

<論 説>

国際的移転が環境水準に与える効果について

吉 岡 忠 昭

1. はじめに

近年、地球環境は国際的な公共財と見なされるようになり、国際的な環境問題に関連する経済協力・援助は、単に国際協調という点だけでなく、その効果を戦略的¹⁾な観点から経済学的に再検討する必要があるように思われる。本稿では、経済援助の手段として初期資源の移転あるいは生産された財の移転を取り上げ、公共財を含む簡潔な経済モデルを用いて、それぞれの移転の増加が送る国と受け取る国の社会的厚生にあたえる影響を調べ、どちらの移転の増加が経済学的に効果的であるかを明らかにしようとするものである。

理論モデルでは、国際的な移転は、多くの場合、ある国の初期資源の一部が他国に移動することで表現される。直感的には、移転を増加すると、送る国の社会的厚生は低下し、受け取る国のそれは上昇する、と考えられる。このような直感的な結論が成り立つ条件は Samuelson (1952, 1954) によって明らかにされていて、Chipman (1974) に詳しく説明されている。理論的には、移転を増やすとき、このような直感的な結論が必ずしも成り立つものではなく、受け取る国だけでなく送る国も社会的厚生が上昇するというパラドックスが生じたり、送る国の社会的厚生が上昇し受け取る国のそれが低下するという強いパラドックスなどが生じる可能性がある。

直感的な結論が必ずしも成り立たない一つのケースとしては、国際的な公共財が存在するような経済がある。公共財のある簡潔な経済モデルを用いて、Warr (1983) は初期資源の移転の変動が双方の国の社会的厚生に影響を与えないことを示した。この結果は、移転の中立性と呼ばれ、Kemp (1984), Bergstrom and Varian (1985) や Bergstrom, Blume and Varian (1986) あるいはこれらに続く文献において詳しく調べられている。

環境水準を国際的な公共財とみなす経済モデルにおいて、吉岡 (2006) では、移転の手段として生産された財を用いて、その移転の増加によって受け取る国と送る国の社会的厚生がともに改善する条件を調べた。それに続き、本稿では経済モデルをさらに単純化して、生産された財の移転と初期資源の移転のどちらが双方の国の社会的厚生により影響を与えるのかを分析する。

本稿の構成は以下のようなものである。次の第2節で、国際的公共財を含む簡潔な自国と外国の二国モデルを導入し、二国間における初期資源の移転と生産された財の移転について説明する。ここ

では、このモデルにおける財の生産技術や汚染物質の除去技術についての基本的な仮定が説明される。第 3 節では、まず、3.1 で二国の戦略的な関係をナッシュ均衡に限定して第 2 節のモデルから均衡解を導出する。これにもとづいて 3.2 では、自国で生産された財を外国への移転の手段として移転の増加が自国と外国の社会的厚生をパレートの意味で改善する条件を求める。同様のパレート改善という結果を初期資源を移転の手段とするケースで検討するのが 3.3 である。つづいて、3.4 では、これら 3.2 と 3.3 の考察で明らかになった条件を前提として、初期資源の移転の増加よりも生産された財の移転の増加が双方の国の社会的厚生を改善するような条件を求める。この条件は、ごく限られた場合でしか成立しないものではなく、モデルのパラメータを用いて表現される、ある程度十分な意味のある範囲を示す条件となるであろう。最後の第 4 節では、本稿の分析についての若干の注意点などについて述べる。

2. モ デ ル

自国である第 1 国と外国である第 2 国があり、それぞれの国の社会的厚生関数を

$$u_1(x_1, z) = \sqrt{x_1} + \sqrt{z} \quad (1)$$

$$u_2(x_2, z) = \sqrt{x_2} + \sqrt{z} \quad (2)$$

であるものとする。ここで、 x_1 は自国における財の消費量、 x_2 は外国における財の消費量を示し、共通な独立変数である z は二国間の公共財としての地球環境の水準を表す指標である。この指標が大きいほど地球環境は良好となる。

自国は ω_1 の量の初期資源を保有し、そのなかから自国で消費する財を生産するために a_1 単位を投入し、汚染物質を除去する活動のために b_1 単位を使う。また、自国で生産した財を二国間援助として外国へ移転するという政策のために用いる初期資源の量を t とする。自国の初期資源の制約式は

$$a_1 + b_1 + t = \omega_1 \quad (3)$$

となる。他方、外国は ω_2 の量の初期資源を保有し、このなかから財を生産するために a_2 単位を投入し、汚染物質を除去する活動のために残りの b_2 単位を使う。外国の初期資源の制約式は

$$a_2 + b_2 = \omega_2 \quad (4)$$

となる。

自国においては初期資源 1 単位をもちいて f_1 単位の財が生産でき、外国では f_2 単位の財の生産が可能であるとする。このような生産技術のもとで、自国の財の消費量は

$$x_1 = f_1 a_1 \quad (5)$$

である。一方、外国の財の消費量は外国の生産量 $f_2 a_2$ と自国から送られた財の量 $f_1 t$ を合計して

$$x_2 = f_2 a_2 + f_1 t \quad (6)$$

となる。さらに、財の移転を受け取る外国よりも自国のほうが財の生産が効率的である、すなわち、

$$f_1 > f_2 \quad (7)$$

と仮定する。

自国において財の生産のために資源が $(a_1 + t)$ 単位使われると、生産活動による汚染物質の発生で、環境水準は $g_1(a_1 + t)$ 低下し、外国において財の生産のために資源が a_2 単位使われると、それは $g_2 a_2$ 低下する。他方、環境水準は、汚染物質の除去活動によって改善されうるものであり、自国が除去活動に資源を b_1 単位用いると、環境水準の上昇の程度は $h_1 b_1$ であり、外国が資源を b_2 単位用ると、それは $h_2 b_2$ となる。以上の関係より、地球環境の水準は

$$z = \bar{Z} - g_1(a_1 + t) - g_2 a_2 + h_1 b_1 + h_2 b_2 \quad (8)$$

と書ける。ただし、環境水準の基準 \bar{Z} を十分大きな値にとることで、 z の符号は常に正である。ここで、この環境水準を表す(8)式を二国の資源の制約式(3, 4)を使って書き換えると、

$$z = -(g_1 + h_1)(a_1 + t) - (g_2 + h_2)a_2 + (\bar{Z} + h_1 \omega_1 + h_2 \omega_2) \quad (9)$$

となる。この式より、自国が財の生産に用いる資源を1単位追加するごとに、汚染物質の発生によって環境水準が g_1 低下し、同時に、汚染物質の除去活動に用いられる資源が1単位減少して環境水準がさらに h_1 低下するので、あわせて環境水準は $(g_1 + h_1)$ 低下することがわかる。同様に、外国が財の生産に用いる資源を1単位追加するごとに環境水準は $(g_2 + h_2)$ 低下する。ここでは、移転を受け取る外国よりも送る国である自国のほうが初期資源1単位を生産活動に利用することが環境に与える影響の程度は低い、すなわち、

$$g_1 + h_1 < g_2 + h_2 \quad (10)$$

と仮定する。

外国へ移転する財の生産に用いられる自国の資源の量 t を非負の外生変数として所与とすると、自国の社会的厚生を最大化する問題は、(1, 3, 5, 8)を使って、

$$\begin{aligned} \max_{a_1, b_1} v_1(a_1, b_1) &= u_1(x_1, z) = \sqrt{x_1} + \sqrt{z} \\ &= \sqrt{f_1 a_1} + \sqrt{\bar{Z} - g_1(a_1 + t) - g_2 a_2 + h_1 b_1 + h_2 b_2} \\ \text{subject to } a_1 + b_1 + t &= \omega_1 \end{aligned}$$

と書ける。外国の社会的厚生を最大化する問題も、(2, 4, 6, 8)を使って、

$$\begin{aligned} \max_{a_2, b_2} v_2(a_2, b_2) &= u_2(x_2, z) = \sqrt{x_2} + \sqrt{z} \\ &= \sqrt{f_2 a_2 + f_1 t} + \sqrt{\bar{Z} - g_1(a_1 + t) - g_2 a_2 + h_1 b_1 + h_2 b_2} \\ \text{subject to } a_2 + b_2 &= \omega_2 \end{aligned}$$

となる。

上記の社会的厚生最大化問題を解くために λ_1, λ_2 を未定乗数として次の関数を定義する。

$$L_1(a_1, b_1, \lambda_1) = v_1(a_1, b_1) + \lambda_1(\omega_1 - a_1 - b_1 - t)$$

$$L_2(a_2, b_2, \lambda_2) = v_2(a_2, b_2) + \lambda_2(\omega_2 - a_2 - b_2)$$

これらの関数 $L_1(a_1, b_1, \lambda_1)$, $L_2(a_2, b_2, \lambda_2)$ をもちいて自国と外国それぞれの社会的厚生最大化問題の二階条件が満たされることを確認できる。さらに、自国が外国の資源の制約条件式(4)を

知っていると考えられるので、自国の問題の一階条件

$$\frac{\partial L_1(a_1, b_1, \lambda_1)}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial L_1(a_1, b_1, \lambda_1)}{\partial b_1} = 0, \quad \frac{\partial L_1(a_1, b_1, \lambda_1)}{\partial \lambda_1} = 0$$

から、外国が財の生産に用いる資源量 a_2 に対する自国の財の生産に用いる資源量 a_1 の最適反応は

$$a_1 = r_1(a_2) = \frac{-f_1(g_2 + h_2)a_2 - f_1(g_1 + h_1)t + f_1(\bar{Z} + h_1\omega_1 + h_2\omega_2)}{f_1(g_1 + h_1) + (g_1 + h_1)^2}$$

という反応関数で表現できることがわかる。同様にして、外国も自国の資源の制約式(3)を知っていると考えられ、外国の問題の一階条件

$$\frac{\partial L_2(a_2, b_2, \lambda_2)}{\partial a_2} = 0, \quad \frac{\partial L_2(a_2, b_2, \lambda_2)}{\partial b_2} = 0, \quad \frac{\partial L_2(a_2, b_2, \lambda_2)}{\partial \lambda_2} = 0$$

から、自国が財の生産に用いる資源量 a_1 に対する外国の財の生産に用いる資源量 a_2 の最適反応は

$$a_2 = r_2(a_1) = \frac{-f_2^2(g_1 + h_1)a_1 - \{f_2^2(g_1 + h_1) + f_1(g_2 + h_2)^2\}t + f_2^2(\bar{Z} + h_1\omega_1 + h_2\omega_2)}{f_2\{f_2(g_2 + h_2) + (g_2 + h_2)^2\}}$$

という反応関数で表現できる。

3. 分 析

3.1 ナッシュ均衡

自国と外国の関係については様々なケースがあると考えられる。本稿では、移転を送る自国と受け取る外国が対等な関係にある場合²⁾にかぎって考察をすすめる。このとき、均衡は前節で求めた二国の反応関数の交点であるナッシュ均衡で表現される。

自国と外国の反応関数 $a_1 = r_1(a_2)$, $a_2 = r_2(a_1)$ を同時に満足するような、財の生産のために用いられる自国と外国の資源量の組み合わせ (a_1, a_2) がこのモデルのナッシュ均衡である。このナッシュ均衡を (a_1^*, a_2^*) で示すと、それは

$$a_1^* = f_1(g_2 + h_2) \frac{\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}t + f_2(h_1\omega_1 + h_2\omega_2 + \bar{Z})}{f_2(g_1 + h_1)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (11)$$

$$a_2^* = \frac{-\{f_1^2(g_2 + h_2)^2 + f_1(g_1 + h_1)(g_2 + h_2)^2 + f_2^2(g_1 + h_1)^2\}t + f_2^2(g_1 + h_1)(h_1\omega_1 + h_2\omega_2 + \bar{Z})}{f_2(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (12)$$

のように求められる。これらより、自国と外国がそれぞれ消費する財の均衡量 x_1^* , x_2^* と均衡における環境水準 z^* は

$$x_1^* = f_1^2(g_2 + h_2) \frac{\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}t + f_2(h_1\omega_1 + h_2\omega_2 + \bar{Z})}{f_2(g_1 + h_1)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (13)$$

$$x_2^* = f_2 a_2^* + f_1 t$$

$$= f_2(g_1 + h_1) \frac{\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}t + f_2(h_1\omega_1 + h_2\omega_2 + \bar{Z})}{(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (14)$$

$$z^* = (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) \frac{\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}t + (h_1\omega_1 + h_2\omega_2 + \bar{Z})}{f_2\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (15)$$

となる。

3.2 財を移転する政策

はじめに、二国間で初期資源は移動しない、すなわち、 $d\omega_1 = d\omega_2 = 0$ という前提のもとで、外国へ移転する財を生産するために自国が用いる初期資源の量を dt 単位追加することを考える。

外国で消費される財の均衡量の変化は、(14)式より、 $dx_2^* = f_2 da_2^* + f_1 dt$ のように二つの部分に分解される。この式の右辺の第一項の $f_2 da_2^*$ は外国が財を生産するために用いる資源の均衡量 a_2^* の変化を通じて間接的に引き起こされる外国で消費される財の均衡量の変化を示す。第二項の $f_1 dt > 0$ は、外国へ移転する財を生産するために投入する自国の資源の量が dt 単位増えることによる、外国が受け取る財の均衡量の直接的な増加分である。財の移転を受け取る量が $f_1 dt$ 単位多くなるので、外国は、消費する財の均衡量を最終的に増加させつつ、生産に用いる資源の均衡量を減らすことができる。実際、外国が財の生産に用いる資源の均衡量を示す(12)式より、

$$da_2^* = \frac{-\{f_1^2(g_2 + h_2)^2 + f_1(g_1 + h_1)(g_2 + h_2)^2 + f_2^2(g_1 + h_1)^2\}}{f_2(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} dt < 0$$

であるから、外国は財の生産に用いる資源の均衡量を減少させる。したがって、 $f_2 da_2^* < 0$ となるので、外国において生産される財の均衡量も減少する。外国が生産する財の均衡量の変化と移転として自国から受け取る財の量の変化を合計して、最終的に外国が消費する財の均衡量の変化をもとめれば、

$$\begin{aligned} dx_2^* &= f_2 da_2^* + f_1 dt \\ &= \frac{f_2(g_1 + h_1)\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} dt \end{aligned}$$

である。このモデルでは(7)式と(10)式が仮定されるので $f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1) > 0$ である。したがって、 $dx_2^* > 0$ 、すなわち、外国が消費する財の均衡量は増加することがわかる。

次に、均衡における環境水準を表現する(9)式から得られる関係式

$$dz^* = -(g_1 + h_1) da_1^* - (g_1 + h_1) dt - (g_2 + h_2) da_2^*$$

にもとづいて均衡における環境水準の変化を検討する。

移転する財を生産するために自国が初期資源を dt 単位追加で使用すると、この関係式の右辺の第二項 $-(g_1 + h_1) dt < 0$ の符号からわかるように環境水準は直接的には悪化する。他方、前述の考察で、外国が財を生産するために用いる資源の均衡量は $da_2^* (< 0)$ 単位減少することがわ

かっている。この均衡量の減少を通じて、第三項は $-(g_2 + h_2)da_2^* > 0$ となるので、環境水準は間接的に改善される。これらの第二項と第三項に示される環境水準の変化の合計は

$$-(g_1 + h_1)dt - (g_2 + h_2)da_2^* = \frac{(f_1 + g_1 + h_1)(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}}dt$$

のように求められる。モデルの仮定(7)と(10)式より不等式 $f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1) > 0$ が成り立つので、 $-(g_1 + h_1)dt - (g_2 + h_2)da_2^* > 0$ となり、関係式の第三項に示される環境水準の改善の大きさは第二項における悪化の程度を上回ることがわかる。残った第一項 $-(g_1 + h_1)da_1^*$ は自国が消費する財を生産するために用いる資源の均衡量の変化 da_1^* を通じて環境水準に及ぼす影響を示すものであるから、自国には、均衡における環境水準を最終的に改善しつつ、自国が消費する財を生産するために用いる初期資源の均衡量 a_1^* を増加する余地があることがわかる。

自国が消費する財の生産のために用いる初期資源の均衡量の変化は、(11)式より、

$$da_1^* = \frac{f_1(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2(g_1 + h_1)\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}}dt$$

である。再び、モデルの仮定より $f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1) > 0$ が成り立つことから、 $da_1^* > 0$ 、すなわち、自国が消費する財を生産するために自国が投入する初期資源の均衡量は増加することがわかる。また、自国の財の生産技術を表す(5)式より $dx_1^* = f_1 da_1^*$ であるから、 $dx_1^* > 0$ となり、自国の消費する財の均衡量も増加する。さらに、 $-(g_1 + h_1)da_1^* < 0$ となるから、関係式の右辺の第一項は均衡における環境水準を悪化させるように作用する。ところで、この第一項は

$$-(g_1 + h_1)da_1^* = \frac{-f_1(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}}dt$$

のように求められる。前述のように、 $-(g_1 + h_1)dt - (g_2 + h_2)da_2^* > 0$ であり第二項と第三項の和は環境水準の改善を示す。これまでの計算結果を参照すれば、明らかに、第一項における環境水準の悪化はこの第二項と第三項の和が示す改善に打ち消される。実際、第一項から第三項までを合計すると、

$$\begin{aligned} dz^* &= -(g_1 + h_1)da_1^* - (g_1 + h_1)dt - (g_2 + h_2)da_2^* \\ &= \frac{(g_1 + h_1)(g_2 + h_2)\{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2\{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}}dt \end{aligned}$$

であり、 $f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1) > 0$ が成り立つことからこの合計は正となり、最終的には均衡における環境水準は改善することになる。言い換えれば、生産活動が環境に与える影響は自国より外国のほうが大きいので、生産のために用いられる自国の資源が直接的ならびに間接的に $da_1^* + dt$ 単位増加して環境水準の低下の大きさは $(g_1 + h_1)(da_1^* + dt)$ となるが、他方で生産のために用いられる外国の資源の均衡量が da_2^* 単位減少することで引き起こされる環境水準の改善の程度 $-(g_2 + h_2)da_2^* (> 0)$ がそれを上回り、最終的に、均衡における環境水準は改善されることになる。

形式的には、(13, 14, 15)を全微分して整理すると

$$\frac{dx_1^*}{dt} = \frac{f_1^2(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2(g_1 + h_1) \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (16)$$

$$\frac{dx_2^*}{dt} = \frac{f_2(g_1 + h_1) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (17)$$

$$\frac{dz^*}{dt} = \frac{(g_1 + h_1)(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2 \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \quad (18)$$

を得る。財の移転を受け取る外国よりも送る自国のほうが財の生産が効率的であるという(7)式の仮定と受け取る外国よりも送る自国のほうが資源1単位を生産活動に利用することで環境に与える影響の程度は低いという(10)式で表現される仮定より

$$f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1) > 0 \quad (19)$$

が成り立つ。このとき、(16, 17, 18, 19)式から

$$\frac{dx_1^*}{dt} > 0, \quad \frac{dx_2^*}{dt} > 0, \quad \frac{dz^*}{dt} > 0$$

という不等式が導かれる。すなわち、このモデルの仮定のもとで、自国が財の移転のために用いる初期資源の量を増加させれば、自国と外国が消費する財の均衡量はそれぞれ増加し、均衡における環境水準が改善することがわかる。

ここで、均衡における二国の社会的厚生をそれぞれ $u_1^* = u_1(x_1^*, z^*)$, $u_2^* = u_2(x_2^*, z^*)$ と書く。上記の三つの不等式と $du_1^*/dt = (\partial u_1/\partial x_1) dx_1^*/dt + (\partial u_1/\partial z) dz^*/dt$, $du_2^*/dt = (\partial u_2/\partial x_2) dx_2^*/dt + (\partial u_2/\partial z) dz^*/dt$ より、

$$\frac{du_1^*}{dt} > 0, \quad \frac{du_2^*}{dt} > 0$$

が成り立つ。以上より、生産された財を移転の手段とする場合、移転を受け取る外国よりも送る自国において財の生産効率が高く、かつ、財の生産に初期資源を1単位追加で割り当てるごとに環境を悪化させる程度が外国より自国において小さいなら、自国が財の移転のために用いる初期資源の量を増加させると、財の移転を受け取る外国だけでなく送る自国の社会的厚生をもパレートの的に改善するという逆説的な結果³⁾を得る。

3.3 初期資源を移転する政策

これまでは自国で生産された財を外国へ移転する量を変化させることを政策の手段としていた。以降では、外国へ移転する財を生産するために用いる自国の資源の量 t を所与のまま一定とし、自国から外国へ移転する初期資源の量を変化させることを考える。自国と外国の初期資源の総量 $\omega_1 + \omega_2 = \omega$ は不変であり、自国から外国へ移転する初期資源の量を $d\omega_2 (= -d\omega_1 > 0)$ とする。このとき、 $dt = 0$ に注意しながら、(13, 14, 15)より、

$$\frac{dx_1^*}{d\omega_2} = \frac{f_1^2(g_2+h_2)(h_2-h_1)}{f_2(g_1+h_1)\{f_1(g_2+h_2)+(g_1+h_1)(g_2+h_2)+f_2(g_1+h_1)\}} \quad (20)$$

$$\frac{dx_2^*}{d\omega_2} = \frac{f_2(g_1+h_1)(h_2-h_1)}{(g_2+h_2)\{f_1(g_2+h_2)+(g_1+h_1)(g_2+h_2)+f_2(g_1+h_1)\}} \quad (21)$$

$$\frac{dz^*}{d\omega_2} = \frac{(g_1+h_1)(g_2+h_2)(h_2-h_1)}{f_2\{f_1(g_2+h_2)+(g_1+h_1)(g_2+h_2)+f_2(g_1+h_1)\}} \quad (22)$$

を得る。

まず、汚染物質を除去する技術が自国と外国で同一である、すなわち、 $h_1 = h_2$ である場合の初期資源の移転を検討する。このとき、(20, 21, 22) より

$$\frac{dx_1^*}{d\omega_2} = 0, \quad \frac{dx_2^*}{d\omega_2} = 0, \quad \frac{dz^*}{d\omega_2} = 0$$

であるから、

$$\frac{du_1^*}{d\omega_2} = 0, \quad \frac{du_2^*}{d\omega_2} = 0$$

が成り立つ。したがって、この場合、初期資源の移転は自国と外国のどちらの社会的厚生に対しても中立という結果になる。本稿のモデルは、汚染物質の除去技術が二国で同じとき、前述の Warr (1983) の中立性が成り立つ。

次に、初期資源を受け取る外国の方が送る自国より汚染物質を除去する技術が優れている、すなわち、 $h_1 < h_2$ である場合の初期資源の移転を検討する。このとき、同様にして、(20, 21, 22) より

$$\frac{dx_1^*}{d\omega_2} > 0, \quad \frac{dx_2^*}{d\omega_2} > 0, \quad \frac{dz^*}{d\omega_2} > 0$$

であるから、

$$\frac{du_1^*}{d\omega_2} > 0, \quad \frac{du_2^*}{d\omega_2} > 0$$

が成り立つ。以上より、初期資源を移転の手段とする場合、移転により初期資源の国内での利用を相対的に増やす外国が相対的に優れている汚染物質除去の技術を用いれば、国際的な公共財である環境水準を改善するだけでなく、初期資源を移転を受け取る外国と送る自国の双方の社会的厚生をパレート的に改善するという結果⁴⁾を得る。この結論には、これまでの導出から明らかのように、生産された財を移転する量を変化させる場合に用いた二つの仮定、すなわち、財の移転を受け取る外国よりも送る自国における財の生産技術が優れているという (7) 式と財の移転を受け取る外国よりも送る自国のほうが資源 1 単位を生産活動に利用することで環境に与える影響の程度は低いという (10) 式のどちらの仮定をもおく必要がない。

3.4 移転の効果の比較

ここまで、生産された財の移転を増加する場合と初期資源の移転を増加する場合のそれぞれに

ついて、移転を受け取る外国と送る自国の社会的厚生をパレートの改善するための条件を求めた。移転の増加という政策の社会的厚生への効果を比較するために、どちらの場合の移転の増加が双方の国の社会的厚生をより改善するのかを検討する。

生産された財の移転の増加が自国と外国の社会的厚生にあたえる効果は、式 (16, 17, 18) より

$$\begin{aligned}\frac{du_1^*}{dt} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \frac{dx_1^*}{dt} + \frac{\partial u_1}{\partial z} \frac{dz^*}{dt} \\ &= \frac{f_1^2(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2(g_1 + h_1) \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right) \\ &\quad + \frac{(g_1 + h_1)(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2 \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_1}{\partial z} \right)\end{aligned}\quad (23)$$

$$\begin{aligned}\frac{du_2^*}{dt} &= \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \frac{dx_2^*}{dt} + \frac{\partial u_2}{\partial z} \frac{dz^*}{dt} \\ &= \frac{f_2(g_1 + h_1) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right) \\ &\quad + \frac{(g_1 + h_1)(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1)\}}{f_2 \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_2}{\partial z} \right)\end{aligned}\quad (24)$$

のように求められる。他方、初期資源の移転の増加が自国と外国の社会的厚生にあたえる効果は、式 (20, 21, 22) より、

$$\begin{aligned}\frac{du_1^*}{d\omega_2} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \frac{dx_1^*}{d\omega_2} + \frac{\partial u_1}{\partial z} \frac{dz^*}{d\omega_2} \\ &= \frac{f_1^2(g_2 + h_2)(h_2 - h_1)}{f_2(g_1 + h_1) \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right) \\ &\quad + \frac{(g_1 + h_1)(g_2 + h_2)(h_2 - h_1)}{f_2 \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_1}{\partial z} \right)\end{aligned}\quad (25)$$

$$\begin{aligned}\frac{du_2^*}{d\omega_2} &= \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \frac{dx_2^*}{d\omega_2} + \frac{\partial u_2}{\partial z} \frac{dz^*}{d\omega_2} \\ &= \frac{f_2(g_1 + h_1)(h_2 - h_1)}{(g_2 + h_2) \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right) \\ &\quad + \frac{(g_1 + h_1)(g_2 + h_2)(h_2 - h_1)}{f_2 \{f_1(g_2 + h_2) + (g_1 + h_1)(g_2 + h_2) + f_2(g_1 + h_1)\}} \left(\frac{\partial u_2}{\partial z} \right)\end{aligned}\quad (26)$$

のように表現される。

ここで、生産された財の移転の増加と初期資源の移転の増加の次のような仮定をおく。自国が初期資源 1 単位を投入すると生産される財の量 f_1 が 1 単位より大きい、すなわち、

$$f_1 > 1$$

であり、外国が初期資源を1単位投入すると生産される財の量 f_2 が1単位より小さく

$$1 > f_2 (> 0)$$

であるものとする。また、外国が初期資源を1単位投入して財を生産することによって環境水準が低下する程度 g_2 は自国のその程度 g_1 より大きく

$$g_2 > g_1 (> 0)$$

であり、外国が初期資源を1単位をつかって汚染物質を除去することで環境水準が上昇する程度 h_2 は自国の h_1 より大きく

$$h_2 > h_1 (> 0)$$

であるものとする。

このような仮定のもとでは、 $f_1 > f_2$, $g_1 + h_1 < g_2 + h_2$ と $h_1 < h_2$ の仮定がすべて同時に満たされるので、これまで検討してきたように、生産された財の移転の増加と初期資源の移転の増加のどちらの場合でもパレート改善という結果がもたらされて、双方の国の社会的厚生にたいする前者と後者の効果を比較することが有意義となる。明らかに、不等式 $f_1(g_2 + h_2) - f_2(g_1 + h_1) > h_2 - h_1$ が成り立つので、(23)式と(25)式から、また、(24)式と(26)式からそれぞれ

$$\frac{du_1^*}{dt} > \frac{du_1^*}{d\omega_2} (> 0), \quad \frac{du_2^*}{dt} > \frac{du_2^*}{d\omega_2} (> 0)$$

という結果⁵⁾が導かれる。したがって、直前の段落にある仮定の下では、後者の初期資源の移転を増加する政策よりも前者の生産された財の移転を増加する政策がパレートの基準から望ましいということが主張できる。

4. おわりに

本稿では、国際間の公共財である環境水準を含む、できるかぎり簡潔な理論モデルをもちいて、生産された財の国際的な移転を増加させる政策が初期資源の移転を増加させる政策よりパレートの基準で望ましい条件を、移転を送る国と受け取る国の生産技術や汚染物質の除去技術に関わるモデルのパラメータで表現することができた。ここでの結論は、特定のモデルと仮定にもとづいて導き出されたものであるが、国際的な環境とそれに関わる経済協力・援助に代表されるような移転（トランスファー）の問題を経済学的あるいは戦略的に検討するための手がかりになるということができよう。また、モデルが複雑になるほど逆説的な結論を導きだす鍵がモデルの中に存在する可能性が増えるので、本稿でも、可能な限り簡潔なモデルを採用しているのである。

しかしながら、そのようなモデルで分析することで、本稿では、取り上げることができなかった点がいくつかある。まず、本稿のモデルでは自国の生産する財と外国の生産する財の貿易という面を省略している。自国の生産する財と外国の生産する財をそれぞれべつの種類の財として貿易を考慮したモデルも考えられるだろう。また、本稿では、自国と外国が対等な戦略的關係にあるケースにかぎって考察したが、移転を送る自国が戦略的リーダーとなるようなケースを扱うこ

とも考えられる。これらについては、稿を改めて別の機会に取り上げることにしたい。

注

- 1) 中央環境審議会（2005）において、「国際的取組への戦略的かつ積極的な関与」という項目が重点的目標の一つとして取り上げられている。ただし、本稿では、環境協力の世界的な枠組み自体は国際的な公共財とは見なさず、地球の環境水準を国際的な公共財と見なしている。
- 2) もちろん、移転を送る自国がリーダーとなるような均衡なども考えることができる。
- 3) 反対に、移転を送る自国よりも受け取る外国において財の生産効率が高く、かつ、財の生産に初期資源を1単位追加で割り当てるとに環境を悪化させる程度が自国より外国において小さい場合を考える。このとき、(7,10)の不等号は逆転し、 $f_1 < f_2$ かつ $g_1 + h_1 > g_2 + h_2$ であるから、 $f_1(g_2 + h_2) < f_2(g_1 + h_1)$ が成り立つ。導出される結論も、(16,17,18)から

$$\frac{dx_1^*}{dt} < 0, \frac{dx_2^*}{dt} < 0, \frac{dz^*}{dt} < 0$$

となってすべて反転する。この場合は、自国から外国へ移転する財の増加を上回るほど外国での財の生産が減少し、外国よりも財の生産効率が低く、生産が環境に与える影響の程度が大きい自国において財の生産が増加するので、環境水準は悪化して、財の移転を送る自国だけでなく受け取る外国の社会的厚生も悪化することになる。

- 4) 反対に、初期資源の移転を送る自国より受け取る外国の方が汚染物質を除去する技術が劣っていると、移転の増加によって、移転を送る自国の社会的厚生を悪化させるだけでなく移転を受け取る外国の社会的厚生も低下することになる。この場合、移転を受け取る側は、移転の増加を主張する限り、相対的に効率的な汚染物質の除去技術を導入しなければならない。
- 5) 双方の国をパレート改善するという前提で二つの政策を比較検討しているから、前の段落にある不等式の向きを単純に反転することで前者の生産された財の移転を増加する政策のほうが望ましいという結論を得ることはできない。

参考文献

- Bergstrom, T., Blume, L. and Varian, H., (1986) "On the Private Provision of Public Goods," *Journal of Public Economics*, Vol. 29, pp. 25-49.
- Bergstrom, T. and Varian, H., (1985) "When Are Nash Equilibria Independent of the Distribution of Agents' Characteristics?," *Review of Economic Studies*, Vol. 52, pp. 715-718.
- Chipman, J. S., (1974) "The Transfer Problem Once Again," in *Trade, Stability, and Maroeconomics: Essays in Honor of Lloyd A. Metzler* edited by G. Horwich and P. A. Samuelson, Academic Press, pp. 19-78.
- Kemp, M. C., (1984) "A Note on the Theory of International Transfers," *Economics Letters*, Vol. 14, pp. 259-262.
- Samuelson, P., (1952) "The Transfer Problem and Transport Costs: The Terms of Trade When Impediments are Absent," *Economic Journal*, Vol. 62, pp. 278-304.
- Samuelson, P., (1954) "The Transfer Problem and Transport Costs, II: Analysis of Effects of Trade Impediments," *Economic Journal*, Vol. 64, pp. 264-289.
- Warr, P. G., (1983) "The Private Provision of a Public Good Is Independent of the Distribution of Income," *Economics Letters*, Vol. 13, pp. 207-211.
- 中央環境審議会（2005）『今後の国際環境協力の在り方について（答申）』
- 吉岡忠昭（2006）「国際的環境と二国間援助—初期資源が移転できないケース—」『地域学研究』Vol. 36, pp. 603-610.