

第壹章 緒論

環境是社會資源，舉凡水、空氣、陽光等皆為環境的一部分，也是生命中不可或缺的生存要素。水對於我們與各種生命形式都是極為重要的，因為它具有非常特殊的性質與地位，其重要性可說是無可替代的。每個活的細胞，不論是動物還是植物，均要依賴此常見的化學物質「水」，才得以延續生命。如果有人請你列舉出最重要、最常見的事物來，毫無疑問的，「水」絕對會出現在您的回答當中。

第一節 水資源污染問題

然而從十九世紀的工業革命以來，科技的快速發展，雖然為人類帶來了進步與繁榮，尤其是科學發展所帶來的生活便利性；但當時殊不知這樣的進步，卻是犧牲相對生活環境的結果（Stratos et al., 2000; De Steiguer, 1995）。在經歷了長達一世紀人類對環境的快速破壞後，因而導致各類的空氣污染、土地污染及水污染等嚴重環境污染問題，再加上由於科技進步，對環境污染問題的相關研究及污染問題對未來人類生存的影響所帶來的資訊，讓人類終於了解到其所賴以生存的環境，長久以來不斷地遭受威脅及未來生命該如何延續的問題（Joseph, 2000）。

因此近年來環保意識正逐漸抬頭，民間的環保團體也應運而生、相關環境保護活動也時有所聞。而且政府機關亦已開始重視與環境相關課題，並加速制定與修改相關環境保護法令。而水資源的重要性，及水資源遭受嚴重污染所產生的生存問題更是舉足輕重，足以牽動整個人類的未來，因此首先從水資源污染問題談起。

水資源的污染大致可分為工業製造用水及一般生活用水所產生之污水所產生。因此，有鑑於此，目前許多先進國家對於廢水的管制大多是透過政府制定法律來加以規範的(Steve and Robert, 1998)，其規範的方式大致可以由兩種性質來劃分：分別是直接排放管制與具有經濟誘因兩種制度(劉育民，1993)。直接管制指係政府相關單位訂定一個(廢) 污水可被排放的污染標準；所被排放(廢) 污水需低於此污染標準才可合法排放。即其(廢) 污水之排放必須藉由污水處理廠處理達到法定排放標準後才可排放。而經濟誘因制(Partha et al., 2000) 係政府管理機關依其所其排放污水的污染程度，徵收污染稅或環境稅。其中其課稅標準為單位排放水之含污量愈低，依法須繳納之污染稅就愈少。而傳統的污染課稅模式(Keith, 2000)，即是透過課稅方式來排除因(廢) 污水污染排放所造成之負的外部效果(Datta and Mirman, 1999)。

但是傳統的污染排放課稅模式，往往對於污染所引起的環境衝擊或傷害很難予以衡量及評估(Livingston and Leigh, 2001)，因為這種傳統的污染排放課稅方式被認為難以達到最適效率(Bastos and Lichtenberg, 2001)，因為雖透過稅率的制定來排除外部效果，但是其無法 100% 排除外部效果(Abeyratne, 1998)。因而有學者從自行減污處理的方式著手研究，而在比較課稅與自行減污處理之效率後，認為自行減污處理效率較傳統污染排放課稅為佳，但在成本與技術面的考量下，並無法真正達到百分之百的排除含污程度，所以亦無法完全排除外部效果(Bohn, 1970)。因此不論是透過課稅(Lans and Goulder, 1997) 方式或自行減污處理之所以皆無法完全排除外部性是由於其模式在建立過程的中，沒有將污染排放中之各函數、相關參數之關係予以明確建立。

有鑑於此，本文首要目的即是將生活污水排放過程中之各函數、相關參數之關係予以明確建立。生活污水應如何排放，排放之過程及排放之途徑，所產生之負的外部效果（Bohn, 1970），一直是環保人士關心的議題。若以台灣地區的生活污水含汙程度為例，其生活污水污染量以生化需氧量計每人每日四十公克，因此總污染量為八八〇噸/每日。一般而言，在有污水下水道的地區，其所產生之生活污水可透過污水道流至途徑終端作減污處理，則即使經下水道化糞池及水肥處理後，生活污水排放所造成之污染仍佔台灣地區水污染主要來源之 45

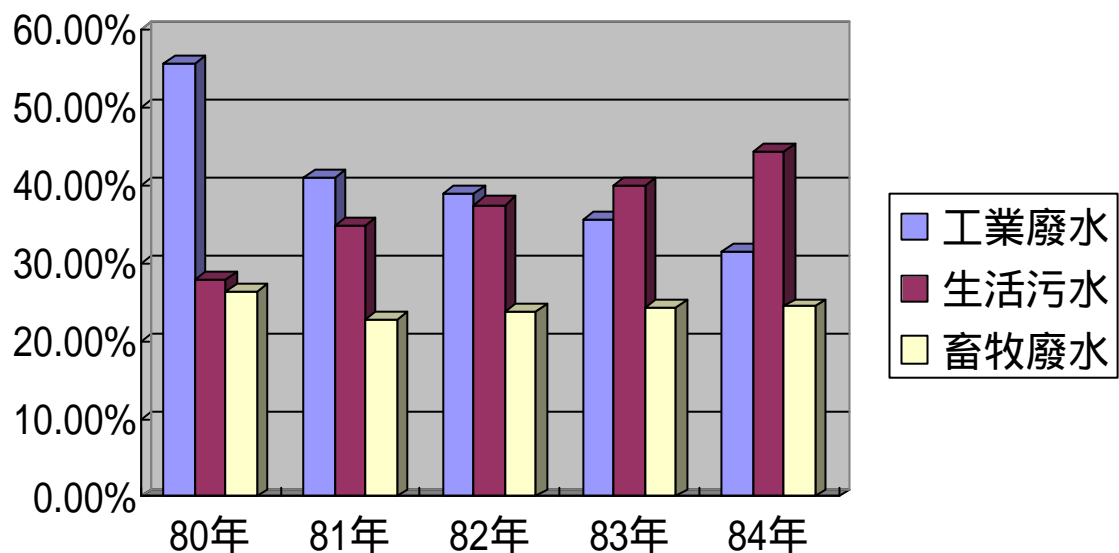


圖 1.1 各類污水對河川的污染比率
 (資料來源：主計月報 84 卷 4 期)

%，早已超越工業廢水所造成河川污染的污染比率。從圖 1.1 可以看出在民國八十年時工業廢水乃是主要污染源，但至民國八十五年時，工業廢水的污染比率已由 55.7 % 下降至 32 %，顯示政府對於工業廢水的管制已有明顯的成效；但在生活廢水方面，生活廢水占河川污染的比率卻是逐年升高，近年更是逼近 50 %，由圖 1.1 可知目前生活污水實為台灣河川污染的主

要原因，亦表示政府以往在管制污水排放污染及制訂相關法令時，較偏重工業廢水之污染，而忽略了生活廢水潛在的污染影響。

以國外先進國家來說 (Melosi, 2000)，一般生活污水是透過各地區建置的污水下水道，將生活污水予以匯總、聚集後，將其輸送至各地區之污水處理廠，再對生活污水作減污處理後，才將之排放至大海。然而台灣也是如此，台灣為一人口高度稠密的都會型國家，也因此產生大量的民生污水問題，雖然早已有政府所設置之污水處理場來對一般民生污水作減污處理，但是台灣始終面臨了污水下水道普及率低的限制，僅有台北市於這 2、3 年來，加速興建污水下水道，但目前台北市污水下水道普及率也僅止於 50% 左右而已，因此更遑論台北市以外或在無污水道的地區。

所產生之生活污水（無論是否作初步的減污處理）即會在污水產生地點附近排放滲透至泥土中，造成立即的污染傷害（聯合報，2001）。此外，不論污水產生處附近有無污水道排放系統，只要污水已經產生而尚未減污處理前之這一段時間內，污染傷害皆可能產生（石靜安，1989）。這表示環保不應只關心生活污水最後如何被淨化，更應該注意如何縮短生活污水產生時，至其被淨化這一段時間長度。因此從匯集各用水戶之生活污水的起點，到最後排放時間止的過程中，即已對環境造成某種程度的污染、傷害。至於污水到途徑終點以及興建污水處理廠之地理位置選擇，則是政府必須面臨的另一個經常被居民抗爭的嚴重問題（Andreas, 1995）。

概因在興建污水處理廠、往往必須面對附近鄰居的反彈、排斥，甚至強烈的反對（黃燕如，1988; Patrik, 2001; Bishwanath and Smita, 2001）。雖然每個人皆希望污水是經由減污處理

過後才排放，但卻不希望污水處理廠設立在你居家旁。正如同大家皆要電，卻不希望發電廠或變電所緊鄰、設立在住家附近一樣（Gregory, 2000; Nico,2001）。上述現象使得自身產生之生活污水，自行負責作即時性的減污處理（Chongwoo and Iain,1998），似乎是一項較為可行之方式。這就是本研究的問題背景。

以台北為例，過去水費帳單之收費項目中，主要包含了兩個項目：水之使用費（單位進水費*進水量）及水之代徵清除處理費（單位水污處理費*進水量），其中單位水之減污代理費用為某單位交給政府處理之污水含污量的線性函數（線性計費方式，主要是為了簡明費用之計算）。這表示集合住宅或產業區本身可以將用過的水先初步的作減污處理後，再交給政府作進一步的減污處理；以減低其所應付之單位水減污代理費。因此若集合住宅或產業區能建立自行污水處理設備，以呼應政府獎勵民間設置減污處理設備（Michael et al., 2000），如此一來，不但環保單位可收污水立即處理之效，而且住宅、公寓、大廈之居民亦能減除水污處理費之費用負擔。當然欲達到此目的，就必須透過政府立法來制定進水使用費及水污處理費，以達最佳防污效果，因此政府應如何制定合適水價（單位水量的進水使用費）遂為值得進一步研究之問題。

依現行自來水法第 59 條規定：「自來水水價之訂定，應以水費收入抵償其所需成本，並獲得合理之利潤。其計算公式及詳細項目，由主管機關擬定，報請中央主管機關核定。前項合理之利潤應以投資之公平價值並參酌當地通行利率、利潤訂定」。由上述法條可知，現行自來水水價均應訂有計算公式，並須報請主管機關核定，同時明訂計算公式所計算之水費收入必須抵償其所需成本，並獲得合理利潤。在成本方面，更進一步規定必須列出詳細項目，而

合理利潤以投資之公平價值參酌通行利率、利潤訂定。準此，台灣省自來水價公式在自來水法台灣省施行細則第 20 條之 1 訂為：

$$\text{平均單位水價} = \frac{\text{各項營運支出} + \text{投資報酬}}{\text{售水度數}} \quad (1.1)$$

資料來源：自來水法臺灣省實行細則

透過水價制定的機制，並將鼓勵集合住宅或產業區自行建立減污設備，已先行對其污水作減污處理之因素考慮其中，實為一可行且事半功倍的辦法。至於站在政府鼓勵之立場集合住宅自行建立減污設備，如何制定最佳進水使用費及最佳水之減污代理費，則為第二章數學模式分析的主要內容。

第二節 台灣為缺水國家

再者水資源具有無可替代的重要性，人類生活於宇宙間之地球上，無時無刻不與水發生密切的關係。邁入 21 世紀，人類將面臨人口快速增加至 60 億以上 (Taylor, 1995)，如此一來，對於水資源之需求亦大幅增加。聯合國大會亦於 1997 年時通過一份世界水資源全盤評估報告 (Comprehensive Assessment of The Freshwater Resources of The World)，除警告世界水資源需求須為人口成長率之 2 倍外，並且強調人類若不採取適當用水政策與措施，時至 2050 年時，全世界 3 分之 2 的人口將缺乏水資源且危害經濟、農業、生態之發展，並造成公共衛生的問題及糧食供應之危機。此種現象如果再加上隨著環保意識逐漸高漲，對於水資源的開源，將日益困難。

一般最常見的水源是源遠流長的巨川大河，滋潤了廣大的土地，帶動了經濟活動，更經

長期發展蘊育出不同的文化，如中國大陸長江水系、珠江水系、黃河水系各具不同的歷史文化，風光文物自成一格。另一重要的水源，則是終年積雪的高山。在緯度較高的溫帶地區，數千公尺的高山，白雪皚皚終年不化；到了春夏之季氣候溫暖，山巔溶雪後雪水流入山麓谷地，也可灌溉農田、促進工業。新疆的天山南北路、美東北角和加拿大卑詩省的海岸山脈，瑞士、義大利的阿爾卑斯山，都是靠積雪綠化大了大片的草原。

然而台灣並無巨川大河和終年積雪的高山，雖然在一般人的印象裡，台灣每年的降雨量十分充沛，然而由於台灣先天的地形限制，地狹人稠、山坡陡峻，即便每年有颱風所帶來之豪雨，但大部分的降雨皆迅速流入海洋。為了台灣產業經濟進一步的發展，台灣自日治時代起就已開始興建水庫，以便在山谷間蓄水灌溉並發電防洪。日治時代所建的水庫即有日月潭、烏山頭珊瑚潭等，光復後則又陸續興建了石門水庫、德基水庫、曾文水庫、翡翠水庫等，充分供應農工民生用水，使近 30 年台灣經濟的成就，有長足的貢獻。

近年來很多新興的工業，向西岸海邊尋找較廉價的土地。而水源在中央山脈山麓的大小水庫，和雲林、嘉義、台南等地的海岸工業區相隔數十公里，輸送不易，再加上水權分配的管理問題，以致沿海各工業區，都發生取水的困難。此外，由於各地區之水源並無法互通有無，至地區性的缺水時有所聞。然而各水庫在經歷長年使用後，水庫之淤積問題嚴重，再者台灣山坡地水土保持不佳，更加速水庫的淤積程度，大幅縮減水庫的蓄水量及使用壽命。且近二、三年來，颱風較少、雨水分配失調等因素，使得各水庫之蓄水量大幅縮減，造成農、工、民生等各方面用水的全面性缺水。

由過去的資料統計，台灣地區因每人每年實際可分配到的降雨量甚少，只及世界平均值

的七分之一。同時，按目前世界標準，當一個國家或地區的每人每年供水量介於 1 千至 2 千公噸時，則為缺水國地區。根據此一標準，台灣因每人每年可用水量僅約 1 千公噸，屬於缺水地區。如表 1.1 所示。為了方便說明與表示，遂將表一之數據予以繪圖說明，如圖 1.2（每人每年用水量）所示。

表 1.1 歷年平均每人每年用水量及每人每日用水量

年別	每人每年用水量(立方公尺)	每人每日用水量(立方公尺)
1995	84.353	0.231
1996	87.576	0.239
1997	86.539	0.237
1998	83.907	0.23
1999	85.638	0.235
2000	86.645	0.237

資料來源：台灣省自來水事業統計年報

此外，台灣的降雨量在地域、季節的分布極不平均情況下，更容易造成地區性、季節性的乾旱。未來，由於經濟產業發展、人口持續成長將使得用水需求量快速增加（由圖 1.3 台灣地區歷年供水用戶數可以看出），使得近六年來台灣地區每年用水需求量平均每年增加 3%（台灣省自來水公司），而且新水源（如建造水庫）的開發成本增加，更由於近年政府在建造水庫的過程中，頻遭遇地方居民或環保團體的抗爭（黃燕如，1988），對於水資源的開發，更

是如履堅冰、處處困難。

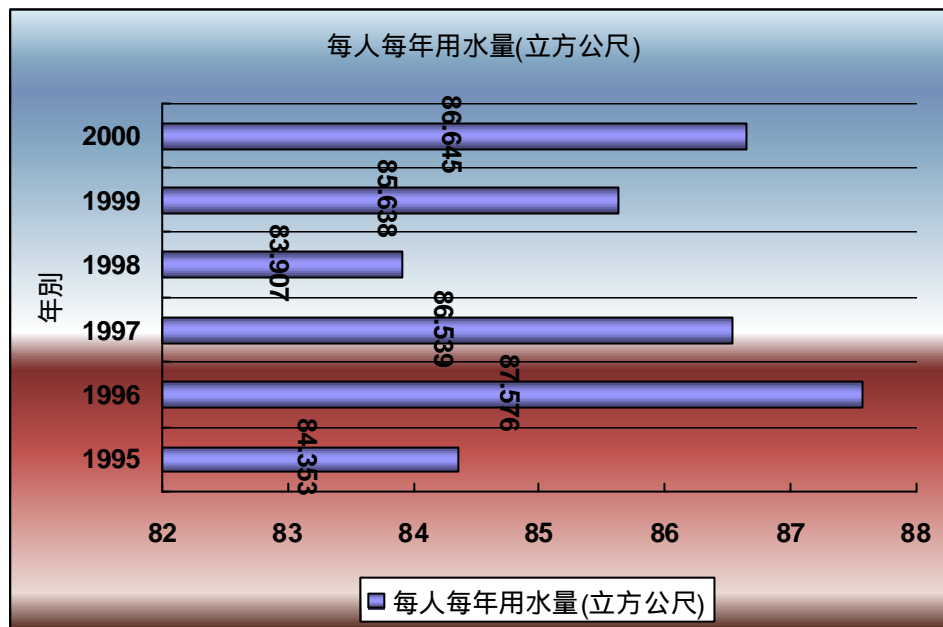


圖 1.2 每人每年用水量(立方公尺)
資料來源：台灣省自來水事業統計年報

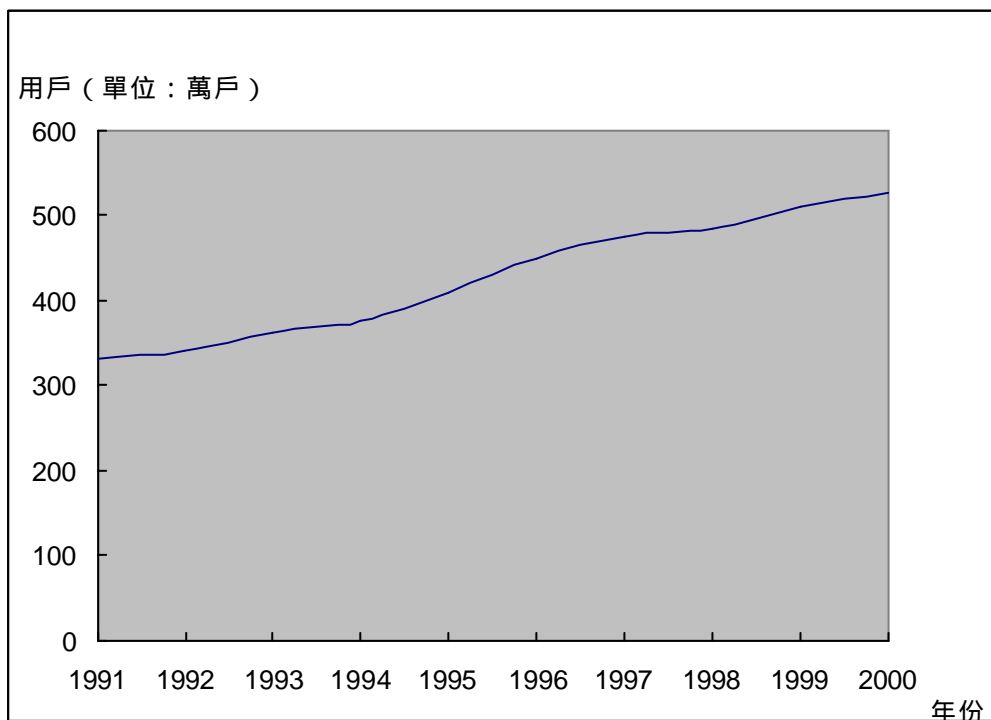


圖 1.3 台灣地區歷年供水用戶數
資料來源：台灣省自來水事業統計年報

因此以下分別由圖 1.4 北部區域生活及工業用水供需圖、圖 1.5 中部區域生活及工業用水供需圖及圖 1.6 南部區域生活及工業用水供需圖，可以分別看出台灣地區北、中、南各地區的水資源供需概況，並加以說明與分析之。（至於台灣東部地區生活及工業用水供需情況，由於東部人口稀少、產業規模不大，因此於此未將相關資料予以陳列與討論）。

從圖 1.4 台灣北區用水供需圖，可以看出台灣北部水資源之供給似乎較為充足，然而北台灣水資源較為充足的情形，因可歸咎於其天然地形及氣候之因素。但是由於未來水資源的

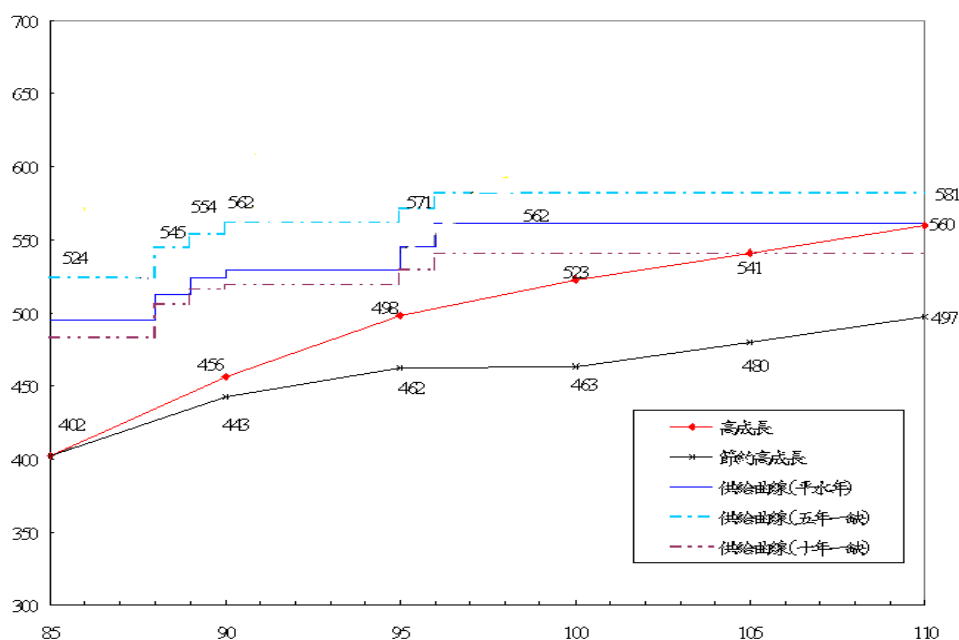


圖 1.4 北部區域生活及工業用水供需圖
資料來源：經濟部水資源局

開發受限，不論是成本考量或是缺乏開發土地等因素，都將使得台灣北區水資源之開發接近停滯，甚至由於水庫長年的淤積問題，因而使得水庫之蓄水量下降，反而導致水資源之供給下降。若由需求面來看，從圖 1.4 可以看出北台灣水資源之需求量高度成長，若依據圖 1.4 的

評估預測，在民國 100 年後，北台灣亦將面臨缺水危機。

由圖 1.5 中部區域生活及工業用水供需圖，可以看出台灣中部區域近 15 年來幾乎每 3 年即面臨一次缺水危機。雖然一直以來，中部地區水資源之供給由於相關建設陸續完成，水資源供給量有所增加，但亦由於需求量的快速成長，使得中部地區始終無法擺脫缺水危機。再者近年來由於中部過度開發、水土嚴重流失的問題嚴重，更加導致上游水庫嚴重的淤積問題，因此未來中部區域的水資源供給勢必將更加受限。

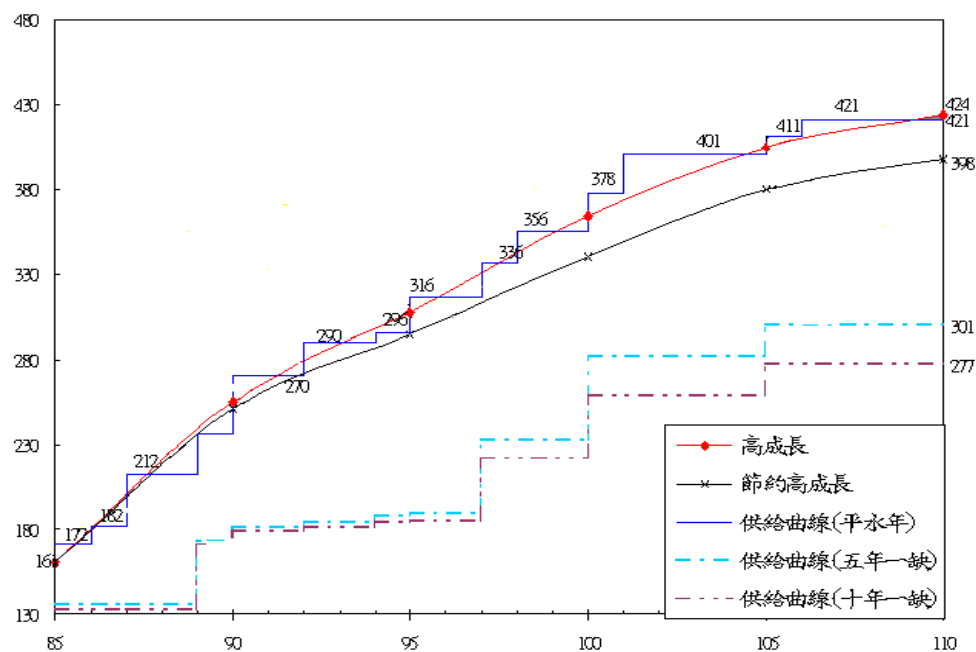


圖 1.5 中部區域生活及工業用水供需圖
資料來源：經濟部水資源局

由圖 1.6 南部區域生活及工業用水供需圖，可以看出中部區域水資源的供需情形（參照圖 1.5）與中部區域水資源之供需情況較為類似，幾乎每隔幾年即面臨一次缺水危機。雖預期美濃水庫的興建完成，期望能在民國 100 年後，為南部地區帶來充沛且穩定的供水來源，但

由於美濃當地居民、民間環保團體的激烈抗爭，再加上政府政策的搖擺，使得美濃水庫的興建案延宕，亦代表未來南部地區的供水來源亮起紅燈。

綜觀台灣各地區水資源供需情況後，可說台灣地區水資源之用水供給成長率明顯不及用水需求之成長率。尤其每當水資源的用水供給剛因為相關供水工程的完工，使得供水量大幅提昇，但往往不出 3 到 5 年的時間，即又面臨水資源供需飽和或缺水的危機。由此更可以看

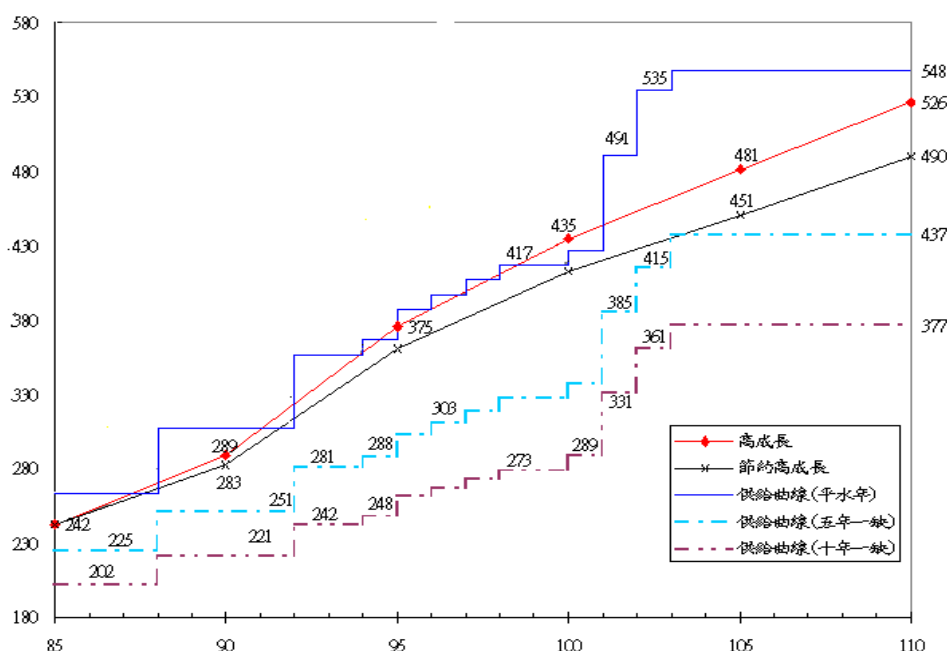


圖 1.6 南部區域生活及工業用水供需圖
資料來源：經濟部水資源局

出台灣實為一缺水的國家。由上述分析可知，台灣地區缺水是因其先天條件所致，加上人口稠密使問題更加嚴重。

第三節 廢水回收減汙再利用可視為一種水資源

既然台灣水資源的問題乃是先天不足、後天失調，過去除了以興建水庫的方式來增加水

資源的供給外，究竟還有何種水資源的開源方式呢？其實有一種幾乎尚未被開發的水資源，就是經過處理的城市廢水。回收一項「廢棄」的產物且使其成為可靠且穩定的供水水源，可以帶來巨大的利益。然而廢水回收的方式與用途可分為許多方式，以國外例子來說，「回收廢水」若用於農業灌溉是要利用污水中的營養物質作為農作物的養分供給來源，並防止它們污染水道。

此外「回收廢水」的應用也可以延後擴建和更換造價昂貴的新排水系統的需求，也消除廢水被排入河流和海洋所造成的問題。它透過減少自河流與湖泊中抽取的水量，從而保護了淡水生態系統。回收的廢水還有助於恢復因抽水過度而遭受損害的水生生態系統，甚至可用來補充地下水。利用回收的廢水，而非從數百公里外的地方將水運來，這樣可以節省很多能源。例如以色列擁有世界上最先進的廢水回收系統；70%的污水目前都經過處理，並用於灌溉。官員們預計，到 2010 年，該國總供水量的五分之一將來自回收的廢水（節約用水季刊 17 期，2000）。

隨著廢水處理技術的提昇，再利用處理過廢水的應用技術也得到了改進。已有少數城市（但其數量正在增加）開始使用經高度處理的廢水去補充飲用水的供應。例如，納米比亞首府溫荷克市，是非洲南部第一座將回收的廢水用於公共供水的城市，而且已如此進行 15 年以上了（節約用水季刊 18 期，2000）。然而在決定將經過處理的廢水加入到城市供水系統之前，他們必須先充分估計：處理過的廢水中所可能存在之污染物對於人體健康的影響，並建立起各種監管、測試以及處理的綜合系統；經過處理的水，仍可能含有目前測試或處理程序尚無法確定的污染源。減少用於處理污水過程中的水量，相對地也能夠獲得很多水。處理廢

水是一種需要大量集中用水的過程，而如果沒有污水處理這個過程，這種最常使用的系統就不可能持續地擴展，而滿足目前人口的需求。

近年來全世界污水減污再利用迅速地增加 (Friendler, 2000), 若從水資源再利用來加以分析其效益，則可以日本長崎縣的豪士登堡為例 (節約用水季刊 21 期, 2001)。其效益說明如下：豪士登堡於水資源再生利用方面，無論在日本或世界各地都是一個十分成功的案例。在建造之初，基於水資源與環境保護觀點，且透過污水品質管制下 (Tsagarakis et al., 2001; Nora, 2002), 決定將使用過的生活排水，經過處理之後做為冷卻水塔的補充水、廁所沖水及植栽澆灌 (Sandrolini and Franzoni, 2001) 等用途，其中廁所沖水之再生處理設施，不但形成生生不息的再生利用循環系統，而且使再生利用率，提高到「總用水量」的百分之 40 以上 (一般約 20% 左右)。

若從氣候的關係因素來分析，地中海型氣候的國家為雨季、乾季明顯之氣候，再加上區域性的分布不均，因此導致部分地區嚴重水資源不足。這點與台灣的地理環境類似，而其國家在面臨水資源不足的情況下，大都透過廢水回收再利用的方式以達到增加其用水效益 (節約用水季刊 17 期, 2000)。這些國外污水減污再利用的成功例子，確實值得台灣在水資源課題上學習與應用。

由上述可知，亦可以將污水減污再利用視為一種新的水資源 (Friendler, 2000), 且是一個穩定的供水來源。如此，對於以往一律將污水排放視為負的外部問題 (Callan and Thomas, 2000), 也將重新思考 (Centi and Siglinda, 1999)。以台灣目前情況來看，台北市每日生活用水量 450 公升、台灣省 350 公升，其中飲用的水不到 1%，其餘用在洗澡、沖馬桶等，其中家

庭用水中耗水量最大的是抽水馬桶，約佔 35%。由此可見若能將回收系統導入一般集合住宅或產業區之生活用水需求中，則如此一來將使得水資源的利用率大為提高（Amahmid and Bouhoum, 2000）。

由於台灣本為缺水之地區，再加上未來經濟、社會環境的成長下，對於水資源之需求更是日趨擴大。政府應如何在台灣現行環境限制下增加水資源的利用率（Erickson and Gowdy, 2000），實為一值得研究之課題。再加上一般集合住宅或產業區之生活污水的含污程度並不高，在透過其自行減污處理設備先行減污處理後之排放水，實為可以再利用之水資源（Chongwoo and Iain, 1998）。若未先行作減污處理，而將之排放於河川之中，則將造成嚴重污染（勁報，2001）；或仰賴透過污水道輸送污水至污水廠作減污處理，若有滲漏則污染將繼續擴大，此亦為不健全之方法（中央通訊社，2001）。若是一般集合住宅或產業區能在設立建污設備之下，先自行對使用後生活污水作減污處理（Chongwoo and Iain, 1999），同時增設生活污水回收系統，將減污處理後之生活污水回收，則實為一可行之辦法（節水季刊 17 期，2000）。

再者現今台灣的用水定價制度，是採取統一水價之方式所訂定。然而即使是家庭用水客戶，仍然由於用水收益、與缺水之機會成本大不相同及地理環境之限制，使得用水成本有所不同（Andreas, 1995），若採用統一水價，有違合理水價訂定之效率原則，是以這個問題長久以來，一直為人詬病。再加上現今水價之訂定並不能誘使民眾節約用水、並造成水資源的配置無效率，所以如何能制定一合理水價並能誘使民眾自行減污，以達到用水公平、政府之防污等，水價為首要問題。

第四節 研究目的

本論文所研究之生活污水定價模式分析，其出發點乃是站在政府之防污立場，如何建構污水稅制之最適污水排放定價，以及在此減汙稅制下，政府應如何訂定水價，以使得污水排放之社會福利最大或社會成本最小（Callan and Thomas, 2000），此生活污水課稅模式建構之過程與內容將於本論文第二章作詳細之介紹與說明，並且對於本生活污水定價模式所研擬之相關因素探討亦於第二章內予以討論。

而透過第二章生活污水定價模式的建立，在水資源的減汙回收、再生利用的討論後，將回收之效益予以導入本模式之中，則為本論文第三章之研究重點。將於第三章作詳細討論。本文第三章之研究即是站在政府立場，建構如何透過水價訂定策略（Steve and Bobert, 1998）誘導用水客戶投資減汙設備及回收設備（Lans and Goulder, 1997）以使得污水排放之社會成本最小（葉欣誠，2000）。其中水價訂定包含水污染稅率及進水費率之制度兩部分，並將討論將回收效益考慮其中的影響與分析。

第五節 本章小節

本章主要是先針對當前水資源問題，以及相關背景作出簡要說明。對於水資源缺乏不但將對社會經濟未來之發展產生限制，甚至對民眾生活品質產生重大的危害，並提出本論文的主要研究目的。

本論文第二章則提出所建構之生活污水污染課稅模式，希望透過此模式之建構，提供政府水資源單位在制定相關政策時之參考。且於本論文第三章將回收因素導入前章所建構之生

活污水污染課稅模式，以討論消費者（用水客戶）之最適成本，並可看出回收對消費者最適成本之影響效果。並將本論文模式之討論及其相關因素，及其所獲得之性質予以整理於第四章。

第貳章 生活污水污染課稅模式之建構

本章之重點即在如何建構生活污水定價模式，此生活污水定價模式乃是站在政府之防污立場下，應如何建構污水稅制之最適污水排放定價，以使得污水排放之社會成本最小或社會福利最大。

第一節 模式建立

本文所討論的是一集合住宅或產業區之生活污水的處理問題。當政府訂定出單位水量之單位含污率的減污代理費用為 t 後，個別集合住宅用戶在個別利益最大化之下應如何投資於污水（減污）處理設備是本模式分析之重要因素。假設用戶對減污處理設備水準是可以選擇的，其中減污設備水準之決定可用其對污水處理後之單位排放水含污程度來衡量。用戶在其減污設備投入水準與水污費費用支出水準之間，如何作選擇以使得其用水總成本最小，為個別用水客戶所面臨的問題狀況。

一、符號意義

為了易於了解與說明本文所建構之生活污水課稅模式，因此對於本模式所採用之符號及其意義，分述如下：

e_0 ：一集合住宅之流進水的含污率（單位流進水之含污量）， e_0 是由政府所授權之供水單位來決定。 e_0 為本模式之參數。不同地區可能由於自然環境之不同或由於輸水過程中無法預期之污染，因而導致流進水的含污率 e_0 可能有所不同（Innes and Cory，

2001)

e_1 ：一集合住宅之用水後含污率。即單位用水未減污處理前的含污量。其中 $e_1 - e_0$ ($e_1 > e_0$) 為集合住宅或產業區之用水後添污率， $e_1 - e_0$ 為單位用水後所添增污染量。因此若用水添污率 $e_1 - e_0$ 係給定的，則進水含污率 e_0 增加必然會造成 e_1 增加。 (2.1)

e ：一集合住宅之用水，經其減污設備減污處理後之含污率，即 e 為經其減污設備減污處理後之單位水的含污量；其中 e ($e_0 \leq e \leq e_1$) 為集合住宅或產業區用水決策的決策變數。

將各階段之單位用水含污率予以繪圖說明，如圖 2.1 所示：

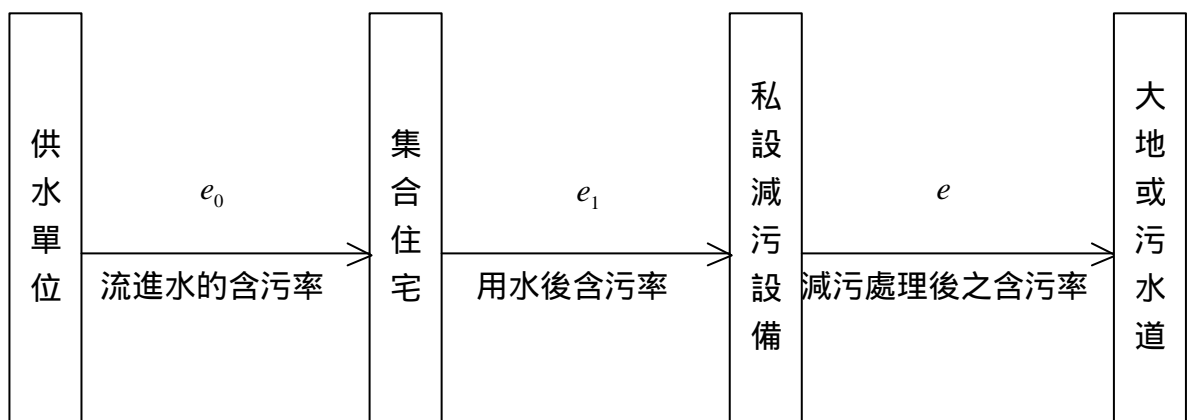


圖 2.1 各階段單位用水含污率

資料來源：(陳柏宇、陳中獎，2001)

$A(e)$ ：一集合住宅或產業區單位時間內單位用水後的減污處理成本（包含污水減污處理設備之投資成本及操作成本）。一般而言，含污率 e 愈小（即其減污量愈大）表示其投資於減污設備成本 $A(e)$ 及投資於減污設備邊際成本 $A'(e)$ 皆愈高；，故以下本文假

設

$$A'(e) < 0, A''(e) > 0, \forall e. \quad (2.2)$$

因此若用水後之減污率 $e_1 - e$ 係給定的 (即減污設備給定), 則由 (2.1) 得知 e_1 增加會造成 e 增加。 (2.3)

t : 水之減污費率 (單位水量之單位減污量可少繳給政府的費用)。即若單位排放水之含污量為 e 單位, 則其所需繳納的水污費用為 $t \cdot e$ 。其中 t 為政府水資源環保單位之決策變數。

政府擬透過 t 的決定, 來誘導集合住宅或產業區決定其決策變數 e , 記作 $e = e_t$, 以達成水資源環保之目的。

p : 一集合住宅或產業區之進水費率 (單位進水的使用成本)。

在一般情況下 $p > 0$; 若 $p < 0$, 則表示其 $|p|, |p| = -p$, 為政府為獎勵用水單位投資高水準污水減污設備, 因此產生正的外部效果, 所採取之用水補貼政策 (劉育民等, 1993)。

$D(e)$: 一集合住宅或產業區之單位用水, 經其減污處理後, 排放而產生污染社會成本。

其中

$$D'(e) > 0, \text{ 且 } D''(e) > 0 \quad (2.4)$$

由 (2.4) 可知, 即含污率 e 愈大, 表示排放單位污水所造成之社會污染成本愈大。

函數 $D(e)$ 的估計涉及實務性, 不在本文討論; 但大致上, 我們可以說 $D(e)$ 數值的大小至少與下列兩個因素有關:

(一) 集合住宅區或產業區附近是否具有污水道設施？

(二) 集合住宅區或產業區距離污水道途徑終端之政府所設置之污水處理廠距離多遠？

現分別就上述 (一) (二) 兩項因素所引起之社會成本說明如下：

- 1.若政府在該住宅區或產業區附近設有污水下水道。則表示污水經集合住宅區減污處理排放至污水道後仍由政府負責收集再作進一步的減污處理。
- 2.若在該集合住宅區附近，政府未設置污水道，則表示該集合住宅區，進水使用經其自行設置減污處理後，直接排放至大地，滲入地底下產生污染。

比較上述 1、2.兩種狀態可知：對任一給定之 e 值，情況 1.所對應之 $D(e)$ 值，小於情況 2.所對應之 $D(e)$ 值。

即使一集合住宅區附近設有污水道，該集合住宅區所對應之 $D(e)$ 仍然與該集合住宅區距離下水道終端（政府所設置之之大型污水處理廠）之距離長度有關。若其距離長度越大，則所對應之 $D(e)$ 值亦越大；概因污染產生所造成之不良後果，往往與污染源產生至減污處理之間的時間長短有密切關係。為使研究結果具體，以下本文假設諸集合住宅區單位時間內之用水量大同小異，因此 $D(e)$ 可以用諸集合住宅區與污水道終端之平均距離來衡量其污染社會成本。

N ：集合住宅數目。

Q ：單位時間用水量， $Q = \sum_{i=1}^N q_i$ ，其中 q_i 為第 i 個集合住宅單位時間用水量。為討論方便，以下本文使用符號 q 表示某一具代表性集合住宅之單位時間用水量 q_i ，且

$$Q = Nq。$$

$C(Q)$ ：供水廠之單位時間供水量為 Q 之生產成本。則 $C'(Q)$ 即為其供水之邊際成本。

二、集合住宅群或產業區所面臨的問題：應如何決定污水減污處理後排放水之含污程度（即單位排放水之含污量） e 值

若政府所決定水之減污費率為 t 後，則個別集合住宅或產業區之最佳用水減污處理設備之處理水準為何，方能使其單位時間所付出的成本最小之數學模式可表示如下：

當政府給定排水污染費率（單位排水污染費用） t 後，用戶單位時間用水量 q 所需付出的費用包含：進水使用費 $[p \cdot q]$ ，水污處理費 $[t \cdot e \cdot q]$ 及投資於減污處理設備費 $[A(e) \cdot q]$ 。因此用水客戶要如何決定 e ，以使得其用水成本最小之數學問題可表成：

$$\text{Min}_{e_0 \leq e \leq e_1} [p + t \cdot e + A(e)] \cdot q \quad (2.5)$$

設 e_t 為式 (2.5) 之最佳解。若 $0 < e_t < e_1$ ，則式 (2.5) 之最佳解 e_t 必須滿足下列條件：

$$0 = \frac{d}{de} [p + t \cdot e + A(e)]q \Big|_{e=e_t} = [t + A'(e_t)] \cdot q \quad (2.6)$$

$$0 \leq \frac{d^2}{de^2} [p + t \cdot e + A(e)]q \Big|_{e=e_t} = A''(e_t) \cdot q \quad (2.7)$$

由 (2.2) 得知。任給 t 值，等式 (2.6) 恰存在一解。考慮 (2.6) 式對 t 微分可得：

$$0 = 1 + A''(e_t) \cdot \frac{de_t}{dt}, \text{ 即}$$

$$\frac{de_t}{dt} = -1/A''(e_t) < 0 \quad (2.8)$$

由 (2.8) 式得知：若排放污染費率 t 提高，則減污後含污率 e 下降；反之，若污染費率 t 下降，則減污後含污率 e 上升。此一式子符合現實情況，因此，政策之制定者必須將此情況

納入考慮。

三、政府之防護水污染所面臨之問題：應如何決定最佳減污費率 t 值

政府在訂定此一減污費率 t 時，必需考慮到用水客戶（個別集合住宅或產業區）對此一減污費率 t 值的可能因應之道。亦即政府應考慮一集合住宅或產業區是如何根據政府所制定的水污費用 t ，選擇其最適污水處理後之含污程度 e_t 值，方能使其用水成本最低之問題。此問題的製作如下：

設單位時間用水量 Q 為單位用水成本 V 的減函數，記作 $V = f(Q)$ ，或 $Q = f^{-1}(V)$ ，其中 V 為：單位使用水成本 p 與單位水污代理費用 $t \cdot e_t$ ，及單位減污設備投資成本 $A(e_t)$ ，三者相加之值：

$$p + t \cdot e_t + A(e_t) = f(Q)$$

若政府希望藉由進水使用費 p 及減污費率 $t \cdot e_t$ 的制訂，來誘導用水客戶願投資減污設備而支付單位減污成本 $A(e_t)$ ，以使得用水資源的社會剩餘（消費者剩餘與生產者剩餘二者相加之值）最大（Graeme，2000）（如圖 2.2 所示）；則其數學模式為：

$Max_{p,t} Z(p,t)$ ，其中

$$Z(p,t) = \int_0^Q f(x) dx - \int_0^Q [C'(x) + D(e_t) + A(e_t)] dx \quad (2.9)$$

$$\text{且 } Q = f^{-1}[p + t \cdot e_t + A(e_t)]$$

考慮 $Z(p,t)$ 是對 p 偏導數可得：

$$\frac{\partial Z}{\partial p} = [p + t(e_t) + A(e_t)] \frac{\partial Q}{\partial p} - [C'(Q) + D(e_t) + A(e_t)] \frac{\partial Q}{\partial p}$$

$$= [f(Q) - (C'(Q) + D(e_t) + A(e_t))] \frac{\partial Q}{\partial p} \quad (2.10)$$

本文擬透過下列兩步驟求最佳解：

步驟 1：先假設當政府給定任一減污費率為 t 值時，如何求得問題 $\text{Max}_p Z(p, t)$ 之最佳解 p_t 。

步驟 2：令 $Z_t = \text{Max}_p Z(p, t) = Z(p_t, t)$ ，則藉由步驟 1 之結果以求得社會福利最大（社會

成本最小）之 t 值，記作為 t^* ，亦即 t^* 滿足 $Z_{t^*} = \text{Max}_t Z(p_t, t) = Z(p_{t^*}, t^*)$ 。

步驟 1 詳細內容：

由式 (2.9) 及式 (2.10) 得知，給定 t 之問題： $Z_t = \text{Max}_p Z(p, t)$ 的最佳解 p_t ，須滿足下

列條件：

$$f(Q_t) = C'(Q_t) + D(e_t) + A(e_t) \quad , \quad \text{且}$$

$$0 \geq \frac{\partial^2 Z}{\partial p^2} \Big|_{p=p_t} \quad (2.11)$$

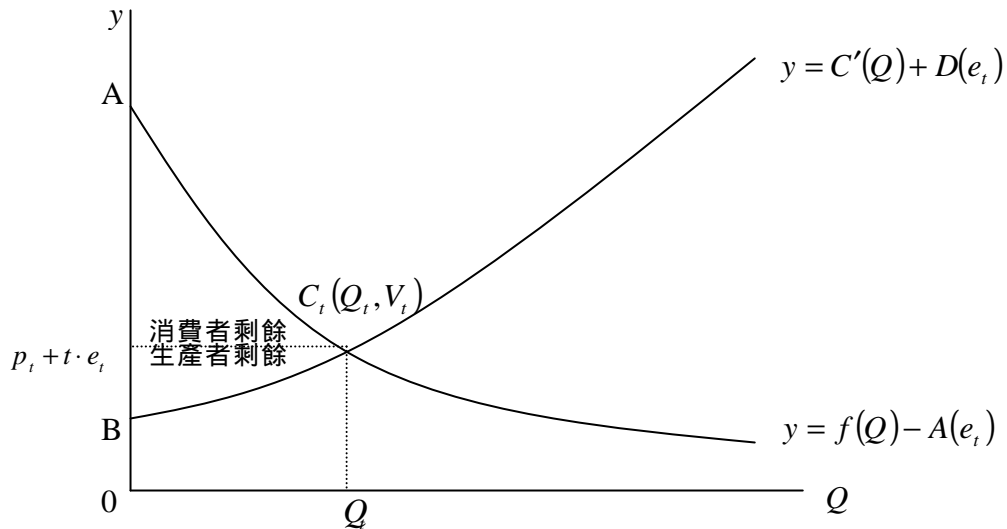


圖 2.2 給定 t 值， $\text{Max}_p Z(p, t)$ 之最佳解 p_t 的性質

由式 (2.10) 及式 (2.11) 得知：當給定減污費率 t 值後，對應於 t 值之最適用水費率 p_t ，

與曲線 $y = f(Q)$ 及曲線 $y = c'(Q) + D(e_t) + A(e_t)$ 之交點 C_t 的關係如圖 2.2' 所示。又由式 (2.9) 及定積分的定義得知：目標值 $Z(p_t, t)$ 為圖 2.2' 之 ABC_t 區域之面積 (或稱 $Z(p_t, t)$ 為圖 2 之 $\overline{ABC_t}$ 區域之面積)。

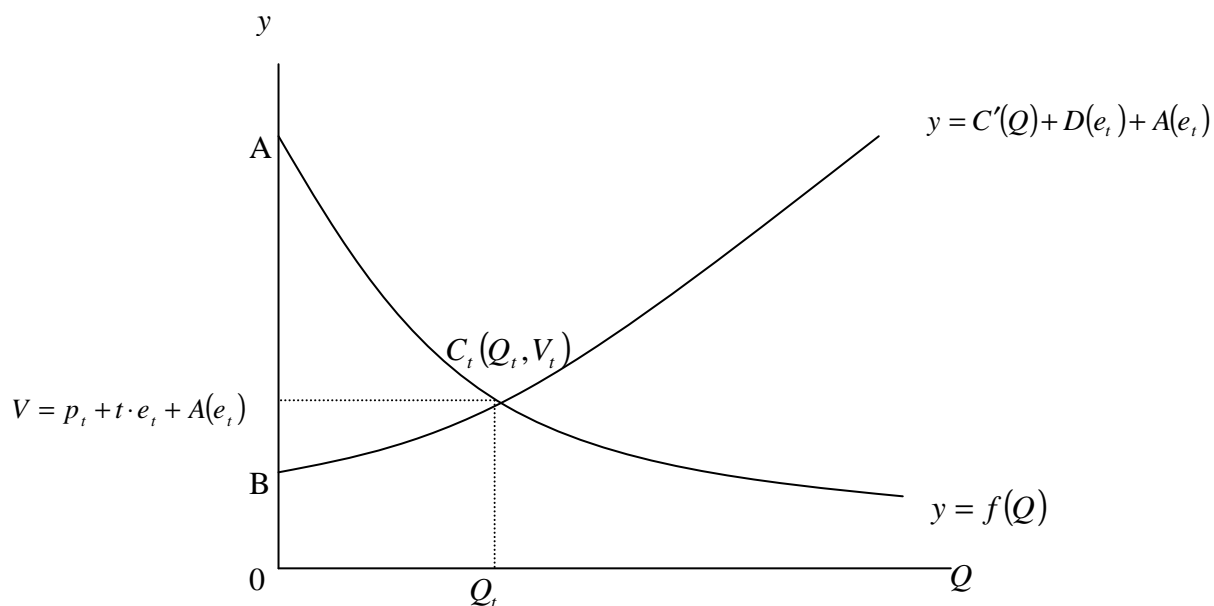


圖 2.2' 給定 t 值， $\text{Max}_p Z(p, t)$ 之最佳解 p_t 的性質

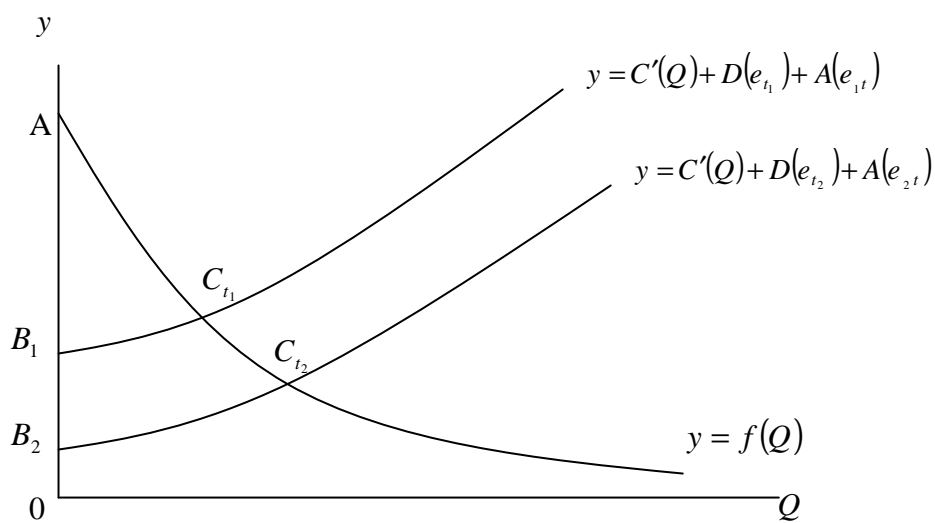


圖 2.3 Z_{t_1} 、 Z_{t_2} 的比較

步驟 2 :

因為 $Max_{p,t} Z = Max_t Max_p Z = Max_t Z_t$, 則由圖 2.2' 得知 : 能使得 Z_t 最大之 t 值 , 即為使得圖中區域 ABC_t 面積最大之 t 值。因此 , 如圖 2.2' 所示 : 對於任意兩個不同 t 值 t_1 與 t_2 , 若不等式 $D(e_{t_1}) + A(e_{t_1}) > D(e_{t_2}) + A(e_{t_2})$ 成立 , 則 $Z_{t_1} = AB_1C_{t_1}$ 面積 $<$ $AB_2C_{t_2}$ 面積 $= Z_{t_2}$ 。

因此 t^* 為問題 $Min_t [D(e_t) + A(e_t)]$ 之最佳解。即

$$D(e_{t^*}) + A(e_{t^*}) = \underset{e_0 \leq e \leq e_1}{Min} [D(e_t) + A(e_t)] \quad (2.12)$$

因此 , 若 $e_{t^*} \in (e_0, e_1)$, 則 $0 = \frac{d}{dt} [D(e_t) + A(e_t)] \Big|_{t=t^*} = [D'(e_{t^*}) + A'(e_{t^*})] \frac{de_{t^*}}{dt}$

因而 , 得

$$[D'(e_{t^*}) + A'(e_{t^*})] = 0 \quad (2.13)$$

綜合上述討論結果 , 可得式 (2.9) 之最佳解 (t^*, p_{t^*}) 情況如下 :

情況 (一) : 假設 $D'(e_0) + A'(e_0) \geq 0$ 。因 $D''(e) + A''(e) > 0$, $D'(e) + A'(e)$ 為 e 的嚴格增函數 ,

故在情況 (一) 之假設下 , $D'(e) + A'(e) > 0, \forall e \in (e_0, e_1)$, 因而 $D'(e) + A'(e)$ 為 e 的嚴格增函數 , 故 $e_{t^*} = e_0$ 。

即表示用水客戶透過其減污設備 , 對使用後水作減污處理 , 使得排放水含污率和進水含污率一致。

情況 (二) : 假設 $D'(e_0) + A'(e_0) \leq 0$ 。因 $D''(e) + A''(e) > 0$, $D'(e) + A'(e)$ 為 e 的嚴格增函數 ,

故在情況 (二) 之假設下 , $D'(e) + A'(e) < 0, \forall e \in (e_0, e_1)$, 因而 $D'(e) + A'(e)$ 為 e 的嚴格減函數 , 故 $e_{t^*} = e_1$ 。

表示用水客戶透過其減污設備 , 對使用後水作減污處理 , 使得排放水含污率

和未減污時含污率一致。即用水客戶不需投資自行之減污設備。

情況(三): 假設 $D'(e_0) + A'(e_0) < 0$ 且 $D'(e_1) + A'(e_1) > 0$ 。因 $D'(e) + A'(e)$ 為 e 的嚴格增函數，

故在區間 (e_0, e_1) 中，存在唯一值 e_{t^*} 滿足 $D'(e_{t^*}) + A'(e_{t^*}) = 0$ 。 (2.14)

表示用水客戶透過其減污設備，對使用後水作減污處理，必定有一個最佳減污率，可使得用水客戶之成本最小。

第二節 敏感度分析

若當本模式之參數變動，亦將使得社會剩餘（即圖 2.2' 中之 ABC_t 面積值）發生改變，因而 t^* 也將變動。為說明各參數及各函數之變動如何影響最佳解 p^*, t^* 之變動，以下分別對 f, C', D, A 等函數，以及對 e_0, e_1 等外生變數變動作最佳解的敏感度分析。

一、函數 f 變動的影響效果

由圖 2.2' 得知：當函數 f 向上移動至函數 g 時，即 $f(Q) < g(Q), \forall Q$ （如圖 2.4 所示），則最佳解變動情形如下：

1. t^*, e_{t^*} 皆不變（因由式 (2.14) 可得證）。

2. V^* 與 p^* 皆上升

$$\left(\text{因 } p_g^* = V_g^* - [t^* \cdot e_{t^*} + A(e_{t^*})] > V_f^* - [t^* \cdot e_{t^*} + A(e_{t^*})] = p_f^* \right)$$

3. Q^* 增加。

由上述最佳解之變動情形可知當用水需求增加時，政府之最佳污染費率 t^* 將不會改變，因此用水客戶之最佳減污率 e_{t^*} 亦不變。而其所對應之用水需求 Q^* 增加，因而最佳單位進水費

p^* 上升，亦表示用水客戶之最佳成本 V^* 亦跟著增加；反之，當用水需求減少時，政府之最佳污染費率 t^* 不會改變，用水客戶之最佳減污率 e_i^* 亦不變。而其所對應之用水需求 Q^* 減少，因而最佳單位進水費 p^* 下降，亦表示用水客戶之最佳成本 V^* 亦跟著降低。

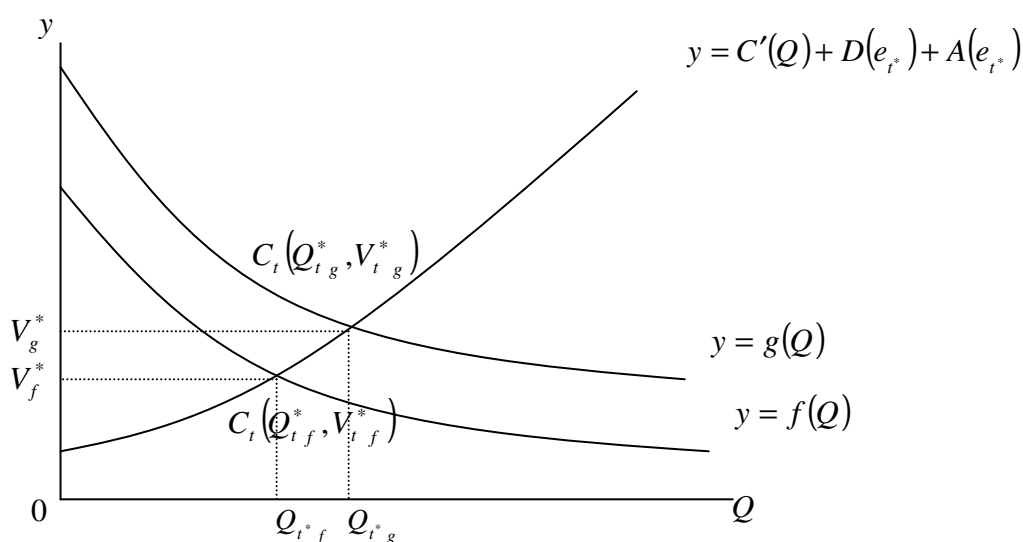


圖 2.4 函數 $f(Q)$ 向上移動至 $g(Q)$ 之影響

二、函數 C' 變動的影響效果

類似圖 2.4 的推論，當函數 C' 向上移動至 C'_1 時（即 $C'(Q) < C'_1(Q), \forall Q$ ），則最佳解變動如下：

1. t^*, e_i^* 皆不變（因由式（2.12）可得證）。
2. V^* 與 p^* 皆上升。
3. Q^* 下降。

由上述最佳解之變動情形可知當用水供給減少時，政府之最佳污染費率 t^* 將不會改變，

因此用水客戶之最佳減污率 e_t^* 亦不變。而其所對應之最佳用水需求 Q^* 下降，而最佳單位進水費 p^* 上升，則用水客戶之最佳成本 V^* 亦跟著增加；反之，亦然。

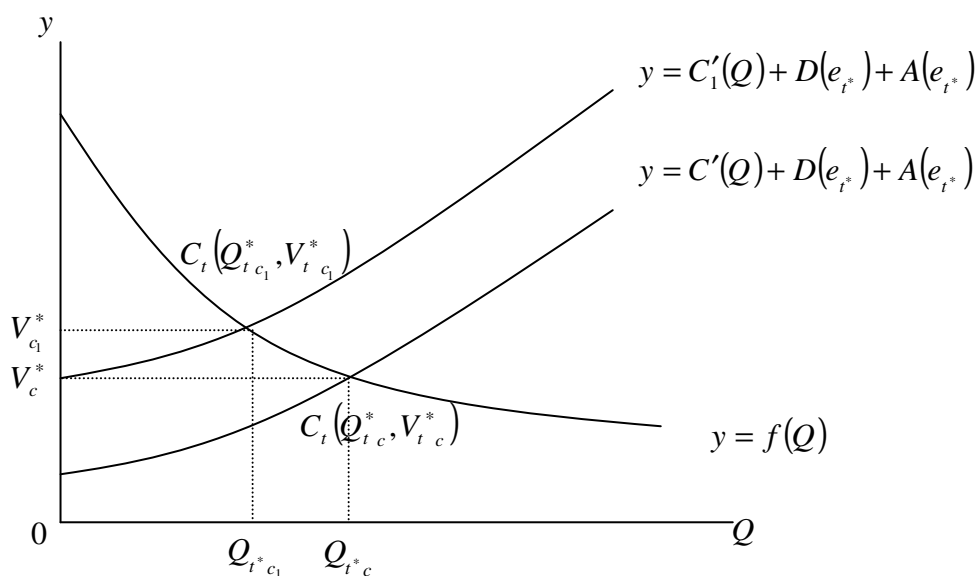


圖 2.5 函數 $C'(Q)$ 向上移動至函數 $C'_1(Q)$ 之影響

三、函數 D 變動的影響效果

若當函數 D 增加至 D_1 (即 $D_1(Q) > D(Q), \forall Q$) 時，則因 $D_1(e_{t_{D_1}}^*) + A(e_{t_{D_1}}^*) = \text{Min}[D_1(e) + A(e)] \geq \text{Min}[D(e) + A(e)] = D(e_{t_D}^*) + A(e_{t_D}^*)$ ，故由圖 2.6 得知最佳解變動如下：

1. p^* 上升。
2. Q^* 下降。

由上述最佳解變動可知當社會成本 D 增加時，將使得總用水供給因而減少。則其所對應之最佳用水需求 Q^* 下降，而最佳單位進水費 p^* 將上升，因而用水客戶之最佳成本 V^* 亦跟著增加；反之，亦然。

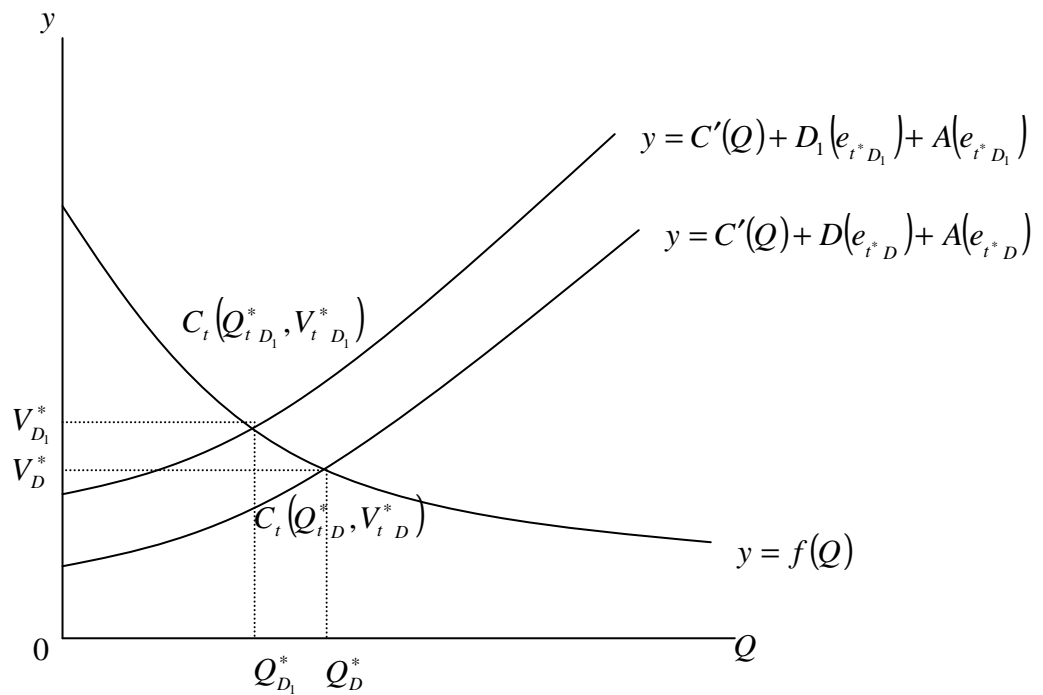


圖 2.6 函數 $D(Q)$ 向上移動至 $D_1(Q)$ 之情形

四、函數 A 的變動影響效果

當函數 A 圖形向上移動增加至函數 A_1 時，則因 $D(e_{t^* A_1}) + A(e_{t^* A_1}) = \text{Min}_e [D(e) + A_1(e)] \geq \text{Min}_e [D(e) + A(e)] = D(e_{t^* A}) + A(e_{t^* A})$ ，故由圖 2.7 得知，則

最佳解變動如下：

1. p^* 上升。
2. Q^* 下降。

由最佳解變動可知當社會成本 A 增加時，將使得總用水供給因而減少。則其所對應之最佳用水需求 Q^* 下降，而最佳單位進水費 p^* 將上升，因而用水客戶之最佳成本 V^* 亦跟著增加；反之，亦然。

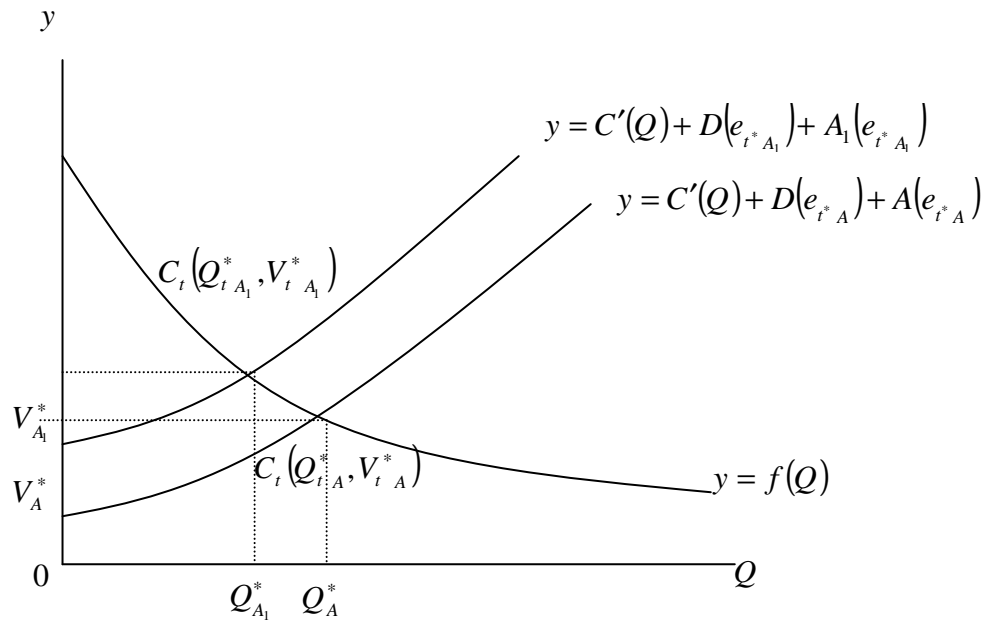


圖 2.7 函數 A 向上移動至 A_1 之情形

五、用水含污率 e_1 變動的影響效果

當用水後含污率 e_1 增加時，由式 (2.14) 得知：(一) 當 $D'(e_1) + A'(e_1) > 0$ 時，若 e_1 增加，則 e_{t^*} 不變。(二) 當 $D'(e_1) + A'(e_1) = 0$ 時，若 e_1 增加，則 e_{t^*} 增加；表示必須投入更多之減污處理成本 $A(e)$ ，才能維持排水之含污率仍 e 。因此 e_1 增加之影響效果相當於函數 A 增加之情況。

因此由上述四之討論得知：當 e_1 增加時，則最佳解變動如下：

1. p^* 上升。
2. Q^* 下降。

六、進水含污率 e_0 變動的影響效果

由 (2.1) 及 (2.2) 得知： e_0 增加則將造成 e_1 增加，因而由上述五之討論，可知最佳解變

動如下：

1. p^* 上升。
2. Q^* 下降。

第三節 結論

本研究之生活污水定價模式，乃是站在政府之防污立場，建構污水稅制之最適進水費率 p^* 及最適用水減污費率 t^* ，研究結果顯示最佳解 (p^*, t^*) 具有下列性質：

性質一：最佳減污費率 t^* 之決定與水污染社會成本函數 D 與集合住宅投資減污處理成本

函數 A 有密切關係。其關係如下：

(1) 若 $D'(e_1) + A'(e_1) \geq 0$ ，則 $e_{t^*} = e_0$ 。

(2) 若 $D'(e_1) + A'(e_1) \leq 0$ ，則 $e_{t^*} = e_1$ 。

(3) 若 $D'(e_0) + A'(e_0) < 0$ 且 $D'(e_1) + A'(e_1) > 0$ ，則 t^* 滿足 $D'(e_{t^*}) + A'(e_{t^*}) = 0$ (參

見式 (2.14))。

性質二：在整個用水排放系統社會福利最大化下，最佳進水費率 p^* 有可能為負值。事實

上 $p^* < 0$ 之充要條件為 $t^* \cdot e_{t^*} + A(e_{t^*}) > V_{t^*}$ ，式中 t^* 由式 (2.14) 決定，且 V_{t^*} 為

$y = f(Q)$ 與 $y = C'(Q) + D(e_{t^*}) + A(e_{t^*})$ 二曲線交點之縱座標 (參見圖 2.2)。由於

函數 f 愈小 (即曲線 $y = f(Q)$ 向下移動)，函數 C' 愈小或函數 D 愈小，愈支持

不等式 $t^* \cdot e_{t^*} + A(e_{t^*}) > V_{t^*}$ 成立 (參見圖 2.2)；因而愈支持最佳進水費用 p^* 為負

值 (即表示愈支持政府採用為獎勵用水單位投資高水準減污設備之補貼政策)。

性質三：分別考慮各函數及各參數變動對最佳解之影響效果，可得到下列敏感度分析結果，如表 4.1 所示。

最佳解之其他相關性質，可由表達最佳解之數學式進一步獲得(參見公式(2.11)(2.12)(2.13)及(2.14))。

表 2.1 各函數、參數變動對最佳解之影響效果

	t^* 最適減污費率	e^* 最適減污率	V^* 用水客戶最適成本	p^* 最適進水費率	Q^* 最適用水量
參數 $e_0 \uparrow$	↑	↑	↑	#	↓
參數 $e_1 \uparrow$	↑	↑	↑	#	↓
函數 $f \uparrow$	不變	不變	↑	↑	↑
函數 $C' \uparrow$	不變	不變	↑	↑	↓
函數 $D \uparrow$	#	#	↑	#	↓
函數 $A \uparrow$	#	#	↑	#	↓

註：符號#表示其增減方向須視其他參數值大小而定。符號↑表示數值增加之意，符號↓表示數值減少之意

本研究主要貢獻：係將生活污水排放的環保課稅問題及其防污控制問題，合併製作成一個可具體討論的數學模式。此數學模式製作中相關因素的收集及因素間彼此關聯性的研擬，是一項新的嚐試創新與貢獻。透過此數學模式之求解技巧可以獲得最佳解的許多性質，這些

性質可作為政府制定水資源政策之參考依據。

然而減污後之水，即是將單位水之含汙率由於透過減汙設備處理，單位水之含汙程度已大幅下降，甚至跟流進水之水質接近或相同，所以亦可將減汙設備減汙後之水視是一種水資源，若未能加以利用此減汙水即予以排放，可以說是相當浪費。尤其在台灣這個缺水的國家，水資源尤其珍貴，若能善加利用減汙回收水，予以再利用實為一可行之辦法，若能全面推動更是全國人民之福祉。因此將於第三章將回收之相關因素予以導入本章之生活污水定價模式，並討論在導入回收之相關因素後，用水客戶對其最適成本之影響，以及相關因素之比較與討論。

第參章 生活污水減污回收之消費者最適成本

對於使用後之生活污水在透過減污設備作減污處理後，其含污率大減，若用水客戶同時能設立回收設備或管線予以回收再利用（林長錦，2000），如此一來，用水客戶雖然在建構回收設備時將有一筆成本支出，但之後由於回收水之利用將可以縮減水費支出（即部分用水由回收水所替代，因此流進水之總水量將減少），究竟該如何決定回收水準（即所決定之回收水準愈高，其建制成本支出亦愈高）方為用水客戶之最適成本。

台灣為一人口高度稠密的都會型國家，也因此產生大量的民生污水污染問題，且近年來生活污水問題儼然成為台灣水污染之大宗。然而污水減污再利用在國外已施行多年，且其亦具有環境保護、節約資源等效益，在第二章建構污水課稅模式之過程中，污水減污之因素扮演非常重要的角色，而本章將依據第二章所建構之生活污水課稅模式，並將污水回收之相關因素予以導入，並討論其對消費者最適成本的影響。

第一節 模式建立

本模式之建立是透過相關因素彼此關聯性的研擬，將之建立為一可具體討論之問題。主要問題為：

- （一）集合住宅或產業區所產生之生活污水的減污處理問題，即決定其污水減污後含污率。
- （二）集合住宅或產業區如何建構生活污水回收系統問題，即決定其污水回收水準。

當政府訂定出單位進水費率 p 與單位水之單位含污率的減污代理費用為 t 後，個別集合住

宅用戶在個別利益最大化之下應如何投資於污水（減污）處理設備與設定污水回收設備水準為何，即是本模式分析之重要決策因素。假設用戶對減污處理設備水準是可以選擇的，其中減污設備水準可用其污水作減污處理後之單位排放水含污程度來衡量。用水客戶在其減污設備與回收設備投入水準，及水污費費用支出水準之間，如何作選擇以使得其用水總成本最小，則為個別用水客戶所面臨的問題狀況（Wilfrido and Mohan, 1996）。

一、符號意義

本模式所採用之符號及其意義，分述如下：

e_0 ：一集合住宅或產業區之流進水的含污率（即單位流進水之含污量）， e_0 由供水單位（經政府授權許可）所決定。 e_0 為本模式之參數，各地區可能由於自然環境之不同或由於輸水過程中無法預期之污染，因而導致流進水的含污率 e_0 不同。

e_1 ：一集合住宅或產業區之用水後含污率（單位用水未減污處理前的含污量）。其中 $e_1 - e_0, e_1 > e_0$ ，為集合住宅或產業區之用水後之添污率，即 $e_1 - e_0$ 為單位用水後所添增污染量。

e_2 ：一集合住宅或產業區之用水，經其自行減污設備減污處理後之含污率，即 e_2 為經其減污設備處理後之單位水的含污量；其中 $e_2 (e_0 \leq e_2 \leq e_1)$ 為集合住宅或產業區用水決策的決策變數。

e ： $e = e_1 - e_2$ ，一集合住宅或產業區之單位用水，經其污水減污設備處理後所減少的含污量。

$A(e)$ ：一集合住宅或產業區單位時間內單位用水後的減污處理成本（包含減污處理設備之投資成本及操作成本）。一般而言，含污率 e 愈小（即其減污量愈大）表示其投資於減污設備成本 $A(e)$ 及投資於減污設備邊際成本 $A'(e)$ 皆愈高。

t ：水之減污費率。即若單位排放水之含污量為 e_2 單位，則其所需繳納的水污費用為 $t \cdot e_2$ 。其中 t 為政府水資源環保單位之決策變數。一般來說，減污費率 t 愈高，則將使得用水客戶之污水減污後含污率愈低；反之，減污費率 t 愈低，則將使得用水客戶之污水減污後含污率愈高。

p ：一集合住宅或產業區之進水費率（單位進水的使用成本），若當 $p < 0$ 時，則表示政府為獎勵用水單位投資高水準自行減污設備，則將採取之用水補貼政策。

$q_0(e_2)$ ：一集合住宅或產業區，因設立污水回收系統，所決定回收系統之回收比率上限。一般而言含污率 e_2 愈小，回收水愈可能再利用，因而 $q_0(e_2)$ 愈大；反之，含污率 e_2 愈大，回收水愈不能再利用，因而 $q_0(e_2)$ 愈小，即 q_0 為 e_2 之減函數。

q ：回收水再利用比率，其中 $q, 0 \leq q \leq q_1(e)$ ，表示再利用比率 q 受限於減污後之含污率，此再利用比率 q 集合住宅或產業區用水決策之決策變數。由於此決策變數 q 受到所產生之污泥容量及其含水程度所影響，但於此將其忽略以方便說明與了解。

$B(q)$ ：一集合住宅或產業區，因設立污水回收系統，所投資建設污水回收系統之固定成本。其中

$$B'(q) > 0, B''(q) > 0, \forall q \in [0, \bar{q}(e)] \quad (3.1)$$

b ：單位回收水之輸送成本（含輸送回收水再利用之設備成本及操作成本）。式中

$$0 < b < p。$$

Q ; $Q = Nq$: 其中 q 為一集合住宅單位時間之用水量。其中, N 為集合住宅數目。

$$x \oplus y : x \oplus y = \text{Max}\{x, y\}$$

$$x \ominus y : x \ominus y = \text{Min}\{x, y\}$$

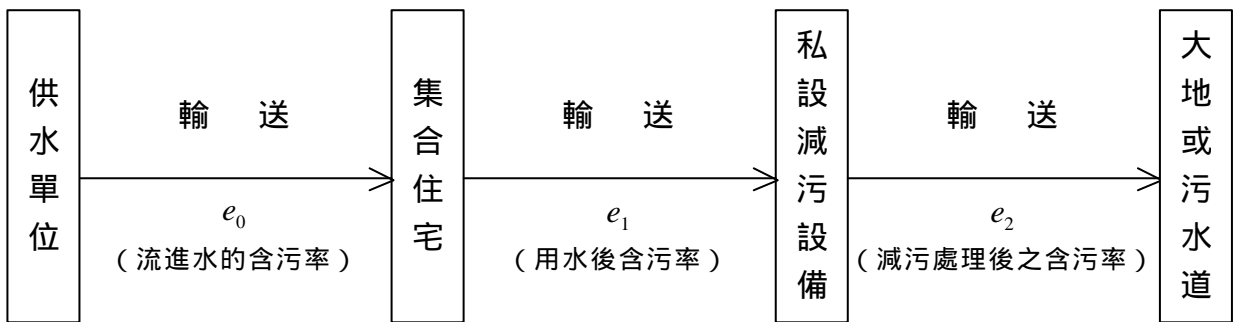


圖 3.1 傳統各階段單位用水含污率及減污設備之減污 $e, e = e_1 - e_2$

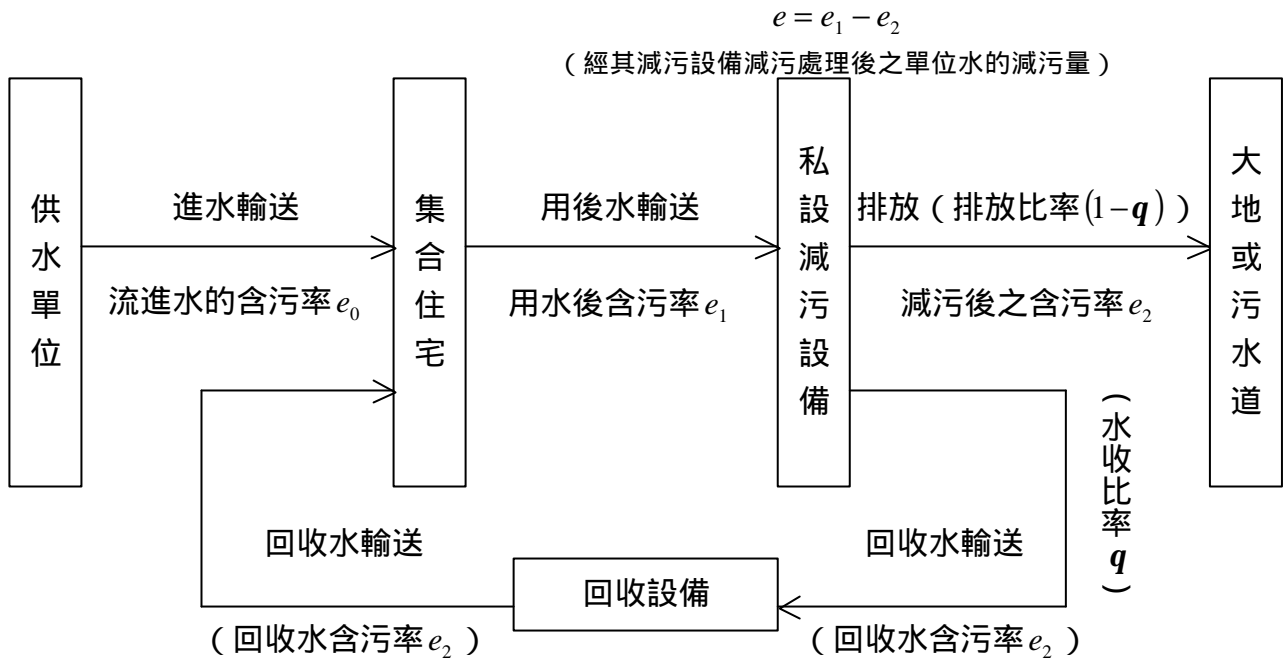


圖 3.2 導入回收系統後各階段單位用水含污率及回收水準

為了方便說明與了解，遂分別將：傳統各階段之單位用水含污率（如圖 3.1 所示）及導入回收系統後各階段之單位用水含污率及回收設備水準（如圖 3.2 所示）予以分別繪圖說明如下：

二、集合住宅群或產業區所面臨的問題：如何決定污水減污後含污率 e 值與回收水準 q 值

若政府所決定水之減污費率為 t 及單位進水使用費 p 後，則個別集合住宅或產業區所面臨之最佳用水減污處理設備水準 $A(e)$ 及最佳污水回收比率 q 為何，方能使個別集合住宅或產業區於單位時間所付出的成本為最小之數學模式可表示如下：

當政府給定污水污染排放費率（單位排水污染費用） t 後，用水客戶單位時間用水量 q 所需付出的費用 G 包含 4 個部分，如表 3.1 所示：

表 3.1 用水客戶單位時間用水量 q 所需付出的費用

公設進水使用費用	公設減污代理費用	私設減污設備費用	私設回收水設備費用
$[p \cdot (1-q)q]$	$[t \cdot e \cdot (1-q)q]$	$[A(e) \cdot q]$	$[B(q) + b \cdot qq]$

當政府水資源管理單位決定 p, t 後，用水客戶要如何決定 e 與 q ，以使得用水為 q 之成本

$G(e, q)$ 最小之數學問題可表成：

$$\begin{aligned} & \text{Min } G(e, q) \\ & \begin{matrix} 0 \leq e \leq e_1 \\ 0 \leq q \leq q_0(e) \end{matrix} \end{aligned}$$

式中 $G(e, q) =$

$$\begin{aligned} & \text{Min } [p \cdot (1-q) \cdot q + t \cdot (e_1 - e) \cdot (1-q) \cdot q + A(e) \cdot q + B(q) + b \cdot q \cdot q] \quad (3.2) \\ & \begin{matrix} 0 \leq e \leq e_1 \\ 0 \leq q \leq q_0(e) \end{matrix} \end{aligned}$$

(二)

因 $\frac{\partial G}{\partial q} = -pq - t(e_1 - e)q + B'(q) + bq, \frac{\partial^2 G}{\partial e^2} = B''(q) > 0$ 。故任給定 e ，若令 $\bar{q}(e)$ 為：

$G(e, \bar{q}(e)) = \text{Min}_{0 \leq q \leq q_1(e)} G(e, q)$ ，則

$$\bar{q}(e) = \begin{cases} 0, \text{若 } \frac{\partial G}{\partial q} \Big|_{q=0} = \left[(b-p) - t(e_1 - e) + \frac{B'(0)}{q} \right] \geq 0 (L.1) \\ q_1(e), \text{若 } \frac{\partial G}{\partial q} \Big|_{q=\bar{q}(e)} = \left[(b-p) - t(e_1 - e) + \frac{B'(q_1(e))}{q} \right] \leq 0 (L.3) \\ B'^{-1} [q(p-b) + t(e_1 - e)q], \text{若 } \frac{\partial G}{\partial q} < 0, \text{且 } \frac{\partial G}{\partial q} > 0 (L.2) \end{cases} \quad (3.4)$$

可證明模式 3.3 之最佳解 $e^* = e^*(p, t, q)$ ， $q^* = q^*(p, t, q)$ 為圖 3.3 之曲線 I 與圖 3.4 之曲線 L 之交點，並利用圖 3.3 之 q_1 ， q_2 及圖 3.4 之 E_1 ， E_2 之相對大小可進一步討論政府制定 (p, t) 政策所產生之集合住宅用水反應效果 (e^*, q^*) 及 q^* 。其中：

1. 使得 $e^*(p, t, q) = 0$ 之 (p, t) 組合，為集合住宅反應政府政策，而決定採行不私設減污設備之情況。
2. 使得 $q^*(p, t, q) = 0$ 之 (p, t) 組合，為集合住宅反應政府政策，而決定不投資回收水設備之情況。

並且藉由圖 3.3 之曲線 I 與圖 3.4 之曲線 L 交點之討論，得到許多性質，例如：

1. 圖 3.3 之曲線 $I.1$ 之部分與圖 3.4 之曲線 $L.3$ 之部分相交，則模式 3.3 之最佳解 (e^*, q^*) 必落於曲線 $q = q_0(e)$ 上；反之，若曲線 $I.1$ 與曲線 $L.3$ 沒有相交，則其最佳解 (e^*, q^*) 必然不在曲線 $q = q_0(e)$ 上。
2. 若圖 3.4 之 E_2 小於 e_1 ，則最佳解 (e^*, q^*) 必然不會發生於 e_1 ，亦即表示用水客戶將私設

污水減污設備。

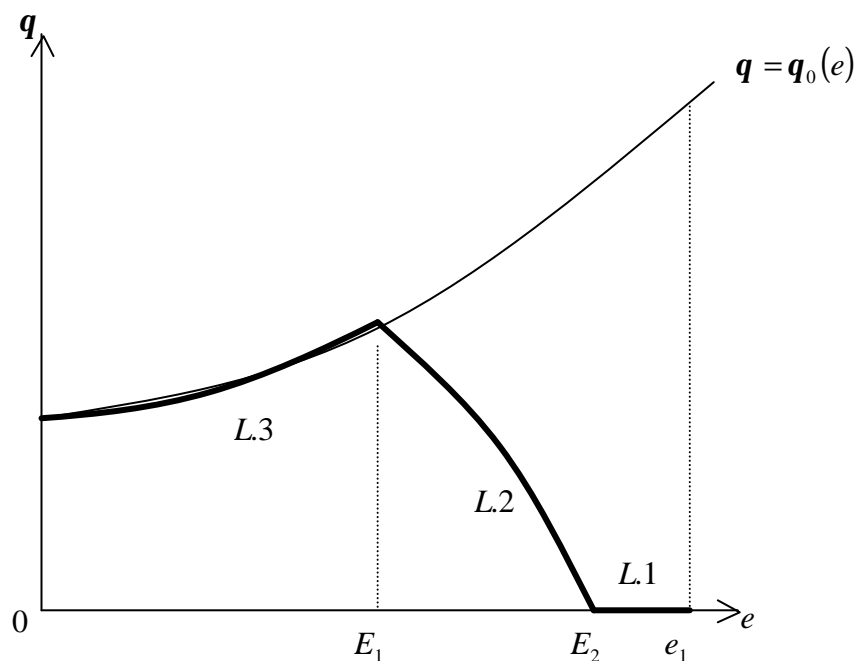


圖 3.4 由 3.4 中 $L.1, L.2, L.3$ 三部份所組成。

式中 $E_1 = \hat{E}_1 \oplus 0$ ，其中

$$\hat{E}_1 = \left[\frac{(p-b)}{t} + e_1 - \frac{B'(q_1(E_1))}{qt} \right], E_2 = \left[\frac{(p-b)}{t} + e_1 - \frac{B'(0)}{qt} \right] e_1$$

3.若圖 3.3 之曲線 $L.2$ 部分與圖 3.4 之曲線 $L.2$ 相交，則 (e^*, q^*) 所代表的意義即是用水客戶在其最適成本的考量下，將同時建制其自行污水減污設備及回收系統設備。

第二節 結論

本研究之主要貢獻：

(一) 係將生活污水排放的環保課稅問題及其防污控制與回收問題，合併製作成一個可

具體討論的數學模式。

- (二) 鑒於用水客戶根據政府所制定之污染稅率 t 及單位淨水使用費 p 的制定，則用水客戶勢必調整其決策變數 e^* 及 q^* ，所以透過此數學模式之製作，以使得污染稅率及單位淨水使用費的影響效果予以具體化。
- (三) 此模式中相關因素的收集及因素間彼此關聯性的研擬，本身就是一項創新與貢獻。
- (四) 透過此數學模式之求解技巧可獲得最佳解的許多性質，這些性質可作為政府制定水資源政策之參考依據。

在了解上述各種變化情況後，政府水資源決策單位應如何制定 (p, t) 值，以使得整個社會之用水政策的社會福利最大，則為市政府水資源決策單位應考慮之另一問題，此問題有待進一步之研究與發展。

第肆章 結論

在本生活污水污染課稅模式之建構過程中，所研擬之因素關係及其最佳解之求解過程，已於本論文第二章及第三章中予以詳細說明與討論。在此對於求解過程中之相關性質加以強調，並提出本研究未來之發展方向及本研究未能描繪詳盡的地方，以期後續研究能有所改進與進步。

第一節 本模式之貢獻

本研究所建構之生活污水課稅定價模式，其出發點乃是站在政府之減汙、防汙立場，亦即站在政府鼓勵一集合住宅或產業區能自行設立其生活污水減汙設備之立意，對其進水使用後所產生之生活污水先行作減汙處理，以降低生活污水之含汙率（一般而言，污水含汙率愈低對環境的破壞程度亦愈低；反之，污水含汙率愈高對環境的破壞程度亦愈高）。先不論各地區是否有興建污水下水道或其污水下水道之普及程度為何，污水產生的同時即是污染的開始，若透過立即的減汙處理，如此必能降低生活污水的含汙程度，亦即降低對自然環境的污染與破壞。

以台灣目前的情形來說，政府應如何決定最適進水費率 p^* 及最適用水減汙費率 t^* ，以誘使用水客戶在其用水成本最小的情形下，投資減汙設備。在本生活污水污染課稅模式的建構過程中。首先必須先對各相關因素之函數與參數與已研擬，本身即是一個貢獻。各相關因素之性質略述整理如表 4.1 所示。

透過本研究所建構之生活污水污染課稅模式，應如何決定最適進水費率 p^* 及最適用水減

污費率 t^* ，其研究結果已於第二章第一節之內容詳加解釋與說明，對於最佳解 (p^*, t^*) 之求解過程請參照第二章第一節，於此僅對於最佳解 (p^*, t^*) 之相關性質予以強調說明，如表 4.2 所列舉。

表 4.1 各函數、參數特性之特性及其意義

各函數、參數	各函數、參數之特性	各函數、參數特性之意義
參數 e_0		由政府所授權之供水單位決定進水含污率。
參數 e_1	$e_1 > e_0$	單位用水未減污處理前的含污量。
參數 e	$e_0 \leq e \leq e_1$	集合住宅之用水，經其減污設備處理後之含污率。
函數 $A(e)$	$A'(e) < 0, A''(e) > 0, \forall e$	集合住宅單位時間內單位用水後的減污處理成本（包含減污處理設備之投資成本及操作成本）。
函數 $D(e)$	$D'(e) > 0$ ，且 $D''(e) > 0$	集合住宅或產業區之單位用水，經其減污設備減污處理後，排放而產生污染社會成本。
函數 $C(Q)$	$C(Q) > 0$	供水廠之單位時間供水量為 Q 之生產成本。

在討論污水減污之成果與效益的同時，對於日益缺乏的水資源來說，污水減污回收再利用之可行性乃為一值得考慮的問題。污水減污回收再利用為增加其再利用的範疇與效益，污

水減汙即為第一個所面臨的課題，因為污水減汙後含污程度的決定，將直接影響污水的回收率。是以在本生活污水污染課稅模式之建構過程中，即是站在污水減汙為出發點，同時予以導入污水回收相關因素，並更進一步討論回收相關因素對消費者最適成本之影響，以供政府單位制定政策之參考。

表 4.2 最佳解 (p^*, t^*) 之相關性質

性質 ()	最佳減汙費率 t^* 之決定，與污水污染之社會成本（即為函數 D ）與集合住宅投資減汙處理成本（即為函數 A ）有密切關係。
性質 ()	在污水排放系統使得排放之社會福利最大化的情形下，最佳進水費率 p^* 亦有可能為負值。若其愈支持最佳進水費率 p^* 為負值（即愈支持政府採取獎勵用水單位投資高水準減汙設備之補貼政策）。
性質 ()	分別考慮各函數及各參數變動對最佳解之影響效果（請參照第二章第三節之內容）。

然而建制回收相關設備，用水客戶勢必增加其相關建制成本之支出，但同時回收水的再利用亦對於進水使用量產生某種程度的影響(即回收水之總水量愈大，則用水客戶之總進水量就愈低（部分用水量由回收水所替代），亦即用水客戶之總進水費愈低)，因此用水客戶必須

同時考量政府所制定之污染稅率及淨水使用費的制定，勢必調整其決策變數：減污後含污率 e^* 及回收設備水準 q^* ，至於用水客戶應如何調整其最適含污率及回收水準，於本論文第三章第一節予以詳加說明之，也因此透過此數學模式之製作，使得污染稅率及淨水使用費的影響效果予以具體化。

綜觀本研究主要貢獻：

- (一) 係將生活污水排放的環保課稅問題及其防污控制與回收問題，合併製作成一個可具體討論的數學模式。
- (二) 且此生活污水污染課稅模式中相關因素的收集及因素間彼此關聯性的研擬，本身就是一項創新與貢獻。
- (三) 此外透過此數學模式之求解技巧可獲得最佳解的許多性質，這些性質可作為政府制定水資源政策之參考依據。

第二節 後續之研究與發展

水資源之重要性無庸置疑，無論是從水資源的污染問題談起、台灣當前缺乏水資源之困境、水權分配問題、透過調高水價(以期能以價制量)到污染稅的制訂等等，水資源的問題牽扯甚廣，卻又與我們的生活息息相關。而在建構本模式的過程中，亦是遭遇此問題，然而由於時間有限，再加上與水資源之相關資料甚為龐雜，是以許多相關函數與因素之研擬有所受限或未能完善，因此本模式雖已將相關因素製作成其具體化之關係，但仍有許多尚未考慮周全的方面，尚待未來繼續之研究與發展。

尤其近幾個月來，台灣面臨了近年來最為嚴重的乾旱問題，缺水不但嚴重影響產業發展，台灣引以為傲的新竹科學園區的運作甚至亮起了紅燈，此外不但大多數農業用地必須休耕，甚至到了必缺限制民生用水的地步，再加上未來產業經濟的發展，用水需求量勢必日益增加。因此站在政府的角度應如何增加水資源及水資源之節約與回收再利用等問題，更是浮上檯面。對於解決這些問題與相關因素之研擬與探討，仍由許多發揮的空間，期待後續研究能繼續深究。

參考文獻

中文部分：

(1) 中央通訊社，2001，「高市處理下水道管壁鏽蝕大量污水流入愛河」，7月26號。

(2) 石靜安，1989，「環境管理的訂價程序-價格與標準制規劃」，東海大學企業管理研究所碩士論文。

(3) 台灣省自來水事業統計年報，2000，第23期，台中市：台灣省自來水股份有限公司。

(4) 行政院主計處主計月報，1984，84(4)，台北：行政院。

(5) 自來水法台灣省施行細則。

[http://www.wra.gov.tw/2001/law/detail.asp?title=自來水法台灣省施行細則
&no=1&sec_no=32](http://www.wra.gov.tw/2001/law/detail.asp?title=自來水法台灣省施行細則&no=1&sec_no=32)

(6) 林長錦，2000，「水資源有效利用之情境分析-以住宅建築為例」，淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文。

(7) 勁報，2001，「家庭廢水—河川殺手」，4月28日，NEWS版。

(8) 陳仁仲、溫子文，2001，「水再生利用介紹」，*節約用水季刊*，第21期。

http://wcis.erl.itri.org.tw/publish/waterpbrs/sen_pub/volume21/p06.htm

(9) 陳柏宇，陳中獎，2001，「生活污水污染排放課稅模式」，*環境管理與環境教育論文集*，頁165-179。

(10) 黃燕如，1988，「污染性設施設置政策之研究-以環境經濟學與環境法律學之觀點」，中

興大學都市計劃研究所碩士論文。

- (11) 葉欣誠、朱雲鵬、陳彥亨、陳嘉尚，2000，「台灣地區水污染狀況之環境經濟趨勢模擬分析」，*環境資源經濟、管理暨系統分析學術研討會論文*。

<http://www.sinica.edu.tw/econ/891220/23.pdf>

- (12) 經濟部水資源局。

<http://www.wrb.gov.tw/>。

中部區域生活及工業用水整體供需圖

<http://www.wrb.gov.tw/WaterInfo/supply/chung.htm>

北部區域生活及工業用水整體供需圖

http://www.wrb.gov.tw/WaterInfo/supply/pei_2.htm

南部區域生活及工業用水整體供需圖

http://www.wrb.gov.tw/WaterInfo/supply/nan_2.htm

- (13) 劉育民，1993，「環境經濟誘因政策之分析」，中興大學都市計劃研究所碩士論文。

- (14) 蔡家慧，1987，「污染稅與直接管制之比較-廠商角度之分析」，中興大學經濟研究所碩士論文。

- (15) 盧文章、鄒易達，2000，「用水回收開源良方（上）」，*節約用水季刊*，第 17 期。

http://wcis.erl.itri.org.tw/publish/waterpbrs/sen_pub/Volume17/p05.htm

- (16) 盧文章、鄒易達，2000，「用水回收開源良方（下）」，*節約用水季刊*，第 18 期。

http://wcis.erl.itri.org.tw/publish/waterpbrs/sen_pub/Volume18/p04.htm

(17) 聯合報 , 2001 , 「 舖設污水道 - 地底鬥智 」 , 5 月 30 日 , (台北新聞) 19 版 周日報。

(18) 顏幸苑 , 2000 , 「 節水開源由再利用開始 」 , *節約用水季刊* , 第 17 期。

http://wcis.erlitri.org.tw/publish/waterpbrs/sen_pub/Volume17/p10.htm

英文部分 :

(1) Abeyratne, R.I.R. (1998), 'Pollution; environmental policy'. *Environmental Policy and Law*, 28(2): 83-91.

(2) Amahmid, O. and Bouhoum, K. (2000), "Health effect of urban wastewater reuse in a peri-urban area in morocco". *Environmental Management and Health*, 11(3): 263-269.

(3) Andreas, S. (1995), "Social justice and environment policy". *International Journal of Social Economics*, 22(3): 3-10.

(4) Bastos, G.S. and Lichtenberg, E. (2001), "Priorities in cost sharing for soil and water conservation: A revealed preference study". *Land Economics*, 77(4): 533-547.

(5) Bishwanath, G. and Smita, M. (2001), "Valuation of environmental goods: Correction for bias in contingent valuation studies based on willingness-to-accept". *American Journal of Agricultural Economics*, 83(1): 150-156.

(6) Bohn, P. (1970), "Pollution, purification and the theory of external effect". *Swedish Journal -of Economics*, (2): 153-166.

- (7) Callan, S.J. and Thomas, J.M. (2000), *Environmental Economics and Management: Theory, Policy, and Applications*, Orlando: Dryden Press.
- (8) Centi, G. and Perathoner, S. (1999), "Recycle rinse water: Problems and opportunities". *Catalysis Today*, 53: 11-21.
- (9) Chongwoo, C. and Iain, F. (1998), "The economics of household waste management". *Australian Journal Of Agricultural and Resource Economics*, 42(3): 269-302.
- (10) Chongwoo, C. and Iain F. (1999), "An economics analysis of household waste management". *Journal Of Environment Economics and Managment*, 38(2): 234-246.
- (11) Datta, M. and Mirman, L.J. (1999), "Externalities, market power, and resource extraction". *Journal Of Environment and Management*, 37: 233-255.
- (12) De Steiguer, J.E. (1995), "Three theories from economics about the environment". *Bioscience*, 45(8): 552-556.
- (13) Erickson, J.D. and Gowdy, J.M. (2000), "Resource use, institutions, and sustainability: A tale of two pacific island cultures". *Land Economics*, 76(2): 345-354.
- (14) Friedler, E. (2000), "Water reuse-an integral part of water resources management: Israel as a case study". *Water Policy*, 3: 29-39.
- (15) Graeme, A. (2000), "Environmental rationalism and beyond: Toward a more just sharing of power and influence". *Australian Geographer*, 31(3): 273-284.
- (16) Gregory, R.S. (2000), "Valuing environmental policy options: A case study comparison of

- multiattribute and contingent valuation survey methods". *Land Economics*, 76(2): 151-173.
- (17) Innes R. and Cory D. (2001), "The economics of safe drinking water". *Land Economics*, 77(1): 94-117.
- (18) Joseph, S.J. (2000), "Environment and health: Population, consumption and human health". *Canadian Medical Association*, 163(5): 551-556.
- (19) Keith, W. (2000), "Efficiency-distributional trade-offs in the taxation of environmental pollution". *Atlantic Economic Journal*, 28(2): 226-238.
- (20) Lans, R.A. and Goulder, L.H. (1997), "Environmental impact charges- mathematical models". *National Tax Journal*, 50(1): 29-88.
- (21) Livingston and Leigh, M. (2001), "Ecological economics". *Journal of Economic Issue*, 35(3): 781-783.
- (22) Melosi, M.V. (2000), "Pure and plentiful: The development of modern waterworks in the United states". *Water Policy*, 2: 243-265.
- (23) Michael H.J., Boyle, K.J. and Bouchard, R. (2000), "Does the measurement of environmental quality affect implicit prices estimated from hedonic models?". *Land Economics*, 76(2): 283-298.
- (24) Nico, S. (2001), "Economy and ecology in an era of knowledge-based economics". *Current Sociology*, 49(1): 67-90.
- (25) Nora, G. (2002), "Putting sustainability into solid waste management". *Biocycle*, 43(5):

22-28.

- (26) Partha, D., Simon, L. and Jane, L. (2000), "Economic pathways to ecological sustainability". *Bioscience*, 50(4): 339-345.
- (27) Patrik, S. (2001), "The deliberative approach in environmental valuation". *Journal of Economic Issue*, 35(2): 487-495.
- (28) Sandrolini, F. and Franzoni, E. (2001), "Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants". *Cement and Concrete Research*, 31: 485-489.
- (29) Stratos, L., Konstandinos, M., Kostantinos, G., Vangelis, Y. and Christos, F. (2000), "Regional economic development and environmental repercussions: An environmental input-output approach". *International Advances in Economic Research*, 6(3): 373-386.
- (30) Steve, B. and Robert, C. (1998), "Ecological tax reform". *Bioscience*, 48(3): 193-197.
- (31) Taylor, J. B. (1995), *Economics*, New York: Houghton Mifflin Company.
- (32) Tsagarakis, K.P., Mara, D.D., Horan, N.J. and Angelakisetc, A.N. (2001), "Institutional status and structure of wastewater quality management in greece". *Water Policy*, 3: 81-99.
- (33) Wilfrido, C. and Mohan, M.(1996), "Environmental implications of economic policies". *Environment*, 38(5): 6-19.