

# KEIO DISCUSSION PAPER



CALAMVS GLADIO FORTIOR

**KEIO ECONOMIC OBSERVATORY**  
**SANGYO KENKYUJO**

**KEIO UNIVERSITY**

MITA MINATO-KU  
TOKYO JAPAN

NO. 57

7/77



# 家計部門における用途別エネルギー消費関数の計測と 炭素税賦課による影響\*

野村浩二

2000年6月

## 1 はじめに

本稿では、家計部門における用途別エネルギー消費関数の記述と計測をおこない、炭素税導入による家計部門への影響を評価することを目的としている。ここでのエネルギー消費関数の計測は、われわれの多部門一般均衡モデルへの導入と一般均衡のフレームワークの中での評価を想定したものであるが、本稿では部分的に家計部門のみについて炭素税賦課シミュレーションをおこなっている。

家計部門は、そのエネルギー消費量における量的な重要性の増大のみならず、地球温暖化防止対策からみると政府による直接規制が困難であるなどの特性を持ったエネルギー消費主体であり、その意味で家計のエネルギー消費関数を特に分離して記述し、炭素税などの経済的措置による効果を試みる。われわれはこれまでに多部門一般均衡モデルによって各消費主体におけるエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量の評価、および炭素税など経済的措置の導入による定量的評価をおこなってきた（黒田・野村 [6][7] 等）。現行のモデルによって解かれる家計部門のエネルギー消費量をみると、内挿期間におけるトータルテストでは、実質投入係数によってエネルギー消費量がコントロールされる産業部門に比して、家計部門の推計エネルギー消費量は観察値との乖離が大きいものであった。それは現行の家計部門の消費行動モデルの定式化が、特にエネルギー消費を独立して扱わずに、複数の費目分類を想定した効用最大化行動によって、価格効果と所得効果のみに依存して記述されていたことによっていると考えられる。家計部門によるエネルギー消費は、耐久消費財の保有量とそのエネルギー効率に大きく依存しているという点において、またエネルギー消費それ自体から効用を受けるのではなく、何らかの耐久消費財の利用による効用を求めた結果としての派生的需要であるという点において、他の消費費目と顕著に異なる性質を持つ。これらの特性を考慮したエネルギー消費行動を描く必要がある。

また、家計のエネルギー消費の観点からみると、エネルギー関連統計と経済統計ではその範囲において異なる定義が与えられている。資源エネルギー庁および日本エネルギー経済研究所などによるエネルギー関連統計では、エネルギー消費主体は大きく「産業部門」、「民生部門」（「家庭部門」と「業務部門」）、「運輸部門」（「旅客部門」と「貨物部門」）に分割されている。一方、産業連関表などの経済統計における「家計部門」は、上記の「家庭部門」と「旅客部門」の一部（自家用乗用車分）が対応している。本稿の目的の一つは、家計の自家用乗用車によるエネルギー消費量を推計することで、エネルギー関連統計と経済統計との接合を図ることである。

なお、本稿での用途分類は「1. 輸送用」、「2. 暖房用」、「3. 冷房用」、「4. 給湯用」、「5. 厨房用」、「6. 動力他」の6分類であり、それぞれの用途の利用エネルギー種別として、「1. 電力」、「2. 都市ガス」、「3. LPG」、

\*本研究は、慶應義塾大学 黒田昌裕教授、小林信行氏、宮川幸三氏、また日本政策投資銀行 設備投資研究所 地球温暖化研究センター 国則守生氏、英公子氏、内山勝久氏と共同で開発をおこなってきた多部門一般均衡モデルにおける、消費者行動の関式に位置づけられるものである。また、資源エネルギー庁 戒能一成氏、日本エネルギー経済研究所 佐川直人氏（現在、住環境研究所）に資料や御助言を頂いている。なお、本稿は preliminary なものであり、御批判、コメントを歓迎する。

「4. 灯油」、「5. 石炭他」、「6. 太陽熱」、「7. ガソリン」、「8. 軽油」の8つの分類を想定している。

以下では、はじめに観察事実の整理をおこなうことで、我が国における家計エネルギー消費の位置付け、および用途別エネルギー消費などの時系列推移を示すことにしよう。その後、家計部門のエネルギー用途別消費関数の記述と、パラメーターの推計をおこなう。最後に、以上の計測結果に基づいて、将来のある想定シナリオに基づくエネルギー消費の暫定的な見通し（BaU）と、炭素税賦課シミュレーションの結果を報告することにする。

## 2 家計エネルギー消費

### 2.1 家計部門全体

はじめに我が国における家計部門のエネルギー消費総量の時系列的な推移を観察することにしよう。最終エネルギー消費の一国集計量に占める家計部門のシェアを示したものが図1である<sup>1</sup>。

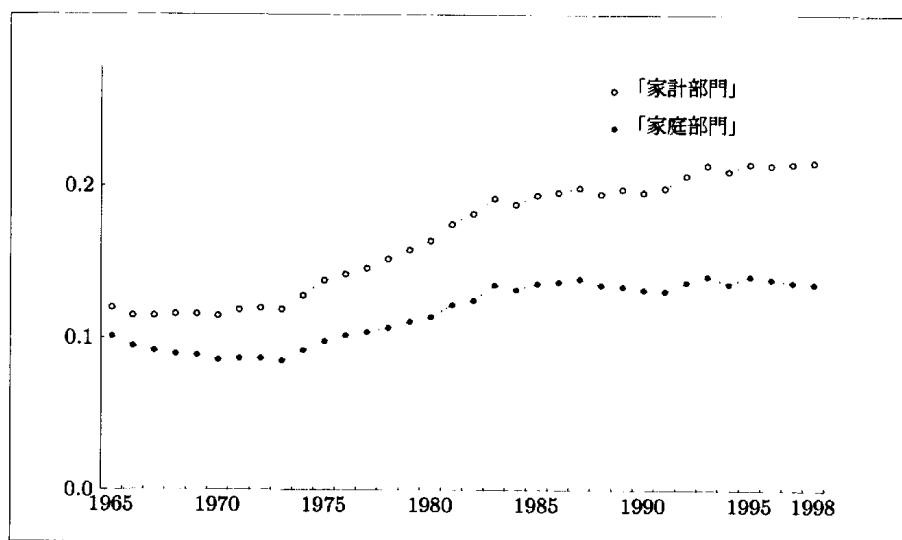


図1: 最終エネルギー消費量に占める家計部門のシェア

図1における○は、「家計部門」全体、一方●は用途分類のうち「1. 輸送用」を除く家計部門（エネルギー統計における「家庭部門」に対応）のエネルギー消費量の一国集計量に占めるシェアを示している。家計部門全体では、高度成長期に一国全体の10%強を占めている程度であったが、第1次オイルショック以降、そのシェアは拡大してきており、現在では20%強と、エネルギー消費の観点から家計部門の重要性は増加している。この傾向は家計部門のエネルギー消費と一国集計エネルギー消費量、それぞれの成長率をみると明確になる。それぞれの成長率と、実質民間家計消費支出および実質GDPに対するそれぞれの弾性値を示したものが、表1である。

<sup>1</sup> 資料は、日本エネルギー経済研究所計量分析部（EDMC）『エネルギー・経済統計要覧』[10]による推計値をベースにしている。ただし、各用途別のエネルギー消費量のうち電力消費量については資源エネルギー庁による推計値によって補正している（EDMCでは冷蔵庫は「6. 動力他」に格付けされているが、ここでは「5. 厨房用」へと格付けされているなどの補正が為されている—これらの補正により、「6. 動力他」部門に格付けされていた電力消費量の半分程度がその他の用途へと格付けされることになる）。また先述のように『エネルギー・経済統計要覧』における家計部門には、定義的に家計の自家用乗用車による輸送用エネルギー消費が含まれない（運輸部門に含まれる）。よって本モデルでは産業連関表における「家計部門」（民間家計消費支出ベクトル）の定義との整合性を保つために、家計の輸送用エネルギー消費量（揮発油および軽油）を数年次の産業連関表付帯表「物量表」により得て、cal換算して時系列推計したものを加算して定義している。なお、暦年と年度の相違については無視している。

表1にみるように、家計部門全体のエネルギー消費量の年平均成長率は、1965-70年度において各種耐久消費財の普及に伴って12.4%（実質民間家計消費支出に対する弾性値では1.198）と最も高いレベルにある。同期間には一国集計レベルでも13.3%（実質GDPに対する弾性値では1.517）と高い成長率を示していることから、高度成長期においてはむしろ家計部門のシェアは若干の低下傾向にあったことがわかる。1970-75年度では家計部門のエネルギー弾性値は1.623とむしろ拡大しているものの、一国集計レベルでは弾性値は0.669とオイルショックによるエネルギー価格高騰を受けて産業部門における省エネがかなり進行したことを反映したものになっている。この傾向は、70年代から1980年代はじめまで継続する。エネルギー価格上昇は、産業部門においては省エネ投資を誘引することでエネルギー効率の上昇を可能にしたが、それと比べて家計部門では短期的に価格による代替効果が少ないことが指摘されよう。その結果として家計部門のシェアは1970年度の0.115から、1975年度0.138、1980年度0.164、1985年度0.194と急速に拡大し、それが図1に示されている。

表1: 家計部門のエネルギー消費量と弾性値

	家計部門		一国集計	
	成長率	弾性値	成長率	弾性値
1965-70	0.124	1.198	0.133	1.517
1970-75	0.071	1.623	0.035	0.669
1975-80	0.044	1.057	0.010	0.275
1980-85	0.039	1.167	0.005	0.148
1985-90	0.038	0.812	0.035	0.822
1990-95	0.039	2.651	0.021	1.026
1995-98	0.005	0.605	0.003	0.498

1980年代に入り、その後半まで輸入エネルギー価格は下落傾向となり（原油輸入CIF価格でみると1981年度\$36.89/bblから1985年度\$27.21/bbl、1988年度\$14.79/bbl）、さらに1985年プラザ合意による急速な円高の進行も合わせて円建ての輸入エネルギー価格の下落（原油輸入CIF価格では1981年度52466円/klから、1985年度38340円/kl、1988年度11910円/kl）によって、一国集計エネルギー消費量のGDP弾性値は0.822（1985-90年度）と再び拡大傾向になる。その結果、家計部門のシェアは0.195程度で安定的な推移を示している。1990年代では比較的エネルギー価格は安定して推移したが、1990-95年度の弾性値をみると家計部門2.651、一国集計量1.026と、再び家計部門のシェアは1990年度の0.196から1995年度0.215と21%を超えるまでに拡大している。

また図1の二つの系列値の差異に示されているように、特に家計部門の輸送用エネルギー消費の拡大が顕著である。マクロ的に見れば輸送部門と家計部門<sup>2</sup>で全エネルギー消費量の40%程度（オイルショック時には25%程度であった）を占めるまで拡大しており、地球温暖化防止行動の観点からみて、両部門のエネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出量の量的な重要性の増大が指摘されている。また量的拡大のみならず、炭素税などの経済的措置による価格上昇によって、エネルギー消費量を統御することの困難性を示すものとなっている。この意味で、CO<sub>2</sub>排出量安定化のシミュレーションをおこなう経済モデルにおいても家計部門のエネルギー消費の特性を記述し、一般均衡のフレームワークの中で評価する必要がある<sup>3</sup>。

<sup>2</sup> エネルギー関連統計による定義では「民生部門」のうち「家庭部門」と、「運輸部門」全体（「産業部門」と「業務部門」以外）に対応する。

<sup>3</sup> 弘田 [11] による欧米諸国との比較では、我が国における家庭部門の一世帯当たりのエネルギー消費量に比べて、欧米では1.7-2.4倍（1990/91年値）と大きなものとなっている。絶対水準では少ないものの、オイルショック以降の一人当たり家庭用エネルギー消費の推移をみると、英、仏、旧西独がほぼ横ばいから微増、蘭、米が減少傾向を示しているのに対して、日本だけが上昇傾向にある。これは用途別に見れば、暖房用エネルギー消費のシェアが我が国では家庭部門の30%程度（家計部門の21%—表2による1990年値）であるのに対して、上記の欧米諸国では50%を超えており（特に旧西独では75%—弘田 [11] による1990/91年値）、そしてオイルショック以降の欧米諸国の省エネルギー政策による断熱基準の強化によって（暖房用エネルギー消費の）省エネ化に成功したことによって。当然のことながら気象条件などを反映して、各国の用途別エネルギー消費にはそれぞれの特性があるものの、我が国においては断熱基準強化による効果はエネルギー消費総量に対して相対的に限定的であると言えよう。

## 2.2 用途別エネルギー消費量

では、上記の家計部門のエネルギー消費量を用途別にみることにしよう。用途別エネルギー消費量の時系列推移を示したものが、表2である。

表2: 家計部門の用途別エネルギー消費量

(単位: 100 億 kcal)

	1. 輸送用	2. 暖房用	3. 冷房用	4. 給湯用	5. 厨房用	6. 動力他	家計合計
1965	2072 (0.16)	3580 (0.27)	20 (0.00)	3625 (0.28)	2626 (0.20)	1108 (0.09)	13030 (1.00)
1970	6092 (0.25)	7609 (0.31)	76 (0.00)	4757 (0.20)	3666 (0.15)	2057 (0.08)	24258 (1.00)
1975	10036 (0.29)	8290 (0.24)	166 (0.00)	7735 (0.22)	5126 (0.15)	3317 (0.10)	34671 (1.00)
1980	13257 (0.31)	9591 (0.22)	408 (0.01)	9904 (0.23)	6351 (0.15)	3771 (0.09)	43282 (1.00)
1985	15587 (0.30)	12226 (0.23)	770 (0.01)	11925 (0.23)	6803 (0.13)	5196 (0.10)	52507 (1.00)
1990	20869 (0.33)	13039 (0.21)	1549 (0.02)	13757 (0.22)	7399 (0.12)	6823 (0.11)	63436 (1.00)
1995	26619 (0.35)	16593 (0.22)	2441 (0.03)	15562 (0.20)	7699 (0.10)	8203 (0.11)	77118 (1.00)
1998	28850 (0.37)	16587 (0.21)	2646 (0.03)	14628 (0.19)	7424 (0.09)	8051 (0.10)	78185 (1.00)

( ) 内は各年次の家計部門合計に占めるシェアを示す。

「1. 輸送用」は家計の自家用乗用車によるエネルギー消費量の推計値。

用途別には、特に自家用乗用車（「1. 輸送用」－現在では家計部門の総エネルギー消費量の37%）の拡大が顕著である。「1. 輸送用」のエネルギー消費量が1965-98年に約14倍弱に上昇しているのに対して、家計部門の乗用車保有台数（推計値）は同期間約19倍増加していることから、1台当たりのエネルギー消費量は若干低下している。また「3. 冷房用」エネルギー消費量もエアコンの普及によってそのシェアは3%程度と小さいものの拡大傾向にある<sup>4</sup>。

## 2.3 エネルギー種別消費量とCO<sub>2</sub>排出量

表3および表4は、1985年度および1990年度のエネルギー用途別の利用エネルギー種別消費量とCO<sub>2</sub>排出量（直接的な排出のみであり、発電部門におけるCO<sub>2</sub>排出量を除く）を示したものである<sup>5</sup>。

「3. 冷房用」および「6. 動力他」はすべて電力消費（対応する耐久消費財は全て電化製品）であり、ここでのベースによるCO<sub>2</sub>排出量はゼロとなっている。1985年の家計部門によるCO<sub>2</sub>排出量は2865万t-C（我が国の総排出量の11.6%程度）、1990年は3368万t-C（同11.7%）であり、家庭部門（「1. 輸送用」を除く家計部門）では1985年1671万t-C（6.8%）、1990年17.69万t-C（6.6%）となっている。家計部門の用途別CO<sub>2</sub>排出量の観点からは、そのほとんどが「1. 輸送用」、「2. 暖房用」、「4. 給湯用」の三つの用途によっている（家計部門の93%程度を占めている）。

<sup>4</sup> 先述のように、ここでの用途別エネルギー消費量は、日本エネルギー経済研究所計量分析部『エネルギー・経済統計要覧』から資源エネルギー庁による用途別電力消費量の補正を通じて推計されたものである。『エネルギー・経済統計要覧』による「動力他」では1965年度の16%程度から1998年度の22%程度までシェアは拡大傾向にあるが、表2による推計結果では他の用途へと格付け補正されていることによりほぼ10%程度で安定したものとなっている。

<sup>5</sup> 日本エネルギー経済研究所計量分析部『エネルギー・経済統計要覧』での用途別電力消費量は、「2. 暖房用」965、「3. 冷房用」1036、「4. 給湯用」1163、「5. 厨房用」564、「6. 動力他」12625となっている（すべて1990年度値で単位は100億kcal）。なお、電力以外のエネルギー種別消費量についてはすべて上記統計による。

われわれはこの用途別種別エネルギー消費マトリックスを1965-98年にわたって推計しており、「2. 暖房用」などでは電力化の進行が観察され、それによって1985年から90年では「2. 暖房用」のエネルギー消費量は拡大しているにもかかわらず、CO<sub>2</sub>排出量では減少する傾向を示している。

表 3: 家計部門の用途別種別エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量：1985年

	(単位：100億 kcal、Mt-C)							
	1. 輸送用	2. 暖房用	3. 冷房用	4. 給湯用	5. 厨房用	6. 動力他	合計	CO <sub>2</sub>
1. 電力	0	1607	770	1245	3483	5196	12301	0.00
2. 都市ガス	0	1552	0	4032	1159	0	6743	3.93
3. LPG	0	614	0	3091	2014	0	5719	3.91
4. 灯油	0	8305	0	2551	103	0	10959	8.49
5. 石炭他	0	149	0	164	45	0	357	0.37
6. 太陽熱	0	0	0	842	0	0	842	0.00
7. ガソリン	15172	0	0	0	0	0	15172	11.62
8. 軽油	416	0	0	0	0	0	416	0.33
合計	15587	12226	770	11925	6803	5196	52507	
CO <sub>2</sub>	11.94	7.91	0.00	6.61	2.18	0.00		28.65

表 4: 家計部門の用途別種別エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量：1990年

	(単位：100億 kcal、Mt-C)							
	1. 輸送用	2. 暖房用	3. 冷房用	4. 給湯用	5. 厨房用	6. 動力他	合計	CO <sub>2</sub>
1. 電力	0	2533	1549	1108	3993	6823	16006	0.00
2. 都市ガス	0	1909	0	4476	1379	0	7764	4.53
3. LPG	0	819	0	3839	1868	0	6526	4.46
4. 灯油	0	7732	0	3069	124	0	10925	8.46
5. 石炭他	0	45	0	142	35	0	222	0.23
6. 太陽熱	0	0	0	1124	0	0	1124	0.00
7. ガソリン	20381	0	0	0	0	0	20381	15.61
8. 軽油	488	0	0	0	0	0	488	0.38
合計	20869	13039	1549	13757	7399	6823	63436	
CO <sub>2</sub>	15.99	7.71	0.00	7.76	2.21	0.00		33.68

家計部門エネルギー消費総量に占める電力化率を示したものが図2である。輸送用を除く家計部門（家庭部門）のエネルギー消費における電力化率（図の●によって示されている）は、1965年度の25%程度から現在の40%程度まで緩やかに上昇傾向にあり、家計部門のエネルギー消費における電力への依存度が高まっていることがわかる。

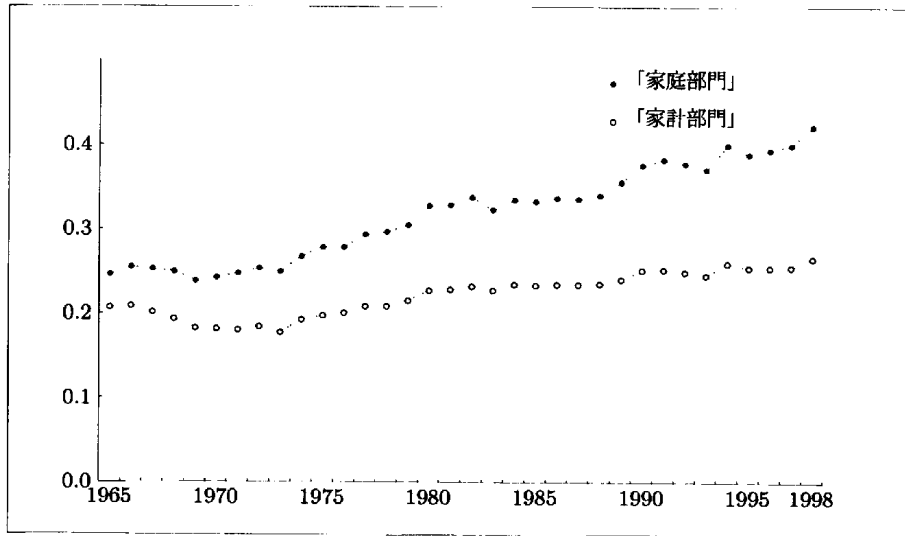


図 2: 家計部門エネルギー消費の電力化率

## 2.4 用途別消費量と価格指数

各エネルギー用途別に、一世帯当たりの用途別エネルギー消費量と用途別エネルギー消費価格の時系列的な推移（ともに1990年度を1.0として指数化）を示したものが、図3から図8である。用途別のエネルギー消費価格指数は、エネルギー種別消費価格から用途別種別エネルギー消費マトリックス（表3や表4）の時系列推計値をウェイトにして用途別に集計したものによっている（その定義式は後述の(10)式）<sup>6</sup>。「2. 暖房用」、「4. 給湯用」、「5. 厨房用」の世帯当たり消費量指数は相対的に安定的（やや微増）な傾向を示しているのに対して、「1. 輸送用」、「3. 冷房用」、「6. 動力他」はその普及の拡大によって世帯当たりの消費量指数は拡大傾向になっている。われわれの用途別エネルギー消費関数は、最終的に一世帯当たりの用途別エネルギー消費量を導くものである。しかしながら、それに対応する図3から図8は、耐久消費財の保有率の増大、保有する耐久消費財の時系列的なエネルギー効率上昇の結果として観察されたものであることに留意されたい。よって、実際のパラメータ推計においては、用途別に（後述のように、保有率指数やストックベースのエネルギー効率指数を考慮した上で）耐久消費財「一台当たり」のエネルギー消費関数を計測することになる。

<sup>6</sup> エネルギー種別価格指数は総務庁『消費者物価年報』により、同統計に記載の無い軽油など一部のエネルギーについては日本銀行『卸売物価指数』より得られる第1次卸段階における価格指数を購入者価格へと変換した推計値によっている。

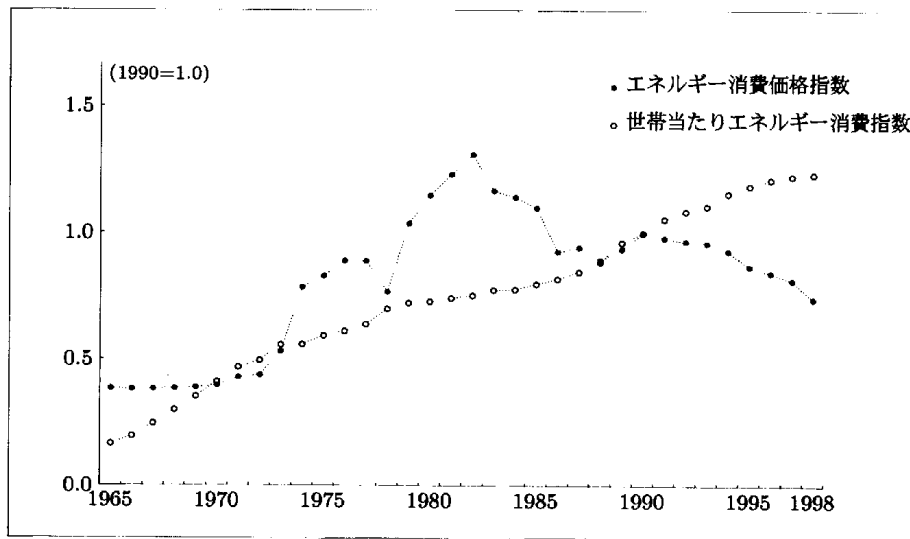


図 3: 家計部門「1. 輸送用」エネルギー消費量と価格指数

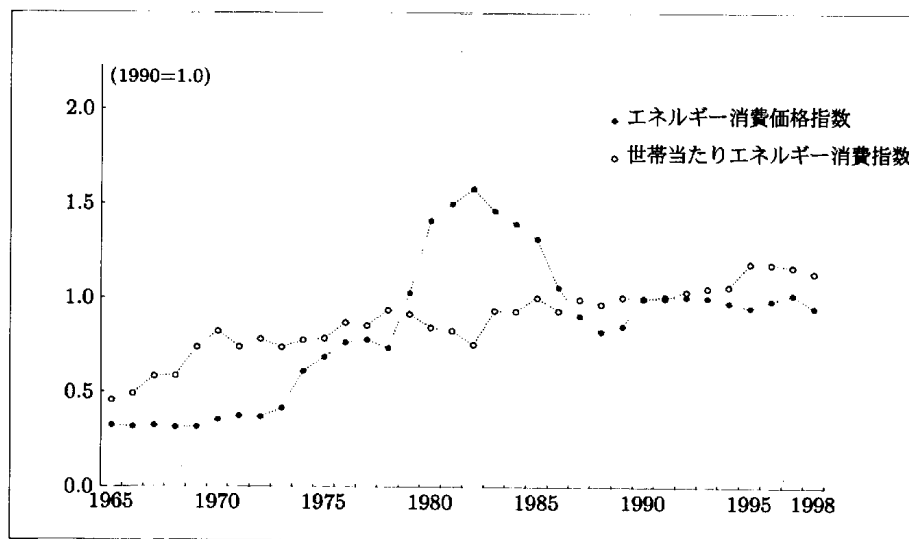


図 4: 家計部門「2. 暖房用」エネルギー消費量と価格指数



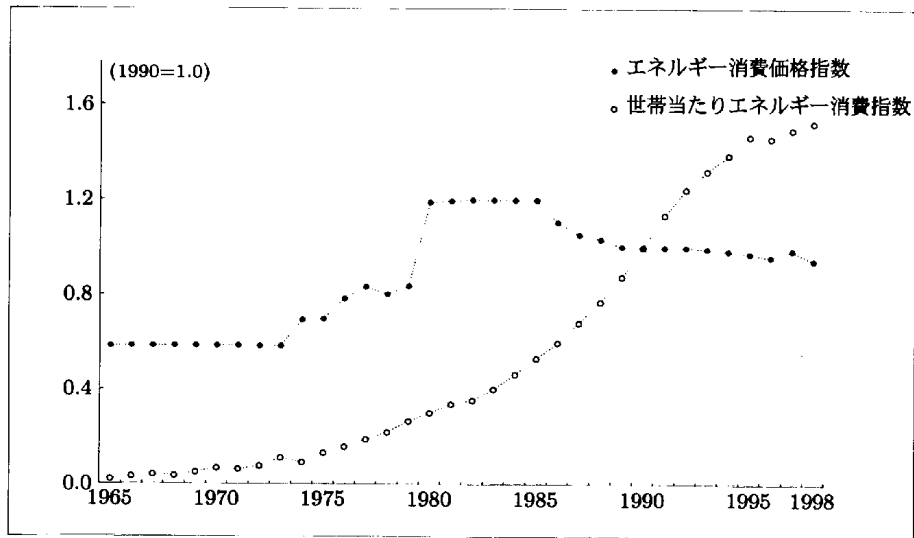


図 5: 家計部門「3. 冷房用」エネルギー消費量と価格指数

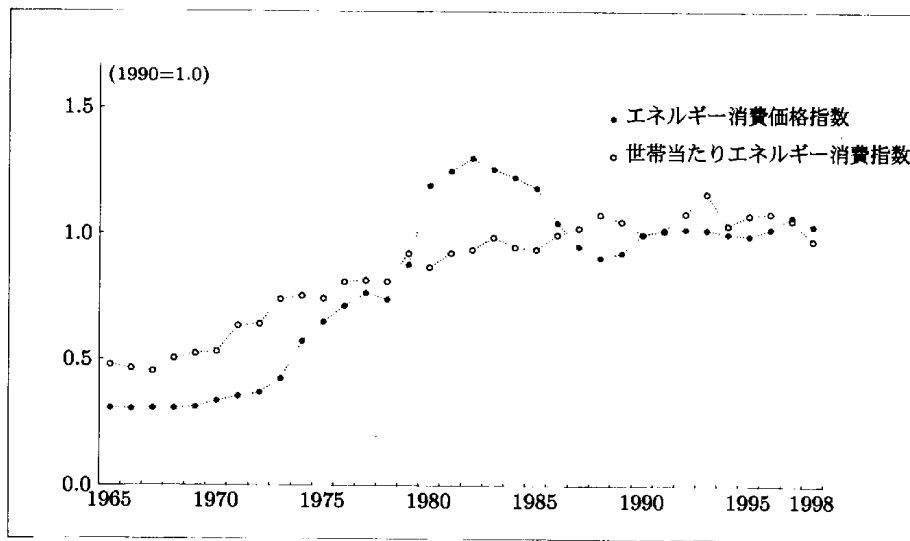


図 6: 家計部門「4. 給湯用」エネルギー消費量と価格指数

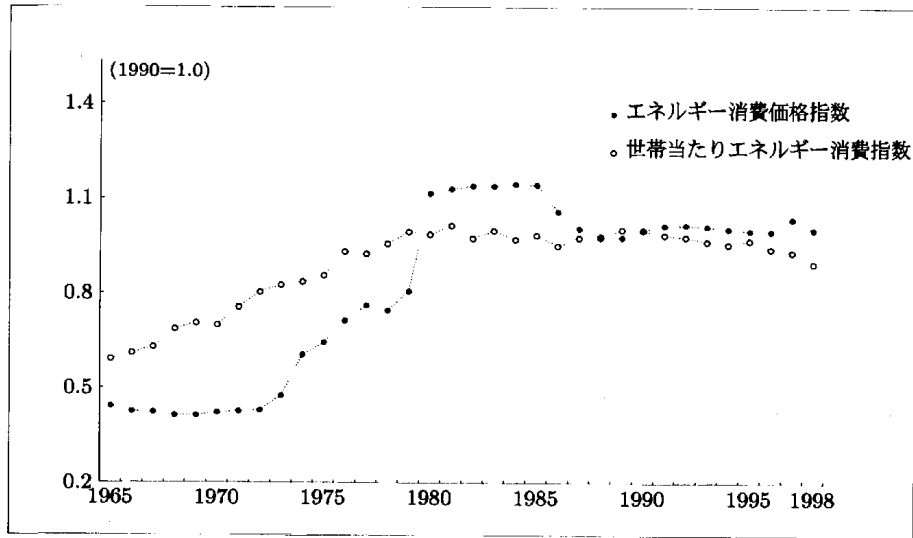


図 7: 家計部門「5. 厨房用」エネルギー消費量と価格指数

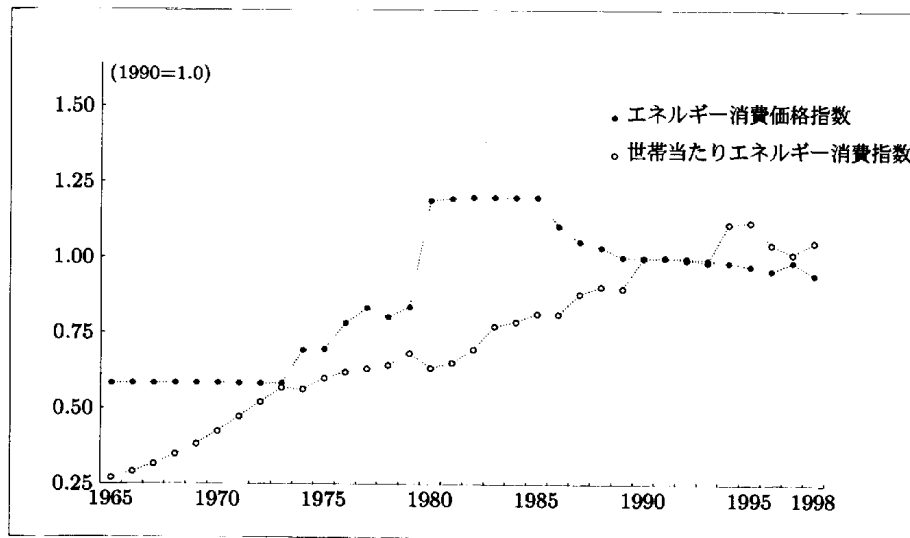


図 8: 家計部門「6. 動力他」エネルギー消費量と価格指数

### 3 用途別エネルギー消費関数

#### 3.1 定式化

家計部門によるエネルギー消費量の決定関式を描くとするならば、(それらは同時決定的であるものの)大きく次の二つのステージを考慮することが必要となろう。

第一段階は、耐久消費財の購入に関する関式である。まず単純に、同じ用途かつ同じ能力を持つ耐久消費財の新規購入において、異なるエネルギー効率を持つ耐久消費財の選択に関する関式を想定しよう。その際、選択において考慮されるべき相対価格は、耐久消費財の耐用年数と利用度を想定した将来のエネルギー消費コストの割引現在価値と、耐久消費財自体の取得価格を加算した価格である。ある家計は、エネルギー効率が高い(そしておそらく耐久消費財自体の価格も高い)耐久消費財とエネルギー効率の低い耐久消費財の価格差が、将来の利用度に対応して想定されるエネルギー消費コスト(割引現在価値)よりも小さいならば、省エネ機器を購入するインセンティブを有す(この利用度を描く関式が第二段階になる)。実際の耐久消費財購入の選択においては(以上の単純化した関式における)同能力を有する機器のみならず、大容量のもの、複数の機能を持つなど高付加価値のもの(例えば除湿機が、布団乾燥機にもなり、衣類乾燥機にもなる)を選択する機会があり、また複数保有に関する関式(一世帯当たりの保有率の上限は1ではない)などが存在する。それらはある消費者のベースとなっている世帯数、世帯人員数、住環境(木造であるとか、断熱材、延べ床面積など)、あるいは実質所得、実質利子率などに依存して、決定されるであろう。

第二段階は、過去および現在の耐久消費財の購入量およびそのエネルギー効率(フロー)を所与として、保有する異なる vintage を持つ耐久消費財 1 台当たりのエネルギー消費量(利用度)を決定する関式である。消費者は、その耐久消費財を利用する際に必要なエネルギーの価格(電力、灯油、都市ガス、LPG など)、自然条件などに依存して、vintage の異なる耐久消費財のそれぞれの利用度を決定することになるであろう。

本稿でのエネルギー消費関数は、上記第一段階における耐久消費財の選択関式を直接的に描かずに、第一次接近として観察資料による外生的記述と、将来については想定シナリオを与えることにしている。耐久消費財の選択において、市場に存在する機器ごとの能力(機能)やエネルギー効率、(機能を統御した上での)価格などは観察困難であることや、一方で経済モデルとして必要な(産業連関表の家計消費支出ベクトルにおける)電気機械や一般機械などの消費額との結合を図ることが困難であることによる<sup>7</sup>。また第二段階においても、vintage の異なる耐久消費財の利用度の相違を無視して、保有量全体の平均的なエネルギー効率(ストックベース)を求めることで単純化している<sup>8</sup>。

以上のような単純化を前提に、本稿での家計部門の用途別エネルギー消費関数を描くことにしよう。新規耐久消費財(フロー)の 1 台当たりのエネルギー効率性の指数を用途別に  $\phi_u^{E,t}$  ( $u$  用途、 $t$  期)として外生的に想定する。この用途別エネルギー効率指数は、新規に購入された耐久消費財の平均値として観察されているとしよう。いま耐久消費財の用途別保有台数および新規取得台数を、それぞれ  $S_u^{E,t}$ 、 $I_u^{E,t}$  と表わすことにする。同じ用途であっても異なる複数の機器から構成されている(例えば暖房用機器は石油ストーブ、エアコン、温風暖房器、電気カーペットなどからなる)が、ここではひとまず用途別に(何らか

<sup>7</sup> もし、仮に市場において観察(実現)された「平均的な」耐久消費財の取得量や価格、エネルギー効率などによって第一段階を描こうとするならば、そのエネルギー効率を有する耐久消費財の選択が、家計による上記のような効用最大化の結果であると読み取ることが困難であるように思われる。実際のエネルギー効率は、製造業における技術進歩や、省エネ法など制度的側面によつての規制の結果であるという面が強く、これは時系列的に一定率の省エネ効果を示すような性質のものではない。観察されたエネルギー効率から、外生的な省エネ効果による貢献分を分離することは本質的に困難であろう。

<sup>8</sup> vintage model において利用度の相違を認めるならば、ストックベースのエネルギー効率は事後的にのみ決定される。本稿ではこれを事前的に与えており、そのことは家計が保有する vintage の異なる耐久消費財のそれぞれのエネルギー効率を意識しない上での消費行動であるとの仮定に相応するであろう。またその際、耐久消費財の除却率についても外生的に与えている。除却(あるいは更新投資)の決定は第一段階の選択と同一のフレームワークの中で決定されるものであろう。

の集計された) 台数を仮想的に定義しておこう。  $t$  期における保有台数は、除却率  $\delta_u^E$  を外生にして、

$$S_u^{E,t} = (1 - \delta_u^E) S_u^{E,t-1} + I_u^{E,t} \quad (1)$$

のように表わすことにする。  $t$  期において利用可能な耐久消費財の保有台数は、  $t-1$  期において利用可能な保有台数のうち  $t$  期に除却された台数、それに  $t$  期に新規に取得した台数 (粗概念) を加算したものととして定義されている。ここで耐久消費財の保有量に対応した (一台当たり) ストックベースのエネルギー効率指数を  $\psi_u^{E,t}$  とすると、vintage の異なる耐久消費財の利用度に相違が無いことを仮定すれば、(1) 式に対応して、

$$\psi_u^{E,t} = \psi_u^{E,t-1} (1 - \delta_u^E) \frac{S_u^{E,t-1}}{S_u^{E,t}} + \phi_u^{E,t} \frac{I_u^{E,t}}{S_u^{E,t}} \quad (2)$$

$t-1$  期のエネルギー効率指数 (ストックベース) と、  $t$  期の新規耐久消費財のエネルギー効率指数 (フローベース) のウェイト付き集計値によって示すことができる。(2) 式に (1) 式を代入して、

$$\psi_u^{E,t} = (\psi_u^{E,t-1} - \phi_u^{E,t}) (1 - \delta_u^E) \frac{S_u^{E,t-1}}{S_u^{E,t}} + \phi_u^{E,t} \quad (3)$$

のようにストックベースのエネルギー効率指数を表わすことができる。(3) 式にみるように、エネルギー効率指数は右辺の保有台数の伸び率 (の逆数) によって表わすことができる。

では、  $t$  期に保有する (用途別) 耐久消費財の台数  $S_u^{E,t}$ 、およびその保有量に対応した (平均) エネルギー効率指数 (ストックベース)  $\psi_u^{E,t}$  を所与として、用途別エネルギー消費関数を表わすことにしよう (以下では特に必要の無い限り  $t$  は省略)。

われわれのモデルにおいて、家計は世帯主年齢階層別に  $k$  階層 (1.15-24 歳、2.25-34 歳、3.35-44 歳、4.45-54 歳、5.55-64 歳、6.65 歳以上) に分類され、消費に関して異なる選好を有するものと仮定されている。  $k$  世帯主年齢階層別の各世帯において、一世帯当たりの用途別エネルギー消費量 (cal 換算) を  $E_{ku}^C$  とすれば、一台当たりの用途別エネルギー消費量 (「6. 太陽熱」を除く)  $E_{ku}^{C'}$  は、次式のように示すことができる ( $\overline{E_{ku}^{Cs}}$  は外生とする一世帯当たりの用途別「6. 太陽熱」消費量であり、  $N_k$  は  $k$  世帯主年齢階層別の世帯数を示す)。

$$E_{ku}^{C'} = \frac{(E_{ku}^C - \overline{E_{ku}^{Cs}}) N_k}{S_{ku}^E} \quad (4)$$

各  $k$  世帯主年齢階層別の家計において、保有する耐久消費財の利用度として、一台当たりの用途別エネルギー消費関数を描くことにしよう (エネルギー種では「6. 太陽熱」を除く一よって機器でみると太陽熱温水器等を除く)。家計部門は、用途別価格  $P_u^{CE}$  (後に (10) 式によって定義される) の水準に依存してエネルギー節約的行動をとることが想定される。また用途別にみれば、耐久消費財の利用度は天候など自然条件に大きく依存しているものがあり、それらを自然条件指数  $Z_u$  として外生的に与えることにする (具体的には「2. 暖房用」では暖房度日、「3. 冷房用」では冷房度日などが対応する<sup>9</sup>)。以上より、一台当たりの (「6. 太陽熱」を除く) 用途別エネルギー消費量の需要関数を、エネルギー効率指数 (ストックベース)  $\psi_u^E$  を所与として、次式によって表わす。

$$E_{ku}^{C'} = \psi_u^E \left( \alpha_{ku}^E P_u^{CE} \beta_u^E Z_u \gamma_u^E \right) \quad (5)$$

(5) 式の右辺 ( ) 内が仮想的な一台当たりのエネルギー消費量であり、それにエネルギー効率指数を乗ずることで、実際に消費する一台当たりエネルギー消費量が導かれる。もし自然条件やエネルギー消費価格が

<sup>9</sup> 暖房度日は 14 度を下回る日の平均気温と 14 度との差を集計したものであり、冷房度日は 24 度を超える日の平均気温と 24 度との差を合計したものである。ここでは全国 9 地域の人口による加重平均値を用いている (日本エネルギー経済研究所 [10] による推計)。

同一であっても、保有する耐久消費財のエネルギー効率の上昇によって、実際のエネルギー消費量は減少することになる。また $\alpha_{ku}^E$ 、 $\beta_u^E$ 、 $\gamma_u^E$ はパラメータである。パラメータ $\beta_u^E$ は、一台当たりのエネルギー消費量の価格弾性値（エネルギー効率のレベルに依存しないことを想定）であり、 $\beta_u^E < 0$ が満たされるべき符号条件となる。またパラメータ $\gamma_u^E$ は自然条件変化による弾性値であり、 $Z_u^E$ の定義から $\gamma_u^E > 0$ が想定される（1年のうち暖房度日の上昇によって一台当たりのエネルギー消費量は増加）。資料の制約から、 $\beta_u^E$ 、 $\gamma_u^E$ が $k$ 世帯主年齢階層別に同一であると仮定することにしよう<sup>10</sup>。基準年において、すべての指数 $\psi_u^E$ 、 $P_u^{CE}$ 、 $Z_u$ が1と基準化されるので、パラメータ $\alpha_{ku}^E$ は基準年における一台当たりの用途別エネルギー消費量を示している（なお実際のパラメータ推計式については後述）。

(5) 式および(4) 式から、

$$\left(E_{ku}^C - \overline{E_{ku}^{CS}}\right) N_k = \psi_u^E \left(\alpha_{ku}^E P_u^{CE} \beta_u^E Z_u \gamma_u^E\right) S_{ku}^E \quad (6)$$

$k$ 世帯主年齢階層別に、用途別エネルギー消費量についてのバランスが成立している（(6) 式左辺は一世帯当たりからのエネルギー消費量、右辺は一台当たりからのエネルギー消費量）。なお、右辺の $\alpha_{ku}^E S_{ku}^E$ は、基準年における用途別エネルギー消費量を示している。(6) 式を移項すれば、

$$E_{ku}^C = \frac{\psi_u^E \left(\alpha_{ku}^E P_u^{CE} \beta_u^E Z_u \gamma_u^E\right) S_{ku}^E}{N_k} + \overline{E_{ku}^{CS}} \quad (7)$$

(7) 式が、世帯主年齢階層別の一世帯当たり用途別エネルギー消費量を導くものになっている。

一世帯当たり用途別エネルギー消費量 $E_{ku}^C$ は、外生的に与えられる[エネルギー用途-エネルギー種別コンバーター $\Phi_{uv}^{CE}$ （1990年における値を示したものが表4）を通じて対応するエネルギー種別 $(v)$ へと変換される。このコンバーターを通じて、(7) 式により求められる（一世帯当たり）世帯主年齢階層別用途別エネルギー消費量が、（外生とする「6. 太陽熱を除く」）7つのエネルギー種別消費量 $E_{kv}^C$ へと変換されることになる（世帯主年齢階層別に同コンバーター $\Phi_{uv}^{CE}$ は同一であると仮定）。

$$\kappa_v^{CE} E_{kv}^C = E_{ku}^C = \sum_u w_{uv}^{CE} E_{ku}^C \quad (8)$$

$$w_{uv}^{CE} = \frac{\Phi_{uv}^{CE}}{\sum_u \Phi_{uv}^{CE}} \quad (9)$$

$\kappa_v^{CE}$ はエネルギー種別固有単位当たりの平均発熱量を示すパラメータであり、 $E_{kv}^C$ は一世帯当たりのエネルギー種別固有単位による消費量である。またエネルギー用途別消費価格 $P_u^{CE}$ は、同コンバーターを用いた異なる集計方向によって、

$$P_u^{CE} = \sum_v w_{vu}^{CE} P_v^{CE} \quad (10)$$

$$w_{vu}^{CE} = \frac{\Phi_{uv}^{CE}}{\sum_v \Phi_{uv}^{CE}} \quad (11)$$

エネルギー種別消費価格（「6. 太陽熱を除く」）の集計価格として定義される。

<sup>10</sup> 世帯主年齢階層別の耐久消費財の保有率や普及率は、総務庁「全国消費実態調査」より5年おきに得ることはできるが、家計部門の用途別種別エネルギー消費量マトリックスは世帯主年齢階層別に得ることができず、後述のように実際のパラメータ推計においては年齢階層を考慮しなかったためにこのような扱いをしている。



### 3.2 推計式

パラメターの推計においては、(4)式において世帯主年齢階層別に弾性値 $\beta_u^E$ 、 $\gamma_u^E$ が同一であることを仮定しているので、(6)式を世帯主年齢階層別に集計して次式を求める。

$$\sum_k (E_{ku}^C - \overline{E_{ku}^{Cs}}) N_k = \psi_u^E \left( P_u^{CE} \beta_u^E Z_u \gamma_u^E \right) \sum_k \alpha_{ku}^E S_{ku}^E \quad (12)$$

(12)式右辺の $\sum_k \alpha_{ku}^E S_{ku}^E$ は、基準年においては $k$ 世帯主年齢階層別の用途別エネルギー消費量の合計を示しており、家計部門全体の用途別エネルギー消費総量 ( $\alpha_u^E S_u^E$ と記す) に一致している。また左辺を階層集計量として  $(E_u^C - \overline{E_u^{Cs}})N$  と書けば (ただし  $N$  は総世帯数)、(12)式は対数をとって次のように表わすことができる。

$$\ln \frac{E_u^C - \overline{E_u^{Cs}}}{\psi_u^E \Theta_u} = \ln \alpha_u^E + \beta_u^E \ln P_u^{CE} + \gamma_u^E \ln Z_u \quad (13)$$

(13)式右辺の $\Theta_u (= S_u^E/N)$ は一世帯当たりの用途別耐久消費財の保有台数であり、「保有率」(用途別集計値)と呼ばれる<sup>11</sup>。「3.冷房用」のように保有率を構成する耐久消費財がエアコン一つのみに特定化される際には、(13)式が推計される方程式となる。しかし先述のとおり、実際には同じ用途であっても異なる複数の機器から構成されているものがあり、この用途分類へと集計した(仮想的な)保有台数や集計保有指数を先験的に作成することは困難である。よってパラメターの推計においては、同用途に分類される各耐久消費財の機器毎に保有率を想定して計測をおこなう。よって、 $u$ 用途に格付けられる $i$ 機器の保有率を $\Theta_{i \in u}$ と表わすと次式が推計すべき方程式となる<sup>12</sup>。

$$\ln \frac{E_u^C - \overline{E_u^{Cs}}}{\psi_u^E} = \ln \alpha_u^E + \beta_u^E \ln P_u^{CE} + \gamma_u^E \ln Z_u + \sum_i \epsilon_{i \in u} \ln \Theta_{i \in u} \quad (14)$$

### 3.3 推計資料

用途別エネルギー消費関数の推計式((13)式および(14)式)のパラメター推計のためには、第2節で示した推計値のほかに、ストックベースでのエネルギー効率指数 $\psi_u^E$ を推計しなければならない。用途別 $\psi_u^E$ の推計のために、はじめに機器別エネルギー効率指数 $\psi_{i \in u}^E$ の推計をおこなった。機器別 $\psi_{i \in u}^E$ の推計においては、資源エネルギー庁(各種電気製品カタログからの推計値)による用途別の耐久消費財のうち各機器のエネルギー効率指数(フローベース) $\phi_{i \in u}^E$ 、それに対応する保有率あるいは保有台数(経済企画庁「消費動向調査」、運輸省「自動車保有車両数」)、および除却率の想定値(経済企画庁「消費動向調査」、「法定耐用年数表」)から、(3)式に基づいて推計している。それを機器別のエネルギー消費量ウェイトによって、用途別に集計したものがストックベースでのエネルギー効率指数 $\psi_u^E$ である(なお、電気機器のみが上記の対象であり、それ以外のエネルギー利用機器についてはエネルギー効率指数が時系列的に不変として推計

<sup>11</sup> いわゆる「普及率」とは概念上異なっている点に留意されたい。普及率は世帯当たりの保有率(保有しているか否か)を示したものであり、1が上限となる。ここでの「保有率」は複数保有を含めた一世帯当たり何台保有しているかを示した概念であり、1が上限とはならない。

<sup>12</sup> 用途別に全ての機器を取り上げることができれば(そして推計するに十分な標本数を得ることができれば)、

$$\ln \Theta_u = \sum_i \epsilon_{i \in u} \ln \Theta_{i \in u}$$

用途別保有率 $\Theta_u$ は各機器の保有率の加重集計値とすることができる。その際、パラメターは $\sum_i \epsilon_{i \in u} = 1.0$ という条件が課されることになる。実際の計測においては、資料の制約もあり、機器の代表性や保有率のパラメターにおける正值条件などの観点から幾つか選択したものであり、保有率パラメターに関する一次同次性( $\sum_i \epsilon_{i \in u} = 1.0$ )を仮定しないで計測している(なお、これを仮定したもとは、すべてのパラメターの符号条件を満たすことができなかつた)。

している（なお、用途への集計においてはウェイトとして反映している）<sup>13</sup>。推計されたストックベースのエネルギー効率指数が図9である（「4. 給湯用」は推計対象外のため不変となっている）。

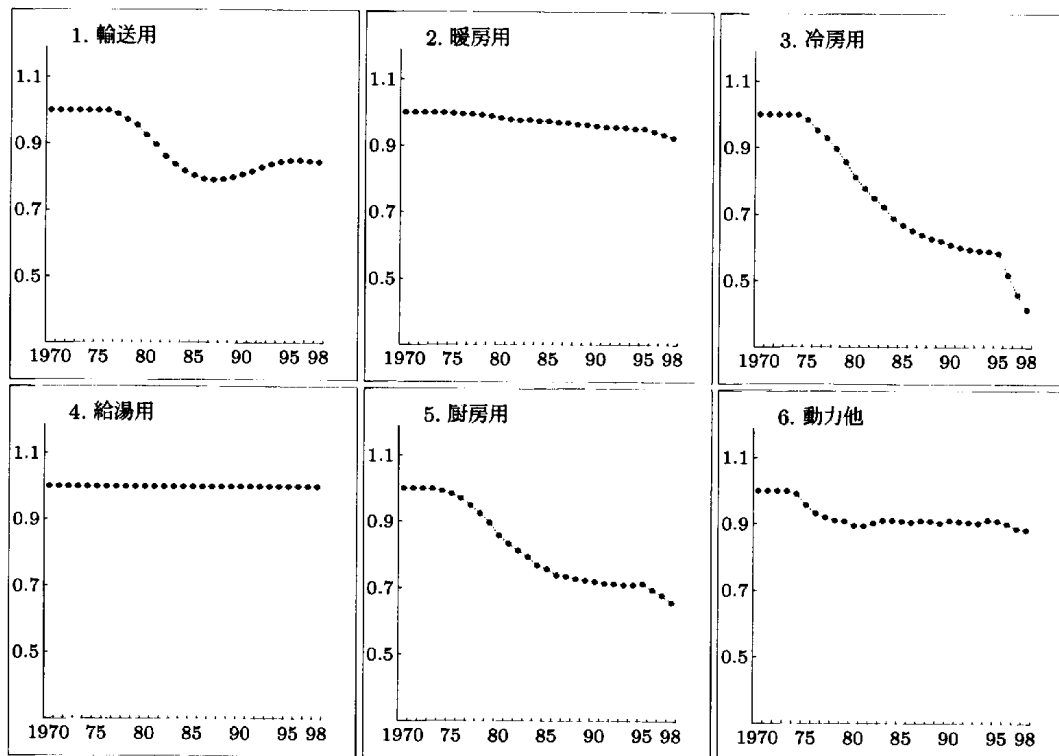


図9: 用途別エネルギー効率指数（ストックベース）

なお、用途別耐久消費財の保有率という集計指数については、(13)式および(14)式に示したように、エネルギー消費関数の推計の結果として導かれることになる。

### 3.4 推計結果

(13)式および(14)式に基づいて計測された用途別エネルギー消費関数の推計結果をまとめたものが表5である（エネルギー効率指数、エネルギー消費価格、各機器の保有率はすべて1990年を基準年として1と基準化している）。表5において、「1. 輸送用」の $\theta_1$ は乗用車（旅客用ガソリン車）、 $\theta_2$ は軽自動車（旅客用ガソリン車）、 $\theta_3$ は乗用車（旅客用ディーゼル車）、「2. 暖房用」の $\theta_1$ は石油ストーブ、 $\theta_2$ は温風ヒーター、 $\theta_3$ はエアコン、「5. 厨房用」の $\theta_1$ は冷蔵庫、 $\theta_2$ は電子レンジ、「6. 動力他」の $\theta_1$ は布団乾燥機、 $\theta_2$ は電気掃除機、 $\theta_3$ はVTRである。「2. 冷房用」、「3. 給湯用」については、対応する耐久消費財が一つのみ（それぞれエアコン、ガス瞬間湯沸器）であったので(13)式による推計値である<sup>14</sup>。

<sup>13</sup> 機器別 $\frac{E}{EU}$ の推計において、用途別に考慮した機器は、「2. 暖房用」は暖房エアコン、電気カーペット、温風暖房機、温水便座、電気毛布、「3. 冷房用」は冷房エアコン、扇風機、「5. 厨房用」は冷蔵庫、電子レンジ、食器洗浄乾燥機、電気炊飯器、「6. 動力他」は電気洗濯機、衣類乾燥機、掃除機、電灯、カラーテレビである。「1. 輸送用」においてはガソリン車およびディーゼル車についての詳細な資料より積み上げている資源エネルギー庁推計値によっている。

<sup>14</sup> 「3. 給湯用」については、経済企画庁「消費動向調査」よりガス瞬間湯沸器と温水器が得られるが、温水器の調査が開始される1983年でガス瞬間湯沸器の保有率も大きく変動し、また1988年からは太陽熱温水器も含まれているので（推計式では「6. 太陽熱」は外生）、それら二系列を合わせて調整した一つの保有率の系列によってここでの推計をおこなっている。

なお推計においては、誤差項に1次の系列相関のあるモデルを予め想定し、最尤法（TSPのAR1コマンド）による推計値である。表5における誤差項の自己回帰係数 $\rho$ およびそのt-valueをみると、すべての用途別エネルギー消費関数において有意な系列相

表 5: 用途別エネルギー消費関数の推計結果

	1. 輸送用	2. 暖房用	3. 冷房用	4. 給湯用	5. 厨房用	6. 動力他
定数	8.4459 (155.6)	8.0812 (251.0)	5.7649 (14.9)	8.1071 (214.7)	7.4060 (137.8)	7.3999 (465.4)
$P_u^{CE}$	-0.1055 (-2.24)	-0.2835 (-4.09)	-0.0138 (-0.04)	-0.0809 (-1.21)		-0.3058 (-4.36)
$Z_u$		0.3907 (3.21)	0.1369 (1.78)			
$\Theta_{1\epsilon u}$	0.7602 (12.43)	0.1086 (1.09)			0.0586 (0.53)	0.1313 (2.91)
$\Theta_{2\epsilon u}$	0.0760 (1.76)	0.0453 (0.59)			0.1502 (6.55)	0.4437 (6.19)
$\Theta_{3\epsilon u}$	0.0422 (3.88)	0.2219 (2.42)				0.0664 (4.00)
adj-R2	0.993	0.974	0.767	0.992	0.994	0.990
D.W.	1.666	1.845	1.921	1.925	1.664	1.746
$\rho$	0.919 (15.94)	0.430 (2.53)	0.958 (23.58)	0.713 (5.62)	0.924 (17.17)	0.419 (2.48)
推計期間	1965-98	1965-98	1970-98	1970-98	1965-98	1965-98

( ) 内は t-value、 $\rho$  は誤差項の 1 次自己回帰係数を示している。

価格効果をみると、弾性値は「1. 輸送用」10.6%、「2. 暖房用」28.4%、「4. 給湯用」8.1%、「動力他」30.6%と、エネルギー消費価格の上昇（下落）により家計部門でエネルギー節約的（消費的）行動をとっていることがわかる。なお「3. 冷房用」は1.4%と非常に小さな価格弾性値を示しているが、「5. 厨房用」とともに有意な値を得ることはできなかった。

推計された保有率のパラメータ $\epsilon_{i\epsilon u}$ に基づいて、用途別保有率指数へと集計（1990年を1として基準化）したものが、図10である。先述のとおり「3. 冷房用」および「4. 給湯用」は推計に用いた保有率の値そのものであることに留意されたい。「3. 冷房用」では対象期間が保有率の低い時期からの指数評価であることから、もっとも急速な保有率の伸びを示している（エアコン保有台数は、1970年度は一世帯当たり0.08台であったのに対して、現在では1世帯当たり約2台—冷暖房エアコン—となっている）。なお、1990年代に入ってから「4. 給湯用」の保有率低下は、本稿での推計が太陽熱温水器を除いていることにも起因している。

図11が、それぞれの用途における機器別保有率の推移と、パラメータ $\epsilon_{i\epsilon u}$ に基づいて集計された集計保有率 $\Theta_u$ （●によって示している—図10における値と同一）である。「1. 輸送用」では、集計保有率は乗用車（ガソリン車）の保有率の推移にほぼ対応するが、1980年代後半からの軽自動車（ガソリン車）と乗用車（ディーゼル車）の増加を受けて、集計保有率では若干それを上回る推移をしている。「1. 暖房用」では、1980年代に入ってから石油ストーブの保有率低下傾向（1980年から現在までに保有率は4割減少）と、エアコンと温風ヒーターの保有率上昇によって、集計保有率では両者が相殺されるように若干の上昇を示している。「5. 厨房用」は、1970年代後半より冷蔵庫の保有率がほぼ横ばいであるのに対して、電子レンジ等の上昇を受けて集計ベースでは若干の上昇となっているが、ほぼ飽和状態にあると言える。「6. 動力他」では、VTRや布団乾燥機のような急速な保有率の上昇を示しているものと、緩やかに上昇している電気掃除機の間、集計保有率が推移している。ストックベースのエネルギー効率指標の推計値を求めると、「6. 動力他」ではカラーテレビや電気洗濯機、電灯なども考慮しているが、パラメータの推計においては $\epsilon_{i\epsilon u}$ が必ずしも正值とならなかったことにより上記の3機器に限っている。そのことによりやや代表性を欠いているものの、1970年代半ばよりほぼ保有率が1となる電気洗濯機（それ以降、安定的な傾向

関が検出されている。

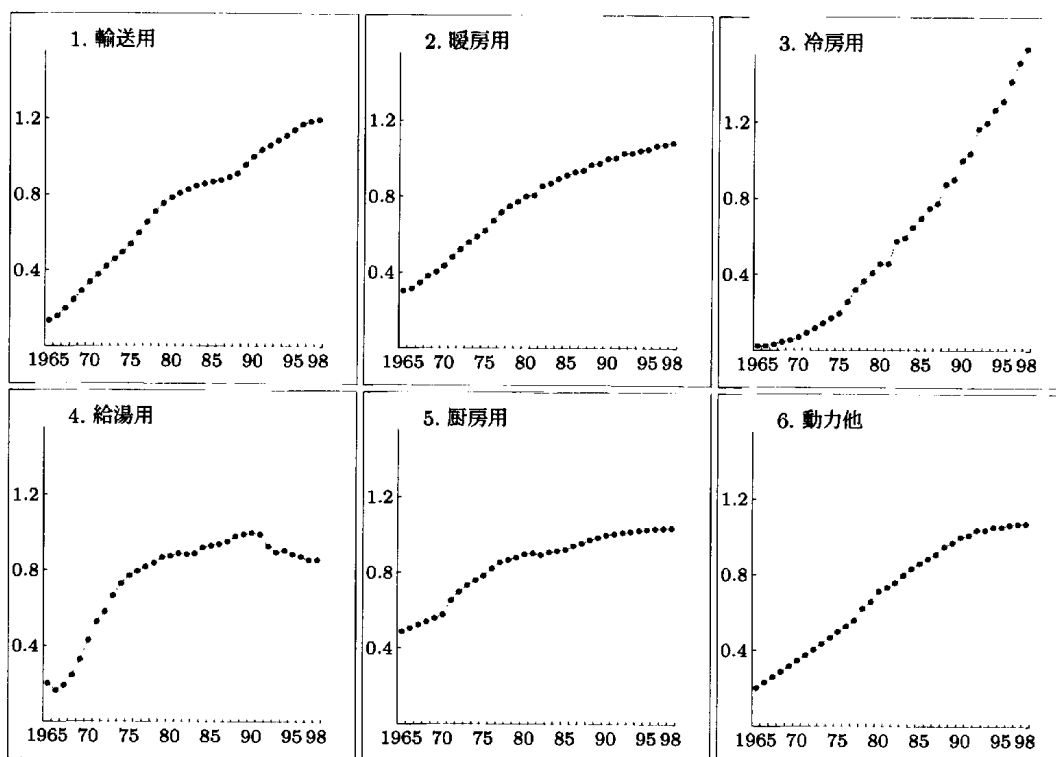


図 10: 用途別保有率指数

にある) や、やはり同時期に保有率がほぼ 1 となるカラーテレビ (1960 年代に急速に普及し、現在の 2.2 台まで緩やかに上昇) を考慮に入れば、ここで求められた集計保有率は整合的な推移をしている。

以上のように、各用途別集計保有率がそれぞれに属する機器の保有率の集計量として良好な値を示しており、用途別エネルギー消費関数の推計式である (14) 式の個別機器の保有率導入による推計は良い近似を与えていると考えられる。

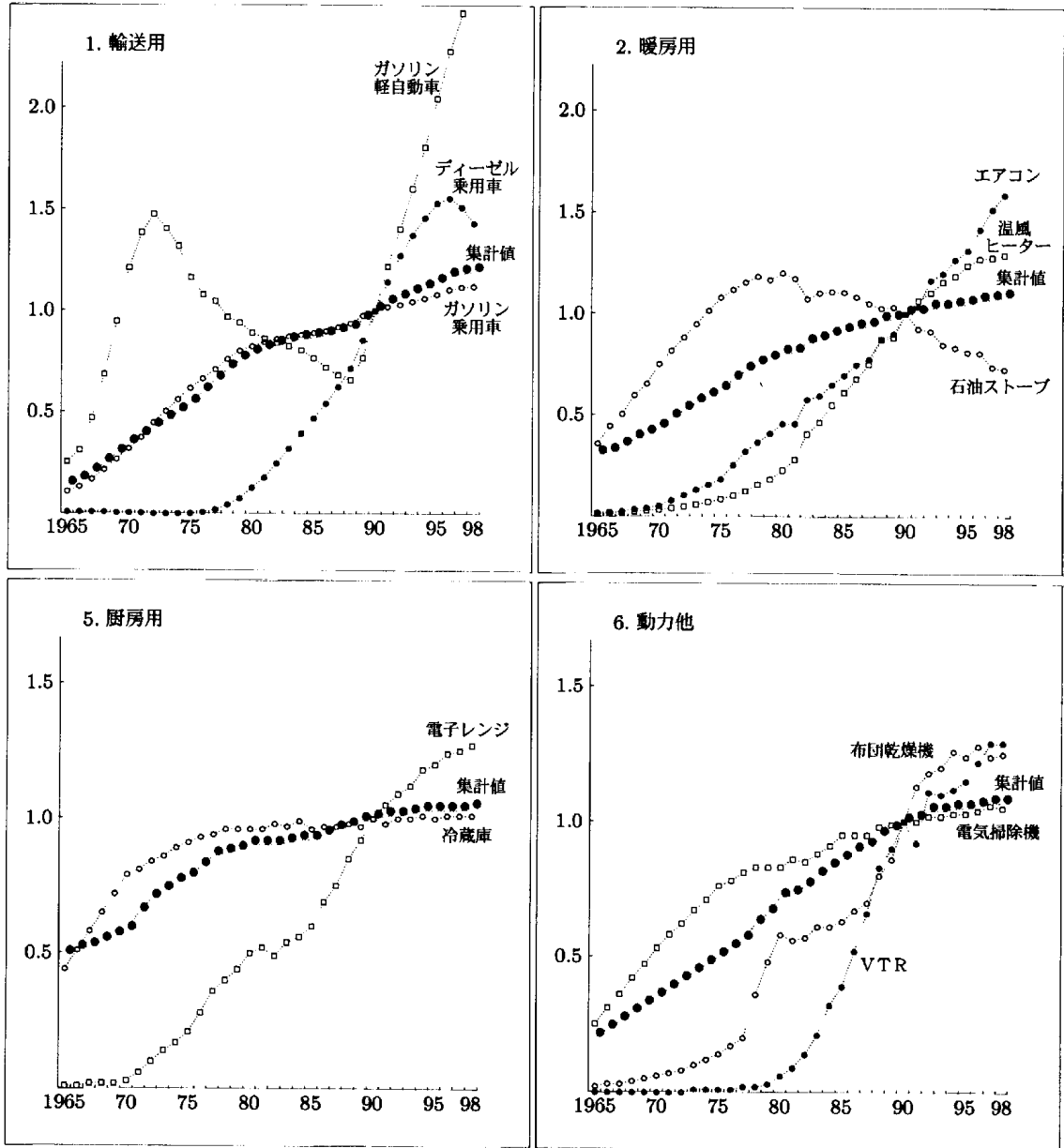


図 11: 保有率指数—用途別集計値と個別機器



表5による推計されたパラメーターと、エネルギー消費価格指数や自然条件（指数）、また図10によって示した用途別集計保有率指数によって、一世帯当たり用途別エネルギー消費量  $E_u^C$  の推計値を求めることにしよう。推計式は(7)式である（ただし同式は多部門一般均衡モデルでの想定を考慮して世帯主年齢階層別を想定しているが、ここでは年齢階層の区分をしていない）。「3. 冷房用」は表5の推計結果に示したとおり、もっとも決定係数が低くなっており（自由度調整済み決定係数は0.767）、基準年となる1990年を境にそれ以前では過大推計、それ以降では過小推計となっている<sup>15</sup>。「3. 冷房用」は、パラメーターの推計期間がまさに普及期に相応していること、またエネルギー消費価格（電気代）にあまり感応的ではないことなどによって、推計が困難なものになっている。その他の用途別消費量を見ると、「1. 輸送用」および「5. 厨房用」では1970年代半ばから80年代にかけて、やや過大推計になっているものの、全体的に用途別エネルギー消費の傾向を良く記述していると言えよう。

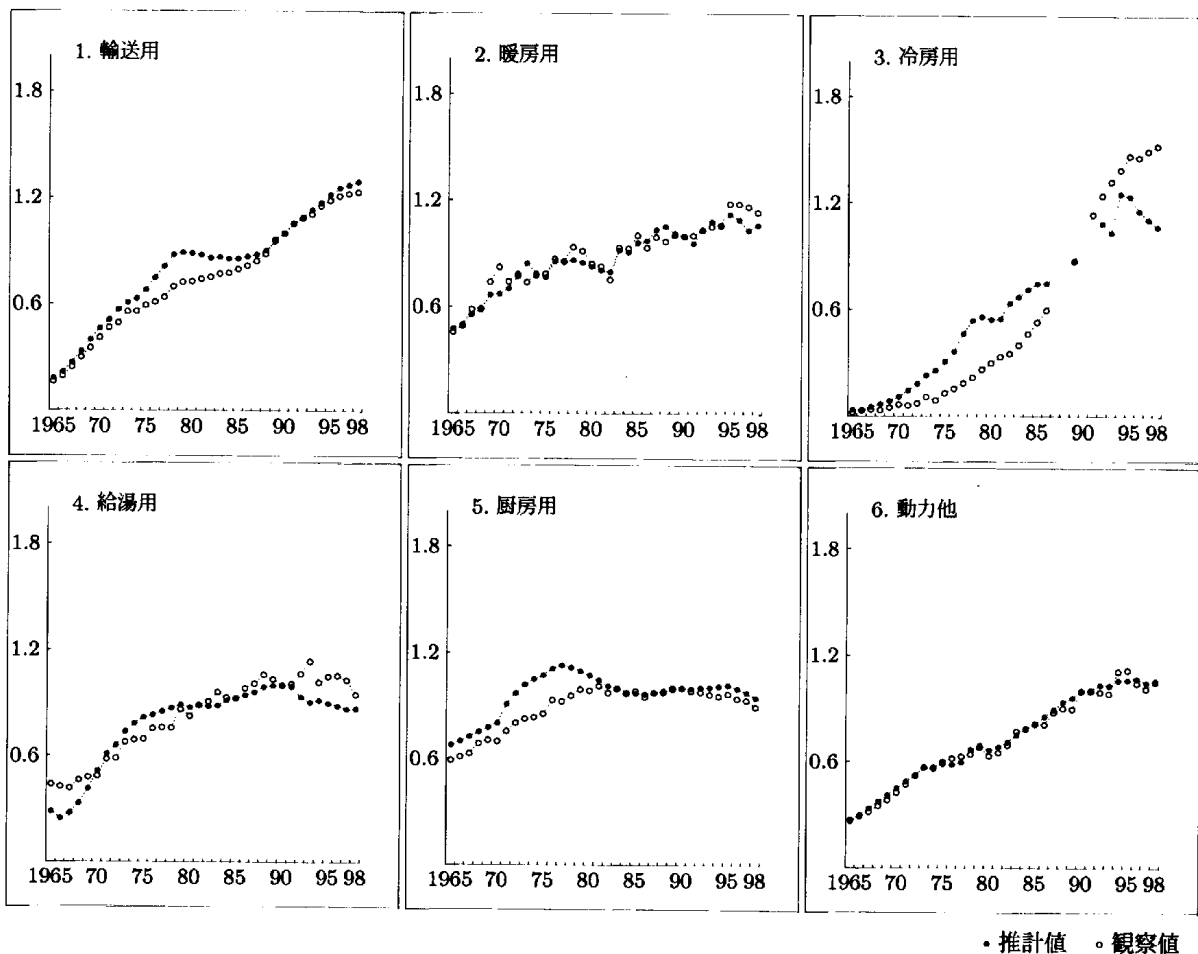


図 12: 一世帯当たりエネルギー消費指数－観察値と推計値

<sup>15</sup> また1993年は、冷夏の影響によって全国平均の冷房度日が例年の約半分程度であり、そのことは冷房用エネルギー消費量の推定値を低くしているが、観察値ではそのような傾向は特に出ていないものになっている。

## 4 家計エネルギー消費見通しと炭素税賦課

### 4.1 前提シナリオ

推計されたパラメーターに基づいて、家計部門のエネルギー消費の見通しと、炭素税賦課による家計部門への影響に関するシミュレーションをおこなうことにしよう。なお家計部門のエネルギー消費関数は多部門一般均衡モデルへの導入を意図しているが、先述のとおり本稿では一般均衡モデルによるシミュレーションをおこなう前に、家計部門のエネルギー消費行動のみを抽出して部分的なシミュレーションをおこなうものである。よって、ここでは将来の各エネルギー種別の消費価格は外生として与え（最終年度の値で一定値とする）、家計のエネルギー消費需要量の変化によってもたらされる市場均衡価格への影響（Interdependency）を無視した前提となっている。その意味でかなり限定的なものであるが、炭素税賦課による家計部門の感応度をみるのが目的であるために、はじめに2025年までのBaUケースを描いておくことにする。

では、家計部門のエネルギー消費量の暫定的な見通しを得るために、幾つかの将来シナリオを与えることにしよう。ここで与えるシナリオは、用途別保有率指数 $\theta_u$ 、用途別エネルギー効率指数（ストックベース） $\psi_u^E$ 、用途別種別エネルギー消費量コンバーター $\Phi_{uv}^{CE}$ などである（暖房度日や冷房度日は外挿期間はすべて基準年時点と同一とし、世帯数は厚生省人口問題研究所による推計値）。用途別保有率指数について想定したシナリオは図13、用途別エネルギー効率指数（ストックベース）は図14のとおりに想定している（すべて1990年値を1.0として基準化）。用途別種別エネルギー消費量コンバーター $\Phi_{uv}^{CE}$ は、図13や図14のシナリオを作成する際に予め想定してある耐久消費財の各機器（特に電気機器）の普及シナリオにほぼ対応させるかたちで、用途別にエネルギー種別シェアを想定した（暫定的な想定電力化率は緩やかに上昇し、2025年では44.3%程度となっている）。

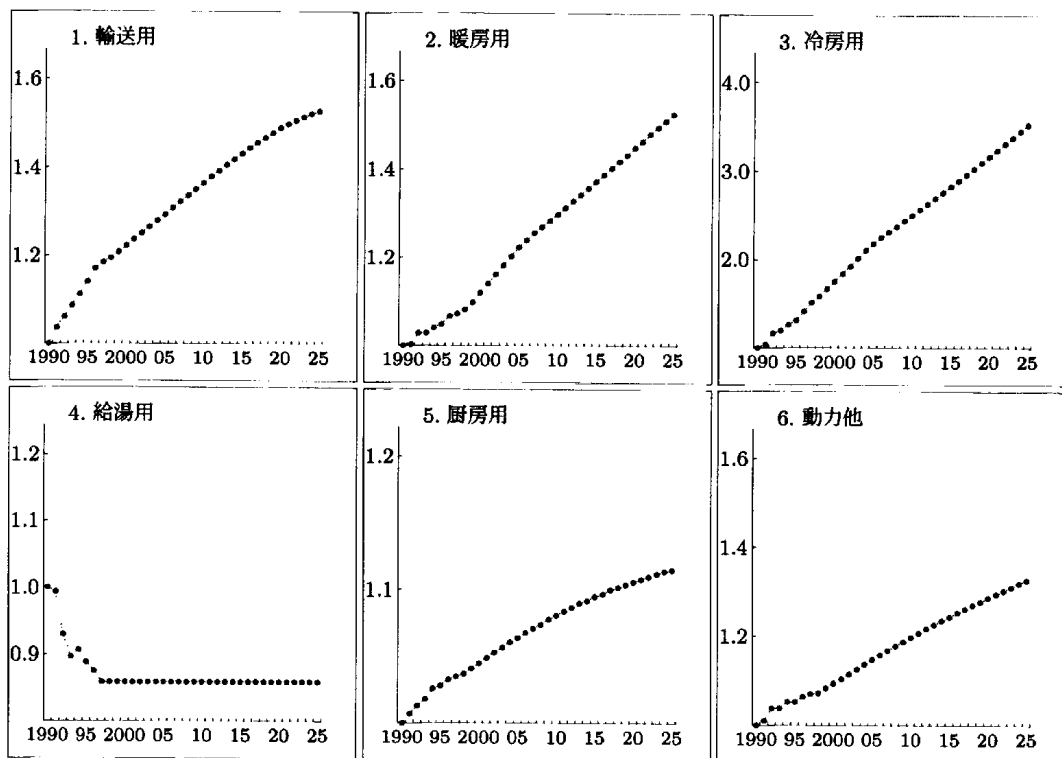


図13: 用途別保有率指数のシナリオ

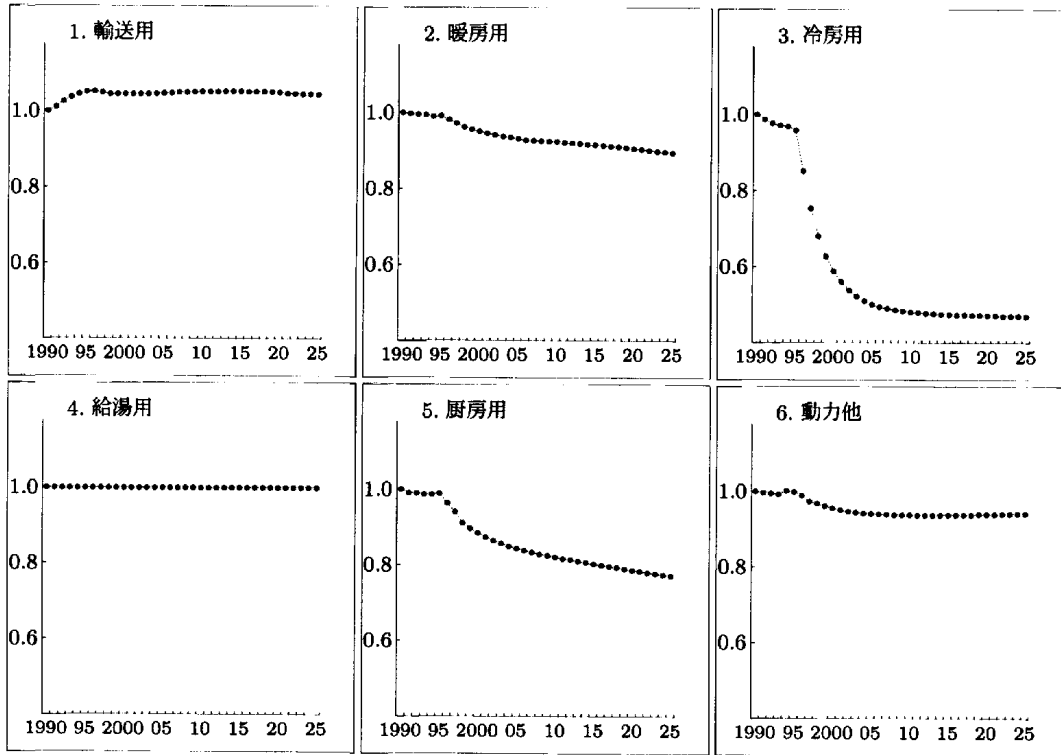


図 14: 用途別エネルギー効率指数（ストックベース）のシナリオ

## 4.2 用途別エネルギー消費量－BaU

以上の前提シナリオのもとで、BaU ケースにおける家計部門および家庭部門のエネルギー消費総量とCO<sub>2</sub>排出量（発電部門を除く）を示したものが図15であり、一世帯当たり用途別エネルギー消費量を示したものが表6である。

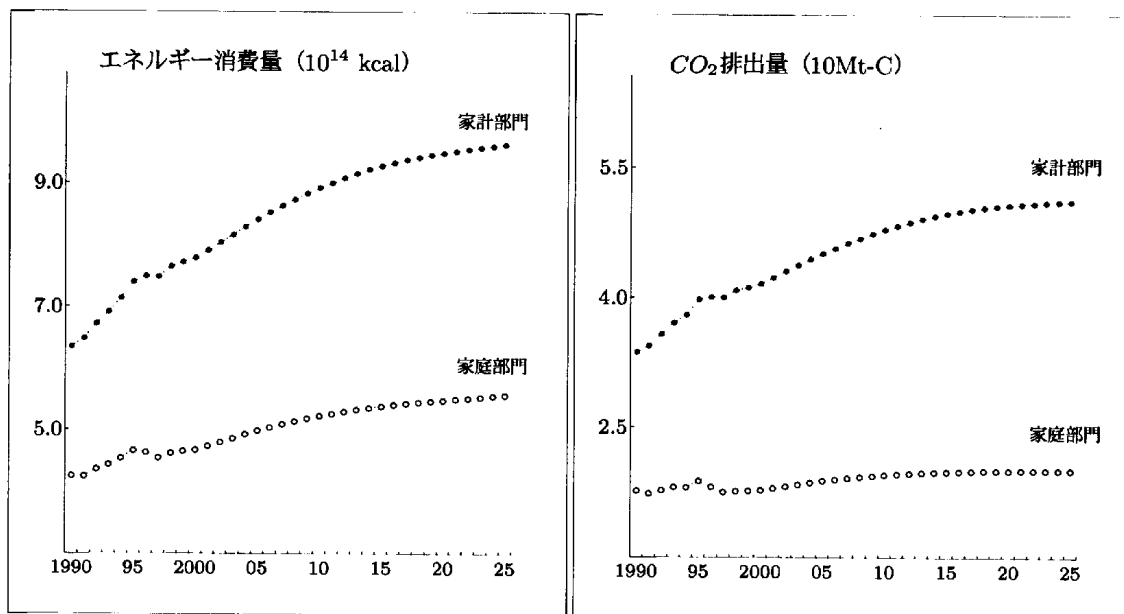


図15: 家計部門のエネルギー消費総量とCO<sub>2</sub>排出量:BaU

図15のエネルギー消費総量では、2000-10年家計部門1.36%、家庭部門1.11%の年平均成長率を示しており、2010-20年ではそれぞれ0.61%、0.48%、2020-25年0.29%、0.32%である。一方CO<sub>2</sub>排出量でみると、2000-10年では家計部門1.40%、家庭部門0.95%、2010-20年0.57%、0.23%、2020-25年0.17%、0.06%となっている。エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の推移における乖離は、用途別消費量の変化（そしてそれによるエネルギー種別消費量の変化）と、同じ用途における利用エネルギー種別消費量（コンバーター $\Phi_{uv}^{CE}$ ）の将来想定によって発生している。

次にBaU ケースにおける一世帯当たりエネルギー消費量の変化をみることにしよう。図15に示した各総量の値そのものは、世帯数の想定値によって変動を受けるために検討の余地があるが、表6では一世帯当たりの値を示している。一世帯当たりエネルギー消費総量では、2000年以降家庭部門では年平均0.5%程度の増加を示しているが、家計部門全体では0.8%から0.5%弱まで若干の伸び率低下となっている。用途別に見ると、「3.冷房用」エネルギー消費量はその保有率シナリオ（部屋ごとにエアコンが設置され保有率は上昇傾向にある）に対応して増加しており、「5.厨房用」ではほぼコンスタント、「4.給湯用」（太陽熱温水器などを除く）では若干の低下を示している。先述のとおり、すべてのエネルギー種別価格は（最終年度で）一定値としているなどここでのエネルギー消費量の見通しはかなり限定的な値ではあるが、これが炭素税賦課シミュレーションのためのBaU ケースを与える。

表 6: 用途別エネルギー消費量の見通し

	(単位: 千 kcal / 世帯)						家計部門	家庭部門
	1. 輸送用	2. 暖房用	3. 冷房用	4. 給湯用	5. 厨房用	6. 動力他		
1990	5071 (0.33)	3168 (0.21)	376 (0.02)	3343 (0.22)	1798 (0.12)	1658 (0.11)	15413 (1.00)	10343
1995	6178 (0.37)	3553 (0.21)	466 (0.03)	2947 (0.18)	1829 (0.11)	1759 (0.11)	16732 (1.00)	10554
2000	6693 (0.40)	3421 (0.20)	390 (0.02)	2845 (0.17)	1662 (0.10)	1766 (0.11)	16777 (1.00)	10085
2005	7097 (0.41)	3662 (0.21)	413 (0.02)	2836 (0.16)	1614 (0.09)	1826 (0.10)	17448 (1.00)	10351
2010	7513 (0.41)	3852 (0.21)	455 (0.03)	2838 (0.16)	1595 (0.09)	1900 (0.10)	18153 (1.00)	10640
2015	7894 (0.42)	4039 (0.21)	507 (0.03)	2838 (0.15)	1581 (0.08)	1973 (0.10)	18832 (1.00)	10938
2020	8188 (0.42)	4216 (0.22)	564 (0.03)	2838 (0.15)	1566 (0.08)	2042 (0.11)	19414 (1.00)	11226
2025	8359 (0.42)	4383 (0.22)	625 (0.03)	2838 (0.14)	1548 (0.08)	2111 (0.11)	19864 (1.00)	11505
2000-05	1.17%	1.36%	1.15%	-0.06%	-0.58%	0.67%	0.78%	0.52%
2005-10	1.14%	1.01%	1.93%	0.01%	-0.24%	0.79%	0.79%	0.55%
2010-15	0.99%	0.95%	2.17%	0.00%	-0.18%	0.76%	0.73%	0.55%
2015-20	0.73%	0.86%	2.15%	0.00%	-0.19%	0.69%	0.61%	0.52%
2020-25	0.41%	0.78%	2.05%	0.00%	-0.23%	0.66%	0.46%	0.49%

( ) 内は家計部門エネルギー消費の用途別シェアを示す。

### 4.3 炭素税賦課シミュレーション

BaU ケースでは、各エネルギー種別価格は外挿期間において一定値として与えてきた。ここでは炭素税の導入による家計部門エネルギー消費、およびそれによる  $CO_2$  排出量への影響をみることにしよう。炭素税の賦課による各エネルギー価格の上昇は、用途別消費量の価格弾性の相違を通じて家計部門のエネルギー消費行動に影響を与えることになる。

いま 1t-C 当たり 1000 円の炭素税を賦課することを想定しよう。エネルギー種別にみれば、同じ炭素税額であってもそれぞれの炭素含有量に対応して税率は異なることになる。われわれの推計では、1000 円/t-C の炭素税賦課によって、都市ガス 0.44%、LPG 1.05%、灯油 1.87%、石炭 9.27%、ガソリン 0.81%、軽油 1.47% (すべて最終年度となる 1998 年の価格に対しての比率) の価格上昇をもたらすことになる<sup>16</sup>。炭素税額のレベルに応じて、それぞれのエネルギー種別価格が直接的に上昇し、(10) 式を通じて用途別エネルギー消費価格へと集計される。(10) 式は、用途別種別エネルギー消費量コンバーター  $\Phi_{uv}^{CB}$  をウェイトとした集計価格の定義式であり、用途別エネルギー消費価格は、それぞれの用途に対応した耐久消費財によって利用されるエネルギー種の相違が反映されることになる<sup>17</sup>。

また特に留意しなければならないのは、発電部門の扱いである。家計のエネルギー消費のうち電力消費 (図 2 に示したように家庭部門の約 4 割程度を占める) については、その消費自体によっては  $CO_2$  を排出しないことにより直接的には炭素税が賦課されない。しかし実際の炭素税導入によっては、(火力発電部門

<sup>16</sup> なお同じ炭素税額であっても、各エネルギー種別の炭素税率 (エネルギー価格に対する税率) は対象年次における価格レベルによって異なることになる。1985 年度の価格水準では、1000 円/t-C の炭素税によって都市ガス 0.396%、LPG 1.178%、灯油 1.248%、石炭 8.984%、ガソリン 0.539%、軽油 0.905% の価格上昇効果となっている。

<sup>17</sup> 用途別種別エネルギー消費量コンバーター  $\Phi_{uv}^{CB}$  は、先述のとおり BaU ケースにおいても将来の想定シナリオを与えている。もし  $\Phi_{uv}^{CB}$  が外挿期間で一定シェアを想定していれば、ここでの炭素税シミュレーションの対象年次に関わらず、(BaU におけるエネルギー種別価格を一定と想定しているから) 同額の炭素税賦課による用途別集計価格への影響も各用途別に同じものとなる。



で投入される石油、石炭、LNGなどに炭素税が賦課された) 発電コストの上昇により電力価格へと転嫁され、家計部門においても間接的に炭素税による電力価格上昇の影響を免れることはできないであろう。ここでの炭素税シミュレーションは、部分的に家計部門のみを扱ったものであるから、炭素税導入により電力価格は上昇しないとの前提での議論である。よって本稿での部分的シミュレーションによる炭素税賦課の影響は、電力価格上昇を考慮していないことから下方バイアスを持ち、一方で家計のエネルギー需要の下落によってもたらされる市場均衡価格の下落効果を考慮すれば上方バイアスを持っている。これらのことは、本来の目的である多部門一般均衡モデルでの評価を通じて考察されることになる。

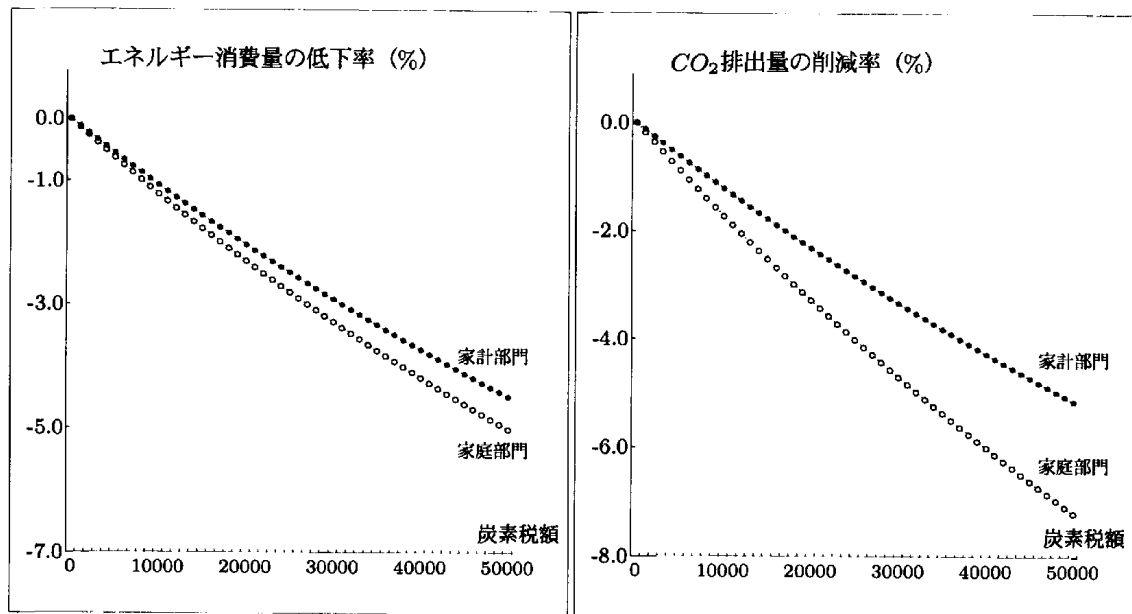


図 16: 炭素税賦課によるエネルギー消費量と CO<sub>2</sub>排出量

2010年時点において炭素税を賦課するというシミュレーションをおこなおう。炭素税額は1t-C当たり千円から5万円まで(2010年時点の名目価格)を想定する。家計部門および家庭部門(輸送用を除く家計)における、段階的な炭素税賦課によるエネルギー消費総量の下落率とCO<sub>2</sub>排出量の削減率を示したものが図16である。シミュレーション結果からは、家計部門では1万円/t-Cの炭素税賦課によってエネルギー消費量は1.1%程度(945 × 10<sup>10</sup>kcal)の減少、3万円の炭素税では2.9%程度(2562 × 10<sup>10</sup>kcal)の減少である。5万円の炭素税であっても4.5%程度(3908 × 10<sup>10</sup>kcal)と、高額な炭素税に対してあまり価格弾力的ではない結果となっている。なお、事後的なエネルギー価格の上昇率は上記の結果に対応して、1万円の炭素税賦課で6.7%、3万円18.8%、5万円29.4%となっている<sup>18</sup>。よって(事後的な)家計部門の価格弾性は1万円15.9%、3万円15.5%、5万円15.2%である。また家庭部門では、エネルギー消費量は1万円1.2%、3万円3.3%、5万円5.0%の減少となった(同様に事後的な集計エネルギー価格上昇率は1万円6.6%、3万円18.4%、5万円28.8%、価格弾性は1万円18.4%、3万円17.8%、5万円17.4%)。

この炭素税賦課によるシミュレーション結果を我が国の経験と照らしてみよう。5万円の炭素税賦課による家計消費エネルギー価格上昇率30%程度というのは、図3から図8に示した用途別エネルギー価格から集計したベースでみると、第一次オイルショック時(1973-74年度)におけるエネルギー価格の上昇率32.2%(家計部門)、29.2%(家庭部門)にほぼ相応するものである(逆に言えば、オイルショックは家計部門において5.5万円程度の炭素税賦課と同等な影響を持っていたことになる)。同期間のエネルギー消

<sup>18</sup> エネルギー集計価格は炭素税賦課による用途別エネルギー消費量の変化によって、事後的に集計されて定義されたものである。

費総量は4.0%（家計部門）、4.6%（家庭部門）の「増加」となっており、1970-73年の年平均上昇率がそれぞれ8.8%、7.3%であることから仮にそれをベースとみれば、オイルショックによる価格上昇は家計部門では4.8%、家庭部門では2.7%のエネルギー消費量の低下をもたらしたことになる。我が国におけるオイルショックによる経験は、ここでの図16に示した炭素税賦課によるシミュレーション結果とほぼ適合すると言えるであろう。

一方、CO<sub>2</sub>排出量の削減率は、1万円の炭素税賦課によって家計部門では1.2%（1.1%）、家庭部門では1.7%（1.2%）の削減であり、3万円ではそれぞれ3.3%（2.9%）、4.7%（3.3%）、5万円ではそれぞれ5.1%（4.5%）、7.2%（5.0%）である（()内には対応する先述のエネルギー消費量の低下率を示している）。CO<sub>2</sub>の観点から見ると、炭素税の性格からエネルギー消費量の低下率よりも高い削減率を示すものである。事後的な評価として、価格弾性をみると、家計部門においては1万円の炭素税賦課によっては18.1%（15.9%）、家庭部門では26.2%（18.4%）、3万円ではそれぞれ17.7%（15.5%）、25.5%（17.8%）、5万円ではそれぞれ17.5%（15.2%）、25.0%（17.2%）となっている（()内は同様に、対応する先述のエネルギー消費の価格弾性を示している）。

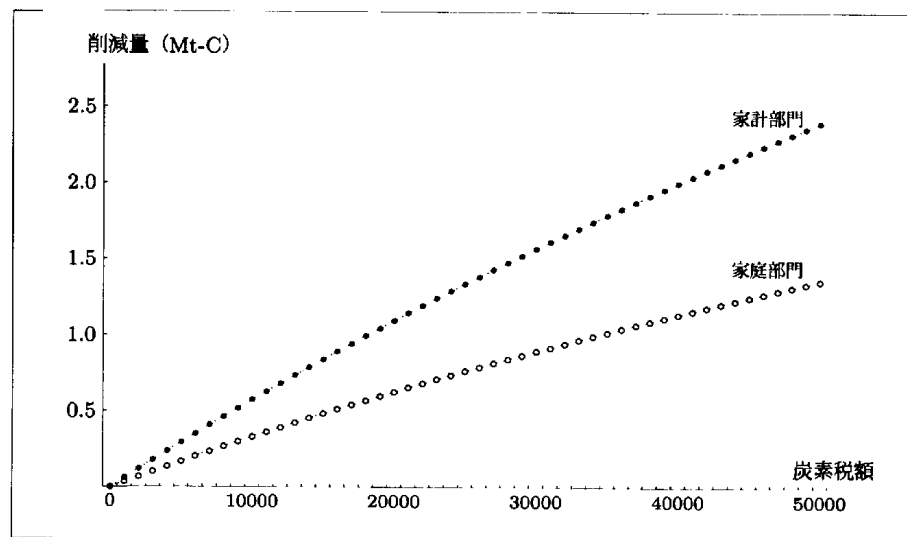


図 17: 炭素税額と CO<sub>2</sub>排出削減量

上記のCO<sub>2</sub>削減率を、段階的な炭素税賦課によってもたらされるCO<sub>2</sub>削減量によって示したものが、図17である。1万円の炭素税賦課によって家計部門では0.58Mt-C、家庭部門では0.33Mt-Cの削減であり、3万円ではそれぞれ1.57Mt-C、0.90Mt-C、5万円ではそれぞれ2.40Mt-C、1.36Mt-Cとなっている（限界的なCO<sub>2</sub>削減費用（炭素税額）は若干の逡増傾向にある）。家計部門全体で見れば、5万円という高額な炭素税賦課によっても（図15に示したように、2010年のBaUにおける家計部門の総排出量は4789万t-Cであるのに対して）240万t-Cの削減効果しかない。以上を逆にみれば、100万t-CのCO<sub>2</sub>排出量の削減をおこなうための炭素税額は、家計部門において1.7-2.0万円/t-C程度、家庭部門では3.1-3.6万円/t-C程度となると推定される。

では炭素税賦課による用途別CO<sub>2</sub>削減量を見ることにしよう。ただし、「3.冷房用」、「6.動力他」の利用エネルギーはすべて電力であるために、先述のとおりここでは炭素税が課されない。また「5.厨房用」は表5に示したように、価格弾性が有意な値を得ることができなかったため、消費量およびCO<sub>2</sub>排出量はエネルギー価格に非感応的であるために炭素税の影響を受けないことになる。それ以外の三つの用途について、同シミュレーションによるCO<sub>2</sub>削減量が図18である。表3および表4に示したように、この三

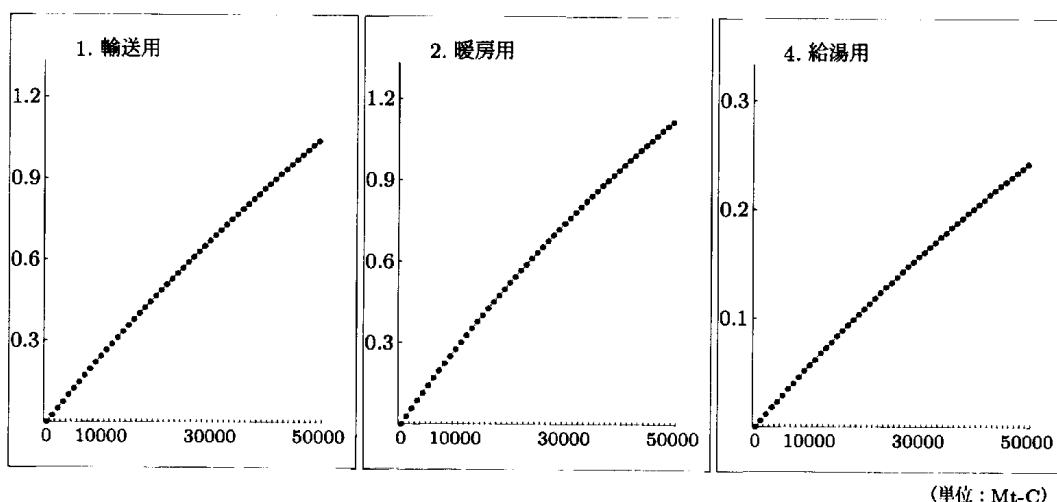


図 18: 炭素税額とエネルギー用途別  $CO_2$  排出削減量

つの用途「1. 輸送用」、「2. 暖房用」、「4. 給湯用」は家計部門の  $CO_2$  排出量（発電部門を除く）全体のほとんど（93%程度）を占める用途である。1 万円 / t-C の炭素税に対して、「1. 輸送用」の  $CO_2$  削減量は 0.24Mt-C（ $CO_2$  削減率は 0.9%）、「2. 暖房用」の削減量 0.28Mt-C（削減率 2.9%）、「4. 給湯用」では削減量 0.06Mt-C（削減率 0.7%）となっている。 $CO_2$  の削減量で見ると「1. 輸送用」と「2. 暖房用」ではほぼ同等であるが（「2. 暖房用」が 10%程度上回る程度）、削減率で見ると推計された価格弾性値を反映して「2. 暖房用」の省エネ効果が大きなものになっている。

また、同シミュレーションによるエネルギー種別の  $CO_2$  削減量を示したものが図 19 である。先述の用途分類での値と対応して、「2. 暖房用」、「4. 給湯用」で利用される「4. 灯油」や「2. 都市ガス」、「1. 輸送用」での「7. ガソリン」などの消費による  $CO_2$  排出量の削減が大きなものとなっている<sup>19</sup>。1 万円 / t-C の炭素税に対して、「4. 灯油」の  $CO_2$  削減量は 0.24Mt-C（ $CO_2$  削減率は 2.3%）、「7. ガソリン」の削減量 0.23Mt-C（削減率 0.9%）、「2. 都市ガス」では削減量 0.06Mt-C（削減率 1.2%）、「3. LPG」の削減量 0.04Mt-C（削減率 0.9%）となっている。

以上の本稿での部分的な炭素税賦課シミュレーションは、先述のとおり、電力価格への転嫁分を考慮していない点や、一般均衡のフレームワークの中での相互依存性を考慮していないなど、限定的なものではある。われわれは次に多部門一般均衡モデルによって評価をおこなうことになるが、本稿でのシミュレーションが家計への炭素税導入効果としての目処を与えるものとなる。

<sup>19</sup> 利用エネルギーのうち「1. 電力」、「6. 太陽熱」は  $CO_2$  排出はゼロであり、また「5. 石炭他」は 2010 年時点ではエネルギー消費量がゼロとなるように、用途別種別エネルギー消費量コンバーター  $\phi_{uB}^{CE}$  を想定している。

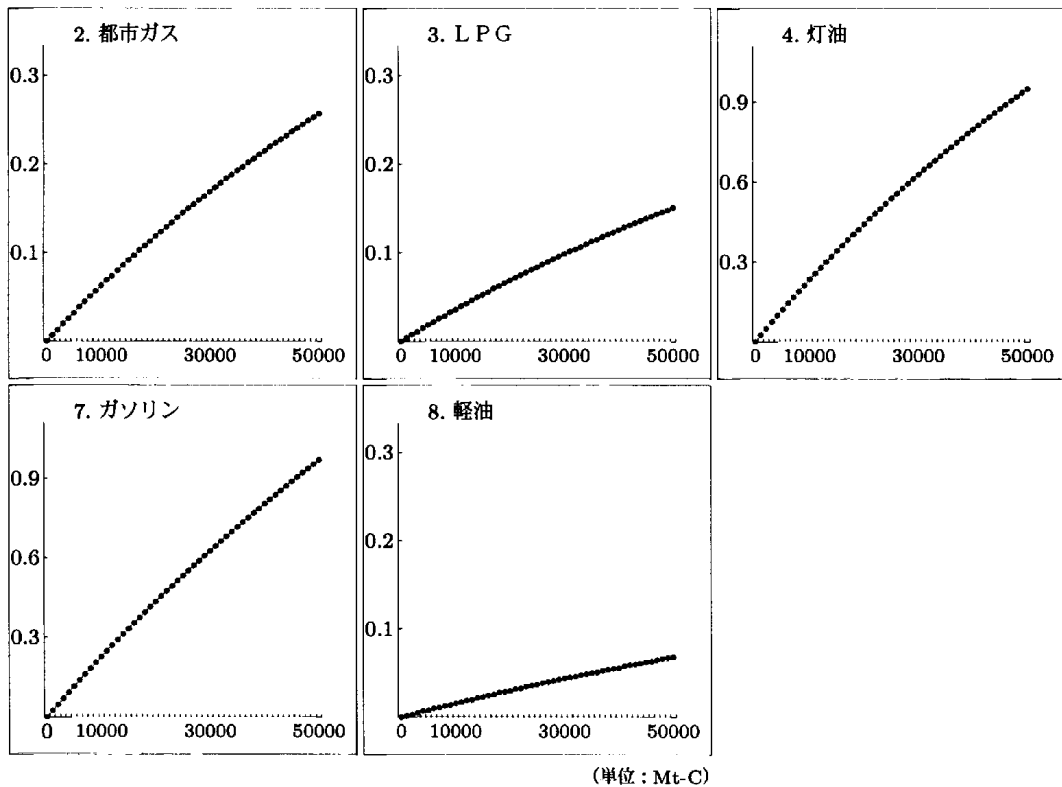


図 19: 炭素税額とエネルギー種別  $CO_2$  排出削減量

## 5 結び

われわれは、家計部門における用途別エネルギー消費関数の記述およびパラメーターの推計と、家計部門のみの炭素税賦課シミュレーションをおこなってきた。計測された家計部門の用途別エネルギー消費関数は、家計部門における用途別耐久消費財の保有率、また保有する各機器のエネルギー効率（ストックベース）を所与として、耐久消費財の利用度を示す関数であるが、推計された価格弾性は家計による省エネ行動の過去の経験を反映したものとなっている。関数の記述としては過去の経験に対してある程度の説明力を持っているけれども、そこから求められたパラメーターに安定性が認められるか、不確定な部分が多い。現実にはアナウンスメント効果など心理的な側面によって、より高い価格弾性を実現することができるかもしれない。しかしながら、家計の保有する耐久消費財のエネルギー効率やそれら機器の利用エネルギーの固定性など、短期的にはエネルギー消費行動を規定しているものが存在しており、それらを捉え、モデルとしてのチャンネルを有することが必要であろう。

また地球温暖化対策を視野に入れたとき、経済的措置としての炭素税の導入が過去の経験に照らしてどの程度の効果を有すると推定されるか、定量的な評価を欠く事はできない。本稿での用途別エネルギー消費関数は、次に一般均衡のフレームワークのもとで産業部門とともに炭素税などの導入効果が試されることになる。

## 参考文献

- [1] JDB Research Center on Global Warming(1996),*Symposium on the Environment and Sustainable Development : Roles for Japan with Regard to Global Environmental Issues*,The Japan Development Bank.
- [2] Kuroda, Masahiro, Koji Nomura, Kobayashi Nobuyuki, Kuninori Morio, Hanabusa Kimiko and Tomita Hideaki,“Reduction of Carbon Dioxide Emission and Its Distributional Impacts”, presented at The JDB Symposium on the Environment and Sustainable Development, Hakone, Nov., 1995
- [3] 青柳みどり、森口祐一、近藤美則、清水浩「家計エネルギー支出の特性について」、『エネルギー・資源』,第16巻,第6号,1995年11月
- [4] 木船久雄、工藤拓毅「戦後50年の家庭生活とエネルギー消費—その変遷と将来展望—」、『エネルギー経済』,第22巻,第7号,1996年7月
- [5] 黒田昌裕、新保一成、野村浩二、小林信行『KEO データベース—産出および資本・労働投入の推計—』,慶應義塾大学産業研究所.1997年
- [6] 黒田昌裕・野村浩二(1998),「日本経済の多部門一般均衡モデルの構築と環境保全政策シミュレーション (I) 環境保全政策と多部門一般均衡モデルの構築」,KEO Discussion Paper (慶應義塾大学産業研究所未来開拓プロジェクト), No.15,1998年7月
- [7] 黒田昌裕・野村浩二(1998),「日本経済の多部門一般均衡モデルの構築と環境保全政策シミュレーション (II) 環境保全政策と炭素税賦課シミュレーション」,KEO Discussion Paper (慶應義塾大学産業研究所未来開拓プロジェクト), No.16,1998年7月
- [8] 小山直樹「家計部門のエネルギー消費行動の計測—家電製品保有と電力消費の関係—」、『甲南経済学論集』,第33巻,第3号,1992年12月
- [9] 榊原幸雄「家庭部門のエネルギー消費実態について」、『エネルギー経済』,第26巻,第2号,2000年2月
- [10] 日本エネルギー経済研究所計量分析部(2000),『エネルギー・経済統計要覧』,省エネルギーセンター,2000年1月
- [11] 弘田倫夫(1994),「家庭部門のエネルギー消費の国際比較—エネルギー消費の推移と省エネルギー政策—」,『エネルギー経済』,第20巻,第8号,1994年8月