

課税によるCO₂排出量抑制の有効性について

On the Effectiveness of Tax Control of CO₂ Emissions

後藤 則行*

Noriyuki Goto

(1992年7月18日 原稿受理)

1. 目的

地球温暖化への警告の声が日増しに高まるなか、CO₂排出量抑制の方法として諸外国ではもちろん、我が国においても炭素税（より一般的には、環境税）の導入をめぐる本格的な議論が始まりつつある。

市場メカニズムを最大限活用すること、そして実行上の容易さとも合わせて、課税によるCO₂排出量抑制の有効性は広く指摘されている。しかし、経済学理論によるまでもなく、課税は少なくとも我々の社会、経済活動にはマイナスの影響を与える。我々の主要な関心事は、課税による抑制効果（プラスの面）とそれに伴う経済的負担（マイナスの面）との間に存在するトレード・オフ関係である。それが正しく評価されるならば、残るのは意思決定者としての国民全体の合意によるオプション（課税額、そしてその結果としての抑制効果と経済的費用の組み合わせ）の選択という問題になる。ただしこの後者の問題は、地球環境に関する科学的知識の乏しさもさることながら、人々の環境倫理や価値観等にも依存し、学問的探求の範囲を越える性格のものである。

本研究の目的は、このような最終的な国民全体による意志決定（環境は公共財ゆえ、決定は国民全体の合意が前提である）のための議論に寄与するような情報を提供することであり、以下に挙げる設問に対して1つの分析・評価を試みることである。

- (a) 課税によるCO₂排出量抑制の効果は？
- (b) その結果我々が負担しなければならない費用はどの程度か？

2. 動的市場均衡モデル

本研究で用いる分析手法は、マクロ経済、及びエネ

ルギー市場を対象とした長期的な動的市場均衡モデルによるシミュレーションを中心とする多分に規範的な性格を持ったものである。以下、簡単にモデル(GDMEEM : Goto Dynamic Macro-Energy Equilibrium Model) の特徴を要約する。(図-1参照)

GDMEEM はエネルギー市場における将来の動的な需給均衡をシミュレートするタイプのものであり、エネルギー資源、変換技術に関する技術・費用データを基に効率的な生産(変換)プロセスを表現するエネルギー生産部門モデル、及び諸経済活動と関連付けてエネルギー需給関係を記述するマクロ経済モデルによって構成される。

均衡解は次のような経済学的解釈が可能である。今後のエネルギー市場において完全に先見的、かつ合理的に行動する生産主体(エネルギー部門)と消費主体(その他の産業部門、及び民生部門)を仮定する。産業部門(非エネルギー財の生産者)は、外生的に与えられる非エネルギー生産要素投入量(労働、資本)の下で、エネルギー価格に応じて需要を決定し、生産によって生み出される経済的付加価値(計画期間における総付加価値の現在価値換算値)を最大化する。民生部門におけるエネルギー消費者は、所与の所得の下でエネルギー価格に応じて需要を決定し消費者効用を最大化する。そして、これら両者の行動がエネルギー需要関数を定義する。一方、競争的なエネルギー生産者はモデルで想定された利用可能な資源、変換技術のベスト・ミックスを通して最小費用で供給を行い、これがエネルギー供給関数を定義する。そして、市場均衡はこれら需要曲線と供給曲線の交点で達成され、マクロ経済的付加価値(民生部門における消費者効用も含めて)は最大になる。

均衡経路に伴う大気中へのCO₂排出量(及び蓄積量)はリンクされたサブ・モデルによってシミュレートされる。またこのサブ・モデルは、CO₂排出量抑制を表現するための制約条件としての役割も果たす。

* 金沢大学経済学部助教授

〒920-11 金沢市角間町

表1 前提条件、及びインプット・データの概略

計画期間	50年(1990-2040年)(ただし、5年を1期として10期間)
1次エネルギー供給	各1次エネルギーの長期供給曲線を指数関数で近似し、推定可採年数に相当する点において費用が現状の5.0倍になると想定(ただし、5段階のステップ状近似)
エネルギー変換費用、効率	現状値、将来特に技術進歩なし
労働力増加率 (各産業部門の平均値)	有効労働量で測って、1990年3.5%/yrから2040年では2.0%/yrへと徐々に低下すると想定(非エネルギー要素の増加率と解釈してもよい)
需要の価格弾力性 (各部門の平均値)	産業部門：-0.11(電力)、-0.33(非電力) 民生部門：-0.68(電力)、-0.23(非電力) 注：産業部門では、厳密にはエネルギーと非エネルギー要素(有効労働量)の代替弾力性と定義される。また民生部門では所得弾力性を1.0と仮定した定式化を採用。これらの値は、1970-1989年の年次データから回帰推定された。
割引率	6.0%/yr

表2 「基準ケース」におけるシミュレーション結果の要約

歴年	1990	2000	2010	2020	2030	2040
GNP(¥10 ⁹ /yr)	416,421	585,945	805,424	1,708,808	1,431,672	1,820,492
平均成長率(%/yr)		(3.42)	(3.18)	(2.92)	(2.83)	(2.40)
エネルギー供給(10 ¹² kcal/yr)	4381	5637	6810	8257	10023	12074
平均増加率(%/yr)		(2.52)	(1.89)	(1.93)	(1.94)	(1.86)
エネルギー需要(10 ¹² kcal/yr)	3127	3887	4610	5433	6491	7424
平均増加率(%/yr)		(2.18)	(1.71)	(1.64)	(1.78)	(1.34)
末端平均価格(¥10 ³ /10 ⁶ kcal)	5.7	7.7	10.1	12.6	14.8	16.6
平均増加率(%/yr)		(3.01)	(2.71)	(2.21)	(1.61)	(1.15)
電力比率(%)	20.1	21.7	23.2	25.6	27.1	31.4
非電力比率(%)	79.9	78.3	76.8	74.4	72.9	68.6
CO ₂ 排出量(10 ⁹ ton-C/yr)	0.318	0.418	0.487	0.568	0.648	0.715
平均増加率(%/yr)		(2.73)	(1.53)	(1.54)	(1.32)	(0.98)
CO ₂ 蓄積量(10 ⁹ ton-C)	0.796	2.727	4.907	7.382	10.096	11.647

注：(1) 表中、平均増加率はそれぞれの時点直前の10年における年平均増加率を表わす。

(2) 蓄積量は、計画期間初期時点をゼロとし、それぞれの時点で大気中に残存する量を表わす(排出されるCO₂のうち短期的には50%が大気中に残存し、それらは約200年の寿命で徐々に消失すると仮定)

P変化量)によって評価(ただし、税の中立性を仮定し、還流に伴う2次効果は考えない)。

(2) 還流なし：省エネ技術開発、途上国支援等の環境対策、あるいはそれ以外の目的に使われる。即ち、税引き後所得 $\Sigma [(Fu^* - Cu^*) - (Fc^* - Cc^*)]$ によって評価。

4. インプット・データ、及び「基準ケース」におけるシミュレーション結果

モデルには種々の前提条件、及び多くのインプット・データが想定されている。それらの中には丹念な調査に基づくもの、現時点における知識の不十分性や将来の不確実性等により様々な情報から我々独自の判断により推定したものなどが含まれている。この種の研究では本来それらを明示的に示し、常にシミュレーション結果とパッケージにして考察を進めることが要求される。しかし、ここでは紙面の制約上主要なものにつ

いて概略を示すのみに止め(表1)、モデルというフィルターを通したそれら諸前提条件の1つの集約された表出である「基準ケース」(CO₂課税なし)におけるシミュレーション結果から主要な指標についての要約を示す(表2)。従ってまた、この「基準ケース」が我々の将来予測を意味するものでないことは明らかであろう。それは、以下の「課税ケース」に対する比較基準としての役割を果たす。なお、モデルの具体的な数学的定式化を含め、前提条件及びインプット・データの詳細については後藤、他(1992)¹⁾を参照されたし。

5. 分析・評価方法

種々の水準にCO₂排出量課税額(炭素重量換算)を設定し、

- (1) 達成されるCO₂排出量削減水準、そして
- (2) そのために必要な経済的費用(GNP減少分で

評価)

の推定を行なった。

なおモデルは動態化されているので課税の仕方には無数の方法が存在するが、ここでは計画期間中現在価値(割引率=6.0%/yr)で一定の税率の課税をするというタイプのみを対象とした。

6. 分析・評価結果

以下シミュレーション結果について報告するが、紙数の制約上抑制に対する調整メカニズム等のより詳細な数値結果は後藤、他(1992)¹⁾に譲り、いくつかの主要な指標間の関係によって整理しそれらを中心に考察を進めたい。

課税額と削減効果の関係を図-3に示す。ここで横軸は税率、縦軸は計画期間末(2040年)における蓄積量、及び2000年における年間排出量という2つの指標についての「基準ケース」からの削減率を表わす。また、図-4には種々の水準に税率を設定した場合の削減率(計画期間末における蓄積量)と経済的費用(計画期間における総GNP損失)の関係(トレード・オフ関係)を示す。

結果は、はじめ単位課税額あたりの削減効果は大きく、税率が高くなるにつれて次第にその限界効果は遞減するという一般に予想される傾向を呈している。ここで特に注目すべき点は、無抑制の場合と比較すると弱い課税でも大きな効果が期待でき、また効率的な調整を行なうならばそれに伴うマクロ経済的費用はきわめて小さいということである。これは経済の抑制に対して比較的容易に調整可能な領域が相当程度存在することを示していると解釈することが可能であり、たとえ緩やかでも「抑制に一步を踏み出す」ことの価値を示唆していよう。結論は、Nordhaus(1991)²⁾の

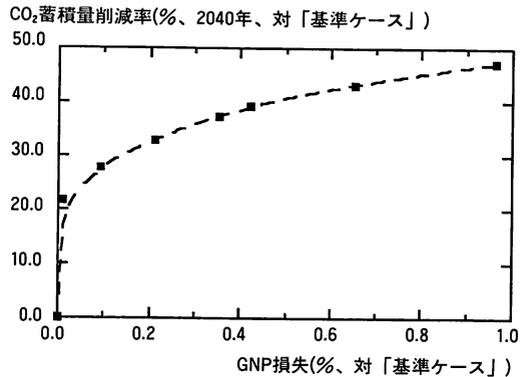


図-4 課税によるCO₂削減率とマクロ経済的費用の関係

「抑制への第一歩に要する費用は実質的にゼロである」という言明とも合致する。なお、参考に現在1つのコンセンサスが形成されつつある「1990年水準に排出量を凍結」という抑制を実行したときの削減率達成値を本モデルに当てはめて比較をしてみると(図-3)、これを課税抑制で行なう場合 $\yen 20,000 \sim 30,000 / \text{ton-C}$ の課税額が必要であり、例えば石油について換算すると1リットルあたり15~22円の税率に相当する。

CO₂課税が及ぼすエネルギー市場(需給)への影響、あるいは同じことだが課税に対する効率的な市場の対応に関する1つの総括的な情報として、2000年における総エネルギー需要、及び末端平均エネルギー価格(各2次エネルギー形態の相対的需要量をウェイトとして加重平均により算出)のそれぞれについて「基準ケース」からの変化量を図-5に示す。例えば、 $\yen 25,000 / \text{ton-C}$ の課税を行なった場合、「基準ケース」と比較して2000年時点で総エネルギー需要量は約15%の減少、平均エネルギー価格は約46%上昇する。

次に、指標の定義等にそれぞれ多少の相違があるが(ただし、ほぼ同様な解釈が可能)、課税額と削減効果

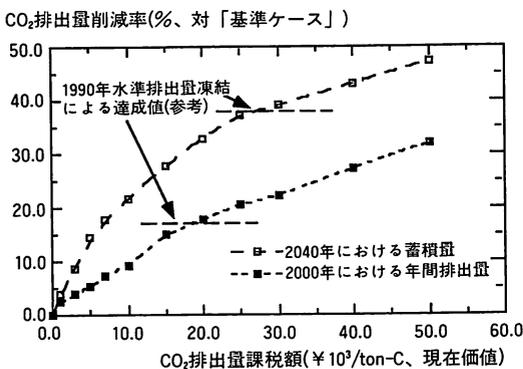


図-3 課税によるCO₂排出量削減効果

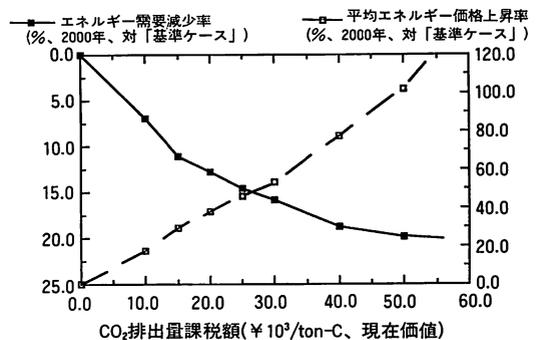


図-5 課税に伴う総エネルギー需要量、及び平均エネルギー価格の変化

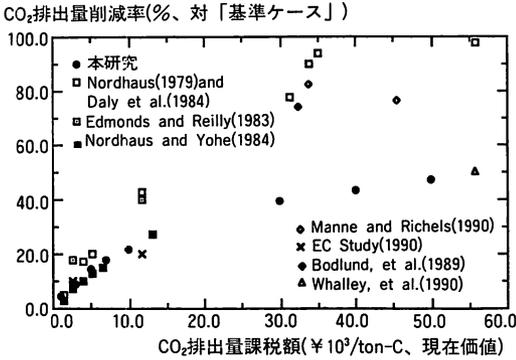


図-6 課税額と削減率の関係に関する諸研究結果の比較

の関係について、本研究と諸外国における他の同様な研究による推定結果の比較を図-6に示す。ここで本研究以外の推定値は、Nordhaus(1991)²⁾がサーベイ論文において定義等ができるだけ近づけて再推定を行なった値を採用した(為替レート=¥130/\$)。同図から、「我が国のエネルギー効率が高水準にあり、抑制の限界費用が相対的に高い」という一般的な主張をある程度支持する傾向が観察される。しかし、モデルの構造や前提条件等における相違を考慮するならば、むしろグローバルな政策協調に向けて同等な結論を導きうる結果と解釈すべきであろう。低税率においては本研究と他のいくつかの研究ではきわめて近い推定結果が得られており、また税率を高くしたとき本研究における削減効果が相対的に小さいのは、主としてモデルにおける将来のエネルギー利用効率向上等の仮定(本モデルでは想定していない)によるものと思われる。もちろん、どの程度の抑制政策を採用するかは国民全体の合意によって決定されるものであるが、国際的に共通の枠組の中での議論を可能とするような1つの情報を提供していると考えerるほうが妥当であろう。

最後に、CO₂排出量課税に伴うマクロ経済的費用を(1) 税収の還流あり、(2) 税収の還流なし、の場合について図-7に示す。ここで、横軸は課税額、縦軸は計画期間における総GNP(ただし、税収還流なしの場合は総税引き後所得、現在価値)の「基準ケース」を比較基準とした損失率(%)である。

「税収の還流あり」の場合、課税に伴うマクロ経済的限界費用は緩い増傾向にあるが、我が国における他の同様な研究と比較するとかなり小さい評価値が得られている(Nagata et al.(1990)³⁾等参照)。例えば、10、20、30(単位: ¥10⁹/ton-C)の課税によって

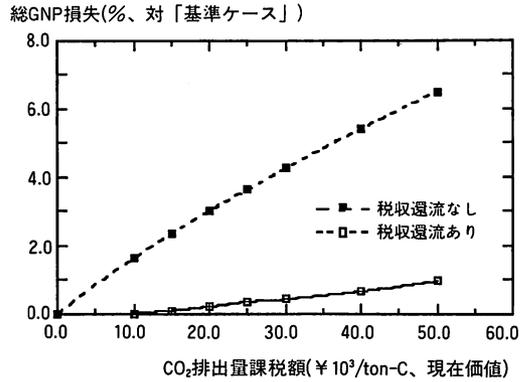


図-7 課税額とそれに伴うマクロ経済的費用の関係

被る費用はそれぞれ、GNPの0.01、0.21、0.42%程度である。また参考に絶対額で示すと、平均年間費用(現在価値)はそれぞれ、約0.02、0.52、1.05(単位: ¥10¹²/年)となる。多少主観的な判断になるが、「市場が効率的に対応するならば、課税に伴うマクロ経済的費用はそれほど大きくない」という1つの結論を導くことが可能であろう。

しかし、「税収の還流なし」の結果からは異なる結論が導かれるかも知れない。例えば、¥30,000/ton-Cの課税による損失はGNPの4.3%に達する。前評価値(0.42%)との差額は税収に相当する。これはかなりの負担とも受け取れ、先とは反対に課税に批判的な議論も成り立つであろう。

これらの推定結果は、課税に対する賛否両論の一因を裏付けているように思われる。そこからいかなる政策的結論を導くかは、本研究の範囲を越える(先にも述べたように、これは国民全体の課題である)。しかし、1つの個人的見解を付け加えておこう。ただし、以下は本研究から論理的に導かれるものではなく、また税の導入では通常最も議論の中心になりがちな分配(費用負担)に関する公平の問題も敢えて無視していることを断っておきたい。私としては、「還流あり」の評価値を判断の指標とすることを提案したい。昨今GNPを社会的厚生(尺度)とすることに多くの批判があり、「グリーンGNP」と呼ばれるような新しい指標の提案もなされている。しかし、問題が複雑になるので、ここでは一応GNPを生活を豊かにするための購買力の尺度としてこれを受け入れることにしよう。さて、環境費用(税)の支払いを強制的に要求される受動的なものではなく、能動的に「クリーンな環境」を買う行動と解釈しよう。本来税とはそのようなもの

であり、市場メカニズムでは達成されないようなアメニティーや社会的厚生改善・向上を目的として我々がそのための政策を政府に実行させるために預ける依託金である。とすれば、これを我々が一般的な財を購入する行動と同等に取り扱ってもよいという議論も成り立つ。即ち、我々が自由意志によって環境費用(税)を支払った(そして、それに対する合理的な対応としてのエネルギー消費減少によりクリーンな環境を買った)と解釈するのである。このような観点に立てば、たとえ還流なしであっても税は止むを得ない費用というより購買力、即ち所得として評価して妥当ということになり、もし「グリーンGNP」のような指標が受け入れられるならば当然そこに加えられるべき性質のものである。もちろん、予想される税収の規模を考えれば、その用途に関して十分な議論が必要であることは言うまでもない。

7. 結び

本研究は、国際的にも議論が高まっている炭素税の我が国への導入によるCO₂排出量抑制の有効性について、経済的側面から分析・評価を試みたものである。

分析モデルは完全予見の下での動態的な市場均衡という多分に規範的な概念を前提とするものであり、得られた結果をそのまま現実に適用することは必ずしも妥当ではないであろう。本研究における各シミュレーションの結果は将来予測というより、我々の今後の行動(シナリオ)とその結果達成が期待される成果との相互関係という「シナリオ分析」の観点から解釈されるべきものである。しかし、このような手法は諸外国でも数多く採用されており、その問題点を踏まえうえて、国際的合意形成に向けた共通の枠組の中での議論を可能にするものである。

我々の設定したインプット・データやいくつかの前提条件には、未だ吟味の余地が多分に残されていることは否めない。また、新エネルギー開発等の供給面における代替戦略、種々のCO₂除去技術の開発と導入、あるいは非価格誘発的なエネルギー利用効率の向上(我が国の場合、機器の効率はともかく、社会的なエネルギー利用効率向上、即ちムダの低減の余地は大きい)の可能性など様々な対応策がその有効性を期待されているが、技術的、経済的不確実性の大きさゆえに今回は考察の対象から外している。これらを含めてこの種の分析では常に将来の不確実性という厄介な問題を抱えているが、知識の向上、情報の増大と

歩調を合わせた継続的なデータの改訂、及び分析能力のレベルアップが永遠に尽きない課題であろう。

しかし、このような多くの限定付きではあるが、本研究で得られた結果は様々な示唆に富んでいると思われる。これらの分析結果からどのような将来像を理念に描き、いかなるオプションを選択するかは今後の国民全体の課題である。有意義な議論の進展に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 後藤則行, 佐和隆光, 和合肇; 市場均衡モデルによるCO₂排出量抑制策の評価, 金沢大学経済学部論集, 12巻, 2号(1992), 149~190.
- 2) Nordhaus, W. D.; The Cost of Slowing Climate Change: a Survey, *The Energy Journal*, 12, 1 (1991), 37~65.
- 3) Nagata, Y., Yamaji, K., Matsuhashi, R., Kaya, Y.; An Integrated System for CO₂/Energy/GNP Analysis: Case Studies on Economic Measures for CO₂ Reduction in Japan, Paper presented at a Workshop on Economic/Energy/Environmental Modelling for Climate Policy Analysis (1990), Washington, D.C.
- 4) Bodlung, B., et al.; The Challenge of Choice: Technology Options for the Swedish Electricity Sector, In Thomas, B.L., et al. (eds.), *Electricity: Efficient End-Use and New Generation Technologies, and Their Planning Implications* (1989), Lund, Sweden, Lund University Press.
- 5) Daly, T., Goto, N., Kosobud, R.F., Nordhaus, W.D.; CO₂ Forecasting and Control: A Mathematical Approach, In Weyant, J. and Sheffield, D. (eds.), *The Energy Industries in Transition, 1985-2000* (1984), International Association of Energy Economists, Westfield Press.
- 6) Edmonds, J.A., Reilly, J.M.; Global Energy and CO₂ to the Year 2050, *The Energy Journal*, 4 (1983), 21~47.
- 7) European Community, Report to the Commission of the European Community; Cost-Effectiveness Analysis of CO₂ Reduction Options, Paper presented at a Workshop on Economic/Energy/Environmental Modelling for Climate Policy Analysis (1990), Washington, D.C.
- 8) Nordhaus, W.D.; *The Efficient Use of Energy Resources*, A Cowles Foundation Monograph 26 (1979), Yale University Press, New Haven.
- 9) Nordhaus, W.D., Yohe, G.; *Future Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuels*, Cowles Foundation Discussion Paper No.580 (1984), Yale University.
- 10) Whalley, J., Wigle, R.; *The International Incidence of Carbon Taxes* (1990), University of Western Ontario.