

氏名(国籍)	李 泰 鍾 (韓 国)		
学位の種類	博 士 (学 術)		
学位記番号	博 甲 第 2554 号		
学位授与年月日	平成 13 年 3 月 23 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	農学研究科		
学位論文題目	Development of Ultrasonic Irradiation Process for the Control of Cyanobacterial Bloom in Eutrophic Lake (富栄養湖のアオコ発生制御用超音波処理プロセスの開発)		
主 査	筑波大学教授	工学博士	松 村 正 利
副 査	筑波大学教授	工学博士	田 中 秀 夫
副 査	筑波大学教授	農学博士	中 原 忠 篤
副 査	筑波大学教授	工学博士	向 高 祐 邦

論 文 の 内 容 の 要 旨

閉鎖性水域の富栄養化は主に生活排水などに由来する窒素，リンの流入に起因する。このように富栄養化が進んでいる湖などでは，特に夏期になると *Microcystis* spp. *Anabaena* spp. および *Oscillatoria* sp. を主体とする藍藻類 (cyanobacterium) が異常増殖するいわゆる“水の華”が発生する。このような現象は，水のろ過における膜のファウリング，ろ過後に残存する不快な臭と味，溶存酸素の欠乏，アオコの分解による硫化水素とアンモニアの発生など水の再利用を防げるような問題を発生させる。さらに，肝臓毒，神経毒などの有害な物質をつくる藍藻類も出現しており，湖水の水質を悪化させるなど社会問題となっている。現在，アオコの発生制御，処理のために様々な方策が採られているものの，十分な成果はあがっていないのが現状である。そこで本研究では，超音波照射によるアオコ迅速処理システムの開発を目的とし，超音波がアオコに及ぼす影響とその応用について検討を行った。

まず，ヨウ化カリウムを用いた超音波照射の予備実験を行い，アオコの超音波照射における重要因子を決定した。その因子を培養アオコに応用し，超音波照射がアオコに与える影響について検討を行った。そして，超音波処理がアオコの再生速度に与える培養環境の影響について検討を行った。さらに，自然界のアオコ分解菌が存在する場合を想定し，超音波処理を行ったアオコに対するアオコ分解菌の作用に関する検討を行った。最後に，実際に富栄養化した湖沼で超音波処理プロセスを導入し，2年間にわたるアオコ処理能の評価を行った。

超音波照射を用いた予備実験の結果，3秒間の超音波照射で浮遊アオコが速やかに沈降することが分かった。電子顕微鏡の観察から，超音波照射によるアオコのガス胞の破壊が沈降の原因であることが判明した。また，ヨウ化カリウム実験の結果から，超音波照射に大きな影響を及ぼす因子は超音波の振動数と入力パワーであることを明らかにした。これら二つの操作因子を変えて培養アオコに超音波照射し，超音波がアオコに及ぼす影響についての検討を行った。超音波照射によるアオコの光合成活性への影響を検討した結果，超音波照射はアオコを沈降させるだけでなく，光合成機構にもダメージを与えることが明らかになった。

アオコの生育速度に対する超音波照射の影響について人工培地を用いて検討した結果，超音波照射しなかったアオコと比べ，超音波で照射したアオコの生育は検討したほとんどの条件下で抑制され，低下することが観察された。栄養物質の乏しい湖水を用いた実験ではさらに大きな抑制効果が観察された。生理的食塩水を用いた結果

から、超音波によるアオコの生育抑制、低下の原因は、超音波照射によってアオコの光合成機構がダメージを受けるためであることが明らかになった。しかし、超音波照射で沈降したアオコがある条件（十分な栄養分、光条件、最適温度など）のもとでは再び生育速度を回復することも観察された。その原因としては破壊されたガス胞の再生により、生育に最適な場所への移動が可能になったためと考えられる。そこで、フローサイトメトリーを用いて超音波照射によって破壊されたガス胞の再生能についての検討を行った。その結果、最適な光条件下では超音波照射後24時間から36時間の間に超音波照射する前のレベルまで破壊されたガス胞が再生されることが明らかになった。そして、湖底のように光条件が弱い環境ではガス胞の再生能も弱くなりその結果、細胞の生育速度も抑制されることが考えられた。

超音波照射がアオコを沈降させ、限定された範囲に高濃度で蓄積させることは、自然界に存在するアオコ分解細菌の活動に非常に有利な条件を与えるものと考えた。そこで、超音波処理を行ったアオコに対するアオコ分解細菌の作用に関するアオコ分解細菌の作用に関する検討を行った。超音波で処理したアオコと無処理のアオコにアオコ分解細菌を接種した結果、超音波で処理したアオコは細菌を接種して12時間目から急激に細胞数が減少した。一方、処理しなかったアオコはアオコ分解細菌を接種し、24時間経ってもそれほどの減少はみられなかった。それとともに、超音波によって破壊されたガス胞の再生はアオコ分解細菌によって抑制されることも観察された。

最後に、超音波プロセスの実用性のテストとして富栄養化によって毎年アオコが異常増殖する茨城県水戸市所在の千波湖において超音波によるアオコの制御を試みた。その結果、超音波照射プロセス導入以前は、夏期のクロロフィル濃度が $200\text{mg}/\text{m}^3$ であったが、超音波照射プロセスを導入した後は $50\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ まで減少させることができた。水質の改善については、アオコの抑制に伴いCOD（化学的酸素要求量）とSS（懸濁物質）の濃度について顕著な減少がみられた。水中のリンの濃度に対してはジェット噴射機による底泥の好気化により著しい改善がみられたものの、窒素の濃度に関しては導入河川水の水質が影響して改善がみられなかった。今後の課題としては長期的なアオコの増殖抑制のためには湖の水質と底質の改善が強く求められた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、超音波によるアオコの迅速処理システムを開発し、閉鎖性水域のアオコ大量発生による水質悪化を防ぐことを目的とした。超音波照射がアオコに与える影響について詳細な検討を行うと共に、アオコ分解細菌による分解作用の向上が起ることを見出した。これらの基礎的知見に基づいて実際の富栄養化湖沼での超音波プロセスによるアオコ処理能を実施し、著しい改善効果のあることを確認した。

よって、著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。