

地方自治体における統合環境負荷推計ツール 開発と滋賀県への適用

五味 馨¹・島田 幸司²・松岡 譲³

¹学生会員 京都大学大学院地球環境学舎博士後期課程 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: g.kei@iwyh.media.mbox.kyoto-u.ac.jp

²正会員 博士(工学) 立命館大学経済学部教授 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

³正会員 工学博士 京都大学大学院地球環境学舎教授 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

地方自治体が効果的に環境問題に取り組むには、数十年にわたる定量的な情報が必要である。本研究では、都道府県や都市を対象として、将来の社会・経済の状態と環境負荷発生量を整合的に推計するツールを開発する。将来社会の想定に基づいて産業生産額や交通需要などの社会経済指標を推計し、それと利用技術等から環境負荷発生量を推計する。複数の環境負荷を同一の枠組みで取り扱うことにより、対象地域の直面する様々な課題に総合的に対応する。さらに、具体例として滋賀県へ適用し、温室効果ガス、水質汚濁負荷、廃棄物について、2030年にそれぞれの排出目標を達成した状態を示した。このツールは、長期の環境計画策定において、より効率的かつ効果的な議論の一助となる。

Key Words: local environmental policy, long-term planning, low carbon society, integrated evaluation

1. はじめに

地方自治体は様々な環境問題の解決にあたって重要な役割を果たす。大気や水質の汚染のような局地的な問題だけでなく、気候変動のような地球規模の問題であっても対策の具体的な実施段階では地域ごとの行動が必要である。これらの問題には長期にわたるものも多く、効果的な行動には数十年といった長期の計画が必要である。また、しばしば複数の環境の目標を同時に達成されることも求められる。長期においては大幅な社会変革がありえるから、計画の策定には社会や経済の状況と種々の環境負荷発生に関する定量的な情報が必要となる。そして、そのような計画の中では、目標とする地域の将来像を示すことが第一に必要と考えられる。

国レベルの研究では、脱温暖化 2050 研究プロジェクト¹⁾²⁾が、2050 年の日本においてエネルギー起源の二酸化炭素排出量を 1990 年比で 70%削減した状態を推計している。人口・世帯推計モデル、応用一般均衡モデル、住宅モデル、交通需要モデルなどを開発し、社会の各側面について詳細な推計を行っている。ここで開発されている大規模なモデル群による推計手法は整合性や具体性に優れる。しかし、データの入手可能性などから、都道府県や都市などには必ずしも適切でない。

諸国の都市や州の中には独自の長期(2020 年以降)の気

候変動に関する目標を掲げているものがあり、そのうちいくつかは定量的な評価を行っている⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。このうちカリフォルニア州⁹⁾は非常に経済規模が大きく(人口約 3700 万人、GDP はイタリア並み)、ここでいう「地方自治体」から除外する。そこで他の推計の内容をみると、「社会像」たりえていないという問題がある。すなわち単純に排出削減対策の組み合わせを示すにとどまっており、将来の社会経済の推定方法(人口、生産額、輸送需要など)に問題がある。多くはそれぞれトレンドを外挿しており、指標間の整合性を欠く可能性が高い。そのためここで考える「目標とする地域の将来像」とは言い難い。

これらの問題点に接近した先行研究として、島田ら³⁾の研究が挙げられる。この研究では滋賀県を対象としてマクロ経済財政モデル、産業連関分析、交通需要量推計モデル、エネルギー需要量推計モデルなどを組み合わせ、各部門の活動量を整合的に推計し、2030 年においてエネルギー起源の二酸化炭素排出量を 1990 年比で 30-50%削減するシナリオを構築した。しかしここでは、いくつかの重要な変数を簡易な手法で推計しており、将来社会の変化の想定を十分反映できていない。また対象としている環境負荷が二酸化炭素だけである。

そこで本研究では、地方自治体を対象とし、長期環境計画の目標としての、社会・経済と環境に関する定量的な将来

像を表現する手法を開発する。これまでの手法³⁾を拡張・精緻化する形で、社会・経済・環境の各側面の諸量を、定量的かつ整合的に表現する推計ツール(以下、スナップショットツールと称する)を開発する。

拡張・精緻化の内容は次の各点である。①複数の環境負荷を推計する同一の枠組みを開発する。②生活時間の推計を加える。③労働生産性を明示的に扱い、生活時間との整合性を確保する。④これまでに一括で推計していた業務部門の床面積³⁾を業種別に推計する。⑤同じく貨物輸送量を積

荷別に推計する。⑥旅客輸送量の推計にあたって個人属性に免許保有の有無を加える。⑦家畜飼養頭羽数を推計に加える。⑧これら全体を整合的に推計する単一の計算プログラムを開発する。これらの拡張により、様々な状況、想定に応じた推計が可能となる。

また、推計の具体例として滋賀県へと本ツールを適用する。その際にスナップショットツールの入力として必要な最終需要を推計するため、滋賀県マクロ計量経済モデルも開発する。

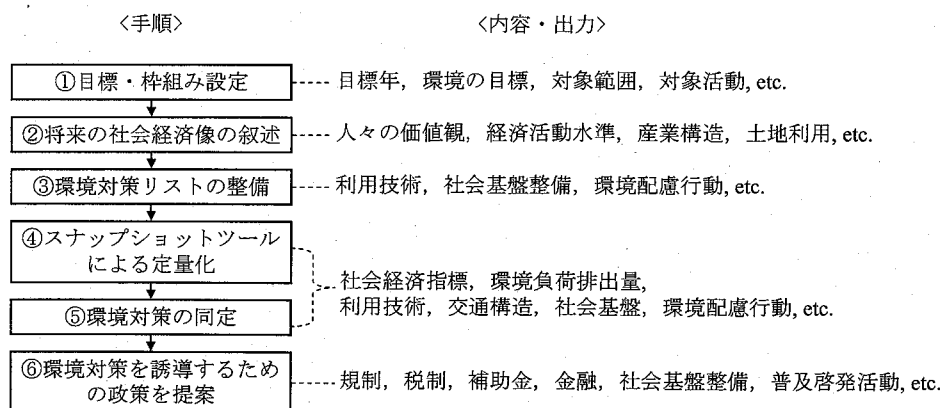


図-1 手法全体の流れ

2 手法の全体

図-1に本研究で開発した手法全体の手順を示す。

①まず目標と枠組みを設定する。対象地域、目標年、対象とする活動の範囲、環境負荷の種類とその目標などを決定する。対象地域については、通常、対象とする地方自治体の統治が及ぶ範囲となるであろう。従って当該地方自治体の住民の活動であっても、その圏域外での活動は含まれない。

②次に将来の社会経済像を定性的に叙述する。社会全体の発展の方向を左右する人々の価値観や、経済活動水準、産業構造、土地利用など、関係する各側面の将来における様相を想定する。この想定は一つとは限らず、研究の目的や文脈に応じて複数の社会経済像(例えば SRES の 4 つのシナリオ⁴⁾)を想定することがある。

③環境対策を収集、整備する。対象地域で目標年において利用可能と考えられる技術、社会基盤、環境配慮行動などからなる。スナップショットツールへの入力とするため、定量的な情報が必要である。

④スナップショットツールを利用し、②で想定した社会像を定量的に表現する。スナップショットツールの入力となる変数・係数の具体的な値を②の想定に基づいて設定し、各種の社会経済指標と環境負荷排出量を推計する(詳しい推計の内容は後述)。

⑤③の推計結果から、環境の目標を達成するために必要な環境対策の組み合わせを同定する。目標の水準によっては、それを達成する対策の組み合わせが複数ある場合や、逆に利用可能な全ての対策を導入しても達成できないということがありえる。前者の場合は何らかの基準(費用最小化など)によって決定する。後者の場合は、目標の見直し、さらなる対策の可能性検討、いかなる社会経済像であれば達成可能か、といった議論へとつながる。

⑥同定された環境の対策を実現するための政策パッケージを提案する。これは地方自治体にとって実行可能な政策でなくてはならず、経済的インセンティブ(税制や補助金、金融など)、各種の規制(土地利用規制など)、社会基盤整備(気候変動対策であれば公共交通機関の整備など)などがありえる。

3 滋賀県マクロ計量経済モデルの開発

手法②の「経済活動水準」を得るため、本研究では県マクロ計量経済モデルを開発した。その構造を図-2に示す。内生変数 15 個、外生変数 9 個のコンパクトなモデルである。県の経済は国全体の動向を含む需要の水準に左右される傾向が大きいと考え、GDP は需要決定型とした。なお、金額を示す変数は全て実質価格である。

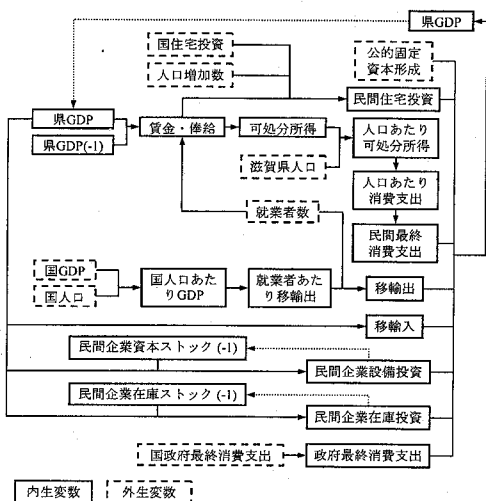


図2 滋賀県マクロ計量経済モデルの構造

4. スナッシュットツールの開発

(1) 概要

開発したスナッシュットツールの計算体系を図-3に示す。環境負荷は後に示す滋賀県への適用例のものである。推計の全体は、いくつかの基本的な変数を入力とし、次々に係数を乗じて各種の指標を算出する体系となっている。まず産業生産額や交通需要量などを推計する。ここではこれらの指標を社会経済指標と呼ぶことにする。次いで、社会経済指標と

利用技術の想定などから環境負荷排出量を推計する。

将来社会全体の状態に関する様々な想定は、入力される変数と、社会経済指標推計の係数(例えば労働生産性の向上率)の設定に反映される。これらの設定によって、様々な状況のもとでの環境負荷の排出量を推計することが出来る。

(2) 推計の流れ

具体的な推計の流れを説明する。

まず社会経済指標を推計する。基本的な入力変数として、人口・世帯数、最終需要、土地利用別土地面積を与え、最終需要から産業連関分析を利用して業種別の産業生産額を推計する。ここでは最終需要コンバーターや投入係数が、社会経済の想定を反映した係数として与えられる。ここで得られた産業生産額から、以下の各指標を推計する。

- ・ 産業生産額と労働生産性から、必要とされる労働時間を求める。この労働時間を満たすように、生活時間のうちの「労働時間」を決定する。
- ・ 貨物輸送需要量は産業生産額に生産額あたりの輸送需要量を乗じて推計する。
- ・ 業務床面積は第三次産業の生産額に生産額あたりの床面積を乗じて推計する(なお、業種によっては人口要因(学生数など)を利用する)。
- ・ 家畜飼養頭羽数は「農業」の生産額に生産額あたりの家畜飼養頭羽数を乗じて推計する。

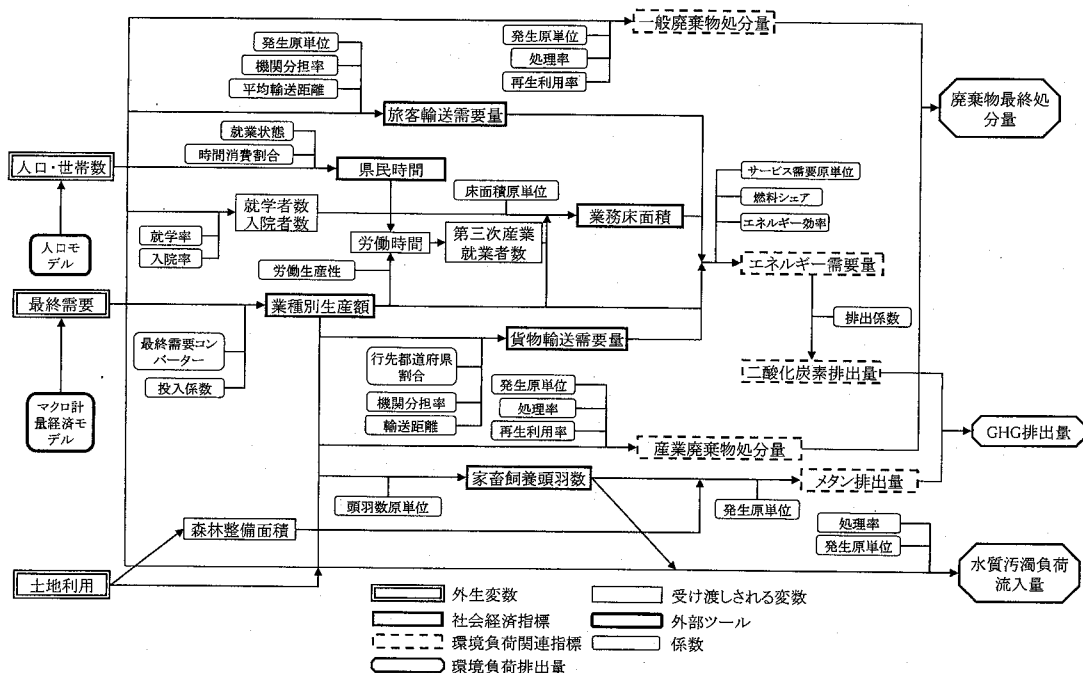


図-3 スナッシュットツールの計算体系

旅客輸送需要量は、与えられた個人属性別の人口に各種の係数(社会経済の想定から設定する)を乗じて推計する。

次に環境負荷の排出量を推計する。上で推計した各種の社会経済指標から、対象とする環境負荷の発生に関わるものを選択する。これを環境負荷を排出する各部門の「活動量」と呼ぶ。活動量に環境負荷の発生原単位などの係数を乗じて環境負荷排出量を推計する。環境対策の導入は主としてこれらの係数に反映される。排出量が目標を満足するようなこれらの係数の値を求めることによって、必要な対策導入量を同定する。

(3) 社会経済指標の推計

a) 産業生産額

最終需要から、業種別の産業生産額を推計する。産業連関分析を利用する。対象期間の産業活動は次式で示される。

$$X + M = AX + F + E \quad (1)$$

X : 産業生産額ベクトル

M : 移輸入額ベクトル

A : 投入係数行列

F : 域内最終需要額ベクトル

E : 移輸出額ベクトル

式(1)を変形して次式を得る。

$$X = (I - (I - \bar{M})A)^{-1} \times ((I - \bar{M})F + E) \quad (2)$$

ここで、 $\bar{M}$ は移輸入率ベクトルで、 $\bar{M} = M(X+F)$ である。これにより、業種別の域内最終需要額、移輸出額、移輸入率、投入係数行列から、産業生産額ベクトル X が導かれる。なお、以降の各式では、

$$X = PD_{pds} \quad (3)$$

PD_{pds} : 産業生産額

pds : 業種

として、記号 PD で産業生産額を表す。

b) 生活時間

将来社会の状態を表現する一側面として、本研究では様々な活動への県民の時間投入を表現する。時間の使い方は人々の「暮らしぶり」を端的に現す指標のひとつである。また、経済面から見れば、労働時間は生産要素の供給である。産業生産に必要な労働時間が供給されるという整合性を確認するためにも、生活時間の推計は必要である。

一年間の県民の生活時間の合計を県民時間と呼ぶことにし、それは次式で表現される(本ツールは様々な自治体の単位に適用可能だが、便宜上、対象自治体の住民を「県民」と表記する)。

$$TI_{tc} = \sum_s \sum_w \sum_{age} (POP_{s,w,age} \cdot TS_{s,w,age,tc}) \times 365.25 \times 24 \quad (4)$$

TI_{tc} : 県民時間

$POP_{s,w,age}$: 人口

$TS_{s,w,age,tc}$: 時間消費割合

tc : 活動種

s : 性別

w : 就業状態

age : 年齢

ところで、県民時間のうち「労働」は、生産に必要な労働時間を満たさなくてはならない。そこで、次式が成立するよう「労働」の時間を決定する。

$$TI_W = \sum_{pds} PD_{pds} \cdot MLP_{pds} \quad (5)$$

TI_W : 県民時間の「労働」

MLP_{pds} : 労働係数

労働係数とは労働生産性の逆数で、労働時間÷生産額である。

c) 業務床面積

業務床面積の推計式を示す。

$$FA_{cs} = PD_{cs} \cdot FAA_{cs} \quad (6)$$

FA_{cs} : 業務床面積

FAA_{cs} : 活動量あたりの床面積

cs : 業務部門業種

ここでの活動量とはそれぞれの業種の活動水準を示す指標であり、生産額を基本とする。ただし後に示す滋賀県への適用にあたっては、「学校」では学生数、「病院」では入院患者数で代替した。

d) 旅客輸送量

旅客輸送需要量の推計式を示す。

$$PTD_{ptm} = \sum_p \sum_{ptp} POP_p \cdot PTG_{p,ptp} \cdot MS_{p,ptp,ptm} \cdot AD_{ptp,ptm} \quad (7)$$

PTD_{ptm} : 旅客輸送需要量

POP_p : 人口

$PTG_{p,ptp}$: 旅行発生原単位

$MS_{p,ptp,ptm}$: 輸送機関分担率

$AD_{ptp,ptm}$: 平均輸送距離

p : 個人属性

ptm : 旅客輸送機関

ptp : 旅行目的

ここで旅客輸送量を a)の産業連関分析とは別に推計するのは、産業連関表の運輸部門にはマイカー輸送が含まれておらず、また県の公表する産業連関表では旅客と貨物が分かれていないことから、生産額と旅客輸送量(人・km)の関係が明らかでないためである。

e) 貨物輸送量

貨物輸送需要量の推計式を示す。

$$FTD_{fjm} = \sum_{pds} \sum_{dp} PD_{pds} \cdot FTG_{pds,dp} \cdot FTS_{pds,fjm,dp} \cdot FTAD_{fjm,dp} \quad (8)$$

FTD_{fjm} : 貨物輸送需要

PD_{pds} : 生産額

$FTG_{pds,dp}$: 貨物輸送発生原単位

$FTS_{pds,fjm,dp}$: 輸送機関分担率

$FTAD_{fjm,dp}$: 平均輸送距離

dp : 行先都道府県

fjm : 貨物輸送機関

f) 家畜飼養頭羽数

家畜飼養頭羽数の推計式を示す。

$$NLS_{ls} = PD_{agri} \cdot NPD_{ls} \quad (9)$$

NLS_{ls} : 家畜飼養頭羽数

PD_{agri} : 産業生産額のうち「農業」

NPD_{ls} : 農業生産額あたり頭羽数

ls : 家畜種

(4) 環境負荷排出量の推計方法

環境負荷排出量の推計は、基本的に次式による。

$$\text{環境負荷排出量} = \text{活動量} \times \text{発生原単位} \times \text{他の技術係数} \quad (10)$$

環境負荷の種類は、ツールが適用される際の状況に応じて選択される。「他の技術係数」には、対象となる環境負荷の種類によって様々なものが適用される。例えば水質汚濁負荷物質は浄化施設による除去率、廃棄物最終処分量では再生利用率などが考えられる。「排出」される性質の環境負荷であれば、上式に適切な係数をあてはめることにより、本ツールで統一的に扱うことができる。後に本ツールを滋賀県へ適用するが、その際に対象とする各環境負荷の具体的な推計式を以下に示しておく。

a) エネルギー起源二酸化炭素

エネルギー需要量と二酸化炭素排出量の推計式を示す。

表-1にエネルギー需要部門とその活動量、エネルギーサービス種の区分を示す。エネルギー利用技術は島田ら³⁾のものを利用した。

$$ESD_{eds,esc} = AC_{eds,esc} \cdot EDG_{eds,esc} \quad (11)$$

$$EE_{eds,esc,e} = \sum_{et} (EET_{et,eds,esc,e} \cdot SET_{et,eds,esc,e}) \quad (12)$$

$$ED_{eds,e} = \sum_{esc} (ESD_{eds,esc} \cdot ES_{eds,esc,e} \cdot EE_{eds,esc,e}) \quad (13)$$

$$CO_2 = \sum_{eds} \sum_e (ED_{eds,e} \times EF_e) \quad (14)$$

$ESD_{eds,esc}$: エネルギーサービス需要量

$AC_{eds,esc}$: 活動量($POP, PD_{pds}, FA, PTD_{pdm}, FTD_{fjm}$)

$EDG_{eds,esc}$: エネルギーサービス需要原単位

$EET_{et,eds,esc,e}$: エネルギー利用技術の効率

$SET_{et,eds,esc,e}$: エネルギー利用技術のシェア

$ED_{eds,e}$: エネルギー需要量

$ES_{eds,esc,e}$: 燃料シェア

$EE_{eds,esc,e}$: エネルギー効率

CO_2 : 二酸化炭素排出量

EF_e : 二酸化炭素排出係数

eds : エネルギー需要部門

esc : エネルギーサービス種

et : エネルギー利用技術

e : 燃料種

表-1 エネルギー需要部門の区分

部門	活動量	エネルギーサービス種
家庭	世帯数	冷房、暖房、給湯、厨房、その他
業務	床面積	冷房、暖房、給湯、厨房、その他
産業	生産額	業種別
旅客	輸送需要量 (人・km)	輸送機関別(鉄道、バス、乗用車、二輪車、自転車、徒歩、その他)
貨物	輸送需要量 (t・km)	輸送機関別(鉄道、船舶、自家用貨物車、営業用貨物車)

b) 農業起源メタン

農業起源のメタンの排出源は、水田、牛、豚の消化管発酵および牛、豚、鶏のし尿処理である。活動量は面積および頭羽数である。これにメタンの排出係数を乗じて算出する。

$$CH_4 = \sum_{mes} AC_{mes} \times NRG_{mes} \quad (15)$$

CH_4 : メタン排出量

AC_{mes} : 活動量(NLS_{ls} , 水田面積)

mes : メタン排出部門(牛、豚、鳥、水田)

c) 水質汚濁負荷流入量

対象地域である滋賀県においては、琵琶湖の水質保全が

環境保全において重要な課題である。そこで琵琶湖への水質汚濁負荷流入量を推計することとした。その推計式を示す。

$$NRI_{nc} = \sum_{nrs} AC_{nrs} \times NRG_{nrs,nc} \times CR_{nrs,nc} \quad (16)$$

NRI_{nc} : 水質汚濁負荷流入量

AC_m : 活動量($POP, PD_{pds}, NLSs$, 土地利用面積)

$NRG_{nrs,nc}$: 水質汚濁負荷発生原単位

$CR_{nrs,nc}$: 水質汚濁負荷除去率

nrs : 水質汚濁負荷排出部門

(生活, 産業, 農業, 土地利用)

nc : 水質汚濁負荷種

(化学的酸素要求量, 総窒素, 総リン)

d) 廃棄物最終処分量

一般廃棄物, 産業廃棄物ともに同一の枠組みで推計する。活動量は産業生産額と人口である。

$$W_{wgs,wc} = AC_{wgs} \times WG_{wgs,wc} \quad (17)$$

$$WP_{wc,wpdr} = \sum_{wgs} W_{wgs,wc} \times WPS_{wc,wpdr} \quad (18)$$

$W_{wgs,wc}$: 廃棄物排出量

AC_{wgs} : 活動量(POP, PD_{pds})

$WG_{wgs,wc}$: 廃棄物排出原単位

$WP_{wc,wpdr}$: 廃棄物処理処分量

$WPS_{wc,wpdr}$: 処理処分率

wgs : 廃棄物排出部門

wc : 廃棄物種

$wpdr$: 処理処分方法

(中間処理, 再生利用, 最終処分)

5. 滋賀県への適用

(1) 目標と枠組み

対象地域は滋賀県, 基準年は 2000 年, 目標年は 2030 年とした。環境の目標は, 滋賀県庁および関連研究機関等へのヒアリングの結果, 以下の三項目を定めた。温室効果ガス(二酸化炭素排出量, メタン排出量), 水質汚濁負荷流入量(化学的酸素要求量(COD), 総窒素(TN), 総リン(TP)), 廃棄物最終処分量(一般廃棄物, 産業廃棄物)である。

温室効果ガス排出量の目標については, 産業化以前からの温度上昇を 2℃以内に抑制して気候を安定化することで合意が形成されつつある。これを達成するために日本に求められる排出量の水準として, 近年の研究は今世紀半ば頃までに 1990 年比で 60-80%の排出削減が必要としている¹³⁾。ここでの目標年は 2030 年なので, 2050 年への中間目標として温室効果ガス排出量の目標を 1990 年比で 50%削減とした。

琵琶湖の水質は, 北湖で赤潮やアオコが発生する以前の水質レベル(昭和 40 年代の水質(COD1.7mg/l))を目標とした。そのためは, 琵琶湖への水質汚濁負荷流入量を 2000 年比で半減する必要があるとされている¹³⁾。そこで, COD, TN, TP の流入量を 2000 年比で 50%削減することを目標とした。

廃棄物最終処分量については, 滋賀県第二次廃棄物処理計画¹⁴⁾において, 一般廃棄物, 産業廃棄物の 2010 年度の最終処分量を, それぞれ 1997 年度の 1/2, 1/3 にすることを目標としている。ここではその目標を延長し, 両者を合わせた最終処分量を 1997 年比 80%削減(2000 年比 75%削減)とした。

表-2 将来推計の主な想定

項目	設定	関連する社会経済の想定	出典・基準年データ
人口	2030 年に 138 万人(滋賀県による 2006 年の推計。2005 年とほぼ同じ)		15)
世帯数	2030 年に 52 万世帯(同上。2005 年は 47 万世帯)		15)
日本経済	一人当たり GDP 年平均約 0.9%で成長	成熟型の経済 比較的緩やかな技術革新速度	16)
公的固定資本形成	社会資本整備などの投資。社会資本整備が一巡し, 新規整備は大幅に減少し, 維持管理を主とした資本投資。総投資額は現状より減少。	成熟型の経済	17)
民間消費支出の内訳	主に家計における消費の財・サービス毎の内訳。製品の長寿命化が進み, モノの購入金額は横ばいに推移。農林水産業, 個人向けサービス(教育, 医療・保険, 旅館・宿泊所など)に対する支出の割合が上昇すると想定。	第三次産業の割合増加, 高齢化の進行	17)
移出の内訳	滋賀県から移出する財・サービスの内訳。製造業製品の移出額は金額ベース横ばいに推移すると想定	第三次産業の割合増加	17)
移入率	農林水産業製品の移入率は低下。その他の財やサービスの移入は増加。	地産地消の促進	17)
投入係数	IT普及によるペーパーレス化, 公共事業における金属, セメント投入の減少・木製品利用の増加, 省エネによる燃料, 電力消費の減少を想定。		17)
労働生産性	労働者 1 人 1 時間あたりの労働生産性: 農業・製造業 2.7%/年, サービス業 1.6%/年向上。		17)(18)
生活時間	男性就業者の労働時間 1.5 時間短縮。男性女性ともに社会活動参加時間増加と想定。	ゆとり, 仕事と生活のバランス, 社会貢献	19)
就業率	高齢者や女性が働くことができる福祉環境が整備され, 男性高齢者の就業率 20%上昇, 女性の就業率 10~30%上昇。	仕事と生活のバランス	20)

(2) 将来の社会経済像と係数の設定

将来の社会経済像は、成熟型で比較的「ゆとり」のある社会の状態を想定した。一人あたり一日の就業時間は短縮され、仕事と生活のバランスをとり、社会へ貢献しながら生活全体として充実した時間を送ることが良しとされる。産業では第三次産業の割合が高まる。高齢化の進行により介護等のサービス業の需要が高まり、同時に高齢者の就業も求められる。農産物の地産地消がすすむ。家族やコミュニティの連帯が重視される。技術革新の速度は比較的緩やかである。このような社会イメージに基づいて設定した、県人口、国経済成長率、消費の傾向、生活時間と労働などの値、各種係数と、その基準年データ、および推計年の値の設定方法を表-2に示す。

(3) 社会経済指標の推計結果

滋賀県の一人あたり GDP の成長率は年平均 0.90%と推計された。2030 年の産業生産額は 2000 年の 1.16 倍(13.4 兆円)となった。第一次、第二次、第三次産業の生産額はそれぞれ 2000 年の 5.91 倍、0.90 倍、1.50 倍となった。交通構造が 2000 年と変化しないと仮定した場合、旅客輸送量は人口要因の変化(移動距離の長い 15 歳以上の人口の割合増加、女性の免許保有率向上による自動車による移動の増加などから、2000 年の 1.53 倍に増加して 16359 百万人・km となった。貨物輸送量は産業構造の変化から 0.86 倍に減少し 3397 百万 t・km となった。業務床面積は第三次産業の生産額増などから 2000 年の 1.13 倍に増加して 22667 千 m² となった。

(4) 環境負荷排出量推計の結果と考察

a) 温室効果ガス

温室効果ガス排出量の推計結果を図-4に示す。2030 年の温室効果ガス排出量は対策導入を想定しない場合(図-4の「2030BaU」)、14369ktCO₂eq となり、1990 年から 15%の増加となる。排出部門では産業部門からの二酸化炭素排出量が最も多く、6436ktCO₂で全体の 44.8%を占めている。対策を導入した場合(「2030 対策」)、全体の排出量は 6276ktCO₂eq となり、1990 年比で 50%の排出削減が可能となった。

対策の分類別の削減量を表-3に示す。「効率改善」が 37%で最も多くを占めた。また、特に地方自治体の政策が重要になると考えられる、「再生可能エネルギー」「環境配慮行動」「交通構造改革」「森林吸収」の合計は 31%となった。これらを推進する地方独自の政策が必要であることが示された。

b) 水質汚濁負荷

表-4に水質汚濁負荷流入量の推計結果を示す。2030 年において表-8の対策を想定した結果、COD7.6%(2030 年の 47%)、TN3.4%(同 50%)、TP0.09%(同 22%)となった。いずれも設定した目標(2000 年の 50%)を達成することが示された。

COD についてその内訳をみると、基準年において土地利

用からの排出が 8.0kt と約半分を占めており、目標の達成には土地利用からの排出削減が必要になる。それには、市街地排水浄化といった社会基盤整備だけでなく、水田の反復灌漑、森林管理のような自然系の土地利用への対策が必要になる。

表-3 対策分類別の二酸化炭素排出削減量(ktCO₂eq)

対策分類	排出削減量※	割合
電源構成	1687	21%
効率改善	3008	37%
燃料転換	967	12%
再生可能エネルギー	615	8%
環境配慮行動	880	11%
交通構造改革	459	6%
森林吸収	477	6%
合計	8094	100%

※排出削減量は 2030BaU 排出量に対する削減量である

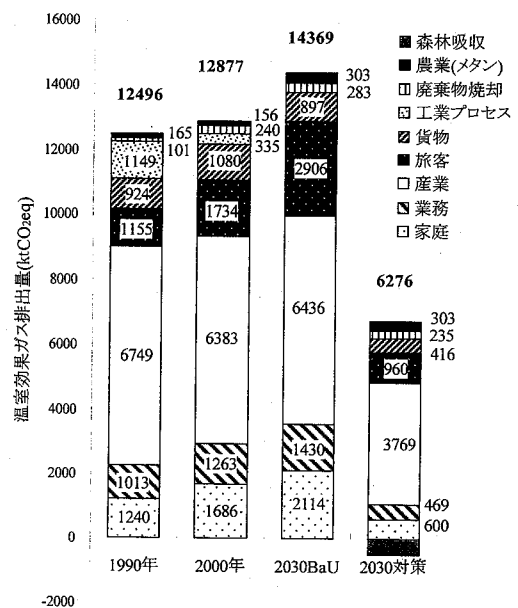


図-4 温室効果ガス排出量の推計結果

「工業プロセス」は、滋賀県地球温暖化対策推進計画による。

表-4 水質汚濁負荷流入量(kg)

排出部門	COD		TN		TP	
	2000年	2030年	2000年	2030年	2000年	2030年
湖面降雨	1.9	1.6	0.7	0.6	0.02	0.02
地下水	0.1	0.1	0.4	0.4	0.02	0.02
土地利用	8.0	4.4	3.0	0.9	0.12	0.02
畜産	0.6	0.7	0.3	0.4	0.02	0.007
事業所	1.6	0.3	0.6	0.2	0.05	0.01
生活	4.0	0.5	1.8	0.9	0.16	0.01
合計	16.2	7.6	6.8	3.4	0.39	0.087

c) 廃棄物

廃棄物最終処分量は、表-9の対策のもとで、一般廃棄物が23kt(表-5)、産業廃棄物が71kt(表-6)となり、ともに目標である2000年の25%となった。一般廃棄物では、分別収集により、再生利用量と集団回収量の合計の割合が2000年の13%から2030年には81%へと大幅に引き上げる必要がある。これ

には住民の協力が必要である。産業廃棄物では再生利用量と有償物量の合計の割合を約13%増加させることで目標が達成されている。産業廃棄物では2000年から2004年までに最終処分量がほぼ半減しており、ここでの結果はこの延長上にあるものといえる。

表-5 一般廃棄物の推計結果(kt)

	発生量		割合	
	2000年	2030年	2000年	2030年
自家処理量	4.9	0.4	1.0%	0.1%
減量化量	345	60	67.7%	13.5%
再生利用量	39	260	7.6%	58.5%
集団回収量	29	101	5.7%	22.7%
最終処分量	92	23	18.0%	5.2%
合計	510	444	100.0%	100.0%

表-6 産業廃棄物の推計結果(kt)

	発生量		割合	
	2000年	2030年	2000年	2030年
減量化量	1894	2371	47.4%	47.3%
有償物量	156	259	3.9%	5.2%
再生利用量	1664	2315	41.6%	46.2%
最終処分量	286	71	7.2%	1.4%
合計	4000	5016	100.0%	100.0%

表-7 温室効果ガスの削減対策とその効果(k_tCO₂)

部門	対策	2030年の対策導入量	排出削減量※	
			削減量	割合
家庭	機器のエネルギー効率改善	全体で30%の効率改善	551	6.8%
	省エネルギー行動	ほぼ全ての家庭に普及	156	1.9%
	太陽光発電	20%の住宅に普及	54	0.7%
	その他		383	4.7%
	家庭計		1144	14.1%
業務	機器のエネルギー効率改善	全体で36%の効率改善	443	5.5%
	省エネルギー行動	ほぼ全ての事業所に普及	43	0.5%
	太陽光発電	15%の建物に設置	12	0.1%
	その他		176	2.2%
	業務計		674	8.3%
産業	機器のエネルギー効率改善	全体で28%の効率改善	846	10.5%
	燃料シエア転換	天然ガス:2000年8.6%→25.9% 電力:2000年30.9%→33.7%	883	10.9%
	産業計		1729	21.4%
旅客輸送	コンパクトシティ	地域内の平均移動距離が25%減	215	2.7%
	自動車の燃費改善	乗用車の平均燃費が1.6倍向上	788	9.7%
	公共交通 自転車・徒歩	鉄道のシエアが36%(2000年31%) 自転車・徒歩の合計シエアが16%	633	7.8%
	バイオマス燃料	普及率10%	193	2.4%
	その他		36	0.4%
貨物輸送	旅客計		1865	23.0%
	物流合理化	生産額あたりの輸送量が3割減	51	0.6%
	モーダルシフト	遠県へのトラック輸送の50%が鉄道へ 県内の10%が湖運へ	194	2.4%
	バイオマス燃料	普及率10%	75	0.9%
	その他		150	1.9%
その他	貨物計		470	5.8%
	電力原単位の低減	国全体の電力構成の変化と発電の効率改善	1687	20.8%
	森林整備	滋賀県の人工林全てを管理	477	5.9%
	廃棄物リサイクル	プラスチックのリサイクル率を36%向上	48	0.6%
削減量計			8094	100%

※排出削減量は2030BaU排出量に対する削減量である

表-8 水質汚濁負荷流入量の削減対策とその効果(kt)

部門	対策	2030年の導入量	削減量		
			COD	TN	TP
生活	下水道整備	琵琶湖集水域内の下水道普及率が96%に	1.78	0.42	0.09
	厨房管理	全家庭に普及	1.40	0.29	0.04
	その他		0.38	0.11	0.02
	生活計		3.56	0.82	0.15
産業	下水道への接続処理	すべて下水道に接続	0.67	0.15	0.03
	家畜尿尿の農地還元利用	適用率 100%	0.02	0.01	0.01
	産業計		0.68	0.15	0.04
土地利用	コンパクトシティ	建物用地, 荒地, 道路のうち 20%を緑地に転用	0.23	0.04	0.00
	市街地排水浄化施設	30%の市街地排水を処理	0.15	0.02	0.00
	施肥量の削減	全ての農地で実施	0.00	0.23	0.02
	排水反復利用	水田への適用率 50%	0.56	0.09	0.00
	適切な間伐など森林の適正管理	人工林全てで実施	0.47	0.19	0.00
	その他		0.39	0.07	0.00
	土地利用計		1.80	0.64	0.04
河川	河川直接浄化	土地利用からの排水のうち 50%を浄化	0.46	0.14	0.01
	多自然型の河川整備	整備対象となる全ての河川に適用	0.92	0.27	0.01
その他			1.17	1.37	0.06
削減量計			8.60	3.40	0.30

※排出削減量は 2000 年流入量に対する削減量である

表-9 廃棄物最終処分量の削減対策

廃棄物種	対策	資源化率	
		2000 年	2030 年
一般廃棄物	分別により再生利用量増加	7.6%	58.5%
	分別により集団回収量増加	5.6%	22.7%
	レンタル・リースの活用による発生量の減量	発生量を 10%削減	
産業廃棄物			
廃プラスチック・ ゴムくず [※]	合成樹脂, 合成ゴム, 廃タイヤのマテリアル・ サーマルリサイクル	75.7%	94.0%
木くず [※]	木材利用, ボード等の建材に加工, 炭化・ガス 化, 化学処理, 肥料化・飼料化	92.2%	98.0%
ガラスくず・ 陶磁器くず	カレット化, ガラスビン再利用, タイル・プロ ック, 超軽量骨材, アスファルト舗装材	81.4%	92.0%
がれき類	建設廃棄物の選別・再資源化, 建設発生土の再 利用, 道路舗装材用	97.8%	99.0%

表-10 目標達成のために各主体のとりべき行動

	温室効果ガス	水質汚濁負荷流入量	廃棄物最終処分量
	1990 年比 50%削減	2000 年比 50%削減	2000 年比 75%削減
事業者	排出削減量: 2873ktCO ₂ eq ※1 高効率製造機器の導入, 製 造・輸送用燃料の転換, 物流 合理化・モーダルシフト	排出削減量: COD 1.24kt, TN 0.48kt, TP 0.06kt ※2 生産額あたりの水質汚濁負荷発生減少, 排出の少ない農法	資源化率:13%向上 廃棄物の資源化, 効率 のよい資源化工場の整 備
生活者	排出削減量: 2794ktCO ₂ eq 環境こだわり住宅, 低燃費乗用 車の普及, 省エネ行動, 鉄道・ 自転車・徒歩利用	排出削減量: COD 2.18kt, TN 0.46kt, TP 0.07kt 厨房管理, 風呂水・雨水の再利用	資源化率:81% レンタル・リース利用に よる一般廃棄物の発生 抑制, 一般廃棄物の分 別・資源化
地方公共 団体等	排出削減量:2427ktCO ₂ eq 森林整備, コンパクトシティの形 成, モーダルシフトの誘導	排出削減量: COD 5.18kt, TN 2.46kt, TP 0.18kt 下水道整備と産業排水受入, 市街地排水対 策, 河川直接浄化・浚渫	一般廃棄物の資源化・ 再利用システムの構 築, 効率の良いリサイク ルルートの構築

※1 温室効果ガスの排出削減量は 2030BaU 排出量に対する削減量である

※2 水質汚濁負荷の排出削減量は 2000 年流入量に対する削減量である

6. まとめ

本研究では、地方自治体を対象として社会経済指標と環境負荷排出の状態を定量的かつ整合的に表現する統合推計ツールを開発した。その適用例として、2030年の滋賀県を対象として環境負荷排出量に関する推計を行い、環境の目標を達成するために必要な環境対策の導入量を同定した。各主体に必要な行動を表-10に整理して示す。地方自治体として特に注目すべき対策は、

- ・ 温室効果ガス：再生可能エネルギー普及、環境配慮行動、コンパクトシティ形成、モーダルシフト誘導、吸収源の森林整備。これらで全削減量の31%を占める。
- ・ 水質汚濁負荷：市街地排水浄化施設の整備、農地からの排出を減らす農法の普及。これらのCODの流入削減量は下水道整備による削減量を上回る。
- ・ 廃棄物最終処分量：分別収集に住民の協力を得ること。一般廃棄物の再生利用率を大幅に引き上げる(約6倍)必要がある。

このような定量的な情報は、環境に関する長期計画を策定しようとする際に必須のものと考えられる。本研究で開発した推計ツールを活用することで、より具体的かつ効果的な議論が可能になるであろう。

謝辞

本研究にあたり、岡山大学大学院の藤原健史教授、みずほ情報総研の日比野剛氏、滋賀県琵琶湖・環境科学研究センターの金再奎研究員のご協力を頂いた。また、本研究は、環境省地球環境総合研究推進費 S-3-1「温暖化対策評価のための長期シナリオ研究」による研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Scenario Study Team of "Low Carbon Society Scenarios toward 2050": Development of Japan Low Carbon Society Scenarios, 2006.
- 2) 「2050 日本低炭素社会」プロジェクトチーム：2050 日本低炭素社会シナリオ：温室効果ガス 70%削減可能性検討, 2007.
- 3) 島田幸司, 田中吉隆, 五味馨, 松岡譲：低炭素社会に向けた長期的地域シナリオ形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, Vol. 34, pp. 143-154, 2006.

- 4) Greater London Authority: Action Today to Protect Tomorrow, London, 2007.
- 5) California Environmental Protection Agency: Climate Action Team Report to Governor Schwarzenegger and the Legislature, California Environmental Protection Agency, 2006.
- 6) Connecticut Governor's Steering Committee on Climate Change: Connecticut Climate Change Action Plan 2005 Executive Summary, 2005.
- 7) Governor's Advisory Group On Global Warming: Oregon's Strategy for Greenhouse Gas Reductions, 2004.
- 8) Environment and Health Administration of City of Stockholm: Stockholm's action program against Greenhouse Gases, 2002.
- 9) Öko institute e.V.: Local strategies for the reduction of the emissions around 50% by the example of the city of Munich, 2004.
- 10) Berlin21: Designing the FUTURE Agenda draft summary adopted by the Berlin Agenda forum, 2004.
- 11) IPCC: Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge, London, 2000.
- 12) 松岡 譲：危険な気候変化のレベルと気候変動政策の長期目標, 環境研究, Vol. 138, pp 7-16, 2005.
- 13) 滋賀県持続可能社会研究会：持続可能社会の実現に向けた滋賀シナリオ, 2007.
- 14) 滋賀県：第二次廃棄物処理計画, 2006.
- 15) 「しが 2030 の姿」検討ワーキンググループ：「みんなで描くしがの未来」, 2006.
- 16) 村上 正晃：計量経済モデルを用いた日本における長期的な二酸化炭素排出量の推計に関する研究, 京都大学修士論文, 2006.
- 17) 滋賀県政策調整部統計課：平成 12 年滋賀県産業連関表, 2005.
- 18) 総務省統計局：平成 13 年事業所・企業統計調査, 2001.
- 19) 総務省統計局：平成 13 年社会生活基本調査, 2003.
- 20) 総務省統計局：平成 12 年国勢調査, 2000.
- 21) 加用千裕, 天野耕二, 島田幸司：長期的炭素収支に基づく日本国内の森林経営手法の評価, 環境システム研究, Vol. 34, pp. 235-243, 2006.
- 22) 滋賀県：滋賀県地球温暖化対策推進計画[改訂版], 2006.

DEVELOPMENT OF INTEGRATED ESTIMATION TOOL FOR MUNICIPALITIES AND ITS APPLICATION TO SHIGA PREFECTURE

Kei GOMI, Koji SHIMADA and Yuzuru MATSUOKA

Municipalities need quantitative information that spans decades in order to address environmental issues effectively. We have developed a tool to estimate a snapshot of socio-economic condition and environmental load quantitatively and consistently. Based on assumptions of future society, it calculates socio-economic index such as production and transport demand. Given those index and assumptions of utilized technologies, it estimates environmental load. Treating more than one environmental load by identical framework, the tool also can respond various issues which a municipality faces. We also have applied the tool to Shiga prefecture with three environmental targets, GHG emission, nutrient influent to Lake Biwa and final disposal of waste. In the snapshot, all the targets are met in the year 2030. This tool will contribute to make the discussion about long term environmental plan more efficient and effective.