

Working Paper NO. 26

「炭素税による温暖化対策の不確実性」

清水 透

麗澤大学大学院 国際経済研究科 博士課程

小野 宏哉

麗澤大学 国際経済学部 教授

平成 19 年 11 月 12 日

RIPeSS 経済社会総合研究センター

目次

1.	はじめに	1
2.	トランスログ費用関数.....	3
2.1.	シェア方程式.....	3
2.2.	推定用データの整備.....	6
2.3.	パラメータの推定結果.....	9
2.4.	偏代替弾力性による供給構造の検討.....	11
2.5.	部門別の供給構造の検討.....	12
2.6.	自己価格弾力性による価格効果の検討.....	14
2.7.	部門別の価格効果の検討.....	15
3.	炭素税による温暖化対策の不確実性.....	17
3.1.	炭素税の試算.....	17
3.2.	炭素税率の設定とエネルギー価格の変動.....	18
3.3.	部門別排出削減量の差異.....	21
3.4.	長期の炭素税による技術進歩.....	23
4.	結論	24
	参考文献	25

1. はじめに

1980年代から IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)などによって指摘されてきた地球温暖化問題は影響範囲が広く、その対策には莫大な費用と長い時間が必要となる。この問題に対して、1997年に先進国への温室効果ガス削減の数値目標を課す京都議定書が採択され、2005年に正式に発効した。国内では、地球温暖化対策推進大綱や京都議定書目標達成計画を策定し、省エネの促進や産業界の自主規制による排出削減の強化を中心とした温暖化対策を実施している。しかし、2005年の時点で温室効果ガスの排出量は目標とする排出水準に比して約14%増加している。議定書が規定する第一約束期間が目前に迫っているが、数値目標の達成は困難な状況である。

温暖化問題が注目されるとともに、その有効な対策の一つとして炭素税が議論され続けている。炭素税による温暖化対策を行う場合の利点として、地球温暖化の主要な原因となっている二酸化炭素排出源の多くが、エネルギー転換部門のような大規模な排出源ではなく、大部分が小規模な排出源であることから、これらの排出者に対して排出量を削減するように影響を与えることがあげられる。

炭素税に関する初期の研究として、永田ほか(1991)、Hibiki et al (1992)、黒田・新保(1993)、Goto and Sawa(1992)、Goto(1995)などがある。これらでは、主に炭素税による有効性を検証し、必要となる税率、課税した場合の経済への影響が分析されている。その結果、エネルギー価格に対して炭素税を課税することによって、二酸化炭素の排出量を削減することが可能であることが検証された。しかし、これらのモデルでは、技術進歩や税収の還流についてまでは十分に考慮されていなかった。

このような初期の炭素税に関する諸研究について、天野(1997)は、詳しく計量モデルや一般均衡モデルを検証している。短期的な経済構造を反映している計量モデルでは、炭素税の課税による影響が短期的にも長期的にも極めて大きいと判断されている。長期的モデルによる結果では、生産や消費のさまざまな側面で反応が表れるため、その影響はそれほど大きくはならないが、短期的影響を過小評価している可能性がある。したがって、二酸化炭素排出量抑制政策による経済への影響を判定する場合には、時間的視野を明確にすることが重要であると指摘している。

こうした問題点に対して、日引・Sands(1996)、伴ほか(1998)等のような応用一般均衡モデルでは、政府部門が明示的に組み込まれ、炭素税の削減効果や、必要となる炭素税率、経済への影響、さらに炭素税の税収の還流した場合にどの程度経済への影響を緩和することができるのかについて分析が行われている。しかし、温暖化問題においては長い時間的視野を必要とすることから、技術進歩は重要な要因であり、その面では技術進歩について外生的に与えられる、あるいは考慮されていないなどの課題が残されている。

技術進歩を明示的に取り扱うために、増井ほか(2000)が、逐次均衡型の応用一般均衡モデルを用いた分析を行っている。この中で、二酸化炭素排出量抑制政策と廃棄物抑制政策を対象に取り上げている。この2つの環境制約下における経済への影響を分析するにあた

って、技術進歩を特定の機器の導入といった形で明示的に取り入れている。しかし、個々の技術の評価するためには、ボトムアップ型のモデルを構築する必要性を指摘している。

この点で、国立環境研究所と京都大学のプロジェクトチームは、AIM(Asia Pacific Integrated Model)モデルを開発し、炭素税による温暖化対策を分析している。これは、温暖化対策の評価と気候変動の影響評価を目的としており、個々の技術の評価するボトムアップ型の AIM/End-use モデルを含んでいる。AIM プロジェクト(2003)では、これらのモデルを用いて炭素税の課税による影響を試算している。AIM モデルを構成する3つのモデルによって結果は異なるものの、二酸化炭素排出量を1990年の水準に削減するためには、炭素1トン当たり30000円/tCから40000円/tCの課税が必要であると試算している。また、炭素税の税収を補助金として還流した場合には3000円/tCから5000円/tCの課税によって削減目標を達成できると試算している。

これらの炭素税に関する諸研究を元に、環境省は平成16年度以降、税制改正要望において炭素税(温暖化対策税)の導入を明記し、政府に対してその導入を働きかけている。環境省案¹では、炭素1トン当たり2400円/tCの課税を行うことで約3700億円の税収を見込んでおり、この税収を温暖化対策のための補助金として還流することで温室効果ガスを4300万トン削減されると試算している。

様々な研究により炭素税による温暖化対策の有効性が実証され、それらを踏まえて環境省の提案がなされている。しかし、炭素税を導入した場合、特にエネルギー集約産業への影響が大きいことから、この政策の導入には産業界を中心に慎重論も根強く主張されている²。その理由として、炭素税を課すことによるエネルギー価格の上昇によって、国際競争力が低下する、あるいは経済への悪影響などが懸念されている。また、2007年には原油価格が大きく変動し、炭素税に匹敵する水準まで高騰したため、炭素税自体が価格面では不要な状況となっている。こうした炭素税の導入に対する反対の意見や状況のもとに、現在に至るまで国内で温暖化対策としての炭素税は導入されていない。

炭素税に関する議論が長く続けられるだけに止まらず、それを温暖化対策として導入し、目標を達成し続けるための恒久的な対策とする場合には、価格変化に対応する経済構造とその変化を常に検証する必要がある。また、削減目標を長期的に1990年に比べて50%程度とする提案がなされ、炭素税という手法の適用可能性の吟味が必要になっている。そこで本研究では、これまでの炭素税に関する議論を踏まえつつ、有力な地球温暖化対策の一つとして議論されてきた炭素税について、毎年の広い範囲の価格変動データを整備し、国内の投入構造を部門別に伝統的なトランスログ費用関数によって定式化する。そして、部門毎の相違を投入構造の変化の違いまで明らかにするために、偏代替弾力性と自己価格弾力性を推定する。さらに、推計結果をもとに、炭素税の適用可能性について技術進歩と不確実性の面から定量的に評価・検討を行う。

¹ 環境省(2005)、「環境税の具体案」

² 社団法人日本経済団体連合会(2003)、「日本経団連意見書：「環境税」の導入に反対する」

2. トランスログ費用関数

炭素税による二酸化炭素排出削減政策を実施する場合、二酸化炭素排出源の大部分がエネルギー起源であることから、エネルギー価格に上乗せする形で課税される。これによってエネルギー価格が上昇することでエネルギー需要を抑制し、二酸化炭素の排出量を削減することが期待される。そのため、エネルギーの価格弾力性を検討することが最も重要である。

ここでは、炭素税によるエネルギー価格の上昇によってエネルギー需要が抑制されるのか、抑制されたエネルギー需要がどの生産要素によって代替されるのかについて検証するために、国内の供給構造を資本 K 、労働 L 、エネルギー E を投入要素とするトランスログ費用関数³によって定式化し、生産要素間の偏代替弾力性と自己価格弾力性の推定を行う⁴。

また、炭素税が実施された場合の影響は、産業部門や業種ごとに異なる。そのため、日本国内を対象とするマクロ経済モデルを、製造業、電気・ガス・熱供給業、運輸通信業の3部門に部門分割を行った。さらに製造業については、食料品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、非鉄金属製造業、機械器具製造業の8業種に部門分割を行った。

2.1. シェア方程式

まず、資本 K 、労働 L 、エネルギー E の3つの投入要素と時間 t からなる生産関数は以下のように表される。

$$Y = F(K, L, E, t) \quad (2.1)$$

この生産関数が少なくとも2階微分可能で concave (凹性) ならば、総費用 C を産出量と各投入要素価格 (P_K, P_L, P_E) に関係付ける双対なコスト関数が存在し以下のように表される。

$$C = C(P_K, P_L, P_E, t, Y) \quad (2.2)$$

トランスログ生産関数と双対関係⁵にあるトランスログ費用関数は、コスト関数の対数

³ Christensen, Jorgenson, and Lau (1973)

⁴ トランスログ費用関数を用いてエネルギー価格の変動による供給構造の変化を分析している研究としては、1973年の石油危機による経済構造への影響を分析した伊藤(1978, 1983)、和合(1983)、伊藤・室田(1984)などがある。炭素税を分析の対象としたものとしては、Hibiki, Ono, Morita(1992)や奥島・後藤(2001)などがある。

⁵ トランスログ費用関数はトランスログ生産関数の一般に双対ではなく、真の関数に対する近似である(和合, 1983)

の2次の項までをテイラー展開し、以下のように表される。

$$\begin{aligned} \log c = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \log P_i + \alpha_t t + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \log P_i \log P_j \\ & + \sum_i \beta_{it} \log P_i t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 \end{aligned} \quad (i, j = K, L, E) \quad (2.3)$$

$$c: \text{単位費用(平均費用)} \quad (c = \frac{C}{Y})$$

ここでは、産出量に関して相似性と規模に対して収穫一定を仮定している。さらに、トランスログ費用関数には投入価格に関する一次同次とパラメータの対称性の制約から以下の制約が課される。

$$\sum_i \alpha_i = 1 \quad (i = K, L, E) \quad (2.4)$$

$$\sum_i \beta_{ij} = \sum_j \beta_{ji} = 0 \quad (i \neq j, \quad i, j = K, L, E) \quad (2.5)$$

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (i \neq j, \quad i, j = K, L, E) \quad (2.7)$$

さらに、時間 t について以下の制約条件が必要となる。

$$\beta_{it} = \beta_{ti} \quad (i = K, L, E) \quad (2.8)$$

$$\sum_i \beta_{it} = 0 \quad (i = K, L, E) \quad (2.9)$$

ここで、生産要素市場が完全競争であり、費用最小化を仮定することで、可変費用関数の可変生産要素価格に関する偏微分係数は当該生産要素の最適投入量に等しいという Shephard の補題を用いて各要素のコストシェア方程式をえることができる⁶。まず、単位費用 c は、以下のように表される。

$$c = \sum_i P_i \frac{x_i}{Y} \quad (i = K, L, E) \quad (2.10)$$

P_i : 要素価格, x_i : 要素需要量

⁶奥野・鈴木(1986), pp. 94

Shephard の補題は以下のように表される。

$$\frac{\partial c}{\partial P_i} = \frac{x_i}{Y} \quad (i = K, L, E) \quad (2.11)$$

これを用いて、(2.3)式の単位費用 c を各要素価格 P_i で偏微分することで各投入要素のコストシェア S_i を得ることができる。

$$\frac{\partial \log c}{\partial \log P_i} = \frac{P_i}{c} \frac{\partial c}{\partial P_i} = \frac{P_i x_i}{cY} = S_i \quad (i = K, L, E) \quad (2.12)$$

したがって、(2.3)式のトランスログ費用関数のコストシェア方程式は以下のように表すことができる。

$$S_i = \frac{\partial \log c}{\partial \log P_i} = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \log P_j + \beta_{it} \quad (i, j = K, L, E, \quad t = 0, 1, \dots, 13) \quad (2.13)$$

また、(2.3)式の費用関数の時間に関する対数微分で表される技術進歩率は、以下の(2.14)式のように表され負の TFP に対応する。

$$\frac{\partial \log c}{\partial t} = -TFP = \alpha_t + \sum_i \beta_{it} \log P_i + \beta_{tt} \quad (i, j = K, L, E, \quad t = 0, 1, \dots, 13) \quad (2.14)$$

TFP : 総要素生産性

ただし、モデルの推計にあたってはコストシェア方程式が、以下のような集計条件を満たさなければならない。

$$\sum_i S_i = \sum_i \left(\frac{P_i x_i}{cY} \right) = 1 \quad (i = K, L, E) \quad (2.15)$$

したがって、(2.13)式により推定を行う場合には、 $(n-1)$ 本のコストシェア方程式を用いることとなる。また、コストシェア方程式には費用関数の一次同次性より、以下の制約条件が課される。

$$\sum_i \alpha_i = 1 \quad (i = K, L, E) \quad (2.16)$$

$$\sum_i \beta_{ij} = \sum_j \beta_{ji} = 0 \quad (i \neq j, i, j = K, L, E) \quad (2.17)$$

$$\sum_i \beta_{ii} = 0 \quad (i = K, L, E) \quad (2.18)$$

そして、トランスログ費用関数において、投入要素間の Allen の偏代替弾力性は、推定したパラメータと各要素のコストシェアを用いて、以下のようにして推定することができる。

$$\sigma_{ii} = \frac{\beta_{ii} + S_i(S_i - 1)}{S_i^2} \quad (i = K, L, E) \quad (2.19)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{\beta_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j} \quad (i \neq j, i, j = K, L, E) \quad (2.20)$$

σ_{ij} の値は、投入要素間で異なることが自然であり、 $\sigma_{ij} > 0$ ならば x_i と x_j は代替的、 $\sigma_{ij} < 0$ ならば x_i と x_j は補完的、 $\sigma_{ij} = 0$ ならば x_i と x_j は独立である。

価格弾力性は、以下のように推定することができる。

$$\eta_{ii} = \sigma_{ii} S_i \quad (i = K, L, E) \quad (2.21)$$

$$\eta_{ij} = \sigma_{ij} S_j \quad (i \neq j, i, j = K, L, E) \quad (2.22)$$

ここで用いたトランスログ費用関数の場合、(2.13)式から誘導されるため、観測期間にわたって σ と η は一定ではなく、コストシェアの値とともに変化する。

2.2. 推定用データの整備

シェア方程式を用いて偏代替弾力性と自己価格弾力性を推定するためには、資本、労働、エネルギーの費用と価格のデータを整備する必要がある。ここでは、1990年から2005年までのデータを以下のようにして整備した。

まず、GDP のデータは内閣府経済社会総合研究所が公表している国民経済計算 (93SNA) をから 1995 年基準と 2000 年基準の名目 GDP を接続⁷したものをを用いた。

⁷ ここでは、1995 年基準と 2000 年基準のデータを、2000 年の時点でリンク係数を用いて接続している。

資本コスト⁸には、(2.23)式によって資本を使用するための費用である資本レンタル価格⁹を推定し、民間企業資本ストック年報を用いて資本コストの推定を行った¹⁰。

$$P_k = \frac{a(1-k-\tau_z)\{(1-\tau)i+\delta\}}{P(1-\tau)} \quad (2.23)$$

P_k : 資本レンタル価格 P : 生産物価格 a : 資本財価格
 k : 投資税額控除率 τ : 実効法人税率 i : 名目利子率
 z : 償却累計の割引現在価値 δ : 減価償却率

生産物価格は、名目 GDP と同じく国民経済計算(93SNA)から 1995 年基準と 2000 年基準の GDP デフレーターを接続したものをを用いた。資本財価格は、日本銀行の企業物価指数から 2000 年基準の資本財を用いた。投資税額控除率については、国内においてその実施規模が小さいため、日本を対象にした先行研究と同様にゼロとした。法人税率は、法人税一般税率、法人住民税率、法人事業税率をもとに税制調査会方式による実効税率を推計し用いた。名目利子率は、財務総合政策研究所の法人企業統計調査から、当期末の支払利息等、短期借入金、長期借入金、社債、受取手形割引残高を用いて推計した。減価償却率も、財務総合政策研究所の法人企業統計調査の減価償却費計、その他の有形固定資産、無形固定資産を用いた。

次に労働コスト¹¹は、厚生労働省の毎月勤労統計調査及び労働力調査年報を用いた。まず、毎月勤労統計調査の現金給与総額と労働力調査報告の就業者数¹²から労働の総費用を算出し、これを労働コストとした。賃金については、労働力調査年報の就業者数と毎月勤労統計調査の総実労働時間、そして労働コストを用いて以下の(2.24)式のように時間当たりの賃金を用いた。

$$P_L = \frac{L_c}{\hat{L}h} \quad (2.24)$$

L_c : 労働コスト \hat{L} : 就業者数 h : 総実労働時間

⁸ 資本コストの推計方法として、本文中のように Jorgenson 流の資本コストを推定するほかに、古典派的仮定の下で産出額から労働のコストを差し引いたものを資本コストとする研究もある。また、資本のコストについて本文中のような定義を用いているが、資本の減耗や種類といった質の評価を含んでおらず、また資本の稼働時間によって資本のコストは異なるが今回の推計では考慮していない。

⁹ Hall and Jorgenson (1968)

¹⁰ Jorgenson の設備投資関数での資本のレンタル価格は、資本財の相対価格、法人税率、減価償却、キャピタルゲインなどの資本を使用するための費用(user cost of capital)によって構成されているが、簡単化のために(2.23)式で資本レンタル価格を定義し推計した。実際に、Jorgenson 型の資本レンタル価格を推計したものとして、岩田ほか(1987)、竹中ほか(1986)、浅子・朱(1992)、田近・油井(1998)、日本銀行調査統計局(2003)、清水谷・寺井(2003)、蜂谷(2004)等がある。

¹¹ 労働コストには、性別、年齢、学歴、職能といった労働の質の差異について考慮していない。

¹² 部門別のデータについては、毎月勤労統計調査の労働者数を用いた。

エネルギーコストは、資源エネルギー庁の総合エネルギー統計と日本エネルギー経済研究所計量分析ユニットのエネルギー・経済統計要覧(EDMC2006)を用いた。まず、総合エネルギー統計から国内に供給された原料炭、一般炭、原油、LNG、LPG の供給量を用い、これらを発熱量換算して合計したものを総エネルギー供給量¹³とした。エネルギー価格は、EDMC2006 のカロリー当たりのエネルギー源別価格を用いた。次に、個別のエネルギーの供給量と各エネルギー価格からそれぞれのエネルギー消費額を算出した。そして、これらを合計したものを総エネルギー消費額とし、以下の(2.25)式のように、総エネルギー消費額を総エネルギー供給量で除したものをエネルギー価格として用いた。

$$P_E = \frac{\sum_i P_i E_i}{\sum_i E_i} \quad (2.25)$$

P_E : エネルギー価格 P_i : エネルギー源別の価格(円/千 kcal)

E_i : エネルギー源別エネルギー供給量(kcal)

トランスログ費用関数で推定を行うために必要となる総費用 C は、各投入要素の費用を足し合わせたものであり、以下のようにして定義される。

$$C = K_c + L_c + E_c \quad (2.26)$$

K_c : 資本コスト L_c : 労働コスト E_c : エネルギーコスト

ここでは単位費用関数として費用関数を定義しているので、総費用を名目 GDP で除して単位費用 c を得る。さらに、各投入要素の費用を総費用で除して、各投入要素のコストシェアを得る。また、技術進歩率を示す $-TFP$ は、伊藤・室田(1983)に倣って以下のようにして推定した。

$$-TFP = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left(\frac{\dot{K}_c}{K_c} \times S_K + \frac{\dot{L}_c}{L_c} \times S_L + \frac{\dot{E}_c}{E_c} \times S_E \right) \quad (2.27)$$

Y : 産出高 K_c : 資本コスト L_c : 労働コスト E_c : エネルギーコスト

¹³ 部門別のエネルギー消費量については、一般炭、ガソリン、灯油、軽油、C重油、LPG、LNG、都市ガス、電力の消費量をエネルギー投入としてデータの整備を行った。エネルギー転換部門である石油製品・石炭製品製造業では、部門内での自家発電、産業用蒸気、自家消費のみをエネルギー消費とし、エネルギー転換に用いられたエネルギー投入はエネルギー消費とはしていない。また、電気・ガス・熱供給業では、発電に用いられたエネルギーはエネルギー消費とはせず、部門内での自家消費のみをエネルギー消費とした。

これらのように推定を行うための時系列データを整備し、以下の(2.28)式と(2.29)式を用いてパラメータを推定した。

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \log P_i + \beta_{it} t + \varepsilon_1 \quad (i, j = K, L, E, \quad t = 0, 1, \dots, 13) \quad (2.28)$$

$$-TFP = \alpha_i + \sum_i \beta_{it} \log P_i + \beta_{it} t + \varepsilon_2 \quad (i, j = K, L, E, \quad t = 0, 1, \dots, 13) \quad (2.29)$$

2.3. パラメータの推定結果

(2.28)式のシェア方程式と(2.29)式を、整備した1990年から2005年までのデータを使用して、パラメータを推計¹⁴した。表2-1は、推定されたパラメータである。

パラメータ β_{Kt} 、 β_{Lt} 、 β_{Et} は技術進歩が各コストシェアに与える効果を表している。技術進歩は資本とエネルギーに対しては使用的、労働に対して節約的な効果を及ぼすと考えられる。また、 α_i は平均技術進歩率、 β_{it} は技術進歩の加速度を表している。推定結果から、平均技術進歩率は約0.1%で、その速度は僅かながら逡減的であると考えられる。

部門別では、資本は β_{Kt} より機械器具製造業以外の部門では使用的であり、労働は β_{Lt} より鉄鋼業、機械器具製造業以外の部門では節約的となっている。また、エネルギーは β_{Et} より機械器具製造業と電気・ガス・熱供給業では使用的、それ以外の部門では節約的となっている。

¹⁴ パラメータの推定にはTSP5.0を利用し、Zellner(1962, 1963)のSUR(Seemingly Unrelated Regression)法を用いた。

表 2-1 推定されたパラメータ

	マクロ 経済	製造業	食料品 製造業	パ ル プ ・ 紙 ・ 紙 加 工 品 製 造 業	化学工 業	石油製 品・石 炭製品 製造業	窯業・ 土石製 品製造 業	鉄鋼業	非鉄金 属製造 業	機械器 具製造 業	電気・ ガス・ 熱供給 業	運輸・ 通信業
α_K	2.237 (28.538) *	2.139 (36.549) *	2.451 (28.631) *	2.088 (29.457) *	2.147 (23.971) *	1.559 (22.354) *	2.396 (37.785) *	2.804 (9.837) *	2.266 (22.711) *	1.313 (5.359) *	1.352 (20.483) *	2.273 (13.953) *
α_L	-1.293 (-20.365) *	-1.202 (-23.705) *	-1.388 (-16.326) *	-1.104 (-20.481) *	-0.934 (-10.420) *	-0.609 (-8.937) *	-1.383 (-20.165) *	-0.291 (-0.596)	-1.503 (-9.762) *	-0.403 (-1.600)	-0.349 (-4.578) *	-1.413 (-14.405) *
α_E	0.057 (1.910) ***	0.063 (3.428) *	-0.064 (-3.322) *	0.016 (0.436) *	-0.213 (-5.473) *	0.050 (2.364) **	-0.013 (-0.191)	-1.513 (-3.530) *	0.237 (1.665) ***	0.090 (0.881)	-0.003 (-0.048)	0.140 (1.751) ***
β_{KK}	0.197 (15.322) *	0.185 (25.033) *	0.224 (21.263) *	0.195 (16.161) *	0.211 (19.100) *	0.095 (11.284) *	0.224 (19.309) *	0.289 (6.691) *	0.194 (13.164) *	0.069 (2.159) **	0.049 (5.664) *	0.251 (9.465) *
β_{KL}	-0.192 (-21.474) *	-0.158 (-25.196) *	-0.195 (-19.122) *	-0.136 (-18.542) *	-0.130 (-13.039) *	-0.063 (-8.060) *	-0.180 (-23.481) *	-0.174 (-5.593) *	-0.180 (-17.557) *	-0.079 (-2.666) *	-0.044 (-6.842) *	-0.169 (-11.486) *
β_{KE}	-0.005 (-0.906)	-0.026 (-10.025) *	-0.029 (-11.070) *	-0.059 (-7.206) *	-0.081 (-9.766) *	-0.033 (-8.833) *	-0.044 (-3.740) *	-0.115 (-3.050) *	-0.015 (-1.305)	0.010 (0.703)	-0.004 (-0.929)	-0.082 (-5.394) *
β_{LL}	0.200 (26.979) *	0.176 (30.662) *	0.192 (18.666) *	0.150 (24.869) *	0.121 (11.867) *	0.074 (9.728) *	0.185 (19.349) *	-0.032 (-0.434)	0.217 (8.615) *	0.088 (2.726) *	0.043 (3.918) *	0.214 (22.939) *
β_{LE}	-0.007 (-2.153) **	-0.018 (-4.990) *	0.003 (0.992)	-0.014 (-3.438) *	0.010 (1.390)	-0.012 (-4.154) *	-0.005 (-0.445)	0.207 (3.097) *	-0.038 (-1.555)	-0.009 (-0.596)	0.001 (0.149)	-0.046 (-6.301) *
β_{EE}	0.012 (3.951) *	0.044 (8.382) *	0.026 (6.455) *	0.073 (9.301) *	0.072 (5.252) *	0.044 (8.502) *	0.048 (2.927) *	-0.091 (-1.299)	0.052 (2.043) **	-0.001 (-0.099)	0.003 (0.375)	0.128 (10.415) *
α_t	-0.001 (-0.099)	0.034 (1.669) ***	-0.051 (-1.671) ***	-0.003 (-0.110)	-0.123 (-0.872)	-0.133 (-2.685) *	0.088 (3.502) *	0.059 (0.909)	0.120 (2.780) *	-0.067 (-1.766) **	-0.060 (-1.735) ***	0.046 (2.198) **
β_{tt}	0.004 (2.969) *	0.004 (1.798) ***	0.009 (2.724) *	0.004 (1.081)	0.028 (1.847) **	0.008 (1.435) *	0.004 (1.434)	-0.016 (-2.329) **	-0.002 (-0.476)	-0.004 (-1.381)	0.005 (1.352)	0.006 (2.587) *
β_{Kt}	0.005 (5.668) *	0.007 (19.078) *	0.005 (5.441) *	0.005 (6.780) *	0.005 (7.352) *	0.005 (5.233) *	0.015 (27.838) *	0.004 (1.584)	0.012 (11.100) *	-0.009 (-2.433) **	0.000 (0.800)	0.010 (6.161) *
β_{Lt}	-0.005 (-8.642) *	-0.007 (-22.402) *	-0.003 (-3.835) *	-0.005 (-8.793) *	-0.003 (-6.229) *	-0.004 (-4.382) *	-0.013 (-27.012) *	0.003 (0.912)	-0.011 (-15.148) *	0.006 (1.970) **	-0.001 (-1.671) ***	-0.009 (-10.032) *
β_{Et}	0.000 (0.116)	0.000 (-1.203)	-0.001 (-6.413) *	-0.001 (-1.501)	-0.002 (-3.348) *	-0.001 (-2.166) **	-0.002 (-3.495) *	-0.007 (-2.088) **	0.000 (-0.533)	0.002 (1.354)	0.000 (1.253)	-0.001 (-1.314)

カッコ内は t 値
 * 1%有意水準
 ** 5%有意水準
 *** 10%有意水準

2.4. 偏代替弾力性による供給構造の検討

次に、(2.19)式と(2.20)式から、投入要素間の Allen の偏代替弾力性を推計した。推計結果を図 2-1 に、先行研究と比較したものを表 2-2 に示す。

この値をもとにすると、国内の供給構造を反映したマクロ経済では、資本と労働の偏代替弾力性 σ_{KL} と資本とエネルギーの偏代替弾力性 σ_{KE} は代替的關係、労働とエネルギーの偏代替弾力性 σ_{LE} は補完的關係となっている。しかし、弾性値の推移を見ると、 σ_{KL} の変動は小さいが、 σ_{KE} と σ_{LE} は大きく変動している。 σ_{KE} は、概ね代替的であるが、一時的に補完的となっていた期間がある。 σ_{LE} は 2003 年までは補完的であるが、2004 年と 2005 年は代替的となっている。これらの推定結果から、経済全体では、炭素税によるエネルギー価格の上昇によって生じるエネルギー需要の減少は、資本によって代替され、同時に労働によって補完される。本推計を先行研究の弾性値と比べると、 σ_{KL} は正負の符号条件は合致するが弾性値は低く推計されており、 σ_{KE} と σ_{LE} の弾性値は符号が逆転している¹⁵。

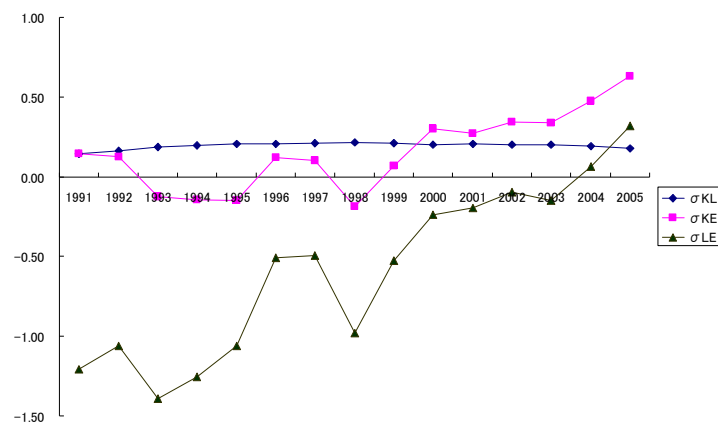


図 2-1 偏代替弾力性の推計結果

表 2-2 先行研究との比較

	σ_{KL}	σ_{KE}	σ_{LE}
本推計	0.195	0.154	-0.585
伊藤(1983)	0.920	-0.761	0.640
和合(1983)	1.226	-2.823	1.154
伊藤・室田(1984)	0.530	-1.310	0.980
奥島・後藤(2001)	-	-0.330	0.720

¹⁵ 本推計での σ_{KE} が、先行研究での弾性値の符号と逆転している理由として、推計期間の違いが挙げられる。先行研究では 1970 年代の石油危機の期間が推計期間中に入っているが、本推計では 1990 年から 2005 年の直近のデータを用いているため、その影響が小さいと考えられる。

2.5. 部門別の供給構造の検討

次に、部門別の代替関係を検討する。表 2-3 に、部門別に推計した偏代替弾力性の期間平均を示す。また、推計期間中における偏代替弾力性の推移について、図 2-2 に資本と労働の偏代替弾力性 σ_{KL} を、図 2-3 に資本とエネルギーの偏代替弾力性 σ_{KE} 、図 2-4 に労働とエネルギーの偏代替弾力性 σ_{LE} をそれぞれ示す。

σ_{KL} について部門別に見ると、製造業、食料品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、非鉄金属製造業、機械器具製造業、電気・ガス・熱供給業では弾性値が正であり、資本と労働は代替的關係にある。石油製品・石炭製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業では、弾性値は負であり、資本と労働は補完的關係にある。運輸・通信業では、弾性値がゼロとなっていることから、資本と労働は独立である。

部門別の σ_{KE} は、製造業、非鉄金属製造業、機械器具製造業、電気・ガス・熱供給業では、弾性値が正であり、資本とエネルギーは代替的關係にある。一方、食料品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、運輸通信業では弾性値が負であり、資本とエネルギーは補完的關係となっている。

そして、部門別の σ_{LE} では、食料品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、機械器具製造業、電気・ガス・熱供給業、運輸・通信業では弾性値が正となっていることから、労働とエネルギーは代替的關係となっている。製造業、石油製品・石炭製品製造業、非鉄金属製造業では弾性値が負であることから補完的關係となっている。

以上をまとめると、偏代替弾力性の推計結果から、炭素税によるエネルギー価格の上昇を通じたエネルギー需要の抑制の影響は、次のようにまとめられる。製造業、非鉄金属製造業、機械器具製造業、電気・ガス・熱供給業では資本によって代替され、食料品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、運輸・通信業では労働によって代替される。また、械器具製造業、電気・ガス・熱供給業では、資本と労働によって代替される。

表 2-3 偏代替弾力性の期間平均

	σ_{KL}	σ_{KE}	σ_{LE}
マクロ経済	0.195	0.154	-0.585
製造業	0.209	0.084	-0.269
食料品製造業	0.028	-0.250	1.286
パルプ・紙・紙加工品製造業	0.102	-0.054	0.177
化学工業	0.138	-0.726	1.717
石油製品・石炭製品製造業	-0.095	-0.932	-9.866
窯業・土石製品製造業	-0.188	-0.055	0.607
鉄鋼業	-0.628	-0.529	15.981
非鉄金属製造業	0.051	0.725	-0.271
機械器具製造業	0.653	1.783	0.034
電気・ガス・熱供給業	0.296	0.820	1.720
運輸・通信業	0.000	-0.055	0.196

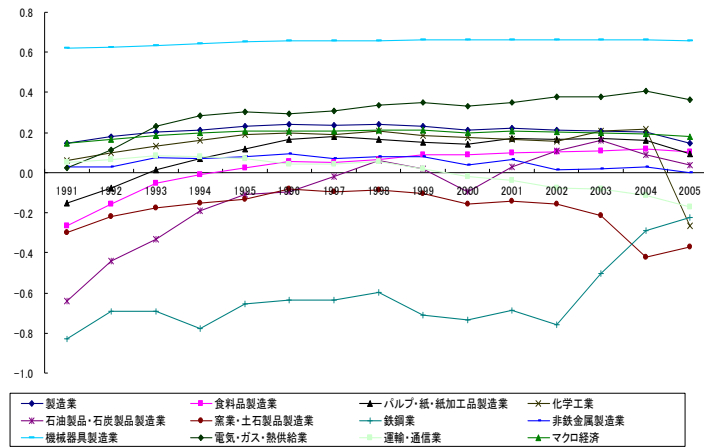


図 2-2 部門別偏代替弾力性 σ_{KL}

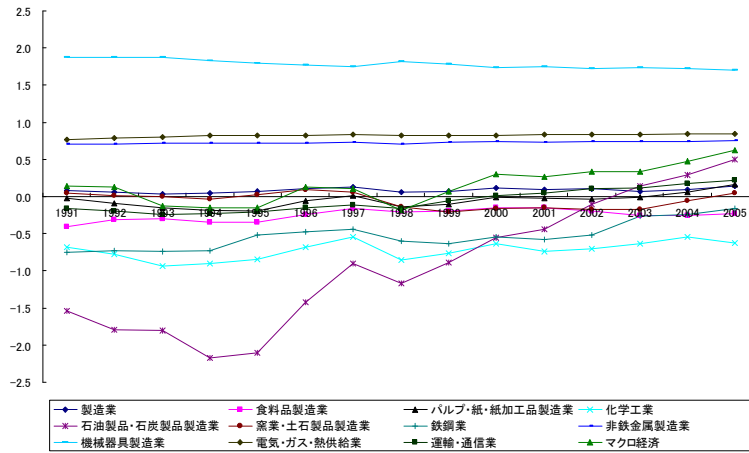


図 2-3 部門別偏代替弾力性 σ_{KE}

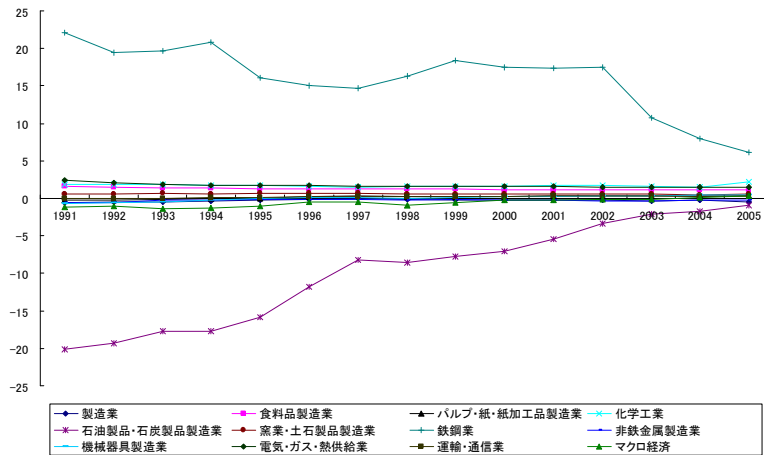


図 2-4 部門別偏代替弾力性 σ_{LE}

2.6. 自己価格弾力性による価格効果の検討

続いて、(2.21)式と(2.22)式から投入要素の自己価格弾力性を推定した。図 2-5 に自己価格弾力性の推計結果を示す。また、表 2-5 に先行研究との比較したものを示す。

経済全体では、期間全体にわたって資本の自己価格弾力性 η_{KK} と労働の自己価格弾力性 η_{LL} の弾性値の期間平均は負であり、期間を通じて大きく変化していない。しかし、エネルギーの自己価格弾力性 η_{EE} の期間平均は正となっているが、エネルギー価格の上昇によって2000年以降の弾性値は負である。これらの自己価格弾力性の推計結果から、経済全体では炭素税を課税することによってエネルギー価格を上昇させることで、エネルギー需要を抑制することが可能であることがわかる。

先行研究と比べると、推定した弾性値の絶対値は小さくなっているが、 η_{KK} と η_{LL} の正負の符号は合致している。しかし、 η_{EE} だけは符号が和合(1983)を除き逆転している。

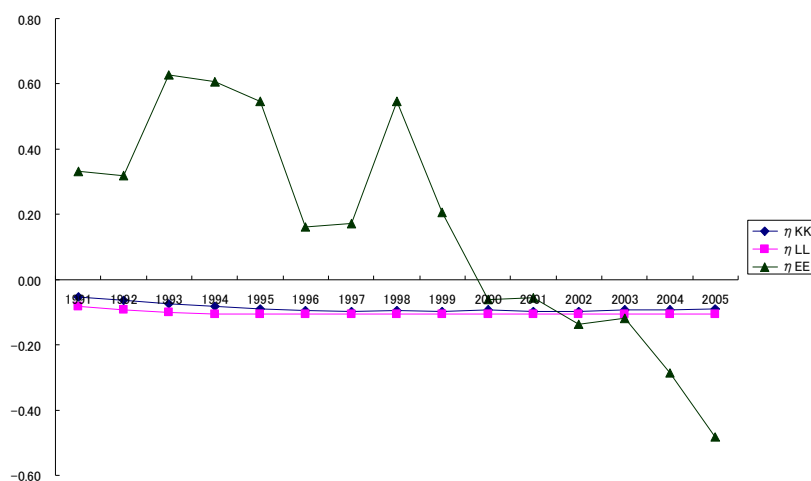


図 2-5 自己価格弾力性の推計結果

表 2-4 先行研究との比較

	η_{KK}	η_{LL}	η_{EE}
本推計	-0.087	-0.103	0.158
伊藤(1983)	-0.505	-0.344	-0.142
和合(1983)	-0.709	-0.447	0.257
伊藤・室田(1984)	-0.229	-0.244	-0.166
奥島・後藤(2001)	-	-	-0.400

2.7. 部門別の価格効果の検討

次に、部門別に推計した自己価格弾力性を検討する。表 2-5 は、部門別に推計した自己価格弾力性の期間平均である。また、図 2-6 に資本の自己価格弾力性 η_{KK} 、図 2-7 に労働の自己価格弾力性 η_{LL} 、そして図 2-8 に自己価格弾力性 η_{EE} をそれぞれ示す。

η_{KK} を部門別に見ると、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業では、弾性値が正であり、資本レンタル価格の上昇は資本コストを上昇させる。一方、これら以外の部門では弾性値が負となっていることから、資本レンタル価格の上昇は資本コストを減少させる。

次に、部門別の η_{LL} では、石油製品・石炭製品製造業、窯業・土石製品製造業を除いて弾性値は負であり、賃金の上昇は労働コストを減少させる。

そして、 η_{EE} について部門別では、製造業、化学工業、窯業・土石製品製造業、石油製品・石炭製品製造業では弾性値が正となっている。そのほかの部門では、弾性値が負とであり、エネルギー価格の上昇によってエネルギーコストシェアが減少すると考えられる。 η_{EE} について時系列の変化をみると、2005 年のエネルギー価格の上昇によって、これまで弾性値が正となっていた部門においても負に転じている、あるいは弾性値の絶対値が次第に小さくなりつつある。

部門別の推計結果から、概ね投入要素の価格の上昇は、その要素のコストシェアを減少させることがわかる。しかし、一部の部門では、投入要素価格の上昇がコストシェアを上昇させる。このような部門毎の差異は、その部門固有の投入構造を反映していると考えられる。

自己価格弾力性の推計結果から、炭素税の影響は、以下のように整理することができる。エネルギーの自己価格弾力性 η_{EE} をみると、石油製品・石炭製品製造業を除いて、弾性値は 1 以下であることから、炭素税の課税によるエネルギー価格の上昇は、エネルギー需要を抑制する。しかし、弾性値が正になっている部門では、エネルギー需要は減少するがエネルギーコストが増加する。これらのエネルギー投入の変動は、前節で示した編代替弾力性が示すように、資本あるいは労働によって代替される。

表 2-5 自己価格弾力性の期間平均

	η_{KK}	η_{LL}	η_{EE}
マクロ経済	-0.087	-0.103	0.158
製造業	-0.070	-0.122	0.027
食料品製造業	-0.006	-0.059	-0.240
パルプ・紙・紙加工品製造業	-0.022	-0.084	-0.006
化学工業	0.014	-0.208	0.162
石油製品・石炭製品製造業	0.014	0.250	1.439
窯業・土石製品製造業	0.040	0.105	-0.087
鉄鋼業	0.138	-1.081	-1.811
非鉄金属製造業	-0.084	-0.005	-0.336
機械器具製造業	-0.313	-0.368	-1.042
電気・ガス・熱供給業	-0.044	-0.311	-0.860
運輸・通信業	0.003	-0.036	-0.041

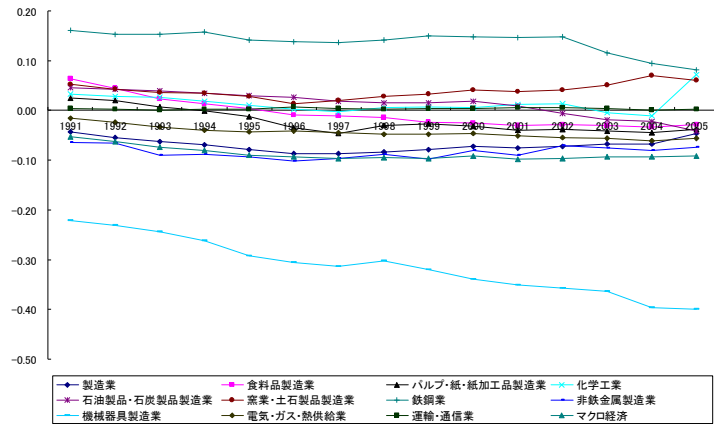


図 2-6 部門別自己価格弾力性 η_{KK}

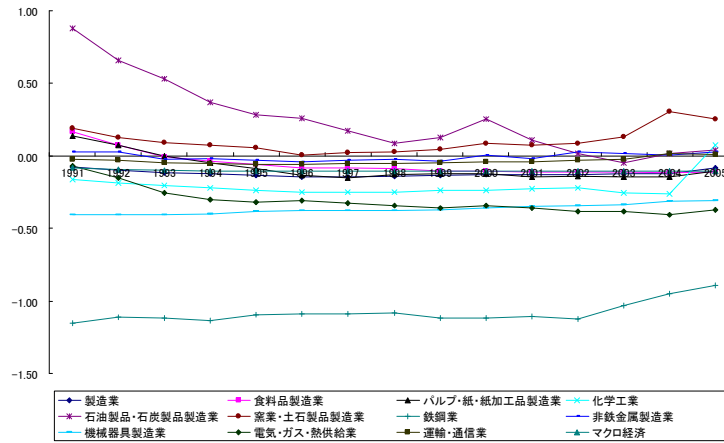


図 2-7 部門別自己価格弾力性 η_{LL}

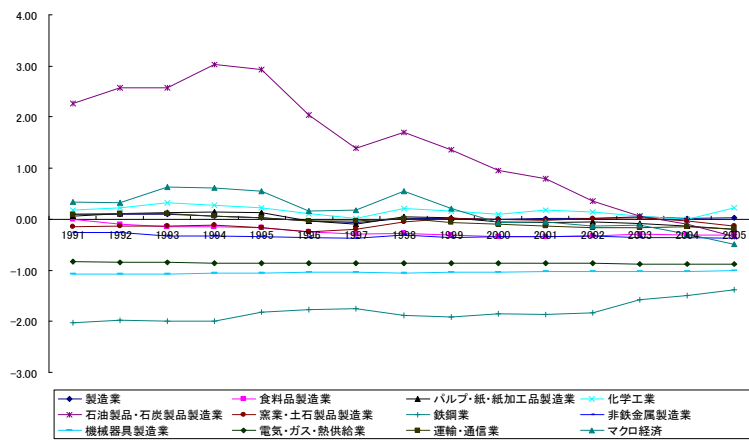


図 2-8 部門別自己価格弾力性 η_{EE}

3. 炭素税による温暖化対策の不確実性

第 2 章では、国内経済の投入構造をトランスログ費用関数によって定式化し、パラメータを推計することで、偏代替弾力性と自己価格弾力性を推計した。その結果に基づけば、先行研究と同様に炭素税によってエネルギー価格を上昇させることで、エネルギー需要を抑制することが可能であることがわかる。ここでは、その結果を用いて、1990 年の二酸化炭素排出水準を達成するために必要となる炭素税率を試算し、温暖化対策としての炭素税の効果を検討する。

しかしながら、炭素税を温暖化対策として実施したとしても、それによって目標排出水準を達成することが可能であるかという点で不確実性が残されている。炭素税をエネルギー価格に対して上乘せするように課税したとしても、エネルギー価格自体が常に変動しているため、炭素税による排出抑制効果が変化してしまうためである。また、炭素税を課税し全体として二酸化炭素排出量を削減しようとしても、部門別のエネルギー需要の変化と二酸化炭素排出量の変化は連動していないため、期待していたような排出削減がなされない部門が存在する可能性がある。そして、長期的には技術進歩によって排出削減費用が低減すると予想されることについて、それが炭素税によってどの程度促進されるのかが不確実である。

ここでは、これらの炭素税の不確実性について、第 2 章のトランスログ費用関数の推定結果と炭素税の試算を用いて定量的に評価・検討を行う。

3.1. 炭素税の試算

先行研究での炭素税率は、1990 年の排出水準を達成するためにはエネルギー価格に対して 30000 円/tC から 50000 円/tC と試算されている。しかし、2005 年にエネルギー価格が高騰したため、炭素税率は先行研究よりも低く試算されている。

炭素税の試算を行うために、環境省の定める排出係数¹⁶を用いて、マクロ経済モデルでエネルギー投入としている原料炭、一般炭、原油、LNG、LPG の二酸化炭素排出量を推計した。また、部門別のエネルギー投入量としている原料炭、一般炭、ガソリン、灯油、軽油、C 重油、LPG、LNG、都市ガス、電力からの二酸化炭素排出量を推計した。図 3-1 は排出係数をもとに部門別の二酸化炭素排出量を推計し、1990 年を 100 とした排出量の推移である。

国内の二酸化炭素排出量は、議定書の基準年となっている 1990 年以降も増加している。部門別でも、二酸化炭素排出量は 1990 年以降増加している。しかし、非鉄金属製造業は 1990 年以降減少し続けており、また窯業・土石製品製造業と機械器具製造業は、1997 年以降減少している。これらの部門での排出量の減少は、省エネ投資、エネルギー価格の変動、景気の変動による部門の生産高の縮小、あるいは海外移転によるものである可能性が考えられる。

¹⁶ 地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条の排出係数一覧表に示されている排出係数を用いた。

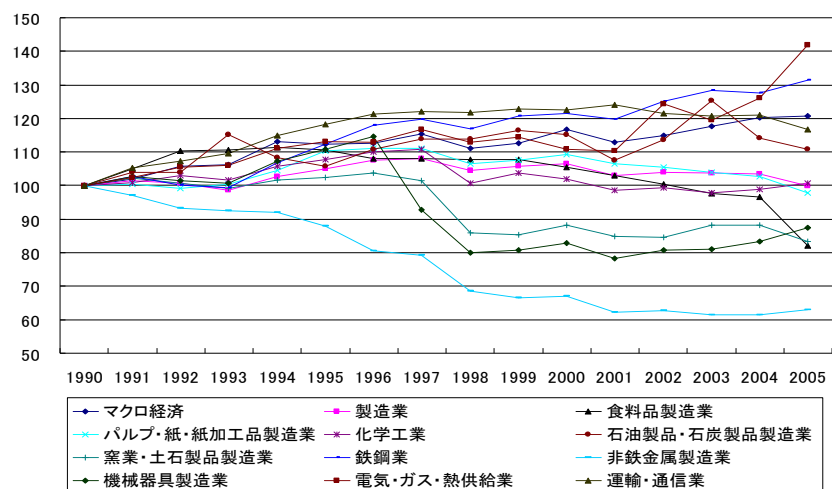


図 3-1 部門別二酸化炭素排出量

2005 年の時点での部門別の排出量は、電気・ガス・熱供給業、運輸・通信業は増加しているが、製造業では減少に転じている。業種別では、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、鉄鋼業の排出量は増加しているが、食品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、窯業・土石製品製造業、非鉄金属製造業、機械器具製造業では排出量が減少している。

続いて、これらの排出量の推計とトランスログ費用関数の推計結果をもとに、2005 年の時点で炭素税を課税し、1990 年の排出水準を達成するために必要となる炭素税率を推定した。その結果、国内の経済全体では 2005 年のエネルギー価格に対して、目標を達成するためには約 8000 円/tC の課税が必要であると試算された。先行研究では、30000 円/tC から 50000 円/tC と試算されているが、これらと本推計を比較すると、目標を達成するために必要となる税率は本推計のほうが低い。2005 年のエネルギー価格上昇を考慮に入れば、先行研究の試算値と大きく異なるものではないと考えられる。

このように、先行研究において炭素税の課税により期待されたエネルギー価格の上昇が、現在ではエネルギー価格の騰貴として部分的に実現している。そのため、先行研究で示されたような高い税率ではなく、ここでの試算のような低い税率の課税でも二酸化炭素排出量削減が可能であり、エネルギー価格に炭素税を課税することの有効性が確認されたといえる。

3.2. 炭素税率の設定とエネルギー価格の変動

前節で試算した炭素税は、エネルギー価格が高騰している時期に算出したため低く試算された。このことから、エネルギー価格に上乗せされる形で課税される炭素税には、エネルギー価格の変動によって排出量抑制効果に変化する可能性があるといえる。さらに、目標を達成するための炭素税率の設定に影響を与える。

目標を達成するために必要となる税率を設定するためには、削減費用に関する正確な情報を必要とする。しかし、そのような情報を得ることは困難であり、課税に際しては限られた情報をもとに税率を設定することになる。このような場合、最適な税率に到達するまで税率を反復させるポーモル・オーツ税のような課税方法がある。だが、その課税方法によって設定した税率は、過大もしくは過小な排出削減を反復して行ってしまう可能性がある。さらに、課税の際に参照する限界削減費用は時間を通じて一定ではなく、エネルギー価格や経済情勢などによって変化するため、正確な税率の設定は困難である。このように、炭素税を課税する際に、想定外のエネルギー価格の変動などによって、一定の目標を達成するために必要となる税率が変化することは、炭素税による温暖化対策が不確実性を含むと考えられる。

例えば、エネルギー価格が低い時期に設定した炭素税率の場合、エネルギー価格の上昇によって、過剰な排出削減となってしまう、経済への影響も大きくなる。一方で、エネルギー価格が高い時期に設定した炭素税率は、エネルギー価格が下落すると、目標を達成することができない場合が存在することになる。

したがって、炭素税を温暖化対策として継続的に実施するには、エネルギー価格が市場の需給や国際情勢による変動を免れえないため、炭素税率をエネルギー価格に応じて頻繁に変更する必要が発生する。そして、このような頻繁な税率の変更は国内の税制度を考慮すると容易なものではないと考えられる。さらに、そのような変更が可能であったとしても、税率の変更とエネルギー価格の変動との間に時間のずれが生ずるために、ポーモル・オーツ税のように振るまい目標を達成できない可能性がある。

こうした時間的ずれの影響を見積もるために、税率を毎年変更する制度を提言する。すなわち、次の期に排出量目標を達成するために必要となる税率を今期に予測し、エネルギー価格に上乗せして課税する炭素税を想定する。この仮定の下で、推計期間と同じく 1990 年から 2005 年において、毎期の次期の目標を達成するために必要となる炭素税率を試算した。図 3-2 は、推計期間中の実際のエネルギー価格の推移と、これに試算した炭素税率を加えたものである。

炭素税を上乗せされるエネルギー価格は、1990 年代を通じて多少の変動はあるが大きな変化はなく、価格水準は低位で推移している。だが、2000 年代に入ってから価格は上昇し始め、2005 年にはこれまでの価格水準を大きく上回る水準に達している。この間の価格の変動は、標準偏差で 0.547 円/kcal である。これらのエネルギー価格の変動を反映して、目標を達成するために必要となる税率は、1995 年の時点において約 26000 円/tC、2000 年の時点で課税を行った場合では 23000 円/tC と試算された。しかし、先に述べたように、2005 年の時点では 8000 円/tC と 1995 年と 2000 年の試算に比べて低い課税が必要と試算された。このように、炭素税率は毎期のエネルギー価格の変動によって変化しているが、税率を每期変更させることができるならば、毎期の二酸化炭素排出量を 1990 年の水準に調節することができると考えられる。

しかし、先に仮定したような炭素税は今期に税率を決定するのではなく、前期にエネルギー価格の変動を予測して決定している。そのため、課税する時期のずれによって、必ずしも排出量を目標水準に調節できない。図 3-3 は、前期に決定した炭素税率と今期必要であったはずの炭素税率の差である。税率の差が負であればその期の二酸化炭素排出量が目標を達成できなかったことを表し、税率の差が正であればその期は過大に二酸化炭素が削減されたことを表している。前期に予測した税率との誤差の絶対値は、小さいときで約 800 円/tC だが、大きいときには約 9500 円/tC の予測との誤差が生じている。そして、試算した期間では、平均的に每期約 3000 円/tC の誤差がある。したがって、目標を達成するように設定された炭素税であっても、エネルギー価格が変動するためその排出抑制効果は不確実であり、目標水準を達成できない可能性がある。

このように、每期税率を変更できたとしても、エネルギー価格は每期変動しているため目標水準の達成は不確実である。したがって、エネルギー価格の変動は、炭素税による温暖化対策の短期的な不確実性であるといえる。さらに二酸化炭素の排出量は、ここで分析したようなエネルギー価格の変動だけでなく、経済情勢などによって変動することから、このような炭素税によって目標水準を達成し続けることにはさらに不確実であると考えられる¹⁷。

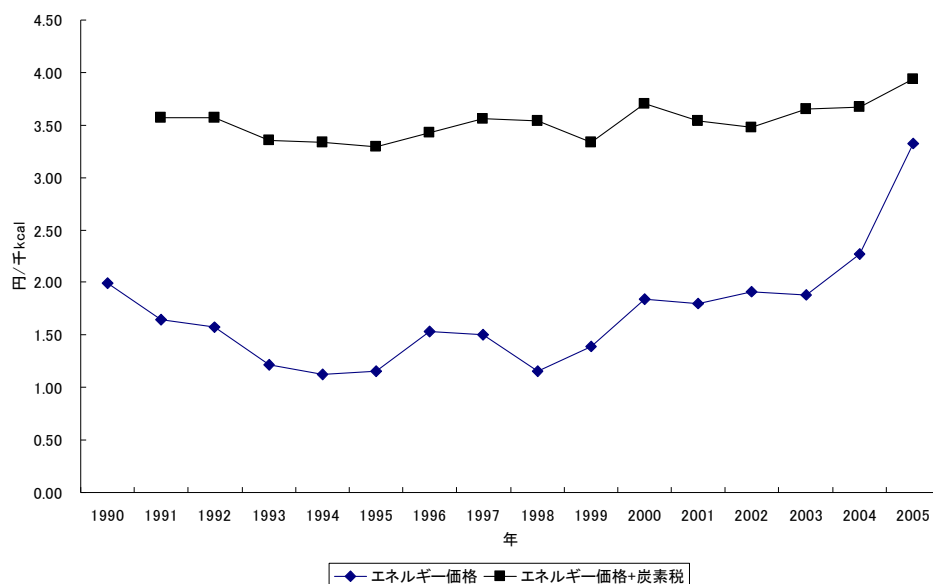


図 3-2 エネルギー価格と炭素税率の推移

¹⁷ 結果として、課税後のエネルギー価格が一定していないのはラグの影響であると考えられるが、今後の検討課題である。

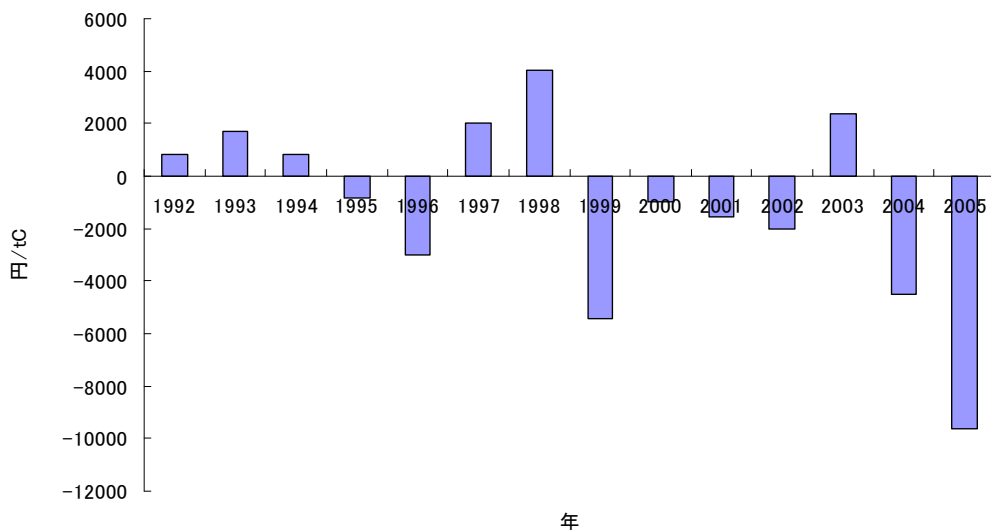


図 3-3 炭素税を毎期課税した場合の税率の誤差

3.3. 部門別排出削減量の差異

炭素税を課税すると、国内のエネルギー価格が上昇することが予想され、同時に国内の経済全体にわたって二酸化炭素排出量が削減されることが期待される。しかし、より詳細に部門ごとの変化を検討すると事情は異なる。それには、以下の2つの理由が考えられる。まず、部門ごとにエネルギー投入の量的要素の構成に違いがあること。次に、偏代替弾力性に表れるように、エネルギーが資本や労働によって代替されることである。その結果、自己価格弾力性が示すエネルギー投入要素への需要の変化が二酸化炭素排出削減量と連動しない部門が存在することになる。このように、一律の炭素税では、期待していたような排出削減がなされない部門が存在している。

図 3-4 は、部門別のエネルギーの自己価格弾力性 η_{EE} の推計の期間平均と価格が 1% 上昇した場合の二酸化炭素排出量の変化率 ξ の散布図である。

横軸においたエネルギーの自己価格弾力性 η_{EE} の弾力値は、第 2 章において推定結果を示したように、部門によって異なっている。まず、経済全体を表すマクロ経済をみると、弾力値は 1 以下ではあるが正となっており、エネルギー価格の上昇はエネルギー需要を抑制するものの、それと同時にエネルギーコストを増加させることがわかる。次に、製造業の弾力値の絶対値は 0.027 と小さく、炭素税によってエネルギー価格が上昇したとしても、その影響はそれほど大きなものではない。電気・ガス・熱供給業の弾力値は負であり絶対値も大きいので、エネルギー価格の上昇によってエネルギー需要も大きく変化すると考えられる¹⁸。そして、運輸・通信業の弾力値は負であるが、弾力値の絶対値は小さく、エネル

¹⁸ ただし、電気・ガス・熱供給業も石油製品・石炭製品製造業と同様に、エネルギーデータの整備の方法によっては弾力値の推計値が異なる可能性がある。

ギー価格の上昇が上昇しても、エネルギー需要の変化は小さいと考えられる。

さらに、製造業について業種別に見ると、エネルギー価格の変動による影響には差異がある。鉄鋼業、機械器具製造業の弾性値は負であり、その他の業種と比較して弾性値の絶対値が大きいことから、これらの業種はエネルギー価格に対して敏感に反応すると考えられる。そのため、炭素税によるエネルギー価格上昇の影響が最も大きく、エネルギー需要も大きく変化すると考えられる。しかし、食料品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、窯業・土石製品製造業、非鉄金属製造業の弾性値の絶対値は小さく、これらの業種は、エネルギー価格の上昇によるエネルギー需要の変化は小さいと考えられる。また、石油製品・石炭製品製造業の弾性値は正であり、その絶対値も大きい¹⁹。

以上のように、国内経済を部門分割することによって、エネルギー価格の変動による影響が、部門・業種によってまったく異なることが示された。

次に、縦軸においた価格が1%上昇した場合の二酸化炭素排出量の変化率 ξ を推定した結果、エネルギーの自己価格弾力性 η_{EE} が示すように、エネルギー需要の変化と概ね同様に二酸化炭素の排出量も変化することが確認できた。しかし、一部の部門では、弾性値と異なる排出量の変化を示す部門もみられる。

マクロ経済の自己価格弾力性は正であったが、弾性値が1以下であるため、炭素税によるエネルギー価格の上昇によってエネルギーコストが増加し、エネルギー需要が抑制され、二酸化炭素排出量が削減される。部門別に見ると、まず製造業では、自己価格弾力性の推計結果と同様に業種によって異なっているが、自己価格弾力性の弾性値と同じように、エネルギー価格が上昇してもエネルギー需要の変化は小さく、二酸化炭素排出量の変化率も小さい。電気・ガス・熱供給業は、自己価格弾力性が示すようなエネルギー需要の変化と同様に二酸化炭素の排出量も変化している。しかし、運輸通信業では、自己価格弾力性の弾性値は負、かつその絶対値は小さく推計されたにも関わらず、二酸化炭素排出量の削減率は弾性値と比べて大きくなっている。

運輸通信業のように、自己価格弾力性が示すようなエネルギー需要の変化と、それに伴う二酸化炭素排出量の変化が連動していない部門が存在している。そのような部門では、エネルギー投入の量的要素の構成が、二酸化炭素排出の少ないエネルギーに変化することによって生じていると考えられる。あるいは、第2章で推計したような偏代替弾力性に表れるように、エネルギー投入が資本もしくは労働によって代替されるとも考えられる。そのため、エネルギー需要が炭素税によって抑制されたとしても、その抑制されたエネルギー需要ほど二酸化炭素排出量は削減されないと考えられる。

炭素税によるエネルギー価格の上昇は、エネルギー需要を抑制し、二酸化炭素排出量を削減する。だが、部門によっては、炭素税によるエネルギー需要の変化と、それに連動す

¹⁹石油製品・石炭製品製造業の弾性値は正となっているが、部門別のエネルギーデータを整備した際に、この部門のエネルギー投入を自家消費などに限定しているため、エネルギー転換のためのエネルギーをエネルギー投入とした場合、弾性値の推計結果が異なる可能性がある。

る排出削減量の関係が異なっている。このような差異は排出量を削減しやすい部門から削減がなされているといえる。同時に、一律の炭素税を実施する場合には、当初期待したほどの排出削減がなされない部門が存在する可能性があるといえる。

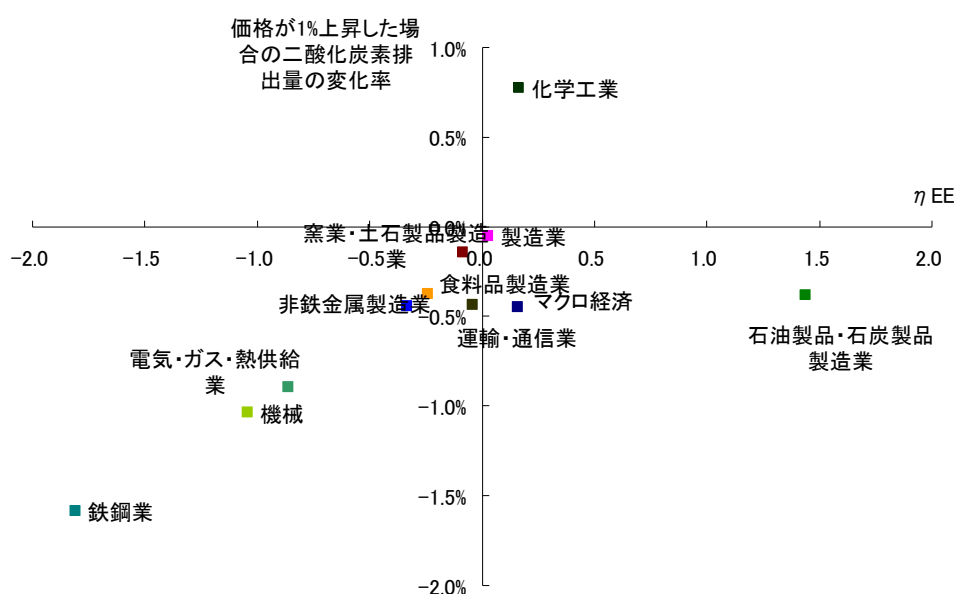


図 3-4 部門別の自己価格弾力性と排出削減率

3.4. 長期の炭素税による技術進歩

前節まで述べたように、炭素税を課税することはエネルギー価格を上昇させ、それに伴ってエネルギーコストが増加することでエネルギー需要が抑制され、二酸化炭素排出量が抑制されることになる。短期的に増加したエネルギーコストは、偏代替弾力性が示すように資本あるいは労働によって代替される要素の変動をもたらす。そして、長期的には、技術進歩は利潤の確保を目的として炭素税による負担を回避するために、省エネルギーのような根本的な技術進歩が期待される。エネルギーコストを低下させるため、同時に二酸化炭素排出削減の限界削減費用も低減し、全体として二酸化炭素排出量の削減が進む。

そのような技術進歩が期待される炭素税を導入する場合、継続的に温暖化対策として実施すると、招待の削減目標を達成するために課税しても、長期的にはその目標を上回る過剰な排出削減となる可能性がある。そのため、炭素税を実施する場合には、これまでの技術進歩を踏まえつつ、今後の技術進歩の動向を把握しなければならず、それに対応した税率の設定が必要になると考えられる。

本推計における推定期間中の技術進歩については、トランスログ費用関数のパラメータ β_{Et} を推計することで、エネルギー投入に依る技術進歩を捉えることができる。表 2-1 の

推計結果からは、国内の経済全体で見た場合にはエネルギー使用的な技術進歩であった。このことは、省エネルギーのような技術進歩よりもエネルギー需要の増加が速いためであると考えることができる。

この点について、部門別にみると、機械器具製造業と電気・ガス・熱供給業ではエネルギー使用的な技術進歩がみられるという推計結果を得た。しかし、そのほかの部門ではエネルギー節約的な技術進歩がなされてきたという推計結果を得た。これらの部門では、過去の石油危機以降に行われた省エネルギー投資を反映した節約的な技術進歩が進み、今回の推計期間である 1990 年から 2005 年においても、それが継続しているためと考えられる。

しかし、推計したパラメータ β_{Et} の半数は有意ではなく、エネルギー投入に依る技術進歩を統計的に精確に捉えたとは言い難い。また、理論的にもパラメータ β_{Et} が 3 つの要因を同時に反映するので、統計的モデルで分解することは容易ではない。まず、エネルギー投入に依る技術進歩が資本による代替か、エネルギー投入の減少か、エネルギー投入の量的構成が変化かという問題である。そのため、炭素税を実施することで期待されるような技術進歩が、課税によってエネルギー価格を上昇させることで促進されると考えることはできるが、それがどの程度促進されるのかは不確実である。同じ理由で、本推計では、太陽光や風力、バイオマスといった新エネルギーについて、エネルギーの量的構成に含めるべきであるが、価格データを欠くためエネルギー投入としていないので、これらの技術進歩については捉えることができない。

本推計では、技術進歩について TFP という形で組み入れている。これにはすべての技術進歩の要素が内包されており、炭素税を実施することによって期待されているような技術進歩も含まれている。そのような技術進歩についてトランスログ費用関数のパラメータ β_{Et} を推計したが、期待されているような長期の技術進歩について本推計ではモデルとして特定化していない。そのため、炭素税の課税によってどの程度それが促進されるのかについては、定量的に分析することができなかつた。

4. 結論

本研究は、温暖化対策の有効な手段の一つとして議論されてきた炭素税について、その政策としての不確実性を定量的に評価・検討した。そのために、トランスログ費用関数によって国内の供給構造を定式化し、偏代替弾力性と自己価格弾力性を推定した。そして、その結果をもとに炭素税による温暖化対策の短期的、長期的不確実性について考察した。

まず、1990 年から 2005 年までの資本、労働、エネルギーの費用と価格のデータを整備して、トランスログ費用関数のパラメータを推計し、偏代替弾力性と自己価格弾力性を推定した。さらに、炭素税による部門ごとの影響を詳細に検討するために、国内を対象とするマクロ経済モデルを 3 部門 8 業種に部門分割を行った。その結果、炭素税によってエネルギー価格を上昇させることでエネルギーコストを増加させ、エネルギー需要を抑制するこ

とが可能であることが確認された。また、そのようなエネルギー需要が、資本または労働によって代替されることが検証された。そして、部門分割を行ったことで、部門別の弾性値に差異があることを確認した。しかし、推定された弾性値は、先行研究とは一部分の符号が異なることが明らかとなった。

次に、これらの推計結果をもとに、国内の二酸化炭素排出量を 1990 年水準に抑制するために必要となる炭素税率を試算し、国内経済全体で約 8000 円/tC の課税が必要という結果を得た。この試算を先行研究と比較すると、税率が低い。しかし、現在のエネルギー価格を考慮するならば、先行研究において炭素税の課税により期待されたエネルギー価格に近づきつつあり、先行研究で試算した炭素税課税後の値を超えるものではない状況にある。

これらの結果を踏まえ、エネルギー価格の変動、部門ごとに異なる自己価格弾力性と排出削減量の差異といった短期的な不確実性、技術進歩のような長期的な炭素税の政策としての不確実性について考察した。炭素税による二酸化炭素排出量を抑制は可能であるが、想定外のエネルギー価格の変動によって、その政策としての効果に変化する。部門ごとに異なる価格弾力性は、炭素税の課税による排出量削減に部門によって異なる影響を及ぼす。部門によっては、削減される排出量とエネルギー需要が連動しないため、炭素税によって期待されるような排出削減がなされないことがわかった。長期的には、今後の技術進歩により炭素税の効果が変化すると考えられる。しかし、本推計では全体の技術進歩を把握することはできるが、炭素税による動学的効率性を反映する技術進歩について分析することができなかったのが今後の課題とする。

参考文献

- 天野明弘(1997),『地球温暖化の経済学』,日本経済新聞社
- 浅子和美・朱寧(1992),「資本調達と資本コスト—日本の製造業大企業(1961—1989)—」
大蔵省財政金融研究所『フィナンシャルレビュー』
- 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
- 乾友彦・権赫旭(2004),「展望:日本のTFP上昇率は1990年代においてどれだけ低下したか」,
内閣府経済社会総合研究所 Discussion Paper Series No. 115
- 岩田一政・鈴木郁夫・吉田あつし(1988),『設備投資の資本コストと税制』経済企画庁経済研究所『経済分析』第107号
- 奥島真一郎・後藤則行(2001),「日本経済の生産・代替構造(温暖化対策の導入による経済的影響を評価するために)」,『日本経済研究』NO. 42, pp. 228-242
- 奥野正寛・鈴木興太郎(1986),『ミクロ経済学I』,岩波書店

- 温室効果ガスインベントリオフィス編(2007),「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」,
(<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2007/JPN-NIR2007ver3.1J.pdf>)
- 環境省(2005),「環境税の具体案」, <http://www.env.go.jp/policy/tax/051025/full.pdf>
- 黒田昌裕・新保一成(1993),「二酸化炭素排出量安定と経済成長」, 宇沢弘文・國則守生編『地球温暖化の経済分析』, 東京大学出版会
- 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」,『金沢大学論集』第 32 号, pp. 47-75
- 清水谷諭・寺井晃(2003),「デフレ期待と実質資本コスト—マイクロデータによる 90 年代の設備投資関数の推計」, 内閣府経済社会総合研究所『経済分析』171 号
- 社団法人日本経済団体連合会(2003),「日本経団連意見書:「環境税」の導入に反対する」,
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2003/112.html>
- 田近栄治・油井雄二(1998),「法人税負担の日米比較—資本コストと限界実効税率による分析—」大蔵省財政金融研究所『フィナンシャルレビュー』
- 竹中平蔵・高林喜久生・塚越保祐・桑名康夫・吉田康(1986),「資本コストの国際比較—投資インセンティブに関するファクト・ファインディング」, 大蔵省財政金融研究所『フィナンシャルレビュー』
- 永田豊・山地憲治・桜井紀久(1991),「課徴金による CO2 抑制効果の経済的影響の分析」電力中央研究所報告 Y91002
- 日本銀行調査統計局(2003),「近年の設備投資動向と本格回復への課題—投資行動を生み出す企業活力の復活に向けて—」日本銀行調査月報 7 月号
- 蜂谷義昭(2004),「コスト面からみた資本、労働の動き」, 日本政策投資銀行『調査』第 60 号
- 伴金美・大坪滋・川崎研一・小野稔・松谷萬太郎・堤雅彦・木滝秀彰・小野博(1998),「応用一般均衡モデルによる貿易・投資自由化と環境政策の評価」内閣府経済社会総合研究所『経済分析』第 156 号
- 日引聡, Ronald D. Sands(1996),「炭素税導入が日本経済へ及ぼす影響についてのシミュレーション分析」『計画行政』第 19 巻第 4 号, pp. 71-81
- 本間正明・常木敦・岩本康志・佐野尚史(1988),「設備投資理論の展望」, 大蔵省財政金融研究所『フィナンシャルレビュー』, 8 号, 1-24 頁
- 増井利彦・松岡譲・森田恒幸(2000),「環境と経済を統合した応用一般均衡モデルによる環境政策の効果分析」土木学会環境システム論文集 Vol. 28, pp. 467-475
- 和合肇(1983),「エネルギー価格、代替の弾力性と技術変化」,『日本統計学会誌』第 13 巻第 1 号, 73 頁-83 頁
- AIM プロジェクトチーム(2003),「地球温暖化対策税の税率とその経済影響の試算」中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会 地球温暖化対策税制専門委員会
(<http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y162-10/ref02.pdf>)

- 財団法人日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット, 「EDMC/エネルギー・経済統計要覧」,
財団法人省エネルギーセンター
- Baumol, William J. and Wallace E. Oates (1988), *The Theory of Environmental Policy*
2nd edn, Cambridge University Press
- Christensen, Laurits R., Dale W. Jorgenson and Lawrence J. Lau(1973),
“Transcendental Logarithmic Production Frontiers,” *Review of Economics and
Statistics*, Vol.55, No.1, pp.28-45
- Goto, N. (1995), “Macroeconomics and Sectoral Impact of Carbon Taxing,” *Energy
Economics*, 17, pp.277-292
- Goto, N. and T. Sawa (1993), “An Analysis of the Macroeconomics Costs of Various
CO2 Emission Control Policies in Japan,” *Energy Journal*, 14(1), pp.83-110
- Hibiki, Akira, Hiroya Ono and Tuneyuki Morita (1992), “Carbon Taxes in Japan: an
analytical perspective and an alternative approach,” in ‘Climate Change:
designing a practical tax system,’ OECD, Paris, pp.79-94
- Robert, E. Hall and Dale W. Jorgenson (1969), “Tax Policy and Investment Behavior,”
American Economic Review, Vol.59, No.3, pp.388-401
- 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