

栄養塩の短期変動に伴った珪藻の増殖特性に関する検討

鹿児島大学 学生会員 井上和久 正会員 安達貴浩 小橋乃子

1. はじめに 沿岸域において栄養塩が枯渇すると、それに伴って海水中の植物プランクトンも減少するが、枯渇期間が長期化すると珪藻類は休眠胞子を形成し、沈降速度も増加する。このため出水等によって栄養塩が再供給されてもすぐには増殖できず、増殖にタイムラグが生じることがあり、結果的に、このような期間がラフィド藻赤潮の発生に影響していることが指摘されている。2015年の鹿児島湾でのシャットネラ赤潮発生期間前後にも類似した特徴が観測されていることから、本研究ではその観測結果を紹介するとともに、このような植物プランクトンの増殖特性を再現するための数値モデルについて検討を行った。

2. ラフィド藻赤潮発生期間の水質の変化 以下に鹿児島湾北部海域(桜島以北の水域)でのラフィド藻赤潮発生期間前後における栄養塩とChl.aの時間変化の特徴を紹介する。ちなみに同海域では、栄養塩等の水質指標が水平方向に大きく変化しておらず、第1近似として現象を鉛直1次元的に見なせることが既に明らかとなっている。

2015/5/19から*Heterosigma akashiwo*の赤潮注意報が出され、その後*Chattonella marina*を含む混合型の赤潮警報が5/30から6/11にかけて発表された。図-2に鹿児島湾北部海域、中磯沖(図-1)の表層で計測されたDIN, DIP, Chl.aの経時変化を示す。なお、ここには鹿児島県水産技術開発センター(水技)によって公開されているデータも記載している。これを見ると、赤潮注意報が出された時(5/19)には表層のDINはほぼ枯渇していたことがわかる。その後まとまった雨が降ったのが5/30だったことから、少なくとも10日間は表層に十分なDINが存在しなかったと推察できる。このような栄養塩の推移に対し、Chl.aは5月初旬から低い値で推移している。なお、赤潮注意報(5/19)が出された時点で珪藻はほとんど存在していなかったことが確認されている¹⁾。また、赤潮警報期間中に観測された同観測地点の*C.marina*の細胞数は最大349cells/mL(牛根漁協観測データ私信)であったことから、Chl.aに及ぼす影響はそれほど大きくなかったものと考えられる。一方、赤潮警報期間解除後の6/22は大型の珪藻が優占して存在していたことから、6/10以降にみられるChl.aの増加は主に珪藻によるものであったと考えられる。以上をまとめると、2015年の赤潮は表層のDIN枯渇により珪藻がない間に*H.akashiwo*や*C.marina*が増殖し、出水によって栄養塩が再供給されたことによって更に細胞数を増やしたが、珪藻はその間増殖することなく、栄養塩の再供給から10日ほど遅れて細胞数を増やし、それによってラフィド藻赤潮が終焉したと考えられる。

3. モデルを用いた検討 以上のような珪藻の増殖の遅れを再現するため、窒素のみが珪藻の増殖を律速する場合を対象に複数の植物プランクトン増殖モデルを用いた検討を行った。なお以下の計算では、空間座標を考

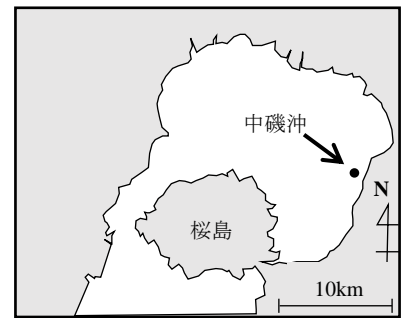


図-1 観測地点の概略図

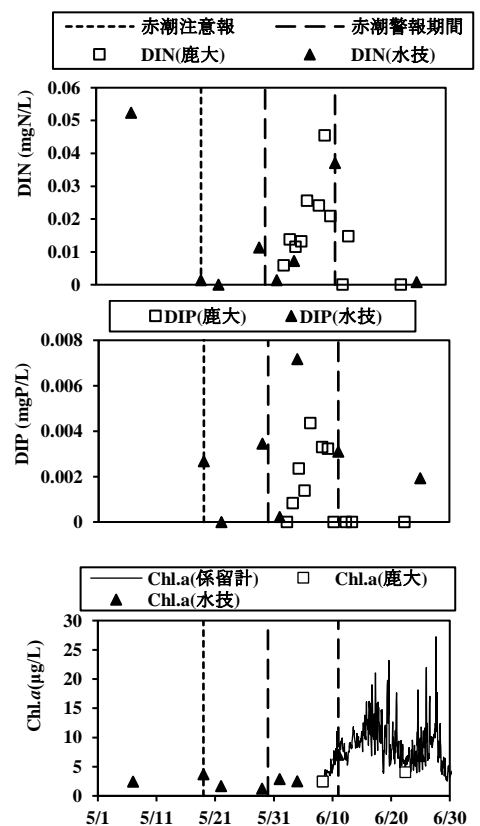


図-2 観測結果(2015年中磯沖・表層)

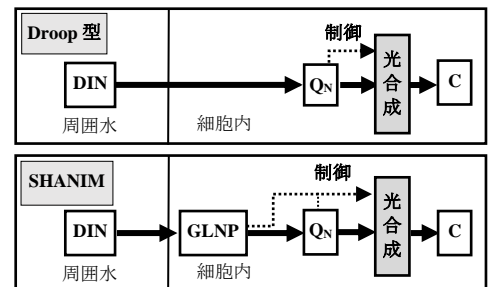


図-3 モデルの概念図

慮していないが、これは、鉛直1次元的な場における表層混合層での平均的な現象を対象に計算を行うことに相当する。ちなみに、鹿児島湾北部海域での栄養塩躍層の深度を参考に、混合層厚を5mに設定している。

3.1. 窒素を考慮したモデル 使用したモデルは生態系モデルにおいて一般的に用いられるcell quota(Q_N)を考慮したDroop型モデル、cell quota(Q_N)と光合成初期生成物(グルタミン:GLNP)を考慮したSHANIMモデル²⁾の2つである(図-3)。栄養塩の短期変動に伴った植物プランクトンの増殖特性を比較するために一度周囲水の栄養塩を枯渇させた後、再供給させる計算を行った。再供給時のDINの値は前述の観測データに従って0.05mgN/Lとし、アンモニア態窒素のみを考慮した。珪藻(*Chaetoceros*)はDIN濃度が0.001mg/L以下になると高頻度で休眠胞子を形成すると言われており³⁾、栄養細胞の時より休眠胞子になると沈降速度が大きくなる。また、休眠胞子の形成の有無に関わらず、栄養塩環境等の変化に伴い珪藻の沈降速度が変化することは良く知られた事実である。このような沈降速度の変化を表すため、DIN枯渇時には沈降速度を供給時の3倍に設定した。また、ここでは躍層以下に沈降した植物プランクトンは混合層に再帰しないものとした。

3.2. 数値実験の結果 図-4に数値実験によって得られた炭素量ベースの植物プランクトン濃度C(図-4(a))と正味の比増殖速度 $C\mu$ (図-4(b))、GLNPおよび Q_N (図-4(c))の経時変化を示す。Droop型ではDIN再供給と同時にCの増殖が見られたが、SHANIMでは増殖が遅れが生じた。このときの $C\mu$ を見ると、Droop型ではDIN再供給直後に正に転じているのに対し、SHANIMでは約4日後に正に転じており、これによりCの増殖が遅れが生じていることがわかる。次に Q_N を見ると、Droop型ではDIN再供給直後に増加しているのに対し、SHANIMではDIN再供給後も最小値($Q_{N0}=0.05$)付近であり、その後 Q_N は緩やかに増加していることがわかる。一方、GLNPはDIN再供給直後に急増しており、Droop型ではDINが増殖速度を規する Q_N に即座に変換されるのに対し、SHANIMではGLNPを介しDINが Q_N に間接的に変換されるため、 Q_N の増加が遅れ、 Q_N に依存する $C\mu$ の増加にも遅れが生じることがわかる。

次に、DIN枯渇時の沈降速度の変化の影響を調べた。DIN枯渇時の沈降速度を、通常時と同一の値、3倍の値とした時の結果の比較を図-5に示す。DINの枯渇に伴って、沈降速度が増大する場合、DIN再供給後の増殖の遅れ時間がより長くなっていることが分かる。休眠胞子の形成ならびに栄養塩枯渇時の沈降速度の増大は珪藻に見られる特徴であるが、このような特性をモデルにおいて考慮することにより、珪藻と他の植物プランクトンとの増殖特性の違いをより強調できると判断される。

4. まとめ 本研究の結果、「SHANIM」モデルでの珪藻の増殖特性の再現可能性が示唆された。なおGLNPとDIN枯渇時の沈降速度が珪藻の遅れに重要な役割を果たしていることが確認された。

参考文献 1) <http://kagoshima.suigi.jp/> 2) Kevin J.Flynn and Michael J.R.Fasham(Journal of Plankton Research Vol.19 no.12: pp.1881-1897, 1997) 3)板倉茂(瀬戸内水研報 no.2: pp.67-130, 2000)

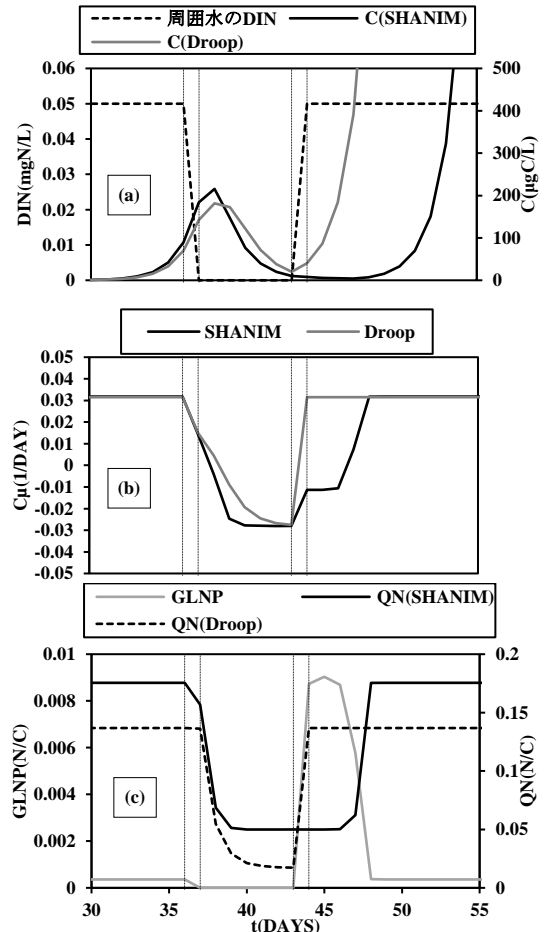


図-4 数値実験の結果

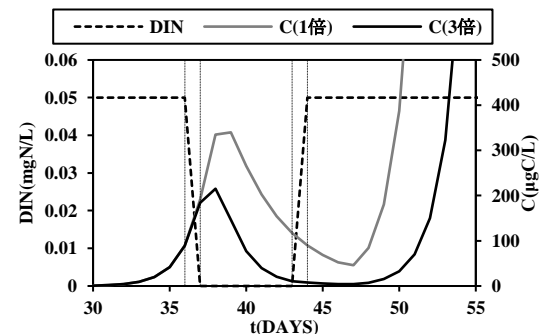


図-5 比較結果