

智慧低碳示範島的水資源規劃

劉昌文 經濟部水利署副總工程司
張旭福 國立金門大學建築學系副教授
顏彬峰 高苑科技大學綠環境設計學程兼任助理教授

壹、前言

海島淡水資源的供應和品質近年來已受到國際的重視，因為許多國家正面臨嚴重的水資源短缺危機，以及地下水資源枯竭和嚴重污染（Postel, 1992）。在澎湖，旅遊業近年來迅速增長，觀光發展潛力備受關注。然而此發展之下卻使得水資源消耗不斷提升，因此合理的水資源管理對於澎湖的永續發展非常重要。為了克服缺水問題，特別是未來，應該採取若干措施來保護水資源和環境（Grenon and Batisse, 1991）。未來的水源供給勢必依賴適當的資源規劃及利用管理等方式。因此，了解當前的水資源使用模式至關重要（Gössling, 2001）。在這樣的背景下，本文主要透過檢視現行澎湖智慧低碳島計畫，反思低碳海島水資源規劃的課題，提出未來可行的利用及管理方案。

貳、低碳島推動背景

當第一份聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的研究報告在 2008 年公布之

後，我國即致力於推行「節能減碳」的策略，於同年世界環境日亦簽署「總統府節能減碳十大宣言」，希望臺灣也能跟上世界的腳步，落實低碳概念。經濟部已定有相關節能減碳目標，透過法規體制、低碳能源系統改造、打造低碳社區與社會、營造低碳產業結構、建構綠色運輸網絡、營建綠色新景觀與普及綠建築、擴張節能減碳科技能量、節能減碳公共工程、深化節能減碳教育、強化節能減碳宣導與溝通等 10 大措施，期望全國二氧化碳排放逐漸減量，於 2020 年回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量（經濟部，2010）。

2014 年，IPCC 的報告強烈指出，到了 21 世紀末，全球氣溫若平均增加 1.5 至 2.5 度，將造成極端的氣候變化，乾旱發生的持續時間會更長，降雨型態會改變，面積不大的島型區域將是受創最嚴重的地區之一（IPCC, 2014）。首先會面對的就是水源及水資源的分配問題，對於用水取得不易的離島—澎湖將更加明顯，不只民生用水取得有困難，還有農業（湖西鄉是澎湖面積最大的農業種植區）及生態用水也將面臨供給面的挑戰。

2015年，《巴黎協定》試圖具體性的提出因應氣候變遷的措施，其結論明確要求，本世紀結束前，要將溫度上升控制在「遠低於2度」，或盡力維持在1.5度內；從2020年開始，已開發國家每年提供1,000億美元作為氣候基金，支應減碳相關計畫；以及全球各國須致力在本世紀後半葉達到排碳上限，讓排碳量開始邁向負成長。在第22屆聯合國氣候變化綱要公約締約國大會（the 22nd Conference of the Parties, COP22）中也特別強調水資源規劃與管理對氣候變遷之重要性。

由於氣候變遷的趨勢明顯，因此我國政府也致力於推動各項計畫，例如智慧低碳島的推動，並各依特色分工負責，其中金門由環保署負責，澎湖由經濟部負責，綠島、小琉球由交通部負責，相關計畫發展如圖1。澎湖智慧低碳島

計畫是以追求地方永續發展的環境管理為策略，採低工業、低開發、低成長等為澎湖具備低碳示範島的三個重要條件，一旦計畫成功，將可作為其它縣市或島嶼地區實施節能減碳的最佳參考，並向國際宣揚減碳成果。

參、推動澎湖低碳島專案計畫

2010年行政院通過節能減碳總計畫，將低碳島計畫列入35項標竿型計畫之一，經濟部能源局積極規劃澎湖低碳島的設置內容，提報行政院於2011年1月6日核定辦理「建置澎湖低碳島專案計畫」。行政院5年內補助80億，中央與澎湖縣政府合作共同推動的低碳島計畫相關建設內容包括「再生能源」、「節約能源」、「綠色運輸」、「低碳建築」、「環境綠化」、「資源循環」、「低碳生活」與

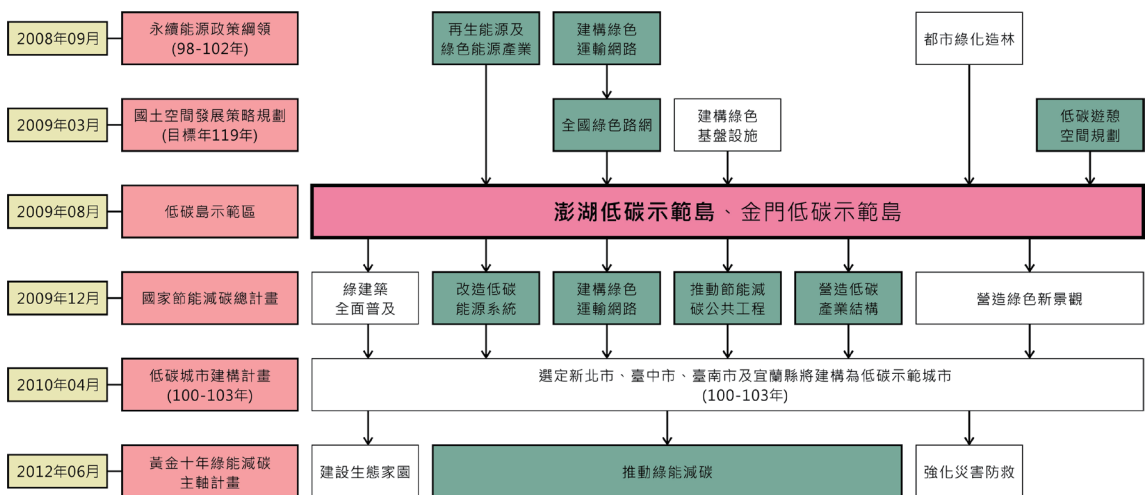


圖 1 我國低碳方案相關計畫發展

資料來源：《低碳海島評估指標架構之研究》（顏彬峰，2017）

「低碳教育」等八大面向，詳見圖 2。澎湖低碳島的示範建置，將綠色能源的技術，設備及研發成果，全面導入應用。將以全島能源供應 50% 以上的再生能源為目標，推動澎湖成為世界級低碳島嶼之標竿。預期完成後，溫室氣體減量將達 60%，人均二氧化碳排放 5.4 噸／人·年降為 2.1 噸／人·年。此外，將應用低碳生活服務與節能減碳科技，催生澎湖的低碳觀光旅遊，順而帶動相關產業發展（經濟部能源局，2000）。

考量澎湖地區未來長久供水穩定、安全出水備載容量及水源調配順暢，經濟部水利署及臺灣自來水公司推動興建海水淡化廠計畫，以確保民生及觀光用水無虞。澎湖縣境內至 101 年底

已完工之海水淡化廠計有 10 座，每日海水淡化水產量總計 18, 280 公噸，所有海水淡化廠皆使用 RO 逆滲透淡化技術進行，並以民生用水為標的。澎湖桶盤嶼日產 200 公噸海水淡化廠，於民國 98 年已更新改善，採用最新的薄膜技術與節能減碳設施，將海水淡化廠的單位產水耗能量由每公噸 8 度電降為每公噸 3 度電。由於海水淡化廠與發展綠色能源因能源消耗及碳排放因素，可能無法完全契合；再以風力發電為例，未來海淡廠結合綠色能源之發展趨勢，將走向海淡廠保證收購綠色能源之間接使用方式，將可擴大綠色能源與海水淡化廠之結合應用（經濟部水利署，2010），以利智慧兼減碳排放的執行。

在「建置澎湖低碳島專案計畫」中，「資源



圖 2 澎湖低碳島八大推動面向

資料來源：（本研究繪製，2017）

循環」的面向裡，經濟部水利署於 101 年補助澎湖縣政府於馬公國中及湖西鄉龍門遊客中心各設置 50 噸雨水貯留設施，年雨水供水量可達約 2, 500 噸；另一方面，臺水公司自 100 年至 104 年 6 月底，已完成澎湖地區分區計量管網規劃及建置 42 個小區管網、辦理 8 件汰換舊漏管線，汰換長度達 32.538 公里、修漏 3, 665 件，104 年 6 月底漏水率已下降至 22.38%。

澎湖智慧低碳島的推動建設相當複雜難為，又為確保各項規劃進度能如期如質完成，亟需建

構完整的推動組織促使各相關執行部門緊密協調合作。故澎湖低碳島計畫由經濟部次長擔任「建置澎湖低碳島專案計畫推動會報」召集人，督導計畫整體推動及跨部會協調事宜。澎湖縣縣長擔任推動會報副召集人，協助督導該府各局、處執行相關工作事項，其組織與分工如圖 3。各負責單位指派一定層級主管人員擔任聯繫窗口，配合管考工作及出席相關推動會議。並定期舉辦推動會報及協調跨部會事宜，確保智慧低碳島建設順利執行。

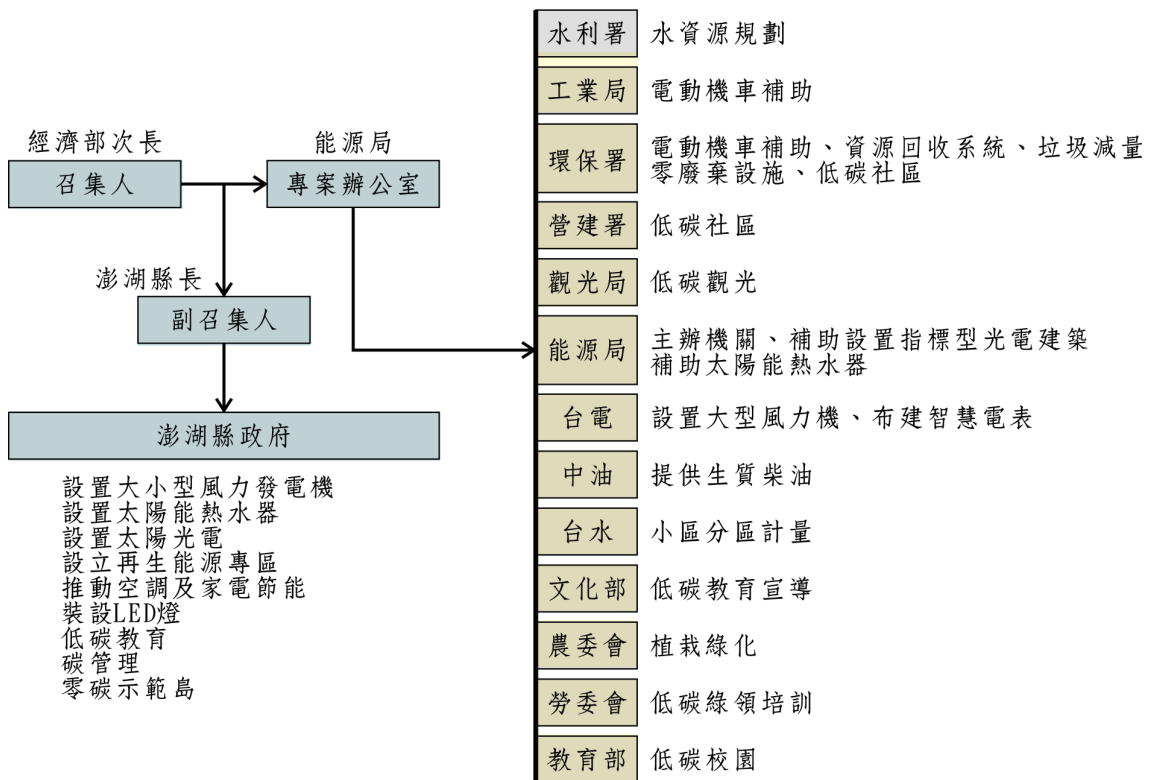


圖 3 澎湖低碳島推動組織

資料來源：《低碳海島評估指標架構之研究》（顏彬峰，2017）

肆、澎湖執行低碳海島規劃相關課題

澎湖地形礙於自然環境的特殊，現階段發展智慧水規劃管理或低碳社區，尚有幾個課題有待突破，說明如下：

一、地方居民的認同

居民對低碳島議題的理解程度與公共認知，可視為主導整個低碳島計畫的成敗關鍵；達成低碳生活的永續發展模式，是計畫的願景，一個需要由澎湖居民共同努力奮鬥完成的未來。若是民眾想到低碳島時，不聯想到整個澎湖未來的永續發展，便無法增進民眾對此議題的理解，較難深化永續發展的公共認知（陳永晉，2014）。

二、觀光與居住人口對水資源需求的增加

澎湖地形環境特殊，降雨機率小，旱季來臨時，供水時常短缺。在觀光季節遊客大量湧入，每年7、8月份遊客數曾高達16萬餘人，有關人數統計如圖4。也發現非常態性用水需求瞬間增加，且不論遊客或居民均對缺水危機意識模糊，導致水資源有習慣性的浪費。目前臺灣每人每日用水量介於250-280公升，是世界各國平均值的兩倍，歐美等水資源相對充足的國家，用水量不到我們的三分之一，鄰近的日本東京，每人每日平均只用241公升，顯見臺灣民眾的心態，未有節水概念，導致用水量偏高。

三、澎湖地表無長駐河流

澎湖地形平坦，主要降雨時期為每年4-8月，雨水彙集形成逕流，流入低窪處，其餘均滲入地下層為潛流。澎湖地區分為馬公白沙、西嶼、望安及七美等四大供水系統，供水來源包括成功、興仁等地面水庫與西嶼、馬公海淡廠

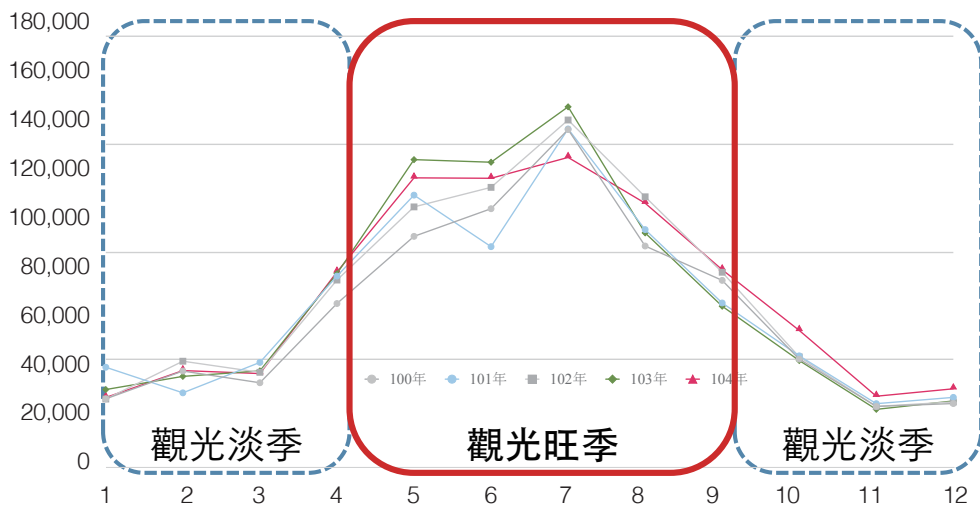


圖4 觀光季節遊客大量移入

資料來源：（澎湖縣湖西鄉休閒農漁業資源調查與遊程規劃）（張旭福、顏彬峰，2017）

及赤崁地下水庫、地下水井等。就水量方面尚可滿足澎湖各供水區至民國 110 年之自來水供水需求並減少抽用該區地下水，惟馬公第二海淡廠於 107 年完工將可增供 0.4 萬噸／日水量，並減抽約 0.2 萬噸／日地下水後，仍不足以改善該區地下水質鹽化趨勢，因此，有必要持續推動相關水源開發計畫（經濟部水利署，2014）。

四、永續發展的水資源管理

澎湖區域的發展與水資源有極大的關聯性，長期以來水資源的經營管理，便成為澎湖地區是否得以永續發展之重要課題。為確保澎湖乾淨水資源的品質與供應，維持基本的公共衛生，必須注意擁有衛生設施與安全的飲用水之人口比率，並積極減少污染源，俾降低水資源之污染，須定時確實檢驗每人及每戶用水量及地下水保育、乾淨水中之大腸菌數、水體之生化需氧量、廢水處理範圍、水域網路密度等指標。

伍、澎湖低碳島水資源規劃與執行策略

營造一個友善水資源的離島生活環境，從過程中已診斷水資源利用及分配的重要，在配合推動低碳水資源管理及利用上，本研究擬提出相關措施與發展願景及策略建議如下：

第一，提倡中水及雨水回收再利用。澎湖地區目前還沒有污水處理廠，只能推動家戶、社區學校與機關等單位的生活雜排水回收再利用。為促進水資源有效利用，在不妨礙居住環境之

安全、健康及舒適條件下，提供建築物中水及雨水回收再利用，就中水與雨水利用系統相較，因中水利用系統收集了部分污染水源，故淨化設備會比雨水利用系統昂貴，但卻具有水源穩定的優點，因此兩者若能搭配使用，對於整個海島水資源的利用，有其正面的貢獻與意義。

具體作法可依據澎湖各地區的日平均降雨水量，估算可收集的雨水量，在適合的區位設置中水及雨水回收再利用系統，規劃內容以符合經濟效益、安全簡易、容易維護管理等為原則，設置初期較適用對象為集合式住宅或民宿、政府機關、學校等空間，待技術成熟後再推廣至一般住家。新的建築物如有規劃污水處理設備，則應在規劃時納入中水及雨水回收再利用系統，依回收水的使用目的，選擇各種水質淨化設備。並參考《澎湖縣低碳建築設計準則》中，設置雨水貯留利用系統（水撲滿：容量 1.5 公噸以上），或生活雜排水回收再利用系統，且需符合建築技術規則建築設計施工編第三百條及同編第三百一十八條之規定。

第二，落實各項水資源管理，為了確保水資源之存量，必須注意地下水抽取量及水庫水位。對影響澎湖水資源利用的任何開發行為或抽取水資源對環境的衝擊，必須進行環境影響評估。在水資源的運用上，必須考量維持生態平衡，在滿足平均需求的狀況下，鼓勵使用水庫用水，並保持用水之品質於可接受之範圍內，並應注意水資源的使用強度、缺水頻率、缺水延時及範圍、水價、水資源的消費等指標。惟地

下水源方面仍應減少使用，以備緊急救援使用。

第三，確實掌握人均用水量，並宣導節約用水。讓民眾了解水資源的重要性，以量化的方式定期公布澎湖人均用水量，使民眾有感。上述每人每日用水量係指每人每日「生活」用水量，乃依據臺灣自來水公司用戶種類之「一般用水（普通、商業、軍眷）」、「機關及其他（機關、市政、優惠、追償、其他）」，以及臺北自來水事業處用戶種類之家庭、營業、機關、學校、市政或其他等之售水量，除以用水人口計算而得。

第四，改善汙水排放，污水改善為水資源環境衛生上具體控制及改善的評估指標，著重於建築空間設施及使用管理相關的評估項目。《澎湖縣低碳建築設計準則》內規定，總樓地板面積達 1,200 平方公尺以上之旅館，及建築基地面積達 0.2 公頃或戶數達 20 戶以上整體建築開發者，應依《建築設計規則》建築設計施工編第十七章第五節「建築物雨水及生活雜排水回收再利用」規定辦理。另外，在社區層面，可設置生活污水自然及生態淨化池，以自然生態方式淨化處理社區生活污水，增加水資源再利用，另落實環境教育，可定期辦理污水循環再利用活動課程與宣導水資源再利用知識，以培養民眾節水之概念。著重於各項污水循環再利用示範活動，並輔助社區各單位申請補助，鼓勵民眾共同節水。

第五、推動基地保水，利用建築基地涵養

雨水及貯留滲透雨水，進而改善土壤生態環境、調節環境微氣候。建築基地環境開發如採用不透水鋪面設計，已造成土地喪失吸水、滲透、保水等能力，減弱滋養植物及涵養、蒸發水分的循環能力，無法發揮土地自然調節氣候的功能。因此，《澎湖縣低碳建築設計準則》規定建築物留設之法定空地，其空地應有 50% 以上保留為綠地或透水鋪面，以涵養及貯留滲透雨水。若透過以上規劃策略，將水資源有效循環再利用及逐步達成水資源有效回收，減少浪費，將使澎湖逐步邁向低碳海島的目標。

第六，水利署已再研擬「離島地區供水改善計畫二期計畫」，期程自民國 108 年至 113 年，將接續前期計畫完成時間，讓供水改善策略由第一期以開發為重，調整為第二期以管理為重，預期澎湖地區辦理完成後將有如下新增效益：

一、澎湖地區湖庫集水區雨污水分流改善工程，完成後預期每年可增加 4.0 萬噸水資源。

二、澎湖七美吉貝海淡廠興建完成，可確保每年穩定供水約 54.8 萬噸海淡水能力，同時減少地區地下水抽用量。

三、澎湖地下水監測及整體水資源管理系統建置，作為水資源智慧管理之基礎。

上述計畫已納入行政院 106 年 4 月所提前瞻基礎建設計畫之水環境建設中，將俟行政院

核定後據以推動，計畫完成後可進一步滿足離島地區至民國 120 年公共用水需求，確保水資源安全與永續利用目標。

陸、未來展望與結語

澎湖因觀光發展所產生的對水需求量增加及日益嚴重的氣候變化因素，導致水資源短缺，為澎湖海島發展的挑戰關鍵。澎湖受先天環境條件限制下，所擁有的水資源相當有限。因此水資源的合理分配就顯得重要，水資源的規劃必須考量澎湖智慧低碳島整體發展的課題，對症下藥，開發多元化的水資源來源，以求符合各方的需要。

在節流方面，應建立民眾正確用水觀念，配合開徵水權費，以符合使用者付費原則，水利設施屬於大型又複雜建設，會隨著時間劣化而影響其功能，為了確保能提供穩定的水資源，水利設施的維護就更重要，因此，所收之水權費可作為低碳海島發展及維護澎湖水利事業等之專款使用。

綜上，因應全球氣候變遷及澎湖未來之發展，除需強化水資源之規劃、營運及管理利用外，並應積極開發再生水、海淡水、貯留雨水等，提前因應極端氣候時的水資源短缺困境，倘由政府與民間相互合作永續利用水資源，當能建立用水無虞及優質的離島低碳生活與社區環境。

參考文獻

1. 張旭福、顏彬峰。2015。澎湖縣湖西鄉休閒農漁業資源調查與遊程規劃（契約編號 AF-105-22）。澎湖：澎湖縣政府農漁局。
2. 陳永晉。2014。永續發展的美夢？澎湖邁向低碳生活島之判斷與決策分析。國立中山大學公共事務管理研究所碩士論文。
3. 經濟部。2010。國家節能減碳總計畫。臺北：行政院節能減碳推動會秘書處。
4. 經濟部水利署。2014。重大水資源規劃作業計畫（103 至 108 年）。臺北：經濟部。
5. 經濟部水利署水利規劃試驗所。2010。離島地區中長程供水檢討規劃。臺北：經濟部。
6. 顏彬峰。2017。低碳海島評估指標架構之研究。國立成功大學建築研究所博士論文。
7. Gössling, S. 2001. The consequences of tourism for sustainable water use on a tropical island: Zanzibar, Tanzania. *Journal of Environmental Management* 61 (February): 179-191.
8. Grenon, M. and Batisse, M. 1991. *Futures for the Mediterranean Basin: The Blue Plan*. New York: Oxford University Press.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014*. Switzerland: IPCC.
10. Postel, S. 1992. *Last Oasis: Facing Water Scarcity*. New York and London: W.W. Norton & Company.