

地球温暖化対策が地域大気環境に及ぼす 副次的効果に関する研究

島田 幸司¹・溝口 真吾²・松岡 譲³

¹工修 京都大学大学院工学研究科 (〒606—8501 京都府京都市左京区吉田本町)

²京都大学大学院工学研究科 (〒606—8501 京都府京都市左京区吉田本町)

³正会員 工博 京都大学大学院工学研究科 (〒606—8501 京都府京都市左京区吉田本町)

筆者らは、地球温暖化対策による大気汚染物質の排出削減量を推計する副次的効果推計モデル(ALICE)を開発し、このモデルをある地方公共団体に適用した。その結果、対策を講ずることにより、2010年で参照ケースより最大で23%の二酸化炭素(CO₂)排出量が削減され、副次的に窒素酸化物(NO_x)および粒子状物質(PM)の排出量が11~12%削減されること、鉄鋼業の自主行動計画やハイブリッド自動車の導入などが、CO₂、NO_xに対する顕著な排出削減効果を有すること、交通部門においては温暖化対策を強化してCO₂排出量を削減しても、PMでは同様の排出削減効果が得られないこと、などが明らかになった。

Key Words : greenhouse gases, air pollutants, ancillary effects, integrated policy

1. はじめに

地球温暖化対策については、1997年12月に京都議定書が採択されたことを契機に、わが国で地球温暖化対策推進法の制定や省エネルギー法の強化などが実施され、また、世界的にも再生可能エネルギーの導入加速化や低燃費自動車の開発競争が進められるなど、国内外での取組は始まりつつある。他方、2000年12月にハーグで開催された第6回締約国会合(COP6)では議定書実施のための詳細規則の合意に至らず、交渉が継続されることになったが、本格的な対策実施に向けての歩みは遅いといわざるを得ない。

その原因としては、地球温暖化対策に要する費用負担やこれに起因する経済への負の影響に対する懸念が対策実施による恩恵への認識を上回っていること、これまでの環境問題では地方公共団体による現場レベルでの対策実施が問題解決への原動力となってきたが、地球温暖化問題については対策実施の動機付けがそのレベルまで浸透していないこと、などがあげられる。

そこで本研究では、経済的な負の影響が大きいと考えられている地球温暖化対策の副次的な便益を定量化し、当該対策実施の根拠を強化しようとする国際的な研究動

向をレビューしたうえで、窒素酸化物、粒子状物質等大気汚染物質の排出削減にも繋がりを有する地球温暖化対策の副次的な効果を定量的に推計するモデルを開発する。さらにこのモデルを実際の地域に適用し、副次的効果に関する各種の分析を試みることにより、地球温暖化対策と大気環境対策を統合した総合的政策を推進するための基盤形成に資することを目的とするものである。

2. 既往の研究動向と本研究の位置付け

(1) 地球温暖化対策の副次的効果に関する議論

地球温暖化対策には莫大な費用を要するなどの理由から、本格的対策への着手に踏み切れないという世界的な現状を前向きなものに変えていく道筋のひとつとして、当該対策が大気汚染、交通等の分野で相当の副次的便益をもたらすことを定量化し、政策決定者などに示していく方向が模索されている。このような便益を概念的に分類すると、1)地球温暖化対策が他の分野に与える便益、2)大気汚染対策のような他分野での対策が地球温暖化緩和に与える便益、3)統合的な観点からみた地球温暖化対策と他分野の対策の費用と便益、の3つに大別できる。一般

表-1 地球温暖化対策の副次的効果に関する既往の推計

地域区分	研究機関・プロジェクト	対象地域 (対象部門)	シナリオ・ケース	推計年	排出削減率 (対参照ケース%)			
					CO ₂	SO ₂	NO _x	PM
欧州	ノルウェー統計庁研究部 ¹⁾	西欧9ヶ国	エネルギー税 (3~4 ^m /バレル)	2000	9.4~9.7	7.4~9.3	6.2~6.4	-
	EC委員会 ²⁾	欧州19ヶ国	炭素税(15.4ユーロ/石油換算 ¹⁾)・排出権取引の組合せ	2008~2012	10.1~10.4	15.5~16.6	8.5~8.9	4.6~4.8
北米	未来資源研究所 ³⁾	米国メリーランド州 (電力)	社会的費用を勘案した施設整備	2008	49	99	73	90
	未来資源研究所 ⁴⁾	米国 (電力)	炭素税率を変化	2010	CO ₂ , NO _x とも増税率と同様に削減率上昇			
	David Suzuki財団 ⁵⁾	カナダ (交通・発電・住宅)	燃料転換・省エネ等総合対策	2010	(温室効果ガスで)9	9	7	1
中国	慶應義塾大学 ⁶⁾	北京市 (熱供給部門)	高効率石炭ボイラの導入	1996年実績との比較	20.6	30.8	-	-
	国際気候環境研究センター ⁷⁾	山西省 (石炭燃焼)	ボイラ改良 洗炭	最新年	17	17	-	17
世界	OECD ⁸⁾	OECD諸国	炭素税(60 ^m /炭素 ¹⁾)	2010	12	13	10	-

的に1)および2)を副次的便益(ancillary benefits), 3)を共通便益(co-benefits)と称しており, 本研究では, 1)の分類に該当する便益, 具体的には燃焼起因の二酸化炭素(以下, CO₂と記す。)排出削減対策の, 同じく燃焼から発生する窒素酸化物(以下, NO_xと記す。)や粒子状物質(以下, PMと記す。)に対する排出削減効果を推計するものである。また本研究では, 最終的な貨幣価値ではなく, そのベースとなる削減量を推計することから, これらを「副次的便益」ではなく「副次的効果」と呼ぶこととする。以下に本研究と同様の大気汚染に関する副次的効果を推計した既往の研究を概観し, 本研究の位置付けを明確化する。

(2) 大気環境改善に関する副次的効果の推計例

欧州, 北米, 中国, あるいは世界全体を対象とした地球温暖化対策の副次的効果, すなわち二酸化硫黄(以下, SO₂と記す。), NO_x, PMに対する排出削減効果に関する既往の推計結果を概括すると表-1のようになる。ここでは, 2010年前後の副次的効果の推計結果を中心に整理した。

前提条件や想定した対策内容はまちまちであるが, 国や地域の発生源全体を対象とした研究では, 何ら対策を講じない参照ケースからCO₂排出量を1割程度削減する地球温暖化対策を講ずることにより, SO₂についてはCO₂と同程度かそれ以上の排出削減率が示され, NO_xではCO₂を若干下回る率の排出削減率, また, PMではこれの半分かそれ以下の排出削減率となっている。

(3) 本研究の位置付け

上述したように既往の研究は, 炭素税などマクロ施策を導入した場合のSO₂やNO_xの排出総量の低減に係る副次的効果を推計しているものか限定的な分野における副次的効果の簡易な推計がほとんどであり, ある地域全体における副次的効果とそれをもたらした地球温暖化対策

別の副次的効果の発現状況を同時に分析するところまでは及んでいない。

一方, わが国では, 地球温暖化対策と大気環境対策の統合についての関心は低く, 当面の課題としては, 温室効果ガスと大気汚染物質の統合目録システムを整備し, これを基礎とした推計ツールを開発することにより, 日本全国や地方公共団体レベルでの副次的効果を対策別の特徴も含めて具体的に推計することが急務であろう。

そこで本研究では, 上記の統合目録システム整備を念頭におきつつ, 地球温暖化対策の副次的効果推計モデルALICE (Ancillary-effects estimating model for Local governments to Improve their Comprehensive Environment)を開発した。さらにこのモデルを大都市圏を抱える地域に適用し, 当該地域の地球温暖化対策推進計画を実施した場合の大気汚染物質の排出低減に及ぼす副次的効果を推計した。これらの検討を踏まえ, 地球温暖化防止と大気環境保全を統合した政策立案への本モデルの活用方を提示する。ここでの副次的効果の指標は, 我が国大都市の大気汚染状況を勘案してNO_xとPMの排出削減量とし, 個々の地球温暖化対策別の副次的効果分析やこれら効果発現の要因分析などにも言及する。

3. 地球温暖化対策の副次的効果推計モデル

本研究では, 地球温暖化対策の副次的効果推計モデルを開発した。開発にあたっては行政担当者による取り扱いが可能となるよう平易な入力画面を付加した。

まず本モデルにおける排出量推計式について記述する。ここで m はガス種, i は地域, j はサービス種, l は機種, 年式別のエネルギー機器類(投入エネルギーをサービスに変換するもの), k はエネルギー種, T_j はサービス種 j の l の集合, F はエネルギー種の集合を表す。サービス種とは冷暖房や照明のように, エネルギーを消費するこ

とによって提供されるサービスのことである。地域*i*、サービス種*j*からのガス*m*の排出量 $Q_{j,i}^m$ は式(1)で表される。

$$Q_{j,i}^m = \sum_{l \in I_j} \left(\Lambda_{l,i}^m \cdot X_{l,i} \left\{ \sum_{k \in F} C_{k,l}^m \cdot E_{k,l} \right\} \right) \quad (1)$$

ここで $Q_{j,i}^m$ は地域*i*、サービス種*j*からのガス*m*の排出量、 $\Lambda_{l,i}^m$ は地域*i*での機器類*l*のガス*m*の処理残存率（1-除去率）、 $X_{l,i}$ は地域*i*での機器類*l*の総運転量、 $C_{k,l}^m$ は機器類*l*にてエネルギー*k*を1単位消費したときに排出するガス*m*の量、 $E_{k,l}$ は機器類*l*を1単位運転するときに消費するエネルギー*k*の量を表す。ここで $\Lambda_{l,i}^m$ 、 $C_{k,l}^m$ 、 $E_{k,l}$ は、機器類*l*の年式を考慮した平均的な性能のことである。ただし本論文での計算例では、エネルギー機器を導入したのちに処理残存率を変更するケースはなかったので、脱硝や集じんの効果は $C_{k,l}^m$ に含めて考えることとし、 $\Lambda_{l,i}^m$ は1と取り扱っている。

一方、式(1)の $X_{l,i}$ は地域*i*でのサービス種*j*の需要量と密接に結びついている。地域*i*にて機器類*l*の1単位の運転によって供給されるサービス種*j*の供給量を $A_{j,l}$ とすると、地域*i*でのサービス種*j*の需要量 $D_{j,i}$ は式(2)で表される。 $A_{j,l}$ は、機器類*l*の年式を考慮した平均的な性能のことであるが、本論文では $A_{j,l}$ は時間によらず、基準年での値を使用した。

$$D_{j,i} = \sum_{l \in I_j} \Psi_l \cdot A_{j,l} \cdot X_{l,i} \quad (2)$$

ここで Ψ_l は機器類*l*のサービス供給効率である。

機器類*l*は、時間とともに退役、更新が行われる。計算開始年を*T*とし、地域*i*、年*t*に導入された機器類*l*の年*T*におけるストック量を $s_{l,i}^{T,t}$ とすると、年*T*における地域*i*、機器類*l*の総ストック量 $S_{l,i}^T$ は式(3)で表される。

$$S_{l,i}^T = \sum_t s_{l,i}^{T,t} \quad (3)$$

次に、地域*i*、年*t*に導入された機器類*l*の計算開始年の翌年*T+1*におけるストック量 $s_{l,i}^{T+1,t}$ は式(4)で表される。

$$s_{l,i}^{T+1,t} = s_{l,i}^{T,t} \cdot f_l(T-t) \quad (4)$$

ここで、 $f_l(T-t)$ は導入された後*T-t*年の機器類*l*が次年に生残する率を表す。

よって、年*T+1*、地域*i*、機器類*l*の新規参入量を $r_{l,i}^{T+1}$ とすると、年*T+1*における地域*i*、機器類*l*の総ストック量 $S_{l,i}^{T+1}$ は式(5)で表される。

$$S_{l,i}^{T+1} = \sum_t s_{l,i}^{T,t} \cdot f_l(T-t) + r_{l,i}^{T+1} \quad (5)$$

式(4)、(5)を繰り返し計算することで機器類のストック量の時間的変化を計算することができる。

機器類の性能は時間によって変化する。機器類のストック性能も時間によって変化する。ストック性能とはある機器類の性能を年式を通して平均化したものである。

機器類の性能には $\Lambda_{l,i}^m$ 、 $C_{k,l}^m$ 、 $E_{k,l}$ 、 $A_{j,l}$ があるが、上述のように $\Lambda_{l,i}^m$ 、 $A_{j,l}$ は一定としたことから、ここでは $C_{k,l}^m$ 、 $E_{k,l}$ について説明する。年*t*に導入された機器類*l*にてエネルギー*k*を1単位消費したときの排出ガス量を $c_{k,l}^{m,t}$ とすると、年*T*における機器類*l*の平均的な排出ガス量 $C_{k,l}^{m,T}$ は式(6)で表される。

$$C_{k,l}^{m,T} = \frac{\sum_t c_{k,l}^{m,t} \cdot s_{l,i}^{T,t}}{\sum_t s_{l,i}^{T,t}} \quad (6)$$

同様に年*t*に導入された機器類*l*を1単位運転したときのエネルギー*k*の消費量を $e_{k,l}^t$ とすると、年*T*における機器類*l*の平均的なエネルギー消費量 $E_{k,l}^T$ は式(7)で表される。

$$E_{k,l}^T = \frac{\sum_t e_{k,l}^t \cdot s_{l,i}^{T,t}}{\sum_t s_{l,i}^{T,t}} \quad (7)$$

式(6)から、年*T+1*に導入する機器類*l*の排出ガス量を $c_{k,l}^{m,T+1}$ とすると、年*T+1*における機器類*l*のストック量の平均的な排出ガス量 $C_{k,l}^{m,T+1}$ は式(8)で表される。

$$C_{k,l}^{m,T+1} = \frac{\sum_t c_{k,l}^{m,t} \cdot s_{l,i}^{T,t} \cdot f_l(T-t) + c_{k,l}^{m,T+1} \cdot r_{l,i}^{T+1}}{\sum_t s_{l,i}^{T,t} \cdot f_l(T-t) + r_{l,i}^{T+1}} \quad (8)$$

同様に式(7)から、年*T+1*に導入する機器類*l*のエネルギー消費量を $e_{k,l}^{T+1}$ とすると、年*T+1*における機器類*l*のストック量の平均的なエネルギー消費量 $E_{k,l}^{T+1}$ は式(9)で表される。

$$E_{k,l}^{T+1} = \frac{\sum_t e_{k,l}^t \cdot s_{l,i}^{T,t} \cdot f_l(T-t) + e_{k,l}^{T+1} \cdot r_{l,i}^{T+1}}{\sum_t s_{l,i}^{T,t} \cdot f_l(T-t) + r_{l,i}^{T+1}} \quad (9)$$

式(8)、(9)を繰り返し計算することで時間変化による機器類の平均的な性能を計算できる。

また、現状の総運転量は以下のように求める。年*T*、地域*i*、機器類*l*の運転率を表す係数を $\alpha_{l,i}^T$ とすると、年*T*における地域*i*、機器類*l*の総運転量 $X_{l,i}^T$ は式(10)で表すことができる。

$$X_{l,i}^T = \alpha_{l,i}^T \cdot S_{l,i}^T \quad (10)$$

本論文では $\alpha_{l,i}^T$ は*T*によらない係数とし、基準年での値を使用した。

なお、本モデルにおけるエネルギー消費原単位は、あるサービス種について1単位運転する際に必要なエネルギー量とする。また、地域*i*、サービス種*j*からのエネルギー消費量 $TE_{j,i}$ は式(11)で表される。

$$TE_{j,i} = \sum_{l \in I_j} \sum_{k \in F} E_{k,l} \cdot X_{l,i} \quad (11)$$

表-2 排出量推計年

部門	現状		将来
	基準年	最新年	目標年
産業	1989年	1996年	2010年
交通	1990年	1994年	2010年
家庭	1990年	1997年	2010年
業務	1990年	1997年	2010年

以上より、地域*i*、サービス種*j*のエネルギー消費原単位 $EF_{j,i}$ は、地域*i*、サービス種*j*からのエネルギー消費量を地域*i*でのサービス種*j*に係る総運転量で除することで求められる。これを式(12)に示す。

$$EF_{j,i} = \frac{\sum_{l \in I_j} \sum_{k \in E} E_{k,l} \cdot X_{l,i}}{\sum_{l \in I_j} X_{l,i}} \quad (12)$$

4. 地域の地球温暖化対策計画への適用とその前提条件

上記3.で記述したモデルを使用して実際の地方公共団体(愛知県)での地球温暖化対策時における温室効果ガスおよび大気汚染物質の排出量推計を行った。本研究では、ガス種*m*を3種(CO₂, NO_x, PM), 地域*i*を103市区町村, サービス種を産業, 交通, 家庭, 業務の4部門別に区分し全部で60サービス種, 機器類*l*は124種, エネルギー種*k*は47種(ガソリン, 都市ガス等)とした。各部門の推計年は表-2に示すように、原則として、基準年を1990年, 目標年を2010年とした。さらに2010年については、特に地球温暖化対策を行わなかった場合の参照ケースと地球温暖化対策を実施した対策ケースの排出量推計を行った。産業部門では、NO_x, PM排出量算定のベースとした大気汚染物質排出量総合調査⁹⁾が、1990年は抽出調査しか行っておらず十分なデータが利用可能でないことから、悉皆調査を実施した1989年を基準年としたものである。また、各部門の最新年についても同様に入手データの年度が異なるためである。なお、最新年の排出量は、将来推計の開始年であるとともに、本モデルの妥当性検証のための基礎資料となるものである。

(1) 基準年・最新年における排出量推計

まず、基準年・最新年における排出量推計を式(1)を用いて行った。そのさい、各機器類の運転量である $X_{l,i}$ は式(10)を用いて計算した。ただし、交通部門では道路交通センサ¹⁰⁾から計算した走行量を用いて直接 $X_{l,i}$ を設定した。家庭/業務部門では1999年10月に行われた県の地球温暖化対策地域推進計画¹¹⁾(以下、「県計画」という。)に基づく事業者、県民、市町村を対象としたアンケート

表-3 最新年におけるCO₂排出量の
本モデルと県推計の比較(単位:KtCO₂)

部門	本モデル	県推計	差/県推計
産業	41309	40784	1.3%
交通	8489	12464	-31.9%
家庭	9354	9377	-0.2%
業務	6829	6871	-0.6%
合計	65980	69496	-5.1%

(調査数 4088 件, 有効回答数 2686 件) から得られた機器類の使用状況を用いて α_{li} を設定した。式(1)の C_{kl}^m , E_{kl} は、機器類*l*の性能を表す係数であるが、年式により変化するため式(6), (7)によりストック平均値を求め、それぞれの値を式(1)に代入した。式(6), (7)に用いた s_{li} は、交通部門では運輸省が調査している自動車保有車両数¹²⁾を用い、家庭/業務部門では県計画¹¹⁾に基づくアンケートから得られた機器類の保有率を世帯数や業務用床面積の現状値に乗じて設定した。また、 c_{kl}^m , e_{kl} は、交通部門では窒素酸化物総量規制マニュアル(増補改訂版)¹³⁾と自動車排出ガス原単位および総量に関する調査¹⁴⁾, 家庭/業務部門ではメーカーの実績値, 群小発生源対策検討会報告書¹⁵⁾に基づき設定した。このように機器類別に詳細にデータを代入することで排出量推計を行った。

一方、産業部門では大規模な工場・事業所の点源と業種別に中、小規模の排出源を空間スケールでまとめた面源の2種類の排出量を推計した。点源では大気汚染物質排出量総合調査⁹⁾, 面源では石油等消費構造統計表¹⁶⁾を用いて式(11)のエネルギー消費量 TE_{li} を求めた。また、 C_{kl}^m は「気候変動に関する国際連合枠組み条約」に基づく日本国報告書¹⁷⁾と窒素酸化物総量規制マニュアル(増補改訂版)¹³⁾に基づき設定した。これらに乗じることで排出量を推計した。

(2) モデルの現況再現性について

本モデルによる現状の最新年におけるCO₂排出量の推計値(表-8参照)を県が推計した現状の最新年値¹¹⁾と比較したものを表-3に示す。排出量の差を県推計値で除したものは、産業部門では+1.3%, 交通部門で-31.9%, 家庭部門で-0.2%, 業務部門で-0.6%となっており、固定発生源では本モデルの現況再現性は高い。

なお、交通部門において県の現状推計値より3割程度少ない推計値となっているが、これは本研究では道路路線別にCO₂, NO_x, PMの排出量を同時に推計するため、CO₂排出量推計に速度帯別の燃料消費率を用いるなど、地域全体をマクロに計算した県推計と異なる手法によったことに起因するものである。地域全体の燃料消費量からマクロに推計した値と速度別燃料消費率を用いて路線ごとに積み上げた値が異なることについては、以前より

表-4 モデルの主要な前提条件

前提条件	単位	基準年	最新年	目標年
人口	千人	6691	6944	7250
第3次産業就業者数	千人	2260	2465	2794
世帯数	千世帯	2174	2439	2890
業務用床面積	千m ²	63812	76321	90266
旅客走行量	百万台・km	16597	19702	27475
貨物走行量	百万台・km	13323	13383	14153
鉄鋼生産指数	-	100	98.3	99

表-5 設定した対策レベルの概要

レベル	計画に基づく対策	各主体の心がけ対策
1	目標値の約4割を実施	アンケート結果の「いつも実施」と同程度の実施率
2	目標値の約7割を実施	「今後取り組む」と回答した全主体が実施
3	目標値を達成	レベル2よりさらに10%程度実施率が向上

表-6 心がけによる地球温暖化対策の一部

部門	地球温暖化対策	既実施率	実施期待率		
			レベル1	レベル2	レベル3
交通	車の急発進を1日10回やめる	37%	73%	87%	96%
	不要な荷物(10kg)を積んだまま走行しない	27%	53%	78%	86%
	乗用車のアイドリングストップを1日5分間実行	33%	67%	86%	94%
家庭	エアコン(暖房)の設定温度を1℃低下	24%	48%	88%	97%
	照明のつけっぱなしをやめる	40%	80%	98%	100%
	天気の良いときは乾燥機を使わない	15%	30%	60%	66%
	シャワーの出っぱなしをやめる(1日3分間)	26%	52%	94%	100%
業務	暖房の設定温度の適正化	42%	85%	92%	100%
	冷房の設定温度の適正化	42%	84%	91%	100%
	昼休みのパソコンOFF	0%	50%	70%	80%

議論のあったところであり、自動車排ガスに係る原単位整備上の課題といえる。

また、NO_xの現状最新年値(表-8参照)についても県が推計した現状値と比較可能な基準年(1990年)で比較を行ってみると、産業部門で+7.9%、交通部門で-2.9%となっている。産業部門における差異は、群小発生源からの排出量推計のための基礎データについて、県推計の現状値ではアンケート調査に基づいているのに対し本論文では石油等消費構造統計表¹⁶⁾から推計したことなどに起因するものである。

(3) サービス需要量の将来値の設定

目標年における地域*i*でのサービス種*j*の需要量 D_{ij} については県計画¹¹⁾の2010年計画値に基づき設定している。需要量は機器類の総運転量を制約するものである。現状から2010年までの間の値に関しては線形補完したものをを用いた。表-4にサービス需要量の設定のための主要な前提条件を示す。

(4) 地球温暖化対策の設定

参照ケースでは、機器類の性能はエネルギー消費面では最新年から一定とし、NO_x等の排ガス性能は実施が予定されている規制の基準値とした。また、地球温暖化対策の実施率は現状のまま、新たな省エネルギー機器類の導入はないものと設定した。

一方、対策ケースに取り込んだ地球温暖化対策については、表-5に示すように、「計画に基づく対策」と「各

主体の心がけ対策」に分類し、それぞれ3つのレベルを想定した。レベルが上がるにしたがって、計画目標値の達成率および心がけ対策の実施率が向上する。レベルの設定は1999年10月に行われた県計画¹¹⁾に基づくアンケートをもとに作成した。

「計画に基づく対策」とは、改正省エネルギー法¹⁸⁾による規制、県計画¹¹⁾、事業所や業種別の取組計画を含むものであり、これに基づく具体的な対策内容を部門別にみると以下のとおりである。

- ・ 産業部門では、県計画¹¹⁾に基づく事業所へのアンケート結果から2010年におけるエネルギー消費または二酸化炭素排出に関する削減計画を設定した。調査を行わなかった事業所については業種別の環境自主行動計画¹⁹⁾に従うものとし、これにも該当しない事業所については、改正省エネルギー法¹⁸⁾に基づき年率1%のエネルギー消費の削減を見込んだ。
- ・ 交通部門では、自動車の燃費について改正省エネルギー法¹⁸⁾の基準値を用いた。また、これら機器類の導入程度については、県のエコエネルギー導入ビジョン²⁰⁾を参考に設定した。なお、NO_x、PMの排出に関しては、中央環境審議会²¹⁾の答申に基づく規制が参照ケース、対策ケースいずれにも織り込まれるものとした。ただしこうした前提では、燃費が向上することによりエネルギー消費量当たりのNO_x、PM排出量が見かけ上悪化することも生ずる。このほか、交通部門では、参照ケースにおける自動車走行量の推計結果を前提としたモーダルシフト推進といった

表-7 主要な地球温暖化対策と変数の対応表

部門	地球温暖化対策	2010年までの概要（レベル2）	モデル中に 対応する変数
産業	化学部門自主行動計画	エネルギー-原単位を90年の7%減	$E_{k,i}$
	鉄鋼部門自主行動計画	エネルギー-消費量を90年から8%減	$E_{k,i}$
	その他製造業部門自主行動計画	エネルギー-消費量を90年から7.3%減	$E_{k,i}$
交通	自家用乗用ガソリン車の効率向上	95年から20.7%向上	$e_{k,i}$
	乗用が「リフハイブリッド」車の導入	保有率を0.1%から15.1%に向上	$r_{l,i}$
	車の急発進を1日10回やめる	実施率を36.7%から87.0%に向上	ψ_l
	適正な空気圧で走行	実施率を40%から90%に向上	ψ_l
	トラック輸送の鉄道へのシフト	輸送量の4%をシフト	$X_{l,i}$
家庭	エアコン(暖房)の効率向上	97年から2004年で45%向上	$e_{k,i}$
	太陽熱温水器の導入	保有率を6%から22%に向上	$r_{l,i}$
	暖房の使用時間を一時間短縮	実施率を0%から60%に向上	ψ_l
	シャワーの出っぱなしをやめる（1日3分間）	実施率を26%から94%に向上	ψ_l
	総合的な省エネルギー型住宅の建築	新築時の導入率を0%から4%に向上	ψ_l
業務	パソコンの効率向上	97年から2005年で115%向上	$e_{k,i}$
	照明機器の効率向上	97年から2005年で18%向上	$e_{k,i}$
	Hfインバータ照明機器の導入	保有率を13%から59%に向上	$r_{l,i}$
	暖房の設定温度の適正化	実施率を42%から92%に向上	ψ_l
	建築物の省エネルギー・ビル化の推進	新築時の導入率を5%から15%に向上	ψ_l

交通量対策も考慮した。

- 家庭/業務部門では、高性能機器のエネルギー消費率については改正省エネルギー法¹⁰⁾に基づく新基準に則して設定するとともに、これら機器類の導入程度は県計画¹¹⁾に基づき設定した。また、家庭部門では、省エネルギー型住宅、業務部門では県計画¹¹⁾に基づき省エネルギー型ビルへの移行といった対策も考慮した。
- 全部門に共通する電力の排出係数については、参照ケースでは本地域の電力会社の実績値²⁰⁾をもとに最新年から一定とした。対策ケースでは、CO₂ 排出係数は電力業界の自主行動計画に沿って1990年から2割低減させた値を用いた。NO_x/PM 排出係数は1997年から2010年にかけてのCO₂ 排出係数低減率に応じて設定した。

次に、「各主体の心がけ対策」の一部を表-6に示す。ここで既実施率とは、すでに実施されている割合、実施期待率とはアンケートにおいて「実施したい」とする回答率に既実施率を加えた率である。

以上の具体的な地球温暖化対策は、表-7に示すように各対策に対応するモデルの変数を変化させることで反映させた。表-7には、主要な対策のレベル2の内容と本研究で設定した変数の対応を示す。例えば自家用乗用ガソリン車の効率向上といったトップランナー機器類の導入対策は機器類の単位運転あたりのエネルギー消費量($e_{k,i}$)が変化する対策である。また、太陽熱温水器の導入といった省エネ機器類の導入対策は機器類の新規参入量($r_{l,i}$)が変化するものである。さらに省エネルギー型住宅の建築といった対策は機器類のサービス供給効率(ψ_l)が変化する

する対策である。以上のように対策と変数を一対一対応させることで地球温暖化対策を行った場合の排出量推計が可能となる。

(5) 目標年における排出量推計

目標年・参照ケースの排出量推計は、まず式(8)、(9)を用いて $C_{k,i}$ 、 $E_{k,i}$ を計算した。上記(4)で記述したように、 $c_{k,i}$ は実施が予定されている規制の目標年と基準値に基づき、また、 $e_{k,i}$ は最新年から一定と設定した。 f_l については、交通部門では我が国の「超長期エネルギー需給に関するモデル分析」²¹⁾に準拠し、自動車保有車両数²⁰⁾を用いてワイブル曲線から計算した値を使用した。家庭/業務部門での f_l は、機器の寿命までは1とし、その後退役すると0とした。 $r_{l,i}$ については、現状のストック量から県計画¹¹⁾の保有率目標から計算した目標年のストック量になるように各年度の $r_{l,i}$ を設定した。次に、上記(3)で需要量の設定を行った後、式(2)を解くことで機器類の総運転量 $X_{l,i}$ を求めた。そして式(1)に従って排出量を推計した。

目標年・対策ケースの排出量推計は、上記(4)で設定した各地球温暖化対策に対応している変数を変化させ参照ケースと同様に排出量推計を行った。例えば高性能機器の保有率を変化させる対策では、まず目標年における機器類の保有率を計算し、その値になるように各年度の $r_{l,i}$ を設定した。

一方、産業部門では工場・事業所や業種別にエネルギー消費量をもとに排出量を推計するほうが妥当と判断し、式(8)、(9)によらず、目標年におけるエネルギー消費量などの削減目標を達成するよう $E_{k,i}$ を直接与えた。

表-8 排出量推計結果

ガス種	部門	基準年	最新年	目標年			
				参照	レベル1	レベル2	レベル3
CO ₂ (KtCO ₂ /年)	産業	36603	41309	41267	36180	35049	33919
	交通	7444	8489	10680	8934	8490	8081
	家庭	8130	9354	11309	8758	7771	7544
	業務	6009	6829	7554	5587	5101	4825
	合計	58187	65980	70810	59458	56412	54369
NO _x (t/年)	産業	44214	43847	43802	41812	40489	39165
	交通	40677	43616	27458	25969	25444	24991
	家庭	3827	3898	4749	3929	3436	3336
	業務	2817	2796	3158	2510	2346	2236
	合計	91534	94157	79168	74220	71715	69728
PM (t/年)	産業	7470	6671	6727	6616	6403	6190
	交通	3612	3738	1230	1188	1175	1163
	家庭	220	289	364	250	224	218
	業務	473	571	645	498	462	437
	合計	11775	11269	8966	8552	8264	8008

表-9 参照/対策ケースの比較

ガス種	部門	レベル1	レベル2	レベル3
CO ₂	産業	-12.3%	-15.1%	-17.8%
	交通	-16.3%	-20.5%	-24.3%
	家庭	-22.6%	-31.3%	-33.3%
	業務	-26.0%	-32.5%	-36.1%
	合計	-16.0%	-20.3%	-23.2%
NO _x	産業	-4.5%	-7.6%	-10.6%
	交通	-5.4%	-7.3%	-9.0%
	家庭	-17.3%	-27.6%	-29.8%
	業務	-20.5%	-25.7%	-29.2%
	合計	-6.2%	-9.4%	-11.9%
PM	産業	-1.7%	-4.8%	-8.0%
	交通	-3.4%	-4.5%	-5.5%
	家庭	-31.4%	-38.3%	-40.1%
	業務	-22.8%	-28.4%	-32.3%
	合計	-4.6%	-7.8%	-10.7%

5. 推計結果と削減効果等の分析

地球温暖化対策による大気汚染関連の副次的効果を、上記3.で説明したモデルによって上記4.に示した前提条件等のもとで推計した結果を述べる。

まず部門別および合計での各ガスの将来排出量の推計結果を示すことにより、地球温暖化対策による副次的効果に発現状況を概観したうえで、対策種類別の副次的効果の特徴を分析するとともに、これら各種対策の強度の削減効果に対する感度分析を行う。つぎに、このような副次的効果発現の要因分析を行い、排出削減に大きく寄与する要因を分野別に抽出する。最後に排出量の増減を大きく左右する活動量や対策の強度に着目した部門別のシナリオ分析を行う。

(1) 部門別の排出量推計結果

副次的効果推計モデルを愛知県に適用した計算結果を表-8に示す。表-8は基準年、最新年ならびに目標年の参照ケースおよび対策ケースにおける部門別のCO₂、NO_xおよびPMの排出量推計結果である。発電部門に起因する排出量は、電力消費量に応じて需要部門に配分した。

レベル1、2、3の対策を講じることで、CO₂排出量は基準年と比較して、レベル1で2.2%増加、レベル2で3.1%減少、レベル3で6.6%減少（以下本項では同様の順で記述）することが示された。NO_x排出量は、同様に、レベル1で18.9%、レベル2で21.7%、レベル3で23.8%それぞれ基準年より削減され、また、PM排出量は、レベル1で27.4%、レベル2で29.8%、レベル3で32.0%それぞれ減少している。

また、目標年の参照ケースと対策ケース（レベル1、2、3）の排出量を部門計で比べると、CO₂排出量は16.0%、20.3%、23.2%削減される一方で、NO_x排出量は6.2%、9.4%、

11.9%削減され、PMの排出量も4.6%、7.8%、10.7%削減されることが示された。これを部門別の結果と合わせて表-9に示す。

(2) 対策種類別のCO₂-NO_x削減効果の分析

図-1.1~1.4に産業/交通/家庭/業務部門の対策種類別CO₂削減寄与率-NO_x削減寄与率の相関関係を示す。CO₂削減寄与率-PM削減寄与率の相関関係は、CO₂削減寄与率-NO_x削減寄与率の相関関係と同様の傾向にあり図示していない。なお、ここでいう削減寄与率とは、目標年参照ケースの排出量に対するレベル2の個別対策による削減量の割合である。

部門別にこの特徴をみると、産業部門においては、鉄鋼部門の自主行動計画がCO₂で5.3%、NO_xで4.6%と比較的高い削減寄与率を示しているほか、化学製品部門の自主行動計画ではCO₂で0.9%、NO_xで2.1%の削減寄与率を示す結果となっている。

交通部門においては、本論文では既存自動車のNO_x等に係る排出削減効果を参照ケースに織り込んでいるため、既存車種の単体対策としてはCO₂削減寄与のみが示されている。この中で自家用乗用ガソリン車の燃費向上が6%近い削減寄与率を有している。また、ハイブリッド自動車の導入はCO₂で2.7%、NO_xで1.5%、モーダルシフトの推進ではCO₂で1.0%、NO_xで1.9%と高い削減寄与率を示している。交通部門の心がけ対策では、「車の急発進を1日10回やめる」がCO₂で1.8%、NO_xで1.0%、「適正な空気圧で走行する」がCO₂で1.4%、NO_xで0.8%と比較的高い削減寄与率を示している。

家庭部門では、「エアコン（暖房）の効率向上」がCO₂で3.0%、NO_xで1.9%の削減寄与率、「シャワーの出っぱなしをやめる」がCO₂で2.8%、NO_xで5.2%の削減寄与率、「太陽熱温水器の導入」は、CO₂で2.6%、NO_xで

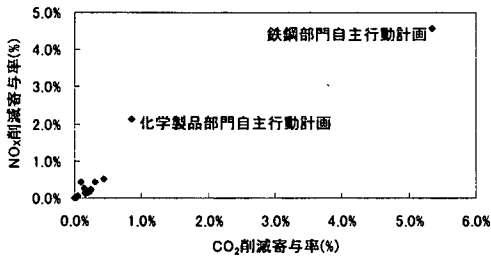


図-1.1 CO₂-NO_x削減寄与率（産業）

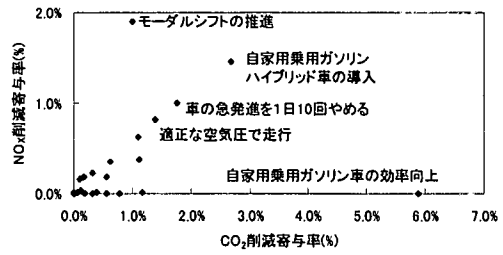


図-1.2 CO₂-NO_x削減寄与率（交通）

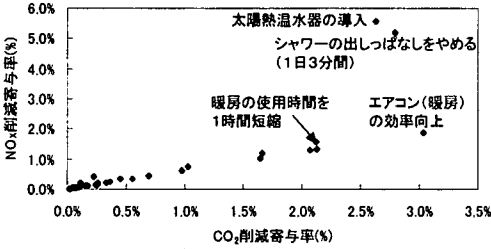


図-1.3 CO₂-NO_x削減寄与率（家庭）

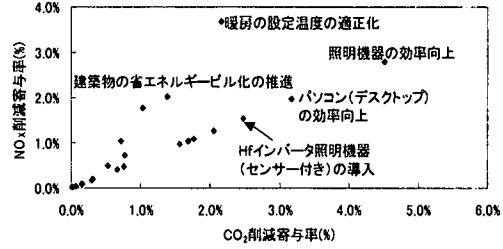


図-1.4 CO₂-NO_x削減寄与率（業務）

5.6%の削減寄与率と、比較的高い寄与を示している。また、この部門では「シャワーの出っぱなしをやめる」と「太陽熱温水器の導入」を除き、ほとんどの対策が削減寄与率のNO_x/CO₂比0.6と1.9の直線に載っているが、これは本部門での対策のほとんどが電力消費削減に係るものであり、電力の排出係数低減に係る削減寄与率のNO_x/CO₂比に連動していることによるものと考えられる。

また、業務部門においては、「照明機器の効率向上」がCO₂で4.5%、NO_xで2.8%、「デスクトップパソコンの効率向上」がCO₂で3.2%、NO_xで2.0%、「暖房の設定温度の適正化」が、CO₂で2.2%、NO_xで3.7%の削減寄与率を示し、削減寄与の高い対策となっている。また、家庭部門と同様、電力のみならず燃料の消費削減に繋がる「建築物の省エネルギー化」、「暖房の設定温度の適正化」、「暖房の使用時間を1時間短縮」では、電力の排出係数低減に係る削減寄与率のNO_x/CO₂比(0.6程度)を超えるNO_xの削減効果を有しているが、それ以外では、電力の排出係数低減に係る削減寄与率のNO_x/CO₂比の直線に載っていることがわかる。

以上の分析により、地域の大気環境状況により、副次的効果の観点から重点を置くべき地球温暖化対策が異なり、例えば都市大気汚染の深刻な地域においては、家庭やオフィスにおける節電より直接燃焼分野の効率向上を重点施策とすべきことが示唆される。

(3) 対策レベルによる排出削減感度の分析

図-2.1~2.2に対策レベルを2から1に下げた場合の対策毎のCO₂、NO_xの排出削減量の変化率を、また、対策レベルを2から3に上げた場合の同様の変化率を示す。

対策のレベルを下げたときにCO₂、NO_xの排出削減効果が7割以上減少する対策は、「見ないテレビの主要電源を切る」、「冷蔵庫への詰め過ぎをやめる」、「掃除機のフィルターをこまめに掃除する」、「エアコンのフィルターをこまめに掃除する」、「複層ガラスによる住宅の開口部保温構造化」、「Hfインバータ照明機器の導入」、「ノート型パソコンの効率向上」であった。

また、対策のレベルを上げたときに、CO₂、NO_xの排出削減効果が5割以上増加する対策は、「建設業の自主行動計画」、「公共交通機関等を使用し1週間に1回マイカー利用を控える」、「Hfインバータ照明機器(センサー付き)の導入」であった。

これらの対策は、対策レベルが上下することにより排出削減効果の変化が大きいため、行政担当者が多数ある高効率機器や心がけ対策の中から重点化を行う際の目安となるものと考えられる。

(4) 分野別の排出増減要因分析

本項では、主要分野の排出増減がどのような要因により左右されているのかを分析する。具体的には、式(13)を用いた。

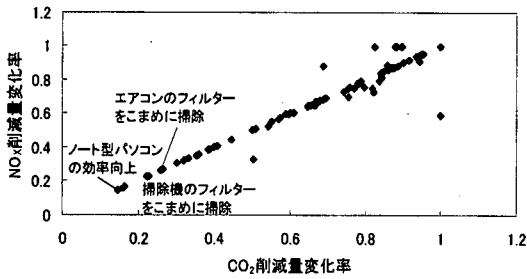


図-2.1 対策感度分析 (レベル2→レベル1)

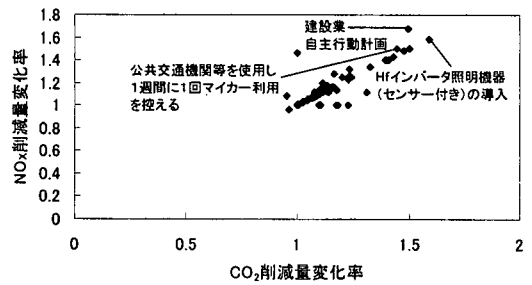


図-2.2 対策感度分析 (レベル2→レベル3)

表-10 主要分野の排出要因別の増減分析 (対策ケース・レベル2の場合)

ガス種	分野	活動量			エネルギー強度			排出強度			排出量			
		基準年	参照	対策	基準年	参照	対策	基準年	参照	対策	基準年	参照	対策	
CO ₂	産業	鉄鋼	100	104	104	100	116	92	100	97	94	100	117	90
		化学製品	100	110	110	100	105	91	100	93	93	100	107	93
	交通	乗用車	100	167	163	100	105	76	100	100	100	100	176	124
		貨物車	100	100	97	100	110	101	100	100	100	100	110	98
	家庭	家庭エアコン	100	283	283	100	95	48	100	91	80	100	246	109
		シャワー	100	144	144	100	99	81	100	89	82	100	128	95
		業務	オフィス暖房	100	141	141	100	99	68	100	98	95	100	137
		オフィス照明	100	141	141	100	99	72	100	91	80	100	129	81
NO _x	産業	鉄鋼	100	104	104	100	116	92	100	84	81	100	102	78
		化学製品	100	110	110	100	105	91	100	112	100	100	128	100
	交通	乗用車	100	167	163	100	105	76	-	-	-	100	57	44
		貨物車	100	100	97	100	110	101	-	-	-	100	64	61
	家庭	家庭エアコン	100	283	283	100	95	48	100	67	58	100	180	79
		シャワー	100	144	144	100	99	81	100	94	86	100	135	100
		業務	オフィス暖房	100	141	141	100	99	68	100	97	97	100	136
		オフィス照明	100	141	141	100	99	72	100	67	58	100	94	59
PM	産業	鉄鋼	100	104	104	100	116	92	-	-	-	100	185	163
		化学製品	100	110	110	100	105	91	100	137	112	100	158	112
	交通	乗用車	100	167	163	100	105	76	-	-	-	100	61	55
		貨物車	100	100	97	100	110	101	-	-	-	100	31	29
	家庭	家庭エアコン	100	283	283	100	95	48	100	100	87	100	270	119
		シャワー	100	144	144	100	99	81	100	69	65	100	99	75
		業務	オフィス暖房	100	141	141	100	99	68	100	98	98	100	138
		オフィス照明	100	141	141	100	99	72	100	100	87	100	141	88

(注) エネルギー効率改善が排出量低減に繋がらない対策を含む分野の欄は-とした。

$$Q = D \cdot \frac{E}{D} \cdot \frac{Q}{E} \quad (13)$$

ここで、 Q は排出ガス量、 D は各分野にかかる活動量、 E はエネルギー消費量を表す。式(13)から排出量を活動量、活動量当たりのエネルギー消費量(エネルギー強度)、エネルギーを1単位消費するときの排出ガス量(排出強度)の3つの要因に分解し、表-10に示すように、基準年の排出量を100とした場合の個別分野毎の排出増減を分析した。なお、産業部門や交通部門で、NO_xやPMに関する分析を行わなかったのは、前述したようにこのような要因分解が不相当であるからである。

エネルギー強度には3.に述べたエネルギー消費効率化対策の変数(e_{ki} , r_{li} , Ψ_i)、排出強度には同様に電力等の排出係数低減対策の変数(c_{ki}^m)が含まれている。例えばオ

フィス照明に対しては、「照明機器の効率向上」、「Hfインバータ照明機器の導入」、「昼休みの消灯」といった対策があるが、各対策はそれぞれ e_{ki} , r_{li} , Ψ_i に対応している。基準年と対策ケース(レベル2)を比べると、

- ・ エネルギー強度が大きく寄与している分野:乗用車, 家庭エアコン, オフィス暖房・照明
- ・ 排出強度が大きく寄与している分野: シャワー, 家庭エアコン, オフィス照明

という特徴を得た。

このような要因分析を通じて、どの要因がどの程度削減に寄与するかを定量化でき、個別分野ごとのきめ細かな施策の立案に貢献するものと期待できる。

表-11 設定したシナリオ

部門	基礎となるシナリオ (レベル2)の対策例	需要量の増加	対策の強化
産業	自主行動計画等の7割を達成	生産量が想定より10%増加	自主行動計画を目標どおり実施
交通	ハイブリッド車の普及率が自家用車の2割心がけ対策*	自動車走行量が想定より10%増加	ハイブリッド車等低公害車の普及率が30%向上心がけ対策を全主体が実施
家庭	HiFiンタ照明の普及率が49%心がけ対策*	世帯数が想定より1%増加	高効率機器の普及率が30%向上
業務		業務用床面積が想定より10%増加	心がけ対策をすべての主体が実施

*表-6に示したレベル2の実施率

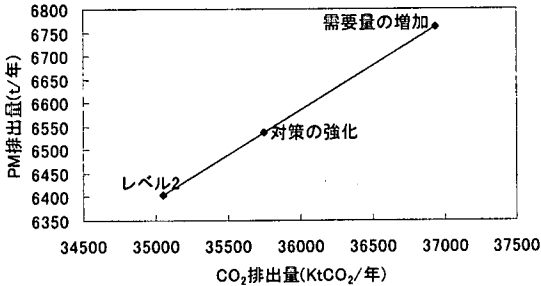


図-3.1 対策シナリオ分析 (産業)

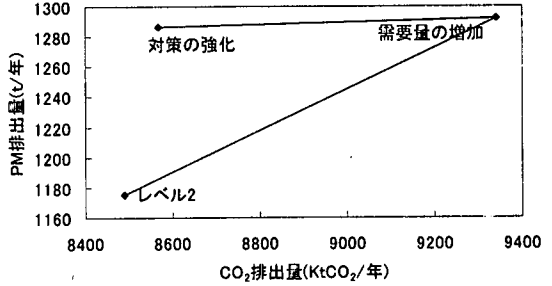


図-3.2 対策シナリオ分析 (交通)

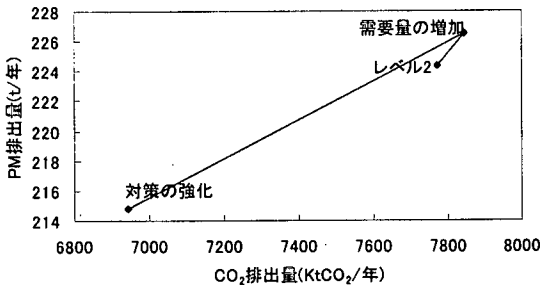


図-3.3 対策シナリオ分析 (家庭)

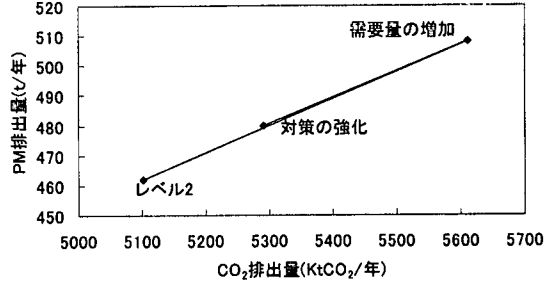


図-3.4 対策シナリオ分析 (業務)

(5) 活動量および対策強度に係るシナリオによる分析
各部門の排出量を決定する重要因子となる需要量と主要な対策について、レベル2の対策ケースを基礎として表-11に示す部門別シナリオを設定し、CO₂、PMの排出量推計を行った。その結果を、部門別に図-3.1~3.4に示す。

産業部門では、生産量が10%増加することでCO₂、PMの排出量が5%~6%増加するが、自主行動計画を目標どおり実施することで、それぞれ2%程度の増加に抑えられる。交通部門では、自動車走行量が10%増大することで、CO₂、PMとも10%排出量が増えるが、ハイブリッド車等低公害車普及率が30%となり、かつ、心がけ対策を全主体が実施することで、CO₂では0.9%増に排出抑制される一方、PMについては対策効果がほとんど現れない。これ

は想定した対策強化の中にディーゼル車対策がほとんど含まれていないことによるものである。家庭部門では、世帯数は1%増加することで、CO₂、PMとも排出量が1%増加するが、高効率機器の普及率が30%となり、かつ、心がけ対策を全主体が実施した場合には、CO₂で10.7%減、PMでは4%減に削減される。業務部門では、オフィス面積が10%増加することで、CO₂、PMとも10%排出量が増加するが、家庭部門と同様の対策強化を施すことで、CO₂0.2%増、PM3.1%増に抑えられる。

部門計でみると(図-4)、需要量が見込みより10%増加(世帯数は1%増加)することに伴うCO₂排出量の増加を対策強化により相殺するためには、自主行動計画や心がけ対策の目標達成に加え、低公害車や高効率機器の導入をさらに30%程度進めることが必要となることが分か

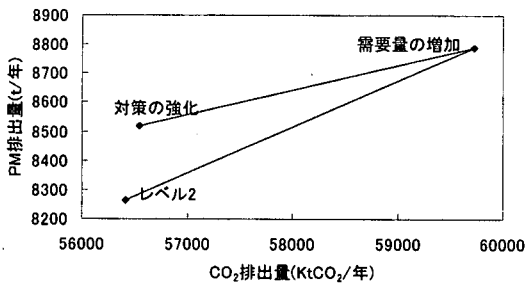


図-4 対策シナリオ分析 (部門計)

る。この場合でも、PMの排出量は相殺されず、レベル2での対策ケースの排出量を上回ることになるが、これは、交通部門における表-11に掲げた対策の強化がPMに対して十分な削減効果を発揮していないことによるものである。

以上のシナリオ分析を通じて、需要量の増大に付随するCO₂、PMの排出量増加と地球温暖化対策の強化に付随するCO₂、PMの排出量減少とは、産業部門、家庭部門、業務部門においてほぼ同一線上の挙動をみせるが、交通部門においては対策強化に係る大気環境面の副次的効果が低いことが明らかになり、行政現場における地球温暖化対策と大気環境対策の統合政策を立案する際、この点に留意すべきである。

6. 結論と政策的含意

地球温暖化対策が地域大気環境に及ぼす副次的効果を定量的に把握するため、推計モデル(ALICE)を開発し、愛知県を事例としてこのモデルを適用して推計分析を行った。得られた主な成果をまとめると次のとおりである。

- 1) 県の地球温暖化対策地域推進計画で取り上げた3つのレベルの対策を実施することにより、参照ケースと比較すると、CO₂で16~23%の排出削減に対して、NO_xで6~12%、PMで5~11%の副次的な排出削減効果を得た。これは、表-1に示す欧州やカナダなどにおける既報値と同程度の副次的効果である。
- 2) 対策の種類別に、参照ケースから対策ケースへの削減量に対する削減寄与率をみると、①産業部門では、CO₂、NO_xとも鉄鋼部門自主行動計画の占める割合が大きいこと、②交通部門では、自家用乗用ガソリン車の燃費向上が6%近いCO₂の削減寄与率を有しているとともに、ハイブリッド自動車の導入はCO₂、NO_xで1~3%、モーダルシフトの推進ではCO₂、NO_xで1~2%の削減寄与率が示されていること、③家庭/業務部門では、削減寄与率のNO_x/CO₂比が電力排

出係数の低減に係る比と同じである対策がほとんどであることが明らかになった。このような推計を行うことにより、地方公共団体の地域特性に応じた対策の優先順位付けに役立てることができる。

- 3) 対策レベルによる感度分析の結果、対策のレベルを上下させることにより、排出削減効果が大きく変化する対策として、「Hfインバータ付き照明機器の導入」、「建設業にける自主行動計画」などが抽出された。このような分析は、数多くある対策の中から政策的に重点化する際に有用である。
- 4) 個別分野の排出増減を運転量、エネルギー効率、排出係数といった要因別に分析すると、エネルギー効率向上が排出削減に大きく寄与している分野は家庭エアコン、排出係数の低減が大きく寄与している分野はシャワーなどであることが分かった。このような要因分析は、排出構造に着目した的確な施策展開に活用できよう。
- 5) シナリオ分析の結果、活動量が見込みより10%増加(世帯数は1%増加)することに伴うCO₂排出量の増加を対策強化により相殺するためには、自主行動計画や心がけ対策の完全実施に加え、低公害車や高効率機器の導入をさらに30%程度進めることが必要となるが、PMなどの排出量は完全には相殺されないことが分かった。地球温暖化対策と大気環境対策の統合政策を推進するにあたっては、特に交通部門において、CO₂排出量とPMなどの排出量が必ずしも連動しないことに留意すべきである。

以上、温室効果ガスと大気汚染物質が同時に推計できるモデルを開発したことで、地球温暖化対策の大気汚染物質排出低減効果を定量的に把握することが可能となり、これを基盤として地球温暖化対策と大気環境対策が連動した総合的な施策検討を行うことができる。地方公共団体の地球温暖化対策推進にあたっては、地球温暖化防止活動推進センターを中心とした官民一体となった取り組みが期待されているが、そうした活動の有力なツールとして本モデルは活躍しようとする。

また、この推計モデルは、アジア等の開発途上国の緊急課題である大気汚染対策が温室効果ガスの排出削減に及ぼす副次的効果推計にも適用しようものと考えている。

謝辞：本研究の遂行にあたっては、公害健康被害補償予防協会の大気環境改善分野に係る委託研究の補助を受けた。愛知県大気環境課からは、データ提供等の面で多大なるご理解・ご協力を得た。また、京都大学大学院工学研究科の島田洋子博士、国立環境研究所の森田恒幸社会環境システム部長および甲斐沼美紀子総合研究官ならびに富士総合研究所日比野剛、松井重和、熊久保和宏、石

井久哉の各主事研究員には、研究遂行上、多大なるご支援・ご協力をいただいた。これを記して深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) Alfsen, K.H., Birkelund, H. and Aaserud, M. : Impacts of an EC Carbon/Energy Tax and Deregulating Thermal Power Supply on CO₂, SO₂ and NO_x Emissions, Environmental and Resource Economics 5: 165-189, 1995.
- 2) Ellingsen, G.A., Rosendahl, K.E. and Bruvoll, A. : Industrial Benefits and Costs of Greenhouse Gas Abatement Strategies: Applications of E3ME, Working Paper for Task9: GHG Abatement Benefits and Costs, 2000.
- 3) Palmer, K., Krupnick, A., Dowlatabadi, H. and Siegel, S. : Social Costing of Electricity in Maryland: Effects on Pollution, Investment, and Prices, Energy Journal, Vol. 16, No. 1, 1995.
- 4) Burtraw, D., Krupnick, A., Palmer, K., Paul, A., Toman, M. and Bloyd, C. : Ancillary Benefits of Reduced Air Pollution in the US from Moderate Greenhouse Gas Mitigation Policies in the Electricity Sector, Discussion Paper 99-51, Resources for the Future, 1999.
- 5) Caton, R. and Constable, S. : Clearing the Air: A Preliminary Analysis of Air Quality Co-Benefits from Reduced Greenhouse Gas Emissions in Canada, David Suzuki Foundation, 2000.
- 6) 慶應義塾大学 : 中国北京市における熱供給システムの改良に伴う省エネルギーと環境汚染物質 (SO₂, CO₂) 削減の潜在力等に関する基礎調査, 共同実施等推進基礎調査(NEDO), 1999年.
- 7) Anan, K., Fang, J., Li, G., Seip, H.M. and Vennemo, H. : Co-Benefits from CO₂-emission reduction measures in Shanxi, China- a first assessment, CICERO working Paper 2000:7, 2000.
- 8) Complainville, C. and Martins, J.O. : NO_x/SO_x Emissions and Carbon Abatement, Economics Department Working Papers No. 151, OECD, 1994.
- 9) 環境庁:大気汚染物質排出量総合調査(愛知県, 名古屋市), 1989年, 1996年.
- 10) 建設省道路局: 道路交通センサス, 1991, 1995年.
- 11) 愛知県: あいちエコプラン2010-愛知県地球温暖化対策地域推進計画一, 2000年.
- 12) 運輸省自動車交通局技術安全部管理課: 自動車保有車両数, 1991, 1995, 1999年.
- 13) 環境庁大気保全局大気規制課: 窒素酸化物総量規制マニュアル(増補改訂版), 1995年.
- 14) 株式会社野村総合研究所: 自動車排出ガス原単位および総量に関する調査 —排出ガス規制対象自動車の通常走行時における車種別 NO_x等排出量一, 1998年.
- 15) 環境庁大気保全局: 平成7年度群小発生源対策検討会報告書, 1996年.
- 16) 通商産業省大臣官房調査統計部: 石油等消費構造統計表, 1991, 1998年.
- 17) 日本国政府: 「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書, 1994年.
- 18) エネルギーの使用の合理化に関する法律(平成10年6月改正).
- 19) 社団法人経済団体連合会: 環境自主行動計画, 1997年.
- 20) 愛知県: あいちエコエネルギー導入ビジョン, 1997年.
- 21) 中央環境審議会: 今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第三次答申), 1998年.
- 22) 中部電力: 地球環境年報, 1999年版, 1999年.
- 23) (財)日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター: 我が国の超長期エネルギー需給に関するモデル分析, 1996年.
- 24) (財)自動車検査登録協会: 自検協統計自動車保有車両数, 1981年-1999年.

(2001.1.5 受付)

A STUDY ON THE ANCILLARY EFFECTS ON LOCAL AIR QUALITY FROM THE GREENHOUSE GAS MITIGATION MEASURES

Koji SHIMADA, Shingo MIZOGUCHI and Yuzuru MATSUOKA

The authors have developed the ALICE model, which calculates reduced air pollutant emissions by the greenhouse gas mitigation measures. The model developed here has been applied to a local government in order to estimate the concrete effects on air quality from the mitigation measures until 2010. Main findings are as follows: 1) The measures in the most intensive case, which will reduce CO₂ emission by 23% with compared to a reference case in 2010, would have effects decreasing both NO_x emission and PM emission by 11-12%. 2) The voluntary action program by steel industry and the dissemination of hybrid cars would have significant effects on the emission reduction of CO₂ and NO_x. 3) In transport sector intensive measures, which would reduce CO₂ emission substantially, don't have similar effects on PM emission.