



深耕循環經濟領域 迎接氣候變遷挑戰

崑鼎綠能環保股份有限公司工程師 / 楊建邦
崑鼎綠能環保股份有限公司工程師 / 洪建皓
崑鼎綠能環保股份有限公司工程師 / 宋建財

關鍵字：循環經濟、中鼎、崑鼎、淨零排放、焚化廠、整改、節能、減碳、廢溶劑、回收再利用、再生水、海水淡化、太陽光電、儲能、綠電

前言

循環經濟（Circular Economy）是一種經濟與環境永續共生的系統，在經濟發展的同時兼顧環境永續與社會責任，達成永續發展（Sustainable Development）的目標。英國艾倫麥克阿瑟基金會（Ellen MacArthur Foundation）於2012年發表的循環經濟系統圖（圖1），將資源循環的概念總結並整合出一個有形的體系，從原有線性經濟（Linear Economy）「開採—製造—使用—拋棄」的開放系統中，導入循環的概念，形成循環經濟「製造—使用—循環」的封閉系統，藉由維護、再利用、再製造及回收等循環途徑，減緩與縮小物質與能量循環，使得資源的投入與廢棄物、汙染排放減量，延長資源的使

用壽命，減少浪費和環境負擔。

艾倫麥克阿瑟基金會於2019年發表的報告^[2]並指出，全球溫室氣體的排放量有55%來自於能源，45%來自於產品製造過程，產品製造過程中55%的溫室氣體排放可透過碳捕捉及封存等技術減少，剩餘的45%則必須透過循環經濟實現（圖2），資源循環於淨零排放（Net Zero）上的重要性由此可見，我國國家發展委員會已將資源循環零廢棄列為2050淨零轉型十二大關鍵戰略之一（圖3）。

崑鼎綠能環保股份有限公司隸屬於中鼎集團的資源循環事業群，30餘年來致力於推動資源循環，各項業務領域皆以循環經濟為主軸。下文將分享崑鼎於淨零排放所規劃的策略、作為與成效。





圖 3 台灣 2050 淨零轉型十二項關鍵戰略^[3]

一、短中長期減碳策略訂定

崑鼎成立永續發展委員會已逾10年，以統整各項永續淨零事宜；自2017年起，導入BS8001循環經濟標準，從資源管理領域逐步擴展到全業務領域，並於2020年榮獲全球第一張全業務領域通過循環經濟標準的查驗聲明。而為提升組織因應氣候變遷韌性，於2020年開始導入氣候相關財務揭露工作小組（Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD）之管理架構，每年進行營運相關之氣候變遷風險與機會分析，並加以管理以及擬定策略。

面對淨零排放的需求，崑鼎根據氣候相關財務揭露工作小組調研結果，針對擁有長

期營運控制權的生產據點，訂定減少碳排放量（範疇一直接排放及範疇二間接排放）的氣候績效指標，並依循母公司中鼎已通過驗證的「科學基礎減碳目標倡議（Science Based Targets initiative, SBTi）」，以2022年為基準年，針對崑鼎及具實質營運控制權之子公司，擬定短中長期之減碳目標（表1），以符合巴黎協定（Paris Agreement）將氣溫升幅限制在1.5°C以內之目標。崑鼎預計於2030年營運總部達成淨零，生產據點碳排放量下降30%，總體碳排放量相較基準年下降33%，最終目標於2050年時各生產據點亦達成淨零。為達成此一目標，崑鼎各單位據此擬定短中期與長期之減碳策略如下：

短中期減碳策略（2023-2030）：採用低碳



表 1 崑鼎營運總部與生產據點減碳目標

	短期	中期	長期
營運總部	2024 減碳 20%	2026 減碳 40%	2030 達成淨零
生產據點	2026 減碳 15%	2030 減碳 30%	2050 達成淨零

能源、綠色技術、智能化和碳捕捉利用及封存 (Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS) 技術開發及提高再生能源的使用。

長期減碳策略 (2030-2050)：採用儲能技術、使用去碳能源及碳捕捉利用及封存技術的應用，在投入各項減量努力後，如仍有當前技術限制而無法削減的碳排放量 (目標少於10%)，將適度購買碳權作為抵減，以達淨零目標。

二、多領域發展循環經濟

對於不同領域的循環經濟議題，崑鼎透過多年累積的經驗，並輔以科學化分析，於維護、再利用、再製造及回收等循環途徑中規劃出最適合的方案。

(一) 焚化廠維護整改

台灣現有的焚化廠大多已運轉近20年，設備雖有定期維護保養，但仍不免面臨設備老舊、能源效率低下等問題，因此整改工作重點聚焦於延長設備使用壽命與提升節能效果，但在廢棄物處理壓力下，各縣市環保局無法允許焚化廠長期停爐進行整改，因此，透過系統化的盤查及分析，針對較短的

停爐期程，聚焦於高用電量設備的優化改善，整合規劃各項節能減碳及利用餘熱的技術，應用於近期進行整改的焚化廠，成功延長設備的生命週期並提升能源利用效率。

1. 風機馬達

馬達是推動所有電力設備運轉的核心裝置，從節約能源為出發點，高效能轉動設備是現今國際發展趨勢，為了避免世界各國馬達效率標準不同，2008年國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC)公告國際效率標準，將效能由低至高分為IE1 (Standard Efficiency)、IE2 (High Efficiency)、IE3 (Premium Efficiency) 及 IE4 (Super Premium Efficiency)。

此外，於風機馬達增設變頻器，經由控制頻率，使轉動設備在輕負載下維持低轉速，且有緩啟動功能，可降低轉動設備啟動瞬間所需的電力，達到節電效果，亦可延長馬達軸承的使用壽命。變頻器的節電效果在功率大、長時間運轉且負載變化大的設備上表現最佳，包含誘引式抽風機馬達、一/二次風馬達、氣冷式冷凝器馬達及設備冷卻水馬達等，皆為長時間運轉且高耗電轉動設備。



以日處理量900公噸的溪州焚化廠及日處理量1,350公噸的岡山焚化廠為例，一次風機馬達整改後，每年可節電約40萬度/台；二次風機馬達整改後，每年可節電約30萬度/台。

2. 氣冷式冷凝器

面對氣候變遷、全球暖化帶來的高溫所導致之發電效率下降的挑戰，在不影響建築結構的前提下，計劃將氣冷式冷凝器（Air-Cooled Condenser, ACC）的換熱管束改為扁平管設計，以顯著提升熱交換能力，以台南城西焚化廠為例，經改善後，每噸蒸汽的發電量提升14.5%。

將風扇葉片由鋁合金更換為玻璃纖維（Fiberglass Reinforced Plastics, FRP）材質，因本體重量減輕，於相同運轉條件下可降低馬達耗電量。玻璃纖維是以高分子環氧樹脂為基體，並以玻璃纖維為增強體，經過複合工藝而成的複合材料，優點為單位强度高、耐腐蝕、抗老化、耐高/低溫環境、耐燃性、絕緣佳及低熱傳導率。玻璃纖維扇葉可依據現場環境設計最佳的扭曲度、弧度及安裝角度。以日處理量900公噸的溪州廠為例，更換12組玻璃纖維扇葉，於100% MCR（Maximum Continuous Rating, 最大連續功率）轉速下，平均可降低約18%的電力消耗，預估一年可節省100萬度電，日處理量1,350公噸的岡山廠將18組扇葉中的10組更換為玻璃纖維扇葉，預估一年可節省82萬度電。

3. 吸收式冰水機

傳統壓縮式冰水機是以電力驅動壓縮機製冷，為高耗能設備，以日處理量900公噸的溪州廠為例，於夏季每小時耗電約200度。吸收式冰水機是以水做為冷媒，不會有因使用氫氟碳化物（Hydrofluorocarbons, HFCs）洩漏而對全球暖化產生的影響，吸收式冰水機是在真空槽讓水滴附在冰水管上，藉由水蒸發的相變化所帶走的大量熱能來製造冰水，並以對水氣具有高吸收力的溴化鋰水溶液做為吸收劑，來吸收水氣以維持槽內的真空度，但隨著溴化鋰溶液中的水分增加，吸收效果會逐漸降低，因此需要用熱能將溴化鋰溶液中的水分蒸發，並將水氣冷凝後持續使用，構成一製冷循環（圖4），而焚化廠的餘熱正好以做為吸收式冰水機所需的熱能，無須額外提供熱能。以溪州廠為例，吸收式冰水機相比傳統冰水機可節電85-95%，增設吸收式冰水主機估算一年可節省102萬度電。

4. LED照明燈具

焚化廠為丙類危險性工作場所，廠房內照明相當重要，在環保節能的趨勢下，採用LED（Light-emitting Diode，發光二極體）環保產品取代傳統高耗能燈具。LED是由P（Positive）型半導體（電洞型）和N（Negative）型半導體（電子型）組成的晶片，當施加順向偏壓，電流流過時，電子與電洞會在P型半導體和N型半導體間的PN接

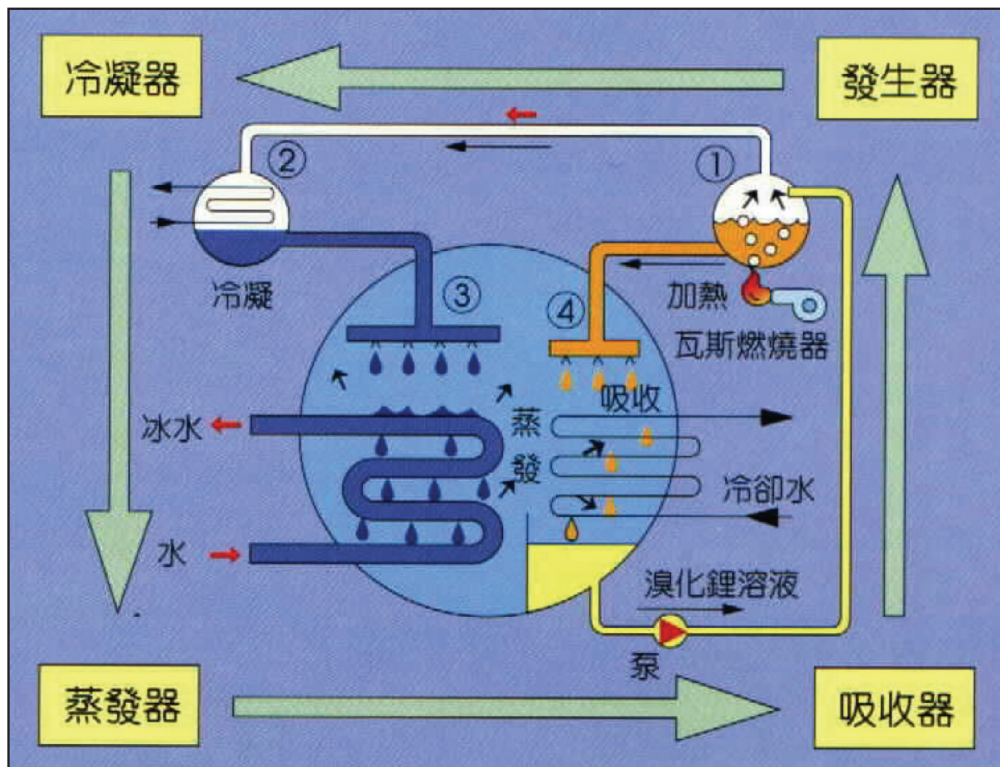


圖 4 吸收式冰水機循環^[4]

面（Junction）內結合，產生大量的能量，並直接將電能轉換為光能釋放出來，相較於將電能轉換成熱能再轉換為光能的傳統白熾燈光源，能更有效率地獲得光源。以岡山廠為例，全面更換成LED燈具後，根據各燈具的使用時間進行估算，一年節省57萬度電。

（二）新建焚化廠整體規劃

全台首座新世代處理廠「桃園生質能中心」（圖5）目前已由崑鼎執行營運，透過廢棄物減量、再利用與回收的規劃，落實循

環經濟。該計畫整合多項國際先進技術，焚化發電效率高達27%，比傳統焚化廠提升超過三成；此外，焚化過程中產生的灰渣，也透過中心內的灰渣處理設施將灰渣轉換為控制性低強度回填材料（Controlled Low Strength Material, CLSM）再利用，達到廢棄物材料化之目的。另針對高含水率不適合焚化處理之廚餘，更導入國際先進的厭氧消化（Anaerobic Digestion, AD）技術，產生沼氣進行發電，其產生的沼渣與沼液亦具高度資源化潛力。桃園生質能中心廢棄物處理運作模式，完美地契合了政府加值化處理廢棄物的永續目標。



圖 5 桃園生質能中心廠房外觀

（三）廢溶劑回收再利用

電子零組件產業為台灣出口主力，製造過程中會使用諸如光阻液、顯影液、蝕刻液、丙酮及異丙醇（Isopropyl Alcohol, IPA）等化學藥劑及溶劑，使用後通常被視為廢棄物送入焚化爐處理。崑鼎旗下的耀鼎（圖6）針對其中的廢異丙醇發展出高值回收再利用技術，透過蒸餾分離技術，將5%低濃度的廢異丙醇提純至85%的工業級異丙醇，可再次做為工業級溶劑，用於清潔去污、調製化學原料、稀釋調勻塗料等用途；再搭配萃取精餾（Extractive Distillation）破共沸技術，以高沸點的萃取劑將水與異丙醇分離則可提純至99.5%的工業級異丙醇。

若進一步透過蒸汽滲透（Vapor Permeation, VP）膜分離技術（圖7），利用蒸汽滲透膜代替傳統的蒸餾、萃取和吸附等分離法，可突破過往技術上的瓶頸，尤其在針對少量或微量水分的脫除上更具顯著優勢。操作過程中僅藉由真空壓力和膜後壓力進行驅動，不須添加第三種成分，即可獲得高值產品並降低環境負荷，因此被視為潔淨科技（Clean Technology），相較於傳統技術，蒸汽滲透膜技術可節能75%以上，異丙醇回收率更可高達99%以上。

耀鼎投入廢溶劑的回收再利用業務，每年可回收約6,700公噸的廢異丙醇，加以提濃成工業級原料再回到市場供應鏈，提升資源



圖 6 耀鼎廠房外觀



圖 7 蒸汽滲透膜系統



使用率、提高廢棄物價值及延長產品生命週期，讓產品發揮更大的經濟效益，目前回收再利用異丙醇的碳排放量較原生異丙醇減少70.6%，不僅大幅降低對地球資源的耗損，同時每年減少4,900公噸的二氧化碳排放量。

耀鼎於2021年透過執行量化、減量以及取得外部減量額度的方式，以抵換本身營運所產生的碳排放量，依據國際通行的PAS 2060碳中和規範，通過英國標準協會（British Standards Institution, BSI）查證，達成全廠碳中和，使得大氣中的溫室氣體沒有淨增加，而成為全台首家宣告碳中和的化學原料製造業者，並首開全國先例，同時具有國際循環經濟及碳中和雙證書，一步一腳印實現淨零排放的企業目標。

未來將持續朝高值化電子級產品研發，並導入高科技廠回用。此外，崑鼎亦積極與學術單位進行廢洗邊劑（Edge Bead Remover, EBR）電子級回用技術的開發，以擴大服務範疇，也將因應高科產業對循環經濟的需求，結合各項再利用項目，協助打造零廢中心，並提供後續操作維護服務。

（四）再生水及海水淡化

為因應氣候變遷與全球暖化帶來的缺水問題，國家氣候變遷調適行動計畫（2023-2026年）針對科學園區及中南部等缺水地區，擴大推動再生水及海淡水等科技造水，

以多元水源開發強化供水韌性。崑鼎在既有水處理設施及再生水廠的操作營運外，亦拓展至高科技電子產業的廢水回用。如近期接手集團母公司中鼎興建的南科再生水廠的操作營運工作，本案是全球首座將工業廢水再生回用到半導體製程的水廠。水廠的水源來自半導體廠的製程廢水及南科綜水處理廠的放流水，透過軟化、砂濾、生物處理、超濾膜（Ultrafiltration, UF）與逆滲透膜（Reverse Osmosis, RO）等處理單元將水質淨化，穩定提供符合製程用水水質標準的高品質再生水，用到半導體製程。目前產水量為每日2萬噸，協助業主節省自來水量達30%，未來全期供水量預計可達每日6.7萬噸，在協助產業減少自來水使用量的同時，也間接減少大台南地區的用水壓力。

2024年，由母公司中鼎攜手崑鼎，並聯手國際知名水務及固廢領域專業廠商蘇伊士（SUEZ），以及宏華營造在海事工程的專業，共同得標「新竹海水淡化廠興建及操作維護案」，本案日產水10萬公噸，將直接併入自來水系統，供應民生使用並支援新竹地區高科技產業用水，以多元水源開發促進經濟發展。預計2028年完工，將成為全台公共工程首座大規模產水的海淡廠。

多項領先國際的海淡技術導入並優化製程，透過大幅縮減開發面積、減少化學藥劑添加及污泥產生、設置太陽光電及能量回收再利用等方式，達成節電17%、溫室氣體



圖 8 Lumberton 太陽光電廠

減排16%，相當於60座大安森林公園的減碳量。針對民眾關心的鹵水（高濃度鹽水）排放議題，則透過創新的鹵水再利用及減排技術，每年減少40萬公噸鹵水排放，並降低海水取用，友善海洋生態。並與陽明交通大學進行產學合作，進行二氧化碳於鹵水中反應提取礦物質等研究，以期轉化為商業產品，實踐循環經濟、維護生態。

（五）太陽光電、儲能及綠電交易

聯合國氣候峰會COP28，決議在2030年前將再生能源裝置增加3倍，加速推動全球綠電的發展。而台灣2050淨零轉型十二項關鍵戰略亦將太陽光電納入其中，因台灣有9成溫

室氣體來自燃料燃燒，為達到淨零減排，政府定下2025、2030、2050年再生能源對總發電量的占比分別為20%、30%、60~70%的短中長期目標，其中，太陽光電的規劃裝置容量目標，分別為2025年的20GW、2030年的30GW，以及2050年的40~80GW。

崑鼎在海內外擁有逾百座太陽光電廠投資與開發之經營實績，開發的總裝置容量達145MW，維護專案亦超過350MW，為國內少數可提供投資、開發、興建、營運到綠電交易一條龍服務的業者。其中，位於美國紐澤西州的Lumberton太陽光電廠（圖8）為崑鼎開發、投資、興建、營運，並擁有100%所有權與經營權，裝置容量9.5MW，佔地面



積近16.5萬平方公尺，是目前台灣廠商在美國東部的第三大投資案，Lumberton電廠自2016年4月併網啟用迄今，一年可提供無污染的綠色電力1,200萬度，並將再生能源憑證在紐澤西州的SREC(Solar Renewable Energy Certificates)市場中販售。美國紐澤西州眾議會並在2017年通過第249號決議案（<https://legiscan.com/NJ/text/AR249/id/1621523>），明確肯定Lumberton電廠為紐澤西當地每年減少23,000公噸的碳排放量，對減緩環境暖化貢獻良多。目前正在積極爭取Lumberton電廠二期擴充案，並尋求更多投資機會，期望能結合集團中鼎美國公司的在地優勢，成為美國主要的光電及儲能投資商。

再生能源供電因其有間歇性和波動性的先天限制，電力供應不穩定，對電網衝擊較大，透過儲能系統穩定電網、調節離尖峰時間用電，已成為全球能源轉型的發展趨勢。儲能系統的基本架構主要包括：電池系統（Battery Energy Storage Systems, BESS）、電力調節器（Power Conversion System, PCS）、能源管理系統（Energy Management System, EMS）、高壓機電設備等。於2023年第四季，崑鼎投入的南崗工業區5MW儲能系統已併網參與台電動態調頻備轉服務（Dynamic Regulation Reserve, d-Reg），可協助電網快速穩定電力系統短暫的頻率變動，藉此提高供電穩定性與可靠度，提升電網韌性。

在綠電交易部分，在企業承諾目標及經常性契約容量達5,000瓩以上用電大戶條款所帶來的大量綠電需求下，崑鼎與政府及企業簽訂綠電轉供契約，交易量穩健提升，透過將電力轉供予政府或企業使用，滿足其綠電需求，協助其達成淨零排放目標。同時也發展綠電憑證，除供應集團內部淨零需求外，也可提供企業多元化的淨零服務。

結論

崑鼎做為循環經濟的實踐者，以「廢棄物處理、回收再利用、再生能源、機電維護整改」四大主軸業務均與淨零永續息息相關，並獲得顯著的節能減碳成效。崑鼎將持續透過資源循環業務的推動、拓展及綜效發揮，擴大影響力，為業主及政府提供多元且可持續的循環經濟解決方案，攜手應對氣候變遷，共同實現永續發展和淨零排放的目標。

參考文獻

1. Ellen MacArthur Foundation, Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition (2013).
2. Ellen MacArthur Foundation, Completing the picture: How the circular economy tackles climate change (2019).
3. 國家發展委員會，淨零轉型之階段目標及行動 (2022)
4. 柯明村，台北科技大學能源與冷凍空調學系，吸收式冰水機