

談建築節水規劃的潛力， 節水減碳導入碳交易機制的國際趨勢

—專訪國立臺灣科技大學建築系教授 鄭政利

■ 編輯部



透過建築節水的規劃設計，我們生活中的節水潛力可以提高到什麼程度？

建築節水設計導入碳交易機制，節水減碳更有經濟誘因？

本期節水紀實特地專訪長期在綠建築、建築給排水領域有傑出學術專業貢獻的臺科大建築系教授鄭政利博士，發表他在建築節水規劃以及節水減碳導入碳交易機制方面專業的看法。鄭政利博士，任教於國立臺灣科技大學建築系，期間歷任系主任暨建築研究所所長，以及新世代建築系統中心主任、頂尖計畫建築科技中心執行長等職務，並於2012年獲頒日本空調衛生工學會國際榮譽會士。

臺灣節水的必要性與迫切性

全球氣候劇烈變遷和能源與資源的枯竭，已經成為世界各國必須面對的迫切環境課題，節能減碳策略是必要行動與未來趨勢。就全球降雨量分布來看，臺灣年平均降雨量高達2,510公釐，是世界平均值的2.6倍，然而每人平均可用水量僅世界均值之1/6，位於全球缺水國家之列，被聯合國劃定為水資源貧乏地區。臺灣因特殊地理關係，造成降雨量分配不均，約有80%的降雨集中於

5~10月之豐水期，且大部份為颱風暴雨居多，因此使水資源開發與調配相當不易，加上人口稠密及工商產業發達，每人每年平均分配可用之雨水量甚少。鄭政利說：臺灣其實是降雨豐沛的缺水地區，惟有積極提升用水效率，並且降低整體水資源消耗量，方能達成「水資源永續利用」的目標。因此在水的有效運用，以及建築物給水設備系統節水設計與管理控制就顯得更為重要。

透過建築規劃設計的生活節水潛力

鄭政利表示，近年來建築節水設備發展迅速，以日本為例，從傳統型13公升耗水量大的衛生器具一直演變進步到節水型4.8公升（如圖1），可見透過建築規劃設計的住宅節水的確有相當大的潛力。

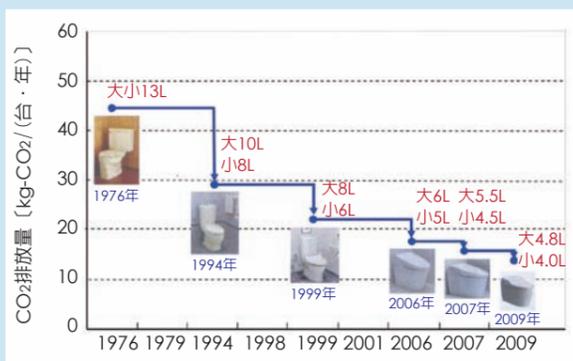


圖1 日本便器每次沖水量的演變 (A-1) (鄭政利提供)

近年來因政府積極宣導節約用水觀念，2010年臺灣每人每日生活用水量已降至267公升，然而相較節水型社會基準之150公升來看，仍具有相當於40~50%的節水潛力。鄭政利預估，隨著節水器材及科技日益進步，臺灣於2020年時之每人每日生活用水量可達到150公升的節水型社會基準。

臺灣透過日常生活節水之CO₂減排潛力，若從1990~2011年採用各種建築節水策略，包含節水器具、熱水效能提升、雨中水回收、漏水量降低等，人年均總節水減碳量平均達185kg，約佔全國人年均排碳量平均8.8公噸之2.18%，潛力由此可見。依經濟部2011年最新統計，全國部門CO₂排放為251,374千公噸，而住宅部門CO₂排放為32,402千公噸，約佔12.9%，仍居CO₂排放高比例位置，因此鄭政利帶領研究團隊試圖從家庭日常生活發掘節水減碳的潛力。針對日常生活用水部份而言，計算實際家庭各項日常用水比例，則依序分別為，

馬桶沖水(28%)、洗衣用水(22%)、洗澡用水(21%)、水龍頭用水(15%)、清理用水(5%)、漏水(5%)。鄭政利表示，經由數據統計發現，用水量比例及節水潛力最高者仍然是馬桶沖水，且臺灣每人每日生活用水量以高於聯合國平均建議值150公升，若以臺灣人口約2,300萬計算，則每年馬桶沖廁耗費的水量高達5.5億噸，相當於臺灣2.3個石門水庫總蓄水量。此外，每使用一噸的水（一度），約略產生0.492kg的二氧化碳排放量，其包含加壓送水耗能、建築物揚水馬達耗能、污水處理耗電等，家庭生活用水之CO₂排放量也相當可觀。因此，如何做好建築物之水資源管理與利用，充分採取「開源」及「節流」之節水技術與策略，將是我們必須共同面對及努力的重要課題。

綠建築與水資源的關係

國內綠建築標章制度，一開始便將「水資源指標」，包括建築節水設計與雨水再生水利用規劃等，與「日常節能」標示為最重要的兩個門檻指標之一。綠建築標章評定作業，綠建築標章及候選綠建築證書評定作業，至102年2月底累計通過共計3,757案。估計每年可節電11.82億度，換算減碳量7,522萬噸，減碳效益約等於5.05萬公頃人造林（約1.85個臺北市面積）所吸收的CO₂量。估計每年可節水5,297餘萬噸，節水效益約等於2.12萬座國際標準游泳池[50*25*2(m)]。使用階段為業主節省水電費累計約達新台幣33億元

生活節水與節能減碳的關係

既有研究文獻指出，臺灣地區的供水、用水與排水處理流程與能源電力的消耗息息相關，一般建築日常生活使用一度（m³）的水，從供水到排水處理的整體過程，約消耗電力0.793kWh，相當於排放0.492 kg · CO₂。以臺灣2011年資料推估，每人年平均用水之排碳量達224kg · CO₂，約佔當年度臺灣每人年均排

碳量10.9公噸的2.06%。利用建置完成之用水二氧化碳排放量評估模型，可以明確掌握臺灣地區，透過建築設計落實節水策略之量化節能減碳潛力，同時二氧化碳排放議題連結全球碳交易機制，在建築節水架構下，尋求水資源管理和政府配套措施下，降低二氧化碳排放之實用方法，國內可以建立合理可行之碳交易連結機制。藉由節水減碳效能和碳排放額度之抵換公式建立，供民間間透過碳交易平台取得實質回饋，或向政府申請相關補助獎勵，利用建築節水導入碳交易機制，使國人瞭解建築節水設計導入碳交易運作機制，並強化其執行落實誘因，促成節水意願之提升，使臺灣在未來能順利邁入節水型的社會。

鄭政利認為，「節水」不僅是為了有效利用水資源，還關係到二氧化碳排放量的削減，相對於能源及其他資源項目具有多元的替代可能性，而水不但沒有可替代物，水資源還會因地域及季節的變化而具有不穩定的特性。因此，對於潔淨淡水資源的有效利用，以及建築物給水設備系統的節水設計與管理控制就顯得更為重要。近年來建築節水設備發展十分迅速，以日本為例，節水型衛生器具對於削減住宅二氧化碳有顯著效果。鄭政利強調，一般家庭日常生活中使用的給排水相關設備，CO₂排放量約佔日本的CO₂總排放量的5%。根據模擬研究推估結果顯示，由於節水器具的普及及各種節水措施的推展，預測至2020年，日本的二氧化碳排放量與1990年相比，來自與給排水相關的住宅設備CO₂排放量將具有削減25%的潛力，使日本CO₂排放總量達到削減1%的目標，由此可知推動節水型社會的重要性。台灣各部門能源消耗的排放CO₂貢獻度，若由部門分攤電力消費加以計算，於1990~2009年間，以服務業部門之成長率較高，其次分別為住宅、工業、運輸與能源轉換部門。住宅部門仍居CO₂排放高比例位置，因此國內日常生活用水採用「開源」、「節流」技術及策略有其必要性。

節水減碳導入碳交易機制

根據京都議定書之共識內容，提議1990年做為每個國家減少CO₂排放的目標基準年，也是許多國家相當挑戰的目標。台灣從1990到2006年，CO₂的排放幾乎是2倍的成長，儘管這是一個艱難的目標任務，台灣地區基於低碳社會與永續發展理念的追求，每年舉辦全國能源會議，目標為低碳社會建構應符合永續發展目標，且永續能源發展應將有限資源作有效率的使用與管理，開發對環境友善的「潔淨」能源，確保持續「穩定」與「具經濟競爭力」的能源供應，方可為兼顧經濟發展、環境保護及社會正義，創造一個跨世代能源、環保與經濟三贏願景。雖然國際間仍在持續磋商後京都議定書時期之減量責任，情勢尚未明朗，臺灣地區依總統政見及行政院2008年6月5日通過「永續能源政策綱領」揭示目標，預計2020年回到2005年溫室氣體排放量的水準，於2025年回到2000年溫室氣體排放量水準（214百萬噸）。長期而言，於2050年回到2000年溫室氣體排放量50%的水準，並視後京都時期協議後續發展調整減量目標，因而訂立溫室氣體減量法。臺灣溫室氣體減量目標係考量我國減量與調適能力，承擔共同但差異的責任，符合國際公約基本原則，以與世界趨勢接軌。

臺灣地區建築節水導入碳交易之貢獻

臺灣透過日常生活節水之CO₂減排潛力，若從1990~2011年採用各種建築節水策略，包含節水器具、熱水效能提升、雨中水回收、漏水量降低等，人年均總節水減碳量平均達185kg，約佔全國人年均排碳量平均8.8公噸之2.18%，潛力由此可見。依經濟部2011年最新統計，全國部門CO₂排放為251,374千公噸，而住宅部門CO₂排放為32,402千公噸，約佔12.9%，其中用水領域相關佔全國部門2.1%，住宅部門16.1%。經過推估，透過節水策略的執行，可使住宅部門CO₂排放量將具有

削減14.1%的潛力，使臺灣總排放量達到削減1.82%的貢獻。

鄭政利表示，藉由臺灣地區水資源管理，在節水器具、熱水能源效率提升、雨中水回收，熱水率降低等方面著手，最理想狀況可達年省水量75億噸（圖二），減碳成效預期為357萬噸，以非管制國家之CER(75.7NTD/tonCO₂)[C-19]換算成碳額度，總額可達2億7千萬臺幣。臺灣政府可藉由這些由國內地區取得彙整的碳權，來和日本等其他國家進行碳權國際合作，藉由海外帳戶開立收取額外稅收。



圖二 臺灣水資源管理之節水碳交易推估

用機制運作，積極協助各國達成預期減碳目標。為了評估建築節水策略的潛力，節約的用水設施中，如節水型衛生器具、低沖洗的淋浴都是減少耗水量的切實可行的方法，改善日常用水的行為也是減少策略的影響因素之一。由於目前建築設備性能及國人用水行為正在改變中，因此節水的基準值也將設為階段性的目標為宜。最終節水型社會若以每人每日150公升基準做為潛力估計的目標，此潛力可由實際用水量與節水型社會建立之標準來推估與落實。節水型社會的基準可以隨著時代的進步而有更高的效能，透過設備性能提升及技術創新的改

亞洲節水會議制定合理普及節水設備

鄭政利提到，於2011年12月日本東京成立的亞洲節水會議（由亞洲地區研究人員共同組成之單位，以構建節水型社會來為亞洲的永續發展做貢獻為目的而廣泛開展共同研究的組織），亞洲節水會議正通過預測亞洲各國節水帶來的CO₂減排潛能進行政策提議，並制定為合理普及節水設備的規範方案。最根本的機制運行是藉由建築節水信用認證，作為整個節水碳交易之基礎架構。根據京都議定書的協議，各國訂立不同之減量目標，透過國際間碳信用額度之移轉及國內企業與政府間之碳信

進，如節水型衛生器具、雨水回收系統及再生水回收系統，都可有效將用水量減至更低。

臺灣地區建築節水碳交易流程與機制

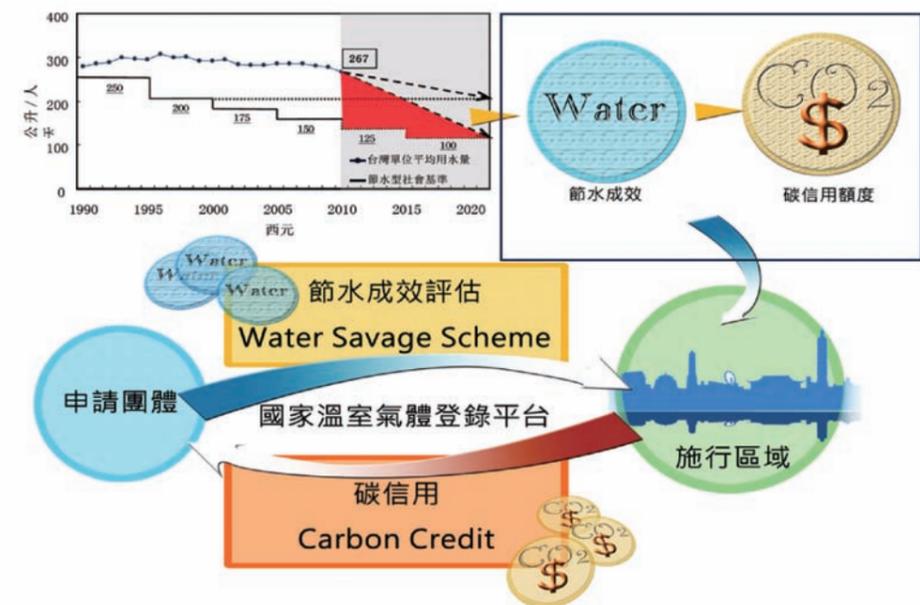
配合我國政府「節能減碳」之施政主軸，以邁向先進國家「節水型社會」的目標，在水資源利用方面，必須積極宣傳節約用水概念。在臺灣地區建築節水發展的項目下，擬深入討論現今建築節水之發展情形、國內外日常生活用水量、省水器具之設計、省水標章推廣成效、建築用水耗能計算公式、日常生活用水節約潛

力等。鄭政利表示，針對建築節水設計導入碳交易流程與機制，國內相關機構已經陸續建立完整模式與運作系統，提供有意願申請節水減碳額度的政府、企業、民間團體做為執行操作的依據。建築節水導入碳交易流程與機制驗證部份，未來將可以針對各申請類別做實際案例估算，取最近之統計值供各部門、政府、企業、民間團體瞭解實際操作之流程以及能帶來之商業與環境利益。臺灣地區建築節水碳交易概念，如圖三所示。

因應全球暖化及全球碳排放量日益攀升之問題，臺灣地區建築節水設計導入碳交易機制的可行性極高。關鍵課題是我們必須為節水策略建立二氧化碳排放之量化評估模型，並針對建築物內，家庭日常用水節水潛力之二氧化碳排放進行量化推估。

結語與期許

鄭政利表示，臺灣地區節水之可能性，可經由探討國人的用水習慣，有計畫的瞭解用水結構，考慮送水耗能之評估調查而發展成一個完備的節水策略，並整合導入建築節能減碳設計之思維，進一步將台灣之碳交易系統擴大連結至全球碳交易機制。在建築節水設計架構下，尋求降低二氧化碳排放之實用方法，建立合理之碳交易機制，藉由節水減碳效能和碳排放額度之抵換公式建立，提供政府團體、企業團體、民間有公平合理且易操作之碳交易平台，並與政府補助獎勵制度結合執行。導入碳交易機制之運用，為建築節水設計之推動，提供具體之誘因與強化其執行之動機，使其順利推廣至相關政府機關與民營機構，促使臺灣順利達成邁入節水型社會之目標。



圖三 臺灣地區建築節水碳交易概念圖