

## 論文内容の要旨

論文題目 民生部門における CO<sub>2</sub> 排出削減施策の総合的評価

氏名 岩船由美子

我が国の最終エネルギー消費は、景気の動向による影響を受けて全体としては近年停滞しているが、民生部門においては依然として増加傾向が続いている。ここ数年は住宅部門の消費量が微減しているが、99年度には再び2.3%の増加が見込まれており、業務部門のOA化の進展、サービス産業の拡大などと併せて考えると、今後も堅調な需要増加が続くものと予測される。温室効果ガス削減目標を達成するために、平成11年4月より「エネルギーの使用の合理化に関する法律」いわゆる省エネ法が強化され、政府はトップランナー方式の採用など民生部門においても意欲的に省エネ促進を進めてきている。しかしその効果は依然未知数であり、民生部門のエネルギー消費削減のためにどのような施策がどのような効果を有するのかを定量的に把握し、政策に反映させていく必要がある。

そこで、本論文では、民生用建物における省エネルギー施策を含めたCO<sub>2</sub>削減施策の経済性や省エネルギー・CO<sub>2</sub>削減効果について包括的に評価するための解析モデルを提案し、個別の施策が全体としてどこまでエネルギー消費削減、CO<sub>2</sub>削減に貢献できるかを検討する。本モデルにより施策の複合的な省エネルギー効果や、建物の構造や気候条件などによる影響、冷暖房需要と熱源機器のバランス、電源構成に与える影響等、様々な角度から各CO<sub>2</sub>削減施策の特性を評価することが可能である。東京都を評価対象とし、本モデルを適用し、地域特性を考慮した評価を行っている。

### 提案モデルの構造

本評価モデルは基本的に3つのサブモデルから構成される。その概念を図1に示す。基本的に業務用も住宅用もモデルの構造は同じであるが、それぞれの特性に合わせた計算方法を用いている。

はじめに、動的熱負荷計算モデルにおいて、気象データや建物に関するデータを用いて年間熱負荷計算を行い、業務用建物および住宅における時間毎の冷暖房需要を算定する。断熱向上や照明・その他機器の効率向上による冷暖房需要の変化がこのモデルで算定される。次に、得られた冷暖房需要と外生的に与える電力・給湯・厨房需要に対して、エネルギーシステム評価モデルで各種システムによる電力、ガス、石油製品消費量及びシステムコストを算定する。さらに、時間毎の電力需要の変化が最適電源構成モデルに引き渡され、電力のCO<sub>2</sub>排出原単位が算定される。対象地域の床面積・世帯数データ、エネルギーシステムの採用比率などを考慮し、各エネルギーの消費量とCO<sub>2</sub>排出原単位によって地域全体のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルが決定される。

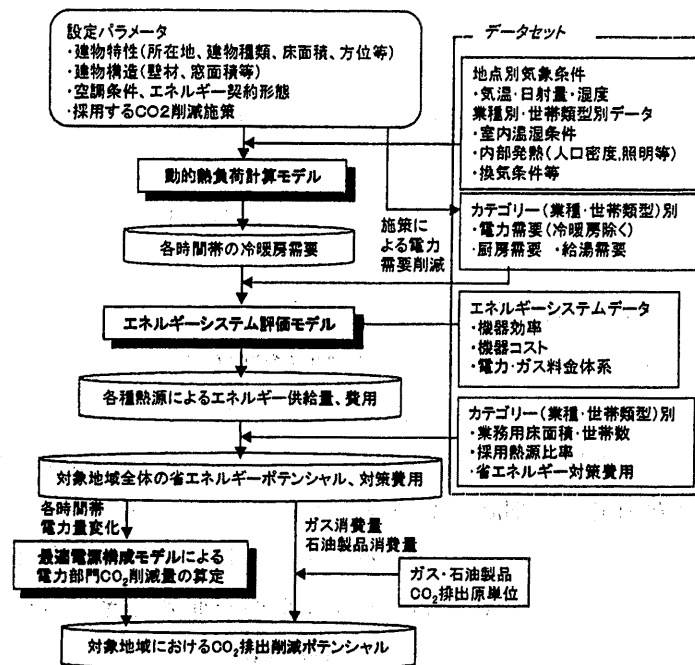


図 1 提案モデルの概念

### (1) 動的熱負荷計算モデル

冷暖房需要算定のために、業務用には応答係数法を利用した動的熱負荷計算モデルを作成し、住宅用には熱回路網モデルにより多数室の動的熱負荷計算を行う熱負荷計算ソフトウェアを用いた。いずれも入力は建物の構造、室内条件スケジュールであり、各地域の気象条件下における毎時暖房負荷を出力とする。業務用については空調用のファン・ポンプ動力のモデル化も合わせて行い、これらの消費電力を算定している。

### (2) エネルギーシステム評価モデル

エネルギーシステムシステム評価モデルは、与えられた電力・熱需要に対する各種のエネルギーシステムによるエネルギー供給フローをモデル化したものであり、システム設備容量を決定し、運転に要するエネルギー、コストを算定する。本モデルは最適化モデルではないが、外気温特性やシステムの部分負荷特性、組み合わせる熱源の運転優先順位、熱源分割台数、さらに電力やガスの料金体系を反映させた詳細なモデルである。

### (3) 最適電源構成モデル

最適電源構成モデルは、電気事業者の総発電費用最小化を目的とした最適計画を線形計画法により求めるモデルであり、これより電源の建設設備容量や各時間帯の発電出力、電源からのCO<sub>2</sub>排出量が得られ、民生部門のCO<sub>2</sub>削減施策が代替する電力CO<sub>2</sub>原単位を算定することが可能となる。最適電源構成モデルにはある年度における電源の運用を見るための短期モデルと、発電設備の増強、需要の増加などを考慮して長期の電力供給シナリオを決定する長期モデルとがある。各CO<sub>2</sub>削減施策の電力削減効果の基本的な傾向を把握するためにまず短期モデルにより検討を行い、最終的に建物建設の将来シナリオを考慮して長

期モデルでその長期的な CO<sub>2</sub> 削減効果について検討した。

### 業務部門における CO<sub>2</sub> 削減施策評価モデル

評価対象とする業務用建物は、事務所、店舗、ホテル・旅館、病院の 4 種類であり、これらの建物構造、使用条件を一般化し、それぞれ大小規模の建物について冷暖房需要を算定し、エネルギー消費量を算定するモデルを構築した。基準となる施策実施前の業種別エネルギー消費量を算定したのち、各施策を個別に導入したときの省エネルギー量を算定し（図 2）、その経済性について検討した。さらに各施策を経済性に応じて段階的に導入した場合の業種別の省エネポテンシャルを算定し（図 3）、東京都の全建物に施策が実施された場合の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルを算定した。

ホテル、病院においてはコジェネレーションの導入効果が大きく、各種施策によって最大で 40% 以上の省エネルギーが可能となる。事務所や店舗では熱源の効率向上がない場合にはその省エネルギーポテンシャルは 20% 以下であるが、多くの建物で使用されている電気ヒートポンプの効率を住宅エアコンの現状最高水準程度まで向上した場合には、そのポテンシャルは 10% 程度増加する。これらの施策を東京都の業務用建物すべてに適用した場合、東京都の 1990 年度の CO<sub>2</sub> 総排出量の 5% に相当する約 900kt-C/年の CO<sub>2</sub> 削減が可能となる。

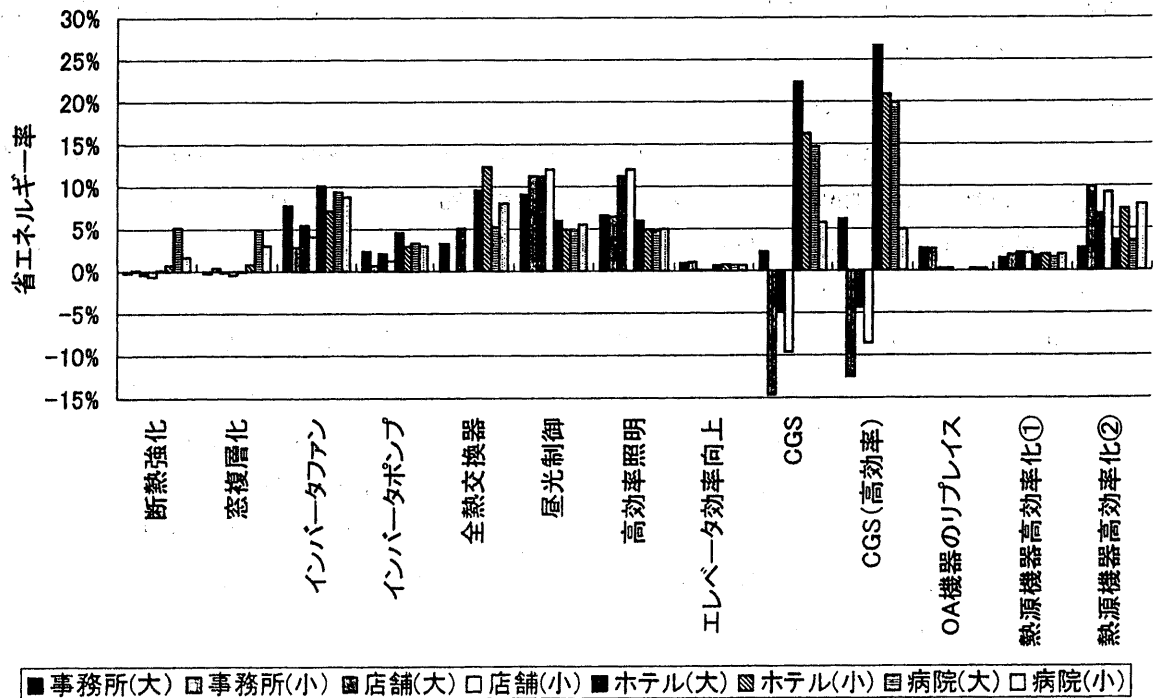


図 2 CO<sub>2</sub> 削減施策による一次エネルギー削減効果（新築時）  
 (熱源機器効率化①: すべての熱源効率 10% 向上, ②はそれに加え電気パッケージヒートポンプのみ住宅高効率エアコン程度まで向上と想定)

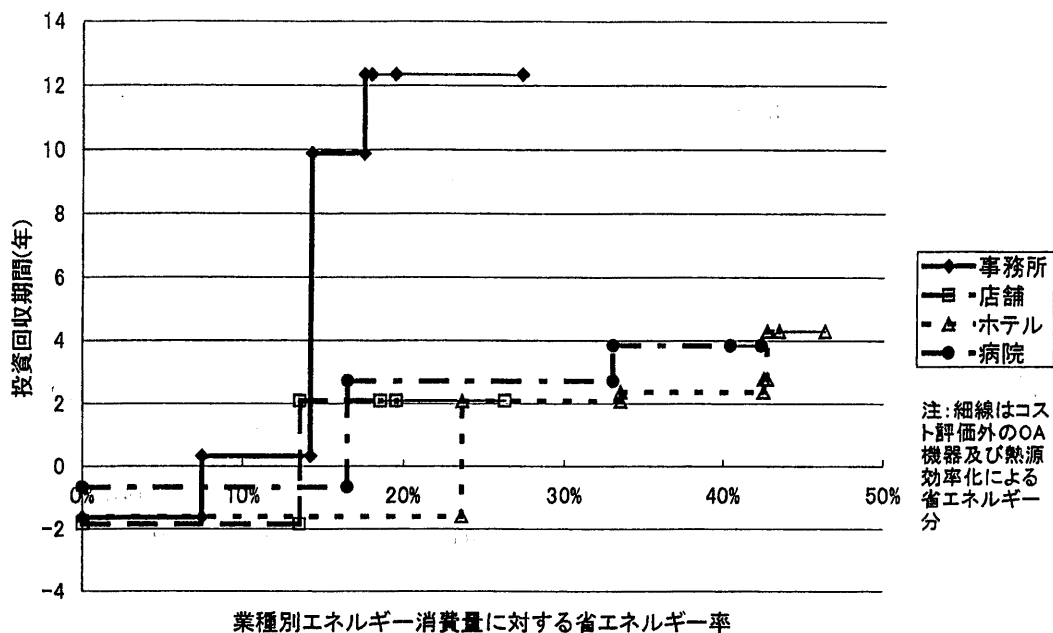


図 3 経済性を考慮した各施策の段階導入による業種別省エネルギー率

#### 住宅部門における CO<sub>2</sub> 削減施策評価モデル

住宅のエネルギー消費は世帯人員数や家族構成、建物構造などに大きく依存するため、本研究では世帯類型と建物構造（戸建て、集合）を考慮して、個別の冷暖房需要及びエネルギー消費量を推計した。業務用と同様に、基準となる施策実施前の各世帯のエネルギー消費量を推計し、その後各施策実施時の経済性、省エネルギー性について検討した（図 4）。さらに建物構造に関連する施策（高断熱化、遮熱窓の導入）、機器に関する施策（家電の高効率化、待機電力の削減）、熱源に関する施策（燃料電池や多機能 HP 等の導入）を組み合わせ合わせた場合の総合的な効果を算定し、東京都の全住宅に施策が導入された場合の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルを算定した（図 5）。

逆潮流ありの燃料電池（戸建て）や PV・ソーラーなどは省エネ効果が高いが、寿命内ではイニシャルコストを回収することができず、さらなるイニシャルコストの低減が必要である。ただし、燃料電池は集合住宅においては 4-7 年と短い投資回収年となっており、比較的経済性が成立しやすく、特に集合住宅の多い東京都では優先的に検討されるべき施策と言える。次世代省エネルギーレベル断熱、機器省エネ化、逆潮流あり燃料電池という施策が東京都の住宅全てにおいて採用された場合、90 年の東京都 CO<sub>2</sub> 排出量に比べて、最大で 20% の CO<sub>2</sub> 削減が可能となる。

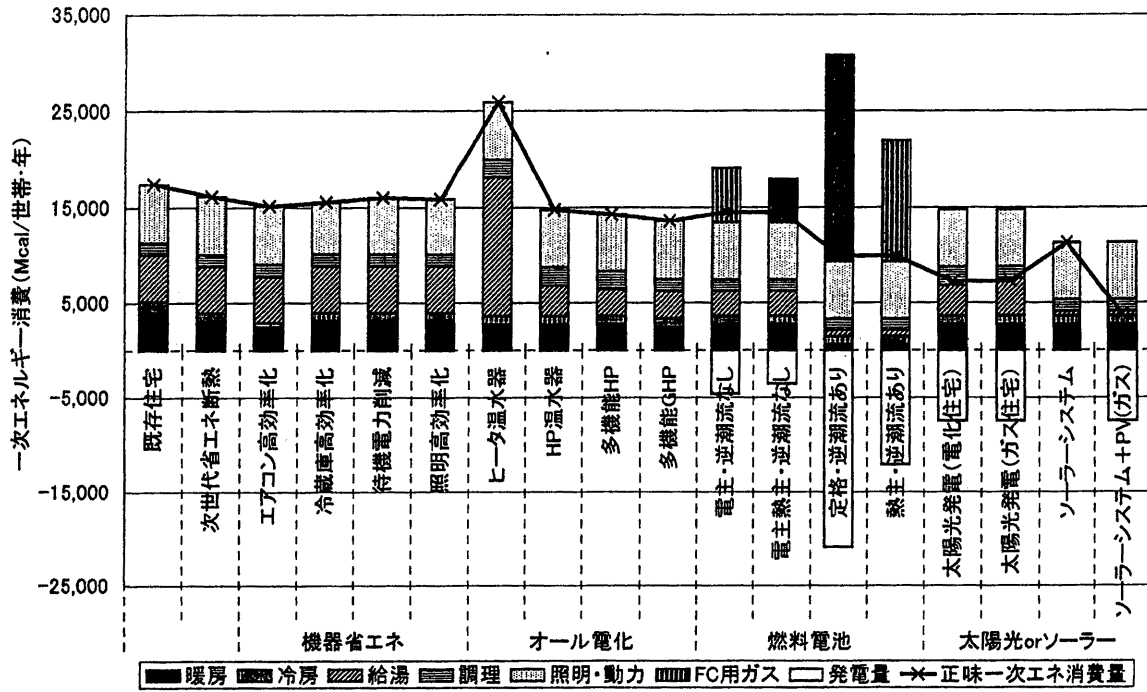


図 4 施策別一次エネルギー消費量および発電量  
(戸建て住宅・次世代省エネレベル断熱・間欠運転時)

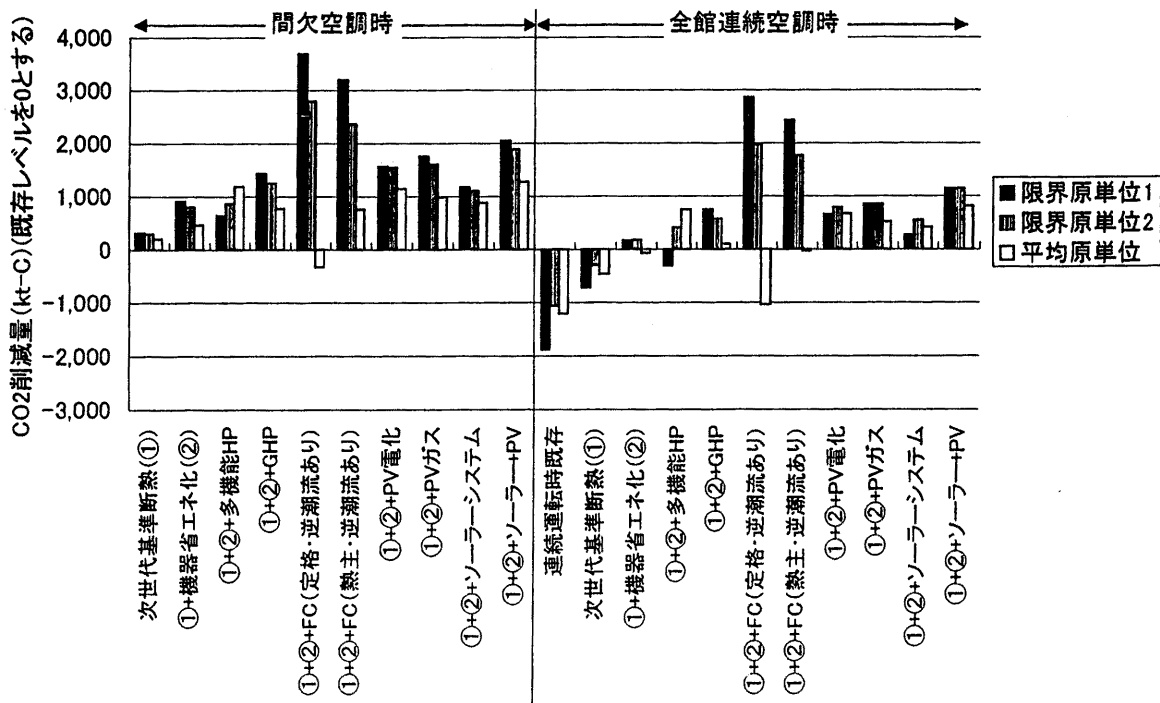


図 5 東京都における住宅部門 CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

### 長期シナリオに基づく民生部門の CO<sub>2</sub> 削減施策評価モデル

以上の評価では、ある年度に全建物へ省エネルギー施策が導入された場合の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルを単年度の最適電源構成モデルを用いて検討してきた。しかし、建物外皮強化やエネルギーシステムの改善のような施策は、建物の新築や増築に伴ってその導入が検討されるのが一般的であり、より現実的にそのポテンシャルを議論するためには、将来の建物需要や世帯類型の変化などを考慮する必要がある。また、エネルギーの中でも特に今後の増加が見込まれる電力消費による CO<sub>2</sub> 排出量は、電気事業者側の電源構成に依存するため、将来的に事業者がどのような電力供給形態を採用するかによって、各種施策の CO<sub>2</sub> 抑制効果も異なってくる。そこで民生部門の長期的なエネルギー消費、CO<sub>2</sub> 削減施策実施シナリオを作成し、長期最適電源構成モデルを用いて将来の CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルの評価を行った。

本評価により民生部門の CO<sub>2</sub> 抑制施策による IGCC 等の CO<sub>2</sub> 排出原単位の高い電源の建設遅延効果を定量的に示すことができた。住宅部門では定格逆潮流ありの燃料電池による CO<sub>2</sub> 削減効果が高く、業務部門における CO<sub>2</sub> 削減施策とあわせて、最大で東京都の 1990 年総 CO<sub>2</sub> 排出量の 1/3 程度に相当する CO<sub>2</sub> を削減することが可能となることが確認された (図 6)。

本論文で提案する評価モデルにより、民生部門の CO<sub>2</sub> 削減施策の効果について、建物・世帯単体のミクロなレベルから、地域全体、さらに電気事業者レベルのマクロなものまで検討することが可能となった。民生部門の CO<sub>2</sub> 削減施策の効果は、個別の施策の効果は小さくとも、母数が大きいため、政策的に導入を促進させることができれば全体としては非常に大きな効果が期待できる。本モデルの他地域への適用やパラメータ解析により、多種多様な施策の経済性、環境特性をより詳細に、かつ総合的に検討することが可能になるものと考えられる。

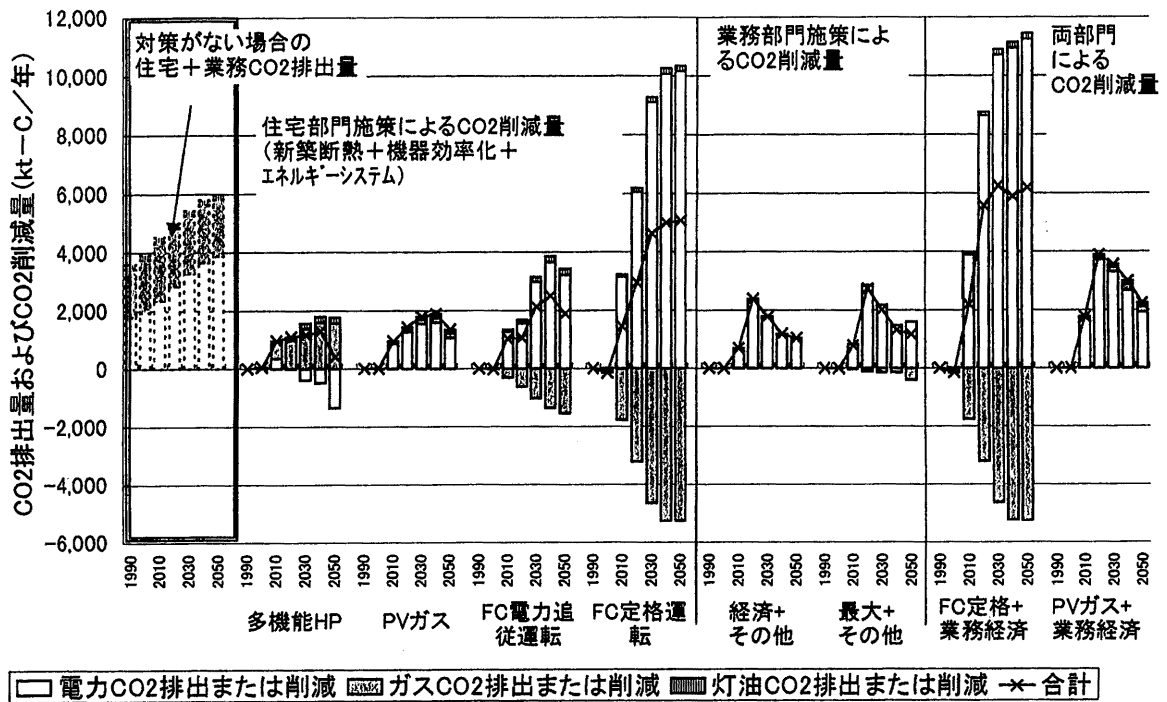


図 6 東京都民生部門の施策による将来の CO<sub>2</sub> 排出削減効果