

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	19
エ	東京湾再生推進会議の手法による赤潮発生割合	23
オ	赤潮時優占プランクトンの出現状況	23
カ	赤潮と水質	26
(2)	海水の窒素、りん濃度	31
(3)	貧酸素水塊の発生状況	31
6	まとめ	
(1)	赤潮の発生回数、日数及び時期	33
(2)	容積換算による赤潮優占プランクトンの傾向	33
(3)	赤潮の発生水域及び継続日数	33
(4)	貧酸素水塊の発生状況	33
資料Ⅰ	赤潮調査結果【総括表】（東京湾調査）	37
資料Ⅱ	赤潮調査結果【総括表】（水質測定調査）	54
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）	66
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）	83

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。

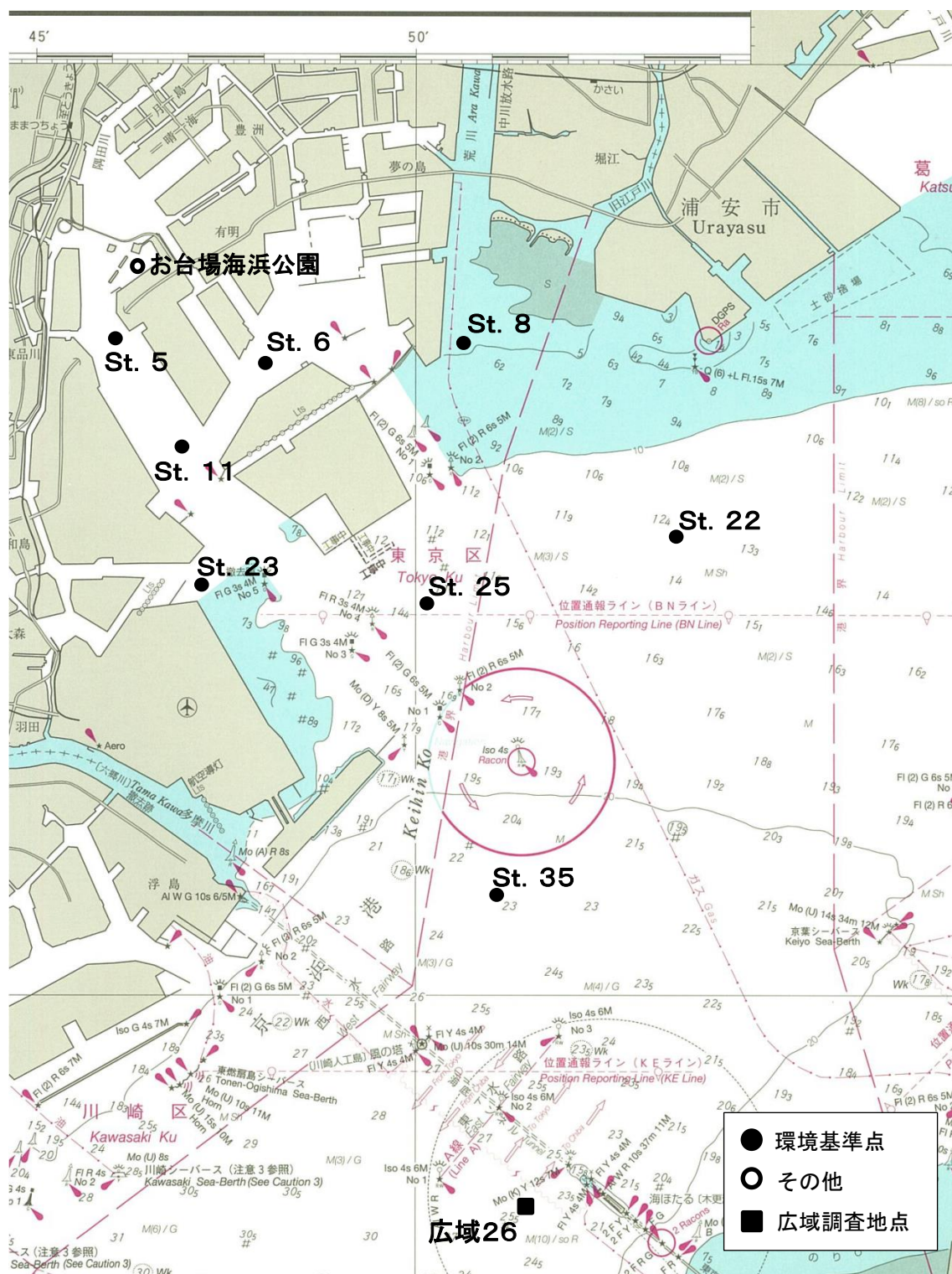


図1 調査地点図

3 調査方法

(1) 調査回数及び調査地点

ア 調査回数

令和元年度は、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27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。分析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
	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
	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
	塩分(※2)	海洋観測指針 第1部(1999) 4.3.1に準ずる方法	—	—	3
	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
	pH(※3)	ガラス電極pHメーターにより計測する。	—	—	3
採水分析 (上層)	COD	JIS K 0102(1998) 17	0.1mg/L	0.5mg/L	2
	T-N	JIS K 0102(1998) 45.4	0.05mg/L	0.05mg/L	2
	T-P	JIS K 0102(1998) 46.3	0.003mg/L	0.003mg/L	2
	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
	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

(※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

赤潮調査及び水質測定調査を総合して判定した、令和元年度の赤潮発生回数は 16 回、発生日数は 73 日であった。令和元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月変化を図 2 に示す。平成 30 年度と比較すると、回数は 2 回増加し、日数は 3 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令和元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。令和元年度は 7 月の日照が少なかったが、8 月から 3 月にかけて気温はやや高く、平年を大幅に上回った 10 月を含め、降雨量は多かった。

令和元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 5 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 8 月であり、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 56% (16 回中 9 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。一昨年のような 21 日以上の特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

													上段 発生回数
年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
R1	0	2	3	5	3	3	0	0	0	0	0	0	16
	0	13	15	17	21	7	0	0	0	0	0	0	73
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。

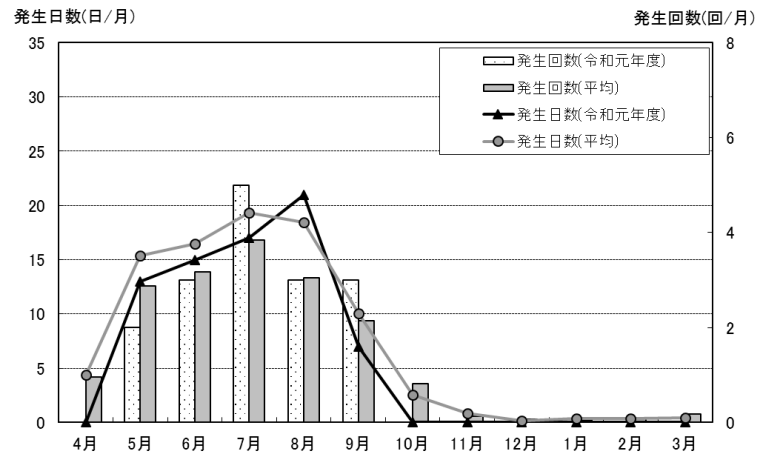


図2 赤潮発生回数及び発生日数の月変化(令和元年度と平均^(※1)との比較)

(※1) 平均とは調査開始年度～当該年度の平均値をいう。

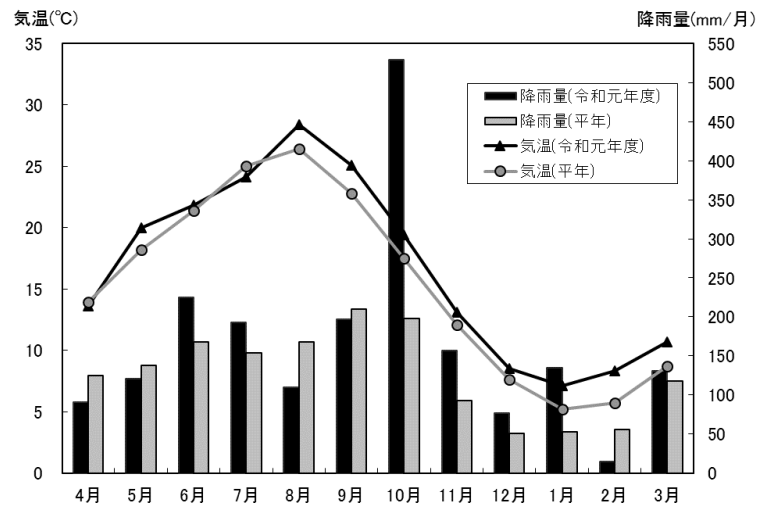


図3 降水量及び気温の月変化(令和元年度と平均^(※2)との比較)

(※2) 昭和56年～平成22年の平均値

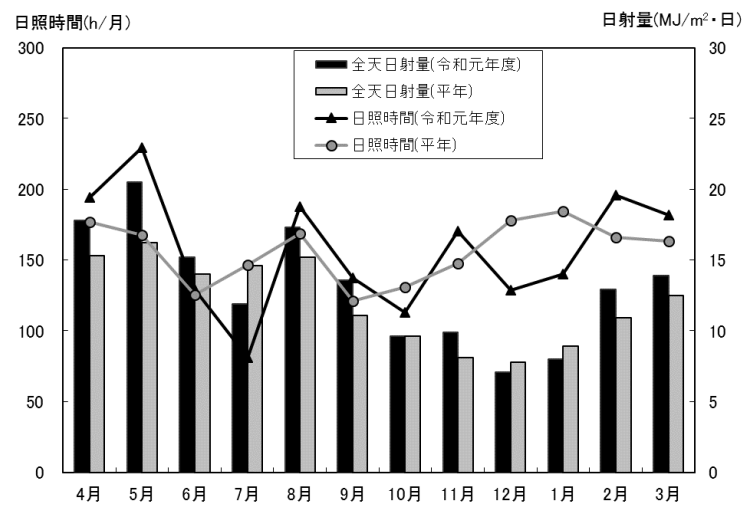


図4 全日射量及び日照時間の月変化(令和元年度と平均^(※2)との比較)

イ 各赤潮の発生状況及び特徴

赤潮調査及び水質測定調査を総合して判定した、令和元年度に発生した各赤潮の発生状況及び特徴は次のとおりである。

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。

*発生水域について

赤潮調査における「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、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) 令和元年 5 月 9 日～14 日の 6 日間

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

(特徴) 10, 11 日の最高気温は 27℃以上であった。

【 第 2 回 】

(期間) 令和元年 5 月 22 日～28 日の 7 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Rhizosolenia fragilissima* (色相) 緑褐色

(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。21 日に 82mm の降雨があった。

【 第 3 回 】

(期間) 令和元年 6 月 1 日～5 日の 5 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Eucampia zodiacus* (色相) 褐色、黄褐色

(特徴) 下層水が貧酸素(2mg/L 以下)となっている地点が出現した。

【 第 4 回 】

(期間) 令和元年 6 月 18 日～20 日の 3 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Skeletonema costatum* (色相) 茶色、緑褐色

(特徴) 21 日に 51mm の降雨があった。

【 第 5 回 】

(期間) 令和元年 6 月 22 日～28 日の 7 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Prorocentrum micans* (色相) 茶色、緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 24 日に 25.5mm の降雨があった。

【 第 6 回 】

(期間) 令和元年 7 月 5 日

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Prorocentrum micans* (色相) 茶褐色

(特徴) 1 日から 3 日の調査では赤潮は確認されなかった。

【 第 7 回 】

(期間) 令和元年 7 月 9 日

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Prorocentrum micans* (色相) 緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 7 日に 22.5mm の降雨があった。

【 第 8 回 】

(期間) 令和元年 7 月 17 日～22 日の 6 日間

(発生水域) 内湾の一部 (優占種) *Skeletonema costatum* (色相) 緑褐色

(特徴) 14 日に 39.0mm、16 日に 33.5mm の降雨があった。

【 第 9 回 】

(期間) 令和元年 7 月 23 日～29 日の 7 日間

(発生水域) 東京港内全体 (優占種) *Heterosigma akashiwo* (色相) 茶色、緑褐色

(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 10 回 】

(期間) 令和元年 7 月 30 日～8 月 6 日の 8 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Skeletonema costatum* (色相) 茶色、暗灰黄緑色

(特徴) 第 9 回の 24 日から最高気温が 30℃を超える日が続いた。

【 第 11 回 】

(期間) 令和元年 8 月 7 日～14 日の 8 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Thalassiosira binata* (色相) 褐色、黄褐色

(特徴) 最高気温が 30℃を超える日が続いた。15 日に 20.0mm の降雨があった。

【 第 12 回 】

(期間) 令和元年 8 月 18 日～21 日の 4 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Skeletonema* sp. (色相) 緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 22 日に 20.0mm の降雨があった。

【 第 13 回 】

(期間) 令和元年 8 月 25 日～27 日の 3 日間

(発生水域) 内湾の大部分 (優占種) *Tharassiosira* spp. (色相) 緑褐色、暗灰黄緑色

(特徴) 25 日に 15.0mm の降雨があった。

【 第 14 回 】

(期間) 令和元年 9 月 3 日～4 日の 2 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Thalassiosira binata* (色相) 茶褐色、黄褐色

(特徴) 期間中の最高気温は 30℃を下回っていた。

【 第 15 回 】

(期間) 令和元年 9 月 10 日～13 日の 4 日間

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Tharassiosira* spp. (色相) 緑褐色

(特徴) 9 日に 119.0mm の降雨があった。

【 第 16 回 】

(期間) 令和元年 9 月 18 日

(発生水域) 東京港内の一部 (優占種) *Tharassiosira* spp. (色相) 緑褐色

(特徴) 16 日に 28.5mm の降雨があった。

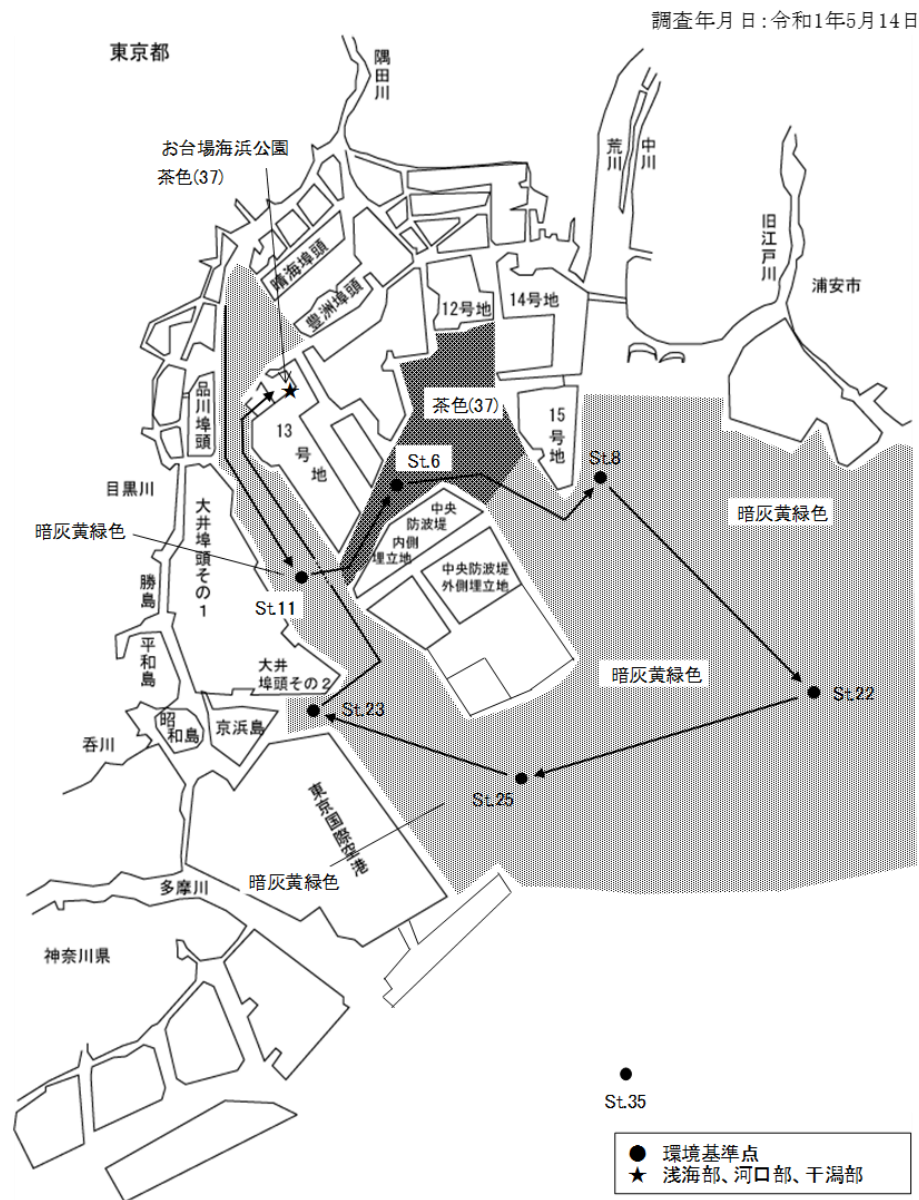


図 5-1 第 1 回赤潮 5 月 14 日の水色分布

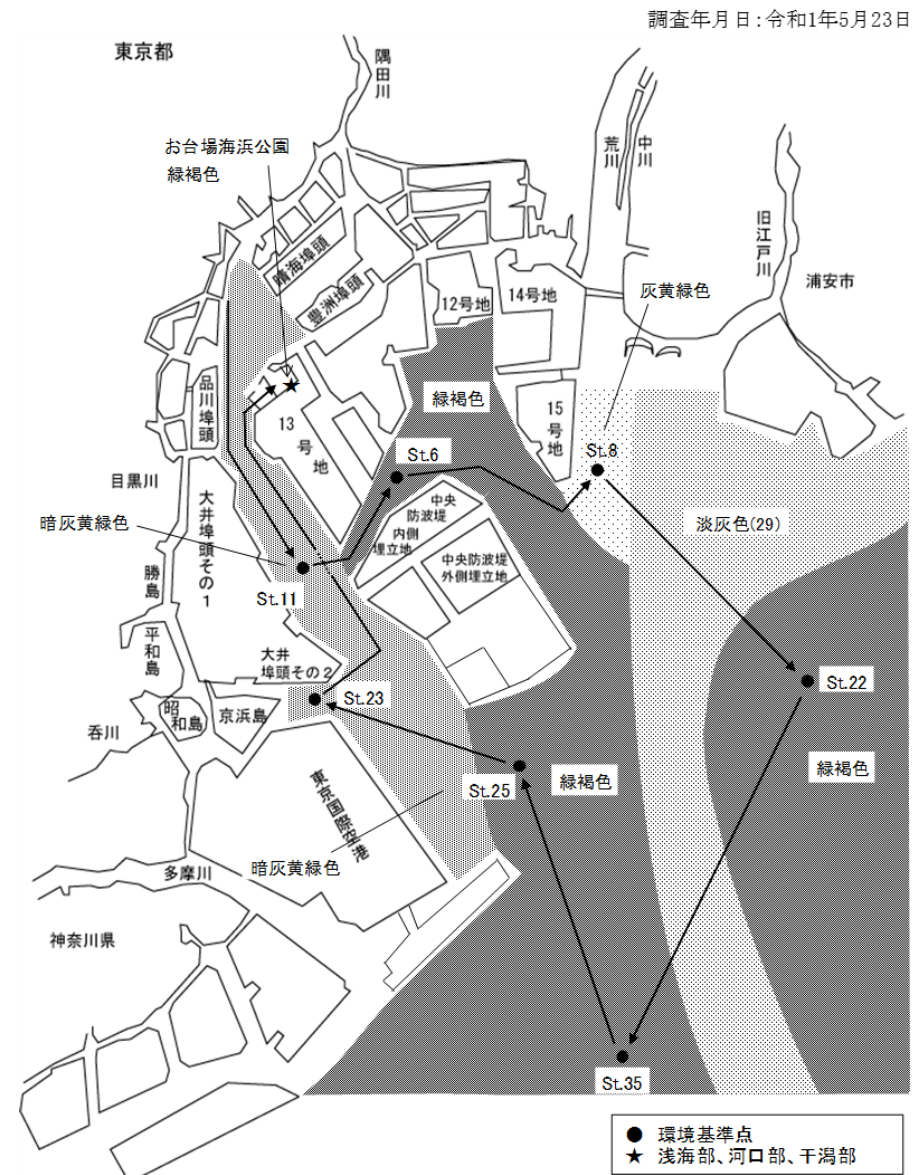


図 5-2 第 2 回赤潮 5 月 23 日の水色分布

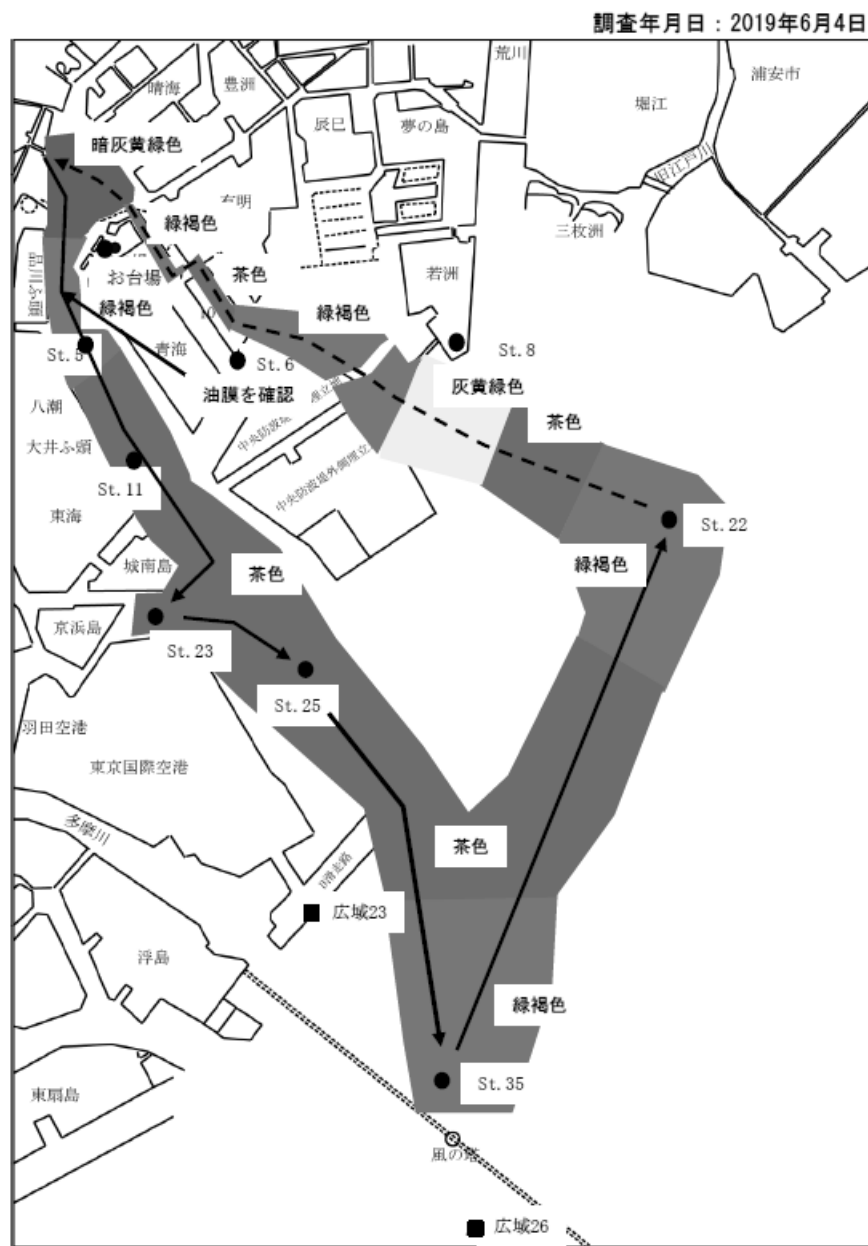


図 5-3 第 3 回赤潮 6 月 4 日の水色分布

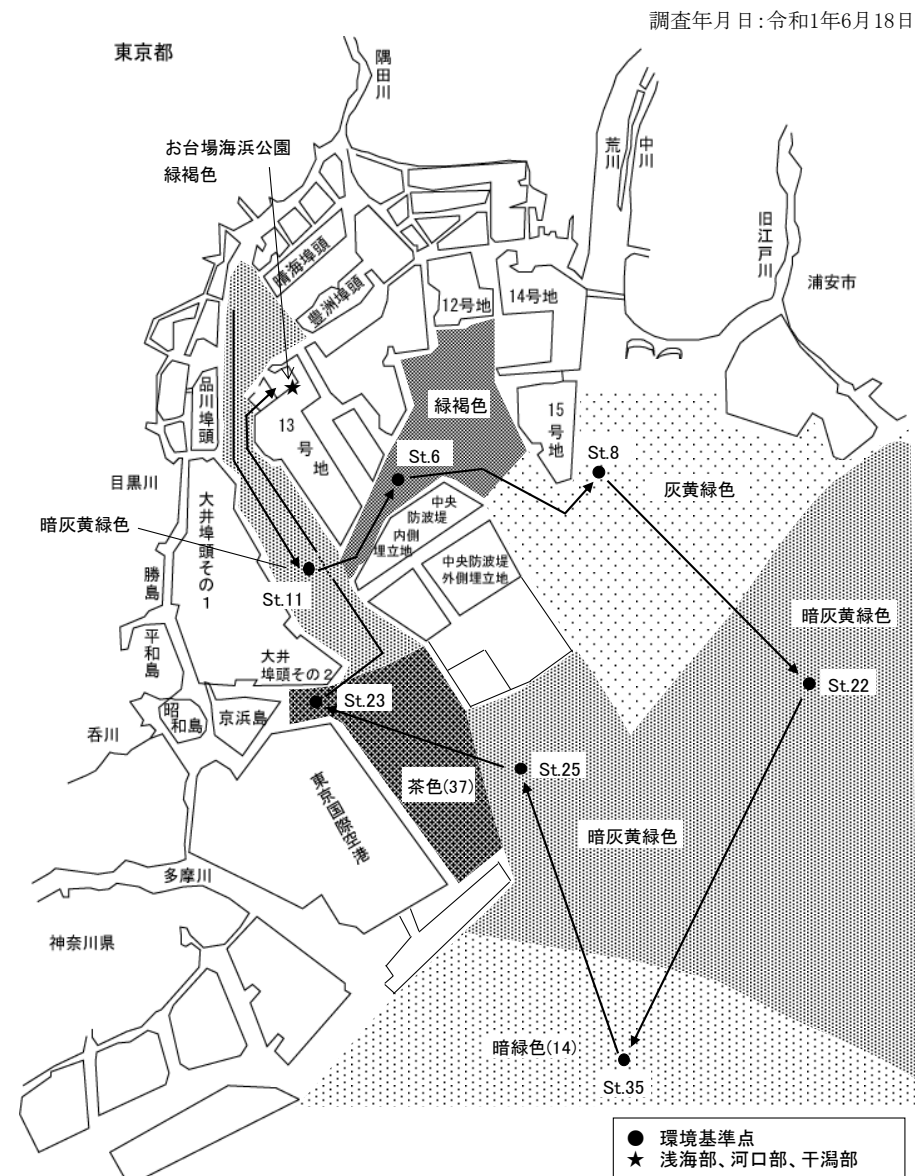


図 5-4 第 4 回赤潮 6 月 18 日の水色分布

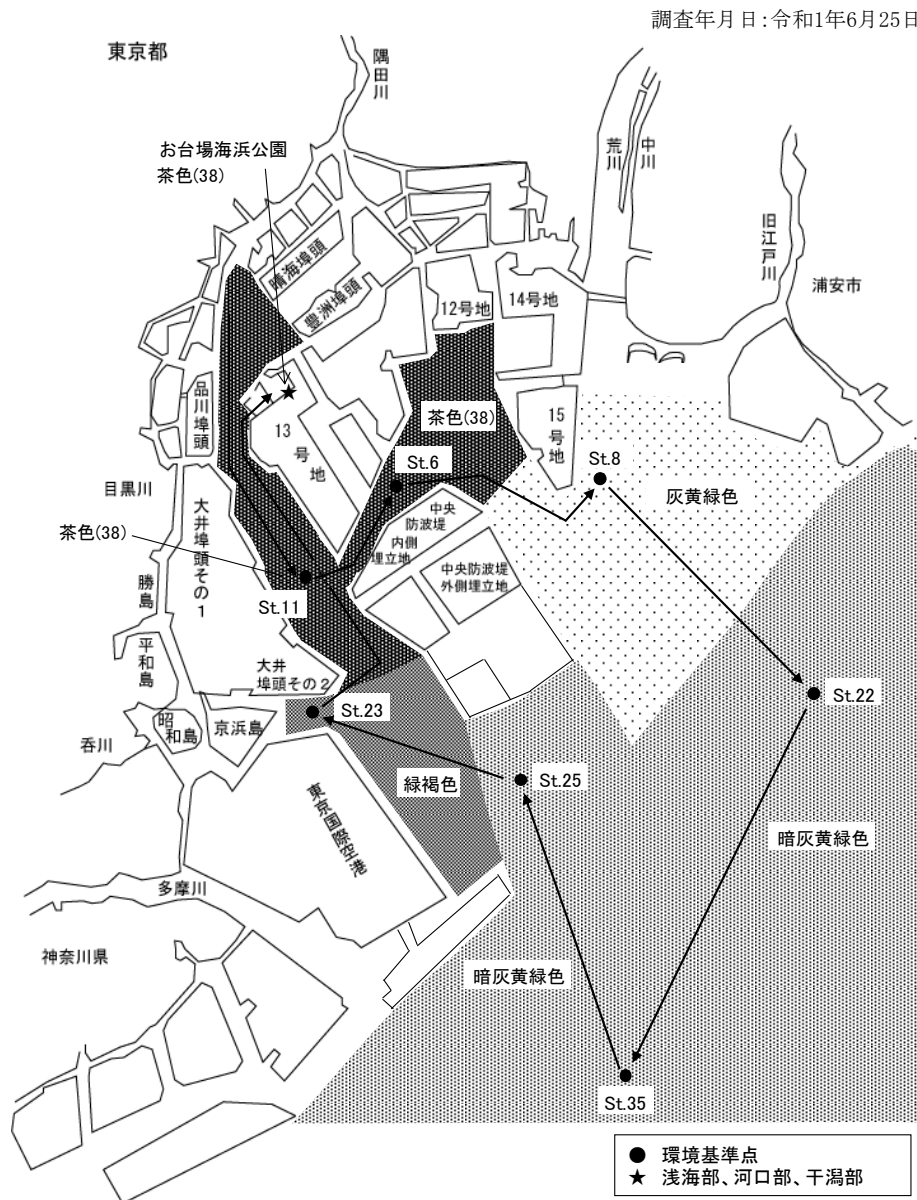


図5-5 第5回赤潮 6月25日の水色分布

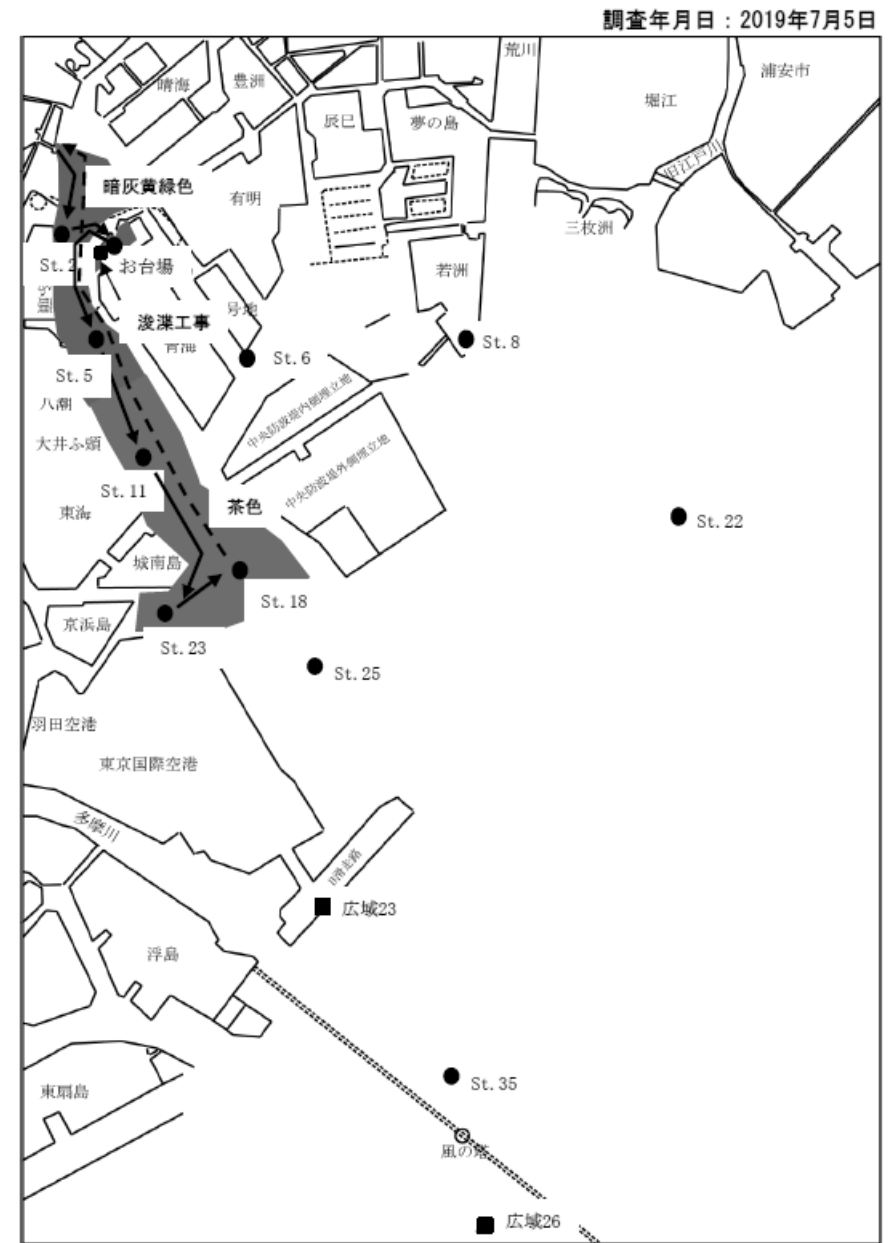


図5-6 第6回赤潮 7月5日の水色分布

調査年月日: 令和1年7月9日

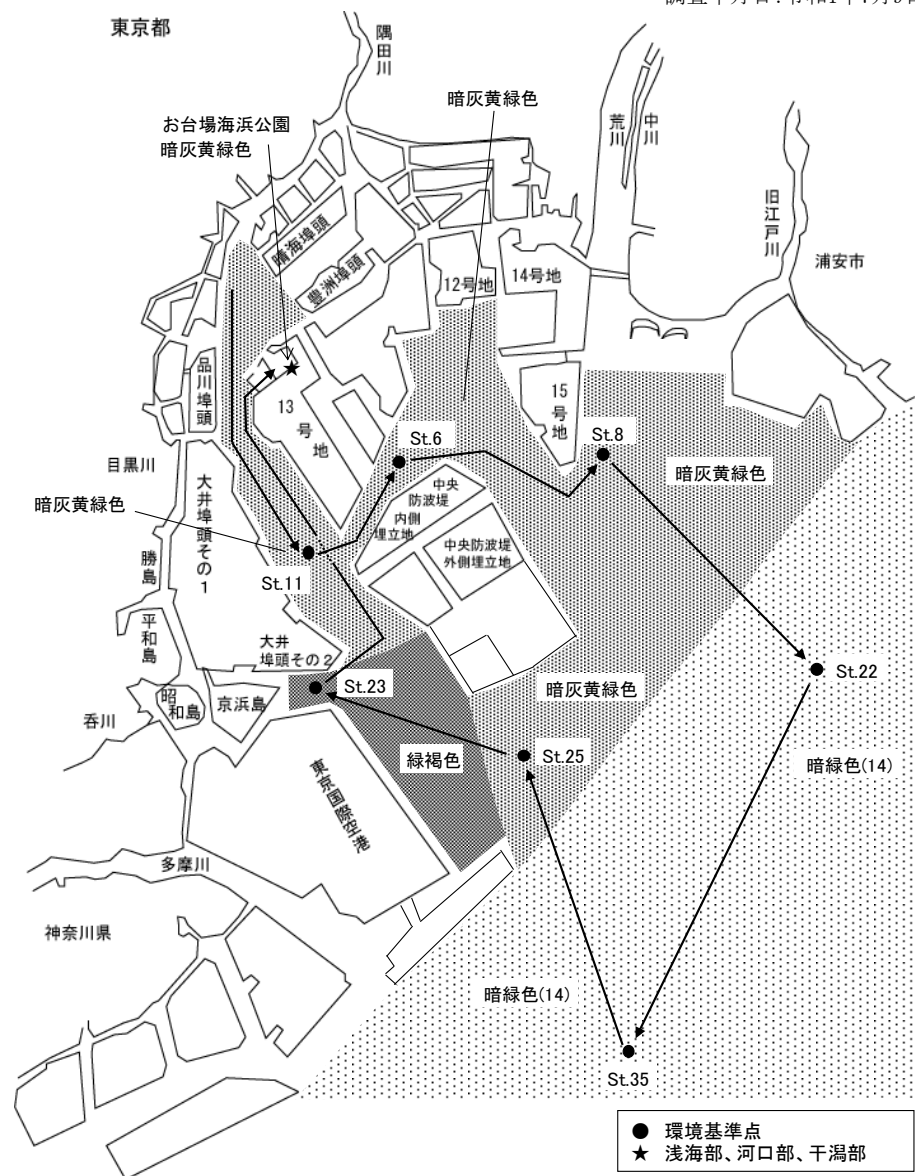


図 5-7 第 7 回赤潮 7 月 9 日の水色分布

調査年月日: 令和1年7月17日

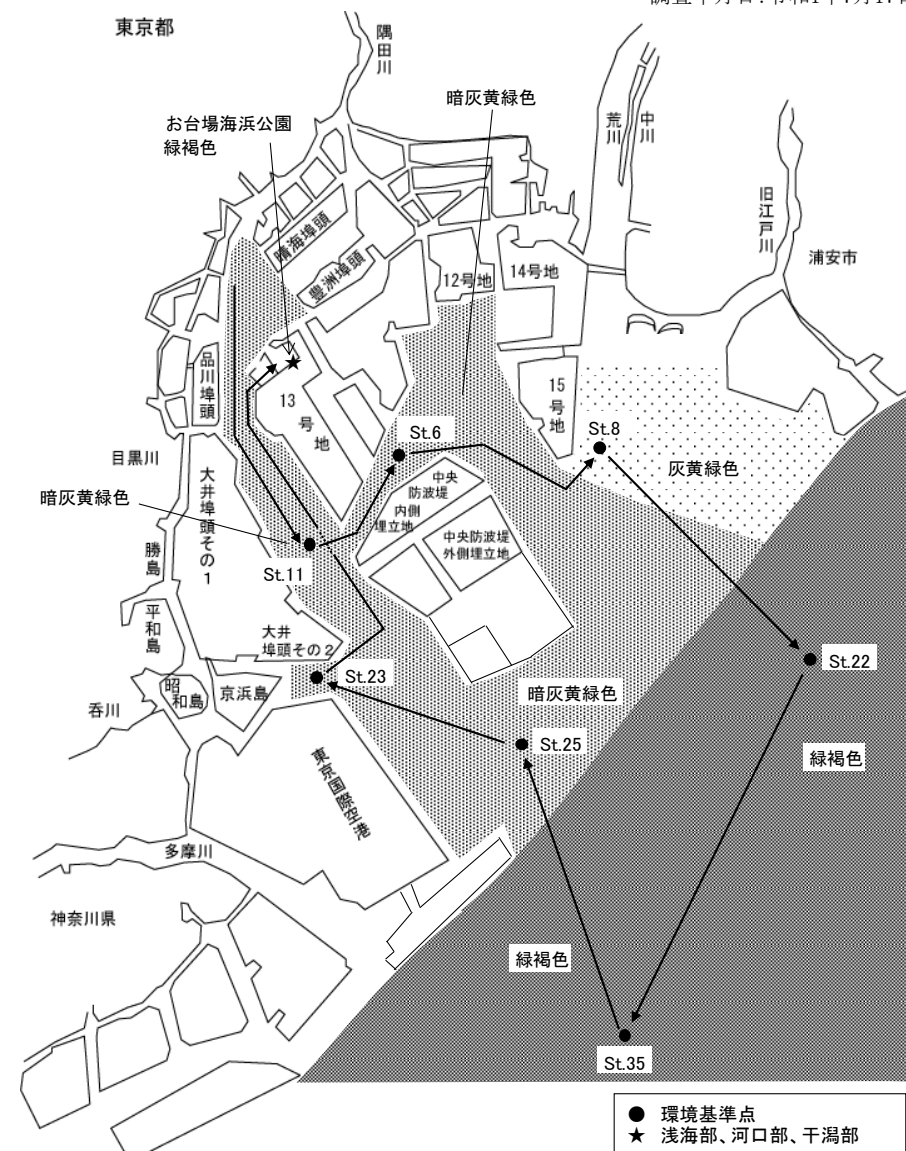


図 5-8 第 8 回赤潮 7 月 17 日の水色分布

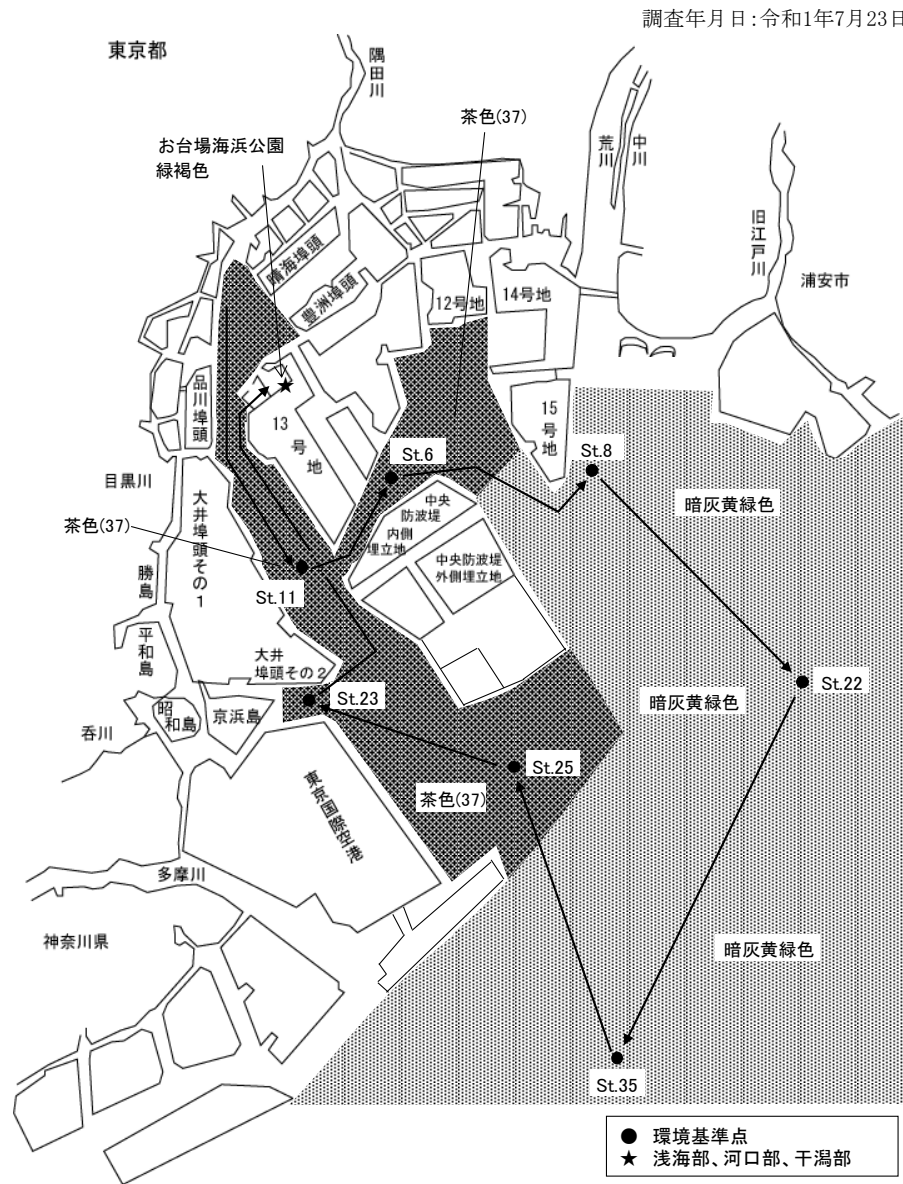


図 5-9 第 9 回赤潮 7 月 23 日の水色分布

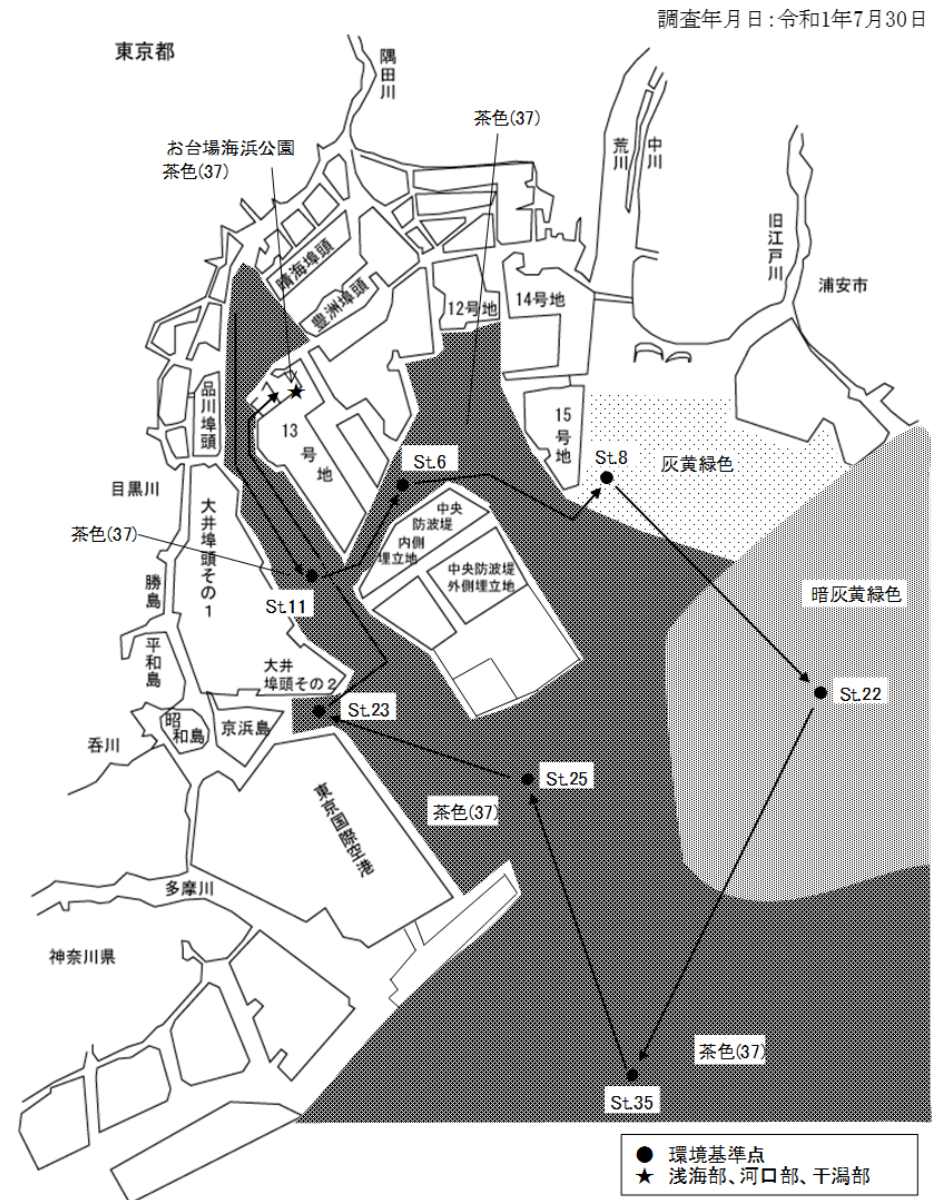
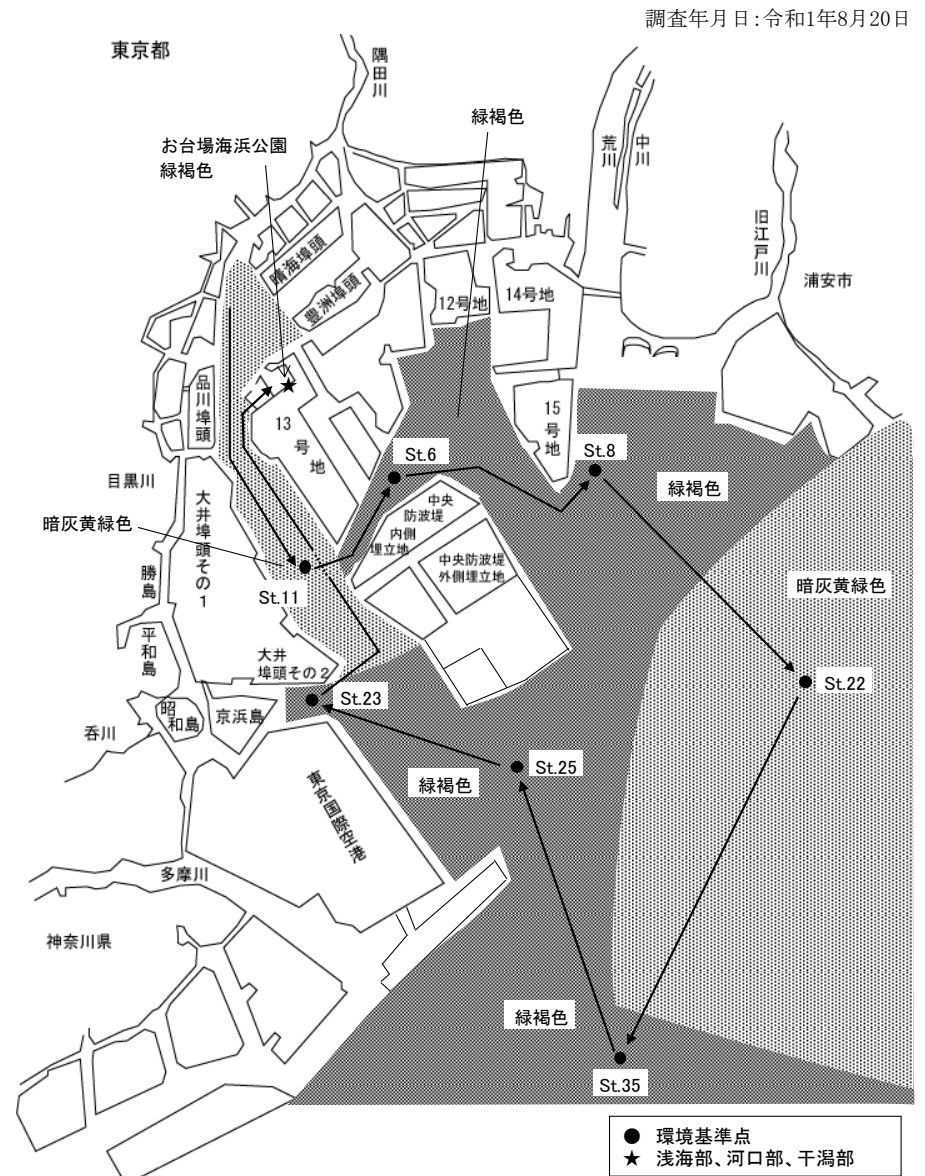
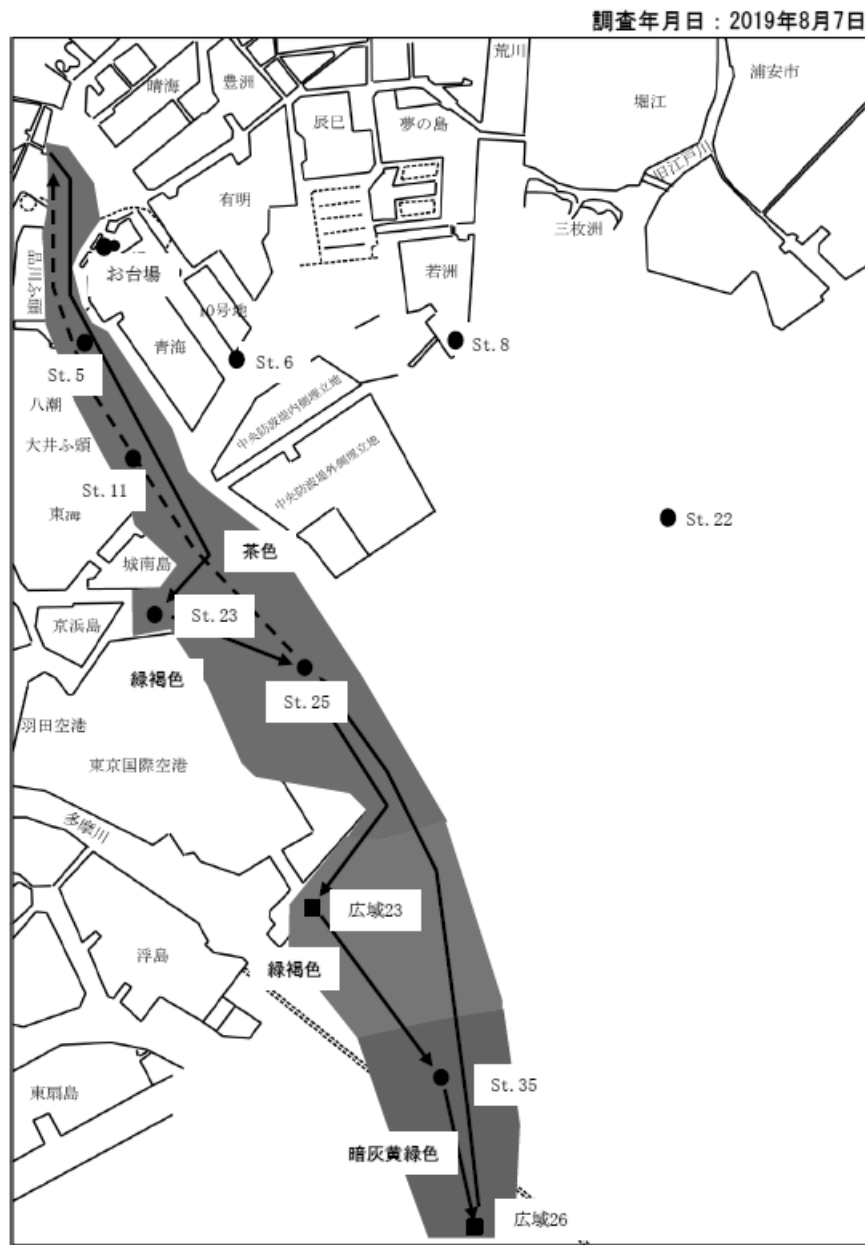


図 5-10 第 10 回赤潮 7 月 30 日の水色分布



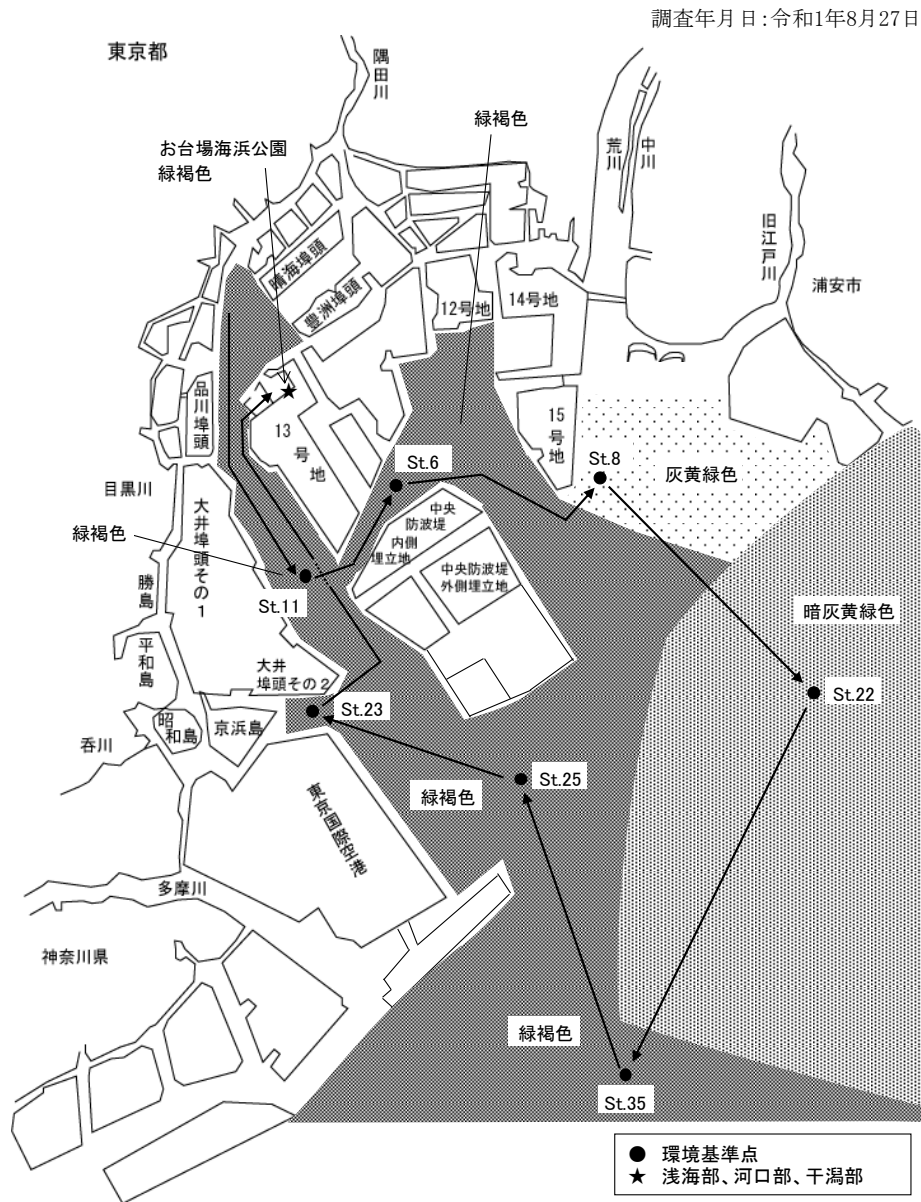


図 5-13 第 13 回赤潮 8 月 27 日の水色分布

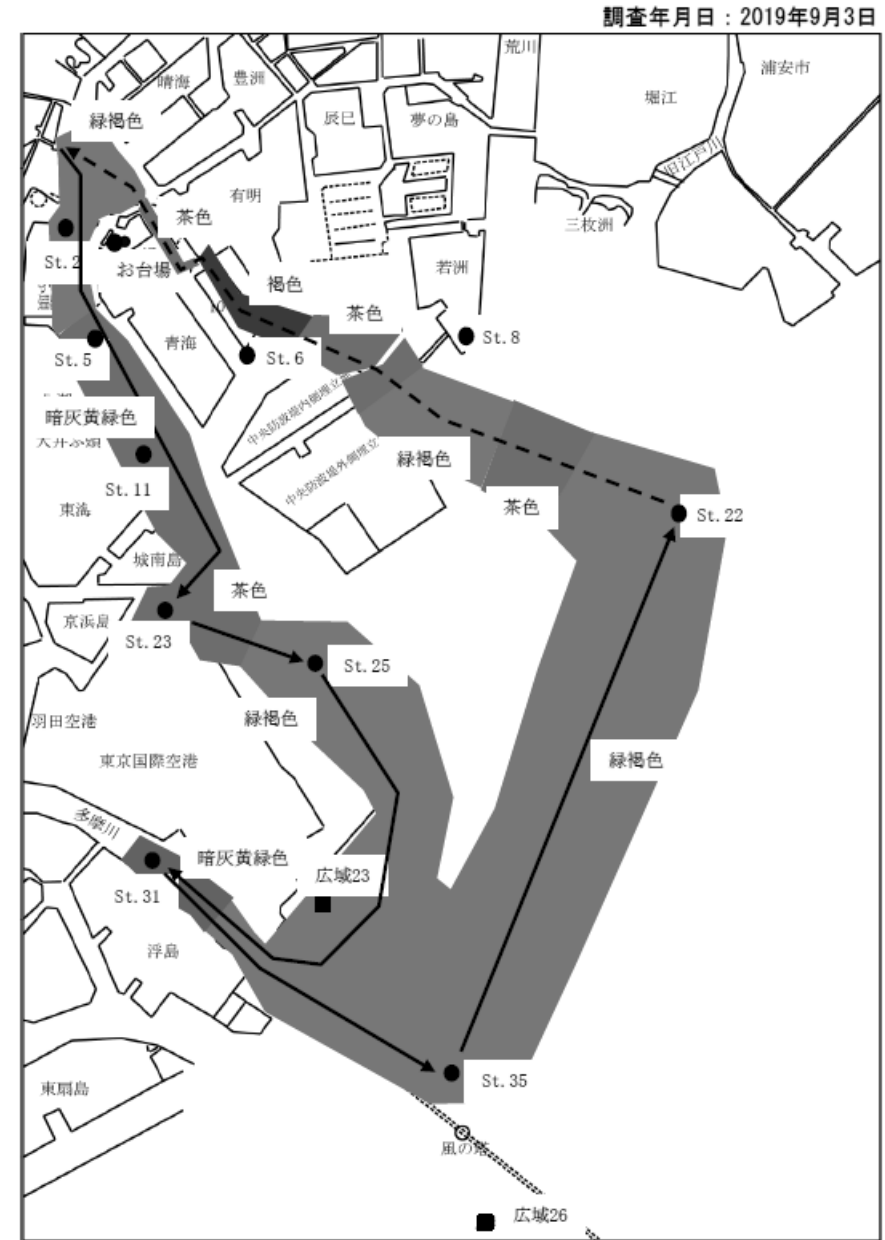


図 5-14 第 14 回赤潮 9 月 3 日の水色分布

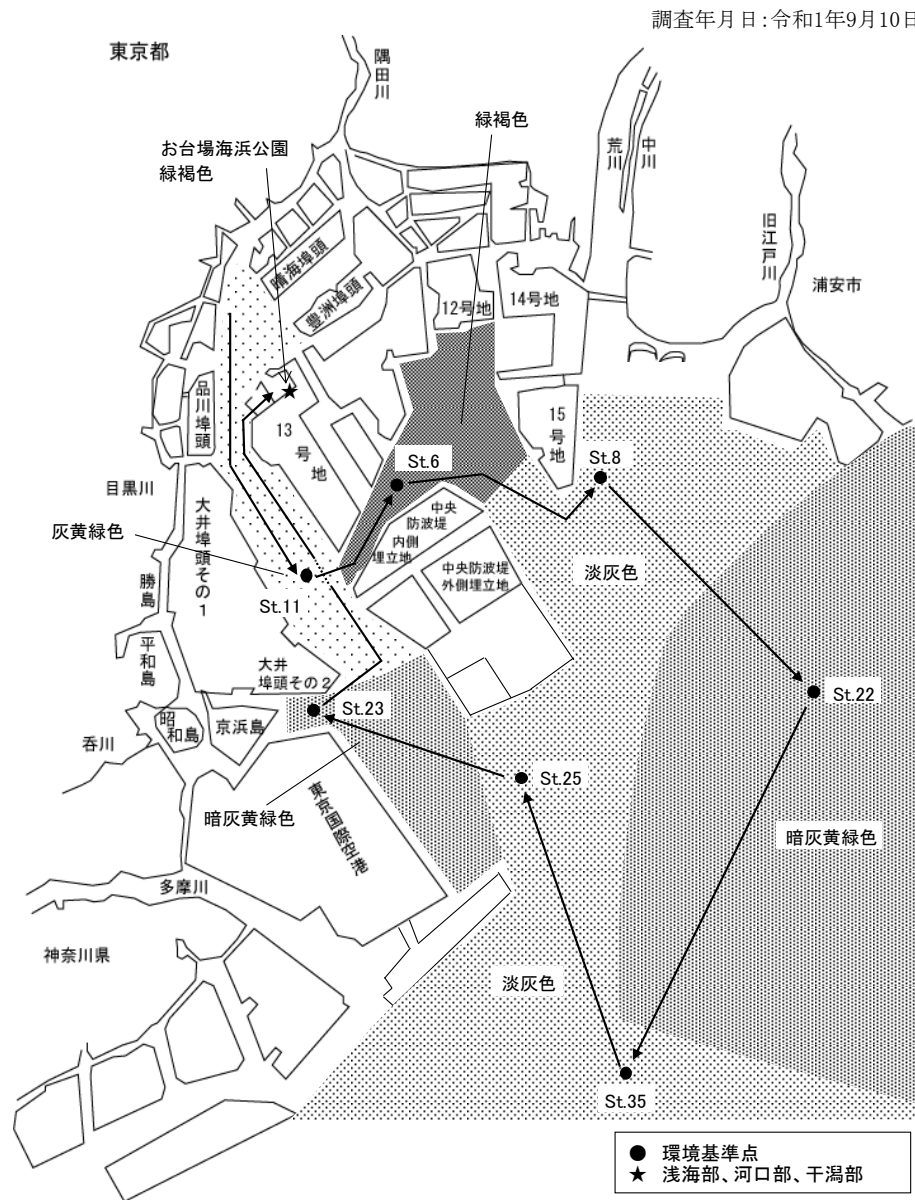


図 5-15 第 15 回赤潮 9 月 10 日の水色分布

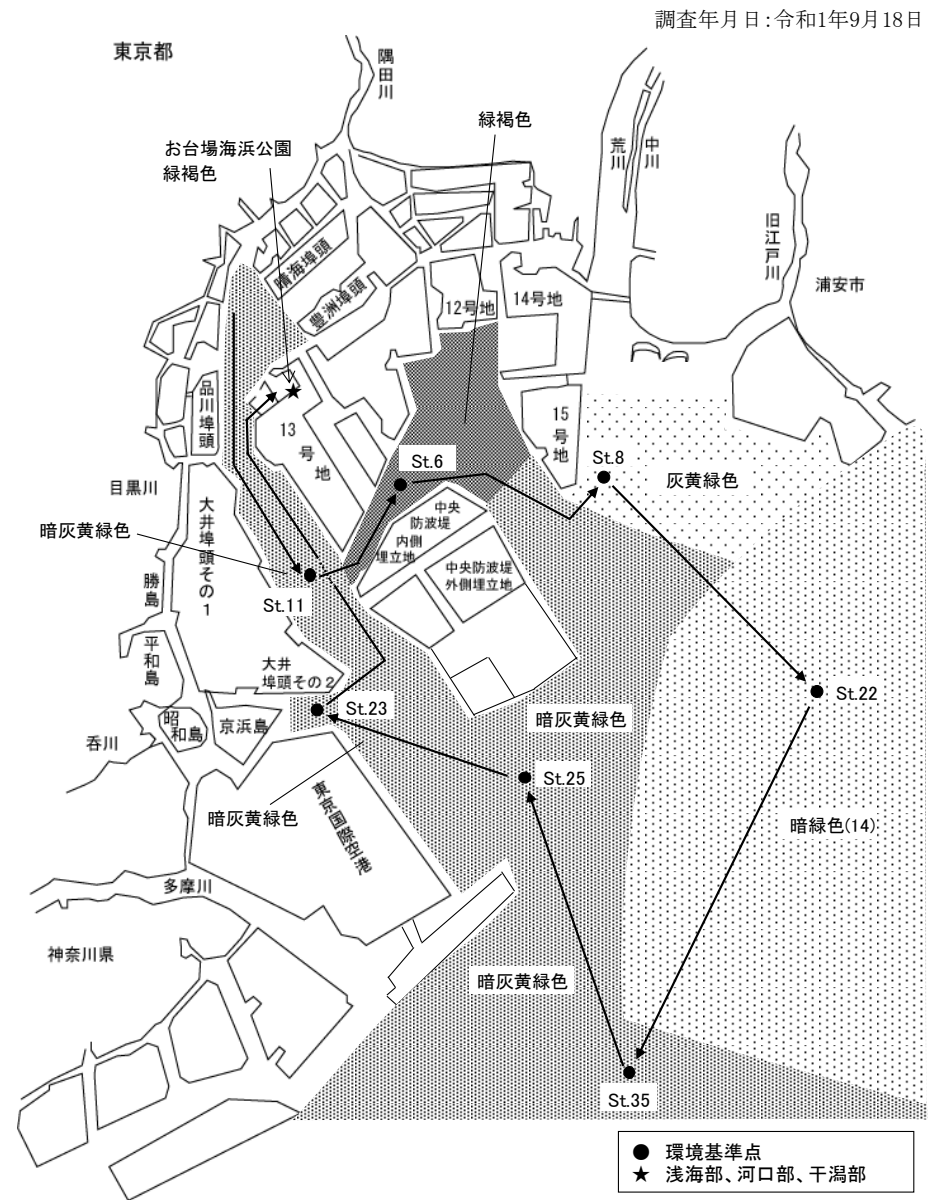


図 5-16 第 16 回赤潮 9 月 18 日の水色分布

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	種 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
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	Cryptomonadaceae	●	●	●	●	●	◎	◎	●	◎	◎	●	●	11
		<i>Prorocentrum micans</i>			◎	●					△				5
		<i>Prorocentrum triestinum</i>			●	◎					△	△			1
	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum minimum</i>	◎	●			●				△				4
		<i>Gymnodinium mikimotoi</i>						◎							0
		<i>Gymnodinium</i> sp.				○					△		△		0
		<i>Gyrodinium</i> sp.		◎		◎			○		△	△			0
		<i>Gonyaulax</i> sp.									△	△			0
		<i>Amphidinium</i> sp.	○											◎	0
		Gymnodiniales	○		◎	◎	◎	◎		○	○	○	○	◎	1
		<i>Heterocapsa</i> sp.	○		◎	○	●	◎		◎	○	◎	◎	◎	4
		<i>Protoperidinium bipes</i>				○	○								0
		<i>Ceratium furca</i>									△				0
		Peridinales	○	◎	●	◎		◎		○	△	○	○	○	3
黄色植物	黄金色藻	<i>Ebria tripartita</i>				○									0
		<i>Apedinella spinifera</i>									△	○	○	△	0
	珪藻	<i>Cyclotella</i> sp.	○					◎	◎		△		○	○	0
		<i>Coscinodiscus</i> sp.										△			0
		<i>Skeletonema costatum</i>	●	●	●	◎	●		●	●	◎	◎	●	●	44
		<i>Skeletonema</i> sp.		◎	○									◎	0
		<i>Skeletonema potamos</i>	○												0
		<i>Stephanodiscus</i> sp.	◎								△	○	○		1
		<i>Leptocylindrus minimus</i>						○							0
		<i>Thalassiosira binata</i>				○	●	●	●						15
		<i>Thalassiosira curviseriata</i>	●			○								○	1
		<i>Thalassiosira</i> sp. (cf.mala)												◎	0
		<i>Thalassiosira</i> sp.	●	◎				◎	◎	◎	△		○	◎	0
		<i>Cerataulina dentata</i>						●							0
		Thalassiosiraceae	○		○	●	●	◎	●	◎	○	○	◎	◎	2
		<i>Aulacoseira ambigua</i>								○		△	△		0
		<i>Leptocylindrus danicus</i>	◎	●	●		○	○	◎						1
		<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>							○						0
		<i>Leptocylindrus minimus</i>							◎						0
		<i>Aulacoseira</i> sp.									△				0
		<i>Stephanopyxis palmeriana</i>								○					0
		<i>Rhizosolenia fragilissima</i>		●	●										0
		<i>Cerataulina pelagica</i>		◎	●				●						0
		<i>Eucampia zodiacus</i>		◎	●										0
		<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.		●	●	◎	●	●	◎	◎	△		△		0
		<i>Ditylum brightwellii</i>											△		0
		<i>Chaetoceros lorenzianum</i>								○					0
		<i>Chaetoceros affine</i>												◎	0
		<i>Chaetoceros sociale</i>						○	●	◎					2
		<i>Chaetoceros constrictum</i>												◎	0
		<i>Chaetoceros debile</i>									△	○			0
		<i>Asterionella glacialis</i>	●												0
		<i>Thalassionema nitzschioides</i>	◎		●	△			◎						0
		<i>Navicula</i> sp.					●					△	△		0
		<i>Pleurosigma</i> sp.	◎	◎											0
		<i>Chaetoceros debile</i>												○	0
		<i>Nitzschia pungens</i>			●				○						0
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	◎					◎				△		○	0
		<i>Asterionella formosa</i>				△							△		0
		<i>Nitzschia</i> sp.		◎	◎	○	○	◎	●		△	△		△	0
		<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>						◎			△	○	△		0
		<i>Neodelphineis pelagica</i>						●				△			0
	ラフト藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	◎			○		◎		◎	○				0
		<i>Fibrocapsa japonica</i>							◎						0
ミドリムシ植物	ミドリムシ	Euglenophyceae	◎	◎	●	◎	●	●		◎	△	○	○	○	0
緑色植物	グラーノ藻	Prasinophyceae	○				●			◎	◎	○	○	○	1
		Chlamydomonadaceae					●	○							0
	緑藻	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>										○			0
		<i>Micractinium pusillum</i>	◎								△		△		0
		<i>Monoraphidium</i> sp.											△		0
		<i>Scenedesmus</i> sp.				△							△		0
その他の微細鞭毛藻類		other Micro-flagellates	◎	●	●	●	●	●	○	◎	◎	◎	●	●	0
その他		others	●	●	●	◎	●	●	●	◎	○	○	○	◎	0

(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: $\times 10^6$ 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	5月9日 ～ 5月14日	6	⑤	<i>Purorocentrum minimum</i>	19,200	10.0	0.7	192	15.4	9.3	17 ～ 20	25 ～ 29
2	5月22日 ～ 5月28日	7	③	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	7,270	－	1	66	13.4	8.9	21 ～ 23	17 ～ 29
3	6月1日 ～ 6月5日	5	⑤	<i>Eucampia zodiacus</i>	4,030	10.0	1	159	17.2	8.8	22 ～ 24	20 ～ 25
4	6月18日 ～ 6月20日	3	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	22,400	－	0.8	128	14.9	8.7	22 ～ 23	21 ～ 23
5	6月22日 ～ 6月28日	7	②	<i>Prorocentrum micans</i>	12,500	－	0.8	513	18.2	9.3	23 ～ 24	12 ～ 19
6	7月5日	1	⑤	<i>Prorocentrum micans</i>	7,130	10.0	1	143	7.9	8.1	23 ～ 24	18 ～ 18
7	7月9日	1	⑤	<i>Prorocentrum micans</i>	2,220	－	1.1	104	8.7	8.3	22	17 ～ 21
8	7月17日 ～ 7月22日	6	③	<i>Skeletonema costatum</i>	35,700	－	1.1	71	14.5	8.7	22	15 ～ 20
9	7月23日 ～ 7月29日	7	④	<i>Heterosigma akashiwo</i>	6,340	－	0.9	114	11.2	8.6	23 ～ 26	12 ～ 21
10	7月30日 ～ 8月6日	8	②	<i>Skeletonema costatum</i>	31,900	－	0.7	204	>20.0	9.2	27 ～ 29	14 ～ 25
11	8月7日 ～ 8月14日	8	②	<i>Thalassiosira binata</i>	65,200	9.0	0.7	179	16.2	9.1	28 ～ 31	19 ～ 25
12	8月18日 ～ 8月21日	4	②	<i>Skeletonema</i> sp.	39,900	－	0.8	89	10.5	8.7	29 ～ 30	12 ～ 26
13	8月25日 ～ 8月27日	3	②	<i>Tharassiosira</i> spp.	20,200	－	0.8	127	15.8	8.9	27 ～ 28	14 ～ 23
14	9月3日 ～ 9月4日	2	⑤	<i>Thalassiosira binata</i>	61,900	8.4	1.2	121	10.5	8.7	27 ～ 28	22 ～ 23
15	9月10日 ～ 9月13日	4	⑤	<i>Tharassiosira</i> spp.	15,400	－	0.8	67	11.7	8.5	28 ～ 29	11 ～ 16
16	9月18日	1	⑤	<i>Tharassiosira</i> spp.	19,200	－	1.1	55	9.3	8.3	25	22 ～ 23

(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: 東京港内全体 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)	73
----------------------	----

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)

令和元年度は、発生した赤潮の 56% (9 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、令和元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、令和元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 5 回 (全体の 31%) あり、平成 30 年度の 21% 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)

【5 月】中旬に渦鞭毛藻の *Purorocentrum minimum* による赤潮が発生し、下旬には珪藻の *Rhizosolenia fragilissima* による赤潮が発生した。

【6 月】上旬に珪藻の *Eucampia zodiacus*、中旬には珪藻の *Skeletonema costatum* による赤潮が発生した。下旬には渦鞭毛藻の *Prorocentrum micans* による赤潮が、内湾の大部分で発生した。

【7 月】上旬には *Prorocentrum micans* による赤潮が 1 日ずつ計 2 回見られたが、港内の一部で小規模であった。中旬に *Skeletonema costatum*、続けて下旬にはラフィド藻の *Heterosigma akashiwo* 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 *Skeletonema costatum* の赤潮が発生した。続けて、中旬にかけて珪藻の *Thalassiosira binata* の赤潮が発生し、7 月 17 日から 8 月 14 日までの 29 日間連続での赤潮となった。中旬から下旬にかけて珪藻の *Skeletonema* sp. や *Thalassiosira* spp. の赤潮が発生した。

【9 月】上旬や中旬に *Thalassiosira binata*、*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																													H						R				
	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	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 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	4
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	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	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	0	2	2	0	0	1	0	1	1	1	3	1	0	1	4	1	1	0	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	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	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	16

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26	備考
4	10	内湾						×	×	×	×		
	12	内湾	△	×	×	×	×						
	23	赤潮	△		△	△	△	△	△	△	△		
5	8	内湾							×	×	×	×	
	9	内湾	△	●	●	×	×	×					<i>Prorocentrum minimum</i> の赤潮
	14	赤潮	●		●	△	△	△	△	△	欠		<i>Prorocentrum minimum</i> の赤潮
	23	赤潮	●		●	△	△	●	△	○	○		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮
	30	赤潮	△		△	△	△	△	△	△	△		
6	4	内湾						×	●	●	×		<i>Eucampia zodiacus</i> の赤潮
	5	内湾	△	×	●	×	×						<i>Eucampia zodiacus</i> の赤潮
	11	赤潮	△		△	△	△	△	×	×	△		
	18	赤潮	●		●	△	△	△	●	△	△		<i>Tharassiosira</i> sp. の赤潮
	25	赤潮	●		●	△	●	○	○	○	○		<i>Prorocentrum micans</i> の赤潮
7	1	内湾				×					×		
	2	内湾			×								
	3	内湾						×		×			
	5	内湾	△	×			●		●				<i>Prorocentrum micans</i> の赤潮
	9	赤潮	△		●	△	△	△	●	△	△		<i>Prorocentrum micans</i> の赤潮
	17	赤潮	○		△	△	△	●	△	△	●		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮
	23	赤潮	●		●	△	●	△	○	○	△		<i>Heterosigma akashiwo</i> の赤潮
	30	赤潮	○		●	△	○	○	○	●	○		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮
8	7	内湾							●	●	×	×	<i>Thalassiosira binata</i> の赤潮
	8	内湾	○	●	●	●	●	●					<i>Thalassiosira binata</i> の赤潮
	14	赤潮	●		●	△	○	△	○	○	△		<i>Thalassiosira binata</i> の赤潮
	20	赤潮	●		●	○	△	○	○	○	○		<i>Skeletonema</i> sp. の赤潮
	27	赤潮	●		●	△	○	○	○	○	○		<i>Tharassiosira</i> spp. の赤潮
9	3	内湾						×	×	●	×		<i>Thalassiosira binata</i> の赤潮
	4	内湾	△	●	●	×	●						<i>Thalassiosira binata</i> の赤潮
	10	赤潮	●		●	△	△	△	△	△	△		<i>Tharassiosira</i> spp. の赤潮
	18	赤潮	●		●	△	△	△	△	△	△		<i>Tharassiosira</i> spp. の赤潮
	24	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26	備考
10	1	内湾						×	×	×	×		
	2	内湾	△	×	×	×	×						
11	6	内湾						×	×	×	×	×	
	7	内湾	△	×	×	×	×						
12	3	内湾						×	×	×	×		
	4	内湾	△	×	×	×	×						
1	6	内湾				×					×		
	7	内湾			×			×					
	9	内湾	△	×			×		×	×			
2	4	内湾						×	×	×	×	×	
	5	内湾	△	×	×	×	×						
3	3	内湾	△	×	×	×	×						
	4	内湾						×	×	×	×		
調査回数※			29	12	29	29	29	29	29	29	28	4	
赤潮発生延べ回数			13	3	16	2	8	8	12	11	6	0	
割合(%)			45	25	55	7	28	28	41	38	21	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 赤潮・・・東京都内湾赤潮調査

【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	R 1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	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	5
	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	2
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	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	3	4	8	6	3	4	3	5	4	8
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	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>Skeletonema</i> sp. (spp.)												
<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)												
<i>Tharassiosira binata</i>												
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>												
<i>Eucampia zodiacus</i>												
<i>Heterosigma akashiwo</i>												
<i>Prorocentrum minimum</i>												
<i>Prorocentrum micans</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	
東京港内全体	
東京港内の一部	

図6 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(令和元年度)

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、令和元年度の赤潮発生割合は47%であった。

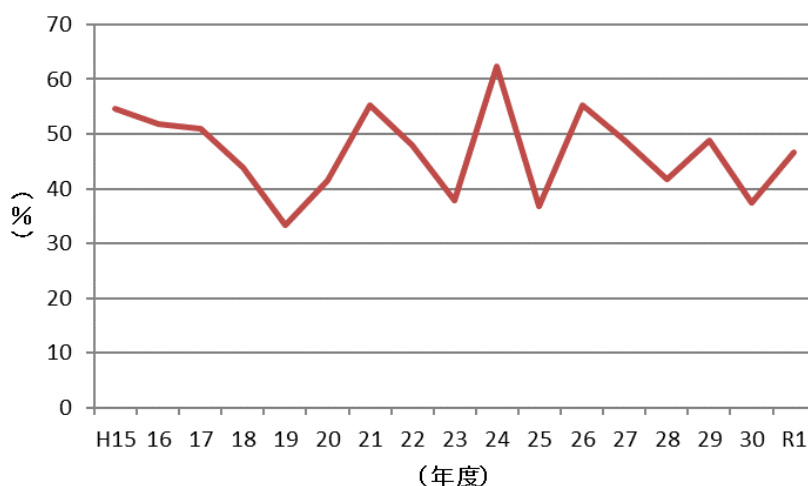


図7 東京都の赤潮発生割合

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。

令和元年度に発生した赤潮の第一優占種は9種であった。*Skeletonema costatum* (珪藻)、*Tharassiosira* spp. (珪藻) 及び *Prorocentrum micans* (渦鞭毛藻) が第一優占種となった回数が最も多く3回ずつであった。次いで、*Tharassiosira binata* (珪藻) が2回であった。珪藻が第一優占種となる割合は約69%(延べ16回中11回)であった。

なお、珪藻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) 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 10 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	9	10
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	4	8	6	3	5	5	10	4	5	6	5	8	7	10	8	6	8	6	6	9	8	8
	<i>Skeletonema</i> sp. (spp.)																						
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		1		3	1	2		1		1	1		1	1	1					3		2
	Thalassiosiraceae											2		2	1				3	1		4	1
	<i>Tharassiosira 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</i> cf. <i>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						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	3	3
	<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							1	
	<i>Prorocentrum micans</i>	1	3																				
	<i>Prorocentrum</i> sp.										1												
	Gymnodiniales																						
	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>																						
	<i>Ceratium furca</i>																						
	<i>Heterocapsa triquetra</i>																		1				
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>																						
	<i>Noctiluca scintillans</i>	2					1	1										1	1				
緑藻	Chlamydomonadaceae						1										1						
クリプト藻	Cryptomonadaceae						1		2	1	2	1		1				5		1	2	2	2
ハプト藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>																			1			
	Haptophyceae																			1			
プラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.						2		1					1	1								
ミドリムシ藻	Euglenophyceae	4	1		2	1	2			1													
	Eutreptiaceae																						1
	不明微細鞭毛藻	1	1	3	4	2	4	2		3	6		1		1					3			1
繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	1		1	1		3			1						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	19	19

(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 11 年度～令和元年度）

赤潮プランクトンの種類\年度		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	R1
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	8	9	6	3	7	5	4	4	3	8	10	3	7	11	8	9	6	3	4	3	3
	<i>Skeletonema</i> sp.(spp.)																	1				1
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)	3	4		3	3	4	4	2	3	1				2		1		1	1	4	3
	Thalassiosiraceae			3	1			1	1		1	3		3		1	2	3	2		1	
	<i>Thalassiosira binata</i>									1									1			2
	<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	1
	<i>Chaetoceros sociale</i>			1																		
	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>salsugineum</i>									1	1		1									
	<i>Chaetoceros</i> subgen. <i>Hyalochaete</i> sp.																				1	
	<i>Chaetoceros</i> spp.				1												1		1	1		
	<i>Lithodesmium variable</i>																					
	<i>Eucampia zodiacus</i>							2	1					3		1			1			1
	<i>Cylindrotheca closterium</i>								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>	4	1	1	1		2	2		2	1	1	4	3	3	4	3	2	2	3	3	1
	<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		1
	<i>Prorocentrum dentatum</i>																					
	<i>Prorocentrum triestinum</i>									1	1									1	1	
	<i>Prorocentrum micans</i>									1								1		1		3
	<i>Prorocentrum</i> sp.																					
	<i>Gymnodiniales</i>	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	Chlamydomonadaceae																					
クリプト藻	Cryptomonadaceae				3		1	1	1				1									
ハプト藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>																					
	Haptophyceae																					
ブラシノ藻	<i>Pyramimonas</i> sp.																					
ミドリムシ藻	Euglenophyceae														1			1				
	Eutreptiaceae																					
	不明微細鞭毛藻		1	1	1	1							1									
繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>			4	1	4	2	3	1	1		1	1	1		1						
	種不明									1												
合計		20	20	19	16	18	18	22	18	15	16	20	15	15	18	17	17	16	14	15	14	16

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 $23,137 \times 10^6$ 細胞/ m^3 、 $320 \text{ ml}/\text{m}^3$ であった。

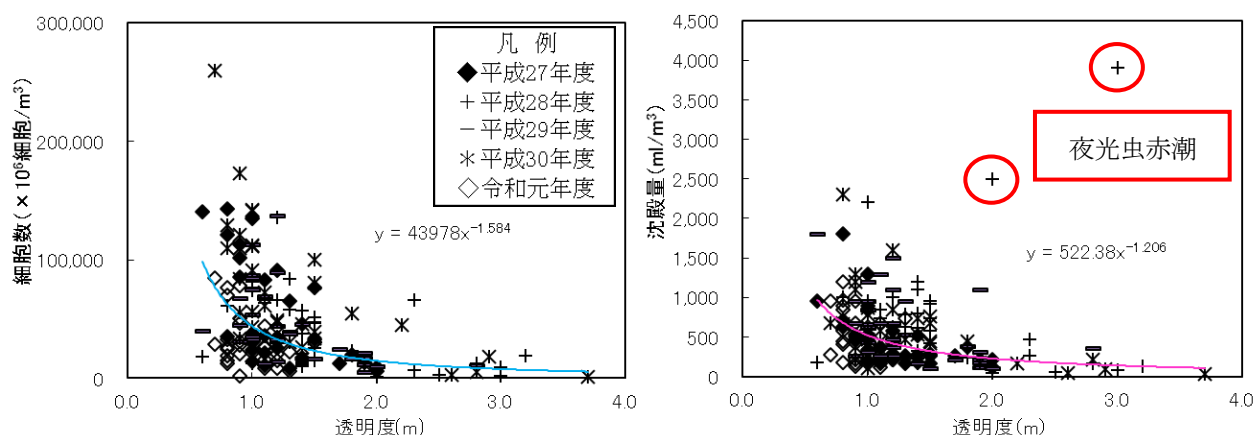


図 8-1 植物プランクトン総細胞数と透明度の関係(左)及び沈殿量と透明度の関係(右)

(イ) 降水量と水温

植物プランクトンの増加には栄養塩類が必要であり、その供給は主に陸域からの流入に依存しており、すなわち降水により栄養塩類が供給される。

また、植物プランクトンの増加には適した水温も必要である。そこで降水量と水温に着目して、それらと植物プランクトンの関係について調べた。

まず今年度の赤潮調査において、発生地点数が最多(8 地点中 7 地点で赤潮)であった調査日に着目し、調査日以前の降水量を調べると、調査 5 日前から前日までの降水量を合計した値を使用した。理由として、調査日までに降水量があった方が栄養塩類の供給があり、植物プランクトンがよく増加すると考えた。発生地点数が最多であった調査日において、調査日 4 日前から前日までの降水量の合計が 0mm の場合がみられたが、5 日前から前日までであれば、すべての場合で降水がみられたためである。

次に赤潮の原因としての植物プランクトン量を示すために、細胞数とクロロフィル量のどちらを使うか考えると、今年度は比較的大型の赤潮形成種である *Prorocentrum micans* が優占することがあったため、クロロフィル量を使うことが妥当と思われた。

上記の経緯から、今年度の赤潮調査及び水質測定調査の結果について、調査 5 日前から前日ま

での合計降水量(mm)を横軸に、各地点における表層水温(°C)を縦軸に、各地点におけるクロロフィル量(クロロフィルaとフェオ色素との合計の値、mg/m³)を円の大きさに表したバブルチャートを作成し、それらの関係を示した(図8-2)。

なお、日別降水量は気象庁の東京における観測値を用いた。

大きい円の集中した箇所の降水量および水温についてみると、調査5日前から前日までの降水量が30mm前後、表層水温が22～25°C程度であり、赤潮が発生しやすい降水量と水温が推定された。降水が多すぎると淡水流入により塩分濃度が低下して植物プランクトンが死滅し、希釈効果もあるため、横軸の値が大きいほどクロロフィル量が大きくなるわけではないと考えられる。

なお、今回は栄養塩の供給源は降水であると仮定し考察したが、底泥からの栄養塩溶出も一因として考えられる。

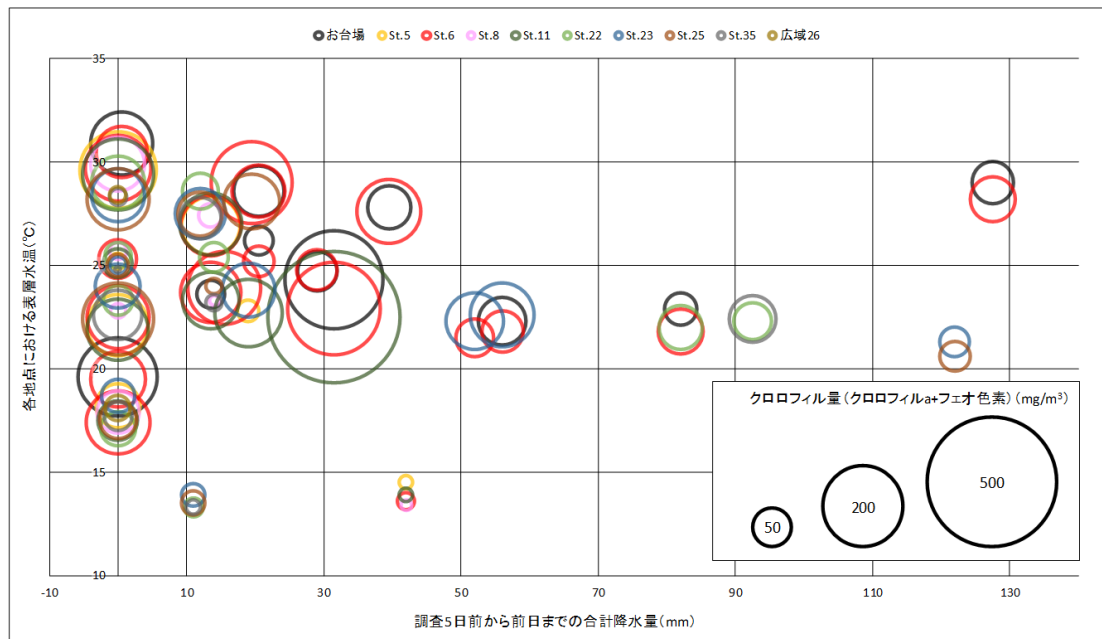


図8-2 クロロフィル量と降水量および水温の関係

(ウ) 主要プランクトンと環境要因

平成19年度から令和元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* sp.およびラフィド藻の *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。

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 micans* および *Prorocentrum minimum* 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°C、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 sp. は水温20.1～31.1°C、塩分10.5～30.1の範囲で優占した。優占した地点の水温が20°C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°C、塩分13.7～30.1の範囲で優占した。

*P. micans*は水温 20.6～28.7℃、塩分 11.9～28.1 の範囲で優占した。優占した地点の水温が 20℃ 以上であり、*P. minimum*と比べると水温が高い時期に優占する傾向がみられた。

*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。

また、20℃前後の比較的低水温で優占する傾向にあった。

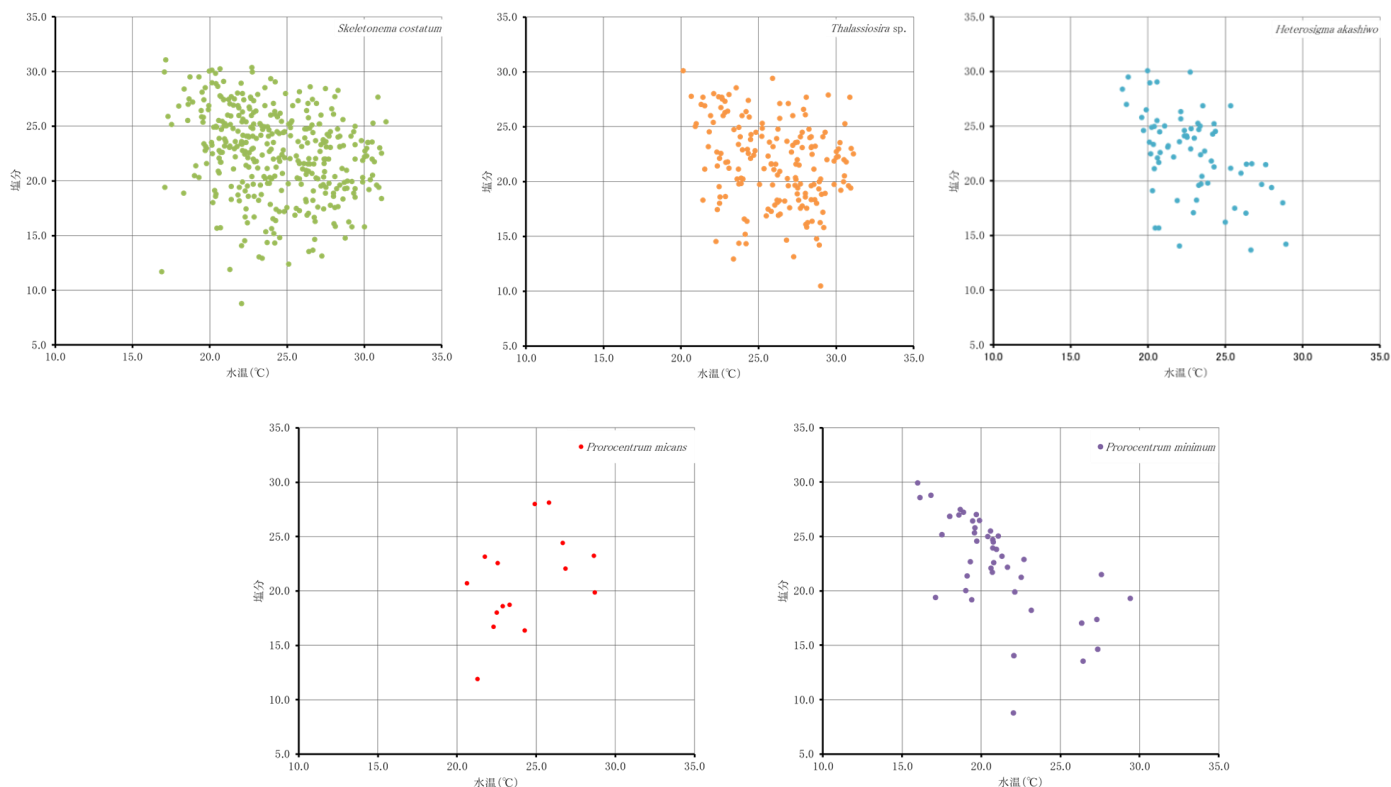


図9 主要プランクトンの優占と水温・塩分

(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、令和元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 プランクトン出現種の細胞サイズ及び細胞体積リスト(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 24 例、一致しなかったのは 10 例であった。

なお、一致しなかった例のうち、半数の 5 例における体積現存量の第 1 優占種は *Prorocentrum micans* であった。

表11-1 プラクトン出現種の細胞サイズ及び細胞体積リスト(令和元年度)

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
110			<i>Dinophysis acuminata</i>	42	26	C	8,900
118			<i>Gyrodinium dominans</i>	26	15	C	1,800
121			<i>Gymnodinium</i> sp.	17	14	C	1,000
144			<i>Ceratium furca</i>	140	38	B	32,000
280	黄色植物	珪藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>	45.0	10.0	A	2,100
282			<i>Leptocylindrus minimus</i>	45.0	2.5	A	130
292			<i>Cyclotella</i> sp.	10.0	7.5	A'	350
295			<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> sp.	7.5	5.0	A'	130
305			Thalassiosiraceae	5.0	2.5	A'	29
308			<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	35	15	B	1,200
316			<i>Eucampia zodiacus</i>	33	28	E	16,000
335			<i>Chaetoceros</i> sp.	7.5	2.5	A	22
338			<i>Ditylum brightwellii</i>	80	65	A	160,000
346			<i>Neodelphineis pelagica</i>	11	3	E	59
352			<i>Thalassionema nitzschioides</i>	40	5.5	A	570
372			<i>Nitzschia pungens</i>	118	6	B	670
991		ラフィド藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	20	20	C	2,500
1068	ミドリムシ植物	ミドリムシ藻	Euglenophyceae	33	7.5	C	580
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、平成29年度および平成30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

(令和元年度 お台場)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
5/14	<i>Prorocentrum minimum</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	○
5/23	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Eucampia zodiacus</i>	×
6/18	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
6/25	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	○
7/23	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
8/14	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i> sp.	×
8/20	<i>Skeletonema</i> sp.	<i>Skeletonema costatum</i>	×
8/27	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
9/10	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
9/18	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
9/24	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(令和元年度 St.6)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
5/14	<i>Prorocentrum minimum</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	○
5/23	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
6/18	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Prorocentrum micans</i>	×
6/25	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Prorocentrum micans</i>	×
7/9	Thalassiosiraceae	Thalassiosiraceae	○
7/23	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
7/30	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
8/14	Thalassiosiraceae	Thalassiosiraceae	○
8/20	<i>Skeletonema</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
8/27	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
9/10	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
9/18	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Thalassiosira</i> sp.	○
9/24	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(令和元年度 St.11)

調査日	優占種		最優占種の一致
	細胞数	体積	
6/25	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	○
7/23	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×

(令和元年度 St.22)

調査日	優占種		最優占種の一致
	細胞数	体積	
5/23	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	○
7/17	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(令和元年度 St.23)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
6/11	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	×
6/18	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Prorocentrum micans</i>	×
7/9	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	○

(令和元年度 St.25)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
6/11	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	×
7/30	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(令和元年度 St.35)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
7/17	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(2) 海水の窒素、りん濃度

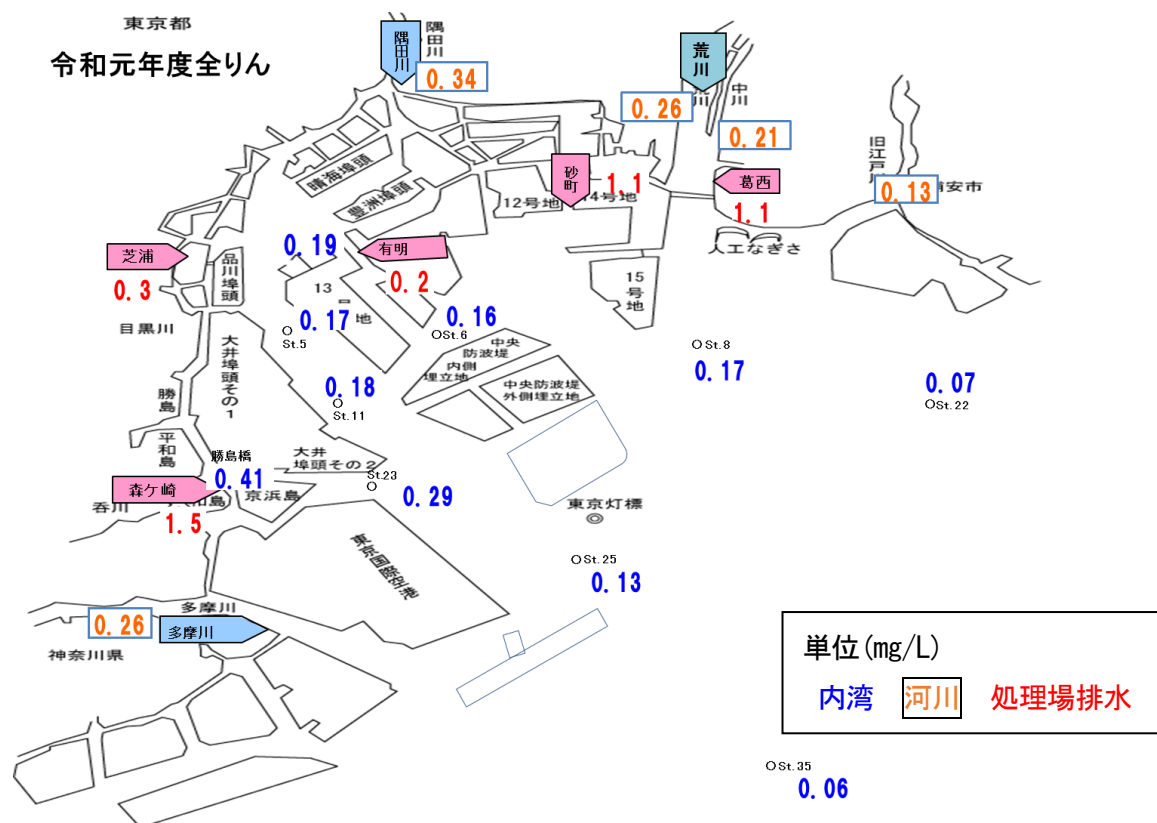


図10 りん濃度で示した流域の水質

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 0.21～0.34 mg/L であるのに対し、下水処理放流水は有明(0.2 mg/L)及び芝浦(0.3 mg/L)を除き、1.1～1.5 mg/L と河川水の 3～7 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 m^3 (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 m^3 (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。令和元年度は St.8を除く全ての地点で貧酸素水塊出現率が 50%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
R1	調査回数	5	21	21	21	21	21	21	20	151
	2.0mg/L 回数	4	18	1	16	12	11	13	10	85
	未満 率(%)	80	86	5	76	57	52	62	50	56

* 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。

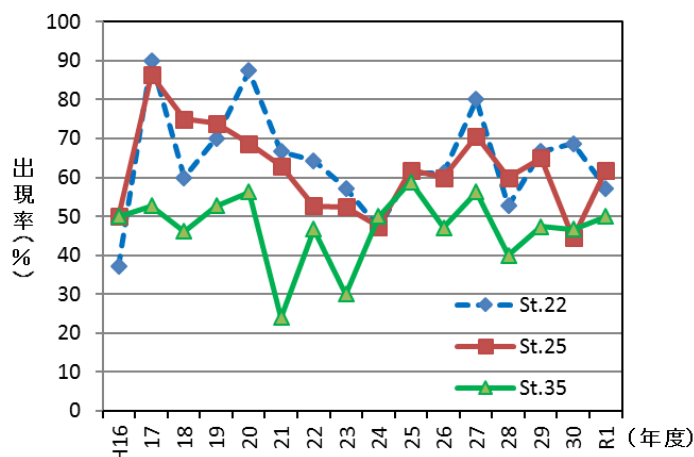


図 13-1 貧酸素水塊出現率の経年変化 (B 類型)

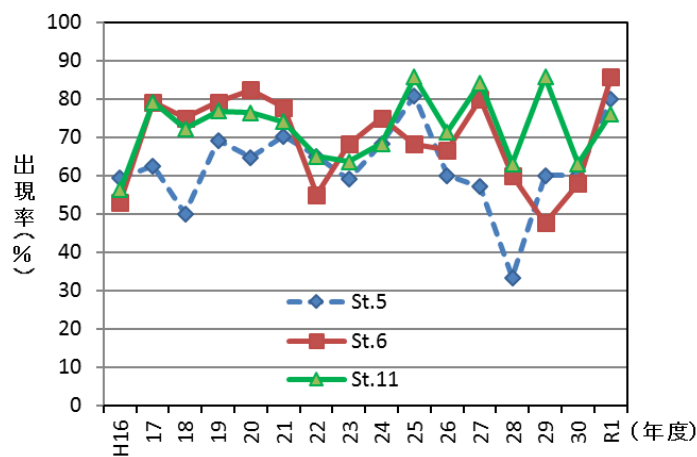


図 13-2 貧酸素水塊出現率の経年変化 (C 類型)

6 まとめ

(1) 赤潮の発生回数、日数及び時期

令和元年度の赤潮の発生回数は 16 回、発生日数は 73 日で、平成 30 年度と比べて、発生回数は 2 回増加し、発生日数は 3 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

令和元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 *Skeletonema costatum* (珪藻)、*Tharassiosira* spp. (珪藻) 及び *Prorocentrum micans* (渦鞭毛藻) で、発生回数は延べ 16 回中 3 回ずつであった。次いで、*Tharassiosira binata* (珪藻) が 2 回であった。日数としては、*Skeletonema costatum* (珪藻) が延べ 17 日間と最も長かった。次いで、*Thalassiosira binata* (珪藻) が 10 日間であった。

(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 5 回 (全体の 31%) 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 56% (16 回中 9 回) が 5 日以内であった。

(4) 貧酸素水塊の発生状況

令和元年度は、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 7 地点であった。

また、平成 30 年度と比較して、8 地点中 2 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」