

B-6 博多湾における栄養塩濃度の変化に伴う植物プランクトンの種の変化の解析

○横山 佳裕^{1*}・吉次 祥子¹・中嶋 雅孝¹・内田 唯史¹・中西 弘²

¹ (財)九州環境管理協会 環境部 (〒812-0004 福岡市東区松香台1-10-1)

² 山口大学名誉教授 (〒759-0206 山口県宇部市東須恵987-18)

* E-mail: yokoyama@keea.or.jp

1. はじめに

都市部に隣接する博多湾は、干潟が残存し、多くの野鳥が飛来するなど、多様な生物生息空間を有している¹⁾。

この博多湾では、流域人口の増加に伴う水質悪化の改善のため、「博多湾特定水域高度処理基本計画」²⁾を策定し、1993～1999年度に下水の高度処理によるリン除去を導入した。これにより、湾内の栄養塩濃度は全リン(T-P)が減少、全窒素(T-N)が横ばい傾向にある³⁾。この栄養塩濃度の変化に伴い、植物プランクトンの種の変化が指摘されている⁴⁾。

植物プランクトンの一次生産は、水質のみならず、生物の生息環境における重要な基礎生産であり、種組成や一次生産量の変化を把握することは上位種となる動物プランクトンや魚類、貝類などの生息環境を保全するための重要な要素である。

このため、本研究では既存の調査結果を用いて、博多湾における栄養塩濃度の変化に伴う植物プランクトンの変異を解析した。

2. 解析の方法

博多湾内の8地点(図-1)を対象に月1回の頻度で水質調査(1981～2008年度)³⁾が、このうち3地点でプランクトン調査(1993～2006年度)⁴⁾が実施されている。植物プランクトンの出現状況を表-1の3つに区分し、種毎にT-NとT-P、水温と塩分の関係を求めた。また、出現状況に変化がみられた種について、気象状況や赤潮発生状況などから、その変化要因を考察した。調査データは公共用水域水質調査結果³⁾、アイランドシティ整備事業環境監視結果⁴⁾、九州海域の赤潮⁵⁾、気象データ⁶⁾を用いた。

表-1 植物プランクトンの出現状況の区分

単位: cells・m ⁻³	珪藻類	渦鞭毛藻類
高出現時	≧ 1000	≧ 100
通常時	>1000 ≧ 100	>100 ≧ 10
低出現時	>100	>10

3. 結果

(1) 水質と赤潮発生状況の経年変化

図-2に示すT-N、T-P、クロロフィルa(chl-a)の推移³⁾をみると、流域人口⁷⁾が経年的に増加しているにもかかわらず、下水道普及率⁷⁾が向上したことにより、T-Nは1991年度以降横ばい傾向にある。また、T-Pは下水道普

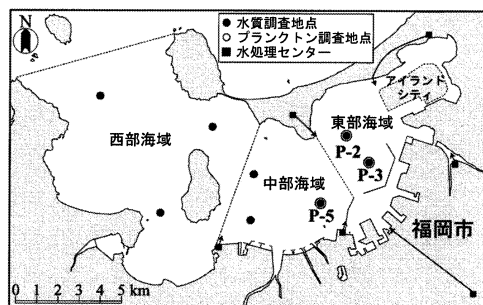


図-1 調査地点

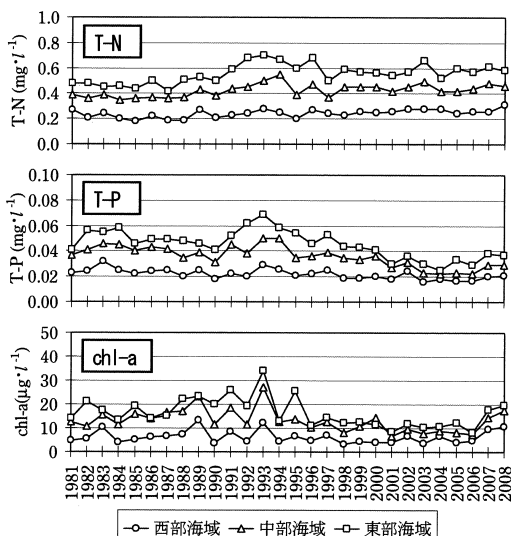


図-2 博多湾内のT-N、T-P、chl-aの推移

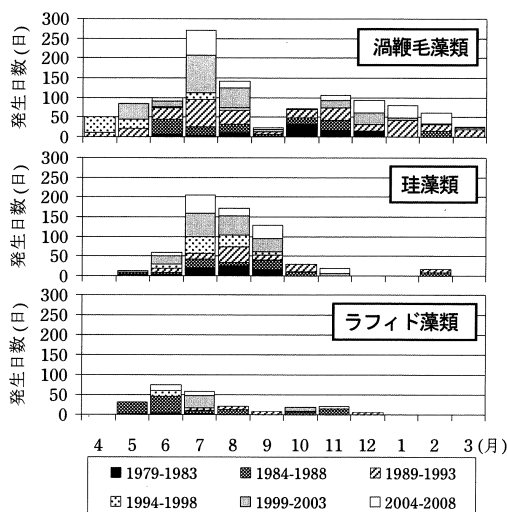


図-3 赤潮発生日数の推移

及率の向上に加え、1993年度から導入された高度処理により、1994年度以降減少している。このため、T-N/T-P比（モル比）は高度処理実施前（1985～1992年度）が23、実施後（2000～2008年度）が40であり、経年的にリン制限（N/P比＞16：Redfield比）が強くなっている。chl-aは、T-Pの減少に伴い減少し、近年低レベルで推移している。

図-3に示す赤潮発生日数の推移⁹をみると、1999年度以降、7、8月の渦鞭毛藻類と珧藻類の発生日数は増加し、特に渦鞭毛藻類の増加割合が大きい。11～3月の珧藻類の発生日数は減少しているが、渦鞭毛藻類の発生日数は1989年以降増加している。

(2) 沿岸部における栄養塩と植物プランクトンの関係

水温とT-Pの関係を植物プランクトンを種別、細胞数別に図-4に示す。

水温が高い夏季では、高度処理導入完了後において、高T-P濃度がみられる頻度は少なくなるが、高細胞数の植物プランクトンの出現に変化はなかった。

水温が低い冬季では、下水の高度処理の導入により、高T-P濃度がみられる頻度が少なくなり、高細胞数の出現に変化がみられた。調査地点P-2、3、5（図-1）において出現状況に変化がみられた植物プランクトンは表-2のとおりである。3地点で共通して変化した種は、珧藻類の*Skeletonema costatum*、渦鞭毛藻類の*Akashiwo sanguinea*、*Heterocapsa triquetra*、*Prorocentrum minimum*であった。

4. 考察

下水道の普及や下水の高度処理に伴うリン除去の影響により、植物プランクトンの一次生産が抑制され、chl-aは減少している。しかし、夏季の7、8月の赤潮発生日数は近年増加している。7、8月の水温³と全天日射量⁹は経年的に横ばい傾向にあることから（図-5）、栄養塩および植物プランクトンの種の変化が発生日数の増加に影響している可能性がある。陸域からのT-P負荷は下水の高度処理導入により減少し、海表面では栄養塩が枯渇する傾向にあるが、底泥からの溶出などで供給された栄養塩を渦鞭毛藻類が摂取しているものと考えられる。

11月～3月の冬季では、水温³と全天日射量⁹が経年の

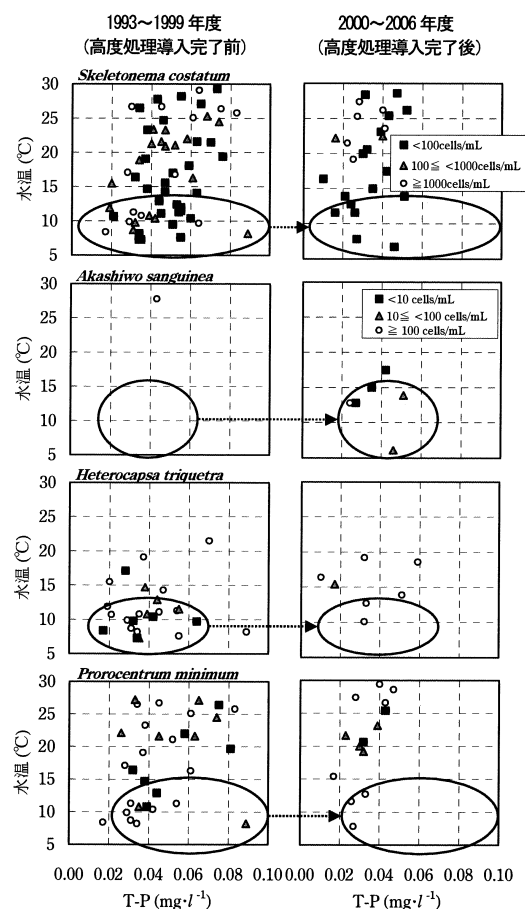


図-4 高度処理導入完了前と完了後における植物プランクトンの出現状況、水温とT-Pの関係（P-2）

表-2 高度処理導入完了前と導入完了後において変化がみられた植物プランクトン

P-2		P-3		P-5	
<i>Prorocentrum minimum</i>	減少	<i>Prorocentrum minimum</i>	減少	<i>Prorocentrum minimum</i>	減少
<i>Akashiwo sanguinea</i>	増加	<i>Akashiwo sanguinea</i>	増加	<i>Akashiwo sanguinea</i>	増加
<i>Gymnodinium</i> spp.	増加	<i>Heterocapsa triquetra</i>	減少	<i>Heterocapsa triquetra</i>	減少
<i>Heterocapsa triquetra</i>	減少	<i>Skeletonema costatum</i>	減少	<i>Skeletonema costatum</i>	減少
<i>Skeletonema costatum</i>	減少	<i>Thalassiosira</i> spp.	減少	<i>Thalassiosira</i> spp.	減少
<i>Cerataulina pelagica</i>	減少	<i>Cerataulina pelagica</i>	減少		

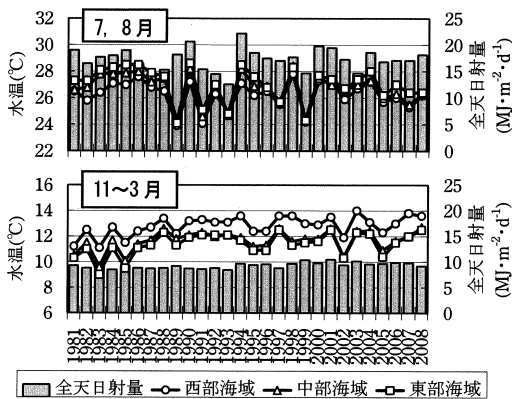


図5 表層水温と全日射量の推移

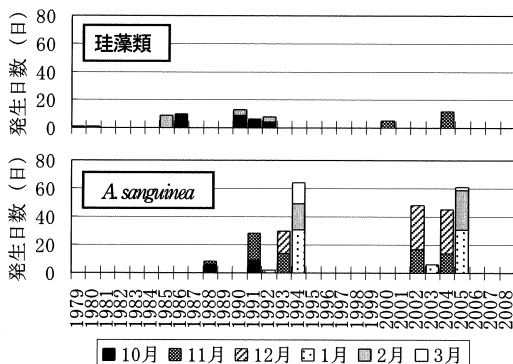


図6 珪藻類と *A. sanguinea* の赤潮発生日数の経年変化

に上昇し（図5），赤潮発生に有利な状況となっているが，下水の高度処理導入により，珪藻類の赤潮はみられなくなった．一方，渦鞭毛藻類の赤潮が増加しており，植物プランクトンと水質の関係でも，渦鞭毛藻類の *A. sanguinea* が増加していた．博多湾へのリン負荷量の多くは，降雨に伴う面源などからの負荷であり¹⁾，冬季は夏季に比べて陸域からの栄養塩供給や底泥からの溶出による供給が少ない．冬季において高度処理導入によるリン制限の強化に伴い植物プランクトンの成長が制限され，*S. costatum* などが増殖しにくい環境になっている．*A. sanguinea* は，水温が25℃で最大の増殖速度を示すが，非常に強い低水温耐性を有し⁸⁾，*S. costatum* などの珪藻類の共存によって増殖抑制作用を受ける⁹⁾．珪藻類がT-Pの減少に伴い冬季に増えにくい状況になったことにより，低水温でも増殖可能で，珪藻による増殖制限作用も受け難くなった *A. sanguinea* が高度処理導入後の冬季に増えやすくなったものと考えられる．

珪藻類と *A. sanguinea* の赤潮発生日数をみると（図6），珪藻類の赤潮が発生しない時期に *A. sanguinea* の赤潮が発生している．このように，冬季における水質の変化に伴う植物プランクトンの変化が赤潮の発生状況にも影響を与えている．

5. まとめ

本研究では，博多湾における水質の変化に伴う植物プランクトンの変化について解析した．その結果，夏季における渦鞭毛藻類などの赤潮増加要因は明らかではないが，冬季では下水の高度処理導入に伴うT-Pの減少により，*S. costatum* などの珪藻類が増えにくい環境となっていることがわかった．また，珪藻類の減少により増殖抑制作用を受け難くなった *A. sanguinea* が増えやすい状況が明らかとなった．

6. おわりに

植物プランクトン，特に渦鞭毛藻類よりも増殖速度が速い珪藻類の減少は一次生産を利用する動物プランクトンなどの一次消費者の生産速度の低下，さらに食物連鎖を通じて魚類の生産速度の低下にも繋がるおそれがある¹⁰⁾．そのため，本研究で明らかにできなかった夏季の赤潮の増加メカニズムを今後解明していくとともに，多様な生物生息空間が確保できる一次生産量の適正化，そのための栄養塩供給の適正化を検討したいと考えている．

謝辞：本研究にあたって，福岡市の貴重な観測データを使用させて頂いた．ここに記し，深甚の感謝を表します．

参考文献

- 1) 福岡市環境局：博多湾環境保全計画，77pp，福岡市環境局ホームページ，2008.
- 2) 福岡県，福岡市：博多湾特定水域高度処理基本計画，2002.
- 3) 福岡市環境局：福岡市水質測定結果報告書 昭和54年度～平成20年度版，1980-2009.
- 4) 福岡市港湾局：アイランドシティ整備事業環境監視結果（平成15年度）資料編，2004.
- 5) 水産庁九州漁業調整事務所：昭和54年度～平成21年九州海域の赤潮，1980-2010.
- 6) 気象庁：気象統計情報，気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>.
- 7) 福岡県企画・地域振興部調査統計課：下水道整備状況，ふくおかデータウェブ <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/dataweb/>.
- 8) Matsubara, T., Nagasoe, S., Yamasaki, Y., Shikata, T., Shimasaki, Y., Oshima, Y. and Honjo, T.: Effect of temperature, salinity, and irradiance on the growth of the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol.342, pp.226-230, 2007.
- 9) 松原賢，長副聡，山崎康裕，紫加田知幸，島崎洋平，大嶋雄治，本城凡夫：渦鞭毛藻類 *Akashiwo sanguinea* に対する中心目珪藻類による増殖抑制作用，日本水産学会誌，Vol.74, No.4, pp.598-606, 2008.
- 10) 山本民次（河野賢治，藤田耕之輔編著）：公開講座シリーズ3 私たちの生活と環境—環境修復・改善にどう取り組むか—，pp.55-74，広大生物圏出版会，2004.