

Osaka University of Economics Working Paper Series

No. 2007-4

不完全競争・越境汚染下における
環境技術開発と国際技術移転

Environmental R&D and International Technology Transfer
under Imperfect Competition with Transboundary Pollution

大阪経済大学 経済学部 服部圭介

2007年8月

Keisuke Hattori, Osaka University of Economics

不完全競争・越境汚染下における環境技術開発と国際技術移転

大阪経済大学 経済学部

服部 圭介^{*†}

2007年8月28日

概要

本稿の目的は、各国企業間の国際輸出市場での競争と、生産に伴う地球規模での越境汚染という二つの国際間相互依存関係の特徴づけた経済モデルを構築し、各国の最適な環境政策や、企業による環境技術開発インセンティブ、国家間の環境技術移転（援助）政策のそれぞれの定性的特徴を明らかにすることである。具体的には、(1) 企業の環境技術開発インセンティブが厚生観点から適切であるかどうか、(2) 国家間の環境技術の移転（援助）政策が、どのような条件の下で両国の厚生を改善するか、などを明らかにする。分析の結果として、以下の命題が得られる。(1) 越境汚染の程度、限界環境被害、輸出製品の差別化の程度がより大きな（小さな）場合に、各企業の環境技術開発インセンティブは過小（過大）となる。また、先進国において環境技術開発インセンティブは過大となり、途上国において過小となる。(2) 国家間の環境技術移転政策は、生産物が十分に差別化されている場合を除いて、環境税政策を行う国同士では行われることはない。しかし環境税政策を行っている国から行っていない国への移転（先進国から途上国への援助）は、たとえ両国企業が国際的な不完全競争を行っているとしても、両国の経済厚生を改善する。

Keywords: 環境税, 技術移転, 援助, 越境汚染, 不完全競争, 製品差別化.

* 大阪経済大学 経済学部 E-mail: hattori@osaka-ue.ac.jp

† 本稿の作成において、瀬岡吉彦（高野山大学）、阿部顕三（大阪大学）の両氏より貴重なコメントを頂いた。記して感謝申し上げます。

1 はじめに

地球温暖化問題に代表される環境問題に対して多くの一般的な関心が高まる中で、近年、環境政策と技術革新との相互関係が学術・政策的注目を集めている。これは、経済活動がもたらす環境への影響が技術革新によって左右されるという理由だけでなく、同時に、環境政策それ自体が技術革新の障害や誘因を生み出すという側面があるという理由からである (Jaffe et al. (2002))。

環境政策と環境技術の開発・普及という問題について、Downing-White (1986) の先駆的研究以来 20 年もの間、多くの理論的研究がなされてきた (Milliman-Prince (1989), Fischer et al. (2003) など)。これらの研究は主に「一国内の経済において、どの環境政策 (環境基準, 税, 補助金, 排出権取引など) が最も企業による環境技術開発・普及を促すか」という問題意識にもとづいているものである。また、環境政策が環境イノベーションを促すという因果関係ではなく、環境イノベーションによって、環境政策が影響を受ける、つまり、環境政策がコミットできない場合の分析が Puller (2006) によってなされている。これら一連の理論研究では、国際市場での企業間の競争の影響や、国家間の環境政策の違い、国際間の越境汚染などのグローバルな問題は分析されてこなかった。

国際市場での競争と各国の環境政策との関係については、Barrett (1994) や Kennedy (1994), Rauscher (1997) などによって研究がなされてきた。そこでは、国際的な不完全競争 (国際競争) の存在が各国の最適な環境政策にどのような影響を及ぼすかという点が強調されている。国際市場の構造や環境汚染のタイプなどの違いによって、各国が国際貿易による優位性を得るために、戦略的に緩い環境政策を取る可能性があるという、いわゆるエコロジカル・ダンピングが起こる可能性や、その逆に厳しい環境政策を取ることで汚染財企業を他国に追いやるという “Not in My Backyard (NIMBY)” が起こる可能性があることなどが、これら一連の研究の焦点である。しかしこれらの研究では、国家間での環境技術の移転や、企業の環境技術開発インセンティブの大小、また、環境政策の違いや汚染財の品質の違いなどにほとんど注意が払われてこなかった。

また一方で、地球環境を国際公共財と捉え、その自発的供給というメカニズムに注目し、環境技術開発や国家間の環境技術の移転の厚生効果を分析する研究も存在する (Buchholz-Konrad (1994), Stranlund (1997), Lee (2001), Hattori (2006) など)。これらの研究は、政府間の環境政策 (国際公共財への拠出) の相互依存関係のみに焦点が絞られ、企業間の競争、つまり市場を通じた分析が考慮されておらず、国際市場での競争を考慮した技術移転政策の効果は明らかになっていない。

本研究の目的は、上記の先行研究が考察しきれていない部分に光を当て、国際輸出市場における各国企業間の競争、つまり企業の国際競争と、越境汚染を通じた国家間の政策的相互依存関係という二つの国際間外部性を考慮した経済モデルを構築し、各国の政策に関する非対称性や、各国輸出企業の生産する財の品質に関する非対称性が、(1) 各国の環境 (税) 政策にどのような定性的影響を及ぼすか、(2) 環境技術開発インセンティブに及ぼす影響はどのようなものか、(3) 国家間の環境技術移転 (援助) 政策の厚生効果にどのような影響を及ぼすか、について分析する。ここで考察する (国内) 環境税政策は、企業の技術開発行動や国家間の技術移転契約の後に設定されるようモデル化される。これは、後に詳しく述べるように、国内における環境政策は、技術開発投資とは違い、状況に応じて変化しやすい、つまり政府にとってコミットすることが難しい。また、多国間で結ばれる技術移転の契約などとは異なり、一般的に、それを変更することの政治的コストが小さなものであることから、そのようなモデル化を行っている^{*1}。

^{*1} これは、国家が複数あるという点を除いては、Puller (2006) のモデルと同じゲームのタイミング構造である。

最初に、基本モデルとして、各国企業の汚染財が同質的で、かつ各国のとり環境政策の差異が小さい場合において、各国企業の技術開発インセンティブが厚生の観点から適切であるのかどうか、そして政府間の環境技術移転政策によって、受け手国・送り手国両者の厚生が改善されるのかを明らかにする。分析結果として、各国企業の技術開発インセンティブは、越境汚染や限界環境被害の程度が大きい程、過小になるということが明らかになる。また、政府間の技術移転は、受け手国の厚生を改善するものの、送り手国の厚生を減じてしまうので、そのような契約はなされることがないことが明らかになる。

基本モデルの分析は、2種類の非対称性を組み込み、拡張される。一つ目の非対称性は国家間の環境政策に差異である。これは言い換えれば、環境政策を行っている「(環境)先進国」と、行っていない「(環境)途上国」の2国モデルを考察することである。分析結果として、先進国企業の環境技術開発インセンティブは過大となり、途上国において過小となることが明らかになる。また、政府間の環境技術援助は、たとえ両国企業が国際市場で競争していたとしても、受け手・送り手国の両方の厚生を改善することが明らかになる。これらの結果はともに、先進国から途上国に技術移転を行うことの重要性を明らかにしている。

二つ目の非対称性は、各国企業の財の品質に関するものである。基本モデルに製品差別化を組み込むことは、近年、企業がいわゆる「エコラベル」として、(環境 ISO と呼ばれる ISO 14001 規格の認証を受けたり、環境に優しい企業であることを宣伝したりするなどして) 他社製品との差別化を試みようとしている現状を考えると、重要な拡張であると考えられる。製品がより差別化されると、民間企業の環境技術開発インセンティブや、政府間の環境技術援助の効果にどのような影響を与えるのかについて分析される。結果として、より製品が差別化される程、各国企業の環境技術開発インセンティブは過小となることが明らかになる。また、製品が十分に差別化されている場合には、基本モデルの結果とは異なり、同質的な政策をとる国家間での環境技術移転であっても、パレート改善を導くことが明らかになる。

本稿の構成は以下の通りである。次節において、基本となる理論モデルを定式化し均衡を導出する。第3節では、民間企業によってなされる環境技術開発や、政府間の環境技術移転契約の各国厚生に及ぼす影響を分析する。基本モデルに、政府間の環境政策の非対称性を組み込んだ「先進国-途上国モデル」における同様の分析が、第4節で提示され、その後、汚染財製品の差別化を組み込んだ「製品差別化モデル」における同様の分析が第5節で提示される。第6節において、本稿で得られた結果の政策的含意や将来の研究展望について述べることで、結語とする。

2 基本モデル

各国それぞれに1社の代表的な輸出企業を有する二国の経済モデルを考える。各国企業 i ($i = 1, 2$) は、それぞれ自国にて生産を行い、それを国際輸出(第三国)市場で販売するものとする。財の生産は国内労働者 l_i を用いて、 $q_i = l_i$ という収穫一定の技術で行われるとする(q_i は企業の生産量を表している)。また、生産には生産物一単位当たり δ_i の汚染排出を伴うものとする。企業 i の利潤は以下で定義される。

$$\Pi_i = P(Q)q_i - w_i l_i - (\delta_i q_i)t_i, \quad \forall i \in \{1, 2\}, \quad (1)$$

ここで、関数 $P(Q)$ ($P' < 0$) は第三国市場での逆需要関数 ($Q = q_1 + q_2$) を、 w_i, t_i はそれぞれ i 国の賃金率と汚染一単位当たりの排出税額を表す。各企業の排出削減行動はないものとする。

各国政府は自国企業の排出による不効用(環境汚染)を軽減するために、自国企業の排出1単位当りに t_i の排出税を課すことができる。しかしながら、各国は他国企業の排出(の一部)からも環境被害を被るとす

る。つまり、 i 国における総排出量 E_i は、

$$E_i = \delta_i q_i + \gamma \delta_j q_j, \quad \forall i, j \in \{1, 2\}, i \neq j, \quad (2)$$

で表されるとする。ここで $\gamma \in [0, 1]$ は、越境汚染の程度を表すパラメータであり、 $\gamma = 0$ であれば、汚染は完全に地域的であり、 $\gamma = 1$ であれば、汚染は完全にグローバル（純粋公共財）である。

各国の厚生 W_i は、自国企業の稼ぐ利潤と環境税収の合計から環境被害を差し引いた以下で定義される。

$$W_i = \Pi_i + R_i - D_i(E_i), \quad \forall i \in \{1, 2\}. \quad (3)$$

ここで $R_i = \delta_i q_i t_i$ は、 i 国の環境税収を表しており、関数 $D_i(\cdot)$ は排出からの不効用を表しており、凸関数 ($D' > 0, D'' \geq 0$) であるとする。

このモデルの意思決定のタイミングは以下の通りである。第一ステージにて、環境技術の開発や国家間の環境技術の移転が、企業や国家間によって行われる。第二ステージにおいて、所与の環境技術のもとで、各国政府が環境政策として排出税率を同時に決定する。第三ステージにおいて、各国企業が所与の環境技術と環境政策のもとで、第三国市場で販売する財の生産量を同時に生産量を決定する。ここで、環境技術に関する企業や国家間での決定が、各国政府の環境税率設定より前に行われると仮定しているのは以下のような理由による。それは、企業による R&D や国家間の技術移転政策の施行は、決定を覆しにくいのに対して、各国での環境政策は、他の税政策と同じく、状況に応じて変化させやすいことが挙げられる。言い換えると、政府は自国内での環境税政策に事前にコミットする能力に欠けているということを暗に意味しているのである。また、Puller (2006) が仮定しているのと同じように、企業は、自らの環境技術開発行動に反応して、政府の環境政策が変化することを予想する程度に戦略的である状況を記述しているとも言える。

モデルは通常通り後ろ向きに解かれる。企業 i の利潤最大化の一階条件は

$$P + P' q_i - w_i - \delta_i t_i = 0, \quad \forall i \in \{1, 2\}, \quad (4)$$

となる。これより第三ステージの均衡生産量として $q_i(\cdot) = q_i(t_i, t_j, \delta_i, \delta_j; w_i, w_j)$ が、均衡利潤として $\Pi_i(\cdot) = \Pi_i(q_i(\cdot), q_j(\cdot), t_i, \delta_i)$ (ともに $\forall i, j \in \{1, 2\}, i \neq j$) が得られる。

補題 1

第三ステージにおける均衡生産水準は、以下の性質を満たす。

$$\frac{\partial q_i}{\partial t_i} < 0, \quad \frac{\partial q_i}{\partial t_j} > 0, \quad \frac{\partial q_i}{\partial \delta_i} < 0, \quad \frac{\partial q_i}{\partial \delta_j} > 0, \quad \frac{\partial q_i}{\partial w_i} < 0, \quad \frac{\partial q_i}{\partial w_j} > 0, \quad \forall i, j \in \{1, 2\}, i \neq j.$$

証明: (4) 式をそれぞれ全微分すると、以下を得る。

$$\begin{pmatrix} 2P' + q_i P'' & P' + q_i P'' \\ P' + q_j P'' & 2P' + q_j P'' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dq_i \\ dq_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_i \\ 0 \end{pmatrix} d\delta_i + \begin{pmatrix} \delta_i \\ 0 \end{pmatrix} dt_i + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} dw_i$$

ここで、行列式 $\Delta = \begin{pmatrix} 2P' + q_i P'' & P' + q_i P'' \\ P' + q_j P'' & 2P' + q_j P'' \end{pmatrix} = 3(P')^2 + Q P' P'' > 0$ であるとする。これより、比較静学により、全ての $i, j = 1, 2, i \neq j$ に対して、

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_i}{\partial t_i} &= (2P' + q_j P'') \delta_i / \Delta < 0, & \frac{\partial q_i}{\partial t_j} &= -(P' + q_i P'') \delta_j / \Delta > 0, \\ \frac{\partial q_i}{\partial \delta_i} &= (2P' + q_j P'') t_i / \Delta < 0, & \frac{\partial q_i}{\partial \delta_j} &= -(P' + q_i P'') t_j / \Delta > 0, \\ \frac{\partial q_i}{\partial w_i} &= (2P' + q_j P'') / \Delta < 0, & \frac{\partial q_i}{\partial w_j} &= -(P' + q_i P'') / \Delta > 0. \end{aligned}$$

が成立することが確認できる。

第二ステージにおいて、各国政府は他国の環境政策を所与として、自国の厚生を最大にするべく環境税率を設定する。厚生最大化問題の一階条件は以下で表される。

$$\underbrace{\frac{\partial \Pi_i}{\partial q_j} \frac{\partial q_j}{\partial t_i} - \delta_i q_i}_{(-)} + \underbrace{\frac{\partial R_i}{\partial t_i} + \frac{\partial R_i}{\partial q_i} \frac{\partial q_i}{\partial t_i}}_{(+)\text{ or }(-)} - D'_i(\cdot) \underbrace{\left[\frac{\partial E_i}{\partial q_i} \frac{\partial q_i}{\partial t_i} + \frac{\partial E_i}{\partial q_j} \frac{\partial q_j}{\partial t_i} \right]}_{(+)} = 0, \quad \forall i, j \in \{1, 2\}, i \neq j. \quad (5)$$

下方に括られた最初の項は、環境税の利潤移動効果 (profit-shifting effect) を表しており、これは環境税の増加(減少)による企業の利潤減少(増加)の効果である。これはさらに、初項の戦略的効果 (strategic effect) と費用増加効果 (cost-raising effect) に分類できる。戦略的効果は、自国企業に対する環境税の上昇がライバル企業の生産量を増加させてしまうことによる負の効果を表し、費用増加効果は自国企業の限界費用上昇がもたらす直接的な負の効果である。これらの効果により、政府は環境税率を引き下げるインセンティブを持つ。

下方に括られた二番目の項は、環境税の税収増加効果 (revenue-raising effect) を表している。環境税率の増加は、一定の生産量のもとでの環境税収を増加させ (最初の項) が、環境税の増加による自国企業の本生産量の減少による負の効果もあり (第二項)、結果として税を増加させるかどうかは生産量の税に対する弾力性に依存する。

下方に括られた最後の項は、環境税の汚染削減効果 (pollution-reducing effect) を表している。 D'_i は排出の限界被害を表しており、続く括弧内の最初の項は、環境税による自国企業の本生産減がもたらす排出減の正の効果であり、次項はライバル企業の本生産増がもたらす排出増の漏出効果を表している。もし汚染が完全に地域的 ($\gamma = 0$) ならば、漏出効果はゼロとなり、汚染削減効果は必ず正となる。 γ が大きくなるにつれ、政府は環境税を引き下げるインセンティブを持つことになる。ここで、逆需要関数が線形 ($P'' = 0$) であるならば、 $0.5\delta_j < \delta_i < 2\delta_j \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j$ (排出効率の差異が小さい) のとき、この汚染削減効果は常に正になることが確認できる。

結果として、各国政府が正の環境税政策 (つまり $t_i > 0, \forall i \in \{1, 2\}$) となるのは、負の利潤移動効果を、正の税収増加効果と汚染削減効果が上回る場合に限られる。ここでは、両国ともに正の環境政策を行うような内点解のケースを想定して分析を進める (第4節では、片一方の国が環境税政策を行わない端点解となる場合での分析を行う)。

仮定 1 逆需要関数と環境被害関数はともに線形 ($P'' = D'' = 0$) である。

仮定 2 両国の環境技術は互いに 2 倍以上の効率性の差異をもたない ($0.5\delta_j < \delta_i < 2\delta_j \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j$)。

この仮定より、(5) 式は各国政府の環境税設定の反応関数として、以下のように得られる。

$$P' \cdot q_i(\cdot) - 2\delta_i t_i + (2\delta_i - \gamma\delta_j) D'_i = 0, \quad \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j, \quad (6)$$

補題 2

- (i) それぞれ国の均衡環境税率は、それぞれの国の国内限界環境被害を下回る ($t_i^* < D'_i$)
- (ii) 環境税の選択は戦略的代替関係にあり、ナッシュ均衡は安定的である。

証明:

- (i) 両国の均衡環境税率がそれぞれ t_i^*, t_j^* であり, ある非負の ϵ に対して, $t_i^* = D'_i + \epsilon$ が成立すると仮定する. すると, $P' \cdot q_i(\cdot) - 2\delta_i t_i + (2\delta_i - \gamma\delta_j)D'_i = P' q_i(t_i^*, t_j^*) - (2\delta_i \epsilon + \gamma\delta_j D'_i) < 0$ となり, (6) に矛盾する. よって, $t_i^* < D'_i$ が証明される. ■

- (ii) (6) 式で表される反応関数の傾きを求めると,

$$\left. \frac{dt_i}{dt_j} \right|_{foc} = - \frac{\partial^2 W_i / \partial t_i \partial t_j}{\partial^2 W_i / \partial t_i^2} = - \frac{\delta_j}{4\delta_i} < 0$$

となり, i 国の環境税率は, j 国の環境税率に対して戦略的代替であることがわかる. また均衡の安定性条件は

$$\left| \frac{\partial^2 W_i}{\partial t_i^2} \right| > \left| \frac{\partial^2 W_i}{\partial t_i \partial t_j} \right|$$

であり, これを求めると $\frac{4\delta_i}{3} > \frac{\delta_j}{3}$ が得られ, 仮定 2 を満たす全ての δ_i, δ_j に対してこれが成立することより, 安定性が証明される. ■

上の補題の (i) より, 各国のつける戦略的な環境税率は国内の限界被害 (国内ピグー水準) D'_i を下回る. この理由は, 我々のモデル設定にある二つの国際間外部性に依存する. 一つ目の外部性は, 国際市場での不完全競争を通じた税の減少を引き起こす効果 (エコロジカルダンピング^{*2}) であり, 二つ目は, 越境汚染を通じた税の減少を引き起こす効果 (ただ乗りの効果) である.

補題 2 より, 第二ステージにおける均衡環境税率が $t_i(\cdot) = t_i(\delta_i, \delta_j; w_i, w_j, \gamma)$ として得られる.

補題 3

均衡環境税率は以下の性質を満たす.

$$(i) \frac{\partial t_i}{\partial \delta_i} > 0, \frac{\partial t_i}{\partial \delta_j} < 0, (ii) \frac{\partial t_i}{\partial w_i} > 0, \frac{\partial t_i}{\partial w_j} < 0 \quad \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j.$$

証明: 補題 1 の結果を用いて, (6) 式を全微分すると,

$$\begin{pmatrix} -\frac{4}{3}\delta_i & -\frac{1}{3}\delta_j \\ -\frac{1}{3}\delta_i & -\frac{4}{3}\delta_j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dt_i \\ dt_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{4}{3}t_i - 2D'_i \\ \frac{1}{3}t_i + \gamma D'_j \end{pmatrix} d\delta_i + \begin{pmatrix} -\frac{2}{3} \\ \frac{1}{3} \end{pmatrix} dw_i$$

を得る. ここで行列式 $\bar{\Delta} = \begin{pmatrix} -\frac{4}{3}\delta_i & -\frac{1}{3}\delta_j \\ -\frac{1}{3}\delta_i & -\frac{4}{3}\delta_j \end{pmatrix} = \frac{5}{3}\delta_i\delta_j > 0$ である. これより, 比較静学により, 全ての $i, j = 1, 2, i \neq j$ に対して,

$$\frac{\partial t_i}{\partial \delta_i} = -\frac{5t_i - 8D'_i - \gamma D'_j}{5\delta_i} > 0, \quad \frac{\partial t_i}{\partial \delta_j} = -\frac{2(2\gamma D'_i + D'_j)}{5\delta_i} < 0, \quad \frac{\partial t_i}{\partial w_i} = \frac{3}{5\delta_i} > 0, \quad \frac{\partial t_i}{\partial w_j} = -\frac{2}{5\delta_i} < 0.$$

を得る. $\partial t_i / \partial \delta_i > 0$ は, 補題 2 (i) より導かれる. ■

この補題は, i 国の環境税率が自国企業の排出効率の向上 (δ_i の低下) に対して減少的であり, 他国企業の排出効率の向上 (δ_j の低下) に対して増加的であること, また, 賃金率の高い (低い) 国ほど環境税率が高く (低く) なることを示している.

^{*2} この点については Barrett (1994), Kennedy (1994) を参照されたい.

ここまでの結果をまとめると、第二・三ステージの部分ゲーム完全ナッシュ均衡として、

$$\begin{aligned} t_i(\cdot) &= t_i(\delta_i, \delta_j; \gamma), & q_i(\cdot) &= q_i(t_i(\cdot), t_j(\cdot), \delta_i, \delta_j), \\ \Pi_i(\cdot) &= \Pi_i(q_i(\cdot), q_j(\cdot), t_i(\cdot), \delta_i), & R_i(\cdot) &= R_i(q_i(\cdot), t_i(\cdot), \delta_i), \\ D_i(\cdot) &= D_i(q_i(\cdot), q_j(\cdot), \delta_i, \delta_j; \gamma), & W_i &= \Pi_i(\cdot) + R_i(\cdot) - D_i(\cdot). \end{aligned}$$

が得られる*3。

第一ステージにおいて、企業もしくは政府によって、以降のステージでの均衡に与える影響を考慮して、技術の開発や技術移転が行われる。

3 環境技術開発・移転の厚生効果

この節では、環境技術開発のインセンティブや、国家間における環境技術の移転（援助）政策が、前節で導出した部分ゲーム完全ナッシュ均衡における各変数に及ぼす影響を分析する。まず最初に考察するのは、このような国際間の市場と汚染を通じた相互依存関係がある場合の、各国企業の環境技術開発のインセンティブの大きさである。その後の小節で、二国間の環境技術移転の締結のインセンティブについて分析が行われる。

3.1 イノベーション・インセンティブの比較：企業 v.s. 政府

第一ステージにおいて、各国企業によって環境 R&D などの環境技術開発が行われるとする*4。ここで、 i 国企業の環境技術の向上を δ_i の限界的な減少として定義する。すると、企業 i の（限界的）イノベーション・インセンティブの大きさ FI_i を $-\partial\Pi_i/\partial\delta_i$ で表すことができる。補題 1, 2 と包絡線定理を用いてこれを求め整理すると、インプリシットな形として

$$\begin{aligned} FI_i \equiv -\frac{\partial\Pi_i}{\partial\delta_i} &= -\underbrace{\left(\frac{\partial\Pi_i}{\partial q_j} \frac{\partial q_j}{\partial\delta_i} + \frac{\partial\Pi_i}{\partial\delta_i}\right)}_{(+)} \\ &\quad - \underbrace{\frac{\partial\Pi_i}{\partial q_j} \left(\frac{\partial q_j}{\partial t_i} \frac{\partial t_i}{\partial\delta_i} + \frac{\partial q_j}{\partial t_j} \frac{\partial t_j}{\partial\delta_i}\right)}_{(+)} - \frac{\partial\Pi_i}{\partial t_i} \frac{\partial t_i}{\partial\delta_i} > 0 \quad \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j, \end{aligned} \quad (7)$$

を得る。

上式より、環境技術の向上は、下方に括られた項で整理された二つの経路から自らの利潤を増加させることが確認できる。上段は、技術向上による利潤移動効果 (profit-shifting effect) である。これは、技術の向上が不完全競争市場の戦略的関係を通じて相手の生産を減らすことによる正の効果と、所与の環境政策のもとで自らの限界費用を直接下げる正の効果で構成される。下段は、環境技術向上による政策誘導効果 (policy-inducing effect) である。補題 3 より、環境技術の向上は、自国の環境政策を緩め、他国の環境政策を引き締める効果を持つので、それによる他国企業の生産量減少と自らの費用減から利潤の増大をもたらすのである。

*3 これらの均衡値は当然 w_i, w_j の関数となるが、以下では賃金率に関する分析は行わないので、そこから除外していることに注されたい。

*4 ここで定義する環境技術開発は、排出の「末端処理型」(end-of-pipe) 装置の技術開発ではなく、生産 1 単位あたりの排出量を減らすような新しい生産過程を導入するという意味での技術開発である。

ここでもし、政府による環境政策が、企業の技術開発行動に対して固定的 ($\frac{\partial t_i}{\partial \delta_i} = \frac{\partial t_i}{\partial \delta_j} = 0, \forall i = 1, 2, i \neq j$) であるならば、つまり、環境政策が事前にコミットされた水準で変化しないのであれば、後者の政策誘導効果の項はゼロとなる。言い換えれば、環境政策が技術の変化に対して調整される (adjustment policy) 方が、政策にコミットする (commitment policy) よりも、企業のイノベーションインセンティブを大きくすることが確認できる。政府による環境政策が、環境技術開発行動に対して事前にコミットされるよりも事後的に調整する場合 (つまり政府にコミットする能力に欠ける場合) の方が、企業のイノベーションインセンティブを高めるかもしれないことは、Petrakis and Xwpapadeas (1999) や Puller (2006) などによって明らかになっている*5。ここではそれらが想定したような閉鎖経済の場合よりも、より事後調整政策の優位性が強調されることになる。本稿で考察しているような開放経済の場合、環境技術開発による政策誘導効果は、自国政府に対するものだけでなく、他国政府に対する効果も持っている。 $-\partial t_j / \partial \delta_i > 0$ より、企業は環境技術開発することにより、自国政府の環境政策を緩めさせるという効果だけでなく、他国政府の環境税率を高め、それがライバル企業の費用を引き上げるという効果が存在するのである。これは、第二ステージでの各国政府による環境税設定ゲームが戦略的代替関係にあることに起因する。

次に、自国企業の環境技術の向上が自国厚生に及ぼす効果を導出する。これは政府の環境技術開発のインセンティブとも捉えることができる。包絡線定理を用いると、第 i 国政府の環境技術開発インセンティブ ($GI_i \equiv -\partial W_i / \partial \delta_i$) は、

$$GI_i \equiv -\frac{\partial W_i}{\partial \delta_i} = \underbrace{\left(\frac{\partial D_i}{\partial q_j} - \frac{\partial \Pi_i}{\partial q_j} \right) \left(\frac{\partial q_j}{\partial \delta_i} + \frac{\partial q_j}{\partial t_j} \frac{\partial t_j}{\partial \delta_i} \right)}_{(+)} + \underbrace{\left(\frac{\partial D_i}{\partial q_i} - \frac{\partial R_i}{\partial q_i} \right) \left(\frac{\partial q_i}{\partial \delta_i} + \frac{\partial q_i}{\partial t_j} \frac{\partial t_j}{\partial \delta_i} \right)}_{(-)} + \underbrace{\frac{\partial D_i}{\partial \delta_i}}_{(+)} \quad \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j. \quad (8)$$

として整理できる。

自国環境技術の向上が厚生に及ぼす影響は下方に括られた 3 つの効果に分類できる。最初の項は、自国技術の向上が他国の環境税の上昇と、不完全競争市場での戦略的效果により他国の生産量を減少させることによる排出減と自国利潤増の二重の厚生増をもたらす効果である。また、下段の第一項は自国技術向上が自国の環境税率の減少と自国の費用減少により、自国生産量を高めてしまうことによる排出増と税収増とのネットの効果を表している。ここで $\partial D_i / \partial q_i - \partial R_i / \partial q_i = \delta_i (D'_i - t_i) > 0$ より、この項は負であることが確かめられる。最後の項は、生産量や環境税率が固定された場合の、環境技術の向上が排出量を直接減少させる正の効果である。簡潔にまとめると、自国の環境技術向上は他国企業を生産量を二つの経路 (他国の税率を高める政策誘導効果と戦略的效果) から減少させ、また自国企業を生産量を二つの経路 (自国の税率を低める政策誘導効果と戦略的效果) から増加させる。これと自国の排出減という 3 つの効果を持つことがわかる。

次に、企業と政府の環境技術開発インセンティブの比較を行う。(7), (8) 式を $P'' = D'' = 0$ で評価すると、 $\forall i \in \{1, 2\}, i \neq j$ に対し、

$$FI_i = \frac{4(3D'_i + \gamma D'_j)q_i(\cdot)}{5} > 0, \quad (9)$$

*5 Puller (2006) では、閉鎖経済のモデルにおいて、政府が環境政策にコミットできない場合 (本稿と同様の政策タイミング) において、企業による環境技術開発行動が政府の環境政策に及ぼす影響をラチェット効果 (本稿での政策誘導効果に相当) として導出し、環境政策として環境基準 (スタンダード) がとられる場合にはこれは負であり、環境税政策がとられる場合にはこれが正となることを明らかにしている。また、同様の環境技術開発行動を含む閉鎖・完全競争経済における、様々な政府の環境政策のタイミングの厚生比較については Requate (2005) を参照されたい。

$$GI_i = -\frac{\gamma\delta_j(D'_i + 2\gamma D'_j)D'_i}{5P'} + \frac{1}{2}FI_i > 0 \quad (10)$$

が得られ、どちらも正であることが確認できる。

ここでもし、 $FI_i > GI_i$ が成立するならば、企業の技術開発インセンティブは社会厚生観点から「過大」であると言える。なぜならば、企業は自らの環境技術の限界の向上をもたらす研究開発に対して FI_i までの開発費用を投じる意思を持つが、その費用が GI_i よりも大きい場合には、そのような研究開発行動はその国の厚生を減じることになるからである。一方、 $FI_i < GI_i$ が成立するならば、企業の技術開発インセンティブは社会厚生観点から「過小」であると言える。なぜなら、もし環境技術の向上にかかる費用が GI_i より小さいならば、それは厚生を改善することになるが、この費用が FI_i よりも大きな場合には、そのような技術開発を企業が自発的に行なわいからである。この場合にのみ、企業の環境技術開発行動に対する補助金政策が正当化されるのである。

実際に、上で得られた FI_i と GI_i の大きさを比較することで、以下の命題を得る。

命題 1

完全に地域的な汚染 ($\gamma = 0$) の場合、各国企業の環境技術開発インセンティブは過大 ($FI_i > GI_i$) となる。汚染のスピルオーバーがある ($\gamma > 0$) 場合、その程度が大きいく程、また、両国の限界環境被害 (D') が大きいく程、環境技術開発インセンティブは過小 ($FI_i < GI_i$) となりやすい。

証明: (9), (10) 式より、 $FI_i > GI_i$ が成立するのは、

$$-P' > \frac{\gamma\delta_j(D'_i + 2\gamma D'_j)D'_i}{2(3D'_i + \gamma D'_j)q_i(\cdot)} \equiv \Lambda(\gamma, D'_i, D'_j)$$

が成立するときであることが分かる。左辺 $-P'$ は、 $P'' = 0$ より γ には依存しない定数である。まず、 $\gamma = 0$ であるならば、右辺はゼロとなり常に $FI_i > GI_i$ が成立することが確認できる。次に $\gamma > 0$ のとき、

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \gamma} = \frac{1}{(2(3D'_i + \gamma D'_j)q_i(\cdot))^2} \left\{ 2\delta_j(D'_i + 2\gamma D'_j)(3D'_i + \gamma D'_j)D'_i \left\{ q_i - \gamma \frac{\partial q_i}{\partial \gamma} \right\} + 10\gamma\delta_j(D'_i)^2 D'_j q_i \right\}$$

が成立する。補助定理 4 より

$$\frac{\partial q_i}{\partial \gamma} = -\frac{3\delta_j D'_i - 2\delta_i D'_j}{5P'}$$

であり、右辺は γ に依存しない ($P'' = 0$) ので、均衡における q_i は γ の一次関数であることがわかる。よって、 $\forall \gamma \in [0, 1]$ に対して、

$$q_i - \gamma \frac{\partial q_i}{\partial \gamma} = q_i|_{\gamma=0} > 0$$

が成立する。これにより、 $\frac{\partial \Lambda}{\partial \gamma} > 0$ が得られる。よって、 γ が大きくなる程、 $FI_i > GI_i$ を成立させる条件は厳しくなるので、より $FI_i < GI_i$ が成立しやすくなることが証明された。

次に、両国企業・政府ともに完全対称的なケースを考えると、

$$\Lambda(\gamma, D'_i, D'_j) = \hat{\Lambda}(\gamma, D') = \frac{\gamma\delta(1+2\gamma)D'}{2(3+\gamma)q(\cdot)}$$

と書くことができる (添字が落ちている変数は対称的な変数として定義している)。ここで、

$$\frac{\partial q}{\partial D'} = \frac{5\delta(2-\gamma)}{3P'} < 0$$

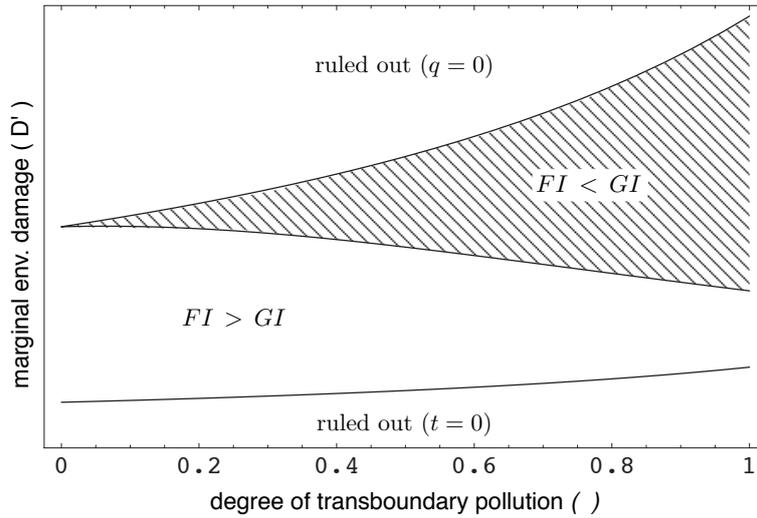


図1 環境技術開発インセンティブ: 企業 vs. 政府

なので $\partial \hat{\lambda} / \partial D' > 0$ が成り立つ。よって、 D' が大きくなる程、 $FI_i > GI_i$ となる条件は厳しくなることが証明される。■

図1には、完全対称のケースにおける、 FI と GI の比較のシミュレーション分析結果が表されている^{*6}。命題で得られたものと一致するように、両国の限界環境被害 D' が大きい程、また、越境汚染の程度 γ が大きい程、 $FI < GI$ が成立する領域が大きくなることが確認できる。図中の斜線部で表された領域では、企業による環境技術開発インセンティブは社会厚生観点から過小であり、技術開発行動への補助金政策が正当化される。一方、 $FI > GI$ が成立する領域では、企業のイノベーションインセンティブは過大となってしまう。これは企業が、自らの利潤を最大にするべく技術開発を行う際に、自国の環境や越境汚染を考慮にいれない負の外部性の一例である。この場合には、自国厚生を減じてしまうような過剰な環境技術開発が行われる可能性もあるのである。

3.2 環境技術移転の厚生効果

ここでは第一ステージにて、国家間での環境技術移転（援助）政策が決定されるようなケースを考える。ここでの分析は、例えば政府開発援助（ODA）やクリーン開発メカニズム（CDM）を通じた環境技術移転政策が、外交交渉を通じた国家間の契約によって決定され、その締結後に各国の国内での環境政策（環境税率の決定）が各国内の政治プロセスによって決まり、最後に産業界がそれに従い生産量決定をするようなケースに相当する。

外交交渉での技術移転政策の決定は明らかに、それが行われることによって、技術援助の受け手（recipient）の厚生だけでなく、送り手（donor）の厚生も高めなければ（つまり、それがパレート改善をもたらさなければ）締結されることはない。ここでは、そのような環境技術移転交渉がどのような条件のもとで自発的に締結されるのかを調べる。

^{*6} このシミュレーションは、 $P(Q) = 20 - Q$, $w_i = 0$, $\delta_i = 1 \forall i \in \{1, 2\}$ として導出したものである。

ここでは一般性を失うことなく、技術移転は第1国から第2国に対して行われるものとする。環境技術の移転政策を、「第2国の環境技術の限界的な向上（ δ_2 の低下）」として定義し、それが両国の厚生に及ぼす効果を考える。なお、ここでの技術援助は無条件（unconditional）なものであるとする。つまり、環境技術を援助することに何の条件（例えば援助受け手の環境政策を指定するなど）も課さないものであるとする。

第2国の環境技術の向上が第1国（送り手）と第2国（受け手）の厚生に及ぼす影響はそれぞれ、インプリシットな形として

$$\text{Donor : } -\frac{\partial W_1}{\partial \delta_2} = \underbrace{\left(\frac{\partial D_1}{\partial q_2} - \frac{\partial \Pi_1}{\partial q_2}\right) \left(\frac{\partial q_2}{\partial \delta_2} + \frac{\partial q_2}{\partial t_2} \frac{\partial t_2}{\partial \delta_2}\right)}_{(-)} + \underbrace{\left(\frac{\partial D_1}{\partial q_1} - \frac{\partial R_1}{\partial q_1}\right) \left(\frac{\partial q_1}{\partial \delta_2} + \frac{\partial q_1}{\partial t_2} \frac{\partial t_2}{\partial \delta_2}\right)}_{(+)} + \underbrace{\frac{\partial D_1}{\partial \delta_2}}_{(+)}$$

$$\text{Recipient : } -\frac{\partial W_2}{\partial \delta_2} = GI_2$$

と整理できる。

受け手国企業の環境技術向上が送り手の厚生に及ぼす影響（上段の式）は3つの効果に分類することができる。最初の項は、受け手国企業の技術向上が、受け手国の環境政策の緩和と直接的な企業の費用減少効果を通じて、受け手国企業の生産量増加をもたらすことによる環境と自国企業の利潤に与える負の効果である。第二項は受け手の技術向上が、受け手国の環境政策の緩和と戦略的效果を通じた自国企業の生産量減少をもたらすことによる（環境改善から税収減を引いた）純便益である。最後の項は、受け手国の環境技術改善が直接越境汚染量を減少させる正の効果である。

これらを求めると、

$$\text{Donor : } -\frac{\partial W_1}{\partial \delta_2} = \frac{(\delta_2 \gamma D'_1 - P' q_1)(8D'_2 + \gamma D'_1)}{10P'} + \gamma D'_1 q_2 \geq 0, \quad (11)$$

$$\text{Recipient : } -\frac{\partial W_2}{\partial \delta_2} = GI_2 > 0. \quad (12)$$

が得られる。これより、技術移転の受け手の厚生は必ず改善することが確認できる。しかし、送り手の厚生に及ぼす影響ははっきりしない。まず、 $\gamma = 0$ ならば(11)式は $-4D'_2 q_1/5 < 0$ となることが確認できる。しかし γ が十分に大きいとき、後者の正の効果は前者の負の効果を上回るかもしれない、結果は曖昧である。例えば $\gamma = 1$ のとき、(6)式を使ってこれを書き換えると、

$$-\frac{\partial W_1}{\partial \delta_2} \Big|_{\gamma=1} = -\frac{1}{5P'} \left[5D'_1 (2\delta_2(D'_2 - t_2) - \delta_1 D'_2) - \delta_1 (D'_1 + 8D'_2)(D'_1 - t_1) \right]$$

となり、 t_2 が十分小さく、 t_1 が大きくな（かつ両者の環境税率が正になる $t_i > 0, \forall i \in \{1, 2\}$ ）ごく限られた場合のみ、これが正になることが確かめられる^{*7}。これより、以下の命題が得られる。

命題 2

互いに正の環境税政策を行っている国家間においては、ほとんどの条件下において、環境技術移転政策は送り手国厚生を減じてしまうので行われぬ。

^{*7} 例えば、 $P(Q) = A - q_1 - q_2$ と特定化した場合、 $A = 20, w_1 = 3, w_2 = 1, D'_1 = 15, D'_2 = 8.7, \delta_1 = 1, \delta_2 = 1.05, \gamma = 1$ としたような十分に非対称的（かつ $q_i > 0, t_i > 0, \forall i = 1, 2$ を満たす）の場合に、技術/環境への意識/賃金率の高い1国からそれらの低い2国への環境技術移転はパレート改善的（ $-\partial w_1/\partial \delta_2 = 0.08112 > 0$ ）であることが確認できる。

両国がともに正の環境税率を設定するような同質的な国家間では，送り手国は，環境技術を移転（援助）するインセンティブを持ち得ないのである．これは，他国の環境技術向上が，他国の環境税率の減少とライバル企業の費用減少という，自国にとって二重の負の効果を持つからである*8．

4 先進国－途上国モデル（North-South Model）

この節では，これまでの両者ともに正の環境政策を実施しているという仮定を変更して分析を進める．これまでのモデルは，第二ステージにおいて正の環境政策を実施する（つまり環境税設定に関して内点解である）国である N 国と，環境政策を実施しない S 国と変更されることになる．つまり，均衡において $t_N > 0$ かつ $t_S = 0$ が成立する状況での分析となる．また，ここでは $t_S < 0$ となる状況，つまり汚染財の輸出に対して補助金を与えるような状況は，WTO の制約など現実的な状況を想定し，排除している．

S 国が第二ステージにおいて，環境政策を実施しなくなるのは，補題 3 により (1) 賃金率 w が十分に低い，もしくは (2) 限界環境被害 D' が十分に小さいケースにおいて，起こりうる事が前節にて確認されている．ここではその仮定と， $\delta_N < \delta_S$ を仮定する．つまり， N 国よりも S 国の方が排出効率が低いことを想定する．

第三ステージの均衡は前節と同じである． $t_N > 0$ ， $t_S = 0$ が第二ステージでの解として得られるのは，両国の最適化問題の一階条件として，

$$\begin{aligned} \text{Country N: } P'q_N - 2\delta_N t_N + (2\delta_N - \gamma\delta_S)D'_N &= 0, \\ \text{Country S: } P'q_S - 2\delta_S t_S + (2\delta_S - \gamma\delta_N)D'_S &< 0. \end{aligned} \quad (13)$$

が成立する場合であることがわかる． $t_S = 0$ より，第二ステージでの環境税設定ゲームにおいては戦略的關係は存在せず， N 国の厚生最大化問題の解として， $t_N(\delta_N, \delta_S)$ が得られる．

補題 4

N 国の均衡環境税率 t_N は以下の性質を持つ．

$$\frac{\partial t_N}{\partial \delta_N} > 0, \quad \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S} < 0, \quad \frac{\partial t_N}{\partial \gamma} < 0.$$

証明: (13) 式を全微分すると，

$$\left[P' \frac{\partial q_N}{\partial t_N} - 2\delta_N \right] dt_N + \left[P' \frac{\partial q_N}{\partial \delta_N} - 2t_N + 2D'_N \right] d\delta_N + \left[P' \frac{\partial q_N}{\partial \delta_S} - \gamma D'_N \right] d\delta_S + \left[P' \frac{\partial q_N}{\partial \gamma} - \delta_S D'_N \right] d\gamma = 0$$

が得られる．これを補題 1 と $t_S = 0$ を用いて整理すると，

$$\frac{\partial t_N}{\partial \delta_N} = \frac{3D'_N - 2t_N}{2\delta_N} > 0, \quad \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S} = -\frac{3\gamma D'_N}{4\delta_N} < 0, \quad \frac{\partial t_N}{\partial \gamma} = -\frac{3\delta_S D'_N}{4\delta_N} < 0.$$

を得る．■

*8 補足として，政府ではなく企業によって技術移転を行うかどうかが決められる場合，相手国企業の環境技術向上が自らの利潤に及ぼす影響は，

$$-\frac{\partial \Pi_i}{\partial \delta_j} = \underbrace{-\frac{\partial \Pi_i}{\partial q_j} \frac{\partial q_j}{\partial \delta_j}}_{(-)} - \underbrace{\frac{\partial \Pi_i}{\partial q_j} \left(\frac{\partial q_j}{\partial t_i} \frac{\partial t_i}{\partial \delta_j} + \frac{\partial q_j}{\partial t_j} \frac{\partial t_j}{\partial \delta_j} \right)}_{(-)} - \frac{\partial \Pi_i}{\partial t_i} \frac{\partial t_i}{\partial \delta_j} < 0$$

となり，全てのパラメータ範囲に対して負となる．よって，このモデルでは，企業による技術移転行動も同様に行われなことが確認できる．

これより、このモデルの第二、第三ステージにおける部分ゲーム完全ナッシュ均衡として、

$$\begin{aligned}
t_N &= t_N(\delta_N, \delta_S; \gamma), \quad t_S = 0. \\
q_N &= q_N(t_N(\cdot), \delta_N), \quad q_S = q_S(t_N(\cdot), \delta_N) \\
\Pi_N &= \Pi_N(q_N(\cdot), q_S(\cdot), t_N(\cdot), \delta_N), \quad \Pi_S = \Pi_S(q_N(\cdot), q_S(\cdot)) \\
W_N &= \Pi_N(\cdot) + R_N(q_N(\cdot), t_N(\cdot), \delta_N) - D_N(q_N(\cdot), q_S(\cdot), \delta_N, \delta_S; \gamma) \\
W_S &= \Pi_S(\cdot) - D_S(q_N(\cdot), q_S(\cdot), \delta_N, \delta_S; \gamma)
\end{aligned}$$

が得られる。

4.1 イノベーション・インセンティブの比較：企業 v.s. 政府

ここでは前節と同じく、第一ステージにおいて、企業によって環境技術開発が行われるとする。両国企業の環境技術開発インセンティブ FI_N, FI_S はそれぞれ、

$$FI_N \equiv -\frac{\partial \Pi_N}{\partial \delta_N} = -\underbrace{\left(\frac{\partial \Pi_N}{\partial q_S} \frac{\partial q_S}{\partial \delta_N} + \frac{\partial \Pi_N}{\partial \delta_N} \right)}_{(+)} \underbrace{-\frac{\partial \Pi_N}{\partial q_S} \frac{\partial q_S}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_N} - \frac{\partial \Pi_N}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_N}}_{(+)} = 2D'_N q_N > 0 \quad (14)$$

$$FI_S \equiv -\frac{\partial \Pi_S}{\partial \delta_S} = -\underbrace{\frac{\partial \Pi_S}{\partial q_N} \frac{\partial q_N}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S}}_{(+)} = \frac{\gamma q_S D'_N}{2} > 0 \quad (15)$$

として導出される。

一般的には、環境政策が行われていない国に立地する企業においては、環境技術開発のインセンティブは存在しないと考えられる。しかし、国際市場における不完全競争と汚染の外部性を考慮した場合には、環境政策がとられていない国の企業も、長期的な視点での環境技術開発インセンティブを持つことが示されている。直感的な解釈は以下の通りである。途上国企業の排出効率の向上は、市場の競争状況を全く変えることなく、S国の排出量を減少させる。S国の排出減少は、市場状態の不変性によりN国の企業利潤も税収も影響を及ぼさないが、越境汚染を通じたN国への排出の漏出効果が小さくなる。これは(13)式内の $-\gamma \delta_S D'_N$ の項（環境税の排出削減効果の中の負の項）が小さくなることを意味している。つまり、N国の環境税率を引き上げる効果（政策誘導効果）を持ち、これがS国企業の利潤に正の影響を及ぼすのである。

次に各国政府の環境技術開発インセンティブ (GI_N, GI_S) を求めると、

$$GI_N \equiv -\frac{\partial W_N}{\partial \delta_N} = \underbrace{\left(\frac{\partial D_N}{\partial q_S} - \frac{\partial \Pi_N}{\partial q_S} \right) \frac{\partial q_S}{\partial \delta_N}}_{(+)} + \underbrace{\left(\frac{\partial D_N}{\partial q_N} - \frac{\partial R_N}{\partial q_N} \right) \frac{\partial q_N}{\partial \delta_N}}_{(-)} + \underbrace{\frac{\partial D_N}{\partial \delta_N}}_{(+)} = \frac{1}{2} FI_N > 0 \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
GI_S \equiv -\frac{\partial W_S}{\partial \delta_S} &= \underbrace{\left(\frac{\partial D_S}{\partial q_N} - \frac{\partial \Pi_S}{\partial q_N} \right) \left(\frac{\partial q_N}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S} \right)}_{(+)} + \underbrace{\frac{\partial D_S}{\partial q_S} \left(\frac{\partial q_S}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S} \right)}_{(-)} + \underbrace{\frac{\partial D_S}{\partial \delta_S}}_{(+)} \\
&= -\frac{\gamma(2\gamma\delta_N - \delta_S)D'_N - 4P'q_S D'_S}{4P'} + FI_S > 0 \quad (17)
\end{aligned}$$

が得られる。両国ともに、正の環境政策を実施していると仮定した前節と同じく、これらはともに正であることが確認できる。これより以下の命題を得る。

命題 3

いかなる $\gamma \in [0, 1]$ の値に対しても, (i) N 国においては, 企業の環境技術開発のインセンティブは過大となり ($GI_N < FI_N$), (ii) S 国においては, 企業の環境技術開発のインセンティブは過小となる ($GI_S > FI_S$).

証明: (i) は (16) 式より明らかであり, (ii) は (15) 式と (17) 式より,

$$FI_S - GI_S = \frac{\gamma(2\gamma\delta_N - \delta_S)D'_N - 4P'q_S}{4P'} D'_S < 0$$

より導かれる。■

両国ともに正の環境政策を行っている場合の結果 (命題 2) とは異なり, ここでは, γ の大きさに関係なく, N 国においては環境技術開発インセンティブは過大となり, S 国では過小となるという結果が得られる。 S 国が正の環境政策を行っている場合 (前節のケース) には, 自国の環境技術の向上は相手国の環境税率を引き上げによる越境汚染量の減少という, 自国厚生にとって良い効果を持っていたのだが, ここでは N 国の環境技術向上は S 国の環境政策に影響を与えないので, その正の漏出効果が存在しないことにより, N 国においては $FI_N > GI_N$ が成立することになる。

一方 S 国においては, S 国政府にとって, 技術の向上にともなう排出量減が, N 国政府の環境政策を厳しくし, それが国際市場での S 国企業の戦略的ポジションを高めることと, 自国での排出減少の二つの正の厚生効果が存在する。 S 国企業にとっては, 技術の向上は自国の環境政策を緩めることはなく ($t_S = 0$ より), N 国の政策を厳しくすることによる国際市場での優位性の確保という正の効果しか存在しない。よって $FI_S < GI_S$ が常に成り立つことになる。つまり, S 国においてのみ, 環境技術への補助金政策が有効な手段となりうるということがわかる。

4.2 環境技術移転の厚生効果

次に, 環境技術移転 (援助) 政策の厚生効果を分析する。ここでは N 国の方が S 国よりも高い環境技術 (低い δ) を持つとし, 環境技術移転政策とは, 前節と同じように, 第一ステージにおいて, N 国政府と S 国政府との契約で, S 国企業の環境技術を限界的に高めるものとしてモデル化される。

S 国企業の環境技術の向上 (δ_S の低下) が N 国 (送り手) および S 国 (受け手) の厚生に及ぼす影響はそれぞれ,

$$\text{Donor: } -\frac{\partial W_N}{\partial \delta_S} = \frac{\partial D_N}{\partial \delta_S} = \gamma D'_N q_S > 0 \quad (18)$$

$$\text{Recipient: } -\frac{\partial W_S}{\partial \delta_S} = GI_S > 0 \quad (19)$$

と導出される。これより, 以下の命題が得られる。

命題 4

環境税政策を行っている国から, 環境税政策を行っていない国への環境技術移転は, パレート改善的である。

この命題は, 前節での命題 3 とは対照的である。命題 3 においては, 両国ともに正の環境税政策を実施している場合には, 極端な非対称性がある場合を除き, 環境技術移転政策は送り手の厚生を減じてしまうのでなされることはないことが明らかになった。しかし, この命題では, 技術移転の受け手国が環境税政策を行っていない場合には, 環境技術移転は送り手・受け手の両方の厚生を改善することにより, そのような契約は実行さ

れうることが明らかになった。これは、受け手国の環境税率がゼロ（かつ非負）である場合には、環境技術移転によって環境政策を緩められず、それを緩めることによる送り手国厚生への負の厚生効果が存在しないことに起因する^{*9}。環境技術移転政策は（環境政策を行っている）先進国から（実施していない）途上国に対して行われるときには、たとえそれらの企業が国際競争にさらされている場合であっても、両国の厚生を改善するのである。

5 製品差別化モデル

ここまでの分析では、各国企業が生産する財は完全に同質であると仮定していたが、この節では、これらが国際市場において差別化されている場合を含むようにモデルを拡張し、これまでと同様の分析を行う。

財の差別化をモデルに組み込むために、第三国市場での i 企業生産財への逆需要関数を $P_i(q_i, q_j, \theta) \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j$ と定義する。ここで $\theta \in [0, 1]$ は財の差別化を表したパラメータであり、

$$\frac{\partial P_i}{\partial q_j} = \theta \frac{\partial P_i}{\partial q_i} = \theta P'_i, \quad \frac{\partial P_i}{\partial \theta} = P'_i q_j \quad \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j,$$

を満たすとする。 $\theta = 0$ ならば、各企業の生産物は完全に差別化されている状況、つまり、各国企業はそれぞれ完全に差別化された財を独占的に供給する場合を記述している。 θ が大きくなるにつれて財の代替関係が強くなり、 $\theta = 1$ で前節と同じ完全同質財（完全代替）となる^{*10}。

モデルの構造はこれまでと全く同じであるとし、 $P'' = D'' = 0$ を仮定する。企業 i の第三ステージの均衡生産量の性質は以下の通りである。

補題 5

第三ステージでの均衡生産量は、以下の性質を持つ。

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_i}{\partial t_i} &= \frac{2\delta_i}{(4-\theta^2)P'_i} < 0, & \frac{\partial q_i}{\partial t_j} &= -\frac{\theta\delta_j}{(4-\theta^2)P'_j} > 0, \\ \frac{\partial q_i}{\partial \delta_i} &= \frac{2t_i}{(4-\theta^2)P'_i} < 0, & \frac{\partial q_i}{\partial \delta_j} &= -\frac{\theta t_j}{(4-\theta^2)P'_j} > 0, & \frac{\partial q_i}{\partial \theta} &= -\frac{2q_j - \theta q_i}{(4-\theta^2)} < 0. \end{aligned}$$

証明: 第三ステージにおける各国企業の利潤最大化の一階条件は、

$$P_i + P'_i q_i - w_i - \delta_i t_i = 0 \quad \forall i \in \{1, 2\}$$

である。これらを全微分すると、以下を得る。

$$\begin{pmatrix} 2P'_i & \theta P'_i \\ \theta P'_j & 2P'_j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dq_i \\ \theta P'_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_i \\ 0 \end{pmatrix} d\delta_i + \begin{pmatrix} \delta_i \\ 0 \end{pmatrix} dt_i + \begin{pmatrix} P'_i q_j \\ P'_j q_i \end{pmatrix} d\theta$$

ここで、行列式 $\begin{vmatrix} 2P'_i & \theta P'_i \\ \theta P'_j & 2P'_j \end{vmatrix} = (4-\theta^2)P'_i P'_j > 0$ であることが確認できる。これを比較静学することにより補題が導出される。■

^{*9} ここでも補足的に、環境技術移転政策が政府間でなく、企業間で行われると仮定すると、その送り手の企業利潤への影響は、

$$-\frac{\partial \Pi_N}{\partial \delta_S} = -\frac{\partial \Pi_N}{\partial q_S} \frac{\partial q_S}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S} - \frac{\partial \Pi_N}{\partial t_N} \frac{\partial t_N}{\partial \delta_S} = -\gamma D'_N q_N < 0$$

となるので、そのような移転はこのモデルにおいても行われなことが確認できる。

^{*10} このような逆需要関数は、例えば、線形の逆需要関数 $P_i = A - b(q_i + \theta q_j)$ などがこれに相当する。

次に第二ステージの均衡を求める．ここでは両国ともに正の環境税を設定する内点解のケースに分析の焦点を絞る．第二ステージでの政府の厚生最大化の一階条件から，反応関数

$$\theta^2 P'_i q_i - 2\delta_i t_i + (2\delta_i - \gamma\theta\delta_j) D'_i = 0 \quad \forall i \in \{1, 2\}, i \neq j \quad (20)$$

を得る．これより，以下の補題を得る．

補題 6

製品が完全に差別化されている場合 ($\theta = 0$)，それぞれの国の均衡環境税率は，それぞれの国の限界環境被害と一致する．

これは，たとえ越境汚染という国際間の外部性が存在しても，国際市場での競争に関する相互依存関係がなくなるのであれば（つまり製品が完全に差別化されるのであれば）最適な環境税水準は国内での最適水準であるピグー税（限界被害）水準になることをあらわしている^{*11}．

第二ステージでのナッシュ均衡環境税率として $\tilde{t}_i(\delta_i, \delta_j, \gamma, \theta)$ が得られる．

補題 7

このゲームの均衡環境税率 \tilde{t}_i は，完全対称のケースにおいて，以下の性質を持つ．

$$\begin{aligned} \frac{\partial t_i}{\partial \delta_i} &= \frac{\Omega D' - \Phi t}{\Phi \delta} > 0, & \frac{\partial t_i}{\partial \delta_j} &= -\frac{2\theta[2\gamma(2-\theta^2) + \theta^2] D'}{\Phi \delta} < 0, \\ \frac{\partial t_i}{\partial \gamma} &= -\frac{\theta(2+\theta) D'}{4+2\theta-\theta^2} < 0, & \frac{\partial t_i}{\partial \theta} &= -\frac{\gamma\delta(2+\theta) D' - \theta(4+\theta) P' q}{\delta(4+2\theta-\theta^2)} < 0. \end{aligned}$$

ここで， $\Phi = (\theta^2 - 2\theta - 4)(\theta^2 + 2\theta - 4) > 0$ ， $\Omega = (16 + \gamma\theta^4 - 8\theta^2) > \Phi > 0$ である．

証明: (5) 式を全微分すると，

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} -\frac{4\delta_i(2-\theta^2)}{4-\theta^2} & -\frac{\theta^3\delta_j P'_i}{(4-\theta^2)P'_j} \\ -\frac{\theta^3\delta_i P'_j}{(4-\theta^2)P'_i} & -\frac{4\delta_j(2-\theta^2)}{4-\theta^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dt_i \\ dt_j \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \frac{4t_i(2-\theta^2)}{4-\theta^2} - 2D'_i \\ \frac{\theta^3\tilde{t}_i P'_i}{(4-\theta^2)P'_j} + \gamma D'_i \end{pmatrix} d\delta_i + \begin{pmatrix} \delta_j D'_i \\ \delta_i D'_j \end{pmatrix} d\gamma \\ &+ \begin{pmatrix} -\frac{\theta(q_i(8-\theta^2)-2\theta q_j)P'_i}{4-\theta^2} + \gamma\delta_j D'_i \\ -\frac{\theta(q_j(8-\theta^2)-2\theta q_i)P'_j}{4-\theta^2} + \gamma\delta_i D'_j \end{pmatrix} d\theta \end{aligned}$$

が得られる．ここで行列式の値は，完全対称の場合には，

$$\begin{vmatrix} -\frac{4\delta_i(2-\theta^2)}{4-\theta^2} & -\frac{\theta^3\delta_j P'_i}{(4-\theta^2)P'_j} \\ -\frac{\theta^3\delta_i P'_j}{(4-\theta^2)P'_i} & -\frac{4\delta_j(2-\theta^2)}{4-\theta^2} \end{vmatrix} = \frac{\delta^2 \Phi}{4-\theta^2} > 0$$

である．これを比較静学することで，補題は導出される．■

この補助定理において， $\partial t_i / \partial \theta < 0$ が成立している．つまり，製品がより同質的になれば，各国が設定する環境税率が低くなることが示されている．これは製品がより同質的になるほど，国際市場での競争が激しくなるので，各国は自国企業の利潤の減少を防ぐため，つまり利潤移動効果の増大により，低い環境税率を設定することを示している．これも，一種のエコロジカル・ダンピングとして捉えることができる．

^{*11} 言い換えれば，海外市場で独占者であるような供給者への最適環境税率がピグー税水準であるということである．このような， $\theta = 0$ の場合のこの結果は Rauscher (1995; p.168) の命題 6.2 や，Hoel (1997) で示されているものと同値である．

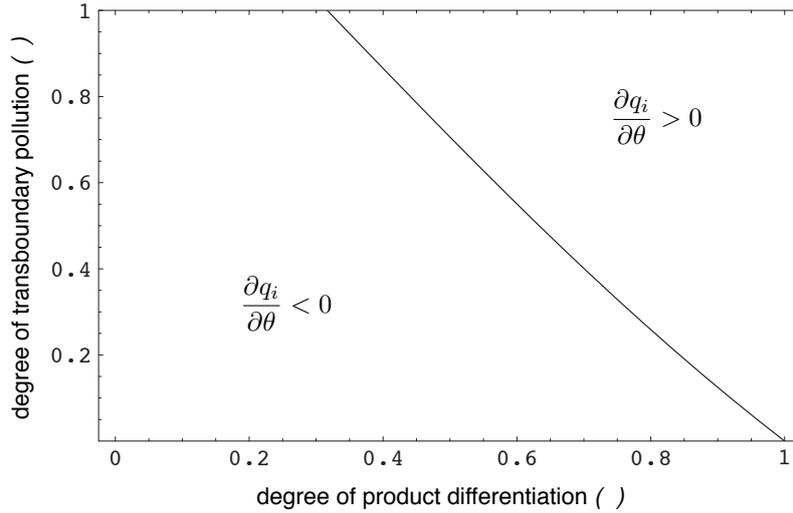


図2 製品差別化と生産・排出量

まとめると、第二・第三ステージの部分ゲーム完全ナッシュ均衡として、

$$\tilde{t}_i(\cdot) = \tilde{t}_i(\delta_i, \delta_j, \gamma, \theta), \quad \tilde{q}_i(\cdot) = \tilde{q}_i(\tilde{t}_i(\cdot), \tilde{t}_j(\cdot), \delta_i, \delta_j, \theta),$$

$$\tilde{\Pi}_i(\cdot) = \tilde{\Pi}_i(\tilde{q}_i(\cdot), \tilde{q}_j(\cdot), \tilde{t}_i(\cdot), \delta_i), \quad \tilde{W}_i = \tilde{\Pi}_i(\cdot) + \delta_i \tilde{q}_i(\cdot) \tilde{t}_i(\cdot) - D_i(\delta_i \tilde{q}_i + \gamma \delta_j \tilde{q}_j(\cdot))$$

が得られる。

補題 8

完全対称のケースにおいて、均衡生産量 \tilde{q}_i は以下の性質を持つ。

$$\frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial \theta} \geq 0 \Leftrightarrow -P' \leq \frac{\gamma \delta D'}{2(1-\theta)\tilde{q}}$$

Proof: 均衡生産量 \tilde{q}_i を θ で微分し、完全対称で評価すると、

$$\frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial \theta} = \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial \tilde{t}_i} \frac{\partial \tilde{t}_i}{\partial \theta} + \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial \tilde{t}_j} \frac{\partial \tilde{t}_j}{\partial \theta} + \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial \theta} = -\frac{\gamma \delta D' + 2(1-\theta)P'\tilde{q}}{(4+2\theta-\theta^2)P'}. \quad (21)$$

を得る。■

この補助定理より、 $\theta = 1$ の時には $\partial \tilde{q}_i / \partial \theta > 0$ となることがわかる。また $\gamma = 0$ ならば、 $\partial \tilde{q}_i / \partial \theta < 0$ となる。つまり、製品差別化の程度と自国企業の環境汚染（排出量）との関係は、 γ と θ との関係によって決まるのである。

図2は、製品差別化の変化が均衡生産水準（および均衡排出量）に及ぼす影響を示している^{*12}。より γ が小さく、 θ が大きいほど、製品をより差別化（ θ が減少）したときの各国企業の生産、及び排出量は増加しやすいことが表されている。

^{*12} 図2は、逆需要関数を $p = A - q_i - \theta q_2$ とし、 $A = 20$, $w_i = 0$, $\delta_i = 1$, $D'_i = 8$, $\forall i$ とした場合の結果をグラフ化している。

5.1 イノベーション・インセンティブの比較：企業 v.s. 政府

これまでと同様に第一ステージにて、各国企業によって環境技術開発が行われると想定し、企業と政府のイノベーション・インセンティブの比較を行う。分析の単純化のために、ここでは全て完全対称のケースに焦点を絞る。

各国企業と政府のイノベーション・インセンティブ、 \widetilde{FI} 、 \widetilde{GI} はそれぞれ、

$$\widetilde{FI}_i \equiv -\frac{\partial \Pi_i}{\partial \delta_i} = \frac{4D'q}{\Phi} [4 - (1 - \gamma)\theta^2] > 0 \quad (22)$$

$$\widetilde{GI}_i \equiv -\frac{\partial W_i}{\partial \delta_i} = -\frac{\theta(2\gamma(2 - \theta^2) + \theta^2)\gamma\delta D'^2}{\Phi P'} + \frac{2 - \theta^2}{2} \widetilde{FI} > 0 \quad (23)$$

として求められる。これより以下の命題が導出される。

命題 5

製品差別化を含む完全対称のケースにおいて、汚染が完全に地域的 ($\gamma = 0$) ならば、必ず各国の環境イノベーションインセンティブは過大になる。 $\gamma > 0$ のとき、より越境汚染の程度や限界環境被害が大きいくほど、また、より製品が差別化されているほど、各国のイノベーションインセンティブは過小となりやすい。

証明: (22), (23) 式より、 $\widetilde{FI} > \widetilde{GI}$ となるのは、

$$-P' > \frac{(2\gamma(2 - \theta^2) + \theta^2)\gamma\delta D'}{2\theta(4 - (1 - \gamma)\theta^2)\tilde{q}(\cdot)} \equiv \widetilde{\Lambda}(\gamma, D')$$

が成立する場合である。ここで、

$$\frac{\partial \widetilde{\Lambda}}{\partial \gamma} = \frac{2\gamma\theta\delta D'\tilde{q}(16 - 12\theta^2 - \theta^3 + 2\theta^4) + \zeta\delta D'(\tilde{q} - \gamma\frac{\partial \tilde{q}}{\partial \gamma})}{(2\theta(4 - (1 - \gamma)\theta^2)\tilde{q})^2} > 0$$

が成立する。ここで、 $\zeta = 2\theta(2\gamma(2 - \theta^2) + \theta^2)(4 - (1 - \gamma)\theta^2) > 0$ である。よって、 γ が大きくなるほど、 $\widetilde{FI} < \widetilde{GI}$ が成立しやすくなる。また、 $\partial \widetilde{\Lambda} / \partial D'$ に関しては、 D' の増加は右辺の分母を小さく（なぜなら D' の増加は環境税率を引き上げるので、生産量は小さくなる）し、分子を大きくするので、すなわち右辺を大きくすることがわかる ($\partial \widetilde{\Lambda} / \partial D' > 0$)。最後に、 θ の変化による \widetilde{FI} と \widetilde{GI} の比較については、以下のシミュレーション分析の結果を参照されたい。■

この命題は、製品の差別化が、各国の環境技術開発インセンティブの性質に及ぼす影響を除いては、製品が同質であると仮定した命題 2 と同じことが明らかになっている。製品がより差別化されるほど (θ の値が小さい程)、国際市場での各国企業の戦略的關係は弱まるので、各企業の環境技術の向上（生産費用の低下）が自らの利潤を高める効果が弱くなる。さらに、自らの環境技術向上が他国の環境政策を厳しくする効果も弱くなる。これにより、企業の環境技術開発インセンティブが小さくなることが、この命題の直感的解釈である。

図 3 は、 $t_i > 0$ 、 $q_i > 0$ 、 $\forall i$ を満たす様々な限界被害 D' について、企業のイノベーションインセンティブと政府のイノベーションインセンティブの大小関係が示されている^{*13}。命題で示した通り、 D' 、 γ が大きい

^{*13} 図 3 は、逆需要関数を $p = A - q_i - \theta q_2$ とし、 $A = 20$ 、 $w_i = 0$ 、 $\delta_i = 1$ 、 $\forall i$ として、(a) $D'_i = 7$ 、(b) $D'_i = 10$ 、(c) $D'_i = 16$ 、(d) $D'_i = 19$ であるときの FI と GI のシミュレーション分析結果をまとめたものである。

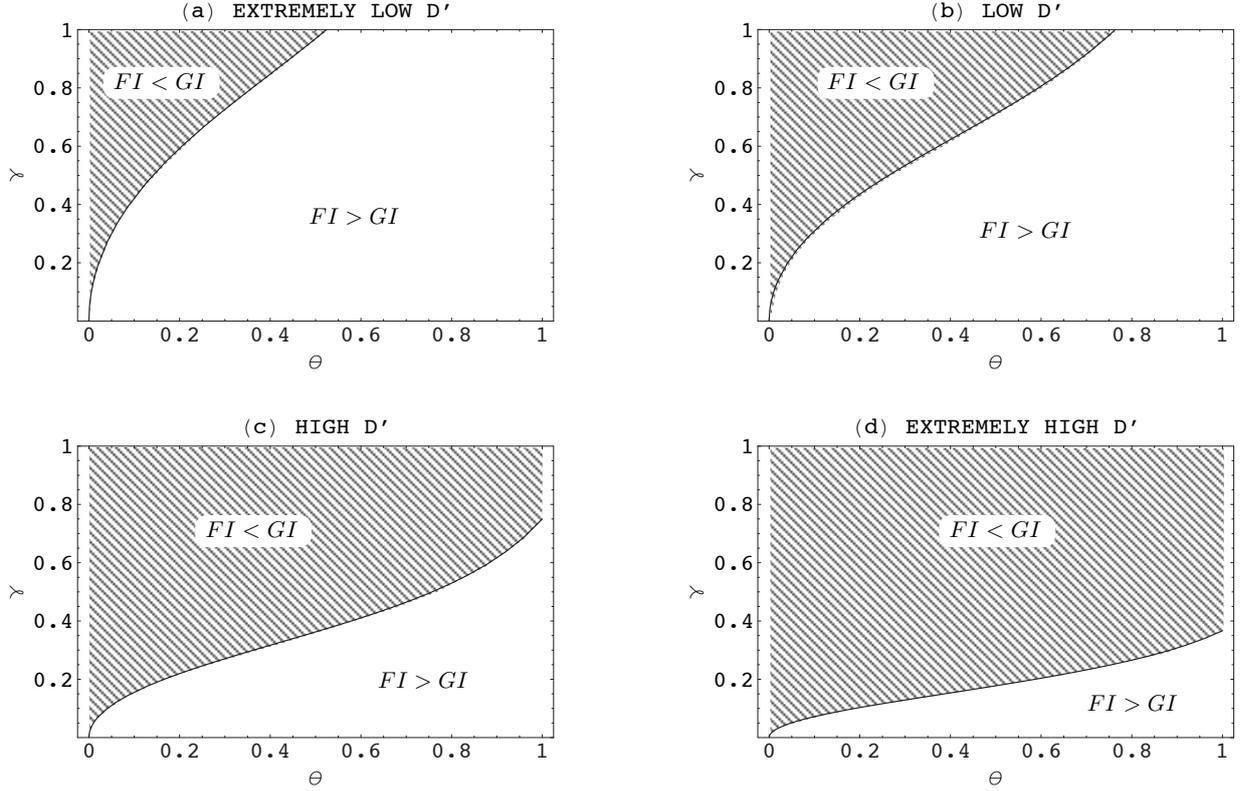


図3 Firm and Government Incentives for Environmental R&D

程, また, θ が小さい程, $\widetilde{FI} < \widetilde{GI}$ (図の斜線部分の領域) が成立しやすいことがこの図から見て取れる. この斜線部分のパラメータ範囲では, 各企業の環境技術開発インセンティブは社会厚生観点から過小であり, 補助金が正当化されうることになる.

5.2 環境技術移転の厚生効果

これまでと同じく, 第一ステージにて各国政府間で環境技術移転の契約が締結され実行される. 技術移転は第1国から第2国に対して行われるとする. しかし, 製品差別化を考慮した場合の複雑性より, ここでは完全に対称なケースを分析する.

第2国の環境技術の限界的向上が及ぼす両国厚生への影響は以下のように導出される.

$$\text{Donor : } -\frac{\partial \widetilde{W}_1}{\partial \delta_2} = \frac{\Omega(\gamma \delta D' - \theta P' \tilde{q})}{2\Phi P'} D' + \gamma D' \tilde{q} \geq 0 \quad (24)$$

$$\text{Recipient : } -\frac{\partial \widetilde{W}_2}{\partial \delta_2} = \widetilde{GI}_2 > 0. \quad (25)$$

ここで, (24) 式より,

$$-\frac{\partial \widetilde{W}_1}{\partial \delta_2} \Big|_{\theta=0} = -\frac{\gamma D'}{P'} \left\{ \frac{P^M}{\epsilon} - \frac{\sigma \cdot MC}{2} \right\} \geq 0 \Leftrightarrow \epsilon \leq \frac{2P^M}{\sigma \cdot MC}$$

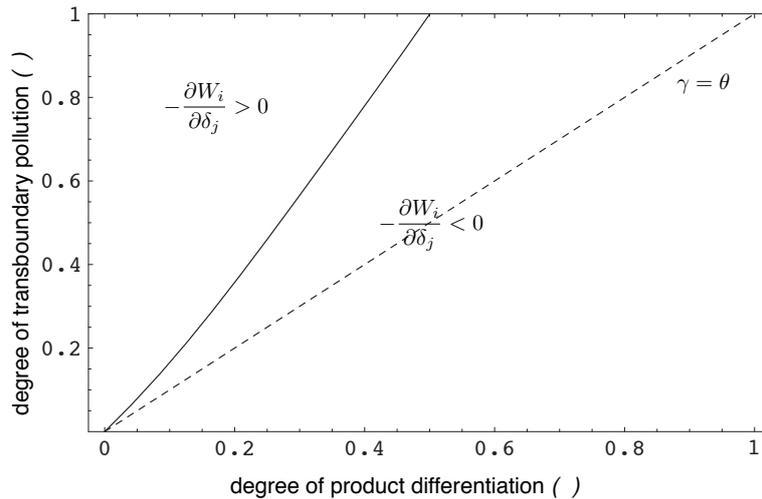


図4 Effects of Unconditional Technology Aid

が得られる．ここで $\epsilon \equiv -\frac{P}{P^q} \in [0, \infty]$ は、需要の価格弾力性を、 $\sigma \equiv \frac{\delta t}{\delta t + w} \in (0, 1]$ は企業の限界生産費用に占める環境税支払いの割合を、 P^M は $\theta = 0$ の場合の価格（独占価格）を表している．これより、以下の命題が得られる．

命題 6

$\theta = 0$ のとき $\epsilon < \frac{2P^M}{\sigma \cdot MC}$ が成立するならば、両国ともに環境政策をとっているような同質的な国家間においても、環境技術移転はパレート改善である．また、 $\theta > 0$ の場合、より γ が大きく、 θ 、 D' が小さい場合に、環境技術移転はパレート改善になりやすくなる．

この命題の直感的解釈は以下の通りである．越境汚染の程度 γ が大きい程、技術移転の受け手の排出量の減少が、送り手の環境を改善する効果が大きくなるので、技術移転が送り手の厚生をより改善しやすくなる．また、製品差別化の程度が大きい（ θ が小さい）ほど、技術移転による受け手国企業の費用減少が、送り手企業の利潤を減少させる効果が小さくなるので、技術移転が送り手の厚生をより改善しやすくなる．最後に限界環境被害 D' が小さい程、両国企業に課された環境税率も小さくなり、技術移転による受け手国企業の費用減少量が小さくなる．これにより送り手企業の戦略的ポジションの低下幅が小さくなるので、 D' が小さい程、技術移転がパレート改善につながりやすくなるのである．

図4には、(24) 式の $-\partial w_i / \partial \delta_j = 0$ となる線が描かれている．^{*14}この線よりも上の領域は、相手国の技術水準の向上が自国の厚生を高める、つまり技術援助が他国のみならず自国の厚生も改善する領域であり、この線よりも下の領域は、受け手の厚生を改善するが送り手の厚生を減じてしまう領域である．第三節では、両国がともに環境政策をとっており、かつより同質的な場合には、環境技術援助は必ず送り手国の厚生を減じてしまうことが確認された、ここでは、両国企業の製品が十分に差別化されている場合（ θ が小さい場合）には、

^{*14} 図4は、逆需要関数を $p = A - q_i - \theta q_2$ とし、 $A = 20$ 、 $w_i = 0$ 、 $\delta_i = 1$ 、 $D'_i = 8$ 、 $\forall i$ とした場合のシミュレーション分析結果をまとめたものである．技術移転が送り手の厚生を高める領域（斜線部）は、限界環境被害 D' が小さくなるにつれて大きくなるということが明らかになっている．詳しい結果について要望があれば著者に連絡されたい．

両国が同質的である場合であっても技術援助がパレート改善につながる場合があることが確認できる^{*15}。

6 おわりに

本論文では、環境と輸出市場という二つの戦略的関係を有する二国の経済モデルを構築し、そこにおける各国企業の環境技術開発のインセンティブや、各国間での環境技術移転政策の厚生効果について分析した。

まず最初に、各国政府ともに正の環境税政策を行っている場合について分析した。ここでは、政府が環境税率にコミットできない場合、各国企業の環境技術開発のインセンティブは、その政策誘導効果を持つことにより、政府が環境税率にコミットできる場合よりも大きくなることが明らかになった。また、各国企業の環境技術開発インセンティブが、各国厚生の観点から過大か過小かが、越境汚染の程度や限界環境被害パラメータに依存して決まることが明らかになった。技術開発インセンティブが過小となる場合にのみ、技術開発への補助金政策は正当化されることになる。国家間の環境技術移転（援助）の厚生効果については、極端な非対称性を持つ稀な例を除いて、国家間の環境技術移転は受け手国の厚生は改善するものの、送り手国の厚生を減じてしまうことが明らかになった。これは、環境技術移転による受け手企業の環境税支払いの減少が、国際市場の戦略的関係を通じて送り手企業の利潤を大きく下げてしまうことに起因する。このことから、このような移転の契約は行われることはないであろうことが明らかになった。

次に、賃金や環境への意識が低く環境税政策を行っていないS国と、正の環境税率を設定しているN国という二国モデルにおいて、同様の分析を行った。各企業の環境技術開発インセンティブについては、一般的に環境政策が全くとられていない国の企業は、環境技術開発を行うインセンティブがないと考えられがちだが、ここではS国企業もそれを持ちうるということが明らかになった。S国の環境技術向上による排出減は、N国の環境税率を高めることになり、それがS国の国際市場での戦略的ポジションを高める効果があるからである。また、技術開発インセンティブは、N国において過大となり、S国において過小となることも明らかになった。さらに重要な結果として、正の環境税政策を行っている国から環境税政策を行っていない国への（つまりN国からS国への）環境技術移転政策はパレート改善的であることが明らかになった。両国ともに環境税政策を行っている場合と総合してわかることは、環境技術移転政策は、環境税を設定している国からしていない国に対してのみ、有効な政策手段となりうるのである。

最後に、各国企業の生産する財が国際市場において差別化されている場合を含むようにモデルを拡張し、同様の分析をおこなった。完全対称のケースの分析結果として、より製品が差別化されている程、各国企業の環境イノベーションインセンティブは過小になりやすく、技術開発への補助政策が有効であることが明らかになった。また、環境技術移転政策については、両国ともに同質的である場合であっても、十分に製品が差別化されているならば、国家間の環境技術移転は、例え環境税政策を行っている国同士のものであっても、パレート改善的であることが明らかになった。これは、製品差別化によって国際市場での戦略的関係が薄れることに起因する。結果として、環境政策やそれぞれの輸出企業の製品品質において、大きな非対称性がある場合にのみ、環境技術移転政策がパレート改善を導くことが明らかになった。

全体的な結果として、各国企業の生産する財の品質、および各国政府がとりうる政策の非対称性が大きい

^{*15} 補足的に、もし技術移転を行うかどうか、政府ではなく企業によって決定されるとするならば、相手国企業の環境技術向上が自らの利潤に及ぼす影響、

$$-\frac{\partial \Pi_i}{\partial \delta_j} = -\frac{2\theta D'q}{\Phi} [4 + 4\gamma - \gamma\theta^2] < 0.$$

は、いかなる状況においても負となるので、送り手の利潤を減じてしまうことが確認できる。よってここでも、企業間の（無償）技術移転は、行われることはない。

ほど、国家間の環境技術移転を促進するという強い政策的含意が得られた。この結果は、独立執行力のある (self-enforcing) 協力的国際環境協定が維持されるための条件の一つが国家間の強い非対称性であることを示した Barrett (2001) の研究結果と比較すると、モデルの趣旨は大きく異なるが、大変興味深いものである。国際的な環境問題に際しては、国家間の多様性が、効率的結果を促すための条件の一つであるのかもしれない。

本研究はいくつかの課題点がある。一つは、本論においては企業は汚染削減の方法を持たず、環境税支払いを減らすには、生産量を減らすか、もしくは排出効率を高めるか、の選択肢しか存在しない点である。企業の汚染削減行動を考慮した場合に、本論で得られた技術開発や技術移転の厚生効果がどのようになるかは、今後検討すべきであろう。また、消費市場が第三国でなく、どちらかの（もしくは両方の）国内にある場合には、企業の不完全競争を前提とすると、消費者余剰の観点から、環境政策がより緩やかになるだろう。その場合には、技術移転の効果も違ったものになる可能性がある。その他にも、企業の立地選択や、企業数などの違いも、本論で得られた結果を大きく変える可能性がある。また、本稿で導いた結果は、各国の環境税設定が戦略的代替関係にあることに大きく依存している。これは本稿が線形の環境被害関数を想定していることが要因となっている。もし環境被害関数が強い凸関数であるならば、両国の環境税設定は、戦略的補完関係となる。この場合には技術移転の効果が変化する可能性がある。これらは今後の課題として残るものである。

参考文献

- [1] Barrett, S., (1994) "Strategic Environmental Policy and International Trade", *Journal of Public Economics* **54** 325-338.
- [2] Barrett, S., (2001) "International Cooperation for Sale", *European Economic Review* **45** 1835-1850.
- [3] Buchholz, W., Konrad, K.A., (1994) "Global Environmental Problems and the Strategic Choice of Technology", *Journal of Economics* **60** 229-321.
- [4] Downing, R.B., White, L.J., (1986) "Innovation in Pollution Control", *Journal of Environmental Economics and Management* **13** 81-129.
- [5] Fischer, C., Parry, I.W.H., Pizer, W., (2003) "Instrument Choice for Environmental Protection when Technological Innovation is Endogenous", *Journal of Environmental Economics and Management* **45** 523-545.
- [6] Hattori, K., (2005) "Is Technological Progress Pareto-improving for a World with Global Public Goods?", *Journal of Economics* **84** 135-156.
- [7] Hoel, M., (1997) "Environmental Policy with Endogenous Plant Locations", *Scandinavian Journal of Economics* **99** 241-259.
- [8] Kennedy, P.W., (1994) "Equilibrium Pollution Taxes in Open Economies with Imperfect Competition", *Journal of Environmental Economics and Management* **27** 49-63.
- [9] Lee, T., (2001) "Effects of Technology Transfers on the Provision of Public Goods", *Environmental and Resource Economics* **18** 193-218.
- [10] Milliman, S.R., Prince, R., (1989) "Firm Incentives to Promote Technological Change", *Journal of Environmental Economics and Management* **17** 247-265.
- [11] Ono, T., (1998) "Consumption Externalities and the Effects of International Income Transfers on the Global Environment", *Journal of Economics* **68** 255-269.

- [12] Petrakis, E., Xepapadeas, A., (1999) "Does Government Precommitment Promote Environmental Innovation?" in E. Petrakis, E.S. Sartzetakis, and A. Xepapadeas (eds), *Environmental Regulation and Market Power*, Edward Elgar, UK, 145-161.
- [13] Puller, S.L., (2006) "The Strategic Use of Innovation to Influence Regulatory Standards", *Journal of Environmental Economics and Management* **52** 690-706.
- [14] Qiu, L.D., Yu, Z., 2003. "Can Technology Transfer Induce the South to Sign International Environmental Agreements?" Carleton Economic Paper.
- [15] Rauscher, M., (1997) *International Trade, Factor Movements, and the Environment*, Oxford Univ.Press.
- [16] Requate, T., (2005) "Timing and Commitment of Environmental Policy, Adoption of New Technology, and Repercussions on R&D", *Environmental and Resource Economics* **31** 175-199.
- [17] Stranlund, J.K., (1996) "On the Strategic Potential of Technological Aid in International Environmental Relations", *Journal of Economics* **64** 1-22.
- [18] Stranlund, J.K., (1997) "Public Technological Aid to Support Compliance to Environmental Standards", *Journal of Environmental Economics and Management* **34** 228-239.