

氏名	よしながいくお 吉永育生
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	論農博第2601号
学位授与の日付	平成18年3月23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	農業用調整池ならびに水田湛水中の水質環境の形成に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 三野 徹 教授 河地利彦 教授 二井一禎

### 論文内容の要旨

近年、流域の土地利用の変化や生活様式の変化に伴って流域から排出される負荷量が増加し、それに伴って閉鎖性水域の有機物や栄養塩類濃度が上昇して、水質汚濁現象が顕著となっている。農村地域に位置する灌漑を目的とした閉鎖性水域についても約80%が富栄養状態にあり、これらの水域では藻類の過剰な増殖が危惧される状況にある。藻類が過剰に増殖すると、灌漑用水として利用する上で様々な問題が生じることから、水域内部における水質現象を理解し、藻類の増殖機構を解明することが求められている。ため池や調整池といった水域の水質環境は、水利用に伴う人為的な水管理操作に大きく影響を受ける点が大きな特徴である。これらの水域における栄養塩類の循環過程や増殖する藻類種に着目した研究事例は比較的少ない。とくに、毒素を有し、アオコを形成する藍藻類の *Microcystis* の増殖に適した各種の環境条件、特に水利用にかかる環境条件について取り扱った研究は少ない。また、ため池や調整池を含めた農村地域の水質環境管理を行う上で、水田の有する窒素除去機能の果たす役割が大きく期待できる。

そこで本論文は、農業用調整池を対象とした現地観測及び数値シミュレーションの実施により、水域内部の物質循環過程と藻類の増殖過程を解析した。その上で、*Microcystis* の増殖に適した環境について分析を行った。最後に、農業用調整池の水質環境保全と深い関係を持つ、水田の田面湛水中での水質形成機構についても検討を加えた。

第1章では、日本における閉鎖性水域の富栄養化現象について経年的な傾向や特徴について整理し、農業用ため池や調整池の水質環境の特徴と現状について説明し、水質環境保全のためには集水域における負荷管理が重要であることを示した。

第2章では、農業用調整池の水質環境を対象として水域内部の現象解明を目的とした研究、*Microcystis* の生物学的な特徴にかかる研究、及び農村地域の水質環境の保全を目的として実施された既往の研究のレビューを行った。

第3章では、2年間にわたる定期的な現地観測によって農業用調整池の水質環境の季節変化を明らかにした。対象とした調整池は水理学的滞留時間が2～7日の浅い水域であり、灌漑のための水利用が水質環境に大きな影響を与えていた。水使用が最も多い4月から5月は、流入水に高濃度の土粒子と珪藻類の *Synedra* が含まれていたため、クロロフィル a 濃度、COD<sub>Mn</sub> 濃度とも上昇した。水利用が定常的な状態の夏季には鞭毛藻類の *Volvox* の増殖が確認され、クロロフィル a 濃度、COD<sub>Mn</sub> 濃度とも上昇した。灌漑が終了して水利用量が少なくなる9月には *Microcystis* が優占種となった。

第4章では、水域内の物理過程と生物化学過程について数値シミュレーションを行った。水域内の三次元的な流れ・水温を再現できる数値モデルを開発し、物理的な環境条件を明らかにした上で、化学的な環境条件である栄養塩類の循環過程と生物学的な藻類の増殖過程についての再現計算を行い、水質環境の解明を行った。夏季の153日間を対象として数値計算を実施したところ、水温の再現性は非常に高く、誤差の平均値は0.8℃であった。また、クロロフィル a 濃度は部分的に観測結果と一致した。これは、藻類の増殖過程を一つのモデル式で再現したため、*Volvox* が優占していた時期は整合していたものの、*Microcystis* が優占していた時期の整合性は低かった。

第5章では、*Microcystis* の増殖に影響を与える水質環境条件を理解するために、現地観測結果の分析を行った。対象とした水域では、*Microcystis* が優占となってクロロフィル a 濃度が上昇したのは、灌漑水の水利用が終了した9月から10月

であった。この時期の外的な環境条件を分析し、*Microcystis*の増殖に影響を与えているのは長い滞留時間であることを明らかにした。対象とした調整池では、流入する栄養塩類濃度がほぼ一定で、栄養塩類は水域内に均等に供給されやすい形状であったため、水利用が少なくなり滞留時間が長くなると、*Microcystis*の増殖に有利となる栄養塩類の供給が遅い環境条件が形成されることを明らかにした。

第6章では、水田の湛水中の窒素の除去機能について考察した。水田湛水中の窒素の態変化を日単位で再現できるモデルを開発し、再現計算の実施により水田湛水中における窒素の循環過程について検討した。

## 論文審査の結果の要旨

わが国の農村地域に位置する農業用のため池や調整池の約80%が富栄養状態であり、藻類の過剰な増殖が危惧される状況にある。藻類が過剰に増殖すると利水上の問題が生じることから、水域内部における水質現象を理解し、藻類の増殖現象の原因を解明することが必要である。ため池や調整池といった水域は、水利用に伴う人為的な水管理操作によって水質環境が大きく変化する点が特徴であるが、これらの水域における栄養塩類の循環過程や増殖する藻類種に着目した研究事例は比較的少ない。また、これらの水域の水質環境保全の対策の一つとして水田の有する窒素除去機能の活用が期待される。

本研究では農業用調整池を対象とした現地観測及び数値計算の実施により、水域内部の物質循環過程と藻類の増殖過程を明らかにした上で、藍藻類 *Microcystis* の増殖要因について分析を行った。そして、農村地域の水質保全に貢献が期待される水田の窒素除去機能についても検討を加え、貴重な知見を得ている。

評価すべき点は以下の4点である。

1. 農業用調整池を対象として、2年間にわたる定期的な現地観測により水質環境の季節変化を明らかにした。灌漑のための水利用が水域内の栄養塩類濃度、有機物濃度及び増殖する藻類相に影響を与えていることを示した。
2. 閉鎖性水域における流れ・水温・栄養塩類濃度・藻類量を再現できる数理モデルを作成した。モデルは、水域内部の三次元的な物理条件、栄養塩類濃度、及び藻類の生物量について再現が可能であり、十分な再現性を有することを確認した。
3. 藍藻類 *Microcystis* の増殖に影響を与えているのは滞留時間が長いためであることを示した。対象とした水域の特徴を分析した結果、滞留時間が長くなると、*Microcystis*が増殖しやすい環境条件となることを明らかにした。
4. 水田湛水中の窒素の循環過程を明らかにした。日単位で水田湛水中の窒素の態変化を再現できる、簡素かつ再現性に優れたモデルを開発し、水田湛水中での窒素の循環過程を明らかにした。

以上のように本論文は、農業用調整池ならびに水田湛水中における水質環境について研究を行ったもので、水環境工学、環境水理学、灌漑排水学、水質保全対策技術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2月13日、論文なら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。