

本研究における各種エネルギーの自己価格弾力性は負である¹⁵。化石燃料についてみると、他の研究と同様、石炭の自己価格弾力性のマイナス幅は大きい(▲1.12)。したがって石炭の需要は、価格に対して大きく負に反応すると推察される。

また、石炭とガス ($\varepsilon_{Gas, Coal}=0.43$)、石油とガス ($\varepsilon_{Gas, Oil}=1.04$) の価格弾力性はプラスであり、他の研究もおおむね同様の結果である。これは経済的手法の導入によって、炭素含有量の多い石炭や石油から炭素含有量の少ないガスへとエネルギー源の代替が比較的スムーズに進む可能性があることを意味している。

ただし、この結論を裏付けるためには、炭素税を導入した場合における、化石燃料間の相対価格の変化を確認する必要がある。炭素税はすべての化石燃料の価格を上昇させるため、相対価格の変化を確認しなければ代替の方向を特定することができないからである。表4は、仮に炭素トンあたり3万円の炭素税を導入した場合の、各化石燃料の価格上昇率を比較したものである。表4から、炭素税導入の際の価格上昇率は、輸入段階でみると、石炭、原油、LNG(液化天然ガス)の順に大きいことがわかる。さらに製品段階における価格上昇率を比べても、各石油製品の方が都市ガスよりも大きい¹⁶。このように、化石燃料間の相対価格の変化からみても、前述の結論は裏付けられる。

表4 炭素税(炭素トンあたり3万円)を導入した場合の化石燃料の価格上昇率

	炭素含有量 (tC/t, kl, 千 m3)	価格 (円/t, kl, 千 m3)	炭素税課税後価格 (円/t, kl, 千 m3)	価格上昇率 (%)
石炭(一般炭, t)	0.6413	4,781	24,021	402
原油(kl)	0.7225	11,057	32,732	196
ガソリン(kl)	0.6433	98,398	117,696	20
灯油(kl)	0.6896	35,069	55,756	59
軽油(kl)	0.7212	48,638	70,274	44
A重油(kl)	0.7357	30,962	53,034	71
C重油(kl)	0.8016	16,568	40,617	145
LNG(t)	0.7331	17,235	39,227	128
都市ガス(千 m3)	0.5431	90,100	106,393	18

(注) 1. 環境庁(1999)、資源エネルギー庁『総合エネルギー統計』、日本エネルギー経済研究所『EDMC エネルギー・経済統計要覧』等を用いて試算。

2. 価格は1995年度平均。石炭、原油、LNGは輸入価格、その他は卸売価格。

¹⁵ エネルギーサブモデルにおける価格弾力性は、Berndt and Wood(1979)のいう粗価格弾力性(Gross Price Elasticity)である。

¹⁶ 石炭については、輸入価格でみても国内価格でみても、価格上昇率はほぼ同じである。

以上の結果から、経済的手法の導入は炭素含有量の多い石炭に対する需要を大きく減少させること、さらに、石炭や石油から炭素含有量の少ないガスへとエネルギー源の代替が比較的スムーズに進む可能性があることが示された。

4. おわりに

本研究の目的は、エネルギーの価格弾力性や代替弾力性の計測から、温暖化対策の有効性を検証することであった。分析結果から、以下のようなインプリケーションを得ることができた。

まず、エネルギーの自己価格弾力性は負であって、エネルギーと他の生産要素とは資本を除いて代替関係にあった。これらの推計結果から、経済的手法の導入は効果的にエネルギー需要を減少させること、また要素需要がエネルギーから他の生産要素へと比較的スムーズに代替しうることが示された。

次に、各種エネルギー源においても自己価格弾力性は負であり、特に石炭の自己価格弾力性の絶対値が大きい。また石炭からガス、石油からガスへの代替可能性も高い。これらの推計結果から、経済的手法の導入は炭素含有量の多い石炭の需要を大きく減少させること、さらに石炭や石油から炭素含有量の少ないガスへとエネルギー源の代替が比較的スムーズに進む可能性があることが示された。

以上の結果から、炭素税などの経済的手法が二酸化炭素排出量の削減に確かに有効であって、さらにその導入に伴う経済的ダメージは比較的小さい可能性があるとのインプリケーションを得ることができた。つまり、我が国において、経済的手法は有効に機能しうることが、過去のデータからも実証されたのである。

ただし、価格弾力性や代替弾力性の推定値は推計手法やデータ作成方法に敏感なものである (Berndt (1976) 等)。また、弾力性の分析には、一般均衡モデルが不可欠であるという批判もある (Solow (1987) 等)¹⁷。確かな推定値を得るためには、多くの研究を積み重ねる以外にはない。本研究がその一助となることを願う次第である。

¹⁷ 応用一般均衡モデルを用いた分析については、Shoven and Whalley (1992)、OECD (1998)、Okushima (2000) 等を参照。

補論 データの作成方法

1. シェア S_i

1960、65、70、74～95 年については産業連関表基本表、延長表を用いて作成した。1961～64、66～69、71～73 年については、以下の方法で推計した¹⁸。まず、総生産額や最終需要額等を各項目ごとに他のソース（国民経済計算、通産統計など）を用いて推計し、その後投入産出マトリックスを RAS 法で算出した¹⁹。

2. 資本価格 P_K 、労働価格 P_L

伊藤・室田（1984）に基づいて算出した。

3. 財価格 P_i

エネルギー価格（ P_{E1} から P_{E4} ）については日本銀行「卸売物価指数」を、原材料価格（ P_{M1} から P_{M5} ）については、経済企画庁「国民経済計算」のデフレーターを用いて、ディビジア指数を作成した。分散型ディビジア指数は Translog 関数と整合的な指数である。詳しくは Diewert (1976) 参照。

¹⁸ その際、高田（1999）等を参考にした。

¹⁹ RAS 法については、Bacharach (1971) 等を参照。

付録 Translog モデルの推計結果(全産業ベース)

K L E Mモデル

全産業			
パラメータ	推計値	標準誤差	t 値
α_K	0.17396	0.00470	37.05
α_L	0.28592	0.00407	70.31
α_E	0.05214	0.00353	14.75
α_M	0.48798	-	-
β_{KK}	0.08771	0.01479	5.93
β_{KL}	0.01869	0.01046	1.79
β_{KE}	-0.01204	0.00982	-1.23
β_{KM}	-0.09436	-	-
β_{LL}	0.06131	0.00920	6.67
β_{LE}	-0.00293	0.00793	-0.37
β_{LM}	-0.07707	-	-
β_{EE}	0.02315	0.00847	2.73
β_{EM}	-0.00818	-	-
β_{MM}	0.17960	-	-

原材料サブモデル

全産業			
パラメータ	推計値	標準誤差	t 値
α_{M1}	0.05448	0.00269	20.22
α_{M2}	0.17411	0.00903	19.28
α_{M3}	0.33474	0.00618	54.14
α_{M4}	0.05491	0.00425	12.91
α_{M5}	0.38177	-	-
β_{M1M1}	-0.03481	0.02424	-1.44
β_{M1M2}	0.05693	0.01119	5.09
β_{M1M3}	0.04442	0.01779	2.50
β_{M1M4}	-0.04102	0.01692	-2.42
β_{M1M5}	-0.02553	-	-
β_{M2M2}	0.09135	0.02358	3.87
β_{M2M3}	-0.03598	0.02664	-1.35
β_{M2M4}	-0.00018	0.01260	-0.01
β_{M2M5}	-0.11212	-	-
β_{M3M3}	0.11458	0.03946	2.90
β_{M3M4}	-0.03688	0.01767	-2.09
β_{M3M5}	-0.08615	-	-
β_{M4M4}	-0.03229	0.01674	-1.93
β_{M4M5}	0.11036	-	-
β_{M5M5}	0.11344	-	-

エネルギーサブモデル

全産業			
パラメータ	推計値	標準誤差	t 値
α_{E1}	0.13049	0.00662	19.72
α_{E2}	0.55209	0.01166	47.34
α_{E3}	0.28126	0.01311	21.45
α_{E4}	0.03617	-	-
β_{E1E1}	-0.03399	0.07117	-0.48
β_{E1E2}	-0.18182	0.03230	-5.63
β_{E1E3}	0.20499	0.07646	2.68
β_{E1E4}	0.01081	-	-
β_{E2E2}	0.19755	0.05857	3.37
β_{E2E3}	-0.03394	0.06593	-0.51
β_{E2E4}	0.01821	-	-
β_{E3E3}	-0.13714	0.10637	-1.29
β_{E3E4}	-0.03392	-	-
β_{E4E4}	0.00490	-	-

参考文献

- 伊藤浩吉(1983)「トランスログ生産関数による代替の弾力性、価格の弾力性の計測」『エネルギー経済研究』Vol. 1、pp. 233-250.
- 伊藤浩吉、室田泰弘(1984)「トランス・ログ型費用関数を含んだマクロ・モデルの推計」『日本経済研究』No. 13、pp. 31-40.
- 奥島真一郎(1999)「日本経済の生産・代替構造と温暖化対策に伴う経済的影響評価」『環境経済・政策学会 1999 年大会報告要旨集』、pp. 250-251.
- 環境庁(1999)「地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」.
- 後藤則行(1995)「CO₂ 排出量安定化のマクロおよび部門別経済的影響分析」『金沢大学経済論集』第 32 号、pp. 47-75.
- 後藤則行(1999)「中国との共同実施の可能性」、環境経済・政策学会編『地球温暖化への挑戦』、東洋経済新報社.
- 高田直樹(1999)「RAS法を用いた産業連関表の延長推計の方法」、未発表.
- 得津一郎(1994)『生産構造の計量分析』、創文社.
- 得津一郎(1998)「技術進歩の類型化について」『国民経済雑誌』第 177 巻第 4 号、pp. 51-63.
- Arrow, K. J., H. B. Chenery, B. S. Minhas, and R. M. Solow (1961) "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency," *Review of Economics and Statistics*, 43, pp. 225-250.
- Bacharach, M. (1971) *Biproportional Matrices and Input-Output Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Berndt, E. R. (1976) "Reconciling Alternative Estimates of the Elasticity of Substitution," *Review of Economics and Statistics*, 58, pp. 59-69.
- Berndt, E. R., and D. O. Wood (1975) "Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy," *Review of Economics and Statistics*, 57, pp. 259-268.
- Berndt, E. R., and D. O. Wood (1979) "Engineering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity," *American Economic Review*, 69, pp. 342-354.
- Berndt, E. R., and D. O. Wood (1981) "Engineering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity: Reply and Further Results," *American Economic Review*, 71, pp. 1105-1110.

- Burgess, D.F. (1975) " Duality Theory and Pitfalls in the Specifications of Technologies," *Journal of Econometrics*, 3, pp.105-121.
- Christensen, L.R., D.W. Jorgenson, and L.J. Lau (1973) " Transcendental Logarithmic Production Frontiers," *Review of Economics and Statistics*, 55, pp.28-45.
- Considine, T. (1989) " Separability, Functional Form and Regulatory Policy in Models of Interfuel Substitution," *Energy Economics*, 11, pp.82-94.
- Diewert, W.E. (1976) " Exact and Superlative Index Numbers," *Journal of Econometrics*, 4, pp.115-145.
- Fuss, A. (1977) " The Demand for Energy in Canadian Manufacturing: An Example of the Estimation of Production Structures with Many Inputs," *Journal of Econometrics*, 5, pp.89-116.
- Goto, N. (1995) " Macroeconomic and Sectoral Impacts of Carbon Taxation," *Energy Economics*, 17, pp.277-292.
- Goto, N., and I. Sawa (1993) " An Analysis of the Macroeconomic Costs of Various CO2 Emission Control Policies in Japan," *Energy Journal*, 14(1), pp.83-110.
- Griffin, J.M., and P.R.Gregory (1976) " An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses," *American Economic Review*, 66, pp.845-857.
- Hudson, E.A., and D.W. Jorgenson (1974) " U.S. Energy Policy and Economic Growth, 1975-2000," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 5, pp.461-514.
- Kuroda, M., K. Yoshioka, and D.W. Jorgenson (1984) " Relative Price Changes and Biases of Technical Change in Japan," *Economic Studies Quarterly*, 35, pp.116-138.
- Lau, L.J. (1992) "A Note on the Representation of Pure Commodity-augmenting Technical Progress," *Academia Economic Papers*, 20, pp.337-45.
- Longva, S., and Ø. Olsen (1983) " Price Sensitivity of Energy Demand in Norwegian Industries," *Scandinavian Journal of Economics*, 85, pp.17-36.
- Matsukawa, I., Y. Fujii, and S. Madono (1993) "Price, Environmental Regulation, and Fuel Demand: Econometric Estimates for Japanese Manufacturing

- Industries," *Energy Journal*, 14(4), pp.37-56.
- McFadden, D.L. (1963) " Constant Elasticity of Substitution Production Functions, " *Review of Economic Studies*, 30, pp.73-83.
- OECD (1998) *Economic Modelling of Climate Change OECD Workshop Report*, Paris: OECD.
- Okushima, S. (2000) " Policy Analysis of Carbon Taxes in Japan," mimeo.
- Pearce, D. (1991) "The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming," *Economic Journal*, 101, pp.938-948.
- Perkins, F.C. (1994) " A Dynamic Analysis of Japanese Energy Policies: Their Impact on Fuel Switching and Conservation," *Energy Policy*, 22, pp.594-607.
- Renou-Maissant, P. (1999) " Interfuel Competition in the Industrial Sector of Seven OECD Countries, " *Energy Policy*, 27, pp.99-110.
- Shoven, J.B., and J.Whalley (1992) *Applying General Equilibrium*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Solow, J.L. (1987) " The Capital-Energy Complementarity Debate Revisited, " *American Economic Review*, 77, pp.605-614.
- Uzawa, H. (1962) " Production Functions with Constant Elasticities of Substitution," *Review of Economic Studies*, 29, pp.291-299.
- Zellner, A. (1962) " An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias," *Journal of the American Statistical Association*, 57, pp.348-368.
- Zellner, A. (1963) " Estimators for Seemingly Unrelated Regression Equations: Some Exact Finite Sample Results, " *Journal of the American Statistical Association*, 58, pp.977-992.