



第二十卷第二期 2018.12

ISSN 1606-2604

行政院新聞局局版

北市誌第 2415 號

發 行 人：楊偉甫

發 行 所：中華水資源管理學會

總 編 輯：張敬昌

副總編輯：虞國興

出版委員會委員：毛振泰 王藝峰
 李振誥 林國華
 林鎮洋 張良正
 張尊國 陳清田
 陳榮福 葉陳萼
 虞國興 鄭友誠
 簡昭群 蘇明道
 (按姓氏筆劃排列)

本期企劃：虞國興

執行編輯：陳英仁

會 址：10055 台北市中正區
仁愛路二段一號四樓

電 話：(02) 2392-6349

電話傳真：(02) 2396-4260

電子信箱：
water23926349@gmail.com呈 印 者：中禾實業股份有限公司
地 址：22161 新北市汐止區
中興路 98 號 4 樓之 1

電 話：(02) 2322-1930

目 錄

特別企劃

孕水

林鎮洋 02

專 論

前瞻水庫集水區保育

王藝峰 04

推動具優養化潛勢水庫集水區總磷總量削減管制策略

葉俊宏、魏文宜、張根穆、陳薏涵、林鎮洋、李祖川 14

環境信託是否可作為我國的水源保育策略之一？

陳起鳳、王國樸、郭玲惠、康世芳 25

台灣都市河川的前瞻想像

廖桂賢 40

台灣海綿城市的推動與展望

陳伸賢 50

學會動態

會務報導

秘書處 64

會員資料填表

秘書處 66

入會繳費方式

秘書處 68

孕水

林鎮洋
國立臺北科技大學土木系 教授

人從娘胎開始就浸泡在水裏長大，所以說 No Water No Life 再貼切不過；水往低處走，孕育在山裡，行走於水路，切割出河川，再自然不過；水是有記憶的，也是很懷舊的，它是天神派遣降臨人間的使者，獎善罰惡，對於保護大地的人們予以甘霖滋潤，而對於別有私心、濫伐林木者予以懲罰。特別是近都市的河溪，它原是具有無限生機提供民眾平日休憩，儲存與調節雨水，循環不息地供養著生物的棲息之所，然而因其受人為的破壞而令民眾屢遭大地的反噬。河川是水在人間的其中一個家。它是我們最友善的鄰居，可惜的是民眾對於這位提供我們許多服務的鄰居並不感恩與珍惜，經常排放出各種污染物任其生病，甚至連它病入膏肓也不聞不問。這樣的循環，使我們當時對水的恩賜視為當然，除非遭逢反噬，否則從不重視平時的孕水、育水與保水。

殊不知老天給台灣豐沛的水資源，卻因管理未到位而同列「五缺」之一，深自反省，我們是否還有水庫萬能的迷思？我們是否仍相信外水與內水一定會

乖乖照水道治理線行走？集水區範圍廣大管理不易，以致只能徒呼「個個有關係、人人沒責任」？還是我們願意擴大「系統思維」，肯認「森林水庫、人工水庫、地下水庫」之相互與共，重視源頭治理以「預防重於治療」的積極作為來做集水區管理，增加水的入滲、分散水的流動，搭配既有的排水與防洪系統把水留下來。國際間對於「生態、環保」之觀念已蔚為潮流，並從口號轉化為行動，尤其集水區保育、土木建築及環境保護等基礎工程皆期望將安全、生態、永續的概念付諸實行！

本期水資源管理期刊，特邀請經濟部水利署王藝峰副署長從上游的「前瞻水庫集水區保育」談起，構思「加強保育、良善治理」之水源保育策略，由傳統水土治理工程出發，擴及國土規劃、水質水量保護區管理、生態環境評估。透過「前瞻計畫 — 加強水庫集水區保育治理計畫」提供跨域整合平台與資源。環保署水保處葉俊宏處長「推動具優養化潛勢水庫集水區總磷總量削減管制策略」揭示政府進行污染源頭管理作法，

長期針對具優養化潛勢水庫進行調查及研析集水區污染削減策略，希望採用新型綠色技術、採樣技術以及分析技術，為優養化水庫管理提出前瞻性對策，故以水庫優養化主要污染物「總磷」為優先改善標的，針對水庫集水區中「點源污染熱區」，積極優先推動「總磷總量削減管制」工作，目前正輔導縣市政府依法劃設公告總磷總量削減管制區，戮力推動點源總磷總量削減，降低水庫集水區營養鹽污染負荷，維護水庫水體水質。而陳起鳳教授則探討「環境信託」方法是否可以導入水源保護區，作為水源保育工作之一。文中衡量我國民風國情以及相關法律規範下，分析在水源保護區實施水源環境信託，有哪些需克服議題，以及有何因應之道。整體來說，於水源保護區推行環境信託對於水資源管理、環境保育有正面幫助，克服本文所提困難後，可將此土地管理方式應用到水源保育工作，強調公私協力之夥伴關係，因地制宜並永續經營。

到了流域的中下游，廖桂賢教授「台灣都市河川的前瞻想像」提及台中市政府將 2016 年已改善完成的「柳川水岸步道」開放給民眾休憩後，又進一步地以其所認為的「生態工法」將綠川長約 610 公尺的河段改善成「新盛綠川水岸道」，後者於 2018 年 2 月揭幕，其中值得一提的是，它將東協廣場前方被加蓋的河段

「開蓋」。為市民創造舒適的親水開放空間，用心值得肯定，但不值得 copy and paste，作者語重心長地提醒大家，要前瞻，我們就必須要拋棄所謂「台版清溪川」的刻板想像，要使河川能夠提供多樣的「生態系統服務」(Ecosystem Service)。最後中興工程顧問社陳伸賢執行長的「台灣海綿城市的推動與展望」，論述如何透過兼顧基地雨水貯留、滲透雨水、涵養地下水之海綿城市概念，從源頭降低逕流量，提升防洪效能，降低排水系統負擔，恢復都市水文循環，提升城市的韌性，並透過實例從土地使用的管制、建築執照的審批、基地所有人對於透水保水相關設施應具之維護管理責任及罰則之訂定等方式，由上而下有系統地實施，可有效推動海綿城市的建設。

我們認同設置 LID 設施確能有效抑制地表逕流、降低洪峰流量，舒緩熱島效應及減少非點源污染，但絕不是廣設 LID 就能解決都市洪患問題，而是應結合既有都市排水系統，發揮「一加一大於二」的效果，同時未來更應積極埋設流量計、溫度計、入滲儀等自動監測系統，藉由這些感測器形成物連網，為智慧城市 (smart city) 打下基礎，也讓綠色建設 (green infrastructure) 與灰色建設 (gray infrastructure) 結合成真正的永續工程 (sustainable engineering)。

前瞻水庫集水區保育

王藝峰
經濟部水利署 副署長

一、穩定供水的關鍵挑戰

台灣位屬東亞季風區，雨量豐沛，但降雨時間及空間分布不均勻，在每年 11 月至翌年 4 月的枯水期，降雨量僅占全年總降雨量 25%，降雨豐枯懸殊的現象至為顯著，其中又以南部地區最為懸殊，興建水庫以蓄豐濟枯，是枯水期穩

定供水的必要措施。目前全台共有 95 座水庫，其中本島有 65 座（圖 1）、澎湖地區 8 座、金門地區 13 座、連江地區 8 座及臺東縣綠島鄉 1 座。本島 33 座公共給水水庫每年提供約 64 億立方公尺的消耗性用水，包含灌溉用水佔 47%、工業用水佔 4%、公共給水佔 49%。水庫集水區

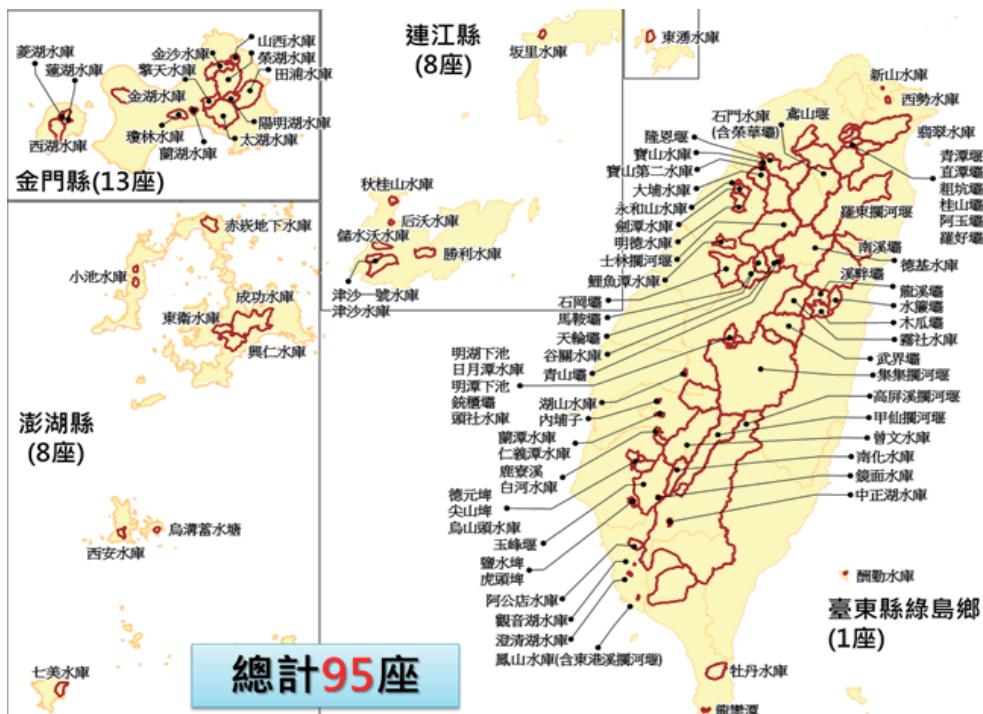


圖 1 臺灣地區公告水庫位置圖

面積總計 12,151 平方公里，佔國土面積高達 34%，而「供家用或供公共給水」者 63 座，集水區面積合計 8,748 平方公里，約佔全國面積 24%（圖 2）。

囿於地形山高流急，地震、颱風災害不斷；又地狹人稠，集水區面積廣闊開發壓力高，水質污染風險高。特別是 921 地震造成 1 萬 1280 公頃的新增崩塌，土砂隨著歷次颱風豪雨下移（圖 3），造成水庫嚴重淤積約占 3 成的蓄水容量（圖 4）。如何確保水庫集水區之水源穩定及水質純淨，是現階段台灣水資源永續的關鍵課題。

「管制開發」是政府水源保育政策傳統的核心思維。自來水法及飲用水管理條例，皆訂有劃設「自來水水質水量

保護區」及「飲用水水源水質保護區」條文，以禁止或限制貽害或污染水質水量行為；環境影響評估法亦於相關準則加重集水區開發的環評要求。93 年艾利颱風災後，社會對加強管制土地開發，以遏止土砂災害之呼聲升高。行政院於 95 年 3 月核定「水庫集水區保育綱要」，要求各水庫集水區管理機關（構）擬訂保育實施計畫，整合水、土、林治理與管理目標；98 年莫拉克颱風之後，內政部更進一步於 99 年公告「變更臺灣北、中、南、東部區域計畫（第一次通盤檢討）— 因應莫拉克颱風災害檢討土地使用管制」，加重「重要水庫集水區」的土地管制，禁止國家重大建設及保育發展以外的任何開發行為。

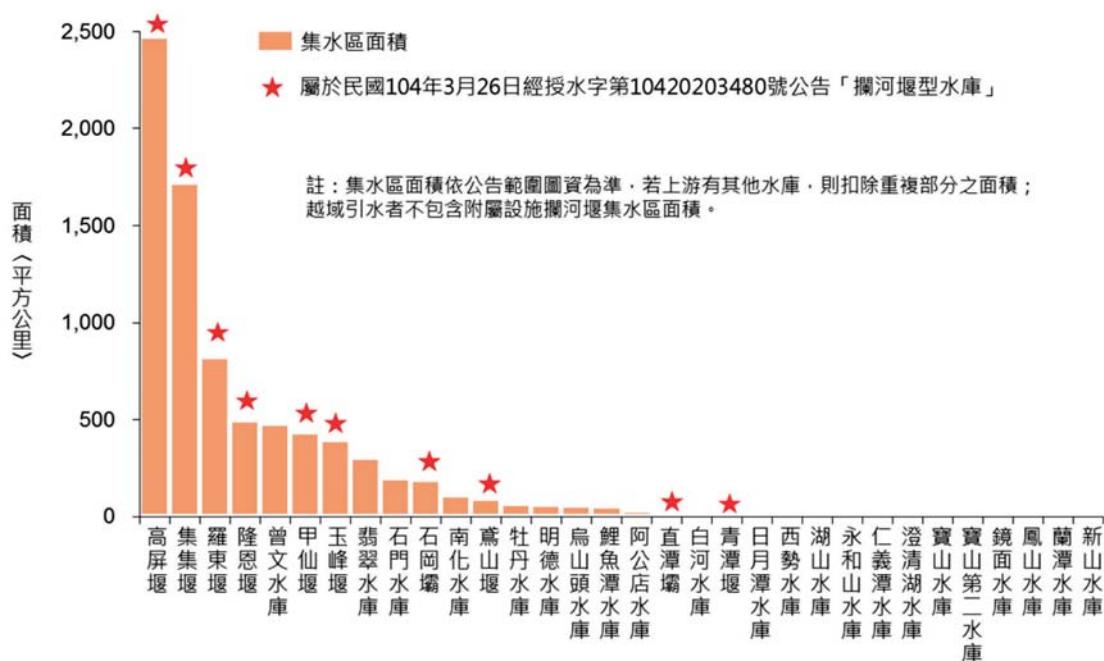


圖 2 水庫集水區面積排序圖

■ 颱洪加劇土砂下移造成水庫淤積

曾文水庫主要受10場颱洪造成淤積合計約2億m³，佔現總淤積量之7成，石門水庫現況亦同

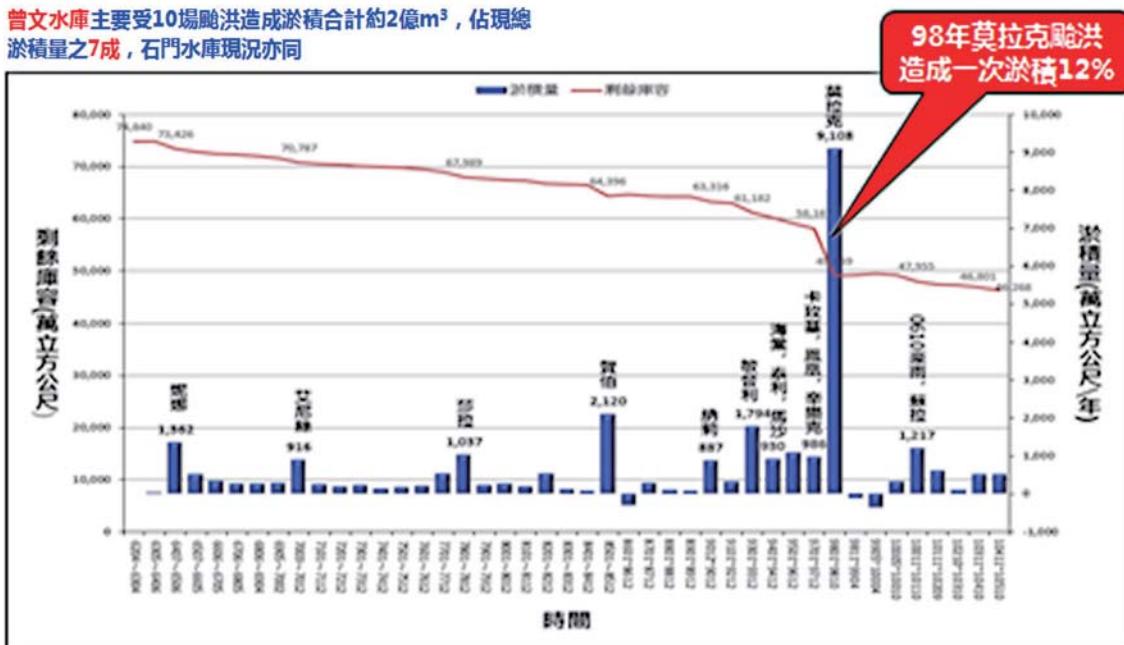


圖 3 颱洪造成曾文水庫淤積圖



圖 4 台灣水庫淤積現況圖

但水庫集水區範圍大，嚴格的土地開發利用限制，在無法細緻考慮低災害潛勢地區或低污染開發行為之土地的合理使用下，執法困難。雖於 93 年創立「保育回饋費」制度，提供水源保護區內居民每年約 12 億元的回饋費，仍難以平撫民眾因權益受損而產生的阻抗行為，甚而讓新水庫的建設困難重重。而村落生活污水及傳統農業行為的施肥、農藥等污染問題，也持續威脅著水質安全。104 年蘇迪勒颱風對新店溪上游集水區帶來的嚴重災害，顯示新增的崩塌地區與地

質敏感區相關性高，即使採取嚴格土地管制的台北水源特定區，也難以完全解決土砂的挑戰。

氣候變遷衝擊下的水資源挑戰，更為嚴峻。2018 年水利署擘劃「開源」、「節流」、「調度」、「備援」（圖 5）為主軸的產業穩定供水策略行動方案，2031 年將增加 519 萬 CMD 的水源，提供社會經濟發展所需。要落實前述的目標，「管制開發」之外的水源保育前瞻思維，將是政策成敗的關鍵挑戰。

穩定供水行動方案 (預估至120年總投資超過4,200億元)

策略	開源	節流	調度	備援
建設目標	增加供水能力 確保產業用水供應穩定安全	提高用水效率 加速減漏及農業節水 減輕水源開發負擔	增加支援能力 建置區域支援調度幹管及產業園區供水管網	降低缺水風險 加強供水韌性及有效備援，降低缺水風險
具體行動方案 (單位：萬噸/日)	<p>短期計畫(108年前完成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 北部：中庄調整池(2.4) 中部：湖山水庫(43.2)；借道福馬圳供水(彰濱工業區5) 南部：曾文水庫蓄提升(增加庫容5,500萬噸)、臺南高雄水源聯合運用(10)、高屏水井新鑿(4)及鳳山溪再生水(4.5)。 <p>中長期計畫(109~120年)</p> <ul style="list-style-type: none"> 北部：雙溪水庫(12.6) 中部：烏鵲潭人工湖(25)、大安大甲溪水源聯合運用(25)、水湳再生水(中科園區2)及福田再生水(台中港工業區6.1)、天花板水庫(26) 南部： <ol style="list-style-type: none"> 白河水庫更新改善(2.8)、永康安平仁德再生水(6.3)及鹽海再生水(3.3) 待檢討推動方案：鹿寮溪水庫更新改善(5)、南化第二水庫(17)及高屏大型蓄水空間(10)等其他可行方案。 	<p>短期計畫(108年前完成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 續辦降低漏水率計畫(102-111年)於109年降至14.25%，相當於節水北部(16)、中部(2)、南部(1) 加強灌溉管理(掌水工)及用水查核 提升農業用水效率(相當於節水5)： <ul style="list-style-type: none"> 多橋的水庫灌漑節水推動一期作轉作北部：石門水庫(2)、中部：明德水庫(1)及南部：曾文水庫(2)等。 辦理圳路更新改善及管路灌漑。 鼓勵工業用水循環利用 <p>中長期計畫(109~120年)</p> <ul style="list-style-type: none"> 辦理降低漏水率二期計畫(112-120年) <ol style="list-style-type: none"> 全國漏水率以民國120年降至10%為目標，相當於節水北部(17)中部(20)南部(15)。 用水成長較高南部區域，集中資源加速辦理，於111年降至10%。 提升農業用水效率(豐水期節水6.2億噸枯水期節水1.8億噸) <ol style="list-style-type: none"> 對地綠色環境給付。 農業生產結構調整及發展節水栽培技術。 待檢討推動方案：鹿寮溪水庫更新改善及管路灌漑。 工業優先使用再生水及提升回收率 	<p>短期計畫(108年前完成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 增加調度彈性 <ul style="list-style-type: none"> 北部：板新供水改善二期計畫(調度輸水72>101) 重要大型工業區規劃增加複線。 強化輸水幹管計畫：管徑大於800mm、送水量每日20萬噸以上及使用超過20年者共15條，長度約132公里，研訂安全評估計畫。 <p>中長期計畫(109~120年)</p> <ul style="list-style-type: none"> 增加調度彈性 <ul style="list-style-type: none"> 北部：桃園新竹幹管(調度輸水20) 南部：曾文南化聯通管(調度輸水80)、玉峰堰產業用水專管(10) 檢討農業用水調度機制 	<p>短期計畫(108年前完成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 南部： <ol style="list-style-type: none"> 大樹伏流水(備援10) 新烏山嶺隧道(備援400) 高屏溪伏流水(備援15) <p>中長期計畫(109~120年)</p> <ul style="list-style-type: none"> 北部： <ol style="list-style-type: none"> 翡翠輸水專管(備援270) 防災備援水井(備援7) 中部： <ol style="list-style-type: none"> 湖山水庫第二原水管(備援86) 防災備援水井(備援15) 濁水溪伏流水(備援7) 南部： <ol style="list-style-type: none"> 防災備援水井(備援3) 大岸溪伏流水工程(備援15) 改善東港溪水質(備援10) 離島： <ol style="list-style-type: none"> 離島二期(水庫浚渫及地下水涵養)

圖 5 穩定供水方案

二、水源保育前瞻思維 — 加強保育、良善治理

「加強保育、良善治理」是水利署為未來提出的水源保育新思維。

政策願景：讓每處水庫集水區都擁有像台北水源特定區一樣的青山好水，但無須施以高強度的土地管制（圖 6）。

良善治理：配合全國區域計畫及全國國土計畫的訂定，將水庫集水區「分級分區管理」思維納入國土管制策略，讓不宜開發利用的土地禁止開發；讓適宜開發利用的土地在做好污染、土砂管理下，合理開發。配合 114 處自來水水質水量保護區禁止限制貽害水質水量行為，讓保育與地方發展兼顧！（圖 7）

加強保育：加速完成各水庫集水區保育實施計畫的訂定，並於前瞻基礎建設計畫 — 水環境建設 — 加強水庫集水區保育治理計畫，編列 97.9 億元（2017 ~ 2011），以補充公務預算的不足，落實各項保育行動。

三、土地分級分區精準管理

經濟部於 102 年全國區域計畫中，首度建議內政部將水庫集水區土地分級分區管理政策納入全國區域計畫，將供家用或供公共給水的水庫集水區列為「第一級環境敏感地區」。106 年更進一步建議內政部將水庫集水區土地分級分區管理政策納入全國國土計畫。

翡翠水庫		一般水庫	
主管機關	管理權責	無專責主管機關	治理權責
水利署(台北水源特定區管理局)	土地使用	✓ 依都市計畫、區域計畫分區使用，無特別劃設保護區 ✓ 依土地使用類別及目的事業法規開發利用，無特別管制 ✓ 特定水保區：禁止開發，惟長期水保計畫完成後即解除管制	
✓ 全區實施都市計畫，95%劃為都市計畫保護區 ✓ 僅得為低強度開發，舊有房屋始得改建，不得興建農舍	管理權責	✓ 水保管理：鄉鎮公所巡查，違規情形通報縣(市)政府查處 ✓ 建築及一般管理：回歸各縣(市)政府管理，依土地使用管制開發建築	
✓ 水保及一般管理：北水特有保警巡查，違規資訊通報縣(市)政府查處 ✓ 建築：北水特為主管機關，舊房始得改建，不得興建農舍		✓ 依 95 年水庫集水區保育綱要分工 ■ 水庫蓄水範圍（含保護帶）：由水利署治理 ■ 國有林班地治理：由林務局治理 ■ 上開二款以外之山坡地治理：由水保局治理 ■ 有關道路水土保持部分：由道路主管機關依權責辦理	
* 地方政府依災害防救法第 27 條，辦理水利、農業設施等災害防備及搶修。			

來源：農委會，107 年 8 月 13 日，水庫集水區保育治理及策進作為簡報

圖 6 台北水源特定區與一般水庫集水區管理比較



圖 7 良善治理政策架構

水庫集水區（供家用或供公共給水）土地若位於「與水資源保育直接相關之環境敏感地區」，屬不宜開發利用的土地，應管制不得變更編定開發。前述「與水資源保育直接相關之環境敏感地區」，包括特定水土保持區、飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離之地區、水庫蓄水範圍、森林（國有林試驗區、保安林等森林地區、區域計畫劃定之森林區、大專院校實驗林地及林業試驗林地等森林地區）、國家公園、都市計畫保護區。104 年蘇迪勒風災後檢討發現，新增的崩塌地區與地質敏感區相關性高。復考量中高海拔地區地形較為陡峭，土砂災害潛勢高，為避免地質敏感

區之開發利用造成大規模土砂災害之虞，「與水資源保育直接相關之環境敏感地區」增加「地質敏感區（山崩與地滑）」與「坡度 30%以上的山坡地」。

土地若位於非屬「與水資源保育直接相關之環境敏感地區」範圍者，採低密度開發並做好下列防治災害與污染工作後，有條件辦理變更編定開發。

(一) 增加開發者開發計畫或興辦事業計畫評估事項

開發案採低密度開發利用，並提出土砂災害、水質污染相關影響分析及因應措施納入開發計畫或興辦事業計畫，作為各級區域計畫委員會審議准駁或變更後目的事業主管機關核准與否之依據。

(二) 落實廢（污）水削減措施

開發者承諾設置雨、廢（污）水分流及廢（污）水處理設施，排出區外或處理至符合水源特定區放流水標準後排放區內水體。

(三) 嚴密水質管控

開發者須於地方主管機關指定地點設置水質監測設施，始得開發，監測資料應定期送地方主管機關備查。

(四) 建立廢（污）水及水質監測設施維護營運保證金制度

為確保廢（污）水處理設施、水質監測設施有效營運，開發者應於完成土地變更編定作業前，提撥一定年限之維護管理保證金至地方主管機關專戶。

以位處中低海拔的玉峰堰水庫集水區為例，採土地依分級分區管理，仍有73.6%的土地維持原有淺山型態，禁止變更編定。其餘屬地勢平緩的土地，在採行污染削減措施後有條件開發（圖8）。讓土砂災害及水源污染的風險降至最小，也能維持當地村鎮的社會經濟永續。

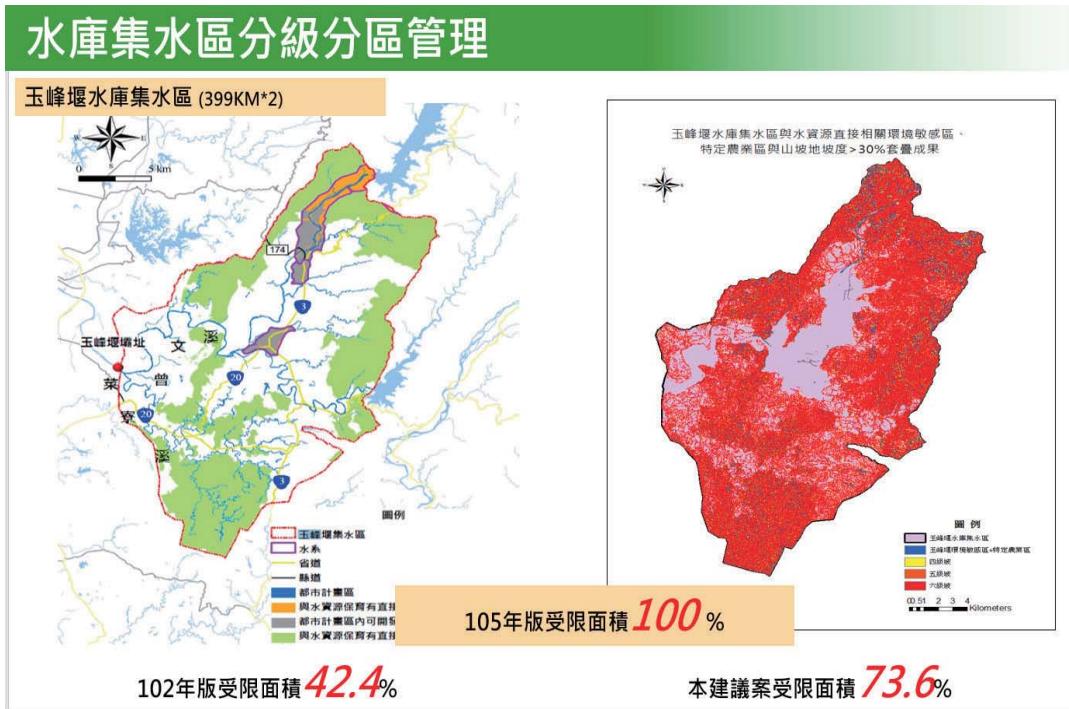


圖 8 分級分區對玉峰堰集水區土地利用的影響

四、前瞻基礎建設計畫—加強水庫集水區保育治理計畫

107 年經濟部依行政院「水庫集水區保育綱要」，完成 95 座水庫集水區保育實施計畫的核定。鑑於各保育實施計畫內容契合前瞻基礎建設計畫改善國家基礎投資環境、加強國內投資動能、帶動經濟發展及擴大全面性基礎建設投資的目標（圖 9）。爰就其中應加速提前辦理的內容，於「前瞻基礎建設計畫-水環

境建設」之「水與發展」主軸項下，由經濟部(水利署)、行政院農業委員會(林務局、水土保持局)及環境保護署提出加強水庫集水區保育治理計畫並共同執行。

計畫以「減少水庫集水區土砂災害」及「改善集水區水體水質」為兩大主軸。採行「分年執行」、「土砂防治」、「污染削減」、「生態保育」、「民眾參與」及「滾動檢討」6 大策略（圖 10）。

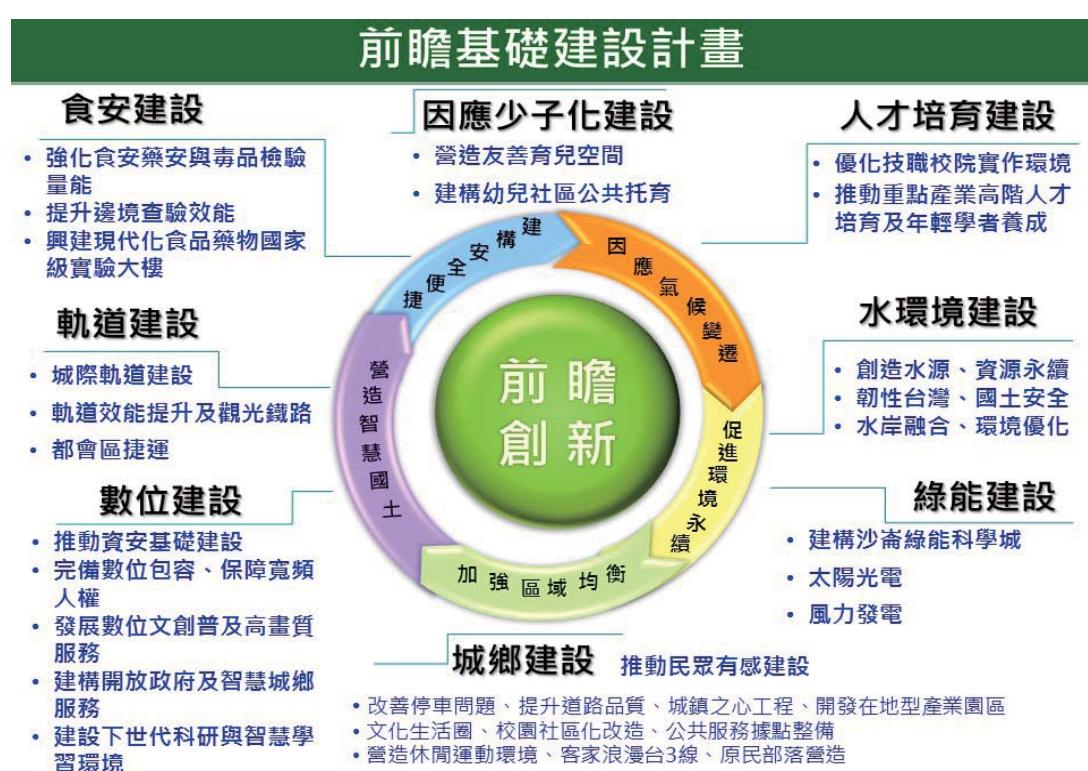


圖 9 前瞻基礎建設計畫架構



圖 10 加強水庫集水區保育治理計畫 6 大策略

其中在土砂防治策略上，採軟硬並重措施結合，除傳統抑止土砂生產減少泥砂入庫的「阻」、「擋」工法或「疏」、「導」工法外，並加強推動保育防災宣導，具體掌握泥砂來源，進行災害防治降低致災風險。至於濁度飆升問題，則同時建置相關預警系統，爭取應變及調度時間，減少停供水之風險。

在污染削減策略上，以設置合併式淨化槽之方式集中並處理聚落之民生污水，降低排放生活污水對於下游水庫之影響；而對於農業行為導致之非點源污染部分，考量以低衝擊開發（LID）或最佳化管理（BMPs）之方法，就其個別地區特性，採用適宜之工法或設施（例如植生滯留槽、草溝、污水截流溝等等）進行配置，以達到削減污染之目的。

在生態保育策略上，各工程皆納入生態檢核作業，將自然環境特性及生態保育納入整體考量，根據文獻蒐集與現地勘查結果，評估工程可能造成之生態環境衝擊。針對可能受到工程影響的重要棲地或生態敏感區域，採取迴避、縮小、減輕與補償等四項生態保育策略，降低工程對於生態環境的衝擊。

具體目標、量化指標及工作項目包括：

(一) 減砂入庫：控制土砂量約 2,270 萬立方公尺。

- (1) 崩塌處理：針對水庫集水區範圍進行崩塌地整治，減少土砂災害。
- (3) 野溪整治：針對各種野溪變化，採取適當之防砂設施對應整治，穩定與控制河床，防止或減輕野溪沖蝕、淘刷

與溪岸崩塌、或穩定蝕溝，防止擴大沖蝕，有效控制土砂生產與移動，減少沖刷與溪流兩岸崩塌，調節土砂下移量。

(3) 水土災害預警應變：辦理水土警戒基準值或災害潛勢區之檢討、調查與更新等，並進行防災應變演練宣導，增進民眾保育與防災知識，確保住戶與聚落的安全。

(二) 水質改善：本計畫執行範圍之水庫水體卡爾森指數呈現下降趨勢。

(1) 削減集水區生活與農業污染：推動村落型污水處理設施，有效減輕集水區分散式聚落生活污水，並推廣農業低衝擊開發措施，以削減農藥、肥料等非點源污染對水源水質的衝擊。另亦將優先於特予保護水庫水體（具優養化潛勢者）之特定集水區（如經環保署輔導地方政府公告劃定之水庫總磷總量削減管制區等）設置營養鹽削減及控制設施，減輕水庫營養鹽污染負荷，降低水庫優養化潛勢。

(2) 監測護水：調查集水區水環境資料或建置必要之監測設施，並強化即時監測及水質（濁度）預警機制，結合居民自主保育行動及各政府機關土地巡查、取締及管理作為，建立污染預警平台，另辦理快篩水庫污染熱區，以利強化水庫局部污染控制措施。

五、結語

今年(2018)4月開普敦差一點成為全世界第一個無水可用的城市，氣候變遷加上都市化、老年化等社會變遷，水資源永續成為衝擊人類發展的重要挑戰。水利署構思「加強保育、良善治理」之水源保育策略，由傳統水土治理工程出發，擴及國土規劃、水質水量保護區管理、生態環境評估。透過前瞻計畫—加強水庫集水區保育治理計畫提供跨域整合平台與資源。我們將有機會為下一代保有台灣FORMOSA的美景。

參考文獻

- [1] 經濟部，95年3月，水庫集水區保育綱要。
- [2] 經濟部，107年5月，水庫整體防淤管理策略。
- [3] 經濟部，106年8月，台北水源特定區保育實施計畫第三期。
- [4] 經濟部，107年5月，產業穩定供水策略行動方案。
- [5] 經濟部，106年7月，前瞻基礎建設計畫—水環境建設—加強水庫集水區保育治理計畫。
- [6] 王藝峰，107年4月，山河共治—集水區土砂收支與管理與談簡報，2018 土砂論壇。

推動具優養化潛勢水庫集水區 總磷總量削減管制策略

葉俊宏

行政院環境保護署水質保護處 處長

魏文宜

行政院環境保護署水質保護處 專門委員

張根穆

行政院環境保護署水質保護處 科長

陳蕙涵

行政院環境保護署水質保護處 薦任技士

林鎮洋

國立台北科技大學土木系 教授

李祖川

國立台北科技大學土木系兼任 助理教授

壹、緣起

水庫集水區保育工作是保障水庫供水的長期必要對策。雖然水庫多位於河川中上游地區，大都列於禁止開發區域，維持原始地形地貌，但臺灣因地小人稠，為經濟開發等因素，也使得水庫集水區面臨許多開發問題，各種開發行為對於水庫水質水量皆會產生不同程度的影響。

我國水庫水質現況依據 106 年水質監測資料顯示臺灣本島仍有六座民生用水水庫水質長期具優養化潛勢（寶山、明

德、白河、鏡面、澄清湖及鳳山）。影響水庫水質的因素複雜，包含天然地質地形、天候條件以及人為污染等，針對各優養水庫管理，皆須個別加以深入調查與問題探討。

行政院環保署長期針對具優養化潛勢水庫進行調查及研析集水區污染削減策略，希望採用新型綠色技術、採樣技術以及分析技術，為優養化水庫管理提出前瞻性對策，故目前以造成水庫優養化主要污染物「總磷」為優先改善標的，針對水

庫集水區中「點源污染熱區」，積極優先推動「總磷總量削減管制」工作，目前正輔導縣市政府依法劃設公告總磷總量削減管制區，戮力推動點源總磷總量削減，降低水庫集水區營養鹽污染負荷，維護水庫水體水質。

貳、關鍵問題研析

探討近年本島 20 座主要水庫之水質變化情形，分析水庫優養化發生原因、調查污染來源，綜觀臺灣本島水庫水質時而達到優養狀態 ($CTSI > 50$)，影響水庫民生用水。而影響水庫水質的因素頗多，除了人為污染貢獻及天候影響之外，水庫本身的型態及入庫溪流特性亦是重要的關鍵。

進一步分析水庫水質優養化成因，多數因水庫皆有營養鹽偏高、透明度不佳等問題，其中營養鹽（如總磷）污染源部分來自於點源，且為影響水庫優養化之關鍵因子。其問題分析如下：

一、水庫集水區土地權屬及主管機關複雜

水庫集水區因土地涵蓋農地、國有地及觀光遊憩用地等諸多土地類別及分區，其涉及包括農業、地政、商業等中央及地方主管機關，各主管機關亦有主管權責及法令，容易衍生本位主義及權責重複或不清問題，導致點污染源排放至集水區問題難以有效控制，總磷等營養鹽負荷逐年增加。

二、點源未能有效處理

臺灣水庫多位於高海拔區，故集水區點源包括住宅區、民宿、寺廟及農舍等點源分散且多數為老舊建物，其生活污水處理設施未臻完善，另外許多區域雖位於公共污水下水道系統收集範圍，惟因民眾意願及地形地勢等問題，導致家戶接管時程緩慢及整體家戶接管率偏低。且尚有許多區域因非屬都市計畫範圍，無設置公共下水道系統。諸如前述因素造成水庫集水區點源未能有效處理，造成生活污水總磷等營養鹽大量排放至水庫集水區，最終藉由地面水體或雨天逕流流入水庫水體。

三、污水處理設施缺乏營養鹽處理能力

早期臺灣建築物主要以設置化糞池處理生活污水，後來因應建築技術規則修正及環保署訂定相關法令，新設建築物規範應設置經環保署認可之預鑄式污水處理設施，惟預鑄式污水處理設施以去除 BOD、SS 等污染物為主，因缺乏國內市場因素，目前尚無經認證之去氮除磷型之預鑄式污水處理設施，故現有之預鑄式污水處理設施未能完全作為水庫集水區點源營養鹽處理及削減設施，導致水庫點源營養鹽削減率偏低。

參、執行具優養化潛勢水庫集水區 總磷總量削減管制策略

總量管制 (Total Maximum Daily Load,

TMDL) 是美國環保署推動集水區污染管理方法，以集水區為整治單元，根據水體的涵容能力為管制基準，作為集水區內點源及非點源污染源整體管理策略，達到污染控制，改善水質。尤其在水庫此類的水體，所有上游集水區的污染物都會累積在水庫內，未能及時排出，累積的污染物質影響水質表現。總量管制制度以集水區為管制範圍，並以污染物負荷量為管制對象，適用於水庫水質管理。

水庫集水區污染來源主要涵蓋點源污染及非點源污染，點源污染如事業廢水、家庭污水等，傳統上是以排放廢(污)水濃度標準進行管制，因污染源明確且單純，故污染削減策略優先針對點源污染。另集水區非點源污染主要來源則以農業活動為主，又因山坡地開發、水庫上游之超限農墾等，加劇了非點源污染問題，非點源之管制遠較點源污染困難，未來仍需仰賴政府跨部門合作及資源整合。

環保署近年推動水庫營養鹽(總磷)總量削減制度，希望經過污染源調查與估算、現地採樣監測、模式分析、涵容總量計算等，完成基本資料收集與分析，建立優先劃設總磷的總量削減管制區，以控制入庫溪流的總量污染量，改善水庫水體總磷水質濃度，進而降低優養化發生可能，水庫總磷總量削減管制區的劃設，本文以石門水庫集水區為總磷總量削減管制之範例，希望形成一套完整可行的水庫總量

管制策略流程，作為後續其他水庫劃設參採案例，進而逐步保護及提升水庫水質。

一、總量削減管制區劃設原則

水庫集水區總量管制劃設實施方式，主要包含篩選受損水體、確認管制項目、管制標準以及劃定管制區域。

(一) 篩選受損水體

本制度以保護水庫水質為目的，因此以水庫水體為主，不考慮其他水體種類，且以民生供水的水庫優先考慮。受損水體的篩選，以水體水質標準以及優養化指數表現為原則，若未符合水體水質標準者，以及優養化指數(卡爾森指數)超過優養標準，則列入總量管制水庫清單。

(二) 管制項目與管制標準

水庫總量管制目標在於避免或降低水庫優養化的可能性，因此管制項目以營養鹽控制為主，各水庫依營養鹽濃度比例計算出限制因子，以該限制因子作為管制項目。根據石門水庫水質表現，建議以總磷(TP)為管制項目，且目標以該水庫水體水質標準為主，即將TP控制在0.02mg/L以下。

(三) 管制區域劃定原則

水庫集水區範圍乃水庫的集水範圍，以天然地形為劃分，如分水嶺，而不以行政邊界為劃分。但水庫集水區範圍極廣，水庫的總量管制區域應優先以其中污染潛勢較高、影響較大者為管制對象，非

直接將所有集水區範圍列入管制。應透過科學分析方式，定義出污染潛勢（即污染熱區）較高的子集水區，作為總量管制劃定區域。建議污染熱區的篩選原則如下：

1. 考量總污染量較高的子集水區

2. 考量點污染源量比例較高者的子集水區
3. 考量單位面積污染負荷較高的子集水區
4. 考量污染流達率較高的子集水區

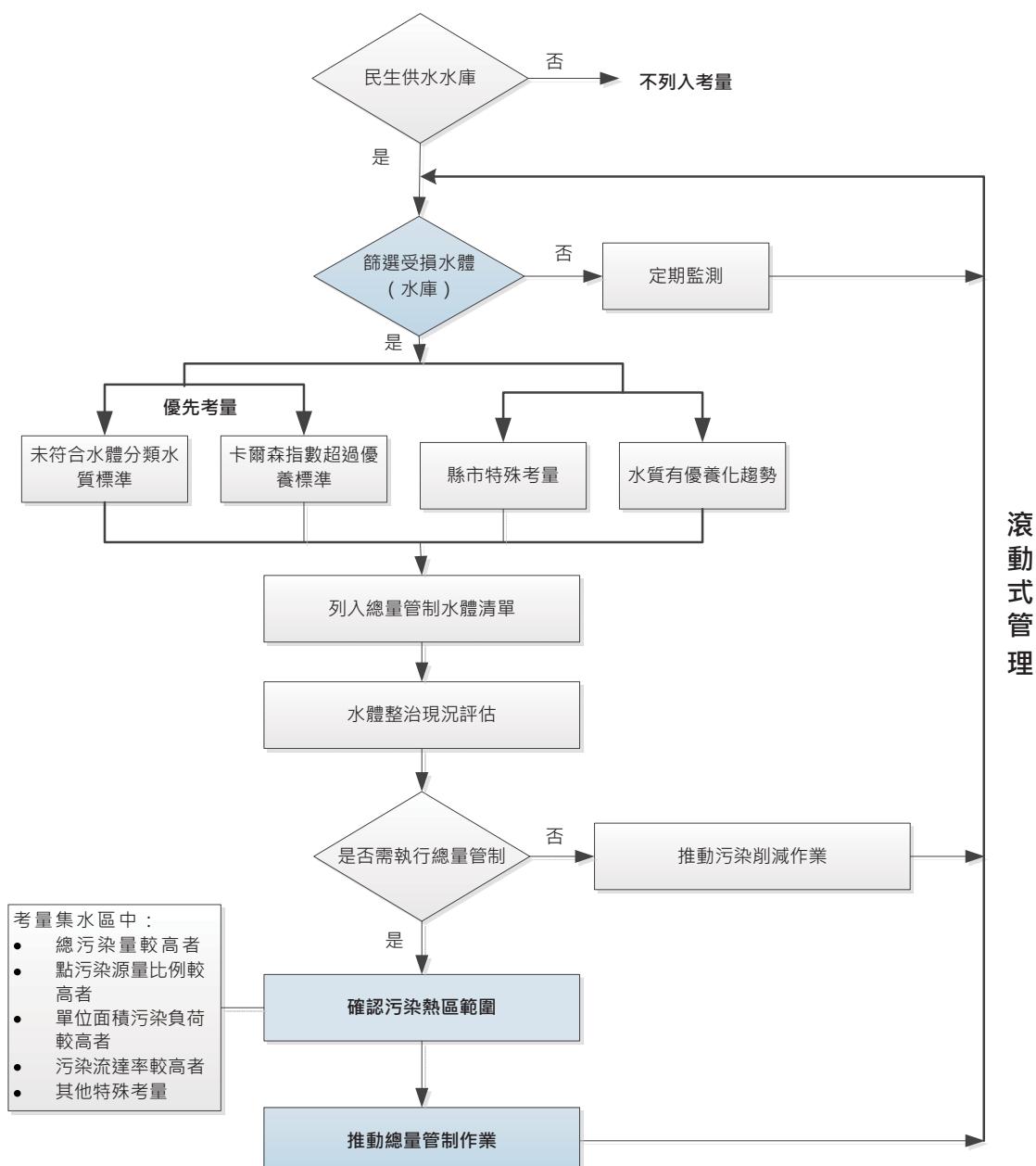


圖 1 水庫集水區污染總量削減管制水體清單與區域劃定作業流程

二、相關配套措施

(一) 法令依據

依據水污染防治法第九條第二項併同水污染防治法第 30 條針對水污染管制區之「禁止足使水污染行為」辦理。

(二) 行政管制措施

為控制水庫優養化，減少總磷排入庫區，環保署輔導及協助縣市政府依據水污染防治法第九條第二項擬定及公告「指定水庫總磷總量削減管制區（草案）」，內容涵蓋水污染防治法第 30 條針對水污染管制區之「禁止足使水污染行為」，除公告劃設之總量管制區範圍外，且一併針對管制區內以點源為主要對象，訂定各項水庫總磷總量削減管制方式並據以實施。

肆、推動石門水庫總磷總量削減管制區案例

一、基本調查資料

(一) 水質資料

根據近年之石門水庫水質資料顯示，石門水庫水質處於普養至優養，卡爾森指標（CTSI）介於 39 至 64 之間，如圖 2，23 年來（共 92 季）之水質達優養化程度百分率（ $CTSI > 50$ ）為 40.2%（37 季）。此外，石門水庫氮磷比的平均值為 13.67，可推斷石門水庫以磷為限制營養鹽。

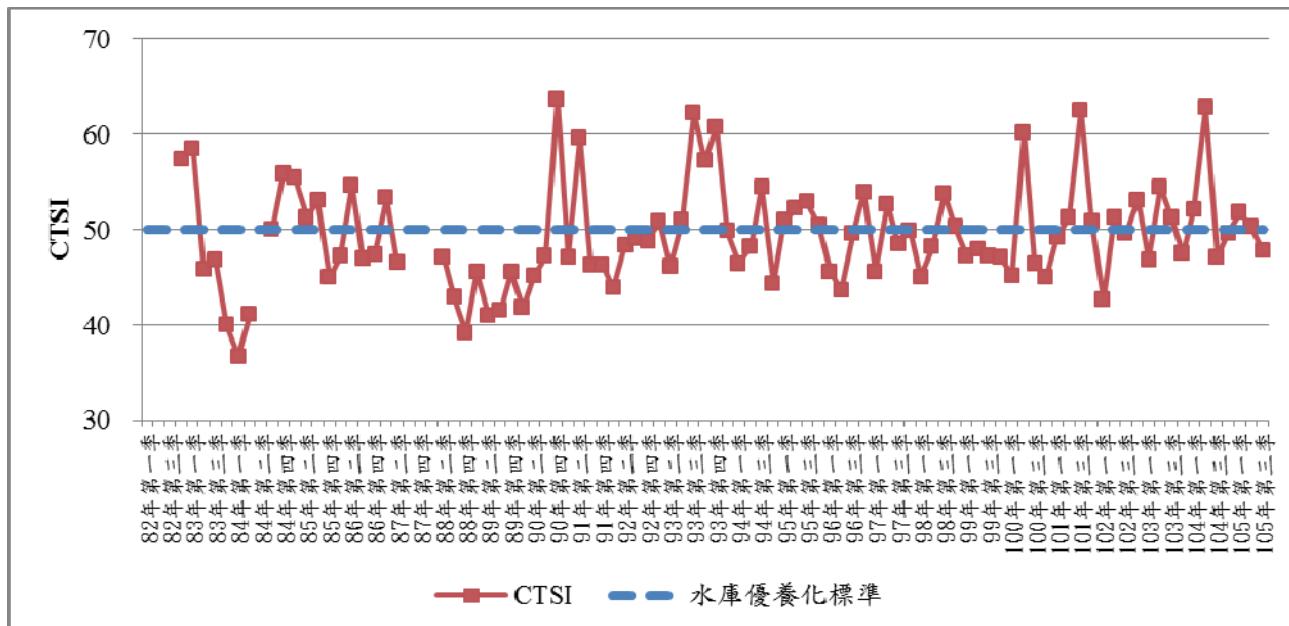


圖 2 石門水庫水質變化趨勢（民國 82 至 105 年）

(二) 污染源來源分析

石門水庫集水區內點源污染以生活及遊憩污水為主，其推估方法以當地人口數與遊客人數乘以每人每日之污水量，並考慮當地水資源回收中心的污水總磷濃度來計算。綜整計算後，石門水庫集水區生活污水之總磷污染量為 4,504 kg/yr。遊憩污水之推估又區分為遊客的觀光污水及住宿污水，經過調查與評估後，其中觀光污水為 121 kg/yr、住宿污水為 366 kg/yr。所以石門水庫集水區內點源污染負荷量合計為總磷負荷量為 4,900 kg/yr。

非點源污染負荷採取模式分析方法，透過採用國內水庫集水區常用的 BASINS 及 SWMM 模式分析，並經過模式率定驗證後，得石門水庫集水區之非點源污染總量為 27,044 kg/yr。

石門水庫依地形劃分之 25 個子集水區以及行政區套疊圖如下圖 3，各子集水區之點源與非點源污染量如表 1。由表 1 可知集水區 S1 之非點源污染量最高，為 4,089 kg/yr，原因在於其農業與都市土地面積比例較高。

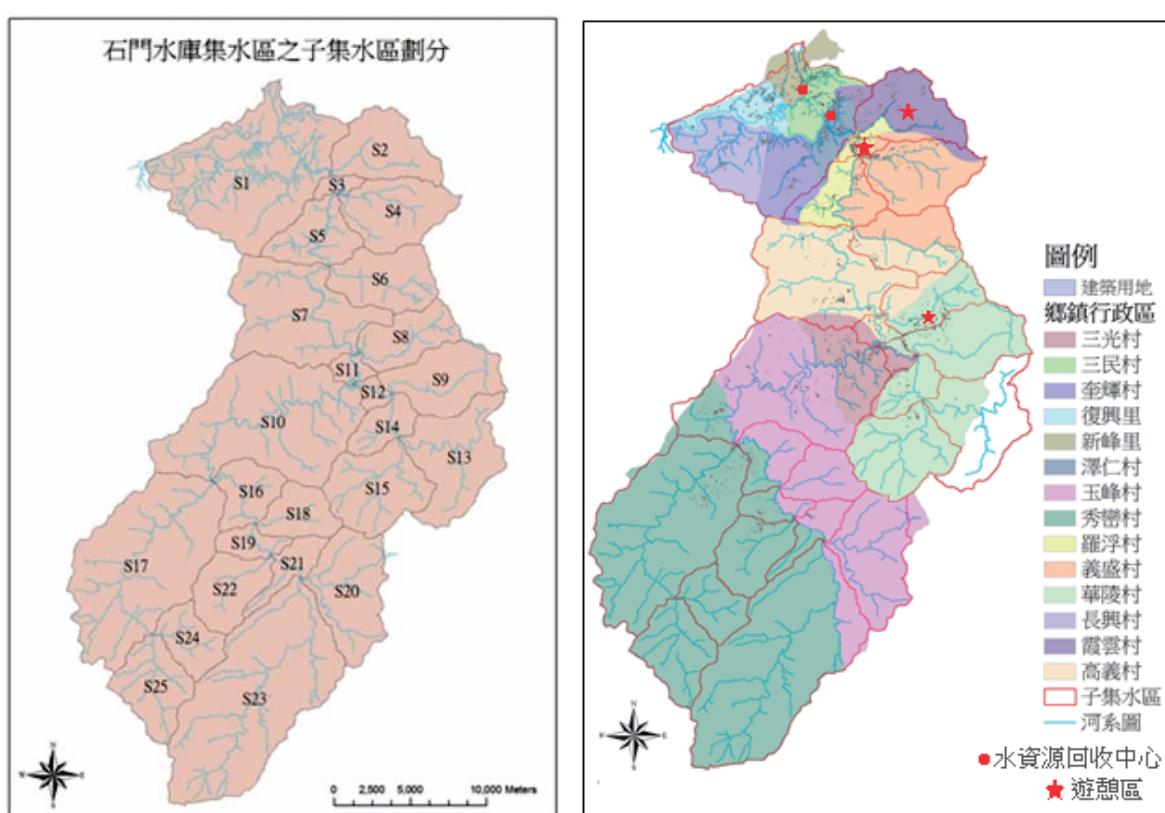


圖 3 (A) 石門水庫子集水區劃分結果；(B) 子集水區與鄉鎮行政區及建築用地套疊

表 1 石門水庫各子集水區污染狀況之綜整

	面積 (ha)	人口	生活 污水年 污染量 (kg/yr)	觀光 污水年 污染量 (kg/yr)	住宿 污水年 污染量 (kg/yr)	點源 污染 (kg/yr)	非點源 污染 (kg/yr)	污染總和 (kg/yr)	單位 面積 污染 負荷 (kg/yr/ha)	污染 貢獻 占總 量比例	點源 污染 比例	備註
S01	7990	8737	2176	65	33	2274	4089	6363	0.80	19.9%	36%	石門水庫 風景區
S02	2436	708	186	5	11	202	1199	1401	0.57	4.4%	14%	東眼山森林 遊樂區
S03	340	527	139	31	17	186	225	411	1.21	1.3%	45%	小烏來 風景區
S04	2698	519	136		11	148	1064	1211	0.45	3.8%	12%	
S05	1878	405	107		6	112	612	724	0.39	2.3%	15%	
S06	2394	235	62			62	584	645	0.27	2.0%	10%	
S07	4961	831	218			218	2528	2746	0.55	8.6%	8%	
S08	1884	422	111	20	111	242	1075	1317	0.70	4.1%	18%	達觀山 (拉拉山) 自然保護區
S09	2659	344	90		55	146	1293	1438	0.54	4.5%	10%	
S10	7920	2356	619		11	630	2635	3265	0.41	10.2%	19%	
S11	426	150	39			39	120	159	0.37	0.5%	25%	
S12	341	154	40		22	63	256	318	0.93	1.0%	20%	
S13	3498	11	3			3	1001	1004	0.29	3.1%	0%	
S14	1113	161	42		6	48	674	722	0.65	2.3%	7%	
S15	3014	100	26			26	1395	1421	0.47	4.4%	2%	
S16	1494	124	33			33	584	617	0.41	1.9%	5%	
S17	8183	887	233		11	244	2318	2562	0.31	8.0%	10%	
S18	1422	-				0	354	354	0.25	1.1%	0%	
S19	758	289	76		28	104	303	406	0.54	1.3%	25%	
S20	3239	-	-			0	821	821	0.25	2.6%	0%	
S21	973	324	85		28	113	242	355	0.37	1.1%	32%	
S22	1916	309	81		17	98	615	712	0.37	2.2%	14%	
S23	9450	-	-			0	2608	2608	0.28	8.1%	0%	
S24	1411	-	-			0	229	229	0.16	0.7%	0%	
S25	2290	-	-			0	223	223	0.10	0.7%	0%	
	74689	17595	4504	121	366	4990	27044	32034				

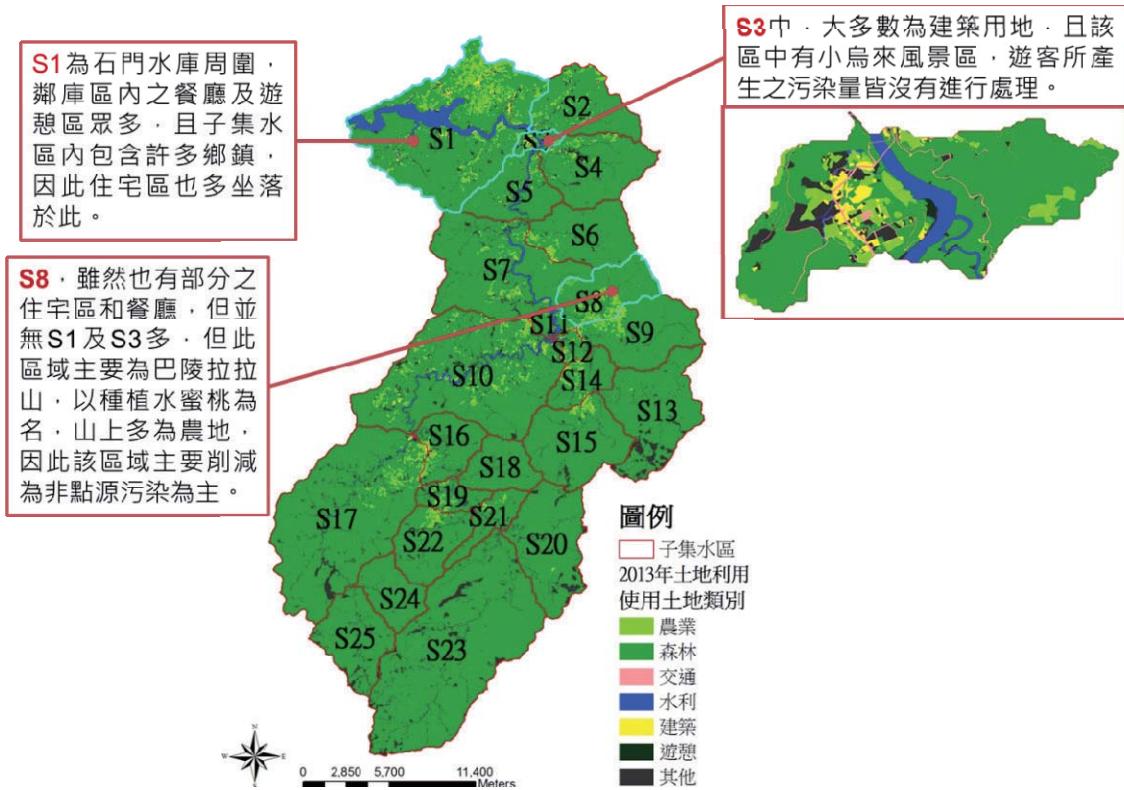


圖 4 石門水庫集水區污染熱區位置圖

(三) 污染熱區

依照上述污染熱區篩選原則，可從 25 個子集水區中選出集水區 S1、S3 及 S8 三個子集水區為主要污染熱區。該子集水區皆為單位面積污染排序中的前五名。子集水區 S1 為石門水庫周圍，鄰庫區內之餐廳及遊憩區眾多，許多住宅也集中於 S1 中；而子集水區 S3 中，大多數為建築用地，且該區中有小烏來風景區；而子集水區 S8，此區域主要為巴陵拉拉山，以種植水蜜桃為名，山上多為農地，因此該區域主要削減為非點源污染為主。

(肆) 總量削減管制區劃定

由於石門水庫集水區範圍廣大，建議污染削減可從 3 處污染熱區中的 S1 集水區先行管制。S1 區係三處污染熱區中面積最大者，其污染貢獻占總量的 20.8%，且鄰近石門水庫蓄水範圍，污染的影響程度甚於其他熱點。

S1 集水區中可分為大漢溪、三民溪、湳仔溝溪與高遶坪溪等四條入庫溪流，其中三民溪與湳仔溝溪 TP 水質濃度平均都超過 0.05 mg/L ，遠高於水質標準 0.02 mg/L 。分析入庫溪流集水區的污染

量，分別為大漢溪 2,245 kg/yr、三民溪 2,183 kg/yr、湳仔溝溪 1,069 kg/yr 及高遶坪溪 571 kg/yr，其點源與非點源污染詳列於表 2，從單位面積污染負荷可看出，三民溪與湳仔溝溪之污染較嚴重，為 S1 子集水區中之污染熱點。並且從其住宅與農地分布圖（圖 5）亦可明顯看

出石門水庫北岸的三民溪與湳仔溝溪的聚落明顯，污染潛勢較高，且此二溪流的農地大都緊鄰著河岸兩側且河川較短，加上臨水邊聚落密集、且有不少餐廳，未接管之聚落污水對水質影響明顯。故建議地方政府可先針對三民溪及湳仔溝溪進行總量管制。

表 2 石門水庫入庫溪流之污染負荷量

	人口	生活污水 (kg/yr)	遊憩污水 (kg/yr)	點源污染 (kg/yr)	非點源污染 (kg/yr)	總量 (kg/yr)	單位面積 污染負荷 (kg/ha)
三民溪	2,860	698	17	714	1,468	2,183	1.50
湳仔溝溪	1,491	392	6	397	672	1,069	1.14
庫區	313	82	65	147	273	420	0.61
大漢溪【註】	3,304	802	11	813	1431	2,245	0.63
高遶坪溪	769	202		202	369	571	0.45
總計				2,274	4,213	6,487	

【註】大漢溪子集水區之總量，僅為模式中 S1 集水區中大漢溪段，並無將大漢溪上游的集水區納入計算。



圖 5 石門水庫總磷總量管制劃設建議區域

(五)總量管制削減效益與衝擊分析

1. 削減效益

若將未接管的點污染源設置適合之污水處理系統，例如設置一處小型污水處理廠或分散式除磷設備等，假設生活污水與遊憩污水的放流水濃度全數處理至放流水標準（ 2 mg/L ），則三民溪與湳仔溝溪的現況平均總磷濃度為 $56 \mu\text{g/L}$ 與 $52 \mu\text{g/L}$ ，可分別降至 $33 \mu\text{g/L}$ 以及 $27 \mu\text{g/L}$ 。若再進一步削減可控制之非點源污染，即農地所貢獻之非點源污染，則三民溪之入流濃度可減至 $26 \mu\text{g/L}$ ；湳仔溝溪之入流濃度減至 $23 \mu\text{g/L}$ 。污染削減與水質影響結果如表 3 所示。

2. 衝擊分析

三民溪與湳仔溝溪入庫溪流集水區中，可能受到管制之對象即為未接管的點源污染以及非點源污染，經調查後，民宿 4 家、登記商家 22 家，皆為小型商業，其中登記資本額小於（含）1 萬元家數達 14 家，佔 64%，最高資本額為 25 萬元。營利事業除商業登記外，也包括無登記之商店，以

石門水庫風景區（S1）為例，壩區遊客多，許多小吃店及咖啡館並無辦理商業登記。

(六)涉及之相關權責機關

石門水庫的水質管理，需仰賴集水區內各目的事業主管機關，才能改善水庫水質。本案涉及中央環保署及桃園市政府相關業務權責範圍甚廣，須跨局處協調並互相支援，建議桃園市政府由首長或授權府一層長官負責計畫執行期間跨局處協調工作，俾利環保單位結合相關單位合作推動，提升推動成效。

1. 桃園市政府

以環保局為主政單位及窗口，參照環保署提供之劃設原則及背景資料分析，評估確認應劃設公告之水庫總磷總量削減管制區範圍、執行蒐集區域內背景資料、確認總量管制區邊界、清查污染來源及執行策略規劃等步驟，經由公聽研商等行政程序，最終完成總量削減管制區劃設及管制內容公告作業。其他地方政府相關局處配合事項如表 4：

表 3 污染削減策略對三民溪與湳仔溝溪水質影響

	2013 年 實際平均濃度 ($\mu\text{g/L}$)【註 1】	點源污染 (kg/yr)	點源控制後之 入流濃度 ($\mu\text{g/L}$) (削減之污染量) 【註 2】	非點源 污染 (kg/yr)	可控制之 非點源污染 (kg/yr)【註 3】	可控制之 非點源削減後 之入流濃度 ($\mu\text{g/L}$)【註 4】
三民溪	56	714	33 (287)	1,468	1,050	26
湳仔溝溪	52	397	27 (177)	672	426	23

【註 1】2013 年實際平均濃度扣除兩筆歧異值。

【註 2】情境模擬之點源削減，即假設將點源濃度全數處理至放流水標準 (2 mg/L)。

【註 3】可控制之非點源污染為農地所貢獻之非點源污染量。

【註 4】情境模擬之非點源削減，即假設將可控制之非點源污染全數削減。

表 4 農政單位、建設發展及事業單位局處配合事項

單位	配合事項
農政單位 (農業局、農田水利會)	協助確認管制區域劃設之合理及正確性 協助清查確認總量管制區內農地基本資料 協助確認農地肥料與農藥使用情況 協助並持續進行農地污染削減措施
建設發展及事業單位 (水務局、建設局、都發局、觀光局)	協助評估管制區內民眾生活污水處理現況以及未接管污水質量 協助清查管制區內餐廳、民宿等小型但未達列管規模的點污染源 協助並持續進行點污染源削減措施

2. 行政院環境保護署

環保署負責擬定總量管制執行原則，研擬相關法規（包括放流水標準、水污染防治措施計畫及許可申請管理辦法等）及配套措施，並提供各縣市政府所需之背景分析資料及技術支援，及會商相關目的事業主管機關，最終審查核定地方政府所提報之總量削減管制計畫，並督導後續執行情形及成果。

3. 經濟部水利署北區水資源局

石門水庫管理機關為水利署北區水資源局，雖非集水區的管制執行單位，但也為本制度執行後的受益單位。因此應協助提供劃設總量管制區的各項監測資料以及人力或財務資源等。

伍、結語

我國總量管制法源依據為水污染防治法第 9 條，並據以作為環保署施政規劃，爰參考國外湖庫污染總量管制執行經驗，協助縣市政府針對具優養化潛勢水庫推動集水區營養鹽總量削減管制方式，並進行先期作業。自 106 年環保署執行前瞻基礎建設計畫 — 水環境建設 — 「加強水庫集水區保育治理計畫」，針對特別需要治理之水庫集水區，認定優先特予保護水庫水體以及水質確已優養化或存在劣化趨勢與風險之水庫集水區，辦理相關整治工作，以改善水庫集水區水質優養問題。未來環保署仍著重執行「削減生活與農業污染」及「監測護水」兩項重點，以「源頭控制」之前瞻理念，逐步推動水庫集水區總磷總量削減，藉以改善水庫集水區水體水質。

環境信託是否可作為 我國的水源保育策略之一？

陳起鳳

文化大學土地資源系 副教授

王國樑

經濟部水利署保育事業組 組長

郭玲惠

台北大學法律系 教授

康世芳

淡江大學水資源與環境工程系 教授

摘要

本文探討「環境信託」方法是否可以導入水源保護區，作為水源保育工作之一。環境信託是將環境信託給專業管理單位，透過民眾參與的積極力量，設計對該信託環境或土地最友善的保育方式，甚至可永久經營的目標，政府角色為監督並保障委託與受託雙方關係，以及制度初期提供經費補助。國外行之有年的環境信託概念，以公私協力方式或僅由私部門發動與執行的方式，在國內是否可行？本文探討我國民風國情以及相關法律規範下，分析在水源保護區實施水源環境信託，有哪些需克服議題，以及有何因應之道。目前國

內既有環境保護公益信託制度因土地所有權移轉限制以及無經費補助，導致僅有一案例。因此為推動水源保育環境信託，需克服土地所有權移轉困難，建議可採用土地其他權利，如地上權、租賃權、農育權等進行信託，而受託人、委託人雙方意願也可透過政府初期經費補助加強誘因。整體來說，於水源保護區推行環境信託對於水資源管理、環境保育有正面幫助，克服本文所提困難後，可將此土地管理方式應用到水源保育工作，強調公私協力之夥伴關係，因地制宜並永續經營。

關鍵詞：環境信託、水源保育、財產權

一、前言

為防止貽害水質與水量之開發行為發生，依自來水法規定，劃定公告自來水水質水量保護區，對位於區內之相關開發與土地利用行為，予以管制。保護區面積達 8,972 平方公里，約佔臺灣總土地面積約 25%。政府單位在水源保育管理工作上，持續嘗試各種管理與保育作法，包含各種整治工程，然而水源保育乃長期影響，除採用環境友善工法外，更應重視水、土、人三者共生觀念，以達永續經營與保護。英國國民信託 (Natural Trust) 在工業革命後，成立於 1895 年，以託管具有保護意義的土地以及歷史建物為主，將這些具有世代長存功能的土地與建物保留下來，不被開發利用。該作法倚靠全民對環境保護、歷史保存的認同，將大眾力量投入於保育工作，利用大眾捐款、捐贈、志工參與等作法，以民間執行、政府支持的方式，進行永續的保育工作。

我國信託法中也列有公益信託，依照信託法 85 條規定：「公益信託之許可及監督辦法，由目的事業主管機關定之。」因此各目的事業主管機關各自訂定公益信託的監督辦法。環境信託則由行政院環境保護署於民國 92 年 5 月依信託法頒布「環境保護公益信託許可及監督辦法」，指以從事有關環境保護事務為目的之信託。近年國內環境信託相關案例，如新竹縣自然谷環境信託基地、宜蘭縣雙連埤溼地運動、濁水溪口海埔地公益信託，惟因受限經費來源、整合不足及欠缺法令依據等因

素推動成效有限，及至目前為止僅有自然谷環境信託為唯一正式公告案例。但國外如最開始的英國，至美國、澳洲、日本等，各國已有各種類似環境信託之相關規定與實例，可為我國借鏡。有鑑於此，本文探討我國環境信託應用於水源保育之可行性。

水源保育環境信託政策之形成，至少有三個主要動機，(1) 水源保育需要更多非工程措施。一般非工程保育措施如：植樹造林、巡查作業、環境教育，這些或多或少都已經正在執行，但國外行之有年的環境信託制度，對於國內大眾卻顯得陌生，尚未被引入使用，因此在目前非工程措施選擇有限下，建議可將環境信託納入討論，若為可行，將作為水源保育制度的一項非工程保育作法。(2) 平衡水源保育與回饋費用項目，水源保育與回饋費之徵收為專款專用，但目前支用項目多數集中於地方回饋，而回饋受限於支用對象，亦無法將該費用全數用於回饋，導致部分水源保護區剩餘經費。因此若增加非工程保育措施，使該費用完全應用於當地的保育工作，亦可平衡其支用項目比例，提高正當性。(3) 加強公私協力改善水質。水源保育乃永續事業，然而公部門人力經費有限，在幅員廣大的水源保護區範圍中，更顯得管理人力不足，無法提供適時適地的全面性保護。若能將私有土地在信託期間進行適當管理，保證該土地在信託期間不會有貽害水質水量之行為，可達保育信託目的。更為重要的是，此保護管理工作

由地方專業團體組織來執行，達公私協力保護環境的最終目標。

二、環境信託起源與意涵

國外環境信託行之有年，1895 年英國國民信託（National Trust）成立，至今已一百多年，日本引進國民信託概念則距今約 50 年，前二者仍以民間主動執行為主。而較新的美國與澳洲經驗，則強調法規與完善制度，政府著力較深。國外環境信託的發展，從最開始的民間對民間的做法（英國），轉變到民間執行，政府提供部分資助（日本、美國、加拿大、澳洲）方式。在英國國民信託早期年代，由於經費拮据，也曾修改法令，讓地方政府有法源依據提供經費，協助國民信託的操作。而美國與澳洲經驗，則是政府制訂相關法令，投入部分經費鼓勵環境信託，並成立環境信託基金以及專責管理機關。

以下簡要說明英國、日本以及我國自然谷環境信託案例經驗：

（一）英國 — 國民信託 National Trust

西元 1884 年後，工業革命帶動英國整體經濟的繁榮與興盛，然而無可避免的，發展過程造成環境污染和古蹟破壞。有鑑於此，三位慈善家 Octavia Hill、Robert Hunter、Hardwicke Rawnsley 於 1895 年成立英國國民信託，其主要目的在於保護歷

史古蹟和綠地。國民信託成立後，吸引民眾與政府注意，而於 1907 年由羅伯特·亨特先生（Robert Hunter）起草《國民信託法案》(National Trust Act)，並由英國國會通過，此後將國民信託想法落實於法律，受到法律保障並支持，使更多人對國民信託基金會更具信心，願意以不同形式，如捐贈、捐款、加入會員等，加入國民信託。該法第 4 條第 1 項明定國民信託的宗旨係為保護自然環境與歷史文化資產；同條第 2 項明定可以以購買、獲贈的方式取得土地、建築物或其他財產來達成國民信託的宗旨；最重要的是在第 21 條給予國民信託宣告名下信託財產是不可讓渡（inalienable）的權力。《國民信託法案》的通過更確認該組織「推動以造福全體國民、土地之美與歷史資產之永久保存」之宗旨，鼓勵個人或團體委託或捐贈歷史遺產、土地、房地產等，交予信託組織經營管理。此信託為註冊的慈善團體，其作業完全與政府分開獨立。但該信託執行過程中，其相關法規亦陸續修改，以幫助此信託執行更順利，除了一開始的信託財產不可讓渡，提高民眾捐贈的意願外，之後增加建物、政府財政支援等，而後來使繼承城堡或莊園的後代貴族願意捐贈城堡古蹟，英國的財政法亦修改遺產稅的規定，使得後代繼承城堡或莊園但付不起巨額遺產稅的人，可以轉而委託給國民信託，但自己仍可住在該城堡中。

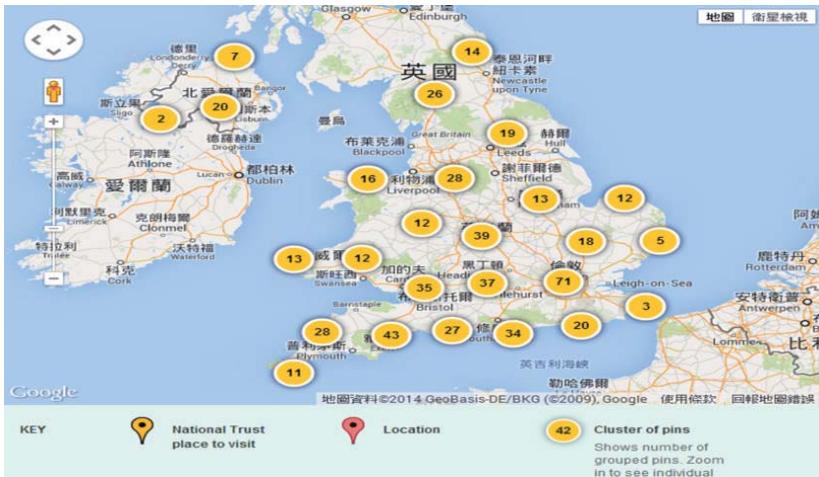


圖 1 英國國民信託標誌以及管理標的

國民信託目前已管理超過 350 處具歷史價值房屋、花園、自然地。超過 370 萬會員、61000 名志工。他們的經費來源為：會員費、大眾捐款、捐贈、經營收入等，已經不需要政府額外的資金補助。

(二) 日本國民信託與龍貓森林

日本國民信託開始於 1964 年，市民與市政府合作設立「財團法人鎌倉風致保存會」，共同出資購買一部分土地。但日本與英國不同，日本沒有國民信託法或環境信託法。不過有鑑於日本全國各地國民信託團體與活動日趨增加，環境省自然環境局於 2004 年委託公益社團法人日本國民信託 (National trust) 協會出版「國民信託手冊」(環境省自然環境局，2004)，指導民間團體如何推動國民信託。並於 2008 年修訂稅制法，將公益社團法人與公益財團法人亦納入適用對象，使各級地方政府

府、企業、團體及個人之募款或捐款可納入所得扣除對象，對後續募款或捐款活動助益甚大。

龍貓（となりのトトロ）為宮崎駿於 1988 年發表的作品，主角龍貓居住的森林以東京近郊的琦玉縣狹山丘陵為藍圖。現實生活中，狹山丘陵因鄰近東京都，都市化的影響造成當地住宅需求增加，使當地的自然景色遭受破壞與威脅。為保護當地環境，龍貓故鄉基金會正式於 1990 年成立，號召民眾以捐款方式保護龍貓的家，並利用這些經費買下土地。該基金會以國家信託活動以購買土地，但市中心附近的狹山丘陵土地價格高，該基金會所購買的土地都不是大面積的土地。儘管如此，基金會的目的仍是廣泛宣傳公民對社會的保護活動，並期許以此活動為開端，以保護廣大地區。

到目前為止（1990 年至 2018 年 3 月 31 日）「龍貓森林基金」用於購買森林的累積費用有 936,909,186 日圓。從 1990 年至 2018 年三月已經購買 48 塊土地。根據日本公益財團法人龍貓基金會 2014 年度年度報告，龍貓基金收入主要分為投資收

益、會費、事業收益、補助金、一般捐款，其中收入來源為事業收益 52%，包含龍貓商品販賣、設施使用收入等。第二收入來源為一般捐款 27%。龍貓基金支出分為事業費、管理費及其他支出，其中其他支出包含了維護損壞資產、事業稅等等。



圖 2 龍貓森林信託地點（圖片來源：公益財團法人トトロのふるさと基金）^[5]

(三) 國內唯一環境信託案例— 新竹自然谷

新竹自然谷由三位民間人士所購買，位於新竹縣芎林鄉與橫山鄉交界稜線上的南何山，占地 1.2 公頃之地，命名為自然谷。該土地於 2011 年以公益信託方式委託荒野保護協會管理，並向環保署提出申請，成為為國內第一起環境信託案例—「環境保護公益信託自然谷環境教育基地」。國內的公益信託受到「信託法」以及「環境保護公益信託許可及監督辦法」保障委託人與受託人之間的法律關係。此案例中自然谷原地主為委託人，荒野保護協會為受託人，將自然谷作為環境教育使用。環保署是目的事業主管機關，協助雙方辦理申請許可，並扮演第 3 方角色替委託人監督受託人，落實環境公益信託活動。於 2014 年起，受託人改由台灣環境資訊協會^[6]執行相關任務。

自環境資訊協會 2014 年正式管理環境保護公益信託自然谷環境教育基地^[7]，初期經營收入上不敷支出。2014 年度經費收入包含一般捐款、定期定額捐款、專案

捐款及專案收入，其中佔的比例最多為專案捐款。根據社團法人台灣環境資訊協會 2017 年度工作報告，2017 年共執行了自然谷環境信託基地資源調查暨森林生態變遷資料庫建置計畫等 8 項計畫，計畫總經費 2,074,647 元，經費來源由台灣環境資訊協會自行籌措及自然谷環境教育基地自行募款。自然谷案例經營幾乎全部仰賴捐款，且為專案捐款項目，非一般大眾捐款。

國內目前既有的環保署環境信託機制與國外運作機制有明顯差異，整理如表 1。其中最大差異點為法令與經費支援。國際上推動環境信託，如英國、美國、澳洲皆訂有專責的法令，雖國內亦有許可與監督辦法，但此辦法並無經費管理與機制。國際上的環境信託會成立專責基金管理單位，值得研究參考。另外大眾捐款於環境信託時，若有稅制優惠可提高民眾意願，如日本經驗，在修改稅制優惠後，民眾捐款金額明顯提高。但仍須注意，在日本經驗中，可接受捐款的團體本身須經過嚴格的審定。

表 1 國內外環境信託運作機制比較

面向	國外	我國
法規	<ul style="list-style-type: none">環境信託法（英國、美國、澳洲）指導手冊（日本）	<ul style="list-style-type: none">公益信託許可及監督辦法
經費	<ul style="list-style-type: none">政府基金民間募集	<ul style="list-style-type: none">民間募集
管理	<ul style="list-style-type: none">基金專責管理單位（法定）民間組織	<ul style="list-style-type: none">民間組織
用途	<ul style="list-style-type: none">多樣化（生態保育、資源保護等）	<ul style="list-style-type: none">環境教育、生態園區
誘因	<ul style="list-style-type: none">法律保障稅制優惠	<ul style="list-style-type: none">無

三、國內相關法規

本文探究以環境信託原有之精神，嘗試融入既有水源保育的作法，利用既有環保署之環境信託經驗，瞭解是否能夠成為水利單位的保育作法之一。以下先說明國內與水源保育以及環境信託有關的法規。

(一) 自來水法

關於水源保育，自來水法第 11 條規定，自來水事業對其水源之保護，除依水利法之規定向水利主管機關申請辦理外，得視事實需要，申請主管機關會商有關機關，劃定公布水質水量保護區，依本法或相關法律規定，禁止或限制左列貽害水質與水量之行為：

- (1) 濫伐林木或濫墾土地。
- (2) 變更河道足以影響水之自淨能力。
- (3) 土石採取或探礦、採礦致污染水源。
- (4) 排放超過規定標準之工礦廢水或家庭污水，或其總量超過目的事業主管機關所訂之標準。
- (5) 污染性工廠。
- (6) 設置垃圾掩埋場或焚化爐、傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質物品。
- (7) 在環境保護主管機關指定公告之重要取水口以上集水區養豬；其他以營利為目的，飼養家禽、家畜。
- (8) 以營利為目的之飼養家畜、家禽。
- (9) 高爾夫球場之興建或擴建。
- (10) 核能或其他能源之開發、放射性廢棄物儲存或處理場所之興建。
- (11) 其他足以貽害水質、水量，經中央主管機關會商目的事業主管機關公告之行為。

而在自來水法第 12-2 條則規定，於水質水量保護區內取用地面水或地下水者，除該區內非營利之家用及公共給水外，應向中央主管機關繳交水源保育與回饋費。有關水源保育與回饋費的支用項目在同條說明，專供水質水量保護區內辦理水資源保育與環境生態保育基礎設施、居民公共福利回饋及受限土地補償之用。

(二) 信託法

依我國信託法第 1 條規定可知信託是一種多元化財產管理制度（董郢^[8]），信託依其種類之目的性質，可分為「私益信託」與「公益信託」。私益信託之受益人以特定人員利益為目的，特定受益人如為子女、為個人、為員工等設立信託。信託法第八章即專章規範「公益信託」，並依 69 條定義為：「稱公益信託者，謂以慈善、文化、學術、技藝、宗教、祭祀或其他以公共利益為目的之信託。」公益信託係以慈善等不特定多數人之利

益為目的，信託財產包括教育基金、社會福利推展、學術研究、文化藝術活動延續、環境保護等。

依據信託法 85 條規定：「公益信託之許可及監督辦法，由目的事業主管機關定之。」為防止公益信託之濫設，即公益性之認定，及確保社會大眾或不特定受益人之權益，故信託法 70 條規定：「公益信託之設立及其受託人，應經目的事業主管機關之許可。前項許可之申請，由受託人為之。」故公益信託之成立較私益信託為

嚴格，此種立法例係仿財團法人之設立所為之規定（潘秀菊等人^[9]）。國內目前計訂定 11 項公益信託許可及監督辦法（如表 2）。其中行政院體育委員會曾在民國 91 年制訂體育業務公益信託許可及監督辦法，之後因部會組織調整，體育委員會併入教育部體育署，因此在民國 104 年廢除。同年教育部之公益信託辦法修改，納入體育與青年發展業務，並由原名稱：教育公益信託許可及監督辦法，改為教育業務公益信託許可及監督辦法。

表 2 國內公益信託辦法

主管機關	公益信託許可及監督辦法	發布時間
法務部	法務公益信託許可及監督辦法	民國 85 年 12 月 04 日
內政部	內政業務公益信託許可及監督辦法	民國 89 年 12 月 30 日
消費者保護委員會	消費者保護公益信託許可及監督辦法	民國 91 年 10 月 2 日
文化部	文化公益信託許可及監督辦法	民國 91 年 12 月 9 日
原子能委員會	原子能業務公益信託許可及監督辦法	民國 92 年 3 月 26 日
環境保護署	環境保護公益信託許可及監督辦法	民國 92 年 5 月 14 日
教育部	教育公益信託許可及監督辦法 (民國 104 年 10 月 29 日改為教育業務公益信託許可及監督辦法)	民國 92 年 6 月 16 日
財政部	銀行相關業務公益信託許可及監督辦法	民國 93 年 6 月 30 日
勞動部	勞動力發展業務公益信託許可及監督辦法	民國 103 年 2 月 14 日
衛生福利部	社會福利公益信託許可及監督辦法	民國 103 年 5 月 5 日
國家發展委員會	公共治理與社會發展業務公益信託許可及監督辦法	民國 104 年 7 月 31 日

(三) 環境保護公益信託許可及監督辦法

行政院環境保護署於民國 92 年 5 月依信託法頒布「環境保護公益信託許可及監督辦法」^[10]，此辦法所稱公益信託，指以從事有關環境保護事務為目的之信託。環境信託是環境公益信託的簡稱，也是所謂「信託」的一種，只是以環境公益為信託的主要目的。環境信託最基本的出發點就是「信託環境」，將環境交付到「可信任的人」手上，藉由信託此一基於「信賴關係」的制度，將財產權轉移給可信賴者（包含公益組織或個人）的管理方式（環保署^[11]）。環境信託的利益相關者（stakeholders）之間的關係圖如下圖 3，包含：委託人、信託的資產、受託人或組織、監察人以及不特定的受益人。委託人將其土地受託給可依靠的人或組織，以環境保育的目的進行土地規劃與管理，使該土地環境受到保護甚至改善，達到受託目的。這個受託目的是由全民所共享，具有公益性質的。其中需有監察人以及法律，保障兩者的信託關係。土地規劃與管理的方式，可由雙方自行決定，如生態保育、環境教育、棲地復育等方式，以達到最終的環境保育目的。

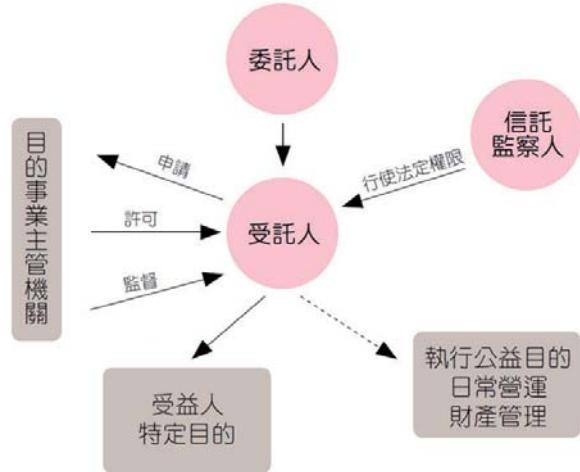


圖 3 環保署環境信託運作關係圖
(環保署^[11])

四、實施困難與因應做法

由於使用信託二字，根據信託法第 1 條：「稱信託者，謂委託人將財產權移轉或為其他處分，使受託人依信託本旨，為受益人之利益或為特定之目的，管理或處分信託財產之關係。」以及第 2 條：「信託，除法律另有規定外，應以契約或遺囑為之。」也就是必須將本文探討對象-水源保護區內土地，進行財產權的移轉，並簽訂契約，保障雙方權利義務關係。因此第一個需克服的困難即是土地財產權移轉問題，而第二個困難則是委託人與受託人的意願。此二者克服後，接著就是執行、檢討與回饋。所以本文先就水源保育環境信託之兩大困難進行分析探究，並提出因應做法。

(一) 財產權移轉

依我國民情以及本團隊訪談經驗，私有地主即使有意願在土地上進行環境友善作為，但對於土地所有權移轉皆為抗拒，因為對信託制度不熟，無法放心將土地交付受託單位管理，若土地委託人無意願，則此制度無法開始。然而仔細探究財產權定義，土地的財產權利並非只有所有權，尚有租賃權、地上權、專利權、著作權等。信託業法第十六條明定，信託業經營之業務項目如：「金錢、金錢債權及其擔保物權、有價證券、動產、不動產、租賃權、地上權、專利權、著作權、其他財產權之信託。」故財產權移轉並未一定指土地所有權移轉。而且過去政府為了活化資產，也會以設定地上權之方式，移轉土地之使用收益權。

在符合信託法第1條財產權移轉的先決條件，應將除了所有權的其他財產權利納入信託標的，其財產之使用價值亦可進行信託。土地所有權人仍保有土地所有權，而是將使用權利移轉給專業受託人，也可提高其信託意願。而受託人縱使未取得土地所有權，仍得使用收益該土地，進行水資源與環境之保育。因此，建議「環境保護公益信託許可及監督辦法修正條文」第5條補充加入「前項信託財產之種類包含土地所有權、地上權、租賃權、土地及地上物之占有使用收益權等物權或債權」之文字，以擴大信託標的。

(二) 耕地移轉限制

若受託土地的地目屬於耕地，必須注意根據農業發展條例第33條，私法人不得承受耕地。但符合第34條規定之農民團體、農業企業機構或農業試驗研究機構經取得許可者，不在此限。而第34條之農民團體、農業企業機構或農業試驗研究機構，其符合技術密集或資本密集之類目及標準者，經申請許可後，得承受耕地。農民團體、農業企業機構或農業試驗研究機構申請承受耕地，應檢具經營利用計畫及其他規定書件，向承受耕地所在地之直轄市或縣（市）主管機關提出，經核轉中央主管機關許可並核發證明文件，憑以申辦土地所有權移轉登記。

根據上述農業發展條例之規定，簡單來說，耕地不能移轉給私法人，只能移轉給符合規定的農民團體、農業企業機構或農業試驗研究機構，且須檢具經營利用計畫及其他規定書件，通過許可後才可以辦理移轉登記。不過，若要以水源保育為經營目的，其專業組織或團體通常不符合農民團體等條件，因此若要耕地進行信託，應由符合資格的對象取得耕地所有權後，再透過其他財產權利，將財產權利信託給執行水源保育的受託單位。

建議若是耕地要進行信託，可採用租賃權或農育權方式將土地交付給受託單位。也就是先將租賃權設定給他人，再由他人將租賃權信託給專業受託單位執行

土地經營。若以農育權信託，根據民法第 850 條之 1 第 1 項：「農育權者，謂在他人土地為農作、森林、養殖、畜牧、種植竹木或保育之權。」為用益物權的權利。農育權利不只限於耕地，其他土地地目都具有農育權。依照民法第 850 條之 6 第 1 項：「農育權人應依設定之目的及約定之方法，為土地之使用收益；未約定使用方法者，應依土地之性質為之，並均應保持其生產力或得永續利用」。土地所有權人可先將農育權設定給他人，然後再將此農育權信託給受託單位，由受託單位執行土地經營。而此受託人再向環保署提出環境信託之申請程序。

(三) 經濟誘因

為了提高土地所有權人的委託意願，以及受託單位的執行意願，政府在制度初期應提供經濟誘因，加強兩方意願。

針對委託人意願，位於自來水水質水量保護區之土地依法可以獲得受限補償。若該土地願意信託作為信託基地，建議優先獲得補償，並有一次性的補償金額。而該土地以何種權利信託，可與受託人協議是否要求租金（租賃權）或額外託管費用。

針對受託人意願，除了主管機關可以計畫補助或獎助外，依據所得稅法、遺產及贈與稅法，公益信託必須符合受託人為信託業法所稱之信託業，始能申請租稅優

惠。而委託人因為將土地財產權轉移，相關稅制將一併轉移給受託人，土地相關稅制同時移轉給受託人，受託人除了須負擔土地管理工作成本外，還需額外負擔土地稅制，除非為信託業法所稱之信託業，始能申請租稅優惠。但目前可能執行水源保育環境信託之受託單位非信託業法所稱之信託業，因此無法享有租稅優惠。根據信託業法第 2 條、第 10 條，信託業組織應以股份有限公司為限，換言之，能夠執行水源保育的非營利組織，都不在信託業的定義範圍內，因此無法申請租稅優惠。不過，這些優惠的法律屬於財政部，牽涉範圍過廣，建議暫時不考慮修法稅制優惠。初期階段，建議由水源保育的主管機關提供部分執行費用。

另外，若是委託土地位於自來水法所劃定的水質水量保護區，建議從水源保育與回饋經費提撥經費進行水源保育環境信託，相關法令如自來水法、自來水法施行細則、水源保育與回饋收費辦法、水源保育與回饋補助辦法等，再逐步進行調整。初期建議僅修改水源保育與回饋費執行計畫項目即可，由於環境信託工作與原自來水法第 12 條支用項目的第八款有關，皆屬水資源保育工作，只要在水源保育與回饋業務提報計畫第八款支用項目之子項目增列水源保育環境信託工作。建議於支用項目增列相關費用事項，補償對象以私有土地所有權人或相關權利人為

優先，包含土地所有人將其土地委託受託人進行水源保育環境信託者。支用於水源保育環境信託之經費，由中央主管機關，依執行範圍與規模，分配運用。

更進一步的作法，則是直接修改自來水法第 12-2 條第 3 項內容，在條文中納入固定比例要求。修改建議如：第一項水源保育與回饋費納入中央主管機關水資源相關基金管理運用，專供水質水量保護區內辦理水資源保育與環境生態保育基礎設施、居民公共福利回饋、受限土地補償及水源保育環境信託之用，其支給順序與比例，由中央主管機關，另定之，但水資源保育相關費用之比例，不得少於各水質水量保護區分配總額之百分之五十；該區內土地所有權人有將其財產權，依法委託受託人進行水源保育環境信託者，其相關費用，優先支給。

由英國、美國與日本等國推動環境信託經驗，穩健的財務為成功地推動環境信託之最重要因素。除了政府資金補助外，可設計制度納入人民、事業或團體之捐助，如環境教育基金之來源亦包含人民、事業或團體之捐助。因此，水源保育環境信託在人民、事業或團體之捐助上，應導入稅制優惠，以增加合理誘因。此外，也可以從「水資源作業基金公益支出經費編列及執行管考要點」之依據，將水資源作業基金用於補助水源保育環境信託，作為委託人與受託人的經濟誘因來源之一。

五、水源保育環境信託機制建議

本文所探討的水源保育環境信託是在環保署的環境信託基礎下，建議可加強改善，成為可行操作的機制，說明如下：

(一) 水源保育環境信託定義

環境信託乃「信託」的一種，是以環境保護且達成公共利益為目的之公益信託。「水源保育環境信託」則是在自來水水質水量保護區或其他對水源保育有益之土地，執行對水質水量有益之工作。「信託」是一個管道，主要是以集合民間資金與資源為手段，而其終極目的，是環境保護、土地永續發展。

(二) 運作機制

水源保育環境信託運作機制的各項關係人如圖 4 所示，且定義與說明如下：

(1) 委託人：水源保護區內私有土地所有權人

委託人以私有土地所有權人為對象。公有地的管理由相對應的主管及目的事業主管機關負責，所以此制度委託人限制在私有土地地主。由於土地財產權轉移給受託人，因此雙方須簽定契約，受到法律保障。當契約期限到期後，該土地財產權利將再轉移回給原地主。

(2) 受託人：具有執行受託目的（水源保育）之專業組織，當地優先

受託人是具有可執行水源保育環境信託目的任務的非營利組織。若同時有多項計畫提出，應優先考慮當地團體，一方面對於該土地的瞭解程度較高，另一方面可回饋於地方。受託人必須是經過政府立案登記之團體，避免以個人名義提出申請，無實際執行能力。受託人的執行資格，可先由其團體組織的設立簡章查看，是否具有水源保育的執行能力，再以過去執行經驗進行判斷，由主管機關下的管理委員會進行審查。

(3) 目的事業主管機關：行政院環境保護署（經濟部水利署）

國內環境信託的主管機關是行政院環境保護署，但水源保育之主管機關為經濟部水利署，且初期經費補助建議可由水源保育與回饋費支出。然而，未來環境資源部成立後，將有負責水源保育之單位，到時候目的事業主管機關直接改為環境資源部，為使事權統一，目前不建議經濟部水利署另定執行辦法。

(4) 管理委員會：設置在主管機關下獨立運作之委員會

此基金會採獨立之管理委員會，負責委託人、受託人以及土地經營計畫的審查，判斷應給予的經費補助額度，確保政府補助經費受到合理使用。

(5) 信託監察人

在公益信託中，由於受益人為不特定對象，信託監察人則為代受益人行使有關的權利，監督受託人（或單位）。信託監察人的角色定位在監察受託人是否確實執行信託內容。但此監察人不介入事前主管機關管理方式，也不介入信託計畫的決定。監察人是在此信託計畫開始執行後，定期監察受託人的執行狀況，並提出相關建議。由於此機制中已設計管理委員會，此委員會亦具有審查受託人的權利，因此信託監察人除了請其他專業法人或專家外，亦可由管理委員會成員擔任。

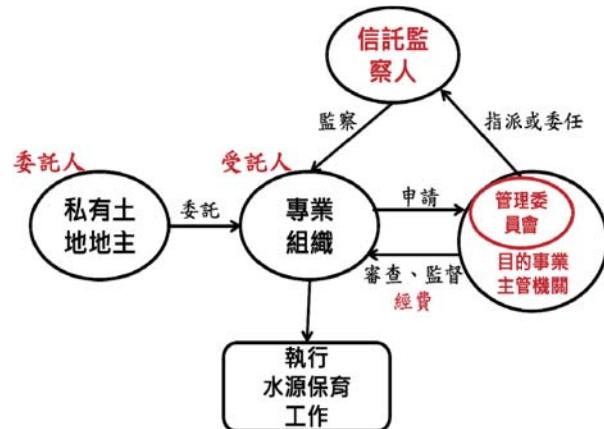


圖 4 水源保育環境信託運作關係圖

六、結論與建議

英國國民信託理念，透過大眾力量、政府提供法律與制度支援，成功的推廣於世界各地，將值得保留的土地、歷史建物

永久保留下來，不會受到所有權人開發與破壞。此理念若能落實於我國的水源保育，將水源區內的土地，私有土地信託給專業團體經營管理，至少在信託期間保護、活化該土地對於水資源涵養的貢獻。然而，信託在我國還受到其他法規限制，以及國內大多數民眾對信託二字的不熟悉，若要推動土地信託用於水源保育工作，首要應釐清土地信託權利。土地的財產權除了所有權，尚有租賃權、地上權、農育權等，土地所有人可以將土地的其他使用權利信託給專業組織來經營，而仍擁所有權。土地所有人（委託人）與土地經營人（受託人），雙方在信託制度下簽訂契約，保障雙方的權利義務關係。在契約期限內適當經營土地。契約時間結束後，此信託關係終止，土地信託權利回到委託人，受託人不能再使用該土地。若信託契約所約定目的無法達成時，依信託法第 62 條，信託關係因信託行為所定事由發生，或因信託目的已完成或不能完成而消滅。

政府（主管機關）的責任則是在設計完善的制度，以法律規範保障此制度的執行。建議在制度初期，提供必要的經濟誘因，提高委託與受託人雙方的意願。經濟誘因即提供委託人補償費或租賃費，以及受託人的部分執行費，待經營成熟後，則僅做監督之責，確認雙方以及該土地經營

得當。且此經費可支持在地保育團體經營保育工作。經費使用並在管理委員會的專業監督下，使其達到最主要的水源保育目標。此制度將創造水源保育的公私協力局面，一同管理廣大的水源區土地，保護永續水資源。

參考文獻

- [1] 林鎮洋、陳起鳳、康世芳、郭玲惠（2014），水源保育與回饋環境信託制度研究（1/2），經濟部水利署。
- [2] 林鎮洋、陳起鳳、康世芳、郭玲惠（2015），水源保育與回饋環境信託制度研究（2/2），經濟部水利署。
- [3] 林鎮洋、陳起鳳、康世芳、郭玲惠（2016），水資源環境信託推動規劃，經濟部水利署。
- [4] 林鎮洋、陳起鳳、康世芳、郭玲惠（2017），水源保育環境信託試辦計畫，經濟部水利署。
- [5] 公益財團法人トトロのふるさと基金 <http://www.totoro.or.jp/index.html>。
- [6] 環境信託中心—臺灣環境資訊協會，<http://teia.tw/zh-hant/env-trust>。
- [7] 環境資訊協會自然谷環境信託基地，<http://teia.tw/zh-hant/natural-valley>。
- [8] 董郢（2012），公益信託之研究-兼論英美之保護地役權，碩士論文，天主教輔仁大學法律學系，臺北。

- [9] 潘秀菊、李麒、陳昱成 (2012)，財團法人賸餘財產轉設立公益信託及我國公益信託發展之研究與建議，臺北：中華民國信託業商業同業公會委託研究，第 23 頁。
- [10] 行政院環境保護署 (2003)，環境保護公益信託許可及監督辦法。
- [11] 行政院環境保護署 (2008)，環境信託 — 紿大地一個永恆的許諾（環境信託手冊）。
- [12] The National Trust,
<https://www.nationaltrust.org.uk/>

台灣都市河川的前瞻想像

廖桂賢

國立臺北大學都市計劃研究所 副教授、台灣河溪網召集人

近來，台灣最受到矚目的兩條都市河川應該就是台中的柳川及綠川了。台中市政府將北起台灣大道、南到民權路之間，長約三百公尺的柳川河段改造為「柳川水岸步道」，於 2016 年十二月正式對民眾開放。繼柳川之後，位於台中火車站附近，北起雙十路、南到民權路之間，長約六百一十公尺的綠川河段改造為「新盛綠川水岸廊道」，於 2018 年二月揭幕，其中並將東協廣場前方被加蓋的河段「開蓋」。

柳川與綠川的改造都引起大量的關注，除了吸引不少民眾造訪，拍照打卡，政界也多是溢美之詞。在柳川的啟用典禮上，水利署長賴建信稱讚其「媲美韓國的清溪川」，並稱柳川因為透過「生態工法的整治」是「生態保育的模範」。行政院長賴清德在綠川的啟用典禮上，則稱讚綠川是「全台灣最具典範的河川改造工程，值得其他縣市學習與效法」。柳川與綠川的改造還吸引其他地方首長前往參訪。新竹縣長邱鏡淳、台北市長柯文哲先後於三月前去，柯文哲並誇讚綠川「整治得比韓國的清溪川還好！」。四月中，基隆市長

林右昌也前往參觀，也稱讚綠川「絲毫不遜於韓國清溪川，兩者相比有過之而無不及」。

然而，柳川與綠川的改造在環境與生態界卻沒有得到太多的讚許。尤其是柳川剛啟用時，在公部門的宣傳上與「生態」一詞連在一起，讓許多人十分不以為然。

為什麼柳綠川的評價兩極？

純粹就「都市開放空間」的面向而言，柳川水岸步道與新盛綠川水岸廊道是值得肯定的，因為這兩個空間是台灣都市中極為少見的開放空間型態。其實台灣並不乏濱水空間，許多中大型河川旁都有河濱公園；但是，大部分都市內部的小型河川往往惡臭，讓人避之唯恐；就算不那麼臭的也因為溝渠化或三面光而欠缺美感、欠缺駐足空間，沒有親近的理由。正因為在台灣，這樣的都市開放空間實屬難得，因此改造後的柳川與綠川能夠成功吸引許多民眾到訪。台中市政府在擁擠的都市中，為市民創造舒適的親水開放空間，用心值得肯定。

然而，從「生態」的角度而言，柳川與綠川改造後卻仍欠缺「河川生命力」。當然，作為都市河川的柳川與綠川，在生態的提升上的確面臨了諸多的限制（後文會詳細討論），且台灣在都市河川的改造經驗也相對不足，因此無法要求做到盡善盡美。持平而論，長期被當作純粹的排洪排污渠道已久、醜陋又悲情的柳川與綠川，改造後的確變乾淨漂亮了，也成功帶入人潮。然而，即便如此，仍然必須指出：這並非河川本身的「生命力」。正因為柳川與綠川極為受到民眾與政治人物的讚賞，因此讓人十分擔心，其仍然過於水泥化的改造模式，會被大量複製到台灣其他的河川。

「全國水環境改善計畫」會是改善還是破壞？

如果同樣的模式只是複製到其他三面光的河川，問題也不算太大；最讓人擔心的，是地方政治人物因為想要創造類似的打卡熱點，因而將原本不是三面光、生態還不錯的鄉野溪流給水泥化。這樣一來，就不是水環境「改善」，反而是水環境「破壞」了。

這樣的憂心不是沒有道理，畢竟過去，每當中央政府投注大量經費在河川整治時，往往是生態破壞遠遠大於環境改善。目前，中央政府正在執行「前瞻基礎

建設計畫」，其中水環境建設中的「全國水環境改善計畫」，期程從民國 106 年到 113 年之間共八年，總計將挹注兩百八十億的特別預算來補助地方政府改造全國各地的河川溪流；而各地方政府都已經陸續提出許多計畫，許多工程也早已開始。

台中市以外的地方首長相繼來考察綠川與柳川，正印證了環境與生態界對綠川與柳川被大量複製的擔憂。例如，新竹縣已爭取到前瞻計畫的經費，將進行「竹北六張犁東興圳整體景觀再造計畫」、「竹東之心中興河道水岸生活空間再造工程計畫」；新竹縣長邱鏡淳表示「要借重（柳川與綠川）許多經驗的傳承，將以最新的工法與觀點，落實完成」。此外，基隆市也爭取到經費，將要改善南榮河、旭川河、田寮河、西定河等四條河川，明年就要動工；基隆市長林右昌表示「將汲取台中市經驗，讓基隆市的河川變得和台中市一樣美麗」。

柳川與綠川當然有值得汲取與傳承的經驗（後文將會討論），但其他地方的水環境改善計畫絕不該直接複製柳川與綠川表面的親水形式，而應深入了解該兩案在基地條件的各種複雜性與限制下，設計方案背後的考量、掙扎、與取捨，這是柳川與綠川可以提供的寶貴經驗。然而，讓人擔心的是，有選票考量的地方首長，想要複製的很有可能只是柳川與綠川的表象。畢竟，在「全國水環境改善計畫」

中的「績效指標」，竟然只有「亮點數」以及「親水空間面積」兩項！而且，所謂「亮點」到底是什麼，並未有任何定義，卻在計畫書中明顯與「吸引觀光人潮」有關；而所謂「親水空間」又如何定義，計畫書中也沒有說清楚。

都市河川應當做「河川生態系統」來經營

政府投注經費來改善全國各地的水環境，是好事一件，但是，向後代子孫借貸的錢，應該要能夠真正達到「改善」、讓環境更永續，才對得起後代子孫。如果我們真正以比較前瞻的思維來改善都市河川（這篇文章所指的都市河川，不論是否自然或人工，也包括那些名為「大排」的水路），其改造就不應該只強化親水的功能，不能只求打造「水景」，而應該視其為生命系統，將其當成「河川生態系統」來經營，讓其恢復「河川生命力」，才是真正的水環境改善。

許多人可能覺得，都市那些人為開鑿的水路，本來就不是自然的，將其視為生態系統來經營，陳義過高。但是，我們如何看待都市水路，反映著社會的價值觀。將人工水路當成生態系統來對待，是尊重生命的態度。日本三島市對待源兵衛川的態度，提供了一個很好的示範：源兵衛川當初是為了灌溉而人工開鑿出來的，但是

在地公民並未因為它是人為的，而僅將其當作排水溝看待，不但認真清理維護，排除水污染源，更營造適合魚蝦螺貝及螢火蟲的棲息環境，甚至在源兵衛川內復育需要非常乾淨水質的梅花藻。種種努力讓三島市民得到了超高品质的親水環境，提高都市生活品質，且讓源兵衛川這個案例揚名世界，成為三島人的驕傲。將人工水路視為「生態系統」，其實就是都市生活品質加分，也是有利於社會的。

生態並非唱高調，但什麼是生態？

其實，主張都市河川應恢復「生命力」、強化其「生態」，絕非唱高調。在「全國水環境改善計畫」的計畫書中（106年七月核定本），可以看到不少相關文字。例如，計畫書第壹章第一頁就提到「本計畫……積極推動結合生態保育、水質改善及周邊地景之水環境改善……期能恢復河川生命力」；又例如，在計畫緣起的章節中，提到「河川生物多樣性日趨受到重視……治水工作應結合水質改善、河川棲地維護、環境保育、人文風貌及自然地景整體營造規劃，提升水域自然生命力，營造生態永續環境」；又例如在第貳章所提及的三個計畫目標的其中之一，是「改善水質污染、營造生物多樣性棲地，發展永續生態環境」；再例如，地方政府提案的評核重點，包括「具生態復育及生

態棲息地營造功能者」。

這表示，理論上在「全國水環境改善計畫」中「生態」是不能缺席的。然而，就都市河川的改造而言，「生態」作為一個形容詞，到底是什麼意思？是比三面光好就算生態？是有做綠化、保留老樹就算？是有做生態工法？有淨化水質？還是更嚴格一點，應該要重建生物棲息地、達到生物多樣性，才能算生態？

柳川及綠川的改造之所以在工程界/政界以及環境生態界有截然不同的評價，很大的程度是因為對「生態」的詮釋非常不同：前者定義太過寬鬆，而後者嚴格。舉例來說，水利署長認為是「生態保育的模範」的柳川，雖然是不錯的都市開放空間，但以嚴格的生態定義而言，絕不能算是模範，離健康河川的樣貌還有很大的距離。改造後的柳川絕對比原來的三面光河道好，護岸也從不透水的水泥牆變成有植栽可透水的綠色緩坡，因而台中市政府稱其為「會呼吸的河川」。但比起能夠「自在呼吸」的自然河川，柳川的河床本身仍不透水、沒有水路交接的濕潤濱水帶、也沒有能夠週期性氾濫補注地下水的洪泛平原，因此改造後的柳川比起三面光雖然終於有了呼吸，但仍算是「呼吸困難」。對生態的不同詮釋，除了柳川的案例，近來許多以所謂「生態工法」的野溪整治中都有類似問題，往往造成工程界與環境生態界的衝突。

台灣需要進行都市河川生態復育

我認為，台灣若要進行真正前瞻的都市河川水環境改善，就不應持續採取生態的低標準，而應盡量往高標準努力。那麼，所謂高標準的生態是什麼？我個人認為，要能夠恢復河川生命力，才算是生態。採取高標準的都市河川水環境改善，不能只重視水質淨化、以及親水空間和水景的塑造，在台灣都市河川的生態條件普遍惡劣的現況下，必須以「生態復育」的大原則來進行水環境改善。

我所謂「生態復育」，並非狹隘地指復育某種魚類或水生植物，也並非指恢復到過去某個人類干擾前的時點的河川狀態（那是在學界已經被揚棄的生態復育概念），而是指提升河川的生態功能與生態多樣性，使河川能夠提供多樣的「生態系統服務」(ecosystem services)。所謂生態系統服務，是指自然生態系統所能提供給人類，支持其存活、發展的各種服務。當然，自然並非為人而存在，因此生態系統服務可說是一個非常人類自我中心的概念；但是，這個概念背後傳遞的訊息是：如果沒有自然，人類就無法存活；人類需要存活發展，就得好好照顧自然，維護生態系統的健康。

河川提供的生態系統服務

那麼，河川可以提供給人類什麼樣的服務呢？只要想想，若把一條河川填掉會

喪失什麼，就可以理解了。河川的生態系統服務可以從四個不同的服務類型來談。首先，在「供給服務」(provisioning services)上，河川除了提供重要的淡水資源（地表水與伏流水），還提供魚蝦貝類等水產、以及其他水生或濱水的食物來源。此外，有些河川還有航運之利。

在「調節服務」(regulating services)上，河川幫我們涵養水資源；再者，其透過洪泛平原進行洪水自我調節，可以減少下游水患；河川也會透過侵蝕堆積，調控土砂的機制；此外，河岸上的濕地、濱水帶、水生動植物所進行的物理與化學作用，有淨化水質的作用，也就是人們熟知的「河川自淨功能」；再來，河川廊道是城市中重要風廊，幫城市調節氣溫，河邊也感覺比較涼快。

在社會文化服務 (socio-cultural services) 上，河川可以是休閒娛樂與環境教育的場域，是讓人心曠神怡、解憂舒壓的水景，同時也可能會刺激個人創作靈感；此外，社區中若有一條河流（例如之前所提到的源兵衛川），也能夠強化地方感、促進社會交流。

然而，以上這些服務若沒有第四種服務類型，也就是「支持服務」(supporting services)，就無法存在。這些基礎的支持服務包括提供多樣的生物棲息地，以養育能夠進行各種生態功能、提供上述三類服務的生物；此外，河川的水循環 (water

cycling) 以及營養循環 (nutrient cycling) 都是支持調節服務的重要機制。

生態系統服務這個概念讓我們發現，原來自然河川為人類提供了如此多的免費午餐！但可惜的是，都市僅僅為了「防洪」這個單一目的，就把河川生態給毀了；再加上各種污水的排入，於是，河川幾乎喪失了所有的生態系統服務。但生態系統服務是有可能救回來的！只要我們願意以「生態復育」的方式來進行全國水環境改善計畫，那麼不管是自然或是人工的都市河川，都有恢復成健康的可能性，為都市人提供除了親水與水景之外更多樣的服務。我們越是友善對待河川，我們從河川那裡得到的好處也越多！

台灣都市河川治理的目標，早期強調「排洪」，當所有河川都成為水泥化的排水溝後，於是開始著重水質改善。在前瞻基礎建設計畫水環境建設中的「全國水環境改善計畫」，除了強調水質改善，也進一步要求親水以及環境美化（一般將後者以「景觀」稱之，但「景觀」(landscape) 作為一門專業，其內涵遠遠大於環境美化，因此本文選擇不以「景觀」一詞來表達環境美化之意）。

許多人往往以為防災、親水、環境美化的功能都是與生態相斥的，因此，常常可以聽到「都市河川本來就無法兼顧生態」這樣的說法。但其實，只要認識了生態系統服務的概念，就可以理解：防災、

親水、環境美化、與生態是可以共存的目標。換句話說，一條很生態的健康河川也可以有親水功能，同時也可以是賞心悅目的美麗河川，也仍然可以滯納洪水來防災。但是，絕對不能因為要親水或是打造某種樣貌的水景，就破壞原有的生態，或是忽略河川應有的生態功能。如何多種功能兼具，端看設計者的功力了。

都市河川不見得要硬邦邦

許多人不但對都市河川可以具備的功能有誤解，也對都市河川有型式上的刻板印象，認為都市河川就應該是硬化的，比較符合「都市」的意象。韓國首爾清溪川上游的設計，就是這樣概念下的典型產品。清溪川全長約 13.7 公里，越上游越是繁忙的市區，其上游河段的設計因為要回應都市的脈絡與意象，因此設計成現在大家常常在照片上看到的「硬河道」樣貌，也是被稱為「台版清溪川」的柳川所打造出的類似樣貌。但其實，清溪川越往下游就越綠、越「軟」，硬鋪面越少，可惜的是，自然的清溪川河段卻被不在台灣政客的關愛眼神中。

位於都市內部的河川，不見得非得硬化不可，也不見得要有硬鋪面才能夠親水。位於新加坡碧山 — 宏茂橋公園 (Bishan-Ang Mo Kio Park) 內的加冷河 (Kallang River) 的復育，就是一個極好

的例子。公園內的這段加冷河本來是一條不折不扣的都市河川，但其復育工程將其「自然化」，把本來的三面光水泥全部打掉，整條河道不留一點水泥護岸，綠意盎然；且還地於河，不但美化了環境，防災功能也提升，成為極受市民歡迎的親水空間。

河川生命力的要件

那麼，生態被嚴重破壞的都市河川該如何進行生態復育、使其提供多樣的生態系統服務呢？這就要先了解河川生命力所需的要件。首先當然是要有良好的水質。再者，要有多樣的生物棲息地，才能夠孕育多樣的物種。台灣的自然河川有深潭、淺瀨等不同河道形態，有溶氧量高的礫石層讓魚類可以覓食、躲藏、甚至孵育下一代，其水路交接的河岸有濱水帶，可以為水中生物遮蔭，且從植物上落下的昆蟲和有機質，是許多水中生物仰賴的食物來源。反觀，被水泥化整治後的河川，失去濱水帶且河道平整，棲地相當單一，食物來源不足，難以孕育多樣物種。

但乾淨的水和棲息地的本身還不足以維持河川生命力，河川還需要維持一定程度的「自然流態」(natural flow regime)。所謂自然流態，就是河川在沒有人為干擾下的自然水文動態，包括河川流量與流速、何時豐水枯水、何時會

發生大型氾濫、何時極度乾旱、氾濫與乾旱規模又多大等等水文動態。此外，除了水的動態本身，水對砂石的搬運、侵蝕、堆積等動態，對河川的物理環境以及生物群貌也有決定性的影響。水與砂的自然作用力，或者日文所總稱的「營力」，是維持棲地多樣性、維持河川生命力的重要機制，一旦營力改變了，適應力較差的物種就難以存活。

但營力對河川生態的重要性，相對晚近才被了解。早期西方國家進行河川生態復育時，僅重視水質和棲地重建，忽略營力的恢復；當維持棲地多樣性的機制不在，就必須借重人為管理；欠缺營力的河川生態復育，若沒有長期的人為介入，難以永續。

都市河川面臨的多重限制

總而言之，河川要有生命力，乾淨水質、棲地多樣性、營力三樣缺一不可。但不可否認的，不只是在台灣，任何地方的都市河川都面臨重重限制，以至於往往無法進行理想的河川生態復育。

台灣的都市河川面臨多重限制，第一重限制就是水質不佳：除了污水下水道接管普及率比較高的台北市（77.47%）河川污染情況相對較輕，其他縣市的都市河川都面臨嚴重水污染，除了有家庭、工業等污水排放，還要加上雨水逕流的非點源污

染。

第二重是空間上的限制：所謂河川生態系統，並非僅指河道本身，還包括河岸的濱水帶與洪泛平原。河道、濱水帶、與洪泛平原三個空間之間有密切的生物、水文、土砂的交互作用，在生態的重要性上不可分割，統稱為「河川廊道」。河川生命力的維護需要完整的空間，但是，在都市河道兩岸都早已填滿建築物或闢為道路的情況下，要還地於河有相當的困難性。

第三重則是民眾觀念上的限制：今天，即便許多人已經無法接受三面光的河道，仍有人會認為整理得「整整齊齊、乾乾淨淨」的河道，才是河川該有的樣子，才是政府有做事的表現。就算是不認同河川全面水泥化的民眾，也不見得能夠接受自然演替後較「野性」的河川樣貌，會認為濱水帶那樣的植物群落是「雜草叢生」，有礙觀瞻且藏污納垢，因此往往會要求政府進行「維護」，也就是剷除。此外，許多民眾也無法接受「河川本來就是會/該變動」的事實，因此無法接受河濱公園會淹水，殊不知河濱公園位於堤外行水區，本來就是行水的地方。總而言之，民眾對都市河川的認知與要求，往往會限制了河川生態復育的可能性。

最後一重限制，則是對於快速排洪的要求：河川氾濫是自然現象，只要都市內有河川就不可能免除淹水的可能。但即便

如此，民眾仍然要求政府應保證不淹水，且完全無法接受都市中有任何淹水情事（請注意，「淹水」不代表「水災」）。因為本來是洪泛平原的都市土地現在完成不承納洪水，河道就得承擔所有排洪的責任，不但得快速排洪且得確保河道穩定。河川不能氾濫且河道不能侵蝕堆積，等於是完全排除了生態系統所需的自然營力，排除了維持河川生命力的重要機制。

設法突破限制，才是前瞻！

即便都市河川在生態復育上面臨重重限制，「全國水環境改善計畫」必須要試圖挑戰並突破這些限制，才是前瞻。但是，不可否認，對於河道快速排洪的要求，在台灣根深蒂固，甚至寫在法裡面，因此暫時很難突破。只能期許未來的台灣能夠真正擁抱「韌性城市」的概念，將都市建成環境改造成可以承納洪水的環境，從「不讓水淹」走向「不怕水淹」。此外，也唯有承認河川本身就是變動的系統，水位與河相都會不斷改變，我們才能允許氾濫、侵蝕、堆積等營力的恢復。在自然營力短期內無法恢復之前，我們就先針對前三項限制來突破。

在水質限制的突破上，柳川和綠川的改造，都在暫時無法提高污水接管率的狀況下針對水質下功夫，設法截流污水，再將處理過後的水放流回河道。綠川 8.5 億

總經費的七成（5.9 億）都是用在污水處理上。柳川則還運用了 LID (Low-Impact Development 低衝擊開發，也就是海綿城市的概念) 設施，包括植生溝與雨水花園，來就地淨化雨水逕流。除了以污水截流的方式來解決水質問題，我認為，未來應進行跨部門整合，將海綿城市的各項設施大量施作到整個流域，以更進一步控制雨水逕流的非點源污染。此外，都市河川若在重重限制下無法朝向更嚴格的生態標準來改造時，相關單位應避免以「生態」來宣傳改造成果，除了避免因為認知不同而造成不必要的衝突，也避免誤導民眾。要強化宣傳的，應該是在突破水質限制上的努力。

在空間限制的突破上，如果河岸緊鄰的是車道而非建築物，就盡可能還地於河。這一點，柳川做了很棒的示範。該案將車道縮減，讓兩岸護岸各外移八公尺，等於是還給河川十六公尺的空間；在仍然以車為主的城市中縮減車道，可說不容易，因此這是相當值得其它水環境改善計畫學習的面相。雖然現在柳川的河道太過水泥化，但把空間先爭回來了，未來若朝向生態復育的方向再改造時，就有很大的可能性。因此，柳川的改造，與其強調其成果多「生態」，應該強化其在「還地於河」的成就。

至於民眾觀念，當然也有改變的可能。例如，前文所提到的新加坡加冷河的

復育，將原本筆直的三面光河道重新蜿蜒並自然化，一開始民眾聽到這樣的設計構想有非常多的疑慮：怕淹水更嚴重，還怕會帶來更多蚊子；然而，加冷河改造後居民所擔憂的事情並沒有發生，反而還真心愛上了這樣的河川，慶幸「新加坡終於有一條自然的河川了！」而其他地方的民眾看到這麼棒的自然親水空間，就不斷要求政府也改造他們鄰里的河道。新加坡的案例，顯示民眾對於河川自然樣貌的排斥多是因為欠缺對河川的其他可能性的想像；在這樣的情況下，溝通與進行河川生態教育，就是非常重要的工作。

水環境改善所需要的「基礎建設」： 河川生態教育與研究、公民參與、 資訊公開

以上的討論顯示，要突破都市河川所面臨的種種限制，其實需要的不是硬體，更重要的要有軟體為基礎。也就是說，國家在基礎建設的投資上，絕對不能只將資源都挹注在硬體建設上，真正「基礎」的「建設」是非硬體的。全國水環境改善要成功，要能夠真正恢復河川生命力，台灣還需要三樣「基礎建設」：河川生態教育與研究、公民參與、與資訊公開。

台灣水環境要朝向更生態的方向改善，就不能沒有河川生態教育與相關研究。我所謂的河川生態教育，不只學習河

川中有那些動植物以及名稱，而是著重了解人與河川的關係，例如，理解河川的生態系統服務、理解維持河川生命力的要件、理解生態復育的意涵等等，以更廣泛、宏觀的生態角度來學習河川生態。這樣的河川生態教育不只是針對民眾，所有參與水環境改善計畫的相關人員，更是需要，才能夠確保河川改造的方向符合生態原則。然而，要能夠進行這樣的河川生態教育，背後不能沒有相關研究的支持。

另外一個必須的「基礎建設」是公民參與。各地正如火如荼進行的水環境改善計畫必須積極納入公民參與，而公民參與絕對不等同於開說明會，因為「說明」只是單向的告知，並不是雙向的溝通、理解、尋求共識。計畫必須納入「參與式設計規劃」的機制，讓有利害相關的民眾、在地草根組織、以及相關專業的公民團體在水環境改善計畫的規劃設計階段就參與其中，與公部門和設計單位協力一起做規劃設計。對於習慣關起門來作業、要求效率的公部門以及專業者，公民參與是平添麻煩；的確，進行公民參與的確需要花更長的時間，但是，充分討論溝通是民主國家的精神，未經充分討論溝通就推動的案子，往往遭遇反彈，即便強力執行後也會引起極大爭議，後患無窮，只是把麻煩往後延。唯有進行真正的公民參與，各方相互學習、相互理解，充分溝通，計畫才能夠獲得充分支持。

第三個必須的「基礎建設」是資訊公開，作為公民參與的基礎。目前，全國各地的地方政府已經陸續提出、並向中央爭取到「全國水環境改善計畫」的經費，許多計畫甚至已經開工或即將要開工。然而，各項計畫內容連環境相關的公民團體都無法一窺全貌，何況是一般民眾？到底自家附近的河川是否有相關計畫進行？何時進行？計畫內容為何？幾乎無從得知。若民眾與公民團體無法輕易得知水環境改善計畫的相關資訊，就無從了解、無從參與。因此，執「全國行水環境改善計畫」的水利署、以及爭取到計畫的地方政府，應該要主動公開相關資訊，並且確保資訊顯示在容易找到的地方。

台灣不需要「台版清溪川」！

台灣人與惡臭、骯髒、醜陋的都市河川共處太久，渴望改變。柳川與綠川的改造，讓台灣民眾耳目一新，看到了都市河川的不同可能性。然而，台灣都市河川的水環境改善，不該只停留在親水，我們可以更有野心、更前瞻！

要前瞻，我們就必須要拋棄所謂「台版清溪川」的刻板想像。韓國首爾的清溪川是 2005 年就完成的河川工程，若今天我們一味複製十多年前別的國家在不同的社會與環境脈絡下的河川樣貌，何前瞻之有？台灣真的不需要、也不該有「台版

清溪川」！

這篇文章以柳川與綠川起頭，並對其設計多有討論，目的絕不在於批判，而希望藉由兩川改造的案例的討論，讓台灣的都市河川更好。衷心希望柳川與綠川帶來的是更多的可能性，讓接下來其它的水環境改善計畫，站在柳川與綠川的寶貴經驗上，朝向更生態的方向邁進，真正恢復河川生命力。恢復河川生命力這件事絕對不簡單，困難重重，但只要政府不心急，給每一個水環境改造案多一點時間，並耐心進行河川生態教育與研究、公民參與、資訊公開，我相信，我們可以創造出真正生態永續的全國水環境。

備註：本文原分上下兩篇刊登於鳴人堂

台灣海綿城市的推動與展望

陳伸賢

財團法人中興工程顧問社 執行長

摘要

受氣候變遷之影響，近年來全球各地之旱澇現象日漸加劇，特別是極端降雨事件已從十幾年一遇逐漸轉為常態，復因高度都市化產生之熱島效應引起降雨型態改變，造成都會區之降雨量迥異於以往；另方面，伴隨都市開發而來之高度水泥化改變了地表逕流型態，破壞了原來的天然水文循環，導致既有排水設施無法負荷。上述現象俱都造成都會區內水量大增，原來不會淹水的地方開始淹水，而會淹水的地方更加嚴重，淹水問題已成為都市發展的夢魘。

近年來台灣方面編列龐大的治水預算，透過流域綜合治水方式，從上游的治山防洪、中下游河道疏濬、興建滯洪設施、加高堤防及興建抽水站等，有效改善了河川等外水所帶來的威脅，但對於已建成的都市及既有設施，由於人口稠密以及土地取得不易，改善工作之推動實屬困難。如何透過兼顧基地雨水貯留、滲透雨水、涵養地下水之海綿城市概念，從源頭降低逕流量，提升防洪效能，降低排水系

統負擔，恢復都市水文循環，提升城市的韌性，已成為近年來民眾及政府最關切的問題。

鑑於淹水已成為快速發展都市的共同問題，而都市淹水與土地使用又有絕對的關係，如能透過土地使用的管制、建築執照的審批、基地所有人對於透水保水相關設施應具之維護管理責任及罰則之訂定等方式，由上而下有系統地實施，應可有效推動海綿城市的建設。本文即以台灣最大直轄市新北市為例，說明如何透過立法且並推動有效之工法，多管齊下展現成功的例子，並提出對未來發展之願景。

一、前言

城市發展與國家經濟成長有著相當密切的連動性，隨著城市人口結構、經濟發展、產業型態的調整及生活水平的提高，城市的規劃建設也隨之產生變化。對於世界上許多開發中國家而言，城市發展的推動往往被視為提升國家競爭力最重要的手段，也影響執政者對於國家資源分配的決策，以及人民居住遷徙的意向。根

據聯合國 2014 年的統計，目前全世界約有 35 億人居住在都會區，其中 5%居住在人口數超過 1,000 萬的「巨型城市」（Megacities）中；預測到了 2030 年，全球將有六成的人口居住在城市地區，巨型城市所吸納的人口數量比例也將提升到 8%。聯合國永續發展指標（United Nations Sustainable Development Goals, SDGs）指出，未來城市的發展應兼顧包容性、安全性、可調適性及永續性，顯示在土地使用密集化的過程中，我們必須思考如何在建設及生態環境的永續間取得平衡。當然城市發展過程難免帶來許多不可預測的挑戰，例如交通的問題、人口遷移、二氧化碳排放、能源損耗的增加、生物多樣性的

減少、可用水資源的競爭，以及都市洪澇的發生，而這些問題都與氣候變遷有密切關係。

氣候變遷是 21 世紀最具挑戰性的全球性問題，受氣候變遷之影響，近年來全球各地之旱澇現象日漸加劇，特別是極端降雨事件已從十幾年一遇逐漸轉為常態，高度都市化產生之熱島效應也引起區域降雨型態的改變，導致都會區之降雨量迥異於以往，以台灣地區為例，根據台北雨量站的觀測紀錄（如圖 1），現今年降雨總量與 60 年前相較增加約 360 毫米，然而每年降雨日數卻減少了 30 天左右，說明更多的降雨量將在更短的時間內發生，且淹水、缺水發生機率也大幅提升。

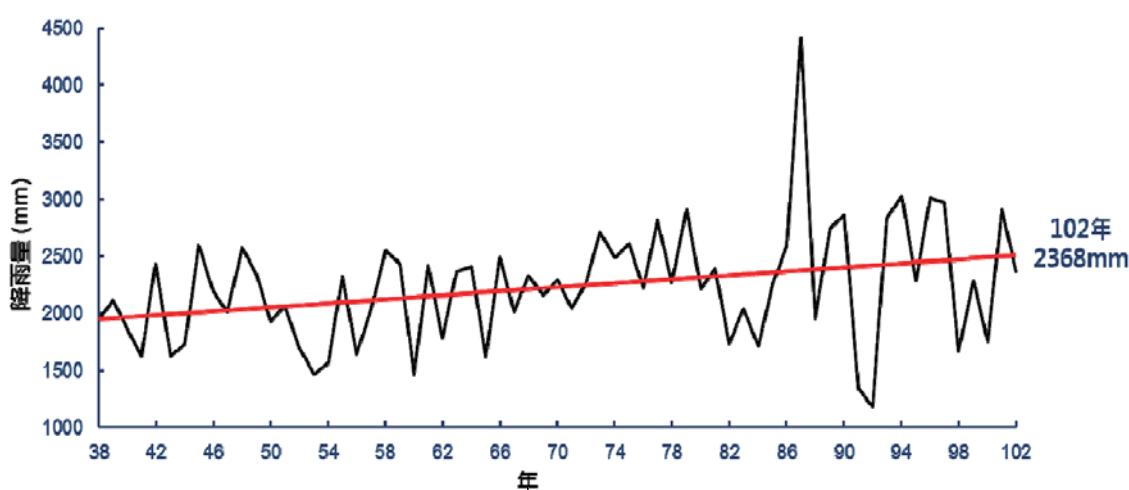


圖 1 台北雨量站年降雨觀測紀錄

另一方面，伴隨都市開發而來之高度水泥化導致綠地的縮小和不透水覆蓋面積的擴張，阻止了雨水滲入土壤和含水層，破壞了原來的天然水文循環（如圖2），同時也改變了都會區之地表逕流型態，使得峰值流量迅速增加，在既有排水設施無法負荷下，造成城市洪水發生率顯著增加，原來不會淹水的地方開始淹水，而會淹水的地方更加嚴重。淹水問題已成為都市發展的夢魘，因此若沒有相應的水環境與都市發展政策因應，洪災所帶來的影響將更加嚴重。

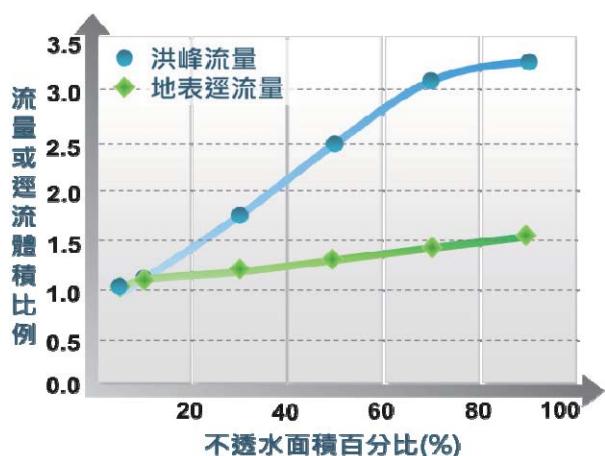


圖 2 不透水覆蓋面積變化對於洪峰流量和地表徑流的影響

緩解 (Mitigation) 和調適 (Adaptation) 是全球因應氣候變遷所採取之兩個關鍵策略，前者以減緩溫室氣體淨排放量或增加其儲存量為目標，而調適則是尋求降低氣候變遷的衝擊為目標，研擬出能夠有效

減少受到氣候變遷危害影響的策略。為了將減緩和調適的概念納入氣候變化風險管理，台灣在 2012 年通過了氣候變遷調適政策綱領 (Adaptation Strategy to Climate Change in Taiwan)，為因應氣候變遷奠定了行動的法源基礎，並制定了逕流分擔出流管制行動計畫，除了傳統的防洪工程手段之外，突破性策略是將城市的滲透狀態恢復到原始狀態，使多餘的水更容易滲透到地下，並可加以收集應用，此即推動海綿城市的基本理念。

二、海綿城市概念

在人口統計研究中，所謂的「海綿城市效應」係代表一種遷移模式的過程，來自偏鄉地區的人口常因都市發展而被鄰近城市吸納，正如 Stimson (2011) 所定義的海綿城市效應代表勞動人口快速移居大都會區，造成小城鎮發展遭受人口停滯或衰退。再者，城市的發展會導致建築密集、道路疊架、車輛集中、污染累積，以及電力、油料、食物、水、廢棄物、廢水等各類物質匯集消耗或被創造。因此，海綿城市一詞也有學者意指「城市問題的惡化趨勢」。然而，其與本文所探討的海綿城市概念並不相同。

本文所談論的海綿城市意指著一個都市發展的嶄新契機，期望城市能展現一如海綿般的結構韌性，除可吸收多餘且可能造成災害之降雨地表逕流，並將之儲存

於地表下，不至造成淹水災害外，所吸收之雨水亦可提供作為水資源使用。故海綿城市也可視為一種城市雨水與洪水智慧型管理的概念，如圖 3 所示，海綿城市的規劃除著眼於如何增加區域性保水能力外，也思考如何將分散的集水單元有效串連，這包括擴大城市綠園道做為開放式雨水收集系統，安裝可吸納雨水的綠色屋頂，保持道路系統之間的橫向水力連通性，確保每一滴雨水都可被充分利用。更進一步來看，透過適當施工技術的引進，海綿狀的城市應該是可透氣的狀態，以允許水分和空氣循環，進而改善空氣質量，減少碳排放（甚至可吸收二氧化碳及其他廢氣），節省更多能源和減輕城市熱島效應。

在減緩與調適氣候變遷的思維模式下，海綿城市概念的提出其實並不是一項創新發明，長期以來在許多文獻記錄中也都有雨水貯留與再利用的概念，且在許多

不同的國家進行推廣，包括美國、英國、加拿大、澳大利亞和中國，然而將海綿城市理念內化到都市發展中仍然是一個充滿挑戰性的任務，也是城市轉型相當關鍵的歷程，必須兼顧包括技術、法律、財務、制度、社會和經濟方面的限制與挑戰，透過系統性思考與整合，進而權衡衝突獲得最佳妥協方案，相關問題包括：

1. 如何在城市化進程中適當規範與土地利用控制相關的建築綠化覆蓋率？
2. 直接入滲的機制為何？如何將入滲的元素融入都市更新？
3. 如何透過設計解決方案來提高地表入滲率？
4. 如何設計海綿城市的防洪標準？
5. 如何增加居民參與建設海綿城市建設的意願？
6. 如何評估建設海綿城市的長遠效益與提升公眾意識覺醒？

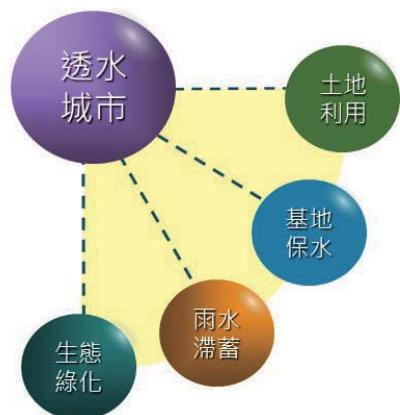
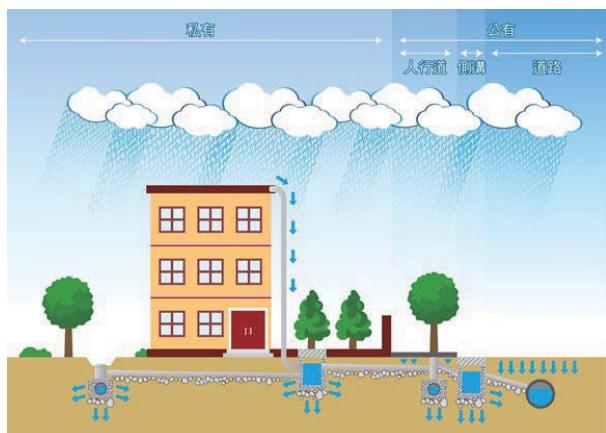


圖 3 海綿城市相關策略性設計範例

三、台灣海綿城市的推動歷程

誠如前述，台灣正處於受極端氣候事件日益頻繁的影響，研究統計指出超過 95% 的人口面臨與極端天氣事件相關的危險，包括地震、山崩、土石流、洪水、海嘯、地層下陷等，在 2012 年通過的氣候變遷調適政策綱領中，針對都市防洪管理效率的能力建置提出了若干規劃，所需的做法包括：

1. 結合環境容受力，調整都市發展型態，各項開發行為宜充分評估與降低其環境影響，包括減少逕流量、增加透水率、建構都市藍綠帶、滯洪與提高透水面積等功能。
2. 逕流總量管理制度應納入都市及區域計畫審議，並於都市及區域計畫通盤檢討落實推動，由開發單位自行吸收因開發增加之逕流量。
3. 通盤檢討都市及區域計畫，積極落實利用公園、學校、復耕可能性低之農地、公有土地等，設置滯洪及設施與空間妥善利用之原則再利用設施，並納入基地開發時土地使用之規範。
4. 檢討公共設施相關法規，強化公共設施之基地截水、保水措施；修訂增加道路與建築及設施之雨水貯留、透水面積及使用透水材質之規範，強化區域保水。
5. 整合都市與周邊地區之防洪設計值，確保都市與其外圍交界處之保護量得以銜接。

台灣地區海綿城市概念的推廣行動幾乎在年度降雨量達到歷史最高水平的同一時刻開始，其中又以新北市是第一個開始實施海綿城市概念的都會區，且早在十多年前已展開氣候變遷的調適準備工作。新北市位於台灣北部，面積幅員相當廣闊，境內包括山脈、丘陵、台地，海岸線長達 120 公里。在 80 年代，其人口增長超過廿萬，而在 20 年後人口增長翻倍。新北市於 2010 年升格直轄市後，已成為台灣人口最多的城市，人口總數達到約 396 萬人，面積超過 2,000 平方公里，而其中都會區土地面積約 1,160 平方公里，有超過九成的新北居民生活在都會區。由於偏鄉人口向城市的快速遷移，新北市顯然已面臨人口爆炸；從歷史的角度來看，新北市或許不是一個最年輕的城市，但絕對是台灣快速發展的經濟中心。

新北市年平均降雨量約 2,200 毫米，通常集中在每年 5 月至 10 月，約占年降雨量的 62%。根據中央氣象局的統計，月平均降雨量約為 180 毫米（淡水站），夏季約為 200 至 350 毫米，冬季則為 70 至 100 毫米，平均每月有 13 天的降雨日數。而與台灣地區其他城市類似，新北市在夏季颱風期暴雨後也極易受到洪水的影響，有許多高度開發地區都位於洪氾地區，包括板橋、中和、新莊、三重與新店等區，因此新北市顯然是台灣面臨氣候變

遷進行城市轉型的最佳範例。為了打造具有韌性的透水城市，新北市政府擬定了透過示範區的設置配合相關法令修訂的推行策略，依序由示範區的推動、公共設施用地開發、建築基地開發逐步推行，最終期望能推廣至全市之所有土地開發。

依據上述策略，新北市打造海綿城市之發展歷程如圖 4 所示，首先於 2005 年配合林口特定區計畫之開發，修訂「變更林口特定區計畫」土地使用管制要點，增訂雨水貯留、滯洪及涵養水分相關設施條文，於林口區試辦設置滯洪貯留設施，並於 2009 年擴展至 20 個都市計畫區；緊接著於 2011 年發布「新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」，要求轄內開發案應依基地內之特性設置雨水貯留設施。2013 年再

發布實施「新北市政府辦理公共設施用地開發透水保水實施要點」及「新北市政府辦理建築基地保水指標執行要點」，規範公共設施用地及建築基地開發時設置透水保水設施需符合之標準，全面推廣建築基地保水任務。2014 年 5 月發布實施「都市計畫法新北市施行細則」，建蔽率全面降低 10%，要讓空地透水率達 80% 以上。2016 年 12 月 28 日，則發佈「新北市透水保水自治條例」，規定新北市轄內所有開發基地皆應設置透水保水相關設施，並將基地之最小透水保水量提升至申請基地面積乘以 0.08（立方公尺/平方公尺）計算，同時規範基地之經營人、使用人、依法成立之公寓大廈管理委員會或所有人對於透水保水相關設施應具之維護管理責任，並明訂違反者之罰則。



圖 4 新北市推動海綿城市的歷程

事實上，內政部營建署制定之「建築技術規則」中，對於海綿城市或透水保水設計已有基本規定，要求所有建築基地應吸收 45 mm/hr 的水量，但新北市「建築基地保水指標執行要點」將要求提升至 80 mm/hr，如圖 5 所示。現今六都對於建築開發的雨水貯留量標準，除了新北市已訂定 80 mm/hr，台北市為 78 mm/hr 外，其他 5 都尚在推動研議中，如圖 6。對於都市內新的建築開發案，新北市政府透過各種海綿城市透水規範及自治條例，要求開發者從建照申請、設計施工到完工請領使

用執照，都必須符合透水海綿規定，透過這樣的規定，希望都市基地在開發時，即採取各種技術，達到海綿/透水的效果，降低洪水的發生。尤其新北市政府訂定自治條例，此為全國第一次由地方政府制定相關自治條例，更進一步規範管理者（使用者）必須善盡維護責任，亦即開發者依透水/保水規定，請領建造及使用執照之後，完工後能善盡管理者（使用者）維護管理的責任，並規定政府可進行監督與相關檢查作業，針對違反者科以罰則，以落實當初設計理念，並確保執行效果。

■內政部規範之標準

- 「建築技術規則第4-3條」
雨水貯留量體 = 基地面積 × 0.045
- 「建築技術規則第305條」
基地保水指標基準值 λ_c = 開發後透水保水量 / 原用地透水保水量 = $0.5 \times (1 - \text{建蔽率}r)$

■新北市現行之標準

- 「建築基地雨水貯留作業規範」
雨水貯留量體 = 基地面積 × 0.05
- 「建築基地保水指標執行要點」
基地保水指標基準值 $\lambda_c = 0.8 \times (1 - r)$

➤ 「公共設施用地」開發透水保水實施要點」	
基地保水指標基準值 λ_c	
人行道、分隔島等	0.4
平面停車場	0.4
建築物	$0.8 \times (1 - r)$
公園、綠地	0.9
其他	$0.5 \times (1 - r)$

■新北市今年之標準

- 每宗開發基地滿足 **80mm/hr**，一小時零出流
雨水貯留及透水保水量體 = 基地面積 × 0.08

圖 5 建築基地透水保水設計評估基準

新北市 設施標準全國最高 (全面：含都市、非都)

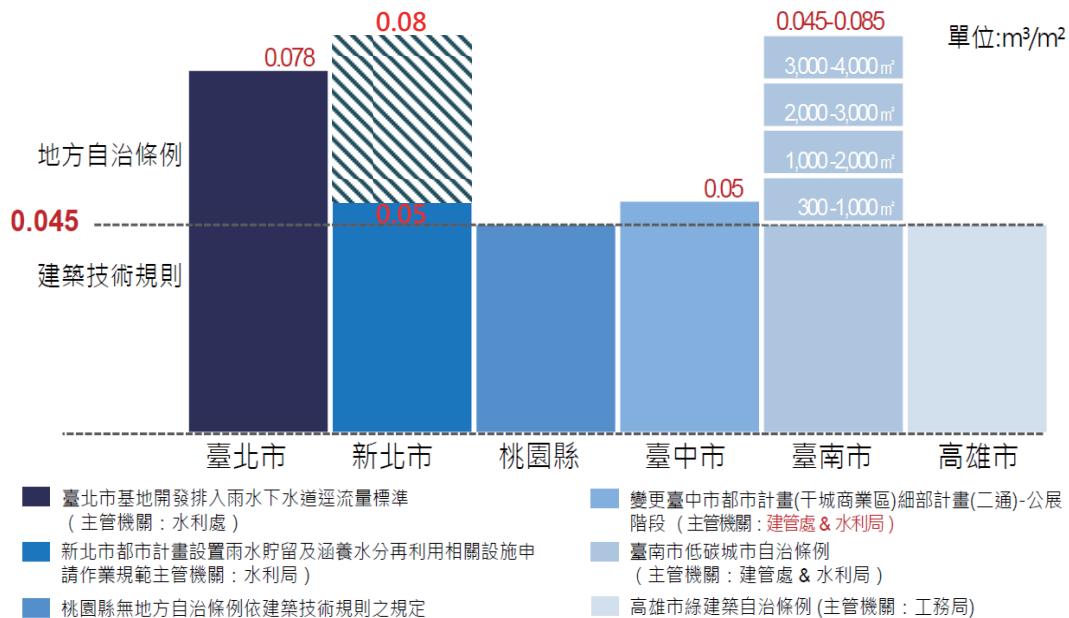


圖 6 六都現行建築開發雨水貯留量標準

對於既有的都市地區，由於發展迅速，人口建物密集，傳統防洪方法，如雨水下水道系統、抽水站已不敷滿足需求（兩側房屋林立，下水道不易擴大、擴深；且可配置抽水站地點亦已飽和，如新北市中和、永和地區，又一旦抽水站運轉失誤，則市區將成為大水盆），此類舊市區亦可用透水海綿工法，減輕淹水發生頻率與規模，搭配提高保護標準，此部分許多地方政府亦已擇優在適當地點（如學校、公園、市場等公共設施使用地）開始施做，其成效良好，且所蓄之水可當做水資源使用，亦可當做為環境教育之場所（如在學校施作海綿工法）。

四、海綿城市透水保水工法簡介

除了前述法源基礎的建立外，在執行面如何實現海綿城市的理念也相當重要，運用低衝擊開發（Low Impact Development, LID）的理念，經由各種土地之適當規劃，搭配設計過之措施與技術，使洪峰逕流在源頭即進行有效控制，並與公共排水系統連結，將城市地表逕流量減到最低，同時將雨水貯留和廢水再利用的概念根植於區域總體改造計畫，使城市更具韌性和包容性（如圖 7 所示）。



圖 7 透水保水設施示意圖

透水鋪面的技術突破也是海綿城市計畫成功的關鍵，其概念旨在讓雨水通過各種路面層迅速滲透到下面的土壤中，同時不會增加地表面積，因此可以減少地表逕流量。此系統通常由可滲透的表層為頂，並覆蓋一層聚合層，以促進雨水滲透，部分土壤水可藉由蒸發再回到大氣中。表面層的常用材料包括可滲透的連鎖磚、混凝土和塑料格柵、多孔瀝青、多孔混凝土、地工複合材料等（如圖 8），目前已廣泛使用於停車場、一般性道路、人行道等，其優點包括：減少雨水逕流從而減少洪水的風險、滲透的水可以保留供以後再利用、含水層補給、減少城市熱島效應以及減少土壤侵蝕等。

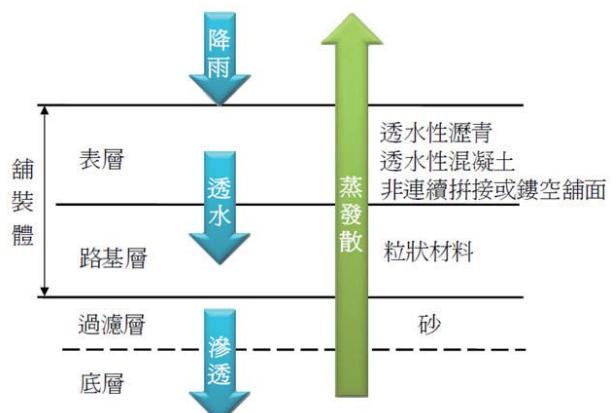


圖 8 透水鋪面示意圖

雖然目前全球已經有許多城市已將透水鋪面設計納入城市規劃中，惟合格的鋪面技術不僅應考慮承重能力、滲透能力、蓄水能力、通風能力，還應考慮地下生態系統健康，可承受性和可持續性。雖

國內外許多文獻已針對透水鋪面結構強度、抗壓強度、彎曲強度、滲透性、密度、孔隙率、抗凍性、抗酸性和耐磨性等進行比較，然而在使用上對於透水鋪面的抗剪切和變形能力以及耐久性仍然存有不少疑慮。

在新北市，一種獲得專利的 J.W.生態工法獲得廣泛的運用，其為陳瑞文先生 (Jui-Wen Chen) 自主開發的新技術，是一種現場整體澆置之剛性透水鋪面，藉由塑膠導管將地表雨水導入硬鋪面下的透水層並儲存其中，使水資源能夠完全的回收（如圖 9 所示）。另外，由於其具備滲水和蒸發功能，可散熱降低溫室效應，使人工鋪面增加了自然性能，也由於採用混凝土澆置，其耐久性佳，使用年限可達 30 年以上。另根據研究，使用 J.W. 生態工法可有效吸附常見的車輛排放氣體，包括一氧化碳 (CO)、二氧化碳 (CO₂)、二氧化硫 (SO₂)、一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO₂) 和其他氮氧化物 (NO_x) 等。由於水和空氣能夠在整個土壤中移動，因此產生了有利的微生物棲息地。整體而言，其具備了安全、永續、生態、環保等功能。

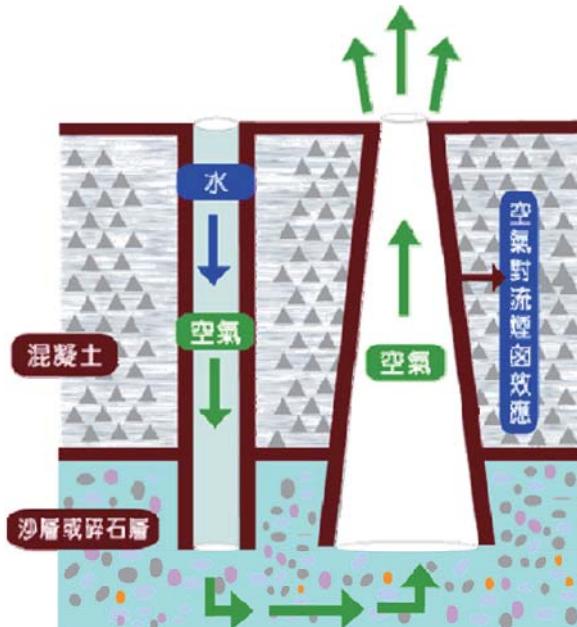


圖 9 J.W.生態工法概念圖

目前 J.W. 生態工法已應用於新北市許多地點，包括中和區自強國小、自強國中、福祥市場及永和區污水營運管理中心、塭仔圳市地重劃、海山高中、遠東電信園區、汐止區禮門透水鋪面示範區等。為解決中和環球百貨水患，以在中和區自強國小、國中所採用的海綿工法為例說明，自強國小校區內以每小時 80 mm 的降雨強度規劃設置透水保設施貯留量體（總貯留容量約 1,900 噸），在校區中庭設置有雨水花園、操場周圍地下則有雨水貯集池，以及在學生行走步道上採 J.W. 工法設置透水鋪面等透水保水設施，前兩項設施可收集屋頂及 1 樓周遭雨水排水系統的雨水，並利用中水回收系統取代自來水澆灌及沖廁的用途，中庭雨水花園及 J.W. 工法

係兼具貯留及生態環境的設施，具美觀及防洪的功能，校內設置的地下雨水貯集池量體達 720 公噸，以校內師生每人每日標準沖廁用水估算，約可提供 22 日的沖廁水量，減少自來水用量約 53%，滿足水資源再利用之目標，其工程設計概要及其成效如圖 10。搭配自強國中的海綿工法，如圖 11 所示，透過設置雨水花園、地下雨水貯留槽、透水鋪面、中水回收系統等，透水保設施貯留量體總設置容量約 2,300 噸，可取代約 53% 的學校日常用水。整體而言，自強國小與自強國中設置透水示範

區後，可觀察到鄰近地區的總逕流體積削減約 85%，洪峰流量可削減 75%，如圖 12。汐止區禮門里應用 J.W. 工法，所作之人行道路透水鋪面，更是海內外造訪之重點，除雨水可透過的表層入滲回收，提升土壤含水率降低表面溫度，地下箱涵可貯留近 60 噸的雨水，供水回收再利用。此外，對於正在施行市地重劃且經常淹水為患的塭仔圳重劃區（占地約 467.5 公頃），也將採用海綿透水規劃及工法，除了讓市區更新活化外，亦可有效解決淹水問題（圖 13）。

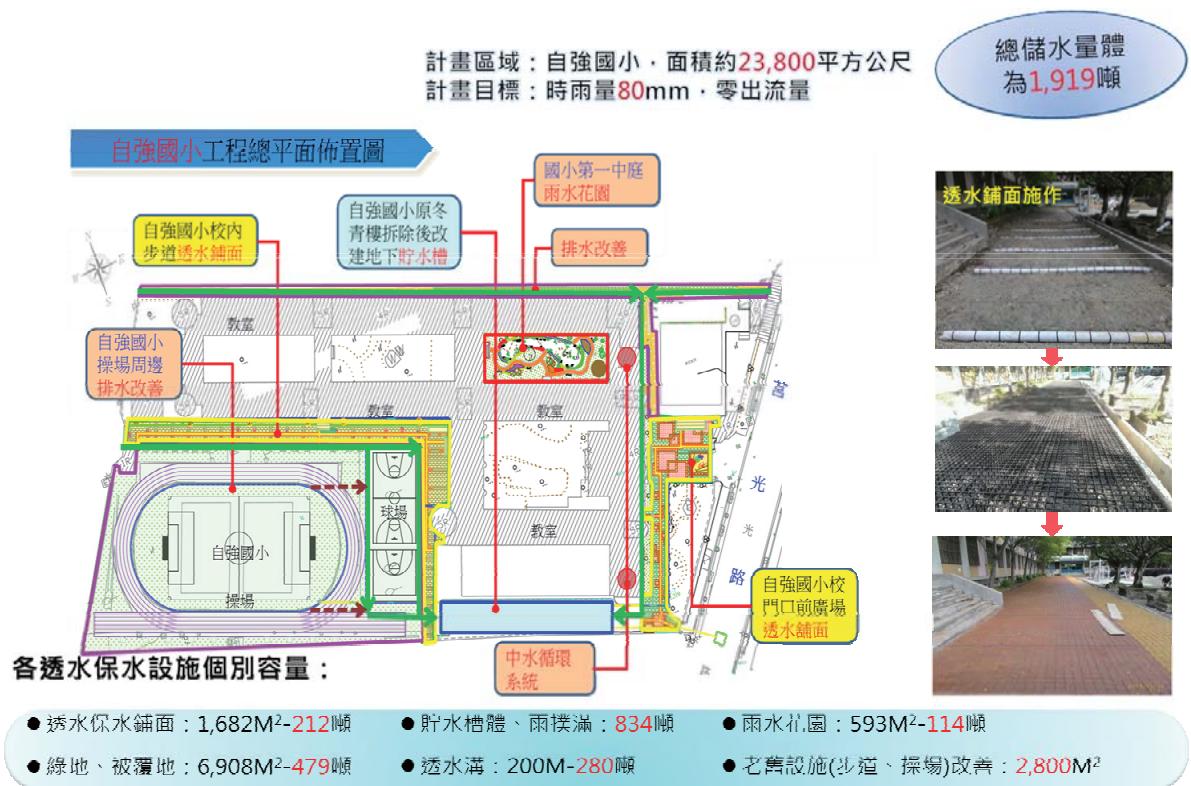


圖 10 新北市中和區自強國小示範區工程設計概要

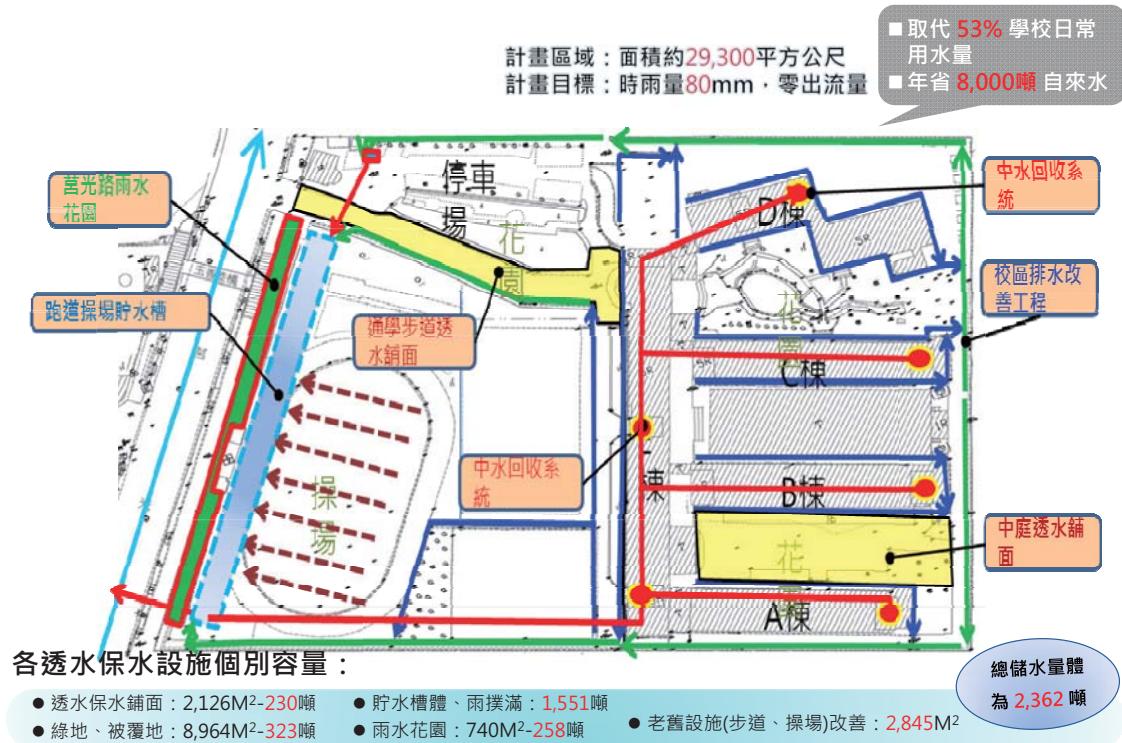


圖 11 新北市中和區自強國中示範區工程設計概要

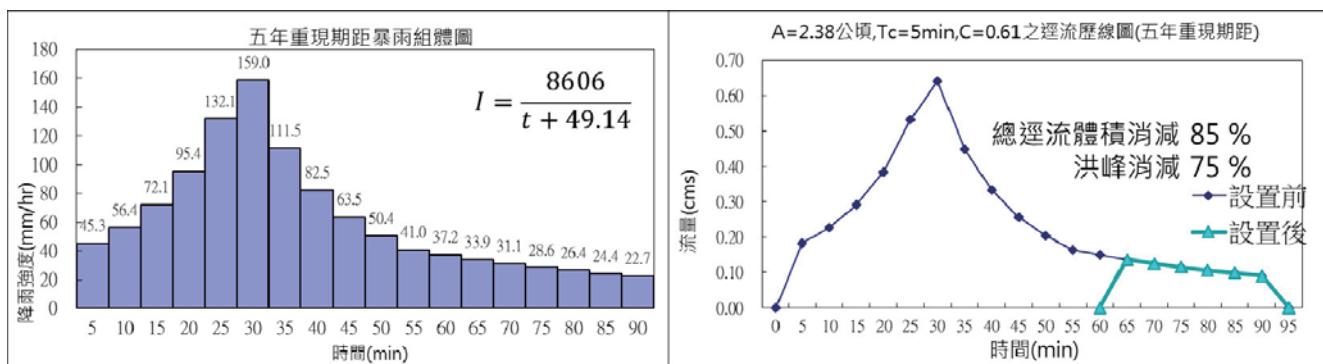


圖 12 新北市中和區自強國小及自強國中示範區改善成效

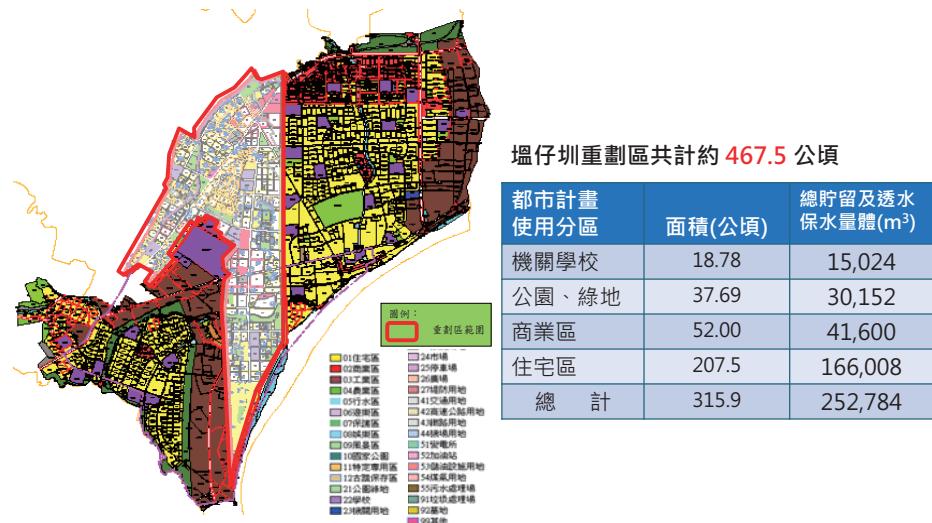


圖 13 塭仔圳重劃區透水示範區分區設計規劃

五、結論

氣候變遷並不是一個預測未來的假設模型，而是目前已發生中的現在進行式，其不但改變了人類生存環境，也對於人類文明發展有著關鍵性的影響。面對氣候變遷的挑戰，提出緩解（Mitigation）和調適（Adaptation）的行動策略將是我們所有人的責任。

現代城市必須對極端環境變化和自然災害表現出極大的適應能力，海綿城市的提出是相當有遠見的解決之道。以新北市為例，公部門長期致力於推動低碳政策與改造韌性城市的行動計畫，近年來已逐步實現環境質量、經濟健康和社會公平共存的願景，並為下一代打造出更好的生活環境。海綿城市的實現需仰賴技術、法律、金融、社會制度、土地使用管制與經

濟層面的整合性思維，也需居民的共同協力參與。同時，透水入滲或貯留水量相關規範，也可以隨著時間逐步提高標準，加嚴相關規範如要求建築基地應吸收 100 mm/hr 等，但也要配合當地的發展與調適，適度提高規範標準。在國內許多城市發展的案例中，新北市的成功經驗除了讓海綿城市的概念在台灣帶來革命性的變革，也將是近代土木工程的典範轉移。

參考文獻

- [1] American Anthropological Association: *Changing the Atmosphere. Anthropology and Climate Change*, final report of the AAA Global Climate Change Task Force, 137 pp. Fiske, S.J., Crate, S.A., Crumley, C.L., Galvin, K., Lazarus, H., Lucero, L.J., Oliver-Smith, A., Orlove, B., Strauss, S. and Wilk, R., December (2014).

- [2] Abustan, I., Hamzah, M. O. and Rashid, M. A. (2012). Review of permeable pavement systems in Malaysia conditions. *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 4(02), 27-36.
- [3] Council for Economic Planning and Development. (2012). *Adaptation Strategy to Climate Change in Taiwan*.
- [4] Chen, J. W. (2004). Maintenance and improvement in the ecological environment of the island: the design and application in high bearing structure pervious pavement. In *The international conference on the Islands of the World*, Vol. 8, pp. 1-7.
- [5] Drake, J. A., Bradford, A. and Marsalek, J. (2013). Review of environmental performance of permeable pavement systems: state of the knowledge. *Water Quality Research Journal*, Vol. 48(3), 203-222.
- [6] Fan, L. F., Wang, S. F., Chen, C. P., Hsieh, H. L., Chen, J. W., Chen, T. H. and Chao, W. L. (2013). Microbial community structure and activity under various pervious pavements. *Journal of Environmental Engineering*, 140(3), 04013012.
- [7] Fu, J. C., Jang, J. H., Huang, C. M., Lin, W. Y. and Yeh, C. C. (2018). Cross-Analysis of Land and Runoff Variations in Response to Urbanization on Basin, Watershed, and City Scales with/without Green Infrastructures. *Water*, 10(2), 106.
- [8] Imran, H. M., Akib, S. and Karim, M. R. (2013). Permeable pavement and stormwater management systems: a review. *Environmental technology*, 34(18), 2649-2656.
- [9] Li, Z., Dong, M., Wong, T., Wang, J., Kumar, A. J. and Singh, R. P. (2018). Objectives and Indexes for Implementation of Sponge Cities — A Case Study of Changzhou City, China. *Water*, 10(5), 623.
- [10] Liu, C. M., Chen, J. W., Hsieh, Y. S., Liou, M. L. and Chen, T. H. (2015). Build sponge eco-cities to adapt hydroclimatic hazards. *Handbook of climate change adaptation*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1997-2009.
- [11] Mullaney, J. and Lucke, T. (2014). Practical review of pervious pavement designs. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 42(2), pp. 111-124.
- [12] Nunns, P. and Denne, T. (2016). The costs and benefits of urban development: A theoretical and empirical synthesis. In *New Zealand Association of Economists Conference*.
- [13] O'Young M., JW Eco-Technology's Innovative Load-Bearing Permeable Pavement. Available on July 13 2018: <http://www.gabreport.com/jw-eco-technology-innovative-load-bearing-permeable-pavement>.
- [14] Stimson, R. J. (2011). Australia's changing economic geography revisited. *Australasian Journal of Regional Studies*, Vol. 17(1), 22.
- [15] Su, Y. S. (2015). *Urban Resilience to Flooding in Asia's Vulnerable Cities: Shanghai, Dhaka, Tokyo, and Taipei*.
- [16] United Nations, (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision-Highlights*.
- [17] Viradiya, P. (2014). Challenges posed by rapid urbanization and scarce resources. *International Proceedings of Economics Development and Research*, 71, 19.
- [18] Zhang, J. (2017). *Assessing the Application of Sponge City to Downtown Guelph* (Doctoral dissertation).
- [19] 新北水漾, <https://water.ntpc.gov.tw/News/Detail/1300.htm>

中華水資源管理學會 會務推動報告

秘書長 簡俊傑

各項會議召開時間、地點及重要決議

會議名稱	時 間	地 點	討論事項與重要決議
年會籌備委員會 第一次籌備會議	107.08.21	土水學會 4F 會議室	1.年會暨研討會議程草案。 2.年會暨研討會辦理時間及地點。 3.年會暨研討會經費籌措。 4.參加費用收取標準。 5.如何增加年會收入。
年會籌備委員會 第一次工作會議	107.10.15	成功大學 水利及海洋系	1.邀請成功大學水利及海洋系為主辦單位之一。 2.確認會議及用餐場地無誤。
年會籌備委員會 第二次工作會議	107.11.13	成功大學 水利及海洋系	1.感謝成功大學水利及海洋系答應為主辦單位。 2.討論年會籌備工作分工。
學術活動委員會 第八屆第二次會議	107.11.19	市長官邸 藝文沙龍	1.討論年會議程、論壇邀請名單。 2.評選 107 年「優良論文獎」得獎文章。
會務發展委員會 第八屆第二次會議	107.12.04	水利署 12F 會議室	1.新入會員審查。 2.評選 107 年卓越貢獻獎、傑出水資源成就獎、資深人員獎及青年工程師獎等得獎人員。
理監事會議 第八屆第三次	107.12.20	台電大樓 13F 會議室	1.通過永久會員 4 位，一般個人會員 50 位。 2.本會 107 年度經費收支決算及資產負債表。 3.本會 108 年工作計畫。 4.本會 108 年經費收支預算。 5.通過本年度卓越貢獻獎、傑出水資源成就獎、優異資深人員獎、優秀青年工程師獎得獎名單。 6.通過本年度優良論文獎得獎名單。

學會動態

中華水資源管理學會

水資源管理會刊 第二十卷第二期

會員人數統計 (至 107 年 12 月 20 日)

會員類別		會員數
個人會員	一般常年	867
	永久個人	225
團體會員	一般常年	22
	永久團體	29
合 計		1,143

會員入會費及永久會費

會員項目		會費標準
個人會員	一般常年	500 ~ 1,200 元/每人/每年
	一般入會	500 元/每人
	永久個人	5,000 元/每人
團體會員	一般常年	5000 元/每團體/每年
	一般團體	10,000 元/每團體

中華水資源管理學會

個人會員入會申請書

會員別	<input type="checkbox"/> 一般個人會員 <input type="checkbox"/> 永久個人會員	
姓名		出生年次
性別		身分證字號
畢業學校及最高學歷		
專長領域	<input type="checkbox"/> 工程 <input type="checkbox"/> 管理 <input type="checkbox"/> 法律 <input type="checkbox"/> 環境 <input type="checkbox"/> 規劃 <input type="checkbox"/> 政策 <input type="checkbox"/> 經濟 <input type="checkbox"/> 農業 <input type="checkbox"/> 其他 _____	
服務單位		職稱：
單位地址	□ □ □	
永久地址	□ □ □	
聯絡電話		傳真電話
E-mail		
會員證號	(新申請入會者由學會填寫)	

填表日期：中華民國 年 月 日

* 個人資料僅供本會審核會員資格及通訊使用，不作其他用途。

中華水資源管理學會

電話：(02)2392-6325 #22 黃于嶧小姐

傳真：(02)2396-4260 電子信箱：water23926349@gmail.com

地址：10055 臺北市中正區仁愛路 2 段 1 號 4 樓

團體會員資料表

項目	<input type="checkbox"/> 新申請入會(請填寫全部項目) <input type="checkbox"/> 資料更新(請填寫團體名稱及更新項目)		
會員別	<input type="checkbox"/> 一般團體會員 <input type="checkbox"/> 永久團體會員		
團體名稱			
單位電話		傳真號碼	
單位地址	□ □ □		
負責人		職稱	
成立日期		員工人數	
業務項目			
會員代表 (二名)	姓名	性別	職稱
會員證號	(新申請入會者由學會填寫)		
填表人		聯絡電話	

填表日期：中華民國 年 月 日

* 團體單位資料僅供本會審核會員資格及通訊使用，不作其他用途。

中華水資源管理學會

電話：(02)2392-6325 #22 黃于嶧小姐

傳真：(02)2396-4260 電子信箱：water23926349@gmail.com

地址：10055 臺北市中正區仁愛路2段1號4樓

入會繳費方式

會費繳付方式如下：

一、郵政劃撥：

戶名：社團法人中華水資源管理學會

劃撥帳號：19369414

二、支票：

抬頭：社團法人中華水資源管理學會

三、會員類別與收費標準

■ 一般個人會員：第一年申請入會時，需繳交入會費 500 元，會員應每年按期繳納常年會費，本會會期每屆三年，凡個人會員於該屆繳納二年以上之會費者得享有優惠，會費收取標準如下：

- 1.一次繳交一年：新台幣 500 元
- 2.一次繳交二年：新台幣 900 元
- 3.一次繳交三年：新台幣 1,200 元

■ 永久個人會員：一次繳付 5,000 元整，終生享有會員權益。

■ 一般團體會員：第一年申請入會時，需繳交入會費 10,000 元，第二年開始每年需繳納常年會費 5,000 元。

■ 永久團體會員：一次繳付 100,000 元整，該團體終生享有會員權益。

■ 學 生 會 員：第一年申請入會時，需繳交入會費 200 元，第二年開始每年需繳納常年會費 200 元。

中華水資源管理學會

電話：(02)2392-6325 #22 黃于嶧小姐

傳真：(02)2396-4260 電子信箱：water23926349@gmail.com

地址：10055 臺北市中正區仁愛路 2 段 1 號 4 樓