

国際公共財供給における技術移転・改善の効果： 越境大気汚染対策における日・中2国間協力の可能性

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 大阪市立大学経済学会 公開日: 2024-09-09 キーワード (Ja): 国際公共財, 東アジア, 越境大気汚染, 技術移転 キーワード (En): 作成者: 李, 熊妍 メールアドレス: 所属: 大阪市立大学
URL	https://ocu-omu.repo.nii.ac.jp/records/2001161

国際公共財供給における技術移転・改善の効果*

——越境大気汚染対策における日・中2国間協力の可能性——

李 態 妍

要 約

本稿では、東アジア地域における越境大気汚染問題を解決するための国際的な政策協調の可能性を、日本、中国の2国モデルを用いて検討する。その際、汚染物質を除去するための政策手段として技術移転を用いた場合、各国の経済厚生への影響を分析する。その結果、2国において大気という国際公共財に対する評価が等しい場合（純粋公共財）、移転国の経済厚生は増加するものの、受入国のそれは低下するという強い意味でのトランスファー・パラドックス現象が生じることが示された。このようなパラドックスは、受入国へ所得移転を同時に行った場合でも解消されないことが確認できた。しかし、途上国のみが除去活動を行う場合、途上国の技術改善によって、先進国の経済厚生も増加されるというパラドキシカルな改善が起こることが示される。また、大気の質に対する評価が異なる場合（準公共財）、両国の汚染物質の除去活動が常に正であるという条件の下では、受入国のみではなく、移転国の経済厚生も増加することが示される。それゆえ、準公共財として定義されるアジア地域における酸性雨問題は、日本の中国への自発的な技術移転によって解決可能であるが、純粋公共財として定義される地球温暖化問題は、先進国から途上国への一方的な技術移転では解決できないため、両国の協力関係が必要であることが示された。

1. はじめに

急速に経済発展が進んでいる中国、台湾、韓国を初めとする新興工業国・工業地域と先進国の日本が属している東アジア地域においては、経済活動における協力関係のみではなく環境問題に関する協力が持続可能な経済発展の上で必要不可欠である。なぜなら、この地域における経済発展は猛烈な勢いで進められ、それに伴うエネルギー消費の急増と、エネルギーの大部分を石炭に頼っている消費構造から環境への負荷が憂慮されるためである。例えば、この地域においては、ヨーロッパ大陸、北米大陸に次いで酸性雨をもたらす二酸化硫黄（SO₂）、窒素酸化物（NO_x）が多く排出されている。さらに、この地域における二酸化炭素（CO₂）の排出

〔キー・ワーズ〕

国際公共財，東アジア，越境大気汚染，技術移転

* 本稿の作成にあたり、大川勉名誉教授（大阪市立大学）、瀬岡吉彦教授（大阪市立大学）、惣宇利紀男教授（大阪市立大学）、柴田章久助教授（京都大学経済研究所）、本誌のレフェリーから貴重なコメントを頂いた。ここに記して深く感謝の意を表する。なお、ありうべき誤りはすべて筆者の責任に帰するものである。

量が世界の総排出量の約30%を占めることから地球温暖化にさらに拍車をかけるのではないかと懸念されている。特に、中国の環境への負荷が高いとされている。酸性雨問題をもたらす汚染物質の一つである SO_2 の排出量から見てみると¹⁾、この地域の総排出量の約70%が中国によるものであることが分かる。また、 NO_x の場合でも、中国、日本の2国がアジア地域の総排出量のうち60%を占め、中国はその50%を排出している。このような現状から、東アジア地域における大気問題の行方は中国の動向に大きく影響されることが確認できる。また、この地域で放出される大気汚染物質のかなりの量が気象条件によっては、排出国のみではなく近隣諸国へも飛来する可能性があることがこれまでの研究結果から明らかにされている（例えば、国立大気研究所（1996）を参照せよ）。中でも中国からの汚染物質が韓国及び日本まで飛来する可能性を調査するため、中国、韓国、日本の科学者達による共同研究が現在も進行中である。しかし、この地域の大気環境に関してはまだ十分に解明されていない点が多く、発生源対策に関する協力・援助が必要であることを裏付ける科学的データが不足しているのが現状である。

地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨などのグローバルな環境の質の変化は、国内だけではなく他国の汚染物質の排出にも影響される。よって理論的には、環境は国際公共財として扱われている。すなわち、国際公共財としての環境を保全するための資源配分は、公共財の性質をもつことから公共財の自発的な供給として分析が行われている²⁾。また、各国における政策協調の問題は多くの場合、ゲーム理論の枠組みで考察が行われている。そのような先行研究の多くは、ある特定方向へのトランスファーを想定している。そのトランスファーの形態としては、所得移転、または技術移転が用いられている。

例えば、Tahvonen et. al. [1993] らは、フィンランドと旧ソ連の間の酸性雨問題における政策協調の有効性をゲーム理論の枠組みで分析を行っている。その結果、2国間の合意に基づく政策協調の方が、非協調の場合に比べ費用が高く、旧ソ連が汚染物質の除去活動を行わない場合もありうることから戦略的にも不安定であることが示された。しかし、その場合でも、フィンランドから旧ソ連へ所得移転を行うことによって、両国ともに便益が得られることが示されている。また、Niho [1996] は、公共財の自発的供給の理論をグローバルな環境問題に応用し、先進国グループ（北）から途上国（南）への国際的な所得移転の効果を分析している。それによれば、北の環境の質に対する評価が南のそれより大きい場合、南への資源移転はグローバルな環境の質を改善し、受入国での汚染除去の技術が非効率的である場合でさえも、受入国だけではなく移転国もその便益を享受できる。それに対して、環境問題を取り扱っているわけではないが、Ihori [1992, 1996]³⁾ は国際公共財が準公共財の性質を持つ場合（国際公共

1) 表5を参照。

2) 公共財の自発的供給については、Andreoni [1988, 1989], Andreoni and McGuire [1993], Cornes and Sandler [1994] を参照。

3) Ihori [1996] は、生産性が異なる国の間での所得移転の効果を分析し、補助金による所得移転ノ

財に対する各国の評価が異なる場合)、所得移転によって移転国の経済厚生が改善され、受入国の経済厚生は低下するというトランスファー・パラドックス現象が起こるケースがあることを示している。

それに対して、Stranlund [1996]、Buchholz and Konard [1994]、Cesar [1993] らは、環境対策における戦略として技術移転を用いている。例えば、Stranlund [1996] は、除去技術が高い国から、低い国への無条件での技術移転が行われる場合、移転する技術の水準を調整することによってパレート改善がもたらされることを示している。しかし、受入国においては、高い技術が移転された場合、トランスファー以前より経済厚生が悪化する場合もあり、また移転国においては、高い技術ほど移転費用が高く、環境の質の改善による便益を超える場合があるため、低い技術水準を移転するケースも現れることが示された。また、Buchholz and Konard [1994] らは、環境問題を解決するため各国が協力的に、あるいは非協力的に行動する場合、どのような技術が選択されるかを分析している。つまり、各国が協調する場合では、ある技術を利用するための超過費用がなく、単位あたりの価格が低い場合でも、除去費用が高い技術を選ぶことによって、将来の削減を減らそうとするインセンティブがあるという。それに対して、ある国が自発的に削減を行なった場合は、排出削減を行っていない国のそれを部分的に相殺することが示されている。同様に、Cesar [1993] は、国際的な政策の調整によって、各国の独立した除去政策の非効率性を修正することが可能であると主張している。彼は、国際的な政策調整の変数として技術移転を用いて、移転するか否か、または、移転する前にアナウンスするか否かの三つのケースにおいて、社会的厚生の違いをシミュレーション分析し、その結果、技術移転を行わない場合より、事前にアナウンスせずに移転した方が、より高い社会的厚生を得られることを示している。しかし、技術移転の前にアナウンスした場合、受入国がその除去技術を受け入れない場合もあるとしている。

通常所得移転は、無償で行なわれるか、あるいは市場金利より安く、返済期限も長期である。技術移転の場合は、汚染物質削減、エネルギー改善のための設備投資を行い、その運営費まで負担するか否かなど多様な形態が存在する。また、技術移転は基本的に各国の汚染物質削減の技術を使い、その費用の何割かを所得移転で補うため、通常技術移転の方が有効とされている⁴⁾。それゆえ、本節では、越境汚染対策に関する協力・援助の可能性を自然科学的な観点からではなく経済学的観点での検証を試みる。すなわち、越境大気汚染対策として技術移転が用いられ、汚染物質の除去技術が高い国（先進国）から低い国（途上国）へ技術を移転した場合、両国の経済厚生や大気の質が改善されるか否かを分析する。このとき、国際間のトランスファーによって実質的な経済厚生の変化が起こらない場合（公共財の中立命題が成立する場

ゝの方法によって強いパラドクシカルな結果（補助金による移転）と弱いパラドクシカルな結果（一括税による移転）が生じることを示している。

4) 大気問題に関する日中2国間協力については、外務省経済協力局調査計画課 [1996] を参照。

合)⁵⁾や先進国の経済厚生においてはプラスに働き、途上国ではマイナスに働く強い意味でのトランスファー・パラドックス⁶⁾という現象が生じる可能性を、2国モデルを用いて検証を行う。この分析は以下の構成で行う。

先ず2節では、CLOSED 経済モデルを用いて、技術改善が生じた場合の経済厚生への影響を分析し、3節では、OPEN 経済モデルを用いて、国際間の技術移転及び改善の経済的影響を分析する。最後に、4節において、分析結果の政策的な含意を考察する。

2. CLOSED 経済モデル

まず、1国モデルを用いて、任意の*i*国における技術の変化が経済厚生にどのような影響をもたらすかを分析する。その際、第*i*国の経済厚生は、次式のように定式化される。

$$U_i = U_i(x_i, G+T), \quad G+T > 0, \quad i=1 \quad (1)$$

すなわち、第*i*国の経済厚生 U_i は、第*i*国の消費財の消費水準 x_i 、大気の状態 $G+T$ によって表せる。このとき、 G は人為的な汚染物質の除去活動によって改善される大気の状態を、 T は自然に浄化されるものを表す。また、効用関数は厳密に準凹であり、次式のような特性をもつと仮定する。

$$U'_i x > 0, \quad U'_{G+T} > 0 \quad (2)$$

汚染物質の人為的な除去活動による大気の状態の改善を、消費財生産から排出される汚染物質とその除去活動の間の関係を用いて次式のような線形関数で表すことにしよう。

$$G = z_i - \alpha_i x_i \quad (3)$$

ここで、 z_i は自国の除去水準を、 x_i は消費財生産を、 α_i は消費財生産によって排出される汚染物質の排出係数を表す。このとき、自国の除去水準と消費財生産をコントロールし、効用を最大にするような資源配分を行う。第*i*国の予算制約式は、

$$w_i = x_i + \theta_i z_i \quad (4)$$

となる。ここで、 w_i は第*i*国の所得、 θ_i は第*i*国における消費財で測った除去活動の費用であり、除去技術が効率的であれば (θ_i が小さい場合)、その除去に必要とされる単位当たり資源配分は小さくなる。

本節では、各国の政府は(4)式の予算制約式の下で、次式のような効用最大化問題を解くことにより、消費財の消費と大気の状態の需要関数を求めることが可能である。このとき、コブ・ダグラス型効用関数を用いて以下のように定義している。

5) 公共財の中立命題については、Warr [1983] を参照。

6) トランスファーによる常識的な結果は、移転を行った国の経済厚生が低下し、受入国のそれは上昇する。それに対して、移転国の経済厚生が上昇し受入国のそれが低下する場合、両国の経済厚生が共に上昇する場合、両国ともに低下する場合の三つのパラドックスがある。それぞれ強い意味でのトランスファー・パラドックス (以下では強いパラドックスと称する)、パラドクシカルな改善、弱い意味でのトランスファー・パラドックスと称される。

$$\max U_i = A_i \log x_i + B_i \log(G+T)$$

$$\text{s.t. } w_i = x_i + \theta_i z_i$$

上記の最大化問題の1階の条件は

$$B_i \left(\alpha_i + \frac{1}{\theta_i} \right) x_i = A_i (G+T), \quad i=1 \quad (5)$$

となる。2階の条件は効用関数の強凹性によって満たされる。その1階の条件から、消費財生産、除去の均衡値が得られ、次のようになる。

$$x_i = \frac{A_i}{(\alpha_i \theta_i + 1)} [w_i + \theta_i T] \quad (6)$$

$$z_i = \frac{1}{(\alpha_i \theta_i + 1)} \left[\frac{(\alpha_i \theta_i + B_i)}{\theta_i} w_i - A_i T \right] \quad (7)$$

$$G = \frac{B_i}{\theta_i} w_i - A_i T \quad (8)$$

本節では、第*i*国において常に除去活動が行われていると仮定しているため、 $z_i > 0$ であるための条件を導かなければならない。これは、次式のように求められる。

$$w_i > \frac{A_i \theta_i T}{(\alpha_i \theta_i + B_i)} \quad (9)$$

すなわち、これは第*i*国の初期資源保有量は常に、自然浄化力より大きくななければならないことを意味する。

ここで、第*i*国の汚染物質の除去技術が変化したときに、その国の経済厚生がどのように変化するかを分析しよう。すなわち、 $d\theta_i < 0$ である場合、第*i*国の消費財消費、汚染物質の除去への資源配分がどのように変化されるかを分析する。また、それらの変化によって大気の水質や経済厚生が改善されるか否かを分析する。これは、各要素の均衡値を全微分することによって得られる次の3式から評価することが出来る。

$$\frac{dx_i}{d\theta_i} = \frac{A_i(T - \alpha_i w_i)}{(\alpha_i \theta_i + 1)^2} \quad (10)$$

$$\frac{dz_i}{d\theta_i} = \frac{1}{(\alpha_i \theta_i + 1)^2} \left[-\frac{\{B_i(2\alpha_i \theta_i + 1) + (\alpha_i \theta_i)^2\}}{\theta_i^2} w_i + \alpha_i A_i T \right] \quad (11)$$

$$\frac{dG}{d\theta_i} = -\frac{B_i w_i}{\theta_i^2} \quad (12)$$

ここで、 $A_i + B_i = 1$ である。また、各国の経済厚生の変化は次式のように表すことが出来る。

$$\frac{dU_i}{d\theta_i} = \frac{A_i^2(T - \alpha_i w_i)}{(\alpha_i \theta_i + 1)^2 x_i} - \frac{B_i^2 w_i}{(G+T)\theta_i^2} \quad (13)$$

比較静学分析の結果（表1を参照）、大気の水質を除くすべての要素は一定条件の下で、正と

なる。例えば、第 i 国の経済厚生は、 $T \leq \frac{(\alpha_i \theta_i + B_i) w_i}{A_i \theta_i}$ の条件の下で増加されることが示される。すなわち、任意の第 i 国が汚染物質の除去活動を行っている場合（すなわち、 $z_i > 0$ ）は、その除去技術が改善されれば常に経済厚生が増加することを示唆する。これは、 $z_i > 0$ であるための条件である（9）式と、 $dU_i \geq 0$ であるための条件が等しいということから確認できる。

表1 CLOSED 経済モデル：技術変化による影響

$d\theta_i < 0$	dw	dx	dz	dG	dU
任意の第 i 国	不変	正 $T < \alpha_i w_i$	正 $T < \frac{\{B_i(2\alpha_i \theta_i + 1) + (\alpha_i \theta_i)^2\} w_i}{\alpha_i \theta_i^2 A_i}$	正	正 $T \leq \frac{(\alpha_i \theta_i + B_i) w_i}{A_i \theta_i}$

3. OPEN 経済モデル

越境大気汚染をもたらす汚染物質に対する協力体制の必要性から、国際的な取組みが行われている。例えば、酸性雨問題に早くから直面したヨーロッパ大陸では、酸性雨をもたらす汚染物質（ SO_2 、 NO_x ）の現在排出量が既に人類の適応能力を超え、人々の生命に関わるほど高いレベルに達しているという認識から、1985年の「ヘルシンキ議定書」において、1993年に SO_2 の排出量を、1980年レベルの30%削減することへの署名が求められた。また、地球温暖化問題を巡る国際的な取組みとしては、「気候変動枠組条約」がある。その第3回締約国会議（通称、COP3）では、具体的な政策目標を設定し、条約において政策実施に対する法的拘束性の明文化が議論され、「京都議定書」が採択された⁷⁾。しかし、これらの地球環境に関する条約、あるいは議定書では汚染物質の全廃を求めるのではなく、人類が適応可能な排出水準を認めている。また、消費財を生産、あるいは消費する段階において汚染物質が排出されるため、汚染物質の除去活動と消費財の消費は分離可能ではない。

3.1 強いパラドックス

3.1.1 技術移転

第1国（先進国）と第2国（途上国）の2国において、国際公共財である大気の質に対する評価は等しいものの、汚染物質の除去費用（ o_i ）が、両国において異なる場合を考えよう。す

7) COP3は1997年12月1日から10日間、日本の京都で行われた。地球温暖化防止に向けて、二酸化炭素（ CO_2 ）など温室効果ガスの削減数値目標を盛り込んだ「京都議定書」が予定より1日後れて採択された。これまで無制限だった化石燃料の使用を初めて制限するという意味では、歴史に残る国際規約といえる。しかし、2010年ごろまでに、先進国平均で1990年比5.2%減らす目標を決めたものの、先進国間の排出権取引、共同実施や途上国を対象としたクリーン開発メカニズムなどの「抜け穴」が多く、温暖化防止のための実効性においては大きな課題を残す議定書となった。

なわち、汚染物質の除去技術、または省エネルギー技術に関しては、先進国の方が途上国より優れていることから、 $\theta_1 < \theta_2$ とおくことが出来る。また、除去技術が効率的であれば、その除去に必要とされる単位当たり資源配分は小さくなる。それゆえ、本節では、除去費用が異なるという想定の下で、2国の間で技術移転が行われた場合、両国の経済厚生や大気の水質がどのように変化するかを分析する。その際、2国の予算制約は変化せず、途上国の汚染物資の除去技術水準が先進国の技術水準まで改善されると想定する⁸⁾。

前節の基本的な想定の下で、先進国と途上国からなる2国モデルを考える。越境大気汚染をもたらす汚染物質の除去に対する評価は両国において等しいと想定し、純粋公共財の供給問題として考えよう。そのとき、第*i*国 ($i=1, 2$) の経済厚生が次式のように定式化される。

$$U_i = U_i(x_i, G+T), \quad G+T > 0, \quad i=1, 2 \quad (14)$$

また、汚染物質の人為的な除去による大気の水質の改善(G)は、次式のような線形関数で表すことにしよう。

$$G = Z - (\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2) \quad (15)$$

ここで、 Z は各国の除去活動への資源配分の合計であり、 $Z = z_1 + z_2$ で表せる。また、 α_i は消費財生産によって排出される汚染物質の排出係数である。すなわち、大気の水質が、2国による汚染物質の除去の合計から消費財の生産活動によって生じる排出量を差し引いたものに等しいと想定する。これは、両国の汚染物質の除去活動が大きいほど、あるいは消費財生産による排出量が少ないほど大気の水質が改善されることを意味する。

本節では、各国は相手国の除去水準を所与として自国の厚生を最大にするような除去水準を選ぶというナッシュ的な負担方式を想定し、コブ・ダグラス型効用関数を用いる。このとき、各国の政府は予算制約式の下で、(14)式のような効用最大化問題を解くことにより、消費財の消費と大気の水質の需要関数を求めることが出来る。したがって、第1国、第2国それぞれの最適化行動の結果から得られる1階の条件は、次式のように表される。

$$B_i \left(\alpha_i + \frac{1}{\theta_i} \right) x_i = A_i (G+T), \quad i=1, 2 \quad (16)$$

これら一階の条件から消費財消費と大気の水質の均衡値を求めることが出来る⁹⁾。このとき、それらの均衡値が正であるための条件を求める必要がある。すなわち、汚染物質の除去活動を行っている場合（すなわち、 $z_1, z_2 > 0$ ）は、常に汚染物質の除去技術の上昇によって経済厚生が改善されるという前節の分析結果を検証してみることにしよう。これは、汚染物質の除去活動への資源配分が正である領域と、経済厚生が正（すなわち、 $dU_2 \geq 0$ ）である領域を求めることによって確認できる。このとき、 $z_1, z_2 > 0$ 、 $G+T > 0$ 、 $dU_2 \geq 0$ であるための条件は、それぞれ次の4式で表せる。

8) この際、技術移転の機会費用や移転費用はゼロと仮定する。

9) 付録1.1 技術移転を参照。

$$w_2 < \frac{\theta_2(\alpha_1\theta_1(1-A_1A_2)+B_1)}{A_1B_2\theta_1}w_1 - \theta_2T \quad (17)$$

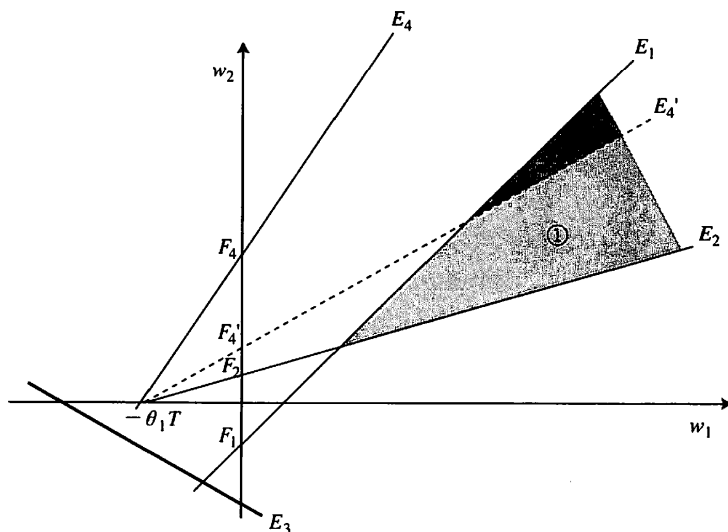
$$w_2 > \frac{\theta_2A_2B_1}{(\alpha_2\theta_2(1-A_1A_2)+B_2)}\left[\frac{w_1}{\theta_1}+T\right] \quad (18)$$

$$w_2 > -\frac{\theta_2}{\theta_1}w_1 + \frac{\theta_2}{B_1B_2}\{A_1B_2+A_2B_1-1\}T \quad (19)$$

$$w_2 \geq \frac{\theta_2A_2}{(\alpha_2\theta_2+B_2)}\left[\frac{w_1}{\theta_1}+T\right] \quad (20)$$

また、これらの条件を用いて図1を描くことが出来る。すなわち、(17)～(20)式は、それぞれ E_1 , E_2 , E_3 , E_4 として表される。このとき、(20)式で表せる直線の傾きが、(17)式のそれより大きい場合は E_4 、小さい場合は E'_4 として表すことが出来る。(20)式と(17)式の傾きの差は、 $(\alpha_1\theta_1+B_1) \leq A_1A_2\left\{\alpha_1\theta_1+\frac{B_2}{\alpha_2\theta_2+B_2}\right\}$ の関係を示す。また、 F_1 , F_2 , F_4 , F'_4 は各式の接点を表す。

図1 純粋公共財： $z_1, z_2 > 0, G+T > 0, dU_2 \geq 0$ の領域



さて、次に以上の条件の下で導いた領域から、汚染物質の除去技術が高い国から低い国へ除去技術を移転した場合、両国の消費財生産、汚染物質の除去への資源配分がどのように変化されるかを分析する。さらに、それらの変化によって大気の水質や経済厚生が改善されるか否かも分析する。これは、効用最大化行動から得られた均衡値を全微分することによって、評価することが可能である¹⁰⁾。すなわち、先進国から途上国への技術移転が行われた場合、2国の

10) 付録1.1 技術移転を参照。

初期資源保有量は変化せず、途上国の汚染物質の除去技術水準が先進国と同じ水準に変化するため、 $dw_1=dw_2=0$ 、 $d\theta_2<0$ として表すことが出来る。

その比較静学分析の結果（表2を参照）を見てみると、両国の初期資源保有量は変化しないものの、要素間の資源配分が変化し、移転国は除去活動のための資源配分を減少させ、消費財生産への資源を増やすことになる。それに対して、受入国は自然浄化力が、消費財生産にすべての資源を配分したとき発生する汚染物質を浄化できるほど大きくない場合、消費財生産への資源配分を増やすことが示される。さらに、除去技術が高い国から低い国へ技術を移転することによって、世界の大気の水質はトランスファー以前より改善されることが示される。すなわち、移転国は、消費財消費、大気の水質がともに改善されるため、経済厚生も増加することになる。それに対して、受入国は、汚染物質の除去技術の上昇によって、大気の水質は改善されるものの、消費財生産と除去活動への資源配分、また経済厚生の変化は、表2に示される一定の条件の下で増加することになる。

それゆえ、受入国である途上国の経済厚生が正（ $dU_2 \geq 0$ ）になる領域を、図1において見てみると、①の領域は、(20)式と(17)式で表せる直線の傾きの差が、 $(\alpha_1\theta_1+B_1)<A_1A_2\left[\alpha_1\theta_1+\frac{B_2}{\alpha_2\theta_2+B_2}\right]$ の関係を示す場合、常に $E_4>E_1$ の関係がある。そのため、 $z_1, z_2>0$ であるにも関わらず、 $dU_2 \leq 0$ となる（①+②）。それに対して、その傾きの差が逆の関係を示す場合、 $E'_4<E_1$ となる場合が存在し、 $z_1, z_2>0$ であれば、 $dU_2 \geq 0$ が成立する②の領域が存在する。しなしながら、 $z_1, z_2>0$ であるにも関わらず、 $dU_2 \leq 0$ となる領域①も共に存在する。すなわち、技術移転の受入国であるにも関わらず、経済厚生が低下するというパラドクシカルな現象が生じることが示される。

以上の分析から、移転国の経済厚生は改善し、受入国のそれは低下するという強い意味でのパラドックス現象が生じることが示される。

表2 純粋公共財

$d\theta_2<0$	dw	dx	dz^*	dG	dU
移転国	不変	正	負	正	正
受入国	不変	正	正	正	正
		$T<\alpha_2w_2-\frac{w_1}{\theta_1}$	$T<\frac{B_2Hw_2}{A_2B_1\alpha_2\theta_2}-\frac{w_1}{\theta_1}$		$T\leq\frac{(\alpha_2\theta_2+B_2)w_2}{\alpha_2\theta_2}-\frac{w_1}{\theta_1}$

注) * : $H=(2\alpha_2\theta_2+1)+(\alpha_2\theta_2)^2(1-A_1A_2)$ である。

3. 1. 2 技術・所得移転

前節では、汚染物質の除去技術が高い国から低い国への技術移転によって、受入国である途上国の経済厚生が低下するというパラドクシカルな現象が生じることが示された。このとき、受入国が技術移転を受け入れない恐れがあるため、途上国の経済厚生を補償するため所

得移転を同時に行った場合¹¹⁾，そのような強い意味でのトランスファー・パラドックスを解消することが可能であるかどうかを分析しよう。すなわち，途上国の除去技術の上昇によって生じる先進国の経済厚生の変化分をすべて，途上国へ所得移転する場合を想定する。これは，各国の効用最大化行動から得られる均衡値を全微分することによって評価できる¹²⁾。このとき，先進国の経済厚生の変化はゼロになるため，所得移転の水準を途上国の技術の変化として表すことができる。

まず，技術と所得を同時に移転する場合，先進国の経済厚生の変化がゼロより大きくなるための条件 ($dU_1 \geq 0$) は，次式のように表すことが出来る。このとき，先進国は所得，技術の移転国となり，両国の予算制約も変化するため， $dw_1 + dw_2 = 0$ ， $dw_2 > 0$ ， $d\theta_2 < 0$ の関係がある。

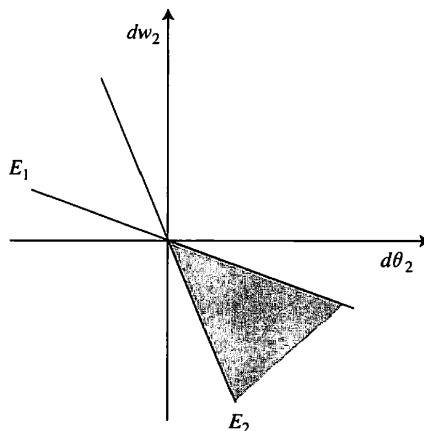
$$dw_2 \leq -\frac{\theta_1 w_2}{\theta_2(\theta_2 - \theta_1)} d\theta_2 \quad (21)$$

また，途上国の経済厚生の変化 ($dU_2 \geq 0$) を見てみると，次のような条件の下で，正になる。

$$dw_2 \geq \frac{\theta_2 A_2 (w_1 + \theta_1 T) - (\alpha_2 \theta_2 + B_2) \theta_1 w_2}{\theta_2(\theta_2 - \theta_1)(\alpha_2 \theta_2 + B_2)} d\theta_2 \quad (22)$$

このとき，(21)，(22)の2式の間係を図2のように表すことが出来る。図2において，除去技術が高い国から低い国への技術移転によって生じる強い意味でのトランスファー・パラドックスは，技術受入国へ所得移転という形で，補償を行っても解消されないことが示される（アミ部分は， $dw_2 < 0$ ， $d\theta_2 < 0$ を示すため）

図2 技術・所得移転： $dU_1 \geq 0$ ， $dU_2 \geq 0$ の領域



また，逆に途上国が技術移転の返礼（すなわち，有償）を行う場合でも，そのような強い意

11) 受入国が技術移転を有償で受け入れる場合を想定し（受入国が被る移転費用がゼロではなく），その移転費用を技術移転国が所得移転という形で補償する場合を検討する。

12) 付録1.2 技術・所得移転を参照。

味でのトランスファー・パラドックスは、解消されないことが確認できる。すなわち、この場合、所得と技術の変化は、 $dw_1 + dw_2 = 0$, $dw_2 < 0$, $d\theta_2 < 0$ となり、技術移転国でありながら所得受入国である先進国の経済厚生や大気質は改善されるものの、技術受入国であり、所得移転国となる途上国は、次のような条件の下で、経済厚生が改善される。

$$w_2 \geq \frac{\theta_2 A_2}{(\alpha_2 \theta_2 + B_2)} \left[\frac{w_1}{\theta_1} + T \right] - \frac{\theta_2 (\theta_2 - \theta_1) (\alpha_2 \theta_2 + 1)}{(\alpha_2 \theta_2 + B_2) \theta_1} \frac{dw_2}{d\theta_2} \quad (23)$$

(23)式の条件は、技術移転のみ行われた場合の条件(20)式に相当する。このとき、技術移転と所得移転の比 $\left(\frac{dw_2}{d\theta_2} \right)$ が正であり、先進国の除去技術が途上国のそれより高い ($\theta_1 < \theta_2$) と想定していることから、図1における E_4 , E'_4 は右の方にシフトする。したがって、 $dU_2 \geq 0$ となる領域が技術移転のみの場合に比べて広がるものの、強い意味でのトランスファー・パラドックスは解消されない。

これまでの分析から、大気質に対する評価が等しい場合、汚染物質の除去技術が高い先進国から低い途上国への技術移転によって、移転国の経済厚生が増加し、途上国の経済厚生が低下するというパラドキシカルな現象が生じることが示される。また、このような強い意味でのトランスファー・パラドックス現象は、経済厚生が低下する国への所得移転を同時に行った場合でも解消されないことも確認できた。したがって、先進国は途上国へ自発的に技術移転を行うインセンティブがあるものの、途上国はそのような移転を受け入れない恐れがある。先進国及び途上国において、大気が純粋公共財のとして評価される場合、越境大気汚染問題を解決するためには両国の協力が必要であることが示される。

3. 2 パラドキシカルな改善

3. 2. 1 $z_1 = 0$, $z_2 > 0$ ケース

前項では、両国ともに汚染物質の除去活動を行うという仮定の下で、大気質に対する評価が各国において等しい場合、ある一定方向への技術移転によって、両国の経済厚生や大気質がどのように変化するかを見てきた。本項では、まず2国ともに汚染活動を行うという仮定を緩め、汚染物質の除去技術が低い国のみが除去活動を行う場合、前項での強いパラドックス現象が生じるかどうかを検討しよう。その際、除去技術が低い国における技術改善の必要性から分析を行っているので、受入国、または両国ともに除去活動を行わないという状況は考慮しない。すなわち、大気質に対する評価は等しいものの、先進国では除去活動を行わず、途上国のみが除去活動を行う場合、途上国の技術改善によって、両国の経済厚生や大気質がどのように変化するかを分析する¹³⁾。

13) 先進国のみが除去活動を行なう場合、汚染物質の除去技術の改善による経済厚生への影響は、途上国のみの場合と等しい。本節では、先進国が高い技術を保有し、その技術を途上国に移転し、途上国のみが除去活動を行なう場合を想定する。

これまで同様、両国の最適化行動の結果から消費財の生産と除去活動への資源配分の均衡値が求められる¹⁴⁾。このとき、先進国が除去活動を行わない状況の下で、汚染物質の除去活動を行っている場合（すなわち、 $z_2 > 0$ ）は、常に汚染物質の除去技術の上昇によって経済厚生が改善されるかどうかを検証する。これは、汚染物質の除去活動への資源配分が正である領域と、経済厚生が正（すなわち、 $dU_2 \geq 0$ ）である領域を求めることによって確認できる。このとき、 $z_1 = 0$, x_2 , $z_2 > 0$, $G + T > 0$ であるための条件は、それぞれ次の4式で表せる。

$$w_2 \geq \frac{\theta_2 \{ \alpha_1 \theta_1 (1 - A_1 A_2) + B_1 \}}{A_1 B_2 \theta_1} w_1 - \theta_2 T \quad (17)'$$

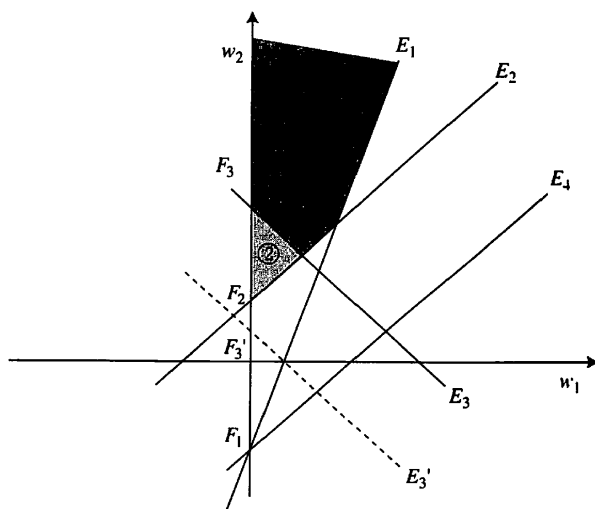
$$w_2 > \theta_2 (\alpha_1 w_1 + T) \quad (24)$$

$$w_2 > \frac{A_2 \theta_2}{\alpha_2 \theta_2 + B_2} (-\alpha_1 w_1 + T) \quad (25)$$

$$w_2 > \theta_2 (\alpha_1 w_1 - T) \quad (26)$$

また、それらの条件を用いて図3を描くことが出来る。図3において、直線 E_1 , E_2 , E_3 , E_4 は、それぞれ (17)' と (24) ~ (26) 式を表す。このとき、 $\alpha_2 \theta_2 + B_2 < A_2$ の関係が成立する場合、(24), (25) 式の接点が $F_2 < F_3$ の関係を示す直線 E_2 , E_3 となる。その逆の場合は $F_2 \geq F_3$ となり E_2 , E'_3 として表すことが出来る。このような関係から、先進国は除去活動を行わず、途上国のみが除去活動を行っている状況が成立する。その領域は、 $\alpha_2 \theta_2 + B_2 < A_2$ の場合は①、その逆の場合は①+②となる。

図3 一国のみ除去活動： $x_2, z_2 > 0$, $G + T > 0$, $dU_2 \geq 0$ の領域



14) 付録 2.1 $z_1 = 0$, $z_2 > 0$ ケースを参照。

このとき、除去活動を行っている途上国において技術改善があった場合、除去技術、両国の経済厚生や大気の水質はどのように変化するかを分析しよう（表3を参照）。その際、技術の低い国のみが除去活動を行っていることから、技術の高い国がフリーライダーとなることを意味する。このような状況において、先進国の経済厚生や大気の水質は、トランスファー以前より改善されることが示される。すなわち、先進国は自国では除去活動を行わず、途上国の技術改善によって得をすることを意味する。また、先進国は自国で除去活動を行った場合より、フリーライダーになった場合の方が、より経済厚生が増加されることが示される。それに対して、受入国では、(25)式の $z_2 > 0$ であるための条件の下で正になる。

$$w_2 \geq \frac{A_2 \theta_2}{\alpha_2 \theta_2 + B_2} (-\alpha_1 w_1 + T)$$

すなわち、途上国が除去活動を行っていれば、途上国の技術改善によって両国ともに経済厚生が改善されることが示される。

以上の分析結果から、大気の水質に対する評価が等しい場合、途上国の技術改善によって、2国がともに行う場合に生じた強い意味でのトランスファー・パラドクス現象が解消され、技術改善国のみではなく、除去活動を行なわない先進国の経済厚生が増加されるというパラドシカルな改善が得られる。

表3 一国のみ除去活動

$d\theta_2 < 0$	dw	dx	dz	dG	dU
先進国 ($z_1 = 0$)	不変	不変	不変	正	正
途上国 ($z_2 > 0$)	不変	正 $T > \alpha_1 w_1 - \alpha_2 w_2$	正 $T < \alpha_1 w_1 - \frac{\{B_2(2\alpha_2 \theta_2 + 1) + (\alpha_2 \theta_2)^2\} w_2}{A_2 \alpha_2 \theta_2^2}$	正	正 $T \leq \alpha_1 w_1 + \frac{(\alpha_2 \theta_2 + B_2) w_2}{A_2 \theta_2}$

3. 2. 2 準公共財

この項ではこれまでの想定と違って、越境大気汚染問題に対する両国の評価が異なる場合を考える。すなわち、地理的・気象的条件から、途上国で排出された汚染物質が先進国まで飛来し酸性雨などの被害をもたらすものの、途上国の汚染物質は途上国には影響を与えないため、途上国は先進国の大気汚染対策からは何ら便益を受けない場合を想定しよう¹⁵⁾。すなわち、大気の水質は先進国（第1国）においては純粋公共財であるが、途上国（第2国）においては私

15) このような想定は、東アジア地域の越境汚染問題に適用可能である。物質の大陸からの大気汚染物質の国境を越えた汚染を明らかにするために中国、韓国、日本の3国の科学者グループによって行われた地上観測、航空機観測、海洋観測を通して得られた結果によるものである（国立大気研究所[1996]）。

的財であると仮定する。この想定の下で、先進国から途上国への技術移転が行われた場合、2国の経済厚生、大気の質がどのように変化するかを分析しよう。

大気の質に対する評価が異なる2国の効用関数は、これまで同様に次のように定式化される。

$$U_i = U_i(x_i, G_i + T_i), \quad G_i + T_i > 0, \quad i = 1, 2 \quad (27)$$

ここで、汚染物質の人為的な除去は、大気の質に対する各国の評価が異なることから、それぞれ次のように表すことが出来る。

$$G_1 = Z - (\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2) \quad (28)$$

$$G_2 = z_2 - \alpha_2 x_2$$

すなわち、第1国は、両国の消費財生産や除去活動によって大気の質を評価するのに対して、第2国は自国の除去活動と消費財生産のみから大気の質を評価することを意味する。このとき、これまで同様に $\theta_1 < \theta_2$ と仮定し、(4)式の資源制約の下で、自国の経済厚生を最大化するような消費財生産、除去活動を選択する。この最大化問題の一階の条件は

$$B_i \left(\alpha_i + \frac{1}{\theta_i} \right) x_i = A_i (G_i + T_i), \quad i = 1, 2 \quad (29)$$

となり、導かれた一階の条件から消費財消費と大気の質の均衡値を求めることが可能である¹⁶⁾。このとき、それらの均衡値がゼロでないという想定を満たすような条件を求めることにしよう。すなわち、汚染物質の除去活動を行なうときに $(z_1, z_2 > 0)$ 、常に汚染物質の除去技術の上昇によって経済厚生が改善されるかどうかを検証する。その際、第1国の消費財生産への資源配分がゼロでないという条件の下で、汚染物質の除去への資源配分が正である領域を求める。そのうえで、先進国から途上国への技術移転によって受入国の経済厚生が正(すなわち、 $dU_2 \geq 0$)になる領域を求める。このとき、 $x_1, z_1, z_2 > 0$ であるための条件は、それぞれ次の3式のように表される。

$$w_2 > \frac{\theta_2}{B_2} \left[-\frac{w_1}{\theta_1} + A_2 T_2 - T_1 \right] \quad (30)$$

$$w_2 < \frac{\theta_2}{B_2} \left[\frac{(\alpha_2 \theta_2 + B_1)}{A_1 \theta_1} w_1 + A_2 T_2 - T_1 \right] \quad (31)$$

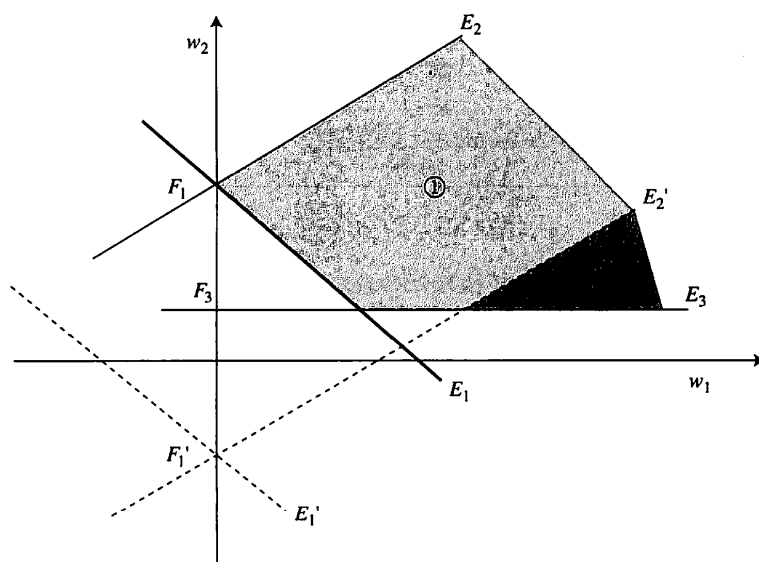
$$w_2 > \frac{\theta_2 A_2}{(\alpha_2 \theta_2 + B_2)} T_2 \quad (32)$$

また、これらの条件を用いて、図3を描くことが出来る。すなわち、3式の間の関係は、それぞれ E_1, E_2, E_3 として表すことが出来る。このとき、 $T_2 \geq \frac{B_2}{A_2} T_1$ であれば E_1, E_2 の接点が正になる。すなわち、受入国の自然浄化力が消費財消費と大気の質に対する選好の割合を移転国のそれにかけたものより大きくなければならない。言い換えると、汚染物質に対する途上国の自然浄化能力が、先進国のそれと等しい場合でも、途上国の消費財消費への選好が大気の質

16) 付録2.2 準公共財を参照。

に対するそれより大きければ、 $x_1, z_1, z_2 > 0$ となる①+②の領域が存在する。それに対して、 $T_2 < \frac{B_2}{A_2} T_1$ の場合は、接点が負となるため、 E'_1, E'_2 として表すことが出来る。そのとき、 $x_1, z_1, z_2 > 0$ が成立する領域②が存在する。また、 F_1, F'_1, F_3 は各式の接点である。

図4 準公共財： $x_1, z_1, z_2 > 0, dU_2 \geq 0$ の領域



以上の条件の下で、先進国から途上国への技術移転による各国の消費財生産、除去活動への資源配分の変化、また大気質、経済厚生への影響を見てみることにしよう。これは、各均衡値と2国の予算制約式を全微分することによって評価することが可能であり、 $dw_1 = dw_2 = 0$, $d\theta_2 < 0$ である¹⁷⁾。

比較静学分析から（表4を参照）、汚染物質の除去技術や大気質に対する評価が異なる場合、両国の初期資源保有量は変化しない。このとき、移転国は、受入国の技術水準が上昇するため自国の除去活動への資源配分を減らし、消費財生産への資源配分を増やすことになる。それによって、移転国の経済厚生は増加する。また、大気質もトランスファー以前より改善されることが示される。しかし、受入国の経済厚生は、 $z_2 > 0$ であるための条件の下で、正になる。すなわち、途上国が除去活動を行っている場合は常に経済厚生が改善されることを示す。したがって、2国ともに除去活動を行っている場合、技術が高い国から低い国への技術移転によって、両国ともに経済厚生が改善されることが示される。

本節の分析から、大気質に対する評価が異なり¹⁸⁾、また大気が除去技術の低い国から高

17) 付録2.2 準公共財を参照。

18) 受入国が被る移転費用がゼロではなく、その移転費用を技術移転国が、所得移転という形で補償する場合でさえも、同様な結果を示す。また、技術水準が低い国における技術改善によって、両国のノ

い国へと流れている状況では、技術移転によって、両国の経済厚生は改善される。それゆえ、先進国は自発的に途上国へ技術を移転するインセンティブをもち、また途上国はそれを受け入れるインセンティブがあることが確認できる。

表4 準公共財

$d\theta_2 < 0$	dw	dx	dz	dG	dU
移転国	不変	正	負	正	正
受入国	不変	正	正	正	正
		$T_2 < \alpha_2 w_2$	$T_2 < \frac{\{B_2(2\alpha_2\theta_2+1) + (\alpha_2\theta_2)^2\}w_2}{A_2\alpha_2\theta_2^2}$		$T_2 \leq \frac{(\alpha_2\theta_2+B_2)w_2}{A_2\theta_2}$

4. 越境大気汚染対策としての技術移転の政策的含意

これまで、大気という国際的公共財に対する各国の負担を公共財の自発的供給の理論を用いて分析を行ってきた。その際、大気に対する評価が等しく、汚染物質の除去技術が異なる2国において、技術が高い国から低い国へ移転された場合、各国の経済厚生や大気の質がどのように変化するかを見てきた。その結果¹⁹⁾、本稿のようにナッシュ的な国際公共財の負担方式を前提とすると、両国の大気の質に対する評価が等しい場合（純粋公共財）は、技術が高い国から低い国への技術移転によって、移転国の経済厚生は改善されるものの、受入国の経済厚生が低下するという強い意味でのトランスファー・パラドックス現象が生じることが示された。また、このようなパラドックスは、移転国へ補助金として所得移転を同時に行なう場合でも解消されないことが確認できた。しかし、技術水準が低い国のみが除去活動を行なう場合は、その国の技術改善によって、両国ともに経済厚生が増加されるというパラドキシカルな改善が生

じ、経済厚生や大気の質がともに改善される。

さらに、大気が、汚染物質の除去技術が高い国から低い国へと流れる場合も考えられるが、先進国の経済厚生や大気の質は、途上国の汚染物質への除去活動から影響を受けないため、途上国への技術移転から何ら便益を受けない。それに対して、途上国は、先進国の除去活動から影響を受けるものの、先進国がそのための資源配分を行うか否かに関わらず、自国の除去活動によって経済厚生を改善させることが可能であることが示される。それゆえ、先進国が自国の経済厚生や大気の質のみを考慮する場合、自発的に技術移転を行うインセンティブがないことが示される。

- 19) 本稿の分析から得られた結果を先行研究と比較してみると、吉岡〔1995〕、Niho〔1996〕らは、除去技術水準が異なる2国において、除去技術が高い国から低い国への所得移転による経済厚生の変化を分析している。それによると、環境の質に対するウエイトが両国において等しい場合、除去技術が効率的な国から非効率的な国への所得移転は、両国の経済厚生と環境の質を共に低下させるという弱い意味でのトランスファー・パラドックス現象が生じることを示している。それに対して、本稿の分析でみるような純粋公共財の場合では、移転国の経済厚生は増加し、受入国のそれは低下するという強い意味でのパラドックスが生じることが示された。こうした分析結果の違いは、トランスファーの形態の違い（所得、あるいは技術）に起因すると思われる。

じることが示される。また、両国の大気の質に対する評価が異なり（準公共財）、大気が、技術の低い国から高い国へと流れる場合も同様な結果が得られた。すなわち、大気が純粋公共財として定義される場合でも、先進国から途上国への自発的な所得・技術移転のインセンティブがあるものの、受入国がそのような移転を受け入れない場合があるので、越境大気汚染問題を解決するためには協力体制が必要であることが示された。一方、準公共財として定義される場合には、自発的な取組みによって、そのような問題を解決することが可能であることが示された。

本稿では、越境大気汚染問題を解決するためには、先進国から途上国への技術移転が必然的であるという前提の下で分析を行ってきた。このような前提が、適切かどうかを、主に東アジア地域におけるデータを用いて確認することにしよう。これは、2国の大気汚染物質の排出量、その除去活動、エネルギー効率を示す変数から評価できる。すなわち、表5で示されるように、先進国である日本と途上国である中国の大気汚染物質の排出量にはかなりの違いがある。その要因として、大きく二つを挙げることが出来る。まず、エネルギー消費構造の違いがある。中国では、全エネルギーの75%を硫黄含有量が高い石炭が占めているため、硫黄酸化物(SO_x)の含有量が2340万トン(SO_2 換算)である。それに対して、日本では全エネルギー消費量の40%を石油に依存していることから、350万トンである。次に、生産物1単位当たりのエネルギー消費量の違いがある。すなわち、中国では熱効率が悪く、多くのエネルギーを必要とし、また発生熱量当たりの汚染物質の排出が高い。具体的に、その違いを SO_x の発生・排出係数で見ると、脱硫装置を付けているか否かによって異なるが、中国の化石エネルギー消費当たりの SO_x 発生係数は全体で日本の3.14倍、排出係数が8.23倍高いという報告がある²⁰⁾。これは、中国の洗炭技術が低く、高品質の石炭を採掘しにくいという現状も一因である。また、地球温暖化の主な原因とされている CO_2 排出量を見ても、中国の排出量は、総排出量の24%を占めるアメリカに続いて第2位であり、総排出量の11%を占める。日本は、先進国の中では最もエネルギー効率が高いとされることから、総排出量の約5%を占め、第4位となっている。

上述した現状から、急速な経済発展に伴う中国の汚染物質の排出増加は避けられない状態であり、局地的な大気汚染のみではなく、地球温暖化を加速させる大きな原因と認識されている。それゆえ、生産物1単位当たりのエネルギー消費量を減らす政策として、中国のエネルギー使用効率を日本の水準に高めるために技術移転を行うという本節での想定は、適切であり、越境汚染問題を解決するための政策手段としての技術移転の可能性が検討できるということで意義があると思われる。

このような汚染物質の排出によってもたらされる酸性雨問題を含み複数の国が関わる越境大気汚染問題を解決するためには専門的な国際機関を設立することが理想的である²¹⁾。現状で

20) 稲田他 [1997], 吉岡・早見 [1995], 黒田 [1994], 早見・木地 [1994] を参照。

21) ヨーロッパ大陸では、酸性雨による被害国と汚染国の間に相互関係があるのに対して、東アジアノ

表5 人為起源 SO₂, NO_x, CO₂ の国別排出量

	SO ₂ (GgSyr ⁻¹)	SO _x (万t)	SO _x 含有量 (SO ₂ 換算, 万t)	CO ₂ 排出量 (CO ₂ 換算, 億t)		NO _x (GgSyr ⁻¹)	エネルギー原単位 (Energy/GNP) ***	
	1987年	1985年	1985年	1985年	1992年	1987年	1987年	1992年
中 国	9995 (70%) *	2026 (13%) **	2340	23.76	26.68	2243 (48%) *	1.68	1.42
日 本	493 (3 %) *	115 (67%) **	350	9.86	10.93	589 (13%) *	0.13	0.13

注) *: アジア25カ国の SO₂, NO_x 排出量の合計は、それぞれ14489, 4712であり、()内は各国の割合を示す。

**: ()内は、SO_x削減率

***: エネルギー総消費 (Mill. TOE) と実質 GNP (1987年価格, US\$ BILL.) の比。

出所) 秋元 肇 (1995), 早見・木地 (1994), 稲田他 (1997) に加筆。

はこのような機関は様々な理由により存在しないため、酸性雨問題のように影響が国境を越える場合は近隣諸国による協力が必要となる。しかしながら、先進国と発展途上国の間での、このような協力関係を実現することはかなり難しいと予想される。なぜならば、先進国と発展途上国では、発展段階が異なり、両国において政策実施の優先順位が異なるからである。実際、途上国は経済発展を優先しているため、大気汚染対策を現段階で実施することを望むのは無理がある。それゆえ、途上国が汚染物質の排出を除去しないのであれば、先進国が被る損害額を途上国に所得、あるいは技術の形で移転し、汚染物質の排出を除去してもらう方法しか残されていない。その際、本稿の分析で想定しているナッシュ的な供給方式では、地球温暖化問題のように両国の大気の質に対する評価が等しい場合、受入国の経済厚生が低下するような状態が生じる可能性があるため、受入国が技術移転を受け入れない恐れがある。それに対して、東アジア地域における酸性雨問題のように、国によって国際公共財の外部経済に対する評価が異なる場合は、除去技術が高い国から低い国への技術移転によって、受入国のみではなく移転国の経済厚生が増加するというパラドシカルな結果が得られた。すなわち、日・中の間では、大気が中国大陸から日本へと流れるため、準公共財の概念を適用することが出来る。それゆえ、日本が自発的に中国へ技術移転を行うことによって、汚染問題を解決するだけでなく経済厚生 の改善も可能であることが示される。

しかし、各国が負担水準を非協力的に決めるという分析方法は非現実的であるかもしれない。また、途上国の場合、先進国から高い技術が移転され、汚染物質の除去技術が導入された後、設備を維持管理するための費用や人材が不足しているため、移転された高い技術や設備を有効利用できないのが現状である。それゆえ、高い技術を一方的に移転するのではなく、途上国に

、地域では、中国→韓国→日本という一方向での被害関係がある。それゆえ、同じ酸性雨問題でも、異なる政策協調が必要である。すなわち、東アジアでは、当事国間での交渉によって問題を解決可能であるのに対して、ヨーロッパ大陸では、多国間での取り決めが必要である。

において利用可能な最適な技術水準を求める必要があると思われる。

また、酸性雨問題は被害の範囲が局所的であるため協力関係が必要とされる国に限られる上に、短期間で被害が現れるため対策の必要性を訴えやすいという性質を持っている。それに対して、地球温暖化問題においては全ての国が加害者であり被害者であることや、被害が現れるまで数十年という長期の問題であるため、酸性雨問題以上に国際的な協力関係を必要とする。それゆえ、今後は、協力アプローチによって、ストック外部性をもたらす地球温暖化問題における技術・所得移転による政策協調の実現可能性を、または国際公共財の最適な供給量を検討したい。

参 考 文 献

- [1] Andreoni, J. [1988], "Privately Provided Public Goods in a Large Economy: The Limits of Altruism", *Journal of Public Economics* 35, 57-73.
- [2] Andreoni, J. [1989], "Giving with Impure Altruism: Applications to Charity and Ricardian Equivalence", *Journal of Political Economy* 97, 1447-1459.
- [3] Andreoni, J. and M. C. McGuire (1993), "Identifying the Free Riders: A Simple Algorithm for Determining Who will Contribute to a Public Good", *Journal of Public Economics* 51, 447-454.
- [4] Buchholz, W. and K. A. Konrad [1994], "Global Environmental Problems and the Strategic Choice of Technology", *Journal of Economics: Zeitschrift Für Nationalökonomie* 60(3), 399-321.
- [5] Cesar, H. S. J. [1993], "International Cooperation and Technology Transfers in the Case of the Greenhouse Effect", *Structural Change and Economic Dynamics* 4(1), 163-181.
- [6] Cornes, R. and T. Sandler [1994], "The Comparative Static Properties of the Impure Good Model", *Journal of Public Economics* 54, 403-421.
- [7] Ihori, T. [1992], "Impure Public Goods and Contribution Productivity Differentials", *Journal of Public Economics* 48, 385-401.
- [8] Ihori, T. [1996], "International Public Goods and Transfers in a Three-Agent Model", *Journal of Public Economics* 61, 139-154.
- [9] Marjit, S. [1990], "On a Non-Cooperative Theory of Technology Transfer", *Economics Letters* 33, 293-298.
- [10] Murdoch, J. T. Sandler and K. Sargent [1997], "A Tale of Two Collectives: Sulphur Versus Nitrogen Oxides Emission Reduction in Europe", *Economica* 64, 281-301.
- [11] Niho, Y. [1996], "Effects of an International Income Transfer on the Global Environmental Quality", *Japan and the World Economy* 8, 401-410.
- [12] Stranlund, J. K. [1996], "On the Strategic Potential of Technological Aid in International Environmental Relations", *Journal of Economics: Zeitschrift Für Nationalökonomie* 64(1), 1-22.
- [13] Tahvonen, O., V. Kaitala and M. Pohjola [1993], "A Finnish-Soviet Acid Rain Game: Noncooperative Equilibria, Cost Efficiency, and Sulfur Agreements", *Journal of Environmental Economics and Management* 24, 87-100.
- [14] Warr, P. G. [1983], "The Private Provision of a Public good is Independent of the Distribution of Income", *Economics Letters* 13, 207-211.
- [15] Varian, H. R. [1992], *Microeconomic Analysis*, 3rd ed., New York, W. W. Norton.
- [16] 秋元肇 [1995], 「酸性雨」, 『地球大気経済論 (上)』, 慶応義塾大学経済学部 環境プロジェクト編。

- [17] 稲田義久・藤川清史・室田弘壽・足立直己(1997), 中国の経済成長とエネルギー・環境問題の分析, 『経済分析』, 第154号, 1-30。
- [18] 井堀利宏 [1991], 『経済大国日・米の財政政策』, 東洋経済新報社。
- [19] 外務省経済協力局調査計画課 [1996], 『我が国の政府開発援助の実施状況』。
- [20] 金チョンシキ [1995], 「東アジア地域における大気協力体制の構築方案」, 東アジア大気 NGO による国際シンポジウム, 第1回ソウル大会, 1995年8月22日。
- [21] 黒田昌裕 [1994], 「日中環境問題の産業連関分析(2)」, 『イノベーション&I-Oテクニク』, Vol. 5, No. 3, 10-23。
- [22] 国立大気研究所 [1996], 『東アジアにおける酸性・酸化性物質の動態解明に関する研究』, 大気庁地球大気研究総合推進費終了研究報告書。
- [23] 早見均・木地孝之 [1994], 「日中環境問題の産業連関分析(1)」, 『イノベーション & I-O テクニク』, Vol. 5, No. 2, 13-27。
- [24] 吉岡完治・早見均 [1995], 「日中環境問題の産業連関分析(3)」, 『イノベーション & I-O テクニク』, Vol. 5, No. 4, 19-28。
- [25] 吉岡忠昭 [1995], 『国際的トランスファーの基礎理論』, (財)三菱経済研究所。

付 録

1. 1 技術移転

越境汚染問題をもたらす汚染物質の除去活動に対する評価が、先進国、途上国の両国において等しい場合、両国は自国の予算制約式に基づいて、経済厚生を最大にするような資源配分を行う。本文の(4)式と(16)式により、最大化行動によって求められる均衡値は、次のようになる。

$$x_1 = \frac{A_1 B_2}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)(1 - A_1 A_2)} \left[w_1 + \frac{\theta_1}{\theta_2} w_2 + \theta_1 T \right] \quad (\text{A-1})$$

$$z_1 = \frac{1}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)(1 - A_1 A_2)} \left[\frac{\alpha_1 \theta_1 (1 - A_1 A_2) + B_1}{\theta_1} w_1 - \frac{A_1 B_2}{\theta_2} w_2 - A_1 B_2 T \right] \quad (\text{A-2})$$

$$x_2 = \frac{A_2 B_1}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)(1 - A_1 A_2)} \left[w_2 + \frac{\theta_2}{\theta_1} w_1 + \theta_2 T \right] \quad (\text{A-3})$$

$$z_2 = \frac{1}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)(1 - A_1 A_2)} \left[\frac{\alpha_2 \theta_2 (1 - A_1 A_2) + B_2}{\theta_2} w_2 - \frac{A_2 B_1}{\theta_1} w_1 - A_2 B_1 T \right] \quad (\text{A-4})$$

$$G = \frac{1}{(1 - A_1 A_2)} \left[\frac{B_1 B_2}{\theta_1} w_1 + \frac{B_1 B_2}{\theta_2} w_2 - (A_1 B_2 + A_2 B_1) T \right] \quad (\text{A-5})$$

先進国から発展途上国への技術移転が行われた場合、消費財消費、除去活動への資源配分、または大気の状態、経済厚生の変化は、(A-1)～(A-5)を全微分することによって得られ、次のような式から評価することが出来る。このとき、 $dw_1 = dw_2 = 0$ 、 $d\theta_2 < 0$ である。

$$\frac{dx_1}{d\theta_2} = -\frac{A_1 B_2 \theta_1 w_2}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)(1 - A_1 A_2) \theta_2^2} > 0 \quad (\text{A-6})$$

$$\frac{dz_1}{d\theta_2} = \frac{A_1 B_2 w_2}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)(1 - A_1 A_2) \theta_2^2} < 0 \quad (\text{A-7})$$

$$\frac{dx_2}{d\theta_2} = \frac{A_2 B_1 \{w_1 + \theta_1 (T - \alpha_2 w_2)\}}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2 (1 - A_1 A_2) \theta_1} \quad (\text{A-8})$$

$$\frac{dz_2}{d\theta_2} = \frac{1}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2 (1 - A_1 A_2)} \left[\frac{\alpha_2 B_1 A_2 w_1}{\theta_1} + \alpha_2 B_1 A_2 T - \frac{\{B_1 (2\alpha_2 \theta_2 + 1) + (1 - A_1 A_2) (\alpha_2 \theta_2)^2\} w_2}{\theta_2^2} \right] \quad (\text{A-9})$$

$$\frac{dG}{d\theta_2} = -\frac{B_1 B_2 w_2}{(1 - A_1 A_2) \theta_2^2} > 0 \quad (\text{A-10})$$

ここで、 $A_i + B_i = 1$ である。また、各国の経済厚生の変化は次式のように表すことが出来る。

$$\frac{dU_1}{d\theta_2} = -\frac{B_2 w_2}{(1 - A_1 A_2) \theta_2^2} \left[\frac{A_1^2 \theta_1}{(\alpha_1 \theta_1 + 1) x_1} + \frac{B_1^2}{G + T} \right] > 0 \quad (\text{A-11})$$

$$\frac{dU_2}{d\theta_2} = \frac{B_1}{(1 - A_1 A_2)} \left[\frac{A_2^2 \{w_1 + \theta_1 (T - \alpha_2 w_2)\}}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2 \theta_1 x_2} - \frac{B_2^2 w_2}{(G + T) \theta_2^2} \right] \quad (\text{A-12})$$

1. 2 技術・所得移転

先進国から途上国へ技術、所得を同時に移転した場合、消費財消費、除去活動への資源配分、または大気の状態、経済厚生への影響は、(A-1)～(A-5)を全微分することによって分析することが出来る。このとき、 $dw_1 + dw_2 = 0$ 、 $dw_2 > 0$ 、 $d\theta_2 < 0$ の関係がある。

$$dx_1 = -\frac{A_1 B_2}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)(1 - A_1 A_2) \theta_2^2} [\theta_2 (\theta_2 - \theta_1) dw_2 + \theta_1 w_2 d\theta_2] \quad (\text{A-13})$$

$$dz_1 = \frac{1}{(\alpha_1\theta_1 + 1)(1 - A_1A_2)\theta_1\theta_2^2} [-\theta_2\{\alpha_1\theta_1(1 - A_1A_2) + B_1\theta_2 + A_1B_2\theta_1\}dw_2 + A_1B_2\theta_1w_2d\theta_2] \quad (A-14)$$

$$dx_2 = \frac{A_2B_1}{(\alpha_2\theta_2 + 1)^2(1 - A_1A_2)\theta_1} [-(\theta_2 - \theta_1)(\alpha_2\theta_2 + 1)dw_2 + \{w_1 + \theta_1(T - \alpha_2w_2)\}d\theta_2] \quad (A-15)$$

$$dz_2 = \frac{1}{(\alpha_2\theta_2 + 1)^2(1 - A_1A_2)\theta_1\theta_2^2} \times [\theta_2(\alpha_2\theta_2 + 1)\{\alpha_2\theta_2\theta_1(1 - A_1A_2) + B_2\theta_1 + A_2B_1\theta_2\}dw_2 + \{A_2B_1\alpha_2\theta_2(w_1 + \theta_1T) - \{B_2(2\alpha_2\theta_2 + 1) + (\alpha_2\theta_2)^2(1 - A_1A_2)\}\theta_1w_2\}d\theta_2] \quad (A-16)$$

$$dG = -\frac{B_1B_2}{(1 - A_1A_2)\theta_1\theta_2^2} [\theta_2(\theta_2 - \theta_1)dw_2 + \theta_1w_2d\theta_2] \quad (A-17)$$

また、両国の経済厚生は次のようである。

$$dU_1 = -\frac{B_2}{(1 - A_1A_2)\theta_2^2} \left[\frac{A_1^2}{(\alpha_1\theta_1 + 1)x_1} + \frac{B_1^2}{(G + T)\theta_1} \right] \{\theta_2(\theta_2 - \theta_1)dw_2 + \theta_1w_2d\theta_2\} \quad (A-18)$$

$$dU_2 = \frac{B_1}{(1 - A_1A_2)\theta_1} \left[\frac{A_2^2}{(\alpha_2\theta_2 + 1)^2x_2} \{-(\alpha_2\theta_2 + 1)(\theta_2 - \theta_1)dw_2 + \{w_1 + \theta_1(T - \alpha_2w_2)\}d\theta_2\} - \frac{B_2^2}{(G + T)\theta_2^2} \{\theta_2(\theta_2 - \theta_1)dw_2 + \theta_1w_2d\theta_2\} \right] \quad (A-19)$$

2. 1 $z_1=0, z_2>0$ ケース

汚染物質の除去技術が低い国のみ、除去活動を行っている場合、本文の(4)式と(16)式により、各国の効用最大化行動から得られる均衡値は、次のようになる。

$$x_1 = w_1 \quad (A-20)$$

$$z_1 = 0 \quad (A-21)$$

$$x_2 = \frac{A_2}{(\alpha_2\theta_2 + 1)} [w_2 - \theta_2\alpha_1w_1 + \theta_2T] \quad (A-22)$$

$$z_2 = \frac{1}{(\alpha_2\theta_2 + 1)} \left[\frac{\alpha_2\theta_2 + B_2}{\theta_2} w_2 + A_2\alpha_1w_1 - A_2T \right] \quad (A-23)$$

$$G = \frac{B_2}{\theta_2} w_2 - B_2\alpha_1w_1 - A_2T \quad (A-24)$$

除去技術が高い国から低い国へ技術移転を行った場合、両国の消費財生産、除去活動への資源配分の変化は、(A-20)～(A-24)式を全微分することによって評価できる。このとき、 $dw_1 = dw_2 = 0, d\theta_2 < 0$ である。

$$\frac{dx_1}{d\theta_2} = 0, \frac{dz_1}{d\theta_2} = 0 \quad (A-25)$$

$$\frac{dx_2}{d\theta_2} = \frac{A_2(T - \alpha_1w_1 - \alpha_2w_2)}{(\alpha_2\theta_2 + 1)^2} \quad (A-26)$$

$$\frac{dz_2}{d\theta_2} = \frac{1}{(\alpha_2\theta_2 + 1)^2} \left[-\frac{B_2(2\alpha_2\theta_2 + 1) + (\alpha_2\theta_2)^2}{\theta_2^2} w_2 + \alpha_2A_2(\alpha_1w_1 - T) \right] \quad (A-27)$$

$$\frac{dG}{d\theta_2} = -\frac{B_2}{\theta_2^2} w_2 > 0 \quad (A-28)$$

また、2国の経済厚生の変化は次式のように表すことが出来る。

$$\frac{dU_1}{d\theta_2} = -\frac{B_1 B_2}{(G+T)\theta_2^2} w_2 > 0 \quad (\text{A-29})$$

$$\frac{dU_2}{d\theta_2} = \frac{A_2^2(T - \alpha_1 w_1 - \alpha_2 w_2)}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2 x_2} - \frac{B_2^2 w_2}{(G+T)\theta_2^2} \quad (\text{A-30})$$

2.2 準公共財

越境汚染問題をもたらし汚染物質に対する評価が両国において異なる場合、両国は自国の予算制約式下で、経済厚生を最大にするような資源配分を行う。本文の(4)式と(29)式より、そのような最大化行動によって求められる均衡値は、次のようになる。

$$x_1 = \frac{A_1}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)} \left[w_1 + \frac{B_2 \theta_1}{\theta_2} w_2 - \theta_1 A_2 T_2 + \theta_1 T_1 \right] \quad (\text{A-31})$$

$$z_1 = \frac{1}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)} \left[\frac{\alpha_1 \theta_1 + B_1}{\theta_1} w_1 - \frac{A_1 B_2}{\theta_2} w_2 + A_1 A_2 T_2 - A_1 T_1 \right] \quad (\text{A-32})$$

$$G_1 = \frac{B_1}{\theta_1} w_1 + \frac{B_1 B_2}{\theta_2} w_2 - A_2 B_1 T_2 - A_1 T_1 \quad (\text{A-33})$$

$$x_2 = \frac{A_2}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)} [w_2 + \theta_2 T_2] \quad (\text{A-34})$$

$$z_2 = \frac{1}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)} \left[\frac{\alpha_2 \theta_2 + B_2}{\theta_2} w_2 - A_2 T_2 \right] \quad (\text{A-35})$$

$$G_2 = \frac{B_2}{\theta_2} w_2 - A_2 T_2 \quad (\text{A-36})$$

先進国から途上国への技術移転による各国の消費財生産、除去活動への資源配分の変化、または大気物質、経済厚生への影響は、均衡値(A-31)～(A-36)式を全微分することによって評価することが出来、次式のようなのである。このとき、 $dw_1 = dw_2 = 0$ 、 $d\theta_2 < 0$ である。

$$\frac{dx_1}{d\theta_2} = -\frac{A_1 B_2 \theta_1}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)\theta_2^2} w_2 > 0 \quad (\text{A-37})$$

$$\frac{dz_1}{d\theta_2} = -\frac{A_1 B_2}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)\theta_2^2} w_2 < 0 \quad (\text{A-38})$$

$$\frac{dG_1}{d\theta_2} = -\frac{B_1 B_2}{\theta_2^2} w_2 > 0 \quad (\text{A-39})$$

$$\frac{dx_2}{d\theta_2} = \frac{A_2(T_2 - \alpha_2 w_2)}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2} \quad (\text{A-40})$$

$$\frac{dz_2}{d\theta_2} = \frac{1}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2} \left[\alpha_2 A_2 T_2 - \frac{(B_2(2\alpha_2 \theta_2 + 1) + (\alpha_2 \theta_2)^2)}{\theta_2^2} w_2 \right] \quad (\text{A-41})$$

$$\frac{dG_2}{d\theta_2} = -\frac{B_2}{\theta_2^2} w_2 > 0 \quad (\text{A-42})$$

また、両国の経済厚生の変化は、次のようである。

$$\frac{dU_1}{d\theta_2} = -\frac{B_2 w_2}{\theta_2^2} \left[\frac{A_1^2 \theta_1}{(\alpha_1 \theta_1 + 1)x_1} + \frac{B_1^2}{G_1 + T_1} \right] > 0 \quad (\text{A-43})$$

$$\frac{dU_2}{d\theta_2} = \frac{A_2^2(T_2 - \alpha_2 w_2)}{(\alpha_2 \theta_2 + 1)^2 x_2} - \frac{B_2^2 w_2}{(G_2 + T_2)\theta_2^2} \quad (\text{A-44})$$