



供給、需求、製造、環境

四大構面減碳技術一站購足

「臺灣2050淨零排放路徑」中，「科技研發」與「氣候法制」是兩大治理基礎，而企業淨零轉型過程中，也須仰賴科技的突破。工研院「打造淨零時代競爭力」論壇暨特展，展出逾40項涵蓋能源供給、需求使用、低碳製造、環境永續等四大層面的減碳技術，期待攜手產業，正面迎接淨零碳排的機會與挑戰。

撰文／鄒明珩

創新太陽能發電技術

現行國內再生能源以太陽能的發展與推廣狀況最佳，然而太陽能板的布建需要大量的土地，發電穩定也仰賴充足日照，臺灣地狹人稠，如何在既有的布建面積下，提升太陽能發電量，除役太陽能板也能做到循環再生，不增環境負擔，是相當重要的課題。

工研院長期致力於太陽能發電技術，成功開發出「穿隧氧化鈍化接觸太陽電池」、「染料敏化電池」、「鈣鈦礦太陽電池與堆疊技術」，大幅提升發電效率與多樣化儲能應用。

「穿隧氧化鈍化接觸（TOPCon）太陽電池」（下圖左）透過鈍化技術，可降低光源反射，有效地提升光電轉換效率，在高溫環境下有著更好的穩定性。目前轉換效率已達達23.5%，是市面上最具競爭力的商品化高效率太陽電池之一，能節省10%以上太陽能電廠用地面積，改善在陰雨天等低照度時的發電能力與烈日下的高溫衰減達3%。

「染料敏化電池」（下圖中）可用於彌補太陽電池在光線不足的情況下難發電的缺點，讓電池在低光源環境下，仍然可以持續採集能量，現已使用於電動窗簾、消費性電子產品、感測器等弱光應用情境。「鈣鈦礦太陽電池」（下圖右）本身具有弱光發電的特色，同時鈣鈦礦／矽晶堆疊電池技術，為目前很有發展潛力的高效率太陽電池技術，備受國內外矚目。

在回收方面，工研院研發「高效熱解輔助綠色濕法高值循環技術」，以熱分解技術妥善拆解太陽能模組，取得完整乾淨之玻璃板，電池片分離後，經化學程序取得高純度矽與銀，不但整體回收率高，最終得到產品也有再利用價值高，且每片模組拆解處理能耗僅需16度電。

相較傳統模組的商業廢棄處理程序，破碎法造成模組各成分相互混雜難分離乾淨，熱解法可讓玻璃、電池與金屬焊帶達到完全妥善分離，回收材料經過清洗後成具有價值之再生材料，後續產業在使用再生材料時也可達製程減碳的目的。



能源供給

能源供給

工業製程餘氫發電及純化回收技術

氫是終極潔淨能源，是淨零碳排路上不可或缺的技术。工研院的「工業製程餘氫發電及純化回收技術」，將半導體、石化等產業製程中的副產品餘氫回收，用作燃料電池的燃料，創造潔淨綠電。

餘氫發電部分，研發團隊以獨創的封閉循環迴路機構及控制設計，開發出低氫氣濃度尾氣也可直接使用之燃料電池系統，可直接利用工業製程中的氫氣混合氣用於發電，突破過去製程餘

氫難應用之困境，同時額外提供每年數千萬度的潔淨電力，既減少碳排放，又有新的經濟效益。

純化氫氣回收技術則有低成本、體積小、純度高以及純化效率高四大特色，以陶瓷金屬合金作為濾氫回收的材質，可減少鈀金屬使用量，並建立低成本濾氫純化技術，透過篩分隔離與質傳過濾雙機制，縮小純化器體積及成本，可把製程中7成餘氫回收，且氫氣純度提高至99.9999%以上，可回到產線再利用。



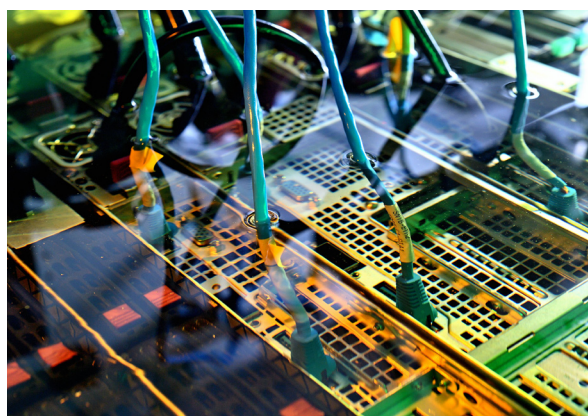
沉浸式冷卻邊緣資料中心技術

除了從供給面提升能源效率，節能也是落實減碳的具體做法。工研院攜手日本第二大電信商KDDI及多家全球知名IT企業，共同開發「沉浸式冷卻邊緣資料中心技術」，以非導電且冷卻率高的液體，為資料中心產業解決散熱難題。

該技術具備五大特色：首先是伺服器的高密度配置，無須預留空間給空氣對流和主動式冷卻零件，有效提高伺服器排列密度及資料中心的單位空間運算力；二是結合通風窗、排風扇和特殊空間通道的設計，以更有效果的自然環境冷卻，取代傳統氣冷技術，達成節能目的；三是

採用不必完全密封的單相冷卻技術，降低維修時冷卻資源的損耗，提高維修便利性；四是以「貨櫃型」模組化，可在3個月內快速建置；人性化的介面管理，協助IT人員可遠端即時監控資料中心設備的健康程度，並預測未來可能的溫度走勢。

目前沉浸式冷卻邊緣資料中心技術已串聯日本、美國、臺灣22家以上的相關供應鏈廠商，也與台灣雲端物聯網產業協會會員合作，建置日本在地解決方案，將資料中心的電力使用效率由1.6降至1.1以下，減少耗電逾4成。



需求使用





低碳製造

低碳無毒微生物靛藍染料技術

快時尚風潮襲捲全球，其大量生產、快速汰換的特性，卻對環境造成更大的負擔。尤其紡織業所使用的靛藍染料年需求超過8萬噸，其中的99%皆是透過化學合成方式生產，在生產過程中所產生的中間體，若未能妥善處理易造成汙染。

工研院的「低碳無毒微生物靛藍染料技術」，利用獨特的基因與代謝路徑設計，讓大腸桿菌生產出靛藍染料，為紡織產業提供安心無毒的染料新選擇。

此技術除了有低碳、無毒、製程永續循環的優點，在織物飽和度、水洗牢度及日光牢度上也都有新的突破，可達工業化規模穩定生產，估計每年還可減少45噸以上的二氧化碳排放量，助臺廠搶占綠色紡織商機。



智慧減碳排程系統

國際海事組織統計，全球90%貿易活動是透過海上運輸，而全球航運的碳排放量約為2%~3%，若能提升海運的運輸與調度效率，將能減少更多的二氧化碳排放量。

工研院研發「智慧減碳排程系統」，協助長榮海運在面對疫情、區域戰爭及各種外在突發狀況時，透過混合整數線性規劃（Mixed Integer Linear Programming；MILP）的方式，統合平台資料庫所收集的相關資訊，最快可在4小時內提供船隊航行的航線順序、各航次航行時間、港序、換線、裝貨量、如何轉接貨等最佳化的決策建議。

在數據化與平台化加持下，該技術不僅加強了海運公司對船舶營運的掌握，將海運的調度作業效率提升6倍以上，1年還可節省3%~5%的燃油費用、數10萬美元的人員培訓成本，以及10%~15%的碳排。



低碳製造

二氧化碳捕獲及再利用技術

歐盟碳邊境調整機制（CBAM）第一階段將納管水泥、鋼鐵、鋁、肥料、電力五大高耗能產業，在兼顧生產與減碳之際，二氧化碳捕獲技術成為排碳大戶減碳的解決方案之一。

工研院研發「二氧化碳捕獲再利用技術」，透過高效能的新型二氧化碳吸收劑配方，自煙道氣中捕獲純度高達



環境永續

99.9%的二氧化碳，捕獲率高達80%~90%，還可整合工廠餘熱和再生能源有效降低製程成本。捕獲的二氧化碳可用觸媒轉化為高經濟價值的化學材料，如聚氨酯樹脂（PU），可廣泛應用於鞋子、衣服、羽球拍等民生化工產品。

微藻固碳及加值化應用技術

捕獲的二氧化碳，除可投入民生化工產品的製造，還可運用「微藻固碳及加值化應用技術」，來養殖微藻，並提煉出生質燃料，亦可製成高值微藻保健食品、美妝產品，有效減少高排碳產業的二氧化碳排放量，兼具固碳、能源、廢水處理等效益。

工研院與台泥公司合作，以二氧化碳養殖「雨生紅球藻」，該微藻是臺灣本土的單細胞藻類，除了成長時間相對於國外養殖技術可縮短50%外，內含高價蝦紅素也多出57%，可製成美妝保養品，還能強化眼藥水的抗氧化效果及具預防阿茲海默症潛力，用途相當廣泛，開啟固碳新商機。



環境永續

淨零碳排服務團暨永續碳管理平台

除了減碳技術，工研院也成立「淨零碳排服務團」及「永續碳管理平台」，從服務面協助企業強化減碳能力。

「淨零碳排服務團」結合政府政策、國際脈動與產業趨勢，提供三大服務範疇，包括：舉辦「淨零碳管理實踐研習活動」，建構企業的淨零碳排知識；提供「諮詢診斷服務」，應用永續碳管理平台，協助企業估算碳排放量，搭配跨領域顧問團，給予企業全方位的改善建議；還有「深度減碳輔導」，以淨零減碳先進技術及新興商業模式的輔導服務，提升企業競爭力。

服務團自2021年9月成立以來，已輔導並協助許多國內企業減少碳排放，例如協助中型塑膠中空成型業者，優化其內部電力、空調、空壓等系統，改善冰水系統並導入軟水與變頻空壓機設備，每年減碳量達到41.05公噸，成效可觀。

「永續碳管理平台」是由超過20年的生命週期評估技術能量及產業輔導經驗所建立，擁有超過1萬筆且橫跨近20種產業類別的臺灣本土資料庫，除了提供以引導的功能指引使用者盤查、計算、分析、產出碳足跡報告的功能之外，更提供低碳比較的功能，協助產業邁向更低碳的設計與製造。■



創新服務