

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 | 16 |
| エ | 赤潮時優占プランクトンの出現状況 | 21 |
| オ | その他のプランクトンの出現状況 | 21 |
| カ | 赤潮と水質 | 24 |
| キ | 降雨と水質 | 29 |
| (2) | 海水の窒素、りん濃度 | 30 |
| (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 | 32 |
| (2) | 赤潮優占プランクトンの傾向 | 32 |
| (3) | 赤潮の発生水域及び継続日数 | 32 |
| (4) | 貧酸素水塊の発生状況 | 32 |
| 資料Ⅰ | 赤潮調査結果【総括表】（東京湾調査） | 35 |
| 資料Ⅱ | 赤潮調査結果【総括表】（水質測定調査） | 55 |
| 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） | 67 |
| 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） | 87 |

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 | | |
|-------|---------|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | | 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 |
| 補助地点 | 広域 23 | 18 | 35 度 31 分 30 秒 | 139 度 49 分 01 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 | |

緯度、経度は、世界測地系による。

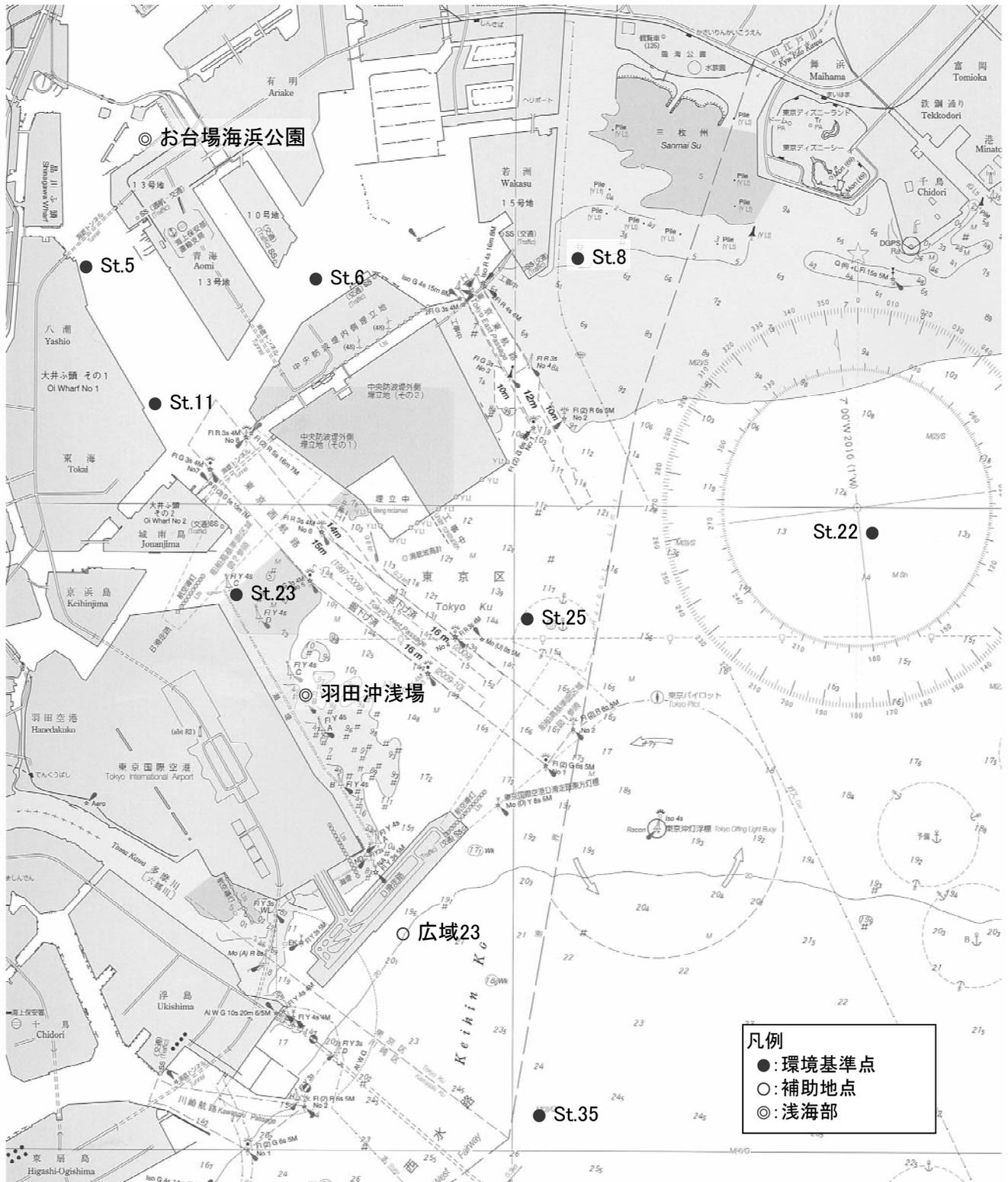


図1 調査地点図

3 調査方法

(1) 調査回数及び調査地点

ア 調査回数

平成 25 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 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。グルタルアルデヒド濃度1%)について植物・動物プランクトン各々の上位5種を同定・計数。また無固定試料について定性的な検鏡を行なうとともに、固定により破壊されるものについては計数も実施。 | 植物 1×10 ⁶ 細胞/m ³ 動物 0.01×10 ⁶ 細胞/m ³ | | 3 | 植物 整数1桁 動物 小数点 以下2桁 (×10 ⁶) |
| | プランクトン沈殿量 | プランクトン5種同定用に調製した試料2Lを10mL程度に濃縮し、沈殿管に移し24時間静置、沈殿させ計測する。 | 10mL/m ³ | 10mL/m ³ | 2 | 整数2桁 |

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

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

(※3) pHは上層の測定を行う。

4 東京都内湾の赤潮判定基準

赤潮とは、一般には「海水中で浮遊生活をしている微小な生物（主に植物プランクトン）が、突然、異常に繁殖して、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、回数とともに1回とした。
- ・同一日時でも、場所によって明らかにプランクトン群集の種類組成が異なっている場合は、別個の赤潮とした。

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（口絵8参照）

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25年度の赤潮発生回数は15回、発生日数は74日であった。平成25年度及び過去の月別の赤潮発生回数と日数を表4に、赤潮発生回数及び発生日数の経年変化を図2に示す。平成24年度と比較すると、回数は3回、日数は32日減少した。4月、10月に雨が多く前年と比べ回数・日数が減少したものの、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。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25年度までの年度平均発生回数は実18回、発生日数は実91日である。

平成25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～10月であった他、3月にも赤潮の発生が認められた。春先の赤潮は、平成19年度以来6年ぶりであった（図2）。
- ◆ 6月の赤潮発生回数が、調査を始めて以来最も少ない1回であった。これは、6月の調査日が降雨後に重なることが多かったためと考えられる。

表4 赤潮月別発生状況の経年変化

| 年度\月 | 上段 発生回数 | | | | | | | | | | | | 計 |
|------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|-----|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 15 |
| | 3 | 4 | 2 | 19 | 26 | 16 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 74 |
| 24 | 0 | 5 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 0 | 18 | 9 | 25 | 31 | 18 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 |
| 23 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| | 2 | 2 | 16 | 23 | 22 | 14 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| 22 | 0 | 2 | 4 | 6 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| | 0 | 10 | 19 | 27 | 31 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 21 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 4 | 9 | 19 | 17 | 23 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 |
| 20 | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| | 9 | 5 | 20 | 31 | 9 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 |
| 19 | 0 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 15 |
| | 0 | 16 | 18 | 16 | 26 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 86 |
| 18 | 0 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 0 | 12 | 17 | 17 | 18 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 17 | 0 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| | 1 | 19 | 19 | 16 | 20 | 6 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| 16 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 13 | 15 | 21 | 16 | 9 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 |
| 15 | 2 | 6 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 5 | 20 | 18 | 15 | 20 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 |
| 14 | 0 | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| | 0 | 11 | 4 | 29 | 26 | 7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 13 | 1 | 5 | 3 | 3 | 4 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| | 8 | 23 | 11 | 29 | 17 | 12 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 |
| 12 | 5 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 20 |
| | 16 | 25 | 6 | 23 | 26 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 115 |
| 11 | 2 | 3 | 3 | 5 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20 |
| | 8 | 22 | 19 | 21 | 19 | 19 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 114 |
| 10 | 1 | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| | 3 | 18 | 16 | 20 | 21 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| 9 | 1 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| | 2 | 16 | 21 | 18 | 23 | 9 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| 8 | 3 | 1 | 3 | 5 | 2 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 20 |
| | 17 | 12 | 24 | 19 | 19 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 108 |
| 7 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 18 |
| | 4 | 21 | 22 | 22 | 29 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 120 |
| 6 | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 15 |
| | 3 | 14 | 26 | 25 | 22 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 106 |
| 5 | 0 | 2 | 4 | 1 | 4 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| | 0 | 6 | 16 | 9 | 17 | 20 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| | 4 | 5 | 13 | 25 | 12 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 |
| 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| | 3 | 20 | 11 | 24 | 8 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 17 |
| | 3 | 13 | 18 | 21 | 14 | 9 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 84 |
| H1 | 1 | 2 | 5 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| | 5 | 4 | 14 | 13 | 23 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 |
| 63 | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| | 10 | 19 | 19 | 15 | 10 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 78 |
| 62 | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 5 | 17 | 9 | 16 | 27 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| 61 | 0 | 4 | 4 | 6 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| | 0 | 19 | 19 | 8 | 17 | 15 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 60 | 0 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| | 0 | 25 | 21 | 21 | 18 | 10 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 108 |
| 59 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| | 13 | 14 | 21 | 16 | 12 | 3 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 58 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 19 |
| | 0 | 15 | 21 | 7 | 13 | 8 | 4 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 76 |
| 57 | 2 | 6 | 6 | 6 | 7 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| | 9 | 28 | 25 | 19 | 23 | 9 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 |
| 56 | 1 | 2 | 2 | 5 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 17 |
| | 3 | 15 | 16 | 25 | 13 | 16 | 2 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 99 |
| 55 | 1 | 5 | 6 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 54 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| 53 | 1 | 4 | 4 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 17 |
| S52 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 |

注1 発生回数は発生期間が次月にわたる場合は発生日数の多い月に分類した。
 注2 同じ日に2種以上の赤潮が発生している場合でも、発生日数は1日とした。
 注3 赤潮調査は昭和52年度から開始。昭和55年度までは発生回数のみ記載。

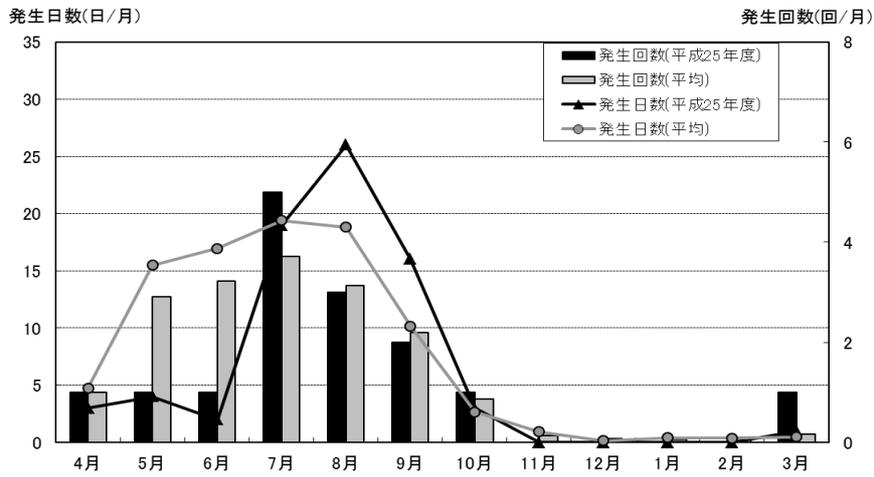


図2 赤潮発生回数及び発生日数の月変化(平成 25 年度と平均^(※1))との比較
 (※1) 調査開始年度～平成 25 年度の平均値

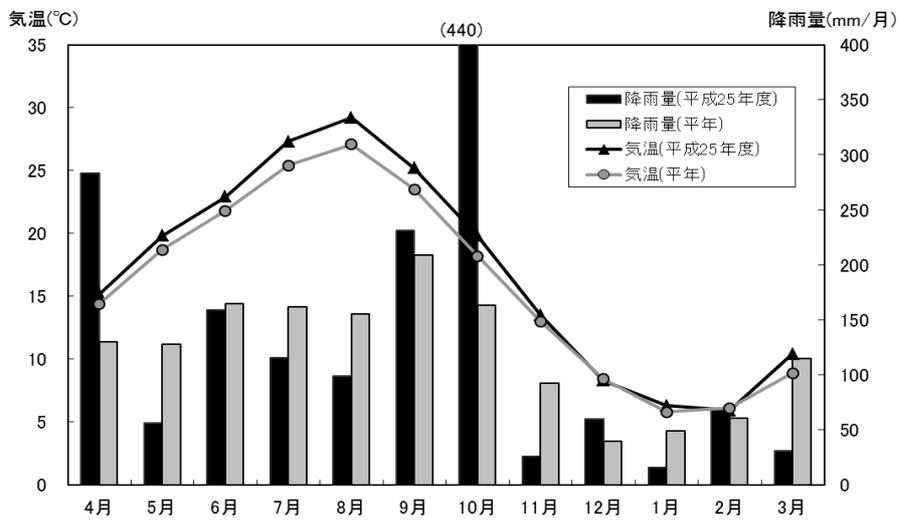


図3 降水量及び気温の月変化(平成 25 年度と平均^(※2))との比較
 (※2) 昭和 56 年～平成 22 年の平均値

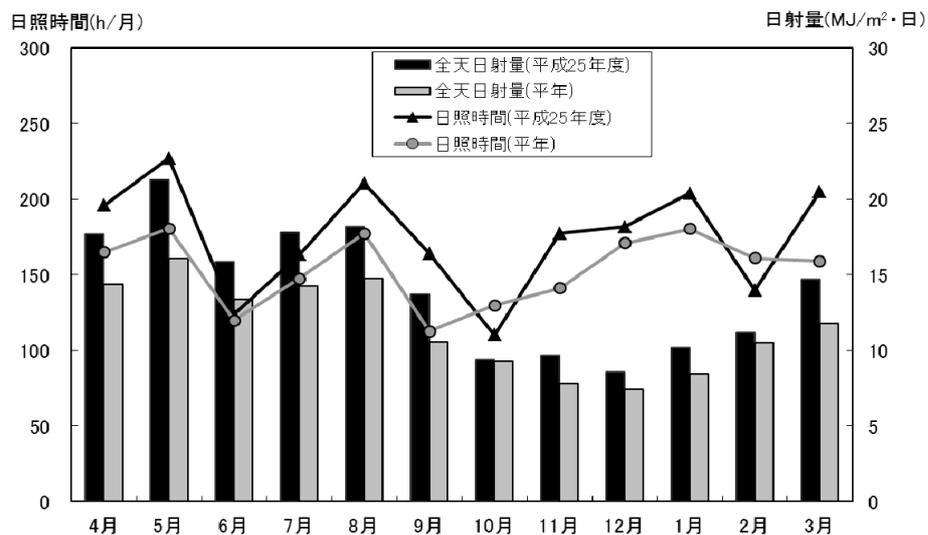


図4 全天日射量及び日照時間の月変化(平成 25 年度と平均^(※2))との比較

イ 各赤潮の発生状況及び特徴

赤潮調査、水質測定調査及びその他の調査を総合して判定した、平成 25 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 25 年度赤潮発生件数は 15 回 74 日であった。

植物プランクトンの月別出現状況を表 5 に、優占プランクトンや水質等を表 6 に示す。発生水域*は、赤潮が発生していた各期間内で、複数日調査を行っている場合は、最も広範囲で赤潮が広がっていた調査日の状況を示した。色相は、赤潮発生水域内の外観の色である。

各赤潮の発生状況及び特徴は次のとおりである。

*発生水域：全 11 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 25 年 4 月 16 日～4 月 18 日の 3 日間

(発生水域) 東京港内の一部

(優占種) *Skeletonema costatum*、*Eucampia zodiacus*

(概要)

- ・4 月 16 日の内湾調査では、St.23 で *Skeletonema costatum* による赤潮が確認された。また、St.5、6、23、25、22、35 など隅田川河口部を中心に *Eucampia zodiacus* による着色が確認された。18 日も同程度の日照があり、赤潮が継続していたと想定される。
- ・その後、20 日 21 日に合わせて 31 ミリの降雨があったことから、赤潮は消滅したと判断した。

【 第 2 回 】

(期間) 平成 25 年 5 月 21 日～5 月 24 日の 4 日間

(発生水域) 東京港内の一部

(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

- ・5 月 21 日の成魚調査では St.35 周辺にて着色水塊を確認、また、5 月 22 日の付着生物調査では、中央防波堤付近及びその行程で *Heterosigma akashiwo* による着色が確認された。
- ・5 月 23 日の赤潮調査では、お台場を始めとした隅田川河口部 St.5、6、11、23 で透明度が 1.5m 以下、緑褐色の着色、酸素飽和度が 150% 以上の過飽和となっており、プランクトンの状況からも赤潮と判定された。お台場は *Heterocapsa rotundata* が多かったが、St.6 などは *Heterosigma akashiwo* が 1 万細胞程度と多く、変色をもたらした主因とされた。なお、お台場でも同種は優占種ではないが、確認はされたため、同一の赤潮とした。24 日も同様の日照があり、25 日には日照が減って気温も降下したことから、赤潮は消滅したと判断した。

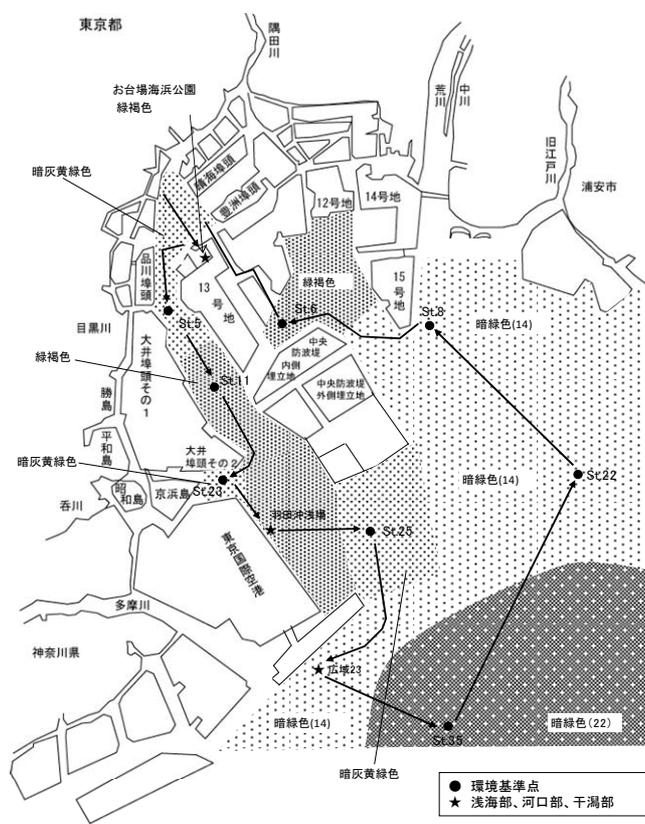


図5-1 第2回赤潮発生水域(5月23日調査)

【 第3回 】

(期間) 平成 25 年 6 月 4 日～6 月 5 日の 2 日間

(発生水域) 東京港内の一部

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

・6 月 4 日 5 日の内湾調査では、St.8、23 を除き、お台場を含む多くの地点で褐色、茶色、緑褐色の着色が確認され、酸素飽和度が 120% を超えた。透明度は 1.3m から 1.6m (St.11) の地点もあったが、クロロフィル濃度が 55～80 mg/m³ あることから赤潮と判定された。優占種は *Skeletonema costatum* が 1.4 万から 3.2 万細胞/ml と多かった。6 日に日照時間が少なくなったことから、赤潮は消滅したと判断した。

【 第4回 】

(期間) 平成 25 年 7 月 2 日～7 月 9 日の 8 日間

(発生水域) 東京港内の一部

(優占種) *Noctiluca scintillans*

(概要)

・7 月 2 日の赤潮調査では、全地点で赤潮が確認された。どの地点も透明度が 0.9m 以下で、茶色から緑褐色に着色し、酸素飽和度もほとんどが 200% 以上を示し、分析したクロロフィル濃度も 100mg/m³ を超えた。お台場、St.22、25、35 で数は少ないが、*Noctiluca scintillans*(夜光虫) が確認された。外観で夜光虫独特のオレンジ色の水塊は見られなかったが、体積計算では大きいため、夜光虫による赤潮と判定された。7 月 8 日の内湾調査では、赤褐色の *Noctiluca scintillans*(夜光虫) が、St.22 周辺で拮がっていた。また、*Heterosigma akashiwo* も多く確認された。*Heterosigma akashiwo* は、St.5(7 月 9 日)、St.6(7 月 11 日)でも多く確認された。

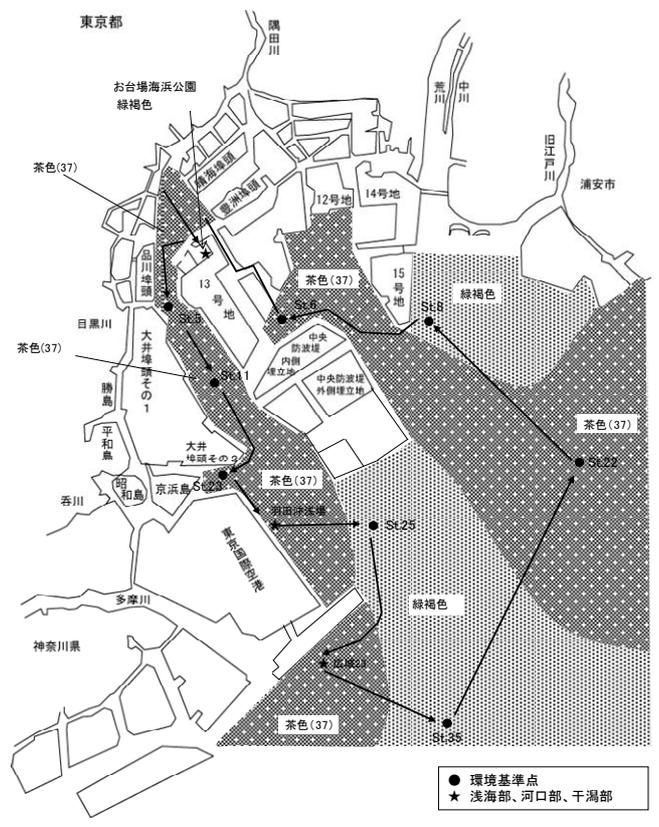


図5-2 第4・5回赤潮発生水域(7月2日調査)

【 第5回 】

(期間) 平成 25 年 7 月 2 日～7 月 9 日の 8 日間

(発生水域) 東京港内の一部

(優占種) *Thalassiosiraceae*、*Mesodinium rubrum*

(概要)

・7 月 2 日の赤潮調査では、全地点で赤潮が確認された。どの地点も透明度が 0.9m 以下で、茶色から緑褐色に着色し、酸素飽和度もほとんどが 200% 以上を示し、分析したクロロフィル濃度も 100mg/m³ を超えた。プランクトンは *Skeletonema costatum* が多いものの、*Cylindrotheca closterium* や *Mesodinium rubrum* も多かった。

・7月8日から11日の内湾調査では、連日、各種の赤潮が出現し、全地点で赤潮が確認された。プランクトンは、St.6、5、22で *Heterosigma akashiwo* が多く、St.5、11、23、6、25で *Mesodinium rubrum* が多かった。また、プラシノ藻や *Thalassiosiraceae* も多く出現した。総じて混合赤潮と言える。7月9日に調査したSt.23でも *Noctiluca scintillans* はわずかながら確認された。

【 第6回 】

(期間) 平成25年7月10日～7月13日の4日間

(発生水域) 東京都内湾の一部

(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

・7月8日から11日の内湾調査では、連日、各種の赤潮が出現し、全地点で赤潮が確認された。プランクトンは *Heterosigma akashiwo* が St.5(7月9日)、St.6(7月11日)、St.22(7月8日) で多かった。

・7月14日に36ミリの降雨があったことから、赤潮は消滅したと判断した。

【 第7回 】

(期間) 平成25年7月18日～7月22日の5日間

(発生水域) 東京都内湾の大部分

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

・7月18日の赤潮調査では、強風で中止されたSt.22、35の各地点以外は緑褐色に変色し、透明度が1.2m以下で酸素飽和度が100%を超え、クロロフィル濃度も61～107 mg/m³であることから赤潮と判定された。優占種は *Skeletonema costatum* でSt.6では5万細胞/mlを超えた。

・7月23日から24日にかけて26ミリの降雨があったことから、赤潮は消滅したと判断した。

【 第8回 】

(期間) 平成25年7月25日～7月26日の2日間

(発生水域) 東京都内湾の大部分

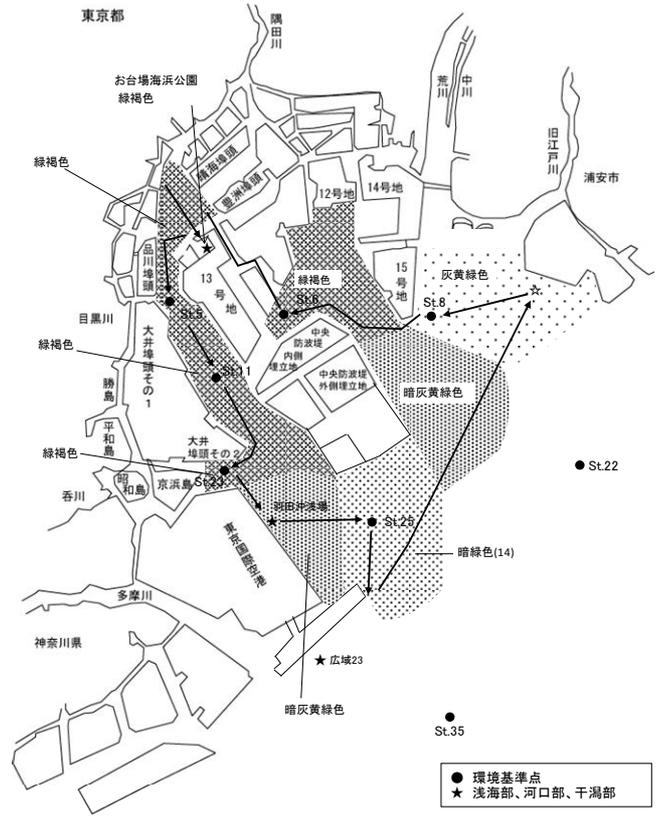


図5-3 第7回赤潮発生水域(7月18日調査)

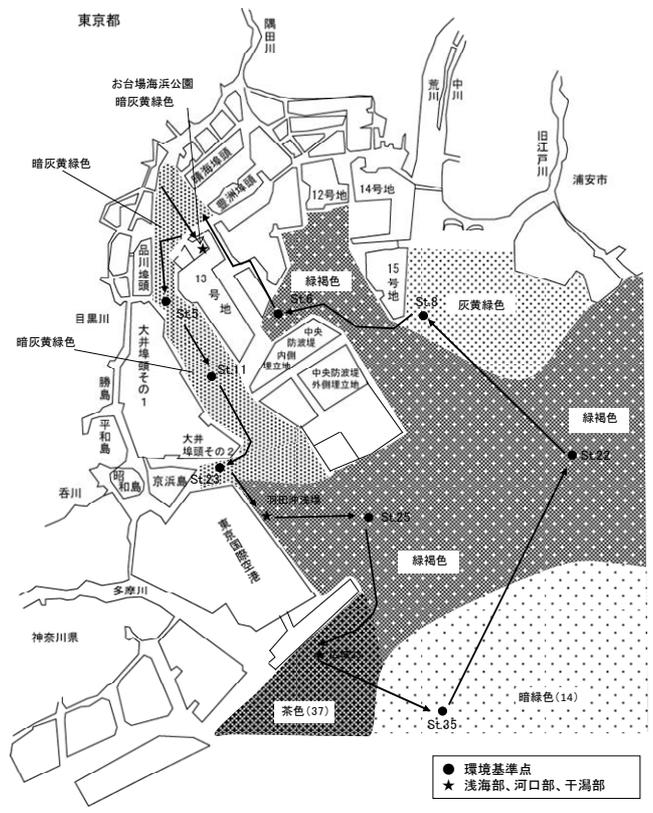


図5-4 第8回赤潮発生水域(7月25日調査)

(発生水域) 東京都内湾の大部分

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

- ・前回調査後は安定した夏日が続き、日照も十分な日が続いた。8月15日の赤潮調査では全域で赤潮が確認された。水色はいずれも茶色から緑褐色に変色し、透明度も1.0m以下で、酸素飽和度は117~200%以上、クロロフィル濃度も分析した地点すべてで50 mg/m³以上であった。優占種は *Skeletonema costatum* であった。浦安沖のモニターによると8日からクロロフィル濃度が50 mg/m³を超えていたため、赤潮は8日から続いていたと判断した。
- ・8月22日の赤潮調査では、前日の26ミリの降雨の影響を受けて、St.6以外は、変色して透明度が1.5m以下であっても酸素飽和度が100%以下であり、St.6だけが赤潮の定義に合致した。優占種は *Skeletonema costatum* であった。ここでは、*Noctiluca scintillans* や *Ceratium furca*、*Pleurosigma* sp. も数が少ないが確認された。この状態は降雨により拡がり狭くとも、前回から引き続いていたと見られる。
- ・川崎人は島モニターによると、25日にクロロフィル濃度が低下しており、降雨の影響でここで一端赤潮は収まったと判断した。

【 第11回 】

(期間) 平成25年8月28日~9月4日の8日間

(発生水域) 東京都内湾の大部分

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

- ・8月27日に35ミリの降雨があり、その2日後、8月29日の赤潮調査では、いずれも変色し、透明度が1.2m以下でクロロフィル濃度も87~217 mg/m³であり、赤潮と判定された。優占種は *Skeletonema costatum* であるが、St.6では *Euglenophyceae* も多かった。
- ・9月3日4日の内湾調査では、St.8、22、35を除く地点で赤潮が確認された。変色し、透明度も1.1~1.6m、

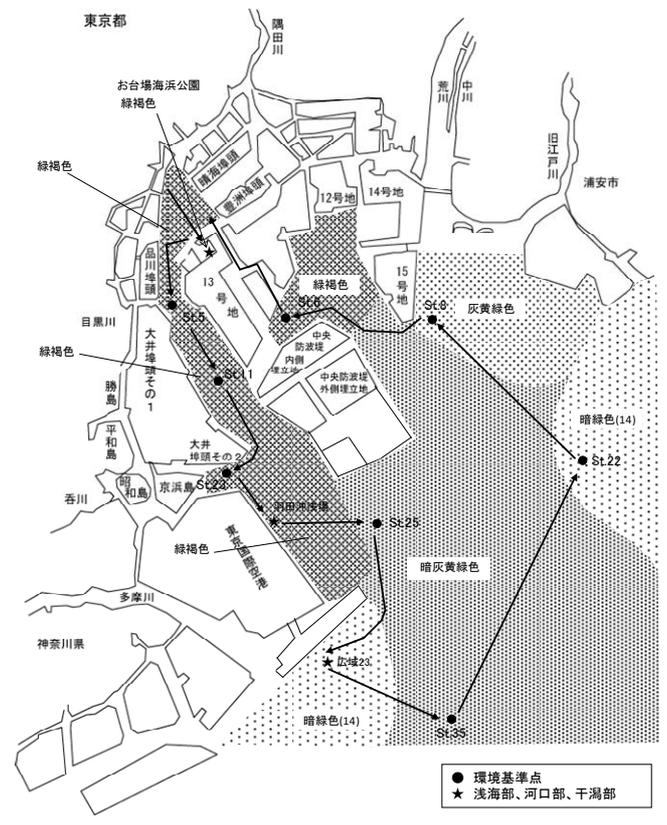


図5-7 第10回赤潮発生水域(8月22日調査)

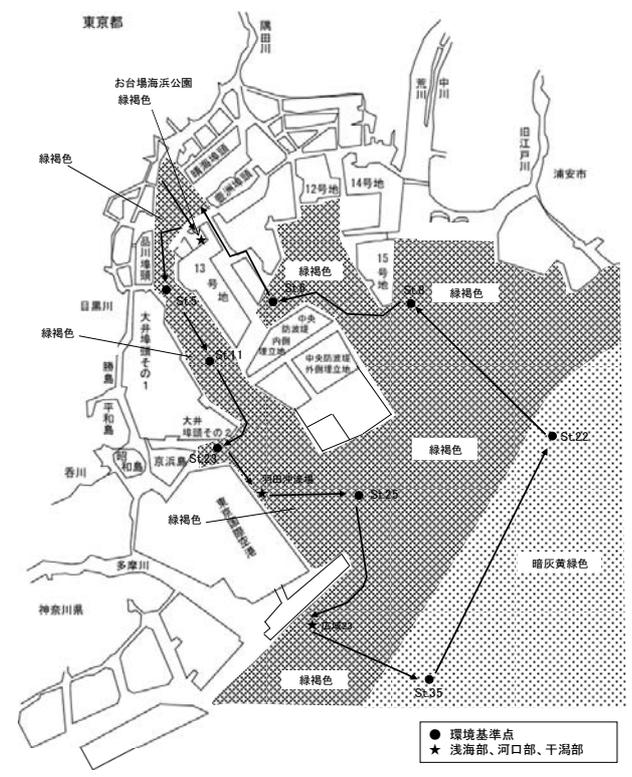


図5-8 第11回赤潮発生水域(8月29日調査)

クロロフィル濃度も 50 mg/m³ 以上であった。優占種は *Skeletonema costatum* であった。この状態は日照と、川崎人は島モニターのクロロフィル濃度値より、8月28日から継続していたとした。

・4日から5日にかけて合わせて38ミリの降雨があったことから、赤潮は消滅したと判断した。

【 第12回 】

(期間) 平成25年9月8日～9月14日の7日間

(発生水域) 東京都内湾の大部分

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

・9月12日の赤潮調査では、St.6、22で着色、透明度、酸素飽和度、クロロフィル濃度から赤潮と判定された。優占種は *Skeletonema costatum* であった。浦安沖モニターのクロロフィル濃度値により8日から赤潮発生があったと見られる。

・台風17号の上陸により9月15日16日に合わせて92ミリの降雨があったことにより、赤潮は消滅したと判断した。

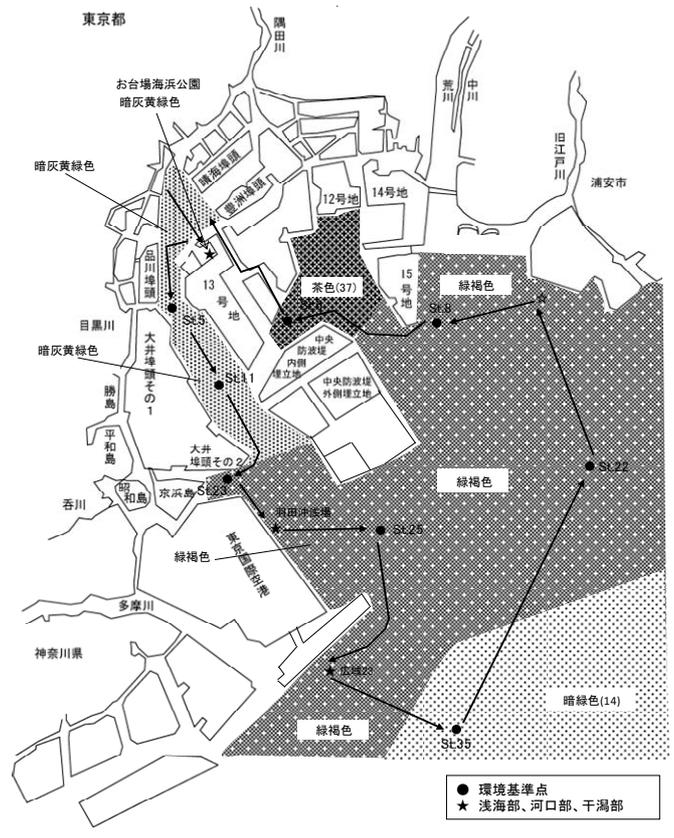


図5-9 第12回赤潮発生水域(9月12日調査)

【 第13回 】

(期間) 平成25年9月18日～9月22日の5日間

(発生水域) 東京都内湾の一部

(優占種) *Skeletonema costatum*

(概要)

・9月19日の赤潮調査では、St.6、25で透明度が1.2m以下、緑褐色に変色、酸素飽和度110%以上、クロロフィル濃度60 mg/m³以上であり、赤潮と判定された。両地点の優占種は *Skeletonema costatum* であった。他の地点は、河川水の影響の強い灰黄緑色でpHも8以下であった。浦安沖モニターのクロロフィル濃度値によると、18日から赤潮発生があったと見られる。

・9月22日までは日照のある日が続き、浦安沖モニターのクロロフィル濃度値も基準以上であった。

・9月27日の赤潮調査では、St.22で透明度が4.4mあることに代表される良好な水質であり、プランクト

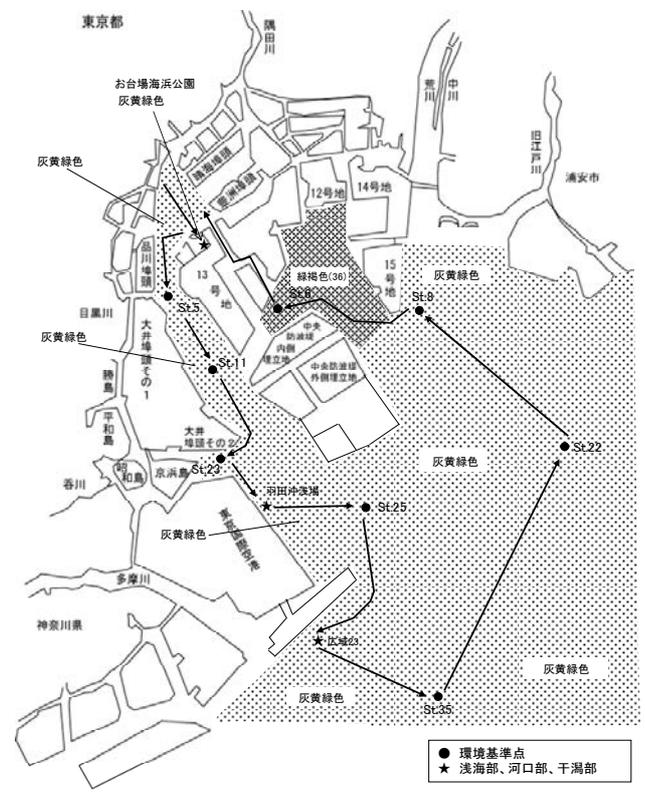


図5-10 第13回赤潮発生水域(9月19日調査)

ンは少なく赤潮発生は認められなかった。

【 第 14 回 】

(期間) 平成 25 年 10 月 10 日～10 月 12 日の 3 日間

(発生水域)東京都内湾の一部

(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

・10 月 10 日の赤潮調査では、7 日からの日照時間の増加に伴い気温が上昇していたため、お台場、St.6、11、25 で透明度が 1.3m 以下、茶色から、緑褐色に着色、クロロフィル濃度も 82～147 mg/m³ 以上あり、赤潮と判断された。優占種は細胞数では *Thalassiosiraceae* が多かったが、匹敵する数の *Heterosigma akashiwo* が確認され、これが優占種と見られた。8 日に日照が増えたが、9 日に風が強めに吹き、13 日以降は日照にもかかわらず気温の低下があったため、赤潮状況はその間の 10 日から 12 日までと判断した。

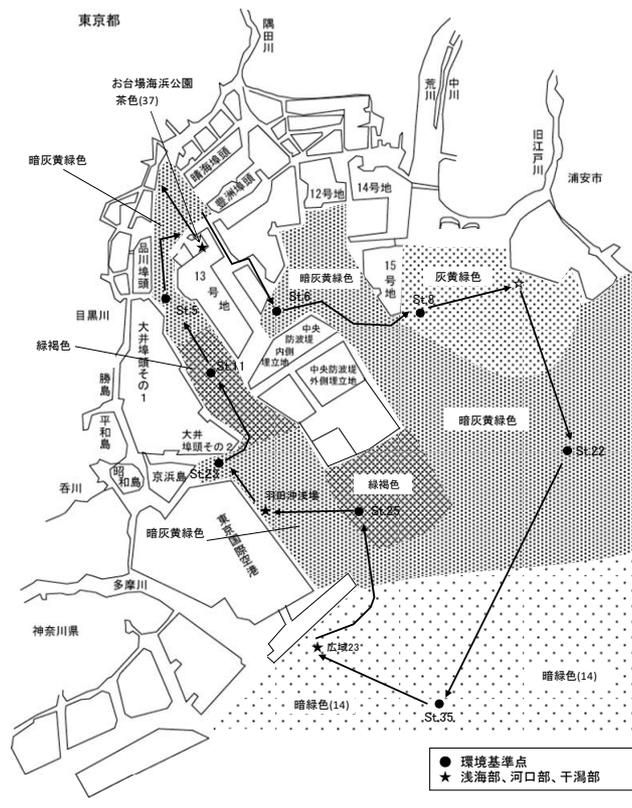


図5-11 第14回赤潮発生水域(10月10日調査)

【 第 15 回 】

(期間) 平成 26 年 3 月 18 日～3 月 18 日の 1 日間

(発生水域)東京港内の一部

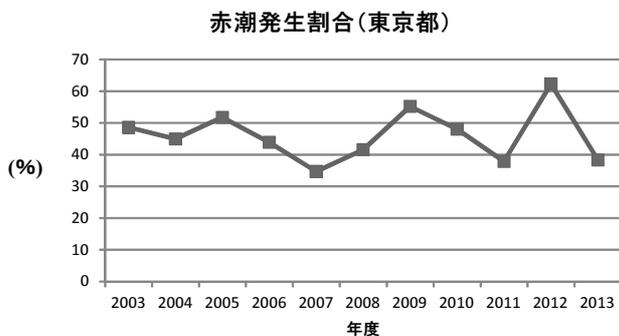
(優占種) *Heterosigma akashiwo*

(概要)

・3 月 18 日、江戸川区の新川、宇喜田橋付近で *Heterosigma akashiwo* の赤潮が確認された。(江戸川区調)

別途の手法による赤潮発生割合

調査回数に占める赤潮確認回数の割合で示す手法で算出した赤潮発生割合を以下に示す。



赤潮発生割合(%)

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

2013 年度は 38% であった。

表5 植物プランクトンの月別出現状況と第一優占種となった回数

(平成25年度)

| 門 | 綱 | 学名 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 回数 | |
|--------------------------------------|-------|---|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| クリプト植物 | クリプト藻 | Cryptomonadaceae | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ◎ | ● | ◎ | ● | ◎ | 14 | |
| 渦鞭毛藻植物 | 渦鞭毛藻 | <i>Prorocentrum micans</i> | | | | | | | | △ | | | | | 0 | |
| | | <i>Prorocentrum minimum</i> | ○ | ◎ | ● | ◎ | ● | | | △ | | | | | ○ | 1 |
| | | <i>Prorocentrum triestinum</i> | | | | ◎ | | ● | ◎ | | | | | | | 0 |
| | | <i>Dinophysis acuminata</i> | | | | | | | | | | ○ | △ | | | 0 |
| | | <i>Oxyphysis oxytoxoides</i> | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | <i>Gonyaulax spinifera</i> | ○ | △ | | | | | | | | | | ○ | △ | 0 |
| | | <i>Gonyaulax verior</i> | ◎ | | | | ◎ | | | | | | | | | 0 |
| | | <i>Gyrodinium sp.</i> | | | ○ | ● | | ○ | | △ | ○ | △ | △ | | | 0 |
| | | <i>Gymnodinium sanguineum</i> | | | | | | | | | ○ | | ○ | | | 0 |
| | | <i>Gymnodiniales</i> | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | <i>Heterocapsa triquetra</i> | ○ | | ● | | | | | | | | | | | 0 |
| | | <i>Heterocapsa sp.</i> | ○ | ◎ | ● | ● | ● | ◎ | ● | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | 0 |
| | | <i>Protoperdinium bipes</i> | | | | | | | | | ○ | △ | | | | 0 |
| | | <i>Protoperdinium sp.</i> | ○ | ○ | ○ | | | | | | △ | ○ | | | | 0 |
| | | <i>Ceratium furca</i> | | | | ◎ | ◎ | | | | △ | △ | | | | 0 |
| | | <i>Ceratium fusus</i> | | | | | | | | | ○ | | | | | 0 |
| | | <i>Peridinales</i> | | | ◎ | ● | | ◎ | ○ | | ○ | ○ | | | | 0 |
| 黄色植物 | 珪藻 | <i>Lauderia annulata</i> | | ◎ | | | | | | | | △ | △ | | 0 | |
| | | <i>Skeletonema costatum</i> | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 55 |
| | | <i>Skeletonema potamos</i> | | | | ◎ | ○ | ● | | | △ | | ○ | | | 1 |
| | | <i>Thalassiosira anguste-lineata</i> | | | | | | | | | | | ○ | ◎ | | 0 |
| | | <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> | | | | | | | | | | | ◎ | ○ | | 0 |
| | | <i>Thalassiosira sp.</i> | ○ | ○ | ○ | ◎ | ● | ● | ● | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | | 7 |
| | | <i>Thalassiosiraceae</i> | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | | 6 |
| | | <i>Leptocylindrus danicus</i> | ● | ● | ● | | | | | ● | | ○ | | ○ | ○ | 4 |
| | | <i>Leptocylindrus minimus</i> | | | | | | | | ● | ○ | | | | | 0 |
| | | <i>Rhizosolenia fragilissima</i> | ◎ | ◎ | ● | ◎ | ● | ◎ | ◎ | △ | | | | ○ | ◎ | 2 |
| | | <i>Rhizosolenia setigera</i> | | | | | | | ○ | | | | ○ | △ | ○ | 0 |
| | | <i>Rhizosolenia phuketensis</i> | | | | | | | | | | ○ | | | | 0 |
| | | <i>Guinardia flaccida</i> | | ○ | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | <i>Cerataulina pelagica</i> | | | ◎ | | ◎ | | | | | ○ | ○ | ◎ | ○ | 0 |
| | | <i>Eucampia zodiacus</i> | ● | ○ | ◎ | | | | | | | | | ○ | ◎ | 0 |
| | | <i>Chaetoceros danicum</i> | | | | | | | | | | | | ○ | | 0 |
| | | <i>Chaetoceros debile</i> | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ○ | | 0 |
| | | <i>Chaetoceros didymum</i> | | | | | | | | | | ○ | ○ | ◎ | | 0 |
| | | <i>Chaetoceros lorenzianum</i> | | | | | ◎ | ○ | | | | | ○ | △ | △ | 0 |
| | | <i>Chaetoceros radicans</i> | | | | | | | | | | ○ | ◎ | ○ | | 0 |
| | | <i>Chaetoceros sociale</i> | | | ● | | | | | | | ○ | | | | 0 |
| | | <i>Chaetoceros subgen.Hyalochaete sp.</i> | | | | ● | ● | ● | ● | ◎ | ○ | ○ | | ○ | | 0 |
| | | <i>Ditylum brightwellii</i> | ○ | | | | | | | | | △ | △ | | ○ | 0 |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | | | | | | ◎ | | | | | ○ | ○ | | 0 | | |
| <i>Cylindrotheca closterium</i> | | | | | ◎ | ○ | | | | | ○ | ◎ | ◎ | 0 | | |
| <i>Nitzschia sp.</i> | | | ◎ | ◎ | ● | ● | ● | ◎ | ◎ | △ | | ○ | | 1 | | |
| <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> | | | | ○ | ● | | | ◎ | ◎ | | | | | 0 | | |
| <i>Pleurosigma sp.</i> | | ● | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | ラフト藻 | <i>Heterosigma akashiwo</i> | | | | ● | | | | | | | | 0 | | |
| ミドリムシ植物 | ミドリムシ | <i>Euglenophyceae</i> | | ○ | | ● | ● | ◎ | ● | ○ | | | | | 2 | |
| 緑色植物 | プラシノ藻 | <i>Prasinophyceae</i> | ◎ | ◎ | ● | ● | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ | | ◎ | ◎ | 3 | |
| | 緑藻 | <i>Scenedesmus sp.</i> | ○ | | ◎ | ○ | | ◎ | | | | | | | 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：×10⁶細胞数/m³)

表6 赤潮発生時の優占プランクトン及び水質

(平成25年度)

| 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) | | | | | | 塩分 |
|----|-----------------|----|--------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------|------------|---------|
| | | | | | | 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) | |
| 1 | 4月16日 ~ 4月18日 | 3 | ⑤ | <i>Skeletonema costatum</i> <i>Eucampia zodiacus</i> | 29700(S) 1090(E) | 6.3 | 1.1 | 61.4 | 14.4 | 8.5 | 16 | 25 |
| 2 | 5月21日 ~ 5月24日 | 4 | ⑤ | <i>Heterosigma akashiwo</i> | 9,680 | 8.9 | 1.0 | 138.0 | 15.5 | 8.7 | 22 | 24 ~ 26 |
| 3 | 6月4日 ~ 6月5日 | 2 | ⑤ | <i>Skeletonema costatum</i> | 32,900 | 6 | 1.3 | 56 | 15.4 | 8.8 | 23 ~ 25 | 25 ~ 27 |
| 4 | 7月2日 ~ 7月9日 | 8 | ⑤ | <i>Noctiluca scintillans</i> | 3.66 | 10 | 0.6 | 167 | >20 | 9.0 | 24 ~ 26 | 17 ~ 26 |
| 5 | 7月2日 ~ 7月9日 | 8 | ⑤ | <i>Thalassiosiraceae</i> <i>Mesodinium rubrum</i> | 36900(T) 430(M) | 7.7 | 0.9 | 88.7 | 17.0 | 8.5 | 27 ~ 29 | 18 ~ 27 |
| 6 | 7月10日 ~ 7月13日 | 4 | ③ | <i>Heterosigma akashiwo</i> | 2,520 | 7.0 | 0.9 | 89 | 13.6 | 8.4 | 28 | 10 ~ 23 |
| 7 | 7月18日 ~ 7月22日 | 5 | ② | <i>Skeletonema costatum</i> | 50,200 | 7.6 | 0.7 | 107.0 | 10.0 | 8.5 | 26 | 21 ~ 25 |
| 8 | 7月25日 ~ 7月26日 | 2 | ② | <i>Ceratium furca</i> | 2,040 | 10.0 | 1.0 | 140 | 11.3 | 8.7 | 26 ~ 27 | 24 ~ 28 |
| 9 | 8月1日 ~ 8月5日 | 5 | ③ | <i>Skeletonema costatum</i> | 26,200 | 8.1 | 0.7 | 132 | 13.9 | 8.7 | 27 ~ 28 | 18 ~ 25 |
| 10 | 8月8日 ~ 8月24日 | 17 | ② | <i>Skeletonema costatum</i> | 218,000 | 9.3 | 0.6 | 155 | 29.2 | 9.1 | 22 ~ 31 | 5 ~ 28 |
| 11 | 8月28日 ~ 9月4日 | 8 | ② | <i>Skeletonema costatum</i> | 172,000 | 10 | 0.7 | 171 | 16.5 | 8.9 | 27 ~ 28 | 20 ~ 28 |
| 12 | 9月8日 ~ 9月14日 | 7 | ② | <i>Skeletonema costatum</i> | 74,400 | 6.4 | 0.7 | 119 | 16 | 8.86 | 28 | 23 ~ 24 |
| 13 | 9月18日 ~ 9月22日 | 5 | ③ | <i>Skeletonema costatum</i> | 34,600 | 7.5 | 0.9 | 105.0 | 12.6 | 8.7 | 24 ~ 26 | 14 ~ 23 |
| 14 | 10月10日 ~ 10月12日 | 3 | ③ | <i>Heterosigma akashiwo</i> | 8,180 | 8.2 | 1.0 | 147.0 | 11.1 | 8.3 | 24 | 25 ~ 27 |
| 15 | 3月18日 ~ 3月18日 | 1 | ⑤ | <i>Heterosigma akashiwo</i> | - | 10 | - | - | 8 | 6.5 | - | - |

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

(注2) 優占種が地点により異なる場合は、総合的に判断して赤潮プランクトンを決定した。

(注3) 優占プランクトンの最多細胞数を示した。

(注4) 赤潮有りと判断された地点のみのデータを使用した。

(注5) 同じ日に2種以上の赤潮が発生している場合でも、発生日数は1日とした。

| | |
|----------------------|----|
| 発生日数 ^(注5) | 74 |
|----------------------|----|

ウ 赤潮の発生水域及び継続日数

表 7 に赤潮発生期間別発生回数の経年変化を示す。

平成 25 年度は、発生した赤潮の 67% (10 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 8 日から 8 月 24 日まで 17 日間発生した第 10 回赤潮であった。平成 24 年度では最長で 34 日間継続していたが、平成 25 年度は赤潮の継続期間が短かった。

表 8 に調査日における調査地点別の赤潮発生状況、表 9 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 25 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、調査地点の中で最も陸から遠い St.35 であった。

発生水域の規模で見ると、平成 25 年度では東京都内湾の大部分に広がった赤潮が 5 回あったものの、内湾全体に広がった赤潮は 0 回だった。また、東京港内の一部にのみ発生した赤潮が 6 回 (全体の 40%) であり、規模の小さい赤潮が多かった

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、7 月上旬、10 月上旬にラフィド藻類である *Heterosigma akashiwo*、7 月下旬に渦鞭毛藻類の *Ceratium furca* による赤潮が発生した他は、珪藻類の *Skeletonema costatum* による赤潮がほとんどであった。

表 7 赤潮発生期間別発生回数の経年変化

| 発生期間 延日数 | 発生回数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| | S 55 年度 | 56 年度 | 57 年度 | 58 年度 | 59 年度 | 60 年度 | 61 年度 | 62 年度 | 63 年度 | H 1 年度 | 2 年度 | 3 年度 | 4 年度 | 5 年度 | 6 年度 | 7 年度 | 8 年度 | 9 年度 | 10 年度 | 11 年度 | 12 年度 | 13 年度 | 14 年度 | 15 年度 | 16 年度 | 17 年度 | 18 年度 | 19 年度 | 20 年度 | 21 年度 | 22 年度 | 23 年度 | 24 年度 | 25 年度 | |
| 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 | |
| 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 | |
| 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 | |
| 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 | |
| 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 |
| 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 | 0 | 1 | 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 | 18 | 15 | |

表8-1 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10日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 4月11日 | 木 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 4月16日 | 火 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | ● | × | × | <i>Skeletonema costatum</i> 、 <i>Eucampia zodiacus</i> が優占種 |
| 4月18日 | 木 | 内湾 | — | × | × | × | × | — | — | — | — | |
| 4月23日 | 火 | DXN | — | — | △ | △ | — | △ | — | △ | △ | 全地点赤潮なし |
| 4月24日 | 水 | DXN | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 4月25日 | 木 | 稚魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 4月26日 | 金 | 赤潮 | △ | △ | △ | — | △ | — | △ | — | — | 全地点赤潮なし |
| 5月2日 | 水 | 赤潮 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 全地点赤潮なし |
| 5月8日 | 水 | 内湾/鳥 | — | × | × | × | × | — | × | — | — | 全地点赤潮なし |
| 5月9日 | 木 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | — | × | × | 全地点赤潮なし |
| 5月14日 | 火 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月15日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月16日 | 木 | 赤潮 | △ | △ | × | △ | △ | × | △ | × | △ | 全地点赤潮なし |
| 5月21日 | 火 | 成魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月22日 | 水 | 付着 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月23日 | 木 | 赤潮 | ● | ○ | ● | △ | ○ | △ | ○ | △ | △ | <i>Heterosigma akashiwo</i> が優占種 |
| 5月27日 | 月 | 底生 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月28日 | 火 | 底生 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月29日 | 水 | 底生 | — | △ | — | — | — | — | — | — | — | |
| 5月30日 | 木 | 赤潮 | × | — | × | — | — | — | — | — | — | |
| 5月31日 | 金 | 底生 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 6月4日 | 火 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | × | × | × | |
| 6月5日 | 水 | 内湾 | — | ● | ● | × | ● | — | — | — | — | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 6月10日 | 月 | 鳥 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 6月11日 | 火 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 6月12日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 6月13日 | 木 | 赤潮 | △ | △ | × | △ | △ | △ | △ | △ | — | 全地点赤潮なし |
| 6月20日 | 木 | 赤潮 | △ | △ | × | △ | △ | — | △ | △ | — | 全地点赤潮なし |
| 6月25日 | 火 | 稚魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 6月27日 | 木 | 赤潮 | △ | △ | × | △ | △ | — | △ | △ | — | 全地点赤潮なし |
| 7月2日 | 火 | 運河/赤潮 | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | ● | ● | <i>Skeletonema costatum</i> 、 <i>Mesodinium rubrum</i> |
| 7月3日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 7月8日 | 月 | 内湾 | — | — | — | — | — | ● | — | — | — | <i>Noctiluca scintillans</i> |
| 7月9日 | 火 | 内湾 | ○ | ● | — | — | — | — | ● | ● | — | Thalassiosiraceae、 <i>Mesodinium rubrum</i> |
| 7月10日 | 水 | 内湾 | — | — | — | ● | — | — | — | — | × | |

表8-2 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 |
|--------|----|---------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|
| 7月11日 | 木 | 内湾 | — | — | ● | — | ● | — | — | — | — | <i>Heterosigma akashiwo</i> |
| 7月18日 | 木 | 赤潮 | ● | ○ | ● | △ | ○ | — | ○ | △ | — | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 7月25日 | 木 | 赤潮 | △ | △ | ● | △ | △ | ● | △ | ● | △ | <i>Ceretium furca</i> が優占種 |
| 8月1日 | 木 | 赤潮 | ○ | ○ | ● | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 8月6日 | 火 | 内湾 | — | × | × | × | × | × | — | — | — | 変色あったが、クロロフィルが規定以下のため赤潮なし。 |
| 8月7日 | 水 | 内湾 | — | — | — | — | — | — | × | × | × | 変色あったが、クロロフィルが規定以下のため赤潮なし。 |
| 8月8日 | 木 | 稚魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 8月15日 | 木 | 赤潮 | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 8月19日 | 月 | 運河/鳥 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 8月20日 | 火 | 運河/底生 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 8月21日 | 水 | 底生 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 8月22日 | 木 | 赤潮/底生 | △ | △ | ● | △ | △ | △ | △ | △ | △ | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 8月23日 | 金 | 底生 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 8月29日 | 木 | 赤潮 | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 9月3日 | 火 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | × | × | × | |
| 9月4日 | 水 | 内湾 | — | ● | × | × | ● | — | — | — | — | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 9月11日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 9月12日 | 木 | 運河/赤潮 | △ | △ | ● | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | △ | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 9月18日 | 水 | 成魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 9月19日 | 木 | 赤潮 | △ | △ | ● | △ | △ | ○ | △ | ● | △ | <i>Skeletonema costatum</i> が優占種 |
| 9月20日 | 金 | 鳥 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 9月27日 | 金 | 赤潮 | △ | △ | × | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 全地点で赤潮無し |
| 10月1日 | 火 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | × | × | × | 全地点で赤潮無し |
| 10月2日 | 水 | 内湾 | — | × | × | × | × | — | — | — | — | 全地点で赤潮無し |
| 10月3日 | 木 | 内湾底質 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 10月4日 | 金 | 内湾底質/稚魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 10月8日 | 火 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 10月9日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 10月10日 | 木 | 運河底質/赤潮 | ● | △ | ● | △ | ○ | △ | △ | ● | △ | <i>Heterosigma akashiwo</i> が優占種 |
| 10月17日 | 木 | 赤潮 | × | △ | × | △ | △ | △ | △ | △ | △ | 全地点で赤潮無し |
| 10月24日 | 木 | DXN | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 10月25日 | 金 | DXN | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 11月6日 | 水 | 内湾 | × | × | × | × | × | × | — | — | — | |
| 11月7日 | 木 | 内湾 | — | — | — | — | — | — | × | × | × | |
| 11月12日 | 火 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 11月13日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

表8-3 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.11 | St.22 | St.23 | St.25 | St.35 | 特記事項 |
|--------|----|-------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 11月21日 | 木 | 成魚 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 12月3日 | 火 | 内湾/稚魚 | — | — | — | — | — | × | × | × | × | |
| 12月4日 | 水 | 内湾 | × | × | × | × | × | — | — | — | — | |
| 12月11日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 12月12日 | 木 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 1月7日 | 火 | 内湾 | — | — | — | × | — | — | — | — | × | |
| 1月8日 | 水 | 内湾 | — | — | × | — | — | — | — | — | — | |
| 1月9日 | 木 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | — | — | — | |
| 1月10日 | 金 | 内湾 | × | × | — | — | — | — | × | — | — | |
| 1月15日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 1月16日 | 水 | 内湾 | — | — | — | — | × | — | — | × | — | |
| 1月17日 | 金 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 1月20日 | 月 | 鳥 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 2月4日 | 火 | 内湾/稚魚 | × | × | × | — | × | — | × | — | — | |
| 2月12日 | 水 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 2月13日 | 木 | 内湾/成魚 | — | — | — | × | — | × | — | × | × | |
| 2月14日 | 金 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 2月18日 | 火 | 鳥 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 3月4日 | 火 | 内湾 | — | — | — | — | — | × | × | × | × | |
| 3月5日 | 水 | 内湾 | × | × | × | × | × | — | — | — | — | |
| 3月6日 | 木 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 3月7日 | 金 | 運河 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 調査回数 | | | 26 | 32 | 33 | 31 | 31 | 28 | 31 | 31 | 27 | |
| 発生回数 | | | 8 | 9 | 13 | 5 | 11 | 8 | 9 | 9 | 4 | |
| 出現率(%) | | | 31 | 28 | 39 | 16 | 35 | 29 | 29 | 29 | 15 | |

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 |
| 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| 東京港内 | 全体 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| | 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 |
| 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 |



図6 優占プランクトン別赤潮発生時期と規模(平成 24 年度)

エ 赤潮時優占プランクトンの出現状況

プランクトン別赤潮発生回数の経年変化を表 10- 10-

25年 発生 赤潮の プランクトン 6 *Skeletonema costatum*) とな 回数 最も多く 8回 次い、*Heterosigma akashiwo* ラフィド) 4回 となる割合 約 59% 延べ 17回中 10回) なお となる割合 50%以上 る傾向 昭和 62年頃から継続 している

Heterosigma akashiwo ラフィド) 昭和53年 15年 及び 18年 を除き毎年赤潮の主要な と て確認されてきており 近年も年 よ て変動 るものの継続的確認されている

オ その他のプランクトンの出現状況： 25年 夏期のプランクトン出現状況の特徴

- 1 *Rhizosolenia fragilissima* とな 8月6日7日
この日 St.5,6,11 St.22,23,25,35 も多く出現 日本沿岸 普通 見られる
都内湾 とな 事例 少ない 16年8月 St.35 18,000細胞/ml出現
その時アンモニア性窒素 硝酸性窒素 りん酸性りん 枯渇 てい 同 真夏の陽気
ばらく続い 時のよう 海域 強く 層 表面の栄養塩 ゼロ 近いぐらい枯渇 て
ほかのプランクトン スカスカの時 この だけ 残 ているという事例 多いという 私信)
今回 週間 日照り 続い 必ず も栄養塩 枯渇 状況と 言えない だ 当
日 朝8時から9時 合わせて7ミリの降雨
- 2 *Thalassiosiraceae* とならなか 8月
例年 7月8月 盛夏となり 細胞数と て *Skeletonema costatum*以上 細胞の小さな
Thalassiosiraceae る か 本年8月 気温変動や降雨の影響 猛暑の継続 なら
ず 他 のプランクトン *Rhizosolenia fragilissima* など)
- 3 *Pleurosigma* sp. (メガネケイソウ) (口絵6参照) の出現：5月 8月
比較的大きなサイズの付着性の る 5月2日のお台場 とな 8月15日の
St.35 も目立つ存在 結果表の特記事項 記載) 昨年 ま これほど目立つ状況
なか
- 4 *Euglenophyceae* : 8月29日のSt.6及び広域23
Skeletonema costatum 10万細胞/ml 対 その4倍の体積を つ同 1万細胞/mlと次
い 多く 透明 0.7m クロロフィル濃 217mg/m³ と強い赤潮とな
- 5 熱帯性スケルトネマ*Skeletonema tyopicum* の出現：8月29日お台場
熱帯・亜熱帯性解散 の*Skeletonema tyopicum* お台場 確認され 同 八代海
有明海 唐津湾 洞海湾 下関漁港 萩湾 広島湾及び函館湾 赤潮形 い らないもの
の 7月から11月 わ て出現 ること 報告されている 東京都内湾 16 24年
も確認されている 黒潮 対馬暖流 よ て我 国の内海域 運ばれること 推測されてい
る 水温からの説明 きなか
- 6 *Gymnodinium sanguineum* の出現 (口絵6参照) : 11月7日St.25,22,23,35
降雨の と 見 目の とな St.25 *Skeletonema costatum*も見えず れば
かり

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 7 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 | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 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 | |
| | <i>Thalassiosira</i> sp.(spp.) | | 1 | | 3 | 1 | 2 | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Thalassiosiraceae | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 1 | | | | 3 | 1 | |
| | <i>Tharassiosira binata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Cyclotella</i> sp.(spp.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | <i>Minidiscus comicus</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Leptocylindrus minimus</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| | <i>Leptocylindrus danicus</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| | <i>Coscinodiscus granii</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| | <i>Coscinodiscus</i> sp. | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Rhizosolenia fragilissima</i> | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | |
| | <i>Chaetoceros sociale</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | <i>Chaetoceros cf. salsugineum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | <i>Chaetoceros</i> spp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Lithodesmium variable</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Eucampia zodiacus</i> | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | | | | |
| | <i>Cylindrotheca closterium</i> | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | |
| | <i>Cerataulina dentata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Cerataulina pelagica</i> | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | |
| | <i>Nitzschia pungens</i> | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 種不明珪藻 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ラフィド藻 | <i>Heterosigma akashiwo</i> | 1 | | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| | <i>Fibrocapsa japonica</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 黄色鞭毛藻 | <i>Distephanus speculum</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 渦鞭毛藻 | <i>Gyrodinium instratum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum minimum</i> | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| | <i>Prorocentrum dentatum</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum triestinum</i> | | | | 2 | 2 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum micans</i> | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum</i> sp. | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| | Gymnodiniales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Ceratium furca</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Heterocapsa triquetra</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | <i>Heterocapsa lanceolata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Noctiluca scintillans</i> | 2 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| 緑藻 | Chlamydomonadaeae | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| クリプト藻 | Cryptomonadaeae | | | | | | 1 | | 2 | 1 | 2 | 1 | | 1 | | | | 5 | | 1 | |
| 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 不明微細鞭毛藻 | | 1 | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | | 3 | 6 | | 1 | 1 | | | | | | 3 | |
| 織毛虫 | <i>Mesodinium rubrum</i> | 1 | | 1 | 1 | | 3 | | | 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 | |

(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 8 年度～平成 25 年度）

| 赤潮プランクトンの種類\年度 | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|--------------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 珪藻 | <i>Skeletonema costatum</i> | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 6 | 3 | 7 | 5 | 4 | 4 | 3 | 8 | 10 | 3 | 7 | 11 | 8 |
| | <i>Thalassiosira</i> sp.(spp.) | 3 | | 2 | 3 | 4 | | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 1 | | | | 2 | |
| | Thalassiosiraceae | | 4 | 1 | | | 3 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 3 | | 3 | | 1 |
| | <i>Tharassiosira binata</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| | <i>Cyclotella</i> sp.(spp.) | 1 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | 1 | | |
| | <i>Minidiscus comicus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Leptocylindrus minimus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Leptocylindrus danicus</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Coscinodiscus granii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Coscinodiscus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Rhizosolenia fragilissima</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Chaetoceros sociale</i> | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Chaetoceros cf. salsugineum</i> | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | |
| | <i>Chaetoceros</i> spp. | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | <i>Lithodesmium variable</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Eucampia zodiacus</i> | | | | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | 3 | 1 |
| | <i>Cylindrotheca closterium</i> | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| | <i>Cerataulina dentata</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | |
| | <i>Cerataulina pelagica</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia pungens</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> | | | | | | 1 | 1 | 2 | | 2 | 2 | | | 1 | | | | | |
| 種不明珪藻 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ラフィド藻 | <i>Heterosigma akashiwo</i> | 4 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 2 | | 2 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| | <i>Fibrocapsa japonica</i> | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 黄色鞭毛藻 | <i>Distephanus speculum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 渦鞭毛藻 | <i>Gyrodinium instratum</i> | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum minimum</i> | | | | 1 | | | | | | 1 | 3 | | | 1 | | | 1 | |
| | <i>Prorocentrum dentatum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum triestinum</i> | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | |
| | <i>Prorocentrum micans</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| | <i>Prorocentrum</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Gymnodiniales | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| | <i>Ceratium furca</i> | | | | | | | | | 2 | | | | | 2 | | | | 1 |
| | <i>Heterocapsa triquetra</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>Heterocapsa lanceolata</i> | | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | | |
| <i>Noctiluca scintillans</i> | | | | 2 | 4 | 1 | | 3 | 1 | 1 | | | 1 | | 3 | | | 1 | |
| 緑藻 | Chlamydomonadaceae | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| クリプト藻 | Cryptomonadaceae | 2 | 2 | 2 | | | 3 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | |
| ハプト藻 | <i>Gephyrocapsa oceanica</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Haptophyceae | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| プラシノ藻 | <i>Pyramimonas</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ミドリムシ藻 | Euglenophyceae | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | Eutreptiaceae | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 不明微細鞭毛藻 | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | |
| 織毛虫 | <i>Mesodinium rubrum</i> | 1 | 1 | | | 4 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| | 種不明 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| | 合計 | 20 | 19 | 19 | 20 | 20 | 19 | 16 | 18 | 18 | 22 | 18 | 15 | 16 | 20 | 15 | 15 | 18 | 17 |

(注)平成 25 年度は、混合赤潮が2回のため、種の総数が17となっている。

カ 赤潮と水質

1) 透明度

透明 動 プランクトンや砂分など水中の懸濁 量 よ て変化 る水の概観を表 指標となり
 うる 懸濁 のひとつ る プランクトンの総細胞数と透明 及び プランクトンを含む採水試
 料の沈殿量と透明 の関係を図7

透明 プランクトンの細胞数やプランクトンを含む懸濁 沈殿量の増加 ともない値 低下
 る傾向を ま 細胞数と沈殿量いずれの場合 おいても 値 小さいとき 透明 の変化 る割
 合 大きく 値 大きいほど透明 の変化 る割合 小さくなる指数曲線の関係をも 本調査 透
 明 1.5m 以下の場合を赤潮状態と て判別 ており 近似曲線の数式から求められ 透明 1.5m の時の
 細胞数及び沈殿量の値 それぞれ $13,345 \times 10^6$ 細胞/ m^3 380ml/ m^3

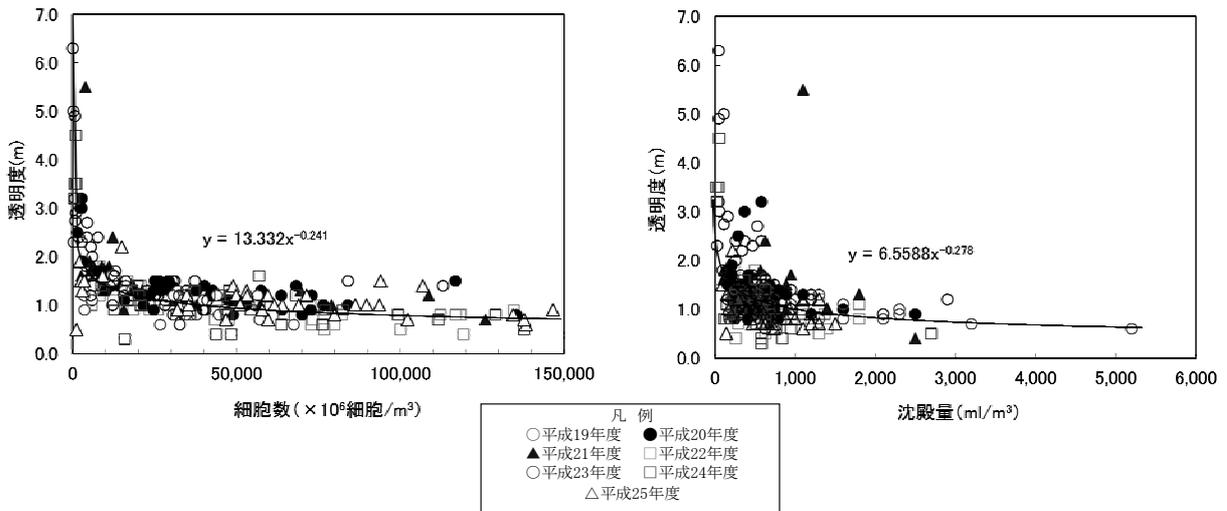


図7 植物プランクトン総細胞数と透明度の関係(左)、及び沈殿量と透明度の関係(右)

2) 栄養塩類

プランクトンの増加 栄養塩 必要 り プランクトン 大きく増加 場合 周辺の
 栄養塩を消費 する可能性 る そこ 栄養塩 と て T-N (全窒素) 及び T-P (全リン) 注目
 21年 から 25年 のデータを用いて プランクトン細胞数とそれらの関係を図8 総
 細胞数と T-N 及び T-P の間 明確な傾向 認められなか

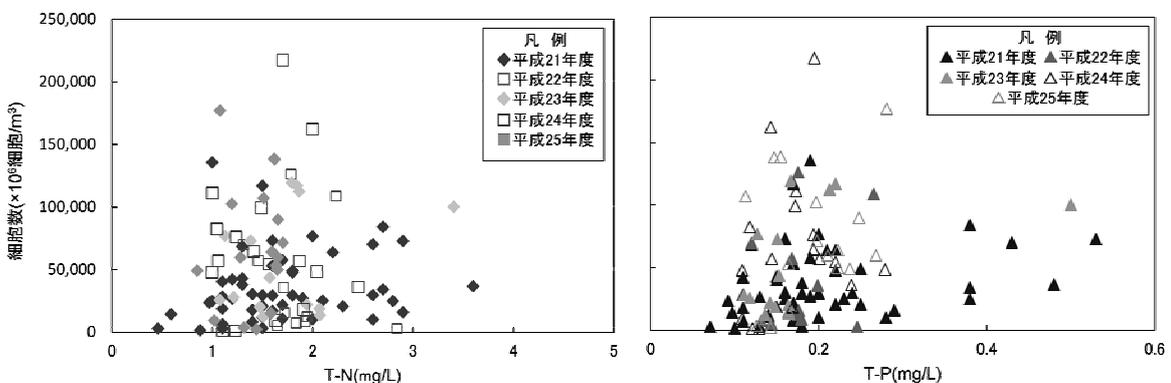


図8 栄養塩類と植物プランクトン細胞数の関係(左:全窒素、右:全りん)

総細胞数 プランクトンのサイズや細胞内 含まれる 質の量を測定 していない ため プランクトンの現存量を表 と 限らない そこ 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 の合計値 (Chl+Phaeo) と栄養塩の関係を図9 T-Nとクロロフィル a+フェオフィチンの合計値の間 相関関係 認められ ($r=0.51$ $p<0.01$) 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 強い相関関係 認められ ($r=0.71$ $p<0.01$)

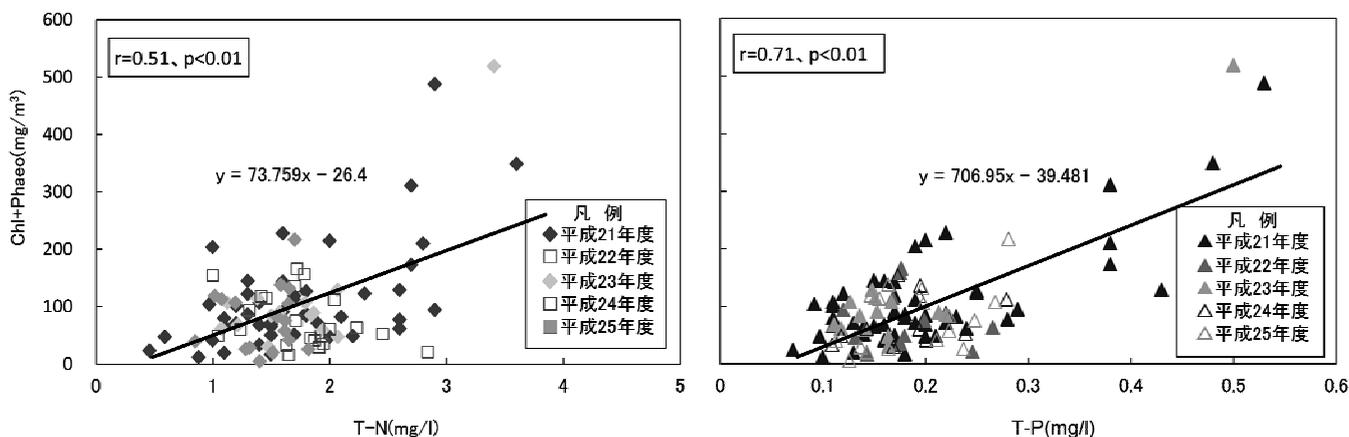


図9 栄養塩類とクロロフィル a+フェオフィチン濃度の関係 (左:全窒素、右:全りん)

3) 主要プランクトンと環境要因

19年 から 25年 比較的高い頻 出現 主要な プランクトンと して の *Skeletonema costatum* *Thalassiosira* spp. *Thalassiosiraceae* および *Chaetoceros* spp. ラフィド の *Heterosigma akashiwo* クリプト の *Cryptomonadaceae* さら 原生動 の繊毛虫 分 される動 プランクトンの *Mesodinium rubrum* の7 注目 細胞数 (個体数) と水温及び塩分の関係 ついて検討 細胞数 それぞれの ・動 プランクトン全体の上位5 以内 含まれ ときのデータのみを利用

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10 (平均細胞数 (個体数) の3倍以上 出現 場合を「多く出現 」と して以下 表現

S. costatum 水温約17~31°C 認められ 細胞数 水温約19~31°C 多か

T. spp. 水温約21~31°C 認められ 細胞数 水温約28~29°C 多か

Thalassiosiraceae 水温約16~31°C 認められ 細胞数 水温約19°Cおよび約25~30°C 多か

C. spp. 水温約19~31°C 認められ 細胞数 水温約19°Cおよび約29~31°C 多か

H. akashiwo 水温約18~29°C 認められ 細胞数 水温約23°C 最も多か

Cryptomonadaceae 水温約16~31°C 認められ 細胞数 水温約23~31°C 多か

M. rubrum 水温約16~31°C 認められ 個体数 水温約19~28°C 多く 特 約22~23°C 多か

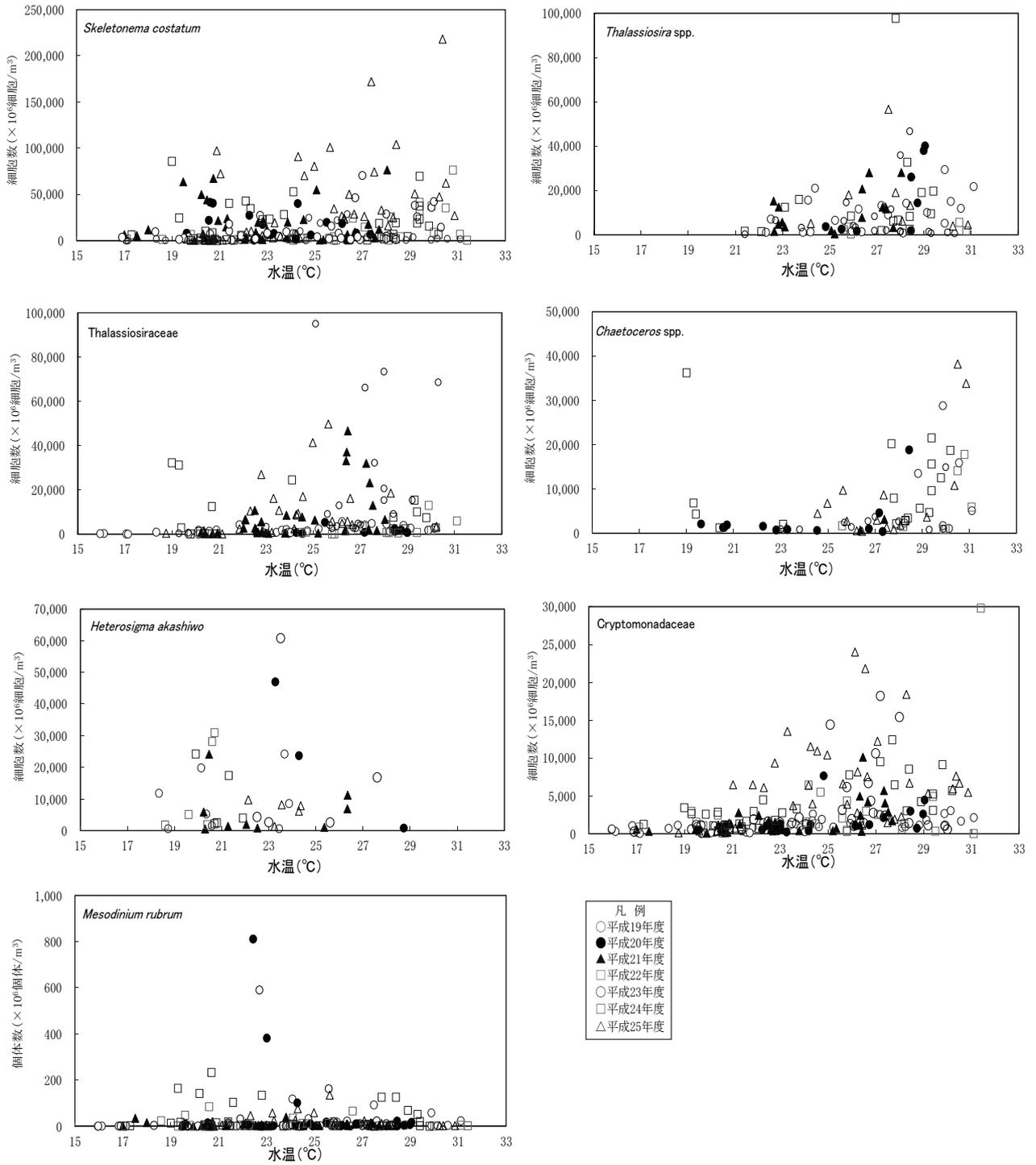


図 10 水温と主要植物プランクトン細胞数(個体数)の関係

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 塩分約13~31 認められ 細胞数 塩分約16~28 多か

T. spp. 塩分約13~29 認められ 細胞数 塩分約19~25 多か

Thalassiosiraceae 塩分約13~31 認められ 細胞数 塩分約13~25 多か

C. spp. 塩分約15~28 認められ 細胞数 塩分約21~28 多か

H. akashiwo 塩分約14~30 認められ 細胞数 塩分約20 最も多か

Cryptomonadaceae 塩分約14~31 認められ 細胞数 塩分約18~26 多く 特 約25 多か

M. rubrum 塩分約13~31 認められ 個体数 塩分約16~28 多か

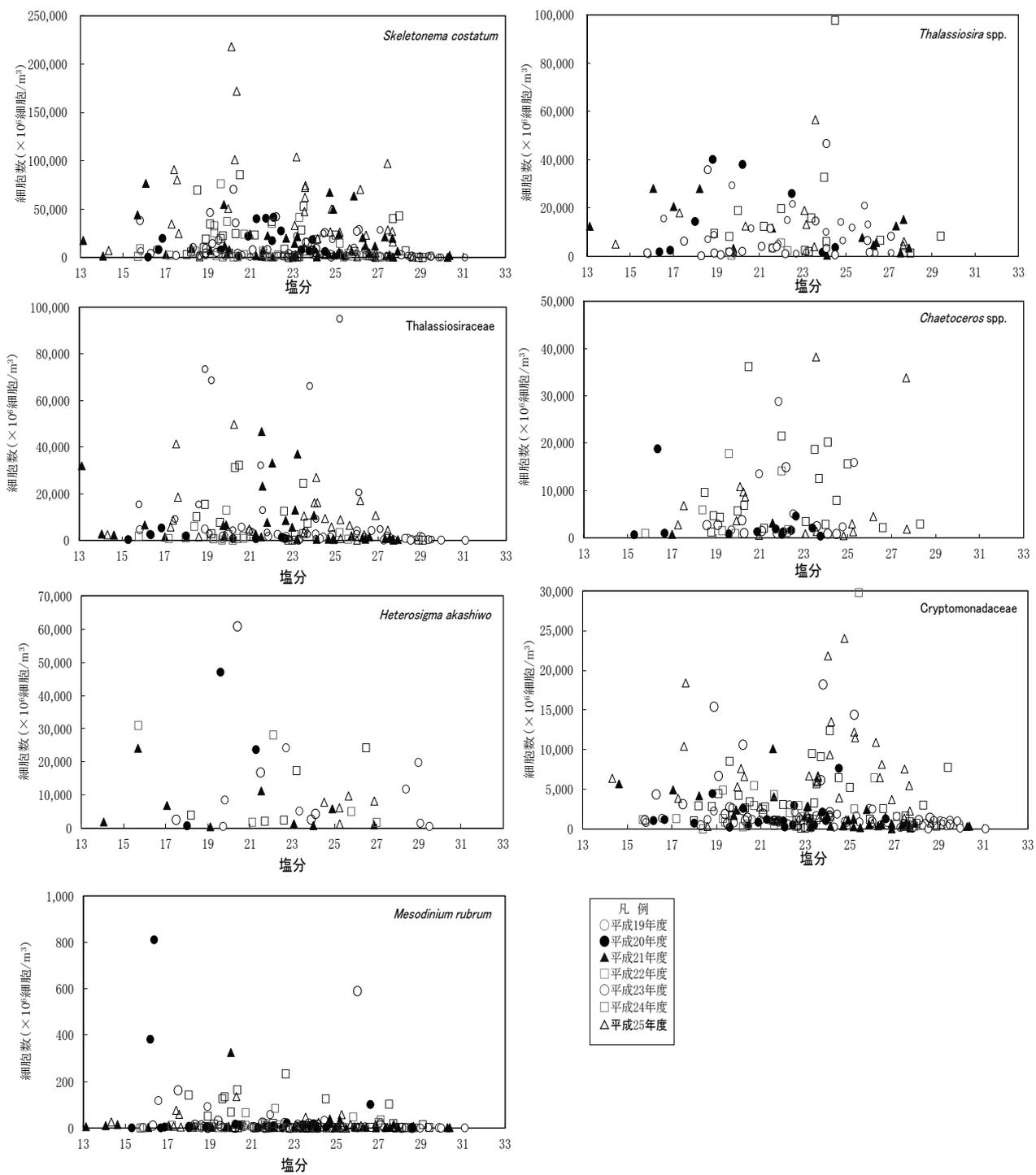


図 11 塩分と主要プランクトン(細胞数)の関係

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。

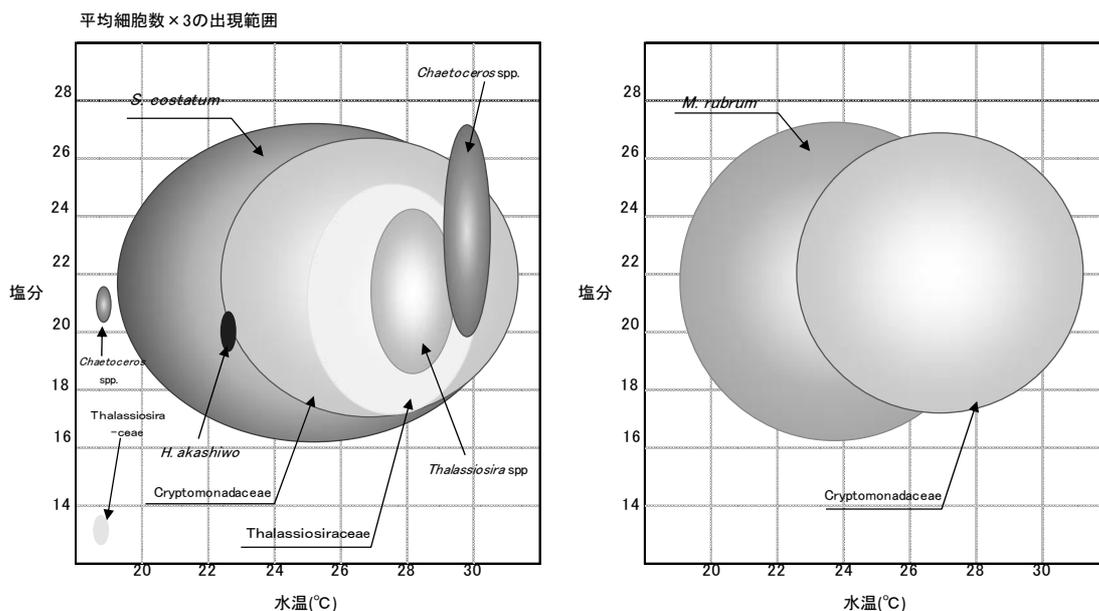


図 12 主要プランクトンと水温および塩分範囲

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。Thalassiosiraceae の好適水温は約 25～30℃の範囲であるが、塩分は 13 および 18～25 の 2 ヶ所で細胞数が多くなった。Thalassiosiraceae 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。同様に、*C. spp.* の好適塩分は約 21～24 の範囲であるが、水温は約 19℃と 25～30℃の 2 か所で細胞数が多くなった。

H. akashiwo は水温約 23℃、塩分約 20 といった限定的な条件で細胞数が多かった。

Cryptomonadaceae は水温約 23～31℃、塩分 18～27 の広い範囲で細胞数が多かった。

M. rubrum は水温約 19～28℃、塩分 16～28 の広い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 23～28℃、塩分は 18～27 のやや広い範囲で重複した。

(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.

キ 降雨と水質

降雨により一時期海水の栄養塩濃度が上昇する。その状況把握のため、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た。その結果を図 13 に示す。降水量は 8 月下旬から 9 月下旬にかけて多く、10 月 16 日に観測期間の最大降水量 176.5mm を示した。T-N は 6 月 20 日に最大値 1.82mg/L、T-P は 8 月 21 日に最大値 0.295mg/L を示した。

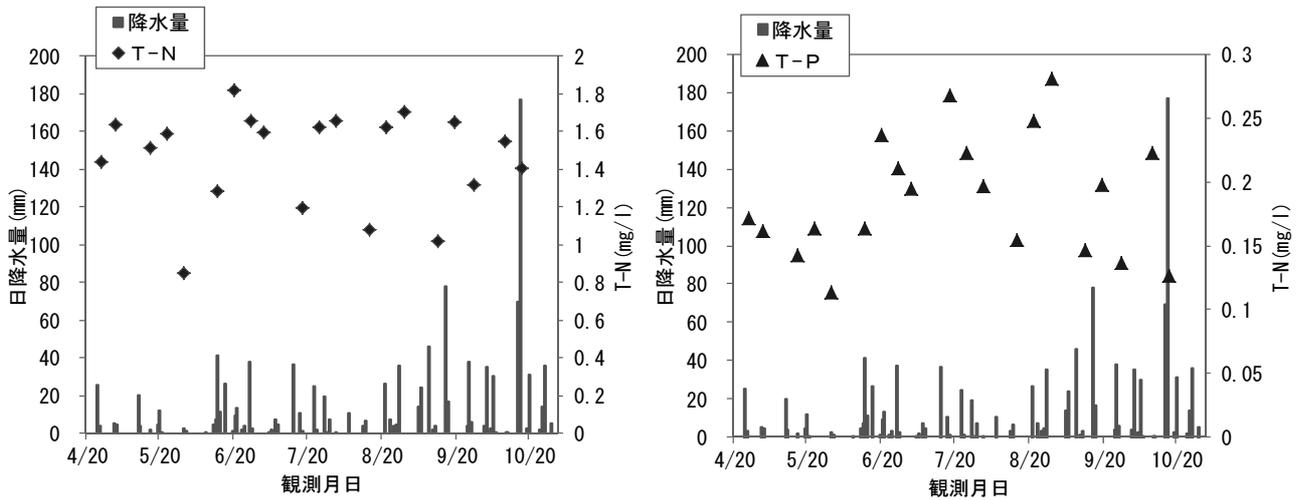


図13 日降水量とT-N(左)、T-P(右)濃度の変化(St.6)

(2) 海水の窒素、りん濃度

赤潮の発生 窒素・りんの濃 深く影響 ている
 とされている 本年 月 回測定 水質測定結果
 隅田川河口部先の定点 その濃 低下 流域
 の大きな汚濁負荷発生源の つ る芝浦水再生センタ
 ー 23年 送泥プロセスの変更や準高 処理を
 導入 ことなど より 全りんの排出負荷 従来のお
 およそ半分 ま 低下 この効果 現れ 可能性
 する

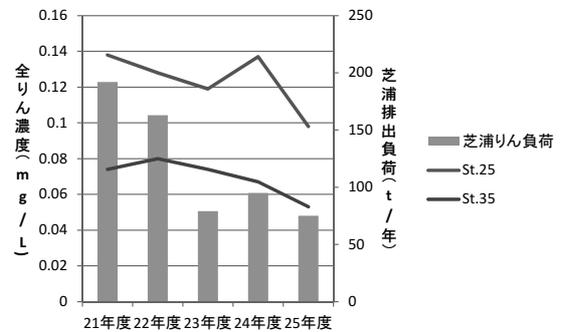


図14 海水の全りん濃度と下水排出負荷

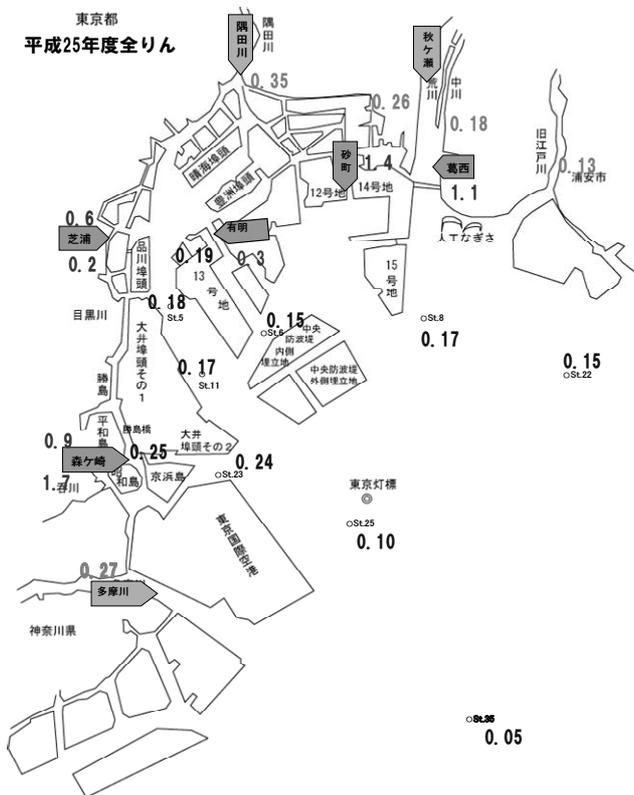


図15 りん濃度でみた流域の水質

りん濃 み 流域の水質を左記
 全りん濃 み 場合 都内湾海水 (上層) 0.2mg/L
 前後 流入河川水 0.2~0.3mg/L するの 対 下
 水処理放流水 芝浦東系 (0.2mg/L) を除き 0.6~
 1.1mg/L と河川水の3倍濃 する他 1.7mg/L と6
 倍濃 の所も 水量 みて 例え ば 森ヶ崎水再生
 センター 排水量 日量 105 万 m³ するの 対 多
 摩川の低水流量 126 万 m³ と同程 するよう 大
 都市沿岸 立地 する下水処理場の排水量 河川流量
 匹敵 するもの り 処理場排水の環境濃 への影響
 大きい

(3) 貧酸素水塊の発生状況 (口絵 4、11)

各地点下層についての D0 (溶存酸素量) の年間推移の様子を過去 2 カ年とともに、口絵 11 に示した。毎年 15~30 回調査した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。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 11 に示す。

表 11 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 |

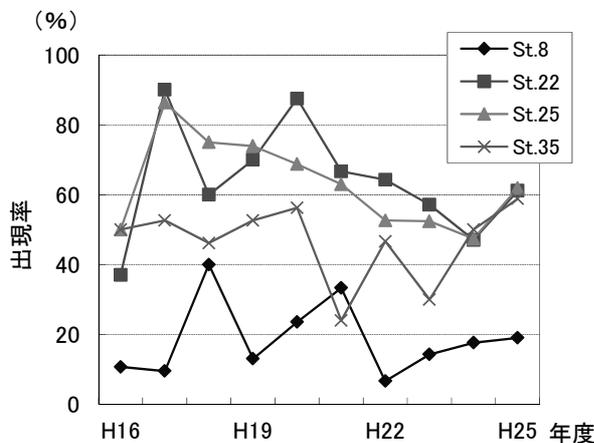


図 16-1 貧酸素水塊出現率の経年変化(B 類型)

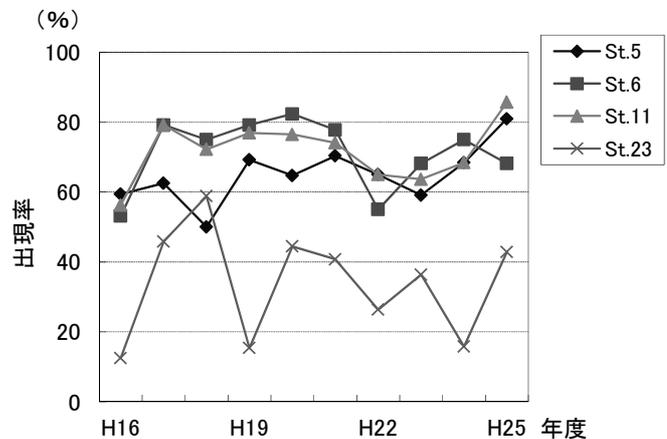


図 16-2 貧酸素水塊出現率の経年変化(C 類型)

河川水の影響の強い St. 8 処理場排水の影響の強い St. 23 を除いて 貧酸素水塊出現率 60%を超える状況 赤潮 によるプランクトンの異常増殖 底層貧酸素化の大きな要因 となっていること 推察される

6 まとめ

(1) 赤潮の発生回数、日数及び時期

25年 の赤潮の発生回数 15回 発生日数 74日間 24年 と比べて 発生回数 3回 日数 32日減少 4月 10月 雨 多く 回数・日数 減少 ものの 経年変化を見ると 回数 日数とも 年 により変動 大きい め 顕著な傾向 見られず 近年 横ばい傾向 るといえる

(2) 赤潮優占プランクトンの傾向

25年 において最も多く赤潮の とな プランクトン 回数と て *Skeletonema costatum*) 発生回数 延べ17回中8回だ *Heterosigma akashiwo* (ラフィド) の4回 それ 次いだ 日数と て *Skeletonema costatum*) 延べ52日間と最も長く *Heterosigma akashiwo* (ラフィド) 12日とそれ 次いだ 件数 においても 日数 においても *Skeletonema costatum*) や *Thalassiosiraceae*) を主と の発生 多いこと 特徴 する

(3) 赤潮の発生水域及び継続日数

東京都内湾の大部分 広 赤潮 5回 ものの 内湾全体 広 赤潮 0回だ ま 東京港内の 部 のみ発生 赤潮 6回 全体の40%) り 規模の小さい赤潮 多か 継続日数 全赤潮発生回数の67% (15回中10回) 5日以内

(4) 貧酸素水塊の発生状況

25年 5月～9月の調査 において 下層の DO 濃 2.0mg/L を下回る貧酸素状態の出現率 50%以上を越えるの 8地点中6地点 ま St.6 において 25年 68% り 24年 の75%より7%減少

【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」