

不同分派制度對灌溉用水效率 影響之分析

蕭景楷*

摘要

關鍵詞：水資源分派、水權制度、水市場

不同用水和部門間增加競用有限的供水，以及新水源開發成本的快速上升，促使我們警覺到台灣地區水資源稀少，而且必須更有效率使用的事實。一般認為，自願移轉用水的分派方式，比採用節水措施和提高水價二種策略，更有潛力增加用水效率。

本文的主要目的，係在建立分析架構以評估由水權過渡到水市場的可行性，同時略論現有水資源政策和法規中的水權應如何修訂才有助於水的轉移等。依據所設定的基本模型，我們可以區分等候式和市場式配水的主要差異。分析結果顯示，低的處理成本、可採用有效的省水技術、以及對產品的需求具有彈性等，都有助於轉向水市場。值得注意的是，居於水具有回流性質的理由，政府必須管理水的移轉和水權的取得。

國立中興大學 

*作者為國立中興大學農經系教授。

不同分派制度對灌溉用水效率 影響之分析

蕭景楷*

壹、前言

台灣地區的農民和城市居民，大都依賴引用地面水當做水源，從事灌溉作物和家庭使用。水在不同部門及不同用水人之間的分派，大致依據水權制度而不是水市場的交易。目前全世界大部份水權制度都有二個重要特點：一是用水人都有一優先順序的表列（如我國水利法第十八條為用水標的之順序），另一是個別用水人的引水量，係由行政管制機能來加以規範（如第十七條、第十九條、第二十条、第二十条之一、第二十一條、第二十二條）。傳統上，歷史和地區因素通常決定用水人在表列上的位置，以及准予引用的水量。在水利法中，用水人對於原分派用水的交易和移用受到限制，如第十九條之一及第二十七條。

許多水利和水資源經濟專家認為，設定優先順序的水權制，在分派稀有水資源方面，比水市場的自願交易或移用缺乏效率（如Anderson，1983；Frederick，1986；Johnson，1989；Saliba et al，1987；and Wahl，1989）。因此，過去十多年來，許多文獻往往探討水市場的可行性，而對於發展水市場可能面臨的政治和經濟障礙也有相當的分析。台灣近幾年來發生的缺水現象，充分說明我們的確很急迫的需要更有系統的研究探討水市場形成的社會和政治條件，才能進一步決定影響水資源分派效率的因素，目前的水權制度是否需要改弦更張，如果需要應

*作者為國立中興大學農經系教授。

如何改變？是在現有的水利法中尋找答案？還是由水市場自願移轉的理念中發展另一種分派模式？

過去水資源分派的研究顯示，優先專用的水權制是一種依據等候理論中「先來先用」的原理所形成的制度，常造成利用非邊際定價方式來分派水資源的現象，這正是分派缺乏效率的主因之一(Tietenberg, 1996, pp.204-209)。這些研究也探討優先權制度在解決水供給和第三者外部效果等不確定狀況時的效率，結果發現這種分派制度面臨水資源稀少時，無法有效地促成省水技術和措施的採用，而非邊際定價等因素則可能使這種缺乏效率的現象更為嚴重。部份研究指出，如果有水市場，則水的稀少性會促使水的單位價格提高，農民即有誘因採用灌溉效率較高的技術，例如滴灌或噴灌，或是改種用水量較少的作物(Caswell, Lichtenberg, and Zilberman, 1990)。相反的，如果是禁止水交易的分派制度，則順位較高的水權的使用者，即使在稀少性愈形嚴重之際，也無節省用水的誘因。因此，當用水需求不斷增加時，優先專用制會導致順位較低的水權使用者得到較少的水量，而順位高者的用水行為卻改變不大。本文主要目的即在建立一個架構，以分析不同分派制度對於用水效率之影響。

這個架構也可用來評估採用水市場的可行性，亦即探討在現行制度內，是否可以達到有效率的水資源分派？造成缺乏效率的原因是那些因素？能否在現有體制內來改善？此可由兩方面來看：1)根據以往的研究(如El-Ashry and Gibbons, 1988; Saliba and Bush, 1987)，體制改變所帶來的社會福利如大於改變所需的處理成本(如輸水成本、監督成本)以及其他相關的支出，則這種改變是社會所需要的。這種處理成本可視為現有技術和其他模型參數的函數。2)即使這種朝水市場的改變是社會所需要的，執行時仍可能存在政治上的困難。舉例來說，除非小心地處理財產權的賦予問題，否則任何改變都會招致現有受益人士的反對。由於這些順位高者在政治上可能相當有影響力，所以決策者將會重視他們的利得和損失。欲取得高順位者的支持，其中一個方法是讓他們獲得由現行分派制度中銷售水所得到的利益。但值得注意的是，如果改變將促使產量增加，而產品需求

National Chung Hsing University

卻是缺乏彈性時，則高順位者仍可能反對水市場制度。諸如此類的問題，都是吾人在評估改變舊體制或採行新制度時，應該加以探討研究的。

貳、水權制度的演進

管制地表水分派的法律在各國都不相同，惟這些法律仍有一些基本相似之處，而差異之處則可由一般原則來解釋。舉例來說，全世界水權分派法律的一個共同要素是，用水人很少取得地表水源的所有權（ownership rights）（不管水源是河川或水庫）。這些水源通常都視為公共財產（public property），或屬於國家的天然資源（如水利法第二條），個人只被賦予留川使用或是引水使用的權利。所以吾人有理由認為，大多數的用水紛爭，應係來自這些使用者權利如何分派，以及這些分派如何執行等問題。

一般而言，用水的爭議可能發生在所有的層面，從國家之間和區域之間，到機關之間和個別用水人之間都有。這些爭議的解決固然可採法律和條約的方式，但這種方式卻經常包含未來進一步爭議的根源。由世界各國在解決用水爭端的經驗可發現，歷史和政治因素（例如美國西部地區）以及水法和條約的發展趨勢（例如中東地區），實際上都扮演相當重要的角色（Shah and Zilberman, 1995）。

過去的經驗顯示，使水權分派法律變動的主要誘因，往往來自稀少性愈形嚴重的事實。美國的水權法即為說明這個原則的良好例子（Tietenberg, 1996）。美國東部有充裕的地表水，其水權之分派係依據河岸權制度，即任何人的土地如果鄰近河川，則只要有足夠水留給下游用水人，就可以從河川引水使用。在這種制度下，不是鄰近河川的土地，即不能從河川引水。但是這種制度很難在乾旱的西部實施，因為許多富於生產性的土地都位在離河川很遠的地方，而且水源通常不足。所以，西部地區發展出優先專用水權制度，因其較適合用來分派相對稀少的供水量。

優先專用權允許特定的用水人引水（不需要鄰接河川），而且也在各用水人之間分派用水量。配水量或使用權利係依優先順序而定的，所以在缺水時期，順位較高的用水人可以比順位較低者先滿足其配水量。對於特定用水標的如灌溉用水，優先順序則係由水權取得的日期先後來決定，即較早取得水權者，其順位較高。至於不同用水標的的優先順序，則由主管部門在優先使用制度中規範（我國水利法第二十條也有類似規定以解決用水爭執）。這些決定用水順序的非市場方法相當缺乏彈性，一般認為係美國西部農業使用過多地表水的主要原因之一。

盛行於部份印度和巴基斯坦的輪流引水制，則和美國的優先專用權制有些相似，該地區農民係依據一定的時間次序由水道引水(Chambers, 1988)。個別農民引水的優先順序係依其在水道的位置而定，所以上游農民一般都能依其需要引用水，然而下游農民在缺水時往往無法依其需要引用足夠水量。

不管是美國西部的優先專用制，或是印、巴等國的輪流引水制，只要缺水現象不常發生，則這種等候系統仍可勉強發揮功能。但是，當人口不斷成長，公共給水增加競用一定水源時，則缺水的機率也相對地大為提高。這種情形使相對缺乏彈性的等候系統，承受鉅大的壓力。事實上，美國加州由於多年來連續的乾旱，已經使水的定價結構改變，同時也形成具有移轉機能的水市場，讓缺水地區由多水地區取得用水(Shah and Zilberman, 1995)。

美國水資源專家 Salib 和 Bush，對於美國西部水權制度和市場發展的研究(1987)，也支持上述的觀點，即用水需求的增加和水資源新開發計畫的減少，使許多地區開始採用水市場制度。他們二位也建議，如果現有分派機能可以提供安全且可移轉的財產權給水權擁有人，則水市場可較容易地發展起來。從另一方面而言，如果現有法律仍然嚴格限制水權的移轉，則可能是由於促使制度改變的經濟誘因還不夠高。本文的目的之一即在探討並瞭解上述各種論點。

參、基本概念與分析架構

National Chung Hsing University

以亞當史密斯看不見的手為理念，新古典經濟學認為透過競爭可以消除各種不當的干預或力量，並使全體的利益最大。就水資源公共政策而言，新古典經濟學家大致同意水權的結構就是這種不當力量，因為此一制度讓政府和利益團體得以依照自己的利益來開發或控制水資源，同時扭曲其他人所面對的成本和效益，並且阻礙水資源在社會中的有效率分派(如Anderson, 1983; Frederick, 1986; Saliba and Bush, 1987)。所以他們雖然承認經濟和政治制度係所有分派過程的要素，但是卻強調競爭市場可以消除這些不當干預或力量，並使價格這一隻看不見的手引導個人追求私利的行為，最後促成公平且有效率的水資源分派。因此，新古典經濟學家認為水權應加以改革，使現有分派水資源的制度更加依賴市場機能的運作，才能提高分派效率，並增進社會福利。

在個人追求私利的行為下，新古典經濟理論認為個人將視其經濟利益可能增加或減少，來支持或反對改革方案。因此，這個理論的檢定，可由其論點在解釋支持或反對的能力上來決定。換言之，依據該理論，政府和利益團體應當反對消除不當力量的市場制度。但實際上，我們卻很容易發現不同的情形，例如美國支持水市場的呼聲大都來自政府的水利機構、以及利益團體，理論上應當支持的個人反成為沈默的份子(Wahl, 1989)。這種駁斥新古典理論的事實，似乎說明可以掌控資源的權力結構才是問題的重心；亦即，當財產權受到威脅時，如何保有權力乃是第一要務，其他利益(如利潤極大化等)反而成為次要目的了。

本文為檢定新古典理論的市場機能理念，希望透過前人的個案研究了解個人追求私利的行為，是否有助於水市場的形成。同時也將探討權力的關係如何受到水權改革方案的影響，或是權力的社會關係本來就是水權的要素，所以需要保有相當的權力，才能促使水權在市場中移轉。另外，為比較等候式的水權制和以市場機能分派為主的交易方式，擬結合生產、用水和特定(灌溉)技術等因素為一基本模型；假定地表水的供給固定下，有許多農民面對同一產品的需求曲線，經由灌溉技術的選擇和分配的用水量，即可建立個別農民的生產模式。

在這個純粹以用水量為主要變數的生產函數中(傳統的生產函數常設定為：產出係勞動、資本、原料、土地、規模報酬、和技術效率參數等因素的函數。本文則依研究目的，將其簡化為產出係有效用水量的函數)，使邊際產量等於零的有效用水量和使邊際產量等於平均產量的有效用水量，即可用來界定生產函數的合理生產範圍。此處的有效用水量，為所施用水量乘上灌溉效率係數(此係數的大小和灌溉技術有關)，吾人可推定：採用較缺乏灌溉效率的生產函數將需要施用較多的水量。這個分析架構可讓我們分別在等候系統和市場系統下，比較生產、選擇的灌溉技術和用水之間的關係。分析的重點可放在處理成本，和其他政治經濟因素的考量，將有助於瞭解如何形成水市場的要素及過程。

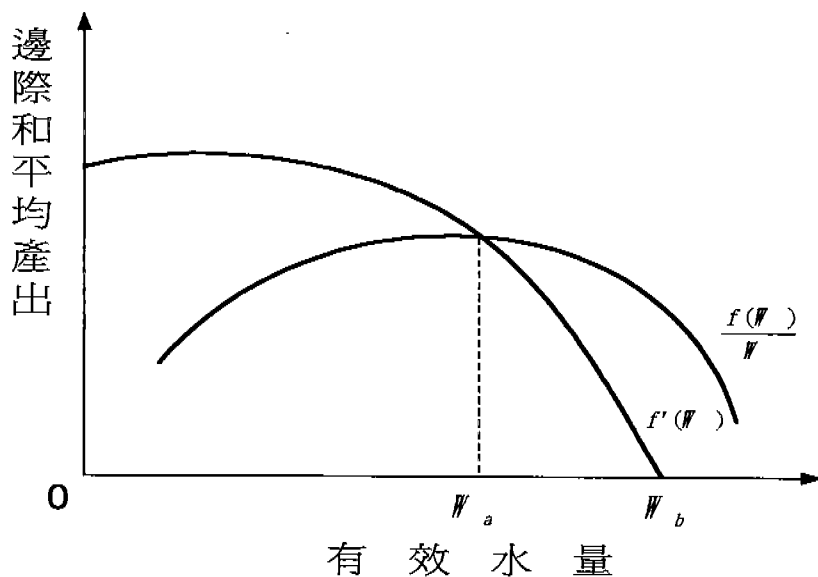
肆、模型的假設條件

首先假設某一灌區面積為 X 公頃，灌溉所需用水都來自地表水輸送系統。假定該系統輸送 T 噸(立方公尺)的水到灌區，而且此一供應並無不確定性。另外，假定該灌區所排出的灌溉餘水，並不為下游農民所使用，同時系統所供應地表水之品質都一樣，亦即，餘水的釋放並不會引起任何外部性。最後，假定這些用水或餘水並無留川使用價值。

假定灌區內土地品質一致，且由許多個別農民所擁有。農民可選擇種植水稻或是讓土地休耕。令灌區面對的是斜率為負的稻米需求曲線，即 $Q = D(P)$ ，此處 Q 為該區產出， P 為產出的價格。假定該區的稻米生產，就土地而言為固定規模報酬。設每公頃稻米產出由生產函數 $Y = f(w)$ 所決定， Y 為單位面積產量， W 為有效水量。有效水量為施灌水量 M 乘上施灌效率 E ，即 $W = ME$ ， E =根系土層儲留水量/引達田間水量， E 值的大小決定於灌溉技術(在實際推估 E 值時，一般並未考慮及田間灌溉技術上之困難)，例如溝灌約為50~60%，田埂間灌溉在50%以下，設計良好的噴灑灌溉則可超過75%(中國工程師手冊，民國七十三年)。

假定目前在灌區可供農民使用的灌溉技術共有 I 種，這些技術包括傳統和現代技術，例如滴灌和噴灌等灌溉系統為現代技術，至於溝灌、漫灌則為傳統技術。一般而言，現代化的灌溉技術，往往比傳統技術具有較高的施灌效率，亦即前者用水較有效率，利用 i 代表第 i 種技術，該指數 i 愈高，即表示愈有效率，所以 $E_j > E_i$ ($j > i$)，而指數 i 和 j 的值都在 I 集合內 ($I=1, 2, \dots, I$)。當然，現代技術也需要較大的初期投資或設置成本，以 I_i 表示第 i 種技術所需的固定成本，則 $I_j > I_i$ ($j > i$)。

生產函數 $f(\cdot)$ 具有古典生產函數的特性，即可分為三個生產區，其中只有一區是經濟可行的。在下圖中 W_a 和 W_b 皆為有效水量，其中 W_a 正好



使 $MP = AP$ (即 $f'(W_a) = f(W_a)/W_a$)，而 W_b 則使 $MP = 0$ (即 $f'(W_b) = 0$)。事實上，這兩個有效水量的範圍，恰可界定生產函數的經濟可行區，而每一種灌溉技術的施灌水量即為： $W_{a_i} = W_a / E_i$ ， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

由前述知 $E_j > E_i$ ($j > i$)，所以 $M_{a_j} > M_{a_i}$ ， $M_{b_j} > M_{b_i}$ 。換言之，對一特定生產函數的經濟可行區而言，如果灌溉技術效率愈低，則需要愈多的施灌水量。

正如Caswell和Zilberman(1986)所顯示，若該生產函數的邊際生產力彈性大於1（即 $E_{mp} = [-f''(w)w / f'(w)] > 1$ ），則當水價上升時，現代化技術的利潤率將增加，而有效率的灌溉技術，則可使利潤極大時的用水量減少。 E_{mp} 係衡量生產函數曲率的量度值，在生產函數的經濟可行區，該值大於1，所以 $E_{mp} > 1$ 將做為基本的假設。

伍、等候式的用水分派

假定灌區的用水分配係依據簡單的等候系統，即位於距水源流入處最近的用水人先得到用水，接著是下一個距離最近的人得到用水，依此類推。用水人並不按其引用水量付費，引用水量只受限於流經田地的水量之大小，而且這些水權不能移轉。在這種分配系統下，上游地區農民可獲取他們所需的水量，而下游地區農民則只能得到剩餘的水量（這種用水分配的方式似乎過於簡單，卻是世界各地非市場配水機能的主要理念）。

假定續灌是最缺乏效率的灌溉技術（所以固定成本為 I_1 ），則農民由用水所得的每公頃利潤為 $P \cdot f(M_{b_1} \cdot E_1) - I_1 = P \cdot f(W_b) - I_1$ ，而其他灌溉技術 i 的每公頃利潤為 $P \cdot f(M_{b_i} \cdot E_i) - I_i = P \cdot f(W_b) - I_i$ 。由於 $I_i > I_1$ ($i \neq 1$)，所以只要水量充足，續灌這種傳統技術可得到較大的利潤，因此只有這種技術被農民採用。在此情形下，每公頃施灌水量為 M_{b_1} ，而每公頃產出為 $f(M_{b_1} \cdot E_1)$ ，總產出即為單位面積產出乘上灌區內的灌溉面積。令透過等候式配水機能的灌溉面積有 X_q ，如果 $T / X \geq M_{b_1}$ ，則 $X_q = X$ 。換言之，灌區內每公頃土地的施灌水量，不會低於邊際產量為零時的施灌水量。這是水量充裕的狀況，每一位用水人都可獲得所需水量，所以制度不需要改變，因為水量過多。但事實上，目前許多

灌區已面臨用水不足的問題，此即 $T / X < M_{b_1}$ 。也就是說，就所有獲得每公頃用水量 M_{b_1} 的農民而言， $T / M_{b_1} = X_q < X$ ，亦即得到充足水量的農田面積小於灌區內的農田面積。該灌區的產出為 $Q_q = X_q \cdot Y = (T / M_{b_1}) \cdot f(M_{b_1} \cdot E_1)$ ，產出價格為 $P_q = D^{-1}(Q_q) = D^{-1}[(T / M_{b_1}) \cdot f(M_{b_1} \cdot E_1)]$ ，生產者剩餘為 $P_s = D^{-1}(Q_q) \cdot Q_q - I_1 \cdot X_q$ ，社會福利為需求曲線以下的面積，即 $SW_q = \int_0^{Q_q} D^{-1}(Q) \cdot dQ$ 。

陸、市場式的用水分派

由於前述基本模型中，外部性及不確定性並未包括在內，故本節所探討的競爭性水市場模型，和利用影子定價機能來分派水量的最適化模型並無兩樣。以下將探討這種分配，並和等候式分派作比較。

上節等候式模型中，位於上游的農民並未支付水費，而且不得將水售賣給下游農民。在灌溉技術為 1 之情況下，農民並無誘因引用超過 M_{b_1} 噸的水量（因為超過 M_{b_1} 水量的邊際產出為負值）。但在水市場情況下，水變成有價值的商品，農民可能會嘗試竊取用水。因此，負責配水和收取水費的機構，將增加監督和輸送的成本，例如水管、水錶、和行政管理等支出。假設每公頃農田所分攤的這種處理成本等於 C 元，令 $B(Q) = \int_0^Q D^{-1}(Q) dQ$ ， X_{F_i} 代表在水市場中以灌溉技術 i 所灌溉的面積，則社會最適化的問題可以下述數學規劃式來解決：

$$\text{Max} \quad \left[B(Q) - \sum_{i=1}^I X_{F_i} (I_i + C) \right]$$

s. t.

$$Q = \sum_{i=1}^I X_{F_i} f(M_i \cdot E_i)$$

$$T \geq \sum_{i=1}^I X_{F_i} \cdot M_i$$

$$X \geq \sum_{i=1}^I X_{F_i}$$

$$X_{F_i} \geq 0, i = 1, \dots, I$$

上述問題的目標函數即為社會福利數額，由消費者和生產者剩餘所合成，限制式則代表生產關係和可用資源數量的限制。以 Lagrangian 表示為：

$$L = \sum_{i=1}^I B(Q) - X_{F_i}(I_i + C) + \lambda_1 [X_{F_i} f(M_i \cdot E_i) - Q] + \lambda_2 (T - X_{F_i} \cdot M_i) + \lambda_3 (X - X_{F_i})$$

λ_1 ， λ_2 ，和 λ_3 為相對於限制式的非負值 Langrange 乘數，可視為影子價格。 λ_1 為產出的影子價格， λ_2 為生產因素水的影子價格， λ_3 則為生產因素土地的影子地租。Kuhn-Tucker 必要條件為：

$$\partial L / \partial Q = 0, \text{ 即 } (\partial B / \partial Q) - \lambda_1 = 0,$$

$$\text{或是 } \lambda_1 = D^{-1}(Q) \quad (1)$$

$$\partial L / \partial M_i = 0$$

$$\text{即 } \lambda_1 \cdot X_{F_i} \cdot (\partial f / \partial M_i) \cdot E_i - X_{F_i} \cdot \lambda_2 = 0 \quad (2)$$

$$\Rightarrow \lambda_1 \cdot (\partial f / \partial M_i) \cdot E_i - \lambda_2 = 0 \quad \text{for } i=1, \dots, I$$

$$\partial L / \partial X_{F_i} \leq 0, (\partial L / \partial X_{F_i}) \cdot X_{F_i} = 0$$

$$\Rightarrow \lambda_1 \cdot f(M_i \cdot E_i) - \lambda_2 M_i - \lambda_3 - I_i - C \leq 0 \quad (3)$$

$$[\lambda_1 \cdot f(M_i \cdot E_i) - \lambda_2 M_i - \lambda_3 - I_i - C] X_{F_i} = 0 \quad \text{for } i=1, \dots, I$$

$$\partial L / \partial \lambda_1 = 0, \text{ 即 } Q = \sum_{i=1}^I X_{F_i} f(M_i \cdot E_i) \quad \text{for } i=1, \dots, I \quad (4)$$

$$\partial L / \partial \lambda_2 \geq 0, \text{ 即 } (\partial L / \partial \lambda_2) \cdot \lambda_2 = 0 \quad (5)$$

$$\Rightarrow T \geq \sum_{i=1}^I X_{F_i} \cdot M_i$$

$$(T - \sum_{i=1}^I X_{F_i} \cdot M_i) \cdot \lambda_2 = 0 \quad \text{for } i=1, \dots, I$$

$$\partial L / \partial \lambda_3 \geq 0, \quad (\partial L / \partial \lambda_3) \cdot \lambda_3 = 0 \quad (6)$$

$$\Rightarrow X \geq \sum_{i=1}^I X_{F_i}, \quad (X - \sum_{i=1}^I X_{F_i}) \cdot \lambda_3 = 0 \quad \text{for } i=1, \dots, I$$

上述分析的條件中，第(4)式表示總產出乃是各種灌溉技術下地區產量的總和。以P做為產出價格，(1)式代表逆需求函數。(2)式表示，在每一種灌溉技術下，所施用水量的邊際產值等於水的影子價格。(3)式為典型的補充性寬鬆條件，表示當 X_{F_i} 為正值時，使用灌溉技術i的每公頃土地利潤 $\partial L / \partial X_{F_i}$ 等於0；但如果水稻生產只能得到負的利潤 $\partial L / \partial X_{F_i} < 0$ ，則最適的 X_{F_i} 值應等於0。(5)式表示如果系統供應水量T並未全部用於水稻田 $T > \sum_{i=1}^I X_{F_i} \cdot M_i$ ，則水的影子價格為0；反之，如水的影子價格大於0，則表示水量T全用來灌溉水稻田 $(T = \sum_{i=1}^I X_{F_i} \cdot M_i)$ 。(6)式則表示如果所有土地X未全部用做生產水稻 $(X > \sum_{i=1}^I X_{F_i})$ ，則土地的影子地租為0；如影子地租大於0，則X全用做水稻的生產之用(即 $X = \sum_{i=1}^I X_{F_i}$)。

假設原有的T噸水量未全部用於灌區的稻田灌溉，則(2)式中的 $\lambda_2 = 0$ ，而 $M_i = M_{b_i}$ ，亦即產生等候系統下的用水配置結果，但這卻與前述等候系統中的

水量全部使用於灌溉的假定相矛盾。因此在市場配置系統下，所有的水量都被使用於水稻生產，而(5)式成爲

$$T = \sum_{i=1}^I X_{F_i} \cdot M_i \quad (7)$$

假定灌區可用土地面積爲 X 公頃，正好等於在等候配置系統下的灌溉面積 X_q 公頃，此時市場配置的解答與等候配置的解答一樣。根據 X_q 的定義，由於其面積相對小於灌區內的可用面積，所以在任何灌溉技術下，施灌水量的最高邊際產值都等於 0（此亦可由(2)式 λ_2 爲非負值或等於 0 看出）。將每公頃稻田在灌溉技術 i 下的利潤定義爲 $\pi_i = \lambda_1 f(w_i) - \lambda_2 \cdot M_i - C - I_i$ ，(3)式產生的利潤爲 $\pi_1 = \lambda_1 f(W_b) - C - I_1 = r$ ，而 $\pi_i = \lambda_1 f(W_b) - C - I_i < r$ ，對任何 $i > 1$ 而言（因爲灌溉技術 1 的固定成本最低）。換言之，技術 1 的利潤最高，因此爲灌區內所有稻田所採用。而(6)、(7)兩式則表示，最適當的施灌量 $M_1 = T / X$ 。

由上述分析知，當 $X = X_q$ 時，等候系統和水市場系統產生相同的解答，但是由於水市場還包括處理成本 C （例如監督和輸水成本），所以其配置較缺乏效率。換言之，當 $X = X_q$ 時市場配置的社會福利爲：

$$SW_F = SW_q - C \cdot X_q = \int_0^{Q_1} D^{-1}(Q) dQ - C \cdot X_q$$

現假定土地面積 X 逐漸增加，而可供灌溉之水量仍固定爲 T 噸。隨著 X 的增加，只要農民仍使用灌溉技術 1，則最適施灌水量將下降，而其邊際產出隨之增高。亦即隨 X 增加， λ_2 也增加，使得 r （即 π_1 ）減少，以及 $(\pi_i - \pi_j)$ ($i > j$) 增加（因爲 $E_{mp} > 1$ ）。這表示水相對於土地變得較稀少，所以必須採用其他較有效率的灌溉技術（才能增加利潤）。此外，土地面積 X 的增大，也會增加總產出和社會福利，而產出價格則降低。上述這種變化趨勢隨 X 增加而持續進行，直到 $r = 0$ 爲止，此後再增加 X 就無法以最適水量灌溉所有土地。

如果處理成本 C 為 0，則當 $X > X_q$ 時，市場的配置結果較等候的配置結果更有效率；然而隨著 C 的漸增，市場的相對效率漸減， r 值也減少。在 r 值減至 0 之後，如果再增加 C 值（即每公頃稻田的處理成本），則應當減少灌溉面積並且增加每公頃稻田的施灌水量。

柒、等候式和市場式模型之模擬分析

整體而言，由等候系統轉變為水市場系統，將增加採用省水灌溉技術的機會，並可能產生較大的社會福利。但是，水市場相對效率的提升所獲得利益，則決定於輸水成本和監督成本的數額。所以，技術進步可以降低成本，並因而使水市場增加效益，這是決策者必須考量的因素。從政策的觀點視之，光憑社會對水市場的需要並不能保證可容易地轉為水市場，因為制度改變後所產生的分配效果，可能是政治不可行的因素。這些效果一般決定於財產權的賦予狀況。

舉例言之，如果採用水市場制度，則控制配水並負擔執行成本的機構，將得到所有售水的金額，如此一來，原先在等候系統中獲配置用水的地主則有損失，因為他們現在必須支付用水費，而以前卻是免費的。這些農民稱為高順位水權擁有者，而原來在等候配置中得不到用水，只有在市場配置中得到用水的農民，則稱為低順位水權擁有者。很顯然的，高順位的水權擁有者很可能強烈反對改採行水市場制度，因為他們將成為受損者。

從另一方面來看，如果水市場以不同的水權賦予方式來運作，並由高順位水權擁有者得到售水的淨報酬，則他們每公頃稻田的利潤除包含出售稻谷的收入外，還包括售水給低順位水權擁有者的淨收入。如果 C 值不大，而且稻米的需求有相當彈性，則高順位水權擁有者由此所得利潤，將大於在等候配置時的利潤。例如，若 $C = 0$ 而且稻米需求曲線為完全有彈性，則由於售水所得報酬，將超過這些水用來生產所得之報酬。在此種情況下，高順位的水權擁有者，可由水市場中得到利益。但是，如果需求曲線相當缺乏彈性，則會出現相反的結果。所以，

表 2 等候和市場模型模擬結果比較

區內可用土地(千畝)	900	900	1050	1050
需求彈性	1	50	1	50
等候配置系統				
總產量(百萬磅)	936	936	936	936
單位價格(元/磅)	0.75	0.75	0.75	0.75
灌溉面積(千畝)	720	720	720	720
生產者利潤(百萬元)	342	342	342	342
市場配置系統 (處理成本:每畝5元)				
總產量(百萬磅)	1159	1161	1161	1344
單位價格(元/磅)	0.572	0.746	0.57	0.744
水價(元/畝-呎)	62.0	73.75	63.7	118.4
灌溉面積(千畝)	900	900	902	1050
灌溉技術	2	2,3	2	3
高順位用水人淨利潤(百萬元)	5.3	139	0	43.4
高順位用水人總利潤(百萬元)	191	361	191.1	398.5
社會福利數額變動百分比	5.4	16.3	5.4	23.8
市場配置系統 (處理成本:每畝50元)				
總產量(百萬磅)	1150	1161	1150	1342
單位價格(元/磅)	0.579	0.746	0.579	0.744
水價(元/畝-呎)	53.5	81.0	53.5	118.4
灌溉面積(千畝)	890	900	890	1050
灌溉技術	2	2,3	2	3
高順位用水人淨利潤(百萬元)	0	107	0	10.9
高順位用水人總利潤(百萬元)	160.7	328.2	160.7	366.1
社會福利數額變動百分比	-0.5	4.6	-0.5	10.3

假定在需求彈性值為1和50兩種情況下，需求曲線為直線型，並使其在等候系統下產生每磅0.75元的單位價格。就這兩種需求彈性，等候模型分別考量90萬和105萬英畝的可用土地，而市場模型則還要多考量每畝5元和50元的處理成本。

如前所述，在等候系統下用水不需支付水費，所以水價為0，此時採用最低效率技術（即傳統的溝灌方法）可使其利潤最大利用前面的生產函數，可計算出每英畝的施灌水量為 $M_{b_1} = 4.17$ 畝-呎/畝，所以全區的總灌溉面積為 $X_q = 3,000,000 / 4.17 = 719424 \cong 720,000$ 英畝。

在處理成本為每畝5元的市場系統下，由表2可知4種狀況下的社會福利都比等候系統增加了，這是由於灌溉面積擴大所致。此外，需求彈性也會影響福利變動的大小，所以當灌溉面積為105萬英畝、需求彈性為50時，社會福利數額增加最多(23.8%)。這也是水的影子價格最高情況，所以全區都能採用噴灌式的灌溉方法(即灌溉技術3)，其總產量也顯然遠高於其他狀況。相對而言，需求彈性為1時，雖然區內可用土地面積相區內可用土地面積相同(都是105萬英畝)，但卻只比等候系統的社會福利增加5.4%，並且只採用灌溉技術2(所以在利潤考量下只能灌溉90.2萬英畝)。如果需求彈性為50，但區內可用土地面積卻只有90萬英畝，則其社會福利增加的幅度(16.3%)仍然大於需求彈性為1的狀況。此時，區內約有三分之一土地採用灌溉技術3，其餘土地仍使用灌溉技術2。

高順位用水人淨利潤項目，並未包括由於售水所得到的淨收入；至於高順位用水人總利潤項目，則包括這種售水的淨收入。這兩個項目的數值，應和等候系統下的生產者利潤342百萬元相比較(在此系統下，這些利潤都歸於高順位用水人)。結果顯示，如果高順位用水人不能得到售水淨收入，則他們在任何狀況下都比等候系統的利潤少，亦即每一種狀況都有損失。但即使得到售水淨收入，如果需求彈性只有1時，仍有損失；只有需求彈性等於50時才較有利。由此可知，當需求彈性不大時，用水效率改進使產出增加，往往也造成單位價格的下降，這種價格下降所引起的利潤減少幅度，常超過於售水所得的利益。

當市場配置系統的處理成本增為每畝50元，則其社會福利的增加幅度下降了，甚至在需求彈性為1時反而成為負值。值得注意的是，高達50的需求彈性值，不一定保證高順位用水人的總利潤會超過等候系統的利潤，除非有足夠大畝用土地。這種現象說明過高的處理成本，可能阻礙水市場制度的採用，特別是等候系統下的來灌溉土地面積相對地小時。所以，如能透過監督和輸水技術的改善使成本降低，將有助於轉變到水市場。對於社會福利增加，但是高順位用水人總利潤卻不如等候系統的狀況，似可由政府提供補貼以降低處理成本，並增加售水的淨收入。

電腦的模擬資料顯示，灌溉技術在決定水市場的社會福利和高順位用水人的利潤方面，扮演相當重要的角色。舉例來說，如果只有灌溉技術1可資應用，則當可用土地面積為105萬英畝、處理成本為每英畝50元、以及需求彈性為50時，採用水市場的社會福利將降低5.4%，淨利潤為0，而總利潤為321百萬元。所以在灌溉技術只有最低效率1種時，轉向水市場的改革變得社會不需要，且政治上不可行，除非有其他較高效率的技術可供選擇，否則不可能將現有等候制度改為市場制度。

在等候系統下，需求曲線的右移，對於產量和土地利用決策並無影響，只提高產品價格和生產者與消費者剩餘。但在水市場系統下，模擬結果卻顯示需求的增加，將提高每英畝的產量、總產出、以及水價。此外，也使得水市場更為社會所需要。然而只有當需求相對有彈性時，總利潤才會增加。

捌、結論

本文利用一個簡單的模型，說明農民依據等候和市場系統配置用水時，所產生的主要差異性。模型的分析和借自美國加州例子的模擬，充分顯示水市場確可更有效率的使用水，並有助於採用節省用水的灌溉技術。分析的結果也顯示，在

處理成本過高、有效率的灌溉技術種類過少、以及產品需求缺乏彈性等情況下，不論從社會需求或從政治可行的觀點而言，都不利於現有水權系統轉向水市場。

一般而言，當農產品以國內市場為主時，其需求較缺乏彈性；但對國際貿易產品而言，其需求曲線就相當具有彈性了。所以，我們似可由需求彈性大小的分析得知，以生產國內需要產品為主的地區，較傾向於反對水市場制度；但是對產品也輸出的地區來說，則可能較為支持水市場制度。這似乎也意味著，隨農產品貿易自由化措施的加強，可能有助於由目前水權制度轉向水市場。

在灌溉技術的效率方面，由於效率較高的技術較可達到省水的目的，所以改採用高效率技術將有助於形成水市場。至於如何使農民採用更有效率技術方面，在初期似應由農業推廣人員扮演重要角色。此外，由於監督和輸水成本等處理成本過高，往往妨礙水市場的形，所以政府在初期階段也應酌量加以補貼。這種補貼不僅增加形成水市場的誘因，而且也能提高社會福利，是值得考量的權宜之策。

參考文獻

一、中文部份

1. 中國水利工程學會，中國工程師手冊（水利類），中國土木水利工程學會第五版，1984。
2. 經濟部水資源統一規劃委員會，「台灣地區水資源規劃與利用」，1989年8月。
3. 蔡明華，「乾旱時期灌溉營運措施與救災處理」，農業用水管理研討會論文集，中國農業工程學會編印，第131-147頁，1992年12月。
4. 蕭景楷、徐享田、廖香蘭，「高屏地區水資源利用及移轉成本之研究」，國立中興大學農業經濟系，1988年12月。

二、英文部份

1. Anderson, Terry L., "Introduction: The Water Crisis and the New Resource Economics", *Water Rights: Scarce Resource Allocation, Bureaucracy, and the Environment*, edited by T. L. Anderson, Ballinger Publishing Company, pp.1-9, 1983.
2. Caswell, Margriet, Erik Lichtenberg, and David Zilberman, "The Effects of Pricing Policies on Water Conservation and Drainage", *American Journal of Agricultural Economics*, 72(4), pp.883-890, 1990.
3. Caswell, M., and D. Zilberman, "The Effects of Well Depth and Land Quality on the Choice of Irrigation Technology", *American Journal of Agricultural Economics*, 68, pp.798-811, 1986.
4. Chambers, R., *Managing Canal Irrigation: Practical Analysis from South Asia*, Cambridge University Press, 1988.

5. El-Ashry, M., and D. Gibbons, "New Water Policies for the West", Water and Arid Lands of the Western United States, ed. By El-Ashry and Gibbons, Cambridge University Press, 1988.
6. Frederick, Kenneth D., Scarce Water and Institutional Change, Resources for the Future, 1986.
7. Hsiao, Ching-Kai, "Water Use and Transfer in Taiwan", Water Quality/Quality Management and Conflict Resolution, edited by A. Dinar and E. Loehman, Praeger Publishers, pp.61-69, 1995.
8. Just, R., D. Hueth, and A. Schmitz, Applied Welfare Economics and Public Policy, Prentice-Hall, 1982.
9. Johnson, Norman K., and Charles T. Dumars, "A Survey of the Evolution of Western Water Law in Response to changing Economic and Public Interest Demands" Natural Resources Journal, 29(2):347-387, 1989.
10. Saliba, Bonnie C., David B. Bush, William E. Martin, and Thomas C. Brown, "Do Water Market Prices Appropriately Measure Water Values?", Natural Resources Journal, 27(3):617-651, 1987.
11. Saliba, B., and D. Bush, Water Markets in Theory and Practice, Westview Press, 1987.
12. Shah, Farhed, and David Zilberman, "Political Economy of the Transition from Water Rights to Water Markets", Water Quality/Quality Management and Conflict Resolution, edited by A. Dinar and E. Loehman, Praeger Publishers, pp.61-69, 1995.
13. Tietenberg, Tom, Environmental and Natural Resource Economics, Fourth edition, Harper Collins College Publishers, 1996.
14. Wahl, Richard W., "Markets for Federal Water: Subsidies, Property Rights, and the Bureau of Reclamation", Resources for the Future, 1989.

Analysis of Effects of Alternative Allocation Systems on the Efficiency of Irrigation Water

*Ching-Kai Hsiao**

Abstract

KEYWORDS: water allocation, water rights system, water market.

Different Water uses and sectors increasingly compete for limited water supplies and the rapidly rising cost of new supplies development have caused us to become aware of the fact that water is scarce in Taiwan and must be used more efficiently. It is believed that voluntary water transfers can offer a better potential for increasing the efficiency of water use than water conservation measures and raising prices of water.

The purposes of this paper are to construct a framework to evaluate the feasibility of making the transition from water rights to water markets, and to make some recommendations for how existing water polices and laws could be modified to better define such rights in order to facilitate water transfers. Based upon a presumed model we characterized some of the major differences between queuing and market allocations water. The analytical results shown that the transition to water markets can be facilitated by low transactions costs, by the availability of effective water saving technologies, and by elastic demand for products. It should be noted that government has a role in administering water transfers and water rights due to the return-flow aspects of the water.

* The author is a professor in the Department of Agricultural Economics,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.