目　次

はじめに
１　調査の目的及び背景・・１
２　調査地点概要・・・２
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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１４
エ　赤潮時優占プランクトンの出現状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１９
オ　赤潮と水質・・・２２
カ　降雨と水質・・・２７
（２）　海域各地点下層の溶存酸素量（ＤＯ）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２７

６　まとめ
（１）　赤潮の発生時期、回数及び日数・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２８
（２）　赤潮優占プランクトンの傾向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２８
（３）　赤潮の発生水域及び継続日数・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２８
（４）　貧酸素水塊の発生状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２８

資料Ⅰ　赤潮調査結果【総括表】（東京湾調査）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３３
資料Ⅱ　赤潮調査結果【総括表】（水質測定調査）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５３
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）・・・・・６５
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）・・・８５

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 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　調査地点図

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	
				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36分48秒	139度48分03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50分46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47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48秒	139度46分23秒
		羽田沖浅場	3	35度34分03秒	139度47分17秒
		中央防波堤外側浅場	3	35度35分50秒	139度49分39秒

緯度、経度は、世界測地系による。

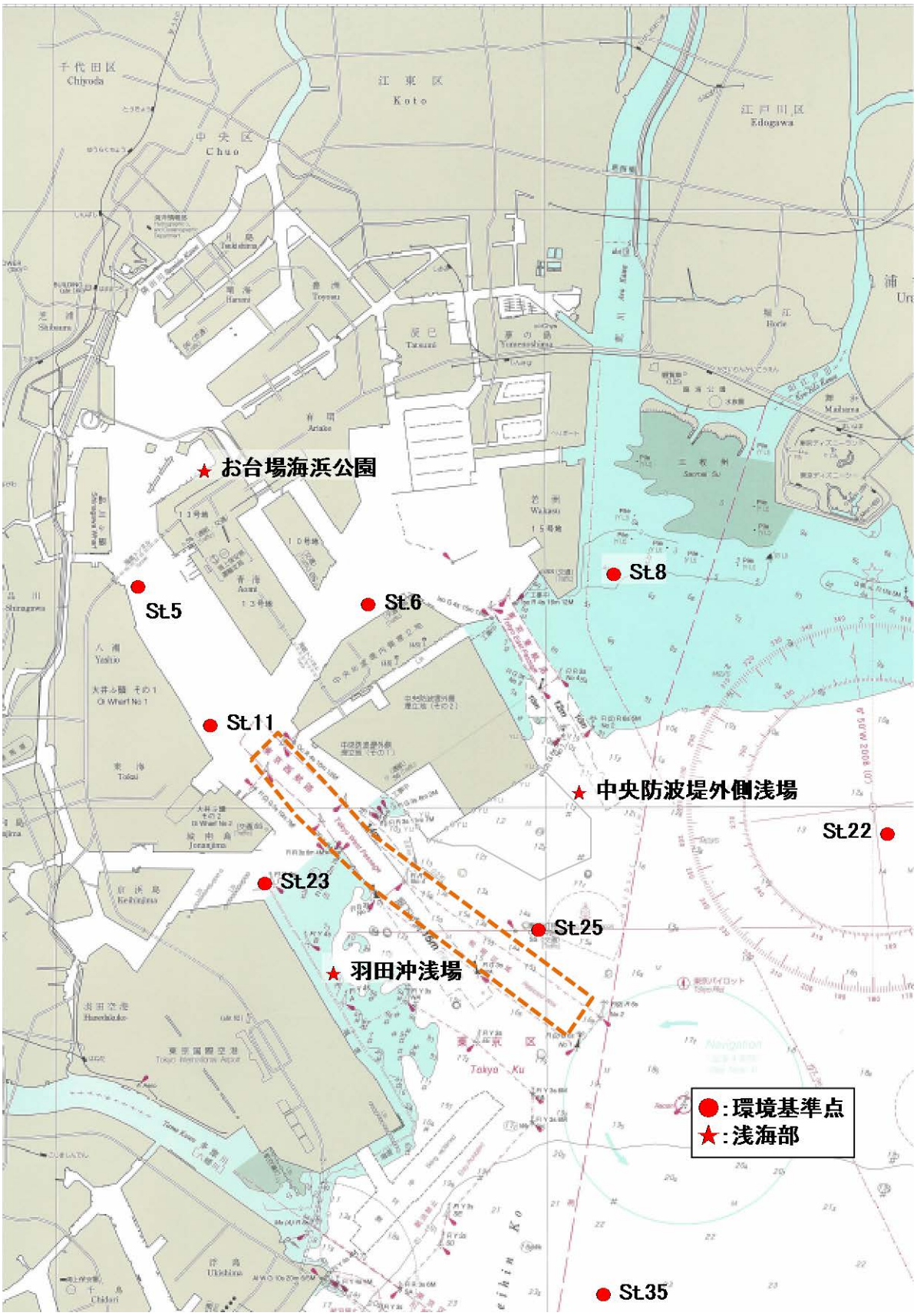

お台場海浜公園
St.5
St.6
St.8
St.11
中央防波堤外側浅場
St.22
St.23
St.25
羽田沖浅場
St.35
●:環境基準点
★:浅海部

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 23 年度は、赤潮調査として、赤潮の多発する夏期を中心に、4 月～10 月の期間に計 20 回実施した。このほかに水質汚濁防止法 16 条に定める水質測定計画に基づく水質測定調査（以下「水質測定調査」という）は毎月 1 回、年間 12 回（一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

St.5、St.6、St.8、St.11、St.22、St.23、St.25、St.35、お台場海浜公園、羽田沖浅場、中央防波堤外側浅場の 11 地点（p.1 表 1、p.2 図 1 参照）

（2）　調査項目

ア　現場測定

原則として 11 地点全地点で測定を実施した。測定項目及び方法等は表 2 のとおりである。

イ　採水分析

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

ウ　赤潮発生水域など海域情報の記録

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

表2 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)濃度及び同飽和度	DOメーターにより計測する。	0.01mg/L	0.5mg/L	3	小数点以下1桁
	pH(※3)	ガラス電極pHメーターにより計測する。	－	－	3	小数点以下1桁
採水分析（上層）	COD	JIS K 0102（1998） 17	0.1mg/L	0.5mg/L	2	小数点以下1桁
	T-N	JIS K 0102（1998） 45.4	0.05mg/L	0.05mg/L	2	小数点以下2桁
	T-P	JIS K 0102（1998） 46.3	0.003mg/L	0.003mg/L	2	小数点以下3桁
	クロロフィル	海洋観測指針（1990） 9.6.2に準ずる方法	0.1mg/m^3	0.1mg/m^3	3	小数点以下1桁
	プランクトン5種同定	海洋観測指針（1999） 6.2.1.2の採水・沈殿法に準じて調製した固定試料（表層海水2L。グルタールアルデヒド濃度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（$\times10^6$）
	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、このため海水の色が変わる現象」の視覚的な慣習的呼称である。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	概ね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**は、次の基準により数えた。

・地点間および継続期間中のプランクトン群の種類組成がおおむね同一の場合、1回とした。

・継続期間中、透明度やクロロフィル濃度が上記の基準を若干下回ることがあっても赤潮が継続しているとみなし、1回とした。

・赤潮優占プランクトン種を決定する際、同一赤潮内で地点あるいは期間により第一優占種が異なる場合には、総合的に判断して優占種を決定した。

・長期的かつ広域的な大規模赤潮も、短期的かつ局所的な小規模な赤潮も、回数はともに1回とした。

・同一日時でも、場所によって明らかにプランクトン群集の種類組成が異なっている場合は、別個の赤潮とした。

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 23 年度の赤潮発生回数は 15 回、発生日数は 88 日であった。平成 22 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。22 年度と比較すると、回数は同じ 15 回で、日数は 98 日から 88 日へと 10 日減少した。夏の記録的な猛暑の影響で日数が増加した平成 22 年度より日数は減少したものの、経年変化を見ると、回数、日数ともに年度により変動が大きいため、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。回数、日数が最も多いのは昭和 57 年度の 32 回、124 日で、最も少ないのは平成 4 年度の 12 回、68 日であった。また、昭和 52 年度の測定開始から平成 23 年度までの年度平均発生回数は約 18 回、発生日数は約 91 日である。

平成 23 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～11 月でであった。（図 2）。
- ◆ 6 月始めから半ばにかけて *Skeletonema costatum* と *Eucampia zodiacus* の複合による赤潮が発生した。
- ◆ 8 月 5 日～18 日の 14 日間、Thalassiosiraceae による赤潮が最も長く継続した。

表４ 赤潮月別発生状況の経年変化

上段 発生回数
下段 発生日数

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H23年度	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
H22年度	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
H21年度	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
H20年度	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
H19年度	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
H18年度	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
H17年度	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
H16年度	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
H15年度	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
H14年度	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
H13年度	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
H12年度	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
H11年度	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
H10年度	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
H9年度	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
H8年度	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
H7年度	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
H6年度	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
H5年度	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
H4年度	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
H3年度	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
H2年度	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
H元年度	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
S63年度	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
S62年度	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
S61年度	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
S60年度	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
S59年度	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
S58年度	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
S57年度	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
S56年度	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
S55年度	1	5	6	3	2	2	1	0	0	0	0	0	20
S54年度	1	3	2	4	2	2	2	0	0	0	0	0	16
S53年度	1	4	4	6	0	0	1	0	0	0	1	0	17
S52年度	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。

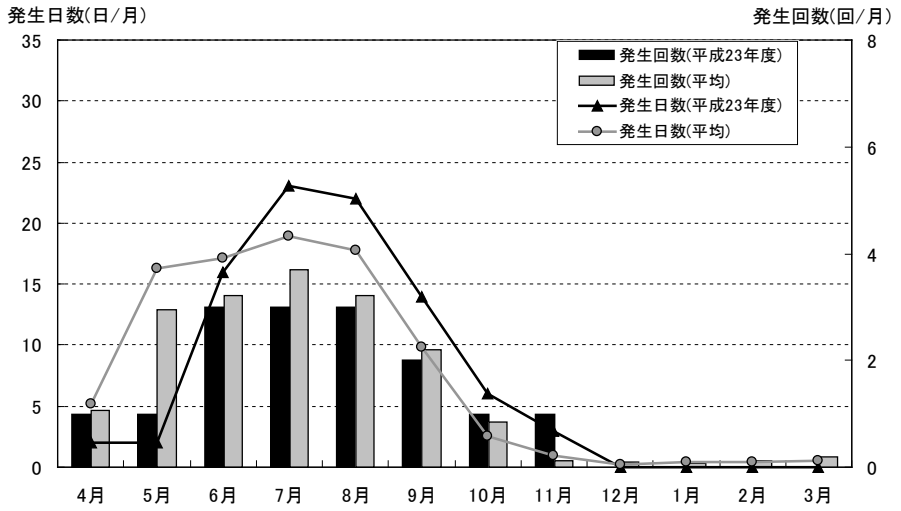


図2　赤潮発生回数及び発生日数の月変化(平成 22 年度と平均(※1)との比較)

(※1)　調査開始年度～平成 23 年度の平均値

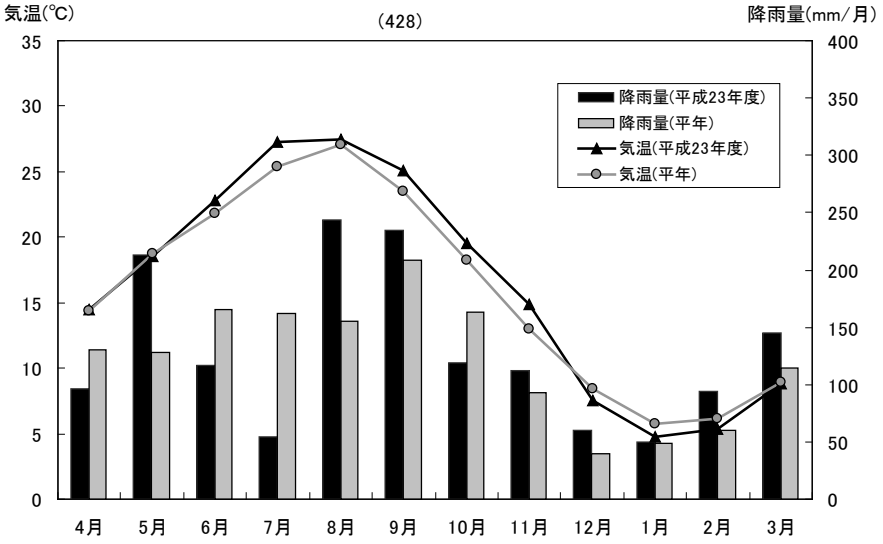


図3　降雨量及び気温の月変化(平成 22 年度と平年(※2)との比較)

(※2)　昭和 46 年～平成 12 年の平均値

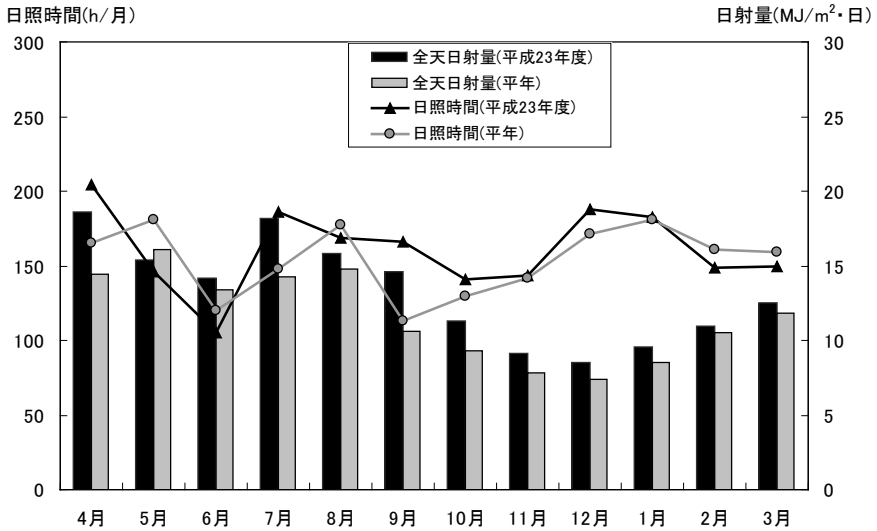


図4　全天日射量及び日照時間の月変化(平成 22 年度と平年(※2)との比較)

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 23 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 23 年度赤潮発生件数は 15 回 88 日であった。

優占プランクトンや水質等を表 5 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拡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：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.5、St.6、St.11、St.23 の５地点を特に「東京港内」として区別した。

【 第１回 】

(期間) 平成 23 年 4 月 28 日、29 日の 2 日間

(発生水域) 隅田川河口部(東京港内一部含む)

(優占種) ***Skeletonema costatum***

(概要)

・色相が暗灰黄緑色であり、透明度も 1.5m 以下。酸素飽和度も 120%以上であることから赤潮と判定。

・4月 27 日と 30 日には強風であったことから、赤潮は発生していないと判断したため、期間を 28 日と 29 日の2日間とした。

【 第2回 】

(期間) 平成 23 年5月 26 日、27 日の 2 日間

(発生水域) St.6 から St.22

(優占種) ***Skeletonema costatum***

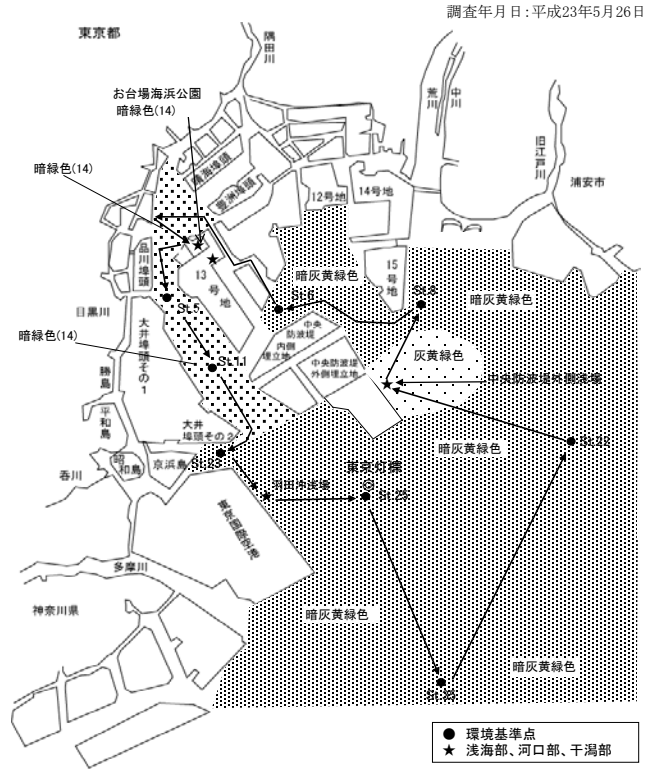
(概要)

・5月 26 日の赤潮調査では St.6 と St.22 の2地点において、透明度、色、酸素飽和度、クロロフィルのどなどの要素から赤潮と判定。(図5-1)

・続く5月27日に実施した別調査で、St.22,St.25 で海面に緑褐色の着色と透明度から27日も赤潮が継続。

・降雨量は5月 28 日に 24 ㎜、29 日に 69 ㎜と大雨であり、風速は 10m/s 以上であったため、海水が攪拌され赤潮状態が解消したことが予想される。

※5 月 27 日に梅雨入りしたとの発表があった。



記載事項
・調査日までの東京地方の気象状況は
　5月23日：曇時々雨、平均気温：15.6℃、降水量：7.0mm、平均風速：2.6m/s、風向：北東-北北東
　5月24日：雨後晴、平均気温：14.6℃、降水量：20.5mm、平均風速：2.4m/s、風向：北西―北北東
　5月25日：薄曇一時晴、平均気温：18.7℃、降水量：--mm、平均風速：2.6m/s、風向：南-南南西
・本日の干潮は17：53（92cm）、満潮は11：40（131cm）。小潮。
・芝浦分室の透明度は3.5m、水色は暗緑色（14）。
・羽田沖浅場の透明度は1.3m、水深は4.7m、水色は暗灰黄緑色。
・中央防波堤外側浅場の透明度は1.2m、水深は4.8m、水色は灰黄緑色。
・St.5、11及び22の底層では溶存酸素濃度が2.0mg/L以下の貧酸素状態であった。

図5-1　赤潮発生水域(5月 26 日調査)

【 第3回 】

(期間) 平成 23 年6月6日～10 日の5日間

(発生水域) 内湾全域

(優占種) *Skeletonema costatum* と *Eucampia zodiacus* の複合

(概要)

・6月7日、8日の水質測定調査で内湾全域に赤潮が確認された。この時の優占種は *Skeletonema costatum*

・*Skeletonema costatum* に次いで細胞数が多かったのが *Eucampia zodiacus* であった。*Eucampia zodiacus* は *Skeletonema costatum* に比べ、1 細胞あたりの体積が約 100 倍であるため、細胞数に換算すると *Skeletonema costatum* とほぼ同程度の細胞数に匹敵するため、複合の赤潮と判定した。

【 第4回 】

(期間) 平成 23 年6月 14 日～16 日の3日間

(発生水域) 内湾の一部

(優占種) *Skeletonema costatum* と *Eucampia zodiacus* の複合

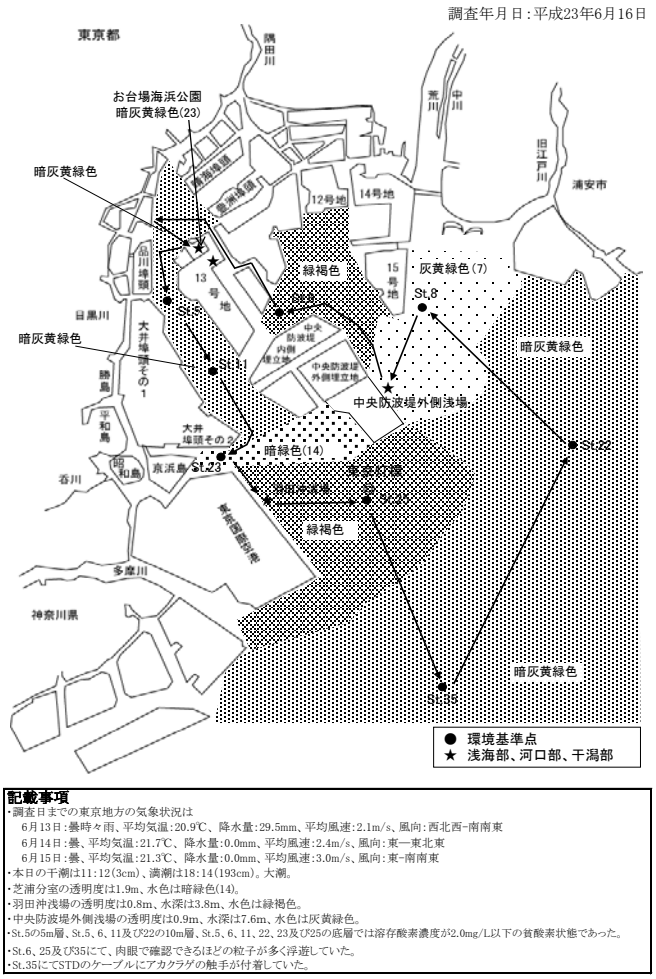
(概要)

・6月 16 日の赤潮調査で St.6、11、25、22 の4地点で赤潮が確認された。(図5-2)

・St.6、25、35 においては肉眼で粒子が浮遊していることが確認できるほど、細胞の大きい *Eucampia zodiacus* が多く発生していた。

・6月 11 日に 35 ㎜、13 日に 29 ㎜の降雨があったことより、14 日以前には赤潮は発生していなかった予測された。

・6月 17 日に 21 ㎜の降雨があり、気温も低かったため赤潮は解消したと判断できるため、期間は6月 16 日までとした。



記載事項
・調査日までの東京地方の気象状況は
6月13日：曇時々雨、平均気温：20.9℃、降水量：29.5mm、平均風速：2.1m/s、風向：西北西-南南東
6月14日：曇、平均気温：21.7℃、降水量：0.0mm、平均風速：2.4m/s、風向：東一東北東
6月15日：曇、平均気温：21.3℃、降水量：0.0mm、平均風速：3.0m/s、風向：東-南南東
・本日の干潮は11：12(3cm)、満潮は18：14(193cm)。大潮。
・芝浦分室の透明度は1.9m、水色は暗緑色(14)。
・羽田沖浅場の透明度は0.8m、水深は3.8m、水色は緑褐色。
・中央防波堤外側浅場の透明度は0.9m、水深は7.6m、水色は灰黄緑色。
・St.5の5m層、St.5、6、11及び22の10m層、St.5、6、11、22、23及び25の底層では溶存酸素濃度が2.0mg/L以下の貧酸素状態であった。
・St.6、25及び35にて、肉眼で確認できるほどの粒子が多く浮遊していた。
・St.35にてSTDのケーブルにアカクラゲの触手が付着していた。

図5-2 赤潮発生水域(6月 16 日調査)

【 第5回 】

(期間) 平成 23 年6月 20 日～24 日の5日間

(発生水域) 東京港内全域

(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

・6月 23 日では強風で調査できなかったSt.35 と、透明度が 1.7mであったSt.23 を除く全域で赤潮の発生が確認された。特に、St.5 においては透明度が 0.6mであり、クロロフィル濃度が 545mg/m^{3}という強い赤潮であった。

・6月 20 日から気温が上昇し、24 日まで気温が高い状態が継続していた。

・6月 24 日に最大瞬間風速 19m/s の強風が観測され、26 日、27 日と気温が下がっていることから赤潮は 25 日に消滅したと判断した。

【 第6回 】

(期間) 平成 23 年6月 28 日～7月4日の7日間

(発生水域) 内湾全域

(優占種) Thalassiosiraceae

(概要)

・6月 30 日の水質測定調査では全地点で緑褐色または茶色に呈色が確認された。

・透明度は 0.7m～1.4m であり、強い赤潮が確認された。

・クロロフィル濃度も測定した4地点(St.6、11、25、35)とも 80 mg/m^{3}であった。

・6月 28 日から気温が高い状態が継続していた。

・7月4日に最大瞬間風速 19m/s の強風により、赤潮が解消されたと判断した。

【 第7回 】

(期間) 平成 23 年7月7日～7月18日の 13 日間

(発生水域) St.22、35 を除く内湾の大部分

(優占種) Thalassiosiraceae

(概要)

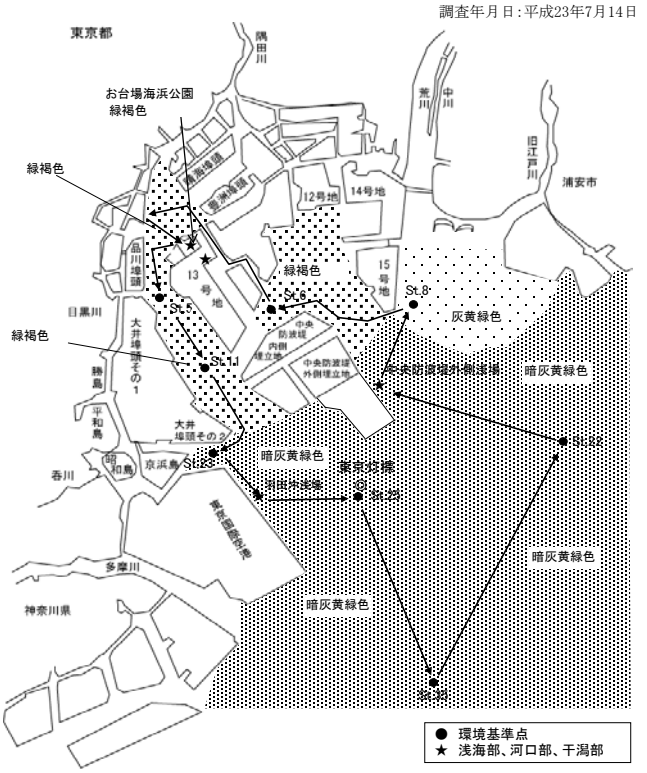
・7月5日から8日まで水質測定調査を実施した。5日の調査では赤潮は確認されなかった。

・7月6日はSt.8 のみ透明度が 1.0m、緑褐色の呈色、酸素飽和度が 110%、クロロフィル濃度が 59 mg/m^3 であり、赤潮と判定した。優占種は *Thalassiosiraceae* であった。

・7月7日の水質測定調査では、St.5 において透明度が 1.4m、緑褐色の呈色、酸素飽和度が 155%クロロフィル濃度が 115 mg/m^3 であり、赤潮であった。優占種は *Heterosigma akashiwo*と*Mesodinium rubrum*であった。

・7月8日の水質測定調査はSt.22 において、透明度は 1.7mであったものの、緑褐色に呈色し、酸素飽和度が 140%、クロロフィル濃度が 62.4 mg/m^{3}であったため、赤潮と判定した。優占種は*Thalassiosiraceae*であった。

・7月 12 日の水質測定調査時では運河部(砂町方面)が赤潮であったことを確認した。



記載事項

・調査日までの東京地方の気象状況は
7月11日：晴、平均気温：29.2℃、降水量：—mm、平均風速：3.2m/s、風向：南東-南南東
7月12日：晴一時曇、平均気温：28.7℃、降水量：0.0mm、平均風速：4.0m/s、風向：南-南
7月13日：晴、平均気温：28.6℃、降水量：—mm、平均風速：3.6m/s、風向：南東-南南東
・本日の干潮は10：20（21cm）、満潮は17：27（192cm）。大潮。
・芝浦分室の透明度は1.0m、水色は暗灰黄緑色。
・羽田沖浅場の透明度は1.0m、水深は2.3m、水色は暗灰黄緑色。
・中央防波堤外側浅場の透明度は1.4m、水深は5.4m、水色は暗灰黄緑色。
・St.35にてSTDのケーブルにアカクラゲの触手が付着していた。
・St.5、11の10m層、St.35の20m層、St.5、6、11及び35の底層では溶存酸素濃度が2.0mg/L以下の貧酸素状態であった。
・St.22、35にて、肉眼で確認できるほどの粒子が多く浮遊していた。

図5-3 赤潮発生水域(7月 14 日調査)

・7月 14 日の赤潮調査ではお台場、St.5、6、11 で *Thalassiosiraceae* により赤潮が確認された。

・7月 19 日と 20 日に台風6号による風雨とmその後の気温低下により、赤潮は解消したと判断した。

【 第8回 】

(期間) 平成 23 年7月 24 日～7月 29 日の6日間

(発生水域)内湾の大部分

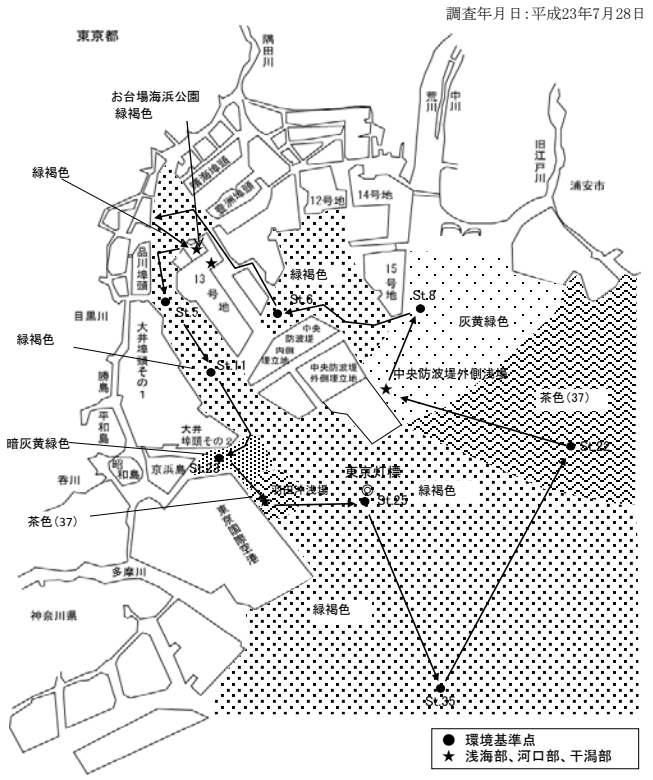
(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

・7月 28 日の赤潮調査において、ほぼ全域で赤潮が確認された。細胞数が多かったのが、*Skeletonema costatum* と *Thalassiosiraceae* であった。*Heterosigma akashiwo* は体積の大きなプランクトンであり、細胞体積層対比 17(*Skeletonema costatum* を1とした時の層対比)であることから考えて判断すると、優占種は *Heterosigma akashiwo* とした。(図5-4)

・台風6号の通過後に気温の上昇した 24 日からプランクトンの増殖が始まり赤潮が発生したと考えられる。

・7月 30 日に降雨があり、7月 31 日、8月1日と気温が低いため、赤潮は一時的に消滅したと判断した。



記載事項
・調査日までの東京地方の気象状況は
7月25日:薄曇一時晴、平均気温:27.6℃、降水量:0.0mm、平均風速:4.1m/s、風向:南南東-南南東
7月26日:曇一時晴、平均気温:27.5℃、降水量:--mm、平均風速:3.3m/s、風向:南南西-南
7月27日:曇一時雨、平均気温:28.3℃、降水量:0.0mm、平均風速:1.9m/s、風向:南西-東南東
・本日の干潮は9:17(38cm)、満潮は16:34(182cm)。中潮。
・芝浦分室の透明度は1.1m、水色は緑褐色。
・羽田沖浅場の透明度は0.6m、水深は4.1m、水色は茶色(37)。
・中央防波堤外側浅場の透明度は1.0m、水深は3.5m、水色は灰黄緑色。
・St.11の15m層、St.6、11、25およびお台場の底層では溶存酸素濃度が2.0mg/L以下の貧酸素状態であった。
・St.22、35にて、肉眼で確認できるほどの粒子が多く浮遊していた。
・St.8を除くすべての測点で赤潮がみられた。

図5-4 赤潮発生水域(7月 28 日調査)

【 第9回 】

(期間) 平成 23 年8月2日～8月4日の3日間

(発生水域)St.5、6、11、25 と内湾の一部

(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

・8月2日、3日の水質測定調査で、St.6、11、25 で *Heterosigma akashiwo* による赤潮が確認された。

・微細鞭毛藻類が多いが第8回の概要部分で記したとおり、細胞体積層対比を考慮して、判断した。

【 第 10 回 】

(期間) 平成 23 年8月5日～8月 18 日の 14 日間

(発生水域)内湾全域

(優占種) Thalassiosiraceae

(概要)

・8月 11 日の赤潮調査において、全地点で *Thalassiosiraceae* と *Skeletonema costatum* による赤潮の発生が確認できた。

・8月5日に気温の変化があったことから、第9回赤潮発生時の優占種と種が変わったと判断した。

・8月 18 日まで赤潮は継続し、19 日に 57 ㎜の降雨による赤潮が解消した判断した。

【 第 11 回 】

(期間) 平成 23 年8月 23 日～8月 26 日の 4 日間

(発生水域)St.6周辺の東京港内の一部

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

・8月 19 日の 57 ㎜の降雨の後、22 日で雨であったため、赤潮は発生していないと判断した。

・8月 23 日から気温が上層したため、23 日から赤潮が発生したと判断した。

・8月 25 日の赤潮調査では、St.6 において *Skeletonema costatum* による赤潮が発生した。(図5-5)

・8月 26 日の 15 時から、88 ㎜の降雨があったため赤潮は解消したと判断した。

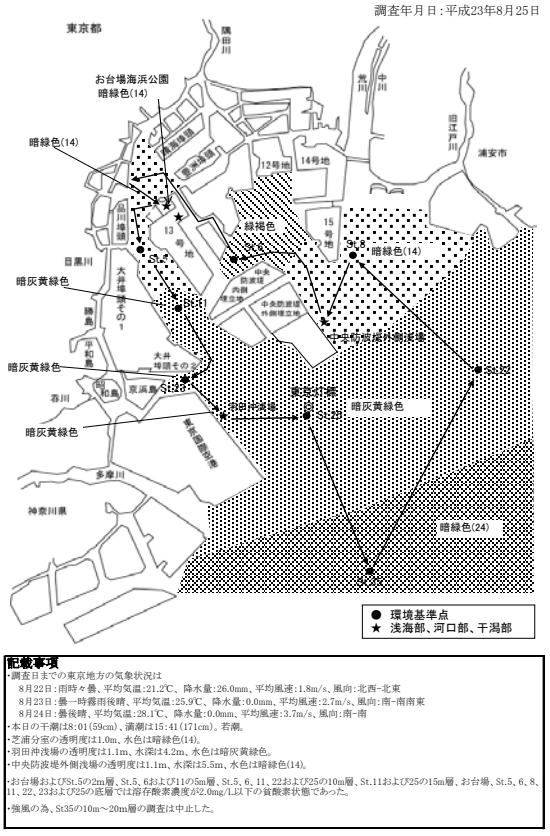


図5-5 赤潮発生水域(8月 25 日調査)

【 第 12 回 】

(期間) 平成 23 年8月 31 日～9月2日の3日間

(発生水域)内湾全域

(優占種) *Eucampia zodiacus*

(概要)

・8月 29 日、30 日に実施した底生生物調査では赤潮は確認されなかった。

・9月1日の赤潮調査では内湾全域で赤潮が確認された。透明度は全地点で 1.4m 以下であり、暗灰黄緑色に呈色していた。

【 第 13 回 】

(期間) 平成 23 年9月9日～9月 20 日の 12 日間

(発生水域)内湾の大部分

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

・9月9日の赤潮調査はSt.6で透明度が 0.9m、海面が灰黄緑色に呈色していており、酸素飽和度、156%でクロロフィル濃度が 67 mg/m^{3}であったことから、赤潮と判定された。

・9月 13 日、14 日で実施した水質測定調査では、St.8、35 を除き、内湾全域で赤潮が確認された。

優占種は *Skeletonema costatum* であった。

・ 9 月 21 日に台風による 124 ㎜の降雨があった。9 月 22

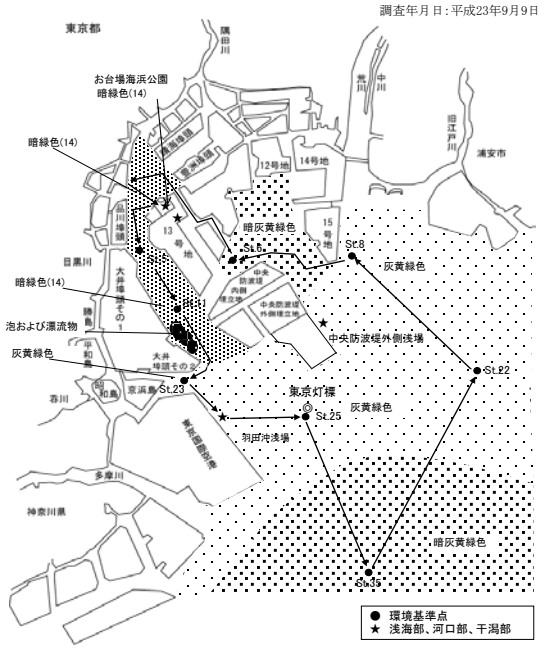


図5-6 赤潮発生水域(9月9日調査)

日に実施した赤潮調査では、透明度は低かったものの、酸素飽和度が 100%以下であったため、台風による濁水等による濁りが原因であると考えられ、赤潮の発生はなかったと判定した。

.

【 第 14 回 】

(期間) 平成 23 年 10 月 11 日～10 月 16 日の6日間

(発生水域)東京港内の一部

(優占種) ***Mesodinium rubrum***

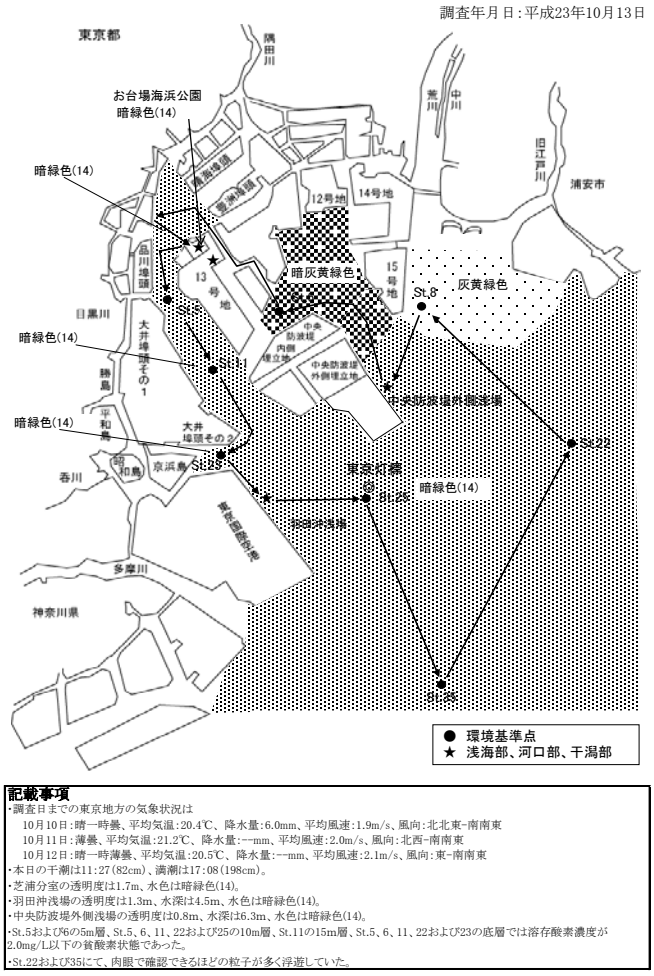
(概要)

・10 月4日、5 日の水質測定調査では、透明度はいずれも 1.9m 以上あり、着色は認められなかった。

・10 月 13 日の赤潮調査において、全地点で透明度が 1.5m 以下であった。St.6、11、22、25 では動物プランクトンの *Mesodinium rubrum* により赤潮が発生していた。*Skeletonema costatum* も全地点でかなり多かったが、それを上回る *Mesodinium rubrum* が確認されたため、*Mesodinium rubrum* による赤潮と判定した。(図5-7)

・追跡調査を実施した、10 月 21 日に赤潮状態が解消していた。

・10 月 10 日と 16 日に降雨が確認されたことから、赤潮の始まりは降雨の翌日の 11 日、終わりは降雨のあった 16 日に解消されたと判断した。



記載事項
・調査日までの東京地方の気象状況は
10月10日:晴一時曇、平均気温:20.4℃、降水量:6.0mm、平均風速:1.9m/s、風向:北北東~南南東
10月11日:薄曇、平均気温:21.2℃、降水量:--mm、平均風速:2.0m/s、風向:北西~南南東
10月12日:晴一時薄曇、平均気温:20.5℃、降水量:--mm、平均風速:2.1m/s、風向:東~南南東
・本日の干潮は11:27(82cm)、満潮は17:08(198cm)。
・芝浦分室の透明度は1.7m、水色は暗緑色(14)。
・羽田沖浅場の透明度は1.3m、水深は4.5m、水色は暗緑色(14)。
・中央防波堤外側浅場の透明度は0.8m、水深は6.3m、水色は暗緑色(14)。
・St.5および6の5m層、St.5、6、11、22および25の10m層、St.11の15m層、St.5、6、11、22および23の底層では溶存酸素濃度が2.0mg/L以下の貧酸素状態であった。
・St.22および35にて、肉眼で確認できるほどの粒子が多く浮遊していた。

図5-7 赤潮発生水域(10 月 13 日調査)

【 第 15 回 】

(期間) 平成 23 年 11 月 7 日～11 月 9 日の 3 日間

(発生水域)東京港内の一部

(優占種) ***Skeletonema costatum***

(概要)

・11 月8日の水質測定調査で、St.6 が透明度 1.5m、緑褐色に呈色し、酸素飽和度が 144%、クロロフィルが 64 mg/m^{3}あった。

・11 月 10 日からは気温が下がったことから、赤潮は解消したと判断した。

表5　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)	水質データ(注3)						
						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(℃)	塩分
1	4月28日 ～ 4月29日	2	⑤	*Skeletonema costatum*			1.3		11.6	8.6	18	19
2	5月26日 ～ 5月27日	2	③	*Skeletonema costatum*	7,490	7.6	1.0	59.1	11.1	8.5	20	23
3	6月6日 ～ 6月10日	5	①	*Skeletonema costatum* *Eucampia zodiacus*	36,800 3,470	7.0	1.2	74.1	197.0	8.8	20 ～ 21	17 ～ 24
4	6月14日 ～ 6月16日	3	②	*Skeletonema costatum* *Eucampia zodiacus*	18,000 1,320	8.0	0.9	129	15.3	8.8	21	14 ～ 19
5	6月20日 ～ 6月24日	5	④	*Heterosigma akashiwo*	60,800	19	0.6	545	12.1	8.6	23	20 ～ 23
6	6月28日 ～ 7月4日	7	①	Thalassiosiraceae	95,000	9.4	0.7	105	＞200	9.1	25 ～ 28	18 ～ 25
7	7月7日 ～ 7月18日	13	②	Thalassiosiraceae	37,500	6.6	1.0	115.0	155.2	8.5	25 ～ 26	22 ～ 23
8	7月24日 ～ 7月29日	6	②	*Heterosigma akashiwo*	16,800	17	0.5	519	>200	8.8	25 ～ 27	17 ～ 23
9	8月2日 ～ 8月4日	3	③	*Heterosigma akashiwo*	4,980	5.9	0.7	112.0	199.6	8.7	25 ～ 26	14 ～ 18
10	8月5日 ～ 8月18日	14	①	Thalassiosiraceae	68,600	8.5	0.4	107	12.9	8.9	28 ～ 30	15 ～ 26
11	8月23日 ～ 8月26日	4	⑤	*Skeletonema costatum*	70,500	8.2	0.8	85.3	9.6	8.2	27	20
12	8月31日 ～ 9月2日	3	①	*Eucampia zodiacus*	96	6.7	1.2	60.5	9.5	8.3	26	19
13	9月9日 ～ 9月20日	12	②	*Skeletonema costatum*	46,300	8.2	1.0	156.0	12.5	8.9	27 ～ 28	18 ～ 21
14	10月11日 ～ 10月16日	6	⑤	*Mesodinium rubrum*	590	10.0	0.7	90.4	15.1	8.5	22	26
15	11月7日 ～ 11月9日	3	⑤	*Skeletonema costatum*	27,300	4.4	1.5	64.2	11.3	8.1	19	27

(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) 赤潮有りと判断された地点のみのデータを使用した。

(注4) 同じ日に2種以上の赤潮が発生している場合でも、発生日数は1日とした。

発生日数(注4)	88

ウ　赤潮の発生水域及び継続日数

表６に赤潮発生期間別発生回数の経年変化を示す。

平成 23 年度は、発生した赤潮の 60%（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。一方、発生日数が最長の赤潮は、８月５日から８月 18 日まで 14 日間発生した第 10 回赤潮であった。平成 22 年度では最長で 33 日間継続していたが、平成 23 年度は赤潮の継続期間が短かった。

表 6 に赤潮発生期間別発生回数の経年変化、表 7 に調査日における調査地点別の赤潮発生状況、表８に赤潮発生水域規模の経年変化、図７に優占プランクトン別赤潮発生時期と規模を示す。

地点別の赤潮発生状況は、平成 22 年度に赤潮を確認した日が最も多かったのは、東京港内でも特に閉鎖性の強い水域にある St.6 で、最も少なかったのは荒川河川水の影響を強く受ける St.8 であり、平成 22 年度と同様であった。

発生水域の規模でみると、平成 23 年度では東京都内湾全域に広がった赤潮が４回と、平成 22 年度の１回を上回った。東京都内湾全域に広がった赤潮は平成８年度に４回発生した以降は０～３回の範囲で推移していたため、15 年ぶりのことであった。

プランクトン種別で赤潮の発生時期及び規模を見ると、5 月中旬から 6 月初旬にかけてラフィド藻類である *Heterosigma akashiwo* による大規模な赤潮が発生し、6 月に入ると珪藻類の *Skeletonema costatum* が拡がり始め、６月中旬に渦鞭毛藻類の *Noctilluca scintillans* 7 月中下旬にその他の微細鞭毛藻類、８月始めには *Chaetoceros cf.salsugineum* による赤潮が発生した。10 月始めには、繊毛虫類の Mesodinium rubrum の赤潮が拡がった。

表6　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																																
	S55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	H1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**
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**
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**
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**
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**
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	2	1	1	1	**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**
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**

表7-1　調査日における調査地点別の赤潮発生状況①

調査日	曜日	調査区分	お台場	St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	特記事項
4月12日	火	内湾	×	×	×	×	×	—	—	—	—	
4月13日	水	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×	St.6,22では動物プランクトン等が多い
4月18日	月	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	運河部北側：全体に透明度2m
4月22日	金	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	運河部南側：全体に透明度2-3m
4月20日	水	稚魚	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
4月21日	木	赤潮	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
4月28日	木	赤潮	○	○	○	—	△	—	—	—	—	*Skeletonema costatum*が優占種
5月2日	月	赤潮	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*Skeletonema costatum*が優占種
5月6日	金	赤潮	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*Skeletonema costatum*が優占種
5月10日	火	内湾	×	×	×	×	×	—	×	—	—	
5月16日	月	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	曙水門で着色あり
5月16日	月	鳥	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
5月17日	火	底生	ー	○	—	—	○	△	—	△	△	通過時赤潮気味
5月17日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	御楯橋で着色あり
5月18日	水	底生	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5月18日	水	内湾	—	—	—	—	—	×	—	×	×	
5月19日	木	底生	—	—	○	—	—	—	—	—	—	*Skeletonema costatum*が優占種
5月20日	金	底生	○	○	△	—	—	—	—	—	—	*Skeletonema costatum*が優占種
5月23日	月	赤潮	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
5月26日	木	赤潮	△	△	●	×	△	●	△	△	×	*Skeletonema costatum*が優占種
5月27日	金	成魚	△	△	—	△	△	○	—	○	△	梅雨入り
6月2日	木	赤潮	△	△	×	△	△	△	△	△	×	*Skeletonema costatum*が優占種
6月3日	金	稚魚	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
6月7日	火	内湾	—	—	—	—	—	●	●	●	●	*Skeletonema costatum*、*Eucampia zodiacus* が優占種
6月8日	水	内湾	○	●	●	×	●	—	—	—	—	*Skeletonema costatum*、*Eucampia zodiacus* が優占種
6月14日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	夢の島大橋、曙水門、汐枝橋で着色
6月15日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	八千代橋、御楯橋で着色 *Skeletonema costatum*が優占種
6月16日	木	赤潮	△	×	●	△	●	○	△	○	×	St.6とSt.35は*Eucampia zodiacus* St.22は*Gymnodinium sp.*
6月23日	木	赤潮	○	●	●	○	●	○	△	○	—	内側*Heterosigma akashiwo*が優占種 外側*Skeletonema costatum*が優占種
6月30日	木	赤潮	○	○	●	○	●	○	○	●	●	内側*Cryptomonadaceae*が優占種 外側*Thalassiosiraceae*が優占種
7月5日	火	内湾	—	—	×	—	—	—	—	—	—	内湾部赤潮なし
7月6日	水	内湾	—	—	—	●	—	—	—	—	×	*Thalassiosiraceae*が優占種
7月7日	木	内湾	○	●	—	—	●	—	●	—	—	St,5は*Heterosigma akashiwo*が優占種
7月8日	金	内湾	—	—	—	—	—	●	—	×	—	*Thalassiosiraceae*が優占種
7月12日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7月13日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7月14日	木	赤潮	●	○	●	△	○	△	△	×	△	*Thalassiosira sp.*、*Thalassiosiraceae*が優占種
7月15日	金	鳥類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	芝浦分室台船前*Thalassiosira sp.*、 *Thalassiosiraceae*が優占種
7月28日	水	赤潮	○	●	●	△	○	○	○	●	●	内湾*Thalassiosiraceae*が優占種 外側*Skeletonema costatum*が優占種

表7-2 調査日における調査地点別の赤潮発生状況②

調査日	曜日	調査区分	お台場	St.5	St.6	St.8	St.11	St.22	St.23	St.25	St.35	特記事項
8月2日	火	内湾	○	—	—	—	—	—	×	●	×	St.25は*Heterosigma akashiwo*が優占種
8月3日	水	内湾	△	×	●	×	●	×	—	—	—	St.6、11では*Leptocylindrus danicus* が優占種
8月9日	火	運河	△	—	—	—	—	—	—	—	—	運河部東側で赤潮の発生確認
8月10日	水	運河	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
8月11日	木	赤潮	●	△	●	△	○	○	○	○	●	St..5. 35は*Skeletonema costatum*、 St.6 *Thalassiosiraceae*が優占種
8月12日	金	稚魚	○	—	—	—	—	—	—	—	—	
8月18日	木	赤潮	○	●	●	△	○	○	○	●	—	*Skeletonema costatum*が優占種
8月25日	木	赤潮	△	△	●	△	×	△	△	△	×	*Skeletonema costatum*が優占種
8月29日	月	底生	△	△	△	△	—	—	—	—	—	内湾部赤潮無し
8月30日	火	底生	—	—	—	—	—	△	—	△	△	内湾部赤潮無し
8月31日	水	底生	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9月1日	木	底生	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9月1日	木	赤潮	△	△	×	△	●	○	○	○	○	*Thalassiosira spp*が優占種
9月9日	金	赤潮	△	△	●	△	△	△	△	△	×	St.6では*Cryptomonadaceae*が優占種
9月12日	月	鳥類	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
9月13日	火	内湾	—	—	—	—	—	●	×	●	●	最高気温32.3℃の真夏日
9月13日	火	成魚	—	—	—	—	—	△	—	○	△	
9月14日	水	内湾	○		●	×	●	—	—	—	—	全地点で*Skeletonema costatum*が優占種
9月20日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9月22日	木	赤潮	△	△	△	△	△	△	△	△	△	全地点で赤潮無し
9月27日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9月28日	水	付着	—	—	△	△	—	—	—	—	—	
9月29日	木	赤潮	△	△	×	△	△	△	△	×	△	
10月4日	火	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×	全地点で赤潮無し
10月5日	水	内湾	△	×	×	×	×	—	—	—	—	
10月6日	木	底質	—	—	—	△	—	△	△	△	△	
10月7日	金	底質	—	△	△	—	△	—	—	—	—	
10月11日	月	稚魚	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
10月12日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10月13日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10月13日	水	赤潮	△	△	●	△	○	○	○	○	○	*Mesodinium rub*rumの赤潮
10月14日	木	底質(運河)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10月21日	金	赤潮追跡	△	△	△	△	△	△	△	△	△	全地点で赤潮無し
11月2日	水	成魚	—	—	—	—	—	—	—	△	△	
11月8日	火	内湾	×	×	×	×	×	×	—	—	—	
11月9日	水	内湾	—	—	—	—	—	—	×	×	×	
11月10日	木	鳥類	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
11月15日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11月16日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表7-3 調査日における調査地点別の赤潮発生状況③

調査日	曜日	調査区分	お台場	St.5	St.6	St.8	St.13	St.22	St.23	St.25	St.35	特記事項
12月6日	火	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×	
12月7日	水	内湾	△	×	×	×	×	—	—	—	—	
12月13日	火	稚魚	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
12月13日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12月14日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1月6日	金	鳥類	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
1月10日	火	内湾	—	—	—	×	—	—	—	—	×	
1月11日	水	内湾	—	—	×	—	—	—	—	—	—	
1月12日	木	内湾	—	—	—	—	—	×	—	—	—	
1月13日	金	内湾	△	×	—	—	×	—	×	×	—	
1月17日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1月18日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2月9日	木	成魚	—	—	—	—	—	△	—	△	△	
2月10日	金	稚魚	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
2月13日	月	内湾	—	—	—	—	—	—	×	×	×	
2月14日	火	内湾	×	×	×	×	×	×	—	—	—	
2月15日	水	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2月17日	金	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3月8日	火	内湾	△	×	×	×	×	—	—	—	—	
3月13日	火	鳥類	△	—	—	—	—	—	—	—	—	
3月13日	火	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3月14日	水	内湾	—	—	—	—	—	×	×	×	×	
3月15日	木	運河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
調査回数			34	26	26	24	25	26	22	26	24	
発生回数			13	10	15	3	13	12	7	12	6	
出現率(%)			38	38	58	13	52	46	32	46	25	

調査区分が”内湾”となっているものは、「水質測定調査」のうち、内湾調査

調査区分が”運河”となっているものは、「水質測定調査」のうち、運河調査

調査区分が”赤潮”となっているものは、「東京都内湾赤潮調査」

調査区分が”稚魚””成魚””底生””鳥”となっているものは「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8　赤潮発生水域規模の経年変化

発生水域		発生回数																																		
		S55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	H1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**
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**
	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**
	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**
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**
	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**
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**

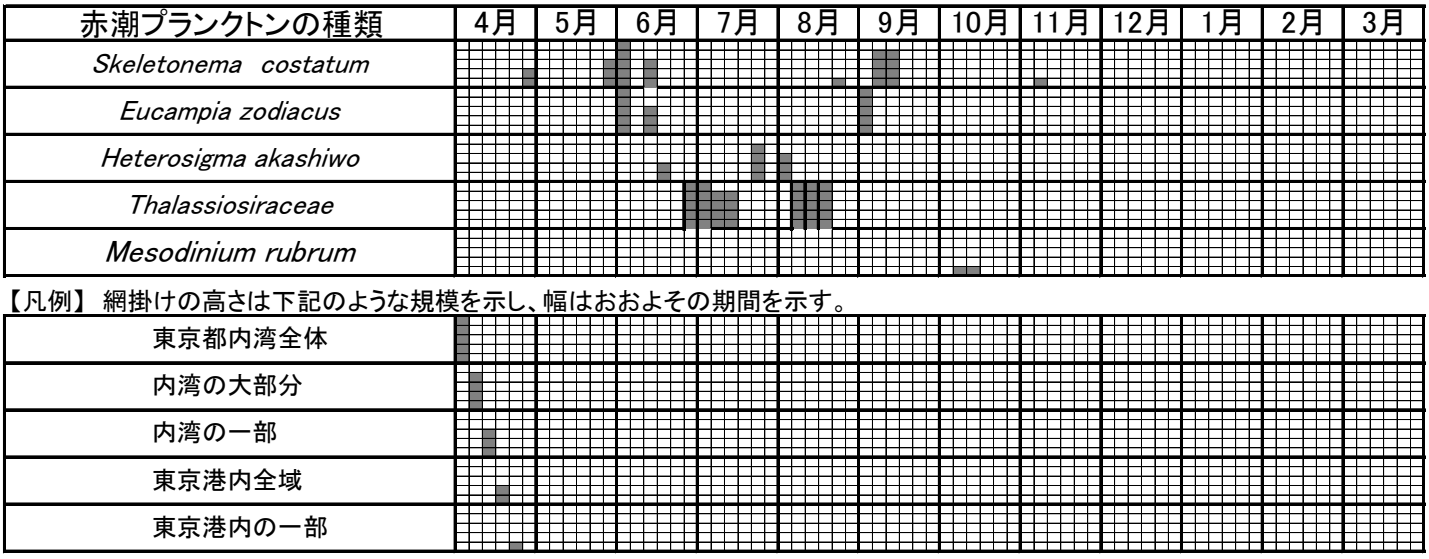


図6　優占プランクトン別赤潮発生時期と規模(平成 23 年度)

エ　赤潮時優占プランクトンの出現状況

優占プランクトン別赤潮発生回数の経年変化を表９-１、９-２に示す。

平成 23 年度に発生した赤潮の第一優占種は、植物プランクトンが 4 種であった。*Skeletonema costatum*（珪藻類）が第一優占種となった回数が最も多く 7 回であった。次いで、Thalassiosiraceae（珪藻類）と *Eucampia zodiacus*(珪藻類)で３回であった。珪藻類が第一優占種となる割合は約 87%（15 回中 13 回）であった。なお、珪藻類が第一優占種となる割合が 50%以上である傾向は、昭和 62 年頃から継続している。

Heterosigma akashiwo（ラフィド藻類）は、昭和 53 年度及び平成 15 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。平成 23 年度では、平成 19 年度以来第一優占種となっていなかった *Eucampia zodiacus*(珪藻類)が３回確認された。また、動物プランクトンの *Mesodinium rubrum* が平成 22 年度に引き続き１回、第一優占種として確認された。

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5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
珪藻	*Skeletonema costatum*	4	8	6	3	5	5	10	4	5	6	5	8	7	10	8	6	8
	Thalassiosira sp.(spp.)		1		3	1	2		1		1	1		1	1	1		
	Thalassiosiraceae											2		2	1			
	Tharassiosira binata																	
	Cyclotella sp.(spp.)																	
	Minidiscus comicus				1													
	Leptocylindrus minimus											1						
	Leptocylindrus danicus										1							
	Coscinodiscus granii									1								
	Coscinodiscus sp.		1															
	Rhizosolenia fragilissima								1	1							1	
	Chaetoceros sociale																	
	Chaetoceros cf. salsugineum																1	
	Chaetoceros spp.																	
	Lithodesmium variable				1													
	Eucampia zodiacus										1		2					
	Cylindrotheca closterium						1					1				1		
	Cerataulina dentata																	
	Cerataulina pelagica											1	1					
	Nitzschia pungens															1		
	Pseudo-nitzchia multistriata																	
	種不明珪藻					1	1											
ラフィド藻	*Heterosigma akashiwo*	1		2	2	3	5	5	1	3	5	5	4	2	1	2	3	1
	Fibrocapsa japonica																	
黄色鞭毛藻	*Distephanus speculum*														1			
渦鞭毛藻	*Gyrodinium instratum*																	
	Prorocentrum minimum		2	3	1	2	3		1	1						1		
	Prorocentrum dentatum								1									
	Prorocentrum triestinum				2	2	1	1		1		1			1			
	Prorocentrum micans	1	3															
	Prorocentrum sp.										1							
	Gymnodiniales																	
	Ceratium furca																	
	Heterocapsa triquetra																	
	Heterocapsa lanceolata																	
	Noctiluca scintillans	2					1	1										1
緑藻	Chlamydomonadaceae						1										1	
クリプト藻	Cryptomonadaceae						1		2	1	2	1		1				5
ハプト藻	*Gephyrocapsa oceanica*																	
	Haptophyceae																	
プラシノ藻	*Pyramimonas* sp.						2		1					1	1			
ミドリムシ藻	Euglenophyceae	4	1		2	1	2			1								
	Eutreptiaceae																	
不明微細鞭毛藻		1	1	3	4	2	4	2		3	6		1		1			
繊毛虫	*Mesodinium rubrum*	1		1	1		3			1						1		
種不明				1														
合計		14	17	16	20	17	32	19	12	18	23	18	16	14	17	15	12	15

(注)優占種が地点により異なる場合は、総合的に判断して赤潮プランクトンを決定した。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。
Chaetceros cf.salsugineum には Cheatoceros subgen.Hyalochaete sp. 及び Chaetceros sulsugineum 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6年度～平成 23 年度）

赤潮プランクトンの種類＼年度		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	**23**
珪藻	*Skeletonema costatum*	6	6	9	8	8	8	9	6	3	7	5	4	4	3	8	10	3	**7**
	Thalassiosira sp.(spp.)			3		2	3	4		3	3	4	4	2	3	1			
	Thalassiosiraceae	3	1		4	1			3	1			1	1		1	3		**3**
	Tharassiosira binata														1				
	Cyclotella sp.(spp.)	1		1				1						1				1	
	Minidiscus comicus																		
	Leptocylindrus minimus																		
	Leptocylindrus danicus						1												
	Coscinodiscus granii																		
	Coscinodiscus sp.																		
	Rhizosolenia fragilissima																		
	Chaetoceros sociale		1						1										
	Chaetoceros cf. salsugineum														1	1		1	
	Chaetoceros spp.									1									
	Lithodesmium variable																		
	Eucampia zodiacus												2	1					**3**
	Cylindrotheca closterium					1								1					
	Cerataulina dentata													1			1		
	Cerataulina pelagica																		
	Nitzschia pungens																		
	Pseudo-nitzchia multistriata								1	1	2		2	2			1		
	種不明珪藻																		
ラフィド藻	*Heterosigma akashiwo*	2	3	4	3	3	4	1	1	1		2	2		2	1	1	4	**3**
	Fibrocapsa japonica									1	1	1							
黄色鞭毛藻	*Distephanus speculum*																		
渦鞭毛藻	*Gyrodinium instratum*								1										
	Prorocentrum minimum		1				1						1	3			1		
	Prorocentrum dentatum																		
	Prorocentrum triestinum				1										1	1			
	Prorocentrum micans														1				
	Prorocentrum sp.																		
	Gymnodiniales						1										1		
	Ceratium furca											2				2			
	Heterocapsa triquetra	1																	
	Heterocapsa lanceolata											1	1		1		1		
	Noctiluca scintillans	1					2	4	1		3	1	1			1		3	
緑藻	Chlamydomonadaceae																		
クリプト藻	Cryptomonadaceae		1	2	2	2				3		1	1	1				1	
ハプト藻	*Gephyrocapsa oceanica*		1																
	Haptophyceae		1																
プラシノ藻	*Pyramimonas* sp.																		
ミドリムシ藻	Euglenophyceae																		
	Eutreptiaceae					1													
不明微細鞭毛藻			3			1		1	1	1	1							1	
繊毛虫	*Mesodinium rubrum*	1		1	1				4	1	4	2	3	1	1		1	1	**1**
種不明															1				
合計		15	18	20	19	19	20	20	19	16	18	18	22	18	15	16	20	15	**15**

(注)優占種が地点により異なる場合は、総合的に判断して赤潮プランクトンを決定した。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。
Chaetceros cf.salsugineum には Cheatoceros subgen.Hyalochaete sp. 及び Chaetceros sulsugineum を含む。

オ　赤潮と水質

1)　透明度

透明度は、動植物プランクトンや砂分など水中の懸濁物量によって変化する水の概観を表す指標となりうる。懸濁物のひとつである植物プランクトンの総細胞数と透明度、および植物プランクトンを含む採水試料の沈殿量と透明度の関係を図8に示した。

透明度は、植物プランクトンの細胞数やプランクトンを含む懸濁物沈殿量の増加にともない値が低下する傾向を示した。また、細胞数と沈殿量いずれの場合においても、値が小さいときは透明度の変化する割合は大きく、値が大きいほど透明度の変化する割合は小さくなる指数曲線の関係を示した。本調査では透明度 1.5m以下の場合を赤潮状態として判別しており、近似曲線の数式から求められた透明度 1.5mの時の細胞数及び沈殿量の値は　　それぞれ 12,317×10^6細胞/m^3、424ml/m^3であった。

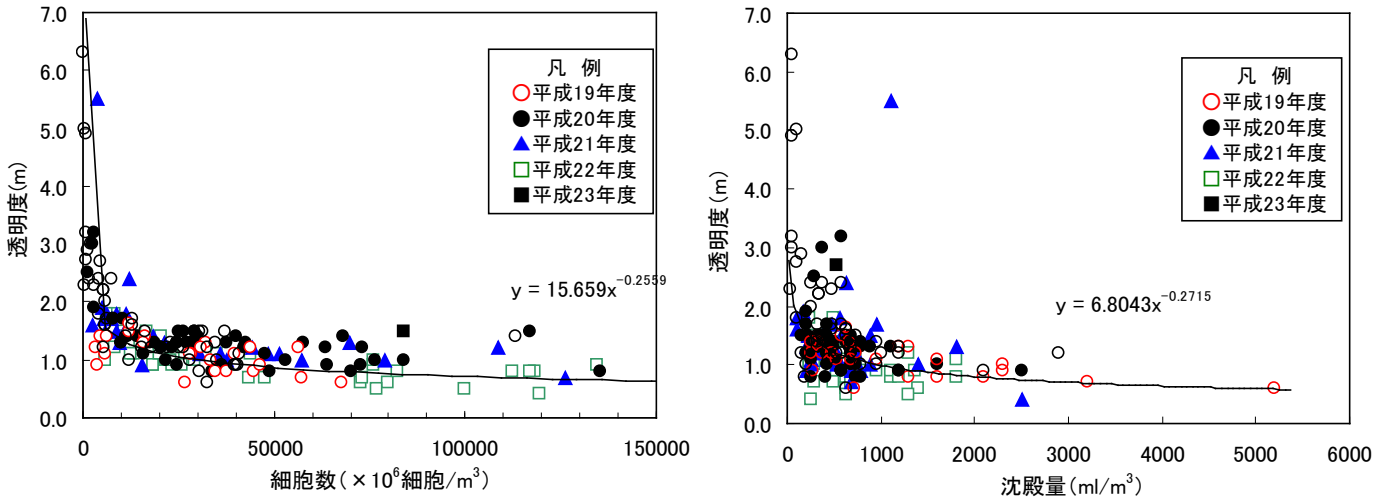


図7　植物プランクトン総細胞数と透明度の関係(左)、及び沈殿量と透明度の関係(右)

2)　栄養塩類

植物プランクトンの増加には栄養塩類が必要であり、植物プランクトンが大きく増加した場合、周辺の栄養塩を消費する可能性がある。そこで栄養塩類として T-N(全窒素)および T-P(全リン)に注目し、平成 21 年度から平成 23 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9に示した。 総細胞数と T-N および T-P の間に明確な傾向は認められなかった。

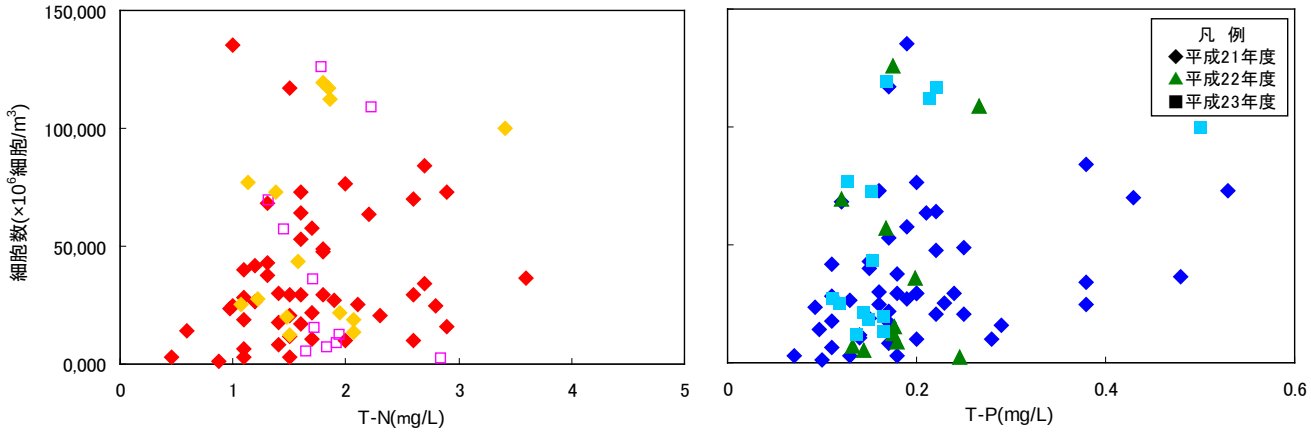


図8　栄養類と植物プランクトン細胞数の関係(左:全窒素、右:全りん)

総細胞数はプランクトンのサイズや細胞内に含まれる物質の量を測定していないため、植物プランクトンの現存量を表すとは限らない。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 10 に示した。T-N とクロロフィル a＋フェオフィチンの合計値の間には相関関係が認められた(r=0.55、p<0.01)。また、T-P とクロロフィル a＋フェオフィチンの合計値の間には強い相関関係が認められた(r=0.74、p<0.01)。

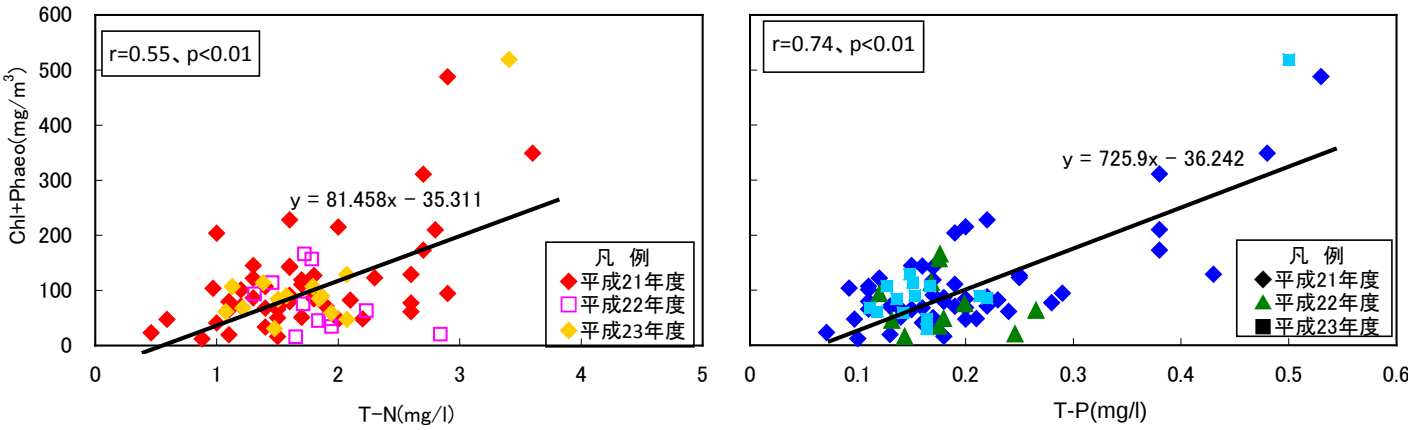


図9　栄養塩とクロロフィル a＋フェオフィチン濃度の関係（左：全窒素、右：全りん）

3)　主要プランクトンと環境要因

平成 19 年度から平成 23 年度に比較的高い頻度で出現した主要な植物プランクトンとして、珪藻類の *Skeletonema costatum*、、Thalassiosiraceae、ラフィド藻類の *Heterosigma akashiwo*、渦鞭毛藻類の *Prorocentrum minimum*、さらに原生動物の繊毛虫類に分類される動物プランクトンの *Mesodinium rubrum* の5種に注目し、細胞数

図9　クロロフィル a＋フェオフィチン濃度と栄養塩類(左：全窒素、右：全りん)

(個

体数)と水温及び塩分の関係について検討した。細胞数は、それぞれの種が植物・動物プランクトン全体の上位 5 種以内に含まれたときのデータのみを利用した。

3)-1　主要プランクトン細胞数(個体数)と水温

主要プランクトン細胞数(個体数)と水温の関係を図 11 に示した。平均細胞数(個体数)の 3 倍以上出現した場合を「多く出現した」として以下に表現した。

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

Thalassiosiraceae は水温約 16～31℃で認められ、細胞数は約 25～30℃で多かった。

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

Cryptomonadaceae は水温約 16～31℃で認められ、細胞数は約 24～28℃および約 31℃で多かった。

P. minimum は水温約 16～29℃で認められ、細胞数は約 26℃で最も多かった。

M. rubrum は水温約 16～31℃で認められ、個体数は約 21～27℃で多く、特に約 22～23℃で多かった。

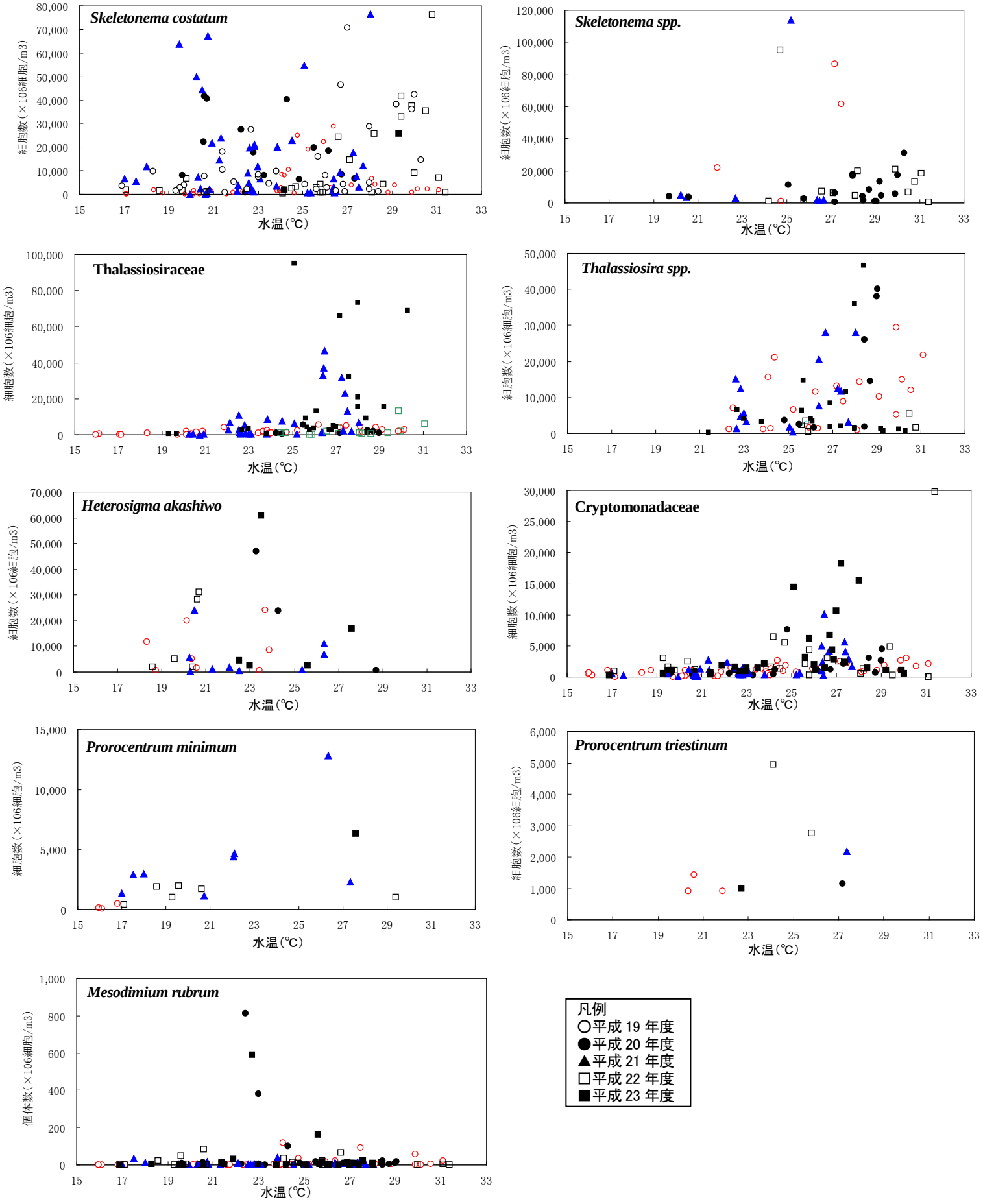


図 10　水温と主要植物プランクトン細胞数(個体数)の関係

3)-2 主要プランクトンと塩分

主要プランクトン細胞数（個体数）と塩分の関係を図（8）－5に示した。平均細胞数（個体数）の 3 倍以上出現した場合を「多く出現した」として以下に表現した。

S. costatum は塩分約 13～31 で認められ、細胞数は約 16～26 で多かった。

S. sp.は塩分約 15～31 で認められ、細胞数は約 19～26 で多かった。

T. spp.は塩分約 13～28 で認められ、細胞数は約 16～24 で多かった。

Thalassiosiraceae は塩分約 13～31 で認められ、細胞数は約 13 および約 19～25 で多かった。

H. akashiwo は塩分約 14～29 で認められ、細胞数は約 20 で最も多かった。

Cryptomonadaceae は塩分約 15～31 で認められ、細胞数は約 19～26 で多かった。

P. minimum は塩分約 14～30 で認められ、細胞数は約 17～20 で多かった。

P. triestinum は塩分約 14～29 で認められた。

M. rubrum は塩分約 13～31 で認められ、個体数は約 16～27 で多かった。

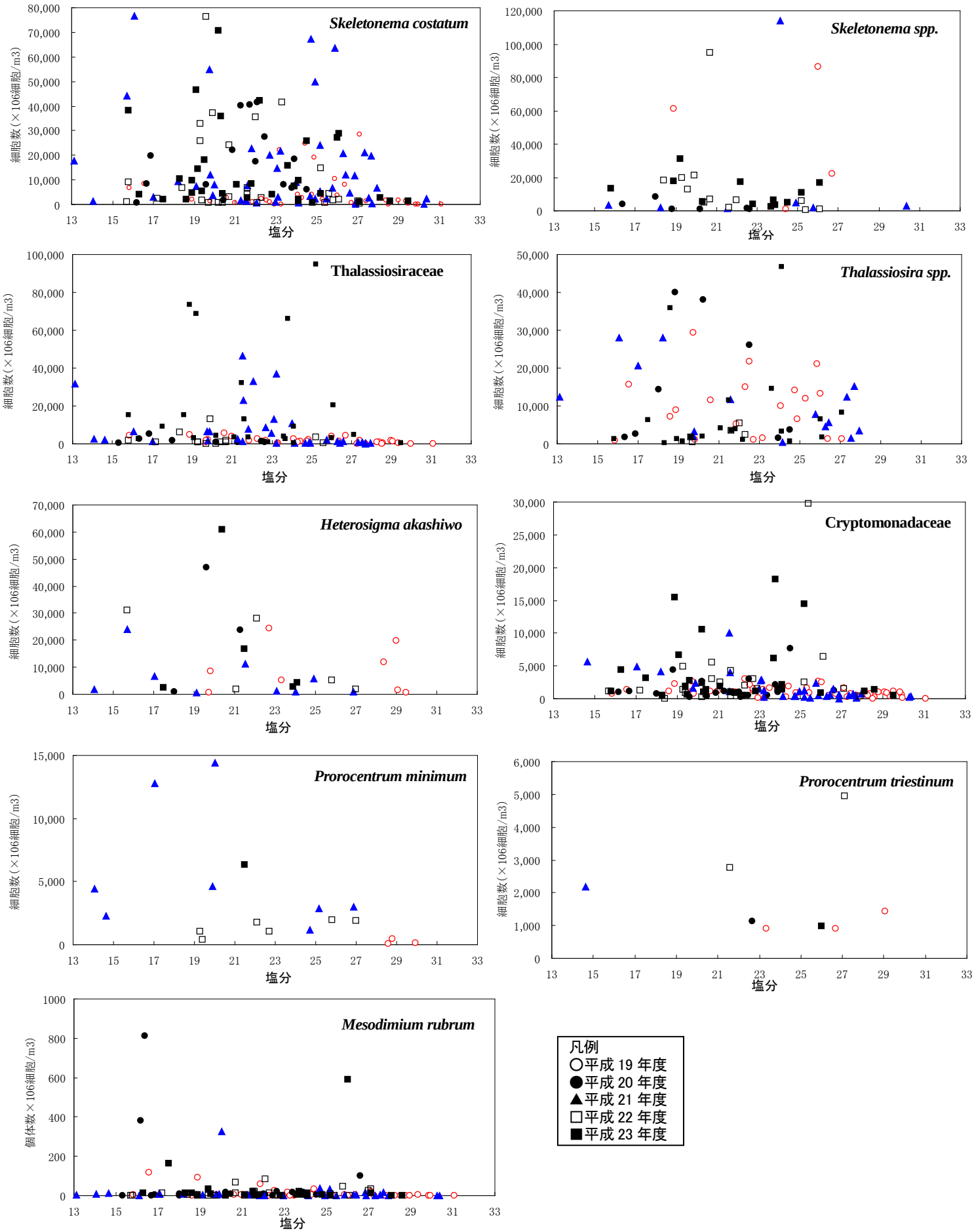


図 11　塩分と主要プランクトン(細胞数)の関係

これら主要プランクトンが多く出現した時の水温および塩分の範囲を図 12 にまとめた。

S. costatum の適応範囲が最も大きく、本種が長期間広域に数多く出現する可能性が高いことを示した。*T.* spp. は水温約 28～29℃に位置しており、水温の高い時期に多く出現する可能性が高いことを示した。一方、*H. akashiwo* は水温約 23℃、塩分約 20 といった限定的な条件で出現数が多かった。*P. minimum* の増殖に好適な水温は約 26℃と限定的であったが、塩分の適応範囲は約 17～20 とやや広かった。

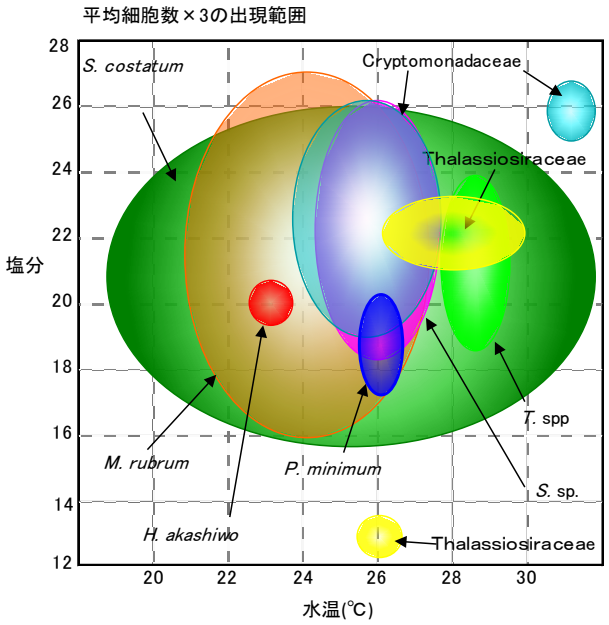


図 12　主要プランクトンと水温および塩分範囲

Thalassiosiraceae の好適水温は約 26～30℃の範囲であるが、塩分は 13 および 19～25 の 2 ヶ所で細胞数が多くなった。同様に、Cryptomonadaceae の好適塩分は約 21～26 の範囲であるが、水温は約 24～27℃および 31℃の 2 ヶ所で細胞数が多くなった。Thalassiosiraceae および Cryptomonadaceae は淡水から汽水、海水まで広く分布するため、水温や塩分の条件によって出現した種類が異なっていたと思われる。

M. rubrum は水温約 22～24℃、塩分 16～26 の範囲に多く出現した。本種は Cryptomonadaceae を取り込むことで体内に植物性色素帯を保持し独立栄養を営むことが知られている(Gustafson et al. 2000)。両種が多く出現する環境は完全に一致しないが、水温は約 24℃、塩分は 23～25 の範囲で重複した。

(参考文献)

Gustafson, D. E., Toekcker, Jr. D. K. S., Ohnson, M. D. J., van Heukelem, W. F. & Neider, K.S. (2000) Cryptophyte algae are robbed of their organelles by the marine ciliate *Mesodinium rubrum*. *Nature* 405: 1049-1052.

カ　降雨と水質

湾内の栄養塩濃度は、観測日以前の降雨の影響を受けている可能性があると考えられる。本年度も調査日に窒素・りん濃度を東京都環境科学研究所の協力で分析し、その結果を図 13 に示す。7 月 28 日に最大値を示しているが、その原因は不明であった。9 月 22 日の調査において、T-N の値が高いのは 3 日前から合計で 150 ミリの降雨があり、その影響を強く受けたものと考えられた。

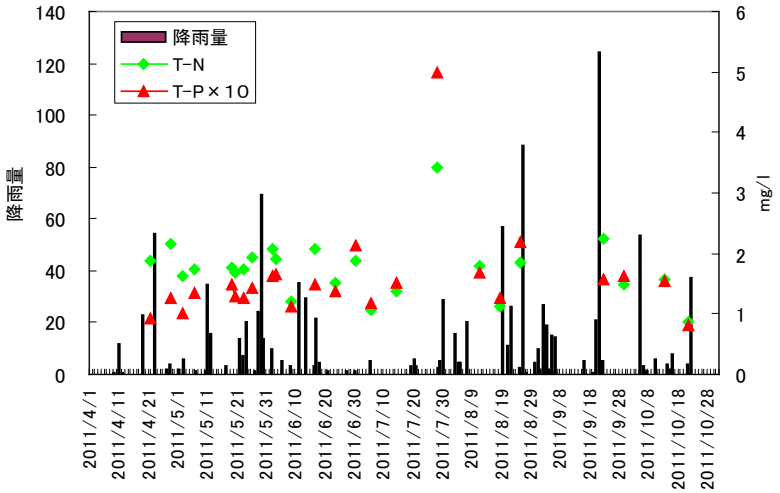


図 13　平成 23 年度水質と降雨量について(St.6)

（２）貧酸素水塊の発生状況

各地点下層についての DO（溶存酸素）の年間推移の様子を過去 3 ヵ年とともに、口絵図 12 に示した。毎年 15～30 回調査していた日の結果を折れ線グラフで連続的に示したものである。どの地点も 5 月下旬から 10 月頃まで２mg/L を下回ることが多いことがわかる。5 月から 9 月の期間について、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に示す。

表 10　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	6	20	9	4	17	6	99
	未満 率(%)	69	79	26	77	45	15	74	32	53
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	6	20	9	11	17	6	109
	未満 率(%)	70	78	25	74	38	41	63	24	52
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	4	11	6	78
	未満 率(%)	59	68	14	64	57	18	52	30	46

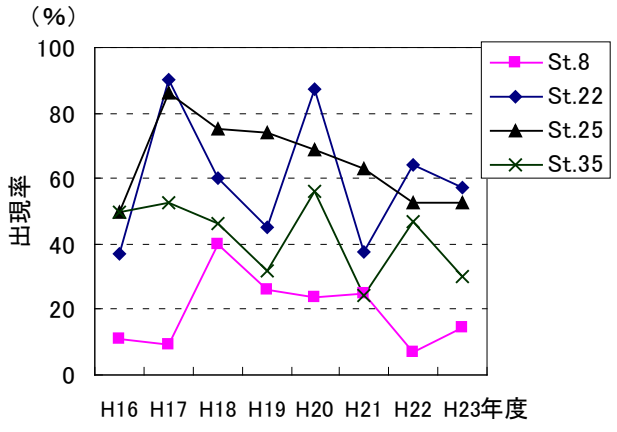


図 14-1　貧酸素水塊出現率の経年変化(B 類型)

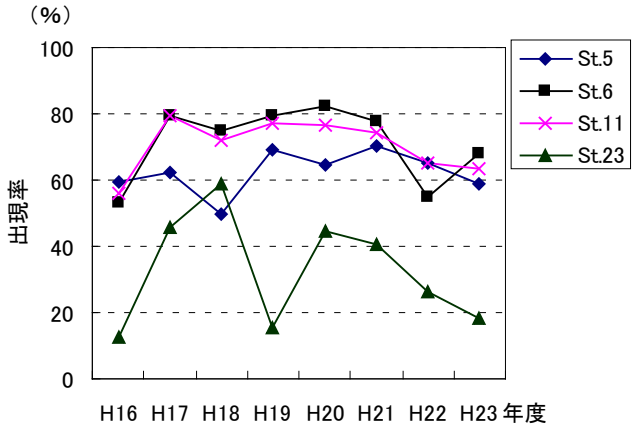


図 14-2 貧酸素水塊出現率の経年変化(C 類型)

St. 8, St. 35 (B 類型)、St. 23 (C 類型) を除いては、貧酸素水塊出現率が 60%を超える状況が続いている。赤潮によるプランクトンの異常増殖が貧酸素の大きな要因になっていることが推察される。

５　まとめ

（１）　赤潮の発生回数、日数及び時期

平成 23 年度の赤潮の発生回数は 15 回、発生日数は 88 日間で、22 年度と比べて、発生回数は同じであったが、日数は 10 日減少した。記録的な猛暑であった 22 年度よりは日数は減少したが、経年変化をみると、回数、日数ともに年度による変動が大きいため、顕著な傾向は見られず、近年は横ばい傾向であるといえる。

（２）　赤潮優占プランクトンの傾向

22 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)で、発生回数は 15 回中 7 回だった。*Thalassiosiraceae*(珪藻)や *Eucampia zodiacus*(珪藻)、*Heterosigma akashiwo*(ラフィド藻)の 3 回がそれに次いだ。日数としては *Thalassiosiraceae* 珪藻類）が延べ 34 日間と最も長く、*Skeletonema costatum*(珪藻)が 31 日とそれに次いだ。件数においても、日数においても、*Thalassiosiraceae*(珪藻)や *Skeletonema costatum*(珪藻)を主とした珪藻類の発生が多いことが特徴である。近年減少傾向にあった *Heterosigma akashiwo*（ラフィド藻）も 14 回と多かった。*Mesodinium rubrum*（繊毛虫類）による赤潮も 6 回発生した。

（３）　赤潮の発生水域及び継続日数

東京都内湾全域に広がる赤潮は、４回観測された。また、全赤潮発生回数の 67%（15 回中 10 回）が東京港域を超えた広い水域で発生したものであった。継続日数は全赤潮発生回数の 60%（15 回中９回）が 5 日以内であった。東京都内湾全域に広がる赤潮は平成９年度からので最も多かった。

（４）　貧酸素水塊の発生状況

23 年度は、5 月～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%以上を越えるのは８地点中５地点であった。また、St.6 においては平成 23 年度は 68%であり、平成 22 年度の 55%より 13%増加した。

【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」