

DEVELOPMENT OF HYDRODYNAMIC AND WATER QUALITY MODELS FOR EUTROPHIC AND ORGANICALLY POLLUTED AGRICULTURAL PONDS

ドウ テュイ グエン

<https://hdl.handle.net/2324/1398428>

出版情報：九州大学，2013，博士（農学），課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏名・(本籍・国籍)	ドゥ テュイ グエン Do Thuy Nguyen (ベトナム)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	生資環博甲第725号
学位授与の日付	平成25年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 生物資源環境科学府 環境農学専攻
学位論文題目	DEVELOPMENT OF HYDRODYNAMIC AND WATER QUALITY MODELS FOR EUTROPHIC AND ORGANICALLY POLLUTED AGRICULTURAL PONDS (富栄養化・有機汚濁が進む農業用貯水池を対象とした水理・水質モデルの開発)
論文調査委員	(主査) 准教授 原田 昌佳 (副査) 教授 平松 和昭 教授 大槻 恭一

論文内容の要旨

本研究では、富栄養化や有機汚濁が進行した農業用貯水池を対象に、藻類の大量発生や水域の貧酸素化に代表される水環境劣化の原因メカニズムの究明に必要な水環境動態予測モデルを開発した。同モデルは、水域内部の物質の生物化学的循環をモデル化した生態系モデルに、閉鎖性水域の流動解析モデルを組み込んだ水理・水質モデルである。

まず、水深の浅い富栄養化水域を対象に、植物プランクトンの種構成として4つの藻類綱（藍藻類、緑藻類、珪藻類／渦鞭毛藻類、クリプト藻類）を考慮に入れたワンボックス型生態系モデルを開発した。同モデルでは多くのパラメータを含むことから、遺伝的アルゴリズム（SGA）を用いてパラメータの最適値を探索した。その結果、藻類綱別クロロフィルa、有機炭素、全窒素、全リン、栄養塩、溶存酸素（DO）の全ての水質項目で良好な計算結果が得られ、パラメータ値の設定も含めてモデルの妥当性が示された。加えて、ヒシなどの浮葉植物の植生を有する場合でも、SGAによって最適なモデルパラメータを決定することで再現性の高いシミュレーション結果を得た。

つづいて、夏季の受熱期に強固な水温成層の形成によって貧酸素水塊が発生するなど有機汚濁現象が顕在化している貯水池を対象に、二つの水理・水質モデルを構築した。一つは、鉛直1次元乱流拡散方程式に生態系モデルを組み込んだ水質予測モデルである。有機汚濁が進行する水域では無酸素化に起因する硫化水素の発生が大きな問題となることから、嫌氣的条件下における酸化還元電位（ORP）ならびに酸揮発性硫化物（AVS）の動態解析が可能なモデルの構築を目指した。最深部にて実施したDO、ORP、水温、pH、AVSのモニタリング結果から、嫌氣的状態にある水域のORPは無酸素継続日数を変数とする回帰曲線により推定可能であることを示すと同時に、ORP < -200mVの条件でORPを介したAVSの算定式を見出した。これらの知見を鉛直1次元水質予測モデルに組み込み、水温・DOの計算結果からORPとAVSの季節変化を良好に推定できる簡易モデルを開発した。本モデルは、有機汚濁が顕在化した水域での水温環境やDO環境の季節的変動を良好に解析するだけでなく、これまでモデル化や定量的評価が困難といわれていたORPやAVSの動態解析を可能にした。もう一つのモデルは、水平・鉛直方向の移流や乱流拡散による物質輸送、および流域からの流入負荷の影響を考慮に入れた低次生態系-3次元流動モデルである。同モデルでは、より詳細な水理学的なプロセスを加味することで、水温やDOに加えてクロロフィルa、懸濁・溶存態有機物、栄養塩の3次元分布の季節的変動を高精度に解析することが可能となった。

以上、本論文では、藻類の種構成を考慮に入れたワンボックス型生態系モデル、鉛直1次元水質予測モデルを援用したORPとAVSの簡易推定モデル、および低次生態系-3次元流動モデルによる水理・水質予測モデルを構築し、閉鎖性水域の水環境動態に関する精度の高い数値シミュレーションを可能にした。本論文の成果は、水環境劣化の原因メカニズムの定量的評価、さらにはシナリ

オ分析や将来予測を通じた環境アセスメントにおいて重要な数理的ツールとして発揮することが期待され、農業農村地域の地域水環境の持続的な維持・管理に対して大いに貢献できると考えられる。

論文審査の結果の要旨

水域水環境の保全・改善に資するための環境アセスメントでは、現状評価や将来予測に必要な数理的ツールとして環境水理学に基づいた水質モデルの開発が必要不可欠である。本論文は、富栄養化や有機汚濁が進行した農業用貯水池を対象に、水域内部の生物化学的な物質循環をモデル化した生態系モデルに基づく水質モデル、ならびに閉鎖性水域の流動解析モデルと生態系モデルを組み合わせた水理・水質モデルを構築し、現地観測結果と計算結果との比較からモデルの妥当性や有用性を示したものである。

まず、比較的水深の浅い富栄養化水域に対する水質モデルとして、藍藻類、緑藻類、珪藻類、渦鞭毛藻類、クリプト藻類の藻類網レベルで植物プランクトンの種構成を考慮に入れたワンボックス型生態系モデルを構築した。モデルパラメータの決定に遺伝的アルゴリズムによる最適値探索を導入することで、藻類網別クロロフィル a、有機炭素、窒素、リン、溶存酸素 (DO) の水質項目を概ね良好に予測でき、浮葉植物や抽水植物を有する水域でも本モデルによる水環境の動態予測が可能であることを示している。さらに、計算結果を利用して、藻類網ごとに植物プランクトンの増殖特性を水温、水中光強度、栄養塩濃度の環境要素の季節的変動と関連付けて評価できることを示している。

つぎに、夏季の受熱期に強固な水温成層の形成によって貧酸素化や無酸素化が生じるなど有機汚濁現象が顕在化している貯水池を対象に、二つの水理・水質モデルを構築した。一つは、鉛直 1 次元乱流拡散方程式に生態系モデルを組み込んだ水理・水質モデルであり、これを援用した嫌気的条件下での水環境の動態解析を行った。まず、対象水域にて水温、DO、酸化還元電位 (ORP)、硫化物濃度などの水質モニタリングを実施し、無酸素化に伴う還元的条件下での ORP や硫化物濃度の経時的变化に関する回帰モデルを得た。ついで、これらの結果を鉛直 1 次元水理・水質モデルに組み込むことで、水温や DO の計算結果から無酸素状態での ORP と硫化物濃度を予測する簡易水理・水質モデルを構築した。以上より、水温、DO に加えて ORP と硫化物濃度の季節的変動を概ね良好に予測できることを示し、これまで実水域レベルにおいてモデル化や定量的評価が困難といわれた ORP と硫化物濃度の評価・予測の可能性を示している。二つ目のモデルは、レイノルズ方程式、連続の式、水温拡散方程式を基礎式とする流動解析モデル、ならびに 3 次元乱流拡散方程式に生態系モデルを組み込んだ水質モデルから構成される水理・水質モデルであり、水平・鉛直方向の移流や乱流拡散による物質輸送、および流域からの流入負荷の影響を考慮に入れることでモデルの精緻化を図った。その結果、水温成層の形成や破壊、鉛直混合の発達といった水理学的現象を精度良く再現でき、また富栄養化・有機汚濁に関連する水質項目の 3 次元分布の季節的変動、とくに貧酸素化・無酸素化やその解消について水理学的現象と関連付けて解析できることを示している。

以上要するに、本論文は、植物プランクトンの大量発生や水域の貧酸素化・無酸素化に代表される水環境問題の原因メカニズムの究明に必要な水環境の動態解析手法を開発・検証し、今後の水域水環境の評価や予測に大きく貢献する貴重な手法を提案したもので、農業・農村地域を対象とした水環境学に寄与する価値ある業績と認める。

よって、本研究者は博士 (農学) の学位を得る資格を有するものと認める。