

# 国際準公共財供給における所得移転の効果\*

——東アジア地域における酸性雨対策を例として——

李 態 妍

はじめに

I 理論的背景

II モデル

III 酸性雨対策としての所得移転の政策的含意

付録

キーワード：国際準公共財、東アジア、酸性雨、所得移転

## 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も急増し、そのエネルギーの大部分を石炭に頼っている現状から環境への負荷が憂慮されるためである。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今までの研究結果から示されている（例えば、国立環境研究所（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、この地域の大气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。

本稿では、この地域における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、中国の汚染物質の排出による影響が韓国、日本のみではなく、インド、台湾にも及ぶであろうという推測の下で<sup>(1)</sup>、中国、韓国、日本の3国と中国、インド、台湾の3国の2つのケースに分けて、国境を越える汚染物質を削減するための政策手段として所得移転を用いた場合の各国の経済厚生への影響を分析する。上

\* 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（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）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。

(1) 中国の汚染物質がインドまで飛来する可否かは科学的に立証されていない。しかし、アジア地域におけるインドの汚染物質の放出量が上位10に含まれるほど高く深刻な酸性雨問題をもたらす恐れがあるため、本稿の分析に用いている。

記の分析を以下の構成で行う。

先ずⅠ章ではグローバル環境問題の理論的背景を考察し、Ⅱ章では先行研究を参考に、四つのモデルを用いて国際間の所得移転政策の経済的影響を分析する。Ⅲ章は分析結果の政策的含意を考察し、残された課題やこれからの研究方向を示す。

## Ⅰ 理論的背景

地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨などのグローバル環境問題による環境の質の変化は、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ことから、理論的には、環境は通常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、公共財の自発的な供給として分析が行われている<sup>(2)</sup>。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。そのような諸研究を考察してみると、ある特定方向への所得移転を想定しているケースが多い。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している。それによると、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て費用が高くつき、戦略的にも不安定であることが示される。すなわち、旧ソ連が汚染物質の削減のため資源を配分しない場合も存在し、そのとき、フィンランドは排出目標（人類が適応可能な排出レベル）を達成できなくなる。しかし、その場合でも2国間政策協調によ

る潜在的な便益はあるものの、フィンランドから旧ソ連への所得移転がなければ実現不可能であることが示された。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）から発展途上国（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、南への資源の移転はグローバルな環境の質を改善し、受取国での汚染削減の技術が非効率的である場合でさえも、受取国だけではなく提供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<sup>(3)</sup>) は国際公共財が準公共財の性質を持つ場合（国際公共財に対する各国の評価が異なる場合）、所得移転によって提供国の経済厚生が改善され、受取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もあることを示している。

上記の3つの例のように、東アジア地域において酸性雨対策として先進国（日本）から発展途上国（中国）へ所得移転を行った場合、発展途上国の経済厚生は上昇するのであろうか、逆に経済厚生が低下するような場合は起こらないであろうか？すなわち、国際間の所得再配分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合）や先進国の経済厚生においてはプラスに働き、発展途上国ではマイナスに働くトランスファー・パラドックスという現象が起こらないであろうか？本稿ではこの疑問を中国、日本の2国モデルとさらに、韓国を加えた3国モデル、また中国、インド、台湾の3国モデルによって検証を行う。

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

## II モデル

### II. 1 2国モデル：純粋公共財ケース

本節では、第1国（日本）と第2国（中国）からなる2国モデルを考える。酸性雨をもたらす汚染物の削減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）の効用水準は次式のように定式化される。

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

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  $x_i$ 、大気の水質  $G+T$  によって表せる。このとき、 $G$  は人為的な汚染物質の削減によって改善される大気の水質を、 $T$  は自然に浄化される汚染物質を表す。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。

$$U_x^i > 0, \quad U_{G+T}^i > 0 \quad (2)$$

酸性雨問題に逸早く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（ $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ ）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 Helsinki 議定書において、1993年に1980年レベルの30%を削減することへの署名が求められた。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、人類が適応可能な最大の排出レベルを認めている。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、汚染物質の排出削減と消費財の消費は分離可能ではない。したがって、本稿では、現在利用可能な技術を全て行使して達成可能な大気の水質を目標値としている。すなわち、大気の水質が2国による汚染物質の排出削減の合計から消費財の生産に必要な排出レ

ベルを差し引いたものに等しいと想定する。これは、両国の汚染物質の排出削減が大きいほど、あるいは消費財生産に必要な排出レベルが小さいほど大気の水質が改善されることを意味する。その関係を次式のような線形関係で表せることにしよう。

$$G = Z - \sum_{i=1}^2 \alpha_i x_i \quad (3)$$

ここで、 $Z$  は各国の汚染物質の排出削減の合計であり、 $Z = z_1 + z_2$  で表せる。また、 $\alpha_i$  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。このとき、各国の政府は相手国の排出削減量  $z_j$  を所与として、自国の排出削減水準  $z_i$  と消費財消費  $x_i$  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、 $\theta_i$  は第*i*国における1単位当たり排出削減費用（限界削減費用）である。しかし、実際には、汚染物質の限界削減費用は中国と日本で異なっている。すなわち、省エネルギー対策が進んでいる日本の場合、更なる削減の費用はかなり高い。しかし、発展途上国では同じく1単位を減らすための費用は日本に比べ数倍低い（ $\theta_1 > \theta_2$ ）。一方、 $\theta_i$  が排出削減技術を表すパラメータの場合は、日本の方が、中国より優れていることから、 $\theta_1 < \theta_2$  とおくことも出来る。しかし、ここでは国際公共財の外部性による相互依存関係を主に分析の対象とするので、両国の削減費用が同じであると想定する。

本稿では、各国は相手国の排出削減水準を所与として自国の厚生を最大にするような排出削減水準を選ぶというナッシュ的な負担方式を想定する。また、コブ・ダグラス型効用関数とし

て定義する。このとき、各国の政府は自国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質の需要関数を求めることが出来る。

$$\begin{aligned} \max U_i &= a_i \log x_i + b_i \log (G+T) \\ \text{s.t. } w_i &= x_i + \theta_i z_i \end{aligned}$$

上記の最大化問題の1階の条件は

$$\frac{a_i}{x_i} - \left(\alpha_i + \frac{1}{\theta_i}\right) \frac{b_i}{G+T} = 0, \quad i=1,2 \quad (5)$$

となる。以下、簡単化のため  $\theta_i = \theta$ ,  $\alpha_i = \alpha$  と仮定する。2階の条件は効用関数の強準凹性によって満たされる。

このように、2国において酸性雨に対する評価が同じである場合、両国間で所得移転が大気の質、消費財消費、または両国の経済厚生にどのような影響を与えるかを分析する。その際、先進国（日本）から発展途上国（中国）への所得移転の形態としては、通常技術援助、経済援助を考えることが出来る。経済援助の場合、無償で行なわれるか、あるいは市場金利より安く、返済期限が長期のものである。また、技術援助の場合、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いろいろな形式がある。しかし、経済援助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経済援助で補うため、通常技術援助の方が有効とされているが<sup>(4)</sup>、本稿では、所得移転として経済援助を想定している<sup>(5)</sup>。これは、各国の予算制約式の合計と(5)式の1階

の条件を全微分することによって、2国間の所得移転の効果を分析することが出来る。すなわち、次の2式から分析する。

$$\frac{dx_1}{dw_2} = \frac{dx_2}{dw_2} = \frac{dG}{dw_2} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{dz_1}{dw_2} = -\frac{1}{\theta}, \quad \frac{dz_2}{dw_2} = \frac{1}{\theta} \quad (7)$$

ここで、(6)、(7)式は、両国において排出削減の限界費用が等しく、環境が純粋公共財と見なせるならば、均衡では第1国と第2国の環境に対する需要は等しくなることを意味している。すなわち、2国の所得の合計が一定のとき、第1国から第2国への所得移転（ $-dw_1 = dw_2$ ）は、移転国の汚染物質の排出削減費用が減少し、その減少分を受取国が補うため、両国の経済厚生や大気の質という環境に対する需要を変化させない。

これらの式から以下の2点が成立することがわかる。第1に、両国の所得の合計と大気の質の関数として両国の経済厚生  $U_i$  は決定される。第2に、両国の所得の合計は2国間での所得移転によって変化しないため、両国間の所得移転は経済厚生を変化させない。

## II. 2 2国モデル：準公共財ケース

前節では、経済格差が大きい日本と中国において、排出削減費用、また環境の質に対する需要が等しいという非現実的な想定の下で分析した。したがって、本節は、環境の質に対する需要が異なるというより現実的な想定の下で、大

(4) 環境分野の日中2国間協力としては、日中友好環境保全センターに対してプロジェクト方式技術協力を行っている。

外務省経済協力局調査計画課（1996）を参照。

(5) 経済援助の多くの場合、条件きとなっているが、本

稿の基本的な分析結果には影響を与えない。すなわち、所得移転を受取国の排出削減に使うという条件付きの場合、所得移転は  $-\Delta w_1 = \theta \Delta z_2$  で表すことが出来、このような関係式を用いても件付きでない場合と同じ結果を表す。

気の動きから日本で排出された汚染物質は中国に影響を与えないという科学的な事実をも考慮し、前節と同様な分析を行う。すなわち、酸性雨問題に対する両国の評価が異なる場合を考える。地理的・気象的条件から、中国で排出された汚染物質は日本まで飛来し、酸性雨をもたらすものの、日本の汚染物質は中国には影響を与えない。したがって、中国は日本の酸性雨対策からは何ら便益を受けないと想定しよう<sup>(6)</sup>。すなわち、環境が日本（第1国）においては純粋公共財であるが、中国（第2国）においては私的財であると仮定する。この想定の下で、以下では日本から中国への所得移転による2国の経済厚生への影響を分析しよう。このとき、2国の効用関数は、次のように定式化される。

$$U_i = U_i(x_i, G_i + T_i), \quad G_i + T_i > 0, \quad i = 1, 2 \quad (8)$$

ここで、人為的な汚染物質の排出削減は、大気の質に対する2国の評価が異なるため、それぞれ次のように表すことが出来る。

$$\begin{aligned} G_1 &= Z - \sum_{i=1}^2 \alpha_i x_i \\ G_2 &= Z_2 - \alpha_2 x_2 \end{aligned} \quad (9)$$

すなわち、第1国は、2国の消費財生産と汚染物質の排出削減によって表すことが出来るのに対して、第2国は自国の汚染物質の排出削減と消費財生産に必要な排出量の差を大気の質として評価することを意味する。このとき、純粋公共財ケースと同じように単純化のため、両国における汚染物質の排出削減費用を等しいと仮定しよう（ $\theta_i = 1, \alpha_i = \alpha$ ）。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。

$$\frac{\alpha_i}{x_i} - \left(\alpha_i + \frac{1}{\theta_i}\right) \frac{b_i}{G_i + T_i} = 0, \quad i = 1, 2 \quad (10)$$

国際公共財が準公共財と純粋公共財のように第1国と第2国によって異なって評価される場合、(10)式と2国の予算制約式の合計を用いて両国間における所得移転が経済厚生にどのような影響をもたらすかを分析することが出来る。発展途上国である中国が先進国である日本への所得移転は現実には起こり難いと思われるので、日本から中国への所得移転のみを考えることにしよう。

比較静学分析の結果<sup>(7)</sup>、 $w_1 + w_2$ を一定にする所得移転（ $dw_1 + dw_2 = 0$ ）によって、日本の経済厚生が下がり、中国の経済厚生は改善されるというごく常識的な結果が得られる（表1を参照）。前節で見たように通常、公共財がナッシュ的に供給される場合、外生的な所得の再配分は経済の実質的な厚生を変化させない。それに対して、本節で得られた結果は異なる解釈が必要となる。直観的に言えば、ナッシュ的な負担方式では、中国は日本からの所得移転を汚染物質の削減に投下する誘因を持たず、消費財に配分するであろう。また、排出削減への支出を前提にした条件付き所得移転の場合でも、自国の排出削減への資源配分を減らし、消費財消費の支出を増やす誘因がある。それ故、日本の排出削減水準を所与とした場合、移転による所得再配分は中国の経済厚生を改善させるものの、日本では中国への所得移転によって排出負担の減少が保障されないので、消費財消費が減ることになる。

(6)このような想定は、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（国立環境研究所（1996））。

(7)付録1. 2国モデルを参照。



表1 日本から中国への所得移転

|          | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 日本 (移転国) | 正             | 負              | 負                | 負           |
| 中国 (受取国) | 負             | 正              | 正                | 正           |

### II.3 3国モデル：準公共財ケース1

これまでの2つの分析ケースでは、地理的に近接している韓国の汚染物質の排出は考慮に入られていない。アジア大陸と日本間の大気汚染物質の分布をみると、酸性雨をもたらす $SO_2$ については韓国の影響が最も大きく、非海塩性硫酸塩は中国の影響が大きいとされている。また、中国からの汚染物質は日本より韓国への影響が大きい。それ故、本節では、中国、韓国、日本の3国モデルを用いて、これまでと同様な分析を行う。すなわち、第1国を日本、第2国を韓国、第3国を中国と考え、その3国における酸性雨問題を準公共財として想定し、所得移転による3国の経済厚生への影響を分析する。図1は3国の国際公共財における相互依存関係を示している。アジア地域という地理的、気象的条件によって、中国の二酸化硫黄の排出による酸性雨が韓国、日本にまで国境を越えて影響を与える。しかし、中国は韓国と日本の排出に

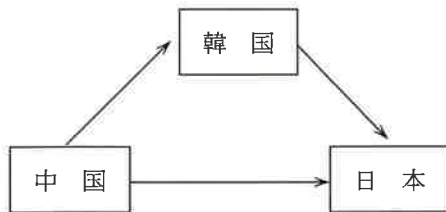


図1 3国の相互依存関係

直接に影響を受けない。それに対して、韓国は中国からの排出に影響を受けながら、日本には影響を与える<sup>(8)</sup>。日本は3国の二酸化硫黄の総排出量に影響を受けるため、3国全体の酸性雨対策費に関心をもっているが、中国は自国の対策費のみに関心がある。また、韓国は日本の対策費には無関心であり、中国と自国の負担にのみ関心を持っている場合を想定している。すなわち、国際公共財が日本においては純粋公共財として、韓国は準公共財として、中国は私的財として捉えられる。

このとき、日本の効用関数は(8)式と同じであるが、韓国と中国の効用関数はそれぞれ以下のように表わされる。

$$U_2 = U_2(x_2, G_2 + T_2), \quad (11)$$

$$U_3 = U_3(x_3, G_3 + T_3), \quad (12)$$

ここで、

$$\begin{aligned} G_1 &= Z - \sum_{i=1}^3 \alpha_i x_i, \quad Z = z_1 + z_2 + z_3 \\ G_2 &= z_2 + z_3 - (\alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3) \\ G_3 &= z_3 - \alpha_3 x_3 \end{aligned} \quad (13)$$

である。これまで同様、 $(\theta_i = 1, \alpha_i = \alpha)$ として考える。各国の最適化行動の結果から得られる1階の条件は、

$$\frac{a_i}{x_i} - (\alpha + 1) \frac{b_i}{G_i + T_i} = 0, \quad i=1,2,3 \quad (14)$$

(8)金(1995)は、韓国の酸性雨発生の62%は国内、33%は中国、0.8%は日本、1.7%は北朝鮮の汚染物質によるものであり、1.9%が自然状態によるものであると報告している。また、韓国日報(1997年9月24日)

は、韓国における酸性雨の12-33%は中国から飛来した汚染物質によるもので、その被害額が1993年1年間で454億から1兆2249億ウォンにのぼるというLG経済研究所朴炳官研究員による研究結果を報じている。

表 2 日本から中国への所得移転

|          | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 日本 (移転国) | 負             | 負              | 負                | 負           |
| 韓国 (第三国) | 不変            | 正              | 正                | 正           |
| 中国 (受取国) | 正             | 正              | 正                | 正           |

の3式で求められる。

さて、(14)の3式と予算制約式を全微分して、3国間の所得移転による経済厚生への影響を分析しよう。ここで、前節と同様の理由により所得移転の方向を日本から中国、日本から韓国、韓国から中国への3通りと仮定する<sup>(9)</sup>。比較静学についての詳細は付録にまとめることにし、以下では結果だけを述べることにする(表2参照)。

#### ケース1：日本から中国への所得移転

まず、日本から中国への所得移転の場合については、日本の経済厚生は低下するものの、所得受取国である中国と第三国である韓国の経済厚生は改善されるという常識的な結果が得られる。第三国である韓国の経済厚生が改善されるのは、韓国に無関係な日本が中国へ所得移転を行なうことによって、中国の消費財消費、汚染

物質の排出削減の両方が増加されることによる外部効果として考えられる。

#### ケース2：日本から韓国への所得移転

それに対して、日本が韓国へ所得移転を行った場合は、日本の経済厚生は低下し、韓国の経済厚生のみが改善される(表3参照)。第三国である中国の経済厚生は両国間の所得移転によって変化しない。これは、中国は日本と韓国間の公共財供給からは何ら便益を受けないことによるものである。

#### ケース3：韓国から中国への所得移転

韓国から中国への所得移転が行われた場合、韓国と第三国である日本の経済厚生は低下し、所得受取国である中国の経済厚生は改善される(表4参照)。第三国である日本の経済厚生が低下する理由として考えられるのは、韓国から中

表 3 日本から韓国への所得移転

|          | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 日本 (移転国) | 負             | 負              | 負                | 負           |
| 韓国 (受取国) | 正             | 正              | 正                | 正           |
| 中国 (第三国) | 不変            | 不変             | 不変               | 不変          |

表 4 韓国から中国への所得移転

|          | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 日本 (第三国) | 不変            | 負              | 負                | 負           |
| 韓国 (移転国) | 負             | 負              | 負                | 負           |
| 中国 (受取国) | 正             | 正              | 正                | 正           |

(9)付録2.3国モデルのケース1.2.3を参照。

国への所得移転が、中国の消費財消費を増加させ、それに伴って汚染物質の排出が増加することによる外部効果と韓国における公共財負担の減少によるものである。すなわち、中国の公共財負担の増加が韓国の所得移転による公共財負担の減少分を相殺するほど大きくないことを示唆する。

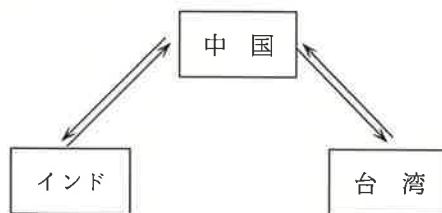


図2 3国の相互依存関係

## II.4 3国モデル：準公共財ケース2

以上で見たように、前節での中国、韓国、日本の3国モデルでは、所得移転国の経済厚生は必ず低下し、所得受取国の経済厚生は改善されるという常識的な結果が得られた。しかし、中国、インド、台湾の3国は、地理的・気象的条件のため本節での3国と異なる相互依存関係下にあり、それらの国々については前節の結果をそのまま適用することはできない。したがって、本節では、井堀（1992）の国際準公共財についての分析を中国、台湾、インドの3国における酸性雨問題に応用し、前節同様、国際間の所得移転の経済的影響を分析しよう。井堀（1992）は防衛費という国際準公共財の供給に対する各国の外部経済への評価を二つのタイプの相互依存関係によって分析している。その中で、ドイツ、アメリカ、日本の3国の依存関係を借りて、東アジア地域における酸性雨問題に適用してみよう。すなわち、中国、インド、台湾の3国は、地理的・気象的条件のため図2で示すような依存関係があると想定する。中国は3国全体の酸性雨対策費に関心を持っているが、台湾とインドの場合、直接には互いに影響を与えないため台湾は自国と中国の対策費のみに、インドは台湾の対策費には無関心であり自国と中国の負担にのみ関心を持っていると考えられる。このよ

うな中国（第1国）、インド（第2国）、台湾（第3国）の3国において、酸性雨対策として所得移転が行われる場合、各国の経済厚生への影響を分析しよう。

このとき、中国の効用関数は(8)式、インドと台湾の効用関数は3節と同じように示される。但し、

$$\begin{aligned} G_1 &= Z - \sum_{i=1}^3 \alpha_i x_i, \quad Z = z_1 + z_2 + z_3 \\ G_2 &= z_1 + z_2 - (\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2) \\ G_3 &= z_1 + z_3 - (\alpha_1 x_1 + \alpha_3 x_3) \end{aligned} \quad (15)$$

である。これまで同様、 $(\theta_i = 1, \alpha_i = \alpha)$ として考える。各国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求められる。

$$\frac{a_i}{x_i} - (\alpha + 1) \frac{b_i}{G_i + T_i} = 0, \quad i = 1, 2, 3 \quad (16)$$

さて、(16)の3式と予算制約式を全微分して、3国の間の所得移転による各国の経済厚生への影響を分析しよう<sup>(10)</sup>。ここで、所得移転は中国とインド、中国と台湾、インドと台湾間で行われると想定し、最初に中国からインドへの所得移転を考える。

### ケース1：中国からインドへの所得移転

この場合、各国の国際（準）公共財に対する効用が高ければ、提供国である中国の経済厚生

(10) 付録3.3国モデルのケース1.2.3を参照。



表 5 中国からインドへの所得移転

|           | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|-----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 中 国 (移転国) | 負             | 正              | 正                | 正           |
| インド (受取国) | 正             | 負              | 負                | 負           |
| 台 湾 (第三国) | 不変            | 負              | 負                | 負           |

を改善させ、受取国であるインドと第三国である台湾の経済厚生は低下させるというパラドシカルな結果が得られる (表 5 参照)。すなわち、台湾の酸性雨対策費を一定とした場合、中国、インドの 2 国とも両国の酸性雨対策費の合計に関心を持つため中国からインドへの所得移転は中立である。それに対して、台湾においては両国の酸性雨対策費に対する評価が異なる。すなわち、台湾はインドの対策費の増加によって何ら便益を受けないため、中国の酸性雨対策の縮小分を補う必要があり、それによって台湾の経済厚生は低下される。また、台湾の支出の増加による外部効果を受け、中国はさらに対策費を減らし、中国の経済厚生は上昇する。しかし、インドは中国の対策費の減少分を埋め合わせなければならないため、所得受取国であるにも関わらずインドの経済厚生は低下することになる。

#### ケース 2 : 中国から台湾への所得移転

中国から台湾への所得移転の場合、中国とインドの間での所得移転と同じ結果が得られる (表 6 参照)。すなわち、所得移転国である中国の経済厚生は改善され、台湾と第三国であるインドの経済厚生は低下する。しかし、この方向への所得移転は現在の両国の政治的・経済的状况を考慮すると非現実的であるため異なる解釈を必要とする。この場合、中国の対策費の削減は第三国であるインドの対策費の増加を招き、インドの経済厚生を低下させる。中国はインドの対策費の増加による外部効果を受け、さらに対策費を減らし、インドのみではなく台湾の経済厚生も低下する。

#### ケース 3 : 台湾からインドへの所得移転

台湾とインドの間での所得移転は、両国の国際準公共財に対する選好の相対的な大きさに依存する (表 7 参照)。すなわち、中国の対策費

表 6 中国から台湾への所得移転

|           | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|-----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 中 国 (移転国) | 負             | 正              | 正                | 正           |
| インド (第三国) | 不変            | 負              | 負                | 負           |
| 台 湾 (受取国) | 正             | 負              | 負                | 負           |

表 7 台湾からインドへの所得移転

|           | 所得移転 ( $dw$ ) | 消費財消費 ( $dx$ ) | 汚染物質の削減 ( $dG$ ) | 効用 ( $dU$ ) |
|-----------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| 中 国 (第三国) | 不変            | 負              | 負                | 負           |
| インド (受取国) | 正             | 正              | 正                | 正           |
| 台 湾 (移転国) | 負             | 負              | 負                | 負           |

を所与とした場合、直接的相互依存関係がないインドと台湾の間では、両国における環境に対する選好の差がゼロに近いほど小さければ、台湾からインドへの所得移転によって、台湾の経済厚生は低下し、インドの経済厚生は上昇する。しかし、第三国である中国の経済厚生は変化しない。

一方、両国の環境に対する選好の差が大きく、さらに台湾の環境に対する選好がインドのそれよりも大きければ、この方向への所得移転は、両国の経済厚生を上昇させるというパラドクシカルな結果をもたらす。すなわち、台湾の環境に対する選好がインドのそれよりも大きいと前提した場合、台湾からインドへの所得移転によって、台湾の経済厚生は低下し、インドの経済厚生は上昇する。それに伴って、インドの対策費は増え、台湾の対策費は減る。しかし、両国の環境に対する選好についての前提により、両国の総対策費は減少することになる。それによって、第三国である中国はネットの減少分を埋め合わせなければならない、中国の経済厚生は低下する。このときの中国による対策費の増加はインド、台湾の両方にとってプラスの影響をもたらす。

以上の分析結果をまとめると、インドと台湾のように相互依存関係がない国の間で、環境に対する選好が大きい国から小さい国への所得移転は、受取国のみではなく移転国の経済厚生を上昇させるという結果が得られた。また、その逆の方向への所得移転は両国の経済厚生を低下させることが示される。この場合、中国の経済厚生は所得移転の方向と両国の国際準公共財への選好の差に依存して決まる。すなわち、所得移転の当事国は経済厚生が改善されるため、環

境に対する選好が大きい国から小さい国への所得移転による国際準公共財の自発的供給へのインセンティブがある。しかし、所得移転当事国の経済厚生が上昇するようなケースでは、第三国である中国の経済厚生が低下するため、中国においては国際準公共財の供給における協調が望まれることが示唆される。

### Ⅲ 酸性雨対策としての所得移転の政策的含意

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。本稿でのようなナッシュ的な国際公共財の負担方式を前提とすると、純粋公共財の場合は、国際間の所得再配分は実質的な経済厚生の変化をもたらさない。すなわち、公共財の中立命題が成立する<sup>(11)</sup>。しかし、本稿で扱っている酸性雨問題の場合、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。例えば、東アジア地域における中国、韓国、日本の3国は経済指標のみではなく、酸性雨による被害の程度も異なる。このような場合は、準公共財の概念を用いる方が適切である。準公共財概念を用いた本稿の分析から、所得移転国の経済厚生が低下し、所得受取国の経済厚生は改善されるという常識的な結果を得ている。すなわち、東アジア地域における国際公共財の供給において、先進国が自発的に発展途上国へ所得移転を行うインセンティブはなく、各国の協調が無ければ酸性雨問題を解決できないことが示された。

それに対して、中国、インド、台湾の3国の場合、直接的相互依存関係がない国の間で所得

(11) 公共財の中立命題については、Warr (1983) を参照。

移転が行われる場合、環境に対する選好が大きい国から小さい国への所得移転は、受取国のみではなく移転国の経済厚生を上昇させるというパラドクシカルな結果が生じることが示される。それ故、所得移転の当事国は所得移転による国際準公共財の自発的供給へのインセンティブがある。しかし、第三国である中国の場合、両国の経済厚生が増加するようなケースでの所得移転では自国の経済厚生が低下するため、国際準公共財の供給における協調を必要とすることが示唆される。東アジア地域の酸性雨問題の行方を表8の中国の動向から見てみよう。

アジア地域における人為起源の汚染物資の放出量を表している表8を見てみると、中国、日本、インド、韓国、フィリピン、台湾の6カ国によるSO<sub>2</sub>の排出量がこの地域の排出量の90%を占めている。さらに、そのうちの約60%が中国によるものであるという状況から、この地域における環境問題の行方は中国の動向に大きく影響されることが分かる。また、NO<sub>x</sub>の場合でも、中国、日本、インドの3国がアジア地域の総排出量のうち80%を占め、中国はその40%を排出している。また、この地域の多くの国は汚染物質の排出の増加傾向を示しているのに対して、日本のSO<sub>2</sub>の排出量は1987年に1975年の約3分の1に減っている。以上の現状から台湾、インド間での国際準公共財の自発的供給へのインセンティブがあったとしても、中国の政策決定が東アジア諸国に大きく影響するため、中国を含む国際的な政策協調の必要性を示す結果は酸性雨問題の解決において大きな意義を持つであろう。また、酸性雨問題が現実の問題であることを踏まえると、中国、韓国、日本の3国が最も実現可能性の高い所得移転の想定である。

そのような想定で得られた結果から、この地域の酸性雨問題を解決するためには各国による協調が必要であることが確認された。

酸性雨問題を含む複数の国が関わる環境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。現状で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になる。しかしながら、東アジア地域において、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、発展段階が異なる国において政策実施における優先順位が異なるのは当然であるからである。実際、中国は経済発展を優先しているため、環境対策の現段階で実施することを望むのは無理がある。それゆえ、中国が汚染物質の排出を削減しなければ、韓国、日本が被る損害額を中国に所得移転し、排出を削減してもらう方法しか残されていない。しかし、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、必ずしも中国が排出削減への資源配分を増やすという保障がないため、逆に被害が大きくなる恐れがある。すなわち、本稿での分析によって国際公共財の負担には各国の協調が必要であることが明らかにされたことは政策的に意義があると思われる。しかし、各国が負担水準を非協力的に決めるとする分析方法は非現実的であるかもしれない。また、本稿は所得移転の財源を税金としているものの、明示的にはモデルに組み込んでいない<sup>(12)</sup>。

本稿での分析方法に残されている課題は、協力ゲームを用いて、各国の負担分を決めるというアプローチであるが、それは将来の研究課題とする。また、本稿で分析した酸性雨問題は被

(12) 所得移転のための新たな財源調達が困難な場合、所得移転に必要な最小限の課税水準を導いている分析も

ある。それについては、Falkinger (1996) を参照。

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

表8 アジアにおける人為起源 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> の国別放出量

|        |     | SO <sub>2</sub> (GgSyr <sup>-1</sup> ) |                 |                 | NO <sub>x</sub> (GgSyr <sup>-1</sup> ) |                 |                 |
|--------|-----|--|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|
|        |     | 1975<br>(%)                            | 1980<br>(%)     | 1987<br>(%)     | 1975<br>(%)                            | 1980<br>(%)     | 1987<br>(%)     |
| 中      | 国   | 5088<br>(55.83)                        | 6686<br>(58.56) | 9995<br>(68.98) | 1134<br>(39.69)                        | 1493<br>(43.21) | 2243<br>(47.60) |
| 台      | 湾   | 304<br>(3.34)                          | 518<br>(4.54)   | 302<br>(2.08)   | 37.8<br>(1.32)                         | 68.4<br>(1.98)  | 98.8<br>(2.10)  |
| 香      | 港   | 54.5<br>(0.60)                         | 83<br>(0.73)    | 75<br>(0.52)    | 15.4<br>(0.54)                         | 20.5<br>(0.59)  | 40.7<br>(0.86)  |
| イ      | ン ド | 826<br>(9.06)                          | 1005<br>(8.80)  | 1537<br>(10.61) | 420<br>(14.70)                         | 509<br>(14.73)  | 778<br>(16.51)  |
| インドネシア |     | 100<br>(1.10)                          | 165<br>(1.45)   | 243<br>(1.68)   | 101<br>(3.54)                          | 142<br>(4.11)   | 194<br>(4.12)   |
| 日      | 本   | 1228<br>(13.48)                        | 720<br>(6.31)   | 493<br>(3.40)   | 709<br>(24.82)                         | 649<br>(18.78)  | 589<br>(12.50)  |
| 北      | 朝 鮮 | 117<br>(1.28)                          | 136<br>(1.19)   | 166<br>(1.15)   | 98.8<br>(3.46)                         | 117<br>(3.39)   | 143<br>(3.03)   |
| 韓      | 国   | 580<br>(6.36)                          | 959<br>(8.40)   | 647<br>(4.47)   | 86.9<br>(2.34)                         | 111<br>(3.21)   | 169<br>(3.59)   |
| マレーシア  |     | 96.7<br>(1.06)                         | 136<br>(1.19)   | 131<br>(0.90)   | 27.4<br>(0.96)                         | 38.3<br>(1.11)  | 54<br>(1.15)    |
| モンゴル   |     | 19.4<br>(0.21)                         | 32.6<br>(0.29)  | 50.3<br>(0.35)  | 9.4<br>(0.33)                          | 15<br>(0.43)    | 21.9<br>(0.46)  |
| パキスタン  |     | 73.9<br>(0.81)                         | 99.2<br>(0.87)  | 191<br>(1.32)   | 30.6<br>(1.07)                         | 49.8<br>(1.44)  | 70.3<br>(1.49)  |
| フィリピン  |     | 404<br>(4.43)                          | 521<br>(4.56)   | 185<br>(1.28)   | 52.4<br>(1.83)                         | 55.9<br>(1.62)  | 55.9<br>(1.19)  |
| シンガポール |     | 42.3<br>(0.46)                         | 61.2<br>(0.54)  | 77.5<br>(0.53)  | 13.2<br>(0.46)                         | 20.5<br>(0.59)  | 26.8<br>(0.57)  |
| タ      | イ   | 112<br>(1.23)                          | 210<br>(1.84)   | 306<br>(2.11)   | 55.3<br>(1.94)                         | 76.8<br>(2.22)  | 117<br>(2.48)   |
| ベトナム   |     | 20.2<br>(0.22)                         | 17<br>(0.15)    | 19.5<br>(0.13)  | 36.5<br>(1.28)                         | 26.9<br>(0.78)  | 30.3<br>(0.64)  |
| 合 計    |     | 9113                                   | 11418           | 14489           | 2857                                   | 3455            | 4712            |

注) アジア25カ国の内、上位15カ国のみを示している。  
出所) 秋元肇 (1995)、「酸性雨」『地球環境経済論上』、慶応義塾大学経済学部環境プロジェクト編。

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。最終的には、そのような地球温暖化問題における政策協調の実現可能性を、協力アプローチで国際公共財の最適な供給量を検討することを目指したい。

## 付 録

### 1. 2国モデル：準公共財ケース

体系は(4), (10)式の2式で与えられ、この3式によって環境の質に対する需要 $G_i$ ,  $i=1, 2$ が決まる。先ず、3式を全微分すると、

$$\begin{bmatrix} \frac{a_1+b_1}{b_1} & \frac{a_2}{b_2} \\ 0 & \frac{a_2+b_2}{b_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dG_1 \\ dG_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} dw_1 + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} dw_2 \quad (\text{A-1})$$

行列式で表せる。ここで、左辺の行列式の値を $\Delta$ とおくと、

$$\Delta = \frac{(a_1+b_1)(a_2+b_2)}{b_1 b_2} > 0$$

である。

さて、第1国（日本）が第2国（中国）へ所得移転を行う場合を考えよう。 $dw_1+dw_2=0$  ケースの場合、(A-1) 式より、次の2式が求まる。

$$\frac{dG_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta} \left[ -\frac{a_2}{b_2} \right] < 0 \quad (\text{A-2})$$

$$\frac{dG_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta} \left[ \frac{a_1+b_1}{b_1} \right] > 0 \quad (\text{A-3})$$

ここでは、日本から中国への所得移転のみを考える。すなわち、 $dw_2 > 0$  ( $dw_1 < 0$ ) である。このとき、 $dG_1 < 0$ ,  $dG_2 > 0$  である。

また、消費財の消費は次式のような関係を示す。

$$\frac{dx_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta} \left[ -\frac{a_1 a_2}{b_1 b_2 (\alpha + 1)} \right] < 0 \quad (\text{A-4})$$

$$\frac{dx_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta} \left[ \frac{a_2 (a_1 + b_1)}{b_1 b_2 (\alpha + 1)} \right] > 0 \quad (\text{A-5})$$

すなわち、 $dx_1 < 0$ ,  $dx_2 > 0$  である。

### 2. 3国モデル：準公共財ケース 1

(14)の3式と予算制約式を全微分すると、次のような行列式が得られる。

$$\begin{bmatrix} \frac{a_1+b_1}{b_1} & \frac{a_2}{b_2} & \frac{a_3}{b_3} \\ 0 & \frac{a_2+b_2}{b_2} & \frac{a_3}{b_3} \\ 0 & 0 & \frac{a_3+b_3}{b_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dG_1 \\ dG_2 \\ dG_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} dw_1 + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} dw_2 + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} dw_3 \quad (\text{A-6})$$

左辺の行列式の値を $\Delta^*$ とおくと、

$$\Delta^* = \frac{(a_1+b_1)(a_2+b_2)(a_3+b_3)}{b_1 b_2 b_3} > 0$$

である。このとき、日本から中国、日本から韓国、韓国から中国の三つのケースを分析する。

#### ケース 1：日本から中国への所得移転

日本から中国への所得移転は $dw_1+dw_3=0$ で示され、(A-6) 式より、次の3式が得られる。

$$\frac{dG_1}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_2 b_3 + a_3 (a_2 + b_2)}{b_2 b_3} \right] < 0 \quad (\text{A-5})$$

$$\frac{dG_2}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{a_1 + b_1}{b_1} \right] > 0 \quad (\text{A-6})$$



$$\frac{dG_3}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{(a_1+b_1)(a_2+b_2)}{b_1b_2} \right] > 0 \quad (\text{A-7})$$

すなわち、 $dw_3 > 0$  ( $dw_1 < 0$ ) であれば、 $dG_1 < 0$ ,  $dG_2 > 0$ ,  $dG_3 > 0$ , となり、所得移転国の大気質は悪化し、所得受取国と第三国（ここでは、韓国）の大気質は改善される。

このとき、消費財の消費は

$$\frac{dx_1}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_1 \{ a_2 b_3 + a_3 (a_2 + b_2) \}}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] < 0 \quad (\text{A-8})$$

$$\frac{dx_2}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{a_2 (a_1 + b_1)}{b_1 b_2 (\alpha + 1)} \right] > 0 \quad (\text{A-9})$$

$$\frac{dx_3}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{a_3 (a_1 + b_1) (a_2 + b_2)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] > 0 \quad (\text{A-10})$$

となり、 $dx_1 < 0$ ,  $dx_2 > 0$ ,  $dx_3 > 0$ を示す。

**ケース 2：**日本から韓国への所得移転

ケース 1 同様に ( $dw_1 + dw_2 = 0$ )、(A-6) 式より次のような関係式を得られる。

$$\frac{dG_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_2 (a_3 + b_3)}{b_2 b_3} \right] < 0 \quad (\text{A-11})$$

$$\frac{dG_3}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{(a_1 + b_1) (a_3 + b_3)}{b_1 b_3} \right] > 0 \quad (\text{A-12})$$

$$\frac{dG_3}{dw_2} = 0 \quad (\text{A-13})$$

$dw_2 > 0$  ( $dw_1 < 0$ ) であれば、 $dG_1 < 0$ ,  $dG_2 > 0$ ,  $dG_3 = 0$ , となり、所得移転国の大気質は悪化し、所得受取国の大気質は改善される。しかし、第三国（ここでは、中国）における大気質の変化はない。また、消費財消費は

$$\frac{dx_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_1 a_2 (a_3 + b_3)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] < 0 \quad (\text{A-14})$$

$$\frac{dx_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{a_2 (a_1 + b_1) (a_3 + b_3)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] > 0 \quad (\text{A-15})$$

$$\frac{dx_3}{dw_2} = 0 \quad (\text{A-16})$$

となり、 $dx_1 < 0$ ,  $dx_2 > 0$ ,  $dx_3 = 0$ を示す。

**ケース 3：**韓国から中国への所得移転

最後に、 $dw_2 + dw_3 = 0$  のケースを考える。

(A-6) 式より次の 3 式を得る。

$$\frac{dG_1}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_3 b_2}{b_2 b_3} \right] < 0 \quad (\text{A-17})$$

$$\frac{dG_2}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_3 (a_1 + b_1)}{b_1} \right] < 0 \quad (\text{A-18})$$

$$\frac{dG_3}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{(a_1 + b_1) (a_2 + b_2)}{b_1 b_2} \right] > 0 \quad (\text{A-19})$$

すなわち、 $dw_3 > 0$  ( $dw_2 < 0$ ) であれば、 $dG_1 < 0$ ,  $dG_2 < 0$ ,  $dG_3 > 0$  となり、所得移転国と第三国（ここでは、日本）の大気質は悪化し、所得受取国の大気質は改善される。

このとき、消費財の消費は

$$\frac{dx_1}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_1 a_3 b_2}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] < 0 \quad (\text{A-20})$$

$$\frac{dx_2}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ -\frac{a_2 a_3 (a_1 + b_1)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] < 0 \quad (\text{A-21})$$

$$\frac{dx_3}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^*} \left[ \frac{a_3 (a_1 + b_1) (a_2 + b_2)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha + 1)} \right] > 0 \quad (\text{A-22})$$

となり、 $dx_1 < 0$ ,  $dx_2 < 0$ ,  $dx_3 > 0$ を示す。

### 3. 3 国モデル：準公共財ケース 2

(16) の 3 式と予算制約式を全微分すると、次のような行列式が得られる。

$$\begin{bmatrix} \frac{a_1+b_1}{b_1} & \frac{a_2}{b_2} & \frac{a_3}{b_3} \\ \frac{a_1}{b_1} & \frac{a_2+b_2}{b_2} & 0 \\ \frac{a_1}{b_1} & 0 & \frac{a_3+b_3}{b_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dG_1 \\ dG_2 \\ dG_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} dw_1 + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} dw_2 + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} dw_3 \quad (\text{A-23})$$

左辺の行列式の値を $\Delta^{**}$ とくと、

$$\Delta^{**} = \frac{1}{b_1 b_2 b_3} [(a_1+b_1)(a_2+b_2)(a_3+b_3) - a_1 \{ a_2(a_3+b_3) + a_3(a_2+b_2) \}]$$

である。ここで、 $\Delta^{**}$ は $a_1 \{ a_2(a_2+b_2) + a_3(a_3+b_3) \} < (a_1+b_1)(a_2+b_2)(a_3+b_3)$  であれば、 $\Delta^{**} > 0$ である。すなわち、

$$\begin{cases} 0 < a_i < 1, \\ 0 < b_i < 1, & i=1,2,3 \\ a_i + b_i = 1 \end{cases}$$

のとき、3国における環境の質への効用が高い( $b_i > 0.5$ )である場合を意味する。

**ケース1**：中国からインドへの所得移転

(A-23) 式より、次の3式が得られる ( $dw_1 + dw_2 = 0$ )。

$$\frac{dG_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{a_3(a_2+b_2)}{b_2 b_3} \right] > 0 \quad (\text{A-24})$$

$$\frac{dG_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ -\frac{a_1 b_3}{b_1 b_3} \right] < 0 \quad (\text{A-25})$$

$$\frac{dG_3}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{(a_1+b_1)(a_2+b_2) - a_1 a_2}{b_1 b_2} \right] < 0 \quad (\text{A-26})$$

すなわち、 $dw_2 > 0$  ( $dw_1 < 0$ ) であれば、 $dG_1 > 0$ ,  $dG_2 < 0$ ,  $dG_3 < 0$ , となり、所得受取国と第3国(ここでは、台湾)の大気の質は悪化し、

所得移転国の大気は改善される。

このとき、消費財の消費は

$$\frac{dx_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{a_1 a_3 (a_2+b_2)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha+1)} \right] > 0 \quad (\text{A-27})$$

$$\frac{dx_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ -\frac{a_1 a_2 a_3}{b_1 b_2 b_3 (\alpha+1)} \right] < 0 \quad (\text{A-28})$$

$$\frac{dx_3}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{a_3 \{ (a_1+b_1)(a_2+b_2) - a_1 a_2 \}}{b_1 b_2 b_3 (\alpha+1)} \right] < 0 \quad (\text{A-30})$$

となり、 $dx_1 > 0$ ,  $dx_2 < 0$ ,  $dx_3 < 0$ を示す。

**ケース2**：中国から台湾への所得移転

ケース1同様に ( $dw_1 + dw_3 = 0$ )、(A-23)

式より次のような関係式を得られる。

$$\frac{dG_1}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{a_2(a_3+b_3)}{b_2 b_3} \right] > 0 \quad (\text{A-31})$$

$$\frac{dG_2}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{-(a_1+b_1)(a_2+b_2) + a_1 a_3}{b_1 b_3} \right] < 0 \quad (\text{A-32})$$

$$\frac{dG_3}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ -\frac{a_1 b_2}{b_1 b_2} \right] < 0 \quad (\text{A-33})$$

$dw_3 > 0$  ( $dw_1 < 0$ ) であれば、 $dG_1 > 0$ ,  $dG_2 < 0$ ,  $dG_3 < 0$  となり、所得受取国と第三国(ここでは、インド)の大気は悪化し、所得移転国の大気は改善される。また、消費財消費は

$$\frac{dx_1}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{a_1 a_2 (a_3+b_3)}{b_1 b_2 b_3 (\alpha+1)} \right] > 0 \quad (\text{A-44})$$

$$\frac{dx_2}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ \frac{a_2 \{ -(a_1+b_1)(a_3+b_3) + a_1 a_3 \}}{b_1 b_2 b_3 (\alpha+1)} \right] < 0 \quad (\text{A-45})$$

$$\frac{dx_3}{dw_3} = \frac{1}{\Delta^{**}} \left[ -\frac{a_1 a_2 a_3}{b_1 b_2 b_3 (\alpha+1)} \right] < 0 \quad (\text{A-46})$$

となり、 $dx_1 > 0$ ,  $dx_2 < 0$ ,  $dx_3 < 0$ を示す。

**ケース3**：台湾からインドへの所得移転

最後に、 $dw_2 + dw_3 = 0$ のケースを考える。

(A-23) 式より次の3式を得る。

$$\frac{dG_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \cdot \left[ \frac{-a_2(a_3+b_3)+a_3(a_2+b_2)}{b_2b_3} \right] = 0 \quad (\text{A-47})$$

$$\frac{dG_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \cdot \left[ \frac{(a_1+b_1)(a_2+b_2) - 2a_1a_3}{b_1b_3} \right] > 0 \quad (\text{A-48})$$

$$\frac{dG_3}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \cdot \left[ \frac{-(a_1+b_1)(a_2+b_2) + 2a_1a_2}{b_1b_2} \right] < 0 \quad (\text{A-49})$$

すなわち、 $a_2 = a_3$ 、 $dw_2 > 0$  ( $dw_3 < 0$ ) であれば、 $dG_1 = 0$ 、 $dG_2 > 0$ 、 $dG_3 < 0$  となり、所得移転国の大気の質は悪化し、所得受取国の大気の質は改善される。第三国（ここでは、中国）は変化しない。

このとき、消費財の消費は

$$\frac{dx_1}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \cdot \left[ \frac{a_1 \{ -a_2(a_3+b_3) + a_3(a_2+b_2) \}}{b_1b_2b_3(\alpha+1)} \right] = 0 \quad (\text{A-50})$$

$$\frac{dx_2}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \cdot \left[ \frac{a_2 \{ (a_1+b_1)(a_3+b_3) - 2a_1a_3 \}}{b_1b_2b_3(\alpha+1)} \right] > 0 \quad (\text{A-51})$$

$$\frac{dx_3}{dw_2} = \frac{1}{\Delta^*} \cdot \left[ \frac{a_3 \{ -(a_1+b_1)(a_2+b_2) + 2a_1a_2 \}}{b_1b_2b_3(\alpha+1)} \right] < 0 \quad (\text{A-52})$$

となり、 $dx_1 = 0$ 、 $dx_2 > 0$ 、 $dx_3 < 0$  を示す。

## 参考文献

- Andreoni, J. (1988), "Privately provided public goods in a large economy: The limits of altruism", *Journal of Public Economics* 35, 57-73.
- Andreoni, J. (1989), "Giving with impure altruism: Applications to charity and Ricardian equivalence", *Journal of Political Economy* 97, 1447-1459.
- 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.
- Cornes, R. and T. Sandler (1994), "The comparative static properties of the impure good model", *Journal of Public Economics* 54, 403-421.
- Falkinger, J. (1996), "Efficient private provision of public goods by rewarding deviations from average", *Journal of Public Economics* 62, 413-422.
- Ihori, T. (1992), "Impure public goods and contribution productivity differentials", *Journal of Public Economics* 48, 385-401.
- Ihori, T. (1996), "International public goods and transfers in a three-agent model", *Journal of Public Economics* 48, 385-401.
- 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.
- Niho, Y. (1996), "Effects of an international income transfer on the global environmental quality", *Japan and the World Economy* 8, 401-410.
- 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.
- Warr, P.G. (1983), "The private provision of a public good is independent of the distribution of income", *Economics Letters* 13, 207-211.

- 12) Varian, H. R. (1992), Microeconomic Analysis, 3rd ed., New York, W. W. Norton.
- 13) 秋元肇 (1995)、「酸性雨」『地球環境経済論上』、慶応義塾大学経済学部 環境プロジェクト編。
- 14) 井堀利宏 (1991)、『経済大国日・米の財政政策』、東洋経済新報社。
- 15) 金チョンシキ (1995)、「東アジア地域における大気環境協力体制の構築方案」、東アジア環境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。
- 16) 国立環境研究所 (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』、環境庁地球環境研究総合推進費終了研究報告書。

