

污染排放限量規定下環境政策的選擇*

郭虹瑩

銘傳大學

國際貿易學系助理教授

黃 鴻

台灣大學經濟學系教授暨中央研究院

中山人文社會科學研究所研究員

麥朝成

中華經濟研究院院長暨

中央研究院院士

本文欲在給定一相同的總污染排放限量規定之下，分別比較污染稅、商品稅、污染防治量補貼，以及污染防治成本補貼等四種環境政策的各項經濟效果。本文分析的結果顯示：首先，就產出效果與污染防治投入程度而言，可知污染防治補貼政策的效果最佳，其次為污染稅，最差者為商品稅；至於此二種防治補貼方式下的效果比較，必須視廠商的邊際防治成本、污染防治技術水準、產品的污染性，以及總污染排放水準等因素而定。其次，就福利效果的比較而言，可知污染稅下的福利效果必然高於商品稅下的結果；至於，課稅與補貼方式之間、或兩種補貼方式之間的福利效果比較，仍須視廠商的邊際防治成本、污染防治技術水準、產品的污染性，以及總污染排放水準等因素而定。

關鍵字：污染排放限量規定、污染稅、商品稅、污染防治量補貼、污染防治成本補貼

1 前言

隨著經濟的成長，人們對環境品質的要求也愈高，因此，制訂適當的環境政策以控制污染，乃是當前重要的研究課題。但是，由於污染排放物的產

收稿日期：88年4月20日；接受刊登日期：89年2月10日

* 本文承劉錦添教授、蕭代基教授，以及兩位匿名審稿教授提供許多寶貴建議，獲益匪淺，謹致謝忱。本文若有任何缺失仍為作者的責任。

生通常是伴隨著產品的生產過程而發生，因此，限制污染物的排放量，也就等於限制了產品的生產數量。所以，在訂定最適環境政策的同時，如何在環境品質與經濟發展的二大目標之間取得一個協調，一直是經濟學者感到興趣的課題。

此外，隨著國際化 (internationalization) 與全球化 (globalization) 的發展，以及環境污染跨越國界的影響，世界各國紛紛訂定各項的環境保護公約，以達成全球人類最大福祉為目標。其中，尤其以全球溫室效應所引發的相關問題，最為引人注意。1992年6月計有135個國家的代表在巴西里約共同簽署“氣候變化綱要公約 (Framework Convention on Climate Change)”，並針對全球溫室效應問題進行有關的規範與管制。公約中限制各國對二氧化碳排放量，以及溫室氣體 (greenhouse gas) 的減量政策；並宣示於公元2000年時，將二氧化碳及其它溫室氣體排放量穩定在1990年的排放水準。接著，1997年12月在日本京都舉行第三屆“聯合國氣候變化綱要公約”締約國會議，通過溫室氣體減量約制的“京都議定書”。雖然，上述環保公約至今仍未完全具有強制各國政府遵守的能力，然而，隨著全球環境污染問題的日益嚴重，以及國際環保意識的日趨高漲，可預見的是未來國際環保公約的議定將會更具有強制的力量。因此，當一國政府在制訂其國內的環境政策時，自然不能無視於國際環保公約的要求，而必須預先將此一國際環境保護組織對其污染排放物的限制納入考慮。

處理污染所造成的外部性問題的方式有很多，一般而言可分為兩大類。一類是以數量為管制標的的管制政策，通常是藉由污染排放標準的訂定，來限制廠商的污染排放量；此類管制政策屬於直接的管制方式。另一類則是以價格為基礎的經濟誘因政策，如商品稅、污染稅、污染防治量補貼、污染防治成本補貼，以及可交易污染許可證的發行等；此一類型的管制政策則是藉由經濟誘因制度的設計，以誘導廠商間接地達到環境保護的目標。¹ 探討上

1 以經濟誘因處理污染所造成的外部性問題，最早是由 Pigou (1932) 所提出。Pigou 認為對污染課以其邊際損害成本的稅率 (即 Pigouvian tax)，可使得社會資源的配置達到柏拉圖最適境界 (Pareto Optimality)。

述環境政策的各種經濟效果的文獻很多。首先，如 Weitzman (1974)、Buchanan and Tullock (1975, 1976)、Adar and Griffin (1976)、Coelho (1976)、Fishelson (1976)、Main and Baird (1976)、Yohe (1976)、Harford (1978)、Burrows (1979)、Deweese (1983)、Watson and Ridker (1984)、Kambhu (1990)、黃宗煌和呂雅玲 (1991)，以及黃宗煌 (1991) 等，主要是在比較直接與間接（指污染稅、或污染防治補貼）的環境管制政策，分析二者之間的产品生產數量、污染排放量、與廠商利潤等效果的大小。² 其次，尚有文獻探討對污染性產品課稅（指污染稅）與補貼（指污染防治量補貼、或污染防治成本補貼）的等價性問題，如 Bramhall and Mills (1966)、Kamien, Schwartz and Dolbear (1966)、Kneese and Maler (1973)、Page (1973)、Porter (1974)、Amihud (1976)、Deweese and Sims (1976)、Burrows (1979)、Polinsky (1979)、Sims (1981)、Mestelman (1982)、Deweese (1983)、Conrad (1993)、Conrad and Wang (1993)、楊雅博 (1995)、黃宗煌和梅家瑗 (1996)，以及 Kohn (1997) 等。³ 至於，比較污染稅與商品稅之經濟效果的文獻則較少，如 Koenig (1984)、Baumol and Oates

2 例如，Buchanan and Tullock (1975) 認為在競爭市場的假設下，由於排放量限額措施具有阻止潛在廠商進入市場的作用，因此，直接管制下的廠商利潤會較污染稅來得高。Burrows (1979) 在产品與要素市場皆為完全競爭的假設下，推導得出無論污染的邊際損害成本是固定的、或為污染量的遞增函數，直接管制下的總產量與污染量均會大於污染稅下的結果。Deweese (1983) 在單位產出的污染量相同與完全競爭市場的假設下，證明得出資本家與勞動者於污染稅下所遭受的損失，會高於其在直接管制下的損失。黃宗煌和呂雅玲 (1991) 則在 Stackelberg 模型之下，推論出只有當污染稅率等於管制標準下廠商的邊際防治成本時，直接管制與污染稅所造成的總產量與污染量才會相等。

3 例如，Bramhall and Mills (1966) 與 Porter (1974) 認為在短期下，污染稅與防治量補貼是為等價的；但是在長期下，由於廠商可以自由進出市場，因此，此二管制措施的效果並不相同。Amihud (1976) 與 Deweese and Sims (1976) 則分別就污染廠商面對市場價格的不確定性，以及管制者無法確切得知廠商的需求與成本曲線的情況，推導得出在某些條件下，即使是在短期時，污染稅與防治量補貼的等價性仍然無法成立；Amihud (1976) 並進一步證明得知當污染廠商為風險趨避者 (risk averse) 時，污染稅下的污染量會高於防治量補貼下的結果。Conrad and Wang (1993) 分析在不同的市場結構下，污染稅與防治成本補貼的改變對各項經濟效果的影響；並推得無論在何種市場結構之下，提高污染稅將使得總污染量減少；至於防治成本補貼對於總污染量的影響，則無法唯一判定。

(1988)、Cropper and Oates (1992)、Barthold (1994)、楊雅博 (1995)，以及 Schmutzler and Goulder (1997) 等。⁴

然而，上述的研究大都針對在不同的市場結構下，或是存在有不確定性的情況時，或是考慮兩國貿易的影響下，探討各項環境政策經濟效果的比較。但是，對於當前國際環保公約的污染排放量要求，卻尚未有文獻加以討論。因此，本文與以往文獻的主要不同之處，即考慮此一國際環保公約的總污染排放量規定，對一國政府制定環境政策時的影響。詳而言之，本文欲在給定相同的總污染排放量限制之下，分別比較不同環境政策的產出效果、污染防治投入程度，以及福利效果；並藉此分析當一國政府面對未來可預見的具有強制力之國際環保要求時，應如何採行因應之道，亦即，其應如何選擇較佳的環境管制政策，以降低此一環保要求對該國經濟發展所造成的負面影響，並期能獲致較高的福利水準。

本文共分為五節。除第一節為前言之外，第二節為基本模型，分析在相同的總污染排放量限制之下，一國廠商面對不同的環境管制政策時，其最適的生產數量與污染防治投入數量的決定。第三節比較不同環境政策的產出效果與污染防治投入程度。第四節則從事各種環境政策的福利效果的比較。第五節為全文之結論。

2 基本模型

由於本文的目的是探討在相同的總污染排放量限制之下，不同的環境管制政策對一國產出效果、污染防治投入程度、與福利效果的影響。因此，為

4 例如，Koenig (1984) 認為當存在不完全訊息時，污染稅與商品稅、或利潤稅的相互配合實施，將可改善產品價格波動的情況。楊雅博 (1995) 在政府追求社會福利極大的前提下，推導得出若市場為完全競爭時，最適污染稅下的產量效果與福利效果皆高於最適商品稅下的結果；若為獨佔市場，則當污染的邊際損害很小（大）時，最適污染稅下的福利效果會小於（大於）最適商品稅下的結果；至於壟斷性競爭市場下的福利效果比較，則與獨佔市場大致相同。Schmutzler and Goulder (1997) 則在不完全監督的情況下，證明出當管制者的監督成本過高、或廠商的防治技術選擇受到相當的限制、或污染性產品與其他商品間的替代性相當大時，則純粹採行商品稅以降低污染，實為一最佳的方式。

了簡化分析，本文假設僅存在一家獨佔廠商，該廠商在產品的製造過程中會排放出污染物。⁵ 此外，假設此一污染廠商可藉由污染防治投入水準的選擇，降低產品在生產過程中所製造的污染。令單位產出的污染排放量為 $e(a)$ ， $a \geq 0$ ；其中， a 表示污染防治的投入數量。因此， $e(0)$ 代表當廠商不從事任何污染防治工作時，所排放出的污染量；以下將 $e(0)$ 簡稱為該產品的原始污染量。假設 $e'(a) < 0$ ， $e''(a) > 0$ ；這些不等式隱含當污染防治投入數量增加時，單位產出的污染排放量會隨之減少，但是，污染量減少的幅度會隨著污染防治投入數量的增加，而呈現遞減的趨勢。換句話說，污染廠商的污染防治技術並不具有規模經濟的特性。此外， $|e'(a)|$ 的大小代表污染防治的效果；當 $|e'(a)|$ 愈大時，表示污染防治效果愈顯著，或污染防治技術愈有效率。再者，類似 Ulph (1996) 的設定方式，本文進一步假設污染廠商的生產成本函數與污染防治成本函數為可分離的 (separable)，⁶ 分別為 $C(q)$ 與 $A(a)$ 。而且 $C'(q) > 0$ ， $A'(a) > 0$ ；其中， q 表示污染廠商的產品生產數量。最後，假設 $P = P(q)$ 為該產品的市場需求函數， $P'(q) < 0$ 。

+ 本文擬在相同的總污染排放量限制之下，分別比較污染稅、商品稅、污染 + 防治量補貼，以及污染防治成本補貼等四種環境管制政策的效果。⁷ 因此，本節首先針對此四種管制政策，在相同的總污染排放量限制之下，分別探討各項環境政策如何影響廠商最適的生產數量與污染防治投入數量的決定。

首先，分析當政府採行污染稅的環境管制政策時，污染廠商的最適選擇

5 雖然，國際環保公約規範的對象主要為跨越國界的污染問題，然而，由於本文乃在分析當一國政府受限於國際環保公約的排放限量要求時，政府應該如何採行適當的環境政策；所以，為了使得分析的結果更為明確，本文僅將探討的焦點放在國內市場上，而暫時不考慮外國市場的情況。因此，在本文模型中，並未假設本國廠商之生產會對其他國家造成跨界污染。

6 本文假設生產成本與防治成本函數為可分離的，乃是為了分析方便起見。至於此二種成本函數是否為可分離的，並不會影響本文的分析結果。

7 由於本文假設廠商的污染防治投入為內生、可選擇的，所以廠商除了可經由降低產量以達成總污染排放量規定的要求，亦可藉由防治投入水準的提昇來達到此一要求。因此，在符合國際環保公約的污染排放量規定的同時，如何藉由各種經濟誘因制度的設計，以影響廠商對於產量與防治投入水準間的取捨，便成為本文比較各項環境政策之經濟效果的依據。

行為。污染稅乃是針對污染排放者所排放出的污染量加以課稅；此一污染管制措施除了可以達到減少污染量、降低污染所造成的外部成本外，尚可使污染者付出代價，符合“污染者付費”的精神。因此，當政府採行污染稅的環境政策時，污染廠商的決策行為可設定如下：

$$\begin{aligned} \max_{q,a} \quad & \Pi^t(q, a) = P(q)q - C(q) - A(a) - te(a)q \\ \text{s.t.} \quad & e(a)q \leq \bar{E} \end{aligned}$$

上式中， t 表示每單位污染排放量的污染稅率。因此， $te(a)q$ 即代表在污染稅的管制政策下，污染廠商所須付出的總稅賦。 \bar{E} 則表示國際環保公約對一國總污染排放量的限量規定。所以，在面對此一國際環保要求時，污染廠商的總污染排放量 $e(a)q$ 必須小於、或等於此一限量規定 \bar{E} 。⁸

接著，探討在商品稅政策下，污染廠商的最適選擇行為。商品稅的課徵方式，乃是對於污染廠商所生產的每一單位產品課徵某一特定額度的稅賦。此一管制政策與污染稅制度不同之處在於：污染稅乃是直接對污染排放量本身加以課稅，而商品稅則是藉由對產品的生產課稅，以間接達成降低污染排放量的效果。因此，當政府採行商品稅的環境管制政策時，污染廠商的決策行為可設定如下：

$$\begin{aligned} \max_{q,a} \quad & \Pi^r(q, a) = P(q)q - C(q) - A(a) - \tau q \\ \text{s.t.} \quad & e(a)q \leq \bar{E} \end{aligned}$$

上式中， τ 表示每單位產品的商品稅率。因此， τq 代表在面對商品稅的管制政策時，污染廠商所須付出的總稅賦。同樣地，在商品稅的管制政策下，污染廠商的決策行為仍須受限於國際環保公約的總污染排放限量規定 \bar{E} ，所以

8 倘若加以考慮廠商可能不會完全遵守此一限量規定，則模型將可更一般化 (general)、也更實用 (practical)。但這樣做將使得數學變得十分複雜，且超出本文目前之範疇。因此，為了避免“不完全遵守”所增加之複雜性，且使此一假設合理，本文假設：只要廠商的污染量超過此一排放標準，政府即會勒令關廠（或處以非常高之罰金）；在兩害相權取其輕之考量下，廠商必然會遵守此一總污染排放量的限量規定。

$e(a)q \leq \bar{E}$ 仍須成立。

至於污染防治量補貼的環境管制政策，則是指政府對於污染排放者所做的每單位污染防治量給予特定額度的補貼。此一環境政策與前述二項課稅方式的管制政策，其不同之處在於：後者認為環境的使用權屬於一般大眾，因此，污染排放者必須為其污染環境的行為付出代價；前者則認為環境的使用權屬於污染排放者，因此，欲使污染排放者降低其污染量，就必須給予某種程度的補償。所以，當政府採行污染防治量補貼的環境管制政策時，污染廠商的決策行為可設定如下：

$$\begin{aligned} \max_{q,a} \quad & \Pi^r(q, a) = P(q)q - C(q) - A(a) + r[e(0) - e(a)]q \\ \text{s.t.} \quad & e(a)q \leq \bar{E} \end{aligned}$$

上式中， r 表示每單位污染防治量的補貼率， $e(0) - e(a)$ 則表示當污染廠商從事污染防治投入 a 時，其單位產出的污染防治量。因此， $r[e(0) - e(a)]q$ 代表在污染防治量補貼政策下，污染廠商可獲得的總補貼金額。另外，與前述相同的是在此一管制政策下， $e(a)q \leq \bar{E}$ 仍須成立。

最後，分析當政府採行污染防治成本補貼政策時，污染廠商如何決定其最適的生產數量與污染防治投入數量。污染防治成本補貼的環境管制政策，乃是政府為了鼓勵污染排放者提昇其污染防治水準，而對於其所花費的防治成本給予某一比例的補貼額。此一管制政策與防治量補貼政策不同之處在於：前者乃是針對污染排放者為了降低其污染排放量，所花費的污染防治成本部份給予補貼；後者則是對於污染排放者的污染排放量減少部份，給予直接的補償。因此，當政府採行污染防治成本補貼的環境管制政策時，污染廠商的決策行為可設定如下：

$$\begin{aligned} \max_{q,a} \quad & \Pi^s(q, a) = P(q)q - C(q) - (1-s)A(a) \\ \text{s.t.} \quad & e(a)q \leq \bar{E} \end{aligned}$$

上式中， s 表示每單位污染防治成本的補貼率， $0 < s \leq 1$ 。因此， $sA(a)$ 代表在污染防治成本補貼政策下，污染廠商可獲得的總補貼金額。同樣的，在此

一管制政策下， $e(a)q \leq \bar{E}$ 亦須成立。

為了解污染廠商在各項環境管制政策下，其最適生產數量與污染防治投入水準的決定，利用拉格蘭治乘值法，可將上述污染廠商的決策行為改寫如下：

$$\max_{q, a, \lambda} L^i(q, a, \lambda) = \Pi^i(q, a) + \lambda[\bar{E} - e(a)q] \quad i = t, \tau, r, s \quad (1)$$

上式中， λ 表示當政府採行某項環境管制政策時的拉格蘭治乘數 (Lagrange multipliers)。因此， λ 隱含在某特定的環境政策下，當將總污染排放標準放寬一單位時，污染廠商利潤可因而增加的幅度。假設限制條件 $e(a)q \leq \bar{E}$ 的等式成立，⁹ 第(1)式分別對 q 、 a 與 λ 微分，可得污染廠商利潤極大化的一階必要條件分別如下：

$$L_q^i \equiv \frac{\partial L^i(q, a, \lambda)}{\partial q} = P(q) + P'(q)q - C'(q) + \Omega^i(a) - \lambda e(a) = 0 \quad i = t, \tau, r, s \quad (2)$$

$$+ L_a^i \equiv \frac{\partial L^i(q, a, \lambda)}{\partial a} = -A'(a) + \Phi^i(q, a) - \lambda e'(a)q = 0 \quad i = t, \tau, r, s \quad (3) \quad +$$

$$L_\lambda^i \equiv \frac{\partial L^i(q, a, \lambda)}{\partial \lambda} = \bar{E} - e(a)q = 0 \quad i = t, \tau, r, s \quad (4)$$

上式中， $\Omega^t(a) = -te(a)$ ， $\Phi^t(q, a) = -te'(a)q$ ； $\Omega^\tau(a) = -\tau$ ， $\Phi^\tau(q, a) = 0$ ； $\Omega^r(a) = r[e(0) - e(a)]$ ， $\Phi^r(q, a) = -re'(a)q$ ； $\Omega^s(a) = 0$ ， $\Phi^s(q, a) = sA'(a)$ 。假設二階條件成立，聯立求解第(2)、(3)與(4)三式，可得當政府採行各項環境管制政策時，污染廠商的均衡生產數量 q^i 、污染防治投入數量 a^i ，以及拉格蘭治乘數 λ^i 。¹⁰

9 本文假設總污染排放量限量規定的等式成立，乃是隱含此一國際環保公約的限量要求為有效的 (effective)。一般而言，由於廠商在未受任何限制之下的最適污染排放量會過高，所以，各國政府乃協議簽訂國際環保公約，以期達成降低跨界污染所造成的環境損害。因此，欲使得此一環保公約能發揮降低污染的效果，必須將其限量要求訂在低於廠商最適排放量的水準之下，也因而廠商最適化下的選擇必將使得限量規定的等式成立。

10 雖然本文並未探討政府採行“總量管制”此一直接管制政策時的效果，但是，在受限於國際環保公約的污染排放限量規定下，可知無論政府採行污染稅、或總量管制的環境政策，

上述關於污染廠商在不同的環境管制政策下，其均衡的生產數量與污染防治投入數量的決定，可分別以圖 1、圖 2 說明之。

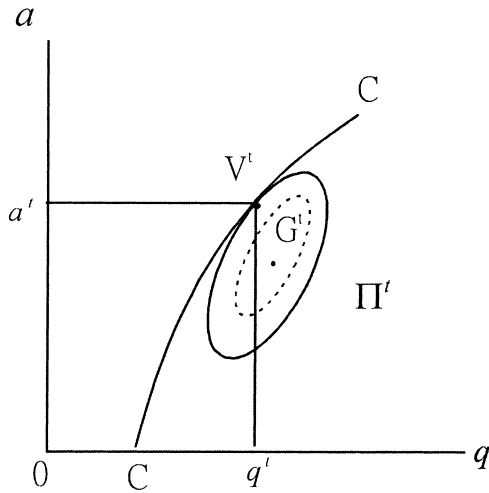


圖 1 污染稅政策下，污染廠商均衡的生產數量 q^t 與污染防治投入數量 a^t 的決定

如圖 1 所示，橫軸代表污染廠商的生產數量 q ，縱軸代表其污染防治投入水準 a ； cc 線則為恰好符合總污染排放量規定 \bar{E} 的所有 (q, a) 組合，亦即 $e(a)q = \bar{E}$ 成立。¹¹ 因此， cc 線左上方的 (q, a) 組合隱含 $e(a)q < \bar{E}$ ， cc 線

污染廠商的決策行為均可表示為 $\max_{q,a} P(q)q - C(q) - A(a) - F, s.t. e(a)q = \bar{E}$ 。其中，當政府採行污染稅政策時， $F = t\bar{E}$ ；當政府採行總量管制政策時， $F = 0$ 。由於無論在污染稅、或總量管制政策下， F 皆非為 q 與 a 的函數，因此，可知 F 的大小不會造成污染廠商在此二種制度下最適決策的差異。所以，可推得以下結論：在相同的總污染排放量限制之下，無論政府採行污染稅、或總量管制的環境政策，其產出效果、污染防治投入程度，以及對一國福利水準的影響均相同。

11 將 $e(a)q = \bar{E}$ 此式對 q 與 a 全微分，可得 cc 線的斜率為 $(da/dq)|_{a\bar{E}=0} = -e(a)/e'(a)q > 0$ 。至於 cc 線曲度之值 $(d^2a/dq^2)|_{a\bar{E}=0} = e(a)\{2[e(a)]^2 - e(a)e''(a)\}/[e'(a)]^3q^2$ 無法判定其正負，所以有可能產生多重均衡解，但也可能僅有唯一解。然而，基於簡化數學分析以使得本文結果更為明確，本文乃假設均衡解“存在、且為唯一”（類似之假設在理論文獻上亦十分常見），因此，本文排除了 cc 線同時存在凸性與凹性的可能，也因而無論 cc 線是否為一直線，或是純為凹向橫軸、或凸向橫軸的曲線，均不會影響本文的結論。

右下方的 (q, a) 組合則隱含 $e(a)q > \bar{E}$ 。 Π^t 線為當政府採行污染稅政策時，污染廠商的一組等利潤線。¹² 倘若不存在國際環保公約的總污染排放量規定時，污染廠商利潤極大化下的最適決策應為該組等利潤線的中心點 G^t 。¹³ 但是，由於污染廠商受限於此一總污染排放量的限量要求，因此，在污染稅的環境管制政策下，污染廠商的最適決策應位於 cc 線與 Π^t 線的相切點位置 V^t 。亦即 (q^t, a^t) 須滿足

$$-\frac{e(a^t)}{e'(a^t)q^t} = \frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)}{A'(a^t) + te'(a^t)q^t} \quad (5)$$

上式中， $-\frac{e(a)}{e'(a)q}$ 為 cc 線的斜率， $\frac{P(q) + P'(q)q - C'(q) - te(a)}{A'(a) + te'(a)q}$ 則為 Π^t 線的斜率。

如同上述在污染稅制度下的圖形分析，當政府採行商品稅的環境管制政策時，關於污染廠商最適的生產數量與污染防治投入水準的決定，可以圖 2 說明之。如圖 2 所示， cc 線仍為恰好符合總污染排放量規定 \bar{E} 的所有 (q, a) 組合，即 $e(a)q = \bar{E}$ ； Π^r 線則為當政府採行商品稅政策時，污染廠商的一組

12 $\Pi^t(q, a) = P(q)q - C(q) - A(a) - te(a)q$ 此式對 q 與 a 全微分，可得在污染稅制度下，廠商的等利潤線斜率為 $(da/dq)|_{\Pi^t=0} = [P(q) + P'(q)q - C'(q) - te(a)] / [A'(a) + te'(a)q]$ ，以及其等利潤線曲度的變化 $(d^2a/dq^2)|_{\Pi^t=0} = \left\{ 2P'(q) + P''(q)q - C''(q) - 2te'(a) \frac{da}{dq} \right\} |_{\Pi^t=0} - [A''(a) + te''(a)q] \left(\frac{da}{dq} \right)^2 |_{\Pi^t=0} \Big/ [A'(a) + te'(a)q]$ ，此二者的正負符號均無法唯一判定；亦即，隱含在各個不同的 (q, a) 組合點下，此一等利潤線的斜率可能為正、亦可能為負，其曲線可能凸向橫軸、亦可能凹向橫軸。此外，由於 $\partial \Pi^t / \partial q = P(q) + P'(q)q - C'(q) - te(a)$ ， $\partial \Pi^t / \partial a = -A'(a) - te'(a)q$ ，二者的符號亦無法唯一確定；亦即，面對各種不同的 (q, a) 組合，在給定 $q(a)$ 不變下，廠商若欲增加其利潤，可能必須提高 $a(q)$ ，也可能應使得 $a(q)$ 有所減少；也就是說，無法排除此一等利潤線（為一封閉曲線）的任何一段。綜合上述各項分析，可推得當政府採行污染稅的環境政策時，污染廠商的等利潤線應為一組封閉曲線；而且，若假設廠商利潤極大化下的最適選擇存在、且唯一時，可推得愈趨向封閉曲線中心點的 (q, a) 組合，污染廠商的利潤會愈高。

13 由於本文假設總污染排放量規定的等式成立，亦即隱含此一國際環保公約的限量要求為有效的。因此，在污染稅的環境管制政策下，污染廠商等利潤線的中心點必定位於 cc 線的右下方。

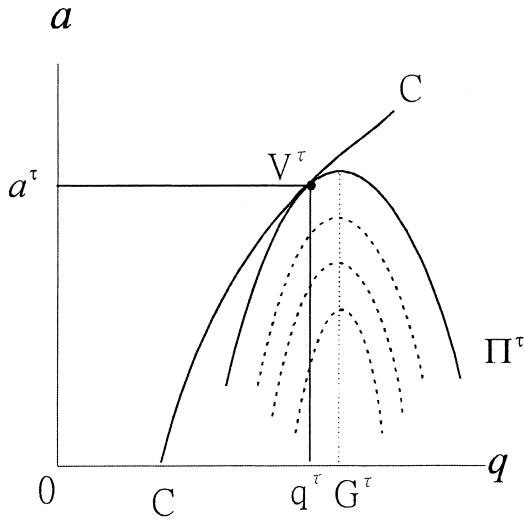


圖 2 商品稅政策下，污染廠商均衡的生產數量 q^τ 與污染防治投入數量 a^τ 的決定

等利潤線。¹⁴ 因此，在商品稅的環境管制政策下，當面對此一國際環保要求時，污染廠商的最適決策點 V^τ 應位於 cc 線與 Π^τ 線的相切點位置，亦即

$$-\frac{e(a^\tau)}{e'(a^\tau)q^\tau} = \frac{P(q^\tau) + P'(q^\tau)q^\tau - C'(q^\tau) - \tau}{A'(a^\tau)} \quad (6)$$

須成立。上式中， $\frac{P(q) + P'(q)q - C'(q) - \tau}{A'(a)}$ 為 Π^τ 線的斜率。

仿照圖 1、圖 2 的分析，亦可分別說明當政府採行污染防治量補貼、或污染防治成本補貼的環境管制政策時，廠商均衡的生產數量與污染防治投入數

14 將 $\Pi^\tau(q, a) = P(q)q - C(q) - A(a) - \tau q$ 此式對 q 與 a 全微分，可得在商品稅下，廠商的等利潤線斜率為 $(da/dq)|_{\Pi^\tau=0} = [P(q) + P'(q)q - C'(q) - \tau]/A'(a)$ ，其正負符號無法唯一判定；亦即，面對各個不同的 (q, a) 組合點下，此一等利潤線的斜率可能為正、亦可能為負。然而，因其曲度的變化 $(d^2a/dq^2)|_{\Pi^\tau=0} = [2P' + P''(q)q - C''(q) - A''(a)(\frac{da}{dq}|_{\Pi^\tau=0})^2]/A'(a) < 0$ ，隱含該等利潤函數為一凹函數。因此，綜合上述分析，可推得當政府採行商品稅政策時，污染廠商的等利潤線為一組開口向下的曲線。再者，由於 $\partial \Pi^\tau / \partial a = -A'(a) < 0$ ，所以，可得出愈趨向橫軸的 (q, a) 組合，污染廠商的利潤會愈高。

量的決定。因此，同理可推得在污染防治量補貼與污染防治成本補貼政策下，污染廠商的最適決策點 V^r 與 V^s 須分別符合

$$-\frac{e(a^r)}{e'(a^r)q^r} = \frac{P(q^r) + P'(q^r)q^r - C'(q^r) + r[e(0) - e(a^r)]}{A'(a^r) + re'(a^r)q^r} \quad (7)$$

$$-\frac{e(a^s)}{e'(a^s)q^s} = \frac{P(q^s) + P'(q^s)q^s - C'(q^s)}{(1-s)A'(a^s)} \quad (8)$$

上二式中， $\frac{P(q) + P'(q)q - C'(q) + r[e(0) - e(a)]}{A'(a) + re'(a)q}$ 與 $\frac{P(q) + P'(q)q - C'(q)}{(1-s)A'(a)}$ 分別為 Π^r 線與 Π^s 線的斜率。其中， Π^r 線為當政府採行污染防治量補貼政策時，污染廠商的一組等利潤線，其形狀與 Π^t 線相類似； Π^s 線則為污染防治成本補貼政策下，污染廠商的一組等利潤線，其形狀與 Π^r 線相類似。¹⁵

3 各項環境政策產出效果與 污染防治投入程度的比較

依據上一節的分析，已分別推導出在相同的總污染排放量限制之下，污染廠商面對各種不同的環境管制政策時，其最適的生產數量與污染防治投入水準。因此，接下來這一節便欲比較各項環境政策的產出效果與污染防治投入程度。

首先，比較污染稅與商品稅二項環境管制政策的效果。為了比較此二管制政策的產出效果與污染防治投入程度的大小，將污染稅政策下的均衡生產數量 q^t 與污染防治投入數量 a^t ，代入污染廠商在商品稅政策下的一階必要條件（即第(2)與(3)二式於 $i = \tau$ 時），可得：

$$L_q^\tau|_{q=q^t, a=a^t} = P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - \tau - \lambda^\tau|_{q=q^t, a=a^t} e(a^t) \quad (9)$$

$$L_a^\tau|_{q=q^t, a=a^t} = -A'(a^t) - \lambda^\tau|_{q=q^t, a=a^t} e'(a^t)q^t \quad (10)$$

15 Π^r 與 Π^s 二曲線的圖形推導，可分別仿照註釋 12 與 14 的說明。

將第(3)與(2)二式於 $i = \tau$ 時移項整理所得之 λ^τ ，分別代入第(9)與(10)二式，再根據污染廠商在污染稅政策下的一階必要條件（即第(2)與(3)二式於 $i = t$ 時），可將第(9)與(10)二式分別整理之後得到：

$$L_q^\tau|_{q=q^t, a=a^t} = -\tau < 0 \quad (11)$$

$$L_a^\tau|_{q=q^t, a=a^t} = \frac{\tau e'(a^t)q^t}{e(a^t)} < 0 \quad (12)$$

根據上述分析結果，可得出以下有關污染稅與商品稅二項環境管制政策，其產出效果與污染防治投入程度的比較。

『命題一』：在相同的總污染排放量限制之下，政府採行商品稅政策時的產出效果與污染防治投入程度，均低於其採行污染稅政策時的結果。

（證明）：因為根據第(11)式，可得出 $\hat{q}^\tau(a=a^t) < q^t$ ；根據第(12)式，可得出 $\hat{a}^\tau(q=q^t) < a^t$ 。又依據第(4)式，可知在商品稅政策下，污染廠商的最適決策 (q^τ, a^τ) 須滿足 $e(a^\tau)q^\tau = \bar{E}$ 。因此，綜合上述的分析結果，可證得 $q^\tau < q^t$ ， $a^\tau < a^t$ 。

關於上述污染稅與商品稅二項環境政策效果的比較，可以圖 3 說明之。如圖 3 所示，假設政府原本採行污染稅的環境管制政策，此時污染廠商的最適決策位於 II^t 線與 cc 線的相切點位置，亦即為點 V^t 。根據第(5)與(6)二式，可得知¹⁶

$$\frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - \tau}{A'(a^t)} < \frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)}{A'(a^t) + te'(a^t)q^t}$$

此一結果隱含通過點 V^t 的一條 II^τ 線斜率，將較 II^t 線與 cc 線的切線斜率來得小。因此，可進一步推得：在點 V^t 上， II^τ 線會與 cc 線相交；而且，

16 因為若 $x/y = g/h$ ，則 $g/h = (g + \lambda x)/(h + \lambda y)$ 成立。所以，根據第(5)式，可得知 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)]/[A'(a^t) + te'(a^t)q^t] = [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)]/A'(a^t)$ 。又因為 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - \tau]/A'(a^t) < [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)]/A'(a^t)$ ，因此，可推得 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - \tau]/A'(a^t) < [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)]/[A'(a^t) + te'(a^t)q^t]$ 。

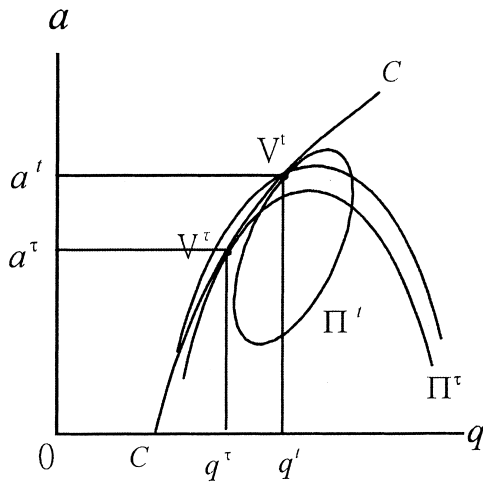


圖 3 污染稅與商品稅政策的產出效果、污染防治投入程度的比較

在此一交點上， Π^{τ} 線的切線斜率會小於 cc 線的切線斜率。所以，當政府改採商品稅的環境管制政策時，污染廠商一方面在追求利潤極大化的動機之下，另一方面卻仍受限於總污染排放量的限量要求，因此，其最適決策會由點 V^t 沿著 cc 線往原點方向移動，直至 Π^{τ} 線與 cc 線的相切點位置為止；亦即為點 V^{τ} 。據此，可以推得 $q^{\tau} < q^t$ ， $a^{\tau} < a^t$ 。

命題一的經濟意義相當明顯。一般而言，政策的實施若能針對扭曲 (distortion) 的來源直接加以矯正，則對其它經濟個體的損害會較小，因而能達到較佳的效果。因此，在本文假定污染排放量可以明確監測的前提下，為了達成總污染排放限量規定的環保要求，採行直接對污染量課稅的管制措施（即污染稅）的效果，將較採行間接的環境管制措施（即商品稅）的效果來得好。

接著，比較污染稅與污染防治量補貼、或污染稅與污染防治成本補貼二項環境政策的效果。如同上述對於污染稅與商品稅政策的比較分析方式，可將污染稅政策下的均衡生產數量 q^t 與污染防治投入數量 a^t ，代入廠商在污染防治量補貼與污染防治成本補貼政策下的一階必要條件（即第(2)與(3)二式於 $i=r, s$ 時），並根據第(2)與(3)式於 $i=t, r, s$ 六式，可分別推導出：

$$L_q^r|_{q=q^t, a=a^t} = re(0) > 0 \quad (13)$$

$$L_a^r|_{q=q^t, a=a^t} = -\frac{re(0)e'(a^t)q^t}{e(a^t)} > 0 \quad (14)$$

$$L_q^s|_{q=q^t, a=a^t} = -sA'(a^t)\left[\frac{e(a^t)}{e'(a^t)q^t}\right] > 0 \quad (15)$$

$$L_a^s|_{q=q^t, a=a^t} = sA'(a^t) > 0 \quad (16)$$

依據上述各項的分析結果，可得出以下有關污染稅與污染防治量補貼、或污染稅與污染防治成本補貼二項環境管制政策，其產出效果與污染防治投入程度的比較。

『命題二』：在相同的總污染排放量限制之下，無論政府採行何種污染防治補貼政策，其產出效果與污染防治投入程度均會高於採行污染稅政策時的結果。

(證明)：因為根據第(13)式，可得出 $\hat{q}^r(a=a^t) > q^t$ ；根據第(14)式，可得出 $\hat{a}^r(q=q^t) > a^t$ 。又依據第(4)式，可知在污染防治量補貼政策下，污染廠商的最適選擇行為 (q^r, a^r) 必須滿足 $e(a^r)q^r = \bar{E}$ 。所以，綜合上述的分析結果，可證得 $q^r > q^t$ ， $a^r > a^t$ 。同理，根據第(4)、(15)與(16)三式，亦可證得 $q^s > q^t$ ， $a^s > a^t$ 。

對於上述污染稅與污染防治量補貼，以及污染稅與污染防治成本補貼二項環境政策效果的比較，可分別以圖 4、圖 5 說明之。首先，分析污染稅與污染防治量補貼此二項環境政策效果的比較。仿照圖 3 的說明，如圖 4 所示，假設政府原本採行污染稅的環境管制政策，此時污染廠商的最適決策為點 V^t ，其位於 Π^t 線與 cc 線的相切點位置。根據第(5)與(7)二式，可得知¹⁷

$$\frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) + r[e(0) - e(a^t)]}{A'(a^t) + te'(a^t)q^t} > \frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)}{A'(a^t) + te'(a^t)q^t} > 0$$

17 因為 $\{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) + r[e(0) - e(a^t)]\} / [A'(a^t) + te'(a^t)q^t] > [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)] / A'(a^t)$ ，又根據第(5)式，可知 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)] / A'(a^t) = [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)] / [A'(a^t) + te'(a^t)q^t] > 0$ 。因此，可推得 $\{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) + r[e(0) - e(a^t)]\} / [A'(a^t) + te'(a^t)q^t] > [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)] / [A'(a^t) + te'(a^t)q^t] > 0$ 。

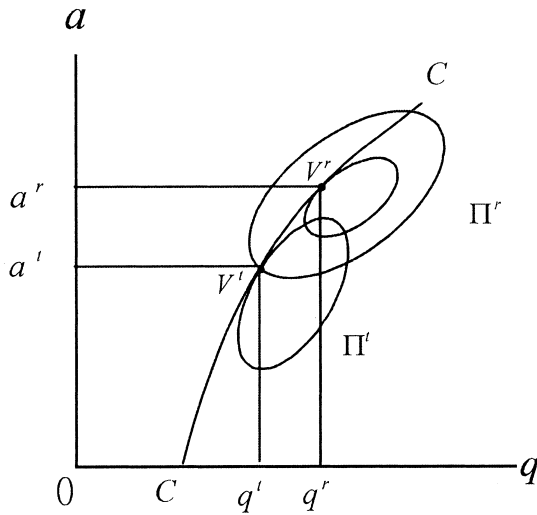


圖 4 污染稅與污染防治量補貼政策的產出效果、
污染防治投入程度的比較

此一結果顯示：在點 V^t 上， Π^r 線的切線斜率將較 Π^t 線的切線斜率來得陡峭。據此，可進一步推得：在點 V^t 上， Π^r 線會與 cc 線相交；而且，在此一交點上， Π^r 線的切線斜率會較 cc 線的切線斜率來得陡峭。所以，當政府改採污染防治量補貼的環境管制政策時，在污染廠商追求利潤極大化，以及受限於總污染排放量規定的情況下，污染廠商的最適選擇會由點 V^t 沿著 cc 線往遠離原點的方向移動，直到 Π^r 線與 cc 線的相切點位置為止；亦即為點 V^r 。因此，可以推得 $q^r > q^t$ ， $a^r > a^t$ 。

至於污染稅與污染防治成本補貼二項環境政策效果的比較，類似前述的說明。如圖 5 所示，根據第(5)與(8)二式，可得知¹⁸

$$\frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)}{(1-s)A'(a^t)} > \frac{P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)}{A'(a^t) + te'(a^t)q^t} > 0$$

18 根據第(5)式可知 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)]/A'(a^t) = [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)]/[A'(a^t) + te'(a^t)q^t] > 0$ 。又因為 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)]/[(1-s)A'(a^t)] > [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)]/A'(a^t)$ ，因此，可推得 $[P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t)]/[(1-s)A'(a^t)] > [P(q^t) + P'(q^t)q^t - C'(q^t) - te(a^t)]/[A'(a^t) + te'(a^t)q^t] > 0$ 。

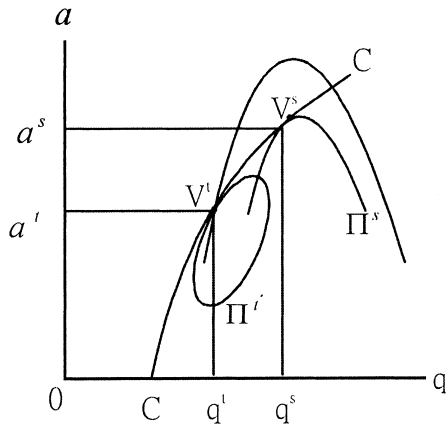


圖 5 污染稅與污染防治成本補貼政策的產出效果、
污染防治投入程度的比較

此一結果表示：在點 V^t 上， Π^s 線的切線斜率將較 Π^t 線的切線斜率來得陡峭。因此，同理可以推得，當政府改採污染防治成本補貼的環境管制政策時，污染廠商的最適決策亦會由點 V^t 沿著 cc 線往遠離原點的方向移動，直至 Π^s 線與 cc 線的相切點位置為止；即為點 V^s 。所以，亦可推得 $q^s > q^t$ ， $a^s > a^t$ 。

命題二的經濟意義如下。無論政府採行何種環境管制政策，在面對總污染排放量規定的國際環保要求時，污染廠商皆必須提高污染防治投入的水準，或是減少產品的生產數量，以達成此一限量規定的環保要求。然而，當污染廠商提昇污染防治投入程度時，其污染防治的成本也會隨之增加，如此一來便會降低了污染廠商從事污染防治工作的意願。但是，由於在污染防治補貼政策（包括防治量補貼與防治成本補貼二項政策）下，政府會對於污染廠商的污染防治投入給予部份的補償，其補償金額為 $r[e(0) - e(a)]q$ 、或 $sA(a)$ 。因此，與污染稅的環境管制政策互相比較，在面對政府採行污染防治補貼政策時，污染廠商將有較大的誘因去從事污染防治工作，也因而其生產數量必須減少的幅度可以較小。所以，可推得 $a^r > a^t$ ， $q^r > q^t$ ； $a^s > a^t$ ， $q^s > q^t$ 。

最後，比較污染防治量補貼與污染防治成本補貼二項環境政策的效果。

仿照前述的分析方式，可將污染防治成本補貼政策下的均衡生產數量 q^s 與污染防治投入數量 a^s ，代入第(2)與(3)二式於 $i=r$ 時，並根據第(2)與(3)式於 $i=r, s$ 四式，可推得：

$$L_q^r|_{q=q^s, a=a^s} = sA'(a^s) \left[\frac{e(a^s)}{e'(a^s)q^s} \right] + re(0) \quad (17)$$

$$L_a^r|_{q=q^s, a=a^s} = -sA'(a^s) - re(0) \left[\frac{e'(a^s)q^s}{e'(a^s)} \right] \quad (18)$$

依據上述分析結果，可得出以下有關污染防治量補貼與污染防治成本補貼二項環境管制政策，其產出效果與污染防治投入程度的比較。

『命題三』：在相同的總污染排放量限制之下，當污染廠商產品的原始污染量愈大（小）、或邊際防治成本愈低（高）、或污染防治技術愈有（無）效率、或總污染排放量規定愈寬鬆（嚴格）時，則政府採行污染防治量補貼政策時的產出效果與污染防治投入程度，愈有可能高於（低於）其採行污染防治成本補貼政策時的結果。

（證明）：根據第(17)與(18)二式可得知，當 $e(0)$ 愈大、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 \bar{E} 愈大時， $L_q^r|_{q=q^s, a=a^s} > 0$ 與 $L_a^r|_{q=q^s, a=a^s} > 0$ 成立的可能性會愈高。¹⁹ 據此可推論，當 $e(0)$ 愈大、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 \bar{E} 愈大時， $\hat{q}^r(a=a^s) > q^s$ 與 $\hat{a}^r(q=q^s) > a^s$ 愈有可能發生。又根據第(4)式可知，在污染防治量補貼政策下，污染廠商的最適決策 (q^r, a^r) 必須滿足 $e(a^r)q^r = \bar{E}$ 。因此，綜合上述的分析結果，可證得當 $e(0)$ 愈大、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 \bar{E} 愈大時， $q^r > q^s$ 與 $a^r > a^s$ 成立的可能性會愈高。反之，則 $q^r < q^s$ 與 $a^r < a^s$ 愈有可能發生。

19 因為污染廠商的最適決策必須滿足 $e(a)q = \bar{E}$ ，所以 $\partial a / \partial \bar{E} = 1/e'(a)q$ ， $\partial q / \partial \bar{E} = 1/e(a)$ 。據此，可推得 $\partial \left(\frac{e(a)}{e'(a)q} \right) / \partial \bar{E} = -e(a)e''(a) / [e'(a)]^3 q^2 > 0$ 。因此，只要 $A''(a) \geq 0$ ；或是雖然 $A''(a) < 0$ ，但是 $A''(a)$ 不會太小（此一前提要件必然會成立。因為，此乃污染廠商決定最適的污染防治投入數量時，其利潤極大化下的二階條件 $L_{aa}^i < 0$ 、 $L_{aa}^s < 0$ 、 $L_{aa}^r < 0$ 與 $L_{aa}^s < 0$ 成立之必要條件）；則當 \bar{E} 愈大時， $L_q^r|_{q=q^s, a=a^s} > 0$ 與 $L_a^r|_{q=q^s, a=a^s} > 0$ 成立的可能性會愈高。

如同前述對於不同管制措施之效果比較的圖形分析，此處關於污染防治量補貼與防治成本補貼二項環境政策效果的比較，可以圖 6 說明之。

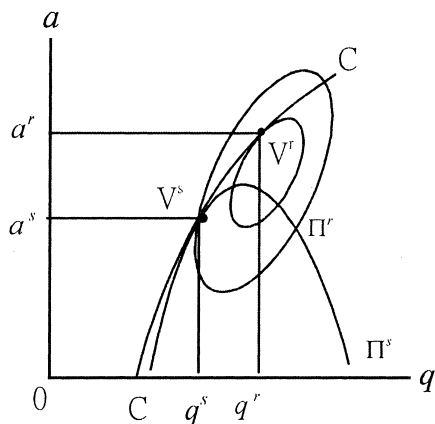


圖 6 防治量補貼與防治成本補貼政策的產出效果、污染防治投入程度的比較。以 $e(0)$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 \bar{E} 愈大時為例

如圖 6 所示，假設政府原本採行污染防治成本補貼的環境管制政策，此時污染廠商的最適選擇位於 Π^s 線與 cc 線的相切點位置，亦即為點 V^s 。根據第(7)與(8)二式可知，在點 V^s 上，此二種防治補貼政策之等利潤線的斜率大小關係並不一定，須視 $e(0)$ 、 $e'(a^s)$ 、 $A'(a^s)$ 、與 \bar{E} 的大小而定。當 $e(0)$ 愈大、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 \bar{E} 愈大時，通過點 V^s 的一條 Π^r 線的切線斜率，愈有可能較 Π^s 線與 cc 線的切線斜率來得陡峭。²⁰ 因此，可推得在 $e(0)$ 愈大、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 \bar{E} 愈大的前提下，當政府改採污染防治量補貼的環境管制政策時，污染廠商的最適選擇會由點 V^s 沿著 cc 線往遠離原點的方向移動，直到 Π^r 線與 cc 線的相切點位置為止；亦

²⁰ 根據第(7)與(8)二式，可知在點 V^s 上，污染防治量補貼政策下的等利潤線斜率為 $\{P(q^s) + P'(q^s)q^s - C'(q^s) + r[e(0) - e(a^s)]\} / [A'(a^s) + re'(a^s)q^s]$ ，污染防治成本補貼政策下的等利潤線斜率為 $[P(q^s) + P'(q^s)q^s - C'(q^s)] / [(1-s)A'(a^s)]$ 。因此，當 $e(0)$ 愈大、或 $|e'(a^s)|$ 愈大、或 $A'(a^s)$ 愈小、或 \bar{E} 愈大時， $\{P(q^s) + P'(q^s)q^s - C'(q^s) + r[e(0) - e(a^s)]\} / [A'(a^s) + re'(a^s)q^s] > [P(q^s) + P'(q^s)q^s - C'(q^s)] / [(1-s)A'(a^s)] > 0$ 愈有可能成立。

即為點 V^r 。所以，可得出 $q^r > q^s$ ， $a^r > a^s$ 。反之，則同理可推得 $q^r < q^s$ ， $a^r < a^s$ 愈有可能發生。

命題三的經濟意義如下。在面對國際污染排放量規定的環保要求時，無論政府採行那一種污染防治補貼政策，污染廠商仍然必須提高其污染防治投入水準，或是減少產品的生產數量，以符合此一環保要求。但是，污染防治投入程度的提昇，將會造成廠商污染防治成本的增加；因此，何種污染防治補貼政策能對廠商從事污染防治工作時，給予較高的補償金額，便能夠有較大的誘因促使廠商提昇其污染防治投入水準。由於在污染防治量補貼與防治成本補貼的環境管制政策下，污染廠商從事污染防治工作所能獲得的補償金額，分別為 $r[e(0) - e(a)]q$ 與 $sA(a)$ ；所以，當污染廠商產品的原始污染量愈大，或是污染廠商的污染防治效果愈顯著，或是污染廠商每增加一單位的污染防治投入所造成防治成本增加的幅度愈小，或是總污染排放量規定的環保要求愈寬鬆時，²¹ 相較於污染防治成本補貼的環境管制政策，在污染防治量補貼政策下，廠商增加其污染防治投入所能獲得的補償金額會愈大。

因此，在面對政府採行污染防治量補貼的環境管制政策時，污染廠商將有較大的誘因去從事污染防治工作，因而其生產數量必須減少的幅度也可以較小。據此，可以推得 $a^r > a^s$ ， $q^r > q^s$ 愈有可能發生。反之，則同理可推得 $a^r < a^s$ ， $q^r < q^s$ 愈可能成立。

綜合上述對於各項環境管制政策，其產出效果與污染防治投入程度的比較，可知在面對國際污染排放量規定的環保要求時，

- (1)政府採行污染防治補貼政策時的產出效果與污染防治投入程度，均會高於其採行課稅方式時的結果。
- (2)就二項課稅方式的環境管制政策而言，在污染稅制度下的產出效果與污染防治投入程度，均高於商品稅政策下的結果。

21 因為本文假設廠商的污染防治技術並不具有規模經濟的特性，因此，當總污染排放量的限量規定愈嚴苛時，污染廠商必須增加更多的污染防治投入，以符合限量規定的環保要求。此即註釋 16 中所證得之 $\partial\left(\frac{da}{dq}\right)_{d\bar{E}=0} / \partial\bar{E} = -\partial\left(\frac{e(a)}{e'(a)q}\right) / \partial\bar{E} = e(a)e''(a) / [e'(a)]^3 q^2 < 0$ 。此時，污染廠商所須投入的污染防治成本便會大幅增加。反之，則廠商所須投入的污染防治成本將可大幅減少。

(3)就二項污染防治補貼方式的環境管制政策而言，當面對較為寬鬆的國際環保要求，或是對於污染性較高的產業（一般而言，意味著該產品的原始污染量會較大），或是污染防治技術較為進步的產業（通常是指污染防治技術較有效率的產業），或是邊際防治成本較低的污染廠商時，政府採行防治量補貼政策下的產出效果與污染防治投入程度，會高於其採行防治成本補貼政策時的結果。反之，則政府採行防治成本補貼政策的產出效果與污染防治投入程度會較高。

4 各項環境政策福利效果的比較

在上一節中，已經對於各項環境管制政策所造成的產出效果與污染防治投入程度作一比較。然而，當政府選擇適當的環境管制政策時，除了考慮產出水準、或是污染防治投入程度之外，不同環境管制政策對於整體社會福利水準的影響，更是其選擇適當的政策工具時的一個重要依據。因此，本節將進一步比較各項環境管制政策的社會福利效果。

在本文的模型設定之下，衡量一國社會福利水準的指標包括消費者剩餘、污染廠商利潤、政府總稅收（或是總補貼支出）、以及環境污染損害程度。所以綜合而言，可將一國的社會福利函數設定如下：²²

$$W(\bar{q}, \bar{a}) = \int_0^{\bar{q}} [P(q) - C'(q)] dq - A(\bar{a}) - D(e(\bar{a})\bar{q})$$

上式中， $D(e(\bar{a})\bar{q})$ 表示當總污染排放量為 $e(\bar{a})\bar{q}$ 時，環境污染損害對社會福利水準所造成的負面影響程度；而且， $D'(e(\bar{a})\bar{q}) > 0$ 。因此，藉由上式可知，當政府選擇較佳的環境管制政策時，其取捨的標的有三：第一是對於獨佔市場中產量扭曲（monopoly distortion）的矯正效果，即 $\int_0^{\bar{q}} [P(q) - C'(q)] dq$ ；第二是污染防治成本負擔的大小，即 $A(\bar{a})$ ；第三則是環境污染

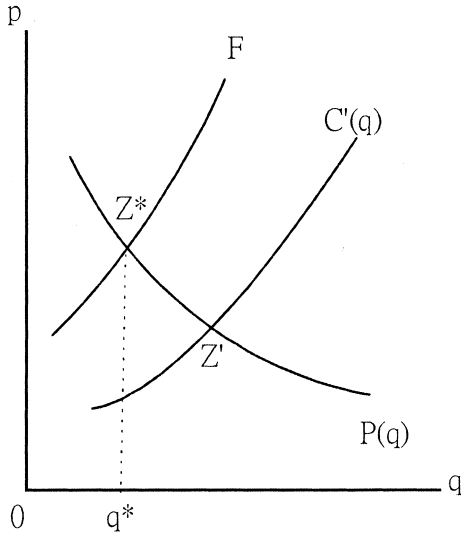
22 本文不擬探討稅收的作用，以及補貼支出的來源。此一稅收與補貼支出只涉及所得移轉的發生，其與消費者剩餘、廠商利潤等項目於福利函數中所佔的權數均相同。

的損害程度，即 $D(e(\hat{a})\hat{q})$ 。然而，由於本文分析乃是給定一總污染排放量的限量規定，亦即 $e(\hat{a})\hat{q} = \bar{E}$ 須成立，因此，不同管制政策所造成的環境污染損壞程度皆為 $D(\bar{E})$ 。所以，在比較各項環境管制政策的福利效果時，只需考慮前兩項衡量標的。

就第一項矯正產量扭曲的目標來看，一般而言，在獨佔市場的假設下，廠商均衡的生產數量相對於福利極大化下的最適產量會太少；因此，何種環境政策可使得污染廠商的產品生產數量較多，便是較佳的环境管制政策。然而，由於在本文的模型設定之下，污染廠商均衡的生產數量與污染防治投入水準必須受限於 $e(\hat{a})\hat{q} = \bar{E}$ 的限量規定；所以，對於均衡生產數量較多的環境管制政策，其均衡的污染防治投入數量也必然會較多，以至於社會所須負擔的污染防治成本也會較高。因此，就第二項污染防治成本負擔的衡量標的而言，使得產品生產數量較多的環境管制政策，反而是較差的環境政策。所以，綜合上述分析，可知當政府選擇最適的環境管制政策時，必須在“獨佔市場的產量扭曲”與“污染防治成本負擔的大小”二者之間，取得一個協調。

上述在福利效果的考量之下，對於政府如何選擇最適的環境管制政策的分析，可以圖 7 說明之。如圖 7 所示，在面對總污染排放限量規定的環保要求時，由於產量的增加將使得污染防治成本隨之增加，因此，社會福利極大化下的最適決策應位於 $P(q)$ 線與 $C'(q) + A'(a) \frac{da}{dq} \Big|_{a\bar{E}=0}$ 線的交點位置，亦即點 Z^* ；而並非是 $P(q)$ 線與 $C'(q)$ 線的交點 Z' 。其中，點 Z' 的決定乃是在未考慮總污染排放限量規定的情形下，純粹就獨佔市場中產量扭曲的矯正效果求得最適；至於點 Z^* 的決定則是在受限於總污染排放限量規定的前提下，考慮產量變動對污染防治成本負擔的影響。因此，當污染防治成本的負擔增加時，點 Z^* 所決定的社會最適生產數量會變少。所以可得知，均衡產量愈接近點 Z^* 的環境管制政策，才是福利效果愈高的環境政策，而並非是生產數量愈多的政策。

另外，根據點 Z^* 位置的決定（相對於點 Z' 的位置而言），可知政府最適環境政策的選擇，應受污染防治成本函數、污染防治技術函數等函數的型態，以及國際環保標準嚴苛與否等因素的影響。當污染防治技術愈落後時，為了達成總污染排放限量規定的環保要求，污染廠商必須增加更多的污染防治投



$$F: C'(q) + A'(a) \frac{da}{dq} \Big|_{d\bar{E}=0}$$

圖 7 面對國際污染排放量規定時，
社會福利極大化下的最適決策

入，以至於污染防治成本將會大幅增加。再者，當總污染排放標準愈嚴格時，由於本文假設廠商的污染防治技術並不具有規模經濟的特性，因此，污染廠商亦必須增加更多的污染防治投入，以符合此一限量規定的環保要求，如此亦將導致污染防治成本大幅增加。所以綜合而言，當污染廠商的邊際防治成本增加，或污染防治技術愈落後，或總污染排放量規定愈嚴苛時，皆會造成污染防治成本的負擔增加（此時 $C'(q) + A'(a) \frac{da}{dq} \Big|_{d\bar{E}=0}$ 線會往左上方移動）；如此一來，將使得社會福利極大化下的最適生產數量減少。因此可推論得知，當邊際防治成本增加的幅度愈大，或污染防治技術落後的情形愈嚴重，或國際污染排放量規定過於嚴苛時，促使產品生產數量愈多的環境管制政策，反而可能成為較差的環境政策。

以下為了明確比較不同環境管制政策的福利效果，以及分析各種可能因素對福利效果比較的影響，因此，將前述模型中的各項函數設定予以顯函數化。令

$$\begin{aligned}
 P(q) &= a - \beta q & a > 0, \beta > 0 \\
 C(q) &= cq & c > 0 \\
 A(a) &= ka & k > 0 \\
 e(a) &= \frac{1}{e_0 + \delta a} & e_0 > 0, \delta > 0
 \end{aligned}$$

其中, c 與 k 分別表示固定的邊際生產成本與邊際防治成本; δ 表示污染防治的技術水準, 當 δ 愈大時, 隱含污染防治技術愈進步; $\frac{1}{e_0}$ 則代表污染廠商產品的原始污染量, 當 $\frac{1}{e_0}$ 愈大時, 表示產品的特質愈是傾向於高污染性產業。

仿照第二節在不同的環境管制政策下, 對於污染廠商均衡的生產數量與污染防治投入數量的推導過程, 並根據本節所設定的社會福利函數, 可求解出各項環境管制政策下的福利效果分別如下:²³

$$W^t = \frac{3}{8\beta\bar{E}^2\delta^2} [\bar{E}\delta(a-c) - k]^2 + \Psi \quad (19)$$

$$W^\tau = \frac{1}{8\beta\bar{E}^2\delta^2} [\bar{E}\delta(a-c-\tau) - k][\bar{E}\delta(3a-3c+\tau) - 3k] + \Psi \quad (20)$$

$$W^r = \frac{1}{8\beta\bar{E}^2\delta^2} [\bar{E}\delta(a-c+\frac{r}{e_0}) - k][\bar{E}\delta(3a-3c-\frac{r}{e_0}) - 3k] + \Psi \quad (21)$$

$$W^s = \frac{1}{8\beta\bar{E}^2\delta^2} [\bar{E}\delta(a-c) - (1-s)k][\bar{E}\delta(3(a-c)) - (3+s)k] + \Psi \quad (22)$$

上式中, $\Psi = \frac{ke_0}{\delta} - D(\bar{E})$ 。依據上述求解結果, 可得出以下有關各項環境管制政策下的福利效果比較。

『命題四』: 在相同的總污染排放量限制之下, 政府採行污染稅政策時的福利效果, 將高於其採行商品稅政策時的結果。

(證明): 根據第(19)與(20)二式, 可得出

23 其中, $q^t = [\bar{E}\delta(a-c) - k]/2\beta\bar{E}\delta$, $a^t = [\bar{E}\delta(a-c) - k]/[2\beta\bar{E}^2\delta^2] - e_0/\delta$ 。
 $q^\tau = [\bar{E}\delta(a-c-\tau) - k]/2\beta\bar{E}\delta$, $a^\tau = [\bar{E}\delta(a-c-\tau) - k]/[2\beta\bar{E}^2\delta^2] - e_0/\delta$ 。
 $q^r = [\bar{E}\delta(a-c+\frac{r}{e_0}) - k]/2\beta\bar{E}\delta$, $a^r = [\bar{E}\delta(a-c+\frac{r}{e_0}) - k]/[2\beta\bar{E}^2\delta^2] - e_0/\delta$ 。
 $q^s = [\bar{E}\delta(a-c) - (1-s)k]/2\beta\bar{E}\delta$, $a^s = [\bar{E}\delta(a-c) - (1-s)k]/[2\beta\bar{E}^2\delta^2] - e_0/\delta$ 。

$$W^t - W^\tau = \frac{\tau}{8\beta\bar{E}\delta} \{ \bar{E}\delta[2(\alpha - c) + \tau] - 2k \}$$

又因為 $q^t > 0$ 必須成立，所以，可推得 $\bar{E}\delta(\alpha - c) - k > 0$ 。因此，綜合上述的分析結果，可證得 $W^t > W^\tau$ 。

命題四的經濟意義相當明顯。如前所述，一般而言，在獨佔市場的假設下，廠商均衡的生產數量相較於福利極大化下的最適產量會過少。再者，當政府對污染廠商的產品生產、或污染排放行為予以課稅時，將使得污染廠商的總生產成本提高，因而更減少其產品的生產數量。因此，即使在污染廠商受限於總污染排放量規定的情況下，當政府採行課稅方式的環境管制政策時，污染廠商均衡的生產數量仍較社會福利極大化的最適產量來得少。²⁴ 所以，何種課稅方式可使得污染廠商的產品生產數量較多，便是福利效果較佳的環境管制政策。此外，根據第三節的推論，已知污染稅制度下的生產數量較商品稅政策來得多，因此，可得知政府採行污染稅政策時的福利效果，必然高於其採行商品稅政策時的結果。

『命題五』：在相同的總污染排放量限制之下，政府採行課稅方式與污染防治補貼方式的環境管制政策，彼此之間福利效果的比較，必須視污染廠商的邊際防治成本、污染防治的技術水準、產品的原始污染量，以及總污染排放量規定等因素而定。

- (1) 當污染廠商的邊際防治成本愈高（低）、或污染防治技術愈落後（進步）、或總污染排放標準愈嚴格（寬鬆）時，無論政府採行何種課稅方式的管制政策，其福利效果皆愈有可能高於（低於）污染防治補貼政策下的結果。
- (2) 當產品的特質愈是傾向於高（低）污染性產業時，課稅政策下的福利效果，愈有可能高於（低於）污染防治量補貼政策下的結果。

24 根據上述對於一國社會福利函數的設定，可推導出在面對總污染排放量規定的環保要求時，社會福利極大化下的最適生產數量為 $q^* = [\bar{E}\delta(\alpha - c) - k] / \beta\bar{E}\delta$ 。因此，依據註釋 23，可得知 $q^t < q^*$ ， $q^\tau < q^*$ 。

(證明)：根據第(19)、(20)、(21)與(22)四式，可推得

$$\text{Sign}(W^t - W^r) = -\text{Sign}\{\bar{E}\delta[2(\alpha - c) - \frac{r}{e_0}] - 2k\}$$

$$\text{Sign}(W^t - W^s) = -\text{Sign}\{\bar{E}\delta 2(\alpha - c) - (2 + s)k\}$$

$$\text{Sign}(W^r - W^r) = -\text{Sign}\{\bar{E}\delta[2(\alpha - c) + (\tau - \frac{r}{e_0})] - 2k\}$$

$$\text{Sign}(W^r - W^s) = -\text{Sign}\{\bar{E}\delta[2(\alpha - c) + \tau] - (2 + s)k\}$$

因此，綜合上述的推導結果，可證得：當 k 愈大（小）、或 δ 愈小（大）、或 \bar{E} 愈小（大）時， $W^t > (<) W^r$ 、 $W^t > (<) W^s$ 、 $W^r > (<) W^r$ 、與 $W^r > (<) W^s$ 愈可能成立。此外，當 $\frac{1}{e_0}$ 愈大（小）時， $W^t > (<) W^r$ 與 $W^r > (<) W^r$ 愈有可能發生。

根據上述命題，可得到一個有趣的結果。一般而言，當市場為不完全競爭時，由於存在著產量過少的扭曲現象，因此，為了達成既定的環保要求，採取對污染防治補貼的政策將較課稅的方式，對一國福利水準所造成的損害會較少。然而，本文卻推論出：當國際環保要求愈嚴格時，或是對於高污染性、防治技術較為落後的產業，政府採行防治補貼方式的環境政策所能獲致的福利效果會較差。

關於此一有趣的發現，其背後所隱含的經濟意義如下。如前所述，當污染廠商的邊際防治成本提高、或污染防治技術較無效率、或總污染排放標準較嚴格時，將使得污染防治成本的負擔隨之增加。再者，已知在面對總污染排放限量規定的國際環保要求時，倘若污染防治成本負擔所佔的比重愈大，則社會福利極大化下的最適生產數量應愈少。然而，由於在污染防治補貼方式的管制政策下，政府會對廠商的污染防治行為給予部份的補償；因此，相對於課稅方式的環境管制政策，在污染防治補貼政策之下，污染防治成本負擔的提高對於廠商決定其均衡生產數量的影響較小。所以，隨著邊際防治成本增加的幅度愈大、或污染防治技術愈無效率、或總污染排放標準愈嚴格時，污染防治補貼政策下的廠商均衡生產數量，相對於課稅方式下的均衡結果，將愈可能偏離社會福利極大化下的最適生產數量。因此，可推論得知在上述

情況下，政府採行污染防治補貼政策時的福利效果，將愈有可能低於課稅方式下的結果。反之，當污染廠商的邊際防治成本愈低、或污染防治技術愈進步、或總污染排放標準愈寬鬆時，皆將使得污染防治成本的負擔變輕；所以，在此一狀況下，最適環境政策的選擇應偏重於矯正獨佔市場中的產量扭曲現象。因此，根據第三節的產量效果比較，可推得無論政府採行何種污染防治補貼的環境管制政策，其福利效果皆愈有可能高於課稅方式下的結果。

此外，對於高污染性產業的最適環境政策選擇，根據第三節的分析結果，可知當產品的特質愈是傾向於高污染性產業時，採行污染防治量補貼政策將愈可能促使廠商增加其污染防治投入，以至於廠商均衡的生產數量會較多。因此，隨著產品的污染性愈高，相對於課稅方式下的均衡結果，污染防治量補貼政策下的均衡產量將會愈偏離社會最適化下的生產數量。所以，可推得在上述情況下，政府採行污染防治量補貼政策時的福利效果，將愈有可能低於其採行課稅方式時的結果。反之，當產品的污染性愈低時，污染防治量補貼政策下的均衡產量將較為接近社會最適化下的生產數量。因此，對於產品污染性愈低的產業，政府採行污染防治量補貼政策時的福利效果，愈有可能高於課稅方式下的結果。

『命題六』：在相同的總污染排放量限制之下，政府採行污染防治量補貼與防治成本補貼的環境管制政策，二者之間福利效果的比較，仍須視污染廠商的邊際防治成本、污染防治的技術水準、產品的污染性，以及總污染排放標準等因素而定。當污染廠商的邊際防治成本夠高、或夠低，或是污染防治技術相當落後、或相當進步，或是總污染排放標準過於嚴苛、或過於寬鬆，或是產品的原始污染量介於某二特定值之間時，政府採行污染防治量補貼政策時的福利效果，愈有可能高於其採行污染防治成本補貼政策時的結果。反之，則污染防治成本補貼政策下的福利效果，愈有可能高於污染防治量補貼政策下的結果。

(證明)：根據第(21)與(22)二式，可推得

$$\text{Sign}(W^r - W^s) = \text{Sign}\left\{\left(\bar{E}\delta \frac{r}{e_0} - sk\right)\left[\bar{E}\delta(2(a-c) - \frac{r}{e_0}) - (2+s)k\right]\right\}$$

因此，依據上式可證得，當 $\frac{1}{e_0}$ 介於某二特定值之間，或者是 k 夠大、或夠小，或者是 δ 夠大、或夠小，或者是 \bar{E} 太大、或太小時，則 $W^r > W^s$ 愈可能成立。反之，則 $W^s > W^r$ 愈有可能發生。

上述對於污染防治量補貼與防治成本補貼的環境管制政策，二者之間的福利效果比較，可以圖 8 說明之。圖 8 以污染廠商的邊際防治成本為例，說明當邊際防治成本變動時，將如何影響此二污染防治補貼政策間的福利效果比較。如圖 8 所示，橫軸代表污染廠商的邊際防治成本 k ，縱軸代表此二環境管制政策間的福利效果差異 $W^r - W^s$ 。由此可得知，

當 $k > \frac{\bar{E}\delta\frac{r}{e_0}}{s}$ 、或 $k < \frac{\bar{E}\delta[2(\alpha-c)-\frac{r}{e_0}]}{2+s}$ 成立時， $W^r - W^s$ 會大於零。反之，當 k 介於 $\frac{\bar{E}\delta[2(\alpha-c)-\frac{r}{e_0}]}{2+s}$ 與 $\frac{\bar{E}\delta\frac{r}{e_0}}{s}$ 二特定值之間時， $W^r - W^s$ 則會小於零。

命題六的經濟意義如下。根據第三節的分析結果，可知當污染廠商的邊際防治成本愈高、或總污染排放限量規定愈嚴苛、或污染防治技術愈落後時，政府採行防治成本補貼政策時的產出效果，愈有可能高於其採行防治量補貼政策時的結果。因此，在污染廠商的邊際防治成本太高、或污染防治技術過於落後、或總污染排放標準過於嚴苛的情況下，防治成本補貼政策下的均衡產量將會遠大於防治量補貼政策下的結果。然而如前所述，當上述情況發生時，將會造成污染防治成本負擔的比重過高，以至於社會福利極大化下的最適生產數量應相當少；此時，防治成本補貼政策下的均衡產量相較於防治量補貼政策下的結果，將較為偏離社會最適化下的生產數量。此一結果將不利於政府採行污染防治成本補貼政策時的福利效果。另外，倘若污染廠商的邊際防治成本相當低、或總污染排放標準過於寬鬆、或污染防治技術相當進步時，一方面由於防治量補貼政策下的產出效果會較高，另一方面則因為污染防治成本的負擔亦相當輕；因此，此種狀況將會有利於政府採行防治量補貼政策時的福利效果。所以，綜合以上的分析結果，可推論得知當邊際防治成本夠大、或夠小，或是國際污染排放限量規定過於嚴格、或過於寬鬆，或是污染防治技術相當進步、或相當落後時，政府採行防治量補貼政策

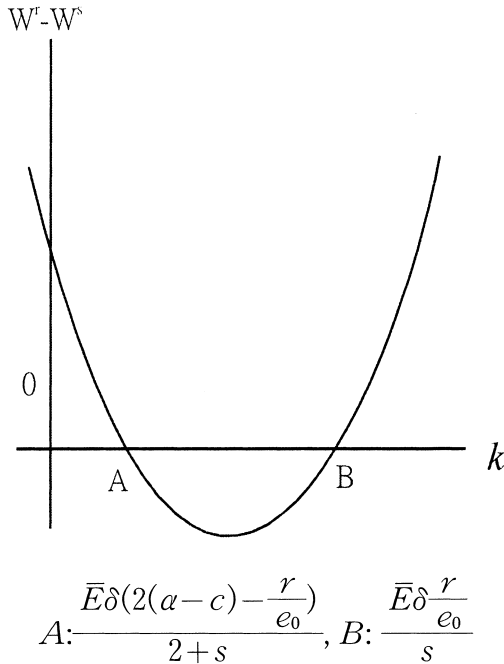


圖 8 防治量補貼與防治成本補貼政策的福利效果比較

例子之一： $\frac{s}{s+1}(\alpha - c) < \frac{r}{e_0} < 2(\alpha - c)$

時的福利效果，將愈有可能高於污染防治成本補貼政策下的結果。反之，則污染防治成本補貼政策下的福利效果會較大。

此外，探討產品的污染性如何影響此二種防治補貼政策下的福利效果比較。根據第三節的分析結果，可知當污染廠商產品的原始污染量愈大時，政府採行防治量補貼政策時的均衡產量，愈有可能高於其採行防治成本補貼政策時的結果。然而，當此一產品的原始污染量太過高時，防治量補貼政策下的均衡產量將會過多，以至過於偏離社會福利極大化下的最適生產數量。因此，對於產品污染性太高的產業而言，政府採行污染防治量補貼政策時的福利效果，很有可能低於污染防治成本補貼政策下的結果。另外，倘若產品的污染性相當低時，一方面由於防治量補貼政策下的均衡產量將較防治成本補貼政策下的結果來得少，另一方面則因為此一均衡產量相對於社會最適化下的生產數量會過少；因此，對於產品污染性相當低的產業而言，政府採行污染防治量補貼政策時的福利效果，仍然很有可能低於污染防治成本補貼政策

下的結果。反之，則污染防治量補貼政策下的福利效果會較大。

綜合上述對於各項環境管制政策的福利效果比較，可知在獨佔市場的假設下，當面對國際污染排放限量規定的環保要求時，若一國政府基於整體社會福利水準的考量，

(1)在面對較為嚴格（寬鬆）的國際環保要求，或是對於產品污染性較高（低）的產業，或是污染防治技術較為落後（進步）的產業，或是邊際防治成本較高（低）的污染廠商時，政府宜選擇課稅（污染防治補貼）方式的環境管制政策，而非選擇污染防治補貼（課稅）方式的環境管制政策。

(2)倘若基於污染者付費的精神，或是受限於財政收支等因素的考量下，政府傾向於選擇課稅方式的環境管制政策時，則宜採行污染稅制度，而非商品稅政策。

(3)對於兩種污染防治補貼政策的選擇，仍然必須視總污染排放標準、污染防治技術水準、邊際防治成本，以及產品的污染性等因素而定。倘若總污染排放限量規定過於寬鬆、或過於嚴格，或是污染防治技術相當進步、或相當落後，或是廠商的邊際防治成本太低、或太高，或是產品的污染性不至

+

+

5 結論

環境品質與經濟發展的兩大目標之間如何取得一個協調，一直是個有趣的研究課題。以往許多環境保護的相關文獻，即在比較不同環境政策所能獲致的效果。然而，隨著國際化的發展與環境污染跨越國界的影響下，一國政府制定其環境政策時，自然不能無視於國際環保公約的要求，而必須同時將國際環境保護組織對其污染排放物的限制納入考慮。因此，本文的主要目的即欲在相同的總污染排放量限制之下，分別比較污染稅、商品稅、污染防治量補貼，以及污染防治成本補貼等四項環境管制政策，其產出效果、污染防治投入程度、與福利效果的大小。並且，藉此分析當一國政府面對國際污染排放限量規定的環保要求時，應如何選擇其較佳的環境管制政策。

綜合本文的分析結果，在獨佔市場的假設下，可獲得以下幾個重要結論。第一，就兩種課稅方式的環境管制政策而言，在相同的總污染排放量限制之下，政府採行污染稅政策時的產出效果、污染防治投入程度與福利效果，均高於其採行商品稅政策時的結果。第二，對於兩種污染防治補貼政策效果的比較，可知在面對產品污染性較高的產業，或污染防治技術較佳的產業，或邊際防治成本較低的廠商，或較為寬鬆的國際環保要求時，政府選擇污染防治量補貼政策應能達到較高的產出效果與污染防治投入水準；反之，則污染防治成本補貼政策下的產出效果與污染防治投入程度會較高。此外，當污染廠商的邊際防治成本夠高、或夠低，或是污染防治技術相當落後、或相當進步，或是總污染排放標準過於嚴苛、或過於寬鬆，或是產品的污染性不至於太高、或太低時，政府採行污染防治量補貼政策時的福利效果，愈有可能高於其採行污染防治成本補貼政策時的效果；反之，則採行污染防治成本補貼政策下的福利效果會較佳。第三，關於補貼與課稅方式的環境管制政策之效果比較，可知污染防治補貼政策下的產出效果與污染防治投入程度，皆高於課稅方式下的結果。此外，當總污染排放標準愈嚴格，或污染廠商的邊際防治成本愈高，或污染防治技術愈落後，或產品的特質愈是傾向於高污染性產業時，採行課稅方式下的福利效果，愈有可能高於污染防治補貼方式下的結果；反之，則採行污染防治補貼政策應能獲得較高的福利效果。

最後，本文的分析尚有不足之處。首先，本文模型假設國內僅存在一家獨佔廠商，並未將市場結構改變對各項環境政策效果的影響納入考慮。其次，倘若考慮存在有貿易對手國的情況下，例如，本國廠商可以對外出口，或是存在外國廠商的進口競爭時，則對於本文的分析結果將造成何種影響？上述這些問題，都是未來值得研究的方向。

參考資料

黃宗煌

1991 〈直接管制與污染稅的經濟分析〉，《經濟論文》19(2):135-181。

黃宗煌、呂雅玲

1991 〈排放管制與污染稅在 Stackelberg 模型下的效果〉，《經濟論文》19(1):69-92。

黃宗煌、梅家瑗

1996 〈小國在開放性經濟體系下的最適環境政策〉，《經濟論文》24(2):215-252。

楊雅博

1995 〈環保政策，市場結構與社會福利〉，國立台灣大學經濟學研究所博士論文。

Adar, Z. and J.M. Griffin

1976 "Uncertainty and the Choice of Pollution Control Instruments," *Journal of Environmental Economics and Management* 3:178-188.

Amihud, Y.

1976 "The Efficiency of Taxes and Subsidies in Reducing Emission by a Risk-Averse Firm," *Kyklos* 29:113-117.

Barthold, T.

1994 "Issues in the Design of Environmental Excise Taxes," *Journal of Economic Perspectives* 8:133-152.

Baumol, W.J. and W.E. Oates

1988 *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Bramhall D. and E. Mills

1966 "A Note on the Asymmetry Between Fees and Payments," *Water Resource Research* 2:615-616.

Buchanan, J.M. and G. Tullock

1975 "Polluters' Profits and Political Response: Direct Control Versus Taxes," *American Economic Review* 65:139-147.

1976 "Polluters' Profits and Political Response: Direct Control Versus Taxes: Reply," *American Economic Review* 66:983-984.

Burrows, P.

1979 "Pigovian Taxes, Polluter Subsidies, Regulation, and the Size of a Polluting Industry," *Canadian Journal of Economics* 12:494-501.

Coelho, P.R.P.

1976 "Polluters' Profits and Political Response: Direct Control Versus Taxes: Comment," *American Economic Review* 66:976-978.

Conrad, K.

1993 "Taxes and Subsidies for Pollution-Intensive Industries as Trade Policy," *Journal of Environmental Economics and Management* 25:121-135.

Conrad, K. and J. Wang

1993 "The Effect of Emission Taxes and Abatement Subsidies on Market

- Structure,” *International Journal of Industrial Organization* 11:499-518.
- Cropper, M.L. and W.E. Oates
 1992 “Environmental Economics:a Survey,” *Journal of Economic Literature* 30: 675-740.
- Deweese, D.N.
 1983 “Instrument Choice in Environmental Policy,” *Economic Inquiry* 21:53-71.
- Deweese, D.N. and W.A. Sims
 1976 “The Symmetry of Effluent Charges and Subsidies for Pollution Control,” *Canadian Journal of Economics* 9:323-331.
- Fishelson, G.
 1976 “Emission Control Policies under Uncertainty,” *Journal of Environmental Economics and Management* 3:189-197.
- Harford, J.D.
 1978 “Firm Behavior under Imperfectly Enforceable Pollution Standards and Taxes,” *Journal of Environmental Economics and Management* 5:26-43.
- Kambhu, J.
 1990 “Direct Controls and Incentives Systems of Regulation,” *Journal of Environmental Economics and Management* 18:S72-S85.
- Kamien, M., N. Schwartz and F. Dolbear
 1966 “Asymmetry between Bribes and Charges,” *Water Resource Research* 2:147-157.
- + Kneese, A. and K.G. Maler +
 1973 “Bribes and Charges in Pollution Control: An Aspect of the Coase Controversy,” *Natural Resources Journal* 13:705-716.
- Koenig, E.F.
 1984 “Uncertainty and Pollution: the Role of Indirect Taxation,” *Journal of Public Economics* 24:111-122.
- Kohn, R.E.
 1997 “The Effect of Emission Taxes and Abatement Subsidies on Market Structure: Comment,” *International Journal of Industrial Organization* 15:617-628.
- Main, R.S. and C.W. Baird
 1976 “Polluters’ Profits and Political Response: Direct Control Versus Taxes: Comment,” *American Economic Review* 66:979-980.
- Mestelman, S.
 1982 “Production Externalities and Corrective Subsidies: A General Equilibrium Analysis,” *Journal of Environmental Economics and Management* 9:186-193.
- Page, T.
 1973 “Failure of Bribes and Standards for Pollution Abatement,” *Natural Resources Journal* 13:677-704.
- Pigou, A.C.
 1932 *The Economics of Welfare*. London: Macmillan and Co., limited.

Polinsky, A.M.

- 1979 "Notes on the Symmetry of Taxes and Subsidies in Pollution Control," *Canadian Journal of Economics* 12:75-83.

Porter, R.C.

- 1974 "The Long-run Asymmetry of Subsidies and Taxes as Antipollution Policies," *Water Resources Research* 10:415-417.

Roberts, M.J. and M. Spence

- 1976 "Effluent Charges and Licenses under Uncertainty," *Journal of Public Economics* 5:193-208.

Schmutzler, A. and L.H. Goulder

- 1997 "The Choice between Emission Taxes and Output Taxes under Imperfect Monitoring," *Journal of Environmental Economics and Management* 32:51-64.

Sims, W.A.

- 1981 "Note The Short-Run Asymmetry of Pollution Subsidies and Charges," *Journal of Environmental Economics and Management* 8:395-399.

Ulph, A.

- 1996 "Environmental Policy and International Trade When Governments and Producers Act Strategically," *Journal of Environmental Economics and Management* 30:265-281.

Watson, W.D. and R.G. Ridker

- 1984 "Losses from Effluent Taxes and Quotas under Uncertainty," *Journal of Environmental Economics and Management* 11:310-326.

Weitzman, M.L.

- 1974 "Prices versus Quantities," *Review of Economic Studies* 41:477-491.

Yohe, G.W.

- 1976 "Polluters' Profits and Political Response: Direct Control Versus Taxes: Comment," *American Economic Review* 66:981-982.

Environmental Policies under the Total Emission Control Regulation

Horn-in Kou

Department of International Trade, Ming-Chuan University

Hong Hwang

Department of Economics, National Taiwan University and Research Fellow,
Sun Yat-Sen Institute for Social Sciences & Philosophy, Academia Sinica

Chao-cheng Mai

Chung-Hua Institute of Economic Research and Fellow, Academia Sinica

ABSTRACT

Under the total emission control regulation, this theoretical research compares the effects of emission tax, output tax, the pollution abatement level subsidy, and the pollution abatement cost subsidy. First, with respect to output and pollution abatement effects, subsidies are the best, the emission tax is second, and the output tax is the worst. The rankings in output and pollution abatement effects of these two subsidies depend on the firm's marginal cost, pollution abatement technology, the initial output emission, the targeted total emission, etc. Second, with respect to welfare effects, the emission tax is always better than the output tax. The rankings in welfare effects of these four policy instruments also depend on the firm's marginal cost, pollution abatement technology, the initial output emission, the targeted total emission, etc.

Key Words: total emission control, emission tax, output tax,
pollution abatement level subsidy, pollution
abatement cost subsidy