



整合性水資源管理 — 台灣水資源的價值評估及 其在水資源管理之意涵

闕雅文 / 國立清華大學環境與文化資源學系 教授

水資源與環境、經濟、社會之永續發展環環相扣，牽動生存、生計與環境問題。應進行整合性水資源管理，在自然與人類系統，整合上下游流域、淡水和沿海地區、水與土地資源、地表水、地下水、水量、水質等，以現行最佳技術發展兼顧環境永續的水資源開發利用辦法。並有合宜的政策、立法、制度、機構保護水資源之公共資產，能使用經濟工具，且提供充足資訊管理水資源。另外合理水價機制應能考量配置效率原則、公平原則、財務需求原則、公共健康及公共衛生原則及環境效率原則。而乾早之下標的間調度水資源，應考量公眾利益，在留存生態環境用水前提下，依據使用者付費機制建構合宜規範以反應水資源的稀缺狀況，更需考量環境、公眾等第三者之損失。環境是社會經濟發展之基石，應明確定義與規範環境用水權，規範留存適當比例環境用水。應設置環境用水權，並設置合宜環境用水管理機構。確保水資源之分配利用不會破壞環境系統、造成不可逆轉的環境傷害，方能保育水資源、確保水資源永續利用。

緒論

水資源與環境、經濟、社會之永續發展環環相扣，牽動生存、生計與環境問題。1992年聯合國都柏林會議上，水和環境會議主席阿爾科特·拉馬昌德蘭博士曾說：人們很快就能看到，缺乏水資源將制約著一國發展的腳步^[1]。1998年在德國波昂召開之「全球水資源政策跨國水資源管理合作會議」中明確昭示：「二十一世紀是爭水的世紀」。水資源的供給與需求，具有區域性，在特定時間和地點，水資源短缺已是一個嚴重的問題，水資源之分配確實在肯亞、南非、印度、蘇丹、伊拉克與敘利亞等國家引發衝突。2021年中亞的塔吉克和吉爾吉斯即為了爭奪水源而戰。藍色的地球表面有71%的面積被水覆蓋，卻只有2.5%是淡水，其中僅有1%可供人類和生態系統使用。經濟合作發展組織（Organization

for Economic Co-operation and Development，簡稱OECD）指出2030年全球水需求將會是2005年的兩倍，若沒有合宜水資源管理政策，將影響農作物的生產、也影響野生動物生存。水資源為可補充但會消耗的資源（Replenishable but Depletable Resources），當區域水資源的使用超過補充將使該區水資源不可逆轉地耗盡^[2]；世界經濟論壇^[3]在2009年度會議中警告：「若持續以既有的方式耗用水資源，世界經濟將因缺水而崩潰」。為能有效調整水資源供需，水資源政策必須有周詳的規劃與管理，方能邁向永續發展。

水資源管理是多維（multidimensional）、多部門（multisectoral）和多區域（multiregional）的，更是多利益（multi-interests）、多議題（multi-agendas）和多起因（multi-causes）^[4]。1992年都柏林原則（The Dublin

Principles) 以及 21 世紀議程 (Agenda 21) 指出應採行整合性水資源管理 (Integrated Water Resource Management, IWRM) 來協調整合水資源之分配利用。2015 年聯合國永續發展目標 6：確保所有人都享有水及衛生設施 (Goal 6: Ensure access to water and sanitation for all) 即為整合環境、經濟、社會之整合性水資源管理於 2020 ~ 2030 年期望達成之永續發展目標^[5]。

整合性的水資源管理政策，以達到經濟與社會福利極大化並確保環境生態永續之水資源開發、保育與管理議題；在確保永續水資源之供給下，亦使用各類型之需求面管理政策工具，維繫有效率的用水與社會公平。整合性的水資源管理政策在多維度的執行層面上，可大分為供給面與需求面兩面向。供給面政策基本上是提升或維護「水量供給」之「開源」政策，其管理視資源稟賦與技術能力，戮力發展兼顧環境永續的水資源開發利用辦法。傳統水資源管理從服務的角度出發，早期重要基礎建設 (Infrastructure) 之水資源開發，首重提供滿足基本需要 (needs) 的水資源；而隨者社會經濟的發展，水資源不僅僅是生存之所必須，亦是發展之所必要。然而有限的水資源面對慾望無窮的人類與持續擴增的產業，窮盡科技開發新的水源來滿足人類社會經濟持續成長的想望 (wants)，終將會面對自然資源稟賦的極限，尤以氣候變遷之下，氣候風險提高，無法僅依賴供給面政策來管理水資源滿足水資源之需求 (demand)。需求面管理則重視水資源「經濟財 (economic good)」的特性，而非僅為傳統的服務性角色^[6]；主要是設計各項政策以「調整需求」改變「用水行為」，亦即以政策機制促使用水人經濟行為改變。OECD 於 1997 年在澳洲召開水資源永續發展會議，揭櫫：結合法規之制定、合理水價及費率之訂定、教育宣導、及節水技術之研發與推廣等，改善用水行為之需求面管理為有效率的水資源管理政策。

台灣的水資源有區域性、季節性與產業別缺水現象，亟需整合性水資源管理 (Integrated Water Resource Management, IWRM)。再且隨者氣候變遷，旱澇交替頻繁，水資源患寡又患不均，水利署雖積極開源、節流、調度及備援，台灣水資源政策仍偏重供給面管理，包括：水庫清淤、增加庫容、造水、留水，增加人工湖、伏流水、海淡水與再生水等都為重要供給面政策。供給面之開源政策有其必要，而面對極端氣候與既定資源稟賦，需求面管理政策之施行亦具重要性。本文簡介整合

性水資源管理，並探究台灣水資源之價值與價格、及其在水資源需求面管理政策之意涵。

整合性水資源管理

整合性水資源管理 (Integrated Water Resource Management, IWRM) 可以追溯到 1933 年田納西河流域管理局的成立^[7]，該管理局整合了導航、防洪和電力生產的功能^[4]，並管理田納西河流域之侵蝕控制、娛樂用水和公共健康用水^[8]。1977 年在阿根廷馬德普拉塔 (Mar del Plata) 舉行的聯合國水資源會議 (Water Conference) 首次提出了人人應享有充足供水、促成了聯合國對滿足基本飲用水質與量需求之人權承諾，該會議闡明了水管理措施應與其社會、經濟、環境影響聯繫。其中包括透過水價機制反映經濟成本等^[7]，亦主張水政單位應協調不同的與水有關的功能^[9]。

1992 年在愛爾蘭都柏林舉行的水與環境會議，指出倘若僅從經濟開發角度管理水資源而未進行整合管理，易引發多面向的問題包括：水質議題 (quality issues)、過度開發 (overexploitation) 和生態系統退化 (ecosystem degradation) 或社會問題^[7]。都柏林水與環境會議制定都柏林原則 (The Dublin Principles, 1992) 如下：「原則 1 生態 (Ecological)：淡水是一種有限且脆弱的資源，對於維持生命，發展和環境至關重要。原則 2 機構 (Institutional)：水的開發和管理應以公眾參與方法為基礎，使各級用戶、規劃者和決策者都參與進來。原則 3 性別 (Gender)：婦女在水的供應、管理和維護中起著核心作用。原則 4 經濟 (Economic)：水在所有競爭用途中均具有經濟價值，應被視為經濟財。」四項原則之多維度 (multidimensional)、多利益 (multi-interests)、多議題 (multi-agendas) 的考量為整合性的永續水資源管理奠定基礎。

1992 年於里約熱內盧舉行的聯合國環境與發展會議之 21 世紀議程第 18 章 (Agenda 21, Chap.18) 說明：「世界許多地區的淡水資源普遍稀缺、逐漸破壞和污染加劇，以及各不相容活動競用侵蝕水資源，須對水資源進行整合規劃和管理。整合性水資源管理必須涵蓋所有類型且相互關聯的淡水水體，包括地表水和地下水，同時考慮水量和水質。必須體認在社會經濟發展下，水資源開發需考量多部門 (multi-sectoral) 的需求，以及水資源的多利益 (multi-interest) 的使用。」

全球水合作夥伴關係（Global Water Partnership, GWP）於 2000 年定義：「整合性水資源管理（IWRM）是促進水、土地和相關資源協調開發和管理的過程；須在不損害重要環境生態系統永續下，以公平的方式極大化水資源開發利用之經濟和社會福利」。整合性水資源管理（IWRM）考量社會、環境和經濟之永續發展，包含自然與人類系統的整合^[10]，分別說明如下：

自然系統的整合（Natural system integration）

- 淡水和沿海地區的整合管理：上游淡水的管理必須考慮沿海地區的要求與影響。
- 水土資源的整合管理：土地利用影響水的分配和水質。此外，水是生態系統特徵的關鍵決定因素。
- 區別綠水（green water）和藍水（blue water）。
- 地表水和地下水的整合管理。
- 整合水質與水量之管理。
- 整合上下游與水相關的利益：需權衡上游和下游利益相關者之間衝突及利益，必須確定能平衡的使用水資源。

整合人類系統（Human system integration）

- 以水資源為主（Mainstreaming of water resources），亦即自然界之水資源涵容為人類活動之主導與依歸，人類社會經濟活動必須考量自然系統的涵容量、脆弱性和限制。
- 跨部門整合的政策制定：水資源政策與經濟政策必須整合。經濟和社會政策需要考慮其對水資源的影響。水資源政策之環境經濟社會影響是環環相扣的。
- 水資源開發對總體經濟之影響須加以評估。整合性決策的基本原則為：在水資源投資前評估其對總體經濟之影響，對於政策預期之成本及外部成本（external costs）與利益及外部利益（external benefits）需賦予權重。須能權衡短期與長期之抵換。必須對經濟影響進行評估，了解政策決策對用水需求、水資源可用性、和對水質之影響。
- 在水資源政策之規劃和決策過程中整合所有利益相關者（stakeholders）：讓利益相關者參與水資源的管理和規劃以處理利益相關者之間的利益衝突。
- 整合水和廢水（wastewater）管理：水是可重複使用（reusable）的資源，廢水在適當處理下可成為有用的額外資源。

國際水協會（International Water Association, IWA）與聯合國環境規劃署（UN Environment Programme, UNEP）指出整合性水資源管理的原則（IWRM principles）如下^[11]：

- 整合水和環境管理。
- 遵循系統性方法。
- 所有利益相關者的充分參與，包括勞動者（worker）和社區（community）。
- 關注社會層面。
- 能力（Capacity）建構。
- 資訊的可用性和使用它來預測發展的能力。
- 完全成本定價（Full-cost pricing），輔以有針對性的補貼（subsidies）。
- 中央政府創建和維護良好環境。
- 採用現有最好的技術與執行方法。
- 可靠和持續的金融支持。
- 公平的分配水資源。
- 認知水是一種經濟商品。
- 加強婦女在水資源管理中的作用。

整合性的水資源管理政策在自然和人類系統的整合之下，其執行層面可大分為供給面與需求面。供給面政策基本上是在自然系統整合上下游流域、淡水和沿海地區、水與土地資源、地表水、地下水、水量、水質等，以現行最佳技術發展兼顧環境永續的水資源開發利用辦法。然而有限的水資源面對慾望無窮的人類與持續擴增的產業，窮盡科技開發新的水源來滿足人類社會經濟持續成長的想望（wants），終將會面對自然資源稟賦的極限，尤以氣候變遷之下，氣候風險提高，無法僅依賴供給面政策來管理水資源，滿足水資源之需求（demand）。因此人類系統之整合是以水資源涵容為人類活動之主導與依歸，人類社會經濟活動必須考量自然系統的涵容量、脆弱性和限制，並評估水資源開發或管理政策、和執行需求面管理工具，與建構良好機制與適宜環境以公平有效率的配置水資源。Ezenwaji *et al.*^[12] 建立需求面管理（Water Demand Management, WDM）策略來管理尼日的用水，並指出需求面管理可以提高用水效率。蕭代基、黃德秀^[13] 分析水資源需求面管理工具包含：經濟工具中的價格機制與數量管制、行政管制、及技術工具等。闕雅文^[14] 指出需求面管理政策範疇相當廣泛，包括水資源的移轉和交

易、價格策略、水市場、水量管制策略、用水技術的改善，及水資源保育之宣導與教育等，為透過各用水部門內之用水效率改善與調整、及各用水部門間的調配，達成有效分配之水資源管理制度。

全球水合作夥伴關係 (Global Water Partnership; GWP) 說明 IWRM 的實踐，需仰賴「適宜環境 (enabling environment)」、「機構角色 (institutional roles)」和「管理工具 (management instruments)」^[10]。其中，「適宜環境」是指能保護所有利益相關者的權利和資產，亦能保護公共資產，包含合宜的政策、立法，及良好國際合作。「機構角色」指提供制度架構或框架之決策思維的正式規則的規範、習俗和慣例，及利益團體及社區團體網絡之想法和資訊。「管理工具」，包括有效監管的操作工具，監督和支持決策者，而能使用經濟工具，提供充足資訊，有效率分配水資源，評估計畫^[10,15]。如圖 1 所示。

Postel^[16] 指出整合性的水資源管理的三個關鍵政策目標是社會公平 (Social Equity)、生態永續 (Ecological sustainability) 和經濟效率 (Economic Efficiency)。Meran *et al.*^[7] 說明社會公平意指：水是基本需求，因此每個人都有獲得足夠數量和質量的水之基本權利。生態永續是指：足夠數量和足夠質量的水應該在環境中持續存在。應該以可持續的方式使用水資源，以便後代能夠以類似於當代的方式使用水資源。經濟效率則說明：由於水的有限性和脆弱性，必須以盡可能高的效率使用水；且應實現供水服務的成本回收；水資源應根據其經濟價值定價。

經濟工具為整合性水資源管理的重要工具。聯合國水與可持續發展會議之都柏林原則四：經濟 (The Dublin Principles No. 4: Economic) 指出水資源應被視為經濟財。聯合國永續發展委員會及二十一世紀議程 (Agenda 21) 宣示：「水將從服務的角色，轉變為商品的性質。」視水為經濟財所強調的是水資源的多面向功能與競爭使用下的稀少性，水資源之管理與完全競爭市場下財產權完備且無外部性之私有財產的一般經濟財並不相同。水資源依不同取供水與使用特性、及各國之水資源法規與制度規範，有不同經濟特質與財貨特性，應有不同的管理方法。Young and Loomis^[17] 依據美國水資源規範彙整不同取供水之財貨特性如表 1 所示。

Young and Loomis^[17] 提出警語：承認水資源為經濟財不意味著放任市場是分配這種資源的唯一機制；因市場失靈下倘若完全仰賴看不見的手之資源配置恐將導致效率與總體社會效益的損失^[18]。依據經濟學理

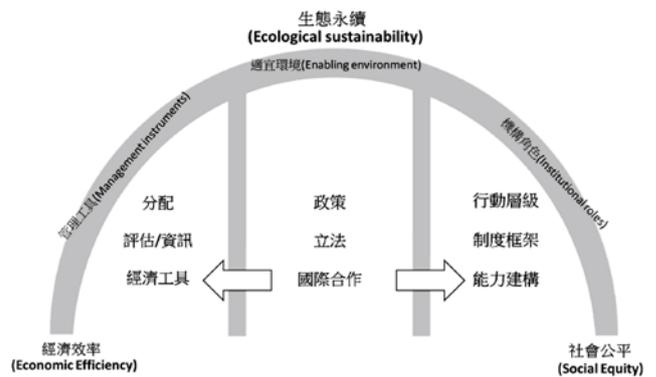


圖 1 整合性的水資源管理的執行架構
資料來源：GWP^[10,15]

表 1 美國不同類別取供使用水資源之經濟特質與財貨特性

供應面	經濟特質	財貨特性
■ Withdrawal 地表水	敵對性 (Rival) 河岸水權：無排他性 (Riparian: Nonexcludable)	共有資源 (Common Pool)
	專屬水權：排他性 (Appropriative: Excludable)	俱樂部財 (Club Good)
地下水	無敵對性，無排他性 (Nonrival, Nonexcludable)	共有資源 (Common Pool)
■ Instream		
	無敵對性，無排他性 (Nonrival, Nonexcludable)	公共財 (Public Good)
■ Demand side		
公共用水 (管路輸水)	敵對性，排他性 (Rival, Excludable)	私有財 (Private Good)
工業用水 (管路輸水)	敵對性，排他性 (Rival, Excludable)	私有財 (Private Good)
農業用水 1	敵對性，排他性 (Rival, Excludable)	私有財 (Private Good)
環境用水 2	無敵對性，無排他性 (Nonrival, Nonexcludable)	公共財 (Public good)
	或 無敵對性，排他性 (Nonrival, Excludable)	俱樂部財 (Club good)

資料來源：Young and Loomis^[17]

註：1. 台灣水資源與農業用水之財產權設定異於美國。

2. 台灣水利法並未設定環境用水。美國環境用水則依其財產權特性有公共財及俱樂部財兩類型。

論，市場交易將促進完全競爭市場下財產權完備資源之使用效率，增加經濟剩餘（economic surplus）與福利效果；但水市場不完全，水資源有其不同於私有財之財貨特性，因而造成市場失靈（market failures），需要設計相關法規機制或是政府介入管制^[19-23]。如環境外部性（environmental externalities）^[14,24]、有限制之水權（limited abilities to enforce water rights）^[25-27]、公平分配之考量^[28,29]等因素，均使未完善規畫管理下的水市場無法達到公平與有效率的配置。

若談到以市場為基礎的珍稀水資源分配與管理制度之建立，理應將澳洲視為全球佼佼者之一，Australian Government National Water Commission 於 2011 年撰寫澳洲水市場歷程（Water Markets in Australia – A Short History）指出：澳洲水市場緣起於當地居民與政府深刻面對水資源在生產、生活與自然環境的稀少性；1980 ~ 1994 年因應週期性的乾旱開始發展水市場，1994 ~ 2007 年在一連串的水資源管理與水市場政策實踐、試誤與修訂的過程，發現水市場可以提升效率，但水環境的維護方能確保水資源永續利用，2007 開始邁向環境永續為依歸以支持永續的水市場^[30-32]。澳洲 NWI 之「水資源規劃與管理政策綱領」^[33]說明：水資源規劃之目的應能達到 (1) 環境與公共利益之維護。(2) 資源安全（resource security）。亦即合宜的水資源規劃應能維護水資源體系的环境與其他公共效益，以確保環境社會經濟之永續發展。而澳洲一系列的水政改革與水市場交易制度奠基於「總量管制與交易制度（cap and trade）」之基本概念，Australian Government National Water Commission^[30]說明所有可交易水資源之總量管制之設定必須考量長期的環境永續發展（long-term environmentally sustainable）。而「具永續性的抽取程度（Sustainable levels of extraction）」，意味在使用水資源時，不得超過整體社會與環境之可容許程度。

澳洲政府在澳洲 2007 水法（WATER RESOURCE ACT 2007）及 2009 水資源改革（Australian water reform 2009）中重新規範水權與水市場，並於國家水市場系統（National Water Market System, NWMS）計畫下建構國家水市場網站（The National Water Market website）以提供水交易者必要的訊息。尤以農業用水之交易，亦訂定下列規範，可為台灣乾旱期水資源交易或農業用水移用時制訂相關規範之參考。包括：

(1) 水交易或農業用水之移用應考量最小成本及環境限制。(2) 水交易或農業用水之移用應於競爭性之中介市場發生，並應使交易成本最小；所謂的成本包含財務成本、取得成本、處理成本、登記成本、及中介成本。(3) 水交易或農業用水之移用應可接受各種因應不同用水需求而衍生之具變化性之水交易產品，例如可以全部或部分交易水權或水分配權，可以使用租賃或其他交易方式等。應因應乾旱水資源稀少之需求，精細規範與定義各類型於乾旱時可移用之水權、或分配水量。(4) 水交易或農業用水移用不能引至不能接受之第三者權利受損（unacceptable third-party impacts）；例如環境的損害、或損害其他用水者之權益。Australian Government National Water Commission^[30]指出實施水市場制度，水市場之設計與組成中所不可或缺的要素，即其必要條件須包括：(1) 能夠確保消費性與環境用水利用間的平衡。(2) 定義完整、安全、可執行、可移轉的水權，亦即參與交易之用水應設計符合經濟學上完整財產權定義之水權。(3) 需具備完備的市場法規。(4) 需設立公開公平的交易平台。(5) 需有嚴格而完整的登記註冊、水資源會計（water accounting）之規範、及 (6) 必須明確定義角色、責任、與權益之合理體制與治理措施。

水資源的管理、分配、利用都需考量環境、社會、與經濟因子。Canelas de Castro^[34]指出國際水法發展趨勢朝向環境化，人性化，經濟化（environmentalization, humanisation, economicisation）以有效因應當前全球缺水危機所面臨的挑戰。Loftus^[35]說明人類制度與環境之關聯仍是影響水資源配置效率的重要原因。Roozbahani *et al.*^[36]亦發現水資源分配須考量環境，社會和經濟效益（economic, social and environmental benefits），並使用多目標模型（multi-objective model）分析伊朗的水資源配置效率，並透過實證分析指出環境效益目標的達成，會提高水資源整體的配適效率。Zhuang^[37]指出加州流域間的水移轉不可避免的會影響環境生態。Pan and Han^[38]針對瀋陽水資源環境承載能力使用水資源綜合模糊模型進行評估，發現隨者水資源供需的日趨失衡，水環境承載力日趨下降。Rajesh *et al.*^[39]在印度的研究亦指出跨流域的水移轉應評估對環境的影響。Chaturvedi *et al.*^[40]指出水資源調配應考慮水資源之價值與產值、水資源之需求、及使用水資源可能造成之汙染。Onencan and Van de

Walle^[41]以尼羅河流域水資源的分配利用，說明公平合理利用是水資源分配的核心原則。Farriansyah *et al.*^[42]發現在印尼用水戶之間的水資源分配不平衡正在擴大，並指出應依據：可持續性、效率、與公平三個最重要的準則訂定水資源配置規範。Gimelli *et al.*^[43]對於印度城市法里達巴德，德里和孟買的水資源配置，指出公平是水資源分配的重要指導原則。Chen and Pei^[44]說明跨流域調水具有準公共利益特徵，其運作應考慮水的環境效益和社會福利最大化。Mass *et al.*^[45]使用回歸模型找出水資源保育動機對公共用水需求之影響。Truong^[46]指出澳洲 Murray Darling Basin (MDB) 的環境用水邊際效益有時比灌溉用水的邊際效益高。Namara *et al.*^[47]闡述無效率的水資源管理與貧窮的連結，並更進一步說明忽略環境生態的水資源管理，將導致貧窮的惡性循環。Ho *et al.*^[48]指出澳洲近年來面臨嚴峻的乾旱，然而在缺水之下卻發現環境生態的保育亦應重視，方能維繫水資源永續。

澳洲水法 (Water Act, 2007) 針對環境用水建立法治下的保護規範。Australian Government^[30]說明澳洲是世界上少數使用水市場機制來管理環境用水的國家，提撥計畫經費採購環境用水以確保環境所需。林冠好和闕雅文^[49]彙總 The Australian Water Partnership^[50] 澳洲管理環境用水之重要性相關規範，其要項如表 2 所示。

Gallaghera *et al.*^[51]指出水資源之分配利用應著重經濟活動、生態系統功能、和社會福祉之維繫，以維持人與環境和諧相處之綠色成長 (green growth) 目標。Johnston^[52]說明為了避免迫在眉睫的水資源短缺和糧食安全危機，許多國家正在重塑淡水資源管理的

優先事項，建構制度並具體實踐，以邁向永續發展；水資源、與文化多樣性、和全球環境變化之間具緊密聯繫，Johnston^[52]認為，要實現可持續發展目標，解決複雜而持久的衝突，就需要 (1) 在管理和使用河流系統中需要更尊重和承認不同文化的人民之權利、價值、和貢獻，(2) 建構新興水資源管理機制應優先建置滿足環境和文化用水之機制。Adamson and Loch^[53]則說明公共財之維繫會增加國民福利，並且與這種想法一致的是：澳大利亞的默里達令盆地 (MDB) 使用公共財增購方式買進環境水權。公平 (Equitable) 與合理 (reasonable) 分配利用水資源是水資源管理之核心。闕雅文編譯^[54]之「澳洲環境用水管理規範與環境用水採購概況」敘明：澳洲管理環境水權，保育環境用水的方法，可為台灣管理水權與設定水權之參考，例如：
 (1) 台灣水利法中對於水權之設定應獨立設定屬共有財之環境水權 (commonwealth environmental water)。
 (2) 台灣應設法釐清水法中農業用水水權與環境用水水權之設定，但對於農業用水衍生之環境外部效益應審慎研析其規範與管理方法。
 (3) 澳洲對於環境用水的保育與採購機制與規範，頗值得台灣相關單位持續觀察與研析。
 (4) 澳洲不同類型之環境用水交易機制，頗值得台灣相關單位持續觀察與研析。

2015 年 聯合 國 永 續 發 展 目 標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 整合環境、經濟、社會之永續發展，其目標 6：確保所有人都能享有水及衛生及其永續管理，即為整合性水資源管理於 2020 ~ 2030 年應達成之永續發展目標^[5]。綜觀其目標需於 2030 年達成

表 2 澳洲的環境用水之重要性與規範

環境用水的重要性	<ul style="list-style-type: none"> ● 環境用水是人們維持環境系統健康的重要基礎，而環境系統的健康可廣泛的維持社會和經濟的運作，環境系統的健康可實現永續發展目標，亦可加速社會和經濟的進步。
環境用水管理所帶來的效益	<ul style="list-style-type: none"> ● 有效的管理環境用水可能有利於貧困者，因貧困者往往更加仰賴健康的環境來維持生計，因此環境用水管理可能對他們生活產生積極正面的影響。
管理環境用水須考量的事情	<ul style="list-style-type: none"> ● 權衡可用的備選方案對環境用水所維繫的價值可能造成的影響。 ● 確保水資源的抽取不會破壞環境系統的限制、與不可逆轉的破壞環境系統的健康並且使所有仰賴水所產生的價值受到威脅。
有效率的管理環境用水框架	<ul style="list-style-type: none"> ● 確認水管理的願景與水的價值 ● 了解不斷變化的水供應與需求 ● 在不同用途之間分配水資源 ● 確保管理機制與機構的有效 ● 發展具韌性的水基礎設施和服務 ● 追求日益提升水管理與使用效率

資料來源：The Australian Water Partnership^[50]、林冠好和闕雅文^[49]

者為：(1) 讓全球的每一個人都有公平的管道，可以取得安全且負擔得起的飲用水。(2) 讓每一個人都享有公平及妥善的衛生，特別注意弱勢族群中婦女的需求。(3) 改善水質，減少污染，將未經處理的廢水比例減少一半。(4) 大幅增加各產業用水。(5) 全面實施整合的水資源管理，包括跨界合作。(6a) 針對開發中國家的水與衛生有關活動與計畫，擴大國際合作與能力培養支援。(6b) 支援及強化地方社區的參與，以改善水與衛生的管理。其中唯一在 2020 年以前迫切要達成的則為：(6) 保護及恢復跟水有關的生態系統，包括山脈、森林、沼澤、河流、含水層，以及湖泊。環境是永續發展的基石，顯見在整合性水資源管理中水環境保育、及環境用水維護是當務之急，此可為台灣水政機關參考；尤以環境用水之設立，於台灣水利相關法規中尚未具明確定義，為台灣相關規範亟待調整之處。

台灣水資源的價格和價值分析

合理的水價原則

合宜水價機制是提倡改善水分配、用水效率、公平和可持續性的水需求管理重要工具之一。Heino and Takala^[55] 指出水價的公平性是一個重要的議題。Favre-Marine and Montginoul^[56] 針對突尼西亞 (Tunisia) 的水價制定政策，指出財務 (實現全額成本回收)、社會 (確保所有人獲得用水) 和環境 (激勵用戶節省稀缺資源) 是水價制定最重要的三項原則。Zaied *et al.*^[57] 則建議突尼西亞 (Tunisia) 應採行季節性水價、及累進性水價，以實現環境保護和社會公平的目標。Ojha *et al.*^[58] 指出尼泊爾加德滿都的水價制定，應能考量供水的可持續性、民眾可負擔、與公平。Ballesterro^[59] 則指出透過水價機制可提升用水效率以促進節約用水之行為。

合理的水價，黃宗煌等^[60] 及 闕雅文^[61] 指出不同政策目標下，合理水價之定價原則包含：配置效率原則、公平原則、財務需求原則、公共健康及公共衛生原則及環境效率原則。闕雅文^[61] 說明：配置效率原則下，水資源的定價方式應能反映水資源成本或價值。對於民生基本生活用水，需以公平原則為首要考量，以保障不同所得者之民生基本用水權益。對於工、商業用水與超出基本需水量之用水，則基於公平原則，可有下列三種定價方式：(1) 依消費者付費能力定價。(2) 依受益原則定價，即依消費者用水所產生之效益加以定價。(3) 依消費者

機會成本大小定價，以確保公平定價之達成。再者水資源之定價需能滿足自來水公司財務需求目標，且合理的水價，應可使消費者經濟的使用水源，並能夠提供社會大眾合乎公共健康、公共衛生安全之潔淨用水。而闕雅文^[61] 對於環境效率原則之看法與 Young and Loomis^[17] 相同，指出自然資源之生態環境效益 (life-support function and ecological services that environment capacity generates) 與美質效益 (amenity) 等使用價值 (use value) 與非使用價值 (nonuse value) 之非市場價值 (non-market value) 逐漸為人們重視。為合理利用與保護生態環境資源，水資源價格訂定應能適切反應水資源之環境成本。

IWA and UNEP^[11] 指出整合性水資源管理下水價應該採行完全成本定價 (Full-cost pricing)，輔以有針對性的補貼 (subsidies)。Giwa and Dindi^[62] 指出確保阿聯酋用水安全和可持續性用水的可能解決方案之一是引入反映成本的水價。Romano *et al.*^[63] 指出依據水資源的取用成本制定水價，是一合宜的水價制定方式。Kanakoudisa-Vasilis *et al.*^[64] 彙總 The Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC 指出：歐盟成員國都應制定並實施可收回全額水成本，亦即包含：直接成本，環境和水資源成本之水價政策。Kejser^[65] 針對歐盟之水價策略研究亦指出：有效率之水價應將所有水成本，包括環境和資源成本內部化。整體而言，水資源的管理與水價制定，應滿足環境、社會、與經濟之永續發展需求。Rogers *et al.*^[66] 及 Meran *et al.*^[7] 整理：供應水資源的成本，包括營運成本、資本費用、機會成本、經濟外部性、環境外部性，而總和這些成本為其全部成本，從供給面分析水價若能滿足全部成本方可達水資源永續，故為其永續的使用價值 (Sustainable value in use)。如圖 2 所示。

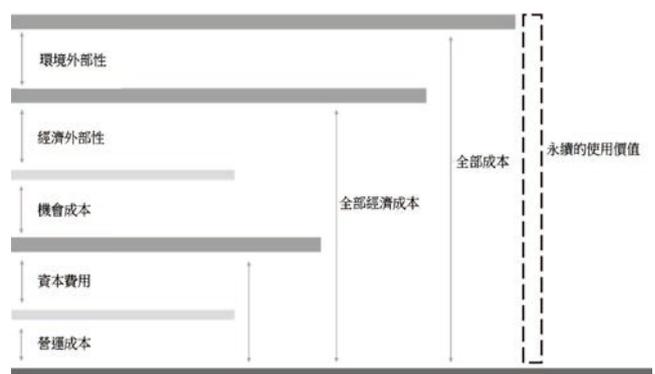


圖 2 水資源成本面計價原則

資料來源：Rogers *et al.*^[66]、Meran *et al.*^[7]

闕雅文於 1998 年^[61]指出台灣水價機制有以下問題：(1) 水資源定價低廉而僵固，無法達成水資源之配置效率。(2) 採統一水價，有違合理水價訂定之公平原則。(3) 現行水價未反應水資源環境成本，有違環境效率原則。並建議：(1) 改革水價調整制度，成立水價評議委員會、(2) 取消統一水價，依不同用水標的制定合宜水價機制、(3) 訂定國民基本生活用水量，在水價制度中設計合宜機制維持國民生計基本需求、及 (4) 調高現行水價反應水資源成本等^[61]。這些議題中，現行的自來水法（民國 110 年 02 月 03 日修訂版）第 59 條：「自來水價之訂定，應考量自來水供應品質，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，由主管機關訂定；其由直轄市或縣（市）主管機關訂定者，應報請中央主管機關核定之」。自來水法第 60 條：「中央主管機關應成立水價評議委員會，委員會由政府機關、學者專家、消費者團體等各界公正人士組成，負責水費之調整，其組織規程由中央主管機關定之」。現行水利法（民國 110 年 05 月 26 日修訂版）第 84-1 條：「為水資源有效及永續利用，中央主管機關得向用水超過一定水量之用水人徵收耗水費」。從法規之修正看來，闕雅文^[61]所建議之水價評議委員會已有法治基礎，水價機制似乎是可具彈性的；應修訂之統一水價在耗水費徵收下似稍有改善。但目前台灣水價仍低廉且僵化，氣候風險提高之下更凸顯水資源之有限性，台灣的水價機制尚有許多亟待改革之處；然而在台灣現行水價下，不易由水資源價量變動之關聯找出水資源需求特性，需使用經濟分析與實證方法找出水資源需求特性，或評估水資源價值以襄助訂定合宜水價。

台灣水資源之需求價格彈性與價值評估

水資源需求與水價相關研究中，Ekeland and Djitte^[67]認為若可獲取交易價格，則直接蒐集交易之價量資訊，以回歸方法估算需求曲線（demand function）或反需求曲線（inverse demand function），為一較為精確之需求預測方法。Lin and Liao^[68]也認為對市場交易情勢越了解、越能提供詳實之市場資訊，並可進一步使用所推估之反需求曲線分析獨占或寡佔市場之競爭型態。Qi and Chang^[69]曾蒐集 2003 年到 2009 年 Manatee Country, Florida 的公共用水資料，預測公共用水需求。

Babel *et al.*^[70]使用 multi-scale relevance vector regression（MSRVR）預測生活用水需求，提升預測的準確度。Ben Zaied and Binet^[57]應用突尼斯（1980 ~ 2007 年）的需水資料，使用季節性整合方法（model seasonal patterns）模擬住宅用水需求的季節性模式，並依據研究結果提出可誘導節水之 multi-step pricing scheme 水價方案。Tsur *et al.*^[71]亦使用引伸需求函數，計算農業用水於不同規模與不同作物別農戶之用水需求函數，期望有助於提升農業部門之用水效率。而 Khawam *et al.*^[72]指出所推估之需求函數有助於巴貝多制訂水資源需求面管理之價格機制。

水資源需求價格彈性研究是水價機制設計之重要資訊，Nauges and Thomas^[73]計算法國的生活用水需求，並分析生活用水需水者與供水單位之談判力量，該研究並發現生活用水者之議價能力、與談判力量取決於其需求函數特性。Dalhuisen, *et al.*^[74]則根據交易水價、水量之日、月、季資料，分別以回歸方法推估用水需求函數，計算水資源之日、月、季需求彈性。Wichman^[75]引入 quasi-experiment 評估北卡羅來納州提升公共給水區段價格之影響，發現平均價格彈性估計從 -0.43 到 -1.14 不等，指出水價彈性可為水價機制設計之參考。Garrido^[76]則指出可依據所推估之反需求曲線建立適當決價方式。Renzetti^[77]使用引伸需求理論蒐集加拿大製造業的抽取量（intake）、處理量（treatment）、再循環（recirculation）及排放量（discharge），並計算其需求函數。發現加拿大製造業的用水需求彈性介於 -0.1534 到 -0.5885 之間。Renzetti^[77]並指出計算製造業的用水需求彈性有助於水價政策設計。Bontemps and Couture^[78]則使用動態規劃模型計算灌溉用水的需求函數，並發現灌溉用水需求不具價格彈性。Hansen^[79]則計算丹麥（Denmark）家庭用水（Residential）需求彈性，發現丹麥家庭用水需求不具彈性，介於 -0.003 到 -0.10 之間。Strand and Walker^[80]則指出需求彈性的計算有助於適當價格政策之規劃，並蒐集美國中部（Central American）城市的家庭用水價量資訊及家計單位的社會經濟變數，計算家庭用水的需求彈性，發發現美國中部家庭用水需求不具彈性為 -0.1 到 -0.2 之間。Khawam *et al.*^[72]搜集加勒比海上水資源匱乏之巴貝多（Barbados）之 136 個家計單位，自 1987 到 2001 年之家庭用水用量、所付出之水價、所得、雨量等資訊，估

計需水函數，並推估巴貝多居民家庭用水需求彈性為 -0.18 到 -0.29 。家庭用水所得彈性為 $0.81 \sim 0.94$ 。顯示水資源需求不具彈性。

水資源應根據其經濟價值定價^[7,10,16]；但對於自然資源而言，反映稀少性並成功用於指導私營部門投資和資源分配的價格信號通常不存在或被扭曲，從而使與自然資源相關的公共部門決策複雜化^[17]。水資源除了投入產業生產衍生市場財效益外，水資源在環境、經濟、與社會面向均具功能與效益，如：個人生存、公共衛生、生態維護、環境美質等均屬非市場價值（non-market value）；需綜合考量市場與非市場價值，水資源才能公平與效率的配置。雖然市場價格會在水資源配置中發揮越來越大的作用，但因水資源之財貨特性，市場的功能受到限制；因此，應用經濟評估程序：如非市場財效益評估方法了解需求面對水資源之價值評估，可以在水資源相關的公共政策方面發揮重要作用^[17]。

非市場效益評估常為環境溝通與政策設立之基礎，Mayer^[81]指出環境社會學之研究與環境溝通應輔以條件評估法（Contingent Valuation Method, CVM）之評估，增進利害關係者之相互理解。條件評估法廣泛用於各項非市場財評估：Hundie and Abdisa^[82]使用 CVM 評估 Jigjiga city 供水改善之效益。Jin *et al.*^[83]應用 CVM 評估瀾江保護區的支付意願（WTP）。Jones *et al.*^[84]評估科羅拉多河上最大的水利發電格倫峽谷大壩（Glen Canyon Dam）之綠色發電減碳之效益、Lee^[85]則評估民眾對汙水處理之願付價格、Tonin^[86]評估保育海洋生物多樣性之效益、Tussupova *et al.*^[87]評估哈薩克斯坦的帕夫洛達爾地區公共用水者對整合性水資源供給改善之支付意願（WTP）、Wang, Song and Chen^[88]評估江蘇省霧霾防治的非市場價值、Xie and Zhao^[89]評估天津居民對綠色電力之水利發電願付價格、及 Aoun^[90]使用條件評估法衡量受訪者為保育保護區願意支付的費用（WTP）均使用條件評估法評估上述各項非市場財。

針對台灣水資源之經濟分析，闕雅文^[91]建構區域水管理者之隨機動態之跨期決策模式，應用獨佔廠商之存貨模型，在水資源供給面與需求面均不確定的情形下，考量跨期儲水、與越域引水，建立區域水資源調派管理行為分析之理論模型，並使用動態跨期選擇方法分析最適決策行為。模型分析結果發現：(1) 水

政單位不應設計僵固之水價，以免妨礙水資源之配置效率。(2) 區域水資源調配管理機構在無法建造大型水庫之環境限制下，應設法挖埤塘蓄水、租用水田並將其休耕蓄水、或建構人工湖儲水，以提高跨期儲水比例。(3) 若能有正確之氣象與雨量預測，或各行業之水資源需求函數，將有助於水資源之分配更趨效率。此可為台灣乾旱缺水調配之參考。

台灣水資源需求與價格彈性研究中，Huang and Chiueh^[92]蒐集 1989 年 1 月至 2006 年 12 月台灣工業用水與生活用水部門移用農業用水之水資源交易月別資料，共計 1,233 筆，資料內容包括：交易水價量、賣方水利會別、買方行業別中分類、乾旱或非乾旱、交易區位平均每人每月用水量、買方當月平均工時等資料，以縱橫資料（Panel Data）迴歸分析中隨機效果模型（Random Effects Model），推估 Model A: 1989 ~ 2006 年所有期間、及 Model B: 2002 年、2003 年、2004 年、及 2006 年之乾旱年移用農業用水之反需求函數（Inverse Demand Function），發現乾旱年不同行業別對交易水價格之影響不相同，交易價格於旱季較高，可為制定旱季水價之參考。買方產業別之受雇員工每人每月平均工時越高，則對水價有正向影響。交易灌區平均每人每月用水量與交易水價呈現正相關。Chiueh^[93]曾蒐集 1998 年到 2008 年間非乾旱期之台灣工業用水者移用農業用水之交易月別資料，共計 1087 筆月別資料，以縱橫資料（Panel Data）迴歸分析中隨機效果模型（Random Effects Model），推估工業用水部門於平時移用農業用水之需求函數（Demand Function），發現交易區位、買方產業別、交易明目、交易價格、送水方式、取水來源、水利會是否進行加強灌溉管理、躉售物價指數及台灣交易區位人口數對交易水量有顯著影響，並計算台灣工業用水者移用農業用水之需求價格彈性為 -0.368 ，為無彈性之需求。需求彈性之計算在台灣合宜水價機制之制定應具參考價值。

關於台灣的水資源之價值評估，Chiueh *et al.*^[94]針對用水量較大之工業區及科學園區，包括新竹工業區、中壢工業區、台中工業區、林園工業區、新竹科學工業園區、中部科學工業園區與台南科技工業區之廠商，使用條件評估法（Contingent Valuation Method, CVM）針對廠商對再生水評價議題進行研究，將條件評估法運用於再生水評價議題，並能了解產業界對再

生水使用意願與願付價格，同時指出具誘因機制之水資源管理政策設計提升水資源之分配利用效率。Chiu^{et al.} [94] 之研究發現：(1) 政府擔保再生水水質等同自來水，且「全年無休、水質保證、缺水損失賠償」，並提供「再生水專管輸水、及免費接管服務」，且「使用再生水超過總工業用水量 40% 之公司可以減收 50% 廢水處理費」之條件下，工業用水戶願意負擔 13.97 元 / 噸購買再生水。(2) 在政府擔保再生水水質優於自來水「全年無休、水質保證、EC < 10 μ S/cm、缺水損失賠償」，並提供「再生水專管輸水、及免費接管服務」，且「使用再生水超過總工業用水量 40% 之公司可以減收 50% 廢水處理費」，工業用水戶願意負擔 17.8 元 / 噸購買再生水。(3) 在政府擔保再生水水質優於自來水「全年無休、水質保證、EC < 1 μ S/cm、缺水損失賠償」，並提供「再生水專管輸水、及免費接管服務」，且「使用再生水超過總工業用水量 40% 之公司可以減收 50% 廢水處理費」，工業用水戶願意負擔 23.4 元 / 噸購買再生水。

為了解工業用水者對於乾旱與非乾旱對其生產使用之原水價值評估，Chiu^{et al.} [95] 假設政府擔保農業用水水質等同原水，選定用水量較大之工業區及科學園區作為調查對象，使用條件評估法 (Contingent Valuation Method, CVM) 訪問工業用水者對於移用農業用水之願付價格 (WTP)，訪問新竹工業區、中壢工業區、台中工業區、林園工業區、新竹科學工業園區、中部科學工業園區與台南科技工業區之廠商。研究結果發現：(1) 假設政府擔保農業用水水質等同原水，且「全年無休、水質保證、缺水損失賠償」，並提供「農業用水專管輸水、及免費接管服務」，工業用水者願意以每噸水 13.33 元 / 噸，於平時移用農業用水。(2) 在乾旱缺水時，假設政府擔保農業用水水質等同原水，且「水質保證、缺水損失賠償」，並提供「農業用水專管輸水、及免費接管服務」，工業用水者願意以每 28.63 元 / 噸於缺水時移用農業用水。(3) 假設政府擔保農業用水水質等同原水，且可於氣候變化之前，先與農田水利會簽訂農業水資源移用契約，約定若乾旱發生農田水利會需擔保「水質保證、缺水損失賠償」，並提供「農業用水專管輸水、及免費接管服務」，工業用水者願意於氣候變遷前預先支付每噸農業用水移用預付金 1 元 / 噸，確保乾旱時能夠以事

先談定的合理價格購得水資源。但是若未發生乾旱，實際並不需要移用農業用水，此預付金亦不反還。

Paarlberg [96] 指出應評估農業多功能性之外部效益，以提升農業補貼政策之政策效率。Cocklin and Mautner [97] 亦指出農業土地會影響環境的多功能性。Bateman *et al.* [98] 亦指出氣候變遷改變農業土地使用，對環境、生態產生影響，因而影響人類社會福祉。Singh [99] 說明在印度能持續的進行農作生產來自精細的水資源管理；然而往昔忽略環境與生態系統的水資源管理造成現今農業生產的困境與傷害，因此農業的永續需依存於環境生態的永續。Knox, Kay and Weatherhead [100] 指出世界的農業用水都面臨嚴峻的競爭使用的壓力，農業部門面臨提升用水效率的考驗與壓力，環境生態之用水常因而成為農業部門提昇效率的受損者，也因此政府相關單位更需要制訂良好的農業用水管理政策以維繫環境生態。對水田灌溉衍生的環境、糧食、文化效益評估。Chang and Ying [101] 曾經評估民眾對水田的水土保持功能的願付價值 (willingness to pay, WTP)。Aizaki *et al.* [102] 也曾經使用擬真 (realistic assumption) 的假設性問題評估日本水稻田的多功能價值。Kallas *et al.* [103] 結合 CVM 與決策理論中 Analytical Hierarchy Process 評估農業之多功能性。Chiu^{et al.} [104] 使用條件評估法評估台灣專家學者及都會地區民眾對水田的環境保育之願付價值。

Chiu^{et al.} [105] 嘗試應用效益與價值評估方法，結合條件評估法 (Contingent Valuation Method, CVM) 及分析網路程序法 (Analytic Network Procedures, ANP)，藉由問卷調查的方法，評估國人對農業用水所提供環境與生產效益之偏好結構與相對權衡尺度，及農業用水之整體生產與環境多功能效益。發現水稻田之非市場效益與稻穀生產產值之比值則為 3.756，顯示若僅計算市場財產值，將低估水稻田休耕移用農業用水對全體社會之福利減損。Chiu^{et al.} [105] 之研究發現台灣民眾心中農業用水的使用與非使用價值之總效益為 31.96 元 / 噸，其中農業用水衍生之生產產值效益為 6.72 元 / 噸、糧食安全效益為 10.24 元 / 噸、環境生態保育效益為 7.27 元 / 噸、文化傳承與社區營造效益為 4.02 元 / 噸、及休閒遊憩及景觀美質效益為 3.70 元 / 噸。本文彙整 Chiu^{et al.} [105]、Chiu^{et al.} [95]、Chiu^{et al.} [94] 針對台灣水資源非市場價值評估結果如圖 3 所示。

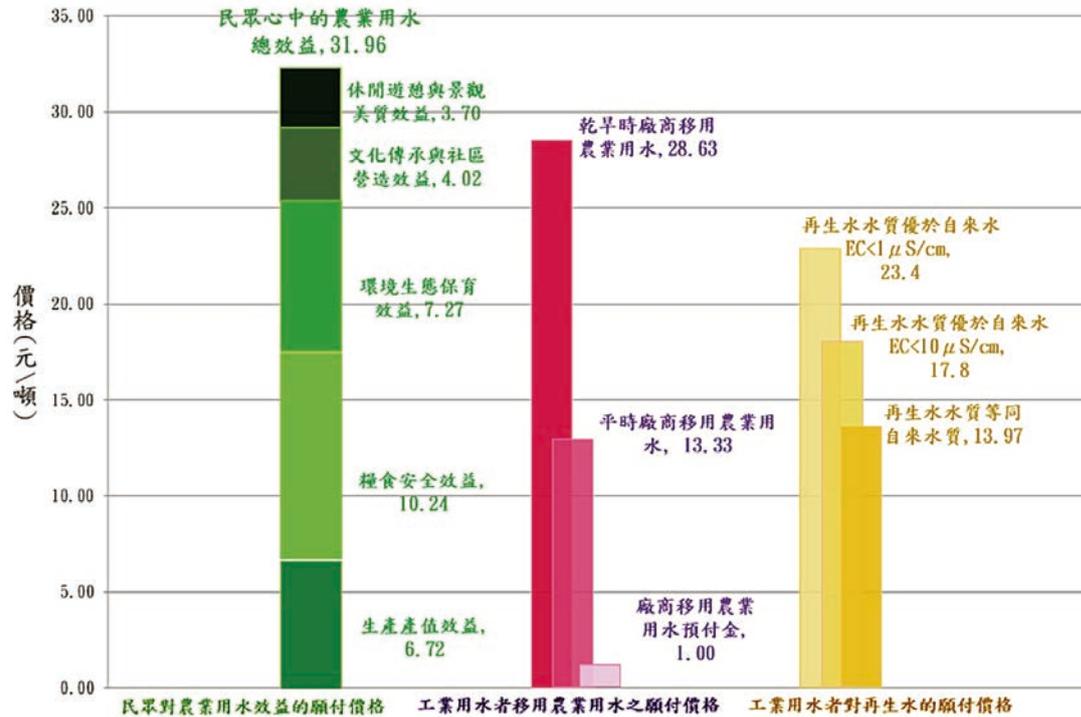


圖 3 台灣水資源之價值分析相關實證結果匯總

資料來源：整理自 Chiueh^[105]、Chiueh and Huang^[95]、Chiueh *et al.*^[94]

為權衡生態環境基盤的維護、社會公平、及經濟效率，水資源的環境、經濟、與社會之非市場價值評估在政策設計中具重要性。由圖 3 Chiueh *et al.*^[94]：工業用水對再生水的願付價格之評估結果，可發現隨著再生水質提高，工業用水者願意負擔越高的再生水價；且再生水價在穩定供水的保證下，尚高於現行自來水價，顯見自來水價有其上漲空間。再者由 Chiueh and Huang^[95]：工業用水者移用農業用水之願付價格之研究發現工業用水者具使用者付費之意願。且在穩定供水的保證下，對於等同原水水質之農業用水願付價格亦高於現行自來水價，顯見現行自來水價過於低廉，低於工業用水者對其生產使用之原水價值評估。加以 Chiueh^[93] 分析台灣工業用水者移用農業用水之需求價格彈性為 -0.368 ，顯見此水價仍有上漲之空間。調配水之計價機制應能適切反應當時水資源稀缺狀況。再者工業用水者於乾早期願付價格為 28.63 元/噸與非乾早期之願付價格為 13.33 元/噸，可見其願付水價較現行自來水價能反映水之珍稀狀況，於缺水時願意負擔兩倍高之移用水價；且為了降低氣候風險，維持穩定供水，願意於平時簽訂如選擇權般的契約以確保缺水時之穩定供水。其實證結果之管理政策意涵為：應能夠明確定義與規範使用者付費的緊

急調配機制以反應當時水資源稀缺狀況。

另一方面，Chiueh^[105] 針對民眾對農業用水之生產與環境多功能效益之願付價格評估可知：Chiueh^[105] 評估之民眾心中農業用水的總效益其實是高於 Chiueh and Huang^[95] 使用一樣的方法（條件評估法）所評估之工業用水者願意負擔的移用水價。為利於分析說明，將農業用水總效益 31.96 元/噸，區分為：屬於生產產值效益 6.72 元/噸、及屬於環境多功能效益之 25.24 元/噸（包含：糧食安全效益、環境生態保育效益、文化傳承與社區營造效益、及休閒遊憩及景觀美質效益）；若僅考量農業用水生產產值效益而未考量農業用水之環境多功能效益，則農業生產產值效益低於工業用水之願意負擔之移用水價。然而農業的生產與環境效益是聯產品，農業生產同時會衍生農業之環境效益^[106]；農業用水亦然，同時具備生產與環境效益（Chiueh^[105]）倘若僅關注比較工業用水與農業用水之生產產值效益決定水資源調度，則恐會發生資源無效率之配置。因此乾早之下標的間調度水資源，應學習澳洲與美國之規範，考量公眾利益，在留存生態環境用水前提下，考量環境、公眾等第三者之損失，且應明確定義與規範環境用水權，規範留存適當比例環境用水。

結語

環境是社會經濟發展之基石，水資源之管理需要政策機制與經濟工具相配合，以減少政府失靈與市場失靈，提升水資源配置之公平與效率^[27]。本文僅就整合性水資源管理、水資源價格與價值分析與環境用水之設定提出以下建議：

1. 應進行整合性水資源管理，在自然與人類系統，整合上下游流域、淡水和沿海地區、水與土地資源、地表水、地下水、水量、水質等，以現行最佳技術發展兼顧環境永續的水資源開發利用辦法。並有合宜的政策、立法；制度、機構保護水資源之公共資產，考量利益團體及社區團體網絡之意見和資訊，並能使用經濟工具，提供充足資訊管理水資源。
2. 合理水價機制應能考量配置效率原則、公平原則、財務需求原則、公共健康及公共衛生原則及環境效率原則。且水政單位不應設計僵固之水價，以免妨礙水資源之配置效率。
3. 乾旱之下標的間調度水資源，應考量公眾利益，在留存生態環境用水前提下，依據使用者付費機制建構合宜規範以反應水資源的稀缺狀況。且需考量環境、公眾等第三者之損失。若有正確之氣象與雨量預測，精確之水資源供給分析、或各行業之水資源需求函數，將有助於水資源之分配更趨效率。
4. 環境用水是維持環境系統健康的重要基礎，而環境系統的健康方能維持社會和經濟的運作。應明確定義與規範環境用水權，規範留存適當比例環境用水。應修訂水利法設置環境用水，並設置合宜環境用水管理機構。確保抽取水資源不會破壞環境系統、造成不可逆轉的環境傷害，方能保育水資源、確保水資源永續利用。

誌謝

本文主要內容來自科技部研究計畫 106-2625-M-007-002- 及 108-2625-M-007-001-，謹致謝忱。

參考文獻

1. Bulloch, J. and Darwish, A., "Water Wars: Coming Conflicts in the Middle East," Victor Gollancz Ltd, (1994).
2. Tietenberg, T. and Lewis, L., "Environmental Economics: The Essentials," Taylor & Francis eBooks, (2020).
3. World Economic Forum, "The Global Competitiveness Report 2009-

- 2010," (2010). http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2009-10.pdf
4. Biswas, A.K., "Integrated water resources management: A reassessment - A water forum contribution," *Water International*, 29(2), pp. 248-256 (2004).
5. United Nations, "Department of Economic and Social Affairs-Sustainable Development," (2021). <https://sdgs.un.org/goals>
6. World Bank, "The Demand-Responsive Approach," (1999). <http://www.wsp.org/English/Conference/key.html>
7. Meran, G., Siehlow, M., von Hirschhausen, C., "The Economics of Water- Rules and Institutions," This Springer (2021).
8. Mitchell, B. (Ed.), "Integrated water management: International experiences and perspectives," London: Belhaven Press (1990).
9. Snellen, W.B. and Schrevel, A., "IWRM: for sustainable use of water: 50 years of international experience with the concept of integrated water management," In: *Proceedings of the Netherlands Conference on Water for Food and Ecosystems*, vol. 31, (2004).
10. GWP, "Integrated water resources management," Technical advisory committee (TAC) background paper no. 4. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership (2000).
11. IWA, UNEP., "Industry as a partner for sustainable development: Water management," London: Beacon Press (2002).
12. Ezenwaji, Emma E., Bede M. Eduputa Joseph E. Ogbuozobe, Employing "Water Demand Management Option for the Improvement of Water Supply and Sanitation in Nigeria," *Water Resource and Protection*, 2015, 7, pp. 624-635 (2015).
13. 蕭代基、黃德秀，「台灣水資源需求面管理策略之探討」(2008)。 <https://www.ctci.org.tw/media/2254/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%B0%B4%E8%B3%87%E6%BA%90%E9%9C%80%E6%B1%82%E9%9D%A2%E7%AE%A1%E7%90%86%E7%AD%96%E7%95%A5%E4%B9%8B%E6%8E%A2%E8%A8%8E%E6%9C%AC%E6%96%87-%E5%BC%95%E8%A8%80%E4%BA%BA%E8%95%AD%E4%BB%A3%E5%9F%BA.pdf>
14. 闕雅文，「農業用水移用之經濟效益分析與補償標準之研議」，*經社法論叢*，第 22 期，第 331-360 頁 (1998)。
15. GWP, "Catalyzing change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies," Technical advisory committee (TAC) background paper no. 5, Stockholm, Sweden: Global Water Partnership (2004).
16. Postel, S., *Last oasis: Facing water scarcity*, New York: W.W. Norton (1992).
17. Young, R.A. and Loomis, J.B., *Determining the economic value of water: concepts and methods*, Routledge (2014).
18. Scitovsky, T. "The meaning, nature, and source of value in economics," *The Origin of Values*. New York: Aldine de Gruyter, pp. 93-106 (1993).
19. Chiueh, Y.W., "Evaluation the compensation to farmers for paddy irrigation water transferring in Kaohsiung area," *Journal of Hsinchu University of Education*, 2008, 1, pp. 133-146 (2008).
20. Burness H.S. and J.P. Quirk, "Appropriative water rights and the efficient allocation of resources," *The American Economic Review*, 69, pp. 25-37 (1999).
21. Howe C.W., D.R. Schurmeier, and J.W. Douglas Shaw, "Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets," *Water Resources Research*, 44, pp. 439-445 (1986).
22. Caswell M., E. Lichtenberg, and D. Zilberman, "The effect of policies on water conservation and drainage," *American journal of Agricultural Economics*, 72, pp. 883-890 (1990).
23. Rosegrant, M.W. and H.P. Binswanger, "Markets in tradable water rights: potential for efficiency gains in developing country water resource allocation," *World Development*, 22, pp. 1613-1625 (1994).
24. Chakravorty U.E. Hochman, and D. Zilberman, "A spatial model of optimal water conveyance," *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, pp. 25-41 (1995).
25. Young, R.A., "Why are there so few transactions among water users?"

- American Journal of Agricultural Economics, 68, pp. 1143-1151 (1986).
26. Rhodes, G.F., Jr and Sampath, R.K., "Efficiency, equity and cost recovery implications of water pricing and allocation schemes in developing countries," *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 36, pp. 103-117 (1988).
 27. 闕雅文, 「市場失靈還是政府失靈? 台灣農業用水移用市場分析」, 高應科大人文社會科學學報, 第四期, 第 309-338 頁 (2007)。
 28. Howitt, R. E., "Empirical analysis of water market institutions: the 1991 California water market," *Resource and Energy Economics*, 16, pp. 357-371 (1994).
 29. Miller, K. A., "Water banking to manage supply variability," *Advances in the Economics of Environmental Resources*, Vol.1, pp. 185-210 (1996).
 30. Australian Government National Water Commission, "Water Markets in Australia – A Short History," (2011). <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2011-12/apo-nid27438.pdf>
 31. Musgrave, W., "Historical development of water resources in Australia: Irrigation policy in the Murray-Darling Basin," *Water policy in Australia: The impact of change and uncertainty*, pp. 28-43 (2008).
 32. Watson, A., and Cummins, T., "Historical influences on irrigation and water policy in the Murray-Darling Basin," In *Network: a publication of the ACCC for the Utility Regulators' Forum*, 38, pp. 1-7 (2010).
 33. Council of Australian Governments, *NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management 2010*, (2010). <https://www.coag.gov.au/node/461>
 34. Canelas de Castro, P., "Trends of Development of International Water Law," *Beijing Law Review*, 2015, 6, pp. 285-295 (2015).
 35. Loftus, A., "Water (in) security: securing the right to water," *The Geographical Journal*, 2015, 181(4), pp. 350-356 (2015).
 36. Roozbahani, R., Schreider, S., and Abbasi, B., "Optimal water allocation through a multi-objective compromise between environmental, social, and economic preferences," *Environmental Modelling & Software*, 64, pp. 18-30 (2015).
 37. Zhuang, W., "Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review," *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, 23(13), pp. 12867-12879 (2016).
 38. Pan, J., and Han, C., "Fuzzy assessment of water resources-environmental carrying capacity of Hunnan New District in Shenyang," In *2012 International Symposium on Geomatics for Integrated Water Resource Management* (p.1-4), IEEE (2012).
 39. Rajesh, S. V. J. S. S., Rao, P., and Niranjana, K., "Inter-Basin Water Transfer Impact Assessment on Environment of Pennar to Cauvery Link Canal," *International Journal of Technology & Engineering*, 2016, 3(3), pp. 175-194 (2016).
 40. Chaturvedi, N. D., Manan, Z. A., Alwi, S. R. W., and Bandyopadhyay, S., "Effect of multiple water resources in a flexible-schedule batch water network," *Journal of Cleaner Production*, 125, pp. 245-252 (2016).
 41. Onencan, A. M., and Van de Walle, B., "Equitable and Reasonable Utilization: Reconstructing the Nile Basin Water Allocation Dialogue," *Water*, 10(6), pp. 707 (2018).
 42. Farriansyah, A. M., Juwono, P. T., Suhartanto, E., Dermawan, V., and Alyaminy, R. S., "The Performance of Equalization Model of Water Allocation Inter Irrigation Areas in River System," In *MATEC Web of Conferences*, 147, 03005, pp. 1-9 (2018).
 43. Gimelli, F. M., Rogers, B. C., and Bos, J. J., "The Quest for Water, Rights and Freedoms: Informal Urban Settlements in India," *International Journal of Urban and Regional Research*, 42(6), pp. 1080-1095 (2018).
 44. Chen, Z. and Pei, L., "Inter-Basin Water Transfer Green Supply Chain Equilibrium and Coordination under Social Welfare Maximization," *Sustainability*, 2018, 10(4), 1229 (2018).
 45. Maas, A., Goemans, C., Manning, D., Kroll, S., Arabi, M., and Rodriguez-McGoffin, M., "Evaluating the effect of conservation motivations on residential water demand," *Journal of environmental management*, 196, pp. 394-401 (2017).
 46. Truong, C. H., "A Two Factor Model for Water Prices and Its Implications for Evaluating Real Options and Other Water Price Derivatives," *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 62(1), pp. 23-45 (2014).
 47. Namara, R. E., Hanjra, M. A., Castillo, G. E., Ravnborg, H. M., Smith, L., and Van Koppen, B., "Agricultural water management and poverty linkages," *Agricultural water management*, 97(4), pp. 520-527 (2010).
 48. Ho, C. K., Armstrong, D. P., Doyle, P., and Malcolm, L. R., "Impacts of changing water price and availability on irrigated dairy farms in northern Victoria," *Australian Farm Business Management Journal*, 2(2), 96 (2005).
 49. 林冠好、闕雅文, 「臺灣水資源交易機制與環境用水標的設置分析」, 第 23 屆海峽兩岸水利科技交流研討會, 金門 (2019)。
 50. The Australian Water Partnership *Environmental Water*, (2019). <https://waterpartnership.org.au/our-offering/environmental-water/>
 51. Gallagher, L., Laflaive, X., Zaeske, A., Brown, C., Lange, G. M., Ahlroth, S., ... and Miralles-Wilhelm, F. R., "Embracing risk, uncertainty and water allocation reform when planning for green growth," *Aquatic Procedia*, 6, pp. 23-29 (2016).
 52. Johnston, B.R., "Human needs and environmental rights to water: a biocultural systems approach to hydrodevelopment and management," *Ecosphere*, 4(3), 39 (2013).
 53. Adamson, D., and Loch, A., "Achieving environmental flows where buyback is constrained," *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62(1), pp.83-102 (2018).
 54. 闕雅文編譯, 「澳洲環境用水管理規範與環境用水採購概況」, 農委會農業政策網頁: 主要國家農業政策法規與經濟動態, (2011)。
 55. Heino, O., and Takala, A., "Social norms in water services: Exploring the fair price of water," *Water Alternatives*, 8(1), pp. 844-858 (2015).
 56. Favre, M., and Montginoul, M., "Water pricing in Tunisia: Can an original rate structure achieve multiple objectives?" *Utilities Policy*, 55, pp. 209-223 (2018).
 57. Ben Zaied, Y., and Binet, M. E., "Modelling seasonality in residential water demand: the case of Tunisia," *Applied Economics*, 47(19), pp. 1983-1996 (2015).
 58. Ojha, R., Thapa, B. R., Shrestha, S., Shindo, J., Ishidaira, H., and Kazama, F., "Water price optimization after the Melamchi Water Supply Project: Ensuring affordability and equitability for consumer's water use and sustainability for utilities," *Water*, 10(3), 249 (2018).
 59. Ballesterio, A., "The ethics of a formula: Calculating a financial-humanitarian price for water," *American Ethnologist*, 42(2), pp. 262-278 (2015).
 60. 黃宗煌、傅祖壇、吳慧瑛、蕭代基、李堅明、杜拓亨、葉淑琦、鄭凱倫、倪惠燕、蘇明達, 「水權費率之訂定及其經濟問題之研究 (一)」, 經濟部水利司委託專題研究計畫 (1996)。
 61. 闕雅文, 「促進水價合理化政策之評議」, 自由中國之工業, 第 88 卷, 第 9 期, 第 79-95 頁 (1998b)。
 62. Giwa, A., and Dindi, A., "An investigation of the feasibility of proposed solutions for water sustainability and security in water-stressed environment," *Journal of Cleaner Production*, 165, pp. 721-733 (2017).
 63. Romano, G., Guerrini, A., and Campedelli, B., "The new Italian water tariff method: A launching point for novel infrastructures or a backwards step?" *Utilities Policy*, 34, pp. 45-53 (2015).
 64. Kanakoudis, V., Tsitsifli, S., Gonalas, K., Papadopoulou, A., Kouziakis, C., and Lappos, S., "Determining a socially fair drinking water pricing policy: the case of Kozani, Greece," *Procedia engineering*, 162, pp. 486-493 (2016).
 65. Kejser, A., "European attitudes to water pricing: Internalizing environmental and resource costs," *Journal of environmental management*, 183, pp. 453-459 (2016).
 66. Rogers, P., Bhatia, R., and Huber, A., *Water as a social and economic good: How to put the principle into practice*, Stockholm: Global Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency

- (1998).
67. Ekeland, I., and Djitté, N., "An inverse problem in the economic theory of demand," In *Annales de l'Institut Henri Poincaré © non linear analysis*, Vol. 23, No. 2, pp. 269-281 (2006).
 68. Lin, C.C. and Liao, C.H., "The computation of Cournot–Nash equilibria for the time-definite freight delivery industry under an oligopolistic market," *Computers & operations research*, 33(2), pp. 328-344 (2006).
 69. Qi, C., and Chang N.B., "System dynamics modeling for municipal water demand estimation in an urban region under uncertain economic impacts," *Journal of Environmental Management*, 92, pp. 1628-1641 (2011).
 70. Babel, M.S., Maporn, N., and Shinde, V.R., "Incorporating Future Climatic and Socioeconomic Variables in Water Demand Forecasting: A Case Study in Bangkok," *Water Resources Management*, 28(7), pp. 2049-2062 (2014).
 71. Tsur, Y., Dinar, A., Doukkali, R.M., and Roe, T., "Irrigation water pricing: policy implications based on international comparison," *Environment and Development Economics*, pp. 735-755 (2004).
 72. Khawam, W., Virjee, K., and Gaskin, S., "Water demand management measures: Analysis of water tariffs and metering in Barbados," *Journal of Eastern Caribbean Studies*, 31(2), pp. 1-25 (2006).
 73. Nauges, C. and Thomas, A., "Privately operated water utilities, municipal price negotiation, and estimation of residential water demand: The case of France," *Land Economics*, pp. 68-85 (2000).
 74. Dalhuisen, J.M., Florax, R.J., De Groot, H.L., and Nijkamp, P., "Price and income elasticities of residential water demand: a meta-analysis," *Land economics*, 79(2), pp. 292-308 (2003).
 75. Wichman, C.J., "Perceived price in residential water demand: Evidence from a natural experiment," *Economic Behavior & Organization*, 107, pp.308-323 (2014).
 76. Garrido, R., "Price Setting for Water Use Charges in Brazil," *Water Resources Development*, 21(1), pp. 99-117 (2005).
 77. Renzetti, S., "Estimating the structure of industrial water demands: the case of Canadian manufacturing," *Land Economics*, pp. 396-404 (1992).
 78. Bontemps, C. and Couture, S., "Irrigation water demand for the decision maker," *Environment and development economics*, pp. 643-657 (2002).
 79. Hansen L.G., "Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen," *Land Economics*, 72(1), pp. 66-79 (1996).
 80. Strand, J. and Walker, I., "Water markets and demand in Central American cities," *Environment and Development Economics*, pp. 313-335 (2005).
 81. Mayer, A., "Contingency, cost, and a fracking ban: Extending sociological research with the contingent valuation method," *Methodological Innovations*, 11(2), pp. 1-11 (2018).
 82. Hundie, S.K. and Abdisa, L.T., "Households' willingness to pay for improved water supply: Application of the contingent valuation method," *Evidence from Jigjiga Town, Ethiopia*, *The Romanian Economic Journal*, 19(62), pp. 191-214. (2016).
 83. Jin, M., Juan, Y., Choi, Y., and Lee, C. K., "Estimating the Preservation Value of World Heritage Site Using Contingent Valuation Method: The Case of the Li River, China," *Sustainability*, 11(4), 1100 (2019).
 84. Jones, B.A., Ripberger, J., Jenkins-Smith, H., and Silva, C., "Estimating willingness to pay for greenhouse gas emission reductions provided by hydropower using the contingent valuation method," *Energy Policy*, 111, pp. 362-370 (2017).
 85. Lee, J., "Income and distance-decay effects on willingness to pay estimated by the contingent valuation method," *Journal of environmental planning and management*, 59(11), pp. 1957-1981 (2016).
 86. Tonin, S., "Estimating the benefits of restoration and preservation scenarios of marine biodiversity: An application of the contingent valuation method," *Environmental Science & Policy*, 100, pp. 172-182 (2019).
 87. Tussupova, K., Berndtsson, R., Bramryd, T., and Beisenova, R., "Investigating willingness to pay to improve water supply services: Application of contingent valuation method," *Water*, 7(6), pp. 3024-3039 (2015).
 88. Wang, G., Song, Y., Chen, J. and Yu, J., "Valuation of Haze Management and Prevention Using the Contingent Valuation Method with the Sure Independence Screening Algorithm," *Sustainability*, 8(4), 310 (2016).
 89. Xie, B.C. and Zhao, W., "Willingness to pay for green electricity in Tianjin, China: Based on the contingent valuation method," *Energy Policy*, 114, pp. 98-107 (2018).
 90. Aoun, D., "Who pays more to preserve a natural reserve, visitors or locals? A confidence analysis of a contingent valuation application," *Environmental Economics and Policy Studies*, 17, pp.471-486 (2015).
 91. 闕雅文, 「區域水資源調配管理之行為分析模型」, *農業與資源經濟*, 第六卷, 第一期, 第31-46頁 (2009)。
 92. Huang, C.C., and Chiueh, Y.W., "Estimating the inverse demand function for transferring agricultural water in Taiwan," *Paddy and Water Environment*, 8(1), pp. 99-104 (2010).
 93. Chiueh, Y.W., "The price elasticity of transferring agricultural water to industrial water during non-drought period in Taiwan," *Paddy and Water Environment*, 10(1), pp. 41-47 (2012).
 94. Chiueh, Y.W., Chen, H. H., and Ding, C. F., "The willingness to pay of industrial water users for reclaimed water in Taiwan," *Current Issues of Water Management*, pp. 261-270 (2011).
 95. Chiueh, Y.W., and Huang, C.C., "The Willingness to Pay by Industrial Sectors for Agricultural Water Transfer During Drought Periods in Taiwan," *Environment and Natural Resources Research*, 5(1), pp. 38-45 (2015).
 96. Paarlberg, R., *Governance and food security in an age of globalization*. Political Science (2002). <https://www.semanticscholar.org/paper/Governance-and-food-security-in-an-age-of-Paarlberg/f7eab6217b8d26d4968dcd60a3f2cc1b8fb518>
 97. Cocklin, C., Dibden, J., and Mautner, N., "From market to multifunctionality? Land stewardship in Australia," *Geographical Journal*, 172(3), pp. 197-205 (2006).
 98. Bateman, I.J., Harwood, A.R., Mace, G.M., Watson, R.T., Abson, D.J., Andrews, B., ... and Termansen, M., "Bringing ecosystem services into economic decision-making: land use in the United Kingdom," *science*, 341(6141), pp. 45-50 (2013).
 99. Singh, A., "Decision support for on-farm water management and long-term agricultural sustainability in a semi-arid region of India," *Journal of Hydrology*, 391, pp. 63-76 (2010).
 100. Knox, J.W., Kay, M.G., and Weatherhead, E.K., "Water regulation, crop production, and agricultural water management—Understanding farmer perspectives on irrigation efficiency," *Agricultural water management*, 108, pp. 3-8 (2012).
 101. Chang, K., and Ying, Y.H., "External Benefits of Preserving Agricultural Land: Taiwan's Rice Fields," *The Social Science Journal*, 42(2), pp. 285-293 (2005).
 102. Aizaki, H., Sato, K., and Osari, H., "Contingent valuation approach in measuring the multifunctionality of agriculture and rural areas in Japan," *Paddy and Water Environment*, 4(4), pp. 217-222 (2006).
 103. Kallas, Z., Gómez-Limón, J.A., and Hurlé, J. B., "Decomposing the value of agricultural multifunctionality: combining contingent valuation and the analytical hierarchy process," *Journal of Agricultural Economics*, 58(2), pp. 218-241 (2007).
 104. Chiueh, Y.W., and Chen, M.C., "Multifunctionality of paddy fields in Taiwan- an Application of Contingent Valuation Method," *Paddy and Water Environment*, 6, pp. 229-236 (2008).
 105. Chiueh, Y.W., "Environmental Multifunctionality of Paddy Fields in Taiwan- A Conjunction Evaluation Method of Contingent Valuation Method and Analysis Network Procedures," *Environment and Natural Resources Research*, Vol. 2, No. 4, pp. 114-127 (2012).
 106. Jordan, N., and Warner, K.D., "Enhancing the multifunctionality of US agriculture," *BioScience*, 60(1), pp. 60-66 (2010).