

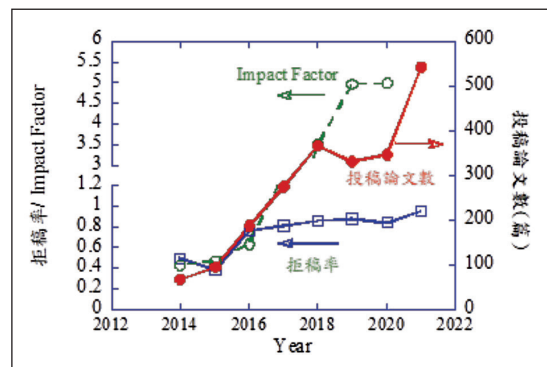


# 回顧與展望專欄 環境工程學會

中華民國環境工程學會理事長 / 林正芳  
中華民國環境工程學會常務理事 / 黃靖修  
中華民國環境工程學會理事 / 孫世勤

關鍵字：環境工程、再生水、自來水現代化、廢棄物與資源循環、土壤地下水污染整治、智慧水、AIoT、ESG

環境工程學會創立於民國78年，設有學術委員會包括：永續政策、環安衛、土壤及地下水、水環境工程、環境財務工程、廢棄物與再生資源工程、環境資訊與AIoT、環境規劃與管理、空氣環境工程與氣候變遷等。茲將過去一年來各學術專業領域具代表性重要工作或建設說明如後。



## 一、環境工程學刊

本學會於1991年創辦中國環境工程學刊 (Journal of Chinese Institute of Environmental Engineering)，在創刊期間，蒙曾四恭、駱尚廉、林正芳與李慧梅等四位教授擔任總編輯的帶領下，廣獲國內環境工程教授及專家的肯定，並自1997年開始，改成英文發表，為本刊奠定深厚學術基礎，也成功建立學會

旗艦期刊的品牌。2001年，張慶源教授接任總編輯後，任內（2001~2010）大力推動各項創新措施、積極吸引稿件，2006年更名為環境工程與管理學刊 (Journal of Environmental Engineering and Management)，並陸續被國際重要資料庫如DOAJ、EBSCO、ProQuest、INSPEC、CAS等收錄；為強調環境永續發



展之急迫性，2010年再次更名為永續環境研究（Sustainable Environment Research，SER），為本學會期刊立下進軍國際及結合國際趨勢的發展方向。2011年起，王鴻博教授接任總編輯（2011-14），致力提升投稿系統、發展國際化編輯委員會，任內成功使SER收錄於國際三大學術資料庫之一的Scopus，提升SER的國際知名度。2015年林財富教授接任總編輯後，為進一步增加SER的國際學術能見度，在環工學會沈世宏、高志明、蔡俊鴻、張添晉、林正芳等理事長及學會的鼎力支持下，陸續與國際權威出版社Elsevier（2016~2018）與Springer Nature（2019~迄今）合作出版；尤其在環工學會、歷任編輯群、作者、及各方積極努力之下，SER期刊於2020年下半年成功進入EI/Compendex與SCIE資料庫中，並於2021年首次獲取影響因子（4.980），於SCIE環境領域期刊跳升至前30%，而Scopus 資料庫的Cite Score也逐年上升，由2018年3.1上升至2021年10.0，在環境相關領域期刊名列前茅。

## 二、水環境工程

### （一）臺南市永康水資源回收中心放流水回收再利用推動計畫案

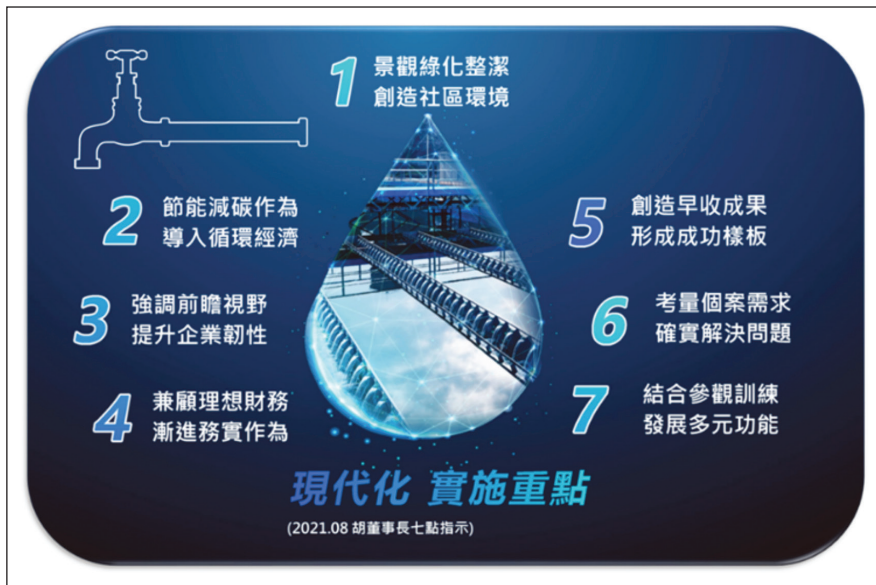
因應極端氣候及南部水資源缺乏之狀況，內政部營建署推動永康水資源回收中心及再生水設施興建，將水資中心放流水再利用，並以供應南部科學園區臺南園區高科技



產業用水為主要目的。再生水廠供水量第一階段8,000 CMD，第二階段-全期15,500 CMD之供水規模；輸水管線佈設預計經9.51公里之管線送至南科臺南園區配水池。

此工程計畫於108年01月19日與統包簽訂契約，108年03月27日隨之開工動土。水資中心及再生水廠於110年7月30日完成功能試車並於110年9月27日取得使用執照正是起動產水。

放流水再生在於高科技產業用水，除出水穩定度是基本要求外，如何確保水質甚為關鍵要素，該廠係以薄膜系統（MBR，取代傳統砂濾+UF系統）。由於MBR反應池內生物濃度可達8,000 mg/L以上，反應效率高，對於有機物與營養鹽之去除有更顯著的效果。高科技產業用水之關鍵水質參數-尿素分子結構小、不具大電性且與RO膜材質間有化學親合力作用之特性，使其去除困難，然溴化物化學加藥處理法係利用添加水溶性溴化物鹽和氧化劑進行尿素氧化處理。本廠於再生水廠RO處理水後添加次氯酸鈉（NaOCl）



以及溴化鈉（NaBr）至反應槽內，經化學反應式去除尿素。

## （二）淨水廠現代化工程

台灣自來水股份有限公司自民國63年成立以來，至今已擁有140個供水系統，各型淨水場共476座，將源於河川、水庫、地下水、鹽化水及海水等不同的水源經淨水場各式處理流程及設備轉化為乾淨的自來水。隨著時間推移，因場內設備與土建自然老化、人口遷移與成長、產業發展與轉型所產生的各項營運挑戰外，受到全球氣候變遷、溫室效應影響而導致水文不確定性提高、豐枯期水量變化加劇等問題，以及天災、人禍、法規趨勢變化等其他因素，都為淨水場帶來各種潛在或亟需解決的問題。

「景觀綠化整潔，創造社區環境」、「節能減碳作為，導入循環經濟」、「強調前瞻視野，提升企業韌性」、「兼顧理想財務，漸進務實作為」、「創造早收成果，形成成功樣板」、「考量個案需求，確實解決問題」及「結合參觀訓練，發展多元功能」等七點為淨水場現代化的實施重點，台水公司目前正進行現代化前期規劃工作，由淨水場基本資料收集及水質資料分析為始，以統計及研析成果為基礎探討水質法規修改趨勢及其潛在衝擊，並同步比較國內外淨水處理及成功現代化案例，其後於對各國現代化精神具充分了解的前提下，擬定淨水場現代化的願景、目標及期程。中後期工程面工作將以前期規劃成果為依據，並以淨水場整體改善規劃及本公司實務經驗為基礎，向上建構自111年起為期10年近遠期等兩階段期程，



以積極且循序漸進方式完成遠期10至15座現代化重點場站建設，近期則依照前期規劃內容，辦理後續工程計畫，以完成3至5座稱為「Showcase」的示範場站，做為現代化計畫的範本。

### 三、土壤及地下水

近10年台灣環境工程在土壤及地下水領域，啟動規模最大、挑戰最高的整治工作，為高雄市政府工務局與台灣中油股份有限公司簽訂「針對高雄煉油廠場區土壤及地下水污染場址改善工作行政契約書」，由工務局依據中油公司提送高雄市政府環保局並經核定的「高雄煉油廠工廠區土壤及地下水污染控制場址控制計畫暨2處土壤污染整治場址整治計畫」，辦理「加速高雄煉油廠工廠區（不含第三區）污染改善工作委託總顧問技術服務」，以利中油高雄廠工廠區土地順利於113年間解除列管。

中油高煉廠污染整治範圍約176公頃，陸續被公告為土壤污染控制場址、土壤污染整治場址、地下水污染控制場址等，主



要污染物為苯、甲苯、乙苯、二甲苯、總石油碳氫化合物等輕質非水相液態污染物（LNAPL）。由於土壤及地下水均遭受污染且污染範圍大與污染深度亦較深，加以土壤質地呈現不連續分布、地下水位豐枯水期變化大，由總顧問進行整體且妥適的規劃，分階段依序啟動整治工作，初步預估經費約為268億元，並依後續實際發包金額調整。

前述整體整治規劃架構分為土壤整治、地下水整治、污染團攔截等三個面向，考量後續將有多家整治廠商承攬整治工作，各家廠商有其競爭技術，故整治計畫僅針對整治架構進行原則性規劃，篩選對於中油高煉廠污染物具有一定實績的整治工法列入架構規劃，例如熱脫附、土壤清洗、離地生物復育，以及現地化學氧化、加強式生物復育、界面活性劑沖排、雙相抽除、透水性反應牆或其他可行之新穎工法，不但保留後續執行整治的彈性，並提升整治效能與國內環境工程技術。此外，為有效防堵污染團向外遷移，中油高雄廠執行中的SVE/AS及注氣幕簾（Air Curtain）污染物攔截系統，將在不影響後續整治工作前提下持續操作，防止污染團擴散。

### 四、廢棄物、再生資源工程與空氣環境工程

#### （一）臺灣地區大型垃圾焚化廠整建計畫

臺灣地區垃圾處理早期以掩埋為主，其



後隨著經濟發展垃圾量快速增加，加上地狹人稠新闢掩埋場不易，故改推動焚化為主掩埋為輔政策，自81年至97年陸續完成興建營運21座公有焚化廠及3座民有焚化廠。惟廠內設備隨著使用年限漸不堪負荷，效能下降造成運轉率與處理量降低、發電量減少等問題，必須進行全面體檢，再依據各廠狀況及各地方政府廢棄物未來處理需求，執行整改或重建計畫，並概分為營運中廠整改、原址建新汰舊、他址增建新廠3種模式。

目前已完成發包之計畫包括11座營運中廠整改（木柵/北投/新店/樹林/溪州/鹿草/仁武/岡山/崁頂/新竹市/八里）、2座增建新廠（桃園環科、新竹縣）、1座停用廠整改（台

東），另正（擬）招標中的尚有2座營運中廠整改（文山/后里）、2座建新汰舊（城西、高市南區）。無論是整改或重建，均將朝向提升運轉率/處理量/發電量、污染減排、灰渣減量再利用、減碳節能之方向發展，全新廠更將符合我國能源局所訂經前處理以提升熱值、降低汙染及高效發電之廢棄物再生能源發電設施規定。

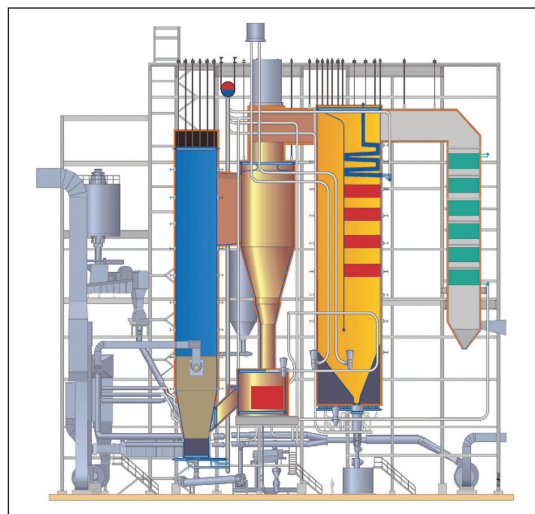
採行的具體作為如水管牆高鎳合金堆焊、增加蒸發管、爆燃清灰、高效空冷凝結器、汽輪機轉定子整修/更換、乾式底渣排渣、鈉系鹼劑除酸、多效觸媒濾袋、飛灰水洗、轉動設備變頻、吸收式空調、屋頂太陽能板、傾卸平台簡易破碎/分選/檢查/轉運設備等；此外，亦陸續導入更多數位化與智慧化應用，如車牌辨識、儲坑垃圾及爐溫影像辨識、先進自動燃燒控制、多元監測回饋維穩蒸汽量、震動頻譜分析、人員安全定位、設備光達掃描、3D-BIM建模、調度戰情中心、遠端診斷協作等。另在碳捕捉利用（CCU）方面，亦將引進國外焚化廠具實績之技術，以有機醇胺吸收廢氣中之 $\text{CO}_2$ ，經濃縮後做為自行產製鈉系除酸鹼劑之成分，固碳並降低鹼劑用量。可預期焚化廠陸續完成整改或重建後，我國將迎接嶄新的垃圾焚化處理時代，在轉廢為能為循環經濟框架中，不僅將無法回收再利用的廢棄物妥善處理，亦達成減排、減量、減碳及再生能源之永續目標。



## (二) 廢棄物與再生資源 -SRF 轉廢為能

近年來我國廢棄物管理已由早期的線性思維（原料/製造/使用/丟棄）逐漸進展為循環經濟模式，優先從預防及生命週期角度檢視物質減量及使用，再尋求後續能資源鏈結整合契機，也就是藉推動6R政策（Reduction / Reuse / Recycling / Energy Recovery / Land Reclamation / Redesign），逐步邁向永續發展目標。能源回收更是其中不可或缺之重要一環。

國內一年近200萬噸之可燃事業廢棄物過去一直依賴24座大型垃圾焚化廠協同處理，惟隨著設備老化處理效能降低，復因事業廢棄物熱值偏高、組成份複雜易損傷爐體，故宜將高熱值事業廢棄物分流導向燃料化，一方面增加去化管道、減少焚化負荷，另一方面亦得取代燃煤，並藉更高效率之轉廢為能創造再生能源。



高熱值事業廢棄物將先進行破碎、分選等前處理，回收有價資源物（如金屬）、去除不適燃雜質（如土砂、高含氯物），再製成較均質之固體再生燃料（SRF, Solid Recovered Fuel），熱值得達褐煤等級，並分為散料及粒料（pellet）2類。SRF可供既有工業燃煤流化

床鍋爐、水泥窯爐等混燒，因SRF購入價格為燃煤的20~75%，其內之生質成分亦得降低CO<sub>2</sub>排放量，故具減煤、減碳及財務之多重效果。此外，若設置專燒SRF之汽電共生廠或發電廠，更因採高規格熱工參數而提升整體能源回收效益，以SRF專燒發電廠為例，發電效率可達25%~30%以上，超過營運中焚化廠之平均19%。目前我國SRF年使用許可量約20萬噸，預估於114年將超過100萬噸，屆時SRF製造廠約18家、SRF再生能源發電廠約5家、SRF工業鍋爐/汽電共生廠等11家以上，對落實「轉廢為能」之產業發展及實踐「循環經濟」均具顯著功效。

### （三）桃園市生質能中心興建、營運及移轉（BOT）案

桃園市為全台第一工業科技大市，五百大製造業有超過三分之一在此設廠，工業產值連續九年居全台之冠，積極推動資源循環示範園區，選定於桃園科技工業園區依促參法興建、營運及移轉BOT方式引進民間資金



及技術興建營運桃園生質能中心。

桃園市生質能中心為具有三合一單元之複合式廢棄物處理設施，包含熱處理單元、厭氧消化單元及固化掩埋單元。自107年10月22日與民間機構簽約投資契約，厭氧消化單元已於110年12月1日開始投料試運轉；熱處理單元已於111年1月24日開始收受垃圾，111年3月底投料試運轉，預計111年5月執行整廠功能測試作業，並於111年7月進入營運階段。

A.熱處理單元設置容量為660公噸/日，採兩爐式配置；B.厭氧消化：49,275公噸/年；C.掩埋場：25,000立方公尺以上。考量中心進料性質及國內一般廢棄物熱值持續升高，設計熱值為3,000 kcal/kg，因廢棄物設計熱值高，故焚化設施之機械爐床，中間燃燒段採新式之水冷設計。廢熱回收鍋爐，過熱器出口之過熱蒸汽，設計溫度及壓力為430°C及53 kg/cm<sup>2</sup>，可提高中心發電效率達25%以上提升能源效率。引進歐洲最先進的聲波溫度偵測系統可偵測整個焚化爐斷面的廢氣溫度分佈，依據脫硝最佳廢氣反應溫度範圍（約950°C）決定不同高程的SNCR尿素噴嘴啟閉及噴入量，焚化爐氮氧化物控制技術，將鍋爐出口氮氧化物排放濃度操作在80 ppm以下，再藉由後端廢氣處理設施進一步去除氮氧化物。另戴奧辛最佳可控制技術於鍋爐出口可控制在2~3 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>以下，較傳統焚化爐降低約50%，再藉由後端廢氣處理設



施進一步去除戴奧辛。

## 五、環境資訊與 AIoT- 連江自來水智慧型水網執行工程

馬祖地區為四鄉五島，特殊的地理環境與氣候條件使傳統水資源不易蓄留，大幅依靠高取得成本之海水淡化技術，讓水資源不論從經濟或民生層面皆顯得更為珍貴；此外觀光為馬祖地區重要產業之一，旅遊熱度逐年提高帶來供需平衡課題，淡、旺季旅客數差異則產生供水調度韌性挑戰，因此在經濟部水利署前瞻計畫補助下，逐步實現全島供水管網智慧化的構想。

第一階段-基礎建設與自動化分析（2018~2020年）：「連江自來水智慧型水網執行工程」自2018年10月至2020年10月為止，完成水庫水量水質監測系統、淨水場操作監控系統、自來水供水管網管理系統及用戶自動讀表佈建等工作。從原水端至用水端監測系統逐步建立智慧型水網之厚實基礎，同時開發自動化分析，可有效即時控管供配

水調度、了解用戶端用水狀況、提升連江水廠售水率及降低管網漏水率，亦有節省水資源及減少連江水廠人員工作負擔之正面效益，2020年也在水利署見證下，達成推動全台首座智慧水務島之階段里程碑。

第二階段-用戶服務與智慧化分析（2021~2025年）：「連江自來水智慧型水網執行工程-第二期」自2021年10月至2024年3月為止，供水端透過開發「智慧型水網決策營運管理系統」，將動態運算分析整合監控系統，達成水源智慧調控、水場智慧操控及水網智慧運行目標，使連江水廠在決策及營運管理上更具效率；用戶端導入「智慧水網民眾互動式服務平台」，實現用戶自我監看用水動態並主動告知用水異常，同時結合Line通訊軟體官方帳號，主動推播停水等重要訊息，提升用戶服務之即時性與便利性。

## 六、結語

環境工程為國民生活與產業發展之固本基石，國家經濟要發達國民生活品質要提升，皆要有科技化的環境工程建設與技術支援，現今國際產業趨勢對環境保護的認知與要求日漸嚴謹，國際社會均倡議企業生產鏈社會責任之ESG揭露報告，其中環境範疇是稽核要項，此ESG的之務實品質影響我國產業的競爭優勢，環境工程學會將持續投入領導台灣企業ESG的永續發展，引領國際。