

第2部 新中期経済予測システムの構成

第7章 エネルギー間競合モデル

永 田 豊

1. はじめに

エネルギー間競合モデルの開発（永田他（1990））から6年が経過した。使用しているデータの継続性の問題や新たな課題に対応するため、今回初めて抜本的な改良を行った。今回の改良では、高齢化社会に対応した人口動態の変化の影響に加え、電力需要の予測を改良するため、電力負荷率、家屋の断熱化、エアコンの効

率化の影響を内生化した。なお、これらのモデルの改良点については、永田（1994）を併せて参照されたい。

2. データ

使用したデータの出典を表1に示す。エネルギー需要データとしてこれまで使用してきた、（財）日本エネルギー経済研究所のエネルギーバランス表が1989年に政府の総合エネルギー

表1 データの出典元

デ ー タ	出 典 元	文 献
エネルギー需要 エネルギー源供給量および転換量 部門別エネルギー源消費量 家庭部門用途別エネルギー消費量 業務部門用途別エネルギー消費量 運輸部門輸送機関別エネルギー消費量 電気事業エネルギー源消費量	資源エネルギー庁 " 住環境計画研究所 日本エネルギー経済研究所 運輸省運輸経済研究所 資源エネルギー庁	総合エネルギー統計 " 家庭用エネルギー統計年報 エネルギー計量分析センター推計値 運輸関係エネルギー統計年報 電力需給の概要
エネルギー価格 輸入エネルギー価格 石油製品および石炭製品 電力 都市ガス 家庭用エネルギー価格	大蔵省 日本銀行 電気事業連合会 日本ガス協会 住環境計画研究所	日本貿易月表 物価統計年報 電気事業年表 ガス事業年表 家庭用エネルギー統計年報
その他 人口 世帯数 主要経済指標 家計可処分所得 住宅床面積 業務部門業種別床面積 エネルギー源別 CO ₂ 排出原単位 家電機器普及率 電源構成	総務庁 自治省 経済企画庁 総務庁 総務庁 日本エネルギー経済研究所 " 経済企画庁 資源エネルギー庁	推計人口 住民基本台帳 国民経済計算年報 家計調査年報 住宅統計調査 エネルギー・経済統計要覧 " 家計消費の動向 電源開発の概要

統計と一本化されたため、今回はこれを採用した。民生部門のエネルギー需要については、前回と同様、用途別のエネルギー需要データを作成した。したがってデータは年度ペースである。

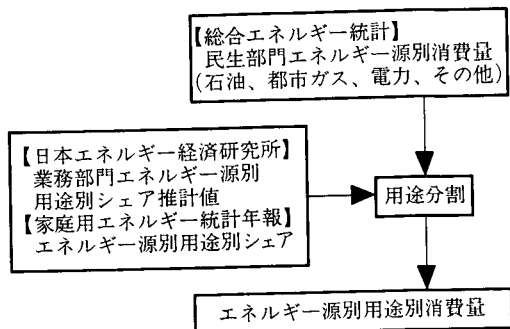


図1 用途別エネルギー需要データの作成方法

作成方法を図1に示す。総合エネルギー統計との整合性をとるため、個々のエネルギー源別用途別データからエネルギー源別に各用途のシェアを抽出し、それをを用いて各エネルギー源の消費量を分割した。なお、業務部門の用途別シェアは1990年度までの値である。運輸部門については、総合エネルギー統計で旅客と貨物のエネルギー消費量が分割されていないため、消費量が圧倒的に多いガソリンと軽油についてのみ消費量を分割し、LPG・ジェット燃料・電力は旅客用に、重油は貨物用に使用されると想定した。なお、表2に示すように、総合エネ

表2 産業部門におけるエネルギー源の集約

集約後	集約前のエネルギー源
石炭製品	
石炭	原料炭, 一般炭, 無煙炭等
コークス	コークス, コークス炉ガス, 高炉ガス・転炉ガス
石油製品	
軽質油	ガソリン, ナフサ
中質油	灯油, 経由, A重油
重質油	B重油, C重油
その他燃料油	LPG, 製油所ガス, オイルコークス
非エネルギー消費	潤滑油, その他石油製品
都市ガス	天然ガス, 都市ガス

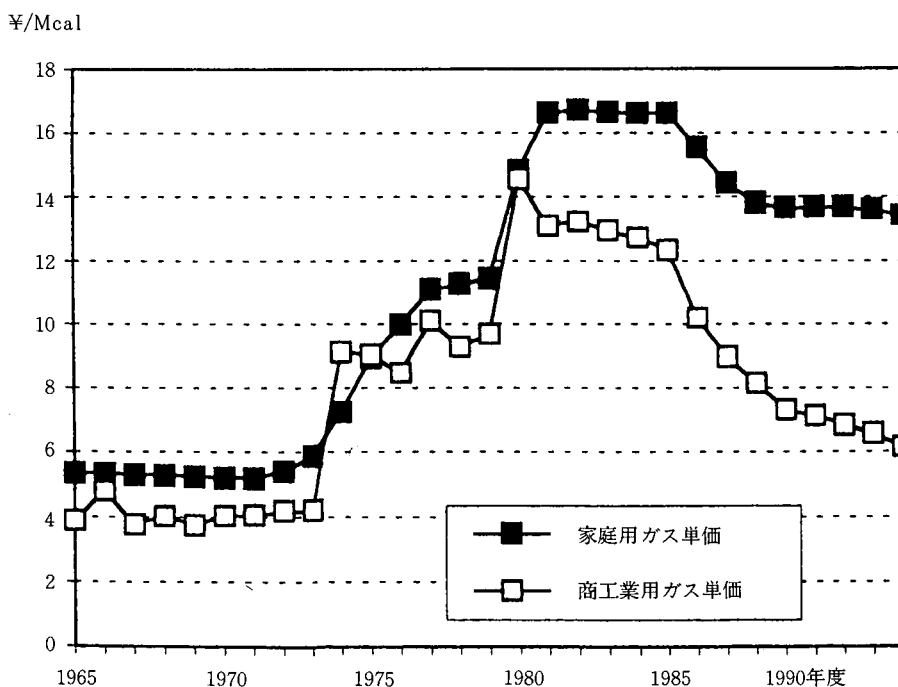


図2 都市ガス価格の推計結果

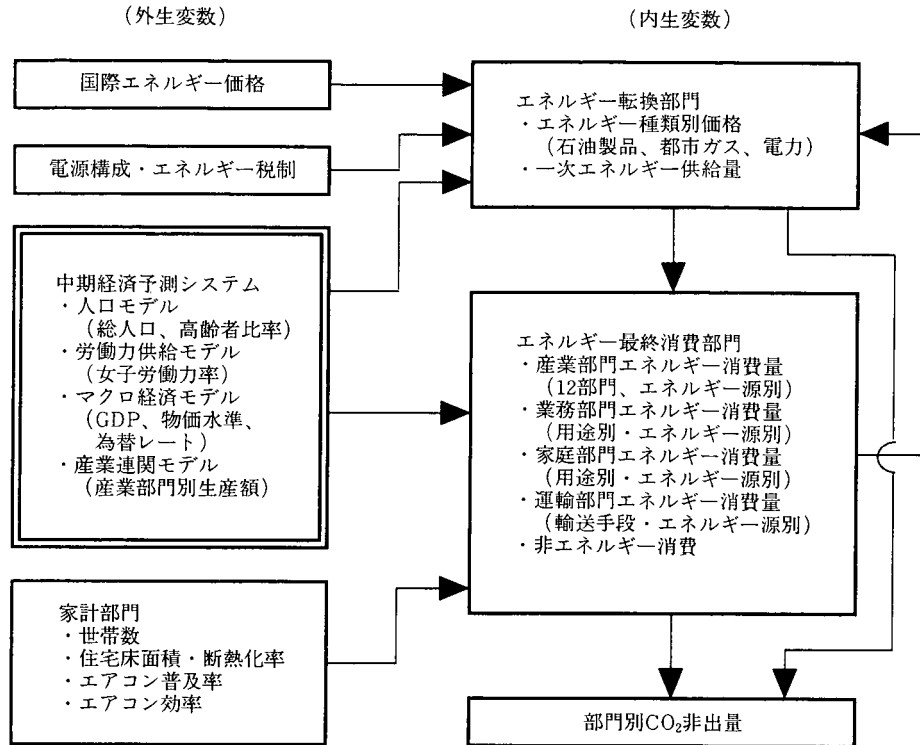


図 3 エネルギー間競争モデルの全体構造

ルギー統計では産業部門について詳細なエネルギー源が計上されているが、モデル作成のためエネルギー源を集約している。

エネルギー価格のデータについては、消費量が急速に増加している産業用都市ガス価格の公表データが存在しないため、家庭用の売上額を差し引いた都市ガス産業の売上額を同じく家庭用以外の都市ガス需要で除算することで作成した。その結果を図 2 に示す。

3. モデルの構造

モデルの全体構造を図 3 に示す。基本的な構造は従来と変わらない。モデルの改良点は、エネルギー源の細分化と、家屋断熱化とエアコン効率化、人口動態の変化、電力負荷率をそれぞれ内生化したことである。エネルギー源の細分化は、2 節で述べたように、エネルギー需要データとして総合エネルギー統計を採用し、その一部を分割推計することで行った。その他の改良点については以下のモデル構造の説明の中で述べる。

4. エネルギー需要ブロック

(1) 産業部門

モデルの産業部門エネルギー需要ブロックのフローチャートを図 4 に示す。まず、産業 12 部門について、複数のエネルギーが使用されている場合、各エネルギーのシェアをエネルギー間の競争関係に影響するエネルギーの相対価格によって決定する。次に、求めた各エネルギー源のシェアを用いて、エネルギー需要関数の主要な説明変数であるパーシェ型のエネルギー総

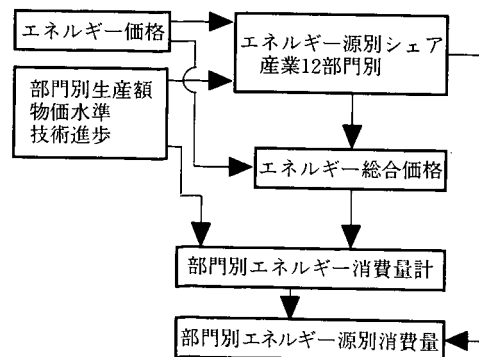


図 4 産業部門エネルギー需要ブロックのフローチャート

合価格指数を作成する。エネルギー需要関数については、基本的には生産額当たりのエネルギー需要を被説明変数とし、一部の部門についてはエネルギー需要そのものを被説明変数として推定した。なお、鉄鋼と非鉄金属については、生産額が一次金属として一括計上されているため、両部門を合計したエネルギー需要を推定し、一定割合で両部門に割り振っている。

シェア関数の形式は次の通りである。

E_i : i 部門最終エネルギー需要

E_{ij} : i 部門, j エネルギー最終需要

P_i : i 部門総合エネルギー価格指数

P_j : j エネルギー価格指数 E_{ij}

①部門計に対するシェア

$$\ln(E_{ij}/E_i) = C + a_1 \times \ln(P_j/P_i) + a_2 \times \ln(E_{ij}(-1)/E_i(-1))$$

②競合エネルギー間の相対シェア

$$\ln(E_{ij}/E_{ij'}) = C + a_1 \times \ln(P_i/P_{j'}) + a_2 \times \ln(E_{ij}(-1)/E_{ij'}(-1))$$

((-1) は一期前の系列を表す。)

なお、環境規制の影響で重質油から中質油への切り替えが進んだことを考慮するため、一部の推定式にはタイムトレンド項を追加している。タイムトレンド項のみを本推定式に線形で追加すると、タイムトレンド項の係数はシェアの毎年の変化率を表すことになる。

エネルギー需要関数は以下のようにして導出した。資本 K とエネルギー E を生産要素として持つ CES 型生産関数

$$Y = A[\delta K^{-\rho} + (1-\delta)E^{-\rho}]^{-1/\rho}$$

Y : 実質生産額

A, δ, ρ : 定数

に利潤関数

$$W = P_Y Y - P_K K - P_E E$$

の一階の最大化条件 $\frac{\partial W}{\partial K} = \frac{\partial W}{\partial E} = 1$ を適用し

て式を変形することにより、

$$\ln\left(\frac{E}{Y}\right) = \frac{1}{1+\rho} \ln(1-\delta) - \rho \ln A$$

$$-\frac{1}{1+\rho} \ln\left(\frac{P_E}{P_Y}\right) = C - a_1 \times \ln(P_E/P_Y)$$

が得られる。これに技術進歩を表すタイムトレンド項と調整スピードを表すラグ付き従属変数の項を追加し、

$$\ln(E/Y) = C + a_1 \times \ln(P_E/WPI) + a_2 \times TIME + a_3 \times \ln(E(-1)/(Y(-1)))$$

WPI : 卸売物価指数

TIME : タイムトレンド

の式を各部門について推定した。

推定結果を表3～表4に示す。自家発電を決定するためのエネルギー相対価格としては、自家発電用の燃料として最もよく用いられているエネルギーと電力の相対価格を使用した。

シェア関数の推定結果からは、競合の激しいエネルギー源（紙・パルプの重質油と石炭など）の価格弾性値は大きく、競合の激しくない電力などの弾性値は小さいという関係が読みとれる。また、全体にラグ付き従属変数の係数が大きい、これはエネルギー源の切り替えには設備の大幅な更新を伴うため、調整に相当な時間が必要なことを示している。

一方、エネルギー需要関数の推定結果からは、ラグ付き従属変数の係数が大きく、短期の価格弾性値は比較的小さいという傾向が読み取れる。これから長期の価格弾性値を計算すると、 $-0.1 \sim -0.9$ と産業間のバラツキが大きいことが分かる。

(2) 民生部門

民生部門は、用途別にエネルギー需要が分割されている点以外は産業部門と同様、シェア関数と需要関数の2段階でエネルギー源別需要を決定する。シェア関数の形式は次の通りである。

E_i : i 用途最終エネルギー需要

E_{ij} : i 用途, j エネルギー最終需要

表 3 産業部門エネルギーシェア関数推定結果

	エネルギー源 (式のタイプ)	価格弾性値 (競合エネルギー源と t 値)	ラグ付き従属 変数 (t 値)	タイムトレンド (ダミー年)	修正済み 決定係数	D. W. 比
農 林 水	②中質油		0.9612 (10.3)	0.0143 (2.0)	0.944	2.32
	①重質油		0.9675 (10.5)	-0.0136 (-2.0)	0.945	2.33
	①電 力	-0.1874 (重質油, -2.1)	0.9241 (10.6)		0.804	2.31
鉱 業	②中質油	-0.6390 (重質油, -1.5)	0.9838 (13.1)		0.904	2.57
	①重質油	-0.6570 (中質油, -1.5)	0.9788 (9.1)		0.856	2.70
	①電力	-0.1470 (重質油, -1.6)	0.8406 (8.5)		0.730	2.40
	①自家発	-0.0778 (重質油, -1.3)	0.6833 (5.2)		0.507	2.28
建 設 業	①中質油	-0.0569 (重質油, -1.3)	0.7770 (5.9)	0.0024 (1.3)	0.939	1.59
	①重質油	-0.5380 (中質油, -1.6)	0.8261 (7.0)	-0.0414 (-2.1)	0.986	1.79
	①電 力	-0.8814 (WPI*1, -3.0)	0.4217 (2.5)		0.892	1.36
食 品	①中質油		0.7047 (5.1)	0.0124 (2.1)	0.941	1.55
	②重質油		0.9028 (9.2)	-0.0193 (1.9)	0.972	1.94
	①都市ガス	-0.1203 (中質油, -1.2)	0.7933 (9.4)	0.0160 (1.8)	0.989	2.48
	①電 力*2		0.4313 (2.4)	0.0419 (3.1)	0.984	1.80
	①自家発	-0.2541 (重質油, -3.1)	0.7863 (9.5)		0.856	1.29
織 維	①中質油		0.5787 (4.7)	0.0367 (3.8)	0.981	1.94
	②重質油		0.7802 (9.1)	-0.0314 (-3.4)	0.982	1.74
	①その他油	-0.0708 (中質油, -1.1)	0.8480 (10.7)		0.952	2.75
	①都市ガス	-0.3577 (中質油, -4.1)	0.8900 (16.6)		0.970	1.98
	①電 力	-0.1442 (中質油, -1.5)	0.9651 (13.8)		0.880	1.41
紙 ・ パ ル プ	①石炭+重質油	-0.0262 (総合価格, -1.1)	0.5719 (3.5)		0.959	1.35
	①中質油	-0.1308 (WPI*1, -2.0)	0.9677 (11.2)		0.844	1.29
	②重質油	-0.9321 (石炭, -2.5)	0.8797 (13.4)		0.956	1.86
	①その他油	-0.5915 (中質油, -0.9)	0.5650 (2.3)		0.879	1.97
	①回収黒液*3	1.2587 (生産額, 15.4)		-0.0205 (-6.9)	0.962	0.70
	①電 力	-0.0420 (重質油, -1.9)	0.9479 (29.4)		0.971	1.76
	①自家発	-0.1324 (重質油, -3.9)	0.8165 (16.0)		0.923	1.62
化 学	①石炭	-0.6408 (重質油, -2.0)	0.8021 (9.0)		0.898	2.09
	①コークス	-0.2633 (重質油, -2.3)	0.8738 (13.1)		0.863	1.43
	②軽質油	-0.5769 (その他油, -1.7)	0.4824 (2.4)		0.566	2.19
	①中質油	-0.1092 (WPI*1, -1.4)	0.9865 (9.2)		0.861	1.52
	②重質油	-0.6435 (石炭, -2.1)	0.9030 (16.3)		0.961	1.77
	①その他油	-0.5809 (軽質油, -1.7)	0.5397 (2.9)		0.674	2.37
	①天然ガス	-0.1602 (その他油, -1.4)	0.9242 (16.8)		0.952	2.67
	①都市ガス	-0.7915 (中質油, -2.1)	0.7206 (5.1)		0.930	1.46
	①電 力	-0.0672 (重質油, -2.3)	0.8271 (11.3)		0.823	1.30
	①自家発	-0.1078 (重質油, -3.1)	0.8625 (19.1)		0.932	1.82
	窯 業 土 石	①コークス	-0.1403 (重質油, -1.3)	0.8851 (9.4)		0.763
①中質油		-0.2003 (コークス, -2.1)	0.9675 (10.3)	-0.5042 (90年, -3.3)	0.829	1.47
①重質油		-0.4129 (石炭, -1.9)	0.8156 (9.4)		0.933	1.03
①その他油		-0.3096 (都市ガス, -1.8)	0.8563 (9.4)		0.783	1.44
①都市ガス		-0.3559 (中質油, -4.1)	0.8370 (15.5)		0.973	1.56
①電 力		-0.1095 (中質油, -4.1)	0.9156 (45.6)		0.991	2.25
①自家発		-0.1054 (石炭, -1.2)	0.8946 (7.8)		0.945	2.15

*1 競合エネルギー源を特定せず、物価指数を用いて価格を実質化した。

*2 上限を0.6に設定。

*3 回収黒液はパルプ製造工程の副産物燃料であるため、消費量を生産額で説明した。

表3 産業部門エネルギーシェア関数推定結果(続き)

	エネルギー源 (式のタイプ)	価格弾性値 (競合エネルギー源とt値)	ラグ付き従属 変数(t値)	タイムトレンド (ダミー年)	修正済み 決定係数	D. W. 比	
鉄 鋼	①石炭+コークス	-0.0255 (重質油, -2.4)	0.9011 (19.2)	0.0588 (80年, 3.3)	0.954	2.36	
	②中質油	-0.3945 (重質油, -1.7)	0.9862 (32.5)		0.980	2.00	
	①重質油	-0.3786 (石炭, -2.5)	0.8269 (14.0)		0.973	1.29	
	①その他油	-0.2870 (都市ガス, -3.4)	0.8800 (8.3)		0.794	1.67	
	①都市ガス	-0.2796 (中質油, -2.2)	0.9377 (17.7)		0.989	1.84	
	①電力	-0.0371 (重質油, -1.8)	0.9705 (30.3)		0.972	1.64	
	①自家発	-0.1822 (石炭, -2.9)	0.7377 (7.8)		0.972	1.83	
	非鉄金属	①コークス	-0.1183 (重質油, -1.3)		0.9652 (8.6)	-0.0265 (-2.9)	0.788
①重質油		-0.5261 (中質油, -2.0)	0.5567 (3.6)	0.870	1.88		
①その他油		-0.2393 (中質油, -1.1)	0.6427 (5.7)	0.853	2.19		
①都市ガス		-0.4131 (中質油, -3.2)	0.8049 (11.7)	-1.0486 (81年, -7.0)	0.962		1.64
①電力		-0.0624 (WPI*1, -1.6)	0.8890 (10.8)	-0.1525 (90年, -2.4)	0.844		2.36
①自家発		-0.1419 (中質油, -1.9)	0.8841 (13.9)	-0.3351 (87年, -4.3)	0.902		2.14
金属機械		①コークス	-0.5331 (重質油, -2.3)	0.6743 (5.3)	-0.0282 (-2.1)		0.605
	①中質油	-0.1581 (都市ガス, -3.8)	0.8340 (12.1)	0.907		2.03	
	①重質油	-1.4193 (中質油, -3.0)	0.8827 (12.3)	0.983		1.49	
	①その他油	-0.0228 (都市ガス, -0.8)	0.7366 (4.5)	0.898		2.47	
	②都市ガス	-0.3913 (中質油, -3.1)	0.8503 (11.9)	0.962		1.50	
	①電力	-0.0655 (都市ガス, -1.5)	0.9959 (23.3)	-0.2103 (81年, -5.0)		0.980	2.69
	①自家発*4	-2.3173 (中質油, -4.1)	0.9395 (16.5)	0.971		2.94	
その他の製造業	①コークス	-0.2165 (中質油, -1.3)	0.8932 (9.7)	-0.5532 (90年, -1.5)	0.842	2.54	
	①軽質油	-0.8934 (その他油, -2.2)	0.8474 (8.6)		0.868	1.85	
	①中質油	-0.1419 (重質油, -1.0)	0.8994 (18.7)		0.933	1.56	
	②重質油	-0.8645 (中質油, -2.6)	0.6660 (5.6)		0.0571 (3.1)	0.973	1.03
	①その他油	-0.3267 (その他油, -3.1)	0.2986 (1.7)		-0.3694 (81年, -2.5)	0.649	1.84
	①天然ガス	-0.4662 (中質油, -1.9)	0.7292 (4.8)		-0.0484 (-1.8)	0.983	1.41
	①電力	-0.0672 (中質油, -1.7)	0.9432 (17.2)		-0.1341 (74年, -3.2)	0.928	2.03
	①自家発	-0.6556 (重質油, -2.8)	0.9537 (12.0)		0.8538 (84年, 2.9)	0.902	1.58

*4 上限を0.05に設定

表4 産業部門エネルギー需要関数

産業部門	価格弾性値(t値)	ラグ付き従属 変数(t値)	その他(t値)	修正済み 決定係数	D. W. 比
農林水産業	-0.0541 (-1.6)	0.9216 (17.7)	0.0940 (90年, 1.5)	0.950	2.04
鉱業	-0.0796 (-0.9)	0.6785 (3.7)	-0.2278 (67年, -1.9)	0.657	1.34
建設業*1	-0.0354 (-0.8)	0.5284 (3.2)	0.3486 (生産額, 2.0)	0.950	1.15
			-1.848 (V/X比, -1.6)		
食品	-0.0769 (-2.6)	0.8562 (15.6)		0.959	2.53
繊維	-0.0769 (-2.2)	0.7870 (8.5)	-0.1988 (90年, -2.5)	0.793	1.92
紙パルプ	-0.0803 (-3.5)	0.6864 (6.1)	-0.0026 (タイム, -1.2)	0.965	1.78
化学	-0.0607 (-3.4)	0.9290 (24.2)		0.971	1.75
窯業土石*1	-0.0936 (-4.6)	0.5851 (5.5)	0.1719 (生産額, 2.8)	0.898	1.51
			-1.009 (V/X比, -2.6)		
一次金属	-0.1519 (-3.0)	0.7234 (6.6)	-0.0026 (タイム, -1.1)	0.972	2.26
金属機械*1	-0.1167 (-1.7)	0.5064 (3.1)	0.3171 (生産額, 2.7)	0.964	1.00
その他製造業*1	-0.0520 (-1.8)	0.7907 (13.1)	0.0585 (生産額, 1.1)	0.961	1.99

*1 原単位ではなく最終エネルギー需要を説明変数とする。

P_i : i 用途総合エネルギー価格指数

P_j : j エネルギー価格指数

①用途計に対するシェア

$$\ln(E_{ij}/E_i) = C + a_1 \times \ln(P_j/P_i) + a_2 \times \ln(E_{ij}(-1)/E_i(-1))$$

②競合エネルギー間の相対シェア

$$\ln(E_{ij}/E_{i'j'}) = C + a_1 \times \ln(P_j/P_{j'}) + a_2 \times \ln(E_{ij}(-1)/E_{i'j'}(-1))$$

((-1) は一期前の系列を表す。)

家庭部門の灯油は、価格が他のエネルギーより圧倒的に安いにもかかわらずシェアを落としている。給油が面倒であったり室内の空気が汚れるという理由に加え、都市ガスが普及している都市部に人口が移動したことも影響している。このため、暖房用と給湯用の灯油のシェア関数にタイムトレンド項を追加した。

用途別エネルギー需要は、基本的に家庭部門では世帯当たりを、業務部門では需要全体を被説明変数とし、一部の用途についてはデグレデー、世帯人数当たり、および床面積当たりの需要を被説明変数として推定している。今回新たに、エネルギー効率の改善状況を定量化するため、家庭部門の冷暖房需要関数に家屋断熱化に

よる暖房効率の向上とエアコンの効率化の影響を組み込んだ。家屋の暖房効率指数およびエアコン効率指数は、毎年新築される住宅の断熱化率あるいは出荷されるエアコンの効率改善動向に、それらの平均寿命を勘案してストックベースの指数を作成することで行った。その推計結果を図5に示す。なお、冷蔵庫やカラーテレビなど他の家電機器については、効率改善と同時に大型化という消費電力の増加が進んでいるため、今回は効率化を考慮していない。

また、人口動態の変化が家庭部門のエネルギー需要に与える影響については、次のようにしてモデルに組み込んだ。まず、図6に示すように、この影響は家庭部門のエネルギー需要に関する行動様式の変化を通じて現れる直接的な影響と、それ以外の間接的な影響に区別できる。世帯当たりエネルギー需要に及ぼす直接的な影響については、高齢者の増加→在宅時間の増加に伴う暖房用需要の増加、女性の社会進出→昼間在宅時間の減少に伴う冷房用需要の減少、核家族化→世帯当たり人数の減少に伴う給湯用需要の減少という、特に三つの関係が顕著であると考えられる。そこで、説明変数として、暖房

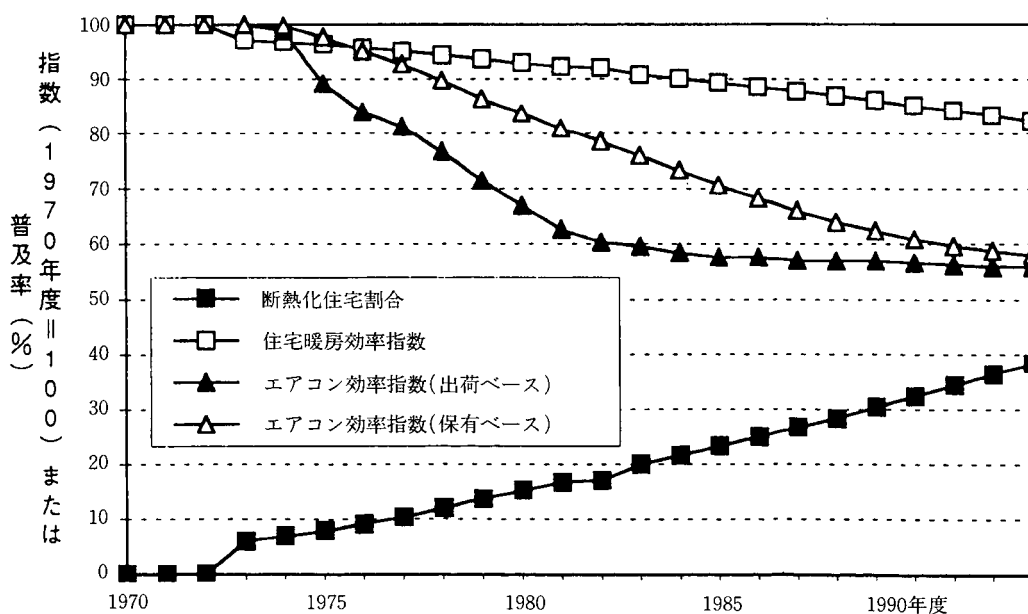


図5 家屋断熱化とエアコン効率化による冷暖房負荷の通減

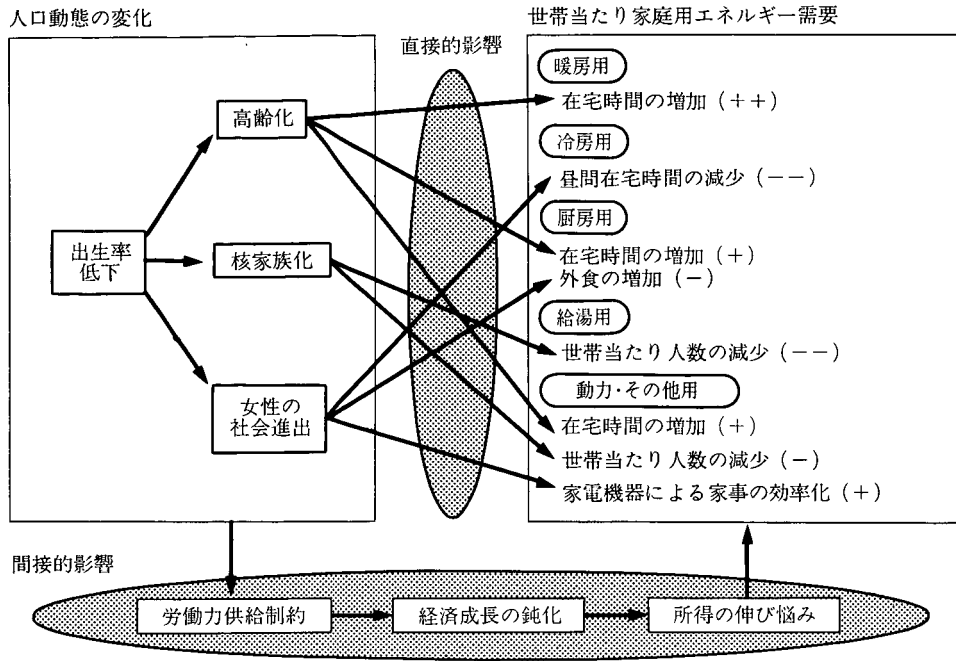


図 6 人口動態の変化の家庭用エネルギー需要への影響

用需要に高齢者比率を、冷房用需要に女子労働力率を追加し、給湯用需要は世帯人数当たりのものを被説明変数として推定した。

一方、経済動向の変化を通じた間接的な影響については、労働力供給の変化を反映したマクロ経済モデルと産業連関モデルの計算結果をエネルギー間競合モデルに入力することにより、自動的に計算される。

その推定結果を表 5～表 8 に示す。産業部門

と同様、ラグ付き従属変数の係数は 0.7 を超えているものが多い。ただし、家庭部門の一部の需要関数にはラグ付き従属変数は入っていない。価格弾力性はシェア関数における業務部門の冷房用都市ガスの値（対電力）が突出して大きく、近年の地域再開発における電気事業と都市ガス産業の競争を反映している。また表 8 から、上記の人口動態の変化の影響が予想通りの符号条件で推定結果に反映されていることが分

表 5 業務部門エネルギーシェア関数

用途 (式のタイプ)	価格弾性値 (t 値)	ラグ付き従属 変数 (t 値)	その他 (t 値)	修正済み 決定係数	D. W. 比
暖房用					
①電力	-0.1493 (-2.5)	0.9306 (19.6)		0.939	2.70
②都市ガス	-0.1348 (-3.8)	0.7182 (10.0)		0.874	1.66
①石炭	-0.2319 (-1.2)	0.8299 (10.6)		0.824	1.92
冷房用					
②都市ガス*1	-2.1559 (-3.5)	0.2206 (1.5)	1.3174 (暖房ガスシェア, 1.9)	0.936	1.38
石油*2	-0.1289 (-4.4)	0.7292 (15.9)	0.2414 (生産暖房額, 4.2)	0.987	2.27
給湯用					
②都市ガス	-0.2437 (-5.0)	0.8316 (15.9)		0.972	1.44
石油*2	-0.0922 (-4.1)	0.8387 (26.8)		0.972	2.21
①石炭	-0.3533 (-2.3)	0.7966 (10.1)		0.818	1.96
厨房用					
①都市ガス	-0.0133 (-0.5)	0.6955 (10.7)		0.836	1.77

*1 上限を 0.3 に設定

*2 シェアではなく消費量を直接推定

表 6 家庭部門エネルギーシェア関数

用途 (式のタイプ)	価格弾性値 (t 値)	ラグ付き従属 変数 (t 値)	その他 (t 値)	修正済み 決定係数	D. W. 比
暖房用 ①電力	-0.2481 (-2.8)		0.0149 (機器普及率, 9.7) -0.4685 (79年, -3.6)	0.809	1.17
①灯油 給油用	-0.0140 (-0.4)	0.8286 (20.9)	-0.00167 (タイム, -1.5)	0.968	2.12
①電力	-0.1107 (-1.1)	0.7455 (35.6)		0.981	1.80
①LPG	-0.1305 (-1.7)	0.3291 (17.6)		0.933	1.74
①灯油用		0.5530 (4.7)	-0.00360 (タイム, -2.2)	0.534	2.09

表 7 業務部門エネルギー需要関係

用途	価格弾性値 (t 値)	ラグ付き従属 変数 (t 値)	生産額 (t 値)	修正済み 決定係数	D. W. 比
暖房用	-0.1196 (-3.9)	0.7908 (17.8)	0.1008 (2.3)	0.973	2.32
冷房用	-0.1679 (-1.4)	0.6492 (5.6)	0.5181 (2.7)	0.965	2.35
給油用	-0.0997 (-3.3)	0.8202 (17.9)	0.0669 (1.6)	0.975	2.32
厨房用		0.8654 (11.2)	0.1375 (1.8)	0.991	2.26
動力・その他用*1		0.3010 (2.0)	0.5384 (4.4)	0.996	1.54

*1 床面積当たり消費量

表 8 家庭部門エネルギー需要関数

用途	価格弾性値 (t 値)	可処分所得 (t 値)	その他 (t 値)	修正済み 決定係数	D. W. 比
暖房用*1	-0.3111 (-9.1)	0.8032 (6.0)	0.3531 (高齢者比率, 3.0)	0.965	1.26
冷房用*1	-0.1813 (-0.8)		0.0467 (機器普及率, 15.7) -6.874 (女子労働力率, -6.2)	0.973	1.57
給湯量*2		0.3116 (1.8)	0.8065 (一期前, 15.3)	0.993	2.18
厨房用	-0.5088 (-4.2)	-0.3409 (-5.2)		0.526	1.18
動力・その他用	-0.1554 (-3.9)	0.3081 (2.9)	0.5770 (一期前, 8.3) 0.7979 (住宅床面積, 4.2)	0.998	1.79

かる。

(3) 運輸部門

運輸部門では、輸送手段とその燃料はほぼ一対一の関係にあり、輸送手段を選択した時点で消費される燃料は一意に決まる。輸送手段は速度や大量輸送性などで役割分担が決まっており、エネルギー間の競合はあまり見られない。このため、他部門とは異なり、それぞれのエネルギー需要を直接推定した。消費規模を表す説明変数として、自家用自動車輸送には家計可処分所得を、それ以外の輸送には国内総生産を用いた。また、自動車の過去の燃費向上を反映するため、自動車のエネルギー需要関数にタイムトレンド項を追加した。

推定結果を表 9 に示す。旅客用 LPG を除いて決定係数は 0.95 を超えており、説明力は高い。輸送設備の更新に長い時間がかかるため、他の部門と同様、ラグ付き従属変数の値は大きい。

5. エネルギー転換ブロック

(1) 石油精製

石油精製では、原油の組成に応じて様々な石油製品が得率と呼ばれる割合で同時に生産される。しかし、現在はこの割合以上に軽質油の需要が多いため、接触分解装置などを用いて重質油を軽質化している。このため、石油精製ブロックでは、図 7 に示すように、はじめに全石油

表9 運輸部門エネルギー需要関数

用途	価格弾性値 (t 値)	ラグ付き従属変数 (t 値)	その他 (t 値)	修正済み決定係数	D. W. 比
自動車輸送人キロ	-0.2179 (-2.7)		2.1350 (可処分所得, 32.9)	0.986	0.63
航空輸送人キロ		0.7071 (10.3)	0.4203 (国内総生産, 3.0)	0.991	1.73
自動車輸送トンキロ	-0.1114 (-2.5)		1.0463 (国内総生産, 15.4)	0.943	0.39
旅客用ガソリン*1		0.7853 (9.0)	0.2384 (可処分所得, 1.7) -0.0027 (タイム, -1.2)	0.976	1.83
貨物用ガソリン*2		0.9035 (10.4)	-0.0064 (タイム, -1.1)	0.983	0.72
旅客用軽油*1		0.7472 (9.5)	-0.0041 (タイム, -1.5)	0.959	1.55
貨物用軽油	-0.0748 (-4.3)	0.4760 (4.9)	1.1723 (国内総生産, 4.3) -0.0122 (タイム, -1.1)	0.997	1.73
鉄道用軽油	-0.1334 (-6.2)	0.9131 (26.5)		0.971	1.63
旅客用 LPG	-0.4156 (-1.5)		0.1324 (国内総生産, 1.6) 0.2744 (83年, 2.6)	0.518	1.82
船舶用重油	-0.1100 (-3.3)	0.9238 (18.8)	-0.3404 (90年, -4.8)	0.940	1.69
航空用ジェット燃料		0.7670 (12.7)	0.1810 (国内総生産, 2.1)	0.988	1.84
鉄道用電力計	-0.1321 (-4.6)	0.6001 (6.4)	0.2925 (国内総生産, 4.9)	0.991	1.88
鉄道用自家発	-0.0776 (-2.9)	0.6981 (7.4)	0.2139 (国内総生産, 3.5) -0.0680 (80年, -2.7)	0.990	1.99

*1 輸送人キロ当たり消費原単位
*2 輸送トンキロ当たり消費原単位

製品平均出荷価格を決定し、続いて各製品の価格を決定するという2段階の方式を取る。説明変数に重質油の精製割合を組み込むことにより、需要構成の軽質化が製品価格を押し上げるという関係を考慮している。

・石油製品平均出荷価格

$$PPAV/WPI = -4.607 + 0.5394 * PIN/WPI \quad (-4.1) \quad (10.6)$$

$$+ 0.4547 * PIN(-1)/WPI(-1) \quad (8.7)$$

$$- 21.95 * \ln(HORE/OLRE) \quad (-20.4)$$

1966-93, $R^2 = 0.990$, $SER = 1.74$,

$D. W. = 1.40$

PPAV: 全製品平均出荷価格

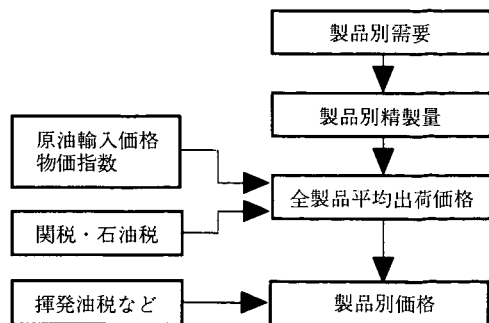


図7 石油価格ブロックのフローチャート

PIN : 原油輸入価格 (原油関税・石油税込)

HORF : 重質油精製量

OLRF : 石油精製量

(2) 電力

電気料金は原価主義に基づいて設定されている。また、電源計画は電源の経済性のみならず、環境影響やエネルギー安全保障など国の政策と密接に関係している。そこで、本モデルは電源構成を外生変数として、電力供給の総括原価を算出し、これをもとに契約種別の料金を決定する。モデルの構造を図8に示す。

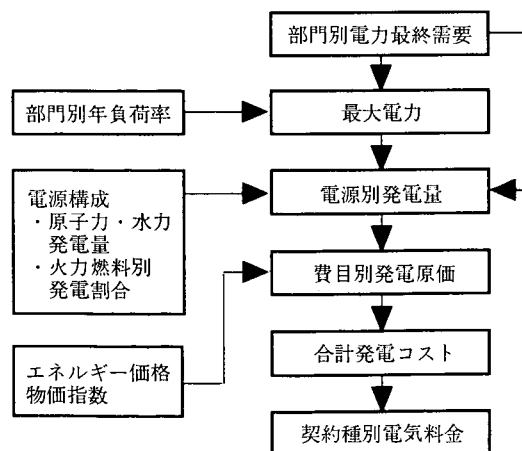


図8 電力価格ブロックのフローチャート

今回の改良で、設備容量を決定するために必要な年負荷率を最大電力関数を推定することで内生化した。年負荷率の計算方法は、産業・運輸・業務・家庭部門の負荷パターンがそれぞれ一定であると仮定し、過去の実績から各部門毎の年負荷率を計算し、将来の需要構成の変化に応じて年負荷率が変わると想定した。その際、業務と家庭部門については、年負荷率低下の最大要因と思われる冷房用の電力需要を他の需要と区別して扱った。推定結果から、冷房需要の年負荷率は約20%と小さく、最大電力を大きく押し上げていることがわかる。

各電源の発電量は、原子力と水力は開発地点が限られているため、上限いっぱいまで導入されるとし、残りの電力量を火力発電方式別シェアで配分した。火力発電方式別シェアは外生的に与え、94年6月の長期電力需給見通しの値を用いている。

・最大電力

$$PEAK = (EPIN + EPTR) / 0.793 \quad (10.9)$$

$$+ EPCMO / 0.489 \quad (3.6)$$

$$+ EPCMC / 0.204 + EPREO / 0.514 \quad (1.7) \quad (3.0)$$

$$+ EPREC / 0.178 \quad (1.8)$$

1970-90, $R^2=0.997$, $SER=1388.62$,

D. W. = 2.27

PEAK : 夏期送電端最大電力

EPIN : 産業部門購入電力量

EPTR : 運輸部門 "

EPCMO : 業務部門 " (冷房用除く)

EPCMC : 業務部門 " (冷房用)

EPREO : 家庭部門 " (冷房用除く)

EPREC : 家庭部門 " (冷房用)

・費目別費用関数

$$UCLA = 0.0054 + 0.000086 * CPI \quad (7.4) \quad (4.1)$$

$$+ 0.266 * UCLA(-1) + 0.0025 * DOIL \quad (2.2) \quad (5.2)$$

1971-93, $R^2=0.981$, $SER=0.000495$,

D. W. = 1.23

$$\ln(UCCA) = -3.281 \quad (-4.5)$$

$$+ 0.2475 * \ln(SEL(-1)/WPI(-1)) \quad (4.3)$$

$$+ 0.6759 * \ln(UCCA(-1)) \quad (10.0)$$

1971-93, $R^2=0.985$, $SER=0.0544$,

D. W. = 1.71

$$\ln(UCRP) = -5.919 \quad (-4.6)$$

$$+ 0.4356 * \ln(SEL(-1)/WPI(-1)) \quad (4.6)$$

$$+ 0.5418 * \ln(UCRP(-1)) \quad (5.5)$$

1971-93, $R^2=0.969$, $SER=0.0917$,

D. W. = 2.10

UCLA : 労働単位コスト (¥/kWh)

CPI : 消費者物価指数

DOIL : 第一次石油ショックダミー

UCCA : 資本単位コスト (¥/kWh)

SEL : 総設備容量

UCRP : 修繕単位コスト (¥/kWh)

(3) 都市ガス

都市ガス料金も電気料金と同様、原価主義に基づいている。近年は、供給面では原料の天然ガス切り替えが進展し、ガス製造工程の簡略化により供給コストが低下している。需要面では、供給コストの安い産業用大口の需要家の増加が著しい。このため、都市ガス価格の決定については、都市ガス卸売価格の説明変数に産業用都市ガス需要比率を組み込み、産業用需要の増加が価格の低下につながっていることを考慮している。

・都市ガス卸売価格

$$\ln(PTGWP/WPI) = -2.728 \quad (-10.0)$$

$$+2.005 \cdot \ln(UCTG/WPI) \quad (17.6)$$

$$-0.0652 \cdot \ln(TGIN/TGFI) \quad (-1.9)$$

1969-93, $R^2=0.931$, $SER=0.0599$,

$D.W.=1.73$

$PTGWP$: 都市ガス卸売価格

$UCTG$: 都市ガス製造単価

$TGIN$: 産業用都市ガス需要

$TGFI$: 都市ガス最終需要計

6. CO₂ 排出量の算出

地球温暖化問題に対する関心が世界的に高まった90年代初頭以降、エネルギーモデルで温室効果ガスの一つであるCO₂の排出量を計算することは常識になっている。しかし、各エネルギー源の単位発熱量当たりのCO₂排出量(CO₂排出原単位)や、排出原単位の細分化の程度がモデル間で微妙に異なっているため、計算されたCO₂排出量を比較する際には注意が必要である。

本研究では、他のモデルの計算結果と比較することを考慮し、最も一般的に用いられていると思われるCO₂排出原単位(石炭 99.6 t-C/Gcal, 石油 80.4 t-C/Gcal, 天然ガス 57.4 t-C/Gcal, 薪炭 107.5 t-C/Gcal)とセメント生産からの排出量(12.2 t-C/百万 ton)を用いてCO₂排出量を計算している。なお、化学工業で消費されたナフサは原料用と考え、除外している。また、政府資料に含まれる廃棄物燃焼からの排出量(年間約1,000万 t-C)は含んでいない。

7. 最終テストの結果

構築したモデル全体のパフォーマンスについて調べるため、最終テストを行った。期間はすべての推定式が共通して含まれる1985年度から1990年度である。主な変数の全期間平均平方誤差率を表10に示す。個別のエネルギー源

表 10 最終テストの結果

	全期間平均平方誤差率
一次エネルギー総供給	1.07%
石炭	3.74%
石油	2.74%
天然ガス	2.47%
最終エネルギー消費	0.70%
産業部門	1.30%
業務部門	3.30%
家庭部門	1.56%
運輸部門	3.10%
非エネルギー消費	2.08%

や最終消費部門には若干大きめの誤差が見られるが、それぞれの誤差が打ち消し合うため、一次エネルギー総供給や最終エネルギー消費の誤差率は小さい。

8. おわりに

紙面の都合で推定式をすべて載せることができなかったが、モデルの規模は推定式が約200本、定義式が約250本である。推定式の説明力とモデルのパフォーマンスは良好で、計算機の進歩もあり、WS上で約1分、パソコン上でも約5分で将来のエネルギー需要を計算することができる。

今後のモデルの改良点は、まず、年負荷率の内生化の推定結果の妥当性を確かめるために、部門別の負荷率データを収集することがあげられる。特に、冷房用需要の電力消費パターンについての大規模なロードサーベイが行われることを期待する。

エネルギー供給面では、一連の規制緩和の影響を組み込むことが必要となろう。石特法の期限切れに伴うガソリン輸入量の増加、電気事業法の改正による自家発電力の卸供給への参入、都市ガス大口料金の自由化などの新たな動きを注視していく必要がある。

[参考文献]

- [1] 永田豊, 熊倉修, 藤井美文, 松川勇 (1990), 「エネルギー間競争モデル」, 電力経済研究, 27, p. 31-52
- [2] 永田豊 (1994), 「エネルギー需給の展望」, 平

成 6 年度電力中央研究所経営部門研究発表会予稿集, p. 17-22。

(ながた ゆたか
技術評価グループ)