



零碳與電力需求的平衡點

綠能科技助臺灣邁向淨零永續

全臺5月均溫創下74年當月新高，氣溫攀高致電力需求激增，連帶使臺灣電力議題浮上檯面。然而，全球百餘國已宣示2050淨零碳排，在零碳與電力需求之間，平衡點在哪？工研院綠能與環境研究所副所長劉志文，深入剖析臺灣電力供需實況，並為我國推動能源轉型，邁向淨零碳排尋求完美解方。



根據環保署「國家溫室氣體排放趨勢報告」顯示，能源部門歷年為臺灣溫室氣體總排放量最大之部門，占比超過9成。圖為高雄火力發電廠。

撰文／唐祖湘

全球暖化問題日益嚴重，減碳乃至零碳，是當前國際社會共同努力的目標。根據環保署「國家溫室氣體排放趨勢報告」顯示，石化燃燒歷年為臺灣溫室氣體總排放量最大之來源，占比超過9成，其中又以電力公司以石油、天然氣等化石燃料發電占了60%，是二氧化碳排放最大

來源，再來是運輸與製造產業，各占約15%，剩下約10%為農業與環境。

綠電加碳捕捉 可大幅降低碳排放

「國內降低溫室氣體首要目標，就是要讓燃燒化石燃料的發電廠，逐步轉為再生能源，也就



劉志文

工研院綠能所副所長暨電網管理與現代化策略辦公室主任

國內降低溫室氣體首要目標，就是要讓燃燒化石燃料的發電廠，逐步轉為再生能源，就沒有碳排問題。

是用『綠電』，就沒有碳排問題。」工研院綠能與環境研究所副所長，同時身兼電網管理與現代化策略辦公室主任劉志文指出，臺灣再生能源以太陽光電、離岸風力發電為主，預計2025年兩者裝置容量可分別達到20GW、5.7GW的目標，屆時再生能源發電占比將至20%；「希望再過30年，也就是2050年，世界主要國家及國際組織主張實現淨零排放的時間點，再生能源發電占比能接近百分之百。」

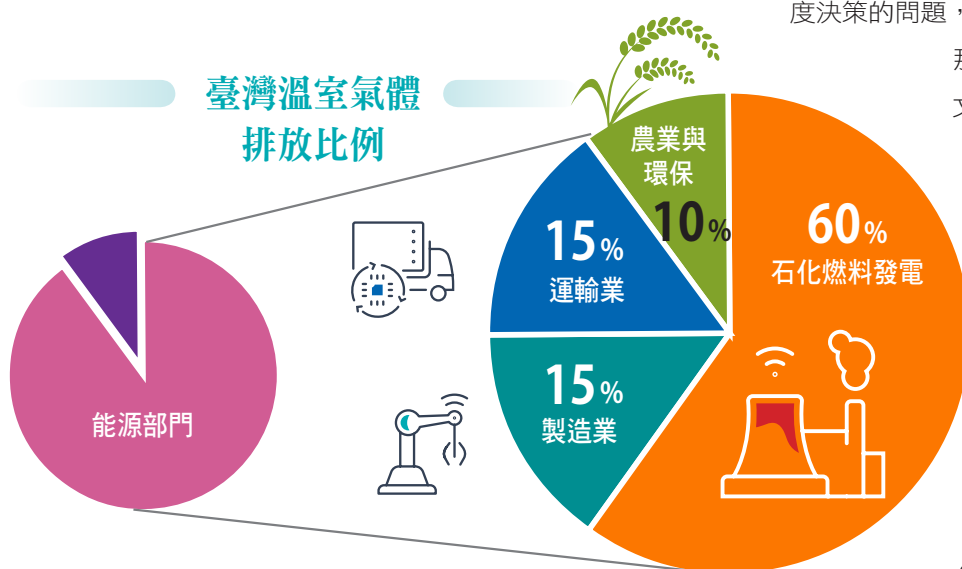
劉志文指出，要達成這個目標，除了擴大再生能源發電，運輸部門與製造部門也要跟著調整，像是將傳統燃油汽機車汰換為電動車，過去製造多採用化石燃料，現在也要朝向電氣化發展，或選擇不會產生二氧化碳的氫能取代，但無論是電動車、電氣化與生產氫能所需的電力，來

源仍是電力系統，因此需回歸到積極發展再生能源發電，才能顯著降低二氧化碳的排放。其他難以實施電氣化的領域，則可透過碳捕捉、封存或再利用技術，投入新的製程中循環再利用。

發展再生能源 儲能系統是關鍵

雖說再生能源是國際趨勢，不過劉志文不諱言，再生能源具有間歇性且不易預測的特質，一般會有無法穩定供電的疑慮，特別是今年5月13、17日發生兩次輪流停電，讓臺灣是否缺電、未來再生能源發電占比提高，停電情況是否將更頻繁等議題引起討論。劉志文指出，5月的停電事件，肇因於人為操作疏失及系統設計問題，造成電廠發電機組跳機，台電為避免當下供需失衡導致系統崩潰，所採取部分停電的預防性措施，屬於調度決策的問題，其實與缺電無關。

那臺灣究竟缺不缺電？劉志文提出數據表示，全臺傳統火力電廠、再生能源、民營電廠、汽電共生系統等容量加總起來，總裝置發電容量約50GW，這個數字代表我們的供電總能力，而用電最高峰則在39至40GW之間，理論上備用容量仍有10GW以上，即使到了夜晚，再生能源無法充分發電，



資料來源：環保署國家溫室氣體排放趨勢報告



減少了5GW供電量，但相對晚上通常不會出現尖峰，因此備用容量仍有7、8GW之多，「因此我們並不存在缺電問題，更應把焦點放在落實電力管理與系統規劃及運轉上。」

至於外界擔心的再生能源間歇特性，導致晝夜發電落差，或因天候因素波動影響供電能力，「這個問題放眼全世界，只要發展綠能的國家都遇過，但透過儲能系統等技術協助，並非無法解決，」劉志文舉例，例如正午太陽光電發電強烈，可將多餘的太陽光電儲存起來，應付夜晚的電力需求，有助於穩定化供電。

在儲能系統方面，現階段鋰電池為儲能系統的主流，屬於化學儲能技術，國內廠商從上游原始材料、中游電池芯、下游模組製造，以及系統管理等，相關產業鏈布局完整，世界各國對

鋰電池的製造材料、穩定性與安全性也不斷提升與改善。

另一種儲能系統為抽蓄水力，是水力發電再搭配下流蓄水庫，利用高低落差的水流力量推動發電機來產生電力，發完電後再將水從蓄水庫抽上來，可以反覆利用；臺灣抽蓄水力年發電量約260萬kW，雖然不多但升降載快速，能夠即時供應電力，對電力穩定供給扮演關鍵角色。劉志文提醒，極端氣候導致旱澇交替，水量不穩定，影響水力發電量，未來建議水電資源一併考量，在儲水上做更好的規劃安排，才能繼續扮演穩定供電的關鍵角色。

電力承載順序以需求面管理優先

隨著經濟發展與氣溫升高，國內用電尖峰每



臺灣可借鏡國外作法，設立「獨立電力調度中心」，並在其上層設立電業監督管理機關，訂定調度規範，要求ISO執行。圖為IESO控制系統室（IESO提供）

年呈現3%至5%成長，加上再生能源發電比例日益增加，凸顯電力系統管理的重要性。工研院引進國際間「電力承載順序」(Loading Order)的新觀念，也就是當電力系統面對用電量攀升以及負載端多樣的需求時，尋求解決辦法的優先次序。

劉志文說明，電力承載順序依照先後順序，從推動需量反應、節約能源、分散式電源等方式，解決電力問題，以抑低尖峰負載達到穩定電力供需平衡；若皆不可行，再來考慮規劃蓋變電所或新傳統火力電廠。

「以需求面管理優先，是對環境最友善的作法，只要是蓋電廠，對環境、空氣、水質都會造成破壞，就算興建的是零碳排的再生能源電廠，仍會占用農漁業的土地空間，」劉志文解釋，蓋電廠並非一勞永逸的解方，若無法有效抑低尖峰用電成長，「蓋再多電廠都不夠用！」遺憾的是，當碰到電力問題，許多人最直覺的念頭仍是蓋電廠，這與減碳的潮流恰恰背道而馳。

「理想的需求面解決方案是有效運用負載管理，讓尖峰負載零成長，藉由節約能源措施，降低或停止總體用電量繼續往上增加，不過這樣的努力還需要工業、製造業等業者共同參與，」劉志文說，像是今年起正式上路的「用電大戶」條款，即規範契約容量5,000kW以上的企業用戶，需設置一定裝置容量的綠電發電設備或儲能設備，用戶可利用自設綠電，規劃負載用電排程，達到產品使用到綠電百分比；此外，台電設計不同需量反應方案，藉由調整電力價格或提供折扣等誘因，鼓勵企業與一般用戶配合移轉尖峰用電時間，降低發電端的負載，發揮平衡作用。

在供給端，再生能源的間歇性、不易預測，是再生能源併網與電力調度的最大挑戰，可預測再生能源發電、確保電力穩定供應的智慧電網(Smart Grid)，扮演重要角色，但要充分發揮其特性，結合通訊傳輸功能的智慧電表的普及裝設是關鍵。劉志文表示，目前全臺2萬多戶高壓或大型工業用戶已完成布建，一般低壓或民生用電約100

萬戶，若能再布建得更完整，蒐集使用數據愈多，愈能優化電力調度，還能進一步促使用戶改變用電習慣，發揮節能效果。

以虛擬電廠精確調度 達成電網穩定平衡

作為產業科技的先行者，工研院也運用科技，協助維持電力系統的穩定性，像是開發「虛擬電廠」(Virtual Power Plant; VPP)驗證平台，透過資通訊技術整合分布在各區域的分散式資源，如儲能、需量、再生能源或小型發電機等多元資源，進行運轉監測分析與決策，當電網需用電時，VPP可調度轄下各種資源，提供輔助電力；反之，當電網發電過多，可彈性提升負載或以儲能吸收電力，協助達成平衡。

劉志文透露，工研院現正與電信業者合作，利用VPP雲端網路技術聚集基地台的用電資訊，以演算法排程發號施令，準確控制調度，使得基地台於特定時段或尖峰，運用先前存入儲能系統的備用電力，自給自足供電，不僅可成為電力調度的救援部隊，還有機會加入需量反應機制，創造額外收入。

另一方面，隨著國內電力市場逐步開放，民間電廠、企業自用發電漸增，劉志文建議，電力調度操作的任務，可考慮從台電調度處釋放出來，借鏡國外作法，設立「獨立電力調度中心」(Independent System Operator; ISO)，並在其上層設立電業監督管理機關，訂定調度規範，要求ISO執行，將有利於電力自由市場公平競爭。

邁向2050淨零碳排，不只是臺灣是世界村的一份子，為環境永續盡心力；許多國家也都開始針對高排碳產品實施碳關稅、碳權、碳交易等，如果減碳的步調太慢，可能危及臺灣產業的國際競爭力。劉志文呼籲，電氣化、電力系統無碳方案應加速落實，需求面管理也要加快腳步，在供電穩定基本前提下，靠智慧電網、VPP與儲能系統等新科技，促使綠電極大化，全民朝著2050年實現淨零碳排的目標全速前進。■