

## 霞ヶ浦における藻類優占種変遷の要因 ～鉄が原因か？～

筑波大院・生命環境 ○永井孝志、国立環境研 今井章雄、松重一夫、筑波大院・生命環境 福島武彦  
Is iron the cause of the shift of dominant algal species in Lake Kasumigaura?, Takashi NAGAI (Univ. Tsukuba),  
Akio IMAI, Kazuo MATSUSHIGE (Natl. Inst. Environ. Stud.), and Takehiko FUKUSHIMA (Univ. Tsukuba)

### 1. はじめに

霞ヶ浦では 1987 年ころに藻類の優占種がアオコを形成する *Microcystis* から *Planktothrix* へと変化した(図 1)、同時期に N:P 比が上昇し 20 を超えたことが当初原因と考えられた(*Planktothrix* の方が高い N:P 比を好む)。しかしながら、1992 年以降 N:P 比が再び 1986 年以前のように 10 以下に減少したが *Microcystis* が優占することは無かった。さらに 2000 年以降はシアノバクテリア自体が少なくなっており(図 1)、このような変化は窒素とリンだけを考慮しては説明がつかない。

この藻類優占種変遷の要因として我々は特に鉄に注目しこれまで研究を行ってきた。本発表ではこれまでの研究結果をまとめて、鉄が特定藻類種の優占に与える影響を総合的に考察する。

### 2. 霞ヶ浦における溶存鉄の存在形態

湖水における溶存鉄は溶存有機物との錯形成等によってその生物利用性が大きく変化するため、藻類の増殖に対する鉄の影響を調べるには、溶存鉄の濃度のみならずその存在形態を分別することが不可欠である。そこで、吸着濃縮ボルタンメトリーを応用し、湖水における藻類が直接利用可能な無機態の鉄の濃度の分析を行った。霞ヶ浦湖心における溶存鉄は 99.9 %以上が有機態で存在し、無機態の鉄濃度は藻類の鉄不足が明らかとなっている外洋域と同程度に低く、これによって藻類が鉄不足に陥ると示唆された<sup>1)</sup>。

### 3. 鉄の存在形態が藻類の増殖に与える影響

鉄の存在形態が藻類の増殖に与える影響を明らかにするため、紫外線照射による有機物の分解と藻類増殖能試験を組み合わせ、藻類の鉄の利用性を定量的に評価する手法を確立した。霞ヶ浦湖水を用いた試験では、*Microcystis* の場合、窒素、リン、鉄が同時に増殖を制限しており、*Planktothrix* の場合は第一に鉄が、その次に窒素、リンが増殖を制限していた。また、鉄が有機物との錯形成により利用性が下がり、実際に *Microcystis* と

*Planktothrix* の増殖を制限しているということが証明された<sup>2)</sup>。さらに、有機態鉄でもその性質は様々で藻類に利用可能な部分があることが示唆された。また *Microcystis* と *Planktothrix* では鉄のその有機態鉄の利用性は異なっていた。

### 4. 鉄制限時における藻類増殖モデルによる解析

藻類の優占化に鉄が与える影響について数理モデルによる解析を行った。*Microcystis* と *Planktothrix* の純粋培養系で鉄に対する詳細な増殖特性を把握し、そこから鉄制限時における増殖モデルを作成した。このモデルを用いて霞ヶ浦湖心の平均的な鉄濃度(50 nM)の下、二種の鉄の獲得競争をシミュレーションすると *Microcystis* が優占するという結果が得られた。

また増殖特性が明らかになる中で、鉄が十分あるときと強く制限されているときでは体内 N:P 比が二種の間で逆転するなど、これまでの N:P 比議論の再考を促す興味深い結果も得られた。

### 5. まとめ

*Microcystis* の場合、(1)鉄は窒素、リンなどと同時に制限物質になっている、(2)鉄の要求量が比較的低い、(3)有機態鉄の利用性が高い、(4)鉄制限の下で *Planktothrix* との競争に勝つ、(5)シミュレーションでは 50 nM 程度の鉄でアオコ状態まで増えられると予測される、などの理由から、鉄は *Microcystis* の増殖制限要因の一つではあるが、鉄のみでアオコが発生しない原因を説明することはできないと結論付けられる。他の制限要因と組み合わせる必要がある。

*Planktothrix* の場合、(1)鉄は第一の制限物質である、(2)鉄の要求量が高い、(3)有機態鉄の利用性が低い、などの理由から、霞ヶ浦で 2000 年以降増えなくなったのは鉄制限が原因であると説明できる。

### 参考文献:

- 1) Nagai et al. (2004) Limnology 5, 87-94
- 2) Nagai et al. (2006) Aquat Microb Ecol 44, 231-239

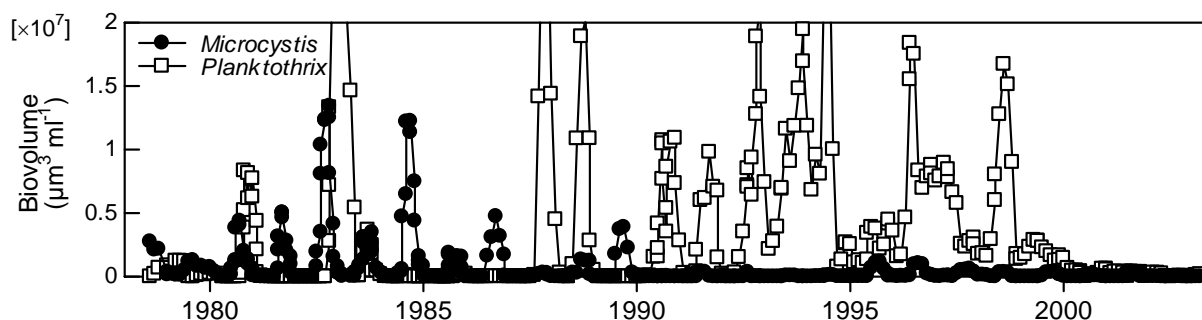


図 1. 霞ヶ浦における *Microcystis* と *Planktothrix* の現存量の長期変動  
霞ヶ浦データベース(<http://www-cger2.nies.go.jp/gems/database/kasumi/index.html>)を元に作成