

令和元年6月7日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K12272

研究課題名(和文) 道州制導入後の流域管理政策の提言 - 南・北関東州を例としたシミュレーション分析 -

研究課題名(英文) A Proposal of Watershed Management Policy after the Implementation of Wide-Area Local Government System -Simulation Analysis for South and North Kanto Province -

研究代表者

水野谷 剛 (Mizunoya, Takeshi)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：10500770

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：東京湾、利根川、霞ヶ浦の三大流域を包含する関東地方の、道州制導入後における最適流域管理政策及びその影響をモデリングとコンピューターシミュレーション分析により求めた。本研究では、現関東地方を南関東州と北関東州に分け、2012年から2025年までの両州における環境及び経済の変化を記述した拡大産業連関分析モデルを構築した。本研究で提案した政策は、関東地方における水質汚濁負荷及び温室効果ガス・大気汚染物質排出をコントロールするものであり、再生可能エネルギーの導入や流域管理組合の結成を含むものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地方分権推進を主な背景に、道州制導入の議論が高まりを見せており、関連研究や報告書は多数存在する。しかし経済や制度論がほとんどであり、特に流域管理の観点から州政府の役割を分析した研究は無い。本研究では、道州制導入により東京湾、利根川、霞ヶ浦の三大流域を含む複数の流域をもつ関東地方が南・北関東州となった場合の流域管理のあり方を、モデリングとコンピューターシミュレーション分析により求めた。古くは1927年の田中義一内閣から始まる、長年にわたる道州制に関する議論の中、その導入による社会経済的、環境的影響を定量的に示した例はこれまでに無く、本研究の結果は合意形成への有益な情報として貢献すると思われる。

研究成果の概要(英文)：We analyzed optimal watershed management policy and its impact in the Kanto region, which has three major basins of Tokyo Bay, Tonegawa river and Kasumigaura lake, after the implementation of the wide-area local government system by modeling and computer simulation analysis. In this study, we separated current Kanto region into South-Kanto province and North-Kanto province and developed an extended I-O model which describing both the total ecological system and the socio-economic situational changes from 2012 to 2025 in both provinces. The policies we proposed in this study are to control water pollutants load and greenhouse gas and air pollutants emission in the area, and including utilization of renewable energy and establishment of watershed management association.

研究分野：環境経済政策

キーワード：道州制 流域管理 環境政策 モデリング シミュレーション コベネフィットアプローチ

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地方分権推進を主な背景に、道州制導入に関する議論が高まりを見せており、これに関連する研究や報告書は多数存在している。例えば、道州制の効果に関する報告書は、道州制推進知事・指定都市市長連合(2012)、「地域主権型道州制導入の効果」などが有り、また道州制導入に関する研究には、増田(2013)(地域政策研究 第15巻 第3号)等の研究が存在する。しかしながら、経済面や制度論的分析がほとんどであり、環境管理に関する観点、特に流域管理の観点から州政府の役割を分析した研究は皆無と見て良く、更にこれに関連し定量的な分析を行っている研究は皆無である。流域管理における道州制の第一の長所は、財政の効率化を背景に、広範囲に渡る流域を効率的に一元管理出来ることである。その一方で、一つの道州の中に複数の巨大な流域が存在することで、流域間に管理の公平性の問題を生じる恐れがある。これらの背景を鑑み、本研究は道州制の長短所を考慮しつつ、環境管理を主眼とした南・北関東州における最適流域管理政策を提言する。

### 2. 研究の目的

本研究では、道州制の導入により東京湾、利根川、霞ヶ浦の三大流域をはじめとした複数の流域を包含する関東地方が南・北関東州となった場合の流域管理のあり方を、モデリングとコンピューターシミュレーション分析により求める。“統合的流域管理”と“水域と大気域への環境負荷の同時削減”を念頭に、下水道設置等の既存の水質政策に加え、同一州内あるいは両州に跨る財政移動や税政策、水浄化技術などの環境修復技術の導入、再生可能エネルギーの利用を変数としてモデルに導入し、財政移動の額と方向、税収の最適支出配分、温室効果ガスと大気汚染物質を含む環境負荷低減効果、そして地域経済への影響を定量的に明示する。

### 3. 研究の方法

#### (1)シミュレーションモデルの概要

本研究では、2008年の自民党道州制推進本部による第3次中間報告の区割り案に基づき、現在の東京都、千葉県、神奈川県を南関東州、埼玉県、茨城県、栃木県、群馬県を北関東州(図1)となることを想定し、モデル構築を行った。構築したモデルは、拡大産業連関分析をベースとし、後述する水質汚濁物質、温室効果ガス、大気汚染物質の負荷量の制約下で両州の地域総生産(Gross Regional Product; GRP)を最大化することを目的関数とした線形計画モデルである。このモデルは、対象とする両州内における各流域内の社会経済活動を記述した社会経済モデル、水質汚濁物質の動態を記述した水質汚濁物質動態モデル、大気汚染物質の排出構造を記述した大気汚染物質排出モデル、そしてバイオマスリサイクルプラントでの発電やその利用などを含めた各流域内のエネルギー収支を記述したエネルギー収支モデルの計4つのサブモデルを一括リンクさせた構造を取る。これにより、環境と経済及びエネルギーの相互依存関係の中で、実施すべき政策やそのインパクトを明示出来るようになっている。



図1 南・北関東州区割り

#### (2)シミュレーションに用いたデータとシミュレーションケース

本研究では2012年のデータを用い、2012年から2025年までを対象期間としてシミュレーションを実施した。なお産業連関表等、一部データに関しては、利用可能性の問題から2012年前後直近のものを使用した。シミュレーションは、全ての環境負荷物質に制約を課さず実施したBAUケースと、両州からの温室効果ガス、大気汚染物質排出量及び下述する制約設定ポイントにおける各水質汚濁物質負荷量が2025年において2012年比で0%(現状維持)、5%、10%、15%、20%そして25%削減されるよう制約を課し、それぞれのケースについて実施した。なお温室効果ガスについては、各気体の地球温暖化係数を考慮した二酸化炭素換算総重量を制御することとした。またここでは、利根川のように一つの流域が複数の州に跨る例があるため、北関東州、南関東州が自州内の流域管理のみを実施するケースに加え、両州が共同で広域流域管理組合を結成し、下述する税収全てを一端組合内にプールして、州を問わず最適に配分するケースも想定したシミュレーションも実施した。

水質汚濁物質負荷については、渡良瀬川と思川が合流する現栃木県野木町付近、利根川と渡良瀬川が合流する現茨城県五霞町付近、利根川と鬼怒川が合流する現茨城県守谷市付近及び利根川と小貝川が合流する現茨城県取手市付近の流動量、利根川から太平洋への流出量、東京都から東京湾への流出量、新川から東京湾への流出量及び霞ヶ浦への流入量に制約を課した。

#### 4. 研究成果

##### (1) シミュレーションモデルの構築 I：フレームワーク

社会経済モデルは各産業の需給バランスと州政府が州内の環境負荷低減のために実施する政策と税収、支出する予算の配分先とその額が明示できるよう構築した。水質汚濁物質動態モデルは、州内の各市町村で発生した汚濁物質は最終的には各河川、湖沼に輸送され、流入するという物質収支原則に基づいて構築され、各市町村から流入する汚濁物質の総量を制御する仕組みとした。また、大気汚染物質排出モデルは州内各市町村の社会経済活動に伴う温室効果ガスや大気汚染物質排出が各産業および最終需要部門ごとに明示できるモデルとした。更に、エネルギー収支モデルは産業及び家計・政府が需要するエネルギー量と電力部門（一般発電及び太陽光発電）等からのエネルギー供給量とのバランスを示し、特に養豚業に設置するバイオマスリサイクルプラントからのエネルギー供給に関する変数も導入した。

##### (2) シミュレーションモデルの構築 II：分析対象流域及び市町村

南関東州及び北関東州を対象とした本研究で分析対象とした流域は、現関東地方に存在する、利根川、東京湾、霞ヶ浦の三大流域に加え、烏川、吾妻川、神流川、渡良瀬川、巴波川、黒川、姿川、思川、鬼怒川、小貝川、手賀川、鹿島川及び千葉県印旛沼より東京湾へ流入する新川（印旛放水路）とした。なお東京湾流域は、隅田川、神田川、鶴見川、多摩川、野川等の 14 河川流域に分類、霞ヶ浦流域は、直接流入を含み桜川、小野川等の 17 河川流域に分類した。また各流域はモデル内でそれに属する各市町村に更に分類した。北関東州に属する現群馬県は、上記対象流域のうち利根川、烏川、吾妻川、神流川、渡良瀬川の各流域に属し、これらの流域に属する市町村は全 15 市町村、同様に北関東州に属する現茨城県は、対象流域のうち利根川、鬼怒川、小貝川、霞ヶ浦の流域に属し、これらの流域に属する市町村は全 32 市町村、同じく北関東州に属する現栃木県は、渡良瀬川、巴波川、黒川、姿川、思川、鬼怒川、小貝川流域に属し全 18 市町村、現埼玉県は、利根川流域に属し、全 7 市町村である。一方、南関東州に属する現千葉県は、利根川、手賀川、鹿島川、新川流域に属し、市町村は全 30 市町村、一方、南関東州に属する現東京都は、上記各河川流域を分析最小単位とした。なお、現群馬県及び現茨城県霞ヶ浦流域については、同じ市町村内に複数の流域が存在する市町村が多数あることなどから、分析対象市町村規模を「平成の大合併」以前の規模に更に分割し、最終的に現群馬県における対象市町村数を 69 旧市町村、現茨城県霞ヶ浦流域における分析対象市町村数を 41 旧市町村とした。本研究では、これら全 189 市町村・河川流域全てに対して個別にパラメーターを与え、シミュレーションにおいて全ての内生変数がこの市町村及び東京都における河川流域を最小単位として導出される構造を取るようにした。各市町村内の一部のみが流域にある場合、その割合に応じて各基礎データを推計した。また、流域内にある小河川は全て主要河川のいずれかに合流すると仮定した。また各市町村で発生した汚濁物質はすべて河川に流入し、流動過程において一定の浄化作用を受ける（河川の底泥からの汚濁物質の溶出により、マイナスの浄化作用を受ける河川もある）とした。なお本研究では上述した流域のみを対象地域としているため、シミュレーション結果として導出される北関東州および南関東州各々の GRP は州全体の GRP ではなく、それぞれの州内の流域 GRP の合計値となる。本研究では、神奈川県モデルの構築も試みたが、最大河川流域である相模川流域の約半分が本研究の対象地域外にある現山梨県内に存在するため、最終的に本研究の対象から除外した。

##### (3) シミュレーションモデルの構築 III：対象物質と排出源

本研究では、水域負荷物質として富栄養化物質である全窒素、全リン、COD を制御対象とした。また、大気中に放出される物質として CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の 3 つの温室効果ガス、更に NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> の 2 つの大気汚染物質を制御対象とした。環境汚染物質の排出源は産業部門、最終需要部門、土地利用の三つに大別し、それぞれを 5 から 7 部門に更に分類した。ここで最終需要部門からの水質汚濁物質排出は、使用する生活排水処理施設によって分類し、土地利用からの温室効果ガス、大気汚染物質は無いものとした。

##### (4) シミュレーションモデルの構築 IV：政策変数

政策実施主体は両州政府と想定し、それぞれの政府が税-補助金政策により環境負荷の制御を行うこととした。税は近年日本各地域で実施されている森林環境税の導入を想定し、各州政府は個人に対しては個人州税に、法人（産業）に対しては資本金に応じて法人州税に定額上乘せする形で課すことを想定した。一方補助金政策は、I. 各産業への生産資本ストック減少（農業に対しては休耕地転換）補助金、II. 養豚業へのバイオマスリサイクルプラント及び電力事業者への太陽光発電の設置補助金、III. 市区町村への下水道等整備のための補助金、IV. 農業生産者への環境配慮型農業生産実施の補助金の実施を想定した。州政府は上記の税収に加え一定の額を一般会計から支出して財源とし、各補助金政策を実施することを想定した。シミュレーションでは、税収額と必要な一般会計からの支出額及び最適な各補助金支出額が時系列で導出されると共にそのインパクトも明らかにされる。なお各流域の状況を鑑み、太陽光発電の設置補助金を実施しない流域や上記補助金政策 I 及び III のみを行う流域も設定した。

## (5) シミュレーション結果

北関東州と南関東州が自州内の流域管理のみを実施するケース、流域管理組合を結成するケースの両ケースとも、現東京都から東京湾への水質汚濁物質の流出量削減率を0%よりも大きくすると実行可能解が得られなかった。これは、現東京都から東京湾への水質汚濁物質は現状を維持するのが限界ということである。これは現東京都において下水道普及率がほぼ100%に達していることが理由と考えられ、今後現東京都からの負荷削減を行うには、より汚濁物質除去率の高い、高度な下水処理施設を導入する必要があると考えられる。以上の理由から、自州内の流域管理のみを実施するケース及び流域管理組合を結成するケースの両ケースとも、現東京都から東京湾への水質汚濁物質流出量削減率を0%に固定し、他の環境負荷物質の負荷削減割合を変化させてシミュレーションを実施した。例えば10%削減とした場合、現東京都から東京湾への水質汚濁物質流出量制約は0%、それ以外の環境負荷物質の負荷制約を10%としたものとした。また、ここではいずれのケースにおいても25%以上の削減ケースでは実行可能解が得られなかった。これにより、現在の技術では関東圏において経済のバランスを取りながら環境負荷を削減するには、20%程度が限界であることが明らかになった。

北関東州及び南関東州が自州内の流域管理のみを実施するケース(以下、各州管理ケース)においては、各削減率におけるGRP成長率は、いずれの削減率においても南関東州では年が進むにつれて一貫して減少した。一方、北関東州では南関東州と異なり、15%の削減率までは対象期間の初年度から数年間はプラス成長を達成するが、その後マイナス成長に転じた。特に削減率を上げるにつれてマイナス成長に転じる年は前倒しされた。補助金支出配分は、同じ州内においても隔たりを見せ、特に北関東州では現栃木県、南関東州では現千葉県に大きな額が配分された。また特に北関東州では現栃木県へ集中的に電力事業者への太陽光発電の設置補助金が導出された。このうち特に削減率が小さい場合には現栃木県思川及び巴波川流域へ大きな額が導出されたことから、州規模からの温室効果ガス削減を鑑みた場合、この地域への太陽光発電施設の設置が最も効果的であることが明らかになった。

両州が共同で広域流域管理組合を結成するケースにおいては、各州のGRP成長率は各州管理ケースと同様の傾向をみせたが、GRP値自体は両州ともいずれの削減ケースにおいても各州管理ケースよりも大きな値を示した。特に北関東州ではその傾向が強かった。各補助金政策への支出額は、北関東州では各州管理ケースと比して増加し、一方南関東州では減少した。特に現栃木県へ鬼怒川流域への支出が増加し、現千葉県への支出が減少した。これより、両州が共同で広域流域管理組合を結成した場合、北関東州内での流域管理に重点を置いて予算支出を行う(結果的に南関東州から北関東州への一定額の財政移動となる)ことで、関東地方全体のGRP値も増加することが明らかになった。本研究を通し、州全体、あるいは関東地方全体の環境負荷削減の最も効果的な方法として、集中的に予算を投下すべき地域が存在することが明らかとなった。道州制の導入にあたっては、このようにある程度広範囲な面積を持つ特定の流域への集中投下が可能になり、財政の効率化が図れる一方で、同じ州内でも地域によって予算配分に違いが生じる。不公平感を感じさせないよう、十分に各ステークホルダーに説明を行い、合意形成を行う必要があると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計3件)

(1) Takeshi Mizunoya, Noriko Nozaki, Rajeev Kumar Singh, Helmut Yabar, “A Dual Input-Output Approach for Optimal Tax-Subsidy Policy to Reduce Greenhouse Gas and Air Pollutants Emission: Comparison in 1997 and 2000”, Theoretical and Empirical Analysis in Environmental Economics, pp.117-146, 2019.5. 査読無.

(2) Outhavy Vongmany, Kazuo N. Watanabe, Takeshi Mizunoya, Makoto Kawase, Akira Kikuchi, Helmut Yabar, Yoshiro Higano, Nouansisavad Sombounsack, Oukham Phounpakon, “Sustainable Water Management under Variable Rainfall Conditions in River Communities of Champhone District, Savannakhet Province, Lao PDR”, Journal of Sustainable Development, Vol. 11, No. 3, pp.108-122, 2018.5, doi: 10.5539/jsd.v11n3p108. 査読有.

(3) Noriko Nozaki, Keyu Lu, Rajeev Kumar Singh, Takeshi Mizunoya, Helmut Yabar, Yoshiro Higano, “Simulation Analysis of Policy for Waste Treatment toward a Sound Material-cycle Society in Tokyo”, Journal of Sustainable Development, Vol. 10, No. 4, pp.65-74, 2017.7. 査読有.

### [学会発表](計6件)

(1) Mohamad Safwan bin Alias, Takeshi Mizunoya, Yoshiro Higano, “A Study on Cost-Efficiency of New Sewerage System in Terengganu”, JSRSAI The 55th Annual Meeting at Hokkai-Gakuen University, Sapporo, Oct 6-8, 2018.

(2) Hasleeda Kamarudin, Norhayati Abdullah, Takeshi Mizunoya, Ali Yuzir, Helmut Yabar, “Integrated Water Resources Management Implementation for Langat and Sagami River Basins: A Comparison”, JSRSAI The 55th Annual Meeting at Hokkai-Gakuen University, Sapporo, Oct 6-8, 2018.

(3) Takeshi Mizunoya, Noriko Nozaki, Rajeev Kumar Singh, Mina Yamagishi, Yoko Mayuzumi, Helmut Yabar, Yoshiro Higano, “A Study on Integrated Watershed Management Based on the Expanded I-O Analysis; A Case of Public Water Body in Kanto Region, Japan”, 12th World Congress of the RSAI, Goa, India, May 29 - June 01, 2018.

(4) 山岸実奈, 水野谷剛, ヤバール・ヘルムート, 「利根川流域における環境負荷物質削減のためのシミュレーション分析 千葉県を事例として」日本地域学会 第54回(2017年)年次大会, 2017.10.6, 立命館大学(京都府).

(5) Takeshi Mizunoya, Noriko NOZAKI, Rajeev Kumar SINGH, Helmut YABAR, Yoshiro HIGANO, “A Simulation Analysis of Optimal Regional Policy to Control Water Quality of Public Water Body: Case of Kanto Region in Japan”, 25th Pacific Conference of the RSAI (PRSCO 2017), Taipei, Taiwan, May 17-20, 2017.

(6) Takeshi Mizunoya, Helmut YABAR, Yoshiro HIGANO, “A Simulation Analysis of Optimal Policy to Improve Environmental Quality in and around Lake Kasumigaura in Preparation for the 2020 Olympics”, 14th PRSCO Summer Institute, Bangkok Thailand, June 27-29, 2016.

〔図書〕(計1件)

Hiroyuki Shibusawa, Katsuhiro Sakurai, Takeshi Mizunoya, Susumu Uchida, Socioeconomic Environmental Policies and Evaluations in Regional Science Essays in Honor of Yoshiro, Springer, 2016.