

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

島田 幸司¹・田中 吉隆²・五味 馨³・松岡 譲⁴

¹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)

E-mail: shimada@ec.ritsumei.ac.jp

²工修 大阪府環境農林水産部 (〒540-8570 大阪市中央区大手前2-1-7)

³京都大学大学院地球環境学舎博士前期課程 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

⁴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)

欧米の国・州において2050年を目標に温室効果ガス排出量を60%~80%削減する動きがあるなか、わが国の県レベルで長期的な低炭素社会シナリオ形成のための手法を開発した。開発した手法を先駆的に滋賀県に適用した結果、①年率1.6%の県内総生産の伸びを前提としても、2030年に二酸化炭素排出量を1990年比で3割~5割削減するシナリオを描きうること、②2030年に排出量を90年比で半減するためには、技術的対策(54%の貢献)だけではなく、社会経済構造の変革(36%の貢献)が不可欠であること、③高削減率を目指すほど県独自の施策(土地利用、新エネルギー活用、ライフスタイル変革等)による削減寄与率が増して半減ケースでは41%となること、を明らかにした。

Key Words: low carbon society, scenario development, local level, macro economy, service demand

1. 背景と目的

地球温暖化対策については、京都議定書が2005年2月に発効し、地球規模での対策の本格化が強く求められている。日本においても京都議定書目標達成計画等に基づく取組が進められている。

一方、現段階での政策のターゲットは第1約束期間(2008~2012年)という、国連気候変動枠組条約(以下「条約」と略す)第2条に規定された究極の目標に至る第1ステップを対象としたものであり、それ以降の中長期にわたる低炭素社会実現への道筋は明らかになっていない。IPCC¹⁾によれば、条約の掲げる究極目標を達成するためには、人為的な温室効果ガスの排出量を大幅かつ早急に削減することが求められている。

このようななか、近年、欧州のいくつかの国では、2050年を目標年とした温室効果ガスの大幅削減目標(60~80%削減)とそれに至るシナリオを公表している。また、国レベルでのシナリオを個別の地域社会に定着させていくためには、地域の特性に即した具体的なシナリオ形成も重要性を増すことは確

実であるが、欧米のいくつかの州・市では上述と同様の長期目標を設定しはじめた。近い将来、低炭素社会に向けた長期的な政策オプションの検討を地域レベルでも求められることは間違いない。

そこで本研究では、日本の県レベルで長期的(2030年を想定)な観点から低炭素社会の姿およびそこに至るシナリオを提示する手法を開発することを目的とする。将来の目指すべき社会をまず見据えたうえで、講じるべき対策を現在まで遡って検討すること(バックキャストिंग)は目標達成のために有効な方法である。

具体的には、

- (1) 県レベルで産業部門・業務部門・家庭部門・運輸部門(旅客)・運輸部門(貨物)における二酸化炭素排出量を将来にわたり定量的に推計・評価し、低炭素社会の定量的デザインを行うための手法を開発し、
- (2) 滋賀県を対象として(1)の手法を先駆的に適用し、わが国では初めて県レベルでの低炭素社会に向けた長期シナリオを提示するものである。

2. 国内外での低炭素社会形成に向けた動向

(1) 欧米での低炭素社会に向けた動き

欧州では、英国²⁾が2050年に二酸化炭素排出量を60%削減することを、またフランス³⁾が2050年に二酸化炭素排出量を75%削減することを、さらにドイツ⁴⁾は2050年に二酸化炭素排出量を80%削減することを公約として掲げている。

一方、地域レベルにおいても中長期的な温室効果ガス排出量の大幅削減に向けた議論や取組が始まっており、たとえばClimate Alliance⁵⁾によれば、ミュンヘン市では2030年までに二酸化炭素排出量を50%削減することを目標に、建築物・住宅、交通などの分野での対策が進められている。

また、US Climate Action Network⁶⁾によれば、米国では州レベルで表1に示すような長期的な排出削減目標を掲げ地球温暖化対策を本格化させようとしている。

表1 米国における州レベルの長期排出削減目標

州名	目標年(基準年)	削減目標
カリフォルニア州	2050年(1990年)	-80%
ニューメキシコ州	2050年(2000年)	-75%
ニューイングランド州	数十年(現況年)	-75~-85%

(2) 日本の自治体における地球温暖化対策の系譜

a) 1990年代初頭～後半

国レベルの地球温暖化防止行動計画(1990年地球環境保全関係閣僚会議決定)を踏まえながら、いくつかの都道府県等が2000年における二酸化炭素排出量の1990年レベルでの安定化を目標に計画を策定した。

この時期の地域における地球温暖化対策は、エネルギー起因の二酸化炭素の排出抑制が中心であり、地方公共団体における実際の施策はライフスタイル面での普及啓発にとどまっていることが多かった(環境庁地球環境部⁷⁾)。

b) 2000年初頭～

1997年採択の京都議定書に規定されたわが国の温室効果ガス排出削減目標(1990年比-6%)や地球温暖化対策推進法(1998年制定、2002年改正)、地球温暖化対策推進大綱(1998年地球温暖化対策推進本

部決定、2002年改訂)、京都議定書目標達成計画(2005年閣議決定)など国レベルでの前進を受け、地方公共団体における地球温暖化対策や計画も以下の点で進展をみせた。

対象ガス：二酸化炭素中心から6種類の温室効果ガスに拡大

対象期間：目標年度を2000年から2010年に伸長

対策内容：普及啓発中心から条例による規制、補助金、インフラ整備等の実対策へと展開

このような地球温暖化対策地域推進計画を全国地球温暖化防止活動推進センターのホームページ⁸⁾より2005年12月現在の情報を整理すると、自治体により多少の違いはあるものの、総括すれば、2010年を目標として1990年比で6%程度の排出削減目標を掲げているといえる。

しかしながら、2030年～2050年を念頭においた長期的な排出削減目標を掲げている地方公共団体は現時点でわが国にはない。

3. シナリオ開発のフレームワークと支援ツール

本研究で開発した低炭素社会に向けた長期的地域シナリオ形成手法のフレームワークとそれを支援するツール群を以下に示す。

地域レベルでこのようなシナリオ形成のための定量的将来推計を行うにあたっては、国レベルで行うのと比較して、県別エネルギーバランス表が存在しないなど社会経済やエネルギーに関するデータ取得上の制約に直面することが多いが、本研究ではこのような制約も勘案しながら、地域汎用的な手法となるよう試みた。

(1) シナリオ開発のフレームワーク

低炭素社会の定量的デザインのために用いたツール群の関連を図1に示す。まず、県マクロ経済財政ツールを用い、県において2030年までに予想される社会変化を考慮し経済活動を推計した。ここで、県の経済は日本経済により影響を受けることから、日本からの影響を整合的に評価した。次に、県マクロ経済財政ツールにより推計された結果等を用いて、産業部門・家庭部門・業務部門・運輸部門(旅客)・運輸部門(貨物)の各部門について活動量を推計した。その後、サービス需要量算定ツールにより、

各部門における活動量を満たすためのサービス需要量を求めた。最後に、二酸化炭素排出量算定ツールによりライフスタイルの変化、省エネ機器の普及などの対策を講じた場合の二酸化炭素排出量を求めた。結果は、産業（製造業 13 業種、非製造業 4 業種）、家庭、業務、運輸（旅客：6 機関、貨物：6 機関）の各部門における燃料・エネルギー種別の需給関係および二酸化炭素排出量を表形式で表現した。

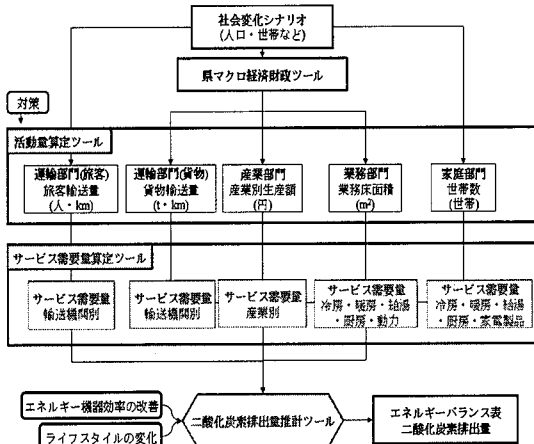


図1 推計手法のフレームワーク

(2) マクロ経済財政ツール

日本の経済成長と県の関係を整合的に表現するため、県マクロ経済財政ツールを構築した。

本ツールの構成は、80 式の方程式からなる。内生変数が 80 個、外生変数が 26 個である。データは主に、マクロエコノメトリックス研究会⁹⁾を活用した。検定期間は、1991~2001 年とした。

本ツールは経済ブロックと財政ブロックからなるが、図2には経済ブロックのみを示した。

経済ブロックの内容として、実質県内総生産を、消費関数・投資関数・移出入関数から決定した。また、デフレーターを需給のタイトさに関連するいくつかの指標から推定した。すなわち、供給側の状況を潜在総生産で表現し、デフレーター推計式で利用した。潜在総生産は、資本・労働を用いて一次同次のコブ=ダグラス型生産関数を用い、過去の資本と労働のフル稼働状態を仮定し算出した。そして、実質県内総生産とデフレーターから名目県内総生産を求めた。さらに名目県内総生産を県民所得・法人所得・個人所得などへ分配した。これらから導かれ

る可処分所得を民間消費デフレーターで除した実質可処分所得を基にして消費や住宅投資を決定するメカニズムになっている。

たとえば、実質民間住宅投資 IH は次式により表現する。

$$IH = \alpha \cdot \frac{YDH}{PCP} + \beta \cdot IH\# + \chi \cdot NH + \delta \cdot RHO - \varepsilon \cdot DUM8791 + \phi \quad (1)$$

ここで、

YDH : 県民可処分所得（内生）

PCP : 民間最終消費支出デフレーター（内生）

$IH\#$: 国の実質民間住宅投資（外生）

NH : 県の世帯数（外生）

RHO : ラグ付き内生変数

$DUM8791$: 1987 年～1991 年のダミー変数

$\alpha, \beta, \chi, \delta, \varepsilon$: 各変数の係数

ϕ : 定数

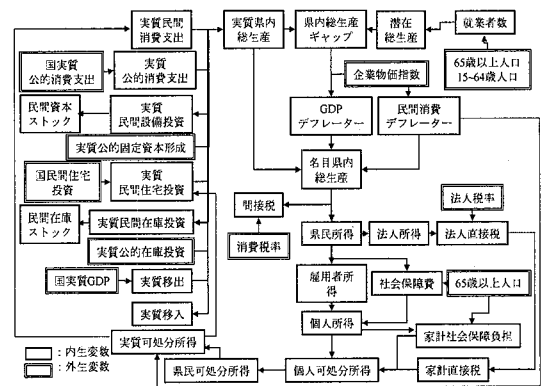


図2 マクロ経済ツールの構造

(3) 活動量算定ツール

本研究においては、各部門におけるエネルギー消費の推進力に関して特に影響を与える要素を活動量と定義する。本研究における各部門の活動量を表2に示す。

表2 各部門の活動量指標

部門	活動量
産業部門	産業別生産額(円)
家庭部門	世帯数(世帯)
業務部門	業務床面積(m ²)
運輸部門(旅客)	輸送機関別輸送量(人・km)
運輸部門(貨物)	輸送機関別輸送量(t・km)

以下に、産業部門・家庭部門・業務部門・運輸部門(旅客)・運輸部門(貨物)の活動量の算出方法を示す。

a) 産業部門

県マクロ経済財政ツールから得られた2030年における最終需要項目に関して、7種類(家計外消費支出、民間消費支出、政府消費支出、公的固定資本形成、民間投資、在庫、移出)のコンバーターを用いて産業区分(18)に分割し、産業連関分析を実施することで2030年における各産業区分の生産額を求めた。民間消費支出コンバーターおよび移出コンバーターは、過去の産業連関表を用いて計算し、タイムトレンドにより検定を行うことで2030年までの値を推計した。その他のコンバーターについては値の経年変化がほとんどないことから、2000年の県産業連関表の値を用いた。移入コンバーターについても同様に推計し、移入額を産業区分別に割り振った。

県マクロ経済財政ツールから利用した最終需要項目は、実質民間消費・実質民間住宅投資・実質民間設備投資・実質公的消費・実質公的資本形成・実質民間在庫・実質公的在庫・実質移入・実質移出である。ここで、本研究における県マクロ経済財政ツールでは1995年を基準価格として分析した。そのため、産業連関分析を実施するにあたり、最終需要項目をそれぞれに対応するデフレーターを用いて2000年価格に変換して用いた。

また、産業連関表は、マクロエコノミックス研究会によるEconomet I-O2005 地域産業連関表接続表¹⁰⁾を利用した。

本研究では産業区分を農林業、水産業、鉱業、食料品、繊維製品、紙パルプ、化学製品、プラスチック製品、窯業・土石製品、金属地金、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、その他製造業、建設、第3次産業の18区分とした。一次産業では農林業と水産業に区分し、第三次産業は一括で扱った。

b) 家庭部門

家庭部門のエネルギー消費の推進力である世帯数は、脱温暖化2050シナリオチーム¹¹⁾による推計結果を外生的に設定した。

c) 業務部門

業務部門のエネルギー消費の推進力である業務床面積は、業種区分毎に分類した後、業種区分毎に推計し合計することで求めた。業種区分は、「事務

所ビル」、「店舗」、「学校」、「その他」の4区分とした。「その他」はホテル・旅館・病院・劇場・娯楽場・福祉施設・図書館・博物館・体育館・集会施設を指す。

県の業種別業務床面積の2000年実績値は以下のように把握した。すなわち、2000年の建築物ストック統計研究会¹²⁾のデータから県における業務床面積全体を求め、つぎに業種別に業務床面積を推計するため、日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット¹³⁾のデータより国における業種別業務床面積を推計した。

ここで、推計式の変数のパラメーターは変更せず定数項のみ推計式を修正し、2000年での県の業種別業務床面積に一致させた。これを県の業種別床面積の推計式とし将来推計を行った。たとえば事務所ビルの床面積は次式により推計した。

$$OF = \varphi \cdot TL + \gamma \quad (2)$$

ここで、

OF : 事務所ビル床面積

TL : 第3次産業就業者数

φ : 説明変数のパラメーター

γ : 定数

業種別の業務床面積の将来推計に関して、5才~19才人口は国立社会保障・人口問題研究所¹⁴⁾のデータを用いた。第三次産業就業者数は、県マクロ経済財政ツールから得られる就業者数をもとに、産業別就業者比率をタイムトレンドで推定し求めた。その後、業種別の床面積を合計することにより業務床面積全体を求めた。

d) 運輸部門(旅客)

運輸部門(旅客)の活動量である輸送機関別旅客輸送量はパーソントリップ調査を用いて推計した。

推計フローを図3に示す。

①トリップの区分

目的区分は出勤、登校、業務、自由、帰宅の5区分に分類した。また、機関区分は鉄道、バス、自動車、自動二輪車、徒歩、自転車、その他の7区分に分類した。さらに個人属性区分として、男女別・年齢3区分別(0~14歳、15歳~64歳、65歳以上)に分類した。

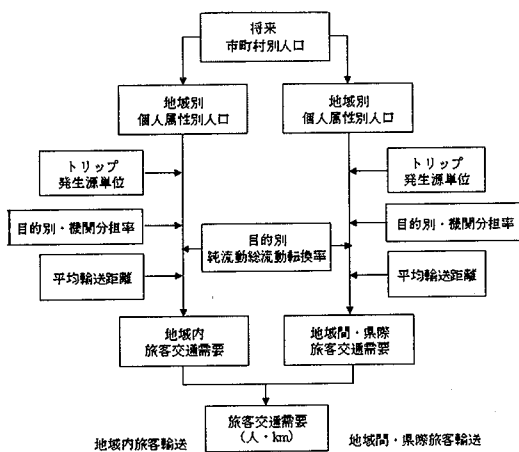


図3 旅客交通需要の推計フロー

②各種係数の把握

パーソントリップ調査の県発トリップを対象に、トリップ発生原単位・機関分担率・平均輸送距離を求めた。

・トリップ発生原単位

地域区分ごとに、男女別、年齢3区分別、目的別にトリップ数を集計した。それを当該トリップ「発」地域に居住する当該属性(性別・年齢)の調査対象者人数で割ることで、1人あたり1日あたりの目的別トリップ数を算出した。

・機関分担率

地域区分毎に、目的別・機関別のトリップ数を集計し、各トリップ数を当該目的全体のトリップ数で割ることで機関分担率を算出した。

・平均輸送距離

地域区分毎に、目的別・機関別の輸送距離を集計し平均を算出した。

③将来推計

2000年時点のトリップ発生原単位・機関分担率・平均輸送距離を固定し、将来の市町村別人口を与えることで現状推移した場合の値を推計した。市町村人口は、国立社会保障・人口問題研究所¹⁵⁾のデータを用いた。また、純流動量と総流動量の比は年によらず一定とし、平成11年全国都市パーソントリップ調査¹⁶⁾に基づいた。さらに2000年以降の将来推計(現状推移ケース)において、トリップ発生原単位・機関分担率・平均輸送距離は一定とした。

e) 運輸部門(貨物)

本研究では、県由来の貨物交通需要として県内々貨物輸送および県内外貨物輸送を対象とし、以下の

手順で推計した。

①県マクロ経済財政ツールから得られた実質民間消費支出および実質民間企業投資を用いて、県貨物自動車輸送重量を推計。

②国土交通省¹⁷⁾(以後、「第7回物流センサス」と略す)より県発の貨物流動における自動車分担率を算出。

③県貨物自動車輸送トン数を②で求めた自動車分担率で除して、県貨物輸送総重量を推計。

④第7回物流センサスより、県発の貨物の代表機関別・都道府県別の輸送重量比率を算定。

⑤③と④より県発の貨物の輸送機関別・都道府県間の貨物輸送重量を求め、平均輸送距離を県庁所在地間距離と仮定し、輸送機関別輸送トンキロ(t・km)を算出。

なお、県発の貨物流動における自動車分担率および輸送機関別・都道府県別の2000年の輸送重量比率は、2000年以降の将来推計(現状推移ケース)において一定とした。

(4) サービス需要量算定ツール

活動量算定ツールから求められた値を用いて、必要なサービス需要量を求めた。いずれの部門でも2000年の機器のエネルギー効率を基準とし、現状推移ケースでは2030年までこれを一定とした。サービス需要量はエネルギー消費量として表される。

a) 産業部門

活動量算定ツールにより求めた産業別生産額を用いて、サービス需要量を推計した。産業別生産額と2000年における産業別生産額あたりのサービス需要量を乗じることで求めた。産業別生産額あたりのサービス需要量は、田中¹⁸⁾が推計した2000年の県エネルギーバランス表(製造業13業種、非製造業4業種に対する燃料・エネルギー種別の需給バランス表)のエネルギー消費量を2000年における産業別生産額で除した値を用いた。

b) 家庭部門

サービス需要量は、活動量算定ツールから把握した世帯数と世帯あたりの用途別サービス需要量を乗じて合計することにより推計した。世帯あたりの用途別エネルギー消費量の値は、日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット¹³⁾の2000年のデータを用いた。本研究における用途区分は、「冷房」、「暖房」、「給湯」、「厨房」、「家電製品等」の5区分とし

た。

c) 業務部門

サービス需要量は、活動量算定ツールにより求めた業務床面積と床面積あたりの用途別サービス需要量を乗じて合計することにより求めた。業務床面積あたりの用途別エネルギー消費量の値は日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット¹³⁾の2000年のデータを用いた。用途区分は、「冷房」、「暖房」、「給湯」、「厨房」、「動力等」の5区分とした。

d) 運輸部門(旅客)

サービス需要量は、活動量算定ツールにより求めた輸送機関別旅客輸送量と輸送機関別旅客輸送量のエネルギー消費原単位を乗じて合計することにより求めた。機関別旅客輸送量のエネルギー消費原単位の値は、鉄道・バス・乗用車に関しては、日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット¹³⁾の2000年の値を用いた。また、自動二輪車に関しては、松橋ら¹⁹⁾の人キロあたりの二酸化炭素排出量および日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット¹³⁾のガソリンの単位発熱量より求めた。

e) 運輸部門(貨物)

サービス需要量は、活動量算定ツールにより求めた輸送機関別貨物輸送量と輸送機関別貨物輸送量のエネルギー消費原単位を乗じて合計することにより求めた。機関別貨物輸送量のエネルギー消費原単位の値は、国土交通省総合政策局情報管理部²⁰⁾のデータを用いた。

(5) 二酸化炭素排出量算定ツール

サービス需要量を入力値として、技術および制度対策を講じた際の二酸化炭素排出量を推計するために、二酸化炭素排出量算定ツールを構築した。推計式を以下に示す。

$$Q_m = \sum_n \sum_i \sum_r (D_{n,i,r} \cdot R_{m,n,i,r} \cdot S_{m,n,i,r} \cdot T_{m,n,i,r} \cdot E_{m,i}) \quad (3)$$

ここで、

Q_m : 二酸化炭素排出量(ケース別)

$D_{n,i,r}$: サービス需要量(部門別燃料別用途別)

$R_{m,n,i,r}$: 対策によるサービス需要量変化率(ケース別部門別燃料別用途別)

$S_{m,n,i,r}$: 燃料シェア(ケース別部門別燃料別用途別)

$T_{m,n,i,r}$: 効率改善率(ケース別部門別燃料別用途別)

$E_{m,i}$: 二酸化炭素排出係数(ケース別燃料別)

m : 設定ケース

n : 部門

i : 燃料

r : 用途

燃料は石炭・石油・ガス(天然ガス・都市ガス)・バイオマス・太陽(太陽熱利用・太陽光発電)・電力の6区分とした。

4. 滋賀県を対象とした低炭素社会の定量的デザイン

(1) 対象地域の概況、設定ケースおよび前提条件

a) 滋賀県の概況

①人口

滋賀県の人口は増加傾向が続いており、2004年10月現在で、137万4千人(滋賀県²¹⁾)である。国立社会保障・人口問題研究所¹⁴⁾によると、滋賀県人口は2030年に向けて今後も増加を続けると推計しており、2030年時点でも人口が増加している唯一の都道府県である。

②世帯

2004年時点での滋賀県の世帯数は48万2千世帯(滋賀県²¹⁾)である。国立社会保障・人口問題研究所²²⁾では、滋賀県は今後も世帯数が増加を続けると推計している。

③産業構造

2002年における県内総生産は5兆6323億円であり、国内総生産に占める割合は1.13%である(滋賀県政策調整部統計課²³⁾)。また、滋賀県の産業構造の特徴として、第二次産業の県内総生産に占める割合が2002年時点で46.7%であり、全国1位である。第二次産業比率が高いことを受け、第三次産業比率は全国と比較すると小さい。近年は、サービス業の拡大により第三次産業の割合は上昇してきている。

④マクロ経済の将来

図2に示したマクロ経済ツールにより推計した結果、県内総生産(実質)は国内総生産(実質)の前提(平均年率1.6%で増加)の影響を受け平均年率1.6%で増加し、2030年において約9兆円となった。

b) 対策ケースの設定

本研究において低炭素社会の定量的デザインのため、3つのケースを設定した。その3つとは別に、現状推移のケース(以後、「2030BAU」と略す)につい

でも評価した。低炭素社会の定量的デザインの3つのケースは二酸化炭素排出量の削減の違いにより区別し、各々異なる低炭素社会を提示した。2(1)に示したように欧米のいくつかの国や州では2050年において二酸化炭素排出量を1990年比50%~80%削減を目標としていることを念頭におき、本研究では2030年において1990年比で30%、40%、50%削減する3ケースを設定した。

1990年比で二酸化炭素排出量を30%、40%、50%削減するための対策には、様々な組み合わせがありうる。本研究ではその多数ある組み合わせの一例として、30%削減ケース(以後、「2030A」と略す)では、すでに開発の見込みがある技術的対策を中心に普及率も実現可能性の高い水準で設定した。つぎに、40%削減ケース(以後、「2030B」と略す)では、2030Aで想定した技術のさらなる普及に加え、社会経済構造の転換を必要とする対策を加えた。50%削減ケース(以後、「2030C」と略す)では、40%削減ケースで導入した社会経済構造の転換のさらなる進展を想定した。対策効果の計算は、原則2030年の一時点のみ行った。

このような対策は約70種類に及ぶが、表3にはこのうちの代表的な対策内容、その強度、分類等をまとめた。対策の分類のうち、「電力原単位の改善」は式(3)の $E_{i,m}$ 、「技術革新」は $T_{m,n,i,r}$ 、「ライフスタイル」や「コンパクトシティ」は $R_{m,n,i,r}$ 、「自然エネルギー」や「交通機関の変更」は $S_{m,n,i,r}$ の変化にそれぞれ対応している。これらの対策の実行には制度的・経済的措置が不可欠となることに留意を要する。

また、県独自政策の必要性については、「低」は国レベルでの技術的取組が中心となるもの、「中」は県レベルでの普及促進策が求められるもの、「高」では地域事情に沿った県独自の革新的な政策導入が求められるもの、として分類した。

とくに、コンパクトシティによる輸送距離削減についてはさまざまな想定を置きうるが、ここでは住宅密度が2倍弱になったケースを推計したもの³⁶⁾を用いた。

なお、本研究において使用した電力の二酸化炭素排出原単位は、2030BAUケースでは環境省³⁷⁾による377g-CO₂/kWhで一定とし、2030A・B・Cケースでは総合資源エネルギー調査会需給部会²⁴⁾による238g-CO₂/kWhとした。また、石油製品(ガソリン、灯油、軽油、A・B・C重油、LPG等で構成)、石炭・

石炭製品および天然ガスの二酸化炭素排出原単位については、個々の燃料種別には環境庁³⁸⁾の排出係数を用い、石油製品や石炭・石炭製品の内訳については2001年の滋賀県エネルギーバランス表¹⁸⁾(石油製品等の内訳を含む)の構成で2030年まで一定とした。

(2) 活動量

a) 産業別生産額の推計結果

産業連関分析による2030年における産業別生産額を図4に示す。

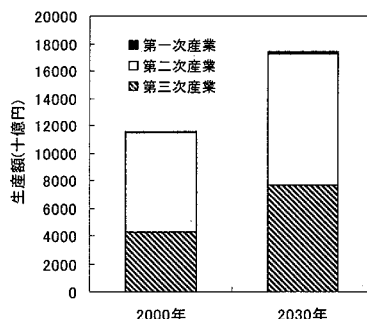


図4 産業分類別の生産額の変化

絶対額では第二次産業・第三次産業が伸びており、とくに生産額に占める第三次産業の比率は、2000年の36.8%から2030年では41.1%と増加している。逆に第二次産業比率については、2000年の62.3%から2030年では57.8%と減少しているが、依然として大きな割合を占めている。

以上のように、2030年の滋賀県では第二次産業比率が高い産業構造を維持しつつも、産業のサービス化が進展すると考えられる。

b) 世帯数

世帯数は3(3)b)に述べた方法で、2000年の約43万件から2030年に約56万件に増加すると設定した。

c) 業務床面積の推計結果

2030年までの業種別業務床面積の推計結果を図5に示す。業務床面積全体は増加が継続と推計され、これは、産業連関分析から示された第三次産業の伸展や、滋賀県における第三次産業就業者数が増加することによるものである。また、業種別にみると、事務所ビルおよび店舗の床面積については、増加傾向を示した。一方、学校の床面積に関しては、5~19歳人口が減少することから微減した。

表3 二酸化炭素排出削減のための対策一覧（代表例）

部門	対策	内容	対策の強度			対策の分類	県独自 政策の技術的出典 必要性	
			2030A	2030B	2030C			
転換部門	電力原単位改善	CO ₂ 原単位 (CO ₂ g/kwh)	238	238	238	電力原単位の改善	低	24)
産業部門	高効率ボイラー	導入率	33%	50%	50%	技術革新	低	25)
	高効率工業炉	導入率	50%	100%	100%	技術革新	低	25)
	高効率モーター	導入率	100%	100%	100%	技術革新	低	26)
	インバーター制御	導入率	100%	100%	100%	技術革新	低	26)
家庭部門	パッシブソーラー暖房	全世帯に対する普及率	0%	0%	10%	ライフスタイル	高	27)
	住宅断熱効率	新基準+次世代基準住宅率	87%	100%	100%	技術革新	中	28)
	HEMS	全世帯に対する普及率	50%	100%	100%	技術革新	中	28)
	家電製品電力消費	削減率(2000年=0%)	33%	33%	33%	技術革新	低	29)
	冷暖房エアコン効率改善	COP(2000=2.5)	5	7	7	技術革新	低	28)
	暖房用ガスヒートポンプ	熱効率(2000年=80%)	90%	90%	90%	技術革新	低	30)
	強制循環式石油ストーブ	熱効率(2000年=80%)	90%	90%	90%	技術革新	低	29)
	ガス給湯器の効率改善	熱効率(2000年=80%)	95%	95%	95%	技術革新	低	28)
	IH調理器の効率改善	熱効率(2000年=85%)	90%	90%	90%	技術革新	低	28)
	ガスコンロの効率改善	熱効率(2000年=40%)	55%	55%	55%	技術革新	低	29),30)
業務部門	太陽熱温水器の導入	2010年目標=1	1.25	2.50	2.50	自然エネルギー	高	
	クールビズの普及	全事業所に対する普及率	50%	100%	100%	ライフスタイル	中	31)
	ウォームビズの普及	全事業所に対する普及率	50%	100%	100%	ライフスタイル	中	31)
	建築物断熱効率改善	新基準+次世代基準建築率	87%	100%	100%	技術革新	高	32)
	パッシブソーラー暖房	全事業所に対する普及率	0%	0%	10%	ライフスタイル	高	27)
	BEMSの導入	全事業所に対する普及率	50%	100%	100%	技術革新	低	28)
	ガス吸収冷温水機	COP(2000=1.2)	1.6	1.6	1.6	技術革新	低	33)
	業務用ボイラー	熱効率(2000年=85%)	95%	95%	95%	技術革新	低	34),35)
	石油温水器の効率改善	熱効率(2000年=80%)	90%	90%	90%	技術革新	低	29)
	太陽光発電(2000年基準)	全事業所に対する導入率	30%	50%	50%	自然エネルギー	高	
旅客部門	小水力発電	小水力発電設置数	0	0	2000	自然エネルギー	高	
	燃費改善(自動車)	自動車の燃費向上率	1.5	1.5	1.5	技術革新	中	28)
	燃費改善(鉄道)	鉄道の燃費向上率	1.1	1.1	1.1	技術革新	低	28)
	燃費改善(バス)	バスの燃費向上率	1.5	1.5	1.5	技術革新	低	28)
	燃費改善(二輪車)	二輪車の燃費向上率	1.5	1.5	1.5	技術革新	低	28)
	輸送機関の機関変更	内々乗用車→自転車	0%	35%	40%	輸送機関の変更	高	
		内外乗用車→鉄道	0%	30%	60%	輸送機関の変更	高	
	コンパクトシティ	内々輸送距離削減率	0%	50%	50%	コンパクトシティ	高	36)
貨物部門	燃費向上(トラック)	自動車の燃費向上率	1.1	1.1	1.1	技術革新	中	28)
	燃費向上(鉄道)	鉄道の燃費向上率	1.1	1.1	1.1	技術革新	低	28)
	燃費向上(船舶)	船舶の燃費向上率	1.1	1.1	1.1	技術革新	低	28)
	燃費向上(航空)	航空の燃費向上率	1.2	1.2	1.2	技術革新	低	28)
	輸送機関の機関変更	内外トラック→鉄道	0%	20%	40%	輸送機関の変更	高	
		内々トラック→船舶	0%	10%	20%	輸送機関の変更	高	
	工場再配置・物流集約	県内輸送距離削減率	0%	50%	50%	コンパクトシティ	高	36)

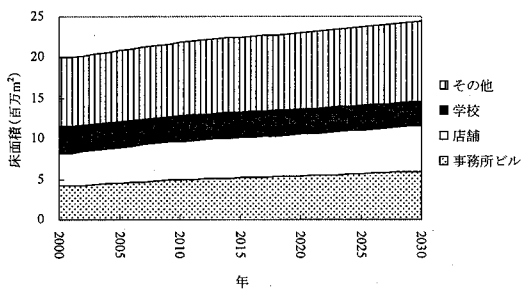


図5 業務部門床面積の推移

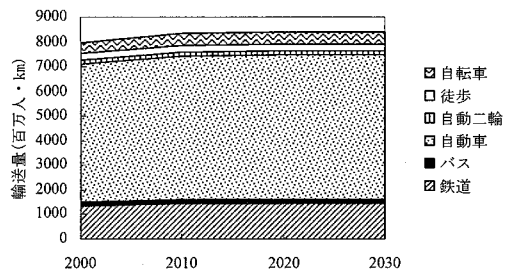


図6 旅客輸送量の推移

d) 旅客輸送量の推計結果

機関別旅客輸送量の推計結果を図6に示す。2030年では、全機関において輸送量が若干増加した。これは、今後の人口が増加することによるものである。

e) 貨物輸送量の推計結果

機関別貨物輸送量の将来推計結果を図7に示す。製造業の堅調な伸びに伴い、全機関で貨物輸送量が2030年まで増加すると予測された。

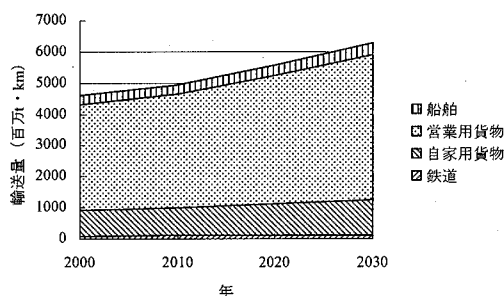


図7 貨物輸送量の推移

(3) サービス需要量

各部門におけるサービス需要量の推計結果を表4に示す。産業部門では、電気機械等の伸びはあるものの、窯業・土石等の縮小の効果で全体としては2030年にはエネルギーサービス需要が2000年比で約5%減少する。

また家庭部門・業務部門のサービス需要は、2030年に2000年比でそれぞれ31%、22%増加すると推計された。運輸部門(旅客)では乗用車のサービス需要の伸びにより2030年には2000年比で7%増加し、運輸部門(貨物)ではトラックのサービス需要の伸びにより36%増加することになる。

(4) 二酸化炭素排出量の推計結果

全部門における二酸化炭素排出量を図8に示す。

a) 現状推移(2030BAU) ケース

産業部門は、現在すでに二酸化炭素排出量が減少している傾向が続き、2030年においても減少することが示された。一方で、産業以外の部門では大幅な増加を示した。そのため、全体としては1990年比20%の増加となった。

b) 対策(2030A・2030B・2030C) ケース

表3に示した対策群を講じた場合、順調な経済成長を前提としても、二酸化炭素排出量を1990年比で3割～5割削減する低炭素社会を描きうることが示された。

部門別にみると、1990年比で運輸部門(貨物)を除く全部門で排出量を大幅に削減しえた。特に家庭部門・業務部門・運輸部門(旅客)は、2030年に向けて大きな削減ポテンシャルがある。

ただし、表3に示した対策群は技術的には相当程度の実現性をもっているものの、とくに高削減率が求められる2030Bや2030Cで想定した普及率につ

いては非常な努力が不可欠となる。また、実現のためのコスト的評価については本研究では行っていないが、特段の財政的当てが必要となろう。

したがって、本研究で目標とした低炭素社会(とくに2030Bおよび2030C)を実現できるかどうかは、それに向けた思い切った政策転換とそれ連動した各主体の取組に大きく依存しているといえる。

次に、2030BAU ケースと比較したときの、2030C ケースにおける対策分類(表3参照)ごとの二酸化炭素削減量を図9に示す。

表4 部門別のエネルギーサービス需要量

部門	区分	2000年	2030年
産業部門	農林業	61	97
	水産業	4	17
	鉱業	4	2
	食料品	86	138
	繊維	115	77
	紙・パルプ	59	54
	化学工業	101	142
	プラスチック製品	229	333
	窯業・土石	636	93
	金属地金	94	65
	金属製品	68	79
	一般機械	91	135
	電気機械	195	385
	輸送機械	101	149
	精密機械	6	7
	その他製造業	42	21
	建設業	56	54
	小計	1951	1848
家庭部門	冷房	11	14
	暖房	134	175
	給湯	137	179
	厨房	33	42
	家電製品等	170	222
	小計	484	632
業務部門	冷房	48	59
	暖房	120	147
	給湯	122	149
	厨房	45	55
	動力等	225	275
	小計	561	684
運輸部門 (旅客)	鉄道	25	27
	バス	4	4
	乗用車	433	465
	二輪車	2	2
	小計	465	498
運輸部門 (貨物)	鉄道	1	2
	自家用トラック	220	299
	営業用トラック	226	308
	船舶	4	5
	航空	1	1
	小計	451	615
合計		3912	4277

単位:ktcoe

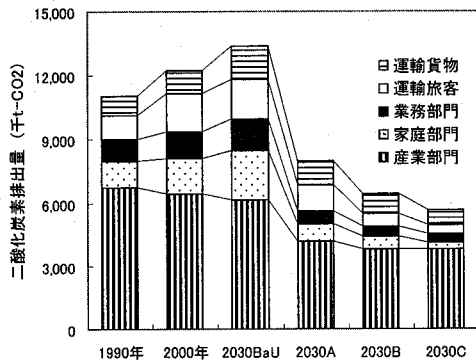


図8 ケース別の二酸化炭素排出量

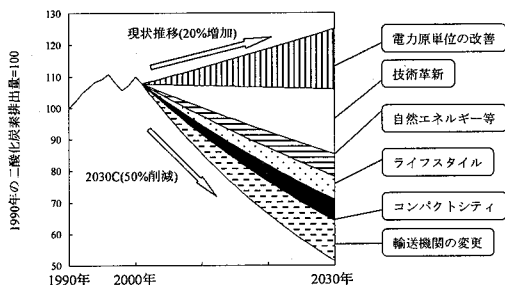


図9 対策別の排出削減量 (2030C ケース)

表5 主要対策別の二酸化炭素排出削減量(千t-CO₂)

部門	対策	CO ₂ 削減量(2030BAU比)		
		2030A	2030B	2030C
産業部門	電力原単位の改善	1124	1124	1124
	高効率ボイラーの導入	60	89	89
	高効率工業炉の導入	209	405	405
	高効率モーター	412	412	412
家庭部門	電力原単位の改善	559	559	563
	住宅の断熱効率改善	151	169	122
	HEMSの導入	79	151	130
	家電製品電力削減	229	216	166
	高効率エアコン(冷暖房)	72	83	57
	ガス給湯器効率改善	21	13	4
	ガスコンロ効率改善	15	13	6
	太陽熱温水・ペレット暖房	16	89	141
業務部門	電力原単位の改善	371	371	376
	クールビズの普及	5	10	10
	ウォームビズの普及	26	54	52
	建築物断熱効率改善	82	92	85
	BEMSの導入	53	99	105
	太陽光発電の導入	31	58	67
旅客部門	電力原単位の改善	57	57	57
	燃費改善(自動車)	415	243	149
	燃費改善(鉄道)	8	9	11
	輸送機関の機関変更	0	505	1102
貨物部門	コンパクトシティ	0	448	448
	燃費向上(トラック)	109	90	67
	輸送機関の機関変更	0	181	314
	工場再配置・物流集約	0	296	300

図9より電力原単位の改善や技術革新といった技術的な対策による二酸化炭素排出削減効果が54%を占める一方で、ライフスタイル変更、コンパクトシティ、輸送機関変更のような構造的な対策も大幅削減に対して36%の寄与を示すことがわかった。

さらに、表3に例示した対策群のうち主要な対策別に現状推移ケースからの二酸化炭素排出削減効果を表5にまとめた。特徴的なのは、運輸部門において2030A、2030B、2030Cと削減目標が厳しくなるにつれ、燃費改善対策から機関変更やコンパクトシティといった社会構造上の対策に削減寄与がシフトしている点である。

一方、各対策ケースにおける削減量を表3に示した県独自政策の必要性の程度による分類で示したのが表6である。

表6 県独自施策の必要性と排出削減量

必要性	2030A	2030B	2030C
低	3660	4016	3884
中	836	820	605
高	397	2012	3152

単位:千t-CO₂

県独自の政策を必要とする程度の高い分類(パッシブソーラー暖房、太陽熱温水器や太陽光発電、建築物の断熱化、コンパクトシティ、自転車・鉄道利用)の排出削減への寄与は、2030Aで8%、2030Bで29%、2030Cでは41%となっており、削減幅の大きいケースほど増大することが示された。

(5) 県の政策課題

低炭素社会を2030年に実現するためには、社会経済システムの変革に要する時間や資源を勘案すると、直ちに着手すべき政策課題が山積している。

技術的対策に加え社会経済システム上の抜本対策が求められる交通部門を例に短期的・中期的・長期的にうつべき施策を列挙したのが表7である。今後、本研究で開発したシナリオ形成手法を使いながら、このような施策群をプログラム化することが求められる。

表7 対策に必要とされる施策の例（運輸部門）

項目	短期的課題(～2010年)	中期的課題(～2020年) [長期的課題(～2030年)]
高効率自動車	関連税制・補助金の創設拡充	本格普及・定着
バイオマス燃料	バイオマス利用可能性調査 社会実験の拡大	バイオマス供給地の整備 燃料製造供給施設の整備 [海外供給地との長期契約]
コンパクト・シティ	中核ブロックの設定 公共施設の再配置計画 民間施設の立地誘導制度化	中核ブロックへの機能集約 公共施設の再配置 民間施設の立地誘導 [残存過疎地対策]
モーダルシフト	自転車道整備計画 鉄道輸送増強協議・LRT計画 舟運復活計画	自転車道整備 列車増発・LRT敷設 高速フェリーの就航 [既存道路インフラの一部撤廃]

このうち、(4)において低炭素社会形成に大きな役割を担うことが示されたコンパクトシティの実現についてみると、

- スプロール型土地利用を機能集約型に方向転換すべく県土グランドデザインを描写
- グランドデザインに沿って各種インフラを再整備し、不必要な公共施設は廃止
- 民間投資（住宅、大型小売店、レジャー施設等）もグランドデザインの方向で誘導

が不可欠となる。

2030年にこのような社会を実現するためには、そのための制度・計画の改正，財政的な準備，利害関係者との調整など多くの課題に直ちに取り組み始める必要がある。

5. まとめ

本研究で明らかにした点を以下にまとめた。

- 1) 県レベルで長期的な低炭素社会シナリオ形成のための手法を開発した。国レベルと比較してデータ制約の多い地域レベルでも長期的な二酸化炭素排出量の推移を推計できる。
- 2) 一定の経済成長を前提としても二酸化炭素排出量を2030年に1990年比で3割～5割削減するシナリオは描きうるが、実現のためには対策の大幅普及を促す政策の導入が不可欠となる。
- 3) このような大幅削減のためには技術的対策だけではなく、社会経済構造の変革が必要となる。
- 4) 全国一律の施策（電源構成，高効率機器の開発・普及等）に加え，県独自の施策（土地利用，ローカルな新エネルギー活用，ライフスタイル変革等）の重要性も見逃せない。

- 5) 社会経済システムの構造変更には長期間を要することから，県において必要な施策群をプログラム化し，ただちに着手しはじめることが求められる。

謝辞: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」および滋賀県からの受託研究「滋賀県における持続可能な社会シナリオの形成」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) IPCC: Climate Change 2001 – The Third Assessment Report of the IPCC, 2001.
- 2) UK Department of Trade and Industry: Energy White Paper “Our energy future - creating a low carbon 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) Climate Alliance: 2004/2005 Annual Report, 2005.
- 6) US Climate Action Network: *Turning the Tide: Establishing Mandatory Climate Policy in the U.S. –Executive Summary–*, 2004.
- 7) 環境庁地球環境部: 平成8年度地方公共団体による地球環境保全施策, 1998.
- 8) 全国地球温暖化防止活動推進センター: <http://www.jccca.org/>
- 9) マクロエコノメトリックス研究会: *Economate2003* を使った47都道府県地域マクロモデル滋賀, 2004.
- 10) マクロエコノメトリックス研究会: *Economate I-O2005 地域産業連関表接続表*, 2004.
- 11) 脱温暖化2050シナリオチーム: 「日本の将来推計人口・世帯数データベース」について, 2005.
- 12) 建築物ストック統計研究会: 建築物ストックの推計, 2002.
- 13) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット: エネルギー・経済統計要覧(2005年度版), 財団法人 省エネルギーセンター, 2005.
- 14) 国立社会保障・人口問題研究所: 都道府県別将来推計人口, 財団法人 厚生統計協, 2002.

- 15) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の市区町村別将来推計人口, 財団法人 厚生統計協会, 2003.
- 16) 都市計画中央情報センター: 平成 11 年全国都市パターンソートリッパ調査, 2002.
- 17) 国土交通省: 第 7 回全国貨物純流動調査報告書, 2002.
- 18) 田中吉隆: 2030 年の滋賀県を対象とした脱温暖化社会の構築に関する研究, 京都大学大学院地球環境学舎環境マネジメント専攻修士論文, 2006.
- 19) 松橋 啓治, 工藤 祐揮: 地球環境研究総合推進費, 平成 15 年度研究成果—中間成果報告集—(Ⅱ/全 6 分冊)地球の温暖化(対策等), 市町村における温室効果ガス排出量推計および温暖化防止政策立案手法に関する研究(2), 2005.
- 20) 国土交通省総合政策局情報管理部: 平成 16 年度版交通関係エネルギー要覧, 2004.
- 21) 滋賀県: 滋賀県勢要覧平成 17 年度版, 2005.
- 22) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計), 財団法人 厚生統計協会, 2005.
- 23) 滋賀県政策調整部統計課: 平成 14 年度(2002 年度)滋賀県県民経済計算, 2005.
- 24) 総合資源エネルギー調査会需給部会: 2030 年のエネルギー需給展望, 2005.
- 25) 平成 15 年度第三回温室効果ガス排出量将来推計委員会: 資料 3 大綱シナリオ・政府見通しシナリオの検討結果(案)(産業部門), 2004.
- 26) 鳥居電気株式会社ホームページ(技術サポート): http://www.tois.co.jp/tec_support/apl006.html.
- 27) ハイブリッドソーラー協会 HP: <http://www.hybridsolar.jp/>.
- 28) 経済産業省: 技術戦略マップ(エネルギー分野)~超長期エネルギー技術ビジョン~, 2005.
- 29) みずほ情報総研株式会社: シナリオ作成のための調査及びシミュレーション作業調査報告書, 2005.
- 30) 気候ネットワーク: 省エネラベル導入等による省エネ家電製品普及モデル事業マニュアル, 2004.
- 31) チーム・マイナス 6% ホームページ <http://www.team-6.jp/>.
- 32) 日本建築学会: 平成 16 年度住宅用エネルギー消費と温暖化対策に関する調査研究報告書, 2005.
- 33) 日本ガス協会ホームページ: <http://www.gas.or.jp/default.html>.
- 34) 環境省: 第 3 回再生可能燃料利用推進会議, 参考資料 4, 2003.
- 35) 新日本製鉄ホームページ <http://www.nsc.co.jp/>.
- 36) 石塚義高: コンパクトシティ批判に対するモデルによる自動車交通移動量削減に関する研究, 環境の管理, 第 48 号, pp29-36, 2003.
- 37) 環境省: 温室効果ガス排出量算定方法検討会(第 1 回)参考資料 7 他人から供給された電気の使用に伴う二酸化炭素の排出係数(平成 14 年度)について, 2005.
- 38) 環境庁地球環境部: 二酸化炭素排出量調査報告書, 1992.

A METHOD DEVELOPMENT FOR LONG-TERM LOCAL SCENARIO FORMULATION TOWARDS A LOW CARBON SOCIETY AND ITS PIONERRING APPLICATION TO SHIGA PREFECTURE

Koji SHIMADA, Yoshitaka TANAKA, Kei GOMI and Yuzuru MATSUOKA

This study developed a method to formulate long-term scenarios towards a low carbon society considering the situation in Europe and the U.S.A. where some states set drastic goals such as 60-80% reduction in 2050 from 1990 level. As a result of pioneering its application to Shiga prefecture, we found some critical points as follows: i) It is possible to formulate scenarios towards a low carbon society whose CO₂ emission is less by 30-50% in 2030 from 1990 level while the prefecture gross production continues to grow by 1.6% annually; ii) In order to halve the emission in 2030, societal and economic structural changes as well as technological measures are essential; iii) Policy and measures in prefecture level, such as land planning, renewable energy promotion and lifestyle change, play more and more important role as the reduction rate gets higher.