

關稅政策、環境政策與福利效果之分析

賴育邦、王嘉慧*

摘 要

本文以一個兩國三地模型探討當進口國降低關稅時，對出口國環境政策之影響。藉由一個兩階段賽局的建立，本文發現當廠商進行數量競爭時，進口國調降關稅將促使出口國提高污染稅；但伴隨污染稅提高而來的卻是政府對廠商優惠的增加，以及更多的污染。此外，當廠商進行價格競爭時，出口國之污染稅將隨進口國關稅下降而增加，意謂著政府提高對廠商所課徵的出口稅。與數量競爭下的結果相較，此結果凸顯產品市場與政府政策間的密切關聯性。本文亦證明不論在數量競爭或是價格競爭下，只要自由化前的關稅稅率不是太低，自由貿易均可使全球福利提升，卻也使出口國的環境品質更形惡化，且當進口國降低關稅，該國福利亦隨之減少，此將不利於自由化之推展。

關鍵詞：策略性貿易、環境政策、貿易自由化、污染稅

JEL 分類代號：F13、F18、H23、L13

1. 前言

貿易自由化盛行後，不少傳統貿易工具的使用受到限制（例如出口補貼）。在策略性貿易動機的驅使下，許多國家便利用環境政策來執行策略性貿易政策的功能，因而造成所謂「生態傾銷」（ecological dumping）的現象。根據 Rauscher（1994）的定義，

* 作者分別為國立臺北大學財政學系助理教授及國立政治大學財政研究所碩士。作者感謝兩位匿名評論人、曾巨威教授、朱澤民教授與歐俊男教授的寶貴意見與建議。

投稿日期：民國 91 年 10 月 15 日；接受日期：民國 93 年 1 月 15 日。

經濟研究 (Taipei Economic Inquiry), 40:1 (2004), 1-31。

臺北大學經濟學系出版

所謂的生態傾銷是指政府試圖以較寬鬆的環境政策補貼廠商，使其能以較低的產品價格銷售至國外市場；換言之，生態傾銷便是出口國以犧牲環境品質為代價，以換取更多的出口利潤。當所有在國際市場競逐的國家都藉由策略性環境政策進行生態傾銷時，將導致各國的環境品質一起「往下沉淪」(race to the bottom)。

不少學者已對策略性環境政策造成生態傾銷的問題做深入的探討，例如 Conrad (1993, 1996)、Barrett (1994)、Kennedy (1994) 和 Ulph (1996a, b) 等。除了貿易工具的使用受到限制外，關稅的大幅調降亦是貿易自由化的另一結果。根據統計，¹ 已開發國家工業產品的平均進口關稅在西元 1995 到 2000 年之間，由 6.3% 下降至 3.8%，降幅達 40%。如此大幅的關稅調降，勢必激化出口國在進口國市場的競爭，然而策略性環境政策的相關文獻對此議題似乎未加以探討，這無疑是一項缺憾。

是以本文將延伸現有策略性環境政策文獻，探討進口國的關稅政策對出口國環境政策之影響。在「兩國三地」的模型架構下，本文將建構一個兩階段的賽局進行分析。在第一階段，兩出口國政府同時決定其環境政策；在第二階段，兩國廠商則同時決定其策略變數。當廠商在產品市場進行數量競爭時，政府將制定較最適水準為寬鬆的環境政策以補貼出口，亦即出口國會進行生態傾銷。² 進一步分析可得，當進口國降低關稅時，出口國會提高污染稅。若將邊際環境損害與污染稅之間的差距視為政府給予廠商的「優惠」，則本文發現此一出口優惠將隨進口國關稅的降低而增加。此外，我們亦發現出口國的污染稅雖因進口國降低關稅而提高，但淨污染不減反增，環境品質將更為惡化。

策略性貿易政策的文獻已明白指出，政府的最適政策與產品的

¹ 請參見 WTO (2001)。

² 類似的結論可見於 Conrad (1993)、Barrett (1994)、Kennedy (1994) 及 Ulph (1996a)。

市場結構息息相關。³ 因此本文進一步探討當廠商在產品市場進行價格競爭時，政府的最適環境政策為何。此一情況下，政府不但不會進行生態傾銷，反而會訂定較皮古稅為高的污染稅，其效果形同對產品課徵一出口稅。⁴ 本文發現當進口國降低關稅時，出口國會提高污染稅，且污染稅與邊際環境損害之差距（亦即出口稅）亦將增加。此與產品市場為數量競爭下之結果形成有趣的對比。在數量競爭下，當廠商的邊際獲利能力因關稅下降而增加時，政府將提供廠商更多的優惠；而當廠商的獲利能力降低時，政府反而會「雨天收傘」，減少對廠商的補助。相反地，在價格競爭下，當廠商的獲利能力增加時，政府反而會加重對廠商的負擔。此結果凸顯產品市場結構與政府決策間的關聯性。

貿易自由化的福利效果亦為本文關注的對象。本文發現不論在數量競爭或是價格競爭下，進口國降低關稅將使出口國福利增加，但進口國的福利卻將因之而減少。即便如此，只要自由化前的關稅水準不是太低，全球的福利水準仍會因貿易自由化而提升。值得注意的是，雖然全球福利將隨進口國關稅調降而增加，但進口國本身的福利卻因而受損，此可能導致進口國抗拒調降關稅，不利於全球貿易自由化的進行。

本文結構如下：第二節是基本模型設定。第三節則是探討在產品市數量競爭的情況下，進口國調降關稅對出口國最適環境政策的影響。第四節則是在產品市場為價格競爭的情況下進行分析。最後一節為結論。

2. 模型

本文的模型將依據 Ulph (1997) 之設定，假設市場上存在兩

³ 請參見，例如 Eaton and Grossman (1986)。

⁴ 類似的結果可見於 Barrett (1994)、Conrad (1996) 及 Ulph (1996b)。

家廠商，分別屬於不同國家（稱之為 H 、 F 國）。兩廠商生產的財貨互為替代品，且全數銷往第三國（ C 國）；換言之，廠商生產的產品不在生產國國內消費。 x 與 y 分別表示 H 國和 F 國的產量。 $R^i(\cdot)$ ， $C^i(\cdot)$ ， $i = H, F$ ，分別表示廠商的收益函數及生產成本函數。廠商的生產技術假設不具規模報酬遞增之性質，故 $C' > 0$ ， $C'' \geq 0$ 。此外，廠商每生產一單位產品，會排放一單位的污染。為減少污染，政府對污染排放課徵污染稅， τ_H 、 τ_F 分別代表 H 、 F 兩國對每單位污染排放課徵的稅額。為減輕污染稅負擔，廠商可自行從事污染減量以降低污染排放。廠商 i 的污染減量以 a^i 示之。一旦廠商自行投入污染防治，淨污染量即等於總污染量（即生產量）扣除污染減量水準。 H 、 F 兩國淨污染的水準分別以 e_H 、 e_F 表示。廠商的污染減量成本 $A(a^i)$ 為 a^i 的嚴格凸函數（strictly convex function），具 $A'(a^i) > 0$ ， $A''(a^i) > 0$ 之性質。此外，為簡化分析，假定兩國的污染均不具國際外溢效果，外國的污染不會直接影響本國居民的效用。出口國的環境損害函數為 D_i ，其為該國淨污染之嚴格遞增函數，故 $D'_i > 0$ ， $D''_i > 0$ 。

假設兩出口國政府之間存在貿易協定，限制出口補貼的使用，因此生產國政府僅有環境政策工具可資利用。我們進一步假設出口國政府明瞭產業的結構及廠商的行為，且環境政策決定的時點先於廠商決策之時點，因此可藉環境政策影響廠商之行為。在上述基本模型設定下，本文將利用一個兩階段賽局以探討在策略性貿易動機的驅使下，出口國如何決定環境政策。在第一階段的賽局中，兩出口國政府同時決定污染稅；兩國廠商則在第二階段同時選擇產量。下一節我們將利用回溯法（backward induction）求解子賽局完全均衡。

3. Cournot 競爭下的環境政策

本節將討論當兩國廠商進行數量競爭時，廠商及政府的策略性

行為。我們先分析政府在策略性貿易誘因驅使下如何制定環境政策，再探討進口國關稅變動對污染稅的影響及其福利效果。

(1) 廠商的決策行為

由於利用回溯法求解，所以先求出廠商在產品市場的 Nash 均衡，稍後再將結果帶入第一階段，求出政府的最適污染稅。

本國廠商的目標函數為：

$$\pi^H = R^H(x, y) - C^H(x) - Tx - A(a^H) - \alpha(x - a^H) \quad (\text{式 1})$$

其中 T 為進口國所課徵的從量關稅。藉由選擇產量與污染防治努力，廠商極大化其目標函數。首先考慮廠商最適污染防治努力的決定。⁵ 將(1)式對 a^H 求取一階條件，可得 $A'(a^H) = \alpha$ 。此條件表示，廠商最適污染防治努力決定於污染稅與邊際防治成本相等之處。由此可定義：

$$a^H = g(\alpha) = [A']^{-1}, \quad g'(\alpha) = [A'']^{-1} > 0 \quad (\text{式 2})$$

第(2)式代表廠商的污染防治努力為污染稅的遞增函數。我們假設 $g''(\alpha) \leq 0$ ，表示環境稅對廠商污染防治努力的影響為非遞增。⁶

在假設對手的產量不變下，廠商最適產量決定於以下的一階條件，

$$\pi_x^H = R_x^H - C_x^H - T - \alpha = 0 \quad (\text{式 3})$$

其中下標代表函數的偏導數。此一階條件中隱含 x 對 y 的反應函數。

同理，可求得外國廠商的一階條件：

⁵ 一般而言，污染防治與產量決策的先後順序不同，將產生不同的結果。但在本文中無跨國污染，且 a 與 x 在利潤函數中完全獨立的情況下，廠商決定最適防治水準及產量的先後順序將不會影響結果，兩者是彼此獨立的決策行為。此可參見 Walz and Wellisch (1997)。

⁶ 若 $g''(\alpha)$ 為正數，只要 $g''(\alpha)$ 不是太大，本文之結論仍可成立。

$$\pi_y^F = R_y^F - C_y^F - T - \beta = 0$$

將上式與(3)式聯立求解可求得本國廠商及外國廠商的 Nash 均衡產出。兩出口國產出為兩國污染稅及進口國關稅之函數，亦即 $x = x(\alpha, \beta, T)$ ， $y = y(\alpha, \beta, T)$ 。

在進口國關稅不變的情況下，污染稅對本國及外國廠商產出的影響為：

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{\pi_{yy}^F}{\Omega}, \quad \frac{dy}{d\beta} = \frac{\pi_{xx}^H}{\Omega} \quad (\text{式 4a})$$

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{-\pi_{yx}^F}{\Omega}, \quad \frac{dx}{d\beta} = \frac{-\pi_{xy}^H}{\Omega} \quad (\text{式 4b})$$

其中 $\Omega = \pi_{xx}^H \pi_{yy}^F - \pi_{xy}^H \pi_{yx}^F$ 。當兩出口國政府污染稅不變時，進口國關稅對均衡產出的影響為：

$$\frac{dx}{dT} = \frac{\pi_{yy}^F - \pi_{xy}^H}{\Omega}, \quad \frac{dy}{dT} = \frac{\pi_{xx}^H - \pi_{yx}^F}{\Omega} \quad (\text{式 4c})$$

為滿足此一賽局的穩定性， Ω 須為正。⁷ 廠商利潤極大化的二階條件則要求 $\pi_{xx}^H < 0$ 以及 $\pi_{yy}^F < 0$ ，因而得知 $dx/d\alpha$ 與 $dy/d\beta$ 均小於零。此外，我們亦假設兩國產出具「策略性替代」(strategic substitute) 之關係，此意謂 π_{xy}^H 及 π_{yx}^F 均為負數，故可得知 $dy/d\alpha$ 與 $dx/d\beta$ 均大於零。由 $\Omega = \pi_{xx}^H \pi_{yy}^F - \pi_{xy}^H \pi_{yx}^F > 0$ 條件可得知， dx/dT 與 dy/dT 當中至少有一式為負；如果兩廠商完全相同，更可進一步確知 dx/dT 與 dy/dT 均小於零。

在這些條件下，比較靜態的結果顯示：本國污染稅下降會增加本國廠商的產出，且減少外國廠商的產出。這是因為本國污染稅下

⁷ 請參見 Dixit (1986)。

降造成本國廠商的反應曲線在產量空間中往右移動所致。此外，在兩廠商相同的情況下，由(4c)式可知進口國關稅下降會增加兩國廠商的產出。這是因為關稅下降提高廠商的邊際獲利能力，使其擴張產量的誘因增加之故。

(2) 政府的決策行爲

接著我們將利用上述結果探討政府如何決定最適污染稅，以極大化社會福利。政府的目標函數為該國的社會福利函數，其等於廠商利潤加上污染稅收入，並減除污染所造成的環境損害。由於廠商的污染稅支出等於政府的污染稅收入，故本國的社會福利函數可表為

$$W^H = R^H(x, y) - C^H(x) - Tx - A(a^H) - D(e) \quad (\text{式 5})$$

在視外國污染稅為既定的情況下，為求得本國最適污染稅，我們對(5)式求其一階條件，並利用(3)式之結果($= R_x^H - C_x^H - T$)，經整理可得：⁸

$$-(D'-\alpha) \left(\frac{dx}{d\alpha} - g'(\alpha) \right) = -R_y^H \frac{dy}{d\alpha} \quad (\text{式 6})$$

第(6)式右邊為「利潤移轉效果」(profit-shifting effect)。此效果係描述政府可藉由降低污染稅，減少對手國廠商的產出，將外國廠商的利潤移轉至本國廠商。(6)式左項則為扣除環境稅收入後，因污染增加所造成的邊際環境損害。(6)式右項可視為政府降低污染稅稅率之利益，而左項為其成本；最適的污染稅則決定於利益與成本相等之處。

將(4a)、(4b)式代入(6)式可得到污染稅與環境邊際損害之關係：

$$D'-\alpha = \frac{R_y^H \frac{dy}{d\alpha}}{\frac{dx}{d\alpha} - g'(\alpha)} = \frac{-R_y^H \pi_{xy}^F}{\pi_{yy}^F - g'(\alpha)\Omega} > 0 \quad (\text{式 7})$$

⁸ 本小節的分析雖以 H 國為代表，但其結果亦可適用於 F 國。

在無其他扭曲存在的最佳 (first best) 情況下，政府若採行「皮古稅」(Pigouvian tax)，亦即污染稅等於環境邊際損害，將可產生最具效率的污染量。但在面對不完全競爭市場的情況下，由(7)式可知政府訂定的污染稅 (α) 將會低於邊際損害 (D')；換言之，此一次佳 (second best) 的污染稅將會低於皮古稅的水準。出口國之所以選擇一個較皮古稅為低的污染稅是因為：出口國政府希望利用寬鬆的環境政策以增加廠商利潤。假若政府可使用污染稅與出口補貼兩項政策工具，則政府會將污染稅訂在皮古稅的水準，然後將促進出口的任務交由出口補貼來執行。但現在政府只有污染稅一項工具，卻要執行將外部成本內部化及促進出口等雙重任務，因此政府勢必將污染稅調降至比皮古稅還低的水準。

析言之，當廠商進行數量競爭時，利潤移轉動機將驅使出口國政府進行生態傾銷，犧牲環境品質以換取出口利潤。當所有國家競相進行生態傾銷時，則環保人士所擔心的各國環境品質一起「向下沉淪」的景況勢將難以避免。

(3) 進口國關稅對環境政策的影響

前述結果指出，在利潤移轉動機的驅使下，政府將採行較寬鬆的環境政策。許多文獻也得到類似的結論，可是似乎未有文獻再進一步探討進口國關稅政策的改變對出口國環境政策的影響。資料顯示已開發國家工業產品的進口關稅在 1995 至 2000 年間的平均降幅高達 40%。如此大幅度的關稅調降，導致進口國市場的競爭更為激烈，連帶地亦對出口國的環境政策有所衝擊。因此接下來我們將進一步探討進口國的關稅政策對出口國環境政策的影響。

為獲致更明確的結果，假設需求函數為線性，亦即 $p = h - x - y$ ，其中 h 為常數項。另假設廠商的邊際生產成本固定為 c 。此外，為了簡化分析，將採取對稱性假設，亦即假設兩出口國完全相同。在前述假設下，我們可解得 Nash 均衡下兩國的產量：

$$x = \frac{1}{3}(h - c - T - 2\alpha + \beta), \quad y = \frac{1}{3}(h - c - T + \alpha - 2\beta)$$

在對稱性假設下，只需觀察一個國家對進口關稅變動的反應即可。

以下將以 H 國為例。該國政府最適化的一階條件為：

$$W_{\alpha}^H = (\alpha - D') \left(\frac{-2}{3} - g'(\alpha) \right) - \left(\frac{x}{3} \right) = 0 \quad (\text{式 } 8)$$

此政府最適化之一階條件隱含出口國政府環境稅的反應函數。出口國的環境稅反應函數之斜率決定於 $W_{\alpha\beta}^H (= (D''/3)[2/3 + g'(\alpha)] - 1/9)$ 之符號。若 $W_{\alpha\beta}^H > 0$ 表示政策反應函數為正斜率； $W_{\alpha\beta}^H < 0$ 則表示政策反應函數為負斜率。本文中， $W_{\alpha\beta}^H$ 之符號無法確定。以下將假設政策反應函數為正斜率。之所以做此假設，是因為相關文獻（如 Kennedy (1994) 及 Ulph (1997, 1999)）指出，當政府採行污染稅時，政策反應函數通常為正斜率，亦即出口國的環境稅互為「策略性互補」(strategic complements)。⁹

為了探討進口關稅變動對出口國環境稅之影響，對第(8)式作全微分，並利用兩國對稱性的假設可得¹⁰

$d\alpha/dT = -W_{\alpha T}^H/W_{\alpha\alpha}^H + W_{\alpha\beta}^H$ 。當兩出口國最適污染稅反應函數為正斜率時，穩定條件要求 $d\alpha/d\beta = -W_{\alpha\beta}^H/W_{\alpha\alpha}^H$ 小於一。¹¹ 由此穩定條件（或附錄一）可知， $d\alpha/dT$ 式中的分母為負，因此進口國關稅對出口國污染稅之效果取決於 $W_{\alpha T}^H$ 之符號。由附錄一可得知，當兩出口國污染稅為策略性互補時， $W_{\alpha T}^H$ 將小於零。因此我們可得到下列命題：

⁹ 若政府採行污染數量管制時，則政策反應函數通常為負斜率。

¹⁰ 將(8)式作全微分，並稍做整理可得

$$W_{\alpha\alpha}^H(d\alpha/dT) + W_{\alpha\beta}^H(d\beta/dT) + W_{\alpha T}^H = 0, \quad \text{且利用對稱性假設下}$$

$d\alpha/dT = d\beta/dT$ 之關係，可得進口國關稅變動對出口國環境稅之影響。

¹¹ 請參見 Ulph (1997)。

命題一：當兩出口國之污染稅為策略性互補時，進口國關稅下降將導致出口國提高其污染稅。

由附錄一得知當兩出口國污染稅為策略性互補時， $W_{\alpha x}^H = \partial W_{\alpha}^H / \partial x = -D' (dx/d\alpha - g'(\alpha)) + (\partial R_y / \partial x)(dy/d\alpha) > 0$ 。 $W_{\alpha x}^H$ 式中，右邊第一項代表廠商產量變動的邊際環境損害之效果，而第二項則表示產量變動對邊際利潤之影響。因此 $W_{\alpha x}^H > 0$ 即表示廠商增加產量對邊際環境損害的影響會大於其對邊際利潤的影響。申言之，當關稅下降導致廠商產量增加時，邊際環境損害上升的程度會大於廠商邊際利潤增加的幅度，導致在原有稅率下，邊際環境損害會大於產量增加所帶來的邊際利潤，因此政府將提高污染稅率，以期使(6)式的最適污染稅條件能夠重新獲得滿足。

命題一之結論係在兩出口國之污染稅為策略性互補之情況下推導而得。然而由 $W_{\alpha\beta}^H (= (D'/3)[2/3 + g'(\alpha)] - 1/9)$ 可知，兩出口國的污染稅亦有可能為策略性替代(strategic substitutes)，¹² 表示兩出口國的政策反應函數為負斜率。在此情況下，前述命題的結論方向剛好相反。但為避免討論過於冗長，以下將只探討政策反應函數為正斜率的情況。

從經濟直覺來看，當廠商的邊際獲利能力提高時，政府將有誘因對廠商提供更多的優惠，以幫助本國廠商擴大出口。Brander and Spencer (1985) 便指出，出口國對該國廠商的補貼與進口國關稅呈相反向變動。而由本文前述分析卻得出隨著進口國關稅的調降，出口國反而提高環境稅之結論。此結果看似與經濟直覺或 Brander and Spencer (1985) 之結論相左，其實兩者並無衝突。表面上看來，較高的污染稅似乎增加廠商的負擔，但政府是以低於邊際環境損害的環境稅謀求本國廠商利潤的增加，因此污染稅與於邊際環境

¹² 評論人指出，在本文的設定下，兩出口國的政策可分成兩部分。就出口補貼的性質而言，為策略性替代；就皮古稅的性質而言，則可能為策略性互補。當污染效果（對環境的損害）不強時，亦即前者的效果大於後者時，則政策性質為策略性替代；反之則為策略性互補。

損害之間的差距可視為政府對廠商所提供的優惠或補貼。將單位補貼 S 定義為邊際環境損害與最適污染稅的差距，即 $S = D^1 - \alpha$ 。由第(8)式，可獲得 $dS/dT < 0$ 之結論（見附錄二）。換言之，當進口國關稅下降，雖然污染稅上升，但出口國政府提供給廠商的優惠反而增加了。這是因為關稅下降使產出與污染同時增加，亦擴大污染之邊際環境損害，且其上揚的幅度超過環境稅增加之幅度所致。¹³

由此可知，當廠商的邊際獲利能力因關稅調降而提高時，¹⁴ 政府會更積極補貼出口廠商。所以貿易自由化後，生產國政府將有更強烈的誘因進行生態傾銷，因此環境品質的變化亦應加以關注。

進口國關稅下降將對出口國的污染造成直接與間接兩個效果。關稅下降將增加出口國產出，使污染更形嚴重，此為直接效果。關稅下降亦使出口國提高環境稅，較高的環境稅具有抑制污染的效果，此為間接效果。直覺上來看，進口關稅的直接效果應大於間接效果，此將導致污染增加。然而根據 Wilson et al. (2003) 的實證結果指出，相較於關稅障礙，環境管制具有更大的貿易抑制效果。因此先驗上，我們很難斷定污染會隨貿易自由化增加或減少。但下列命題則明確指出，出口國的淨污染將隨貿易自由化而增加。

命題二：進口國關稅下降雖使出口國污染稅上升，但出口國的淨污染仍將增加。

證明：請見附錄三。

由命題二可知，進口國關稅下降雖然使出口國的污染稅提高卻也使出口國產量擴張，進而造成污染量增加。污染稅提高，雖使廠商產出減少，防治污染努力提升，但其效果仍不敵關稅下降所帶來

¹³ 前述的分析是由社會觀點進行討論，然而若由廠商的角度而言，較高的污染稅自然增加其負擔。因此若由廠商的觀點來看，進口關稅的降低反而減少其所收到的補助。

¹⁴ 以 H 國廠商為例，其邊際獲利能力為 $\pi_x^H = R_x^H - C_x^H - T - \alpha$ ，將 π_x^H 對 T 偏微分可得， $\partial \pi_x^H / \partial T < 0$ ，故可得知廠商的邊際獲利能力將隨關稅調降而增加。

的產量增加的效果；亦即，關稅下降的直接效果大於間接效果，因此貿易自由化將導致出口國的環境品質更形惡化。

(4) 福利效果的分析

由前一小節的結論得知，進口國的關稅下降除了增加出口國的產量及利潤外，也同時使該國的污染程度增加，兩者對出口國福利有著相反方向的影響。此外，關稅下降雖有助於進口國的消費者剩餘，但另一方面卻犧牲了關稅稅收，得失之間難以立判。因此貿易自由化對出口國與進口國福利的衝擊仍須做進一步的分析。

本文假設在貿易自由化前，三個國家均在 Nash 假設下，同時決定其污染稅或關稅。但進口國關稅因受到國際協定的限制，有可能低於 Nash 關稅(T^*)的水準，因此以下的分析將以 T^* 做為進口國關稅的上限，即使國際談判容許進口國制定較 T^* 更高的關稅，但基於自身福利的考量，進口國仍會選擇 T^* 。故可得知，在貿易自由化前，進口國實際的關稅稅率為 T^* 與國際協定規範之稅率中較小者。值得注意的是，本小節的重點在於關稅政策變動的福利效果，而非最適關稅的決定，因此以下的關稅變動均屬外生性的變動（因應國際協定的要求），之所以求出 Nash 關稅，如前所言，僅是為了求取關稅的上限。以下所推導的結論在任何小於或等於 T^* 的關稅水準均可成立。

首先探討關稅外生性地調降對進口國的福利效果。其福利函數為消費者剩餘加上關稅收入。在線性需求函數的設定下，消費者剩餘為 $(x+y)^2/2$ ，因此進口國的社會福利函數等於：

$$W^C = \frac{1}{2}(x+y)^2 + T(x+y) \quad (\text{式 9})$$

由第(9)式可解得 Nash 關稅為 $T^* = x$ 。¹⁵ 若由於關稅談判導致進

¹⁵ 在 Nash 假設下，由 $\partial W^C / \partial T = 2(x-T)/3 = 0$ 可得 $T^* = x$ 。

口關稅調降，其對於進口國的福利效果決定於下式：

$$\frac{dW^C}{dT} = \underbrace{-\frac{4x}{3}\left(1 + \frac{d\alpha}{dT}\right)}_{(-)} + \underbrace{\left[2x - \frac{2}{3}\left(1 + \frac{d\alpha}{dT}\right)T\right]}_{(+)} = \frac{2}{3}(x - T) - \frac{2}{3}(2x + T)\frac{d\alpha}{dT} \quad (\text{式 10})$$

(+)
(-)

由於進口國福利等於消費者剩餘與關稅收入之加總，因此上式中間第一項代表關稅變動對消費者剩餘之效果，其效果小於零。中間第二項則為關稅變動對稅收的影響，我們發現其為一正數，表示 T 下降將導致稅收減少。由(10)式最右邊可知，只要貿易自由化前的關稅水準小於或等於 Nash 關稅，則 dW^C/dT 將大於零，亦即進口國福利將隨關稅下降而減少，此意謂著稅收減少的效果大於消費者剩餘增加的效果。

接著探討關稅調降對出口國的福利效果。此一效果可由下式表示：

$$\frac{dW^i}{dT} = \underbrace{(\alpha - D)\frac{de}{dT}}_{(+)} - \underbrace{x\left[1 - \frac{1}{3}\left(1 + \frac{d\alpha}{dT}\right)\right]}_{(-)} \quad i = H, F \quad (\text{式 11})$$

由上式可知進口國關稅下降對出口國福利造成兩項影響，第一、增加出口國廠商的產量及利潤，使出口國福利提升。¹⁶ 此一效果可見於上式右邊第二項。第二，關稅下降會增加生產國的污染，導致福利下降。此一效果由右邊第一項表之。最終福利的變化，則取決於這兩個效果的大小。由第(8)式可以得到 $\alpha - D = -x/[2 + 3g'(\alpha)] > 0$ ，將其代入(11)式並做整理可得：

¹⁶ 進口國關稅下降造成兩國廠商產量的增加，但本國廠商利潤增加的幅度，會大於因對手廠商產量增加導致本國利潤減少的程度，所以本國廠商淨利潤仍會增加。

$$\frac{dW^i}{dT} = x \left[\frac{-1}{2+3g'(\alpha)} \frac{de}{dT} - \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{d\alpha}{dT} \right], \quad i=H, F$$

利用 $-1/3 < de/dT < 0$ (見附錄三) 可得到 $dW^i/dT < 0$ 之結果,¹⁷ 表示利潤的增加將足以彌補污染所造成的傷害。所以不論貿易自由化前的關稅水準為何, 進口國的關稅下降將增加出口國的福利水準。

綜合以上分析, 不論進口國在貿易自由化前的關稅稅率為何, 只要該稅率小於或等於 Nash 關稅, 則進口關稅外生性地調降, 一方面將提升出口國的福利, 另一方面卻會減少進口國的福利。至於對這三個國家的福利淨效果則須進一步確認。以下命題將探討貿易自由化對全球福利的影響。

命題三: 若進口國在貿易自由化之前其關稅稅率小於或等於 Nash 關稅, 則進口國關稅下降將增加全球福利。

證明: 由(10)、(11)式可獲得:

$$\begin{aligned} \frac{dW^W}{dT} &= \frac{1}{3}(4x+2T) \left(-1 - \frac{d\alpha}{dT} \right) + 2(\alpha - D') \frac{de}{dT} + \frac{2x}{3} \left(1 + \frac{d\alpha}{dT} \right) \\ &= -\frac{2x}{3} \left(1 + \frac{d\alpha}{dT} \right) - \frac{2T}{3} \left(1 + \frac{d\alpha}{dT} \right) + \frac{1}{3} \cdot \frac{2x}{2+3g'(\alpha)} \\ &\quad \left[1 + (1+3g'(\alpha)) \frac{d\alpha}{dT} \right] \end{aligned} \quad (式 12)$$

在上式的運算中我們利用了 $de/dT = -1/3 - 1/3(1+3g'(\alpha)) (d\alpha/dT)$ 之關係(參見附錄三)。在第(12)式中, 因為 $g' > 0$, 故 $2x > 2x/[2+3g'(\alpha)]$, 且由附錄二及附錄三可知

¹⁷ 由於 $-1/3 < de/dT < 0$, 故 $dW^i/dT < x[1/3 \cdot 1/(2+3g'(\alpha)) - 2/3 + 1/3 \cdot d\alpha/dT]$ 。又因為 $1/(2+3g') < 1/2$, 可知方括號中前兩項之和小於零, 故可得到 $dW^i/dT < 0$ 之結論。

$1 > (1 + d\alpha/dT) > 1 + (1 + 3g'(\alpha))(d\alpha/dT) > 0$ ，因此可得知(12)式右邊第一項與第三項之和小於零。又因為(12)式右邊中間一項為負值，故可證得 $dW^W/dT < 0$ 。

由(12)式可以發現，就全球的觀點而言，出口國因關稅下降而增加的廠商收益，將完全為進口國減少的關稅收入所抵銷；但進口國消費者剩餘的增加會大於兩出口國環境惡化導致福利下降的效果。這是因為污染的效果已經由出口國政府納入考慮，致使關稅的降低一方面可減少市場的不完全競爭，且另一方面可使出口國的污染稅更接近皮古稅的水準，矯正污染所造成的扭曲，若將全球視為一個經濟體，則可解釋何以貿易自由化將增進全球福利。¹⁸

綜言之，就效率的觀點而言，降低關稅使出口國福利增加，進口國福利減少，若各國福利權數均相同時，全球福利將隨貿易自由化而提升。但就環境的觀點而言，貿易自由化的確會增加污染，破壞環境品質。而且進口國福利隨關稅調降而減少，此易導致進口國抗拒關稅調降，不利於全球貿易自由化的進行。

4. Bertrand 競爭下的環境政策

至目前為止，係在廠商進行數量競爭的假設下，探討政府最適環境政策的決定。然而策略性貿易政策的文獻已指出，政府最適政策的決定與產出市場的結構有著密切的關係；不同的市場結構將導致不同的貿易政策。因此，本文接下來將探討在另一個市場結構--價格競爭--下，進口國關稅政策的改變對出口國環境政策的影響。此處亦將建構一個兩階段賽局。在第一階段，兩出口國政府同時訂定其污染稅；然後在第二階段，兩國廠商在進口國關稅和污染稅給定的情況下，決定其產品價格。

¹⁸ 作者感謝評論人提供此一解釋。

(1) 廠商的決策行為

為求出子賽局的完全均衡，我們須先推導出第二階段子賽局之 Nash 均衡。假設兩廠商生產異質性商品，且進行價格競爭。 p 為 x 財貨的單位價格， q 則為 y 財貨的單位價格。兩出口國的產品互為替代品，兩財貨的市場需求函數分別為 $x = x(p, q)$ 與 $y = y(p, q)$ ，且 $x_p < 0$ ， $x_q > 0$ ， $y_q < 0$ ， $y_p > 0$ 。假設兩廠商的邊際生產成本為固定，則 H 國廠商的利潤函數為：

$$\pi^H = (p - T)x - c^H x - A(a^H) - \alpha(x - a^H) \quad (\text{式 13})$$

廠商的最適污染防治努力決策與前一節相同，可得到 $a^H = g(\alpha)$ 且 $g'(\alpha) > 0$ 。在價格決策方面，在假定對手廠商價格不變的情況下，廠商將選擇產品價格使利潤極大。廠商利潤極大化的條件為

$$\pi_p^H = x + (p - T - c^H - \alpha) \frac{\partial x}{\partial p} = 0 \quad (\text{式 14})$$

上述一階條件隱含本國廠商產品價格對於對手廠商價格的反應函數。同理可求得外國廠商的一階條件如下：

$$\pi_q^F = y + (q - T - c^F - \beta) \frac{\partial y}{\partial q} = 0$$

上式亦隱含外國廠商之價格反應函數。對上式與(14)式求其聯立解，可求得本國及外國商品價格的 Nash 均衡解為 $p = p(\alpha, \beta, T)$ 與 $q = q(\alpha, \beta, T)$ 。

對商品價格進行比較靜態分析可知，在進口國關稅不變的情況下，本國污染稅對本國及外國廠商產品價格的影響為：

$$\frac{dp}{d\alpha} = \frac{\pi_{qq}^F x_p}{\Delta}, \quad \frac{dq}{d\beta} = \frac{\pi_{pp}^H y_q}{\Delta} \quad (\text{式 15a})$$

$$\frac{dq}{d\alpha} = \frac{-\pi_{pq}^F x_p}{\Delta}, \quad \frac{dp}{d\beta} = \frac{-\pi_{pq}^H y_q}{\Delta} \quad (\text{式 15b})$$

其中 $\Delta = \pi_{pp}^H \pi_{qq}^F - \pi_{pq}^H \pi_{qp}^F$ 。在兩出口國政府污染稅不變的情況下，進口國關稅對商品價格的影響為：

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\pi_{qq}^F X_p - \pi_{pq}^H Y_q}{\Delta}, \quad \frac{dq}{dT} = \frac{\pi_{pp}^H Y_q - \pi_{qp}^F X_p}{\Delta} \quad (\text{式 15c})$$

為滿足此一賽局的穩定性， Δ 須為正。¹⁹ 廠商利潤極大化的二階條件則要求 $\pi_{pp}^H < 0$ 以及 $\pi_{qq}^F < 0$ ，因而得知 $dp/d\alpha$ 與 $dq/d\beta$ 均大於零。此外，我們亦假設兩國商品價格具「策略性互補」(strategic complement) 的關係，此意謂 π_{pq}^H 及 π_{qp}^F 均為正，故可得知 $dq/d\alpha$ 與 $dp/d\beta$ 亦均大於零。由此可知，本國政府提高污染稅，除了導致本國產品價格上升外，外國產品的價格亦隨之提高。在一般情況下，進口關稅對商品價格的影響並不確定，但在本文稍後的對稱性假設下，則可確定進口國調降關稅會使兩出口國產品的價格下跌。

(2) 政府的決策行為

接著我們將先前比較靜態結果帶回第一階段賽局中，以求出政府的最適污染稅。政府的目標為極大化該國的社會福利函數，其為廠商利潤和污染稅稅收之總和，但須扣除污染所帶來的環境損害；因此 H 國的福利函數可表為

$$W^H = (p - T)x - c^H x - A(a^H) - D(e) \quad (\text{式 16})$$

上式中廠商的污染稅支出正好等於政府的污染稅收入，故無污染稅稅收項。社會福利極大化的一階條件為

$$W_\alpha^H = (\alpha - D) \left[\frac{\partial x}{\partial p} \frac{dp}{d\alpha} - g'(\alpha) \right] + (p - T - c^H - D) \frac{\partial x}{\partial q} \frac{dq}{d\alpha} = 0 \quad (\text{式 17})$$

將(17)式稍做整理可得到污染稅與邊際環境損害的關係如下：

¹⁹ 請參見 Dixit (1986)。

$$\alpha - D = \frac{(p - T - c^H - D) \frac{\partial x}{\partial q} \frac{dq}{d\alpha}}{-\frac{\partial x}{\partial p} \frac{dp}{d\alpha} + g'(\alpha)} > 0 \quad (\text{式 18})$$

由(18)式可以發現政府在策略性貿易動機的驅使下，其制定的最適污染稅將高於邊際環境損害（亦即皮古稅的水準）。

由前一節的討論中可知，當廠商進行數量競爭時，最適的污染稅會低於邊際環境損害；換言之，政府以較寬鬆的環境政策鼓勵出口。但當廠商進行價格競爭時，最適的環境稅將高於邊際環境損害，此時形同政府對廠商課徵出口稅。²⁰ 此一差異乃是由於市場結構不同所致。當廠商進行價格競爭時，由於兩國產品價格具策略性互補之性質，若政府欲藉調降污染稅以降低本國產品價格，掠奪對手國之利潤時，外國廠商亦將降價以為因應，導致兩國利潤降低。為避免「兩敗俱傷」的局面出現，政府將採取較嚴格的環境政策。

(3) 進口國關稅對環境政策的影響

本節將進一步探討進口國調降關稅對出口國環境政策的影響。為求得較確定的結果，我們假設兩廠商具有相同的邊際生產成本 c ，兩家廠商產品的需求函數為線性且對稱，分別為 $x = \gamma - p + bq$ ， $y = \gamma - q + bp$ ，其中 γ 為常數項， b 則代表兩產品間的交叉效果，且 $0 < b < 1$ 。將線性需求函數代入(14)式，出口國社會福利極大化之一階條件（即(17)式）可改寫為，

$$W_{\alpha}^H = (\alpha - D) \left[\frac{-2 + b^2}{4 - b^2} - g'(\alpha) \right] + \frac{b^2}{4 - b^2} x = 0 \quad (\text{式 19})$$

為探討進口國關稅對出口國環境政策的影響，同前一節的做法，對

²⁰ 此結論與 Eaton and Grossman (1986) 文章中，當廠商從事價格競爭時，政府的最適貿易政策為出口稅的結果類似。

(19)式作全微分，並稍做整理可得進口關稅對出口國污染稅之效果：

$$\frac{d\alpha}{dT} = -\frac{W_{\alpha T}^H}{W_{\alpha\alpha}^H + W_{\alpha\beta}^H} \quad (\text{式 } 20)$$

利用(20)式可獲得下列命題：

命題四：在廠商進行價格競爭的情況下，進口國關稅下降將導致出口國最適污染稅上升。

證明：見附錄四。

命題四的經濟意義與命題一類似。當進口國調降關稅時，廠商的污染量會伴隨產量擴張而增加，由於產量擴張對邊際環境損害的影響會大於廠商邊際利潤的增加，因此政府將提高污染稅。

如第三節所述，當廠商進行數量競爭時，政府因出口國關稅降低而提高污染稅，廠商所獲得的補貼不降反升。而當廠商進行價格競爭時，最適污染稅將大於邊際環境損害，兩者間的差距可視為「出口稅」。命題四已證明出口國的最適污染稅將隨進口國關稅的調降而上升，而污染稅與邊際環境損害間的差距（亦即出口稅）與進口關稅間的關係則有待進一步的分析。

在附錄五我們證明出口國的「出口稅」與進口國關稅呈相反方向變動。將此結論與第三節的結論相較，可得到有趣的對比。在數量競爭的情況下，廠商所獲得的優惠隨進口國關稅的減少而增加。換言之，當廠商的邊際獲利能力因關稅下降而增加時，政府反而會提供更多的優惠。可是當廠商的邊際獲利能力惡化時，政府則會「雨天收傘」，減少補助。然而在價格競爭的情況下，出口稅與進口國關稅呈相反方向變動；當廠商的邊際獲利能力因進口關稅下降而提高時，政府反而會課徵更高的出口稅。由此又再次凸顯市場結構對政府政策決定的重要性。

貿易自由化對環境品質的影響亦為本文所關注的對象。如前節所述，雖然關稅調降會造成污染稅提高，但並不代表淨污染將因而減少。

命題五：進口國調降關稅，雖使出口國環境政策更嚴格，但淨污染卻將增加，即 $de/dT < 0$ 。

證明：見附錄六。

雖然污染稅以及污染稅與邊際環境損害的差距均隨進口國關稅降低而增加，但此更趨嚴格的環境政策反而導致更惡劣的環境品質。這是因為污染稅上升雖可抑制污染，然而此一效果卻不及因關稅下降，伴隨產出擴張所增加的污染量，因此最終的結果將使環境品質更為惡化。

(4) 福利效果的探討

除了探討貿易自由化對出口國環境品質的影響外，我們亦關心貿易自由化的福利效果。與 3.4 節相同，本文假設在貿易自由化前，三個國家均在 Nash 假設下決定其政策。但進口國關稅因受國際談判之限制，有可能低於 Nash 關稅的水準。

我們先分析關稅外生性地調降對出口國的福利效果。將出口國的社會福利函數對進口關稅求導數，可得

$$\frac{dW^i}{dT} = \underbrace{(\alpha - D) \frac{de}{dT}}_{\text{(環境效果)}} \underbrace{- x}_{\text{(直接效果)}} + b \underbrace{\left(1 + \frac{d\alpha}{dT}\right) \frac{dp}{dT}}_{\text{(間接效果)}} x < 0, \quad i = H, F \text{ (式 21)}$$

由上式可發現，關稅下降對出口國政府會造成兩項影響，其一為關稅下降使淨污染量上升，但有別於前一節數量競爭下的結果，在價格競爭下，污染稅高於邊際環境損害，因此環境稅的收入將足以彌補環境品質的破壞，且還有剩餘，出口國的福利將因之而增加。此一效果由(21)式右邊第一項表示。第二、關稅下降可提高廠商的邊際獲利能力，進而增加廠商的利潤。雖然關稅下降使出口國產品價格下滑，不利於廠商利潤（右邊第三項表之），但此效果仍不敵前

述關稅下降之直接效果（右邊第二項），²¹ 因此廠商的利潤將隨關稅調降而增加。綜言之，消費國關稅下降將提高生產國之福利。

接著探討關稅對進口國福利的影響。進口國的福利函數為消費者剩餘和關稅收入之加總，當商品需求函數為 $x = \gamma - p + bq$ 及 $y = \gamma - q + bp$ ，消費者剩餘等於 $(x^2 + y^2)/2$ ，政府的目標函數因此為：

$$W^C = \frac{1}{2}(x^2 + y^2) + T(x + y) \quad (\text{式 22})$$

在廠商對稱性的假設下，可導出關稅變動對進口國的福利效果為：

$$\frac{dW^C}{dT} = \underbrace{2x}_{(\text{直接效果})} - \underbrace{2(x+T)(1-b)\left(1 + \frac{d\alpha}{dT}\right)}_{(\text{間接效果})} \frac{dp}{dT} \quad (\text{式 23})$$

在以下引理中，我們將證明只要貿易自由化前之關稅水準小於或等於 Nash 關稅（Nash 關稅 $T^* = x/(1-b)$ ），²² 則 dW^C/dT 將大於零。

引理一：當貿易自由化前的關稅小於或等於 Nash 關稅時，貿易自由化將減少進口國的福利。

證明：由 (23) 式可解得 $dW^C/dT = 2[x - (x+T)(1-b)(1 + d\alpha/dT)(dp/dT)]$ 。因為 $dp/dT = 1/(2-b) \in (0.5, 1)$ 且 $0 < 1 + d\alpha/dT < 1$ （見附錄四），故可知：

$$(x+T)(1-b)(1 + d\alpha/dT)(dp/dT) < (x+T)(1-b)。$$

然而由 $x - (x+T)(1-b) = bx - (1-b)T$ 可發現，當 $T \leq T^* = x/(1-b)$ 時， $x - (x+T)(1-b)(1 + d\alpha/dT)(dp/dT) > x - (x+T)(1-b) \geq 0$ ，也因此證明當 $T \leq T^* = x/(1-b)$ 時， $dW^C/dT > 0$ ，表

²¹ 因為 b 、 $1 + d\alpha/dT$ 與 dp/dT 等三項均小於一，故可得知直接效果將大於間接效果。

²² 在 Nash 假設下，將 (22) 式對 T 微分，並利用 $dp/dT = 1/(2-b)$ 可得 $T^* = x/(1-b)$ 。

示貿易自由化將不利於進口國的福利。

引理一的結果說明，進口國福利將隨其關稅調降而減少。關稅下降一方面導致產品價格下跌，增加消費者剩餘，進口國的福利因而提高；但另一方面，關稅下降亦使關稅收入減少，使進口國的福利降低。由引理一可知，當關稅下降時，關稅收入減少的效果大於消費者剩餘增加的效果，因此貿易自由化不利於消費國的福利。

綜合以上分析，貿易自由化使生產國得利，進口國卻受害。但全球的福利水準將隨關稅下降增加或減少呢？命題六將回答此一問題。

命題六：當廠商進行價格競爭時，若 $\max\{0, (2b-1)x/(1-b)\} \leq T \leq T^*$ ，則貿易自由化將增進全球福利。若 $T < (2b-1)x/(1-b)$ ，貿易自由化對全球的福利效果則無法確定。

證明：利用(21)及(23)式，可得進口國關稅變動對全球福利的效果為，

$$\frac{dW^W}{dT} = 2(\alpha - D) \frac{de}{dT} + \frac{2}{2-b} \left(1 + \frac{d\alpha}{dT} \right) [(2b-1)x - (1-b)T]$$

由(18)式及命題五分別得知 $\alpha - D > 0$ ， $de/dT < 0$ ，由此可知上式右邊第一項小於零。又利用 $0 > d\alpha/dT > -1$ (見附錄四)，可得知若 $\max\{0, (2b-1)x/(1-b)\} \leq T \leq T^*$ ，則上式右邊第二項將小於或等於零。因此在上述條件下， $dW^W/dT < 0$ ，亦即全球福利與進口國關稅呈相反方向變動。相反地，若 $T < (2b-1)x/(1-b)$ ，則 dW^W/dT 的符號將無法判定。

就全球觀點而言，關稅下降對兩出口國廠商利潤增加的直接效果（第(21)式右邊第二項），將完全為進口國關稅收入減少的直接效果（第(23)式右邊第一項）所抵銷。因此淨福利效果須視關稅下降的間接效果與環境效果而定。當自由化前的關稅稅率較大時， T 下降對進口國所產生的間接效果（第(23)式右邊第二項）將足以彌補出口國因價格下滑所間接造成的利潤減少（第(21)式右邊第三項），若再加上環境改善的效果，則全球福利將隨關稅下降而增加。然而，

當自由化前的關稅稅率較低時，則進口國因關稅下降所產生的間接效果將少於出口國價格下跌所間接造成的利潤減少，因此貿易自由化對全球化的福利效果將無法確定。

當命題六的條件滿足時，貿易自由化將有助於全球福利的提升。然而進口國調降關稅雖可增進全球福利，但其自身的福利卻因而受損，此易導致進口國抗拒調降關稅，不利於全球貿易自由化的推展。

5. 結論

本文以一個「兩國三地」模型探討出口國如何以環境政策做為策略性貿易政策工具。當廠商進行數量競爭時，政府會制定較皮古稅為寬鬆的環境政策以鼓勵出口，造成所謂「生態傾銷」的現象。當消費國調降關稅，生產國因廠商產量增加致使污染擴大，故將提高污染稅以為因應。值得注意的是，污染稅雖提高，但政府對廠商所提供的優惠反而增加。另外，伴隨著較高的污染稅而來的卻是更多的污染排放，導致出口國的環境品質更形惡化。

當廠商進行價格競爭時，出口國政府將制定一個高於皮古稅的環境稅，其效果形同對產品輸出課徵一出口稅，因此生態傾銷將不復見。當進口國降低關稅時，由於出口國擔心降低污染稅將引起廠商間的削價競爭，因而將提高污染稅。雖然污染稅提高（且政府對廠商課徵的「出口稅」也增加），但關稅降低使廠商產量擴張的幅度會大於污染稅上升所產生的產量抑制效果，最終淨污染還是增加。

在福利效果方面，不論是在數量競爭或是價格競爭下，關稅下降都使出口國福利水準增加。在進口國的福利方面，若在自由化之前，關稅稅率小於或等於 Nash 關稅，則貿易自由化將使進口國福利水準下降。就全球的觀點而言，當廠商採取數量競爭時，全球的福利仍將因貿易自由化而得到改善。當廠商採取價格競爭時，若命

題六的條件得以滿足，則進口國降低關稅將有助於全球福利的提升。值得注意的是，全球福利雖隨進口國關稅調降而增加，但進口國的福利卻因而下降，此易導致進口國抗拒降低關稅，對全球貿易自由化的推行增添阻力。

由本文分析可知，政府的政策與產品市場結構有著密切的關係。然而本文假設每個出口國只有一家廠商。如果出口國有多家廠商進行生產，結果將有所不同。當有多家國內廠商進行數量競爭時，個別廠商為追求自身利潤極大，將生產過多產品，而無法極大化整個產業的利潤。為使廠商減產，政府有誘因提高污染稅，因此我們可以預期，當一國的出口產業由獨佔轉成寡佔或獨佔性競爭時，污染稅將會提高。此外，考慮多個出口國之情況亦是本文可進一步延伸的方向。

數學附錄

<附錄一>

$$\begin{aligned}
W_{\alpha\alpha}^H &= \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \alpha} + \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial \alpha} \\
&= -\left[1 + \frac{2}{3} D' + D'' g'(\alpha)\right] \left[\frac{2}{3} + g'(\alpha)\right] + \frac{2}{9} - (\alpha - D') g''(\alpha) \quad (A1)
\end{aligned}$$

$$W_{\alpha\beta}^H = \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \beta} = \frac{1}{3} D'' \left[\frac{2}{3} + g'(\alpha)\right] - \frac{1}{9} \quad (A2)$$

$$W_{\alpha T}^H = \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial T} = -\frac{1}{3} D'' \left[\frac{2}{3} + g'(\alpha)\right] + \frac{1}{9} \quad (A3)$$

由(A1) - (A3)式得知 $W_{\alpha\alpha}^H + W_{\alpha\beta}^H < 0$, $W_{\alpha\beta}^H = -W_{\alpha T}^H$ 。當 α 與 β 為策略性互補時, $W_{\alpha\beta}^H$ 將大於零, 因此 $W_{\alpha T}^H$ 將小於零。此外, 由於 $\partial x / \partial \beta > 0$, 且 $W_{\alpha\beta}^H = (\partial W_{\alpha}^H / \partial x)(\partial x / \partial \beta) > 0$, 故可推知 $\partial W_{\alpha}^H / \partial x > 0$ 。

<附錄二>

因為 $S = D - \alpha = \frac{x}{2 + 3g'(\alpha)}$, 故

$$\begin{aligned}
\frac{dS}{dT} &= \frac{1}{2 + 3g'(\alpha)} \left(\frac{\partial x}{\partial \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dT} + \frac{\partial x}{\partial \beta} \cdot \frac{d\beta}{dT} + \frac{dx}{dT} \right) - \frac{x}{[2 + 3g'(\alpha)]^2} 3g''(\alpha) \frac{d\alpha}{dT} \\
&= \frac{-1}{3} \cdot \frac{1}{2 + 3g'(\alpha)} \left(1 + \frac{d\alpha}{dT} \right) - \frac{3x}{[2 + 3g'(\alpha)]^2} g''(\alpha) \frac{d\alpha}{dT}
\end{aligned}$$

由於 $-1 < d\alpha / dT < 0$, 且 $g''(\alpha) \leq 0$, 故 $dS / dT < 0$ 。

<附錄三>

將廠商淨污染函數對 T 求導數，可得

$$\frac{de}{dT} = \frac{\partial x}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dT} + \frac{\partial x}{\partial \beta} \frac{d\beta}{dT} + \frac{dx}{dT} - g'(\alpha) \frac{d\alpha}{dT} = -\frac{1}{3} - \frac{1}{3}(1+3g'(\alpha)) \frac{d\alpha}{dT} \quad (\text{A4})$$

利用(A1) - (A3)式可獲得，

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{\frac{1}{3} D' \left(\frac{2}{3} + g'(\alpha) \right) - \frac{1}{9}}{-\left(1 + \frac{1}{3} D' + D' g'(\alpha) \right) \left(\frac{2}{3} + g'(\alpha) \right) - (\alpha - D') g''(\alpha) + \frac{1}{9}}, \text{ 因此}$$

$$-(1+3g'(\alpha)) \frac{d\alpha}{dT} = \frac{\left(\frac{1}{3} D' + D' g'(\alpha) \right) \left(\frac{2}{3} + g'(\alpha) \right) - \frac{1}{3} g'(\alpha) - \frac{1}{9}}{\left(1 + \frac{1}{3} D' + D' g'(\alpha) \right) \left(\frac{2}{3} + g'(\alpha) \right) + (\alpha - D') g''(\alpha) - \frac{1}{9}} \quad (\text{A5})$$

由於(A5)右項的分子小於分母，故可知 $0 < -(1+3g')(d\alpha/dT) < 1$ 。
將此結果帶入(A4)式，可以得知 $-1/3 < de/dT < 0$ 。

<附錄四>

為簡化分析並求得較明確之結果，我們假設邊際防治努力為常數，故以 $g'(\alpha) = \theta$ 代入以下的式子。

$$W_{\alpha\alpha}^H = \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial x} \left(\frac{\partial x}{\partial p} \frac{dp}{d\alpha} + \frac{\partial x}{\partial q} \frac{dq}{d\alpha} \right) + \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial \alpha}$$

$$= \left[1 + D' \left(\frac{2-b^2}{4-b^2} \right) + D' \theta \right] \left[\frac{-2+b^2}{4-b^2} - \theta \right] + \frac{b^2}{4-b^2} \left(\frac{-2+b^2}{4-b^2} \right) \quad (\text{A6})$$

$$W_{\alpha\beta}^H = \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial x} \left(\frac{\partial x}{\partial p} \frac{dp}{d\beta} + \frac{\partial x}{\partial q} \frac{dq}{d\beta} \right)$$

$$= -D' \left(\frac{b}{4-b^2} \right) \left[\frac{-2+b^2}{4-b^2} - \theta \right] + \frac{b^2}{4-b^2} \left(\frac{b}{4-b^2} \right) \quad (\text{A7})$$

$$\begin{aligned}
 W_{\alpha T}^H &= \frac{\partial W_{\alpha}^H}{\partial x} \left(\frac{\partial x}{\partial p} \frac{dp}{dT} + \frac{\partial x}{\partial q} \frac{dq}{dT} \right) \\
 &= \underbrace{-D'}_{(-)} \underbrace{\left(\frac{-1+b}{4-b^2} \right)}_{(-)} \underbrace{\left[\frac{-2+b^2}{4-b^2} - \theta \right]}_{(-)} + \underbrace{\frac{b^2}{4-b^2}}_{(+)} \underbrace{\left(\frac{-1+b}{4-b^2} \right)}_{(-)}
 \end{aligned} \quad (A8)$$

因為 $\theta > 0$ 且 $0 < b < 1$ ，故由(A6) - (A8)式得知 $W_{\alpha\alpha}^H + W_{\alpha\beta}^H < 0$ 且 $W_{\alpha T}^H < 0$ ，並代入(20)式可獲得 $-1 < d\alpha/dT < 0$ 。

<附錄五>

$$\text{因為 } \tau = \alpha - D = \frac{(x + \alpha - D') \frac{b^2}{4-b^2}}{\frac{2}{4-b^2} + g'(\alpha)}, \text{ 將 } g'(\alpha) = \theta \text{ 代入，並經整理}$$

可得

$$(\alpha - D') \left[1 - \frac{b^2}{2 + \theta(4 - b^2)} \right] = \frac{b^2 x}{2 + \theta(4 - b^2)} \quad (A9)$$

令 $\psi = \frac{b^2}{2 + \theta(4 - b^2)}$ ，且代入(A9)式可得 $\tau = \frac{\psi}{1 - \psi} x$ 。然後將 τ 對 T 求其導數，

$$\frac{d\tau}{dT} = \frac{\psi}{1 - \psi} \left[\frac{\partial x}{\partial p} \left(\frac{\partial p}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dT} + \frac{\partial p}{\partial \beta} \frac{d\beta}{dT} + \frac{\partial p}{\partial T} \right) + \frac{\partial x}{\partial q} \left(\frac{\partial q}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dT} + \frac{\partial q}{\partial \beta} \frac{d\beta}{dT} + \frac{\partial q}{\partial T} \right) \right]$$

再利用 $\frac{\partial p}{\partial \alpha} + \frac{\partial p}{\partial \beta} = \frac{\partial p}{\partial T}$ 與 $\frac{d\alpha}{dT} = \frac{d\beta}{dT}$ 之關係，可獲得：

$$\frac{d\tau}{dT} = \frac{\psi}{1 - \psi} \left[(b-1) \frac{\partial p}{\partial T} \left(1 + \frac{d\alpha}{dT} \right) \right]$$

由於 $0 < b < 1$ ，且 $-1 < d\alpha/dT < 0$ ，故可証得 $d\tau/dT < 0$ 。

<附錄六>

因為 $e = x - g(\alpha)$, 故

$$\begin{aligned} \frac{de}{dT} &= \left[\frac{\partial x}{\partial p} \left(\frac{\partial p}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dT} + \frac{\partial p}{\partial \beta} \frac{d\beta}{dT} + \frac{\partial p}{\partial T} \right) + \frac{\partial x}{\partial q} \left(\frac{\partial q}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dT} + \frac{\partial q}{\partial \beta} \frac{d\beta}{dT} + \frac{\partial q}{\partial T} \right) \right] \\ &\quad - g'(\alpha) \frac{d\alpha}{dT} = - \left(\frac{1-b}{2-b} \right) + \left[- \frac{1-b}{2-b} - g'(\alpha) \right] \frac{d\alpha}{dT} \end{aligned} \quad (A10)$$

將(A10)式同乘 $\frac{2-b}{1-b}$ 可得 ,

$$\frac{2-b}{1-b} \frac{de}{dT} = -1 - \left[1 + \frac{2-b}{1-b} g'(\alpha) \right] \frac{d\alpha}{dT} \quad (A11)$$

利用附錄四結果 , 可求得

$$\begin{aligned} & - \left[1 + \frac{2-b}{1-b} g'(\alpha) \right] \frac{d\alpha}{dT} \\ &= \frac{\left[D'g'(\alpha) + D' \frac{1-b}{2-b} \right] \left[\frac{2-b^2}{4-b^2} + g'(\alpha) \right] + \frac{b^2}{4-b^2} \left(\frac{1-b}{2-b} + g'(\alpha) \right)}{\left[1 + D'g'(\alpha) + D' \frac{1-b}{2-b} \right] \left[\frac{2-b^2}{4-b^2} + g'(\alpha) \right] + \frac{b^2}{4-b^2} \frac{1-b}{2-b}} \end{aligned}$$

由上式可獲得 , $0 < - \left[1 + \frac{2-b}{1-b} g'(\alpha) \right] \frac{d\alpha}{dT} < 1$, 將此結果代入(A11)

式 , 可得 $-1 < \frac{2-b}{1-b} \cdot \frac{de}{dT} < 0$, 此不等式隱含 $-\frac{1-b}{2-b} < \frac{de}{dT} < 0$ 。

參考文獻

- Barrett, S. (1994), "Strategic Environmental Policy and International Trade," *Journal of Public Economics*, 54, 325-338.
- Brander, J. and B. Spencer (1985), "Export Subsidies and International Market Share Rivalry," *Journal of International Economics*, 18, 83-100.
- Conrad, K. (1993), "Taxes and Subsidies for Pollution-Intensive Industries as Trade Policy," *Journal of Environmental Economics and Management*, 25, 121-135.
- Conrad, K. (1996), "Emission Taxes under International Price Competition," in C. Carraro, Y. Katsoulacos and A. Xepapadeas eds., *Environmental Policy and Market Structure*, Dordrecht: Kluwer, 85-98.
- Dixit, A. (1986), "Comparative Statics for Oligopoly," *International Economic Review*, 27, 107-122.
- Eaton, J. and G. M. Grossman (1986), "Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly," *Quarterly Journal of Economics*, 101, 383-406.
- Kennedy, P. W. (1994), "Equilibrium Pollution Taxes in Open Economies with Imperfect Competition," *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 49-63.
- Rauscher, M. (1994), "On Ecological Dumping," *Oxford Economic Papers*, 46, 822-840.
- Ulph, A. (1996a), "Environmental Policy and International Trade when Governments and Producers Act Strategically," *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, 265-281.

- Ulph, A. (1996b), "Strategic Environmental Policy and International Trade--The Role of Market Conduct," in C. Carraro, Y. Katsoulacos and A. Xepapadeas eds., *Environmental Policy and Market Structure*, Dordrecht: Kluwer, 99-130.
- Ulph, A. (1997), "International Trade and the Environment: A Survey of Recent Economic Analysis," in *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 1997/1998: A Survey of Current Issues*, Henk Folmer and Tom Tietenberg eds., Cheltenham, U.K. : Edwar Elgar, 205-242.
- Ulph, A. (1999), "Ecological Dumping: Harmonization and Minimum Standards," in *Environmental regulation and market power: Competition, time consistency and international trade*, Petrakis, Emmanuel Sartzetakis, Eftichios S. Xepapadeas, Anastasios eds., Cheltenham, U.K. : Edwar Elgar, 233-250.
- Walz, U. and D. Wellisch (1997), "Is Free Trade in the Interest of Exporting Countries when There is Ecological Dumping," *Journal of Public Economics*, 66, 275-291.
- Wilson, J. S., C. L. Mann, and T. Otsuki (2003), "Trade Facilitation and Economic Development: Measuring the Impacts," *World Bank Policy Research Working Paper* No. 2988.
- WTO (2001), *Trading Into the Future 2* ed. Geneva: WTO Secretariat.

Tariff Policy, Environmental Policy, and Welfare Effects Analysis

Yu-Bong Lai

Department of Public Finance National Taipei University

Chia-Hui Wang

Department of Public Finance National Chengchi University

Received 15 October 2002; accepted 15 January 2004

Abstract

We investigate the effects of the importing country's tariff cuts on the environmental policies of two competing exporting countries in a third market model. By building a two-stage game, we find that when the firms engage in a Cournot duopoly game, tariff cuts increase the exporting countries' pollution taxes. However, the increasing pollution taxes imply higher subsidies to the firms and result in more pollution emissions. In a Bertrand duopoly case, tariff cuts also increase the exporting countries' pollution taxes, indicating that the governments raise the export taxes on the firms. Moreover, we demonstrate that in both Cournot and Bertrand competition, trade liberalization will enhance world welfare, but degenerate the exporting countries' environments and lower the importing country's welfare.

Keywords: strategic trade, environmental policy, trade liberalization, pollution taxes

JEL classification: F13, F18, H23, L13