

有明海生態系の異変の原因究明と再生への対策

Studies on the environmental disturbance in Ariake Sea and measures
for recovery of the estuarine ecosystem

代表研究者 堤 裕昭、熊本県立大学環境共生学部 教授

(Hiroaki Tsutsumi, Faculty of Environmental and Symbiotic Sciences, Prefectural University of
Kumamoto)

共同研究者：門谷 茂、小松利光 (Coworkers: Shirgeru Montani, Toshimitsu Komatsu)

和文アブストラクト：有明海奥部海域では、2002 年～2004 年に各年 3 回（5 月、7 月、10 月～11 月）、大規模な赤潮が発生した。その発生過程には共通した 4 つの現象が見られた。第一段階：流入した河川水による表層の塩分低下と塩分成層の形成、第二段階：第一段階と同時に生じる成層化した表層における栄養塩濃度の急上昇、第三段階：低塩分・高栄養塩濃度の表層における植物プランクトンの急速な増殖、第四段階：低塩分化して成層化した表層における栄養塩濃度の急激な低下。有明海奥部海域における大規模赤潮の頻発は、流入した河川水が以前より成層構造を形成しやすくなっていることに起因していると考えられる。

Abstract: In the innermost areas of Ariake Sea, large scale redtides occurred three times per year (May, July, October to November) in 2002 to 2004. These redtides occurred through four common processes: 1. Stratification of water due to decrease of salinity of the surface layer of the water by the freshwater inflow from the rivers. 2. Rapid increase of nutrient concentrations of the surface layer with decreased salinity. 3. Rapid increase of phytoplankton in the surface layer with decreased salinity and high nutrient concentration. 4. Rapid decrease of the nutrient concentration of the surface layer. The frequent occurrence of large scale of redtides indicates that the stratification of the water by the freshwater inflow is caused more easily than before.

1. 研究目的

九州西岸に位置する有明海は、1990 年代以降、奥部海域で赤潮の年間発生件数が増加傾向にある。夏季のみならず、ノリ養殖漁業が盛んに行われる秋季から冬季にも大規模な赤潮が発生している。大規模な赤潮発生は、海水中の栄養塩を消費して栄養塩濃度が極端に低下させ、ノリは色落ちする。2000 年および 2002 年冬のノリ養殖漁業は、赤潮発生で大打撃を受け、その後も不作が続いている。

このように大規模な赤潮が発生する原因としては、過去の多くの発生例では、陸域からの栄養塩負荷量の増大に伴う富栄養化が挙げられる。大都市近傍の沿岸閉鎖性海域では世界各地でこのような状況

にある。一方、有明海では、近年、沿岸域で人口の集中が起きたり、農業や工業が活発化することによって排水負荷量が増加し、河川を通して流入する栄養塩負荷量が増大した形跡は見あたらない。にもかかわらず、有明海奥部では、近年、大規模な赤潮が頻発している。その原因として、日本をはじめ世界各地の沿岸閉鎖性海域で起きてきた「陸域からの栄養塩負荷量増大による富栄養化」を挙げることができない点で、きわめて異例な赤潮の大規模化である。

このような有明海奥部における大規模赤潮発生の現状に立ち、その発生過程および原因を究明するために、2001 年 8 月より 2005 年 3 月まで、有明海奥部で精密な水質調査を行った。この報告書では、有

明海奥部で大規模赤潮が発生する過程を報告し、赤潮の発生を招く水質調査の現状とその問題点について考察する。

2. 研究経過

有明海最奥部の佐賀県の干潟沖合から熊本県玉名市沖にかけて、有明海の東西両岸の中央を縦断する方向に、約 3 km 間隔で 13 カ所の調査地点 (Stn S1～Stn K) を設定した (図 1)。この報告書では、2002 年 4 月～2004 年 12 月の水質調査結果を報告する。

水質調査は、各調査地点で船上から多項目水質計を海中に降ろし、水温、塩分、D0、蛍光値を水面下 10 m までは 1 m ごとに、それ以深の層では 2 m ごとに測定した。また、バンドン型採水器を用いて、水面下 2 m および 5 m 層の海水を採水してクロロフィル a (Chl. a) 濃度測定用サンプルを、さらに表面、水面下 2 m、5 m、10 m、水深 20 m 以下の場合は水面下 40 m まで 10 m ごとに、栄養塩測定用の海水サンプル採取した。海水の Chl. a 濃度測定用サンプルは蛍光光度計で、栄養塩濃度 (DIN、DIP) は水質自動分析装置を用いて測定した。

3. 研究成果

図 2 には、2003 年 2 月～2003 年 12 月までの有明海奥部 (Stn A～C) における海水表面の Chl. a 濃度

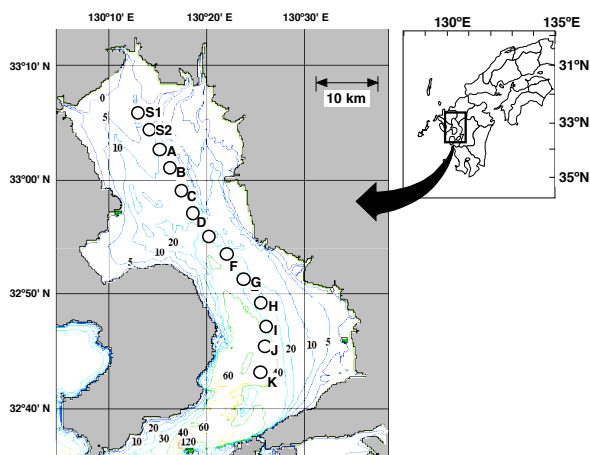


図 1 有明海水質調査地点

の季節変化を示す。近年の有明海奥部では、5 月、7 月、10 月～11 月の年間に 3 回の赤潮が発生していた。これらの赤潮は主に珪藻類の *Skeletonema costatum* や渦鞭毛藻類の *Akashiwo sanguinea* によるものである。これらの赤潮の発生過程には、共通した海洋構造のパターンが見られた。

図 3 には、その典型的な例として、2002 年 10 月～11 月に渦鞭毛藻類の *Akashiwo sanguinea* の赤潮が発生時の、塩分および Chl. a 濃度の鉛直プロファイルの有明海縦断面図を示す。赤潮発生時には、奥部表層の塩分が低下し、成層構造が形成され、その層で植物プランクトンが増殖した。2002 年 10 月には、Stn S2～Stn A において塩分が 28.1～30.0 に低下した水面下 1 m の層で、Chl. a 濃度が 15.2～18.5 $\mu\text{g/L}$ に達した。11 月には塩分が 25.7～30.6 に低下した層が Stn S1～Stn D の水面下 2 m まで拡大し、この層における Chl. a 濃度の最高値は 15.4～82.3 $\mu\text{g/L}$ に達して、赤潮状態となった。

赤潮が発生した奥部海域の表層では、図 4 に示すように、2002 年 10 月に Stn S1～Stn B の水面下 2 m までの層で、DIN および DIP がそれぞれ 10.6～43.1 $\mu\text{mol/L}$ および 1.2～2.3 $\mu\text{mol/L}$ に上昇し、極度の富栄養化状態が発生した。この層は塩分が低下した層とも一致していて、高濃度の栄養塩は奥部海域に流入した河川水から供給されたものである。2002 年 10 月～11 月に発生した赤潮では、奥部海域

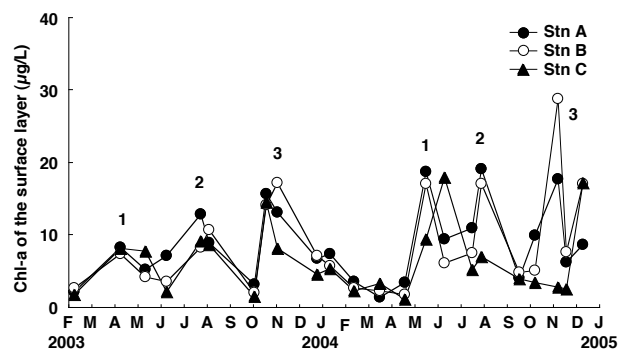


図 2 2003 年 2 月～2003 年 12 月までの有明海奥部 (Stn A～C) における海水表面の Chl. a 濃度の季節変化

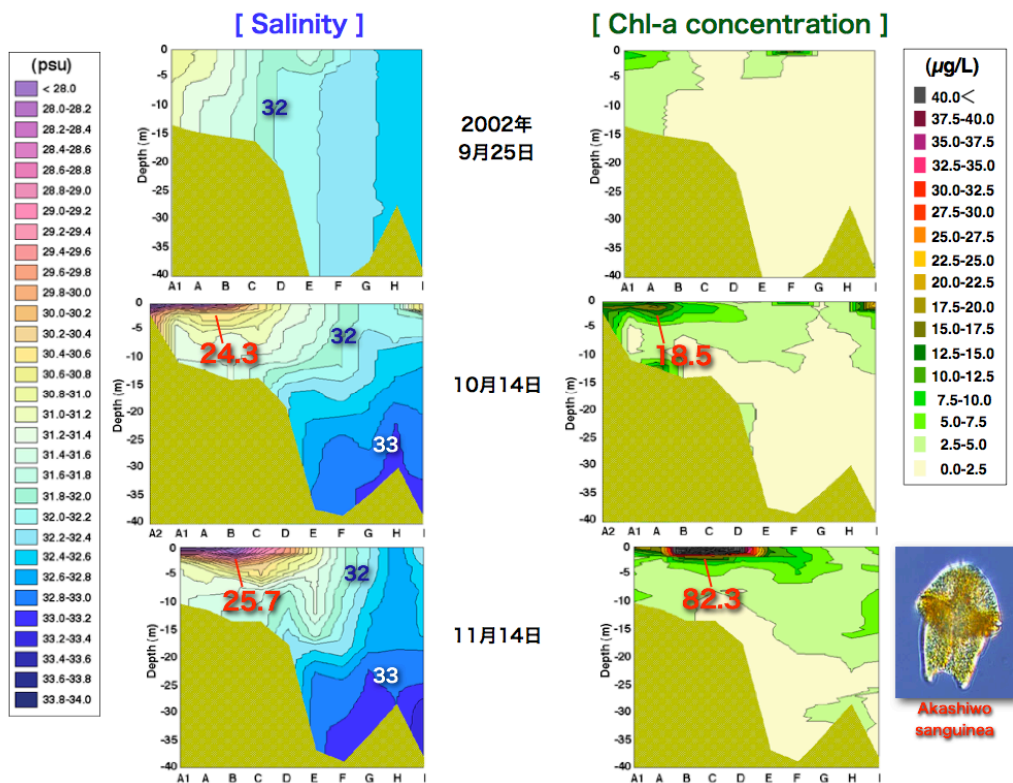


図3 2002年10月～11月に渦鞭毛藻類の *Akashiwo sanguinea* の赤潮が発生したときの、塩分（左）およびChl. a 濃度（右）の鉛直プロファイルの有明海縦断面図

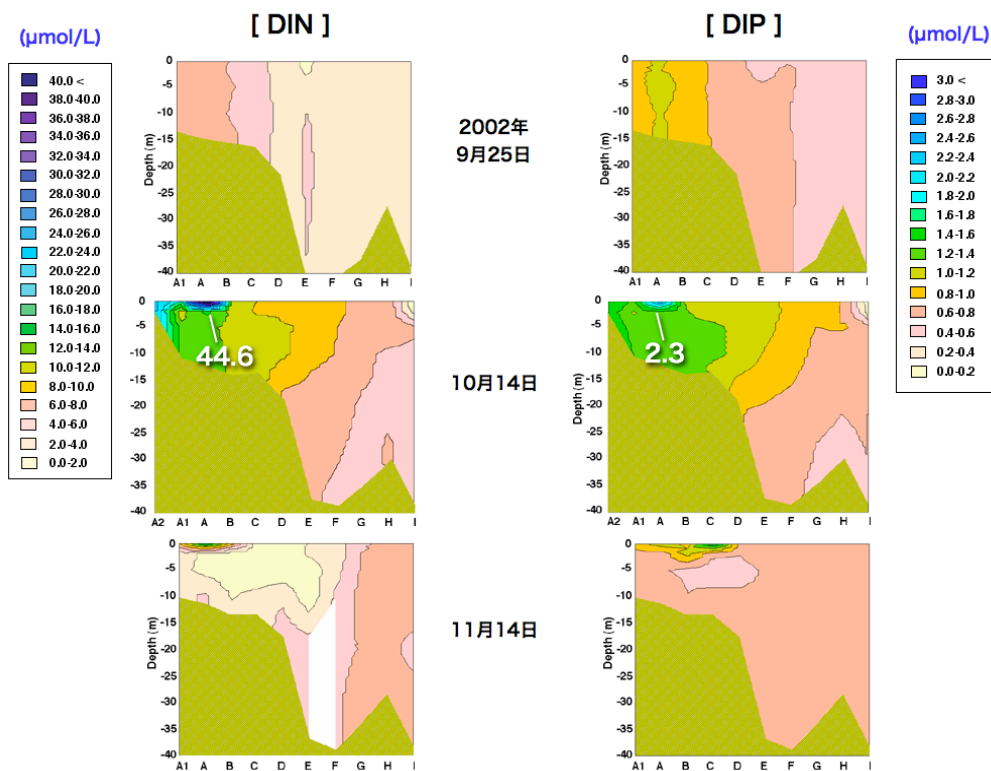


図4 2002年10月～11月に渦鞭毛藻類の *Akashiwo sanguinea* の赤潮が発生したときの、栄養塩濃度（DIN, DIP）の鉛直プロファイルの有明海縦断面図

の表層で10月に栄養塩濃度の急上昇が見られたが、栄養塩のもう一つの主な供給源として考えられる底層からの供給は、この栄養塩の着せいつ変化にはほとんど影響していない。赤潮の発生後にはその栄養塩が消費され、急速に低下した。これは赤潮を形成した植物プランクトンによる消費であり、2002年12月には、DINはほとんど検出されないレベルにまで低下したが、DIPは $0.5\ \mu\text{mol/L}$ を超えるレベルが維持されて、有明海の植物プランクトンの増殖を律速しているのは、DIPであることがわかる。

図5には、以上の結果のまとめ、有明海奥部海域における赤潮発生の過程の4つの段階を示した。

第一段階：奥部海域における塩分成層の形成

第二段階：第一段階と同時に生じる成層化した表層における栄養塩濃度の急上昇

第三段階：低塩分・高栄養塩濃度の表層における植物プランクトンの急速な増殖

第四段階：低塩分化して成層化した表層における栄養塩濃度の急激な低下

4. 今後の課題と発展

本研究の成果は、有明海奥部における大規模赤潮発生が表層の低塩分化による成層化の強化が関与していることを示している。このことは、有明海奥部

において、河川水の流入によって生じる河口循環流が近年大きく変化していることを示唆し、1997年に行われた諫早湾潮受け堤防の締めきりが、有明海の河口循環流へ大きな影響を及ぼしている可能性が指摘される。このことを踏まえて、大規模赤潮発生の原因を明確にするためには、有明海奥部における精密な潮流ならびに水質の調査に加え、それらの調査に連携して諫早湾潮受け堤防の開門操作を行い、諫早湾への海水の入退潮量をある程度回復させた期間を再度設定して、それが有明海奥部表層の潮流や海洋構造に及ぼす影響を評価し直す必要がある。

5. 発表論文リスト

堤 裕昭・岡村 絵美子・小川 満代・高橋 徹・山口 一岩・門谷 茂・小橋 乃子・安達 貴浩・小松 利光 (2003)：有明海奥部海域における近年の貧酸素水塊および赤潮発生と海洋構造の関係、*海の研究*, **12**, 291-305.

堤 裕昭・木村 千寿子・永田 紗矢香・佃 政則・山口 一岩・高橋 徹・門谷 茂 (2004)：広域定期観測による有明海水環境の現状、*沿岸海洋研究*, **42**, 35-42.

本研究の成果の詳細は、ホームページに公開している。<http://www.ariakekai.info/>

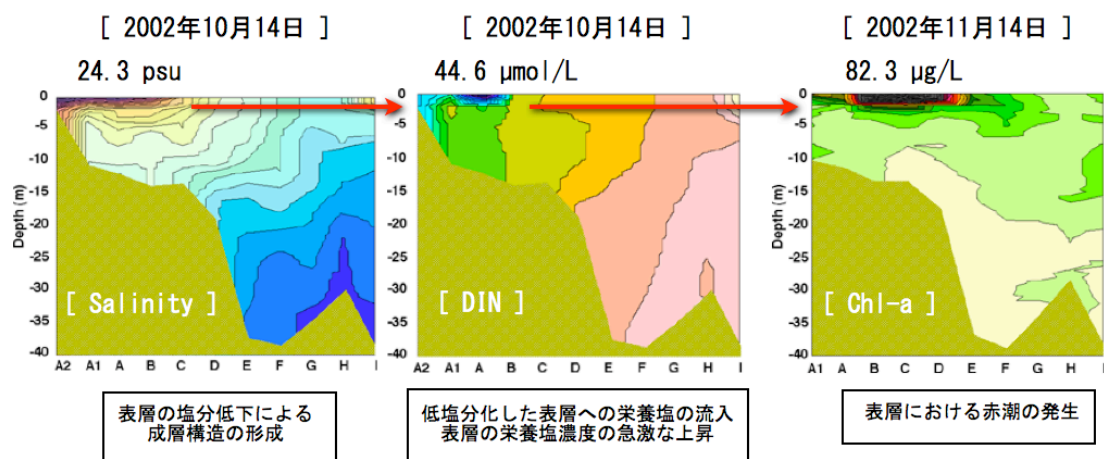


図5 有明海奥部海域における赤潮発生の過程