



工研院謝雯凱副研究員回應科技園區供電的提問。

臺灣綠色能源與智慧電網 的交響曲 能源轉型在「轉」什麼？

學生記者、葉乃陽

隨著文明演進，尖端科技成了人類賴以生存的必要條件。但隨之而來的種種環境隱憂，讓人不得不正視高速發展所帶來的副產物。於是與生活息息相關的能源危機，成了街頭巷尾茶餘飯後的聊天資本，但究竟如何拿捏環境保護與能源使用之間的平衡，又如何喚醒大家主動關心綠能的意識，仍是各界努力的目標。



能源轉型究竟是新興議題還是老調重彈？

科技一日千里，雖然帶來許多便利，但是對地球造成的傷害也一一浮上檯面。自人類邁向二十一世紀，從傳統的輕工業，轉型到重工業，再進展到現在的科技工業，對能源的需求不僅僅有了「質」的改變，更是在你我看不到的地方有了「量」的躍進。以臺灣為例，1985年臺電總售電量為500億度電，在其後的30年內，售電量呈現戲劇性的指數成長，在2015年正式突破總售電量2000億度電的關卡，總用電量成長了400%。值得一提的是，臺灣的總人口數從1985年的2100萬人次到2019年的2350萬人次，只不過上升了區區的12%。由此可見，臺灣人口數對於能源危機的影響而言似乎微乎其微，既然人口密度不是根本問題，那究竟這龐大的電力用到了哪裡？再者，工廠煙囪到處聳立的重工業時期早就悄悄離我們遠去，那這二十年來讓全球人類誠惶誠恐的環境危機難道是無的放矢？

不說你可能不會知道，亞太經濟合作組織（APEC）能源工作組（Energy Working Group, EWG）自1990年成立以來，以加強能源安全、促進能源效率及永續社區、發展潔淨能源、促進能源貿易與投資等四大支柱，在短短的20年內策劃了380個計劃，主要聚焦在能源效率、再生能源、潔淨化石能源、低碳發展以及能源貿易與投資上。這些實實在在的證據，提醒我們能源危機並不是新興的議題，但又不禁讓人懷疑，既然APEC在30年前就如此有遠見地提出了關乎能源效率與再生能源的計劃，為何「永續發展」這一個詞直到這幾年才慢慢流傳開來。

能源轉型在臺灣的發展

說一件更令人擔心的事，臺灣超過七成的電力來自於火力發電，不到兩成的電力來自核能發電，其他的電力來源還有生質能源、太陽能、風力發電、水力發電等。但在2018年，台大風險社會與政策研究中心對「臺灣長期能源轉型」做了一項大規模的公眾調查，調查結果顯示，雖然有82%的民眾關心能源政策發展，但卻只有32%的民眾知道臺灣的主要供電來源，更誇張的是，這些口口聲聲說關心能源政策的民眾，竟有57%不知道政府在2025年訂出再生能源佔比達到20%發電比例政策目標。結果能源危機之所以被炒得沸沸揚揚，其實不是因為大家意識到能源缺乏的嚴重性，而是因為大家都在聊，所以我也湊一腳。



工研院謝雯凱副研究員回應科技園區供電的提問。



工研院謝雯凱副研究員介紹臺灣的能源供給形式。



生活在21世紀的今天，資訊的來源五花八門，流通速度更是非往日可比。我們或多或少聽說「節能減碳」、「綠化家園」、「愛地球、救自己」等環境保護組織推出的口號，但環境保護的功效在廣大的社區依舊看不太到成效，其具體原因在於，能源數據對專家而言是地球受破壞強而有力的證據，但對廣大的民眾而言，又會有幾個人知道「臭氧層破了3毫米」背後所帶來的意義呢？這也是為何人們知道能源重要，但卻不知道為何重要的原因。換言之，世界得以永續發展，前提是專家與民眾擁有共識，並且深刻了解目前的環境局勢以及濫用能源所帶來的負面影響，而要建立起雙方互相信任的穩固橋樑，「能源數據」的解碼成了至關重要的一步。

推動綠能進程，教育責無旁貸

國立成功大學作為臺灣頂尖大學之一，同時肩負了「樹人」和「育人」兩大重責，自國際能源學程學位創辦以來，就受到大家的矚目，並且在這十年來廣大的招收國際學生，希望通過國際化的方式將能源議題設置為成大重點發展的方向。不止如此，教育部潔能系統整合與應用人才培育計畫也將負責統籌執行的辦公室，設立在成功大學綠色魔法學校。為了配合教育部「國家能源科技人才培育計畫」，成大能源科技與策略研究中心主任林大惠老師作為計劃總主持人，於2019年8月在教育部及成大的支持下舉辦了為期3天的「2019年國際能源教育工作坊」，來自國內大學及中小學校長及教師在活動期間進行實際教學演練，並且與受邀來臺的美國能源教育團

隊相互交流，通過腦力激蕩的方式找出適合臺灣本土的教育方案，將能源議題推廣到社會。

截至2019年，臺灣98%的能源都還是來自國外，而近年來用電量的提升也實實在在的提醒臺灣人民「能源轉型」的重要，於是教育部能源資源總中心為了在大專院校植入能源轉型的種子，於2019年11月開始，在成大舉辦了臺灣「能」！潔能系列論壇，分別通過剖析臺灣能源的歷史、能源解碼、風力發電、智慧電網、綠能產業等五大方向，讓艱澀的能源議題變得更加易懂。在能源解碼的講座中，台電公司王花蘭副處長表示「數據時代的來臨，讓學生甚至社會人士連電費怎麼算都不清楚了，通常都是房東說多少錢，就是多少錢，這樣是不行的」。用生活中常見的電錶與電費計算方式作為演講的切入點，我們不難發現社會大眾對於唾手可得的能源是極為陌生的。我們雖然不能將所有責任歸咎於人民或是政府，但是提出臺灣能源轉型的可能性，讓普羅大眾相信綠能的轉型對於環境和產業而言，都有巨大的推動價值，並且從金融的角度，將能源轉型利益最大化，才能提升國家的競爭力。

究竟為什麼臺灣甚至世界都在大力的推廣綠色能源的轉型呢？從較為粗淺的角度探討，根據美國能源信息管理局的統計，不可再生能源如石油、燃氣、煤等佔全球總發電量的80%，如果依照這種消耗，能源枯竭指日可待。但是深入思考，這些火力發電的方式所排放的二氧化碳，大大的威



吳明勳教授解釋台電用電曲線圖。

脅人類的生存環境，根據英國能源研究中心及聯合國政府間氣候變化專門委員會等發佈的數據估計，到2040年世界能源消費將增加近50%，在面對全球二氧化碳減排協議下，各國人民都有義務去思考並且執行能源的轉型，以保護冰山不融化、小島不沉沒為前提，滿足日益增長的能源需求。既然知道了我們為何而戰，接下來讓我們縮小範圍，仔細探討究竟臺灣在能源轉型上遇到什麼樣的瓶頸。

受世界矚目的風能發電新星——臺灣

在所有綠能能源之中，風力發電過程中所產生的污染，相較於其他能源而言更低，而且實際運作狀況幾乎可以達到零排碳的目標，被譽為是「最乾淨的能源」，也因此被世界各國極力推崇。在多年的發展下，優良的陸域風場已趨近飽和，於是各國將主要戰力集中在離岸風場。以目前的局勢來看，超過97%的離岸風力發電裝置設置在歐洲地區，在亞洲區域的裝置寥寥可數。但

值得慶幸的是，在2014年的全球「23年平均風速觀測」研究中發現，在世界上風力最強的20處離岸風場中，有16處位於臺灣海峽內。臺灣地理位置深受季風影響，每年10月的東北季風讓平均風速達到罕見的速度，甚至連美國太空總署NASA也讚歎臺灣海上風力發電的驚人潛力。但凡事都是一體兩面的，雖然臺灣的地理優勢得天獨厚，但相較於陸域風場，離岸風場的成本與風險都將大大提升。但縱觀臺灣地狹人稠的局勢，陸域風場的龐大佔地

面積顯然不合適，而離岸風場氣流穩定且障礙物較少，對於臺灣的再生能源發展可說是一大助力。

當然紙上談兵依舊無法改善任何問題，於是臺灣在2016年10月在竹南外海架設完成了全臺首座離岸風力發電示範機組，經濟部趁熱打鐵，緊接著擬定了2017年至2020年的「風力發電4年推動計劃」，更於2018年宣佈期望在2025年將綠能能源佔全國電力的比例提高至20%。在種種政策的推動下，正在進行能源轉型的臺灣也吸引了世界各國如丹麥、新加坡、加拿大、澳洲、哥本哈根和德國等地的外商公司來臺合作，促進了跨國雙邊貿易，也為臺灣未來的綠能發展，提供了強而有力的靠山。

站在巨人的肩膀，學習日本的「智慧電網」

單單擁有數量龐大的風力發電站是不夠的，究竟要如何有規劃、有秩序、並且可持續地將風力轉化為電能，送到臺灣的各大城市，完善綠能發展藍圖，這就非常仰賴「智慧電網」（Smart Grid）了。「智慧電網」與「傳統電網」最大的差異在於前者更著重在發電廠與用戶之間電力的雙向運送，達到用電效率最大化的目標。舉例來說，風力發電是否能正常運作並非人為創造，而是仰賴天氣的變化，更是沒有規律可言。但在這個供電需求龐大的時代，不穩定的電力是國家生產力與競爭力的致命傷。於是通過智慧電網，將不同類型的綠能發電、發電量和電力消耗量進行整合，掌握全國各地的電流量，讓缺電的地區能夠及時得到補給，而電力供過於求的地區則可以適當的減少電力的運輸，維持各大小單位的正常運作。

不止如此，通過智慧電網的大數據整合，政府更可以分析並建立一套有效的節電模式，最大

程度貼近綠能轉型的宗旨，不僅僅為了保護地球資源，更是將省下來的能源開銷回饋給人民，形成一個國家與人民雙贏的局面。早在多年以前，日本就以「智慧社區」為核心概念，推動智慧電網的架設，其中日本橫濱智慧城市計劃（Yokohama Smart City Project, YSCP）更是享譽國際。從日本橫濱的「智慧住宅」到「智慧社區」再到「智慧城市」的一步步蛻變就可以發現，作為同是海島國家的臺灣，在未來智慧電網的發展上更是擁有無限的可能。

誰說綠能不能賺大錢？

為了大力推動再生能源發電，大量的資本支出是不可或缺的，隨著大量的經濟流動，也勢必帶動了金融與投資的價值。2017年臺灣金融總會與中華民國銀行公會主辦了「再生能源金融高峰會」，邀請了國內外金融業、綠能業者的高階主管共襄盛舉，互相交流再生能源政策、綠色金融政策，並分享了海內外不同的投融資管道，不僅僅降低了投資風險，更是增加臺灣的經濟成長。國發會副主委曾旭正表示，「沙崙綠能科學城」也已列入前瞻基礎建設中，其中不乏研究中心與產業聚落的建立，預計2021年將吸引超過2200人進駐，投資金額合計達40億台幣，這當中創造的就業機會及投資利潤更是令人振奮。

誠如一開始所說，世界綠色能源的永續發展單靠政府及專業人士是遠遠不夠的，唯有讓人民主動自發地去關心政策發展，才有可能推動能源轉型的藍圖。將綠色消費與日常生活掛鉤，才能讓人民真切感受到「能源數據」的意義，而這種社會教育應當是綠色能源政策落實的第一大步，如此一來才能夠真正進一步創造金融、綠能產業、全體社會的三贏局面。