

# 農業用水移用可能補償金額訂定之研究 ——以桃竹苗地區為例

陳吉仲<sup>\*</sup>、朱蘭芬<sup>\*\*</sup>、沈樹根<sup>\*\*\*</sup>

本文之主要研究目的為利用數學規劃方法來建構水資源移用補償模型，並以用水需求較迫切之桃竹苗地區為研究對象，根據民國 90 年桃竹苗地區的水資源供需資料，探討農業用水移用對桃竹苗地區的水資源經濟影響衝擊及移用補償合理金額之訂定。實證結果顯示不同地區應有不同的移用補償金額，主要是因為各個地區不同的用水需求導致不同之水資源的移轉價格，因而補償的金額亦會不同。新竹地區的補償金額比其他地區高的主要是因為此地區的工業用水需求較高所致。為公平合理考量，未來農業用水的移用補償宜考量不同地區產業結構與需水標的差異，隨著不同區域有不同的補償金額。

另外，研究結果亦顯示桃竹苗地區的每公頃補償金額會隨著休耕面積的增加而上升，此反映出大規模水資源移轉時的每公頃補償金額會愈高，亦即用水需求愈強時須付出愈高的金額來獲得水資源的供應。最後，當農業用水移用因休耕面積增加而增加時，水資源移用市場為完全競爭下的福利增加幅度均超過獨佔市場下的福利增加幅度，此顯示若透過政府的干預使得水資源移用市場更趨向完全競爭市場時將可增加社會福利。

**關鍵詞：**水資源移轉、價格內生化、空間均衡模型

---

\* 陳吉仲為中興大學應用經濟學系教授。為聯繫作者，台中市 402 國光路 250 號。電話：(04) 2285-8137；傳真：(04) 2286-0255；E-mail：mayjune@nchu.edu.tw。

\*\* 朱蘭芬為中興大學應用經濟研究所博士生。

\*\*\* 沈樹根為中興大學應用經濟研究所碩士生。

## I、前言

隨著經濟的快速發展，水資源的需求也日益提高，水資源除提供生活的基本所需外，也和產業的生產及人們的休閒活動有密切的關係（Hsu & Griffin, 1993）。台灣地區屬於降雨量豐沛的地區，年平均降雨量高達 2,510 公釐，是世界年平均降雨量的 2.6 倍，但是降雨量的分佈不均，有 78% 的降雨量是集中在每年的 5 月至 10 月（豐水期），其餘的 22% 則在每年 11 月至翌年 4 月（枯水期），加上河川坡陡流急且腹地狹窄，使得大部分的雨水均流入海中，可利用的水量不及總降雨量的 15%，每年每人平均分配到的雨量約為 4,500 立方公尺，只有世界平均值的 1/6，這使得我國成為全球排名第 18 名的缺水國家（李玲玲、楊玉昌，2002）。

因台灣地區降雨量的分佈不均和陡峭的地理型態，常因降雨量的異常變動而發生不同程度的災害，在豐水期期間，可能因降雨量的過多而造成水災，但在枯水期卻產生缺水現象，缺水嚴重時還必須藉由農地休耕或者是限制民生用水，以減緩供水量的消耗速度。近幾年來，隨著工商業的發達與人口的快速成長，台灣的民生及工業用水需求皆逐年增加，而農業用水在政府提倡稻田轉作及休耕下則有相對減少的趨勢，但是在枯水期期間，水的供給仍不足以供應各方面的需求。

國內有關水資源經濟的相關文獻中，過去的研究大部分集中在需求面的分析，缺乏同時考量水資源市場供需及其價格訂定的研究。在民生用水方面，有于宗先（1975）、沈信廷（1990）、高惠玲（1992）、劉長齡、李宗仰與吳其璋（1993）、劉繼政（1994）等文獻，利用統計及迴歸的方法來估計民生用水的需求函數，大部分的結論均認為水為民生必需品，其需求彈性小於 1。在工業用水方面，則有蕭景楷、徐享田與廖香蘭（1989）、鄭欽龍（1991）、江秀娥（1992）、盧文俊（1997）等估計工業用水的引伸需求函

數。而黃宗煌、楊淑麗與李堅明（1993）則針對自來水及地下水作探討，發現土地面積與自來水使用量呈明顯相關，而與地下水使用量無明顯關聯。在農業用水方面，有呂俊達（1990）、鄭立民（1995），研究發現農業用水受到產業別的影響。

水資源市場中的水價之估計對水資源的調配及移轉具有極重要的指標性意義，雖然水資源調配的相關文獻中已有許多的文獻探討農業用水移轉到其他部門時的補償問題，如吳功顯與鄭秋桂（1994）、林幸樺（1996）、羅慶瑞（1997）、劉欽泉與陳慧秋（2003）等人，但是這些研究並未從實際的水資源供給與需求來求得一水資源的價格。在國外的文獻中可發現許多的水資源移轉之相關研究，Bosch（1991）、Becker（1995）及 Syme 與 Nancarrow（1997）皆針對水資源移轉的經濟分析做一實証估計，這些文獻皆顯示當水資源能有效的分配或是允許水資源在不同的部門間移轉時，則整體的社會福利以及水資源移轉的供需雙方皆會獲利，不過前題則是移轉的價格須雙方皆能接受。

為求算出一公平的水資源價格或者是水資源的移轉價格供水資源調配時補償金額計算的參考，需從水資源市場中的需求面和供給面同時著手。在需求面方面，須針對各標的用水的用水量來做估計，包含民生用水、工業用水與農業用水；在供給面方面，需針對水庫、河川及地下水的抽取量來估計；最後再透過水資源市場的供需均衡求解，才能求得一真正反映水資源的價格。基於此，本文的主要研究目的在於建構一個水資源供需模型並內生求解得最適的水價，此水價所代表的涵義應為水資源的移轉價格，此水資源的移轉價格可做為日後水資源調配合理補償金額訂定之參考。

另外，新竹科學園區為台灣經濟發展的重要工業區，每日工業需水量大，近幾年來因為台灣的季節性乾旱，而發生與桃竹苗地區其他主要用水團體爭水的情形，根據水利法第 18 條的規定：用水順序是以家用及公共給水為優先，其次為農業用水，再其次才是水力用水、工業用水。但是現今高科

技用水的需要性及迫切性已遠超過其他類別的用水需求，而其對經濟所產生的影響也遠比其他用水團體來的大，在現有水庫供水不足的情況下，調撥農業用水供其他標的用水的政策因應而生。為了使工業用水需求得以充分供應，政府的主要措施為移轉農業用水來因應工業用水之需，此時農業部門因移轉農業用水給工業用水所遭受的損失，理應由工業部門提供補償給農業部門，但是由於農業用水的單位產值與工業用水的單位產值差異甚大，該補償多少雙方各說各話爭論不休，而其根本原因乃在於台灣地區現行水資源的價格未反映出實際水資源市場的價格。

因此本研究將以用水需求較迫切之桃竹苗地區為研究對象，將水資源的供給與需求同時考量，並透過數學規劃的方法來建立水資源的經濟模型以求解出其市場的價格（亦即水資源的移轉價格），進一步探討農業用水移用補償合理金額之訂定。本文除第一節為前言外，第二節為水資源移用調配理論模型的建立，第三節介紹桃竹苗地區的水資源供需概況，第四節為桃竹苗地區的水資源實證模型所需之資料來源說明以及市場價格的校準（calibration），第五節則為稻作休耕農業用水移用調配模擬情境的設定與模擬結果（包括合理補償金額之訂定）的說明與討論，最後一節為本文的結論。

## II、水資源移轉的經濟理論分析

本節將以圖形的方式來說明水資源移轉時之水資源的移轉價格的計算，其中基本的概念是來自紐西蘭農業與森林部的研究（Ministry of Agriculture and Forestry, 2001）。首先假設農業部門比其他部門有優先使用水資源的權利，並假設當地的水資源之總量為 $(\bar{W})$ ，因此在未有任何水資源移轉下的市場均衡點為 $E_0$ ，市場的均衡價格為 $P_{AG}$ 而均衡數量為 $\bar{W}$ ，如圖1的左圖所示。非農業部門可能因其他因素而對水資源的需求增加時，則會對水資源產生超額需求，如右圖的 $D_{NAG}$ 線所示，現在假設允許水資源可從農業部門

移轉到非農業部門，此時的水資源的移轉之超額供給如右圖的  $S_{NAG}$  所示。在市場為完全競爭的假設下，水資源移轉下的市場之新的均衡點在  $E_1$  點而均衡價格為  $P^*$ ，此時的水資源移轉數量為  $Q^*$ 。

此時移轉的補償金額之計算有兩種方式：第一種是直接以此新的均衡價格乘上數量做為補償金額的依據，根據 Takayama 與 Judge (1964)，此一新的均衡價格是在社會福利極大化（即圖 1 右圖的 5 和 6 之面積）下所計算而得，因此此價格應是水資源移轉時，考量社會福利下的最適移用價格；另一種水資源移轉的補償方式則是以福利的概念來換算，當水資源移轉發生時會產生消費者剩餘，其面積為圖 1 的右圖之 6 的面積，此一區域面積即是補償農業用水的移轉金額。本研究在底下的實証分析中將採用第一種方式來計算農業用水移轉的補償金額之計算。

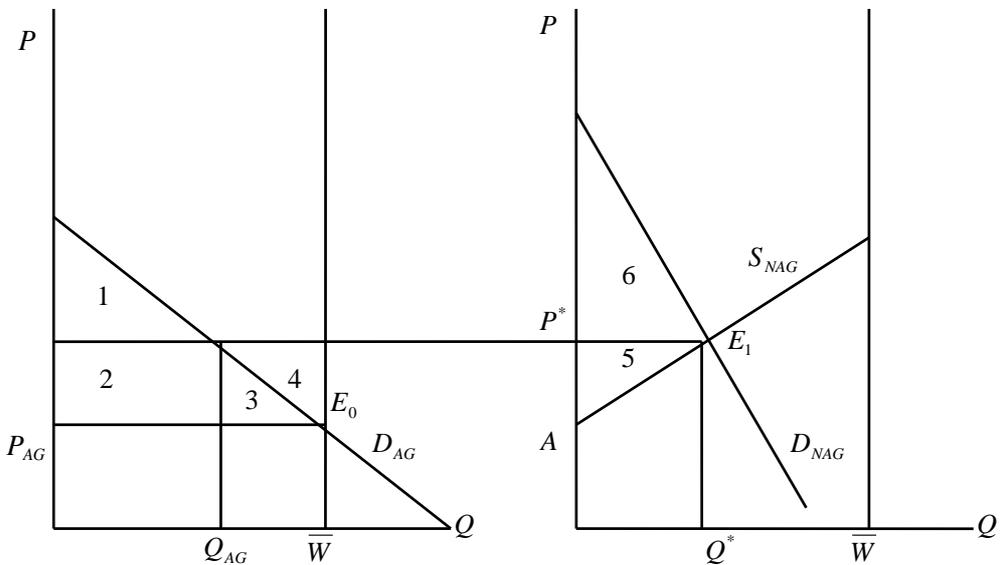


圖 1 水資源移轉時的經濟影響

由於水資源的供給容易受到降雨量的變化而受到影響，因此水資源的供給是屬於不確定，假設水資源的總供給有三種情形，分別為豐水期、正常期

和乾旱期，而其相對的水資源總供給量則分別為  $(\bar{W}_2, \bar{W}, \bar{W}_1)$ ，如圖 2 之左圖所示。則在同樣的非農業用水的超額需求下，當水資源因降雨量的變動而導致總供給量變動時，其最適的水資源移用價格將會因總供給量的變動而變動，乾旱時期的水資源移用價格將會比豐水期時高（即  $P_1^* \geq P_2^*$ ）。

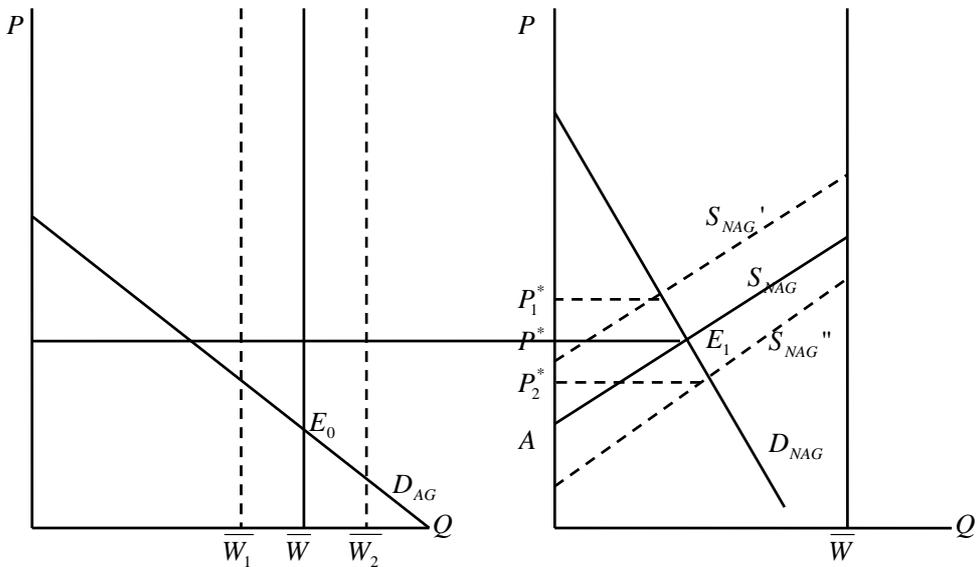


圖 2 水資源供給不確定下的水資源移轉價格

### III、水資源供需部門模型之建立

為了估算水資源調配及移轉之最適補償價格，本節仿照農業部門模型（Agricultural Sector Model，以下簡稱 ASM）的理念，建構水資源供需部門模型經濟評估模式。此部份均衡模型的理論基礎為 Samuelson（1952）所提出完全競爭市場之均衡點可透過生產者剩餘及消費者剩餘加總之極大化而求得的定理，Takayama 與 Judge（1964）根據此定理進一步發展為一種具有實證能力的空間均衡數學規劃模型，Plessner 與 Heady（1965）、Yaron（1967）、

Duloy 與 Norton (1973)、Baumes (1978)、Burton 與 Martin (1987)、Adams、Hamilton 與 McCarl (1986)、Chang *et al.* (1992) 將之應用在農業上，建立一系列的農業部門模型。由於此種模型具有價格內生與競爭性市場的特質，假設個別生產者和消費者為價格接受者，個別消費者在預算限制與價格給定條件下來追求效用極大，所求得之需求量為價格的函數，再透過個別消費者需求的加總求得市場的需求曲線。同理，生產者在生產函數與價格給定之限制條件下追求利潤極大化，所得供給量為價格、技術等變數的函數，加總所有生產者的供給即可求得市場之供給曲線。模型內每個生產者與消費者因應經濟環境的改變，內生化地調整其產出量、要素使用量及消費量，因此適合用於模擬外在環境或政策改變所造成的影響 (McCarl & Spreen, 1980)。在國內的研究中有張靜貞與陳吉仲 (1995) 所建立之臺灣農業部門模型，分析技術變動與保護政策造成之農業部門福利變動；張靜貞與林依瑩 (1997)、Chang (2002) 續將此部門模型擴充，並納入林業部門，探討各類溫室氣體減量之政策工具如何影響臺灣農業部門；漁業方面則有郭文琪 (1997)、孫金華、張靜貞與江福松 (1999) 所建立之臺灣漁業部門模型，分別探討我國加入 WTO 及 APEC 「提前自願性部門別自由化」或稱「自願性提前自由化部門」(Early Voluntary Sectoral Liberalization, 以下簡稱 EVSL) 套案對國內整體漁業部門結構之影響。

由水資源之供需情形可將水資源的需求分為民生用水、工業用水及農業用水等三部份。在民生用水部份，假設  $i$  地區的民生用水需求函數如下：

$$QD_{im}^{mu} = f_1(P_{im}^{mu}) \quad (1)$$

式中  $QD_{im}^{mu}$  為  $i$  地區  $m$  月份的民生用水量， $P_{im}^{mu}$  為  $i$  地區  $m$  月份民生用水價格，而變數右上標的  $mu$  代表以民生用水為標的。

同理，假設工業用水的需求函數為下式：

$$QD_{im}^{in} = f_2(P_{im}^{in}) \quad (2)$$

其中  $QD_{im}^{in}$  為  $i$  地區  $m$  月份之工業用水量， $P_{im}^{in}$  為  $i$  地區  $m$  月份之工業用水價格，而變數右上標的  $in$  代表以工業用水為標的。

在農業用水部份，農業用水的需求是間接來自於市場上對農產品的需求，為一引伸需求，假設農民是追求利潤極大化的生產者，如下：

$$\underset{X_{ip}, q_{im}^{ag}}{\text{Max}} \pi_{ip} = P_c \times X_{ip} \times Q_{ip} - TC_{ip}^{ag} \times X_{ip} - P_{im}^{ag} \times q_{im}^{ag} \quad (3)$$

限制式為： $Q_{ip} = h(q_{im}^{ag})$

式中  $P_c$  為農產品價格， $X_{ip}$  為  $i$  地區第  $p$  期之生產面積， $p$  為期數(1、2期)，為  $i$  地區第  $p$  期之單位產出， $TC_{ip}^{ag}$  為  $i$  地區第  $p$  期之單位生產成本， $P_{im}^{ag}$  為  $i$  地區  $m$  月份之農業用水價格， $q_{im}^{ag}$  為  $i$  地區  $m$  月份之農業用水數量，而變數右上標的  $ag$  代表以農業用水為標的。由下列之一階條件可推導得其用水需求函數。

$$\frac{\partial \pi_{ip}}{\partial X_{ip}} = P_c Q_{ip} - TC_{ip}^{ag} = 0$$

$$\frac{\partial \pi_{ip}}{\partial q_{im}^{ag}} = p_c X_{ip} \frac{\partial h(q_{im}^{ag})}{\partial q_{im}^{ag}} - P_{im}^{ag} = 0$$

因此，某一農民的用水需求函數為：

$$q_{im}^{ag} = f_3(P_c, P_{im}^{ag}, X_{ip}) \quad (4)$$

故農業用水的需求為農產品價格、農業用水價格及水稻種植面積的函數，將所有農民的用水函數加總可得到農業用水的需求函數為：

$$QD_{im}^{ag} = \sum_{i=1}^M q_{im}^{ag} = f_3(P_c, P_{im}^{ag}, X_{ip}) \quad (5)$$

另外，在水資源總供給方面，主要有水庫調節、河川引水及地下水等三部份，假設其供給函數分別為：

$$QS_{ikm}^w = g_1(P_{ikm}^w) \tag{6}$$

$$QS_{im}^r = g_2(P_{im}^r) \tag{7}$$

$$QS_{im}^g = g_3(P_{im}^g) \tag{8}$$

其中  $w$  為水庫調節， $r$  為河川引水， $g$  為地下水； $QS_{ikm}^w$  為  $i$  地區  $k$  水庫  $m$  月份之水庫供給量， $k=1, 2, \dots, K$ ； $QS_{im}^r$  為  $i$  地區  $m$  月份河川供給量； $QS_{im}^g$  為  $i$  地區  $m$  月份地下水供給量； $P_{ikm}^w$  為  $i$  地區  $k$  水庫  $m$  月份之水庫用水供給價格； $P_{im}^r$  為  $i$  地區  $m$  月份之河川用水供給價格； $P_{im}^g$  為  $i$  地區  $m$  月份之地下水供給價格。

假設產品之可積分反需求函數 (Integrable Inverse Demand Function) 存在，且各生產要素之可積分反供給函數亦存在，則可將上述的需求函數和供給函數轉換成反需求函數和反供給函數，如下列各式所示：

$$P_{im}^{mu} = f_1^{-1}(QD_{im}^{mu})、P_{im}^{in} = f_2^{-1}(QD_{im}^{in})、P_{im}^{ag} = f_3^{-1}(QD_{im}^{ag})、P_{ikm}^w = g_1^{-1}(QS_{ikm}^w)、P_{im}^r = g_2^{-1}(QS_{im}^r)、P_{im}^g = g_3^{-1}(QS_{im}^g)。$$

假設水資源市場為一完全競爭市場，則在供需曲線相交之處，即供需均衡處，其社會福利會達到極大，根據此概念，參考 Keplinger *et al.* (1998)、Mendelsohn 與 Bennett (1997)、Chen、Gilling 與 McCarl (2001) 及 Chen *et al.* (2005)，建構本研究的水資源經濟模型如下：

$$\begin{aligned} \text{MAX } SW = & \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^{12} \left( \int_0^{QD_{im}^{mu*}} f_1^{-1}(QD_{im}^{mu}) dQD_{im}^{mu} + \int_0^{QD_{im}^{in*}} f_2^{-1}(QD_{im}^{in}) dQD_{im}^{in} + \int_0^{QD_{im}^{ag*}} f_3^{-1}(QD_{im}^{ag}) dQD_{im}^{ag} \right) \\ & - \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^{12} \left[ \sum_{k=1}^K \int_0^{QS_{ikm}^{w*}} g_1^{-1}(QS_{ikm}^w) dQS_{ikm}^w + \int_0^{QS_{im}^{r*}} g_2^{-1}(QS_{im}^r) dQS_{im}^r + \int_0^{QS_{im}^{g*}} g_3^{-1}(QS_{im}^g) dQS_{im}^g \right] \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^2 P_c X_{ip} Q_{ip} - \sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^2 TC_{ip}^{ag} X_{ip} - \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^{12} P_{im}^{ag} QD_{im}^{ag} \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^2 PSET * ASIDE_{ip} + \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^{12} PTRAN * WTRAN_{im} \end{aligned} \tag{9}$$

限制式爲：

$$QD_{im}^{mu} + QD_{im}^{in} + QD_{im}^{ag} - \sum_{k=1}^K QS_{ikm}^w - QS_{im}^r - QS_{im}^g + WTRAN_{im} \leq 0 \quad \forall i, m \quad (10)$$

$$X_{ip} + ASIDE_{ip} \leq L_{ip} \quad (11)$$

式中  $QS_{ikm}^w$  爲  $i$  地區  $k$  水庫  $m$  月份之放水量；

$QS_{im}^r$  爲  $i$  地區  $m$  月份河川供給量；

$QS_{im}^g$  爲  $i$  地區  $m$  月份地下水總供給量；

$X_{ip}$  爲  $i$  地區第  $p$  期稻米種植面積；

$ASIDE_{ip}$  爲  $i$  地區第  $p$  期的休耕面積；

$PSET$  爲每公頃休耕的補貼金額；

$L_{ip}$  爲  $i$  地區第  $p$  期可耕作的總耕地面積；

$PTRAN$  爲水資源移轉之補償價格；

$WTRAN_{im}$  爲水資源移轉之數量。

(9)式爲模型之社會福利目標式，爲需求曲線下的面積減去供給曲線下的面積，第三行則爲生產農產品（水稻）的收益減去生產成本和灌溉用水成本再加上休耕補貼金額及移轉灌溉用水的補償金額。(10)式表示每個地區每個月份用水需求量不能超過該地區該月份用水供給量，(11)式表示土地的耕作面積和休耕面積不能超過總耕地面積之限制式。

上述區域水資源供需部門模型具有下列幾項特點：(1) 此模型同時考量一個地區的水資源之供給與需求，透過供需均等，使得水資源價格內生化(endogenization)，因此模型所內生求解的價格可反映出水資源的價格，由於本研究所考量的各種需求用水皆是原水，因此由模型求得之水資源的價格是一水資源的移轉價格的概念。(2) 此模型將農業的用水以引申需求的方式納入，因此水稻的生產面積爲模型的內生變數，此表示不同用水需求的變動（如工業用水需求的增加）和水資源供給的變動（如水庫供給成本的增加）

皆會對農業的生產及其用水量產生衝擊；反過來說，農地休耕面積的變動亦會造成農業用水需求的變動，因而對水資源的價格產生影響。(3) 本模型假設水資源市場為一完全競爭市場，因此在目標函數的社會福利極大化下，並受到水資源供需均衡以及其他限制式下，供需均衡式的影子價格（Shadow Price）即為市場的價格。理性的生產者會在產品的邊際價值等於購買生產要素的價格條件下購買生產要素，並在產品的價格等於產品的邊際成本條件下來出售其生產的產品。因此模型中產品的供給所對應的是使用要素的邊際成本之加總，而購買要素的引申需求所對應的則是產品的邊際價值之加總。

## IV、桃竹苗地區水資源概況

由於本研究以用水需求較迫切之桃竹苗地區為研究對象，底下首先針對桃竹苗地區的水資源需求，依照民生用水、工業用水及農業用水等三部份扼要加以說明。

### 4.1 民生用水

桃竹苗地區的民生用水主要是來自於自來水的供應，目前桃竹苗地區自來水普及率以新竹市的 96.8%和桃園縣的 92.5%較高，此數字高於全台灣地區的自來水普及率 90.53%，而新竹縣的 71.7%及苗栗縣的 70.3%則是比平均值低了不少（如表 1），另外，表 1 亦顯示每人每日的平均用水量。除自來水的供應外，有一部分的民生用水是來自於民眾的自行取水，如表 2 所示，桃竹苗地區的民生用水中有 89%是來自於自來水公司的供應，另外 11%則是來自於民眾的自行取水。另外桃竹苗地區的每人每日用水量和全台灣地區的平均值 457 公升相當接近，兩者並無太大的差異。

表 1 桃竹苗地區歷年民生用水量及自來水普及率

單位：公升、%

縣市／項目	年 別										
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
桃園縣	每人每日用水量	308	300	304	300	300	296	294	340	366	391
	自來水普及率(%)	78.8	81.3	84.8	85.6	88.8	90.8	92.3	93.7	93.9	92.5
新竹市	每人每日用水量	389	391	350	362	353	337	360	405	391	422
	自來水普及率(%)	87.1	86.8	86.2	86.0	94.7	96.1	96.5	96.8	97.1	96.8
新竹縣	每人每日用水量	243	276	230	226	216	222	244	268	347	318
	自來水普及率(%)	48.3	53.2	57.4	60.1	61.2	67.1	69.2	70.2	71.8	71.7
苗栗縣	每人每日用水量	237	237	236	245	229	236	250	266	326	346
	自來水普及率(%)	57.8	61.4	64.3	65.0	65.1	67.0	67.3	68.9	69.8	70.3

資料來源：行政院經濟部水利署（2001）。

表 2 民國 90 年桃竹苗地區民生用水量

縣 市	自來水供應量			自行取水量			總民生用水量		
	用水人口	每人每日用水量	年用水量	用水人口	每人每日用水量	年用水量	用水人口	每人每日用水量	年用水量
	(千人)	(公升)	(千立方公尺)	(千人)	(公升)	(千立方公尺)	(千人)	(公升)	(千立方公尺)
桃園縣	1,630	397	235,903	132	324	15,740	1,762	391	251,664
新竹市	361	424	55,930	11	355	1,546	373	422	57,476
新竹縣	320	389	45,384	126	321	14,788	446	369	60,173
苗栗縣	394	366	52,667	166	299	18,191	560	346	70,859
合 計	2,705	1,576	389,886	437	1,299	50,267	3,143	1,528	440,173

資料來源：行政院經濟部水利署（2001）。

## 4.2 工業用水

桃竹苗地區民國 90 年工業生產面積及用水量如表 3 所示，工業的生產面積與用水量均以桃園縣為最多，共佔地 4,714.78 公頃和用水量為 304.53 百

表 3 民國 90 年桃竹苗地區工業面積及用水量

單位：公頃、百萬立方公尺

業 別	桃 園 縣		新 竹 市		新 竹 縣		苗 栗 縣	
	面 積	用 水 量	面 積	用 水 量	面 積	用 水 量	面 積	用 水 量
食 品	256.95	22.74	5.04	0.45	31.77	2.81	134.87	11.93
菸 草	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
紡 織	673.90	61.85	8.23	0.76	130.07	11.94	90.99	8.35
成 衣	44.18	1.97	1.11	0.05	2.05	0.09	9.12	0.41
皮 革	16.94	1.39	0.38	0.03	0.25	0.02	8.24	0.68
木 材	17.54	0.20	2.46	0.03	9.07	0.10	21.60	0.24
傢 俱	24.80	0.10	4.39	0.02	6.77	0.03	3.12	0.01
造 紙	134.32	39.03	4.27	1.24	17.06	4.96	50.27	14.61
印 刷	14.81	0.21	0.98	0.01	1.79	0.03	1.23	0.02
化學材料	265.55	24.84	41.47	3.88	55.34	5.18	82.28	7.70
化學製品	232.09	14.90	8.03	0.52	61.95	3.98	61.48	3.97
石油煉製	480.47	21.78	0.38	0.02	1.95	0.09	55.41	2.51
橡 膠	200.38	27.32	2.41	0.33	26.54	3.62	6.12	0.83
塑 膠	128.30	8.49	8.03	0.53	22.52	1.49	68.52	4.55
非 金 屬	255.27	7.99	38.38	1.20	115.93	3.63	183.70	5.75
基本金屬	200.75	7.41	6.51	0.24	18.89	0.70	66.40	2.45
金 屬	301.24	11.13	8.50	0.31	60.93	2.25	44.33	1.64
機 械	241.73	3.67	12.43	0.19	69.36	1.05	21.55	0.33
電 子	777.05	37.65	16.65	0.81	189.96	9.20	79.28	3.84
運 輸	356.13	4.73	8.77	0.12	134.66	1.79	109.37	1.45
精密機械	18.28	1.03	1.64	0.09	4.20	0.24	3.22	0.18
雜 項	74.37	6.08	2.53	0.21	49.80	4.07	4.76	0.39
合 計	4,714.78	304.53	182.60	11.02	1,010.85	57.26	1,106.23	71.84

資料來源：行政院經濟部水利署（2001）及本研究整理。

萬立方公尺，在工業 22 種業別中，桃園縣以電子業佔地 777.05 公頃最廣，其次紡織業 673.90 公頃，用水量則以紡織業的 61.85 百萬立方公尺及造紙業的 39.03 百萬立方公尺佔最高。新竹市的工業生產面積則是以化學材料業 41.47 公頃及非金屬業 38.38 公頃為最多，工業用水量則以化學材料業的 3.88 百萬立方公尺為首，其次為造紙業的 1.24 百萬立方公尺。新竹縣的工業生產面積以電子業佔地 189.96 公頃最廣，其次運輸業 134.66 公頃，工業用水量則以紡織業的 11.94 百萬立方公尺為首，其次為電子業的 9.20 百萬立方公尺；苗栗縣工業面積則是以非金屬業的 183.70 公頃最多，其次為食品業的 134.87 公頃，工業用水量則以造紙業的 14.61 百萬立方公尺為首，其次為食品業的 11.93 百萬立方公尺。由表 3 的合計數字可發現工業生產面積和用水量呈正向的關係。

### 4.3 農業用水

農業灌溉用水之用水量為 1,378 百萬立方公尺（表 4），其中農田水利會進水口取水量為 1,006 百萬立方公尺，地面水配合量為 372 百萬立方公尺，地下水的使用量則為 0，這與南部地區大量使用地下水的狀況不同。桃竹苗地區民國 90 年的養殖用水量為 77,393 千立方公尺（表 5），其中地下水使用了 58,122 千立方公尺，佔養殖用水量的 75%，顯示養殖用水多以地下水為主，養殖面積共為 2,963.74 公頃，主要養殖地區為桃園縣佔了 2,460.49 公頃（83%）；畜牧用水量則平均分布各縣市，共計 7,953.56 千立方公尺。

至於在桃竹苗地區的主要供水來源有水庫、地下水及河川等三部分，目前提供桃竹苗地區公共給水及灌溉用水的水庫共有石門水庫、寶山水庫、大埔水庫、劍潭水庫、永和山水庫、明德水庫、鯉魚潭水庫等七座水庫，而水庫之管理單位則包括了北區水資源局、台灣省自來水公司、苗栗農田水利會、中區水資源局。

表 4 民國 90 年桃竹苗地區各農田水利會實際用水量與種植面積

單位：百萬立方公尺、公頃

農田水利會	一期作（水稻、雜作、甘蔗等）				面積 （公頃）
	進水口 取水量	地面水 配合量	地下水 配合量	小 計	
桃 園	193	90	0	283	25,933
石 門	69	44	0	113	9,804
新 竹	129	0	0	129	6,297
苗 栗	176	0	0	176	9,136
	二期作（水稻、雜作、甘蔗等）				
桃 園	131	179	0	310	25,933
石 門	54	58	0	113	9,490
新 竹	109	0	0	109	6,262
苗 栗	143	0	0	143	9,457
合 計	1,006	372	0	1,378	102,312

資料來源：農田水利會聯合會（2001）及本研究整理。

表 5 民國 90 年桃竹苗地區養殖用水量與畜牧用水量

縣市\項目	養殖面積 （公頃）	養殖用水量（千立方公尺）			畜牧用水量 （千立方公尺）
		地下水	地面水	合 計	
桃 園 縣	2460.49	47,089	16,164	63,253	3452.52
新 竹 縣	329.83	6,590	2,616	9,207	2074.02
苗 栗 縣	173.42	4,443	490	4,933	2427.02
合 計	2963.74	58,122	19,270	77,393	7953.56

資料來源：農業用水量化目標及總量清查報告，行政院農業委員會（2000）。

台灣漁業統計年報，行政院農委會漁業署（2001）。

## V、資料來源與實證模型的校準

本文的桃竹苗地區水資源移用調配實證模型所需資料，在用水需求部份，由於本研究將用水需求分為民生用水、工業用水及農業用水，其所需資料主要為桃竹苗地區之民生、工業及農業用水價格、用水量及用水價格彈性；而在用水供給部份，由於本研究將水資源供給來源分為水庫、河川及地下水，所需資料為桃竹苗地區之水庫、河川及地下水之供給價格、供給水量及供水彈性。上述資源來源包括台灣地區生活用水量統計報告、台灣地區工業用水量統計報告、台灣地區農業用水量統計報告、台灣地區蓄水設施統計報告、台灣省自來水公司、台灣農業年報、行政院農委會、桃園、石門、新竹及苗栗農田水利會等及各相關研究報告。以下為資料來源的詳細說明。

在民生用水價格方面，本文所採用的民生用水價格為 10.14 元/立方公尺，為台灣地區之平均水價，其資料來源為台灣省自來水公司，此價格是由台灣省自來水公司民國 90 年之總水費收入除以總售水量而得。而在民生用水量方面，本文分為自來水供應及自行取水部份，在自來水供應部份，採用桃竹苗地區之月別自來水供應量資料，資料主要來自台灣省自來水公司及台灣地區民國 90 年生活用水量報告。而自行取水部份方面，由於自行取水為年資料，並未細分為月別資料，故本文將其拆解為月別資料，其處理方式為「每天自行取水總用水量」乘上「每月份天數」，如此可得到桃竹苗地區自行取水之月別資料，而將自來水供應量加上自行取水量，可得到桃竹苗地區民生總用水量，如表 6 所示。另外民生用水價格彈性值為-0.1134，此數字取自鄭立民（1995）的實證估計結果。

在工業用水方面，由於工業用水價格並無優惠，但是工業用水的主要來源為自來水公司，因此比照民生用水價格計算，所以工業用水的價格亦為 10.14 元/立方公尺。在工業用水量方面，本研究將其區分為自來水供應及自

行取水部份，在自來水供應部份，取自桃竹苗地區之月別自來水供應資料，資料主要來自台灣省自來水公司及台灣地區民國 90 年工業用水量報告。而自行取水部份方面，則參考桃園縣、新竹縣和苗栗縣三縣市工業用水量所佔比例加以設算，桃竹苗地區的工業用水量中來自於自來水的部份占 0.26%，而自行取水占 0.74%，因此各地區的自行取水量為該地區的自來水量除以 0.26 再乘上 0.74 而得，如表 6 所示；本文所採用之工業用水價格彈性值為-0.23，此為江秀娥（1992）的實證估計結果。

表 6 民國 90 年桃竹苗地區民生及工業用水量

單位：百萬立方公尺

月份\縣市	民 生 用 水			工 業 用 水		
	桃園縣	新竹縣	苗栗縣	桃園縣	新竹縣	苗栗縣
一 月	19.917	9.717	5.885	22.411	18.162	5.326
二 月	19.168	8.953	5.336	24.401	17.403	5.763
三 月	21.307	9.827	5.935	26.735	19.083	6.323
四 月	20.374	9.533	5.765	24.964	18.268	5.883
五 月	21.757	10.047	5.935	26.846	19.448	6.342
六 月	21.134	9.833	5.685	25.235	18.890	5.933
七 月	22.077	9.967	5.985	26.098	19.044	6.165
八 月	22.267	10.337	6.235	26.957	19.944	6.365
九 月	19.244	9.733	6.035	24.131	18.490	5.671
十 月	21.837	10.177	6.065	25.431	19.362	5.977
十一月	21.224	9.693	6.025	25.945	18.622	6.110
十二月	21.347	9.867	5.655	25.371	18.660	5.983
合 計	251.651	117.685	70.542	304.525	225.376	71.841

資料來源：行政院經濟部水利署（2001）及本研究整理。

在農業用水價格方面，本文所採用的農業用水價格為 0.28 元/立方公尺，此數字主要是由民國 90 年之台灣農業年報中所提供的一、二期水稻購水費及其一、二期水稻用水量計算而得，計算公式為（一期水稻購水費/一

期水稻用水量) + (二期水稻購水費/二期水稻用水量)。在農業用水量方面，由於台灣地區民國 90 年農業用水量統計報告中只提供一、二期期農業用水量，經桃園、石門、新竹及苗栗農田水利會之協助，取得民國 90 年桃竹苗地區農業用水量之月別資料如表 7 所示；本文所採用之農業用水價格彈性為-0.732，取自鄭立民(1995)的實證估計結果。

表 7 民國 90 年桃竹苗地區農業用水量

單位：百萬立方公尺

縣 市	月 別		
	桃園縣	新竹縣	苗栗縣
一 月	0.000	0.000	0.000
二 月	77.315	0.926	0.000
三 月	80.220	15.413	55.908
四 月	62.707	18.014	38.886
五 月	58.812	18.517	44.846
六 月	72.112	15.968	33.958
七 月	139.047	3.900	17.375
八 月	104.475	18.776	46.125
九 月	91.213	12.137	36.348
十 月	73.775	16.761	36.929
十一月	60.972	7.885	9.385
十二月	0.000	0.000	0.000
合 計	820.648	128.297	319.760

資料來源：行政院經濟部水利署(2001)及本研究整理。

在水庫供水價格方面，由於水庫供水價格不易估算，當市場是完全競爭時的市場價格會等於其邊際成本，因此本研究由成本面來推算其供給價格。

參考吳惠如（1997）使用 20 年期的成本價格，由於該文並沒有本研究所需的所有水庫成本，故以用水庫容量相近之水庫供給成本代替。石門水庫之供水價格為 1.7147 元/立方公尺，寶山水庫之供水價格為 6.7408 元/立方公尺，永和山水庫之供水價格為 10.9849 元/立方公尺，大埔水庫之供水價格為 6.7408 元/立方公尺，明德水庫之供水價格為 2.9571 元/立方公尺，劍潭水庫之供水價格為 6.7408 元/立方公尺，鯉魚潭水庫之供水價格為 1.7147 元/立方公尺。其中石門水庫與鯉魚潭水庫引用翡翠水庫之供水價格，大埔水庫與劍潭水庫引用寶山水庫之供水價格，如表 8 所示。

在水庫供水量方面，由於台灣地區民國 90 年蓄水設施統計報告中只提供主要水庫之年運轉資料，故水庫供給量資料主要來自各水庫之管理機關，其中石門水庫之管理機關為經濟部水利署北區水資源局，寶山水庫及永和山水庫之管理機關為台灣自來水公司，明德水庫及劍潭水庫之管理機關為苗栗農田水利會，鯉魚潭水庫之管理機關為經濟部水利署中區水資源局，大埔水庫的資料則經由經濟部水利署取得，如表 9 所示。在水庫供水彈性方面，由於無法取得歷年來的資料以估計出彈性，故本文假設供水價格彈性值為 0.5。

表 8 桃竹苗地區水庫之供水價格

單位：元/立方公尺

水 庫	供水價格	引用水庫價格之水庫名稱
石 門	1.7147	翡翠水庫
寶 山	6.7408	寶山水庫
永和山	10.9849	永和山水庫
大 埔	6.7408	寶山水庫
明 德	2.9571	白河水庫
劍 潭	6.7408	寶山水庫
鯉魚潭	1.7147	翡翠水庫

資料來源：吳惠如（1997）。

表 9 民國 90 年桃竹苗地區水庫供水量

單位：百萬立方公尺

水 庫	月 別						
	石 門	寶 山	永和山	大 埔	明 德	劍 潭	鯉魚潭
一 月	41.540	1.972	7.144	1.339	1.183	0.000	16.958
二 月	78.190	2.056	6.839	1.989	1.051	0.000	14.323
三 月	93.630	2.342	7.765	3.008	12.228	1.338	15.082
四 月	67.100	2.160	7.025	2.331	3.180	0.953	18.338
五 月	86.310	2.319	7.381	3.084	4.963	1.108	18.655
六 月	78.190	2.267	7.749	3.439	4.673	0.773	19.203
七 月	85.250	2.224	7.294	3.372	5.746	0.372	19.749
八 月	95.010	2.253	7.531	2.430	4.820	1.193	21.769
九 月	49.990	2.187	6.886	2.273	2.945	1.114	19.086
十 月	65.790	2.009	7.371	2.810	4.599	0.945	21.808
十一月	90.790	1.773	7.054	1.748	3.492	0.193	20.047
十二月	52.910	1.801	6.987	0.778	2.603	0.000	17.578
合 計	884.700	25.363	87.026	28.601	51.483	7.989	222.596

資料來源：行政院經濟部水利署（2001）及本研究整理。

在河川用水價格方面，由於河川沒有真實用水價格，故本文以農田水利會平均每噸水的營運成本來代替河川用水價格，其計算方法為將民國 90 年農田水利會的事業支出除以其營運水量而得，因此桃園農田水利會的平均每噸水營運成本為 1.743 元；石門農田水利會的平均每噸水營運成本為 2.325 元；新竹農田水利會的平均每噸水營運成本為 0.906 元；苗栗農田水利會的平均每噸水營運成本為 0.925 元。另外由於桃園地區包含了桃園和石門兩水利會，因此以此二水利會的平均營運成本作為桃園之河川用水價格，所以假設桃園縣之河川用水價格約為 1.904 元/立方公尺，新竹縣之河川用水價格為 0.91 元/立方公尺，苗栗縣之河川用水價格為 0.92 元/立方公尺。在河川供水

量方面，因為河川淨流量資料難以取得，故以總需求量（民生用水量＋工業用水量＋農業用水量）等於總供給量（水庫供水量＋地下水供水量＋河川供水量）之方式，求出河川部分之供水量，亦即河川的供水量等於總需求量減去水庫供水量及地下水供水量，如表 10 所示。在河川供水價格彈性方面，由於無法取得歷年來的資料以估計出彈性，故本文亦假設為 0.5。

在地下水供水價格方面，由於地下水用水成本計算不易，而根據地下水的設備和抽取成本等因素，本文假設地下水用水價格為 5 元/立方公尺；在地下水供給量方面，由於地下水多為水位之資料，缺乏地下水用量的統計資料，而將地下水位資料轉成地下水用水量資料有執行上之困難，故將民生用水及工業用水中之自行取水量部份折算為地下水之供水量，如表 10 所示；在地下水供給價格彈性方面，由於無法取得歷年來的資料以估計出彈性，本文亦假設其為 0.5。

表 10 民國 90 年桃竹苗地區河川和地下水供水量

單位：百萬立方公尺

月別\縣市	河川供水量			地下水供水量		
	桃園縣	新竹縣	苗栗縣	桃園縣	新竹縣	苗栗縣
一月	4.240	3.170	2.096	17.318	14.259	5.401
二月	33.994	2.981	2.092	19.389	13.776	5.819
三月	30.915	22.167	72.513	21.152	15.120	6.378
四月	35.806	26.976	48.555	19.648	14.431	5.928
五月	22.286	27.199	54.342	21.113	15.345	6.397
六月	32.739	22.680	40.699	19.659	14.853	6.008
七月	56.671	5.989	13.861	20.255	15.012	6.200
八月	31.906	25.880	42.120	21.044	15.661	6.320
九月	46.897	17.531	34.717	19.205	14.512	5.627
十月	34.111	23.139	33.353	19.668	15.189	5.992
十一月	17.915	12.906	8.569	20.339	14.695	6.065
十二月	0.485	4.270	0.373	19.777	14.697	6.028
合計	347.970	194.892	353.294	238.566	177.551	72.162

資料來源：行政院經濟部水利署（2001）及本研究整理。

本文的實證模型是採用數學規劃的方法來求解，模型包含的地區主要為桃園縣、新竹縣及苗栗縣等 3 縣市，以民國 90 年桃竹苗地區水資源之供給量及需求量的實際觀察值為基期年的資料，作為實證模型校準（Calibration）的依據。水資源供給主要來自水庫、河川及地下水，而水資源需求主要來自民生、工業及農業用水，所得之實證結果包含供需面的價格及數量。為了確認所建構的實證模型是否可以接受，必須將模型的基本解與實際觀察值作一比對，如果模型基本解與實際觀察值之差距在一可容忍之範圍內，模型就具有某種程度的可信度。由表 11 的結果顯示，這三個地區在民生用水、工業用水及農業用水的模型基本解和實際的觀察值非常接近，誤差範圍皆在 6% 以下；另外每一地區的合計數量之模型解和實際觀察值更是在 2% 的誤差範圍內，此顯示本實證模型應可以接受，並可進一步用來做相關的水資源移用補償模擬分析。

表 11 實際觀察值與實證模型基本解之誤差百分比

單位：千立方公尺、%

縣 市		實際觀察值	模型基本解	誤差 (%)
桃園縣	民生用水	251,660	238,903	-5.07
	工業用水	304,520	306,878	0.77
	農業用水	472,730	472,730	0.00
	合 計	1,208,911	1,018,512	-1.01
新竹縣	民生用水	117,690	111,171	-5.54
	工業用水	225,400	223,646	-0.78
	農業用水	170,332	170,332	0.00
	合 計	513,422	505,150	-1.61
苗栗縣	民生用水	70,600	67,363	-4.58
	工業用水	71,820	73,617	2.50
	農業用水	364,846	364,845	0.00
	合 計	507,265	505,825	-0.28

資料來源：本研究。

由模型之基本解，可求得民國 90 年桃園、新竹及苗栗 3 個地區水資源市場之各種重要經濟變數解，由表 12 可知民國 90 年桃園、新竹及苗栗地區的均衡水資源的移轉價格介於 2.07 至 3.64 元/立方公尺之間，其中新竹地區的水資源的移轉價格比桃園地區略高，此可能因工業用水在新竹縣的比例較高，另外苗栗地區的水資源的移轉價格遠比桃園縣和新竹縣低，這主要是因為桃園及新竹地區內農業用水只占全部用水的 43.69% 及 32.17%，而苗栗地區的農業用水則占該地區的全部用水之 70.44% 所致。

表 12 亦顯示福利值的部分，桃園地區之總福利值為 911,552 百萬元，其中消費者剩餘為 40,184 百萬元，生產者剩餘為 871,368 百萬元，新竹地區之總福利值為 373,261 百萬元，其中消費者剩餘為 24,157 百萬元，生產者剩餘為 349,103 百萬元，苗栗地區之總福利值為 596,399 百萬元，其中消費者剩餘為 10,457 百萬元，生產者剩餘為 585,942 百萬元，在這三個地區當中因桃園地區的用水總量最高，所以產生的福利值亦為最高。

表 12 民國 90 年桃竹苗地區之水資源移轉價格、用水需求量及社會福利值

單位：百萬元

		桃園縣	新竹縣	苗栗縣	合計
水資源的移轉價格 (元/立方公尺)		3.07	3.64	2.07	2.96*
需求量 (千立方公尺)	民生用水	238,903	111,171	67,363	417,437
	工業用水	306,878	223,646	73,617	604,141
	農業用水	472,730	170,332	364,845	1,007,907
	總需求量	1,018,512	505,150	505,825	2,029,486
社會福利 (百萬元)	消費者剩餘	40,184	24,157	10,457	74,799
	生產者剩餘	871,368	349,103	585,942	1,806,414
	總福利值	911,552	373,261	596,399	1,881,213

資料來源：本研究。

註：\*是三個地區的平均水資源的移轉價格。

## VI、農業用水移用補償價格之訂定

近年來由於新水源的開發不易，以及地方民眾環保意識的高漲，在用水需求強烈而供給無法有效配合時，如何有效調配不同用水標的用水量，亦即是偏向水資源「需求面」的管理，益加重要。由於台灣地區農業用水每年約占總用水量的 70%，為用水量最多的部門，移轉一小部分農業灌溉用水至其他用水部門，來解決其他標的用水量激增的困境，似乎是當前因應水荒的主要策略之一。然而減少農業灌溉用水勢必會降低農作物的生產而導致農民收益減少，為減少農業用水移用至其他用水部門的阻力，農民須獲得合理金額的補償才有意願釋出農業灌溉用水，而要減少農業灌溉用水的最直接方法就是農田休耕。因此本節模擬情境的設定將以農業部門稻作休耕面積的不同增加幅度，導致不同農業用水的釋出移用，探討其對桃竹苗地區的水資源經濟影響衝擊及農業用水移用補償金額之訂定。

由於一期稻作期間較會有缺水的情況，因此假設桃竹苗地區各縣市利用增加一期稻作休耕面積來將農業灌溉用水移用至其他用水部門。目前桃園、新竹及苗栗的一期休耕面積分別為 4,580、920 及 1,614 公頃，而一期的稻作面積則分別為 14,853、6,758 及 8,984 公頃。由於一期稻作的耕地面積遠高於休耕面積，再加上台灣加入世界貿易組織之後開放稻米進口可能會使得糧價下跌，因此為配合農業用水移轉至非農業部門，本研究假設桃竹苗地區未來的休耕面積分別增加 10% 及 20% 兩種情形來討論。

由於農業用水的移轉是由水利會統一和政府及非農業用水團體來進行價格的協議，因此水利會在水資源的移用市場中扮演著獨佔的角色，所以本研究將針對水資源移用市場結構分別為獨佔市場以及完全競爭市場來作模擬分析。底下共分五種模擬情境。

情境一：基期年情境；

情境二：完全競爭市場下一期休耕面積增加 10%；

情境三：獨佔市場下一期休耕面積增加 10%；

情境四：完全競爭市場下一期休耕面積增加 20%；

情境五：獨佔市場下一期休耕面積增加 20%；

表 13 為上述五種模擬情境下桃竹苗地區水資源經濟的影響衝擊。其影響衝擊及政策意涵整理如下：

1. 基期年的平均水資源的移轉價格為 2.96 元/立方公尺，在完全競爭市場的假設下，當休耕面積增加為 10%及 20%時，水資源的移轉價格分別為 3.63 及 4.10 元/立方公尺，此反映當農業用水移轉愈多時的水資源價格會愈高。
2. 獨佔市場下的水資源的移轉價格比完全競爭市場下高，表 13 顯示同樣增加 10%的休耕面積時，獨佔市場下的水資源的移轉價格（情境三）為 3.81 元/立方公尺，而完全競爭市場的的移轉價格（情境二）為 3.63 元/立方公尺。
3. 農業用水的補償金額會隨著移轉數量的增加而上升，此處的農業用水的補償金額之計算基礎是參照第二節的理論分析而得，亦即為水資源的市場均衡的移轉價格乘上移轉數量而得，亦即是以模型中所求得的市場均衡的移轉價格乘上每公頃的第一期作之用水量而得。由表 13 可發現當這三個地區的休耕面積增加 10%而將額外的農業用水移轉至非農業部門時，則每公頃的補償金額為 64,238 至 68,715 元。當休耕面積增加至 20%時，則每公頃的補償金額為 73,911 至 77,622 元，此顯示農業用水的移轉數量愈多時，每公頃的補償金額就愈高。
4. 當水資源移轉至更高的使用價值時，則社會福利會增加，表 13 顯示社會福利在休耕面積增加 10%及 20%下的總福利約增加了 42,623 至 122,153 百萬元（2.27 至 6.49%的增加幅度）。表 13 反映出完全競爭市場下的福利增加幅度均超過獨佔市場下的福利增加幅度。當水資源

的移用市場為非完全競爭市場時，政府的介入應可使得移用的價格下跌，進而增加社會的福利。

5. 水資源移用時的補償金額可因地區的不同而有所不同。產生不同的移用補償金額，主要是因為各個地區不同的用水需求團體導致不同的給付價格，也因而補償的金額亦會不同。如桃園和新竹地區的補償金額比苗栗地區高，主要是因為此二地區的工業用水需求較高所導致。根據經濟部民國 93 年的公告，配合農業灌溉用水移轉至其他部門而休耕之移用補償金為每公頃 60,000 元，此與本研究所求得之補償金額相當接近。不過，為公平合理計，未來農業用水的移用補償宜考量不同地區產業結構與需水標的的差異，隨著不同區域應有不同的補償金額。

表 13 桃竹苗地區農業用水移用的經濟影響

	情境一 (基期年)	情境二	情境三	情境四	情境五
平均價格 (元/立方公尺)	2.96	3.63 (22.32)	3.81 (28.63)	4.10 (38.26)	4.30 (45.04)
農業用水移 桃園	55553	63181	68596	72207	77622
轉補償金額 新竹	57981	66298	68952	74735	77622
(元/公頃) 苗栗	32726	63263	68596	72207	77622
平均	48753	64238 (31.76)	68715 (40.94)	73050 (49.83)	77622 (59.21)
總需求量 (千立方公尺)	2029488	277569 (13.68)	2376316 (17.09)	2455422 (20.99)	2526556 (24.49)
消費者剩餘	74799	74344 (-0.61)	53944 (-27.88)	73911 (-1.19)	53553 (-28.40)
生產者剩餘	1806414	1868253 (3.42)	1869892 (3.51)	1929454 (6.81)	1931387 (6.92)
總福利值 (百萬元)	1881213	1942597 (3.26)	1923836 (2.27)	2003366 (6.49)	1984941 (5.51)

資料來源：本研究。

註：括弧內為變動百分比。

## VII、結 論

近年來由於新水源的開發不易以及地方民眾環保意識的高漲，在用水需求激增而供給無法有效配合時，水資源「需求面」的管理，益形重要。由於台灣地區農業用水每年約占總用水量的 70%，為用水量最多的部門，因應水荒，調撥單位產值低的農業用水以支援民生及工業部門用水是必然的趨勢；透過農業部門稻作的休耕，使得農業用水能夠釋出移用至其他用水部門，是當前因應水荒的主要策略之一。不過，農民須獲得合理金額的補償才有意願釋出農業灌溉用水，此公平合理的農業用水移用補償金的計算，正是本文建構水資源移用補償實證模型的主要目標。本文並以用水需求較迫切之桃竹苗地區為研究對象，根據民國 90 年桃竹苗地區的水資源供需資料，探討農業用水移用對桃竹苗地區的水資源經濟衝擊及移用補償金額之訂定。

實證模擬結果顯示水資源市場的平均的移轉價格為介於 2.07 至 3.64 元/立方公尺之間，其中新竹地區的移轉價格最高，而苗栗地區的移轉價格最低。本研究基期年所求得的均衡的移轉價格是介於目前的水資源供給價格和需求價格之間，亦即高於供給價格但卻低於需求價格。由於此基期年的移轉價格是在社會福利極大化下而求得，因此可做為水資源移轉的參考指標。

當休耕面積增加百分之十且市場為完全競爭市場時的情境，本研究進一步計算出桃園地區每公頃的農業用水補償金額為 63,181 元，新竹和苗栗地區每公頃補償金額則為 66,298 元及 63,263 元。此結果反映出不同地區應有不同的移用補償金額，主要是因為各個地區不同的用水需求團體導致不同的給付價格，也因而補償的金額亦會不同。新竹地區的補償金額比其他兩地區高的主要原因是因為新竹地區的工業用水需求較高所導致。未來農業用水的移用補償宜考量不同地區產業結構與需水標的差異，隨著不同區域有不同的補償金額。

另外，研究結果亦顯示桃竹苗地區的每公頃補償金額會隨著休耕面積的增加而上升，此反映出大規模水資源移轉時的每公頃補償金額會愈高，亦即用水需求愈大時須付出愈高的金額來獲得水資源的供應。最後，當休耕面積增加，農業用水移用亦增加時，移用市場為完全競爭下的福利增加幅度均超過獨佔市場下的福利增加幅度，此顯示若透過政府的干預使得移用市場更趨向完全競爭市場將可增加社會福利。

## 參考文獻

- 于宗先，1975。「臺北地區自來水需求預測」，『臺灣經濟預測』。7卷，1期，51-66。
- 台灣省自來水股份有限公司，2001。『台灣省自來水事業統計年報』。台北：台灣省自來水股份有限公司。
- 江秀娥，1992。「台灣南部地區工業用水需求與效率之研究」。碩士論文，國立中興大學農業經濟研究所。
- 行政院經濟部水利署，2001。『台灣地區工業用水量統計報告』。台北：行政院院經濟部水利署。
- 行政院經濟部水利署，2001。『台灣地區生活用水量統計報告』。台北：行政院院經濟部水利署。
- 行政院經濟部水利署，2001。『台灣地區農業用水量統計報告』。台北：行政院院經濟部水利署。
- 行政院經濟部水利署，2001。『台灣地區蓄水設施統計報告』。台北：行政院院經濟部水利署。
- 行政院農委會漁業署，2001。『台灣漁業統計年報』。台北：行政院農委會漁業署。
- 行政院農業委員會，2000。『農業用水量化目標及總量清查報告』。台北：行政院農委會。
- 吳功顯、鄭秋桂，1994。「區域間水資源調配補償因素之探討」，『臺灣銀行季刊』。45卷，1期，266-305。
- 吳惠如，1997。「臺灣地區水庫供水成本之研究」，『臺灣銀行季刊』。48卷，3期，

162-180。

呂俊達，1990。「區域開發需水量預測模型」。碩士論文，淡江大學水資源及環境工程研究所。

李玲玲、楊玉昌，2002。『台灣水資源政策之檢討（一）』。台灣環境資訊協會。取自 <http://e-info.org.tw/issue/water/2002/wa02072201.htm>。

沈信廷，1990。「都市用水需求之研究－以高雄市自來水用戶之工業用水及家庭用水為例」。碩士論文，國立臺灣大學地理學研究所。

林幸樺，1996。「乾旱時期農業用水量移用水量之補償標準」，『臺灣經濟研究月刊』。19卷，7期，32-37。

孫金華、張靜貞、江福松，1999。「APEC EVSL 對臺灣遠洋沿海及養殖漁業之影響評估漁業部門模型之應用」，『經濟論文』。27卷，3期，359-384。

高惠玲，1992。「森林涵養水資源之效益－都會區家庭用水需求函數之應用」。碩士論文，國立臺灣大學農業經濟研究所。

張靜貞、林依瑩，1997。「溫室氣體排放減量對台灣農業部門之影響」。『臺灣經濟學會年會論文集』。245-280。台北：國立台灣大學。

張靜貞、陳吉仲，1995。「農業保護政策與生產結構變動對台灣農業部門福利分配之影響」，『臺灣土地金融季刊』。32卷，1期，67-82。

郭文琪，1997。「台灣漁業部門模型之建立及應用」。碩士論文，國立臺灣大學農業經濟研究所。

黃宗煌、楊淑麗、李堅明，1993。「臺灣紡織業與食品業對水資源之需求分析」，『臺灣經濟』。194期，44-54。

農田水利會聯合會，2001。『台灣地區農田水利會資料輯』。台北：農田水利會聯合會。

劉長齡、李宗仰、吳其璋，1993。「都會區月用水量之模式建立與估測」，『臺灣水利』。41卷，4期，1-13。

劉欽泉、陳慧秋，2003。「台灣農田水利會配水機制之研究」，『臺灣土地金融季刊』。40卷，4期，63-80。

劉繼政，1994。「臺灣地區水資源之研究」，『臺灣銀行季刊』。46卷，4期，237-280。

- 鄭立民, 1995。「臺灣地區用水需求模式之建立與預測」。碩士論文, 國立中興大學資源管理研究所。
- 鄭欽龍, 1991。「台灣地區工業用水需求及其經濟價值分析」, 經濟部水資會委託研究。79 水科技八。中華經濟研究院。
- 盧文俊, 1997。「臺灣地區工業用水需求分析」, 『臺灣銀行季刊』。49 卷, 1 期, 365-395。
- 蕭景楷、徐享田、廖香蘭, 1989。「高屏地區水資源利用及移轉成本之研究」, 『臺灣銀行季刊』。40 卷, 4 期, 234-287。
- 羅慶瑞, 1997。「臺灣地區農業用水移用工業用水補償制度研究」, 『臺灣銀行季刊』。48 卷, 1 期, 345-366。
- Adams, R. M., S. A. Hamilton, and B. A. McCarl, 1986. "The Benefits of Pollution Control: The Case of Ozone and U. S. Agriculture," *American Journal of Agricultural Economics*. 68: 886-893.
- Baumes, H., 1978. "A Partial Equilibrium Sector Model of U.S. Agriculture Open to Trade: A Domestic Agricultural and Agricultural Trade Policy Analysis," Ph.D. Dissertation, Purdue University.
- Becker, N., 1995. "Value of Moving from Central Planning to Market System: Lessons from the Israeli Water Sector," *Agricultural Economics*. 12 (1): 11-21.
- Bosch, D. J., 1991. "Benefits of Transferring Streamflow Priority from Agricultural to Non-Agricultural Use," *Water Resource Bulletin*. 27(3): 397-405.
- Burton, R. O. and M. A., Martin, 1987. "Restrictions on Herbicide Use: An Analysis of Economic Impacts on U.S. Agriculture," *North Central Journal of Agricultural Economics*. 99: 181-194.
- Chang, C. C., 2002. "The Potential Impact of Climate Change on Taiwan's Agriculture," *Agricultural Economics*. 27(1): 51-64.
- Chang, C. C., B. A., McCarl, J. W., Mjelde, and J. W., Richardson, 1992. "Sectoral Implications of Farm Program Modification," *American Journal of Agricultural Economics*. 74: 38-49.
- Chen, C. C., D. Gillig, and B. A. McCarl, 2001. "Effects of Climatic Change on a Water Dependent Regional Economy: A Study of the Texas Edwards Aquifer," *Climatic Change*.

49: 397-409.

- Chen, C. C., D. Gillig, B. A. McCarl, and L. Williams, 2005. "ENSO Impacts on Regional Water Management: A Case Study of the Texas Edwards Aquifer Region, USA," *Climate Research*. 28: 175-182.
- Duloy, J. H. and R. D., Norton, 1973. "CHAC: A Programming Model of Mexican Agriculture," In *Multi-Level Planning: Case Studies in Mexico*. Edited by A.S. Manne and L.M., Goreux, Amsterdam: North-Holland Pub., Co., 291-338.
- Hsu, S. H. and R. C. Griffin, 1993. "The Potential for Water Market Efficiency When Instream Flows Have Value," *American Journal of Agricultural Economics*. 75: 292-303.
- Keplinger, K. O., B. A. McCarl, M. Chowdhury, and R. D. Lacewell, 1998. "Economic and Hydrologic Implications of Suspending Irrigation in Dry Years," *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 23: 191-205.
- McCarl, B. A. and T. H. Spreen, 1980. "Price Endogenous Mathematical Programming as A Tool for Analysis," *American Journal of Agricultural Economics*. 62: 87-102.
- Mendelsohn R. and L. L. Bennett, 1997. "Global Warming and Water Management: Water Allocation and Project Evaluation," *Climatic Change*. 37: 271-290.
- Ministry of Agriculture and Forestry, 2001. *Economic Efficiency of Water Allocation*. MAF Technical Paper No: 2001/7, Sturat Ford Agriculture New Zealand Ltd.
- Plessner, Y. and E. O. Heady, 1965. "Competitive Equilibrium Solutions with Quadratic Programming," *Metroeconomica*. 17: 117-130.
- Samuelson, P. A, 1952. "Spatial Price Equilibrium and Linear Programming," *American Economic Review*. 42: 283-303.
- Syme, G. J. and B. E. Nancarrow, 1997. "The Determinants of Perceptions of Fairness in the Allocation of Water to Multiple Uses," *Water Resource Research*. 33(9): 2143-2152.
- Takayama, T. and G. G. Judge, 1964. "Equilibrium Among Spatially Separated Markets: A Reformulation," *Econometric*. 32: 510-524.
- Yaron, D., 1967. "Incorporation of Income Effects into Mathematical Programming Models," *Metroeconomica*. 19: 141-160.

# Estimating the Potential Water Transfer Price in Northern Taiwan Regions

Chi-Chung Chen<sup>\*</sup>, Lan-Fen Chu<sup>\*\*</sup>, and Shu-Kun Shen<sup>\*\*\*</sup>

*The purpose of this paper is to estimate the potential market price for water transferring among sectors in the Northern Taiwan region. This region is the major semi-conduct and information technology products area in Taiwan which plays an important role to contribute domestic GDP. To do so, a regional water endogenous price economic model using a non-linear programming approach is adopted and built where the water transfer activity from agricultural sector to non-agricultural sector in a water market is taken into the consideration in this model. Later, the potential water transferring price is estimated through this empirical model under the assumption of social welfare maximization. The simulation results proved that the occurrence of water transferring activity from agricultural sector to non-agricultural sector could improve the benefit both in the water market and the agricultural sector.*

*Keywords: Water Transfer, Endogenous Price, Spatial Equilibrium Model*

---

<sup>\*</sup> Professor, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.  
Tel: (04) 22858137; fax: (04) 2286-0255; E-mail : mayjune@nchu.edu.tw

<sup>\*\*</sup> Ph.D. student, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.

<sup>\*\*\*</sup> Master student, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.  
We appreciate the funding support provided by National Science Council (NSC 95-2415-H-005-001).