

【161】

氏 名（本籍）	なが い たか し 永 井 孝 志（北 海 道）		
学 位 の 種 類	博 士（理 学）		
学 位 記 番 号	博 甲 第 3993 号		
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科		
学 位 論 文 題 目	Studies on Dissolved Iron and Its Speciation in a Lake, and Their Effect on the Growth of Bloom-Forming Cyanobacteria (湖沼における溶存鉄とその存在形態、及びそれらがアオコ増殖に与える影響についての研究)		
主 査	筑波大学教授	工学博士	福 島 武 彦
副 査	筑波大学教授	農学博士	杉 浦 則 夫
副 査	筑波大学助教授	理学博士	濱 健 夫
副 査	筑波大学講師	博士（理学）	内 海 真 生

論 文 の 内 容 の 要 旨

霞ヶ浦では 1970 年代から夏にアオコ（*Microcystis* のブルーム）が発生していたが、1980 年代後半から大規模なアオコの発生は見られなくなった。この原因として、鉄が藻類の増殖の制限となり優占種を決定する要因となるのではないかという可能性がこれまで示されてきた。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（スペシエーション）が不可欠である。

湖水中での鉄スペシエーションの研究例はこれまで無く、分析方法も確立されていなかった。吸着濃縮ボルタンメトリーは海洋の鉄スペシエーション研究に使われてきたが、溶存有機物によって測定が妨害されるため富栄養化した湖沼では適用が困難であった。しかしながら分析条件を検討することにより、藻類が直接利用可能な無機態の鉄の濃度を定量することに成功した。次にこの方法を用いて霞ヶ浦における溶存鉄とそのスペシエーションの調査を 2002 年から 2003 年にかけて行い、その水平分布や季節変動等を明らかにした。霞ヶ浦における溶存鉄はほとんど（88.2～>99.9%）が有機錯体として存在し、無機態鉄濃度は $10^{-13.6}$ ～ $10^{-7.8}$ M であった。その無機態鉄濃度は外洋と同程度に低くなることがあることが判明した。この結果は、溶存鉄濃度が海水に比べて高い湖水においても鉄が植物プランクトンの制限物質になりうることを示唆している。

実際に天然サンプルを用いて藻類の培養実験と鉄のスペシエーション分析を同時に行った研究例はこれまで報告されていない。そこで 2002 年 8 月、アオコが発生していた霞ヶ浦近郊の用水路において、アオコ発生量が異なる 3 地点でサンプルを採取し、*Microcystis aeruginosa*, *Planktothrix agardhii* の二種を用いた AGP（Algal Growth Potential）試験をそれぞれ行い、増殖制限物質を調べた。各地点の制限物質の変化は窒素、リン、溶存鉄濃度からだけでは説明がつかなかったが、鉄の存在形態を含めると上手に説明が出来た。

藻類による鉄の利用性を詳細に評価する必要がある。湖水サンプルに UV を照射し溶存有機物を分解すると、鉄と錯形成する有機物も分解され、鉄の利用性が変化する。この UV 照射と AGP 試験を組み合わせ、

藻類の鉄の利用性とその藻類種による違いを定量的に評価する手法を確立した。サンプルとして2002年7月～2003年4月の霞ヶ浦湖心から採取した湖水を用いた。*Microcystis*, *Planktothrix* 両種とも増殖制限物質は窒素, リン, 鉄の三種類に限定された。サンプルによって鉄の利用性は大きく異なり, また同じサンプルでも *Microcystis* と *Planktothrix* では鉄の利用性が異なることが明らかとなった。ボルタンメトリー測定の結果, すべての湖心サンプルで99.9%以上が有機態鉄として存在していた。現在の霞ヶ浦では実際に鉄が制限物質になっているため, このような藻類種による鉄の利用性の違いが藻類の優占機構にも大きく関わっていることが確認された。

各藻類種の鉄に対する詳細な増殖特性を把握することも重要である。人工培地を用いた純粋連続培養系で, 鉄の濃度を変化させながら培養を行い, 増殖速度, 鉄濃度, 鉄の体内濃度を測定した。さらに鉄の取り込み速度を異なる飢餓状態において測定した。これらの増殖特性からそれぞれの種の増殖をモデル化し, モデルによるシミュレーション結果と実際の培養実験の結果とよく一致することを確認した。ここから, 二種の鉄獲得競争モデルを作成し, それぞれの優占化に鉄が与える影響について解析を行った。霞ヶ浦湖心の平均的鉄濃度である50 nMの鉄濃度の下, *Microcystis* と *Planktothrix* 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。

以上の結果をまとめると, 従って特定のシアノバクテリアの優占メカニズムにはこの鉄の質的な利用性と量的な要求性の種による違い, 水中の鉄の形態の変動が大きく関わっていることが明らかとなった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究により, 湖沼では初めて, 藻類が直接利用可能な無機態の鉄濃度を定量することに成功した。また, 藻類の鉄利用性を定量的に評価する手法を確立した。さらに, モデルを作成し, 鉄制限下での二種類の藻類の優占度をシミュレーションした。

以上のように, 本研究は湖沼における鉄の存在形態ごとの濃度を明らかにするとともに, それらが藻類増殖にどのような影響を与えるかを明らかにした。したがって得られた成果は大きいと判断する。

よって, 著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。