

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	8
ウ	赤潮の発生水域及び継続日数	19
エ	赤潮時優占プランクトンの出現状況	19
オ	赤潮と水質	26
(2)	海水の窒素、りん濃度	32
(3)	貧酸素水塊の発生状況	33
6	まとめ	
(1)	赤潮の発生回数、日数及び時期	34
(2)	容積換算による赤潮優占プランクトンの傾向	34
(3)	赤潮の発生水域及び継続日数	34
(4)	貧酸素水塊の発生状況	34
資料Ⅰ	赤潮調査結果【総括表】（赤潮調査）	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】（赤潮調査）	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	○	
代替地点		St.2	11	35 度 38 分 02 秒	139 度 45 分 38 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。

*東京オリンピック・パラリンピックの開催に伴う立入制限により、お台場海浜公園での調査ができない期間は代替地点で調査を行った。

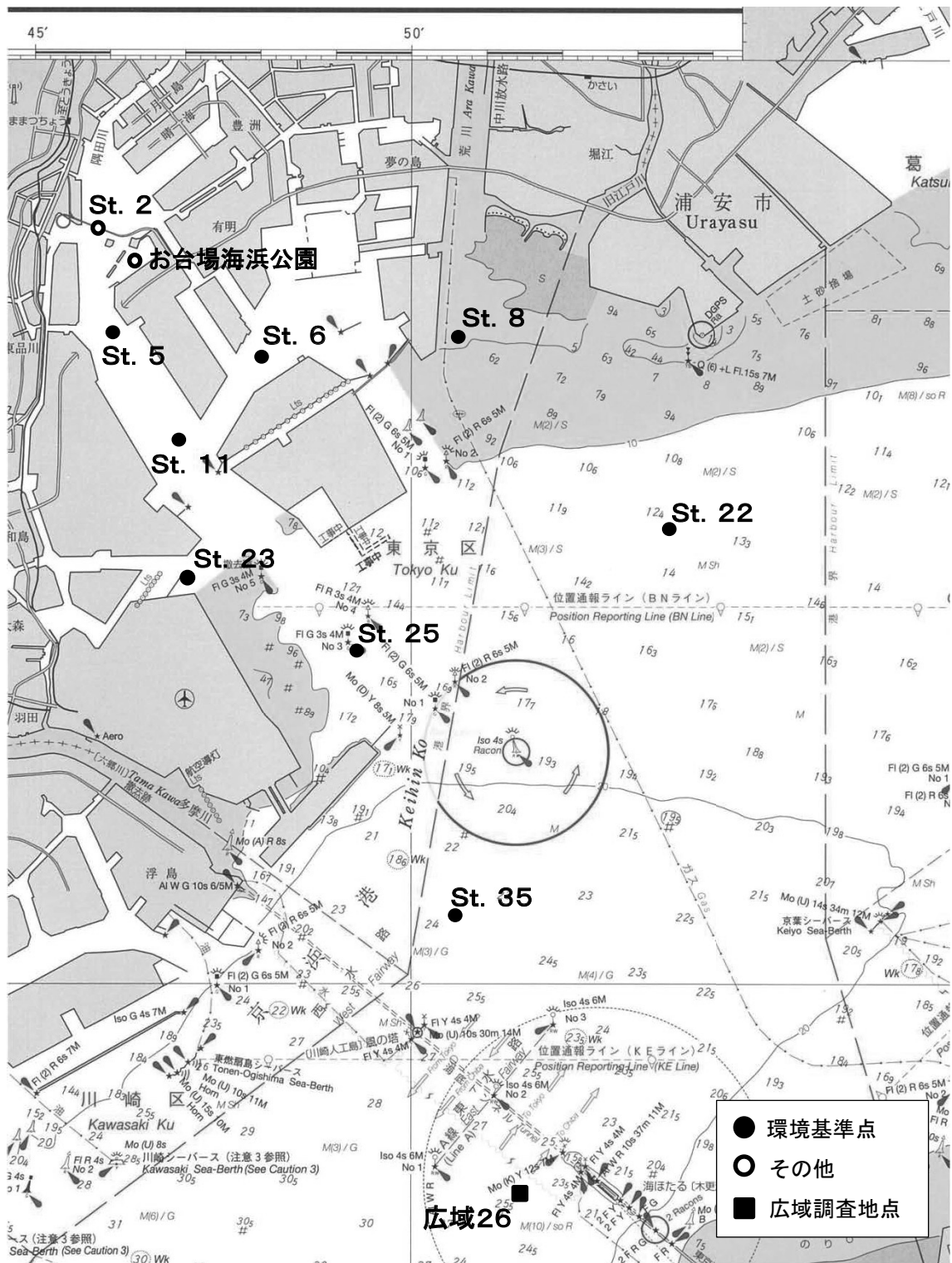


図1 調査地点図

3 調査方法

(1) 調査回数及び調査地点

ア 調査回数

令和3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(1日で全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 (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)

なお、オリンピック・パラリンピックの開催に伴いお台場の水域への立入が不可となっていた期間は代替地点 St.2 で調査を行った。

(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 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	0.1m	0.1m	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
	溶存酸素量(DO) 及び同飽和度 ^(※2)	隔膜電極溶存酸素計もしくは光学式センサ溶存酸素計により計測する。	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	0.5mg/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・沈殿法に準じて調整した固定試料(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種同定用に調整した試料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) 昭和46年12月28日環境庁告示第59号付表13に準じる。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3年度の赤潮発生回数は 16 回、発生日数は 66 日であった。令和3年度及び過去の月別の赤潮発生回数と日数を表 4-1、4-2 に、赤潮発生回数及び発生日数の月変化を図 2 に示す。令和2年度と比較すると、回数は2回増加し、日数は6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3年度までの年度平均発生回数は約 17 回、発生日数は約 87 日である。なお、令和3年度は、オリンピック・パラリンピックの開催に伴う船舶の航行制限があったため、7月から8月にかけて赤潮調査を実施しない期間があった。

図 3 及び図 4 に示すとおり、夏季の気温と日照時間は概ね平年並みであったが、7、8月の降水量は平年の2倍前後と顕著に多かった。

令和3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。平年との比較では、8月の赤潮発生日数と回数が少なく、9月は逆に日数、回数ともに多かった。また6月の発生回数も平年を上回った(図 2)。
- ◆ 赤潮の 81%(16 回中 13 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。16 日以上の特長期間に及ぶ赤潮は発生しなかった(表 8)。

表 4-1 赤潮月別発生状況の経年変化(昭和 52 年度～平成 12 年度)

年度\月													上段 発生回数 下段 発生日数
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
S52	0	1	2	3	4	3	0	0	1	0	0	0	14
S53	1	4	4	6	0	0	1	0	0	0	1	0	17
S54	1	3	2	4	2	2	2	0	0	0	0	0	16
	11	21	12	13	14	5	5	0	0	0	0	0	81
S55	1	5	6	3	2	2	1	0	0	0	0	0	20
	1	16	17	17	8	5	1	0	0	0	0	0	65
S56	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
S57	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
S58	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
S59	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
S60	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
S61	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
S62	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
S63	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
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
H2	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
H3	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
H4	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
H5	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
H6	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
H7	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
H8	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
H9	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
H10	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
H11	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
H12	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

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53年度までは発生回数のみ記載。

表 4-2 赤潮月別発生状況の経年変化(平成 13 年度以降)

年度\月													上段 発生回数 下段 発生日数
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
H13	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
H14	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
H15	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
H16	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
H17	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
H18	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
H19	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
H20	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	90
H21	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
H22	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
H23	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
H24	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
H25	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
H26	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
H27	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
H28	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
H29	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
H30	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
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
R2	0	0	2	3	7	2	0	0	0	0	0	0	14
	0	0	16	14	29	13	0	0	0	0	0	0	72
R3	0	3	5	3	1	4	0	0	0	0	0	0	16
	0	9	15	20	5	17	0	0	0	0	0	0	66

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 令和2年度は、緊急事態宣言の発出により、4・5月の赤潮調査を行わなかったため、判定不能な期間がある。

注4 令和3年度はオリンピック・パラリンピック開催に伴う航行制限により7・8月に赤潮調査を行わなかった期間があり、判定不能な期間がある。

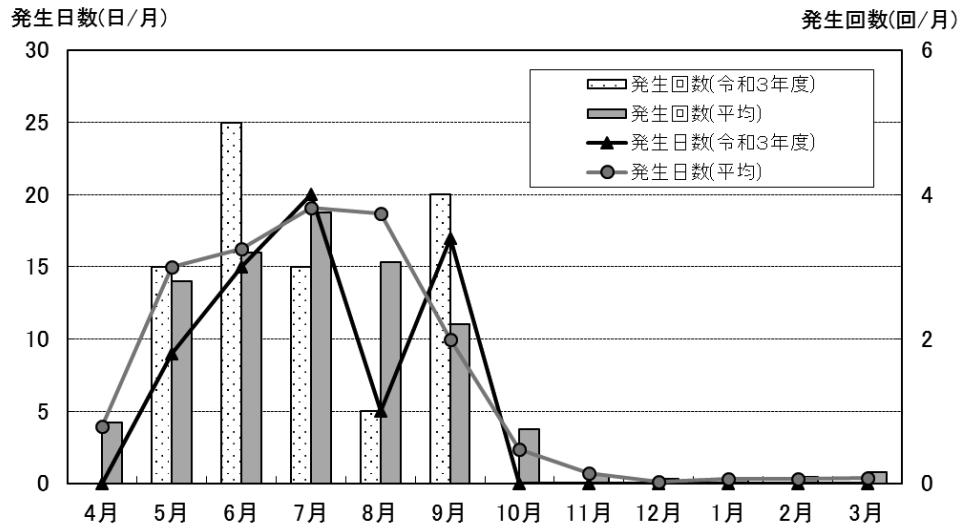


図2 赤潮発生回数及び発生日数の月変化(令和3年度と平均^(※1)との比較)

(※1) 平均とは調査開始年度～当該年度の平均値をいう。

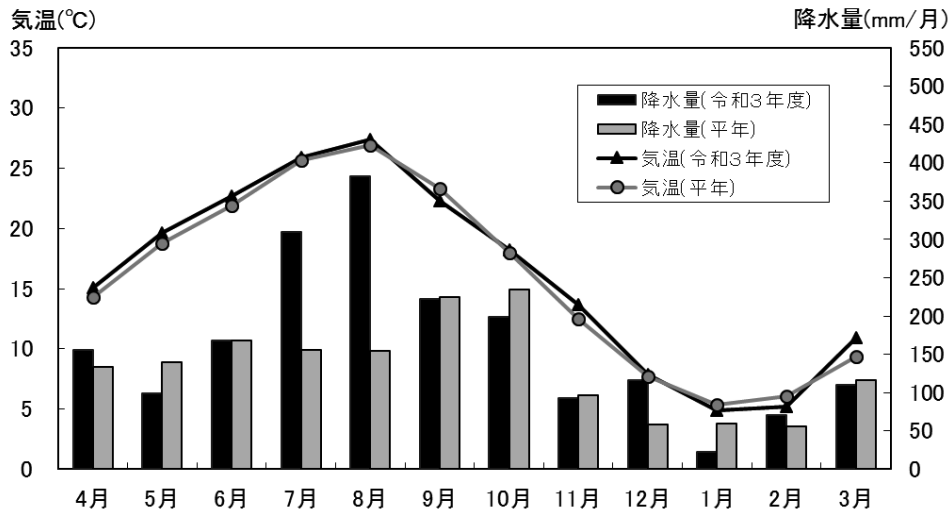


図3 降水量及び気温の月変化(令和3年度と平均^(※2)との比較)

(※2) 平成3年～令和2年の平均値

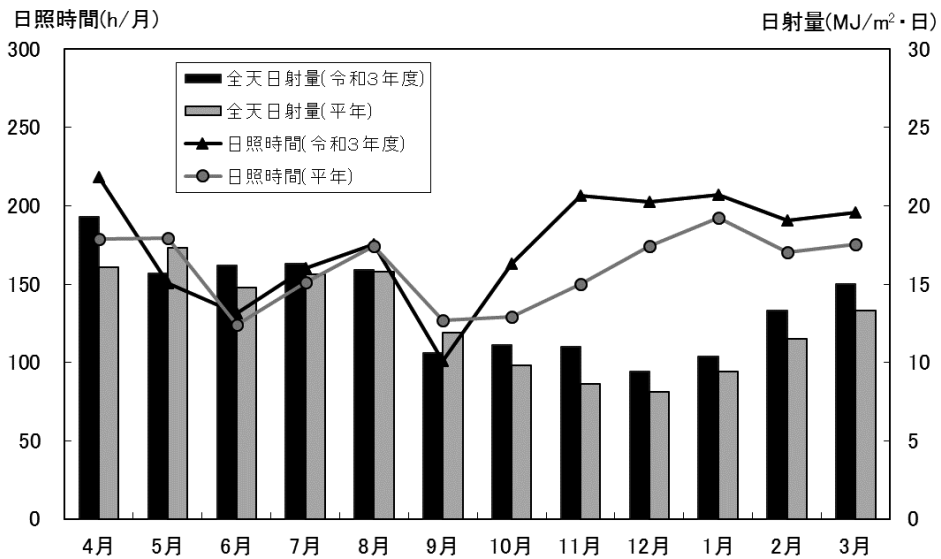


図4 全天日射量及び日照時間の月変化(令和3年度と平均^(※2)との比較)

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3年度に発生した各赤潮の発生状況は次のとおりである。

各赤潮発生期間中の調査日における水色分布を図5に、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。赤潮が発生していた各期間内に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で発生水域*を示している。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（代替地点の St.2 を含む）、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3年5月7日～5月9日（3日間）

発生水域：東京港内の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種： *Leptocylindrus danicus*
（容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Skeletonema costatum* であった。）

《第2回》

期間：令和3年5月10日～5月14日（5日間）

発生水域：東京港内の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種： *Heterosigma akashiwo*
（容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Skeletonema costatum* であった。）

《第3回》

期間：令和3年5月10日～5月14日（5日間） ※第2回と同時期に発生

発生水域：東京港内の一部 色相：茶色 優占種： *Prorocentrum minimum*

《第4回》

期間：令和3年5月31日～6月3日（4日間）

発生水域：東京港内の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種： *Skeletonema costatum*

《第5回》

期間：令和3年5月31日～6月3日（4日間） ※第4回と同時期に発生

発生水域：内湾の一部 色相：褐色・緑褐色 優占種： *Scrippsiella* sp.
（発生3地点中2地点では容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Skeletonema costatum* であった。）

《第6回》

期間：令和3年6月5日～6月8日（4日間）

発生水域：内湾の一部 色相：緑褐色・暗灰黄緑色 優占種： *Skeletonema costatum*

《第7回》

期間：令和3年6月9日～6月15日（7日間）

発生水域：内湾の一部 色相：緑褐色・暗灰黄緑色 優占種： *Thalassiosira* spp.

《第8回》

期間：令和3年6月30日(1日間)

発生水域：内湾の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種：*Heterosigma akashiwo*
(容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Thalassiosiraceae* であった。)

《第9回》

期間：令和3年7月6日～7月10日(5日間)

発生水域：内湾の一部 色相：褐色 優占種：*Heterocapsa* sp.
(容積換算による優占種。細胞数では微細鞭毛藻類が最多であった。)

《第10回》

期間：令和3年7月11日～7月14日(4日間)

発生水域：内湾の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種：*Thalassiosira* spp.
(同時期に発生した第11回の優占種 *Mesodinium rubrum* が確認されず、種類組成が異なることから別の赤潮とした。)

《第11回》

期間：令和3年7月11日～7月25日(15日間) ※第10回と同時期に発生

発生水域：内湾の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種：*Mesodinium rubrum*
(容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Skeletonema costatum* や *Thalassiosira* spp であった。)

《第12回》

期間：令和3年8月20日～8月24日(5日間)

発生水域：内湾の一部 色相：緑褐色 優占種：*Thalassiosira* spp.

《第13回》

期間：令和3年9月10日～9月14日(5日間)

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

《第14回》

期間：令和3年9月15日～9月17日(3日間)

発生水域：内湾の一部 色相：茶色・緑褐色 優占種：*Cerataulina dentata*
(発生5地点中3地点では容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Skeletonema costatum* や *Thalassiosira binata* であった。)

《第15回》

期間：令和3年9月20日～9月25日(6日間)

発生水域：東京港内の一部 色相：緑褐色 優占種：*Heterosigma akashiwo*
(容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Thalassiosira* spp. であった。)

《第16回》

期間：令和3年9月28日～9月30日(3日間)

発生水域：東京港内の一部 色相：暗灰黄緑色 優占種：*Cerataulina pelagica*
(容積換算による優占種。細胞数による優占種は *Skeletonema costatum* であった。)

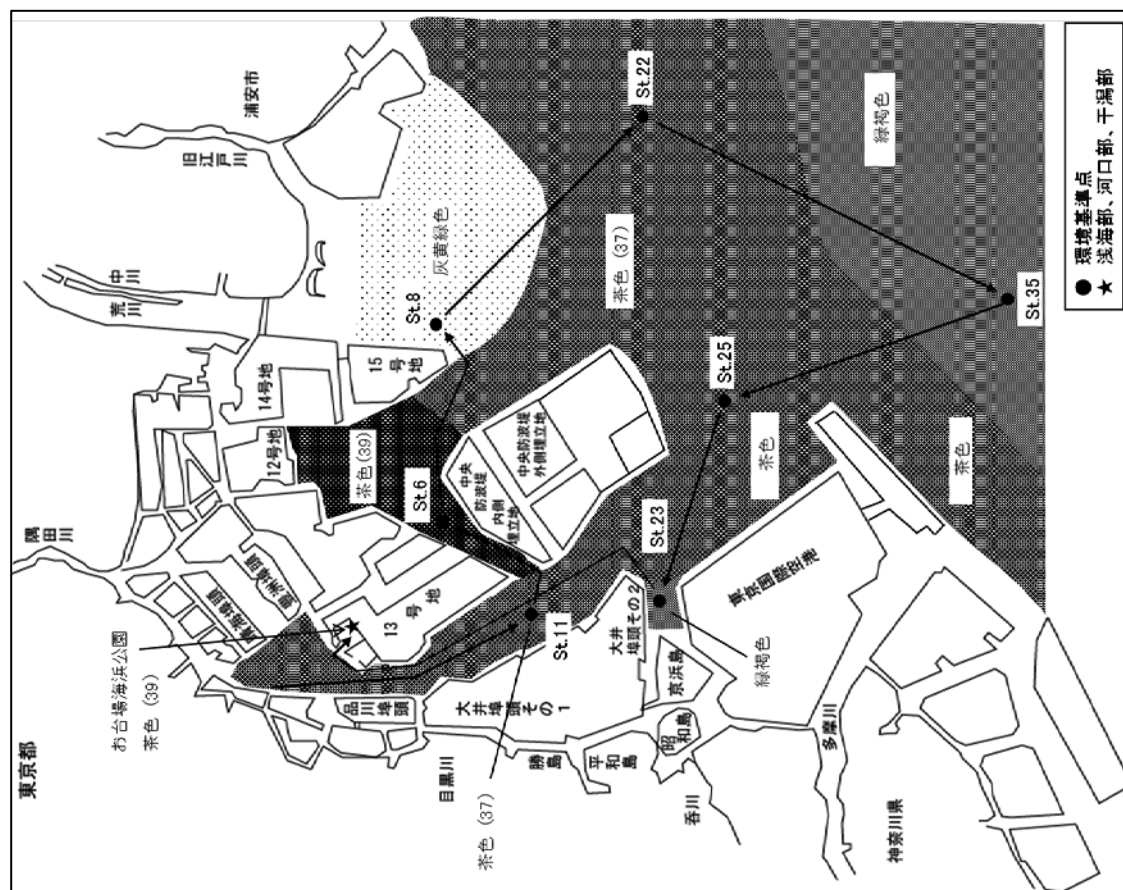
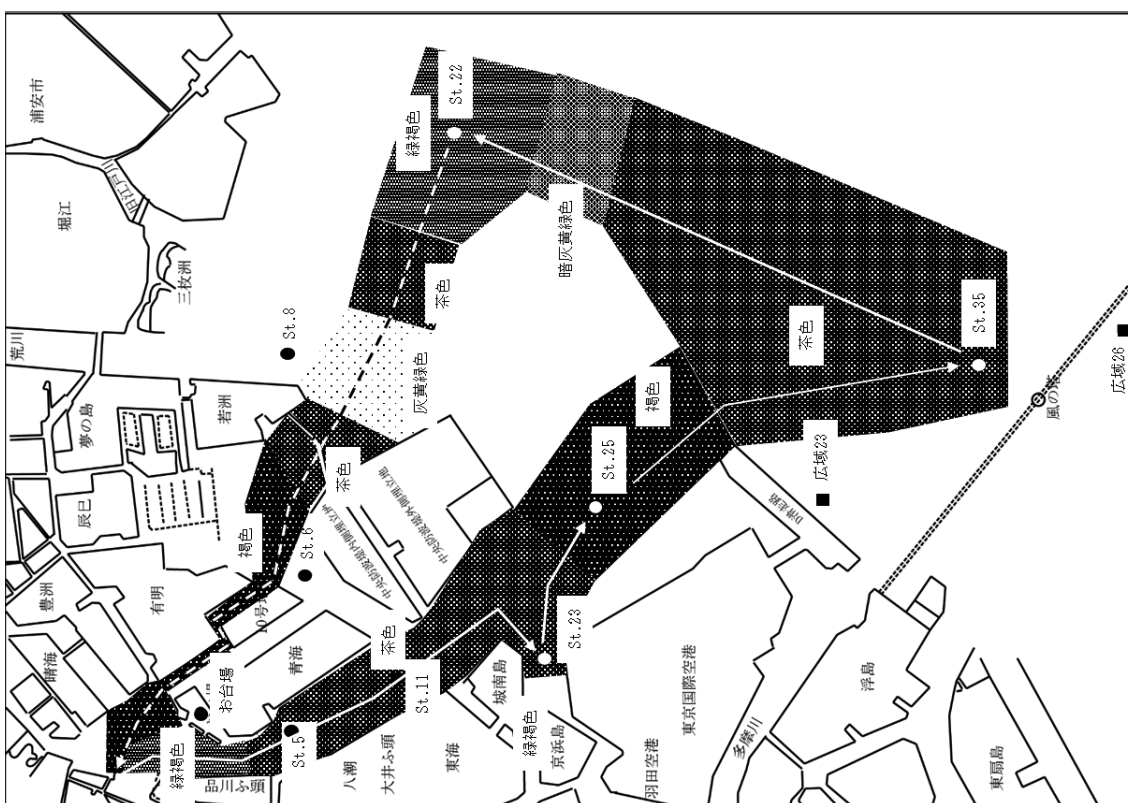
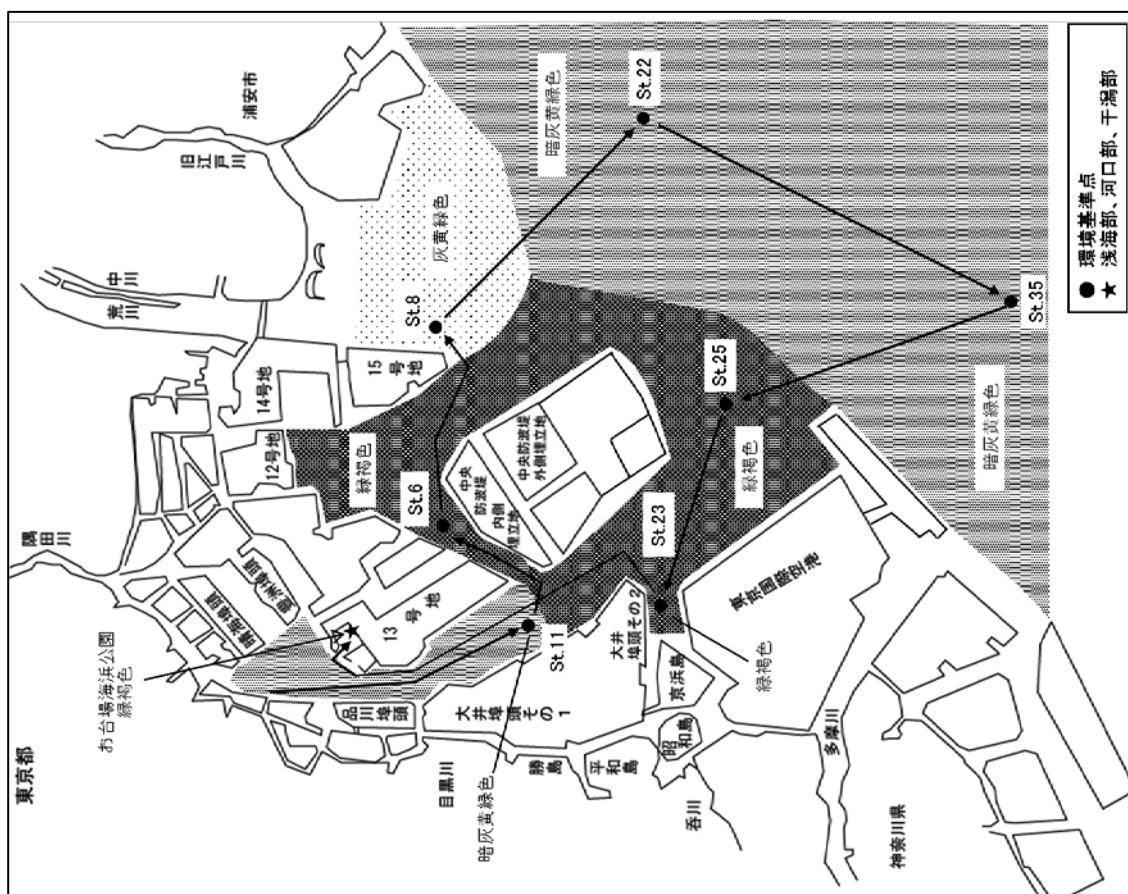


図5-1 第1回赤潮 5月7日の水色分布

図5-2 第2,3回赤潮 5月11日の水色分布



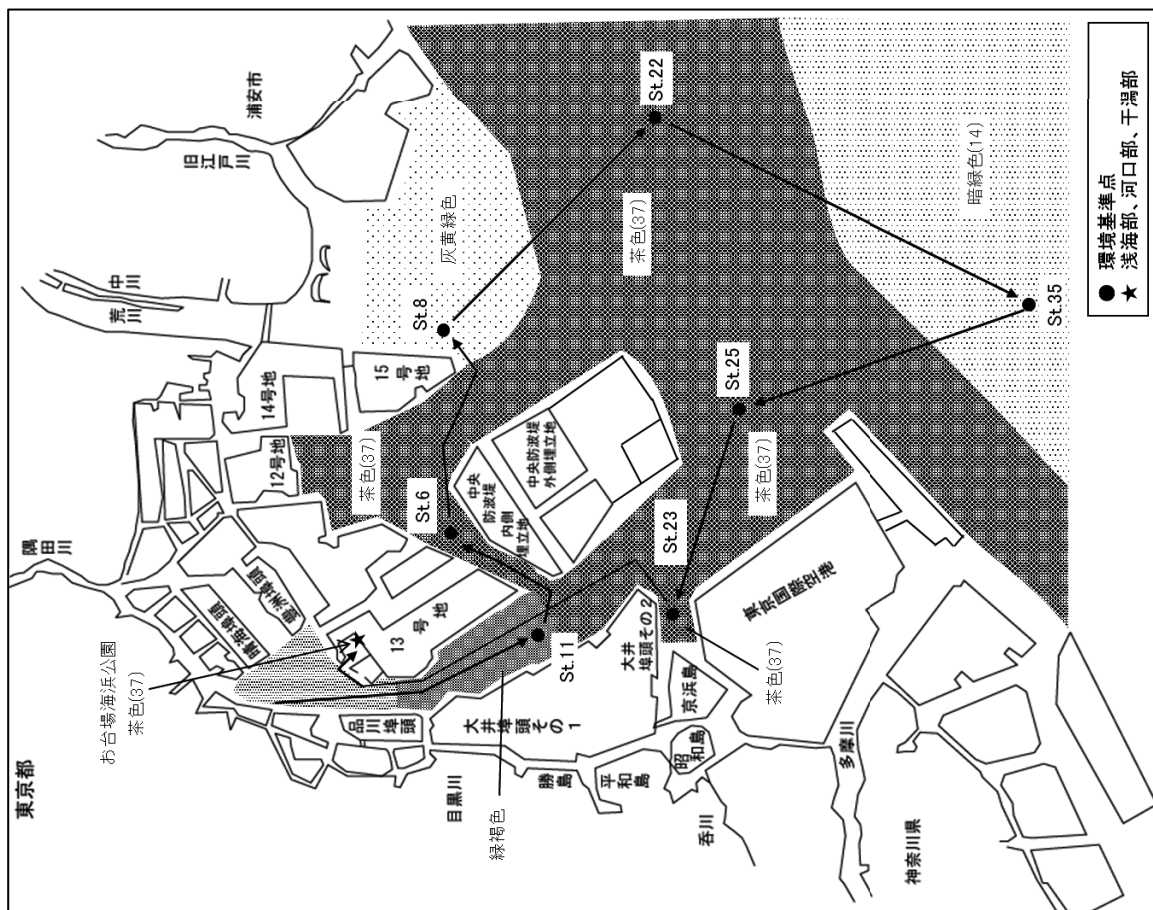


図 5-5 第 7 回赤潮 6 月 15 日の水色分布

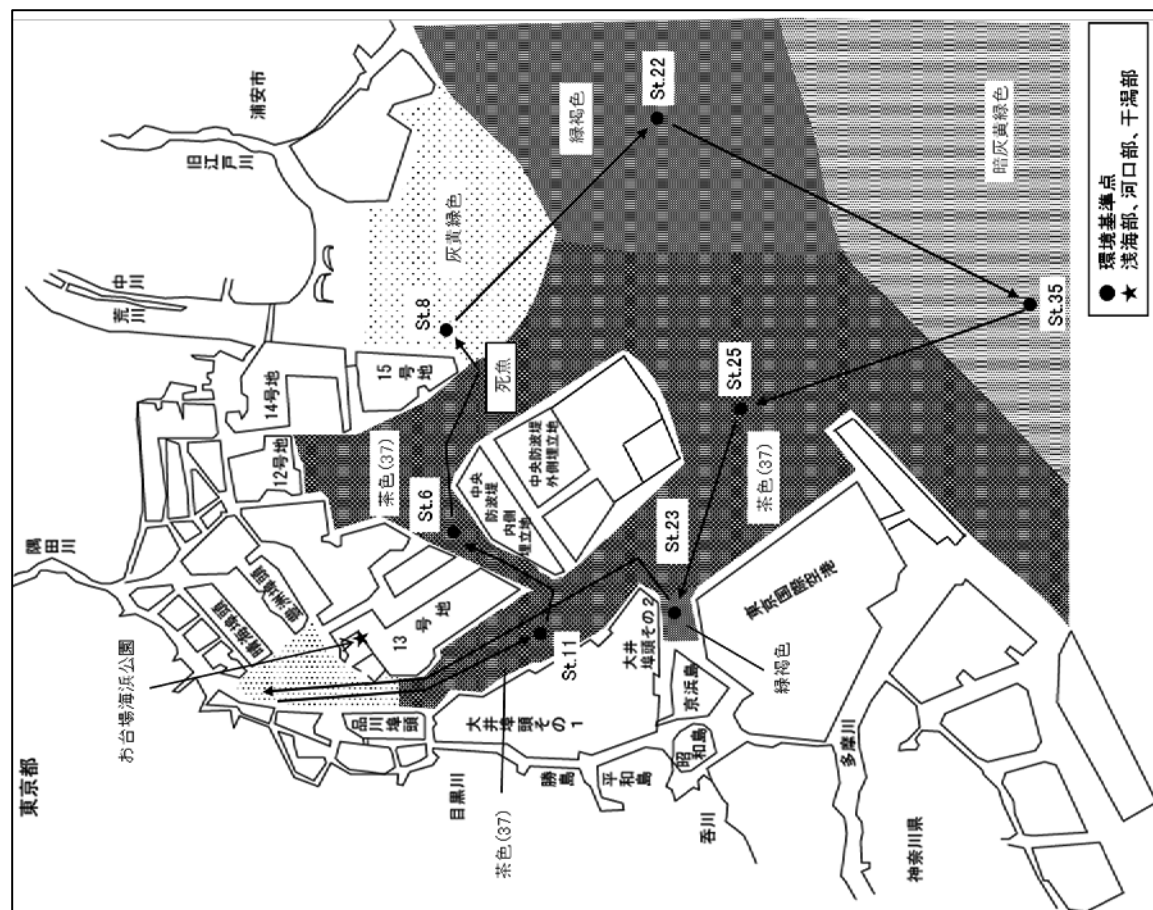


図 5-6 第 8 回赤潮 6 月 30 日の水色分布



図 5-7 第 9 回赤潮 7 月 8 日の水色分布

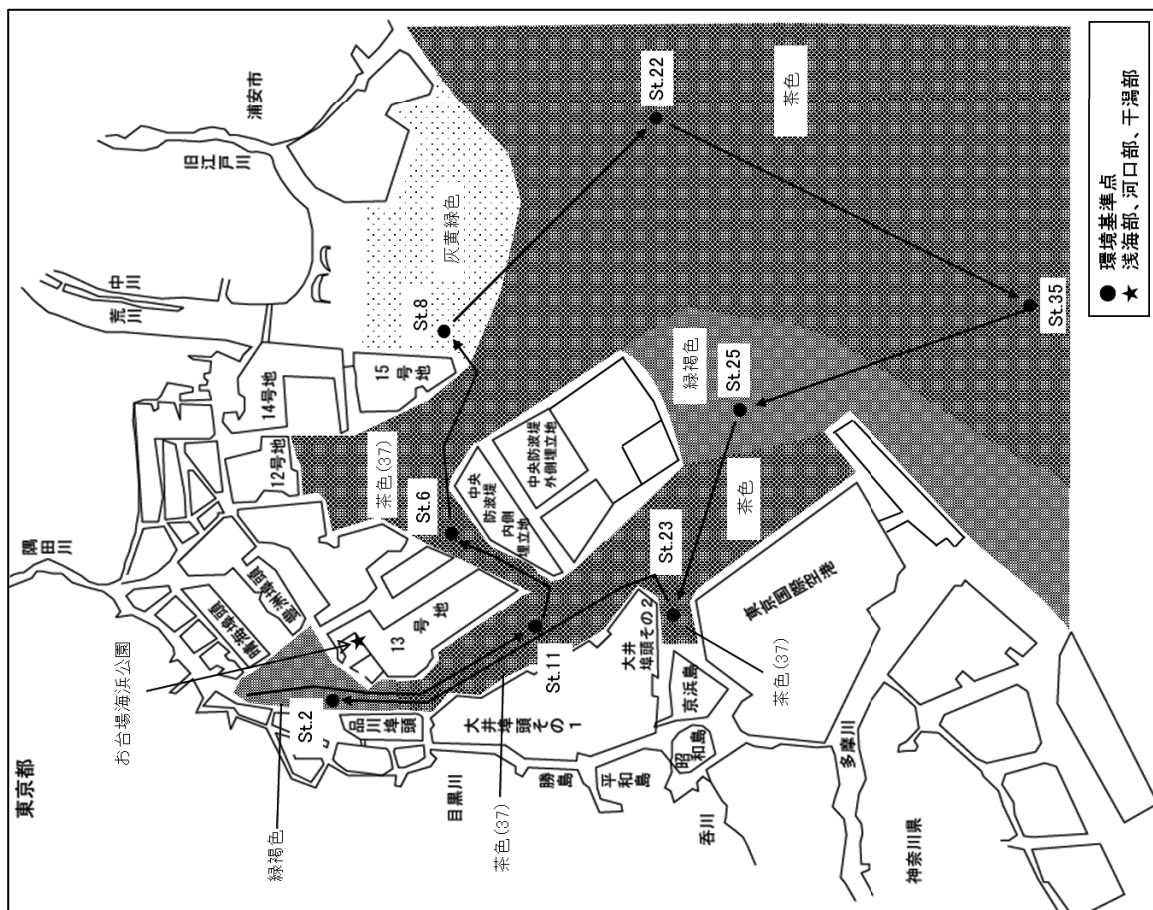


図 5-8 第 10,11 回赤潮 7 月 13 日の水色分布

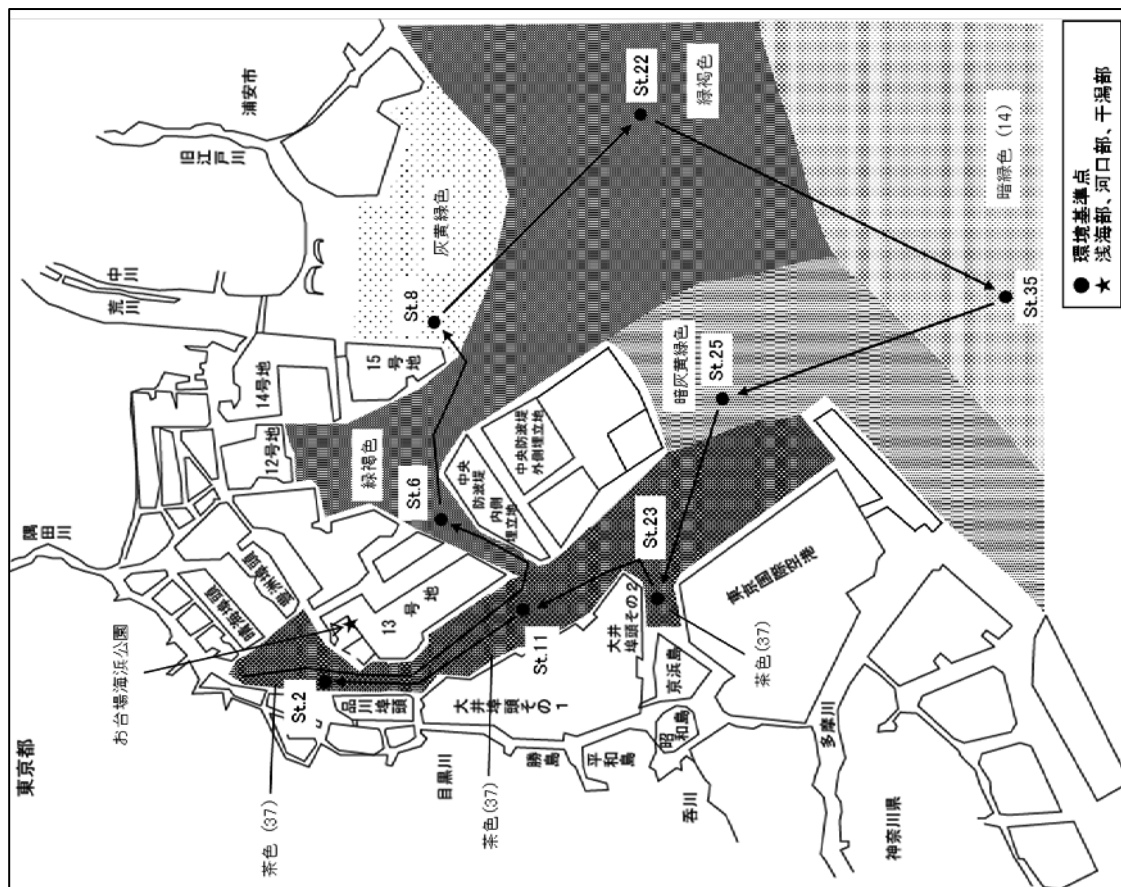


図 5-9 第 11 回赤潮 7 月 20 日の水色分布

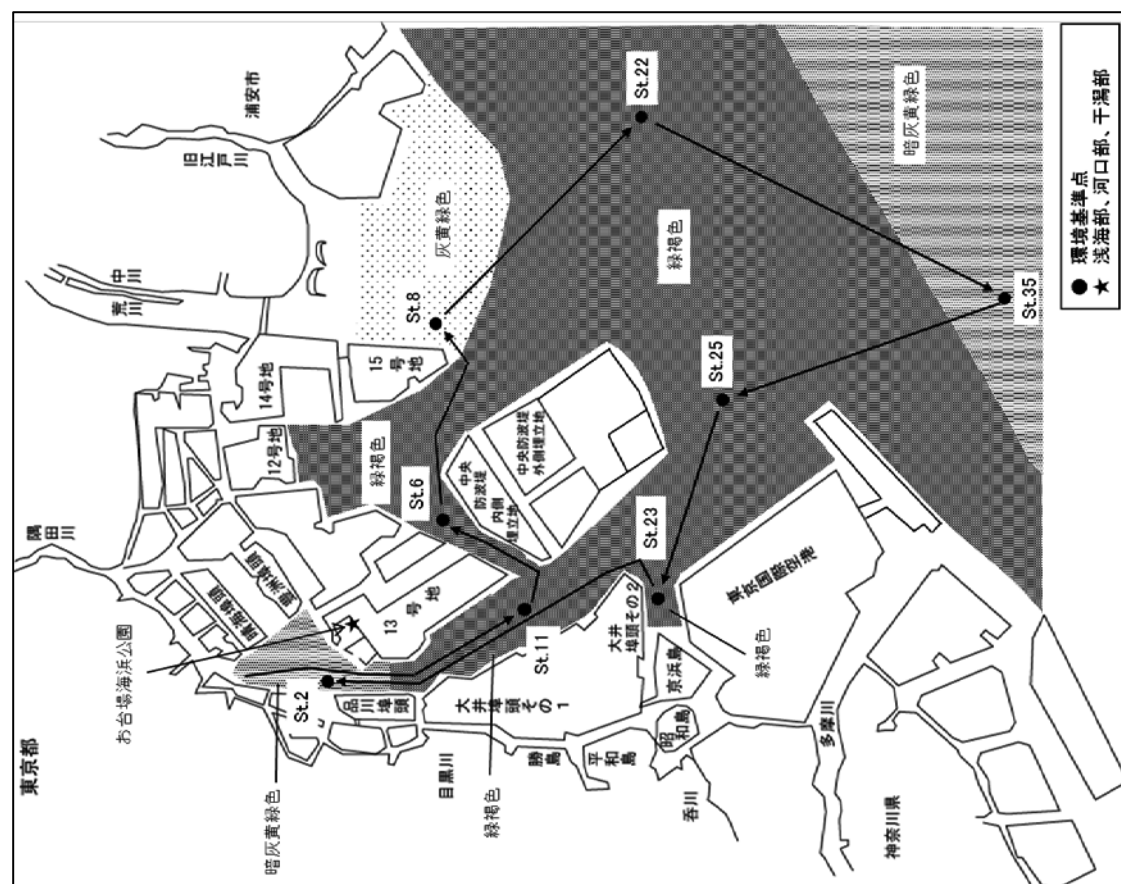
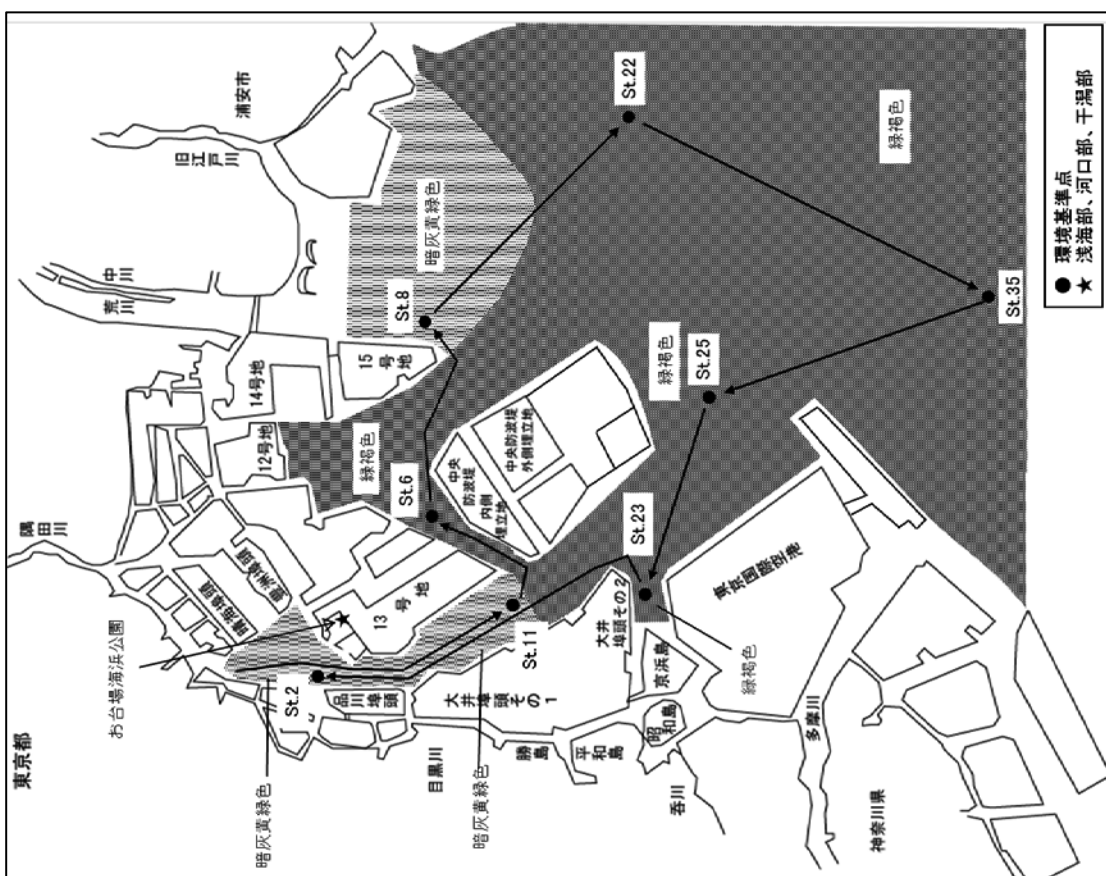


図 5-10 第 12 回赤潮 8 月 23 日の水色分布



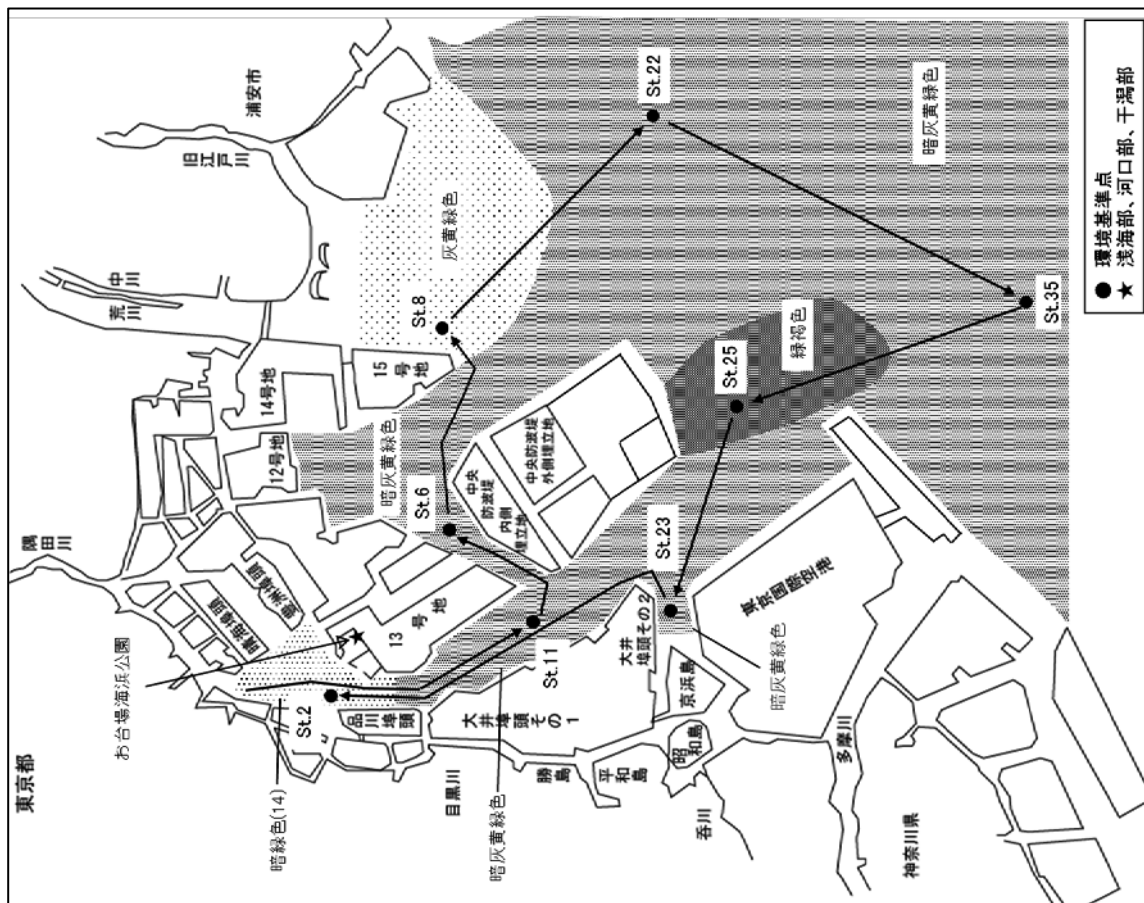


図 5-13 第 15 回赤潮 9 月 21 日の水色分布

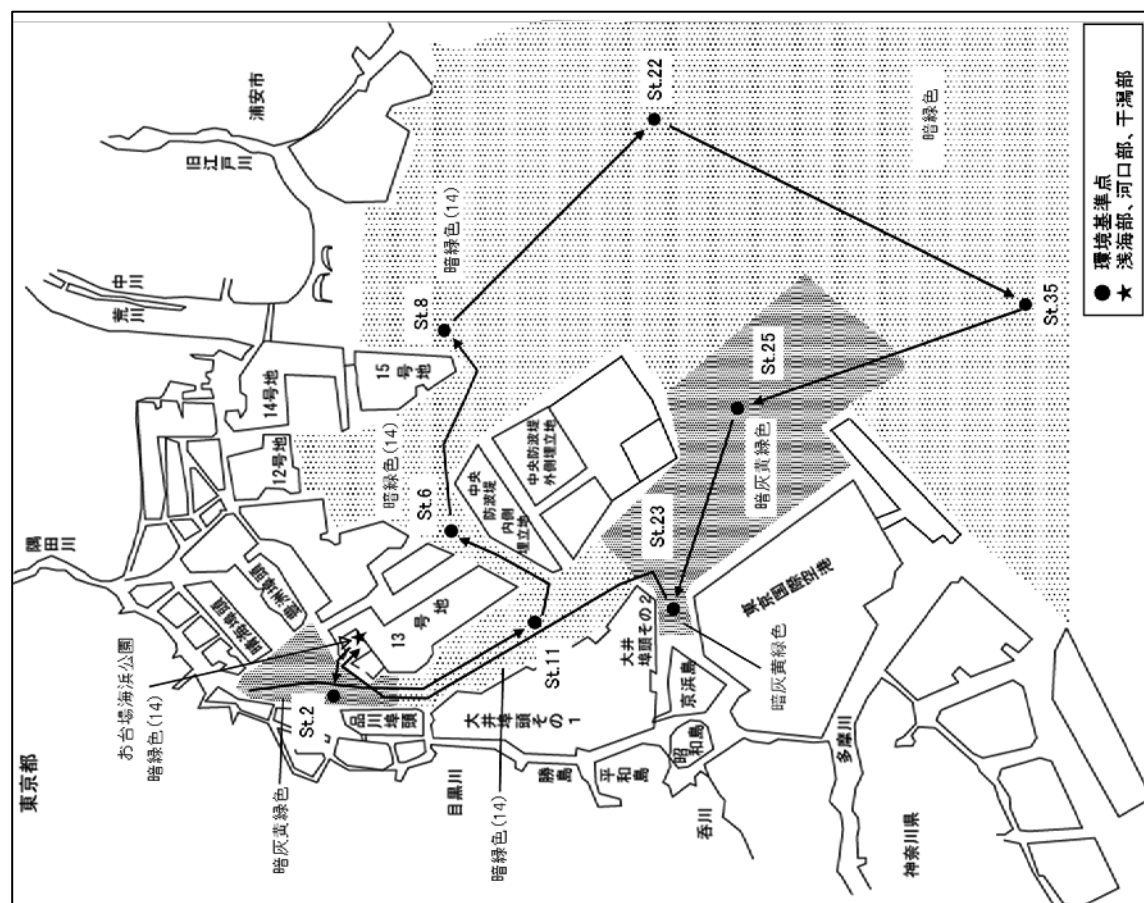


図 5-14 第 16 回赤潮 9 月 28 日の水色分布

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

※水質測定調査結果のみを集計

環境省	統一	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		
2169	0092	クリプト植物	クリプト藻	Cryptomonadaceae	◎	●	●	●	●	●	◎	●	●	●	●	◎	8		
2101	0102	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	Prorocentrum micans									○				0		
2103	0104			Prorocentrum triestinum	●	●	●	○					○					2	
2104	0103			Prorocentrum minimum		●				○								0	
2155	0119			Gymnodinium mikimotoi								●	●					3	
2155	0121			Gymnodinium sp.						○								0	
2199	0132			Gymnodiniales	○				○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	0
2199	0123			Gyrodinium instriatum			◎												0
2162	0124			Gyrodinium sp.	●	◎	◎	○											0
2199	0159			Heterocapsa triquetra														◎	0
2199	0160			Heterocapsa sp.			●	●	●	◎	◎	○	●	◎	●	◎	◎	◎	1
2119	0169			Protoperidinium sp.											○				0
2143	申請済			Gonyaulax sp.													○		0
2199	0142			Scrippsiella sp.				●										●	1
2199	申請済			Amylax triacantha														○	0
2199	0175				Peridinales			◎	●	◎	◎		○	○	○	○	◎	◎	0
2199	0288	黄色植物	黄色鞭毛類	Apedinella spinifera	◎								◎	○			0		
2144	0235			Distephanus speculum												○		0	
2199	0221			Meringosphaera sp.													△	0	
8299	0292		珪藻	Cyclotella sp.					○									0	
1101	0429			Skeletonema costatum	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◎	●	●	●	45	
1186	申請済			Skeletonema sp.	◎		●	◎										0	
8299	申請済			Skeletonema potamos	○	●												1	
8167	0297			Thalassiosira anguste-lineata								○			◎			0	
8167	0298			Thalassiosira binata					●	●	●	○						1	
8124	0302			Thalassiosira nordenskiöldii													○	0	
8111	0303			Thalassiosira rotula	◎													0	
8167	0304			Thalassiosira sp.				●			●	◎			○	○	◎	0	
8299	0305			Thalassiosiraceae			●	●	●	◎	●	●	◎	◎			○	○	2
8299	0397			Aulacoseira ambigua							○								0
8173	0403			Aulacoseira granulata							○								0
1131	0280			Leptocylindrus danicus	◎	●	●									○	○	○	0
8192	0281			Leptocylindrus mediterraneus									○	◎					0
8130	0282			Leptocylindrus minimus					●	○	●			○					0
1133	0308			Rhizosolenia fragilissima	○				◎		◎							△	0
8299	0313			Cerataulina dentata							●								2
1197	0314			Cerataulina pelagica	◎	◎			◎		●					○			0
1161	0316			Eucampia zodiacus												○		○	0
1160	0328			Chaetoceros subgen.Hyalochaete sp.							◎	●	◎	◎	○				0
1141	0330			Chaetoceros lorenzianum			○												0
1142	0318			Chaetoceros affine										○		○	○		0
1139	0325			Chaetoceros didymum	○												◎		0
1157	0332			Chaetoceros radicans	○														0
1160	0331			Chaetoceros pseudocurvisetum									○						0
1141	0330			Chaetoceros lorenzianum													○		0
1151	0334			Chaetoceros sociale	◎						●	○							1
1160	申請済			Chaetoceros constrictum													○	◎	0
1140	0321			Chaetoceros curvisetum										○					0
1179	0323			Chaetoceros debile									◎	○		◎	○	○	0
1160	申請済			Chaetoceros diadema														◎	0
8196	0344			Asterionella glacialis	◎														0
1174	0433			Thalassionema nitzschioides				◎	△				◎	◎	○				0
1169	0368			Cylindrotheca closterium	◎	○				◎	◎				○		◎	○	0
1170	0369			Nitzschia fruticosa		○				○									0
1166	0372			Nitzschia pungens		○				○				○	◎		◎		0
1170	0373			Nitzschia sp.				●	●				◎	◎	◎				0
1192	0623			Fragilaria crotonensis							○								0
1170	0374			Pseudo-nitzschia multistriata					●				◎	◎	◎				0
8299	0640			Neodelphineis pelagica							●								0
8299	0987				Pennales					○	○							△	0
1399	0991		ラバノ藻	Heterosigma akashiwo			◎	◎	◎	○	◎		○	○				0	
1399	1068	ミドリムシ植物	ミドリムシ	Euglenophyceae	◎	◎		○	◎	◎		◎	○	○			0		
1399	1082	緑色植物	ブラシノ藻	Prasinophyceae	●	●		●	○			◎	◎	◎		◎	2		
1330	1126	緑藻	Scenedesmus sp.					○	○								0		
2188	4621	その他の微細鞭毛藻類	other Micro-flagellates		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	27		
1300	8531	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/ m^3)

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 ^(注1) 水域	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	5月7日 ～ 5月9日	3	⑤	<i>Leptocylindrus danicus</i>	2, 020	9.1	1.2	98	12.5	8.6	19	23 ～ 24
2	5月10日 ～ 5月14日	5	⑤	<i>Heterosigma akashiwo</i>	10, 700	－	1.0	276	19.1	8.6	19	26 ～ 27
3	5月10日 ～ 5月14日	5	⑤	<i>Prorocentrum minimum</i>	7, 700	－	1.1	67	12.6	8.6	19	27 ～ 28
4	5月31日 ～ 6月3日	4	⑤	<i>Skeletonema costatum</i>	38, 000	8.7	1.1	133	19.3	8.8	22 ～ 23	18 ～ 25
5	5月31日 ～ 6月3日	4	③	<i>Scrippsiella</i> sp.	4, 380	10.0	0.9	178	20.8	8.9	23 ～ 24	14 ～ 29
6	6月5日 ～ 6月8日	4	③	<i>Skeletonema costatum</i>	38, 400	－	1.2	124	20.0	8.8	24 ～ 25	21 ～ 24
7	6月9日 ～ 6月15日	7	③	<i>Thalassiosira</i> spp.	19, 000	－	1.1	112	19.0	9.0	23 ～ 25	22 ～ 26
8	6月30日 ～ 6月30日	1	③	<i>Heterosigma akashiwo</i>	2, 200	－	0.9	105	11.0	8.7	23 ～ 24	20 ～ 27
9	7月6日 ～ 7月10日	5	③	<i>Heterocapsa</i> sp.	2, 390	6.3	1.2	72	11.5	8.8	24	21
10	7月11日 ～ 7月14日	4	③	<i>Thalassiosira</i> spp.	12, 900	－	1.0	－	15.4	8.8	26	13 ～ 18
11	7月11日 ～ 7月25日	15	③	<i>Mesodinium rubrum</i>	2, 740	－	1.0	186	16.1	8.9	28 ～ 29	15 ～ 19
12	8月20日 ～ 8月24日	5	③	<i>Thalassiosira</i> spp.	28, 500	－	0.8	146	16.0	9.0	27 ～ 28	14 ～ 21
13	9月10日 ～ 9月14日	5	③	<i>Skeletonema costatum</i>	29, 500	－	1.2	141	>20.0	8.8	24 ～ 25	22 ～ 28
14	9月15日 ～ 9月17日	3	③	<i>Cerataulina dentata</i>	7, 920	7.3	1.3	122	14.6	8.8	24 ～ 25	16 ～ 26
15	9月20日 ～ 9月25日	6	⑤	<i>Heterosigma akashiwo</i>	3, 020	－	1.4	100	13.9	8.5	25	21
16	9月28日 ～ 9月30日	3	⑤	<i>Cerataulina pelagica</i>	3, 120	－	1.4	74	14.7	8.6	23 ～ 24	22 ～ 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: 東京港内全体 ⑤: 東京港内の一部

(注2) 優占種は容積換算による第一優占種としている。

(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)	66
----------------------	----

ウ 赤潮の発生水域及び継続日数

(ア) 調査日における調査地点別の赤潮発生状況 (表 7-1、7-2)

地点別の赤潮発生状況では、令和3年度に赤潮を確認した日が最も多かったのは、St.6 と St.25 であった。

(イ) 赤潮発生水域規模の経年変化 (表 8)

発生水域の規模でみると、令和3年度は東京都内湾の一部で発生した赤潮のみとなり、内湾全体または大部分に広がる大規模な赤潮は発生しなかった。

(ウ) 赤潮発生期間別発生回数の経年変化 (表 8)

令和3年度は、発生した赤潮の 81% (13 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。

(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 月上旬以降、東京港内の一部で複数種による赤潮が発生した。その後 5 月末から発生規模が拡大し、9 月下旬までは東京都内湾の一部で発生する赤潮となった。9 月下旬になると再び規模が縮小し、東京港内の一部での発生となった。

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表 9-1、9-2 に示す。

令和3年度に発生した赤潮の第一優占種は 10 種であった。第一優占種となった回数は *Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻) と *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira* spp. (珪藻) が各 3 回ずつで最多であり、珪藻が第一優占種となる割合は約 56% (延べ 16 回中 9 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。

令和3年度は、調査開始以来初めて、渦鞭毛藻の *Scrippsiella* sp. が容積換算で第一優占種となる赤潮が発生した。また、8 年ぶりに動物プランクトン(繊毛虫)の *Mesodinium rubrum* が第一優占種となる赤潮が発生した。

表 7-1 調査日における調査地点別の赤潮発生状況(4~9 月)

月	日	調査名	お台場	St.2	St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	広域26	備考
4	7	内湾							×	×	×	×		
	8	内湾	△		×	×	×	×						
	20	赤潮	×			×	△	△	△	△	△	△		
	27	赤潮	×			×	△	△	△	△	△	△		
5	6	内湾								×	×	×	×	
	7	内湾	△		×	●	×	●	×					<i>Leptocylindrus danicus</i> の赤潮
	11	赤潮	●			●	△	○	△	○	○	△		<i>Heterosigma akashiwo</i> と <i>Prorocentrum minimum</i> の赤潮
	25	赤潮	×			△	△	△	△	△	△	△		
6	1	内湾							●	●	●	×		<i>Skeletonema costatum</i> と <i>Scripsiella</i> sp.の赤潮
	2	内湾	○		●	●	●	●						<i>Skeletonema costatum</i> と <i>Scripsiella</i> sp.の赤潮
	8	赤潮	●			●	△	△	○	○	○	△		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮
	15	赤潮	●			●	△	○	●	○	○	△		<i>Thalassiosira</i> spp.の赤潮
	22	赤潮	欠			△	△	△	△	△	△	△		
	30	赤潮	欠			●	△	●	●	△	○	△		<i>Heterosigma akashiwo</i> の赤潮
7	5	内湾					×					×		
	6	内湾			×			×		×	×			
	7	内湾				×								
	8	内湾							●					<i>Heterocapsa</i> sp.の赤潮
	13	赤潮	欠	△		●	△	●	○	○	○	○		<i>Mesodinium rubrum</i> と <i>Thalassiosira</i> spp.の赤潮
	20	赤潮	欠	○		●	△	●	●	○	×	△		<i>Mesodinium rubrum</i> の赤潮
8	16	内湾	△							×	×	×	×	
	17	内湾	△		×	×	×	×	×					
	23	赤潮	欠	△		●	△	○	●	○	○	△		<i>Thalassiosira</i> spp.の赤潮
9	7	赤潮	欠	△		△	△	△	△	△	△	△		
	13	赤潮	欠	△		●	△	△	●	△	●	●		<i>Skeletonema costatum</i> の赤潮
	16	内湾							×	●	●	●		<i>Cerataulina dentata</i> の赤潮
	17	内湾	△		×	●	×	●						<i>Cerataulina dentata</i> の赤潮
	21	赤潮	欠	△		×	△	△	△	△	●	△		<i>Heterosigma akashiwo</i> の赤潮
	28	赤潮	×	△		△	△	△	△	●	●	△		<i>Cerataulina pelagica</i> の赤潮

表 7-2 調査日における調査地点別の赤潮発生状況(10～3 月)

月	日	調査名	お台場	St.2	St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	広域26	備考
10	5	赤潮	×	△		△	△	△	△	△	△	△		
	13	内湾	△		×	×	×	×						
	15	内湾							×	×	×	×		
	19	赤潮	×			△	△	△	△	△	△	△		
11	1	内湾							×	×	×	×	×	
	2	内湾	△		×	×	×	×						
12	7	内湾							×	×	×	×		
	14	内湾	△		×	×	×	×						
1	4	内湾					×					×		
	6	内湾							×					
	7	内湾	△		×	×		×		×				
	11	内湾									×			
2	1	内湾							×	×	×	×	×	
	2	内湾	△		×	×	×	×						
3	1	内湾	△		×	×	×	×						
	2	内湾							×	×	×	×		
調査回数※			21	8	12	29	29	29	29	29	29	29	4	
赤潮発生延べ回数			4	1	1	11	1	9	9	9	11	3	0	
割合(%)			19	13	8	38	3	31	31	31	38	10	0	

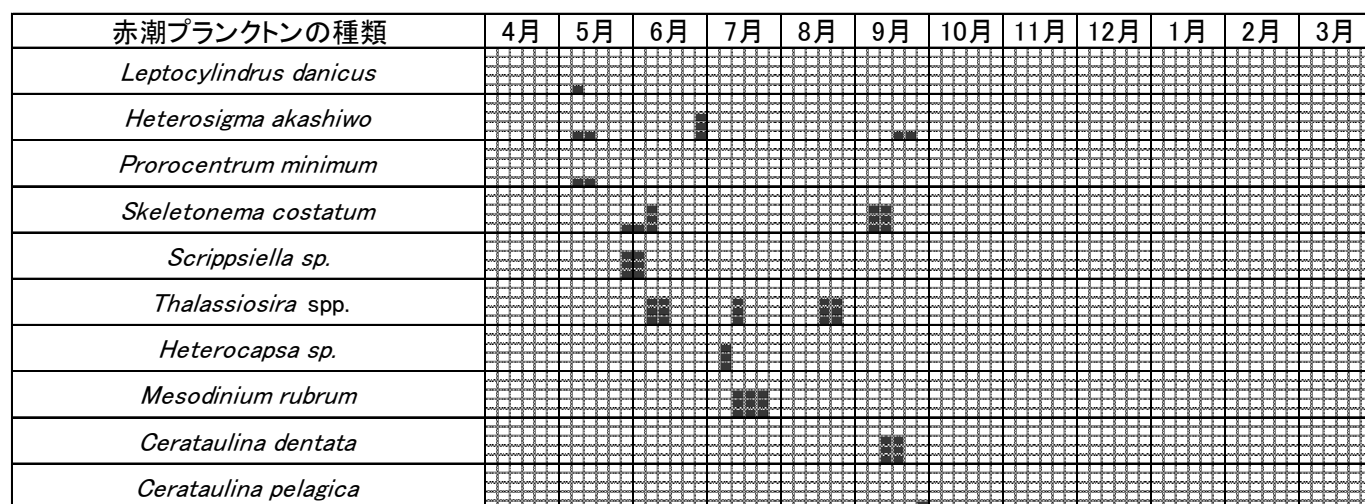
【調査回数について】 同一日に複数回調査があった時は1回とした。

【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 8 赤潮発生水域別発生回数及び継続期間別発生回数の経年変化

	発生水域別発生回数(回)						継続期間別発生回数(回)							
	東京都内湾			東京港内		計	1～2日	3～5日	6～10日	11～15日	16～20日	21日以上	計	
	全体	大部分	一部	全体	一部									
S55年度	4	7	4	1	4	20	14	3	1	1	1	0	20	
S56年度	4	5	4	3	1	17	4	3	5	4	1	0	17	
S57年度	3	8	11	3	7	32	16	6	7	1	1	1	32	
S58年度	3	9	4	2	1	19	8	6	4	1	0	0	19	
S59年度	4	2	5	1	0	12	3	4	3	0	1	1	12	
S60年度	2	2	6	2	6	18	4	6	3	5	0	0	18	
S61年度	2	4	12	2	3	23	14	4	4	0	1	0	23	
S62年度	3	4	10	1	0	18	8	5	3	0	1	1	18	
S63年度	4	7	5	0	0	16	5	5	5	1	0	0	16	
H1年度	2	11	1	0	0	14	5	5	3	0	1	0	14	
H2年度	4	5	6	0	2	17	3	8	5	1	0	0	17	
H3年度	1	7	5	0	2	15	4	8	1	1	0	1	15	
H4年度	2	6	1	0	3	12	5	3	1	3	0	0	12	
H5年度	1	5	6	0	3	15	4	3	7	1	0	0	15	
H6年度	6	4	5	0	0	15	2	4	6	1	1	1	15	
H7年度	5	4	8	0	1	18	3	8	4	0	2	1	18	
H8年度	4	5	6	1	4	20	5	4	9	1	1	0	20	
H9年度	1	12	4	1	1	19	2	11	5	1	0	0	19	
H10年度	1	4	10	0	4	19	3	11	2	2	1	0	19	
H11年度	2	6	9	1	2	20	4	7	4	4	1	0	20	
H12年度	3	3	11	1	2	20	2	8	7	2	1	0	20	
H13年度	2	4	8	2	3	19	5	7	6	0	0	1	19	
H14年度	1	5	6	1	3	16	4	5	4	2	0	1	16	
H15年度	1	5	7	0	5	18	6	6	4	2	0	0	18	
H16年度	0	7	4	2	5	18	4	6	8	0	0	0	18	
H17年度	0	6	5	6	5	22	5	12	5	0	0	0	22	
H18年度	3	3	7	0	5	18	4	9	4	1	0	0	18	
H19年度	1	5	7	0	2	15	2	7	4	0	2	0	15	
H20年度	2	4	8	1	1	16	3	6	5	1	1	0	16	
H21年度	2	6	3	1	4	16	5	6	3	1	1	0	16	
H22年度	1	6	4	1	3	15	5	3	4	1	1	1	15	
H23年度	4	4	2	1	4	15	2	7	3	3	0	0	15	
H24年度	0	7	1	2	8	18	9	4	2	1	1	1	18	
H25年度	0	5	4	0	6	15	3	7	4	0	1	0	15	
H26年度	5	4	3	2	3	17	5	5	6	1	0	0	17	
H27年度	3	1	6	2	4	16	6	2	4	4	0	0	16	
H28年度	0	5	5	1	3	14	5	6	2	1	0	0	14	
H29年度	0	2	4	2	5	13	5	2	3	1	0	2	13	
H30年度	0	3	5	2	4	14	3	5	6	0	0	0	14	
R1年度	0	5	2	1	8	16	4	5	7	0	0	0	16	
R2年度	3	3	6	0	2	14	2	7	2	3	0	0	14	
R3年度	0	0	10	0	6	16	1	12	2	1	0	0	16	



【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。

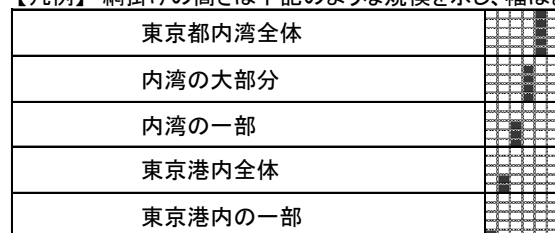


図 6 容積換算による優占プランクトン別赤潮発生時期と規模(令和3年度)

表 9-1 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 12 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	11	12	
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	8	9	
	<i>Skeletonema</i> sp. (spp.)																									
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		1		3	1	2		1		1	1		1	1	1					3		2	3	4	
	Thalassiosiraceae											2		2	1				3	1		4	1			
	<i>Tharassiosira binata</i>																									
	<i>Cyclotella</i> sp.(spp.)																		1		1				1	
	<i>Minidiscus comicus</i>				1																					
	<i>Leptocylindrus minimus</i>												1													
	<i>Leptocylindrus danicus</i>											1												1		
	<i>Coscinodiscus granii</i>										1															
	<i>Coscinodiscus</i> sp.		1																							
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>									1	1							1								
	<i>Chaetoceros sociale</i>																				1					
	<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-nitzchia 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	4	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				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														
	<i>Gymnodiniales</i>																							1		
	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>																									
	<i>Ceratium furca</i>																									
	<i>Heterocapsa triquetra</i>																			1						
	<i>Heterocapsa lanceolata</i>																									
	<i>Heterocapsa</i> sp.																									
	<i>Noctiluca scintillans</i>	2					1	1										1	1					2	4	
	<i>Scrippsiella</i> sp.																									
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						
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																						1			
	不明微細鞭毛藻	1	1	3	4	2	4	2		3	6		1		1					3		1		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	20	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。

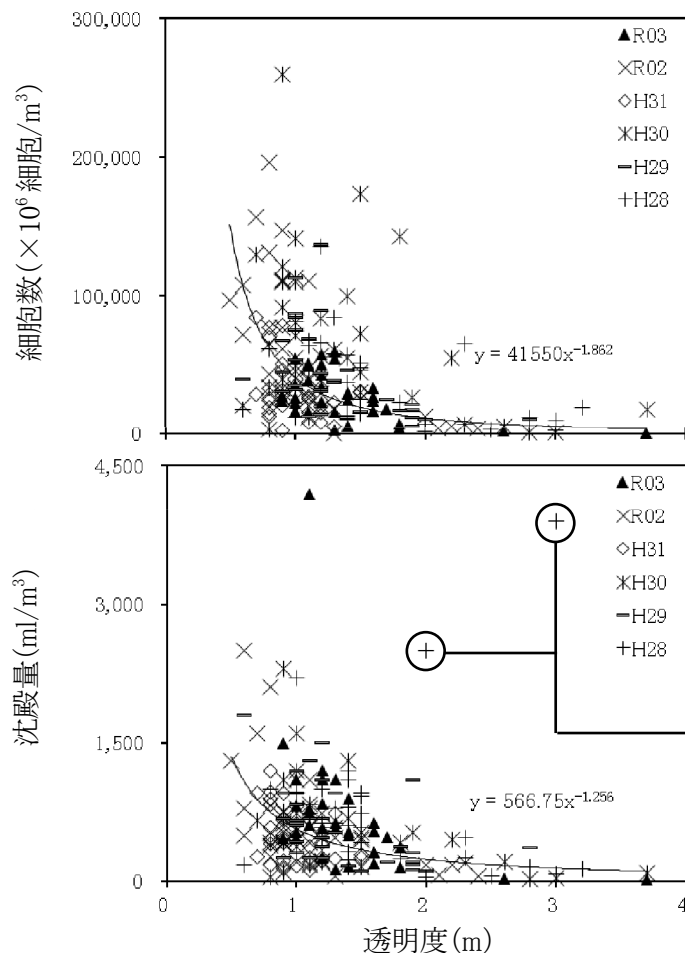
表 9-2 優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化（平成 13 年度以降）

赤潮プランクトンの種類\年度		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	R1	2	3
珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	6	3	7	5	4	4	3	8	10	3	7	11	8	9	6	3	4	3	3	5	3
	<i>Skeletonema</i> sp. (spp.)															1				1	1	
	<i>Thalassiosira</i> sp.(spp.)		3	3	4	4	2	3	1				2		1		1	1	4	3	2	3
	Thalassiosiraceae	3	1			1	1		1	3		3		1	2	3	2		1		2	
	<i>Tharassiosira binata</i>							1									1			2	1	
	<i>Cyclotella</i> sp.(spp.)						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			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												1
	<i>Cerataulina pelagica</i>																				1	1
	<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>	1	1		2	2		2	1	1	4	3	3	4	3	2	2	3	3	1		3
	<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	3			1			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.																					
	Gymnodiniales									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>Heterocapsa</i> sp.																					1
緑藻	<i>Noctiluca scintillans</i>	1		3	1	1			1		3			1			1					
	<i>Scrippsiella</i> sp.																					1
	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					1	
	Eutreptiaceae																					
	不明微細鞭毛藻	1	1	1							1											
繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	4	1	4	2	3	1	1		1	1	1		1								1
	種不明							1														
合計		19	16	18	18	22	18	15	16	20	15	15	18	17	17	16	14	15	14	16	14	16

オ 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外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 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伴い、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、図中に丸で示したように、体積が非常に大きい夜光虫 (*Noctiluca scintillans*) が確認された場合を除く。本調査では透明度 1.5m 以下の場合を赤潮状態と判別しており、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 $19,529 \times 10^6$ 細胞/m³、341ml/m³であった。

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

(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、主に陸域からの流入、すなわち降水によって供給される。また、水温も植物プランクトンの増加に関わる重要な要因である。そこで降水量と水温に着目し、それらと植物プランクトンの関係について調べた。

降水量については、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。植物プランクトン量については、種類によって細胞の大きさが異なるため、細胞数ではなくクロロフィル量を用いた。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。

令和3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(℃)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)。

クロロフィル量 100 以上の円が集中する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 0~20mm、表層水温が 25℃前後であった。

令和2年度や令和元年度の結果と比較すると(当該年度東京湾調査報告書参照)、表層水温は概ね同程度であるが、降水量は少ない。しかし、降水量が少なくとも、大きいクロロフィル量が観測された点については、5日より更に前の降水の影響が残っていた可能性や、降雨を伴わない強風などにより底泥が巻き上げられた可能性が挙げられる。降水が多すぎると淡水流入による塩分の低下、植物プランクトンの死滅、希釈効果等の影響があるため、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、今回は栄養塩の主な供給源は降水であると仮定し考察したが、底層の貧酸素状態による底泥からの栄養塩溶出も一因として考えられる。

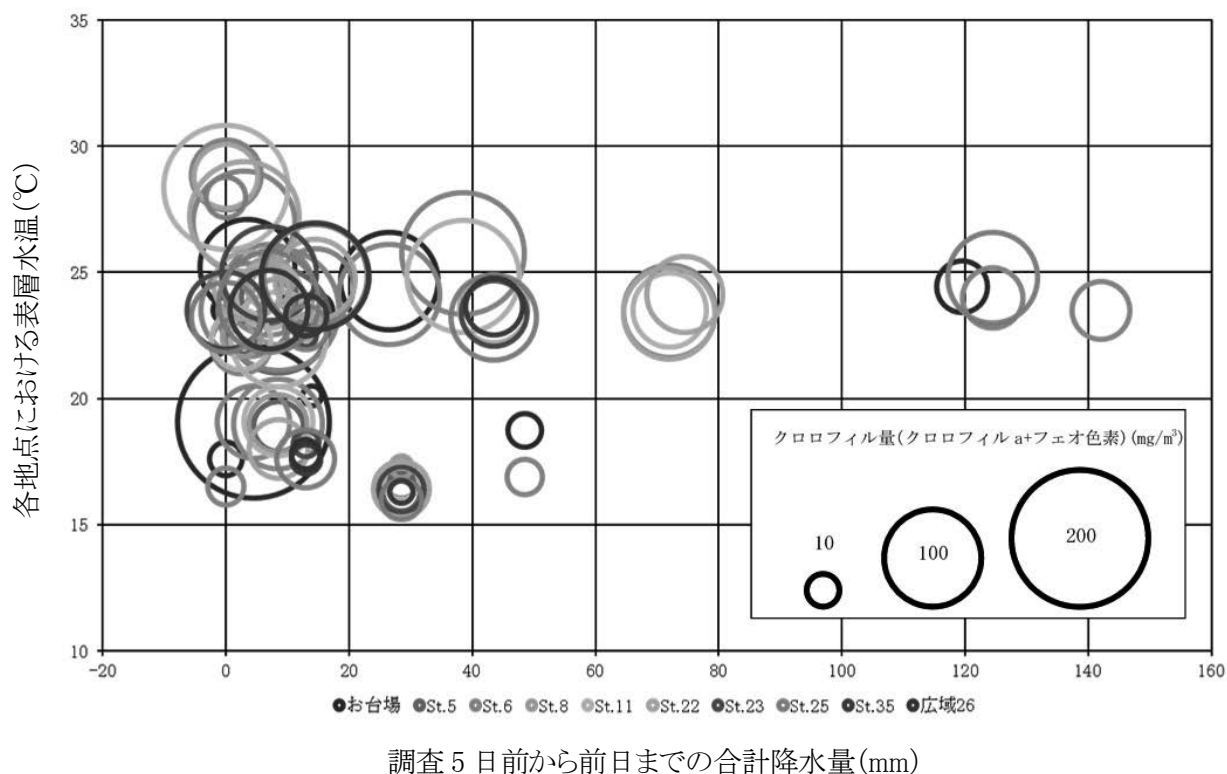


図 8 クロロフィル量と降水量および水温の関係

(ウ) 主要プランクトンと環境要因

平成 19 年度から令和 3 年度までの 15 年間の調査において、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. 及びラフィド藻の *Heterosigma akashiwo* が挙げられる。これら 3 種と、過年度結果でも度々優占種となり、令和3年度の調査で大規模な赤潮が確認された繊毛虫の *Mesodinium rubrum* に着目し、それらの水温および塩分との関係について検討した(図9)。なお、それぞれの種が植物プランクトンおよび動物プランクトン全体の上位 5 種に含まれた際のデータを使用し、上位 5 種に入ったことを「優占した」と表現している。

Skeletonema costatum は水温 16.9～31.4℃、塩分 8.8～31.1 の範囲で優占した。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 9.9～30.1 の範囲で優占した。優占した地点の水温

が 20℃以上であり、*Skeletonema costatum*と比較すると、より水温が高い(特に 7 月以降の)時期に優占する傾向にあった。

Heterosigma akashiwo は水温 18.3～28.9℃、塩分 13.7～30.1 の範囲で優占した。*Skeletonema costatum*と比較すると、塩分が高い時に優占する傾向にあった。

*Mesodinium rubrum*は水温16.9～31.4℃、塩分8.8～30.8の範囲で優占した。

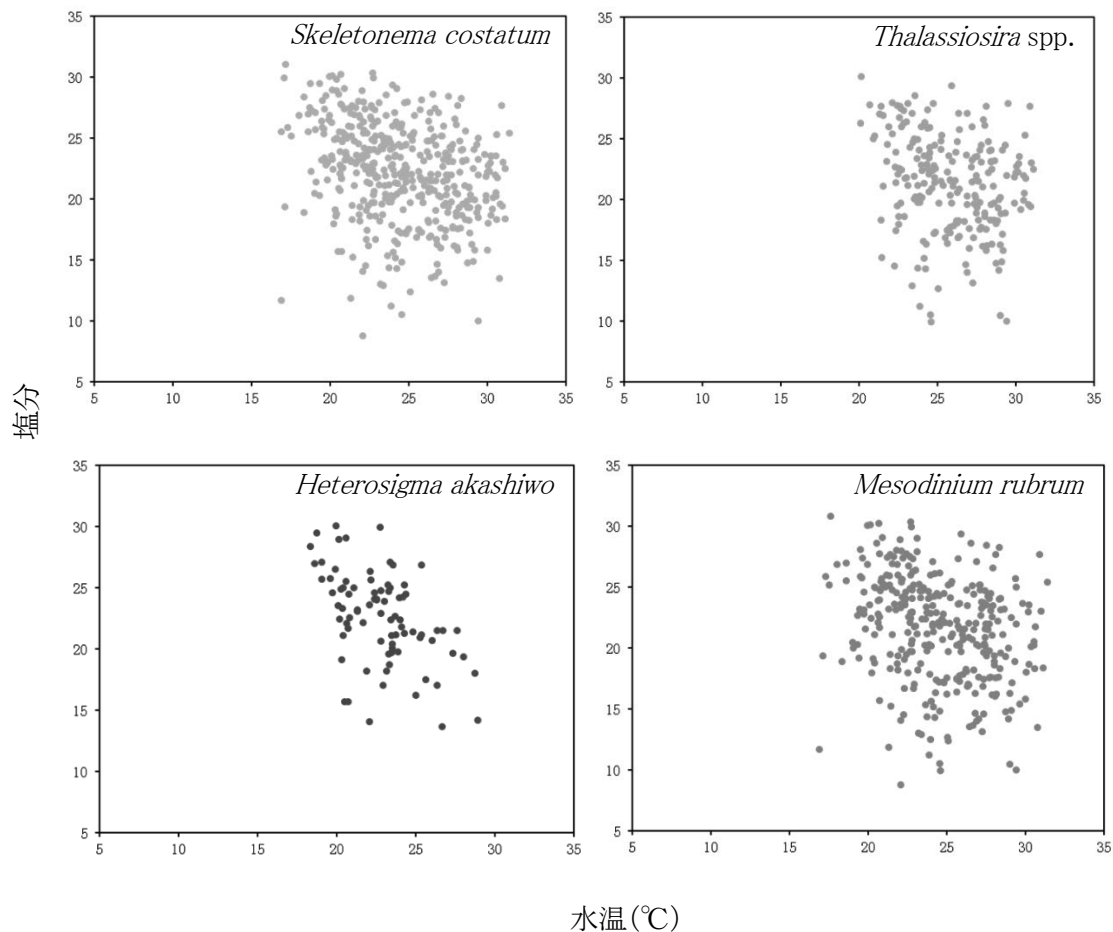


図 9 主要プランクトンの優占と水温・塩分

(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3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、検討には赤潮調査結果のみを使用した。

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 10)

令和3年度の赤潮調査において優占上位5種に入ったプランクトンの細胞体積を表10に示した。プランクトンの大きさは、令和3年度の計測から得られた数値を使用した。

② 地点別の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)

それぞれの最優占種が一致したのは 17 例、一致しなかったのも 17 例であった。一致しなかった 17 例のうち、体積現存量での第 1 優占種が *Heterosigma alkashiwo* であった例が 6 例、*Mesodinium rubrum* であった例が 5 例であった。細胞体積が大きい上記 2 種が出現した際は、見かけの第 1 優占種になる可能性が高いと考えられる。

表 10 プランクトン出現種の細胞サイズ及び細胞体積リスト(令和3年度)

統一コードNo.	門	綱	種名	サイズ		体積換算式 (※)	細胞体積 (μm^3 /細胞)
				長軸(μm)	短軸(μm)		
92	クリプト植物	クリプト藻	Cryptomonadaceae	10	6	C	110
103	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum minimum</i>	20	18	C	2,000
104	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum triestinum</i>	25	10	C	790
120	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	40	35	C	15,000
159.1	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Heterocapsa lanceolata</i>	20	12	C	900
159.2	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Heterocapsa rotundata</i>	12	8	C	240
211	ハプト植物	ハプト藻	Haptophyceae (無殻)	7	5	C	55
280	黄色植物	珪藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>	40	8	A	1,200
282	黄色植物	珪藻	<i>Leptocylindrus minimus</i>	40	2.5	A	120
295	黄色植物	珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	10	6	A	170
304	黄色植物	珪藻	<i>Thalassiosira</i> spp.	10	5	A'	240
305	黄色植物	珪藻	Thalassiosiraceae	5	2.5	A'	29
308	黄色植物	珪藻	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	35	15	B	1,200
313	黄色植物	珪藻	<i>Cerataulina dentata</i>	25	10	A	1,200
314	黄色植物	珪藻	<i>Cerataulina pelagica</i>	20	10	A	940
334	黄色植物	珪藻	<i>Chaetoceros sociale</i>	12	7.5	A	320
335	黄色植物	珪藻	<i>Chaetoceros</i> spp.	5	2.5	A	15
352	黄色植物	珪藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	40	5.5	A	570
368	黄色植物	珪藻	<i>Cylindrotheca closterium</i>	60	3	B	85
373	黄色植物	珪藻	<i>Nitzschia</i> sp.	50	2.5	B	49
991	黄色植物	ラフィド藻	<i>Heterosigma alkashiwo</i>	20	20	C	2,500
1068	ミドリムシ植物	ミドリムシ藻	Euglenophyceae	25	7.5	C	440
1082	緑色植物	プラシノ藻	Prasinophyceae	10	8	C	200
1411	原生動物	繊毛虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	30	20	D	6,300
4621	-	-	unidentified flagellates	5	5	C	39

※ 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

表 11 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

お台場		(令和3年度)	
調査日	優占種		第1優占種的一致
	細胞数	体積	
4/20	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
4/27	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	○
5/11	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
5/25	<i>Prorocentrum triestinum</i>	<i>Prorocentrum triestinum</i>	○
6/8	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
6/15	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	×
9/28	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
10/5	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
10/19	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	○

St.6		(令和3年度)	
調査日	優占種		第1優占種的一致
	細胞数	体積	
4/20	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
4/27	<i>Heterocapsa rotundata</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	×
5/11	<i>Prorocentrum minimum</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	○
6/8	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
6/15	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
6/30	Thalassiosiraceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
7/13	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Mesodinium rubrum</i>	×
7/20	Cryptomonadaceae	<i>Mesodinium rubrum</i>	×
8/23	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
9/13	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
9/21	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×

St.11		(令和3年度)	
調査日	優占種		第1優占種的一致
	細胞数	体積	
6/30	Thalassiosiraceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
7/13	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
7/20	Cryptomonadaceae	<i>Mesodinium rubrum</i>	×

St.22		(令和3年度)	
調査日	優占種		第1優占種的一致
	細胞数	体積	
6/15	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i> spp.	×
6/30	Thalassiosiraceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
7/20	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Mesodinium rubrum</i>	×
8/23	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.	○
9/13	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Cerataulina dentata</i>	×

St.23

(令和3年度)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
9/28	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Cerataulina pelagica</i>	×

St.25

(令和3年度)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
7/20	Cryptomonadaceae	<i>Mesodinium rubrum</i>	×
9/13	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○
9/21	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Heterosigma akashiwo</i>	×
9/28	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Cerataulina pelagica</i>	×

St.35

(令和3年度)

調査日	優占種		第1優占種の一致
	細胞数	体積	
9/13	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	○

(2) 海水の窒素、りん濃度

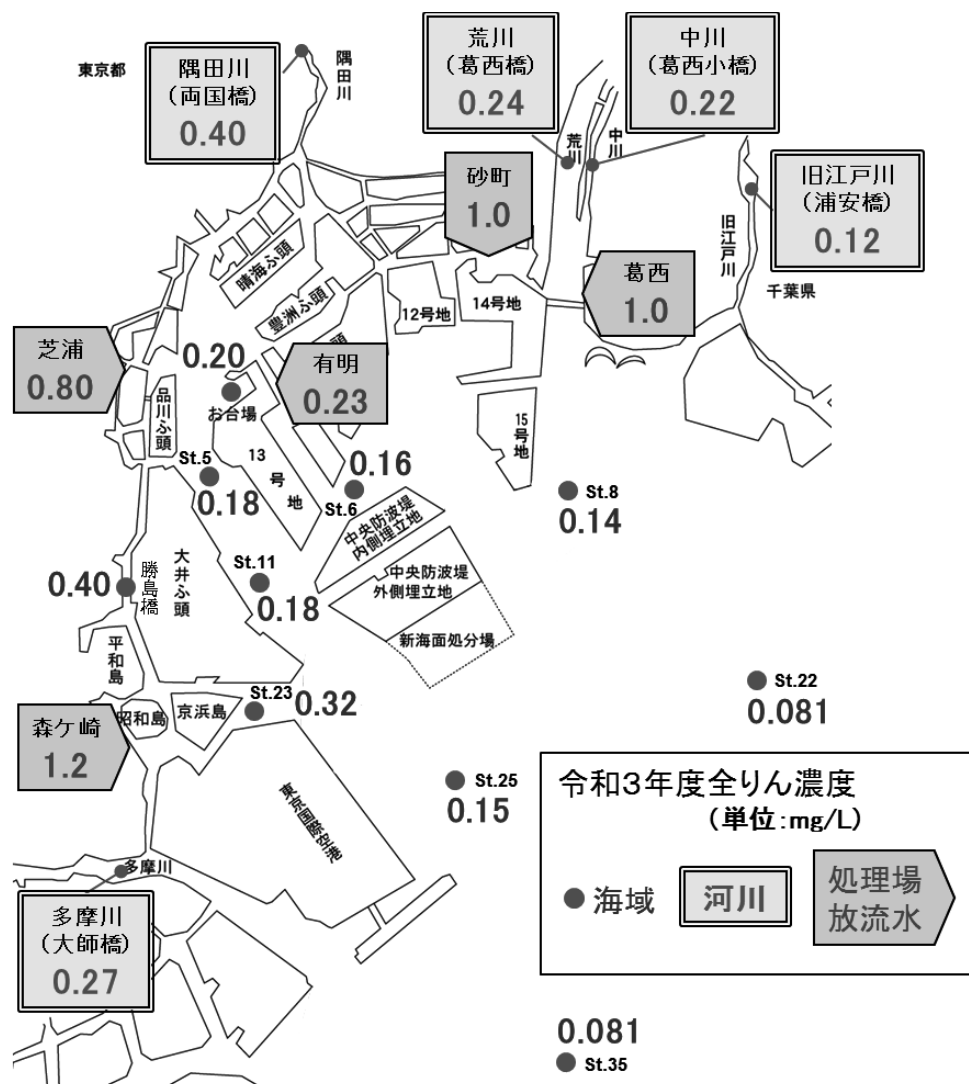


図 10 りん濃度で示した流域の水質

※処理場放流水の濃度は、各水再生センターの全りん汚濁負荷量と放流量¹⁾から算出

赤潮の発生には、窒素・りん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(年度平均値)はおおむね都内湾海水(上層)が 0.08～0.32 mg/L 前後、河川水は 0.12～0.40 mg/L であるのに対し、下水処理放流水は有明(0.23 mg/L)を除き、0.8～1.2 mg/Lと河川水の 2～10 倍の濃度であった。

水量は、例えば多摩川(調布取水堰下流)の低水流量が日量 212.8 万 m^3 (令和3年度)²⁾であるのに対し、森ヶ崎水再生センターからの放流量は1日平均 108.9 万 m^3 (令和3年度)¹⁾と5割程度であり、大都市沿岸に立地する下水処理場の放流水が東京湾流入水に寄与する割合は大きく、下水処理放流水が環境濃度に与える影響は大きいと考えられる。

1) 下水道局ホームページ <https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/business/technology-statistics/fukyu/index.html>

2) 水道局の流量日報(速報値)から低水流量(当年度を通じ 275 日はこれを下回らない流量)を導出

(3) 貧酸素水塊の発生状況

各調査地点の底層 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、2.0 mg/L 未満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 11-1、11-2 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3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50%以上となった。

表 12 夏期(5-9月)の海域各地点底層における貧酸素水塊の年度別出現状況

①調査回数(回) ②出現回数(回) ③出現率(%)

	St.5			St.6			St.8			St.11			St.22			St.23			St.25			St.35			全地点計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
H16	32	19	59	32	17	53	28	3	11	32	18	56	27	10	37	32	4	13	28	14	50	26	13	50	237	98	41
H17	24	15	63	24	19	79	21	2	10	24	19	79	20	18	90	24	11	46	22	19	86	19	10	53	178	113	63
H18	20	10	50	16	12	75	15	6	40	18	13	72	15	9	60	17	10	59	16	12	75	13	6	46	130	78	60
H19	26	18	69	24	19	79	23	3	13	26	20	77	20	14	70	26	4	15	23	17	74	19	10	53	187	105	56
H20	17	11	65	17	14	82	17	4	24	17	13	76	16	14	88	18	8	44	16	11	69	16	9	56	134	84	63
H21	27	19	70	27	21	78	24	8	33	27	20	74	24	16	67	27	11	41	27	17	63	25	6	24	208	118	57
H22	20	13	65	20	11	55	15	1	7	20	13	65	14	9	64	19	5	26	19	10	53	15	7	47	142	69	49
H23	22	13	59	22	15	68	21	3	14	22	14	64	21	12	57	22	8	36	21	11	52	20	6	30	171	82	48
H24	19	13	68	20	15	75	17	3	18	19	13	68	17	8	47	19	3	16	19	9	47	16	8	50	146	72	49
H25	21	17	81	22	15	68	21	4	19	21	18	86	18	11	61	21	9	43	21	13	62	17	10	59	162	97	60
H26	5	3	60	21	14	67	19	2	11	21	15	71	18	11	61	21	6	29	20	12	60	17	8	47	142	71	50
H27	7	2	29	21	17	81	18	4	22	20	17	85	15	12	80	19	8	42	18	12	67	17	10	59	135	82	61
H28	6	2	33	20	12	60	19	2	11	19	12	63	19	10	53	19	5	26	20	12	60	20	8	40	142	63	44
H29	5	3	60	21	16	76	19	2	11	21	18	86	18	12	67	21	5	24	20	13	65	19	9	47	144	78	54
H30	5	3	60	19	11	58	19	2	11	19	12	63	16	11	69	21	5	24	18	8	44	15	7	47	132	59	45
R1	5	4	80	21	18	86	21	1	5	21	16	76	21	12	57	21	11	52	21	13	62	20	10	50	151	85	56
R2	5	2	40	20	18	90	20	2	10	20	17	85	19	14	74	20	7	35	20	13	65	19	8	42	143	81	57
R3	5	4	80	18	12	67	18	1	6	18	14	78	17	9	53	18	2	11	16	9	56	16	8	50	126	59	47

* 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。

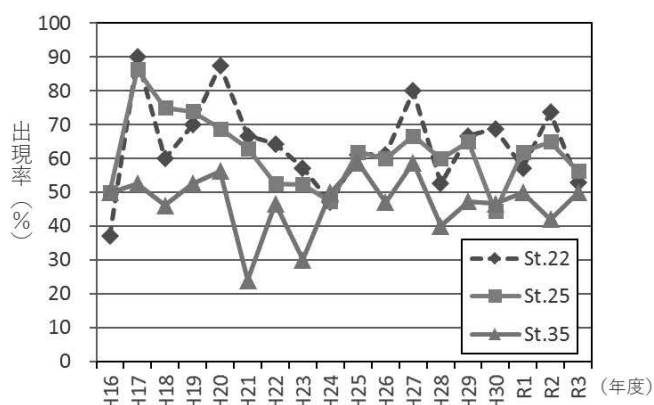


図 11-1 貧酸素水塊出現率の経年変化(B 類型)

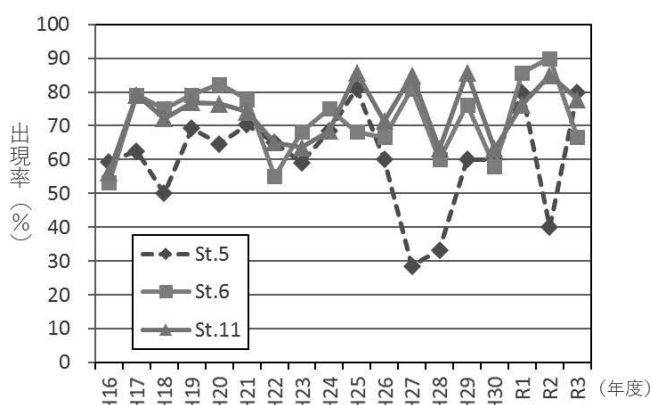


図 11-2 貧酸素水塊出現率の経年変化(C 類型)

6 まとめ

(1) 赤潮の発生回数、日数及び時期

令和3年度の赤潮の発生回数は16回、発生日数は66日で、令和2年度と比べて、発生回数は2回増加し、発生日数は6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3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、回数としては植物プランクトンの *Skeletonema costatum* (珪藻)、*Thalassiosira* spp. (珪藻) 及び *Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻) が3回ずつであった。日数としては、*Thalassiosira* spp. (珪藻) が延べ16日間と最も長く、次いで動物プランクトンの *Mesodinium rubrum* (繊毛虫) が連続15日間であった。

(3) 赤潮の発生水域及び継続日数

令和3年度は東京都内湾の大部分に広がる赤潮の発生は無く、令和2年度と比べて、規模の大きな赤潮は減少した。継続日数は全赤潮発生回数の81%(16回中13回)が5日以内であった。

(4) 貧酸素水塊の発生状況

令和3年度は、5～9月の調査において、底層のDO濃度が2.0mg/Lを下回る貧酸素水塊の出現率が50%以上の地点が8地点中6地点であった。

また、令和2年度と比較して、出現率は8地点中6地点で減少した。

【参考文献】

- ・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」