

考慮外溢效果下以污染稅融通 之環境政策

許義忠、徐偉初*

摘要

關鍵字：外溢效果、補貼率、污染稅、污染排放、兩階段賽局

JEL 分類代號：H23，D62

本文假設當政府以課徵污染稅來融通對廠商防治污染投入之補貼財源，並考慮廠商的防治污染技術存在外溢效果時，對一國政府制定環境政策將會有何影響。並藉此分析比較不同環境政策的產出效果、污染排放效果。根據本文所得之結果顯示，(1)在成本函數為可分割時：補貼對廠商最適產量不具任何影響，且補貼愈高，污染排放量就愈高。(2)倘若成本函數為不可分割時：政府所訂定的補貼率愈高，廠商的最適產量則會降低，然此項效果會因為外溢效果存在而抵消。另外，政府亦可透過補貼達到減少污染排放量之目的，不過，此項政策效果亦會受到外溢效果大小影響。

* 作者分別為朝陽科技大學會計系助理教授，以及國立政治大學財政系教授。

作者衷心感謝『農業經濟半年刊』編輯委員會及二位匿名評審委員的寶貴意見，使本文減少許多疏漏與錯誤，文中任何錯誤由作者自負。此外第一位作者亦感謝政大財政系主任黃明聖教授所提之寶貴建議。

考慮外溢效果下以污染稅融通 之環境政策

許義忠、徐偉初

壹、前言

一般而言，世界各國對於解決環境污染問題之對策，主要有下列幾種：(1)行政管制、(2)補貼、(3)對污染物課稅或收費、(4)污染排放權交易、(5)責任保險以及(6)防污保證金制度等六種。其中，行政管制和補貼是各國使用最普遍且最久的兩種對策。然而執行迄今，大多發現「行政管制」不但不足以維護環境品質，且因為未能提供排放者適當的誘因去減少污染排放，所以每一個排放者均只求達到管制標準。同時，此種方法也存在執行成本太高之問題。而「補貼」雖可減少個別污染源之排放量，但亦容易對廠商的最適產量水準造成衝擊，另外，也可能因為有利可圖而致使污染廠商數目增加。

因此，近年來各國政府為了突破環保政策執行的困境，紛紛結合其他政策以做為環保政策的改革。而所制定之新政策的共同特徵即在於希望能符合排放者付費原則，以及達到經濟誘因目的與財政收入目的。以表 1 為例，世界先進國家在防治水污染時，大多採用補貼與排放費（稅）制度並行，其目的即在於給予污染防治者有經濟誘因，以及作為補貼之財源。¹而面對環保與經濟的雙重課題，歐洲各國亦在 1990 年代期間開始推動綠色租稅改革，試圖透過開徵環境稅（或污染稅）與加強環境稅收的使用，達到同時解決環保與經濟的問題。

¹ 主管機關若為環保單位，則稱之為「排放費」；而若為財稅單位，則稱之「排放稅」。

表1 OECD 國家防治水污染採用經濟誘因制度表

國 家	排放費	使用費	補貼	收費目的
澳 洲	✓	✓		財政收入
比利時		✓		財政收入
加拿大*		✓	✓	財政收入
丹 麥		✓		財政收入
芬 蘭*		✓	✓	財政收入
法 國*	✓	✓	✓	財政收入
德 國*	✓	✓	✓	財政收入
義大利	✓	✓		財政收入
荷 蘭*	✓	✓	✓	財政收入
挪 威		✓		財政收入
瑞 典		✓		財政收入
瑞 士		✓		財政收入
英 國		✓		財政收入
美 國		✓		財政收入

註1：資料整理自財政部賦稅改革委員會之「防治污染之財稅與相關政策之研究」專題報告。

*表示同時採用補貼與排放費（或使用費）。

註2：排放費係指排放廢棄物於環境媒體應支付費用，該費用依據排放污染物之量或質計算。

註3：使用費係指排放者支付排放物的收集或公共處理成本。

而由於污染稅乃是針對污染排放者所排放出的污染量加以課稅，所以此種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，因此符合「污染者付費」之精神。²

² 陳智華、蕭文宗及謝智源(2003)在探討內生化勞動休閒決策下污染與經濟成長的關係一文中亦指出，解決外部性的最好方式，就是讓廠商對於自己所製造的污染付出「代價」。

所以，本文研究之目的，在於考慮將目前的環境補貼政策中，加入政府以污染稅來融通其補貼之財源，重新檢驗若廠商的防污投入存在外溢效果時，則污染稅及補貼兩種政策對廠商最適產量及污染排放量有何影響，以及討論政府最適的環境政策為何，應如何修正其最適補貼率及訂定適當的污染稅率。本文共分為六節，除第一節前言外，第二節為文獻回顧，第三節為模型假設，第四節為廠商的最適決策，而第五節為政府最適決策，最後一節則為結論。

貳、文獻回顧

以經濟誘因來處理污染所造成的外部性問題，最早可首推由 Pigou 於 1932 年所提出。Pigou 認為對污染課以其邊際損害成本的稅率（此稱為 Pigouvian tax），將可使得社會的資源配置達到柏拉圖最適境界。而 Baumol and Oates (1988)更進一步指出，在完全競爭市場下，皮古稅(Pigouvian tax)的課徵的確可以將外部效果內部化，並進一步矯正外部性。但是當市場結構為不完全競爭市場時，上述的結論將不再成立。Buchanan (1969)文中即指出，在一個封閉體系且不完全競爭市場結構下，若將獨占廠商的外部效果內部化，將會導致市場結構扭曲的更加嚴重。Smith (1976)、Barnett (1980)、Oates and Strassmann (1984)以及 Misiolok (1988)等文亦均指出最適的皮古稅不應等於邊際損害成本。在過去的眾多文獻中，針對完全競爭市場及獨占市場進行分析的研究雖然相當豐富，但以寡佔市場為對象的研究則屬罕見，黃宗煌與呂雅玲(1991)即採用 Stackelberg 模型，分析排放管制和污染稅在寡佔市場中對廠商之產量、污染防治量等變數的影響。

此外，尚有文獻探討課徵污染稅與補貼的等價性問題。例如：郭虹瑩、黃鴻與麥朝成(2001)文中便提到，Bramhall and Mills (1966)與 Porter (1974)認為在短期下，污染稅與防治量補貼是等價的，但在長期下，由於廠商可以自由進出市場之特性，因此，二者的效果並不相同。Conrad and Wang (1993)亦分析在不同的市場結構下，污染稅與防治成本

補貼的改變所造成之經濟效果。該文指出無論市場結構為何，提高污染稅將使總污染量減少；至於防治成本補貼對污染總量的影響則無法判定。事實上，探討此類環境政策的文獻相當的多，如 Sims (1981)、Mestelman (1982)、Conrad (1993)、黃宗煌與梅家瑗(1996)等。再者，郭瑞基與王泰昌(2004)亦結合補貼與稽核兩項政策，藉以分析其對廠商的環保投資與污染清除決策之影響，並透過模式分析方式，釐清其間的交互作用情形。該文明確指出，投資補貼政策應該有其它政策工具的配合，才能發揮預期的效果。

另外，賴育邦與王淑馨(2002)亦曾針對污染稅收之用途進行分析。該文建構一個內生成長模型，討論勞動市場為不完全競爭且環境品質對勞動者生產力具影響時，若污染稅收入用於補貼廠商的污染防治投資，則就業、經濟成長與福利水準會有何影響。其文中所得結果指出，政府對廠商防治污染投資的補貼並不會改善環境品質。而當政府對廠商污染防治投資的補貼愈小時，產出水準不變；反之，則產出水準會增加。

綜觀上述文獻可知，大部份的研究都是針對不同的市場結構，或者是分析各項環境政策經濟效果的比較。但是，隨著全球科技研究發展的大幅提昇，許多廠商對於防治污染的技術已紛紛獲得改善，而其所投入的防污技術往往也具有外溢效果(spillover-effect)。D'Asperemont and Jacquemin (1988)於其文中便指出研究發展乃具有外溢效果，此項外溢效果將會使得其它的廠商在未支付任何代價的情況下，使得自身的生產成本降低。故對於外溢效果存在可能對政府環境政策造成之影響，現有的文獻中則未有討論。因此，本文與以往文獻的主要不同之處，即考慮廠商的防治污染技術若存在外溢效果，對一國政府制定環境政策時有何影響。本文乃假設政府係採課徵污染稅來融通對廠商防治污染投入之補貼財源，分析比較不同環境政策的產出效果、污染排放效果，並藉此分析當一國政府面對廠商的防污技術具有外溢效果時，應如何修正其環境政策，以獲得較高的福利水準。³

因此，本文將建構一個兩階段(two-stage)的賽局進行分析，且在此賽局中假設參與

³ 許義忠(2004)曾以定額稅融通討論在有外溢效果下之政府的補貼政策。

者：政府及廠商均無策略行爲。⁴而其決策順序如下：第一階段為環境政策制定階段，在此階段中，本國政府將在追求社會福利最大的目標下，訂定最適污染稅的稅率與對本國廠商的污染投入補貼。第二階段為廠商在既定的污染稅稅率、污染投入補貼以及外溢效果下，決定最適產量與污染排放量。

在此二階段賽局的設定下，假設政府及廠商均係在完全訊息的情況下進行決策。⁵因此，我們可以採用逆推求解法(backward induction)以求得此一賽局之「子賽局完全均衡」(subgame perfect equilibrium)。⁶首先解出第二階段廠商的最適產量與污染排放量。其次，再將污染排放量與產量代入社會福利函數，便可求解出最適的污染稅率及補貼率。

⁴ Ulph (1996)的文章中曾建構了一個三階段賽局(three-stage game)。該賽局中的參與者：政府與廠商均可從事策略行爲。文中總共討論了三種情況，分別為：第一，政府及廠商均不採行任何策略；第二，只有一方（政府或廠商）採行策略行爲；第三，雙方均採取策略。倘若廠商不採行任何策略行爲，而政府可以選擇污染排放標準或課稅兩種策略，則廠商將在給定政府的策略下，進行最適決策，此即縮減成一個二階段賽局。在 Ulph (1996)的文中政府的策略集合為：污染排放標準和污染稅。然而，在本文的分析中雖然亦為二階段賽局，但是政府之環境政策除了前述已簡化假設的稽查外，便是補貼政策，惟此項補貼支出乃必須以污染稅來進行融通，故無法在補貼與污染稅兩者中擇一採行。本文與 Ulph (1996)之比較如附錄(六)之表 4 所示。

⁵ 根據 Ulph (1996)文中所得之結果顯示，在二階段賽局模型中，若政府與廠商可以選擇是否採行策略行爲時，則雙方皆不使用策略行爲下的社會福利將會較高。見 Ulph (1996) 頁 279。

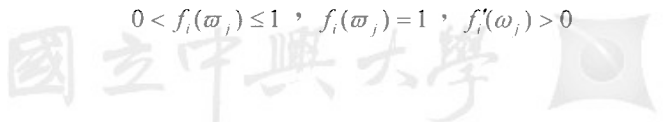
⁶ 根據 Kreps (1990)書中指出，在具有完全訊息的賽局過程，逆推求解法是一種非常有用的求解技巧。

參、模型假設

在本節中，我們仍依循 Harford (1978)於文中所做之假設，故假設第*i*家廠商之生產量為 q_i ，且其收益為 $R(q_i)$ 。另外，第*i*家廠商之總成本除了生產財貨所產生之生產成本外，尚包括為了減少污染排放量所必須產生之成本，若以 ω 表示污染排放量，則成本函數可以表示為 $C(q_i, \omega_i)$ ，其中 $C_q > 0$ ， $C_\omega < 0$ ，亦即生產量愈多，成本愈高，以及污染排放量若愈低，表示廠商須投入的防治污染設備成本及努力愈高。因此，為使污染排放量愈低，則所須投入之防治污染成本將愈高，進而促使廠商的成本也愈高。此外， R_q 與 C_q 分別表示多生產一單位產量之邊際收益與邊際成本，且隨著產量的增加，邊際收益為遞減，但邊際成本則為遞增。

為簡化分析，本文以廠商*i*為例，並以 $C_i^0(q_i) \equiv C_i(q_i, \omega_i)$ 表示廠商*i*在未做任何防治污染努力，致使污染排放量最大（以 ω 表示）時之成本。倘若廠商逕行投入污染防治措施，因而降低其污染排放量，則其總成本將由 $C_i^0(q_i)$ 提高至 $C_i(q_i, \omega_i)$ ，其中 $\omega_i < \omega_i$ 。而 $C_i(q_i, \omega_i) - C_i^0(q_i)$ 之差額即可視為廠商因提高污染防治措施而增加的防治污染成本。同時，令 $f_i(\omega_j)$ 且 $f_i'(\omega_j) > 0$ 表示廠商*j*對廠商*i*所產生的外溢效果。當廠商*j*投入之防治污染努力增加，則其污染排放量 ω_j 將減少，所以廠商*j*之防治污染努力投入的提高，會因為外溢效果存在而使廠商*i*在達到相同污染排放量下，所須投入的防治污染成本由 $C_i(q_i, \omega_i) - C_i^0(q_i)$ 下降成為 $f_i(\omega_j)[C_i(q_i, \omega_i) - C_i^0(q_i)]$ 。又設當廠商*j*並未投入任何防治污染努力時，表示其污染排放量將為最大，令其為 ω_j 。此時表示廠商*j*對廠商*i*將不會有任何的外溢效果，所以可以用 $f_i(\omega_j) = 1$ 表示，而當 $f_i(\omega_j)$ 愈小，則表示外溢效果愈大，故可以整理後表示如下：

$$0 < f_i(\omega_j) \leq 1, f_i(\omega_j) = 1, f_i'(\omega_j) > 0$$



另外，根據 Harford (1978)文中對廠商的預期罰款成本假設為：

$$p(u)f(u) = G(u) = G(\omega - s)$$

其中 ω 為廠商的污染排放量， s 為環保單位規定之標準排放量，而 u 則為違規排放量，因此 $p(u)$ 可代表廠商污染排放量若超過環保單位規定之排放標準，而被稽查到的機率，所以違規排放量愈多，此機率愈大。由於本文並未打算考慮政府的稽查政策，因此本文假設環境稽核具有獨立且完美的稽查品質，亦即稽查人員不會與受稽查的廠商勾結，且只要進行稽查，即能正確判斷廠商是否違規。⁷故本文隱含假設稽查機率 $p(u) = 1$ ，換言之，本文乃假設環保署對於廠商的污染排放量訂有一個標準排放量（以 s 表示），若任一廠商之污染排放量超過此標準（即 $\omega_i > s$ ），表示此廠商違規，故會產生受罰成本，如果以 G 以表示，則可以表示如下：

$$G(\omega_i - s) \tag{1}$$

當廠商的污染排放量在環保署所規定的排放標準以內（即 $\omega_i \leq s$ ），則無違規成本，所以 $G(\cdot) = 0$ ；反之，若廠商的排放標準超過環保署所規定的標準，則隨著超過標準之排放量愈多，違規而受罰的成本將愈高，且受罰成本的增加速度為遞增，亦即 $G' > 0$ ， $G'' > 0$ ， $\forall \omega_i > s$ 。由於本文並非鎖定在處罰廠商之違規情形，故違規成本 $G(\cdot)$ 僅假設為超過排放標準之排放量的增函數。

此外，針對政府之補貼財源，本文則假設政府係對廠商之污染排放量 (ω) 課徵污染排放稅，且稅率為 t 。⁸綜合上述之假設與說明可知，廠商的利潤為收入減去因為生產所可能發生之生產成本，以及污染防治投入之成本，再加上政府對防治污染努力所給予之

⁷ 此假設與郭瑞基及王泰昌(2004)之假設相同，參見該文頁 509。

⁸ 黃宗煌與呂雅玲(1991)文中指出，污染稅課徵的稅基可為產量、特定生產要素之使用量或最終之污染排放量。

補貼，最後再視廠商是否有違規而所必須扣掉之受罰成本，以及政府所課徵之污染稅。故廠商*i* 追求利潤最大之目標函數可以表示如下：

$$\text{Max}_{\{q_i, \omega_i\}} \pi_i = R(q_i) - C(q_i, \omega_i) + bf_i(\omega_j)[C(q_i, \omega_i) - C_i^0(q_i)] - G(\omega_i - s) - t\omega_i \quad (2)$$

上式中 *b* 表示政府對廠商防治污染努力投入成本之補貼率，當廠商*i* 有從事污染防治之行為時，其生產的成本必較高，為 $C(q_i, \omega_i)$ 。所以其所能獲得補貼之金額可以表示為 $bf_i(\omega_j)[C(q_i, \omega_i) - C_i^0(q_i)]$ ，若防污技術無外溢效果，即 $f_i(\omega_j) = 1$ ，則補貼金額可以表示為 $b[C(q_i, \omega_i) - C_i^0(q_i)]$ 。

肆、廠商最適決策

根據上述假設，底下我們將分析廠商的最適決策。假設廠商所處的市場為完全競爭市場，故在既定的污染稅與補貼率下，將(2)式對產量及污染排放量求一階導數後，可以分別表示如下：

$$\pi_{q_i} \equiv \frac{\partial \pi}{\partial q} = Rq - Cq + bf_i(\omega_j)[C_q - C_q^0] = 0 \quad (3)$$

$$\pi_{\omega_i} \equiv \frac{\partial \pi}{\partial \omega} = -C_\omega + bf_i(\omega_j)C_\omega - G' - t = 0 \quad (4)$$

在本節模型的設定下，假設廠商利潤極大化的二階條件 $\partial^2 \pi / \partial q_i^2 = R_{qq} - C_{qq} + bf_i(\omega_j)[C_{qq} - C_{qq}^0] < 0$ 及 $\partial^2 \pi / \partial \omega_i^2 = C_{\omega\omega}[bf_i(\omega_j) - 1] - G'' < 0$ 均成立。

所以將(3)式與(4)式全微分並聯立後可得：



$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dq_i \\ d\omega_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -f_i(\omega_j)(C_q - C_q^0)db - b(C_q - C_q^0)f'd\omega_j \\ dt - f_i(\omega_j)C_\omega db - bC_\omega f'd\omega_j \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中 $a_{11} \equiv \partial^2 \pi / \partial q_i^2 = R_{qq} - C_{qq} + bf_i(\omega_j)[C_{qq} - C_{qq}^0] < 0$ 、 $a_{12} \equiv -C_{q\omega} \geq 0$ 、

$a_{21} \equiv [bf_i(\omega_j - 1)]C_{\omega q} \geq 0$ 、 $a_{22} \equiv \partial^2 \pi / \partial \omega_i^2 = C_{\omega\omega}[bf_i(\omega_j - 1)] - G'' < 0$ 。⁹

因此，由(5)式可得以下比較靜態的結果：

$$\frac{\partial q_i}{\partial t} = \frac{-a_{12}}{\Delta} < 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial q_i}{\partial b} = \frac{-a_{22}f(\omega_j)(C_q - C_q^0) + a_{12}f_i(\omega_j)C_\omega}{\Delta} \quad (7)$$

$$\frac{\partial q_i}{\partial \omega_j} = \frac{bf''[a_{12}C_\omega - a_{22}(C_q - C_q^0)]}{\Delta} \quad (8)$$

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial t} = \frac{a_{11}}{\Delta} < 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial b} = \frac{f_i(\omega_j)[a_{21}(C_q - C_q^0) - a_{11}C_\omega]}{\Delta} \quad (10)$$

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial \omega_j} = \frac{bf''[a_{21}(C_q - C_q^0) - a_{11}C_\omega]}{\Delta} \quad (11)$$

倘若假設經濟體系安定的條件亦成立： $\Delta \equiv a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} > 0$ ，則上述比較靜態的結果，

⁹ 若成本函數為可分割(separable)，則 $a_{12} = a_{21} = 0$ ；但倘若成本函數為不可分割，則 a_{12} 與 a_{21} 之符號皆為正。

除了(6)式與(9)式顯示課徵污染稅之稅率提高，將使得廠商的生產量減少以及污染排放量下降以外，其餘四式可按廠商的成本函數是否為可分割，以及防污技術之外溢效果是否存在而有不同結論。¹⁰

一、成本函數為可分割

假設成本函數中之產量與污染排放量為可分割(separable)，則表示污染排放量之增加與產量之邊際成本無關，即 $C_{q\omega} = 0$ ，此時不管廠商是否投入污染防治努力均不會影響其生產成本，換言之，廠商有從事污染防治努力行為之生產成本與不從事污染防治努力時相同，亦即 $C_q - C_q^0 = 0$ 。因此，(7)式至(8)式可以簡化為：

$$\frac{\partial q_i}{\partial b} = \frac{a_{12}f_i(\omega_j)C_\omega}{\Delta} = 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial q_i}{\partial \omega_j} = \frac{bf'a_{12}C_\omega}{\Delta} = 0 \quad (13)$$

由(12)式可知，在政府採行污染稅來融通補貼之財源時，不管是否存在外溢效果，補貼率的提高，在成本函數為可分割時，對廠商的產量無任何影響，此與傳統結論相同。另外，由(13)式則可知，他廠(第 j 廠)防治污染努力投入愈高，雖然會有外溢效果出現，而使得廠商 i 反而排放較多的污染排放量，然而由於成本函數為可分割，故此項效果並不會對廠商之產量有任何影響。

其次，當成本函數中之產量與污染排放量為可分割時，(10)式與(11)式亦可簡化表示

¹⁰ 有關生產成本與防治成本是否相關，文獻上的處理有二種方法。其一是將污染防治量與生產成本視為有互動關係而非獨立無關，如：Wertz (1974)。另一種則是將生產成本與防治成本視為無關，如：Ulph (1996)和郭虹瑩、黃鴻及麥朝成(2001)。

為：

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial b} = \frac{-a_{11} f_i(\omega_j) C_{\omega}}{\Delta} < 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial \omega_j} = \frac{-b f_i' a_{11} C_{\omega}}{\Delta} < 0 \quad (15)$$

由(14)式可以看出，政府之補貼率提高將使得廠商的污染排放量減少，惟此項效果將隨著外溢效果擴大而縮小。而(15)式則指出，若廠商 j 從事污染防治投入，則其污染排放量將會減少，在有外溢效果存在的前提下，廠商 i 可因此外溢效果而增加其污染排放量。

綜上所述，在成本函數為可分割之假設下，且政府對廠商之污染防治投入進行補貼係以污染稅來融通補貼支出時，我們可以建立以下命題。

(命題一)

在政府既定的污染稅與補貼率下，若廠商處於完全競爭市場，且成本函數為可分割，則補貼及外溢效果存在將不會影響自身廠商的最適產量，但是卻會使得他廠的污染排放量大幅增加。

因此，當生產成本函數不受影響時，廠商的最適產量決策不變。然而，若污染防治努力具有外溢效果，且為眾所認定之事實，則此外溢效果的存在將促使廠商減少自身的污染防治投入，倘若所有廠商皆如此行，則污染排放量將會增加。

二、成本函數為不可分割

假設產量之邊際成本與污染排放量之多寡有關，例如：廠商從事污染防治努力，促使污染排放量減低，則此時就相同的產量水準而言，有從事污染防治努力時之產量邊際成本將較高，即 $C_{q\omega} < 0$ ，換言之，不從事任何污染防治努力之產量邊際成本為 C_q^0 ，而



有從事污染防治努力之產量邊際成本為 C_q ，因此 $C_q - C_q^0 > 0$ 。所以(7)式及(8)式之比較靜態結果可以表示如下：

$$\frac{\partial q_i}{\partial b} = \frac{f_i(\omega_j)[a_{12}C_\omega - a_{22}(C_q - C_q^0)]}{\Delta} < 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial q_i}{\partial \omega_j} = \frac{bf'[a_{12}C_\omega - a_{22}(C_q - C_q^0)]}{\Delta} < 0 \quad (17)$$

若假設防污技術之外溢效果必然存在，當第 j 家廠商投入愈多的防污投入時，其本身之污染排放量必減少，而由於防污投入具有外溢效果，因此亦會使得第 i 家廠商成為產量的搭便車者，故其產量會增加（污染排放量亦會增加）。¹¹換言之，(17)式之符號必須為負，故可推得其分子中括號項： $[a_{12}C_\omega - a_{22}(C_q - C_q^0)]$ 之符號為負，將此關係代入(16)式後亦可得到政府補貼率對廠商產量之影響。由(17)式可以看出，補貼愈高，廠商的產量愈低，然而此項效果將因外溢效果存在而大打折扣，當外溢效果愈大時，則補貼致使產量減少的效果將縮小。而此項效果亦可由(17)式中看出，(17)式指出第 j 家廠商從事愈多的污染防治投入，將使得第 i 家廠商的產量增加。是故，在以污染稅融通補貼之情況下，廠商並不驕望透過污染防治投入所獲得的補貼來增加其產量，反倒是因為他廠所產生的外溢效果會促使產量增加。此與傳統文獻認為補貼只會使廠商的利潤增加，但對產量無影響之結果不同。

另外，在假設防污技術之外溢效果存在的前提下，可推得(11)式之符號應為負，亦即他廠商的防污投入愈多所產生的外溢效果，將會使得第 i 家廠商之污染排放量增加，故 $[a_{21}(C_q - C_q^0) - a_{11}C_\omega]$ 應小於零，將此結果代入(10)式，則可得：

¹¹ 此效果可以搭配(19)式得知。

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial b} = \frac{f_i(\omega_j)[a_{21}(C_q - C_q^0) - a_{11}C_w]}{\Delta} < 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial \omega_j} = \frac{bf'[a_{21}(C_q - C_q^0) - a_{11}C_w]}{\Delta} < 0 \quad (19)$$

(19)式即是顯示廠商 j 所投入之防污努力對廠商 i 所帶來之外溢效果，此項效果的存在會使得廠商 i 多排放其污染量¹²。另外由(18)式可看出，在成本函數為不可分割時，政府以污染稅來融通污染防治努力，將可對污染排放量達到抑制的作用，即補貼率愈高，污染排放量將降低，但是此項效果將會因為外溢效果擴大而減低。¹³換言之，究竟政府欲透過補貼方式來達到減少污染排放量的政策目的是否能達成，端視防污技術之外溢效果是否存在，以及外溢效果的大小為何。

根據以上分析，我們可以建立下述命題。

(命題二)

在政府既定的污染稅與補貼率下，若廠商處於完全競爭市場，而成本函數為不可分割時：

1. 補貼愈高，廠商的產量愈低，然而此項效果將因外溢效果存在而抵消；而當外溢效果愈大時，則補貼致使產量減少的效果將縮小。
2. 當外溢效果存在時，政府可以透過補貼政策達到減少污染排放量之目的。但是，此項政策效果將隨著外溢效果愈大而減弱。

¹²(19)之效果必須為負，才符合外溢效果存在之假設。

¹³此結果和賴育邦與王淑馨(2002)認為政府對廠商防治污染投資的補貼並不會改善環境品質之結論不同，其可能原因之一為該文並未考慮廠商的成本函數結構。

伍、政府最適決策

在本節中，我們將討論第一階段政府最適政策的訂定。政府在社會福利極大的目標下，訂定最適的污染稅和補貼率。假設社會福利即為消費者剩餘加上生產者剩餘、污染稅收，以及當廠商的污染排放水準超出政府所訂定之標準的罰款收入，再扣除政府對廠商的防污投入所給予之補貼支出，以及污染排放對社會造成的損害成本。另外，為簡化分析，本文假設廠商共有 n 家，其生產函數為同質且廠商型態亦相同，因此政府極大化之社會福利函數 W 可表示如下：

$$\begin{aligned} \underset{(b,t)}{\text{Max}} W = & [U(Q) - PQ] + \sum_{i=1}^n [R(q_i) - C(q_i, \omega_i)] + \sum_{i=1}^n t\omega_i + \sum_{i=1}^n G(\omega_i - s) \\ & - b \sum_{i=1, i \neq j}^n f_i(\omega_j) [C(q_i, \omega_i) - C^0(q_i)] - \sum_{i=1}^n D(\omega_i) \end{aligned} \quad (20)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n t\omega_i + \sum_{i=1}^n G(\omega_i - s) = b \sum_{i=1, i \neq j}^n f_i(\omega_i) [C(q_i, \omega_i) - C^0(q_i)] \quad (21)$$

上式的福利函數中， $Q = \sum_{i=1}^n q_i$ ，而 $[U(Q) - PQ]$ 為消費者剩餘，表示消費者購買 Q 數量的商品所獲得的效用 $U(Q)$ 減去其支出 PQ 。另外， t 表示污染稅之稅率，而污染損害函數則假設為污染排放水準之函數： $D(\omega)$ ，其中 $D' > 0$ ， $D'' > 0$ 。故當政府以污染稅融通補貼支出時，在社會福利極大的目標下，政府須訂定最適的污染稅與補貼率。將(21)式代入(20)式可進一步得到：

$$\underset{(b,t)}{\text{Max}} W = [U(Q) - PQ] + \sum_{i=1}^n [R(q_i) - C(q_i, \omega_i)] + \sum_{i=1}^n D(\omega_i) \quad (22)$$

因此，我們可以對(22)式中的 b 與 t 求其一階導數，以得到最適的補貼率與污染稅率。

一、最適補貼率

將(22)式對補貼做一階微分並令其等於零，經整理後可得：

$$[(U_Q - P) + (R_q - C_q)] \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial q_i}{\partial b} \right) = (C_w + D') \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial w_i}{\partial b} \right) \quad (23)$$

再將廠商求最適化之一階條件的(3)式與(4)式代入上式，因此：¹⁴

$$[-bf_i(w_j)(C_q - C_q^0)] \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial q_i}{\partial b} \right) = \left[\frac{G' + t}{bf_i(w_j) - 1} + D' \right] \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial w_i}{\partial b} \right) \quad (24)$$

由前面分析可知，廠商之產量的邊際成本是否受污染排放量影響將會對模型分析產生不同的結果，故以下我們仍分別討論成本函數是否為可分割。

(一)成本函數為可分割

當廠商的成本函數為可分割時，則可知政府的補貼對廠商的產量將不會產生任何影響，而補貼率愈高，則污染排放量將愈高，所以由(24)式將可解出在成本為可分割下之最適補貼率為：¹⁵

$$b^* = \frac{D' - (t + G')}{Df_i(w_j)} \quad (25)$$

¹⁴ 由(3)式可推得：

$$R_q - C_q = -bf_i(w_j)(C_q - C_q^0)$$

而由(4)式可推得：

$$C_w = \frac{G' + t}{bf_i(w_j) - 1}$$

¹⁵ 參數學附錄(一)。

在廠商違規之受罰成本的增加速度假設為固定時，可將(25)式之關係繪成圖 1。¹⁶由圖 1 可知，若 D' 大於 $(t + G')$ ，則最適補貼率為正。因此，圖 1 中之 w_0 點右邊可稱之為「可補貼區間」。

根據以上分析，我們可以建立下列命題。

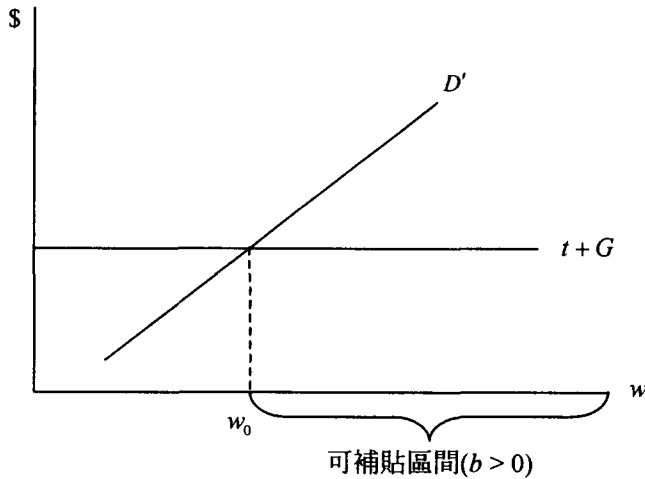


圖 1 最適補貼及可補貼區間

(命題三)

當廠商的成本函數為可分割，且違規之受罰成本的增加速度為固定時：

1. 若 $D' > t + G'$ ，則補貼率為正，換言之，污染排放的邊際損害若大於政府的污染稅與邊際處罰款收入和時，應給予補貼。
2. 若外溢效果愈大，即 $f_i(w_j)$ 愈小，則最適補貼率應愈高。
3. 若政府的污染稅率或違規罰款提高，則可補貼區間範圍應縮小。

¹⁶ 廠商違規之受罰成本的增加速度假設為固定，表示 $G' > 0$ ， $G'' = 0$ 。

(二)成本函數為不可分割

如果成本函數為不可分割，則(24)式可以重新表示如下：

$$-bfCQ = \left(\frac{G'+t}{bf-1} + D' \right) W \quad (26)$$

式中 C 表示 $(C_q - C_q^0)$ ， Q 表示 $\sum(\partial q_i / \partial b) < 0$ ，而 W 則表示 $\sum(\partial w_i / \partial b) < 0$ 。若再令 $X = bf$ 、 $\alpha = CQ$ 、 $\beta = \alpha - WD'$ 、 $\gamma = WD' - W(G'+t)$ ，則(26)式可以再用下式表示：

$$\alpha X^2 - \beta X - \gamma = 0 \quad (27)$$

由(27)式可以解出最適補貼率為：¹⁷

$$\begin{aligned} X = bf &= \frac{(CQ - WD') \pm \sqrt{(CQ + WD')^2 - 4CQW(G'+t)}}{2CQ} \\ \therefore b &= \frac{(CQ - WD') \pm \sqrt{(CQ + WD')^2 - 4CQW(G'+t)}}{2fCQ} \end{aligned} \quad (28)$$

若令 $[(CQ + WD')^2 - 4CQW(G'+t)]$ 等於零，則補貼率有唯一解，此時可得補貼率為：

$$b^* = \frac{CQ - WD'}{2fCQ} \geq 0, \text{ 當 } \frac{Q \leq D'}{W > C} \quad (29)$$

根據(29)式可看出，在成本函數為不可分割且假設補貼率有唯一解時，最適補貼率將不受政府所訂定之污染稅率的影響，而是受到補貼的邊際產量與補貼之邊際污染排放量比 (Q/W) 和單位污染防治投入之社會損害成本 (D'/C) 大小的影響。分述如下：

¹⁷ 計算過程可參考數學附錄(二)。

1. 補貼的邊際產量與邊際污染排放量比小於單位污染防治投入之社會損害成本，表示(29)式之分子為負，故最適補貼率為正。
2. 補貼的邊際產量與邊際污染排放量比大於單位污染防治投入之社會損害成本，表示(29)式之分子為正，故不應給予補貼。

換言之，只有在補貼的邊際產量與邊際污染排放量比小於單位污染防治投入之社會損害成本時，政府才應該採取補貼政策。

另外，由(29)式亦可推知，當政府採行補貼政策時，則補貼率應隨外溢效果愈大而提高。據此，我們可得以下的命題四。

(命題四)

若廠商的成本函數為不可分割，且假設補貼率具唯一解，則：

1. 當補貼的邊際產量與邊際污染排放量比小於單位污染防治投入之社會損害成本時，政府應採取補貼政策。
2. 若外溢效果愈大，即 f 愈小，則最適補貼率應愈高。
3. 政府採行污染稅融通補貼支出財源時，最適補貼率不受污染稅率 t 直接影響；但若成本函數為可分割時則否。¹⁸

二、最適污染稅率

將(22)式對污染稅率做一階微分並令其等於零，同時亦將廠商的最適一階條件代入，經整理後可得：¹⁹

¹⁸ 比較(25)式與(29)式可得知此結果。

¹⁹ 參數學附錄(三)。

$$\frac{G' + t}{bf_i(w_j) - 1} + D' = -bf_i(w_j)(C_q - C_q^0) \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial q_i}{\partial t}\right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial w_i}{\partial t}\right)} \quad (30)$$

為求得最適的污染稅率，底下我們仍分別考慮成本函數是否為可分割。

(一)成本函數為可分割

當成本函數為可分割時，則(30)式可以簡化為下式：

$$\frac{G' + t}{bf_i(w_j) - 1} = -D' \quad (31)$$

因此，可推得最適污染稅率為：

$$t^* = D'[1 - bf_i(w_j)] - G' \quad (32)$$

根據(32)式可知：在補貼率既定時，外溢效果若愈大，則表示稅率應提高。理由是，當某廠商的污染防治技術具有外溢效果，則透過污染稅率的提高，可促使廠商多從事污染防治的努力，如此一來將可提高社會福利。另外，若生產活動對社會所造成的邊際損害很大，污染稅稅率亦應提高。倘若政府只課徵污染稅而無其它相關搭配的政策工具，例如違規排放的處罰或補貼政策（即 $G' = 0$ 與 $b = 0$ ），則最適污染稅率將等於社會的邊際損害，換言之， $t^* = D'$ ，此即為傳統皮古稅概念。

彙整上述結果可以得到以下命題五。

(命題五)

在補貼率給定且廠商的成本函數為可分割時：

1. 若外溢效果愈大，即 $f_i(w_j)$ 愈小，則最適污染稅率應愈高。
2. 若社會的邊際損害愈大，最適污染稅率亦應愈高。



3. 假設政府不採行其它的环境政策，則最適污染稅率應等於社會的邊際損害。但倘若其它環境政策搭配，則最適污染稅率將小於傳統皮古稅率。

(二)成本函數為不可分割

根據前面相同假設，在成本函數為不可分割時，可將(30)式改寫為：

$$\frac{G' + t}{bf - 1} + D' = -bfC \frac{Q_t}{W_t} \quad (33)$$

其中 Q_t 表示 $\sum(\partial q_i / \partial t_i) < 0$ ；而 W_t 則表示 $\sum(\partial \omega_i / \partial t) < 0$ ，此時亦可解出最適污染稅率為：

$$t^* = \left[D' + bfC \frac{Q_t}{W_t} \right] (1 - bf) - G' \quad (34)$$

由(34)式可知，在假設補貼率既定下，廠商生產活動對社會造成的邊際損害愈大，則污染稅率應愈高；而若違規處罰成本愈高，則政府之污染稅可以降低；同時，對一個污染排放減量須花費較高成本的廠商（或產業），表示 C 較大，故政府應搭配較高的污染稅率。

另外，由(34)亦可看出，當廠商的稅率產量彈性絕對值較大時，即 Q_t 較大，最適稅率應較高；而當廠商的稅率污染排放量彈性絕對值較大時，即 W_t 較大，則最適稅率反而應該較低。又若假設 $D' = 10$ 、 $C = 5$ 、 $Q_t = W_t = 1$ 以及 $G' = 0.01$ ，則可透過模擬得到補貼率與外溢效果大小對最適污染稅率的影響。²⁰如圖 2 所示，當外溢效果愈大時，最適污染稅率應愈高。而補貼率愈高，似乎對最適污染稅率的影響不大，此結果同命題四。

²⁰ 模擬數值的大小在符合經濟涵義的前提下並不影響結果，惟影響圖形規模(scale)的大小而已。模擬式可參考數學附錄(四)，而最適補貼率、最適稅率及外溢效果之關係，可參考附錄(五)之數學推導。

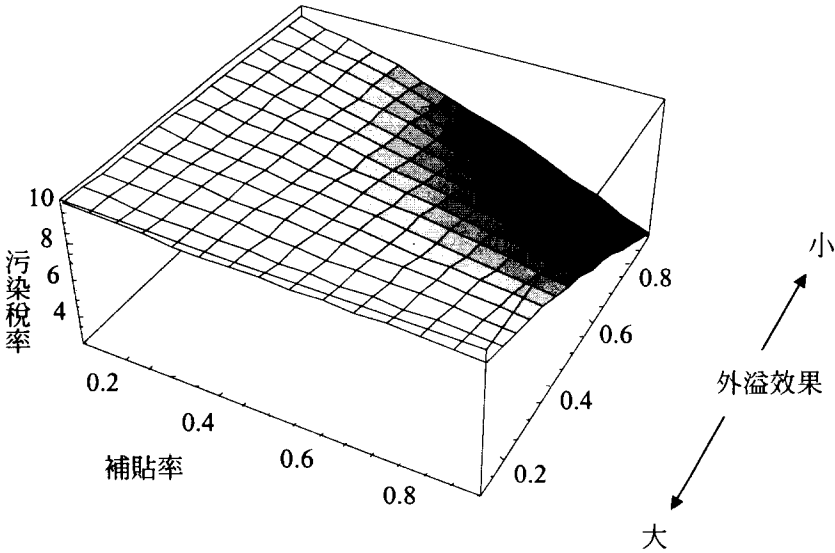


圖 2 污染稅率、補貼率及外溢效果

陸、結論

近年來各國政府為了突破環保政策執行的困境，紛紛結合其他政策以做為環保政策的改革。而所制定的新政策的共同特徵即在於希望能符合排放者付費原則，以及達到經濟誘因目的與財政收入目的。本文研究之目的，在於將目前所考慮之補貼政策，加入政府以污染稅來融通其補貼之財源，重新檢驗在廠商的防污投入存在外溢效果時，若政府採行污染稅融通補貼支出，則污染稅及補貼兩種政策對廠商最適產量及污染排放量有何影響，以及討論政府最適的環境政策。

根據本文研究結果可彙整如表 2，由表 2 顯示，當成本函數為可分割時($C_{qw} = 0$)，補貼對廠商最適產量無影響效果；而成本函數為不可分割時($C_{qw} < 0$)，則補貼率提高將使得產量減少，然定額稅融通之結果卻為不確定。此亦與傳統結果認為補貼將使廠商最



適產量增加，以及 Harford (1978)認為補貼將使產量發生不確定之結論不同。但是與郭虹瑩、黃鴻及麥朝成(2001)所得結果相同。唯該文係在面對總污染排放量規定之國際環保要求下，探討政府採行污染防治補貼政策，文中並與污染稅的環境管制政策相互比較，所得結論亦支持生產數量將會減少。同時，在考慮外溢效果存在且政府以污染稅為補貼之財源融通時，若政府所訂定的補貼率愈高，廠商的最適產量雖會降低，然此項效果卻會因為外溢效果存在而大打折扣。

表 2 補貼與最適產量

	傳統文獻	Harford (1978)	考慮外溢效果	
			許義忠(2004)：定額稅融通	污染稅融通
$\frac{\partial q_i}{\partial b}$	+	?	$C_{qw} = 0 : \times$ $C_{qw} < 0 : ?$	$C_{qw} = 0 : \times$ $C_{qw} < 0 : -$

說明：+表示補貼與產量為正向關係；?表示補貼對產量的影響為不確定；×表示補貼對產量沒有影響；而-則表示補貼與產量為負向關係。

其次，就廠商之污染排放量而言，傳統文獻、Harford (1978)及許義忠(2004)均認為補貼政策的確可以促使廠商有投入污染防治努力之誘因，進而達到污染排放量減少之效果。然而，若考慮外溢效果存在，則補貼對污染排放量的影響，將視補貼支出之財源融通方式，以及成本函數是否為可分割而有不同的結果，如表 3 示。根據本文所得結果，若政府採行污染稅進行融通，則在成本為不可分割之情況下，當外溢效果存在時，政府可以透過補貼政策達到減少污染排放量之目的。此觀點與郭瑞基與王泰昌(2004)文中所得結論相同。該文認為當稽核成本太高致使管制者不採環保稽核，而廠商亦以不作污染清除回應時，其將導致社會污染成本的發生。此時，若有適當的環保投資補貼之介入，則可促使廠商採取高環保投資決策，進而減輕相關的社會污染成本負擔。惟根據本文分析知，此項補貼政策效果將隨著外溢效果愈大而愈弱。但是倘若成本函數為可分割，則補貼與污染排放量之關係將為正向關係，此與上述文獻之結果差異頗大。換言之，補貼及外溢效果的存在雖不會影響廠商的最適產量，但是卻會使得污染排放量大幅增加。因此，

由本文模型分析所得結果顯示，成本函數是否為可分割，以及廠商所從事之防污努力所產生之外溢效果是否被考慮，將會影響廠商的產量與污染排放決策，此與郭虹瑩、黃鴻及麥朝成(2001)文宣稱成本函數是否為可分割並不影響分析之觀點不同。

另外，就政府的最適環境政策而言，若外溢效果愈大，則最適補貼率應愈高。同時，在成本函數為可分割時，如果污染排放的邊際損害大於政府的污染稅與邊際處罰款收入和時，政府便應給予補貼；而在成本函數為不可分割時，則須視補貼的邊際產量與邊際污染排放量比，與單位污染防治投入之社會損害成本大小而定，倘若前者小於後者，則政府應給予廠商補貼。此外，當政府採行污染稅來融通補貼支出時，最適補貼率與污染稅率並無太大相關。再者，就政府的最適污染稅而言，無論廠商的成本函數是否為可分割，當外溢效果愈大時，最適污染稅率應愈高。而若政府不採行其它的環境政策，則最適污染稅率在廠商的成本函數為可分割的情況下，將會等於社會的邊際損害。但是倘若政府尚有搭配其它的環境政策，則此時之最適污染稅率將會小於傳統的皮古稅率。

表 3 補貼與污染排放量

	傳統文獻	Harford (1978)	考慮外溢效果	
			許義忠(2004)：定額稅融通	污染稅融通
$\frac{\partial w_i}{\partial b}$	-	-	-	$C_{q_w} = 0 : +$
				$C_{q_w} < 0 : -$

說明：+表示補貼與污染排放量為正向關係，而-則表示補貼與污染排放量為負向關係。



附錄(一)

已知(12)式與(14)式為：

$$\frac{\partial q_i}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial \omega_i}{\partial b} > 0$$

將其代入(24)式後，則(24)式可以簡化改寫為：

$$\begin{aligned} \frac{G' + t}{bf_i(\omega_j) - 1} &= -D' \\ \Rightarrow G' + t &= D' - bD'f_i(\omega_j) \\ \Rightarrow bD'f_i(\omega_j) &= D' - (G' + t) \\ \therefore b^* &= \frac{D' - (G' + t)}{D'f_i(\omega_j)} \end{aligned}$$

附錄(二)

由(26)可知

$$\begin{aligned}
 -bfCQ &= \left(\frac{G'+t}{bf-1} + D'\right)W = \frac{W(G'+t)}{bf-1} + WD' \\
 \Rightarrow -WD' - bfCQ &= \frac{W(G'+t)}{bf-1} \\
 \Rightarrow -WD'(bf-1) - bfCQ(bf-1) &= W(G'+t) \\
 \Rightarrow bfCQ(bf-1) + WD'(bf-1) + W(G'+t) &= 0 \\
 \Rightarrow (bg')^2 CQ - bfCQ + WD'bf - WD' + W(G'+t) &= 0 \\
 \Rightarrow (bf)^2 CQ - (CQ + WD')bf - WD' + W(G'+t) &= 0 \\
 \Rightarrow \alpha X^2 - \beta X - \gamma &= 0 \\
 \therefore X &= \frac{\beta \pm \sqrt{\beta^2 + 4\alpha\gamma}}{2\alpha} \\
 &= \frac{(CQ - WD') \pm \sqrt{(CQ - WD')^2 + 4CQW[D' - (G'+t)]}}{2CQ} \\
 \therefore bf &= \frac{(CQ - WD') \pm \sqrt{(CQ - WD')^2 - 4CQW(G'+t)}}{2CQ}
 \end{aligned}$$

因此：

$$b = \frac{(CQ - WD') \pm \sqrt{(CQ - WD')^2 - 4CQW(G'+t)}}{2CQ}$$

附錄(三)

將(22)式對污染稅率做一階微分並令其等於零：

$$\frac{\partial W}{\partial t} = (U_Q - P) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial q_i}{\partial t} \right) + (R_q - C_q) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial q_i}{\partial t} \right) - C_w \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial w_i}{\partial t} \right) - D' \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial w_i}{\partial t} \right) = 0$$

可推得：

$$\left[(U_Q - P) + (R_q - C_q) \right] \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial q_i}{\partial t} \right) = (C_w + D') \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial w_i}{\partial t} \right)$$

再將廠商的最適一階條件代入，經整理後可得：

$$\left[-bf_i(w_j)(C_q - C_q^0) \right] \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial q_i}{\partial t} \right) = \left(\frac{G'+t}{bf_i(w_j)-1} + D' \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\partial w_i}{\partial t} \right)$$

亦即：

$$\frac{G'+t}{bf_i(w_j)-1} + D' = bf_i(w_j)(C_q - C_q^0) \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial q_i}{\partial t} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial w_i}{\partial t} \right)}$$

此即為(30)式。

附錄(四)

```

t[b_, f_]=(10+5*b*f)*(1-b*f)-0.01
Plot3D[t[b, f], {b, 0.1, 0.9}, {f, 0.1, 0.9},
AxesLabel->{"Subsidy", "Spillover effect", "t"}]

```

附錄(五)

已知(29)式與(34)分別為：

$$b^* = \frac{CQ - WD'}{2fCQ} \tag{29}$$

$$t^* = [D' + bfC \frac{Q_i}{W_i}](1 - bf) - G' \tag{34}$$

將(29)式整理並代入(34)式後可得：

$$\begin{aligned}
t^* &= \left[D' + bf \frac{CQ - WD'}{2bCQ} C \frac{Q_i}{W_i} \right] \left[1 - b \frac{CQ - WD'}{2bCQ} \right] - G' \\
&= \left[D' + f \frac{CQ - WD'}{2Q} \frac{Q_i}{W_i} \right] \left[1 - \frac{CQ - WD'}{2CQ} \right] - G' \tag{a}
\end{aligned}$$

由(a)式可看出，最適的污染稅率並不直接與補貼率大小有關，但卻會與外溢效果大小相關。當外溢效果愈大（即 f 愈小），則最適污染稅率將會愈低，此關係亦可由內文中之圖 2 看出。



但若將 C 、 Q 、 W 及 Q_i 、 W_i 再代回(a)式，則(a)式可再改寫為：

$$t = \left[D' + f \frac{C \left(\frac{\partial q_i}{\partial b} \right) - \left(\frac{\partial w_i}{\partial b} \right) D'}{2 \left(\frac{\partial q_i}{\partial b} \right)} \right] \left[1 - \frac{C \left(\frac{\partial q_i}{\partial b} \right) - \left(\frac{\partial w_i}{\partial b} \right) D'}{2C \left(\frac{\partial q_i}{\partial b} \right)} \right] - G' \quad (b)$$

由(b)式可看出，最適污染稅率的決定乃是與單位補貼對產量及污染排放的水準有關，也與單位污染稅率對產量及污染排放量的影響效果有關。

附錄(六)

表 4 Ulph(1996)與本文對照表

	本文	Ulph(1996)
模型	two-stage game	two-stage game (three-stage game)
第一階段	政府決定最適污染稅率與污染防治補貼率	政府可從事策略行為，選擇採取訂定污染排放標準或污染稅或皆不採取任何策略行為
第二階段	廠商決定最適產量及污染排放量	廠商可從事策略行為，選擇最適產出水準與 R&D 投入

參考文獻

一、中文部分

1. 陳智華、蕭文宗及謝智源(2003)，「內生化勞動休閒決策下污染與經濟成長的關係」，《經濟研究》，39(2)：147-172。
2. 黃宗煌與呂雅玲(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。
3. 黃宗煌與梅家瑗(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。
4. 許義忠(2004)，「考慮外溢效果下之最適補貼率」，《農業經濟半年刊》，76，87-106。
5. 郭虹瑩、黃鴻及麥朝成(2001)，「污染排放限量規定下環境政策的選擇」，《人文及社會科學集刊》，13：195-229。
6. 郭瑞基與王泰昌(2004)，「環保投資補貼與污染清除稽核政策之分析」，《人文及社會科學集刊》，16(4)：505-531。
7. 賴育邦與王淑馨(2002)，「污染稅收入專款專用之經濟效果分析」，《財稅研究》，34(3)：116-130。

二、英文部分

1. Barnett, A. H. (1980), The pigouvian tax rule under monopoly, *American Economic Review*, 70:1037-1041.
2. Baumol, W.J. and W.E. Oates (1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge and

New York:Cambridge University Press.

3. Bramhall D. and E. Mills (1966), A note on the asymmetry between fees and payments, *Water Resource Research*, 2:615-616.
4. Buchanan, J.M. (1969), External diseconomies, corrective taxes, and market structure, *Environmental and Resource Economics*, 20:129-146.
5. Conrad, K. (1993), Taxes and subsidies for pollution-intensive industries as trade policy, *Journal of Environmental Economics and Management*, 25:121-135.
6. 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.
7. D'Aspremont, C. and A. Jacquemin (1988), Cooperative and noncooperative R & D in duopoly with spillovers, *American Economic Review*, 78(5):1133-1137.
8. Harford, J.D. (1978), Firm behavior under imperfectly enforceable pollution standards and taxes, *Journal of Environmental Economics and Management*, 5:26-43.
9. Kreps, David M (1990), *Game theory and economic modelling*, Oxford : Clarendon Press ; New York : Oxford University Press.
10. Mestelman, S. (1982), Production externalities and corrective subsidies: a general equilibrium analysis, *Journal of Environmental Economics and Management*, 9:186-193.
11. Misiolek, W. S. (1988), Pollution control through price incentives: the role of rent seeking costs in monopoly markets, *Journal of Environmental Economics and Management*, 15(1):1-8.
12. Oates, W. E. and D. L. Strassmann (1984), Effluent fees and market structure, *Journal of Public Economics*, 24:29-46.
13. Pigou, A.C. (1932), *The Economics of Welfare*, London:Macmillan and Co., limited.
14. Porter, R.C. (1974), The long-run asymmetry of subsidies and taxes as antipollution policies, *Water Resources Research*, 10:415-417.
15. Sims, W.A. (1981), Note the short-run asymmetry of pollution subsidies and charges, *Journal of Environmental Economics and Management*, 8:395-399.
16. Smith, V.K. (1976), A note on effluent charges and market structure, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2:309-311.

17. Ulph, A. (1996), Environmental policy and international trade when governments and producers act strategically, *Journal of Environmental Economics and Management*, 30:265-281.
18. Wertz, K.L. (1974), Short-run effects of an increased effluent charge in a competitive market, *Canadian Journal of Economics*, 7(4):676-682.

Environmental policies with financing emission tax under spillover effect

Yi-Chung Hsu* and Steve Waicho Tsui**

Abstract

Keywords: spillover, subsidy rate, emission tax, two-stage game

JEL classification: H23, D62

Spillover effect should be considered important to environmental policies. This paper investigates the optimal environmental policies when considering both subsidies on pollution abatement technology and spillover effects of the technology itself. In the analysis of backward induction on a two-stage game, two main results are obtained according to our findings. First, the government subsidy has no impact on the optimal production under the assumption of separable cost function. Second, the optimal production is lower when the government subsidy is higher under an inseparable cost function.

* Assistant professor, Department of Accounting, Chaoyang University of Technology.

** Professor, Department of Public Finance, National Chengchi University.