

(様式2)

## 学位論文の概要及び要旨

氏 名 李 衡 峻

題 目 農業小流域における汚濁物質の流出特性と新たな原単位推定手法に関する研究

### 学位論文の概要及び要旨

日本全国の湖沼は富栄養化の問題で苦しんでおり、各自治体では湖沼の水質悪化問題を解決するため、様々な水質改善対策を実施しているが、湖沼の環境基準達成率から見るとその効果は依然現れていない。その理由として、今までの対策には非特定汚染源からの汚濁負荷が十分に考慮されていないことと、1970～1980年代に提示された古い原単位を用いて流出負荷を算定したため、実際の流出負荷が正確に把握できていない可能性があげられる。この状況から、最近明らかになった流出特性に関する知見を生かした新しい原単位の必要性が高まっている。原単位は同じ土地利用であっても地域・降雨量・調査方法によりバラツキが大きいので、原単位を利用する際には選定基準に疑問が生じる。そこで、本研究では詳細な実測調査に基づいて原単位を推定するとともに、新たな原単位の推定手法を提案することを目的とした。非特定汚染源の1つである農耕地のうち水田を主体とする流域を対象として、4年にわたる灌漑期の週2回の頻度で実測調査を行うとともに過去の文献では考慮されていない雨天時と非灌漑期に対して調査を行い、データを蓄積した。その結果を灌漑期・非灌漑期、晴天時・雨天時、汚濁物質の形態から粒子態・溶存態に分けて汚濁物質の流出特性を調べた。

晴天時における灌漑期の流出特性を農業イベント別に把握できた。代かき田植え期は過去の知見と同様に代かき排水の影響でSS（浮遊物質）とT-P（総リン）正味負荷流出が大きくて、粒子態リン（P）の流出負荷が多いことが分かった。中干し前半期にはT-N（総窒素）正味負荷の流出が大きく、溶存態窒素（DN）濃度の増加が見られた。これは、水田を徹底に乾燥させるため表面と暗渠から行われる排水の影響と考えられる。一方、間断灌漑期にはT-N正味負荷がマイナスとなり、この時期の水田が浄化型として機能することが確認できた。流域の正味流量が減少することと、この期間中の田面水のDN濃度が減少することから稲によるDN吸収が理由として考えられる。非灌漑期には開いている表面と暗渠から若干の排水が出ており、DN濃度は灌漑期より高くなるが、負荷量は大きくないことが分かった。

雨天時調査を灌漑期5回、非灌漑期1回行った。灌漑期には水田に稲と田面水があり、非灌漑期には水田表面がそのまま露出されている。この違いによって、灌漑期には非灌漑期より降雨による流量増加が大きく、流出水のSSとPP平均濃度は灌漑期より非灌漑期が高かった。流出様態が異なることから灌漑期と非灌漑期に分けてモデルを構築して、過去9年間の雨天時流出負荷を算定した。モデル

から得られた流出負荷を水田由来と降雨由来に分けてみると、雨天時に水田流域から流出するT-N負荷のうち、水田由来の負荷は概ね一定であり、降雨由来の負荷は降雨量の変動と有意な関係があることが分かった。これから、雨天時に流出するT-N負荷量は基準降雨年の負荷量を算定した後、降雨量の変動に応じて推定することが可能と思われる。一方、非灌漑期には収穫後の水田管理状態により表面状態が異なる点に着目して、表面管理状態が雨天時の汚濁負荷流出に及ぼす影響を調べた。収穫後、いかなる管理を行わず放置した水田は他の水田と比べて汚染物質の濃度が低く流出流量が多いこと、排水性を向上させるため耕起した水田は流出流量が少なくSS濃度が高いこと、稲わら・籾殻を撒いた水田は流出流量が少なくT-NとT-P濃度が高くなることが確認できた。汚濁負荷流出量は濃度より流量に依存することが明らかになったため、排出口を閉める方法や耕起または稲わらを撒くような管理を行うことで、負荷流出を減らすことが可能である。

以上の調査結果から得られた正味負荷量を単位面積当たりの比負荷量（原単位）として整理した。他文献の原単位は、灌漑期における月1～2回の頻度で晴天時調査を行い灌漑期の1つの原単位を提示していることから、調査頻度による原単位の信頼性、雨天時負荷考慮有無による原単位の差、農業時期別原単位の必要性を検討した。原単位はバラツキを持っていて、単年度の調査から原単位を提示することは信頼性の側面からも望ましくない。本研究では、原単位を1つの値ではなく確率分布として推定する方法を検討した。モンテカルロシミュレーションの概念を用いて、時期別の1日負荷量から確率分布を把握し乱数を発生させて合計することで、数多くの原単位が再現できたうえに、原単位の確率分布を導いた。原単位の確率分布から乱数を発生させることで、実測調査の回数が足りない部分をシミュレーションにより補完して流出負荷推定が可能となるとともに、過去の原単位と確率分布を比較することで原単位の妥当性を評価する手法としても活用できる。他方、本研究の原単位を文献値と比較すると、T-N原単位は他文献の範囲内に収まる値であり、T-Pは雨天時と非灌漑期の負荷も入っているため、やや高い値となっている。

原単位を時期・天候・形態別に整理して、水田流域からの排出負荷を削減できる対策を検討した。SSとT-P、PP負荷は灌漑期に流出が多いので、湖内湖などの沈殿施設を利用した対策が有効であり、窒素は年中にかけてDNの流出が多いため、水生植物を利用した浄化方法が望ましいと考えられる。他にも水管理や施肥方法の改善などがあるが、それぞれの対策は単一で行うより、総合的に実施する際、より大きな効果が期待できる。このような対策の提案は、流域の流出特性を正確に把握したうえで行われるべきであり、流域の汚濁物質の流出特性を明らかにした資料は対策提案に不可欠なものであり、本研究が有効に使われると期待する。（2,331文字）