

# 技術革新と都市空間構造改変を考慮した運輸部門でのCO<sub>2</sub>削減シナリオに関する検討\*

## CO<sub>2</sub> Reduction Policy Analysis for Transport Sector Considering of Consistency of Technological Innovations and Renewal of Urban Structure Changes \*

森田 紘圭\*\*・森本 貴志\*\*・加藤 博和\*\*\*・林良嗣\*\*\*\*

By Hiroyoshi MORITA\*\*・Takashi MORIMOTO\*\*・Hirokazu KATO\*\*\*・Yoshitsugu HAYASHI\*\*\*\*

### 1. はじめに

2005年2月の京都議定書発効により、先進国や市場経済移行国では温室効果ガス排出目標が義務化された。日本も2008～2012年の平均で1990年比6%の削減が求められている。更に「ポスト京都」に関する検討も既に進んでおり、将来的には削減目標は更に厳しくなると予想される。国立環境研究所が進める「脱温暖化2050プロジェクト」<sup>1)</sup>では、2050年の日本のCO<sub>2</sub>排出目標を1990年比60～80%減と設定している。

日本のCO<sub>2</sub>排出量は1990年から2003年の間に総量で12.2%増であるのに比べ、運輸部門は19.8%増となっており、その削減方策実施は急務である。運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量の8割以上は自動車に起因する。運輸部門のCO<sub>2</sub>排出削減を推進するためには、自動車起源分について排出構造を詳細に分析する必要がある。

近年、各自動車メーカーは低燃費自動車を次々に投入しており、運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量増加を鈍化させる主な要因となっている。しかしその効果も、乗用車の保有台数や走行台キロの伸び、大型化によって相殺されている。車両・燃料技術の進展は、今後もCO<sub>2</sub>削減に一定の効果を発揮すると期待されるものの、前述のように将来にわたって必要となる大幅削減をこれだけでまかなうことは困難であり、今後は交通システムや交通行動を変化させる施策の併用、さらにはそれらを規定する都市構造空間の改変にも踏み込んだ検討が必要である。

それにあたっては、排出削減目標を明確化し、それを達成するためにいかなる施策が必要かをあらゆる方向から分析した上で、パッケージとして施策を立案する「Backcasting」のアプローチが必要である。具体的には、全国一律での実施が有効な車両・燃料技術向上施策と、地域特性の違いに配慮する必要がある交通・空間構造改

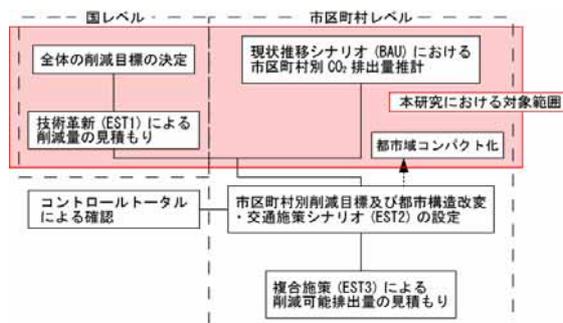


図 - 1 CO<sub>2</sub> 排出量削減目標達成シナリオ作成の全体フローと本研究の対象範囲(ハッチの部分)

変施策との並行実施をどう進めるか、すなわち、今後起こる車両・燃料技術革新をできる限り織り込んだ上で、それでは足りない分については各地域の特性を加味した「適材適所」の交通・空間構造改変施策を立案・実施することが求められる。

そこで本研究では、日本の運輸部門のCO<sub>2</sub>排出の約半分を占め、増加の主な要因となっている乗用車を対象に、市区町村単位でのCO<sub>2</sub>排出量を将来にわたって推計するマクロモデルを構築し、中期(2020年)および長期(2050年)の推計を試みる。その際、技術革新トレンドについていくつかのシナリオを設定する。さらに、空間構造改変施策によって乗用車保有・利用がどのように変化し、CO<sub>2</sub>削減に貢献するかを分析する。

なお、本稿で公表する値は暫定値であり、今後、より詳細な検討を行って値の信頼性を高めていく予定であることを付記しておく。

### 2. CO<sub>2</sub> 排出量削減目標達成シナリオ

CO<sub>2</sub> 排出量削減目標達成シナリオの全体構造と、その中における本研究の対象範囲を図 - 1 に示す。

本研究では乗用車の走行に伴うCO<sub>2</sub>排出を対象とし、削減目標値はOECDのESTプロジェクト<sup>2)</sup>で示されている目標を参考に「日本全体で2020年に2000年比25%削減および2050年に2000年比60%削減(1990年比約50%削減)」とする。

本研究では、日本全体の削減目標を各市区町村に配分する基準として、人口に比例してCO<sub>2</sub>削減量を割り

\* キーワーズ：地球環境問題、自動車保有・利用、EST

\*\* 非会員，学(工)，名古屋大学大学院 環境学研究所  
都市環境学専攻(〒464-8603 名古屋市千種区不老町，  
TEL 052-789-3828，FAX 052-789-3837，  
E-Mail: hmorita@urban.env.nagoya-u.ac.jp)

\*\*\* 正員，博(工)，名古屋大学大学院助教授 環境学研究所  
都市環境学専攻

\*\*\*\* フェロー，工博，名古屋大学大学院教授 環境学研究所  
都市環境学専攻

当てるといふ、最も簡便な方式を用いる。この基準ではどの市区町村でも1人当たり削減量は同じとなる。なお市区町村は2000年10月1日現在の構成を用いる。削減目標値は「総量比」、「1人あたり排出量比」で示される。

次に、燃料・車両技術に関する施策(EST1)の全国的な進展による削減量の中・長期(2020、2050年)で見積もる。そしてCO<sub>2</sub>排出量(BAU)を推計し、技術施策(EST1)の効果を見込んだ上で、削減目標を達成できない地域について交通・空間構造改変施策(EST2)による必要削減量を算出する。本研究では空間構造改変策として都市域のコンパクト化を取り上げ、それがどのような地域において効果が高いかを分析する。

### 3. 技術施策による全国削減量の見積もり

技術施策(EST1)の全国的な進展によるCO<sub>2</sub>排出削減量を見積もる。このとき、交通需要量(乗用車保有率・走行台キロ)は2000年値から変化せず、車種割合のみが変化すると仮定し、技術革新によって生じる乗用車の部品提供など資源的問題は考慮しないとする。また、乗用車の区分はエンジンの種類のみとする。

#### (1) 中期(2020年)技術トレンドシナリオ

中期技術トレンドシナリオとして、既存インフラを用いるハイブリッド自動車や低燃費・低排出ガス車の普及を考える。なぜなら、燃料補給所新設を伴う代替燃料自動車はインフラ整備に多くの時間を要し、2020年の時点で広く普及しているとは考えにくいためである。

本研究では、2020年時点の普及技術のうち最も多くCO<sub>2</sub>排出量を削減できると予想されるガソリンハイブリッド自動車に着目し、「ハイブリッド大量普及シナリオ」、「ハイブリッド普及停滞シナリオ」、「ハイブリッド・低燃費自動車共存シナリオ」の3種類を作成する。「ハイブリッド大量普及シナリオ」は、日本自動車販売協会連合会<sup>3)</sup>が公開している新車登録台数を年間の乗用

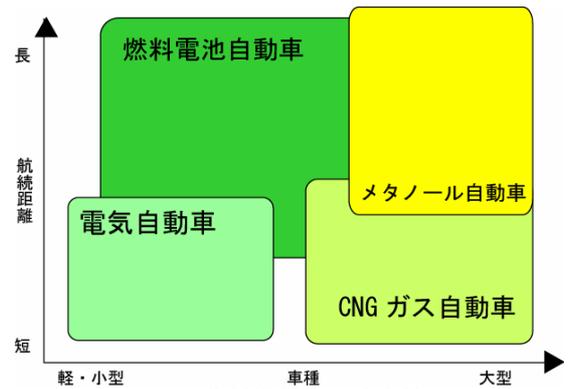


図 - 2 代替燃料車の適応範囲

車の買い替え台数と仮定し、それが全てハイブリッド自動車であるとして普及率を算出する。「ハイブリッド普及停滞シナリオ」では、国土交通省が発表した2000年から2003年までの低燃費車普及率の推移<sup>4)</sup>が2020年までそのまま続くものとする。「ハイブリッド・低燃費自動車共存シナリオ」では、上述した2つのシナリオの中間値を設定する。作成したシナリオによるCO<sub>2</sub>削減率(台キロあたり)の見積もりを表-1に示す。

#### (2) 長期(2050年)技術トレンドシナリオ

2050年には、新規インフラを伴う代替燃料自動車が増え普及すると考えられ、既存インフラを用いる代替燃料自動車、新規インフラを用いる代替燃料自動車、双方の普及についての検討が必要である。新規インフラを用いる4種類の代替燃料自動車の適応範囲を図-2に示す。この図から、メタノール自動車およびCNG自動車は大型乗用車向きであること、電気自動車は可能走行距離が短いことから広く普及するには難がある。このため本研究では、代替燃料自動車として燃料電池自動車を取り上げてシナリオ作成を行う。

長期においても3種類のシナリオを作成する。全ての乗用車が燃料電池自動車に変わり、ガソリンを燃料に用いる乗用車は存在しない「燃料電池自動車大量普及型シナリオ」、燃料電池自動車の普及が全く普及しないと想

表 - 1 短期(2020年)技術シナリオ

シナリオ	普及率			CO <sub>2</sub> 削減率 (2000年比台キロあたり)
	ハイブリッド	低燃費	それ以外	
ハイブリッド大量普及	83%	17%	-	43.4%
ハイブリッド普及停滞	1%	55%	44%	5.7%
ハイブリッド・低燃費自動車共存	42%	45%	13%	29.2%

表 - 2 長期(2050年)技術シナリオ

シナリオ	普及率			CO <sub>2</sub> 削減率 (2000年比台キロあたり)
	燃料電池	ハイブリッド	低燃費	
燃料電池自動車大量普及	90%	8%	2%	62.8%
ハイブリッド中心	-	55%	44%	49.4%
ハイブリッド・燃料電池自動車共存	42%	45%	13%	56.2%

定した「ハイブリッド自動車中心シナリオ」、両シナリオの中間程度に普及する「燃料電池・ハイブリッド共存シナリオ」である。また「燃料電池自動車大量普及型シナリオ」についても中期技術シナリオで用いた買い替え台数を用いる。

作成したシナリオを表 - 2 に示す。この結果、燃料電池自動車大量普及シナリオでは技術施策(EST1)のみで62.8%のCO<sub>2</sub>排出量削減が可能となる。ただし、乗用車の走行キロが増加すれば、この削減量は相殺されることになる。

#### 4. 市区町村別CO<sub>2</sub>排出量モデルの構築

各市区町村のCO<sub>2</sub>排出量推計モデルは、松橋ら<sup>5)</sup>による推計モデルを参考とし、式(1)のように定式化する。

$$E_i = e \cdot O_i \cdot R_i \cdot P_i \quad (1)$$

このとき、 $i$ : 地域  $E$ : CO<sub>2</sub>排出量  $e$ : 排出係数  $P$ : 人口  
 $O$ : 乗用車保有率  $R$ : 1台あたり走行距離

ここで乗用車保有率 $O$ と1台あたり走行距離 $R$ については後述するモデルから推計し、排出係数 $e$ は3章の技術シナリオを用いる。人口 $P$ は国立社会保障・人口問題研究所が推計した値<sup>6)</sup>を用い、それらに乗じることで、市区町村別CO<sub>2</sub>排出量を推計する。

##### (1) 乗用車保有率モデル

乗用車保有率モデルは、核都市とその周辺都市からなる広域都市圏の定義<sup>7)</sup>を取り入れた構成とするとともに、全国の乗用車保有率を別途推計しておき、それをコントロールトータルとして値の調整を行う。モデルの構造を図 - 3 に示す。

まず、核都市について、1人当たり道路長、生産可能年齢人口、駅ダミー、DID 人口密度を説明変数とするコブ・ダグラス関数のモデルを構築し、2000年時点での各変数の変化による乗用車保有率を定式化する。次に周辺都市は生活基盤の一部を核都市に依拠することから、乗用車の保有行動、利用行動において核都市の影響が見られる。したがって、核都市の保有率を基本に、自身の都市構造によってその値を補正する、という構造とする。さらに非都市圏においては、習慣などのよりミクロな影響が大きいいため、本研究では、2000年の値をそのままのものとする。

最後に、時系列での全国推計値との整合を図るために、国土交通省<sup>8)</sup>による乗用車保有台数の推計データを用い、その結果と前出のモデルでの推計結果の全国合計値の比を用いて各市区町村の値を割り戻す。

##### (2) 走行距離モデル

乗用車1台あたり走行距離についても、乗用車保有率

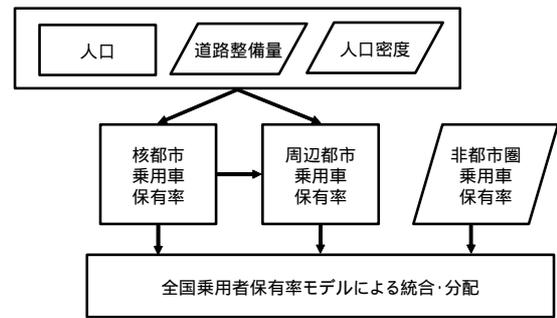


図 - 3 乗用車保有率モデルの構造

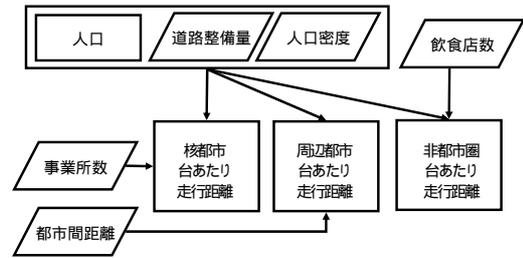


図 - 4 乗用車走行距離モデルの構築

と同様に核都市と周辺都市、非都市圏の3つに分けたモデルを構築する。図 - 4 にモデルの構造を示す。

関数はコブ・ダグラス型とし、説明変数として道路延長、駅数、人口密度をモデルに組み込む。加えて基幹産業の集まった核都市ではその産業規模が乗用車走行距離に大きく影響するため、説明変数に人口あたり事業所数を組み込む。また、周辺都市においては核都市への直線距離を、非都市圏においては身近な外出機会の密度を示すものとして1人当たり飲食店数を考慮する。

#### 5. 市区町村別CO<sub>2</sub>削減目標の設定と都市域コンパクト化による削減量の見積もり

##### (1) シナリオの設定

表 - 3 のように、本研究ではBAU シナリオ、EST2の施策としてはコンパクト化シナリオの2つを仮定する。

表 - 3 設定したシナリオ

シナリオ名	人口密度	可住地面積	施設整備量
都市域拡大型シナリオ(BAU)	人口増加地域は一定だが、人口減少地域は可住地面積に従う	人口増加地域は人口密度に従い、人口減少地域は一定	変化なし
コンパクト化シナリオ	人口増加地域は増加比に従い、人口減少地域は一定	人口密度に従う	可住地面積に従う

本研究では、産業構造は一定と考え、事業所数は人口の増減に伴って、比例的に変化すると設定する。

##### (2) パラメータ推定

乗用車保有率モデル、走行距離モデルのパラメータを、2000年の3087市区町村のデータを用いて推定した。表 - 4、表 - 5 にその結果を示す。

表 - 4 乗用車保有率モデルのパラメータ推定結果

核都市					
説明変数		DID人口密度	生産年齢人口割合	一人あたり道路長	鉄道駅ダミー
パラメータ	1	2	3	4	5
推定値	2.30	-0.47	1.26	0.14	-0.09
t値	1.98	10.06	4.22	5.17	2.45
修正済みR <sup>2</sup> 値	0.86				

周辺都市				
説明変数		可住地人口密度	一人あたり道路長比率	生産年齢人口割合
パラメータ	0	1	2	3
数値	-4.31	0.06	0.17	0.94
t値	24.15	11.54	33.92	19.39
修正済みR <sup>2</sup> 値	0.52			

表 - 5 走行距離モデルのパラメータ推定結果

説明変数	核都市		周辺都市		非都市圏	
	数値	t値	数値	t値	数値	t値
定数項	2120	17.9	24200	36.3	10136	41.3
可住地人口密度[人/km <sup>2</sup> ]	-0.625	20.2	-0.787	59.8	-0.257	10.6
駅数[ヶ所]	-0.004	4.40	-0.007	2.63	-	-
道路実延長[km]	0.713	17.9	0.922	52.2	0.293	8.57
飲食店数[ヶ所/人]	-	-	-	-	-0.699	25.6
都市間距離[km]	-	-	0.051	2.38	-	-
一人あたり事務所数[ヶ所/人]	0.377	6.80	0.087	1.87	0.668	12.2
サンプル数	137		1662		1288	
修正済み決定係数	0.870		0.853		0.768	

(3) 各シナリオにおける削減量の見積もり

BAU シナリオによる排出量から、EST1による削減量を差し引いた値と2章での削減目標値との差が、交通・空間構造改変施策(EST2)による必要削減量と考えられる。

分析の結果、EST1 はそれだけでかなりの削減効果があるため、もともと公共交通利用の多い地域では目標削減量に達している地域も見られる。その一方で、地方都市では技術革新による CO<sub>2</sub> 削減量が自動車利用の増加によって相殺されている地域も多い。

次に、EST1 に加え、都市域のコンパクト化を行った際の削減量を見積もる。図 - 5 に 2050 年での複合シナリオの結果を示す。BAU と比較して、都市域のコンパクト化はおおよそ、2020 年次に 20%、2050 年次には 30% を超える削減効果があり、その結果 EST1 におけるどのシナリオについても全体の削減目標が達成可能であることが示された。市区町村別では、非都市圏において、一部達成不可能な地域が見られるが、大都市部においての削減量によって補うことが可能であることが分かった。また、地域別に見ると、北海道、北関東、および東海地域において排出量が大きく、都市域コンパクト化による効果が高い地域は、人口密度が低く今後も人口の急増が考えにくい大都市近郊の周辺都市であることも確認できた。

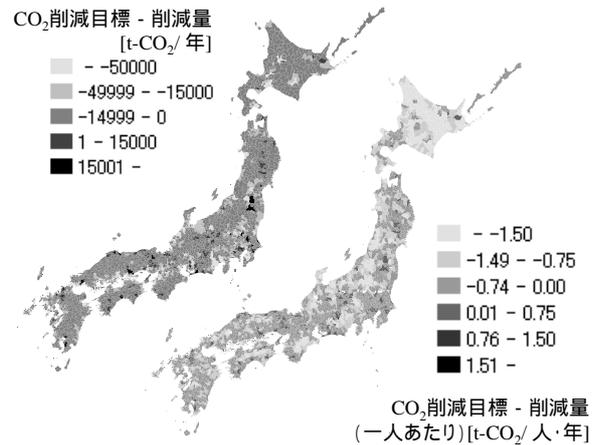


図 - 5 2050 年 CO<sub>2</sub> 必要削減量 (ハイブリッド中心シナリオの場合)

5. 結論

本研究では、市区町村別 CO<sub>2</sub> 排出量推計モデルを用い、2050 年までの全国市区町村の乗用車 CO<sub>2</sub> 排出量の値を算出した。その結果、全国的に大きな増加が見られ、技術施策だけで「2050 年に 1990 年比 50%削減」を達成することは困難であることがわかった。次に全国の削減目標量を各市区町村に配分し、都市のコンパクト化を実施した場合の削減効果を推計したところ、日本全体で中長期に渡り 15 ~ 30% 程度の削減効果があることが分かった。

今後は、1) モデルの精査を行い、2) 公共交通の利用や CO<sub>2</sub> 排出量を明らかにするモデルの構築、及びモーダルシフト施策の効果を分析するための、3) 交通機関分担率モデルの構築を行っていく予定である。

謝辞

本研究は、環境省地球環境研究推進費 S-3-5「技術革新と需要変化を見据えた交通部門の CO<sub>2</sub> 削減中長期戦略に関する研究」を受けて実施した。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 国立環境研究所「脱温暖化2050プロジェクト」, URL: <http://2050.nies.go.jp/index.html>
- 2) OECD: OECD Guidelines Towards Environmentally Sustainable Transport, 2002
- 3) 日本自動車工業会, クルマと環境, URL: <http://www.jama.or.jp/eco/>
- 4) 堀洋一: 電気自動車の技術動向, 平成9年電気学会全国大会, No.S.14-1, 1997
- 5) 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一: 市区町村の運輸部門 CO<sub>2</sub> 排出量の推計手法に関する比較研究, 環境システム研究論文集 Vol.32, pp235-242, 2004
- 6) 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 - 平成12(2000) ~ 42(2030)年, 2004
- 7) 金本良嗣, 徳岡一幸: 日本の都市件設定基準, 応用地域学研究, No.7, 1-15, 2002
- 8) 国土交通省: 交通需要推計検討資料, 2002 <http://www.mlit.go.jp/road/kanren/suikui/juyou.html>