

第一部【赤潮編】

1 調査方法

(1) 調査回数及び調査地点

ア 調査回数

平成 21 年度は、赤潮調査としては赤潮の多発する夏期を中心に、4 月～10 月の期間に計 25 回実施した。また、水質汚濁防止法 16 条に定める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。）は毎月 1 回、年間計 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）実施した。

イ 調査地点

St.5、St.6、St.8、St.11、St.22、St.23、St.25、St.35 の 8 地点（p.1 表 1、p.2 図 1 参照）

(2) 調査項目

ア 現場測定

原則として 8 地点全地点で測定を実施した。測定項目及び方法等は表 2 のとおりである。

イ 採水分析

赤潮状態であることが想定された時など、現場測定の結果や付近の海面状況から水質の分析が必要であると判断した場合、上層の採水分析を行った。分析項目及び方法等は表 2 のとおりである。

ウ 赤潮発生水域など海域情報の記録

調査地点間の移動中の航路においても目視により、水面の変色状況、ごみの浮遊状況、魚のへい死や鳥類の存在状況等の動植物の変化等を観察し、記録を行った。

表 2 赤潮調査の現場測定及び採水分析方法

分析項目	分析方法	定量 下限値	報告 下限値	有効 桁数	最小 表示桁
現場測定	天候・雲量	目視による。 雲量については 0～10 の 11 段階表記とし、雲がない状態を 0 とする。	—	—	—
	気温	ガラス棒状温度計を用い、地上 1.2～1.5m の日陰にて計測する。	—	—	3 小数点以下 1 桁
	風向・風速	風向風速計による。 風向は 8 方向、風速は 0.5m 単位で計測する。	—	—	—
	透明度	海洋観測指針 第 1 部 (1999) 3.2 に準ずる方法	—	—	2 小数点以下 1 桁
	色相 (※1)	(財) 日本色彩研究所の「日本色研色名帳」による。	—	—	—
	水温 (※2)	海洋観測指針 第 1 部 (1999) 4.3.1 に準ずる方法	—	—	3 小数点以下 1 桁
	塩分 (※2)	海洋観測指針 第 1 部 (1999) 4.3.1 に準ずる方法	—	—	3 小数点以下 1 桁
	溶存酸素 (DO) 濃度及び同飽和度	DO メーターにより計測する。	0.01mg/L	0.5mg/L	3 小数点以下 1 桁
	pH (※3)	ガラス電極 pH メーターにより計測する。	—	—	3 小数点以下 1 桁
採水分析 (上層)	COD	JIS K 0102 (1998) 17	0.1mg/L	0.5mg/L	2 小数点以下 1 桁
	T-N	JIS K 0102 (1998) 45.4	0.05mg/L	0.05mg/L	2 小数点以下 2 桁
	T-P	JIS K 0102 (1998) 46.3	0.003mg/L	0.003mg/L	2 小数点以下 3 桁
	クロロフィル	海洋観測指針 (1990) 9.6.2 に準ずる方法	0.1mg/m ³	0.1mg/m ³	3 小数点以下 1 桁
	プランクトン 5 種同定	海洋観測指針 (1999) 6.2.1.2 の採水・沈殿法に準じて調製した固定試料 (表層海水 2L、グルタルアルデヒド濃度 1%) について植物・動物プランクトン各々の上位 5 種を同定・計数。また無固定試料について定性的な検鏡を行なうとともに、固定により破壊されるものについては計数も実施。	植物 1 × 10 ⁶ 細胞/m ³ 動物 0.01 × 10 ⁶ 細胞/m ³	3	植物 整数 1 桁 動物 小数点 以下 2 桁 (× 10 ⁶)
	プランクトン沈殿量	プランクトン 5 種同定用に調製した試料 2L を 10mL 程度に濃縮し、沈殿管に移し 24 時間静置、沈殿させ計測する。	10mL/m ³	10mL/m ³	2 整数 2 桁

(※1) 色相は日陰水面での概観水色及び水深 1m 付近での透明度板水色の測定を行う。

(※2) 水温、塩分及び DO は原則として、上層、水深 2m、5m、以下下層まで 5m 間隔にて測定を行う。また当局が指定した水深についても計測を行う。ただし、DO 飽和度は上層のみ測定を行う。

(※3) pH は上層の測定を行う。

2 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（主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、これでは赤潮の判定基準として明確であるとは言えない。そこで東京都では、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。

- ◆ 地点間および継続期間中のプランクトン群の種類組成がおおむね同一の場合、1 回とした。継続期間中、透明度やクロロフィル濃度が上記の基準を若干下回ることがあっても赤潮が継続しているとみなし、1 回とした。なお、赤潮優占プランクトン種を決定する際、同一赤潮内で地点あるいは期間により第一優占種が異なる場合には、総合的に判断して優占種を決定した。
- ◆ 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 回とした。
- ◆ 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、別個の赤潮とした。

3 調査結果

（1）赤潮の発生状況

ア 赤潮発生回数及び発生日数

平成 21 年度及び過去の月別の赤潮発生回数と日数を表 3 に、赤潮発生回数及び発生日数の経年変化を図 2（表紙色頁）に示す。平成 21 年度の赤潮発生回数は 18 回、発生日数は 86 日であった。20 年度と比べ回数は 2 回増加、日数は 4 日減少した。経年変化を見ると、回数、日数ともに年度により変動が大きく特に傾向は見られなかった。回数、日数が最も多いのは昭和 57 年度の 32 回、124 日で、最も少ないのは平成 4 年度の 12 回、68 日であった。また、昭和 52 年度の測定開始から平成 21 年度までの年度平均発生回数は約 18 回、発生日数は約 90 日であった。

赤潮発生回数及び発生日数の月変化を図 3 に示す。例年の傾向としては、赤潮は 4 月から 10 月にかけて発生し、そのうち特に 5 月～9 月に集中しているが、まれに冬期にも発生することがある。

平成 21 年度の赤潮発生状況の特徴は、次のとおりである。

- ◆ 赤潮発生の期間は 4 月～9 月で、回数日数共にほぼ例年どおりであった（図 2）。
- ◆ 6 月中旬に、渦鞭毛藻類の *Heterocapsa lanceolata* による赤潮が港内の一部に発生し、COD やクロロフィルの最大値を示した（表 4）。その後、*Skeletonema costatum* による赤潮が内湾全体に広がった。

東京地方の降雨量及び気温の月変化を図 4 に、全天日射量及び日照時間の月変化を図 5 に示す。

平成 21 年度は、降雨量の少なかった 7 月も、大きな降雨のあった 8 月も赤潮回数は同様に多い結果となった。

表3 赤潮月別発生状況の経年変化

年度\月	上段 発生回数 下段 発生日数												計
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
21	1 4	3 9	3 19	4 17	4 23	3 13	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 86
20	1 9	3 5	4 20	4 31	2 9	2 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 93
19	0 0	1 16	4 18	3 16	3 26	3 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 2	15 86
18	0 0	3 12	3 17	5 17	3 18	3 9	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 74
17	0 1	4 19	4 19	5 16	5 20	2 6	1 1	1 9	0 0	0 0	0 0	0 0	22 91
16	2 13	3 15	4 21	4 16	3 9	2 12	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 86
15	2 5	6 20	2 18	2 15	3 20	2 7	1 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 87
14	0 0	1 11	3 4	4 29	4 26	2 7	2 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 85
13	1 8	5 23	3 11	3 29	4 17	2 12	0 0	1 2	0 0	0 0	0 0	0 0	19 102
12	5 16	2 25	2 6	4 23	4 26	2 9	0 0	0 0	0 0	0 0	1 10	0 0	20 115
11	2 8	3 22	3 19	5 21	2 19	3 19	1 4	0 0	0 0	0 0	0 0	1 2	20 114
10	1 3	3 18	2 16	5 20	3 21	4 11	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 90
9	1 2	4 16	3 21	3 18	5 23	2 9	1 6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 95
8	3 17	1 12	3 24	5 19	2 19	4 14	1 2	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	20 108
7	1 4	4 21	2 22	2 22	3 29	3 13	2 5	0 0	0 0	0 0	0 0	1 4	18 120
6	1 3	2 14	3 26	2 25	4 22	2 10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 6	15 106
5	0 0	2 6	4 16	1 9	4 17	3 20	0 0	1 12	0 0	0 0	0 0	0 0	15 80
4	1 4	1 5	3 13	3 25	3 12	1 9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	12 68
3	1 3	4 20	3 11	2 24	3 8	1 4	1 4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 74
2	1 3	3 13	3 18	2 21	4 14	2 9	0 0	0 0	1 4	0 0	1 2	0 0	17 84
H1	1 5	2 4	5 14	2 13	3 23	1 10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 69
63	1 10	3 19	4 19	4 15	2 10	1 4	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 78
62	1 5	2 17	3 9	5 16	4 27	2 6	1 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 82
61	0 0	4 19	4 19	6 8	5 17	4 15	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	23 80
60	0 0	4 25	2 21	5 21	4 18	2 10	1 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	18 108
59	2 13	2 14	2 21	2 16	1 12	1 3	1 1	1 5	0 0	0 0	0 0	0 0	12 85
58	0 0	2 15	3 21	2 7	3 13	2 8	3 4	0 0	1 1	1 5	1 1	1 1	19 76
57	2 9	6 28	6 25	6 19	7 23	2 9	3 10	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	32 124
56	1 3	2 15	2 16	5 25	2 13	3 16	1 2	0 0	0 0	1 9	0 0	0 0	17 99
55	1	5	6	3	2	2	1	0	0	0	0	0	20
54	1	3	2	4	2	2	2	0	0	0	0	0	16
53	1	4	4	6	0	0	1	0	0	0	1	0	17
S52	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。昭和55年度までは発生回数のみ記載。

図 3 赤潮発生回数及び発生日数の月変化(平成 21 年度と平均^(※)との比較)

※) 平均とは調査開始年度～当該年度の平均値をいう。

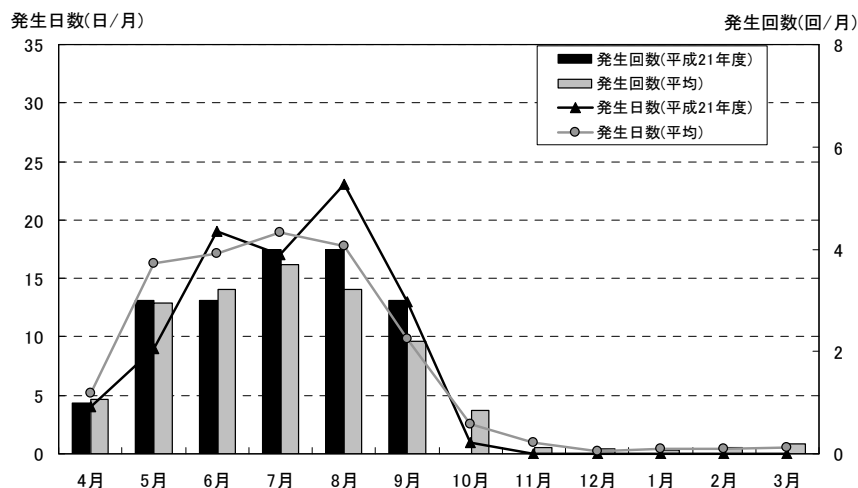


図4 降雨量及び気温の月変化(平成21年度と平年^(※)との比較)

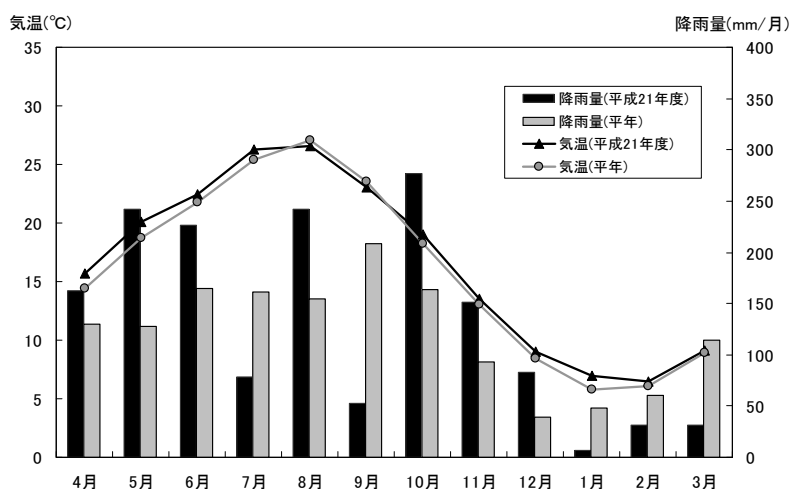
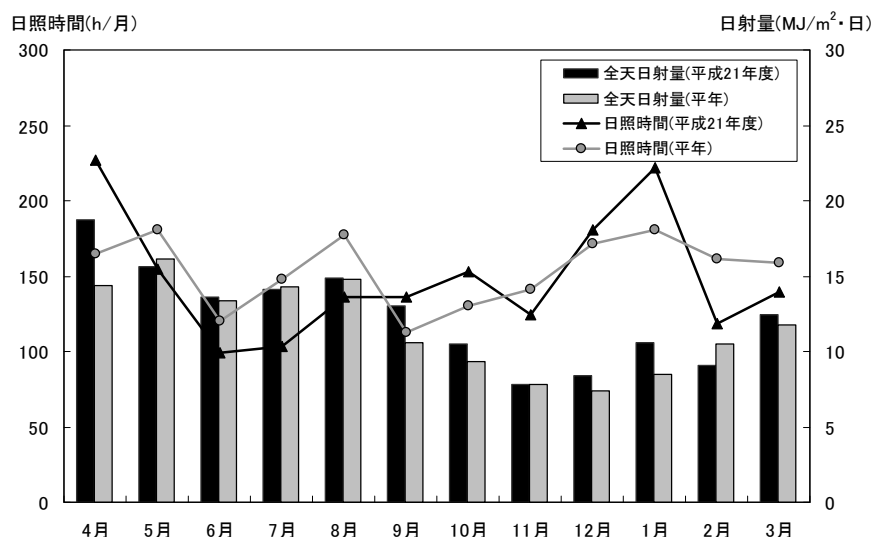


図5 全天日射量及び日照時間の月変化(平成21年度と平年^(※)の比較)

※) 平年とは、昭和 46 年～平成 12 年(1971 年～2000 年)の平均値をいう。

注) 図 4 及び図 5 は、気象庁東京管区気象台の各統計データにより作成した。



イ 各赤潮の発生状況及び特徴

平成 21 年度に発生した赤潮の概要及び特徴は次のとおりである。

優占プランクトンや水質等を表 4 に、各赤潮の発生水域を図 6 に示す。

第 8、9、16 回赤潮については、水質測定調査により把握した赤潮である。

発生水域*及び図 6 は、赤潮が発生していた各期間内で、複数日調査を行っている場合は、最も広範囲で赤潮が広がっていた調査日の状況を示した。色相は、赤潮発生水域内の外観の色である。

各赤潮の発生状況及び特徴は次のとおりである。（特記事項のみ記載）

*発生水域：全 8 地点ある「東京都内湾」の調査地点のうち、港湾区域に位置する St.5、St.6、St.11、St.23、St.25 の 5 地点を特に「東京港内」として区別した。

（第 1 回）

期間：4 月 27 日～5 月 4 日、優占種：*Skeletonema costatum*

水域：東京港内の一部（St.6 から有明埠頭橋、St.25 を中心に）

特徴：有明埠頭橋では透明度 0.9m と著しい赤潮。St.6 では P.minimun が多く見られた。

（第 2 回）

期間：5 月 12 日～5 月 15 日、優占種：*Skeletonema costatum*

水域：東京港内の一部（St.6 のみが赤潮判定であった）

（第 3 回）

期間：5 月 25 日、優占種：*Gymnodinium* sp.

水域：東京都内湾の一部（St.25 を中心とした内湾の一部）

特徴：50 mm の降雨翌日の赤潮発生である。*Skeletonema costatum* も多かったが、St.25 など
で *Gymnodinium* sp が 7,000 細胞と多く見られた。

（第 4 回）

期間：5 月 25 日、優占種：*Skeletonema costatum*

水域：東京港内の一部（有明埠頭橋を中心とする港内）

（第 5 回）

期間：6 月 2 日～6 月 10 日、優占種：*Skeletonema costatum* (*H.akashiwo* も多かった)

水域：東京都内湾の大部分（St.35, St.22, St.23 を中心とする内湾）

（第 6 回）

期間：6 月 15 日～6 月 18 日、優占種：*Heterocapsa lanceolata*

水域：東京港内の一部（St.22, St.35 を中心とする港内）

特徴：COD が 28mg/L と最も高かった。クロロフィルも 488mg/m³ と最も大きかった。

S. costatum Thalassiosiraceae も多かった。St.23 では *H.akashiwo* も見られた。

（第 7 回）

期間：6 月 22 日～6 月 27 日、優占種：*Skeletonema costatum* (Thalassiosiraceae)

水域：東京都内湾全体

特徴：前日に 48 mm 24 日に 31 mm の降雨があった。

（第 8 回）

期間：7 月 3 日、優占種：*Cerataulina dentata*.

水域：東京港内の一部（St.6,St.11,St.5 を中心とした港内）

（第 9 回）

期間：7 月 6 日～7 月 7 日、優占種：*Mesodinium rubrum*

水域：東京都内湾の一部(St.11,St.25,St.5 を中心とした内湾)

（第 10 回）

期間：7 月 17 日～7 月 20 日、優占種：*Heterosigma akashiwo*

水域：東京都内湾の大部分（内湾部沖合い）

（第 11 回）

期間：7 月 22 日～7 月 26 日、優占種：*Skeletonema costatum*(11 万細胞)

水域：東京都内湾の大部分（St.6 を中心とした内湾）

（第 12 回）

期間：7 月 27 日～8 月 6 日、優占種：*Thalassiosiraceae*

水域：東京都内湾の大部分（St.22,St.23,St.25 を中心とした内湾）

（第 13 回）

期間：8 月 13 日～8 月 17 日、優占種：*Skeletonema costatum* (*Thalassiosiraceae*)

水域：東京都内湾の大部分

特徴：透明度が 0.8m と最も小さかった。3 日前に 100 mm を越す降雨のあった後の赤潮発生である。

（第 14 回）

期間：8 月 14 日、優占種：*Prorocentrum minimum*

水域：東京都港内の一部（St.5 を中心とする港内）

特徴：透明度が 0.8m と最も小さかった。4 日前に 100 mm を越す降雨のあった後の赤潮発生である。*Heterosigma akashiwo* も多かった。

（第 15 回）

期間：8 月 17 日～8 月 29 日、優占種：*Thalassiosiraceae*

水域：東京都内湾の大部分

（第 16 回）

期間：9 月 8 日～9 月 11 日、優占種：*Skeletonema costatum* 及び *Thalassiosiraceae*

水域：東京港内全域

特徴：St.6,St.23 では *Heterosigma akashiwo* も 660～800 細胞見られた。

調査機関を通じて、4 月から 6 月にかけては *Skeletonema costatum* による赤潮が多く、7 月 8 月の高温期には *Thalassiosira* spp.と *Thalassiosiraceae*、その後 9 月に入ると再び *Skeletonema costatum* と *Pseudo-nitzschia multistriata* による赤潮が見られた。

表4 赤潮発生時の優占プランクトン及び水質

(平成21年度)

回	発生期間	日数	発生 ① 水域	優占プランクトン ^(注2)	最多細胞 数/細胞 /ml	水質データ ^(注3)						
						COD 最大値 (mg/L)	透明度 最小値 (m)	クロフィル 最大値 (mg/m ³)	DO 最大値 (mg/L)	pH 最大値	水温 (°C)	塩分
1	4月27日 ～ 5月4日	8	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	11,700	8.0	1.3	91.2	15.7	8.7	18	26
2	5月12日 ～ 5月15日	4	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	67,300	10.0	1.2	144	17.4	8.7	19 ～ 20	24 ～ 25
3	5月25日	1	③	<i>Gymnodinium sp.</i>	7,320	6	1.4	65.8	9.4	8.4	20	24
4	5月25日	1	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	24,000	8	1.4	68.0	13.8	8.5	21	25
5	6月2日 ～ 6月10日	9	②	<i>Skeletonema costatum</i>	24,100	16	1	311	14.0	8.5	20	15
6	6月15日 ～ 6月18日	4	⑤	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	45,200	28	0.9	488	14.4	8.8	22	19 ～ 23
7	6月22日 ～ 6月27日	6	①	<i>Skeletonema costatum</i>	54,800	14	1.0	215	19.3	8.8	23 ～ 25	19 ～ 22
8	7月3日	1	⑤	<i>Cerataulina dentata</i>	9,780	6.0	1.5	84.9	11.2	8.3	22	21
9	7月6日 ～ 7月7日	2	③	<i>Mesodinium rubrum</i>	970	7.6	1.5	140	11.4	8.3	23	21 ～ 23
10	7月17日 ～ 7月20日	4	②	<i>Heterosigma akashiwo</i>	11,200	7.0	1.0	119	9.0	8.5	25 ～ 26	21 ～ 26
11	7月22日 ～ 7月26日	5	②	<i>Skeletonema costatum</i>	114,000	6.1	1.5	50.1	3.9	8.1	25	24
12	7月27日 ～ 8月6日	11	②	Thalassiosiraceae	28,000	10.0	1.0	142	11.3	8.7	26 ～ 27	17 ～ 25
13	8月13日 ～ 8月17日	5	②	<i>Skeletonema costatum</i>	76,500	10	0.8	204	16.5	9.0	26 ～ 28	14 ～ 19
14	8月14日	1	⑤	<i>Prorocentrum minimum</i>	12,800	13	0.8	173	7.8	8.3	26	17
15	8月17日 ～ 8月29日	13	②	Thalassiosiraceae	46,600	6.6	1.2	48.5	7.6	7.9	26 ～ 27	21
16	9月8日 ～ 9月11日	4	④	<i>Skeletonema costatum</i> Thalassiosiraceae	11,900	5.3	1.4	53.9	9.2	8.2	24	22
17	9月17日 ～ 9月18日	2	②	<i>Skeletonema costatum</i>	21,200	6.3	1.3	86.7	11.9	7.8	22	27
18	9月24日 ～ 10月1日	8	②	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> <i>Skeletonema costatum</i>	5,930	6.3	1.3	64.6	12.1	8.2	22 ～ 23	26

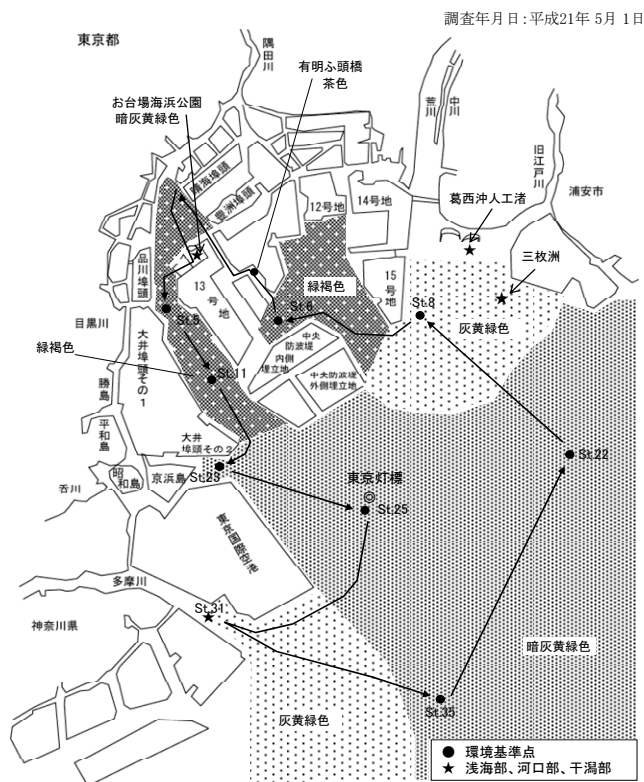
(注1) 発生水域は次の記号で表示した。①: 東京都内湾全体 ②: 東京都内湾の大部分 ③: 東京都内湾の一部 ④: 東京湾内全域 ⑤: 東京港内の一部

(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。

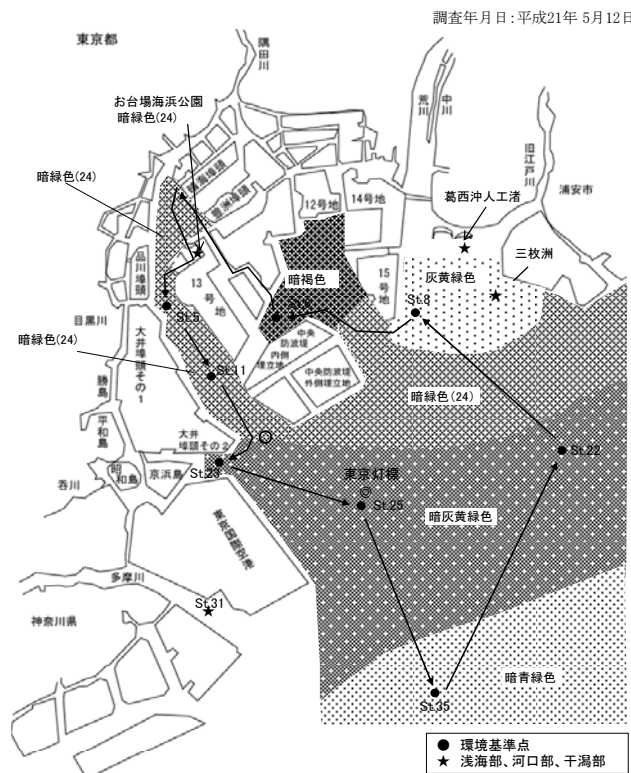
(注3) 赤潮有りと判断された地点のみのデータを使用した。

(注4) 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。

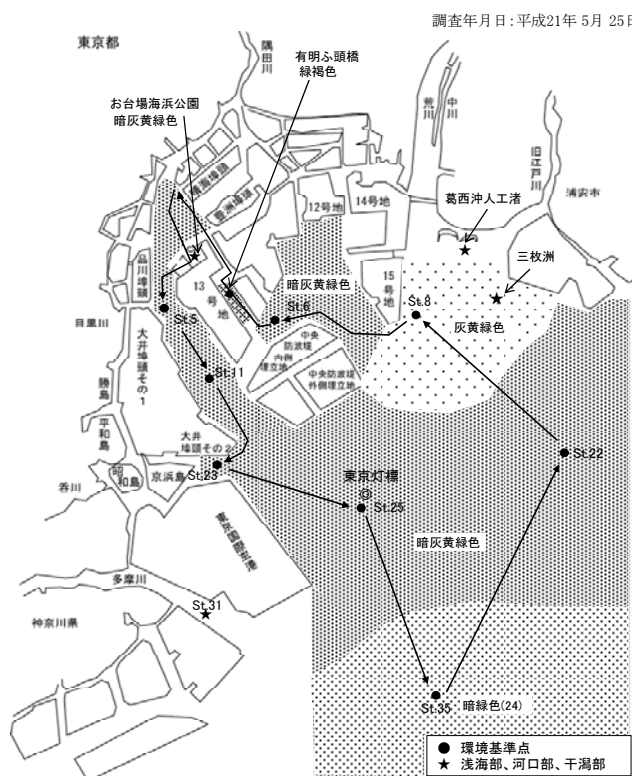
発生日数 ^(注4)	86
----------------------	----



第1回(*Skeletonema costatum*) 5月1日

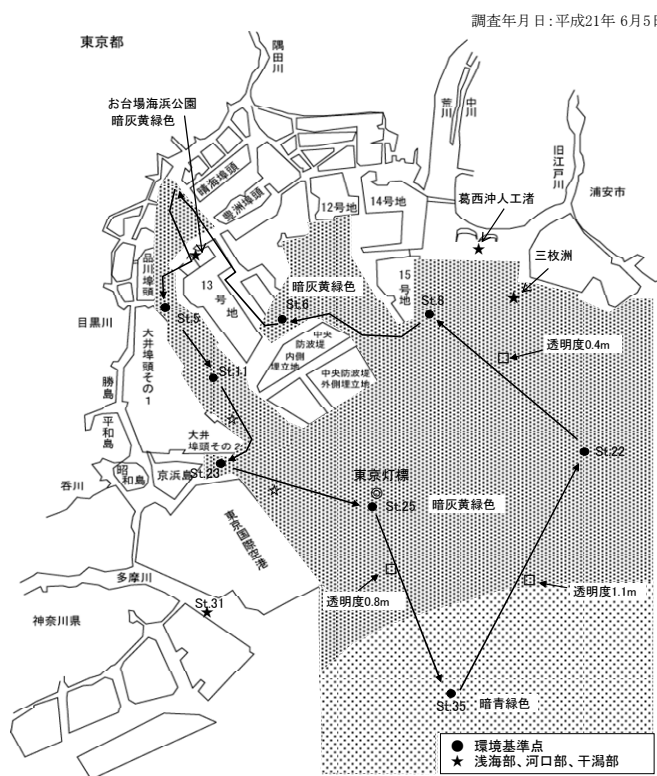


第2回(*Skeletonema costatum*) 5月12日



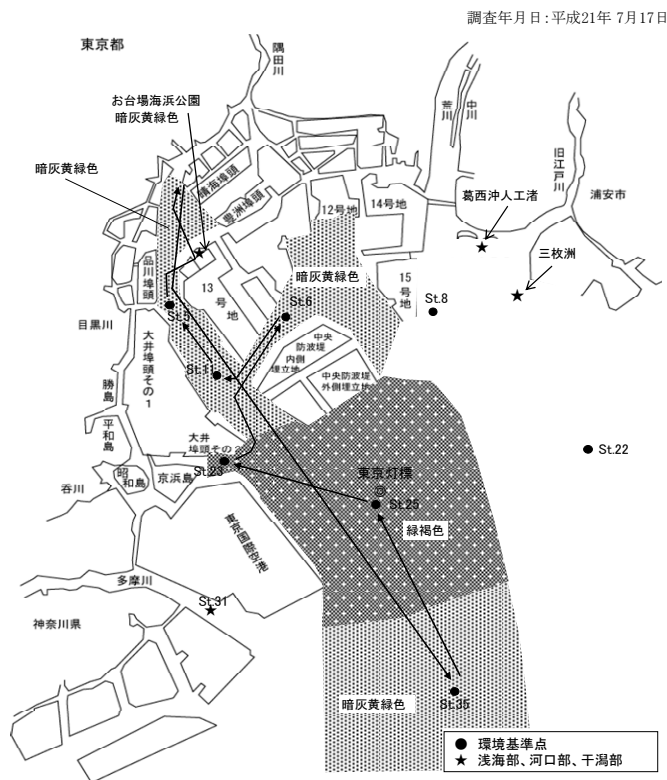
第3回(*Gymnodium* sp.) 5月25日

第4回(*Skeletonema costatum*) 5月25日

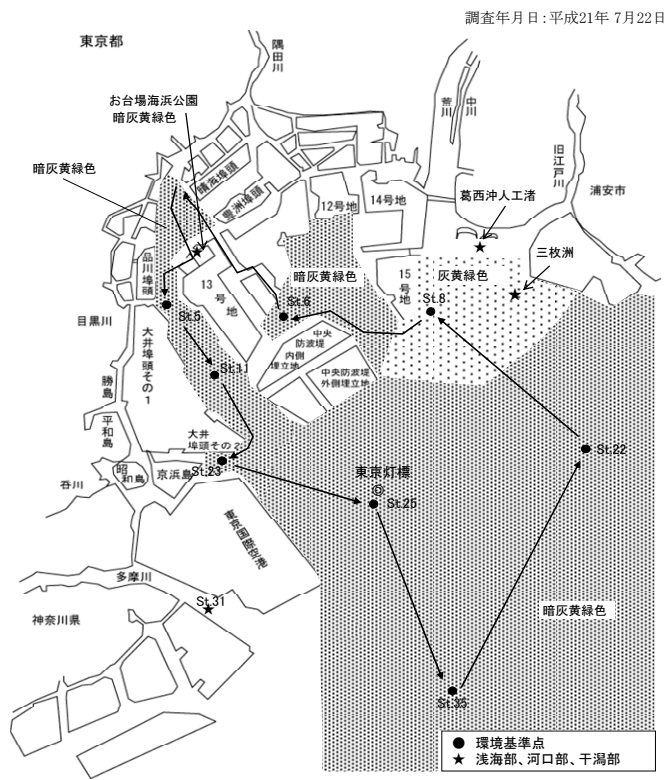


第5回(*Skeletonema costatum*) 6月5日

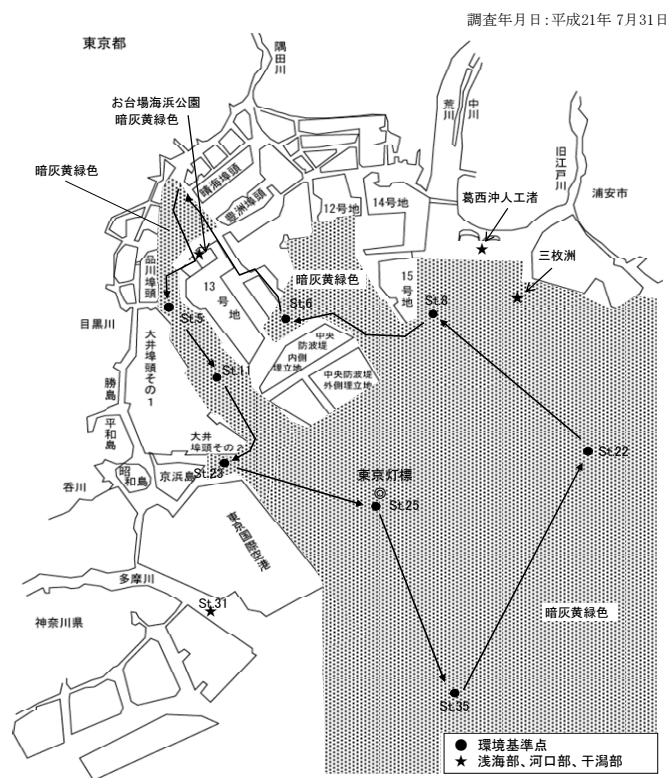
図6 赤潮の発生水域①



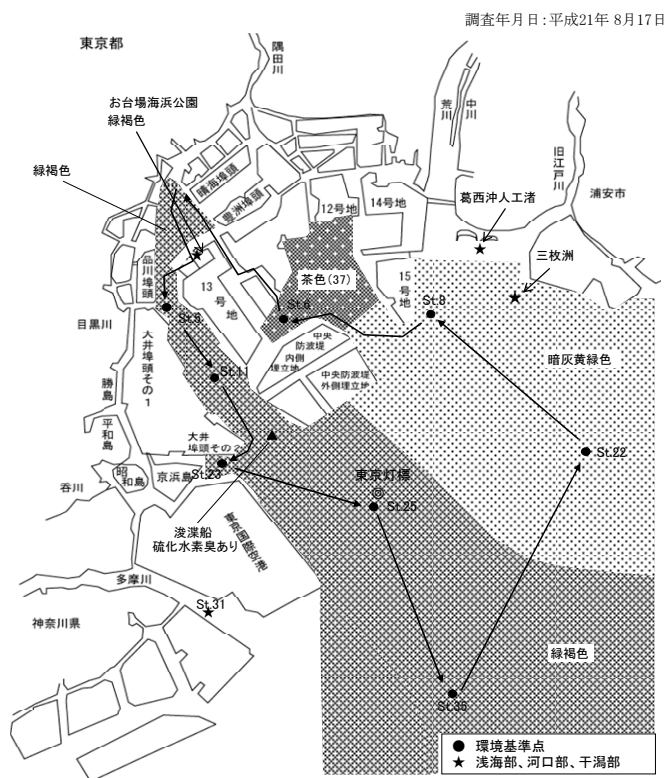
第10回 (*Heterosigma akashiwo*) 7月17日



第11回 (*Skeletonema costatum*) 7月22日

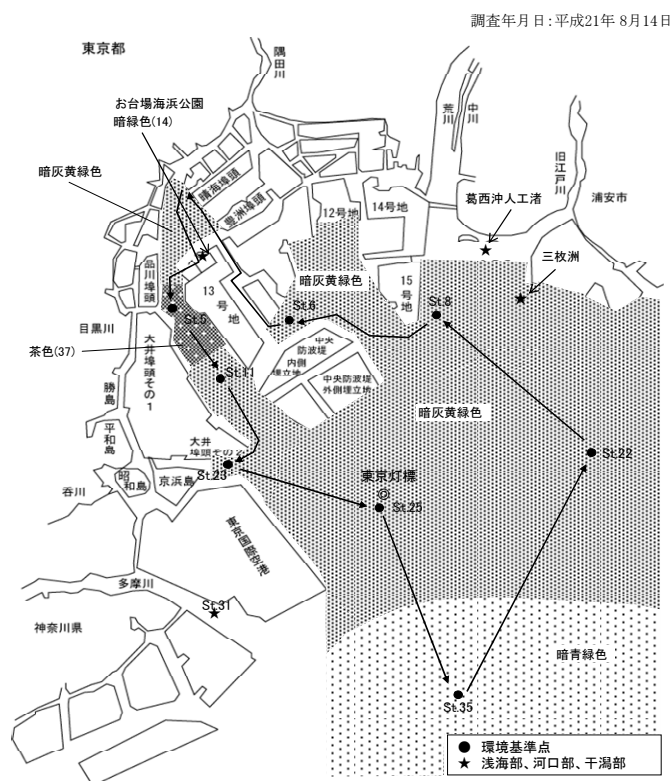


第12回 (*Thalassiosiraceae*) 7月31日

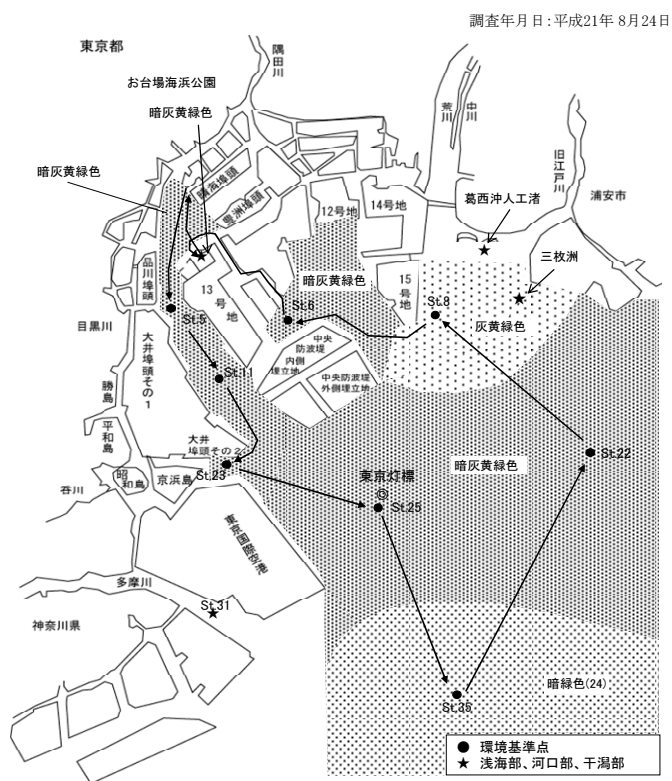


第13回 (*Skeletonema costatum*) 8月17日

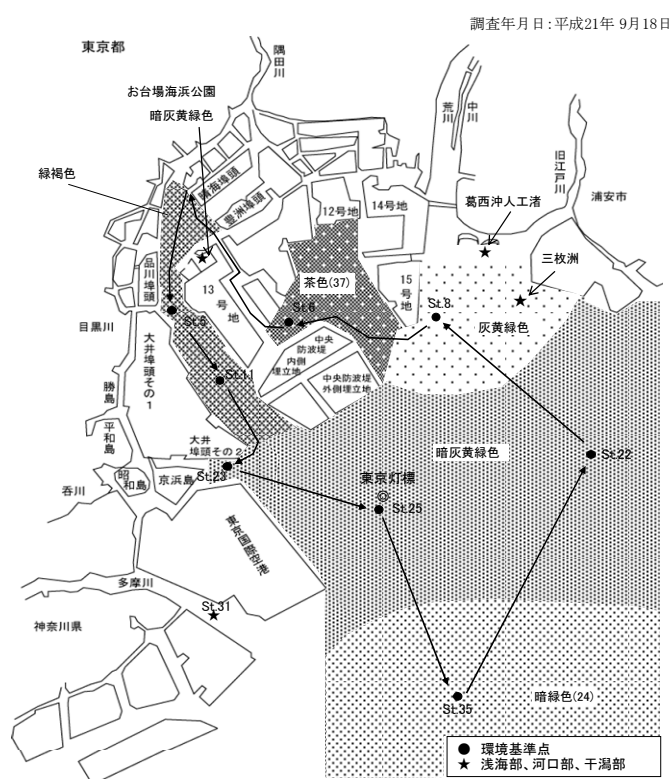
図6 赤潮の発生水域③



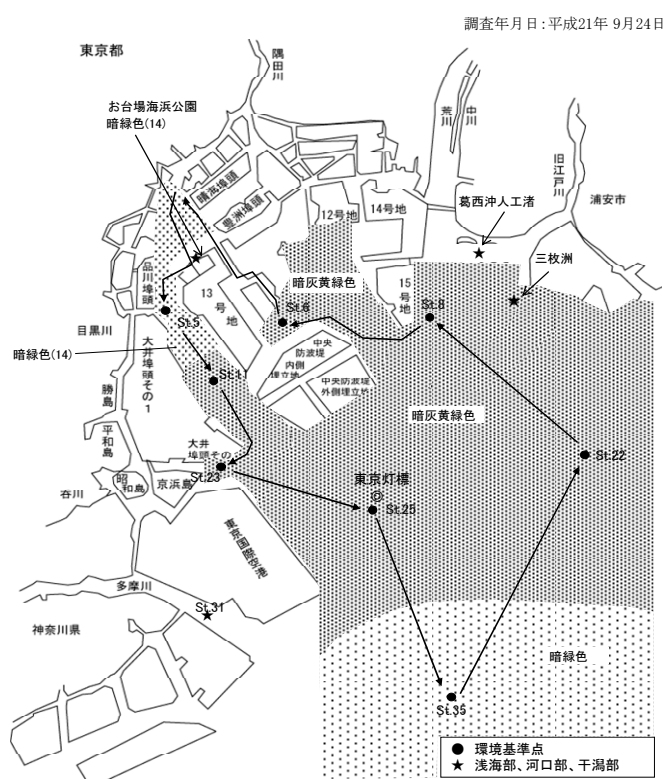
第14回 (*Prorocentrum minimum*) 8月14日



第15回 (*Thalassiosiraceae*) 8月24日



第17回 (*Skeletonema costatum*) 9月18日



第18回 (*Pseudo-nitzschia multistriata multistriata*
Skeletonema costatum) 9月24日

図6 赤潮の発生水域④

ウ 赤潮の発生水域及び継続日数

表 5 に赤潮発生期間別発生回数の経年変化を示す。

平成 21 年度は、発生した赤潮の 67%（12 回）が継続日数 5 日間以内であり、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った。一方、発生日数が最長の赤潮は、7 月 27 日から 8 月 6 日まで発生した第 12 回赤潮と、8 月 17 日から 8 月 29 日まで発生した第 15 回赤潮で、期間は各々 11 日間、13 日間であった。

表 6 に調査日における調査地点別の赤潮発生状況、表 7 に赤潮発生水域規模の経年変化、図 7 に平成 21 年度における優占プランクトン別赤潮発生時期と規模を示す。

地点別の赤潮発生状況は、平成 21 年度に赤潮を確認した日が最も多かったのは、東京港内でも特に閉鎖性の強い水域にある St.6 で、最も少なかったのは荒川河川水の影響を強く受ける St.8 であり、平成 20 年度と同様であった。

発生水域の規模でみると、平成 21 年度は、平成 20 年度に引き続き東京都内湾全体に広がった赤潮（第 7 回）が観測された。また、東京都内湾の大部分に広がった赤潮は 8 回と、平成 20 年度より多かった。加えて、東京都内湾の一部に広がった赤潮は 2 回であり、東京港内を越えて東京都内湾に広がった赤潮の回数を合計すると、11 回となり、全赤潮発生回数の 61%であった。これは、平成 13 年度から平成 18 年度の 50～75%と比較すると、過去 2 年の高さより戻った。

プランクトン種別で赤潮の発生時期及び規模を見ると、5 月下旬に渦鞭毛藻類である *Gymnodinium sp.*による中規模の赤潮が、6 月中旬に *Herocapsa lanceolata* による小規模の赤潮が発生し、7 月上旬に繊毛虫の *Mesodinium rubrum* による中規模の赤潮、中旬にラフィド藻類の *Heterosigma akashiwo* の中規模の赤潮、8 月中旬には渦鞭毛藻類の *Prorocentrum minimum* による小規模の赤潮が発生したほかは、規模、期間ともに *Skeletonema costatum* や *Thalassiosira sp.* 等の珪藻類による赤潮が卓越していた。

表5 赤潮発生期間別発生回数の経年変化

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

表6 調査日における調査地点別の赤潮発生状況①

(平成21年度)

番号	調査日	曜日	調査区分	台場	St. 5	St. 6	St. 8	St. 11	St. 22	St. 23	St. 25	St. 35	備考	日数
①	4月13日	月	内湾	×	×	×	×	×	—	—	—	—		
	4月15日												14日38mm、15日10mmの降雨のため、調査延期	
	4月20日	月	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×		
	4月21日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21日31mmの降雨	
	4月23日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(埋立管理事務所) 前面 赤潮らしいとの写真	
	4月24日	木	赤潮	△	△	×	△	△	△	△	△	△		
	4月25日												61mmの降雨	
	4月27日	月	生物	○	△	△	△	△	△	△	△	△		
②	5月1日	金	生物	△	○	●	△	○	△	△	○	△	St. 6 <i>Prorocentrum minimum</i> 、近くの有明埠頭橋がもっと濃厚、St. 22からSt. 8に向かう航路でも所々赤色	8
	5月5日												5日14mm、6日19mm、7日8mm、8日13mmの降雨	
	5月12日	火	運河	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
	5月12日	火	赤潮	△	△	●	△	△	△	△	△	△	<i>Skeletonema costatum</i>	
③④	5月13日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		4
	5月15日	金	赤潮	△	△	●	△	△	△	△	△	△	<i>Skeletonema costatum</i>	
	5月19日	火	内湾	—	—	—	—	—	—	×	×	×		
	5月20日	水	内湾	—	×	×	×	×	×	—	—	—	日中気温25℃超える	
⑤	5月21日												目黒川茶褐色、立会川濁る(品川区)	
	5月24日	日											48mmの降雨あり	
	5月25日	月	赤潮	△	△	×	△	△	△	△	●	△	St. 25はGymnodium、St. 6近くの有明埠頭橋が <i>Skeletonema costatum</i> 赤潮	2
	5月29日												28日39mm、29日63mmの2日間で100mmの降雨あり	
⑥	6月2日	火	赤潮	△	△	●	△	△	△	△	△	●	両地点とも <i>Skeletonema costatum</i> だが、St. 35では <i>Heterosigma akashiwo</i> も多い	
	6月5日	金	赤潮	●	△	○	△	○	●	●	○	△	数の上では3地点とも <i>Skeletonema costatum</i> が多い、しかし <i>Heterosigma akashiwo</i> も多く散見され、係数を乗ずると後者の赤潮となる	
	6月9日	火	内湾	—	—	—	—	—	×	●	●	×	数の上では2地点とも <i>Skeletonema costatum</i> が多い、しかし <i>Heterosigma akashiwo</i> も多く散見され、係数を乗ずると後者の赤潮となる。 <i>Prorocentrum triestium</i> も多い。	9
	6月10日	水	内湾	—	×	●	×	●	—	—	—	—	数の上では2地点とも <i>Skeletonema costatum</i> が多い、しかし <i>Heterosigma akashiwo</i> も多く散見され、係数を乗ずると後者の赤潮となる。	
⑦	6月15日	火	赤潮	△	△	●	△	△	△	●	△	△	<i>Heterocapsa lanceolata</i> と <i>Thalassiosiraceae</i> がほぼ同数。係数8を乗じると前者の赤潮となる。	
	6月16日												14日20ミリ、15日33ミリ、16日21ミリの降雨あり。	4
	6月18日	木	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	6月18日	木	赤潮	△	△	●	△	○	△	●	×	△	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	
	6月19日	金	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

表6 調査日における調査地点別の赤潮発生状況②

番号	調査日	曜日	調査区分	台場	St. 5	St. 6	St. 8	St. 11	St. 22	St. 23	St. 25	St. 35	備考	日数
	6月21日												21日48mm、24日31ミリの降雨あり	
⑦	6月22日	月	赤潮	△	△	△	△	△	●	△	△	●	<i>Skeletonema costatum</i> と <i>Thalassiosiraceae</i> 。係数を乗じると前者。	6
	6月26日	金	赤潮	△	△	●	△	△	●	△	●	●	<i>Skeletonema costatum</i>	
	6月28日												28日17ミリ、2. 5、10. 5. 5, 7, 1. 5, 9ミリと断続的な降雨が続く	
	7月1日	水	内湾	—	—	—	×	—	—	—	—	×	St. 1, 4, 14, 20, 26, 30 (荒川コース)	
	7月2日	木	内湾	—	—	—	—	—	×	—	—	—	St. 9, 10, 16, 15, 21, 27(浦安コース)	
⑧	7月3日	金	内湾	—	—	●	—	—	—	—	—	—	St. 3, 7, 12, 34, 33, 32, 31(多摩川コース) <i>Cerataulina dentata</i>	1
⑨	7月6日	月	内湾	—	×	—	—	●	—	×	●	—	St. 2, 29, 24, 18, 23(隅田川コース) <i>Skeletonema costatum</i> 、 <i>Thalassiosiraceae</i> St. 11及びSt. 25は <i>Mesodinium rubrum</i> が多い	2
	7月10日	金	赤潮	×	—	×	—	—	—	—	—	—	強風のため2地点のみ	
	7月14日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	砂町コース	
	7月15日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	芝浦コース	
⑩	7月17日	金	赤潮	○	○	○	—	○	—	○	●	●	<i>Heterosigma akashiwo</i>	4
⑪	7月22日	水	赤潮	△	△	●	△	△	△	△	△	△	<i>Skeletonema costatum</i>	5
	7月27日	月	赤潮	△	△	●	—	△	—	△	△	—	<i>Thalassiosiraceae</i>	
⑫	7月31日	金	赤潮	○	○	●	○	●	●	○	○	×	<i>Thalassiosira</i> spp.	11
	8月4日	火	内湾	—	—	—	—	—	—	●	●	×	<i>Thalassiosira</i> spp.	
	8月5日	水	内湾	×	×	×	×	×	●	—	—	—	<i>Thalassiosira</i> spp.	
	8月10日	月	赤潮	—	—	—	—	—	—	—	—	—	降雨のため中止 降雨量111ミリ	
⑬⑭	8月14日	金	赤潮	△	●	●	○	△	●	△	○	△	St. 5: <i>Prorocentrum minimum</i> , St. 22: <i>Skeletonema costatum</i> , 他に <i>Coscinodiscus</i> 出現	5+1
	8月17日	月	赤潮	○	○	●	○	○	○	●	○	○	St. 6: <i>Skeletonema costatum</i> , St. 23: <i>Thalassiosiraceae</i>	
⑮	8月18日	火	運河	—	○	—	—	○	—	○	—	—		13
	8月19日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	8月20日	木	生物	—	—	○	—	—	—	—	—	—		
	8月24日	月	赤潮	○	×	×	△	○	△	○	△	△	<i>Thalassiosiraceae</i>	
	8月28日	金	赤潮	○	○	●	—	●	—	○	△	—	<i>Thalassiosiraceae</i>	
	8月31日												30日16ミリ、31日80ミリの降雨あり	
	9月3日	木	赤潮	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
⑯	9月8日	火	内湾	○	×	●	×	×	—	—	—	—	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Thalassiosiraceae</i>	4
	9月9日	水	内湾	—	—	—	—	—	×	●	×	×	<i>Skeletonema costatum</i>	
													12日38ミリの降雨あり	

表6 調査日における調査地点別の赤潮発生状況③

番号	調査日	曜日	調査区分	台場	St. 5	St. 6	St. 8	St. 11	St. 22	St. 23	St. 25	St. 35	備考	日数
	9月15日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	9月16日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
⑰	9月18日	金	赤潮	●	●	●	△	○	○	○	●	△	<i>Skeletonema costatum</i>	2
⑱	9月24日	木	赤潮	△	△	●	○	△	×	○	○	△	<i>Skeletonema costatum, Pseudo-nitzschia multistriata</i>	8
	9月30日	水	赤潮	△	△	●	△	△	△	△	△	△	<i>Skeletonema costatum, Pseudo-nitzschia multistriata</i>	
	10月8日												8日127ミリの降雨あり	
	10月9日	金	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	底質調査	
	10月13日	火	内湾	—	△	—	—	△	△	△	△	△	底質調査	
	10月14日	水	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×		
	10月15日	木	内湾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	底質調査	
	10月16日	金	内湾	—	×	×	×	×	—	—	—	—		
	10月21日	水	赤潮	△	△	×	△	△	×	△	×	△		
	10月26日												26日59ミリの降雨有	
	11月11日												11日85ミリの降雨あり	
	11月17日	火	内湾	×	×	×	×	×	—	—	—	—		
	11月18日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	11月19日	木	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×		
	11月20日	金	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	12月1日	火	内湾	×	—	—	—	—	×	×	×	×		
	12月2日	水	内湾	—	×	×	×	×	—	—	—	—		
	12月16日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	12月17日	木	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	1月12日	火	内湾	—	—	—	×	—	—	—	—	×		
	1月13日	水	内湾	—	×	—	—	—	—	—	—	—		
	1月14日	木	内湾	×	—	—	—	×	—	×	×	—		
	1月15日	金	内湾	—	—	×	—	—	×	—	—	—		
	2月3日	水	内湾	—	—	—	—	—	—	×	×	×		
	2月4日	木	内湾	×	×	×	×	×	×	—	—	—		
	2月9日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	2月10日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3月3日	水	内湾	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3月4日	木	内湾	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3月11日	木	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	3月12日	金	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
調査回数				34	39	39	34	39	35	39	38	36		83
赤潮発生延べ回数				9	8	22	4	12	8	14	13	5		
確率				26	21	56	12	31	23	36	34	14		

※ 調査区分が”内湾”となっているものは、「水質測定調査」のうち、内湾調査。
 調査区分が”運河”となっているものは、「水質測定調査」のうち、運河調査。
 調査区分が”空白”となっているものは、「東京湾調査」。
 調査区分が”生物”となっているものは、「東京湾調査」のうちの、底生生物調査。

※ 記号について

- 採水分析の結果、『赤潮』とされたもの。
- 採水分析しないが、『赤潮』と判断されたもの。
- ×
- △ 採水分析しないが、『赤潮』ではないと判断されたもの。
- 未調査。

表7 赤潮発生水域規模の経年変化

発生水域		発生回数																													
		S 55 年度	56 年度	57 年度	58 年度	59 年度	60 年度	61 年度	62 年度	63 年度	H 1 年度	2 年度	3 年度	4 年度	5 年度	6 年度	7 年度	8 年度	9 年度	10 年度	11 年度	12 年度	13 年度	14 年度	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度	20 年度	21 年度
東京都内湾	全体	4	4	3	3	4	2	2	3	4	2	4	1	2	1	6	5	4	1	1	2	3	2	1	1	0	0	3	1	2	2
	大部分	7	5	8	9	2	2	4	4	7	11	5	7	6	5	4	4	5	12	4	6	3	4	5	5	7	6	3	5	4	6
	一部	4	4	11	4	5	6	12	10	5	1	6	5	1	6	5	8	6	4	10	9	11	8	6	7	4	5	7	7	8	3
東京港内	全体	1	3	3	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	0	2	6	0	0	1	1
	一部	4	1	7	1	0	6	3	0	0	0	2	2	3	3	0	1	4	1	4	2	2	3	3	5	5	5	5	2	1	4
計		20	17	32	19	12	18	23	18	16	14	17	15	12	15	15	18	20	19	19	20	20	19	16	18	18	22	18	15	16	16

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>Thalassiosiraceae</i>												
<i>Cerataulina dentata</i>												
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>												
<i>Heterosigma akashiwo</i>												
<i>Prorocentrum minimum</i>												
<i>Gymnodinium sp.</i>												
<i>Heterocapsa lanceolata</i>												
<i>Mesodinium rubrum</i>												

【凡例】 網掛けの高さは下記のような規模を示し、幅はおおよそその期間を示す。

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												

図7 優占プランクトン別赤潮発生時期と規模(平成21年度)

エ 赤潮時優占プランクトンの出現状況

優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化を図 8（表紙色頁）及び表 8 に示す（各プランクトンの綱と種名の関係は表 8 を参照のこと）。

平成 21 年度に発生した赤潮の第一優占種は、植物プランクトンが 9 種であった。*Skeletonema costatum*（珪藻類）が第一優占種となった回数が最も多く 10 回であった。続いて、*Thalassiosira* spp.（珪藻類）*Thalassiosiraceae*（珪藻類）で 3 回、*Cerataulina dentata*（珪藻類）、*Pseudo-nitzschia multistriata*（珪藻類）、*Heterosigma akashiwo*（ラフィド藻類）、*Prorocentrum minimum*（渦鞭毛藻類）、*Gymnodiniales*（渦鞭毛藻類）、*Heterocapsa lanceolata*、*Mesodinium rubrum*（絨毛虫）が各 1 回であり、珪藻類が第一優占種となる割合は 75%（延 20 回中 15 回）であった。なお、珪藻類が第一優占種となる割合が 50%以上である傾向は、昭和 62 年頃から継続している。

Heterosigma akashiwo（ラフィド藻類）は、昭和 53 年度及び平成 15、18 年度を除き毎年赤潮の主要な優占種として確認されてきたが、近年は 1、2 回程度と減少している。

また、平成 11 年度頃から渦鞭毛藻類の割合が増加している。平成 21 年度は 15%を占めた。

オ 水質とプランクトンとの関係

1) 透明度

透明度は、動植物プランクトンや砂分など水中の懸濁物量によって変化する水の概観を表す指標となりうる。懸濁物のひとつである植物プランクトンの総細胞数と透明度、および植物プランクトンを含む採水試料の沈殿量と透明度の関係を図 7-1 に示した。

透明度は、植物プランクトンの細胞数やプランクトンを含む懸濁物沈殿量の増加にともない値が低下する傾向を示した。また、細胞数と沈殿量いずれの場合においても、値が小さいときは透明度の変化する割合は大きく、値が大きいほど透明度の変化する割合は小さくなる指数曲線の関係を示した。本調査では透明度 1.5m 以下の場合を赤潮状態として判別しており、近似曲線の数式から求められた透明度 1.5m の時の細胞数及び沈殿量の値はそれぞれ 12136×10^6 細胞/ m^3 、430ml/ m^3 であった。

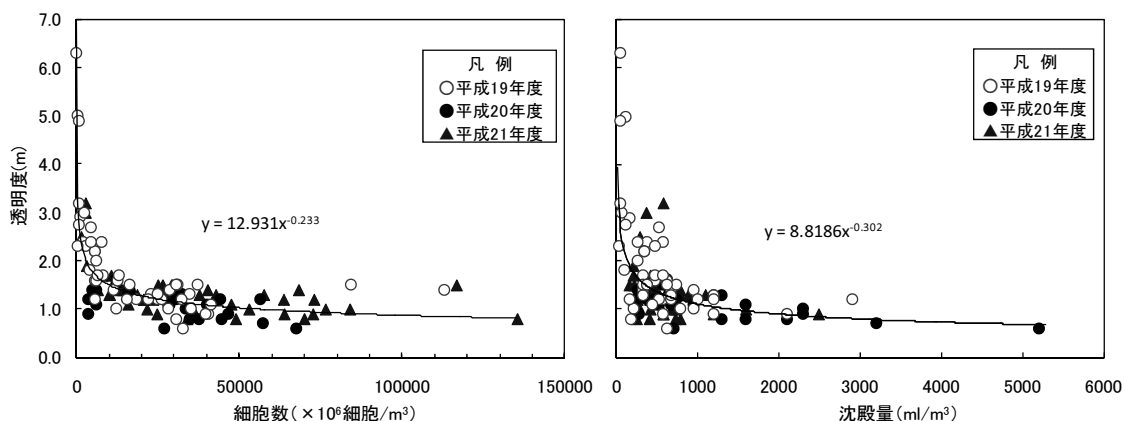


図7-1 植物プランクトン総細胞数と透明度(左)、および沈殿量と透明度(右)の関係

表 8 優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化①

赤潮プランクトンの種類\年度		S52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	H1	2	3	4	5
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	4	8	6	3	5	5	10	4	5	6	5	8	7	10	8	6	8
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		1		3	1	2		1		1	1		1	1	1		
	Thalassiosiraceae											2		2	1			
	<i>Thalassiosira binata</i>																	
	<i>Cyclotella</i> sp.(spp.)																	
	<i>Minidiscus comicus</i>				1													
	<i>Leptocylindrus minimus</i>											1						
	<i>Leptocylindrus danicus</i>										1							
	<i>Coscinodiscus granii</i>									1								
	<i>Coscinodiscus</i> sp.		1															
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>								1	1							1	
	<i>Chaetoceros sociale</i>																	
	<i>Chaetoceros cf. 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 dentata</i>																	
	<i>Cerataulina pelagica</i>											1	1					
	<i>Nitzschia pungens</i>															1		
	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>																	
	種不明珪藻					1	1											
ラフィド藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	1		2	2	3	5	5	1	3	5	5	4	2	1	2	3	1
	<i>Fibrocapsa japonica</i>																	
黄色鞭毛藻	<i>Distephanus speculum</i>														1			
渦鞭毛藻	<i>Gyrodinium instratum</i>																	
	<i>Prorocentrum minimum</i>		2	3	1	2	3		1	1						1		
	<i>Prorocentrum dentatum</i>								1									
	<i>Prorocentrum triestinum</i>				2	2	1	1		1		1			1			
	<i>Prorocentrum micans</i>	1	3															
	<i>Prorocentrum</i> sp.										1							
	Gymnodiniales																	
	<i>Ceratium furca</i>																	
	<i>Heterocapsa triquetra</i>																	
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>																	
	<i>Noctiluca scintillans</i>	2					1	1										1
緑藻	Chlamydomonadaceae						1										1	
クリプト藻	Cryptomonadaceae						1		2	1	2	1		1				5
ハプト藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>																	
	Haptophyceae																	
ブラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.						2		1					1	1			
ミドリムシ藻	Euglenophyceae	4	1		2	1	2			1								
	Eutreptiaceae																	
不明微細鞭毛藻		1	1	3	4	2	4	2		3	6		1		1			
繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		1	1		3			1						1		
	種不明			1														
合計		14	17	16	20	17	32	19	12	18	23	18	16	14	17	15	12	15

(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。

表 8 優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化②

赤潮プランクトンの種類\年度		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	6	6	9	8	8	8	9	6	3	7	5	4	4	3	8	10
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)			3		2	3	4		3	3	4	4	2	3	1	
	Thalassiosiraceae	3	1		4	1			3	1			1	1		1	3
	<i>Tharassiosira binata</i>														1		
	<i>Cyclotella</i> sp.(spp.)	1		1				1						1			
	<i>Minidiscus comicus</i>																
	<i>Leptocylindrus minimus</i>																
	<i>Leptocylindrus danicus</i>						1										
	<i>Coscinodiscus granii</i>																
	<i>Coscinodiscus</i> sp.																
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>																
	<i>Chaetoceros sociale</i>		1						1								
	<i>Chaetoceros cf. salsugineum</i>														1	1	
	<i>Chaetoceros</i> spp.									1							
	<i>Lithodesmium variable</i>																
	<i>Eucampia zodiacus</i>												2	1			
	<i>Cylindrotheca closterium</i>					1								1			
	<i>Cerataulina dentata</i>													1			1
	<i>Cerataulina pelagica</i>																
	<i>Nitzschia pungens</i>																
	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>								1	1	2		2	2			1
	種不明珪藻																
ラフィド藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	2	3	4	3	3	4	1	1	1		2	2		2	1	1
	<i>Fibrocapsa japonica</i>									1	1	1					
黄色鞭毛藻	<i>Distephanus speculum</i>																
渦鞭毛藻	<i>Gyrodinium instratum</i>								1								
	<i>Prorocentrum minimum</i>		1				1						1	3			1
	<i>Prorocentrum dentatum</i>																
	<i>Prorocentrum triestinum</i>				1										1	1	
	<i>Prorocentrum micans</i>														1		
	<i>Prorocentrum</i> sp.																
	Gymnodiniales						1										1
	<i>Ceratium furca</i>											2				2	
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	1															
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>											1	1		1		1
	<i>Noctiluca scintillans</i>	1					2	4	1		3	1	1			1	
緑藻	Chlamydomonadaceae																
クリプト藻	Cryptomonadaceae		1	2	2	2				3		1	1	1			
ハプト藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>		1														
	Haptophyceae		1														
プラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.																
ミドリムシ藻	Euglenophyceae																
	Eutreptiaceae					1											
不明微細鞭毛藻			3			1		1	1	1	1						
絨毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		1	1				4	1	4	2	3	1	1		1
種不明															1		
合計		15	18	20	19	19	20	20	19	16	18	18	22	18	15	16	20

(注) 21年度は混合赤潮が2回のため、種の総数が20となっている。

2) 栄養塩類

植物プランクトンの増加には栄養塩類が必要であり、植物プランクトンが大きく増加した場合、周辺の栄養塩を消費する可能性がある。そこで栄養塩類としてT-N(全窒素)およびT-P(全リン)に注目し、平成21年度のデータを用いて植物プランクトン細胞数とそれらの関係を図7-2に示した。

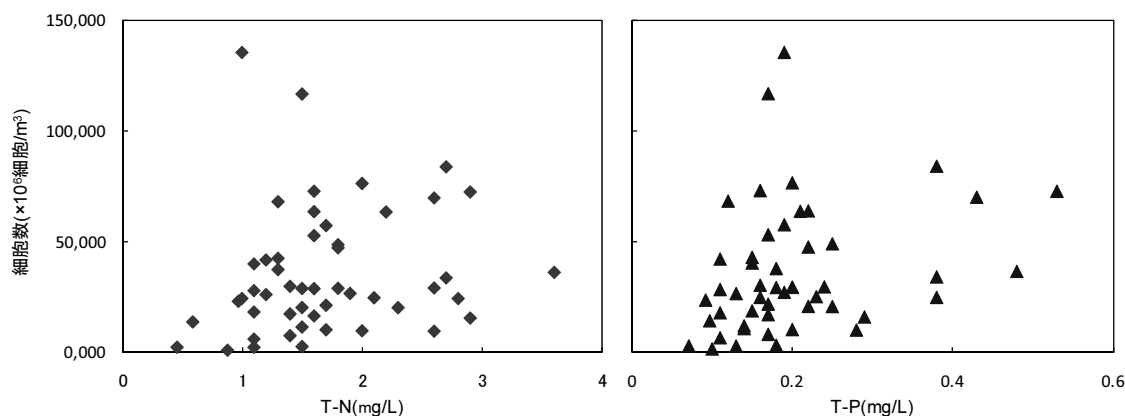


図7-2 植物プランクトン細胞数と栄養塩類(左:全窒素、右:全リン)

総細胞数とT-NおよびT-Pの間に明確な傾向は認められなかった。総細胞数はプランクトンのサイズや細胞内に含まれる物質の量を測定していないため、植物プランクトンの現存量を表すとは限らない。次に、植物プランクトン現存量の指標のひとつであるクロロフィルaとフェオフィチン濃度の合計値(Chl+Phaeo)と栄養塩の関係を図7-3に示した。

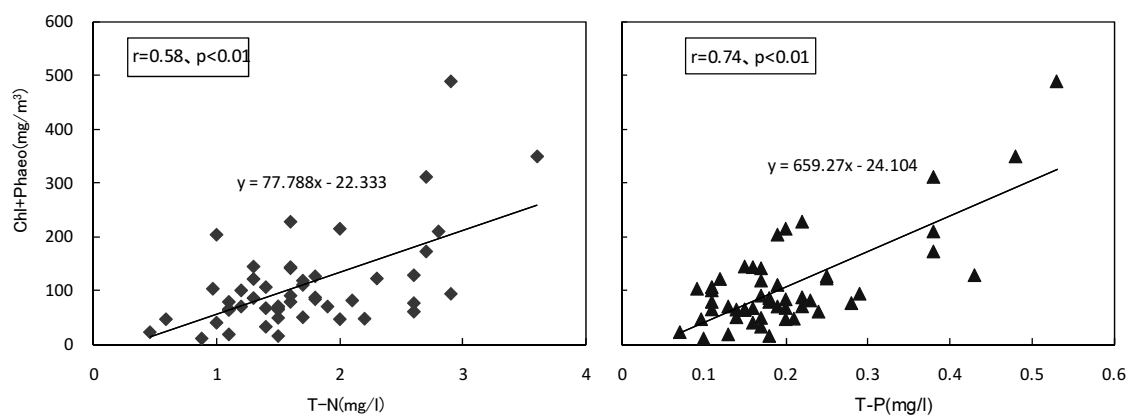


図7-3 クロロフィルa+フェオフィチン濃度と栄養塩類(左:T-N、右:T-P)

T-Nとクロロフィルa+フェオフィチンの合計値の間には相関関係が認められた($r=0.58$, $p<0.01$)。また、T-Pとクロロフィルa+フェオフィチンの合計値の間には強い相関関係が認められた($r=0.74$, $p<0.01$)。これらの結果から、栄養塩類の増加は植物プランクトンの増殖に寄与しており、T-NよりもT-Pの値がより強く影響を与えているものと考えられた。

3) 主要植物プランクトンと環境要因

平成19年度から平成21年度に比較的高い頻度で出現した主要な植物プランクトンとして、珪藻類では *Skeletonema costatum*、*Thalassiosira* spp、*Thalassiosiraceae*、渦鞭毛藻類では *Prorocentrum minimum*、*Heterocapsa lanceolata*、ラフィド藻類では *Heterosigma akashiwo*、クリプト藻類では *Cryptomonadaceae*、さらに原

生動物の繊毛虫類に分類される *Mesodinium rubrum* の 8 種に注目し、細胞数と水温及び塩分の関係について検討した。細胞数は、それぞれの種が植物・動物プランクトン全体の上位 5 種以内に含まれたときのデータのみを利用した。

3)-1 主要植物プランクトン細胞数と水温

主要植物プランクトン細胞数と水温の関係を図 7-4 に示した。平均細胞数の 3 倍以上出現した場合を「多く出現した」として以下に表現した。

S. costatum は水温約 17～31℃で認められ、細胞数は約 19～28℃で多かった。

T. spp. は水温約 22～31℃で認められ、細胞数は約 29℃で最も多かった。

Thalassiosiraceae は水温約 16～30℃で認められ、細胞数は 26～27℃で多かった。

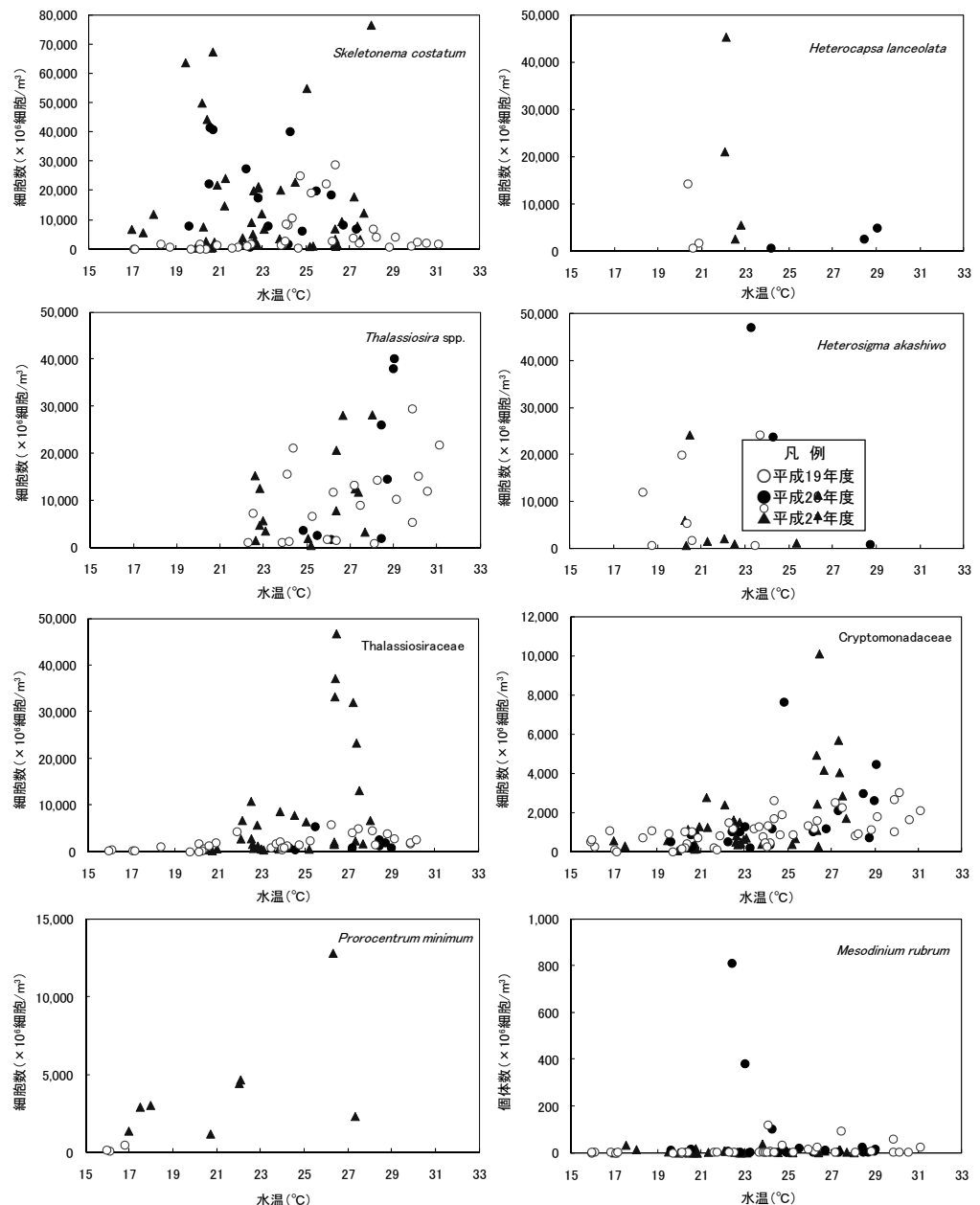
P. minimum は水温約 16～27℃で認められ、細胞数は約 26℃で最も多かった。

H. lanceolata は水温約 20～29℃で認められ、細胞数は約 22℃で最も多かった。

H. akashiwo は水温約 18～29℃で認められ、細胞数は約 23℃で最も多かった。*Cryptomonadaceae* は水温約 16～31℃で認められ、細胞数は約 25～29℃で多かった。

M. rubrum は水温約 16～31℃で認められ、細胞数は約 22～28℃で多かった。

図 7-4 主要植物プランクトン細胞数と水温



3)-2 主要植物プランクトンと塩分

主要植物プランクトン細胞数と塩分を図 7-5 に示した。平均細胞数の 3 倍以上出現した場合を「多く出現した」として以下に表現した。

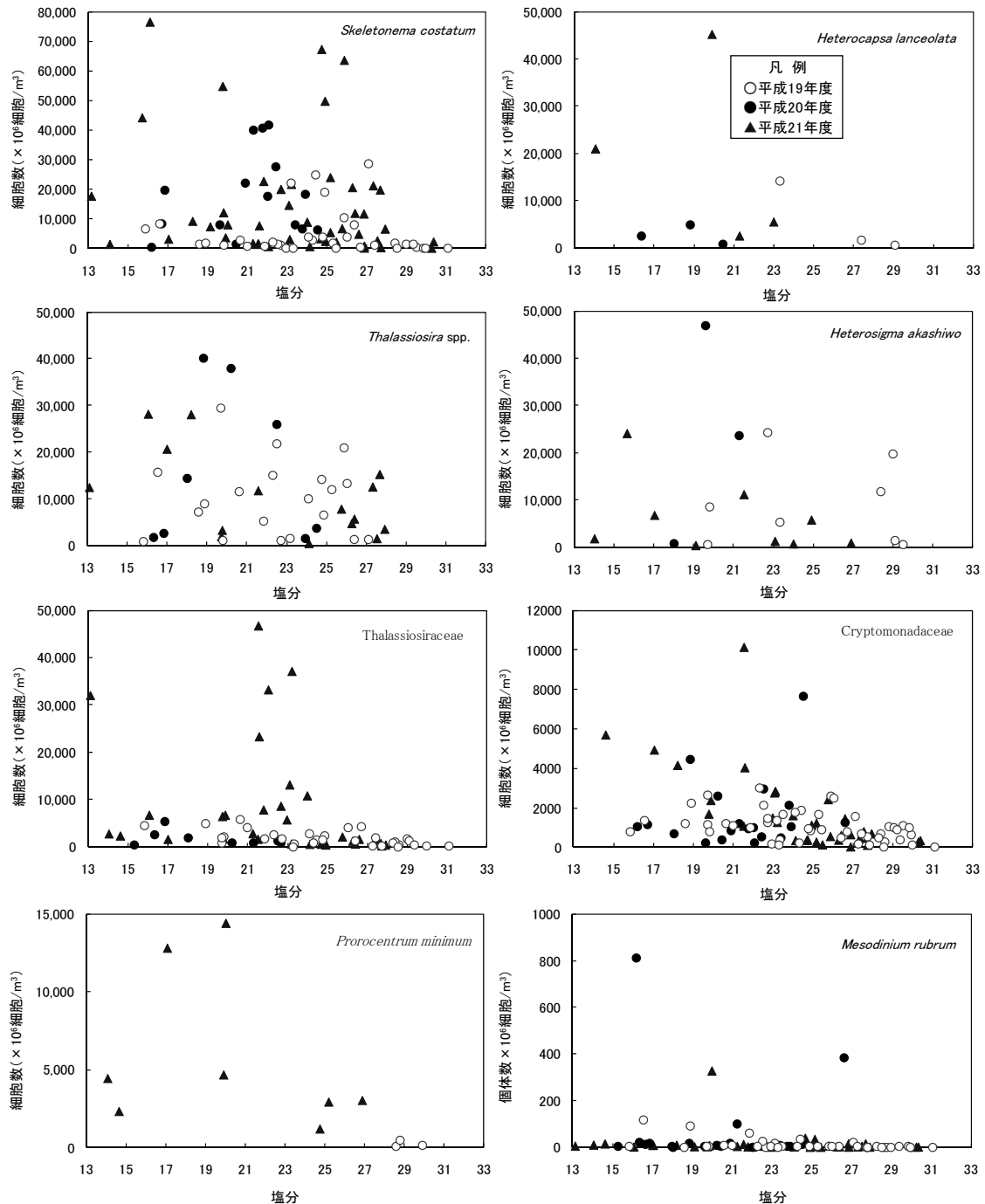


図 7-5 主要植物プランクトン細胞数と塩分

S. costatum は塩分約 13～31 で認められ、細胞数は約 16～26 で多かった。*T. spp.* は塩分約 13～28 で認められ、細胞数は約 18～20 で多かった。Thalassiosiraceae は塩分約 13～31 で認められ、細胞数は約 22 で最も多かった。*P. minimum* は塩分約 14～30 で認められ、細胞数は約 17～20 で多かった。*H. lanceolata* は塩分約

14～29 で認められ、細胞数は約 20 で最も多かった。*H. akashiwo* は塩分約 14～29 で認められ、細胞数は約 20 で最も多かった。Cryptomonadaceae は塩分約 15～31 で認められ、細胞数は約 15～25 で多かった。*M. rubrum* は塩分約 13～31 で認められ、細胞数は約 16～27 で多かった。

これら主要植物プランクトンが多く出現した時の水温および塩分の範囲を表紙カラー図 7-6 にまとめた。

S. costatum の適応範囲が最も大きく、本種が長期間広域に数多く出現する可能性が高いことを示した。*T. spp.* は水温約 29℃に位置しており、水温の高い時期に多く出現する可能性が高いことを示した。一方、*H. lanceolata* や *H. akashiwo* はそれぞれ水温約 22、23℃、塩分が両種とも 20 といった限定的な条件で出現数が多かった。Thalassiosiraceae についても水温約 26～27 度、塩分が約 22 といった限定的な条件で出現数が多かった。*P. minimum* の増殖に好適な水温は約 26 と限定的であったが、塩分の適応範囲は約 17～20℃とやや広がった。*M. rubrum* は Cryptomonadaceae を取り込むことで体内に植物性色素帯を保持し独立栄養を営むことが知られている(Gustafson et al. 2000)。両種が多く出現する環境は完全に一致しないが、水温は約 25～27℃の範囲で重複し、塩分は 16～25 の範囲で重複した。

3)-3 降雨量と T-N および T-P

平成 21 年度 4 月から 9 月の日降雨量と St.6 における T-N および T-P の変移を図 7-7 に示した。

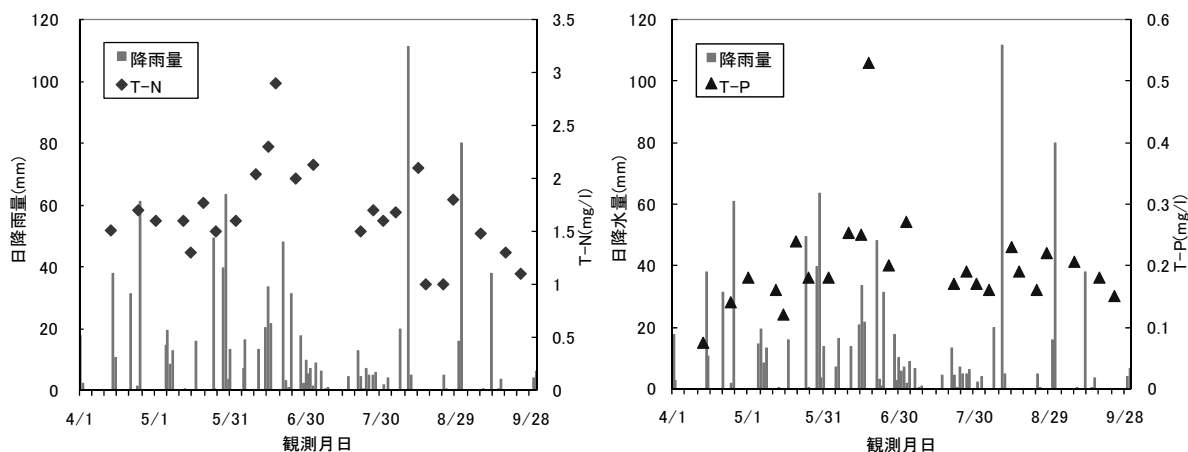


図 7-7 St.6 における日降水量と T-N(左)、T-P(右)

降水量は 5 月後半から 6 月終盤にかけて多く、T-N 及び T-P はともに 6 月 18 日に最大値(T-N:2.9mg/l、T-P:0.53mg/l)を示した。

湾内の栄養塩濃度は、観測日以前の降雨量の影響を受けている可能性があるため、栄養塩観測日の 2～5 日前から観測当日もしくは前日までの積算降雨量と栄養塩濃度との相関係数を求めた。

調査 3～5 日前から調査前日もしくは調査当日の積算降雨量と T-N 及び T-P の間には相関関係が認められた。最も強い相関を示したのは、T-N においては採水日 4 日前から当日までの積算降雨量($r=0.62$, $p<0.01$)であり、T-P においては 3 日前から当日までの積算降雨量($r=0.53$, $p<0.01$)であった。

これらの結果から、湾内の栄養塩濃度は調査 3～4 日前から調査当日の積算降雨量の影響を強く受けていたものと推察された。すなわち、降雨があると、窒素やりん濃度が上昇する様子が伺えた。

(2) 海域各地点下層の溶存酸素量 (DO)

平成 19 年度から 21 年度の各地点の下層の溶存酸素量 (DO) の年間変化を表紙色頁図 12 に表す。河川水の影響を強く受ける St.8、及び処理場排水の影響を強く受け水深の浅い St.23 以外の地点は、6 月から 10 月までの長期にわたり継続して 2 mg/l の貧酸素状態にあることが、週 1 回の調査からも見られる。21 年度 St.6 において、貧酸素状態が確認されたのは 78% (表紙色頁表 9) に達した。

また、東京湾全体で貧酸素水塊が広がっていた 8 月 11 日の各地点の鉛直分布 (表紙色頁図 13) によると、海底に近づくにつれて水温が低下、塩分が上昇、DO が減少し、St.35 では水深 15m 以下は貧酸素状態であった。

4 まとめ

(1) 赤潮の発生回数、日数及び時期

平成 21 年度の赤潮の発生回数は 18 回、発生日数は 86 日間で、20 年度と比べて、発生回数は 2 回増加、日数は 4 日減少した。ただし、年度による変動が大きく、経年的な傾向は見られない。

赤潮発生時期は夏期 (4 月から 9 月) であり、例年とほぼ同様の傾向であった。平成 17 年度に隅田川河口付近で見られたような晩秋の赤潮、及び 19 年度春先に見られた赤潮は 20 年度は見られなかった。6 月中旬に、渦鞭毛藻類の *Heterocapsa lanceolata* による赤潮が港内の一部に発生し、COD やクロロフィルの最大値を示した。

(2) 赤潮優占プランクトンの傾向

20 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) であり、発生回数は 18 回中 10 回であった。全赤潮発生回数の 75% (延 20 回中 15 回) が珪藻類によるものであった。*Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻類) は近年は減少しており、21 年度は 1 回のみであった。11 年度頃から渦鞭毛藻類の割合が増加している。21 年度は 15% を占めた。

(3) 赤潮の発生水域及び継続日数

東京都内湾全域に広がる赤潮は、2 回観測された。また、全赤潮発生回数の 61% (18 回中 11 回) が東京港域を超えた広い水域で発生したものであった。継続日数は全赤潮発生回数の 67% (18 回中 12 回) が 5 日以内であった。いずれも過去の赤潮調査結果とほぼ同様の傾向であった。

(4) 貧酸素水塊の発生状況

21 年度は、5 月～9 月の調査において、C 類型の環境基準である 2.0mg/L を下回る極度の貧酸素状態が確認されたのは、St.6 においては 81% に達し、ここ数年その割合は変わっていない。

(5) 赤潮と水質

主要な植物プランクトンと水温及び塩分との関係をみた。*Skeletonema costatum* (珪藻類) は適応範囲が最も大きく、長期間、広域に数多く出現する可能性が高かった。*Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻類) は水温 23℃前後、塩分 20 程度、Thalassiosiraceae は水温 26℃前後、塩分 22 前後などと、限定的な条件で出現数が多かった。また、降雨があると窒素やりん濃度が上昇する様子が伺えた。

【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。

・ 山路勇 (1991) : 「日本海洋プランクトン図鑑」、株式会社 保育社

・ 東京都環境局自然環境部水環境課 (2003) : 「東京内湾の赤潮プランクトン」