

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月17日現在

機関番号：13904

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22653034

研究課題名（和文） 豊川水系における水の循環と影響評価

研究課題名（英文） Water Circulation and the Impact Evaluation in Toyogawa River System

研究代表者

山口 誠 (YAMAGUCHI MAKOTO)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40174627

研究成果の概要（和文）：本研究では、愛知県東三河地域を対象に、動学的な地域経済モデルを構築し、社会・経済構造を解析するとともに、水需給バランスと水質環境改善を考慮した政策シナリオの影響評価を行う。水需給を考慮した東三河地域計量経済モデルと水環境・地域経済最適化モデルを構築し、水環境と地域経済の関係と政策シナリオの影響をシミュレーション分析により評価する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we develop the dynamic regional economic models and analyze the social and economic structure in East Mikawa area. We design scenarios for keeping the balance of the water demand/supply and improving water quality. The multi-regional econometric model and the dynamic optimization model for East-Mikawa area are developed. We evaluate the interactions between the water environment and the regional economy in East-Mikawa area by the simulation analysis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	0	1,100,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	390,000	2,790,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・経済政策

キーワード：水循環，地域経済，経済モデル，シミュレーション，政策

1. 研究開始当初の背景

水は、構造的・機能的に地球環境システムから生命現象までにとって必須の存在であるばかりでなく、経済活動・日常生活及び文化活動に深く関わっている。

企業の生産活動，日常生活に伴う汚染物質の流出により，河川，湖沼，海洋などの水域の水質が汚染・汚濁されている。実質的な水環境における循環ネットワーク化を実現す

るために，特定都市・地域における具体的な研究が必要である。

本研究の主たる対象地域として豊橋地区（東三河）を選んだのは，当該地域が地形的に山・川・海を持ち地域環境が総合であること，豊田市に近く現代日本を代表する産業の工場の立地が進んでいることにあり，汎用的な分析の対象になり得ると共に，今日的な対象としても適当と考えられるからである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、水環境を考慮した動的な地域経済モデルを構築し、愛知県東三河地域における社会・経済構造を解析するとともに、水環境と物質循環を考慮した政策シナリオの設計と将来予測を行うことにある。

物質収支の理論モデルは、Ayres and Kneese(1969)をはじめとして、Baumol and Oates(1975)、Nijkamp(1977)など数多くの研究がある。実証的地域モデルには、Nijkamp and Somermeyer(1971)などが、日本では、高尾(1985)など数多くある。

本研究のような意図で、愛知県三河地域を分析の対象として、水環境と物質収支を考慮して都市・地域経済モデルを構築し、政策的な予測シミュレーションまで行っている研究はほとんど例がない。

3. 研究の方法

(1) 東三河地域計量モデルの開発

東三河地域は豊川水系の流域および豊川用水の受益地とほぼ一致している。豊川用水の水源は新城市および北設楽郡であり、受益地は東三河地域南部および静岡県湖西市を含む地域である。東部幹線水路が豊橋市、渥美半島を縦断して伊良湖岬まで、西部幹線水路が豊川市を経て蒲郡まで、牟呂・松原用水が豊橋市、豊川市を中心に、工業・生活・農業用水を供給している。

東三河地域の水需給は昭和43年の豊川用水通水によって一応の安定をみたが、都市化の進展や営農形態の変化等により水需要が年々高まる一方、気象変動の影響などでたびたび渇水が発生しており、水の安定的供給などが課題となっている。これを受けて、豊川総合用水事業が行われ、また新たな水源として設楽ダム建設に向けた調査が進められている。

豊川流域圏である東三河地域を対象として、地域計量モデルを構築する。豊川市、蒲郡市を連携したモデルを開発してきた蓄積を有効活用しながら、東三河の全市町村を対象として、データを全面的に整理し、豊川流域の水需給問題、主に工業用水と生活用水の需給バランスに焦点をあてた分析を行う。

東三河地域を、①豊橋市、②豊川市・蒲郡市・宝飯郡、③田原市、④新城市・北設楽郡の4地域に分割し、これに豊川用水サブモデルを加えた地域連動型の計量経済モデルを構築する。

各地域モデルの推定式は人口部門、産業部門、生活関連部門、豊川用水・気象部門に分類される内生変数によって説明される。豊川用水サブモデルでは用水配水量を用途ごとに内生化する。

地域と豊川用水サブモデルが連動して動

く多地域型の計量モデルである。内生変数は合計122個(推定式114本、定義式8本)、外生変数23個(ダミー変数を除く)の相互関係によって東三河地域の社会経済を描写するシステムを構築する。図1に地域と豊川用水の関係を示す。

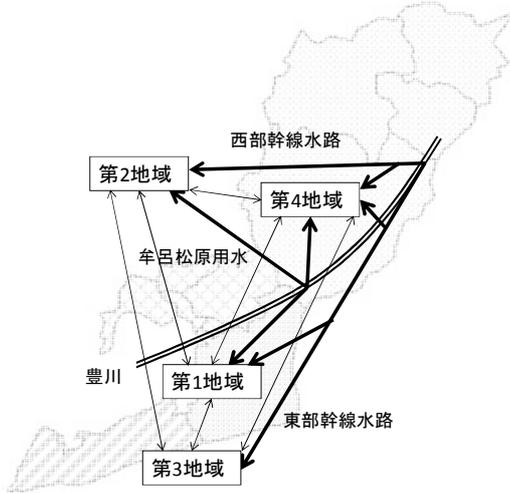


図1 地域と豊川用水

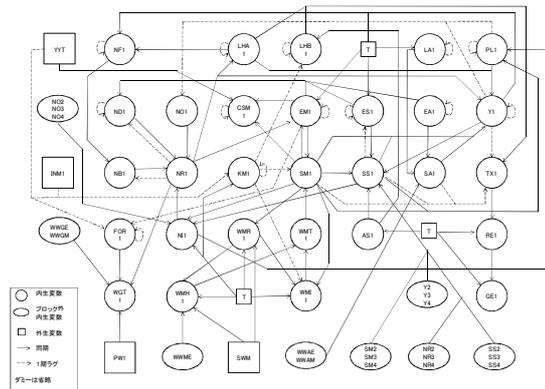


図2 第1地域の因果序列図

(2) 水環境—地域経済最適化モデル

豊川流域圏は三河湾に接している。三河湾は、海水の交換が少ない閉鎖的な内湾であり、水質・底質の汚濁が課題となっている。

三河湾の水質悪化は、豊川流域、矢作川流域、及び境川流域圏の市町村の社会経済活動に起因している。各流域圏の地域経済の活動レベルを保ちながらも、水質の改善が進むように、三河湾への汚濁負荷と社会経済活動のバランスを考慮した政策を検討する。

三河湾に関係する3つの流域圏のうち、豊川流域圏から三河湾へ流入する汚濁負荷に注目する。霞ヶ浦流域の流入汚濁負荷と社会経済活動との関係を分析した広瀬・氷飽(1998)を参考にして、豊川流域圏を対象とし

た水環境—地域経済最適化モデルを構築し、三河湾への流入汚濁負荷削減のためのシミュレーション分析を行う。

豊川流域圏から三河湾へ流入する汚濁負荷、豊川流域圏市町村の社会経済活動、汚濁負荷削減のための政策を表すモデルを構築する。流入汚濁負荷に目標値を設定し、制約条件のもとで経済活動の指標である GRP を最大にすることを目的関数とした線形計画モデルを用いて最適化シミュレーションを行う。

三河湾の水質は、豊川流域圏から三河湾へ流入する COD と三河湾内部において生産される COD に依存している。本研究では、水質汚濁物質として COD と、三河湾内の COD 生産の原因物質である窒素及びリンを加え 3 種類とする。

4. 研究成果

(1) 地域計量モデルによる分析

次のケースについてシミュレーション分析を行った。

Case1 第 1 地域への人口集積が早く進行

Case2 愛知県の社会経済がより高水準で推移

Case3 愛知県の社会経済がより低水準で推移

Case4 慢性的に渇水が発生

Case5 ダムにより節水が緩和

Case6 技術進歩により工業用水回収率が上昇

Case1, 2, 3 では、対象地域の中心地域および上位地域の社会経済の変化が、対象地域の各地に影響を及ぼす。また、地域間の相互依存関係が社会経済に影響する。

Case4, 5 では、水資源の動向が生産をシフトさせる。渇水ケースの場合、製造業は用水回収率を向上させることでその影響を小さくできるが、農業は用水の消費的利用が多いため影響が比較的大きくなると考えられる。なお、渇水が発生しない場合は生活用水や工業用水淡水補給水が増加し、より多くの水資源が利用される結果になった。

Case6 では、工業用水回収水を増加させることで配水量の減少下にあっても製造業出荷額が増加した。技術進歩により既存の資源量の範囲内でも生産規模を拡大可能であると考えられる。

また、分析により明らかとなった東三河地域の傾向を以下にまとめる。

- ・東三河地域の各地域は中心都市である豊橋市の社会経済の影響をうける。

- ・住民人口は渥美半島、奥三河など地域周辺部では減少傾向であるが、豊橋市など中心部では増加傾向にあり、東三河全域では一貫して増加している。

- ・上位地域である愛知県の影響で産業活動の水準がシフトする。

- ・農業は縮小方向であるが生産性が向上し、粗生産額は横ばいで推移している。農業用水

配水量により生産水準がシフトする。

- ・製造業は生産性が向上し、拡張方向で推移している。工業用水使用量により生産水準がシフトする。

- ・卸小売業は横ばいで推移してきたが、近年は縮小傾向である。農業、製造業および他地域の産業活動の水準によりシフトする。

- ・課税対象所得は増加傾向である。

- ・工業用水使用量は増加傾向であるが回収率の向上によるものであり、淡水補給水は減少傾向にある。

- ・生活用水は増加傾向にある。都市化の進展で一人あたり使用量も増加している。

- ・農業用水配水量は横ばい、工業用水配水量は減少傾向、生活用水配水量は増加傾向である。用水使用量および社会経済により増減する。

今後のモデルの発展性として、水資源価格の導入による水市場の陽表化、水資源の用途別配分の詳細化、水資源供給と気象の関係の把握、距離の導入による空間化の改良などがあげられる。

(2) 最適化モデルによる分析

三河湾への流入汚濁負荷量を現状維持から削減するという条件のもとで、GRP を最大化するシミュレーション分析をおこなった。Base 基準ケース

Case1 基準ケースに比べて、水質汚染総負荷量を 5 年間に 3% 減少

Case2 Case1 に加えて補助金政策あり

Case2 では、農地に対し補助金を支給して休耕地を促進する政策と、産業に補助金を与えて資本を減少させ、生産を調整することにより、汚濁負荷量を削減する政策が導入される。

Base の基本ケースでは、当該地域では今後人口減少が予測されており、GRP も減少する。Case1 では、汚濁負荷量の削減が制約条件として与えられるため、Base の基本ケースに比較して GRP が減少する傾向が示された。

Case2 の補助金政策が導入された場合は、土地利用や産業資本の調整により、汚濁負荷の削減がされるため、GRP の減少は、Case1 より緩和する傾向が示された。

(3) 地域計量モデルと最適化モデルの統合化

地域計量モデルでは、地域別の水需給のバランスを分析することができるフレームワークを提供する。一方、水環境—地域経済最適化モデルは水質汚濁物質の計測及び削減政策を評価することができる。また、前者は、現実のデータを精度よく描写することに優れており、後者は最適な補助金政策を導出できることに特徴がある。

両モデルに共通するデータベースを Excel に蓄積した。共通のデータベースから、両モ

デルが解析できるようなシステム環境設計を行った。最適化モデルでは、Excel のデータベースから、直接データを読み書きできるようにシステムを開発した。

(4) 得られた成果のインパクト

本研究は、東三河地域で重要課題の一つとして挙げられている地域の自立メカニズムと流域一体化システムのあり方を、水環境システムと地域経済システムを組み込んだシミュレーションモデルにより評価することを試みており、当該地域にとってフロンティア的研究といえる。

また、愛知県豊川流域は、日本で有数の農業地帯であり、三河港は日本を代表する自動車の輸送拠点となっている。自動車関連企業も多く立地しており、シミュレーション分析の結果は地域社会の発展に有益な情報を提供する。

(5) 今後の課題

近年、豊川水系における下水処理施設と連動する新環境技術（バイオマスプラント・植物工場・海藻工場）の導入と評価が重要な課題となっている。エネルギーバランスや水・大気・土壌の物質循環を評価できるようなモデルの開発を行うことがあげられる。

三河湾の経済効果を計測するシステムや豊橋市を対象とした応用一般均衡モデルを開発しており、これらのモデルを統合・連動するフレームワークの提案及び開発は今後の課題といえる。

また、東三河地域では、愛知県による東三河庁、商工会議所・商工会による東三河経済連合の設置が行われ、地方自治体による広域連合も検討され、地域の連携・一体化が積極的に進められている。東三河地域を対象としたプロジェクトや政策形成に貢献できるような分析手法を開発する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

(1) 山口誠，小地域計量経済モデルの構築，雲雀野，第 35 号，2013，pp. 25-46.

(2) 小林慎太郎，櫻井一宏，渋澤博幸，古家淳，農業分野における気候変動適応技術の社会経済的評価手法に関する研究，環境情報科学学術研究論文集，26，2012，pp. 19-24.

(3) 山口誠，震災の影響を考慮した大都市周辺地域社会経済の予測，雲雀野，第 34 号，2012，pp. 1-11.

(4) Hirobata, Y., Miyata, Y. and Shibusawa, H., Evaluating Road Network Improvement: Economic Impacts on San-en Region in Japan, Regional Science Inquiry, Vol.3, 2011, pp. 61-75.

[学会発表] (計 7 件)

(1) Shibusawa, H., Sakurai, K., Mizunoya, T., and Li, N., Evaluating the Regional Economy and the Water Environment in Toyogawa Basin, 52nd European Congress of the RSAI (ERSA), 2012 年 8 月 23 日, Bratislava, Slovakia.

(2) Sakurai, K., Nakamura, A., Shibusawa, H., and Tanji, H., Economic Evaluation of Water Services in Agricultural Irrigation Canals: A Case Study of Aichi Irrigation Project, 52nd Annual Meeting of the Western Regional Science Association, 2013 年 2 月 25 日, Santa Barbara, USA.

(3) Shibusawa, H., Sakurai, K., Mizunoya, T. and Yamaguchi, M., Evaluating the Regional Economy and the Water Environment in Toyogawa Basin, 22nd Pacific Conference of the RSAI (PRSCO), 2011 年 7 月 4 日, Seoul, Korea.

(4) Sakurai, K., Kobayashi, S., Uchida, S. and Shibusawa, H., The Model Analysis for Environmental and Economic Evaluation of the Activities in the Bohai Sea Basin, 51st Annual Meeting of Western Regional Science Association, 2012 年 2 月 9 日, Kauai, Hawaii.

(5) Shibusawa, H., Yamaguchi, M., and Higano, Y., Evaluating the Socio-Economic Structure in Toyogawa Basin-The Multi-Regional Econometric Approach-, PRSCO Summer Institute, 2010 年 6 月 18 日, Colombia, Cali.

(6) Miyata, Y., Shibusawa, H., and Permana, I., Analysis of Illegal Settlements in Flood Prone Areas in Palangka Raya City in Indonesia - An Open-Closed City Model-, PRSCO Summer Institute, 2010 年 6 月 18 日, Colombia, Cali.

(7) 渋澤博幸，地域計量モデルによる東三河の社会経済構造の分析，愛知大学三遠南信地域連携センター公開ワークショップ，2010 年 11 月 27 日，愛知大学（愛知県）。

〔図書〕（計 1 件）

(1) 打田委千弘, 洪澤博幸, 東三河の経済および社会構造: 経済成長と全要素生産性, 「東三河の経済と社会 第 7 輯」, 愛知大学中部地方産業研究所, 2012 年 3 月, pp.115-130.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 誠 (YAMAGUCHI MAKOTO)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 4 0 1 7 4 6 2 7

(2) 研究分担者

洪澤 博幸 (SHIBUSAWA HIROYUKI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 7 0 2 9 1 4 1 6