学位論文題名

農業水利システムを通じた広域的な
水質環境管理に関する研究

学位論文内容の要旨

（要旨）

農村地域における土地利用変化や経済社会活動の進展等、環境の変化は水循環にも影響を及ぼし、水質や生態系の悪化など水環境をめぐる問題が発生している。水田主体の農村地域では農業用水が流域利水の大宗をなし、農業水利システムや河川等を通じた水循環は、地域の水環境の基盤を形成している。新しい全国総合開発計画などで健全な水循環系の回復や水環境保全が、21世紀の大きな施策課題となっている今日、これら諸課題に適切に対応していくためには、農業水利システム及びそれを介した物質循環（水の動態と水を介して循環する汚濁負荷物質）に着目し、生産環境・生活環境・自然環境が一体となった良好な環境の保全・創出を図っていくことが重要となっている。しかしながら、農業水利に関しては、従来水量の問題が中心として取り扱われ、広域的な水質保全の面からの取り組みは十分なものとなっていない。そこで本論文では、農業水利システムにおける物質循環を適正に管理・制御し、水の持続的利用と水環境を保全していく視点から、水源域から末端の圃場レベルまでのさまざまな場の農業水利システムと水域の水質環境の関わりを明らかにするとともに、農業水利システムを通じた水質環境管理手法について論じた。

本論文は8章からなり、第1章では、研究の背景を述べ、併せて農業水利システムと水質環境管理に関する既往の研究成果を総括し、本研究の位置づけを行った。

第2章では、我が国の水資源の現状を量・質の面から分析し、これまでの水質保全施策と現在の施策上の課題を整理した。また、農村の水質環境保全研究の流れを経済社会の変化や農業農村整備事業との関連で整理し、各種の水質保全対策に係る技術の現状と課題を明らかにした。これらに基づき、農業水利システムを通じた新たな水質環境管理の必要性を論じた。

第3章では、我が国のため池・農業用ダム湖の水質環境を多角的に分析し、閉鎖系の水質システムの水質環境管理について考察した。まず、全国852箇所のため池を対象として、土地利用、農業、気象等の集水域特性及び水理諸元がため池の水質に与える影響について分析を行った。その結果、山林面積率や水深は、ため池の水質濃度を低くする要因として作用すること、日照時間が長く水深が浅いため池ほど水質濃度が高い傾向になること、集水域における栄養塩の発生源の大部分は、非点源汚染源からのものであり、長期的には集水域管理によって汚濁原因の構造的な除去が重要であることなどを明らかにした。農業用ダム湖に関しては、全国の農業用ダムの水質・水利観測記録を分析することにより、計画段階で比較的容易に得られるデータから、ダム完成後の水質を概略予測する手法について検討した。その結果、水理指標やフォーレンバイダーモデルは、利水目的で運用される農業用ダム湖においても、水温成層の形成や窒素・リンの水質予測に有効であることを示した。

第4章では、開放系の農業水利システムの水質環境管理について、人為的な制御が

可能な水管理を対象として分析を行った。この分析では、まず水管理が水域の水質に及ぼす影響要因ごとに総合的な考察を行い、次にこれら要因のうち管理用水と降雨の有効利用に着目して、水利的側面から水管理が水質に与える影響について検討を行った。その結果、水田域からの汚濁負荷流出成分の制御・管理のためには、水質移動成分の媒体である排水量の抑制、それも栽培管理用水量と無効雨量の抑制が重要となること、用水の強度の反復利用を行っている水利ブロックでは、反復利用による水管理が水域の水質保全にプラス側に作用する機会が多いことなどを明らかにした。そして、水田域では公益性に配慮した水管理を行うことにより、水域の水質環境保全に寄与できることを示した。

第5章では、流域の水質環境管理を進めるうえで、汚濁負荷物質の流出実態の把握は重要な課題であることから、矢作川中流部の農業用水取水地点での時間単位の降雨量・流量・水質データに基づき、流出負荷量に関する一連の分析を行った。まず、流域からの汚濁負荷の流出特性には、降雨依存性と大降雨時の負荷流出集中性があることを明らかにした。次に、既往の負荷量算定モデルによる降雨時負荷の推定値と実測値の比較を行い、その結果、得られた実測データの量や精度が同程度であっても、モデル係数の決定方法が負荷量の推定精度に影響を及ぼす場合があること、モデル係数は高流量時や大規模出水時の負荷流出実態を反映できる方法で決定する必要があることを明らかにした。また、降雨時の負荷流出に及ぼす流出量や降雨量以外の水文因子を統計手法により抽出し、これら因子の実際の負荷量算定への反映方法について提案を行った。さらに本章では、矢作川中流部の広域的な農業水利システムを受水域・水源域としてとらえ、負荷流出の管理・制御のための水質環境管理手法について分析を行った。この分析では、水利システムとその下流域にある閉鎖性水域の水質変動特性との関係を明らかにし、降雨時を中心とした水管理による負荷流出制御の可能性を明らかにした。これと併せて、今後の水質環境管理では、水利システムに入力・出力される水の量・質の管理が重要になることから、測定が比較的簡便な濁度から有機指標項目の水質濃度を推定する方法を示した。また、降雨流出成分の直接流出負荷量と基底流出負荷量との分離を行うことにより、流域における現在の汚濁負荷流出対策の位置付けと今後の対策を検討するための基礎的情報が得られることを示した。

第6章では、健全な水循環の回復・保全という視点から、農業水利システムを活用した流域的な水質環境管理について考察を行った。ここでは、水源域から末端の圃場レベルまで一連の水利システムを対象として、水質環境管理の意義と水利システムの役割を明らかにした。また、水利システムに関し、管理・制御、監視の区分を用いることにより、水利施設の本来機能と調和した水質環境管理の方向性を示した。さらに、水利システムを通じた水循環と水質環境との関係について、多変量解析により分析を行った。その結果、河川流量など集水域情報が十分でない場合でも、自然度の高い河川、都市化の進行が水質に影響している河川、水利システムを通じた水循環が水質環境にプラスに作用している河川など、水質環境の相対的な比較・評価が可能であることを示した。さらに本章では、物質循環の主要なルートである農業水利システムと河川を介した物質動態を総合的に評価するとともに、各種水質保全施策の選択・評価を可能とする水質管理モデルの構築の考え方と課題を明らかにし、このモデルが流域的な水質環境管理や水質保全施策にとって有効な手法であることを示した。

第7章では、総合考察として、水質環境管理の総括を行うとともに、農業水利システムの現状と今後期待される役割を踏まえ、農業水利システムを通じた広域的な水質環境管理に関し、施策上の課題と研究上の展開方向について論じた。

以上の結果から、農業水利システムは食料の安定供給のみならず、環境ストックとして地域環境の保全・創出に不可欠な役割を果たしていることが解明できた。また、農業水利システムにおける物質循環の適正化及び利水面・安全面・環境面の調和がとれた水利システム構築のための基礎的・実用的知見を得ることができた。これらの知見に基づく農業水利システムを通じた水質環境管理は、今後の広域的な水質保全施策

の展開にも広く反映できるものと期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 長 澤 徹 明
副 査 教 授 松 田 豊
副 査 教 授 波 多 野 隆 介
副 査 助 教 授 井 上 京

学 位 論 文 題 名

農業水利システムを通じた広域的な 水質環境管理に関する研究

農村地域では農業用水が流域の水利用の大部分を占め、農業水利システムを通じた水循環は、地域の水環境の基盤を形成している。健全な水循環の回復や水環境保全が大きな施策課題となっている今日、水環境に果たす農業水利システムの役割を適切に位置付けることが重要となっている。本研究は、水源域から圃場レベルまで種々の場の農業水利システムと水域の水質環境の関わりを明らかにするとともに、農業水利システムを通じた水質環境管理の方法を提示することを目的としている。得られた結果の概要は下記の通りである。

1. 農業用ため池・ダムの水質環境管理

全国のため池の水理諸元及び土地利用、農業、気象等の集水域特性とため池水質との関係の検討では、大きな山林面積率や深い水深は、ため池の水質濃度を抑制する要因となること、畑地面積率の増加に伴い全窒素濃度が高くなること、集水域の窒素発生負荷の約80%は非点源排出負荷であることなど、集水域特性がため池水質に与える影響要因やその度合いを明らかにした。また、農業用ダム湖では、ダム湖完成後の水質濃度（全窒素、全リン）や水温成層を予測し環境管理を行う手法として、フォーレンバイダーモデルや水理指標が有効であることを示した。

2. 河川から取水する農業水利システムの水質環境管理

水田域からの汚濁負荷流出制御・管理のためには、水質成分移動の媒体である排水量の抑制、特に圃場での栽培管理用水量（強制落水、掛け流し）と無効雨量（圃場に貯留されない降雨）の抑制が重要となること、強度の反復利用を行っている農業水利システムでは、反復利用による水管理が水域の水質保全にプラス側に作用するが多いこと、などを明らかにした。そして、水田域では公益性に配慮した水管理を行うことにより、水域の水質保全に寄与できることを示した。

3. 農業用水取水河川の汚濁負荷流出特性と水質環境管理

愛知県矢作川を事例とした負荷流出特性の検討を通じて、負荷流出の降雨依存性と大降雨時の負荷流出集中性を明らかにした。負荷量算定モデルを用いた降雨時負荷量の推定値と実測値の比較により、モデル係数の決定方法が推定精度に影響を及ぼすこと、モデル係数は河川の大規模な出水時の負荷流出実態を適切に反映して決定する必要があることを明らかにした。また、降雨時の負荷流出に及ぼす流量や降雨量以外の水文因子を統計手法により抽出し、負荷量の推定精度向上に必要な条件を示した。

さらに、矢作川の農業水利システムとその下流域の湖沼の水質変動との関係を明らかにし、負荷流出制御に資する水質環境管理の方法を提案した。これと併せ、測定が比較的簡便な濁度から栄養塩の水質濃度推定方法を提案するとともに、降雨流出成分のうち直接流出負荷量と基底流出負荷量とを分離することにより、負荷流出対策の検討に必要な情報が得られることを明らかにした。

4. 農業水利システムを活用した流域の水質環境管理

流域の水質環境管理に果たす農業水利システムの役割を明らかにし、農業水利システムの本来機能（農業生産性の向上）と調和した水質環境管理の展開方向、および農業水利システムを活用した水質環境管理を行う際の具体的な手法を提案した。まず、水循環と水域の水質環境の関わりを評価する方法として、多変量解析（因子分析）が有効であることを示した。この解析によって、水質変動に及ぼす降雨以外の要因が抽出でき、河川流量など集水域情報が十分でない水質観測地点で、自然度の高い河川、都市化の進行が水質に影響している河川、農業水利システムによる水循環が影響している河川など、水質環境の相対的な比較・評価が可能となった。さらに、農業水利システムと河川を介した物質の動態を総合的に評価するとともに、各種水質保全施策の選択・評価を可能とする水質管理モデルを提案し、流域の水質環境管理に有効であることを示した。

以上のように、本研究は地域環境の保全・創出に果たしている農業水利システムの役割を明らかにするとともに、流域の水環境保全に寄与する視点から農業水利システムを通じた水質環境管理の手法を提案したものであり、学術的に高く評価される。これらの手法は、既に環境保全型の農業水利事業計画立案のために用いられており、今後とも水質保全施策の展開に広く活用できるものと期待できる。

よって審査委員一同は、高橋順二が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。