

目 次

はじめに

1	調査の目的及び背景	1
2	調査地点概要	1
3	調査方法	
(1)	調査回数及び調査地点	
ア	調査回数	3
イ	調査地点	3
(2)	調査項目	
ア	現場測定	3
イ	採水分析	3
ウ	赤潮発生水域など海域情報の記録	3
4	東京都内湾の赤潮判定基準	4
5	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	4
イ	各赤潮の発生状況及び特徴	7
ウ	赤潮の発生水域及び継続日数	18
エ	東京湾再生推進会議の手法による赤潮発生割合	22
オ	赤潮時優占プランクトンの出現状況	22
カ	赤潮と水質	25
(2)	海水の窒素、りん濃度	30
(3)	貧酸素水塊の発生状況	30
6	まとめ	
(1)	赤潮の発生回数、日数及び時期	32
(2)	赤潮優占プランクトンの傾向	32
(3)	赤潮の発生水域及び継続日数	32
(4)	貧酸素水塊の発生状況	32
資料Ⅰ	赤潮調査結果【総括表】（東京湾調査）	35
資料Ⅱ	赤潮調査結果【総括表】（水質測定調査）	52
資料Ⅲ	赤潮調査結果【植物・動物プランクトン各上位5種 同定計数結果】（東京湾調査）	64
資料Ⅳ	赤潮調査結果【植物・動物プランクトン各上位10種 同定計数結果】（水質測定調査）	81

はじめに

1 調査の目的及び背景

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、水質汚濁防止法第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。)を毎月1回、年12回、種々の項目について調査を実施している。

この中で、東京都内湾に頻発する赤潮の発生状況についても把握するため、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、赤潮はその消長が1日～1週間程度と短いため、月1回の「水質測定調査」だけでは不十分であり、「水質測定調査」を補完する目的で昭和52年度から「赤潮調査」を実施している。

本報告書では、「水質測定調査」と「赤潮調査」から把握した赤潮発生状況についてまとめた。また、「赤潮調査」と合わせて実施した、夏期に東京湾で問題となっている貧酸素水塊の調査結果についても掲載した。

2 調査地点概要

調査地点の概要を表1に、位置を図1に示す。

表1 調査地点概要

区分		地点名	平均水深 (m)	地点位置		赤潮調査	水質測定
				北緯	東経		
環境基準点	内湾C類型	St.5	12	35 度 36 分 59 秒	139 度 46 分 03 秒		○
		St.6	12	35 度 36 分 50 秒	139 度 48 分 02 秒	○	○
		St.11	16	35 度 35 分 48 秒	139 度 46 分 41 秒	○	○
		St.23	6	35 度 34 分 21 秒	139 度 46 分 57 秒	○	○
	内湾B類型	St.8	6	35 度 36 分 50 秒	139 度 50 分 46 秒	○	○
		St.22	14	35 度 34 分 49 秒	139 度 53 分 20 秒	○	○
		St.25	16	35 度 33 分 35 秒	139 度 49 分 16 秒	○	○
		St.35	25	35 度 30 分 30 秒	139 度 50 分 46 秒	○	○
浅海部		お台場海浜公園	5	35 度 37 分 50 秒	139 度 46 分 23 秒	○	○
広域 26			27	35 度 28 分 03 秒	139 度 51 分 10 秒		○

緯度、経度は、世界測地系による。

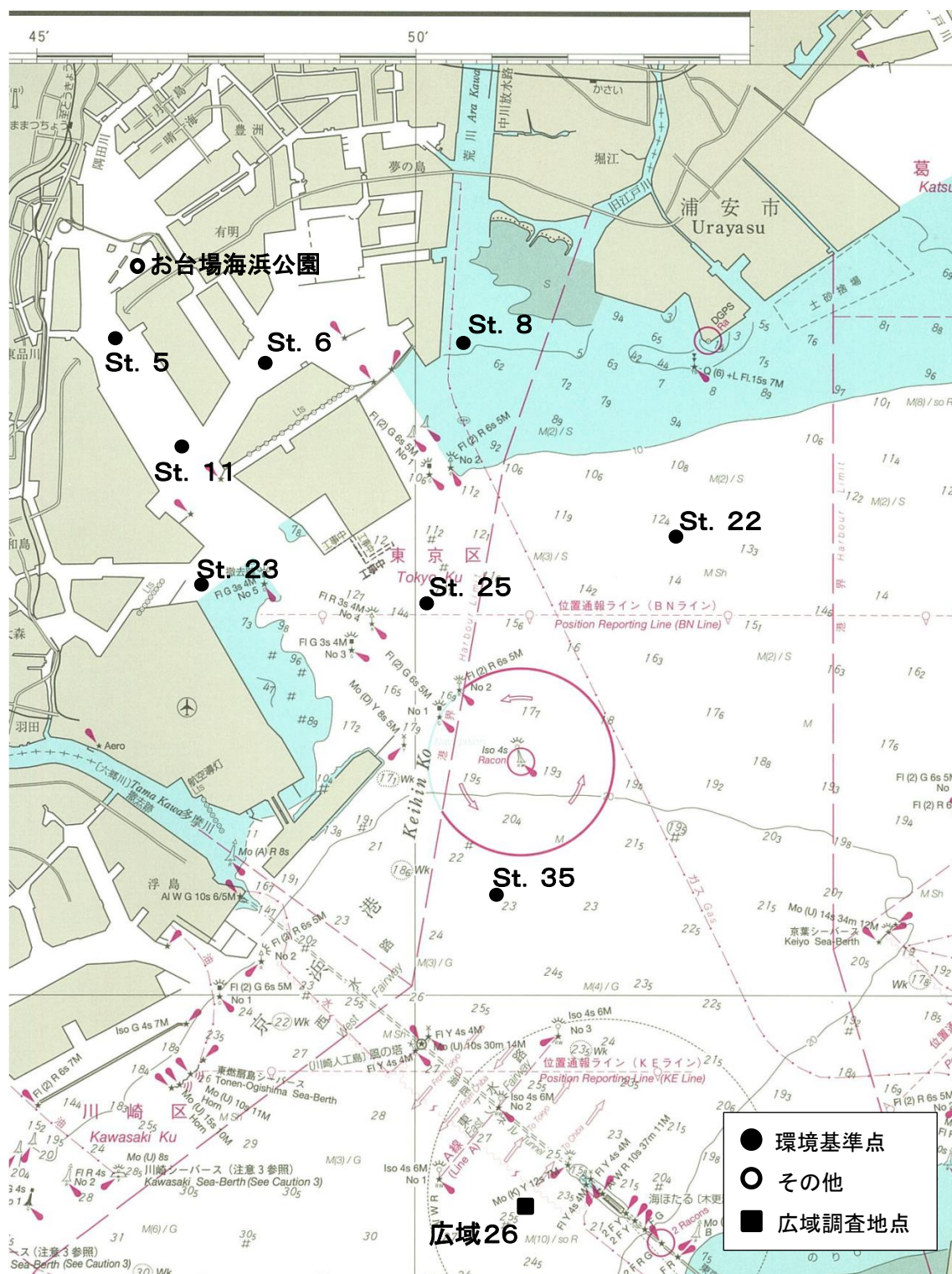


図1 調査地点図

3 調査方法

(1) 調査回数及び調査地点

ア 調査回数

平成 30 年度は、赤潮調査として、夏期を中心に、4 月～10 月の期間に計 17 回実施した。このほかに、水質測定調査は毎月 1 回、年間 12 回(一日で全地点を回ることができないため、延べ 29 日調査)実施した。

イ 調査地点 (p.1 表 1、p.2 図 1)

赤潮調査は St.6、St.8、St.11、St.22、St.23、St.25、St.35、お台場海浜公園の 8 地点

水質測定調査はお台場海浜公園を除く上記 7 地点と St.5 の計 8 地点及び広域 26(年 4 回)

(2) 調査項目

ア 現場測定

原則として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 プランクトン調査の現場測定項目及び採水分析方法

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。

4 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、海水の色が変わる現象」の視覚的な慣習的呼称である。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。

表3 東京都赤潮判定基準

水色	茶褐色、黄褐色、緑色などに呈色
透明度	おおむね 1.5m以下であること
プランクトン	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/m ³ 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。

赤潮の発生回数の数え方

- ・地点間及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。
- ・赤潮優占プランクトン種を決定する際、同一赤潮内で地点又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な赤潮も、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、別の赤潮とした。

5 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

赤潮調査、水質測定調査及びその他の調査を総合して判定した、平成 30 年度の赤潮発生回数は 14 回、発生日数は 76 日であった。平成 30 年度及び過去の月別の赤潮発生回数と日数を表 4 に、赤潮発生回数及び発生日数の経年変化を図 2 に示す。平成 29 年度と比較すると、回数は 1 回増加し、日数は 16 日減少した。経年変化は回数、日数ともに年度により変動が大きいため顕著な傾向は見られず、近年は横ばい状況であり、昭和 52 年度の測定開始から平成 30 年度までの年度平均発生回数は約 17 回、発生日数は約 89 日である。平成 30 年度は 4 月から 8 月に日照が多く、気温はやや高かったが、平年を大幅に上回った 9 月を除き、降雨量は少なかった。

平成 30 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 月であった。平年と比較して赤潮発生日数が多かったのは 5 月のみであり、その他の月は少なかった。発生回数はほぼ平年と同様であった(図 2)。
- ◆ 赤潮の 57%(14 回中8回)は発生期間が 5 日以内の比較的短期間なもので、例年の傾向と同様であった。また、昨年のような 21 日以上 の長期間に及ぶ赤潮は発生しなかった(表 7)。

表 4 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	
30	0	3	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0	14
	3	24	12	16	17	4	0	0	0	0	0	0	76
29	0	3	4	1	2	2	1	0	0	0	0	0	13
	0	17	15	21	29	5	5	0	0	0	0	0	92
28	0	4	4	3	1	1	1	0	0	0	0	0	14
	0	15	13	18	1	5	4	0	0	0	0	0	56
27	0	2	3	6	3	2	0	0	0	0	0	0	16
	0	22	20	22	15	2	0	0	0	0	0	0	81
26	1	3	3	6	2	2	0	0	0	0	0	0	17
	1	16	12	16	20	13	0	0	0	0	0	0	78
25	1	1	1	5	3	2	1	0	0	0	0	1	15
	3	4	2	19	26	16	3	0	0	0	0	1	74
24	0	5	3	3	1	4	2	0	0	0	0	0	18
	0	18	9	25	31	18	5	0	0	0	0	0	106
23	1	1	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	15
	2	2	16	23	22	14	6	3	0	0	0	0	88
22	0	2	4	6	2	0	1	0	0	0	0	0	15
	0	10	19	27	31	7	4	0	0	0	0	0	98
21	1	3	3	4	4	3	0	0	0	0	0	0	18
	4	9	19	17	23	13	1	0	0	0	0	0	86
20	1	3	4	4	2	2	0	0	0	0	0	0	16
	9	5	20	31	9	16	0	0	0	0	0	0	93
19	0	1	4	3	3	3	0	0	0	0	0	1	15
	0	16	18	16	26	8	0	0	0	0	0	2	86
18	0	3	3	5	3	3	1	0	0	0	0	0	18
	0	12	17	17	18	9	1	0	0	0	0	0	74
17	0	4	4	5	5	2	1	1	0	0	0	0	22
	1	19	19	16	20	6	1	9	0	0	0	0	91
16	2	3	4	4	3	2	0	0	0	0	0	0	18
	13	15	21	16	9	12	0	0	0	0	0	0	86
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	29	26	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
H1	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
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。

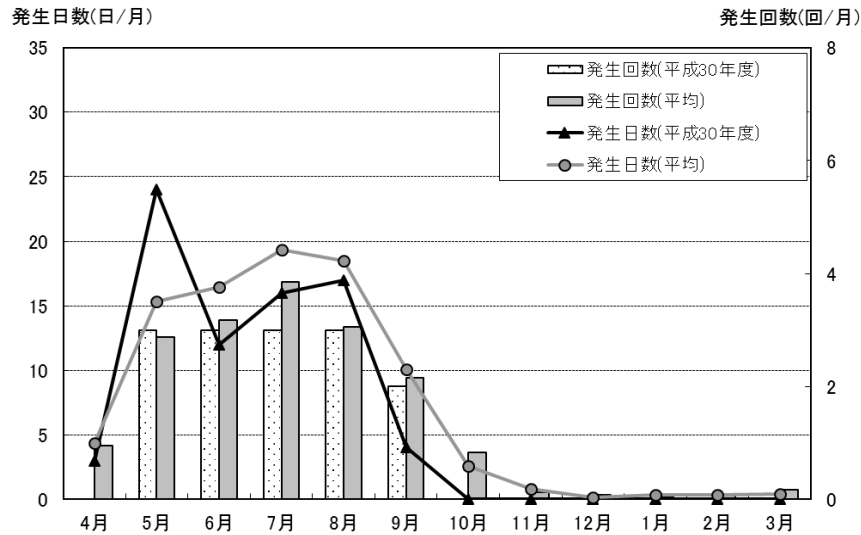


図2 赤潮発生回数及び発生日数の月変化(平成30年度と平均^(※1)との比較)

(※1) 平均とは調査開始年度～当該年度の平均値をいう。

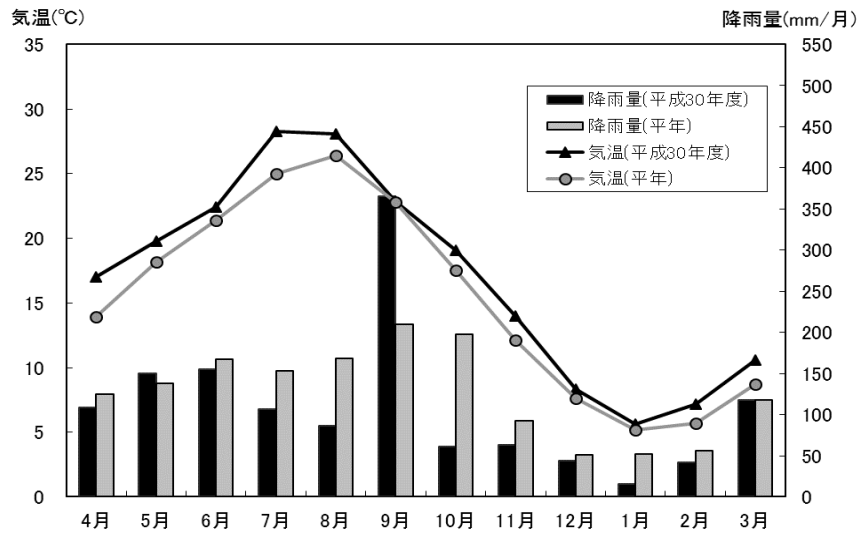


図3 降雨量及び気温の月変化(平成30年度と平均^(※2)との比較)

(※2) 昭和56年～平成22年の平均値

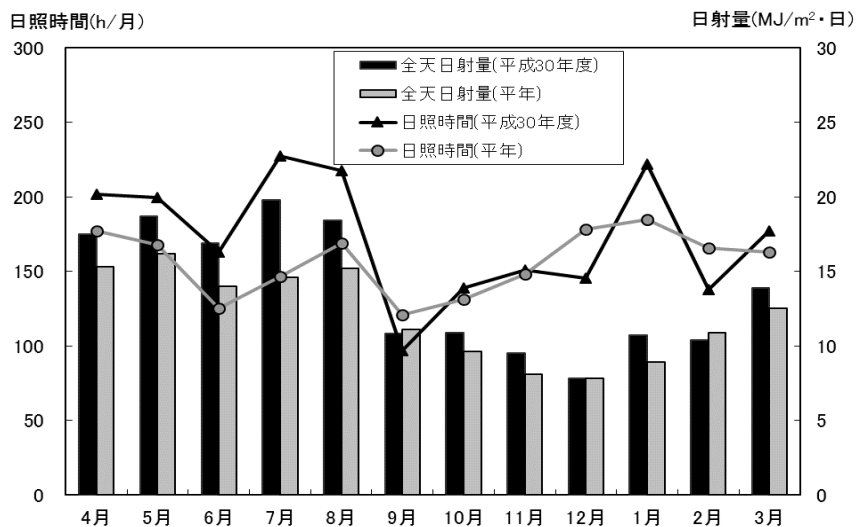


図4 全天日射量及び日照時間の月変化(平成30年度と平均^(※2)との比較)

イ 各赤潮の発生状況及び特徴

赤潮調査、水質測定調査及びその他の調査を総合して判定した、平成 30 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。なお、平成 30 年度赤潮発生件数は 14 回 76 日であった。

植物プランクトンの月別出現状況を表 5 に、優占プランクトンや水質等を表 6 に示す。発生水域*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。

*発生水域について

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お台場海浜公園、St.6、St.11、St.23 の 4 地点を特に「東京港内」として区別した。

【 第 1 回 】

(期間) 平成 30 年 4 月 28 日～5 月 6 日の 9 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Heterosigma akashiwo* (色相) 緑褐色、茶色

(特徴) 容積換算による優占種。細胞数では *Skeletonema costatum* が優占種であった。

【 第 2 回 】

(期間) 平成 30 年 5 月 14 日～21 日の 8 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Rhizosolenia fragilissima* (色相) 茶色

(特徴) 13 日に 49 mm の降雨があった。

【 第 3 回 】

(期間) 平成 30 年 5 月 22 日～28 日の 7 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Heterosigma akashiwo* (色相) 褐色、緑褐色、茶色

(特徴) 最高気温が 25℃を上回る日が続き、広い範囲に赤潮が発生した。容積換算による優占種で、細胞数では *Skeletonema costatum* が優占種であった。

【 第 4 回 】

(期間) 平成 30 年 5 月 29 日～6 月 7 日の 10 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Prorocentrum triestinum* (色相) 緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 容積換算による優占種。細胞数では Cryptomonadaceae が優占種であった。

【 第 5 回 】

(期間) 平成 30 年 6 月 15 日

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) Thalassiosiraceae (色相) 緑褐色

(特徴) 下層の溶存酸素濃度が 2.0mg/L 以下の貧酸素状態になっている地点があった。

【 第 6 回 】

(期間) 平成 30 年 6 月 24 日～27 日の 4 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Skeletonema costatum* (色相) 緑褐色

(特徴) 23 日に 16 mm の降雨があった。25 日から最高気温が 30℃を超える日が続いた。

【 第 7 回 】

(期間) 平成 30 年 7 月 9 日～12 日の 4 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Heterosigma akashiwo* (色相) 緑褐色、茶色

(特徴) 容積換算による優占種。細胞数では Cryptomonadaceae が優占種であった。

【 第 8 回 】

(期間) 平成 30 年 7 月 15 日～19 日の 5 日間

(発生水域) 東京港内の全域 (優占種) *Tharassiosira* sp. (色相) 緑褐色

(特徴) 第 7 回の発生前から、最高気温が 30℃を超える日が続いており、水温も 28～30℃であった。

【 第 9 回 】

(期間) 平成 30 年 7 月 21 日～25 日の 5 日間

(発生水域) 東京港内の大部分 (優占種) *Skeletonema costatum* (色相) 緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 最高気温が 30℃を超える日が続き、7 月 24 日の東京湾赤潮調査で、最も細胞数が多かったお台場では、 $259,330 \times 10^6$ (細胞数/ m^3) であった。

【 第 10 回 】

(期間) 平成 30 年 7 月 30 日～8 月 7 日の 9 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Chaetoceros* subgen. *Hyalochaete* sp. (色相) 暗灰黄緑色

(特徴) 赤潮発生前の 28 日に 52.0 mm、29 日に 15.0 mm の降雨があり、8 月 8 日にも 41.0 mm の降雨があった。

【 第 11 回 】

(期間) 平成 30 年 8 月 20 日～23 日の 4 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Skeletonema costatum* (色相) 緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 表層の溶存酸素濃度が 12 mg/L 以上、飽和度は 190 % 以上であり、非常に高い値であった。

【 第 12 回 】

(期間) 平成 30 年 8 月 26 日～9 月 1 日の 7 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Tharassiosira* sp. (色相) 緑褐色、茶色

(特徴) 気温が高い日が続き、水温は 28～30℃であった。

【 第 13 回 】

(期間) 平成 30 年 9 月 11 日～12 日の 2 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Tharassiosira* sp. (色相) 暗灰黄緑色

(特徴) 10 日に 38.5 mm の降雨があった。

【 第 14 回 】

(期間) 平成 30 年 9 月 19 日

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Tharassiosira* sp. (色相) 緑褐色

(特徴) 18 日と 20 日に 40.5 mm の降雨があった。

調査年月日:平成30年5月1日

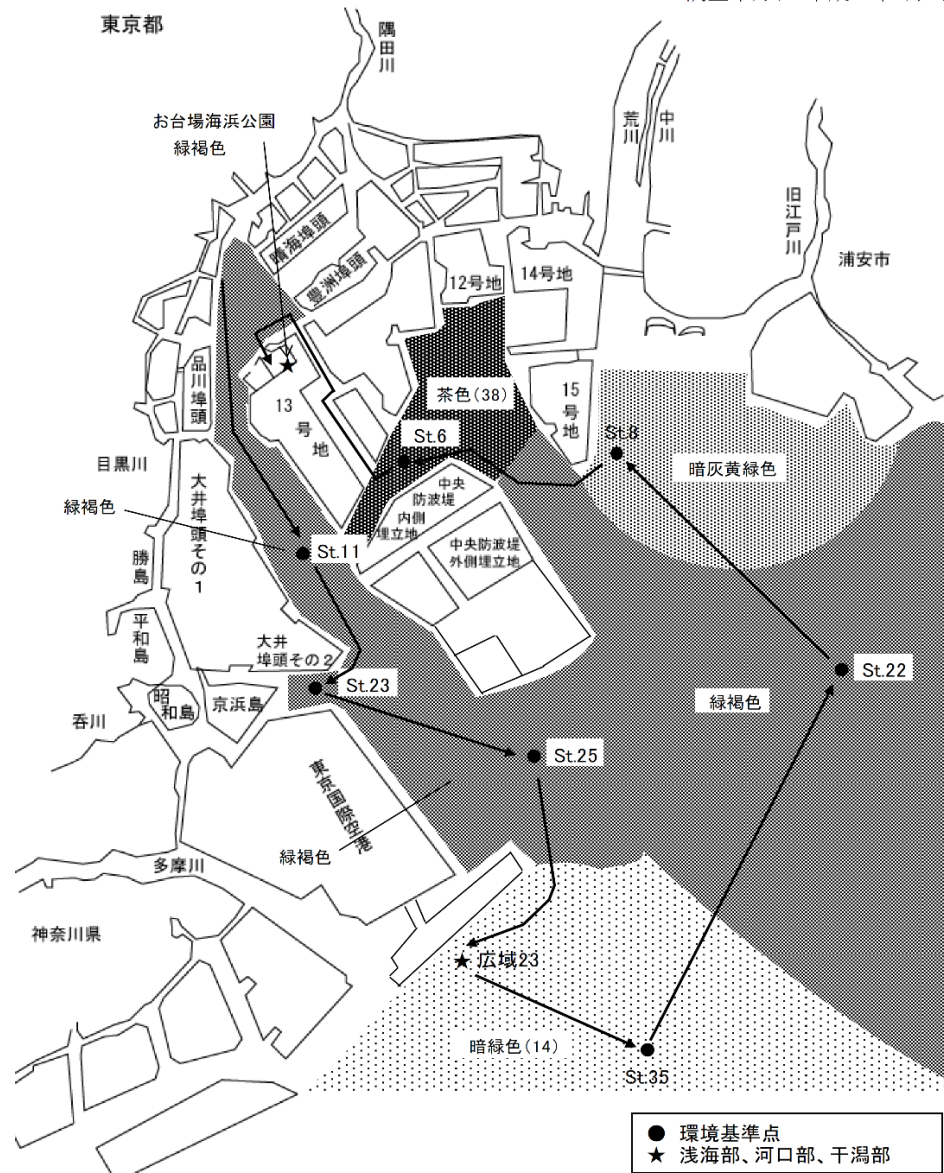


図 5-1 第 1 回赤潮 5 月 1 日の水色分布

調査年月日:平成30年5月16日

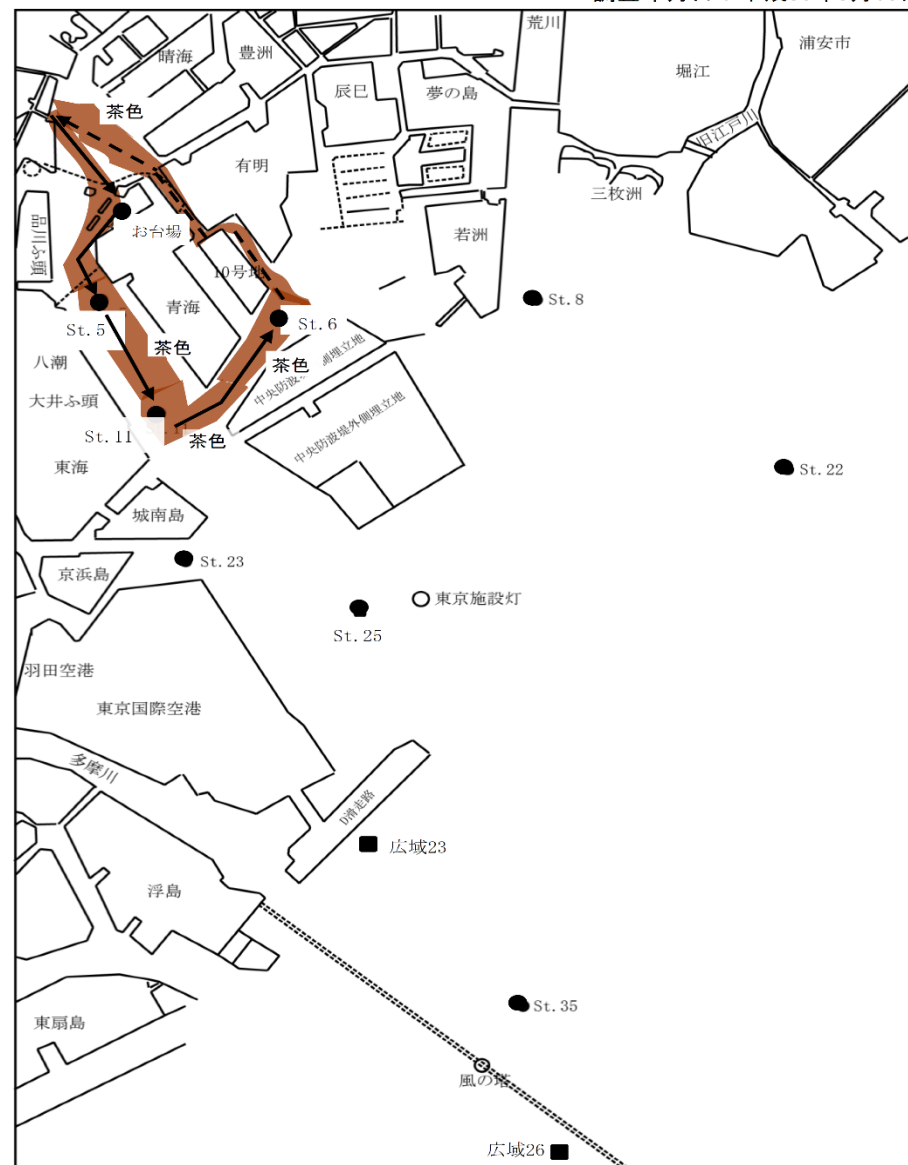


図 5-2 第 2 回赤潮 5 月 16 日の水色分布

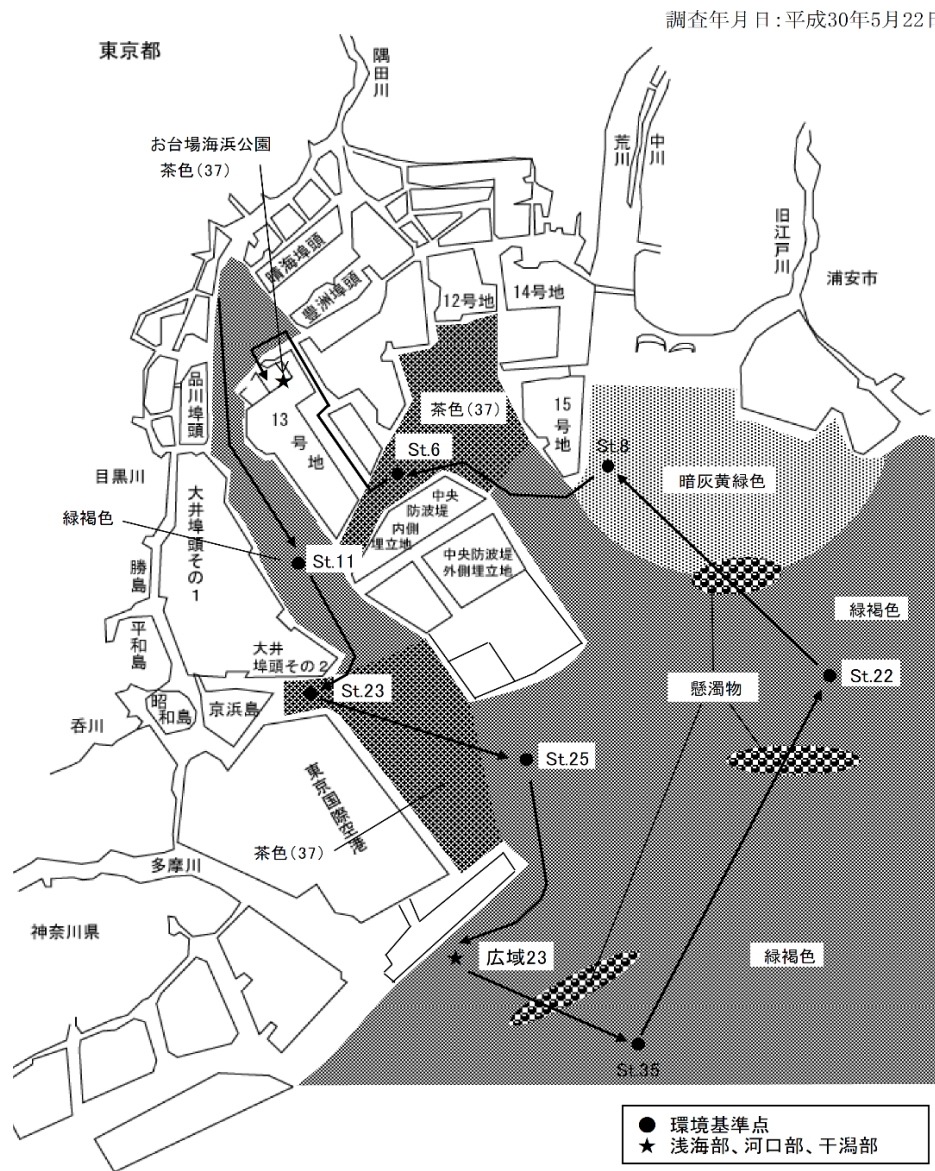


図 5-3 第 3 回赤潮 5 月 22 日の水色分布

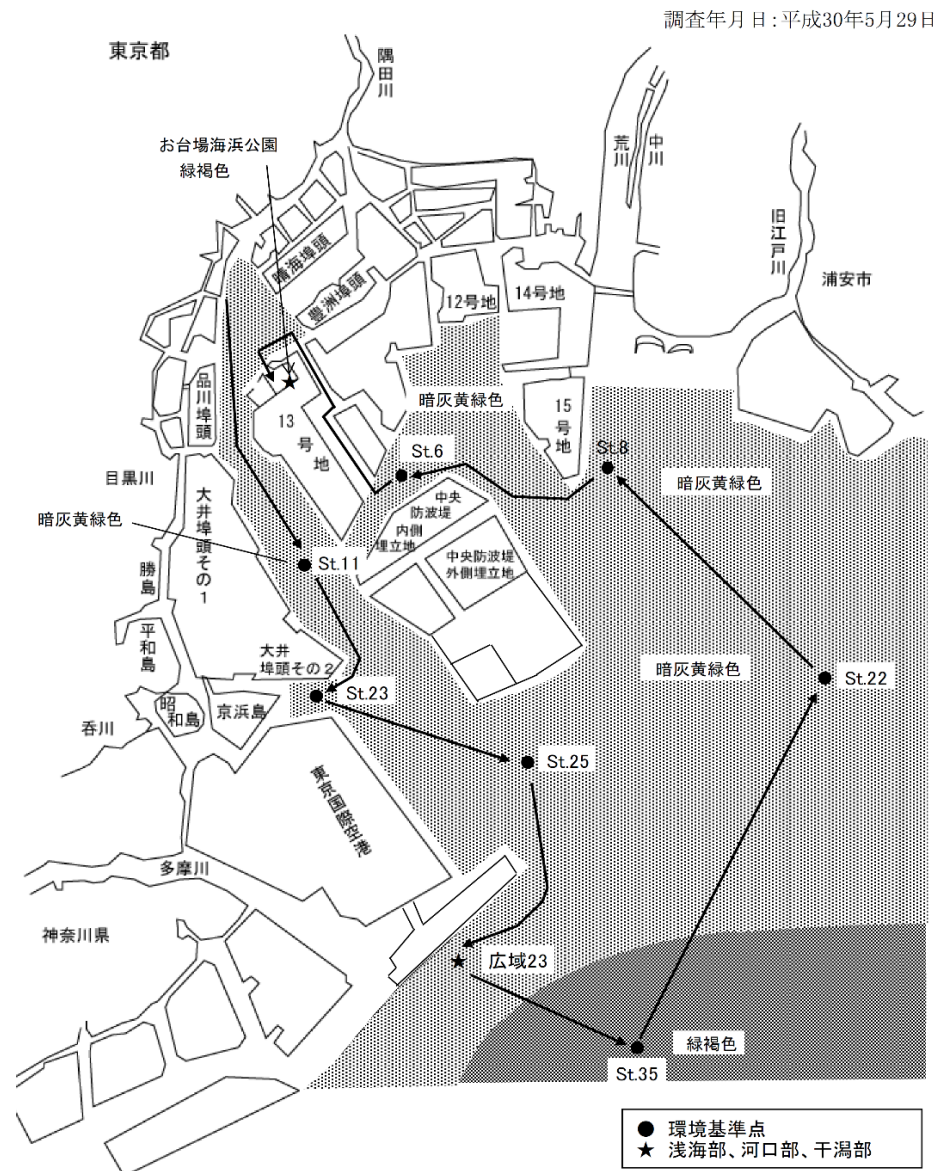


図 5-4 第 4 回赤潮 5 月 29 日の水色分布

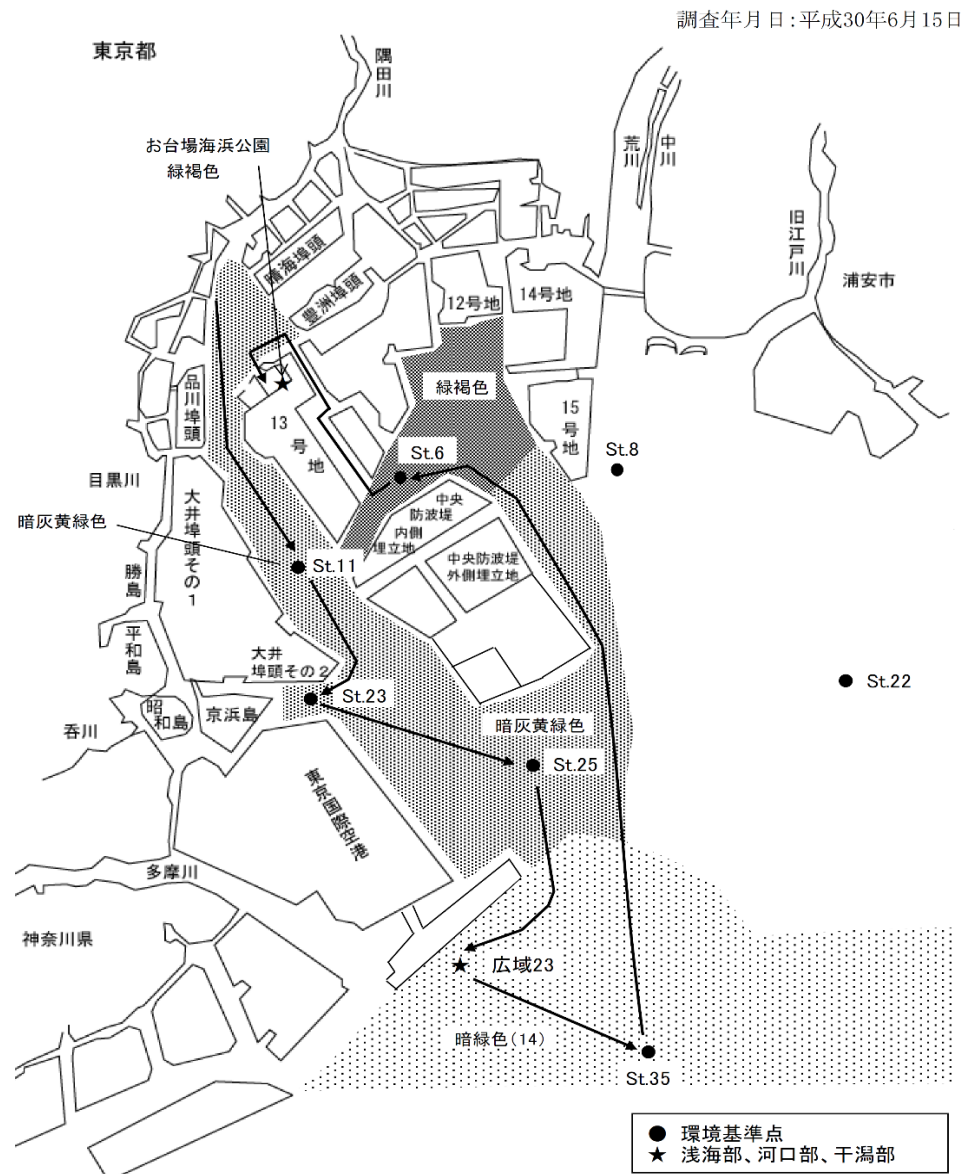


図5-5 第5回赤潮 6月15日の水色分布

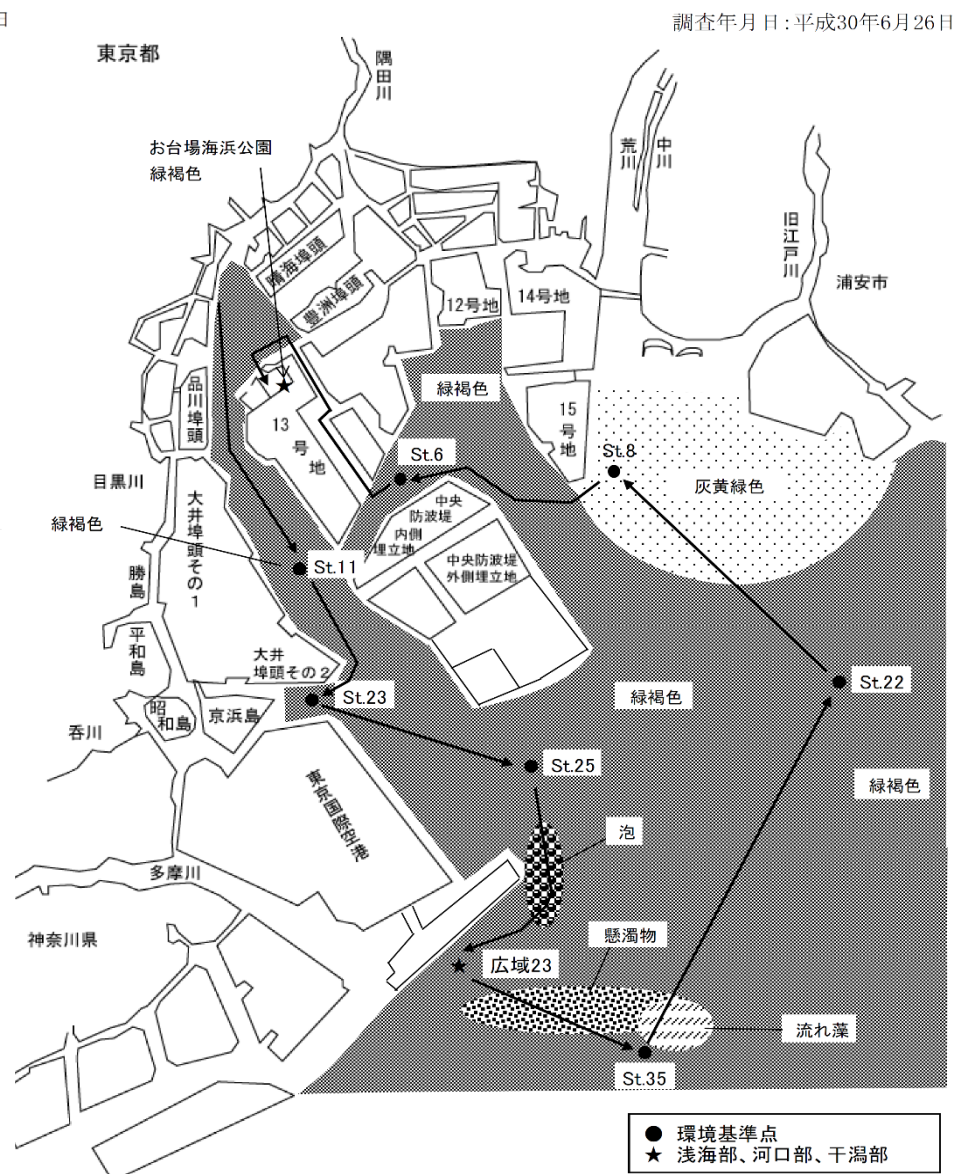


図5-6 第6回赤潮 6月26日の水色分布

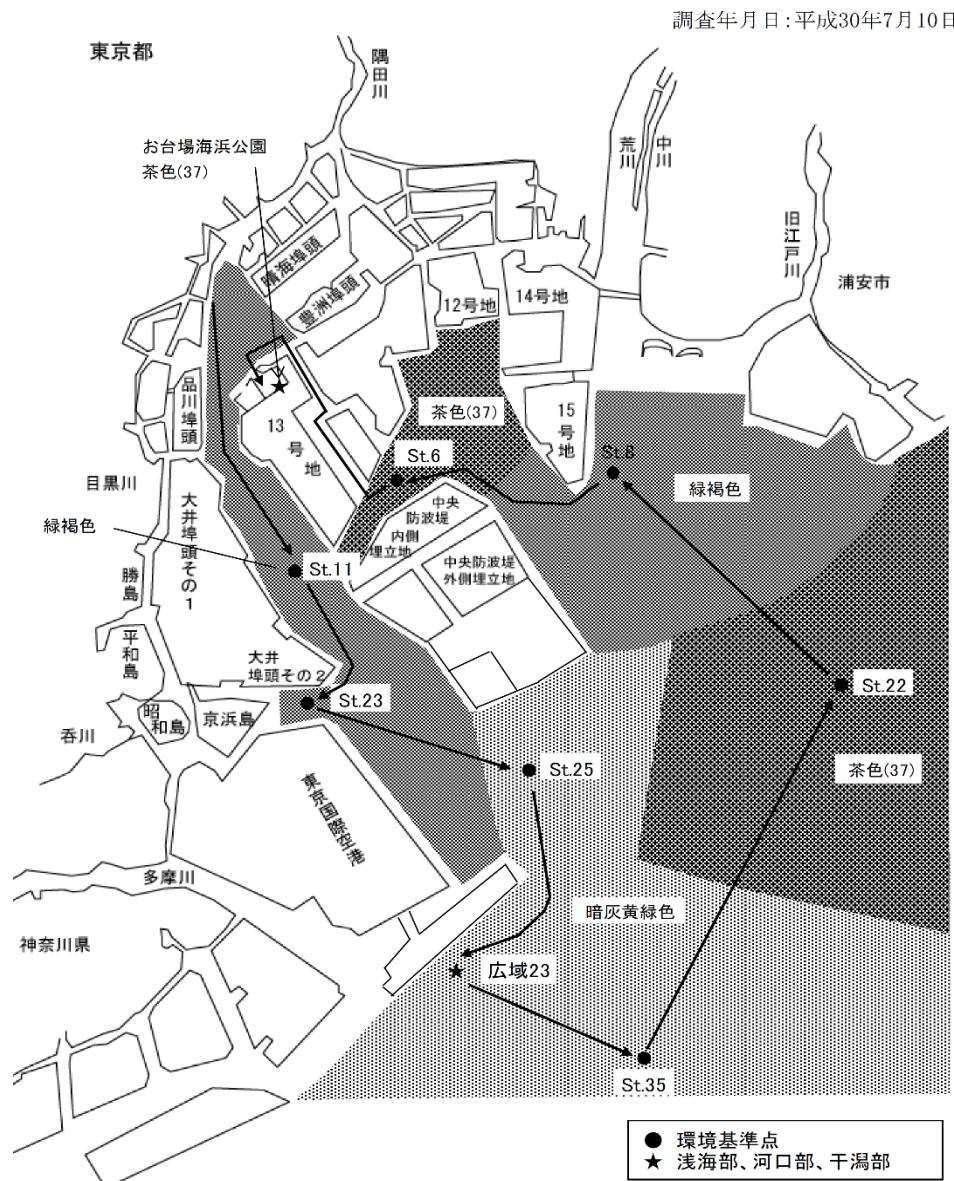


図 5-7 第 7 回赤潮 7 月 10 日の水色分布

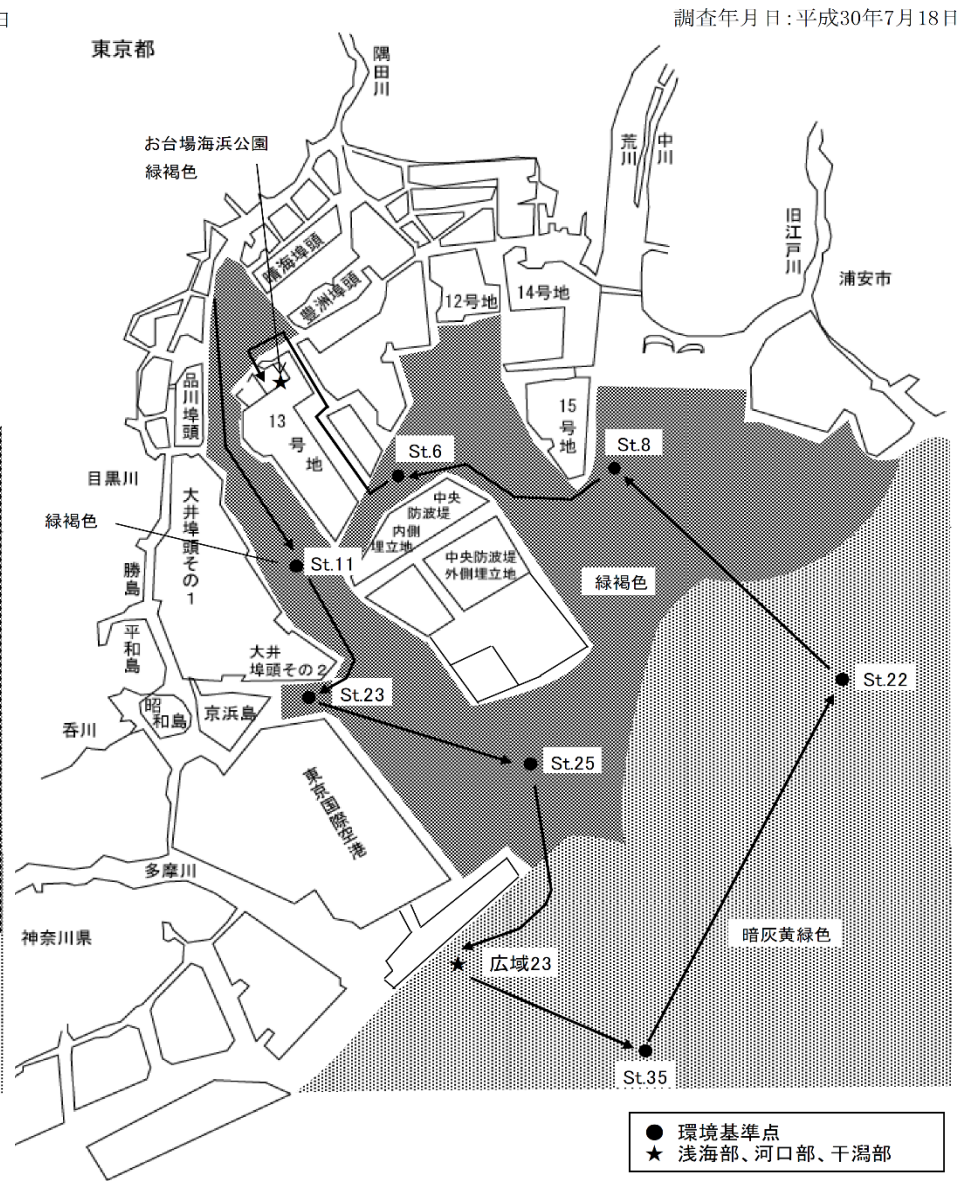


図 5-8 第 8 回赤潮 7 月 18 日の水色分布

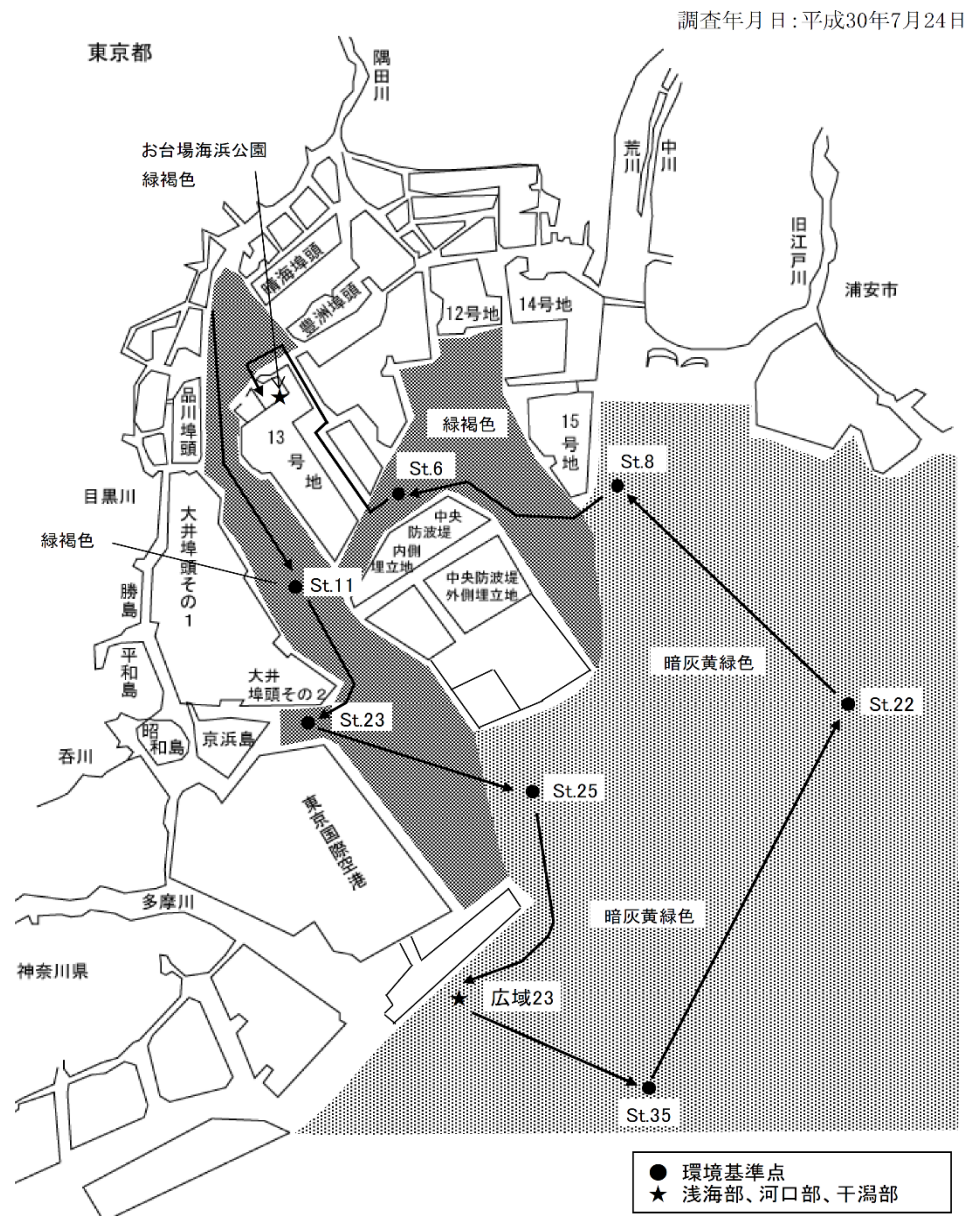


図 5-9 第 9 回赤潮 7 月 24 日の水色分布

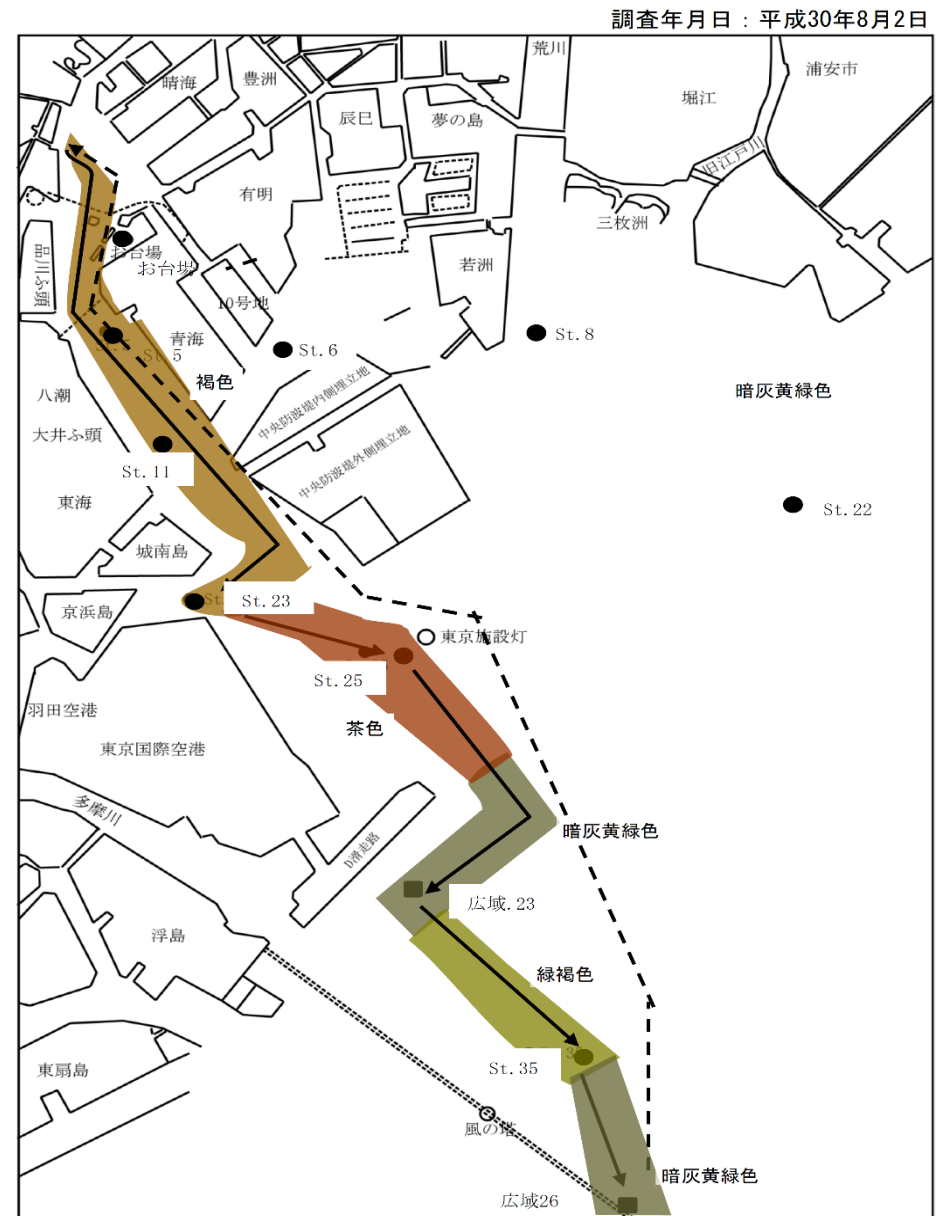


図 5-10 第 10 回赤潮 8 月 2 日の水色分布

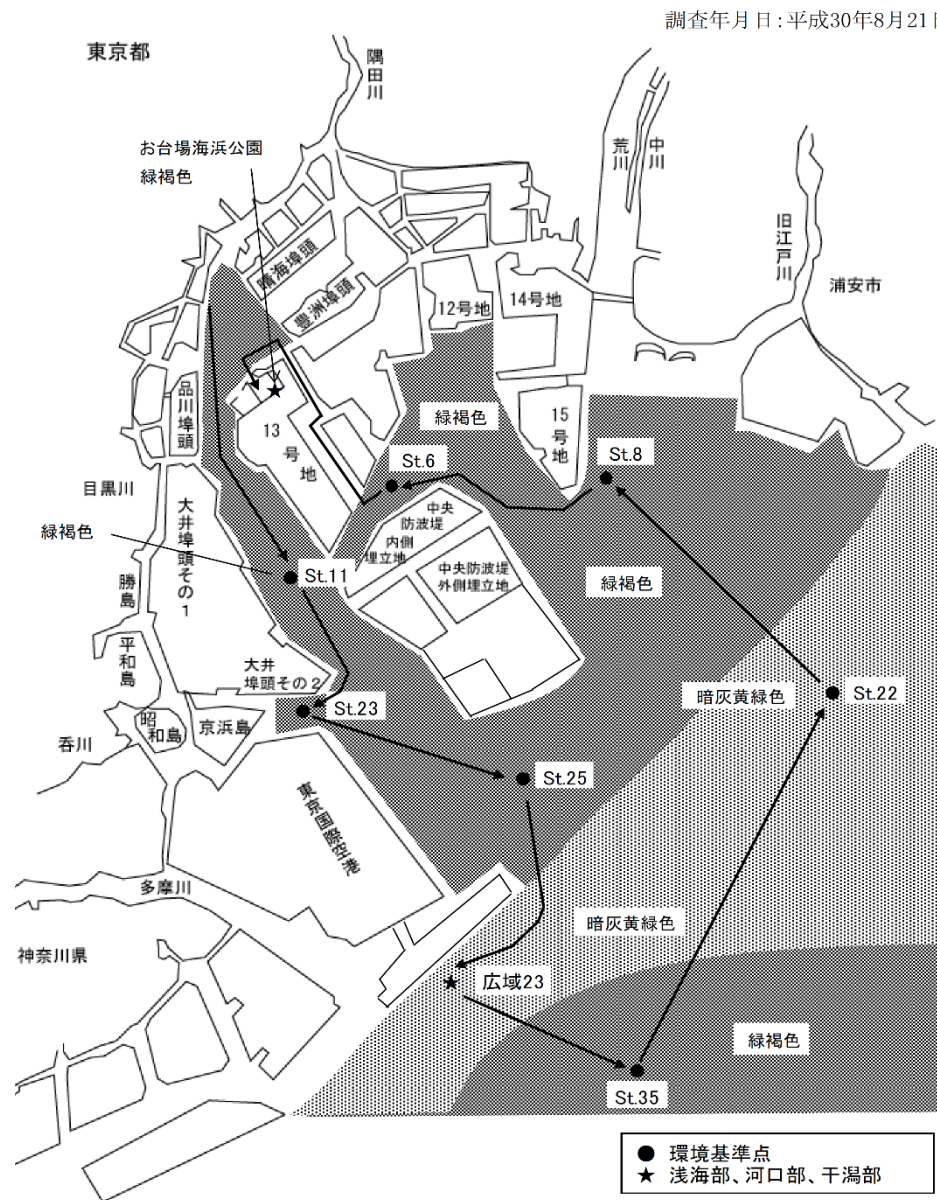


図 5-11 第 11 赤潮 8 月 21 日の水色分布

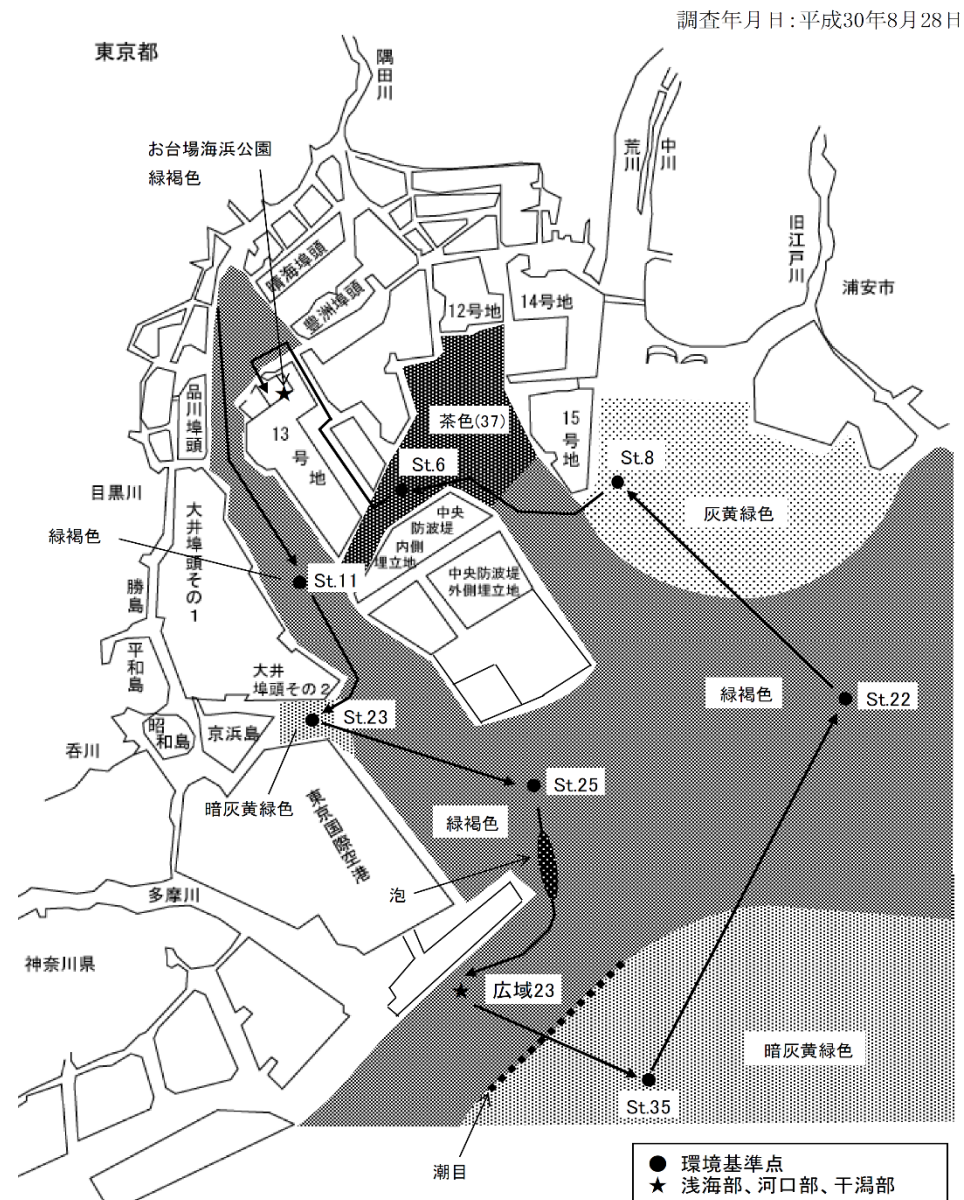


図 5-12 第 12 赤潮 8 月 28 日の水色分布

調査年月日：平成30年9月11日

調査年月日：平成30年9月19日

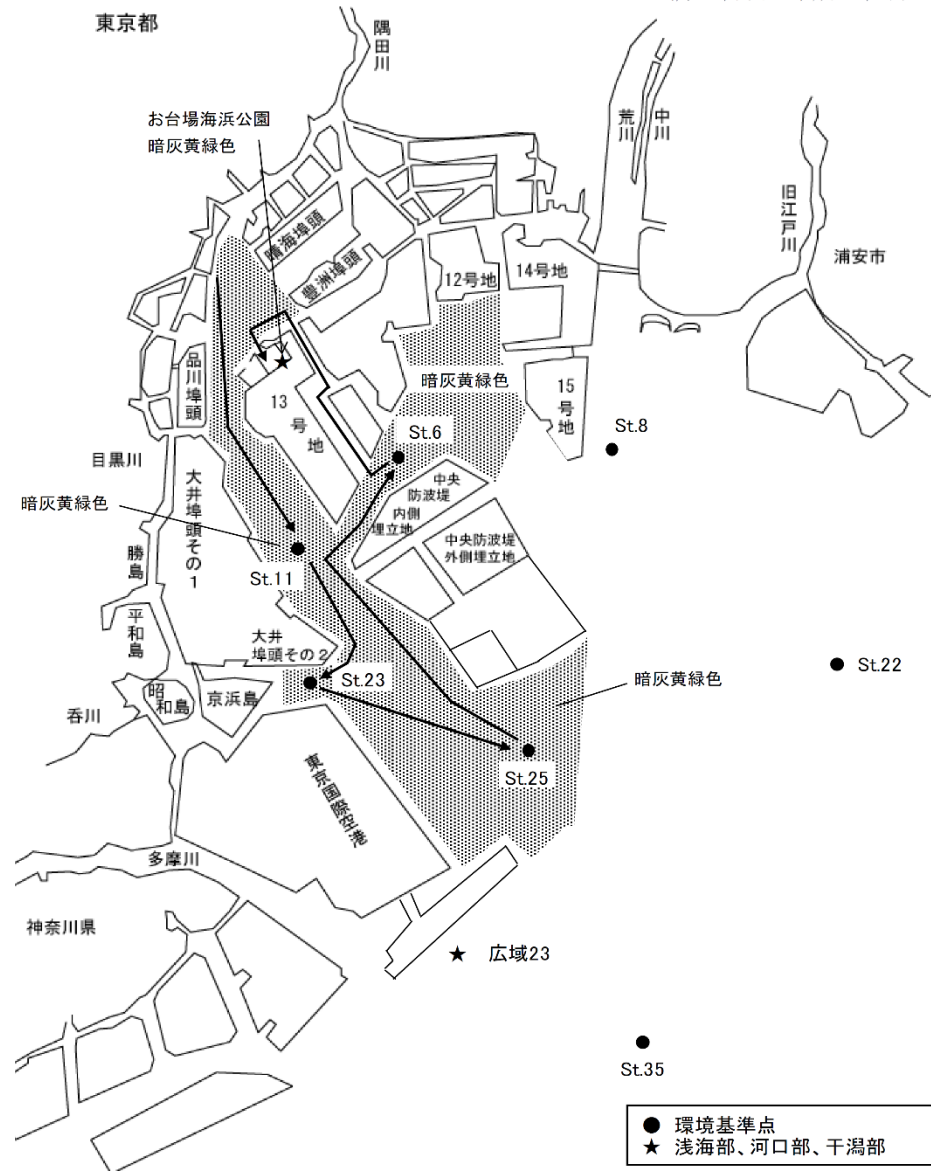


図 5-13 第13赤潮 9月11日の水色分布

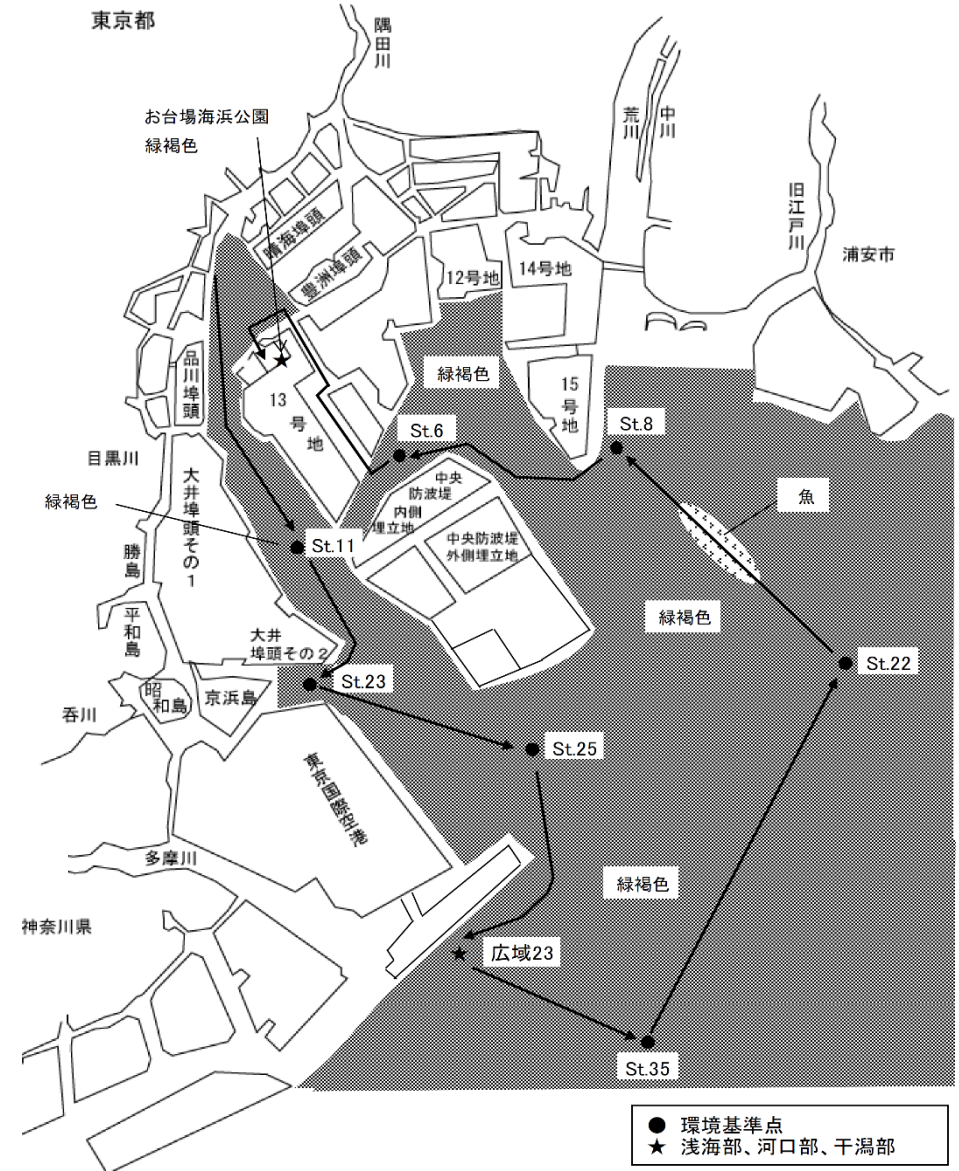


図 5-14 第14赤潮 9月19日の水色分布

表5 植物プランクトンの月別出現状況と第一種優占種となった回数

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
渦鞭毛藻植物	渦鞭毛藻	Cryptomonadaceae	●	●	●	◎	●	●	●	◎	◎	◎	●	◎	11
		<i>Prorocentrum micans</i>				●									3
		<i>Prorocentrum minimum</i>	○	●							○				2
		<i>Prorocentrum triestinum</i>				◎				△	○				0
		<i>Gymnodinium mikimotoi</i>							●						0
		<i>Gyrodinium</i> sp.		●	◎				◎						0
		Gymnodiniales	◎	◎	○						○	△	△		0
		<i>Heterocapsa triquetra</i>										○			0
		<i>Heterocapsa</i> sp.	◎			◎	●			○	○	◎	◎		0
		<i>Protoperidinium bipes</i>		◎											0
		<i>Protoperidinium</i> sp.			○										0
		<i>Gonyaulax spinifera</i>	○											○	0
		<i>Ceratium furca</i>			◎										0
		<i>Ceratium fusus</i>	◎												0
		Peridiniales	○	◎	○	○	◎				○	◎			0
ハプト植物	ハプト藻	<i>Phaeocystis</i> sp.												●	1
		Haptophyceae(Coccolithophorids)													1
黄色植物	黄金色藻	<i>Apedinella spinifera</i>	△							○	△				0
		<i>Distephanus speculum</i>	○												0
		<i>Ebria tripartita</i>	○												0
	珪藻	<i>Cyclotella</i> sp.	○				◎	●							0
		<i>Skeletonema costatum</i>	●	●	●	●	●	●	●	○	◎	●	●	●	30
		<i>Skeletonema potamos</i>		○		●				○					2
		<i>Skeletonema</i> sp.								○	◎	●	●	◎	1
		<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>										○			0
		<i>Thalassiosira binata</i>					◎	●	●						3
		<i>Thalassiosira curviseriata</i>	◎										◎	●	5
		<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>												○	0
		<i>Thalassiosira rotula</i>		◎										●	0
		<i>Thalassiosira</i> sp.	○	●	●	○	●	●	○		○	○	◎	●	1
		Thalassiosiraceae	◎	◎	◎	●	●	●	◎	○	△	◎			5
		<i>Aulacoseira ambigua</i>	○												0
		<i>Aulacoseira</i> sp.	○												0
		<i>Leptocylindrus danicus</i>			●		◎		●	○					0
		<i>Leptocylindrus minimus</i>				◎		●							0
		<i>Melosira varians</i>								△	△				0
		<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		●			●								2
		<i>Cerataulina dentata</i>								○					0
		<i>Cerataulina pelagica</i>		●	◎										0
		<i>Eucampia zodiacus</i>		◎											0
		<i>Chaetoceros affine</i>								○			△		0
		<i>Chaetoceros constrictum</i>								○		○			0
		<i>Chaetoceros costatum</i>								○					0
		<i>Chaetoceros curvisetum</i>								○					0
		<i>Chaetoceros danicum</i>								◎			○		0
		<i>Chaetoceros debile</i>								○	○	◎	○		0
		<i>Chaetoceros diadema</i>					●				○		○		0
		<i>Chaetoceros didymum</i>								○		◎	○		0
		<i>Chaetoceros lorenzianum</i>			◎					○		○			0
		<i>Chaetoceros radicans</i>								○	○	◎	◎	◎	0
		<i>Chaetoceros sociale</i>			◎		◎		●	◎	○	●	○	◎	7
		<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.		●	●	●	◎	●	●						0
		<i>Asterionella glacialis</i>	○							◎	●			◎	4
		<i>Neodelphineis pelagica</i>						○					○	●	0
		<i>Thalassionema nitzschioides</i>							●	△			○	●	0
		<i>Navicula</i> sp.				○					△		○	○	0
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	○		◎	●					△	△	○	◎	1
		<i>Nitzschia fruticosa</i>		○		○									0
		<i>Nitzschia pungens</i>		◎			●	●			○	○			0
		<i>Nitzschia</i> sp.				○	●	●	●	○	○	◎	○	◎	8
		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>				○	●	●	●						0
	ラフト藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>		●	◎	○	◎	●			○				0
ミドリムシ植物	ミドリムシ	Euglenophyceae		◎	◎		●	◎	◎		◎		△	○	0
緑色植物	グリーン藻	Prasinophyceae	◎	◎			◎			△	◎			○	1
		<i>Coelastrum</i> sp.	○			○									0
		<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	○			○						○			0
		<i>Pediastrum duplex</i>				○									0
		<i>Micractinium pusillum</i>	◎									○			0
		<i>Monoraphidium</i> sp.				○									0
		<i>Crucigenia</i> sp.				○									0
		<i>Scenedesmus</i> sp.	○			◎									0
		その他の微細鞭毛藻類	●	●	●	●	●	●	●	◎	◎	◎	◎	◎	8

(注) 表中の記号は、優占10種についての内湾環境基準点8地点の出現細胞数合計を示し、
△:10未満 ○:10以上100未満 ◎:100以上1,000未満 ●:1,000以上 を表す。(単位:×10⁶細胞数/m³)

表 6 赤潮発生時の優占プランクトン及び水質

回	発生期間	日数	発生 水域 ^(注1)	優占プランクトン ^(注2)	最多細胞 数(細胞 /ml) ^(注3)	水質データ ^(注4)							
						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 (℃)	塩分	
1	4月28日 ～ 5月6日	9	③	<i>Heterosigma akashiwo</i>	13,200	－	0.9	382	>20.0	8.9	19 ～ 23	23 ～ 27	
2	5月14日 ～ 5月21日	8	⑤	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	429	6.1	1.5	87.0	13.5	8.3	22 ～ 23	21 ～ 25	
3	5月22日 ～ 5月28日	7	②	<i>Heterosigma akashiwo</i>	77,200	－	0.9	445	>20.0	9.0	21 ～ 23	22 ～ 28	
4	5月29日 ～ 6月7日	10	③	<i>Prorocentrum triestinum</i>	37,300	19.0	0.9	266	15.2	8.8	22 ～ 24	19 ～ 28	
5	6月15日	1	⑤	Tharassiosiraceae	76,800	－	1.5	77	8.0	8.2	22	23	
6	6月24日 ～ 6月27日	4	③	<i>Skeletonema costatum</i>	58,200	－	1.0	139	>20.0	9.0	24 ～ 25	22 ～ 29	
7	7月9日 ～ 7月12日	4	③	<i>Heterosigma akashiwo</i>	9,980	－	0.9	214	16.2	8.8	26 ～ 29	17 ～ 26	
8	7月15日 ～ 7月19日	5	④	<i>Tharassiosira</i> spp.	84,600	－	0.9	191	>20.0	9.1	28 ～ 31	14 ～ 27	
9	7月21日 ～ 7月25日	5	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	227,000	－	0.7	239	19.9	9.0	30 ～ 31	20 ～ 23	
10	7月30日 ～ 8月7日	9	⑤	<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.	29,300	9.6	0.9	203	19.2	8.9	27 ～ 31	20 ～ 24	
11	8月20日 ～ 8月23日	4	③	<i>Skeletonema costatum</i>	15,000	－	1.0	80.0	17.3	8.8	26 ～ 28	18 ～ 26	
12	8月26日 ～ 9月1日	7	③	<i>Tharassiosira</i> spp.	45,300	－	1.0	163	18.9	8.8	28 ～ 30	18 ～ 28	
13	9月11日 ～ 9月12日	2	⑤	<i>Tharassiosira</i> spp.	19,200	－	1.4	70	10.1	8.4	26	21	
14	9月19日	1	③	<i>Tharassiosira</i> spp.	88,300	－	0.8	204	>20.0	9.1	25 ～ 27	14 ～ 24	

(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) 優占プランクトンの最多細胞数を示した。

(注4) 赤潮有りと判断された地点のみのデータを使用した。

(注5) 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5)	76
----------------------	----

ウ 赤潮の発生水域及び継続日数

(ア) 赤潮発生期間別発生回数の経年変化 (表 7)

平成 30 年度は、発生した赤潮の 57% (8 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。

(イ) 調査日における調査地点別の赤潮発生状況 (表 8-1、8-2)

地点別の赤潮発生状況は、平成 30 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 であった。

(ウ) 赤潮発生水域規模の経年変化 (表 9)

発生水域の規模でみると、平成 30 年度では東京都内湾の全体または大部分に広がった赤潮が 3 回(全体の 21%)あり、平成 29 年度の 15%から、大規模な赤潮が発生する割合が増加した。

(エ) 容積換算による優占プランクトン別赤潮発生時期と規模 (図 6)

【4月】28日からラフィド藻類の *Heterosigma akashiwo* による赤潮が発生した。

【5月】4月下旬から5月上旬にかけて *Heterosigma akashiwo* による赤潮が発生し、中旬には珪藻類の *Rhizosolenia fragilissima* による赤潮が発生した。その後、続けて *Heterosigma akashiwo* による赤潮と *Prorocentrum triestinum* の赤潮が発生し、5月は18日間連続で赤潮が発生した。

【6月】上旬に渦鞭毛藻類の *Prorocentrum triestinum* による濃い赤潮が発生した。中旬には *Thalassiosiraceae* による赤潮、下旬には *Skeletonema costatum* による赤潮が見られた。

【7月】上旬から中旬にかけて *Heterosigma akashiwo*、中旬から下旬にかけて *Thalassiosira* spp.、下旬には *Skeletonema costatum* (細胞数が多かったお台場では $13,100 \times 10^6$ 細胞数/m³) による赤潮が見られた。

【8月】7月下旬から8月上旬にかけて *Chaetoceros* subgen. *Hyalochaete* sp. の赤潮が発生した。また、下旬に珪藻類の *Skeletonema costatum* や *Thalassiosira* spp. の赤潮が発生した。

【9月】中旬や下旬に珪藻類の *Thalassiosira* spp. の赤潮が発生した。

表 7 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	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	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度	29 年度	30 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	5	4	6	4	5	4	2	3	5	5	2	9	3	5	6	5	5	3
3～5日	3	3	6	6	4	6	4	5	5	5	8	8	3	3	4	8	4	11	11	7	8	7	5	6	6	12	9	7	6	6	3	7	4	7	5	2	6	2	5
6～10日	1	5	7	4	3	3	4	3	5	3	5	1	1	7	6	4	9	5	2	4	7	6	4	4	8	5	4	4	5	3	4	3	2	4	6	4	2	3	6
11～15日	1	4	1	1	0	5	0	0	1	0	1	1	3	1	1	0	1	1	2	4	2	0	2	2	0	0	1	0	1	1	1	3	1	0	1	4	1	1	0
16～20日	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
21日以上	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0
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	15	15	18	15	17	16	14	13	14

表 8-1 調査日における調査地点別の赤潮発生状況①

月	日	調査名	お台場	St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	広域23	広域26	備考
4	10	内湾				×		×	×	×	×	△		
	12	内湾	△	×	×		×							
	17	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	19	有害						△		△	△			
	20	運河・有害		△	△	△			△					
	26	赤潮	△		△	△	△	△	△	△	△	△		
5	1	稚魚	○											城南大橋でも赤潮は見られた。
	1	赤潮	●		●	△	●	○	○	○	○	△		<i>Heterosigma akashiwo</i> の赤潮。
	10	成魚						×		×	×			
	11	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	14	内湾						×		×	×	△	×	
	16	内湾・鳥類	○	●	●		×		×					<i>Rhizosolenia fragilissima</i> の赤潮。
	18	内湾・運河				×								運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	22	赤潮	●		●	△	○	○	○	●	○	○		<i>Heterosigma akashiwo</i> の赤潮。
	23	付着												13号地船着き場でも赤潮が見られた。
	29	赤潮・底生	●		×	△	△	○	△	△	●	△		<i>Prorocentrum triestinum</i> の赤潮。
6	5	内湾				△		△	△	△	△	△		
	6	内湾	○	●	●		△							<i>Prorocentrum triestinum</i> の赤潮が継続して見られた。
	13	運河・鳥類	△											運河域及び鳥類調査地点の赤潮発生は確認されなかった。
	14	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	15	赤潮	○		●	欠	△	欠	△	△	△	△		<i>Tharassiosiraceae</i> の赤潮。
	19	赤潮	×		×	△	△	△	△	△	△	△		
	26	赤潮	●		●	△	○	○	○	○	●	○		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮。
7	2	内湾				×					×			
	3	内湾							×	×				
	4	内湾	△	×	×		×							お台場では <i>Skeletonema costatum</i> が見られた。
	6	内湾						×						
	10	赤潮	●		●	○	○	○	○	○	△	△		<i>Heterosigma akashiwo</i> の赤潮。
	11	運河												運河域においても赤潮が見られた。
	12	運河・稚魚	○											運河域においても赤潮が見られた。
	18	赤潮	●		●	○	○	△	○	○	△	△		<i>Tharassiosira</i> spp.の赤潮。
	24	赤潮	●		●	△	○	△	○	○	△	○		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮。
8	1	内湾	○	●	●	×	●	×						<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.の赤潮。
	2	内湾							●	×	×	△	×	St.23でも赤潮が見られた。
	7	赤潮	●		●	欠	△	欠	△	△	△	△		お台場でも赤潮が見られた。
	14	鳥類	△											
	15	運河												
	17	運河												
	21	赤潮	●		●	○	○	○	○	○	○	△		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮。
	27	稚魚	△											
	28	赤潮・底生	●		●	△	○	○	△	○	△	○		<i>Tharassiosira</i> spp.の赤潮。

表 8-2 調査日における調査地点別の赤潮発生状況②

月	日	調査名	お台場	St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	広域23	広域26	備考
9	11	赤潮	△		●	欠	△	欠	△	△	欠	欠		Tharassiosira spp.の赤潮。
	12	運河												
	13	内湾						×	×	×	×	△		台風21号の影響により、赤潮は見られなかった。
	14	内湾	△	×	×	×	×							台風21号の影響により、赤潮は見られなかった。
	18	運河・成魚						○		○	○			成魚調査では赤潮が見られた。
	19	赤潮	●		●	○	○	○	○	○	○	○		Tharassiosira spp.の赤潮。
	26	内湾底質		△	△		△		△					
	28	内湾底質				△		△		△	△			
10	2	鳥類	△											鳥類調査の地点では赤潮は見られなかった。
	4	内湾						×	×	×	×	△		多くの地点でCryptomonadaceaeが優占種であった。
	5	内湾	△	×	×	×	×							多くの地点でCryptomonadaceaeが優占種であった。
	9	赤潮・稚魚	×		×	△	△	△	△	△	△	△		
	10	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	11	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	12	運河底質												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	16	赤潮	×		×	△	△	△	△	△	△	△		
	30	有害						△		△	△			Ceratium furcaが見られた。
	31	有害		△	△	△			△					Ceratium furcaが見られた。
11	6	内湾						×	×	×	×	△	×	
	7	内湾	△	×	×	×	×							
	13	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	14	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	16	成魚						△		△	△			
12	4	内湾						×	×	×	×	△		
	5	内湾	△	×	×	×	×							
	12	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	13	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	21	稚魚	△											城南大橋では赤潮が見られた。
1	7	内湾				×					×			
	8	内湾							×	×				
	9	内湾	△	×	×		×							
	10	内湾						×						
	16	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	17	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	21	鳥類	△											鳥類の調査地点で赤潮発生は確認されなかった。
2	5	内湾・稚魚	△					×	×	×	×	△	×	
	6	内湾	△	×	×	×	×							
	8	鳥類	△											
	13	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	14	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	20	成魚						△		△	△			
3	5	内湾						×	×	×	×	△		
	6	内湾	△	×	×	×	×							
	12	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
	13	運河												運河域の赤潮発生は確認されなかった。
調査回数※			39	15	32	29	30	33	33	36	35	26	4	
赤潮発生延べ回数			17	3	15	4	10	9	9	10	7	5	0	
割合(%)			44	20	47	14	33	27	27	28	20	19	0	

【調査回数について】 同一日に複数回調査があった時は1回とした。

【調査区分について】 内湾・・・水質測定調査の内湾調査 運河・・・水質測定調査の運河調査 赤潮・・・東京都内湾赤潮調査
稚魚・成魚・底生・鳥・・・東京都内湾水生生物調査【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、赤潮とされたもの
×採水分析の結果、赤潮ではないと判断されたもの △採水分析しないが、赤潮ではないと判断されたもの

表 9 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	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度	29 年度	30 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	1	4	0	0	5	3	0	0	0
	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	6	4	7	5	4	1	5	2	3
	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	4	2	1	4	3	6	5	4	5
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	1	1	2	0	2	2	1	2	2
	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	3	4	8	6	3	4	3	5	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	15	15	18	15	17	16	14	13	14

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>Heterosigma akashiwo</i>												
Thalassiosiraceae												
<i>Talassiosira</i> spp.												
<i>Prorocentrum trientinum</i>												
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>												
<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.												

【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	
東京港内の大部分	
東京港内の一部	

図6 優占プランクトン別赤潮発生時期と規模(平成30年度)

エ 東京湾再生推進会議の手法による赤潮発生割合

東京湾における赤潮を統一的に評価するため、東京湾再生推進会議では赤潮発生割合を調査回数に占める赤潮確認回数の割合で算出している。

$$\text{赤潮発生割合(\%)} = (\text{赤潮が1か所でも確認された回数} \div \text{調査回数}) \times 100$$

この手法では、平成30年度の赤潮発生割合は38%であった。

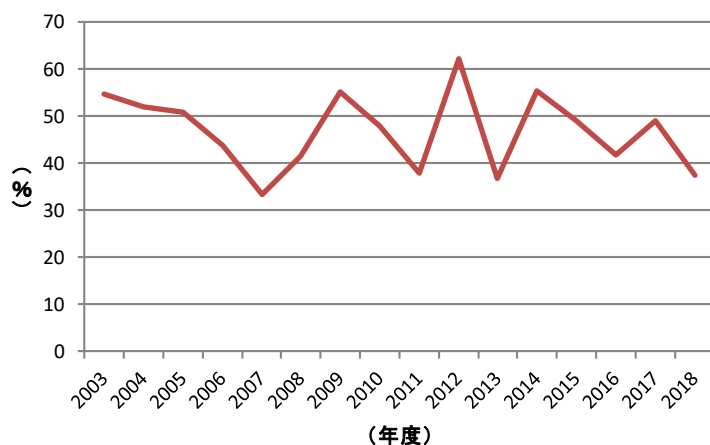


図7 東京都の赤潮発生割合

オ 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表10-1、10-2に示す。

平成30年度に発生した赤潮の第一優占種は7種であった。*Tharassiosira* spp. (珪藻類)が第一優占種となった回数が最も多く4回であった。次いで、*Skeletonema costatum* (珪藻類)と*Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻類)で3回ずつであった。珪藻類が第一優占種となる割合は約71%(延べ14回中10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、平成15年度及び平成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ており、近年も年度によって変動はあるものの継続的に確認されている。

表 10-1 優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化（昭和 52 年度～平成 8 年度）

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	6	7	8
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
	<i>Skeletonema</i> sp. (spp.)																				
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		1		3	1	2		1		1	1		1	1	1					3
	<i>Thalassiosiraceae</i>											2		2	1				3	1	
	<i>Thalassiosira binata</i>																				
	<i>Cyclotella</i> sp.(spp.)																		1		1
	<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>																			1	
	<i>Chaetoceros cf. salsugineum</i>																1				
	<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.																				
	<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	2	3	4
	<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				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										
	<i>Gymnodiniales</i>																				
	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>																				
	<i>Ceratium furca</i>																				
	<i>Heterocapsa triquetra</i>																		1		
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>																				
緑藻	<i>Noctiluca scintillans</i>	2					1	1										1	1		
	<i>Chlamydomonadaceae</i>						1										1				
クリプト藻	<i>Cryptomonadaceae</i>						1		2	1	2	1		1				5		1	2
ハプト藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>																			1	
	<i>Haptophyceae</i>																			1	
プラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.						2		1						1	1					
ミドリムシ藻	<i>Euglenophyceae</i>	4	1		2	1	2			1											
	<i>Eutreptiaceae</i>																				
	不明微細鞭毛藻	1	1	3	4	2	4	2		3	6		1		1					3	
繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		1	1		3			1						1			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	15	18	20

(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。複合赤潮により合計が合わない場合がある。

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。

Chaetoceros cf. salsugineum には *Chaetoceros* subgen. *Hyalochaete* sp. 及び *Chaetoceros salsugineum* を含む。

表 10-2 優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化（平成 9 年度～平成 30 年度）

赤潮プランクトンの種類\年度		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	8	8	8	9	6	3	7	5	4	4	3	8	10	3	7	11	8	9	6	3	4	3
	<i>Skeletonema</i> sp. (spp.)																			1			
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		2	3	4		3	3	4	4	2	3	1				2		1		1	1	4
	<i>Thalassiosiraceae</i>	4	1			3	1			1	1		1	3		3		1	2	3	2		1
	<i>Thalassiosira binata</i>											1									1		
	<i>Cyclotella</i> sp.(spp.)				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>																				1	1	1
	<i>Chaetoceros sociale</i>					1																	
	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>salsugineum</i>											1	1		1								
	<i>Chaetoceros</i> subgen.																						1
	<i>Hyalochaete</i> sp.																						
	<i>Chaetoceros</i> spp.						1												1		1	1	
	<i>Lithodesmium variable</i>																						
	<i>Eucampia zodiacus</i>									2	1					3		1			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>	3	3	4	1	1	1		2	2		2	1	1	4	3	3	4	3	2	2	3	3
	<i>Fibrocapsa japonica</i>						1	1	1														
黄色鞭毛藻	<i>Distephanus speculum</i>																						
渦鞭毛藻	<i>Gyrodinium intratum</i>					1																	
	<i>Prorocentrum minimum</i>			1						1	3			1			1		1	1		1	
	<i>Prorocentrum dentatum</i>																						
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	1										1	1								1	1	
	<i>Prorocentrum micans</i>											1								1		1	
	<i>Prorocentrum</i> sp.																						
	Gymnodiniales			1										1									
	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>																					1	
	<i>Ceratium furca</i>								2				2					1					
	<i>Heterocapsa triquetra</i>																						
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>								1	1		1		1						1	1	1	
	<i>Noctiluca scintillans</i>			2	4	1		3	1	1			1		3			1			1		
緑藻	<i>Chlamydomonadaceae</i>																						
クリプト藻	<i>Cryptomonadaceae</i>	2	2				3		1	1	1				1								
ハプト藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>																						
	<i>Haptophyceae</i>																						
ブラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.																						
ミドリムシ藻	<i>Euglenophyceae</i>																1			1			
	<i>Eutreptiaceae</i>		1																				
	不明微細鞭毛藻		1		1	1	1	1							1								
繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	1				4	1	4	2	3	1	1		1	1	1		1					
	種不明											1											
合計		19	19	20	20	19	16	18	18	22	18	15	16	20	15	15	18	17	17	16	14	15	14

カ 赤潮と水質

(ア) 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8-1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、値が大きいく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。ただし、図中(右)に示した夜光虫(*Noctiluca scintillans*)赤潮であった場合は除いた。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 $24,344 \times 10^6$ 細胞/ m^3 、 $360 \text{ ml}/\text{m}^3$ であった。

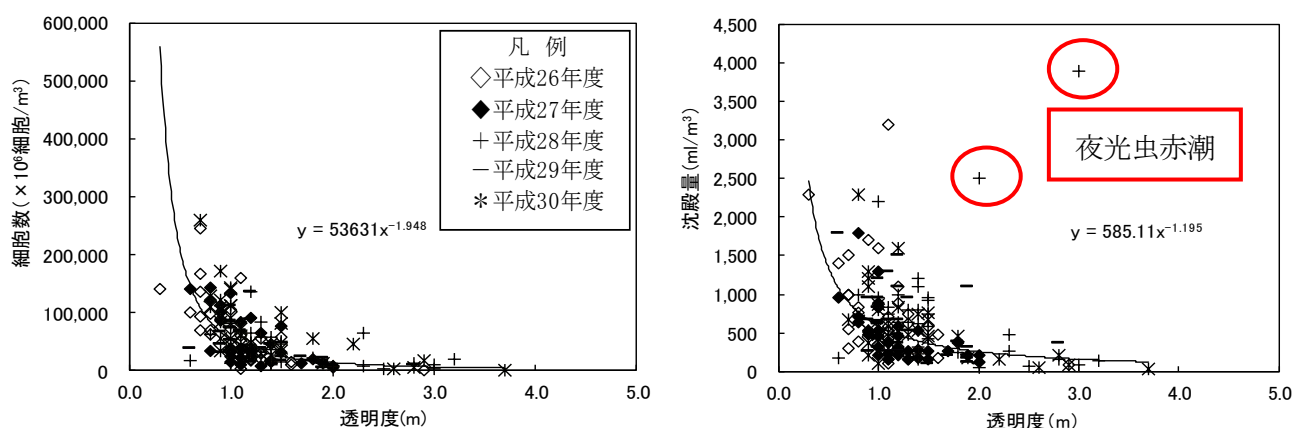


図8-1 植物プランクトン総細胞数と透明度の関係(左)及び沈殿量と透明度の関係(右)

(イ) 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年度から平成30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8-2に示した。

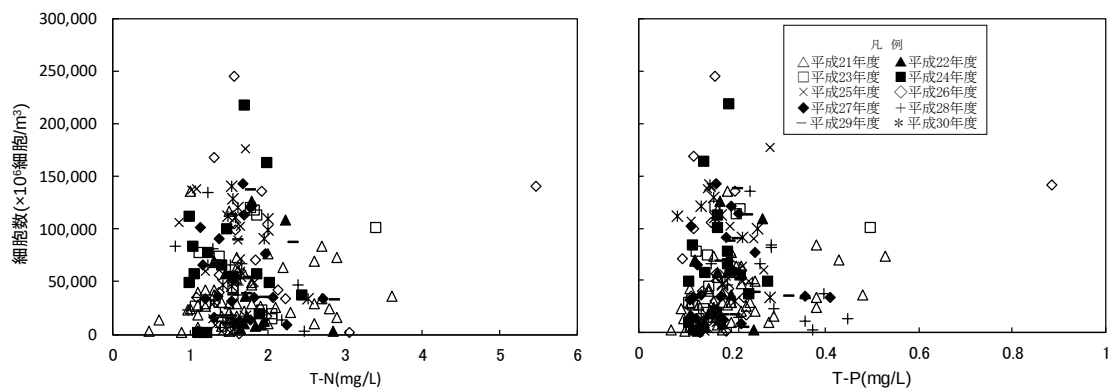


図8-2 植物プランクトン細胞数と栄養塩類(左:T-N、右:T-P)

総細胞数と T-N および T-P の間に明確な相関は認められなかったが、T-N、T-P それぞれ約 1.0mg/L、約 0.10 mg/L 以上で植物プランクトンの細胞数が増加する傾向がみられた。しかし、植物プランクトンの総細胞数だけではそ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、現存量を表すとは限らない。そこで、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8-3に示した。

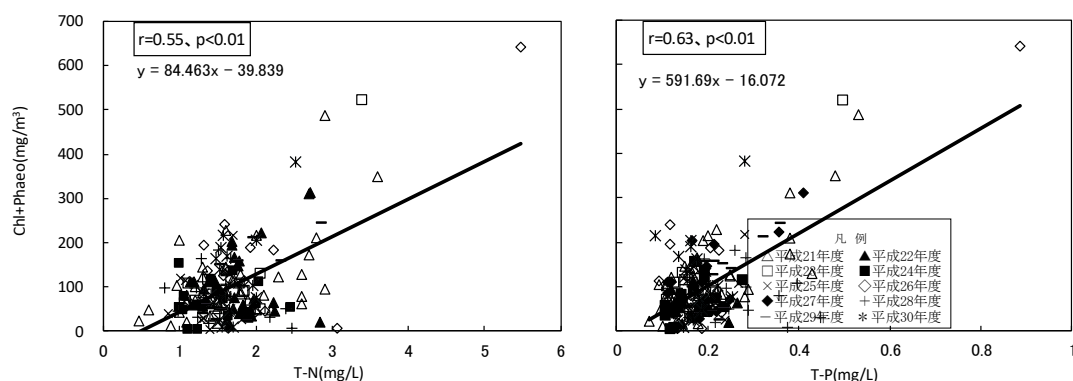


図 8-3 クロロフィル濃度と栄養塩類(左:T-N、右:T-P)

T-N とクロロフィル(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($r=0.55$, $p<0.01$)。また、T-P とクロロフィルの合計値の間には T-N より強い相関関係が認められた($r=0.63$, $p<0.01$)。

(ウ) 主要プランクトンと環境要因

平成19年度から平成30年度に比較的高い頻度で優占した主要な植物プランクトンとして、珪藻の *Skeletonema costatum*、*Thalassiosira* spp.、ラフィド藻の *Heterosigma akashiwo* に注目し、その優占と水温及び塩分の関係について検討した(図9)。また、近年ある程度決まった時期に優占し、時には赤潮の主要な形成種となる渦鞭毛藻の *Prorocentrum minimum*、*Heterocapsa lanceolata* 及び珪藻の *Pseudo-nitzschia multistriata* を抽出し、その優占と水温及び塩分の関係について検討した。データは、それぞれの種が植物プランクトン全体の上位5種以内に含まれたときのものを利用し、ここでは上位5種に入ったことを「優占した」と表現した。

S. costatum は水温 16.9～31.4℃、塩分 8.8～31.1 の範囲で優占し、水温、塩分ともに最も広い範囲で優占した。

Thalassiosira spp. は水温 20.1～31.1℃、塩分 12.9～30.1 の範囲で優占した。優占した測点の水温が 20℃以上であり、*S. costatum* と比べると水温が高い時期に優占する傾向がみられた。

H. akashiwo は水温 18.3～28.9℃、塩分 13.7～30.1 の範囲で優占した。

P. minimum は水温 16.0～29.4℃、塩分 8.8～29.9 の範囲で優占した。塩分 10 以下でも優占することがあり、優占した塩分範囲が広がった。

H. lanceolata は水温 20.1～28.9℃、塩分 8.8～27.5 の範囲で優占した。塩分 10 以下でも優占することがあり、優占した塩分範囲が広がった。また、優占した測点の水温が 20℃以上であり、水温が高い時期に優占する傾向がみられた。

P. multistriata は水温 19.9～27.8℃、塩分 23.5～30.4 の範囲で優占し、他種と比べると高塩分の場所で優占する傾向がみられた。

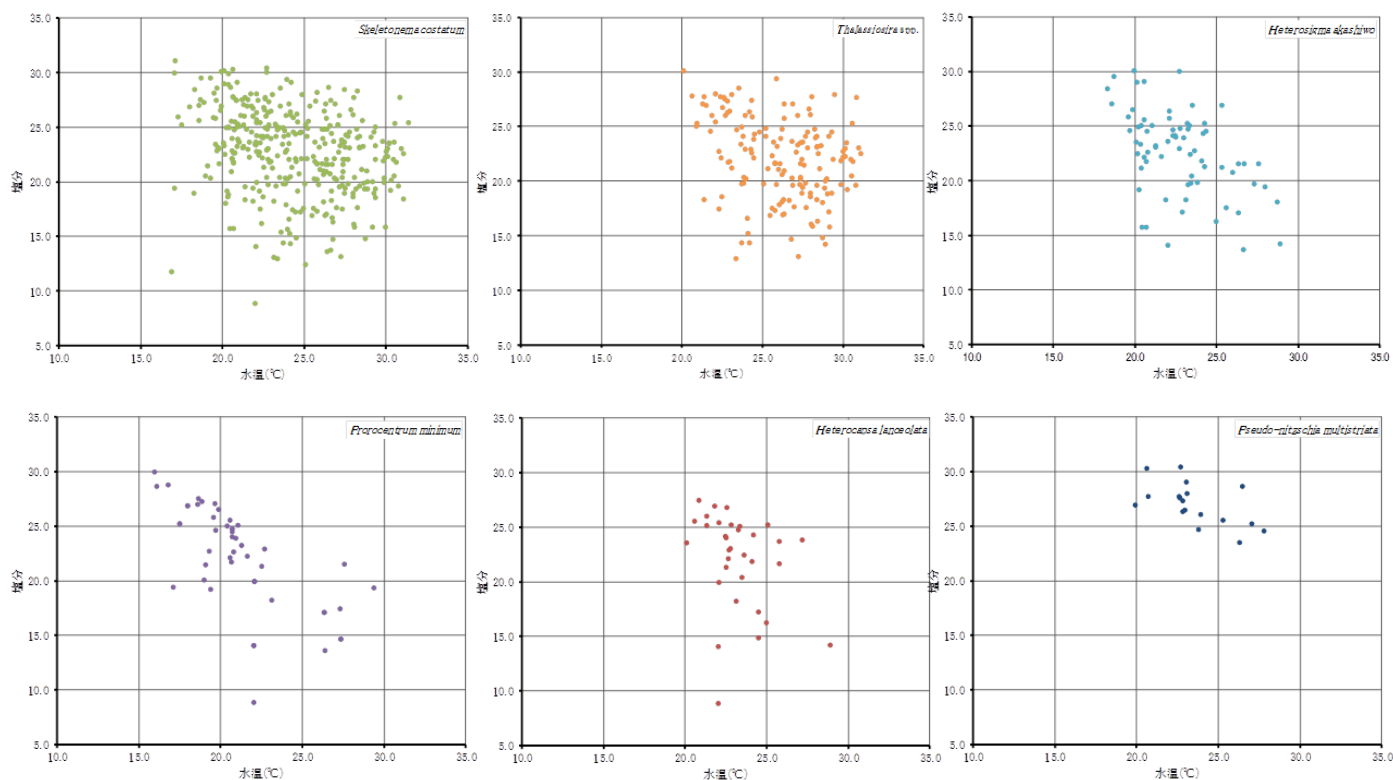


図9 主要プランクトンの優占と水温・塩分

(エ) 体積現存量による主要プランクトンの赤潮原因種の判定

プランクトンの細胞体積現存量は、細胞数とならび、赤潮原因種を判定するための重要な要素である。細胞数だけでは、見かけの優占種を客観的に数値化し表現出来ないことがしばしば起こる。そこで、プランクトンの体積現存量を求め、平成30年度に起きた赤潮の見かけの優占種を客観化することを試みた。なお、検討には赤潮調査によるプランクトンデータのみを使用した。

① 今年度出現した主の細胞体積(表11-1)

調査では平成18年から平成20年の3年間、同様にプランクトンの体積現存量を求めており、数値の大部分はそこから引用した。

② 細胞数による最優占種と体積現存量による最優占種の比較(表11-2)

Noctiluca scintillans は最優占種の候補から除いた。それぞれの最優占種が一致したのは22例、一致しなかったのは12例であった。なお、一致しなかった例のうち、半数の6例における体積現存量の第1優占種は *Heterosigma akashiwo* であった。

表11-1 プランクトン出現種の細胞サイズ及び細胞体積リスト(平成30年度)

統一 コードNo.	門	綱	種 名	サイズ		体積換算式 (※)	細胞体積 ($\mu\text{m}^3/\text{細胞}$)
				長軸(μm)	短軸(μm)		
92	クリプト植物	クリプト藻	Cryptomonadaceae	10	5.5	C	95
102	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum micans</i>	40	28	C	9,900
103			<i>Prorocentrum minimum</i>	20	18	C	2,000
104			<i>Prorocentrum triestinum</i>	25	10	C	790
110			<i>Dinophysis acuminata</i>	42	26	C	8,900
121			<i>Gymnodinium</i> sp.	17	14	C	1,000
123			<i>Gyrodinium instriatum</i>	45	31	C	14,000
135			<i>Noctiluca scintillans</i>	460	430	D	45,000,000
144			<i>Ceratium furca</i>	140	38	B	32,000
159.1			<i>Heterocapsa lanceolata</i>	20	13	C	1,100
159.2			<i>Heterocapsa rotundata</i>	11	7.0	C	170
211	ハプト植物	ハプト藻	Haptophyceae (無殻)	7.0	5.0	C	55
295	黄色植物	珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	13	5.0	A	150
295.1			<i>Skeletonema</i> sp.	2.5	2.5	A	7
304			<i>Thalassiosira</i> spp.	7.5	5.0	A'	130
305			Thalassiosiraceae	5.0	2.5	A'	29
308			<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	35	15	B	1,200
309			<i>Rhizosolenia setigera</i>	280	20	B	18,000
316			<i>Eucampia zodiacus</i>	33	28	E	16,000
334			<i>Chaetoceros sociale</i>	7.5	7.5	A	200
335			<i>Chaetoceros</i> spp.	7.5	2.5	A	22
346			<i>Neodelphineis pelagica</i>	11	3	E	59
366			<i>Pleurosigma</i> sp.	250	38	B	57,000
368			<i>Cylindrotheca closterium</i>	61	3	B	86
991		ラフィド藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	20	20	C	2,500
1082	緑色植物	プラシノ藻	Prasinophyceae	5.0	5.0	C	39
1411	原生動物	繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	28	19	D	5,300
4621			unidentified flagellates	7.0	5.0	C	55

※ 体積換算式

A	$V=3/20 \pi ab^2$	楕円筒型:殻環面の高さ>殻面の長軸 (宮井, 1988)	a:長軸, b:短軸
A'	$V=3/20 \pi a^2b$	楕円筒型:殻環面の高さ<殻面の長軸 (宮井, 1988)	a:長軸, b:短軸
B	$V=1/20 \pi ab^2$	楕円錐型、紡錘型、扁紡錘型 (宮井, 1988)	a:長軸, b:短軸
C	$V=1/10 \pi ab^2$	扁平楕円型 (宮井, 1988)	a:長軸, b:短軸
D	$V=1/6 \pi ab^2$	楕円型 (日本海洋学会編, 1986)	a:長軸, b:短軸
E	$V=3/5ab^2$	矩型 (宮井, 1988)	a:長軸, b:短軸

注:網掛けした数値は平成20年度と平成29年度の報告書から引用し、それ以外は新たに計測して体積を求めた。

表 11-2 細胞数による最優占種と体積現存量による最優占種の比較
(平成30年度 お台場)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
5/1	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
5/22	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
5/29	Cryptomonadaceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	×
6/19	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
6/26	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
7/10	Cryptomonadaceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
7/18	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
7/24	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
8/7	<i>Chaetoceros</i> spp.	Cryptomonadaceae	×
8/21	<i>Skeletonema</i> sp.	<i>Skeletonema costatum</i>	×
8/28	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
9/19	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
10/9	Cryptomonadaceae	Cryptomonadaceae	○
10/16	unidentified flagellates	unidentified flagellates	○

(平成30年度 St.6)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
5/1	<i>Heterosigma akashiwo</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○
5/22	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
5/29	<i>Skeletonema</i> sp.	<i>Gyrodinium instriatum</i>	×
6/15	Thalassiosiraceae	Thalassiosiraceae	○
6/19	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
6/26	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
7/10	Cryptomonadaceae	Cryptomonadaceae	○
7/18	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
7/24	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
8/7	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Pleurosigma</i> sp.	×
8/21	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
8/28	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
9/11	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
9/19	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
10/9	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
10/16	Thalassiosiraceae	Thalassiosiraceae	○

(平成30年度 St.11)

調査日	優占種		最優占種の一致
	細胞数	体積	
5/1	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×

(平成30年度 St.25)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
5/22	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×

(平成30年度 St.35)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
5/29	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Gyrodinium instriatum</i>	×
6/26	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(2) 海水の窒素、りん濃度

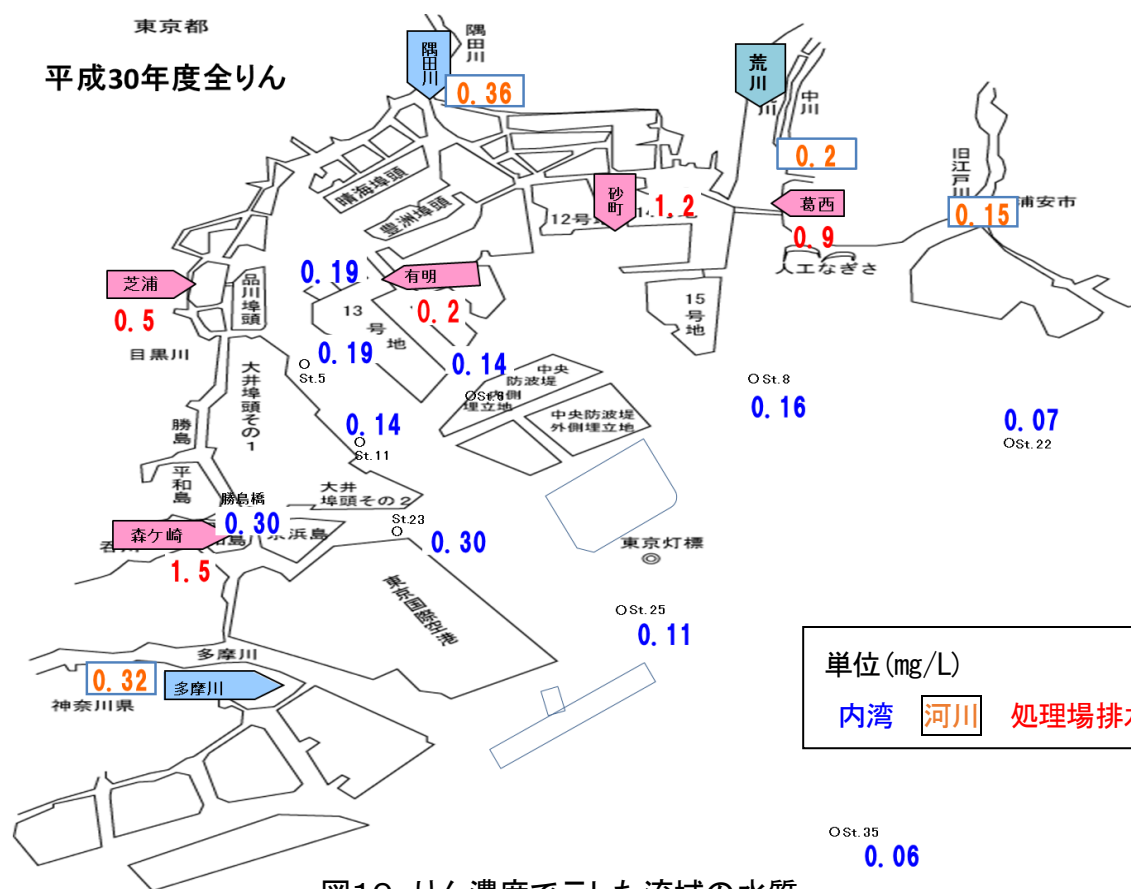


図10 りん濃度で示した流域の水質

赤潮の発生には、窒素・リンの濃度が深く影響しているとされている。

りん濃度で示した流域の水質を図 10 に示す。

全りん濃度はおおむね都内湾海水(上層)0.07～0.19 mg/L 前後、河川水は 0.15～0.36 mg/L であるのに対し、下水処理放流水は有明(0.2 mg/L)を除き、0.5～1.5 mg/L と河川水の 3～6 倍の濃度であった。水量は、例えば森ヶ崎水再生センターは下水処理量が1日平均 114.9 万m³(平成 27 年度実績)であるのに対し、多摩川の低水流量が 141 万m³(平成 27 年度)と8割程度であるように、大都市沿岸に立地する下水処理場の排水量は河川流量に匹敵するものであり、処理場排水の環境濃度への影響は大きい。

(3) 貧酸素水塊の発生状況

各調査地点(下層)についてのDO(溶存酸素量)の年間推移の様子を口絵11に示した。

また、5月から9月までの期間について、2mg/L を貧酸素水塊と定義した場合の貧酸素水塊の出現状況を表 12 及び図 13-1、図 13-2 に示した。St.8は荒川河口部で河川水の影響が強く、St.23 は下水放流水の影響が強く、ともに水深が5～6mと浅い地点のため貧酸素状態になりにくい。今年度はこの2地点を除く全ての地点で貧酸素水塊出現率が 40%を超えた。

表 1 2 夏期（５－９月）の海域各地点下層における貧酸素水塊の年度別出現状況

		St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	全地点計
H16	調査回数	32	32	28	32	27	32	28	26	237
	2.0mg/L 回数	19	17	3	18	10	4	14	13	98
	未満 率(%)	59	53	11	56	37	13	50	50	41
H17	調査回数	24	24	21	24	20	24	22	19	178
	2.0mg/L 回数	15	19	2	19	18	11	19	10	113
	未満 率(%)	63	79	10	79	90	46	86	53	63
H18	調査回数	20	16	15	18	15	17	16	13	130
	2.0mg/L 回数	10	12	6	13	9	10	12	6	78
	未満 率(%)	50	75	40	72	60	59	75	46	60
H19	調査回数	26	24	23	26	20	26	23	19	187
	2.0mg/L 回数	18	19	3	20	14	4	17	10	105
	未満 率(%)	69	79	13	77	70	15	74	53	56
H20	調査回数	17	17	17	17	16	18	16	16	134
	2.0mg/L 回数	11	14	4	13	14	8	11	9	84
	未満 率(%)	65	82	24	76	88	44	69	56	63
H21	調査回数	27	27	24	27	24	27	27	25	208
	2.0mg/L 回数	19	21	8	20	16	11	17	6	118
	未満 率(%)	70	78	33	74	67	41	63	24	57
H22	調査回数	20	20	15	20	14	19	19	15	142
	2.0mg/L 回数	13	11	1	13	9	5	10	7	69
	未満 率(%)	65	55	7	65	64	26	53	47	49
H23	調査回数	22	22	21	22	21	22	21	20	171
	2.0mg/L 回数	13	15	3	14	12	8	11	6	82
	未満 率(%)	59	68	14	64	57	36	52	30	48
H24	調査回数	19	20	17	19	17	19	19	16	146
	2.0mg/L 回数	13	15	3	13	8	3	9	8	72
	未満 率(%)	68	75	18	68	47	16	47	50	49
H25	調査回数	21	22	21	21	18	21	21	17	162
	2.0mg/L 回数	17	15	4	18	11	9	13	10	97
	未満 率(%)	81	68	19	86	61	43	62	59	60
H26	調査回数	5	21	19	21	18	21	20	17	142
	2.0mg/L 回数	3	14	2	15	11	6	12	8	71
	未満 率(%)	60	67	11	71	61	29	60	47	50
H27	調査回数	7	21	18	20	15	19	18	17	135
	2.0mg/L 回数	2	17	4	17	12	8	12	10	82
	未満 率(%)	29	81	22	85	80	42	67	59	61
H28	調査回数	6	20	19	19	19	19	20	20	142
	2.0mg/L 回数	2	12	2	12	10	5	12	8	63
	未満 率(%)	33	60	11	63	53	26	60	40	44
H29	調査回数	5	21	19	21	18	21	20	19	144
	2.0mg/L 回数	3	16	2	18	12	5	13	9	78
	未満 率(%)	60	76	11	86	67	24	65	47	54
H30	調査回数	5	19	19	19	16	21	18	15	132
	2.0mg/L 回数	3	11	2	12	11	5	8	7	59
	未満 率(%)	60	58	11	63	69	24	44	47	45

* 平成 26 年度より St.5 の貧酸素水塊調査は月 1 回となっている。

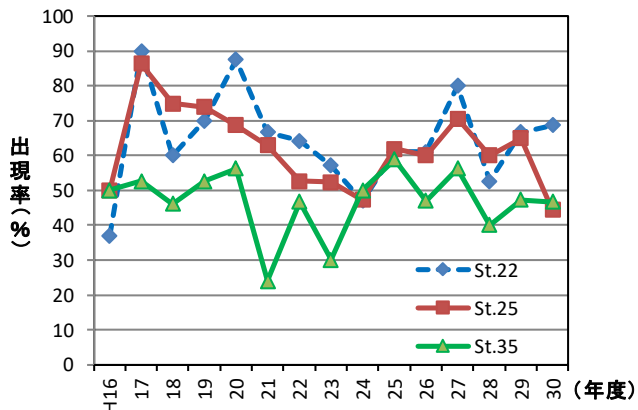


図 13-1 貧酸素水塊出現率の経年変化 (B 類型)

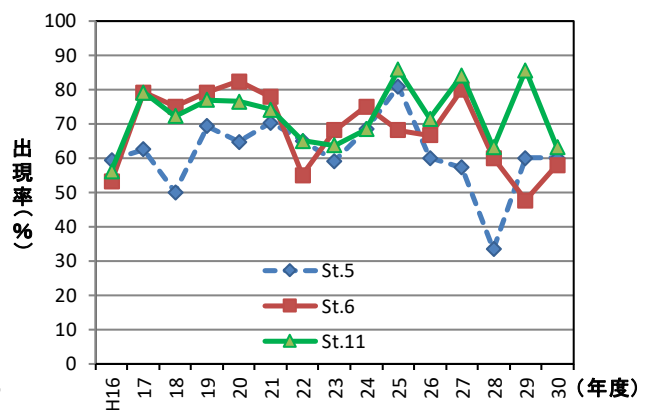


図 13-2 貧酸素水塊出現率の経年変化 (C 類型)

6 まとめ

(1) 赤潮の発生回数、日数及び時期

平成 30 年度の赤潮の発生回数は 14 回、発生日数は 76 日で、平成 29 年度と比べて、発生回数は 1 回増加し、発生日数は 16 日減少した。

経年変化は回数、日数ともに年度により変動が大きいため顕著な傾向は見られず、近年は横ばい状況であるといえる。

(2) 容積換算による赤潮優占プランクトンの傾向

平成 30 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、回数としては *Thalassiosira* spp.(珪藻)で、発生回数は延べ 14 回中 4 回であった。次いで *Skeletonema costatum*(珪藻)、*Heterosigma akashiwo*(ラフィド藻)で、3 回ずつであった。日数としては、*Heterosigma akashiwo*(ラフィド藻)が延べ 20 日間と最も長かった。次いで、*Prorocentrum triestinum*(渦鞭毛藻)が 1 回の優占で 10 日であった。

(3) 赤潮の発生水域及び継続日数

東京都内湾の大部分に広がった赤潮が 3 回(全体の 21%)あり、規模の大きな赤潮は少なかった。継続日数は全赤潮発生回数の 57%(14 回中 8 回)が 5 日以内であった。

(4) 貧酸素水塊の発生状況

平成 30 年度は、5～9 月の調査において、下層の DO 濃度が 2.0mg/L を下回る貧酸素状態の出現率が 50%以上を超えるのは、8 地点中 4 地点であった。また、平成 29 年度と比較して、8 地点中 4 地点で出現率が減少した。

【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。

巻頭 赤潮優占プランクトン

・ 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」