

貿易自由化、污染稅與福利效果— 異質性 Bertrand 與 Cournot 競爭模式的比較

郭虹瑩*、吳朝欽**、楊明憲***

本文在異質性 Bertrand 及 Cournot 兩種競爭模式下，探討關稅減讓政策對於最適污染稅與社會福利水準的影響。本文發現：(1) 當產品為完全異質時，價格競爭的模式與數量競爭模式所獲致的結論相同；當產品為不完全異質時，不同的競爭模式有明顯不同的結果。(2) 不管是在價格競爭抑或是數量競爭的情況下，關稅減讓政策對於最適污染稅的影響與產品的異質性有關，當產品為完全異質時，關稅減讓政策會提高最適的污染稅；當產品的異質性較低時，則關稅減讓政策對於最適污染稅的影響則不明確。此外，關稅減讓政策對社會福利的影響效果並不明確。(3) 在大部分的情況下，價格競爭的關稅減讓對污染稅與社會福利的提升效果皆大於數量競爭的情況。

關鍵詞：跨界汙染、產品異質性、價格競爭

* 銘傳大學國際企業學系副教授。

** 逢甲大學財稅學系副教授。本文之通訊作者，40724 台中市西屯區文華路 100 號。
E-mail: wutcy@ gmail.com ; Tel: +886-4-24517250 ext 4305 ; Fax: +886-4-3507-2120。

*** 逢甲大學國際經營與貿易學系教授。

本文初稿承蒙主編與兩位匿名審查者提供諸多寶貴之意見，特此致謝。

農業經濟叢刊 (Taiwanese Agricultural Economic Review), 23:2(2017), 1-40。

臺灣農村經濟學會出版

I、前言

在當前世界貿易自由化與國際環保主義的浪潮之下，對於環境保護與國際貿易二項議題間的互動，近年來受到廣泛的重視，在這樣的背景下，許多文獻採用不完全競爭的國際寡占市場結構來探討上述課題，如 Siebert 等人（1980）、Wilson（1996）、Ulph（1997）、Schulze 與 Ursprung（2001）、Sturm 與 Ulph（2002）以及 Copeland 與 Taylor（2003）等。貿易自由化盛行後，不少傳統貿易工具的使用受到限制（例如關稅與出口補貼），在策略性貿易動機的驅使下，許多國家紛紛利用環境政策來達成策略性貿易政策的功能，因而造成所謂的「生態傾銷」（ecological dumping）現象（註 1），如 Conrad（1993；1996）、Barrett（1994）、Kennedy（1994）、Ulph（1996）、Lai 與 Hu（2005）等人的探討。這些研究發現，當在國際市場競爭的所有國家都藉由寬鬆的環境政策進行生態傾銷時，將導致各國的環境品質一起「向下沉淪」（race to the bottom）。

近年來隨著貿易自由化，關稅稅率不斷的往下調降，這種調降的趨勢激起各國之間在貿易市場上的競爭，在傳統貿易工具受限的情況下，如何利用環境政策的制訂來取代策略性貿易政策的功能，吸引了許多學者投入此一議題的探討。在這之中，楊雅博與許淑嫻（2015）在開放經濟體系中探討不同型態的環境污染下，貿易出口國的均衡環境政策與進口國的差別性關稅政策（註 2）。此外，Burguet 與 Sempere（2003）、Kayalica 與 Kayalica（2005）、Baksi 與 Ray Chaudhuri（2009）以及 Fujiwara（2010），則採用對稱型相互傾銷（reciprocal dumping）的雙邊模型，探討貿易自由化（即雙邊關稅稅率的降低）如何影響到國家間的環境政策與福利水準。其中 Burguet 與 Sempere（2003）探討的是，當汙染屬於局部的生產外部性時，在產量對邊際社會成本的影響較大（小）的情況下，雙邊關稅的減讓會提高（降低）污染稅稅

率。此外，當政府選擇的環境政策工具為污染稅時，雙邊關稅的減讓會提升各國的福利水準；當政府選擇的環境政策工具為管制污染標準時，則雙邊關稅的減讓不必然會提升各國的福利水準。Baksi 與 Ray Chaudhuri (2009) 則在跨國汙染下，探討雙邊關稅減讓對各國福利水準的影響，該文發現當汙染損害程度夠高（低）時，雙邊關稅的減讓可提高（減少）污染稅稅率，另外，在關稅稅率較小（大）時，實施關稅減讓會減少（增加）各國的福利水準。另外，與以上二篇文章不同的是，Kayalica 與 Kayalica (2005) 以及 Fujiwara (2010) 探討的是消費外部性，前者探討的是局部性的汙染，後者則是探討跨國界的汙染，此二篇文獻都發現，雙邊關稅的減讓可增進各國的福利水準。

值得一提的是，文獻上採取對稱的相互傾銷之雙邊模型，大多立基在數量競爭的寡占市場結構，實際上，廠商的競爭模式也可能為價格競爭。當廠商採取的競爭模式不同，所獲得的結論通常也會有所差異。例如：在策略性的出口貿易政策下，當廠商的競爭模式為數量競爭時，最適的出口貿易政策為補貼；當廠商的競爭模式為價格競爭時，最適的出口貿易政策則為課稅。在國際租稅競爭方面，Lai (2006) 指出：若將利潤移轉效果納入傳統租稅競爭模型中，在三國兩廠商的架構下，當廠商進行數量競爭時，利潤移轉效果會讓租稅競爭的程度加劇；然而，當廠商進行價格競爭時，利潤移轉效果會減緩租稅競爭的程度。在民營化文獻方面，Ohnishi (2010) 指出：當廠商的競爭模式為數量競爭時，最適的選擇為部分民營化；當廠商的競爭模式為價格競爭時，最適的選擇則為完全民營化。此外，上述的文獻大都假設商品為同質，忽略商品異質性的存在（註 3），基於此，本文採取異質性產品的 Bertrand 價格競爭模型，且在汙染為生產外部性的情況下，重新探討關稅減讓對於最適污染稅以及社會福祉的影響（註 4）。所獲致的結果將與傳統 Cournot 數量競爭模型作一比較。

至於本文的章節安排如下，除前言外，第二節為基本模型的設定，第三

節為 Bertrand 價格競爭的模型，第四節為 Cournot 數量競爭的模型，第五節為兩國租稅協調的效果，最後為結論。

II、基本模型

本模型仿照 Baksi 與 Ray Chaudhuri (2009) (文後簡稱為 B-R-C 模型)，假設環境污染屬於生產外部性 (註 5)，設立一個對稱且相互傾銷的雙邊貿易模型。假定市場上存在兩家廠商，分別屬於不同國家 (稱之為本國與外國)，兩廠商將所生產的產品，互相銷往對方國家。與 B-R-C 模型不同之處有二：其一，本文對於廠商間的競爭模式假設為價格競爭，而非數量競爭。其二，兩國生產異質性產品，而非同質性產品。依照 B-R-C 模型的設定，廠商的生產技術為邊際成本固定且等於零。此外，為了刻劃商品的異質性，我們仿照 Vives (1984) 乙文，將本國代表性個人的效用函數假設為拋物線函數的形態 (註 6)：

$$U(x, y) = x + y - \frac{1}{2}(x^2 + 2\lambda xy + y^2) + m \quad (1)$$

其中， x 為本國消費者對本國財貨的消費量， y 為本國消費者對外國進口財貨的消費量， λ 代表 x 與 y 兩個財貨間的異質程度， $0 \leq \lambda < 1$ ，當 λ 趨近於 1，表示異質程度愈小；當 λ 趨近於 0，表示異質程度愈大；當 $\lambda = 0$ ，則 x 與 y 為完全異質性。 m 為計價財，價格標準化為 1。消費者的預算限制為 $p_x x + p_y y + m = I$ ，其中 I 為代表性個人的所得。

首先，本國市場消費者的決策為在預算限制的情況下 (註 7)，選擇 x 、 y 兩種財貨極大化(1)式，由此我們可得本國消費市場 x 、 y 兩種財貨的反需求函數分別為：

$$p_x = 1 - x - \lambda y \quad (2a)$$

$$p_y = 1 - y - \lambda x \quad (2b)$$

其次，將以上兩式聯立求解 x 、 y ，整理為：

$$x = \frac{1 - \lambda - p_x + \lambda p_y}{1 - \lambda^2} \quad (3a)$$

$$y = \frac{1 - \lambda - p_y + \lambda p_x}{1 - \lambda^2} \quad (3b)$$

同理，在對稱模型的假設之下，外國市場的需求函數（以星號*表之）分別令為：

$$x^* = \frac{1 - \lambda - p_x^* + \lambda p_y^*}{1 - \lambda^2} \quad (4a)$$

$$y^* = \frac{1 - \lambda - p_y^* + \lambda p_x^*}{1 - \lambda^2} \quad (4b)$$

至於污染對環境造成的損害函數為 D 與 D^* ，依循 B-R-C 模型的設定，廠商每生產一單位產品會排放一單位的污染，而且生產 x 與 y 會排放相同型態汙染物（註 8）。因此 D 與 D^* 分別為如下：

$$D = \frac{1}{2} \beta [(x + x^*) + \gamma(y + y^*)]^2 \quad (5a)$$

$$D^* = \frac{1}{2} \beta [(y + y^*) + \gamma(x + x^*)]^2 \quad (5b)$$

其中 $\beta \geq 0$ 為污染損害的參數（pollution damage parameter）。在(5a)式與(5b)式中， $(x + x^*)$ 與 $(y + y^*)$ 分別代表本國與外國廠商的總產出水準。 γ 代表跨界汙染的程度，且 $\gamma \in [0,1]$ 。換言之， γ 可視為一個跨界汙染的參數值（parameter），當 $\gamma = 0$ 時，代表存在局部性的汙染，當 $\gamma = 1$ 時，代表存在完全的跨界汙染。最後，為減少汙染排放量，本國與外國政府對每單位汙染排放課徵汙染稅，其稅率分別為 t 與 t^* 。

III、Bertrand 價格競爭

在上述的模型設定下，本文將建構一個兩階段賽局進行分析，其決策時點如下：第一階段，各國政府同時決定污染稅來極大化其各自的社會福利水準。在第二階段，兩國廠商同時選擇價格以極大化其利潤水準。值得一提的是，由於本文旨在探討關稅減讓政策對於各國福利水準的影響，因此對於關稅 τ 的設定，我們仿照傳統文獻的作法，將其令為外生給定的常數。為了求解上述子賽局完全均衡，以下採取回溯法 (backward induction) 求解之。

3.1 廠商的決策行為

首先，求解第二階段廠商的最適決策。給定第一階段本國與外國政府的污染稅政策 t 與 t^* 以及關稅政策 τ (註 9)，本國廠商將選擇其訂價策略以極大化以下的目標函數：

$$\underset{p_x, p_x^*}{Max} \pi = (p_x - t)x + (p_x^* - t - \tau)x^* \quad (6)$$

其中， x 與 x^* 為本國的生產量， x 為國內消費財， x^* 為出口財， x 與 x^* 的影響因素如(3a)與(4a)式所示。同理，外國廠商將決定最適的價格，其目標函數為：

$$\underset{p_y, p_y^*}{Max} \pi^* = (p_y - t^* - \tau)y + (p_y^* - t^*)y^* \quad (7)$$

其中， y 與 y^* 為外國的生產量， y 為外國消費財， y^* 為出口財， y 與 y^* 的影響因素如(3b)與(4b)式所示。將(6)與(7)兩式分別對 p_x 、 p_x^* 以及 p_y 、 p_y^* 偏微分，可求得本國與外國廠商的最適反應函數：

$$p_x(p_y) = \frac{1 - \lambda + t + \lambda p_y}{2} \quad (8a)$$

$$p_x^*(p_y^*) = \frac{1 - \lambda + t + \tau + \lambda p_y^*}{2} \quad (8b)$$

$$p_y(p_x) = \frac{1 - \lambda + t^* + \tau + \lambda p_x}{2} \quad (8c)$$

$$p_y^*(p_x^*) = \frac{1 - \lambda + t^* + \lambda p_x^*}{2} \quad (8d)$$

(8a)、(8b)兩式為本國的最適反應函數，而(8c)、(8d)兩式為外國的最適反應函數。在 Nash 均衡的情況下，分別對(8a)、(8c)兩式以及(8b)、(8d)兩式聯立求解，可求得 Bertrand 價格競爭下的 Nash 均衡 $(\tilde{p}_x, \tilde{p}_x^*; \tilde{p}_y, \tilde{p}_y^*)$ 為如下：

$$\tilde{p}_x = \frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{2t + \lambda(t^* + \tau)}{4 - \lambda^2} \quad (9a)$$

$$\tilde{p}_x^* = \frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{t^* \lambda + 2(t + \tau)}{4 - \lambda^2} \quad (9b)$$

$$\tilde{p}_y = \frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{t \lambda + 2(t^* + \tau)}{4 - \lambda^2} \quad (9c)$$

$$\tilde{p}_y^* = \frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{2t^* + \lambda(t + \tau)}{4 - \lambda^2} \quad (9d)$$

將以上四式代入(9a)-(9d)式可得均衡時本國與外國廠商的產出水準 $(\tilde{x}, \tilde{x}^*; \tilde{y}, \tilde{y}^*)$

如下：

$$\tilde{x} = \frac{1}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} - \frac{(2 - \lambda^2)t - \lambda(t^* + \tau)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \quad (10a)$$

$$\tilde{x}^* = \frac{1}{(1+\lambda)(2-\lambda)} + \frac{\lambda t^* - (2-\lambda^2)(t+\tau)}{(1-\lambda^2)(4-\lambda^2)} \quad (10b)$$

$$\tilde{y} = \frac{1}{(1+\lambda)(2-\lambda)} + \frac{\lambda t - (2-\lambda^2)(t^* + \tau)}{(1-\lambda^2)(4-\lambda^2)} \quad (10c)$$

$$\tilde{y}^* = \frac{1}{(1+\lambda)(2-\lambda)} - \frac{(2-\lambda^2)t^* - \lambda(t+\tau)}{(1-\lambda^2)(4-\lambda^2)} \quad (10d)$$

(10a)、(10b)兩式為本國的最適產出水準，而(10c)、(10d)兩式為外國的最適產出水準，以下將利用以上四式進行關稅減讓對環境政策與社會福利的影響評估。

3.2 均衡的環境政策

在給定關稅水準 τ 的前提下，將第二階段的結果代入第一階段中，以探討政府如何決定最適的污染稅以極大化社會的福利水準。為簡化分析，本文將公共基金的邊際成本令為 1，因此廠商的污染稅支出之權數等於政府的污染稅收入之權數（註 10），故本國的社會福利函數可表示如下：

$$W(t, t^*) \equiv CS + PS + ER + TR - D \quad (11)$$

其中， $CS = x + y - \frac{1}{2}(x^2 + 2\lambda xy + y^2) - p_x x - p_y y$ 為消費者剩餘（註 11）； $PS = (p_x - t)x + (p_x^* - t - \tau)x^*$ 為生產者利潤； $ER = t(x + x^*)$ 為污染稅收入； $TR = \tau y$ 為關稅收入； D 如(5a)式所示，為污染對環境造成的損害函數。(11)式經過整理後可得：

$$W(t, t^*) = x + y - \frac{1}{2}(x^2 + 2\lambda xy + y^2) - p_x x - p_y y + (p_x x + p_x^* x^* - \tau x^* + \tau y) - D \quad (12)$$

其中， $p_x x + p_x^* x^* - \tau x^* + \tau y$ 一項表示 $PS + ER + TR$ 。在視外國污染稅 t^* 為既定的情況下，為求得本國最適污染稅，對(12)式求其一階條件，即 $\partial W(t, t^*) / \partial t = 0$ ，並假設二階條件成立。利用(2a)與(2b)兩式以及(9a)-(10d)式的結果，在對稱的假設下（即 $t = t^*$ ），求得其一階條件為：

$$\left. \frac{\partial W}{\partial t} \right|_{t=t^*} = -\frac{\partial \tilde{p}_y}{\partial t} \tilde{y} + \left(\tilde{p}_x \frac{\partial \tilde{x}}{\partial t} + \frac{\partial \tilde{p}_x^*}{\partial t} \tilde{x}^* + \tilde{p}_x^* \frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial t} \right) + \tau \left(-\frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial t} + \frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} \right) - \frac{\partial D}{\partial t} = 0 \quad (13)$$

(13)式右邊的第一項表示消費者剩餘的變化，第二項表示廠商利潤的變化，第三項表示關稅的變化，第四項表示汙染損害的變化，其推導過程與微分值請分別參見附錄 1 與附錄 2，由(13)式可解得以下的最適污染稅（令為 $\bar{t}(\tau)$ ）（註 12）：

$$\bar{t}(\tau) \Big|_{t=t^*} = \frac{(2-\tau)\lambda^5 + 3\lambda^4 + A\lambda^3 - B\lambda^2 - C\lambda + 4(1+2\beta(1+\gamma)(\tau-2))}{(2+\lambda)\left[\lambda^3 + 4\lambda^2(1+\beta+\beta\gamma) - 2(3+4\beta(1+\gamma)) + \lambda(-3+4\beta\gamma(1+\gamma))\right]} \quad (14)$$

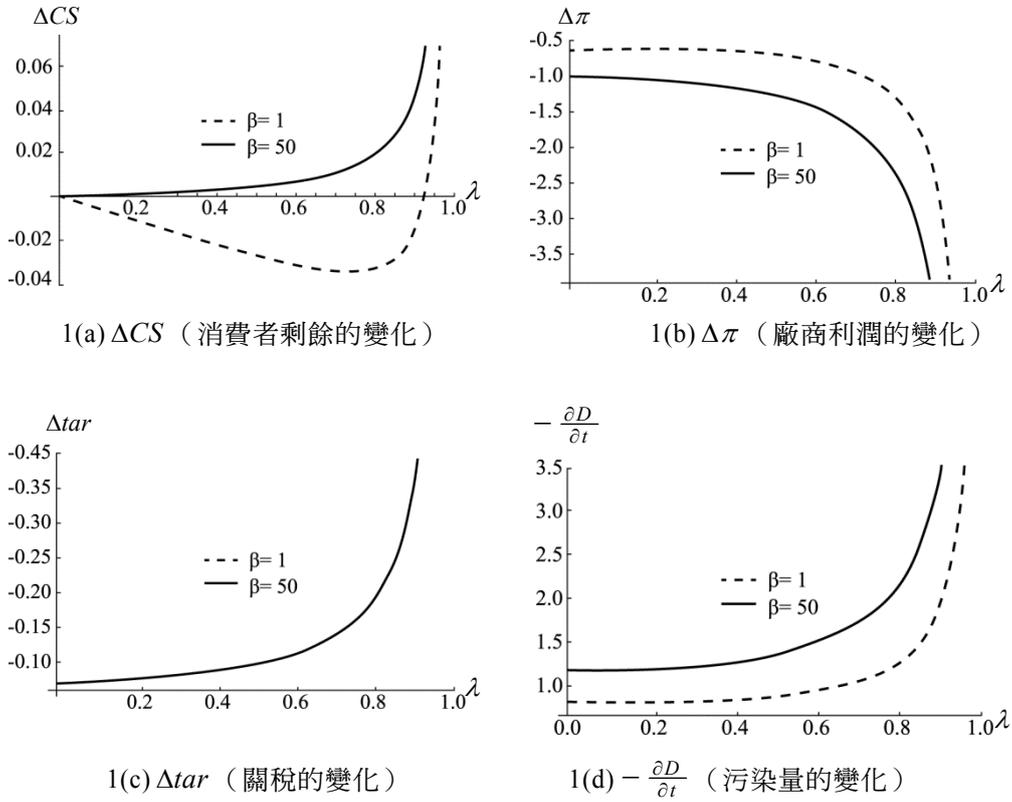
其中， $A = (2-\tau)(-3+2\beta(1+\gamma))$ ， $B = 7+2\beta(2+3\gamma+\gamma^2)(\tau-2)+2\tau$ ， $C = 4\left[-1+\beta(-1+\gamma^2)(\tau-2)+\tau\right]$ ，將(5a)式對汙染總量微分，並將(10a)-(10d)、(14)式代入微分後的方程式，可以得出邊際環境損害為（註 13）：

$$D' = -\frac{\beta(1+\gamma)\left[16+\lambda(8-7\tau)+\lambda^2(\tau-8)+2\lambda^3(\tau-2)-6\tau\right]}{(2+\lambda)\left[\lambda^3+4\lambda^2(1+\beta+\beta\gamma)-2(3+4\beta(1+\gamma))+\lambda(-3+4\beta\gamma(1+\gamma))\right]} \quad (15)$$

值得注意的是，在 $\lambda = 0$ ， $\bar{t}(\tau) - D'$ 為如下所示：

$$\bar{t}(\tau) - D' = -\frac{2+\beta(1+\gamma)\tau}{2[3+4\beta(1+\gamma)]} < 0 \quad (16)$$

上式表示在產品完全異質時（ $\lambda = 0$ ），最適污染稅小於邊際環境損害，為了瞭解當中的原因，有必要清楚在 $0 \leq \lambda < 1$ 時探討污染稅對福利的影響，圖 1 表示在不同 λ 時污染稅對不同福利組合的影響（參見(13)式），我們發現，在 $\lambda = 0$ 時，污染稅對消費者剩餘與關稅的影響不大，對廠商利潤與環境汙染影響較大，這表示在 $\lambda = 0$ 時污染稅主要執行將外部成本內部化及促進廠商獲得出口利潤等雙重任務，在政府只有污染稅一項政策工具的情況下，政府勢必將污染稅調降至比邊際環境損害還低的水準。



資料來源：本研究繪製。

圖 1 在 $\tau = 0.1$ 、 $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 1, 50$ 的組合下，不同的 λ 對 $\partial W / \partial \tau$ 的影響

3.3 進口關稅對環境政策的影響

為了瞭解關稅 τ 對最適污染稅的影響。由(14)式可得：

$$\frac{\partial \bar{t}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{\beta E - (\lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda)}{(2 + \lambda)[\lambda^3 + 4\lambda^2 - 3\lambda - 6 + \beta(1 + \gamma)(4\lambda^2 + 4\lambda\gamma - 8)]} \quad (17)$$

其中， $E = 2(2 + \lambda)(2 - \lambda^2 + 2\gamma - \lambda\gamma - \lambda^2\gamma - \lambda\gamma^2)$ 。在 $\gamma \in [0, 1]$ 、 $\lambda \in [0, 1]$ 與 $\beta \geq 0$ 的假設下，因為 $\lambda^3 + 4\lambda^2 - 3\lambda - 6 < 0$ 與 $4\lambda^2 + 4\lambda\gamma - 8 < 0$ ，由此可知(17)式的分母為負，分子的 $\lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda > 0$ 與 $E > 0$ ，因此(17)式的符號取

決於 βE 與 $\lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda$ 的大小，當 $\beta E > \lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda$ ，則(17)式為負，當 $\beta E < \lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda$ ，則(17)式為正，因而存在一個臨界值 $\hat{\beta} = (\lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda) / E$ ，當 $\beta > \hat{\beta}$ 時，則(17)式為負，當 $\beta < \hat{\beta}$ 時，則(17)式為正。這部分的結果與 B-R-C 模型一致。其經濟直覺為，當環境污染參數 β 小於臨界值 $\hat{\beta}$ 時，政府降低污染稅所換來廠商利潤的提升效果，會大於降低污染稅所造成的污染效果，因而容許在實施關稅減讓時降低最適污染稅率；反之，當環境污染參數 β 大於臨界值 $\hat{\beta}$ 時，政府降低污染稅所換來廠商利潤的提升效果，會小於降低污染稅所造成的污染效果，因此政府將增加最適污染稅率來對抗環境污染的問題。值得注意的是，當 $\lambda = 0$ 時，則(17)式會退化為：

$$\frac{\partial \bar{\tau}(\tau)}{\partial \tau} = -\frac{2\beta(1+\gamma)}{3+4\beta(1+\gamma)} < 0 \quad (18)$$

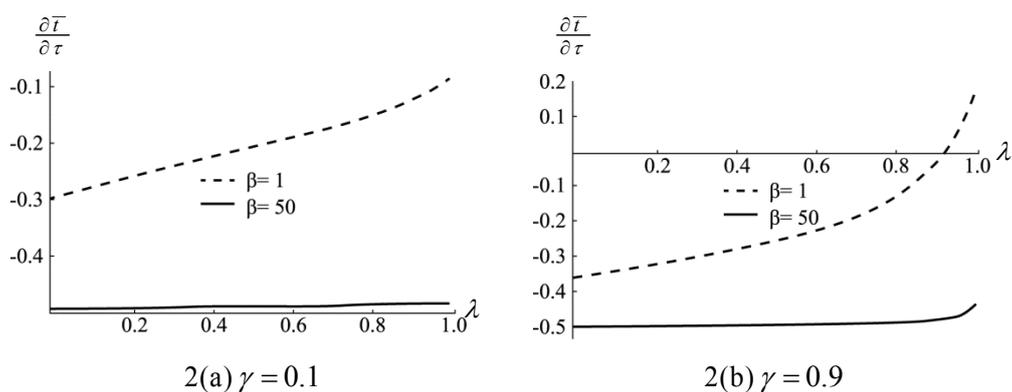
(18)式表示當財貨之間為完全異質時，關稅減讓會提高最適污染稅率，此結果則明顯異於 B-R-C 的結論。可能的原因在於：當商品的異質程度愈大時（商品的價格彈性將愈低），這個性質將降低提高污染稅對出口廠商利潤的影響效果，本國政府可以將污染稅主要用來抑制環境污染，使得最適污染稅上升。此外，從圖 2 可以看出，除了在 $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 1$ 的情況下，當 λ 較大， $\partial \bar{\tau}(\tau) / \partial \tau$ 為正，其他三種情況，任何的 λ 之下 $\partial \bar{\tau}(\tau) / \partial \tau$ 皆為負，除此，當 λ 越小時，則貿易自由化使得最適污染稅的稅率上升幅度越大。

其次，在局部污染方面（ $\gamma = 0$ ），則(17)式可以改寫如下：

$$\frac{\partial \bar{\tau}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{\beta E - (\lambda^5 - 3\lambda^3 + 2\lambda^2 + 4\lambda)}{(2 + \lambda) [\lambda^3 + 4\lambda^2(1 + \beta) - 3\lambda - 2(3 + 4\beta)]} \quad (19)$$

其中，(19)式分母為負， $E = 2(2 + \lambda)(2 - \lambda^2)$ 。(19)式的結果類似(17)式，亦即在環境損害程度小於臨界值時，關稅減讓將會減少最適污染稅稅率。反之，在環境損害程度大於臨界值時，關稅減讓會使得最適污染稅稅率的增

加。值得注意的是，當(19)式在 $\lambda=0$ 時，則 $\partial \bar{t}(\tau)/\partial \tau = -2\beta/(3+4\beta) < 0$ ，此時又會與 Burguet 與 Sempere (2003) 的結果不同。我們將以上結果歸納為以下命題：



資料來源：本研究繪製。

圖 2 在 γ 與 β 的組合下不同的 λ 對 $\partial \bar{t}(\tau)/\partial \tau$ 的影響

命題一：

不管是在跨界污染抑或是局部污染的情況下，關稅減讓政策對於最適污染稅的影響與產品的異質性有關，當產品為完全異質時，則關稅減讓政策會提高最適污染稅；反之，當產品的異質性越小時，則關稅減讓政策對於最適污染稅的影響並不明確。

3.3 進口關稅對社會福祉的影響

本文依循 Burguet 與 Sempere (2003) 以及 B-R-C 模型採用對稱模型的設定，來分析貿易自由化對社會福祉的影響。將(14)式所求得的 $t = t^* = \bar{t}(\tau)$ 代入(12)式 $W(t, t^*)$ 中，可得社會福利水準，令其為 $\bar{W}(\tau)$ ，並為關稅 τ 的函數。進一步求取 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 的比較靜態分析結果如下：

$$\frac{\partial \bar{W}(\tau)}{\partial \tau} = -\frac{\partial \tilde{p}_y}{\partial \tau} \tilde{y} + \left(\tilde{p}_x \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \tau} + \frac{\partial \tilde{p}_x^*}{\partial \tau} \tilde{x}^* + \tilde{p}_x^* \frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial \tau} \right) + \left[\tau \left(-\frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial \tau} + \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \tau} \right) - \tilde{x}^* + \tilde{y} \right] - \frac{\partial D}{\partial \tau} \quad (20)$$

上式右邊的第一項表示消費者剩餘的變化，第二項表示廠商利潤的變化，第三項表示關稅的變化，第四項表示污染損害的變化。值得注意的是，在最適污染稅的情況下，消費者剩餘的效果與部分的廠商利潤效果會互相抵銷 ($-(\partial p_y / \partial \tau)y + (\partial p_x^* / \partial \tau)x^* = 0$)，除此，關稅變化的效果也為零（註 14），因此，(20)式可以重新整理如下：

$$\frac{\partial \bar{W}(\tau)}{\partial \tau} = \left(\tilde{p}_x \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \tau} + \tilde{p}_x^* \frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial \tau} \right) - \frac{\partial D}{\partial \tau} \quad (21)$$

上式右邊的第一項表示廠商利潤的變化，第二項表示污染損害的變化。將附錄 4 的微分結果代入(21)式可以獲致以下結果：

$$\frac{\partial \bar{W}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{2\lambda^8(1-\tau) - F\lambda^7 + G\lambda^6 + H\lambda^5 + I\lambda^4 + J\lambda^3 + K\lambda^2 - L\lambda + M}{(-1+\lambda)(2+\lambda)^2 N^2} \quad (22)$$

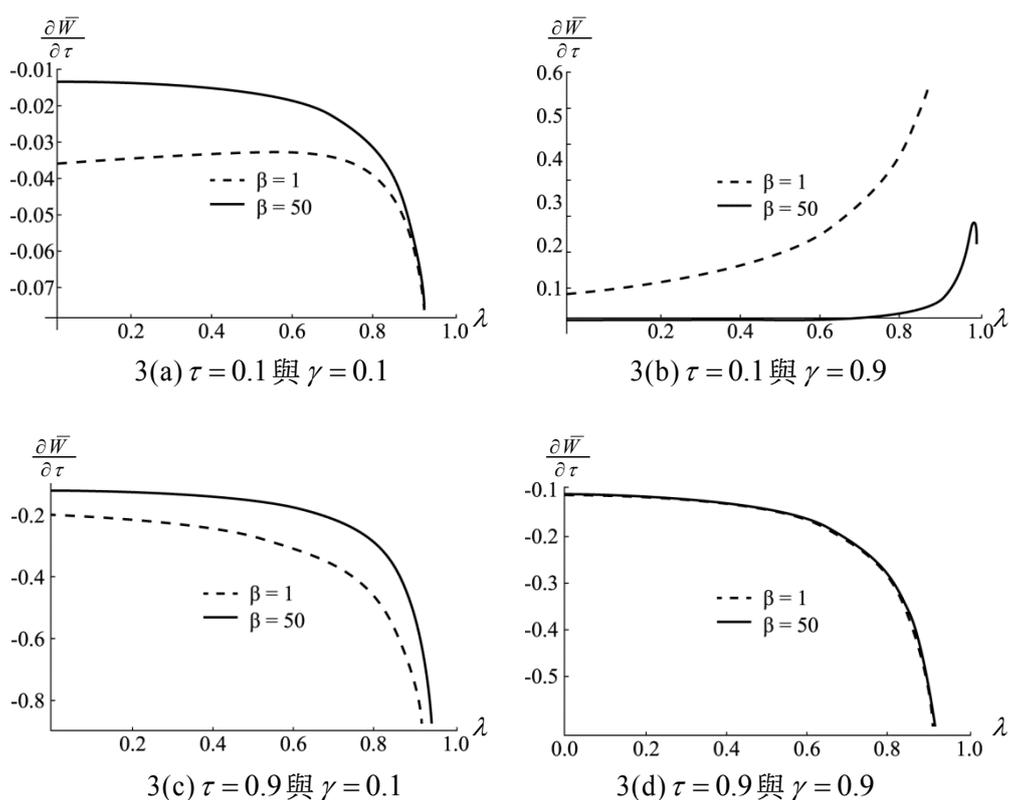
其中， F 、 G 、 H 、 I 、 J 、 K 、 L 、 M 與 N 的值請參見附錄 5。由於在產品異質性的情況下，(22)式相當複雜，符號並不明確，為了有一個較明確的結果，我們假設 $\lambda = 0$ （註 15），則(22)式退化為：

$$\frac{\partial \bar{W}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{-\left\{ [9 + \beta(1+\gamma)(8\beta(1+\gamma) + 9\gamma + 21)]\tau + 6 - 24\beta\gamma(1+\gamma) \right\}}{4(3 + 4\beta(1+\gamma))^2} \quad (23)$$

為了簡化(23)式的分析，本文假設 $6 - 24\beta\gamma(1+\gamma) < 0$ ，也就是 $\beta > \gamma(1+\gamma)/4$ ，此時會存在一個臨界值 $\hat{\tau} = (24\beta\gamma(1+\gamma) - 6) / \{9 + \beta(1+\gamma)[8\beta(1+\gamma) + 9\gamma + 21]\}$ （註 16），當 $\tau > \hat{\tau}$ 時，則(23)式為負，當 $\tau < \hat{\tau}$ 時，則(23)式為正。這部分的結果與 B-R-C 相同。造成這個結果的原因在於，在關稅稅率較大時，廠商的生產量不多，這時候消費者願付價格會大於邊際社會成本，因而當政府實施關稅減讓之後，廠商會增加產品的生產，讓均衡價格減少與邊際社會成本提高，進而縮小消費者願付價格與邊際社會成本的差距，提高一國

社會福利；反之，在關稅稅率較小時，廠商的生產量較多，這時候消費者願付價格會小於邊際社會成本，因而實施關稅減讓之後會降低一國社會福利。

除了在 $\lambda = 0$ 評估 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 的符號，本文進一步探討 $\tau = 0.1$ 與 $\tau = 0.9$ 兩種情況下，在 $\gamma = 0.1$ 、 $\gamma = 0.9$ 、 $\beta = 1$ 與 $\beta = 50$ 四種組合下，觀察不同的 λ 對 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 的影響，從圖3可以看出，首先，在 $\tau = 0.1$ 的情況下，當 $\gamma = 0.1$ 時，不管 $\beta = 1$ 或 $\beta = 50$ ，則任何的 λ 之下 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 皆為負；然而，在 $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 1$ 時，當 $\lambda = 0$ ，則 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 為正，這表示在 $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 1$ 時，關稅的臨界值 $\hat{\tau}$ 會大於 $\tau = 0.1$ ，從而使得 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 為正。其次，在 $\tau = 0.9$ 的情況下，則不同的 γ 與 β 組合，使得任何的 λ 之下 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 皆為負。



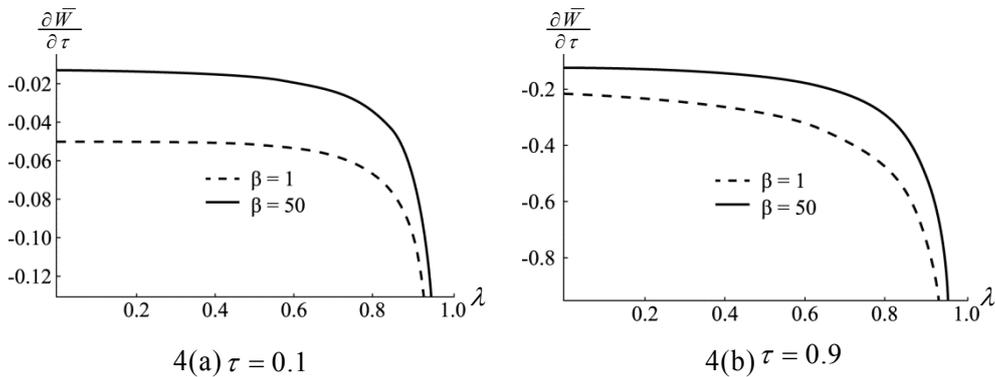
資料來源：本研究。

圖3 在 τ 、 γ 與 β 的組合下，不同的 λ 對 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 的影響

其次，在局部污染方面（ $\gamma=0$ ），則（23）式退化為下式

$$\frac{\partial \bar{W}(\tau)}{\partial \tau} = -\frac{(9 + \beta(8\beta + 21))\tau + 6}{4(3 + 4\beta)^2} < 0 \quad (24)$$

上式表示在產品完全異質時（ $\lambda=0$ ），在價格競爭下雙邊的關稅減讓都可以提升社會的福祉。因此，這個結果與 Burguet 與 Sempere（2003）一致。也就是說，在局部污染的情況下，當產品為完全異質時，不管是價格競爭或數量競爭，消費者願付價格會大於邊際社會，因而關稅減讓會提高一國社會福利。除此，從圖 4 可以看出，在不同的 τ 與 β 組合下，任何的 λ 之下 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 皆為負。



資料來源：本研究繪製。

圖 4 在 τ 與 β 的組合下不同的 λ 對 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 的影響

我們將以上結果歸納為以下命題：

命題二：

當存在跨界污染的情況下，不管產品異質性的大小，則關稅減讓政策不必然會提高社會福利水準。然而，存在局部污染的情況下，則不管產品異質性的大小，關稅減讓政策都會提高社會福利水準。

IV、Cournot 數量競爭

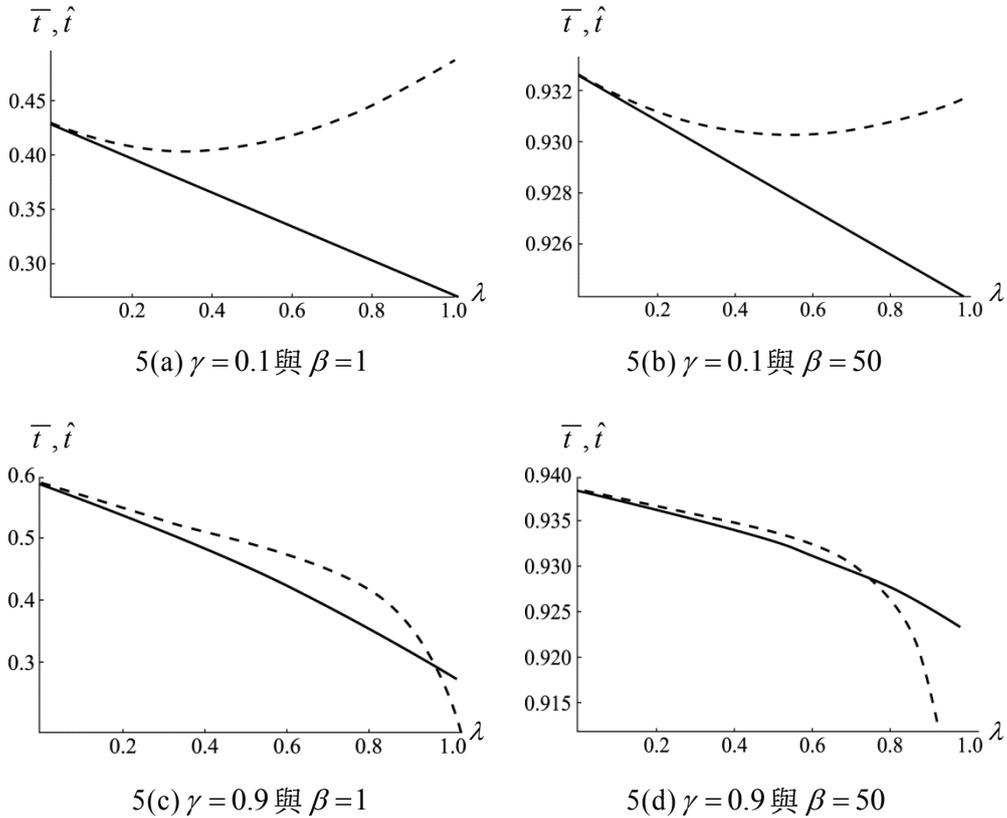
本節建立一個 Cournot 數量競爭模型（註 17），在同為產品異質的前提下，將價格競爭的結果與數量競爭的結果做一比較，本節的模型假設與第三節相同，我們的目的在於比較價格競爭與數量競爭之下關稅減讓對均衡污染稅率與社會福利影響程度的異同點。因為 Cournot 數量競爭模型的求解方式與 Bertrand 價格競爭模型一樣，以下僅列出主要方程式，省略求解的步驟。在 Cournot 數量競爭模型下，最適污染稅（令為 $\hat{t}(\tau)$ ）：

$$\hat{t}(\tau)|_{t=t^*} = \frac{-\lambda^3(-1+\tau) + \lambda^2(-1+2\tau) + 4\lambda\tau - 2\beta(1+\gamma)(-2+\lambda)(-2+\gamma\lambda)(-2+\tau) - 4}{(-2+\lambda)[-6-3\lambda + \lambda^2 + 4\beta(1+\gamma)(-2+\gamma\lambda)]} \quad (25)$$

(25)式表示最適污染稅會受到 β 、 γ 、 λ 與 τ 的影響，在此，我們可以比較價格競爭與數量競爭下的最適污染稅，即(14)式與(25)式的差異。圖 5 與圖 6 分別表示在 $\tau=0.1$ 與 $\tau=0.9$ 下，不同競爭型態對最適污染稅的影響， \bar{t} 為價格競爭下的最適污染稅， \hat{t} 為數量競爭下的最適污染稅。首先，我們發現在產品完全異質時，競爭型態並不會影響最適污染稅。其次，當產品異質性變小時（ $\lambda \rightarrow 1$ ），則不同競爭型態對最適污染稅有明顯的影響。最後，在 $\gamma=0.9$ 時，不管在 $\tau=0.1$ 或 $\tau=0.9$ 下，當產品異質性較小，數量競爭下的最適污染稅可能大於價格競爭下的最適污染稅，在大部分的情況下，價格競爭下的最適污染稅大於數量競爭下的最適污染稅，主要的原因在於，廠商在價格競爭下會比在數量競爭下生產更多的產量，造成更多的污染量，因此政府在價格競爭下會制訂比較高的污染稅。圖 7 是在沒有跨界污染下，不同競爭型態對最適污染稅的影響，結果顯示價格競爭下的最適污染稅大於數量競爭下的最適污染稅。我們將以上結果歸納為以下命題：

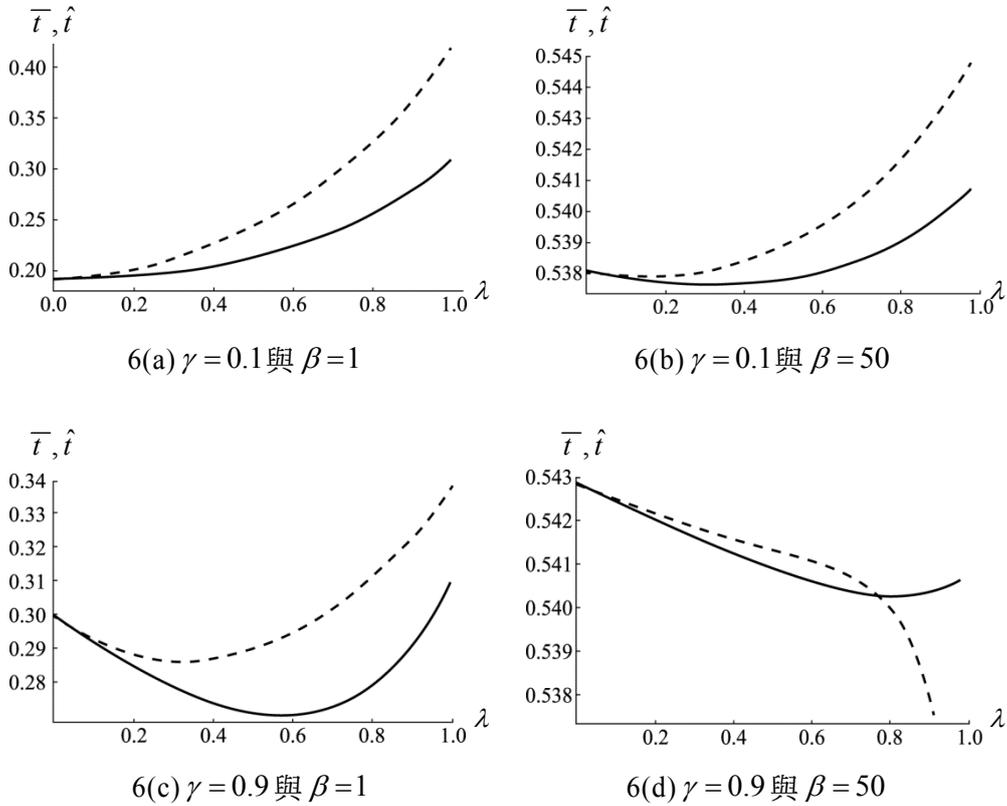
命題三：

1. 不管是在跨界污染抑或是局部污染的情況下，當產品完全異質時，則競爭型態並不會影響最適污染稅。
2. 在跨界污染係數足夠高時，當產品異質性較小，數量競爭下的最適污染稅可能大於價格競爭下的最適污染稅，在大部分的情況下，價格競爭下的最適污染稅大於數量競爭下的最適污染稅。



資料來源：本研究繪製。

圖 5 在 $\tau = 0.1$ 與 γ 與 β 的組合下，不同競爭型態對最適污染稅的影響



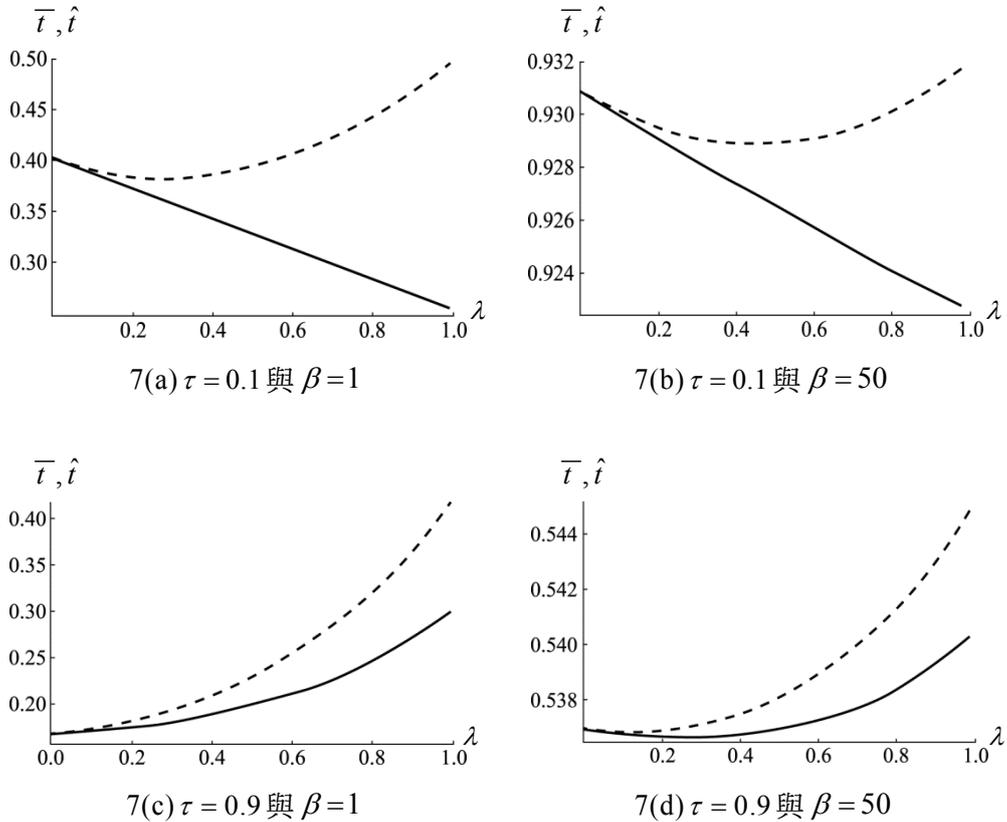
資料來源：本研究繪製。

圖 6 在 $\tau = 0.9$ 與 γ 與 β 的組合下，不同競爭型態對最適汙染稅的影響

其次，為了瞭解關稅 τ 對最適汙染稅的影響。由(25)式可得：

$$\frac{\partial \hat{t}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{-2\beta(1+\gamma)(-2+\lambda)(-2+\gamma\lambda) + \lambda(4+2\lambda-\lambda^2)}{(-2+\lambda)[-6-3\lambda+\lambda^2+4\beta(1+\gamma)(-2+\gamma\lambda)]} \quad (26)$$

在 $\gamma \in [0,1]$ 、 $\lambda \in [0,1)$ 與 $\beta \geq 0$ 的假設下，可知(26)式的分母為正，分子的符號並不確定，當 $\beta > \lambda(4+2\lambda-\lambda^2)/(1+\gamma)(-2+\lambda)(-2+\gamma\lambda)$ ，則(26)式為負，當 $\beta < \lambda(4+2\lambda-\lambda^2)/(1+\gamma)(-2+\lambda)(-2+\gamma\lambda)$ ，則(26)式為正，因而存在一個臨界值 $\hat{\beta} = \lambda(4+2\lambda-\lambda^2)/(1+\gamma)(-2+\lambda)(-2+\gamma\lambda)$ ，當 $\beta > \hat{\beta}$ 時，則(26)式為負，當



資料來源：本研究繪製。

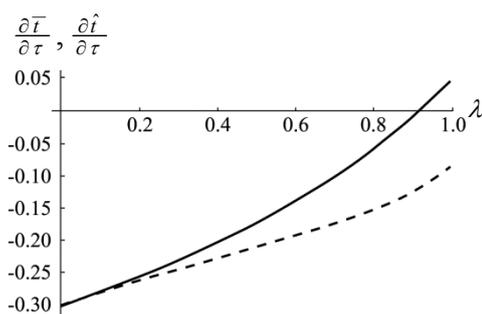
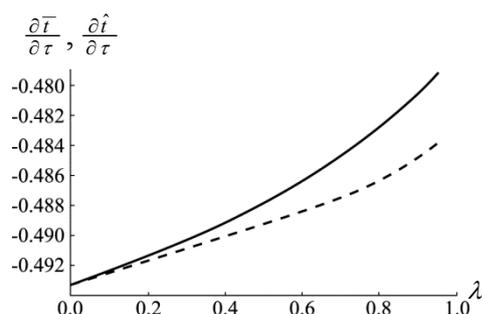
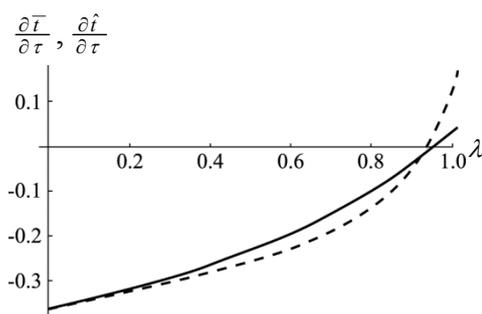
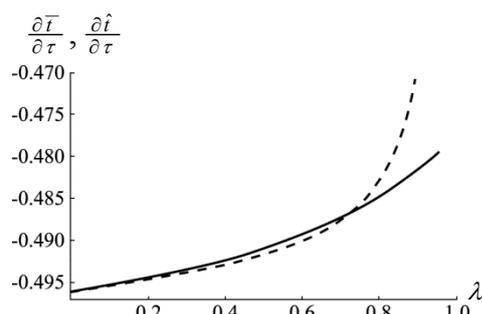
圖 7 在 $\gamma = 0$ 與不同的 τ 與 β 下，不同競爭型態對最適污染稅的影響

$\beta < \hat{\beta}$ 時，則(26)式為正。這部分的結果與 B-R-C 模型一致。其經濟直覺為，當環境污染參數 β 小於臨界值 $\hat{\beta}$ 時，政府降低污染稅所換來廠商利潤的提升效果，會大於降低污染稅所造成的污染效果，因而容許在實施關稅減讓時降低最適污染稅率；反之，當環境污染參數 β 大於臨界值 $\hat{\beta}$ 時，政府降低污染稅所換來廠商利潤的提升效果，會小於降低污染稅所造成的污染效果，因此政府將增加最適污染稅率來對抗環境污染的問題。

值得注意的是，當 $\lambda = 0$ 時，則(26)式會退化為：

$$\frac{\partial \hat{t}(\tau)}{\partial \tau} = -\frac{2\beta(1+\gamma)}{3+4\beta(1+\gamma)} < 0 \quad (27)$$

(27)式表示當財貨之間為完全異質時，關稅減讓會提高最適汙染稅率，此結果與價格競爭下的結果一樣，但明顯異於 B-R-C 的結論。此外，在 $\lambda > 0$ 時，圖 8 中虛(實)線代表價格(數量)競爭的情況，除了在 $\gamma = 0.9$ ，當 λ 較大時，價格競爭下關稅減讓對汙染稅的提升效果可能小於數量競爭的情況，一般而言，價格競爭下關稅減讓對汙染稅的提升效果大於數量競爭的情況，這個結果的原因在於：當商品的異質程度愈大時(商品的價格彈性將愈低)，這個性質將降低提高汙染稅對出口廠商利潤的影響效果，本國政府可

8(a) $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 1$ 8(b) $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 50$ 8(c) $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 1$ 8(d) $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 50$

資料來源：本研究繪製。

圖 8 在 γ 與 β 不同的組合下，不同競爭型態對 $\partial t/\partial \tau$ 的影響

以將污染稅主要用來抑制環境污染，使得最適污染稅上升。然而，進行價格競爭會比進行數量競爭生產更多的產量，造成更多的污染量，因此政府在價格競爭下會制訂比較高的污染稅，這個結果在跨界污染係數較大與產品異質性較小的情況並不必然成立，因為在跨界污染係數較大時，當商品的異質程度愈小時（商品的價格彈性將愈高），這個性質將提高污染稅對出口廠商利潤的影響效果，本國政府不必然將污染稅主要用來抑制環境污染，反而可能降低污染稅以促進出口商獲取較多的利潤，因此，當跨界污染係數較大與商品的異質程度愈小時，價格競爭下關稅減讓對污染稅的提升效果可能小於數量競爭的情況。

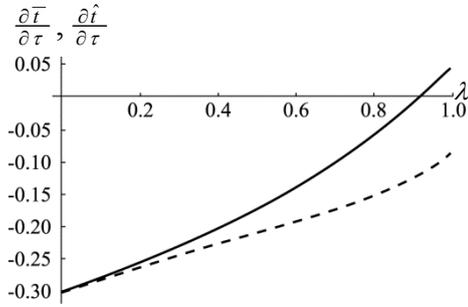
另外，在局部污染方面（ $\gamma = 0$ ），則(26)式可以改寫如下：

$$\frac{\partial \hat{t}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{4\beta(-2 + \lambda) + \lambda(4 + 2\lambda - \lambda^2)}{(-2 + \lambda)(-6 - 8\beta - 3\lambda + \lambda^2)} \quad (28)$$

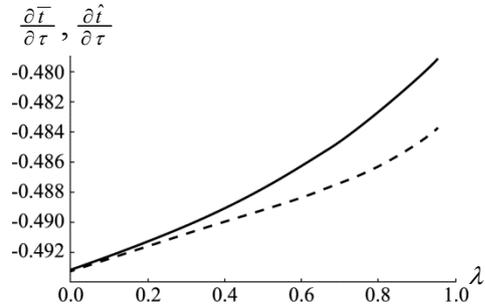
其中，(28)式分母為正，(28)式的結果類似(26)式，亦即在環境損害程度小於臨界值時，關稅減讓將會減少最適污染稅稅率。反之，在環境損害程度大於臨界值時，關稅減讓會使得最適污染稅稅率的增加。值得注意的是，當(28)式在 $\lambda = 0$ 時，則 $\partial \bar{t}(\tau)/\partial \tau = -2\beta/(3 + 4\beta) < 0$ ，此時又會價格競爭下的結果一樣，而與 Burguet 與 Sempere（2003）的結果不同。此外，在 $\lambda > 0$ 時，圖 9 中虛（實）線代表價格（數量）競爭的情況，可以看出價格競爭下關稅減讓對污染稅的提升效果大於數量競爭的情況，我們將以上結果歸納為以下命題：

命題四：

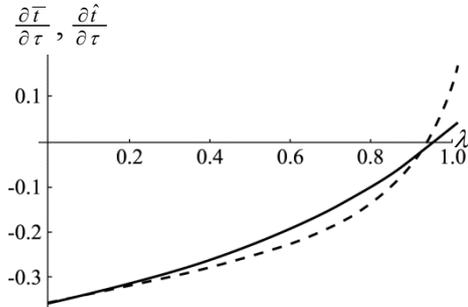
1. 不管是在跨界污染抑或是局部污染的情況下，當產品完全異質時，則競爭型態並不會影響關稅減讓對污染稅的效果。
2. 在跨界污染係數足夠高與產品異質性較小時，價格競爭下關稅減讓對污染稅的提升效果小於數量競爭的情況，一般而言，價格競爭下關稅減讓對污染稅的提升效果大於數量競爭的情況。



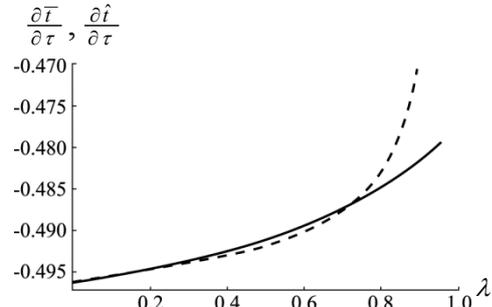
9(a) $\tau = 0.1$ 與 $\beta = 1$



(b) $\tau = 0.1$ 與 $\beta = 50$



9(c) $\tau = 0.9$ 與 $\beta = 1$



9(d) $\tau = 0.9$ 與 $\beta = 50$

資料來源：本研究繪製。

圖 9 在 $\gamma = 0$ 與 τ 和 β 的組合下，不同競爭型態對 $\partial t / \partial \tau$ 的影響

最後，關稅減讓的福利效果如下：

$$\frac{\partial \hat{W}(\tau)}{\partial \tau} = \frac{\lambda^5 - \lambda^4(2 + 3\tau) + \lambda^3(-9 + 8\tau) + \lambda^2(14 + 19\tau) - 4\lambda(-5 + 6\tau) + \Phi}{(-2 + \lambda)^2 [-6 - 3\lambda + \lambda^2 + 4\beta(1 + \gamma)(-2 + \gamma\lambda)]^2} \quad (29)$$

其中， $\Phi = \beta(1 + \gamma)(\Phi_1 - \Phi_2 + \gamma\Phi_3) - 12(2 + 3\tau)$ ，

$$\Phi_1 = 8\beta\tau(1 + \gamma)(-1 + \lambda)(-2 + \gamma\lambda)^2, \quad \Phi_2 = (84 - 12\lambda - 43\lambda^2 + 6\lambda^3 + \lambda^4)\tau,$$

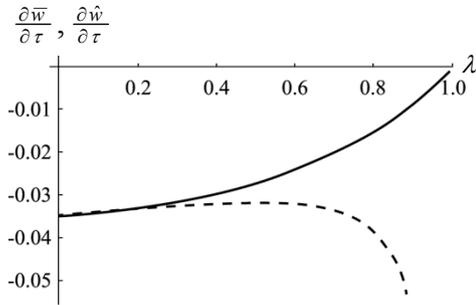
$$\Phi_3 = 96 - 36\tau + 4\lambda(4 + 3\tau) - \lambda^2(40 + \tau) - 2\lambda^3(2 + 7\tau) + \lambda^4(4 + 3\tau)。$$

由於在產品異質性的情況下，(29)式相當複雜，符號並不明確，為了有一個較明確的結果，我們假設 $\lambda = 0$ ，則(29)式退化為：

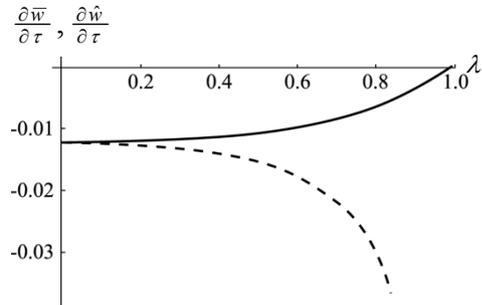
$$\frac{\partial \hat{W}(\tau)}{\partial \tau} = - \frac{\{9 + \beta(1+\gamma)[8\beta(1+\gamma) + 9\gamma + 21]\tau + 6 - 24\beta\gamma(1+\gamma)}{4(3 + 4\beta(1+\gamma))^2} \quad (30)$$

(30)式與在價格競爭模型下的結果一樣（參見(23)式），這表示在產品完全異質的情況下，競爭結構並不會影響關稅減讓對社會福利的效果。值得注意的是，在產品異質性較小的情況下（ $0 < \lambda < 1$ ），價格競爭與數量競爭則會影響關稅減讓對社會福利的效果，本文進一步探討 $\tau = 0.1$ 與 $\tau = 0.9$ 兩種情況下，在 $\gamma = 0.1$ 、 $\gamma = 0.9$ 、 $\beta = 1$ 與 $\beta = 50$ 四種組合下，觀察不同競爭型態對 $\partial W(\tau)/\partial \tau$ 的影響。 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 為價格競爭下關稅減讓對社會福利的影響效果， $\partial \hat{W}(\tau)/\partial \tau$ 為數量競爭下關稅減讓對社會福利的影響效果。

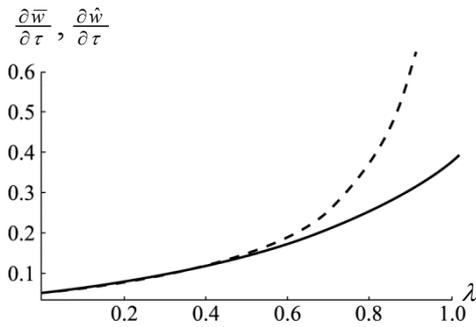
圖 10 與圖 11 分別表示在 $\tau = 0.1$ 與 $\tau = 0.9$ 下，不同競爭型態對 $\partial W(\tau)/\partial \tau$ 的影響，圖中虛（實）線代表價格（數量）競爭的情況。首先，我們發現在產品完全異質時，競爭型態並不會影響 $\partial W(\tau)/\partial \tau$ 。其次，當產品異質性變小時（ $\lambda \rightarrow 1$ ），則不同競爭型態對最適污染稅有明顯的影響，基本上，在價格競爭下，關稅減讓對社會福利的效果明顯大於數量競爭的情況。這可能因為在價格競爭之下比數量競爭之下能生產更多的生產量，壓低市場價格，使得消費者願付價格與邊際社會成本兩者更加接近，因而實施關稅減讓在價格競爭之下會比數量競爭之下更能提高一國社會福利。最後，在 $\tau = 0.1$ 與 $\gamma = 0.9$ 時，在價格競爭與數量競爭下都可能會產生關稅減讓反而減少社會福利的效果，主要的原因在於，當 $\tau = 0.1$ 與 $\gamma = 0.9$ 和 $\beta = 1$ 時，表示關稅稅率會小於關稅的臨界值（跟(23)式的解釋一樣），廠商的生產量較多，這時候消費者願付價格會小於邊際社會成本，因而實施關稅減讓之後會降低一國社會福利。



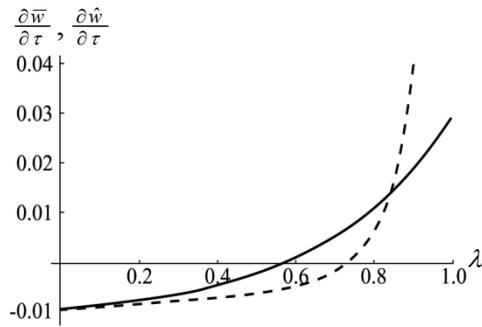
10(a) $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 1$



10(b) $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 50$



10(c) $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 1$



10(d) $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 50$

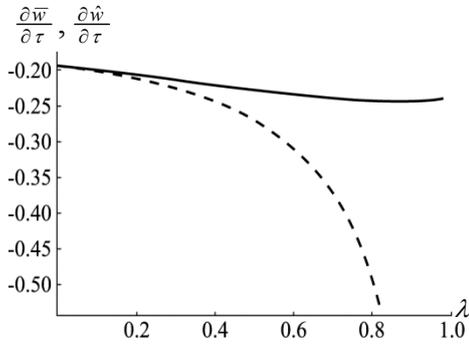
資料來源：本研究繪製。

圖 10 在 $\tau = 0.1$ 與 γ 與 β 的組合下，不同競爭型態對 $\partial W(\tau)/\partial \tau$ 的影響

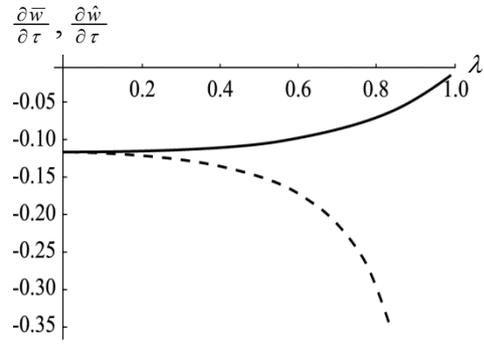
其次，在局部污染方面 ($\gamma = 0$)，則(30)式退化為下式

$$\frac{\partial \hat{W}(\tau)}{\partial \tau} = -\frac{(9 + \beta(8\beta + 21))\tau + 6}{4(3 + 4\beta)^2} < 0 \quad (31)$$

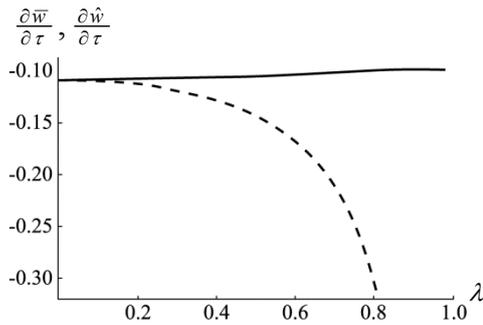
上式表示在產品為完全異質時 ($\lambda = 0$)，在數量競爭下雙邊的關稅減讓都可以提升社會的福祉。因此，這個結果與價格競爭和 Burguet 與 Sempere (2003) 一致。也就是說，在局部污染的情況下，當產品為完全異質時，不管是價格競爭或數量競爭，消費者願付價格會大於邊際社會，因而關稅減讓會提高一國社會福利。我們將以上結果歸納為以下命題：



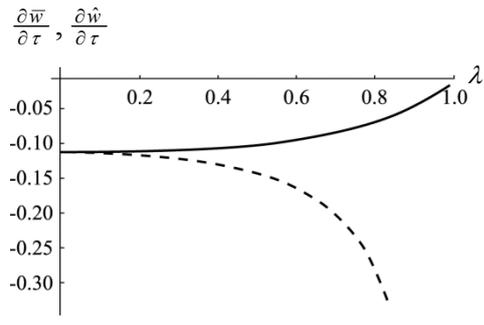
11(a) $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 1$



11(b) $\gamma = 0.1$ 與 $\beta = 50$



11(c) $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 1$



11(d) $\gamma = 0.9$ 與 $\beta = 50$

資料來源：本研究繪製。

圖 11 在 $\tau = 0.9$ 與 γ 與 β 的組合下，不同競爭型態對 $\partial W(\tau)/\partial \tau$ 的影響

命題五：

1. 不管是在跨界污染抑或是局部污染的情況下，當產品完全異質時，則競爭型態並不會影響關稅減讓對社會福利的效果。
2. 在關稅較小與跨界污染係數足夠高時，當產品異質性較小，價格競爭與數量競爭下都可能會產生關稅減讓反而減少社會福利的效果；在價格競爭下，關稅減讓對社會福利的效果明顯大於數量競爭的情況。

V、兩國租稅協調的效果

前面的第三節與第四節談的是在兩國政府進行污染稅競爭下所得出的結果。然而，當污染存在跨界效果時，由於兩國政府合作制訂污染稅可以糾正跨界污染，因此兩國政府有誘因進行污染稅的協調。在兩國進行租稅協調的情況下，會對本文第三節與第四節的結果造成什麼影響是本節的主要重點。本節分價格競爭與數量競爭分別來探討上述的問題。

5.1 Bertrand 價格競爭

與第三節不同的是，當兩國政府共同協商污染稅時，兩國的目標函數可表示如下：

$$G = W(t, t^*) + W^*(t, t^*) = CS + PS + ER + TR - D + CS^* + PS^* + ER^* + TR^* - D^* \quad (32)$$

上式中 G 為兩國的福利水準的加總，因此，在租稅協商下，兩國政府的決策如下（註 18）：

$$\underset{t, t^*}{Max} \quad G = W(t, t^*) + W^*(t, t^*) \quad (33)$$

由於兩國為對稱性，(33)式可解得以下的最適污染稅：

$$t_B = t_B^* = \frac{(1 + \lambda)(-2 + 2\lambda - \tau) - 2\beta(1 + \gamma)^2(\tau - 2)}{2(1 + 2\beta(1 + \gamma)^2 + \lambda)} \quad (34)$$

其中， t_B 與 t_B^* 表示在租稅協商下，由 Bertrand 價格競爭所求出本國與外國最適的污染稅。首先，關稅 τ 對最適污染稅的影響可由(34)式求得：

$$\frac{\partial t_B}{\partial \tau} = \frac{\partial t_B^*}{\partial \tau} = -\frac{1}{2} \quad (35)$$

(35)式表示在廠商進行價格競爭與兩國租稅協調之下，當政府實施減讓 1 單位關稅時，則最適汙染稅會提高 0.5 個單位。其次，關稅減讓的福利效果如下：

$$\frac{\partial W_B}{\partial \tau} = \frac{\partial W_B^*}{\partial \tau} = \frac{\tau}{2(-1+\lambda)(2+\lambda)^2} < 0 \quad (36)$$

其中， W_B 與 W_B^* 表示在 Bertrand 價格競爭下本國與外國的社會福利水準。(36)式表示在在 $0 < \lambda < 1$ 的情況下，當政府實施關稅減讓時，則社會福利會提升。

5.2 Cournot 數量競爭

本節求解的方式類似於 5.1 節，在 Cournot 數量競爭下，最適汙染稅如下：

$$t_C = t_C^* = -\frac{2+2\beta(1+\gamma)^2(\tau-2)+\tau(1+\lambda)}{2(1+2\beta(1+\gamma)^2+\lambda)} \quad (37)$$

其中， t_C 與 t_C^* 表示在租稅協商下，由 Cournot 數量競爭所求出本國與外國最適的汙染稅。首先，關稅 τ 對最適汙染稅的影響可由(37)式求得：

$$\frac{\partial t_C}{\partial \tau} = \frac{\partial t_C^*}{\partial \tau} = -\frac{1}{2} \quad (38)$$

(38)式的結果與(35)式相同，表示在兩國租稅協調之下，產品異質性與競爭型態並不會影響關稅減讓對最適汙染稅的效果。其次，在數量競爭下，關稅減讓的福利效果如下：

$$\frac{\partial W_C}{\partial \tau} = \frac{\partial W_C^*}{\partial \tau} = \frac{(-1+\lambda)\tau}{2(-2+\lambda)^2} < 0 \quad (39)$$

其中， W_C 與 W_C^* 表示在 Cournot 數量競爭下本國與外國的社會福利水準。(39)式表示在 $0 < \lambda < 1$ 的情況下，當政府實施關稅減讓時，則社會福利會提升。

接下來，我們將比較在兩國租稅協調之下，不同競爭型態對最適汙染稅與關稅減讓對社會福利的影響。首先，比較不同競爭型態對最適汙染稅的影

響，將(34)式減(37)式可以得到下式：

$$t_B - t_C = \frac{\lambda^2}{1 + 2\beta(1 + \gamma)^2 + \lambda} \quad (40)$$

(40)式表示在 $0 < \lambda < 1$ 的情況下， $t_B - t_C > 0$ ，亦即價格競爭的最適污染稅大於數量競爭的最適污染稅。主要的原因在於：當兩國進行租稅協調時，兩國政府不必將污染稅當作策略政策工具，來幫助出口商獲取較多的出口利潤，污染稅主要用來抑制環境的損害，廠商在價格競爭下會比在數量競爭下生產更多的產量，造成更多的污染量，因此政府在價格競爭下會制訂比較高的污染稅。

其次，比較不同競爭型態對關稅減讓的福利效果，將(36)式減(39)式可以得到下式：

$$\frac{\partial W_B}{\partial \tau} - \frac{\partial W_C}{\partial \tau} = -\frac{\lambda^2(-4 + 2\lambda + \lambda^2)\tau}{2(-1 + \lambda)(-4 + \lambda^2)^2} \quad (41)$$

(41)式表示在 $0 < \lambda < 1$ 的情況下，(41)式的符號為負，亦即在價格競爭下關稅減讓對社會福利的提升效果會大於數量競爭的情況。主要的原因在於：因為在價格競爭之下比數量競爭之下能生產更多的生產量，壓低市場價格，使得消費者願付價格與邊際社會成本兩者更加接近，因而實施關稅減讓在價格競爭之下會比數量競爭之下更能提高一國社會福利。

我們將以上結果歸納為以下命題：

命題六：

1. 在兩國進行租稅協調下，當產品為不完全異質時，價格競爭的最適污染稅大於數量競爭的最適污染稅；價格競爭下關稅減讓對社會福利的提升效果會大於數量競爭的情況。
2. 產品異質性與競爭型態並不會影響關稅減讓對最適污染稅的效果。

VI、結論

本文採用產品異質的 Bertrand 價格競爭模型，並與 Cournot 數量競爭模型進行比較，重新探討關稅減讓對於最適污染稅以及社會福利水準的影響，所獲致的結果並與 Burguet 與 Sempere (2003)，以及與考量跨界污染的 B-R-C 模型分別作一比較。當產品為完全異質時，價格競爭的模式與數量競爭模式所獲致的結論相同，當產品為不完全異質時，不同的競爭模式有明顯不同的結果。

首先，不管是在價格競爭抑或是數量競爭的情況下，關稅減讓政策對於最適污染稅的影響與產品的異質性有關，當產品為完全異質時，關稅減讓政策會提高最適的污染稅；當產品的異質性較低時，則關稅減讓政策對於最適污染稅的影響可能不明確。而且，在大部分的情況下價格競爭的關稅減讓對污染稅的提升效果大於數量競爭的情況。獲致此一結果的主要原因在於，當商品的異質程度愈大時（商品的價格彈性將愈低），這個性質將降低本國政府提高污染稅對出口廠商利潤的影響，讓政府可以主要用污染稅抑制環境污染，使得最適污染稅的稅率上升。

其次，對於關稅減讓對於社會福利的影響，在價格競爭抑或是數量競爭的情況下，當產品為完全異質或不完全異質時，關稅減讓政策對社會福利的影響效果並不明確。而且，在大部分的情況下價格競爭的關稅減讓對社會福利的提升效果大於數量競爭的情況。因此，在價格競爭模型中引入產品異質性的假設，將可能獲得與同質性產品或異質性的數量競爭模型不同的結果。

此外，當污染的外溢效果，使得兩國政府在制訂污染稅時被迫協調，當兩國政府進行污染稅協調時，上述的結果會有一個比較明確的結果。由以上的分析可知，在探討關稅減讓對環境政策的影響時，必不能忽略競爭模式與產品異質性所造成的影響，否則將可能造成政策的偏誤。除此，這模型也可

用來分析新的議題，譬如，當全國正夯於污染總量管制時，政府如何經由關稅創造廠商競爭的優勢？抑或當汙染有外溢效果時，如何影響關稅談判？若考慮關稅與污染稅同時內生由均衡決定時，汙染外溢效果如何影響到政府政策的搭配？這些議題都是未來可以深入探討的方向。

投稿日期：105 年 10 月 3 日

接受日期：106 年 5 月 19 日

附註

1. 根據 Rauscher (1994) 的定義，所謂的生態傾銷是指政府對廠商施以較寬鬆的環境政策，使其因較低的產品價格而能多銷售產品至國外市場，以賺取較多的出口利潤。
2. 差別性關稅的文章可參見郭虹瑩與黃鴻 (1991)，值得一提的是，本文依照 Baksi 與 Ray Chaudhuri (2009) 的設定，假設關稅為外生參數且兩國都相同。
3. 探討異質性的文獻如 Fujiwara (2007)、Saha (2009) 與 Matsumura、Matsushima 與 Ishibashi (2009)。
4. 福利效果指的是消費者剩餘、生產者利潤與關稅收入的總和減去污染的社會損害。值得注意的是，污染稅是一種移轉支付，亦即政府收入將恆等於廠商支出，就整體國家社會福利而言，將會互相抵銷，不會成為社會福利內涵。
5. B-R-C 模型考慮的是跨國界的污染。
6. 國內的學者張民忠與胡均立 (2013) 也做相同的設定。
7. 利用 $m = I - p_x x - p_y y$ ，將其代入(1)式。值得注意的是，由於 m 是計價財，價格設定為 1，因此， m 就是貨幣的意義。爰此，由本文式(1)效用函數設定可以瞭解， $\partial U / \partial m = 1$ ，表示所得的邊際效用（或影子價格）為 1，易言之，本文效用函數設定是假設貨幣或所得邊際效用為 1。
8. 本文的環境汙染是由於生產產品所產生的污染排放所造成的，有些文獻如郭鐘元、胡士文與王葳 (2013)，假設汙染投入可以用來生產財貨，並對汙染投入課徵汙染稅，為了簡化分析，本文不探討對汙染投入課稅的情況。
9. 值得注意的是，此處由於 Burguet 與 Sempere (2003) 以及 B-R-C 模型乃是在對稱解

的情況下，探討雙邊關稅自由化對社會福祉的影響，其中，關稅水準為雙邊進行關稅減讓的結果，為一外生參數且兩國都相同，因此不以星號*來區分本國與外國的關稅水準。

10. 這個設定根據 B-R-C 模型，假設政府在向廠商收稅的過程中不會產生額外的成本。也就是我們假定廠商的污染稅支出之權數等於政府的污染稅收入之權數的原因，這裡的權數指的是政府收稅相對於廠商支出稅收的難易程度，在本文中我們假設權數相同且標準化為 1。然而，當政府收稅相對於廠商支出稅收有困難度時，則政府收稅的權數大於廠商支出稅收的權數，標準化後會賦予政府收稅的權數大於 1，而廠商支出稅收的權數等於 1。
11. 消費者剩餘主要以效用函數來衡量，請參見 Hashimzade、Khodavaisi 與 Myles (2005)。
12. (14)式主要是利用數學軟體求導，如果讀者對求解過程有興趣，可以聯絡作者。
13. 邊際損害函數的求導請參見附錄 3。
14. (20)式中的微分項目請參見附錄 4。
15. 值得一提的是，(22)式在 $\lambda = 1$ 時，分母為零，所以我們在 $\lambda = 1$ 無法評估 $\partial \bar{W}(\tau)/\partial \tau$ 的符號。
16. 在 $6 - 24\beta\gamma(1 + \gamma) < 0$ 的假設下，當 $\tau = 0$ 時，(23)式分子為正，當 $\tau = 1$ 時，(23)式分子為負。因此，存在一個臨界值 $\hat{\tau}$ 。
17. 有關異質性價格競爭與數量競爭的文獻可參見 Singh 與 Vives (1984)。
18. (33)式主要參考 Lai 與 Hu (2008) 217 頁第 18 式的設定方式。

參考文獻

- 張民忠、胡均立，2013。「有機農產品標章之雙重紅利效果」，『農業與經濟』。50期，67-97。
- 郭虹瑩、黃鴻，1991。「最適差別關稅與單一關稅經濟效果之比較」，『經濟論文』。19卷，2期，233-245。
- 郭鐘元、胡士文、王葳，2013。「防治污染政策與研發補貼：R&D 內生成長模型的應用」，『農業經濟叢刊』。18卷，2期，1-41。
- 楊雅博、許淑嫻，2015。「開放經濟體系下之環境政策：跨界污染與區域汙染」，『東吳經濟商學學報』。88期，45-72。
- Baksi, S. and A. Ray Chaudhuri, 2009. "On Trade Liberalization and Transboundary Pollution," *Economics Bulletin*. 29(4): 2605-2612.
- Barrett, S., 1994. "Strategic Environmental Policy and International Trade," *Journal of Public Economics*. 54(3): 325-338.
- Burguet, R. and J. Sempere, 2003. "Trade Liberalization, Environmental Policy, and Welfare," *Journal of Environmental Economics and Management*. 46(1): 25-37.
- Conrad, K., 1993. "Taxes and Subsidies for Pollution-Industries as Trade Policy," *Journal of Environmental Economics and Management*. 25(2): 121-135.
- Conrad, K., 1996. "Choosing Emission Taxes under International Price Competition," In *Environmental Policy and Market Structure*. Edited by C. Carraro, Y. Katsoulacos, and A. Xepapadeas. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Copeland, B. and M. S. Taylor. 2003. *Trade and the Environment: Theory and Evidence*. Princeton: Princeton University Press.
- Eaton, J. and G. M. Grossman, 1986. "Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly," *The Quarterly Journal of Economics*. 101(2): 383-406.
- Fujiwara, K., 2007. "Partial Privatization in a Differentiated Mixed Oligopoly," *Journal of Economics*. 92(1): 51-65.
- Fujiwara, K., 2010. "Environmental Policy and Trade Liberalization: The Case of

- Transboundary Pollution from Consumption,” *Natural Resource Modeling*. 23(4): 591-609.
- Hashimzade, N., H. Khodavaisi, and G. D. Myles, 2005. “Tax Principles, Product Differentiation and the Nature of Competition,” *International Tax and Public Finance*. 12(6): 695-712.
- Kayalica, M. O. and O. Kayalica, 2005. “Transboundary Pollution from Consumption in a Reciprocal Dumping Model,” *Global Economy Journal*. 5(2): 1-14.
- Kennedy, P., 1994. “Equilibrium Pollution Taxes in Open Economies with Imperfect Competition,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 27(1): 49-63.
- Lai, Y. B., 2006. “Capital Tax Competition in the Presence of Rent-Shifting Incentives,” *Taipei Economic Inquiry*. 42(1): 1-24.
- Lai, Y. B. and C. H. Hu, 2005. “Trade Liberalization and Transboundary Pollution,” *Environmental Economics and Policy Studies*. 7(1): 1-14.
- Lai, Y. B. and C. H. Hu, 2008. “Trade Agreements, Domestic Environmental Regulation, and Transboundary Pollution,” *Resource and Energy Economics*. 30(2): 209-228.
- Matsumura, T., N. Matsushima, and I. Ishibashi, 2009. “Privatization and Entries of Foreign Enterprises in a Differentiated Industry,” *Journal of Economics*. 98: 203-219.
- Ohnishi, K., 2010. “Partial Privatization in Price-Setting Mixed Duopoly,” *Economics Bulletin*. 30(1): 309-314.
- Rauscher, M., 1994. “On Ecological Dumping,” *Oxford Economic Papers*. 46: 822-840.
- Saha, B., 2009. “Mixed Ownership in a Mixed Duopoly with Differentiated Products,” *Journal of Economics*. 98(1): 25-43.
- Schulze, G. and H. Ursprung, 2001. *International Environmental Economics: A Survey of the Issues*. Oxford: Oxford University Press.
- Siebert, H., J. Eichberger, R. Gronych, and R. Pethig, 1980. *Trade and Environment: A Theoretical Enquiry*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Singh, N. and X. Vives, 1984. “Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly,” *Rand Journal of Economics*. 15(4): 546-554.
- Sturm, D. and A. Ulph, 2002. “Environment and Trade: The Implications of Imperfect

- Information and Political Economy,” *World Trade Review*. 1(3): 235-256.
- Ulph, A., 1996. “Environmental Policy and International Trade When Governments and Producers Act Strategically,” *Journal of Environmental Economics and Management*. 30(3): 265-281.
- 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*. Edited by Henk Folmer and Thomas H. Tietenberg. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Vives, X., 1984. “Duopoly Information Equilibrium: Cournot and Bertrand,” *Journal of Economic Theory*. 34: 71-94.
- Wilson, G. A., 1996. “Farmer Environmental Attitudes and ESA Participation,” *Geoforum*. 27(2): 115-131.

附錄

附錄 1：(13)式的推導過程

將(12)式對 t 微分可得到下式：

$$\begin{aligned} \frac{\partial W(t, t^*)}{\partial t} &= (1 - \tilde{x} - \lambda \tilde{y} - \tilde{p}_x) \frac{\partial \tilde{x}}{\partial t} + (1 - \tilde{y} - \lambda \tilde{x} - \tilde{p}_y) \frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} - \frac{\partial \tilde{p}_x}{\partial t} \tilde{x} - \frac{\partial \tilde{p}_y}{\partial t} \tilde{y} \\ &+ \left(\frac{\partial \tilde{p}_x}{\partial t} \tilde{x} + \tilde{p}_x \frac{\partial \tilde{x}}{\partial t} + \frac{\partial \tilde{p}_x^*}{\partial t} \tilde{x}^* + \tilde{p}_x^* \frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial t} \right) + \tau \left(-\frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial t} + \frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} \right) - \frac{\partial D}{\partial t}. \end{aligned}$$

利用(2a)與(2b)兩式，我們可知 $1 - \tilde{x} - \lambda \tilde{y} - \tilde{p}_x = 0$ 與 $1 - \tilde{y} - \lambda \tilde{x} - \tilde{p}_y = 0$ 。另外，上式中 $(\partial p_x / \partial t)x$ 一項正負符號可互相抵消，重新整理上式可以得到(13)式。

附錄 2 : (13)式中的微分值

$$\frac{\partial \tilde{p}_y}{\partial t} \tilde{y} = \frac{\lambda}{4 - \lambda^2} \left[\frac{1}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} + \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2)t - (2 - \lambda^2)\tau}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \right],$$

$$\tilde{p}_x \frac{\partial \tilde{x}}{\partial t} = \left[\frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{(2 + \lambda)t + \lambda\tau}{4 - \lambda^2} \right] \frac{(\lambda^2 - 2)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)},$$

$$\frac{\partial \tilde{p}_x^*}{\partial t} \tilde{x}^* = \frac{2}{4 - \lambda^2} \left[\frac{1}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} + \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2)t - (2 - \lambda^2)\tau}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \right],$$

$$p_x^* \frac{\partial x^*}{\partial t} = \left[\frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{(2 + \lambda)t + 2\tau}{4 - \lambda^2} \right] \frac{(\lambda^2 - 2)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)},$$

$$-\frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial t} + \frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} = \frac{2 + \lambda - \lambda^2}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)},$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \beta \left[(\tilde{x} + \tilde{x}^*) + \gamma(\tilde{y} + \tilde{y}^*) \right] \left[\frac{\partial(\tilde{x} + \tilde{x}^*)}{\partial t} + \gamma \frac{\partial(\tilde{y} + \tilde{y}^*)}{\partial t} \right].$$

其中，

$$(\tilde{x} + \tilde{x}^*) + \gamma(\tilde{y} + \tilde{y}^*) = (1 + \gamma) \left[\frac{2}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} + \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2)(2t + \tau)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \right],$$

$$\frac{\partial(\tilde{x} + \tilde{x}^*)}{\partial t} + \gamma \frac{\partial(\tilde{y} + \tilde{y}^*)}{\partial t} = \frac{-2(2 - \lambda^2 - \lambda\gamma)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)}.$$

附錄 3：邊際損害函數的求導

損害函數為 $D = \frac{1}{2} \beta [(x + x^*) + \gamma(y + y^*)]^2$ ，邊際損害函數為：

$$D' = \frac{\partial D}{\partial [(x + x^*) + \gamma(y + y^*)]} = \beta [(x + x^*) + \gamma(y + y^*)].$$

將(10a)-(10d)、(14)式代入上式，可以得出邊際損害函數。

附錄 4 : (20)式中的微分值

$$\frac{\partial \tilde{p}_y}{\partial \tau} \tilde{y} = \frac{2 + (2 + \lambda) \partial \bar{t} / \partial \tau}{4 - \lambda^2} \left[\frac{1}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} + \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2) \bar{t} - (2 - \lambda^2) \tau}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \right],$$

$$\tilde{p}_x \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \tau} = \left[\frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{(2 + \lambda) \bar{t} + \tau \lambda}{4 - \lambda^2} \right] \frac{\lambda + (-2 + \lambda + \lambda^2) \partial \bar{t} / \partial \tau}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)},$$

$$\frac{\partial \tilde{p}_x^*}{\partial \tau} \tilde{x}^* = \frac{2 + (2 + \lambda) \partial \bar{t} / \partial \tau}{4 - \lambda^2} \left[\frac{1}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} + \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2) \bar{t} - (2 - \lambda^2) \tau}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \right],$$

$$\tilde{p}_x^* \frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial \tau} = \left[\frac{1 - \lambda}{2 - \lambda} + \frac{(2 + \lambda) \bar{t} + 2\tau}{4 - \lambda^2} \right] \frac{(\lambda^2 - 2) + (-2 + \lambda + \lambda^2) \partial \bar{t} / \partial \tau}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)},$$

$$-\frac{\partial \tilde{x}^*}{\partial \tau} + \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \tau} = 0,$$

$$-\tilde{x}^* + \tilde{y} = 0,$$

$$\frac{\partial D}{\partial \tau} = \beta \left[(\tilde{x} + \tilde{x}^*) + \gamma(\tilde{y} + \tilde{y}^*) \right] \left[\frac{\partial(\tilde{x} + \tilde{x}^*)}{\partial \tau} + \gamma \frac{\partial(\tilde{y} + \tilde{y}^*)}{\partial \tau} \right].$$

其中，

$$(\tilde{x} + \tilde{x}^*) + \gamma(\tilde{y} + \tilde{y}^*) = (1 + \gamma) \left[\frac{2}{(1 + \lambda)(2 - \lambda)} + \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2)(2\bar{t} + \tau)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)} \right],$$

$$\frac{\partial(\tilde{x} + \tilde{x}^*)}{\partial \tau} + \gamma \frac{\partial(\tilde{y} + \tilde{y}^*)}{\partial \tau} = (1 + \gamma) \frac{(-2 + \lambda + \lambda^2)(2(\partial \bar{t} / \partial \tau) + 1)}{(1 - \lambda^2)(4 - \lambda^2)}.$$

附錄 5：(22)式的參數值

$$F = 1 + 2\tau + 4\beta(1 + \gamma)(\gamma(-2 + \tau) + \tau),$$

$$G = -18 + 4\beta\gamma(1 + \gamma) + 16\tau,$$

$$H = 6 + 25\tau + \beta(1 + \gamma)(35\tau + \gamma(-68 + 31\tau)),$$

$$I = -27(-2 + \tau) + 8\beta^2(1 + \gamma)^2\tau + \beta(1 + \gamma)(27\tau + \gamma(-44 + 15\tau)),$$

$$J = -9 - 79\tau + 16\beta^2\gamma(1 + \gamma)^2\tau - \beta(1 + \gamma)(95\tau + \gamma(-172 + 59\tau)),$$

$$K = -62 - 19\tau + 8\beta^2(1 + \gamma)^2(-4 + \gamma^2)\tau - \beta(1 + \gamma)(103\tau + \gamma(-136 + 59\tau)),$$

$$L = 4[-1 - 15\tau + 8\beta^2\gamma(1 + \gamma)^2\tau - 2\beta(1 + \gamma)(9\tau + \gamma(-14 + 3\tau))],$$

$$M = 4[6 + 9\tau + 8\beta^2(1 + \gamma)^2\tau + 3\beta(1 + \gamma)(7\tau + \gamma(-8 + 3\tau))],$$

$$N = \lambda^3 + 4\lambda^2(1 + \beta + \beta\gamma) - 2(3 + 4\beta(1 + \gamma)) + \lambda(-3 + 4\beta\gamma(1 + \gamma)).$$

Trade Liberalization, Pollution Tax and Social Welfare—The Comparison between Bertrand Competition and Cournot Competition with Product Heterogeneity

Horn-In Kuo^{*}, Tsaor-Chin Wu^{**}, Min-Hsien Yang^{***}

This paper uses Bertrand competition and Cournot competition models with product heterogeneity to revisit the impact of tariff concessions on the optimal pollution taxation and social welfare. First, when the products are complete heterogeneity, the result of Bertrand competition is consistent with that of Cournot competition, whereas when the products are incomplete heterogeneity, the result of Bertrand competition is different from that of Cournot competition. Second, regardless of Bertrand competition or Cournot competition, when the products are complete heterogeneity, a decrease in a tariff leads to an increase in the optimal pollution taxation. Conversely, when the product heterogeneity becomes smaller, the effect of tariff concessions on the optimal pollution taxation is ambiguous. In addition, when the products are complete heterogeneity or incomplete heterogeneity, the effect of tariff concessions on the social welfare is ambiguous. Third, in most cases, it is obvious under Bertrand competition that a decrease in a tariff leads to increases in both the optimal pollution taxation and social welfare compared to Cournot competition.

Keywords: *Transboundary Pollution, Product Heterogeneity, Price Competition*

* Associate Professor, Department of International Business, Ming Chung University.

** Associate Professor, Department of Public Finance, Feng Chia University, No. 100, Wenhwa Rd., Seatwen, Taichung 40724, Taiwan. E-mail: wutcya@gmail.com; Tel: +886-4-24517250 ext 4305; Fax: +886-4-3507-2120. (Corresponding Author)

*** Professor, Department of International Business, Feng Chia University.

The authors would like to thank the editor and two anonymous referees for the valuable comments.