

農業經濟叢刊

第十八卷 第二期 (中華民國一〇二年六月)

目 錄

| | |
|-----------------------------------------------|-----|
| 防治污染政策與研發補貼：R&D 內生成長模型的應用 郭鐘元、胡士文、王歲 | 1 |
| 糧商參與稻米產銷專業區營運之利潤效率分析 楊明憲、盧永祥、戴孟宜 | 43 |
| 農作物天然災害損失之空間分析 蘇怡如、鄭美嬋、王俊豪 | 73 |
| 分析「超高壓輸電線路」對土地價格之影響 陳文雄、廖子菁、葉家瑜 | 121 |

臺灣農村經濟學會發行

臺灣 中華民國

防治污染政策與研發補貼： R&D 內生成長模型的應用

郭鐘元^{*}、胡士文^{**}、王葳^{***}

本文乃將 R&D 內生成長模型中，考量中間財為獨占性競爭且具有污染性之產業，據此探討若政府對中間財部門課徵污染稅，並專款專用來從事防治污染支出，而對 R&D 部門之研發活動予以補貼，分別分析此兩種政策對於經濟成長與社會福利會產生何種影響？透過比較靜態與數值模擬分析的結果顯示，政府對中間財部門的污染課稅，除了可以改善環境品質外，經濟體系亦分別存在一個「成長率極大之最適污染稅率」與「福利極大之最適污染稅率」，使得經濟成長率與社會福利分別達到極大。而對 R&D 部門補貼則有助於經濟成長，同時亦存在一個最適的 R&D 部門補貼率，使得社會福利達到極大。

關鍵詞：污染稅、R&D 內生成長、外部性、社會福利

* 逢甲大學經濟學系博士候選人。

** 逢甲大學經濟學系教授、嶺東科技大學財務金融學系教授。本文之通訊作者。

*** 逢甲大學經濟學系教授。

本文初稿承蒙兩位匿名審查者提供諸多寶貴之意見，特此致謝。

I、緒 論

「研發」是邁向知識經濟的推手，促進經濟成長的動力，各國政府為了提升國家競爭力，均積極推動研發活動。我國從 1980 年代制定促進產業升級條例以來，高科技電子產業即受到政府的全力扶植與保護，享有高額租稅補貼、通關程序簡化等優惠的投資條件。2010 年 5 月實施的產業創新條例（產創條例），除了對企業的創新研發給予補貼、行政輔導外，更以租稅優惠來改善產業投資環境，以促進產業創新、提升產業競爭力。然而人類在追求經濟成長與貿易自由化之際，卻也造成了環境品質的惡化，以台灣的電子產業為例，該產業在 1980 年代以來快速成長，的確為台灣帶來亮麗的經濟成長率，也使台灣成為世界重要的電子生產國，然而電子產業對環境所產生的負面影響，也在 1990 年代後期陸續的湧現。行政院經濟部工業局 (2004) 指出：「半導體、光電工業甚至生物科技業等高科技產業，因其生產技術的複雜特性，常包含許多危害物質的使用和具危險性設備之應用，故具有高潛在風險……製程單元所常使用的化學品……具有著火性、可燃性、毒性、腐蝕性等本質危害特性，故其廠房中充滿了火災、爆炸、中毒等潛在危害。」此說明了在 1997 年至 1999 年間，聯瑞積體電路、天下電子、世大積體電路等公司相繼發生大火，以及 2000 年鴻源電路板公司的化學品洩漏事件的發生原因（註 1）。

此外，從行政院主計處 (2010) 出版之「產業關聯表編制報告」中之「購買者價格交易表」，可明顯看出電子零組件業（電子產業的中間財部門）是高耗能、高耗水的產業（註 2），這使得在其生產過程中產生大量的碳排放以及廢水；再者政府為提供高科技產業發展之優質環境、促進產業升級，對於產業用地之取得亦多有協助（註 3），國有地大量釋出做為發展高科技園區之用，除了竹科之外，並設置中科及南科以打造「綠色矽島」。然而環境的過度開發以及電子產業在生產過程中所產生的污染，已經嚴重破壞環境品質與生態，

例如自 2000 年以來，客雅溪就經常傳出有大量魚蝦暴斃、2001 年新竹香山也爆發了綠牡蠣事件、2011 年更傳出新竹香山海岸的蚵岩螺與牡蠣均有性別錯亂的現象。

另外，在 1999 年，華映、友達公司在新埔鎮居民暱稱的「母親河」－霄裡溪上游設廠，長期排入大量廢水，其排放量最高可以佔霄裡溪河川總流量 45%。霄裡溪是台灣少見的甲級水體，幾乎沒有污染，自來水公司於 1984 年，在霄裡溪規劃了自來水取水口，依照法令，自來水取水口一千公尺內不得有污染行為。當地居民表示：在華映、友達公司設廠後，居民相繼發生皮膚、呼吸道疾病，罹患各種癌症，甚至過世。新竹縣長為華映、友達の廢水污染事件，於 2012 年 4 月 13 日與居民北上舉辦公聽會抗議；環保團體「地球公民基金會」也於 2012 年 11 月 27 日召開「友達、華映毒染霄裡溪，環保署隱匿 3.5 萬居民喝 13 年毒水」記者會（地球公民基金會，2012）。以上種種，顯示電子產業雖然可以帶來經濟成長，但卻污染環境、破壞生態、更危害居民的健康。

雖然電子產業的生產會產生污染，現今政府又為了促進經濟成長而對電子業予以補貼（亦即課徵負的稅率），然本文之研究動機乃是探討若政府對污染性產業的污染投入課稅，並專款專用來從事防治污染支出（註 4），此政策對於經濟成長與社會福利會產生何種影響？另外，如同許多國家政府為了鼓勵廠商的研發，會對 R&D 部門的研發活動予以補貼，我國從促進產業升級條例到產業創新條例，亦皆對企業的創新研發給予補貼、行政輔導等，以誘導企業長期從事創新活動。而政府對企業之研發活動予以補貼，對經濟成長與社會福利之影響又為何？亦為本文之研究動機。

在經濟體系的生產行為中，謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 發現：「經濟體系中的高污染產業……大多屬於中間財貨。」我們以電子產業為例，簡單的區分成上游為研發設計業，如 IC 設計、印刷電路板 (PCB)、主機板 (main board)……等研發設計；中游為積體電路製造、積體電路封裝、印刷電路板製

造、主機板、顯示卡、網路卡……等製造；下游為系統組裝業，負責將中間財組裝成最終財商品。其中上游與下游為相對乾淨的產業，而中游在生產過程中，不但消耗了水、能源和化學物質，而且產生了廢水、碳排放、含氟化合物、焊料、鹵素阻燃劑等大量廢棄物，為相對污染的產業。這些高污染產業通常具有比較高的市場力量。這符合了 Hall (1986)、Domowitz、Hubbard 與 Peterson (1988) 與 Considine (2001) 等人的實證發現。據此，本文在設定模型時，有必要將廠商部門劃分成上、中、下游三個部門，而且將中間財部門設定為獨占性競爭 (monopolistic competition) 的污染性產業。

在 R&D 內生成長模型中，將廠商部門劃分成上、中、下游三個部門，而且將中間財部門設定為獨占性競爭模型的文獻，如 Romer (1987、1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991)、Jones (1995)、Benassy (1998)、Barro 與 Sala-i-Martin (2004)、Bucci (2005)、Haruyama 與 Itaya (2006)、Zeng 與 Zhang (2007)、Thompson (2008) 以及 Bucci 與 Parello (2009) 等，這些文獻幾乎不涉及污染排放的探討；而將污染議題納入內生成長模型的文獻，如黃宗煌與李堅明 (2001)、王銘正 (2001)、Chen、Lai 與 Shieh (2003)、謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 以及陳智華與謝智源 (2008) 等，這些文獻之廠商部門缺乏上游，而不具 R&D 的特性；而 R&D 模型與環境特質結合之文獻有：Jung、Krutilla 與 Boyd (1996)、Bovenberg 與 Smulders (1995、1996)、楊維娟與周登陽 (1999)、Murphy 與 Gouldson (2000)、孫鈺峰與胡士文 (2006)、黃宗煌、李堅明與莊富欽 (2007)、Aghion 與 Howitt (2009)、以及 Brock 與 Taylor (2010)……等，然而這些文獻亦缺乏上、中、下游之廠商特質。上述之文獻，僅少數有進行模擬分析，而同時探討福利並進行模擬分析的文獻，只有 Zeng 與 Zhang (2007)。本文乃將 R&D 中間財獨占性競爭模型與污染模型作結合，據此探討政府的環保政策、R&D 之補貼政策，對經濟成長以及社會福利之影響，並進行模擬分析。

在防治污染政策方面，由於電子產品推陳出新、製程日新月異，在應用混合複雜多樣的化學物質後，所產生的污染物常不在既有法規的管控下（註

5)，因此其排放物往往「符合國家標準」，難以對其污染排放課稅。然而其使用自然資源便會產生碳排放、廢氣、廢水、廢棄物等污染物，因此本文依循謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 的模型設計，設定政府對污染性產業（中間財部門）的污染投入（使用自然資源）課徵污染稅，來從事防治污染支出。然而他們的模型忽略了自然資源的使用必須支付成本的事實，而得到課徵污染稅對經濟成長率的影響，在環境品質的外部性相對較小時，是呈現一路遞減；在環境品質的外部性相對較大時，則是呈現一路遞增，沒有最適的污染稅率。本文則將自然資源的使用必須支付成本的事實納入考量，而得到不論環境品質外部性的大小為何，皆存在一個最適的污染稅率，使得經濟成長率達到最大。

本文共分五節，本節為緒論，第二節設定本文的模型，包括最終財部門、中間財部門、R&D 部門、政府部門、家計單位以及自然資源系統等；第三節則在所有市場均衡下（包括借貸市場、商品市場、勞動市場與資本市場的均衡），求出均衡的經濟成長率與社會福利；第四節則以比較靜態分析與數值模擬分析，來探討政府的政策（包括對中間財部門的污染投入課徵污染稅、對 R&D 部門的研發活動予以補貼），對經濟成長率以及社會福利的影響；第五節則為本文的結論。

II、模型設定

本文所建構的 R&D 模型將經濟體系的生產部門分成上、中、下游三個部門。上游的 R&D 部門負責開發新產品的藍圖，再將這些藍圖出售給中游的中間財部門；中間財部門依此藍圖生產具有獨占性競爭的中間財；而下游的最終財部門負責組裝的業務，其為完全競爭的產業。在三個部門的生產投入方面，本文依循 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 模型的設計，以電子產業為例，設定電子產業上游的研發設計（R&D 部門）需要投入最終財商品（註 6）；下

游的系統組裝（最終財部門），其生產需要投入中間財商品以及勞動；中游的電子零組件製造（中間財部門）的生產投入，則採取謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 以及陳智華與謝智源 (2008) 的作法，考量中間財部門的生產活動，尚須投入自然資源與環境品質的生產面外部性，因而將中間財的生產投入修改成包括資本財、自然資源（污染）與環境品質，而中間財產業為獨占性競爭 (monopolistic competition) 的污染性產業。

2.1 最終財部門

最終財的生產投入為中間財商品與勞動，且生產函數為固定規模報酬 (CRTS)，如底下之式(1)：

$$Y = L^{1-\alpha} \int_0^A x_i^\alpha di; \quad 0 < \alpha \leq 1 \quad (1)$$

其中 Y 為最終財的產出， L 為生產最終財所投入之勞動量， x_i 為第 i 種中間財的投入數量， α 為中間財產品的替代程度， A 為 R&D 部門研發成功的商品數，亦即目前的技術水準，同時也代表著中間財的種類（數目）（註7）。

假設最終財商品的價格單位化為 1，則最終財廠商的利潤函數 π_Y 可表示成：

$$\pi_Y = Y - wL - \int_0^A p_i x_i di \quad (2)$$

其中 w 為以最終財表示之實質工資水準， p_i 為以最終財表示之第 i 種中間財價格。在最終財廠商追求利潤極大的前提下，由一階條件可推得最終財廠商的最適勞動使用量為：

$$L = (1 - \alpha) \frac{Y}{w} \quad (3a)$$

最終財廠商對中間財商品的最適需求量为：

$$x_i = L \left(\frac{\alpha}{p_i} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (3b)$$

式(3b)顯示中間財的替代彈性為 $1/(1-\alpha)$ 。由式(3a)可得：

$$wL = (1 - \alpha)Y \quad (4)$$

將式(3b)、式(4)代入式(2)，得：

$$\pi_Y = Y - (1 - \alpha)Y - \alpha L^{1-\alpha} \int_0^A x_i^\alpha di = 0 \quad (5)$$

依照 Romer (1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991)、Jones (1995)、Barro 與 Sala-i-Martin (2004) 以及 Zeng 與 Zhang (2007) 等文獻的觀念，本文設定所有中間財廠商的生產技術（生產函數）皆相同，而且相關之要素市場為完全競爭，所有中間財廠商面對相同負斜率的需求曲線，因此每一中間財廠商均分整體市場需求量（即 $x_i = x$, $\forall i$ ）。據此式(1)可表示為 $Y = AL^{1-\alpha}x^\alpha = (Ax)^\alpha L^{1-\alpha} A^{1-\alpha}$ ，此式顯示最終財廠商將 A 視為固定數，而最終財的生產函數為 (Ax) 與 L 的一次齊次函數，因此最終財廠商收入 Y ，需支付給勞動的提供者 $(1-\alpha)Y$ 及 A 種中間財商品的提供者 αY ，其利潤會為零（賴景昌，2011）。

2.2 中間財部門

誠如謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 以及陳智華與謝智源 (2008) 所言：「經濟體系中的高污染產業……大多屬於中間財貨。」又說：「既存文獻認為，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……，抽取性服務指的是，生產過程中必須使用自然環境中的許多資源當成生產投入要素，這一些資源的使用通常會造成污染。在其他條件不變之下，抽取性服務愈多意味著污染排放愈高。」例如「生產過程中必須使用到空氣、水與石油等自然資源，然而卻因此產生廢氣與污水等廢棄物，造成環境污染。」

他們採用 Bovenberg 與 Smulders (1995、1996)、Schneider (1997)、Bovenberg 與 de Mooij (1997) 以及 Gottinger (1999) 等文獻的作法，將自然資源的「抽取性服務」當作生產的污染投入，而直接將生產過程中的污染投入放入生產函數中。在非抽取性服務方面，則指出：「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。」又說：「良好的環境品質會使民眾身體更加健康，提高工作效率，進而對生產產生直接的影響。」因此他們採用 Ballard 與 Medema (1993)、Brendemoen 與 Vennemo (1994) 以及 Van Ewijk 與 Van Wijnbergen (1995) 等文獻的作法，將環境品質的外部性（非抽取性服務）直接放入生產函數中，當作生產要素的投入。

本文除了採用 Romer (1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991)、Jones (1995) 以及 Haruyama 與 Itaya (2006) 等 R&D 文獻的作法，設定中間財廠商租用機器設備（資本財）作為生產的投入外，也仿照謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 以及陳智華與謝智源 (2008) 的作法，設定自然資源所提供的抽取性服務（污染的投入），與非抽取性服務（環境品質的外部性）皆為中間財的生產投入，而將中間財生產函數設定為：

$$x_i = k_i^\phi n_i^v Q^{-\beta}, \quad 0 < \phi, 0 < v, 0 < \beta \quad (6)$$

其中 k_i 與 n_i 分別為第 i 家（種）中間財廠商所使用的資本投入和自然資源抽取量（污染投入）， Q 為經濟體系中的污染存量，由於經濟體系是由許多代表性個人與廠商所組成，單一廠商的力量非常渺小，無法影響經濟體系中的污染存量 Q ，因此個別廠商會將經濟體系中的污染存量視為常數。 ϕ 與 v 則分別代表資本財與自然資源抽取量（污染投入）的產出彈性。 β 為環境品質的外部性。為了簡化分析，我們設定 $\phi+v=1$ ，因此中間財生產函數可改寫成：

$$x_i = k_i^\phi n_i^{1-\phi} Q^{-\beta}, \quad 0 < \phi < 1, \quad 0 < \beta \quad (7)$$

當 $\phi = 1$ 且 $\beta = 0$ 時，代表模型不考慮污染與環境的因素，此時式(7)將退化成 $x_i = k_i$ ，而成為 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 模型，亦即 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 模型可視為本文的特例。

我們假設資本財的租用利率為 r ；以最終財表示之抽取（使用）自然資源的價格（例如水、電以及燃氣的平均價格）為 u ，是一個外生變數（註 8）；中間財部門在生產過程中的污染投入，會被課以 τ 的污染稅率；對於環境品質所提供的外部效益（external benefits），中間財部門並不需要額外付出取得成本。因此中間財廠商生產第 i 種中間財的總成本為：

$$TC_i = rk_i + (1 + \tau) un_i \quad (8)$$

其中 rk_i 代表資本財的租用支出， un_i 代表抽取（使用）自然資源的支出。由式(7)與式(8)可推得廠商追求成本極小時， k_i 與 n_i 的關係式為：

$$k_i = \frac{\phi}{1-\phi} \frac{u}{r} n_i \quad (9)$$

將式(9)代入式(7)，則可求得：

$$k_i = \left(\frac{\phi}{1-\phi} \frac{u}{r} \right)^{1-\phi} Q^\beta x_i \quad (10a)$$

$$n_i = \left(\frac{1-\phi}{\phi} \frac{r}{u} \right)^\phi Q^\beta x_i \quad (10b)$$

而生產第 i 種中間財廠商的利潤函數 (π_i) 可表示為：

$$\pi_i = p_i x_i - [rk_i + (1 + \tau) un_i] \quad (11)$$

將式(10a)與式(10b)代入式(11)，則可得到：

$$\pi_i = \left[p_i - \left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) \left(\frac{r}{\phi} \right)^\phi \left(\frac{u}{1-\phi} \right)^{1-\phi} Q^\beta \right] x_i \quad (12)$$

我們令 $B = \phi^\phi [u / (1 - \phi)]^{1-\phi}$ ，為一個常數，則由式(12)可知中間財廠商的邊際成本(MC)等於平均成本(AC)，其可表示為：

$$MC = AC = \left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) Br^\phi Q^\beta$$

再由邊際條件： $MR = MC$ ，我們可推得中間財廠商追求利潤極大時，須滿足：

$$p_i \left[1 - \frac{1}{1/(1-\alpha)} \right] = \left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) Br^\phi Q^\beta$$

又因為本文依循 Romer (1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991)、Jones (1995)、Barro 與 Sala-i-Martin (2004) 以及 Zeng 與 Zhang (2007) 等文獻的設計，設定所有中間財廠商的生產技術（生產函數）相同，而且相關之要素市場為完全競爭，所有中間財廠商面對相同負斜率的需求曲線，因此每一中間財廠商均分整體市場需求量（即 $x_i = x$ ， $\forall i$ ），再對應相同負斜率的需求線，使得每個中間財廠商會有相同的定價為：

$$p_i = \bar{p} = \frac{\left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) Br^\phi Q^\beta}{\alpha}, \forall i \quad (13)$$

將式(13)代入式(3b)，可推得每個中間財廠商的生產量為：

$$x_i = \bar{x} = L \left[\frac{\alpha^2}{\left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) Br^\phi Q^\beta} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}, \forall i \quad (14)$$

再將式(13)與式(14)代入式(12)，可推得每個中間財廠商的利潤為：

$$\pi_i = \bar{\pi} = L \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \left[\left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) Br^\phi Q^\beta \right]^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}}, \forall i \quad (15)$$

由於單一廠商的力量無法影響整體環境品質的外部性，而且每個中間財廠商會生產相同數量的中間財，因此由式(10a)與式(10b)我們知道，每個中間財廠商所使用的資本和污染投入也都相同。可表示如下：

$$k_i = k = \left(\frac{\phi}{1-\phi} \frac{u}{r} \right)^{1-\phi} Q^\beta \bar{x}, \forall i \quad (16a)$$

$$n_i = n = \left(\frac{1-\phi}{\phi} \frac{r}{u} \right)^\phi Q^\beta \bar{x}, \forall i \quad (16b)$$

由式(16a)與式(16b)，我們可求得中間財廠商租用機器設備（資本財）的總數量(K)，與污染的總投入量(N)分別為：

$$K = \int_0^A k_i di = Ak \quad (17a)$$

$$N = \int_0^A n_i di = An \quad (17b)$$

從式(13)至式(16b)顯示出經濟社會中的個別變數均相等，而從式(17a)與式(17b)我們也看出 $k = K/A$ 以及 $n = N/A$ ，這些現象顯示出經濟體系處於對稱均衡 (symmetric equilibrium)。

2.3 R&D 部門

我們仿照 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 與 Barro 與 Sala-i-Martin (2004) 的作法，設定 R&D 部門的生產投入為最終財商品，其生產函數為：

$$\dot{A} = \frac{F}{\eta} \quad (18)$$

式中 \dot{A} 代表 R&D 部門新研發的商品數量， F 代表 R&D 部門所使用的最終財數量， η 為一個常數，代表最終財投入係數，即生產一單位的 R&D 商品所需投入的最終財數量。在 R&D 商品的訂價方面，本文依循 Romer (1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991)、Jones (1995) 與 Barro 與 Sala-i-Martin (2004) 等文獻之設計，設定 R&D 部門在訂定藍圖的價格 (p_A) 時，會考量此藍圖能

為中間財部門創造多少利潤，而此利潤的未來各期折現值總和，即為此藍圖的價格，因此 R&D 部門的商品定價為：

$$p_A = \int_t^{\infty} \bar{\pi} e^{-r(\xi-t)} d\xi \quad (19)$$

式(19)顯示，中間財廠商的利潤($\bar{\pi}$)到最後將反映在其購買 R&D 部門所研發藍圖的價格上，而這也是 R&D 部門研發的動力。

在 R&D 部門的利潤方面， $p_A \dot{A}$ 為 R&D 部門的總收入，而 R&D 部門以最終財商品作為生產投入，其生產成本為 $\eta \dot{A}$ 。然而許多國家為了提供 R&D 活動之誘因機制，會對 R&D 部門予以補貼，因此本文設定政府對 R&D 部門的研發成本補貼 s 的比例，據此，R&D 部門的利潤函數(π_A)為：

$$\pi_A = p_A \dot{A} - (1-s) \eta \dot{A} \quad (20)$$

依據 Romer (1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991)、Jones (1995) 與 Zeng 與 Zhang (2007) 等模型的設計，R&D 部門可以自由進出市場，長期均衡時其利潤為零，因此由式(20)可得到：

$$p_A \dot{A} = (1-s) \eta \dot{A} \quad (21)$$

式(21)說明了借貸市場的均衡，因為家計單位將 $p_A \dot{A}$ 的資金借給 R&D 部門，此為可貸資金的供給；而 R&D 部門則透過股票的發行，向家計單位融資 $(1-s) \eta \dot{A}$ 的研發費用，此為可貸資金的需求（賴景昌，2011）。

我們可透過借貸市場以求實質利率，首先將式(19)等號兩邊對時間(t)微分，並透過 Leibniz 法則可推得 $\dot{p}_A = r p_A - \bar{\pi}$ ，再由借貸市場均衡條件式(21)得到 $p_A = (1-s) \eta$ ，其為一個定數，因此 $\dot{p}_A = 0$ ，再由式(15)可推得：

$$p_A = \frac{\bar{\pi}}{r} = \frac{L}{r} \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \left[\left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) Br^{\phi} Q^{\beta} \right]^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} \quad (22)$$

求解式(21)與式(22)的聯立方程式即可求得實質利率(r)為：

$$r = \left\{ \frac{\Phi}{1-s} \left[\left(\frac{\Phi}{1-\Phi} + 1 + \tau \right) Q^\beta \right]^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} \right\}^{\frac{1-\alpha}{1-\alpha(1-\Phi)}},$$

$$\text{其中 } \Phi = \frac{L}{\eta} (1 - \alpha) \alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}} B^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} \quad (23)$$

由於 L 、 η 、 α 與 B 皆為外生變數，因此 Φ 亦為外生變數。

2.4 政府部門

由於電子產業的製程日新月異，在應用混合複雜多樣的化學物質後，所產生的污染物常不在既有法規的管控下，而難以對其污染排放課稅。然而其使用自然資源便會產生碳排放、廢氣、廢水、廢棄物等污染物，因此本文設定政府對污染性產業（中間財部門）的自然資源抽取量（污染投入）課徵污染稅 ($A\tau_{un}$)，並專款專用來從事防治污染支出 (M)，如設置污水處理廠、河川整治、水土保持等。據此我們得到：

$$A\tau_{un} = M \quad (24a)$$

另外，自然資源通常是由政府經營（國營事業），例如台水、台電、中油等，因此本文設定中間財廠商購買自然資源的支出，將會是政府的收入 (A_{un})；同時政府亦向家計單位課徵定額稅 (T)，並將自然資源的收入與定額稅用來融通對 R&D 部門的研發補貼 ($s\eta\dot{A}$)。此定額稅對家計單位而言是外生變數，對政府部門而言則是內生變數。據此我們得到：

$$T + A_{un} = s\eta\dot{A} \quad (24b)$$

由式(24a)與式(24b)，政府的預算限制式可以表示為：

$$T + (1 + \tau) A_{un} = s\eta\dot{A} + M \quad (25)$$

2.5 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，家計單位的最適決策，是以家計單位的預算限制式來追求代表性個人一生效用折現的極大。我們引用 Bovenberg 與 Smulders (1995、1996) 的觀念，將污染存量（環境品質）加到效用函數中，並仿照謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 以及陳智華與謝智源 (2008) 的作法，設定效用是消費的增函數、污染量以及勞動的減函數。而將家計單位的目標函數表示為：

$$\text{Max} \int_0^{\infty} \left[\frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \iota \frac{Q^{\lambda(1+\omega)}}{1+\omega} - \chi \frac{L^{1+\psi}}{1+\psi} \right] e^{-\rho t} dt ;$$

$$\sigma > 1 \text{ (註 9)}, \omega > 0, \iota > 0, \psi > 0, \chi > 0, \rho > 0, 0 < \lambda < 1 \quad (26)$$

其中 C 為消費， σ 、 ω 與 ψ 分別代表消費、污染與勞動跨時替代彈性 (the intertemporal elasticity of substitution) 的倒數， ι 與 χ 分別是衡量污染存量與勞動對效用影響程度的參數， λ 是對環境品質的重視程度，而 ρ 則為時間偏好率。

依循 Romer (1990)、Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 與 Jones (1995) 等文獻之設計，本文設定家計單位可以持有 R&D 部門所發行的股票，與擁有可以出租給中間財廠商的機器設備（資本財），所以實質財富可表示成 $a = p_A A + K$ 。此外，還必須支付給政府部門定額稅，因此家計單位的預算限制式 (budget constraint) 可以表示成：

$$\dot{a} = ar + wL - C - T$$

即：

$$p_A \dot{A} + \dot{K} = (p_A A + K) r + wL - C - T \quad (27)$$

由式(17a)我們知道 $K = Ak$ ，因此我們可將家計單位的預算限制式改寫成：

$$\dot{A} = A r + \frac{wL-C-T}{p_A+k} \quad (28)$$

由於經濟體系是由許多代表性個人與廠商所組成，單一個人的行為無法影響整體經濟體系的行為，因此社會的污染總量對個人而言，應視為外生變數。我們可由式(26)與式(28)得到現值的 Hamiltonian 函數為：

$$H = \frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \lambda \frac{Q^{\lambda(1+\omega)}}{1+\omega} - \chi \frac{L^{1+\psi}}{1+\psi} + \theta \left[A r + \frac{wL-C-T}{p_A+k} \right]$$

再由一階條件可推得消費者的跨時決策為：

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\sigma} (r - \rho) \quad (29)$$

2.6 自然資源系統

Hartwick (1977) 與 Solow (1986) 說明自然資源會因為使用而折耗，卻也能以一定的速度恢復。這個觀念被許多經濟學者所接受，如 Bovenberg 與 Smulders (1995、1996)、黃幼宜與黃登興 (2004)、孫鈺峰與胡士文 (2006)、謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 以及陳智華與謝智源 (2008) 等。因此本文設定大自然每一期分解污染存量的比率（污染的自然衰退率）為 δ ，而且經濟體系每一期的污染毛增加量是所有廠商污染排放總合的增函數，也是政府防治污染支出的減函數。我們將污染存量累積方程式表示為：

$$\dot{Q} = \frac{\int_0^A n_i di}{M} - \delta Q = \frac{1}{\mu} - \delta Q; \delta > 0 \quad (30)$$

III、均衡經濟成長率與福利

3.1 長期均衡

長期均衡時，經濟體系的所有市場必須達到均衡條件。式(21)與式(17a)分別說明了借貸市場與資本市場的均衡；家計單位所提供的勞動，全部做為最終財的生產投入，本文假設勞動供給為固定數，因此勞動市場的均衡條件為 $(1-\alpha)Y/w = L$ 。另外，由政府預算限制式(25)，與家計單位預算限制式(27)，我們可推得資源限制式（商品市場的均衡條件）如下：

$$Y = \eta\dot{A} + \dot{K} + C + M \quad (\text{註10}) \quad (31)$$

式(31)顯示一國的產出(GDP)可分成四個部分，分別為 R&D 部門的生產投入 ($\eta\dot{A}$)、家計單位的儲蓄（新購買的機器設備 \dot{K} 以出租給中間財廠商）、家計單位所消費的最終財(C)（賴景昌，2011），以及政府的防治污染支出(M)。

我們將 $\dot{K} = \dot{A}k$ 帶入資源限制式(31)可推得：

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{1}{\eta+k} \left(\frac{Y}{A} - \frac{C}{A} - \frac{M}{A} \right) = \frac{1}{\eta+k} \left[L^{1-\alpha} \bar{X}^\alpha - \frac{C}{A} - \tau u n \right] \quad (32)$$

本文定義轉換變數 $Z = C/A$ （消費-技術比），此為一個跳躍變數 (jump variable)。再由式(29)與式(32)可推得：

$$\frac{\dot{Z}}{Z} = \frac{\dot{C}}{C} - \frac{\dot{A}}{A} = \frac{1}{\sigma} (r - \rho) - \frac{1}{\eta+k} \left[L^{1-\alpha} \bar{X}^\alpha - Z - \tau u n \right] \quad (33)$$

再由式(30)可推得污染累積的行為方程式為：

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{1}{\eta\tau Q} - \delta \quad (34)$$

因為 Q 為存量變數，所以為一個緩慢調整變數 (sluggish variable)。當體系達長期均衡時， $\dot{Z} = \dot{Q} = 0$ ，我們令變數上標 “^” 代表該變數的長期均衡值。解式 (33) 與式 (34) 的聯立方程式，並將實質利率以函數型式表示成 $r = r(\Phi, \tau, s, Q)$ ，則我們可得到 Q 與 Z 的長期均衡值為：

$$\hat{Q} = \frac{1}{\tau\sigma\delta} \quad (35a)$$

$$\hat{Z} = L^{1-\alpha} \bar{X}^\alpha - \frac{\eta+k}{\sigma} [r(\Phi, \tau, s, \hat{Q}) - \rho] - \tau\eta n \quad (35b)$$

3.2 均衡經濟成長率與社會福利

式 (33) 與式 (34) 的微分方程式可用函數型式表示成：

$$\dot{Z} = F(Z, Q) \quad (36a)$$

$$\dot{Q} = J(Z, Q) \quad (36b)$$

其中

$$F_Z \equiv \frac{\partial F}{\partial Z} = \frac{\hat{Z}}{\eta+k} \quad F_Q \equiv \frac{\partial F}{\partial Q} = \frac{\hat{Z}}{\sigma} \frac{\partial r}{\partial Q}$$

$$J_Z \equiv \frac{\partial J}{\partial Z} = 0 \quad J_Q \equiv \frac{\partial J}{\partial Q} = -\delta$$

令 μ 為滿足式 (36a) 與式 (36b) 的特性根，則我們可導出特性方程式為：

$$\begin{vmatrix} F_Z - \mu & F_Q \\ J_Z & J_Q - \mu \end{vmatrix} = 0 \quad (37)$$

由根與係數關係我們可求出：

$$\mu_1 + \mu_2 = \frac{\hat{Z}}{\eta+k} - \delta \geq 0 \quad (38a)$$

$$\mu_1 \mu_2 = -\frac{\delta \hat{Z}}{\eta + k} < 0 \quad (\text{註 11}) \quad (38b)$$

由式(38b)知，經濟體系的特性根為一正根一負根，根據 Turnovsky (1995) 關於動態性質的討論得知，此時動態體系具有馬鞍安定 (saddle-point stability) 的特質，經濟體系存在唯一的收斂路徑，收斂到長期均衡值 (\hat{Z} 與 \hat{Q})，此時 $\dot{Z} = \dot{Q} = 0$ ，亦即 $\dot{C}/C = \dot{A}/A$ 。再由 $Y = AL^{1-\alpha}\bar{x}^\alpha$ 、 $K = Ak$ 以及 $N = An$ ，我們即可推得均衡的經濟成長率(g^e)、產出成長率(g_Y)、技術進步成長率(g_A)、資本累積成長率(g_K)、自然資源抽取量(污染)成長率(g_N) 以及消費成長率(g_C)皆相等。亦即：

$$g^e = g_Y = g_A = g_K = g_N = g_C = \frac{1}{\sigma} [r(\Phi, \tau, s, \hat{Q}) - \rho] \quad (39)$$

此外，將式(35a)代入式(23)，我們可求得長期均衡時的實質利率為：

$$r = \left\{ \frac{\Phi}{1-s} \left[\left(\frac{\Phi}{1-\Phi} + 1 + \tau \right) (u\tau\delta)^{-\beta} \right]^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} \right\}^{\frac{1-\alpha}{1-\alpha(1-\Phi)}} \quad (40)$$

另外，Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 的模型並沒有考慮污染、環境以及對 R&D 部門的補貼等因素，亦即當本文的 $\Phi = 1$, $\beta = 0$, $\tau = 0$ 與 $s = 0$ 時，本文的模型將退化成 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 的模型 (註 12)。

在社會福利方面，由式(39)可知道消費以 g^e 的比率成長，而污染存量與勞動不會成長 (註 13)，因此長期均衡時，社會福利函數(Ω)為：

$$\begin{aligned} \Omega &= \max \int_0^\infty \left[\frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \iota \frac{Q^{\lambda(1+\omega)}}{1+\omega} - \chi \frac{L^{1+\psi}}{1+\psi} \right] e^{-\rho t} dt \\ &= \frac{1}{1-\sigma} \left\{ \frac{\{A_0 [L^{1-\alpha}\bar{x}^\alpha - g^e(\eta+k) - (1+\tau)un]\}^{1-\sigma}}{\rho - (1-\sigma)g^e} - \frac{1}{\rho} \right\} - \frac{\iota Q^{\lambda(1+\omega)}}{\rho(1+\omega)} \\ &\quad - \frac{\chi L^{1+\psi}}{\rho(1+\psi)} \quad (\text{註 14}) \end{aligned} \quad (41)$$

其中 A_0 為技術水準的期初值，為前定變數 (pre-determined variable)，是一個定值。

IV、政策變數的效果

本節將以比較靜態分析與數值模擬分析來探討政策變數變動對經濟成長率與社會福利的效果。

4.1 數值選取

根據行政院主計處 (2010) 出版之「產業關聯表編制報告」，第 115 頁之「購買者價格交易表」，本文將 ϕ 設定為 0.979 (註 15)；另外，由於本文將最終財商品的價格單位化為 1，而中間財使用的自然資源價格會小於最終財商品的價格，因此本文在進行模擬分析時，將 u 設定為 0.6 (註 16)；再者，本文設定民眾對消費、休閒以及環境品質有相同的偏好，因此令 $\iota = \chi = 1$ ；再依據產業創新條例第十條：「為促進產業創新，公司得在投資於研究發展支出金額百分之十五限度內，抵減當年度應納營利事業所得稅額。」因此本文在進行模擬分析時，設定 s 為 0.15；至於 α 、 σ 與 ρ 則是採用 Lucas (1990) 與 Stokey 與 Rebelo (1995) 的設定，分別設定為 0.3、1.5 與 0.05；我們也採用 Zeng 與 Zhang (2007) 的設定，設定 $\eta = 2.02$ ， $A_0 = L = 1$ ；採用 Bovenberg 與 Smulders (1996) 的設定，將 δ 設定成 0.04；以及 Benhabib 與 Farmer (1994) 的設定，設定 $\psi = 0.25$ 。最後我們分別將 ω 與 λ 設定為 0.2 與 0.05 (註 17)，即完成基準參數的數值選取。

4.2 污染稅率

透過比較靜態分析與數值模擬分析，我們得到若僅對於中間財部門的污染投入課稅，並專款專用來從事防治污染，對環境品質、經濟成長以及社會福利的影響有如下的命題：

命題一：

1. 對中間財部門的污染投入課徵污染稅來從事防治污染，可以改善環境品質。
2. 經濟體系分別存在一個「成長率極大之最適污染稅率」與「福利極大之最適污染稅率」，使得經濟成長率與社會福利分別達到極大。
3. 環境品質的外部性越大時，「成長率極大之最適污染稅率」與「福利極大之最適污染稅率」也越大。

我們先做比較靜態分析，再進行數值模擬。從式(35a)可推得：

$$\frac{d\bar{Q}}{d\tau} = -\frac{1}{u\delta\tau^2} < 0 \quad (42)$$

式(42)乃說明了政府對中間財部門的污染投入提高污染稅率，並專款專用來從事防治污染，是可以改善環境品質。

再從式(40)，我們可推導出：

$$\begin{aligned} \frac{dr}{d\tau} &= \left[\frac{\Phi}{1-s} (u\delta)^{\frac{\alpha\beta}{1-\alpha}} \right]^{\frac{1-\alpha}{1-\alpha(1-\Phi)}} \cdot \frac{-\alpha\tau^{-\beta}}{1-\alpha(1-\Phi)} \left[\left(\frac{\Phi}{1-\Phi} + 1 + \tau \right) \tau^{-\beta} \right]^{\frac{-(1+\alpha\Phi)}{1-\alpha(1-\Phi)}} \\ &\cdot \left[1 - \beta \left(\frac{\Phi}{1-\Phi} + 1 + \tau \right) \tau^{-1} \right] \gtrless 0, \quad \text{若 } \tau \gtrless \frac{\beta}{(1-\beta)(1-\Phi)} \end{aligned}$$

再由式(39)可得：

$$\frac{dg^c}{d\tau} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{dr}{d\tau} \gtrless 0, \quad \text{若 } \tau \gtrless \frac{\beta}{(1-\beta)(1-\Phi)} \quad (43)$$

式(43)顯示經濟體系存在一個最適的污染稅率，使得經濟成長率達到極大，我們稱之為「成長率極大之最適污染稅率」。此結果有別於謝惠婷、陳智華與謝智源 (2007) 的模型，該模型忽略了自然資源的使用必須支付成本的事實，而得到課徵污染稅對經濟成長率的影響，在環境品質的外部性相對較小時，是

呈現一路遞減；在環境品質的外部性相對較大時，則是呈現一路遞增，沒有最適的污染稅率。

式(42)與式(43)的經濟意涵為：污染稅率的提高會使得污染投入(n)的成本增加，而降低了中間財部門的生產意願，使得污染投入減少，這將產生兩方面的影響，一方面是會改善環境品質，提高環境品質的生產面外部性，而有助於產出，因此中間財部門會搭配多使用資本(k)，改善了資源運用扭曲的現象，提高了實質利率(r)，進而提高了經濟成長率，此為環境品質改善的產出增加效果。另一方面是污染稅率提高會使得廠商的生產成本增加，而減少生產數量，導致資本使用數量更少，而降低了實質利率(r)與經濟成長率，此為生產成本提高的產出減少效果。綜合上述兩個效果，提高污染稅率對經濟成長率的影響是不確定的，而存在一個「成長率極大之最適污染稅率」，使得經濟成長率達到極大。

另外，從式(43)我們也可看出， β 越大時，對應的「成長率極大之最適污染稅率」將越高，這是因為當環境品質的外部性(β)越大時，表示課徵污染稅使環境品質改善，其對於產出增加的效果，將越大於生產成本提高的產出減少效果，而越能提高經濟成長率。

我們透過數值模擬，可驗證以上的分析。表 1 顯示在各種不同環境品質外部性(β)的情況下，皆存在一個「成長率極大之最適污染稅率」(τ^*)，而且環境品質的外部性越大時，「成長率極大之最適污染稅率」也越大。而圖 1 則描繪污染稅率對經濟成長率的影響。

表 1 不同環境品質外部性的「成長率極大之最適污染稅率」(τ^*)

| 基準參數： $\alpha=0.3, \rho=0.05, \eta=2.02, \phi=0.979, \sigma=1.5, \omega=0.2, \lambda=0.05, \psi=0.25, u=0.6,$ $s=0.15, \delta=0.04, \iota=\chi=1, A_0=L=1$ | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | $\beta=0.005$ | $\beta=0.006$ | $\beta=0.008$ | $\beta=0.010$ | $\beta=0.015$ | $\beta=0.020$ | $\beta=0.025$ |
| τ^* | 0.239 | 0.287 | 0.384 | 0.481 | 0.725 | 0.972 | 1.221 |

資料來源：本研究。

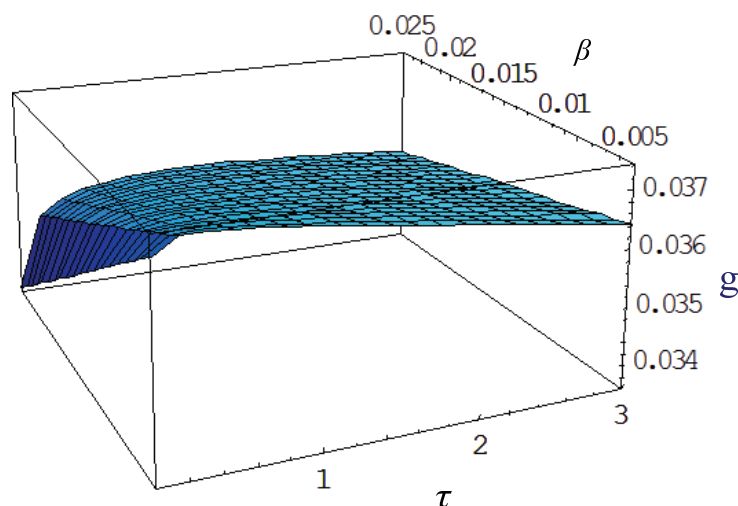


圖 1 污染稅率對經濟成長率的影響

資料來源：本研究。

至於提高污染稅率對社會福利的影響方面，我們可由式(40)推得（註 18）：

$$\frac{d\Omega}{d\tau} = \frac{1}{\Delta^2} C_0^\sigma A_0 \left\{ \left[L^{1-\alpha} \bar{X}^\alpha - \left(\eta + \frac{1+\tau-\phi\tau}{\phi} k \right) r \right] \frac{dg^e}{d\tau} - \frac{(1-\phi)rk}{\phi} \Delta \right\} + \frac{\iota\lambda}{\rho\tau} (u\tau\delta)^{-\lambda(1+\omega)}, \quad \text{其中 } \Delta = \rho - (1-\sigma)g^e > 0 \quad (44)$$

由式(44)我們較難看出污染稅率對社會福利明確的影響方向，但是透過數值模擬分析，卻可得知經濟體系存在一個最適的污染稅率，使得社會福利達到極大，我們稱之為「福利極大之最適污染稅率」(τ^{**})，如表 2 以及圖 2 所示；同時我們也可看出環境品質的外部性越大時，「福利極大之最適污染稅率」也越大。

表 2 污染稅率對社會福利 (Ω) 的影響

基準參數： $\alpha=0.3, \rho=0.05, \eta=2.02, \phi=0.979, \sigma=1.5, \omega=0.2, \lambda=0.05, \psi=0.25, u=0.6, s=0.15, \delta=0.04, \iota=\chi=1, A_0=L=1$

| | $\tau=5.5$ | $\tau=5.8$ | $\tau=6.0$ | $\tau=6.3$ | $\tau=6.5$ | $\tau=6.8$ | $\tau=7.0$ |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\beta=0.005$ | -29.1346 | -29.1331** | -29.1339 | -29.1373 | -29.1410 | -29.1485 | -29.1547 |
| $\beta=0.006$ | -29.1545 | -29.1525** | -29.1530 | -29.1559 | -29.1593 | -29.1664 | -29.1723 |
| $\beta=0.008$ | -29.1943 | -29.1913 | -29.1911** | -29.1932 | -29.1960 | -29.2022 | -29.2076 |
| $\beta=0.010$ | -29.2341 | -29.2302 | -29.2293** | -29.2305 | -29.2327 | -29.2381 | -29.2429 |
| $\beta=0.015$ | -29.3338 | -29.3274 | -29.3249 | -29.3238** | -29.3246 | -29.3278 | -29.3312 |
| $\beta=0.020$ | -29.4337 | -29.4248 | -29.4207 | -29.4173 | -29.4166** | -29.4177 | -29.4197 |
| $\beta=0.025$ | -29.5338 | -29.5224 | -29.5167 | -29.5109 | -29.5087 | -29.5077** | -29.5084 |

資料來源：本研究。

註：有 “**” 號者代表社會福利為最大。

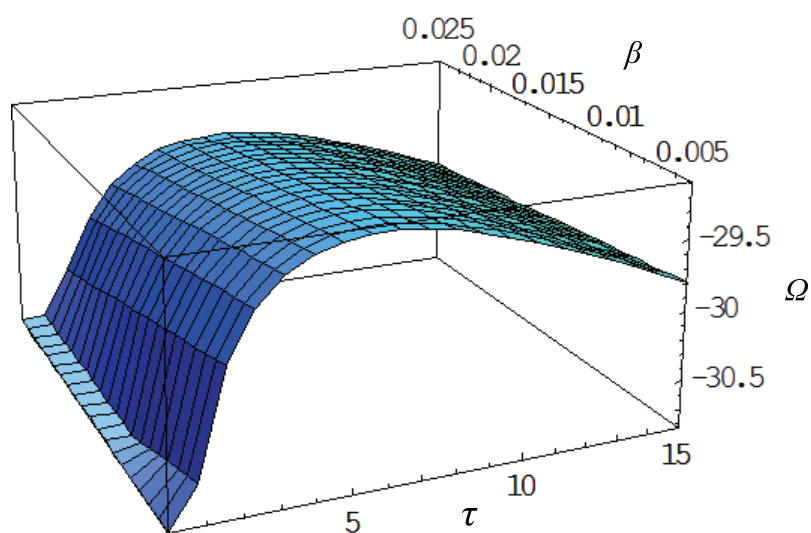


圖 2 污染稅率對社會福利的影響

資料來源：本研究。

經濟體系存在一個「福利極大之最適污染稅率」的原因，是因為課徵污染稅會改善環境品質，此稱為「環境品質改善效果」，此效果有助於社會福利的增加。然而課徵污染稅亦會影響經濟成長率，如前所述，課徵污染稅可能提高經濟成長率，此稱為「經濟成長效果」，此效果亦使得社會福利增加，此時課徵污染稅將有助於社會福利的增加；然而課徵污染稅也可能降低經濟成長率，此稱為「經濟衰退效果」，此效果使得社會福利減少，此時課徵污染稅對社會福利的影響，則端賴於「環境品質改善效果」與「經濟衰退效果」的相對大小而定。

我們以台灣的資料為例，根據行政院主計處所編制的「綠色國民所得帳」，民國 99 年與民國 100 年的資料，估算出台灣的 β 值為 0.006 (註 19)。透過數值模擬分析，得到「成長率極大之最適污染稅率」為 0.287；而「福利極大之最適污染稅率」約為 5.8。在此要特別說明的是，我國的自然資源使用價格相對低廉 (註 20)，電子產業的自然資源支出約占其生產成本的 0.021，對自然資源的使用課徵 5.8 的稅將造成生產成本提高 0.122。當污染稅率小於「成長率極大之最適污染稅率」(0.287)時，提高污染稅率將使環境品質改善，其對於產出增加的效果將大於生產成本提高的產出減效果，而使得經濟成長率提高、社會福利增加；當污染稅率介於「成長率極大之最適污染稅率」(0.287)與「福利極大之最適污染稅率」(5.8)之間時，提高污染稅率會造成「環境品質改善效果」大於「經濟衰退效果」，因此經濟成長率會降低，但是社會福利仍會增加；而當污染稅率大於「福利極大之最適污染稅率」(5.8)時，提高污染稅率會造成「環境品質改善效果」小於「經濟衰退效果」，因此經濟成長率與社會福利皆降低。

4.3 R&D 部門的補貼率

為了單純探討 R&D 補貼率的變動對經濟成長率以及社會福利的影響，在數值模擬分析時，我們將污染稅率以台灣的「成長率極大之最適污染稅率」(0.287) 帶入，而得到以下的命題：

命題二：

1. 政府對 R&D 部門研發成本的補貼，有助於提升經濟成長率。
2. 經濟體系存在一個最適的R&D部門補貼率(s^*)，使得社會福利達到極大。而此最適補貼率(s^*)幾乎不受環境品質外部性的影響。

底下仍然先進行比較靜態分析，再進行數值模擬。從長期均衡時的實質利率（式(40)）可推導出：

$$\frac{dr}{ds} = \left\{ \Phi \left[\left(\frac{\phi}{1-\phi} + 1 + \tau \right) (u\tau\delta)^{-\beta} \right]^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} \right\}^{\frac{1-\alpha}{1-\alpha(1-\phi)}} \left[\frac{1-\alpha}{1-\alpha(1-\phi)} \right] \\ (1-s)^{\frac{-(1-\alpha)}{1-\alpha(1-\phi)}} > 0 \quad (45)$$

再由式(39)、式(41)可分別推得：

$$\frac{dg^e}{ds} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{dr}{ds} > 0 \quad (46a)$$

$$\frac{d\Omega}{ds} = \frac{1}{\Delta^2} C_0^\sigma A_0 \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - \left(\eta + \frac{1+\tau-\phi\tau}{\phi} k \right) r \right] \frac{dg^e}{ds} \gtrless 0 ,$$

$$\text{若 } L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha \gtrless \left(\eta + \frac{1+\tau-\phi\tau}{\phi} k \right) r \quad \text{其中 } \Delta = \rho - (1-\sigma)g^e > 0 \quad (46b)$$

式(46a)顯示政府對R&D部門研發成本的補貼，將有助於經濟成長。式(45)與式(46a)的經濟意涵為：政府對R&D部門的補貼，將使得R&D部門的實質研發成本減少，造成借貸市場可貸資金的需求面 $(1-s)\eta\dot{A}$ 減少，當借貸市場均衡時，可貸資金的供給面 $p_A\dot{A}$ 也會減少，亦即R&D商品的實質價格(p_A)會降低，這隱含著實質利率(r)的提高（因為 $p_A = \pi/r$ ），進而提高了經濟成長率。因此R&D的補貼率提高，將促使經濟成長率提高（亦即 $dg^e/ds > 0$ ）。在式(46b)中，

顯示政府對R&D部門的研發補貼對社會福利的影響是不確定的，因為政府增加對R&D部門補貼，一方面會提高經濟成長率，此對社會福利是正向的影響；然而另一方面，補貼率提高會增加家計單位的定額稅負擔、使得消費減少，此對社會福利則是負向的影響。

透過數值模擬分析，如表 3 與圖 3 皆描繪出經濟成長率隨著 R&D 補貼率的提高而提高，驗證了比較靜態分析的結果。

在 R&D 補貼率對社會福利的影響方面，透過數值模擬分析，如表 4 以及圖 4 所示，社會福利會隨著 R&D 補貼率的提高而先增後減，亦即存在一個最適補貼率(s^*)，使得社會福利達到極大。此結果與 Barro 與 Sala-i-Martin (2004) 以及 Zeng 與 Zhang (2007) 等文獻的結果一致。而且從表 4 以及圖 4 我們也可看出最適補貼率(s^*)幾乎不受環境品質外部性的影響。

表 3 R&D 的補貼率對成長率(g^e)的影響

| 基準參數： $\alpha=0.3, \rho=0.05, \eta=2.02, \phi=0.979, \sigma=1.5, \omega=0.2, \lambda=0.05, \psi=0.25, u=0.6, \tau=0.287, \delta=0.04, \iota=\chi=1, A_0=L=1$ | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | $s=0$ | $s=0.25$ | $s=0.5$ | $s=0.7$ | $s=0.8$ | $s=0.9$ |
| $\beta=0.005$ | 0.0297 | 0.0439 | 0.0694 | 0.1139 | 0.1626 | 0.2859 |
| $\beta=0.006$ | 0.0296 | 0.0438 | 0.0692 | 0.1137 | 0.1623 | 0.2854 |
| $\beta=0.008$ | 0.0294 | 0.0435 | 0.0689 | 0.1132 | 0.1617 | 0.2844 |
| $\beta=0.010$ | 0.0292 | 0.0433 | 0.0686 | 0.1128 | 0.1611 | 0.2835 |
| $\beta=0.015$ | 0.0288 | 0.0427 | 0.0679 | 0.1117 | 0.1596 | 0.2811 |
| $\beta=0.020$ | 0.0283 | 0.0421 | 0.0671 | 0.1106 | 0.1582 | 0.2788 |
| $\beta=0.025$ | 0.0278 | 0.0416 | 0.0664 | 0.1095 | 0.1568 | 0.2764 |

資料來源：本研究。

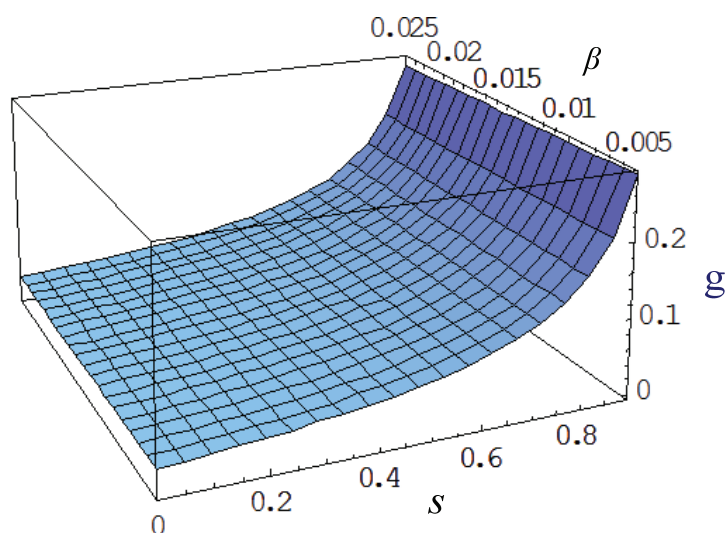


圖 3 R&D 的補貼率對成長率的影響

資料來源：本研究。

表 4 R&D 的補貼率對社會福利(Ω)的影響

| 基準參數： $\alpha=0.3$, $\rho=0.05$, $\eta=2.02$, $\phi=0.979$, $\sigma=1.5$, $\omega=0.2$, $\lambda=0.05$, $\psi=0.25$, $u=0.6$, $\tau=0.287$, $\delta=0.04$, $\iota=\chi=1$, $A_0=L=1$ | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | $s=0.55$ | $s=0.6$ | $s=0.65$ | $s=0.7$ | $s=0.75$ | $s=0.8$ |
| $\beta=0.005$ | -29.4215 | -29.1281 | -28.9222* | -28.9312 | -29.4977 | -31.8595 |
| $\beta=0.006$ | -29.4703 | -29.1771 | -28.9715* | -28.9811 | -29.5487 | -31.9133 |
| $\beta=0.008$ | -29.5681 | -29.2752 | -29.0703* | -29.0809 | -29.6508 | -32.0210 |
| $\beta=0.010$ | -29.6661 | -29.3736 | -29.1692* | -29.1810 | -29.7532 | -32.1290 |
| $\beta=0.015$ | -29.9121 | -29.6206 | -29.4178* | -29.4323 | -30.0103 | -32.4001 |
| $\beta=0.020$ | -30.1596 | -29.8690 | -29.6678* | -29.6851 | -30.2690 | -32.6727 |
| $\beta=0.025$ | -30.4084 | -30.1189 | -29.9192* | -29.9395 | -30.5293 | -32.9470 |

資料來源：本研究。

註：有“*”號者代表社會福利為最大。

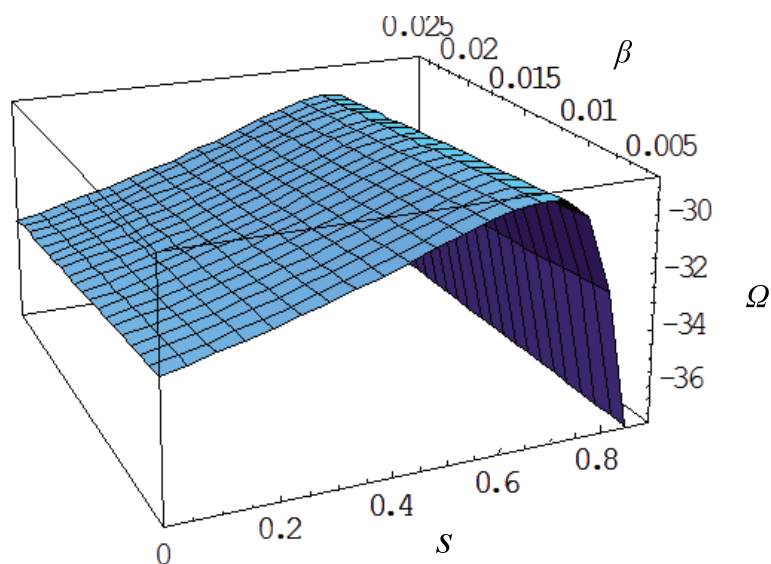


圖 4 R&D 的補貼率對社會福利的影響

資料來源：本研究。

V、結 論

電子產業的中間財部門是高污染的產業，因此本文結合 R&D 與污染議題，將中間財部門設定為獨占性競爭的污染性產業。另外，政府為了促進經濟成長，往往給予電子產業補貼以及各種優惠待遇，因此本文之研究動機乃是探討若政府對污染性產業（中間財部門）的污染投入課稅，並專款專用來從事防治污染支出；而對 R&D 部門之研發活動予以補貼，此兩種政策分別對於經濟成長與社會福利會產生何種影響？

我們以模型推導，搭配以台灣的數值進行模擬分析，研究結果顯示，對中間財部門的污染投入課徵污染稅來從事防治污染，除了可以改善環境品質外，在污染稅率小於「成長率極大之適污染稅率」時，還可以提高經濟成長

率並增加社會福利；而當污染稅率介於「成長率極大之最適污染稅率」與「福利極大之最適污染稅率」之間時，提高污染稅率雖然會降低經濟成長率，但是仍會增加社會福利；一直到污染稅率大於「福利極大之最適污染稅率」時，提高污染稅率才會使得經濟成長率與社會福利皆降低。

在對 R&D 部門的補貼政策方面，補貼有助於經濟成長，而且在補貼率小於福利極大之最適補貼率時，提高對 R&D 部門之補貼率還可以增加社會福利；而當補貼率大於福利極大之最適補貼率時，提高對 R&D 部門之補貼率，雖然經濟成長率仍會繼續提高，但是會使得社會福利降低，這是因為補貼除了促進經濟成長之外，也加重了家計單位的定額稅負擔，因此提高對 R&D 部門之補貼將會減少家計單位的消費，而使得經濟體系存在一個最適的 R&D 部門補貼率。

附 註

1. 請參閱行政院經濟部工業局 (2004) 出版之「公共安全管理白皮書科技廠房安全管理 (草案)」, 第一章、第二章。
2. 請參閱行政院主計處 (2010) 出版之「產業關聯表編制報告」, 第 115 頁之「購買者價格交易表」, 電子零組件產業之「石油及煤製品」、「電力供應」、「燃氣供應」以及「用水供應」。
3. 如同產業創新條例第二十三條所條列:「為吸引資金回國投資, 中央主管機關得提出產業用地取得協助措施, 以獎勵回國投資。」
4. 根據行政院環保署 (2009)「管制考核及糾紛處理處」於 2009 年 10 月 14 日在「台灣環境污染防治費介紹」中指出:『以空污費、土污費為例, 經大法官解釋為「特別公課」, 係有特定收入來源而供特殊用途者之特別收入基金, 為專款專用性質。』
5. 行政院經濟部工業局 (2004) 在其出版之「公共安全管理白皮書科技廠房安全管理 (草案)」, 第三章, 指出現行安全管理問題包括「法規調整尚不足够: ……法令規定, 落後於科技之進步。」
6. 電子產業符合這種模型的設定, 電子產業的最終財為電腦, 而上游的 R&D 部門需要投入電腦來做研發。Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 將這種模型的設定稱為「實驗室設備模型 (lab-equipment model)」; 而將 Romer (1990) 與 Jones (1995) 等文獻, 以勞動做為 R&D 部門生產投入的模型, 稱為「知識驅動模型 (knowledge-driven model)」。參閱 (賴景昌, 2011)。
7. A 代表 R&D 部門研發成功的商品 (藍圖) 數, 而一張藍圖只能賣給一家中間財廠商, 才能使得該中間財廠商具有獨占力, 因此 A 張藍圖代表中間財廠商有 A 家。
8. 自然資源例如水、電、油等的經營, 通常是屬國營事業 (例如台水、台電、中油隸屬行政院經濟部), 單一廠商無法影響政府改變自然資源的價格, 因此對廠商而言, u 是一個外生變數。
9. 由 Agenor 與 Montiel (1999) 彙整的資料發現, 大部份的實證結果都支持消費跨時替代彈性 $(1/\sigma)$ 小於 1, 即 $\sigma > 1$ 。
10. 請參閱附錄 1 的推導。
11. 由於 $Z = C/A$, 將式(35b)等號兩邊同乘以 A 可得: $C = Y - \eta A(\dot{C}/C) - K(\dot{C}/C) - M$ 。又因為式(35b)代表 Z 的長期均衡值 (\bar{Z}), 而長期均衡時 $\dot{Z} = \dot{Q} = 0$, 此時, $\dot{C}/C = \dot{A}/A$;

再由 $K = Ak$ 我們可推得 $\dot{C}/C = \dot{A}/A = \dot{K}/K$ ，因此式(35b)可改寫成： $C = Y - \eta\dot{A} - \dot{K} - M$ 。此式與資源限制式(31) 相同（亦即為商品市場的均衡條件），由於家計單位之消費支出為正值，因此式(35b)中，消費－技術比的長期均衡值(\hat{Z})將為正值，而使得 $\mu_1\mu_2 < 0$ 。

12. 請參閱附錄 2 的說明。
13. 長期均衡時 $\dot{Q} = 0$ ，因此污染存量不會成長；而模型設定勞動為固定（因為內生成長理論反映已開發國家人口停滯的事實），因此勞動也不會成長。
14. 請參閱附錄 3 的推導。
15. 從「購買者價格交易表」中，加總電子零組件產業（電子業之中間財部門）所需之「石油及煤製品」（4,504 百萬台幣）、「電力供應」（44,031 百萬台幣）、「燃氣供應」（2,328 百萬台幣）、以及「用水供應」（1,684 百萬台幣），即可得知電子零組件產業所使用的自然資源支出占其生產成本（2,507,428 百萬台幣）的 0.021，因此對應本文模型，可得到 ϕ 的參數值為 0.979。
16. 我們也將 u 分別設定成 0.2、0.4 等不同數值來進行模擬，但並不影響結論。
17. 我們分別將 ω 設定成 0.2、0.4、0.6；以及分別將 λ 設定成 0.05、0.1 等多種情況進行模擬，其結果並不受影響。
18. $d\Omega/d\tau$ 的推導請參閱附錄 4。
19. 「綠色國民所得帳」是從 GDP 中扣除「自然資源折耗」以及「環境品質質損」的影響，其中「折耗及質損合計」是環境因素使得 GDP 減少的部分，因此「折耗及質損合計」占 GDP 的比率，可視為是環境因素對 GDP 的影響程度，亦即是本文的 β 值。依據民國 99 年與民國 100 年的資料，台灣的 β 值，其四捨五入為 0.006。近年來的「綠色國民所得帳」請參閱附錄 5。
20. 2012 年 11 月 5 日，行政院經濟部能源局 (2012) 講義之「國際能源情勢與我國現階段能源政策」說明：「依國際能源總署 (IEA) 統計之 2010 年（台灣與韓國為 2011 年）資料，相較亞鄰各國，我國工業用電價最低。」「本 (101) 年度電價調整方案第一波調整後……我國電價仍屬偏低。」又說明：「依國際能源總署 (IEA) 統計，2011 年我國平均每公升油價為 0.95 美元，較多數國家為低，僅高於部分原油生產國（如：墨西哥）。」「本 (101) 年度油價調整方案後，相較亞鄰國家我國各項油品價格仍屬偏低。」

參考文獻

- 王銘正，2001。「技術進步，環境品質與經濟成長」，『經濟論文叢刊』。29 卷，2 期，105-116。
- 地球公民基金會，2012。『友達、華映毒染霄裡溪，環保署隱匿 3.5 萬居民喝 13 年毒水』。高雄市：地球公民基金會。取自 <http://www.cet-taiwan.org/node/1611>。
- 行政院主計處，2010。『產業關聯表編制報告』。台北：行政院主計處。
- 行政院主計處，2011。『綠色國民所得帳編制報告』。台北：行政院主計處。取自 <http://www.dgbas.gov.tw/lp.asp?ctNode=4861&CtUnit=1350&BaseDSD=7&mp=1>。
- 行政院經濟部工業局，2004。『公共安全管理白皮書科技廠房安全管理（草案）』。台北：行政院經濟部工業局。
- 行政院經濟部能源局，2012。『國際能源情勢與我國現階段能源政策』。台北：行政院經濟部能源局。取自 <https://2k3dmz2.moea.gov.tw/otweb/08.../KNOWLEDGE.aspx?serno>。
- 行政院環保署，2009。『台灣環境污染防治費介紹』。台北：行政院環保署管制考核及糾紛處理處。取自 <http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/0319144321893.pdf>。
- 孫鈺峰、胡士文，2006。「農業生物科技補貼政策與農業內生成長：環保內生成長的應用」，『農業經濟半年刊』。80 期，23-58。
- 黃宗煌、李堅明，2001。「排放交易、廠商最適投資決策及經濟成長」，『農業經濟半年刊』。70 期，1-35。
- 黃宗煌、李堅明、莊富欽，2007。「廠商在排放交易制度下之污防性投資與創新行為」，『經濟論文叢刊』。35 卷，1 期，87-114。
- 黃幼宜、黃登興，2004。「貿易、經濟作物與土地利用」，『農業經濟叢刊』。10 卷，1 期，101-123。
- 陳智華、謝智源，2008。「污染管制與經濟成長：一個不完全競爭的總體模型」，『經濟論文叢刊』。36 卷，3 期，357-392。
- 楊維娟、周登陽，1999。「環境保護是經濟成長的絆腳石？－以兩部門的內生成長模型探討之」，『經濟論文』。27 卷，3 期，385-406。

- 賴景昌，2011。「R&D 內生成長理論」，逢甲大學經濟研究所，台中。打字複印。
- 謝惠婷、陳智華、謝智源，2007。「環境政策和經濟成長：事前管理或是事後管制」，『農業經濟半年刊』。81 期，165-196。
- Agenor, P. R. and P. J. Montiel, 1999. *Development Macroeconomics*. Princeton: Princeton University Press.
- Aghion, P. and P. Howitt, 2009. *The Economics of Growth*. Cambridge: MIT Press.
- Ballard, C. L. and S. G. Medema, 1993. "The Marginal Efficiency Effects of Taxes and Subsidies in the Presence of Externalities: A Computational General Equilibrium Approach," *Journal of Public Economics*. 52: 199-216.
- Barro, R. J. and X. Sala-i-Martin, 2004. *Economic Growth*. Cambridge: MIT Press.
- Benassy, J. P., 1998. "Is There Always Too Little Research in Endogenous Growth with Expanding Product Variety?" *European Economic Review*. 42: 61-69.
- Benhabib, J. and R. E. Farmer, 1994. "Intermediacy and Growth," *Journal of Economic Theory*. 63: 19-41.
- 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.
- Bovenberg, A. L. and S. Smulders, 1996. "Transitional Impacts of Environmental Policy in an Endogenous Growth Model," *International Economic Review*. 37: 861-893.
- Brendemoen, A. and H. Vennemo, 1994. "A Climate Treaty and the Norwegian Economy: A CGE Assessment," *Energy Journal*. 15: 77-93.
- Brock, W. and M. Taylor, 2010. "The Green Solow Model," *Journal of Economic Growth*. 15(2): 127-153.
- Bucci, A., 2005. "An Inverted-U Relationship between Product Market Competition and Growth in an Extended Romerian Model," *Rivista di Politica Economica*. 95: 177-205.
- Bucci, A. and C. P. Parello, 2009. "Horizontal Innovation-Based Growth and Product Market Competition," *Economic Modelling*. 26: 213-221.

- 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.
- Considine, T. J., 2001. "Mark-up Pricing in Petroleum Refining: A Multiproduct Framework," *International Journal of Industrial Organization*. 19: 1499-1526.
- Domowitz, I., R. G. Hubbard, and B. C. Peterson, 1988. "Market Structure and Cyclical Fluctuations in US Manufacturing," *Review of Economics and Statistics*. 70: 55-66.
- Gottinger, H. W., 1999. "Crime, Control and Environmental Policy: The Case of Hazardous Wastes," *Metroeconomica*. 50: 1-33.
- Hall, R. E., 1986. "Market Structure and Macroeconomic Fluctuations," *Brookings Papers on Economic Activity*. 2: 285-322.
- Hartwick, J. M., 1977. "Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources," *American Economics Review*. 67(5): 972-974.
- Haruyama, T. and J. I. Itaya, 2006. "Do Distortionary Taxes Always Harm Growth?" *Journal of Economics*. 87: 99-126.
- Jones, C. I., 1995. "R&D-based Models of Economic Growth," *Journal of Political Economy*. 103: 759-784.
- Jung, C., K. Krutilla, and R. Boyd, 1996. "Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: An Evaluation of Policy Alternatives," *Journal of Environmental Economics and Management*. 30: 95-111.
- Lucas, R. E., 1990. "Supply-Side Economics: An Analytical Review," *Oxford Economic Papers*. 42: 293-316.
- Murphy, J. and A. Gouldson, 2000. "Environmental Policy and Industrial Innovation: Integrating Environment and Economy through Ecological Modernization," *Geoforum*. 31(1): 33-44.
- Rivera-Batiz, L. A. and P. M. Romer, 1991. "Economic Integration and Endogenous Growth," *Quarterly Journal of Economics*. 106: 531-555.
- Romer, P. M., 1987. "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization," *AEA Papers and Proceedings*. 77: 56-62.

- Romer, P. M., 1990. "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*. 98: S71-S102.
- Schneider, K., 1997. "Involuntary Unemployment and Environmental Policy: The Double Dividend Hypothesis," *Scandinavian Journal of Economics*. 99: 45-59.
- Solow, R. M., 1986. "On the Intergenerational Allocation of Natural Resources," *Scandinavian Journal of Economics*. 88: 143-154.
- Stokey, N. L. and S. Rebelo, 1995. "Growth Effects of Flat-Rate Taxes," *Journal of Political Economy*. 103: 519-550.
- Thompson, M., 2008. "Complementarities and Costly Investment in a Growth Model," *Journal of Economics*. 94: 231-240.
- Turnovsky, S. J., 1995. *Methods of Macroeconomic Dynamics*. Cambridge: 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.
- Zeng, J. and J. Zhang, 2007. "Subsidies in an R&D Growth Model with Elastic Labor," *Journal of Economic Dynamics and Control*. 31: 861-886.

附 錄

附錄 1 資源限制式（商品市場均衡條件）之推導

由政府預算限制式(25)，與家計單位預算限制式(27)，我們可推得：

$$p_A \dot{A} + \dot{K} = (p_A A + K)r + wL - C - (s\eta \dot{A} - A_{un}) \quad (A-1)$$

又因為 $p_A \dot{A} = (1-s)\eta \dot{A}$ 、 $rp_A A = A\bar{\pi}$ 、 $rK = Ark$ 、 $wL = (1-\alpha)Y$ ，因此式 (A-1) 成為：

$$\eta \dot{A} + \dot{K} = A\bar{\pi} + Ark + (1-\alpha)Y - C + A_{un} \quad (A-2)$$

將式(11)等號兩邊同乘 A 得：

$$A\bar{\pi} = A\bar{p}\bar{x} - A(rk + un) - M \quad (A-3)$$

再由式(2)推得最終財廠商利潤極大的一階條件（ π_Y 對 x_i 偏微分）為：

$$\alpha Y = \int_0^A p_i x_i di = A\bar{p}\bar{x}, \quad \forall i \quad (A-4)$$

將式(A-3)、式(A-4)帶入式(A-2)即可推得資源限制式(商品市場均衡條件)為：

$$Y = \eta \dot{A} + \dot{K} + C + M \quad (A-5)$$

附錄 2 不考慮污染、環境以及 R&D 部門的補貼等因素時的成長率

當不考慮污染、環境以及 R & D 部門的補貼等因素時，本文的 $\phi=1$, $\beta=0$, $\tau=0$, $s=0$ ，此時實質利率式(23)成為：

$$r = \left[\frac{L}{\eta} (1 - \alpha) \alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}} \right]^{1-\alpha}$$

此與 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 模型的結果相同。再將此實質利率帶入式(39)，則可得到與 Rivera-Batiz 與 Romer (1991) 模型相同的經濟成長率。

附錄 3 社會福利之推導

社會福利函數(Ω)為：

$$\begin{aligned}\Omega &= \max \int_0^{\infty} \left[\frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \iota \frac{Q^{\lambda(1+\omega)}}{1+\omega} - \chi \frac{L^{1+\psi}}{1+\psi} \right] e^{-\rho t} dt \\ &= \frac{1}{1-\sigma} \left[\frac{C_0^{1-\sigma}}{\rho-(1-\sigma)g^e} - \frac{1}{\rho} \right] - \frac{\iota Q^{\lambda(1+\omega)}}{\rho(1+\omega)} - \frac{\chi L^{1+\psi}}{\rho(1+\psi)}\end{aligned}\quad (C-1)$$

其中 C_0 為期初消費，為了使 Ω 為有限值，我們限定 $\rho - (1-\sigma)g^e > 0$ 。Zeng 與 Zhang (2007) 稱此為「終端條件」(the transversality condition)。再由式(32)與式(39)我們可得到：

$$g^e = g_A = \frac{1}{\eta+k} \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - \frac{C_0}{A_0} - (1+\tau)un \right]$$

其中 A_0 為技術水準的期初值，為前定變數 (pre-determined variable)，是一個定值。因此我們得到 C_0 如下：

$$C_0 = A_0 \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - g^e (\eta+k) - (1+\tau)un \right] \quad (C-2)$$

將式(C-2)帶入式(C-1) 我們即可得到社會福利函數(Ω)為：

$$\Omega = \frac{1}{1-\sigma} \left\{ \frac{\left\{ A_0 \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - g^e (\eta+k) - (1+\tau)un \right] \right\}^{1-\sigma}}{\rho-(1-\sigma)g^e} - \frac{1}{\rho} \right\} - \frac{\iota Q^{\lambda(1+\omega)}}{\rho(1+\omega)} - \frac{\chi L^{1+\psi}}{\rho(1+\psi)} \quad (C-3)$$

附錄 4 $d\Omega/d\tau$ 的推導

因為 g^e 是 s 與 τ 的函數，而社會福利又是 g^e 的函數，因此由式(C-2)與式(C-3)我們可推導出：

$$\begin{aligned}\frac{d\Omega}{d\tau} &= \frac{1}{\Delta^2} \left\{ -\Delta C_0^{-\sigma} A_0 \left[(\eta + k) \frac{dg^e}{d\tau} + un \right] + C_0^{1-\sigma} \frac{dg^e}{d\tau} \right\} - \frac{\iota\lambda}{\rho} \widehat{Q}^{\lambda(1+\omega)-1} \cdot \frac{d\widehat{Q}}{d\tau} \\ &= \frac{1}{\Delta^2} C_0^{-\sigma} A_0 \left\{ \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - g^e(\eta + k) - (1 + \tau) un - \Delta(\eta + k) \right] \frac{dg^e}{d\tau} - un\Delta \right\} + \frac{\iota\lambda}{\rho\tau} (u\tau\delta)^{-\lambda(1+\omega)}\end{aligned}$$

式中 $\Delta = \rho - (1 - \sigma)g^e > 0$ ，因此 $g^e + \Delta = \rho + \sigma g^e = r$ （由式(39)），將此結果帶入上式，我們可得到：

$$\begin{aligned}\frac{d\Omega}{d\tau} &= \frac{1}{\Delta^2} C_0^{-\sigma} A_0 \left\{ \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - (\eta + k)r - (1 + \tau)un \right] \frac{dg^e}{d\tau} - un\Delta \right\} + \frac{\iota\lambda}{\rho\tau} (u\tau\delta)^{-\lambda(1+\omega)} \\ &= \frac{1}{\Delta^2} C_0^{-\sigma} A_0 \left\{ \left[L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - \left(\eta + \frac{1+\tau-\phi\tau}{\phi} k \right) r \right] \frac{dg^e}{d\tau} - \frac{(1-\phi)rk}{\phi} \Delta \right\} \\ &\quad + \frac{\iota\lambda}{\rho\tau} (u\tau\delta)^{-\lambda(1+\omega)}\end{aligned}\tag{D-1}$$

式(D-1)中 $L^{1-\alpha} \bar{x}^\alpha - [\eta + k(1 + \tau - \phi\tau)/\phi]r$ 與 $dg^e/d\tau$ 皆可能為正也可能為負，因此我們較難直接判定式(D-1)是正是負的條件。

附錄 5 近年來的「綠色國民所得帳」

經環境影響調整之綠色國民所得－環境與經濟綜合帳

單位：百萬元

| | 98 年 | 99 年 | 100 年 |
|--------------------|------------|------------|------------|
| 一、國內生產毛額 (GDP) a | 12,481,093 | 13,552,099 | 13,674,346 |
| 二、自然資源折耗 b1 | 17,602 | 18,193 | 17,819 |
| 三、環境品質質損 b2 | 65,375 | 66,175 | 60,908 |
| 四、折耗及質損合計 b1 + b2 | 82,977 | 84,368 | 78,727 |
| 占 GDP 比率 (%) | 0.66 | 0.62 | 0.58 |
| 五、綠色 GDP (a-b1-b2) | 12,398,116 | 13,467,731 | 13,595,619 |

資料來源：行政院主計處 (2011)。

Environmental Protection Policy and the R&D Subsidy: Application of R&D Endogenous Growth Model

Chung-Yuan Kuo^{*}, Shih-Wen Hu^{**}, and Vey Wang^{***}

This paper integrates the R&D-based model with environmental protection, and sets the intermediate goods sectors as monopolistically competitive and as polluting industries. The government sector has two policies. One policy is to tax polluters, the intermediate goods sectors, for their pollution inputs to finance pollution prevention. The other policy is to impose a lump-sum tax on households to partially finance the subsidy expenditure for the R&D sector. This paper discusses how the two policies affect the economic growth rate and welfare. By comparative-static and numerical simulation analysis, we find that taxing polluters to finance pollution prevention will improve environmental quality. Moreover, there exists an “optimum pollution tax rate for economic growth” and an “optimum pollution tax rate for welfare” to maximize the economic growth rate and welfare, respectively. On the other hand, raising the R&D subsidy rate is helpful for increasing the economic growth rate. Furthermore, there exists an optimum R&D subsidy rate to maximize welfare.

Keywords: Pollution Tax, R&D-Based Model, Externality, Social Welfare

^{*} Ph.D. Candidate, Department of Economics, Feng Chia University.

^{**} Professor, Department of Economics, Feng Chia University and Department of Finance, Ling Tung University. (Corresponding Author)

^{***} Professor, Department of Economics, Feng Chia University.

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

