

日本におけるエネルギー需要の所得と価格の 短・長期弾性値の計測

The short-term and long-term elasticity of energy consumption
with respect to income and price in Japan

財団法人 日本エネルギー経済研究所 ^{しん} 沈 ^{ちゅうげん} 中元

Shen Zhongyuan, The Institute of Energy Economics, Japan

1 はじめに¹

エネルギー輸入依存度が80%を越す日本にとっては、過不足なくエネルギー需要を供給することが経済の潤滑的な運営に欠かせない重要な課題であることは周知のとおりである。政府や（財）日本エネルギー経済研究所、また多くのエネルギー団体が、毎年もしくは定期的に日本のエネルギー需給の短期見通し、長期見通しを発表しているが、このことからいかにエネルギー需給の予測が短期的にも、長期的にも重要であるかを示している。

一方、地球温暖化防止の気運が高まる中、政府は京都議定書に課せられたCO₂排出量の削減義務6%を達成するために、産業7%減、民生2%減、交通17%増など、部門ごとに具体的削減目標値を盛り込んだ『地球温暖化対策推進大綱』（2002年3月17日）を発表し、国内対策を事実上始動した。しかし、CO₂排出量は2000年実績で3.16億トン、すでに90年比で10%増となっており、つまり現在の排出水準から事実上16%を削減しなければならないのである。これは急激なエネルギー間の代替が起こらない限り、エネルギー消費を16%減少させるのと同じことである。しかし、経済成長を維持しようとする以上、これは極めて困難なことであろう。なぜなら、過去50年間の歴史を振り返ってみると、経済が成長する時期、エネルギー消費が減少したのはわずか一度しかなかった。しかもこれは第2次石油危機といった特殊な時期であった。現在、このようなCO₂削減目標をいかに達成するかについて、省エネ・新エネ、原子力、環境税など、様々な視点から議論と模索が行われている。

エネルギー需要を取り巻くこのような状況の中、本研究はエネルギー需要の所得及び価格に関する弾性値について分

析を行いたい。エネルギー需給の分析や、削減方法を検討するとき、そもそもエネルギー需要の変化に影響を及ぼすのはいったいどんな要素なのか、またこれらの要素はどのように働くかといったことは、最も究明すべき問題であろう。本研究は、エネルギー需要にとって重要だと考えられる要素のうち、所得と価格に着目し、この2要素がエネルギー需要に影響を及ぼす際、どのような性格を持っているかを、弾性値という指標を通じて定量的に捉えたい。

このような基礎研究は、素朴でありながらも、研究によって得られた結論がより大規模の研究の発射台となるであろう。

本研究は、電力、ガソリン、灯油、軽油、都市ガス、LPG、A重油、計7種類のエネルギーを弾性値の計測対象とした。文章の構成としては、まず、計測に用いた経済学理論と計測手法を示した上で、各エネルギーの弾性値について計測結果を述べる。

2 経済学理論

あるエネルギーの需要 y の所得 x に関する弾性値は、

$$y_t = A_0 + A_1 y_{t-1} + A_2 \Delta x_t + A_3 x_{t-1} \quad (1)$$

という動学式から計測できる。ただし、 Δ は対前期差を表す。この式は弾性値を計測するための1つの方法にすぎないが、ストック（あるいは嗜好）調整仮説の経済学理論から導かれたものである。ストック調整仮説は、

$$y_t = \alpha + \beta s_t + \gamma x_t \quad (2)$$

と表すことができる。ただし、 s はストック水準、 β と γ はそれぞれストック水準と所得の係数である。すなわち、現在のエネルギー需要は、現在の所得水準のみならず、現在のストック水準にも依存している。ストック水準 s は消費嗜好や、習慣形成とも解釈できる。たとえば自動車用ガソリン需要の場合、 s は自動車保有台数、タバコの需要の場合、喫煙者数やタバコの依存度などが考えられる。

いま、ストック s は一定の減価償却率 δ を仮定すると、

¹本研究は、（財）日本エネルギー経済研究所伊藤浩吉研究本部長から、本研究テーマの重要性についてご指摘をいただいたことを契機に行われたものである。ここで感謝の意を表したい。ただし、本研究で得られた結論は私見であり、すべての文責は筆者に帰する。

次の恒等式が成立する。

$$s_t = y_t + (1 - \delta) s_t \quad (3)$$

式 (3) を式 (2) に代入すると、式 (1) が導かれる。このとき、それぞれの式の係数は次のような関係を持つ。

$$\alpha = A_0(A_2 - A_3)/(A_1 A_3) \quad (4)$$

$$\beta = 1 - (A_2 - A_3)/(A_1 A_2) \quad (5)$$

$$\gamma = (A_2 - A_3)/A_1 \quad (6)$$

$$\delta = A_3/A_2 \quad (7)$$

しかし、式 (2) のストック水準 s はほとんどの場合観測不可能であり、またその減価償却率も先験的に分かっていない。そのため、通常では、式 (1) を用いて推定を行う。

ここまでは、所得のみを考えていたが、さらに価格を導入すると、式 (1) は

$$y_t = A_0 + A_1 y_{t-1} + A_2 \Delta x_t + A_3 x_{t-1} + A_4 \Delta p_t + A_5 p_{t-1} \quad (8)$$

のように拡充できる。ただし、 p は価格を表す。対応する式 (2) は

$$y_t = \alpha + \beta s_t + \gamma x_t + \eta p_t \quad (9)$$

となる。同様に係数間では次のような関係が成立する。

$$\alpha = A_0(A_4 - A_5)/(A_1 A_5) \quad (10)$$

$$\beta = 1 - (A_4 - A_5)/(A_1 A_4) \quad (11)$$

$$\eta = (A_4 - A_5)/A_1 \quad (12)$$

$$\delta = A_5/A_4 \quad (13)$$

ただし、ここでは係数の過剰識別という問題が存在している。すなわち、 α 、 β 、 γ 及び δ が 2 通りから推定されるのである。この問題を解消するには、

$$A_3/A_2 = A_5/A_4 \quad (14)$$

との条件を課せればよい。

式 (8) から、所得の短期係数は A_2 、長期係数は $A_3/(1 - A_1)$ である。一方、価格の短期係数は A_4 、長期微分係数は $A_5/(1 - A_1)$ である。仮に推定式が対数型であれば、これらの係数は弾性値そのものとなる。これに対して、推定式が線形型であれば、それぞれの係数に x/y を掛ければ短期と長期の弾性値が求められる。

ここで、短期係数や短期弾性値とは、所得（価格）の変化に対して、当期で現れた需要の変化を指すものである。これに対して長期係数や長期弾性値とは当期の変化のみならず、その後期に現れるすべての変化を合計したものである。

3 計測手法

すでに述べたように、所得と価格の短・長期弾性値は $y_t = A_0 + A_1 y_{t-1} + A_2 \Delta x_t + A_3 x_{t-1} + A_4 \Delta p_t + A_5 p_{t-1}$ (15) から求められる。しかし、 p_{t-1} の係数が非線形であるため、通常の最小二乗法が適用できない。本研究は Visual

Economist²が提供する非線形推定方法の Gauss-Newton 法³を用いた。

式 (15) からは前述通り、短期弾性値と長期弾性値を求めることができる。しかし、長期弾性値は長期間において他の要素を一定と仮定した理論値であり、現実的には、その間にも他の要素が変化し、すべての効果が現れる前に、需要の変化はすでに異なる軌道に乗り始めると考えられる。したがって、弾性値の推移過程は長期の弾性値より実用性が高い。なぜならば、分析したい期間における弾性値がわかるためである。本研究ではこのようなニーズに踏まえて、短期弾性値と長期弾性値以外、各期ごとの弾性値をも計測する。計算手順としては、まず当期に関しては、

$$dy_0/dx_0 = A_2$$

となり、式 (15) から y_t を x_t に関する微分することによって得られる。ただし、 d は微分を表す。次に、1 期目は

$$dy_1/dx_1 = A_1 dy_0/dx_0 + A_3 = A_1 A_2 + A_3$$

2 期目は

$$dy_2/dx_2 = A_1 dy_1/dx_1 + A_3 = A_1(A_1 A_2 + A_3) + A_3$$

以後同様に前期の微分結果を利用して、該当期の微分を求める⁴。

一方、対象エネルギー源によっては、所得（価格）の変化で、需要の変化が短期間でほぼすべてが現れるものもあれば、長期にわたって緩慢に現れるものもある。ここでは、半増期(Median Lag)を用いておのおののエネルギー弾性値の特徴を捉える。半増期とは、弾性値が短期から長期へと推移する過程で、その半分に達する時期である。また、本研究では当期を 1 期とカウントして計算結果を示す。

他方、本研究では推定式を線形型とする。その理由は、対数型の場合、暗黙に弾性値が一定と仮定しているが、エネルギー弾性値は 2 回に渡る石油危機もあって、省エネや技術進歩、産業構造やライフスタイル等々あらゆるエネルギー需給を取り巻く環境が大きく変化しており、エネルギー弾性値も大きく変化しているのではないかと考えられるからである。

最後に、推計に用いるデータは、価格データは総務省の『消費者物価年報』の各種エネルギー消費者物価指数、あるいは日本銀行の『物価指数年報』の卸売物価指数を利用した。所得データは内閣府の『国民経済計算年報』の実質 GDP あるいは実質民間消費を利用した。エネルギーデータは資源エネルギー庁（編）、（財）日本エネルギー経済研究

² Visual Economist は筆者が開発した経済学分析用のコンピュータ言語である。Visual Economist 日本語版の入手先は <http://www.geocities.jp/webyear/ve/>。また、本論文の結果は同サイトで入手・再現が可能。

³ 詳細は文末参考資料【2】の第 3 章を参照されたい。

⁴ ただし、Visual Economist は各期ごとの微分（及び弾性値）計算を自動的に行うことができるため、手動計算は実際では避けられる。

所計量分析部（協力）の『総合エネルギー統計』の最終エネルギー消費を利用した。また、各系列は年度値を利用した。

4 計測結果

ここでは、計測結果は式（15）の推定結果、弾性値の計測結果、計測結果の分析の順で分析を行いたい。

4.1 推定結果

式（15）の推定結果の推定結果は表に示した通りである。ただし、長期価格係数 A_5 は式（14）から求めることができるため、表中から省略している。

推定結果をみると、全式に渡って非常にフィットのよい結果が得られた。パラメータの有意性（t 値）については、都市ガスの短期所得係数および価格係数などが低いことが認められる。しかし、長期係数は依然として強い有意性を示している。また、軽油と A 重油の推定式において、残差項に正の相関の存在が認められる。

表 1 エネルギー源別の推定結果

推定期間	切片 A0 (t 値)	需要 係数 A1 (t 値)	短期所得 係数 A2 (t 値)	長期所得 係数 A3 (t 値)	短期価格 係数 A4 (t 値)	決定係 数 DW 値
ガソリン 1971-2000	20.889 (4.3176)	0.88137 (18.139)	0.01631 (2.5545)	0.009706 (2.4513)	-0.21215 (-2.5613)	0.99559 1.9235
電力 1966-2000	9.9304 (1.4184)	0.76286 (9.9835)	0.075777 (4.4779)	0.038076 (2.8887)	-0.50437 (-2.9783)	0.99742 2.0784
灯油 1971-2000	53.756 (3.6655)	0.69288 (5.7907)	0.013149 (0.86026)	0.003386 (0.99243)	-0.18782 (-1.7847)	0.81959 2.5936
軽油 1966-2000	-14.742 (-1.468)	0.81293 (7.4492)	0.081976 (4.5471)	0.019411 (1.6835)	-0.17604 (-3.22)	0.99601 0.75168
都市ガス 1966-2000	-4.2515 (-1.352)	0.91712 (19.575)	0.004677 (0.55058)	0.012813 (2.5473)	-0.01402 (-0.5345)	0.99501 2.5245
LPG 1971-2000	17.357 (3.9135)	0.85195 (7.6832)	0.021727 (1.7384)	0.005399 (1.472)	-0.59733 (-2.4743)	0.9678 2.2366
A 重油 1966-2000	8.3936 (1.404)	0.90603 (14.155)	0.048714 (2.0608)	0.002704 (0.79952)	-0.11493 (-1.7402)	0.97527 1.0693

各エネルギーの推定式で得られたパラメータに基づいて、ストック調整理論を示した式（9）の各パラメータは次のようにまとめることができる。

ストック係数を見ると、ガソリン、電力、軽油、都市ガス、LPG は正、灯油と A 重油は負となっている。つまり、前者の需要は、ストック水準と正の関係を持ち、ガソリンの場合は習慣形成や自動車保有台数、電力の場合は電気機器の保有などがストックとして考えられ、これらのストック水準が高ければ高いほど、当期の需要が高くなるという意味である。なかでも、都市ガス、ガソリン、電力でこ

の関係が強い。

表 2 ストック調整理論の係数

	切片 α	ストック 係数 β	短期所 得係数 γ	短期価 格係数 η	減価償 却率 δ
ガソリン	16.128	0.54057	0.007494	-0.09747	0.59507
電力	12.56	0.36447	0.048159	-0.32054	0.50247
灯油	223.67	-0.07156	0.01409	-0.20126	0.25753
軽油	-58.454	0.061155	0.076963	-0.16527	0.23678
都市ガス	2.9437	2.8970	-0.00887	0.026599	2.7398
LPG	61.618	0.11788	0.019166	-0.52692	0.24848
A 重油	157.64	-0.04245	0.050782	-0.11981	0.055507

一方、灯油と A 重油はストック水準と負の関係を持っている。すなわち、需要側にとってみれば、手持ち量が多ければ多いほど、新たに必要とする需要が少なくなる。灯油と A 重油の多くが家庭部門の暖房と業務部門のコジェネに使われていることを考えると、推定結果が理解できる。しかし、その負の相関は極めて弱いもの、数字としてそれぞれ -0.07、-0.04 であることに注意する必要がある。

他方、減価償却率をみると、ガソリン、電力、都市ガスはそれぞれ 0.60、0.50、2.74 となっており、どちらかというと急速に減価すると考えられる。ガソリンは常にこれだけの輸送需要を満たすために消費されており、電力と都市ガスはそもそも蓄積できないエネルギーのためである。

ここでは、都市ガスの短期所得と価格係数は符号がちょうど逆転している。すでに表 1 に示したように、これらのパラメータの有意性が低く、係数の値も小さく、どちらかという、都市ガスは短期的には所得と価格に対する反応が小さいと考えられる。

4.2 所得弾性値

対象エネルギーにおける需要の短期の所得弾性値は大きい順で、軽油 1.22、A 重油 0.87、電力 0.53、LPG 0.51、灯油 0.22、ガソリン 0.19、都市ガス 0.09 となっている。

表 3 所得弾性値(30 年平均)

(1971-2000 年度平均)

所得弾性値	短期	1期	2期	10期	長期	半増期 (年)
ガソリン	0.186	0.274	0.352	0.720	0.931	5.26
電力	0.533	0.685	0.804	1.172	1.233	1.55
灯油	0.220	0.209	0.201	0.185	0.185	0.42
軽油	1.221	1.282	1.331	1.504	1.543	0.63
都市ガス	0.080	0.294	0.490	1.572	2.668	8.70
LPG	0.512	0.564	0.608	0.790	0.861	0.84
A 重油	0.874	0.841	0.810	0.650	0.515	0.29

軽油の短期弾性値はガソリンより6倍以上も大きい。軽油需要の約半分は産業用、半分は交通用となっているが、ガソリンはおよそ全量交通用となっている。2者の交通用需要だけを考えても、軽油は貨物輸送に使われ、ガソリンは自動車保有台数の98%を占める自家用乗用車に使われている。すなわち、軽油の需要は生産活動との関係をみた場合、ガソリンよりはるかに高いのである。所得と生産活動はコインの表と裏の関係であるため、軽油の需要は所得に即時に反応するのは当然なことといえは当然であろう。したがって、軽油の短期弾性値がガソリンよりはるかに高いのである。

しかし、2者の長期弾性値を比較すると、その差は約15倍までに縮まる。軽油の長期弾力性は短期とさほど差がないのに対して、ガソリンは短期より5倍も高い。ガソリンの長期弾力性が高くなる理由として、所得の増加は時間が遅れながらも、自動車の新規購入、大型化、レジャーなどもたすことが考えられる。

一方、電力の弾性値はほぼ軽油とガソリンの中央に位置しており、この位置関係図1に示す通りである。その要因として、電力需要の約半分が産業用、半分は民生用となっているからと考えられる。すなわち、電力需要は生産活動に即時に反応する性格を持っている一方、冷蔵庫、エアコンなど家庭用耐久電気機器の増加とともに増える性格をも持っている。

LPGの弾性値もまた、軽油とガソリンの間に位置しており、ただし、図1に示したように、弾性値の推移はどちらかという、軽油の推移曲線と似ている。これもまた、LPGの需要は生産活動関係が70%、家庭用が30%とそれぞれ占めているからである。

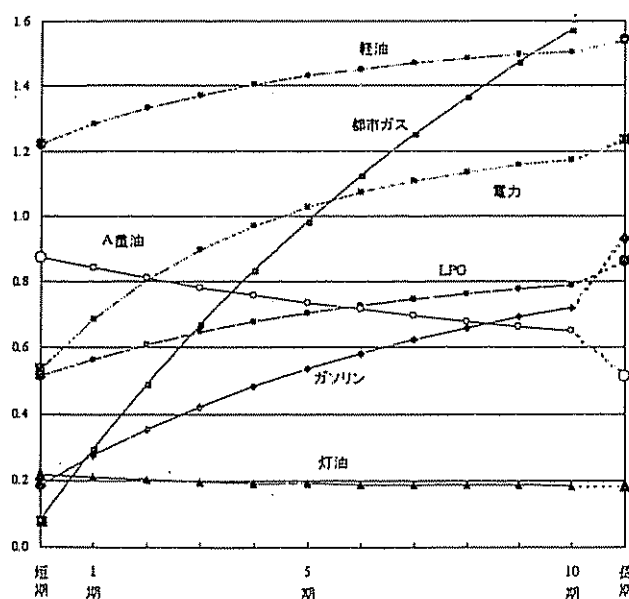


図1 所得弾性値(30年平均)

都市ガスについては、短期弾性値が0に近いほど低い。しかし、その長期弾性値2.7、7種類のエネルギー源の中、最も高い。都市ガスの需要は都市開発や住宅建設などと強く関係しており、これらの計画は所得増によって短期的に実行されるとは考えにくい。むしろ、事業計画、資金調達、工事施工など多くのプロセスを経て初めて実現できるものであろう。これに加えて住宅需要は所得増と強く関係しているため、長期的には都市ガスの弾性値が高いのである。

灯油とA重油の弾性値は、他のエネルギーと比較すると異なる推移パターンを示している。すなわち、2者の長期弾性値が短期弾性値より低いのである。その理由はすでに述べたように、2者の需要は手持ち量と負の関係しているからである。また、所得増によって長期的には灯油とA重油の需要が他のエネルギーへとシフトするのではないかと考えられる。たとえば、灯油の場合、家庭では石油ストーブ暖房からエアコン暖房へ切り替えることも考えられる。業務用A重油も同様なことが考えられる。したがって、灯油とA重油の長期弾性値は短期より低い。

4.3 価格弾性値

対象7エネルギー需要における短期の価格弾性値はLPGがもっとも高く-0.37、次に電力-0.11、灯油-0.11、軽油-0.09、ガソリン-0.08、A重油-0.07、都市ガス-0.01の順となっている。エネルギーの価格弾性値は、明らかに所得弾性値と大きく異なる。

表4 価格弾性値(30年平均)
(1971-2000年度平均)

価格弾性値	短期	1期	2期	10期	長期	半増期 (年)
ガソリン	-0.080	-0.118	-0.151	-0.310	-0.400	5.26
電力	-0.111	-0.143	-0.168	-0.245	-0.257	1.55
灯油	-0.105	-0.099	-0.096	-0.088	-0.088	0.42
軽油	-0.090	-0.095	-0.098	-0.111	-0.114	0.63
都市ガス	-0.015	-0.055	-0.092	-0.295	-0.501	8.70
LPG	-0.372	-0.410	-0.442	-0.574	-0.625	0.84
A重油	-0.073	-0.070	-0.068	-0.054	-0.044	0.29

第1には、平均では所得弾性値は価格弾性値より4倍も大きい。エネルギー消費は需要主導なものだろうかかわせる。

第2に、LPGと都市ガスを除くと、エネルギーの短期弾性値は-0.1のところで集中している。すなわち、エネルギーの価格の変動に対して、短期的に需要側にとってみれば、エネルギー源が何であろうと、抽象的な価格変動のものにすぎなく、一様に反応する様子を見せている。これに対して、所得増のエネルギー需要への影響は短期的にもエネルギーによって大きく異なる。所得増といっても、企業にと

っては生産活動の活発、個人にとっては消費増など、それぞれ必要あるいは消費するエネルギーは対象によって大きく異なっているからである。

しかし、各エネルギーの弾性値の推移、つまり各曲線の形状をみると、価格弾性値と所得弾性値はさほど差がないことが分かる。これは消費者が価格の変動を長期的に何らの形で所得の変動として受け止めて行動しているのではないかと考えられる。

ここで興味深いのは、電気、ガソリン、軽油の長期弾性値の位置関係である。所得の場合、それぞれの長期弾性値は高い順でガソリン、電気、軽油の順となっており、電気はほぼ中央に位置する。これに対して、価格の場合、長期弾性値は同じ高い順で、軽油、電気、ガソリン、電気が変わらず中央位置にあるが、3者の順位はちょうど逆転している。このような相対的な位置関係は、その背景にある消費者、個人や企業の行動性格をうかがわせる。たとえば、ガソリンの場合、その需要はほとんど一般個人によるものであり、価格に対する長期反応は個人が企業より敏感であることを反映している。

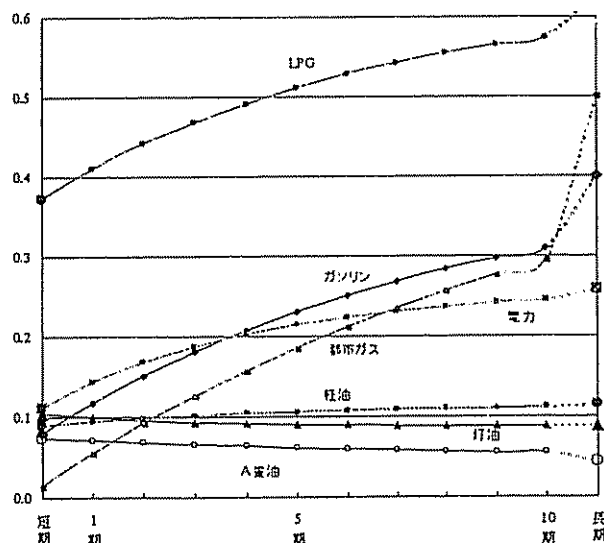


図2 価格弾性値(30年平均)

4.4 弾性値の半増期

半増期は前述の通り、長期エネルギー需要変動の半分が現れる時期を指すものである。ここで表3もしくは表4に示した、おのおののエネルギー源の半増期を比較すると、また興味深い結果が得られている。たとえば、電気、ガソリン、都市ガスの所得半増期はそれぞれ16年、53年、8.7年となっており、それらの数字は次のように理解できる。ここで説明しやすいため、単純に消費者が一般個人と考える。

すなわち、当期の所得増加で、半数の人が電気機器を購

入するまでに06年がかかる。同じ自動車の購入は約43年、住宅建築は約77年かかる。これらの時間差はどちらかという直感に近い。ただし、ここで断っておきたいのは、これらの数字は実際産業用等のエネルギー需要を含めて求めたものであり、より厳密な意味でこのようなたとは単純すぎるであろう。

4.5 弾性値の変化及び最近の弾性値

図3はエネルギーの所得弾性値と価格弾性値の変化を示したものである。

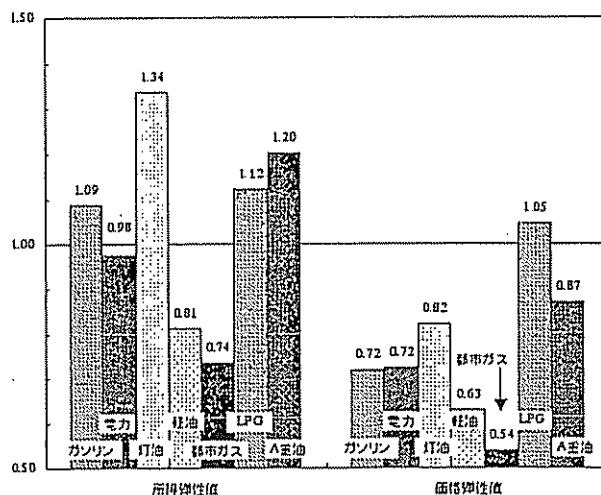


図3 弾性値の変化

(1971-2000の後半15年対前半15年の平均比)

所得弾性値の変化をみると、灯油1.3倍、A重油1.2倍、LPG1.1倍、ガソリン1.1倍と、それぞれ増加しているのに対して、電力はほぼ横ばいの0.98倍、軽油は0.81倍、都市ガスは0.74倍とそれぞれ減少している。

灯油の所得弾性値が急激に高くなっている理由を調べると、実はこの変化のほとんどは1977-1990年によるものであり、最近10年間ではほぼ横ばいに推移している。この原因としては、その期間で石油ストーブが主要な暖房機器であったことなどが考えられる。一方、都市ガスの所得弾性値が下がっているのは、都市開発が相当進んだことを反映している。

エネルギーの価格弾性値は、LPGがほぼ横ばいの1.1倍であるのに対して、他のエネルギーはそろって減少している。つまり、各エネルギーの対価格の反応は鈍くなっている。それは、エネルギー需要はストック水準に強く依存し、自動車や電気機器等を一旦購入した場合、価格変動による他のエネルギーを選択する余地が少なく、加えてストック水準が増加するにつれて、その選択が一層困難になることが原因として考えられる。

一方、ほとんどのエネルギーの所得と価格弾性値が時間の経過とともに大きく変化している。こうしたことは、対数型の推定式に基づいてこれらの弾性値を求めるには、弾性値一定との仮説が強いものであることを示唆している。

最後に、最近（2000年度）のエネルギーの所得と価格の弾性値を表5に示す。この表をみると、ガソリン、電力、軽油など太宗エネルギーをはじめとするエネルギーの価格弾性値が過去30年間の平均より相当減少していることがわかる。エネルギー価格を政策変数とする効果がますます薄まっていることをうかがわせる。

表5 2000年度のエネルギー弾性値

	所得弾性値		価格弾性値	
	短期	長期	短期	長期
ガソリン	0.179	0.908	-0.051	-0.257
電力	0.492	1.129	-0.073	-0.168
灯油	0.267	0.226	-0.094	-0.080
軽油	1.096	1.469	-0.090	-0.121
都市ガス	0.056	1.819	-0.007	-0.245
LPG	0.571	1.011	-0.404	-0.715
A重油	1.022	0.594	-0.098	-0.057

5 むすびに

本研究ではエネルギーの所得及び価格の短・長期弾性値について、その経済学理論、計測手法、及び7種類のエネルギー源を対象とした計測結果を詳細に分析した。この研究を経て、エネルギーの所得と価格弾性値はそれぞれ異なる特徴があり、必要に応じて個別に分析する必要性を示した一方、ともに一エネルギー源としても、一消費財としてもそれらの共通の特徴をも見出した。

このような基礎研究で得られた結論が、エネルギー需給分析や環境問題などの研究に携わる方々に参考できるものとして活用されることを願いたい。

6 参考文献

- 【1】 J Hohnston (1991), *Econometric Methods*, McGraw-Hill Book Co.
- 【2】 Andrew C. Harvey (1993), *Time Series Models*, Harvester Wheatsheaf
- 【3】 H.S. Houthakker, and L.D. Taylor (1966), *Consumer Demand in the United States, 1929-1970*, Harvard University Press. (『消費者需要の予測』、黒田昌裕等訳、勁草書房、1974年)