

氏名(本籍)	なかむらたかひこ (長崎県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博乙第1,061号
学位授与年月日	平成7年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	静水中におけるアオコフロクの浮上・沈降特性に関する研究
主査	筑波大学教授 農学博士 鈴木光剛
副査	筑波大学教授 農学博士 前川孝昭
副査	筑波大学教授 農学博士 天田高白
副査	筑波大学助教授 農学博士 宮崎龍雄

論文の要旨

富栄養化した淡水域においてアオコ (*Microcystis* 属ラン藻類) の異常増殖が頻発している。そのため、アオコが発生した湖水や調整池を水源とする水利施設などでは、混入したアオコを効率良く分離、除去することが利水上重要な課題となっている。そこで本研究は、アオコの分離・除去に必要な基礎的手法に関して研究することを目的としている。

本研究では、まず、アオコの細胞は球形であり、その周囲には均一なスライム層が存在し、その領域(細胞+細胞の周囲のスライム層)が多数集まって1個のフロクを形成していると仮定し、このフロクモデルを用いてアオコフロクの浮上(沈降)速度式を誘導した。この式は粘性流体中を移動するフロクにかかる力のつり合いの条件とアオコフロクが自己相似構造を示すという仮定を用いたフロクの構造を表す式とから導いた。

一方、誘導した理論式を検証するために、霞ヶ浦から採取したアオコを用いて次の実験を行った。すなわち、①静水中におけるアオコの単一フロクの浮上速度とフロク径との関係の測定、②ガス胞を潰した後の沈降速度とフロク径との関係の測定、さらに、③フロク内の細胞数とフロク径との関係について測定を行った。その結果得られるフロクの構造を表す特性値であるフラクタル次元の値は、およそ2.5であったことより、本研究において示したフロクモデルと浮上速度式の妥当性を示した。また、同時にアオコフロクが自己相似な構造をとることを示唆した。

次に単一フロクの浮上・沈降速度とフロク径との関係におけるばらつきの原因として、①ガス胞の割合の違いによるか、②フロクの幾何学的構造の違いによるかが考えられた。ガス胞の割合に関して、電子顕微鏡写真によりすべてのガス胞がつぶれていることが確認されたアオコフロクの沈

降速度とフロック径の関係においてばらつきが確認された。従って、ガス胞以外の要因がばらつきの原因として考えることができた。すなわち、本実験において測定したアオコフロックの浮上・沈降速度のばらつきには、ガス胞以外の要因が大きく影響していると考えられた。本研究において導入した浮上・沈降速度式を用いて解析を行うと、そのばらつきは、フロックの幾何学的構造の違いによると推定することができた。すなわち、アオコフロックは成長にともなって内部に様に細胞を配置した構造から自己相似構造へと変化していく可能性を考えた。このような幾何学的構造の異なるアオコの存在により、浮上・沈降速度の値がばらついたものと考えた。

以上の考察の妥当性を検討するために、アオコの単一細胞の沈降速度の測定を行った。仮にフロック径の増加にともなってフロックの幾何学的構造が均一な構造から自己相似な構造へと変化しているとすれば、比較的大きなフロック径の範囲で測定された沈降速度とフロック径との関係を用いて単一細胞の沈降速度を外挿によって求めた場合、過大評価してしまうことが予想される。そこで、アオコの浮上・沈降特性を解析する上で重要な単一細胞の沈降速度の測定を行った。この微小粒子の沈降速度測定のために、可視化測定装置を開発し、それを利用して、単藻培養を行ったアオコ (*Microcystis aeruginosa* f. *aeruginosa* (NIES-91)) の単一細胞の沈降速度の測定を行った。測定結果より、単一細胞の沈降速度は、約 $0.3 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ に最頻値をもった分布を示すことが判明した。一方、フロックについて測定された沈降速度とフロック径との関係を単一細胞の大きさまで外挿することによって単一細胞の沈降速度を予測すると $>0.7 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。すなわち、外挿値は実測値よりも大きく見積もられた。このことにより、アオコの群体は成長過程において、その幾何学的形態を群体内に細胞を一様に分布させたものから、自己相似なものへと遷移させると考えることが妥当であることを明らかにした。

審 査 の 要 旨

本論文では淡水域でのアオコ (*Microcystis*) の異常発生による用水系への障害が問題となっているが、その分離除去に関する理論的根拠となるアオコの浮上・沈降についての基礎的研究は、ほとんど行われていなかった。本研究はこの点に着目して、基礎的、実証的研究を行い、アオコの浮上・沈降に関与する水理学的法則性を次の諸点について明らかにした。

- (1) アオコを形成しているアオコフロックモデル (細胞とスライム層よりなる領域の群体) を想定し、力学的平衡条件式とフロックの構造式からアオコフロックの浮上 (沈降) 速度式を誘導した。
- (2) 霞ヶ浦より採取したアオコを用いて、導いた浮上 (沈降) 速度式の適合性に関し、アオコの単一フロックの浮上速度とフロック径との関係及びガス胞を潰した後の沈降速度とフロック径の関係について、実験により検証した。
- (3) アオコフロックの浮上 (沈降) 速度を測定することにより季節の変化とともにアオコフロックが成長し、大になると、フラクタル次元は逆に小になり、フロックの密度も小となり、アオコの群体は一様な構造から自己相似構造へ変化していることを明らかにした。
- (4) アオコの単一細胞の沈降過程を可視的に測定する装置を開発し、それを用いて単一細胞の沈降過

程速度は約 $0.3\mu\text{m/s}$ であることを明らかにした。

以上の結果は、淡水域でのアオコの分離除去の理論とその手法の開発に関して応用の途を開いたものと評価できる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。