

環保投資補貼與污染清除稽核政策 之分析*

郭瑞基

東吳大學會計學系副教授

王泰昌

台灣大學會計學系教授

由於環保投資往往造成廠商成本負擔的增加，是以在缺乏實質且直接的經濟誘因下，廠商極可能會降低環保方面的投資，因而導致自然環境的污染及社會外部成本的發生。於是，公共政策的適當介入，似乎是不得不採行的必要手段。在過去的文獻中，有關政府對廠商的環保投資補貼政策，即存在相當多元化的見解與爭議。惟唯一可能的共識即在於，投資補貼政策應該有其他政策工具的配合，始能發揮預期的效果。有鑑於在環保議題上，補貼與稽核政策的結合與互動，在過去研究中尚未見有相關的文獻提出。本研究乃特別針對這兩項環保政策工具，對於廠商的環保投資與污染清除決策之影響，透過模式分析方式，釐清其間的交互作用情形，以期獲致可能的政策涵義。

關鍵字：環保投資、補貼政策、稽核政策

一、緒論

人類在享受經濟發展成果的同時，也承受了對自然環境破壞所付出的代價。近年來，由於一般生活水平的提升，使得人們逐漸意識到環境保護的重要性。惟在一切以營利為依歸的企業經營者眼中，環保議題似乎永遠是企業

* 作者感謝兩位匿名審查人的指正與惠賜寶貴意見。文中若有任何疏失，將由作者完全負責。
收稿日期：92 年 11 月 4 日；接受刊登日期：93 年 3 月 19 日

經營中的最後考慮。原因即在於，環保投資對企業而言，往往只是成本的負擔，未來並無太大的「經濟」效益；而這部分投資的不足，所導致對自然環境的傷害，卻又極易轉嫁至社會他人或後世子孫。因此，若無公共政策的適當介入，極易造成自然環境資源的日益流失，而社會公平正義亦將蕩然無存。職此，本研究藉由對「環保投資補貼」與「污染清除稽核」兩項重要政策工具的分析與討論，期盼能對政府的環保政策提供一些政策性的建議，以盡我們對環境保護的一份責任。

無論是製造業或服務業，其在商品生產或服務提供的過程中，幾乎或多或少都會對自然環境造成一些衝擊或負擔。因此，環境污染其實是一個相當普遍的企業行為，而設法解決或減輕這些環境污染問題，應該是企業經營者一項重要的社會責任。對於環境污染的處理與控制，在 Boer、Curtin 與 Hoyt (1998) 的研究中，曾提出三種策略供參考採行，即(1)末端處理策略 (end-of-pipe strategies)：係指在企業產生污染後，將污染物作妥善的處理（例如：交由環境污染處理單位作中和、掩埋，或由企業自行利用防治污染設備作處理。）；(2)製程改善策略 (process improvements)：係藉由企業生產流程的改善，以降低污染的產生（例如：更換新的機器設備以減少污染性殘、廢料的產生。）；(3)污染預防策略 (pollution prevention)：即透過研究以消除或減少產品製造所產生的污染副產物（例如：對生產過程中的污染物，尋找其再利用、生產的可能機會。）。

上述這些策略所需的人員、設備等投資，均屬環保投資的範疇。惟這類投資除少數能帶給企業實質的經濟效益外，大平均會增加企業的成本負擔，是以往需要藉由外在的誘因，以促使企業作好污染控制、環境保護的工作。在這些誘因當中，投資補貼（例如：投資稅額抵減）即為政府部門最常使用的一項政策工具。過去一些研究中，對於投資補貼政策也有相當多的探討。例如：Knesse 與 Bower (1968) 即認為，由於投資稅額抵減僅能減輕廠商購置污染防治設備的成本負擔，並無法增加其收入，是以補貼程度若不能達到 100%，則購置污染防治設備將對廠商的利潤產生負面影響。上述推論係建立在政府不對污染課稅的基礎上，惟若有強制性手段的配合，則投資稅額抵減或能發揮其實質獎勵效果。Mills (1972) 也認為，投資稅額抵減可能造成廠

商在選擇污染處理方式上的偏差，致使廠商在生產過程中，爲了配合改裝符合投資稅額抵減規定的污染防治設備，而放棄原本即具環保生產效率的生產方式。Harberger (1980) 則主張投資租稅誘因應維持租稅的中立性；其認爲無論投資稅額抵減或是加速折舊，均無法達到租稅的中立性。其主要原因爲，在投資稅額抵減誘因下，易使廠商選擇使用年限較短的資產，而在加速折舊租稅誘因下，則易使廠商偏好使用年限較長的資產。此外，Slitor (1976)，Baumol 與 Oates (1979)，以及 Fisher (1983) 也都對投資稅額抵減（或政府補貼）政策提出一些負面的看法。

然而，另一方面也有一些學者對政府補貼政策提出不同的見解。Laplante (1990) 即主張，在 Cournot 的寡占市場模式下，政府若能提供防治污染設備的相關補貼（如：投資抵減），則將促使廠商捨棄與其他廠商勾結，降低產量（以減少污染）的計畫，而採行對污染防治設備的投資，並使產出能滿足社會的最適需求。Kort、van Loon 與 Luptacik (1991) 則認爲，政府提高防治污染投資的補貼率，雖將導致政府支出的增加，惟卻可藉由這類投資的提高而減少污染，並刺激經濟的成長。如此，對於未來稅收與就業機會的增加，均有相當的助益。尤其對於非常昂貴的資本財投資，補貼政策對廠商投資決策的影響更大。Rajah 與 Smith (1993) 的研究亦指出，將污染稅訂在污染的邊際社會損失水準，雖是最適的環境政策，惟此一政策的執行，卻也容易面臨污染產業的廠商數減少及該產業的遊說阻擾等問題。此時，對於污染防治投資提供補貼，儘管會有增加公共支出與形成隱藏保護等隱憂，惟仍可作爲輔助課徵環境稅的一項政策工具。

由此可知，防治污染的投資補貼政策，在過去研究中仍存在一些爭議。不過，從 Knesse 與 Bower (1968) 及 Rajah 與 Smith (1993) 的論點可窺知，投資補貼政策若能與其他政策工具（如：污染稅、污染罰金等）相互配合，或許較能發揮預期的效果。鑑於許多污染的產生與衡量並非顯而易見，且污染的清除又需付出相當的代價，廠商在自利的行爲假設下，往往會選擇不作污染清除，致使其最後將造成自然環境的傷害，衍生大量的社會成本。在此情形下，管制單位唯有透過環保稽核手段，揭發未清除污染的廠商，並施以重金懲罰，始能產生相當的嚇阻作用，達到減輕環境污染的目的。有關

稽核制度的使用，過去在代理理論研究上，已有極為深入的探討，例如：Antle (1982 及 1984)，Baron 與 Besanko (1984)，Demski 與 Sappington (1987)，Penno (1990)，Baiman、Evans 與 Nagarajan (1991)，以及 Kofman 與 Lawarree (1993 及 1996) 等，均在這方面有相當不錯的研究成果。至於在環保議題上，Doyle (1992)，CH2M Hill (1993)，Morelli (1994)，及 Campbell 與 Byington (1995) 等，也都會對稽核政策的使用，提出一些分析與看法。

雖然過去在環保議題方面，無論是補貼政策，或是稽核政策，均有一些相關的研究與討論，惟有關這兩種政策的結合與互動，卻未見有相關的文獻提出。職此，本研究乃特別針對這兩項環保政策工具，對於廠商的環保投資與污染清除決策之影響，透過模式分析方式，釐清其間的交互作用情形，以期獲致可能的政策涵義。本文內容共分為五節，第一節為緒論部分；第二節為本研究相關的基本假設與模式設定之說明；第三節則闡述模式分析之結果；第四節就比較靜態作分析與討論；最後一節為本文的結論。

二、基本假設與設定

本研究假設管制者係代表社會大眾對可能造成社會環境污染的廠商擬定適當的政策，以降低廠商在生產過程中形成的污染，所造成對社會福利的負面影響。在本研究中管制者的政策工具包括對廠商降低污染的環保投資給予補助，以及對廠商在生產過程中所造成的環境污染進行稽核。前者是希望藉由補貼廠商的環保投資以降低投資成本，增加投資誘因；後者則是透過事後的環境稽核，以污染罰金作手段，促使廠商確實執行污染清除之工作。

在單期的分析模式中，本研究假設管制者首先宣告一環保投資的補助比例 β 。其次，由廠商選擇一最適的環保投資水準，高環保投資之金額為 I_h ，而低環保投資之金額為 I_l ；且投資金額之高、低係公開之資訊。廠商若選擇高環保投資水準，則除了可產生較低的環境污染成本基數 C_l 外，尚可帶給廠

商潛在的環保收益 B ；¹ 而若廠商選擇低環保投資水準，則不僅無潛在的環保收益，其亦將產生較高的環境污染成本基數 C_h 。在廠商完成環保投資與生產作業後，其將面臨生產所造成之環境污染是否予以處理、清除之決策。本研究假設， γ_h 、 γ_l 分別代表廠商在高、低環保投資水準下，面對管制者的稽核政策（即下一段定義的 α_h 與 α_l ）所對應採行的清除污染機率。若廠商決定清除污染，則將需負擔低污染清除成本 nC_l 或高污染清除成本 nC_h ，端視最初所作之環保投資高低而定。其中， n 代表污染清除成本係數。如果廠商選擇不作污染清除，則將承擔未來可能的污染罰金之風險。

由於管制者與廠商間存在資訊不對稱的情況，因此管制者唯有透過環境稽核（稽核成本為 C ），始能瞭解廠商對於其造成之環境污染，是否完成必要的清除工作。管制者在廠商所有相關活動結束後，將決定是否執行環境污染清除之稽核行動。在本研究中，管制者可視廠商環保投資水準之高低，而將稽核機率分別定為 α_h 與 α_l 。如果管制者決定對廠商進行稽核，則在發現有污染而未清除之情事時，將視污染程度之高、低，對廠商課以 pC_h 或 pC_l 之罰金。其中， p 代表污染罰金係數。在此假設環境稽核具有獨立且完美的稽核品質，亦即稽核人員不會與受稽核的廠商勾結，而且只要進行稽核，即能正確判斷廠商是否完成環境污染之清除。

假如管制者並未採取環境稽核行動，而廠商又未能進行污染之清除，則最後將導致污染之社會成本的發生。本研究假設，高污染下所造成的社會成本為 sC_h ，而低污染下所造成的社會成本為 sC_l 。其中， s 代表污染之社會成本係數，且令 $s > n$ 。

茲將本研究模式分析中相關事件之發展時序，簡述如下（請參閱圖 1：賽局樹狀圖）：

1. 管制者對廠商的環保投資，決定最適的補助比例 β ，並對外宣告。
2. 廠商根據管制者所宣告的補助比例，選擇進行高環保投資 I_h 或低環保

1 潛在的環保收益包括了環保設備之使用所產生的資源（如：水、殘料、廢料等）再回收利用之價值，以及環保形象之提升所導致的銷售機會增加之收益。其與污染程度降低所減少的清除成本或社會成本不同。

- 投資 I_l 。
3. 廠商對於生產過程中所造成的環境污染，選擇最適的清除機率 γ_h 或 γ_l 。其中， γ_h 表高環保投資下的清除機率，而 γ_l 表低環保投資下的清除機率。
 4. 管制者視廠商環保投資水準的高低，決定最適的稽核機率 α_h 與 α_l ，並在廠商所有相關活動結束後，進行必要的稽核行動。
 5. 管制者若發現廠商未清除其所造成的環境污染，則將課以污染罰金。其中，高污染之罰金為 pC_h ，而低污染之罰金為 pC_l 。
 6. 管制者若未能發現（因未進行稽核）廠商未清除污染之情況，則將造成社會成本的發生。其中，高污染的社會成本為 sC_h ，而低污染的社會成本為 sC_l 。
 7. 完成所有給付。

三、模式分析結果

在本節的模式分析中，將以倒推分析方式，探討管制者與廠商間的策略互動情形，進而取得在均衡狀態下，管制者與廠商的最適策略選擇。基本上，本節之分析可分成兩個部分，第一部分係探討管制者的稽核決策與廠商的污染清除決策間的互動關係，而第二部分則根據第一部分的分析結果，進一步探討管制者的補貼政策對於廠商環保投資決策的影響。

有關第一部分的分析，係假設廠商在完成高環保投資 I_h 或低環保投資 I_l 後，面對管制者可能採取的最適稽核決策（ α_h 與 α_l ），將以相對應的最適污染清除決策（ γ_h 與 γ_l ）因應之。就廠商的立場而言，進行污染清除，即有清除成本的發生；而不進行污染清除，則可能有潛在的罰金與清除成本的雙重負擔。² 因此，廠商的污染清除決策將取決於確定的清除成本與潛在的罰金與清除成本期望值（受稽核決策之影響）間的權衡比較。

2 在此假設管制者若發現廠商未清除污染，則後者除需繳納罰金外，仍應將污染清除。

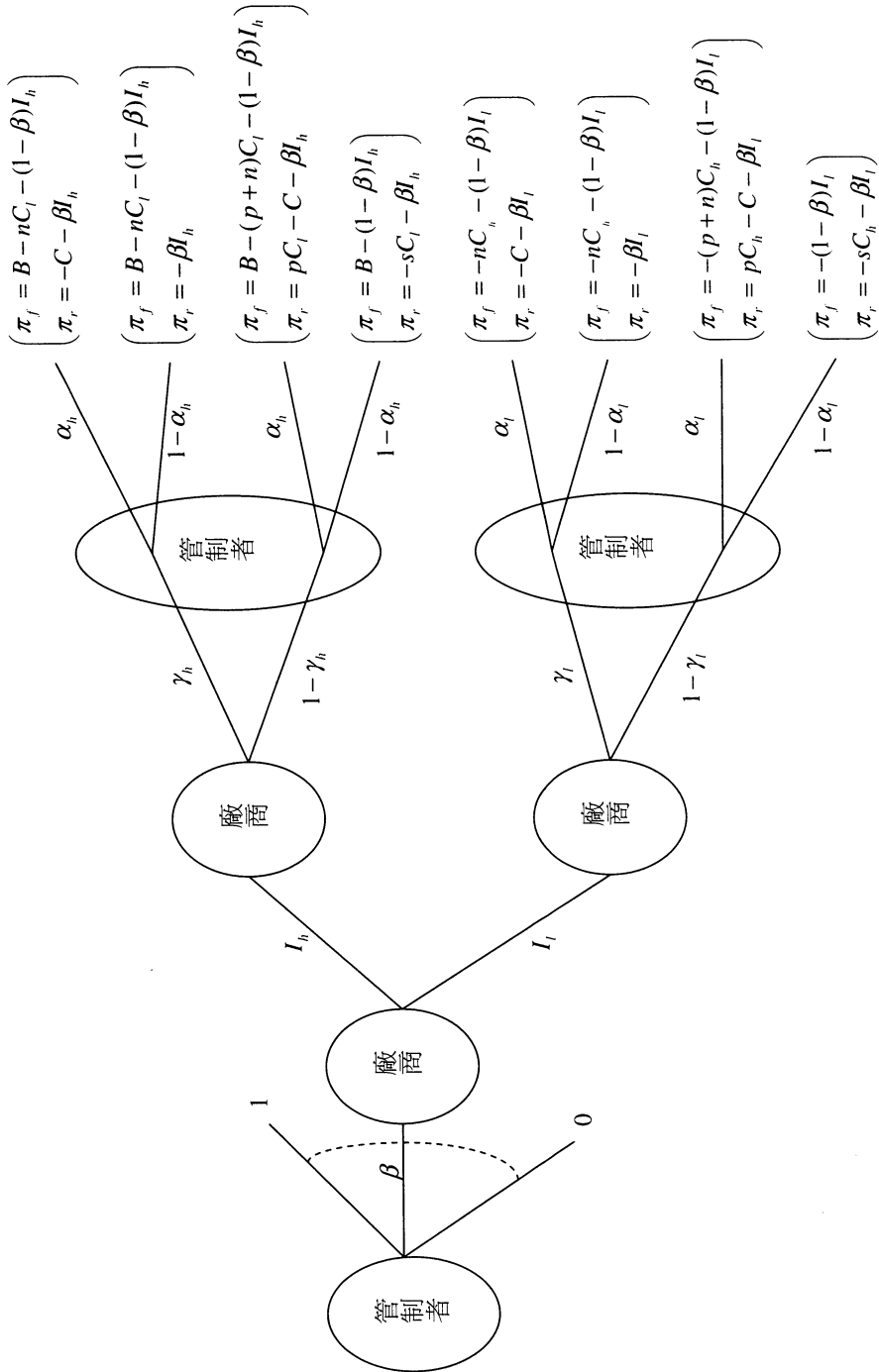


圖 1：賽局樹狀圖

如前所述，廠商如果決定進行高環保投資 I_h ，則除了可產生較低的环境污染成本基數 C_l 外，尚可帶給廠商潛在的環保收益 B ，以及獲得管制者 βI_h 的補貼。因此，配合其採取的污染清除決策，在決定清除污染（以符號 c 表示）下，廠商的相關報償即為 $\pi_f^c(I_h) = B - nC_l - (1 - \beta)I_h$ ；而在決定不清除污染（以符號 nc 表示）下，相關的預期報償則為 $\pi_f^{nc}(I_h) = B - \alpha_h(p + n)C_l - (1 - \beta)I_h$ 。相反地，如果廠商決定僅作低環保投資 I_l ，則將產生較高的環境污染成本基數 C_h 及獲得管制者 βI_l 的補貼，惟無法產生任何環保收益。如此，在配合污染清除決策下，如果廠商決定清除污染，其相關的報償為 $\pi_f^c(I_l) = -nC_h - (1 - \beta)I_l$ ；而如果決定不清除污染，則相關的預期報償將為 $\pi_f^{nc}(I_l) = -\alpha_l(p + n)C_h - (1 - \beta)I_l$ 。

另一方面，管制者在決定補貼政策（即 β ）後，面對廠商所採取的環保投資決策（ I_h 或 I_l ），即需決定是否對廠商進行環保稽核。如果管制者決定執行環保稽核，則將產生稽核成本的支出及潛在的污染罰金收益；惟若決定不執行環保稽核，則將有潛在的污染社會成本發生。因此，在廠商已作高環保投資之情況下，管制者若決定執行環保稽核（以符號 a 表示），其相關的期望報償將包含預期的罰金收益、稽核成本及補貼支出三項；亦即， $\pi_r^a(I_h) = (1 - \gamma_h)pC_l - C - \beta I_h$ 。惟若管制者決定不執行環保稽核（以符號 na 表示），則相關的期望報償將包括預期的污染社會成本及補貼支出兩項；亦即， $\pi_r^{na}(I_h) = -(1 - \gamma_h)sC_l - \beta I_h$ 。相對地，在廠商僅作低環保投資之情形下，管制者若決定執行環保稽核，其相關的期望報償為 $\pi_r^a(I_l) = (1 - \gamma_l)pC_h - C - \beta I_l$ ；而若不執行環保稽核，則相關的期望報償將為 $\pi_r^{na}(I_l) = -(1 - \gamma_l)sC_h - \beta I_l$ 。

根據以上有關管制者與廠商在各種可能策略組合下的期望報償，可對管制者的稽核決策與廠商的污染清除決策間的交互作用情形作進一步之分析。首先，在輔理 1 與輔理 2 中，將分別就廠商進行高環保投資與低環保投資時，可能存在的最適稽核決策與污染清除決策作分析及說明。

輔理 1：

在廠商作高環保投資 I_h 下，最適的稽核與污染清除決策（ α_h^* 與 γ_h^* ）為：

(1)若 $C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l$ ，則 $\alpha_h^* = \frac{n}{p+n}$ ， $\gamma_h^* = 1$ ；

(2)若 $C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l$ ，則 $\alpha_h^* = 0$ ， $\gamma_h^* = 0$ 。

證明：請參閱附錄。

由輔理 1 得悉，在廠商作高環保投資之前提下，管制者的最適稽核決策係取決於促使廠商進行污染清除所需之期望稽核成本（即 $\frac{nC}{p+n}$ ）與污染未清除時所導致之社會成本（即 sC_l ）的比較。若前者較後者為小，則管制者將採取適當的隨機稽核政策（稽核機率為 $\frac{n}{p+n}$ ），以促使廠商在自利、理性的行為假設下，選擇進行污染的清除（即 $\gamma_h^* = 1$ ）。反之，若前者較後者為大，則管制者進行環保稽核將不具經濟效益，致使稽核機率為 0，而此時廠商亦將以不進行污染清除作回應（即 $\gamma_h^* = 0$ ）。

至於在廠商作低環保投資之前提下，管制者的最適稽核決策，亦取決於期望稽核成本（即 $\frac{nC}{p+n}$ ）與污染未清除時所衍生之社會成本（即 sC_h ）間的比較。惟此時用作比較的污染成本基數已由 C_l 改變為 C_h ，分析過程與輔理 1 類似，其結果彙整於下列輔理 2 中。

輔理 2：

在廠商作低環保投資 I_l 下，最適的稽核與污染清除決策（ α_l^* 與 γ_l^* ）為：

(1)若 $C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ ，則 $\alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$ ， $\gamma_l^* = 1$ ；

(2)若 $C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ ，則 $\alpha_l^* = 0$ ， $\gamma_l^* = 0$ 。

證明：推理過程除 I_h 、 C_l 、 α_h 、 γ_h 改為 I_l 、 C_h 、 α_l 、 γ_l 外，餘同輔理 1 之證明。

依據輔理 1 與輔理 2 之分析結果，可將高環保投資與低環保投資下的稽核與污染清除決策作適當的整合，以進行後續有關補貼與環保投資決策之分析。在下列定理 1 至定理 3 中，即以稽核成本作為分析的主軸，說明各種可

能的均衡狀態下，管制者的最適補貼政策（即 β^* ）與稽核政策（即 α_h^* 與 α_l^* ），以及廠商的最適環保投資決策（即 I^* ）與污染清除決策（即 γ_h^* 與 γ_l^* ）情形。

定理 1：

在 $C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l$ 時， $\alpha_h^* = \alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$ ，而 $\gamma_h^* = \gamma_l^* = 1$ 。

此外，若 $\Delta I < B + n\Delta C$ ，則 $\beta^* = 0$ ， $I^* = I_h$ ，而 $\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ， $\pi_f^* = B - nC_l - I_h$ ；惟若 $\Delta I \geq B + n\Delta C$ ，則 $\beta^* = 0$ ， $I^* = I_l$ ，而 $\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ， $\pi_f^* = -nC_l - I_l$ 。其中， $\Delta I \equiv I_h - I_l$ ， $\Delta C \equiv C_h - C_l$ 。

證明：請參閱附錄。

定理 1 之結果顯示，當促使廠商進行污染清除所需之期望稽核成本（即 $\frac{nC}{p+n}$ ）低於高環保投資下污染未清除所導致之社會成本（即 sC_l ）時，則無論廠商最初係作高環保投資或低環保投資，管制者均將以相同的稽核機率（即 $\alpha_h^* = \alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$ ）執行隨機稽核，進而促使廠商進行完全的污染清除工作（即 $\gamma_h^* = \gamma_l^* = 1$ ）。此時，由於稽核政策在降低環境污染上，相對而言，係較補貼政策更富經濟性，是以管制者將捨「補貼」而採「稽核」政策。於是，最適的投資補貼政策將為 $\beta^* = 0$ ；換言之，管制者將不會對廠商的環保投資給予任何補助。如此，無論廠商採行的環保投資決策為何，管制者的相關期望報償均將為 $-\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ 。

另一方面，雖然無投資補貼之誘因，惟廠商仍會比較高、低環保投資的成本差異與兩者間的效益差距，決定其最適的環保投資決策。換言之，若高投資較低投資所增加的成本（即 ΔI ），低於高投資較低投資可產生的潛在環保收益與可節省的污染清除成本之效益總和（即 $B + n\Delta C$ ），則廠商在自利、理性的行為假設下，仍會選擇進行高環保投資（即 $I^* = I_h$ ），而獲致相關的期望報償 $B - nC_l - I_h$ ；反之，則廠商將採行低環保投資（即 $I^* = I_l$ ），並獲致相關的期望報償 $-nC_l - I_l$ 。

定理 2：

在 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 時， $\alpha_h^* = 0$ ， $\alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$ ，而 $\gamma_h^* = 0$ ， $\gamma_l^* = 1$ 。此外，若 $\Delta I < B + nC_h$ ，則 $\beta^* = 0$ ， $I^* = I_h$ ，而 $\pi_r^* = -sC_l$ ， $\pi_f^* = B - I_h$ 。

惟若 $\Delta I \geq B + nC_h$ ，則

(1) 若 $\hat{\beta}I_h \geq s\Delta C$ ，則 $\beta^* = 0$ ， $I^* = I_l$ ，而

$$\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C, \pi_f^* = -nC_h - I_l;$$

(2) 若 $\hat{\beta}I_h < s\Delta C$ ，則

(a) 在 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)(sC_l + \hat{\beta}I_h)$ 時，

$$\beta^* = 0, I^* = I_l, \text{ 而 } \pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C, \pi_f^* = -nC_h - I_l;$$

(b) 在 $\left(\frac{p+n}{n}\right)(sC_l + \hat{\beta}I_h) \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 時，

$$\beta^* = \hat{\beta} = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}, I^* = I_h, \text{ 而 } \pi_r^* = -sC_l - I_h + \frac{(B + nC_h)I_h}{\Delta I},$$

$$\pi_f^* = \frac{-BI_l - nC_h I_h}{\Delta I}.$$

其中， $\Delta I \equiv I_h - I_l$ ， $\Delta C \equiv C_h - C_l$ ， $\hat{\beta} \equiv 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}$ 。

證明：請參閱附錄。

由定理 2 之結果可得悉，當促使廠商進行污染清除所需之期望稽核成本（即 $\frac{nC}{p+n}$ ）小於低環保投資下未清除污染所導致之社會成本（即 sC_h ），而大於或等於高環保投資下未清除污染所導致之社會成本（即 sC_l ）時，廠商若作高環保投資，則管制者將不會進行環保稽核（即 $\alpha_h^* = 0$ ），致使廠商亦不會進行污染之清除（即 $\gamma_h^* = 0$ ）；惟廠商若作低環保投資，則管制者將以稽核機率 $\frac{n}{p+n}$ 執行隨機的環保稽核，以促使廠商進行完全的污染清除工作（即 $\gamma_l^* = 1$ ）。

在上述之環保稽核與污染清除決策下，廠商的環保投資決策顯然亦受到相當程度的影響。此時廠商所權衡的乃高投資較低投資所增加的成本（即 ΔI ），以及高投資較低投資可產生的潛在環保收益與可節省的污染清除成本之效益總和（即 $B + nC_h$ ）。若前者小於後者，則廠商將自發性的採行高環保投資（即 $I^* = I_h$ ），而無需政府的補貼作誘因，亦即管制者的最適補貼政策將為 $\beta^* = 0$ 。如此，廠商的相關期望報償將為 $B - I_h$ ，而管制者的相關期望報償

將為 $-sC_l$ 。

惟若前者未小於後者（亦即 $\Delta I \geq B + nC_h$ ），則存在著環保投資補貼的空間，管制者在適當的條件下仍得以必要的投資補貼政策，以促使廠商採行高環保投資策略，降低污染所帶來的社會成本。定理 2 之結果顯示，若促使廠商採行高環保投資所需的最低補貼金額未小於不同的環保投資下所可能衍生的污染社會成本差異（即 $\hat{\beta}I_h \geq s\Delta C$ ），則管制者將不會對廠商的環保投資作任何補貼（即 $\beta^* = 0$ ），而廠商亦將以低環保投資作回應（即 $I^* = I_l$ ）。如此，管制者的相關期望報償將為 $-\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ，而廠商的相關期望報償將為 $-nC_h - I_l$ 。

至於在促使廠商採行高環保投資所需的最低補貼金額小於不同的環保投資下所可能衍生的污染社會成本差異時（即 $\hat{\beta}I_h < s\Delta C$ ），管制者所權衡的，乃提供最低的投資補貼，以促使廠商進行高環保投資所產生的相關期望報償 $-sC_l - \hat{\beta}I_h$ ，以及未提供任何投資補貼，而導致廠商採行低環保投資所產生的相關期望報償 $-\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ 。若前者小於後者，則管制者將不會提供廠商任何的投資補貼（即 $\beta^* = 0$ ），而廠商亦僅作低環保投資（即 $I^* = I_l$ ）。如此，管制者的相關期望報償將為 $-\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ，而廠商的相關期望報償將為 $-nC_h - I_l$ 。相反地，若後者小於（或等於）前者，則管制者即將以 $\beta^* = \hat{\beta} = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}$ 的補貼政策，促使廠商進行高環保投資（即 $I^* = I_h$ ）。如此，管制者將可獲致較 $-\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ 為高的期望報償 $-sC_l - I_h + \frac{(B + nC_h)I_h}{\Delta I}$ ；而廠商的相關期望報償 $\frac{-BI_l - nC_h I_h}{\Delta I}$ ，亦將較採行低環保投資之 $-nC_h - I_l$ 為高。

定理 3：

在 $C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 時， $a_h^* = a_l^* = 0$ ，且 $\gamma_h^* = \gamma_l^* = 0$ 。此外，若 $\Delta I < B$ ，則 $\beta^* = 0$ ， $I^* = I_h$ ，而 $\pi_r^* = -sC_l$ ， $\pi_f^* = B - I_h$ ；惟若 $\Delta I \geq B$ ，則在 $B \leq \Delta I \leq \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C}\right)B$ 時， $\beta^* = 1 - \frac{B}{\Delta I}$ ， $I^* = I_h$ ， $\pi_r^* = -sC_l - \left(1 - \frac{B}{\Delta I}\right)I_h$ ， $\pi_f^* = -\frac{I_l B}{\Delta I}$ ；而在 $\Delta I > \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C}\right)B$ 時， $\beta^* = 0$ ， $I^* = I_l$ ， $\pi_r^* = -sC_h$ ， $\pi_f^* = -I_l$ 。其中， $\Delta I \equiv I_h - I_l$ ， $\Delta C \equiv C_h - C_l$ 。

證明：請參閱附錄。

從定理 3 之結果得悉，假如稽核成本相當高，亦即在促使廠商進行污染清除所需之期望稽核成本（即 $\frac{nC}{p+n}$ ）大於（或等於）低環保投資下未清除污染所導致之社會成本（即 sC_h ）時，則無論廠商係作高環保投資或低環保投資，管制者均不會執行環保稽核（即 $a_h^* = a_l^* = 0$ ），致使廠商亦將以不進行污染清除作回應（即 $\gamma_h^* = \gamma_l^* = 0$ ）。此時，管制者僅能透過適當的補貼政策，促使廠商採行必要的高環保投資。

就廠商的立場而言，在無環保稽核的顧慮下，其是否採行高環保投資，實著眼於高、低環保投資之實質成本差異（即 $(1-\beta)\Delta I$ ）與高投資所產生之潛在環保收益（即 B ）間的權衡比較。若前者小於後者，則廠商將選擇高環保投資；否則，其將選擇低環保投資。是以在投資成本差異（ ΔI ）小於潛在環保收益（ B ）時，即使無任何的投資補貼，在潛在環保收益的考量下，廠商仍會選擇高環保投資。因此，管制者的最適補貼政策將為 $\beta^* = 0$ ，且在不進行環保稽核下，獲致最大的期望報償 $-sC_l$ ；而此時廠商仍將採高環保投資（即 $I^* = I_h$ ），且在不進行污染清除下，獲致最大的期望報償 $B - I_h$ 。

至於在投資成本差異（ ΔI ）大於（或等於）潛在環保收益（ B ）時，由於管制者可以 $\beta = 1 - \frac{B}{\Delta I}$ 之最低成本促使廠商採取高環保投資，或者以 $\beta = 0$ 導致廠商採取低環保投資，因此管制者需權衡在高環保投資下負擔的補貼金額，以及在高、低環保投資下所產生的污染社會成本差異。若前者小於（或等於）後者（或 $\Delta I \leq \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C} B\right)$ ），³ 則管制者的最適補貼政策將為 $\beta^* = 1 - \frac{B}{\Delta I}$ ，且在不作環保稽核下，獲致最大的期望報償 $-sC_l - \left(1 - \frac{B}{\Delta I}\right)I_h$ ，此時廠商將以高環保投資作回應，且在不進行污染清除下，獲致最大的期望報償 $-\frac{I_l B}{\Delta I}$ ；惟若前者大於後者（或 $\Delta I > \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C} B\right)$ ），則管制者的最適補貼政策即為 $\beta^* = 0$ ，且在不作環保稽核下，獲致最大的期望報償 $-sC_h$ ，此時廠商將採取低環保投資回應，且在不進行污染清除下，獲致最大的期望報償 $-I_l$ 。

從以上定理 1 至定理 3 之結果得知，在不同的稽核成本範圍考慮下，存

3 有關補貼金額小於（或等於）污染社會成本差異（即 $\beta I_h \leq s\Delta C$ ）轉換為 $\Delta I \leq \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C}\right)B$ 之過程，請參閱附錄中定理 3 之證明部分。

在著各種可能的政策空間。茲將這些可能的政策結果彙總於表 1 中。

表 1：政策彙總表

稽核成本 範圍	$C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l$	$\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$	$C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$
環境稽核 政策	$\alpha_h^* = \alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$	$\alpha_h^* = 0, \alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$	$\alpha_h^* = \alpha_l^* = 0$
污染清除 決策	$\gamma_h^* = \gamma_l^* = 1$	$\gamma_h^* = 0, \gamma_l^* = 1$	$\gamma_h^* = \gamma_l^* = 0$
可能的投 資補貼政 策與環保 投資決策	$(i) \begin{cases} \beta^* = 0 \\ I^* = I_h \end{cases}$ $(ii) \begin{cases} \beta^* = 0 \\ I^* = I_l \end{cases}$	$(i) \begin{cases} \beta^* = 0 \\ I^* = I_h \end{cases}$ $(ii) \begin{cases} \beta^* = 0 \\ I^* = I_l \end{cases}$ $(iii) \begin{cases} \beta^* = 1 - \frac{B+n-C_h}{\Delta I} \\ I^* = I_h \end{cases}$	$(i) \begin{cases} \beta^* = 0 \\ I^* = I_h \end{cases}$ $(ii) \begin{cases} \beta^* = 0 \\ I^* = I_l \end{cases}$ $(iii) \begin{cases} \beta^* = 1 - \frac{B}{\Delta I} \\ I^* = I_h \end{cases}$

表 1 之政策彙總，透露了幾個重要訊息。首先，在環境稽核政策方面，隨著稽核成本的相對提高，管制者顯然會減少在此一政策上的倚重程度。其次，廠商的污染清除決策亦會隨著稽核成本的相對提高，而有傾向不作污染清除之趨勢，此可視為對管制者稽核政策趨向的適當回應。最後，在投資補貼政策與環保投資決策方面，吾人可以發現在不同的稽核成本範圍中，均存在著管制者不提供任何投資補貼的最適政策，而在此一政策下，事實上亦存在著廠商採行高環保投資之可能性。管制者的投資補貼政策，其真正能發揮作用的時機，實包括了稽核成本相對較高，以及高、低投資金額差距較大等條件的滿足。換言之，環保投資補貼政策是否需要執行，應視各種條件分析結果而定；否則，不當的補貼或是補貼不足，均將造成社會負擔的增加。

四、比較靜態分析

由前一節導出之定理分析，在其他條件相同下，當高環保投資所對應之社會污染成本（即 sC_l ）較高，或是未清除污染所蒙受之懲罰效果（即 p/n ）

較大時，將導致稽核成本相對降低，使得管制者愈可能在環保稽核政策上，採取混合策略 (mixed strategy)。亦即，無論廠商進行高環保投資或低環保投資，管制者均將採取稽核機率為 $\frac{n}{p+n}$ 之稽核政策。此一稽核機率明顯地將隨懲罰效果 (即 p/n) 之提高而降低。因此，倘若管制者可以決定污染懲罰係數，則在稽核成本不變的情況下，將使得 p 值會被設定在廠商可以負擔或法律所允許的上限，⁴ 以期用最低成本達到相同的稽核效果，而極大化管制者的期望報償。

另一方面，在其他條件相同下，當低環保投資所對應之社會污染成本 (即 sC_h) 較低，或是未清除污染所蒙受之懲罰效果 (即 p/n) 較小時，將導致稽核成本相對提高，使得管制者在環保稽核政策上，易傾向採取不進行環保稽核的單純策略 (pure strategy)。亦即，無論廠商進行高環保投資或低環保投資，管制者均將採取稽核機率為 0 之稽核政策。

至於在不同的環保投資水準下，所產生的環境污染成本基數 C_l 與 C_h ，如果差異 (即 ΔC) 愈大，則在其他條件相同時，管制者依據不同的環保投資水準，採取不同的環保稽核政策之可能性亦相對提高。換言之，對於高環保投資的廠商，將傾向於不執行環保稽核，而對於低環保投資的廠商，則將傾向於執行隨機的環保稽核。

此外，高、低環保投資金額差異 (即 ΔI) 與潛在環保收益 (即 B) 間之消長，亦影響著管制者的補貼政策與廠商的投資決策。由定理 1 至定理 3 之結果，不難發現當投資金額差異縮小，或潛在環保收益增大時，在其他條件相同下，管制者將傾向於不提供任何的環保投資補貼，而廠商則仍會採行高環保投資策略。當稽核成本升高至某一程度後，從定理 2 與定理 3 之結果得悉，此時存在著管制者提供環保投資補貼的可能空間，而投資金額差異與潛在環保收益的大小，亦將影響管制者所提供之補貼比例的高低。基本上，投資金額差異 (即 ΔI) 愈大或潛在環保收益 (即 B) 愈小，則在其他條件相同下，其投資補貼比例亦將愈高；反之，亦然。

4 最大可能的罰金總額，有時可以公司的資產總值訂之。有關罰金大小的限制，可參閱 Baron and Besanko (1984)、Harrington (1988)、及 Jones (1989) 等相關文獻之討論。

五、結論

近年來，由於環保意識的抬頭，社會環境成本的觀念普遍受到重視。惟由於經濟誘因的不足，常使企業在環保投資上顯得裹足不前，因而導致自然環境品質逐漸受到侵蝕。於是，公共政策的適當介入，似乎是不得不採行的必要手段。有鑑於過去在環保議題上，補貼與稽核政策的結合與互動，尚未見有相關的文獻提出。職此，本文特別針對在降低環境污染、提升環保水平上，管制者可能運用的投資補貼與環保稽核兩項政策工具，探討其對廠商的環保投資與污染清除決策之影響。

研究結果顯示，在其他條件相同下，隨著稽核成本的提高，管制者的最適稽核決策，將從對高、低環保投資廠商均採取隨機稽核的策略，轉為對低投資廠商採隨機稽核而對高投資廠商不作稽核的策略，乃至最後對高、低環保投資廠商均不採行環保稽核的策略。由於環保稽核的政策目的，係在促使廠商執行污染清除的工作，是以管制者的稽核政策自然會對廠商的污染清除決策產生直接的影響。換言之，隨著稽核成本的提高，廠商的最適污染清除決策亦將從高、低環保投資廠商均會進行污染清除，轉為僅低投資廠商會作污染清除而高投資廠商不作污染清除，乃至最後高、低投資廠商均不作污染清除之情況。

在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。從另一個角度來看，環保稽核成本的上升，事實上亦反映了稽核困難度的提高。因此，就環保稽核不易的產業或廠商而言，環保投資補貼即可能成為一項相當重要的政策工具。惟就廠商的立場而言，在無環保稽核的顧慮下，其是否採行高環保投資，實著眼於高、低環保投資的實質成本差異（考慮投資補貼後）與高投資所產生的潛在環保收益間的權衡比較。若前者小於後者，則廠商將選擇高環保投資；否則，其將選擇低環保投資。是以在未考慮投資補貼前，倘若投資成本差異已小於潛在環保收益，則即使無任何的投資補貼，

在潛在環保收益的考量下，廠商仍會選擇高環保投資。此點可能也提供了實務上即使不從事環保的期望處罰不高，而環保遵行率卻仍令人滿意的部分原因。

惟本研究亦發現，投資補貼與否，以及補貼比例的高低，均受到高、低投資金額差異與潛在環保收益等因素之影響。此因就社會福利而言，促使廠商進行高環保投資，有時並非是最佳的。換言之，在極小化社會環境成本的考慮下，放任廠商採取低環保投資決策，有時可能是管制者的最適選擇。因此，在國內促進產業升級條例的相關規定中，對於防治污染設備的獎勵（或補貼）可能並非完全必要。主管機關宜進一步檢討各產業、公司的特性差異，擬定適當的環保投資獎勵（或補貼）政策，以達極小化社會環境成本之目標。否則，無論是補貼的不足或不當的補貼，均將造成社會負擔的增加，主事者不得不審慎爲之。

附 錄

輔理 1 之證明：

在高環保投資 I_h 下，由廠商的期望報償函數 $\pi_f(I_h, C) = B - nC_l - (1 - \beta)I_h$ 及 $\pi_f(I_h, n_c) = B - \alpha_h(p+n)C_l - (1 - \beta)I_h$ 之比較得悉，若 $\alpha_h \geq \frac{n}{p+n}$ ，則廠商將選擇清除污染（即 $\gamma_h = 1$ ）；反之，若 $\alpha_h < \frac{n}{p+n}$ ，則廠商將選擇不清除污染（即 $\gamma_h = 0$ ）。換言之，若欲誘使 $\gamma_h = 1$ ，則在極小化成本的考慮下，管制者可將稽核機率訂為 $\alpha_h = \frac{n}{p+n}$ ，而促使廠商進行污染清除，並獲致下列的期望報償

$$\pi_r\left(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}\right) = \left(\frac{n}{p+n}\right)(-C - \beta I_h) + \left(\frac{p}{p+n}\right)(-\beta I_h) = -\frac{nC}{p+n} - \beta I_h.$$

惟若 $\alpha_h < \frac{n}{p+n}$ ，則將誘使 $\gamma_h = 0$ ；此時，管制者的期望報償將為

$$\begin{aligned} \pi_r\left(I_h, 0 \leq \alpha_h < \frac{n}{p+n}\right) &= \alpha_h(pC_l - C - \beta I_h) + (1 - \alpha_h)(-sC_l - \beta I_h) \\ &= (pC_l + sC_l - C)\alpha_h - sC_l - \beta I_h. \end{aligned}$$

如此，在極小化成本的考慮下，若 $C < (p+s)C_l$ ，則稽核機率應訂為 $\alpha_h = \frac{n-\varepsilon}{p+n}$ ，其中 ε 為趨近於 0 之正實數；而若 $C \geq (p+s)C_l$ ，則稽核機率即應訂為 $\alpha_h = 0$ 。

因此，在 $C < (p+s)C_l$ 時，由於

$$\begin{aligned} \pi_r\left(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}\right) &> \pi_r\left(I_h, \alpha_h = \frac{n-\varepsilon}{p+n}\right) \\ \Leftrightarrow -\left(\frac{n}{p+n}\right)C - \beta I_h &> (pC_l + sC_l - C)\left(\frac{n-\varepsilon}{p+n}\right) - sC_l - \beta I_h \\ \Leftrightarrow sC_l &> \left(\frac{p+s}{p+n}\right)C_l(n-\varepsilon) + \frac{\varepsilon C}{p+n} \\ \Leftrightarrow sC_l &> \left(\frac{p+s}{p+n}\right)nC_l \quad (\because \varepsilon \rightarrow 0) \\ \Leftrightarrow sp + sn &> np + ns \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow (s-n)p > 0 \quad (\because s > n),$$

故管制者的最適稽核機率將為 $\alpha_h^* = \frac{n}{p+n}$ ，以誘使廠商的最適清除決策為 $\gamma_h^* = 1$ 。

惟在 $C \geq (p+s)C_l$ 時，由於

$$\begin{aligned} \pi_r \left(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n} \right) &> \pi_r (I_h, \alpha_h = 0) \\ \Leftrightarrow - \left(\frac{n}{p+n} \right) C - \beta I_h &> -sC_l - \beta I_h \\ \Leftrightarrow - \left(\frac{n}{p+n} \right) C &> -sC_l \\ \Leftrightarrow C &< \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_l, \end{aligned}$$

故管制者僅在 $C < \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_l$ 時，其最適稽核機率始為 $\alpha_h^* = \frac{n}{p+n}$ ，並使 $\gamma_h^* = 1$ ；否則，在 $C \geq \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_l$ 時，其最適稽核機率將為 $\alpha_h^* = 0$ ，致使 $\gamma_h^* = 0$ 。

最後，由於 $s > n$ 之假設確保 $(p+s)C_l < \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_l$ ，故綜合上述之推論，輔理 1 得證。

定理 1 之證明：

在 $C < \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_l$ 時，由輔理 1 之(1)結果得悉， $\alpha_h^* = \frac{n}{p+n}$ 及 $\gamma_h^* = 1$ ；同時，由於 $C < \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_l < \left(\frac{p+n}{n} \right) sC_h$ ，故由輔理 2 之(1)結果亦可得悉， $\alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$ 及 $\gamma_l^* = 1$ 。

在 $\alpha_h^* = \alpha_l^* = \frac{n}{p+n}$ ，而 $\gamma_h^* = \gamma_l^* = 1$ 之情形下，廠商無論採高環保投資或低環保投資，均將進行污染之清除，故相關的報償分別為

$$\pi_f (I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h = 1) = B - nC_l - (1-\beta)I_h \text{ 及}$$

$$\pi_f(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1) = -nC_h - (1-\beta)I_l;$$

相對地，管制者無論廠商採高環保投資或低環保投資，其進行環保稽核的機率均為 $\frac{n}{p+n}$ ，故相關的報償將分別為

$$\pi_r(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h=1) = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C - \beta I_h \text{ 及}$$

$$\pi_r(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1) = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C - \beta I_l。$$

是以 $\pi_r(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h=1) \leq \pi_r(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)。$

此外，由於

$$\pi_f(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h=1) < \pi_f(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)$$

$$\Leftrightarrow B + n\Delta C < (1-\beta)\Delta I$$

$$\Leftrightarrow \beta < 1 - \frac{B + n\Delta C}{\Delta I},$$

故若 $\Delta I < B + n\Delta C$ ，將不存在

$\pi_f(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h=1) < \pi_f(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)$ 之可能。

因此，廠商將採高環保投資（即 $I^* = I_h$ ），並進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = B - nC_l - I_h$ ；而此時管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^* = 0$ ，並進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C。$

惟若 $\Delta I \geq B + n\Delta C$ ，則將存在可能的 β ，使得

$$\pi_f(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h=1) < \pi_f(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)。$$

此時，管制者可以 $\beta = 0$ 促使廠商採取低環保投資，並極大化本身的期望報償；或者，可以 $\beta = 1 - \frac{B + n\Delta C}{\Delta I}$ 促使廠商採取高環保投資，並極大化管制者的期望報償。惟由於 $\pi_r(I_h, \alpha_h = \frac{n}{p+n}, \gamma_h=1) \leq \pi_r(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \gamma_l=1) \forall \beta \in [0, 1]$ ，因此管制者最後仍會選擇最適的補貼政策 $\beta^* = 0$ ，並進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ；而廠商則將採取低環保投資（即 $I^* = I_l$ ），並進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = -nC_l$ 。

$-I_l$ 。

定理 2 之證明：

在 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 時，由輔理 1 之(2)結果得悉， $\alpha_h^*=0$ 及 $\gamma_h^*=0$ ；同時，由輔理 2 之(1)結果亦可得悉， $\alpha_l^*=\frac{n}{p+n}$ 及 $\gamma_l^*=1$ 。

在 $\alpha_h^*=0$ ， $\alpha_l^*=\frac{n}{p+n}$ ，而 $\gamma_h^*=0$ ， $\gamma_l^*=1$ 之情形下，廠商若採高環保投資，將不會進行污染之清除；惟若採低環保投資，則將進行污染之清除。其相關的報價分別為

$$\pi_f(I_h, \alpha_h=0, \gamma_h=0) = B - (1-\beta)I_h \text{ 及}$$

$$\pi_f(I_l, \alpha_l=\frac{n}{p+n}, \gamma_l=1) = -nC_h - (1-\beta)I_l;$$

相對地，管制者在廠商採高環保投資時，其環保稽核的機率為 0；而在廠商採低環保投資時，其環保稽核的機率將為 $\frac{n}{p+n}$ 。故相關的報價分別為

$$\pi_r(I_h, \alpha_h=0, \gamma_h=0) = -sC_l - \beta I_h \text{ 及}$$

$$\pi_r(I_l, \alpha_l=\frac{n}{p+n}, \gamma_l=1) = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C - \beta I_l。$$

由於

$$\pi_f(I_h, \alpha_h=0, \gamma_h=0) < \pi_f(I_l, \alpha_l=\frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)$$

$$\Leftrightarrow B - (1-\beta)I_h < -nC_h - (1-\beta)I_l$$

$$\Leftrightarrow B + nC_h < (1-\beta)\Delta I$$

$$\Leftrightarrow \beta < 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I},$$

故若 $\Delta I < B + nC_h$ ，將不存在

$\pi_f(I_h, \alpha_h=0, \gamma_h=0) < \pi_f(I_l, \alpha_l=\frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)$ 之可能。

因此，廠商將採高環保投資（即 $I^*=I_h$ ），惟不會進行污染之清除，以獲致最大的預期報價 $\pi_f^*=B-I_h$ ；而此時管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^*=0$ ，且不進行環保之稽核，以獲致最大的預期報價 $\pi_r^*=-sC_l$ 。

惟若 $\Delta I \geq B + nC_h$ ，則將存在可能的 β ，使得

$$\pi_f(I_h, \alpha_h=0, \gamma_h=0) < \pi_f(I_l, \alpha_l=\frac{n}{p+n}, \gamma_l=1)。$$

因此，管制者可以 $\beta = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}$ 促使廠商採取高環保投資，並極大化管制者的期望報償；或者，可以 $\beta = 0$ 促使廠商採取低環保投資，並極大化本身的期望報償。在此兩種補貼政策下，管制者的期望報償將分別為

$$\pi_r(I_h, \alpha_h = 0, \beta = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}, \gamma_h = 0) = -sC_l - \left(1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}\right)I_h \text{ 及}$$

$$\pi_r(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \beta = 0, \gamma_l = 1) = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C。$$

由於

$$\pi_r(I_h, \alpha_h = 0, \beta = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}, \gamma_h = 0) \geq \pi_r(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \beta = 0, \gamma_l = 1)$$

$$\Leftrightarrow -sC_l - \left(1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}\right)I_h \geq -\left(\frac{n}{p+n}\right)C$$

$$\Leftrightarrow C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l + \left(\frac{p+n}{n}\right)\left(1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}\right)I_h$$

故若 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l + \left(\frac{p+n}{n}\right)\left(1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}\right)I_h \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ (亦即 $\hat{\beta}I_h \geq s\Delta C$)，則在定理 2 之前提 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 下，將不存在

$\pi_r(I_h, \alpha_h = 0, \beta = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}, \gamma_h = 0) \geq \pi_r(I_l, \alpha_l = \frac{n}{p+n}, \beta = 0, \gamma_l = 1)$ 之可能。

因此，管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^* = 0$ ，並進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ；而廠商最適的環保投資決策為 $I^* = I_l$ ，且將進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = -nC_h - I_l$ 。

惟若 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l + \left(\frac{p+n}{n}\right)\left(1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}\right)I_h < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ (亦即 $\hat{\beta}I_h < s\Delta C$)，則在 $\left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)(sC_l + \hat{\beta}I_h)$ 時，管制者的最適補貼政策仍將訂為 $\beta^* = 0$ ，並進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -\left(\frac{n}{p+n}\right)C$ ，此時廠商最適的環保投資決策為 $I^* = I_l$ ，且將進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = -nC_h - I_l$ ；而在 $\left(\frac{p+n}{n}\right)(sC_l + \hat{\beta}I_h) \leq C < \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 時，管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^* = 1 - \frac{B + nC_h}{\Delta I}$ ，且不進

行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -sC_l - I_h + \frac{(B + nC_h)I_h}{\Delta I}$ ，此時廠商最適的環保投資決策為 $I^* = I_h$ ，且將進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = \frac{-BI_l - nC_h I_h}{\Delta I}$ 。

定理 3 之證明：

在 $C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h$ 時，由輔理 2 之(2)結果得悉， $\alpha_l^* = 0$ 及 $\gamma_l^* = 0$ ；同時，由於 $C \geq \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_h > \left(\frac{p+n}{n}\right)sC_l$ ，故由輔理 1 之(2)結果亦可得悉， $\alpha_h^* = 0$ 及 $\gamma_h^* = 0$ 。

在 $\alpha_h^* = \alpha_l^* = 0$ ，而 $\gamma_h^* = \gamma_l^* = 0$ 之情形下，廠商無論採高環保投資或低環保投資，均不會進行污染之清除，故相關的報償分別為

$$\pi_f(I_h, \alpha_h = 0, \gamma_h = 0) = B - (1 - \beta)I_h \text{ 及}$$

$$\pi_f(I_l, \alpha_l = 0, \gamma_l = 0) = -(1 - \beta)I_l;$$

相對地，管制者無論廠商採高環保投資或低環保投資，其進行環保稽核的機率亦均為 0，故相關的報償將分別為

$$\pi_r(I_h, \alpha_h = 0, \gamma_h = 0) = -sC_l - \beta I_h \text{ 及}$$

$$\pi_r(I_l, \alpha_l = 0, \gamma_l = 0) = -sC_h - \beta I_l。$$

由於

$$\pi_f(I_h, \alpha_h = 0, \gamma_h = 0) < \pi_f(I_l, \alpha_l = 0, \gamma_l = 0)$$

$$\Leftrightarrow B < (1 - \beta)\Delta I$$

$$\Leftrightarrow \beta < 1 - \frac{B}{\Delta I},$$

故若 $\Delta I < B$ ，將不存在 $\pi_f(I_h, \alpha_h = 0, \gamma_h = 0) < \pi_f(I_l, \alpha_l = 0, \gamma_l = 0)$ 之可能。

因此，管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^* = 0$ ，且不進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -sC_l$ ；而此時廠商仍將採高環保投資（即 $I^* = I_h$ ），惟不會進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = B - I_h$ 。

惟若 $\Delta I \geq B$ ，則將存在可能的 β ，使得 $\pi_f(I_h, \alpha_h = 0, \gamma_h = 0) < \pi_f(I_l, \alpha_l = 0, \gamma_l = 0)$ 。

因此，管制者可以 $\beta=1-\frac{B}{\Delta I}$ 促使廠商採取高環保投資，並極大化管制者的期望報償；或者，可以 $\beta=0$ 促使廠商採取低環保投資，並極大化本身的期望報償。在此兩種補貼政策下，管制者的期望報償將分別為

$$\pi_r(I_h, \alpha_h=0, \beta=1-\frac{B}{\Delta I}, \gamma_h=0) = -sC_l - \left(1-\frac{B}{\Delta I}\right) I_h \text{ 及}$$

$$\pi_r(I_l, \alpha_l=0, \beta=0, \gamma_l=0) = -sC_h。$$

由於

$$\pi_r(I_h, \alpha_h=0, \beta=1-\frac{B}{\Delta I}, \gamma_h=0) \geq \pi_r(I_l, \alpha_l=0, \beta=0, \gamma_l=0)$$

$$\Leftrightarrow -sC_l - \left(1-\frac{B}{\Delta I}\right) I_h \geq -sC_h$$

$$\Leftrightarrow s\Delta C \geq \left(1-\frac{B}{\Delta I}\right) I_h$$

$$\Leftrightarrow \frac{B}{\Delta I} \geq 1 - \frac{s\Delta C}{I_h}$$

$$\Leftrightarrow \Delta I \leq \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C}\right) B$$

故在 $B \leq \Delta I \leq \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C}\right) B$ 時，管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^*=1-\frac{B}{\Delta I}$ ，且不進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -sC_l - \left(1-\frac{B}{\Delta I}\right) I_h$ ，此時廠商最適的環保投資決策為 $I^*=I_h$ ，且不會進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = -\frac{I_l B}{\Delta I}$ ；而在 $\Delta I > \left(\frac{I_h}{I_h - s\Delta C}\right) B$ 時，管制者的最適補貼政策將訂為 $\beta^*=0$ ，且不進行環保之稽核，以獲致最大的預期報償 $\pi_r^* = -sC_h$ ，此時廠商最適的環保投資決策為 $I^*=I_l$ ，且不會進行污染之清除，以獲致最大的預期報償 $\pi_f^* = -I_l$ 。

參考資料

Antle, R.

1982 "The Auditor as an Economic Agent," *Journal of Accounting Research* 20: 503-527.

1984 "Auditor Independence," *Journal of Accounting Research* 22:1-20.

- Baiman, S., J. Evans and N. Nagarajan
1991 "Collusion in Auditing," *Journal of Accounting Research* 29:1-18.
- Baron, D. and D. Besanko
1984 "Regulation, Asymmetric Information and Auditing," *Rand Journal of Economics* 15:447-470.
- Baumol, W. J. and W. E. Oates
1979 *Economics, Environmental Policy, and the Quality of Life*. N. J. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.
- Boer, G., M. Curtin and L. Hoyt
1998 "Environmental Cost Management," *Management Accounting*, 80(3):28-35.
- Campbell, S. N. and J. R. Byington
1995 "Environmental Auditing: An Environmental Management Tool," *Internal Auditing* 11(2):9-18.
- CH2M Hill
1993 *The Role of Internal Auditors in Environmental Issues*. Altamonte Springs, FL: The Institute of Internal Auditors Research Foundation.
- Demski, J. and D. Sappington
1987 "Hierarchical Regulatory Control," *Rand Journal of Economics* 18:369-383.
- Doyle, J.
1992 "Audits Are Their Own Reward," *The Environmental Forum* 9(1):38-39.
- Evans, J. H.
1980 "Optimal Contracts with Costly Conditional Auditing," *Journal of Accounting Research* (Supplement):109-139.
- Fisher, A. C.
1983 *Resources and Environmental Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harberger, A. C.
1980 "Tax Neutrality in Investment Incentives," in Henry Aaron and Michael Boskin(eds), *The Economics of Taxation* 299-313. The Brookings Institution, Studies of Government Finance.
- Harrington, W.
1988 "Enforcement Leverage When Penalties Are Restricted," *Journal of Public Economics* 37:29-53.
- Jones, C. A.
1989 "Standard-Setting with Incomplete Enforcement Revisited," *Journal of Policy Analysis and Management* 8:72-87.
- Kneese, A. V. and B. T. Bower
1968 *Managing Water Quality*. Economics, Technology, Institution, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Kofman, F. and J. Lawarree
1993 "Collusion in Hierarchical Agency," *Econometrica* 61:629-656.
1996 "On the Optimality of Allowing Collusion," *Journal of Public Economics* 61:

383-407.

Kort, P. M., Paul J. M. van-Loon and M. Luptacik

1991 "Optimal Dynamic Environmental Policies of a Profit Maximizing Firm," *Journal of Economics* 54(3):195-225.

Laplante, B.

1990 "Producer Surplus and Subsidization of Pollution Control Device: A Non-Monotonic Relationship," *The Journal of Industrial Economics* 39(1): 15-23.

Mills, E. S.

1972 "Economic Incentives in Air-Pollution Control," in M. I. Goldman(ed.), *Ecology and Economics*: 145-146. N. J. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Morelli, J. A.

1994 "Performing Environmental Audits: An Engineer's Guide," *Chemical Engineering* 101(2): 104-113.

Penno, M.

1990 "Auditing for Performance Evaluation," *The Accounting Review* 65: 520-536.

Rajah, N. and S. Smith

1993 "Taxes, Taxes Expenditures, and Environmental Regulation," *Oxford Review of Economic Policy* 9(4): 41-65.

Slitor, R. E.

1976 "Pollution Taxes," *Taxation and Development*. New York: Praeger Publishers.

Investment, Subsidy, and Audit in Environmental Protection*

Ruey-ji Guo

Associate Professor

Department of Accounting, Soochow University

Taychang Wang

Professor

Department of Accounting, National Taiwan University

ABSTRACT

While the investment in environmental protection, such as pollution-control equipment, can reduce the level of environment damage, it does increase the firm's costs. If there is no adequate incentive, the firm can choose to avoid those costs and not to make the investment necessary for environmental protection. Subsidy on investment in environmental protection and audit on pollution clean-up can be looked upon as important measures for eliminating or reducing costly externalities generated by optimizing economic firms. In this paper, we intend to examine the interaction between these two policy measures in order to bring to light some policy implications.

Key Words: Investment in Environmental Protection, Subsidy Policy, Audit Policy

* We are grateful for the helpful comments and suggestions of two anonymous reviewers. All remaining errors are our own.