

地域的特性を考慮した 低炭素社会の構築手法に関する研究

由良 僚章¹・五味 馨²・島田 幸司³・松岡 譲⁴

¹非会員 京都大学大学院地球環境学会 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂キャンパス)

E-mail:tomoaki.yura@gmail.com

²学生会員 工修 京都大学大学院地球環境学会 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂キャンパス)

³正会員 博(工) 立命館大学教授 経済学部 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

⁴正会員 工博 京都大学大学院教授 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂キャンパス)

地方自治体において、地域独自の低炭素社会構築のための計画策定が重要になりつつある。本研究では地域的特性を考慮した低炭素社会ビジョンの構築手法を開発した。また、開発した手法を滋賀県8地域圏に適用した結果、2030年に県全体でCO₂排出量を50%削減する際の地域圏毎の対策導入量を示した。この適用結果から、①経済活動が活発な地域圏では多くの対策を導入する必要があること、②社会の想定の種類に関わらずエネルギー効率改善の削減ポテンシャルが大きいこと、③大津地域圏では業務部門のエネルギー効率改善が最も高い削減ポテンシャルを示すのに対して、高島地域圏では森林によるCO₂吸収が最も高いこと、を明らかにした。

Key Words : CO₂ emissions, low carbon society, local government, regional characteristics

1. はじめに

京都議定書の第一約束期間に突入し、数値目標を達成するため、各国で地球温暖化対策が進められている。しかし京都議定書の削減義務は気候安定化に向けた第一歩でしかなく、さらなる温室効果ガスの削減が必要である。近年の研究によると産業革命以前からの平均気温上昇を2~3℃程度に抑制すべきであり、そのためには2050年までに世界全体で1990年比、約60%の削減が必要であるとされている¹⁾。各国では2050年を目標年に温室効果ガスの大幅削減(60~80%削減)の低炭素社会シナリオを公表している^{2) 3) 4)}。

このような国レベルでの低炭素社会目標を達成するには、都道府県や都市などの地域レベルで、その地域に適合した独自のシナリオを構築する必要がある。わが国では2008年、首相官邸が低炭素社会実現に向けた環境モデル都市を募集した。募集内容は各地方自治体が独自に長期の低炭素社会ビジョンを構築し、それを実現する為の方策を提示するというものである。82自治体が応募し、6自治体が環境モデル都市に、7自治体が環境モデル候補都市に選出された。これらの自治体は基準年と比較して、2030年に10~50%、2050年に50~100%という

大幅なGHG削減目標を掲げている。

このような大幅な目標を目指す場合、実現可能性の検討や必要な対策の同定には定量的・整合的・具体的な低炭素社会ビジョンの構築手法が必要である。島田ら⁵⁾、五味ら⁷⁾はそのような手法の開発を試み、滋賀県に適用している。この成果は実際に滋賀県の政策立案に活用された⁸⁾。しかし、滋賀県では(一般的には都道府県レベルでも)県内の各地域に相当な多様性があると考えられる。人口密度や産業構造などの社会経済の状況や、低炭素対策としての自然エネルギーの供給可能量等について、たとえば農村部と都市部の間には、無視できない差異があるだろう。また、低炭素社会ビジョンは地域の目標とする姿でもあるから、各々の地域住民が実感出来る程度の空間範囲で描かれるべきである。これには都道府県では広すぎる可能性が高い。

こうした背景を踏まえ本研究では、地域的特性を考慮した低炭素社会ビジョンの構築手法を開発することを目的とする。具体的には、(1)都道府県レベルの対象地域を経済的な結びつきによって複数の小地域に分割する。この分割された小地域を「地域圏」と称する。それぞれの地域圏での将来社会の活動水準や、地域圏間の人と財・サービスの流動を表現し、CO₂排出量と削減対策を

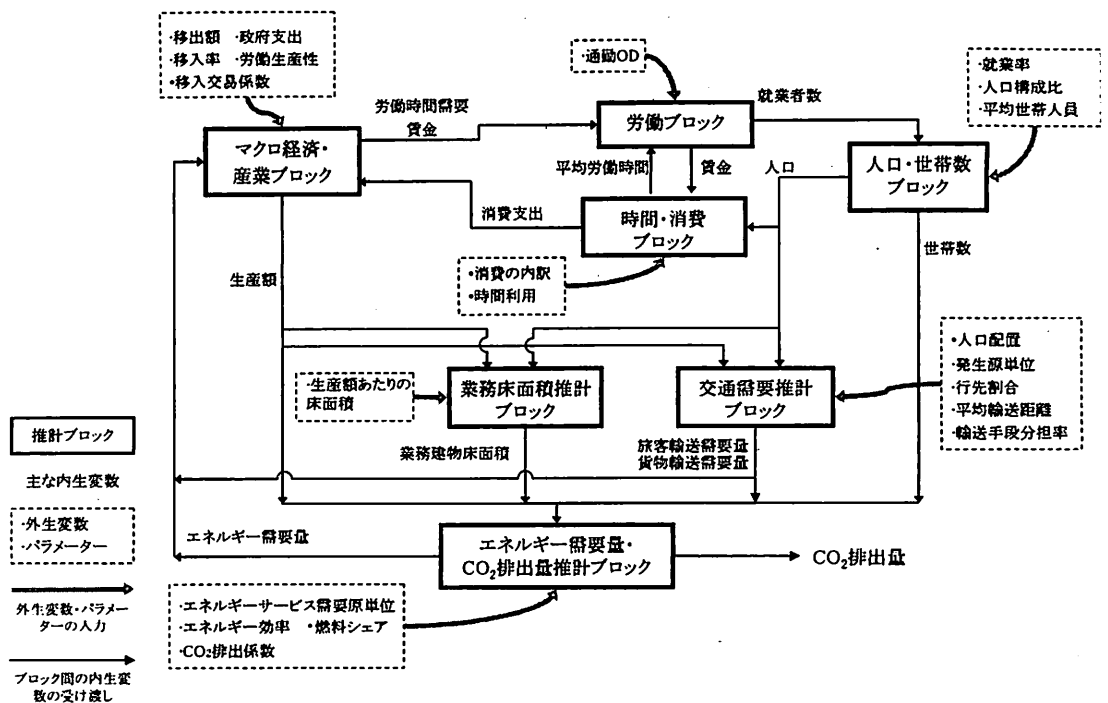


図-1 地域圏モデル構造の概略

評価するモデルを開発した。(2)開発した手法の適用例として、滋賀県内8地域圏を対象に低炭素社会への対策案を構築した。地域圏レベルでは入手可能なデータの制約が都道府県レベルよりも厳しい。そこで不足データの補完推計方法についても述べる。

2. 手法の全体像

本研究で提案する手法の全体の手順は、以下に示す五味ら⁷⁾の手法を踏襲する。まず低炭素社会ビジョンの枠組みを設定し、次に将来の社会像を想定し、その社会像に沿って、定量推計ツールの外生変数を設定する。同時に対象地域での低炭素対策データを収集する。定量推計ツールで目標年の社会経済指標とCO₂排出量を推計し、CO₂排出量が目標を達成するまで試行錯誤的に対策を導入する。目標が達成されれば対策リストを確定する。

本研究では、この一連の手順を地域圏別に行い、また地域圏間の相互作用(交易と人の流動)を表現する方法を開発する。そのために、五味ら⁷⁾の定量推計ツールを拡張する。次に、このツールの開発について説明する。

3. 地域圏モデルの開発

地域圏毎の社会経済指標とCO₂排出量を推計するツールを開発した。これを地域圏モデルと呼ぶことにする。地域圏モデルの構造の概略を図-1に示す。このモデル

はスナップショットツールの構造を基本としている。スナップショットツールからの改良点を以下に述べる。

(1) 交易による地域間の生産誘発関係

図-2に地域圏モデルの交易の構造を示す。スナップショットツールは産業連関分析を中心としているため、地域圏モデルでは各地域圏のIO表が、地域圏間交易表を通じて連繫する構造とした。定式化したものを式(1)～式(4)に示す。なお、本研究では地域圏間の交易を移出入と呼び、対象地域外との交易(滋賀県の場合は他の都道府県との移出入と、海外との輸出入の合計)を輸出入と呼ぶ。

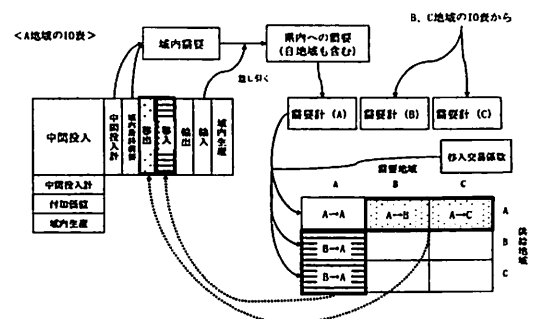


図-2 地域圏モデルの交易の関係

$$DTM_{i,ma} = \sum_j IMD_{ma,j,j} + \sum_{fbs} FD_{ma,j,fbs} - IM_{ma,j} \quad (1)$$

$$T_{i,ca,ma} = DTM_{i,ma} \cdot TCM_{i,ca,ma} \quad (2)$$

$$Dim_{i,ma} = \sum_{ca} T_{i,ca,ma} - T_{i,ma,ma} \quad (3)$$

$$Dex_{i,ca} = \sum_{ma} T_{i,ca,ma} - T_{i,ca,ca} \quad (4)$$

ここで、

$DTM_{i,ma}$: 県内への需要(自地域含む)

$IMD_{ma,j}$: ma 地域の i 産業から j 産業への中間投入

$FD_{ma,jbs}$: ma 地域の域内最終需要

$IM_{ma,i}$: ma 地域の輸入

$T_{i,ma,ca}$: i 財の交易表 (ただし自給を含む)

$TCM_{i,ca,ma}$: 移入交易係数

$Dim_{i,ma}$: ma 地域の i 財の移入

$Dex_{i,ca}$: ca 地域の i 財の移出

$T_{i,ma,ma}, T_{i,ca,ca}$: 交易表の対角要素(自給分)

i, j : 内生部門(財, 産業)

ma : 移入地域

ca : 移出地域

(2) 通勤による所得の配分

図-1 に示すように、就業地での就業者数から各々の所得が決定するが、それを通勤 OD 表の居住地割合で常住地に配分する。これは式(5)、(6)からもわかるように、他地域圏で就業する就業者が、賃金を常住地に持ち帰ることを表現している。この賃金にその他の所得を加えたもののうち消費に向けられる部分が民間消費支出として産業連関分析に反映される。

$$Wage_la_{ia} = \sum_{wa} (Wage_wa_{wa} \cdot LAS_{ia,wa}) \quad (5)$$

$$LAS_{ia,wa} = \frac{CMOD_{ia,wa}}{\sum_{wa} CMOD_{ia,wa}} \quad (6)$$

ここで、

$Wage_la_{ia}$: 常住地による賃金率

$Wage_wa_{wa}$: 就業地(産業活動のある地域)による賃金率

$LAS_{ia,wa}$: 就業者の居住地割合

$CMOD_{ia,wa}$: 通勤 OD 表 (居住地×就業地の就業者数マトリクス)

以上の拡張を行い、スナップショットツールの推計式及び変数を地域圏別に分割した。GAMS を用いて連立方程式体系として記述、非線形計画問題として定式化した。

(3) 地域圏別のCO₂排出削減対策データベース

地域圏別に CO₂ 排出削減量を評価するには、地域圏別の排出削減対策ポテンシャルが必要である。その中で高エネルギー効率の機器などは、技術的にはどのような地域にも導入可能と考えられる。しかし、自然エネルギーの供給可能量、都市構造のコンパクト化による輸送距離の短縮率、鉄道網の整備による自動車からの乗り換えの可能性などは、地域特性によって異なる。そこで、これらの対策を地域圏別に設定できるよう、地域圏別対策データベース及び対策設定ツールをスプレッドシートで開発した。

4. 滋賀県8地域圏への適用

(1) 適用の枠組み

基準年はデータの入手可能性から 2000 年、目標年と低炭素社会目標は先行研究と同じく 2030 年とし、その年の CO₂ 排出量を 1990 年と比べて 50% 削減することとした。対象地域は滋賀県とし、表-1 に示す通り、県内を 8 地域圏に区分した。地域圏の分割方法は、都市雇用圏⁹⁾ (中心市町村への通勤者比率 10% 以上) の考え方を踏襲しつつ、①県内の全ての地域をどこかの地域圏に含むこと、②市町村合併後の境界の継続性、③県境をまたがないこと、④ひとつの地域圏が小さすぎないこと、を考慮に入れた。対象部門は家庭、業務、産業、輸送(旅客、貨物)、森林とした。但し、交通については滋賀県内を出発するもののみを対象とし、通過交通は含まない。

表-1 地域圏の区分

地域圏	構成市町(2006年)
大津	大津市、草津市、栗東市
彦根	彦根市、愛荘町、豊郷町、甲良町、多賀町
東近江	東近江市
甲賀	甲賀市、湖南市、日野町
長浜	長浜市、米原市、虎姫町、湖北町、高月町、木ノ本町、余呉町、西浅井町
守山	守山市、野洲市
近江八幡	近江八幡市、安土町、竜王町
高島	高島市

(2) Cross-entropy法を用いた地域圏産業連関表、交易表の推計

地域圏モデルには、それぞれの地域圏の経済データと地域圏間の交易データとして、地域圏産業連関表(以下、地域圏 IO 表)と交易表が必要である。しかし、これらの統計表は現在の滋賀県には存在しない。そこで、入手可能な社会・経済データから地域圏 IO 表と交易表

を推計した。地域圏 IO 表は、内生部門を 29 部門、付加価値部門を 2 部門、最終需要部門を 6 部門とした。交易表は地域圏 IO 表の内生部門別に推計した。地域圏 IO 表と交易表の関係は図-2 に示した通りである。

まず入手可能なデータから地域圏 IO 表と交易表の初期表を推計した。これらの表はこの段階では需給バランスがとれていないため、調整計算を行って IO 表と交易表を同時に推計した。調整計算には Cross-entropy 法¹⁰⁾を利用し、8 地域圏の合計は 2000 年滋賀県産業連関表(以下、県表と称す)に一致するようにした。

a) 初期表の作成

初期表の作成には既存の統計を利用した。使用した統計を表-2、表-3に示す。まず地域圏別に産業別の生産額・最終需要額を求める。地域圏別に産業別生産額のデータが得られた地域圏・産業についてはその統計値をそのまま利用した。得られなかった地域圏・産業、最終需要部門については、従業者数・世帯数などの関連指標で滋賀県産業連関表の産業別生産額を按分した。これに県表の投入係数、最終需要の財別構成比を乗じて地域圏それぞれの域内生産の初期表を推計した。

表-2 地域圏 IO 表の初期表作成に用いた統計

統計書名	年次
工業統計	2000
農林水産統計	2000
滋賀県産業連関表	2000
建築統計年報	2001
商業統計	1999
事業所企業統計	2001
滋賀県学校便覧	2000
医師・歯科医師・薬剤師調査	2000
国勢調査	2000
家計調査	2000
消費者実態調査	1999
市町村別決算状況調	2000

表-3 交易表の初期表作成に用いた統計

統計書名	年次
京阪神都市圏物流基礎調査	2005
京阪神都市圏旅客純流動調査	2000
国勢調査	2000

b) 調整計算の定式化

以上で推計した初期値表は、生産・需要を別々に推計しているため、地域内の需給バランスが崩れている。また、県表の按分値を利用しなかった産業(統計値で生産額が得られた産業)では、合計が県表に一致しない。加えて、定義的に交易のない部門(建設、公務)では域内の需給が一致しなくてはならない。初期表ではこういった諸々の不整合があるため、Cross-entropy 法を用いて調整計算を行った。

目的関数は、式(7)である。列要素の構成比、最終需要部門の構成比、生産額・需要額の世界圏別構成比、移入交易係数の、推計値と入力値とのクロスエントロピーと、統計値からの変化率の 2 乗の和からなる。表-4 で示すとおり、産業連関表および交易表の諸条件を制約式とし、目的関数を最小化するように、非線形計画問題として定式化した。推計式の記述と最適化計算には GAMS を利用し、ソルバーは CONOPT を利用して求解した。

$$\begin{aligned} \min \quad & \omega_1 \cdot \sum_a \sum_i \sum_j p_{a,i,j} \cdot \ln \frac{p_{a,i,j}}{q_{i,j}} + \omega_2 \cdot \sum_a \sum_f u_{a,f} \cdot \ln \frac{u_{a,f}}{v_f} \\ & + \omega_3 \cdot \sum_a \sum_j g_{a,j} \cdot \ln \frac{g_{a,j}}{h_{a,j}} + \omega_4 \cdot \sum_a \sum_m \sum_k tcm_{a,m,k} \cdot \ln \frac{tcm_{a,m,k}}{tcm_in_{a,m,k}} \\ & + \omega_5 \cdot \sum_a \sum_i \varepsilon_{a,i} \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、

$p_{a,i,j}$: 地域圏 a の i, j 要素の列構成比

$q_{i,j}$: 滋賀県表の i, j 要素の列構成比

$u_{a,f}$: 地域圏 a の最終需要 f の総額が、その地域圏の最終需要額全体に占める構成比

v_f : 滋賀県表の最終需要 f の総額が滋賀県の最終需要額全体に占める構成比

$g_{a,j}$: 各地域の産業連関表の列計(生産額、最終需要額)の、滋賀県全体に占める構成比

$h_{a,j}$: 関連指標から算出した、各地域の生産額、最終需要額の、滋賀県全体に占める構成比

$tcm_in_{a,m,k}$: 報告値から算出した移入交易係数($tcm_{a,m,k}$ の初期値)

$\varepsilon_{a,i}$: 推計値との誤差

f : 最終需要部門、但し域内交易を除く

e : 移出地域

m : 移入地域

k : 財

$\omega_1 \sim \omega_5$: 重み付け係数

表-4 地域圏 IO 表、交易表推計に用いた制約条件

項目	内容
投入と算出のバランス	各産業の列部門の域内生産額と、行部門の域内生産額が一致する。
合計が県表に一致する	IO 表の全ての要素(ただし県内交易を除く)について、8 地域圏の合計が県表に一致する
交易がない産業	定義的に交易のない部門(建設業、公務)の交易をゼロにする
県内への需要	域内需用(中間需要+域内最終需要)から輸入を引くと、これが県内(自地域含む)への需要になる
移出・移入	移入額と移出額の 8 地域圏合計が一致する

(3) 叙述シナリオとシナリオの定量化

滋賀県内地域圏の将来社会像として大きく二つのシナリオを想定した。高度技術型社会(A)と自然共生型社会(B)である¹¹⁾。各々の地域圏は、このうちどちらかの方向に発展するものと想定した。表-5に想定した参考とした指標を示す。第一産業生産額比率が1%を超える地域圏はBとした。その他のうち、大津、守山は1人あたり森林面積が小さいためAとした。甲賀は1人あたり森林面積が大きい第二産業生産額比率が高いためAとした。彦根の指標は大津と甲賀の間だが、周囲を全てBの地域圏に囲まれていることからBとした。結果として県南部がA、県北部がB、という区分となった。

2つの社会像における人々の主たる価値観の想定を表-6に示す。このような社会の想定に基づき、各種変数を設定した。各変数の設定方法について述べる。

a) 生活

平均世帯人員数

Aは個人志向が強いことから2000年の大阪市と同水準の2.16人と設定した(2000年は3.14人)。Bは共生志向を想定しているため、2000年の地域圏で最も高い長浜地域圏と同水準の3.52人とした。因みに2000年の滋賀県平均は3.27人である(2000年は3.36人)。

生活時間

Aは仕事での自己実現を目指すので、男性就業者、女性就業者ともに労働時間を基準年から1時間延長させ、趣味・娯楽時間と睡眠時間がそれぞれ30分短縮させた。Bは自然や健康への意識が高く、ゆとりを大切にすることから、男性就業者の労働時間を1時間短縮させ、家事時間とボランティア・社会参加活動をそれぞれ30分延長させた。また、女性就業者の労働時間を30分増加させ、家事時間を30分短縮させた。

一戸建住宅率

Aは個人志向を考慮して、一戸建住宅率は大阪市の2000年と同率の0.24とした(2000年は0.66)。Bは共生志向を考慮して、2000年の滋賀地域圏で最も高い値であった高島地域圏と同率の0.88とした(2000年は0.80)。

人口構成

「しが2030年の姿」検討ワーキンググループ¹²⁾における2030年将来人口の市町村別推計値を地域圏別に統合して用いた。

b) 産業

労働生産性

労働生産性の向上率はA,Bと共にA,Bともに第一次・第二次産業は20%/年、第三次産業は15%/年と設定した。

輸出額

滋賀県の輸出額総額の成長率は滋賀県持続可能社会研究会¹³⁾が想定した年率0.99%を用いた。さらに、第一

次・第三次産業が大幅に成長するという想定のもと、第二次産業の輸出額を2000年と同値とし、県総額に合うように第一次・第三次産業を成長させた。加えて、産業部門を29部門から9部門に集約し、部門毎の想定を加えた。2000年の地域圏別産業部門別の輸出額の特化係数と市町村の総合計画、基本構想を調べ、地域圏毎の基盤産業がさらに成長するという想定をおいた。また、表-7の◎の箇所は、輸出額がその部門に占める割合を10%増加させ、○の箇所は同じく5%増加させ、残りの箇所は輸出額総額と一致するように設定した。

最終需要額

政府消費支出、公的固定資本形成、民間固定資本形成の設定は滋賀県持続可能社会研究会¹⁴⁾のマクロ経済モデルによる推計値を用いた。それを基準年の地域圏別の割合で各地域圏に割り振った。

表-5 社会像と地域圏の対応

社会像	地域圏	第一次産業生産額比率	第二次産業生産額比率	一人あたり森林面積(a)
A		0.5%	58.6%	8.8
	大津地域圏	0.3%	47.6%	5.2
	甲賀地域圏	0.9%	72.4%	23.4
	守山地域圏	0.7%	67.9%	0.9
B		1.4%	66.1%	17.5
	彦根地域圏	0.8%	64.7%	8.6
	東近江地域圏	1.5%	72.8%	14.8
	長浜地域圏	1.2%	65.9%	24.7
	近江八幡地域圏	2.6%	58.5%	2.5
	高島地域圏	2.2%	62.1%	50.1

表-6 A, Bにおける主な価値観

	A	B
個人が目指す姿・夢	社会的成功	社会貢献
生活	スピーディー	ゆとり
ライフスタイル	個人志向	共生志向
技術導入	先進技術志向	自然技術志向

表-7 輸出額の想定

	大津	彦根	東近江	甲賀	長浜	守山	近江八幡	高島
第一次産業	○	◎		○		◎	◎	
鉱業				◎				○
軽工業		◎		○			○	
化学品				◎		○		
窯業・土石				◎				
金属			◎	◎				
機械			◎			○		
その他製造業								
第三次産業	◎			◎		◎		

表-8 追加した対策

対策	内容	根拠と推計方法
森林によるCO ₂ 吸収	滋賀県全体で130ktC/年	地域圏別の値は五味ら ⁷⁾ の値を地域圏別の人口林面積で按分した。
バイオマス熱利用(農業系、林産系、食品系)	滋賀県全体で94ktoe/年	産業部門で利用する。しが新エネルギープロジェクト2010 ¹⁴⁾ の県値を農業粗生産額、森林面積、人口で按分した。
廃棄物熱利用	滋賀県全体で100ktoe/年	産業部門で利用する。しが新エネルギープロジェクト2010 ¹⁴⁾ の県値を人口で按分した。
CHP	発電効率 30% 熱供給効率 55% 総合効率 85%	日経エコロジー、2005年10月号、pp47-49 ¹⁵⁾ より抜粋

c) 低炭素対策データベース

島田ら⁹⁾の対策に加え、森林によるCO₂吸収、バイオマス熱利用、廃棄物熱利用、CHPの各対策を追加した(表-8)。

5. 推計結果

基準年である2000年と2030年BaUケース、2030年対策ケースのを推計した。ここでは推計結果を示す。

(1) 主な変数の推計結果

主な変数の推計結果を表-9に示す。人口は基準年とほぼ同じ水準の約138万人と推計された。

表-9 地域圏モデルの主要な推計結果

社会経済指標	単位	滋賀県計				大津				彦根			
		2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000	2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000	2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000
人口	(千人)	1,374	1,379	1,379	1.00	444	487	487	1.10	164	142	142	0.87
世帯数	(千世帯)	433	529	529	1.22	157	225	225	1.44	49	40	40	0.83
GDP	(10 億円)	6,290	8,616	8,616	1.37	1,921	2,983	2,983	1.55	703	855	855	1.22
業務床面積	(千 m ²)	21.57	35.59	35.59	1.65	8.70	17.08	17.08	1.96	2.30	2.89	2.89	1.26
旅客輸送量	(百万人・km)	10,239	11,862	11,254	1.10	3,690	3,681	3,362	0.91	1,152	951	961	0.83
貨物輸送量	(百万 t・km)	3,756	3,839	3,836	1.02	717	668	667	0.93	385	383	383	0.99
エネルギー需要量	(ktoe)	3,595	4,323	2,791	0.78	869	1,034	567	0.65	409	461	340	0.83
CO ₂ 排出量	(ktC)	3,160	3,789	1,512	0.48	779	938	306	0.39	363	405	186	0.51
		東近江				甲賀				長浜			
		2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000	2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000	2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000
人口	(千人)	139	131	131	0.94	168	161	161	0.96	187	154	154	0.82
世帯数	(千世帯)	41	37	37	0.90	50	75	75	1.50	53	44	44	0.82
GDP	(10 億円)	698	909	909	1.30	977	1,257	1,257	1.29	742	861	861	1.16
業務床面積	(千 m ²)	1.75	2.30	2.30	1.31	2.45	4.08	4.08	1.66	2.34	2.85	2.85	1.21
旅客輸送量	(百万人・km)	936	857	864	0.92	1,208	1,149	1,000	0.83	1,324	2,305	2,261	1.71
貨物輸送量	(百万 t・km)	484	574	573	1.18	927	923	922	1.00	490	462	462	0.94
エネルギー需要量	(ktoe)	406	500	375	0.92	702	772	474	0.68	535	639	444	0.83
CO ₂ 排出量	(ktC)	357	437	211	0.59	608	673	272	0.45	470	549	225	0.48
		守山				近江八幡				高島			
		2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000	2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000	2000	2030 BaU	2030 対策	2030 対策 /2000
人口	(千人)	106	118	118	1.11	103	112	112	1.09	63	74	74	1.19
世帯数	(千世帯)	33	54	54	1.64	31	32	32	1.03	19	21	21	1.09
GDP	(10 億円)	612	907	907	1.48	395	528	528	1.34	243	317	317	1.31
業務床面積	(千 m ²)	1.80	3.41	3.41	1.89	1.45	1.91	1.91	1.32	0.77	1.08	1.08	1.40
旅客輸送量	(百万人・km)	690	732	649	0.94	784	805	802	1.02	453	1,382	1,355	2.99
貨物輸送量	(百万 t・km)	444	515	515	1.16	200	207	206	1.03	109	108	108	0.99
エネルギー需要量	(ktoe)	301	370	227	0.75	239	320	227	0.95	134	227	138	1.03
CO ₂ 排出量	(ktC)	263	327	133	0.51	207	272	128	0.62	114	188	50	0.44

図-3 に地域圏別生産額を示す。産業生産額は県全体で 32%の増加となった。第一次・第三次産業の輸出額を大幅に増加させる想定をしたため、それぞれの生産額が大幅に増加していることがわかる。第三次産業は特に大津地域圏の伸びが顕著である。続いて甲賀地域圏、守山地域圏と経済活動が活発になると想定した A 社会の生産額が高くなっていることが確認できる。

(2) CO₂ 排出量

2030 年 BaU ケースでは県全体で 3,789kt-C となり、これは 2000 年に比べて 19%, 1990 年に比べて 25%の増加である。対策ケースでは県全体で 2000 年に比べて 52%, 1990 年比で 50%削減となり、設定した目標を達成したことが示された。地域圏別に見ると、BaU ケースでは、最も排出量が多いのは大津地域圏で 938kt-C、その次が甲賀地域圏で 673kt-C となった。反対に最も排出が少なかった地域圏は高島地域圏の 188kt-C であった。また、対策ケースでは A を想定した大津、甲賀、守山地域圏でそれぞれ

61%, 55%, 49%と高い削減率となり、一方 B の彦根、東近江、長浜、近江八幡、高島地域圏ではそれぞれ 49%, 41%, 52%, 49%, 56%と低い削減率となった。このことから経済活動が比較的活発な A からはその分 CO₂ 排出量も大きくなり、多くの低炭素対策を導入しなければならず、B ではその逆の結果となっていることがわかる。

(3) 対策種別 CO₂ 削減量

対策別分類別の CO₂ 排出削減量を表-10 に示す。滋賀県全体で見ると、エネルギー効率改善による削減量の割合が大きく、合計で 34%となっている。特に A では各種高効率機器の導入をほぼ 100%に想定しているため、その影響が顕著に現れている。その次に電力の CO₂ 排出係数の改善が 19.4%と排出量削減に大きく寄与している。地域圏別に見ると大津地域圏では、エネルギー効率の改善による削減が大きい。一方、高島地域圏では、森林による CO₂ 吸収が最も高い寄与率を示すという結果になった。

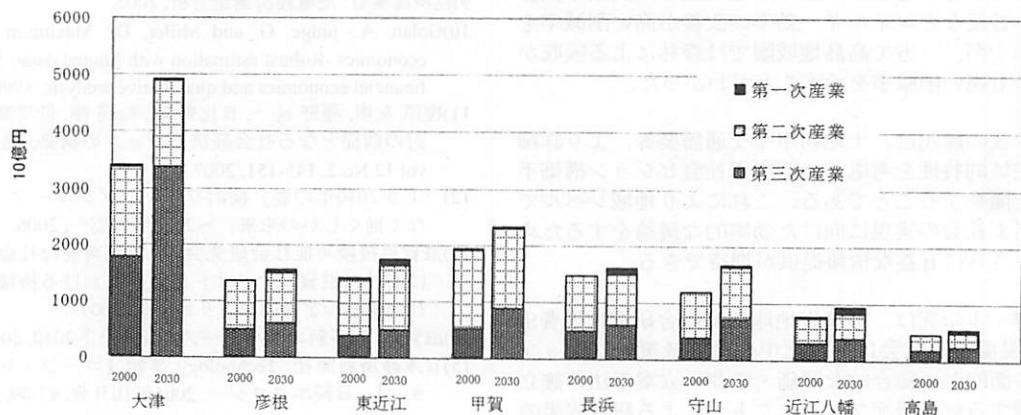


図-4 地域圏別生産額(2000年, 2030年)

表-10 対策種別の CO₂ 排出削減量(kt-C)

部門	対策種別	滋賀県計	大津	彦根	東近江	甲賀	長浜	守山	近江八幡	高島
家庭	省エネルギー行動	22 0.8%	6 0.9%	3 1.2%	3 1.0%	2 0.4%	3 0.9%	1 0.7%	2 1.4%	2 1.0%
	エネルギー効率改善	276 10.9%	99 14.8%	26 10.7%	24 9.5%	38 8.1%	30 8.1%	24 11.2%	20 12.2%	14 9.2%
	燃料転換	20 0.8%	8 1.1%	3 1.0%	2 0.9%	1 0.1%	2 0.6%	2 0.9%	2 1.2%	1 0.7%
	太陽光発電	41 1.6%	11 1.6%	4 1.7%	4 1.5%	8 1.7%	6 1.5%	3 1.2%	3 1.8%	3 1.7%
業務	省エネルギー行動	23 0.9%	9 1.3%	3 1.1%	2 0.9%	2 0.4%	3 0.7%	2 0.8%	2 1.1%	1 0.6%
	エネルギー効率改善	302 11.9%	137 20.5%	25 10.2%	21 8.0%	38 8.1%	26 7.2%	28 13.0%	17 10.0%	10 6.7%
	燃料転換	25 1.0%	18 2.7%	1 0.4%	0 0.1%	1 0.2%	1 0.3%	3 1.5%	0 0.3%	0 0.1%
	太陽光発電	41 1.6%	11 1.6%	4 1.7%	4 1.5%	8 1.7%	6 1.5%	3 1.2%	3 1.8%	3 1.7%
産業	エネルギー効率改善	286 11.2%	67 10.0%	17 7.0%	20 7.8%	109 23.3%	21 5.8%	35 16.6%	11 6.7%	4 2.8%
	燃料転換	274 10.8%	34 5.0%	37 15.1%	40 15.8%	48 10.3%	52 14.2%	17 7.9%	29 17.5%	16 10.0%
	バイオマス熱利用	116 4.6%	17 2.5%	15 5.9%	16 6.2%	23 4.9%	20 5.5%	9 4.0%	11 6.8%	6 3.9%
	廃棄物熱利用	84 3.3%	14 2.1%	8 3.4%	10 3.8%	17 3.7%	16 4.3%	6 3.0%	7 4.2%	5 3.3%
旅客輸送	省エネルギー行動	40 1.6%	5 0.7%	3 1.2%	4 1.5%	3 0.5%	13 3.5%	1 0.7%	4 2.2%	8 5.1%
	エネルギー効率改善	141 5.5%	33 5.0%	10 3.9%	11 4.2%	15 3.1%	33 9.1%	9 4.1%	10 6.1%	20 13.1%
	バイオマス燃料の普及	63 2.5%	13 1.9%	4 1.5%	5 1.9%	7 1.5%	16 4.4%	4 1.9%	5 2.8%	10 6.4%
	都市のコンパクト化・輸送手段の転換	40 1.6%	11 1.6%	1 0.5%	2 0.7%	7 1.6%	8 2.1%	4 1.7%	2 1.1%	5 3.2%
貨物輸送	エネルギー効率改善	72 2.8%	13 1.9%	8 3.1%	11 4.2%	17 3.5%	8 2.3%	9 4.4%	4 2.5%	2 1.5%
	バイオマス燃料の普及	50 2.0%	9 1.3%	5 2.1%	7 2.9%	11 2.4%	6 1.6%	6 3.0%	3 1.7%	2 1.0%
	輸送手段の転換	6 0.2%	1 0.1%	1 0.2%	1 0.3%	1 0.3%	1 0.2%	1 0.3%	0 0.2%	0 0.1%
	電力のCO ₂ 排出係数改善	493 19.4%	139 20.8%	56 22.6%	58 22.7%	80 17.1%	65 17.7%	46 21.7%	30 17.9%	19 12.0%
吸収源	森林によるCO ₂ 吸収	130 5.1%	16 2.4%	13 5.3%	12 4.5%	33 7.1%	31 8.6%	0 0.1%	0 0.3%	24 15.8%
削減量計		2,542 100%	668 100%	246 100%	257 100%	469 100%	366 100%	213 100%	168 100%	155 100%

6. まとめ

本章では本研究で得られた主な成果と今後の課題について述べる。本研究で得られた主な成果は以下の3点である。

- (1)都道府県内の地域圏別特性を将来社会の想定や対策に取り込み、将来社会の活動水準や低炭素社会目標を達成するために必要な対策をそれぞれの地域圏で推計する手法を開発した。
- (2)データ制約の多い地域圏レベルでも、不足データの補完推計手法を導入することで、定量的な低炭素社会ビジョンを構築可能であることを示した。
- (3)開発した手法を滋賀県8地域圏に適用した結果、上述した将来社会の想定においては、①高度技術社会には比較的多くの対策を導入し、自然共生社会には比較的導入量が少なくなること、②高度技術型・自然共生型に関わらず、どの地域圏でも高効率機器の普及によるエネルギー効率の改善が大きく寄与すること、③大津地域圏では高効率機器の普及などエネルギー効率の改善が高い削減率を示すが、一方で高島地域圏では森林による吸収が最も高い削減率を示すことがわかった。

今後の課題は、土地利用や交通需要等、より詳細な地域的特性を考慮した低炭素社会ビジョン構築手法を開発することである。これにより地域レベルで低炭素社会の実現に向けた効率的な議論をするために、さらに有益な情報提供が期待できる。

謝辞：本研究は、環境省地球環境総合研究推進費S-3「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」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)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, 第138号, 2005.
- 2)UK Department of Trade and Industry: Energy White Paper "Our energy future - creating a low economy", 2003.
- 3)The French Interministerial Task Force on Climate Change (MIES): Reducing CO2 emission fourfold in France by 2050, 2004.
- 4)German Study Commission on Sustainable Energy: Enquete Commission on Sustainable Energy Supply, 2002.
- 5)「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム: 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.
- 6)島田 幸司, 田中 吉隆, 五味 馨, 松岡 譲: 低炭素化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, 環境システム研究論文集, vol.34, 143-154, 2006.
- 7)五味 馨, 島田 幸司, 松岡 譲: 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, 環境システム研究論文集, vol.35, 255-264, 2007.
- 8)滋賀県: 持続可能な滋賀社会ビジョン, 2008.
- 9)経済産業省: 地域経済構造分析, 2005.
- 10)Golan, A., Judge, G. and Miller, D.: Maximum entropy economics -Robust estimation with limited data-, Series in financial economics and quantitative analysis, 1996.
- 11)板原 友樹, 藤野 純一, 日比野 剛, 松岡 譲: 低炭素社会検討の前提となる社会経済ビジョンの構築, 地球環境, vol.12 No.2, 145-151, 2007.
- 12)「しが2030年の姿」検討ワーキンググループ: 「みんなで描くしがの未来」～2030年の姿～, 2006.
- 13)滋賀県持続可能社会研究会: 「持続可能な社会の実現に向けた滋賀シナリオ」滋賀県における持続可能な社会構築の定量的シナリオ研究, 2007.
- 14)滋賀県: しが新エネルギープロジェクト2010, 2004.
- 15)日本経済新聞社: Technology 事始【コージェレネーション】, 日経エコロジー, 2005年10月号, 47-49, 2005.

A STUDY OF POLICY OPTIONS TOWARDS A LOW CARBON SOCIETY CONSIDERING CHARACTERISTICS OF REGIONS

Tomoaki YURA, Kei GOMI, Koji SHIMADA and Yuzuru MATSUOKA

Local governments have strong necessity to develop long term scenarios to achieve a low carbon society. However, there are few methods to create the vision of low carbon society. Particularly, the method which considers characteristics of the region has not established. This study developed a quantitative, consistent, and concrete method to create the vision of low carbon society, considering characteristics of the regions. Also this study applied the method to eight regions of Shiga prefecture in 2030, and identified countermeasures to reduce their CO₂ emissions by 50% compared to the 1990 level. Then, we found some points as follows: 1) More countermeasures are required in regions with higher economic activity level. 2) Energy efficiency improvements have high potential in all regions. 3) Energy efficiency improvements have the highest potential in the Otsu region. On the other hand, carbon sink of CO₂ by forests has the highest potential in the Takashima region.