

CIRJE-J-64

**大気汚染対策における「後発の利益」：
東アジアの経験から**

東京大学大学院経済学研究科

石見 徹

2001年9月

このディスカッション・ペーパーは、内部での討論に資するための未定稿の段階にある論文草稿である。著者の承諾なしに引用・複写することは差し控えられたい。

大気汚染対策における「後発の利益」:

東アジアの経験から¹

“ Advantage of Latecomer ” in Abating Air-Pollution:
Experience in East Asia

石見 徹
(東京大学経済学部)

Toru Iwami

Faculty of Economics, University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo
113-0033, Japan

Abstract

From the early 1970s to the mid-1980s, air-pollution in Japan, in particular SO₂ concentration, was remarkably improved. This is resulted from responses to growing civil protests: governmental regulation policy, on the one hand, and innovation of abating technology and energy efficiency, on the other hand. In Southeast Asian large cities, air-pollution is in better situation, despite their rapid economic growth, than their Japanese counterpart as of the early 1970s. This is because their governments and firms took earlier initiatives, learning from experience in developed countries.

Key words: Economic Development, Air-Pollution, Environmental Kuznets Curve, East Asia, Advantage of Latecomer

要約

1970年代初頭から80年代半ばにかけて、日本の大気汚染対策は意欲的に進められ、なかでもSO₂に目覚ましい効果があらわれた。その第1の要因は、公害に反対する住民運動に応じた行政当局の取り組みであり、また第2に、排出源となる企業の側でも脱硫技術の開発やエネルギー効率の上昇が図られた。東南アジアの大都市では、高度成長末期の日本に比べて、大都市の大気汚染は概して改善している。ここでも、行政側が早くから環境対策に取り組む姿勢をみせ、また企業側でもSO₂の排出減に努力してきた。両者の対応には先進諸国の経験に学ぶという共通性がみられるといえよう。

キーワード：経済発展、大気汚染、環境クズネツ曲線、東アジア、後発の利益

¹本研究に対し住友財団およびAGS基金から助成を受けた。また計量分析には、一部で松下幸敏君(東京大学大学院)の支援があった。記して謝意を表したい。

0 . はじめに

高度成長期の日本は、「成長の歪み」といわれた公害問題に苦しんだことはよく知られているが、1970年代初頭から環境改善にそれなりに成功してきた。東アジアの諸国は、日本とも類似した開発政策をとり、「奇跡」といわれるような経済的成功をとげた一方で、自然環境の悪化も顕著であるといわれている。

「アジアほど公害の劣悪な都市を多く抱えた地域は他にないし、河川や湖は世界でもっとも汚染されている。一言でいえば、アジアの環境は今まさに崩壊寸前の瀬戸際に立たされている。急速な経済発展が富をもたらした一方で、アジアはますます汚染され、多様な生態系は失われ、環境はより脆弱になってきている」²ここでは「アジア」と表現されているが、「急速な経済発展」という言葉から主として「東アジア」を念頭に置いていることは明らかである。

しかしこの地域の環境問題を調査した OECD 開発センターの O'Connor(1999)は、工業化の後発国は、先進諸国によって開発された技術や経験を生かすことができるので、むしろ環境保全に成功しやすいと述べている³。はたしてこのような主張が実際に裏付けられるのか、という疑問が本稿の出発点となっている。もし東アジアの「後発国」が高度成長期の日本よりも良好な環境を享受しているとしたら、その理由は何か、日本をはじめとして先進諸国の経験は、どのように生かされてきたのか、という論点もあわせて考えねばならない。

「後発の利益」という概念で有名な Gershenkron(1962)は、たしかに技術移転 (borrowed technology) が後発国の工業化を加速させることに注目していたが、むしろ力点は後発国においては銀行、政府、イデオロギーなどが先進国とは異なった働きをすることにあつた。⁴技術移転に即して敷衍すると、誰が、いかなる動機で新技术を導入するかという点が、あらためて問われねばならない。とりわけ環境問題のような場合には、通常は新たな対策に追加的なコストがかかり、経済開発を制約することもあるので、自然に技術が伝播するわけではない。どのような条件があつて、環境保全対策が可能になったかを究明することは、発展途上国における経済開発のあり方を考える上で大きな意義があるだろう。

本稿で大気汚染を取り上げるのは、ある所得水準を越えると、経済発展にともなって改善がみられる環境汚染の例として、しばしば引き合いに出されるからである。その意味で大気汚染は、どのような要因が働くと、経済成長と環境保全とが両立できるかを検討するのに適している。さしあたり考えられる要因は、技術の開発・移転、産業構造の変化、住民運動と政策当局の対応などであり、いずれも環境問題を考える上で興味深い論点が浮かび上ってくる。

1 . 環境クズネッツ曲線と大気汚染

² ADB(1997)、訳書、P.211、訳文は一部変更(?)。

³ Grossman(1995)もこの説に近いが、他方で野上・寺尾(1998)をはじめ、「後発性の利益」を主張することに慎重な意見も根強くある。

⁴ Gershenkron (1962), ch.1.

環境クズネツ曲線（EKC）といわれるのは、環境問題は所得がある水準に達するまで悪化し続けるが、その水準を超えると逆に好転するようになる、という仮説である⁵。したがって、縦軸に環境悪化の指標をとり、横軸に所得水準をとってグラフを描くと、逆 U 字型の曲線になるというのである。

もっとも EKC が一般に成立するかどうかについては、かねてから疑問の声があり、なかでも代表的な疑問は、いかなる環境指標にも逆 U 字型の曲線が一律に当てはまるかどうかに関する点である。しかし World Bank (1992) がこれに当てはまる例として、大気汚染（具体的には SPM：浮遊粒子状物質, SO₂：二酸化硫黄）を取り上げたのに始まり、その後、Shafik(1994)、Selden and Song(1994)、Grossman and Kruger (1995)、Grossman (1995)、Panayotou(1995)などでも、この点を実証的に裏付けられるとしている。

EKC の仮説が妥当するとなると、どのような要因がそこに関係しているとみるべきであろうか。1) 産業構造や消費構造の変化、2) 住民意識の向上、3) 環境保全投資の余裕ができる、などである。第一の点については、所得の増大につれて、生産および消費は第 1 次、第 2 次、第 3 次産業へと順次、重心を移行させていくが、第 1 次産業から第 2 次産業へ移る過程では、環境の悪化がみられるのに対し、第 3 次産業の比重が増すにつれて、環境への負荷が減少するというわけである。また第二に住民の意識は、所得が一定の水準を超えると、物質的な生存条件以外の要因に配慮が行き届くようになる。したがって環境汚染に対する規制が行われる。環境保全に投資するのも、その必要性が認識されることが前提になる。これらの要因が「後発の利益」とどのように関係するかは、後にあらためてふれることにしよう。

さしあたりここでは、大気汚染を環境クズネツ曲線が妥当する例として取り上げる場合に、どのような点に注意すべきかを簡単にふり返っておこう。

第一の問題は、大気汚染に限らないが、汚染度を長期にわたって計測した国は数が少ないので、多くの研究は、先進諸国も発展途上国も合わせたクロスセクション分析に依拠していることである。これはデータの入手可能性からくるやむをえない限界ではあるが、クロスセクションのデータでは所得以外に国ごとに違った要素が入りこんでくることに注意しなければならない⁶。

第二に、汚染状況は観測地点、時期によってかなり異なってくるので、観測されたデータには吟味が必要である。たとえば、ジャカルタにおいて SO₂ の大気中濃度(1996 年)は、最低の月(1 月)が 0.002ppm に対し、最高の月(8 月と 9 月)は 0.008ppm と 4 倍にもなる。ちなみに同じ年の NO_x では、最低の月(1 月)は 0.005ppm に対し、最高の月(7 月)は約 19 倍の 0.093ppm にもなる⁷。赤道近くのジャカルタでは季節的な気温の変化はほとんどなく、エネルギー消費量もあまり

⁵ Stern, Common and Barbier (1996), Ekins(1997) などが研究史を概観している。しかし、その後も Environment and Development Economics, Vol.2, 1997 や Ecological Economics, Vol. 25-2, 1998 などが、EKC に関する特集を組んだように、論文が次々と現れている。

⁶ Selden and Song (1994) は fixed-effects と random-effects を区別して分析している。アジアの国をとりあげた例としては、Vincent(1997)がマレーシアを、Wu(1998)は台湾を分析している。

⁷ Badan Pusat Statistic, Environmental Statistics of Indonesia 1998.

変わらないので、この違いは季節風によるであろう。したがってデータとしては、年間平均で比較することが望ましいであろう。

また同じ国であっても大都市か地方か、あるいは工業地帯かといった立地条件によって、大気汚染の状況にはかなりの違いが出てくるので、一概に国全体の1人当たり所得水準(GDP)と対応させることにも疑問は残る。とりわけ中国のように、国土面積の大きな国の場合は、できれば地域(都市)毎に所得データをとり分類した方がよいだろう。

また大気中の濃度が測定されるのは通常、人口が集中している大都市が多い。そこでは比較的早くから対策がとられ、状況は改善しても、他の工業地域では汚染がなお続いていること、したがって国全体の排出量が伸び続けることは十分にありうる。

それから第三の疑問は、SO₂、CO₂などを扱う場合に、空气中濃度と排出量の内どちらがより信頼できるデータといえるかである。前者は直接に測定できるのでより正確であるのに対し、後者は直接の観測ではなく、燃料消費量や燃料ごとの硫黄含有量をいくつも積重ねて推定しているので、信頼性が低いといわれる。⁸ Shafik(1994)やGrossman and Krueger(1995)、は汚染物質の大気中濃度を採用しているが、Selden and Song(1994)は、大気中濃度の結果と区別するために、意識的に排出量を従属変数に採り、Panayatou(1995)では、発展途上国の排出量を石油、石炭、天然ガスなどの消費量で代用している。しかし最後の手法ではエネルギー効率や排出技術の差異がデータに反映されないという短所がある。

第四には、大気汚染物質の排出は一見すると所得水準によって決定されるようにみえても、実はその他の要因の及ぼす影響が大きいかもしれない。その他の要因といっても、所得水準に強く依存するエネルギー消費量や自動車の保有台数などは別にしても、上にふれたように、経済活動や人口の地理的集中は汚染対策を政府に促す要因になるであろう。先進諸国の中でも、一方の北米諸国(カナダ、アメリカ)と他方の日本やヨーロッパ諸国との間でみられる相違は、地理的集中の違いによるといわれている⁹。

ただしここで注意しなければならないのは、たとえ人口や経済活動の地理的集中が汚染対策の必要性を大きくしたとしても、実際に対策が講じられるかどうかは、他の要因にも規定されることである。住民の政治的意識や実際に対策費用を支出できるかどうかという点は、逆に所得水準に影響されるだろう。

2. 「後発の利益」は検出できるか

次に「後発の利益」が実際に大気汚染のデータから検出できるかどうかを調べてみよう。ところで「後発性」には、二重の意味がある。第1は、いうまでもなく日本に対する東アジア諸国であるが、第2は欧米に対する日本の「後発性」であるが、以下では第1の「後発性」が主要な議論の対象になる。

⁸ Kaufmann et al (1998), p. 210.

⁹ Kaufmann et al (1998), pp. 218-9. またSelden and Song(1994)も、人口密度が大きいほど大気汚染物質の排出が小さくなるという結果を導いている。

まずは図 1 ~ 3 から大気汚染と所得水準との関係を確認しよう。縦軸に大気汚染のデータとして SO₂、TSP (total suspended particulates)、NO₂ をとり、横軸に一人当たり GDP をとりそれぞれ散布図を描く。一方で日本とアジア諸国との間で、他方では欧米諸国と日本の間で、所得水準に対応した環境汚染の状況を比較して、「後発の利益」がみられるかどうかを検討してみよう。

観測地点は、外国では大都市（ほとんどが首都）なので、都市の汚染状況が示されているとみてよい。日本のデータもこれに対応させて東京の都心部からとったものである。ただし TSP と一括されているデータは、国によって環境基準の指標が違うので、それに応じて観測されている物質は必ずしも同一ではない。たとえば日本では、1972 年以来、粒径 10 ミクロン以下の SPM（浮遊粒子状物質、厳密にいうと PM10）を測定している。この点ではマレーシアやシンガポールも同じであるが、タイでは TSP と PM10 の両方を指標にして環境基準を設定している。またインドネシアでは、全国的には TSP の環境基準を設けているだけであるが、ジャカルタ特別市では、TSP の他に SPM の基準値も置いている。

各国の所得水準は、World Bank, World Development Indicators 1999 から 1995 年のドル(購買力平価表示)であらわし、日本の所得水準は、次の式のような実質為替相場を使って同じ基準のドルに換算した。

$$Y_t^{PPP} = \frac{Y_t}{E_t^{PPP}} = \frac{Y_t}{E_{1995}^{PPP}} \cdot \frac{P_t^{US}}{P_t^J}$$

Y_t : 日本の t 年の一人当たり GDP(円表示)、 Y_t^{PPP} : 一人当たり GDP、1995 年のドル表示、 E_t^{PPP} : t 年の実質為替相場、1 ドルあたりの円で表示、 P_t^J : 1995 年を基準にした t 年の消費者物価指数、添字の J は日本、US はアメリカを表す。

ただし所得水準については、現在の各国と日本の過去に遡ったデータとを比較することにはやや難しい問題がある。GDP 統計の信頼性まではさしあたり問わないとしても、たとえば 1970 年の日本と 1995 年のタイを比較する場合に、何を共通の尺度にするかが重要になる。共通化するのに必要なデータは、一つは為替相場であり、もう一つはデフレーターとなる物価指数である。為替相場は上式のように名目相場を相対物価で実質化した。この物価指数を計る際に、基準となる品目の構成をどうするか、という微妙な問題が残されることはたしかである。しかし残念ながらその最終的な解決策はない。

日本

日本の大気汚染状況は、1970 年代初頭から 90 年代半ばまでの推移を、各図の折れ線グラフで表示している。SO₂ の汚染が急激に改善するのは、1970 年から 1988 年の間で、約 126 μg/m³ から 30 μg/m³ 近くまで下落した。この間に 1 人当たり GDP は 3200 ドルから 15300 ドルに上

昇した。ところが、1988年以降は所得水準が上昇し続けたにもかかわらず、大気中の濃度はほとんど変わらないことがもう一つの特徴である。その一方でNO₂は1970年代初頭から80年代にかけて約60μg/m³から100μg/m³に増え、また75μg/m³近くに下落するという一つの波がみられるが、その後はまた100μg/m³に増えたままでほとんど変わらなかったといっていだろ。¹⁰SPMに関しては、1970年初頭にはまだ観測されていないが、1974年から80年にかけて82μg/m³から40μg/m³までかなり改善がみられる。とはいえ、その後やや増えて、水準としてはそれほど目立った変化はなかった。

このように、同じく大気汚染の要因ではあっても、一方でのSO₂と、他方でのNO₂、SPMとの間には、改善状況にかなりの差があるとみた方がよさそうである。SO₂の汚染状況に大きな改善のあったのは1970年代であるが、その当時の日本に何があったかは、あらためて次節で検討することにしよう。

東アジア諸国

次に同じ図1～3から、東アジア諸国(図の印)と日本とを対比すると、SO₂では、韓国を除いてフィリピン、タイ、マレーシア、インドネシア、中国が日本と同一の排出量をより低い所得水準で達成していることがわかる。シンガポールの所得水準は日本の1995、96年に近いが、ここでもSO₂汚染は相対的に少ない。NO₂に関しては、少なくともタイ、インドネシア、韓国にはSO₂と同じような傾向が読みとれるといっていだろ。ところがTSPについては、いずれの国も日本の量よりも多い。なかでもインドネシア、中国、タイ、フィリピンなどは、1974年の日本の2～3倍もあるので、比較にならないほど状況はよくない。

NO_xとTSPの発生量の間には、逆相関の関係があるといわれる。すなわち、自動車エンジンの効率を上げると、空気中の窒素を酸化したNO_xが発生しやすいのに対し、低効率では逆にTSPが多く排出されるのである。¹¹したがってアジアの諸国でTSPの数値が多いのは、自動車エンジンの性能が低いことに密接に関連していると考えていだろ。

むしろTSPの発生源は自動車とは限らない。通貨危機が起るまで不動産ブームに沸いたバンコクなどでは、建設現場も有力な発生源であったかもしれない。しかし工業地帯から多少とも離れた大都市の場合には、自動車の及ぼす負荷が相対的に大きいであろう。マレーシアでは、都市と地方ではTSPの発生源が異なり、都市ではディーゼル車が約3分の1を占めるのに、地方では木の燃焼が逆に約3分の1の比率を占める。¹²一部の国では、NO₂の数値が同じ所得水準の時点

¹⁰ ただし環境庁大気保全局、「平成10年度大気汚染状況について」(平成11年10月)の一般環境大気測定局のデータによると、NO₂濃度は1971年の年平均0.044ppm(90μg/m³)から77年の0.019ppm(39μg/m³)までかなり減少し、その後はほとんど変わっていない。このデータは、SO₂と似た傾向を示しているといってもよいが、1971年の36から77年の891まで急増した観測地点の年平均値なので、正確さに欠ける。そこで図2では、「定点観測」から導かれた結果を示した。

¹¹ 国際協力銀行、聞き取り調査2000年11月10日。

¹² Malaysian Environmental Quality Report 1993, p.9.

の日本より少ないことも、エンジンの効率が低いことと整合的である。すなわち TSP と NO_x に見られる特徴は、いずれも同じ原因から説明できるのである。

欧米諸国

次に欧米諸国やオーストラリア、ニュージーランド（図の 印）に関しては、概して日本の大気汚染よりも良好な結果がでている。TSP についてはイタリア、ベルギー、デンマーク、オーストリアなどが日本よりもやや高い数値を示しているが、全体から見るとこれらは例外的である。日本が環境の改善に成果をみせた 1970 年代には、一人当り所得ではまだまだ欧米諸国を追いかける局面にあった。この当時の欧米諸国と日本の大気汚染データを直接比較することはできないが、少くとも 90 年代の半ばのデータから読みとるかぎりでは、日本に「後発の利益」は見出せないといった方がよいだろう。西欧諸国の好成績には、人口密度が関係しているという説はすでにふれたが、ここでは、アメリカやオーストラリアといった人口密度が小さい国も類似した汚染水準を示している。しかしいずれの諸国も大都市のデータを採っているため、その限りでは人口密度にさほど差は出てこない。汚染水準がかけ離れていないのは当然といえば当然であろう。

大気汚染の要因分析

それでは「後発の利益」とみられる現象がなぜ生じるのだろうか。この疑問を検討するために、大気汚染に関係すると思われる要因を、より詳しく分析してみよう。

大気汚染物質を発生させたり、発生量に影響する要因はいろいろ考えられるが、ここではまず固定発生源は第二次産業の比重 IS (GDP に対する付加価値構成比)で、移動発生源は自動車の 1000 人当り保有台数 MV で、それぞれ代表させる。さらにエネルギー効率 EF (エネルギー消費量一単位当りの GDP)、都市化率 UP (100 万人以上の都市人口の、全人口に対するシェア)などのデータを選んだ。IS、MV、UP などは数値が大きくなれば、汚染物質も増えるという正の関係があり、EF は逆に負の関係になると予想される。その他に、EKC の議論にもあるように所得 Y (一人当たり GDP、ppp 表示)を加えて先進諸国、途上国を合わせたクロスセクションの回帰分析を行う。その方程式は以下ようになる。

$$P = a + bY + cY^2 + dEF + eIS + fMV + gUP \quad \text{-----} \quad (1)$$

左辺の P は大気汚染の指標であり、IS は、製造業のほかに鉱業、建設業、電気、ガス、水道を含めた値、MV は自動四輪車のほかに、発展途上国で大きな割合を占める二輪車を加えた数値である。シェアを表わす IS、UP を除いて、他の変数は対数で表示した。

まず図 1 - 3 の基になったデータを使って、左辺に SO₂、NO₂、SPM 各々の大気中濃度を置いて回帰分析してみると、残念ながら、ほとんど意味のある結果は出なかった(その表示は省略)。そこで表 1 は、説明変数を所得 Y の 1 次と 2 次の値だけにした計算の結果を表示した。EKC の議論にあるように、所得の 2 次の係数がマイナスで、かつ有意性が十分高いのは SPM のみであ

り、それ以外の SO₂ や NO₂ に関しては、所得の係数は 1 次についても、2 次についても有意性が高くはない。こうしてみると、大気汚染（濃度指標）の要因別分析をクロスセクションで行うことにはかなり無理がある。

そこで次に、濃度に代わって排出量を（1）式の左辺に置くことにしたが、残念ながらデータの制約から 1980 年の SO₂ 排出量を採用するしかなかった。その結果が表 2 である。まず、すべての変数を含んだ式でみると、大気中濃度を扱った場合と同じように、どの変数にも十分な有意性は表れなかった。そこで所得 Y の 1 次と 2 次変数だけを取り出して計算してみると、EKC の議論を裏書するように、2 次の係数がマイナスであり、かつその有意性が十分に大きい。所得以外の変数を加えると意味のある結果が出ないのは、それらが所得と多重共線性をもつことに原因があるのかもしれない。二つの場合で決定係数がほとんど同じになっているのは、所得以外の変数に意味がないことを示唆しているとみることもできる。ちなみに先進諸国と途上国に分けて計算してみると、所得の 2 次係数は有意性が低くなり、先進諸国では決定係数があまりに小さくなってしまふ。

最後に、既存の研究とここでの結果との整合性について付言しておこう。Panayatou(1995) は SO₂ 排出量を取り、右辺の変数は Y の一次、二次数値だけなので、手法は表 2 にもっとも近く、一部の結果は類似している。Shafik(1994) は、SO₂、SPM の大気中濃度をとっているが、データはタイムシリーズ・クロスセクションであり、データ数が表 1 よりもはるかに多い。この点は、Grossman and Kruger (1995) も共通しているが、タイムシリーズとクロスセクションを合わせてデータ数を多くとれば、良好な結果が出やすいのかもしれない。

3 . 日本の経験

公害対策の背景

1970 年代初めから、日本で大気汚染物質、とりわけ SO₂ が急速に減少したのはなぜか、その背後にある諸要因をふり返ってみることが本節の課題である。

まず 何よりも注目すべきは、1960 年代後半からの住民運動の影響が大きかったことである。なかでも大気汚染に関しては、石油精製、発電所などの排ガスによる健康被害(呼吸器疾患)を訴えた 1967 年の「四日市公害訴訟」が象徴的であった。こうした「声」に押されるようにして、同じ 1967 年に「公害対策基本法」が制定され、68 年に「大気汚染防止法」、1969 年に東京都の公害防止条例、70 年には「水質汚濁防止法」などが相次いで制定された。そして環境対策の所管官庁として、新たに環境庁が設置されたのが 1971 年であった。

もう一つの特徴は、中央政府よりもむしろ地方自治体が積極的に対策に乗り出したことである。その最初の例は、1964 年に横浜市と電源開発(株)磯子火力発電所との間で結ばれた「公害防止協定」であり、次いで東京都は 68 年に東京電力との間で大井火力発電所に関する協定を結んだ。こうした協定は、法的拘束力はもたなかったが、実質的には大きな効果をあらわした。これ以降、

地方自治体は電力会社との間で相次いで大気汚染防止協定を締結していった。¹³このように大気汚染対策の推進は、地方自治体が主導権を握り、中央政府はそれを追いかけるという形であった。しかし忘れてならないのは、住民の声が地方自治体を動かしたことである。

高度成長末期に注目を集めた公害は、一般に地域的に集中した問題であった。重化学工業の集積地にあらわれた公害では、東京や横浜のように、住民の政治的意識が概して高かったことが対策を生み出す要因になったといえるだろう。しかしたとえば北九州市のように、「企業城下町」であると、住民は「声」を挙げにくいという事情はあるかもしれないが、その場合には、地方自治体が住民を代弁する役割を演じる余地があった。

法整備と政策

SO_x対策は、1962年の「煤煙の排出規制等に関する法律」、68年の「大気汚染防止法」を根拠にして進められ、環境基準値は1968年の第1次から76年の第8次まで、毎年のように改定・強化された。NO_xが汚染物質として注目されるようになったのは、1970年に東京杉並区で光化学スモッグが発生したことがきっかけであり、SO₂よりもやや遅れて1973年に環境基準、排出基準が定められた。

SO_xとNO_xに対しては総量規制が導入され、前者は1974年に、後者は81年に東京、大阪、横浜の3地域に適用されるようになった。総量規制は、排出量を各事業者に割り当て、これを直接、規制する方式である。それまでは排出濃度の上限を定める濃度規制のみが実施されていたが、この方策では、排出される水や空気の量を増やして希釈すると、多くの排出量も可能になるという短所があった。

自動車の排ガス規制に関しては、アメリカのマスキー法（1970年）が当時としては最も厳しい排ガス基準を設けたので、日本でもこのマスキー法にならって1973年度「排ガス規制基準」を定めた。さらに1975年度規制値では、COやHCの排出量を73年規制値の約10分の1へ、NO_xは約半分に切り下げる措置がとられた。NO_xを除いて、この規制値が実に2000年まで存続したのである。NO_xは1976、78年に相次いで基準値が切り下げられ、78年の基準値は75年の3分の1になった。¹⁴また日本は世界の中でも有鉛ガソリン対策に最も早くから取り組み、1975年からレギュラーガソリンの無鉛化が実施された。しかし、77年まで有鉛ガソリンの販売が認められていた。

寺西(1994)によると、1978年には構造不況業種対策として、NO_x環境基準の緩和があった¹⁵ように、石油危機後の時期は環境対策の「後退期」であった。また1987年には、四日市公害判決を受けて1973年に制定された「公害健康被害補償法」による補償が、大気汚染被害者に対して

¹³ 寺尾(1994)、東京電力(1983)。また公害対策に関する以下の記述は、寺西(1994)、秋山・植田(1994)などを合わせて参照した。

¹⁴ 浜渦(2000)。

¹⁵ 1973年に制定されたNO₂の環境基準では「1時間の1日平均値が0.02ppm」とされていたが、78年に「0.04から0.06ppmのゾーン内に、またはそれ以下」に改正された。秋山・植田(1994)。

事実上、廃止された。このように石油危機後の不況対策が環境政策を後退させたことは否定できない。しかし他方で、後にみるように、エネルギー価格上昇に対応して省エネ政策が進められたので、結果的に SO₂ 汚染が改善されたことは否めない。経済状況が悪化しても、政府や企業の努力によって、間接的にはあれ環境が改善することがあるという一つの実例である。

ところで、公害対策の手段としては、産業政策に行政指導が働いたのと同じように、直接的規制が主流であり、排出量に応じた課徴金といった間接的な誘導政策は採用されなかった。その意味で、官庁の監督部局や、監視に当たる現場の技術者が大きな役割を果たしたといっていよう。直接規制は、たしかに汚染の上限を抑えることができるので、強力な緊急対策になりうるという利点がある。しかし、上限を連続的に引下げるといった措置をとらない限り、それ以上の汚染削減を導く動機付けに欠けるという短所がある。

とはいえ市場メカニズムを利用した手段がまったく採用されなかったわけではなく、公害対策を実施する企業への租税優遇措置は、そうした解決策の一例であった。大気汚染との関連では、石油精製所の重油脱硫装置や、火力発電所の LNG（液化天然ガス）貯蔵施設の建設などに政府金融機関（日本開発銀行）の特別融資が与えられた。これらの優遇措置が最も多く利用されたのは 1970 年代の前半であり¹⁶、時期的にみても、SO₂ の削減に一定の効果があつたことは間違いないだろう。

技術的側面

SO_x 削減は、具体的には 1)燃料の転換、2)重油からの脱硫化、3)排煙脱硫装置の設置、4)高煙突化などによって進められた。1970 年代初頭までは、いわゆる「低硫黄化」が主流となり、なかでも燃料の転換は最も費用が少なくすんだので、可能な限り追求された。その一方で 1960 年代には排煙脱硫技術はまだ実現していなかったので、発電所などでは高煙突化によって排煙を分散させることが積極的に取り組まれた。

燃料の大口需要は、電力、鉄鋼、石油化学であったが、前二者が行っていた「原油生焚き」、「ナフサ焚き」は、硫黄酸化物の排出を抑えるのに効果があつた。重油には硫黄分が多く含まれるのに対し、原油やナフサにはそれが比較的少ないからである。しかし原油を精製せずに「生焚き」してしまうと、ナフサが生産されなくなってしまう。また「ナフサ焚き」にしても、石油化学工業にとって原料になるナフサの供給を抑えることになるので、業界の間で利害が対立した¹⁷。そうした事情から、石油精製業界は重油脱硫技術の開発に務めたのである。

ところが第一次石油危機後は、状況が変化した。原油の確保が緊急の課題になったので、硫黄含有量の少ない原油を求める「低硫黄化」政策は限界に直面したのである。1970 年代半ばから 1980 年代半ばまでの期間で、SO_x の排出を減少させた第 1 位の要因は省エネの進展であり、2 位が脱硫能力の向上、3 位が燃料の転換であつた¹⁸とされるのも、こうした背景があつたからで

¹⁶ 詳しくは、寺尾(1994)を参照のこと。

¹⁷ 寺尾(1994)。

¹⁸ 原資料は、『環境白書』、平成 2 年版 総説、p.128。ただし残念ながら、同白書では算出の根

ある。

世界最高水準とされる発電所の脱硫技術は日本の自主開発による。脱硝と合わせて二段階燃焼を行う方式は世界でも例が少ない¹⁹。石油危機後はやや石炭火力発電の比重が増えたので、重油のみならず、石炭を対象にする脱硫技術も進歩した。また第一次石油危機の頃から消費が急増してきた液化天然ガス（LNG）は、輸送や貯蔵費用は高くつくが、「燃料の転換」のなかでもっとも有効な対策であった。人口密度が高く、汚染による被害が大きくなりがちな都市圏の火力発電所では LNG が多く使われるようになった。

NO_x 対策が SO_x よりも遅れて始まったのは、世論や行政当局の認識の順序に対応している。技術的には、NO_x は空気中の窒素が酸化して発生するので、「燃料の転換」という方法では回避できない。二段燃焼、排ガス混合による燃焼効率の改善や、排煙脱硝技術の開発などが重要になる。排煙脱硝は脱硫よりも技術的に難しいといわれるが、日本が世界に先駆けて開発し、普及率もきわめて高い。自動車から排出される NO_x は、厳しい環境基準に対応して開発された排ガス対策と燃費効率により低下した。また TSP 対策は、電気集塵器などにより排ガス段階からの除去が進んだ。

4．東アジア諸国の状況

SO₂ 排出量の時系列分析

すでに述べたように、汚染物質の大気中濃度に影響する要因を、クロスセクションの回帰分析で調べたところ、ほとんど意味のある結果は出なかった。SO₂ 排出量を従属変数にすると、たしかに EKC の議論と適合した結果はみられたが、少なくとも先進諸国に関してはさほど強固な関係ではなかった。そこで以下では、東アジア諸国の時系列データ（1970 年代初頭 - 1992 年）を使って、さらに検討することにしよう。SO₂ の排出量は、エネルギー消費量、エネルギー効率、エネルギー源の構成や排出量の削減技術などによって決まるが、排出量のデータは、エネルギー消費量を基にして推定されているので、両者を直接対比させてもあまり意味がない。そこで排出量に影響する要因を（2）式のような形で分析してみた。

$$EM = a + bY + cY^2 + dEF + eIS \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここで EM は一人当たりの SO₂ 排出量を表し、他の記号は（1）式と同じであるが、MV や UP の時系列データはないのでここでは割愛した。IS を除く他の変数を対数で表示したことも（1）式と共通している。

その分析結果をまとめた表 3 によると、日本、東アジア全体ではエネルギー効率は予想されたようにマイナスの関係、すなわち効率が高くなると排出量は減少することが表れている。産業構

構が示されていない。

¹⁹ 東京電力、聞き取り調査 2000 年 11 月 17 日。

造の係数は日本、タイを除いてプラスであり、インドネシア、マレーシアでは有意性が高い。所得との関係についてみると、2次の係数がマイナスでかつ有意性が高いという例は、シンガポール、マレーシア、そして東アジア全体の場合である。

こうしてみると、クロスセクション分析よりもタイムシリーズのデータを使った方が、一部の例ではあるが、エネルギー効率、産業構造、所得の2次などの変数にやや良好な結果がみられる。しかも個々の国をみた場合よりも、クロスセクションと合わせて集計したデータの方が、理論的な想定により近いという結果が出てくる。

この方程式で捉えきれない残差は、所得（あるいは、これと密接に関連したエネルギー消費量）やエネルギー効率、産業構造を除く、それ以外の要因による影響をあらわす。たとえば、石炭から石油や天然ガス、あるいは原子力へとといったエネルギー燃料の転換、それに除去技術の開発などがここに関係してくる。しかし、こうした要因に対応したデータはえられないので、あらためて以下で検討してみよう。

産業構造の変化

前節でみたように、日本における大気汚染の改善は、法整備や防止技術の発展によるとみられるが、他方で産業構造の変化はどのように関係していたのだろうか。SO₂濃度が4分の1にまで急速に低下した1970年から1988年の間に、第二次産業のGDPに占める比重は約47%から41%に低下した²⁰。このように6%ポイント程度の変化だけでは、SO₂濃度の急速な低下を説明するのは無理であろう。東南アジア諸国で第2次産業がGDPに占める比率は、1995年にタイで40%、シンガポール36%、マレーシア43%、インドネシア42%となっている²¹。1970年代初頭の日本と比べると、マレーシアやインドネシアはややこれに近い数値であるが、いずれの国も下回っている。

第2次産業ではなく製造業の付加価値シェアを指標にとると（第4表）、日本のシェアは1970年に36%であり、1980年代半ばではほぼ30%に下っていた。1995年の値が日本の1970年にやや近いのはマレーシアの33%であるが、タイの28%、シンガポールの25%、インドネシアの24%、そしてフィリピンの23%にしても、いずれもかなり低く、むしろ日本の1990年代に近い。したがって、第2次産業にしる製造業にしる、付加価値構成比で産業構造の変化をあらわすと、アジア諸国のSO₂汚染が1970年代の日本よりも改善している状況は矛盾しないことになる。

de Bruyn (1997)は、ドイツ、オランダにおいてもSO₂の減少に産業構造の変化はさほど意味を持たず、国際協定を背後に持った環境政策の貢献が大きかったとしている。しかし東アジアでは産業構造が同じように意味をもたなかったとはいきれないし、SO₂の排出を問題にするような国際協定は存在しない。にもかかわらずSO₂の量が相対的に少ないのはなぜかという疑問が残る。

²⁰ 第2次産業は、製造業の他に鉱業、建設業、電気、ガス、水道を加えた。経済企画庁編『経済要覧』による。

²¹ 図1-3と同じ資料による。

エネルギー効率

東アジアでは経済の高度成長にともないエネルギー消費は急速に伸びた。それは所得とエネルギー消費との密接な関連からすれば当然の結果であるが、P.クルーグマンが問題提起したように、この地域は生産要素を大量に投入する開発路線を歩んできたといわれる。それでは、エネルギーに関して、効率改善よりも投入増大を優先してきたといえるだろうか。

表4によると、1975年からの20年間に、いずれの国においてもたしかに1人当りのエネルギー消費量は伸びた。しかしこれは所得の上昇につれて生じる現象であり、重要な点はエネルギー効率である。中国がエネルギー効率を急激に上昇させたのに次いで、日本、タイ、台湾、インドネシアなども同じく上昇させている。これに対して、それ以外の韓国、フィリピン、マレーシア、シンガポールなどでは低下している。この限りでは、東アジア諸国が一概にエネルギー多消費型の成長路線を歩んできたとはいえず、エネルギー効率を上昇させたグループと、低下させたグループに二分されるのである。

松岡・松本(1998)は、東アジア諸国が日本並みの汚染対策技術を導入すると、SO₂の排出量は大幅に低下するはずと述べている。しかし、1995年における東アジア諸国のエネルギー効率の実績は、中国や韓国、シンガポールを別にすると、1975年の日本を越えているのみならず、95年の日本の数値に比べても、台湾、タイがむしろ上回り、フィリピン、マレーシア、インドネシアにしてもさほど遜色はない。しかも1人当りのSO₂排出量をみても、シンガポールの極端に高い数値を別にして、日本の1975年に比べて、いずれも小さくなっている。1990年の日本の排出値と対比させても、より大きいのは、シンガポールの他に台湾、韓国のみである。

このように、東アジアの諸国は、一部の諸国を除いて、1970年半ばの日本よりもエネルギー効率は高く、SO₂の排出量は小さくなっているのである。逆にいうと、大気中のSO₂濃度が相対的に低いのは、エネルギー効率の上昇が関係しているとみてよいだろう。

脱硫化あるいは「低硫黄化」

脱硫技術の導入は、設備や運転の費用が巨額になるので、途上国側の受け入れは難しい²²。タイは日本以外のアジアの国で初めて発電所に脱硫装置を設置したが、これは日本のODAによって実施されたものである。²³その一方で脱硝装置は格段に安上がりではあるが、途上国ではまだまだNO_xへの関心が低いので、これも導入が進まない。

これに対し、硫黄含有量の低い燃料への転換は、費用がそれほどかからないので、可能性が大きい。発電のエネルギー源別構成比を示した表5によると、1970年代と90年代の間に日本や韓国、台湾では原子力の比重が目立って大きくなったが、その一方で東南アジア諸国では、フィリピンを別にして、天然ガスの消費がかなり大きくなっている。原子力や天然ガスの比重が増えることはSO₂発生削減に結びつくが、他方では、石炭の消費もすべての諸国で増えている。し

²² 国際協力銀行、東京電力での調査による。

²³ 井村・勝原(1995)、p.259。

たがってこの限りでは、燃料の転換がSO₂の排出削減に効果があったとは断言できない。

一つの例を挙げると、マレーシアでは、1970-80年代に天然ガスの開発が進み、1980年代の半ばに発電所の燃料を輸入原油から天然ガスに切り替えたことが、SO_xの排出量を大きく低下させたといわれる。²⁴しかし、国内に石炭の埋蔵量が多く、その消費に補助金が付けられている中国のような場合には、燃料転換の費用はそれだけ高つくので、もともと多かった石炭の消費はさらに増加している。

こうしてみると、東アジア諸国では、一部の例外を除いて、1970年代の日本に比べて第二産業ないし製造業の比重がまだ小さく、それは固定発生源から排出されるSO₂を少なくする可能性が高い。それに加えてエネルギー効率の上昇や、一部では燃料の転換がSO₂汚染の改善にそれなりの効果を見せていると推測される。しかしここで注意すべきは、図1-3の汚染データが大都市からとられているが、大都市における大気汚染の主因は、移動発生源すなわち自動車である。ジャカルタでは大気汚染物質の約70%が、マレーシアでは大気汚染物質の81%(1993-97年の平均)が、移動発生源によるといわれる²⁵。

移動発生源

自動車はCO(一酸化炭素)、HC(炭化水素)、SO_x(硫黄酸化物)、NO_x(窒素酸化物)、PM(粒子状物質)、CO₂(二酸化炭素)、Pb(鉛)などの有害物質を発生させる。先進諸国の自動車企業が現地で生産する製品にしても、インドネシア、マレーシアで生産された国民車にしても、その排気ガス装置の技術は先進国から導入される。しかし現地の排ガス規制がさほど厳しくなければ、最新の技術が移転されにくいだろう。それでは自動車の排ガス規制値はどのように設定されているだろうか。

インドネシアを除いて、いずれの国もEU基準(EURO1)の自動車排ガス規制値(CO, HC, NO_x)を導入している。表6によると、ガソリン車が日本の1973年規制値よりかなり厳しく、ディーゼル車についても、フィリピン、マレーシアのCO規制値では1986年の日本の規制値とほとんど同じであるが、それ以外のところではより厳しい。したがって自動車の排ガス規制はかなり整備されているし、高度成長期の日本よりも、はるかに厳格になっているといっていよう。

有鉛ガソリンの規制は、無鉛化を進めるのに石油精製所に新規の設備投資を必要とするので、一般に途上国では対策が遅れがちになる。上海では1997年から、タイは1990年からマレーシアでは1985年から規制を開始し、1998年8月には全廃を宣言した。

このように規制が表面的には厳しくても、その実効性は、監視体制や人員が十分に備わっているかどうかによって依存する。各国において車検制度がどの程度整備されているかが重要である。マレーシアでは、1995年の自動車法で定期点検が行われているが、対象になるのは営業車のみで、全車両の11%を占めるに過ぎない。タイでも定期点検が義務付けられてはいるが、現実には工

²⁴ Vincent(1997), p.421。

²⁵ Soekmadi(2001)、地球・人間環境フォーラム(2000)、p.11。

場出荷時の検査以外は実施されていない。²⁶

すでにふれたように、東南アジアで普及している自動車エンジンの性能からすると、NO_xの排出はまだ多量ではないが、SPMの大きな排出源になる。さらに二輪車に関する規制はまだまだ遅れている。

ただし、自動車の排ガス規制には、SO_xに関する規制は含まれていないことに注意せねばならない。すなわち、排ガス規制によるSO₂の削減効果を過大にみることはできないのである。たとえば1999年の上海では、SO₂排出源の46%が発電所であり、その他の産業が31%、家計からは23%とされる。²⁷マニラ、ジャカルタの例を示している表7では、両都市ともにSO₂の3分の2前後は産業が発生源であり、マニラではこれに次いで発電所が大きい。しかしTSPでは、産業と交通が二大発生源であり、ジャカルタのNO_xは圧倒的に交通から発生している。

5. 汚染改善の背景

政策的対応

東南アジア諸国において環境行政を担当する官庁の設置は、1970年代に集中し、日本とほとんど変わらない時期であった。その中で例外的に早いのは、1964年に設立のフィリピンの国家水質大気汚染規制委員会であるが、インドネシアの国家環境委員会は1972年（開発環境省への改組は1978年）、そしてシンガポールでも同じ1972年に環境省が設立された。マレーシアでは、科学技術環境省が1974年、タイでは1975年に国家環境委員会がそれぞれ設立された。大気汚染の監視体制でも、フィリピンが比較的早く、マニラで1970、71年から実施されていたが、シンガポールでも大気汚染防止法による監視が1971年から始まっていた。これに対して他の諸国はやや遅く、インドネシアは1976年から、マレーシアとタイは1977年に始まっている。²⁸

このように、東南アジア諸国では経済が急速に発展する1980年代、90年代よりもかなり早い時期から、環境官庁が設置されたり、大気汚染の監視が始められたりしていることは注目し得る。とはいえ、大気汚染測定器の設置数や、その手動分析から連続分析(自動測定)への移行時期からみると、フィリピンを除くASEAN諸国では、1980年代後半から90年代にかけて監視体制が本格化したことが読みとれる。²⁹これは、経済が急速に発展する局面に対応している。

しかも東南アジア諸国の当局が、大気汚染の環境基準をアメリカ(シンガポール、マレーシアの例)に倣ったり、あるいは自動車排気ガス規制の例では、日本(シンガポール)やEU(タイ、マレーシアなど)に基準を求めたりしていることには、先進諸国の公害行政が教訓として取り入れられていることを示唆している。

それでは行政側の取り組みは、高度成長末期の日本と同じように、住民運動に押されて実現し

²⁶Ishak(2001)、地球・人間環境フォーラム(1999)、p.9。

²⁷Quan(2001)。

²⁸松本ほか(2000)による。

²⁹松本ほか(2000)、p.103。

たといえるだろうか。日本の経験からみても、また「外部性」の理論から判断しても、企業自身が公害対策を進んで行くことは例外的であり、行政側、とりわけ地方自治体の積極的な取り組みが必要である。そこで注目すべきは住民の声が行政当局へ届きやすかったかどうかである。

船津(2000)によると、タイではダム建設や水質汚濁に関して、住民運動やNGO(非政府組織)は活発であるが、大気汚染に対する運動はあまり目立たないようである。しかし、大気汚染対策を名称に掲げたNGO組織によると、近年、バンコクの汚染が改善したのは、同団体の顧問が首都行政区の知事になって進めた政策によるところ大であった。³⁰大気汚染の改善に、民衆がどのくらいの影響力を持っていたかを客観的に判定することはできないが、行政府が率先して対策を講じるようになったことは間違いない。

もう一つ別の例はシンガポールである。この国では、「権威主義的体制」の下でNGOの活動はほとんどみられない。それでも環境政策が進んでいるのは、政府の意志が大きな要素になることを意味している。ここでも、官僚(テクノクラート)の主導性は重視すべきであるが、彼らは「権威主義的体制」の一翼を担っている。とりわけシンガポールでは、日本における公害対策の進展と性格がかなり異なるといえるだろう。

技術移転

日本にかぎらず先進諸国から発展途上国に及ぶ影響は、技術移転と「公害輸出」の両面がある。前者が「後発の利益」を代表するのに対し、後者はいわば「後発の不利益」に相当する。一般に技術移転が成功するか否かは、受入国の人的資本の蓄積に依存するといつてよいが、その前段階として、人々が新しい技術の必要性を感じていることがもう一つの前提条件である。大気汚染の測定機器が1980年代から普及したことから判断すると、こうした条件が備わっていたことは間違いない。

アジア諸国では、いわば「国威」を賭けた新たに工場プラントを建設する時に「最新」の設備を要求する傾向があるといわれる。その結果、公害防止技術に関しても高い水準のものが導入される。具体例を挙げると、新日鉄の技術支援で建設された中国の宝山製鉄所(1985年に第一期工事完了)は、生産技術のみならず環境対策でも日本に匹敵するものを備えている。³¹こうした場合は、受け入れ国の要求水準をはるかに越えた設備が実現する。

先進諸国で適した技術がそのまま途上国で使えるかということ、それを使いこなす人材が備わっていることが大前提になる。導入した設備の運転や保全のために、あわせて人材養成に協力して、そのギャップを埋めることが必要になる。日本がJICA(国際協力事業団)などを通じて技術研修を行っている他に、シンガポールがインドネシアに対して大気汚染測定の技術協力を行うなど、ASEAN地域内の取り組みもある。³²

³⁰ Anti-Air Pollution and Environmental Protection Foundation、聞き取り調査、2001年3月8日。

³¹ 新日本製鉄、聞き取り調査、2000年5月26日、井村・勝原(1995)、pp.191-3。

³² Ministry of the Environment, Singapore, 1999 Pollution Control Report, p.30。

一般に技術移転は無償か有償かという点が、受け入れ国にとってきわめて重要な意味を持つ。日本政府がタイと中国を対象にして「グリーンエイドプラン」を実施しているように、環境技術の移転はしばしば ODA を通じて実現される。酸性雨のように、被害が国境を越えて広がる場合には、環境保全の技術は移転されやすいが、そうした事情がない場合でも、ODA の理念が環境を重視する方向に転換してきたことで、協力体制が築きやすくなったといえよう。

公害輸出

いわゆる「公害輸出」に関しては、環境規制のコストはさほど大きくはなく、それが工場の移転に結びつくことは少なかったか、という説が有力である³³。日系企業の場合が実際にどうであったかは、さらに詳しい調査が必要であるが、注意すべきは、1980 年代の後半に日本企業が対東アジアへの海外進出を促進したのは、円高に対応した行動であった。過去の事例はともかく、為替相場が大きく変動する現代においては、環境コストが国際的に多少の差があったとしても、それが企業の工場移転に与える影響を過大視すべきではないだろう。

以上の問題をより一般的に広げると、近年の東アジア諸国の貿易にみられるように、先進諸国（日本）が工業製品の輸入国、途上国（東アジア）がその輸出国という国際分業の展開によって、汚染源が途上国に移転することはあるかという疑問が生じる。Suri and Chapman (1998) は、急速に工業化する途上国では、工業製品の輸出が高いエネルギー消費と結びつく傾向があるとした。東アジア諸国がこの例にあてはまることは間違いない。輸出依存型の工業化は環境汚染源を途上国に移転させることにもなるが、表 3 の結果は、一部の国で SO₂ の排出に第二次産業の影響があることを示している。

6 . 結語

日本における大気汚染対策は、1970 年代初頭から 80 年代半ばにかけて意欲的に進められたが、なかでも急速に効果をあらわしたのが SO₂ の削減であった。この事実は環境クズネッツ曲線の議論にも通じる。しかしそれは、たとえば産業構造の変化といった、経済成長に対応した自動的な結果というわけではなかった。公害に対する住民運動やそれに対応した行政当局の取り組みが第 1 の要因であり、また第 2 に、排出源となる企業の側で脱硫化技術の開発やエネルギー効率の上昇が図られたことによる。

東南アジアの諸国では、同じ所得水準であった時期の日本に比べて、大都市の大気汚染は改善している。ここでも行政側が早くから環境対策に取り組む姿勢がみられ、また企業側でもエネルギー効率の上昇や燃料の転換などで SO₂ の排出減に努力がみられる。両者の対応には先進諸国の経験に学ぶという共通性がみられ、「後発の利益」はこの点にあったといえよう。日本におけるエネルギー効率の上昇は、急激な外的ショック、すなわち石油危機による価格高騰や供給制約

³³ Repetto (1995)、Grossman and Krueger (1995)。

に応じて省エネ対策が進んだという事情があった。そうした外的ショックがない時にも、これらの諸国でそれなりにエネルギー効率が上昇したことは注目される。

「後発の利益」に関して、しばしば強調される技術移転については、簡単に移植できる種類の技術であるか、その費用はどうかといった点を吟味せねばならない。発電所の脱硫装置は費用の大きさが移転を遅らせる例の一つであるが、タイの例にみられるように、移転が実現するにはODAの役割が大きかった。

最後にSO₂の事例研究がCO₂削減にどのように生かせるか、について簡単にふれておこう。環境クズネツ曲線を主題にした一部の研究では、CO₂排出量は1人当たり所得の二次曲線で回帰できると主張している。しかしこれは見せかけの適合で、実際に排出量が低下する局面はどの国においてもまだ実現はしていない。³⁴「後発の利益」が実現できるのは、先進諸国において環境保全の技術や経験が蓄積されていることが大前提になる。大気汚染の場合にはその前提条件が満たされていたが、CO₂の排出量を削減する課題になると先進諸国においても未解決である。

しかし大気汚染の事例から導かれる結論は、CO₂削減についても有力な示唆を与えているように思われる。すなわち、先進諸国の経験は、後発諸国においても真剣に汚染対策に取り組む刺激材料になる。したがってCO₂対策に先進諸国がそれなりの成果を挙げれば、途上国の開発政策にも大きな影響を及ぼすと予想される。環境への配慮は、単純に所得水準だけで決定されるわけではなく、先行者の経験と努力が後発者にも伝えられることに注目すべきである。

³⁴ Suri and Chapman (1998), p.199.

第1表 1995年 大気汚染物質の要因分析

被説明変数	SO ₂		NO ₂		TSP	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
定数項	-9.69	(-0.65)	-3.41	(-0.33)	-14.80	(-1.40)*
Y	3.37	(1.01)	1.77	(0.76)	5.04	(2.09)**
Y ²	-0.21	(-1.16)	-0.11	(-0.82)	-0.32	(-2.37)**
サンプル数	42		38		42	
$\overline{R^2}$	0.23		0.53E-0.2		0.49	

資料：World Bank, World Development Indicators, CD-ROM 版、各年号。

註：*10%水準で有意、**5%水準で有意。

第2表 1980年 SO₂排出量の要因分析（クロスセクション）

全世界

	係数	t 値	係数	t 値
定数項	-40.68	(-2.29)**	-39.57	(-4.30)***
Y	9.58	(2.10)**	8.97	(3.95)***
Y ²	-0.52	(-1.84)*	-0.46	(-3.34)***
EF	-0.40	(-0.62)		
IS	- 0.04	(-1.15)		
MV	0.32	(-0.58)		
UP	0.02	(1.19)		
サンプル数	23		49	
$\overline{R^2}$	0.77		0.71	

	先進諸国		途上国	(1)	途上国	(2)
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
定数項	-1505.7	(-1.44)*	-39.74	(-2.42)**	-34.73	(-2.37)**
Y	313.56	(1.44)*	9.01	(2.11)**	8.55	(2.08)**
Y ²	-16.28	(-1.44)*	-0.46	(-1.69)*	-0.45	(-1.69)*
サンプル数	17		32		28	
$\overline{R^2}$	0.56E-2		0.66		0.65	

資料 : World Bank, World Development Indicators, CD-ROM 版、各年号。SO₂ 排出量は、ASL and Associates, Global Sulfur Emissions Database, <http://www.asl-associates.com/sulfur.htm>。

註 : 先進諸国と途上国(1)は、1 人当り GDP が一万ドル以上と以下で区分した。途上国(2)は途上国(1)から東欧諸国を除いた。*10%水準で有意、**5%水準で有意、***1%水準で有意。

第3表 東アジア諸国 SO₂排出量（時系列 1970年代初頭 - 1992年）の要因分析

	日本	中国	韓国	台湾	シンガポール
定数項	-19.10 (-0.44)	15.85 (0.51)	-21.58 (-1.49)	-32.04 (-1.80) [*]	-108.41 (-2.41) ^{**}
Y	3.76 (0.40)	-7.44 (-1.07)	3.60 (1.03)	5.72 (1.37)	23.97 (2.36) ^{**}
Y ²	-0.20 (-0.39)	0.64 (1.22)	-0.18 (0.86)	-0.28 (-1.14)	-1.35 (-2.39) ^{**}
EF	-1.76 (-4.87) ^{***}	-0.29 (-0.68)	-0.79 (-1.67)	-0.39 (-1.06)	-0.59 (-1.05)
IS	-1.81 (-1.45)	1.06 (1.36)	2.22 (1.19)	0.05 (1.66)	2.63 (1.29)
サンプル数	21	18	20	19	18
$\overline{R^2}$	0.86	0.94	0.95	0.92	0.22

	タイ	インドネシア	マレーシア	フィリピン	東アジア
定数項	9.94 (0.20)	-17.91 (-0.65)	-184.09 (-2.90) ^{**}	181.75 (0.32)	-41.97 (-5.44) ^{***}
Y	-5.89 (-0.47)	2.63 (0.33)	42.72 (2.74) ^{**}	-51.66 (-0.34)	8.45 (4.35) ^{***}
Y ²	0.52 (0.66)	-0.15 (-0.26)	-2.60 (-2.71) ^{**}	3.44 (0.33)	-0.42 (-3.60) ^{***}
EF	-0.84 (1.29)	-0.86 (-1.10)	1.07 (2.27) ^{**}	1.92 (2.23) ^{**}	-2.36 (-11.12) ^{***}
IS	-1.00 (-0.20)	4.25 (2.37) ^{**}	6.12 (2.06) [*]	13.67 (1.32)	0.21 (1.05)
サンプル数	18	18	18	18	168
$\overline{R^2}$	0.90	0.90	(0.57)	0.36	0.68

資料：SO₂排出量は、表1と同じ。その他はADB, Key Indicators of Developing Asian and Pacific Countries, IEA/OECD, Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries, 経済企画庁『経済要覧』各年号による。

註：*10%水準で有意、**5%水準で有意、***1%水準で有意。

第4表 東アジア諸国のエネルギー消費、効率とSO₂排出量

	製造業のGDP比 (%)					1人当たりエネルギー消費(石油換算値、トン)			
	1970	1975	80	90	95	1975	80	90	95
日本	36	30.2	29.2	28.2	24.9	2.9	2.97	3.55	3.96
中国	n.a.*	46*	48.9*	37*	42.3*	0.53	0.6	0.75	0.88
韓国	20.9	26	29.7	28.8	29.4	0.67	1.08	2.13	3.29
台湾	n.a.	30.9	36	33.3	28.1	0.94	1.58	2.36	3.06
インドネシア	9.3	8.9	11.6	20.7	24.1	0.33	0.4	0.55	0.61
タイ	16	18	21.5	27.2	28.2	0.44	0.49	0.78	1.09
フィリピン	22.6	24.9	25.7	24.8	23	0.4	0.44	0.45	0.49
マレーシア	n.a.	16.4	19.6	26.9	33.1	0.61	0.81	1.23	1.86
シンガポール	20.4	24.1	29.1	27.2	25	2.04	2.65	4.94	7.19
	エネルギー効率(単位消費あたりのGDPドル表示)					1人当たりSO ₂ 排出量(kg)			
	1975	80	90	95		1975	80	90	
日本	4.00	4.55	5.26	5.00		17.4	17.1	12.8	
中国	1.18	1.30	2.13	3.03		7.1	8.5	12.5	
韓国	4.35	3.57	3.85	3.45		6.5	10.1	13.5	
台湾	4.55	4.17	5.00	5.26		6	12.2	15.3	
インドネシア	3.85	4.17	4.76	4.35		0.5	0.8	1.1	
タイ	4.55	5.26	5.88	5.88		1.2	1.7	4.3	
フィリピン	5.00	5.56	4.76	4.35		5	5.9	5.1	
マレーシア	5.26	5.56	4.76	4.35		1.9	3.1	3.1	
シンガポール	4.17	4.35	3.85	3.70		61.4	86	70.6	

資料：ADB, Key Indicators of Developing Asian and Pacific Countries, IEA/OECD, Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries, 経済企画庁編『経済要覧』各年号。

* 第2次産業

第5表 東アジア諸国の発電エネルギー源別構成

エネルギー源	年次1973						年次1996					
	石炭	石油	ガス	原子力	水力	合計	石炭	石油	ガス	原子力	水力	合計
日本	8.0	73.2	2.3	2.1	14.4	456,387	18.2	21.0	20.2	30.2	8.1	1,000,436
中国	61.5	15.7	-	-	22.8	166,800	75.8	5.3	0.2	1.3	17.4	1,080,018
韓国	9.1	82.3	-	-	8.7	14,825	35.2	18.5	12.1	33.1	1.1	223,598
台湾	6.9	76.7	-	-	16.4	20,735	42.1	21.4	4.2	26.1	6.2	144,930
インドネシア	-	55.8	-	-	44.2	3,624	24.3	17.7	42.3	-	12.2	66,706
タイ	3.5	69.5	-	-	27.0	6,971	20.0	29.3	42.0	-	8.4	87,467
フィリピン	0.1	85.7	-	-	14.2	13,186	13.2	49.6	0.1	-	19.3	36,663
マレーシア	-	76.6	-	-	23.4	4,783	3.7	32.0	54.2	-	10.1	51,382
シンガポール	-	100.0	-	-	-	3,719	-	78.7	18.7	-	-	24,100

註：エネルギー源別構成は%で表示、合計は総発電量を表す（GW h）。

資料OECD, Energy Balances of Non-OECD Countries, IEA, Energy Balances of OECD Countries.

第6表 アセアン4国の自動車排ガス規制

ガソリン乗用車

	CO	HC+NOx	
タイ	2.2g/km	0.5g/km	1999年1月から
フィリピン	2.72g/km	0.97g/km	2000年1月から
インドネシア	特になし	特になし	
マレーシア	2.2g/km	0.5g/km	2000年1月から

日本（1973年規制、それ以前はなし）

CO 26.0g/km HC 3.8g/km NOx 3.0g/km,
したがって HC+NOx 6.8g/km となる。

日本（1975年規制）

CO 2.7g/km HC 0.39g/km NOx 1.60g/km
したがって HC+NOx は 1.99g/km となる。

ディーゼル乗用車

	CO	HC+NOx	
タイ	1.0g/km	0.7g/km	1999年1月から
フィリピン	2.72g/km	0.97g/km	2000年1月から
インドネシア	特になし	特になし	
マレーシア	2.72g/km	0.97g/km	2000年1月から

日本（1986年規制、それ以前は比較不能）

CO 2.7g/km HC 0.62g/km NOx 0.98g/km,
したがって HC+NOx 1.6g/km となる。

資料：トヨタ自動車渉外部、浜渦(2000)による。

表7 大都市における大気汚染の発生源(単位:%)

	マニラ				
	交通	産業	発電	建設	その他
TSP(1992年)	45.3	30.6	2.8	13.3	8.0
SO2(1992年)	4.7	67.0	28.3	-	-

	ジャカルタ			
	交通	産業	建設	家計 その他
TSP(1990年)	35.1	33.2	20.7	10.8
NOX(1990年)	73.3	3.9	-	22.8
SO2(1992年)	26.5	62.6	-	10.9

資料: World Bank, Urban Air Quality Management Strategy in Asia, Metro Manila Report and Jakarta Report, 1997。

海外環境協力センター、『開発途上国環境保全企画推進調査報告書 インドネシア共和国』、1997年3月。

図1 SO2の大気中濃度

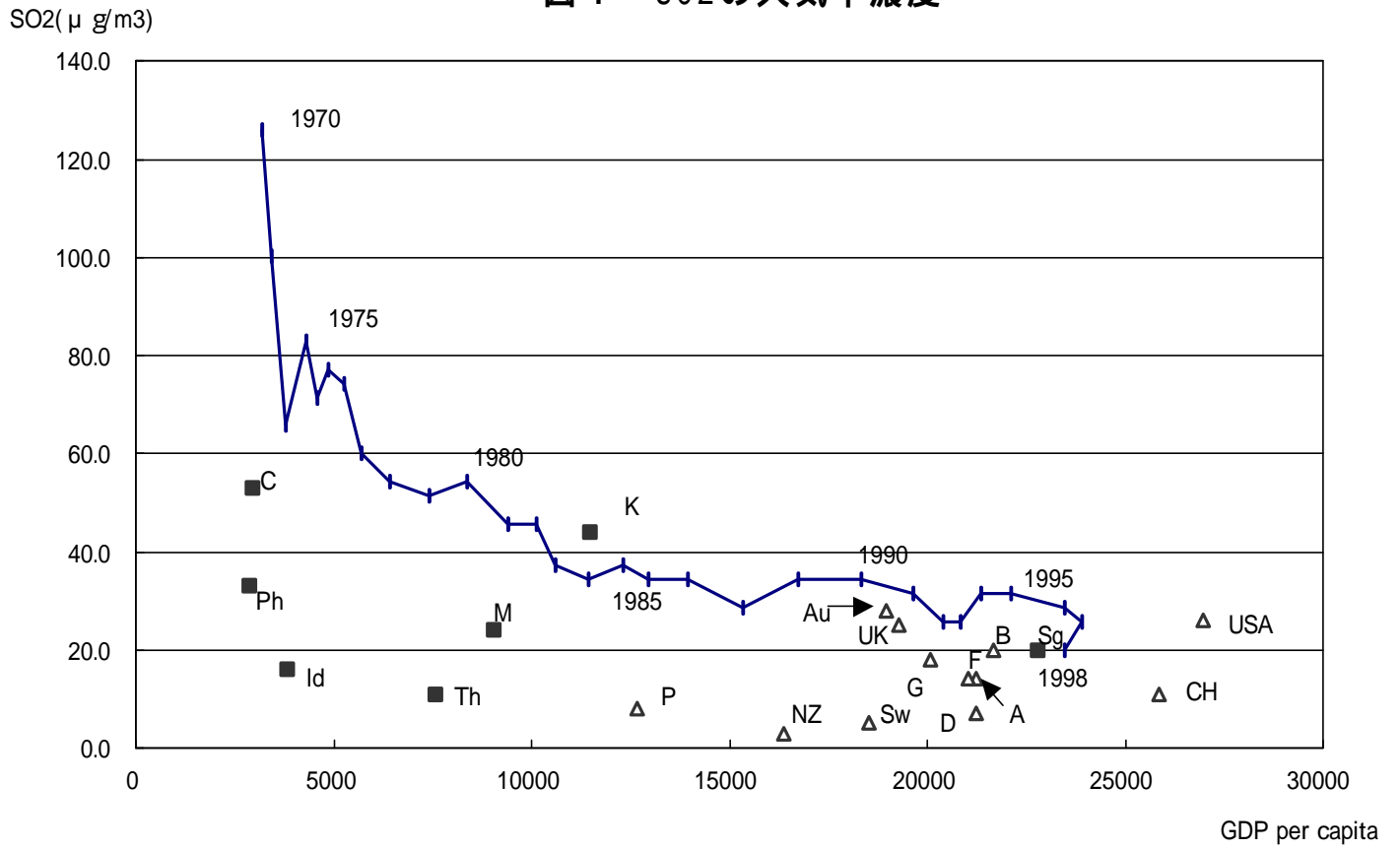


図2 NO2の大気中濃度

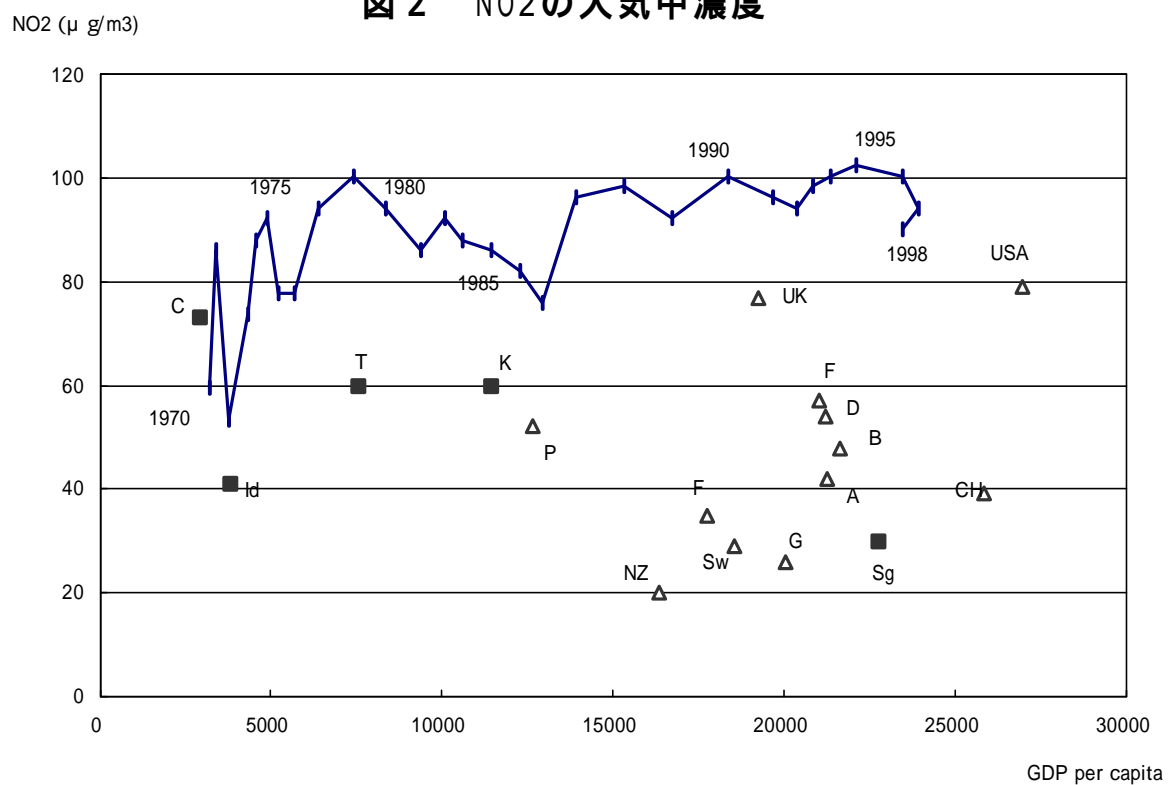
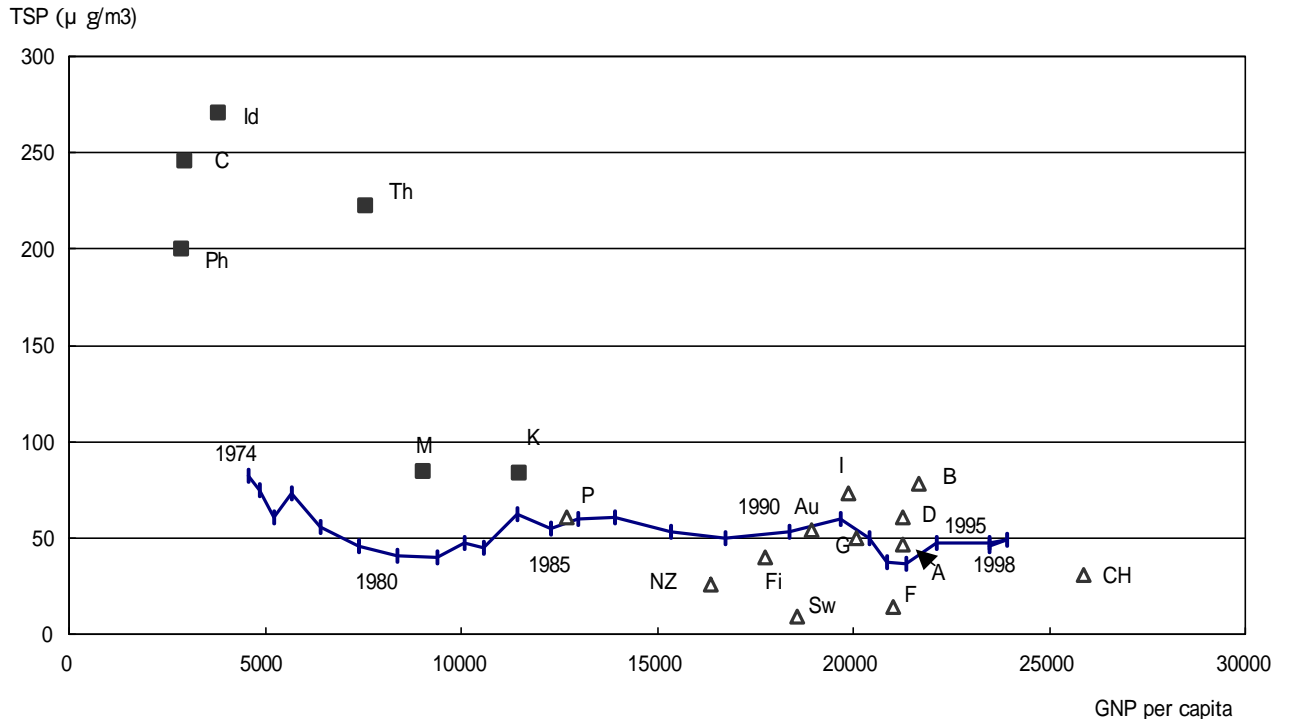


図3 TSPの大気中濃度



註：換算の基になる日本の GDP（円表示）、日米の消費者物価は、IMF, International Financial Statistics からとった。環境データは、環境庁『日本の大気汚染状況』、『環境統計要覧』各年号による。測定地点は千代田区、新宿区で年間平均値。SPM(浮遊粒子状物質)の環境基準は1972年に制定されたので、それ以前の観測値はない。SO₂は1ppm = 2860 μg/m³Nで、NO₂は1ppm=2050 μg/m³Nで各々換算した。

日本以外の環境データと所得水準は、World Bank、World Development Indicators 1999により、いずれも1995年の値。ただしインドネシアのSO₂とNO₂は、Environmental Statistics of Indonesiaの年間平均値で補った。

各国の略号と観測地点は以下の通りである。中国(C)：上海、フィリピン(Ph)：マニラ、マレーシア(M)：クアラルンプール、タイ(Th)：バンコク、韓国(K)：ソウル、シンガポール(Sg)：シンガポール、ニュージーランド(NZ)：オークランド、オーストラリア(Au)：シドニー、オーストラリア(A)：ウィーン、デンマーク(D)：コペンハーゲン、ポルトガル(P)：リスボン、スウェーデン(Sw)：ストックホルム、スイス(CH)：チューリッヒ、ベルギー(B)：ブラッセル、フィンランド(Fi)：ヘルシンキ、アメリカ(USA)：ニューヨーク、イギリス(UK)：ロンドン、フランス(F)：パリ、イタリア(I)：ローマ、ドイツ(G)：ベルリン。

参考文献

秋山紀子・植田和弘(1994)、「日本の環境政策の展開と新たな課題」、小島麗逸・藤崎成昭編、『開発と環境 アジア「新成長圏」の課題』、アジア経済研究所

井村秀文・勝原健編著(1995)、『中国の環境問題』、東洋経済新報社

地球・環境人間フォーラム(1999)、『日系企業の海外活動に当たっての環境対策(タイ編)』

地球・環境人間フォーラム(2000)、『日系企業の海外活動に当たっての環境対策(マレーシア編)』

野上裕生・寺尾忠能(1998)、「東アジアの産業公害と『後発性の利益』」、環境経済・政策学会編『アジアの環境問題』、東洋経済新報社

寺尾忠能(1994)、「日本の産業政策と産業公害」、小島麗逸・藤崎成昭編、『開発と環境 アジア「新成長圏」の課題』、アジア経済研究所

寺西俊一(1994)、「日本の環境政策に関する若干の省察---アジア NIEs への教訓として」、小島麗逸・藤崎成昭編、『開発と環境 アジア「新成長圏」の課題』、アジア経済研究所

東京電力社史編集委員会(1983)、『東京電力 30 年史』

浜渦哲雄(2000)、「自動車排出ガスによる大気汚染の防止対策：日本の経験とアジア」、『東アジアへの視点』秋季特別号、国際東アジア研究センター

船津鶴代(2000)、「環境政策—環境の政治と住民参加」、末廣昭・東茂樹編『タイの経済政策—制度・組織・アクター』、アジア経済研究所 研究双書、502 号

松岡俊二・松本礼史 (1998)、「アジアの経済成長とエネルギー・環境問題」、環境経済・政策学会編『アジアの環境問題』、東洋経済新報社

松岡俊二ほか(2000)、「地球管理の社会的な能力形成に関する東アジア諸国の比較研究」、『東アジアへの視点』秋季特別号、国際東アジア研究センター

Asian Development Bank (1997), *Emerging Asia: Changes and Challenges*, 吉田恒昭監訳、『アジア変革への挑戦』、東洋経済新報社、1998 年

de Bruyn, S. M. (1997), "Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structural Change and International Agreements in Reducing Sulphur Emissions," *Environment and Development Economics*, 2, pp.485-503.

Ekins, P. (1997), "The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence," *Environment and Planning*, 29, 805-30.

Gerschenkron, A. (1962), *Economic Backwardness in Historical Perspective*, Harvard University Press.

Grossman, G. M. (1995) "Pollution and Growth: What Do We Know?," in I. Goldin and L. A. Winters eds, *The Economics of Sustainable Development*, 19-46, Cambridge: Cambridge University Press.

Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1995), "Economic Growth and the Environment," *Quarterly Journal of Economics*, 110-2.

Ishak, Aminuddin (2001), "Urban Air Quality Management: Motor Vehicle Emission Control in Malaysia," Paper presented at the Workshop, "Fighting Urban Air Pollution: From Plan to Action," February 12-14.

Kaufmann, R. K., B. Davidsdottir, S. Garnham, and P. Paulty (1998), "The Determinants of Atmospheric SO₂ Concentrations: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve," *Ecological Economics*, 25, 209-20.

O'Connor, D. (1994), *Managing the Environment with Rapid Industrialization: Lessons from the East Asian Experience*, Paris: OECD、寺西俊一・吉田文和・大島堅一訳、『東アジアの環境問題』、東洋経済新報社、1996年。

Panayotou, T.(1995), "Environmental Degradation at Different States of Economic Development," I. Ahmed and J. A. Doleman eds., *Beyond Rio, The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World*, Macmillan Press, 13-36.

Quan, Zhang (2001), "Status Quo of Air Pollution Control and Counter-measures in Shanghai," Paper presented at the Workshop, "Fighting Urban Air Pollution: From Plan to

Action,” February 12-14.

Repetto, R. (1995), “Trade and Sustainable Development,” in M.G. Quibria ed., *Critical Issues in Asian Development*, Oxford University Press and Asian Development Bank.

Selden, T.M. and D. Song (1994), “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 147-162.

Shafik, N. (1994), “Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis,” *Oxford Economic Papers*, 46, 757-73.

Soekmadi, Ir. Budihardjo (2001), “Inspection and Maintenance (I & M) Program for Private Car in DKJ Jakarta,” Paper presented at the Workshop, “Fighting Urban Air Pollution: From Plan to Action,” February 12-14.

Stern, D. I., M. S. Common, and E. B. Barbier (1996), “Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development,” *World Development*, 24-7, 1151-60.

Suri, V. and d. Chapman (1998), “Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve,” *Ecological Economics*, 25, 195-205.

Vincent, J. R. (1977), “Testing for Environmental Kuznets Curves within a Developing Country,” *Environment and Development Economics*, 2, 417-31.

World Bank (1992), *World Development Report, Development and Environment*, 『世界開発報告 開発と環境』、イースタン・ブックサービス

Wu, P. -I. (1998), “Economic Development and Environmental Quality: Evidence from Taiwan,” *Asian Economic Journal*, 12-4, 395-412.