

# 環境負荷及び対策評価の空間詳細化とそれを用いた住民参加の役割に関する研究

Development and simulation of environmental integrated model for assessing regional scenarios

## 公共システムプログラム

06M43060 小野塚智大 指導教員 増井利彦

Public Policy Design Program

Tomohiro Onozuka, Adviser Toshihiko Masui

## ABSTRACT

In this study, the regional computable general equilibrium model with down scale tool using GIS is developed and applied to quantification of the future environment scenario in Ibaraki prefecture, for the purpose of connection between the local activities and the national future vision or plan. According to the simulation results, citizen's actions such as housing rehabilitation or introducing efficient septic tank will reduce COD emission of the Lake Kasumigaura by 14%–26% in 2030. By introducing citizen's actions, Ibaraki prefecture can achieve 12–16% additional CO<sub>2</sub> emission reduction. This study shows the model can see the local detailed environmental impact by consistently distributing environmental burdens which derives from the effect of macro regional policy and citizen's action.

## 1. 研究の背景と目的

京都議定書に定められた第1約束期間である2008年から2012年に差し掛かり、期間内に日本は1990年比で6%の温室効果ガス排出量の削減を達成させなければならない。しかし、2005年度の温室効果ガス排出量は1990年時の排出量を7.8%上回っている[環境省]など、排出削減が進んでおらず、更なる総合的な対策が求められている。さらに、今後地球温暖化による影響をできる限り小さくするためには、温室効果ガスの排出を出来るだけ低い水準で安定化させる必要がある[IPCC]。そのため、2012年以降も早期に更なる排出量の削減が求められ、公的機関や企業の取り組みだけでなく、社会全体が環境に配慮した行動をとっていく必要がある。

このような環境問題の課題解決を目的として、21世紀環境立国戦略や2050年超長期ビジョン研究をはじめとして国を対象とした多くのシナリオ研究がなされてきた。しかし、これらのシナリオで示された対策を、実際に各地域の住民が実践するためには、地域に適用した計画やシナリオが必要である。

一方、市町村を扱うような地域レベルのモデルやシナリオを作成することは、データの利用可能性や社会経済活動の境界が曖昧なことから、積み上げ型で作成する必要がある。しかし、定量化に必要なデータが不十分である等の理由により、国等のマクロを対象としたシナリオと整合したものは作成されていない。したがって、作成された将来計画が住民

に生かされるために、トップダウンで作成されたシナリオとボトムアップの実践の場をつなぐためのツールや分析方法を開発することが求められる。

そこで、本研究では上位レベルの国の政策シナリオから下位レベルの市町村の計画や住民レベルでの行動まで統合的に反映されるモデルとそれを用いた環境負荷削減シナリオの検討を行うことを目的とする。開発するモデルは、都道府県を対象にした応用一般均衡(CGE)モデルに、GISデータベースを組み合わせたものであり、都道府県レベルの活動を、適切な指標を用いて詳細な地域にダウンスケールすることが可能である。また、環境問題として、二酸化炭素排出量の削減と水質汚濁物質の排出削減を取り上げる。

## 2. 既存研究の整理、本研究の位置づけ

地域社会の持続可能な発展の可能性について研究したものに、島田ら(2006)がある。この研究では、県レベルで2030年に二酸化炭素排出量を半減するという低炭素社会を実現させる社会シナリオを描き得ることを示している。このなかで、削減率を高めるほど、県独自の施策による寄与が増すことや、技術対策だけでなく社会経済構造の改革が不可欠であることを明らかにしている。

GISデータを基礎に流域環境について各種対策による影響評価をしたものは多いが、その中で経済とリンクを行っている例としては、GISデータベースとSCGE(地域間応用一般均衡モデル)を統合させた高木ら(2002)や、産業連関分析と

GIS データベースを組み合わせた岡寺ら(2005)があげられる。

これらの研究では、GIS データベースから地域特性については捉えているものの、その地域の社会活動や地域の地理的変化については分析されていない。本研究では、社会シナリオを導入することで政策や住民参加行動について分析のできるモデルを開発し、これを茨城県に適用して温暖化と水質汚濁の面から環境改善の可能性について分析を行う。

### 3. モデルの枠組み

図1にシミュレーションの流れを示した。

本研究のモデルは、CGE モデルと影響評価モデルに加え、人口移動や消費行動の変化、企業の生産技術の普及などの将来の見通しが入力された社会経済シナリオと GIS データベースから構成される。

はじめに、県の社会経済がどのように変化していくか、また県の将来像を考える際に重要となる要因について、社会経済シナリオを作成する。

CGE モデルでは、前期における均衡解と、設定された社会経済シナリオをもとに、将来の経済活動と環境負荷排出量が出力される。このモデルは 2000 年を基準に 5 年ごとに計算を行う。

他方、社会経済シナリオをもとに、地理的な人口や商業立地の変化について GIS シナリオデータベースを作成する。

影響評価モデルでは、経済モデルにより出力された各経済部門からの環境汚染物質排出量と GIS データベースをもとに、マクロな活動に起因する汚染排出を、地域の特性に合わせてダウンスケールする。また逆に、住民の取り組みを集計し、CGE モデルに反映することで、それらの効果や役割について、詳細に分析することが可能となる。

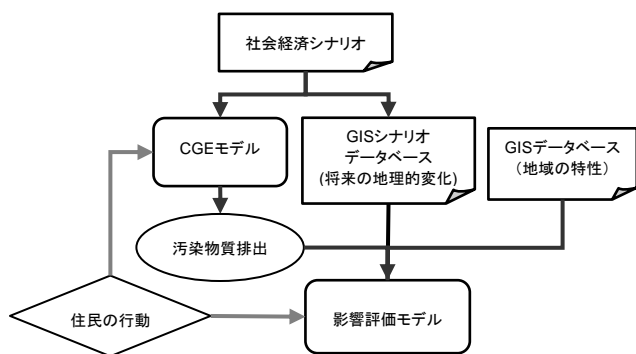


図1：シミュレーションの流れ

### 4. シナリオ作成

本研究では、対象となる茨城県の現状について踏まえたうえで、各種ビジョン・取り組みをシナリオに反映する。その際、将来の社会像を描く際に検討すべき不確実要因のうち、最も重要であると考えられる要因（iiを参照）を対象に、2つのシナリオを作成する。

#### i. 環境目標

環境目標として、①地球温暖化による影響を防ぐため、茨城県での 2030 年の二酸化炭素排出量を 2000 年の半分に削減、②日本有数の湖であり重要な水資源となっている霞ヶ浦について表1の環境目標を達成すること、を想定した。

表1：霞ヶ浦の環境目標

	現況負荷量(t/日)	将来負荷量(t/日)	削減負荷量	削減率
	(2005)	(2030)	(t/日)	
COD	21.8	15.6	6.2	28%
全窒素	11.4	5.4	6.0	53%
全リン	0.58	0.30	0.28	48%

#### ii. 2030 年の社会経済

県内政策について調査した結果、県が重要視している産業振興の面から、人口や産業を引き付ける「地域の求心力」が将来を描く上で最も重要な不確実要因と考え、以下の2つのシナリオを想定した。

シナリオ A：県内の魅力が高まり、求心力が高まる地方活性化シナリオ

シナリオ B：求心力が高まらず都心に労働力・経済が引きつけられてしまう東京集中シナリオ

シナリオの概要を表2に示す。また、これらなりゆきシナリオに対し、住民の行動(ivを参照)や新エネルギーの追加を行う対策シナリオを想定する。

表2：シナリオの概要

	シナリオA(地域活性)	シナリオB(東京集中)
人口の移動	県内全体に人口が分散していく。	利便性や効率性から県南、県西に人口が密集する。
民間消費支出内訳	スローフード、スローライフにより、農林水産業や個人向けサービスへの支出割合が増加する。	県内における消費活動は、都市部に吸収されてしまい、全体的に県内の消費が落ち込む。
第一次産業	農林水産業が復権し、シェアが回復する。	農業従事者が減少し、移入・輸入に頼るようになる。
第二次産業	工業のシェアは低減する。地域特産品の育成により、食料品の生産が増加する。	工業生産拠点は残るため、重化学工業は現状のまま維持される。しかし、食料品などの軽工業では生産が減少する。
第三次産業	地域暮らしを支える医療・福祉サービスが充実する。	ネットワークの整備により効率的なサービスの供給がおこなわれるようになる。
中心市街地	地域コミュニティへの参加が増える。	人口が増加する地域を除き、コミュニケーションが希薄になる。
公共交通機関	コミュニティバスやデマンド型乗合タクシーといった末端交通機関の需要が高まる。	都心への移動で利便性の高い、駅周辺に人口が集中し鉄道への依存が高まる。
下水処理設備	人口の70%が下水道として整備され、残りの地域については合併処理浄化槽が普及する。	人口の85%で下水道が整備される。残りの地域については合併処理浄化槽が普及する。
森林の管理	森林の管理が行き届くようになる。その結果林業の生産が増加する。	山間地域の過疎化により、再造林放棄地が増加し、資源の利用が十分に行われない。

#### iii. 新エネルギーの導入

温暖化対策として新エネルギーの普及を検討するために、バイオマス、風力発電、太陽光発電の導入について検討した。バイオマスについては 30,000kW の発電施設が工場の電源として設置されることを想定し、A シナリオでは 10 年で 4 台、B シナリオでは 10 年で 2 台導入されるとした。また、自動車燃料としてバイオエタノールが普及することも想定した。

風力発電については、海岸地域に現在標準的な 1500kW の発電機が年間 3 台、太陽光発電については 3kW のパネルが年間 10000 台、両シナリオで導入されるとした。

#### iv. 住民の行動

断熱住宅への住替え、HEMS によるエネルギー管理導入、公共交通の利用、高度処理合併浄化槽の選択、省エネ・環境配慮型行動、地域清掃ボランティアについて評価を行った。

v. 評価するシナリオ

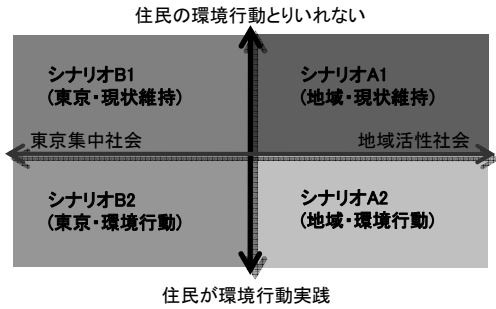


図2：評価するシナリオ

分析では、図2で示す4つのケースについて評価を行う。対策シナリオは①太陽光発電導入量を15000台に増加②合併処理浄化槽の導入に、窒素リン除去型浄化槽③住民の行動の導入とした。なお、シナリオA1とシナリオB1では住民の環境行動を取り入れていない。

5. CGEモデル

茨城県内の経済活動を表現するモデルとして、応用一般均衡モデルを作成した。応用一般均衡モデルは、均衡状態にある経済状態に対して外生的に変化を与えることにより、新たな経済均衡を導き出すモデルであり、各種の政策が社会経済に与える影響について分析することが可能である。

本研究では、平成12年茨城県産業連関表の統合小分類(104部門)を41部門に統合して分析を行った。

モデルでは、生産活動を行う生産部門と最終消費と投資、課税を行う最終消費部門(家計と政府)が存在する。これらの活動は財・サービス市場を介しており、県外との移・輸出入も同時に行われる。生産部門は中間財と生産要素を投入し、財を産出する。最終消費部門は生産要素所得や税収から最終

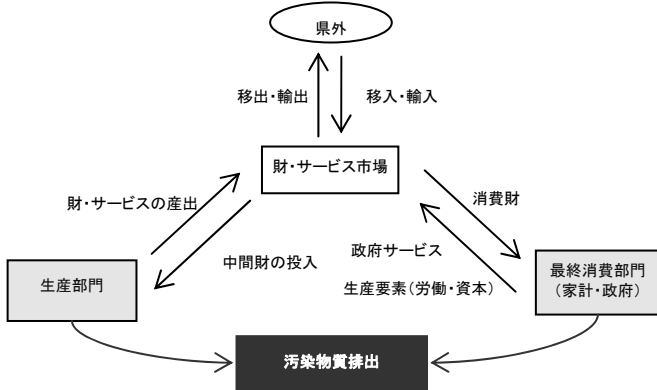


図3：CGEモデルの構造

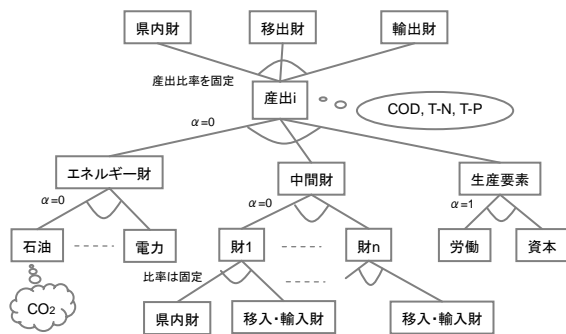


図4：生産構造

消費と投資を行う。また、財の投入や消費に応じてCO2や水質汚濁物質が排出される。

また、シナリオに対応した移出・移入の比率の変更や労働力、投資の変化による環境負荷の低減を取り入れた。

水質汚濁物質の排出については、各部門の単位生産額あたり排出原単位を推計し、利用した。

6. 影響評価モデル

CGEモデルから得られた情報を空間詳細化するためのモデルである。モデル計算のフローを図5で示した。CGEモデルから県内全体で排出されるCO2や水質汚濁物質(ここではCOD、全窒素、全リン)が部門別に推計される。これらの部門別排出量について、家計や農業など活動毎にGISデータを用いることで、地域的な活動量や、特性から3次メッシュ(1kmメッシュ)の排出量に配分する。さらに、経済的に評価されない、森林や市街地など面源からの水質汚濁物質の排出量も合わせて分布を示す。配分されたデータについて、当該メッシュで行われる下水処理や、地域の農法転換による排出量の減少について評価を行う。

影響評価モデルでは、分析するシナリオごとに人口の推移、商業の推移、下水処理施設の普及について示したシナリオデータベースを作成した。これにより、将来の地域変化による影響について評価をすることが出来る。

また、地域に配分された排出量をもとに、霞ヶ浦流域内に排出される汚濁負荷量を特定し、負荷量について推計した。

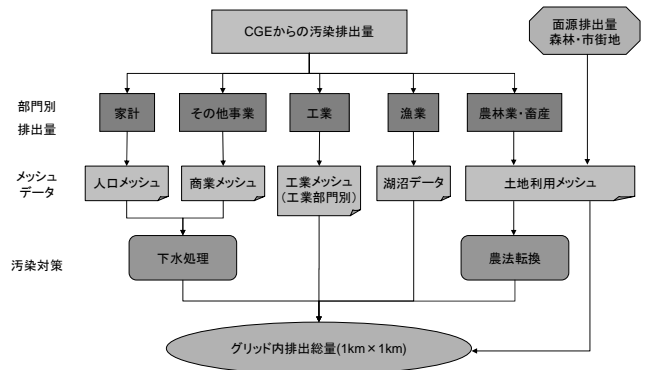


図5：影響評価モデルのフロー

7. シミュレーション分析

想定したシナリオによる県内総生産の変化は図6のようになる。2030年までの県内総生産を見るとシナリオAと比較してシナリオBにおける経済成長が鈍い。これは、都心へ労働力が吸収されてしまうことで、県内の労働投入が減少する影

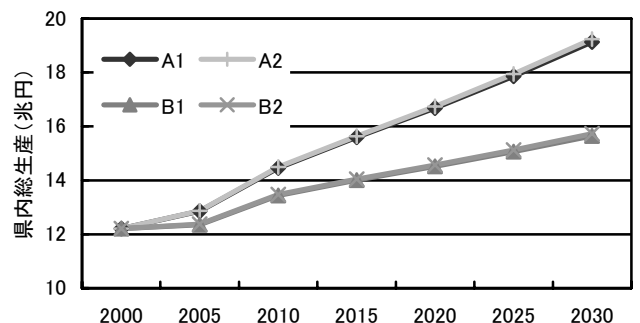


図6：県内総生産の変化

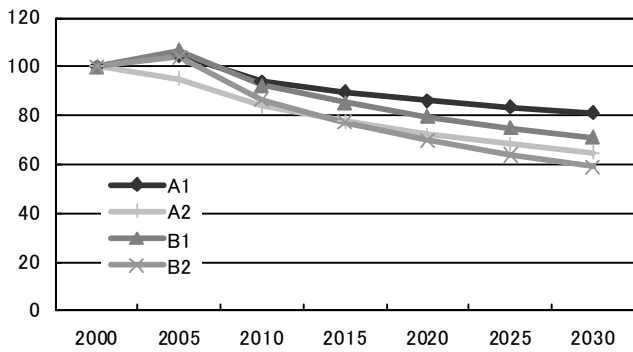


図7: 茨城県の二酸化炭素排出量の変化(%)

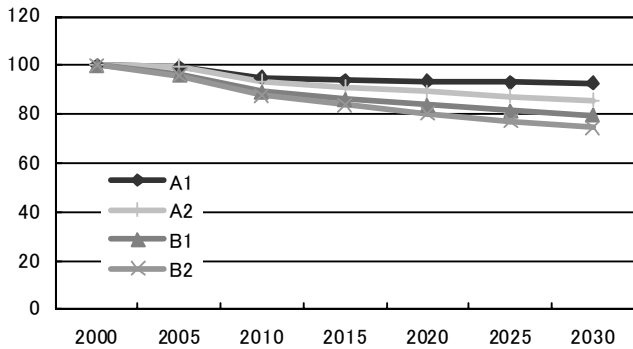


図8: 霞ヶ浦へのCOD排出負荷量の変化(%)

響が大きい。

次に各環境汚染物質の排出負荷量の変化について図7、図8に示した。県内の二酸化炭素排出量はA2を除き2005年をピークに減少するという結果になった。追加対策をすることによってシナリオA,Bに対しそれぞれ16%と12%減少させることが出来たが、目標を達成するためには10~15%追加的に排出量を削減する必要がある。

霞ヶ浦へのCOD排出負荷量では、下水処理施設の普及によって流出量が減少することが示された。シナリオAでは施設が普及したにも関わらず、県内総生産の増加による負荷量の増大により、効果は小さい。追加的な対策をとることで流出量は5~7%減少出来ることが分かった。

追加対策シナリオでは、追加的な投資が少なく経済的な影響が小さいのにも関わらず、行動を変化するだけで、二酸化炭素の排出やCODの流出量を大幅に減らすことが出来るのが分かる。

これらの負荷量が、地域的にどのように変化するかについて得た結果を図9、図10に示す。図9は、シナリオA1について

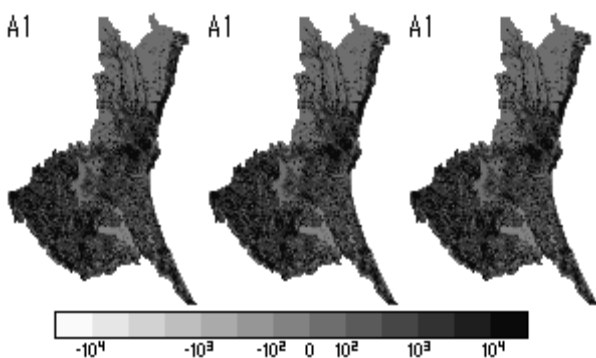


図9: シナリオA1のCO2排出削減量の変化(左から2010,2020,2030)

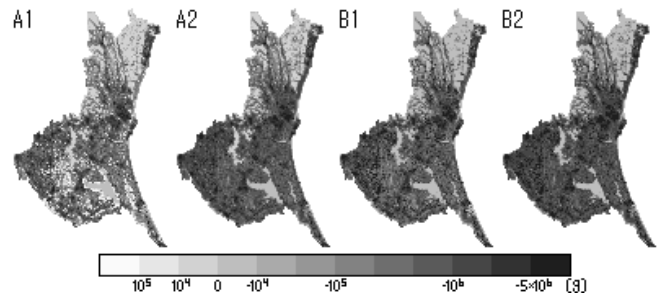


図10: 2000年から2030年にかけてのCOD排出負荷量の変化で10年ごとに二酸化炭素排出量の増減について分布を見たものである。人口が集中している地域を中心に排出量が削減されていることが読み取れる。

次に図10では、各シナリオにおけるCODの負荷量の変化を示したもので、色が濃くなるほどその地域における負荷量が削減されたことを示している。追加対策をしないケースでは、地域によって負荷量が減少せず増加している地域も見られるが、追加対策を加えることによって県内全域で負荷量が削減されていることが分かる。

## 8. 結論と今後の課題

本研究から以下のようなことが示された。

- ・住民の行動により、霞ヶ浦へのCOD排出負荷量は14~26%減少することが示された。
- ・住民の行動を取り入れた場合と取り入れない場合を比較すると、GDPの変化は0.5%と小さいのに対し、二酸化炭素の排出量は12~16%も多く削減することが可能であることが分かった。
- ・環境影響について地域的に分布させることで、ミクロな地域の行動がその地域の環境に与える負荷量について定量的なデータで示された。

以上より、県の政策とミクロな住民の行動について総合的に捉え、結果を地域的に分布させることで、特定の地域の環境影響を捉えられることが示された。また、地域の環境計画や行動に結果を利用出来ることが導かれた。

今後の課題として、特定の地域の環境行動についてシナリオを与えることにより、県内全体の経済や環境に与える波及効果について評価出来るようにしたい。

## 主要参考文献

- [1] 島田幸司・田中吉隆・五味馨・松岡謙(2006)低炭素社会に向けた長期的地域シナリオ作成手法の開発と滋賀県への先駆的適用、環境システム研究論文集 Vol.34,pp143-154
- [2] 岡寺智大・藤田壮・渡辺正孝・鈴木陽太(2005)流域管理のための環境負荷排出インベントリーシステムに関する研究—東京湾流域の水需要のケーススタディー、環境システム研究論文集 Vol.33,pp377-387
- [3] 新茨城県総合計画「元気いばらき戦略プラン」(2006)茨城県企画部企画課
- [4] 環境省 2005年度(平成17年度)の温室効果ガス排出量(確定値)について
- [5] IPCC (2007) Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Synthesis Report