

が、今回扱う従属栄養性渦鞭毛藻は、*Gyrodinium* をはじめとして、①の方式で接餌を行っている。

また、夜光虫も、渦鞭毛藻とは似ても似つかない格好をしているが、生活史の中に渦鞭毛藻状のステージがあるので、従属栄養性渦鞭毛藻に分類される。

3) 従属栄養性渦鞭毛藻は赤潮を消失させるか? : 培養系での結果

89年夏、赤潮直後の海水(上述)から *Gyrodinium* sp. (~80 μ m) の細胞を拾いだし、*C. antiqua* を餌とする培養を確立した。そして、*Gyrodinium* が *C. antiqua* をどれだけの速さで捕食して成長を行っているのかを明らかにした。その結果、mLあたり数百細胞程度の *C. antiqua* 赤潮なら、初期状態として mL 当り数細胞程度の *Gyrodinium* sp. が存在すれば、一週間以内で赤潮は消滅する可能性を示した。

また、93年には、瀬戸内海で最もポピュラーな従属栄養性渦鞭毛藻である *Gyrodinium dominans* (~35 μ m) の培養を確立し、彼らがさまざまな赤潮プランクトンを捕食する速度を調べた。そして、*G. dominans* は、*C. antiqua* (~80 μ m) こそ大きすぎて捕食できないものの、瀬戸内海でやはり代表的な *Gymnodinium mikimotoi* の赤潮の消滅に貢献できるという結果を得た。

4) 現場ではどうか?

94年夏、播磨灘において、一ヶ月間連続で赤潮生物と従属栄養性渦鞭毛藻の消長を調べた。調査期間半ばに *G. mikimotoi* による赤潮が発生した。これと併行して *G. dominans* をはじめとする従属栄養性渦鞭毛藻の密度が増大し始めた。そして、同時に行った現場培養実験結果をあわせることで、従属栄養性渦鞭毛藻は赤潮を捕食して個体群を拡大したことが示された。さらに、赤潮の減衰過程では、その減衰速度は、従属栄養性渦鞭毛藻による捕食速度(=実験室培養系で求められている)から予想される値と同程度であった。つまり、従属栄養性渦鞭毛藻は、現実の海域に於ても赤潮を消失させる上で重要な役割を演じていることが分かった。

翌95年にも同様の調査を播磨灘で行った。この年も *G. mikimotoi* による赤潮が発生し、従属栄養性渦鞭毛藻も予定どおり? 個体群を拡大しはじめた。しかし、その直後、(次演者神山さんにとっては幸いなことに) 有鐘織毛虫 *Favella* が急速に個体密度を増加させて、赤潮のみならず、従属栄養性渦鞭毛藻まで食べ尽くしてしまった!

5) 夜光虫

彼らも *C. antiqua* や *G. mikimotoi* を捕食して成長できる。しかし、捕食速度や成長速度が *Gyrodinium* などに比べて小さいため、赤潮消滅に果たす役割はあまり大きくないことが、演者らの研究で示されている。

6) 応用は可能か?

研究を始めた当時、従属栄養性渦鞭毛藻のシスト(休眠孢子)が大量にできないか妄想した。すなわち、赤潮の海に多量のシストを撒けば、海水中で発芽して赤潮を食い尽くすのではないかと考えた(これを「花消し爺」: bloom quencher という)。しかし、現在まで、演者の所ではシスト形成に成功していない。

8. 織毛虫による赤潮生物の捕食制御

神山孝史(東北区水産研究所)

Regulation of harmful algal blooms using feeding activities of planktonic ciliates

TAKASHI KAMIYAMA

(Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency)

赤潮生物の多くは植物プランクトンであるため、植食性動物プランクトンの捕食作用が赤潮生物の動態に及ぼす影響は、赤潮形成機構、予測、防除を考える上で無視できないテーマである。近年の研究で動物プランクトンの中でも織毛虫類等原生生物の捕食作用の重要性が指摘されるようになった。ここでは、赤潮生物に対する織毛虫類の捕食作用を総括し、二枚貝漁業に大きな被害を及ぼすヘテロカプサ(*Heterocapsa circularisquama*)赤潮を対象として、その赤潮形成時における織毛虫類の捕食圧の推定例を紹介すると共に、織毛虫類の捕食作用を利用した有害赤潮の制御の可能性について論議する。

1) 赤潮生物に対する織毛虫類の摂食応答

赤潮生物に対する織毛虫類の摂食応答は、対象とする赤潮生物によってかなり異なる。基本的に、赤潮生物は織毛虫類の摂食を阻害する何らかの機構をもつ場合が多いようである。その阻害機構の詳細はほとんど明らかにされていないが、物理的に捕食されにくい群体を形成したり、細胞が餌として栄養の欠陥もつ場合や忌避または毒性物質をもつか分泌する場合がある。しかし、その阻害は赤潮生物の種類や個体群特性あるいはその時の環境条件によって大きく異なり、織毛虫類の捕食圧がその赤潮生物の動態を制御したと解釈されるケースもある。

2) 赤潮生物に対する織毛虫類の摂食能力

室内実験で赤潮生物を含めた10種類の微細藻類に対する織毛虫類の潜在的捕食活性を測定した。捕食速度は餌料となる藻類の大きさに依存し、小型の藻類ほど細胞数で見た捕食速度は高くなった。織毛虫類の捕食による赤潮生物の細胞密度を制御する力は小型のものほど有効かもしれない。

3) ヘテロカプサ赤潮に対する捕食圧

ヘテロカプサは大きさ20 μ m 弱の小型の赤潮生物である。織毛虫類は、一部の種類で細胞表面にあると推定される毒性によって強い害作用を受けるが、低密度では

害作用をうけることなく他の無毒の餌料と同様に捕食し、増殖する。また、生体蛍光染色したヘテロカプサを用いて現場繊毛虫類群集の捕食活性を調べた結果、繊毛虫類の多くの種類が本種を摂食することが判明した。赤潮形成初期に繊毛虫類の出現分布を調べ、その時のヘテロカプサに及ぼす摂食圧を推定した結果、繊毛虫類は最高で細胞密度の半分程度を1日に除去できる値となった。さらに、ヘテロカプサの出現時期に繊毛虫類群集の変動を追跡した結果、一部の繊毛虫類の出現密度の増加に応じてヘテロカプサの出現密度の低下、停滞が認められた。

4) 繊毛虫類の摂食活性を利用した赤潮制御の可能性

繊毛虫類は赤潮形成過程にある赤潮生物を制御しうる能力を十分もつと考えられ、大量培養された繊毛虫類等原生生物を利用した赤潮制御手法の確立を目指した研究が海外でも推進されている。この場合、うまく行けば原生生物が有害な赤潮生物を捕食しながら増殖し、それが大型の動物プランクトンに捕食されることによって魚介類餌料の生産性を高める効果も期待できる。しかし、赤潮制御に捕食者を利用するためには、赤潮生物が増殖する過程で本来あるべき捕食者の作用がなぜ小さいのか、その環境要因を明らかにする必要がある。繊毛虫類の場合、利用する海域で増殖できるかどうかは鍵となろう。仮に捕食者の大量導入が可能となっても、捕食者が増殖できない環境であればほとんど効果は期待できない。赤潮発生時期における捕食者の動態に関する基礎的なデータの蓄積が重要である。

9. 有毒アオコのバイオ エコエンジニアリングを導入した対策技術

稲森悠平*, 水落元之*,
斎藤 猛**, 稲森隆平***

(*国立環境研究所, **筑波大学農学研究科,
***筑波大学生命環境科学研究科)

Countermeasures for occurrence of waterbloom
using bio-ecoengineering

YUHEI INAMORI*, MOTUYUKI MIZUOCHI*,
TAKESHI SAITO** AND RYUHEI INAMORI***

(*National Institute for Environmental Studies,
**Graduate School of Agricultural Science,
University of Tsukuba,

***Graduate School of Life and Environmental Science,
University of Tsukuba)

1) 有毒アオコ対策の意義と必要性

WHO (世界保健機関) の飲料水質ガイドラインに位置づけられた青酸カリより強力な毒素ミクロキスチン等を産生する有毒アオコの顕在化により、水資源の危機が

我国のみならずアジア・太平洋地域の諸国において懸念されている。その有毒アオコ発生防止対策において生物処理工学としての浄化槽をはじめとするバイオエンジニアリング、生態工学としての水生植物・土壌による浄化機能を高めたエコエンジニアリングシステムのハイブリッド技術を導入した発生防止のための新世紀型の新たな視点に立った対策技術が重要とされている。

2) 生活系排水対策等の汚濁負荷発生源の質と量の調査解析に基づくバイオ・エコエンジニアリング導入効果的対策支援化システムの開発

生活様式・気候条件等を考慮し、有機物、栄養塩類および大腸菌群数等の実態調査、窒素・リン比、藻類増殖ポテンシャル評価試験等による富栄養化ポテンシャルの定量的評価を行い、地域性を考慮した上で適用すべき処理システムの確立を図る必要がある。

3) 有毒アオコ発生防止のためのバイオ・エコエンジニアリング導入効果的対策支援化システムの開発

飲料水源としての重要湖沼において発生する有毒アオコの種類や発生量の実態調査を行うとともに、マイクロコズムを用いた有毒アオコの分解特性に資する増殖特性、毒性与窒素・リン等の削減対策との関係に関する支援データを蓄積する必要がある。

4) 有毒アオコの分解に貢献する原生動物、微小後生動物の特性解析とバイオ・エコエンジニアリング導入生分解システム化技術開発

気候条件の異なる各地域において、水質浄化および有毒アオコを捕食し、有毒物質を分解する繊毛虫類、肉質虫類等の原生動物、輪虫類、貧毛類等の微小後生動物をスクリーニングし、捕食・分解特性の解析を行い、付着担体の開発および生息能向上化技術の確立による機能強化を図るとともに大量定着化手法を開発する必要がある。

5) 有毒藻類の毒素産生特性の分子生物学的解析に基づくバイオ・エコエンジニアリング導入対策支援化システムの開発

富栄養化した重要な湖沼に発生した有毒藻類について分子生物学的手法を用いて毒素合成遺伝子に基づいた群集構造解析および発現機構の解明を行い、ミクロキスチン等の毒素を分解する酵素群の探索を行うことで、同酵素を持つ有用微生物のスクリーニングおよび分解酵素固定化カラム化による生化学的酵素分解処理に応用可能な技術の確立化を図る必要がある。

6) エコエンジニアリング導入湖内対策としてのばっ気拡散・循環法を併用した溶藻性細菌による藻類異常増殖抑制技術のシステム開発

湖内対策としてのばっ気筒を活用した水深、面積、湖形状とばっ気筒設置基数等の最適化を行うとともに、有光層・無光層における有毒藻類の分布特性を解析し、ばっ気法の藻類異常増殖抑制効果の解析と同時に、底泥部