

## 審査の結果の要旨

氏名 リーラパナン ピニダー

人間活動によって発生する窒素成分は水環境の劣化をもたらしている。その対策として、下水処理などの末端での対策だけではなく農林水産業、製造業を含む発生源に対する対策を取ることが肝要になる。しかしながら、従来の水環境管理では物質流の上流側に位置するこのような発生源の解析は十分に行われてこなかった。本研究は、従来の水管理の限界を超えるために、流域への窒素負荷の原因となる多様な人間活動部門を統一的な方法で解析し、対策効果を明らかにすることを目指している。とりわけ、統一的な方法で推定した各部門の窒素フローを連結することによって、各部門の窒素管理を行うと共に、全体の窒素フローを明らかにする点に本研究の大きな特徴がある。

第1章は「序論」と題し、基本的な背景に基づき、研究の目的を示している。

第2章は「既往研究の整理」で、水環境管理への物質フロー解析の適用研究を中心に整理している。

第3章は「対象地域」であり、対象とするタイ国チャオプラヤ川流域の地理的な特性と水質汚濁負荷について、従来の知見を示している。

第4章は「窒素フローモデルの開発」である。本研究においては、食料生産とその消費を中心として、対象地域の多様な人間活動に伴う窒素フローをいかに統一的な方法で把握するかという点が重要な課題である。物質フロー解析の原理自身は単純ではあるものの、限られた、また異なる目的で整備された統計資料、既存の研究成果、実測結果などを、全体の精度と限界を理解しつつ組み合わせ用いていく点に本研究の大きな特徴がある。水田と畑作、畜産と水産養殖、製造業、民生部門、のそれぞれの人間活動を同一の解析形式でとらえている。窒素成分の流入については、大気由来、肥料由来、水資源由来、食物や原料由来のそれぞれに対して量を把握し、流出に対しては、製品、水環境、大気、土壌への流出を把握すると共にそれらの流入と流出の差をもとに蓄積量を推定している。また、対象地域の気候・農業活動の特性から年間を乾季と雨季のそれぞれ6ヶ月毎に分けて解析している。起源と目的が異なる複数のデータ群を用いるため、データの整合性についてもチェックを行っている。

これらは、確立した方法の単純な適用ではない。対象とする地域の特性、窒素が有する元素としての特性、得られる情報の限界に応じて、物質フロー解析の原理を適切に適用していく手法を開発したものであり、方法論自身が重要な

研究成果であると評価できる。

第5章は、開発された手法に基づく解析結果を示した「チャオプラヤ川流域の窒素フロー」である。バンコク市を含む流域の11の県のそれぞれに対して、雨季と乾季別に、農業、製造業、民生部門毎にきわめて詳細な窒素フローの推定値を示している。従来、これらの窒素フローの情報は、断片的であったり、農業生産など異なる目的で推定されていたり、欠落したりしていた。そのため、各部門の窒素フロー量が不明であり、またその結果として流域全体としての発生量も精度の低い推定に留まっていた。これに対し、本研究ではすべての主要活動に対して窒素フローの値を推定しており、このことは高く評価される。

第6章は「不確実性解析」である。起源が異なりまた限られている情報しか得られない状況下ですべての窒素フローを推定する際には、得られた結果の不確実性について検討を行うことも必要である。ここでは、不確実性を持つ各要素に変動が生じたとき、それが窒素フローの解析結果に及ぼす結果を感度解析によって推定している。その結果、水環境への流出量の推計結果において生じる不確実性は小さいことを明らかにしている。

第7章は「流域管理への物質フロー解析結果の適用」である。詳細な窒素フローの解析から、それぞれの県における主要な窒素発生源が定量的に明らかになった。これに対して、下水道整備や畜産排水処理整備などの従来型の汚濁削減シナリオ、農業分野での窒素の循環利用、排水の肥料利用などの再利用と循環最大化シナリオの両者を想定し、それらを導入したときの流域としての窒素負荷の低減可能性を推定している。物質フロー解析を実施することによって物質流の上流側の対策の効果を定量的に明らかにしており、本研究が物質循環を含む環境政策面で活用できることを示している。

第8章は結論であり、得られた成果をまとめると共に、今後の展望と課題について述べている。

本研究は、従来統合的に解析されていなかった、食料の生産と消費を中心とするさまざまな人間活動に起因する陸域からの窒素負荷を、物質フロー解析の手法を用いて解析する方法を開発すると共に、それを水環境管理に適用する道を拓いたものであり、学術面での意義は大きく、環境政策面への適用も期待される。

以上、本研究において得られた成果には大きなものがある。本論文は環境工学の発展に大きく寄与するものであり、よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。