

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	今川智絵
論文題目	Statistical and Modeling Approaches for Hydro-environmental Analyses in Agricultural Watershed (統計的手法とモデルを用いた農業流域における水理・水文環境の解析)		
(論文内容の要旨) 農業地域における水・物質循環を健全に維持し持続可能な農業を継続するためには、その地域を含む流域全体で適切な土地・水資源管理を行うことが重要である。これらの管理方法を具体的に検討する上では、流域の水環境(水理・水文環境)の形成と人間活動の関係を把握することが不可欠である。そのために、流域に存在するあらゆる形態の水(地表水、地下水など)の動態を量と質の両面から捉えるような総合的な流域モデルは有効な手段である。本論文は、灌漑排水設備の整った日本の典型的な水田農業地域を対象として、水環境の特性と農業生産活動との関係を評価する手法について検討したものである。そのために、システム論に基づいた水文データの統計解析、並びに農地や排水路の形状が詳細に反映できる高い分解能をもった水理・水文流域モデルの構築を行っている。 第1章では、緒論として、水環境に関連した問題とその解決に向けた取り組みの現状を概観し、農業地域における水環境・生態系保全に対して流域モデルの果たす役割について述べ、本論文の目的と意義を示している。 第2章では、まず、水田農業地域、特に本論文の研究対象地である琵琶湖流域の水環境に関する先行研究を整理している。次に、水文データの時系列解析に関する先行研究、並びに流域スケールの水文モデル・水質モデルに関する先行研究について概観している。 第3章では、降水量・地下水位データの時系列解析により扇状地地下水の水文特性を抽出し、降水に対する地下水位の応答速度から地下水の涵養速度を統計的に推定している。まず、地下水位変動のパワースペクトル及び自己相関関数の推定結果より、地下水の貯留能力が扇頂、扇端、低地のそれぞれで異なることを示している。次いで、地下水システムへの入力として降水量、出力として地下水位上昇量を考え、両者の相互相関関数を推定することにより、浅層地下水への涵養速度が場所や季節によって異なることを明らかにしている。 第4～5章では、水田の耕区と用排水路網が識別できる水理・水文流域モデルを基礎として、二種類の流域モデルを構築し、対象地域への適用によってその有効性を検証している。まず第4章では、基本となる水理・水文流域モデルに、排水路内の非定常流を表す開水路サブモデルを導入するとともに、排水暗渠及び排水路による地表水と地下水との交流過程を表す数理モデルを組み込んでいる。これにより、地下水位、排水路流量、並びに排水暗渠と排水路を通じた地表水・地下水の流量について、それらの時空間分布が得られる水理・水文流域モデルを構築している。本モデルを対象地域に適用してモデルの同定・検証を行い、構築したモデルが地下水位・排水路流量の実測値を概ね良好に再現することを明らかにしている。 第5章では、基本となる水理・水文流域モデルに、土壌からの硝酸態窒素の流出・溶脱を表す分布型水質タンクモデルと地下水中の硝酸態窒素輸送を表す移流拡散型モデルを連成さ			

せた硝酸態窒素動態モデルを導入している。これにより、耕区ごとの硝酸態窒素の溶脱量並びに地下水硝酸態窒素濃度の時空間分布の得られる水文・水質流域モデルを構築している。本モデルを対象地域に適用して、地下水位については実測値が概ね良好に再現され、地下水硝酸態窒素濃度については変動幅や季節的な変動傾向において概ね実測値と一致する結果を得ている。

終章である第6章では、以上で得られた知見を要約・整理し、今後の課題について述べている。特に、流域モデルの適用性を高めるために必要な課題、モデル化に当たっての不確実性評価の必要性について言及している。

(論文審査の結果の要旨)

農業流域における水環境・生態系の保全という観点から、流域内における水・物質循環過程を高精度かつ効率的に解析することのできる手法の開発が重要な課題となっている。本論文は、水田農業地域の地表水と浅層地下水を対象として、地域における水・物質循環過程を解析するための統計的手法、並びに流域モデルの構築を試みたものであり、評価すべき主要な点は以下の通りである。

1. システム論に基づき、地下水システムへの入力として降水量、出力として地下水位そのものではなく水位上昇量を用いることにより、地下水位の降水に対する応答速度を推定する手法を提案している。これにより、地下水の持続的な利用に資する、浅層地下水への涵養量・涵養速度を統計的に評価することができる。
2. 水理・水文流域モデルは、水田の耕区や用排水路網を識別できる準三次元分布型モデルである。これにより、耕区ごとの水管理・施肥管理を反映した解析が可能となるだけでなく、農地と用排水路網をつなぐ地表水・地下水の流れを数理モデルで合理的に表現することが可能となる。
3. 農地および農業用排水路を耕区単位の分解能で認識できる準三次元流域モデルに、これまで考慮されることのなかった排水暗渠や排水路による地表水・地下水交流の効果を組み込んでいる。これにより、地表水・地下水環境の形成に対する農地-排水路-河川からなる水系ネットワークが果たす役割を評価することができる。また、排水改善や生態系保全のために実施される排水路の改修などによる水環境への影響を詳細に検討することが可能となる。また、排水路内の非定常流は浅水方程式で表され、下流端境界や堰などの構造物による背水の影響も解析できる。このため、モデルは低平地に広がる水田農業地域にも適用することが可能である。
4. 農地を耕区規模で認識できる準三次元流域モデルに水質タンクモデルを組み合わせ、表層土壌における窒素の保持を考慮して耕区ごとの硝酸態窒素溶脱量が算定できるようにしている。これにより、転作地の移動や環境保全型農業の導入による地表水・地下水の水質への影響を検討することが可能となる。

以上のように、本論文は、地下水環境の保全に欠かせない涵養量の推定に関する統計的な手法、並びに地表水・地下水の水理・水文学的な動態と土壌・地下水中の窒素動態を再現する数値解析モデルを開発したものであり、地下水学、環境水理学、水文学の発展並びに地域環境の管理・保全の実務に寄与するところが大い。

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