

京都大学	博士（	工学）	氏名	堀 江 陽 介
論文題目	統合的湖沼流域管理の実現に向けた水環境評価システムの提案： 阿蘇海・天橋立流域を対象として			
（論文内容の要旨） 本論文は、阿蘇海・天橋立流域における富栄養化問題を対象として、流域モデルと湖内モデルによるリン・窒素の動態再現を行い、その結果をエコロジカル・フットプリントの概念を導入した湖沼の生態系サービス授受の評価法と組み合わせることで、統合的湖沼流域管理の実現に向けた水環境評価システムの提案を行ったものであり、七章から構成されている。 第一章は序論として本研究の背景と目的について述べている。まず、世界中で重要度を増す湖沼管理であるが、湖沼流域を生態系として捉え、その現象を科学的に解明し、湖沼に対する様々な流域内関係者を含めた人間社会のガバナンスを重視する統合的湖沼流域管理の必要性について示している。その中で本論文では富栄養化問題の湖沼管理に焦点を当てることを述べながら、富栄養化問題の解決に向けた統合的湖沼流域管理の課題として、流域と湖沼の水文・水質形成を再現した水環境モデルを構築すること、そしてその科学的知見に基づいて流域内関係者が発生する汚濁負荷量が湖沼環境に対して持つ影響力を直接的に把握できる評価手法が必要であり、これらを実現した水環境評価システムを構築することが本研究の目的であることを述べている。 第二章においては、統合的湖沼流域管理を実現するために必要な水環境評価システムとは何か、という本論文の具体的な課題を設定している。統合的湖沼流域管理における湖沼流域の科学的知見の重要性と、ガバナンスとしての流域内関係者の幅広い流域管理への参加が重要であるということを示し、これらの重要性に対応するために、水環境を構成する流域－流達－湖沼の各現象とそれぞれの繋がりを科学的に解明した流域モデルと湖内モデルの構築とその統合の重要性に触れ、その情報を利害関係者にとって直観的に分かる表現として、湖沼の汚濁負荷受容可能量と排出負荷量を生態系サービスの需要量と供給量として捉えたエコロジカル・フットプリントの概念を導入した持続可能性評価手法を提案し、これらを組み合わせた水環境評価システムを提案することが示されている。 第三章においては、具体的な対象流域を天橋立流域と定め、流域の水文・水質シミュレーションモデルの構築を行っている。日本においてはまだ適用事例の少ない流域モデルである SWAT (Soil Water Assessment Tool) の適用における方法論を展開し、また、キャリブレーションのための当該流域の主要河川である野田川でのサンプリング実測調査結果を示しながら当該流域の流域モデルを構築している。これらの結果から、阿蘇海・天橋立流域の排出源別かつ発生場所別の汚濁負荷流達量の推定を行い、				

氏 名	堀 江 陽 介
-----	---------

各汚濁負荷源の富栄養化に対する重要度を提示している。具体的には、農業系が代掻きによる負荷も含めて半分ほどを占めており、また生活系も 2 割程度占めており、これらの負荷源に対する重要性を明らかにした。これを受けて当該流域における水環境保全対策の影響評価を行っている。農業系に対する対策として農地からの代掻き時に発生する強制落水の抑制を、生活系に対する対策として下水道の整備を取り上げ、これら水環境保全対策の実施による阿蘇海への流達負荷量の変化を評価している。

第四章においては、湖内水質モデルの構築を行っている。まず用いた湖内水質モデルの DYRESM-CAEDYM の適用における方法論を展開している。その上で阿蘇海内の 7 地点での 2m 間隔での鉛直サンプリング調査を年間を通じて行うことによって、阿蘇海の三次元的栄養塩濃度の分布の年間変動について明らかにしている。更にこれらの結果を用いて、阿蘇海湖内のリン・窒素の水質形成についてモデル化を行っている。この結果を用いて、阿蘇海が年間受容している汚濁負荷量を算出し、汚濁負荷受容可能量と合わせて、現在の汚濁負荷は阿蘇海の汚濁負荷受容可能量に対して 1.29 倍、総リンにおいては 0.96 倍の汚濁負荷を阿蘇海に受容させている、ということを明らかにしている。

第五章においては、様々な流域内関係者が直観的に理解できるような水環境評価手法の構築のために、エコロジカル・フットプリント評価法の概念を導入することについて詳細な検討を行っている。エコロジカル・フットプリントにおける生態系サービスに対する需要と供給を求めるための方法を検討し、それが湖沼の生態系サービスであるリン・窒素の汚濁負荷受容量に対する需要と供給を求めるための方法へと発展させ、流達率を標準化した比較可能な汚濁負荷量を定義している。

第六章においては、構築した流域モデル・湖内モデル、そしてエコロジカル・フットプリントの概念を導入した水環境評価手法をまとめ、統合的湖沼流域管理の実現に向けた水環境評価システムとして提案している。その上で、その結果を阿蘇海・天橋立流域で適用し、各小流域毎の汚濁負荷源別の負荷量を湖の個数で表現し、全体で総窒素では 1.29 個、総リンでは 0.92 個の湖が必要である、という結果を得ている。また、各水環境保全対策によって削減できる汚濁負荷量を湖の個数で表現した結果を得た。

第七章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

この論文は、世界中の湖沼での喫緊の課題として注目を集めている統合的湖沼流域管理の実現に貢献しうる水環境評価システムの提案を、阿蘇海・天橋立流域における富栄養化問題を対象として研究したものである。そのために、流域・湖内モデルによる科学的情報に基づきながら、汚濁負荷を単位とした生態系サービスの需要と供給という関係で表現する水環境評価システムを構築した。論文の構成は主に、1. SWAT モデルを用いた流域の水文・水質シミュレーションモデルの構築、2. DYRESM-CAEDYM モデルを用いた湖内の水質シミュレーションモデルの構築、3. エコロジカル・フットプリントの概念を用いた水環境評価システムの提案とその適用、となっている。概要は以下の通りである。

1. 阿蘇海・天橋立流域における流域の水文・水質シミュレーションモデルを実測調査並びに SWAT モデルを用いて構築した。その結果、当該流域における発生源別並びに小流域別の湖沼への汚濁負荷流達量と流達率を求めた。
2. 阿蘇海湖内の水質形成機構を実測調査並びに DYRESM-CAEDYM モデルを用いて再現した。その結果、湖内のリン・窒素の水質形成機構を再現し、湖沼の汚濁負荷受容量を定量的に求めた。
3. エコロジカル・フットプリントの概念を導入した水環境評価システムを提案した。その中で、流域一流達一湖沼というこの三つの段階で表現される汚濁負荷量を流域の段階で統一的に表現し、直観的に理解できるような評価システムを構築した。

以上、本論文では水環境を構成する流域一流達一湖沼のそれぞれの現象と繋がりを科学的に解明し、その情報を湖沼の生態系サービスの授受として比較する水環境評価システムを提案することを示した。この結果は今後、統合的湖沼流域管理を推進していく上で必須要件となる、多様な利害関係者の参加の推進ツールとして、大きく貢献すると判断される。

本論文は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年1月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。