>)	8.9	1.0	133	12.1	8.4	23.0 ~ 24.0	22.3 ~ 25.1
11	7月7日 ~ 7月8日	2		<i>Mesodinium rubrum</i>	6.4	1.3	69.1	8.1	8.2	23.5	22.4
12	7月17日 ~ 7月29日	13		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Mesodinium rubrum</i> 他)	6.8	0.9	118	17.9	8.5	23.0	16.7 ~ 28.3
13	8月1日 ~ 8月7日	7		<i>Skeletonema costatum</i> (<i>Mesodinium rubrum</i> , <i>Noctiluca scintillans</i>)	10	0.8	122	15.0	8.6	23.0 ~ 28.4	18.8 ~ 27.1
14	8月11日 ~ 8月12日	2		<i>Thalassiosira spp.</i>	6.9	1.2	121	10.7	8.4	28.0	13.8
15	8月25日 ~ 9月4日	11		<i>Thalassiosira spp.</i> (<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Mesodinium rubrum</i>)	11	0.9	178	16.1	8.9	24.9 ~ 27.1	16.8 ~ 24.8
16	9月16日 ~ 9月19日	4		<i>Skeletonema costatum</i> (<i>Thalassiosira spp.</i>)	8.8	1.1	116	18.0	8.6	27.0	22.1 ~ 24.7
17	9月28日 ~ 9月30日	3		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	7.0	1.2	81.3	13.7	8.4	21.0 ~ 22.0	22.1 ~ 29.8
18	10月16日 ~ 10月17日	2		<i>Fibrocapsa japonica</i>	10	1.5	148	13.4	8.4	20.0	24.7 ~ 30.9

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

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 内側埋立地北	中央防波堤内側埋立地・青海地区・有明地区に囲まれた場所に位置する。比較的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する。St.5 よりさらに沖合の地点である。しゅんせつが行われているため比較的水深が深い。
St.23	城南島南	城南島と羽田空港に挟まれた場所に位置する。京浜運河の影響が強く、森ヶ崎水再生センターの影響を受けることもある。
St.8	荒川河口部	荒川河口部に位置し、B類型水域では最も陸域に近い。水深は5~7mと浅い。荒川の影響を非常に強く受ける。
St.22	ディズニー ランド沖	荒川河口沖より千葉県寄りに位置する。沿岸から4km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位置する。降雨後には荒川など河川水の影響を強く受けることがある。
St.35	多摩川河口沖	「風の塔」の北に位置する。東京都内湾の環境基準点で陸から最も遠いため、陸水の影響が少ない。水深は25m程度である。



第1回 (*Skeletoema costatum*)



第2回 (*Noctiluca scintillans*)



第3回 (*Noctiluca scintillans*)



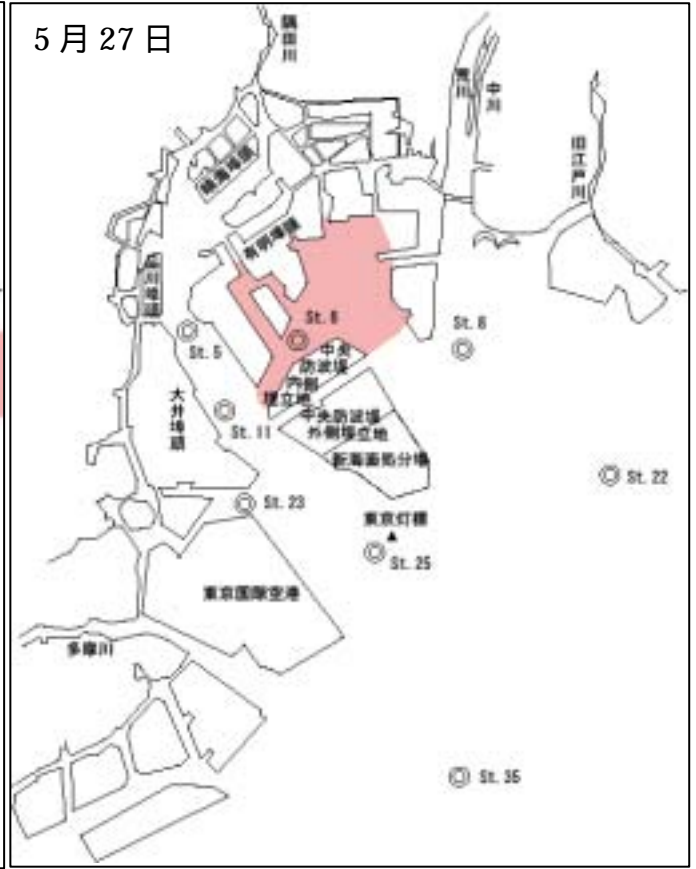
第5回 (*Mesodinium rubrum*) ・ ・ 淡い黒塗り

第6回 (*Noctiluca scintillans*) ・ ・ 濃い黒塗り

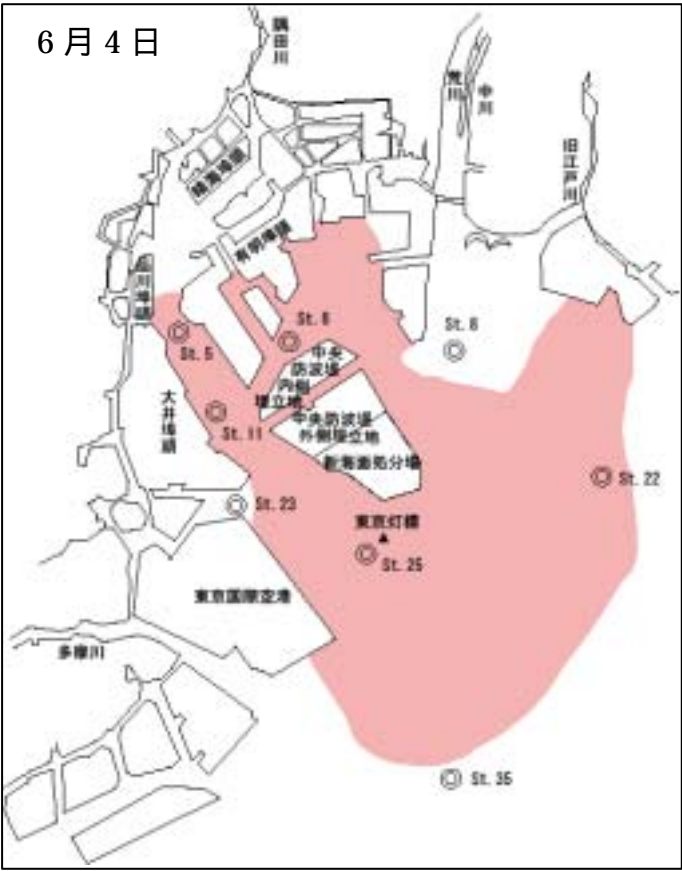
図 - 5 赤潮の発生水域 (1)



第7回 (*Mesodinium rubrum*)



第8回 (*Skeletoema costatum*)



第9回 (*Skeletoema costatum*)

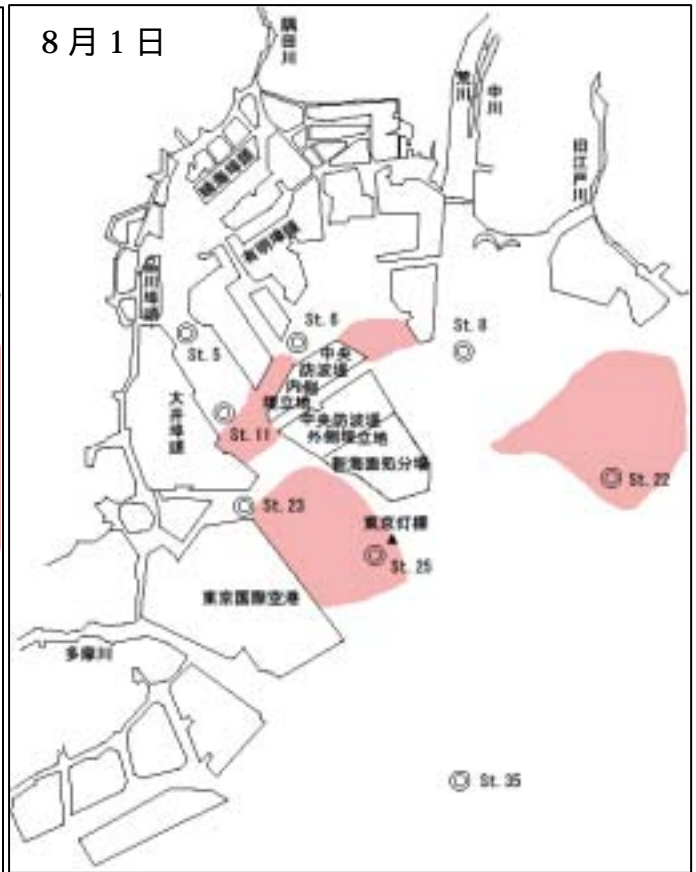


第10回 (*Skeletoema costatum*)

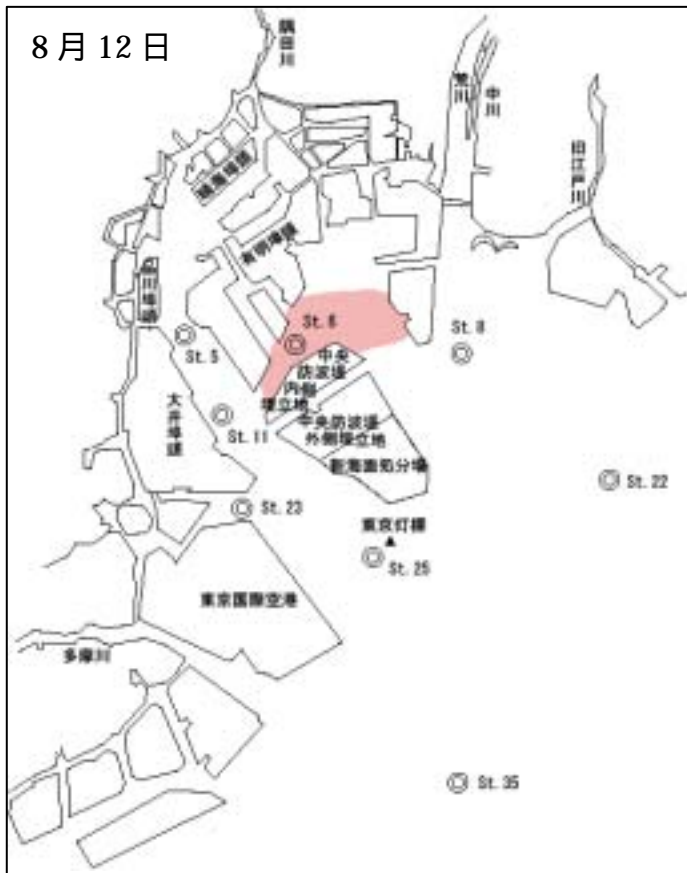
図 - 5 赤潮の発生水域 (2)



第12回 (*Pseudo-nitzschia multistriata*)



第13回 (*Skeletoema costatum*)



第14回 (*Thalassiosira* spp.)

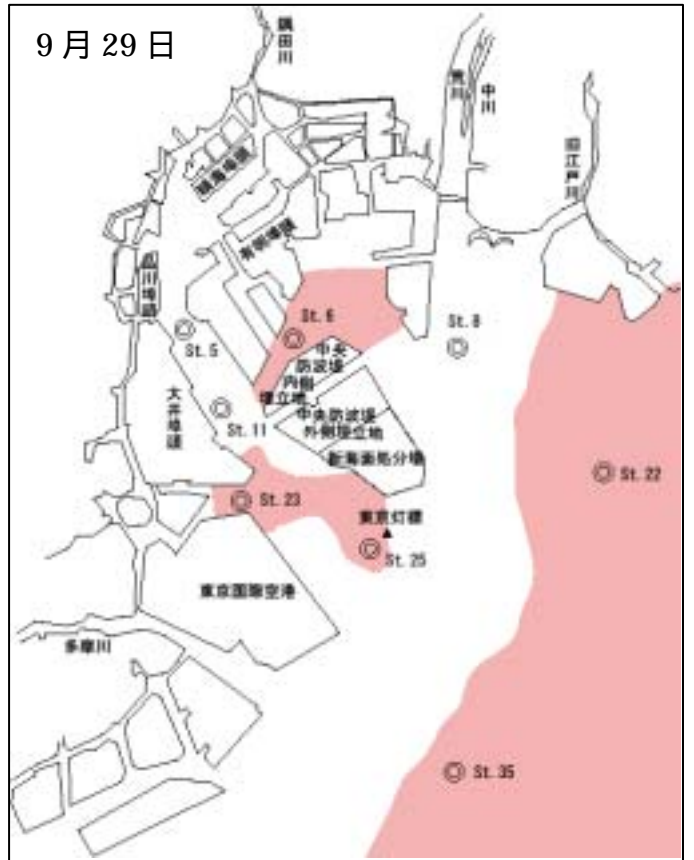


第15回 (*Thalassiosira* spp.)

図 - 5 赤潮の発生水域 (3)



第 16 回 (*Skeletoema costatum*)



第 17 回 (*Pseudo-nitzschia multistriata*)



第 18 回 (*Fibrocapsa japonica*)

図 - 5 赤潮の発生水域 (4)

(c) 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15年度において東京都内湾全域に広がった赤潮は、*Thalassiosira* spp.による第15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5回あり、平成15年度の赤潮発生回数の72% (15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15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、東京港内でも特に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る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67% (12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。一方、発生日数が最長の赤潮は*Pseudo-nitzschia multistriata*による第12回赤潮で、7月17日から7月29日までの13日間であった。なお、この赤潮は*Skeletonema costatum* , *Mesodinium rubrum* , *Noctiluca scintillans* , *Nitzschia pungens*など複数のプランクトンが大量に発生している。

平成15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。珪藻類(*Skeletonema costatum* , *Thalassiosira* spp. , *Pseudo-nitzschia multistriata*)の赤潮は、比較的大規模である。また、*Skeletonema costatum*の赤潮は、4月から9月まで様々な時期に発生していることが確認できる。

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>Noctiluca scintillans</i>		■	■									
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>				■	■	■	■					
<i>Mesodinium rubrum</i>		■	■	■								
<i>Fibrocapsa japonica</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の期間を示す

図 - 6 平成15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																							
	15年度	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	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	5	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	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	0	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	5	4	3	2	2	4	1	4	1	0	3	3	2	2	0	0	0	3	6	0	1	7	1	4
計	18	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

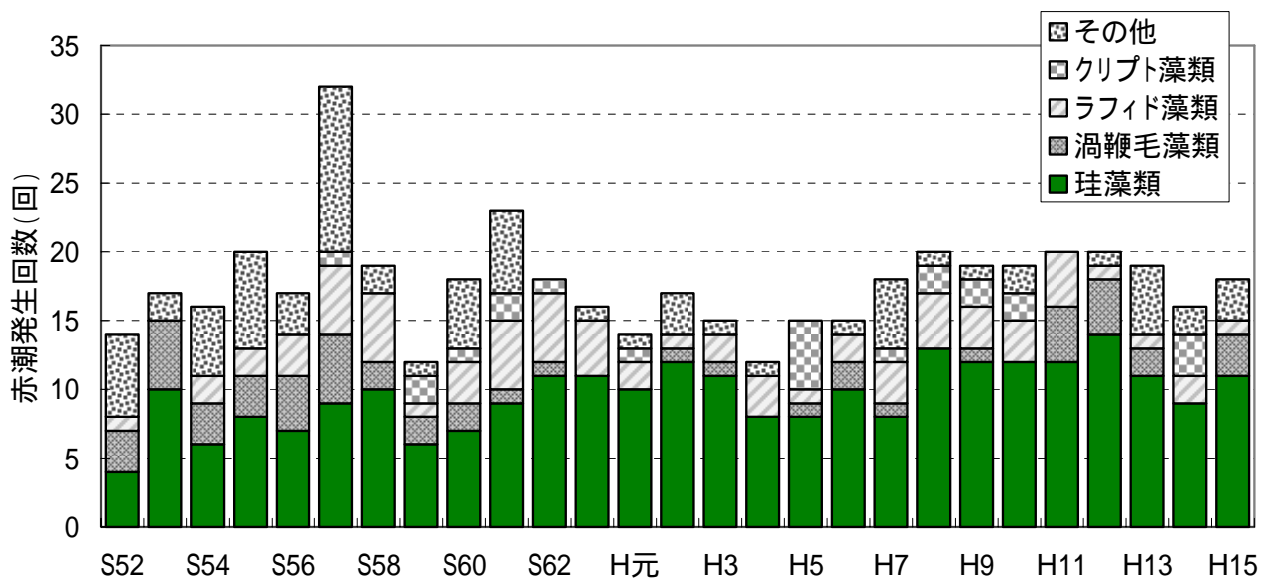
発生期間 延日数	発生回数																							
	15年度	14年度	13年度	12年度	11年度	10年度	9年度	8年度	7年度	6年度	5年度	4年度	3年度	2年度	元年度	63年度	62年度	61年度	60年度	59年度	58年度	57年度	56年度	55年度
1～2日	6	4	5	2	4	3	2	5	3	2	4	5	4	3	5	5	8	14	4	3	8	16	4	14
3～5日	6	5	7	8	7	11	11	4	8	4	3	3	8	8	5	5	5	4	6	4	6	6	3	3
6～10日	4	4	6	7	4	2	5	9	4	6	7	1	1	5	3	5	3	4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

(d) 赤潮時優占プランクトンの出現状況

平成15年度に赤潮と判定された時の、プランクトンの第一優占種は、植物プランクトンでは5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-7、図-7に示す。*Skeletonema costatum* (珪藻類)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15年度は7回と例年通りであった。他には、*Noctiluca scintillans* (渦鞭毛藻類)が3回、*Mesodinium rubrum* (繊毛虫類)が3回であった。平成15年度赤潮発生回数の61% (11回)が珪藻を優占種とするものであった。優占種が珪藻類となる割合が50%以上となる傾向は、昭和62年頃から続いており、渦鞭毛藻類による赤潮が多い他の湾と傾向が異なっている²⁾。

また、平成15年度は*Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻類)を優占種とする赤潮が一度も発生しなかった。*Heterosigma akashiwo*は、昭和53年度を除き毎年赤潮の優先種として確認されてきたが、最近はや1回程度と減少していた。代わりに、同じラフィド藻類である*Fibrocapsa japonica*が2年連続で優占種として確認されている。他にも、*Pseudo-nitzschia multistriata* (珪藻類)が3年連続で優占種として観察されている。

平成15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。



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 - 7 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	15												
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	8	8	8	9	9	6	3	7												
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		1		3	1	2		1		1	1	1	1	1	1					3	2	3	4			3	2												
	<i>Thalassiosiraceae</i>											2		2	1						3	1	4	1			3	1												
	<i>Cyclotella</i> spp.																				1	1																		
	<i>Mimodiscus comicus</i>				1																																			
	<i>Leptocylinthrus minimus</i>												1																											
	<i>L. danicus</i>										1													1																
	<i>Coscinodiscus granii</i>																																							
	<i>Coscinodiscus</i> sp.																																							
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>									1	1																	1												
	<i>Chaetoceros sociale</i>																	1																						
	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>salsugineum</i>																																							
	<i>Chaetoceros</i> spp.																																	1						
	<i>Lithodesmium variable</i>					1																																		
	<i>Eucampia zodiacus</i>										1			2																										
	<i>Cylindrotheca closterium</i>							1					1																											
	<i>Cerataulina pelagica</i>												1																											
	<i>Nitzschia pungens</i>																																	1	1	2				
	<i>Pseudo-nitzschia ministriata</i>																																							
	種不明珪藻							1	1																															
ラフト藻	<i>Heterostigma akashiwo</i>	1	2	2	2	3	5	5	1	3	5	4	2	1	2	1	3	1	2	3	4	3	4	1	1	1	1	1	1											
	<i>Fibrocapsa japonica</i>																																							
黄色鞭毛藻	<i>Distephanus speculatum</i>														1																									
	<i>Gyrodinium instratum</i>																																							
	<i>Prorocentrum minimum</i>				2	3	1	2	3	1	1																									1				
	<i>P. dentatum</i>																																							
	<i>P. triestinum</i>						2	2	1	1	1	1			1								1																	
	<i>P. micans</i>				1	3																																		
	<i>Prorocentrum</i> sp.																																							
	Gymnodiniales																																							
	<i>Heterocapsa triquetra</i>																																							
	<i>Noctiluca scintillans</i>																																							
	<i>Chlamydomonadaceae</i>																																							
緑藻	<i>Cryptomonadaceae</i>						1		2	1	2	1																												
	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>																																							
	Haptophyceae																																							
	<i>Pyramionas</i> sp.																																							
ミドリムシ藻	Euglenophyceae				4	1																																		
	Eutreptiaceae																																							
不明微細藻	鞭毛藻	1	1	3	4	2	4	2	3	6		1			1																									
	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		1	1		3																																	
	種不明			1																																				
合計	14	17	16	20	17	32	19	12	18	23	18	16	14	14	17	15	12	15	12	15	18	19	20	20	19	16	18	18												

(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
	<p><i>Skeletonema costatum</i> (珪藻綱)</p> <p>細胞は楕円又はレンズ型。直径 18～35 μm。周辺棘はきわめて細く 8～30 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。</p>
	<p><i>Thalassiosira</i> spp. (珪藻綱)</p> <p>細胞の直径 10～30 μm 程度。細胞間に連結系が見られ、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。</p>
	<p><i>Mesodinium rubrum</i> (原生動物門 繊毛虫綱)</p> <p>体長 30～50 μm。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、飛び跳ねるように動く。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。</p>
	<p><i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (珪藻綱)</p> <p>連鎖して群体を形成する。殻の両端が曲がり S 字をなす。</p>

図 - 8 (1) 平成 15 年度に確認された主な赤潮優占プランクトン


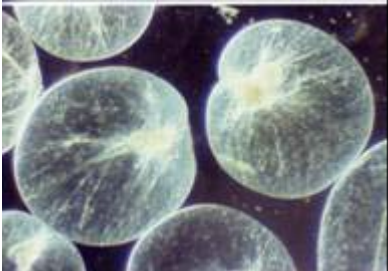

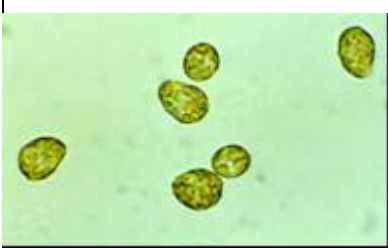
形態	名称・特徴
	<p><i>Fibrocapsa japonica</i> (ラフィド藻綱)</p> <p>比較的富栄養化の進んだ海域に生息。細胞前端から2本の鞭毛が出る。葉緑体は多数で、網目状に配列する。細胞の大きさは20~30×15~17 μm。刺激により、細胞内の粘液胞の内容物を射出し破裂することがある³⁾。</p>
	<p><i>Noctiluca scintillans</i> (渦鞭毛藻綱)</p> <p>細胞の直径は約150~2,000 μmで、他の赤潮プランクトンと比較して非常に大きい。春から夏にかけて増殖が顕著と言われている。本種は、異常増殖や海水の集積作用により赤潮を形成する。トマトジュース様の水色の赤潮となるが、衰退期には黄褐色から白色系になる⁴⁾。和名は「夜光虫」と言い、夜間に刺激を受けると青白く発光する。</p>
	<p><i>Nitzschia pungens</i> (珪藻綱)</p> <p>長さ74~142 μm、幅3~4.5 μmで、針状の群体を形成する⁵⁾。東京湾などの富栄養海域には普通に見られる。</p>
	<p><i>Heterosigma akashiwo</i> (ラフィド藻綱)</p> <p>いびつなポテトチップのような形状をしており、うねるように泳ぐ。直径は20 μmほどである。汽水域から沖合まで広い範囲に分布する。日間で規則的な上下運動を行い、日中は表層に、夜間は底層に集まる。東京都内湾部では、<i>Skeletonema costatum</i> と並び、赤潮の優先プランクトンとなることが多い。(ただし、平成15年度は赤潮時の優占種とはならなかった。)茶褐色の赤潮を作るが、しばしば濃厚な赤潮を発生させる。</p>

図 - 8 (2) 平成 15 年度に確認された主な赤潮優占プランクトン

(2) 赤潮時の水質状況

「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-9に示す。

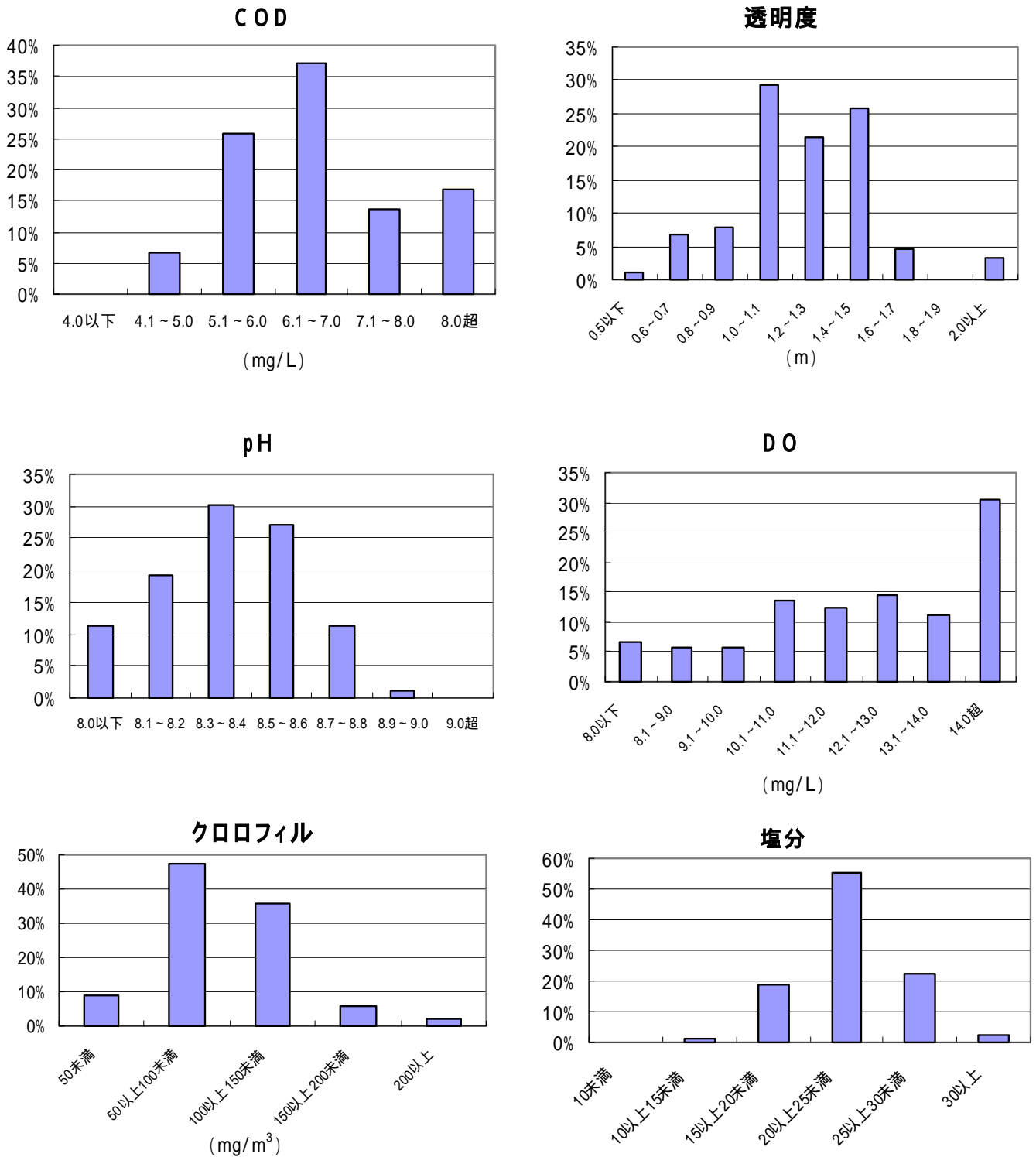


図-9 赤潮発生時の各水質項目の頻度分布

(a) C O D

図 - 9 より、赤潮発生時はC O Dが5mg/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、C O D 8mg/L以上（C 類型環境基準）の調査日もあり、赤潮時に極めて高い値がでることが確認できる。なお、C O Dの平成15年度最大値は、*Mesodinium rubrum*による第7回赤潮時の18mg/L(5月23日、St.23)である。（第12回赤潮時に490mg/L(7月25日、St.30)があるが、これは*Noctiluca scintillans*による赤潮である。当日は濃度の濃い場所を採水していることから、最大値として扱わないこととした。）

(b) 透明度・p H・D O

図 - 9 より、透明度については、大半が1.5m以下である（定義として、おおむね1.5m以下となっているが、水質や水色の状況を加味して、1.5m超でも赤潮と判断していることがある。）ただし、透明度が1.0m以下となることは、赤潮発生時の15%程度である。なお、透明度が最小の赤潮は、*Noctiluca scintillans*による第12回赤潮時の0.5m(7月25日、St.30)である。また、*Noctiluca scintillans*以外では、*Skeletonema costatum*による第9回赤潮時の0.6m(6月4日、St.6とSt.22)である。

p Hは、赤潮時には8.5程度まで上昇することが多い。これは、植物プランクトンの光合成により海水中の二酸化炭素が消費されるためである。D Oは、赤潮時には過飽和となることが極めて多い。これは、植物プランクトンの光合成による酸素の放出のためである。

(c) クロロフィル

図 - 9 より、赤潮発生時のクロロフィルは50~150mg/m³となることが多く、200mg/m³以上となることはほとんどなかった。

透明度とクロロフィルの関係を図 - 10 に示す。クロロフィルが高いほど透明度は低くなる傾向がある。また、累乗近似による近似曲線から、クロロフィルが50mg/m³では透明度は1.42mとなり、? 頁に示した赤潮判定基準（透明度1.5m 以下・クロロフィル50mg/m³以上）とほぼ合致している。一方、クロロフィル50mg/m³以上で透明度が高い時があるが、これは秋の水温低下期に当たっている。この時期は水質が良く、プランクトンの発生以外に透明度を低下させる要因が無かったためと考えられる。

植物プランクトン数とクロロフィルの関係を図 - 11 に示す。植物プランクトンが少なくてもクロロフィルが高いことがあったり、植物プランクトン数が100,000×10⁶細胞/m³を超えている時でも、クロロフィルは100mg/m³程度で一定であったりと、両者の関係ははっきりとは見られない。植物色素体と共生している動物プランクトンである*Mesodinium rubrum*による赤潮も含まれていることや、植物プランクトンの種も複数あることが原因と考えられる。

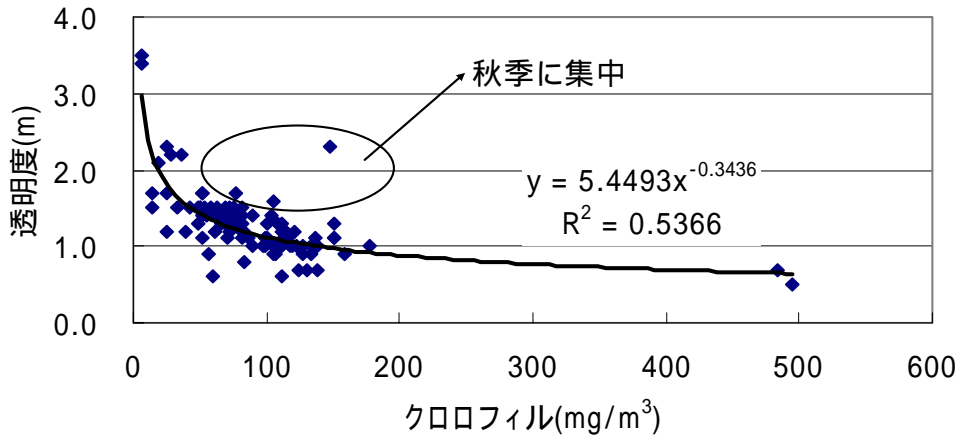


図 - 1 0 クロロフィルと透明度の関係

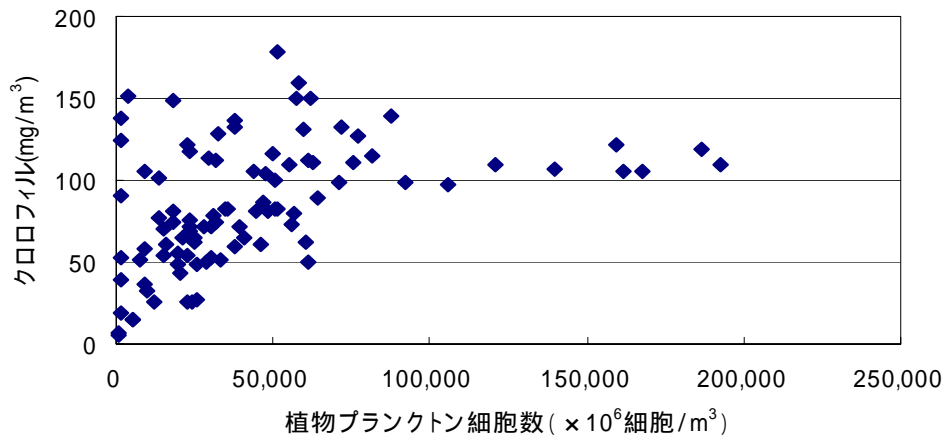


図 - 1 1 植物プランクトン数とクロロフィルの関係

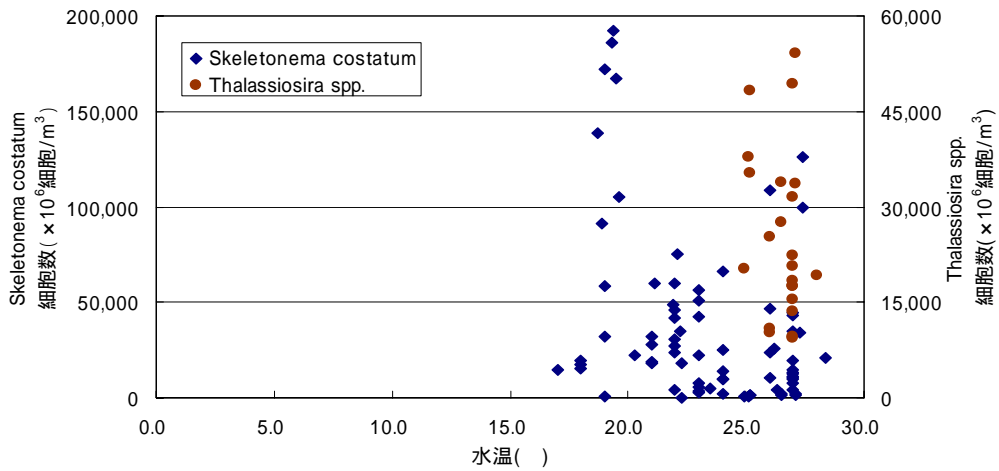


図 - 1 2 プランクトン数と水温の関係

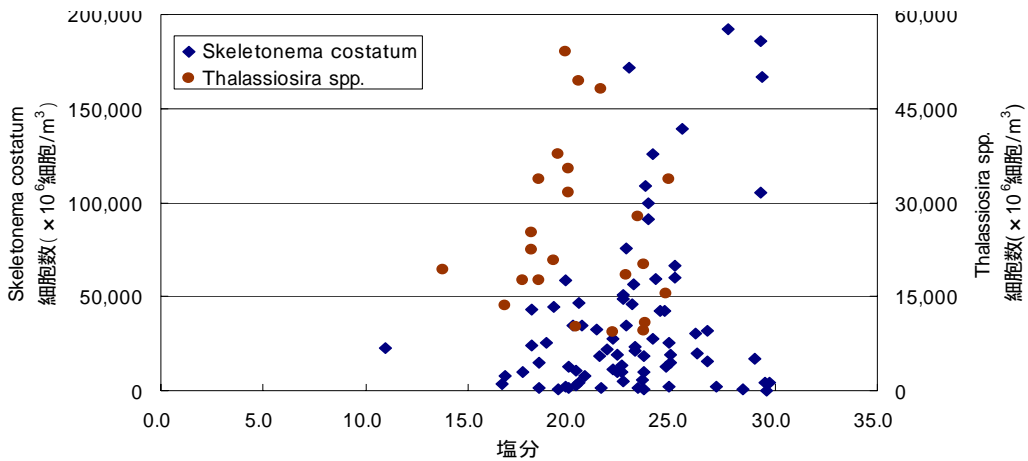


図 - 1 3 プランクトン数と塩分の関係

(d) 水温、塩分

平成15年度に発生した、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 - 12、図 - 13 に示す。

*Skeletonema costatum*は、広い範囲の水温・塩分で多く発生している。これまでの調査でも、冬の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。*Thalassiosira* spp.は、25以下の塩分及び25 以上の水温で大量に発生している。ただし、*Thalassiosira* spp.には複数の種があり、冷水性、暖水性とも存在する。

3. 要 約

- 1 平成15年度の赤潮の発生回数は18回、発生日数は87日間で、平成14年度と比べ発生回数は2回、日数は2日増加した。赤潮発生の傾向は例年とほぼ同様であり、夏期に集中し、冬季には1回も発生しなかった。
- 2 平成15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、*Skeletonema costatum* (珪藻類)で、7回発生した。ついで*Noctiluca scintillans* (渦鞭毛藻類)、*Mesodinium rubrum* (繊毛虫類)が共に3回であった。赤潮発生回数の61%が珪藻類によるものであった。また、ほぼ毎年赤潮の優占種となることがあった*Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻類)は、平成15年度は優占種とはならなかった。
- 3 赤潮の72%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67%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。

【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) 福代康夫、高野秀昭、千原光雄、松岡数充編(1990): 日本の赤潮生物—写真と解説 - ,pp.344-345、内田老鶴園
- 4) 福代康夫、高野秀昭、千原光雄、松岡数充編(1990): 日本の赤潮生物—写真と解説 - ,pp.78-79、内田老鶴園
- 5) 福代康夫、高野秀昭、千原光雄、松岡数充編(1990): 日本の赤潮生物—写真と解説 - ,pp.328-329、内田老鶴園

資料1 調査日における各地点での赤潮発生状況

月日	区分	St. 5	St. 6	St. 8	St. 11	St. 22	St. 23	St. 25	St. 35	その他
4月3日	測計					×	×	×	×	
4月4日	測計	×	×	×	×					
4月7日		×	×	×	×	×	×	×	×	
4月18日			×	×	×	×	×	×	×	
4月28日		×	×	×	×	×	×	×	×	St.27
5月2日		×	×	×	×		×	×		
5月7日	測計									
5月9日	測計			×						
5月12日							×			お台場海浜公園
5月13日	情報提供									中防、お台場海浜公園
5月15日		×			×		×	×	×	
5月19日		×	×	×	×	×			×	
5月23日		×	×	×		×			×	
5月27日		×		×	×	×	×	×	×	
6月4日				×			×	×	×	
6月6日		×		×	×		×	×	×	
6月9日	測計					×			×	
6月10日	測計			×						
6月12日				×		×			×	
6月17日		×	×	×	×	×	×	×	×	
6月24日		×		×	×	×		×	×	
6月27日		×		×	×	×	×	×	×	
7月1日				×			×			
7月4日		×	×	×	×	×	×	×	×	
7月7日	測計									
7月8日	測計			×					×	
7月9日	測計	×			×		×	×		
7月10日	測計					×				
7月14日		×	×	×	×	×	×	×		
7月18日		×		×	×		×	×	×	
7月22日		×	×	×		×	×	×	×	
7月25日		×	×	×	×	×	×	×		St.30
7月28日		×	×	×	×		×	×		St.18
8月1日		×	×	×			×		×	
8月5日	測計								×	
8月6日	測計									
8月8日		×	×	×	×	×	×	×		
8月12日		×		×	×	×	×	×	×	
8月15日		×	×	×	×	×	×	×	×	
8月21日		×	×	×	×	×	×	×	×	
8月26日				×			×			お台場海浜公園
8月29日		×		×			×			
9月1日		×	×	×	×	×	×	×	×	
9月3日	測計									
9月4日	測計									
9月8日		×	×	×	×	×	×	×	×	
9月17日		×		×					×	城南島海浜公園
9月29日		×		×	×					
10月1日	測計					×	×	×	×	
10月2日	測計	×	×	×	×					
10月16日		×	×	×	×		×			
10月30日		×	×	×	×	×	×	×	×	
11月5日	測計					×		×	×	
11月6日	測計	×	×	×	×		×			
11月17日		×	×		×					
12月3日		×	×	×	×	×	×	×	×	
12月4日	測計					×	×	×	×	
12月5日	測計	×	×	×	×					
12月22日		×	×	×	×	×	×	×	×	
1月5日	測計		×							
1月6日	測計			×					×	
1月7日	測計	×			×		×	×		
1月16日	測計					×				
1月20日		×	×	×	×	×	×	×		
2月2日	測計						×	×	×	
2月3日	測計	×	×	×	×	×				
2月17日		×	×	×	×	×	×	×	×	
3月8日	測計					×	×	×	×	
3月9日	測計	×	×	×	×					
3月24日		×	×	×	×	×	×	×	×	

【凡例】

測計:「水質測定調査」の結果、中防:中央防波堤周辺

:採水分析しないが赤潮と判断、:採水分析の結果赤潮とされたもの、×:赤潮でない、空欄:調査せず

資料2 降雨量と赤潮の発生状況

	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月	
	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量	天気	雨量
1日		0.0				3.0		3.5		0.0		0.0				0.0		29.5		0.0				2.0
2日		15.5						0.0				0.0						1.0				11.0		
3日		0.0		0.5				7.5				29.0				4.0		0.0				0.0		0.0
4日		2.5				3.5		21.0				0.5		0.0		0.0					0.0		0.0	0.0
5日		55.5				0.0		0.0		28.5					7.5		0.0							
6日		1.5						0.5		0.0				1.5		36.0		0.5						2.0
7日		0.0				0.0		4.0							0.0									0.0
8日		17.5		4.0		0.0		1.0		0.5		0.0												
9日		1.0		0.5				0.0		24.0						1.5								
10日						0.0		2.5								9.5								
11日		0.0				0.5		1.0					0.5		11.0		5.5							
12日		5.5		3.0		16.0		5.0		0.5			14.5		2.0		8.0		0.0					
13日		0.0				0.0		7.5		7.5			60.0		0.0				0.5		0.0			
14日		0.0		3.0		5.5		33.5		72.0		0.0	18.0								0.0			
15日		4.0		22.5		0.5				151.0		0.0	1.0		1.0									
16日		0.5		3.5		0.0		0.0		47.0					6.5									
17日				0.0		9.0		0.0		10.5							0.0		0.0					
18日				0.0		1.5		0.0		0.5			0.0						0.0					5.5
19日		0.0		8.0		0.0		0.0		1.0									3.0					0.0
20日		0.0		44.0				0.0				26.5			17.5									14.5
21日		0.5		3.5				18.5		0.0		83.0			9.0				0.0					
22日						0.0		0.0				0.5		31.0								7.5		19.0
23日		1.5				0.5		6.0						5.5								1.5		1.0
24日		0.0				5.0		31.5				9.5			0.0									6.0
25日		1.5				20.0		10.5				1.0		0.0		58.5				0.0				3.5
26日		7.0		1.5		12.5		4.5		0.0		0.0		0.0				1.5						11.5
27日		0.5		6.5		0.0				27.0				0.0				7.0						
28日						7.0				0.0				39.5		0.0								
29日						0.5		5.0							16.5									
30日		6.5				0.0		24.5		0.0					49.0				0.0		-			47.5
31日		-		72.0		-		0.0		0.0		-		0.0		-				0.0		-		17.0
合計		121.0		172.5		85.0		187.5		370.0		150.0		171.5		229.5		53.0		3.5		20.0		129.5

* 網かけは赤潮発生日（濃い網かけは2種類以上の赤潮発生日）

注) 印は、降水のあった日、*印は雪を示す。
気象庁東京管区気象台HPの東京のデータより