

氏名	いし かわ かな こ 石 川 可 奈 子
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2447 号
学位授与の日付	平 成 14 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	琵琶湖におけるアオコを形成するラン藻類の動態

論文調査委員 (主 査)  
教授 中原 紘 之 教授 坂本 亘 教授 内田 有 恆

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、多くの湖沼の富栄養化に伴い、有毒のラン藻類の異常増殖によるアオコが頻発し、淡水資源の利用のみならず、水域生物ならびにその水を利用する生物に様々な問題を引き起こしている。琵琶湖も富栄養化の進行した南湖にひきつづき、中栄養段階にある北湖沖合にもアオコの膜が湖水面に広がっているのが観察されるようになった。アオコを形成する種の多くは昼間は表層に集まり、アオコの集中した分布は表面の水の動きに大きく影響される。そのためアオコ形成には、増殖過程と集積過程の両者が関与すると考えられ、発生メカニズムを解明するにはこの両過程がどのように関係しているのかを明らかにすることが重要である。本論文はアオコの発生を琵琶湖南湖沿岸の内湾域でみられる数百メートル～数キロメートルの規模から、琵琶湖北湖沖合の数十キロメートル規模に至るまでの水域のスケールのもとで、両過程のそれぞれの関与の度合いを明らかにし、琵琶湖におけるアオコ形成のメカニズムを総合的に明らかにすることを目的としたものである。内容は以下のように要約される。

1. 沿岸域の小さなスケールにおいて、様々な植物プランクトンの水平分布に与える風の影響を検討した。富栄養化した湾内において、アオコを形成するラン藻類の水平分布と風の方向を比較すると、*Microcystis* を含むフロック状の群体を形成する種は風に従いやすく、単独糸状体を形成する種は風に従いにくいことを明らかにした。また、閉鎖性の強い漁港内の2地点でアオコを形成するラン藻類の細胞密度を90日間毎日比較することによって、アオコを形成するラン藻類のなかにも、集積を起こしやすいタイプ (*Microcystis aeruginosa*) と、水塊内で均一的に生息するタイプ (*Anabaena smithii*) があることを明らかにした。これらの水平分布の違いには、群体の形態や、アオコ形成ラン藻類自身が持ち合わせたガス胞や光合成産物の利用に依存する能動的鉛直移動能力の違いが影響することを示した。
2. 野外でのアオコ形成ラン藻の増殖活性を、細胞分裂頻度の昼夜変動と環境要因の観測により明らかにした。細胞分裂は分裂に至るまでに受ける日射量が不足すると遅延することを明らかにし、藻類の増殖過程に影響を及ぼす環境要因との関係を知るためには、履歴情報を含めた解析が重要であることを示した。また、群体の形態計測に、画像解析を用いた数値化を行うことにより、*Microcystis* の増殖過程と群体の形態との関係を明らかにした。増殖活性が停滞しているときに、大型かつ不定形の群体の占める割合が多くなることから、大型群体の生き残り戦略としての重要性が示された。
3. アオコ形成種は冬季は湖底で越冬し、春季の水温上昇と共に水中に回帰する。沖合のアオコ形成過程において、深い湖底の越冬群体からの回帰の可能性について検討し、光の届かない沖帯では可能性がないことを示した。さらに沖合表層での増殖の可能性を、沿岸で採取した *Microcystis* 群体を、沖合湖水を用いた現場ならびに実験室での培養によって検討し、沖合での増殖が占める割合は小さく、沿岸からの移流の可能性が高いことが明らかにされた。琵琶湖北湖の流とアオコの分布観測により、第一環流の中心付近にみられるアオコの高密度分布の形成機構に関して、沿岸域で発生した浮上性群体が、環流の形成する大きな流れに従って沖合に運ばれると同時に、環流の総体的な構造によって収束流域となる中心付近に集積する機構が重要であるという仮説が提唱された。
4. これらの観測結果から、アオコを形成するラン藻類、特に *Microcystis* は生物学的な能動的な鉛直移動能力と、湖流に

よる受動的輸送のカップリングによって、水域のスケールに関わらず、現存量よりもはるかに濃厚なアオコの水塊を形成することを明らかにした。前者の生物学的鉛直移動はスケールに依存しないが、後者の物理的移流は、そのスケールによって関与し得る湖流の性質が異なることを明らかにした。その物理的メカニズムには、沿岸域では吹送流が、沖合では環流のような大きなスケールの流れの関与する割合が大きいこと示した。

#### 論文審査の結果の要旨

近年、過去からアオコが発生している浅い小さな湖沼だけでなく、琵琶湖北湖等の大型湖沼においても毒性ラン藻類によるアオコが形成されるようになり、その対策が重要な課題となっている。大型湖沼における発生メカニズムの解明には、アオコを形成するラン藻類の増殖メカニズムだけでなく、様々なスケールでの集積メカニズムについて理解を深めることが重要である。本論文はアオコ形成過程を、様々なスケールのもとでの詳細な野外観測により、増殖と集積要素の切り分け、それぞれのスケールのもとで各要素を独立して測定できる手法の開発、それによる発生メカニズムの解明を目的として行った一連の研究をとりまとめたものであり、評価できる内容は以下のとおりである。

1. 沿岸域における数キロメートルのスケールでは、アオコの水平分布は風によって影響を受けるが、その受け方は種によって異なった。束状のフロックを形成する糸状体 *Anabaena affinis* や大きな不定形群体を形成する *Microcystis aeruginosa* は風下に集積しやすいが、単独の糸状体 *Planktothrix agardhii* は、風による影響を受けにくい種であった。
2. アオコの形成には天候が大きく影響する。アオコの増殖過程、*Microcystis* の細胞分裂の進行は、光不足によって制限されることが明らかにされた。細胞分裂頻度の昼夜変動が環境要因に依存して変化することから、細胞分裂頻度の変動が増殖活性の指標としての有効性を示すとともに、環境要因の履歴を含めた解析が重要であることを示した。
3. 琵琶湖沖合水域の底泥上に堆積した *Microcystis* は、光が不足するため再び表層水中に回帰できないと結論づけた。また、沿岸域の *Microcystis* 群体が、沖合に移流する間に増殖する可能性を、沖合湖水を用いた現場ならびに実験室での培養によって検討し、沖合で形成されるアオコには増殖が占める割合が小さく、沿岸からの移流の可能性が高いことを明らかにした。
4. 琵琶湖北湖の第一還流中心付近で見られるアオコの形成過程は、沿岸で発生した浮上性の高い *Microcystis* が、大きなスケールの水平輸送構造によって沖帯に運ばれると同時に、環流の総体的な流れに従って中心部の下降流付近に集積するといったメカニズムによって説明できることを示した。

以上のように本論文は、沿岸から沖合にいたる様々なスケールで、アオコ形成における物理過程と生物過程の重要性を明らかにしたもので、陸水学、微生物生態学の発展のみならず、安全な水資源の供給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14年9月13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。