

氏名	つかだはじめ 塚田創
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1586号
学位授与の日付	平成18年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	農学研究科応用生物学専攻
学位論文題目	アオコ形成ラン藻 <i>Microcystis</i> 属の生活史と優占をもたらす環境要因に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 中原 紘之 教授 藤原 建紀 教授 左子 芳彦

論文内容の要旨

ラン藻類の著しい増殖と集積によるアオコ現象は世界各地の湖沼で大きな問題となっている。アオコを形成するラン藻類には十種以上も報告されており、それらには有毒種も含まれているため、アオコの形成要因に関する研究はこれまで世界各地で行われている。しかし、有毒種を含む特定種の優占に至る詳細な機構に関しては未解明な部分が多い。本論文では代表的な有毒アオコ形成属 *Microcystis* 属の優占に至る機構の解明を目的とし、本属の生活史、野外での環境変動と個体群変動の関係、ならびに生理生態学的性質を明らかにしている。その主な内容は次の通りである。

第1章では、アオコ形成ラン藻の優占に至る要因に関する知見を整理し、特定種の優占に至る機構については未解明な部分が多いことを示した。さらに、*Microcystis* 属のアオコの発生頻度、その毒性からこの属の発生機構を解明することの意義について言及した。また、発生機構の解明のために、底泥中の現存量や細胞内 C:N:P 比、保有する P の形態、N・P 吸収速度を調べることの意義について示した。

第2章では、余呉湖と広沢池における *Microcystis* 属の水中・底泥中での現存量の変化を示し、年を通じて本属の栄養細胞のコロニーが底泥中に見られることを示した。余呉湖での調査結果から、泥表層のみならず、それ以深に存在するコロニーも翌年に水中へ浮上できる可能性を示した。広沢池での調査結果から池が干上がっても、底泥が水分を保持していれば本属のコロニーは生存可能であることが示された。両湖における比較から、アオコが形成される時期には底泥中のコロニー現存量や水深が影響を及ぼすことが明らかにされた。

第3章では、余呉湖の水質と植物プランクトン、特にアオコ形成ラン藻の出現状況との関係を調べた。その結果、夏期のアオコ形成ラン藻の現存量と水質には琵琶湖からの揚水と排水が大きな影響を及ぼしていることを明らかにした。

第4章では、余呉湖において *Microcystis* 個体群の C:N:P 比と分裂細胞の頻度を調べ、培養実験との比較により、野外個体群の栄養状態と増殖速度を推定した。その結果、夏期成層期に N:C 比が低くなり N 制限になっていること、また *Microcystis* 属はコロニーを形成するため、コロニー内部の細胞においては光が制限要因となり、栄養塩を十分に保持していてもそれほど大きな増殖速度を示さないことを示した。

第5章では、広沢池において、*Microcystis* 個体群の細胞内 P を3つの画分に分け測定し、P 欠乏条件下での培養の結果と比較した。広沢池において溶存態 P は常に豊富に存在したこと、沸騰水によって抽出される無機態 P が多く細胞内にあることなどから、季節に関わらず *Microcystis* 個体群は P が制限要因になっていないことを示した。

第6章ではさまざまな N・P 条件における *Microcystis aeruginosa* の N・P 吸収速度を求めた。その結果、N 制限状態下では硝酸態 N、アンモニア態 N とともにすばやく取り込まないが、P 制限状態では速やかにリン酸態 P を吸収することが明らかとなった。一般に植物プランクトンは N 制限状態下でアンモニア態 N の吸収速度が増加することが知られている。本研究結果は *M. aeruginosa* はそれらと異なり、N 欠乏に対する生理的適応能が小さく、N が常に供給されている環境に適応していることを示している。このような栄養塩吸収特性が野外現場におけるアオコ形成ラン藻の種遷移に影響を及ぼし

ている可能性が示唆された。

第7章では、広沢池における *Microcystis* 属細胞内のマイクロキスチン含量を調べた。マイクロキスチン LR は $0.01 \text{ pg cell}^{-1}$ のオーダーで存在し、*Microcystis* 属が $100 \text{ colonies ml}^{-1}$ 以上水中に存在すれば、WHO の環境基準以上のマイクロキスチン LR が存在する可能性があることを明らかにした。

第8章では総括として、本研究でおこなった現場調査、培養実験から得た知見を整理し、*Microcystis* 属において P よりも N が制限要因となりやすいこと、*Microcystis* 属が他のアオコ形成種に打ち勝って優占する機構として、N が豊富に供給されている環境が重要であると結論した。

論文審査の結果の要旨

近年、アオコは湖沼の富栄養化の進行により、発生件数の増大、有毒ラン藻による人間や家畜の被害により、淡水の利用に大きな障害を与えている。アオコ発生の要因については比較的良好に調べられているが、多くのアオコ形成種の中で、どの種が大増殖を引き起こすかを予測するまでには至っていない。本論文では代表的な有毒アオコを形成する *Microcystis* 属の優占機構の解明のため、本属の生活史、現存量の変動と環境要因の関係、野外個体群の生理状態を詳細に調べ、室内実験において明らかにされた生理状態と増殖との関係、様々な栄養状態における栄養塩取り込み特性との関係より、本属が優占する機構を明らかにした。評価される主な点は以下の通りである。

1) 翌年のシードポピュレーションとして底泥中の個体群が重要な役割を果たしていると考えられるが、本研究により底泥表面だけでなく、2 cm 以深に存在する *Microcystis* 属コロニーも水中に浮上できる可能性があることを明らかにした。さらに、干上がった底泥中でも、泥が水分を保持していれば *Microcystis* 属コロニーは生存可能であることを示した。

2) 野外における *Microcystis* 属個体群において、夏期成層期には N が制限要因になる可能性を明らかにした。また細胞内に常に多くの P をプールしており、P 制限状態に陥りにくいことを明らかにした。

3) 室内実験によって、さまざまな N・P 条件における *Microcystis aeruginosa* の N・P 吸収速度を求めた。その結果、N 制限状態下では硝酸態 N、アンモニア態 N とともにすばやく取り込まないが、P 制限状態では速やかにリン酸態 P を吸収することを明らかにした。N 制限状態でアンモニア態 N をすばやく取り込まないのは、*M. aeruginosa* の他の植物プランクトンと異なる特異な性質である。そしてこのような吸収特性が野外におけるアオコ形成ラン藻の種遷移に影響を及ぼしている可能性を示した。

4) 広沢池での *Microcystis* 属細胞内のマイクロキスチン含量を調べた結果、マイクロキスチン LR は $0.01 \text{ pg cell}^{-1}$ のオーダーで存在し、*Microcystis* 属が $100 \text{ colonies ml}^{-1}$ 以上水中に存在すれば、WHO の環境基準以上のマイクロキスチン LR が存在する可能性があることを明らかにした。

以上のように本論文は、詳細な野外実験と培養実験により、有毒アオコを形成する *Microcystis* 属の生理状態とその優占するに至る機構を明らかにしたもので、微生物生態学、並びに藻類学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成18年7月20日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。