

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

京都議定書下的污染排放管制對於經濟成長之影響

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2415-H-034-003-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中國文化大學經濟學系暨研究所

計畫主持人：謝智源

計畫參與人員：吳月賢、張嘉紋

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 18 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

京都議定書下的污染排放管制對於經濟成長之影響

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：**NSC 93-2415-H-034-003**

執行期間：**93年08月01日至 94年07月31日**

計畫主持人：**謝智源**

共同主持人：

計畫參與人員：**吳月賢、張嘉紋**

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：**中國文化大學經濟學系暨研究所**

中 華 民 國 94 年 10 月 15 日

1. 緒論

當經濟發展使得人民的基本生活無匱乏之虞時，經濟體系很自然地便會回頭檢視經濟發展過程中所帶來的環境危害問題。由於經濟成長帶來的物質享受可以使得民眾受益，然而生產與消費的過程卻是造成環境品質惡化的元兇。是以經濟成長與環境保護似乎成了魚與熊掌般無法同時達成的目標，因此如何在兩者間取捨當然也成為學者們爭相討論的焦點。¹近年來，受惠於內生成長理論(endogenous growth theory)的蓬勃發展，許多環境經濟學者如 Gradus and Smulders (1993)、Ligthart and van der Ploeg (1994)、Huang and Cai (1994)、Bovernberg and Smulders (1995)、van Ewijk and van Wijnbergen (1995)、Elbasha and Roe (1996)、Mohtadi (1996)、Smulders and Gradus (1996)、Bovernberg and de Mooij (1997)、Shieh, *et al.* (2001)與 Oueslati (2002)分別將環境的特質納入內生成長模型，藉此探討環保政策與經濟成長之間的關係。這些研究的結論可以歸納成：環境政策通常會使得廠商的生產成本提高，降低投資的誘因，因此不利於經濟成長。但倘若將環境品質的生產面外部性納入考量的話，則環境政策可以藉由改善環境品質來提高生產，進而刺激經濟成長。更明確地說，既存文獻發現倘若環境品質的生產外部性不存在或是不夠大，則環境政策將會造成資源的浪費或增加生產的成本，因此將會傷害經濟成長(如 Ligthart and van der Ploeg, 1994、Huang and Cai, 1994 與 Shieh, *et al.*, 2001)。反之，如果環境的生產面外部性足夠大的話，則環境政策不但可以肩負維護環境品質的重責之外，更可以得到促進經濟成長的額外好處(如 Bovernberg and Smulders, 1995、Smulders and Gradus, 1996 與 Bovernberg and de Mooij, 1997 等)。

一般而言，常見的強制性污染管制政策可以區分成以下兩類，第一類是強調誘因機制的市場操作，如 Pigou 稅(Pigouvian tax)、污染排放交易(emission trading) 與污染防治補貼(pollution abatement subsidy)等，第二類則是所謂的行政命令管制(command and control)，如

¹ 關於自然環境與經濟成長的相關研究大約起始於 1970 年代發生石油危機造成景氣衰退後。如 Arrow and Kurz (1970)、Keeler, *et al.* (1971)與 Tahvonon and Kuuluvaian (1991)等人分別將耗竭性資源(exhaustible resources)、污染控制(pollution control)與可更新資源(renewable resources)等重要環保議題納入傳統的 Ramsey (1928)模型中，據此解釋環保問題與經濟成長的關係。

污染排放標準(emission standard)。²然而仔細觀察既存的文獻不難發現，學者的分析焦點大多置於 Pigou 稅這一類具有經濟誘因機制的環境政策上，關於行政管制措施對於經濟成長影響的討論卻呈現空白的狀態。然而，Pigou 稅本身卻存在著監控成本過高、衍生不實申報的逃稅問題與不易確實衡量污染的邊際傷害等施行上的困難。是以，現今社會仍然廣泛採用缺乏彈性與效率的行政直接管制政策做為主要的環境保護政策(見 Harford, 1978、Helfand, 1999 與 Barde, 1997)。³以台灣環境政策為例，雖然近年來的環境政策有著經濟誘因性工具的傾向，然而現行的噪音管制法、水污染防治法與空氣污染防制法等環境保護法令主要還是以直接管制為主。其中，針對固定污染源的防制工作幾乎都是明確訂定了相關產業的排放標準，如廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準、放流水標準、水泥業空氣污染物排放標準等。因此，討論污染排放管制政策如何左右經濟成長除了可以彌補既存文獻的不足之外，更可以瞭解這些現行的管制政策對於經濟體系所造成的影響。

再者，既存的文獻大多假設經濟體系中的市場呈現完全競爭(perfect competition)的特質，採用這個假設通常是為了方便分析，或是提供一個比較的基準點。然而，具有經濟學原理基礎的人都瞭解完全競爭是一個夢幻式的市場結構，現實社會中幾乎不存在所謂的完全競爭市場，也就是廠商或多或少都具有一些獨佔力(monopoly power)。因此，為了讓分析更加貼近現實社會，本文將納入不完全競爭(imperfect competition)的經濟結構，探討市場競爭程度對於污染管制政策的影響。根據本文的研究發現，環境政策的成長效果在不同的市場競爭程度下將呈現不同的風貌。我們發現：污染管制政策的成長效果會隨著競爭程度、污染防制補貼率與防治污染技術的提高而加劇。更明確地說，當環境品質的生產外部性足夠大的時候，污染排放管制政策除了可以有效地遏止環境品質的惡化之外，更可以刺激經濟成長，而且污染排放管制政策對於經濟成長的提升幅度會隨著市場競爭程度提高而變的

² 另外還有兩種常見的環保政策，第一種是所謂的道德勸說(moral suasion)，這是一種非強制性的環保政策，主要是透過各種管道(如派員宣導、輔導改善、利用輿論壓力等)，勸導製造污染者進行污染防治或污染減量。另一種是政府直接的環境保護支出，最常見的如政府投資於污染防制技術之研究與發展、購置監測設備與污染防治等工作。

³ Barde (1997, 頁 223)指出，工業化國家自從 1970 年代開始施行環境政策至今，幾乎完全倚重直接管制的環境政策，如排放許可權(licences)或是污染排放標準(standard)。另外，Harford (1978)則指出，美國偏好以排放標準勝過於污染稅來做為控制環境品質的工具，以放射物或是排放物(effluent)等污染源為例，聯邦政府大多採行訂定排放標準做為管制的措施。

更加明顯。反之，若環境品質的生產面外部性不夠大的時候，環保政策將會傷害經濟成長，而且傷害的幅度會隨著競爭程度提高而變大。根據 Rosendahl (1996)和 Bartolini and Bonatti (2002)的觀察結果可以得知開發中國家的環境品質外部性通常相對比較大。是以可以得知：開發中國家比較有可能在不傷害經濟成長甚至於刺激經濟成長的前提之下，藉由污染排放管制政策來達成環境品質維護的目的。除此之外，本文的分析結果恰好可以提供 Jorgenson and Wilcoxon (1990, 頁 315)的實證結果一個理論的基礎。該文以 1973-1985 年美國的時間數列資料指出：污染管制的成本大約是傷害美國經濟成長率 0.19 個百分比或降低美國的國民生產毛額 2.59 個百分比。由於美國是公認的已開發國家，因此環境的生產面外部性相對是小的，是以污染排放管制政策當然會造成經濟成長衰退，這和本文的研究發現相當一致。

本文共分四節，除第 1 節為緒論外，第 2 節擬設立一個納入環保特質與不完全競爭的內生成長模型。第 3 節則就前一小節的理論模型進行求解及比較靜態分析，而第 4 節則為本文的結論。

2. 模型

我們分別將環境的供給面與需求面因子納入 Guo and Lansing (1999)所設計的不完全競爭市場的總體模型之中。假設經濟體系中包含了家計單位、廠商與政府這三個部門。其中，家計單位可以藉由消費財貨與享受乾淨舒適的環境中獲取正效用。關於生產面的設定上，假設經濟體系有兩種商品：中間財商品(the intermediate good)與最終財商品(the final good)。其中，中間財廠商向家計單位租用機器設備並配合抽取自然資源的方式來進行生產。由於生產過程中會產生污染物，這是自然生態環境被破壞的元兇。為了防止廠商過度濫用污染性投入，政府因此給予一個污染排放標準的規定。另外，最終財廠商向中間財廠商購買中間財貨作為原料，生產一種同質的商品。換句話說，最終財在此僅扮演組裝的業務，這是相對較乾淨而且競爭性較高的產業，因此我們假設最終財市場是一個完全競爭市場。但另一方面，由於中間財市場則是實際上製造原料的地方，具有較高的污染與競爭程度，因此我們假定這個市場具有獨佔性競爭市場(monopolistic competition market)的特質。

至於政府部門方面，假設政府向民眾課徵定額稅與所得稅來融通污染防治補貼支出。最後，假設政府並未發行公債，因此政府每一期都必須保持預算平衡。

2.1. 廠商與對稱均衡

最終財市場

市場上僅有一種可以用來消費、累積資本與繳稅的最終財貨稱之為 y 。依循 Dixit and Stiglitz (1977)，假設最終財貨的生產過程中用僅用到中間財 y_i ， $i \in [0,1]$ ，作為投入。據此，最終財的生產函數表示為：

$$y = \left(\int_0^1 y_i^{1-\eta} di \right)^{1/(1-\eta)}; \eta \in [0,1]. \quad (1)$$

假設最終財貨是經濟體系計價的標準(numeraire)，因此可以將最終財的價格單位化為一。是以，最終財廠商的利潤極大化問題可以表示為：

$$\max_{\{y_i\}} y - \int_0^1 \varphi_i y_i di, \text{ s.t. } y = \left(\int_0^1 y_i^{1-\eta} di \right)^{1/(1-\eta)}. \quad (2)$$

式中 φ_i 是第 i 種中間財貨的相對價格。

最終財廠商選取中間財投入數量以極大化式(2)所定義的利潤函數。據此，第 i 種中間財的需求函數可以表示成：

$$\varphi_i = y^\eta y_i^{-\eta}. \quad (3)$$

藉由式(3)可以很輕易地推論出最終財廠商對於第 i 種中間財的價格需求彈性為 $-1/\eta$ 。據此，當 $\eta=0$ 時表示所有的中間財呈現完全替代，隱含地說明了中間財市場具有完全競爭的性質。但倘若 $\eta>0$ 時，中間財廠商將面對負斜率的需求曲線，這將使得中間財廠商具有價格決定的能力。綜而言之， η 是衡量中間財廠商獨佔力的指標。

中間財市場

既存環境經濟學的文獻認為，自然環境對於經濟體系生產行為的影響可以區分為「抽取性服務」(extractive service)與「非抽取性服務」(non-extractive service)兩方面來說。就自然環境所提供抽取性服務而言，生產過程中必須抽取自然環境中的許多資源當成生產投入

要素，這一些抽取物的使用通常會造成污染。舉例來說，生產過程中必須使用到空氣、水與石油等自然資源，然而，生產過後卻會產生廢氣與污水等廢棄物，這些廢棄物通常是污染的源頭。因此，既存文獻，如 Nielsen *et al.* (1995)、Bovenberg and Smulders (1995)、Schneider (1997)、Bovenberg and de Mooij (1997)與 Gottinger (1999)等人在設計模型時，就直接將生產過程中的污染排放直接放入生產函數中，藉此捕捉自然環境所提供抽取性服務。另外，所謂的自然環境的非抽取性生產功能指的是，環境品質會影響到經濟社會的生產力，如 Alfson *et al.* (1992)、Ballard and Medema (1993)、Brendemoen and Vennemo (1994)與 Van Ewijk and van Wijnbergen (1995)等人指出，環境品質高低會影響民眾身體健康、智力發展、學習能力及工作態度，而這些個人的行為對於經濟體系的生產行為有著極為直接的影響效果。再者，良好的環境品質亦可以直接對生產行為產生正面影響。舉例來說，廠商在較乾淨的水源、空氣等自然環境下從事生產行為，可以節省掉淨化水質或空氣的費用，創造出更高的生產效率。因此，既存文獻大多直接將環境品質納入生產函數中，成為生產投入要素的一種，藉此以捕捉自然環境的非抽取性生產功能。據此，涵蓋自然環境提供的抽取性服務與非抽取性服務的生產函數可以假設為：

$$y_i = Ak_i^\alpha e_i^\theta S^{-\beta}, \quad (4)$$

式中下標“*i*”表示第*i*個中間財廠商、*A*為技術參數或供給面的干擾因素、*k_i*為第*i*個中間財廠商生產過程中所使用的資本投入量、*e_i*為自然資源的抽取量(extractive use of the natural environment)或稱為毛污染排放數量(gross emission)、而*S*為經濟體系中的污染存量(the pollution stock)。除此之外， α 與 θ 均為正的參數，分別用來衡量資本與毛污染投入的產出彈性。因此，為了確保所有投入具有邊際生產力為正但呈現遞減的現象，我們假定 $0 < \theta, \alpha < 1$ 。另外， $S^{-\beta}$ 為污染的生產品外部性，也就是所謂的自然環境所提供的非抽取性生產功能，其中 β 為衡量此外部性大小的參數。

另外，由於廠商可以投入資源進行污染防制的工作，因此必須進一步地討論毛污染排放量與淨污染排放量(net emission)之間的關係。假設廠商具有「清除污染源的防制」(end-of-pipe measures)的能力，依循den Butter and Hofkes (1995)與Byrne (1997)的處理方

式，若第*i*個廠商的防治污染投入為 a_i ，則可以將該廠商實際的污染排放量 p_i 表示成 $p_i = e_i / Ba_i$ ，其中 B 為污染防制的技術參數。假設政府制訂的污染排放標準為 \bar{p} ，則廠商所面臨的污染排放限制式可以表示為：

$$p_i = \frac{e_i}{Ba_i} \leq \bar{p}. \quad (5)$$

若資本市場為完全競爭且市場的利率水準為 r 。同時假設政府對於個別廠商的防治污染補貼率為 ν ，則第*i*家廠商的利潤函數 π_i 可以表示為：

$$\pi_i = \varphi_i y_i - rk_i - (1-\nu)a_i. \quad (6)$$

因此，第*i*個中間財廠商在面對式(3)所定義的需求函數、式(4)所定義的生產函數與式(5)的污染排放限制條件下，選取最適的資本、毛污染投入使用量與防治污染支出來極大化式(6)所定義的利潤函數。中間財廠商的一階條件可以表示為：⁴

$$r = \alpha(1-\eta)y^\eta y_i^{-\eta} Ak_i^{\alpha-1} e_i^\theta S^{-\beta} = \frac{\alpha(1-\eta)\varphi_i y_i}{k_i}, \quad (7a)$$

$$\frac{\lambda}{Ba_i} = \theta(1-\eta)y^\eta y_i^{-\eta} Ak_i^\alpha e_i^{\theta-1} S^{-\beta} = \frac{\theta(1-\eta)\varphi_i y_i}{e_i}, \quad (7b)$$

$$1-\nu = \frac{e_i}{Ba_i^2} \lambda, \quad (7c)$$

式中 λ 為Lagrange乘數(Lagrange multiplier)。式(7a)-(7c)是典型的邊際條件。

對稱均衡(Symmetric equilibrium)

我們將分析的焦點置於對稱均衡上，因此以下的關係式將會成立：

$$\varphi_i = \varphi, k_i = k, e_i = e, a_i = a, p_i = p = \bar{p}, y_i = y \text{ 與 } \pi_i = \pi, \text{ 對所有的 } i.$$

據此，我們可以得知，在對稱均衡下，生產函數將可以表示為：

$$y = Ak^\alpha e^\theta S^{-\beta}. \quad (4a)$$

另外，由於最終財市場為一完全競爭市場，因此當利潤存在時便會吸引新的廠商加入生產行列。所以，自由進入的條件(the free-entry condition)將會導致均衡時所有最終財廠商

⁴ 由於在本模型之中，廠商的污染排放若低於政府設定的標準並無法得到任何好處。因此，當污染排放量低於管制水準時，意味著可以增加毛污染投入以提高產出或是降低防治污染投入以減少成本，藉此提高它的利潤。因此理性的廠商會將污染排放至政府限定的最高水準，即污染排放標準。是以，在求解的過程之中我們假設 $p_i = \bar{p}$ 。

的利潤為零，即所謂的無利潤條件(the zero-profit condition)，它可以表示為：

$$y - \int_0^1 \varphi_i y_i di = 0.$$

根據上式可以得知在對稱均衡之下所有的財貨價格均為一，即 $\varphi_i = \varphi = 1$ 。再將此關係式代入式(7a)-(7b)可得：

$$\frac{\alpha(1-\eta)y}{k} = r, \quad (8a)$$

$$\frac{\theta(1-\eta)y}{e} = \frac{\lambda}{Ba}, \quad (8b)$$

再藉由對稱均衡關係式、式(7c)與式(8b)可推得最適的污染防制支出與產出的關係為：

$$a = \frac{\theta(1-\eta)y}{1-\nu}. \quad (9)$$

利用式(8a)、(8b)與(9)可以推得中間財廠商的利潤為：

$$\pi = y - rk - (1-\nu)a = [1 - (1-\eta)(\alpha + \theta)]y. \quad (10)$$

藉由上式可以發現，影響廠商利潤的關鍵因素有二。首先是場商的獨佔力(η)，其次是生產函數的形式。更明確地說，當廠商獨佔力愈高時(η 變大)，它所獲得的利潤將會隨之提高。其次是 k 與 e 在生產函數是否大於(小於或等於)一次齊次(homogenous degree one)的特性，將攸關廠商的利潤。更明確地說，當市場結構呈現出完全競爭的性質時，即 $\eta \rightarrow 0$ ，若 k 與 e 在生產函數中呈現小於一次齊次的特性時，廠商將仍然可以享有正的利潤。

2.2. 生態環境系統(Ecological System)

經濟體系的污染總量是所有廠商每一期排放的排放量逐漸累積而成的，而每一期污染存量的增量是當期所有廠商的淨污染排放總合，即 $\int_0^1 p_i di$ 。由於自然環境具有自我回復的能力(self-cleaning capacity)，假設自然分解率(natural decays rate)為 δ ，則污染存量的跨期變化方式可以寫成：⁵

$$\dot{S} = \int_0^1 p_i di - \delta S, \quad (11)$$

式中 $\dot{S}(=dS/dt)$ 為污染存量的時間變化量。

⁵ 相關設定方式可以參見 Tahvonen and Kuuluvainen (1991)與 Bovenberg and Smulders (1995)。

2.3. 代表性家計單位

假設家計單位對經濟變數具有完全預知(perfect foresight)的能力，消費可以產生正的效用，但污染存量卻會造成民眾的效用降低。家計單位以未來所有瞬時效用折現值加總的極大為追求目標，他的目標函數可以表示成：

$$\max \int_0^{\infty} [\ln c - \Lambda \frac{S^{1+\psi}}{1+\psi}] e^{-\rho t} dt; \quad \Lambda > 0, \quad (12)$$

式中 $\rho (> 0)$ 為主觀的時間偏好率(subjective time preference)、 c 為消費、 Λ 是衡量污染存量對於消費者效用影響程度的參數。

在每一時點，家計單位將所得(包括資本所得與利潤收入)分配於消費、繳稅(所得稅與定額稅)及累積資本上。因此，家計單位的預算限制式(budget constraint)可表示成：

$$\dot{k} = (1-\tau)(rk + \pi) - c - t, \quad (13)$$

式中 τ 為所得稅稅率而 $t > 0 (< 0)$ 為定額稅(定額移轉收入)。

依循 Ligthart and van der Ploeg (1994)、Elbasha and Roe (1996)與 Bovenberg and de Mooij (1997)等文獻的腳步，假設家計單位認為他們是整個龐大社會中的一小粒細沙，因此沒有能力改變整個經濟體系的行為方式。也就是說，家計單位認為他並沒有能力改善整個社會的污染情況，是以家計單位在沒有誘因的前提下並不會做防治污染的工作。因此，代表性個人在式(13)的預算限制下選取消費來求取式(12)的未來所有瞬時效用折現值加總的極大。據此，代表性個人最適的決策條件為：

$$\frac{1}{c} = \zeta, \quad (14a)$$

$$-\dot{\zeta} + \rho\zeta = (1-\tau)r\zeta, \quad (14b)$$

式中 ζ 為共狀態變數(the co-state variable)，它是資本的影子價格(shadow price)。除了以上兩式之外，消費者最適決策的條件必須再加上式(13)的預算限制式與終端條件(transversality condition) $\lim_{t \rightarrow \infty} \zeta k e^{-\rho t} = 0$ 。式(14a)表示消費的邊際效用必須等於資本的影子價格。式(14b)

表示資本影子價格的變動係由時間偏好率與稅後的資本淨報酬率之間的差距所決定。

對式(14a)的兩邊取自然對數再對時間作微分，並進一步將式(4a)、(8a)與(14b)代入前述

處理後的方程式中可以得到最適的消費跨時變化條件 (即所謂的 Keynes-Ramsey 法則) 為：

$$\frac{\dot{c}}{c} = \alpha(1-\tau)(1-\eta)Ak^{\alpha-1}e^{\theta}S^{-\beta} - \rho. \quad (15)$$

2.4. 政府部門

為簡化分析起見，我們假設政府的工作僅在於制訂污染排放標準與補貼廠商的防治污染支出。除此之外，我們假設政府在任何時點都維持預算平衡，假設政府向民眾課稅(包括所得稅與定額稅)來融通他的支出(防治污染補貼)。因此，政府的預算限制式可表示成：

$$\tau(rk + \pi) + t = \int_0^1 va_i di. \quad (16)$$

利用對稱均衡的關係式可以將式(16)改寫成：

$$\tau(rk + \pi) + t = va. \quad (16a)$$

將式(4a)、(8a)、(10) 與(16a)代入(13)可以推得整個社會的資源限制條件(resource constraint)為：

$$\frac{\dot{k}}{k} = \left[\frac{(1-\nu) - \theta(1-\eta)}{1-\nu} \right] Ak^{\alpha} e^{\theta} S^{-\beta} - \frac{c}{k}. \quad (17)$$

在此，我們假設 $(1-\nu) - \theta(1-\eta) > 0$ 以確保經濟成長率為正。

3. 長期均衡與比較靜態分析

緊接著我們將討論各項政策對於經濟成長率的影響。為了探討此一議題，必需先定義所謂的均衡成長路徑(balanced growth path)再解出均衡成長的成長率，並依此進行政策效果討論。依循 Smulders and Gradus (1996)、Elbasha and Roe (1996)與 Bovenberg and de Mooij (1997)的看法，當污染總量超過某一定的數量或環境品質低於某一定水準時，經濟體系中所有的生物將無法生存下去，此即所謂的自然環境所提供的生命維持機制(life-support system)。為了讓經濟體系可以持續維持生命狀態，我們必需限制均衡成長時環境品質必需到達某一定值，也就是在均衡成長時 $(\dot{S}/S)^* = 0$ 限制式將會成立。⁶(本文以上標“*”代表變數的長期均衡值，以下不再特別說明)再者，由於污染存量在均衡成長路徑上為一定值，藉

⁶ 部份學者如 Huang and Cai (1994)、Mohtadi (1996)與 Chen *et al.* (2003)則持不同看法，他們認為污染存量在均衡成長時也將保持一個固定的成長率，並依此成長率持續成長。

由生產函數可以得知，為了確保均衡成長路徑上產出成長率為一定值，我們必須限定 $\alpha = 1 - \theta$ 。(本文以下分析均納入這個假設)

緊接著利用式(4a)與(9)可得知：

$$\frac{e}{k} = \left[\frac{\theta B \bar{p} (1 - \eta) A S^{-\beta}}{1 - \nu} \right]^{1/(1-\theta)}. \quad (18)$$

由於 S 在均衡成長時為一常數，因此藉由式(18)可以得知，靜止均衡時的毛污染投入(e)與資本存量(k)的成長率必需相同。再另外，根據式(17)可以得知，在均衡成長路徑上，消費與資本具有相同的成長率，因此依循 Barro and Sala-i-Martin (2004)的處理方式，定義轉換變數 $x \equiv c/k$ 。

均衡存在性與動態安定性分析

首先，利用式(15)、(17)與(18)將轉換變數 x 的跨期變化方式表示成：

$$\frac{\dot{x}}{x} = x + \Gamma \Omega(S) - \rho, \quad (19)$$

式中

$$\Gamma = \nu \theta (1 - \eta) - (1 - \nu) [\eta + \tau (1 - \theta) (1 - \eta)] \underset{<}{>} 0 \text{ 而 } \Omega(S) = \{(1 - \nu)^{-1} [\theta B (1 - \eta) \bar{p}]^\theta A S^{-\beta}\}^{1/(1-\theta)} > 0。$$

另外，當經濟體系處於對稱均衡時， $e_i = e$ 、 $a_i = a$ 與 $p_i = p = \bar{p}$ 的關係式將會成立，是以環境體質的跨時變化方程式(式(11))可以重新表示為：

$$\dot{S} = \bar{p} - \delta S. \quad (20)$$

據此，整個總體經濟的長期靜止均衡與短期動態調整性質可以用式(19)與(20)兩條微分方程式來描繪。

命題一：經濟體系存在一個唯一的均衡，而且該均衡具有馬鞍安定(saddle-point stability)的特質。

證明：當經濟體系處於長期均衡時必定滿足 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的條件，利用式(20)可以輕易地解出污染存量的長期均衡值 S^* 等於 \bar{p}/δ 。再將 $\dot{x} = 0$ 的關係式與 S^* 的解值代入式(19)，則可以得到以下靜止均衡的消費-資本比的解值 x^* 為：

$$x^* = \rho - \Gamma \left\{ \frac{[(1-\eta)\theta B \bar{p}]^\theta A(\bar{p}/\delta)^{-\beta}}{1-\nu} \right\}^{1/(1-\theta)} = \rho - \Gamma \Omega(S^*).$$

在此，由於消費與資本數量均為正的數值，因此必須假設 $x^* = \rho - \Gamma \Omega(S^*) > 0$ 。

對式(19)與(20)在 x^* 與 S^* 附近作 Taylor 線型展開(Taylor liner expansion)，則得：

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{S} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x^* \\ S - S^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{13}d\bar{p} + a_{14}d\nu + a_{15}d\tau + a_{16}d\eta + a_{17}dB \\ a_{23}d\bar{p} + a_{24}d\nu + a_{25}d\tau + a_{16}d\eta + a_{17}dB \end{bmatrix}, \quad (21)$$

式中的 a_{mn} ($m=1,2$ 且 $n=1,\dots,7$) 將在附錄一中詳細定義，以求文章的流暢性。

據此利用式(21)可以檢視經濟體系短期的動態調整特質。令 μ_1 與 μ_2 為此動態體系的兩個特性根，則由式(21)可得知根與係數的關係為：

$$\mu_1 + \mu_2 = x^* - \frac{\bar{p}}{S^*} > 0 \text{ 且 } \mu_1\mu_2 = \Delta = -\frac{\bar{p}x^*}{S^*} < 0.$$

很明顯地，經濟體系的兩個特性根具有相反的性質符號，也就是一個為正根而另一則為負根。根據 Burmeister (1980)、Buiter (1984)和 Turnovsky (2000)等關於動態性質的討論得知，若經濟體系要存在唯一的收斂路徑，必需要求跳躍變數(jump variable)的個數等於正的特性根數目。由於這個經濟體系中， $x \equiv c/k$ 是一個跳躍變數而 S 為存量變數，因此經濟體系存在唯一的收斂路徑，具有馬鞍安定的特質。■

令長期經濟成長率為 γ^* ，則利用式(17)與(18)可以將均衡成長率定義為：

$$\gamma^* = [1-\nu-\theta(1-\eta)]\Omega(S^*)-x^*. \quad (22)$$

因此，我們可利用式(19)與(20)先解出長期均衡的消費-資本比(x^*)與均衡的污染存量(S^*)，再將這些長期均衡值代入式(22)，即可解出經濟體系的均衡成長率，並藉此討論相關政策對於經濟成長率的影響。

污染管制政策

命題二：當環境品質的生產面外部性大於毛污染投入的產出彈性時，愈嚴格的污染排放標準，將可以在不傷害經濟成長的前提下有效地降低經濟體系的污染現象。而且經濟成長率提升的幅度會隨著競爭程度、污染防制補貼率與防治污染技術的提高而加大。

證明：將 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式代入式(21)與(22)可以得到污染排放標準對於經濟體系相關變數的影響為：(詳細推導過程見附錄二)

$$\frac{\partial S^*}{\partial \bar{p}} > 0, \frac{\partial x^*}{\partial \bar{p}} < 0 \text{ 若 } (\beta - \theta)\Gamma > 0, \frac{\partial \gamma^*}{\partial \bar{p}} > 0 \text{ 若 } \theta > \beta. \quad (23)$$

利用式(23)可以得到以下的關係式：

$$\frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \bar{p} \partial \eta} > 0, \frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \bar{p} \partial v} < 0, \frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \bar{p} \partial B} < 0 \text{ 若 } \theta < \beta. \quad (24) \blacksquare$$

式(23)說明了污染排放標準降低(即 \bar{p} 下降)將會使得污染存量降低,但對於經濟成長率的影響卻是不確定的,其中的關鍵因素是毛污染投入的產出彈性(θ)與污染外部性(β)的相對大小。直覺上來說,當污染排放標準提高時,廠商將會減少污染性要素的投入,並提高防治污染支出做為因應。污染性要素的減少(e 下降)將會使得利率水準(即資本的邊際生產力,見式(8a))下降,減緩投資的意願,因此不利於經濟成長。另一方面,愈嚴格的污染排放標準意味著經濟體系的污染總量將會降低,在環境的生產面外部性運作之下,資本的邊際生產力將會提高,造成利率提高,使得民眾增加投資,造成資本累積與經濟成長的加速。倘若污染的外部性大於污染投入的產出彈性(即 $\beta > \theta$)時,愈嚴格的污染排放標準將會刺激經濟成長,但倘若污染的外部性小於污染投入的產出彈性(即 $\beta < \theta$),則污染排放標準降低將會造成經濟成長衰退。

Rosendahl (1996)和 Bartolini and Bonatti (2002)指出：開發中國家的環境品質外部性通常相對比較大(即 β 比較大)。根據這個觀察不難發現,開發中國家比較有可能在不傷害經濟成長甚至於刺激經濟成長的前提之下,藉由污染排放管制政策來達成環境品質維護的目的。另外,命題二亦提供了 Jorgenson and Wilcoxon (1990, p.315)關於污染管制政策將會傷害經濟成長的實證研究結果一個理論基礎。該文以 1973-1985 年美國的時間數列資料指出：污染管制政策明顯地會傷害經濟成長。更精準地說,污染管制的成本大約是傷害美國經濟成長率 0.19 個百分比或是降低美國的國民生產毛額 2.59 個百分比。由於美國是公認的已開發國家,因此環境的生產面外部性當然比較小,根據式(23)可以得知,污染排放管制政策將會造成經濟成長衰退。

另外,式(23)與(24)可以得知：若 $\beta > \theta$ 成立時,污染管制對於經濟成長提升的效果會隨著獨佔力的降低(η 減少)、污染防制補貼率提高(v 上升)或防治污染技術的提高(B 變大)而變的更加顯著。另一方面,當 $\beta < \theta$ 時,污染管制對於經濟成長的傷害程度會隨著獨佔力

降低、污染防制補貼率提高或是提防治污染技術的提高而加劇。產生這個現象主要是因為毛污染投入量與污染存量減少對於利率的敏感程度會因為獨佔力降低而提高，造成投資意願的變化較為明顯，使得污染管制政策的成長效果會隨著競爭程度提高而變得更加劇烈。另一方面，毛污染投入量與污染存量減少對於污染邊際生產力(見式(8b))與防治污染支出邊際利得(見式(9))的影響會隨著污染防制補貼率與污染防制技術提高而變得更敏感，是以污染管制政策的成長效果將會隨著污染防制補貼率與污染防制技術的提高而變大。這同時也說明了，當污染的外部性愈大時，反管制政策(deregulation)、污染防制補貼政策或防治污染技術投資與污染管制具有政策互補性(policy complementary)的特質。

污染防治補貼政策

防治污染補貼是另一個經常被忽略的環境政策議題。根據我國的產業升級條例第6條明確指出：公司投資於自動化設備或技術、資源回收、防治污染設備或技術、利用新及淨潔能源、節約能源及工業用水再利用之設備或技術、溫室氣體排放量減量或提高能源使用效率之設備或技術，得在其支出金額5%至20%限度內，自當年度起5年內抵減各年度應納營利事業所得。根據經濟部工業局提供的資料指出：九十二年度計有污染防治設備或技術投資抵減案件611件申請，總額約24億餘元；申請污染防治設備進口免關稅212件，進口污染防治設備總額約15.4億元。(詳見93年環保署所公布的环境白皮書，頁420-421)我們很容易地便可以從式(21)與(22)來檢視防治污染補貼對於經濟體系的影響。

命題三：污染防治的補貼政策可以有效地刺激經濟成長。而且污染防治補貼政策的成長效果會隨著獨佔力降低或是污染防治技術提高而變得更加劇烈。

證明：將 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式代入式(21)與(22)可以得到以下的比較靜態：(詳細推導過程參見附錄三)

$$\frac{\partial S^*}{\partial v} > 0, \quad \frac{\partial x^*}{\partial v} < 0, \quad \frac{\partial \gamma^*}{\partial v} > 0. \quad (25)$$

利用式(25)可以得到以下的關係式：

$$\frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial v \partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial v \partial B} > 0. \quad (26) \blacksquare$$

直覺上來說，由於廠商的淨污染排放量固定在 \bar{p} 的管制水準，因此靜止均衡的污染存量並不會降低。然而污染防治補貼率提高意味著廠商污染防治支出的成本將會降低，誘使廠商提高污染防治支出。在廠商維持淨污染排放量固定於 \bar{p} 水準的前提下，防治污染投入提高意味著廠商將可以使用更多的污染性投入要素 e 。這將造成產出與資本的邊際生產力同時會提高，因此可以鼓舞民眾的投資意願，進而刺激經濟成長。但毛污染投入數量對於利率的影響程度與獨佔力呈現反向關係，是以污染防制補貼的成長效果與獨佔力當然會呈現反向關係。另外，防治污染技術愈高意味著污染防治支出的邊際利得愈高，是以廠商將會誘發廠商投入更多的資源進行污染防制的工作。這意味廠商將會使用更多的毛污染投入，造成產出與利率可以提高得更多，是以經濟成長提升的幅度當然會變大。

所得稅政策、反管制政策與污染防制技術

以同樣的方式，我們可以輕易地推得獨佔力與防治污染技術對於經濟成長的影響，並得到以下的命題：

命題四：在經濟體系處於均衡成長之下：

- (1) 所得稅提高將會降低經濟成長率，而且降低的幅度會隨著獨佔力的提高而變小。
- (2) 獨佔力降低(反管制政策)與防治污染技術的提高均可以刺激經濟成長。

證明：利用式(21)、(22)與 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式可以得到以下的比較靜態(詳細推導過程見附錄四)：

$$\frac{\partial S^*}{\partial \tau} = 0, \quad \frac{\partial x^*}{\partial \tau} > 0, \quad \frac{\partial \gamma^*}{\partial \tau} < 0. \quad (27)$$

再利用式(27)可以得到以下的關係式：

$$\frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \tau \partial \eta} > 0. \quad (28)$$

以同樣的方式，藉由式(21)、(22)與 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式可得：

$$\frac{\partial \gamma^*}{\partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial \gamma^*}{\partial B} > 0. \quad (29) \blacksquare$$

直覺上來說，所得稅提高意味著稅後的資本邊際報酬降低，理性的民眾會將資源從投

資移往消費，造成消費資本比的提高。同時，投資意願降低意味著資本累積速度降低，經濟成長率當然隨之下降。另一方面，所得稅提高對於利率的影響會隨著獨佔力提高而下降，因此所得稅對於經濟成長的不利影響當然與獨佔力呈現反向關係。

另外，由於市場的競爭程度愈高，則每一家廠商的產量將會愈多，因此，當一些反管制措施執行並造成獨佔力降低時，每一家廠商的產出均增加，將會造成經濟體系產出與成長率均呈現提高的現象。另外，防治污染技術愈高代表經濟個體可以用比較少的資源就可以達成污染減量的目的，或是意味著現行的防治污染支出將允許廠商使用更多的毛污染投入，這將使得有更多的資源可以分配到生產上，同時資本的邊際報酬率也會因為毛污染投入增加而提高，因此可以造成經濟成長加速。

4. 結論

隨著經濟的發展，污染的問題日益嚴重。早期，大多數民眾關心的環保議題多集中於生活的周遭。然而，隨著國際化的腳步，與相關資訊的普及，民眾開始注意到許多跨國間(international)的環保議題。其中最引人注目的莫過於全球溫室效應(global greenhouse effect)的問題。所謂的溫室效應現象指的是，經濟活動中經常使用的石化燃料，尤其是石油及煤，經過燃燒後所排放的二氧化碳與氮氧化物及工業化革命後大量使用的氟氯碳化合物(CFCs)等經濟活動，使得溫室氣體(greenhouse gas, GHG)的排放量大增。⁷在地球森林被過度砍伐，以致於無法消化過多的溫室氣體之下，造成地球吸收了過多的輻射，促使「全球性」的溫度上升。為了減緩溫室效應的問題，1997年12月1日至11日，「氣候變化綱要公約」締約國在日本京都所通過的「京都議定書」(Kyoto Protocol)大概是最具體的國際公約。更明確地說，該公約中約束工業國(共三十九個公約成員)的溫室氣體排放量。根據該協議，工業化國家必須在2008年至2012年之間，減少全部溫室氣體排放量達到1990年水準的95%。由此觀之，京都議定書亦採行設定污染排放標準的行政命令管制的方式。因此，本文的架構與結論恰好可以提供或說明京都議定書執行後對於各國經濟體系的影響。

⁷ 京都議定書所規範的溫室氣體有六種，分別是：二氧化碳(carbon dioxide, CO_2)、甲烷(methane, CH_4)、一氧化二氮(nitrous oxide, N_2O)、氫氟碳化合物(hydrofluorocarbons, $HFCs$)、全氟化碳(perfluorocarbons, $PFCs$)與二氧化硫(sulfur dioxide, SO_2)。

本文的研究指出，污染排放標準政策對於經濟成長的影響並不確定，若環境的生產面外部性足夠大的時候，愈嚴格的污染排放標準除了可以有效地遏止環境的破壞之外，更可以刺激經濟成長。而且經濟成長提升的幅度會隨著市場競爭程度的提高而變得更加顯著。另外，防治污染補貼則可以藉由節省廠商的成本，讓廠商可以使用更多的投入來提高產出水準，因此對於經濟成長提升是有正面影響的。而且，防治污染補貼政策在市場競爭程度較大的經濟體系可以得到相對比較大的成長效果。

最後提供兩個很容易聯想到而且是很有意義的議題做為未來研究方向的建議。首先，具有經濟誘因的環保管制政策通常是經濟學者比較推薦的政策工具，然而迫於現實狀態，行政管制措施卻是在可見的未來仍將是環境保護政策的主要工具。因此，比較經濟誘因與行政管制的環境政策效果是一個值得研究的議題。很多經濟學者當然也發現了這一個有趣的問題，因此存在很多相關的討論，但這些既存的文獻卻都採用靜態的模型(static model)做為分析的工具。⁸觀察實際現象，絕大部分的污染都具有累積(accumulation)的特性，因此靜態模型在描繪環境特性時將會失真，但污染累積的特性卻是很容易納入類似本文所採用的動態模型(dynamic model)中。因此，利用動態模型來討論污染稅與污染排放標準的政策效果差異將是一個很值得研究的延伸發展。其次，通常環境政策醞釀到實際執行通常存在一段很長的時間落差(lag)。也就是說環境政策必須經過冗長的立法程序與預算編列審查過程，並且在給予一定期間的緩衝期後，政策才得以付諸施行。但預期中的環境政策效果「從不會等待政策執行才發生，未來政策一經宣告即改變大眾的預期，預期一經改變即影響大眾的行為，行為一影響即造成不同的總體經濟表現，也就是政策效果的發生。」[陳師孟(1990, 頁 476)] 因此，根據本文的模型，輔以總體經濟學發展多年的宣告效果(announcement effect)的分析方式，讀者將很容易地討論預料到的環境政策對於短期經濟體系動態特性的影響。

⁸ 參閱 Helfand (1999)。

附錄一 (a_{mn} ($m=1,2$ 且 $n=1,\dots,7$) 的完整形式)

對式(19)與(20)在 x^* 與 S^* 附近作 Taylor 線型展開(Taylor liner expansion)，則得：

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{S} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x^* \\ S - S^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{13}d\bar{p} + a_{14}d\nu + a_{15}d\tau + a_{16}d\eta + a_{17}dB \\ a_{23}d\bar{p} + a_{24}d\nu + a_{25}d\tau + a_{16}d\eta + a_{17}dB \end{bmatrix}, \quad (21)$$

其中：

$$\begin{aligned} a_{11} &= x^*, & a_{21} &= 0, \\ a_{12} &= -\frac{\beta x^* \Gamma \Omega(S^*)}{(1-\theta)S^*}, & a_{22} &= -\frac{\bar{p}}{S^*}, \\ a_{13} &= \frac{\theta x^* \Gamma \Omega(S^*)}{(1-\theta)\bar{p}}, & a_{23} &= 1, \\ a_{14} &= \frac{\theta x^* [\Gamma + (1-\theta)(1-\eta)] \Omega(S^*)}{(1-\theta)(1-\nu)}, & a_{24} &= 0, \\ a_{15} &= -(1-\theta)(1-\eta)(1-\nu)x^* \Omega(S^*), & a_{25} &= 0, \\ a_{16} &= -\frac{x^* [\Gamma + (1-\theta)(1-\nu)] \Omega(S^*)}{(1-\theta)(1-\eta)}, & a_{26} &= 0, \\ a_{17} &= \frac{\theta \Gamma x^* \Omega(S^*)}{(1-\theta)B}, & a_{27} &= 0. \end{aligned}$$

附錄二 (污染管制政策)

將 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式代入式(21)可以得到污染排放標準對於靜止均衡的消費資本比與

污染存量的影響為：

$$\begin{aligned} \frac{dx^*}{d\bar{p}} &= \frac{(\beta-\theta)\Gamma\Omega(S^*)}{(1-\theta)\bar{p}} \begin{cases} > 0 \\ < 0 \end{cases} \quad \text{若} \quad (\beta-\theta)\Gamma \begin{cases} > 0 \\ < 0 \end{cases}, \\ \frac{dS^*}{d\bar{p}} &= \frac{S^*}{\bar{p}} > 0. \end{aligned}$$

藉由以上兩式與式(22)可以得知：

$$\frac{d\gamma^*}{d\bar{p}} = \frac{(\theta-\beta)(1-\tau)(1-\nu)(1-\eta)\Omega(S^*)}{\bar{p}} \begin{cases} > 0 \\ < 0 \end{cases} \quad \text{若} \quad \theta \begin{cases} > \beta \\ < \beta \end{cases}.$$

再對上式中的 η 與 ν 進行偏微分可得：

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \bar{p} \partial \eta} &= -\frac{(\theta-\beta)(1-\tau)(1-\nu)\Omega(S^*)}{(1-\theta)\bar{p}} \begin{cases} > 0 \\ < 0 \end{cases} \quad \text{若} \quad \theta \begin{cases} < \beta \\ > \beta \end{cases}, \\ \frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \bar{p} \partial \nu} &= \frac{(\theta-\beta)(1-\tau)(1-\eta)\Omega(S^*)}{(1-\theta)\bar{p}} \begin{cases} > 0 \\ < 0 \end{cases} \quad \text{若} \quad \theta \begin{cases} > \beta \\ < \beta \end{cases}, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \bar{p} \partial B} = -\frac{\theta(\theta - \beta)(1 - \tau)(1 - \nu)(1 - \eta)\Omega(S^*)}{(1 - \theta)B\bar{p}} > 0 \quad \text{若} \quad \theta > \beta.$$

附錄三 (污染防治補貼政策)

利用式(21)與 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式可得污染防制補貼率對於 x^* 與 S^* 的影響為：

$$\frac{dx^*}{d\nu} = -\frac{\theta[\Gamma + (1 - \theta)(1 - \eta)]\Omega(S^*)}{(1 - \theta)(1 - \nu)} > 0 \quad \text{且} \quad \frac{dS^*}{d\nu} = 0.$$

再藉由以上式與式(22)可以得知：

$$\frac{d\gamma^*}{d\nu} = \theta(1 - \tau)(1 - \eta)\Omega(S^*) > 0.$$

再進一步地對上式中的 η 與 ν 進行偏微分可以得到以下的結果：

$$\frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \nu \partial \eta} = -\frac{\theta(1 - \tau)\Omega(S^*)}{1 - \theta} < 0 \quad \text{且} \quad \frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \nu \partial B} = \frac{\theta^2(1 - \tau)(1 - \eta)\Omega(S^*)}{(1 - \theta)B} > 0.$$

附錄四 (所得稅政策、反管制政策與污染防制技術)

藉由式(21)與 $\dot{x} = \dot{S} = 0$ 的關係式可得以下的比較靜態：

$$\frac{dx^*}{d\tau} = (1 - \theta)(1 - \nu)(1 - \eta)\Omega(S^*) > 0, \quad \frac{dS^*}{d\tau} = 0,$$

$$\frac{dx^*}{d\eta} = \frac{[\Gamma + (1 - \theta)(1 - \nu)]\Omega(S^*)}{(1 - \theta)(1 - \eta)} > 0 \quad \text{且} \quad \frac{dS^*}{d\eta} = 0,$$

$$\frac{dx^*}{dB} = -\frac{\theta\Gamma\Omega(S^*)}{(1 - \theta)B} < 0 \quad \text{且} \quad \frac{dS^*}{dB} = 0.$$

再藉由以上三組方程式與式(22)可以得知所得稅政策、反管制政策與污染防制技術對

於均衡成長率的影響為：

$$\frac{d\gamma^*}{d\tau} = -(1 - \theta)(1 - \nu)(1 - \eta)\Omega(S^*) < 0.$$

$$\frac{d\gamma^*}{d\eta} = -(1 - \tau)(1 - \nu)\Omega(S^*) < 0.$$

$$\frac{d\gamma^*}{dB} = \frac{\theta(1 - \tau)(1 - \nu)(1 - \eta)\Omega(S^*)}{B} > 0.$$

再利用 $d\gamma^*/d\tau$ 的比較靜態可以很輕易地推得獨佔力對於所得稅的成長效果的影響為：

$$\frac{\partial^2 \gamma^*}{\partial \tau \partial \eta} = (1 - \nu)\Omega(S^*) > 0.$$

參考文獻

- 陳師孟 (1990), 《總體經濟演義》, 台北: 自行出版。
- 行政院環保署[編] (2004), 《環境白皮書》, 台北: 行政院環保署。
- Arrow, K. J. and M. Kurz (1970), *Public Investment, the Rate of Return, and Optimal Fiscal Policy*, The Johns Hopkins University Press.
- Alfsen, K., A. Brendemoen and S. Glomsrød, 1992, Benefits of climate policies: some tentative calculations, Discussion paper no. 69, Central Bureau of Statistics, Norway.
- Ballard, C. L. and S. G. Medema, 1993, The marginal efficiency effects of taxes and subsidies in the presence of externalities, *Journal of Public Economics* 52, 199-216.
- Barde, J. P., 1997, Environmental taxation: Experience in OECD countries, in: O. Timothy (ed.), *Ecotaxation*, New York: St. Martin's Press, 223-245.
- Barro, R. J. and X. Sala-i-Martin, 2004, *Economic Growth 2nd*, The MIT press.
- Bartolini, S. and L. Bonatti, 2002, Environmental and social degradation as the engine of economic growth, *Ecological Economics* 43, 1-16.
- Bovenberg, A. L. and R. A. de Mooij, 1997, Environmental tax reform and endogenous growth, *Journal of Public Economics* 63, 207-237.
- Bovenberg, A. L. and S. Smulders, 1995, Environmental quality and pollution-augmenting technological change in a two-sector endogenous growth model, *Journal of Public Economics* 57, 369-391.
- Brendemoen, A. and H. Vennemo, 1994, A climate treaty and the Norwegian economy: a CGE assessment, *The Energy Journal* 15, 77-93.
- Buiter, W. H., 1984, Saddlepoint problems in continuous time rational expectations models: a general method and some macroeconomic examples, *Econometrica* 52, 665-680.
- Burmeister, E., 1980, On some conceptual issues in rational expectations modeling, *Journal of Money, Credit, and Banking* 12, 800-812.
- Byrne, M. M., 1997, Is growth a dirty word? Pollution, abatement and economic growth, *Journal of Development Economics* 54, 261-284.
- Chen, J. H., C. C. Lai, and J. Y. Shieh, 2003, Anticipated environmental policy and transitional dynamics in an endogenous growth model, *Environmental and Resource Economics* 25, 233-254.
- Den Butter, F. A. G. and M. W. Hofkes, 1995, Sustainable development with extractive and non-extractive use of the environment in production, *Environmental and Resource Economics* 6, 341-358.
- Dixit, A. K. and J. E. Stiglitz, 1977, Monopolistic competition and optimum product diversity, *American Economic Review* 67, 297-308.
- Elbasha, E. H. and T. L. Roe, 1996, On endogenous growth: the implications of environmental externalities, *Journal of Environmental Economics and Management* 31, 240-268.
- Guo, J. T. and K. J. Lansing, 1999, Optimal taxation of capital income with imperfectly competitive product markets, *Journal of Economic Dynamics and Control* 23, 967-995.
- Gottinger, H. W., 1999, Crime, control and environmental policy: the case of hazardous wastes, *Metroeconomica* 50, 1-33.
- Gradus, R. and S. Smulders, 1993, The trade-off between environmental care and long-term

- growth: pollution in three prototype growth models, *Journal of Economics* 58, 25-51.
- Harford, J. D., 1978, Firm behavior under imperfectly enforceable pollution standard and tax, *Journal of Environmental Economics and Management* 5, 26-43.
- Helfand, G. E., 1999, Standard versus taxes in pollution control, in J. C. J. M. van den Bergh ed., *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edward Elgar.
- Huang, C. H. and D. Cai, 1994, Constant returns endogenous growth with pollution control, *Environmental and Resource Economics* 4, 383-400.
- Jorgenson, D. W. and P. J. Wilcoxon, 1990, Environmental regulation and U.S. economic growth, *Rand Journal of Economics* 21, 314-390.
- Keeler, E., M. Spence, and R. Zeckhauser, 1971, The optimal control of pollution, *Journal of Economic Theory* 4, 19-34.
- Ligthart, J. E. and F. van der Ploeg, 1994, Pollution, the cost of public funds and endogenous growth, *Economic Letters* 46, 351-361.
- Mohtadi, H., 1996, Environment, growth, and optimal policy design, *Journal of Public Economics* 63, 119-140.
- Nielsen, S. B., L. H. Pedersen, and P. B. Sørensen, 1995, Environmental policy, pollution, unemployment, and endogenous growth, *International Tax and Public Finance* 2, 183-204.
- Oueslati, W., 2002, Environmental policy in an endogenous growth model with human capital and endogenous labor supply, *Economic Modelling* 19, 487-507.
- Ramsey, F., 1928, A mathematical theory of saving, *Economic Journal* 38, 543-559.
- Rosendahl, K. E., 1996, Does Improved environmental policy enhance economic growth? *Environmental and Resource Economics* 9, 341-364.
- Schneider, K., 1997, Involuntary unemployment and environmental policy: the double dividend hypothesis, *Scandinavian Journal of Economics* 99, 45-59.
- Shieh, J. Y., C. C. Lai, and J. H. Chen, 2001, A comment on Huang and Cai's constant-returns endogenous growth with pollution control, *Environmental and Resource Economics* 20, 165-172.
- Smulders, S. and R. Gradus, 1996, Pollution abatement and long-term growth, *European Journal of Political Economy* 12, 505-532.
- Tahvonen, O. and J. Kuuluvainen, 1991, Optimal growth with renewable resources and pollution, *European Economic Review* 35, 650-661.
- Turnovsky, S. J., 2000, *Methods of Macroeconomic Dynamics* 2nd. MA, Cambridge: The MIT Press.
- Van Ewijk, C. and S. van Wijnbergen, 1995, Can abatement overcome the conflict between environment and economic growth? *De Economist* 143, 197-216.

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：__年__月__日

國科會補助計畫	計畫名稱：京都議定書下的污染排放管制對於經濟成長之影響 計畫主持人：謝智源 計畫編號：NSC 93-2415-H-034-003 學門領域：經濟
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	中文： (100~500 字)
	英文：
可利用之產業 及 可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。