

# 都市におけるエネルギー代替の評価

## Evaluation of the Effects of Energy Substitution in Urban Areas

手塚 哲央\*・喜多 一\*・西川 禎一\*\*

Tetsuo Tezuka Hajime Kita Yoshikazu Nishikawa

### 1. はじめに

エネルギー供給にかかわる設備投資計画を策定する際には、エネルギー需要予測が不可欠である。しかし、一般にその予測値はある幅を持った値になり、望ましい投資計画も予測の幅に応じて変化すると考えられる。例えば小規模電源は、建設に要するリードタイムが大規模電源に比べて短いことから、需要予測の幅が大きくなるにつれて導入される可能性が高くなることが示される<sup>1)</sup>。

また、将来のエネルギー需要がなんらかの方法で制御できるとすれば、計画策定にそれだけ余裕が生じ、また需給システムのロバスト性<sup>1)</sup>も向上すると期待される。この全エネルギー需要を制御するという考え方は、電力需要に対して考えられているロードマネジメントやデマンドサイド・マネジメントの概念を拡張したものであり、これを筆者らは特に「エネルギー・ロードマネジメント」と呼んでいる<sup>4)</sup>。その方策としては、エネルギー料金体系の変更、エネルギー需給に関する規制の緩和、新種機器の普及の促進、エネルギー有効利用に関する教育など数多く挙げることができるが、これらのエネルギー・ロードマネジメント効果を考慮するかどうかで、エネルギー供給システムの計画は大きく変化する可能性がある<sup>5)</sup>。

本特集のテーマである都市エネルギーシステムは、需要の成長や時間的変動が著しく、また技術開発により需要形態を大きく変えることができるという特徴をもつために、その需要予測がエネルギーシステムの計画を策定する上で非常に重要となってきている。そし

て、その「都市」におけるエネルギー需要を特徴づけているのが民生部門の需要である。

以上の理由から筆者らは、需要変動が特に顕著に現れている近畿地方の民生部門を対象として、エネルギー・ロードマネジメント効果を考慮できるエネルギー需要モデルを開発してきた<sup>6),7)</sup>。本稿では、そのモデルの概要について説明した後、西暦2010年までに近畿地方における各種エネルギー需要がエネルギー間の代替や省エネルギーによりどの程度変化する可能性があるか、という点についてモデルシミュレーションを行った結果について述べる。

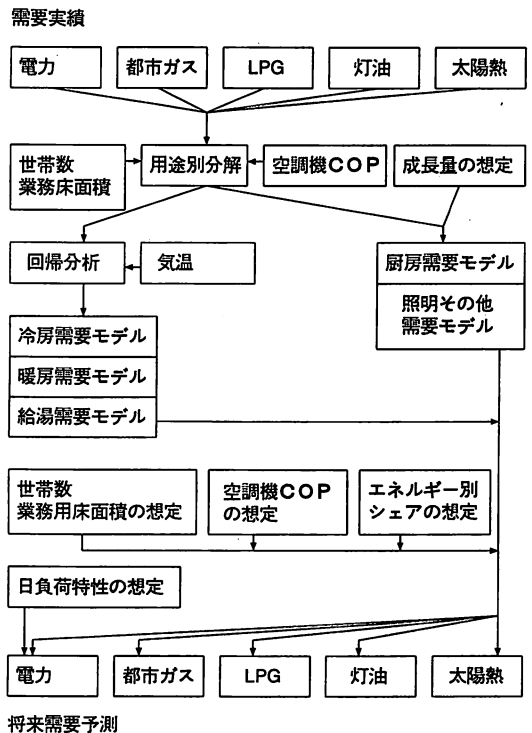


図-1 民生部門エネルギー需要モデルの構成 (太陽熱は家庭部門のみ)

†: 将来に起こりうるエネルギーの価格や需要の変化に対して比較的少ないコストで対応できる能力<sup>2),3)</sup>。

\* 京都大学工学部電気工学教室助手  
\*\* " " 教授  
〒606-01 京都市左京区吉田本町

表1 民生部門用途別エネルギー需要モデル

家庭部門		
用途	モデル	単位
冷房	$35.37T_{max} - 906.5$	[Mcal/月・台]・
暖房	$-23.40T_{min} + 474.3$	[Mcal/月・世帯]
給湯	$-6.79T_m + 339.6$	[Mcal/月・世帯]**
厨房	$72.5 + 0.80(y - 1983)$	[Mcal/月・世帯]
照明動力	$206 + 5.16(y - 1983)$	[Mcal/月・世帯]
業務部門		
用途	モデル	単位
冷房	$0.00358T^2 - 0.103T_m + 0.728$	[Mcal/日・m <sup>2</sup> ] <sup>†</sup>
暖房	$0.00462T^2 - 0.169T_m + 1.570$	[Mcal/日・m <sup>2</sup> ]
給湯	$-0.134T_m + 6.692$	[Mcal/月・m <sup>2</sup> ] <sup>‡</sup>
厨房	21.92	[Mcal/月・m <sup>2</sup> ]
照明動力	$0.4129 + 0.0075(y - 1986)$	[Mcal/日・m <sup>2</sup> ]

- ・  $T_{max}$  : 月平均最高気温 (°C)
- ・  $T_{min}$  : 月平均最低気温 (°C)
- ・  $T_m$  : 月平均気温 (°C)
- ・  $y$  : 西暦年
- ・  $\cdot$  : エアコン1台当たり需要量
- ・  $\cdot\cdot$  : 浴室普及世帯当たり需要量
- ・  $\cdot\cdot\cdot$  : 業務部門の冷暖房及び照明動力のモデルは床面積当たりの平日の需要量
- ・  $\cdot\cdot\cdot$  : 業務部門の給湯及び厨房のモデルは床面積当たりの月需要量

表2 モデルで考慮されている代替可能機器

家庭部門	
冷房	電気式冷房専用機, 電気式ヒートポンプ
暖房	電気式ヒートポンプ, 電熱型暖房機, ガスストーブ, 灯油ストーブ, LPGストーブ
給湯	電気温水器, ガス給湯器, 灯油給湯器, LPG給湯器, 電気式ヒートポンプ給湯器, 太陽熱温水器
業務部門	
冷房	電気式冷房専用機, 電気式ヒートポンプ, ガス吸収式冷凍機, ガス吸収式冷温水機, ガスエンジンヒートポンプ
暖房	ガスボイラ, 灯油ボイラ, LPGボイラ, 電気式ヒートポンプ, ガス吸収式冷温水機, ガスエンジンヒートポンプ
給湯	ガスボイラ, 灯油ボイラ, LPGボイラ, 電気式ヒートポンプ給湯器, ガスエンジンヒートポンプ

2. 民生部門エネルギー需要モデルの概要

筆者らが開発したエネルギー需要モデルには、次のような特徴がある：

1. 予め設定した機器選択のシナリオに基づいて将来のエネルギー需要特性（各エネルギーの年間需要、最大需要、負荷率など）を求め、シミュレーション型のモデルである。
2. 家庭部門と業務部門の各々について、主として公開統計を用いてモデル化を行っている。
3. 電力、都市ガス及び石油製品の各需要は月別に取り扱われ、その月別のエネルギー需要の変動や気象要因などに基づいて用途別熱負荷原単位が求められる。
4. その結果として、冷・暖房、給湯需要におけるエネルギー間の代替によるエネルギー需要特性の変化を分析できる。
5. 将来における機器の代替速度を考慮できる。
6. 空調機器の成績係数（COP）を明示的に取り扱っているため、これらの改善などの効果を分析できる。
7. 電力については、各月の平均的な日負荷曲線の分

析が可能である。

モデルの作成とシミュレーション分析の大まかな流れを図-1に示す。

本モデルではまず、マクロな電力、都市ガスなどの月別需要をその季節変動などを手掛かりに用途別に分解し、家庭部門及び業務部門の各々について用途別の熱負荷原単位モデルを作成する。そこでは気温変化の影響や年トレンドも考慮される。また、特に電力の負荷特性を分析するために、産業・運輸部門の電力需要についても簡単なモデルを作成している（1986年の値の1.3%ずつ定量成長すると想定）。参考のために、家庭部門及び業務部門における用途別熱負荷原単位モデルの推定結果を表1に示す。

一方シミュレーション分析では、まず対象年において想定された世帯数及び業務用建築物床面積から、用途別の総熱負荷が計算される。つぎに各用途における機器別シェア、空調機器の成績係数などに関するシナリオに基づいて、将来のエネルギー需要を求め、モデルで考慮されている代替可能な機器のリストを表2に示す。

なお、本モデルには原単位や床面積の伸びを内生化

するような経済モデルは含まれていない。これは、本モデルが、将来シナリオを変更しながら対話的に利用されることを念頭に置いているためである。

モデルの詳細については、別の機会に報告したい。

### 3. 将来シナリオの想定

シミュレーションに用いたシナリオの特徴について簡単に説明する。

#### 3.1 家庭部門

家庭部門の将来シナリオでは、世帯数増加分についてはすべて都市ガスが普及し、また世帯数の増加分及び住宅の建替え分についてはすべて浴室が設置されると仮定する。なお、世帯数については、将来人口推計値や世帯当り人員数の過去の推移を基にして、1986年から2010年までに22%増加すると想定する。

また、給湯器のストックにおける各機器のシェアは、毎年の給湯器の購入と廃棄とにより決定されるとし、暖房機器のストックにおける各機器のシェアは、将来における値を任意に設定できるものとする。これは、暖房用機器の代替は比較的容易であると考えられるためである。ただし、ヒートポンプについては保有率(保有している世帯の割合)の制約が課せられる。

##### ・現勢維持シナリオ：

家庭部門のエネルギー需要の予測開始時点(1983年)における傾向が将来まで維持されるというシナリオである。その結果として、2010年までにエアコンの普及率(一世帯当りの平均所有台数)は250%に、ヒートポンプの保有率は78%にそれぞれ増加する。

##### ・電力特化1シナリオ：

エアコンの普及が現勢維持シナリオよりも更に進むことを想定したシナリオであり、2010年においてエアコンの普及率は280%、ヒートポンプの保有率は84%となる。これは、最近の傾向に近い想定であると考えてよい。また、暖房時のヒートポンプの稼働率もある程度向上すると見込まれている。

##### ・電力特化2シナリオ：

電力特化1シナリオにおいて、普及したヒートポンプが暖房時に100%稼働すると仮定したシナリオである。

##### ・電力特化3シナリオ：

電力特化1シナリオにおいて、普及したヒートポンプが暖房時には全く稼働しないと仮定したシナリオである。

一般にヒートポンプ保有世帯が暖房のためにヒート

ポンプを使用しているとは限らない。電力特化2及び3のシナリオは、暖房時のヒートポンプ稼働率がエネルギー需要特性に及ぼす影響を見るために設定されたものである。

##### ・省エネルギーシナリオ：

電力特化1シナリオにおいて、新しく購入される空調機の成績係数が技術的に可能とされる限界まで改善され、さらに空調負荷及び照明動力用電力需要についても、一定の省エネルギーが達成されるものと想定したものである(3.3節参照)。

#### 3.2 業務部門

業務部門におけるシナリオにおいては、新・増改築された建築物には全て都市ガスが普及するものと仮定する。また、機器の変更も新・増改築された建築物においてのみ考慮される。なお、業務用建物の総床面積は、過去のトレンドを外挿して1986年から2010年までに70%増加すると想定する。

##### ・現状維持シナリオ：

空調のエネルギー別シェアを、予測開始時点(1986年)におけるストックベースでの値に固定したシナリオである。ただし、最近の動向を考慮すれば、電力需要の増加を過大評価するシナリオと言える。

##### ・ガス特化1シナリオ：

床面積3000m<sup>2</sup>以上の新築業務用建物にはすべてガス吸収式冷温水機が、3000m<sup>2</sup>以下ではその10%にガスエンジンヒートポンプが普及する。また、ガス冷房の普及に伴い、暖房及び給湯の用途でも石油製品から都市ガスへの代替が進むものと想定する。

##### ・ガス特化2シナリオ：

ガス特化1シナリオと異なるのは、床面積3000m<sup>2</sup>以上の新築業務用建物の75%にガス吸収式冷温水機が、3000m<sup>2</sup>以下ではその3%にガスエンジンヒートポンプが普及するという点である。これは最近のガス冷暖房機の販売動向に近い想定である。

##### ・ガス特化3シナリオ：

ガス特化2シナリオにおいて、給湯用の機器のシェアが1986年の値を維持すると仮定したシナリオである。これは、給湯用需要で石油製品から都市ガスへの大幅な代替を抑えたものである。

##### ・ガス特化4シナリオ：

ガス特化2シナリオにおいて、暖房用及び給湯用の機器のシェアが1986年の値を維持すると仮定したシナリオである。即ち、ガス冷房需要(ガス吸収式冷凍機)のみが大きく伸びるシナリオとなっている。電力及び

都市ガスの負荷率の改善が期待される。

・省エネルギーシナリオ：

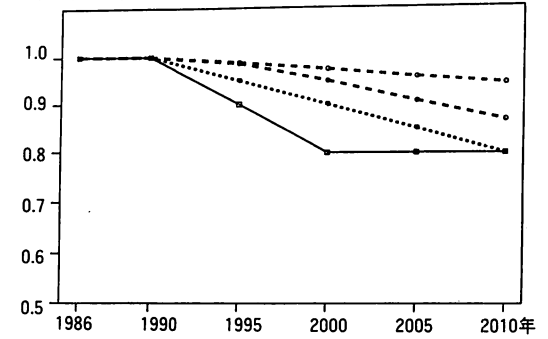
家庭部門と同様に、ガス特化2シナリオについて、新しく購入される空調機の成績係数が技術的に可能とされる限界まで改善され、さらに空調負荷と照明動力用需要についても一定の省エネルギー率が達成されるものと想定したシナリオである。

3.3 省エネルギー率の想定について

将来において可能な省エネルギー率の想定については、以下のような困難さがある。

- ・対象とする機器によって、機器の普及や取替え速度などに大きな差がある。例えば蛍光灯やOA機器などではかなり急速な取替えが予想されるが、固定式の設備などは耐用年数がかなり長い。またビルの断熱化などは、建物の建替えに伴ってしか行われないと考えるべきであろう。
- ・ビルの空調負荷はその設計によって大きく変化する。
- ・照明動力用機器の省エネルギーの可能性については、

原単位(1986年値=1)



実線：照明動力、点線：新築建物の空調負荷、破線：全建物の平均空調負荷(上側：家庭部門、下側：業務部門)

図-2 省エネルギー率の設定

需要の内訳を把握できないため積み上げ式に求めることが困難である。

そこで、本分析では、空調機の高効率化の他に、空調負荷の省エネルギー率と照明動力用負荷の省エネルギー率という、2種類のシナリオを設定した。空調負

表3 シミュレーション結果－エネルギー需要特性の変化

家庭部門							
	1986	電化特化1	現勢維持	電力特化2	電力特化3	省エネルギー	
年間需要 [10 <sup>9</sup> Mcal]							
電力	23.5	46.8	-1.9	+1.2	-4.0	-9.4	
都市ガス	18.0	22.4	+1.8	-1.4	+1.1	-0.1	
LPG	6.5	7.8	+0.4	-0.1	-0.1	-0.0	
灯油等	9.9	5.2	+3.4	-2.5	+12.5	-0.2	
最大需要							
電力 [百万kW]							
夏季	3.9	8.6	-0.4	±0	±0	-2.1	
冬季	3.2	6.6	-0.5	+0.4	-1.3	-1.4	
都市ガス [10 <sup>9</sup> Mcal/月]							
夏季	0.86	1.30	+0.01	±0	±0	±0	
冬季	2.18	2.42	+0.32	-0.25	+0.20	-0.02	
業務部門							
	1986	ガス特化3	現状維持	ガス特化1	ガス特化2	ガス特化4	省エネルギー
年間需要 [10 <sup>9</sup> Mcal]							
電力	27.6	62.9	+1.4	-0.7	±0	+0.3	-13.0
都市ガス	7.6	21.9	-8.8	+9.2	+3.7	-5.3	-2.9
LPG	2.8	4.3	+0.1	-1.4	-0.9	+0.1	-0.0
灯油等	17.6	25.7	+4.2	-6.6	-3.0	+4.2	-1.7
最大需要							
電力 [百万kW]							
夏季	10.1	20.4	+1.3	-0.6	±0	±0	-4.5
冬季	7.4	17.2	+0.3	-0.1	±0	+0.3	-3.5
都市ガス [10 <sup>9</sup> Mcal/月]							
夏季	0.75	2.46	-1.18	+0.85	+0.19	±0	-0.45
冬季	0.91	3.06	-1.52	+1.22	+0.41	-1.52	-0.43

符号付の値は、家庭部門では電力特化1シナリオからの変化量を、業務部門ではガス特化3シナリオからの変化量を表す。最大需要は民生部門における各エネルギーのピーク発生時(月)値を示す。電力の最大需要は1kWh=860kcalとして求めた。

表4 シミュレーション結果  
用途別エネルギー需要[10<sup>9</sup>Mcal/年]

家庭部門 (1986年)						
	冷房	暖房	給湯	厨房	照明動力	計
電力	1.7	2.1	2.1	0.0	17.7	23.5
都市ガス	0.0	4.0	10.1	3.9	0.0	17.9
LPG	0.0	0.5	3.9	2.1	0.0	6.5
灯油等	0.0	8.1	1.7	0.0	0.0	9.8
太陽熱	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0

家庭部門 (2010年) - 電化特化1シナリオ						
	冷房	暖房	給湯	厨房	照明動力	計
電力	4.6	5.6	2.9	0.0	33.6	46.8
都市ガス	0.0	1.7	14.0	6.6	0.0	22.4
LPG	0.0	0.1	5.2	2.6	0.0	7.8
灯油等	0.0	3.1	2.1	0.0	0.0	5.2
太陽熱	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4

業務部門 (1986年)						
	冷房	暖房	給湯	厨房	照明動力	計
電力	2.9	0.9	0.0	0.0	23.9	27.6
都市ガス	1.2	1.6	1.6	3.2	0.0	7.6
LPG	0.0	0.3	2.1	0.4	0.0	2.8
灯油等	0.0	10.2	7.3	0.0	0.0	17.5

業務部門 (2010年) - ガ斯特化3シナリオ						
	冷房	暖房	給湯	厨房	照明動力	計
電力	3.4	1.0	0.0	0.0	58.5	62.9
都市ガス	5.4	8.0	2.8	5.8	0.0	21.9
LPG	0.0	0.3	3.6	0.4	0.0	4.3
灯油等	0.0	13.2	12.5	0.0	0.0	25.7

荷については新規に建てられる建物の省エネルギー率を想定し、建物の増加と建て替えを考慮してストックベースでの省エネルギー率を算出した。また、照明動力用負荷については単純にストックベースの省エネルギー率を設定した。省エネルギー率の設定を図-2に示す。

#### 4. 将来シナリオの評価

前節のシナリオに基づいてシミュレーションを行った結果を示し、考察を加える。

##### 4.1 シミュレーション結果について

異なるシナリオ間での2010年のエネルギー需要特性の変化を表3に、1986年及び2010年の用途別エネルギー需要を表4に示す。2010年の用途別需要は電力特化1及びガ斯特化3シナリオに基づいて求めた値である。

これらの結果の特徴を以下に整理する。なお、括弧内の値は需要特性の変化率であり、家庭部門では電力特化1シナリオに、業務部門ではガ斯特化3シナリオに対する比率として求めたものである。

##### <電力需要について>

・まず家庭用エアコンの普及の影響について調べる。冷房需要の伸びの違いは、現勢維持-電力特化1シナリオ間で年間需要にして1.9×10<sup>9</sup>Mcal (4.0%)、夏季のピーク時で40万kW (4.7%) の変化をもたらす。一方、暖房時のヒートポンプの使用の有無の影響は大きく、電力特化2-電力特化3シナリオの間で年間需要にして5.1×10<sup>9</sup>Mcal (11%)、冬季のピーク値で170万kW (25%) の変化が生じる。

・業務部門では、ガス空調が最も普及すると想定したガ斯特化1シナリオにおいて、現勢維持シナリオと比較して年間需要で2.1×10<sup>9</sup>Mcal (3.4%)、夏季のピーク時で190万kW (9.3%) の削減が見られる。一方、ガス空調の普及が現勢程度で進んでいくと想定したガ斯特化2シナリオを見ると、削減効果も年間需要で1.4×10<sup>9</sup>Mcal (2.2%)、夏季のピーク時で130万kW (6.2%) 程度に抑えられる。

・省エネルギー効果については、前節で述べた想定に基づく、家庭部門では年間需要で9.4×10<sup>9</sup>Mcal (20%)、ピーク時で210万kW (24%)、業務部門では年間需要で13.0×10<sup>9</sup>Mcal (21%)、ピーク時で450万kW (22%) の削減が生じる。その内訳を見ると、表には示していないが民生部門全体で照明動力用の需要の削減効果が、年間需要にして18.4×10<sup>9</sup>Mcal (17%)、ピーク時で420万kW (15%)、また空調機のCOP改善及び負荷削減の効果は、年間需要にして4.0×10<sup>9</sup>Mcal (3.7%)、ピーク時で230万kW (8.0%) となる。

##### <ガス需要について>

・家庭部門では、暖房時のヒートポンプの稼働の有無により年間需要で2.4×10<sup>9</sup>Mcal (11%)、その他のエネルギー代替の効果を含めると、現勢維持-電力特化2シナリオ間で3.2×10<sup>9</sup>Mcal (14%) の変化が生じる。また、月別需要では、冬季にのみ0.57×10<sup>9</sup>Mcal/月 (24%) という比較的大きな変化が見られる。

・業務部門では、冷・暖房、給湯用の都市ガス需要において他のエネルギーとの代替可能性が大きく、ガ斯特化1-現勢維持シナリオ間で、年間需要にして18.0×10<sup>9</sup>Mcal (82%)、月間需要では夏季のピーク時で2.0×10<sup>9</sup>Mcal/月 (82%)、冬季のピーク時で2.7×10<sup>9</sup>Mcal/月 (89%) の変化幅となる。

・省エネルギーについては、家庭部門では効果は少なく、業務部門では年間需要で2.9×10<sup>9</sup>Mcal (13%)、冬季のピーク時で0.4×10<sup>9</sup>Mcal/月 (14%) の削減が生じる。エネルギー代替の効果に比べて小さい値に留まっているという点が、電力需要の場合と異なるとこ

ろである。

#### <灯油需要について>

・家庭部門では、現在灯油の大部分が暖房用に使われているためにヒートポンプとの代替の効果が強く現れ、その変化幅は電力特化1-電力特化3シナリオ間で $12.5 \times 10^9$  Mcal (240%)程度となる。

・一方業務部門では、灯油が給湯用にも多く使用されておりエネルギー代替の効果も家庭部門ほどは大きく想定されていないが、それでも現状維持-ガス特化1シナリオ間で $6.6 \times 10^9$  Mcal (26%)程度の変化幅となる。

#### 4.2 シミュレーション結果に対する若干の考察

シミュレーション結果より以下の点が指摘される。

・一般に、都市ガス・灯油などの需要は、電力とは異なって代替困難な用途を持たないために、エネルギー代替の影響を強く受ける傾向にある。そのためその予測に当たっては今後のヒートポンプの普及、使用状況などについて注意する必要がある。

・省エネルギーに関するシミュレーション結果は、需要の伸び率や図-2の省エネルギー率の想定に依存するものである。しかし、電力では照明動力用需要の割合が多いことから、その部分の省エネルギー（総電力需要の削減）のポテンシャルの大きさは注目に値する。なかでも照明用電力需要の削減が効果的であると考えられるが、その定量的評価についてはより詳細な調査を待たねばならない。

・空調機のCOP改善及び熱負荷削減の効果については、年間の省エネルギー量は少ないものの、電力ピークの削減には効果的である。

・家庭用ヒートポンプの暖房用稼働率の変化は、他のエネルギー代替に比べ速やかに進むことが予想されることから、石油価格の高騰などを契機として急激に灯油から電力へのシフトが進む可能性がある。

・ガス冷房の普及は補助政策に支えられている面もあることから、今後の政策の変更により都市ガスの需要特性が大きく変化する可能性がある。

そのほか、モデルでは考察されていないがエネルギー需要特性の将来予測において重要と思われる事柄を列挙する。

・コージェネレーションの普及は、エネルギー間の代替効果を評価する上で無視できない<sup>8)</sup>。しかし、その導入可能性評価では個々の需要家の熱負荷の時間特性が重要な要素となるので、少なくとも業務部門を業種別に分けてモデル化する必要が生じる。また、その他

のソーラーシステム、短期・長期蓄熱、地域熱供給、未利用エネルギーの活用などの新しい技術のポテンシャルの評価も重要である。今後の課題としたい。

・本モデルでは家庭用暖房需要の原単位が将来においても変わらないものと想定しているが、ライフスタイルの変化により将来大きく伸びる可能性もあるといわれており更に検討を要す。

・将来の新築ビルのエネルギー原単位も大きく変化する可能性がある。ここでは空調・照明負荷の20%削減というケースのみを取り上げたが、更に技術的な可能性について調査する必要がある。

・給湯需要については特に業務部門においてその実態が明確ではないため、ここでは簡単な代替の評価しか行っていないが、その代替の影響は大きいと考えられる。それ故、将来シナリオ作成に当たっては十分な検討が必要である。

・家庭用の深夜電力用電気温水器は、最近の契約数が単調に減りつつあること<sup>9)</sup>、設置場所の制約があることなどのために、ここではその大幅な増加というシナリオは検討していない。ただし、今後の技術開発や料金制の変更などにより、深夜電力への大幅なシフトは十分に考えられる。

・LPGについてはその需要の実態が十分に把握できなかったために、その将来動向についてはここでは検討されていない。

#### 5. おわりに

一般に、エネルギー需要の将来予測を行う場合には、マクロ的な経済変量に依存する部分、補助金・税制・エネルギー料金等のような制度的な側面に依存する部分、技術開発に依存する部分などに分けて検討することが重要である。ここで述べたモデル分析では、それらの区別が明確にされていないが、今後、エネルギー需要の実態に関する統計データが更に整備されれば、より具体的イメージを伴う分析への道が開かれるものと期待される。

また、最初にも述べたように、ここで用いたモデルは対話的に利用されることを前提として作成されている。未だ使用データに不備な点が多く含まれてはいるが、このようなシミュレーション型のエネルギー需給モデルが数多く整備され内容が公開されれば、種々のエネルギーシステム計画の立案者にとって有用なツールになると考えられる<sup>10)</sup>。

なお本研究は、文部省科学研究費補助金・重点領域

研究「エネルギー変換と高効率利用」の補助を受けて行われたものである。そしてモデル作成に当たっては、エネルギー需要データの提供やプログラムの作成などで多くの方々のご協力を頂いた。心より謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 西川, 手塚, 喜多, 中野; シナリオ統合アルゴリズムを用いた不確実な需要下での最適電源計画, 電気学会論分誌C, Vol. 112-C, No. 6 (1992), 356-363.
- 2) 手塚, 喜多, 西川; 都市エネルギーシステムのロバスト性の評価, 第8回エネルギーシステム・経済コンファレンス (1992), 89-94.
- 3) 手塚, 喜多, 西川; エネルギー需要システムのロバスト性について, 文部省科学研究費補助金, 重点領域研究「エネルギー変換と高効率利用」, 平成3年度研究成果報告書, エネルギーに関する社会的・経済的諸問題 (1992), 63-70.
- 4) 手塚, 喜多, 植原, 松本, 西川; 民生部門におけるエネルギー・ロードマネジメントに関する基礎的検討, 第5回エネルギーシステム・経済コンファレンス (1988), 69-74.
- 5) C. W. Gellings, et al.; Integrating Demand-Side Management into Utility Planning, Proc. IEEE, Vol. 77, No. 6 (1989) 908-918.
- 6) 喜多, 水谷, 手塚, 西川; 民生用エネルギー・ロードマネジメントの検討(1): 家庭部門モデル, 第6回エネルギーシステム・経済コンファレンス (1989), 99-104.
- 7) 手塚, 喜多, 植原, 松本, 西川; 「民生部門におけるエネルギー・ロードマネジメントの検討」, 文部省科学研究費補助金, 重点領域研究「エネルギー変換と高効率利用」, 平成元年度研究成果報告書, エネルギーに関する社会的・経済的諸問題2 (1990), 56-66.
- 8) 手塚, 喜多, 寺田, 西川; 近畿地方民生部門エネルギー需要モデルを用いた新設備導入効果の分析, 第7回エネルギーシステム・経済コンファレンス (1991), 323-328.
- 9) 電力調査統計月報, 日本電気協会.
- 10) 手塚, 西川; エネルギーシステムのモデリングに関する一考察, 第18回システムシンポジウム(1992), 427-432.

