

氏名	Wei YANG
学位の種類	博士（環境学）
学位記番号	博 甲 第 7540 号
学位授与年月日	平成 27年 7月 24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 Comprehensive Evaluation of Socio-Economic and Environmental Policies for Mitigating Water Pollution and Scarcity in Source Region of Liao River
(遼河源流域における水質汚濁物質および水不足解消のための社会経済および環境政策の総合評価)

主査	筑波大学教授	学術博士	氷 鮑 揚 四 郎
副査	筑波大学教授	博士（農学）	張 振 亜
副査	筑波大学准教授	博士（工学）	ヤバール・ヘルムート
副査	筑波大学准教授	博士（学術）	水野谷 剛

論 文 の 要 旨

この論文は、中国東北地方吉林省に位置する遼河流域のなかでも特に環境汚染が進んでいる地域（東北地方産業基地再生国家戦略実施区域、遼河水源地域 14,228 km²、以下 SRLR）を分析対象として、水資源の有効利用、水質の改善および温室効果ガス（GHG）の排出削減に焦点を当てて論じたものである。本論文は、全6章で構成される。第1章は序論で、研究課題の背景、先行研究のまとめ、研究目的等について述べている。SRLRは農業、畜産業が元々盛んであり、2001年以降第2次、第3次産業の成長も著しく、2001年から2010年までの地域総生産（GRP）の平均成長率は19.4%/年であり、中国の経済発展政策上、最も重要な地域の一つとなっている。他方、水資源が限られており、これまで根本的な対策のないまま急速に経済発展をした結果、水質悪化とともに水不足が重要な問題となっている。第2章は、対象地域の社会経済および環境問題の現況についてデータに基づいて分析し、畜産業、製造業、土地利用、特に農業での化学肥料、生活排水の何れも対策が急がれることを明らかにした。第3章では、産業連関表に各産業の水利用量、汚濁物質排出量を組み込んで、産業連関構造の中で水消費構造と汚濁物質排出構造を分析した。農業用水が水利用量の62.2%を占め、畜産業が水質汚濁物質の50-60%を排出している、直接的な水利用量が多い産業は、漁業、農業、電気・ガス・水道であり、直接的に水質汚濁物質を大量に排出する産業は畜産業である、SRLRは地域間交易を通じて、バーチャルに輸出する水は少ないが、水質汚濁物質の輸出は大量である、こと等を明らかにした。

第4章では、水質汚濁物質排出削減に焦点を当てて、最適な環境政策の組み合わせとその効果について、2010年を基準年として2020年までの10年間の動学モデルによるシミュレーション結果に基づいて分析している。分析の前提は、全窒素（T-N）、全リン（T-P）、化学的酸素要求量（COD）を、10年間で、各々30%、25%、30%以上削減し、最大の経済成長率を達成することである。T-NおよびT-Pの削減において最も効果的な政策は、畜産業からの排水対策であり、T-NおよびT-Pについて全削減量（各々、24,000tおよび3,000t）の各々48%および55%に貢献し、中でも畜牛業のバイオマスエネルギープラント導入が最も効果的である。環境保全型肥料の導入が、次いで効果的であり、各々全削減量の23%および19%に貢

献している。また、畜産業対策は COD の削減についても有効で、全削減量 (60,000t) の 35%削減に貢献している。このとき実現可能な平均経済成長率は 8.8%である、等を明らかにした。水質汚濁排出係数、投資誘発係数、補助金率、等の主なパラメータを 5%変化させて感度分析を行い、最適な政策に影響を与える主要な変数である T-N、T-P、COD および地域総生産額 (GRP) の変化率は、ほとんどすべて 0.1%未満であり、最大でも 0.4%であり、分析結果の頑健性が示された。第 5 章では、SRLR では水資源が質および量に関して年々希少になり、将来の経済成長を制約する要因となることに着目した分析を行なうため、前章のシミュレーションモデルをゾーンモデルに拡張し、水資源を希少資源として組み込んだモデルを構築した。分析の前提は前章と同じである。水資源制約を課すことで平均経済成長率 (GRP の成長率) が 11.4%から 7.9%に低下したが、中水利用を促進する (以下、シナリオ S54 と表記) ことで 9.6%まで回復可能である。その時温室効果ガス (GHG) の年平均成長率は 9.0%であり、GRP の成長率 9.6%よりも低い。この意味で、S54 が最適なシナリオであり、2010 年に比して 2020 年までに T-N、T-P および COD を各々 30.01%、29.62%および 31.17%削減可能である。バイオマスプラントの導入などによる水質汚濁物質削減技術とその設置補助金政策によって全エネルギー生産量の 1.1%相当のエネルギーが生産され、その時 T-N および T-P 全削減量の 92%および 78%に貢献し、残りは各産業の生産量調整による貢献である。中水利用技術により、8 千万 m³の再生水が利用され、全水使用量の 5.6%に相当する。家計の水利用に対して三段階で課金され、1 千万 m³の水が節約される、こと等を明らかにした。第 6 章は結論、本分析の限界および今後の課題について述べている。

審 査 の 要 旨

利用可能な統計データが限られているなか、投入産出表を用いて、産業間の取引の連関の中から、水質汚濁指標、水需要指標を定義し、これを用いて汚染や水需要のひっ迫には、畜産、漁業、エネルギー生産などの経済活動が最も寄与していることを明らかにし、これに基づいて様々な污水・排水対策技術、土地利用規制、中水利用技術、補助金、水利用課金政策、産業構造の再編成等を考慮し、技術と環境政策の最適な組み合わせを、各ゾーンの特性に応じて導出するシミュレーションモデルを構築したことを高く評価した。水資源制約やGHG排出制約を課すると、実現可能な経済成長率は8%以下となり、省政府の8.5%目標値を下回るが、産業排水・家計排水処理施設の拡張、畜産廃棄物のエネルギー利用プラントの導入、中水利用促進や2.2元/m³の水利用課金を実施すると、2020年においてCODで2010年水準の35%削減を実現し、T-Nで30%、T-Pで29%、各々削減し、その時の平均経済成長率は9.6%であること、等の今後の環境政策を立案する上で興味ある有益な結果を示した。社会経済活動を記述する社会経済モデル、エネルギー需給を記述するエネルギーモデル、水質汚濁物質やGHGの排出を記述する環境負荷モデルおよび水需要モデルの各サブモデルから構成されているシミュレーションモデルはオリジナルなものであり、感度分析により今後の拡張が期待できる頑健で汎用的なものである。

平成27年6月4日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

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