

〔報告〕

# 東京都内湾における赤潮の発生状況について

安藤 晴夫 和波 一夫 石井 裕一

## 1 はじめに

東京湾では総量規制制度が導入された1970年代末から今日までの間にCODや窒素、りん濃度は低下傾向を示しているが、環境基準の達成率は十分な状況にはなく、赤潮や貧酸素水塊といった富栄養化に伴う問題が依然として発生している<sup>1)</sup>。そのため、現在は平成26年度を目標年度とした第7次水質総量削減に基づいて各種対策が実施されている。

人口密集地域を背景とする東京都の地先海域（以後東京都内湾と記す：図1）は、東京湾全域の内でも特に人間活動の影響を強く受ける海域で、夏季には慢性的に赤潮プランクトンが異常増殖し、それが底質悪化や貧酸素水塊発生の主な要因になっている<sup>2)</sup>。

東京都環境局は、こうした赤潮による有機汚濁の実態を正確に把握するために、通常の水質調査に加え、1980年代からは赤潮プランクトンの計数調査を行っている。

本研究では、水質や赤潮プランクトン計数データを収集・整理し、赤潮の発生状況やその変遷、赤潮プランクトンが水質汚濁に与える影響等について解析を行っている。ここでは、東京湾全域および東京都内湾の赤潮発生状況や水質との関係等について取りまとめた結果を報告する。

## 2 方法

### (1) 使用データ

ア) 公共用水域水質測定データ (東京、千葉、神奈川)

地点：東京湾全域の42地点

期間：1981～2011年3月

頻度：月1回

項目：水温、塩分、クロロフィルa (Chl-a)、COD、  
溶存性COD(DCOD)、全有機体炭素 (TOC)、  
溶存性有機体炭素 (DOC)、全窒素(T-N)、  
アンモニア性窒素(NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸性窒素  
(NO<sub>2</sub>-N)、硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)、全りん(T-P)、  
りん酸性りん(PO<sub>4</sub>P)

イ) 赤潮プランクトン計数データ

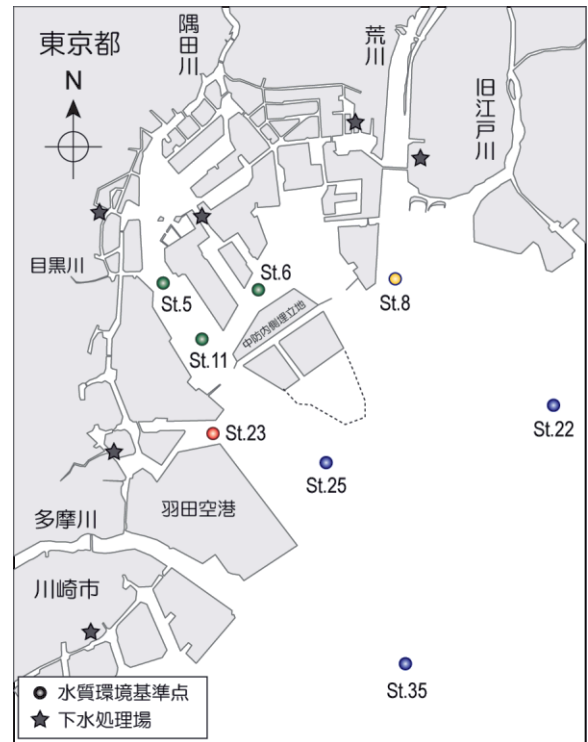


図1 東京都内湾の水質環境基準点

地点：東京都内湾環境基準点8地点（図1）

頻度：月1回

項目：植・動物プランクトン各優占10種及び全細胞数

期間：1985年4月～2011年3月

ウ) 気象データ<sup>3)</sup>

地点：東京（大手町）

項目：日降水量、全天日射量

### (2) 解析方法

東京都は、赤潮発生の有無を次の基準で判定している。

- ◆ 海水が、茶褐、黄褐、緑色などに呈色
  - ◆ 透明度が、概ね1.5m以下
  - ◆ 顕微鏡下で多量な赤潮プランクトンの存在確認
  - ◆ Chl-*a*濃度(フェオ色素を含む)が50mg/m<sup>3</sup>以上
- ただし動物プランクトンの場合は除く

一方、千葉県、神奈川県は、東京都とは異なる基準<sup>4)</sup>で各地先海域の赤潮の有無を判定し、赤潮発生状況を報告している。このため、既存の報告から東京湾全域の赤潮発生状況を統一的に評価するのは難しい。

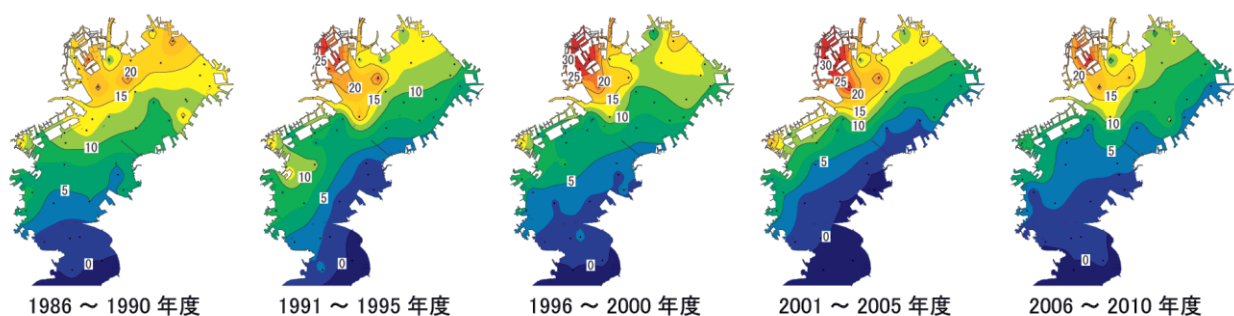


図2 東京湾における赤潮発生状況の推移

注) 42 地点における各 5 年間 (60 ヶ月) の赤潮発生率(%)を平面補間して作成

そこで本研究では、各都県が東京湾の定点で定期的実施している公共用水域水質測定調査のChl-*a* (フェオ色素を含む) データを用い、その濃度が50mg/m<sup>3</sup>以上の場合を赤潮状態と定義して、赤潮発生率(%)を求めた。したがって、クロロフィルを持たない動物プランクトンの異常増殖は、ここでの赤潮の定義には含まれない。

### 3 結果

#### (1) 東京湾全域の赤潮発生状況

25年間(1986~2010年度)の水質測定データを5年間毎に5期に分け、各期間の赤潮発生率(Chl-*a* ≥ 50mg/m<sup>3</sup>)を東京湾内42地点について求め、その結果を平面補間して、東京湾全域の赤潮発生率の分布図を作成した(図2)。

赤潮発生分布の特徴としては、全期間を通じて東京都内湾(図2の左上の海域)の赤潮発生率が他の海域に比べて高いことが挙げられる。特に中央防波堤内側の海域(図1のSt. 5、6、11が位置する海域)は、赤潮発生率が高く、30%を超える値を示している。一方、赤潮分布の長期的な変化に着目すると、1期目(1986~1990年度)の東京都内湾の赤潮発生率がそれ以後と比較して低いことが分かる。その原因は、後述するように気象条件によるものであると考えられる。東京湾全体では、近年になるほど赤潮発生率が低下する傾向が認められ、特に湾の東側では、経年的に湾口付近から湾奥に向かって赤潮発生率の低い海域が北上するような変化を示している。東京湾のCODや窒素、リンの平面濃度分布についても、長期的な変動傾向として、同様な濃度分布の変化が報告<sup>5)</sup>されている。こうした変化は、これまでの発生源や生活排水対策により湾内に流入する栄養塩負荷量が削減された結果、特に栄養塩濃度の低い湾口付近では、植物プランク

トンの増殖が抑制され、次第に水質改善効果が顕在してきたと見ることができる。

#### (2) 東京都内湾の赤潮発生状況と水質

図3は、東京都内湾の水質環境基準点8地点(図1)における30年間(1981~2010年度)の赤潮発生率、全天日射量および水質(上層)を5年間毎6期に分けて集計・平均した結果である。なお、東京都内湾ではChl-*a*の測定開始年度が早かったため、(1)の東京湾全域より5年間長く解析対象期間とした。また、全天日射量は、Chl-*a*濃度との相関を考慮して、各調査日の前7日間の平均値を与えた。

##### ・赤潮発生率

赤潮発生率は、すべての地点で②期目に低下し、特にSt. 5、11、23では、その幅が大きい。植物プランクトンの光合成を支配する日射量および水温がこの時期に低下していることから、気象条件がその原因の一つであると考えられる。また、図には示していないが、調査前の降雨状況を比較すると、6期のうち、②期が最も多く、最も少ない①期の約1.6倍に達する。このため、隅田川河口に連なるSt. 5、11、23では、流量増加の影響をより強く受け、滞留時間が減少して、植物プランクトンの増殖が抑制され、赤潮発生率は低下したと推測される。

日射量の低下に応じた赤潮発生率の低下は、⑥期目についても認められる。

このように東京都内湾の赤潮発生率は、主に気象条件に支配されて変化していると考えられ、長期的な低下傾向は明確には認められない。

東京都内湾各地点の赤潮発生率を⑥期のデータと比較すると、中防内側でも特に奥まった位置にあるSt. 6が最も高く30%以上、次に隅田川河口に連なるSt. 5、11、

25と千葉県寄りのSt. 22が約20%、運河部に接続するSt. 23と最も沖合のSt. 35が約15%と続き、荒川河口のSt. 8が10%以下で最も低くなっている。

#### ・COD

CODは、赤潮発生率の低下に応じて、②期目に濃度の低下が認められ、中防内側の地点でその変化が大きい。②期目以後は、各地点とも濃度変化は小刻みで、近年はやや低下か横ばいの状況が続いている。環境基準B類型の指定水域に位置するSt. 25、35、22、8におけるCOD濃度は、いずれも基準値3mg/Lを超えた状況が続いている。

#### ・T-N

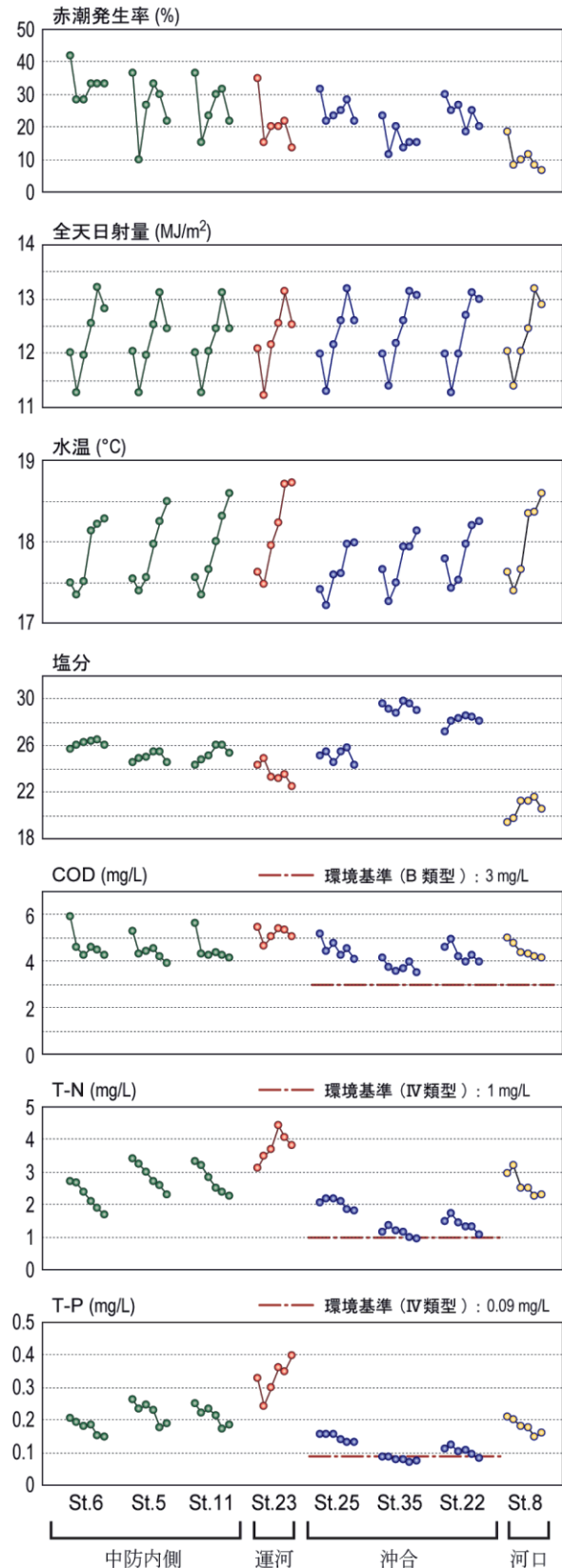
T-Nは、中防内側のSt. 6、5、11で継続的に改善傾向が認められる。下水処理水の影響を強く受けるSt. 23では、1990年代までは他の地点と異なり上昇傾向を示していたが、2000年代に入って低下傾向に転じている。その他の沖合や河口の地点でも低下傾向が続いているが、中防内側水域に比べると変化は小さい。8地点のうち、沖合のSt. 25、35、22は、環境基準IV類型の指定水域に位置し、St. 35、22では、基準値1mg/Lと等しいレベルまでT-N濃度が低下している。図3によれば、St. 25の塩分濃度は、沖合のSt. 35、22よりもむしろ中防内側のSt. 5、11に近い。すなわち、St. 25には、中防内側の水がそのまま到達していることが示唆され、そのため環境基準の2倍近い濃度が続いていると推測される。

#### ・T-P

T-Pは、St. 23を除く他の地点では、T-Nよりやや緩やかな低下傾向を示している。しかし、St. 5、11、8では⑥期目に下げ止まりの傾向が見える。St. 23については、②期目に低下した後は、上昇傾向が続いている。環境基準IV類型の指定水域に位置するSt. 25、35、22の状況はT-Nの場合と類似している。すなわちSt. 35、22は、環境基準値0.09mg/Lと等しいレベルまでT-P濃度が低下している。しかし、St. 25は、前述の理由から、まだ基準を満たすレベルまでは低下していない。

#### ・赤潮発生を決める要因

中防内側のSt. 11と沖合のSt. 22の栄養塩濃度を⑥期目の値で比較すると、後者の濃度は前者の約1/2倍であるが赤潮発生率は、両地点とも、約20%でほとんど変わらない。すなわちT-N、T-PがIV類型の環境基準を満たす濃度レベルまで低下しても、まだ赤潮の発生状況には変化がないことを示している。



注) 各地点の○は、以下の5年間隔6期の集計期間の値を示す。

集計期間 ① 1981～1985 ② 1986～1990 ③ 1991～1995  
(年度) ④ 1996～2000 ⑤ 2001～2005 ⑥ 2006～2010

図3 都内湾の赤潮発生状況と水質の長期変化

他方、中防内側のSt.6とSt.5について比較すると、前者の方が栄養塩濃度は低いにもかかわらず、赤潮発生率は、10%以上高い値を示している。その原因は、地点の流況の違いによるものと考えられる。すなわちSt.5では、隅田川から沖合への流れが常に存在するため滞留時間が短いのにに対し、St.6は停滞性の強い水域にあるため、滞留時間が長く、植物プランクトンが増殖しやすい。

このように現状の濃度レベルでは、栄養塩は赤潮発生を制限する主要因にはなっておらず、気象条件や地点の流況が赤潮発生を決める要因になっていると推察される。

### (3) 東京都内湾に発生するプランクトン種の特徴

東京都内湾の8地点312ヶ月（計2496データ）のプランクトン計数データから、植物プランクトン種別に、第1優占種となった回数を調べた。全調査データを用いた場合に *Skeletonema costatum* が最も多く1254回で約半数を占めた。次は *Cryptomonadales* の334回、*Heterosigma akashiwo* の131回であった。このうち、Chl-*a*濃度により赤潮と判定された529ケースの内訳を見ると、*S. costatum* が220回、次に *H. akashiwo* が77回、*Thalassiosiraceae* が47回の順で、やはり *S. costatum* が圧倒的に多かった。

地点別に全期間を通じての赤潮発生率と、赤潮発生時に *S. costatum* と *H. akashiwo* が第1優占種であった割合を図4の円グラフに示す。中防内側のSt.5、6、11で赤潮発生率が高く、また赤潮発生時に *S. costatum* と *H. akashiwo* が第1優占種であった割合が高いことを示している。

## 4 まとめ

- ① 東京湾全域について見ると、赤潮の発生は減少する傾向を示し、特に湾の東岸部で、湾口から湾奥に北上するように赤潮発生率が低下する海域が拡大している。
- ② 東京都内湾は東京湾内で最も赤潮発生率が高くそのうちでも中央防波堤内側が特に高い。
- ③ 東京都内湾各地点の赤潮発生率は、主として気象条件に支配されていると考えられ、明確な長期的低下傾向は認められない。
- ④ 東京都内湾における地点間の赤潮発生率の差には、地点間の流況の違いが大きく影響していると考えられる。
- ⑤ 赤潮発生時に第一優占種となった回数が最も多い植

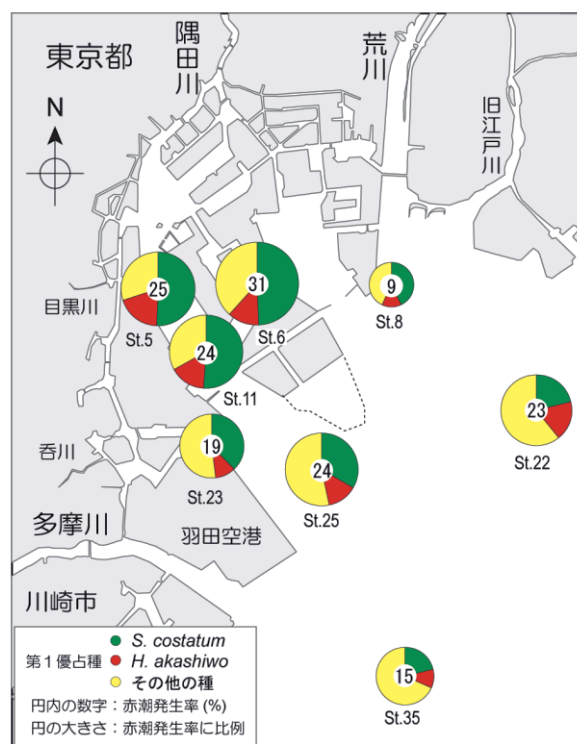


図4 赤潮発生時に *S. costatum* と *H. akashiwo* が植物プランクトンの第1優占種であった割合

物プランクトン種は、*S. costatum*、次に *H. akashiwo* で、中央防波堤内側の水域でとくに両者の発生率が高い。

## 参考文献

- 1) 中央環境審議会水環境部会:資料2-2 第7次水質総量削減の在り方について(総量削減専門委員会報告) 2010.
- 2) 安藤晴夫:東京都の運河部・内湾部における底質の長期変動傾向の解析, 東京都環境科学研究所年報, 2009.
- 3) 気象庁HP:過去の気象データ  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 4) 東京湾岸自治体保全会議:東京湾水質調査報告書(平成21年度) 2011.  
<http://www.tokyowangan.jp/database/pdf/h21hokoku.pdf>
- 5) 安藤晴夫ら:東京湾の水環境問題について, 東京都環境科学研究所第15回公開研究発表会, 2009.