

最適関税政策、グリーン・コンシューマー、 および負の環境外部性

— 環境品質差別化財市場と国際的複占競争 —

Optimal Tariffs, Green Consumers, and Negative Environmental Externalities: A Case of Foreign Duopoly in Environmentally Differentiated Product Market

利 光 強

Based on Toshimitsu (2008), we consider an optimal tariff policy in the presence of green consumers who differ in terms of their willingness to pay for environmentally differentiated products. Environmental damage caused by polluting wastes and effluents from the consumption of imported products is external to individual consumers. More specifically, we show that optimal tariff rates depend on the mode of competition and the degree of marginal social valuation of environmental damage. That is, an importing government should charge a tariff on a dirtier (cleaner) product in the case of a Bertrand (Cournot, respectively) duopoly, if the magnitude of marginal social valuation of environmental damage is sufficiently large. Otherwise, free trade is optimal.

Tsuyoshi Toshimitsu

JEL : D43, F12, F13, Q28

Key words : green consumers, negative consumption externalities; environmentally differentiated products; ad valorem tariffs; Bertrand duopoly; Cournot duopoly

1 はじめに

財やサービスの生産・流通段階だけでなく、その消費・廃棄段階において環境をより悪化させる物質（排気ガス、汚水、騒音など）が排出され、そうした財やサービスの特性やその消費に伴う環境への影響に関心を向ける消費者、いわゆるグリーン・コンシューマーの存在が指摘されている。ただし、その関心の程度は必ずしも一様ではなく、消費者個人によって様々に異なってくる。例えば、社会全体の環境を考えて、通勤に自転車や電車などを利用する者もいれば、利便性にウエイトを置いて自動車に乗る者もいる。そして、その乗る自動車にしても、高額でもハイブリッド車を選択する者もいれば、価格が手ごろなガソリン車にする者もいる。

さて、財やサービスの特性に関して同一の選好を持つ消費者と生産段階で生じる負の環境外部効果を仮定したモデルに基づき、最適関税政策を議論した多くの研究やそれらをサーベイしたもの（例えば、Conrad, 1993; Kennedy, 1994; Mani, 1996; Neary, 2006 など）がある。また、本稿と同じように財やサービスの品質を考慮し、垂直的な差別化財市場を仮定したモデルを使って、関税政策を論じた研究もある。例えば、Das and Donnenfeld (1987)、Herguera, et al. (2002)、Moraga-González and Viaene (2005)、Polavarapu and Vaidya (1996a, b) などが挙げられる。ただ、これらの先行研究では負の環境外部性を考慮していない。

本稿では、グリーン・コンシューマーの存在を仮定し、負の環境外部効果が輸入財の消費によって生じ、輸入国の環境を悪化させる状況での最適関税政策について議論する。本稿モデルの分析は、Arora and Gangopadhyay (1995) や Moraga-González and Padrón-Fumero (2002) に基づいて関税政策の効果を分析した Toshimitsu (2008) の結果を利用している¹⁾。また、Eaton and Grossman (1986) が示したように、最適な貿易政策が競争形態により異なる場合が考えられる。本稿ではベルトラン競争ケースとクールノー競争ケースの2つの競争形態についてそれぞれ分析を行っている。

1) なお、Toshimitsu (2008) では最適関税政策についての議論はしていない。したがって、本稿はその補論として位置づけられる。

本稿で示される結果はおもに次の点である。ベルトラン（クールノー）競争ケースでは、輸入汚染財（清浄財）への関税政策は輸入国の環境を改善し、逆に輸入清浄（汚染）財へのそれは環境を悪化させる。また、競争形態に関係なく、関税政策は消費者余剰を引き下げる。したがって、輸入国政府が環境に配慮するならば、すなわち環境保全に十分な価値を見出しているならば、ベルトラン（クールノー）競争ケースでは、汚染財（清浄財）へ関税をかける一方、清浄（汚染）財を無税とすることが最適である。しかし、輸入国政府が環境にあまり価値を置いていなければ、自由貿易政策が最適となる。

以下、第2節ではモデルを示す。第3節ではベルトラン競争ケースのもとで、関税政策の環境への効果を明らかにし、そして最適関税政策を導出する。第4節ではクールノー競争ケースに関して、前節と同様の分析を行う。最後に、第5節では本稿の結論が示される。

2 モデル

2.1 グリーン・コンシューマーと需要関数

該当する国内企業が存在しないため、外国からの輸入に依存している経済（以下、自国）のグリーン・マーケットを仮定する。その輸入財は環境品質（＝単位あたり排水水準）について差別化されており、その財の消費により排気ガスや汚水などの公害物質が排出され、自国の自然環境や国民の健康に悪影響を及ぼす。すなわち、負の環境外部性を仮定する。

まず、自国のグリーン・マーケットに存在する環境品質に関して差別化された輸入財－汚染財と清浄財－に対して異なる選好を持つ消費者、すなわちグリーン・コンシューマーに関する仮定を示す。当該財の環境品質に関する個別の限界的評価 θ が異なる消費者が、 $\theta \in [0, 1]$ の閉区間に連続的に存在する。したがって、ある消費者の限界的評価 θ が $1(0)$ に近ければ、その消費者は購入の際に当該財の環境品質について十分に考慮する（しない）といえる。また、簡単化のため消費者は一様に存在していると仮定し、その密度を1とする。

観察可能な当該財の属性である環境を悪化させる物質の単位あたり排水水

準を e とする。各消費者は当該財を 1 単位購入するか、あるいは何も購入しないものとしよう。このとき、消費者 θ の余剰はつぎのように与えられる。

$$u = \max\{v - e\theta - p, 0\}, \quad e \in (0, \infty). \quad (1)$$

ここで、 v は財の環境品質、したがって単位あたり排出水準に関係なく、当該財を消費することによって得られる本来的な効用水準を表す。また、 p は当該財の価格である。消費者が何も購入しない場合には、その余剰をゼロに標準化する。

さて、当該財を供給する企業は外国に 2 社存在し、それぞれ環境品質に関して差別化された財を 1 種類ずつ生産しているとしよう。ここで、排出水準の高い (低い) 汚染 (清浄) 財を生産する企業を、以下、企業 D(C) と呼ぶ。したがって、 $\infty > e_D > e_C > 0$ となる。

(1) 式を考慮して、本国市場における各財の需要関数、および逆需要関数を導く。まず、汚染財と清浄財の消費から得られる余剰がともに無差別となる限界的な消費者のインデックスは $\tilde{\theta} = \frac{p_C - p_D}{e_D - e_C}$ となり、さらに清浄財と何も購入しないときの余剰がともに無差別となる限界的な消費者のインデックスは $\hat{\theta} = \frac{v - p_C}{e_C}$ となる²⁾。このとき、つぎを仮定する。

$$\hat{\theta} > \tilde{\theta} \Leftrightarrow v > \frac{e_D p_C - e_C p_D}{e_D - e_C}. \quad (2)$$

(2) 式のもとで、 $\tilde{\theta} < \theta < \hat{\theta}$ の範囲に存在する消費者 θ は清浄財を、 $0 \leq \theta < \tilde{\theta}$ の範囲に存在する消費者 θ は汚染財を、それぞれ購入する³⁾。

ところで、もっとも環境品質に配慮する消費者 $\theta = 1$ について

$$1 > (<) \tilde{\theta} \Leftrightarrow e_D + p_D > (<) e_C + p_C, \quad (3.1)$$

$$1 > (<) \hat{\theta} \Leftrightarrow e_C + p_C > (<) v \quad (3.2)$$

という関係が成立する。(2) 式のもとで、(3.1) 式に関して、 $e_D - e_C < p_C - p_D$

2) なお、ここで暗黙のうちに、 $v > p_C > p_D$ を仮定している。さもない場合、どちらか 1 財のみが必要され、複占均衡が成立しない。あるいは、市場に 2 種類の財とも供給されないケースが起こる。

3) いま、汚染財を購入したときと何も購入しないときの余剰に関して無差別となる限界的な消費者のインデックスは $\tilde{\theta} = \frac{v - p_D}{e_D}$ となる。(2) 式のもとでは、 $\hat{\theta} > \tilde{\theta} > \tilde{\theta}$ が成立する。

が成立すると仮定しよう。このとき、清浄財と汚染財の排出水準の格差以上にそれらの財の価格差が大きいので、環境に最も配慮する消費者でさえ汚染財を購入することになる。したがって、この場合には自国のグリーン・マーケットでは汚染財のみが必要される。

つぎに、(3.1) 式と (3.2) 式に関して、 $e_D - e_C > p_C - p_D$ と $v > e_C + p_C$ が成立すると仮定しよう。このとき、最も環境品質に配慮する消費者は、購入するのであれば清浄財を購入することを決意する。また、 $1 > \theta > \tilde{\theta}$ の範囲に存在する消費者も同様に清浄財を購入する。一方、 $\tilde{\theta} \geq \theta \geq 0$ の範囲に存在する消費者は購入するのであれば汚染財を購入する。したがって、このとき自国の消費者は必ず汚染財か清浄財どちらかの財を購入することになる。すなわち、自国のグリーン・マーケットは 2 種類の財によって完全にカバーされる（以下、完全カバー市場）。

さらに、(3.1) 式と (3.2) 式に関して、 $e_D - e_C > p_C - p_D$ と $e_C + p_C > v$ が成立すると仮定しよう。このとき、最も環境品質に配慮する消費者は、清浄財でさえ消費することで得られる余剰がマイナスとなるので、何も購入しない。さらに、 $1 > \theta > \hat{\theta}$ の範囲に存在する消費者も同様に何も購入しない。そして、 $\hat{\theta} \geq \theta > \tilde{\theta}$ の範囲に存在する消費者は購入するのであれば清浄財を購入し、 $\tilde{\theta} \geq \theta \geq 0$ の範囲に存在する消費者は購入するのであれば汚染財を購入する。したがって、自国のグリーン・マーケットには何も購入しない消費者グループが存在し、残りのグループがそれぞれ 2 種類の財を購入する（以下、部分カバー市場）。

ここで、何も購入しない消費者グループを経済学的に解釈すれば、例えば、清浄財をハイブリッド車、汚染財を普通のガソリン車とすると、何も購入しないことは、電車やバスなどの公共交通機関の利用や自転車の購入を意味している。

本稿では本来的な効用水準 v の値がつぎの条件を満たす部分カバー市場ケースを考察の対象とする⁴⁾。

4) 完全カバー市場ケースでは、市場全体の販売数量が所与なので、各企業の逆需要関数が独立でなくなり、販売数量を戦略変数とするクールノー競争モデルが設定できない。

$$e_C + p_C > v > \frac{e_D p_C - e_C p_D}{e_D - e_C}. \quad (4)$$

そこで、自国グリーン・マーケットが部分カバー市場である場合の需要関数、および逆需要関数を示す。 $q_D(q_C)$ を汚染（清浄）財への需要量とすると、各財への需要関数はつぎのように求められる。

$$q_D = \tilde{\theta} = \frac{p_C - p_D}{e_D - e_C}, \quad (5.1)$$

$$q_C = \hat{\theta} - \tilde{\theta} = \frac{e_D(v - p_C) - e_C(v - p_D)}{e_C(e_D - e_C)}. \quad (5.2)$$

さらに、上の 2 式からつぎのような逆需要関数が求められる。

$$p_D = v - e_D q_D - e_C q_C, \quad (6.1)$$

$$p_C = v - e_C(q_D + q_C). \quad (6.2)$$

2.2 外国企業と費用関数、および利潤関数

汚染財と清浄財を輸出する企業は外国に存在し、それぞれ生産を始める前にその財の環境品質を決定するための投資を行う。そのための固定費用をつぎのように仮定する。

$$F_D = \alpha e_D^{-\varepsilon}, \quad (7.1)$$

$$F_C = e_D^{-\varepsilon}. \quad (7.2)$$

ただし、 $\varepsilon \geq 2$ とする (Moraga-González and Padrón-Fumero, 2002; Assumption 2 参照)。さらに、環境品質決定ゲームにおける複数均衡の可能性を排除するために、両企業の費用関数について十分な非対称性を仮定する。すなわち、 $\alpha > 1$ である。

さて、自国政府は各企業が輸出する財について従価関税を課すと仮定する (τ_i , $0 \leq \tau_i < 1$, $i = C, D$)。したがって、企業 i ($i = C, D$) の利潤関数は $\tilde{\pi}_i = (1 - \tau_i)R_i - F_i(e_i)$ と表される。ただし、 $R_i \equiv p_i q_i$ である。さらに以下の分析のために、 $\pi_i \equiv R_i - t_i F_i(e_i)$ と定義する。ここで、 $t_i = \frac{1}{1 - \tau_i}$, $t_i \geq 1$, $i = C, D$ である。したがって、 $t_i \tilde{\pi}_i = \pi_i$ となる。

2.3 本国政府と目的関数

本国政府は輸入財の消費にともなう環境悪化に対する評価（金額表示）を含む純社会的余剰を最大にするように関税率を決定する。すなわち、環境破壊の原因となる本国での総排出量はつぎのように与えられる。

$$E = e_D q_D + e_C q_C. \quad (8)$$

さらに、本国全体の消費者余剰は

$$CS = \int_0^{\hat{\theta}} (v - e_D \theta) d\theta - p_D q_D + \int_0^{\hat{\theta}} (v - e_C \theta) d\theta - p_C q_C. \quad (9)$$

と与えられる。したがって、(8) 式と (9) 式を考慮して、本国の純社会的余剰は

$$W^N = W - \gamma E, \quad (10)$$

と表すことができる。なお、 $W \equiv CS + T_C + T_D$ は環境悪化の要因を除く、粗社会的余剰を表し、それは消費者余剰と関税収入 $T_i \equiv \tau_i R_i, i = C, D$ の合計からなる。そして、 $\gamma (\geq 0)$ は本国政府による環境破壊に関する評価の限界値を表す。

(10) 式から本国の純社会的余剰に対する関税効果はつぎのように表される。

$$\begin{aligned} dW^N &= \frac{\partial W^N}{\partial \tau_D} d\tau_D + \frac{\partial W^N}{\partial \tau_C} d\tau_C \\ &= \left\{ \frac{\partial W}{\partial \tau_D} - \gamma \frac{\partial E}{\partial \tau_D} \right\} d\tau_D + \left\{ \frac{\partial W}{\partial \tau_C} - \gamma \frac{\partial E}{\partial \tau_C} \right\} d\tau_C. \end{aligned} \quad (11)$$

さらに、関税政策が外国企業の利潤に与える効果は

$$\frac{d\tilde{\pi}_i}{d\tau_i} = -\pi_i + t_i \frac{\partial \pi_i}{\partial t_i} \quad \text{and} \quad \frac{d\tilde{\pi}_i}{d\tau_j} = \frac{\partial \pi_i}{\partial t_j} \frac{t_j^2}{t_i}, i, j = C, D, i \neq j \quad (12)$$

となる。

つぎのような 3 段階ゲームを考える。まず第 1 段階では本国政府が関税率を設定する。第 2 段階では所与の関税率のもとで、両外国企業が固定費用をかけて、それぞれ自らの財の環境品質を決定する。そして、第 3 段階では所与の関税率と両財の環境品質のもとで、両外国企業は本国のグリーン・マーケットにおいて価格競争、あるいは数量競争を行う。このゲーム全体の均衡は後ろ向きの推論 (backward induction) により得られ、それは部分ゲーム完全ナッ

シュ均衡である。

3 外国企業によるベルトラン競争と最適関税

3.1 関税の環境品質と総排出量への効果⁵⁾

第 3 段階におけるベルトラン競争均衡から下記のような外国企業の均衡生産量が求められる。なお、上付き添え字 B はベルトラン競争ケースを表す。

$$q_D^B = \frac{1}{4e_D - e_C} v, \quad (13.1)$$

$$q_C^B = \frac{2e_D}{e_C(4e_D - e_C)} v. \quad (13.2)$$

したがって、両外国企業が供給する財の環境品質に依存する各外国企業の収入関数が得られる。すなわち、

$$R_D^B = \frac{e_D - e_C}{(4e_D - e_C)^2} v^2, \quad (14.1)$$

$$R_C^B = \frac{4e_D(e_D - e_C)}{e_C(4e_D - e_C)^2} v^2 \quad (14.2)$$

である（補論 1 参照）。

(14.1) 式と (14.2) 式を考慮して、両外国企業の環境品質に関する利潤最大化のための 1 階の条件は、それぞれつぎのように求められる。

$$-\frac{(4e_D - 7e_C)}{(4e_D - e_C)^3} v^2 - t_D F_D' = 0, \quad (15.1)$$

$$-\frac{4e_D(4e_D^2 - 3e_De_C + 2e_C^2)}{e_C^2(4e_D - e_C)^3} v^2 - t_C F_C' = 0. \quad (15.2)$$

(15.1) 式と (15.2) 式から第 2 段階における環境品質決定ゲームの均衡が得られる (Moraga-González and Padrón-Fumero, 2002; Proposition 3 参照)。均衡における両企業が供給する財の環境品質はそれぞれの関税率に依存する。なお、以下では均衡環境品質については、上付き添え字を略す。

まず、関税の両輸入財に関する環境品質への効果を示そう。(15.1) 式と (15.2) 式を全微分して、整理するとつぎのような結果が得られる。

5) 本節の分析はおもに、Toshimitsu (2008), 3.1, pp. 118-119 に依拠している。

$$\frac{de_i}{dt_i} = \frac{F'_i}{\Delta^B} \frac{\partial^2 \pi_j^B}{\partial e_j^2} > 0, \quad (16.1)$$

$$\frac{de_i}{dt_j} = -\frac{F'_j}{\Delta^B} \frac{\partial^2 \pi_i^B}{\partial e_i \partial e_j} > 0. \quad (16.2)$$

ただし、 $dt_i = t_i^2 d\tau_i, i, j = C, D, i \neq j, \Delta^B > 0$ である（補論 2 参照）。補論 1 の (A.2.3) 式と (A.2.4) 式から、環境品質決定に関するゲームではともに戦略的補完関係にある。したがって、一方の企業が供給する財の排出水準が上昇すると、他企業のそれも上昇する。このとき、輸入汚染財関税率の上昇は企業 D の限界利潤を引き上げるため、その財の排出水準を上昇させて、費用を節約しようとする。このとき、戦略的補完関係により清浄財に関する排出水準も同様に上昇する。清浄財への関税率の上昇の効果についても同様に解釈できる。いずれにしても、関税率の上昇は両輸入財の単位あたり排出水準の上昇、したがって環境品質の悪化をもたらす。

それでは、関税政策が両輸入財の環境品質を引き下げ、単位あたりの排出水準を上昇させてしまう場合、自国全体で排出される総量への効果、したがって自国の環境に対する影響はどのようなのであろうか。

(8) 式に (13.1) 式と (13.2) 式を代入すると、自国における総排出量

$$E^B = e_D q_D^B + e_C q_C^B = \frac{3e_D}{4e_D - e_C} v \quad (17)$$

が求まる。ここで、 $\frac{\partial E^B}{\partial e_D} = -\frac{3e_C}{(4e_D - e_C)^2} < 0$ および $\frac{\partial E^B}{\partial e_C} = \frac{3e_D}{(4e_D - e_C)^2} > 0$ が成り立つ。つまり、汚染財の単位あたり排出水準の上昇はむしろ総排出量を減少させる一方、清浄財の単位当たりの排出水準の上昇はかえってそれを増加させる。したがって、汚染財の排出水準の上昇は、大幅に汚染財の輸入量を減らし、結果として総排出量を減少させる。反対に、清浄財の排出水準の上昇は汚染財の排出水準を引き上げるだけでなく、その輸入量を増やしてしまい、総排出量を増加させる。

そこで、汚染財輸入関税の総排出量への効果を見てみよう。(17) 式を t_D で全微分すると、つぎが導ける。

$$\frac{dE^B}{dt_D} = \frac{3v}{(4e_D - e_C)^2} \left\{ e_D \frac{\partial e_C}{\partial t_D} - e_C \frac{\partial e_D}{\partial t_D} \right\}.$$

(16.1) 式と (16.2) 式を利用して、上式を整理するとつぎの関係式を得る (補論 2 参照)。

$$\frac{dE^B}{dt_D} \geq (<)0 \Leftrightarrow \frac{e_D \frac{\partial e_C}{\partial t_D}}{e_C \frac{\partial e_D}{\partial t_D}} \geq (<)1 \Leftrightarrow -\frac{e_D \frac{\partial^2 \pi_C^B}{\partial e_C \partial e_D}}{e_C \frac{\partial^2 \pi_C^B}{\partial e_C^2}} \geq (<)1 \Leftrightarrow 2 \geq (<)\eta_C. \quad (18)$$

(7.1) 式と (7.2) 式で示した費用関数の仮定より、 $\eta_i = \frac{e_i F_i''}{-F_i'} = \varepsilon + 1 > 2, i = C, D$ であることから、 $\frac{dE^B}{dt_D} < 0$ がいえる。同様の手順により、清浄財輸入関税の総排出量に関する効果についても、つぎの関係が成り立つ。

$$\frac{dE^B}{dt_C} \geq (<)0 \Leftrightarrow \eta_D \geq (<)2. \quad (19)$$

$\eta_D > 2$ なので、 $\frac{dE^B}{dt_C} > 0$ がいえる。以上から、命題 1 を得る。

命題 1 「ベルトラン競争ケースでは、汚染 (清浄) 財輸入関税率の上昇は、自国の環境を改善 (悪化) させる。」

3.2 最適関税政策と外国企業への影響

自国政府は外国から輸入される汚染財および清浄財それぞれに差別的な関税 (discriminatory tariffs) をかけるものとしよう。このとき、(11) 式から関税政策の純社会的余剰への効果は $dW^{BN} = \frac{\partial W^{BN}}{\partial \tau_D} d\tau_D + \frac{\partial W^{BN}}{\partial \tau_C} d\tau_C$ と表される。すなわち、輸入汚染財および輸入清浄財に対する最適関税政策の条件はそれぞれつぎのように表される (補論 4 参照)。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial W^{BN}}{\partial \tau_D} / \frac{\partial t_D}{\partial \tau_D} \\ &= \left\{ \frac{\partial CS^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial CS^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} - \gamma \left\{ \frac{\partial E^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial E^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} \\ & \quad + \tau_D \left\{ \frac{\partial R_D^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial R_D^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} + \frac{R_D^B}{\partial t_D / \partial \tau_D} \\ & \quad + \tau_C \left\{ \frac{\partial R_C^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial R_C^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} \quad (20.1) \\ &= 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial W^{BN}}{\partial \tau_C} \Big/ \frac{\partial t_C}{\partial \tau_C} \\
 &= \left\{ \frac{\partial CS^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial CS^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} - \gamma \left\{ \frac{\partial E^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial E^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} \\
 &+ \tau_D \left\{ \frac{\partial R_D^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial R_D^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} + \tau_C \left\{ \frac{\partial R_C^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial R_C^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} \\
 &+ \frac{R_C^B}{\partial t_C / \partial \tau_C} \tag{20.2} \\
 &= 0.
 \end{aligned}$$

ところで、各輸入財の排出水準の上昇による消費者余剰への効果に関して、

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial CS^B}{\partial e_D} &= -\frac{(28e_D + 5e_C)}{2(4e_D - e_C)^3} v^2 < 0, \\
 \frac{\partial CS^B}{\partial e_C} &= -\frac{e_D(2e_D + e_C)(4e_D - 5e_C)}{e_C^2(4e_D - e_C)^3} v^2 < (>)0 \Leftrightarrow \frac{5}{4} < (>) \frac{e_D}{e_C}
 \end{aligned}$$

が導ける。ただし、上の第2式に関して、 $\frac{e_D}{e_C} > \frac{7}{4}$ を仮定していることより $\frac{\partial CS^B}{\partial e_C} < 0$ がいえる。すなわち、両輸入財の単位あたり排出水準の上昇、したがって環境品質の悪化とともに消費者余剰を引き下げるので、(16.1)式と(16.2)式を考慮すれば、(20.1)式および(20.2)式右辺第1項の符号はともに負となる。また、前項3.1での分析結果から汚染(清浄)財輸入関税率の上昇は総排出量を減少(増加)させるので、(20.1)式右辺第5項は負となる一方、(20.2)式右辺第5項は正となる。

ここで、自由貿易($\tau_D = \tau_C = 0$)での純社会的余剰に対する関税効果を見ておく。まず、(20.1)式より輸入汚染財関税の効果についてつぎの関係が導ける。

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial W^{BN}}{\partial \tau_D} \Big|_{\tau_D = \tau_C = 0} &\geq (<)0 \Leftrightarrow \gamma \geq (<)\hat{\gamma}^B \equiv \frac{\partial CS^B / \partial t_D}{\partial E^B / \partial t_D}. \\
 \text{ただし、} \frac{\partial CS^B}{\partial t_D} &\equiv \frac{\partial CS^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial CS^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} < 0 \text{ および } \frac{\partial E^B}{\partial t_D} \equiv \frac{\partial E^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial E^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} < 0 \text{ である}^6). \\
 \text{さらに、(20.2)式から自由貿易における輸入清浄財} & \\
 \text{関税の効果に関し、} \frac{\partial W^{BN}}{\partial \tau_C} \Big|_{\tau_D = \tau_C = 0} &< 0 \text{ が成り立つ。}
 \end{aligned}$$

6) なお、ここで、関税収入額 $\frac{R_D^B}{\partial t_D / \partial \tau_D}$ があまり大きくないことを仮定している。

すなわち、自国政府があまり環境に配慮しない場合、したがって環境悪化への限界評価があまり大きくなければ ($\gamma < \hat{\gamma}^B$)、両輸入財への関税政策は純社会的余剰を引き下げってしまうので、むしろ自由貿易が望ましい。

反対に、自国政府が環境に十分配慮するならば ($\gamma > \hat{\gamma}^B$)、輸入汚染財への関税政策は純社会的余剰を引き上げる。なお、その場合でも輸入清浄財への関税政策は純社会的余剰に負の影響をもたらす。したがって、いずれの場合にも輸入清浄財への関税率に関して、 $\tau_C^B = 0$ が望ましい。このとき、(20.1) 式から

$$\tau_D^B = \frac{\frac{\partial CS^B}{\partial t_D} - \gamma \frac{\partial E^B}{\partial t_D} + \frac{R_D^B}{\partial t_D / \partial \tau_D}}{-\frac{\partial R_D^B}{\partial t_D}} \quad (21)$$

を得る。なお、 $\frac{\partial R_D^B}{\partial t_D} = \frac{\partial R_D^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial R_D^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} < 0$ である。以上の分析によりつぎの命題を示すことが出来る。

命題 2 「自国市場において 2 つの外国企業どうしがベルトラン競争的である場合、自国政府が環境に十分配慮するならば ($\gamma > \hat{\gamma}^B$)、輸入汚染財に関して (21) 式で表されるような関税率を設定し、輸入清浄財に関しては関税を賦課しないこと ($\tau_C^B = 0$) が最適な政策である。他方、自国政府が環境に配慮しないならば ($\gamma < \hat{\gamma}^B$)、自由貿易 ($\tau_C^B = \tau_D^B = 0$) が最適な政策である。」

いま、自国政府が環境に十分配慮するとしよう。したがって、最適関税政策の下では、自国政府は輸入汚染財へ関税をかける一方、輸入清浄財へは関税をかけない。このとき、各財を供給する外国企業の利潤への影響はそれぞれつぎのように与えられる。

$$\frac{d\pi_D^B}{d\tau_D^B} = -\pi_D^B + \frac{\partial \pi_D^B}{\partial t_D} t_D = -\pi_D^B + \frac{\partial R_D^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} t_D < 0, \quad (22.1)$$

$$\frac{d\pi_C^B}{d\tau_D^B} = \frac{\partial \pi_C^B}{\partial t_D} \frac{t_D^2}{t_C} = \frac{\partial R_C^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} \frac{t_D^2}{t_C} > 0. \quad (22.2)$$

したがって、自国政府による最適関税政策により、直感的にも明らかに、汚染財（清浄財）を供給する外国企業 D(C) の利潤は減少（増加）する。

4 クールノー競争ケース

4.1 関税の環境品質と総排出量への効果⁷⁾

前節ではベルトラン競争を仮定した場合の最適関税政策について論じてきた。しかし、例えば、戦略的貿易政策について Eaton and Grossman (1986) が指摘しているように、競争形態いかんによっては、前節と同様の結果が成立するのかを検討するために、本節ではクールノー競争ケースを仮定する。

まず、最終段階における自国市場への輸出数量競争均衡の結果のみを示す。なお、以下で上付き添え字 C はクールノー競争を表す（ただし、単位あたり排出水準に関しては、煩雑なため、省略してある）。

$$q_D^C(e_D, e_C) = \frac{1}{4e_D - e_C} v, \quad (23.1)$$

$$q_C^C(e_D, e_C) = \frac{2e_D - e_C}{e_C(4e_D - e_C)} v. \quad (23.2)$$

ゆえに、両外国企業の収入関数はつぎのように与えられる。

$$R_D^C(e_D, e_C) = \frac{e_D}{(4e_D - e_C)^2} v^2, \quad (24.1)$$

$$R_C^C(e_D, e_C) = \frac{(2e_D - e_C)^2}{e_C^2(4e_D - e_C)^2} v^2. \quad (24.2)$$

なお、上記収入関数の性質については補論 3 を参照のこと。

つぎに、第 2 段階における両外国企業の財の環境品質の決定に関して見ていこう。(24.1) 式と (24.2) 式、および (7.1) 式と (7.2) 式を考慮し、環境品質決定に関する利潤最大化のための 1 階の条件はそれぞれつぎのように与えられる。

$$-\frac{4e_D + e_C}{(4e_D - e_C)^3} v^2 - t_D F'_D(e_D) = 0, \quad (25.1)$$

$$-\frac{(2e_D - e_C)(8e_D^2 - 2e_D e_C + e_C^2)}{e_C^2(4e_D - e_C)^3} v^2 - t_C F'_C(e_C) = 0. \quad (25.2)$$

したがって、この段階における均衡は、(25.1) 式と (25.2) 式を同時に満たす両外国企業の財に関する環境品質の組み合わせである（補論 2 参照）。なお

7) 本節の分析は、Toshimitsu (2008), 3.2, pp. 119-121 に依拠している。

ここで、注意しなければならないのは、ペルトラン競争ケースでは両輸入財の環境品質はともに戦略的補完関係であったが、クールノー競争ケースでは輸入汚染財の環境品質は輸入清浄財のそれに関して、戦略的代替関係にある（補論 3 参照）。すなわち、輸入清浄財の環境品質が悪化する場合、むしろ輸入汚染財の環境品質は改善する方向に動く。なお、輸入清浄財の環境品質は輸入汚染財のそれに関して、戦略的補完関係にある（補論 3 参照）。

(25.1) 式と (25.2) 式を参考にして、それぞれの関税が両輸入財の環境品質に与える効果を示すと、つぎのように求められる。

$$\frac{de_i}{dt_i} = \frac{F'_i}{\Delta^C} \frac{\partial^2 \pi_j^C}{\partial e_j^2} > 0, i, j = C, D, i \neq j, \quad (26)$$

$$\frac{de_D}{dt_C} = -\frac{F'_C}{\Delta^C} \frac{\partial^2 \pi_D^C}{\partial e_D \partial e_C} < 0, \quad (27.1)$$

$$\frac{de_C}{dt_D} = -\frac{F'_D}{\Delta^C} \frac{\partial^2 \pi_C^C}{\partial e_C \partial e_D} > 0. \quad (27.2)$$

なお、 $\Delta^C > 0$ を仮定する（補論 2 参照）。各輸入関税率の上昇は、当該財の環境品質を悪化させる。しかし、清浄財輸入関税率の上昇は輸入汚染財の環境品質をむしろ改善させる。このことは先に触れたように、輸入汚染財の排出水準と輸入清浄財のそれとが戦略的代替関係にあることから、輸入清浄財の関税率の上昇が、その排出水準を高め、したがって戦略的代替関係により、むしろ輸入汚染財の排出水準を引き下げる。また、輸入汚染財の関税率の上昇が輸入清浄財の環境品質を悪化させるのは、戦略的補完関係にあるからである。

そこで、関税政策が自国の環境に与える効果を見ていこう。まず、クールノー競争における総排出量はつぎのように与えられる。

$$E^C(e_D, e_C) = \frac{3e_D - e_C}{4e_D - e_C} v. \quad (28)$$

なお、 $e_C q_C^C > e_D q_D^C$ が成立するので、輸入清浄財の消費により排出される汚染物質の量のほうが輸入汚染財のそれよりも大きい。さらに、(28) 式から $\frac{\partial E^C}{\partial e_D} = \frac{e_C}{(4e_D - e_C)^2} v > 0$ および $\frac{\partial E^C}{\partial e_C} = -\frac{e_D}{(4e_D - e_C)^2} v < 0$ が成立する。すなわち、輸入汚染財の環境品質の悪化はその輸入量の減少、したがって清浄財の輸入量の増加をもたらすだけでなく、戦略的補完関係により清浄財の

環境品質を悪化させ、結果として、自国での総排出量を増加させてしまう。一方、輸入清浄財の環境品質の悪化は、その輸入量を減少させ、また輸入汚染財の環境品質を改善させるので、むしろ自国での総排出量を減少させる。

輸入汚染財への関税が総排出量へ与える効果に関して、つぎを得る。

$$\frac{dE^C}{dt_D} = \frac{\partial E^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial E^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} = \frac{v}{(4e_D - e_C)^2} \left\{ e_C \frac{\partial e_D}{\partial t_D} - e_D \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\}.$$

(26) 式と (27.2) 式、および費用関数を考慮し、前節 (18) 式を導出したのと同じ手続きにより、 $\frac{dE^C}{dt_D} > 0$ を導くことが出来る。一方、輸入清浄財への関税が総排出量に与える効果は、(26) 式と (27.1) 式から、直接、 $\frac{dE^C}{dt_C} < 0$ を得る。よって、つぎの命題 3 を提示できる。

命題 3 「クールノー競争ケースでは、輸入汚染（清浄）財への関税率の上昇は、自国の環境を悪化（改善）させる。」

この結果は前節のベルトラン競争ケースのそれと逆であり、また直感ともそぐわない。すなわち、汚染財への関税政策は、一見すると、その輸入量を減少させることにより、環境を改善するように思える。しかし、輸入汚染財の減少が輸入清浄財の増加をもたらす。しかしこのことは、清浄財といえども程度が低いとはいえ（しかし、この段階ではその関税率の上昇により汚染財の単位あたり排出水準も上昇し、戦略的補完関係により清浄財のそれも上昇している）汚染物質を排出する以上、自国内での当該財の大幅な消費の拡大により、むしろ環境が悪化してしまう。したがって、矛盾するように見えるが、自国の環境保護のためには、むしろ清浄財輸入を制限すべきなのである。

4.2 最適関税政策と外国企業への影響

3.2 における分析手続きと同様に、各輸入財に関する最適関税政策の条件はつぎのように示される。

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial W^{CN}}{\partial \tau_D} \Big/ \frac{\partial t_D}{\partial \tau_D} \\
 &= \left\{ \frac{\partial CS^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial CS^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} - \gamma \left\{ \frac{\partial E^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial E^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} \\
 &+ \tau_D \left\{ \frac{\partial R_D^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial R_D^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} + \frac{R_D^C}{\partial t_D / \partial \tau_D} \\
 &+ \tau_C \left\{ \frac{\partial R_C^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_D} + \frac{\partial R_C^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right\} \tag{29.1} \\
 &= 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial W^{CN}}{\partial \tau_C} \Big/ \frac{\partial t_C}{\partial \tau_C} \\
 &= \left\{ \frac{\partial CS^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial CS^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} - \gamma \left\{ \frac{\partial E^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial E^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} \\
 &+ \tau_D \left\{ \frac{\partial R_D^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial R_D^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} + \tau_C \left\{ \frac{\partial R_C^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial R_C^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \right\} \\
 &+ \frac{R_C^C}{\partial t_C / \partial \tau_C} \tag{29.2} \\
 &= 0.
 \end{aligned}$$

なお、消費者余剰への各輸入財の排出水準の上昇による影響はともに負である。すなわち、

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial CS^C}{\partial e_D} &= -\frac{(12e_D - 7e_C)}{2(4e_D - e_C)^3} v^2 < 0, \\
 \frac{\partial CS^C}{\partial e_C} &= -\frac{16e_D^3 - 12e_D^2 e_C + 2e_D e_C^2 + e_C^3}{2e_C^2(4e_D - e_C)^3} v^2 < 0.
 \end{aligned}$$

(26) 式と (27.2) 式から (29.1) 式右辺第 1 項の符号は負となる。一方、(29.2) 式右辺第 1 項に関しては、つぎの関係が成立する。

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial CS^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial CS^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} > (\leq) 0 \\
 & \Leftrightarrow e_C e_D (12e_D - 7e_C) \left(-e_C \frac{\partial^2 \pi_C^C}{\partial e_C \partial e_D} \right) \\
 & > (\leq) (16e_D^3 - 12e_D^2 e_C + 2e_D e_C^2 + e_C^3) \left(-e_D \frac{\partial^2 \pi_C^C}{\partial e_C^2} \right).
 \end{aligned}$$

ところで、上式に関して、 $\eta_D > 2$ を考慮すると、それぞれつぎが成立する。

$$e_C e_D (12e_D - 7e_C) < 16e_D^3 - 12e_D^2 e_C + 2e_D e_C^2 + e_C^3,$$

$$\left(-e_C \frac{\partial^2 \pi_C^C}{\partial e_C \partial e_D} \right) < \left(-e_D \frac{\partial^2 \pi_C^C}{\partial e_C^2} \right).$$

したがって、(29.2) 式右辺第 1 項に関してもその符号は負となる。さらに、命題 3 から (29.1) 式右辺第 2 項の符号が正となる一方、(29.2) 式右辺第 2 項の符号は負である。

さて、(29.1) 式と (29.2) 式に関して、自由貿易均衡で評価すると、つぎのような関係が成立する。

$$\left. \frac{\partial W^{CN}}{\partial \tau_D} \right|_{\tau_D = \tau_C = 0} < 0, \quad (30.1)$$

$$\left. \frac{\partial W^{CN}}{\partial \tau_C} \right|_{\tau_D = \tau_C = 0} \geq (<) 0 \Leftrightarrow \gamma \geq (<) \hat{\gamma}^C \equiv \frac{\partial CS^C / \partial t_C}{\partial E^C / \partial t_C}. \quad (30.2)$$

なお、 $\frac{\partial CS^C}{\partial t_C} \equiv \frac{\partial CS^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial CS^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} < 0$ および $\frac{\partial E^C}{\partial t_C} \equiv \frac{\partial E^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial E^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} < 0$ である。

したがって、環境破壊に関する評価の限界値があまり大きくなければ ($\gamma < \hat{\gamma}^C$)、本国政府は自由貿易政策を選択することが最適である。しかしながら、逆にその値が十分大きければ ($\gamma > \hat{\gamma}^C$)、つぎのような関税率の組み合わせが最適となる。

$$\tau_D^C = 0, \quad (31.1)$$

$$\tau_C^C = \frac{\frac{\partial CS^C}{\partial t_C} - \gamma \frac{\partial E^C}{\partial t_C} + \frac{R_C^C}{\partial t_C / \partial \tau_C}}{-\frac{\partial R_C^C}{\partial t_C}} > 0, \quad (31.2)$$

なお、 $\frac{\partial R_C^C}{\partial t_C} = \frac{\partial R_C^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} + \frac{\partial R_C^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} < 0$ である。この結果をつぎの命題 4 にまとめることができる。

命題 4 「本国市場において 2 つの外国企業どうしがクールノー競争的である場合、本国政府が環境に十分配慮するならば ($\gamma > \hat{\gamma}^C$)、輸入清浄財に関して (31.2) 式で表されるような関税率を設定し、輸入汚染財に関しては関税を賦課しないこと ($\tau_C^C = 0$) が最適な政策である。他方、本国政府が環境にあまり配

慮しないならば ($\gamma < \hat{\gamma}^C$)、自由貿易 ($\tau_C^C = \tau_D^C = 0$) が最適な政策である。」

命題 3 と 4 から、環境破壊に対する社会的評価が十分に大きい場合、市場における競争形態によって最適な関税政策が異なることがわかる。この大きな違いは、命題 1 と 2 で示した関税の環境への効果の違いによる。すなわち、競争形態に関係なく各輸入財の関税率の上昇は消費者余剰を引き下げる。しかし、ベルトラン競争においては輸入汚染財の制限が環境を改善するのに対して、クールノー競争においては輸入清浄財の制限が環境を改善する。このことは、単位あたり排出水準、したがって環境品質それ自体への効果に加え、直接的、間接的に輸入財消費量への効果が大きい。すなわち、ベルトラン競争の場合、輸入汚染財の関税率の上昇は両輸入財の環境品質を悪化させるが、その悪化の程度は清浄財のほうが小さい。加えて、汚染財に比べて清浄財の輸入を相対的に増やすので、環境はむしろ改善される。一方、クールノー競争の場合、清浄財への関税率の上昇は、清浄財の環境品質の悪化と汚染財のその改善をもたらす。そして、清浄財輸入の減少により全体的に総排出量は減少する。

もちろん、自国政府が環境破壊に対して配慮しなければ、関税政策は自国の消費者余剰引き下げてしまうので、たとえ環境を悪化させても消費者余剰を増加させ、社会全体の余剰を改善させるためには、自由貿易政策を選択することを望む。

さて、自国政府が十分に環境に配慮する場合、クールノー競争における最適な関税政策 ($\tau_D^C = 0, \tau_C^C > 0$) が外国企業の利潤に与える影響を見よう。(12) 式、(26) 式、(27.1) 式、および (27.2) 式からつぎの結果を得る。

$$\frac{d\bar{\pi}_D^C}{d\tau_C^C} = \frac{\partial R_D^C}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} \frac{t_C^2}{t_D} > 0, \quad (32.1)$$

$$\frac{d\bar{\pi}_C^C}{d\tau_C^C} = -\pi_C^C + \frac{\partial R_C^C}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_C} t_C < 0. \quad (32.2)$$

直感的にも明らかに、自国の関税政策は、外国企業 D(C) の利潤を引き上げる(下げる)。

5 結論

本稿では、その消費にともない環境を悪化させる汚染物質を排出する水準（＝環境品質）の異なる財に対して同一でない選好を持つ消費者、グリーン・コンシューマーを仮定し、そうした財が海外から輸入される場合の最適な関税政策についての分析を試みた。簡単化のため2種類の財、すなわち汚染物質の排出水準の相対的に低い（高い）清浄（汚染）財を仮定し、輸入国内ではそうした財は生産されず、外国企業から供給されるとした。輸入国政府は輸入財の消費を原因とする汚染物質の排出により国内の環境が破壊されることを考慮したうえで、最適な関税率を設定する。また、外国企業どうしが輸入国市場においてベルトラン競争を行うケースとクールノー競争を行うケース、それぞれについて考察した。そうした設定のもとで、つぎのような結果を導くことが出来た。

ベルトラン競争ケースでは、輸入汚染（清浄）財への関税政策が輸入国の環境を改善（悪化）させる一方、クールノー競争ケースでは、逆に輸入清浄（汚染）財への関税政策が環境を改善（悪化）させる。そして、両輸入財への関税政策は、競争形態に関係なく消費者余剰を減少させる。したがって、輸入国政府が自国の環境保全に十分配慮するならば、最適な関税政策は、ベルトラン（クールノー）競争では輸入汚染（清浄）財へ関税をかける一方、輸入清浄（汚染）財へは無税とすべきである。ただし、輸入国政府が環境保全に関心がなければ、より多くの財を輸入することが消費者余剰を増加させるので、そのことでたとえ環境が悪化したとしても、自由貿易政策を選択する。

なお、本稿モデルでは、グリーン・コンシューマーは自らが購入する財の選択に関して、その環境品質には関心があるが、社会全体の環境悪化についてはまったく影響を与えないような設定となっている。しかし、(1)式に代えて、 $u = \max\{v - e\theta - p - \gamma E, -\gamma E\}$ を仮定し、グリーン・コンシューマーが社会全体の環境悪化を考慮する効用関数を仮定した場合でも、本稿の結果は大きく変わることはない。

ところで、GATT/WTO体制のもとでは、最恵国待遇の原則に基づき、同種の財に対して同一の関税が設定されなければならない。もちろん、本稿モデルは同じ種類の財とはいえ、環境品質が差別化されているので、異なった財と

して解釈できるので、差別的な関税が設定されてもおかしくはないかもしれない。ただし、LeClair and Franceschi (2006) では、貿易財が正あるいは負の外部性を持つ場合、同種の財であっても差別的な関税を設定することの妥当性を理論的・実証的に分析を行っている。その点から言えば、本稿は、別のモデル、別のコンテキストにおいて、彼らの議論をサポートしていることになる。

補論 1

まず、収入関数の 1 階の性質を示す。(14.1) 式と (14.2) 式からつぎを得る。

$$\frac{\partial R_D^B}{\partial e_D} = -\frac{(4e_D - 7e_C)}{(4e_D - e_C)^3}v^2 \geq (<)0 \Leftrightarrow 7e_C \geq (<)4e_D, \quad (\text{A.1.1})$$

$$\frac{\partial R_C^B}{\partial e_C} = -\frac{4e_D(4e_D^2 - 3e_De_C + 2e_C^2)}{e_C^2(4e_D - e_C)^3}v^2 < 0, \quad (\text{A.1.2})$$

$$\frac{\partial R_D^B}{\partial e_C} = -\frac{2e_D + e_C}{(4e_D - e_C)^3}v^2 < 0, \quad (\text{A.1.3})$$

$$\frac{\partial R_C^B}{\partial e_D} = \frac{4(2e_D + e_C)}{(4e_D - e_C)^3}v^2 > 0. \quad (\text{A.1.4})$$

(A.1.1) 式に関し、内点解の存在のために、 $\frac{7}{4} < \frac{e_D}{e_C}$ を仮定する。また、(A.1.3) 式と (A.1.4) 式から清浄（汚染）財の環境品質の悪化が企業 D(C) の利潤を減少（増加）させることがわかる。すなわち、清浄（汚染）財の環境品質の悪化は、汚染（清浄）財のそれとの近接（乖離）を意味し、差別化の程度が小さく（大きく）なるのでより価格競争の程度が増す（減少する）ためである。

つぎに、2 階の性質を示す。

$$\frac{\partial^2 R_D^B}{\partial e_D^2} = \frac{16(2e_D - 5e_C)}{(4e_D - e_C)^4}v^2 \geq (<)0 \Leftrightarrow 2e_D \geq (<)5e_C, \quad (\text{A.2.1})$$

$$\frac{\partial^2 R_C^B}{\partial e_C^2} = \frac{4e_D(32e_D^3 - 32e_D^2e_C + 12e_De_C^2 - 6e_D^3)}{e_C^3(4e_D - e_C)^4}v^2 > 0, \quad (\text{A.2.2})$$

$$\frac{\partial^2 R_D^B}{\partial e_D \partial e_C} = \frac{2(8e_D + 7e_C)}{(4e_D - e_C)^4}v^2 > 0, \quad (\text{A.2.3})$$

$$\frac{\partial^2 R_C^B}{\partial e_C \partial e_D} = \frac{8(5e_D + e_C)}{(4e_D - e_C)^4}v^2 > 0. \quad (\text{A.2.4})$$

(A.2.1) 式から汚染財企業の収入関数の 2 次の符号が正となる場合、すなわち、 $\frac{e_D}{e_C} > \frac{5}{2}$ ($> \frac{7}{4}$)、その利潤関数について 2 階の条件が成立するためには、(7.1) 式で与えられる費用関数について、その 2 次の値、すなわち、 $F_D'' = \varepsilon(\varepsilon + 1)\alpha e_D^{\varepsilon-2} > 0$ が十分に大きいことを仮定する。さらに、(A.2.3) 式と (A.2.4) 式は両企業の財の排出水準（＝環境品質）がともに戦略的補完関係にあることを示している。

補論 2

(15.1) 式と (15.2) 式を利用して、関税の各輸入財の環境品質である排出水準への効果を示す。すなわち、2つの式からつぎを得る。なお、クールノー競争ケースでも同様の式が得られる。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_D^k}{\partial e_D^2} & \frac{\partial^2 \pi_D^k}{\partial e_D \partial e_C} \\ \frac{\partial^2 \pi_D^k}{\partial e_C \partial e_D} & \frac{\partial^2 \pi_C^k}{\partial e_C^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} de_D \\ de_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_D' dt_D \\ F_C' dt_C \end{bmatrix}, \quad k = B, C. \quad (\text{A.3})$$

(A.3) 式に関して、行列式の値はつぎのように表される。

$$\Delta^k = \frac{\partial^2 \pi_D^k}{\partial e_D^2} \frac{\partial^2 \pi_C^k}{\partial e_C^2} - \frac{\partial^2 \pi_D^k}{\partial e_D \partial e_C} \frac{\partial^2 \pi_C^k}{\partial e_C \partial e_D}, \quad k = B, C. \quad (\text{A.4})$$

ここで、つぎの2つの式が成立する。

$$e_i \frac{\partial^2 R_i^k}{\partial e_i^2} + e_j \frac{\partial^2 R_i^k}{\partial e_i \partial e_j} = -2 \frac{\partial R_i^k}{\partial e_i}, \quad i, j = C, D, i \neq j, k = B, C, \quad (\text{A.5.1})$$

$$- \frac{\partial R_i^k}{\partial e_i} = -t_i F_i', \quad i = C, D, k = B, C. \quad (\text{A.5.2})$$

したがって、(A.5.1) 式と (A.5.2) 式を利用すると、(A.4) 式はつぎのように書き換えられる。

$$\begin{aligned} \Delta^k &= \frac{e_D}{e_C} \frac{\partial^2 R_D^k}{\partial e_D \partial e_C} \left(-t_D \frac{F_D'}{e_D} \right) (\eta_D - 2) + \frac{e_C}{e_D} \frac{\partial^2 R_C^k}{\partial e_C \partial e_D} \left(-t_C \frac{F_C'}{e_C} \right) (\eta_C - 2) \\ &+ \left(-t_D \frac{F_D'}{e_D} \right) (\eta_D - 2) \left(-t_C \frac{F_C'}{e_C} \right) (\eta_C - 2), \quad k = B, C, \end{aligned} \quad (\text{A.6})$$

ただし、 $\eta_i \equiv \frac{e_i F_i'}{-F_i'} = \varepsilon + 1 > 2, i = C, D$.

ベルトラン競争ケースでは、補論1の (A.2.3) 式と (A.2.4) 式に示されているように、交差効果が正であることから行列式の値に関して、 $\Delta^B > 0$ が成立する。ところで、クールノー競争ケースに関して、以下の補論3の (A.8.3) 式と (A.8.4) 式との値が異符号であるので、常に行列式の値が正となるとは限らない。したがって、 $\Delta^C > 0$ を仮定しておく。

補論 3

(24.1) 式と (24.2) 式から、収入関数の1階の性質を示す。

$$\frac{\partial R_D^C}{\partial e_D} = -\frac{4e_D + e_C}{(4e_D - e_C)^3} v^2 < 0, \quad (\text{A.7.1})$$

$$\frac{\partial R_C^C}{\partial e_C} = -\frac{(2e_D - e_C)(8e_D^2 - 2e_De_C + e_C^2)}{e_C^2(4e_D - e_C)^3} v^2 < 0, \quad (\text{A.7.2})$$

$$\frac{\partial R_D^C}{\partial e_C} = \frac{2e_D}{(4e_D - e_C)^3} v^2 > 0, \quad (\text{A.7.3})$$

$$\frac{\partial R_C^C}{\partial e_D} = \frac{4(2e_D - e_C)}{(4e_D - e_C)^3} v^2 > 0. \quad (\text{A.7.4})$$

(A.7.3) 式と (A.7.4) 式から、ともに相手企業の財の環境品質の悪化は、自企業の収益、したがって利潤を増加させることがわかる。

さらに、2 階の性質はつぎのように与えられる。

$$\frac{\partial^2 R_D^C}{\partial e_D^2} = \frac{16(2e_D + e_C)}{(4e_D - e_C)^4} v^2 > 0, \quad (\text{A.8.1})$$

$$\frac{\partial^2 R_C^C}{\partial e_C^2} = \frac{2(64e_D^4 - 64e_D^3e_C + 24e_D^2e_C^2 - 4e_De_C^3 + e_D^4)}{e_C^3(4e_D - e_C)^4} v^2 > 0, \quad (\text{A.8.2})$$

$$\frac{\partial^2 R_D^C}{\partial e_D \partial e_C} = -\frac{2(8e_D + e_C)}{(4e_D - e_C)^4} v^2 < 0, \quad (\text{A.8.3})$$

$$\frac{\partial^2 R_C^B}{\partial e_C \partial e_D} = \frac{8(e_D - e_C)}{(4e_D - e_C)^4} v^2 > 0. \quad (\text{A.8.4})$$

(A.8.3) 式から、清浄財の環境品質の悪化、すなわち単位あたり排出水準の上昇が企業 D の限界収入を低下させるので、企業 D は費用が増加してもなお、収入を増加させるためにその環境品質を改善させなければならない。このとき、戦略的代替関係が成り立つ。一方、(A.8.4) 式から、汚染財の環境品質の悪化、すなわち単位あたり排出水準の上昇は企業 C の限界収入を増加させるので、企業 C は多少、収入が減少しても、費用を節約できるのでその排出水準を引き上げる。このとき、戦略的補完関係が成り立つ。

補論 4

(1) ベルトラン競争ケース

自国の最適関税政策は、(20.1) 式と (20.2) 式を同時に満たす関税率の組み合わせである。

$$\tau_D = \frac{\left\{ \frac{\partial CS^B}{\partial t_D} - \gamma \frac{\partial E^B}{\partial t_D} + \frac{R_D^B}{\partial t_D / \partial \tau_D} \right\} \left(-\frac{\partial R_C^B}{\partial t_C} \right) + \left\{ \frac{\partial CS^B}{\partial t_C} - \gamma \frac{\partial E^B}{\partial t_C} + \frac{R_C^B}{\partial t_C / \partial \tau_C} \right\} \left(\frac{\partial R_D^B}{\partial t_D} \right)}{\Omega^B}, \quad (\text{A.9})$$

$$\tau_C = \frac{\left\{ \frac{\partial CS^B}{\partial t_C} - \gamma \frac{\partial E^B}{\partial t_C} + \frac{R_C^B}{\partial t_C / \partial \tau_C} \right\} \left(-\frac{\partial R_D^B}{\partial t_D} \right) + \left\{ \frac{\partial CS^B}{\partial t_D} - \gamma \frac{\partial E^B}{\partial t_D} + \frac{R_D^B}{\partial t_D / \partial \tau_D} \right\} \left(\frac{\partial R_C^B}{\partial t_C} \right)}{\Omega^B}, \quad (\text{A.10})$$

ただし、 $\Omega^B = \left(\frac{\partial R_D^B}{\partial e_D} \frac{\partial R_C^B}{\partial e_C} - \frac{\partial R_D^B}{\partial e_C} \frac{\partial R_C^B}{\partial e_D} \right) \left(\frac{\partial e_D}{\partial t_D} \frac{\partial e_C}{\partial t_C} - \frac{\partial e_D}{\partial t_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_D} \right) > 0$ 。
 さらに、以下を定義する。

$$\frac{\partial CS^B}{\partial t_i} \equiv \frac{\partial CS^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_i} + \frac{\partial CS^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_i}, \quad \frac{\partial E^B}{\partial t_i} \equiv \frac{\partial E^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_i} + \frac{\partial E^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_i},$$

$$\frac{\partial R_j^B}{\partial t_i} \equiv \frac{\partial R_j^B}{\partial e_D} \frac{\partial e_D}{\partial t_i} + \frac{\partial R_j^B}{\partial e_C} \frac{\partial e_C}{\partial t_i}, \quad i, j = C, D.$$

ところで、本稿モデルでは負の関税率、したがって輸入補助金率を排除している ($1 > \tau_D \geq 0, 1 > \tau_C \geq 0$)。

(2) クールノー競争ケース

基本的に、(1) ベルトラン競争ケースと同様の手続きにより、(29.1) 式と (29.2) 式を同時に満たす関税率の組み合わせが最適となる。しかし、自由貿易均衡で評価したように、輸入汚染財に関してはむしろ輸入補助金を外国企業 D に与えることが最適となってしまう。しかし、負の関税率を本稿では排除しているので、命題 4 のような結果を得る。

参考文献

- Arora, S., & S. Gangopadhyay, 1995, "Toward a Theoretical Model of Voluntary Over-compliance", *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 28, pp. 289-309.
- Conrad, K., 1993, "Taxes and Subsidies for Polluting-intensive Industries as Trade Policy", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 25, pp. 121-135.
- Das, S. P. and S. Donnenfeld, 1987, "Trade policy and its impact on quality of imports: A welfare analysis", *Journal of International Economics*, Vol. 23, 77-95.

- Eaton, J., & G. M. Grossman, 1986, “Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101, pp. 383-406.
- Herguera, I., P. Kujal, and E. Petrakis, 2002, “Tariffs, quality reversals and exit in vertically differentiated industries”, *Journal of International Economics*, Vol. 58, 467-492.
- Kennedy, P. W., 1994, “Equilibrium Pollution Taxes in Open Economies with Imperfect Competition”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 27, pp. 49-63.
- LeClair, M. S., & D. Franceschi, 2006, “Externalities in International Trade: The Case for Differential Tariffs”, *Ecological Economics*, Vol. 58, pp. 462-472.
- Mani, M. S., 1996, “Environmental Tariffs on Polluting Imports: An Empirical Study”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 7, pp. 391-411.
- Moraga-González, J. L. and N. Padrón-Fumero, 2002, “Environmental policy in a green market”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 22, 419-447.
- Moraga-González, J. L. and J.-M. Viaene, 2005, “Trade policy and quality leadership in transition economies”, *European Economic Review*, Vol. 49, 359-385.
- Neary, J. P., 2006, “International Trade and the Environment: Theoretical and Policy Linkages”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 33, pp. 95-118.
- Polavarapu, R. and A. Vaidya, 1996a, “Commercial policy with vertical product differentiation”, *Journal of Economic Integration*, Vol. 11 (2), 230-247.
- and —, 1996b, “Optimal trade policy with quality-differentiated product”, *The International Trade Journal*, Vol. 10 (3), 379-406.
- Toshimitsu, T., 2008, “Effect of a Tariff on the Environment and Welfare: The Case of an Environmental Differentiated Duopoly in a Green Market”, *Japan and the World Economy*, Vol. 20, pp. 114-128.