

氏名(本籍)	李	紅(中国)
学位の種類	博士(環境学)	
学位記番号	博甲第5771号	
学位授与年月日	平成23年3月25日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
審査研究科	生命環境科学研究科	
学位論文題目	<b>Comprehensive Watershed Management Policies in the Dian Chi Lake, China with a Focus on Non-point Source Pollution</b> (面源系汚染源に焦点を当てたデン池流域総合管理政策)	
主査	筑波大学教授	水 鉤 揚四郎
副査	筑波大学教授	張 振 亜
副査	筑波大学准教授	ヤバール ヘルムート
副査	筑波大学教授	農学博士 杉 浦 則 夫

### 論文の内容の要旨

この論文は、中国雲南省滇池流域を研究対象地域として、流域で発生する化学的酸素要求量(COD)、全窒素(T-N)および全リン(T-P)で測った水質汚濁物質および二酸化炭素(CO<sub>2</sub>(化石系))、メタン(CH<sub>4</sub>)および亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の温室効果ガス(GHG)の排出削減を目的とする総合的な流域環境政策の導出を、数学的な最適化シミュレーションに基づく総合評価に基づいて行い、分析したものである。滇池は中国第6番目の湖であり、昆明市を含む流域の社会経済発展を支える重要な水源であるが、近年、昆明市を中心とする流域における社会経済活動の急速な発展によって富栄養化が進み、いわゆる「三湖三河川」の一つに指定され、もっとも水質が悪化している重要な湖として国家レベルで膨大な財政投入を行い重点的な水環境改善に取り組んでいる。しかし、現在水質は劣V類で推移している。滇池の湖面積および流域面積は霞ヶ浦よりもやや大きい。流域からのCOD、T-NおよびT-Pの総流入量は、霞ヶ浦の5-7倍である。その汚染物質の80%以上は、環境対策が難しいとされている畜産業や水田・畑地からの面源負荷であり、特に畜産廃棄物は不適切に処理されるならば、水質汚濁の原因となるだけでなく、メタンや亜酸化窒素等の地球温暖化の原因となるGHGを排出する。この意味で、本研究は流域での面源系水質汚染物質発生源とGHG排出量の削減制御の双方に焦点を当てて、環境政策を提言し、分析を行っている点に最大の特徴がある。本論文は、7章で構成される。第1章は、序論で研究の背景、研究目的、手法及び先行研究について述べている。本研究では、コンピュータ・シミュレーション手法を用いて、様々な環境政策、環境改善技術を評価し、最適な流域環境政策を提言することを目的とする。シミュレーションモデルは、社会経済モデル、環境負荷物質発生・流入モデルおよびエネルギー収支モデルから構成される。第2章は、イギリスやEUあるいはオーストラリア、アメリカ等の海外における面源系発生源の現状や対策について文献に基づくサーベイを行っている。中国での面源系からの負荷はEUやアメリカのそれをはるかに超えて大きなものであることを明らかにしている。第3章は、滇池流域の現況分析である。流域の総汚濁物質負荷量に占める農地および畜産業からの負荷率は、T-N、T-PおよびCODでみて各々77%、67%および52%であり、農業が盛んな霞ヶ浦と比較してもこれらの値は非常に大きく、面源系対策が急務であることを示した。後半で、現在実施されている対策や今

後 10 期 5 カ年計画で実施される政策についてまとめている。第 4 章は、シミュレーションモデルの構造および初期値やパラメータ推定について述べている。第 5 章は、シミュレーションの結果を分析している。シミュレーションは、2007 年を初期値として、2008 年から 1 期 1 年、10 期の動学分析である。T-N、T-P および COD 排出量を一律に 2007 年レベル（各々、23,000t、2,000 トン、79,000t）から  $n\%$  削減することを制約に、流域の社会経済活動水準を示す指標としての流域 GRP を最大化するケース設定を行い、下水道建設等の既存政策や低溶出率化学肥料等の新規政策効果を分析した。GRP の減少から判断して 30% 削減が最大可能削減率で、その時の GRP 減少額は約 70 億円 / 年であることを明らかにし、これ以上の削減のためには新しい高度技術の導入が必要であることを明らかにした。行政区で見ると、農業の盛んな Song Ming 県および Ji Ning 県への予算配分が多く、次が都市部の Guan Du 区であり、総予算額 300 億円のうち、これらで 60% 以上を占める。発生源別対策でみると、やはり、これらの三つの行政区では畜産業対策が最も大きく、40% 前後の予算を配分している。第 6 章は、流域で発生する水質汚濁物質をさらに削減するための効果的な新技術についてシミュレーション分析を行っている。考慮される新技術は茨城県都市エリアプロジェクトにおいて開発されたバイオマスリサイクルプラント技術である。この技術は、他の技術と比較して効果的に T-N を除去する点に優位性があるが、同時に GHG 排出削減にも貢献するので、新技術の効果をより適切に評価するために流域の GHG 排出量も分析対象としてシミュレーションを行っている。37% 削減の場合、新技術を導入することで同じ削減率を実現しながら GRP に 10 年間の累計で約 2 兆円の差額が発生すること、GRP の減少から判断して最大可能な削減率は 40% であること、その時全体予算額の 75% がリサイクルプラントに投入されること、この比率は削減率に応じて上昇すること、またその投資はほとんどシミュレーション期間の前半になされること、上述した三つの行政区へのプラント導入数が全体の 80% 以上を占めること、GHG は 37% 削減率のプラントなしの場合と比較して、さらに 10 年間の累積で約 80 万トン削減が可能であること等を明らかにし、バイオマスリサイクルプラント技術の有効性（便益 - 費用比率で 7-8）を示した。第 7 章は本研究で得られた結論をまとめている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

公開されているデータの収集が非常に困難な中、土地利用改善や、日本で開発されて実用化している低溶出率の化学肥料の投入を政策群として包括する総合的流域環境政策シミュレーションモデルを構築し、家計対策として高度下水道処理の普及が、また面源系対策として補助金支出による低溶出率化学肥料の使用推奨が、さらに畜産業対策としてバイオマスリサイクルプラント技術が有効である等の滇池流域での水浄化政策を立案するうえで重要な政策情報を定量的に明らかにした点を評価した。また水環境管理においても、GHG の排出制御が同時に重要であることに着目し、上記シミュレーションモデルを、物質収支の視点から GHG の排出制御を内包する形で拡張し、滇池流域では高度排水処理一体型家畜廃棄物のバイオマスリサイクルプラントの活用が最も有効で重要な環境対策であることを明らかにし、そのために必要な予算配分額やその行政区間での配分、またこれらの効果を定量的に明らかにした点も高く評価できる。滇池に関するこのような定量的で総合的な環境政策を導出し、分析した研究は、これが初めてである。バイオマスリサイクルプラントから排出される高濃度 T-N 排水の処理対策が現実的には残された課題であるが、これに対しては中国では土壤トレンチシステム等が有効と考えられるので、これを考慮し、さらに社会経済環境統計データの精度を上げれば、開発されたシミュレーションモデルは汎用性の高いモデルであるので、今後の中国の、特に面源系の汚濁物質排出制御が難しい湖沼等の水質改善を目的とする総合的流域管理政策を考える上で有益な情報を与える独創的な研究として高く評価できる。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。