



Title	中国における環境政策の応用一般均衡分析：エネルギー課税と生産間接税減免
Author(s)	小山田, 和彦
Citation	国際公共政策研究. 1997, 1(1), p. 173-187
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/12433
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

中国における環境政策の応用一般均衡分析：
エネルギー課税と生産間接税減免*

An Applied General Equilibrium Analysis
of Environmental Policies in China:
Energy Use Taxes with Exemptions*

小山田 和彦**

Kazuhiko Oyamada**

This paper addresses the following questions in the context of a static applied general equilibrium model of environmental policies in China formulated as a non-linear complementarity problem.

1. How do introduction of fossil energy use taxes affect sectoral- and economy-wide production?
2. To what extent do exemptions for non-fossil energy producing sector save welfare costs?

The simulation results presented here confirm economic intuition: polluting gas emission control may not spoil economic conditions of China if she makes efforts to reduce price distortions caused by pre-existing taxes.

キーワード：応用一般均衡 (AGE)、非線形相補計画問題 (NLCP)、環境政策、エネルギー税、中国

* 今回の研究を行うに当たって、アジア経済研究所より「INTERNATIONAL INPUT-OUTPUT TABLE CAINA-JAPAN 1985」(1992)を拝借した。その際にお忙しい中手配を下さった、同研究所統計調査部(当時)、現資源・エネルギー庁石油部計画課原油係長の金子喜則氏に、心よりお礼を申し上げたい。

** 大阪大学大学院国際公共政策研究科 博士後期課程

I はじめに

現在、工業化の進展著しい中国では、エネルギー消費の急拡大に伴う環境汚染が深刻化してきている。また、今後とも経済発展が持続することが予想され、中国が先進諸国と同程度の経済水準に達した場合に世界の環境汚染ガス排出センターとなる可能性が、国際的に懸念されている。その一方で、経済発展は各国の権利であり、それを阻害することはできない。このため、今後の中国にとって発展と環境汚染抑制を両立することが、重要な政策課題となるであろう。

このような問題に対し現在、経済学的見地からの取り組みが盛んに行われており、ある種の有限性を仮定する環境問題に対して、その有限性の下で効率的な資源配分を実現する制度のあり方を模索している¹⁾。これらの経済学的アプローチの基本は、課税などにより財やエネルギーの価格を変化させることで、環境汚染の抑制を実現しようとするものである。ただし、当初の研究では課税による産業構造の変化は考慮されていないことも多く、課税による財やエネルギーの価格変化が市場で取り引きされる財やサービスの相対価格を変化させ、産業構造自体にまで影響を及ぼすプロセスを明示的に扱えるものとして近年、応用一般均衡モデルを用いた研究が盛んになってきた²⁾。本研究では、中国経済に関して1985年のデータに基づく6部門静学応用一般均衡モデルを作成し、中国が国内政策として行う環境汚染ガス排出量抑制政策を行った場合に生じる、以下の疑問に答えることにする。

1. 環境汚染ガスの排出量を削減すること

を政策目標とした、各化石燃料（石炭、原油、および天然ガス）の消費（中間投入および最終消費）への課税（エネルギー使用税）が、国内経済に対してどのような影響を与えるのか。

2. エネルギー使用税導入により予想される社会的効用の低下を抑えることを目的として、課税対象となる化石燃料以外の財についての生産間接税をゼロとする政策がとられた場合、その効果はどの程度あるのか。

モデル作成に際して、数理計画法の基本に忠実であることを重視した。具体的には、各変数の非負条件および相補条件を明示的に扱うことである。このため、非線形相補計画問題(NLCP)としてモデルを定式化した。他方、環境汚染の問題を扱う際に、本来なら扱うべき外部効果による社会的費用と私的費用の不一致やその内部化の問題は、統計上の問題として外部不経済の計測が困難であることなどの理由から今回は扱わず、外部から環境汚染ガス排出量の削減目標が与えられ、その効果を見るにとどめるものとする。第2節では、本研究で用いたモデルの概要と特徴について解説する。第3節では、本研究における政策シミュレーションへのステップとして、課税による相対価格の歪み、ならびにそのもとのエネルギー使用量規制にスポットを当てた3財1要素モデルによる分析を行う。第4節では政策シミュレーション結果の報告を行い、続く第5節で、結論を述べるとともに今後に残された課題が示される。

1) Ban (1994)、Dean and Hoeller (1992)等。後者は代表的ないくつかの研究について比較検討を行っている。
2) Burniaux et al. (1992)およびMartin et al. (1992)、Jorgenson and Wilcoxon (1992)、Rutherford (1992)、Boehringer and Rutherford (1994)、Gruver and Zeager (1994)、Pasurka Jr. (1994)、Yeldan and Roe (1994)等。

II モデルの概要および特徴

本節では、分析に用いたモデルの仮定、構造、および特徴等を示す。

環境汚染物質：本研究では環境汚染物質として、主としてエネルギー消費（中間投入および最終消費）にともなって排出される、硫黄酸化物 SO_x 、窒素酸化物 NO_x 、および二酸化炭素 CO_2 の3種類の環境汚染ガスを扱う。ただし、部門分割の関係により、非鉄金属精錬・硫酸製造からの SO_x およびセメント製造からの CO_2 の排出は、本分析からは除外されている。 SO_x 、および NO_x は地球の酸性化（主として酸性雨）に関係し、 CO_2 は地球の温暖化に関する物質である。なお、 NO_x は光化学オキシダント（主成分オゾン）の生成にも関係し、オゾンは植物被害や地球の温暖化にも関係することが知られている。

部門分割および環境汚染ガスの排出：各生産者は一つの生産財を生産するものと仮定する。生産部門とその生産財の種類はまず3種類に大別され、その後それぞれ2種ずつに分割され、最終的に以下の6部門となる³⁾。

1. エネルギー消費部門
 - (a) エネルギー集約型産業：製造・運輸
 - (b) エネルギー非集約型産業：農林水産・軽工業・運輸を除くサービス
2. エネルギー生産部門
 - (c) 石炭
 - (d) 原油・天然ガス
3. エネルギー転換部門
 - (a) 石油精製・石炭製品
 - (b) 電気・水道

また、以上の6部門のうち環境汚染ガス排出源となるのは、2(c)および2(d)の化石燃料と仮定される。そして、化石燃料である2(c)石炭と2(d)原油・天然ガスの中間投入、および最終消費量に比例（固定排出係数を設定）して、それぞれの産業および消費主体は CO_2 、 NO_x 、 SO_x からなる3種類の環境汚染ガスを排出する。したがって、1(a)・1(b)のエネルギー消費部門の生産物、および3(a)・3(b)のエネルギー転換部門の生産物に対する排出係数はゼロに設定されている。この場合、輸入された精製油やコークスなどからの環境汚染ガス排出の取り扱いが問題となり得るが、1985年時点での中国経済の場合、両財の投入・消費総量に占める輸入量の割合が小さい（1%未満）ため、本研究においては両輸入品からの排出はゼロとして無視するものとする。

代表的消費主体：最終需要は、単一の代表的消費主体によってなされるものと仮定する。本研究では、政府消費・投資は最終的に社会の厚生増加につながるものと考え、家計消費とともに政府消費・投資も経済全体の効用増加に寄与するものとして扱う。さらに、家計貯蓄は新規の投資財購入に当てられ、その新規購入された投資財も最終的には経済全体の効用増加につながるものとして扱う。したがって、家計消費・政府消費・海外経常余剰を除く新規の政府・民間投資の全体を一つにまとめて代表的消費主体とした。これにより、政府の財政収入となる税収は、全額代表的消費主体への移転として扱われる。よって、税、特に従価税は効率的相対価格システムに歪みをもたらすものとしてのみ機能する。

3) データ・ソースとして、アジア経済研究所刊「INTERNATIONAL INPUT-OUTPUT TABLE CHINA-JAPAN 1985」（1992）を利用した。また環境汚染ガス排出量に関しては、科学技術庁科学技術政策研究所編「アジアのエネルギー利用と地球環境」（1992）における、同研究所による推計値を用いた。

本源的投入要素および代表的消費主体の可処分所得：本源的投入要素である労働と資本は、代表的消費主体によって保持され、各生産部門に給与と引きかえに雇用されるものとする。ここで、両要素とも国内の各生産部門間の移動は完全であるが、国外へは移動できないものと仮定される。つまり本研究における分析は、資本レンタル価格格差により資本が移動することを仮定した長期分析であることになる。さらに、両要素の総量は不変であると仮定され外生的に与えられる。代表的消費主体は、両要素の価格を雇用量の総計に乗じた額（賃金および資本レント）を所得として受け取り、これに税収の移転を加えたものが代表的消費主体の可処分所得となる。そして、この可処分所得のもとで代表的消費主体は効用最大化行動をとるものと仮定される。なお、規模に関して収穫一定の生産技術の仮定により、可処分所得に企業利潤の分配を含める必要性については省くことが可能である。

生産部門：各生産者は、規模に関して収穫一定の技術のもとで利潤最大化行動をとるものと仮定する。この仮定により、均衡において利潤はゼロとなる。

海外部門：中間投入および最終消費における輸入財と国内生産財の不完全代替（Armington仮定）、各々の財の生産における国内市場向け供給と海外市場向け供給との不完全代替を仮定する。ただし、輸入と輸出では価格変化に対する効果が逆であることに注意が必要である。また、国内市場と国際市場との関係をモデル化するに際して「小国の仮定」を採用する。

市場環境：本源的要素市場および財市場の各市

場に関して、完全競争を仮定する。この仮定の下で、代表的消費主体および生産部門は市場価格を所与として行動する。

生産および最終消費需要の構造：生産における中間投入需要、および代表的消費主体による最終消費需要の両方において、Armington仮定にもとづき国内生産財と輸入財の代替が考慮され、CES⁴⁾関数により合成される（Armington合成財）。次に、以上のArmington合成財のうちエネルギーについては各エネルギー種ごとの代替が考慮され、CES関数により合成される（合成エネルギー）。

本研究では、生産構造において2種類の特定化を行った。一つは、OECDで開発されたGREENモデルと同様に、合成エネルギーと資本の代替を考慮したもの（KLEM-G）であり、もう一つは、通常よく想定されるように、資本と労働により生産される要素付加価値を考え、合成エネルギーと要素付加価値の間には代替を認めず、それらが固定係数によるLeontief型の生産関数により結合されるもの（KLEM-L）である。KLEM-Gでは、資本と合成エネルギーがCES関数により代替を許された形で結合され、さらに、その合成財（KEF）と労働がCES関数により合成される（KLEF）。生産者は以上の合成財KLEFと非エネルギー Armington合成財を投入して、Leontief型技術により生産を行う。一方KLEM-Lでは、資本と労働を用いてCES関数により要素付加価値が生産される。そして生産者は、要素付加価値、合成エネルギー、および非エネルギー Armington合成財を投入してLeontief型技術により生産を行う。生産された財はCET⁵⁾関数により、国内市場向けに供給されるのか、輸出されるのかが決定される。

4) Constant Elasticity of Substitution.

5) Constant Elasticity of Transformation.

代表的消費主体は上記の可処分所得の下で、合成エネルギーと非エネルギー Armington合成財を、Cobb-Douglas型効用関数を最大にするように需要する。これは、合成エネルギーおよび各非エネルギー Armington合成財に対する支出シェアが一定であることを仮定していることと同じである。

環境汚染ガス排出量削減政策：本研究では、3種類の環境汚染ガスをそれぞれ同時に削減することを、主要な政策目標として設定する。政策目標を達成するために、エネルギー使用従量税を各化石燃料（石炭および原油・天然ガス）の消費（中間投入および最終消費）に課税するものとする。なお、この場合の税額は、3種類の環境汚染ガス排出1単位追加の限界価値に排出係数を乗じたものの、排出ガスの種類に関する総和に等しくなるように、内生的に決定されるものとし、相対価格システムの中で与えられる。

非線形相補計画問題 (Non-Linear Complementarity Problem; NLCP)：今回の研究では、数理計画法の基本に忠実であることを重視し、モデルを非線形相補計画問題（以下NLCP）として定式化した。NLCPの優位な点は、最適解に対して有効でない制約がモデルに含まれる場合にも、連立方程式体系のように誤った解を与えることがないことである⁶⁾。連立方程式体系では望ましい解が得られなかった場合に、何が原因なのか、どの制約式が有効でないのか捉えにくく、対応するのに余分な時間・コストがかかることも考えられる。この点から応用一般均衡分析について考えてみよう。まず、応用一般均衡分析を利用する目的は何らかの政策評価を行うこと

にあるものと考えられる。このことより、基準均衡が再現されるだけでなく、何らかの政策施行後の仮設均衡値が計算できることが要求される。通常、政策変化は外生変数（たとえば税率）の変化、もしくは制約式の追加により表現される。ここで、複数の政策が一つのパッケージとして複数の制約式で与えられたとする。この時、仮設均衡において全ての制約が同時に最適解に対して有効であるかどうか、事前に予想できない場合もあり得る。このような場合に、NLCPならより少ないコストと時間で政策評価が可能である。つまり、政策パッケージの中に結果的に有効でない政策を含めてしまった場合に、その発見が容易に行えるのである。このことから、多くの制約条件が複雑に絡み合った経済問題をNLCPとして定式化することで、応用一般均衡分析の応用範囲がより広がるものと考えられる。

さらに、以上のことは複数の環境汚染ガスを取り扱い、その排出量の総合的な削減を考える際にもNLCPとしての定式化が有用であることを意味する。今回の研究のように化石燃料からの環境汚染ガス排出が線形の固定排出係数によってなされるのではなく、大気中の化学反応まで考慮に入れた厳密なモデル化を行う際には、より一般的な非線形の排出関係を想定する方が望ましい。今後、そのような研究に進む際の基礎となるようなモデルを作成することも、本研究の目的の一つである。

本研究では、数値計算を行う際のソフトウェアとして、GAMS (General Algebraic Modeling System)⁷⁾を用いた。特にNLCPのソルヴァーとしてPATHとMILESを用いた。現在、応用一般均衡分析にNLCPを適用する例はまだ多くはなく、そのソルヴァーであるMILESとPATHについては、改良の余地が

6) 詳しくは、Rutherford(1995)等を参照せよ。

7) (C)GAMS Development Corporation.

かなりあるものと考えられる。なお、MILES、PATHともにNewton法を応用している。

弾力性の特定化：本研究において用いた、CES関数およびCET関数の基本となるパラメーターは、Armington合成財構成関数における国内生産財と輸入財の代替弾力性 μ 、中間投入合成エネルギー構成関数における各エネルギー間の代替弾力性 ϵ_H 、最終消費合成エネルギー構成関数における各エネルギー間の代替弾力性 ϵ_X 、KLEM-Gで想定する資本とエネルギーのKEF合成財構成関数における資本と合成エネルギーの代替弾力性 ρ_{KEF} 、KLEM-Gで想定する労働と資本・エネルギーのKLEF合成財構成関数における労働とKEF合成財の代替弾力性 ρ_{KLEF} 、KLEM-Lで想定する要素付加価値生産関数における資本と労働の代替弾力性 ρ 、国内生産財変形関数(CET)における国内市場向け供給と輸出の変形弾力性 κ 、および輸出財に対する外国需要の価格弾力性 τ である。以上のもの以外のパラメーターは、基準データで与えられる状態が均衡条件を満たす、という仮定の下でカリブレーション法によって特定化される⁸⁾。本研究で想定した上記のパラメーターを表1に示す⁹⁾。

なお特定化に際して、Burniaux et al. (199

2)、Boehringer and Rutherford (1994)、Wang (1994)、およびWhalley (1985)等のパラメーター想定を参考にした。本来ならば、計量分析を必要とする部分であるが、本研究では行っていない。

III エネルギー課税

環境汚染ガス排出量削減政策は、経済に新たに化石燃料使用量に関する制約条件を設けることと同値である。基準ケースにおいて存在する相対価格の歪みを除くと、その制約条件のシャドー・プライスが、環境汚染ガス排出量削減政策のもとで、化石燃料の使用に際して支払われなければならないコスト(エネルギー使用税)に等しい。単純化のために、3財1要素モデルを用いて効率的資源配分を考えると、それは以下の数理計画問題を解くことと同値である。

$$\max U = U(X_i) \quad (i, j = A, B, E) \quad (1)$$

s.t.

$$X_i \leq F_i(L_i, E_i) \quad \perp P_i \quad (i \neq E) \quad (2)$$

$$\sum_j E_j + X_E \leq F_E(L_E, E_E) \quad \perp P_E \quad (i = E) \quad (3)$$

$$\sum_j L_j \leq \bar{L} \quad \perp w \quad (4)$$

$$\sum_i ef_i E_i + ef_X X_E \leq \bar{\epsilon} \quad \perp r \quad (5)$$

ここで、 X_i は財 $i = A, B, E$ の最終消費、 L_i は第 i 産業の労働投入、 \bar{L} は労働賦存量、 E_i は第 i 産業の化石燃料投入量である。 $U(\cdot)$ および $F_i(\cdot)$ はそれぞれ、効用関数と生産関数を示す。

(5)式は、各産業固有の固定排出係数 ef_i のもとで、化石燃料使用からの環境汚染ガス排出量の上限が $\bar{\epsilon}$ で与えられていることを示す。また、ラグランジュ乗数 P_i および w は、市

表1: 主要パラメーターの想定

	μ	ϵ_H	ρ_{KEF}	ρ_{KLEF}	ρ	κ	τ	ϵ_X
CT001	1.6	0.9	1.1	1.2	1.2	-3.0	2.0	2.0
CT002	1.2	1.2	0.8	1.5	1.1	-4.0	3.0	
CT003	1.6	0.9	0.8	1.1	0.8	-2.5	2.0	
CT004	1.8	0.9	0.8	1.1	0.8	-2.5	1.5	
CT005	2.0	0.8	0.8	0.9	0.8	-2.5	1.5	
CT006	1.6	3.0	0.9	0.8	0.9	-0.8	0.6	

8) カリブレーション法による、代替弾力性以外のパラメーターの特定化については、Whalley (1985)などを参照せよ。

9) CT001: 製造・運輸、CT002: 農林水産・軽工業・運輸を除くサービス、CT003: 石炭、CT004: 原油・天然ガス、CT005: 石油精製・石炭製品、CT006: 電気・水道、である。

場均衡のもとで効率的資源配分を達成する競争価格となっている。 r は、環境汚染ガス排出単位を追加するときに生じる準レントと解釈できる。最大化の一階条件より内点解を仮定すると、

$$\frac{\partial U}{\partial X_E} = P_E + ef_X r = P_E(1 + ef_X \frac{r}{P_E}) \quad (6)$$

$$P_i \frac{\partial F_i}{\partial E_i} = P_E + ef_i r = P_E(1 + ef_i \frac{r}{P_E}) \quad (7)$$

(7)式は、化石燃料使用の限界生産物価値が限界費用に等しくなることを示しており、(6)式とあわせて、もし制約条件(5)が有効なら、化石燃料の最終消費および生産のための投入に際して、エネルギー価格にそれぞれ税率 $ef_X \frac{r}{P_E}$ および $ef_i \frac{r}{P_E}$ だけのエネルギー使用税が課されることを示している。

次に、環境汚染ガス排出量削減政策が実質上、化石燃料の消費に対する数量規制として機能していることをふまえた上で、数量規制が相対価格に与える影響をみてみよう。ただし、税が存在する場合には、消費者は税収の全額を移転として受け取るものとする。

まず、基準ケースにおいて税による相対価格の歪みが存在するところに、数量規制が導入されたときの様子を図1に示す。数量規制

の導入により、生産・消費点は弧A'B'上に決まることになる。ここでは、財A-財E、および財B-財Eの間の相対価格に生じていた歪みは全て、財Eに発生する準レントにより吸収されている。ただし、財A-財Bの間の相対価格には依然として税による歪みが残っており、図1中の点 E_t のようなところで生産・消費が決まっている。このことは、財Aと財Bにかかっている税に対して廃止、もしくは両財にかかる税率を等しく設定するならば、より高い効用水準 U' を実現することが可能であることを意味する。それを図2に示す。

以上より、税収が全額、代表的消費主体に移転される経済においては、規制対象外の財の間の相対価格に生じている歪みを減らすことで、数量規制下の効用水準を、規制目標を達成しながら、より高く実現できることがわかる。

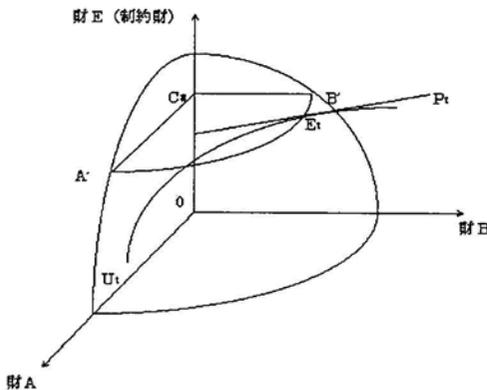


図1: 数量規制の導入

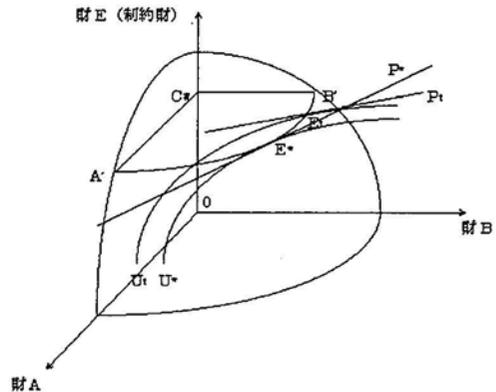


図2: 数量規制下の税率変更

IV 政策シミュレーション結果

本節では、中国6部門応用一般均衡モデルを中心とした、環境汚染ガス排出量削減に関する経済モデルを用いて行った、政策シミュレーションの結果を報告する。分析対象とした政策は以下の通りである。

1. 窒素酸化物 NO_x、硫黄酸化物 SO_x、二酸化炭素 CO₂ の3種類からなる環境汚染ガスの排出量を、同時に5%、10%、15%、および20%ずつ削減することを政策目標とし、目標を達成するエネルギー使用従量税を各化石燃料（石炭、および原油・天然ガス）の消費（中間投入、および最終消費）に課す。なお、この場合の税額は、3種類の環境汚染ガス排出一

単位追加の限界価値に各エネルギーからの排出係数を乗じたものの、環境汚染ガスの種類に関する総和に等しくなるように内生的に決定される。

2. 環境汚染ガス排出量削減にともなう、効用水準の低下を抑える目的で、化石燃料への課税と同時に、課税対象となる化石燃料以外の財についての生産間接税をゼロとする。

以上の1と2を組み合わせ、計8通りの仮説均衡値計算をKLEM-G、KLEM-Lの2種類のモデルについて行った。以下では、社会的厚生、各部門の生産量、相対価格、およびエネルギー間の代替の4項目にそれぞれスポットを当て、8通りの政策が中国经济にいかなる影響を与え得るのか、シミュレーション結果について整理する。

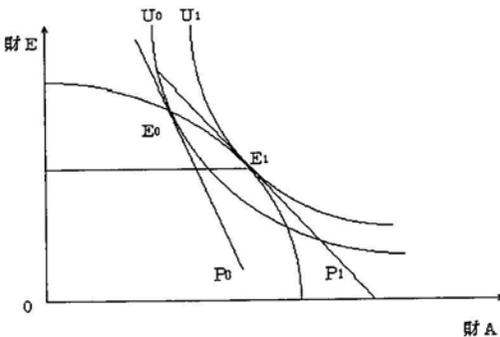


図3：数量規制導入による効用水準の上昇

社会的厚生に与える影響：まず、8通りの政策下で実現される、代表的消費主体の効用変化をHicksの等価変分（Hicksian Equivalent Variations；以下EV）で測ったものを、表2に示す。

これらの結果からわかる、8通りの政策が社会的厚生に与える影響を整理すると、次の通りである。

1. KLEM-Gの想定が正しかったならば、目標削減率の上昇にともなって、エネルギー使用税導入により効用水準は低下する。その効用水準低下を抑えるために、

表2：Hicksの等価変分（基準ケースにおける所得：311363.5百万ドル）

KLEM-G (百万ドル)				
目標削減率	0.05	0.1	0.15	0.2
エネルギー使用税のみ	-220.1805011	-483.6107434	-795.9075766	-1163.436763
エネルギー使用税+生産間接税減免	4931.21942	4652.249227	4321.229562	3931.045749

KLEM-L (百万ドル)				
目標削減率	0.05	0.1	0.15	0.2
エネルギー使用税のみ	80.3209481	116.268785	98.66932319	14.60380874
エネルギー使用税+生産間接税減免	2056.703065	2056.703065	2064.753883	2055.766923

化石燃料（石炭および原油・天然ガス）以外の生産部門に対する生産間接税をゼロにするならば、効用水準は基準ケースに比べて上昇する。ただしその効果は、目標削減率が高くなるにしたがい減少する。

2. KLEM-Lの想定が正しかったならば、エネルギー使用税の導入が効用水準を低下させることはない。したがって、生産間接税をゼロにする政策は、環境汚染ガス排出量削減政策とは独立の政策であると考えられる必要がある。ただし、政策導入の目的が何であれ、生産間接税をゼロにする政策だけでも、環境汚染ガスの排出量は10%程度までなら自動的に削減される。

ここで特筆すべきことは、KLEM-Lを想定する場合、エネルギー使用税のみを課す場合においてさえ、効用水準が基準ケースよりも高くなることである。これは、エネルギー使用への課税が生産間接税により生じていた相対価格の歪みを縮小させる方向に働いていることによるものである。この状態を図3に示す。図3において当初、生産間接税が存在するために相対価格に歪みが生じており、 E^0 のような点で消費・生産が行われていたとしよう。そこに財Eに対して数量規制が導入されると、存在していた相対価格の歪みが準レントの発生により吸収され、均衡点を E^1 のような点に導き、より高い効用水準を達成するのである。ただし、数量規制の導入が常に、より高い効用水準を達成するわけではない。

また、KLEM-Lを想定する場合、生産間接税をゼロにする政策まで含めると、削減目標が5%および10%のケースで、環境汚染ガス排出量削減に関する制約式が有効ではなかった。つまり、生産間接税をゼロにする政策の

みを導入するだけで、自動的に環境汚染ガスの排出削減目標を達成する事が可能である。

生産に与える影響：シミュレーション結果から得られた、8通りの政策が各生産部門の生産量に与える影響を整理すると、次のようになる。

3. KLEM-Gの想定が正しかったならば、エネルギー税の導入により、全産業において生産規模が縮小する。ただし、石炭生産部門を除けば、その縮小幅は環境汚染ガス排出量の目標削減率20%までの範囲で、たかだか5%程度にとどまる。その一方で、石炭生産部門に対してエネルギー使用税は実質上生産量規制として働き、目標削減率上昇に比例する割合で生産規模の縮小を迫る。また、化石燃料（石炭および原油・天然ガス）生産部門以外に対する生産間接税をゼロにすることは、エネルギー非集約型産業と石炭生産部門には生産規模を縮小する効果があり、その他の部門には最低でも10%以上の拡大をもたらす。

4. KLEM-Lの想定が正しかったならば、エネルギー使用税の導入によりエネルギー集約型産業と石炭生産部門を除いて、生産規模は拡大する。なおエネルギー集約型産業の生産規模は縮小するものの、その縮小幅は20%までの目標削減率の下では、1%未満にとどまる。石炭生産部門に対しては、KLEM-G同様、生産量規制として働いている。生産間接税をゼロにする政策は、エネルギー集約型産業およびエネルギー転換産業の生産には拡大方向、エネルギー非集約型産業および石炭生産部門の生産には縮小方向に働き、原油・天然ガス生産部門の生産に対しては、目標削減率の上昇にともない、拡大

方向から縮小方向へと効果の向きは転換する。

環境汚染ガス排出量削減政策のもとで、もっとも多大な影響を被るのは石炭産業である。その生産量変化率を図4に示す。

相対価格に与える影響：シミュレーション結果から得られた8通りの政策が相対価格に与える影響は、以下の通りである。ただし、労働に対する賃金率をニュメラルとして扱っている。

5. 全ての生産財の国内価格および実質為替レートは、エネルギー使用税の下で上昇し、生産間接税をゼロにすれば低下する。
6. 資本価格およびエネルギー使用税については、モデルの特定化によって全く異なる結果が与えられる。KLEM-Gにおい

て、生産間接税をゼロにする政策の追加は資本価格およびエネルギー使用税を上昇させ、KLEM-Lではその逆である。石炭、および原油・天然ガスに対するエネルギー使用税の変化を、それぞれ図5と図6に示す。

KLEM-Lでは、環境汚染ガス排出量の目標削減率が10% までは生産間接税をゼロにすることのみで削減目標を達成可能なため、エネルギー使用税はゼロである。

エネルギー間の代替：最後に、政策により引き起こされる、各エネルギー間の代替について見てみよう。各エネルギー粗生産量のシェアおよび最終消費需要における各エネルギー・シェアの動向を総合してみると、環境汚染ガス排出量削減政策の下では、石炭から原油・天然ガスへの代替よりも、むしろ石炭か

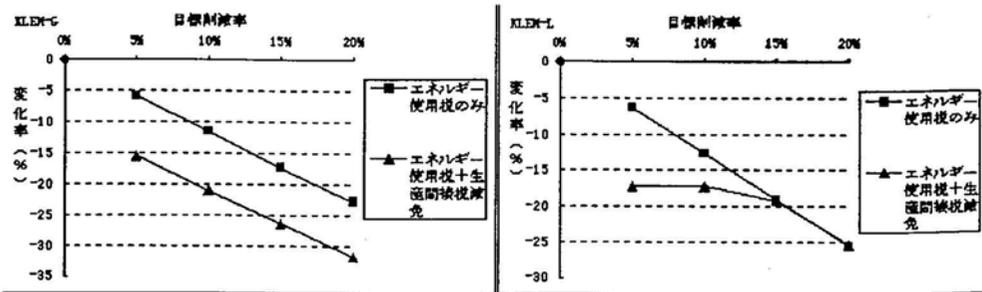


図4：生産量変化率（石炭）

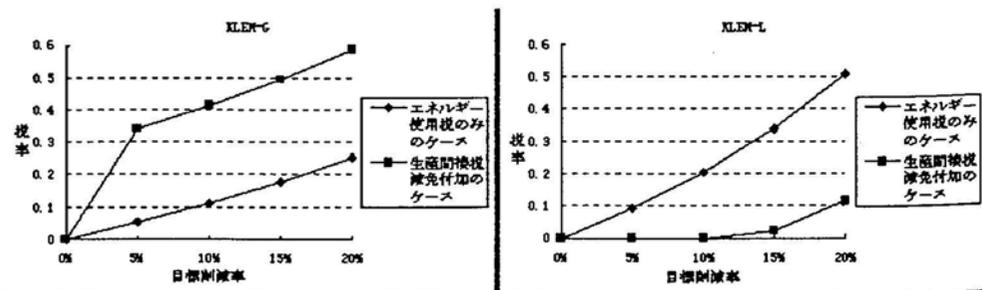


図5：エネルギー使用税（石炭）

ら二次エネルギー¹⁰⁾への代替の方がより進むことがわかった。このことは、輸入された石炭製品や石油精製品からの環境汚染ガスの排出が本研究では無視されていること、データの制約から、エネルギーの中に水道まで含まれてしまっていること、本研究で特定した代

替の弾力性の値などの影響であるものと考えられる。また、最終消費需要において原油・天然ガスのシェアは非常に低く、エネルギーに対する需要の総量に比べると、ほとんど需要されていないに等しい。各政策のもとでのエネルギー生産量のシェアを、図7および図

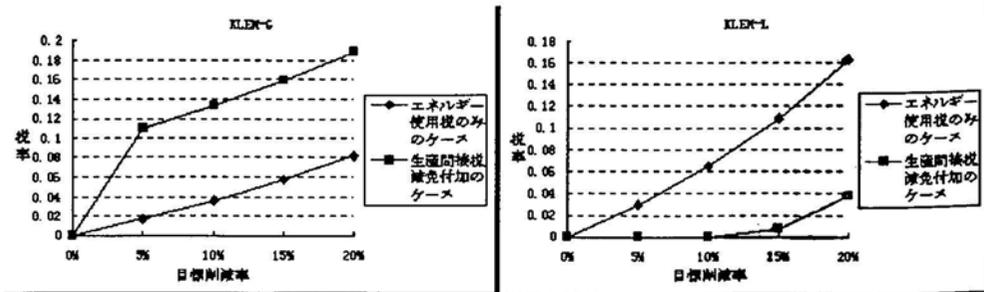


図6: エネルギー使用税 (原油・天然ガス)

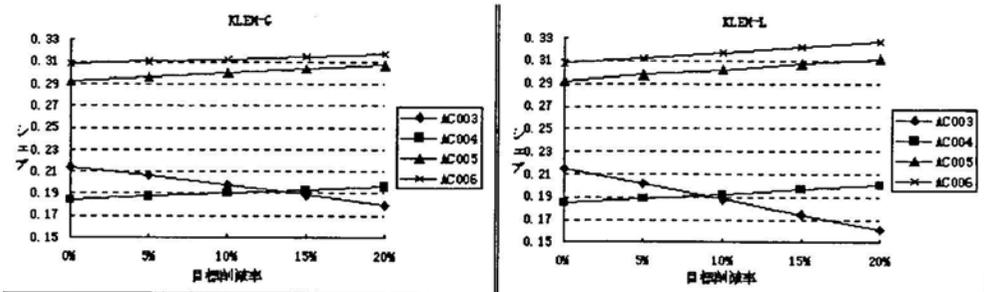


図7: エネルギー生産量シェア (エネルギー税のみ)

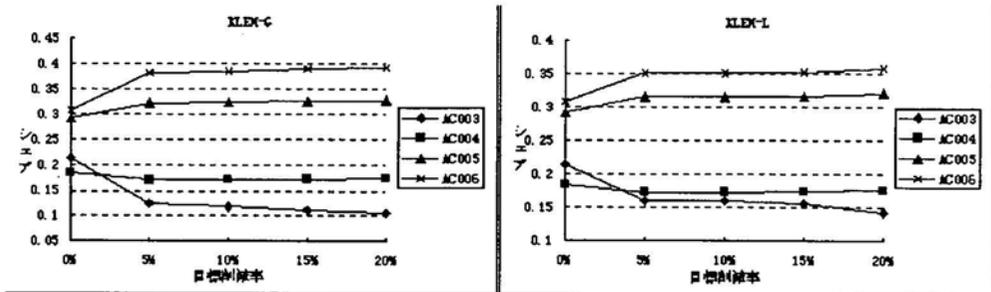


図8: エネルギー生産量シェア (エネルギー税+生産間接税ゼロ)

10) 厳密には、水力発電や原子力発電などによる電力生産は一次エネルギーとされるが、ここでは電力生産の全体に水道まで含めたものを、転換されたエネルギーとして扱い、二次エネルギーと呼ぶことにする。

8に示す。

V 結論および今後に残された課題

最後に、今回行った分析をまとめ、そこから得られた結論を示す。さらに今後に残された課題を示し、本論の結びとする。

結論：今回の研究では、中国が国内政策として環境汚染ガスの排出抑制を行った場合に、それが国内経済に与える影響を明らかにするため、1985年のデータに基く6部門静学応用一般均衡モデルを作成し、シミュレーション分析を行った。

分析対象とした政策は、

1. 窒素酸化物NO_x、硫黄酸化物SO_x、二酸化炭素CO₂の3種類からなる環境汚染ガスの排出量を、同時に5%、10%、15%、および20%ずつ削減することを政策目標とした、各化石燃料（石炭および原油・天然ガス）の消費（中間投入および最終消費）への課税（エネルギー使用税）、および
2. エネルギー税導入により予想される、社会的効用の低下を抑えることを目的とした、課税対象となる化石燃料以外の財についての生産間接税をゼロとする政策、である。

また、モデルの特定化において異なる2種類の生産構造を想定して比較を行うとともに、数理計画法の基本に忠実であることを重視して非線形相補計画問題としてモデルを定式化した。

シミュレーション分析により明らかになったことのうち、主要なものは以下の通りである。

1. NO_x、SO_x、CO₂の3種類の環境汚染ガスのうち、NO_x排出量の削減目標さえ達成

できれば、他のSO_xとCO₂の排出量は自動的に削減目標以下に抑えられる。

2. シミュレーション結果はモデルの特定化に完全に依存しており、モデルの特定化が異なれば、得られるシミュレーション結果は大きく変化する。
3. 今回の研究では、モデルの特定化の違いによって、エネルギー使用税が社会的効用水準を低下させるケースと逆に上昇させるケースの2通りが観察された。また、エネルギー使用税に生産間接税をゼロにする政策を付加することは、社会的効用水準上昇に貢献し、全てのケースで基準ケースにおける社会的効用水準を上回った。
4. エネルギー使用税の導入は石炭産業に対して、環境汚染ガス排出量の削減目標の上昇に比例するように、生産規模の縮小を強制する。また、生産間接税をゼロにする政策の追加は、エネルギー非集約型産業と石炭産業には生産規模縮小の方向に、エネルギー集約型産業とエネルギー転換産業には生産規模拡大の方向に働く。
5. 環境汚染ガス排出量削減政策の下では、石炭から原油・天然ガスへの代替よりも、むしろ石炭から精製油・石炭製品および電力へのエネルギー代替が進む。

以上の結果から、今回の分析におけるモデルの想定が正しかったならば、環境汚染ガス排出量削減は中国経済の状態を大きく悪化させることはなく、もし生産間接税により生じている相対価格の歪みを減じる努力がなされるならば、社会的効用水準は大きく上昇することがわかった。ただし、石炭産業の急速な規模縮小は免れることはできず、1993年に発表された「90年代の産業政策要綱」の中で中国が目指す、農業の発展、石炭、石油、電力などの基幹産業の強化、および石油化学、自

自動車などの製造業の発展、といった目標の全てを同時に達成させながら、かつ環境汚染ガス排出量を削減することは難しいものと考えられる。言い換えれば、エネルギー非集約型産業および石炭産業の規模縮小を抑えるのか、エネルギー集約型産業およびエネルギー転換産業の拡大・発展を押し進めるのか、選択を迫られることになる。

これらのことをふまえた上で、本研究の想定の下では、中国経済にとって環境汚染ガス排出量削減政策は、生産間接税に関する税制改革を同時に行うことにより、エネルギー非集約型産業および石炭産業の規模縮小によるマイナスを補って余りある、社会的効用の増加を実現する可能性があるといえる。

今後の課題：以上、中国6部門応用一般均衡モデルを用いて、中国が国内政策として環境汚染ガスの排出抑制を行った場合に、それが国内経済に与える影響を分析した。今回、分析のために作成したモデルの特徴は、

1. 非線形相補計画問題としてモデルを定式化したこと、
2. NO_x、SO_x、CO₂の3種類からなる環境汚染ガスを同時に取り扱ったこと、および
3. 生産技術について、2種類の異なる特定化を行い、シミュレーション結果の比較を行えるようにしたこと、

であり、環境問題およびエネルギー動向の分析に焦点を絞ったモデルである。その一方で、いくつかの欠点もあわせもっている。本節では、本論の締めくくりとして、今回作成したモデルの問題点の指摘と今後の展望を行う。

モデルの問題点のうち、重要なものの一つとしてあげられるのは、環境汚染の被害を受ける者の不在である。本来環境問題は、環境を汚染する者とその被害を受ける者が同時に存在し、環境を汚染する側が汚染の社会的コ

ストを負担しないために生起する問題である。本研究では、両者の特定化は行われずに、環境汚染の削減目標が外から与えられているだけであった。

そのほかにも、Gruver and Zeager (1994) やPasurka Jr. (1994) に見られるような、植林などの環境保全活動に対する補助金制度や排出権市場などのモデル化、今回扱ったエネルギー種以外に考えられる様々な代替エネルギーの導入、SO_x等の環境汚染ガスを扱う際に不可欠な、現在確立されている脱硫技術のモデル化などの必要性もあげられる。これらの中でも中国経済を扱ううえで最も大切なことは、Yeldan and Roe (1994) が指摘するような、社会主義国家を扱う際の不完全競争を仮定したモデル化であろう。

参考文献

- [1] Armington, P.S., "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production," *IMF Staff Papers*, Vol.16, pp.159-76 (1969).
- [2] Ban, K., "Economic Developments and CO₂ Emissions - a Case Study of Japan and China," *Proceedings of Osaka-Columbia joint conference on Developments in the Japanese Economy and its Pacific Context*, Senri Life Science Center, Osaka, June 8-9, (1994).
- [3] Blitzer, C.R., R.S.Eckaus, S.Lahiri and A.Meeraus, "An Economy-wide Energy Policy Model for Egypt," *Economic Systems Research*, Vol.2, No.2, pp.185-203 (1990).
- [4] Böehringer, C. and T.F.Rutherford, "Carbon Taxes with Exemptions in an Open Economy - A General Equilibrium Analysis of the German Tax Initiative," *Proceedings of Fifth International CGE Modeling Conference*, University of Waterloo, October 27-29, (1994).
- [5] Brook, A., D.Kendrick and A.Meeraus, *GAMS a User's Guide*, The Scientific Press (1988).
- [6] Burniaux, J-M., G.Nicoletti and J.Oliveira-Martins, "GREEN: A Global Model for Quantifying the Costs of Policies to Curb CO₂

- Emissions," *OECD Economic Studies* No.19, Winter, pp.49-92 (1992).
- [7] Dean, A. and P.Hoeller, "Costs of Reducing C O₂ Emissions: Evidence from Six Global models," *OECD Economic Studies* No.19, Winter, pp.15-47 (1992).
- [8] Debreu, G., *Theory of Value*. New York: Wiley (1959). (丸山徹訳『価値の理論』東洋経済新報社(1977)。
- [9] Dervis, K., J.de Melo and S.Robinson, *General Equilibrium Models for Development Policy*, Cambridge: Cambridge University Press (1982).
- [10] Gruver, G.W. and L.A.Zeager, "Distributional Implications of Taxing Pollution Emissions: A Stylized CGE Analysis," Proceedings of Fifth International CGE Modeling Conference, University of Waterloo, October 27-29, (1994).
- [11] Gunning, J.W. and M.A.Keyzer, "Applied General Equilibrium Models for Policy Analysis," chap.35 in: J.Behrman and T.N.Srinivasan, eds., *Handbook of development economics*, vol.3A. Amsterdam: North-Holland (1995).
- [12] Institute of Developing Economies, *International Input-Output Table China-Japan 1985*, IDE Statistical Data Series No.60 (1992).
- [13] Jorgenson, D.W. and P.J.Wilcoxon, "Energy, the Environment and Economic Growth," HIER Discussion Paper No.1604 (1992).
- [14] Kehoe, T.J., "Computation and multiplicity of equilibria," chap.36 in: W.Hildenbrand and H.Sonnenschein, eds., *Handbook of mathematical economics*, vol.4, Amsterdam: North-Holland (1991).
- [15] Martin, J.P., J-M.Burniaux, G.Nicoletti and J.Oliveira-Martins, "The Costs of International Agreements to Reduce CO₂ Emissions: Evidence from GREEN," *OECD Economic Studies* No.19, Winter, pp.93-121 (1992).
- [16] Negishi, T., "Welfare Economics and the Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy," *Metroeconomica* 12, pp.92-97 (1960).
- [17] Pasurka, C.A., Jr., "Air Pollution Abatement Activities in the U.S.: An Applied General Equilibrium Analysis," Proceedings of Fifth International CGE Modeling Conference, University of Waterloo, October 27-29, (1994).
- [18] Rutherford, T.F., "The welfare effects of fossil carbon restrictions: results from a recursively dynamic trade model," *OECD Economics Department Working Papers*, No.118(July) (1992).
- [19] Rutherford, T.F., "Extension of GAMS for complementarity problems arising in applied economic analysis," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.19, pp.1299-1324 (1995).
- [20] Shoven, J.B. and J.Whalley, *Applying General Equilibrium*, Cambridge Surveys of Economic Literature. Cambridge: Cambridge University Press (1992). (小平裕訳『応用一般均衡分析—理論と実際』東洋経済新報社(1993)。
- [21] Varian, H.R., *Microeconomic Analysis*, Second edition, New York: W.W.Norton and Company (1984). (佐藤隆三監修・三野和雄訳『ミクロ経済分析』勁草書房(1986)。
- [22] Wang, Z., "The Impact of Economic Integration among Taiwan, Hong Kong and China - A Computable General Equilibrium Analysis," Ph.D. dissertation (Faculty of the Graduate School, University of Minnesota) (1994).
- [23] Whalley, J., "An Evaluation of the Tokyo Round Trade Agreement using General Equilibrium Computational Methods," *Journal of Policy Modeling*, Vol.4, pp.341-363 (1982).
- [24] Whalley, J., *Trade Liberalization among Major World Trading Areas*, Cambridge: The MIT Press (1985).
- [23] Whalley, J. and B.Yeung, "External Sector Closing Rules in Applied General Equilibrium Models," *Journal of International economics* 16, pp.123-38 (1984).
- [24] Yeldan, A.E. and T.L.Roe, "Environmental Policy under Alternative Market Structures: Lessons from Turkey as a NIC," Proceedings of Fifth International CGE Modeling Conference, University of Waterloo, October 27-29, (1994).
- [25] 石弘光編 環境税研究会著,『環境税—実体と仕組み』東洋経済新報社(1993)。
- [26] 浦田秀次郎, 一般均衡モデルの実証分析への応用: CGEモデルの発展過程と現状『三田学会雑誌』83巻2号 pp.213-238 (1990)。
- [27] 科学技術庁科学技術政策研究所編,『アジアのエネルギー利用と地球環境』大蔵省印刷局

(1992)。

- [28] さくら総合研究所環太平洋研究センター,
『新世紀アジアの産業を読む』ダイヤモンド
社(1995)。
- [29] 西村清彦,『経済学のための最適化理論入門』
東京大学出版会(1990)。
- [30] 伴金美,『マクロ計量モデル分析』有斐閣
(1991)。
- [31] 伴金美, アジア地域 CO₂ 排出のモデル分析:
1990-2010, 地球環境フォーラム特別ワーキン
グ・グループ「アジアの経済発展とエネルギー・
環境」研究報告書(案)(1994)。
- [32] 森俊介,『地球環境と資源問題』岩波書店
(1992)。
- [33] 森嶋通夫,『産業連関論入門』創文社(1956)。