



淨零建築、再生能源、虛擬電廠

從能源供需實踐淨零碳排

二氧化碳排放與能源息息相關。為達2050淨零目標，能源部門減碳可謂重中之重，而從能源供需著手，不外乎「開源」、「節流」與「調度」：供給端提升「風光熱海氫儲匯」等零碳能源比重，需求端降低能耗，還能透過科技，將用不到的需求轉為供給，支援能源轉型期電網的韌性與穩定。



邁向2050的淨零路徑中，有兩大必然趨勢，一是各項應用的電氣化，例如電動車取代燃油車，建築內供熱的瓦斯鍋爐以電力取代；二是再生能源普及化，讓風能與太陽光電取代化石燃料成為新基載。

撰文／林玉圓

根 據環保署統計，2019年來自能源燃料燃燒排放的二氧化碳，占我國當年度碳排的9成，能源燃料的燃燒主要用於發電，若能在能源供給端提高再生能源發電比重，或需求使用端減

少電力使用，碳排就有機會下降。工研院「打造淨零時代競爭力」論壇暨特展，從能源的供需切入，探討低碳／零碳能源的使用，以及以創新技術提升能源效率的做法。



淨零建築的關鍵技術，包含建築設計、設備最佳化、儲能、再生能源、到能源管理與智慧控制等，透過高度整合，達到淨零耗能。

擔任座談引言的工研院副總暨資深技術專家王人謙開宗明義表示，邁向2050的淨零路徑中，有兩大必然趨勢，一是各項應用的電氣化，例如電動車取代燃油車，建築內供熱的瓦斯鍋爐以電力取代；二是再生能源普及化，讓風能與太陽光電取代化石燃料成為新基載，「最重要的任務之一，就是讓國內每度電的碳排量從現階段的0.5kg降到未來的0.05kg，甚至零碳排，」王人謙說。

減碳要角 淨零建築正夯

「建築是最大排碳部門之一，」王人謙說明，占全球碳排放量38%，占臺灣碳排放量21%；建築的能耗改善可明顯貢獻減碳。工研院綠能與環境研究所副所長鄭名山也表示，淨零建築已成各國關注重點，透過深度節能搭配再生能源，可讓建築全年用電量接近隨附再生能源的產電量。目前推動零碳建築最積極的包括德、英、日、美及歐盟，約10年前開始即陸續要求公私有新建物都必須符合淨零耗能標準。

「淨零建築的關鍵技術，包含建築設計、設備最佳化、儲能、再生能源、到能源管理與智慧

控制等，透過高度整合，達到淨零耗能，」鄭名山說，工研院在6、7年前就將工研院一棟20年的舊建築改造，透過整合太陽光電、照明用電最佳化、冷風機智慧管控、高能效冰機等，成功節能45%，並取得綠建築鑽石級標章。

在臺南的沙崙智慧綠能科學城，工研院全新打造7棟零耗能住宅，作為新技術的驗證場域，導入包括綠建築外殼、染敏電動窗簾、太陽光電結合儲能電池、智慧空調控制、全屋及全區能源管理系統等工研院創新技術，成功將能源使用密度（EUI）降至傳統住宅的一半以上，也藉由此案例證明臺灣的氣候條件足以支持淨零建築的發展。

上緯風電練兵10年 盼為臺灣打國際盃

「臺灣2019年的總碳排為2.656億噸，其中52%來自電力。為達淨零目標，建立去碳電力是唯一的路徑，尤其每百萬瓩（GW）的離岸風電可減少臺灣約200萬噸的碳，可謂效果卓著，」離岸風電開發商上緯新能源董事長林雍堯表示，離岸風電因為機組大型化、離岸遠、長期朝浮動式發展，對於人文、生態的衝擊最小，這也是為什麼國發會最新公布的2050淨零路徑中，規畫了40~55GW的離岸風場。

林雍堯指出，離岸風電能帶動的不單是一個特定行業或產業，而是能創造國內跨產業的多贏。臺灣若能建構出完整的離岸風電產業聚落，將可領導區域的能源轉型，成為亞太地區的離岸風電技術與服務中心。去年7月，上緯新能源邀請國內供應鏈菁英一起合資共組「離岸風電臺灣隊」，集結本地優秀業者的資源與力量，擴大廠商的參與空間和面向，讓風場開發的技術與經驗真正留在臺灣，未來還能輸出到亞洲鄰國，成為臺灣打國際盃的綠能產業一員。

茂迪弱光發電技術 清晨6點可產電

太陽能大廠茂迪總經理葉正賢指出，傳統化





石能源的開採年限將屆，成本逐年上升，但再生能源隨技術創新，成本不斷下降。以亞太地區而言，太陽光電在2025年的發電成本，將與燃煤發電形成黃金交叉，其中的關鍵技術除了電池效率、太陽能模組轉換率，還有茂迪開發的「弱光發電」技術。

傳統太陽能模組必須接收強力日照，發電時間限於上午10點到下午3點，但茂迪的弱光發電技術，能延長發電時間，為投資光電的業主帶來更多收益。「雲林太陽光電場在清晨6點就開始發電了！」葉正賢表示，未來茂迪還將把光譜接收範圍擴大，希望能夠增加發電時間，讓再生能源併網供電更穩定。

中興電工布局氫經濟 要做氫能火車頭

被視為終極潔淨能源的氫能，近年也愈來愈受重視。工研院綠能所副所長萬皓鵬指出，各國發展氫能的目的不盡相同，例如澳洲是為了能源輸出轉型，從煤、氣出口走向潔淨能源出口。全球第一

艘液氫運輸船去年底從日本出發抵達澳洲，今年2月底順利返回日本，跨出驗證氫氣低溫運送的第一步。日本發展氫能多年，主要是為了汽車、能源產業發展與減碳。歐盟也有綠氫整合計畫，德國在離岸風場發電過剩時，將餘電用來產氫，以維持電網穩定。

萬皓鵬指出，國發會「2050臺灣淨零排放路徑」規畫9%至12%氫能，「在氫經濟供應鏈中，臺灣的既有優勢是燃料電池，由於技術已相當成熟，未來在應用面還有許多成長空間，例如短期可推動半導體業餘氫應用於燃料電池發電，中長期讓餘氫透過純化系統回用於製程，形成完整的循環經濟。」

2008年就投入氫能開發的機電大廠中興電工，核心技術為「甲醇重組製氫」，已發展出產氫機、燃料電池、氫能動力模組、低功率氫能車輛、加氫站、智能微電網等六大產品及服務。中興電工董事長江義福表示，今年8月將在華亞園區建立氫能產



每百萬瓩（GW）的離岸風電可解決200萬噸的碳排，對減碳可謂效果卓著。這也是為什麼國發會最新公布的2050淨零路徑中，規畫了40~55GW的離岸風場。



工研院打造了首座VPP技術驗證展示平台，納入沙崙、六甲、永安、彰濱4個場域的電力資源，透過自行研發的決策系統和控制系統（U-BOX）來介接。

品生產基地，完整呈現氫經濟相關產品及服務。他說，「氫能已成為全球熱門產業，中興電工將扮演臺灣氫能及燃料電池的火車頭，讓相關供應鏈有發揮的舞台，一起為氫能的發展努力。」

工研院虛擬電廠 聰明調度增電網韌性

風電、太陽光電、氫能等多元的再生能源陸續併網後，將取代燃煤及燃氣成為新的供電來源，但因間歇特質，格外需要強韌且具彈性的電網做後盾。臺灣大學電機工程學系特聘教授劉志文表示，台電的電力交易平台於去年底正式上線，主要目的就是透過各式電力輔助服務，來因應高占比的再生能源對電網的挑戰；增強電網韌性的機制包括需量反應、儲能系統、自用發電系統，都可發揮螞蟻雄兵的力量，集結為虛擬電廠（Virtual Power Plant；VPP），彈性而快速的供電。

為此，工研院打造了首座VPP技術驗證展示平台，納入沙崙、六甲、永安、彰濱4個場域的電力資源：包括太陽光電、儲能設備、冰水主機、燃料電池等，透過自行研發的決策系統和控制系統（U-BOX）來介接。U-BOX具備三大核心功能：電力資源預測、投標量價預測、排程，場域之一的沙崙太陽能及儲能系統也參與台電的備轉輔助服

務，2分鐘內即可向電網輸電，達成率112%，成功克服再生能源的間歇性挑戰。

安瑟樂威 電力公司需量反應好夥伴

虛擬電廠的營運者，又稱為平台合格交易者，他們集結眾多用電戶的力量，參與電力公司需量反應，是電力公司維持供電穩定的夥伴。國內最大合格交易商安瑟樂威執行長鄭智文表示，電力交易平台上線半年多，迄今募集約100多MW的裝置容量，安瑟樂威就占了3成，居國內之冠，但初期花了很多心力溝通。

「和傳統電廠類似，虛擬電廠也有開發、建置、營運的3階段，最困難的是在開發階段說服用戶參與，」鄭智文解釋，VPP聚合的對象以工業用電大戶為主，而工廠往往將生產效率列為第一優先，對於電力的需求面管理，如節能、提升設備能效等非與生產直接相關的面向，較缺乏投資誘因。經過不斷的溝通與驗證，客戶已認同VPP對供電穩定的功效，還能獲得不錯收益，「現在有愈來愈多客戶上線參與。」

進入建置階段，營運商會將用電戶的設備、發電機、儲能系統等進行整合連線，一週內即可整合進入VPP平台。接下來的營運階段則由VPP替用戶進行氣象預測、負載預測、電力調度最佳化，以利在電力交易平台投標時，盡可能讓多方獲得最大效益。

鄭智文指出，虛擬電廠是高度整合的應用，牽涉資通訊、電力電子、機械、化工材料、自動控制諸多領域，需要不同專業的人才開發創新應用，才能形成最理想的虛擬電廠，這部分就要由工研院扮演整合的角色。

在淨零碳排的目標下，能源的供給與需求必須有良好搭配，一味要求供給必須跟上需求，或者是一逕壓抑需求配合供給，都不是最佳解法。透過創新科技，提高能效、深化節能，進而搬有運無、「電」暢其流，才能締造供需雙贏的零碳未來。■

