

CEAKS Discussion Paper Series
Creation of East Asian “Kyousei” Studies

No. DP 2012-J-005

越境汚染と環境政策の協調について

2012 年 8 月

中村和之
(富山大学経済学部教授)

CEAKS

越境汚染と環境政策の協調について*

中村和之†

2012年8月

要旨

双方向的な越境汚染が存在する場合の非協力的な環境政策の態様と援助政策の有効性を、二つの小国から構成される国家間の資本移動が可能であるような特殊要素モデルを用いて考察した。分析の結果、(i)他の事情が等しいならば、資本の賦存量が少ない国ほど緩やかな環境政策を採用すること、(ii)厳格な環境政策を採用している国から緩やかな環境政策を採用している国の汚染処理活動への支援はパレート改善をもたらすこと、(iii)ある政策手段の利用がガバナンスや制度上の問題で制約されている国に対して、この制約を緩和するような援助は、一定の条件の下でパレート改善をもたらす、ことを示した。

キーワード：越境汚染，資本移動，非協力的な政策，要素賦存量

JEL code: F18, H87, Q56

* 本論の作成にあたって富山大学 CEAKS から援助を受けたことを記して謝意を表したい。

† 富山大学経済学部，〒930-8555 富山市五福 3190. Email : knakamur@eco.u-toyama.ac.jp.

1 はじめに

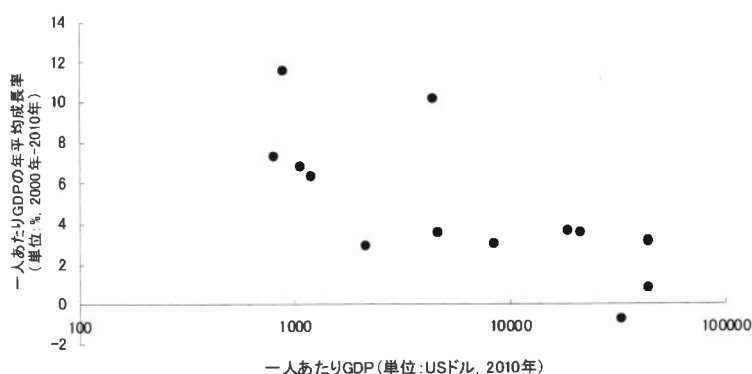
東アジア諸国は、貿易や直接投資、人的資源の移動といった経済活動のみならず、域内の環境保全活動においても相互依存の度合いを強めつつある。とりわけ、環境への負荷が国境を越えて生ずる越境汚染は、この地域における共生を考える上で避けて通れない問題である。近年、東アジアにおける国際河川や海洋、大気に関する越境汚染の実態が報告され、その重要性が認識されるとともに、解決への途が模索されている¹。

越境汚染は、経済学では負の外部効果、あるいは負の国際的公共財という概念によって捉えられる²。これらは市場の失敗をもたらし、資源配分の非効率を生み出す。問題が一国内にとどまるならば、政府が課税や市場の創設等の手段を用いてその非効率を修復できる。しかし、越境汚染の場合、たとえ一国内において政府が自国民の厚生を最大にする政策を選択しても社会的にみて効率的な資源配分は達成できない³。

本章は、東アジア地域が直面する経済状況を考慮しつつ、越境汚染を巡って非協力的に実行される環境政策の帰結と効率性を改善するための政策を、標準的な環境経済学の理論に沿って考える⁴。これによって、環境保全を通じた相互依存の中で東アジアの共生を考える手がかりを得たい。

東アジア地域における環境政策を考えるとき、経済活動の成長とその水準でみた多様性に注意せねばならない。図1は東アジアにおける人口一人あたり国内総生産(GDP)とその成長率をプロットしている。ここから明らかなように、東アジア地域には急速な経済成長を遂げつつあるがその水準はなお低い新興国と、高い成長は期待できないものの既に十分に高い所得水準に到達した成熟国が並存している。

図1 東アジアにおける一人あたりGDPと経済成長率



注：インドネシアを除くASEAN10、香港とマカオを除く中国、韓国、台湾、日本。

資料：国連貿易開発会議 (UNCTAD) 統計 <<http://unctad.org/en/Pages/Statistics.aspx>> (2012年6月6日取得) に基づき作成。

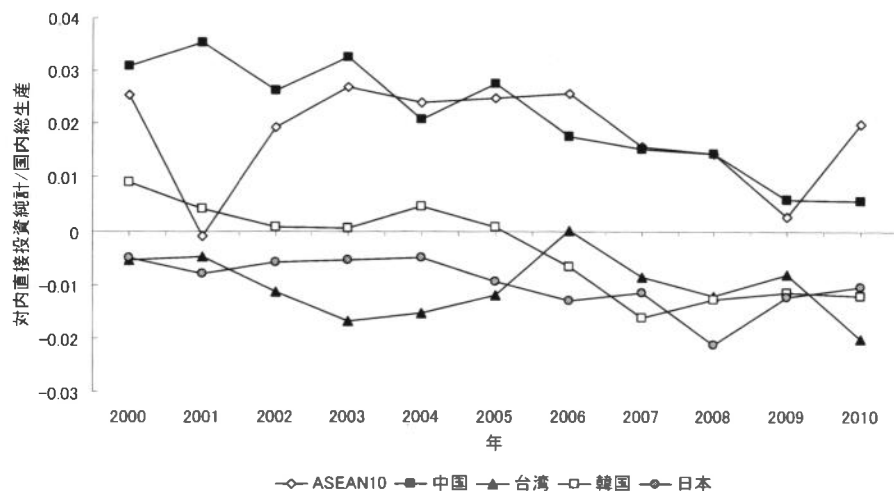
¹ たとえば、Mekong River Commission (2008)、Quah (2002)、柳・植田(2010)などを参照。

² 国際的公共財の概念とその類型については、Arce and Sandler (2002)を参照。

³ たとえば、井堀 (2005)を参照。

⁴ 国際経済と環境の関わりについては、Copeland and Taylor (2003)や柳瀬(2011)を参照。

図2 東アジアにおける対内直接投資（対GDP比）の推移



注：ASEAN10については域内の投資を相殺しない単純合計値に基づく。

資料：国連貿易開発会議（UNCTAD）統計＜<http://unctad.org/en/Pages/Statistics.aspx>＞（2012年6月6日取得）に基づき作成。

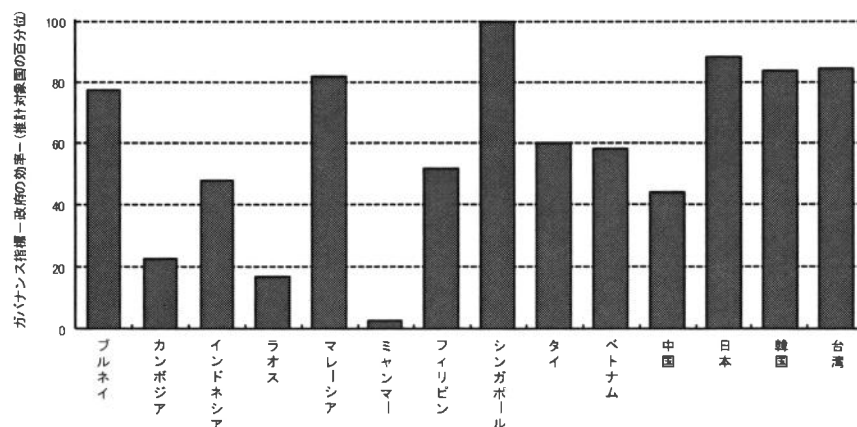
このような多様性は、環境政策の協調を図る上で阻害要因とも促進要因ともなる。新興国にとっては、経済成長を阻害するかもしれない環境政策の強化には抵抗があろう。成熟国は、新興国に由来する越境汚染が環境負荷の増大をもたらし、厚生が悪化することを懸念するだろう。したがって、政策協調は困難になるかも知れない。一方で、国家間で環境に対する評価が異なることは、取引によって相互の厚生を改善できることを意味する。国際的な協調や援助のあり方とその具体的な仕組みを提示することは、東アジアにおける共生の可能性を探る上で不可欠である。

また、東アジア地域は資本移動の面でも多様である。図2は2000年以降のASEAN10と韓国、中国、台湾、日本における国際収支ベースでみた対内直接投資純計額の対GDP比を示している。ASEAN諸国や中国が直接投資をほぼ継続して受け入れる一方で、日本や台湾はこの期間を通じて対外直接投資の実施国である。このような実態を考えれば、開放された資本市場を前提として環境政策を考察することが求められる。

加えて、東アジア地域の諸国は、実効的な環境政策を構築するためのガバナンスの質の面でも相違がある。図3は、世界銀行によるガバナンス指標のうち、東アジアにおける政府の有効性スコア（推計対象国の順位でみた百分位表示）を図示している。環境政策を遂行するためには、法的な根拠と実効性を持った監視や調査といった活動が求められる。各国のスコアの隔たりを見ると、公共部門の制度や能力等の要因によって、利用可能な政策手段が限定される国があるかも知れない⁵。

⁵ たとえば、Jones(2006)はASEAN 越境煙霧協定(ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution)の実効性を担保するための課題として、インドネシアにおけるガバナンスと行政上の問題を指摘している。

図3 東アジアにおけるガバナンス指標－政府の有効性－（2010年）



資料：世界銀行 “Governance Indicators” <<http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>> (2012年6月14日取得) に基づき作成。

国際的な枠組みで環境政策のあり方を考察することは東アジア地域に固有の課題ではなく、世界中の各地域において観察される問題である。それゆえ、理論分析だけに限定しても膨大な研究成果の蓄積がある。本論の焦点のひとつである資本移動と環境政策の関連を考察した分析には、Chao and Yu (2007), Tsakiris et al. (2008), Vlad and Lahiri (2009)などがある。

Chao and Yu (2007)は、資本市場が部分的に開放されているような小国経済を考え、そこでの関税政策、外国資本の持分規制と環境政策の相互関連を考察した。環境汚染は工業製品の生産に伴って発生するとしている。政策に関して何も制約がない状態では、完全な自由貿易と資本の持分規制の撤廃、ピグー税の賦課が最適政策になる。しかしながら、当初、関税が課されている状態からその引き下げを通じた貿易自由化は、資本輸入の自由化を促すとともに、汚染税の引き下げを通じて環境水準が悪化することを示した。

Tsakiris et al.(2008)は、都市と農村から構成される小国経済において、都市部でHarris and Todaro的な失業が存在することを想定して、資本移動が存在する場合としない場合の最適政策を比較した。環境汚染は都市部における生産活動によって発生する。彼らは、資本移動が自由であり、政府が汚染税と資本税を同時に選択するとき、最適な資本課税政策は汚染がないときと比較して資本流入を抑制するものであることを示した。

Vlad and Lahiri (2009)は越境汚染を考慮した南北モデルを用いて政策の相互依存関係を考察している。経済は南と北の二国で構成されている。南では経済活動に伴って汚染物質が発生し、北は南からの越境汚染の被害を受ける。北から南には直接投資が行われており、南の汚染防止活動に対する援助も行っている。南では直接投資に対して資本税を課している。このような設定で、互いに非協力的な政策が選択されている状態から、南における外国資本に対する資本税の減税は、それに対応した北の援助額の増加が伴うとき、汚染物質の排出量を

削減し、両国の厚生を改善することを明らかにしている。

Chao and Yu (2007)やTsakiris et al.(2008)は、資本移動の有無によって最適な環境政策が変化することを示した興味深い分析である。ただし、1国の環境政策に焦点を当てており越境汚染は取り上げられていない。また、Vlad and Lahiri (2009)は越境汚染による相互依存関係を検討しているが、南から北への一方的な越境汚染を考えている。

これらの先行する研究に依拠しつつ、本論では以下の諸点を考察したい。第一に、資本が国家間を移動可能であるような経済において、双方向的な越境汚染が存在するときの社会的にみた最適政策と各国が非協力的に決定する政策の異同を検討する。特に、各国の要素賦存量の相違が、非協力的な環境政策に与える影響を検討する。これによって、東アジア地域の諸国における資本移動の態様と環境政策の関連を考えたい。さらに、図3で示されているようなガバナンスの相違を考慮すれば、各国が非協力的な意味での最適政策さえ実行できない場合があるかもしれない。そこで、政策手段の一部が制約されている場合に生ずる環境政策の歪みを考える。

第二に、非協力的な政策均衡から出発してパレート改善をもたらすような所得の移転や援助の可能性を考える。とくに、Vlad and Lahiri (2009)やLahiri et al. (2002)で考察されているような、厳格な環境政策を採用している国が緩やかな環境政策を採用している国へそこでの環境政策の強化と引き換えに所得移転を行うことでパレート改善が可能であることを見る。さらに、ガバナンスの低さゆえに緩やかな環境政策を採用せざるを得ない国に対して、環境政策の強化を可能にするような制度構築や執行上のノウハウ等の移転は一定の条件の下でパレート改善に導くことを見る。

本論の各節は以下のように構成される。次節では財市場と資本市場が開放されている特殊要素モデルを示し、第3節ではそのモデルに基づき環境政策が汚染の水準や生産に与える影響を考察する。第4節では、各国による非協力的な環境政策の選択とその資源配分上の帰結を明らかにする。第5節では環境政策の一部が制約されている場合に非協力的な環境政策がどのように修正されるかを考える。第6節では、関係するすべての国の厚生を改善するような国家間の援助政策を考える。最後にまとめを記す。

2 モデル

モデルは、Batra and Ramachandran(1980)による分析を嚆矢とする古典的な特殊要素モデルに越境汚染を組み込んだものである。人口規模が同一であるような二つの小国を考え、これらをA国とB国とする。それぞれの国には、資本と労働を投入して工業製品を生産する工業部門と、土地と労働を投入して農産物を生産する農業部門がある。資本は工業部門の特殊要

素であり国家間を移動できる。労働は部門間の移動はできるが国家間を移動できない。土地は農業部門の特殊要素である。

$J(=A,B)$ 国における工業製品の生産量を X^J として、工業部門の生産関数は、 $X^J = H^{JX}(K^{JX}, L^{JX})$ のように表される。ここで K^{JX} と L^{JX} は、 J 国の工業製品を生産するために投入される資本と労働を表す。また、1単位の工業製品を生産すると1単位の汚染物質が発生すると考える。 J 国における農産物の生産量を Y^J と表し、その生産関数を $Y^J = H^{JY}(S^J, L^{JY})$ と書く。ここで S^J と L^{JY} はそれぞれ J 国で農産物を生産するために投入される土地と労働を表す。どちらの産業も、生産要素の投入量に関して1次同次の生産技術を持つと考える。また、両国における各産業の生産技術は同一であり、均衡ではどちらの財も生産されると仮定する。

財市場は完全競争市場だと仮定する。したがって、各財の単位費用は財価格に等しくなる。生産関数におかれた仮定から単位費用は要素価格のみの関数となる。農産物を価値基準財としてその価格を1とする。工業製品の相対価格を p^J とすれば、完全競争市場なので、 $J \in \{A, B\}$ について、

$$c^{JX}(w^J, r^J) = p^J, \quad (1)$$

$$c^{JY}(w^J, s^J) = 1, \quad (2)$$

が成り立つ。ここで、 w^J は J 国における賃金率、 r^J は資本の価格(レンタルコスト)、 s^J は土地に対する報酬を表す。

両国は小国なので資本の価格は世界的な資本市場で決まる。その水準を r^* とする。 J 国政府が国内で投入される資本に対して1単位あたり t^J 円の資本税を課すとすれば、 J 国内の資本レンタルは以下のように表される。

$$r^J = r^* + t^J. \quad (3)$$

工業製品の消費者価格も世界市場で与えられており、これを P とする。 J 国内の生産者は、工業製品を1単位生産するごとに z^J を発生した汚染物質の処理費用として後述の環境産業に支払う。したがって、 J 国内の生産者が直面する生産者価格 p^J は以下のように表される。

$$p^J = P - z^J. \quad (4)$$

(1)式、(3)式と(4)式から、賃金率は、財と資本の世界価格、資本税、単位あたり処理費用の関数となり、以下のように表される⁶。

$$w^J = w^J(r^* + t^J, P - z^J). \quad (5)$$

ここから、 $w_{r^*}^J = w_r^J = -c_r^{JX} / c_w^{JX} < 0$ 、 $w_P^J = -w_z^J = 1 / c_w^{JX} > 0$ であり、資本税や汚染処理費用の上昇は国内の賃金率を引き下げる⁷。また、(5)式と(2)式から、土地への報酬もまた、財と資

⁶ 導出は付録1を参照。

⁷ 下つきの添え字で当該変数に関する偏微分を表す。たとえば $c_w^{JX} \equiv \partial c^{JX} / \partial w^J$ である。

本の世界価格、資本税、単位あたり処理費用の関数となり、資本の価格が上昇すれば土地への報酬は上昇し、工業製品の価格が上昇すれば土地への報酬は低下する。

各国には自国内で発生した汚染物質を環境と労働を投入して処理する環境産業が存在する⁸。汚染処理の技術は環境と労働の投入に関して1次同次だとする。環境の投入は汚染物質の排出を通じて人々に環境被害をもたらす。汚染物質を処理するための要素投入の組み合わせは環境産業の生産者に委ねられている。ただし、環境を投入する際には1単位あたり q^J 円の課徴金を政府に支払う。以後の分析では q^J を「環境の潜在価格」と呼ぶ。環境の潜在価格は政府が政策的に決定する。環境産業において1単位の汚染物質を処理するための単位費用を $c^{JG}(q^J, w^J)$ とする。ここで賃金率は(5)式によって与えられる。環境産業の単位費用は、

$$c^{JG}(q^J, w^J) = q^J c_q^{JG} + w^J c_w^{JG}, \quad (6)$$

のような形で与えられる⁹。

環境産業では汚染物質を処理する際に、工業部門から1単位あたり z^J の対価を徴収する。一方、政府から $c^{JG} - z^J$ の補助金を受け取る。もしも、汚染物質の処理がすべて政府の負担で行われているならば $z^J = 0$ であり、すべてが生産者の負担によって行われているならば $z^J = c^{JG}$ である。

環境の潜在価格と賃金率が与えられると、環境産業の費用最小化行動より労働の投入係数が定まる。J国内で X^J だけの工業製品が生産されると、環境産業で投入される労働は、(6)式より、 $L^{JG} = c_w^{JG} X^J$ 、となる。また、J国から排出される汚染物質(D^J)は以下のように表される。

$$D^J = c_q^{JG} X^J. \quad (7)$$

J国において財の生産に投入できる生産要素は、自国民が保有する資本(K^J)、労働(L^J)、土地(S^J)から環境産業で投入される労働を差し引いて、外国からの資本流入(F^J)を加えたものになり、これをベクトル $\mathbf{v}^{JP}$ で表すと、

$$\mathbf{v}^{JP} = [K^J + F^J, L^J - c_w^{JG} X^J, S^J], \quad (8)$$

となる。もしも F^J が正であればJ国は資本輸入国であり、負であれば資本輸出国である。

J国における家計の効用(u^J)は、 $u^J = v^J(\tilde{X}^J, \tilde{Y}^J) - \beta D$ 、のように表されるものとする。ここで、 $\tilde{X}^J$ 、 $\tilde{Y}^J$ はそれぞれ、J国における工業製品と農業製品の消費量である。汚染による被害は越境するので、両国の家計が直面する環境汚染の水準(D)は等しく、以下のようになる。

$$D = D^A + D^B. \quad (9)$$

⁸ したがって、発生した汚染物質は非貿易財だと仮定している。

⁹ 要素価格の変化に対する投入係数の変化は、 $c_{ww}^{JG} < 0$ 、 $c_{wq}^{JG} > 0$ 、 $c_{qq}^{JG} < 0$ である。また、単位費用関数の性質より、 $w^J c_{ww}^{JG} + q^J c_{qw}^{JG} = w^J c_{qw}^{JG} + q^J c_{qq}^{JG} = 0$ である。

また、 $\beta(>0)$ は環境への負荷が人々の厚生に与える限界的な損失を表す。

家計は自らの可処分所得と環境汚染の水準を与件として、効用を最大にするように行動する。J国家計の行動は以下のような支出関数で表される。

$$E^J(P, u^J + \beta D) = \min_{X^J, Y^J} \{P\tilde{X}^J + \tilde{Y}^J : u \geq u^J, D = D^A + D^B\}. \quad (10)$$

ここで、 $E_u^J > 0$ 、 $E_{uu}^J < 0$ 、だとする。すなわち、所得の限界効用は正で逓減する。また、環境汚染が進行したとき、効用を一定に保つために必要とされる所得は $\beta E_u^J > 0$ である。以下では βE_u^J を環境に対する「限界的な支払意思額(MWTP)」と呼ぶ。 $E_{uu}^J < 0$ であるから MWTPは所得が高いほど大きい。すなわち、所得水準が高い国ほど環境を高く評価する。

J国政府は、環境政策の手段として、環境の潜在価格、汚染処理の費用負担、資本税率を持つ。このほかに、財政収支を均衡させるために国内の家計から一括固定税を徴収もしくは還付できるものとする。一括固定税を除いたJ国政府の財政収支の黒字を G^J と書くと、

$$G^J = q^J D^J + (z^J - c^{JG}) X^J + t^J (K^J + F^J), \quad (11)$$

である。右辺第1項は環境の投入からの課徴金収入であり、第2項は環境産業への補助金支出 ($z^J < c^{JG}$ の場合) もしくは税収 ($z^J > c^{JG}$ の場合) を表す。第3項は資本税からの税収である。(11)式で、 $G^J > 0$ ならば財政余剰が家計に還付され、 $G^J < 0$ ならば不足分が一括税で賄われる。

民間部門の生産活動は以下のような収入関数によって表される¹⁰。

$$R^J(p^J, v^{JP}) = \max_{X^J, Y^J} \{p^J X^J + Y^J : (X^J, Y^J) \in \phi(v^{JP})\}. \quad (12)$$

ここで $\phi(v^{JP})$ はJ国における工業製品と農産物の生産可能集合を表す。収入関数の性質と(3)式より、均衡では

$$R_K^J(p^J, v^{JP}) - r^* - t^J = 0, \quad (13)$$

が成り立つ。一方、汚染物質の排出量と処理量の関係と(4)式より、

$$R_P^J(p^J, v^{JP}) - X^J = 0, \quad (14)$$

が成り立たねばならない。財、資本の世界価格と政策変数の値が与えられ、賃金率が(5)式によって決まると、(13)式と(14)式より資本流入量と工業製品の生産量が定まる。

J国の家計が得る可処分所得は、自国民が保有する要素所得から税負担を控除して得られる。したがって、(10)～(12)式より所得支出制約は、以下のように表される。

$$E^J(P, u^J + \beta D) - R^J(p^J, v^{JP}) + r^* F^J - z^J X^J = 0. \quad (15)$$

¹⁰ 詳細は付録2を参照。収入関数の性質から、 $R_P^J > 0$ 、 $R_K^J > 0$ 、 $R_L^J > 0$ 、 $R_S^J > 0$ である。また、 $R_{PP}^J > 0$ 、 $R_{PK}^J > 0$ 、 $R_{PL}^J > 0$ 、 $R_{PS}^J < 0$ である。生産要素に関するヘッセ行列は負値定符号であり、 $R_{KK}^J < 0$ 、 $R_{KL}^J > 0$ 、 $R_{KS}^J < 0$ 、 $R_{LL}^J < 0$ 、 $R_{LS}^J > 0$ 、 $R_{SS}^J < 0$ である。

他国に由来する環境汚染の水準が与えられると、(13)~(15)式からJ国の厚生が定まる。

3 比較静学分析

環境政策の効果とあり方を考える上で、工業製品の生産量と資本流入量、汚染物質の排出量が重要な役割を果たす。この節ではモデルの供給側に注目した比較静学の結果を示す。

(13)式と(14)式を、(5)式を考慮して X^J と F^J について解くと、均衡における政策変数や要素賦存量の変化が工業製品の生産、資本流入量、汚染排出量に与える影響を考えることができる。

J国における環境政策の変化が工業製品の生産量に与える影響は、以下のようにまとめられる¹¹。

$$X_q^J = -\frac{c_{wq}^{JG} X^J}{c_w^{JG} + c_w^{JX}} < 0, \quad (16a)$$

$$X_t^J = \frac{c_w^{JX}}{c_w^{JG} + c_w^{JX}} \left[\frac{R_{PK}^J}{R_{KK}^J} + \frac{c_r^{JX} c_{ww}^{JG} X^J}{(c_w^{JX})^2} \right] < 0, \quad (16b)$$

$$X_z^J = \frac{c_w^{JX}}{c_w^{JG} + c_w^{JX}} \left[\frac{(R_{PK}^J)^2}{R_{KK}^J} - R_{PP}^J + \frac{c_{ww}^{JG} X^J}{(c_w^{JX})^2} \right] < 0. \quad (16c)$$

したがって、環境の潜在価格、資本税率、汚染処理の費用負担のいずれが上昇しても工業製品の生産量は減少し、汚染物質の発生量も減少する。

工業製品の生産量が減少すると海外からの資本流入量は減少する。この効果は以下の式で表される¹²。

$$F_q^J = c_r^{JX} X_q^J < 0, \quad (17a)$$

$$F_t^J = c_w^{JX} \frac{R_{PL}^J}{R_{KK}^J} + c_r^{JX} X_t^J < 0, \quad (17b)$$

$$F_z^J = c_w^{JX} \frac{R_{PL}^J R_{KP}^J}{R_{KK}^J} + c_r^{JX} R_{PP}^J + c_r^{JX} X_z^J < 0. \quad (17c)$$

環境政策の強化は、汚染物質の発生量を減少させると同時に汚染処理における環境の投入係数を小さくするので、排出される汚染物質の量を必ず減少させる。(7)式と(16)式より、環境の潜在価格が上昇すると、排出量は、

$$D_q^J = c_{qq}^{JG} X^J + c_q^{JG} X_q^J < 0, \quad (18a)$$

¹¹ 導出は付録2と付録3を参照。

¹² 導出は付録2と付録3を参照。

のように変化する。資本税と汚染処理の費用負担についても、 $x \in \{t^J, z^J\}$ として、以下のように表される。

$$D_x^J = c_q^{JG} w_x^J X^J + c_q^{JG} X_x^J < 0. \quad (18b)$$

次に、自国民が保有する要素賦存量の変化が工業製品の生産量、資本流入量、汚染物質の排出量に与える影響を考える。要素賦存量の増加が工業製品の生産量に与える影響は、以下のように表される¹³。

$$X_K^J = 0, \quad (19a)$$

$$X_L^J = \frac{1}{c_w^{JG} + c_w^{JX}} > 0, \quad (19b)$$

$$X_S^J = \frac{-c_w^{JY}}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_s^{JY}} < 0. \quad (19c)$$

資本は自国民、外国民のいずれが保有しているものであっても完全に代替的だと考えているので、(19a)式の結果を得る。労働の増加は工業製品の生産を促す。土地の賦存量が増加すれば、農業部門での雇用が増加して他の部門で雇用できる労働が減少するので工業製品の生産は減少する。

資本流入量への影響は、以下のようになる¹⁴。

$$F_K^J = -1, \quad (20a)$$

$$F_L^J = c_r^{JX} X_L^J > 0, \quad (20b)$$

$$F_S^J = c_r^{JX} X_S^J < 0. \quad (20c)$$

(20a)式から明らかなように自国民が保有する資本の増加はこれをちょうど相殺するように外国資本の流出をもたらす。労働と土地は工業製品の生産量の変化に資本の投入係数を乗じただけの変化を資本流入量に与える。

環境汚染の水準に与える影響は、(7)式と(19)式より以下のようになる。

$$D_K^J = c_q^{JG} X_K^J = 0, \quad (21a)$$

$$D_L^J = c_q^{JG} X_L^J > 0, \quad (21b)$$

$$D_S^J = c_q^{JG} X_S^J < 0. \quad (21c)$$

一定の環境政策の下で、自国民が保有する資本の増加は汚染物質の排出量に影響を与えない。また労働賦存量の増加は汚染物質の排出量を増加させ、土地の増加はこれを減少させる。こ

¹³ ここで労働の増加は、人口の増加ではなく効率単位でみた労働力の増加を意味する。

¹⁴ 導出は付録2と付録3を参照。

の結果は、ある国で生産要素の蓄積による経済成長が生じたときの環境負荷は、増加した生産要素に依存することを示している。

4 環境政策の選択

(1) 社会的にみて最適な政策

最初に、社会的にみて効率的な環境政策を明らかにする。効率的な環境政策の下では、他国の厚生を不変に保ちながら、ある国の厚生を今以上に改善できないというパレート最適の状態が実現している。最適な環境政策を求める問題は、国家間での所得移転が可能ならば、

$$\sum_{J=A,B} [E^J(P, u^J + \beta D) - R^J(p^J, v^{JP}) + r^* F^J - z^J X^J] = 0, \quad (22)$$

で表される所得支出制約と、 $u^B = \bar{u}^B$ の制約の下でA国の厚生を最大にする問題として定式化できる。(22)式に効用に関する制約を代入して、(16)~(18)式を考慮しつつ政策変数で微分することによって、社会的な意味での最適政策のための一階条件を得る。

$$\begin{bmatrix} \Omega^A & O \\ O & \Omega^B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}^A \\ \mathbf{x}^B \end{bmatrix} = \mathbf{0}. \quad (23)$$

ただし、

$$\Omega^J \equiv \begin{bmatrix} D_q^J & F_q^J & X_q^J \\ D_t^J & F_t^J & X_t^J \\ D_z^J & F_z^J & X_z^J \end{bmatrix},$$

であり、 $\mathbf{x}^J \equiv [\beta E_u^A + \beta E_u^B - q^J, -t^J, c^{JG} - z^J]^T$ である¹⁵。(16)~(18)式を書き下して計算すれば、 Ω^J は正則であることがわかるので、(23)式左辺の係数行列もまた正則である¹⁶。

(23)式から、社会的にみて最適な環境政策は以下で特徴づけられる¹⁷。

$$\beta E_u^A + \beta E_u^B = q^A = q^B, \quad (24a)$$

$$t^A = t^B = 0, \quad (24b)$$

$$z^J = c^{JG}, \quad J=A,B. \quad (24c)$$

この結果は、社会的に最適な環境政策を考える上で標準的なものである。

(24a)式は、環境の潜在価格は支払意思額の総計と等しく設定されるべきであることを述べている。ある国において環境への負荷が限界的に高まると、人々の厚生は貨幣単位で測つ

¹⁵ 上つきの添え字 T はベクトルの転置を表す。

¹⁶ 付録 4 を参照。

¹⁷ 導出は付録 4 を参照。

てMWTPだけ減少する。環境汚染は越境すると考えていたのだから、社会全体では $\sum_{J=A,B} MWTP^J$ だけの損失が発生する。したがって、汚染処理において1単位の環境を投入する際に考慮されるべき潜在価格は、MWTPの総計に等しく設定されるべきである。また、社会的に最適な状態では環境の潜在価格は両国で等しくなる。

(24b)式より最適な資本税の税率はゼロである。資本税の税率をゼロから引き上げると、当該国では資本が希少になり賃金率は低下するので、特殊要素への報酬は増加するが、死荷重の発生によって総所得は必ず減少する。逆に、資本税の税率を引き下げると賃金率は上昇するが、やはり総所得は減少する。政府は一括固定税を自由に利用できると考えているのだから、環境の潜在価格と発生者による費用負担によって外部不経済を完全に内部化できるならば、資本の自由な移動を歪める政策は望ましくない。

(24c)式は、汚染者負担原則を述べている。すなわち、汚染物質の処理費用はそれを発生させる生産者の負担によって過不足なく賄われるべきである。この意味で環境産業に対する財政支援や課税は望ましくない。

(2) 非協力的な政策均衡とその性質

各国が互いに他国の政策を与件として、自国の厚生を最大にするように環境政策を選択する状況を考え、そこで選択される政策を検討する。所得支出制約である(15)式を(16)～(18)式に注意して各国の政策変数で微分して一階条件を求めると、以下のように整理できる。

$$\Omega^J \tilde{\mathbf{x}}^J = 0. \quad (25)$$

ただし、 $\tilde{\mathbf{x}}^J \equiv [\beta E_u^J - q^J, -t^J, c^{JG} - z^J]^T$ である。 Ω^J は正則だったから、非協力的な均衡において選択される政策は、以下のように特徴づけられる。

$$q^J = \beta E_u^J, \quad (26a)$$

$$t^J = 0, \quad (26b)$$

$$z^J = c^{JG}. \quad (26c)$$

(26a)式から、非協力均衡では環境の潜在価格が国内の家計のMWTPと等しく設定される。このとき、 $q^J = MWTP^J < \sum_{I=A,B} MWTP^I$ であるから、環境の潜在価格は社会的な最適水準と比較して低すぎる。また、非協力的に選択される環境の潜在価格は両国で等しくなるとは限らない。

(26b)式から、資本には課税しないというルールは非協力的均衡においても最適政策の条件である。もちろん、海外からの投資を引き込むために国内で投入される資本に補助金を与える政策も望ましくない。

(26c)式から、汚染者負担原則は社会的最適を実現する上での必要条件であるとともに、

非協力的に環境政策が選択される場合においても最適なルールであることがわかる。ただし、環境産業における汚染処理の単位費用は環境の潜在価格に依存するので、レベルで見た費用負担が社会的な最適水準に一致するわけではない。

非協力的な環境政策のルールに関する歪みは、もっぱら環境の潜在価格に現れる。もしも各国が環境政策の決定において汚染者負担原則を逸脱するようなルールを採用しているならば、それは非協力的な行動に起因するのではなく、制度や実務上の制約によるものかもしれない。同様に、資本に対する課税や補助金は、非協力的な環境政策の帰結ではなく、他の理由によることが考えられる。

非協力的に決定される環境の潜在価格の水準はどのような要因に依存するのだろうか。言いかえれば、緩やかな環境政策と厳格な環境政策を採用する国の相違は何に求められるのか。次項ではこの問題を考える。

(3) 要素賦存量と環境政策

本項では、非協力的に決定される環境政策の水準を、要素賦存量の相違に着目して考える。(24b)式より、均衡では常に資本に課税しないことが選択されるので、 $t^J=0$ ，とする。また、汚染者負担原則も選択されるのであるから、 $z^J = c^{JG}$ ，とする。J国の初期の均衡は以下の式で表される。

$$\beta E_u^J(P, u^J + \beta D) - q^J = 0,$$

$$E^J(P, u^J + \beta D) - R^J(P - c^{JG}, v^{JP}) + r^* F^J - c^{JG} X^J = 0.$$

両国において上式が成り立つような均衡から、B国の要素賦存量が変化したとする。この変化が両国の環境政策と厚生に与える影響は、これらの式を環境の潜在価格と効用、B国の要素賦存量に関して微分して(16)～(21)式を用いて整理することによって、以下のように表される。

$$\Gamma \hat{z} = \Phi^B \hat{v}^B. \quad (27)$$

ここで、

$$\Gamma \equiv \begin{bmatrix} \beta E_{uu}^A & 0 & \Delta^A & \beta^2 E_{uu}^A D_q^B \\ 0 & \beta E_{uu}^B & \beta^2 E_{uu}^B D_q^A & \Delta^B \\ E_u^A & 0 & 0 & \beta E_u^A D_q^B \\ 0 & E_u^B & \beta E_u^B D_q^A & 0 \end{bmatrix},$$

であり、 $\Delta^J \equiv \beta^2 E_{uu}^J D_q^J - 1 < -1$ ，である。また、 $\hat{z} \equiv [du^A, du^B, dq^A, dq^B]^T$ ，である。(27)式右辺の行列は以下のように定義される。

$$\Phi^B \equiv - \begin{bmatrix} \beta^2 E_{uu}^A D_K^B & \beta^2 E_{uu}^A D_L^B & \beta^2 E_{uu}^A D_S^B \\ \beta^2 E_{uu}^B D_K^B & \beta^2 E_{uu}^B D_L^B & \beta^2 E_{uu}^B D_S^B \\ \beta E_u^A D_K^B & \beta E_u^A D_L^B & \beta E_u^A D_S^B \\ -r^B & -w^B & -s^B \end{bmatrix}.$$

また、 $\hat{v}^B \equiv [dK^B, dL^B, dS^B]^T$ である。 $\det \Gamma = E_u^A E_u^B \Delta^A \Delta^B > 0$ なので、要素賦存量の変化が非協力的均衡で選択される環境政策と厚生に与える影響は、

$$\hat{z} = \Gamma^{-1} \Phi^B \hat{v}^B, \quad (28)$$

のような形で与えられる。

最初に、要素賦存量の相違が自国や外国の環境政策に与える影響を考える。(28)式より、B国での要素賦存量の変化は、A国の環境政策に影響を与えない。すなわち、 $dq^A/dV^B = 0$ が $V^B \in \{K^B, L^B, S^B\}$ について成り立つ。ただし、この結果は効用関数の特定化に起因するものである。

B国の要素賦存量の変化が、B国自身の最適政策に与える影響は、(28)式から以下のようにまとめられる¹⁸。

$$\frac{dq^B}{dK^B} = -\frac{r^B \beta E_{uu}^B}{E_u^B \Delta^B} > 0, \quad (29a)$$

$$\frac{dq^B}{dL^B} = -\frac{\beta E_{uu}^B (q^B D_L^B + w^B)}{E_u^B \Delta^B} > 0, \quad (29b)$$

$$\frac{dq^B}{dS^B} = -\frac{\beta E_{uu}^B (q^B D_S^B + s^B)}{E_u^B \Delta^B}. \quad (29c)$$

(29a)式から、他の条件が同一ならば自国民が保有する資本が多い国ほど厳格な環境政策を採用する。これは資本移動が自由なため、工業製品の生産量は自国民の保有する資本とは独立に決定される一方で、自国民が保有する資本が多いほど、国民ベースでみた所得は大きくなるのでMWTPが上昇するためである。また、(29b)式から、労働の賦存量以外は全く同一の二国を考えると、労働豊富国ほど厳格な環境政策を採用する。

一方で、(29c)式をみると、土地の賦存量が大きい国がどのような環境政策を採用するのかは、一概には言えない。これは、土地の増加が所得の増加をもたらす、MWTPを引き上げる効果を持つと同時に、土地の増加によって工業製品の生産が減少するので、他の事情を一定とすればMWTPが低下するためである。 $\tilde{\theta}_L^X \equiv w^J (c_w^{JX} + c_w^{JG})/P$ 、 $\tilde{\theta}_D^X \equiv q^J c_q^{JG}/P$ のように定義して、(29c)式のカッコ内を書き下すと、以下を得る。

$$q^B D_S^B + s^B \geq 0 \Leftrightarrow \theta_S^Y \tilde{\theta}_L^X - \tilde{\theta}_D^X \theta_L^Y \geq 0.$$

¹⁸ 詳細は付録5を参照。

ここから、農業部門において土地への報酬シェアが高いほど、また、汚染処理の過程も含めて工業製品の生産活動を捉えた労働投入の報酬シェア($\tilde{\theta}_L^X$)が高いほど、厳格な環境政策が選択されやすい。

まとめると、自国民が保有する資本、もしくは労働の賦存量が大きい国ほど、高い環境の潜在価格を設定するという意味で厳格な環境政策を選択する。逆に、資本の多くを対内直接投資に依存している国は緩やかな環境政策を採用する誘因を持つ。

次に、要素賦存量の変化が厚生に与える影響を考える。B国における要素賦存量の増加は、B国自身の厚生を必ず改善する。つまり、(28)式より、 $E_u^B(du^B/dL^B) = w^B$ 、 $E_u^B(du^B/dK^B) = r^B$ 、 $E_u^B(du^B/dS^B) = s^B$ である。

一方、B国の要素賦存量の変化がA国の厚生に与える効果は、

$$E_u^A \frac{du^A}{dK^B} = -q^A D_q^B \frac{dq^B}{dK^B} > 0, \quad (30a)$$

$$E_u^A \frac{du^A}{dL^B} = q^A \left(D_q^B \frac{dq^B}{dL^B} - D_L^B \right), \quad (30b)$$

$$E_u^A \frac{du^A}{dS^B} = \frac{1}{\Delta^B} \left[q^A D_S^B + \frac{q^A}{q^B} (1 + \Delta^B) s^B \right] > 0, \quad (30c)$$

となる¹⁹。(30a)式と(30c)式より、B国において資本や土地の賦存量が増加すれば、A国の厚生も改善される。(30b)式で示されるように、労働の増加がA国の厚生に与える影響は定まらない。労働の増加には、環境政策の強化を促す効果と工業製品の生産量を増加させる効果がある。前者はA国の厚生を改善する方向に働き、後者はこれを損なう方向に作用する。

このように、ある国における資本や土地の外生的な増加は当該国のみならず、外国の厚生も改善する。逆に、気候変動等によって予期しない外生的な農地の毀損が生じたとき、当該国の厚生が損なわれるだけでなく、生産活動が工業部門にシフトし、環境負荷の増加を通じて他国の厚生も悪化させる。労働の増加は他国の厚生を損なうこともある。

5 政策に関する制約があるときの非協力均衡

前節では政府が一括税の利用も含めて、自由に政策手段を選択できると考えていた。しかし、実際の政策決定では政策手段を自由に選択できないかもしれない。環境の潜在価格を適切に設定することは、国内外の利害関係者の働きかけ等で困難であるかもしれない。資本税についても、産業政策や所得分配上の配慮を理由として、環境政策とは切り離して意思決定がなされる場合もあろう。発生した汚染物質を財政資金の投入なしに処理することは技術的

¹⁹ 付録5を参照。

に困難かもしれない。

本節では、3つの政策手段のうちひとつが固定されていると考える。このとき、他の政策手段に関する最適条件がどのように修正されるのかを検討する。

まず、環境の潜在価格が $\bar{q}^J$ に固定されているとしよう。(25)式から q^J に関する条件を取り除き、 $q^J = \bar{q}^J$ として解くと、非協力的な均衡における資本税と処理費用負担は以下のよう表される。

$$\begin{bmatrix} -t^J \\ c^{JG} - z^J \end{bmatrix} = \frac{\bar{q}^J - \beta E_u^J}{F_l^J X_z^J - X_l^J F_z^J} \begin{bmatrix} X_z^J D_l^J - X_l^J D_z^J \\ F_l^J D_z^J - F_z^J D_l^J \end{bmatrix}. \quad (31)$$

ここで、 $F_l^J X_z^J - X_l^J F_z^J > 0$ 、 $X_z^J D_l^J - X_l^J D_z^J < 0$ 、 $F_l^J D_z^J - F_z^J D_l^J > 0$ 、となることが、(17)～(19)式よりわかる²⁰。

(31)式より、環境の潜在価格がMWTPよりも低い水準に制約されているとき、資本に対する税は負、すなわち補助金が最適政策となる。また、企業の汚染処理負担は単位処理費用よりも高い水準に設定される。汚染物質の排出を削減するためには、生産者の費用負担を引き上げて工業製品の生産量を減少させることが必要となるが、費用負担の引き上げによって賃金率は低下する。したがって、労働市場に歪みが生じ、この歪みを緩和するために資本税の引き下げが求められる。

次に、資本税の税率が $\bar{t}^J$ の水準で固定されているとしよう。このとき、(31)式の導出と同様の手順を経て、最適政策は以下のようになる。

$$\begin{bmatrix} \beta E_u^J - q^J \\ c^{JG} - z^J \end{bmatrix} = \frac{\bar{t}^J}{D_q^J X_z^J - X_q^J D_z^J} \begin{bmatrix} X_z^J F_q^J - X_q^J F_z^J \\ D_q^J F_z^J - D_z^J F_q^J \end{bmatrix}. \quad (32)$$

ここで、 $D_q^J X_z^J - X_q^J D_z^J > 0$ 、 $X_z^J F_q^J - X_q^J F_z^J < 0$ 、 $D_q^J F_z^J - D_z^J F_q^J > 0$ 、である²¹。

したがって、資本税率が正(負)の水準で固定されているとき、環境の潜在価格はMWTPよりも高く(低く)設定される。また、企業の汚染処理負担は単位あたり処理費用よりも低い(高い)水準に設定される。たとえば、事後的にみて同一水準の可処分所得を得ている国を比較すれば、資本税を課している国の方が緩やかな環境基準の下で多額の財政支出を伴う環境政策を実施している。

最後に、工業部門の生産者に環境処理費用の全額を負担させることができない場合を考える。すなわち、彼らの負担は、 $c^{JG} - \bar{z}^J > 0$ 、の水準に固定されている。このとき、非協力的な行動の下でのJ国の最適政策は以下のよう表される。

$$\begin{bmatrix} \beta E_u^J - q^J \\ -t^J \end{bmatrix} = \frac{\bar{z}^J - c^{JG}}{D_q^J F_l^J - F_q^J D_l^J} \begin{bmatrix} F_l^J X_q^J - F_q^J X_l^J \\ D_q^J X_l^J - D_l^J X_q^J \end{bmatrix}. \quad (33)$$

²⁰ 詳細は付録4を参照。

²¹ 詳細は付録4を参照。

ただし、 $D_q^J F_t^J - F_q^J D_t^J > 0$ 、 $F_t^J X_q^J - F_q^J X_t^J > 0$ 、 $D_q^J X_t^J - D_t^J X_q^J > 0$ 、である²²。

(33)式は、企業に対して、汚染処理費用の負担を完全に求めることができないとき、環境の潜在価格はMWTPよりも高く設定され、正の資本所得税率が選択されることを示している。たとえば、均衡における所得水準が同じであり、同一水準の環境汚染に直面している国々を比較すれば、汚染者負担原則が確立されていない国のほうが、閉鎖的な政策を採用している。

このように、ある政策手段の利用が制約されているとき、他の政策手段における最適なルールは変化する。ただし、制約によって価格や所得もまた変化するもので、ルールで見れば緩やか(厳格な)環境政策が採用されても、レベルでは環境政策が緩和(厳格化)されるとは限らない²³。

6 国際的な援助政策の厚生効果

(1) 協調の困難性

前節で述べたように、関係する国々の間で環境政策が非協力的に実行されているとき、均衡においては非効率が発生する。したがって、政策協調によって関連する全ての国の厚生を改善できる。

しかしながら、そのような政策協調は容易ではない。一国内における政策協調や調整とは異なり、実効性を持った協調政策を決定できるような上位機関は存在しない。また、国際機関での交渉過程において各国が戦略的に行動するならば、交渉の結果として実現する環境政策が非協調的な均衡で選択される環境政策よりも望ましくなるとも限らない²⁴。

加えて、(26)式の最適条件を見れば分かるように、政策協調は包括的なものでなくてはならない。もしも各国の裁量に委ねられた政策手段が存在するならば、これらを戦略的に操作することによって政策協調の便益は損なわれる。たとえば、環境の潜在価格を(26a)式が成立する水準まで協調的に引き上げるような拘束力を持った合意が国家間で形成されたとしよう。すなわち、各国政府にとっては環境の潜在価格が $\beta E_u^J < \bar{q}$ の水準に固定されることを意味する。しかし、他の政策手段についての合意がなければ、(31)式で示されたように、各国は資本税を課すとともに、環境産業への補助金を選択する誘因を持つ。したがって、最適な条件は達成されず、政策協調は期待される効果を十分に達成できない。このことは部分的な政策協調の限界を示している²⁵。

直接に環境政策の協調を図るのではなく、緩やかな環境政策を採用している国に対して財

²² 詳細は付録4を参照。

²³ 歪みが存在するときのルールとレベルに関する議論は、Atkinson and Stern (1974)を参照。

²⁴ たとえば、Buchholz et al. (2005)を参照。

²⁵ 部分的な政策協調の帰結は、Fuest and Huber (1999)で論じられている。また、Marchand et al. (2003)も参照。

政的な支援を行い、環境政策の強化を促すことで社会全体の厚生を改善する手法も考えられる²⁶。以下では援助政策の厚生効果を考察する。

(2) 使途の制約がない所得移転政策の効果

最初に、使途の制約がない一般的な援助を考える。当初の均衡は(26)式で表されるような非協力的な状態だとする。このとき、J国において所得が外生的に dT^J だけ変化したとする。環境政策が所得の変化後も非協力的に選択されるとして、環境の潜在価格と厚生の変化は以下のように表される。

$$\Gamma \hat{z} = \hat{e}. \quad (34)$$

ここで、 $\hat{e} \equiv [0, 0, dT^A, dT^B]^T$ である。

A国からB国への所得移転を考え、 $-dT^A = dT^B > 0$ 、とする。(34)式を解くと、 $dq^A/dT^B = \beta E_{uu}^A / (E_u^A \Delta^A) < 0$ 、 $dq^B/dT^B = -\beta E_{uu}^B / (E_u^B \Delta^B) > 0$ であるから、所得移転によって環境の潜在価格は、援助国では低下し、被援助国では上昇する。

所得移転による各国の厚生の変化も、(34)式を解いて以下のように与えられる²⁷。

$$E_u^A \frac{du^A}{dT^B} = -1 + \frac{E_u^A}{E_u^B} \frac{\beta^2 E_{uu}^B D_q^B}{\Delta^B}, \quad (35a)$$

$$E_u^B \frac{du^B}{dT^B} = 1 + \frac{E_u^B}{E_u^A} \frac{\beta^2 E_{uu}^A D_q^A}{\Delta^A}. \quad (35b)$$

ここで、 $\beta^2 E_{uu}^J D_q^J / \Delta^J \in (0, 1)$ であるから、当初の均衡において、 $E_u^A \geq E_u^B$ ならばB国(被援助国)の厚生は必ず改善される。たとえば、A国が初期において厳格な環境政策を採用しているとしよう。すなわち、 $\beta E_u^A \geq \beta E_u^B$ である。このとき、A国からB国への所得移転は必ずB国の厚生を改善する²⁸。

ただし、A国(援助国)の厚生は改善されとは限らない。上式からわかるように、 $E_u^B \geq E_u^A$ であればA国の厚生は必ず低下する。また、 $E_u^B < E_u^A$ であっても、被援助国が所得の増加に伴い十分大きな環境の潜在価格の引き上げを行わない限りは援助国の厚生は低下する。特に、両国において初期に選択されている環境の潜在価格の値に大きな違いがないならば、一般的な所得移転は援助国の厚生を悪化させ、被援助国の厚生を改善する。

両国の初期における環境政策に大きな隔たりがあるならば、厳格な環境政策を採用する国から緩やかな環境政策を採用する国への援助は、ある国の厚生を悪化させることなく他の国

²⁶ 条件つき援助政策の厚生効果は、貿易の自由化との関連で、Lahiri et al (2002)において考察されている。援助政策に関する理論的分析は、Brakman and van Marrewijk (1998)を参照。

²⁷ 付録5を参照。

²⁸ ただし、国際的な公共財が存在する場合、このことは必ずしも自明ではなく、公共財の中立命題や移転のパラドクスと呼ばれる事象が生ずることがある。たとえば、Ihori (1996)を参照。

の厚生が改善されるというパレート改善をもたらす。ただし、その可能性は、生産技術や選好に依存する。

(3) 環境産業への援助

A国からB国の環境産業への援助政策を考えよう。具体的には、B国の環境産業での雇用を促すようなA国による財政的な支援を考える。ただし、各国は援助の実施前後で政策変数の値を変化させないものとする。

初期において(26)式で表されるような非協力的な均衡にあるとして、B国の環境産業で労働投入量を dL^{BG} だけ増加させることを考えよう。このような増加は環境産業における労働の投入係数を上昇させる。この効果を考えるために環境産業での要素価格に仮想的なパラメータ e^J を導入して、 $L^{BG} = c_w^{BG}(q^B, w^B - e^B)X^B$ 、と書く。環境産業における労働投入の増加が、工業部門の労働投入量を減少させることを考慮すれば、環境産業における労働の投入係数は以下を満たすように変化する。

$$(1 + c_w^{BG} X_L^B) dL^{BG} = -c_{ww}^{BG} X^B de^B.$$

上式と(18b)式より、環境産業における雇用の増加によってB国における汚染物質の排出量は以下のように減少することがわかる。

$$\frac{dD^B}{dL^{BG}} = -c_{qw}^{BG} X^B \frac{de^B}{dL^{BG}} - c_q^{BG} X_L^B = -\frac{1}{q^B} (w^B + c^{BG} X_L^B) < 0. \quad (36)$$

A国は、削減された排出量をB国の価格で評価して、その相当額を同国の環境産業に移転する。すなわち、 $(w^B + c^{BG} X_L^B) dL^{BG}$ がB国の環境産業に援助される。環境産業では、1単位の労働投入による費用の増加と処理量の減少による収入の減少の合計は $w^B + c^{BG} X_L^B$ よりも小さいから、このような条件つき援助によって環境産業の収支が悪化することはない。

(25)式を考慮すれば、援助によってB国の貨幣タームで測った厚生は、

$$E_u^B \frac{du^B}{dL^{BG}} = w^B + c^{BG} X_L^B, \quad (37)$$

だけ増加する。一方、A国の厚生は以下のように変化する。

$$E_u^A \frac{du^A}{dL^{BG}} = \left(\frac{q^A}{q^B} - 1 \right) (w^B + c^{BG} X_L^B). \quad (38)$$

したがって、もしも $q^A > q^B$ ならばA国の厚生も改善される。

パレート改善が実現する理由は、両国の環境に対する相対的な評価の差異にある。レベルで見て厳格な環境政策を採用している国は、環境を高く評価をしている。一方で、緩やかな環境政策を採用している国は、貨幣所得を相対的に高く評価している。したがって、環境を高く評価している国から貨幣所得を高く評価している国への所得移転は、それに見合った環

境の改善が図られるならば、両国の厚生を改善する。前節でみたように、資本輸入国では緩やかな環境政策が採用される傾向にある。したがって、越境汚染を通じて関係する東アジアの成熟国から新興国の環境産業への援助はパレート改善をもたらす可能性がある。

環境政策の協調を考える際に、既に経済成長を達成しており、環境問題に高い関心を持つ成熟国と、高い経済成長率を示しているものの所得水準は低位にある新興国の利害対立が表面化することがある。(30b)式で示されたように、新興国において効率単位で見た労働の増加によって経済成長が促されるとき、工業製品の生産もまた増加するので、越境汚染の増加を通じて成熟国に負の影響を与えるかもしれない。しかしながら、この場合においても、成熟国が新興国の環境産業への援助を通じて汚染排出量の削減を促すことによって、新興国では汚染排出量を削減しなかった場合以上の経済成長が達成され、成熟国では新興国の経済成長がなかった場合以上に厚生が改善される。

条件つき援助が機能するためには、条件の履行を監視できる仕組みが必要である。また、外国の環境産業への援助は被援助国の政府を介して実施されることが多いだろう。このとき、環境政策におけるガバナンスが隘路となって援助の実効性が損なわれるかもしれない。さらに、前節で述べたように、(26)式で示された環境政策が新興国において常に選択できるとは限らない。次項ではこの点に着目して援助政策の効果を考える。

(4) 初期において国内政策に歪みが存在する場合

B国では3つの政策手段のうち一つが、実務上もしくは技術的な理由によってある固定された値に制約されていたとする。他の政策については第5節で考察したような政策が選択されている。

このような初期の均衡から、A国からB国に対して制約の緩和を可能にするような技術やノウハウの移転が行われたとしよう。ただし、そのような移転によってB国は他の政策を変化させないと仮定する。B国における環境政策 $x^B \in \{q^B, t^B, z^B\}$ の制約を限界的に緩和するためにA国が負担する費用を $\sigma_x^A > 0$ とする。この場合の両国の厚生の変化を検討する。

最初に、援助を受けるB国の厚生の変化を考える。初期において政策変数のうちひとつの政策が $\bar{x}^B \in \{\bar{q}^B, \bar{t}^B, \bar{z}^B\}$ の値に制約されていたとする。このとき、制約が緩和されることによるB国の厚生の変化は、B国の所得支出制約を当該変数で微分して(31)～(33)式を代入することによって、以下のように与えられる。

$$E_u^B \frac{du^B}{d\bar{q}^B} = - \frac{(\beta E_u^B - \bar{q}^B) \det \Omega^B}{F_t^B X_z^B - X_t^B F_t^B}, \quad (39a)$$

$$E_u^B \frac{du^B}{d\bar{t}^B} = \frac{\bar{t}^B \det \Omega^B}{D_q^B X_z^B - X_q^B D_z^B}, \quad (39b)$$

$$E_u^B \frac{du^B}{d\bar{z}^B} = \frac{(\bar{z}^B - c^{BG}) \det \Omega^B}{D_q^B F_t^B - F_q^B D_t^B}. \quad (39c)$$

上式で、 $\det \Omega^B < 0$ 、であり、 $F_t^B X_z^B - X_t^B F_z^B > 0$ 、 $D_q^B X_z^B - X_q^B D_z^B > 0$ 、 $D_q^B F_t^B - F_q^B D_t^B > 0$ である²⁹。(39)式より、B国の政策変数を(26)式で表されるルールに近づけるような援助は必ずB国の厚生を改善する。

一方、B国では制約が緩和された変数以外の政策を一定に保つと考えていたので、A国の厚生の変化は、政策変更による汚染物質排出量の増減に依存し、 $\bar{x}^B \in \{\bar{q}^B, \bar{t}^B, \bar{z}^B\}$ について以下のように表される。

$$E_u^A \frac{du^A}{d\bar{x}^B} = -q^A D_x^B - \sigma_x^A. \quad (40)$$

すなわち、B国における環境政策が、 $\beta E_u^B > \bar{q}^B$ 、 $\bar{t}^B < 0$ 、 $\bar{z}^{BJ} < c^{BG}$ が成立するという意味で、制約のない非協力的均衡におけるルールよりも緩やかな水準に制約されており、これを緩和するための援助費用が十分に小さいならば、A国の厚生は改善される。

東アジアの新興国の中には、非協力的な意味での最適政策さえ実施できていない国があるかもしれない。この場合、環境政策の整備や行政的な管理手法に関する蓄積を持つ国が、制度設計や実施上の問題点を克服するための援助や技術の提供を行えば被援助国の厚生は改善される。たとえば、ガバナンスや技術的な理由で汚染者負担原則の導入が困難な国があったとしよう。この国に対して汚染者負担原則の確立に向けた制度構築や行政上のノウハウの移転といった援助を行えば、当該国の厚生は改善される。さらに、そのための費用が十分に低いならば、汚染物質の排出量が削減されることを通じて援助国の厚生も改善される。

7 まとめ

本章では東アジアにおける越境汚染を念頭に置き、非協力的な環境政策の帰結と国際的な援助政策の効果を考察した。本章のモデル自体は新しいものではなく分析結果も標準的なものである。しかしながら、東アジアの共生という問題意識に引き寄せて考えることでいくつかの示唆を得る。

要素賦存量の相違が非協力的な環境政策に与える影響を考察した結果、一般に資本豊富国ほど厳格な環境政策を採用することがわかった。逆に、直接投資を海外から受け入れ、効率単位で測った労働賦存量が相対的に少ない国では、緩やかな環境政策が採用されることも示された。この結果を踏まえると、新興国と成熟国が並存する東アジアでは、経済的な状態の多様さを反映して環境政策の乖離が生ずる可能性が高い。

²⁹ 詳細は付録4を参照。

しかしながら、非協力的な均衡における環境政策の乖離は、東アジアにおいて越境汚染の問題を克服して共生を図ることを阻害するものではない。前節で考えた環境産業への条件つき援助は、援助国と被援助国の間で環境に対する評価が異なっているほど大きな厚生改善をもたらす。

また、環境行政を執行するうえでの障壁を取り除くこともパレート改善をもたらす。関係する国々の公共部門における実務に即した援助やノウハウの移転が、戦略的な行動を誘発しかねない高次の政策協調に先だって模索されるべきであろう。

本章で得られた結論は、いくつかのモデル構築上の制約に依存している。たとえば、効用関数の特定化によって非協力均衡での分析は簡明になる一方で、最適反応関数のシフトに伴う政策の変化を無視している。また、二国からなる小国モデルで分析を行ったが、多数国を想定して東アジア地域以外の国々の行動も考慮した一般均衡モデルでの分析も必要であろう。

付録

付録1 要素価格の決定

(1)式に(3)式と(4)式を代入すれば,

$$c^{JX}(w^J, r^* + t^J) = P - z^J, \quad (1')$$

となる. 上式を微分すれば以下を得る.

$$w_t^J = -\frac{c_r^{JX}}{c_w^{JX}} < 0, \quad w_z^J = -\frac{1}{c_w^{JX}} < 0.$$

さらに(2)式を微分して,

$$s_t^J = -\frac{c_w^{JY}}{c_s^{JY}} w_t^J = -\frac{c_w^{JY} c_r^{JX}}{c_s^{JY} c_w^{JX}} < 0, \quad s_z^J = -\frac{c_w^{JY}}{c_s^{JY}} w_z^J = -\frac{c_w^{JY}}{c_s^{JY} c_w^{JX}} < 0,$$

を得る.

付録2 収入関数の性質

付録1より明らかなように, 財と資本の世界価格と政策変数が与えられると他の要素価格が決まる. さらに, 生産要素の完全雇用条件を満たすように資本移動量と工業製品の生産量が決まる. 言い換えると, 均衡において工業部門と農業部門で利用できる生産要素が与えられると, そこでの収入最大化問題の解は均衡における生産量を表す. また, (12)式の双対表現は, $K^{JP} \equiv K^J + F^J$, $L^{JP} \equiv L^J - c_w^{JG} X^J$, として,

$$R^J(p^J, v^{JP}) = \min_{r^J, w^J, s^J} \{r^J K^{JP} + w^J L^{JP} + s^J S^J : c^{JX} = p^J, c^{JY} = 1\}, \quad (A.1)$$

となる. (A.1)式の1階条件より, 以下のような標準的な特殊要素モデルを得る. 但し, 本文中に記載したように内点解の存在を仮定する.

$$c_w^{JX}(w^J, r^J)X^J + c_w^{JY}(w^J, s^J)Y^J = L^{JP}, \quad (A.2)$$

$$c_r^{JX}(w^J, r^J)X^J = K^{JP}, \quad (A.3)$$

$$c_s^{JY}(w^J, s^J)Y^J = S^J, \quad (A.4)$$

$$c^{JX}(w^J, r^J) = p^J, \quad (A.5)$$

$$c^{JY}(w^J, s^J) = 1. \quad (A.6)$$

(A.2)~(A.6)式を微分して行列形式で表現すると以下を得る.

$$\begin{bmatrix} m & \mathbf{n}^T \\ \mathbf{n} & Q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{h}} \\ \hat{\mathbf{k}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{v}} \\ \hat{\mathbf{p}} \end{bmatrix}. \quad (A.7)$$

但し, $m \equiv c_{ww}^{JX} X^J + c_{ww}^{JY} Y^J$, $\mathbf{n}^T \equiv [c_{wr}^{JX} X^J, c_{ws}^{JY} Y^J, c_w^{JX}, c_w^{JY}]$, であり, また, $\hat{\mathbf{h}} \equiv [dw^J, dr^J, ds^J]^T$, $\hat{\mathbf{k}} \equiv [dX^J, dY^J]^T$, であり, $\hat{\mathbf{v}} \equiv [dL^{JP}, dK^{JP}, dS^J]^T$, $\hat{\mathbf{p}} \equiv [dp^J, 0]^T$, である. 左辺係数行列

の部分行列は、以下のように定義されている。

$$Q \equiv \begin{bmatrix} c_{rr}^{JX} X^J & 0 & c_r^{JX} & 0 \\ 0 & c_{ss}^{JY} Y^J & 0 & c_s^{JY} \\ c_r^{JX} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_s^{JY} & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (\text{A.8})$$

ここで、 $\theta_s^{JY} \equiv s^J c_s^{JY} / c^{JY}$ 、 $\theta_k^{JX} \equiv r^J c_r^{JX} / c^{JX}$ 、として、

$$\Delta^J \equiv (\theta_s^{JY})^2 c_{ww}^{JX} X^J + (\theta_k^{JX})^2 c_{ww}^{JY} Y^J < 0, \quad (\text{A.9})$$

とおき、 $Z \equiv Q - \mathbf{n} \mathbf{n}^T m^{-1}$ と定義すれば、 $\det Z = \Delta^J (c^{JX} / r^J s^J)^2 < 0$ 、なので、分割行列に関する周知の性質から、

$$\begin{bmatrix} m & \mathbf{n}^T \\ \mathbf{n} & Q \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{m} \begin{bmatrix} 1 + \mathbf{n}^T Z^{-1} \mathbf{n} / m & -\mathbf{n}^T Z^{-1} \\ -Z^{-1} \mathbf{n} & m Z^{-1} \end{bmatrix}, \quad (\text{A.10})$$

となる。これを、

$$\begin{bmatrix} m & \mathbf{n}^T \\ \mathbf{n} & Q \end{bmatrix}^{-1} \equiv \begin{bmatrix} \varpi_{11} & \cdots & \varpi_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \varpi_{51} & \cdots & \varpi_{55} \end{bmatrix}, \quad (\text{A.11})$$

として以後の分析と関連する要素だけを書き下せば、以下のようになる。

$$\varpi_{11} = \frac{dw^J}{dL^{JP}} = R_{LL}^J = \frac{(\theta_s^{JY})^2 (\theta_k^{JX})^2}{\Delta^J} < 0, \quad (\text{A.12a})$$

$$\varpi_{12} = \frac{dw^J}{dK^{JP}} = \varpi_{21} = \frac{dr^J}{dL^{JP}} = R_{KL}^J = - \left(\frac{r^J}{w^J} \right) \frac{\theta_k^{JX} \theta_L^{JX} (\theta_s^{JY})^2}{\Delta^J} > 0, \quad (\text{A.12b})$$

$$\varpi_{13} = \frac{dw^J}{dS^J} = \varpi_{31} = \frac{ds^J}{dL^{JP}} = R_{SL}^J = - \left(\frac{s^J}{w^J} \right) \frac{(\theta_k^{JX})^2 \theta_s^{JY} \theta_L^{JY}}{\Delta^J} > 0, \quad (\text{A.12c})$$

$$\varpi_{14} = \frac{dw^J}{dp^J} = \varpi_{41} = \frac{dX^J}{dL^{JP}} = R_{LP}^J = \left(\frac{w^J c_{ww}^{JX} X^J}{c^{JX}} \right) \frac{(\theta_s^{JY})^2}{\Delta^J} > 0, \quad (\text{A.12d})$$

$$\varpi_{22} = \frac{dr^J}{dK^J} = R_{KK}^J = \left(\frac{r^J}{w^J} \right)^2 \frac{(\theta_L^{JX} \theta_s^{JY})^2}{\Delta^J} < 0, \quad (\text{A.12e})$$

$$\varpi_{23} = \frac{dr^J}{dS^J} = \varpi_{32} = \frac{ds^J}{dK^{JP}} = R_{KS}^J = \left[\frac{r^J s^J}{(w^J)^2} \right] \frac{\theta_k^{JX} \theta_L^{JX} \theta_s^{JY} \theta_L^{JY}}{\Delta^J} < 0, \quad (\text{A.12f})$$

$$\varpi_{24} = \frac{dr^J}{dp^J} = \varpi_{42} = \frac{dX^J}{dK^{JP}} = R_{KP}^J = \left(\frac{r^J}{c^{JX}} \right) \frac{(\theta_s^{JY})^2 c_{ww}^{JX} X^J + \theta_k^{JX} c_{ww}^{JY} Y^J}{\Delta^J} > 0, \quad (\text{A.12g})$$

$$\varpi_{33} = \frac{ds^J}{dS^J} = R_{SS}^J = \left(\frac{s^J}{w^J} \right)^2 \frac{(\theta_K^{JX} \theta_L^{JY})^2}{\Delta^J} < 0, \quad (\text{A.12h})$$

$$\varpi_{34} = \frac{ds^J}{dp^J} = \varpi_{43} = \frac{dX^J}{dS^J} = R_{SP}^J = \left(\frac{s^J}{c^{JX}} \right) \frac{\theta_L^{JY} \theta_S^{JY} c_{ww}^{JX} X^J}{\Delta^J} > 0, \quad (\text{A.12i})$$

$$\varpi_{44} = \frac{dX^J}{dp^J} = R_{PP}^J = - \left(\frac{w^J}{c^{JX}} \right)^2 \frac{c_{ww}^{JX} X^J c_{ww}^{JY} Y^J}{\Delta^J} > 0, \quad (\text{A.12j})$$

ここで, $\theta_L^{JX} \equiv w^J c_w^{JX} / c^{JX}$, $\theta_L^{JY} \equiv w^J c_w^{JY} / c^{JY}$ であり, 定義より, $\theta_L^{JX} + \theta_K^{JX} = 1$, $\theta_L^{JY} + \theta_S^{JY} = 1$ である.

収入関数は要素投入量に関する1次同次関数であり,

$$R^J(p^J, v^{JP}) = R_K^J K^{JP} + R_L^J L^{JP} + R_S^J S^J, \quad (\text{A.13})$$

が成り立つ. 加えて, 同次関数の性質から, 以下も成り立つ.

$$R_{KK}^J K^{JP} + R_{KL}^J L^{JP} + R_{KS}^J S^J = 0, \quad (\text{A.14a})$$

$$R_{KL}^J K^{JP} + R_{LL}^J L^{JP} + R_{LS}^J S^J = 0, \quad (\text{A.14b})$$

$$R_{SK}^J K^{JP} + R_{SL}^J L^{JP} + R_{SS}^J S^J = 0. \quad (\text{A.14c})$$

また, 直接的な計算から,

$$R_{KL}^J c_w^{JX} + R_{KK}^J c_r^{JX} = 0, \quad (\text{A.15})$$

$$R_{PK}^J R_{KL}^J - R_{KK}^J R_{PL}^J = - \frac{1}{c_w^{JX}} R_{KK}^J, \quad (\text{A.16})$$

$$c_r^{JX} R_{PK}^J + c_w^{JX} R_{PL}^J = 1, \quad (\text{A.17})$$

$$(R_{PK}^J)^2 - R_{KK}^J R_{PP}^J = \left(\frac{r^J}{c^{JX}} \right) \frac{(\theta_S^{JY})^2 c_{ww}^{JX} X^J + c_{ww}^{JY}}{\Delta^J}, \quad (\text{A.18})$$

であることもわかる.

付録3 安定条件と比較静学分析

(1) 安定条件

最初に汚染物質の発生と処理に関する安定条件を考える. $t-1$ 期に発生した汚染物質の処理が t 期に行われるような調整過程を考える. すなわち,

$$X_{(t)}^J = R_P^J(p^J, K^J + F^J, L^{JP} - c_w^{JG} X_{(t-1)}^J, S^J), \quad (\text{A.19})$$

である. その他の市場は瞬時に調整されるとする. (14)式を資本流入量について解くと, $F^J = F^J(X_{(t-1)}^J, P, r^*)$, となり, (A.15)式を用いれば以下を得る.

$$\frac{dF^J}{dX_{(t-1)}^J} = \frac{R_{KL}^J c_w^{JG}}{R_{KK}^J} = -\frac{c_r^{JX} c_w^{JG}}{c_w^{JX}}, \quad (\text{A.20})$$

(A.19)式に(A.20)式を代入して均衡の近傍で線形近似すれば、

$$\Delta \tilde{X}_{(t)}^J = \left(R_{PK}^J \frac{dF^J}{dX^{*J}} - R_{PL}^J c_w^{JG} \right) \Delta \tilde{X}_{(t-1)}^J = -\frac{c_w^{JG}}{c_w^{JX}} \Delta \tilde{X}_{(t-1)}^J, \quad (\text{A.21})$$

となる。ここで、 $\Delta \tilde{X}_{(j)}^J \equiv X_{(j)}^J - X^{J*}$ である。また最後の等式の導出には(A.17)式を用いている。(A.21)式から、均衡の近傍における局所的な安定条件は、 $c_w^{JG} / c_w^{JX} < 1$ 、となる。前期の汚染物質の発生量が減少すれば、当期の処理量もまた減少して、当期の工業製品の生産に投入できる労働が増加する。安定条件はこのようなフィードバック効果が収束することを求めている。

(2) 比較静学分析

(13)～(14)式に(8)式を代入した上でこれを微分して整理すれば以下ようになる。

$$\Omega^J \begin{bmatrix} dF^J \\ dX^J \end{bmatrix} = \mathbf{a}_q^J dq^J + \mathbf{a}_t^J dt^J + \mathbf{a}_z^J dz^J. \quad (\text{A.22})$$

但し、

$$\Omega^J = \begin{bmatrix} R_{KK}^J & -R_{KL}^J c_w^{JG} \\ R_{PK}^J & -R_{PL}^J - 1 \end{bmatrix}, \quad (\text{A.23})$$

であり、

$$\mathbf{a}_q^J \equiv \begin{bmatrix} R_{KL}^J c_{wq}^{JG} X^J \\ R_{PL}^J c_{wq}^{JG} X^J \end{bmatrix}, \quad \mathbf{a}_t^J \equiv \begin{bmatrix} R_{KL}^J c_{wt}^{JG} w_t^J X^J + 1 \\ R_{PL}^J c_{wt}^{JG} w_t^J X^J \end{bmatrix}, \quad \mathbf{a}_z^J \equiv \begin{bmatrix} R_{KP}^J + R_{KL}^J c_{wz}^{JG} w_z^J X^J \\ R_{PP}^J + R_{PL}^J c_{wz}^{JG} w_z^J X^J \end{bmatrix}, \quad (\text{A.24})$$

である。ここで、 $\det \Omega^J = -(1 + c_w^{JG} / c_w^{JX}) R_{KK}^J > 0$ 、なので、比較静学分析は以下のようにまとめることができる。

$$\begin{bmatrix} dF^J \\ dX^J \end{bmatrix} = (\Omega^J)^{-1} (\mathbf{a}_q^J dq^J + \mathbf{a}_t^J dt^J + \mathbf{a}_z^J dz^J). \quad (\text{A.25})$$

上式と(A.12)式を用いると(16)式と(17)式の結果を得る。

(A.25)式で表される効果を、工業製品の生産量に与える影響を例にとって直感的に述べる。と以下になる。まず、環境の潜在価格が上昇すると、環境産業における労働投入係数が c_{wq}^{JG} だけ上昇する。したがって、他の事情を一定とすれば、工業製品や農産物の生産に投入できる労働が $\Delta L^{JP} = -c_{wq}^{JG} X^J$ だけ減少する。但し、環境の潜在価格の上昇によって他の要素価格は変化しない。したがって、農産物の生産に投入される労働量は変化しない。このため、利用できる労働量の減少による労働の超過需要のすべてが、工業製品の生産が減少する

ことで吸収される。汚染処理の過程も含めて考えると、 $\Delta L^{JP} = (c_w^{JX} + c_w^{JG})\Delta X^J$ ，となるように工業製品の生産量が変化するので、(16a)式の結果を得る。

資本税は二つの経路で工業製品の生産に影響を与える。第一に、資本税の上昇によって資本が海外に流出するので、 $\Delta K_{(1)}^{JP} = 1/R_{KK}^J$ ，だけ国内で利用できる資本が減少する。これより、工業製品の生産が、 $\Delta X_{(1)}^J = R_{PK}^J \Delta K_{(1)}^{JP}$ ，だけ減少する。第二に、資本税の上昇によって賃金率が低下するので、環境産業において労働の投入量が増加する。すなわち、財の生産部門で利用できる労働が $\Delta L_{(2)}^{JP} = -c_{ww}^{JG} w_t^J X^J$ だけ減少する。工業製品の生産は、労働量の減少による直接効果として、 $\Delta X_{(2)}^J = R_{PL}^J \Delta L_{(2)}^{JP}$ だけ減少する。一方、労働の減少は資本の限界的な生産性を $\Delta \tilde{r}^J = R_{KL}^J \Delta L_{(2)}^{JP}$ だけ低下させるので資本が $\Delta K_{(3)}^{JP} = -(\Delta \tilde{r}^J)/R_{KK}^J$ だけ流出する。これによって工業製品の生産が $\Delta X_{(3)}^J = R_{PK}^J \Delta K_{(3)}^{JP}$ だけ減少する。このような効果をあわせると、資本税の上昇による第1次的なインパクトが、 $\Delta X_f^J = \Delta X_{(1)}^J + \Delta X_{(2)}^J + \Delta X_{(3)}^J$ のように表される。(1')式と(A.16)式を用いると(16b)式のカッコ内が ΔX_f^J を表していることがわかる。但し、この第1次的なインパクトによって汚染の発生量は減少するので、工業製品の生産量が増える。このフィードバック効果の乗数は、(16b)～(16c)式の $c_w^{JX}/(c_w^{JX} + c_w^{JG}) = 1/(1 + c_w^{JG}/c_w^{JX})$ で表される。前述の安定条件はこの乗数過程が収束することを求めている。

汚染処理費用の負担水準についても同様の解釈が可能である。ただし、汚染負担水準の変化は国内の生産者が直面する工業製品の生産者価格に影響を与えるので、直接的な効果として $\Delta X^J = R_{PP}^J \Delta z^J$ が加わる。

付録4 最適な環境政策の導出

(22)式をA国の環境の潜在価格で微分すれば以下を得る。

$$\frac{\partial u^A}{\partial q^A} = -\frac{1}{E_u^A} \left[(\beta E_u^A + \beta E_u^B) D_q^A - R_K^A F_q^A + R_L^A (c_{wq}^{AG} X^A + c_w^{AG} X_q^A) + r^* F_q^A - z^A X_q^A \right]. \quad (A.26)$$

収入関数の性質より、 $-R_K^A F_q^A + r^* F_q^A = -t^A F_q^A$ ，となることと、環境産業の費用関数より、 $R_L^A c_{wq}^{AG} X^A = -q^A c_{qq}^{AG} X^A$ ， $R_L^A c_w^{AG} X_q^A = (c^{AG} - q^A c_q^{AG}) X_q^A$ ，となることから、本文中の表現を得る。

政策の変化による厚生効果を直感的に説明すれば以下のようなになる。まず、環境政策の限界的な強化によって汚染物質の排出量が減少する。このことは貨幣タームで測って家計のMWTPに相当するだけの厚生を改善をもたらす。一方で環境政策の強化によって工業製品の生産が減少するので国内の資本市場ではその超過供給が発生して資本が流出する。これによって資本税収が減少するのでこの効果は厚生を悪化させる方向にはたらく。また、環境政策の強化は財の生産に投入できる生産要素を変化させる。ひとつは環境政策の強化によって環

境産業で労働の投入係数が上昇する効果であり、他は工業製品の生産量が減少することを通じた効果である、これらは相反する方向にはたらくが、全体では財の生産に投入できる労働を減少させる。また、工業製品の生産が減少すれば汚染処理の費用負担は減少する。これらの効果が合成されて厚生水準の変化をもたらす。他の変数についても同様の手順を経て(23)式を得る。

次に、(23)式左辺の部分行列 Ω^J が正則であることを示す。まず、(17)式と(18)式を用いれば Ω^J は以下のように書き換えられる。

$$\Omega^J \equiv \begin{bmatrix} c_{qq}^{JG} X^J + c_q^{JG} X_q^J & c_r^{JX} X_q^J & X_q^J \\ -c_{qw}^{JG} \frac{c_r^{JX}}{c_w^{JX}} X^J + c_q^{JG} X_t^J & -\frac{c_r^{JX}}{r^J c_w^{JX}} c_{rw}^{JX} X^J + c_r^{JX} X_t^J & X_t^J \\ -c_{qw}^{JG} \frac{1}{c_w^{JX}} X^J + c_q^{JG} X_z^J & -\frac{c_r^{JX}}{c_w^{JX}} X^J + c_r^{JX} X_z^J & X_z^J \end{bmatrix}. \quad (\text{A.27})$$

(A.27)式の行列式は、行列式の性質を用いれば、

$$\det \Omega^J = \det \begin{bmatrix} c_{qq}^{JG} X^J & 0 & X_q^J \\ -c_{qw}^{JG} \frac{c_r^{JX}}{c_w^{JX}} X^J & -\frac{c_r^{JX}}{r^J c_w^{JX}} c_{rw}^{JX} X^J & X_t^J \\ -c_{qw}^{JG} \frac{1}{c_w^{JX}} X^J & -\frac{c_r^{JX}}{c_w^{JX}} X^J & X_z^J \end{bmatrix}, \quad (\text{A.28})$$

であり、(16)式を用いて書き下すと、

$$\det \Omega^J = \frac{c_{qq}^{JG} c_{rr}^{JX} (X^J)^2}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX}} \left[\frac{c_{ww}^{JY} Y^J}{(\theta_S^{JY})^2} + c_{ww}^{JG} X^J \right] < 0, \quad (\text{A.29})$$

となる。 $\det \Omega = (\det \Omega^A)(\det \Omega^B)$ であるから、 Ω は正則である。

後の分析のために、 Ω^J の余因子をまとめておく。

$$\Omega_{11} = F_t^J X_z^J - X_t^J F_z^J = \frac{c_{rr}^{JX} X^J}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX}} \left[\frac{1}{(\theta_S^{JY})^2} c_{ww}^{JY} Y^J + c_{ww}^{JG} X^J \right] > 0, \quad (\text{A.30a})$$

$$\Omega_{12} \equiv -D_t^J X_z^J + X_t^J D_z^J = \frac{c_{qw}^{JG} c_{rw}^{JX} (X^J)^2}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX}} > 0, \quad (\text{A.30b})$$

$$\Omega_{13} \equiv D_t^J F_z^J - F_t^J D_z^J = \frac{-c_{rw}^{JX} X^J}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX} r^J} \left[(c^{JX} + c^{JG}) c_{qw}^{JG} X^J - c_q^{JG} \frac{w^J c_{ww}^{JY} Y^J}{(\theta_S^{JY})^2} \right] < 0, \quad (\text{A.30c})$$

$$\Omega_{21} \equiv -F_q^J X_z^J + X_q^J F_z^J = \frac{c_{qq}^{JG} c_{rw}^{JX} (X^J)^2}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX}} > 0, \quad (\text{A.30d})$$

$$\Omega_{22} \equiv D_q^J X_z^J - X_q^J D_z^J = \frac{c_{qq}^{JG} X^J}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX}} \left[c_{ww}^{JX} X^J + \frac{c_{ww}^{JY} Y^J}{(\theta_S^{JY})^2} \right] > 0, \quad (\text{A.30e})$$

$$\Omega_{23} \equiv -D_q^J F_z^J + F_q^J D_z^J = \frac{-c_{qq}^{JG} X^J c^{JX}}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX} r^J} \left[\left(1 + \frac{c^{JG}}{c^{JX}} \right) c_{ww}^{JX} X^J + \frac{\theta_K^{JY} c_{ww}^{JY} Y^J}{(\theta_S^{JY})^2} \right] < 0, \quad (\text{A.30f})$$

$$\Omega_{31} \equiv F_q^J X_t^J - X_q^J F_t^J = -\frac{c_{rw}^{JX} c_{wq}^{JG} (X^J)^2}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX} r^J} c^{JX} < 0, \quad (\text{A.30g})$$

$$\Omega_{32} \equiv -D_q^J X_t^J + X_q^J D_t^J = \frac{-c_{qq}^{JG} X^J}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX} r^J} c^{JX} \left[c_{ww}^{JX} X^J + \frac{\theta_K^{JX} c_{ww}^{JY} Y^J}{(\theta_S^{JY})^2} \right] < 0, \quad (\text{A.30h})$$

$$\Omega_{33} \equiv D_q^J F_t^J - F_q^J D_t^J = \frac{c_{qq}^{JG} X^J (c^{JX})^2}{(c_w^{JG} + c_w^{JX}) c_w^{JX} (r^J)^2} \left[\left(1 + \frac{c^{JG}}{c^{JX}} \right) c_{ww}^{JX} X^J + \frac{(\theta_K^{JX})^2 c_{ww}^{JY} Y^J}{(\theta_S^{JY})^2} \right] > 0. \quad (\text{A.30i})$$

上式の不等号は、単位費用関数の性質から導かれる。

付録5 非協力的な均衡の比較静学分析

A国の一階条件、B国の一階条件、A国の所得支出制約、B国の所得支出をそれぞれ各国の効用水準と環境の潜在価格で微分して行列形式で表示すれば(27)式の Γ を得る。また、 Γ の逆行列は以下のように与えられる。

$$\Gamma^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & -\beta D_q^B / \Delta^B & 1 / E_u^A & D_q^B \beta^2 E_{uu}^B / (\Delta^B E_u^B) \\ -\beta D_q^A / \Delta^A & 0 & D_q^A \beta^2 E_{uu}^A / (E_u^A \Delta^A) & 1 / E_u^B \\ 1 / \Delta^A & 0 & -\beta E_{uu}^A / (E_u^A \Delta^A) & 0 \\ 0 & 1 / \Delta^B & 0 & -\beta E_{uu}^B / (E_u^B \Delta^B) \end{bmatrix}. \quad (\text{A.31})$$

上式を(28)式に代入して計算すれば(29)～(30)式の結果を得る。

また、上式を用いて(34)式を解くことによって、所得移転が環境政策に与える影響と(35)式で表される厚生効果を得る。

参考文献

- Arce, D. G. and T. Sandler (2002). *Regional Public Goods: Typologies, Provision, Financing, and Development Assistance*. Stockholm: Almkvist & Wicksell International.
- Atkinson, A. B. and N. Stern (1974). "Pigou, Taxation and Public Goods," *Review of Economic Studies* 41, pp. 119-128.
- Batra, R. and R. Ramachandran (1980). "Multinational Firms and the Theory of International Trade and Investment," *American Economic Review* 70, pp. 278-290.
- Brakman, S. and C. van Marrewijk (1998). *The Economics of International Transfer*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buchholz, W., A. Haupt and W. Peters (2005). "International Environmental Agreements and Strategic Voting," *Scandinavian Journal of Economics* 107, pp. 175-195.
- Chao, C. C. and E. S. H. Yu (2007). "Trade Liberalization, Foreign Ownership, and the Environment in a Small Open Economy," *International Review of Economics and Finance* 16, pp. 471-477.
- Copeland, B. R. and M. S. Taylor (2003). *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, New Jersey: Princeton University Press.
- Fuest, C., and B. Huber (1999). "Can Tax Coordination Work?" *FinanzArchiv* 56, pp. 443-458.
- Ihori, T. (1996). "International Public Goods and Contribution Productivity Differentials," *Journal of Public Economics* 61, pp. 139-154.
- Jones, D. S. (2006). "ASEAN and Transboundary Haze Pollution in Southeast Asia" *Asia Europe Journal* 4, pp. 431-446.
- Lahiri, S., P. R. Raimondos-Møller, K. Wong and A. D. Woodland (2002). "Optimal Foreign Aid and Transfer," *Journal of Development Economics* 67, pp. 79-99.
- Marchand, M., P. Pestieau, and M. Sato (2003). "Can Partial Fiscal Coordination be Welfare Worsening?: A Model of Tax Competition," *Journal of Urban Economics* 54, pp. 451-458.
- Mekong River Commission (2008). "An Assessment of Water Quality in the Lower Mekong River" MRC Technical Paper 19.
- Quah, E. (2002). "Transboundary Pollution in Southeast Asia: Indonesian Fires," *World Development* 30, pp. 429-441.
- Tsakiris, H., P. Hatzipanayotou, and M. M. Michael (2008). "Pollution, Capital Mobility and Tax Policies with Unemployment," *Review of Development Economics* 12, pp. 223-236.
- Vlad, V. and S. Lahiri (2009). "Foreign Investment and Environment in a North-South Model with Cross Border Pollution," *Asia-Pacific Journal of Accounting and Economics* 16, pp. 1-18.
- 井堀利宏(2005)「国際公共財の供給と各国の経済厚生」『フィナンシャル・レビュー』75, 26-39 頁.
- 柳哲雄・植田和弘(2010)『東アジアの越境環境問題 環境共同体の形成をめざして』九州大学出版会.
- 柳瀬明彦(2011)環境と国際経済」細田衛士編著『環境経済学』ミネルヴァ書房, 255-280 頁.