

Quantitative Estimation and Mathematical Modelling of Water Quality Dynamics under Long-term Anoxic Conditions in an Organically Polluted Reservoir

チャン トゥアン タック

<https://hdl.handle.net/2324/1959172>

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (農学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : チャン トゥアン タック

論文題目 : Quantitative Estimation and Mathematical Modelling of Water Quality Dynamics under Long-term Anoxic Conditions in an Organically Polluted Reservoir

(有機汚濁水域における長期的な無酸素条件下での水質動態の定量的評価と数学モデル)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、有機汚濁が進行した閉鎖性水域を対象に、水底近傍の長期的な無酸素化に伴う水環境劣化の発生メカニズムの究明に向けて、嫌氣的な生物化学的反応に起因する水質の動態特性を定量的に評価した。また、この成果に基づいて、従来の生態系モデルをサブモデルとする水質予測モデルを改良し、水質動態を精度よくシミュレーション可能な水理・水質モデルを構築した。

まず、無酸素条件下で生じる硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の消失、底質からのアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) とリン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の溶出、ならびに硫化水素を主とする硫化物の発生に着目した。これらの嫌氣的有機物分解に関する基礎的知見を得るために、室内実験にて底質直上の無酸素化を再現し、溶存酸素 (DO)、酸化還元電位 (ORP)、窒素、リン、硫黄化合物、鉄、有機炭素の水質モニタリングをビーカースケールで行った。その結果、無酸素条件下の ORP を 5 段階の低下過程でモデル化し、この経時変化と関連付けて、段階的に生じる脱窒・鉄還元・硫酸還元に因る水質変動を特徴づけた。また、嫌氣的有機物分解に起因する無機態窒素・リンと硫化物の減少・増加のタイミングやこれらの時間変化率は、DO が好氣的状態から嫌氣的状態へと低下した時点の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、溶存態有機物 (DOC)、および底質表層の酸化還元状態によって規定できることを明らかにした。さらに、嫌氣的有機物分解の進行とともに、底質からの溶出によって腐植酸を主とする DOC が持続的に増加し、長期的な無酸素化が富栄養化に加えて有機汚濁化を加速させる要因であることを示した。

つぎに、無酸素条件下での水質の動態特性を実水域スケールで評価するために、有機汚濁により強固な水温二成層が長期的に形成される貯水池を対象とした水環境解析を二つのアプローチから行った。まず、2 年間の水質観測データを用いて、春季の無酸素化に至った時点での底質表層の酸化還元状態が嫌氣的有機物分解に及ぼす影響に着目し、生物化学的見地から水質動態の特徴抽出を試みた。その結果、鉄還元と硫酸還元がほぼ同じタイミングで生じること、これらは無酸素条件下で生じる脱窒により $\text{NO}_3\text{-N}$ が完全に消失するタイミングと一致すること、また $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の増加の主要因は鉄還元であることを示した。さらに、底質表層が酸化的状態である場合、無酸素状態に至った時点から遅れて脱窒が生じること、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、硫化物の増加速度は還元的状態の場合と比べて小さいことを明らかにした。つぎに、現地観測で得られた知見に基づいて、無酸素条件下での水質の動態特性を考慮に入れた生態系モデルを構築し、鉛直次元乱流拡散モデルをベースとする水理・水質モデルを開発した。その結果、従来の水質予測モデルと比べて、無機態窒素・リンと硫化物の季節変化を良好に計算できることを示した。

以上、本論文では、長期的な無酸素条件下での水質の動態特性、および嫌氣的有機物分解に影響を与える環境要因について明らかにし、さらに有機汚濁水域の水環境の動態予測に関する精度の高い水理・水質モデルを構築した。本論文の成果は、有機汚濁に伴う水環境劣化の発生メカニズムの定量的評価において重要な水環境学的知見を与え、農業農村地域の地域水環境の持続的な保全・管

理, さらには水質汚濁問題を抱える水域の水環境修復に対して大いに貢献できると考えられる.