

發刊詞

臺灣受到地勢影響，加上境內河川湍急，且國內水資源主要是來自梅雨與颱風季的降雨，經由水庫等蓄水設施的儲存，得以供應民生、工業與農業使用，如何有效留住水資源，對政府來說始終是一門大課題。因此，政府積極推動雨污水下水道與水資源回收中心的佈建，同時配合再生水技術發展，進行相關設施設備的興建，以增加國內水資源運用及調度彈性。

回顧臺灣自民國73年制定下水道法後，隨即展開一系列的建設，經歷過38個年頭的努力，除確立讓全國污水下水道接管普及率達40.14%，雨水下水道實施率更達到79.33%，這埋藏在地底看不到民生基礎建設，默默地守護著臺灣經濟發展、民眾生命財產與公共衛生。

臺灣自102年起已展開「公共污水處理廠再生水推動計畫」，預計在全臺興建11座再生水廠，提升污水下水道建設效益，並透過再生水製程提供產業穩定的循環水源，也代表水資源邁向永續發展階段；111年起將推動「都市總合治水建設計畫」，盤點整體都市可利用防洪治水資源，提升都市整體防洪容受能力；另COVID-19疫情爆發時，污水下水道的病毒監測同時也是防疫工作的重要環節。綜觀水環境議題已從最初的蓄水、排水，走向多元化導洪、滯洪、蓄洪、環境監測到永續循環再利用，並陸續引進智慧化管理以優化相關操作維護程序及效能。

此外，近年來全球皆面臨極端氣候產生的旱澇交替頻仍的水衝擊，WEF 2021年全球風險報告也指出「最有可能發生的風險-極端天氣」已連續五年排名第一，「氣候變遷」則連續三年佔據第二；IPCC氣候變遷第六次評估報告AR6也再次強調氣候變遷帶來的風險及須立即因應調適。

因此，營建署為深化國內外產官學合作與下水道建設領域的專業交流，特規劃「下水道 再生水」期刊，期望透過此開放平台，定期就相關政策、國內外學術研究成果、工程發展趨勢與創新技術進行分享，從政策、計畫、技術及科研面來推動新型態下水道系統的發展，同時也可作為國內研擬前瞻性政策之參考，以因應外部環境的考驗，並為臺灣新世代的智能下水道建設寫下新頁。

內政部營建署署長 吳欣修

第一期序言-氣候變遷下之永續下水道

十餘年來，極端豪雨或極端缺雨事件使得我國旱澇頻傳。污水下水道以持續建設、智慧化管理及傳統污水處理廠的轉型，回應氣候變遷、環境污染、資源耗竭、社會失衡等全球性議題對未來造成的衝擊；雨水下水道則透過都市總合治水策略，盤點都市可運用防洪、滯洪、入滲、貯留等資源，輔以智慧警戒系統及水情監測，規劃多面向分攤雨水下水道排洪措施，提高都市防洪韌性。

本次營建署發行《下水道·水再生期刊》創刊號，擇定「氣候變遷」作為主題探討。為使本下水道·水再生期刊創刊號更具前瞻性與整體性，下水道建設與國土計畫密不可分，特邀請營建署吳欣修署長撰寫「*國土計畫下之下水道建設*」，在氣候變遷下進行新世代國土規劃，並思考少子高齡化下，如何藉水與土地調適策略以面對旱澇並存的未來。另特邀請環境保護署張子敬署長就環保署之氣候變遷政策提出「*淨零轉型與下水道建設*」一文，使國土計畫、水環境與下水道之發展方向合而為一。另下水道工程處前於110年8月舉辦「臺灣水未來論壇」，邀請環保署與水利署討論我國水環境之未來，並將其內容由臺北科技大學同時也是臺灣水環境再生協會前會長張添晉特聘教授彙整為「*臺灣水未來願景*」。

現今的成就奠基於過去的努力，創辦台灣水環境再生協會歐陽嶠暉榮譽教授提出「*下水道的使命*」，回顧前人筆路藍縷的推動過程，並勉勵下水道從業人員如何永續經營下水道；另外我們也請到台灣下水道協會駱尚廉理事長以「*智慧化之下水道系統與污水處理廠*」，給予下水道智慧化管理面提出寶貴意見，以及台灣水環境再生協會游勝傑秘書長透過「*應用臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台於加速下水道建設與推廣*」分享TCCIP之研究成果，期能以最具經濟效益的方式降低氣候變遷所帶來的衝擊。

除了污水處理，氣候變遷也帶動了水資源循環利用的發展，目前推動再生水為國家重要政策，營建署以「*我國公共污水處理廠再生水之發展與展望*」分享再生水推動經驗，並結合「*因應氣候變遷-下水道產業因應之道*」、「*都市總和治水的願景與實踐*」及「*污水六期承先啟後，邁向循環永續發展*」共同描繪出我國永續下水道之未來。

本期創刊號回顧過去、展望未來，以氣候變遷作為期刊發行首個探討主題，並立基於過去數十年的下水道建設基礎上發展推動，適時因應全球面臨環境劇變的重要課題，落實聯合國永續發展目標，建構更具韌性下水道。

內政部營建署下水道工程處處長 曾淑娟

目錄

國土計畫下之下水道建設 吳欣修..... 1

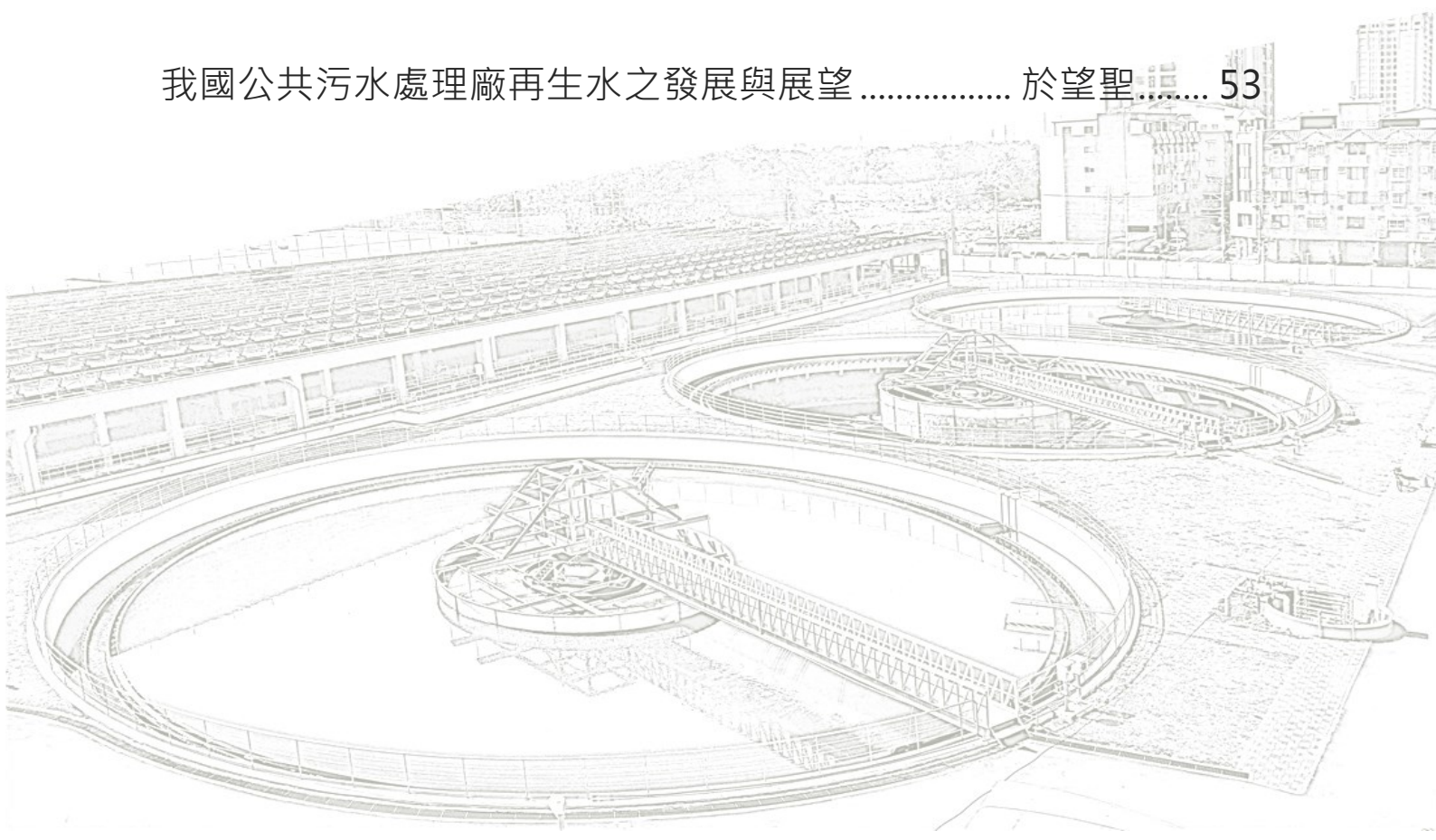
淨零轉型與下水道建設 張子敬..... 13

下水道的新價值與挑戰 歐陽嶠暉..... 23

智慧化之下水道系統與污水處理廠 駱尚廉..... 29

臺灣水未來願景 張添晉、蔡大偉 41

我國公共污水處理廠再生水之發展與展望 於望聖..... 53



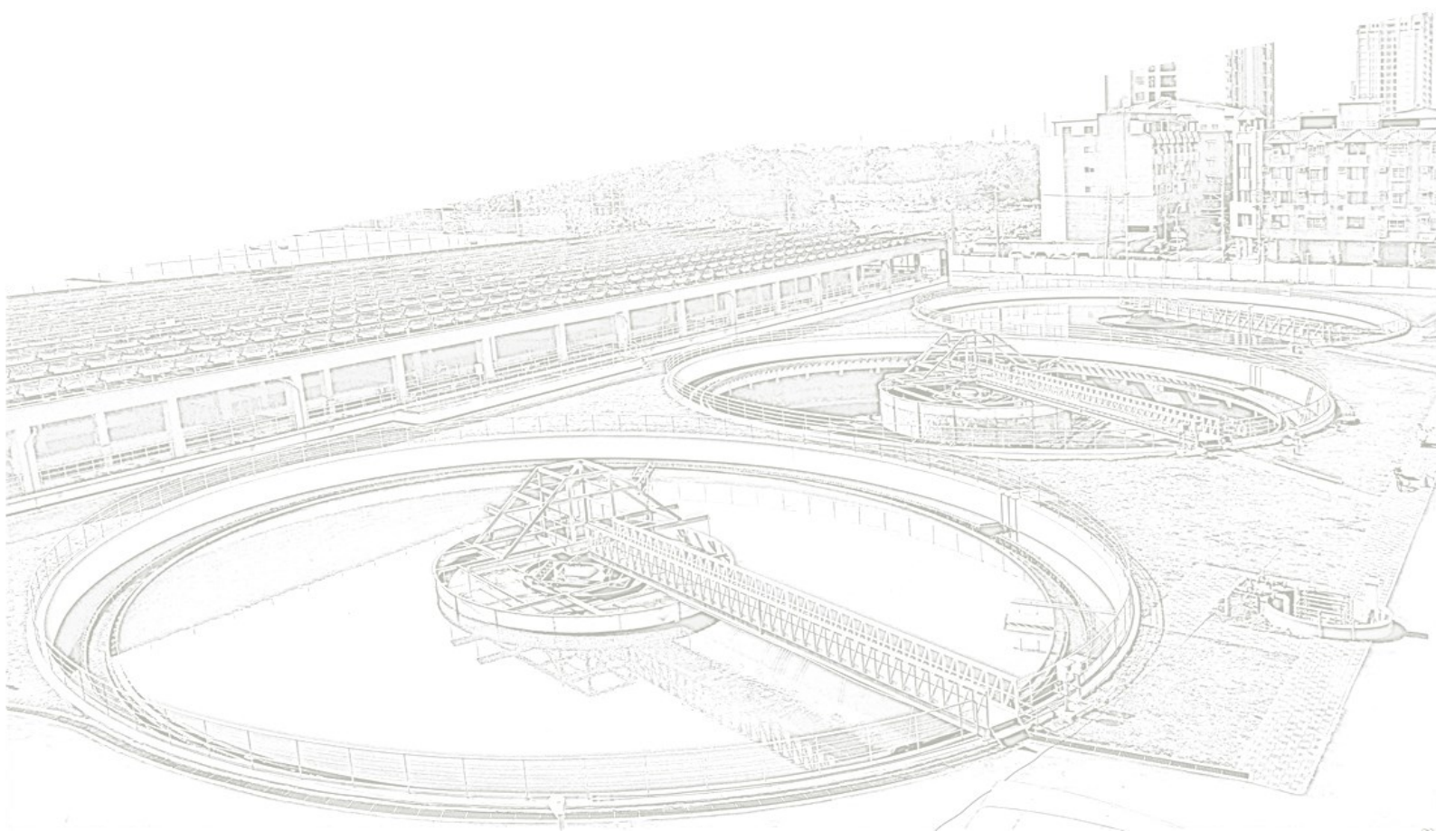
目錄

因應氣候變遷-下水道產業因應之道 游源順..... 71

都市總合治水的願景與實踐..... 陳志偉..... 81

污水六期承先啟後，邁向循環永續發展 曾淑娟..... 89

應用臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台於加速下水道建設與
推廣 游勝傑..... 103





摘要

全球經濟蓬勃發展，能源與自然資源大量消耗，特別是化石燃料與森林，打亂自然環境系統碳循環導致全球暖化與氣候變遷種種的現象，近年來臺灣也正面臨極端降雨與乾旱事件大幅增加的情況，除造成許多災害外也導致民眾生命及財產的損失，也讓社會各界對於氣候變遷的既成事實印象深刻。有鑑於此，為因應氣候變遷，確保國土安全，我國《國土計畫法》於民國 105 年 5 月 1 日施行，針對各類型地區及不同領域採取因應措施並研提「氣候變遷調適策略」，以積極調適極端氣候達到國家永續發展之目標。

而下水道作為我國重要基礎設施，也是作為解決都市淹水及水域水質保護之重要公共設施，從民國 73 年制定《下水道法》以來，各級政府投入大量人力及經費積極推動下水道建設，惟早期之建設缺乏整體性及系統性的計畫引導，而因應氣候變遷及國土計畫架構下，下水道計畫體系與各級國土計畫體系之連結與整合，分別於全國國土計畫、直轄市、縣（市）國土計畫、都市計畫進行銜接，成為首要面臨的課題。

另參考先進國家的最新空間規劃理念，均強調重點是如何將都市的擾動過程，透過規劃導入水循環路徑內，進而探索與水共存空間規劃途徑，因應此一國際趨勢，營建署近年提出以總合治水觀念結合逕流分擔、出流管制等方式，透過土地利用管制、防災策略，配合工程及非工程方法，解決都市內水排除問題，並加速污水下水道系統建設、推動再生水及下水道循環經濟、循序建構完備的新世代污水下水道循環體系。未來亦規劃研擬基於國土空間發展之直轄市、縣（市）下水道系統發展計畫，以最佳化營運調整空間與水環境之變化與需求，使臺灣珍貴的水資源與能源可持續朝循環永續的方向邁進。

國土計畫下之下水道建設

內政部營建署／吳欣修署長

壹、我國下水道建設的筆路藍縷

一、都市排水防災減災作為

雨水下水道為國家重要且不可或缺之基礎建設，前臺灣省住宅及都市發展局自民國 68 年起，即開始逐年辦理各都市計畫區之「雨水下水道系統規劃」，優先將重要都市計畫區且水患頻繁之區域，規劃為雨水下水道系統主要排水幹線之區域，列於「都市計畫區重要下水道工程實施計畫」中逐年編列預算辦理，其他區域則配合地方政府施政及都市發展需要，擬訂各縣市都市計畫區「雨水下水道工程分期實施計畫」，分別緩急擇優設置，以解決各地區之水患。而後，為有效加速雨水下水道工程建設，營建署依據下水道法第 4 條推動「臺灣地區雨水下水道六年建設計畫」，第一期及第二期實施期程由民國 80 年 7 月至 92 年 6 月，共完成雨水下水道建設長度 1747.94 公里，累計建設總長度提升至 3,831.43 公里，雨水下水道實施率則提升至 57.76%。

然雨水下水道自民國 92 年起配合行政院政策需求，不再編列中央預算補助，而由各縣市政府自一般性補助款統籌運用或自籌經費辦理，致使各縣市雨水下水道建設有所趨緩，爰自 95 年起改由透過其他特別預算專案計畫，協助加速執行，從「易淹水地區水患治理計畫（95 至 102

年）」、「流域綜合治理計畫（103 至 108 年）」及「前瞻基礎建設計畫-水與安全-縣市管河川及區域排水整體改善計畫（106 至 114 年）」等計畫開始，逐年增建都市雨水下水道及滯洪設施。

截至目前為止，建設總長度已達 5,629.26 公里，實施率提升至 79.33%，並已完成雨水抽水站 205 座、滯洪池 22 處。另自 111 年起推動「都市總合治水建設計畫」，包含跨域治理工作協調、滾動檢討治理標準、科技應用政策研訂、風險管理超前部署、防災預警智慧管理及淡水河流域抽水站維護管理等工作，以發揮防洪治理最佳功能，加強都會區防災避災能力，落實風險管理策略降低洪災風險，建立永續發展城市為目標。

二、水域水質改善及下水能資源再利用

污水下水道為國家重要之基礎建設，自民國 77 年行政院核定「污水下水道發展方案」起，臺灣開啟全面推動污水下水道建設之門，依發展方案內容所述：「污水下水道為現代化都市不可或缺之公共設施之一，其功能在收集、處理都市污水，以改善都市居住環境衛生，提升生活環境品質，並確保良好水源水質。」營建署亦持續依社會經濟發展趨勢與時俱進修正發展方案，並據以研提六年一期之污水下水道建設計畫，逐年循序推動公共污水下水道建設。

我國自民國 81 年開始加速推動污水下水道，並奉行政院核定第一期（81 至 86 年度）及第二期（87 至 92 年度）建設計畫，然接管普及率未達預期，而鑒於污水下水道為國家現代化之重要指標，惟政府財政日益困窘，營建署依循行政院政策指示，確立污水下水道採政府自辦及民間參與投資興建兩種方式雙軌推動的模式，除可加速提升用戶接管普及率外，更可帶動相關產業蓬勃發展，有效振興我國之經濟，並據此於民國 94 年通過污水下水道第三期建設計畫（92 至 97 年度）修正計畫；後續為配合加速推動用戶接管工程之目標，據以研提第四期建設計畫（98 年至 103 年度）並納入循環經濟之思維，積極推動下水污泥處理再利用，如燃料化、材料化、肥料化等方式，第五期建設計畫（104 至 109 年度）則導入節能延壽及永續經營之新概念，而自民國 110 年起推動之污水下水道第六期建設計畫，6 年預計編列 1,068 億元，主軸規劃優化服務提升污水下水道工程品質，並推動下水道循環經濟、建構智慧化及韌性系統，達成下水道永續發展目標。

我國污水下水道建設已歷經 30 年的努力，普及率從第一期的 3.27%，第二期的 8.21%，至第五期結束達 37.93%，目前全國已完成污水處理廠共 76 座，公共污水下水道接管戶數已突破 360 萬戶，超過 4 成的民眾可享受污水下水道帶來的好

處。未來營建署將持續加速公共污水下水道建設，並期能循序建構完備的新世代污水下水道循環體系，目標在 115 年普及率達到 46%，用戶接管戶數達 407 萬戶。

三、公共污水處理廠再生水推動

面對極端氣候威脅，推動再生水是提升國土韌性、永續經營水資源的重要一環，近幾年來臺灣面臨缺水危機，營建署 102 年即超前部署推動公共污水處理廠再生水相關計畫，以公共污水處理廠處理後的放流水水量穩定的特性，供應穩定且不受氣候影響之再生水予工業或科技業使用，減少民生供水壓力，其中高雄鳳山廠為全國第 1 座再生水廠，已於 107 年 8 月正式供水，後續研議擴大推動，因此自民國 110 年起辦理「公共污水處理廠再生水推動計畫」，已推動 11 座再生水廠，目前除高雄鳳山廠外，高雄臨海廠及臺南永康廠已完成，每日可供 8.6 萬噸再生水，另臺南安平廠、臺中福田廠、臺中水湳廠及桃園桃北廠皆已完成發包進入建設階段，其餘 4 案均在規劃設計中，未來如 11 座再生水廠全部完成供應量每日可達 28.9 萬噸。

在經歷示範計畫期的磨合跟努力，以及國際永續發展的趨勢下，企業使用再生水的意願已大幅增加，加上近來漸獲重視的企業 ESG，以及再生水資源發展條例修正通過，可擴大使用系統再生水之範圍，

不再限於水源供應短缺之虞地區，且環評過程中也越來越受委員的支持，進而要求新開發案使用再生水，因此再生水案的推動已獲得很大的助力，現已增加竹科、中科及楠梓產業園區用水需求，營建署將擴大推動再生水案件，以期促進水資源的永續循環，並提升下水道建設效益。

貳、下水道建設在氣候變遷與國土計畫遭遇之課題

氣候變遷是全球氣候系統的全面改變，對世界各國已造成嚴重之衝擊，所牽涉之面向已超越國家與地理界線，並擴及所有領域及議題，已然是全面性「人類安全」危機。2021 年 11 月 1 日至 11 月 12 日，在英國格拉斯哥舉行第 26 屆聯合國氣候變化大會（COP26），在此期間依據世界自然基金會（World Wide Fund for Nature, WWF）分析報告指出，世界各國最新的氣候行動計畫有高達 92%，均納入以自然為本的解決方案（Nature-Based Solutions, NBS）。以自然為本的解決方案最早由國際自然保育聯盟（The International Union for Conservation of Nature, IUCN）提出，其定義為：「可有效、能調適的應對社會挑戰，同時提供人類福祉和生物多樣性效益，為永續管理和恢復自然或改造的生態系統的保護行動。」從生態保護、復育以及土地管理改善等措施，期望以自然的力

量排減並調適氣候。

考量臺灣面對極端天氣事件之頻率可能愈來愈頻繁，在災害風險管理工作上，亦將面臨更大不確定性，從過往的受災經驗中，可發現特別脆弱地區或群體，在氣候變遷或極端災害事件下，將面臨較大損失或傷亡風險，故國土空間規劃，在瞭解可能引發重大災害損失之脆弱度空間分布，將非常有助於後續氣候變遷調適策略，並提出以自然為本的解決方案推動。民國 105 年 1 月 6 日總統公布《國土計畫法》，並於同年 5 月 1 日施行，開啟了我國國土空間計畫體系之新紀元，該法明定「因應氣候變遷及追求永續發展」係國土規劃之重要目標之一，且未來各級國土計畫均應納入「氣候變遷調適策略（或計畫）」專章。

依我國最高層級之法定空間計畫「全國國土計畫」中指出，國土規劃將受到「溫度上升」、「極端降雨」及「海平面上升」等 3 大氣候變遷衝擊。氣溫上升與降雨型態改變，將對水資源調度與供給面造成極大的衝擊和挑戰；又氣溫上升會引發病媒散布，升高傳染性疾病流行的可能，加重公共衛生與醫療體系的負擔；而颱風、暴雨引發的洪患與山坡地的地質災害更為頻繁，衝擊水電等基礎維生設施，使得山坡地與低窪排水不良地區安全與生活品質維護的議題更加嚴峻；另臺灣地勢

陡峭、腹地不足，中小雨減少使得旱災機率提高，使得農業、產業與生活用水之間的調度更加困難；海平面上升則將導致海岸土地淹沒、海岸侵蝕及海岸線後退，造成國土流失，使得沿海與低窪地區之土地使用型態必須調整，尤其是重要港口、工業區、聚落等。

一、氣候變遷議題下之雨水下水道規劃課題

臺灣過去由於工商快速發展，產業結構變遷，人口快速集中於都市，導致都市範圍急遽擴大，造成都市排水問題日益嚴重，雨水下水道作為解決都市淹水及排水問題的重要公共設施，我國自民國 60 年代起積極建設，著手辦理各都市計畫區之雨水下水道規劃據以施設，惟至 88 年地方制度法公布實施後，雨水下水道建設為地方自治事項，為加速地方都市排水系統建設，中央政府遂改由透過其他特別預算專案計畫協助執行。

近十餘年來，臺灣極端降雨事件大幅增加，不僅增加都市防洪負擔，都市淹水更直接影響民眾生命安全，也讓社會各界對於氣候變遷的既成事實印象深刻，提升城市韌性已成為都市防災主流思維，然都市排水改善政策係為一系列長久性工作，不能以傳統的行政與領域分工模式思考氣候變遷的因應之道，必須跨越部會分工的框架，超越中央與地方政府的層級區隔，

以新思維、新制度、新建設以因應極端氣候之衝擊。

此外，臺灣都市地區人口約 8 成，過去都市土地為因應國內經濟發展需求，進行土地使用規劃變更，導致空間發展失序，現況編定的非都市土地也欠缺長遠而整體的計畫引導，土地過度開發、濫用的情形加劇對環境與生態系的衝擊，將使得土地上的人口與經濟活動更加脆弱。未來，雨水下水道也應配合國土整合規劃，評估自然環境、社會發展及城鄉開發等條件，提出以自然為本解決方案，維繫人與水循環路徑之平衡關係，進而確保人民生活環境及國家永續發展。

二、國土有序發展下之污水下水道發展課題

污水下水道系統建設歷時較長，各系統開辦時空環境及背景皆不相同，且建設經費與規模、地質條件及人口密度等因素有關，在不考慮地質條件下，相同建設經費投資在人口密度越高的區域建設效益越大，因此我國污水下水道大多集中在各縣市的都市計畫地區，並以都市化程度最高的六都為主，造成城鄉污水下水道建設不均衡。

面對臺灣城鄉人口集中，人均污水產量因經濟活動與生活品質提升而增加之趨勢，後續新開辦的污水下水道系統，也應

針對縣市整體污水下水道系統進行綜合規劃，除了考量經濟效益外，亦應從系統效率、國土規劃及未來提升等級的餘裕需求等面向，配合評估考量對水域環境的保護作用，針對空白區域新設適當規模的污水處理系統，避免發生污水處理廠處理容量閒置、資源分配失衡或致用戶接管進展緩慢等問題，影響污水下水道之推動。

此外，辦理全生命週期減碳，打造韌性防災的污水下水道系統，並推動再生水、污泥再利用及沼氣回收發電，公共污水處理廠延伸為都市儲備能資源庫，促進循環經濟發展，讓有限資源發揮最大價值，塑造污水下水道全方位循環體系。

隨著氣候變遷問題愈趨嚴重，國內外減碳要求愈趨嚴謹，我國於 109 年起展開溫室氣體減量及管理法修法工作，污水下水道系統及處理廠作為環境部門排放源之一，須配合執行相關盤查輔導、減量推動與協助取得排放額度等工作，針對污水處理設備應採提高能源效率設備、增加低碳能源發電量（如太陽能）、減少甲烷（ CH_4 ）及一氧化二氮（ N_2O ）產生量，達成長期淨零碳排放政策目標，也成為污水下水道重要之發展課題。

參、下水道建設在國土空間之調適策略與成長管理模式

臺灣的國土規劃面對氣候變遷的衝

擊，應由多面向的跨領域整合、協調與溝通，針對各類型地區及不同領域研擬氣候變遷調適策略，並透過現行各級國土計畫將過去不當的發展型態所導致土地資源超限使用等問題，提出各部門空間發展策略以及成長管理計畫，重新考量自然環境容受力，公共設施服務水準與財務成本、使用權利義務及損益公平性之均衡，規範城鄉發展之總量及型態，並訂定未來發展地區之適當區位及時程，以有效建立空間發展秩序，作為確保國家永續發展、提升環境品質之依據，並達成促進經濟發展及維護社會公義之目標。

一、全國國土計畫中之氣候變遷極端氣候調適策略

面對氣候變遷的衝擊，「永續發展」為調適與減緩災害的主要目標，而所謂地區的「永續性」，指的是當面對外來而突發的巨大衝擊事件（災害）時，一個地區或社區在沒有外援的狀態下，能夠減低或克服災害所帶來的生命、財產或生活品質之傷害。因此，永續發展的思維被融入於調適和減緩行動來強化社會回應能力。

因應氣候變遷之影響及威脅，水利主管機關推動土地及水道共同分擔洪水之治水策略，於民國 107 年 6 月 20 日公布水利法第七章之一「逕流分擔與出流管制」，並於 108 年 2 月 1 日完成相關子法公告實施，其中逕流分擔部分，責成各

級主管機關對於高度都市化、水道無法加高拓寬、水患威脅嚴重或產業密集地區，優先評估實施逕流分擔可行性，而由於逕流分擔評估之優先水系，大多為流經人口稠密都市地區之河川排水流域範圍，且依據「全國國土計畫」國土防災策略及氣候變遷調適策略篇章內，綜整各類災害結果顯示，颱風豪雨帶來之淹水災害雖遍布全國，然統計災損分佈，顯示災害侵襲之損害多集中於都市計畫區周圍，故災損程度高於人口分佈較不密集之山區或鄉村區。

雨水下水道作為我國都市防洪治理主要建設，從民國 60 年代起，政府即逐年編列預算施設雨水下水道，然過去防堵式的工程防災思維已然不足，近年「都市總合治水」策略應運而生，透過土地利用管制、防災策略，配合工程及非工程方法，進行滯洪、分洪及減洪，以提高都市防洪能量，強化都市防災及適災能力。

為加強「都市總合治水」推動，將由以往協助各縣市政府辦理「雨水下水道系統檢討規劃」，逐次提升為建構「都市總合治水創新防災管理規劃」之架構，優先辦理包含跨縣市、跨行政區、跨都市區與非都市地區等區位，以融入都市發展、閒置公共空間利用、道路排洪、側溝系統改善、洪水基準線及建築管理及其他都市建設應用等措施規劃，有效提升都市容洪、排洪、蓄洪、耐洪能量，並配合都市發展

情況，研思相關可提升都市防洪保護標準措施，確保民眾生命財產安全，使臺灣可往永續韌性城市的發展目標邁進。

二、立基於國土空間發展之下水道系統發展計畫

依據《都市計畫法》第 15 條、第 22 條及第 42 條規定，主要計畫及細部計畫內容應載明主要上下水道系統及用地，而現行下水道體系中則根據《下水道法》第 4 條規定，中央主管機關辦理「直轄市、縣(市)下水道系統發展計畫之核定」；第 5 條及第 6 條規定，直轄市、縣(市)主管機關需辦理直轄市、縣(市)下水道建設之規劃、實施及法規之訂定，意即地方政府應擬訂直轄市、縣(市)下水道系統發展計畫，強調整體下水道建設政策方向、價值觀與大原則，以辦理地方之下水道規劃及發展方針，並配合中央政策提出下水道建設與營運之具體指導內容，以健全全國下水道建設之發展。

就目前規範內容，「各級國土計畫之下水道部門空間發展策略(或計畫)」及「都市計畫之上下水道系統及用地內容」應為兩大計畫體系間之重要連結，又因直轄市、縣(市)國土計畫係屬實質空間發展計畫，故於該層級計畫納入下水道主管機關所提供之政策指導項目，包含下水道設施發展對策及區位，具政策性及指導性，使未來區域性下水道計畫得以遵循配

合推動，並於適當區位進行規劃，以利整體計畫之完整性。

而直轄市、縣（市）國土計畫範圍因包含都市計畫及非都市土地，其部門計畫內容為探討該縣市整體規劃構想及發展願景，根據《下水道法》第4條規範，未來應訂定直轄市、縣（市）下水道系統發展計畫，對轄內區域範圍內下水道建設，重新檢視城鄉發展需求，調整下水道建設發展優先順序、總量標準設定、再生水資源分配，甚至劃出污水處理區域或者是排水分區等服務範圍，以探討縣市整體下水道系統之規劃藍圖，並於計畫核定後整合納入直轄市、縣（市）國土計畫予以整合，俾計畫公告實施後，據以推動辦理。

三、城鄉永續水環境與下水道建設成長管理模式

按《下水道法》立法意旨係為促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理，以保護水域水質，是以，單就下水道建設本身而言，即係針對都市化地區與其他特定地區水質保護為主要目的，然我國下水道建設早期實際是以都市排水為主，而污水下水道建設較受重視則是以70年代《下水道法》發布實施後為主要分界。此外，下水道設施亦屬全國國土計畫「部門空間發展策略」所列重要公共設施項目之一，爰參考國土計畫成長管理模式，茲分述雨水及污水下水道系統在國土計畫下

衍伸之發展需求：

（一）雨水下水道建設成長管理模式

雨水下水道作為解決都市淹水及排水問題的重要公共設施，然因整體社會、經濟、自然環境持續變遷，過往之雨水下水道設計標準亟需檢討，且考量目前都市地區雨水下水道多已飽和，為能提升都市地區防洪保護標準，因應未來災害型態，未來將配合國土規劃藍圖，以都市總合治水理念，透過都市計畫將大型公共設施如廣場、停車場等，規劃設置低衝擊開發設施等滯蓄設施，以多目標多功能使用，滿足滯洪及原規劃使用目標，並對於都市地區開發案件，應落實排水計畫之管制與管理，透過管制提升開發案件自主提升基地保水量與降低開發後地表逕流量，強化都市對洪水之耐災韌性，始能徹底解決都市內水排除問題，確保民眾生命財產安全，使臺灣可往永續韌性城市的發展目標邁進。

對雨水下水道建設而言，未來之成長管理模式應以《全國國土計畫》所揭示之國土空間發展目標為主，並採取相應對策作為新世代下水道建設之主要依據，如表1所示。

（二）污水下水道建設成長管理模式

污水下水道建設未來可將計畫目標年配合國土計畫與都市計畫規劃目標年期，

表 1 全國國土計畫整體發展目標與雨水下水道有關之子目標與未來相應之對策

《全國國土計畫》 永續發展目標	與下水道建設 有關之子目標	雨水下水道系統未來相應之對策
安全： 環境保護 永續國土資源	因應極端氣候與天然災害，強化國土調適能力	● 檢討雨水下水道系統容量與未來擴充容量可行性。 ● 提升都市防洪保護標準措施。 ● 配合《水利法》「逕流分擔、出流管制」專章，檢討雨水下水道於都市防災之角色及分工。 ● 配合流域總合治理，檢討水質保護、城鄉氣候變遷、流域內土地使用規劃等作業。
	配合流域綜合治理計畫，進行土地使用規劃與檢討	
有序： 經濟發展 引導城鄉發展	落實集約發展，促進城鄉永續	● 配合各級國土計畫之成長管理策略（或計畫），針對既有都市計畫地區、非都市土地既有發展地區、水庫集水區範圍內人口集居地區、各縣市政府指認之未來發展地區等，優先作為區域性下水道整體規劃對象。
	配合國家整體產業發展政策，整合產業發展空間規劃	● 加速府內橫向整合，確保下水道建設與產業發展空間同步。
和諧： 社會公義 落實公平正義	擬定都會區域及特定區域計畫，均衡城鄉發展	● 配合未來都會區域計畫或特定區域計畫，撰擬跨行政區、跨流域之區域性下水道計畫。

以作為預估未來合理水量之推估基礎，另結合直轄市、縣（市）下水道系統發展計畫提出下水道成長管理指導原則，持續於都市計畫地區及指定地區內主要人口分佈密集區域（包含非都市土地既有發展地區及未來發展地區等）推動污水下水道建設，並與空間單位協調提前預留擴建、增建或再生水產製與供應之用地；對於偏遠人口分布零星或山區等區域，將推廣因地制宜多元化污水處理設施，同時回應以自然為本解決方案協助地區提升水環境品質。

表2係針對《全國國土計畫》永續發展目標之發展下，污水下水道建設之成長管理模式，以作為未來污水下水道建設相應之對策，以加值污水下水道建設效益，持續朝循環永續的方向邁進。

肆、發展與願景

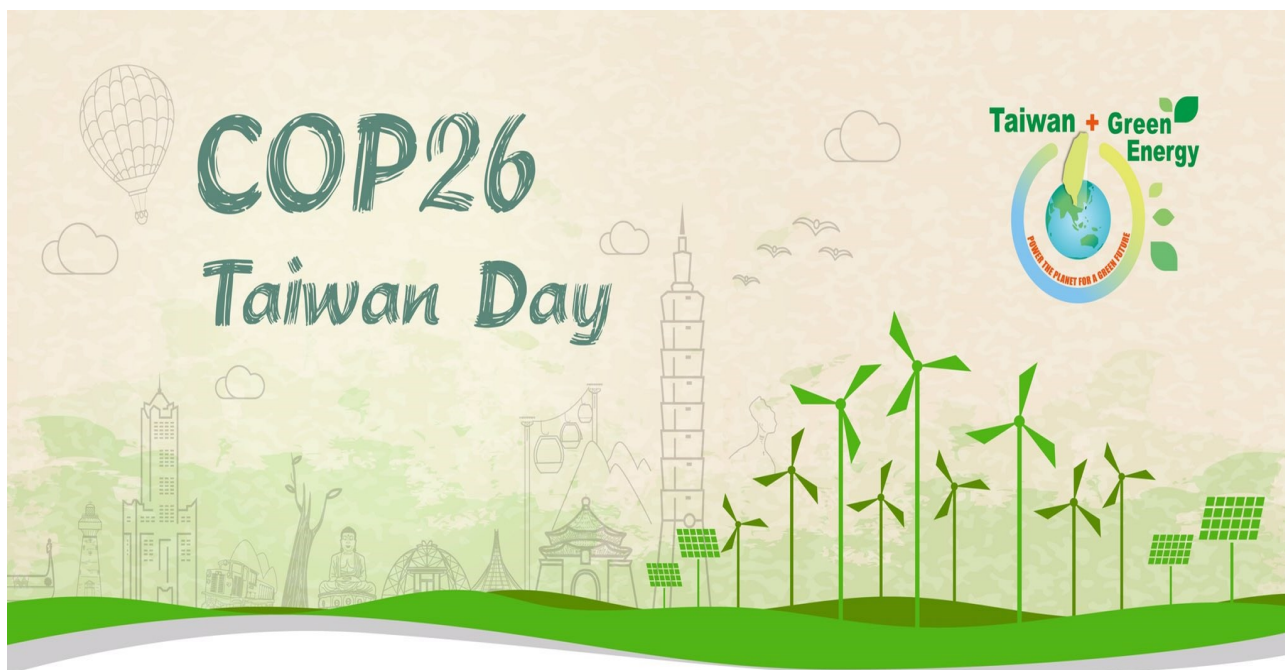
為落實國土永續發展之願景目標，下水道建設逐漸突破都市計畫區之框架，全國國土計畫已納入下水道部門空間發展策略，作為直轄市、縣市國土計畫下水道建設規劃之上位指導，結合總合治水及成長管理思維進行流域整體規劃，持續完善都市生活圈之下水道系統；此外，優先針對水庫集水區範圍之人口集居地區建設雨、污水下水道系統，對於公共污水處理廠建置效益不足且管線佈設不易之偏遠人口分布零星或山區等，推廣因地制宜得採多元

化污水處理設施，以維護環境品質及樽節經費支出，提高下水道建設投資效率，為下水道建設之永續發展提供良好基礎。

為了下水道建設之永續發展，融入臺灣國土規劃與氣候變遷調適策略，後續本署也將不定期透過國內外研討會、公民咖啡論壇、全國下水道高峰會議，結合產、官、學各界腦力激盪與跨界對談，整合國土規劃、都市計畫、都市更新、建築管理、都市基礎工程等各個領域，擘劃下水道建設與再生水發展新策略。此外，透過逕流分攤、出流管制等總合治水管理策略，以及提升防洪防淹之保護標準，強化都市耐災能力，加速雨水下水道的完整建置，讓臺灣城市韌性安全少淹水；另通過中央與地方共同合作，提升全國各直轄市、縣市水資廠建設及污水下水道接管率，讓臺灣河川水清有魚復生態；持續創新發展放流水回收處理再利用技術，積極媒合再生水潛在用戶，提升再生水利用率，讓臺灣產業蓬勃發展發展不缺水，是我們的共同願景，也為永續發展之韌性國土創造新契機。

表 2 全國國土計畫整體發展目標與污水下水道有關之子目標與未來相應之對策

《全國國土計畫》 永續發展目標	與下水道建設 有關之子目標	污水下水道系統未來相應之對策
安全： 環境保護 永續國土資源	因應極端氣候與天然災害，強化國土調適能力	● 配合各級國土計畫之成長管理策略（或計畫），考量地理條件及環境因素檢討各都市計畫區污水下水道系統整併或擴增。
	配合流域綜合治理計畫，進行土地使用規劃與檢討	● 以流域及河川污染程度考量，依據實際需要，進行區域性下水道系統發展並統籌管理。
	建構永續能源、資源使用環境，促進節能減碳	● 擴大放流水回收再利用使用範圍，提升經濟效益。 ● 結合沼氣回收發電技術以及相關綠能發電技術。 ● 污水處理廠所產生的污泥朝材料化或燃料化方向發展，提升污水處理廠附加價值。
有序： 經濟發展 引導城鄉發展	落實集約發展，促進城鄉永續	● 配合城鄉發展需求，針對非都市土地既有發展地區、水庫集水區範圍內人口集居地區等人口稠密地區需加強污水下水道之建設，作為優先發展地區；並配合各縣市指認之未來發展地區及鄉村地區整體規劃之指定地區，導入污水下水道系統建設。
	配合國家整體產業發展政策，整合產業發展空間規劃	● 配合產業發展需求，以因應產業聚落廢水處理需求。 ● 整合新穎科技，推動公共污水處理廠再生水，提升再生水利用之經濟誘因。
和諧： 社會公義 落實公平正義	擬定都會區域及特定區域計畫，均衡城鄉發展	● 配合未來都會區域計畫或特定區域計畫之指定地區，針對特定區域、河川流域等地區，考量其環境、文化、經濟等因素做整合性規劃。



摘要

極端氣候是全球共同面臨的挑戰，聯合國呼籲各國落實巴黎協定採取更積極的行動，臺灣身為地球村的一員，長期也努力接軌國際社會共同減緩氣候變遷。蔡總統在民國 110 年地球日宣示臺灣 2050 淨零轉型的目標，行政院蘇院長也在同年 8 月宣布修正「溫室氣體減量及管理法」為「氣候變遷因應法」，納入「2050 年淨零排放」目標，展現我國積極減碳的決心。並將連同提升治理效能、增加碳定價相關機制及氣候變遷調適策略等修法重點，強化更多的管理工具及誘因制度，來帶動民間企業研發投資及社會大眾共同參與，為臺灣的永續發展一起努力。依我國國家溫室氣體排放清冊報告（民國 110 年版）統計，民國 108 年環境部門排放量為 2.703 百萬公噸二氧化碳當量，其中生活污水溫室氣體排放量約佔 29%。關鍵減碳推動策略為提升下水道接管率、推動甲烷回收與再利用、建立重要公共污水處理廠溫室氣體排放監測、建立污水廠本土排放係數等工作，若以民國 108 年生活污水溫室氣體甲烷排放量 0.48 百萬公噸估算，每年增加 1.4% 污水處理率，在民國 119 年約可減少生活污水之溫室氣體甲烷排放量 37%。

淨零轉型與下水道建設

行政院環境保護署／張子敬署長

壹、前言

全球持續受到新冠疫情(Covid-19)影響，但大氣中的二氧化碳濃度卻創新高，聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC)於民國 110 年 8 月公布「氣候變遷第六次評估報告 - 第一工作組報告」，強化證實人為活動對大氣、海洋及陸地暖化的影響，大氣、海洋、冰雪圈與生物圈已經發生廣泛且快速的變化。民國 110 年的全球氣候依然不平靜，美國德州冬季風暴重創能源系統，北美洲西岸近攝氏 50 度極端高溫創歷史新高、歐洲西部與中國暴雨成災，臺灣也同時遭逢 50 多年來最嚴重的乾旱與異常的致災性強降雨，我們深刻感受到氣候變遷已影響全球各個角落。

聯合國於民國 81 年制定「聯合國氣候變化綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，目的為控制人為活動所排放的溫室氣體，每年召開公約締約方大會(Convention of Parties, COP)，重要的成果包括民國 86 年日本京都召開第 3 次締約方大會(COP 3)通過「京都議定書」(Kyoto Protocol)。民國 104 年在法國巴黎召開 COP 21 通過「巴黎協定」(Paris Agreement)，接續民國 109 年之後(後京都時期)的全球氣候行動，致力控制全球增溫限制在 1.5°C 以下。民國

110 年在英國格拉斯哥召開的 COP 26，所產出的「格拉斯哥氣候協議」(Glasgow Climate Pact)，除要求各國加速提升民國 119 年減量目標外，重要內容還包括逐步減少燃煤電廠及汰除無效率的化石能源補貼、致力非 CO₂ 含甲烷在內的溫室氣體減排工作等。目前全球超過 130 個國家宣示或規劃在民國 139 年達到溫室氣體淨零排放，德國、瑞典、英國、法國、西班牙、丹麥、匈牙利、盧森堡、日本、加拿大、紐西蘭、韓國及愛爾蘭等 13 國及歐盟已將淨零排放或碳中和目標明訂在該國法律。

貳、我國溫室氣體排放減量績效

蔡總統於民國 110 年 4 月 22 日世界地球日宣示「2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標！」，揭褰了臺灣明確的碳排放目標。行政院蘇院長於 8 月 30 日「行政院國家永續發展委員會第 33 次委員會議」，宣布修正「溫室氣體減量及管理法」納入「2050 年淨零排放」目標，展現我國積極減碳的決心。臺灣確立長期減量目標，正務實規劃邁向 2050 淨零排放的轉型路徑，行政院統籌召集相關部會成立「淨零排放路徑專案工作組」，並邀請中央研究院及工業技術研究院提供專業諮詢，以「去碳能源」、「產業及能源效率」、「綠運輸及運具電氣化」、「負碳技術」及

「治理」等五大工作圈進行跨部會的技术評估，並以民國 119、129 至 139 年短、中、長程的能源及產業政策規劃發展路徑。此外，環保署與相關部會合作展開 2050 願景的公眾溝通工作，就農林碳匯、淨零建築、綠運輸、低碳產業、經濟工具、公正轉型等關鍵議題，推動跨領域的社會對話，藉由各界多元參與，投入創新科技研發，找出最符合臺灣未來永續發展的氣候治理路徑。

我國相關部門持續開展能源轉型及產業轉型相關工作，參考國際統計資料，我國溫室氣體排放減量已展現出具體績效；依據歐盟委員會聯合研究中心(European Commission Joint Research Centre, JRC)全球大氣研究溫室氣體排放資料庫(Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR)，民國 108 年全球燃料燃燒二氧化碳排放相較於民國 94 年增加 27%，中國與印度分別成長 84%與 113%，韓國與新加坡則分別成長 23%與 24%，而我國微幅增加 3%，不僅遠低於全球平均值，亞洲僅次於日本（降低 10%）；另依「國際能源總署」(IEA)統計資料，以民國 84 年為基期，近 14 年來我國燃料燃燒二氧化碳排放年平均成長率約為 0.1%，優於中國(4.4%)、韓國及新加坡（同為 1.8%）等鄰近亞洲國家，顯見我國溫室氣體減量管理政策推動已有初步績效。

再者，我國碳密集度已持續下降，國際間常用碳密集度（每單位 GDP 的二氧化碳排放量）作為衡量各國推動減碳工作績效指標，數值越低代表績效越佳；依據 EDGAR 資料，民國 108 年全球碳密集度為 0.294 tCO₂/kUSD（相較民國 94 年減少 20.33%），我國於民國 108 年碳密集度為 0.227，較民國 94 年減少 33%。亞洲鄰近國家碳密集度：民國 108 年日本為 0.221、韓國為 0.296，惟中國仍高達 0.512 tCO₂/kUSD。顯示我國近年來在推動低碳轉型與綠能產業已有成效，經濟持續成長，而溫室氣體排放不僅已過峰值，且呈現下降趨勢，顯示我國經濟成長與溫室氣體排放逐漸脫勾。

此外，就民國 110 年 COP26 所提甲烷排放減量議題來看，我國於民國 108 年甲烷排放 4.786 MtCO₂e，相較民國 94 年 9.508 MtCO₂e，已大幅減少將近 50%，主因來自我國長期推動垃圾分類減量，減少掩埋並改以焚化方式處理，並對既有垃圾掩埋場進行沼氣收集再利用；此外，推動家庭及事業廢污水納管妥善處理、鼓勵畜牧業沼氣回收發電等政策，都使我國甲烷排放減量成效極為顯著。依據德國波茨坦氣候影響研究所 PRIMAP 資料庫顯示，民國 108 年全球甲烷排放量約 317 MtCO₂e，相較民國 94 年增加 9.32%，多數國家甲烷仍

是持續成長的情況(如：中國增加 17.58%、巴西 9%及韓國 2.56%)，歐洲國家及日本是少數減量幅度超過 10% (如：英國減量 41.93%、德國 27.57%、歐盟 15.8%、日本 17.98%等)，而紐西蘭及美國則是分別減量 4.57%及 3.57%；反觀我國已大幅減少近 50%，不僅遠低於全球平均值，也是減量績效良好國家之一。

參、我國啟動溫管法修法

我國現行「溫室氣體減量及管理法」著重於溫室氣體減量管理，國家溫室氣體長期減量目標為民國 139 年(2050 年)溫室氣體排放量降為 94 年溫室氣體排放量 50%以下。為與國際接軌及兼顧永續發展需求，適應全球氣候變遷衝擊並建構韌性體系，有必要強化調適作為，降低氣候變遷衝擊，現行溫管法有檢討修正之必要。環保署啟動溫管法修法作業，於民國 109 年 12 月底提出修法方向，陸續與鋼鐵、光電半導體、水泥、造紙及玻璃業、煉油、人纖、石化及基本化學、電力等各大產業、民間團體及各部會等進行修法內容溝通，於民國 110 年 10 月正式提出修正草案預告，並修正法規名稱為「氣候變遷因應法」。修正重點摘述如下：

- 2050 淨零排放目標入法：現行溫管法
 明定國家溫室氣體長期減量目標為民

國 139 年溫室氣體排放量降為 94 年溫室氣體排放量 50%以下，此次將修正為民國 139 年溫室氣體淨零排放，以宣示我國減量決心；而為達成此目標，各級政府應與國民、事業、團體共同推動溫室氣體減量、發展負排放技術及促進國際合作。

- 提升層級強化氣候治理：溫室氣體減量及氣候變遷調適事項涉及跨部門權責，本次修法明定中央由行政院國家永續發展委員會協調、分工或整合國家因應氣候變遷基本方針、跨部會相關業務之相關決策。此外，中央主管機關負責整合各部門行動方案擬訂國家減量計畫；地方政府增設氣候變遷因應推動會，協調整合因應氣候變遷事務。
- 增訂氣候變遷調適專章：調適專章從基礎能力建構、科研推估接軌、確定推動架構等 3 重點著手。重點一為提升國家整體因應氣候變遷基礎能力，政府應推動調適能力建構事項，並融入國民、事業、團體應致力參與之責任；重點二就強化科研接軌，由中央科技主管機關綜整氣候變遷科學、情境及風險資訊，定期公開氣候變遷科學報告，各級政府進行氣候變遷風險評估，作為調適推動依據；重點三係確定氣候變遷調適推動架構，由中央

目的事業主管機關訂定「權責領域調適行動方案」，中央主管機關整合擬訂「國家氣候變遷調適行動計畫」，地方政府訂定「氣候變遷調適執行方案」強化因地制宜之調適策略，透過每年編寫成果報告，踐行資訊公開及公眾參與程序。

- 強化排放管制及誘因機制促進減量：提升能源效率是邁向淨零排放的關鍵策略，本次修法納入對製造、運輸及建築等各部門排放行為之管制機制，以提升能源效率及降低排放強度，且規定新設污染源應採最佳可行技術並進行增量抵換，減少排放增量對環境衝擊；另外，亦強化對事業或各級政府提出自願減量計畫，據以執行溫室氣體減量措施者核予減量額度之誘因機制，雙管齊下促進減量。
- 徵收碳費專款專用：碳定價制度可透過經濟誘因促使排放減量，是國際公認重要的減碳策略之一，為健全我國碳定價制度，本次增訂對國內排放源徵收碳費，並將收入專款專用於辦理溫室氣體減量工作、發展低碳與負排放技術及產業、補助及獎勵投資溫室氣體減量技術等，以促進溫室氣體減量及低碳經濟發展。另外，因應國際為避免碳洩漏而推動碳邊境調整機制之趨勢，增訂未來中央主管機關得對

特定產品訂定碳含量計算及認定方式，並參考國際經貿情勢，對高碳含量之進口產品徵收碳費，以維持我國產業競爭力。

除此之外，本次修法亦強化碳足跡管理機制及產品標示，藉由延長生產者責任及提供民眾低碳的消費選擇，促使廠商生產低碳產品；同時亦將二氧化碳捕捉、再利用及封存等納入規範，以利相關負碳技術發展。另，也強化資訊公開及公民參與機制，要求各級政府訂定各項溫室氣體減量及因應氣候變遷計畫、方案與執行成果公開。

肆、下水道建設與溫室氣體排放減量

民國 108 年環境部門溫室氣體排放量約為 2.703 百萬公噸，包括：事業廢水 36.65%、生活污水 29.16%、掩埋 24.26%、焚化 8.2%及生物處理 1.7%等。其中，以污（廢）水合計佔 65.81%最高，主因為國內廢棄物處理方式轉變以焚化與回收為主，因此自 2014 年起環境部門排放來源即轉為污（廢）水處理排放為主。我國與世界各國污（廢）水溫室氣體排放量比較如表 1，與歐美等先進國家相比，我國生活污水處理率仍有持續改善空間，因此污（廢）水處理佔環境部門排放量比例最高，也顯示提高下水道納管率確實可有效降低排放量。

針對生活污水之溫室氣體排放量推估如圖 1，可分為妥善處理與未妥善處理兩類，妥善處理指的是經污水下水道收集至污水處理廠處理後排放，未妥善處理指的是經化糞池或開放水體處理後排放，推估未來將隨我國污水下水道建設推動，接管率持續上升的情形下，可使生活污水溫室氣體排放量持續降低。未

來將搭配污水處理廠加強節能措施、推廣沼氣回收再利用、建置沼氣發電系統等措施加速溫室氣體減排作為，初步評估以沼氣回收為例，部分廠區如淡水處理廠，根據其經濟效益分析，投資沼氣利用設備約可在 3.5 年進行回收，具投資經濟效益。

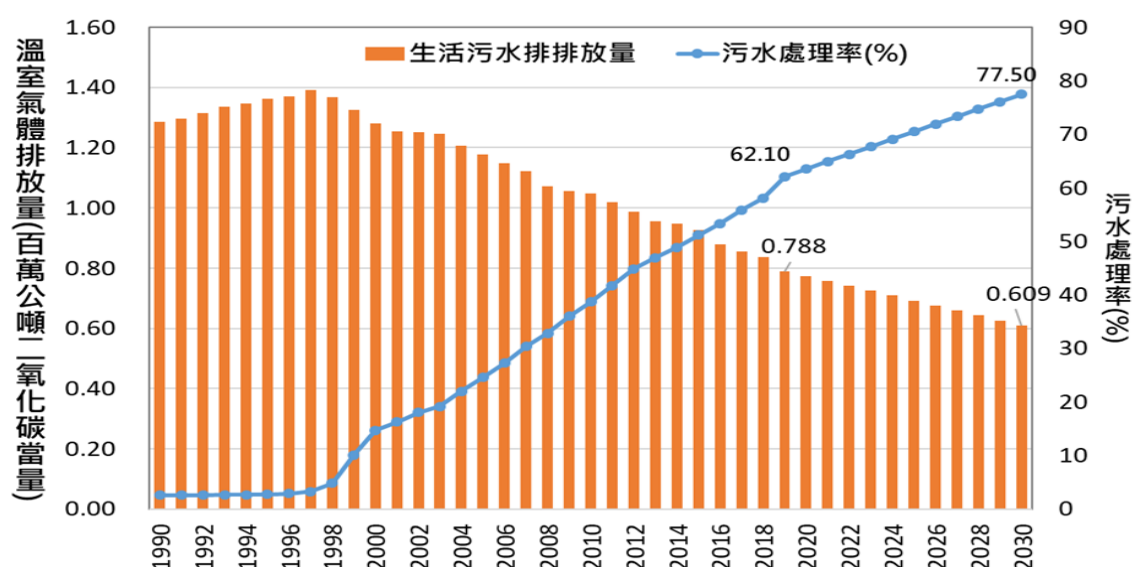
目前擬定關鍵減碳推動策略為提升

表 1 各國污（廢）水處理溫室氣體排放量

國家	排放量 (千噸 CO _{2e})	佔環境部門 排放量比	與前一年 排放量比較
臺灣 (民國 108)	1,778.9	65.8%	-2.4%
英國 (民國 108)	2,699.6	14.0%	+2.4%
瑞典 (民國 108)	229.4	20.8%	+0.1%
加拿大 (民國 108)	1,021.3	3.7%	+1.3%
瑞士 (民國 108)	295.5	39.1%	+0.9%
丹麥 (民國 108)	207.1	16.4%	-2.6%
日本 (民國 108)	3,614.8	17.7%	-0.3%
泰國 (民國 102)	6,377.1	53.9%	-
越南 (民國 102)	11,304.1	63.5%	-
南韓 (民國 105)	1,420.8	8.6%	-
中國 (民國 103)	91,241	46.9%	-
新加坡 (民國 105)	66.9	19.3%	-
馬來西亞 (民國 105)	15,912.0	58.6%	-

資料來源：環保署，中華民國國家溫室氣體清冊報告 2021(110.9)

UNFCCC，National Inventory Submissions 2021



資料來源：環保署，環境部門溫室氣體排放統計精進與執行成效分析專案工作計畫。

圖 1 生活污水排放量與污水處理率趨勢推估

污水下水道處理率、推動甲烷回收與再利用、建立重要公共污水處理廠溫室氣體排放監測、建立污水廠本土排放係數等工作；而在強化調適策略則是可推動提升污水廠維護功能、強化水質突變預警與應變能力、建立智慧水務監控系統、開發再生水等新興水源等措施，其中，若以民國 108 年生活污水溫室氣體甲烷排放量 0.48 百萬公噸估算，每年增加 1.4% 污水處理率，在民國 119 年約可減少生活污水之溫室氣體甲烷排放量 37%。

伍、下水道建設與氣候變遷

根據民國 110 年 IPCC 最新第六次氣候變遷評估報告指出，科學研究已證

實全球暖化的全面衝擊正持續發生，隨著全球氣候變遷加劇，極端豪雨、乾旱、熱浪與野火已在世界各地頻傳，而且分布地區甚至廣及北極圈內與南極洲邊緣，以上極端氣候事件均已顯示臺灣正面臨新的挑戰，例如民國 107 年 8 月下旬臺灣暴雨，為近年來影響持續時間最長久的水患；民國 109-110 年臺灣遭逢百年大旱等。而下水道建設亦與氣候變遷衝擊下之減災與調適密切相關，在水患的部分，雨水下水道之普及率為區域性排水重要關鍵建設之一，若可以調適的上位角度進行整體考量規劃，整合地區排水系統建設、建築物排水儲水設施、甚至導入國外入滲型下水道技術，將可有效降低地區水患發生風險，將洪

患所導致之損失降至最低。而在乾旱的部分，污水下水道扮演關鍵角色，生活污水具有不受氣候影響水量穩定之特性，若能將其回收再利用，發展新興再生水資源將可有效降低民生供水壓力，大量替代自來水之使用量。以國家調適整體考量推動，整合營建署加速推動下水道建設及水利署再生水法規滾動修正與環保署藉由環境影響評估審查機制之工業廢水零排放或提高回收率、放流水回收再利用及再生水等要求，共同協力加速國內產業應用再生水資源發展與推廣，將可加速再生水之利用與相關產業發展，強化國家抗旱韌性能力，有效降低未來氣候變遷所帶來之全面性衝擊。

陸、結語

減碳已轉為國際經貿議題，我國為出口導向國家，及早布局低碳技術與低碳產業，是當務之急。環保署已啟動「溫室氣體減量及管理法」修法，修改為「氣候變遷因應法」，對於國家長期減量目標、提升氣候治理、推動碳定價、強化氣候變遷調適等，都將納入修正。而長期以來，被歸為氣候變遷脆弱區域的臺灣，一方面積極於因應氣候變遷的政策擬定、法制建設、能源轉型、技術研發、產業創新、社會轉型及環境永續之推動，從供給面、製造面、使用面、環境面，積極建構一個永續的綠色

家園。另一方面持續將自身的經驗與能力與國際社會分享，嘗試將此危機化為轉機。我國環境部門的溫室氣體排放占比不高（約 0.93%），但在淨零轉型路徑上仍應致力減排，其中加速下水道建設與污廢水處理的沼氣再利用亦為執行重要一環；此外，在調適的部分，整合水利署都市區排水建設與非都區營建署下水道建設及地方排水系統與建築物滯洪設施等，可望有效降低洪患損失，而整合營建署污水下水道建設、環保署環評機制要求提高水資源再利用率與再生水利用、以及水利署修法推動再生水，則可有效提升水資源調度彈性強化抗旱韌性。期望未來可藉由行政院以國家上位角度推動跨部會合作，成功整合公私部門資源，持續加速下水道建設，以同時輔助國家減排與調適政策之執行，共同朝民國 139 年淨零轉型的目標邁進。

參考文獻

- 1.環境保護署，民國 109 年。巴黎協定行動計畫與因應作法研析專案工作計畫。
- 2.環境保護署，民國 109 年。國家氣候變遷調適方案推動與管理專案工作計畫。
- 3.環境保護署，民國 109 年。溫室氣體減量及管理制度檢討研修計畫。

4.環境保護署，民國 109 年。溫室氣體減量成效技術評估應用專案工作計畫。

5.環境保護署，民國 109 年。溫室氣體減量暨效能標準策略精進計畫。

6.環境保護署，民國 109 年。環境部門因應氣候變遷調適策略計畫。

7.環境保護署，民國 109 年。環境部門溫室氣體排放統計精進與執行成效分析專案工作計畫。

8.IPCC, 2018. Global Warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

9.IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

10.The World Economic Forum, 2021.

The Global Risks Report 2021.

11.UN, 2021. Outcomes of the Glasgow Climate Change Conference - Advance Unedited Versions (AUVs).

12.UNEP, 2021. Emissions Gap Report 2021.

13.UNFCCC · National Inventory Submissions 2021.



摘要

今日的下水道已不再只是排除都市雨水或收集污水經處理後放流，以提升公共衛生，保護承受水體水質的設施而已，而是藉以構建為永續發展社會，創造新價值，成為都市永不乾涸的水庫，提供水、能資源循環再生利用之道。同時更是可在極端氣候變遷下，透經發展和管理，得以發揮韌性、豐富資源、滿足經濟發展需求，進而達到創生優質水環境，扶植下水道新產業，以貢獻國內外之前瞻效能的任務和貢獻。欲實現此一跨世代新使命，有賴透經各層面的支援和投入，包括從法律、財源、技術、專業組織人力和人才的培育等，以及國民的認知和意識的提升，始能完成此一跨世代永續發展之新使命。

下水道的價值與挑戰

台灣水環境再生協會／歐陽嶠暉榮譽理事長

臺灣正面臨極端氣候變遷、人口少子化老化、能源短缺及溫室氣體減量等威脅，但卻又逢產業蓬勃發展，缺水缺電等之挑戰下，下水道的功能，已不再只是下水道法第一條所述「以保護水域之水質」而已。

傳統的污水下水道，是用以收集眾人生活活動所排出的污水，經處理後放流水體，於確保公共衛生及生活環境品質的同時，並達到保育水體水質。

另雨水下水道則是將降於市區的雨水，藉下水道系統迅速排除，避免積、淹水，以保護市民的生命、財產安全之目的。

但在整個大環境的改變、威脅下，未來的下水道不僅將成為因應各種威脅的重要設施，並擴大功能成為可創造出新價值和重大貢獻的設施，下水道就是資源再生之道。包括：

1.永續發展社會的構建

下水道所收集的污水，因擁有水、資源、能源之機能，且具有循環之動能，可持續發揮超越地區性、跨世代，在質和量上構成健全的循環型社會的貢獻。包括污水再生循環回收利用，成為產業發展增加所需用水或以替代用水，轉移原水源供其他利用，亦可供灌溉用

水利用，達到充裕水資源的效能。

下水污泥可跨系統以管線或運輸將數個系統的污泥集中，併同廚餘、水肥，甚至食品業的有機廢渣，共同厭氧消化形成生質能工廠沼氣發電、回收能源，並達到降低溫室氣體。脫水污泥餅與垃圾可共燒回收熱能、電能，焚化底渣供做建設材料或水泥原料等利用，達到下水全部循環資源化。

2.構建強韌社會的貢獻

下水道在常態下用以收集污水至都市水庫（污水處理廠）處理，水源來自市民生活活動所排出，水量水質全年穩定，故在遇極端氣候乾旱下，污水處理再生水是一可供為解旱基本用水之穩定水源。另雨水藉雨水下水道等設施以排除、滲透或貯留等軟、硬體調節，並透經管理全民公助、共助及自助下達到防止災害。進而可發揮為創造出國民健康、生命、財產及經濟活動，構建成強韌社會的貢獻。

3.創造新價值的貢獻

下水道擁有龐大的資源、質和量，且具穩定的水、資源和能源之潛能，加以深度活化發展，將可為社會創造出新價值的貢獻。

4.創生優質水環境的貢獻

都市市民生活污水經收集處理後，其放流水可經由與當地水岸環境創造出在地期待的優質水環境，即在維護水體流量、水質下，結合當地水體、水岸之環境特性，找回失去的水岸價值，依市民的期望創生出具都市河川機能多自然豐富的河川生態，形成潺潺流水優質親水的水岸空間或與在地歷史文化連結，提升優質水環境氛圍，增進市民文化、文明豐富靈性的生活環境品質的貢獻。

5.扶植下水道產業的貢獻

下水道相關建設設備、機械、各種機具、監測設備和技術等，除在新建設階段需用外，進入營運後仍需持續維護、更新使用，有賴政府扶植為自主性產業或技術，除可維護既有設施改建時滿足國內需求，提高下水道之健全度外，更可發展為重點產業，包括人力、技術及設備貢獻國內外。

下水道發展精進策略和措施，有賴多面向檢討考量。做為下水道建設與管理之法規的下水道法，制訂於民國七十三年，已不足以因應今日下水道已是資源再生循環之道的建設、管理之需求，有待早日全盤修訂，以健全下水道建設推動創生發展之需要。

臺灣截至 110 年，雨水下水道建設

率已近 80%，管線長度約 6,000 公里，公共污水處理廠 98 座（含金馬），接管普及率雖已近 40%，管線長度約 12,000 公里，總設計可處理水量 423 萬多 CMD，可處理人口數達 1,700 萬人，其普及率已可達 70%以上，因之仍待積極建設，以發揮投資效益。

下水道系統的污水處理廠不僅是水資源再生中心，更是都市水庫，下水道建設愈普及，用戶接管普及率愈高，所收集的污水量就愈多，相對的都市水庫可調節供應的水資源量愈大，下水道就是資源再生之道。臺灣污水下水道之普及率雖近 40%，仍遠低於歐美國家的 95%以上，顯示仍有賴政府繼續積極推動，除可提升國民生活環境品質外，更是可創生具經濟效益的水資源。

政府對下水道建設，尤其是污水下水道之實際持續建設，僅在近十多年來的投入，始得有今日的初步成果，並可貢獻產業發展所需之穩定再生水源。但自近年起因有八個促參系統的支付，分年持續增加，過去每年編列污水下水道建設預算約一百多億元，將因每年必須先支付促參案金額自 110 年的 30 億元起至高峰期 129 年將達約 50 億元，再加通膨，未來若預算不能逐年提高，可用的預算額將形成腰斬，除將造成下水道產業萎縮，人力、技術流失，也將使下水

道的持續發展功敗垂成，甚至影響 GDP 及國際競爭力，有賴政府配合促參付款逐年增編預算投入，始能持續創造資源再生之道的下水道。

在有限的經費下，每年經費的投入應以未來人口穩定，且已投入有先期設施之水資源再生中心和主次幹管之地區為優先，以加速提升接管率增加可用水資源。至於擬新開辦之系統，應為人口較穩定，並已有自來水供應系統且使用率高，道路及巷弄多已依都市計畫開闢完成，可方便埋設污水下水道管線系統之都市化地區，並應朝廣域性系統或合併鄰近既有系統，或者其污泥視規模可輸送至大系統集中共同處理之考量。

下水道為一龐大跨世代可共同享用的永續資產，有賴全民珍惜認識進而參與維護其功能，以建立健全的財源和吸引人才參與營運管理。因下水道是每人生活、安全、環境品質不可或缺之公共設施，是屬於全民的資產，維護其健全永續發揮效能是全民的責任，因之每一下水道的利用者，皆負有分擔其操作、維護管理、延壽及更新所需經費之義務，並樂於成為共同分擔之一份子。如同使用自來水需依用水量支付自來水使用費是天經地義，即依受益者付費及使用者付費之責任與義務，按用水量繳交下水道使用費，以充裕下水道設施維護

管理所需財源，才能永續享有下水道的貢獻。這一使命和觀念，仍有待教育和宣導。

再者龐大的下水道設施，如何強化其健全度和安全，延長各種設施的使用壽命，尚有賴強化管理制度與模式，以減緩設施老化劣化及維護設施安全。回顧過去五期 30 年間之建設，除經政府投入數千億元並在主管機關全力投入建設下，已獲相當的成效和貢獻，甚值肯定。但也有因地方政府受制於各種因素，以致部分系統雨污水分流不徹底造成雨水大量滲入污水下水道，水量過大且不經濟。用戶接管化糞池未填除影響生活環境衛生，或編列預算不足未能積極進行用戶接管及操作維護不善等，皆應即積極謀求對策改善。

對於如民國 103 年 7 月 31 日發生之下水道管線（雨水管線）氣爆事故，造成 32 人死亡，輕重傷 321 人，且影響達 83,810 人，為全球歷年來最重大的下水道災害事故，為一嚴重的教訓，應為殷鑑。未來更應慎重建設和嚴謹維護管理，下水道雨、污管線既設總長度 18,000 公里，逐年老化劣化，亟待維護，下水道之營運維護管理是地方政府的責任，在營運上有賴地方政府全面收取使用費並編足經費，強化管線計畫性預防型維護管理，延長使用壽命，達到

防止發生事故於未然。積極輔導地方政府仿日本將下水道管線設施之維護管理業務，鼓勵以概括性委託民間專業者辦理，並仿日本地方政府成立法人單位（下水道公社），負責監督和營運管理，以解決地方政府人力不足及龐大的行政業務量，使下水道能充分發揮健全的功能及經濟效益。

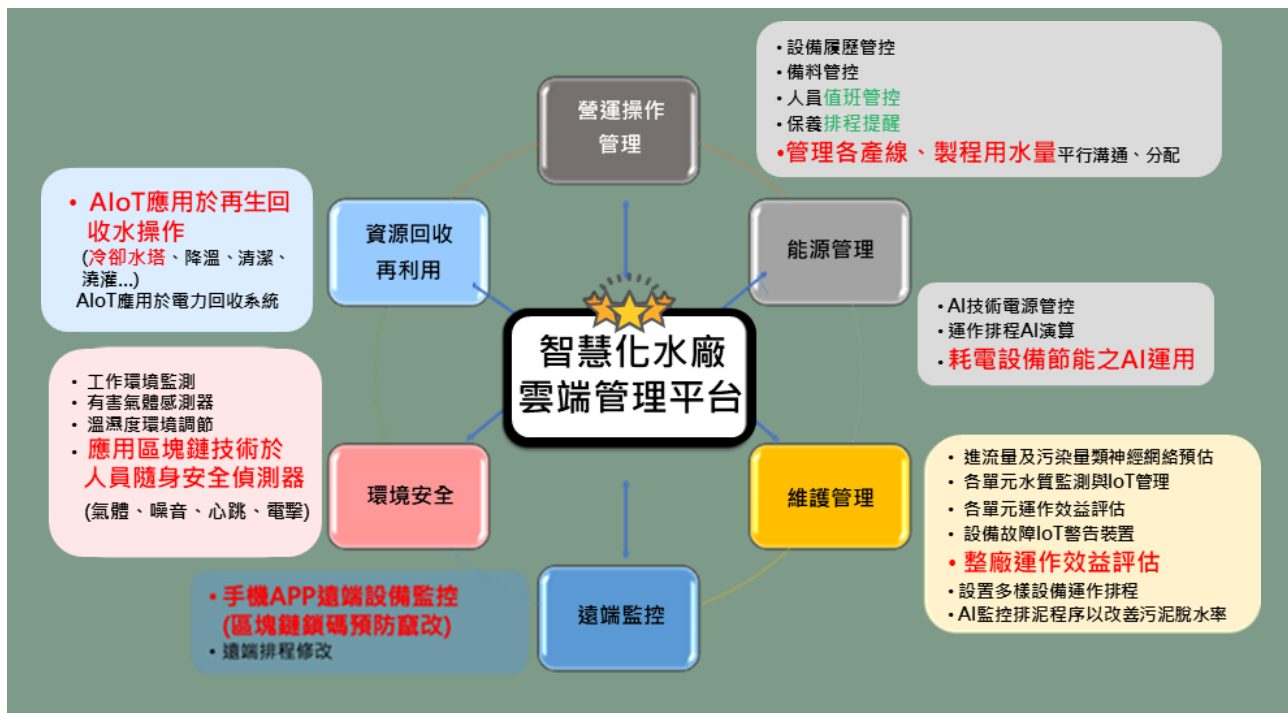
2050 淨零碳排國家政策目標，對下水道是一大挑戰，除應先盤查既有設施之排放量外，應檢討整體下水道之減碳策略，而現階段應即輔導既有設施營運之節能減碳，並對新開發系統，應有最低排放量的限制，並嚴加執行，繼而積極從操作設計上進行創能的改善與投資。朝向分階段達成能源自足及淨零排碳努力，已為不能迴避的挑戰。

下水道之建設、設施維護管理及營運，需要很多的各種不同技術、制度，供做為遵循的標準、指針、手冊、指引或要領等，有賴完整制訂和建立，並對所有從業人員進行教育訓練，建立各種證照制度，以提升從業人員之水準，同時吸引優秀人才參與永續經營。鼓勵下水道相關各種建設、營運管理、操作維護之不同產業界，成立各種專業公會，以共同理念和使命發揮組織力量，授權專業組織，定時對其不同之從業人員，施以技術訓練，建立專業證照，以整體

提升下水道事業之水準，亦皆有待推動。下水道將隨著建設與管理營運的進程，而會有各種有待提升、改善之問題，其問題之研究，新技術開發，有賴依循 PDCA 循環系統，持續檢討研發改善，以提升整體技術水準。

人口在少子化，未來有賴藉 AI 或自動化建設水資源再生廠站，朝自動化及遠距管理，以及各種檢測效率化推動，進而達到下水道設施維護管理台賬系統之大數據的活用管理效能，以發揮污水處理系統的價值和魅力，並使下水道成為「看得到」之先端技術，以誘導優秀人力加入，同時提升下水道整體效能。

臺灣已有近 40% 的人口，共同享有現代文明的污水下水道及 80% 的雨水下水道公共設施，應本於共同珍惜、共同參與及共同經營，使其在極端環境變化下，更能世代永續發揮功能與貢獻，提升國家競爭力，更是下水道的新價值。



摘要

污水下水道系統與處理廠之建設，原為解決水環境污染的問題，對改善都市生活品質貢獻宏大。隨著水資源缺乏、全球暖化與氣候變遷的議題與挑戰，下水道系統與污水處理廠之溫室氣體排放盤查與生命週期評估為檢視問題與尋求改善的第一步，建置智慧物聯網 (AIoT)，以即時監控管理污水下水道系統，提昇節能減排功效，為未來生活污水回收再利用、生質能源效能提昇之新挑戰與新契機。

智慧化之下水道系統與污水處理廠

台灣下水道協會／駱尚廉理事長

壹、前言

正當號稱「日不落國」的大英帝國稱霸西元十九世紀之際，蜿蜒穿越首都倫敦心臟的泰晤士河污染日益嚴重。有一次泰晤士河口翻了一艘客輪，死傷嚴重，據說有一部分的人是被都市污水臭死的。西元 1849 年，倫敦因廢污水排放造成霍亂，二萬五千多人死亡，因此，英國在 1850 年開始於倫敦興建下水道。西元 1858 年，泰晤士河達到有史以來最臭的高峰，這年夏天，維多利亞女皇(1819-1901)按往例出巡泰晤士河，要與兩岸的市民揮手致意，官員想出一條妙計，將整條船堆滿香氣濃郁的鮮花以掩蓋泰晤士河的臭氣（此為花船、花車的由來）。英國國會隨即全額通過整治泰晤士河的工程預算，1865 年設立皇家水污染委員會，積極展開泰晤士河之污染防治研究，而倫敦在 1891 年終於完成具有污水處理廠的污水下水道系統，大幅降低泰晤士河的生化需氧量，改善了發臭的問題。

美國早期的下水道係由私人或當地居民出錢建造，有些地方管渠用得過大，造成流速過緩，沉積物蓄積分解產生難聞的臭味，甚至有坡度顛倒，污水倒流的現象。西元 1833 年波士頓開始興建污水下水道系統；1857 年紐約州布魯克林建了下水道。在各地區陸續完成污

水下水道與二級污水處理廠後，圍繞白宮地區的波多馬克河仍然臭味難聞，探討是氨氮耗氧與藻類滋生之故，因而普遍提昇為除氮、磷的三級處理，恢復河川的正常生態，美國工程師學會(ASCE)會員，亦評選下水道工程為「二十世紀土木工程十大貢獻」之一。

1980 年代，蔣經國前總統常坐車到圓山飯店去會見貴賓，經國中山橋時曾提到基隆河、淡水河的惡臭要改善（當時全台西部河川已經普遍有發黑、發臭的問題），促成淡水河整治計畫。受到瑞士洛桑管理學院將污水下水道普及率列入國家競爭力評估項目之壓力，以及全台民眾要求回復河川自然生態的期盼，政府於民國 77 年核定「污水下水道發展方案」，據以推動了六期的建設計畫，並將此基礎工建設提升為永續水資源的新使命。

貳、低碳永續家園的挑戰

全球暖化與氣候變遷已被認為是人類廿一世紀所要面臨的最大挑戰之一，2015 年 195 國國家元首或代表共同簽訂巴黎協定(Paris Agreement)，接替已實施約二十年的京都議定書(Kyoto Protocol)，目標訂定本世紀「將全球升溫限制在 2 °C 下，並努力將升溫控制在 1.5 °C 下」；國際間每年籌措 1,000 億美元氣候基金，投入溫室氣體減量工作；各國

應自主擬定國家減排計畫、措施及行動方案，並每五年檢視各國自主承諾貢獻 (NDCs) 及減量執行成效，進行滾動式檢討。但近期聯合國氣候變遷小組報告，全球暖化速度仍快於預期。

造成溫室效應的氣體，除二氧化碳外，尚有甲烷、氧化亞氮（這兩項都是污水厭氧與脫硝過程的產物）及氫氟碳化物等，其中以二氧化碳的排放量為最大宗（我國約為 95 %），但以全球暖化潛勢 (GWP) 而言，甲烷是二氧化碳的 21 倍，氧化亞氮為 310 倍，各類氫氟碳化物更高達千倍至萬倍。為何美國與歐盟在最近的 COP26 世界領導人峰會，僅提到 2030 年前將減少甲烷排放量 30%（與 2020 年比）呢？

相對於兩百多年前的天氣狀況，大氣中甲烷的含量已從 700 ppb 升高到現今的 1,900 ppb，增加幅度是二氧化碳升高幅度的六倍以上，造成全球升溫約有一半是甲烷造成的。加上甲烷在大氣中的滯留時間大約只有十多年，比二氧化碳的百年滯留期要短很多，因此估計全球若能減排 30% 的甲烷，2050 年的升溫將可減少 0.2 °C。污水厭氧所產生的甲烷氣體，若能善加利用，既可減排，亦能回收為能源。

配合巴黎協定，我國在 2015 年通過溫室氣體減量及管理法，預定在 2050 年

國家排放目標將減為 2005 年總排放量（2.45 億公噸）的一半（1.23 億公噸），但至 2019 年末，我國溫室氣體總排放量更再上升至 2.88 億公噸，總排放量高居世界第 22 名，人均排放量更為第 19 名。下水道與污水處理系統要配合節能減排的政策，第一步就是要進行碳足跡的盤查與生命週期評估。

參、溫室氣體排放盤查

Shahabadi et al. 針對廢污水生物處理廠（流程如圖 1）所排放之溫室氣體進行推估^[1]，但不考慮污泥調理和脫水過程中所排放之溫室氣體，且亦不考慮用於廢污水消毒的化學物，在製程中所排放之溫室氣體。他們針對污水廠「現地溫室氣體」之排放，第一項就是厭氧反應槽和厭氧消化槽，廢水以可溶性含碳基值 $C_{10}H_{19}O_3N$ 和微生物之生質物 $C_5H_7O_2N$ 作為代表，BOD 在厭氧條件下經由反應式計算轉換成 CO_2 、 CH_4 或合成新的生質物之量，部分的生質物藉由體內呼吸會更進一步轉換成 CO_2 與 CH_4 。因此，厭氧槽中的 CH_4 排放量為 BOD 的氧化作用和生質物的分解作用所生成的 CH_4 之加總。部分比例之 CH_4 會溶在出流水中帶出厭氧槽（由亨利定律計算），故純為氣態之 CH_4 需再扣除溶解態 CH_4 。 CH_4 經由燃燒後又會形成 CO_2 。因此，厭氧槽中的總 CO_2 排放量

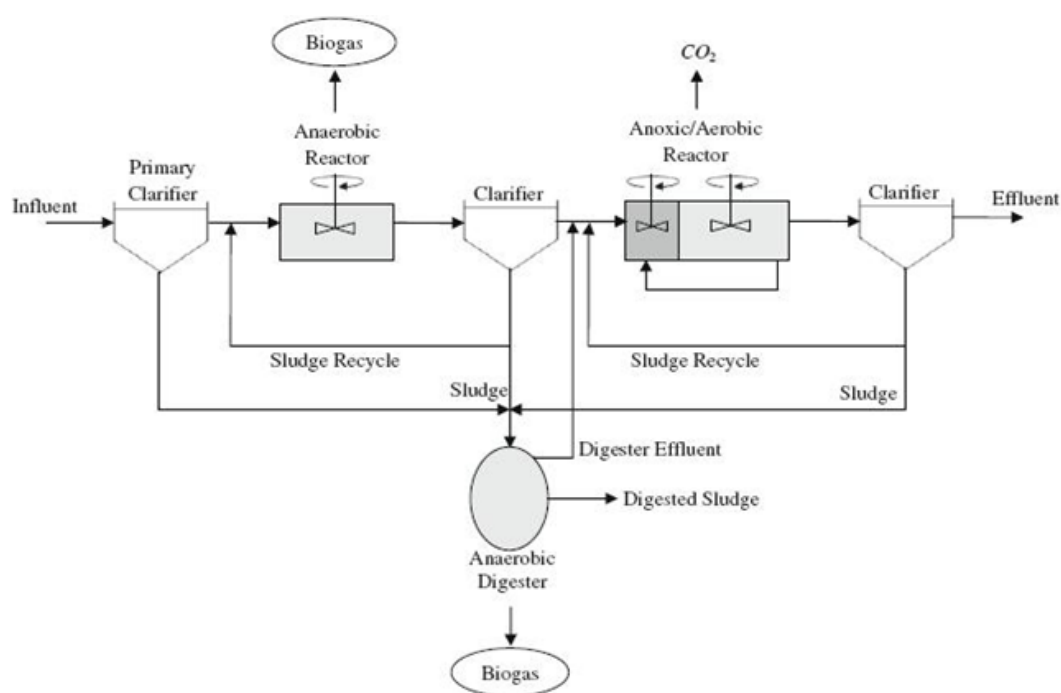


圖1 廢污水生物處理廠之流程圖

為 BOD 的氧化作用和生質物的分解作用所生成的 CO_2 ，再加上由 CH_4 轉化成 CO_2 之總和。

「現地溫室氣體」排放之第二項是在無氧/好氧反應槽，經沉澱池之出水，會先進入無氧槽，去除含碳 BOD 且進行脫硝作用，再流入好氧槽，此時由於消化作用而產生硝酸根離子，再循環回流至無氧槽，進行脫硝作用。含碳 BOD 在無氧及好氧環境下去除，且部分的 BOD 會因在無氧環境的脫硝作用，亦會被消耗掉。好氧槽中的 CO_2 排放量為含碳 BOD 的去除和生質物的分解作用所生成的 CO_2 之加總；由脫硝作用去除之含碳 BOD 伴隨著生成污泥和 CO_2 。若厭氧槽

的出流水中所殘留之 CBOD 足夠無氧槽中脫硝作用使用，就不需要外加碳源；若是不足，則需外加碳源，如：甲醇。故以甲醇作為碳源而生成之 CO_2 排放量亦可根據其反應式求出。

「非現地溫室氣體」之排放，主要是反應槽所需的電能與熱能。第一項為厭氧反應槽部分，如果厭氧反應槽所生成之生質氣體 (biogas，主要為甲烷與 CO_2) 可以回收，且用來產電，則可以節省廢污水處理廠所需的能源；若回收之 CH_4 轉換成熱能，則可提供為廢污水的加熱。厭氧反應槽溫度通常需維持再 $25\text{--}35^\circ\text{C}$ ，提供一個穩定的操作環境，故其進流水就需要先進行加熱；另外亦需補

償熱散失至反應槽壁、地板、屋頂之熱損失。所有熱能可由生質氣體、化石燃料或電力來提供。利用生質氣體，則無額外的溫室氣體排放；利用化石燃料和電力，則需利用排放係數計算額外增加的溫室氣體之排放量。「非現地溫室氣體」排放之第二大項為好氧反應槽，在好氧反應槽內，需計算提供曝氣機之電能，再經由電力排放係數換算成 CO_2 排放量。

Shahabadi et al.以一處理 2,000 kg BOD/day 之污水廠為例，發現「非現地溫室氣體」排放量明顯高於「現地溫室氣體」排放量許多，且生質氣體有無回收亦會影像現地和非現地溫室氣體之排放量，總溫室氣體排放量可從 7,640 kg $\text{CO}_2\text{e/day}$ ，降至 1,023 kg $\text{CO}_2\text{e/day}$ 。因此建議：(1)使生質氣體回收再利用可取代化石燃料之使用，也可滿足處理廠之能源需求；(2)提昇各處理程序的能源效率，使廢污水處理廠對電力需求下降；(3)提昇厭氧反應槽及消化槽之效率，可生產更多生質氣體，且降低反應溫度使能源需求下降。

肆、下水道生命週期評估

生命週期評估(LCA)是對產品或服務在生命週期中，從原料的取得、製造、使用和棄置等階段，整個生命過程中的環境考量面與潛在衝擊評估。ISO14040

生命週期評估包含四個主要步驟:目標及範疇界定、盤查分析、衝擊評估、及結果闡釋。衝擊評估結果通常包括中間點型之全球暖化議題，與終點型之氣候變遷，必須算出全球暖化指標 ($\text{kg CO}_2\text{eq}$)。

Lundie et al.早在 2004 年對澳洲城市水處理系統進行生命週期評估[2]，包含 9 個淨水廠、13 個供水系統、40 個污水下水道系統及 31 個污水處理 (或再生) 廠，以一年供水量為功能單位，能源組成為 91%燃煤、6%水力發電以及 3%再生能源。全生命週期之 CO_2 排放量為每年 721 千噸 CO_2 ，其中以污水處理廠為衝擊最大宗，共佔 49 %，建議首先應該改善污水廠設備之能源效率，以降低暖化衝擊。

Amores et al.進行西班牙城市水處理系統之生命週期評估[3]，包含取水、淨水、配水、供水、用水、污水處理等階段，並假設污水再生利用與極端缺水兩種情境。結果發現主要的衝擊在於水配送與污水輸送階段；污水與污泥再利用於農業可以減少肥料施用、減少優養化衝擊及淡水資源的壓力，每千噸水亦可減少 3 kg CO_2eq 之排放；在極端缺水情境下，海水淡化的高耗能造成高度之衝擊。

Opher 與 Friedler 對以色列污水處

理與再生利用進行生命週期評估[4]，以色列過去多以海水淡化為供水水源，因此欲透過污水再生開發新的水資源。評估之四種情境分別為：情境零：基礎方案，無城市再利用；情境一：由集中式污水廠產出再生水，利用於沖廁與澆灌之非飲用水；情境二：將灰水（生活污水）、黑水（排泄水）分離，由集中式污水廠將灰水再生利用於沖廁、澆灌之非飲用水；情境三：將灰水與黑水分離，由分散式污水廠將灰水再生利用於沖廁、澆灌之非飲用水。評估之功能單位為一年之再生水供給量，系統邊界則包含污水處理和再生水輸送。分析結果發現溫室氣體排放衝擊有 65 %來自於海水淡化之能源耗用；基礎情境之衝擊最高，分散式灰水處理再生利用（情境三）為最佳情境；2012 年分析資料之電力結構為 40 %燃煤、50 %天然氣及 10 %太陽能發電，若 2030 年能達到 15 %燃煤、65 %天然氣、13 %太陽能及 7 %風力發電，則可改善海水淡化與水再生利用之環境衝擊；若 2050 年水源改為 42 % 海水淡化與 58%為處理之再生水，更可有助於改善環境之衝擊。

駱等人亦評估金門境外飲水、海水淡化及污水再生利用各情境之碳排放評估[5]，得知碳排放結果與環境衝擊結果有相同的趨勢，能源消耗為最主要衝擊，改善能源供給方式與提昇能源使用

效率為最有效之減碳方案；海水淡化為衝擊度最高之方案；污水再生之衝擊雖低，但水量有限；境外引水若供水量穩定，環境之衝擊度為最低。

伍、下水道系統管線之監測與維修

在氣候變遷及極端氣候影響下，颱風或豪大雨的頻率逐年增高，帶來的瞬間雨量對於已越趨複雜的下水道管網系統造成負擔及損壞，尤其強降雨會導致下水道溢流，如路面淹水或人孔氣衝、水衝等事件，從而對下水道網絡的性能產生不利影響，溢流釋放出許多有害污染物，並將污染物、營養物質和有害物質擴散到郊區的小溪和水道中，影響接收水域的生態系統和生物群(Nasrin et al., 2017)[6]，不僅影響環境衛生，亦可能造成民眾發生意外，因此如何早期調查管線狀況，強化其維護管理以發揮功能，延長使用壽命，是極為重要且不容忽視之工作。

目前調查管線的方式，多為直接檢視或間接利用閉路電視(CCTV)逐段檢查下水道內狀況之檢視方式，而此種方式除需耗費較高的人力、設施成本，亦無法長時間監測下水道狀況。鄭利用安裝於人孔內之即時水位監測移動式設備進行長時間連續監測[7]，以經常發生氣衝或水衝位置的周邊人孔，逐步調查其管線狀況，確認管線是否有損壞、阻塞或

不敷使用的狀況，移動式設備可依監測狀況機動設置，降低維護檢查成本，監測結果再搭配 CCTV 檢視找出精確位置，而研究範圍針對臺北市污水下水道管網系統，分析監測人孔水位及氣象局雨量，以評估臺北地區下水道管網排水功能性及降雨衝擊，未來可做為建置、維護及管理參考依據。

移動式連續監測裝置可將監測數據即時上傳雲端，供使用者存取查詢，檢測項目包含水位、溫度、pH、導電度及懸浮固體等，依需求機動調度並分配於各排放口即時監測，亦可使用於處理設施流程，達成提高污水處理效能及節能。一體型雷達波液位計發射一個訊號，當信號傳遞至液面時，液面反射該音波再經由一體型檢知器接收並回傳至

上方的主機（如圖 2 所示）；主機則計算從發射訊號到訊號傳回的這段時間，再將此一時間除以 2，再加以雷達波的分析技術，計算出此段的距離來。由此即可測得檢知器面到液位的空間距離。

陸、節能與產能的污水廠

眾所周知，下水道系統與污水處理廠最耗能的設備就是抽水、曝氣及脫水機等。圖 3 為 10 mgd 二級處理程序之典型的能源使用概況 [8]。採用高效幫浦和馬達之潛在節能為 10-30%；採用變頻驅動器(VFD)通過調整幫浦驅動器的轉速，維持各種流量下高抽水效率，與節流器或分項閥相比節能 5-50%；使用細泡型或微細氣泡擴散器，裝設自動溶氧控制系統、溶氧感測器及光學感測技

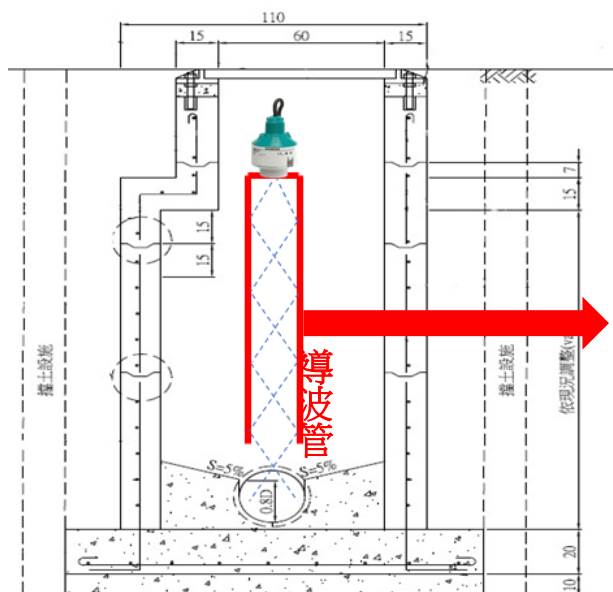


圖 2 水液位計裝設位置示意圖

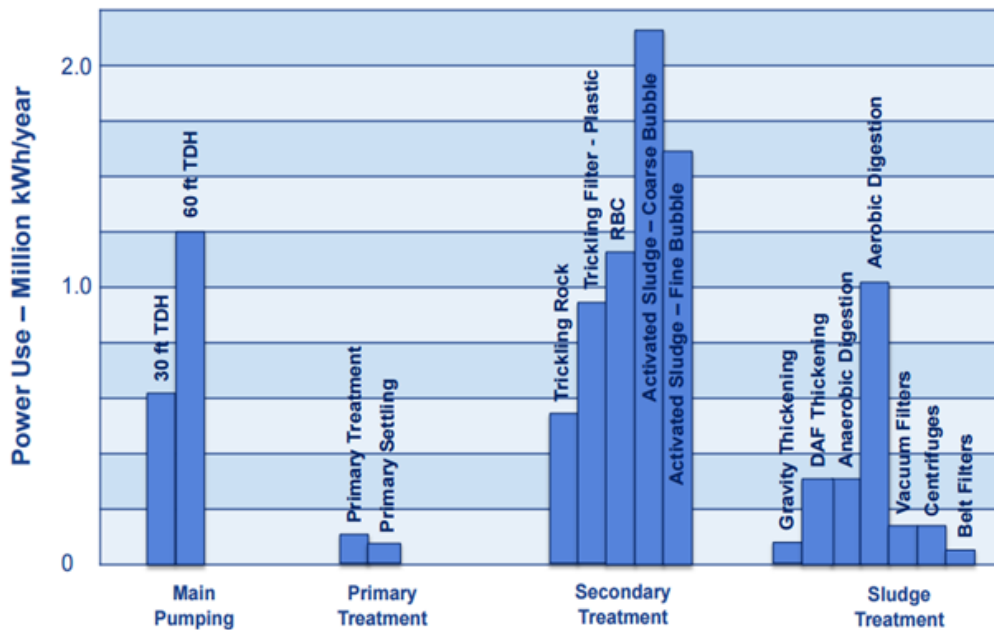


圖 3 10-mgd 二級處理程序之典型的能源使用概況

術，均可提高氧氣轉移與使用效率，可能在曝氣系統節省 30% 能源；高速渦輪鼓風機既節能又減少維護成本；監測數據的深度學習並用於程序控制，可有 5-10% 的節能潛力。而用於水回收再利用的三級處理技術，也必須詳細評比耗能指標，以避免出現「以電換水」的窘境。

傳統污水廠之操作模式對專業工程師的經驗判斷有一定依賴性，且操作邏輯較為死板，借助人工智慧物聯網(AIoT)實現的高效污水廠運作模式不僅能最適化加藥量、減少污泥量、減少能耗，更可以提供品質穩定的再生水[9]。在目前台灣的高科技企業發展迅速，產業回流的社會背景下，可以預見未來的污水處

理需求量會持續增加，具有足夠的發展前景。利用 IoT 設備採集到的水質資料，建立一套基於人工智慧概念（如機器學習，神經網路，資料挖掘等）的自動化決策系統，結合區塊鏈技術歸納出合適的管理方式，包括狀況感知、即時分析、智慧決策及執行系統等（如圖 4 所示）。提高水廠之整體運行效益，實現水廠智慧化管理、污泥減量及資源利用效率最大化，達到永續利用水資源的目的。

污水廠污泥可以利用甚多技術來回收資源與能源[10-14]。筆者在 2013 年參觀美國洛杉磯 Hyperion 污水處理廠，親見污泥與廚餘共同厭氧消化來產能之成功案例。Hyperion 廠之參觀由廠長

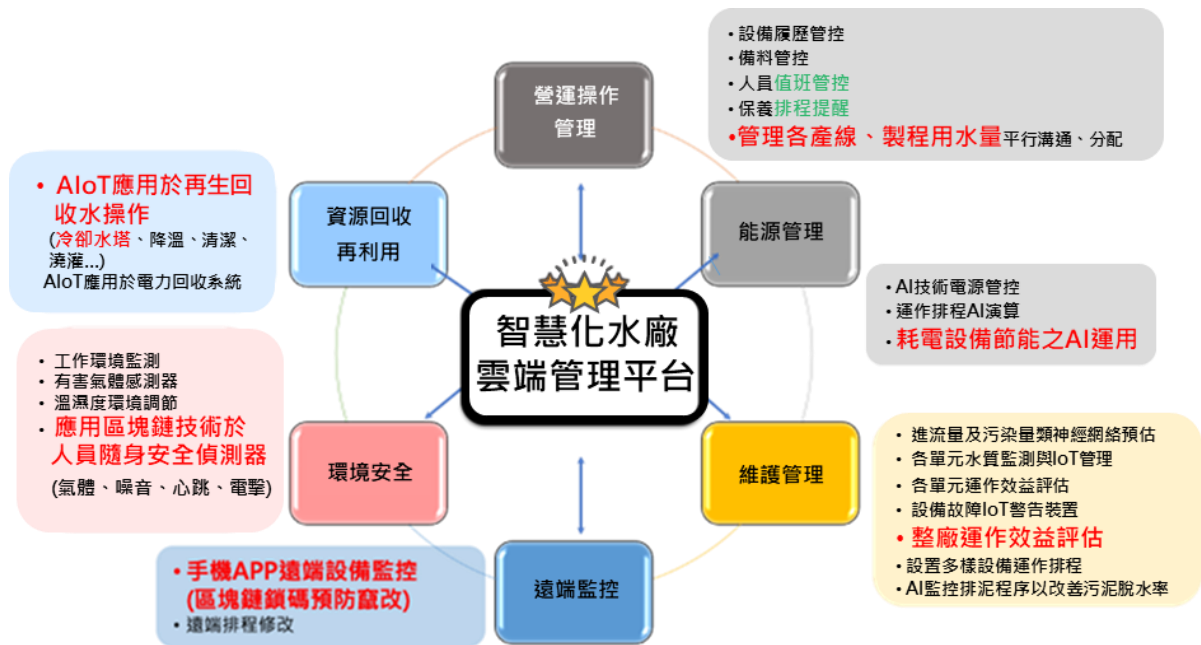


圖 4 智慧化水廠節能減碳管理平台-AIoT 管理效能最佳化

Steve Fan 親自解說，此為每日晴天污水達 450 百萬加侖(mgd)之全美最大污水廠之一，設計最大流量可達 850 mgd，服務人口達四百萬人。Hyperion 污水廠設立於 1892 年，佔地 58 公頃，採純氧活性污泥系統，進水 BOD 為 295 mg/L (396,000 kg/day)，TSS 為 329 mg/L (441,000 kg/day)，放流水則降至 BOD 18.9 mg/L、TSS 19.8 mg/L，去除率均可達 94%。活性污泥池平均需氧量為 268 噸/day，由 5 台各 4,500 HP 之純氧壓縮機供應，純氧濃度達 97%，否則操作會有問題，目前維持在 99%。污泥利用 16 個修正式蛋形消化槽(Modified Egg-Shaped Digesters)及 4 個蛋形批次消化槽進行厭氧消化，溫度維持在 53

℃，消化時間平均為 15 天 (第一階段 12 天，第二階段 3 天)，VS 降低率為 56%，氣體產生量為 198,000 m³/day，消化氣體經壓縮、脫硫處理(Desulfurization Scrubber)後，送至一天然氣發電廠(Department of Water and Power's Scattergood steam Generating Station)進行能源回收，每日產生電力 22.5 百萬瓦，可供 Hyperion 80%之電力，每年省下數百萬美元經費。

Hyperion 污水廠雖在若干設施附近仍有些異味，但並不嚴重，臭味控制可說是相當成功，廠長說明除硬體除臭設備 (例如 24 個 Packed Tower Scrubbers，17 個活性碳吸附塔及在 Grit Pad 之臭味中和系統) 外，對污泥清運時間

控制等管理也非常重要，由於中午過後有海風吹進會造成民眾易聞到污泥臭味，故所有污泥必須在 11 點前運出至農場作為肥料（每天運出 35 卡車）。最近幾年經試驗將 50 家餐廳之廚餘注入蛋形消化槽（如圖 5 所示），可增加 30 % 甲烷氣體，且濃度從 60 % 上升至 64 %，後續會更積極將餐廳廚餘回收產生沼氣。另，純氧密閉系統亦因生物分解產生 CO_2 會溶入水中，造成第 5 個 Chamber 之 pH 會下降至 6.3~5.7，會影響 nitrification 作用，經試驗在第 5 個 Chamber 開孔，溢出 CO_2 ，pH 不再下降至 6.7 以下，硝化功能逐漸改善。Hyperion 廠二級處理出水，每日有 20 mgd 由幫浦抽送至 West Basin Water Recycling Plant，經高級處理後供工業及景觀綠地使用。兩廠除有許多硬體設備及管理制度很值得參觀外，在環境教育及解說上，亦是值得國內參考借鏡



圖 5 Hyperion 污水處理廠蛋形消化槽（FOG 為餐廳廚餘之攪拌槽）

的。

柒、結語

經過三十多年的努力，台灣下水道與污水處理系統已漸見其改善水環境污染，提昇都市環境品質之成效，然而面對水資源缺乏、全球暖化與氣候變遷的挑戰，污水處理廠不僅要升級為水資源回收廠，也要共同承擔節能減排，甚至將廚餘與污泥共同厭氧消化來產能、產電的污水廠。因此，從下水道管線系統與污水處理廠的規劃、設計，到運用智慧物聯網(AIoT)之監控、管理與操作最佳化，都要再納入原有知識與技術之中，台灣下水道協會與台大環工所可共同負責協助政府辦理從業人員的再教育訓練、技術研發與移轉之角色，將新挑戰轉進為新契機。

參考文獻

- 1.鄭雅宸，2022。多點位即時監測設備應用於都市污水下水道系統管線調查。碩士論文。
- 2.駱尚廉等，2015。金門水資源及水質改善計畫(3/3)。
- 3.Amores, M.J., Meneses, M., Pasqualino, J., Anton, A., & Cast-ells, F., 2013, Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean

- conditions by LCA approach. *J. of Cleaner Production*, 43, 84-92.
- 4.Cheng, Y.Y., & Lo, S.L., 2021. The Real Time Water Quality and Alerting for Wastewater Treatment Plant by Intelligent System, *J. of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering*, 33(6): 451-459.
- 5.Lundie, S., Peters, G.M., Beavis, P. , 2004. Life cycle assessment for sustainable metropolitan water systems planning, *Environ. Sci. Technol.*, 38, 3465-3473.
- 6.Nasrin, T., Sharma, A.K., & Muttill, N., 2017. Impact of Short Duration Intense Rainfall Events on Sanitary Sewer Network Performance, *Water*, 9(3), 225.
- 7.Opher, T., & Friedler, E., 2016. Comparative LCA of decentralized wastewater treatment alternatives for nonpotable urban reuse, *J. of Environ. Management*, 182, 464-476.
- 8.Shahabadi, M.B., Yerushalmi, F.H., 2010. Estimation of greenhouse gas generation in wastewater treatment plants - Model development and application", *Chemosphere*, 78, 1085-1092.
- 9.Tyagi, V.K., & Lo, S.L., 2011. Application of Physicochemical Pretreatment Methods to Enhance the Sludge Disintegration and Subsequent Anaerobic Digestion: An up to date review ", *Rev. Environ. Sci. Bio/technol.*, 10: 215-242.
- 10.Tyagi, V.K., & Lo, S.L., 2013. Microwave Irradiation: A Sustainable Way for Sludge Treatment and Resource Recovery, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18: 288-305.
- 11.Tyagi, V.K., & Lo, S.L., 2013. Sludge: a Waste or Renewable Source for Energy and Resources Recovery, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25: 708-728.
- 12.Tyagi, V.K., Lo, S.L., & Rajpal, A., 2014. Chemically Coupled Microwave and Ultrasonic Prehydrolysis of Pulp and Paper Mill Waste-activated Sludge: Effect on Sludge Solubilisation and Anaerobic Digestion, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 21: 6205-6217.
- 13.Tyagi, V.K., Lo, S.L., Appels, L. &

Dewil, R., 2014. Ultrasonic Treatment of Waste Sludge: a Review on Mechanisms and Applications, *Critical Reviews in Env Sci. Technol.*, 44(11): 1220-1288.

14.U.S. DOE, 2002. United States Industrial Electric Motor Systems Market Opportunities Assessment.



摘要

根據 IPCC 評估報告，氣候變遷將威脅糧食安全、人類健康、生物多樣性、水資源、海洋、沿海、極地與山區生態系統，其中水資源的發展與人類生活息息相關，水資源為生命三要素之一，因此水資源短缺壓力議題在各國漸受重視。透過臺灣水未來論壇的舉辦，特別邀請到主管國家水資源管理之三個主要單位包括營建署、水利署與環保署進行研討，也藉此可清楚深入瞭解我國未來水資源發展重要方向。營建署分享在水環境品質的面向，目前在國土計畫法的架構下，下水道建設將以更宏觀的角度進行規劃，走向現有系統整併、整合管理與資源循環利用等方向。而水利署在水資源開發面向，開始著手考量環境友善、低衝擊開發、提升水利設施調適能力與扶植本土水利產業等執行重點。另在水環境保護方面，環保署以執行河川總量管制、逐步加嚴水質管制標準與推廣畜牧廢棄物資源再利用為下一階段執行重點。而在氣候變遷這個跨部會共同議題下，臺灣正積極推動 2050 淨零轉型之目標，水環境重要政策如加速下水道建設、強化極端氣候事件調適能力與污水沼氣、再生水等資源再利用均為執行方案重要一環，期望未來可藉由各水資源部門政策資源整合與合作，共同讓創建更美好的臺灣水環境未來。

臺灣水未來願景

國立臺北科技大學環境工程與管理研究所／張添晉教授
中原大學環境工程學系／蔡大偉助理教授

壹、前言

為慶祝臺灣水環境再生協會創立 20 周年，特別辦理 20 週年專題論壇（臺灣水未來論壇，如圖 1），筆者為臺灣水環境再生協會前理事長，有幸擔任本論壇主持人，本論壇邀請營建署於望聖副主任、水利署賴建信署長及環保署顏旭明處長擔任與談人，分別請三位與談人針對水環境品質、水資源開發與水環境的未來議題進行與談，以說明臺灣未來整體水資源管理政策與推動方向。



圖 1 臺灣水未來論壇花絮

貳、水環境品質的水未來

首先由內政部營建署第二辦公室於望聖副主任針對我國下水道建設與水環境品質未來進行說明，內政部營建署主管國家整體下水道建設規劃與推動，污水下水道普及率與國家水體品質息息相關，亦為國土計畫架構下重要的一環。

國土計畫法在各界期待下於 104 年 12 月 18 日通過立法院三讀，於 105 年 1 月 6 日公布，自 105 年 5 月 1 日施行，目前規劃將針對過去造成臺灣一些國土破壞的現象來重新檢討國土計畫法。國土計畫法劃分成 4 個區位，分別為「國土保育地區」、「城鄉發展地區」、「農業發展地區」及「海洋資源地區」來訂定國土計畫（如圖 2）。國土計畫法持續朝向永續的理念前進，整個計畫著重於兼顧國土保育與地方發展條件。此外，考量到目前全世界均面臨氣候變遷之挑戰，如沙漠地區發生水災、國際上低降水量區域卻發生淹水災害、加州長年乾旱逐年加劇等氣候事件，以整個大環境的空間及時間尺度進行考量，目前對未來氣候變遷之調適能力仍是非常有限的，多數仍依據目前發生現象為考量來解決一些未來的問題。由於大自然的變化速度遠超過預期，所以未來國土計畫也需要定期的檢討來調適，希望能夠不斷的適應一些新變化。此外，在國土計畫推動可能會遇到一個比較實務的問題，就是經濟發展跟環境保育的拉鋸，如何從中找到平衡，不管是中央或地方政府訂定國土計畫的時候，都需要審慎去思考與提出因應對策。

接著請於副主任針對下水道建設擘劃與國土計畫的連結進行說明，在下水道的部分，目前都市計畫區內的人口佔



資料來源：新北市政府，2021。新北市政府施政成果網。

圖2 國土計畫法架構

整個全國人口 80%。由於臺灣能用的土地不多，所以人口集中在少數的西部地區，而下水道在都市計畫區內原屬營建署管轄範圍內，分為都市計畫區及非都市計畫區。下水道屬於都市計畫區，而非都市計畫區則屬區域計畫區的部分，但目前上述兩個區域皆已合併到國土計畫區內，因此未來就沒有分區之問題，剩下土地使用的問題需要考量。下水道包含了雨水下水道及污水下水道，營建

署雨水的業務與水利署的業務息息相關，而污水的業務又與環保署的業務息息相關，因此下水道建設屬於一個非常實務且重要的工作。若以國土計畫位階進行檢視，目前下水道建設規劃尚缺一個整體性的考量，因此現在下水道工程處開始協助地方政府進行上位的思考來跟國土計畫進行連結。未來會優先協助地方政府做一個縣市政府下水道的發展計畫，再針對跨鄉鎮、跨行政區的部

分，協助規劃區域性的下水道發展計畫。以前主要是為了解決行政管理的問題，在每個鄉鎮建造單一的污水處理設施或是一個下水道系統，然而未來在整個大環境的改變下或是資源分配上，未必能夠像以前可單純獨立劃分，以近期臺南市、屏東縣、高雄市污水下水道系統為例，都開始在進行整併的工作。

整併下水道系統有兩個目的，一個就是在資源的應用上它會更節省，另外一個在資源的利用開發上會更有效益，因為有些地區雖建設了許多小的污水處理廠，但每個污水處理廠都需要一個管理單位，若能把它合併成一個就可節省不必要的人力去管理，在整個管理制度及經費制度上就不會被分散。此外，在資源再利用的部分，要進行再利用需具經濟規模，太分散會造成再利用成本增加，反而失去再利用的優勢。而在跨縣市的部分，以前均以都市計畫區為主，考量創造再利用經濟規模，可能需要跨縣市的資源整合，例如最近推動的一些污泥乾燥專案，為了增加污泥量而規劃周邊縣市一起共用，就可放大其效益。以高雄市廚餘消化/共消化專案（圖3）為例，利用高雄市鳳山區污水處理廠的污泥硝化槽來處理高雄市的污泥。此政策方向即屬於未來下水道與國土計畫的鏈結，它已跳脫傳統設定的範圍，不再侷限於都市計畫區，會以國土規劃的角

度，思考如何更有效的利用資源、經濟及在生態保育上有更多的貢獻，制定不同層次的一個計畫，形成未來政策推動上一個比較新的方向。



資料來源：營建署新聞發布，2021。

圖3 高雄廚餘消化/共消化廠址

根據營建署推動下水道建設的實務經驗，在水價的議題上，臺灣用水長期成本偏高，屬於一個資源利用的問題，而實際上仍未仔細評估合理代價。另外，當未來少子化、老人化發生後，將造成污水水量降低，造成現有設計的標準可能會出現問題，例如現在常用的基準水量過高，常用標準為 200 公升/人/天，還有污水處理廠的設計處理人口，人口數推估必須要重新估算，否則亦可能會造成資源的浪費。當這些設施老化之後，就會造成另一種資源投入的浪費，這關係到資源投入的浪費及實際取得的成本，這兩個實際上一個是被高估、一個是被低估。因此未來在下水道規劃的部分，必須從整個資源的分配來

重新考慮這件因素，這就是為何營建署開始推動合併式的下水道或是區域性整合的主因。

總結未來營建署的規劃方向為若在都市人口不是集中的區域，考量不一定要做污水下水道系統，可以藉由河川自淨能力處理。未來除了思考資源如何有效分配，還須思考下水道維護營運的問題、下水道是否有過度建設等。以前為了增加下水道普及率，未深入探討資源投入效率的問題，過去已花費約三千多億進行建設，根據推動經驗提升普及率1%約需要100億的經費，而且每年還需要1到2億去維護這些下水道系統，這將是臺灣馬上就需要面對的重要議題。而關於再生水建設之推動，為了水資源永續發展，需要最大化減少水資源浪費；此外推行再生水除了提高水資源利用效率外，也考量是否可藉此建立一個營利模式，以補助污水下水道系統營運維護費用。目前推動的模式上是採污水廠、再生水廠共同操作的方式，以達到最大效益、節省成本、穩定產水等目的。而在污水處理的部分，在國際上新的趨勢為回收污水處理中產生的能源，根據國外文獻上提及在污水處理的過程中，可以產生出五度的電，也就是花一度的電能得到四度的電，可以讓整個污水系統能源自給自足。因此未來營建署將朝向下水道資源再利用，盡量去協商

結合相關的部會進行共同開發、共同挹注所需經費等工作，希望污水下水道未來能夠在營運成本上能夠完全達到一個自給自足的目標。

參、未來水資源開發

在水資源開發的部分，很榮幸邀請到經濟部水利署賴建信署長進行分享，水利署主管全國水資源開發利用，在賴署長的努力下，近年有效整合國際最新趨勢與科技，逐步改善調整國家水資源發展方向。賴署長提到未來臺灣有與世界各國相同趨勢，人口會逐漸減少到兩千萬，但是人口往都市集中，還有社會邁向老齡化。營建署未來可能把一些污水下水道進行整合，進行集中化(Centralized)管理，但集中化的議題現在世界各國正在進行反思與討論，就像八里污水處理廠它是一個集中化的處理，而未來有另一個趨勢是變形的去集中化(Decentralized)，甚至因為都市計畫區外的一個非都市土地，因為日本里山倡議(如圖4)的關係，環境會慢慢的回到非點源污染，開始實施對環境友善的耕作方式，甚至是更好的低衝擊的開發方式，並與當地產業特色及居民需求進行整合，當然低衝擊開發方式仍有需要大面積土地的缺點，但在30年後人口結構在發生重大變化的一個狀況，可能會炯異於我們現在思維。

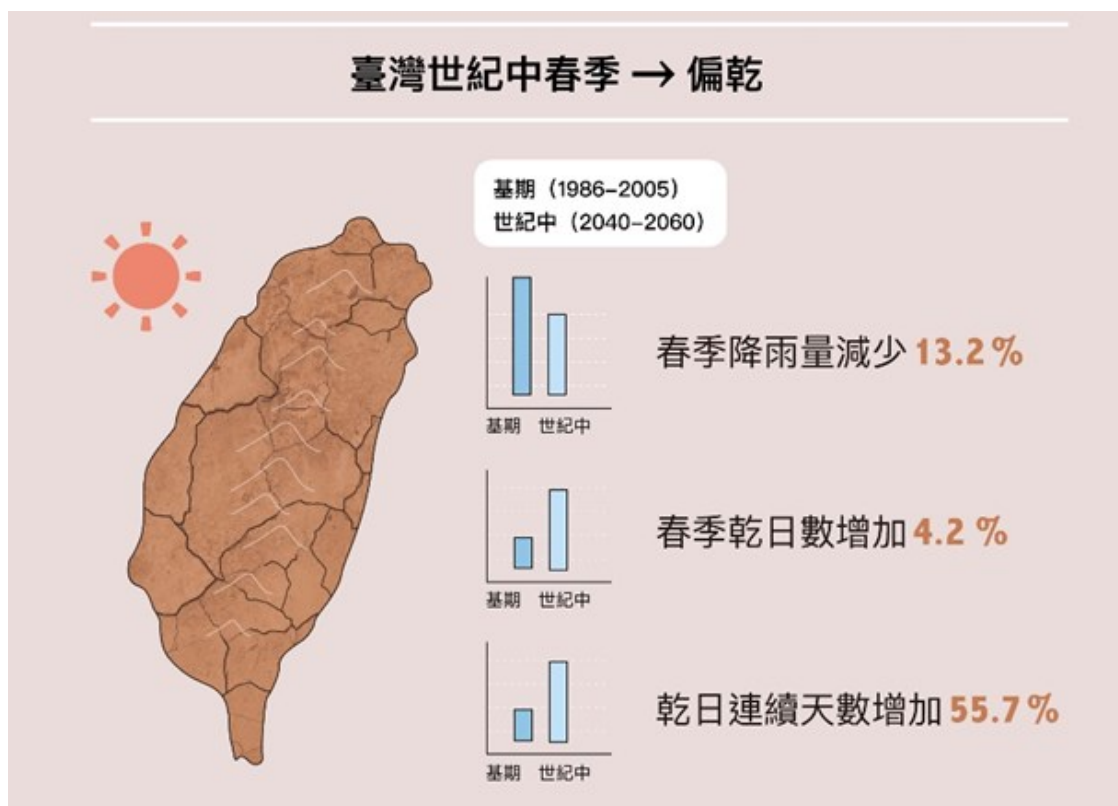


資料來源：UNU-IAS, 2010.

圖4 日本里山倡議概念圖

此外，賴署長提到氣候變遷已經是一個無法忽視的問題，珍貴的水資源未來可能會因為一個環境的變遷，如熱浪

的影響等，水環境會大為改變。根據聯合國最近發表的科學事實報告 IPCC-AR6，未來環境變遷會加速，在水資源管理的部分，穩定供水營運不中斷為基本訴求，而其代表有兩個意涵：平常安居樂業，充足水供給支持產業發展，要供給大於需求；另外一個營運不中斷則是在遭遇到特殊的事件，例如天然巨大的災害、極端的事件、戰爭或是疫情，也要透過維護設施保持供水不中斷。今年臺灣遭逢百年大旱，根據中研院統計臺灣未來將有偏乾的趨勢（圖5），以今年旱象為例從2020年6月到2021年的



資料來源：中研院，2018。

圖5 臺灣春季降雨趨勢預測

5 月臺灣平均降雨量在 880 毫米左右，明顯低於歷史平均年雨量 2,500 毫米。以臺中市為例，2021 年 4 月 6 日到 6 月 6 日實施了分區輪流供水；高雄市過去長期仰賴高屏溪的水源，在 2015 年的抗旱訂定當高屏溪的流量低於 9.1 cms 時，就要分區輪流供水，但是 2021 年高屏溪流量甚至低於 3 cms，卻沒有實施輪流供水。

依據 2021 年抗旱經驗，現場勘查發現主因是水庫沒水，而不是臺灣沒水，例如鳳山溪上游仍是水量豐沛，但因水質不佳的關係而無法使用。臺中市長期仰賴兩個水庫供水，為單一的水庫水源，大臺中地區的供水全都依賴大甲溪以北的豐原地區及后里地區的淨水場，它屬於單一的水源；反觀高雄市具有多元的水源，在鳳山溪再生水廠建設完成之後，高雄市具有再生水、地下水、伏流水等有多股水源，水利署期待臺灣主要的城市或是主要的工業區，尤其是科技發展的科學園區、新建的工業區都必須要有股水源、多條管路的規劃。其中需要多條管路的原因是備援機制的考量，如 2016 年的「0206 臺南大地震」臺南市大樓倒塌的時候，下面的自來水管破裂，整個臺南市東區停水好幾天。臺灣是一個天然災害比較頻繁的一個地區，加上水資源的時間跟空間分佈不均，所以必須強化水資源系統的適應韌

性，當雨量很少的時候，可以有多股水源的選擇；在天然災害發生時，不會因為其中一股管線中斷，整個社區就不能維繫，這是水利署未來的一個目標。

賴署長特別關心未來年輕人與水利產業發展之連結，有關要如何推動國內水利產業的發展，人才發揮扮演非常關鍵的角色，如何最大化最優化發揮科技的力量與應用，關鍵為關於對「創新來自於傳統的純粹」的認知，水利署為何可在 2020 年就提前開始應變 2021 年的百年的大旱，因為署內同仁從 2020 年就密切觀察水庫的入流量、河川的流量，從水文資料裡面就已發現一些警訊，再搭配大氣環流的影響分析，因此才可以提早進行因應工作。所以如何引導水利人才把學校所學專業做到專精，再將專精形成產業為產業發展的關鍵，要達到這個目標需要足夠的能量、足夠的人才、足夠的經費，才有可能產生一些非常傑出的產出。在公部門的部分，1996 年起水利署協助地方政府執行「易淹水地區水患治理計畫」，8 年執行經費 1,160 億，2013 年執行流域綜合治理計畫 660 億，這些都是重要的資本投資，現在則是有前瞻計畫的執行。2018 年推出「逕流分擔與出流管制」，公部門要做逕流分擔、私部門要去做出流管制甚至是公有的建築、一般的建築物必須要有保水、透水這些的設施；此外，近期

水利署積極進行再生水資源發展條例或是水利法的一些修法，水利署也致力於應用法規層面讓水利的產業更加的茁壯，期望可從根本上提升國家水資源管理效能。

肆、水環境的未來

最後邀請行政院環保署水質保護處顏旭明處長為大家說明有關水環境改善之歷年重要作為與成果，以及未來努力的方向。環境保護署成立於 1987 年，而水環境基本法最早於 1974 年就已通過水污染防治法，當時法規僅有 28 條，到目前整個條文增至 75 條，修法過程與整個環保體系對水質管制的變化息息相關。環保署成立初期在河川上的重點為整治淡水河及二仁溪這兩條溪流。在 1991 年以後展開除了這兩條河川以外的整治計畫。當時的觀念比較朝向流域的觀念，開啟了流域性環保計畫，流域整治的環保計畫是集中在特定的區域來展示水質改善成效，最主要的目的是藉由幾條整個流域的改善，並將這些績效呈現出來，讓民眾比較有感，這個是環保政策具體的推動成果，民眾對河川髒亂點的清除及綠美化計畫印象深刻。約 1998 年開啟離牧政策，在幾條主要河川上，輔導周邊的畜牧業離開以降低水源附近水質污染，如高屏溪、淡水河、頭前溪、大甲溪、曾文溪等。2002 年環保署進行河川整治年宣示，這段期間最主要的工

作是加強河川流域的整治成效，2000 年推出「臺灣地區河川流域及海洋經營管理方案」，建造了很多人工濕地，環保署與水利單位進行很多的相關合作。另外當年所發生「昇利化工事件」，旗山溪被傾到有機溶劑引起社會很大的關注，環保署也因應民間反應開始推動「河川巡守制度」，運作至今總共有 462 個河川巡守隊，參加巡守的民眾共有高達 13,000 人以上，每年亦辦理評選會議表揚優良巡守隊（圖 6），河川水質改善工作亦邀請許多民間跟 NGO 團體共同來參與。在 2008-2011 年推動「河川及海洋水質維護改善計畫（第 2 期）」，推動 11 條重點河川的水質改善，及協助地方政府復育 5 條都會型河川，希望能夠把嚴重及中度污染的長度大於 50% 以上的這些河川進行改善。2012 年透過國內暴雨逕流的污染管制法令，研擬建置暴雨逕流的最佳化管理措施，針對非點源污染來做逕流廢水的改善，上述是 2000-2012 年環保署的一個工作重點。

環保署近期推動重點為針對比較嚴重污染地區的河川進行總量管制及加嚴排放標準，目前為止有 15 處水體劃定為總量管制區或者是加嚴標準的一個管制，同時這個時間各部會的聯繫頻繁，環保署跟農委會有一個農業灌溉水質的保護方案共同來推動，也邀請了農委會、經濟部工業局及地方政府召開農業



資料來源：環保署新聞發布，2020。

圖 6 2020 年全國優良水環境巡守隊評選會

水土污染管制跨部會合作會議，整體而言不管是在民眾或者是政府機關隨著這個時代的進步，幾乎相互的配合聯繫工作相當多，現階段重點為跟農委會及營建署進行協商與合作，不論是對生活污水或是畜牧污水都會做好連結。目前積極推動畜牧糞尿的沼液沼渣再利用，不管是肥份或者是水份都回歸到農田做澆灌，已獲得很好的成果。經由上述這些推動，整體的河川嚴重污染河段，由民國 91 年「河川整治年」宣示起，當時嚴重污染河段大概是 14% 以上，到目前為止嚴重的河段已降至 3.3% 左右，未來將持續努力，依照規劃預計將於 2030 年我國嚴重污染河段能夠全部不見。

有關未來環保署對於水體品質管理重點方向之一即為考量氣候變遷的議題，目前基本共識為制度必須改變、習

慣可以養成、觀念可以改變、制度也必須建立。重要執行方向是提高水的利用次數，減少自然取水，降低自然界的污染，所以針對三大的污染源：事業、生活跟畜牧重點規劃如下。

1. 事業：重點在老舊工業區污水管理，鳳山再生水廠是非常成功的一個案子，未來將努力在全國約 130 個工業區推行，第一階段規劃將在大約 20 個重點產業園區推行再生水利用。
2. 生活：可分成接管跟未接管兩大方向，都市區持續加強接管，若比較偏遠地區，則傾向一些因地制宜的聚落式或是建築物污水處理設施，再搭配氨氮削減的強化管理。在飲用水的部分，未來會考量在特殊的期間，只要在可以確認飲用水的安全前提下，就優先

提供給民眾來做飲用使用。

3.畜牧：全國的畜牧業在養豬大概有 550 萬頭，全國前二大縣市為雲林縣 150 萬頭、屏東縣 120 萬頭，若能有效應用沼氣發電，估算每日沼氣發電可達 79 萬度，每年大概 2.9 億度，目前面臨的主要問題是農民缺乏統一規劃，所以環保署已召集了全國 16 大的排碳企業，期待企業可協助整合畜牧沼氣發電系統，讓這些企業取得綠電或是碳權，也可以協助降低農業用水量，2021 年已於花蓮縣玉里建立首座集中生質能源中心（圖 7）。



資料來源：中央社新聞發布，2021。
圖 7 臺灣首座集中生質能源中心

伍、結語

透過臺灣主管國家水資源管理之三個主要單位研討，可以描繪我國未來水資源發展的藍圖，茲彙整重要的臺灣水未來願景如表 1，而有關實現願景的主要

表 1 臺灣水未來重要願景

水資源面向	未來願景
水環境品質	融合國土計畫精神，以更少的資源與更有效率的管理制度，來推動資源面上可自給自足的下水道系統，以持續改善國家水環境品質。
水資源開發	因地制宜推動去集中化水利建設，並建設具高韌性供水系統與逐步扶植國家水利產業與人才，實現在氣候變遷衝擊下仍可穩定供水之系統。
水環境保護	強化公私協力機制與實作，結合民間力量協助保護水環境，並搭配總量管制精神，協助推動再生水資源利用與沼氣發電系統推廣，讓國內嚴重污染河段絕跡。

做法，在水環境品質的面向，在國土計畫法的架構下，下水道建設將以更宏觀的角度進行規劃，如現有系統整併、整合管理與資源循環利用將是重要方向，可協助有效提升整體資源利用效率。在水資源開發面向，考量環境友善、低衝擊開發、提升水利設施調適能力與扶植水利產業將為未來發展重點。在水環境保護方面，執行河川總量管制、加嚴水質管制與畜牧廢棄物資源再利用為下一階段執行重點。而氣候變遷是國際共同面對的艱鉅挑戰，臺灣正積極推動 2050 淨零轉型之目標，水環境重要政策如加速下水道建設、強化極端氣候事件因應與推廣污水沼氣再利用均為執行方案重要一環，期望未來可藉由各水資源部門政策資源整合與合作，共同讓臺灣水環境邁向永續發展之目標。

參考文獻

- 1.中研院，2018。台灣乾旱研究：變遷、水資源衝擊、風險認知與溝通計畫。
- 2.經濟部水利署，2018。能資源整合循環型水資源回收中心規劃之研究(1/2)。
- 3.經濟部水利署，2019。能資源整合循環型水資源回收中心規劃之研究(2/2)。
- 4.Das, P., Khan, S., Abdul Quadir, M., Thaier, M., Waqas, M., Easa, A., & Al-Jabri, H., 2020. Energy recovery and nutrients recycling from municipal sewage sludge. *Science of the Total Environment*, 715, 136775.
- 5.Fukamachi, K., 2020. Building resilient socio-ecological systems in Japan: Satoyama examples from Shiga Prefecture. *Ecosystem Services*, 46, 101187.
- 6.IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- 7.UNU-IAS, 2010. Satoyama-Satoumi Ecosystems and Human Well-being: Socio-ecological Production Landscapes of Japan Summary for Decision Makers. Institute of Advanced Studies of the United Nations University



摘要

內政部本署為達成污水資源永續循環再利用，自 100 年開始著手生活污水處理後再利用的布局，102 年報奉行政院核定「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」，推動水資源風險較高地區的 6 座示範再生水廠；104 年立法院通過經濟部所提「再生水資源發展條例」並陸續完成其相關子法等法規規範；內政部本署 106 年接續辦理「前瞻基礎建設計畫-水環境建設（水與發展）再生水工程推動計畫」增加 2 座再生水開發案；因應再生水需求增加，109 年再報奉行政院核定「公共污水處理廠再生水推動計畫（110 至 115 年度）」，增加再生水廠至 11 座。其中，鳳山溪再生水廠示範案是中央與地方政府合力完成的國內第 1 座公共污水處理廠放流水回收再利用案例，目前已全期供水，除補足高雄地區水資源調度缺口，更樹立多項水資源再利用重要里程碑，以及累積辦理再生水實廠興建與營運之實際經驗，供未來他廠推動之參考與依循。本文將綜整從過去到現況再生水個案推動所面臨的困難及如何逐一克服各種挑戰，讓國內再生水發展提升到另一種層次，藉此達成國內再生水發展之目標願景。

我國公共污水處理廠

再生水之推動與展望

內政部營建署／於望聖副主任

壹、臺灣水資源的蛻變

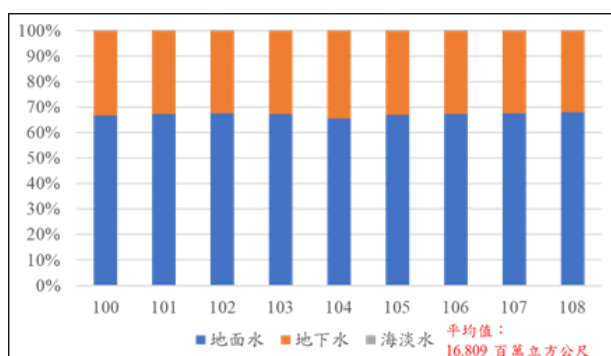
一、傳統水資源的風險

臺灣四面環海，氣候溫暖潮濕且降雨豐沛，幾乎年年均有颱風侵襲，臺灣降雨量為全球平均值的 2.6 倍，實難想像竟有水資源不足的困境。然受到臺灣河川短流急特性及全球氣候變遷影響加劇，各地常有乾旱及暴雨等異常氣候造成之天災事件頻傳，豐水及枯水的發生頻率，從十數年縮短至數年，繼 91 年歷史最枯年後，100、103、107、108、109 年皆為枯水年，110 年更面臨臺灣百年大旱。臺灣降雨類型多為暴雨，造成山林土石常伴隨降雨共同進入水庫內，使得水庫淤積量漸增，依據經濟部水利署民國 109 年現有水庫概況統計，臺灣水庫總設計有效容量為 258,071 萬

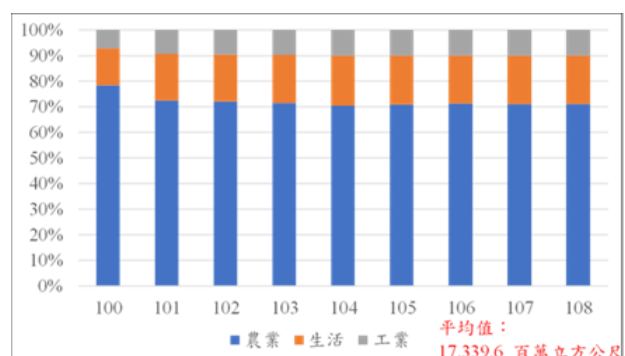
立方公尺，有效容量為 198,435 萬立方公尺，現有水庫淤積率高達 23%；而新的水庫壩址位置難尋，復因近年環保意識抬頭，民眾對大型傳統水資源工程多有疑慮；所以就傳統水資源而言，有風險增加、新增不易及環境破壞的問題，也終會走到一個瓶頸。依據經濟部水利署民國 100 年至 108 年水資源供需統計資料顯示每年供需缺額平均值約為 530.58 百萬立方公尺，統計如圖 1 所示，顯現臺灣缺水情形將日趨嚴重。

二、國際上的永續倡議

在 1992 年里約熱內盧舉行的地球高峰會上，155 個國家簽署了聯合國氣候變化框架公約(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，永續發展和可持續性



供水量



需水量

資料來源：2011 年至 2019 年水資源供需統計資料，經濟部水利署

圖 1 2011~2019 年臺灣地區供需水量統計

等議題逐漸浮上檯面，該次會議其中一項主要議題就是水資源日益匱乏；2000年聯合國千禧年首腦會議上提出千禧年8項國際發展目標(Millennium Development Goals, MDGs)，其中第7項就是到2015年將無法持續獲得安全飲用水和基本衛生設施的人口比例減半；永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)是聯合國的一系列目標，於2015年底替換千禧年發展目標。這些目標將從2016年一直持續到2030年。這一系列目標共有169項具體目標。主要關聯為目標6.確保所有人都能享有水及衛生及其永續管理：

- 6.1 在西元2030年以前，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。
- 6.3 在西元2030年以前，改善水質，減少污染，消除垃圾傾倒，減少有毒物質與危險材料的釋出，將未經處理的廢水比例減少一半，並提高全球水資源回收率與安全再利用率。
- 6.4 在西元2030年以前，大幅增加各個產業的水使用效率，確保永續的淡水供應與回收，以解決水饑荒問題，並大幅減少因為水計畫而受苦的人數。
- 6.a.在西元2030年以前，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，包括採水、去鹽、水效率、廢水處理、回收，以及再使用科技。

而SDGs 6.子目標的實現，對於其他SDGs的實現，包括SDGs 2.消除飢餓，達成糧食安全，改善營養及促進永續農業；SDGs 3.確保健康及促進各年齡層的福祉；SDGs 9.建立具有韌性的基礎建設，促進包容且永續的工業，並加速創新；SDGs 11.促使城市與人類居住具包容、安全、韌性及永續性；SDGs 13.採取緊急措施以因應氣候變遷及其影響；SDGs 15.保護、維護及促進領地生態系統的永續使用，永續的管理森林，對抗沙漠化，終止及逆轉土地劣化，並遏止生物多樣性的喪失，都可以提供或多或少的的基本助力。

另外聯合國韌性城市架構與指標(UNISDR, Disaster Resilience Scocard for Cities 2017)也將用水與下水道納入8.基礎設施指標內。

三、國際再生水推動歷程與策略方針

因應水源匱乏問題已為國際間之共同趨勢，水資源再生利用為現行各國之推動重點。國外水再生產業自1997年開始蓬勃發展，世界部分先進國家(如美國、新加坡、以色列及澳洲等)已將公共污水處理廠放流水之再利用視為傳統

水源外之替代或備援水源，積極開發相關技術以及研訂法規，確保用水無虞。以美國為例，加州橘郡自 1975 年起開始執行 Water Factory 21 計畫，以經三級薄膜處理後、達飲用水水質標準的再生水直接注入沿海地下含水層，除可增加當地飲用水源量外，同時兼具防止海水入侵的功能；另外在洛杉磯、聖地牙哥等地皆有大規模的再利用計畫。

新加坡因污水下水道全部完成接管的優勢以及必須由馬來西亞輸入水源的國家戰略考量，自 1970 年代也開始評估處理廠放流水回收再利用以增加自有水源的可行性，經模廠試驗後於 1998 年起展開大規模計畫，稱為「NEWater」，目前已有 5 座公共污水處理廠提升為再生水廠，平均可提供 28 萬噸/日再生水供工業使用。

以色列三分之二國土是沙漠、一年只下三十天的雨、天氣比臺灣還熱，缺雨不缺水的以色列，可以給缺水不缺雨的臺灣什麼啟示？被沙漠覆蓋，年平均降雨量不到 435 毫米，只有 12 億噸，不到臺灣民生用水量的 2 成（臺灣民生用水佔總用水量 2 成），因此水資源相當缺乏，但這個沙漠國家，卻能夠種植蔬菜、鮮花和水果，每年出口到歐洲，賺取鉅額外匯，以色列除了擁有全球成本最低的海水淡化技術，還充分循環使用

污水，更利用獨有的滴灌技術，在農場布滿細長的水管，像打點滴一樣，直接針對根部灌溉，水分不容易蒸發，利用率達到 90%，能夠更精準使用水和肥料；配合媒體宣傳，以最有效方式來利用水資源的觀念導引入民心，以達成生活污水再利用率接近 100 %。

四、CSR 與 ESG

企業社會責任(Corporate Social Responsibility, CSR)，是上世紀末國際上興起的一股風潮，簡單的說就是企業在追求利潤及版圖的同時，也應該要考量利害關係人的權益並取之於社會用之於社會，這裡面就包含了企業道德自律、公司員工權益、供應鍊勞動人權、環境保護及社會公益等，並從環境面、社會面、經濟面來實踐。隨著各國政府、資本市場、供應鍊及國際相關組織關注，有關各公司企業 CSR 訊息的揭露演化成企業永續報告書，國際上也有不同的組織訂定不同的撰寫準則，如：

GRI 準則早先是由 1997 年美國環境責任經濟聯盟(CERES)及聯合國環境規劃署(UNEP)發布的 GRI 永續報告指南，2002 年全球報告倡議組織(Global Reporting Initiative, GRI)正式獨立於 2016 年發布 GRI 準則並持續更新內容，依照編寫報告時得揭露項目分類，除 GRI 101：基礎(Foundation)、GRI 102：

一般揭露(General disclosures)、GRI 103：管理方針(Management approach)等 3 項通用標準，還有 GRI 200：特定主題-經濟系列(Topic-specific standards economic series)、GRI 300：特定主題-環境系列(Topic-specific standards environmental series)與 GRI 400：特定主題-社會系列(Topic-specific standards social series)等群組，共 33 個特定主題標準。

SASB 準則是 2011 年在美國舊金山成立的非營利永續會計準則機構「永續會計準則委員會」(Sustainability Accounting Standards Board, SASB)所編訂，為了使投資者更清楚企業價值並減少對企業評價的落差，SASB 制定出更加全面且完整，質化與量化並行的永續資訊揭露標準，於 2018 年公布包含環境、社會資源、人力資源、商業模式與創新、領導及公司治理 5 大面向，就 11 項產業別、77 項行業別與 26 項通用 ESG 議題的「重大性地圖索引(Materiality Map)」，列出可能影響財務狀況與營運績效之 ESG 議題 (TEJ 新報，2022)。

TCFD 準則是國際金融穩定委員會(FSB)在 2015 年成立的氣候相關財務揭露小組(Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD)所擬訂與氣候相關財務揭露建議，協助投資者與

決策者瞭解組織重大風險，評估與氣候變遷相關所產生的風險與機會，可以適用於包含金融機構等的各類組織。包含公司治理、策略、風險管理、指標和目標四大核心要素。

但不論使用的揭露準則為何，在環境或風險議題上均包含水資源指標。

環境社會治理(Environment Social Governance, ESG)則是投資者在投資前檢視企業在追求營利的同時是否也善盡對環境、人文、符合友善的職責，為近年來國際上極度重視的投資條件。臺灣金融管理委員會也在 109 年為持續深化我國公司治理，提升企業永續發展，並營造健全 ESG 生態體系，強化我國資本市場國際競爭力，宣布「公司治理 3.0-永續發展藍圖」正式啟動 (謝依紋，2021)。以「強化董事會職能，提升企業永續價值」、「提高資訊透明度，促進永續經營」、「強化利害關係人溝通，營造良好互動管道」、「接軌國際規範，引導盡職治理」及「深化公司永續治理文化，提供多元化商品」等 5 大主軸為中心，合計 39 項具體推動措施，在資訊揭露方面為提醒企業重視 ESG 相關利害關係議題，並提供投資人決策有用之 ESG 資訊，將參考國際相關準則 (氣候相關財務揭露規範(TCFD)、SASB 準則)強化永續報告書揭露資訊；另將

要求實收資本額達 20 億元之上市櫃公司自 112 年起應編製並申報永續報告書，及擴大現行永續報告書應取得第三方驗證之範圍。2021 年全國工業總會白皮書提請政府協助企業推廣落實 ESG；在議題五、政府應營造良好投資與經營環境：將興建之下水道與地面排水溝仔細盤點整合，即能兼收都市疏洪與雨水、生活污水、放流水等回收處理再利用，加強日常生活水資源循環利用。

國際上的趨勢及國內因應作為上間接為國內企業或廠商使用再生水提供了一大助力。

貳、臺灣公共污水處理廠再生水發展歷程

因應氣候變遷造成臺灣地區水資源分配的問題，國家發展委員會 93 年核定之「臺灣二十一世紀議程：國家永續發展願景與策略綱領」-保護水資源策略中，即明定「建立節流與開源並重的水資源政策，加強用水管理、廢污水回收再利用」為主要措施之一；行政院 99 年 2 月 22 日院臺建字第 0990002926 號函核定之「國土空間發展策略計畫」中，明定「節能減碳省水」為國土發展新願景，並從水資源保護、水資源使用效率提升、「水污染防治與循環再利用」等方面著手。

污水下水道第三期建設計畫 (92-

97 年) 開始全面推動臺灣各縣市污水下水道建設，至 97 年底公共污水下水道用戶接管普及率達到 19.27%，污水下水道第四期建設計畫 (98-103 年) 計畫目標為用戶接管普及率每年以 3% 成長，預計在 103 年達到 35.77%，也就是完成三分之一的全國用戶接管，已有一定量的接管污水可作為再生水水源，故接軌國際永續倡議，在提報污水下水道第四期建設計畫的同時，也同步修正上位指針「污水下水道發展方案」，將水及污泥資源再生利用納入污水下水道永續發展，明訂於 98 年 3 月奉行政院核定的「污水下水道發展方案」(修正) 的方案目標「推動水及污泥資源再生利用，達到資源永續經營目的」，此為推動公共污水下水道再生水的濫觴，並逐步加以落實。

99 年在參與水利署再生水相關技術討論會議中確定了再生水「不得供人飲用、不得與人體接觸為原則」，而本署考量當時國內使用再生水的環境並不成熟，自來水價調整難以預期，就定調未來再生水以供應工業使用為目標，並將國營事業及產值較高的科學園區作為優先協調對象。

一、公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案

101 年本署委託臺灣水環境再生協會辦理「公共污水處理廠放流水回收再

利用推動計畫」，將前幾年的準備工作付諸執行，內政部為加速推動進程於102年向行政院報告「國土規劃與水資源利用」，確定了再生水-黑水變藍金4項推動原則：1.再生水用於與非人體接觸使用、2.再生水優先供應高產值園區、3.再生水系統與污水下水道系統結合、4.再生水收益挹注下水道建設並帶動民間投資，辦理示範推動計畫，所需經費納入污水下水道第四期修正計畫。102年8月「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」奉行政院核定，推動臺中豐原廠、臺中福田廠、臺南永康廠、

臺南安平廠、高雄鳳山溪廠及高雄臨海廠等6座示範案，期程為102至109年，總經費約152億元，完成後預估可回收產出28萬噸/日之再生水（約等同於120萬人的每日用水量）。同年12月完成污水下水道第四期修正計畫報院，在原計畫內勻挪7.83億元做為示範推動方案102-103年經費，104-109年經費則納入污水下水道第五期建設計畫。其中臺中福田廠、臺南安平廠、高雄鳳山溪廠是在既有污水處理廠增設高級水處理設施製造再生水；臺南永康廠及高雄臨海廠則是採污水處理廠與再生水廠單

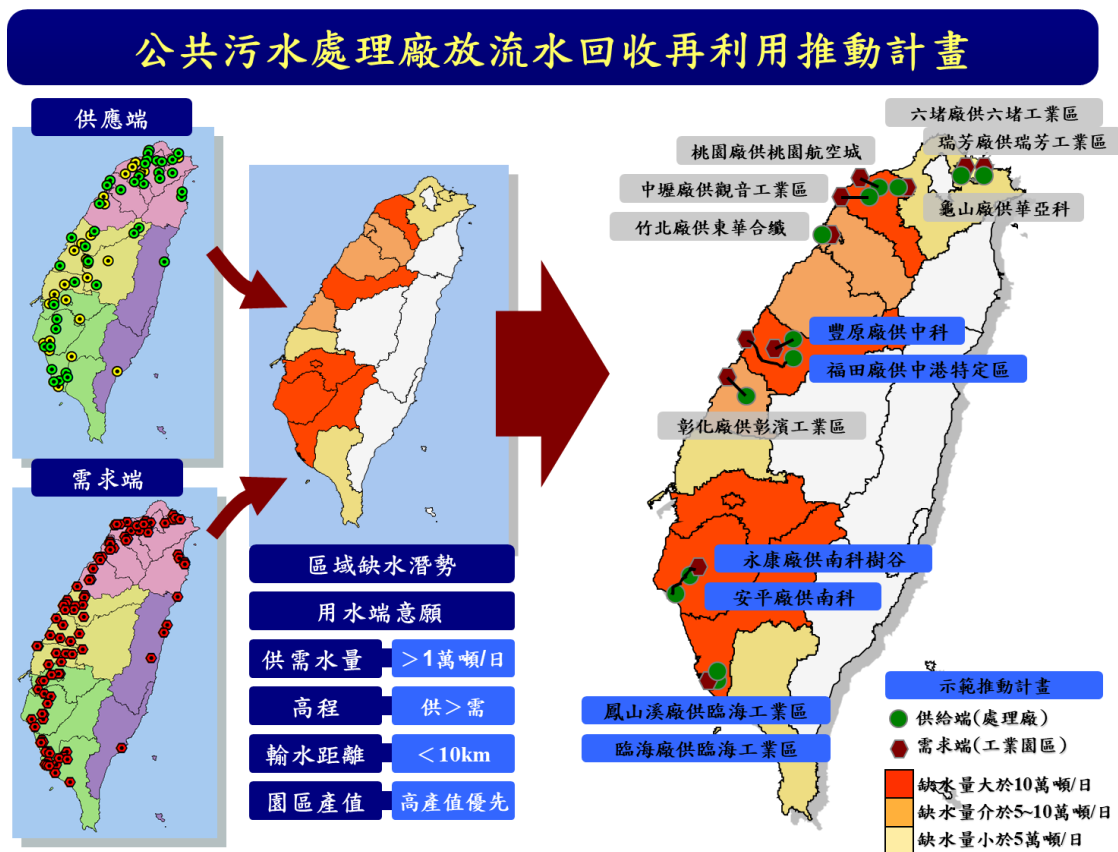


圖2 示範推動計畫示範廠篩選示意圖

表1 各國自來水水質與再生水水質表

水質項目	自來水水質				再生水水質		
	中華民國 2019	美國 2018	日本 2015	歐盟 2015	NEWater	鳳山溪 (中鋼)	永康 (南科)
溫度						15~35	15~35
導電度 (EC)					< 250.0	< 100.0	< 250.0
pH	6.0~8.5	6.5~8.5	5.8~8.6	6.5~9.5	7.0~8.5	5.5~8.0	6.0~8.5
濁度	2	TT	2		<5.0	<0.2	<0.3
懸浮性固體 (SS)						<3.0	<1.0
總有機碳 (TOC)					<0.5	<5.0	<1.0
硬度 (TH)	300	-	300	-	<50.0	<20.0	<50.0
氨氮	0.1	-	-	0.5	<1.0	<0.5	<0.5
亞硝酸氮	0.1	1	0.04	0.1			<0.1
硝酸鹽氮	10.0	10.0	10	50	<5.0		<10.0
硼					<0.5		<0.1
PO_4^{-3}							<0.5
氯鹽 (Cl^{-1})	250	250	200	250			<15.0
總溶解固體物 (TDS)	300	-	300	-	<150.0		<150.0
硫酸鹽 (SO_4^{-2})	250	250	-	250	<5.0		<45.0
砷	0.01	0.01	0.01	0.01			<0.05
鎘	0.005	0.005	0.003	0.005			<0.005
鉻	0.05	0.1	0.05	0.05			<0.05
鹼度							<30.0
化學需氧量 (COD)							<4.0
尿素*							<0.005
大腸桿菌	6	5.0% MCLG=0	0 ^{*3}	0	<1		-

一廠商一次到位興建的方式辦理，雖然延緩了污水處理廠原污水下水道實施計畫所訂興建期程，但卻得以減少行政部門與廠商、廠商與廠商間的介面，也給予廠商得以發揮其商業創意及採用先進技術的空間。

二、再生水資源發展條例立法與鳳山溪再生水廠推動階段

由於與再生水的推動的相關法源與規定並不健全，本署也與經濟部水利署協力訂定相關規定，於民國 104 年通過「再生水資源發展條例」，其他 9 項子法也陸續於 105 年頒布，此法立法宗旨主要在於落實水資源管理、支持再生水事業開發及規範再生水資源應使用業者，主要可分為下列 4 點：

（一）再生水用途：

對再生水水質與使用用途及可使用之產業別進行說明，且對其水質及輸送管線進行相關規範。

（二）使用一定比例再生水：

對應提出用水計畫之開發單位，如其開發位置屬於水源供應短缺之虞地區，其所提用水計畫應包含一定比例再生水。

（三）再生水經營業保障：

鼓勵民間資金及技術投入再生水開發，並建立完善之下水道放流水取得法源及保障再生水經營業者興辦、管理及售水機制。

（四）再生水建設案件補助辦法：

規範中央對直轄市及縣市政府再生水開發案建設費用之補助方式及其應檢附之計畫書。

因初期並無再生水推動的案件，遭遇許多執行與技術面的問題，內政部本署先就示範案中需水端較明確、地方政府有推動意願、工業區積極配合的鳳山溪再生水案加速推動突破，於 103 年 9 月提報「高雄市鳳山溪污水處理廠放流水回收再利用推動計畫」奉院核定，採用促參 BTO 模式於 105 年 2 月上網招商，並於 105 年 8 月議約完成，開始國內第一座大型公共再生水廠建設，由美商傑明工程顧問公司擔任專案管理負責水價試算、招標文件撰擬及後續履約管理工作，大陸工程公司與中鼎工程公司聯合組成特許公司－藍鯨水科技股份有限公司，供水端由內政部本署協助高雄市政府完成可行性評估、先期計畫、技術及水價評估，高雄市政府辦理用水契約及招商並代辦工業區內管線；用水端由經濟部工業局及臨海工業區管理中心統籌臨海工業區再生水使用需求並推動議定用水契約；經濟部水利署則基於中

央水資源主管機關立場負責協商平臺及法令推動，在所有參與單位、人員及主要用水戶中鋼公司持續坦誠協商，積極努力下，終於開啟國內公共污水處理再利用的先河，於 107 年 8 月 22 日第一期每日供應 2.5 萬噸再生水，108 年 8 月 22 日供應全期 4.5 萬噸再生水（相當於 18 萬人每天用水量）予臨海工業區使用，每年售水金額可達 2.5 億元，有效舒緩當地水資源供給的壓力。鳳山溪案不論是興辦方式、建設經費的給付方式、營運費用攤提或再生水技術的選用，對再生水後續推動豎立了標竿，更重要的是，它磨合出一套權責分工機制，可作為後續其他示範案例推動時的參考，藉由充分的溝通協調降低各科管局或港務公司的疑慮，讓各示範案能順利推動。

三、前瞻基礎建設計畫擴大推動階段

為擴大再生水使用及推動，除持續推動前述 6 建示範案件外，於 106 年提

報「前瞻基礎建設計畫-水環境建設（水與發展）再生水工程推動計畫」，規劃推動臺中水湳廠、高雄臨海廠再生水取水管線工程及臺中福田廠供應彰濱工業區等 3 案，因福田供應彰濱工業區案用水需求變更，因此經 2 次修正計畫後改為推動水湳廠、擴大臨海廠（增加取/輸水管線工程）、仁德廠及鳳山廠（監測水質設備）。其中擴大臨海廠（增加取/輸水管線工程）係跨污水下水道計畫區取得再生水污水水源，由高雄市污水下水道系統凱旋路幹管截取定量污水送至臨海污水下水道系統，做為臨海再生水廠穩定的污水來源，所以臨海再生水廠無須等待臨海污水下水道建設完成，即可全期供給 3.3 萬噸再生水。

四、公共污水處理廠再生水推動計畫（110 至 115 年度）

鳳山溪再生水廠順利供水後，需水端廠商對再生水使用的疑慮也逐漸消



圖 3 鳳山溪再生水廠及 RO 設施

弭，永康水資源回收中心於 107 年 11 月簽訂用水契約，108 年 1 月完成招標；臨海水資源回收中心在 107 年 4 月簽訂用水契約，108 年 1 月完成招標。原再生水係併入污水下水道建設計畫辦理，109 年污水下水道第五期建設計畫及公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案均已屆期，鑒於國內再生水需求逐年增加，內政部原奉示將再生水推動單獨提報公建計畫，不再列入污水下水道第六期建設計畫，此舉彰顯了行政院對再生水推動的重視，國內再生水利用已建立了自己的里程碑。經檢討示範案推動經驗及需水端媒合結果，內政部於 109 年月報奉行政院核定「公共污水處理廠再生水推動計畫」，除延續示範案及前瞻案共 8 廠之外，再新增桃園北區、新竹竹北、高雄楠梓等 3 廠，共計 11 座再生水廠，期程為 110-115 年，總經費約 153 億，預計至 115 年供應每日 19.5 萬噸再生水，120 年達每日 28.9 萬

噸再生水量；除持續滾動檢討及推動再生水案件外，由於目前營運中之鳳山廠因入流管線遭到異物排入，故於此計畫中新增水位計、流量計及智慧型人孔蓋傳感器與其他監控設備，使管線端進流水減少異常物質排入之機會；另引進或研發處理成本較低之技術，讓未來新的再生水價更具競爭力。

參、臺灣公共污水處理廠再生水發展現況

目前國內再生水共計有 11 座，分別為：桃園北區水資中心、新竹竹北水資中心、臺中福田水資中心、臺中豐原水資中心、臺中水湳水資中心、臺南安平水資中心、臺南永康水資中心、臺南仁德水資中心、鳳山水資中心、臨海水資中心及北高雄污水處理廠，依其辦理情形可劃分為規劃階段、發包階段、建設階段及營運階段，截至 111 年 2 月底各



圖 4 臨海再生水廠及 RO 設施

再生水案辦理情形彙整如表 2 所示，位置圖如圖 5 所示。目前 1 座已營運供水之再生水量為每日 4.5 萬噸，4 座建設中之再生水完工後可供應每日 14.4 萬噸，2 座發包中之案件計有每日 5 萬噸，4 座規劃階段之案件則有每日 3 萬噸，其中營運、興建及發包中之案件加總達每日 23.9 萬噸再生水。



圖 5 永康水資源中心夜間鳥瞰圖

表 2 國內再生水案件辦理情況

項次	所在地	廠別	階段	供水量 (萬噸/日)	供水期程	辦理現況
1	高雄市	鳳山	營運	4.5	108 年	供水營運中。
2	臺中市	福田	興建	5.8	115 年	統包工程決標，設計中。
3	臺南市	安平		3.75	111 年/1 萬噸 113 年/3.75 萬噸	再生水廠施工中。
4	高雄市	臨海		3.3	110 年	已完工。
5	臺南市	永康		1.55	110 年/0.8 萬噸 112 年/1.55 萬噸	已完工。
6	桃園市	桃北	發包	4.0	114 年/2.5 萬噸 116 年/4 萬噸	招商完成，議約中。
7	臺中市	水湳		1.0	113 年	招商完成，議約中。
8	新竹縣	竹北	規劃	1.0	118 年	本署併同竹東廠、客雅廠辦理可行性評估中。
9	臺中市	豐原		1.0	117 年	中科后里園區有用水需求，市府用水媒合評估中。
10	臺南市	仁德		1.0	113 年/1 萬噸	110 年 10 月簽訂水源交換契約及再生水用水契約。
11	高雄市	楠梓		2.0	116 年	規劃中，市府同時辦理岡橋廠可行性評估中。

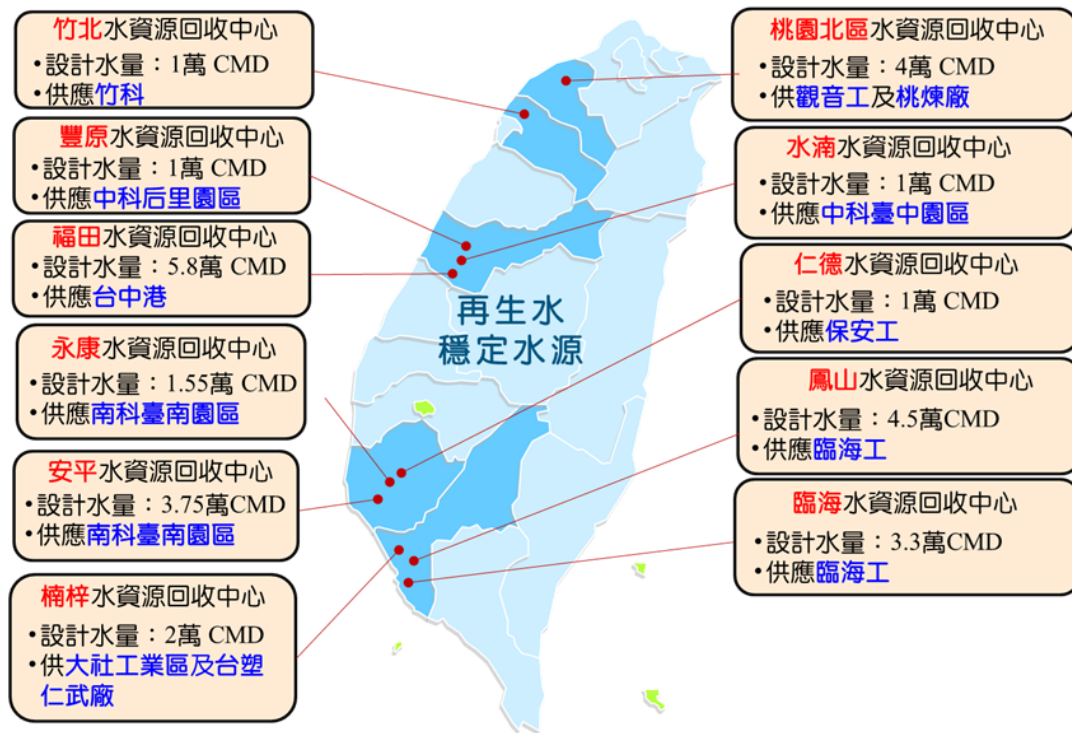


圖 6 公共污水處理廠 再生水開發案位置圖

肆、台灣再生水發展的挑戰

在國內廢（污）水來源中，又以民生污水供水較具競爭性，生活污水再利用具備以下優勢：

1. 水質穩定：

生活污水係民眾每日生活所排出之污水，相較於工業廢水可能含有重金屬，農排餘水可能含有殘餘農藥等疑慮，河川截流水可能帶有上游高污染物質，直接由家戶接管之生活污水水質則單純穩定的多。

2. 水量穩定：

相較於傳統水源，只要天不下雨必

然會有缺水限水情形，但維持民生基本用水卻不會改變，所以民生用水產生之污水會因缺水而減少卻不會斷絕。

3. 建設較快：

天然原水取水須設置堰壩湖庫，往往涉及環評、民眾抗爭及選址不易等事宜，而生活污水廠可利用既有廠區用地進行三級擴建就近供給鄰近地區用水。

4. 售價較低：

相較於工業廢水處理再利用所耗費的成本，生活污水因水質單純，所需的製程成本也較低，其能耗也較海淡水為低。

5.綠色經濟：

生活污水再利用具有改善環境污染的先天特質，污水處理過程更有潛藏的大量生物能可以開發，未來有可能達成整體零能耗，甚至產生綠能的無限可能，有助於企業 ESG 永續指標的達成。

截至民國 110 年底，公共污水處理廠計有 75 座，設計水量達到每日 424 萬，實際進流量約每日 330 萬噸，如能將廢水進行處理後，以再生水作為替代水源，將可減少傳統水源開發壓力，並提升供水穩定度。

一、過往再生水發展面臨窘境

1.再生水水價高於自來水價

再生水開發成本包含建設成本及後續操作維護成本，如將建設成本納入水價之中，勢必會影響使用者使用意願，因此將再生水廠及輸水管線視為水資源開發建設，過去本署已爭取由公部門挹注工程經費，使目前再生水水價僅收取營運所需之成本，減少整體水價。

惟統計目前自來水價及再生水價，國內自來水公司公告之分級水價，每月使用 51 度以上之用水戶每度收費金額為 12.075 元；而以目前推動中的再生水個案（除福田廠以砂濾處理）之售水價格範圍約在 18.8~30.92 元/m³（依所採用

設備有所區別），相較自來水水價增幅比例約 56%~156%，使得業者及民眾在於尚無水源供應短缺之情況下，對於使用再生水之意願偏低。

而目前解決於此困境之辦法可分為 3 個面向：

- a.徵收自來水耗水費，藉此縮小再生水價與自來水價差
- b.制定抗旱減供機制，制定如使用再生水者，將減少早期受到自來水減供之影響
- c.地方政府興建再生水廠補助費用比例提升，取消對地配款之補助上限，希望藉由落實相關政策配套機制，提升地方政府配合辦理意願，增加再生水使用量。

2.供需水端立場差異，推動期程推遲

我國再生水供給與需求尚處於萌發階段，而涉及再生水事務之機關或用水單位，因其職掌或規定，分屬供給或需求之不同立場，然而我國自來水價普遍低於再生水價之用水條件下，再生水廠興建、營運方作為供水端，必然期望能有穩定之用水單位以去化再生水產量，創造營收；相對需水端，則因法規或開發條件承諾下，不得不使用再生水，是以大多希望僅使用符合規定之水量即可。因此造成供給端與需求端兩方進行再生水用水契約協商時意見相左，屢屢

造成簽約期程延後，而連帶影響再生水廠新建工程延宕，致使再生水開發案難以推動。

是以當時解決辦法為檢討各層級機關之分工並明訂其辦理義務，促使各層級機關能主動辦理分工任務，藉由創造機關一致之目標，拉近彼此間之立場，達成多方共識，加速再生水廠工程推動。

3.再生水使用無強制性

目前我國對於再生水之使用多為宣導工業區或科學園區內業者使用，但在過去水源尚無短缺之情況下，在於再生水價高於自來水價之情況下，業者使用再生水之意願偏低。目前之作法在於協調各部會政策與法規面共同協助推動，如水利署將水資源經理基本計畫納入再生水規劃、業者提出用水計畫時，須提出再生水使用量及環評承諾事項中納入「使用再生水」做為評估依據，藉此提升國內再生水使用之強制性。

4.再生水使用對象侷限

依據《再生水資源發展條例》規定，再生水不得供作直接食用及食品業、藥品業之用水；因此目前公共污水處理廠放流水之使用多用於景觀澆灌、都市清洗等雜用，將處理後之放流水回收並消毒，提供不與人體接觸的生活次

級用水，使用量僅為處理量約 4.5%，而目前再生水個案推動則用於缺水耐受低的工業或科技產業為主要用水對象，民眾端使用再生水則以開放民眾自行載運；因此未來如何提高再生水使用量，可思考擴大使用對象，朝向放流水回收再利用多元發展之可行性。

在過去由於再生水價高於自來水價、供需立場差異、再生水使用無強制性、再生水使用對象侷限，導致再生水之意願偏低；惟隨著 110 年度上半年度自來水源供應逐漸吃緊，而再生水源具有穩定供水之特性，對於需水用戶使用再生水之疑慮以由前述問題轉變為再生水供應，如不制訂完善之規範，可能導致再生水廠建設規模過小，造成水價上升，使建設後無人使用之窘境。

二、目前再生水發展面臨問題

1.小規模系統再生水用水需求增加

110 年度上半年度水情告急，各地缺水事件頻傳，各縣市積極尋求系統再生水之水資源配套機制，故小規模系統再生水案件申請比例亦逐漸增加，惟如將再生水視為一產品，當產水量越小時，其再生水水價越高，較不具備經濟效益（統計過去再生水案件發包情形，需達到每日 1 萬 CMD 之情況下，再生水廠之建置較具備經濟效益）。

為避免過多再生水廠建設後需求端因水價過高，造成再生水廠建設後不具備經濟效益，目前因應之方式在於提升需水端對於再生水價組成之認知及小規模再生水案件須經整體評估全國再生水廠供需後，排定各再生水廠優先建設順序，此作為本署後續重要工作項目之一。

2.再生水工程計畫經費不足

近期開發園區新增用水將規劃使用再生水，如華亞科技園區、新竹科學供應園區、中部科學工業園區、橋科與楠梓產業園區等；而新建再生水廠，需包含規畫、建設等相關費用，而在國內再生水需求數增加之情況下，需匡列更多工程經費。

3.園區需水量高於單廠再生水供水量

由於新增園區用水需求增加，由單一公共污水處理廠之再生水供水量恐有不足；為解決此一困境，目前本署將建議的做法：(1).協調由鄰近公共污水處理廠聯合供應再生水；(2).評估由該園區內自建再生水廠；(3).提升單一再生水廠最大供水量能，剩餘需求量則建議另覓水源。

4.水質變化的操作因應

目前國內多數再生水的來源為民生

污水經公共污水下水道系統之放流水進行再生水處理後產出，雖大多數再生水廠所採用之程序為高級處理程序（逆滲透或膜濾法），然即便再生水其標準以高於自來水水質規範；惟有再生水廠水源之污水下水道系統或截流水體遭受不法業者偷倒廢油或溶劑，造成了進流水質超過前端污水處理廠處理負荷，進而導致減量或暫停供應再生水，增加了在操作營運及緊急應變上的困難及困擾。

5.人力不足

再生水推動是國內新興業務，而再生水水源係來自於污水下水道，所以原來污水下水道推度的業務並不能減緩，但無論是中央或地方人力、顧問公司或施工廠商均未增加，對某些地方政府僅有一個科寥寥數人辦理下水道，本以捉襟見肘，難以再承受增辦再生水業務；而在顧問公司部分，環境工程師多走向評估規劃或行政工作或嚮往高薪至電子廠服務，已有青黃不接的斷層現象；在廠商部分有實際再生水廠建廠及營運操作的廠商及人員也尚不足，不利於再生水後續推動。

6.操作參數的建立及新技術引進

國內再生水才剛起步，對於再生水廠操作的本土化數據資料不足，有需要持續建立並回饋制設計端；另國際上對

污水處理及再生水製程的新技術不斷發展，需要持續跟進、時時更新，這點對水價的影響尤為重要，中央應引導地方政府及業界積極參與國際上的大型研討會或論壇，更應協助國內大學研究所加深污水下水道及環境工程上的實務課程並鼓勵研發，以深耕並厚植國內再生水產業的能量。

伍、結論與未來願景

隨著氣候變遷加劇，110 年上半年度臺灣面臨旱災缺水危機，導致各地區進入不同程度的減壓供水、限水、停耕、歇業等情況，其中中部部分地區更於 4 月初開始進行限水措施，迫使民眾對於水資源的重視度增加；而各縣市政府亦開始積極重視再生水使用需求，且配合科技園區及工業園區開發計畫之新增再生水需求量，故如何能夠使國內再生水穩健發展，為目前應著重考量之事項，以避免未來水資源日漸短缺時無法立即因應。

另外，截至 110 年底國內污水處理廠具備二級處理效能之廠共計 75 座，處理水量達 130 萬噸，處理後之再生水可免費供應民眾取用；本署亦已於相關網頁中公告污水處理廠產製之再生水取水點位置及聯絡資訊，便於民眾洽詢免費取用方式。

後續為能穩健推動國內再生水推動，本署對此亦規劃以下幾點發展願景，並持續滾動檢討推動國內污水處理廠發展再生水之可行性，希望藉此進一步增加國內再生水使用量。

一、再生水多元用途推廣

目前國內水源需求端可分為農業、生活及工業用水，依據 100~108 年度平均值，需水量分別佔 72%、18% 及 10%，可見農業用水需求量極大；但在缺水時段，最先減壓供水之事業一般多為農業灌溉業；惟目前目的事業主管機關尚未訂定再生水灌溉用水標準，因此無法直接將再生水用於農田灌溉；實務上如污水廠之放流口搭排於灌溉渠道上游則屬間接做為農田灌溉使用，故未來本署研擬將再生水作為補助灌溉用水之用，初步規劃將針對污水處理廠具備 AO+MBR 處理程序或具同等級程序且鄰近有灌溉渠道之廠別，與相關主管機關協調將放流水水質優於承受水體之再生水搭排至灌排渠道，藉此推廣再生水多元利用，減少傳統水源供水負荷。

二、調整供水政策，並搭配換水機制

為能解決再生水供水距離之限制，本署將研析「再生水-自來水」換水契約模式，此交換模式將仿效碳交易概念，由再生水提供者以及替代履行者簽署，

以約定承擔其於用水契約以及法律規定應負擔之責任；由於開發單位之所以負有再生水使用義務係因開發單位之內部廠商變更開發量體而來，故未來即使採用替代履行機制，該再生水及自來水之價差，將由區內業者負擔，藉由再生水交換模式啟動，讓產業在面臨用水短缺窘境時，可以更有效運用水資源。

三、提倡再生水教育宣導

為提升需水端對於再生水使用之正確觀念並消彌既有負面印象，本署將定期舉辦「再生水發展推動交流研討會」對於再生水發展政策推動及營運管理最適化等議題進行研商；另辦理「公共污水處理廠再生水觀摩」有助於瞭解現階段污水再生利用之推行進度及相關使用資訊，有助於推動使用再生水使用意願；另為有利於社會大眾瞭解污水回收之重要性及其效益，將製作廣告文宣說明再生水辦理之益處，有助於提升民眾的再生水相關認知及知識，並將再生水常見問題製作 Q&A 問答集，以強化民眾對於再生水之認知。

四、持續推動新增再生水計畫

為增加科學園區內再生水使用，本署將積極分析再生水供應科技園區之可能性，近期規畫新開發之科技園區或既有科技園區用水，需水廠商需使用再生

水；目前已評估之科技園區共計 6 處：如華亞科技園區，由 A7 廠及中壢廠共同供應再生水；新竹科學工業園區，由竹北廠、客雅廠及竹東廠共同供應再生水；中部科學工業園區，由福田廠、文山廠及豐原廠共同供應再生水；橋頭科學園區，由岡橋廠供應再生水；楠梓產業園區，由楠梓廠供應再生水；嘉義科技園區，由嘉義縣擴大縣治污水處理廠供應，後續在公共污水廠有餘裕的情形下擴大推動。

五、強化進流水端水質監控

針對異常水質進入公共污水下水道系統，未來將針對目前規劃、興建及營運中之公共污水處理廠再生水廠之進流水端建置污水系統之水質監測與監控設備，並配合污水廠內緊急應變措施，確保再生水廠水質供應穩定，以降低需水端對於水質之疑慮。



摘要

近年極端氣候逐漸加劇，2021 年初台灣西部地區發生大規模乾旱事件，導致各地區進入不同程度的減壓供水、限水、停耕、歇業等情況，這也是台灣 56 年來遇到最嚴重的乾旱。歐盟碳市場 2005 年啟動，現在有 30 個國家的 1 萬 2 千多個企業和其他碳排放單位參與交易，覆蓋鋼鐵、水泥等製造業、電力、民航和公用事業，控排量佔歐盟溫室氣體排放總量的 45%。過往數據顯示碳交易市場不僅可以對實現碳減排目標起到推動作用，對歐洲的產業結構和能源結構優化趨勢也有引導作用。2020 年歐盟碳排放比 2005 年降低 20%，碳排放平均每年減少 1.4%。下水道產業涵括水泥、鋼鐵、塑膠、機械設備、自動監測等涉及多項材料、設備、水處理及自動控制等產業鏈，因應未來減低碳排放浪潮，下水道產業的需求，將以產品減少碳排放、提升強化預鑄或自動化產品及構件、引進具 AI 人工智慧管理及監測系統之設備、建構產業鏈全生面週期工作場域安全、再生水及節能減廢的循環經濟等五大面向來發展。本篇將先針對提升強化預鑄或自動化產品及構件、建構產業鏈全生面週期工作場域安全等兩大領域介紹及探討。

因應氣候變遷，下水道產業因應之道

內政部營建署／游源順總工程司

壹、營建四化

全球氣候劇烈變遷下，全國正面臨另一個窘迫的議題，勞動力市場基本盤因人口持續老化及少子化大幅萎縮，依國發會估計每年約流失 18 萬勞動力，另下水道工程屬危險性相對較高、職場環境具施工風險且大多數工作者須隨著工地推動而須配合工地移動，導致勞動力投入下水道工程意願不高，若欲改善缺工狀況，除短期可引進外籍勞工進入勞動力市場擴充基數外，中長期仍須改善施工環境，降低暴露於危險工作之人數，爰針對前述目標推動構件預鑄化、施工機械化、設計標準化及人員專業化等「營建四化」，目的是提升預鑄構件比例、降低需現場施作之工項、同時降低施作時之風險，換句話說，透過預鑄構件比例提升，現場施作工項將大幅降低，同時降低現場施作較多不同工項的施工風險，也因為提升預鑄構件比例，現場組裝及重複性工作將逐步增加，固定的組裝製成及施工工序將愈來愈容易拆解，也更容易以機械設備取代。

一、構件預鑄化

構件預鑄化即有如積木般，透過工廠化、模組化、標準化及自動化的構件設計生產流程，於現場進行成品的接合及組裝，不僅減少現地施工項目，並可

同步進行多種工程，大幅縮短施工日程，亦降低氣候及工班不易控管等變數，在產品品質及施工品質都能更好得掌握。在工期、人力、施工品質及工地清潔環保等方面，均較傳統工法為佳。在工地技術人力逐漸短缺、工安環保要求至上的未來，構件預鑄化將是未來的趨勢。

推行構件預鑄化需從設計、施工及材料規範等處著手，於設計之始，即應針對設計成果進行簡化，使工程所需之預鑄產品規格統一，以擴大市場壓低模具成本進而降低整體預鑄構件成本，另於預鑄化產品的規格及檢驗標準亦需有相關規定，經檢視近期本署下水道管線推進工程代辦標案之預算組成，預鑄構件佔發包工程費約 30%，佔標案整體材料部份約 70%，其中採預鑄化材料的大宗有污水管材、人孔及工作井部份材料，除前述材料外於用戶接管工程中用戶接管管材及匯流井亦為大宗預鑄化材料，大多非預鑄化材料多為道路 AC 及管溝回填 CLSM 等需現場施作的工作項目，由此可知下水道工程採用預鑄化構件已有成建制大規模推廣且具相當成效。

二、施工機械化

施工機械化即以機械取代人力進行粗重工作作業或輔助管理工作，除可簡

化人力需求外，更重要的是可以有效降低進入危險環境的勞工數量，以確實達到減災防災的功效，隨著近年來對勞工職安愈加重視，施工機械化亦將會是重要的推動項目。

以下水道工程而言，已由許多工作藉由機械進入現場協助施作，以推進工程為例，推進工程可大致分為試挖、立坑、推進、人孔收築、TV 檢視等工項，在前述工項中分別會使用挖土機、搖管機、油壓鑽車、起重機、推進設備、滾壓機、TV 工作車等機械設備施作，目前這些利用機械設備結合現場人力進行之工項，具備高度專業性質及經驗性質，這些專業廠商面對的，是複雜多變的地底下的地層條件、水文環境、既有的民生管線、未知的地下構造物或地下障礙物等。往往隔一條街道，遭遇的地底條件卻大不相同，碰到時常常苦不堪言，但是，也必須咬著牙想辦法克服。所以，在下水道領域，施工機械化需搭配專業施作團隊，方能看見施工效率及「眉角」。

三、設計標準化

透過容易使用之數位化、知識導向的設計架構，節省人工與學習成本，增加設計效率及品質。除將工程設計階段納入標準化，應考量工程全生命週期，將維護管理一併納入，並編撰相關設計

手冊及指引供設計者參考，不僅可以提升設計品質，亦可降低整體工程成本，除此之外，將設計內容化繁為簡亦為設計標準化的核心，透過設計階段及考量降低施工界面，提升施工構件單一化，對於構件預鑄化及施工機械化的推行都有幫助。

設計標準化的推動，可依設計流程細項拆解，從確立設計原則、概估預算發展系統圖說（標準圖、施工規範）至檢核設計成果，逐一完成標準化作業，內政部營建署已針對下水道工程設立相關設計手冊中已提供學理解說、學理計算、工法選擇、標準圖說、預算編製等設計資料及完整設計架構，另外也針對營運維管階段可能出現的問題及相關管理制度等內容設定相關維護策略，並不定期更新相關資訊，確保資料完整性；除此之外亦有設立下水道專業施工規範 02531~02538 章，並依實際狀況持續滾動式檢討。

四、人員專業化

隨著以機器取代人力及預鑄化產品的推動，操作機器亦需要較為專業的人才，且大量較簡易的工作將被機械取代，專業人員則難以取代。人員專業化可藉由建立專業認證機制推動，工程主辦機關配合編列相關專業人員預算，提升具專業證照人員投入市場，創造誘

因。

以污水用戶接管工程為例，檢視用戶雨、污水不得混流、混接及埋設管線坡度控制是至關重要的，極需專業人員於現場操作或監督，經檢視 110 年 5 月下水道承裝商管理系統之資料，目前登記在案的下水道承裝技工中約有 6,138 名，其中以「丙級用戶排水設備技術士」取得資格者約佔 4% (約有 239 名)；經勞動部統計，約有 702 名丙級用戶排水技術士通過考試，換句話說，大約只有 34% 的「丙級用戶排水設備技術士」參與內政部營建署下水道承裝技工訓練(239/702=34%)並投入市場，相關統計情形如圖 1 所示，近 5 年統計，具承裝技工資格之丙級用戶排水設備技術士約以每年大約 20 名成長，另經統計每年全台辦理之用戶接管工程約 120 件，有鑑於此，內政部營建署近年來為推動「丙級用戶排水設備技術士」，考

量市場需求及現況，已於施工規範 02534 專納入，並要求編列預算，並將納入補助地方縣市設計自主檢查表中加強執行，新發包之污水用戶接管工程標案，至少需設立 1 名專職丙級用戶排水設備技術士，並依規定上工程會標案管理系統填報，相關執行情形將納入查核、督導、評鑑查證執行的成果，並持續滾動式檢討。

貳、推動全生命週期的下水道職業安全衛生場域環境

氣候變遷、少子化浪潮、缺工、缺料、減碳需求等議題，人類最終仍須自己面對這些議題，這些議題圍繞著「永續發展」，意味著人類必須盡其所能的尊重及保護現有資源及生態，降低人類活動對於現有環境的破壞。

下水道產業，是降低人類對於自然



資料來源：勞動部統計資料、營建署下水道工程處統計資料

圖 1 下水道用戶排水技術士及承裝技工統計情形示意圖

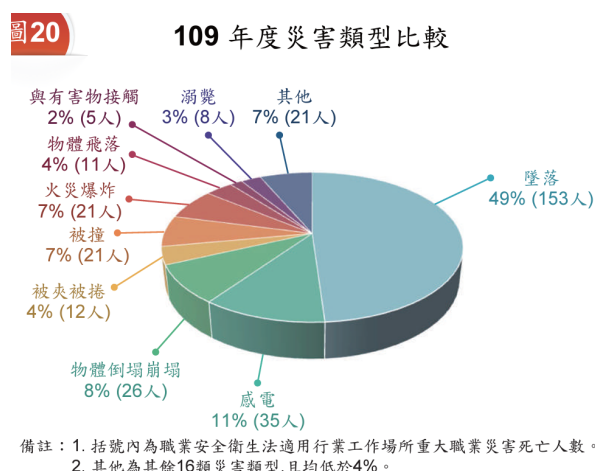
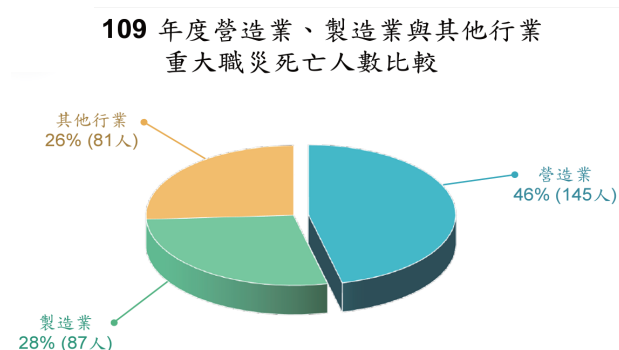
環境生態污染的其中重要一環，無論在規劃設計、探勘評估、發包採購、備料備標、新建工程、操作維護、維修保養、擴建修建等各個階段，唯有確保工作場域安全，方能接下來拓展迎接新世代 E 化、AI、自動控制、節約能耗、減廢循環等各專業領域的銜接。

一、降低下水道局限空間作業施工風險

職業安全衛生關注工作者於職場環境的安全、健康和福祉，主要是預防各種工作場所的有害因子，包括物理性、化學性、生物性、人因工程和精神心理壓力等危害因子；感電、墜落、夾捲等職業災害、火災與爆炸等，它結合統計、流行病、職業醫學、化學、消防、通風、工程等領域專業，量化工作環境健康危害與意外事故風險，並研擬相關控制改善策略。隨著勞動者權利意識提

升，職業安全衛生問題日益受到重視。而社會結構改變致少子化、高齡化，勞動力面臨嚴重缺口，再加上經濟全球化，長工時及壓力引發的新興職業疾病頻傳，因此如何延續職場環境的安全與健康的勞動力，已成為國家競爭力重要之一環。

依據勞動部職業安全衛生署 110 年 7 月編印「109 年勞動檢查統計年報」統計 109 年度重大職災死亡人數以營造業 145 人，占比為 46% 最高，以災害類型比較，顯示以墜落災害致死占比最高，達 49%，死亡 153 人，統計示意圖詳圖 2。經內政部營建署統計 106~110 年全國下水道作業因局限空間作業發生職災的比例約占 62% 最多，其次是物體飛落與墜落約佔 25%，故內政部營建署特別於 110 年 5 月訂頒「內政部營建署下水



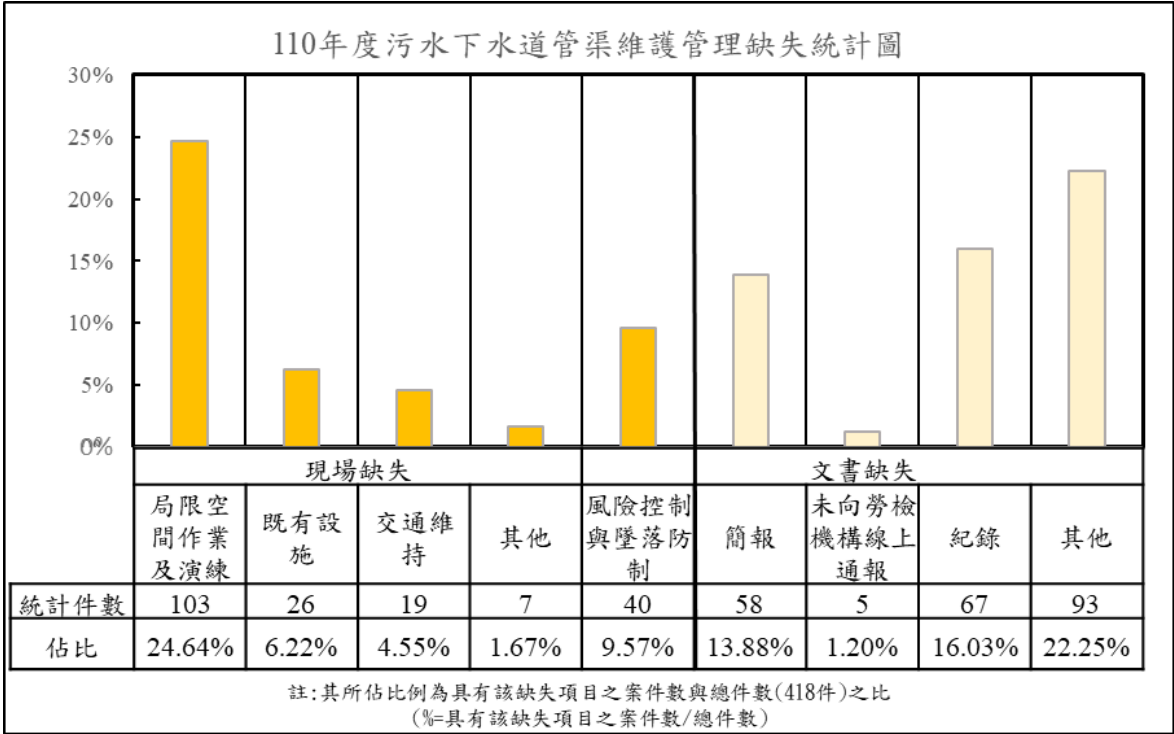
資料來源：109 年勞動檢查統計年報

圖 2 109 年重大職災死亡及災害類型統計示意圖

道局限空間作業規定」、111 年 1 月訂頒「內政部營建署下水道墜落災害防止作業規定」，適用範圍包括雨、污水下水道（含廠站）、管線（渠）維護、維修、保養、勘查、巡查、檢點或檢視皆適用，並規定標案發包前，主辦單位應檢視預算書圖是否依照本作業規定編列量化相關設施、人員等經費並納入招標文件內。

內政部營建署統計，109 年全國下水道作業職災發生件數為 7 件、傷亡人數為 11 人，是下水道職業災害件數與傷

亡人數最多的一年，109 年下水道作業職災案件尤其以「維護管理作業」時所造成之職災案件為最大宗，為提升下水道從業人員維護管理作業之安全，內政部營建署於 110 年 2 月頒定「內政部營建署公共污水下水道管渠維護管理抽查要點」，加強抽查各地方政府管渠維護及更新修繕工程，並於抽查時要求地方政府之管渠維護廠商須進行既設人孔局限空間作業出入坑演練，以確認其作業程序及觀念是否正確。經營建署辦理 110 年度污水下水道管渠維護管理抽查，抽查缺失統計顯示如圖 3 所示，以



資料來源：營建署下水道工程處統計資料

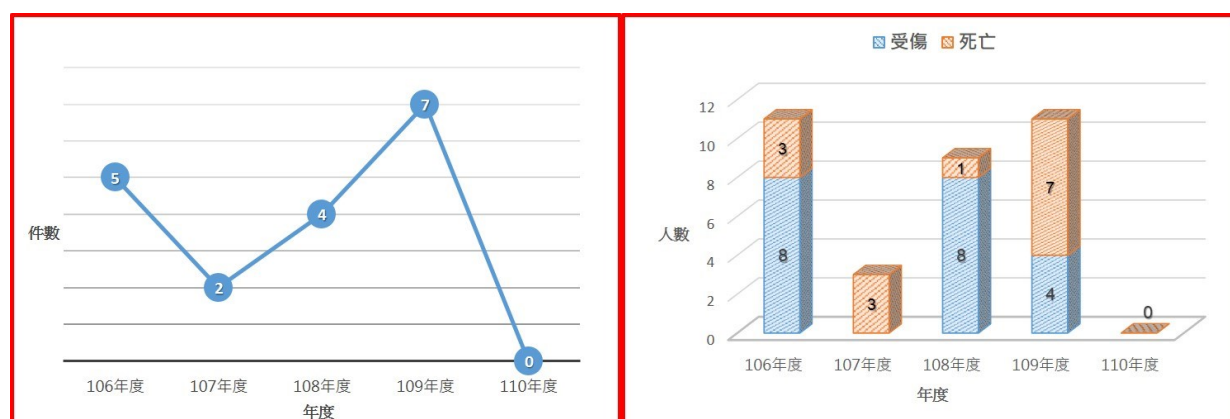
圖 3 110 年全國污水下水道管渠維護管理抽查缺失統計示意圖

局限空間作業演練所佔缺失比例最高，約 24.64%，顯示局限空間作業仍有進步空間。

106~110 年發生下水道職災案件及傷亡統計人數如圖 4 所示，內政部營建署進一步分析，106~110 年全國下水道作業職災發生類型中，「推進及廠站施工」與「維護管理」在進行局限空間作業時所造成之職業災害為最多，故於 110 年 5 月 14 日頒布「內政部營建署下水道局限空間作業規定」，除規範各雨、污水下水道（含廠站）有進入局限空間之工程、管線（渠）維護、維修、保養、勘查或檢視等作業須將該作業規定納入招標文件中據以執行，並要求主辦單位在標案發包前應檢視預算書圖是否依照該作業規定核實編列相關設施、

人員等經費；而針對在建工程進行局限空間作業時，應落實作業規定所訂之「下水道局限空間（缺氧危險）作業步驟」進入局限空間內作業，並依據作業規定中訂定之抽查及自主檢查表單進行現場查驗，以期降低下水道職災事故之發生。

經內政部、勞動部、工程會、職安署、營建署等各部、會、署持續督導及努力，以及全國各縣市政府下水道主管機關共同秉持加速推動下水道建設、保持良好施工品質、落實職業安全風險評估、工程風險管控及加強教育及宣導職安觀念努力下 110 年度污水下水道公建計畫預算執行率高達 99.3%，110 年全國下水道作業職災發生件數與傷亡人數皆降至為零，後續仍需全國下水道各主



資料來源：營建署下水道工程處統計資料

圖 4 106~110 年全國下水道職災發生件數及傷亡統計圖

管單位、施工及監造單位、專業分包廠商、民間參與機構等各單位持續努力，朝向下水道零職災目標邁進。

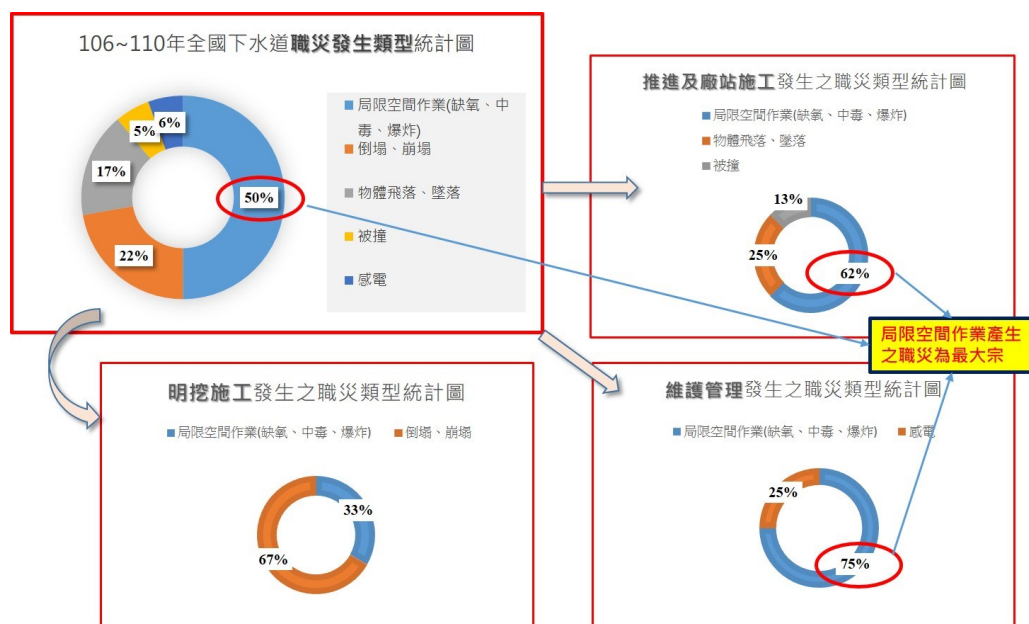
二、訂定下水道墜落災害防止作業規定

經內政部營建署統計 106~110 年全國下水道職災發生類型以局限空間作業佔比 50% 最高；若進一步以標案類型分析，因「推進及廠站施工」所發生之職業災害以局限空間作業佔 62% 最多、其次是物體飛落與墜落約佔 25%（如圖 5）。為維護下水道從業人員於有墜落危險之工作場所作業安全，落實營造安全設施標準有關墜落防止及職業安全衛生設施規則第 9 章第 1 節人體墜落防止等

相關規定，避免因不安全的行為或環境而發生工安意外，故於 2022（民 111）年 1 月 19 日頒定「內政部營建署下水道墜落災害防止作業規定」，針對雨、污水下水道（含廠站）在有墜落危險之工作場所辦理工程、管線（渠）及設施（備）施工、維護、維修、保養、勘查、巡查、檢點、檢查或檢視等皆適用，並要求全國各縣市政府依據本作業規定編列量化相關安全設施、人員防護器具等經費並納入招標文件內據以執行，以預防此類災害再度發生。

三、未來下水道職業安全推動策略

內政部營建署未來將持續建置「下



資料來源：營建署下水道工程處統計資料

圖 5 106~110 年全國下水道職災發生類型統計示意圖

水道管溝開挖作業安全規定」等較常發生下水道職業災害項目的之作業規定、下水道專用之「職安衛相關圖說等手冊」建立及檢討修正、工程發包前應完備之「監造計畫」、「職安衛監督查核計畫」相關程序、期程及計畫內容綱要、「歷次查核、督導、抽查及勞檢稽核等缺失內容彙整並建立矯正預防措施資料並辦理有關教育訓練」、錄製各工項「下水道工安教育宣導影片」、持續編撰「下水道工程職災案例彙編」等，並規劃建置「下水道職業安全衛生作業規範」，以完善下水道全生命週期職安衛各項領先指標(Leading Indicator)，採主動性和預防性方式從源頭化進行管控，協助下水道從業人員在故障或危害等因子演變成事件以前，便可避免或減緩其發生的可能性，以預防代替事故發生之改善，期許持續降低下水道職災案件發生，以下水道施工零職災為終極目標。

參、結論與未來願景

持續推動營建四化及建置下水道全生命週期職業安全衛生是未來推動下水道建設未來策略及藍圖，隨著氣候變遷加劇，環境保護及永續發展策略將是人類難以逃避的課題，如何建置永續發展藍圖，將是產業鏈能夠持續提升的目標。

AI 及物聯網新世代來臨，未來下水道工程產業可能仍會有許多改變，包括智慧型監控設備、可循環減廢減碳材料之應用、再生水產業的推動、循環經濟的趨勢、雲端智慧系統建置、透過處理程序萃取或應用能源達到節能減碳目標等議題，將是未來下水道次世代發展主要課題。

參考文獻

- 1.內政部營建署 109 年，「106~108 年下水道工程職災案例彙編」。
- 2.內政部營建署 110 年 5 月 14 日營署水字第 1101089707 號函，「內政部營建署下水道局限空間作業規定」。
- 3.內政部營建署 111 年 1 月 19 日營署水字第 1111003629 號函，「內政部營建署下水道墜落災害防止作業規定」。
- 4.勞動部職業安全衛生署。「109 年勞動檢查統計年報」。
- 5.內政部營建署 111 年 1 月 4 日營署水字第 1101264604 號函，110 年 12 月 23 日召開「110 年度加強與精進下水道工程施工及維護管理職業安全衛生經驗交流座談會」會議紀錄及會議資料。

6.內政部營建署網頁 <https://www.cpami.gov.tw/>

7.勞動部職業安全衛生署網頁 <https://www.osha.gov.tw/>

8.BBC News・「COP26、氣候變化和碳交易：關於碳排放權的幾個基本概念」，2021年7月17日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-57867157>

9.經濟日報・聯合新聞網・「極端氣候衝擊 今年經損 1,700 億美元」，2021年12月28日，<https://udn.com/news/story/6811/5992279>



摘要

營建署為解決易淹水地區水患問題，於民國 95 年開始執行「易淹水地區水患治理計畫」。而後為加速推動流域整體治理，以國土規劃、總合治水、立體防洪及流域治理等方式進行水患防治工作，並於「流域綜合治理計畫」與「前瞻基礎建設計畫」辦理雨水下水道重新檢討規劃作業；相對於傳統工程防洪理念，計畫著重以非工程措施進行管理。藉由都市總合治水策略，配合研修都會地區保水蓄洪規範、土地開發利用管制措施，以及耐洪建築物等相關法規，強調開發案應同時考量降低逕流與貯滯洪水，並考慮加入低衝擊開發設施，以其模擬自然環境生態系統的理念，透過入滲、貯存，以及淨化等方式提昇土壤涵養水與淨化水能力，於都市發展過程中兼顧對生態與環境景觀維護；都市總合治水措施亦包括針對公園、廣場、綠地等用地搭配改建為生態滯洪池設施，使其兼具生態景觀與防洪功能目的。截至民國 109 年底，流綜計畫完成的滯洪池設施已增加雨水調節滯洪量約 43.5 萬立方公尺；而前瞻計畫所規劃的透保水與滯洪工程預定可增加雨水調節滯洪量約 49.2 萬立方公尺，同時增加保護面積，有效強化國土防災韌性，減少自然災害損失。此外，期望透過淹水預警與避災計畫等輔助作業，同時以工程手段與非工程手段落實治水對策，並以都市總合治水措施回復自然生態環境，進而調節都市地區氣候，達到永續發展的目標。

都市總合治水的願景與實踐

內政部營建署／陳志偉 副總工程師

壹、都市總合治水概念的形成

隨著全球農、工、商業的蓬勃發展，人類活動所造成的熱污染與對自然環境的破壞使得全球氣候異常已成為常態，隨著異常氣候而來的則是全球降雨量的極端化，水資源豐越豐枯愈枯的情形已是不變趨勢，在超乎正常的降雨量下常常發生尋常水利設施無法因應的嚴重的水患，尤其是對於重要政治經建設施及人口高度集中的都市，一次的淹水往往造成重大的損失，而極端氣候所引發異常短延時強降雨則是都市淹水的主因，因此如何因應調適是一座城市所必須面對的艱難課題。

當氣候變遷造成降雨異常已成為進行式時，以足以有效應對目前平常情形所設計的水利設施將無法應對極端降雨情形，而建設足以應付極端降雨的設施所需花費資源又極為龐大，且隨著氣候變遷又終有不足之一天，在體認到人力無法勝天後，世界對於都市的洪災治理也隨之改變，主要的調適為從以建構不淹水的城市蛻變成打造一個與水共生的韌性城市，從單純工程硬體思維轉換成包括工程建設、都市規劃與科技應用軟硬兼蓄的治理手段，也就是都市總合治水的理念。

貳、都市發展與逕流過程的改變

要落實都市總合治水前要先了解造成都市淹水地表逕流的演變，人類從工業革命以後社會及產業結構都發生巨大轉變，人類社會由原本主要從事農業活動轉變為致力於發展工、商業活動，因此鄉村人口大量湧入大城市。由於都市人口聚集，工、商業快速成長，都市呈現高度化發展，遂開始各項基礎建設，致使土地使用密度增加；且因大量人口集中，所需的住宅區、工業區，以及商業區比例提高，未開發區與傳統農業活動的農田、綠地面積大量降低，取而代之的是各項工程建設，而工程建設大量使用的瀝青、柏油、混凝土等不透水材料相對於土壤與植被等自然生態環境而言，讓原本可入滲至地底的降雨，轉變為完全無法進行入滲的情況，因此當降雨落在地面後將完全成為地表逕流。

此外，因大量人口聚集，都市排放的廢氣與熱氣增加，又因綠地面積減少、空氣中蒸散水氣減少，以及無土壤涵養足夠水分，最終因都市缺乏能調節氣候的植物與水等自然環境因子而形成都市熱島效應，其無法消散的熱氣導致熱對流旺盛，使都市降雨趨向範圍小、強度高的型態發展，更加重了地表逕流的負擔。

參、地表逕流改變的影響

當降雨落在自然集水區內，大部分的雨會先入滲至土壤，由於乾燥土壤可以吸收大量的水份，故降雨初期並不會產生地表逕流。而入滲至土壤中的水可促進其中微生物活動，同時有利土壤中各種動植物生長；植物藉由根部吸取土壤中的水份以進行蒸散作用，使大氣中有充足的水份，如此形成一完整且良好的動態水循環。此外，土壤中的水亦會滲漏成為地下水，適時的補充地下水可確保河川有穩定的基流；由於臺灣地形起伏大，河川特色為坡陡流急，故充足的地下水可成為臺灣重要的水資源。而當降雨持續不斷，土壤的有效容量逐漸趨於飽和，此時大部分的降雨會漫流於地表上，接續匯入河川成為地表逕流。由於土壤中的水流速率較慢，而地表逕流的流速較快，故兩者到達集水區出口處的時間明顯不同，於自然集水區出口處的流量時間歷線較為平緩。此外，相對於都市地區佈滿著不透水建物與地面而言，自然集水區的集流時間較長，因此較不易在下游地區產生高洪水位。

由於都市發展導致入滲至地底的水量大減，都市地區的降雨絕大部分成為地表逕流；當地表逕流均於不透水地面上流動，缺少原本土壤與植被的滯蓄與延遲效應，造成逕流快速且同時到達下游河川與集水區出口的情況，因此相對於自然

集水區，都市地區出口處的流量歷線起伏較大且流量尖峰時間提前。土地利用改變，更動了原有集水區的逕流過程，到處佇立的建物改變了逕流流向，導致低窪地區發生淹水災情。土壤因無法保水致使大地水循環能力降低，進而都市地區逕流內水增加，最終演變成降雨過多時無法有效排除多餘的水，降雨過少時又無地下水等水資源可使用的情況。因逕流過程改變，所造成的危害可簡述如下：

1. 土壤喪失保水能力

當地表的不透水鋪面阻擋降雨入滲至土壤，因而土壤無法吸收水份、保有水份，此情況不但導致土壤中的微生物活動因缺乏水而低下，且微生物活動低下使得土壤無法給予植物良好的生長條件；同時亦導致大地喪失良好的水循環能力。

2. 無法調節大自然氣候

由於森林、綠地面積減少，且土壤保水、涵養雨水能力降低，因而都市地區缺乏植物與水進行自然環境氣候調節，將導致都市地區溫度持續增高、熱對流增強，易發生短延時強降雨事件，並隨著氣候持續高溫化，此種降雨型態發生頻率更加頻繁且更趨極端。

3. 淹水災害

都市地區的熱島效應導致極端降雨

事件發生，且都市地區雨水入滲作用降低造成地表逕流增加，因而中、下游地區於短時間內湧入與匯集大量雨水，導致中、下游地區面臨淹水災害，地勢低窪地區每逢大雨即發生淹水，且由於氣候環境變異，洪災發生頻率逐年提高。

4.生態污染災害

當都市地區地表逕流增加，於逕流量大、流速快的情形下，易冲刷建物上的有害物質，或是一些有毒的化學物質與重金屬等，而後挾帶各種污染物質進入河川，因而造成河川生態系統破壞，河川中的生物遭受有毒物質危害。

5.環境風險與災害

綜合上述各項危害事件，可知都市地區因逕流過程改變而暴露在較大的環境風險與災害中，不但面臨著隨時有可能發生的極端降雨事件，又因極端降雨造成的淹水與生態污染災害，使生態環境遭受破壞，長久下來將導致生態環境無自我恢復能力，在此惡性循環下都市將面臨更大的威脅。

肆、傳統治水方式

當逕流產生時，雨水下水道遂成為解決都市排水的重要基礎建設。雨水下水道主要功能為提供都市地區於豪雨時期可藉由側溝、集水井，以及連接管等

設施快速匯集地表逕流至地下管線的設施，避免因街道排水速度過慢導致人口密集的中游地區發生積淹水災害，透過雨水下水道設施可迅速將逕流排放至下游的區域排水或河川。而下游河川部分則採用堤防加長、加高，或是興建疏洪道等工程設施進行防洪保護。

傳統的都市防洪強調快速排水避免城市淹水，措施主要以結構性的硬體機制(即工程措施)進行辦理，如雨水下水道新建工程或是河岸堤防設置與疏洪道等；若現況工程設施無法應付更高重現期降雨時，則又進行雨水下水道管線加大與堤防加高等工程，無止盡的工程手段耗費了大量的資源阻絕了人類與水親近的途徑，因此對於生態環境造成嚴重的影響也形成國家財務的沉重負擔，但最終仍無法有效解決水患問題。

伍、調適後的治水手段-都市總合治水

因應氣候變異需持續提升都市地區防洪保護標準，但在傳統工程手段因土地開發趨於飽和而存在其極限值，極端降雨量規模及發生頻率又持續增加，都市因雨淹水已是不可避免的情形下，治水手段需配合調適，應從不再局限於工程手段且不以排除所有逕流的思考下發展新的防洪觀念，此外更重要的是要有與水共生的體認。

都市總合治水以「上游保水、中游減洪、下游防洪」逕流分擔的理念進行都市防洪治理，針對流域上、中、下游進行治水通盤考量；上游保水主要透過現行於土地規劃利用時，加入低衝擊開發(Low Impact Development, LID)設施，藉由入滲、貯存，以及淨化等方式使土地有良好的透、保水功能，並增加土壤涵養水與淨化水的能力；LID 設施透過模擬自然環境生態系統，使我們於土地開發的過程中，能同時針對生態與環境景觀進行維護，並盡量降低都市發展對環境所帶來的衝擊。中游減洪主要透過建築基地開發時，針對建築基地透水率進行規範，並且管制開挖區位與最大不透水鋪面面積，即在進行土地開發利用時須保留一定比例的透水面積，以提昇生態環境品質並維護基地保水功能；且透過建築基地筏基與基地滯洪池進行雨水現地消減，以儲水代替排水，並針對建築基地進行流出抑制，以達成中游減洪的目標。下游防洪則主要透過公共設施如公園、廣場、綠地等用地搭配改建為滯洪池設施，以兼具生態景觀與防洪功能目標進行規劃；並且保留下游接近河川地區的綠地面積，因其淹水風險與災損低，故可適時做為提昇都市防洪量能的空間使用。

舉例來說，LID 其中一項設施為雨水桶（或稱為雨撲滿），雨水桶設置的成本低且所需空間相對較小，透過與屋頂落水

口排放水管進行串接，能有效貯存降雨水量；並且透過裝設水龍頭等出水設施，能在未降雨的時候進行雨水再利用，如洗車、澆花等活動，此設施不僅能在降雨時期透過雨水現地消減方式，以儲水代替排水，分擔過多的都市內水，亦能在未降雨時期作為水資源使用，達到節省水資源與雨水再利用的目標。

此外，逕流分擔機制可防止現有排水系統承受過多的逕流量，其主要措施包含逕流抑制、逕流分散，以及逕流暫存等。可分述如下：

1.逕流抑制

可於上游集水區進行造林，加強集水區保水與涵養水源的能力；或是於公共設施用地導入各種 LID 設施，提高透水面積以增加地表入滲。

2.逕流分散

取代傳統防洪措施為集中地表逕流，並快速排放至下游河川排水的做法，改以分散式的現地處理（像是基地滯洪池與筏基等）減輕排水系統負擔；或是於雨水下水道改善規劃時，以符合重力排放的分流手段為原則，將容量不足的幹線系統所收集的部分水量分流至容量充裕的幹線系統。

3.逕流暫存

透過公園兼滯洪池使用、多功能滯洪池，以及停車場與道路分隔島降挖等，達到貯存水之目的；或是透過建築基地雨水貯留設施（像是基地滯洪設施、筏基流出抑制管理）與透、保水指標規範，降低洪峰流量及延滯洪峰到達下游時間。

總合治水需考量上游坡地及農田排水、中游都市排水，以及下游河川排水，藉由控管各排水允許排放量，於上、中、下游的排水系統採取必要管制措施，才能落實流域綜合治理，以達到上游保水、中游減洪、下游防洪的目的，確保下游匯入的區排、河川得以承納上游排水的水量。同時以流域為治水單位才能進行全面性考量，當雨水下水道系統提高保護標準時，若下游區排、河川不足以承受提高保護標準後的雨水下水道系統排放量，則亦無法完全排出都市地區內水，故規劃時須連同下游排水的承受量能一併納入分析，才能完整總合治水體系。

與水共生代表要能儘量降低水所帶來的災害，要能控制損失且具有快速復原的能力，也就是都市總合治水所強調的韌性，為了達到此目的可以應用科技融入大數據資料庫及建立智慧防災管理系統，透過歷史水文資料建立都市排水

系統水理模式進行淹水潛勢分析，於豪雨來臨時，利用即時降雨及降雨預報數據預測淹水可能發生時間及區域，並利用現代通訊技術發布淹水資訊，讓淹水區域人民可以預先進行應變措施以降低災害，智慧警戒系統可以利用下水道即時水位監測，並界接跨部會機關相關防災監測資訊，以資訊共享為基礎，由多方資源掌控即時淹水災情資訊，可提供各縣市政府更迅速精確投入救災資源。災害後則可分析造成災害原因，循環檢視水理模式再精進防災預警能力。

陸、總合治水的實踐

為協助地方政府雨水下水道建設，行政院於 95~102 推動「易淹水地區水患治理計畫」，其中內政部營建署奉核編列 59.95 億元，以區域水系整體治理為原則，辦理流域內都市排水改善。另 97 年內政部以「加強地方建設擴大內需方案」編列 9.37 億元，協助各縣市政府以加速都市下水道建設方式，提升國家整體經濟；98~101 年內政部由「振興經濟擴大公共建設計畫-加速都市雨水下水道建設計畫」編列 47.75 億元，補助各縣市政府加速辦理雨水下水道規劃檢討、興建及清淤。

接續「易淹水地區水患治理計畫」後行政院再於 103 年核定「流域綜合治理計畫」，編列 660 億特別預算，其中

內政部雨水下水道建設業務奉列經費為 89.65 億也開始導入「都市總合治水」、「低衝擊開發」及「海綿城市」等新思維，除了持續辦理相關都市排水改善工程之外，更強調以分流、滯洪的觀念進行改善規劃，並於新的土地規劃與基地開發案導入出流管制與逕流分擔理念，同時訂定相關法規進行規範，以「與水共存」的創新思維取代傳統「快速排水」的觀念。營建署於流域綜合治理計畫中所推動辦理的滯洪池工程，截至民國 109 年已完成 16 座滯洪池工程，同時增加雨水調節滯洪量約 43.5 萬立方公尺，保護面積 2,544 公頃；而在前瞻基礎建設計畫中所規劃的透水、保水工程與滯洪池工程，截至民國 109 年預定辦理工程數量共 13 件，已完工數量為 6 件，預計於全數工程完工後可增加雨水調節滯洪量約 49.2 萬立方公尺，保護面積 876 公頃。

內政部營建署為依下水道法擘劃整體都市排水治理之政策發展方向，並肩負中央治水機關協調及跨縣市間都市排水整合等事項之責任，於 110 年報請行政院核定「都市總合治水建設計畫」總經費 20 億元執行期程 111 年至 115 年，作為全面推動總合治水的前導計畫，協助各縣市政府以新思維、新制度、新建設以因應極端氣候之衝擊。

柒、結語

隨著人類與都市的發展，全球氣候變遷導致雨水增加，且因都市結構與特性改變了逕流過程，使得逕流量增加，在逕流量增加威脅到人類安全與生態環境的情況下，於是各種工程防洪設施開始建設。由於傳統工程手段對於生態環境造成破壞，並且已無法負荷現今極端的降雨，於是我們透過綠建築與 LID 等措施，為求在都市發展的同時也能兼顧生態環境景觀維護，並藉由傳統結構性的工程手段與創新管理機制的結合，從都市規劃與建築基地開發時即導入總合治水觀念，再利用淹水預警機制與避災計畫等作為輔助，以各項工程與非工程手段作為長期治水策略，提昇都市因應氣候變遷的調適能力，進而達到永續發展的目的。期望藉由都市總合治水措施回復自然生態環境，以調節都市氣候，減少都市熱島效應，降低極端降雨發生機率，達到對「雨水」的控制；並以韌性城市觀點，打造基地良好的透水、保水功能，盡量將雨水貯存於現地，增加可利用的水資源，且透過儲水代替排水的方式，提昇整體排水系統的防洪容受度，同時降低下游排水的負擔。

由於都市總合治水為跨領域的整合，需仰賴各政附部門間的團隊合作，藉由溝通協調與共同研修相關法規以有效落實此一理念。當傳統都市防洪工程手段、

總合治水措施，以及防災預警與風險管理等多重策略同時進行時，如何有效控管各項設施資訊，達到管理方針擬定，則需要一套多方整合後的管理系統，以供不同政府部門間進行配合，並協商出正確的應變作為。



摘要

行政院 110 年核定之「污水下水道第六期建設計畫」，在前面五期建設基礎上，6 年間預計投入 1,068 億元經費，以每年接管 13 萬戶之進度執行，預計至 115 年底達到公共污水下水道普及率達 46%及污水處理率達 72%之目標。目前全國已完成 76 座水資源回收中心，全國接管普及率已達 40%，每日穩定產出之放流水及污泥，已具有發展水資源及能資源循環體系之優勢，需持續建設以厚實循環經濟發展之基石。另包括強化污水下水道系統災害應變能力，延長設施壽命及建置備援系統等預防性作為，方能因應近年來極端氣候與天災造成之影響。同時為因應 2050 淨零排放目標，提出未來減緩策略，進行水資中心碳盤查，建立能耗基線，結合雲端智慧化系統，優化高耗能、高排碳設備以減少碳排放，並結合污水處理新技術發展，逐步強化下水道韌性邁向永續發展。

污水六期承先啟後，

邁向循環永續發展

內政部營建署下水道工程處／曾淑娟處長

壹、前言

污水下水道為都市現代化程度之重要指標，亦為改善都市污染及環境衛生之具體措施，我國為改善都市污染及環境衛生、減低河川污染、提升國民生活品質進而提升水資源利用，於民國 77 年核定「污水下水道發展方案」，並據以研提第一期建設計畫（民國 81 至 86 年度）、之後每六年為一期，現正已執行到第六期建設計畫（民國 110 至 115 年度）。

綜觀污水下水道建設推動以來，前二期建設受限於經費、用地取得、人力技術及地方意願等，主要投資在臺北縣市、臺中市、臺南市、高雄市等都會區污水下水道系統的污水處理廠及污水下水道主次幹管的建設，故截至民國 92 年底，污水下水道用戶接管普及率亦不過 10.87%，因此至污水下水道第三期建設計畫的首要目標即在於提升用戶接管普及率，希望儘速將前期投資效益，透過分支管網及用戶接管的加速建設，予以彰顯，同時引進民間參與模式，為污水下水道建設公私合作開創新局，採政府自辦及民間參與雙軌並行，擴大推動量能，也由於在民國 94 年得新十大建設特別預算之挹注，污水下水道建設經費首度超越百億。第四期延續前期建設量體，政府投入建設經費最多，普及率提

升最多，並將永續資源納入計畫執行，推動公共污水處理廠放流水回收再利用，民國 102 年提出 6 座示範再生水廠推動方案納入計畫內併同執行；第五期正式訴求翻轉，將以往「工程建設」既定形象，提升轉換為「環保永續」新思維，積極推動污水處理廠污泥減量再利用及放流水回收再利用，並建構永續營運管理體系。

污水下水道建設推動歷經三十餘年，在中央與地方共同努力下，已在全國遍地開花，各縣市公共污水普及率在第五期計畫期間，已正式全數破零，其中已有 3 個縣市超過 50%，全國普及率也達到 40%，已完成管線長度 1.17 萬公里，73 座水資源回收中心，統計前面五期中央預算已投資超過三千億餘元，用戶接管普及率 37.93%，粗估算中央每提昇 1%普及率約需 100 億經費，各期計畫建設重點及概況如圖 1，各縣市普及率分佈如圖 2 所示。

貳、污水下水道發展面臨的機會與挑戰

一、發展機會

- (一) 落實聯合國永續發展目標
(Sustainable Development Goals, SDGs)

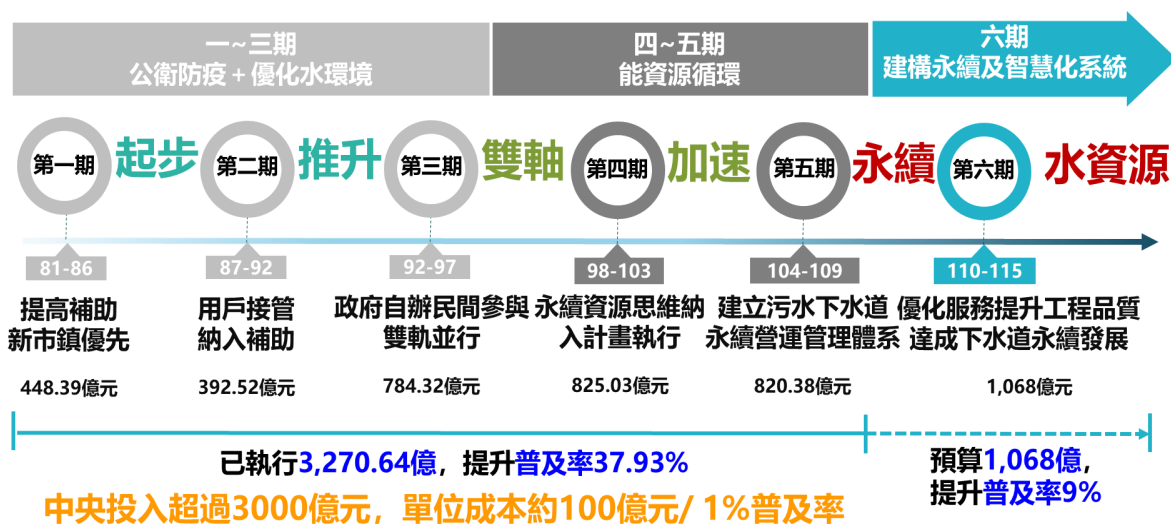


圖 1 各期計畫建設重點及概況

公共污水下水道 用戶接管普及率 各縣市成長趨勢	二期建設 (91年底) 全國普及率: 8.21%	三期建設 (97年底) 全國普及率: 14.68%	四期建設 (103年底) 全國普及率: 26.57%	五期建設 (109年底) 全國普及率: 37.93%
> 50%	臺北	臺北、連江	臺北、連江	臺北、新北、連江
31~50%	連江	高雄	新北、高雄、金門	基隆、高雄、宜蘭 花蓮、金門
15~30%	高雄	新北、金門	基隆、臺南 宜蘭、花蓮	桃園、竹縣、竹市 苗栗、臺中、臺南
< 15%	基隆、新北、桃園 臺中、南投、嘉義 臺南、金門	基隆、桃園、臺中 南投、嘉義、臺南 屏東、宜蘭	桃園、竹縣、竹市 苗栗、臺中、彰化 南投、雲林、嘉義、臺東	彰化、南投、雲林 嘉義、嘉義市、屏東 臺東、澎湖
0%	竹縣、竹市、苗栗 彰化、雲林、嘉義市、屏東 宜蘭、花蓮、臺東、澎湖	竹縣、竹市、苗栗 彰化、雲林、嘉義市 花蓮、臺東、澎湖	嘉市、澎湖	-

圖 2 歷期污水下水道建設各縣市普及率分佈

聯合國於民國 104 年通過 2030 永續發展議程，提出 17 項全球邁向永續發展的核心目標，藉此引領產、官、學界創建一個以永續方式進行生產、消費和使用各種自然資源的世界。下水道與 SDGs 相關的有目標 6、11、13，可以透過下水道促進達成的則有目標 2、3、15（圖 3）；聯合國韌性城市架構與指標也將下水道納入基礎設施指標內。因此擘劃發展下一世代污水下水道，發展提升能源效率、資源再利用率及污水下水道系統韌性，皆是對齊 SDGs 讓污水下水道產業走向永續經營。

為因應全球淨零排放趨勢、以及極

端氣候的負面衝擊，行政院環境保護署已於 110 年 10 月 21 日預告「溫室氣體減量及管理法」修正為「氣候變遷因應法」草案，且已明確將 2050 年淨零排放法，國發會亦於 111 年 3 月 30 日公布我國「2050 淨零排放路徑」，這是個跨世代、跨領域、跨國際的轉型工程，擘劃國家發展的大方向，讓淨零轉型成為臺灣發展的新動能，可預見未來國家重要建設計畫必須與這目標方向勾稽研究使用下水道可用的能資源，在能源化部分包括利用污泥消化所產生之沼氣發電或將污泥乾燥後製成生質燃料，或是生物質（如樹枝、廚餘等）與下水污泥共同消化，皆能回收能源發展綠電。在資源



圖 3 落實聯合國永續發展目標

化部分可將污泥添加至混凝土作為添加劑，加強混凝土強度，或回收污泥中磷酸鹽製成磷肥產品，回收放流水產製再生水等，可形成循環經濟促進環境永續發展。

(四) 下水道在傳染病及毒品防治應用

過去國外已有下水道成功應用污水監測技術預警小兒麻痺及諾羅病毒爆發之案例，然而此技術仍有其局限性，無法精準篩選出染病個體，因此並未廣泛應用於其他病毒，直至民國 109 年高傳染性的新型冠狀病毒 COVID-19 (學名：SARS-CoV-2) 爆發引起全球性危機，污水監測技術再次成為各國關注的焦點，國外已有相當多研究發現社區傳染爆發前，在污水下水道系統採集污水進行檢測，提前找出 COVID-19 潛在熱點，以提前針對潛在熱點執行防疫措施，可作為輔助政府在防疫上難以透過普篩取得的資料，在疫情大規模擴散前取得預警，未來更有望擴大應用範疇監測毒品或藥品之潛在使用熱點。

二、面臨挑戰

(一) 人口變遷及少子高齡化

依據國家發展委員會「中華民國人口推估 (2018 至 2065 年)」(民國 107 年 8 月) 報告，我國已於 82 年邁入高齡化社會 (老年人口占總人口比率超

過 7%)，於民國 107 年成為高齡社會 (超過 14%)，總人口將於 3 至 10 年間轉為負成長，預計將於民國 115 年成為超高齡社會 (超過 20%)。

因應人口減少導致污水進流量降低，影響污水處理廠營運及放流水水量，造成系統建設效益降低，也影響可收取使用費，六期計畫將優先考量效益較高如人口密集之區域，並擴大建設範圍，確保穩定之污水量，同時因應高齡化之趨勢，發展污水下水道系統自動化或智慧化，以減少人力需求並提高操作效率。

(二) 下水道相關法規修正需求

下水道法自民國 73 年公布實施以來，陸續在民國 89、96、107 年經過三次修正，分別配合省政府功能業務與組織調整、用戶排水設備承裝商規定、專用下水道建設管理需求進行修正，然而隨著時空變遷，污水下水道佈設越廣，地方政府面臨違規損壞下水道設施營管問題日趨嚴重，法規需要檢討強化罰則，並將目前推動循環永續概念落入法令中，以及法規條文須搭配「地方制度法」、「行政程序法」措辭，相關法令需進行檢討修正，以因應永續環境趨勢並優化下水道管理。

(三) 建設效益比降低，經費需求逐漸提高

污水下水道系統的建設經費與規模、地質條件及人口密度有關，在不考慮地質條件等先天因素下，相同的建設經費投資在人口密度越高的區域，服務人口數越多，建設效益越大，因此，過去為積極提升公共污水下水道普及率，主要以接管效益高的區域優先推動，惟以目前全國接管普及率近四成，人口密集度較高區域接管率高，未來將往在都市計畫區內人口密度相對較低區域推動時，每服務 1 人所需之建設成本亦逐漸提高。隨著國人生活品質提升，下水道建設需求城鄉地區皆有，因此在建設經費有限情況下，如何兼顧建設績效與擴大污水下水道建設範圍，來回應民眾對

污水下水道建設之期待，除需要政府在資源分配上妥善規劃，以縮短城鄉差距，並多開發財源以因應未來增加建設需求。

依據現行建設績效採用「公共污水下水道普及率」及「整體污水處理率」兩大指標，在普及率部分更是與政府投入資源直接相關，依目前計算公式，以實際接管戶數乘以各縣市戶量在除以各縣市總人口數而得，另依據內政部戶政司資料顯示，民國 98-109 年全國平均戶量由 2.96 降低至 2.64，若用戶接管戶數相同，公共污水下水道普及率會因為戶量下降而降低，污水下水道普及率每提升 1% 的戶數增加，難度也將隨之提高（如圖 4）。

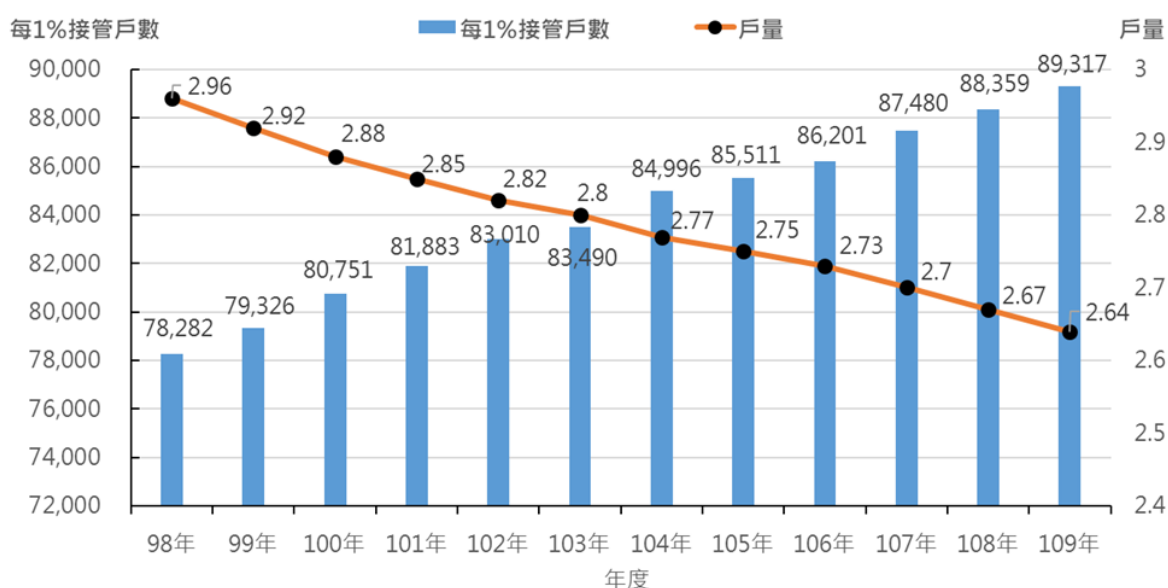


圖 4 提升 1% 公共污水下水道普及率所需戶數及戶量變化圖

(四) 設備老化放流水標準趨嚴，處理效能待提升

污水下水道建設計畫發展逾三十年，設施已逐漸老舊，處理效能降低的現象，統計全國污水處理廠運轉超過 20 年有 13 座，超過 10 年有 40 座。復以環保署公告自民國 110 年加嚴放流水標準，針對氨氮及總氮管制，部分廠站即無除氮功能或處理效能無法達到，需要進行功能提升，惟受限於土地面積及廠無法停止操作改善狀況下，研究導入新污水處理技術讓處理效能更高、更節省用地、更節能，皆是下一階段發展重點。

(五) 備援系統及防災計畫需規劃建立

地震、水災、火災等災害發生，可能導致污水下水道系統無法順利運作，甚至停擺，污水下水道系統在設計階段已考量兼具耐震、防汛、防火等功能，然而一個健全的污水下水道系統，除了前述各項設計考量外，系統間與系統內之相互備援系統乃強化污水下水道系統韌性之重要環節，當發生緊急狀況導致管渠斷裂無法順利輸送污水時，即需備援管渠協助輸送污水，以降低污水溢流造成蚊蠅滋生及疾病傳染的可能。

國內現有污水下水道系統缺乏系統內、外互相支援能力，應針對系統風險

弱點建置備援系統，增加系統彈性，強化縣市政府災害應變能力，以減少污水下水道系統災損對民眾造成之衝擊，提升污水下水道系統韌性。此外，對於可能發生的大規模災害，如複合型災害發生影響污水下水道系統運作時，對應之緊急應變程序，如災害的即時辨識、應變機制與處置方式，尚無明確方向可依循，因此建置完整防災及緊急應變計畫，如資料庫建置、應變機制研擬、資源調度及後續之防災演練等，來因應未來可能風險並降低災害發生。

參、污水下水道第六期建設計畫及其展望

當全球面對氣候變遷嚴峻考驗，快速變化環境需求與社會發展趨勢，污水下水道發展必須考量面相與思考角度更加多元，而非以往工程建設改善環境衛生，污水下水道第六期建設計畫(民國 110 至 115 年)即以「優化服務，提升工程品質，達成下水道永續發展目標」為計畫的主軸，採「持續建設公共污水下水道」及「建構永續及智慧化系統」兩大推動策略，兼顧下水道產業動能及因應未來變動做好戰略布局，期望逐步循序建構完備的「新世代污水下水道循環體系」，計畫 6 年期間政府預計投入總經費 1,068 億元，包含中央款 952.5 億元，地方款 115.5 億元建設，而原併

在污水下水道建設計畫內再生水工程，自第六期開始獨立於污水計畫之外，另提「公共污水處理廠再生水推動計畫」擴大來推動，為台灣水處理產業闢出新藍海，沒有污水來源就沒有再生水，這兩項計畫相輔相成，共同擘劃著台灣污水下水道的未來。

一、第六期建設計畫內容

(一) 持續公共污水下水道建設

在建設策略上以維持國家競爭力，持續下水道產業發展，並藉由檢討擴大建設範圍解決現今偏重建設城市之現狀及提高污水處理廠使用效益；另提升污水處理廠除氮效能，以優化放流水水質，為再生水發展提供堅強後盾，執行內容如下：

1. 持續建設既有系統，並開辦新系統：預計辦理 95 處政府自辦（含新增列 16 處）及 8 處促參系統，以每年接管 13 萬戶用戶接管為目標，預計至民國 115 年底公共污水下水道接管戶數累計可達到 407 萬戶，公共污水下水道普及率達 46%，污水處理率達 72%。
2. 提升污水處理廠除氮效能：配合水污染防治法要求，於民國 113 年前完成污水處理廠除氮效能提升。
3. 建立完整通盤的法定計畫架構：為落實

下水道法所賦予全國下水道建設、管理之監督及輔導工作，將結合現有需求及未來下水道政策走向研修「污水下水道發展方案」，訂定全國污水下水道中、長期發展政策並推動直轄市、縣（市）政府擬訂地方之下水道系統發展計畫及區域性下水道計畫，並視實際需求研修下水道法及相關法規。

(二) 建構永續及智慧化系統

營建署自民國 107 年起建置污水下水道智慧化雲端管理系統（簡稱下水道雲），如圖 5，介接污水處理廠即時數據監測系統(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)，預計至民國 115 年前完成所有廠介接主要單元數據，蒐集建立本土操作數據，並搭配分析輔助管理工具，協助找出污水下水道系統風險弱點，督促縣市政府針對弱點進行防災演練，並以延長設施壽命及建置備援系統等預防性作為，以因應近年來因極端氣候與天災而導致之大規模災害。此外，配合再生能源發展之政策需求，提升既有污水處理廠設備效能，促使污水處理廠成為都市能（資）源庫，並善用污泥厭氧消化餘裕處理量，推動沼氣發電應用，執行內容如下：

1. 能資源再利用：持續辦理污泥乾燥減量及再利用、建構 1 座廚餘共消化示範



圖 5 下水道雲平台

廠。

2.污水下水道永續營運管理體系：因應污水處理廠再生能源發展及設備節能延壽之政策需求，建立污水處理之碳足跡評估方法及污水下水道系統溫室氣體申報與管理機制，並針對高排碳及高耗能之設備進行優化，補助各縣市建置污水處理廠 SCADA，介接即時數據至營建署下水道雲，同時推動污水下水道設備驗證機制，確保設備效能符合污水處理廠需求。

3.建置污水備援系統：建置備援系統降低系統風險，中央辦理污水下水道防災演練示範供縣市政府觀摩，並督導縣市自行辦理防災演練，強化系統韌性及抗災能力。

4.內政部經管公共污水處理廠維護管理：內政部營建署於民國 108 年接管臺中光復廠、南投中正廠及南投內轆廠等 3 座公共污處理廠，持續維護管理工作。

二、未來之展望

第六期建設計畫內容係基於積極提升國家競爭力，持續推動污水下水道建設，同時也就面臨人口高齡及少子化趨勢、及溫室氣體導致全球暖化、極端氣候及大規模天災，提出污水下水道應有對應的預防性策略。但長期思考如何讓下水道更能自給自足、更有智慧、服務更普及、也更節能永續，最重要的是更能以不斷進化的創新思維，迎向複雜多變的新挑戰，以達到「韌性下水道」之目標，長期重要策略方向如下：

（一）服務範圍廣域化

歷經 30 年的污水下水道推動，接管戶已感受到用戶接管所帶來環境衛生改善的效益，除持續推動全國都計地區所規劃之污水下水道系統，另隨著國人生活水準提升，對環境品質的要求並不

存在城鄉差距，營建署亦考量均衡城鄉發展、擴大接管區域將非都市計畫區之人口密集區納入建設範圍，整體規劃污水下水道系統建設優先次序，合理配置建設資源，同時提升整體環境之公共衛生及河川水質，從六都與其他縣市的公共污水下水道管線長度消長趨勢可以看到，民國 99 年底，六都的污水下水道長度合計高達全國總長度的 82%；但到民國 108 年底，這比例已降到 68%，未來的污水建設將致力於城鄉併重，同時因地制宜採多元污水處理方式，彈性應用集中型的系統建設和分散型的聚落建設，檢討合併系統以擴大接管服務範圍，同時與其他部會在水質改善議題上共同合作，增加下水道效益。

（二）智慧化加值化運用

以 Water 4.0 為概念，推動「建立污水下水道雲端管理雲及智慧管理系



圖 6 污泥碳化物及景觀粒料示意圖

統」，逐步將全國污水廠的數據資料雲端化，建立標準規範，介接全國各廠站重要水質訊號及設備用電資料，蒐集建立本土大數據資料，建立智慧模組優化操作分析，作為發展人工智慧的基礎，未來朝向廠站無人化、自動化發展，以減少操作維護人力需求。在管網部分，發展智慧化第一步即需建立完整圖資，再與其他部會主題性圖資整合，發展決策優化系統，如整合水體環境監測資料，瞭解河川水質概況、點污染源類別與分布，可模擬下水道建設對河川水質改善成效。而在營管方面，建置完整巡檢維護履歷資料，可作為地方政府營管維護熱區應用，在提供再生水污水系統，管網設置水質水量連線監測，可作為示警防災運用。

在以往污水下水道被視為改善公共衛生重要基礎建設，但功能已不僅限於防止疫病傳染，而是進化到可以追蹤水媒疾病流布，即是所謂污水流行病學。以發生在民國 108 年底的 COVID-19 為例，荷蘭自民國 109 年 2 月 6 日開始對 6 大城市和機場進行污水中的病毒監測；3 月 5 日，Amersfoort 的下水道監測到 SARS-CoV-2 RNA；6 天後，Amersfoort 通報了第一件 COVID-19 感染病例，證實污水病毒監測可追蹤病例的散布，即使是無症狀感染者或還在潛伏期，可以在病毒潛伏期預測傳染趨勢

及感染區域，以及在不進行普篩下偵知是否有無症狀社區感染，進而採取預防性防制（例如居家隔離），以選擇高用戶接管普及率進行病毒感染區溯源，若再搭配病毒基因序列分析監測，更有機會提前發現病毒變異。看好水媒疾病監測對防疫的效益，營建署正規劃建立污水下水道水媒疾病監測作業準則，未來可考量監測區域、點位、項目及頻率，搭配常態性和緊急應變等需求，結合空間分布進行巨量數據分析，追蹤水媒疾病、新興污染物、甚至毒品的流布，發揮污水下水道系統跨域加值應用的效果。

（三）設備節能延壽、處理新技術導入

氣候變遷更已成為全世界關注的議題，污水處理廠需朝節能減碳及設備延壽方面發展，將建立各污水廠碳排放清冊，未來可訂定節能減碳目標及進行排碳熱點分析，並從環境、經濟、社會面向訂定永續水資源回收中心指標，整合能資源及周遭社區連結，促使達節能、創能及資源循環再利用等附加價值，以打造新型態之永續水資源回收中心。

面對放流水標準加嚴氮標準以及思考減少能源消耗，營建署已和產、官、學、研合作啟動新污水處理技術導入，如生物網膜 BioNet、厭氧氨氧化菌法 (Anaerobic Ammonium Oxidation,

ANAMMOX)、硝化生物脫硝程序、膜曝氣生物膜反應器(Membrane Aerated Biofilm Reactors, MABR)等，希望促進開發更新、更節能、更有效的脫氮處理流程，以提升污水處理技術等級。

(四) 創造財源讓下水道自給自足

逐漸普及的污水下水道系統讓環境衛生及河川水質改善，但同時，這些污水下水道和處理廠的營運成本也隨之持續攀升，而且是持續增加的長期負擔。根據本署民國 108 年度污水下水道統計要覽，公共污水下水道的年度營運管理經費約為 22.16 億元，另編列約 23.73 億元的污水廠營運預算。本署早已意識到營運負擔將成為污水系統能否穩定操作的重要課題，因此思考該如何為污水廠創造財源，以提高污水下水道系統的自給自足能力。將污水廠放流水回收再利用，污泥製成再生材料或轉化成再生能源，或是利用廠區空間裝設太陽光電系統，厭氧消化槽沼氣回收發電，甚至在有足夠位能的污水廠安裝微型水力發電設施，還有生物綠能及礦物提煉的發展方向都可以為污水廠創造收益，或至少降低能源使用成本。

再生水推動是我們的第一步，結合污水處理及再生利用，再生水具有質穩量定的特性可供工業使用，營建署自民國 102 年依行政院核定之「公共污水處

理廠放流水回收再利用示範推動方案」(民國 102-109 年)推動高雄鳳山、臨海廠；臺南安平、永康廠；臺中福田、豐原廠 6 案，至目前推動「公共污水處理廠再生水推動計畫」(民國 110-115 年) 11 案，讓「黑水變藍金」提高污水廠自償性，以都市小水庫思維翻轉污水處理廠既定印象，擴大污水下水道建設效益。

除再生水外，污泥也是可轉變成資源，目前有 2 座再利用示範廠，其中宜蘭污水廠試辦污泥碳化進行燃料化，臺南仁德污水廠試辦污泥燒結進行材料化驗證，以往污泥再利用推動往往受後端市場去化限制，惟目前 2050 淨零排放目標及 ESG 議題，讓民間廠商嗅出商機，自行提出公共污水廠事業廢棄物個案再利用許可申請，希望在持續累積再利用實績案例的策略下，未來能走向公告或通案再利用，以落實資源循環利用。此外，於厭氧消化所產生之沼氣亦可推動發電機產生電力，減少溫室氣體排放。目前全國有 12 座污水廠具污泥厭氧消化設備，民國 108 年的沼氣產量約 160 萬立方公尺，年發電量約 160 萬度。再者因應近年廚餘去化議題，推動下水污泥與廚餘共消化示範廠，提昇污泥厭氧消化處理的效果、提高沼氣回收量可發展綠能。

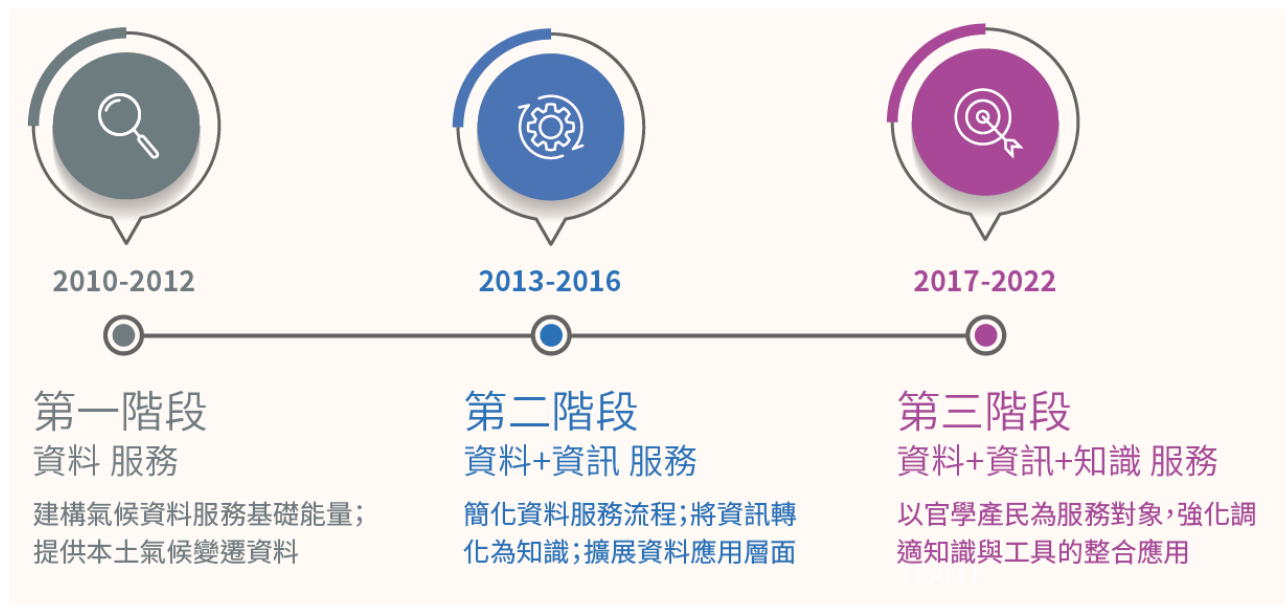
肆、結語

累計了 30 多年的努力，污水下水道建設已具規模，而如何面對氣候變遷、環境污染、資源耗竭、社會失衡的嚴峻考驗，「污水下水道第六期建設計畫」正是從傳統走向新世代的轉捩點。新世代污水下水道，不能再以優化環境衛生、改善河川水質、提升國家競爭力為滿足，需以新思維來創造下水道最大價值，促進人類社會的永續發展。

第六期建設計畫將持續追求污水下水道擴大服務範圍，藉由具經濟效益的規劃、開放傾聽的公民參與、多元循環的能資源利用及高效節能的設備優化，期許讓更多人受益、並營造更親民的水環境、更具彈性的污水系統，逐步實現污水下水道產業韌性活化、智能有感、永續循環發展目標，而這願景目標需賴投身下水道領域的各級機關、專家學者和從業人員們的共同努力，以堅持和創新的精神為台灣環境盡一份心力，持續打造永續美好家園。



圖 7 鳳山水資中心的超微過濾單元



摘要

氣候變遷推估與調適已被視為全球最重要的議題之一，因其帶來之衝擊不僅全面且影響深遠，若再不及時採取行動將可能威脅人類未來之生存環境。在各項積極氣候變遷因應措施中，知識交流平台之建立亦扮演重要角色，良好的平台建置將發揮協助擬定具正確科學基礎下之調適政策、強化公民環境意識、研擬融合地方特性之調適策略、加強教育人員氣候變遷專業知識、加強產官學各界之間氣候變遷研究資訊交流等功能。因此臺灣 2009 年藉由 TCCIP 計畫建置臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台，以提供公私部門整合性相關資源與服務。根據平台研究資訊指出推動下水道建設之重要性，其有助於大幅縮小淹水範圍與強化供水系統穩定性，以臺南三爺溪示範區為例，在 21 世紀末最劣淹水情境下，搭配執行雨水下水道導流現況流量 20%(17,000 m³)後，淹水範圍具顯著縮小的情形。

台灣水環境再生協會／游勝傑秘書長

應用臺灣氣候變遷推估資訊與調適
知識平台於加速下水道建設與推廣

壹、前言

氣候變遷之衝擊近年已從科學家的警示快速轉變為切身之痛的現實，嚴重威脅當代和後代人類的生存安全，迫切需要各國協力加強各項因應措施。根據2021年所舉辦之COP 26所達成「格拉斯哥協定」，要求各國加速並提前達成減排目標，重要協議內容包括2030年終結並逆轉森林濫伐、2030年將甲烷排放量在2020年的基礎上減少30%、2035年前主要市場全部銷售零碳新車、2050年淨零碳排(net-zero emission)共識等。希望可全球人民一同協力將溫度變化限制在1.5°C界線，盡力將氣候變遷衝擊負面影響降至最低。

國際科學理事會(International Council of Science, ICSU)提出推動未來地球(Future Earth)之架構(ICSU, 2015)，提倡科學與政策間應建構良善的溝通橋樑，以協助政策擬定可在考量環境變遷下，採取具適當科學基礎之行動，以達到全球永續發展(Global Sustainability)的目標。而國際跨學科非政府研究組織(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP)亦指出為強化科學與社會間的互動與溝通，應建立知識系統協助強化公民環境意識，讓人民瞭解對應政策之可信度、關鍵性與正

當性，並可加強地方關聯性，幫助制定更符合地方特性之因應策略(陳世榮，2007；Lee et al., 2019)。此外，研究亦顯示若環境教育專業人員對氣候變遷全球暖化與節能減碳之相關領域知識越熟悉，則其節能減碳之態度越積極，對節能減碳之行為意向也有越強烈之情形(尤泳智，2019)，顯示出知識平台建置之重要性，若相關工作人員甚至一般民眾可對氣候變遷之推估與調適知識越熟悉，則有利於相關政策措施之擬定與推廣。

臺灣自2009年即著手推動氣候變遷調適與溫室氣體排放管理措施，在科技部支持下成立「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(TCCIP)，以提供臺灣氣候變遷科學與技術研究服務為宗旨。平台藉由不斷精進氣候變遷推估技術與能力、發展氣候變遷風險評估與調適工具、提供深入淺出轉譯氣候變遷科學數據、強化科學研究與實務應用的連結、加強與服務對象的溝通，以提供符合公部門、學研單位、企業及社群機構氣候變遷相關資料、資訊、知識、工具等一站式服務。而在平台調適模擬器功能中，可協助模擬多項調適策略對縮小淹水範圍之效果，雨水下水道建設即為其中重要選項之一。此外，TCCIP多項模擬成果均顯示未來在氣候變遷影響下，水資源分布變化將產生劇烈變動，

如何應用結合下水道建設與再生水廠之新興再生水資源利用，亦為未來重要調適方向。因此利用 TCCIP 之一站式服務作為政策研擬之基礎，將是推動加速下水道建設重要工作之一。

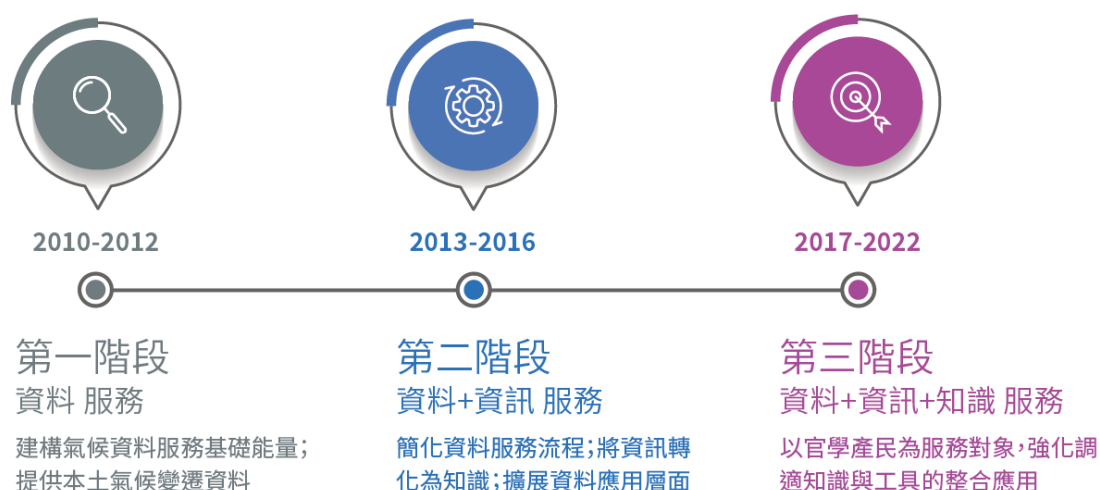
貳、TCCIP 計畫

為產製符合臺灣氣候變遷研究所需氣候資料、提供增值與服務之交流平台，並將從事相關科學與技術研發之成果與應用服務進行彙集與整合，因而提出「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」，計畫分為三個階段進行架設（如圖 1），TCCIP 計畫自 2009 年 11 月起開始執行，隨著氣候變遷優勢領域計畫陸續完成階段性任務，計畫於 2017 年起進入第三期（執行期間 2017 至

2022 年），整合部分氣候變遷優勢領域計畫工作內容，各階段任務說明如下：

1. 第一期計畫（2009 年至 2013 年）

以氣候資料的產製、增值與服務為主要工作任務；精進氣候變遷模擬推估能力，整合公私部門歷史觀測資料、建立長期而穩定的氣候資料庫。第一階段以資料服務為主，將科學數據轉化為可資利用的資訊；並出版臺灣第一本氣候變遷科學報告：「臺灣氣候變遷科學報告 2011」。TCCIP 第一代平台於 2011 年上線，以數據或圖表方式呈現東亞地區氣候變遷分析、臺灣地區過去氣候變遷、臺灣地區未來推估、以及水文衝擊分析等內容。



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 1 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台建置規劃

2.第二期計畫 (2013 年至 2017 年)

延續第一期計畫的總體目標；落實研發成果於跨部會調適政策應用，完成「臺灣氣候變遷科學報告 2017」第一冊的撰寫。隨著氣候變遷科研成果及氣候資料產製與加值的擴增，第二階段的氣候科學服務，除了氣候變遷的物理機制，也提供了氣候變遷衝擊與調適的資訊，轉譯氣候變遷知識，讓不同領域的研究學者間更容易對話。TCCIP 第二代平台則簡化資料服務流程，強化資訊服務的內涵，將資訊轉化為知識，提供更多元的氣候服務。

3.第三期計畫 (2017 年至 2022 年)

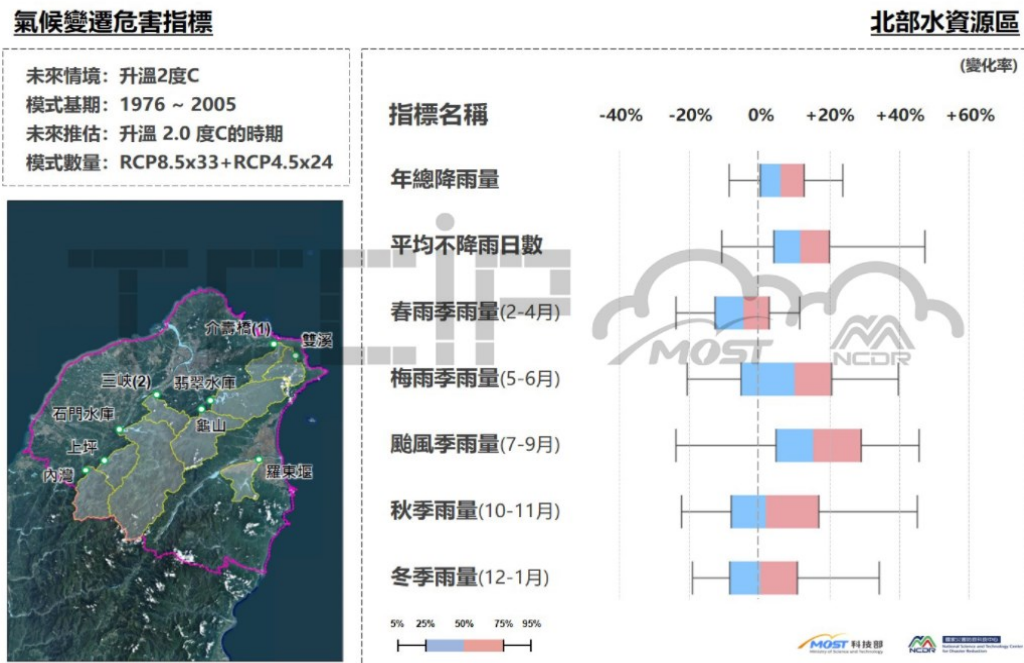
在原來氣候資料與資訊服務的基礎上，加強氣候變遷調適知識與實務操作的研究，同時強化利害關係人溝通、進行多領域衝擊分析；第三階段的氣候科學服務為使用者導向，強調科學研究與實務應用的鏈結。TCCIP 第三代整合服務平台於 2019 年 10 月上線；整合氣候變遷資料、資訊、知識，以更便利、更友善的操作介面提供最新且高品質的臺灣本土氣候變遷資料、轉譯氣候變遷科學圖表及資訊。2020 年新增的調適百寶箱 (Adaptation Resources Kit, ARK)，藉由系統性架構，提供產官學研不同層面之氣候變遷調適服務資訊內容。以下針對最新上線的調適百寶箱功能進行簡

介：

(1)調適百寶箱-調適領域

目前調適領域可分為農業、淹水、坡地、水資源、海岸、公衛、漁業等七大領域，每個領域下又分別有「危害圖資」、「衝擊圖資」與「調適示範」等內容。以水資源領域為例，危害圖資範例如圖 2，圖中以北部水資源區為例，在選擇相關情境背景資料，如升溫情境、模式基期、推估時期、模式數量後，可產出重要水資源危害指標之模擬結果，如年總降雨量、平均不降雨日數、春雨季雨量 (2-4 月)、梅雨季雨量 (5-6 月)、颱風季雨量 (7-9 月)、秋季雨量 (10-11 月)、冬季雨量 (12-1 月) 等，可獲得在特定情境下各種指標之可能變化範圍，以作為後續區域水資源規劃之參考。而衝擊圖資範例則如圖 3，在水資源領域的部分，主要是以流量作為衝擊之指標，同樣在設定相關情境背景資料後，可以產出重要水資源衝擊指標模擬結果，如年平均流量、乾季流量 (11-4 月)、濕季流量 (5-10 月)、超越機率流量(Q_{90})、超越機率流量(Q_{95})、年蒸發散量、年入滲量等，在獲得各種指標之可能變化範圍與衝擊程度後，可作為後續區域水資源規劃之參考。而在調適示範的部分，目前水資源領域尚在製作中，若以農業領域為例，其調適示

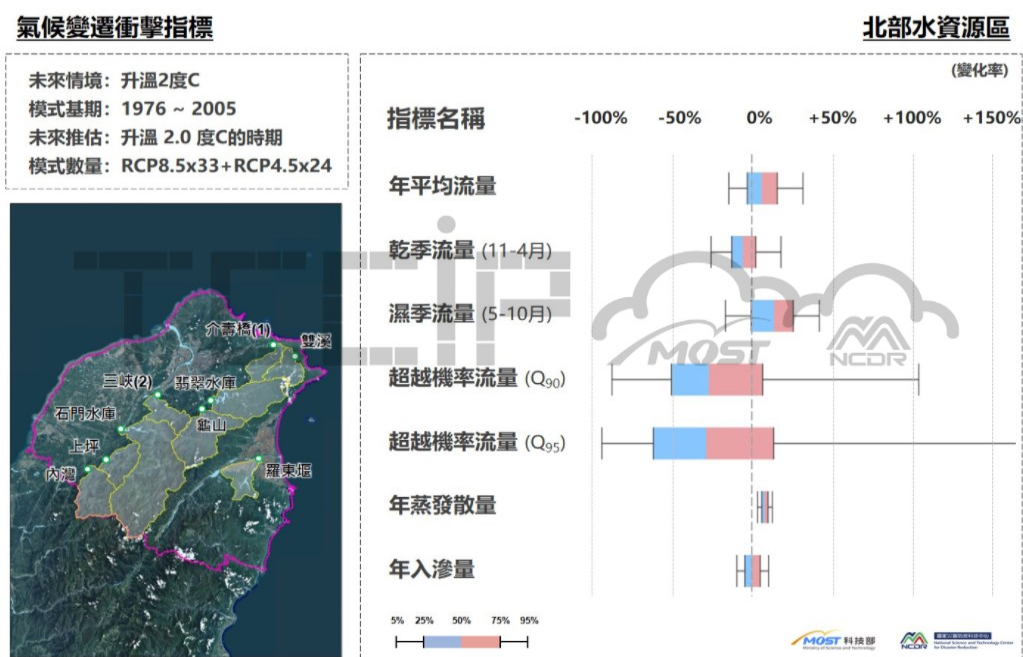
氣候變遷水資源危害圖



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 2 水資源領域危害圖資

氣候變遷水資源衝擊圖



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 3 水資源領域衝擊圖資

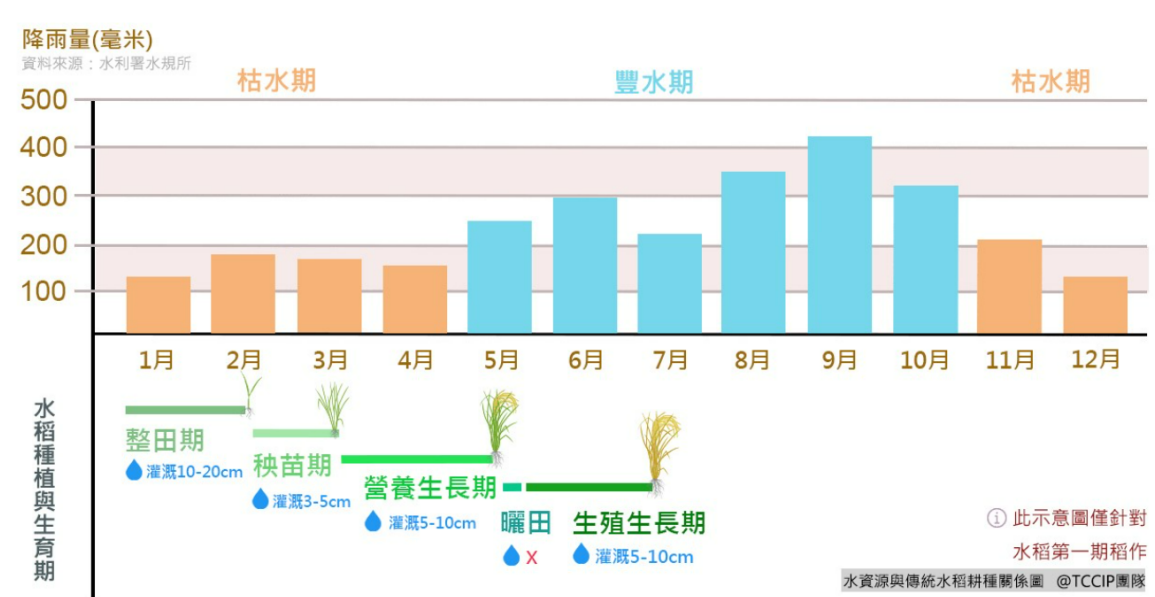
範以新竹縣新豐鄉稻米種植為案例進行分享，因該地區第一期作剛好落在臺灣枯水期（圖4），因此往往只能配合進行輪灌休耕措施。為了改善該區稻作用水需求，特別發展融合了農業專才、氣候分析、種植實務的「旱田直播」試驗計畫。

(2)調適百寶箱-調適知識

調適知識的部分可分為三大區塊：方法、工具與參考案例。方法的部分主要是蒐集國際重要調適政策研擬參考方法，包括英國風險決策框架(UKCIP)（圖5）、聯合國調適政策框架(UNDP)、聯合國國家調適計畫(UNFCCC)、臺灣支援決策系統(TaiCCAT)、國際調適標準(ISO

14090)、臺灣調適構面(TCCIP)（圖6）等。工具的部分則是簡介常用的知名工具軟體，如 ArcGIS、Hydroipact、DSSAT、OCWM-2D、TRI-GRS、SOBEK、Geoboxplot 等氣候衝擊評估與資料處理軟體。此外，TCCIP 彙整國內外重要調適案例整理於參考案例區塊，並依據前述之七大領域進行分類，案例則區分為結構和物理、社會、制度等三種類型。

以水資源領域美國結構和物理案例為例，美國圖森市(Tucson)是亞利桑那州的第二大城市，座落在荒漠的山谷區地形上屬於盆地地形，人口約 54 萬人。因其地理位置的關係，降雨受到季風的



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖4 農業領域新竹新豐調適示範案例稻作水資源分析



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 5 英國風險決策框架



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 6 臺灣調適構面

影響，以夏季季風與冬季暴風雪為主要降水來源。城市因位於荒漠地區而降雨量稀少，水源主要依賴山頂的融雪及地下水供給，但是自從有紀錄以來已經發生多次長期乾旱事件。此外，偶發的暴雨及夏季降雨仍會導致洪水氾濫，使得洪水及乾旱的危害及風險上升。因應策略為透過美國陸軍工兵團協助，執行基諾環境恢復計畫(The Kino Environmental Restoration Project, KERP)，擴大並改建圖森市南邊約 50 英畝的舊有滯洪區，目標為創建生態系統、收集城市雨水和控制洪水，建設多功能的滯洪空間，兼

具蓄洪調節、雨水儲留、生態及環境美觀的永續空間。在滯洪空間建設完成後，有效儲存水資源與補注地下水，並發揮減少水旱災、環境綠美化、降低自來水用量等重要功能。

(3)調適百寶箱-調適模擬器

調適模擬器功能則是應用 SOBEK 淹水模組為基礎進行模擬，可協助進行不同調適作為之淹水境況模擬，藉此了解在不同調適作為情況下，所達成之調適目標與效益。目前模擬器是以臺南三爺溪示範區 21 世紀末最劣淹水情境進行模擬（圖 7），可設定流量分洪、滯洪池增

調適模擬器

淹水

流量分洪

無調整 入海 二仁溪 入海+二仁溪

滯洪池增設

無調整 上游 下游 上下游

堤防增高

無調整 0.5M 1M

河道拓寬

無調整 1M 2M

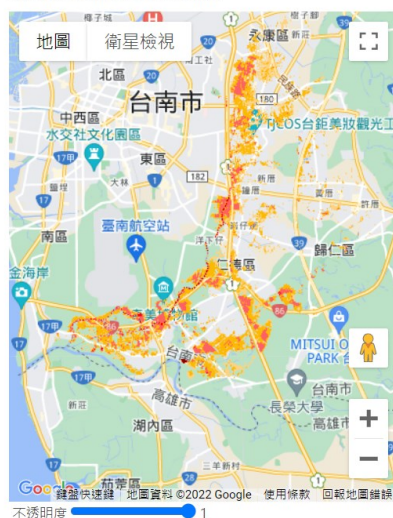
下水道導流

無調整 10% 20%

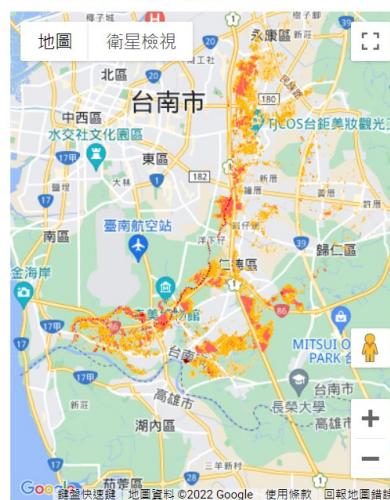
三爺溪示範區 21 世紀末最劣淹水境況場

針對不同調適方法修改所使用之SOBEK淹水模組，進行不同調適作為之淹水境況模擬，藉此了解在不同調適作為情況下，所達成之調適目標與效益。

現有調適狀況淹水模擬境況



新增調適作為淹水模擬成果



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 7 調適模擬器模擬畫面示意圖

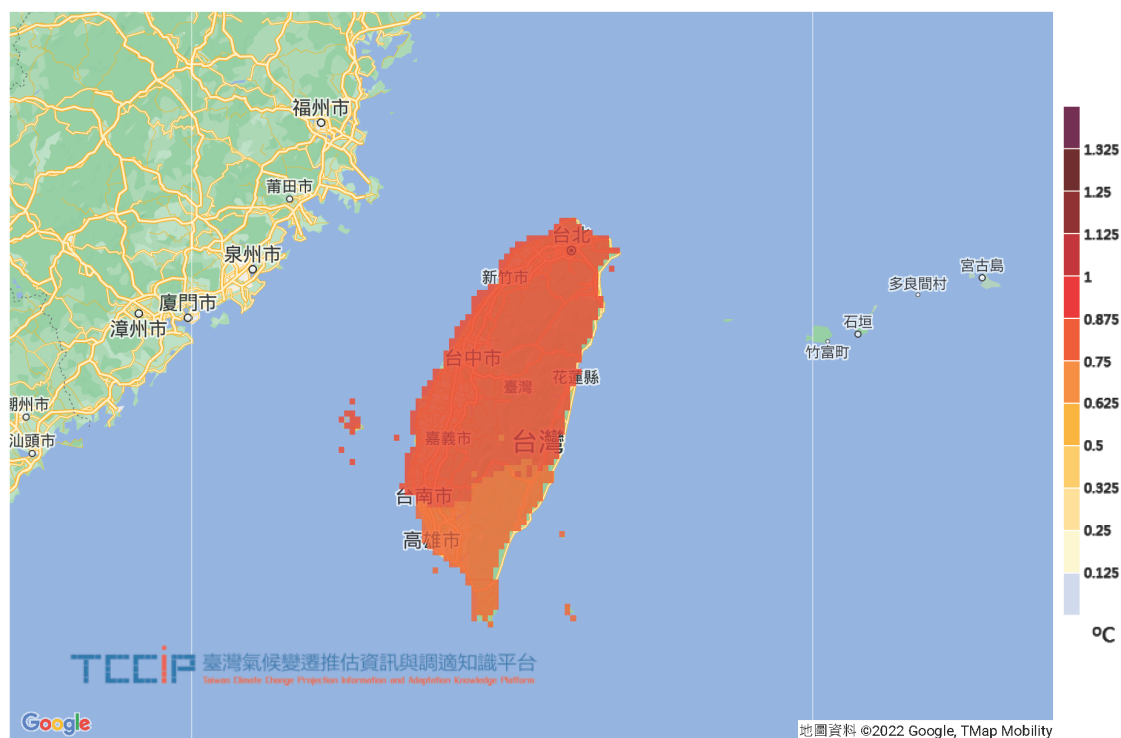
設、堤防提高、河道拓寬、下水道導流等工程條件，比較執行各種調適策略對縮小淹水範圍模擬之效果。

TCCIP 計畫目標為透過持續精進臺灣氣候變遷模擬推估技術與能力、產製符合本土衝擊研究所需的氣候資料、建立長期完整的氣候資料庫、研析氣候變遷趨勢、建立風險評估與調適工具，提供氣候資料與調適能力建構調適知識，藉此鏈結各研究計畫成果與政府重大政策推動工作，並提供中央及地方政府、產業、學研氣候變遷推估資料及科學資訊服務，以及協助推動本土技術輸出及

國際合作。

參、下水道建設與氣候變遷推估及調適

假設依據 IPCC 第五次評估報告 (AR5) 所定義出來的 4 個代表濃度途徑 Representative Concentration Pathways (RCPs)，選用 RCP8.5 溫室氣體高度排放的情境，並採模式平均預估值，則 2021-2040 年均溫溫度變化模擬結果如圖 8，可以得知全臺均預測將會有明顯升溫情形，中北部預計將升溫 0.75-0.875°C，而南部亦將升溫 0.625-0.75°C。



註：假設依據 IPCC AR5 使用 RCP8.5 情境，採模式平均預估 2021-2040 溫度變化。

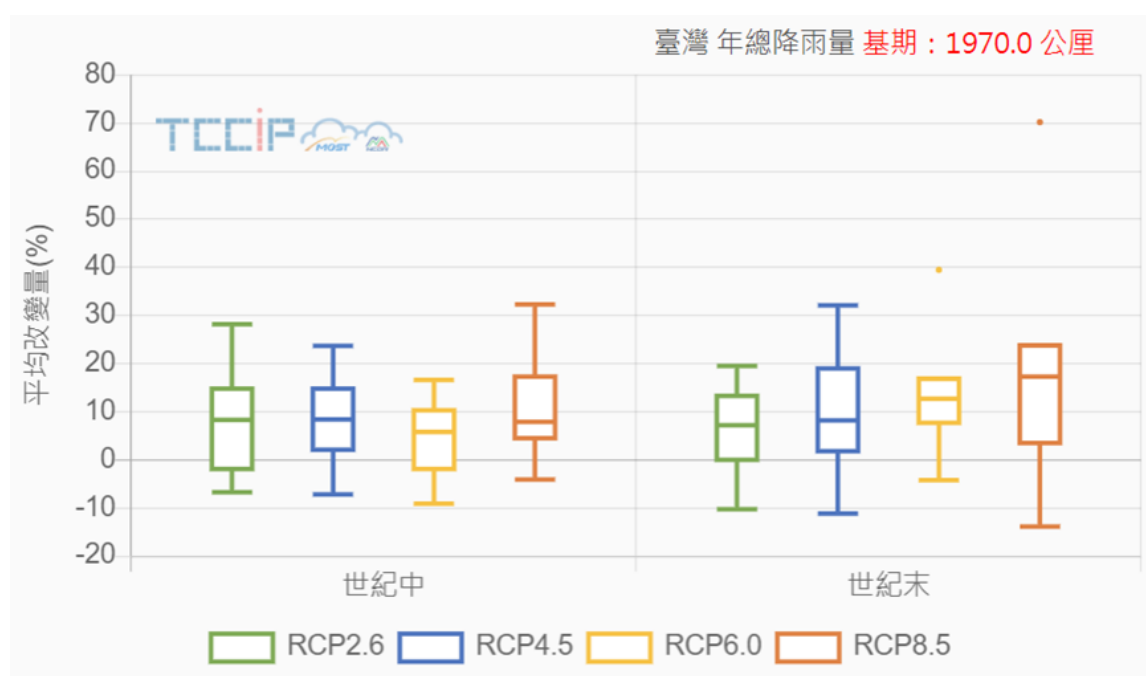
資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 8 臺灣未來年均溫氣溫變化模擬結果

而雨量變化模擬結果則如圖 9，模擬結果指出世紀中與世紀末各情境下均有年雨量上升之趨勢，但雨量變化亦明顯加劇 (Huang, et al., 2019 ; Henny et al., 2021)，因此對下水道建設推動政策而言，如何降低溫室氣體排放與如何調適變化劇烈之降雨型態，將是未來因應氣候變遷衝擊最重要之議題。

雨水下水道系統為現代化都市不可或缺之公共設施，尤其是氣候變遷衝擊下短延時強降雨頻率增加，造成都市水災損失日漸擴大，雨水下水道建設所建置之排水系統相互連接且形成系統，在

此排水系統正常運作下，可即時且有效完成排水功能，大幅減少都市水患之發生 (Li et al., 2019)。根據營建署最新雨水下水道建設規劃，預計規劃總長約 7,084 公里雨水下水道建設，而建設總長將達約 5,558 公里，全國普及率可達 78.45%。根據三爺溪示範區於 21 世紀末最劣淹水情境下之模擬，比較是否建設雨水下水道對淹水範圍之影響結果如圖 10，在使用 SOBEK 淹水模組進行模擬後，可以明顯發現在搭配執行下水道導流現況流量 20% ($17,000 \text{ m}^3$) 後，淹水範圍有顯著有縮小的情形，顯示雨水下水道建設對水資源變化調適之重要性。

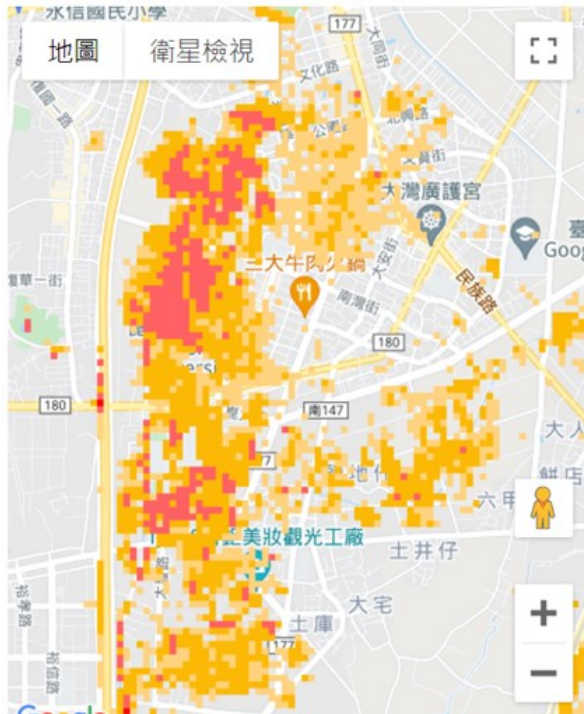


註：假設依據 IPCC AR5 報告資訊，採模式平均預估世紀中與世紀末之變化。

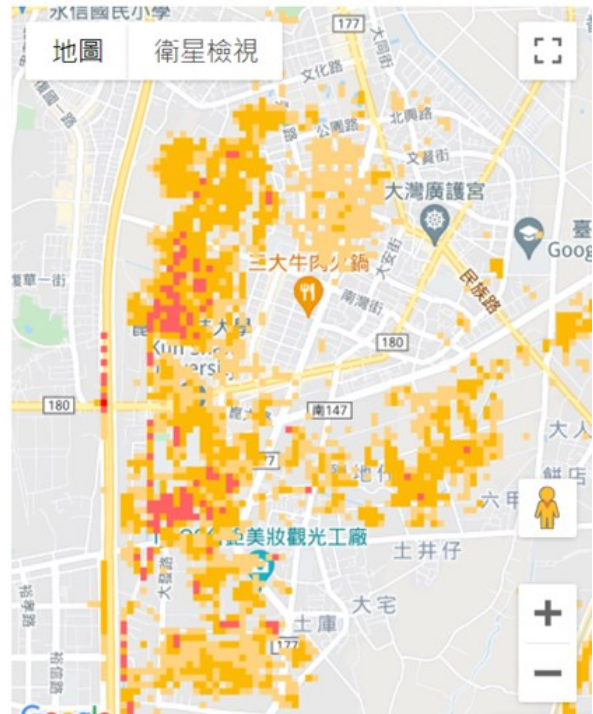
資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 9 臺灣未來年均降雨量變化模擬結果

現有調適狀況淹水模擬境況



新增調適作為淹水模擬成果



註：顏色越深代表淹水深度越高

資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

圖 10 雨水下水道建設對淹水範圍影響模擬結果

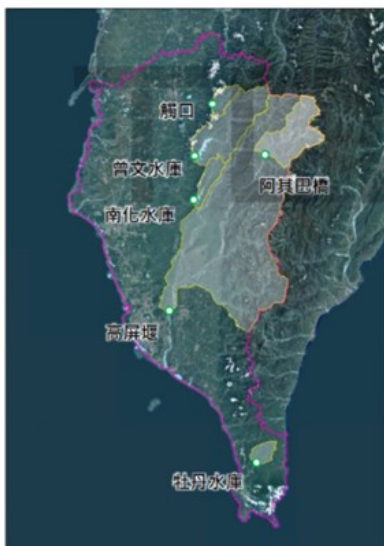
在水資源分布變化的模擬中，以南部地區之衝擊最為顯著，在以未來在升溫 2°C 情境下，模擬相對於基期(1976-2005)的危害指標變化率結果如圖 11。若以模擬值中位數進行檢視，則春雨季將會明顯降雨減少 7.52%，而其他季節則有降雨增加之趨勢，增加變化幅度為 5-12%，年總降雨量推估約將增加 9.13%，而值得特別注意的是年平均連續不降雨日數將增加 12.44%。代表降雨趨勢為總量增加，但變化幅度明顯加劇，尤其是春季降雨的顯著減少與連續不降雨日數增加，與短時間尺度下乾旱頻率

與強度均會增加的現象 (李昱祺等，2019)，將大幅衝擊臺灣供水系統之穩定性。

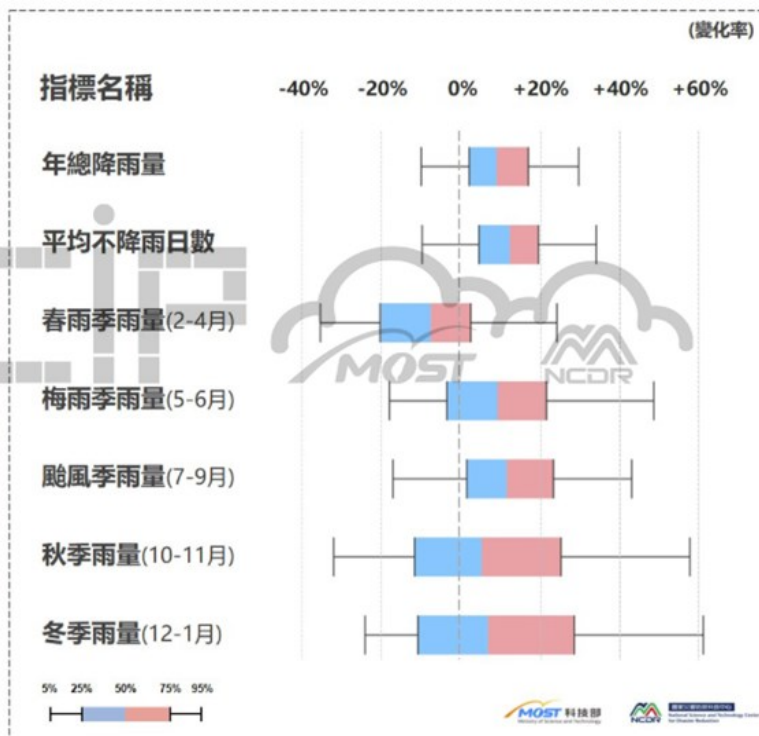
營建署為提升水資源利用效率與強化水資源供水穩定性，自 2007 年開始推動水資源回收中心放流水再利用計畫，行政院陸續核定「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」、「前瞻基礎建設計畫-水環境建設 (水與發展) - 再生水工程推動計畫」、「公共污水處理廠再生水推動計畫」等推動計畫。由經濟部水利署、內政部營建署、相關地

氣候變遷危害指標

未來情境：升溫2度C
 模式基期：1976 ~ 2005
 未來推估：升溫 2.0 度C的時期
 模式數量：RCP8.5x33+RCP4.5x24



南部水資源區



註：假設採用升溫 2°C 的情境，估算相對於基期(1976-2005)的危害指標變化率。

資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台。

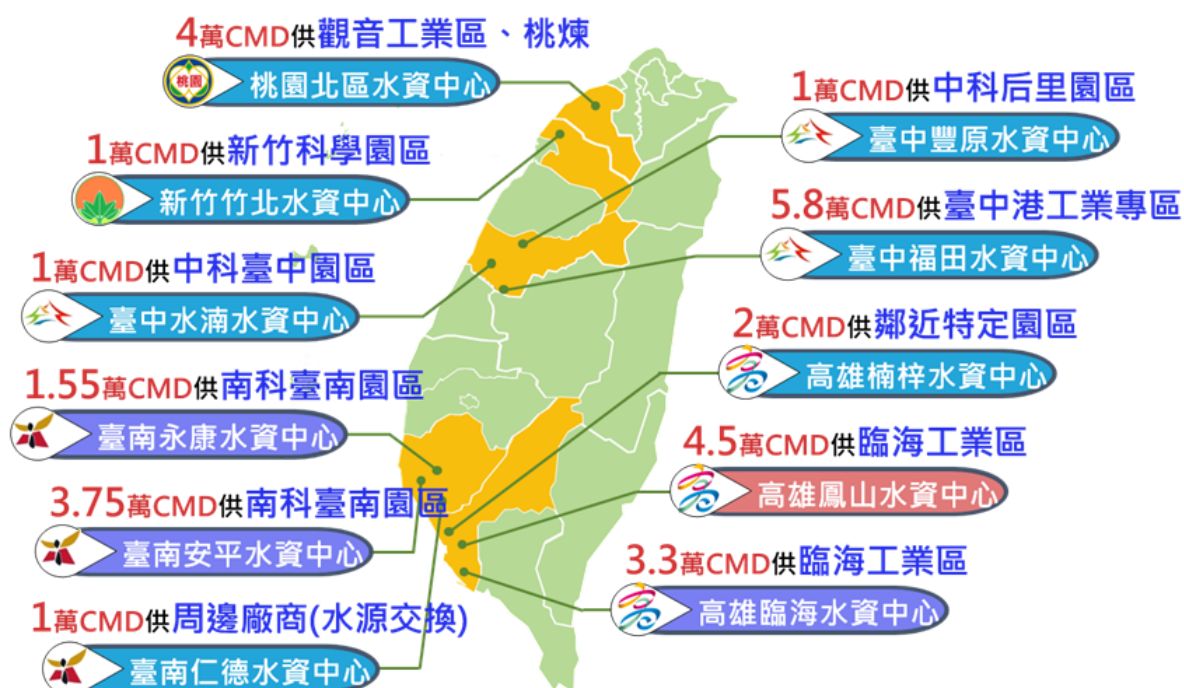
圖 11 臺灣未來南部水資源分布變化模擬結果

方政府及特定園區（含工業區或科學園區）主管機關等單位於桃園、臺中、臺南及高雄等地區共同推動 11 座再生水開發案（其中 6 示範案於 2013 年核定，2017 年前瞻增加 2 座、2020 年增加 3 座），預計可產水每日 28.9 萬噸，已核定再生水開發案分布可如圖 12 所示。建議後續可依據 TCIPP 平台最新研究成果，比對水資源變化具有變動幅度加劇之區域，如春雨顯著減少、年平均雨量降低、年平均流量降低、連續不降雨日數增加等情境，配合全國公共污水處理

廠之分布，進行再生水資源發展潛勢綜合評估，研究具推動再生水建設急迫性與優先度之地區，以作為未來再生水相關政策推動之基礎與參考。期望可透過政府帶頭投資協助國內再生水相關產業發展，帶動再生水相關產業串連，藉此推廣國內再生水利用，協助強化水資源供應穩定性，提升供水系統調適能力。

肆、結語

臺灣為了可產製符合我國本土特性之氣候變遷研究相關資料，並強化產官



資料來源：水利署，2021。

圖 12 臺灣推動中再生水開發案

學間研究成果交流，向民眾傳遞最新且正確的氣候變遷研究資訊，藉由 TCCIP 計畫成立整合性服務交流平台。而依據國內目前最新研究與模擬結果，推廣下水道建設已成為氣候變遷衝擊調適重要方案之一，搭配雨水下水道建設可有效縮小洪水範圍；而以污水下水道建設為基礎所發展之再生水廠，所供應再生水利用可大幅降低供水壓力，並強化整體供水系統之穩定性。因此相關研究均指出下水道建設可協助加強國家氣候韌性，未來可持續整合應用 TCCIP 最新模擬成果，協助研擬更有效率之下水道建設政策，以最具經濟效益的資源強化氣

候敏感區位之水資源韌性，降低氣候變遷衝擊所帶來之負面災損。

參考文獻

1. 尤泳智 (2019)。環境教育專業人員對氣候變遷全球暖化與節能減碳之知識態度行為意向之研究。臺灣師範大學生命科學系學位論文。
2. 水利署 (2021)。再生水之供需潛勢調查及媒合利用。
3. 李昱祺、王嘉琪、翁叔平、陳正達、鄭兆尊(2019)。臺灣氣象乾旱特性未來趨勢推估，大氣科學，47 期，頁 66-

91。

4.陳世榮 (2007)。探究環境治理中的知識溝通: 台灣氣候變遷研究的網絡分析。公共行政學報, 25 期。

5.Hsin-Chi Li, Shih-Yun Kuo, Wei-Bo Chen, Lee-yaw Lin, 2019: Benefit analysis of flood adaptation under climate change scenario, Nat Hazards 95:547-568.

6.ICSU, International Council of Science, 2015. Future Earth. <https://council.science/what-we-do/affiliated-bodies/future-earth/>

7.Lee, Chia-Chi, Kuo-Ching Huang, Shih-Yun Kuo, Chien-Ke Cheng, Ching-Pin Tung, and Tzu-Ming Liu, 2021: Development of a Social Impact Assessment for the Water Environment: A Professional Perspective. Water 13, no. 23: 3355.

8.Lexi Henny, Chris D. Thorncroft, Huang-Hsiung Hsu, and Lance F. Bosart, 2021: Extreme Rainfall in Taiwan: Seasonal Statistics and Trends. J. of Climate (online) .

9.Wan-Ru Huang, Po-Han Huang, Ya-Hui Chang, Chao-Tzuen Cheng,

Huang-Hsiung Hsu, Chia-Ying Tu, Akio Kitoh, 2019: Dynamical downscaling simulation and future projection of extreme precipitation activities in Taiwan during the Mei-Yu seasons. J. Meteor. Soc.

下水道·水再生期刊稿約

壹、誠徵稿件

- 一、本期刊為內政部營建署針對下水道領域所發行之期刊，每年三、七、十一月下旬出版，誠徵稿件。
- 二、歡迎下水道從事人員以及設計、產銷有關下水道工程之器材業者提供相關文稿，如創見或新研究成果；國外新知或工程報導；下水道工作現場發表感想；國內有關下水道發展之研究計畫；國內、外與下水道相關之新書介紹等。
- 三、惠稿每篇以伍千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限，本期刊對於文稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法出刊之稿件將儘速通知。
- 四、惠稿(含圖表及著作權讓渡同意書,並請提供一張圖片作為封面圖片)請用電子檔寄至 twea900606@gmail.com，並請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 五、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。

貳、稿件格式

- 一、版面設定：頁面紙張請以 Executive 規格 18.41cm*26.67cm 直式編排；本文版面規格:版面上下左右邊界各為 1.27 cm；內文段落採單行間距，並設定左右對齊。除摘要，其餘皆以兩欄型式呈現。內文首行需位移 2 字元。
- 二、字型設定：字體中文請採標楷體字型，英文及數字請採 Times New Roman。字體大小：頁首頁尾及頁碼採 12 號字，標題採 18 號粗體字(置中)，作者姓名、任職單位及職稱採 12 號字(置右)，"摘要" 標題採 14 號粗體字(置中)，各章節標題採 14 號粗體字(置左)，內文採 12 號字，圖表標題採 11 號字。
- 三、文章篇幅：每篇文章以 10 頁為限（含所有內容及圖表）
- 四、文章架構：
 - ◆ 標題：宜簡明
 - ◆ 作者姓名、任職單位及職稱：請以置右方式依序條列
 - ◆ 摘要(300 字為限)

◆ 本文 (章節之編序以：壹、一、1、(1)、... 為原則)

◆ 參考文獻

五、圖表配置：本文中之圖表請隨文插入 (與文字排列)，圖表之編號一律以 1,2,... 等阿拉伯數字表示，圖標題請以置中方式標註於圖下方；表標題以置中方式標註於表正上方。

六、數據規範：內文中之數字請以阿拉伯數字呈現，並採用半型，可量化數字超過 3 位數請以逗號區隔，如 1,234 ；年份請以西元紀年；文中所使用數據單位請以公制單位，如：min、℃、mg/L 等，數字及單位之間請空半形 1 格。

七、參考文獻格式

期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。

書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。

機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。

【參考文獻 格式範例】

1.歐陽嶠暉，下水道工程學，長松出版社，增訂版，第 45-56 頁，臺北(1992)。

2.黃國文、李方中、於望聖、陳志偉、顏慧敏、施上粟、林旺德、林佳薇 (2017)，公共污水下水道維護管理訪評計畫之研訂與推動，農業工程學報，63(2)，第 1-10 頁。

3.陳余育、劉振宇、鍾淑女、李金靖、陳怡寧、游勝傑，“台灣地區性水資源回收中心新冠肺炎病毒檢測初探”，中華民國環境工程學會 2021【廢水處理技術研討會】研討會，110 年 8 月 19 日，第 132 頁(2021)。

八、文章內文格式範例(請洽本期刊編輯組)

參、本期刊內容將刊載於內政部營建署下水道資訊入口網 (<https://sewergis.cpami.gov.tw>) 歡迎各界參閱。

著作權讓渡同意書

本人_____保證除本次投稿至「下水道·水再生」期刊之文章_____，相同內容未投至國內外其他有版權之期刊或有抄襲之情事，若有涉及著作權之侵權或其他不法行為，本人願負相關之法律責任。

本人同意將本篇文章之著作權自接受刊登日起，讓渡給內政部營建署，有重新製作並將本篇文章置於所屬網站及刊物等刊載供外界查詢之權利，但需註明本文章作者。作者保留引用文章在自己著作之權利。

此 致

內政部營建署

立 書 人： (親筆簽名)

通 訊 處：

身分證字號：

聯 話 電 話：

(親簽後掃描為電子檔與文稿一併寄送至編輯組)

中 華 民 國

年

月

日

中華民國 一百一十一年七月出刊

第 1 卷第 1 期

中華民國 一百一十一年七月創刊

發行人：吳欣修

指導委員：宋德仁、於望聖、林志峯、范世億、陳志偉、劉振宇、蔡長展、
韓榮華(依姓氏筆畫順序)

編輯委員：王朝民、朱錫麟、阮春騰、邱敏錦、周黎明、林舜宏、侯嘉洪、
洪俊雄、胡念英、康世芳、張添晉、莊順興、陳立儒、黃成龍、
黃良銘、黃靖修、楊仁彰、廖宗銘、鍾志成、蘇玫心(依姓氏筆畫
順序)

總編輯：曾淑娟

副總編輯：周世銘、鄭惠君

執行編輯：游勝傑

出版單位：內政部營建署

地址：臺北市松山區八德路 2 段 342 號

電話：(02)8771-2345

網址：<https://www.cpami.gov.tw/>

執行單位：社團法人台灣水環境再生協會

地址：臺北市松山區復興南路一段 1 號 1204 室

電話：(02)2777-2675

網址：<https://www.twea.org.tw/contact.html>

GPN:2011100010 ISSN:27913805

★★★本刊文章版權所有，非經同意不得轉載★★★

★本刊文章屬個人學術發表，不代表內政部營建署立場★