**前言** 願景工程去年八月公共化，自聯合報系獨立而出，成立基金會。我們思考，推動社會進步，優質報導不可或缺、不容中斷。聯合報系即起以「陽光行動」專題，環繞永續、關懷、監督，推出深度報導。陽光生生不息，是永續發展的動能。陽光和煦溫暖，關懷有需要的人。陽光普照大地，監督有權力的人。我們自勉，以陽光的熱力，以行動的踐履，讓台灣更好。

# 電力調度 綠能發展新難題

## 再生能源間歇性疑慮 專家：可透過儲能、發展氫能 穩定供給

**記者徐珮君、何佩儒、劉秀珍、林安妮／台北報導**

**試想一下，三年後的大年初三，全台風和日麗，此刻擔綱發電主力的是，中南部的太陽光電機組，及外海的離岸風機；平時過勞的火力發電機組，因過年期間用電量大降，可暫入「牛棚」歇息。中南部日照好，加上東北季風盛行，不到下午一時，再生能源占全台發電量已達七成。**

這是中央大學資訊電機學院院長林法正，根據台電資料模擬出的「2025年大年初三這一天」。依照政府規劃，2025年台灣的太陽光電裝置容量已達20GW（百萬瓩），離岸風機也有5.7GW，不用等「淨零排放路徑圖」的2050終局想像，在三年後大年初三的這一天，就可提前看到，台灣綠電占比瞬間達七成的理想情境。

「眼前雖美，但要慎防各種風吹草動。」林法正說，綠電占比提升，台灣大約也是在2025年前後，會碰上「系統慣量」不足的問題。這是因爲，白天大量仰賴再生能源，傳統發電機組出力不足，萬一系統發生輸電線斷線等意外事故，或因再生能源間歇性，突然沒風或沒太陽，電力調度就會瞬間變得很吃緊。

### 綠電大量進網 穩定度成考驗

他提到，當再生能源瞬間滲透率過高，電力系統容易不穩定，這時台灣就面臨兩個選擇，要嘛「棄光棄風」，不併入電網；要嘛實施負電價，把電輸往鄰國拜託人家用電，但是兩個選項都不夠「經濟」，最好的方式有二，一是透過儲能，把這些調度不來的電力存起來，二是電解水產氫，支持氫能工業發展。

林法正解釋，做儲能的好處是，可以平滑化再生能源的輸出，用不到的電先存好，等到電不夠用，再放電使用。工研院電網策略室主任、成大教授張簡樂仁也形容，儲能最大的價值在於，它可以接受系統端的調度，讓電力系統變得更穩定。此時的綠電也將不再是脫韁野馬。

再生能源的間歇性，可以表現在午後的一場西北雨，瞬間減損不少太陽光電發電量；半夜裡，人們呼呼大睡，離岸風電卻一「發」不可收拾，發了好幾GW用不到、也不易調度的電；更讓人煩憂的是，每當太陽一落，「夜尖峰」降臨，就是一天之中，最艱辛的電力調度時刻。

### 專家推演 夜尖峰的問題棘手

「過去台灣在意日尖峰，夜尖峰問題相對不大。」經濟部能源局副局長李君禮解釋，從前發電多仰賴傳統電力，只要撐過白天的用電高峰，晚上的電，靠白天發好就夠用。這幾年，台灣推動能源轉型，多了許多綠電，白天光電發好發滿，不用擔心日尖峰，反倒是太陽下山後，夜尖峰的問題就顯得棘手。

每當太陽落下，夜尖峰來臨，更加考驗台灣的電力調度能耐。（本報系資料庫）

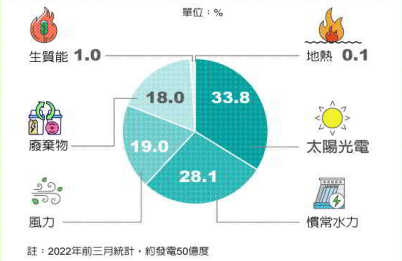
李君禮認爲，要應付夜尖峰，日落前，台電就得排程讓燃氣或水力電廠開始運作。此外，透過儲能、虛擬電廠的運作，也能增加電力供應。再來，就是透過時間電價、需量反應，請用電大戶挪移用電行爲。

### 台灣發展光電、離岸風電歷程

| 年 | 太陽光電 | 離岸風電 |
|---|---|---|
| 2016 | 1.25 GW | --- |
| 2020 | --- | 示範獎勵237.2MW<br>• 2支示範風機<br>• 2座示範風場 |
| 2021 | 7.65GW | 269MW |
| 2025 | 20GW<br>• 屋頂型 8 GW<br>• 地面型12GW | 潛力場址5.7GW |
| 2035 | --- | 區塊開發20GW |

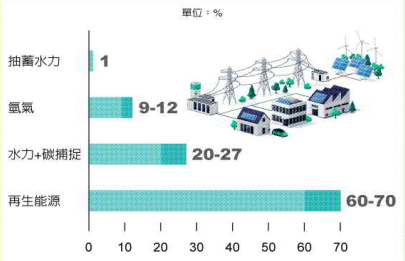
註：裝置容量

### 台灣再生能源發電概況



註：2022年前三月統計，約發電50億度

### 2050台灣電力來源




資料來源：林法正教授、經濟部能源局、國發會《2050淨零排放路徑圖》

**解方①** 運用AIoT聚合分散各地的太陽能、風能 建置隱形能源庫

# 虛擬電廠 把綠電變乖了

【記者徐珮君、何佩儒、林安妮／台北報導】綠電具有間歇性，加上發電時間未必吻合人們的用電需求，讓人感覺它好似一匹脫韁野馬。

不過，工研院綠能所副所長、台大電機學系特聘教授劉志文說，靠著虛擬電廠的指揮，綠電將變得可調、可控；當綠電變「乖」了，不僅可以挹注台灣的電力，也有助穩定電網。

虛擬電廠指的是，聚合商運用「人工智慧物聯網技術」（AIoT），把分散在各地的微型綠電整合起來，例如，來自家庭、學校或工業區的太陽能、風能、儲能等，或是電動車的電池，或者在台灣相當有發展潛力的需量反應，都可以聚合起來，形成一座看不見的發電廠。

劉志文表示，虛擬電廠與傳統電廠一樣，都能根據中樞指令，來決定今天要發多少電。但它另有兩個超越傳統電廠的功能：儲能、需量反應，有助電網變得更有彈性。他提到，現在在台灣，已經有一些民間的聚合商在營運虛擬電廠，成爲台電的好幫手。一般說來，聚合商聚合的量，愈大愈好，這樣對電網才有幫助，像是在德國，就有一家民間聚合商，聚合了一萬多個用戶，總聚合容量高達9GW（百萬瓩），相當於三座核四廠容量。

德國虛擬電廠能夠成功運作，除了與政策鼓勵、環境、法規配套成熟有關，也與德國建構出一個公開、公平與透明電力交易市場有關。此外，德國電價相比台灣高很多，許多參與虛擬電廠計畫的用戶，不僅可以根據智慧電表或聚合商的用電指示，減少電費支出，往往也能因爲參與需量反應，額外得到出售電力的豐富收入。

劉志文提到，電價調整，在台灣仍是一個受管制議題，並非如國際先進國家由電力市場機制決定，但是參考國外的經驗，它不是只有上漲或調降的選項，比如在歐洲或美國就有一種「即時電價」機制，可供台灣參考。

**解方②** 過多電力恐使系統負荷過大 建議採「負電價」鼓勵發展綠氫

# 科技布局 打造台灣氫谷

【記者林安妮／台北報導】隨著台灣綠電占比提升，中央大學資訊電機學院院長林法正建議，未來一段時間，台灣要試著長出電力「新負載」，儲能是一途，另一個方法就是要將未來可能盛產、卻無法調度的綠電，電解水產氫，支援台灣的氫能工業發展。

氫，本身不含碳，但是燃燒時可產生很高的熱值，能源轉換效率也不低，因此被稱爲「終極潔淨能源」。氫的用途多元，例如氫能車，是以氫作爲動力來源，此外，鋼鐵廠、石化廠可以把氫做爲燃料；電力業者，也能把氫混入天然氣渦輪機組發電，也就是氫能發電。

林法正說，當台灣的離岸風電建設逐年推廣，未來在一些用電量較低的時段，像是半夜，台灣的外海可能瞬間產生十幾GW的離岸風電。這麼多的電灌進電網，會造成電網不穩，但是丟掉又很可惜，這時政府就應該採行「負電價」，鼓勵業者發展本土綠氫。

綠氫是指用綠電來電解水產氫，目前技術仍在發展中。相對綠氫，目前製程技術較爲成熟的是「灰氫」。灰氫是從化石燃料中提煉氫，但過程中會排碳，若是把灰氫裡的碳，予以捕捉、封存或再利用，就是藍氫。

根據歐盟資料，目前全球正有20個國家推出35個氫谷計畫，但多未商轉。林法正形容，「氫能不好搞，台灣要有一做30年的覺悟。」他建議政府現在就該啓動科技布局。

工研院綠能所副所長萬皓鵬也預期，未來台灣有機會在北、中、南形成有特色的台灣氫谷。例如，北部可發展氫能發電園區，利用現有發電廠原址，改作氫氣發電系統，這樣北部就有乾淨的綠電可以使用。

中部因爲有很多離岸風電會上岸，適合做爲綠氫生產基地，這些綠氫也可送到中部工業園區提供工業使用。南部氫能園區則是以重工業爲主，可藉由永安天然氣接收站，增建氫氣或氨的接收站，再提供給鋼鐵業使用。

至於現在全球已有不少國家、大廠投入開發的氫能運輸工具，台灣也適合發展氫能卡車或巴士，未來可在南北縱向的高速公路，及特定工業區設置加氫站，讓氫能車跑透透。

# 平衡電網責任 須做清楚規範

【記者劉秀珍、林安妮／台北報導】中央大學資訊電機學院院長林法正指出，在淨零減碳趨勢下，逐步提高綠電占比，是台灣一定要走的路。他看好，在技術上，台灣未來有機會做到七成電力靠綠電，但眼下有兩個問題必須解決。

一是政府要有膽識，勇敢要求再生能源發電業者，共同負起平衡電網的責任；其二是必須鼓勵業者多做儲能，否則無法應付再生能源的間歇性。

林法正說，此刻台灣正努力開發離岸風電，台電也透過電力交易平台輔助服務，藏電於民，這些都有助台灣增加綠電量。不過，目前政府對於再生能源業者的規範，還是很weak（薄弱），「美國的電力管制機關（FERC）曾發布827、842命令，要求再生能源業者在併網時，要負起調整頻率與電壓的責任，但是台灣還沒有。」

他提到，台灣這幾年在發展再生能源的過程中，爲了鼓勵業者，怕業者回收期變短不來投資，既不敢要求業者要分攤調頻、調壓責任，也不敢要求業者要做儲能。但是隨著台灣的再生能源占比逐步提升，這兩個問題都要面對。

他建議，政府應當要求，凡是裝置容量達到一定規模的業者，比如1,000kW（瓩）以上，就要具備調頻、調壓功能，協助台電平衡電網，「我相信，只要法規明確、廠商願意遵循，即便台灣是孤島型電網，但是朝高綠能滲透率轉型不會有問題！」

工研院電網策略室主任、成大教授張簡樂仁也提到，要讓台灣電力系統的供需，同時具備彈性與韌性，有兩件事很關鍵，一是儲能，另一個是從負載端著手，做好用電端的管理。電網韌性是指，當電網碰上衝擊事件後，能在最短時間恢復供電；彈性則是指，當發電與用電存在落差時，能迅速透過調節機制，來應對這些變化。

比如，太陽光電具有間歇性，當傍晚夜尖峰來臨時，發電量急遽下降，這時電網還是有能力去調度其他電源，滿足依舊高張的用電量，即是展現了彈性。

他提到，儲能就好比存錢，當電力供應過多時，先把多的電存起來；等到發電量不夠時，就放電使用。不過，因爲台灣電費便宜，加上儲能設備價位不低，投資者的開支，除了購買電池設備外，還需要加購功率調節器（PCS），及建立能量管理系統等，若是沒有更強的環境面或經濟面誘因，就不容易普及。

今天的電夠不夠？
誰是今天的綠電扛壩子？
快掃QR CODE找解答。