

## 第13章 環境問題と産業連関分析 —産業別環境汚染物質派生量の予測—

甲南大学 教授 藤川 清史

### 1. エネルギーと環境問題—持続可能な経済開発—

近年、経済開発と環境破壊の関連について関心が非常に高まっている。1960年代には、環境問題といえば、先進国のしかも非常に局地的な問題であったが、その後、環境問題は非常にグローバルな問題であり、人類の存在そのものも左右しかねない重大問題であるとの認識が広がっている。1984年にUNEP(国連環境計画)の「環境と開発に関する世界委員会」(通称ブルントラント委員会)の報告書が、近年の環境意識の高まりの一つの契機となり、そこにうたわれた「持続可能な開発」という言葉は、その後の地球環境問題を語るキーワードとなった。その後、1987年にはフロン生産削減を盛り込んだ国際条約「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が締結され、1988年には地球温暖化防止対策等についての活動を行うIPCC(気候変動に関する政府間パネル)が発足し、また1989年には有害廃棄物の越境移動に関する「バーゼル条約」が採択される等、先進国間では国際的な環境保護の機運が高まった。ところが、そんな中、1992年に開かれた国連環境開発会議(地球サミット)では、100カ国にのぼる国々・地域が参加したものの、「開発と環境」に関する「南北対立」、「北北対立」が表面化し、この問題に関する国際的協調の難しさが改めて認識されることとなった。

本章では、エネルギー消費と環境問題という点に視点を絞り、現在の問題点とその解決策について、先進国と途上国の協調という文脈において、その一例を示すことにしたい。その前に、エネルギー消費とその地球環境への影響について、少々紙面を裂いて説明しておこう。

地球上の人間以外の動植物は、太陽からのエネルギーのみを前提として生存している。つまり、植物は太陽光のエネルギーを光合成によってブドウ糖と酸素を作り、さらに、そのブドウ糖を科学エネルギーに変換することによって成長する。一方、草食動物は植物を食べ、肉食動物は植物を食べた草食動物を食べるといった食物連鎖によって、やはり太陽エネルギーを前提にした生活を営んでいる。ところが、人間だけは、それらが火を発見して

以来、太陽エネルギーとは別のエネルギーを消費するようになった。もちろん人間も食物連鎖のなかで、他の動植物を食べるが、そのエネルギー量は、一人当たり一日平均2,000kカロリー程度で、この値は人間が地球上に現れて以来、そう大きくは変化していないと思われる。しかし、現代人の消費する一次エネルギー<sup>(1)</sup>の量は、1990年の数字では、日本人一人当たり一日平均で100,000kカロリー(世界の一人当たり一日平均では40,000kカロリー)となり、これは、食物からのエネルギー消費の約50倍になる。

各国の一次エネルギー消費の内訳を表13-1に示した<sup>(2)</sup>。世界全体では、一次エネルギー消費のうち約90%が化石燃料によって占められており、いかに現代人の生活が化石エネルギーに大きく依存しているかがわかる。

しかし、こうした大量のエネルギー消費をとまなう生活を人間が続けるにはいくつかの問題がある。まず第一の問題は化石エネルギーの有限性である。表13-2には各化石エネルギーの1990年時点での消費量と1990年現在で確認されている埋蔵量を示した。人間が現在と同様のペースで化石エネルギーを使い続けるとすれば、石油は21世紀の前半に枯渇してしまう計算になる<sup>(3)</sup>。

エネルギー消費の将来については枯渇の他にもう一つ深刻な問題がある。冒頭で述べた(二酸化炭素の排出に伴う)地球規模の温暖化やその他の汚染物質の放出に伴う大気汚染といった環境問題がそれである。

地球「温暖化」現象は、地球の大気中に温室効果ガスといわれる数種類のガスが増加すると、そのガスが温室のガラス(あるいはビニール)カバーの役割をし、地表で暖まった波長の長い赤外線が宇宙に逃げにくくなるために起こる<sup>(4)</sup>。その温室効果ガスによる地球の温度上昇の約半分が、化石エネルギーの消費により排出される、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)増加によるものであるといわれている<sup>(5)</sup>。地球の温暖化という気候変化の結果、植物繁殖地域の変化、砂漠化、あるいは極地の永久凍土の氷解による海面上昇等が懸念され、そのために、農産物生産の変化、風水害

の増加、小島嶼の水没などの人間社会への影響が懸念されている<sup>(6)</sup>。影響が半径千Km程度におよぶ比較的広い範囲での大気汚染としては、「酸性雨」の問題がある。化石燃料の消費によって、大気に放出された硫黄酸化物(SOX)や窒素酸化物(NOX)は、空気中の水滴に溶解することによって、降水や霧を酸性化させる。こうした酸性雨は、湖沼や土壌の劣化をもたらす、森林の樹木の枯死の一因になり、さらに、金属製の建築材を腐食させるという影響を与えている<sup>(7)</sup>。これは、当初欧州や北米の森林破壊の一つの要因として知られていたが、近年特にアジア地域で注目を浴びている。

これらの環境問題は、放置すれば、経済発展に伴うエネルギー消費の増加とともに確実に深刻化するが、こういう形での経済開発は、人間社会そのものを破壊し、持続可能ではない。繰り返しになるが、本章では、こうした化石燃料消費と環境問題に焦点を当て、少しでも化石燃料の消費を削減し、二酸化炭素や硫黄酸化物の環境汚染物質の排出量を削減する可能性を検討することにした<sup>(8)</sup>。まず2節では、これら環境汚染物質の排出量の推定方法を概説し、第3節では、その方法を産業連関表を使った推定方法に拡張する。そして、第4節では、この方法を1987年時点での中国と日本に適用し、産業別に環境汚染物質の排出量を推定する。中国では急激な経済発展にもなつて、今後化石エネルギー消費の急増が予想されているが、第5節では、特に中国を例にとつて、先進国からのエネルギー効率改善につながる技術移転が環境汚染物質の排出削減に貢献する可能性を検討する。

## 2. エネルギー消費と二酸化炭素・硫黄酸化物排出量

**表13-3**には、主な地域の化石エネルギー消費の経年変化を示した。

1972年から1992年までの20年間で、世界の化石エネルギー消費は約1.5倍に増加した。しかし、地域ごとに見ると、エネルギー消費の増加速度は異なり、世界全体に対する地域ごとのシェアはこの20年間にかなり変化した。まず、先進地域である米国と欧州地域では、それぞれ33%から24%へ、22%から17%へとシェアが減少している。日本とソ連(92年の数字は旧ソ連地域)では、それぞれ5%前後、17%前後でほぼ横這いであった<sup>(9)</sup>。一方、発展途

上の地域である中国、およびアジアNIEsではエネルギー消費量を急激に伸ばしており(それぞれ、3倍、4倍の増加)、その世界全体でのシェアもそれぞれ倍加している。

ここでは、こうした公表されている化石エネルギーの消費データから二酸化炭素および硫黄酸化物の発生量がどのように推測されるかを説明しよう。ただし、一つ留意しておくことがある。まず、二酸化炭素および硫黄酸化物の発生源としては、石炭、原油、天然ガスの3種類の化石燃料に限り、それらが、他の各産業の生産過程で、あるいは最終消費財として燃焼される際に発生するものとする。二酸化炭素については、セメントや製紙工業の生産過程、石油採掘場での油田ガスの自然燃焼、また森林伐採による植物の吸収力減少などが発生源と考えられるが、これらは当面考えないものとする<sup>(10)</sup>。硫黄酸化物については、先進国の場合、工場等の大型排出源には脱硫装置が据え付けられている場合が多く、正確な硫黄酸化物「排出量」を推定する場合には脱硫装置の有無を考慮する必要があるのだが、本章の推定法ではそれを考慮していない。つまり、本章で示す算式は「化石燃料に含まれる硫黄量の推定法」ということになる。

二酸化炭素や硫黄酸化物等の大気汚染物質の排出量を  $E$  とすれば、 $E$  は次の式で表される。ただし、 $EC$  = 排出係数(排出量/エネルギー消費)、 $Y$  = エネルギー消費をそれぞれ表わす。

$$E = EC \cdot Y \quad (13-1)$$

あるいは、エネルギー効率(GDP等の生産量とエネルギー消費の関係)をも考慮する場合には、 $EE$  = エネルギー効率(エネルギー消費/生産量)、 $X$  = 生産量と定義し、次のように表されことも多い。

$$E = EC \cdot EE \cdot X \quad (13-1')$$

二酸化炭素排出量の推定の場合、化石燃料の消費熱量(カロリー量)と二酸化炭素の排出量には比較的安定的な関係がある。その係数を**表13-4**に示した。化石燃料のうち、消費熱量が同じであるなら、石炭が一番多く二酸化炭素を発生させ、反対に二酸化炭素排出の一番少ない

燃料は天然ガスである。

(13-1)式にしたがえば、この表13-4の係数と表13-3のそれぞれの消費熱量とを乗じることにより、各国各年の二酸化炭素排出量が計算される。その結果を表13-5に示そう<sup>(11)</sup>。

二酸化炭素の排出量は、米国で一番多く(1992年で1,550Mill.ト)、以下欧州OECD, 旧ソ連, 中国と続く。先進国である米国, 欧州OECD, 日本を加えると、世界全体の排出量の50%弱を占めるが、残りの半分強は(旧社会主義国を含めた)発展途上国からの排出である。

硫黄酸化物の場合も、ほぼ同様の方式で排出量が推定できる。しかしながら、少々やっかいな問題もある。例えば、同じ「石炭」であっても採掘された地域によって硫黄の含有量に相当の開きがあるので、燃焼の際に発生する硫黄酸化物の発生量もかなり異なってくる。さらに、前述のように、先進国では脱硫技術がかなり普及しており、燃焼の際に大気中に「排出される」硫黄酸化物は、化石燃料が本来含む硫黄相当分よりもずっと少ない。したがって、本章の以下で使用二酸化硫黄の排出係数は、使用された燃料を基礎にした平均的な値であり、また、繰り返しになるが、得られた結果も実際の「排出量」ではなく、より正確には化石燃料が含んでいた「硫黄分の量」ということになる。次の表13-6では、日本と中国に限り、化石燃料の消費重量(消費熱量では無いことに注意)と対応する平均的な硫黄分の重量比(%)を示した。ただし、天然ガスの硫黄含有量はきわめて微量であり、無視しうるものとして、表中には掲げなかった。1987年時点で、日本での硫黄酸化物の総排出量が759(千トン)であるのに対して、中国では10,964であり、中国での排出量の多さが目立つ。

さて、(13-1)式に即して言えば、二酸化炭素や硫黄酸化物の排出量に国別の格差が生じる要因を、三つの要素に分割することができる。

まず第一の要素は排出係数であるが、マクロ的に見れば、これは各化石燃料の消費シェアに大きく依存している。二酸化炭素および硫黄酸化物の両方について、石炭、石油、天然ガスの順で、排出量が多い。したがって、石炭の消費量の多い中国では、これら汚染物質の排出量が多くなる傾向がある。

もう一つの要因は、エネルギー効率の格差、言い換え

れば技術の格差である<sup>(12)</sup>。例えば、1992年で欧州OECD合計の経済規模は米国より2割程度大きいが、二酸化炭素の排出量は逆に米国の方が4割も多い。また、経済規模では米国の半分以上を超える日本の二酸化炭素排出量はアメリカの4分の1以下である。非常に荒っぽい言い方をし、エネルギー消費量と国内総生産との比率をエネルギー効率と呼ぶならば、米国はエネルギー効率の悪い社会であり、反対に日本はエネルギーを効率よく使用している社会であるといえよう。また、視点を変えて、世界全体の二酸化炭素の発生量を時間的な変化で見ると、1972年から1992年の20年間で、その間に世界全体の経済規模は(1987年実質で)800億ドルから、2160億ドルへと2.7倍にもなっているが、二酸化炭素の発生量は4314(炭素100万トン)から6424(炭素100万トン)へと約1.5倍にしかなっていない。つまりこの間に大幅なエネルギー効率の改善という技術進歩が行われてきたことがわかる。

表13-7に、日米中の実質GNPとエネルギー原単位(実質GNP10億ドル当たり)の変化をまとめてみた。各国のGNPの比較は、為替レートの評価をどうするかで慎重になる必要があり、市場為替レートを用いるのは問題があることを承知しているが、見易い比較の例として、図表中の数字は各国通貨建ての1987年基準のGNPを1987年の対ドルレートで評価したものをを用いた。この試算では、日本のエネルギー使用が最も効率的で、アメリカはその3分の1程度、中国は時間の経過とともにエネルギー効率の改善が見られるものの、日本の10分の1程度の効率であり、改善の余地が十分にあるであろうことがうかがえる。

最後の要素は経済規模そのものの格差である。言うまでもなく、経済規模が拡大すれば、エネルギー消費量が増加し、それに伴って、二酸化炭素や硫黄酸化物の排出量も増加する。表13-5に示したように、経済規模の大きい米国および欧州のOECD諸国は二酸化炭素の排出量も多く、世界全体の総排出量のそれぞれ、24%、17%を占めている。

以上示した三つの汚染物質排出量の決定要因に対応して、汚染物質排出量の削減にも、三つの方策が考えられる。一つ目と二つ目の要因に関してはクリーンなエネルギーへの転換とエネルギー効率改善へ向けての努力が必要であるあるが、発展途上国がこれらをできるだけ速やかに実現するためには、先進国からの(エネルギー転換お

よび効率改善のための)技術移転が最も早道であろう。もちろん、発展段階への対応や国内の要素価格の状況への適応という問題があり、必ずしもすべての技術が移転可能ではないであろうが、少なくとも幾分かは汚染物質の削減に寄与することも確かである。もう一つは、経済成長を減速させ、エネルギー消費の増加を抑制することである。具体的には、エネルギー消費の総量規制あるいはエネルギー税の導入による経済的方法によるエネルギー消費量の削減が考えられる。しかし、途上国にとっては、先進国のわがままにしか見えず、この方法はとうてい受け入れがたいであろう。先進国でも、エネルギー消費を削減するとなると、関係する既成業界団体および消費者の反発もあり、導入が難しいのが現実である<sup>(13)</sup>。

したがって、本章の第4節では、先進国から途上国への技術移転の有効性に絞って、その有効性を検討することにした。

### 3. 産業別二酸化炭素・硫酸化物の排出量

#### (1) 産業別二酸化炭素排出量の計算方法

この節では、産業連関表を利用して、産業別の二酸化炭素排出量を計算する方法について説明する。第2節ではマクロ(経済全体での)二酸化炭素および硫酸化物の排出量について論じたが、産業連関分析の枠組みを応用すれば、生産部門(中間消費部門)での産業別排出量と最終消費部門でのそれに分けて分析することができる。

まず、生産部門(中間消費部門)での二酸化炭素の排出量の計算方法を、日本を例にとって説明しよう。ここでの計算は表13-8に示すように24産業分類の産業連関表を用いて行った<sup>(14)</sup>。

産業連関分析では投入係数が重要な役割を果たすが、通常の産業連関表から計算される投入係数は名目の投入額の名目の生産額に対する比率である。具体的には、財・サービス一円分の生産のために何円分の石炭や石油が必要であるかを表しているのである。したがって、二酸化炭素の排出量を計算するためには、一円の石炭や一円の石油の消費がいくらのエネルギー消費熱量(TOE)に相当するかをあらかじめ換算しておく必要がある。このことに留意して、(13-1)式を産業連関分析ベースの式に書き直せば、次のようになる。

$$E = EC \cdot EE \cdot X \quad (13-1')$$

ただし、右辺第1項(排出係数)は次のように、異なる3種類のエネルギー(第1列目より順に、石炭、石油、天然ガス)それぞれについての二酸化炭素排出量に対応させて、3行3列の行列形式で表す。単位は、炭素換算100万トン/熱量換算消費量(100万TOE)である。

$$EC(CO_2) = \begin{bmatrix} \text{石炭} & \text{石油} & \text{天然ガス} \\ 1.096 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.903 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.632 \end{bmatrix} \quad (13-2)$$

次に第2項(エネルギー効率)は、産業連関表から求めた(金額の)エネルギー投入係数行列(A行列)を熱量表示に変換する行列であり、3種類のエネルギーに対応して3行n列の行列になる。中央部の対角要素の分子は石炭、石油、および天然ガスの熱量換算消費量(100万TOE)であり、分母は対応するエネルギー消費額(100万円)である(1987年産業連関表に示される総生産額)。

$$EHC(O_2) = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & \frac{67}{88447} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{206}{3277663} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \frac{36}{83896} & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} * A \quad (13-3)$$

最後の項(生産量)は、各産業の総産出をあらわす行列であるが、「産業別」という意味をどう解釈するかによって、2種類の考え方が可能である。

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & & & 0 \\ & x_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & x_n \end{bmatrix} \quad (13-4)$$

あるいは、

$$X = (I - A)^{-1} \begin{bmatrix} f_1 & & & 0 \\ & f_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & f_n \end{bmatrix} \quad (13-5)$$

(13-4)では、対角線上の要素( $x_i$ )は各産業の総生産量である。このような形式にすれば、計算される値は、文字どおり当該産業が(直接)消費したエネルギーに対応し

た二酸化炭素の排出量である。つまり、電力産業を例にとれば、電力を生産するために石油や石炭を燃やすが、そのためにいくらの二酸化炭素が発電所から排出されたかを表すことになる。一方、(13-5)では、生産量とは「(最終)生産物を1単位を生産するために、誘発された他産業の生産量合計」のことを指しており、後半の対角行列の各要素( $f_i$ )は各産業の最終需要量である。この形式では、ある生産物、およびその部品を生産する全過程において直接・間接にいくらのエネルギーが使われ、そこから発生した二酸化炭素は究極的にはどれほどになるかを表わすことになり、しばしば「二酸化炭素集約度」と呼ばれることもある。自動車産業を例にとれば、完成車を生産するために必要な、鋼板、ガラス、ゴム、電力等の生産過程で排出された二酸化炭素量を積み上げたものとなる。

これら3項(排出係数、エネルギー効率、生産量)の積で産業別の二酸化炭素排出量が計算できる。計算結果である左辺は3種類の化石エネルギーに対応して、3行n列(エネルギーby産業)の行列になる。本稿では、どの産業の生産物がどの程度の二酸化炭素を含んでいるかを明らかにするために、(13-5)式を用いた定義式で、産業別二酸化炭素排出量を計算することにする。

次に、化石エネルギーの最終消費からの二酸化炭素排出量であるが、これも生産部門での排出量と同じ方法で推定できる。つまり、単純に、排出係数、エネルギー消費の熱量と金額の換算比率、および最終需要金額の積で表される。そして、経済全体が発生させる総二酸化炭素量を得るためには、先ほど説明した生産過程での二酸化炭素排出量に、最終需要部門から発生する二酸化炭素排出量を加えればよい。

**(2) 産業別硫黄酸化物排出量の計算方法**

硫黄酸化物の排出量(あるいは硫黄の含有量)についても、二酸化炭素の排出量の計算方法とほぼ同様である。ここでも、日本の(1987年)を例にとりて説明しよう。硫黄酸化物の排出量の場合、既に述べた様に、天然ガスからの排出はきわめて少量であるので、以下では無視する。

生産過程での排出量から始めよう。(5-1')式の排出係数は、表13-6に示したように、石炭と石油に対応して、次

のような2行2列の行列形式になる。単位は、重量換算のエネルギー消費量に対する硫黄分の含有比率(%)である。

$$EC(SO_x) = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{石炭} & \text{石油} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{石炭} \\ \text{石油} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.530 & 0.000 \\ 0.000 & 0.100 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (13-2)$$

次に第2項(エネルギー効率の項)は、産業連関表から求めた(金額の)エネルギー投入係数行列(A行列)を重量表示に変換する行列であり、2種類のエネルギーに対応して2行n列の行列になる。中央部の対角要素の分子は石炭および石油の重量換算消費量(100万トン)であり、分母は対応するエネルギー消費額(100万円)である(1987年産業連関表に示される総生産額)。

$$EE(SO_x) = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{石炭} & \text{石油} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{石炭} \\ \text{石油} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & 10396/884,147 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 207.7/3,277,663 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} * A \end{matrix} \quad (13-3')$$

右辺の最後の項(生産量)は、二酸化炭素排出量の場合と全く同様である。

最終需要からの排出量も、生産過程での排出量とほぼ同様に、排出係数、消費量を金額から重量に換算する係数、および金額表示の消費量の単純な積で表され、経済全体での排出量は、生産過程での排出量と最終需要での排出量との合計である。

**4. 日中の産業別二酸化炭素・硫黄酸化物排出量**

**(1) 産業別二酸化炭素排出量**

図13-1には、中国の二酸化炭素排出量を産業別に排出量の多い順に表した。

まず、中国での総排出量は**603**(炭素換算100万トン)であるが、そのうち建設業からは約180(炭素換算100万トン)であり、全体の3分の1弱を占める。最終需要に占める建設業のシェアは約25%であるが、建設業の後方連関効果が非常に大きいために、その値が増幅されている。それにエネルギーの最終需要での排出量(120)とサービス業(90)を加えれば、全排出量の約60%を占める。中国では、家計による暖房・調理等のための石炭消費が多く、そのための二酸化炭素の排出も非常に多いのが特徴的である。また、農林水産業や衣料、食料品といった軽工業部門は、産業規模が大きいため、それらからの二酸化炭素排出

量も多い。

次に、**図13-2**には日本の総二酸化炭素排出量を示した。1987年時点の日本での二酸化炭素排出量は**282**(炭素換算100万トン)で、中国の総排出量の半分に満たない。日本では近年の経済のサービス化に伴い、サービス産業の占めるウエイトが拡大しているが(1987年で、サービス業の生産額でのシェアは約30%)、二酸化炭素の排出量も全体の約25%を占める。中国と同様、建設業の後方連関効果は大きく、エネルギー集約度も大きい。次いで、エネルギー多消費型産業である重化学工業や電力業がその後に続いている。日本では、家計による(石炭の)直接消費はほとんどない。

## (2) 産業別硫黄酸化物の排出量

**図13-3**と**図13-4**に中国と日本での産業別の(硫黄換算)の硫黄酸化物排出量を示した。中国・日本での硫黄の排出量はそれぞれ、**10968**千トンと**759**千トンである。中国ではエネルギー効率が日本に比較して悪い上に、石炭使用量が多いため、硫黄の排出量は日本の14倍を越える。図に示されるように、中国では石炭からの硫黄の排出がいかにも大きな問題であるかがわかる。中国・日本とも多少の順位之差こそあれ、上位10産業の顔ぶれは二酸化炭素の排出量と同じである。

## 5. 二酸化炭素排出量の削減と技術移転

この節では、何らかの方法でエネルギー消費量を削減し(あるいは増加率を押さえて)二酸化炭素の排出量をできるだけ現状の水準で維持するための方策について検討しよう<sup>(15)</sup>。

周知のように、中国では経済成長・工業化が加速している。しかも、中国では設備投資の遅れによる生産施設の老朽化(エネルギー効率の悪化)が指摘されており、今後のエネルギー需要の急増が予想されている。さらに、中国では炭素および硫黄含有量が多い、石炭に依存する割合が大きいため、都市部の大気汚染を中心とする局所的な環境問題が深刻化するほか、酸性雨の韓国・日本への越境問題、さらには二酸化炭素の大量排出による地球温暖化の加速化が懸念されている。そこで、隣国の韓国や日本のみならず、世界的に中国のエネルギー転換およびエネルギー効率改善の必要性は注目を浴びている。以

下では、中国のエネルギー問題に焦点を絞って議論を進めることにしたい。

いうまでもなく、発展途上国にとっては、先進国からの技術援助を受け、エネルギー効率の改善=エネルギー消費量の削減をはかり、結果として二酸化炭素排出量を削減するという事は、現在の地球温暖化の問題に対する非常に現実的な対応であろう。1992年の地球サミットでも議論されたように、途上国の側からすれば、これまでの地球の温暖化は先進国の仕業であり、問題が表面化したからといって途上国が共同で責任をとらされるのは理屈に合わない、という立場がある。また、そもそも南北問題といわれるような南北の所得格差が発生したのは、南側の犠牲の上に北が工業化したためであり、その所得格差を埋めるためには北が南を技術・資金面の援助するのは当然だという空気も根強くある。また、エネルギー価格を上昇させ、経済的方法でエネルギー消費を削減しようとする市場重視の先進国的考え方を採用するにしても、エネルギー効率の改善は、結局先進国からの技術移転によるしかないであろう。

技術の援助を産業連関分析の枠内でとらえるとすれば、技術供与を受ける国が技術を移転する国の投入産出構造を移入・模倣することである。それには、様々なパターンが考えられる。ある特定産業のエネルギー効率のみの改善であれば、産業連関表のある特定列のエネルギー部門からの投入係数の低下を意味する。しかしながら、近年の環境問題への取り組みは「合理化・省エネルギーの中の環境保全<sup>(16)</sup>」という方向に変わりつつあり、古い生産設備を廃棄して新型の大型プラントを設置するとなれば、エネルギー部門のみならずすべての部門からの投入係数が変化することになる。したがって、(例えば、日本から中国への)技術移転の最も極端な例の実験計算として、最終需要構造はそのままの状態、生産構造については、すべての産業部門について、日本生産構造をそっくりそのまま中国に移すという実験が考えられる<sup>(17)</sup>。

しかし、生産構造をそのまま移すといっても、投入係数をどう評価するかの問題が残る。つまり日本と中国では相対価格構造が非常に異なるという問題である。しかし、産業連関分析の枠組みでは、生産物価格は需要量(生産量)には依存せず、生産構造と(賃金等の)生産要素価格によって決定される。したがって、もし中国が日本と同

様の生産技術を導入するとすれば、(賃金の絶対水準の格差があるので、絶対的に生産物価格が日中で等しくはならないが)相対価格は長期的には類似するはずである。そうした長期的な状況を考えるのなら、相対価格の調整は不要で、名目表から計算される投入係数をそのまま使用すればよいことになる。

**図13-5**には日本の名目投入係数を使って中国での最終需要量を生産した場合の、中国での二酸化炭素の削減量を示している。この試算は、技術移転が行われた場合の非常に極端な例を示していることになるが、こういう意味での新技術の導入により、二酸化炭素の全排出量は390(炭素換算100万トン)削減され、213になる。日本の1987年での二酸化炭素排出量が282(炭素換算100万トン)であるから、それよりもさらに少ない。これは、中国の産業(需要)構造が、農業や軽工業で大きくエネルギー集約部門のウェイトが日本よりも小さいからであろう。排出量削減の効果は建設業、サービス業、農業といった部門で大きいことがわかる。

しかし、やはり本来、産業連関分析で生産構造を意味する投入係数とは、実質表のそれであって、名目表に基づくものではないという反論もあろう。技術の移転を論じる場合にも、本来は物量表を基礎におかなければならないのは確かである。ただし、両国が発表している産業連関表は名目表であり、そこから計算される投入係数には何らかの調整が必要になる。両国の物量表を作成することは事実上不可能であるので、ここでいう調整とは、通貨表示を統一する際に、市場で成立している為替レートではなく、商品ごとの実質価値に応じた換算比率を用いて、一方の通貨での表示に合わせるのである<sup>(18)</sup>。例えば、日本表を中国人民幣元表示の実質表に変換する場合を考えよう。中国製品1人民幣元にちょうど見合うだけの物量が、どれだけの円価値に当たるかという換算比率(この換算比率のことを購買力平価と呼ぶ)を産業ごとに作成し、円表示の表を(市場為替レートではなく)この購買力平価でデフレート(通貨表示を変更)すれば、作成された日本表は人民幣元で表示された実質表とみなすことができる。**表13-9**に今回使用した1990年時点での日中の購買力平価を示した<sup>(19)</sup>。農林水産業を例にとれば、1人民幣元の購買力平価は219.59円であり、公定の為替レートが27.40円であるので、日本財の価格は中国財の約8倍高いことになる。

このように実質化された日本表も基礎にして、日本の生産構造をすべて中国に移転させた場合の、二酸化炭素の排出量の減少量を**図13-6**に示した。この場合も、先程の例とほぼ同様に二酸化炭素の総排出量は**395**(炭素換算100万トン)だけ削減され、当初の**603**に比較すれば、半減以下となる。削減量の上位に登場する産業は、順位の多少の入れ替えはあるものの、先程の例とほぼ同様である。

## 6. まとめと今後の課題

本論で得られた結論を要約すると次のようになる。

### (1)中国と日本の環境汚染物質排出量

【二酸化炭素排出量】1987年の中国の二酸化炭素排出量は炭素換算で約**640**百万トンであり、石炭消費量によって説明されるものがその4分の3である。建設業の活動により排出される二酸化炭素排出量は全体の約30%、最終消費とサービス分野がそれぞれ15%である。一方日本について、総排出量は**282**(炭素換算100万トン)であり、中国の半分以下である。産業別では、サービスが最も多く、ついで、建設業、化学製品の順で、この3産業で総排出量の半分以上を占める。

【硫酸化物排出量】1987年時点での日中の硫酸化物の排出量は脱硫装置を考慮しない場合でも、それぞれ、硫黄換算で中国：**10,986**(千トン)と日本：**759**(千トン)となり、中国での排出量は日本の14倍になる。中国では脱硫装置の設置率は極めて低いので、脱硫を考慮すればこの格差は更に広がる。中国では、石炭の燃焼による硫酸化物の排出が非常に多く、これが、大気汚染の大きな要因になっている。排出量上位に顔を出す産業は二酸化炭素の場合とほぼ同様である。

### (2)環境汚染物質削減策としての日本から中国への技術移転

二酸化炭素排出量を削減する方策として、日本からの技術移転を考えた。技術移転を産業連関分析の枠組みで定義することは、投入産出構造の移転である。本省では、最も極端なケースとして、日本の投入産出構造がそのまま中国に移転された場合を考えた。技術移転を実質投入係数基準で考えても、名目投入係数基準で考えても、中国の二酸化炭素排出量は半減あるいはそれ以下

になる。先進国からの技術移転は、エネルギー効率の改善にきわめて有効である。

しかしながら、少々本章での議論はずれるが、技術移転には様々な問題があることを書き添えておきたい。技術移転には資金が必要であるが、一般に途上国では資金が十分でなく、高金利である場合が多い。一般企業が環境保全技術を導入する場合、日本でも実施されたような、環境保全設備に対する免税措置や特別償却のような補助金制度を設けるなどの施策を設ける必要があるのではないかと。また、環境保全のためには、まず環境汚染物質排出をモニタリングするための知識が必要であり、環境汚染防止技術導入後には設備そのものの維持管理知識も必要である。さらには、住民が環境保全意識を持つ事がなによりも重要であろう。そうした知識の修得・意識の喚起のためには、教育・広報活動の充実が欠かせない。実は、こうした分野での技術協力が優先されるべきなのかもしれない。

最後に、エネルギー税(炭素税)の導入に関する経済効果の分析について触れておこう<sup>(20)</sup>。エネルギー税が導入された場合に、汚染物質の排出量がその程度削減されるかを分析する際にも、エネルギー投入価格の上昇によりエネルギー投入係数が変化すると読み替えれば、大まかな予測が可能である。ただ、エネルギー価格の上昇がどの程度の投入削減をもたらすかの推定(言い換えれば、エネルギー需要の価格弾力性の推定)はかなり困難である。例えば、中国ではエネルギーの価格は極めて強い統制化にあり、エネルギー価格とその他の一般物価との相対価格はこの20年間にほとんど変化しておらず、時系列データでの価格弾力性の推定は無理である。また、日本の場合でも、1970年代の石油価格上昇期には、省エネルギーが進んだが、1980年代では石油価格の低下がしたからといって、以前のような石油多消費型の生産構造に逆戻りするわけではなく、標本期間の設定により、エネルギー需要の価格弾力性の推定結果は大きくぶれることになる。こうした解決すべき問題もあり、今回はエネルギー課税については詳しい言及を避けた。これらについては今後の課題としたい。

### 付論：使用データの出所と加工方法

エネルギーおよび環境関連の統計として次の3種類の統

計書を使用した。ここで、二酸化炭素排出量と硫酸化物排出量の推定に用いたデータについて解説する。

編集者名	統計書名	略称	発行年
日本エネルギー経済研究所	エネルギー・経済統計要覧	エネ研	1995年
科学技術庁科学技術政策研究所	アジアのエネルギー利用と地球環境	科学技術庁	1992年
通産省通産産業研究所	エネルギー消費・大気汚染分析用産業連関表	通産省	1994年

### 【二酸化炭素排出量】

二酸化炭素の排出量は、消費エネルギーと発熱量あたりの二酸化炭素排出係数の積で計算されることが多い。まず、各統計書の1987年時点のエネルギー消費量は以下の通り。単位は石油換算100万ト(1TOE)。本稿の推計では、日本と中国の両方について「エネ研」データを使用した。

統計書	日本1987年			
	合計	石炭	原油	ガス
エネ研	309	67	206	36
科学技術庁	311.36	66.84	207.70	36.82
通産省	NA	NA	NA	NA

統計書	中国1987年			
	合計	石炭	原油	ガス
エネ研	574	458	104	12
科学技術庁	581.7	465.4	103.4	12.9
通産省	644.0	541.4	87.2	15.4

(注)「エネ研」：p191,

「科学技術庁」：日本p337, 中国p334,

「通産省」：日本は1985年の値であるため掲載していない。中国は表9, 石炭は石炭, 精錬洗炭, 他洗炭, コークス, 練豆炭の合計。石油は原油, 燃料油, 灯油, ジーゼル油, 揮発油の合計。ガスはLPG, 天然ガスの合計。

次に、二酸化炭素のTOEあたりの排出係数であるが、これも統計書によって微妙に異なっている。単位はTOEあたり炭素換算ton。本稿では「エネ研」の係数を使用した。

	石炭	原油	ガス
エネ研	1.096	0.903	0.632
科学技術庁	1.065	0.863	0.631
通産省	NA	NA	NA

(注)「科学技術庁」はp161の係数より抜粋。「通産省」は重量あたりの炭素量を示しているため、正確な比較は不可能。

最終的に各統計書が二酸化炭素排出量合計として掲げている数値は以下の通り。単位は炭素換算100万トン。

	日本1987	中国
エネ研	282.1	603.5
科学技術庁	262.2	593.8
通産省	NA	648.0

(注)「エネ研」：排出係数と消費熱量との単純な積算。本章での計算結果と同じ。

「科学技術庁」：日本はp339, 中国p336のデータだが、もっと細かいエネルギー区分での排出係数を用いているので、ここで掲げた数値の単純な積算にはなっていない。

「通産省」：表10。パルプ廃液や産業廃棄物からの二酸化炭素の放出も考慮しているため、数値が他の統計に比較して大きくなっている。また、原データは二酸化炭素量(炭素換算ではない)である2376.0tonを掲げているので、これを12/44倍して炭素量に換算した(二酸化炭素は原子量16の酸素2個と原子量12の炭素1個よりなる)。

【二酸化硫黄の排出量】

二酸化硫黄の排出量は、エネルギー消費量(重量)と重量あたりの硫黄含有係数との積で計算されることが多い。「エネ研」統計には、エネルギーの消費重量は掲載されていないので、以下の表では掲載しない。次の表中の数値の単位は100万トン。本稿の推計では、日本については「科学技術庁」データ、中国の石炭は「通産省」、原油は「科学技術庁」のデータをそれぞれ用いた。

統計書	日本1987年		
	石炭	原油	ガス
科学技術庁	103.96	207.70	NA
通産省	NA	NA	NA

統計書	中国1987年		
	石炭	原油	ガス
科学技術庁	NA	103.4	NA
通産省	847.8	87.2	NA

(注)ただし、「科学技術庁」の石炭についてはp115, 石油については、熱量換算消費量TOE(石油換算トン)をそのまま用いている。「通産省」の石炭は「石炭」のみ(表8), 原油は熱量換算消費量と同じ。ガスの消費量については両者とも体積で表示されているので、重量換算の係数は得られない。

次に、単位重量あたり硫黄含有量の各統計書でのデータは以下の通り。単位はパーセント。

統計書	日本1987年		
	石炭	原油	ガス
科学技術庁	0.670	NA	0.00064
通産省	0.530	0.100	0.001

統計書	中国1987年		
	石炭	原油	ガス
科学技術庁	1.350	NA	0.00064
通産省	1.200	0.500	0.001

(注)「科学技術庁」：石炭についてはp114, ガスについてはp122。「通産省」：日本と中国ともに、別表4。ただし、日本については1985年の値。

硫黄含有率については「通産省」の数値を用いた。また、ガスの硫黄含有率は非常に小さいので、本稿の推計では無視することにした。結果的に本章で計算される硫黄排

出量及び、各統計書の掲げる二酸化硫黄の排出量は以下の通り。単位は硫黄換算1000トン。

統計書	日本1985年	中国1987年
単純積算(本稿)	758.7	10693.6
科学技術庁	468.3	9649.5
通産省	NA	11699.4

ただし、「科学技術庁」および「通産省」データは脱硫後の数値である。脱硫装置のほとんどない中国については本稿での推計値と近い数値であるが、日本での数値が大きく異なるのはそのためであろうと考えられる。(科学技術庁の原データは二酸化硫黄換算で表示されている。ここでは、それを32/64倍して求めた。二酸化硫黄は原子量16の酸素2個と原子量32の硫黄1個よりなる。)

また、通産省の1985年のデータでは、日本で排出される硫黄含有量は1747.9トン、脱硫後は557.7トンとなっており、この値は本稿の(脱硫前)計算結果の約2倍である。これは、本稿の計算では、石油関連のエネルギーとして「原油」を代表として取り扱ってはおるが、「通産省」推計では、原油をA,B,Cの各重油、さらにこれらを電力用、工業用、船舶用と非常に細かい用途別分割を行っているため、本稿での簡易計算とは、かなり異なった結果を導いているものと考えられる。

参考文献

日本語文献

秋元 肇「地球温暖化」(慶応大学経済学部環境プロジェクト編『地球環境経済論』(上), 慶応通信所収, 1994年。

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年。

石 弘之『酸性雨』, 岩波書店(岩波新書), 1992年。

伊藤浩・室田泰弘・筑紫祐二「炭素税導入のわが国経済へのインパクト分析-エコノメイトIOによる計算-」, イノベーション&IOテクニク, 第4巻, 第2号, 1993年。

植田和弘・落合仁司・北島佳房・寺西俊一『環境経済学』有斐閣, 1991年。

植田和弘・長谷部勇一・鷲田豊明・寺西俊一・宮崎誠司・家田忠, 「環境・エネルギー・成長の経済構造分析-産業連関とニューラクネットワーク-」『経済分析』第134号, 経済企画庁経済研究所, 1994年。

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年。

環境庁「地球温暖化問題研究会」編『地球温暖化を防ぐ』, 日本放送出版協会(NHKブックス599), 1990年。

黒田昌弘・進保一成「二酸化炭素排出量安定化と経済成長」(宇沢弘文・國則守生編『地球温暖化の経済分析』東京大学出版会所収), 1993年。

後藤則行「動体的最適化シミュレーション・モデルによるCO2放出量抑制の経済的影響分析」『金沢大学経済学

- 部論集』, 1990年
- 田中紀夫『エネルギー問題入門』, 日本経済新聞社(日経文庫), 1992年.
- 通商産業省「通商産業研究所」編『日中共通「エネルギー消費・大気汚染分析用産業連関表』, 通商産業調査会, 1994年.
- 富舘孝夫・木船久雄『最新・エネルギー経済入門』, 東洋経済新報社, 1994年.
- 永田豊・山地健治・桜井紀之「課徴金によるCO<sub>2</sub>抑制効果と経済的影響の分析」『電力中央研究所報告』Y91002, 1991年.
- 西岡秀三「地球温暖化」(慶応大学経済学部環境プロジェクト編『地球環境経済論』(上), 慶応通信所収), 1994年.
- 日本エネルギー経済研究所「エネルギー計量分析センター」編『エネルギー・経済統計要覧 '95』, 省エネルギーセンター, 1995年.
- 日本経済新聞社『地球環境問題入門』, 日本経済新聞社(日経文庫), 1992年.
- 長谷部裕一「経済構造変化と環境の要因分析-産業連関分析を適用して-」, 『エコノミア』, 第4巻, 第4号, (横浜国立大学経済学会), 1994年.
- 早見均・木地孝之「日中環境問題の産業連関分析(1)-日中共通分類によるエネルギー大気汚染物質分析用IO表の作成-」, イノベーション&IOテクニク, 第5巻, 第2号, 1994年.
- 広瀬弘忠『酸性化する地球』, 日本放送出版協会(NHKブックス597), 1990年.
- 藤崎成昭編『地球環境問題と発展途上国』, アジア経済研究所, 1993年.
- 山地憲治・岡田健司・長野浩司・山本博巳「市場機構を利用したグローバルCO<sub>2</sub>抑制方策のシミュレーション解析」『電力中央研究所報告』Y90301, 1991年.
- 吉岡完治「環境分析用産業連関表の応用-生産活動に伴うCO<sub>2</sub>の排出量とその要因-」イノベーション&IOテクニク, 第3巻, 第4号, 1992年.
- 吉岡完治・早見均「日中環境問題の産業連関分析(3)-なぜ中国のSO<sub>x</sub>排出量が多いのか-」イノベーション&IOテクニク, 第5巻, 第4号, 1995年.
- 米本昌平『地球環境問題とは何か』, 岩波書店(岩波新書), 1994年.

#### 英語文献

- Edomons J. and J., Reilley(1983), "A Long-term Global Energy-economic Model of Carbon dioxide release from fossil Use," *Energy Economics*, Vol.5.
- Duraiappah, A.,K.(1993), *Global Warming and Economic Development*, Kluger Academic Publisher(翻訳 鷹津芳樹訳『地球温暖化と経済成長』内田老鶴圃1995年)

Hansen, J., I., Fun, A., Laci, D., Rind, S., Lebedeff, R., Ruedy, and G., Russell(1988), "Global Climate Change as Forecast by Goddard Institute for Space Studies Three-Dimensional Model," *Journal of Geophysical Research*, Vol.93, No. D8, pp 9341-9364.

OECD(1991), *Environment Committee Meeting at Ministerial Level Background Paper No.1-No.5*, (翻訳 環境庁地球環境部監修・井村秀文監訳『地球環境のための市場経済革命』, ダイヤモンド社, 1992年)

OECD(1993), *Taxation and Environment*(翻訳 石弘光監訳『税制と環境』, 有斐閣, 1994年)

<sup>1)</sup>地球から掘り出した化石エネルギーやその他の水力・原子力の非化石エネルギー

<sup>2)</sup>TOEとは石油換算トン进行意味し, 1TOE=10<sup>7</sup>キロカロリーである。

<sup>3)</sup>もともと, エネルギー消費の効率改善が将来にわたって行われるだろうし, また, 石油の価格が上昇する局面では, 油田の探査が行われ, 新しい石油埋蔵が確認されるであろうから, 今からパニックにある必要はないが, 化石燃料が無限ではないこともまた事実である。

<sup>4)</sup>地球温暖化現象が広く知られるようになったのは, NASAの研究者であるハンセン(1988)以来であるといわれている。その前後の経緯については米本(1994), 西岡(1994)に詳しい。

<sup>5)</sup>地球が誕生した頃には, 大気の95%は二酸化炭素で, 気温は相当高く現在の金星のような状態であった。しかし, 幸いにも地球には水があり, 大部分の二酸化炭素はやがて海に沈み, さらに, その後海中に現れた原始の藻類が二酸化炭素を吸収し, 酸素を排出した。二酸化炭素の減少は地球の温度を下げ, 酸素は地球の上空にオゾン層を作り, 生物に有害な紫外線の量が減少したので, 生物が地上にも生息できるようになったのである。そして, 古生代には地表を覆った羊歯類がさらに二酸化炭素を吸収して, 炭素の固まりになった。その羊歯やそれを食べた動物が造山活動で地中に潜り, やがて化石化したのが, 石炭であり石油なのである。こうして, 地球は数十億年かけて大気中の二酸化炭素を現在の0.03%にまで引き下げ, 同時に地球の温度も引き下げてきたのであるが, 現代の人類は, 化石燃料を燃焼させることによって, 地球がこれまで行ってきたことのちょうど逆を行っているのである。

<sup>6)</sup>島嶼諸国では暴風雨の被害の拡大など既に影響が出ており, これら諸国は「島嶼諸国連合」(1990年)を結成し, 工業国には温暖化対策を直ちにとるべき責務があることを指摘している。そこで, 二酸化炭素の回収あるいは固定化は, 緊急の問題となっているが, 現在のところ実用化されている技術はない。現在(i)水素接触法: 水素により炭素を還元し, メタン, エタン, メタノール, エタノールを生成する方法, (ii)光化学的還元(人口光合成), (iii)不飽和炭化水素による二酸化炭素の固定, などが考案されている。近年実験プラントが稼働

を始めた東北大学や地球環境産業技術研究機構(関西文化学術研究都市)の方法は上記の(i)の方法に分類される。(日本経済新聞1996年4月3日朝刊)

- <sup>7)</sup>酸性雨は影響範囲が数千キロに及び、国境を越えた環境問題であることが、問題を複雑化させている。東アジア地域でいえば、上空に強い西風が吹いているために、中国東北部で排出された窒素酸化物や硫黄酸化物の一部が原因で韓国に酸性雨を降らし、またさらに、韓国で排出された汚染物質が加わり日本に酸性雨を降らしている可能性がある。酸性雨生成のメカニズムやその越境についての詳細は、広瀬(1990)、石(1992)、秋元(1994)等を参照。
- <sup>8)</sup>以下に述べる方法は、究極的な解決策ではない。少しでも地球環境が再生可能な姿を保つための暫定的な延命策と考えていただきたい。ただ、こうした暫定的な延命策を講じ続けることが、より深い環境問題への理解につながる可能性もある。
- <sup>9)</sup>もう少し詳しく見れば、日本では1970年代から80年代前半までは、2回の石油ショックの影響で省エネルギーが進み、世界におけるエネルギー消費のシェアを減少させてきたが、1885年以降の円高と石油価格の低迷によって、現在はエネルギー消費を増加させつつある。ソ連で1980年代にエネルギー消費のシェアが減少しているが、これは、省エネの効果ではなく、むしろ経済そのものが沈滞し、エネルギー需要が減少したことによる。
- <sup>10)</sup>したがって、以下に述べる方法は、こうした意味で、経済全体が発生する二酸化炭素発生量を過少に推定することとなる。しかし、以下の方法では、石油はすべて燃焼されると仮定されており、石油の一部分はプラスチック製品や化学繊維に姿を変え相当長期間燃焼されないという現実とも合致していない。反対にこの意味では、二酸化炭素の排出量を過大に推定している。
- <sup>11)</sup>早見・木地(1994)では、1985年時点での日中の大気汚染物質排出量を非常に精密な方法で計算し、両者の比較を行っている。それによると中国の二酸化炭素発生量は二酸化炭素換算で2,346mill<sup>t</sup>、(炭素換算では853mill<sup>t</sup>)、日本での二酸化炭素(推定)発生量は約1,000 mill<sup>t</sup>、(炭素換算で363mill<sup>t</sup>)と推計されており、本章での推計よりもかなり多い。これは彼らの研究では、セメントやパルプ産業の生産過程からの二酸化炭素を含んでいるからであると思われる。
- <sup>12)</sup>どのような化石エネルギーを組み合わせるかも技術の問題といえなくないが、本章ではエネルギー効率を技術と表現することにする。
- <sup>13)</sup>エネルギー税(あるいは炭素税)を課することは代替効果と所得効果を生む。途上国にとっては後者の効果による経済成長の低下が容認しがたい点である。また、エネルギー価格上昇は、エネルギー転換やエネルギー効率改善のための技術進歩の誘因になるのだが、それについても、先進国からの技術移転なしには、実現が難しいであろう。こうした課税の方法やその効果については石(1993)、植田他(1991)、OECD(1993)等を参照されたい。

- <sup>14)</sup>後に示す中国についても同様の産業分類を用いている。
- <sup>15)</sup>硫黄酸化物の排出量の削減についても、以下に述べるのと同様の方法で分析することができるが、煩雑さを避けるために、ここでは議論を二酸化炭素の排出量削減に絞ることとする。
- <sup>16)</sup>このような技術を「クリーナー・プロダクション」の技術と呼ぶことがある。これに対して、従来設備に環境保全設備を付加的に加える技術を「エンド・オブ・パイプ」の技術と呼ぶことがある。
- <sup>17)</sup>吉岡・早見(1995)も基本的にはこうした考え方で、日中の硫黄酸化物の排出量格差の要因を分析している。
- <sup>18)</sup>産業連関表を時系列で使用する場合に、ある時点を基準とした価格指数を使い、評価基準を基準時点での価格に統一するという意味の「実質化」を行う場合があるが、ここでもちょうどそれと同様の調整を異時点間で行うことになる。
- <sup>19)</sup>このデータは1990年時点での購買力平価であるが、1987年でもおおよそここで示した価格比率であろうと仮定して、計算を進めている。
- <sup>20)</sup>すでに、エネルギー税の効果について、数多くのマクロ計量モデルやCGEモデル(産業連関分析を拡張した一般均衡モデル分析)が考案されている。それらのサーベイ論文としては、天野(1993)がある。