

エネルギー価格低迷を考慮した価格弾性値の計測

京都大学大学院エネルギー科学研究科 園田勝臣 佐和隆光
電力中央研究所 永田 豊

1. 研究の背景と目的

エネルギー価格の低迷が続いて久しい。原油価格は、1999年4月のOPECの減産合意を受けてそれ以降は若干持ち直しているものの、一時はバレル当たり\$11台にまで落ち込んでいた。長期的には、1986年以降、円高の影響もあり、GDPデフレで実質化した円建ての原油価格は1973年の第一次石油危機以前の水準か、近年はそれ以下の水準に低迷している。

将来のエネルギー需要は、過去の実績を用いて計量分析を行い、価格弾性値を含むエネルギー需要関数を求め、これが将来も変わらないと仮定して予測するのが一般的である。このとき、エネルギー需要関数には、推定期間をどのように選んでも、その係数が安定しているという普遍性が求められる。しかし、エネルギー価格が乱高下した過去30年間について計量分析を行った場合、エネルギー価格の上昇期（1985年以前）と下落・低迷期（1986年以降）でエネルギー需要関数の係数が大きく変わってしまうことがしばしば起こり、問題となっている。例えば、WalkerとWirl（1993）は、西欧3カ国の運輸部門について、1961年から1985年のデータで推定したエネルギー需要関数を用いて1986年以降を予測すると、エネルギー需要を実績より過大に推定してしまうことを指摘し、これは、エネルギー価格の上昇期と下落期で価格弾性値が非対称的であり、エネルギー下落期には、エネルギー価格の上昇期に起こった後戻りのない（irreversible）エネルギー効率改善の影響が残るため、エネルギー需要はそれほど増加しないと説明した。また、HaasとShipper（1998）は、日本を含むOECD主要10カ国の家庭部門について、エネルギー価格を過去の最高価格、累積価格上昇率、および累積価格下落率の3つに分解してそれぞれの価格弾性値を推定することにより、価格弾性値はエネルギー価格の上昇期と下落期で同じではなく、特にエネルギー価格の下落期の価格弾性値は非常に小さく、ほとんどゼロに近いことを明らかにした。

しかし、彼らが用いたのは運輸部門や家庭部門の

エネルギー需要の合計値であるため、後戻りのないエネルギー効率の改善による価格弾性値の非対称性が存在するかどうかを検証するにはやや大まか過ぎる。そこで、本研究では、HaasとShipperの手法を用いて、対象を日本の民生部門のエネルギー源別・用途別および運輸部門のエネルギー源別・輸送手段別に細分化して推定を行い、価格弾性値に非対称性が存在するか、そして、この手法によって、より普遍性に優れたエネルギー需要関数が得られるかどうかについて分析することを目的とした。

2. エネルギー価格弾性値の非対称性

まず、日本の家庭部門について、エネルギー源別・用途別に次のエネルギー需要関数を用いて価格弾性値を求めた。

$$\ln E_t = C + \alpha \ln P_t + \beta \ln Y_t + \delta \ln HDD_t + \lambda \ln E_{t-1} \quad (1)$$

E_t : t年におけるエネルギー需要

P_t : t年における実質エネルギー価格

Y_t : t年における家計可処分所得

HDD_t : t年における暖房度日

λ : タイムラグ

ここで α および β はそれぞれ短期の価格弾性値と所得弾性値であり、長期の価格弾性値と所得弾性値は次のように計算できる。

$$A = \alpha / (1 - \lambda) \quad A : \text{長期価格弾性値} \quad (2a)$$

$$B = \beta / (1 - \lambda) \quad B : \text{長期所得弾性値} \quad (2b)$$

1985年を境に(1)式を元に計算した結果が表1である。暖房度日は結果が有意でなかったため、含んでいない。1985年以前、以降ともに α が有意な値であるものは電気-給湯用、LPG-給湯用、灯油-暖房用である(表1網掛け部分)。それぞれに共通していることは長期の価格弾性値(A)の値の絶対値が、エネルギー価格上昇期(1985年以前)の方が価格下落期(1985年以降)に比べて大きく、価格下落期の価格弾性値はほとんどゼロに近いことである。

このことから、Haasらと同様、エネルギー価格の価格弾性値は上昇期と下落期では非対称であり、価格下落期の弾性値は非常にゼロに近い負の値であることが確認された。

表.1 家庭部門(1965年-1985年/1985年-1997年)

1970-1985	電気				都市ガス		LPG		灯油	
	暖房用	冷房用	給湯用	照明動力 その他	暖房用	給湯用	暖房用	給湯用	暖房用	給湯用
C	3.371	-50.596	3.454	-0.755	6.037	-0.752	-3.439	-15.480	0.531	-8.222
(t-statistics)	0.443	-3.007	1.121	-0.760	0.363	-0.256	-0.392	-0.855	0.216	-2.334
α	0.140	-1.831	-0.085	-0.013	0.247	-0.015	0.056	-1.034	-0.252	-0.151
(t-statistics)	0.227	-1.879	-1.171	-0.178	0.257	-0.094	0.101	-1.006	-2.231	-1.369
β	0.118	10.711	-0.439	1.056	-0.834	1.350	1.656	3.431	1.571	2.538
(t-statistics)	0.068	3.041	-0.728	3.024	-0.247	2.090	0.923	0.957	2.561	3.093
λ	0.075	-0.471	0.898	0.273	0.677	0.014	-0.348	0.725	-0.241	-0.001
(t-statistics)	0.235	-1.514	16.169	1.491	2.396	0.063	-1.094	4.223	-1.017	-0.003
A	0.152	-1.245	-0.838	-0.018	0.764	-0.016	0.042	-3.763	-0.203	-0.151
B	0.127	7.281	-4.311	1.451	-2.583	1.369	1.228	12.493	1.267	2.536
R-squared	0.081	0.719	0.959	0.975	0.388	0.898	0.497	0.907	0.447	0.906
R-squared(adjusted)	-0.148	0.643	0.959	0.969	0.236	0.873	0.372	0.884	0.308	0.883
F-stat	0.354	9.398	4013.006	158.340	2.541	35.250	3.957	39.170	3.229	38.629
Durbin h	-1.087	1.017	-1.058	-0.245	0.422	-1.020	-0.304	-2.216	-1.168	-0.751
DW	2.039	1.489	2.421	2.020	1.789	2.242	1.781	2.303	2.697	2.297

1985-1997	電気				都市ガス		LPG		灯油	
	暖房用	冷房用	給湯用	照明動力 その他	暖房用	給湯用	暖房用	給湯用	暖房用	給湯用
C	-9.393	-44.470	10.608	-0.991	-3.699	-2.088	8.450	14.121	6.156	11.107
(t-statistics)	-0.736	-1.226	1.171	-0.589	-0.477	-0.883	1.505	1.278	2.173	2.820
α	0.316	3.899	-0.034	-0.015	0.536	0.132	-2.806	-2.113	-0.103	0.056
(t-statistics)	0.252	0.917	-0.158	-0.104	0.623	0.509	-2.175	-0.712	-0.932	0.479
β	1.732	6.173	-1.205	0.495	1.402	1.350	0.965	0.932	0.308	-0.648
(t-statistics)	0.992	1.575	-1.056	1.279	1.483	2.537	1.008	0.274	0.940	-1.667
λ	0.608	-2.696	0.426	1.752	-0.060	0.140	-0.241	-1.016	-0.026	-0.115
(t-statistics)	2.076	-0.781	1.018	5.108	-0.172	0.509	-0.800	-0.354	-0.082	-0.352
A	-0.076	1.055	-0.059	0.020	0.506	0.153	-2.261	-1.048	-0.101	0.050
B	4.420	1.670	-2.098	-0.658	1.322	1.570	0.777	0.462	0.300	-0.581
R-squared	0.849	0.261	0.921	0.992	0.255	0.907	0.347	0.131	0.230	0.333
R-squared(adjusted)	0.799	0.145	0.895	0.990	0.006	0.876	0.130	-0.132	0.027	0.110
F-stat	16.920	1.059	35.104	389.342	1.026	29.351	1.597	0.533	0.894	1.496
Durbin h	-0.094	-0.752	-1.994	-1.243	-0.477	-3.850	0.123	0.252	1.564	0.313
DW	2.148	2.145	2.306	2.182	2.161	2.196	1.638	1.334	1.812	2.033

またこれらの値をもとに、1997年のエネルギー消費を予測したものと1997年の実績値を比較したものが表.1である。

表.2からもエネルギー価格上昇期の価格弾性値によって将来のエネルギー消費量を予測すると、価格弾性値の非対称性のために実績値よりも大きな値になることが分かる

表.2 エネルギー消費量の比較(1997年)

	予測値	実績値
電気 給湯用	259	216
LPG 給湯用	24888	969
灯油 暖房用	2696	2156

(単位 Mcal)

次に、(3)式から(8)式に示すような方法で、エネルギー価格を過去の最高価格(p_t^{\max})、累積価格上昇率(p_t^{\uparrow})、および累積価格下落率(p_t^{\downarrow})の3つに分解してそれぞれの価格弾性値を推定することにより、価格弾性値の非対称性を考慮した。

$$p_t^{\max} = \max\{p_0, p_1, \dots, p_t\} \quad (3)$$

$$p_t^{\uparrow} = \prod_{i=0}^t \max\{1, \frac{p_{i-1}^{\max}}{p_i^{\max}}\} \quad (4)$$

$$p_t^{\downarrow} = \prod_{i=0}^t \min\{1, \frac{p_{i-1}^{\max}}{p_i^{\max}}\} \quad (5)$$

ここで、

$$P_t^{\max} = p_t^{\max} \cdot p_t^{\uparrow} \cdot p_t^{\downarrow}$$

3 価格弾性値の非対称性を考慮したエネルギー需要関数

は、次の式をみたとす。

$$P_t = P_t^{\max} * P_t^{\min} * P_t^{\text{mid}} \quad (6)$$

$$\ln P_t = \ln P_t^{\max} + \ln P_t^{\min} + \ln P_t^{\text{mid}} \quad (7)$$

(3)式から(7)式を用いて、(1)式に代入することにより、(8)式が得られる。

$$\ln E_t = C + \alpha_{\max} \ln P_t^{\max} + \alpha_{\min} \ln P_t^{\min} + \alpha_{\text{mid}} \ln P_t^{\text{mid}} + \beta \ln Y_t + \lambda \ln E_{t-1} \quad (8)$$

また、分析の結果、 P_t^{mid} のみが有意でない場合が多かったため、価格下落期の影響のみを取り除いた P_t^{\min} を(9)式のように定義し、(10)式のような需要関数も推定した。

$$P_t^{\min} = P_t^{\max} * P_t^{\text{mid}} \quad (9)$$

$$\ln E_t = C + \alpha_{\max} \ln P_t^{\max} + \beta \ln Y_t + \lambda \ln E_{t-1} \quad (10)$$

4. 計算方法

4.1. 家庭部門

- E_t : t年におけるエネルギー需要
- P_t : t年における実質エネルギー価格
- Y_t : t年における家計可処分所得

として、(3),(4),(5)式から(8)式により各係数を求める。

暖房用、冷房用に関しては

HDD_t : t年における暖房度日

ADD_t : t年における冷房度日

の対数の項を(8)式または(10)式に追加し、係数(σ)を求める。

4.2. 業務部門

- E_t : t年におけるエネルギー需要
- P_t : t年における実質エネルギー価格
- Y_t : t年におけるサービス業の実質生産額

として、(3),(4),(5)式から(8)式または(10)式により各係数を求める。

暖房用、冷房用に関しては

HDD_t : t年における暖房度日

ADD_t : t年における冷房度日

の対数項を(8)式または(10)式に追加し、係数を求める。

4.3. 運輸部門

E_t : t年における運輸部門輸送機関別
エネルギー消費量

P_t : t年における実質エネルギー価格

Y_t : t年における運輸部門別輸送機関別輸送量

または、

E_t : t年における人・kmあるいはトン・kmあたりの運輸部門輸送機関別エネルギー消費量

P_t : t年における実質エネルギー価格

Y_t : t年における実質GDP

として、(3),(4),(5)式から(8)式または(10)式により各係数を求める。

データは、基本的に家庭部門が(株)住環境計画研究所の家庭用エネルギー統計年報、家庭部門以外が(財)日本エネルギー経済研究所のエネルギー・経済統計要覧から取った。業務部門の都市ガス価格は、永田(1995)の方法で推定した。

3. 結果

3.1. 家庭部門

家庭部門については次のような結果が得られた(表2)。

[給湯用]

- ・電力消費量は過去の電力料金の最高値に強く影響し、その価格弾性値は-11.175。他に比べても非常に大きな値であり、非常に強く影響することがわかる。また所得弾性値はマイナスである。
- ・都市ガスは、価格上昇の影響を受けるが価格弾性値は非常に小さく価格の影響はそれほど大きくないことがわかる。所得弾性値は1.467と正の値であり、所得との関連性がうかがえる。
- ・LPGも価格上昇の影響を受け、価格弾性値は-5.252。価格の変動の影響を大きく受ける。また所得弾性値も3.796であり、所得の作用も大きい。
- ・灯油は価格上昇の影響をやや受けるが、所得の作用の方が大きい。
- ・電気およびLPGの λ の値が大きいことは、機器の更新が都市ガスや灯油の機器より進みにくいことを示す。

[暖房用]

- ・電気、都市ガスともに価格の下落に影響を受ける。
- ・LPGでは価格の上昇に影響を受けるが、その価格弾性値(-0.166)の絶対値は小さく、価格の影響は小さいことがわかる。
- ・灯油は、過去の価格の最高値がエネルギー消費に影響し、その価格弾性値は-2.95で価格の変動に比べて消費量の変動は大きい。

[冷房用]

- ・電気は価格上昇の影響を受けるが、価格弾性値(-0.219)の絶対値は小さく価格の影響はそれほど大きくないことがわかる。また所得弾性値(3.574)は非常に高く所得の影響が強くと現れることや、冷房度日の影響が強いことがわかる。

表3 家庭部門(1965-1997)

	電気		都市ガス			LPG(1969-)		灯油		
	暖房用	冷房用	給湯用	照明動力 その他	暖房用	給湯用	暖房用	給湯用	暖房用	給湯用
C	0.190	-20.478	7.060	-0.865	2.056	-1.103	-3.426	0.979	9.665	-4.232
(t-statistics)	0.078	-7.266	6.288	-1.468	0.770	-2.304	-0.945	0.110	3.250	-2.275
α max	-	-	-1.442	-	-	-	-	-	-0.808	-
(t-statistics)	-	-	-2.943	-	-	-	-	-	-4.161	-
α rise	-	-0.215	-0.017	-0.212	-	-0.050	-0.156	-1.328	-	-0.250
(t-statistics)	-	-0.295	-0.102	-1.029	-	-0.435	-0.127	-0.470	-	-2.850
α cut	-0.481	-	-0.097	-	-0.471	-	-	-	-	-
(t-statistics)	-0.987	-	0.842	-	-0.891	-	-	-	-	-
β	0.261	3.511	-0.306	0.610	-0.119	1.358	0.963	0.960	-0.826	1.450
(t-statistics)	0.510	3.353	-2.763	2.415	-0.221	5.019	0.786	0.285	-1.713	2.834
δ	-	0.935	-	-	-	-	0.395	-	0.377	-
(t-statistics)	-	11.459	-	-	-	-	0.976	-	2.261	-
λ	0.648	0.018	-0.306	0.775	0.736	0.074	0.064	0.747	0.726	0.449
(t-statistics)	3.864	0.220	-2.763	5.917	4.914	0.492	0.287	4.448	5.9039	2.901
A	-1.368	-0.219	-0.306	-0.944	-1.782	-0.054	-0.166	-5.252	-2.951	-0.453
B	0.743	3.574	-2.763	2.714	-0.450	1.467	1.029	3.796	-3.017	2.633
R-squared	0.787	0.976	0.999	0.993	0.677	0.978	0.364	0.842	0.935	0.946
R-squared(adjusted)	0.764	0.972	0.998	0.992	0.641	0.975	0.253	0.822	0.925	0.940
F-stat	33.289	261.830	6095.400	1281.170	18.842	397.007	3.290	42.499	96.932	157.577
Durbin h	-4.231	2.215	-1.760	-0.468	0.163	-0.411	1.843	-3.840	-	-1.535
DW	2.540	1.258	2.593	2.072	1.954	2.069	1.667	1.672	1.021	2.200

表4 業務部門(1965-1997)

	電気			都市ガス			石油		
	暖房用	冷房用	動力その 他	暖房用	冷房用*	給湯用	暖房用	冷房用	給湯用
C	0.036	0.547	0.305	1.349	8.022	0.058	6.138	3.794	5.962
(t-statistics)	0.219	0.761	2.689	0.649	7.017	0.272	5.188	6.668	7.338
α max	-	-	-	-0.088	-0.875	-0.075	-0.227	-0.373	-0.254
(t-statistics)	-	-	-	-0.843	-6.048	-2.773	-3.235	-5.196	-5.415
α rise	-0.209	-	-0.054	-	-	-	-	-	-
(t-statistics)	-2.150	-	-0.836	-	-	-	-	-	-
α cut	-	-0.773	-	-	-	-	-	-	-
(t-statistics)	-	-2.167	-	-	-	-	-	-	-
β	0.478	0.421	0.325	0.561	-1.088	0.163	0.191	0.678	0.171
(t-statistics)	3.788	3.218	2.143	4.333	-6.598	1.845	2.515	5.784	3.564
δ	-	0.482	-	0.308	-	-	-	-	-
(t-statistics)	-	5.542	-	1.246	-	-	-	-	-
λ	0.697	0.180	0.799	-	0.450	0.905	0.481	0.415	0.526
(t-statistics)	6.611	1.253	7.602	-	3.522	10.371	4.262	4.041	6.977
A	-0.688	-0.943	-0.268	-0.088	-0.875	-0.788	-0.438	-0.637	-0.535
B	1.577	0.514	1.619	0.561	-1.088	1.714	0.369	1.159	0.360
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-squared	0.991	0.931	0.998	0.691	0.831	0.993	0.657	0.958	0.852
R-squared(adjusted)	0.990	0.918	0.998	0.651	0.804	0.993	0.610	0.952	0.831
F-stat	805.778	70.952	4775.190	17.183	31.165	1112.600	14.022	165.492	42.103
Durbin h	-0.102	-1.475	0.151	-	-1.411	-2.926	0.211	0.253	-0.779
DW	2.010	1.928	1.870	0.272	2.287	3.022	1.802	1.930	2.166

*ガス・冷房用のガス料金は、電力料金との相対価格。

表5 運輸部門
(1965-1997)

	旅客部門				貨物部門		
	ガソリン 自家用乗用車	軽油 バス	C重油 旅客海運	ジェット燃料油 旅客航空	軽油 貨物自動車	C重油 貨物海運	ジェット燃料油 貨物航空
期間	1965-1997						
C	-3.357	3.155	-0.988	0.485	0.288	1.049	0.357
(t-statistics)	-4.032	4.483	-0.350	3.908	0.884	0.662	2.237
α max	-	-0.154	-	-	-0.064	-	-
(t-statistics)	-	-2.643	-	-	-1.258	-	-
α rise	-0.273	-	-	-0.077	-	-0.054	-0.120
(t-statistics)	-3.016	-	-	-3.151	-	-1.858	-2.333
α cut	-	-	-0.921	-	-	-	-
(t-statistics)	-	-	-2.483	-	-	-	-
β	0.350	0.128	-0.184	0.355	0.198	0.086	0.748
(t-statistics)	3.554	3.151	-0.813	6.317	2.932	0.493	7.352
λ	0.822	0.569	0.223	0.513	0.743	0.765	0.186
(t-statistics)	3.554	5.719	1.194	6.520	12.143	8.566	1.590
A	-1.536	-0.357	-1.186	-0.159	-0.247	-0.230	-0.148
B	1.967	0.298	-0.237	0.728	0.769	0.367	0.919
R-squared	0.864	0.916	0.598	0.996	0.991	0.879	0.997
R-squared(adjusted)	0.849	0.907	0.553	0.996	0.989	0.866	0.997
F-stat.	57.338	98.326	13.367	2543.110	939.201	65.431	3080.590
Durbin h	1.441	-0.071	1.003	-0.394	0.974	1.202	2.239
DW	1.426	2.001	1.842	2.082	1.586	1.613	1.386

[動力その他]

- ・電気は価格上昇の影響を受け、価格弾性値(-0.944)の絶対値はほぼ1である。また λ の値が大きいことは前年の設備等の変化が小さく、引き続き利用されるものが多いことを示している。

3.2.業務部門

業務部門については次のような結果が得られた(表3)。

[給湯用]

ガスの消費量は、過去の価格の最高値の影響を受ける。その価格弾性値(-0.988)の絶対値はほぼ1である。 λ (0.905)が大きく、ほぼ1であることから前年の設備等の影響が強く残ることがわかる。

- ・石油については過去の価格の最高値に影響するが、その価格弾性値(-0.535)はガスの場合に比べて小さく、影響は小さい。これは石油価格がもともと安価であるためであると考えられる。

[暖房用]

- ・電気は価格上昇の影響を受ける。サービス業の実質生産額の弾性値(1.577)から所得と

の関連性が伺える。

- ・ガス、石油ともに消費量は、価格の過去の最高値の影響を受けるがガスの価格弾性値はほぼゼロであり、石油の価格弾性値(-0.438)もそれほど大きくない。またサービス業の実質生産額の弾性値も小さな値であるため、暖房用のガス、石油消費量は、価格や所得の影響を受けにくいことがわかる。

[冷房用]

- ・電力消費は電力料金下落期に影響を受け、価格弾性値(-0.943)の絶対値はほぼ1である。
- ・ガスは価格の過去の最高値に影響し、その価格弾性値は-0.875である。

[動力その他]

- ・電力消費量は価格上昇の影響を受けるが、その価格弾性値(-0.268)から価格変動の影響は小さいと考えられる。また λ の値が非常に大きく、設備の更新は少ないことがわかる。

3.3.運輸部門

運輸部門については次のような結果が得られた(表4)。

3.3.1.旅客部門

[ガソリン・自家用乗用車]

- ・ 価格上昇の影響を受け、その価格弾性値(-1.536)は大きいことから、価格の上昇はガソリン消費に大きな影響を与えることがわかる。しかし、ガソリンの消費価格には税金が含まれるため、実際の価格の変動は非常に小さく消費量の変動も小さい。
- ・ λ の値(0.822)が大きく、設備の更新が少ないことがわかる。

[軽油・バス]

バスは過去の軽油最高価格の影響を受けるが、価格弾性値(-0.357)は小さい。また輸送量(人・km)の弾性値(0.298)も小さく、影響が小さい。

[C重油・旅客海運]

価格下落の影響を受け、その価格弾性値(-1.186)の絶対値は大きい。

[ジェット燃料油・旅客航空]

- ・ 価格上昇の影響を受けるが、価格弾性値(-0.159)の絶対値は小さく、価格の影響は小さい。
 - ・ λ の値(0.728)が比較的大きく、設備の更新が頻繁ではないことがわかる。
- なお、ほとんどが電力である旅客鉄道のエネルギーについては、価格弾性値が有為な結果が得られなかったため、結果を載せていない。

3.3.2 貨物部門

[軽油・貨物自動車]

- ・ 軽油の消費量は、過去の軽油価格の最高値の影響を受けるが、価格弾性値(-0.247)からみて影響は小さいと考えられる。

[C重油・貨物海運]

- ・ C重油の消費量は価格上昇の影響を受けるが、弾性値(-0.230)は小さく、影響は小さい。また輸送量(人・km)の弾性値(0.367)も小さく、貨物海運のエネルギー消費量は価格・輸送量への依存が小さいことが分かる。

[ジェット燃料油・貨物航空]

- ・ ともに価格上昇の影響を受けるが、価格弾性値(-0.148)の絶対値は小さく、価格とエネルギー消費量の関連は小さい。
- なお、旅客鉄道と同様、貨物鉄道のエネルギー

ーについては、価格弾性値が有為な結果が得られなかった。

4. 結論

日本の家庭部門におけるエネルギー需要の価格弾性値を、価格上昇期・下落期に分けて計算した。その結果、価格弾性値は上昇期と下落期で異なるという非対称性を確認した。価格下落期にはエネルギー需要は増加するが、それは価格上昇期ほど弾性値は大きくなく、増加量は小さい。

次にエネルギー価格を過去の最高価格、累積価格上昇率、および累積価格下落率の3つに分解し、価格弾性値をより細分化して計算することによって次のようなことが分かった。

家庭部門についてはほとんどが価格上昇期の影響を受けるのに対して、業務部門・運輸部門に関しては過去の最高価格の影響を強く受けることが分かった。これは、エネルギー利用機器の効率改善は、エネルギー価格が過去の最高値を更新した場合には促進されるが、過去のエネルギー価格の範囲内であれば、あまり進まないためであると考えられる。また、すべての部門に共通して、価格下落期の影響は有意でない、言い換えればゼロである場合が多く、これはエネルギー価格の上昇期に進んだエネルギー効率改善の影響が、価格下落期にも残るという、『後戻りのない』エネルギー効率の改善が存在するためであると考えられる。

5. 参考文献

- Haas, R., Shipper, L., 1998. Residential energy demand in OECD-countries and the role of irreversible efficiency improvements, *Energy Economics*, Vol.20, No.4, pp.421-442.
- Walker, I.O., Wirl, F., 1993. Irreversible price-induced efficiency improvements. *Energy Journal*, Vol.14, No.4, pp.183-205.
- 永田豊, 1995. エネルギー間競争モデル, *電力経済研究*, No.35, pp.93-105