

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	長野 峻介
論文題目	Optimization of Crop Planning for Nonpoint Source Pollution Management (面源汚濁管理のための作付計画の最適化)		
(論文内容の要旨) 湖沼や河川における水質低下の要因として、農業生産活動が営まれる農業流域を主な汚濁排出源とする面源汚濁の問題が重要視され、各地でさまざまな汚濁負荷削減対策が講じられているが、面源汚濁への対策は農業生産活動を制限することによるものが多い。面源汚濁の特性を把握し、農業流域において合理的かつ高度な汚濁負荷管理の方法を検討することは、環境保全と農業の収益性を両立させる持続可能な農業の実現に向けて、きわめて重要な課題である。本論文は、水田を主とする農業流域から排出される汚濁負荷の動態特性と、農業流域からの汚濁負荷の抑制と収益性の向上を目指した作付計画の立案を支援する最適化モデルについて検討したものであり、以下の7章から構成されている。 第1章では、緒論として、面源汚濁による河川や湖沼での富栄養化問題や面源汚濁の時空間的変動特性について概観した上で、環境保全と収益性を両立させるための営農管理、特に作付計画における最適化モデルの必要性について述べ、本論文の目的と意義を示している。 第2章では、面源汚濁の問題並びに数理計画法による最適化モデル、特に水質管理や営農管理のための最適化モデルに関する先行研究を渉猟し、整理している。 第3章では、本研究において最適化手法として用いる整数計画法について、その概要と厳密な最適解を得るための解法である分枝限定法について述べている。 第4章では、水田を主とする農業流域から排出される汚濁負荷について現地調査を行い、その観測結果から汚濁負荷の時空間的動態特性を明らかにしている。すなわち、農業流域内を流れる河川への排出口について悉皆調査を行い、排水流量及び水質濃度(COD, 硝酸態窒素, 全窒素, 全リン)の変化を、農作業の状況, 気象条件, 地理条件との関係において整理し、汚濁負荷の動態特性を明らかにしている。 第5章では、農業流域外へと排出される全窒素汚濁負荷量の抑制と流域全体での農業の収益性の向上を目的として、各耕区での作付計画を導出する多目的最適化モデルを提示している。最適化モデルは、混合0-1整数計画法を用いて定式化し、排出する汚濁負荷抑制と収益性向上の二つの目的を重み係数法により単一の目的関数へと統合している。さらに、転作や所得補償などに関する交付金制度もモデルに組み込み、モデルの汎用性を高めている。目的関数における重み係数の値により、環境保全重視型作付計画, 収益向上重視型作付計画といった特徴ある作付計画の立案が可能であり、営農管理者は汚濁負荷削減効果と収益向上効果を比較検討しながら、実行可能な作付計画の中から環境保全と収益性に対する自らの意思に即した作付計画の決定が可能となる。 第6章では、前章における最適化モデルを基本として、農地からの汚濁負荷や収益係数に関する不確実性を考慮した確率計画法に基づくシナリオやファジィ目標を導入している。また、複数の水質項目について汚濁負荷の評価を行うために目的関数に改良を加え、多角的に対費用効果を検討できる、より実用性の高い最適化モデルを構築している。また、別途行っ			

た現地調査の結果からモデルパラメータの値を同定し、最適化モデルによって得られた作付計画における汚濁負荷抑制と収益性向上の効果を、現地での実際の作付との比較により評価し、モデルの有効性を明らかにしている。

第7章では、以上のことから得られた知見を要約・整理し、開発した最適化モデルを改良し、その有用性を向上させるための課題について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

近年、農業において環境保全と収益性の両立が求められており、農業流域を主な排出源とする面源汚濁について、その動態特性を把握し、汚濁負荷を抑制するための営農のあり方を導く合理的な手法を検討することはきわめて重要である。本論文は、このような観点から、数理計画法による最適化手法を援用して、水田を主とする農業流域における汚濁負荷管理と作付計画を立案、策定するための方法論を提示したものであり、評価すべき主要な点は以下の通りである。

1. 現地観測により農業流域から排出される汚濁負荷の時空間的動態特性を詳細に明らかにしており、流域全体での汚濁負荷の効果的な管理を検討する上で、きわめて有用な知見を得ている。
2. 作付計画における最適化モデルは、従来は線形計画法により定式化される場合が多く、最適化モデルにより各作物の作付面積が定められるが特定の作付位置は示されない。本論文では、混合0-1整数計画法により最適化モデルを構築しており、各耕区における作付計画を導出することができ、耕区単位の緻密な作付計画が可能である。
3. 農業流域外へと排出される汚濁負荷量と流域全体での収益性の評価を行う最適化モデルであり、営農管理者は作付計画による汚濁負荷抑制と収益性向上の効果を検討・分析しながら意思決定が可能となる。実際の農地での作付と比較し、最適化モデルによる作付計画では硝酸態窒素負荷量について最大20%以上の削減効果が期待できることを明らかにしている。
4. 改良した最適化モデルでは、複数の水質項目について汚濁負荷の抑制を検討することができ、水域の汚濁状況を勘案して、ある特定の水質項目の汚濁負荷を重点的に削減するための作付計画を導くことができる。
5. 確率最適化手法とファジィ理論を用いることで、汚濁負荷と収益係数がもつ不確実性に対してロバストな最適解が求められる。これにより汚濁負荷抑制については排出負荷の、収益性向上については収量や価格の変動性を考慮した最適化が可能となる。

以上のように、本論文は、農業流域から排出される面源汚濁の管理を目的として、現地観測により汚濁負荷の時空間的動態特性を明らかにするとともに、混合0-1整数計画法によって作付計画の立案と決定を支援する最適化モデルを開発したものであり、水質環境科学、水資源工学の発展並びに環境保全型農業の実践とそのための具体的な営農管理のあり方を求める上で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24年2月13日、論文並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。

要旨公開可能日： 年 月 日以降