

炭素税の温室効果ガス排出削減効果について

The Effects of Carbon Taxes on Carbon-dioxide Emissions in Japan

天野 明弘¹

Akihiro Amano

Energy demand is often thought to be rather unresponsive to price changes. This idea, however, is not empirically well-founded. Consumption of energy is usually controlled by two factors, the amount of energy input and the quality of the instruments that convert energy into desired services. The response of the former to price changes may not be large, but that of the latter may usually be substantial in due course as the converting instruments will be replaced by those with higher energy-saving quality. We estimated energy demand functions for five major sectors, using a specification having long time lags with the price variables. The short-run elasticities are rather small, but the longer-run elasticities are generally much larger. Using these estimates, we then performed a simulation to find that a carbon tax of, say, ¥10,000 /ton carbon or ¥2,700/tCO₂ (\$100/tC or \$27/tCO₂) will reduce aggregate energy demand only by 1.5 per cent in the first year, but about 7 per cent after 12 years. Therefore, carbon taxes are not as quick-acting as emissions-trading schemes, but they are nonetheless quite effective as herbal medicines in the long run.

キーワード：地球温暖化、排出削減、エネルギー需要、価格弾力性、炭素税

Key Words : Global Warming, Emissions Reduction, Energy Demand, Price Elasticities, Carbon Tax

はじめに

わが国における温室効果ガス排出量の9割が化石燃料の燃焼によってもたらされる二酸化炭素の排出によるものであり、したがって地球温暖化対策の重要な内容は、二酸化炭素の排出削減・吸収増大を目的としたものとなる。ところが、環境政策の主要な経済的手法である環境税と排出取引制度については、海外諸国では炭素税ならびに温室効果ガス排出取引制度としてこの目的に向けて用いられているにもかかわらず、わが国ではいづれもまだ本格的な活用にはいたっていない。

そのような政策を導入するに当たっては、炭素税の場合にはどの程度の税率で二酸化炭素排出量がどの程度削減できるか、またキャップ&トレード方式の排出取引制度の場合には、総排出量をどの程度まで制限すれば、二酸化炭素排出アラウアンスの価格、つまり二酸化炭素排出の価格がどの程度の高さに決まるかについての数量的情報が必要になる。経済的手法の狙いが、環境利用の価格(ないし費用)を経済主体に認識させることにより、現在および将来にわたる環境資源の無駄な利用を極力削減させて人間活動の環境負荷を低減することにあるため、政策当局にとっても、また政

策の影響を受ける民間主体にとっても、それらの情報が判断材料として求められるからである。

その基礎となる情報が、化石燃料に対する需要の価格弾力性の大きさである。これは、化石燃料価格の変化がその需要をいかに変化させるかを数量的に表すパラメータであり、炭素税率や排出取引市場における炭素価格がもたらす化石燃料価格の変化が、化石燃料の需要ひいては二酸化炭素の排出量に及ぼす影響の程度を決定する重要な要因である。

わが国では、化石燃料エネルギーに対する需要がその価格変化にほとんど反応しない(すなわち、価格弾力性がきわめて小さい)という主張が多いが、その理論的・実証的根拠は明らかでなく、化石燃料価格を高めるような政策手法の採択によって経済的負担を被る経済主体による政治的反対論として用いられているきらいが強い。政策手法の採択に政治的影響力が関係するのは当然の状況ともいえるが、その影響力が正しくない議論によって支えられている場合には、そのことを明らかにする必要がある。同時に、政策手法採択に際しては、それが実施された場合の効果やそれに伴う費用・便益に関して、政策当局側が可能な限り説得的な根拠を用意することも必要であろう。

以下では、わが国におけるエネルギー需要の価格弾力性が実際にどの程度の大きさであるかを主要部門におけるエネルギー需要関数を推定することで明らかにし、ついでその結果にもとづいて一定の大きさの炭素税が賦課されたとした場合の排出削減の可能性について、数量的に評価することによって、わが国のエネルギー需要、したがってそれに誘発される二酸化炭素の排出量が一般に考えられているほど非弾力的ではなく、長期的には相当程度効果が期待できるものであることを明らかにしよう。

1 わが国におけるエネルギー需要の価格弾力性推定値

1.1 エネルギー需要の価格弾力性推定値の例

本論に入る前に、主として諸外国でこれまでに用いられている推定値がどの程度の大きさであるかを確認しておこう。以下は、筆者がこれまでに参照した文献²や、環境省の専門委員会等の資料から参考になると思われるエネルギー需要の価格弾力性推定値を発表年順に箇条書きにしたものであり、これまで各種政策論議等に用いられてきたエネルギー、電力、ガソリンなどに対する需要の短期・長期の価格弾力性の値について、大まかな見当を与えてくれるものと考えられる。

(1) 米国エネルギー省、CCAP(1998).

ガソリン需要の長期平均価格弾力性：-0.38

(2) マーシャル報告、Lord Marshall(1998, Annex F).

英国全産業についてのエネルギー需要の長期価格弾力性：-0.3~-0.5

(3) 米国、Agras and Chapman (1999).

ガソリン需要の価格弾力性：短期 -0.25、長期 -0.92

(4) デンマーク、Bjorner and Jensen (2000)

砂利・土石・岩石・岩塩 -0.43

その他非金属鉱物製品 -0.21

食料・飲料・タバコ -0.45

基礎金属(製造・加工) -0.51

繊維・衣料・皮革 -0.35

機械・設備 -0.48

木材・同製品 -0.39

電気・光学機器 -0.69

紙・印刷・出版 -0.35

輸送機器 -0.56 化学 -0.51

家具・その他製品 -0.56

2 文献名の詳細については、本稿末尾の引用文献を参照されたい。

- ゴム・プラスチック製品 -0.52
 全産業 -0.44
- (5) OECD (2000). 住宅用電力需要の価格弾力性
 米国：短期 -0.16～-0.18、長期 -0.26～-0.33
 ノルウェー：短期 -0.43、長期 -0.44
- (6) 日本、奥島真一郎・後藤則行 (2001).
 農林水産業・鉱業・建設業：-0.43
 エネルギー多消費型製造業：-0.72
 その他製造業：-0.24 運輸業：-0.50
 サービス業：-0.17 全産業：-0.40
- (7) OECD (2002, 145ページ). 総エネルギー需要の
 価格弾力性
 1971-1982年OECD7カ国、Prosser (1985)：短
 期 -0.26、長期 -0.37
 1948-1990年 デンマーク、Bentzen and Engsted
 (1993)：短期 -0.14、長期 -0.47
 1985年 53か国のクロスセクション、Bentzen
 and Engsted (1993)：短期 -0.69、長期 -0.78
- (8) 米国、Bonneville Power Administration (2003).
 太平洋岸北西部における地域電力需要の価格
 弾力性(地区平均)
 住宅：短期 -0.32、長期 -1.07
 業務：短期 -0.24、長期 -0.76
 産業：短期 -0.54、長期 -1.25
 システム全体：短期 -0.29、長期 -1.03
- (9) 日本、沈中元 (2003).
 エネルギー種別価格弾力性(2000年度の値)
 電力：短期 -0.07、長期 -0.17
 ガソリン：短期 -0.05、長期 -0.26
 重油：短期 -0.10、長期 -0.06
 軽油：短期 -0.09、長期 -0.12
 灯油：短期 -0.09、長期 -0.08
 都市ガス：短期 -0.01、長期 -0.25
 LPG：短期 -0.40、長期 -0.72
- (10) 米国、U.S. Environmental Protection Agency

(2005).

- 環境保護庁の大気汚染モデルで、既存推定値
 から採択された小売電力需要価格弾力性の想
 定値：2010年 -0.16、2015年 -0.20、2020年 -0.25
- (11) 日本、秋山修一・細江宣裕 (2007).
 地域別電力需要の価格弾力性：短期 -0.06～
 -0.33、長期 -0.11～-0.69。

1.2 エネルギー需要の価格弾力性：再推定結果

わが国におけるエネルギー需要の価格弾力性に
 ついては、これまで何回か推定を試みている。こ
 こでは3年前に環境省環境税の経済分析等に関す
 る専門委員会に提出した論文で報告した結果³と
 比較しながら、その後の石油価格変動等を加味し
 たデータによる再推定結果について見てみよう。⁴

推定は、前回と同様に年次データを用い、価
 格変数について長期のタイム・ラグの影響を見る
 ためにシラー型の分布ラグを含む最小二乗法を用
 いている。産業部門、民生家庭部門、民生業務部
 門、運輸旅客部門、および運輸貨物部門の5部門
 の最終エネルギー消費を被説明変数とし、経済活
 動変数(実質GNPまたは鉱工業生産指数)、実質価
 格変数(被説明変数に対応した部門別の各種エネ
 ルギー種別価格の加重平均値—ウエイトは各エネ
 ルギー最終消費量の割合—をGNPデフレーターで
 実質化したもの)、および気候変数(民生家庭部門
 のみ)を説明変数とし、対数線形方程式の係数推
 定値から価格弾力性の推定値を得ている。詳細に
 ついては、本稿の付録を参照されたい。

各部門の最終エネルギー消費をウエイトとし
 て、短期および長期の価格弾力性の加重平均を求
 めると、表1.1のとおりとなる。表中、前回とあ
 るのは、脚注3に掲げた3年前の推定結果である。
 また、短期とは経常年(年次データの場合は、最

3 <http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y163-03/ref07.pdf> 参照。拙著『持続可能社会と市場経済システム』有斐閣(2008年7月)第4章に再録。

4 データは、すべて日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編『エネルギー・経済統計要覧』各号より採取。

初の1年)での効果、長期とは推定式に価格変数が含まれているすべての期間が経過したときの効果を表している。

価格弾力性の全部門加重平均値は、短期が-0.1、長期が-0.5という前回とほぼ同様の結果が得られた。部門ごとに若干の大小関係はあるが、全般

表1.1 エネルギー需要の価格弾力性推定値

部門	最終エネルギー消費 (10 ¹⁰ kcal, 2000年)	最終エネルギー消費の 構成 (今回)	価格弾力性			
			前回		今回	
			短期	長期	短期	長期
産業部門	178174	0.483	-0.054	-0.534	-0.052	-0.525
民生家庭部門	52688	0.143	-0.252	-0.380	-0.268	-0.287
民生業務部門	46973	0.127	-0.144	-0.390	-0.145	-0.500
旅客運輸部門	58079	0.158	-0.097	-0.435	-0.174	-0.491
貨物運輸部門	32661	0.089	-0.097	-0.393	-0.047	-0.303
全部門	368575	1.000	-0.105	-0.467	-0.114	-0.463

的に短期の弾力性より長期のそれがかなり高いという傾向は変わらない。全部門で見れば、長期の価格弾力性の絶対値は、短期のその4倍である。一定割合の価格変化が需要量の変化率に及ぼす影響の大きさは、長期的には初年次の影響の4倍にもなるのである。なお、今回の推定では、産業部門についても燃料種別にエネルギー価格の加重平均をとったものを使用して、他の部門と同様の価格変数を用いた。⁵ エネルギーの価格は、種類によってその変動パターンが大きく異なるため、価格弾力性のように変化に対する反応の程度を測るパラメーターを推定する際には、使用エネルギーの種別や構成に応じた価格変数を用いることが重要である。

環境税がエネルギー価格への影響を通じてエネルギー需要に与える影響は、表1.1が示すように長期の効果を通して出てくるものであるから、これは即効性を求める政策手段ではないことが分かる。エネルギー使用機器の更新、機種の変更、新たな機器への買い替え、技術革新といった行動変

化を通して影響が具現化するのが主たるルートとなるためである。環境税は、いわば漢方薬のような政策手法といえよう。

環境政策の経済的手法として、よく環境税と排出取引制度のどちらを選択すべきかといった設問が見られるが、効果発現の態様を考えると、両手法は代替的というよりも補完性の強い手法である。一定の目標達成を義務付けることにより、環境改善を比較的早期に実現すべき側面については、排出取引制度は確かな手段であるが、人々の行動や生産方法、技術変革などを通じて社会構造の長期的な流れを変える必要もある場合には、排出取引制度と環境税を併用することが良策といえる。

なお、環境政策としての環境税は、税という制度上の名称にもかかわらず、税収による環境効果を直接の目的とした手段でないことはいうまでもない。もちろん、税収を活用してさらに環境効果を高める手段を考えることは可能であるが、上述のような価格弾力性を通じる効果は、それとは独

5 前回は、石油製品平均卸売物価指数を用いていたが、今回は一般炭、石油、都市ガス、電気の卸売価格指数を加重平均したものをを用いている。

立のものである。長期的に低炭素社会を構築するために、広い範囲の経済行動に対して長期的な影響を及ぼし得る環境税の効果を計量的に評価し、導入の根拠を明確にしたうえで、他の税の減税といった環境税収の処分方法がもたらす効果とを合わせてそのメリットを判断し、導入計画を作成すべきである。

なお付録では、需要の価格弾力性が低いとよく言われる2つのエネルギー需要についても短期、長期の価格弾力性の推定結果を示している。電力需要とガソリン需要がそれである。いずれについても、長期の価格弾力性は-0.3~-0.4程度であり、他と比べて特に低いといえるものではない。また、ガソリン価格は、新車の燃費効率にも明確な影響を及ぼしていることが示されている。新車の燃費効率は、技術革新による趨勢的な燃費効率改善と、燃料価格の大幅な変動に起因する循環的な変動とに支配されているが、後者の影響によって新車の燃費効率の循環的変動がよく説明されることがこの推定結果からよく分かる。燃料価格の上昇・下降がガソリン需要に与える影響は、特定機種種の自動車を利用する主体によるガソリン消費行動とともに、車種の燃費効率によって直接的に影響されるものであるから、ガソリン需要の変動を前者の行動のみで判断しようとするのは明らかに誤りである。

2 炭素税の賦課による 二酸化炭素排出量削減効果

わが国では、これまで大気中への炭素(二酸化炭素)の排出は無料で行うことができた。しかし、欧米諸国のように温室効果ガスの排出抑制政策として炭素税や排出取引制度などが導入されると、炭素の排出単位当たり費用がかかることになる。排出取引制度は、炭素の排出による成層圏大気の使用に対して明示的に市場価格が決定され

る仕組みを導入するものである。例えば2005年から導入されている欧州排出取引制度の下での排出アラウアンス(承認証)の価格は、ベンチマークである2008年12月ものの価格でみると24.40ユーロ(約3,300円)である。つまり、二酸化炭素1トン排出するのにこの程度の価格を支払わねばならない。わが国ではまだこのような炭素排出費用の負担は義務化されていないため、成層圏大気の有料化によって成層圏大気に対する需要がどのように影響されるかを、通常のように資源利用の需要関数を推定することで明らかにする段階には至っていない。

しかし炭素税という形の環境税は、炭素の排出を見越して燃焼用の化石燃料に対して課されるため、炭素を含む化石エネルギーの価格が上昇し、それによるエネルギー需要の減少を通じて炭素排出場所としての大気に対する需要が減少するという効果をもたらす点では、排出取引制度と同様の効果をもつ。ここでの目的は、まず炭素税の導入がエネルギー価格への影響を通じてエネルギー需要量を変化させ、それがどの程度わが国の炭素排出量を削減する効果を持っているかを実証的に明らかにすることである。

2.1 炭素税がエネルギー価格に及ぼす影響

1.2節の分析では、炭素税率の次元は、円/tC(炭素トン当たり円)、エネルギーの炭素排出係数の次元は、tC/千kcalであるデータを用いているので、各種エネルギーについて、そのカロリー単位当たりの炭素税率は、両者から円/千kcalを次元として求められる。例えば、炭素トン当たり1万円(二酸化炭素トン当たりでは約2,700円または20ユーロ)の炭素税がガソリンに課せられた場合、ガソリンの炭素排出係数を0.7656(GgC/10¹⁰kcal)とすれば、カロリー単位の炭素税率は、10⁴(円/tC)×0.7656(tC/10⁷kcal)=0.7656(円/千kcal)となる。

エネルギー需要の分析では、それぞれの部門におけるエネルギー価格を、用いられているエネルギー種別の価格の加重平均(ウエイトは各エネルギー消費量の構成比)として求めているので、エネルギー種別のカロリー当たり炭素税額を同様に加重平均し、それが賦課された場合に当該部門のエネルギー価格が何パーセント上昇するかを見ることによっ

て、それによる需要の変化を知ることができる。

表2.1は、エネルギー需要関数を推定する際に部門別エネルギー価格を作成した際のエネルギー種目の消費構成比を示している。各部門におけるカロリー単位のエネルギー最終消費量の種目構成をウエイトとして各エネルギー種目の価格の加重平均を作成しているため、炭素税が賦課された場

表2.1 各部門におけるエネルギー消費の構成(2006年度)

産業部門	石炭	石油	天然ガス・都市ガス	電力		計
	0.2218	0.4644	0.0862	0.2276		1
家庭部門	電力	都市ガス	LPG	灯油		計
	0.4525	0.1844	0.1301	0.2330		1
業務部門	電力	都市ガス	石油	石炭		計
	0.5404	0.2183	0.2190	0.0224		1
旅客部門	乗用車(ガソリン)	バス(軽油)	旅客鉄道(電力)	旅客海運(C重油)	旅客空運(ジェット燃料)	計
	0.8647	0.0263	0.0332	0.0031	0.0728	1
貨物部門	貨物自動車(軽油)	貨物鉄道(電力)	貨物海運(C重油)	貨物航空(ジェット燃料)		計
	0.8286	0.0043	0.1492	0.0179		1

合、エネルギー種目の炭素排出係数に応じて価格変化率が異なる。

表2.2は、各部門の使用しているエネルギー源の2006年度におけるカロリー当たり価格(円/千kcal)を上段に、また当該エネルギーの炭素排出係数に応じて炭素1トン当たり1万円(炭素税)が導入された場合に負担すべき税額(円/千kcal)を下段に示したものである。これにより、上記の炭素税が導入された場合、各部門のエネルギー平均価格の上昇率が求められるので、その価格変化に応じて最終エネルギー消費がどれだけ削減されるかを、需要関数から求めることができる。なお、炭素トン当たり1万円という数字は、単に他のケースへの適用に便利な数値という以外の意味はない。

2.2 炭素税の炭素排出量への影響

最後の段階では、このようにして推定された各部門のエネルギー消費量に部門の平均炭素排出係数を乗じて炭素排出量の変化を求めることができる。ここでは各部門の炭素排出実績のデータとエネルギー最終消費量のデータから求められた各期の平均排出係数(表2.3参照)を用いて最終的な炭素排出量を算定した。

炭素税のシミュレーションは、エネルギー需要関数として推定された部門ごとの最終エネルギー消費関数を用いて算定した標本期間内の推定値を標準ケースとし、炭素税が賦課された場合の各燃料価格の増分を標本期間内の価格にプラスし、その価格の下でのエネルギー需要量を求め、最後

表2.2 炭素税(1万円/tC)の部門別エネルギー価格に与える影響(2006年度)*

産業部門	石炭	石油	天然ガス・都市ガス	電力		加重平均価格	課税による%変化
価格	0.2684	3.8687	0.4369	3.7845		8.36	
税	0.2276	0.3567	0.0492	0.3485		0.98	11.8
家庭部門	電力	都市ガス	LPG	灯油		加重平均価格	課税による%変化
価格	7.5250	0.9350	0.6764	1.6940		10.83	
税	0.6930	0.1054	0.0743	0.1805		1.05	9.7
業務部門	電力	都市ガス	石油	石炭		加重平均価格	課税による%変化
価格	8.9861	1.1067	1.8240	0.0271		11.94	
税	0.8276	0.1247	0.1682	0.0239		1.14	9.6
旅客部門	乗用車(ガソリン)	バス(軽油)	旅客鉄道(電力)	旅客海運(C重油)	旅客空運(ジェット燃料)	加重平均価格	課税による%変化
価格	12.3568	0.2822	0.5519	0.0130	0.5290	13.73	
税	0.1986	0.0062	0.0152	0.0008	0.0167	0.79	5.8
貨物部門	貨物自動車(軽油)	貨物鉄道(電力)	貨物海運(C重油)	貨物航空(ジェット燃料)		加重平均価格	課税による%変化
価格	8.8991	0.0710	0.6326	0.1305		9.73	
税	0.6496	0.0065	0.1220	0.0138		0.79	8.1

* エネルギー価格および表中の炭素税の単位は、円/千kcal。

に部門ごとの標本期間内の平均炭素排出係数をエネルギー消費量に乗じて炭素排出量の変化を求めてその差を検証した。シミュレーションは、1990年を起点とし、2006年までの17年間について炭素1トン当たり10,000円の炭素税が賦課された場合を、それが存在しない状況でのモデルの解と比較する形で行われた。

表2.4および表2.5は、それぞれ最終エネルギー消費量の変化率と炭素排出量の変化率とを部門ごとに示し、あわせて総排出量の変化率をも示している。両者の間には当然密接な関係が認められるが、それらはいずれもエネルギー需要の価格弾力性の変化によって支配されている。最初の数年間の変化率は小さいが、時間の経過とともに調整が

進み、中長期的には相当程度の反応が起こる。最初にも述べたように、炭素トン当たり1万円の炭素税率は、欧州排出取引市場で成立しているアラウアンス価格(二酸化炭素トン当たり3,000円程度)に比べて高いものではないが、それでも10年後には7%程度の排出削減をもたらすものと考えられる。

価格変化に対する反応の程度は、部門間でかなり相違しており、家庭部門では低いものの、産業部門および業務部門で大きな反応が認められる。そして、短期的な反応に比べて長期的にはその数倍の調整が行われる余地がある。

京都議定書第1約束期間での約束履行はいうまでもなく、2050年までに50~80%の削減を行うた

表2.3 各部門の炭素排出係数(GgC/10¹⁰kcal)*

	産業部門	家庭部門	業務部門	運輸部門
1990	0.8709	0.9391	0.9845	0.7878
1991	0.8584	0.9301	0.9676	0.7869
1992	0.8572	0.9367	0.9746	0.7863
1993	0.8400	0.8983	0.9455	0.7855
1994	0.8420	0.9458	0.9810	0.7869
1995	0.8226	0.9116	0.9494	0.7849
1996	0.8189	0.9044	0.9455	0.7839
1997	0.8098	0.8863	0.9235	0.7835
1998	0.7967	0.8772	0.9078	0.7824
1999	0.7991	0.9021	0.9265	0.7835
2000	0.8015	0.9072	0.9367	0.7836
2001	0.8101	0.9033	0.9738	0.7836
2002	0.8191	0.9405	1.0156	0.7853
2003	0.8260	0.9802	1.0555	0.7875
2004	0.8181	0.9723	1.0431	0.7851
2005	0.8168	0.9772	1.0491	0.7853
2006	0.8028	0.9612	1.0375	0.7846

* 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編『エネルギー・経済 統計要覧』より算定。

めには、早くから着手し、長期的な排出削減の調整力をさらに高める必要がある。温暖化対策の経済的手法は、そのような調整を最小限の費用で実現するための有益な手段である。環境保全活動においても、また省エネ活動が進んでいるといわれるわが国においても、費用効果性の高い温暖化対策の余地があることが実証的にも確認できる1つの結果が得られたといえよう。

なお、ここでは炭素含有量の大きいエネルギー源とそうでないエネルギー源との間の価格競争といった要因が検証されていないことに注意する必要がある。もし炭素に価格がつくことが明確に認識されれば、同じカロリーを使いながら炭素含有量の少ないエネルギーを選択することが常態となるのであるが、現状ではエネルギーの価格のみでエネルギー源の経済的選択が行われるために、石炭が選好される面が強く残っている。炭素税や排

出取引制度の採用によって、新次元でのエネルギー選択が行われるようになり、現在のマーケットで行われている選択(したがってここで検証が可能な調整力の限度)以上に炭素排出削減を強化する力が市場に備わるようになること、例えていえば、雑巾を絞る手の力を格段に強くする能力が備わるようになることを付言しておきたい。

表2.4 エネルギー最終消費量の変化率(%)*

	産業部門	家庭部門	業務部門	旅客部門	貨物部門	総計
1990	-0.9	-2.6	-1.6	-2.6	-0.8	-1.5
1991	-2.5	-2.4	-2.2	-3.4	-1.5	-2.5
1992	-3.9	-1.6	-2.1	-3.3	-2.1	-3.1
1993	-4.8	-1.2	-1.9	-3.4	-2.7	-3.5
1994	-5.2	-1.2	-2.1	-4.1	-3.2	-3.9
1995	-6.1	-1.5	-2.9	-5.0	-3.6	-4.7
1996	-7.3	-1.8	-3.8	-6.3	-3.9	-5.6
1997	-8.1	-2.0	-4.4	-7.5	-4.4	-6.3
1998	-8.2	-2.3	-4.8	-8.2	-4.7	-6.6
1999	-8.0	-2.7	-4.8	-8.0	-4.9	-6.6
2000	-8.0	-2.9	-4.6	-8.0	-5.1	-6.6
2001	-8.4	-2.8	-4.7	-8.7	-5.2	-6.9
2002	-8.8	-2.8	-5.4	-8.9	-4.9	-7.2
2003	-8.7	-2.9	-5.4	-8.9	-4.6	-7.1
2004	-8.6	-2.8	-5.4	-8.2	-4.9	-7.0
2005	-8.3	-2.8	-5.3	-7.2	-4.6	-6.6
2006	-7.9	-2.7	-5.1	-6.6	-4.3	-6.2

* 炭素トン当たり1万円の炭素税賦課の影響。

表2.5 炭素排出量の変化率(%)*

	産業部門	家庭部門	業務部門	運輸部門	総計
1990	-0.9	-2.6	-1.6	-1.9	-1.5
1991	-2.5	-2.4	-2.2	-2.7	-2.5
1992	-3.9	-1.6	-2.1	-2.8	-3.1
1993	-4.8	-1.2	-1.9	-3.2	-3.5
1994	-5.2	-1.2	-2.1	-3.8	-3.9
1995	-6.1	-1.5	-2.9	-4.5	-4.6
1996	-7.3	-1.8	-3.8	-5.4	-5.5
1997	-8.1	-2.0	-4.4	-6.3	-6.2
1998	-8.2	-2.3	-4.8	-7.0	-6.5
1999	-8.0	-2.7	-4.8	-6.9	-6.5
2000	-8.0	-2.9	-4.6	-6.9	-6.5
2001	-8.4	-2.8	-4.7	-7.4	-6.8
2002	-8.8	-2.8	-5.4	-7.5	-7.0
2003	-8.7	-2.9	-5.4	-7.4	-6.9
2004	-8.6	-2.8	-5.4	-7.1	-6.8
2005	-8.3	-2.8	-5.3	-6.3	-6.4
2006	-7.9	-2.7	-5.1	-5.8	-6.1

* 炭素トン当たり1万円の炭素税賦課の影響。

参考文献

- Agras, J., and D. Chapman (1999). "The Kyoto Protocol, CAFÉ Standards, and Gasoline Taxes," *Contemporary Economic Policy*, Vol. 17, No. 3, pp. 296-308.
- Bentzen, J., and T. Engsted (1993). "Short- and Long-run Elasticities in Energy Demand: A Cointegration Approach," *Energy Journal*, Vol. 15, pp. 9-16.
- Bjorner, Thomas Bue, and Henrik Holm Jensen (2000). "Industrial Energy Demand and the Effect of Taxes, Agreements and Subsidies," AKF Forlaget, September.
- Bonneville Power Administration (2003). "Price Elasticity of Demand for Electricity," CR-WA-004A, April.
- Center for Clean Air Policy (1998). "US Carbon Emissions Trading: Some Options that Include Downstream Sources."
- De Boef, Suzanna, and Luke Keele, "Dynamic Specification Revisited," Paper prepared for the 2005 annual meeting of the Society of Political Methodology, Florida State University. <http://www.personal.psu.edu/sld8/post-polmeth20.pdf>
- Lord Marshall (1998). A Report, "Economic Instruments and the Business Use of Energy," November.
- OECD (2000). "Behavioral Responses to Environmentally-Related Taxes," COM/ENV/EPOC/DAFFE/CFA(99)111/FINAL, March.
- (2002). OECD 著、天野明弘監訳、環境省総合環境政策局環境税研究会訳『環境関連税制：その評価と導入戦略』有斐閣。
- Prossor, R.D. (1985). "Demand elasticities in OECD:dynamical aspects," *Energy Economics*, Vol. 7, pp. 139-154.
- U.S. Environmental Protection Agency (2005). "Electricity Demand Response to Changes in Price in EPA's Power Sector Model." <http://www.epa.gov/airmarkets/progsregs/cair/docs/DemandResponse.pdf>
- 秋山修一・細江宣裕(2007). 「電力需要関数の地域別推定」RIETI Discussion Paper Series, 07-J-028, 6月.
- 天野明弘(2003). 『環境経済研究』有斐閣、第3章。
- (2005a). 「エネルギー需要の価格弾力性と炭素税の効果について」、中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会、第1回 環境税の経済分析等に関する専門委員会、参考4-1. http://www.wnv.go.jp/council/16pol-ear/y163-01/ref01_1.pdf
- (2005b). 「わが国の温暖化対策とエネルギー需要の価格弾力性について」中央環境審議会総合政策・地球環境合同部会、第3回 環境税の分析等に関する専門委員会、参考10資料7. <http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y163-03.html>
- (2008a). 『持続可能社会と市場経済システム』関西学院大学出版会、第4章。
- (2008b). 「わが国におけるエネルギー需要の価格弾力性再推定結果について」中央環境審議会総合政策・地球環境合同部会 第2回グリーン税制とその経済分析等に関する専門委員会 資料1.
- 奥島真一郎・後藤則行 (2001). 「日本経済の生産・代替構造分析」日本経済研究、3月、No. 42, pp. 228-242.
- 沈中元 (2003). 「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」第19回エネルギーシステム 経済・環境コンファレンス講演論文集、1月.
- 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット (2006, 2008). 『エネルギー：経済統計要覧』(2008年版および2006年版) 省エネルギーセンター。

付録 わが国におけるエネルギー需要の価格弾力性推定結果

1. 産業部門⁶

$$\ln(\text{eind}) = 8.4959 + 0.4409 \ln(\text{gnp}) + 1.0606 [\ln(\text{gnp}) - \ln(\text{gnp}(-1))] \\ (14.4) \quad (3.67)$$

$$+ \sum_{i=0,13} c_i \ln(\text{rpwenind}(-i))$$

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	-0.0519 (1.36)	-0.0887 (2.80)	-0.0807 (2.95)	-0.0411 (1.58)	-0.0214 (0.86)	-0.0483 (2.25)	-0.0694 (3.40)	-0.0526 (2.41)
i	8	9	10	11	12			
c _i	-0.0098 (0.46)	0.0184 (0.85)	-0.0008 (0.04)	-0.0324 (1.19)	-0.0466 (1.29)			
計	-0.5253 (6.79)	平均ラグ	4.4年					
		最大ラグ	12年					

推定期間：1978-2006

分布ラグ推定：Shiller法、2次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

$$RB2 = 0.954, SE = 0.020, DW = 1.74$$

eind = 産業部門エネルギー最終消費量 (10¹⁰kcal)

gnp = 実質GNP (2000年価格10億円)

rpwenind = 実質産業部門エネルギー卸売物価指数：産業部門のエネルギー源別最終エネルギー消費構成比をウエイトとして、一般炭、石油、都市ガス、および電気の卸売価格指数 (2005年 = 100) を加重平均したものをGNPデフレーター (2000年 = 100) で実質化

2. 民生家庭部門

$$\ln(\text{ehh}) = -1.6775 + 0.9955 \ln(\text{gnp}) + \sum_{i=0,10} c_i \ln(\text{rpewavhh}(-i)) + 0.0002151 \text{heatdd} \\ (51.3) \quad (6.21)$$

$$+ 0.0000131 \text{cooldd}$$

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	-0.2683 (6.30)	0.0232 (0.75)	0.0846 (3.72)	0.0484 (2.05)	-0.0030 (0.15)	-0.0322 (1.73)	-0.0307 (1.55)	-0.0242 (1.18)
i	8	9	10					
c _i	-0.0295 (1.48)	-0.0318 (1.13)	-0.0238 (0.75)					
計	-0.2874 (6.08)	平均ラグ	3.3年					
		最大ラグ	10年					

推定期間：1978-2006

分布ラグ推定：Shiller法、3次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

$$RB2 = 0.995, SE = 0.014, DW = 2.16$$

ehh = 民生家庭部門エネルギー最終消費量 (10¹⁰kcal)

gnp = 実質GNP (2000年価格10億円)

6 以下、係数推定値の下の括弧内は、t値を表す。

rpenavhh = 実質家庭部門エネルギー価格加重平均(円/千kcal)。電力、都市ガス、LPG、灯油のカロリー当たり価格を各エネルギー消費量構成比で加重平均し、それをGNPデフレーター(2000年=100)で実質化。消費量のエネルギー源別構成比は、1970年度、1980年度、1990年度2000年度、2005年度の世帯当り消費量構成比の数値を直線補完して使用。2006年度の構成比は実績値

heatdd = 都市別暖房度日(全国平均)

cooldd = 都市別冷房度日(全国平均)

3. 民生業務部門

$$\ln(\text{ebs}) = 0.3990 + 0.9557 \ln(\text{gnp}(-1)) + \sum_{i=0,12} c_i \ln(\text{rpewavbs}(-i))$$

(27.2)

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	-0.1446 (2.22)	-0.0488 (1.10)	0.0127 (0.36)	0.0207 (0.67)	-0.0226 (0.77)	-0.0734 (2.90)	-0.0850 (3.51)	-0.0573 (2.39)
i	8	9	10	11	12			
c _i	-0.0209 (0.81)	0.0009 (0.03)	0.0035 (0.12)	-0.0150 (0.39)	-0.0700 (1.24)			
計	-0.4998 (4.40)	平均ラグ	4.9年					
		最大ラグ	12年					

推定期間：1978-2006

分布ラグ推定：Shiller法、3次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

RB2 = 0.993, SE = 0.028, DW = 1.89

ebs = 民生業務部門エネルギー最終消費量(10¹⁰kcal)

gnp = 実質GNP(2000年価格10億円)

rpewavbs = 実質民生業務部門エネルギー卸売物価加重平均(2005年=100)。主要3エネルギー(電力、都市ガス、石油製品平均物価指数)を電力、ガス、石油の消費量構成比で加重平均し、それをGNPデフレーター(2000年=100)で実質化。消費量のエネルギー源別構成比は、1970年度、1980年度、1990年度2000年度、2005年度の床面積当り消費量構成比の数値を直線補完して使用。2006年度の構成比は実績値

4. 旅客運輸部門

$$\ln(\text{eps}) = -1.7722 + 1.1350 \ln(\text{gnp}(-1)) + \sum_{i=0,13} c_i \ln(\text{rpewavps}(-i))$$

(46.1)

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	-0.1735 (3.91)	-0.0255 (0.73)	0.0141 (0.56)	-0.0055 (0.24)	-0.0363 (1.70)	-0.0502 (2.87)	-0.0512 (2.87)	-0.0448 (2.48)
i	8	9	10	11	12	13		
c _i	-0.0275 (1.47)	-0.0080 (0.43)	-0.0105 (0.52)	-0.0350 (1.71)	-0.0465 (1.57)	0.0090 (0.23)		
計	-0.4912 (5.65)	平均ラグ	4.6年					
		最大ラグ	13年					

推定期間：1978-2006

分布ラグ推定：Shiller法、3次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

$$RB2 = 0.996, SE = 0.018, DW = 1.60$$

eps = 旅客運輸部門エネルギー最終消費量(10¹⁰kcal)

gnp = 実質GNP(2000年価格10億円)

rpewavps = 実質旅客運輸部門エネルギー卸売物価加重平均(2005年=100)。乗用車、バス、旅客鉄道、旅客海運、旅客航空の各輸送量をウエイトとし、ガソリン、軽油、電力、C重油、およびジェット燃料の卸売物価指数(2005年=100)を加重平均して、それをGNPデフレーター(2000年=100)で実質化

5. 貨物運輸部門

$$\ln(ecg) = 9.3230 + 0.4973 \ln(iip) + \sum_{i=0,14} c_i \ln(rpewavcg(-i)) \quad (14.6)$$

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	-0.0466 (2.12)	-0.0406 (1.85)	-0.0270 (1.53)	-0.0237 (1.36)	-0.0188 (1.15)	-0.0137 (0.82)	-0.0229 (1.45)	-0.0298 (1.82)
i	8	9	10	11	12	13	14	
c _i	-0.0165 (1.04)	-0.0094 (0.57)	-0.0220 (1.37)	-0.0089 (0.53)	0.0077 (0.46)	0.0007 (0.03)	-0.0315 (1.50)	
計	-0.3029 (7.59)	平均ラグ	5.0年					
		最大ラグ	14年					

推定期間：1979-2006

分布ラグ推定：Shiller法、2次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

$$RB2 = 0.976, SE = 0.018, DW = 1.83$$

ecg = 貨物運輸部門エネルギー最終消費量(10¹⁰kcal)

iip = 鉱工業生産指数(2000年=100)

rpwenavcg = 実質貨物運輸部門エネルギー卸売物価加重平均(2005年=100)。貨物自動車、貨物鉄道、貨物海運、貨物航空の各輸送量をウエイトとし、軽油、電力、C重油、およびジェット燃料の卸売物価指数を加重平均して、それをGNPデフレーター(2000年=100)で実質化

6. 電力需要の価格弾力性(製造業大口電力需要)

$$\ln(delecmf) = 10.531 + 0.6025 \ln(iipmf) + \sum_{i=0,7} c_i \ln(rpelecb(-i)) \quad (14.5)$$

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	0.0350 (0.91)	-0.0852 (2.83)	-0.0833 (3.30)	-0.0348 (1.52)	-0.0157 (0.69)	-0.0497 (2.27)	-0.0855 (3.34)	0.0118 (0.40)
計	-0.3074 (12.1)	平均ラグ	3.6年					
		最大ラグ	7年					

推定期間：1978-2006

分布ラグ推定：Shiller法、2次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

$$RB2 = 0.980, SE = 0.016, DW = 1.13$$

delcmf = 製造業大口電力需要(100万kWh)

iipmf = 製造業生産指数(2000年=100)

rpelecb = 実質電力総合単価：電力総合単価(円/千kcal)をGNPデフレーター(2000年=100)で
実質化

7. ガソリン需要の価格弾力性

$$\ln(\text{sgasl}) = 3.0443 + 0.6772 \ln(\text{gnp}) + \sum_{i=0,7} c_i \ln(\text{rpelecb}(-i))$$

(16.1)

i	0	1	2	3	4	5	6	7
c _i	-0.0076	-0.0075	-0.0106	-0.0239	-0.0318	-0.0541	-0.0583	-0.0446
	(0.21)	(0.25)	(0.43)	(1.07)	(1.46)	(2.57)	(2.84)	(2.16)
i	8	9	10	11	12	13		
c _i	-0.0412	-0.0274	-0.0193	-0.0289	-0.0301	-0.0399		
	(2.00)	(1.36)	(0.94)	(1.37)	(1.14)	(1.21)		
計	-0.4252	平均ラグ	7.4年					
	(6.67)	最大ラグ	13年					

推定期間：1978-2006

分布ラグ推定：Shiller法、2次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

RB2 = 0.996, SE = 0.014, DW = 1.31

sgasl = ガソリン販売量(千kL)

gnp = 実質GNP(2000年価格10億円)

rpelecb = 実質ガソリン価格：カロリー当たりガソリン卸売価格(円/千kcal)をGNPデフレーター(2000年=100)で実質化

8. ガソリン乗用車の新車燃費効率

$$\ln(\text{vfenew}) = 1.5361 + \sum_{i=0,7} c_i \ln(\text{rpgasl}(-i)) + 0.009203 \text{ time}$$

(9.61)

i	0	1	2	3	4
c _i	0.0846	0.0787	0.0817	0.0652	0.0168
	(1.89)	(2.33)	(2.12)	(1.94)	(0.34)
計	-0.3270	平均ラグ	1.5年		
	(10.7)	最大ラグ	4年		

推定期間：1979-2006

分布ラグ推定：Shiller法、2次、係数制約なし、平滑性事前情報 0.1

RB2 = 0.866, SE = 0.024, DW = 0.75

vfenew = ガソリン乗用車平均燃費：新車(km/L)

rpgasl = 実質ガソリン価格：カロリー当たりガソリン価格(円/千kcal)をGNPデフレーター(2000年=100)で実質化

time = 1次のタイムトレンド