

東京湾における水質経年変化と赤潮プランクトンとの関連について

小倉 久子 飯村 晃 清水 明

1. はじめに

富栄養化した閉鎖性水域では、水質と赤潮プランクトンの出現状況は非常に密接した関係にある。そこで、東京湾における赤潮プランクトン発生状況の経年変化の解析に加えて、栄養塩類を中心にした水質経年変化のデータ整理を行い、両者の関連を考察した。

2. 方法

東京湾中央部 (St.8; N35° 33' 16" , E139° 54' 20") で調査した公共用水域水質調査及び赤潮等プランクトン調査のデータを解析に供した。水質は 1976 年 4 月から 2003 年 3 月までの 27 年間についての毎月 1 回の表層水調査結果、プランクトンは 1981 年 4 月から 2003 年 3 月までの 23 年間について、1984 年度までは 4 月から 10 月まで、それ以降は毎月 1 回の調査結果を整理した。

3. 結果と考察

3.1 赤潮プランクトン発生の経年変化

図 1 に示した赤潮プランクトンの総細胞数出現状況から、解析期間は下記のように分けられた。
第 I 期 (~1992 年): 赤潮プランクトン総細胞数が減少

第 II 期 (1993 年 ~ 1997 年): 渦鞭毛藻、その他の細胞数が増加

第 III 期 (1997 年 ~) : 珪藻の割合が増加、総細胞数が減少傾向

個別に見たプランクトンの出現傾向の変化は種や属によって異なっていたが、変化の多くは 1992 年頃または 1997 年頃であった。一例として、図 1 に *Skeletonema costatum* 細胞数の経年変化を示す。

第 III 期に入ってから、今まで優占することがほとんどなかった種の赤潮が発生している。2002 年、2003 年の 10 月に発生した *Phybrocapsa japonica*、2003 年 5 月に大発生した *Mesodinium rubrum* の赤潮がその例であり、*Noctilca scintillans* (夜光虫) の赤潮の発生が近年増加し

ているのも特徴的である。特に、*M. rubrum* と *N. scintillans* は動物プランクトンであり、通常の赤潮プランクトン (クロロフィル色素を持つ植物プランクトン) とは異なる増殖機構をもっているため、今後さらに出現動向の観察を続け、増殖要件を解明することが必要である。

3.2 透明度の経年変化

1985 年度までは透明度に低下傾向が見られ、特に冬季の低下が明らかであった。その後、99 年度まではほぼ同じ状態が継続し、この期間は夏季と冬季の差が小さかった。1999 年度からは冬季の透明度が著しく向上しており、プランクトンの細胞数も非常に少ないが、水質との関連は明らかではない。

3.3 COD および溶解性 COD

COD は夏季に高く冬季に低い季節変動が見られ、極大値は特に変動が激しいために、プランクトン経年変化との明らかな対応は見られなかった。溶解性 COD は 1988 年度から測定されているが、COD と同様の季節変化が見られ、懸濁性 COD のみならず溶解性 COD もプランクトンと関連していると考えられた。

3.4 窒素とリンの比率

T-N / T-P 比は夏季に大きく冬季に小さくなる季節変化をとりながら、1977 年度から 84 年度までは漸増し、その後 2003 年度まで変動しながらわずかに減少傾向が見られている。

図 2 には I-N / I-P 比経年変化を掲げた。I-N / I-P 比は 1992 年度までは夏季の比が微増し続けたが、93 年度以降には急激に増大し、プランクトン相から第 III 期と区切った 1997 年以降には、夏季の無限大に近い状態が定着している。この I-N / I-P 比の変化は、おもに I-P (PO₄-P) の減少に因る。

これらと対照的に、O-N / O-P 比は、1989 年度頃までは変動幅が大きかったが、89 年度以降は約 10 の一定値で季節変動もなく安定している。これについては、1989 年以前は陸域からの有機物が

流入していたために N/P 比の変動が大きかったが、下水処理場等の排水処理の普及によりそれら（未処理の）有機物の流入量が減少し、N/P 比の一定している有機物（プランクトン）の割合が増えた、と推測することができる。ちなみに、プランクトンの N/P 比（Redfield 比）は 7.2（重量比）とされており、本調査結果の 10 という値は、それと比較してさほどかけ離れてはいないと考えられる。

3.5 夏季における栄養塩類の枯渇

夏季の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の枯渇状況を調べたところ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は 76、87、99 年以外のすべての年で最低 1 回は枯渇し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も 27 年間を通してみれば増加傾向にあるにもかかわらず、枯渇しなかったのは 4 カ年のみであり、この傾向は現在まで続いている。

一方、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は 93 年度までは枯渇した年は一度もなかったが、94 年度以降は一転して毎年枯渇するようになった。 $\text{NO}_2\text{-N}$ も $\text{PO}_4\text{-P}$ と同様、94 年度から枯渇するようになった。

このことから、東京湾の湾中央部では 1993 年度までは夏季に窒素制限であったが、94 年度以降の夏季には窒素、りんともに枯渇する状態に変化していると考えられた。そしてこの変化は、プランクトン組成が大きく変化した時期（第Ⅰ期→第Ⅱ期）と一致していた。

4. まとめ

東京湾湾中央部の水質についての 1976 年から 2003 年までの 27 年間の経年変化と赤潮プランクトンの出現状況との関連を調べた。

プランクトン相の経年変化から、データ解析期間は、1993 年まで（第Ⅰ期）、1993 年～1997 年（第Ⅱ期）と、1997 年以降（第Ⅲ期）に区分けされた。

栄養塩類の変化を経年的に追ってみると、1993 年を境に夏季にりん酸性りんが枯渇するようになり、この時期はプランクトンの出現状況が大きく変化した時期と一致していることが明らかになった。

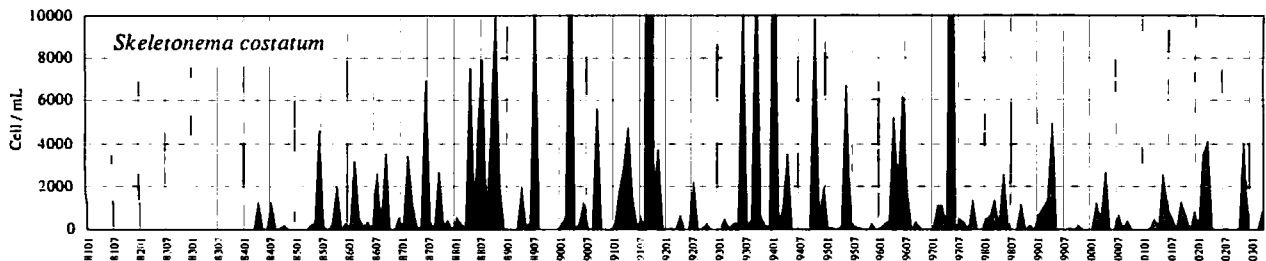


図1 *Skeletonema costatum* 細胞数の経年変化

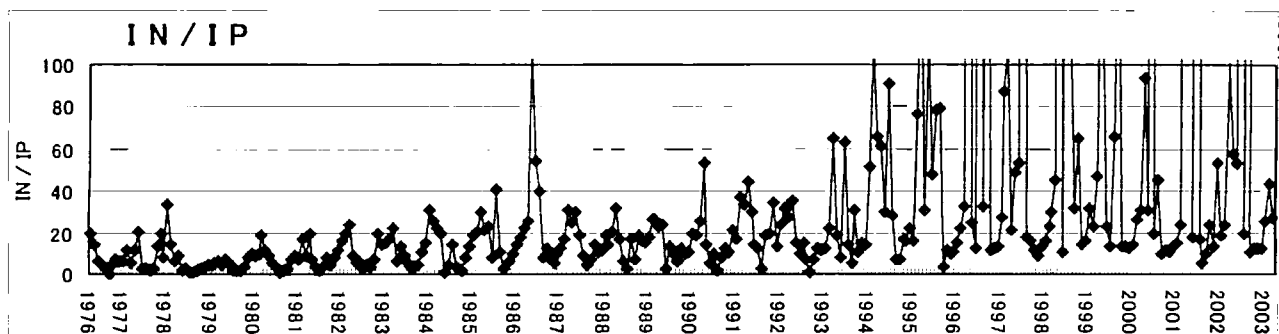


図2 IN ($\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}+\text{NH}_4\text{-N}$) / IP ($\text{PO}_4\text{-P}$) の経年変化