

氏名	金 彬
学位の種類	博 士 (学 術)
学位記番号	博 乙 第 2824 号
学位授与年月日	平成 29年 3月 24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	生命環境科学研究科

学位論文題目 食料生産効率と環境改善のための総合的な窒素資源管理のシミュレーション分析

主査	筑波大学教授	学術博士	氷 鮑 揚 四 郎
副査	筑波大学教授	博士 (農 学)	張 振 亜
副査	筑波大学教授	博士 (生 物 工 学)	楊 英 男
副査	筑波大学准教授	博士 (学 術)	水 野 谷 剛

論 文 の 要 旨

中国は、化学肥料の大量投入により農業生産における大幅な単収増加を実現し、7.9%の耕地と6.5%の淡水資源で世界の20%の人口を養っている。しかし、大量の化学肥料の投入により余剰窒素が地下水、河川、大気に排出され、富栄養化、温暖化等の環境問題の一因となっている。また、近年における急激な経済成長と都市化の進展に伴い、食料消費構造が激変し、肉類の消費が増加し、その結果畜産業は製造業を超えて主要な窒素排出源となっている。今後、内陸における更なる経済成長が予測される時、食料の確保と持続可能な発展のためには、環境問題に焦点を当てて、食料生産・消費に伴う窒素循環への影響に配慮し、農業残渣、畜産廃棄物等のバイオマス資源有効活用によるエネルギー自給率の向上、水質改善、雇用の創出、地域経済の活性化などを意図する窒素資源管理が重要となる。審査対象論文は、窒素過剰国である中国の循環型社会を見据え、食料生産基地である吉林省松原市を例にして農業・畜産業を中心とする窒素資源管理の在り方を研究し、政策提言を行ったものである。

本論文は、全5章で構成されている。第1章で著者は、物質収支原則に基づく窒素循環の把握が重要であることを提起し、人為的影響による窒素循環の変化がもたらした環境問題を取り上げ、循環型社会の構築のためには社会経済システムとリンクする形での窒素循環の把握の重要性を明らかにしている。ついで、先行研究のレビューを行い、研究目的、研究手法について述べている。

第2章で著者は、吉林省松原市の地理的位置、社会経済、環境問題を分析し、地域の特徴および窒素排出による環境問題を明らかにしている。中国の環境基準、環境の現況、松原市における化学肥料の利用状況についてまとめ、本論文で畜産廃棄物バイオマス資源の有効活用技術として取り上げた畜産廃棄物メタン発酵技術についてまとめている。

第3章で著者は、双対型拡大産業連関表に基づく、窒素資源管理政策評価シミュレーションモデルを構築している。まず、松原市の窒素循環(の変化)に大きく人為的に関与している部門を農業、畜産業、製造業および家計(消費)の4つに分類した。次に、政府関連機関が公表しているデータに基づいて(i)入荷・輸入に伴い各部門に原材料・消費財として流入する窒素量、(ii)当該部門の活動に伴う窒素環境負荷物質の排出量、(iii)出荷、輸出に伴い他部門、他地域に流出する窒素量を、各部門の活動量に依存する形で把握、推定し、各部門での窒素収支、部門間の窒素循環の問題点を明らかにしている。この結果を、吉林省産業連関表(2007

年 44 部門表) に組み込み、さらに各部門の価値収支バランス式を定式化し、地域総生産額 (GRP) を目的関数として、各種バランス式を制約式とする最大化問題としてシミュレーションモデルを構築している。分析ケースは、(a)何も新たな政策を導入せず、2010 年の窒素排出量と経済活動指標としての GRP の値を推計する Case 0、(b)農業生産における化学肥料施肥量に制約を設けて、2010 年施肥量を基準としてその n% (n=1,2,3, ...) を削減する各政策を分析する Case 1、(c)2010 年の窒素排出量を基準値としてその n% (n=1,2,3, ...) 削減を、畜産廃棄物、家計からの食料廃棄物を堆肥化してこれを化学肥料に代替することで実現することを図る政策の効果、実効性を分析する Case 2、および(c)上記(b)と同様の削減を、畜産廃棄物・家計食料廃棄物をメタン発酵・発電する技術導入によって適正処理することで実現を図る政策の効果などを分析する Case 3 の四ケースである。メタン発酵・発電システムの技術的なパラメータの設定は、2 相式メタン発酵システム、電気化学的処理、熱電併給システムを基本とするプラントを想定した値である。

第 4 章で著者は、シミュレーションの結果を分析した。Case 0 の GRP の値は、1,004 億円となり、2010 年実績値の 991 億円との間でわずかな誤差が生じた。このときの窒素排出量は 54 万 6 千トンで、同様に実績値の 54 万 5 千トンをわずかに上回ることが判明した。部門別生産額、消費量、窒素排出量などの実績値との比較を行い、モデルの整合性を検証している。Case 1 では、化学肥料施肥量削減政策の効果进行分析し、10%削減すると総排出量は 1.3%削減されて 53 万 9 千トンとなり、GRP はこれに伴い 5.4%削減し、950 億 2 千万元となったが、このことから、化学肥料施肥量を規制することは一応の効果はあるが、GRP の削減を見ると効率的でないことを明らかにしている。Case 2 では、窒素排出量を最大限で 10%削減すると、GRP は 4.6%削減し (957 億 7 千万元)、堆肥による化学肥料代替促進は、GRP への負の影響を考えると化学肥料施肥量を直接規制するよりは効果的であることを明らかにしている。Case 3 では、窒素排出量を最大限で 13%削減し (47 万 5 千トン)、GRP は 4.5%削減する (958 億 6 千万元) ことを明らかにした。Case 2 と Case 3 の比較から、バイオマスメタン発酵・発電システムの導入により、窒素排出量をより多く削減し、かつ高い GRP の値を維持できることを明らかにし、同システムの導入政策は堆肥による化学肥料代替政策よりも効果的であることを検証している。

審 査 の 要 旨

本論文で開発された環境経済統合型の双対拡大産業連関モデルは、窒素排出量削減政策を総合的に評価するためのオリジナルのシミュレーションモデルであり、また畜産業の盛んな他の地域への適用可能性も高く評価できる。既存データに基づくモデルパラメータの設定、政策評価モデルとしての妥当性の検証も適切になされており、分析ケースの設定、交代的政策の定式化にも工夫がなされている。ケースごとに窒素削減費用も計算されており、政策提言のための有益な結果が得られている。その他の環境負荷としてGHG排出量を明示的に取り扱うこと、動学分析を行い、窒素排出量削減政策立案のためのより具体的なシナリオ分析を行うことは残された課題であるが、そのための重要な基礎研究として評価できる。

平成29年 1月12日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び学力の確認を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士 (学術) の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。