

環境負荷の少ない都市・国土構造に関する研究

～都市・国土構造とCO<sub>2</sub>排出量の関係について～

2002年10月

国土交通省国土交通政策研究所

研究調整官 桐山 孝晴

研究官 片岡 孝博

前研究官 権藤 公貴

## はじめに

我々は、日々の生活において、エネルギーの消費や汚染物質の排出等、様々な環境負荷を発生させているが、地球環境の有限性が認識されるようになった今日、これからも持続可能な発展をしていくためには、全ての国民が環境負荷の排出をできるだけ少なくするように努めなければならない。

国土交通省においては、これまでも良好な環境の保全・形成に資する施策を強力に実施しているところであるが、環境負荷のより少ない社会を実現していくためには、広く都市・国土構造の観点からの施策が重要である。

そのため、本研究においては、環境負荷の排出の実態を把握するとともに、土地利用や社会資本整備のあり方を含めて、環境負荷を少なくするための様々な施策の効果を、理論的かつ実証的に計測可能なモデルの構築を行い、当該モデルを用いたシミュレーション分析を実施することにより、環境負荷の少ない都市・国土構造のあり方の検討に資することを目的としている。

環境負荷の項目としては、大気、水質、土壌、廃棄物等、様々な種類があるが、本研究においては、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を対象とした。これは、京都議定書の発効を目前に控え、地球温暖化対策が喫緊の課題となっていること、他の環境負荷項目と比べて排出源が多様であり、それゆえに対策の内容が幅広いこと、中長期的観点から継続的に対策を講じていく必要があること、等による。

本研究は、全国レベルにおいてCO<sub>2</sub>排出の実態を把握することと、都市レベルにおいて施策効果の分析をすることと、大きく2つの研究内容から構成される。

「第 部 全国における地域別CO<sub>2</sub>排出量の比較分析」においては、全国を地方生活圏に基づいて地域区分し、地域別に民生(家庭、業務)、運輸(自動車、鉄道)等の部門ごとにCO<sub>2</sub>排出量を推計するとともに、1人あたりのCO<sub>2</sub>排出量と気温や人口密度等の地域特性との関係を分析した。また、全国の人口配置パターンを変えた分析を行うことにより、環境負荷の少ない国土構造に関する検討を行った。

「第 部 都市圏環境負荷排出モデルを使用した施策効果の定量分析」においては、仙台都市圏を対象として、交通行動モデルおよび民生エネルギー消費モデルをベースとしたCO<sub>2</sub>排出モデルを構築し、都市構造施策、交通施策、民生施策のシナリオに基づくシミュレーション分析を行い、CO<sub>2</sub>排出削減効果を定量的に評価した。

本研究の実施にあたっては、「環境負荷の少ない都市・国土構造に関する研究会」を設置し、下記の先生方にご指導いただいた。

- 花木 啓祐(東京大学工学系研究科都市工学専攻教授)
- 秋澤 淳(東京農工大学生物システム応用科学研究科助教授)
- 兵藤 哲朗(東京商船大学流通情報工学課程助教授)
- 森本 章倫(宇都宮大学工学部建設学科助教授)

また、交通行動モデルの改良にあたっては、吉田朗先生（東北芸術工科大学環境デザイン学科助教授）にご指導いただいた。  
ここに記して感謝の意を表します。

平成14年10月

国土交通省国土交通政策研究所

研究調整官 桐山 孝晴

研究官 片岡 孝博

前研究官 権藤 公貴

# 本研究の概要

## 第 部 全国における地域別 CO<sub>2</sub>排出量の比較分析

地球温暖化問題の主要因であるCO<sub>2</sub>の排出削減に向けて、CO<sub>2</sub>の排出が少ない都市づくり、国土づくりが求められているところであるが、そもそもどのような都市、国土がCO<sub>2</sub>の排出が少ないのかについては、これまで必ずしも明らかにされていない。CO<sub>2</sub>の排出が少ない都市、国土について、客観的データを用いて定量的に表現するためには、地域別にCO<sub>2</sub>の排出実態を明らかにするとともに、地域特性との関連を分析する必要がある。

しかしながら、CO<sub>2</sub>排出量の実態については、全国を1つの単位として推計した例や地方公共団体が独自に自らの地域について推計した例は多く見られるものの、全国レベルで地域別にCO<sub>2</sub>排出量を推計したものはほとんど見当たらない。したがって、全国レベルで地域別にCO<sub>2</sub>を推計し、それを分析することは、CO<sub>2</sub>の排出が少ない都市のあり方を明らかにするために大変意義のあることである。また、全国的な人口分布とCO<sub>2</sub>排出量の関連を分析することは、CO<sub>2</sub>の排出が少ない国土を考察するために有効であると考えられる。

そこで、本研究においては、現在のエネルギー消費量からみた地域別のCO<sub>2</sub>排出量を全国レベルで把握した上で、地域特性との関連を分析するとともに、将来の人口分布の変化を考慮したCO<sub>2</sub>排出量の予測を行なった。

### 1. 地域別 CO<sub>2</sub>排出量の推計方法

全国における地域別CO<sub>2</sub>排出量を推計するにあたり、「部門区分・地域区分」を行い、地域別に部門ごとのエネルギー消費量を積上げ、積上げたエネルギー消費量を「環境省ガイドライン排出係数」にしたがってCO<sub>2</sub>に換算し、地域別CO<sub>2</sub>排出量を推計した。推計に使用したデータセットとしては公表性・継続性などをふまえ、既存の統計データを中心に利用した。また、より細かな地域区分データを得るために、電力会社等からデータ提供をいただいた。各部門区分と地域区分は以下の通りとした。

#### 部門区分

本調査では、国土交通施策と関連の強い民生・運輸の2部門を対象とし（一般廃棄物は別途推計）、それぞれの部門をさらに詳細に区分するとともに対象となるエネルギー種類を設定した。

対象エネルギー

部門		エネルギー種類
民生	家庭	電力、都市ガス、灯油、LPG
	業務	電力、都市ガス、灯油、LPG、A重油
運輸	自動車	ガソリン、軽油
	鉄道	電力、軽油
	船舶	A重油
	航空	ジェット燃料油、航空ガソリン

## 地域区分

地域区分は基本的に「地方生活圏」別とした。

## 推計方法

本推計では、下表に示すとおり地方生活圏ごとにエネルギー消費量を算出した後に、「環境省ガイドライン排出係数」に従ってCO<sub>2</sub>排出量に換算した。

エネルギー消費量の推計方法

電力・ガス	電力・ガス会社「営業所別エネルギー消費量」を「世帯数・従業者数」で按分し、対象地方生活圏のエネルギー消費量を算出。
LPG・灯油 A重油	「LPG・灯油・A重油消費原単位（/世帯数・床面積）」に「世帯数・床面積・従業者数等」を乗じ、対象地方生活圏のエネルギー消費量を算出。
自動車	「全国9ブロック別 ガソリン・軽油消費量」を「自動車走行台キロ」で按分し、対象地方生活圏のエネルギー消費量を算出。
鉄道	「鉄道会社別 電力・軽油消費量」を「列車キロ」で按分し、対象地方生活圏のエネルギー消費量を算出。

## 2.算定結果及び分析

上記でおこなった部門区分別・地域区分別にCO<sub>2</sub>排出量を推計し、それぞれの部門ごとに1人あたりCO<sub>2</sub>排出量を算出、全国の地方生活圏ごとのデータセットを作成し、各地域の分布状況を図示した上、分布傾向や特徴を分析した。

また、このデータセットを基に、1人あたりCO<sub>2</sub>排出量について各地域における地域特性（人口規模・世帯要因・平均気温等）がどのように関係しているかを定量的に分析した。分析手法としては、部門ごとに全ての説明変数をもって相関を調べ、重回帰分析を行なった。そして、t値による信頼性等から説明変数を選択し、各部門ごとに回帰式を作成した。

## 3.分析結果

上記分析を各部門ごとに実施した。その結果の一例として、民生（家庭）と運輸（乗用車）の分析結果を次に示す。

民生（家庭） 「気温・世帯人員・戸建住宅比率」に高い相関が得られた。これらの変数で重回帰分析を行った結果から、「気温が高い・戸建住宅比率が低い・世帯人員が多い」ほど1人あたりCO<sub>2</sub>排出量が少なくなることが分かった。

運輸（乗用車） 「1人あたり乗用車保有台数・休日平日交通量比・1人あたりサービス業事業所数・DID人口比率」に高い相関が得られた。これらの変数で重回帰分析を行った結果から、乗用車の保有状況や経済活動の影響の他、DIDに人口が集中しているほどCO<sub>2</sub>排出量が少なくなることが分かった。休日平日交通量比は、観光客数と関係があると考えられ、観光地はCO<sub>2</sub>排出量が多い傾向にある。

その他の部門の分析については、本文にて詳しく記載するものとする。

#### 4. 将来の人口配置とCO<sub>2</sub>排出量の予測

将来における全国の人口配置の違いによるCO<sub>2</sub>排出総量を推計することで、国土構造とCO<sub>2</sub>排出量との関係を分析した。将来（2025年）における全国の人口配置は、国立社会保障・人口問題研究所の『都道府県の将来推計人口（平成14年3月推計）』に基づいて、次に示す3つのケースを設定した。

- ・ 現状維持ケース・・・全国の地方生活圏で一律の変化
- ・ 基本ケース・・・都道府県別の推計値を使用  
（同一都道府県内の地方生活圏は一律の変化）
- ・ 趨勢ケース・・・地方生活圏別に1995年～2000年の変化が継続  
（都道府県別人口は、都道府県別推計値にあわせる）

地方生活圏別の1人あたりCO<sub>2</sub>排出量は、現状のまま変化しないという仮定の下、3つのケースで将来のCO<sub>2</sub>排出総量を推計したところ、趨勢ケースが最も少なく、次いで基本ケース、現状維持ケースの順となった。一般に人口密度が高く、民生・運輸部門においてエネルギー効率の高い都市部においては、1人あたりのCO<sub>2</sub>排出量が少ない傾向にあり、都市部へより多くの人口を配置することが全国のCO<sub>2</sub>排出総量を少なくすることがわかった。

## 第 部 都市圏環境負荷排出モデルを使用した施策効果の定量分析

都市における環境負荷（ここではCO<sub>2</sub>）の排出量を削減することを目的として、各種の施策が実施されているが、各施策を実施することによりどの程度の効果があるのかについては、必ずしも定量的に明らかにされていない。都市レベルの施策は単体施策と比べて効果を定量的に表現することは難しく、これまでは定性的に効果が語られることが多かったが、限られた財源の下で有効な施策を選択し、実施していくためには、都市レベルの施策についてもその効果を定量的に明らかにしていくことが必要である。

そこで、本研究においては、実存する都市のデータを用いて都市圏環境負荷（CO<sub>2</sub>）排出モデルを構築し、都市構造、交通、民生の各施策を実施した場合のCO<sub>2</sub>排出量についてシミュレーション分析を行い、その効果を定量的に分析した。

### 1. 対象都市の選定

対象都市の選定にあたっては、以下の条件を考慮した。

軌道をはじめとする公共交通機関が発達しており、公共交通利用促進施策の効果が得られやすいこと。

周辺都市と連たんして巨大都市圏を形成することなく、独立した都市圏であること。  
（対象都市圏が巨大であるとTDM等の施策効果が評価しにくいいため。）

地形や気候が特殊でないこと。

パーソントリップ調査等のデータが入手可能であること。

以上の条件を満たす都市として、ここでは、仙台都市圏を対象とすることとした。

仙台都市圏の範囲は、『仙台都市圏パーソントリップ調査（1997年）』の対象地域である20市町村とした。なお、目標年次は2020～2030年とした。

### 2. 環境負荷削減施策

検討の対象とした環境負荷削減施策は、以下のとおりである。

#### (1) 都市構造施策

夜間人口を都心に呼び戻し、職住近接を図る施策として、「都心居住型都市構造」について、従業人口を都心から副都心に分散させる施策として、「副都心型都市構造」について検討を行った。

#### (2) 交通施策

公共交通の利用を促進させる施策として、

- ・鉄道のサービス水準（時間、料金等）の向上
- ・バスのサービス水準（時間、料金等）の向上
- ・郊外駅におけるパーク&ライド

自動車交通を抑制する施策として、

- ・ 都心における駐車容量の削減
  - ・ 都心におけるロードプライシング
- 自動車交通を円滑化する施策として、
- ・ ボトルネックの解消
- 等について検討を行った。

### (3) 民生施策

- 住宅への施策として、
- ・ 集合住宅への住み替え
  - ・ 断熱化対策
- 業務施設への施策として、
- ・ コージェネレーション
  - ・ 地域冷暖房
- 等について検討を行った。

## 3. CO<sub>2</sub>排出モデル

CO<sub>2</sub> 排出モデルの構築にあたっては、都市構造を共通の基盤とした上で、交通行動モデルおよび民生エネルギー消費モデルをベースとして、交通部門、民生部門それぞれのCO<sub>2</sub> 排出モデルを構築した。

### (1) 交通部門CO<sub>2</sub>排出モデル

交通部門CO<sub>2</sub>排出モデルの構築にあたっては、『仙台都市圏パーソントリップ調査(1997年)』の交通行動モデルをベースとして交通需要を推計した上で、CO<sub>2</sub>排出原単位を掛け合わせた。

仙台都市圏内は、236のゾーンに区分した。交通ネットワークは、現況のネットワークに、道路は現段階で事業の見通しがある道路(約150km)を、鉄道は地下鉄東西線(約14km)を追加した。

CO<sub>2</sub> 排出原単位は、自動車については『道路投資の評価に関する指針(案)』に示されている車種別走行速度別の原単位を、鉄道についてはCOP3で使用された原単位(5g-C/人扣)を使用した。

### (2) 民生部門CO<sub>2</sub> 排出モデル

民生部門CO<sub>2</sub> 排出モデルの構築にあたっては、民生部門エネルギー消費実態調査に基づき、世帯あたりまたは床面積あたりのCO<sub>2</sub> 排出原単位を設定し、それに都市活動量を示す世帯数、床面積等を掛け合わせて積み上げた。仙台都市圏内は、町丁字別の1830のゾーンに区分した。

住宅については、世帯あたりの床面積を同じとした上で、戸建て/集合別に世帯人員別に世帯あたりの原単位を設定した。業務施設については、業種別に床面積あたりの原単位を設定した。

#### 4. シミュレーション結果

##### (1) 交通部門CO<sub>2</sub> 排出削減効果

将来の都市構造間の比較では、都心居住型は趨勢型と比べてトリップ長が短くなり、交通手段も自動車、鉄道から徒歩・二輪へ移行することから、CO<sub>2</sub> 排出量は2.0%減少する。一方、副都心型は趨勢型と比べて通勤トリップ長はやや短くなるものの、業務トリップ長が長くなるとともに、自動車トリップ数が増加するため、CO<sub>2</sub> 排出量は2.1%増加する。

将来の趨勢型都市構造の上で、交通施策を実施した場合、鉄道サービス水準の向上が4.9%減、駐車容量の削減1.7%減、バスサービス水準の向上1.6%減、ロードプライシング0.3%減となった。ボトルネック解消は、都心部の混雑緩和効果は見られたものの、自動車トリップ数を増大させ、パーク&ライドは、代表交通手段は自動車から鉄道へ移行するものの、端末交通手段として自動車の利用が増大するため、単独の施策としてはともにCO<sub>2</sub> 排出削減効果はみられなかった。しかし、これらの施策も、鉄道・バスのサービス水準向上等の施策と組み合わせることによって、削減が可能である。都心居住型、副都心型の都市構造においても、各交通施策の効果はほぼ同様であった。

##### (2) 民生部門CO<sub>2</sub> 排出削減効果

将来の趨勢型都市構造の上で、民生施策を実施した場合のCO<sub>2</sub> 排出削減効果は、住宅の断熱化対策で6.1%減、コジェネレーションの導入で0.6%減、地域冷暖房の導入で0.8%減となり、絶対数の多い住宅への対策の効果が大きかった。

都心居住型都市構造とし、集合住宅への住み替えを促進した場合の効果は、3.0%減であった。これと組み合わせて民生施策を実施すれば、上記とほぼ同様の効果を追加することができる。

# 目 次

## 第 部 全国における地域別 CO<sub>2</sub> 排出量の比較分析

第 1章 研究の目的と構成	
1.1 研究の目的	1
1.2 研究の構成	2
第 2章 推計対象の整理	
2.1 対象部門	3
2.2 対象エネルギー種類	6
2.3 地域区分	9
第 3章 推計方法(手順)の整理	
3.1 民生部門	10
3.2 運輸部門	29
3.3 廃棄物部門	39
3.4 推計に用いた統計資料等	43
第 4章 推計結果の整理	
4.1 概要	45
4.2 民生部門	46
4.3 運輸部門	50
4.4 廃棄物部門	61
4.5 (参考)産業部門	63
第 5章 地域特性との関連分析	
5.1 分析の考え方	64
5.2 回帰分析とその考察	66
第 6章 将来における排出量の推計	
6.1 将来推計の考え方	82
6.2 将来人口推計	84
6.3 将来推計結果	88
第 7章 まとめ	
7.1 まとめ	90
7.2 今後の課題	90

## 第 部 都市圏環境負荷排出モデルを使用した施策効果の定量分析

第 1章 研究の目的と内容	
1.1 研究の目的	93
1.2 研究内容	93
第 2章 対象都市圏の設定	
2.1 対象都市圏の設定	95
2.2 対象都市圏の概要	95
第 3章 施策の整理	
3.1 対象施策の考え方	103
3.2 都市構造施策	104
3.3 交通施策	105
3.4 民生施策	107
第 4章 交通部門CO <sub>2</sub> 排出モデルおよびシミュレーション	
4.1 モデルの概要	108
4.2 シナリオ設定	123
4.3 シミュレーション結果	140
第 5章 民生部門CO <sub>2</sub> 排出モデルおよびシミュレーション	
5.1 モデルの概要	176
5.2 シナリオ設定	181
5.3 シミュレーション結果	299
第 6章 まとめ	
6.1 まとめ	201
6.2 今後の課題	204
【参考文献】	207
付 録 1.研究会の開催経緯	209
2.全国の地域別CO <sub>2</sub> 排出量	211