

探討產業減污之經濟衝擊與河川品質改善 —可計算一般均衡模型之應用*

馮君君**

論文接受日期：89年3月8日

摘要

產業在生產的過程中排放大量廢棄物或污染物至環境媒體(Environmental Media)如空氣、水、及土地等，其對環境品質之威脅，隨著產業密集程度持續提高，與日俱增。由於產業所產生的污染為環境品質惡化的主要原因之一，產業減污已被認為是改善環境品質的一項重要策略。然而，值得注意的是，藉由實施產業減污策略以改善環境品質時，很可能會對一地區經濟活動產生一般均衡效果 (General Equilibrium Effects)。而且，此經濟衝擊中可能包括環境品質改善後對人類活動之經濟效益。

本研究以臺灣地區為個案，利用一般均衡分析 (General Equilibrium Analysis) 架構為基礎，聯結可計算一般均衡模型與環境品質模型，探討課徵產業排污費 (Pollutant Emission Charges) 對經濟及河川水質之影響。並且以產業廢水中因含高濃度的總溶解固體 (Total Dissolved Solids)，致承受河川水體或農業灌溉水鹽度過高，而影響水稻田生產力為例，在模型中考量環境品質回饋效果對產業生產力之影響。本文分析層面包括：

- (1) 探討課徵排污費對各產業部門產品與價格之影響；
- (2) 分析課徵排污費對總體經濟重要指標值之影響；
- (3) 推估課徵排污費在短期內對河川污染之改善情形；以及
- (4) 估算河川水質改善後對經濟活動產生之回饋效益。

關鍵詞：可計算一般均衡模型，環境品質回饋效果，排污費。

* 感謝兩位匿名審稿委員所提供之寶貴意見，使本文之架構及內容能更臻完善。文中如有任何錯誤或遺漏，仍由作者自行負責。

**作者為國立臺北大學公共事務學院地政學系副教授。

Emission Charges, Economic Impacts, and Water Quality Improvement - A CGE Approach

Jiun-Jiun Ferng

ABSTRACT

Industrial pollution is one of the major reasons for environmental deterioration. Imposing emission charges to reduce industrial pollutant emissions has been seen as an important approach to improve environmental quality. However, imposing emission charges on production activities may have general equilibrium effects on an economy because of the inter-relationships among economic sectors. In addition, the economic effects may include the benefits to an economy as a result of environmental quality improvement.

The current paper proposes an analytical framework in which a computable general equilibrium model was linked with two environmental models to examine the economic impacts of water pollutant emission charges on the economy and water quality in Taiwan.

The results of policy simulations show: (1) the percentage changes in sectoral output volumes and prices under alternative emission charge rates; (2) the estimated impacts of emission charges on selected macro economic variables; (3) the estimated short-term direct effects of emission charges on water quality improvement; and (4) the feedback effects of water quality improvement on the economy.

Keywords: Computable General Equilibrium Model; Environmental Feedback Effects; Pollutant Emission Charges.

一、序 言

產業在生產過程中排放大量廢棄物至環境媒體(Environmental Media)如空氣、水、及土地等，其對環境品質之威脅，隨著產業密集程度持續提高，與日俱增。由於產業所產生的污染為環境品質惡化的主要原因之一，產業減污已被認為是改善環境品質的一項重要策略。然而，值得注意的是，實施產業減污策略改善環境品質時，很可能會對一地區經濟活動產生一般均衡效果 (General Equilibrium Effects)。以產業部門為例，即除了影響污染性產業產品產量及價格外，亦會影響非污染性

產業產品產量與價格。

產業減污策略之所以會對一地區經濟造成全面性的影響，主要是因為產業生產過程中所產生污染物之數量與許多生產因素有關。諸如：生產技術、產量、產品特性、以及原料品質等。是故，執行產業減污策略，必然直接地影響污染性產業產品產量與價格，而後再經由產業部門間“投入產出”之生產關係以及市場運作機能，間接地影響非污染性產業以及其他經濟活動如消費、儲蓄、及投資等。這些層面的影響及其程度，可能表現在經濟成長延緩、頓挫等負面效果。因此，政府部門在研訂產業減污策略目標與策略手段(Policy Instruments)前，宜檢視該項策略對經濟活動之衝擊層面及其影響程度。

產業減污策略對經濟活動之衝擊層面與程度，常因各地區產業結構、策略手段、以及生產要素替代彈性不同，而有所差異。舉例而言，臺灣地區產業結構係以小規模生產單元為主體。因此，產業減污策略對其產生之衝擊程度，可能較大於以大企業規模為主體者。此現象可能於採用課徵排污費(Pollutant Emission Charges)時更為明顯，因為採用課徵排污費的主要動機之一，是藉由環境使用成本—即產業部門將生產過程中產生的污染物排放至環境媒體所應支付的費用，納入市場價格體系，以期引發相當的經濟誘因(Economic Incentives)，誘使產業改採較具環保的生產技術或污染防治設備，減少污染物的產生與排放。惟為了使課徵排污費引發相當程度的經濟誘因，其所研訂的費率，可能在短期內對小規模廠商造成極大的衝擊，因為生產技術的升級或污染防治設備的運轉使用，對小規模廠商負擔通常較大。為了避免排污費課徵在引發具體環保成效前，已經對經濟造成嚴重的蹉跌，有必要從短期角度，分析及推估此項產業減污策略手段所引發之經濟成本。此外，在探討經濟層面之影響時，亦應考量環境品質改善後，對經濟活動有利的回饋效益。同時，在另一方面，亦應分析該項策略手段對改善環境品質之成效。

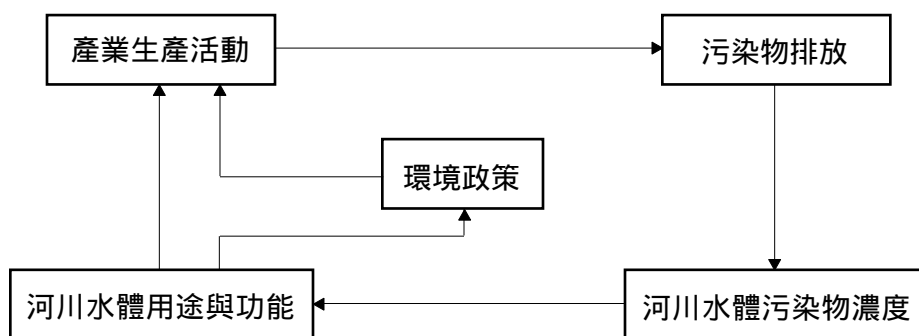
本研究以臺灣地區為例，探討課徵產業排污費對經濟及河川水質之影響。為了在研究上涵蓋上述所論及之影響層面，本研究以一般均衡分析(General Equilibrium Analysis)為基礎，建立「經濟—環境整合模型」，從短期角度，進行研究分析。

二、研究分析架構

本研究建立一個結合經濟模型與環境模型之分析架構，探討環境政策對經濟活動之衝擊，以及推估該項環境政策實施對減輕河川污染程度之績效。本文探討經濟活動之範疇，以產業產品與產量為主要對象；河川水質方面則以「總溶解固體(Total Dissolved Solids)」乙項水質參數為依據。

(一) 聯結經濟模型與環境模型之研究論點

一般而言，環境政策可以影響經濟與環境系統間之互動性(良性互動或惡性互動)及互動程度。以產業廢水污染河川水體為例，產業生產活動、河川水質、及環境政策三者間之關係可由圖一略表之。產業生產活動產生大量殘餘物或污染物，其中有一部分排放到河川水體。當進入河川之污染物



資料來源：Ferng (1996)

圖一 產業生產活動、河川水質及環境政策關係示意圖

在水中的濃度超過某一數值後，會影響河川水體之用途與功能，產生負面之影響。由於河川水體具有多項經濟生產用途，如供灌溉用與工業用，因此河川水質惡化，除了增加產業生產所需用水之處理成本或取得成本，也可能降低產業生產力。

此外，河川污染問題嚴重時，將影響環境政策之研訂與執行，例如產業減污策略在目標上的重新調整：調高排污費之費率。一般而言，產業減污策略之執行，可能會影響產業產品之產量與價格，致延緩經濟成長，此可視為環境保護之經濟成本。然而，從另一個角度來看，執行減污策略，有助於減少污染物之排放，降低河川污染程度。在河川水質改善後，對降低產業生產之用水成本、或提高產業生產力，從經濟層面而言，均可視為經濟效益。此項效益，本研究稱之為「良性的環境品質回饋效果(Beneficial Environmental Feedback Effects)」。

鑑於上述有關產業生產活動、河川水質、及環境政策間之互動關係，本研究嘗試建立一個「經濟 - 環境整合模型」，推估產業減污策略對一地區經濟可能產生之影響，以及評估該地區河川污染改善效果。其中，在分析經濟衝擊之層面上，本研究除了推估產業減污策略可能造成之經濟成本外，亦期將河川水質改善後對經濟活動之效益—即「良性的環境品質回饋效果」，一併納入數量分析。為了達到此一研究目的，可行方式之一是將經濟模型與環境模型加以聯結，進而整合於一。

本研究建議聯結經濟模型與環境模型之研究架構的基本論點，可由圖一所示之關聯性，予以說明。基本上，有關執行產業減污策略所引發之經濟成本及對污染物排放總量之影響，可應用經濟模型如可計算一般均衡模型(Computable General Equilibrium Model；以下簡稱CGE模型)，進行預測。近年來已有不少經濟學者應用此一模型探討產業減污策略對經濟成長之影響，以及推估污染物排放總量之增減(Sortle and Willett, 1986; Hasilla and Kopp, 1990; Boyd and Uri, 1991; Nestor and Pasurka Jr, 1995)。然而，經濟模型在環境問題之探討上，往往僅限於推估污染物排放總量之增減，無法進一步分析污染物在環境媒體如空氣、水中之濃度；而這項濃度數值之推估，卻是探討環境政策改善環境品質之成效時所必需的。因為環境品質是以污染物濃度數值為量度依據，而非污染物總量。污染物濃度，除與污染物排放量有關外，亦與污染源之地理區位及環境媒體特性有關。因此，產業活動排放污染物至河川水體，其污染程度須利用水污染推估模型估算。

為將「良性的環境品質回饋效果」納入經濟衝擊分析中，除了須推估河川污染物濃度外，亦須瞭解該項污染物對河川水體在產業生產方面之影響。例如，依據研究顯示農作物產量會間接地受到灌溉水中鹽度高低之影響(Kneese and Bower, 1984; Dinar, et al., 1991; Prendergast, 1993)，而灌溉水溶解性鹽類來源之一是產業廢水中所含之總溶解固體 (Total Dissolved Solids)。藉由應用這方面相關研究之成果，即可評估河川水質改善對農業生產之經濟效益，並透過在經濟模型中已建立的各種產業間關聯性，進一步分析這項效益對於其他產業活動所產生之波及效益。

由上述討論可以發現：估算課徵排污費後河川水體污染濃度，以及在分析環境政策之衝擊分析中考量河川水質改善所產生之經濟效益，均有賴於以聯結經濟模型與環境模型的方式達成。

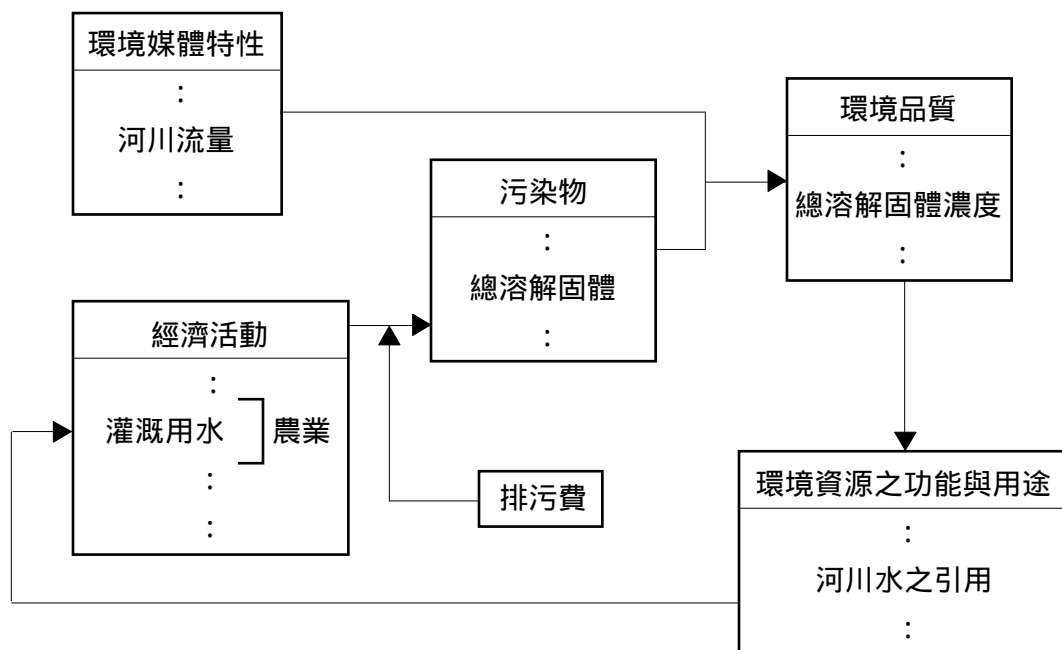
(二) 研究系統範圍及組成因素關係之建立

產業活動與河川水質之關係，是非常複雜且廣泛的。產業生產過程中產生許多種類的污染物，其中一部分經由廢水排放進入河川水體，直接地影響河川水質；有些則是經由其他環境媒體，再間接地影響河川水質。一般而言，河川水質之評估包括多項水質參數 (Water Quality Parameters)，如生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand)、總懸浮固體 (Total Suspended Solids)、總溶解固體 (Total Dissolved Solids) 等，且每一項水質參數對產業生產之影響，往往各有其影響層面與重要程度 (Tihansky, 1975)。本研究選擇總懸浮固體 (以下簡稱 TDS) 乙項水質參數進行分析。選擇此項水質參數的主要考量有三：(1) TDS 為不易生化分解之污染物，較易估算水體的污染程度；(2) 臺灣地區農田已受到灌溉水中高鹽度之影響，致產量下降、甚至喪失農田生產力；以及 (3) 有一些探討水稻產量與灌溉水中鹽度關係之基礎量化研究。

本研究主要目的之一，係強調聯結經濟模型與環境模型，在探討環境政策之經濟衝擊、及評估環境品質改善成效上的適切性。因此，本研究在界定研究系統範圍及組成因素關係上，均做了相當程度的簡化，以突顯研究分析重點與提高模型可操作程度。

依據前述產業活動與河川水質之關係，本研究界定研究系統範圍及組成因素關係如圖二所示。本研究選擇總溶解固體 (Total Dissolved Solids；以下簡稱 TDS) 為代表性之水質參數，其在河川水體中的濃度數值，表示河川污染程度。由於 TDS 之組成多為不易分解物質，故其在河川水體中的濃度，僅受污染物數量與河川流量的影響。為簡化起見，本研究假設河川水體中 TDS 含量來自產業廢水、以及河川水體中天然俱有的，尚不考慮其他來源，如地表逕流、家庭污水等。

有關環境系統對於經濟生產活動之貢獻，本研究僅以河川引用水代表，並假設此項引用水之用途為農田灌溉。當河川水體中含有大量 TDS，其所含溶解性鹽類隨之增加，因而提高灌溉水鹽度。在某些條件下，受灌溉農田的土壤飽和水鹽度會因而增加，當土壤飽和水鹽度超過某一臨界值時，會對農作物生產造成負面影響，如產量減低 (Mass and Hoffman, 1977; Kneese and Bower, 1984；行政院農業委員會，1995)。本研究以下所稱河川水質或灌溉水質時，僅指水體中有關 TDS 濃度的情形，不包括其他水質參數；本文以灌溉水鹽度影響農作物產量增減，代表河川水質良窳對產業活動之效益或成本。此外，本研究假設課徵排污費 (Pollutant Emission Charges) 為環境政策之策略手段



資料來源：Feng(1996)

圖二 研究系統範圍及組成因素關係示意圖

(Environmental Policy Instrument)。課徵排污費之對象，為所排放之產業廢水中含有高濃度 TDS 的產業生產者；課徵費率則是以生產單位產品排放廢水中 TDS 數量為計算依據。

(三) 模型建構：「經濟 - 環境整合模型」

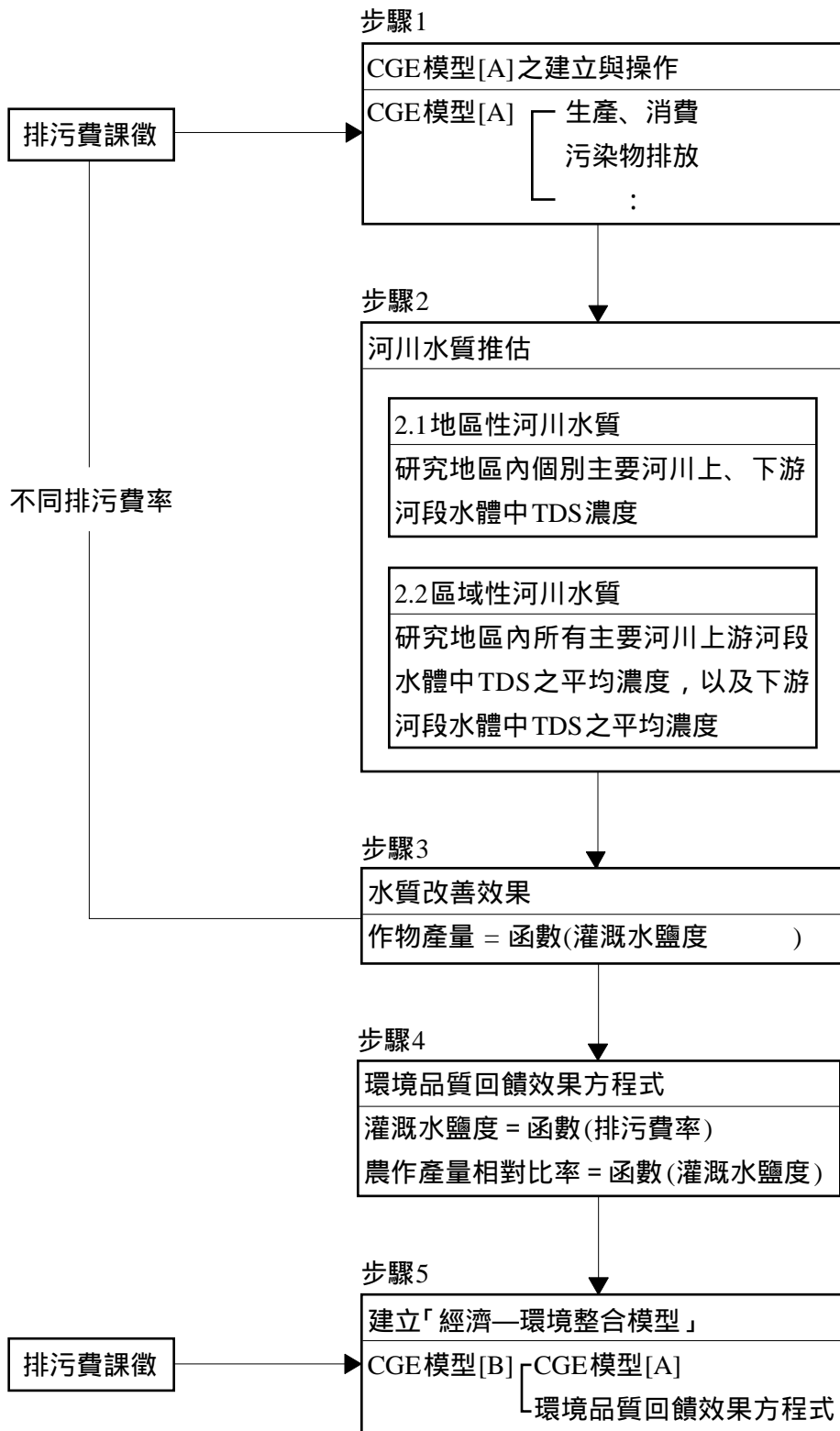
本節說明建立「經濟 - 環境整合模型」之程序(參見圖三)，並簡要說明所採用之經濟模型與環境模型之內涵。

本研究採用靜態的「可計算一般均衡模型」(以下簡稱 CGE 模型)，分析課徵產業排放 TDS 之費用，在短期間，對一地區經濟可能產生之影響，以及推估其所導致 TDS 排放量之變動。至於本研究所採用之環境模型包括：(1)推估河川水體中不易分解污染物(Conservative Pollutants)濃度之水污染模型；以及(2)描述農作產量與灌溉水質關係之方程式。

茲將建立聯結上述 CGE 模型與二個環境模型並進而整合於一之步驟，分述於下：

步驟1：CGE 模型[A]之建立與操作

一般而言，CGE 模型之基本方程式體系包括：價格方程式、產量方程式、所得與儲蓄方程式、消費方程式、以及市場均衡條件方程式。本步驟依據研究目的先建立 CGE 模型 [A](參見附錄表 A-1 方程式 [1] - [44])，其中有關模型之基本方程式，大部分係採用 Devarajan, Lewis, and Robinson (1991)，以及周濟與金慶平(1994)之研究，再依本研究目的予以修改。至於有關課徵排污費、估計區域性 TDS 排放量、以及政府如何使用課徵排污費所得收益等之方程式，則係本研究所建立。因考



圖三 「經濟—環境整合模型」建構程序

量文章結構上的安排，本文將CGE模型[A]及擴充後之模型[B]的方程式組、各方程式之意義、以及方程式中符號的說明，列於附錄。茲簡述有關模式封閉法則 (Model closure)：在生產要素市場方面，採用勞力與資本供給量為固定，由模式決定生產要素需求及其平均報酬，再利用扭曲參數(Distortion Coefficients)反映部門間生產要素報酬實際上的差異；在政府方面，假設政府實際消費是固定，而藉由政府儲蓄予以調整。在貿易平衡方面，本研究假設匯率固定，由模式決定國外儲蓄；至於投資與儲蓄方面，則採用由儲蓄決定投資額的封閉法則。此外，以生產者價格複合指數為比較基準(Numeraire)。CGE模型之求解，係利用 GAMS 電腦程式軟體 (General Algebraic Modeling System)。至於模型校準工作，是利用基期資料進行運算，視模型所求解的內生變數數值是否與基期輸入值相等，若相等則表示模型系統方程式沒有問題，可據以進行政策模擬。

本文在CGE模型 [A] 中加入產業區位關係：位於上游集水區或下游集水區之產業生產單位，因此從CGE模型 [A] 之模擬分析結果，可看出在某一設定排污費率下，位於上游集水區與下游集水區污染性產業各排放多少 TDS。

步驟2：河川水質推估

本步驟推估二種地區尺度之河川水質：地區性尺度 (Local Scale)與區域性尺度 (Regional Scale)。前者本文稱「地區性河川水質(Local Water Quality)」；後者則稱之為「區域性河川水質(Regional Water Quality)」。地區性河川水質係反映研究地區內個別主要河川之上、下游河段水體中 TDS 濃度；區域性河川水質則為研究地區所有主要河川上游河段水體中 TDS 之平均濃度，以及所有主要河川下游河段水體中 TDS 之平均濃度。

推估地區性河川水質之目的，係為反映各條主要河川水質改善情形。一般而言，河川水體特性如流量、流速等，常因地區而異，因此各條河川水體之涵容能力不盡相同。此外，污染性產業在空間區位上亦非均勻散佈，因此，一條河川各河段水體因產業廢水排放而受污染之程度，將隨地區而異。是故，有必要推估個別河川及其不同河段水體之水質狀況。

關於污染性產業所排放至各主要河川上、下游河段之 TDS 推估，本研究係先計算各種產業部門在各縣市鄉鎮分佈之比例，再據以分派由步驟 1 所計算之 TDS 排放量。這組分派比例值，係依據臺灣地區最近工商業與農林漁牧業普查資料 (行政院主計處，1992、1993) 計算所得。

在求得排入各主要河川上游河段之 TDS 單位量後，除以各該條河川上游河段河水流量，再加上河川水體中天然俱有的 TDS 濃度，即為各條河川上游河段之地區性河川水質。至於各條河川下游河段之地區性河川水質，則是將各主要河川下游河段水體中 TDS 含量(包括分別排入河川上、下游河段之 TDS 及水體中天然俱有的 TDS 量)，除以各該條河川下游河段河水流量。

至於區域性河川水質之推估，則是計算所有主要河川上游河段水體中 TDS 之平均濃度，及下游河段水體中 TDS 之平均濃度。這項區域性河川水質，將於下一步驟用來分析河川水質對農作產量之影響。

步驟3：河川水質改善效益

本研究採用因灌溉水中鹽分降低而增加農作產量之效益，代表河川水質改善後對產業生產之直

接性效益。依據國立臺灣大學農業工程學系水稻盆栽實驗結果，臺灣地區水稻產量與灌溉水鹽度關係式為： $Y = 24.09 - 0.0032 \text{ ECIW}$ (行政院農業委員會，1994)。其中Y代表水稻產量，ECIW代表灌溉水鹽度(以導電度^{註1}衡量單位：micromhos / cm)。基本上，這項迴歸方程式之應用，必須滿足一些地區性土壤條件，因此本研究在分析上作了幾項研究假設。例如：假設該實驗所使用之土壤可代表研究地區灌溉農田之土壤特性，以及研究地區灌溉農田土壤飽和水鹽度已接近農作物對鹽分之容忍值。

步驟4：環境品質回饋效果方程式

將步驟3所推估之河川水質改善效益納入CGE模型之方程式體系中，可行的方式之一，是找出二種關係式：(1)灌溉水鹽度與排污費率之關係，以及(2)農作產量相對比率^{註2}與灌溉水鹽度之關係。茲利用線性迴歸方程式推估，即：

$$[45] \quad \text{ECIW} = a_1 + (b_1 \times \text{tp})$$

$$[46] \quad \text{YY} = a_2 + (b_2 \times \text{ECIW})$$

方程式 [45] 為描述排污費率(tp)與灌溉水鹽度(ECIW)間之線性關係。方程式 [46] 則描述灌溉水鹽度 (ECIW) 與農作產量相對比率(YY)之線性關係。推估變數YY之目的有二：一為反映河川水質改善後對農業部門之直接效益；二為藉以推估河川水質改善對其他產業部門與經濟活動如消費、儲蓄等之波及效益。推估此項波及效益之方法，將於步驟 5 說明之。

有關建立前述二條線性迴歸方程式所需之資料，係依據不同排污費率，重覆操作步驟 1-3 所得之模擬結果，即：

	費率	TDS濃度	灌溉水鹽度	作物產量	產量相對比率
基期	tp_0	TDSC_0	ECIW_0	Y_0	$\text{YY}_0 = Y_0/Y_0$
模擬策略1	tp_1	TDSC_1	ECIW_1	Y_1	$\text{YY}_1 = Y_1/Y_0$
	:	:	:	:	:
模擬策略i	tp_i	TDSC_i	ECIW_i	Y_i	$\text{YY}_i = Y_i/Y_0$

因此，利用上述資料進行迴歸分析，可推估係數 a_1 、 a_2 、 b_1 、及 b_2 。

步驟5：建立「經濟—環境整合模型」：CGE模型 [B]

此步驟係在整合經濟模型(即CGE模型 [A])與二個環境模型之分析結果(即步驟4推估之方程式 [45] 與 [46])。此項整合，除了直接將方程式 [45] 與 [46] 併入CGE模型 [A] 外，另一項工作是依照下述方式將CGE模型 [A] 中農業部門生產函數之「移動係數(Shift Parameter)」做適度的調整^{註3}，以

註1. 水體導電度與水體TDS濃度具有相關性，惟此關係常因區域而異。依據作者個人訪談臺灣大學農業工程學系徐玉標教授得之：臺灣地區適用的水體中TDS濃度與水體導電度之換算關係為： $0.625 \text{ ppm} = 1 \text{ micromhos/cm}$ 。

註2. 農作產量相對比率 = 施灌較低鹽度灌溉水之農作產量 / 施灌較高鹽度灌溉水之農作產量。

註3. Cobb-Douglas 生產函數 $Y = a K^{\alpha} L^{\beta}$ 中，移動係數“a”可解釋為除勞動力(L)及資本(K)外其他生產因素對產量影響之綜合表現。本研究即以調整移動係數a之數值，反映灌溉水質對農業生產之影響。

使河川水質改善後對其他產業部門與經濟活動之波及效益，可在CGE模型結構方程式中反映出來。

$$XX_{is} = axx_i^* \times KK_{is}^{1-(i)} \times LL_{is}^{(i)} \quad i = 1(\text{農業部門})$$

$$axx_i^* = axx_i \times YY \quad i = 1(\text{農業部門})$$

依上述方式整合後之模型，本研究稱之為CGE模型[B]，以區別步驟1之CGE模型[A]。CGE模型[B]之方程式體系以及意義，請參附錄。接著，本研究即應用CGE模型[B]，進行政策模擬分析，探討不同排污費率對經濟之影響程度。此項經濟衝擊分析之研究中，即包括了河川水質改善後對經濟系統之直接效益與波及效益。此外，比較CGE模型[A]與CGE模型[B]之模擬分析結果，可計算出河川水質改善後所引發之經濟效益。

四、模擬結果分析討論

在進行模擬結果分析討論之前，先提出五項要點，作為論述本研究模擬結果之前提條件。首先，本研究重點之一為提出如何在探討環境政策對經濟之衝擊程度時，將環境品質獲得改善所產生之經濟效益，一併納入評估分析，並以課徵產業排污費為例，說明如何建立此「經濟-環境整合模型」。至於找尋最佳費率則不在本文探討範圍。其次，本文所提出之模擬結果僅為初步成果，即仍有進一步修改之需要，以使研究分析模型更臻完備。例如，依據進一步有關資料修訂模型參數估計值，其中，尤以與估算產業污染物排放有關參數為最。第三項則是本研究模型係在許多研究假設下所構建的，其中大部分假設與簡化研究有關，有必要在後續研究中予以調整。第四項是本文建構之CGE模型係屬靜態模型，僅模擬政府課徵TDS排放費率之衝擊，對經濟產業部門產量及產品價格的影響程度，尚未考慮同時以改變投入產出係數的方式考量產業部門會因排放費的課徵而調整生產技術之可能，或是在模型架構中加入設置污染防治部門，以考量生產者會因TDS排放費過高，而自行處理廢水中的TDS。最後，第五項是排污費率之設定，本文僅選用每公斤TDS課徵1、5、10、以及14元四種情形，主要是因為費率範圍在0-14元/公斤時，模型才有可行解，亦即在模型可承受的衝擊程度範圍內，才能估算經濟體系組成份子的影響幅度。造成模型僅能模擬0-14元/公斤的費率範圍，可能原因是本模型在系統方程式中僅考慮由生產要素附加價值的價格(P_i^y)來吸收排污費的成本，而未考慮其他方式如設置污染防治部門^{註4}來承受排污費的衝擊。因此，當原經濟體系各方面條件不變的情形下，本文僅能模擬0-14元/公斤排放費率的衝擊。

本研究以臺灣地區作為應用所建立的「經濟—環境整合模型」之個案研究地區，分析層面包括：

1. 探討課徵排污費對各產業部門產品產量與價格之影響；
2. 分析課徵排污費對總體經濟重要指標值之影響；
3. 推估課徵排污費在短期內對河川污染之改善情形；以及

註4. 本文不考慮污染防治部門的設置，其主要原因是本文以TDS為討論的污染物質，而TDS處理成本依據國內紙廠處理鍋爐用水的成本估算，約需80元/公斤，費用極為昂貴，非工業廢水處理所能負擔，故在模型中不予以考量。

4. 估算河川水質改善後對經濟活動產生之回饋效益。

以下即就上述四個層面之模擬分析結果，分小節予以個別討論。

(一) 產業部門之經濟衝擊分析

模擬課徵TDS排放費對各產業部門產品產量與價格之影響分析結果，詳列如表一。此項模擬分析結果顯示，課徵排污費會對產業部門產生一般均衡效果，亦即對污染性產業^{註5}課徵TDS排放費，會同時影響污染性產業與非污染性產業部門產品產量與價格。由於排污費可視為一種使用者成本 - 即產業生產者排放污染物至環境媒體應當給付之費用。當這項費用納入市場價格體系時，可以預期

表一 產業部門之經濟衝擊分析

	基期	策略 I	策略 II	策略 III	策略 IV
排污費率(元 / 公斤)	0	1	5	10	14
產品價格(指數；%)					
農業	1.0000	(-0.0414)	(-0.2064)	(-0.4109)	(-0.5731)
畜牧	1.0000	(+0.2994)	(+1.4975)	(+2.9955)	(+4.1944)
林業及漁業	1.0000	(-0.0231)	(-0.1153)	(-0.2293)	(-0.3198)
食品及紙製品	1.0000	(+0.0663)	(+0.3315)	(+0.6636)	(+0.9296)
紡織	1.0000	(+0.1217)	(+0.6065)	(+1.2082)	(+1.6862)
金屬、化學及電子	1.0000	(+0.1053)	(+0.5255)	(+1.0492)	(+1.4669)
其他製造業	1.0000	(+0.0048)	(+0.0241)	(+0.0478)	(+0.0667)
服務業	1.0000	(-0.0404)	(-0.2015)	(-0.4012)	(-0.5597)
產品產量(千萬；%)					
農業	213.965	(-0.0986)	(-0.4889)	(-0.9254)	(-1.3427)
畜牧	145.578	(-0.1140)	(-0.5681)	(-1.1314)	(-1.5778)
林業及漁業	109.027	(+0.0202)	(+0.0981)	(+0.1899)	(+0.2587)
食品及紙製品	833.700	(-0.1039)	(-0.5170)	(-1.0281)	(-1.4328)
紡織	759.051	(-0.3898)	(-1.9084)	(-3.7196)	(-5.1041)
金屬、化學及電子	3302.562	(-0.0814)	(-0.4050)	(-0.8053)	(-1.1220)
其他製造業	1998.713	(+0.2398)	(+1.1846)	(+2.3348)	(+3.2317)
服務業	13491.622	(+0.0187)	(+0.0884)	(+0.1742)	(+0.2418)

註：括號"()"內數值表示與基期年變數值之變動百分比。

註5. 本研究依據所收集產業廢水中 TDS 濃度資料區分污染性與非污染性產業如下：

污染性產業：畜牧、食品及紙製品、紡織、以及金屬、化學與電子；

非污染性產業：農業、林業與漁業、其他製造業、以及服務業。

污染性產業部門產品價格將因此而相對地提高。例如：當污染性產業部門課徵排污費時，將造成其產品價格上升與產量下降的情形。由於模型中價格是反映相對價格的變動情形，因此，非污染性產業產品價格，相對而言，是呈現遞減狀態。由於本文以產業廢水中TDS為依據，視廢水中含有高濃度TDS者為污染性產業，包括畜牧、食品及紙製品、紡織、以及金屬、化學與電子等四個產業別；而廢水中TDS濃度較低者為非污染性產業，包括農業、林業與漁業、其他製造業、以及服務業四個產業別。因此，畜牧業因被課徵污染費率，故其價格隨排污費率遞增而呈現遞增狀態；而產業性質相近的農業、及林業與漁業，因在本文中視為非污染性產業，故其產品價格隨排污費率之增加而呈現遞減狀態。

除了產品價格波動外，由於市場供需機能運作，污染性產業部門產品產量可能會因價格上升而減少。另一方面，非污染性產業產品價格因未負擔排污費而相對降低，產量因此增加。此外，由於產業部門間具有密切關係，非污染性產業部門產品產量與價格上的變動，可能會從另一個方面影響非污染性產業部門產品產量與價格。例如表一有關非污染性產業部門，如農業部門及其他製造業，其均衡價格與產量的變動方向與其他非污染性產業部門不同。這個有趣現象的產生，即可能與產業間固定的投入產出結構有關。也就是說當市場達於均衡時，造成各產業部門產品價格與產量變動情形的主要力量，在本模型架構上來說，很可能是「供需法則」及「產業間固定的投入產出比例」。前者是當產業被課徵排污費時致產品價格上升，故需求量下降，例如表一呈現模擬結果中污染性產業（畜牧、食品及紙製品、紡織、以及金屬、化學與電子）隨排污費率遞增，其產品價格增加且產量下降的趨勢。另外，非污染性產業理應呈現相反的情形，但農業及其他製造業在模擬結果中卻表現例外。這例外情形的出現，極可能與「產業間固定的投入產出比例」有相當大的關係，由附表A-3的產業間投入產出係數表中，可以發現其他製造業生產1單位產值產品中需要污染性產業（紡織部門、以及金屬、化學與電子部門）0.25單位產值的產品作為中間投入。因此，當污染性產業因負擔排污費致產品價格上升時，亦同時增加其他製造業在生產原料上的成本，致使達於均衡時，其產品價格微幅增加，而非如同其他非污染性產業一樣是產品價格下降。同理，造成農業均衡產量下降而非上昇的原因，亦非常可能是受了「產業間固定的投入產出比例」的影響。從附表A-3的產業投入產出係數表來看，食品及紙製品部門生產1單位產值產品時，需要0.16單位的農業產品產值作為中間投入，僅次於其本身部門提供比例0.21。因此，當食品及紙製品的產量因排污費之課徵而下降時，按固定投入產出係數關係，必然降低對農業產品的需求量，而此影響力量可能遠大於非污染性產業因價格相對較低所造成產量需求增加的幅度，致使市場達於均衡狀態時，農業部門產品產量及價格呈現同一方向的變動。

此外，表一數據顯示變動情形為單調遞增或單調遞減，可能的原因是本研究僅考慮課徵排污費乙項外在衝擊，其影響方向非常可能只呈現單調遞增或單調遞減。除非在政策模擬分析上，同時考量其他外在衝擊力量，尤其是所同時考量的政策中，分屬正負影響的外在衝擊力量並且以不同衝擊程度搭配組合；或者是模型內部設定其他機制，使當排污費率達到某一程度時會調整生產製程技術。由於本模型僅以生產要素附加價值的價格(P_i^y)來承受排放費成本，比較不會出現「轉折點」的情形。

(二) 總體經濟指標值之變動

課徵排污費除了影響產業部門產品產量與價格外，對於其他經濟行為亦有若干程度之影響。這些層面的影響，可由表二所列幾項重要總體經濟指標值之變動反映出來。本文僅就家計所得 (Household Income)、私人消費 (Private Consumption)、及家計效用 (Household Utility) 三項指標值之變動及其可能原因，予以討論。

家計所得隨著課徵TDS排放費而減少，其可能原因是由於本研究模型在結構上，家計所得 (變數 $YINST_{h=2}$) 係受勞動所得 (變數YL) 及企業分配利潤 (變數DSTPRF) 二項變數之影響 (參見附錄表 A-1 方程式 [23])。而這二項變數則受產業部門產品產量變動之影響 (參見附錄表 A-1 方程式 [12]、[13]、[18]、及 [20])。因此當各產業部門產量增減時，影響勞動所得，又可能由於污染性產業產量對勞動

表二 總體經濟指標值之衝擊分析

	基期	策略 I	策略 II	策略 III	策略 IV
排污費率(元 / 公斤)	0	1	5	10	14
總體經濟指標(千萬元 ; %)					
家計收入	4057.655	(-0.0604)	(-0.3008)	(-0.5988)	(-0.8846)
家計儲蓄	739.752	(-0.0612)	(-0.3052)	(-0.6076)	(-0.8477)
企業儲蓄	90.360	(-0.0775)	(-0.3873)	(-0.7736)	(-1.0790)
政府儲蓄	201.516	(+1.4753)	(+7.3334)	(14.5596)	(20.2674)
政府收益	1057.511	(+0.2811)	(+1.3974)	(+2.7744)	(+3.8621)
外國儲蓄	-8.729	(-2.0621)	(-10.1959)	(-20.0710)	(-27.7466)
總儲蓄	1258.491	(+0.5775)	(+2.8572)	(+5.6364)	(+7.8087)
家計效用	698.864	(-0.0634)	(-0.3154)	(-0.6273)	(-0.8743)
實質GDP	5198.505	(+0.0092)	(+0.0450)	(+0.0871)	(+0.1188)
私人消費(千萬 ; %)					
農業	100.284	(-0.0389)	(-0.1506)	(-0.3011)	(-0.4208)
畜牧業	14.737	(-0.3596)	(-1.7575)	(-3.4607)	(-4.7839)
林業及漁業	74.467	(-0.0403)	(-0.2055)	(-0.4096)	(-0.5721)
食品及紙製品	454.404	(-0.1224)	(-0.6089)	(-1.2117)	(-1.6897)
紡織	92.047	(-0.2640)	(-1.3026)	(-2.5650)	(-3.5460)
金屬、化學及電子	211.584	(-0.1640)	(-0.8153)	(-1.6154)	(-2.2454)
其他製造業	372.960	(-0.0660)	(-0.3282)	(-0.6532)	(-0.9111)
服務業	1579.272	(-0.0208)	(-0.1044)	(-0.2083)	(-0.2910)

註：1. 括號“()”內數值表示與基期年變數值相較之百分比變動。

2. 外國儲蓄以美元計算。

所得之負面影響，大於非污染性產業產量對勞動所得之正面影響，致使家計所得隨著課徵TDS排放費而減少。

家計效用亦隨著課徵TDS排放費而降低，主要原因係本研究假設家計效用僅決定於私人消費水準。而私人消費水準在本研究假設固定消費份額之情形下，必然隨著家計所得降低而減少(附錄表A-1方程式 [34]及[35])。

此等模擬分析結果顯示課徵產業排污費會對經濟產生相當程度之負面影響。可能原因是本研究所建立之模型為靜態的，適合於分析短期影響層面與程度。因此，模擬分析結果僅表現短期之經濟衝擊，尚未以長期分析角度，考量因課徵排污費所得收益用於生產投資後提高產業生產力，以及河川水質改善對經濟生產活動之長期經濟效益，而這些層面的分析有助於緩和負面的經濟影響程度。因此，如能以長期觀點分析，可預期課徵產業排污費對經濟之負面影響程度，較短期性者為低。

(三) 河川水質改善情形

應用CGE模型進行有關環境污染課題方面之研究中，大部分的研究分析僅以污染物排放總量增減之推估結果，代表環境品質改善之成效。然而，環境品質係以排放污染物在環境媒體中的濃度為量度依據；因此，在探討產業減污策略之成效時，有必要考慮地區性環境媒體特性對污染物濃度估算之影響。為了涵蓋此一層面之分析，本研究依據產業之地理空間分佈，推估產業排放廢水至各主要河川上、下游河段之情形，再進一步地考量該河段水體之涵容能力，估算研究地區主要河川上、下游河段水體中TDS濃度並以其代表該河段水質狀況。此項模擬分析結果詳列於表三。

很明顯地，研究地區主要河川上、下游河段水體中TDS濃度值差距極大。例如，在未課徵排污費之前提下，各主要河川上、下游河段水體中TDS濃度值約在154.82 mg/l至2131.12 mg/l。這項極大的差距值証實在探討產業廢水排放致污染河川水體之研究時，如果沒有考慮產業在地理空間之分佈以及河川水體涵容能力在不同地區上所呈現之差異，則研究結果較難反映產業減污策略對河川水質改善之成效。

此外，從表三所列結果顯示：僅藉由課徵排污費以改善河川水質，在短期上，其改善效果是有限的。這項結果，可以依據本研究之模型架構及研究假設上，予以探討分析。第一，本研究模型為靜態模型，僅適用於分析短期的政策衝擊效果。因此，課徵排污費可能引起之長期性環保效果，則不在研究分析範圍內。例如，污染性產業因排污費之課徵，採用較具環保之生產技術而減少污染物之產生量，並不屬於本研究模型所涵蓋之範疇。本研究未作此方面的考量，主要是因為生產技術之汰舊換新通常是較不容易在短期內達成的。

第二，本研究模型中沒有考慮新設置污染防治部門，負責減少產業廢水中TDS含量。本研究未考慮這方面的可能性，主要是因為利用污染防治技術減低產業廢水排放中TDS含量的成本相當地高。因此，在實務上可行性不大。有關這點，本研究與其他應用CGE模型進行環境污染課題之研究稍有差異。即其他研究中所採用的水質參數多為傳統性之水質指標，例如生化需氧量(BOD)，而有關減少廢水中生化需氧量所需利用之防治技術成本較低而且其有效去除率較高。因此，這些應用模型中適宜考慮用加入新設污染防治部門的方式，再透過市場的機能運作，達到減少污染物的排放。

表三 河川水質改善情形

單位:C.M.D;mg/l

河川	TDS 濃度											
	流量		上游				下游					
	上游	下游	基期	策略I	策略II	策略III	策略IV	基期	策略I	策略II	策略III	策略IV
蘭陽溪	554688	544688	208.97	208.97	208.98	208.37	206.48	351.24	350.90	349.56	347.97	346.57
淡水河	1246752	1038096	154.82	154.83	154.86	154.23	152.37	1087.06	1086.03	1081.95	1078.69	1079.32
鳳山溪 / 頭前溪	586656	400896	241.96	241.97	241.99	241.50	240.12	660.84	660.37	658.49	656.46	655.28
中港溪	508032	508032	209.48	209.48	209.48	209.42	209.66	328.97	328.73	327.76	326.94	326.96
後龍溪	96768	144288	361.34	361.34	361.35	359.97	355.98	592.85	592.28	590.05	587.44	585.42
大安溪	315360	52704	203.27	203.27	203.26	203.06	204.48	747.31	746.64	743.95	740.82	738.47
大甲溪	1961280	1961280	164.59	164.60	164.64	164.00	162.18	280.39	280.20	279.48	278.30	276.78
烏溪	802656	720576	392.54	392.56	392.65	390.97	386.17	966.26	965.51	962.55	959.26	957.18
濁水溪	2392416	193536	280.11	280.11	280.11	280.01	279.75	710.49	710.00	708.04	705.39	702.70
北港溪 / 朴子溪	212544	80352	649.30	649.31	649.32	645.80	635.29	1483.65	1483.09	1480.86	1476.79	1470.31
八掌溪 / 急水溪	3456	3456	2011.57	2011.59	2011.66	2010.31	2005.53	2104.80	2104.60	2103.78	2102.44	2100.45
曾文溪 / 鹽水溪	25920	25920	1245.29	1245.31	1245.35	1241.47	1229.99	2090.89	2090.49	2088.88	2087.44	2087.33
二仁溪	48384	48384	619.77	619.76	619.74	618.10	613.50	1452.94	1452.16	1449.05	1446.02	1445.00
高屏溪	194400	1181952	321.40	321.38	321.33	321.01	320.23	386.91	386.67	385.74	384.86	384.62
東港溪	121824	604800	314.79	314.78	314.75	313.79	311.20	212.89	212.81	212.46	211.90	211.21
林邊溪	864	864	1683.10	1683.00	1682.60	1682.14	1681.84	2131.12	2130.83	2129.65	2128.20	2127.16
卑南溪	1019520	177984	239.43	239.43	239.43	239.38	239.26	380.57	380.39	379.66	378.68	377.74
秀姑巒溪	286848	1556064	207.16	207.15	207.14	207.10	207.03	199.56	199.55	199.50	199.44	199.40
花蓮溪	482976	2121984	220.07	220.06	220.06	220.03	219.99	219.19	219.17	219.11	219.04	219.00

註：本研究僅以 TDS 濃度乙項水質參數代表河川水質。

此外，在表三所列分析結果中可以發現一些有趣的分析結果：模擬策略 I 及 II 之分析結果顯示，部分河川的上游河段水體 TDS 濃度，未因排污費之課徵而減少，反而有增加的情形產生；以及模擬策略 IV 結果顯示部分下游河段水體 TDS 濃度隨排污費率之增加而稍為提高。產生這個現象的原因與本研究將同一產業部門依其地理區位再予以細分，因而在 CGE 模型 [B] 中被視為三個獨立產業部門有關。

(四) 河川水質改善之經濟效益

本小節討論河川水體中 TDS 濃度降低後對研究地區經濟可能產生之效益(參見表四)。由於 CGE 模型[A]之研究結果可反映出因課徵排污費所產生之經濟成本，而模型[B]所得之模擬結果為淨經濟

表四 河川水體中TDS濃度降低之經濟效益

單位：%

CGE模型	策略 I		策略 II		策略 III		策略 IV	
	[B]	[A]	[B]	[A]	[B]	[A]	[B]	[A]
產品價格								
農業	-0.0414	-0.0352	-0.2064	-0.1752	-0.4109	-0.3487	-0.5731	-0.4863
畜牧	+0.2994	+0.3000	+1.4975	+1.5003	+2.9955	+3.0012	+4.1944	+4.2023
林業及漁業	-0.0231	-0.0235	-0.1153	-0.1169	-0.2293	-0.2327	-0.3198	-0.3245
食品及紙製品	+0.0663	+0.0671	+0.3315	+0.3357	+0.6636	+0.6719	+0.9296	+0.9412
紡織	+0.1217	+0.1213	+0.6065	+0.6047	+1.2082	+1.2047	+1.6862	+1.6815
金屬、化學及電子	+0.1053	+0.1048	+0.5255	+0.5232	+1.0492	+1.0447	+1.4669	+1.4606
其他製造業	+0.0048	+0.0044	+0.0241	+0.0219	+0.0478	+0.0434	+0.0667	+0.0605
服務業	+0.0404	-0.0409	-0.2015	-0.2037	-0.4012	-0.4056	-0.5597	-0.5658
產品產量								
農作	-0.0986	-0.1028	-0.4889	-0.5090	-0.9254	-1.0067	-1.3427	-1.3974
畜牧	-0.1140	-0.1154	-0.5681	-0.5756	-1.1314	-1.1465	-1.5778	-1.5991
林業及漁業	+0.0202	+0.0193	+0.0981	+0.0945	+0.1899	+0.1834	+0.2587	+0.2504
食品及紙製品	-0.1039	-0.1053	-0.5170	-0.5238	-1.0281	-1.0415	-1.4328	-1.4515
紡織	-0.3898	-0.3893	-1.9084	-1.9061	-3.7196	-3.7156	-5.1041	-5.0989
金屬、化學及電子	-0.0814	-0.0815	-0.4050	-0.4055	-0.8053	-0.8063	-1.1220	-1.1235
其他製造業	+0.2398	+0.2387	+1.1846	+1.1795	+2.3348	+2.3249	+3.2317	+3.2180
服務業	+0.0187	+0.0174	+0.0884	+0.0866	+0.1742	+0.1717	+0.2418	+0.2389
家計所得	-0.0604	-0.0610	-0.3008	-0.3040	-0.5988	-0.6052	-0.8846	-0.8442
家計儲蓄	-0.0612	-0.0619	-0.3052	-0.3085	-0.6076	-0.6141	-0.8477	-0.8568
企業儲蓄	-0.0775	-0.0786	-0.3873	-0.3918	-0.7736	-0.7813	-1.0790	-1.0912
政府儲蓄	+1.4753	+1.4713	+7.3334	+7.3131	+14.560	+14.520	+20.267	+20.211
政府收益	+0.2811	+0.2804	+1.3974	+1.3936	+2.7744	+2.7669	+3.8621	+3.8514
國外儲蓄	-2.0621	-2.0506	-10.196	-10.162	-20.071	-19.991	-27.747	-27.632
總儲蓄	+0.5775	+0.5747	+2.8572	+2.8422	+5.6364	+5.6089	+7.8087	+7.7707
家計效用	-0.0634	-0.0640	-0.3154	-0.3184	-0.6273	-0.6330	-0.8743	-0.8824
實質GDP	+0.0092	+0.0088	+0.0450	+0.0428	+0.0871	+0.0828	+0.1188	+0.1129

註：表中數值表示與基期年變數值比較之變動百分比。

成本，亦即此經濟成本中考量了河川水質改善後所引發的經濟效益。因此，比較表四所列二個模型在模擬分析結果上之差異，即可估算出本研究所欲討論的河川水體中 TDS 濃度降低之短期經濟效益。

表五中以家計效用(Household Utility)為例，在模擬策略IV，CGE模型[A]估算結果顯示家計效用值將因課徵排污費率為每公斤 TDS 新臺幣14元而降低0.8824%，而CGE模型[B]之結果則為降低0.8743%。這二項數值之差距 - 0.0081%，可以視為河川水質改善後因降低產業用水處理成本或提高產業生產力，對家計部門所衍生之短期經濟效益。

五、結 語

有關本研究模型所欲探討的四個研究層面，已於前節中分別地依據其模擬分析結果進行討論，所以在此不予以重覆。本節將重點放在有關本研究模型在研究分析架構上所做的貢獻，以及在應用層面上之限制與建議改進方向。與其他應用CGE模型探討環境政策之經濟衝擊分析研究相比較，本研究建立之「經濟 - 環境整合模型」(即CGE模型[B])在模型結構上有二項重要的貢獻。第一，本研究利用聯結經濟模型與環境模型，選擇TDS 濃度乙項水質指標反映水質狀況，分析經濟活動與環境品質間之互動關係，據以建立環境品質回饋效果方程式，再進而將方程式納入 CGE模型 [A] 之方程式體系中，進一步整合。藉由這項整合，本研究在探討產業減污策略之經濟衝擊分析時，可以同時考量河川水質改善後所帶來直接性與間接性經濟效益。

第二，本研究將地理空間區位關係引入在應用CGE模型探討環境污染課題之研究分析中。環境污染係以污染物在環境媒體中之濃度為量度依據，而無論是污染物之排放或者是環境媒體，均具有地區性之差異。舉例而言，總量相等的同一種污染物分別排入二條河川中所產生的水體污染程度，會因為污染源位置及河川特性(如流量)之不同而有所差異。因此，有必要將地理空間區位關係引入模型架構中。

儘管本研究在方法上有上述二項重要貢獻，惟模型在應用上仍有幾點值得進一步檢討與改進的地方。第一是修訂本研究中有關估算各河段水體中TDS濃度而提出的研究假設。例如，假設同一產業部門中各生產單元生產量相同，以及假設鄉鎮行政界線與河川集水區自然界線不相互衝突。第二，本研究建立之模型尚缺少探討河川水質改善之經濟效益在地理空間上之差異性。第三則是將模型由靜態的、短期性的模型結構性質，改為動態的且長期性的分析模型，藉以從長期角度，探討課徵排污費對經濟的影響及改善河川水質之成效。惟值得考量的是在加入動態的特性使模型適用於分析長期性的經濟衝擊之後，同時可能降低模型分析結果之準確性。因為，以長期而論，會有更多不確定因素無法納入模型中而影響模型之分析效果。

附錄 CGE 模型方程式組及其意義

本文CGE模型方程式組列於表A-1，其中式[1]-[44]為模型[A]，式[1]-[46]為模型[B]。方程式中，內生變數用大寫英文字表達，外生變數與參數則用小寫英文字，其意義列於表A-2。茲將各方程式的意義簡要地說明於下。

首先，簡要地說明價格方程式部分，包括式[1]-[8]。式[1]表達進口品*i*的國內價格，等於該商品的世界價格加上進口稅率後，再乘上匯率。式[2]定義出口品*i*在國內的價格等於該商品的國際價格乘上匯率。式[1]及式[2]均設進出口品的國際價格為外生變數，是因為本研究採用「小型開放經濟體系」的假設，即台灣地區對於國際市場商品的交易價格沒有影響力。式[3]說明國內消費者購買複合商品*i*的價格水準，是國內自產商品*i*的價值與進口品*i*價值的平均數。式[6]定義生產部門*i*產量之平均收益價格水準，是其供國內消費的產值與輸出品產值的平均數。式[5]則是計算生產部門*i*使用部門*j*產品為資本時其單位資本的價格，等於產品*j*的購買價格乘上產品*j*佔部門*i*資本的比例。式[6]描述污染部門*i*生產1單位產值產品須支付之污染費，其等於排放費率、產業*i*廢水中TDS濃度、產業*i*廢水量、及產品單位售價之乘積。式[7]估算產業*i*附加價值的單位價格，其等於調整營業稅後的單位收益，扣除中間投入成本、及單位產值須支付的排放費。至於式[8]為價格複合指數，其為各產業產品出售價格之函數，係用來作為比較基準，以瞭解各產品價格之變動幅度。

接著，簡要地說明產量方程式，包括式[9]-[18]，計10條方程式。式[9]係加總位於主要河川的上游與下游、及次要河川之集水區範圍內的產業部門*i*的產品產量。式[10]描述位於集水區*s*的產業部門*i*產品的生產函數，本研究採二項生產要素勞動力及資本的Cobb-Douglas函數型態，並假設固

表A-1 CGE模型[B]方程式體系

價格方程式

- [1] $P_i^m = pwm_i \times (1 + t_i^m) \times ER$
- [2] $P_i^e = pwe_i \times ER$
- [3] $P_i^q = (P_i^d \times D_i + P_i^m \times M_i) / Q_i$
- [4] $P_i^x = (P_i^d \times D_i + P_i^e \times E_i) / X_i$
- [5] $P_i^k = P_j^q \times b_{ji}$
- [6] $CHARGE_i = tp \times ef_i \times ww_i \times P_i^x$
- [7] $P_i^v = P_i^x \times (1 - t_i^x) - (\sum_j a_{ji} \times P_j^q) - CHARGE_i$
- [8] $PINDEX = \prod_i (P_i^x)^{mpc(i)}$

產量方程式

- [9] $X_i = \sum_s XX_{is}$
- [10] $XX_{is} = axx_i \times LL_{is}^{(i)} \times KK_{is}^{1-(i)}$
- [11] $INTS_{is} = \sum_j a_{ij} \times XX_{js}$
- [12] $WL \times ww1_i \times LL_{is} = P_i^v \times \sum_j \times XX_{is}$
- [13] $WK \times wwk_i \times KK_{is} = P_i^v \times (1 - \sum_j) \times XX_{is}$
- [14] $X_i = ax_i \times \{ [\sum_j a_{ij}^x \times E_i^{\rho x(i)}] + [(1 - \sum_j a_{ij}^x) \times D_i^{\rho x(i)}] \}^{1/\rho x(i)}$

表A-1(續1)

-
- [15] $E_i = D_i \times [P_i^e \times (1 - \tau_i^x) / (P_i^d \times \tau_i^x)]^{1/[\rho \times q(i)-1]}$
- [16] $Q_i = aq_i \times \{(\tau_i^q \times M_i^{-\rho q(i)}) + [(1 - \tau_i^q) \times D_i^{-\rho q(i)}]\}^{-1/\rho q(i)}$
- [17] $M_i = D_i \times \{(P_i^d \times \tau_i^q) / [P_i^m \times (1 - \tau_i^q)]\}^{1/[1+\rho q(i)]}$
- [18] $TDS_s = \tau_i^e f_i \times wv_i \times (P_i^x \times X_i^s)$
- 所得與儲蓄方程式
- [19] $YL = \tau_i^w WL \times wv_l \times (\tau_s^L LL_{is})$
- [20] $YK = \tau_i^k WK \times wv_k \times (\tau_s^K KK_{is})$
- [21] $YINST_{h=1} = YK + nfik + govttoent - DEPRECT$
- [22] $DSTPR_F = YINST_{h=1} - ENT TAX - ENT SAV$
- [23] $YINST_{h=2} = YL + DSTPRF + nfil + govttohh + rowtohh$
- [24] $TARIFF = \tau_i^m \times [P_i^m \times M_i / (1 + \tau_i^m)]$
- [25] $INDTAX = \tau_i^x (P_i^x \times X_i \times \tau_i^x)$
- [26] $ENT TAX = \tau_{h=1}^h \times YINST_{h=1}$
- [27] $HHTAX = \tau_{h=2}^h \times (YINST_{h=2} - hhtorow)$
- [28] $ENT SAV = mps_{h=1} \times (1 - \tau_{h=1}^h) \times YINST_{h=1}$
- [29] $HHS AV = mps_{h=2} \times (1 - \tau_{h=2}^h) \times (YINST_{h=2} - hhtorow)$
- [30] $GR = TARIFF + INDTAX + HHTAX + ENT TAX + rowtogov +$
 $\tau_i (CHARGE_i \times X_i)$
- [31] $GOV SAV = GR - govttoent - govttohh - govtorow - \tau_i (P_i^q \times GD_i)$
- [32] $DEPRECT = \tau_i [depr_i \times P_i^k \times (\tau_s^K KK_{is})]$
- [33] $SAVING = HHS AV + ENT SAV + GOV SAV + DEPRECT + FSAV \times ER$
- 消費方程式
- [34] $P_i^q \times CD_i = mpc_i \times (1 - mps_{h=2}) \times (1 - \tau_{h=2}^h) \times (YINST_{h=2} - hhtorow)$
- [35] $U = \tau_i (CD_i)^{mpc(i)}$
- [36] $P_i^q \times GD_i = gles_i \times gdtot$
- [37] $P_i^q \times ID_i = idr_i \times INVEST$
- [38] $RGDP = \tau_i \{CD_i + GD_i + ID_i + E_i - [P_i^m \times M_i / (1 + \tau_i^m)]\}$
- [39] $GDPVA = INDTAX + TARIFF + \tau_i [(P_i^v + CHARGE_i) \times X_i]$
- 市場均衡條件方程式
- [40] $Q_i = CD_i + GD_i + ID_i + \tau_s INTS_{is}$
- [41] $\tau_i \tau_s LL_{is} = ls$
- [42] $\tau_i \tau_s KK_{is} = ks$
- [42] $\tau_i \tau_s KK_{is} = ks$
- [43] $govtorow + hhtorow + \tau_i [P_i^m \times M_i / (1 + \tau_i^m)]$
 $= FSAV \times ER + rowtohh + rowtogov + nfil + nfik + \tau_i (P_i^e \times E_i)$
- [44] $SAVING = INVEST$
- 環境品質回饋效果方程式
- [45] $ECIW = a1 + (b1 \times tp)$
- [46] $YY = a2 + (b2 \times ECIW)$
-

表 A-2 符號說明

符號	說明	符號	說明
h(下標字)	h=1 企業；2家計	gdtot	政府消費 (109 NT\$)
i(下標字)	i=1 農業；2畜牧； 3 林業及漁業；4 食品及紙製品； 5 紡織；6 金屬、化學及電子； 7 其他製造業；8 服務業	govtoent	政府對企業移轉 (109 NT\$)
j(下標字)	j=1,2,...,8 代表意義與I相同	govtohh	政府對家計移轉 (109 NT\$)
s(下標字)	s=1 主要河川上游集水區； 2 主要河川下游集水區； 3 次要河川集水區；	govtorow	政府對國外移轉 (109 NT\$)
k(上標字)	資本	hhtorow	家計對國外移轉 (109 NT\$)
m(上標字)	輸入	nfil	淨國外勞動所得 (109 NT\$)
q(上標字)	複合產品	nfik	淨國外資本所得 (109 NT\$)
v(上標字)	附加價值	pwe	出口之世界價格 (指數)
x(上標字)	部門產量	pwm	進口之世界價格 (指數)
參數		rowtogov	國外對政府移轉 (109 NT\$)
a	投入產出係數	Rowtohh	國外對家計移轉 (109 NT\$)
a1 ; a2	截距	tp	排污費率 (109NT\$/kg)
aq ; ax ; axx	移動參數	CD	私人消費 (109單位)
; q; x	指數	CHARGE	TDS 排放費 (109 NT\$/kg)
	份額參數	D	國內生產銷售財 (109單位)
b	資本組成矩陣	DEPRECT	資本折舊 (109 NT\$)
b1 ; b2	斜率	DSTPRF	企業分配利潤 (109 NT\$)
depr	資本折舊	E	出口 (109單位)
ef	產業廢水 TDS 濃度, kg/M3	ECIW	水體鹽度 (micromhos/cm)
gles	政府支出份額	ENTSAV	企業儲蓄 (109 NT\$)
gdtot	政府消費支出 (109NT\$)	ENTTAX	企業稅賦 (109 NT\$)
mpc	家計支出份額	ER	匯率
mps	家計儲蓄率	FSAV	國外儲蓄 (109 US\$)
ratio	生產單位地理空間分佈比例	GD	政府最終需求 (109單位)
t	稅率	GDPVA	名目 GDP (109 NT\$)
wwl	勞資扭曲參數	GOVSAV	政府儲蓄 (109 NT\$)
wwk	資本扭曲參數	GR	政府收益 (109 NT\$)
		HNSAV	家計儲蓄 (109 NT\$)
		HHTAX	家計稅賦 (109 NT\$)
		ID	投資需求 (109單位)
		INDTAX	間接稅額 (109 NT\$)
		INTS	中間投入需求 (109單位)

表 A-2(續1)

符號	說明	符號	說明
ww	廢水量 (M3/109 NT\$)	INVEST	總投資 (109 NT\$)
		KK	資本需求 (109 NT\$)
內生變數		LL	勞動需求 (106 勞動時數)
P	價格 (指數)	M	進口 (109單位)
PINDEX	產品價格指數	WL	平均勞資 (109 NT\$/ 106 勞動時數)
Q	複合財供給 (109單位)	WK	平均資本價格 (109 NT\$)
RGDP	實質GDP (109 NT\$)	X	部門產業產量 (109單位)
SAVING	總儲蓄 (109 NT\$)	XX	部門產業產量按地區細分(109單位)
TARIFF	關稅收益 (109 NT\$)	YINST	機構所得 (109 NT\$)
TDS	總溶解固體量(kg)	YK	資本所得(109 NT\$)
U	家計效用	YL	薪資所得(109 NT\$)
		YY	農作產量相對比率

註：1.價格以民國81年當期價格為依據。

2.當上標字本身有其下標字時，該下標字顯示在括號“()”內，例如：方程式[8]中 $mpc(i)$ 表示 mpc_i

定報酬，式中的 a_{xx_i} 為移動係數，代表除勞動力及資本外，其他與生產有關的因素影響產量水準效果之綜合表現。在所建構的CGE模型[B]中，將用來反映灌溉水質對農業產量之影響。式[11]計算位於集水區 s 的產業部門 i 產品提供位於同一集水區內各產業部門之中間投入的總量，即依照固定投入產出係數值予以計算。式[12]及[13]描述勞動力及資本的需求情形。假設生產者在面對生產技術水準的限制下，欲最大化利潤，其最適解的第一階條件，以勞動力為例，是邊際勞動力的價格等於其邊際生產力價值。由於一般均衡理論要求當市場達於均衡狀態時，各產業部門生產要素的價格必須相等，即平均勞動力價格，但在真實社會中各部門支付生產要素價格不一，為在CGE模型架構中考量此情形，CGE模型建構者常用加入勞動力薪資扭曲係數的方式，來表達各部門真實的薪資水準。式[14]是採用CET轉換函數表達產業 i 的產品分派於國內消費及出口的情形，並假設固定替代彈性，其數值估算式為 $1/[x(i)-1]$ 。式[15]描述出口產品 i 的供給，方程式係推導自式[14]以及生產者最大化銷售額但面對生產水準限制之最適化模型。依據求解最適化模型的第一階條件，可推求輸出品與國內消費量間的關係為其價格的函數，經整理後，即得式[15]。式[16]及[17]描述國內消費之複合財貨的供給情形、以及進口品的需求情形。類似於式[14]中描述出口及國內銷售量間的關係，國內自產品銷售量與進口品間亦存在替代關係，假設是固定替代彈性，數值計算式為 $1/[1+\rho q(i)]$ 。式[17]是推導自假設消費者最小化消費水準、及滿足式[16]複合財貨供給水準所構成的最適化模型中的最適解條件，即可求出進口品與國內自產品銷售的比值是其相對價格的函數。式[18]則是計算集水區 s 中污染性產業部門TDS的排放量，等於加總各該產業部門的TDS排放量，其值為廢水中TDS

濃度、單位產值廢水排放量、單位產品售價、及產量水準四項的乘積。

表中式[19]-[33]為描述經濟體系中有關所得與儲蓄的情形。式[19]及[20]分別計算勞動力薪資所得及資本報酬所得，即式[19]加總各部門實際單位薪資與勞動力雇用單位的乘積，而式[20]是加總各部門實際資本報酬率與資本使用量。式[19]所計算之勞動力薪資所得，歸屬家計部門；而式[20]所計算之資本報酬所得，列為企業所得之一。接著，式[21]計算企業總所得，係資本報酬所得、淨國外資本所得、及政府對企業移轉三項的總和，再扣除資本折舊。式[22]計算企業分配利潤，其值等於企業總所得扣除企業稅賦及企業儲蓄後的淨額。至於家計總所得由式[23]定義，其所得來源包括六項：勞動力薪資所得、企業分配利潤、淨國外勞動所得、政府對家計移轉、以及國外對家計移轉。式[24]定義關稅收益，為稅率、進口品價格、及進口品量的函數。式[25]計算間接稅總額，即加總各部門產品銷售總價值乘上間接稅率。式[26]計算企業稅賦，其為稅率乘上企業總所得；而式[27]估算家計稅賦，其值為家計所得扣除家計對國外移轉後之淨額，再乘上稅率。至於式[28]及[29]計算企業儲蓄與家計儲蓄，其分別等於企業儲蓄率及家計儲蓄率乘上稅後的企業淨所得與家計淨所得。式[30]定義政府部門收益，其組成包括關稅收益、間接稅總額、家計稅賦、企業稅賦、國外對政府移轉、以及污染稅收。式[31]計算政府儲蓄，其值等於政府收益扣除其所有支出項，包括政府對企業移轉、政府對家計移轉、政府對國外移轉、以及政府消費產品的成本。式[32]計算資本折舊，等於各部門資本折舊率乘上該部門資本價值，再進行部門加總。式[33]描述經濟地區總儲蓄，即加總家計儲蓄、企業儲蓄、政府儲蓄、資本折舊、以及調整匯率後之國外儲蓄。

第四組方程式，式[34]-[39]，係描述產品的消費面向。式[34]表達家計部門對產品*i*的需求，是按家計部門對產品*i*的固定支出比例，分派家計的可支出所得。式[35]定義家計效用為家計消費水準的函數。式[37]假設政府部門對產品*i*的需求量，係按對產品的固定支出份額分派政府用於消費產品的支出，再除以產品*i*的購買價格。同樣地，式[37]定義產品*i*用於投資類別的需求，亦按照固定比例進行分派投資總額後，再除以產品*i*的購買價格。式[38]從消費面描述實質國民生產毛額，其值等於家計部門最終需求、政府最終需求、投資需求、及出口值等四項總和，扣除調整稅收後的進口品價值，再對所有產品類別進行加總。式[39]從附加價值面計算市場價格之名目國民生產毛額，其值等於間接稅額、關稅收益、以及所有部門支付生產要素的報酬總額與排污費。

第五組方程式，式[40]-[43]，為描述各市場達到一般均衡的條件，其基本概念是個別市場的供給量等於需求量。式[40]表示經濟體系中產品*i*的供給量等於該項產品用於家計消費、政府最終消費、投資、及各產業的中間投入。式[41]及[42]分別描述勞動力需求總和等於勞力供給、以及資本需求總和等於資本供給。本研究係假設充分就業，若須反映失業狀況，亦可利用增加外生變數或內生變數方式予以考量。式[43]陳述經濟體系貨幣流出量等於流入量，等號左邊加計貨幣從經濟體系到國外地區的項目，包括政府對國外移轉、家計對國外移轉、支付進口產品的款項，等號右邊則是從國外流入經濟體系中的貨幣，包括國外儲蓄、國外對家計移轉、國外對政府移轉、淨國外勞動所得、淨國外資本所得、以及國外支付出口品的價款。最後，式[44]表示經濟地區的儲蓄等於投資。

以上陳述的式[1]-[44]，構成CGE模型[A]；再利用模型[A]以及灌溉水鹽度與水稻產量函數關係，估算排污稅率與灌溉水鹽度的簡單迴歸、以及灌溉水鹽度與農作產量相對比例的簡單迴歸，並

表A-3 產業間投入產出係數表

產業i	產業j							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.農業	0.126589	0.048077	0.006059	0.158720	0.023071	0.000151	0.002202	0.000808
2.畜牧	0.005274	0.075800	0.001237	0.118183	0.004761	0.000016	0.000000	0.000590
3.林業及漁業	0.000819	0.000897	0.035971	0.022695	0.000030	0.000795	0.011216	0.000025
4.食品及紙製品	0.002636	0.564025	0.073787	0.209720	0.023863	0.010426	0.008312	0.023346
5.紡織	0.001107	0.000138	0.016656	0.002087	0.368866	0.009646	0.010736	0.003309
6.金屬、化學及電子	0.099677	0.008086	0.087955	0.060081	0.190879	0.548390	0.235946	0.054138
7.其他製造業	0.008222	0.009234	0.050179	0.027032	0.026832	0.068634	0.254283	0.040888
8.服務業	0.106843	0.128854	0.135031	0.094299	0.062751	0.077278	0.085237	0.127390

將式[45]與[46]加入模型[A]中，即為本文所稱模型[B]。有關本研究推估式[45]與[46]、以及建構模型[B]的進行方式，已詳細地陳述於內文中。

參考文獻

- 行政院主計處(1992)，《臺灣地區農林漁牧業普查報告》，行政院主計處。
- 行政院主計處(1993)，《臺灣地區工商業普查報告》，行政院主計處。
- 行政院農業委員會(1994)，《灌溉水質調查及管理制度推動研究計畫》，行政院農業委員會補助計畫 83 科技 - 2，9 - 林 - 13。
- 周濟、金慶平 (1994)，《臺灣CGE貿易模型之建立與應用》，中華經濟研究院經濟專論161。
- Boyd, R. and N. D. Uri (1991), The Cost of Improving the Quality of the Environment, *Environment and Planning*. **23**:1163-82.
- Devarajan, S., J. D. Lewis, and S. Robinson (1991), *From Stylized to Applied Models: Building Multi-sector CGE Models for Policy Analysis*. University of California at Berkeley, Working Paper No. 66.
- Dinar, A. et al. (1991), Production Functions Relating Crop Yield, Water Quality and Quantity, Soil Salinity, and Drainage Volume, *Agricultural Water Management*. **19**:51-66.
- Ferng, J.-J.(1996), *The Impacts of Emission Charges on the Economy and Water Quality in Taiwan*. Doctoral Dissertation, Cornell University, U.S.A.
- Hazilla, M. and R. J. Kopp (1990), Social Cost of Environmental Quality Regulations: A General Equilibrium Analysis, *Journal of Political Economy*. **98(4)**:853-73.
- Kneese, A. V. and B. T. Bower (1984), *Managing Water Quality: Economic, Technology, Institutions*. Resources for the Future, Inc.

- Mass, E. V. and G. J. Hoffman (1977), Crop Salt Tolerance -Current Assessment , *Journal of the Irrigation and Drainage Division*. **21**:115-34.
- Nestor, D. V. and C. A. Pasurka Jr(1995), CGE Model of Pollution Abatement Process for Assessing the Economic Effects of Environmental Policy, *Economic Modeling*. **12(1)**:53-9.
- Prendergast, J. B.(1993), A Model of Crop Yield Response to Irrigation Water Salinity: Theory, Testing and Application, *Irrigation Science*. **13**:157-64.
- Shortle, J. S. & K. D. Willett(1986), The Incidence of Water Pollution Control Costs: Partial vs. General Equilibrium Computations, *Growth and Change*. **17(2)**:32-43.
- Tihansky, D.(1975), A Survey of Emperical Benefit Studies , in: *Cost Benefit Analysis and Water Pollution Policy*. 127-172. Edited by M.P. Henry & S.P. Eugene. Washington, D.C.: The Urban Institute.