

# 越境汚染存在下での貿易及び、環境政策の経済分析

生 原 匠\*

## 第1節 はじめに

環境汚染を考える際、汚染を排出している当該国の国民達のみが被害を受けるとは限らない。それは、当該国で発生した環境汚染が国境を越えて、他国の国民達に被害をもたらすからである。近年、使われている表現で表すならば、越境汚染による環境問題である。越境汚染の主な排出源としては、いろいろ議論の余地はあると思うが、発展途上国が槍玉に挙げられている。コストのかかる環境規制は発展途上国の経済成長を抑制するという認識が強く、大概の途上国では先進国に比べて環境規制に対して消極的だからである。例えば発展途上国で先進国より緩い環境規制を施すことで、先進国からの国際資本流入が見込まれ、途上国の経済成長に貢献するという認識の存在である。したがって、汚染が国内に限定されるものとは異なり、越境汚染に関しては多国間での国際協調の重要性が非常に高い。

実際、これまでもいくつかの越境汚染に関する国際会議が開催されてきた（例えば1992年リオデジャネイロで開催された国連会議、1997年の京都会議、1999年オランダのハーグで開催された国際資本と環境問題を考えるOECDカンファレンス、等である。）。しかし、越境汚染を排出しているのは途上国のみならず先進国に対しても該当することから、未だ発展途上国と先進国との越境汚染問題に関する溝は完全に埋まらず双方がどのように妥協していくかが今後の課題ともいえる。

越境汚染を解決するに当たり、多国間協力

\* 神戸大学大学院国際協力研究科助手

ではなく、単一の国家主体による解決（非協力的解決）も存在する。例えば、Copeland (1996) では、完全競争の中で越境汚染が存在するとして汚染含有関税（pollution content tariff）や環境政策（排出権、直接規制、環境税）が厚生に与える影響を考察した。しかしCopeland (1996) では越境汚染の被害を受ける国の環境政策である環境税、もしくは貿易政策が自国の厚生に与える影響のみ分析しており、越境汚染を排出する国の厚生に与える影響は分析していない。

これに対して越境汚染を排出する国と被害を受ける国両方の厚生分析はHatzipanayotou, Lahiri and Michael (2002) によりなされた。彼らは、小国開放経済モデルの下、政府による汚染抑制を考慮に入れた越境汚染のモデルを想定し、越境汚染を排出する国の環境汚染抑制に対して民間企業に環境税を課して汚染を抑制する政策と政府による汚染抑制とを共に考えることで越境汚染の問題を扱った。その中で、越境汚染を被る国が越境汚染を排出する国に対して援助を施すことで両国の厚生を分析する一方、非協力ゲームの下、越境汚染の受容パラメーターの変化が援助額ならびに越境汚染を排出する国の環境税にどのような影響を与えるかについても分析した。Hadjiyiannis, Hatzipanayotou and Michael (2002) についても同様に政府による汚染抑制を考慮するのだが、彼らの分析では全ての国において越境汚染を排出することを仮定し、かつそれらの国々で国際的資本移動が行われていることを考慮した。そし

て、非協力ゲームの下での最適な汚染税を導出した。

一方、近年、自由貿易と環境保護との兼ね合いが議論されるようになり、自由貿易に反する保護主義的政策が正当化される場合も考えられるようになった。特にCopeland (1996) にも関連することだが、越境汚染が存在する場合、被害を受ける国が汚染を排出している国から輸入している生産財に対して関税をかけることで間接的に汚染を除去する手段がMarkusen (1975), Baumol and Oates (1988) により理論的に示された。しかし、汚染を排出している国の厚生については分析されていない。

越境汚染を除去する手段としての貿易政策の重要性及びそれに関する先行研究をふまえ、本稿の主な目的は、大国の下で貿易政策並びに環境政策が越境汚染もしくは各国の厚生に与える影響を一般均衡分析により考察することである。近年、中国に代表されるようなめざましい成長を遂げその国の経済活動が世界価格及び環境に影響を及ぼすことも珍しくはない。よって大国の下での越境汚染と貿易政策ならびに環境政策が諸外国にどう影響を与えるか今後重要性を増してくることから、本稿で得られた結果は、大国の下での貿易政策及び環境政策を考える際の大きな指針となるであろう。大国の下での越境汚染を分析したモデルではNaito (2003)、Merifield (1988) が挙げられる。特にNaito (2003) モデルでは公共部門による汚染を考慮してはいないが、越境汚染存在下での援助国から被援

助国への資金援助が両国の厚生を向上させる十分条件を提示した。しかしNaito (2003)、Merifield (1988) いずれのモデルにおいても貿易政策の実施については考慮されていない。さらに、Hatzipanayoto, Lahiri and Michael (2002) で見られるような越境汚染を受容するパラメーターの変化が厚生に与える影響も考察されていない。一方Baumol and Oates (1988), Ludema and Wooton (1994) らは大国下での越境汚染及び貿易政策の分析を行った。特にLudema and Wooton (1994) は2国モデルの下で越境汚染が存在する際、汚染を排出している国が汚染税を課すインセンティブが存在することを示した。しかし本章ではBaumol and Oates (1988), Ludema and Wooton (1994) らの分析とは異なる視点に立脚している。それは本章においてCopeland (1994) に従い汚染が消費量に影響を与えるという視点を導入することで越境汚染除去に関して本来有効と思われた環境政策の強化が大国開放経済下において必ずしも成立しないことを新たに導くことである。ちなみに、汚染は消費者の効用に負の影響をおよぼすので、汚染と消費との間の相互依存関係を考慮することは現実面において整合的である。そして政策間協調の重要性から、当該国の厚生を向上させる上で望ましい政策の組み合わせについても提示する。

以上より、本稿の構成は次のように展開される。第2節では小国開放経済から大国に拡張したモデルを提示し、越境汚染を排出する国の環境税がそれぞれの国の交易条件に与え

る影響や、越境汚染を排出しない国の輸出補助金がそれぞれの国の交易条件に与える影響、並びに越境汚染の感受の変化が交易条件に与える影響を考察する。第3節で結論としたい。

## 第2節 大国開放経済下での越境汚染モデル

以下の節においては次の点に着目した分析を行っていく。1) 大国開放経済下で越境汚染が存在する下、越境汚染を排出する国による汚染税の変化が自国、及び越境汚染を被る国の交易条件ならびに厚生に与える影響、2) 大国開放経済下で越境汚染を被る国の輸出補助金が自国及び越境汚染を排出する国の交易条件ならびに厚生に与える影響、3) 越境汚染を被る国の越境汚染受容パラメーターの変化が自国及び越境汚染を排出する国の交易条件ならびに厚生に与える影響、である。なぜ越境汚染を被る国が輸出補助金を課すかについては以下で説明する。

それでは具体的にモデルの説明をしよう。まず、世界には2つの経済が存在し、ある国は汚染を他の国にまで排出しており、他の国は汚染を一切排出していないとする。さらに両国とも輸出財、輸入財を生産しているが、貿易も行っているとする。越境汚染を排出する国（これ以後の説明では自国と呼ぶことにする）では第2財を輸入（第1財を輸出）しており、同時に輸入競争財産業が第2財を生産しているとする。しかし、自国において第2財の生産段階で越境汚染が排出され、自国、外国の両方の効用に悪影響をもたらす。一方、

外国では第1財を輸入（第2財を輸出）しており、両方の財の生産も同時に行われるがそれらの生産段階において一切汚染を排出しないものとする。さらに大国モデルの性質上、第2財（自国にとっての輸入財）価格が内生変数として扱われる。

各国の生産サイドから見て見よう。汚染排出国である自国の生産サイドを以下のような収入関数で定義する。

$$R(p, t, v) = \max_{x, y, z} \{px + y - tz : (x, y, z) \in T(v)\}$$

ここで、 $p$  は第2財の国際相対価格（第1財はニューメレール）、 $v$  は第2財の生産量、 $z$  は第1財の生産量を表している。さらに、 $t$  は第2財の生産段階から排出される汚染を表しており、 $t$  はその汚染に対して課せられる汚染税を表している。ちなみに自国の生産要素賦存量を表しており、 $t$  は自国の生産技術を表している。ただし、本論文では、 $T(v)$  を固定するので、以下の収入関数の表記において、 $v$  を除外して表記する。また、収入関数の性質上、 $R_p = x, R_{pp} > 0$  が成立する。

一方、汚染の被害を受ける外国に関しても、生産サイドは収入関数として定義するが、外国では汚染を排出しておらず、したがって汚染税も課していないので、上記の収入関数からおよびを除外したかたちで定義できる。

次に自国の消費サイドに関しては、以下のような支出関数で定義できる。

$$E(p, z, u) = \min_{C_x, C_y} \{pC_x + C_y : u(C_x, C_y) \geq \bar{u}\}$$

ここで、支出関数の性質上、 $E_p = C_x > 0$  で、これは補償需要（ヒックスの需要）を表し、 $E_{pp} < 0$  が成立する。さらに、 $E_u > 0$ <sup>2)</sup> は所得の限界効用の逆数を表す。また、 $E_z > 0$  とし、これを汚染削減に対する消費者の限界な支払い、あるいは汚染による限界被害、と定義する。これは汚染が消費者の効用に対して負の効果をもたらすので、効用を一定に保つ上で消費者が支出を増加させなくてはならないことを意味している。しかし、汚染によりどの財の消費が増加するかは不明である。

以上により、解くべきモデル体系は以下のように表現できる。

$$E(p, z, u) = R(p, t) + tz \quad (1)$$

$$\begin{aligned} E^*(p + s, \theta z, u^*) \\ = R^*(p + s) + sM_p^*(p + s, \theta z, u^*) \end{aligned} \quad (2)$$

$$z = -R_t(p, t) \quad (3)$$

$$M_p(p, z, t, u) + M_p^*(p + s, \theta z, u^*) = 0 \quad (4)$$

$p$  は第2財の国際相対価格であり、自国は第2財を輸入し外国は第2財を輸出しているので  $M_p = E_p - R_p > 0, M_p^* = E_p^* - R_p^* < 0$  が成立する。

(1) 式は自国の予算制約式を表しており右辺第2項は当該国の環境税収入である。

(2) 式は外国の予算制約式を示している。

(2) 式の右辺第2項 ( $sM_p^*(\cdot) < 0$ ) は外国が第2財の輸出に対して補助金を課していることを示す。外国が輸出補助金を課す主な目的

は、外国における汚染を排出しない財の輸出を促進することで、自国の輸入財の生産を減少させ、かつ汚染を抑制することである。(3)式は自国の収入関数に対して包絡線定理を用いることで得られる。(4)式は両国の第2財の超過需要を足すと0になるという世界の第2財の市場均衡式を表している。

以上、解かれるべき方程式は4本で、政策変数である  $t$  および  $s$  が4つの内生変数  $u, u^*, z, p$  に対してどのような影響を及ぼすかを考察する。さらに外国が自国から排出される越境汚染に対する受容パラメーターの内生変数に与える影響についても考察していく。

次の節で政策変数が交易条件に与える影響を考察していこう。

## 2.1 交易条件効果

政策変数及び越境汚染受容パラメーターが交易条件に与える影響を考察する前に以下の仮定を置くことにする。これは得られる結果の考察を促進するための仮定である。

仮定 自国及び外国において汚染と第2財需要とが代替的 ( $E_{pz} < 0, E_{pz}^* < 0$ ) である<sup>3</sup>。

比較静学の結果 (Appendix A参照) から政策変数およびパラメーターの変化が交易条件に与える影響は以下の式で表される。

$$(dp/ds) = D(1 - sE_{pu}^*)/\Pi - C^*E_{pu}^*/\Pi \quad (5)$$

$$(dp/dt) = F/\Pi - EE_{pu}/\Pi - E^*E_{pu}^*/\Pi \quad (6)$$

$$(dp/d\theta) = -E_{pz}^*(1 - sE_{pu}^*)/\Pi + E_z^*E_{pu}^*/\Pi \quad (7)$$

ただし価格安定性 (Appendix B参照) より  $\Pi = B(1 - sE_{pu}^*) - A(1 - sE_{pz}^*) - A^*E_{pu}^* < 0$  である。また、

$$A = [M_p - (E_z - t)R_{tp}] > 0^4$$

$$A^* = [M_p^* - sM_{pp}^* - (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*)R_{tp}]$$

$$B = [\Phi_{pp} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tp}] < 0$$

$$\text{ここで } \Phi_{pp} = M_{pp} + M_{pp}^* < 0 \text{ である。}$$

$$C^* = sM_{pp}^* < 0$$

$$D = -M_{pp}^* > 0$$

$$E = (E_z - t)R_{tt} > 0$$

$$E^* = (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*)R_{tt}$$

$$F = [(E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tt} - M_{pt}] < 0$$

(5)式に戻ってみよう。(5)式より外国の輸出補助金の上昇は世界の第2財価格を下落させることがわかる。これは直感的には外国で輸出量が増加し、同時に世界の第2財が超過供給になることで第2財の世界価格の下落を招く。つまり第2財は自国にとって輸入財であるから自国の交易条件は向上し外国の

交易条件は悪化する。

(6) 式は自国の汚染税上昇が交易条件に与える影響を表している。右辺第1項、第2項は共に正であるが右辺第3項  $E^* = (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*) R_{tt}$  の符号が不明である。しかし、 $s=0$  とすれば  $E^* > 0$  となり自国の汚染税の上昇が第2財の価格を上昇させることが分かる。これは先程の仮定において汚染と第2財需要が代替的なので自国が汚染税を引き上げた結果自国及び外国で汚染が減少しそれゆえ第2財需要が増加するのが主な理由である。したがって自国にとっては汚染税を上昇した結果、交易条件が悪化してしまうことを意味している。

最後に(7)式を見てみよう。これは外国の越境汚染受容パラメーターの変化が第2財価格に及ぼす影響を表している。(7)式から明らかにパラメーターの上昇が第2財価格を下落させることがわかる。これも先程の仮定により汚染と第2財需要が代替的であるから外国の越境汚染受容パラメーターの上昇により外国の第2財に対する消費が減少し第2財価格の下落を招く。よって自国にとっては外国の越境汚染受容パラメーターの上昇は交易条件を向上させる。

以上の内容は以下の命題としてまとめることができる。

#### 命題1

大国開放経済下で越境汚染を排出する国とそうでない国の2つが存在する。そのとき各政策及びパラメーターの変化が自国の交易条件

に与える影響は以下の通りである。

- 1) 自国の環境税の上昇は自国の交易条件を悪化させる。
- 2) 外国の輸出補助金の上昇は自国の交易条件を向上させる。
- 3) 外国の越境汚染受容パラメーターの上昇は自国の交易条件を向上させる。

したがって交易条件の効果のみを考えるのであれば外国の貿易政策による汚染除去の方が自国の環境政策による汚染除去に比べて自国の交易条件を向上させる上で望ましいと考える事が出来る。

## 2.2 汚染量への影響

各政策及びパラメーターの変化が自国の汚染量に与える影響はどうであろうか。ここでは政府による公共的汚染抑制活動が実施されているので価格の効果を見ることで汚染量の変化を直接考察することができる。(3)式を全微分した結果より汚染政策、環境政策および越境汚染受容パラメーターの変化が汚染量に与える影響は以下の式で求められる。

$$dz/dt = -R_{tt} - R_{tp}(dp/dt) \quad (8)$$

$$dz/ds = -R_{tp}(dp/ds) < 0 \quad (9)$$

$$dz/d\theta = -R_{tp}(dp/d\theta) < 0 \quad (10)$$

(8)式は自国の汚染税変化の汚染量に対する効果を表している。まず(8)式右辺第1項から見てみよう。これは汚染抑制効果を表している。汚染税を上昇させることで自国

の第2財（自国にとっての輸入財）の生産が抑制され汚染量が減少する方向に働くので汚染量に対して負の効果（ $-R_{tt} = \partial z / \partial t < 0$ ）を示している。一方（8）式の右辺第2項  $-R_{tp}(dp/dt) > 0$  は価格効果を示している。これは先程の交易条件の結果より汚染税上昇は価格に正の効果をもたらすため（ $dp/dt > 0$ ）汚染量を増加させる方向に働く。これは汚染税を上昇させたことで汚染排出財の価格が上昇すれば生産はかえって増加してしまい、それと同時に汚染量も増加してしまうと考えることが出来る。以上より自国の汚染税の汚染量に対する効果は価格効果と汚染抑制効果という相反する効果との兼ね合いになる。

（9）式は外国の輸出補助金が汚染量に与える効果を表している。汚染税の場合とは異なり符号は確定できる。外国による輸出補助金の上昇は第2財の価格の下落を招く（ $dp/ds < 0$ ）ので右辺全体は負である。これは価格効果により汚染を排出する第2財の価格の下落は生産の下落を招き汚染を減少させるものと考えられることができる。

（10）式に関しても輸出補助金の場合と同様、外国の越境汚染受容パラメーターの上昇は価格効果（ $dp/d\theta < 0$ ）を通して汚染を減少させることが分かる。以上、各政策およびパラメーターの変化が価格ならびに汚染量に与える影響を考察してきた。よって次なるステップとして両国の厚生がどのように変化するかを以下の節で考察していきたい。

### 2.3 厚生分析

比較静学の結果より各政策およびパラメーターの変化が両国の厚生に与える影響は以下の式で表される。

$$du/ds = AC^*E_{pu}^*/\Pi - A(1-sE_{pu}^*)D/\Pi > 0 \quad (11)$$

$$du^*/ds = C^*B/\Pi - AC^*E_{pu}^*/\Pi - DA^*/\Pi \quad (12)$$

$$du/dt = EB(1-sE_{pu}^*)/\Pi + E^*E_{pu}^*A/\Pi - AF(1-sE_{pu}^*) - AEE_{pu}^*/\Pi \quad (13)$$

$$du^*/dt = E^*B/\Pi + EE_{pu}^*A^*/\Pi - AE^*E_{pu}^*/\Pi - FA^*/\Pi \quad (14)$$

$$du/d\theta = -E_z^*E_{pu}^*A/\Pi + AE_{pz}^*(1-sE_{pu}^*)/\Pi > 0 \quad (15)$$

$$du^*/d\theta = -BE_z^*/\Pi + AE_z^*E_{pu}^*/\Pi + A^*E_{pz}^*/\Pi \quad (16)$$

（11）式は外国の輸出補助金が自国の厚生に与える影響を示している。先程の結果より外国の輸出補助金の上昇は自国の交易条件を向上させると共に汚染も減少するのでこれらの効果より自国の厚生は向上する。

（12）式は外国の輸出補助金の上昇が外国の厚生に与える影響を示している。自国の場合とは異なり符号が一意に確定しない。そこで（12）式を詳しく展開すると、

$$du^*/ds = sM_{pp}^*[\Phi_{pp} - sM_{pp}^* - (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*)R_{tp}]/\Pi - [M_p - (E_z - t)R_{tp}]sM_{pp}^*E_{pu}^*/\Pi + M_{pp}^*[M_p^* - sM_{pp}^* - (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*)R_{tp}]/\Pi$$

さらに  $s=0$  とおくと以下のように簡略化できる。

$$du^*/ds|_{s=0} = M_{pp}^* [M_p^* - \theta E_z^* R_{tp}] / \Pi \quad (12)'$$

(12)'より $\theta=0$ の場合、 $(du^*/ds < 0)$ となり、外国の輸出補助金の実施が外国の厚生を低下させる。これは越境汚染が存在しない( $\theta=0$ )下では外国の厚生は交易条件の効果のみに依存する。輸出補助金の実施は自国の交易条件を向上させ外国の交易条件を悪化させるので厚生を低下を招く。一方、越境汚染が存在する場合( $\theta > 0$ )を考えてみよう。この場合(12)'式の符号は確定しなくなるが仮に外国が越境汚染を受容するパラメーター( $\theta > 0$ )の度合いが強くとく  $[M_p^* - \theta E_z^* R_{tp}] > 0$  が成立するならば(12)'式の符号は正となり、外国の輸出補助金の実施が外国の厚生を向上させる。これは仮に外国の輸出補助金の実施が外国の交易条件の悪化を招いたとしても価格が低下すれば自国で汚染を排出する財の生産が低下し越境汚染も減少する。それが外国に便益をもたらす外国の厚生向上につながると考えることができる。

(13)式を見てみよう。これは自国の環境税の上昇が自国の厚生に与える影響を表している。(13)式もこのままでは符号の確定が困難なため以下のように展開すると、

$$\begin{aligned} du/dt|_{s=0} &= (E_z - t)R_{tt}[\Phi_{pp} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tp}] / \Pi \\ &\quad + \theta E_z^* R_{tt} E_{pu}^* [M_p - (E_z - t)R_{tp}] / \Pi \\ &\quad - [M_p - (E_z - t)R_{tp}] [(E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tt} - M_{pt}] / \Pi \\ &\quad - [M_p^* - \theta E_z^* R_{tp}] (E_z - t)R_{tt} E_{pu}^* / \Pi \end{aligned}$$

さらに展開してまとめると、

$$\begin{aligned} du/dt|_{s=0} &= (E_z - t)R_{tt}(\Phi_{pp} - M_{pt}^* E_{pu}^*) / \Pi \\ &\quad + \underbrace{M_p R_{tt} [\theta E_z^* E_{pu} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*)]}_{(-)} / \Pi \quad (13)' \\ &\quad + \underbrace{M_{pt} [M_p - (E_z - t)R_{tp}]}_{(-)} / \Pi \end{aligned}$$

(13)'より自国の環境税の上昇が自国の厚生を低下させる条件は外国の輸出財に対する限界消費性向( $E_{pu}^*$ )が大きく( $\Phi_{pp} - M_{pt}^* E_{pu}^* > 0$ )が成立することである。直感的には仮定より両国において汚染と輸入財需要が代替的である( $E_{pz} < 0, E_{pz}^* < 0$ )ので自国の汚染税の上昇は汚染を減少させる(汚染抑制効果)一方、自国の輸入財消費(第2財消費)及び外国の輸出財消費(第2財消費)を喚起する。結果として外国の輸出財に対する限界消費性向( $E_{pu}^*$ )が大きいために世界の第2財価格が上昇し自国の交易条件が悪化して厚生が低下してしまう。

(14)式は自国の環境税の上昇が外国の厚生に与える影響を表している。これもこのままでは符号の確定が困難なため以下のように展開すると、

$$\begin{aligned} du^*/dt &= (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*) R_{tt} [\Phi_{pp} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*) R_{tp}] / \Pi \\ &\quad + (E_z - t) R_{tt} E_{pu} [M_p^* - s M_{pp}^* - (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*) R_{tp}] / \Pi \\ &\quad - [M_p - (E_z - t) R_{tp}] (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*) R_{tt} E_{pu} / \Pi \\ &\quad - [(E_{pz} + \theta E_{pz}^*) R_{tt} - M_{pt}] [M_p^* - s M_{pp}^* \\ &\quad - (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*) R_{tp}] / \Pi \end{aligned}$$

$s=0$ の下で考察すると、以下のように簡略化できる。



$$\begin{aligned} du^*/dt|_{s=0} &= \underbrace{\theta E_z^* R_{tt} \Phi_{pp}}_{(+)} / \Pi + \underbrace{(E_z - t) R_{tt} E_{pu} M_p^*}_{(+)} / \Pi \\ &+ \theta E_z^* [(R_{pp})^2 - M_p R_{tt} E_{pu}] / \Pi \quad (14)' \\ &- \underbrace{(E_{pz} + \theta E_{pz}^*) R_{tt} M_p^*}_{(+)} / \Pi + \underbrace{M_p^* M_{pt}}_{(+)} / \Pi \end{aligned}$$

(14)' より自国の環境税の上昇が外国の厚生を向上させる条件は自国の輸入財(第2財)に対する限界消費性向( $E_{pu}$ )が大ききく  $[(R_{pp})^2 - M_p R_{tt} E_{pu}] < 0$  が成立するときである。外国の厚生に関する直感的な説明は(13)'式の場合と同じである。つまり仮定より両国において汚染と第2財消費とが代替的( $E_{pz} < 0, E_{pz}^* < 0$ )であるから自国による汚染税の上昇により越境汚染が減少すると世界の第2財の消費が喚起し輸出財価格である $p$ が上昇する。第2財は外国にとっては輸出財であるので自国の輸入財(第2財)に対する限界消費性向( $E_{pu}$ )が大きいうで外国の輸出財価格が上昇し外国の交易条件を向上させ厚生を向上につながる。

(15)式は外国の越境汚染受容パラメーターが自国の厚生に与える影響を表している。  $s=0$  の下で(15)式を考察すると、

$$du/d\theta|_{s=0} = A[E_{pz}^* - E_z^* E_{pu}^*] / \Pi > 0 \quad (15)'$$

よって外国の越境汚染受容パラメーターの上昇は自国の厚生を向上させることがわかる。これはパラメーターの上昇により自国の交易条件が向上( $dp/d\theta < 0$ )することで自国の厚生を向上をもたらす。

最後に(16)式は外国の越境汚染受容パラメーターが外国の厚生に与える影響を表して

いる。このままでは符号の確定が困難なため  $s=0$  として次のように展開すると、

$$\begin{aligned} du^*/d\theta|_{s=0} &= -[\Phi_{pp} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*) R_{pp}] E_z^* / \Pi \\ &+ [M_p - (E_z - t) R_{pp}] E_z^* E_{pu} / \Pi + [M_p^* - \theta E_z^* R_{pp}] E_{pz}^* / \Pi \end{aligned}$$

さらに展開して項をまとめると、

$$\begin{aligned} du^*/d\theta|_{s=0} &= -[\underbrace{\Phi_{pp} - E_{pz} R_{pp}}_{(-)}] E_z^* / \Pi + \underbrace{[M_p - (E_z - t) R_{pp}] E_z^* E_{pu}}_{(-)} / \Pi \\ &+ \underbrace{M_p^* E_{pz}^* / \Pi}_{(-)} < 0 \quad (16)' \end{aligned}$$

したがって外国の越境汚染受容パラメーターの上昇は外国の厚生を低下させる。これは次のような理由による。(7)式よりパラメーターの上昇が自国の交易条件の向上をもたらす。しかし外国にとってみれば交易条件は悪化するので外国の厚生は低下する。

以上の分析により、各政策およびパラメーターの変化が両国の厚生に与える影響は以下の命題としてまとめることができる。

まず輸出補助金の実施が両国の厚生に与える影響として、

#### 命題2

- 1) 外国の輸出補助金の実施は自国の厚生を向上させる ( $du/ds > 0$ )。
- 2) 外国の輸出補助金の実施が外国の厚生に与える影響は、
  - ・越境汚染が存在しない場合  $\theta = 0$  外国の厚生を低下させる ( $du^*/ds < 0$ )。
  - ・越境汚染が存在する場合 ( $\theta > 0$ )、  
 $M_p^* - \theta E_z^* R_{pp} > 0$  の時に限り外国の厚生を向上させる ( $du^*/ds > 0$ )。

次に汚染税の変化が両国の厚生に与える影響として、

### 命題3

- 1) 自国の汚染税の上昇は外国の第2財に対する限界消費性向 ( $E_{pu}^* > 0$ ) が大きく  $\Phi_{pp} - M_p^* E_{pu}^* > 0$  が成立するならば自国の厚生を低下 ( $du/dt < 0$ ) させる。
- 2) 自国の汚染税の上昇は自国の第2財に対する限界消費性向 ( $E_{pu} > 0$ ) が大きく  $(R_p)^2 - M_p R_{tt} E_{pu} < 0$  が成立するならば外国の厚生を向上 ( $du^*/dt > 0$ ) させる。

したがって政策面でのインプリケーションを考える際、当該国の政策が世界価格に影響を与える大国のモデルの下では、越境汚染を排出する国が環境政策を施すよりも越境汚染の被害を受ける国の貿易政策を課すほうが両国にとって望ましい場合もあることが証明された。また、興味深い点として越境汚染を排出する国が環境政策を強化した場合その国の厚生が低下してしまい外国の厚生が向上してしまう“環境税パラドクス”が生じる点である。しかしこれはあくまで汚染と第2財消費が代替的であるという仮定に依存している。

最後に外国の越境汚染受容パラメーターの変化が両国の厚生に与える影響として、

### 命題4

- 1) 外国の越境汚染受容パラメーターの上昇は自国の厚生を向上 ( $du/d\theta > 0$ ) させる。
- 2) 外国の越境汚染受容パラメーターの上昇

は外国の厚生を低下 ( $du^*/d\theta < 0$ ) させる。

## 2.4 政策間協調の問題

これまで各政策およびパラメーターの変化が両国の厚生に与える影響を考察してきたので、以下ではそれらを利用してある政策が他の政策に及ぼす影響を考察していく。

まずそれぞれの国の厚生の変化は以下の2つの式にまとめることができる。

$$du|_{s=0} = \underbrace{\Omega ds}_{(+)} + \underbrace{\Psi dt}_{(-)} + \underbrace{\Theta d\theta}_{(+)} \quad (17)$$

$$du^*|_{s=0} = \underbrace{\Omega^* ds}_{(+)} + \underbrace{\Psi^* dt}_{(+)} + \underbrace{\Theta^* d\theta}_{(-)} \quad (18)$$

ただし、 $\Omega, \Omega^*$  はそれぞれ (11), (12) の右辺を表しており、 $\Psi, \Psi^*$  はそれぞれ (13), (14) の右辺を表しており、 $\Theta, \Theta^*$  は (15), (16) の右辺を表している。

(17) 式より自国の厚生を最大化させる ( $du = 0$ ) 政策間の組み合わせを以下のようにして得ることができる。

$du = 0, d\theta = 0$  として、

$$\frac{ds}{dt} = -\frac{\Psi}{\Omega} > 0 \quad (19)$$

これは環境税の上昇 ( $dt > 0$ ) と外国の輸出補助金の実施 ( $ds|_{s=0} > 0$ ) の政策間での組み合わせが自国の厚生を最大化させる必要条件となっていることを表している。

一方、(18) 式から外国の厚生を最大化させる ( $du^* = 0$ ) 政策とパラメーターとの組み合わせも同様にして求めることができる。

(i)  $du^* = 0, dt = 0$  として、

$$\frac{ds}{d\theta} = -\frac{\Theta^*}{\Omega^*} > 0 \quad (20)$$

これは外国で越境汚染受容パラメーターが上昇し外国の消費者の効用が低下するので外国は外国の輸出補助金の実施 ( $ds|_{s=0} > 0$ ) をさせ第2財価格の低下をもたらすことで間接的に汚染を減少させ外国の厚生を最大化させる組み合わせを示している。

(ii)  $du^* = 0, ds = 0$  として、

$$\frac{dt}{d\theta} = -\frac{\Theta^*}{\Psi^*} > 0 \quad (21)$$

これも外国で越境汚染受容パラメーターが上昇すると外国の交易条件が悪化してしまうので自国が環境税を上昇し越境汚染を抑制し外国の交易条件を向上してもらうのが外国にとって厚生を最大化させる上で望ましい政策とパラメーターとの組み合わせとなる。

以上の内容をまとめると、以下の命題が得られる。

#### 命題5

- 1) 自国の厚生を最大化する政策間での組み合わせは自国の環境税の強化と外国の輸出補助金の実施である。
- 2) 外国の厚生を最大化する政策とパラメーターとの組み合わせは
  - i) 外国で越境汚染受容パラメーターが上昇した場合、自国が環境税を上昇させる。
  - ii) 外国で越境汚染受容パラメーターが上昇した場合、外国が輸出補助金を実施する。

以上より自国にとってみたら自由貿易と環

境規制との両立はこの場合不可能であり、外国からしても越境汚染に対して貿易政策を課すことで厚生が向上することから自由貿易に反する政策は越境汚染存在時に正当化されることになる。

### 第3節 結論

今世紀に入り世界経済において地域統合や通貨統合などますます各国間の相互依存が強まっている。さらにある地域においては生物資源保存や越境汚染規制などの環境保護に大きな関心がよせられ、今後世界的にも環境問題に対する議論が活発に行われるだろう。そこで本章では自由貿易と環境問題について越境汚染を例に取り貿易政策の環境政策、貿易政策の有効性について越境汚染を排出する国と被害を受ける国の両方の観点から考察してきた。貿易論者や環境保護主義者の一部からは自由貿易こそ環境問題を解決する大きな手段であると主張されている。自由貿易の重要性を否定するつもりは毛頭ないが、本章では越境汚染が存在するとき自由貿易に反する保護主義的な政策（輸出補助金、関税）を実施したとしても各国の厚生が向上する条件を提示したことで既存の先行研究や考えに対して補完的な方向性を示した。

主な分析結果として、大国開放経済モデルにおいては必ずしも環境政策と貿易政策の強化が同等の効果をもたず、自国の環境規制により自国の厚生が下落し、外国の厚生が向上するという“環境税パラドクス”を収入関数、支出関数を用いた一般均衡分析の下で導出し

た。これは汚染と各国で輸入財消費が代替的で、かつ輸入財に対する限界消費性向が大きいという条件に依存する。したがってこの条件の下では自国の環境政策の強化による直接的な汚染除去よりもむしろ外国による貿易政策の強化のほうが自国、外国にとっても望ましいともいえる。残された課題として大国開放経済モデルに国際的資本移動を導入することでさらなる拡張が可能である。また貿易政策である輸入割当の越境汚染に対する効果を開税の場合と比較したりすることも望ましい貿易政策を実行する上で重要な問題である。それに関連して環境税とは異なる環境政策である排出権取引の効果についても環境税の効果と比較して分析するのも有意義である。

## Appendix A

(1) - (4) 式を全微分して (3) 式を (1), (2), (4) 式に代入することで以下の体系が得られる。

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & A \\ 0 & (1-sE_{pu}^*) & A^* \\ E_{pu} & E_{pu}^* & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} du \\ du^* \\ dp \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ C^* \\ D \end{bmatrix} ds + \begin{bmatrix} E \\ F \end{bmatrix} dt + \begin{bmatrix} 0 \\ -E_z^* \\ -E_{pz}^* \end{bmatrix} d\theta$$

ただし、

$$A = [M_p - (E_z - t)R_{tp}] > 0,$$

$$A^* = [M_p^* - sM_{pp}^* - (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*)R_{tp}]$$

$$B = [\Phi_{pp} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tp}] < 0 \text{ ここで}$$

$$\Phi_{pp} = M_{pp} + M_{pp}^* < 0 \text{ である。}$$

$$C^* = sM_{pp}^* < 0, \quad D = -M_{pp}^* > 0,$$

$$E = (E_z - t)R_{tt} > 0, \quad E^* = (\theta E_z^* + \theta s E_{pz}^*)R_{tt}$$

$$F = [(E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tt} - M_{pt}] < 0$$

である。

## Appendix B

Appendix Dの行列式の符号を確定するため以下のような安定性を仮定する。

体系がワルラス安定的であるならば以下の式が仮定される。

$$\frac{d\dot{S}}{dp} = \frac{dM_p}{dp} + \frac{dM_p^*}{dp} < 0 \quad (\text{B.1})$$

(4) 式を全微分することで (B.1) 式の右辺は以下のように表される。

$$\frac{d\dot{S}}{dp} = E_{pu} \left( \frac{du}{dp} \right) + E_{pu}^* \left( \frac{du^*}{dp} \right) + [\Phi_{pp} - (E_{pz} + \theta E_{pz}^*)R_{tp}] < 0 \quad (\text{B.2})$$

(1), (2) 式より  $(du/dp), (du^*/dp)$  は以下のように計算できる。

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & (1-sE_{pu}^*) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} du \\ du^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A \\ -A^* \end{bmatrix} dp \quad (\text{B.3})$$

$$\frac{du}{dp} = -A \quad (\text{B.4})$$

$$\frac{du^*}{dp} = \frac{-A^*}{(1-sE_{pu}^*)} \quad (\text{B.5})$$

(B.4), (B.5) を (B.2) に代入することで、

$$\frac{d\dot{S}}{dp} = \frac{-E_{pu}A(1-sE_{pu}^*) - E_{pu}^*A^* + B(1-sE_{pu}^*)}{(1-sE_{pu}^*)} = \frac{\Pi}{(1-sE_{pu}^*)} < 0 \quad (\text{B.6})$$

したがって (B.1) の価格安定性を保証するための十分条件として、 $1-sE_{pu}^* > 0$ 、 $\Pi < 0$  が成立する。

## 注

1. Copeland (1994) では所得水準が大きく異なる国々の自由貿易がかえって世界の汚染量を増加させることが理論的に示された。
2. 本稿では以下、 $E_u = 1$  と仮定して分析する。
3. Copeland (1994) においても言及されているように、汚染と消費が代替的である例としては

- 汚染により海や川が汚されることでアウトドア商品の消費が下落するような場合である。
4. 以下、断らない限り、 $E_Z > t$ を仮定していく。

#### 参考文献

- Baumol, W.J. and W.E.Oates, *The Theory of Environmental Policy*, (2<sup>nd</sup> ed). Cambridge University Press, (1988).
- Copeland, Brain R, "International Trade and the Environment: Policy Reform in a Polluted Small Open Economy," *Journal of Environmental Economics and the Management*, Vol.26 (1994), pp.44-65.
- Copeland, Brain R, "Pollution Content Tariffs, Environmental Rent Shifting, and the Control of Cross Border Pollution," *Journal of International Economics*, Vol.40 (1996), pp.459-476.
- Hatzipanayotou, Panos, Lahiri, Sajal and Michael S. Michael, "Can Cross-border Pollution Reduce Pollution?", *Canadian Journal of Economics*, Vol.35 (2002), pp.805-818.
- Ludema, R.D. and Wooton, I, "Cross Border Externalities and Trade Liberalization: The Strategic Control of Pollution", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 27 (1994), pp950-966.
- Markusen J.R, "International Externalities and Optimal Tax Structures," *Journal of International Economics*, Vol.5 (1975), pp15-29.
- Meriffield, J.D, "The Impact of Selected Abatement Strategies on Transnational Pollution, the Terms of Trade, and Factor Rewards: A General Equilibrium Approach," *Journal of Environmental Economics and the Management*, Vol.15(1988), pp259-284.
- Naito, T, "Pareto-Improving Untied Aid with Environmental Externalities," *Journal of Economics*, Vol. 80 (2003), pp161-169.
- 生原, "貿易と環境および経済援助の理論分析", 神戸大学大学院国際協力研究科博士論文, (2005) .

# Economic Analysis of Trade and the Environmental Policies in the Presence of Cross Border Pollution

HAIBARA Takumi\*

## Abstract

By using a general equilibrium framework, this paper addresses the welfare consequences of both environmental and trade policies in a two country's framework. One of main results of this paper is that under certain conditions, an introduction of the pollution tax in domestic country worsens the domestic welfare through the terms of trade deterioration whereas foreign country's welfare rises through the terms of trade improvement. This "pollution tax paradox" occurs in a way that pollution can affect the consumption of goods in these countries. Another main result is that the export subsidy imposed by foreign country can increase both countries' welfare under certain conditions. These results imply that imposition of the environmental policy in a two country's case comes with an important caveat.

---

\*Research Associate, Graduate School of International Cooperation Studies, Kobe University.