



台灣能源

發展路徑與轉型論壇

 台灣民眾黨
TAIWAN PEOPLE'S PARTY

台灣能源發展路徑與轉型論壇專刊

目錄

主席專題演講	6
第一場次「台灣能源發展的前世今生」	
陳發林：全球溫升與台灣低碳策略	8
賴偉傑：臺灣能源政策變遷	12
林木興：能源轉型與電力韌性	18
綜合討論一	22
第二場次「各類發電方式的未來發展路徑」	
葉宗洸：永續能源與能源安全的挑戰	24
簡連貴：離岸風電循環產業開發現況與未來發展	25
陳郁屏：太陽光電的發展路徑-永續之島的新源地景	36
王守誠：浴火重生的可調度綠能	41
綜合討論二	50
第三場次「儲電與節電的限制與發展」	
曾重仁：儲能、氫能與節能	53
許博涵：儲電與節電的限制與發展	57
陳銘樹：因應能源轉型之儲能與節電作為	62
綜合討論三	66
第四場次「台灣輸配電所面臨挑戰與革新」	
許志義：台灣輸配電系統的挑戰與革新	69
陳彥豪：電力系統強韌性與智慧電網	75
陳銘樹：台灣輸配電所面臨挑戰與革新	78
綜合討論四	84

第一場次：台灣能源發展的前世今生

■時間：2024年04月27日，09:15-10:35

■地點：臺大醫院國際會議中心三樓301會議室(台北市中正區徐州路2號)

■主持人：民眾黨立法委員 黃國昌

■說明：

面對能源轉型，我們必須先深入了解台灣能源發展的歷史脈絡，不僅總結過往的經驗、檢討不足，也在台灣特有的經濟、社會、技術等條件背景之下，探詢最適切的能源發展方向。

■講者介紹：

陳發林

國立臺灣大學
應用力學研究所講座
教授



賴偉傑

綠色公民行動聯盟
理事長



林木興

臺灣大學風險社會
與政策研究中心博
士後研究員



第二場次：各類發電方式的未來發展路徑

- 時間：2024年04月27日，10:50-12:10
- 地點：臺大醫院國際會議中心三樓301會議室(台北市中正區徐州路2號)
- 主持人：民眾黨立法委員 張啓楷

■說明：
台灣能源轉型起步較晚，雖得大量資源挹注，但由於缺乏總體規劃，導致進度延宕，為了達成2050淨零碳排之目標，以目前台灣現有的各種版本之能源配比為基礎，探討各類發電方式的適配比例與發展模式，從而歸納出台灣能源轉型的「最佳路徑」。

■講者介紹：

葉宗洸

國立清華大學
原子科學院
工程與系統科學系
特聘教授



簡連貴

國立台灣海洋大學
河海工程學系教授



陳郁屏

台灣環境規劃協會
秘書長



王守誠

台灣地熱資源發展
協會
常務理事



第三場次：儲電與節電的限制與發展

- 時間：2024年04月27日，13:30-14:50
- 地點：臺大醫院國際會議中心三樓301會議室(台北市中正區徐州路2號)
- 主持人：民眾黨立法委員 林國成

- 說明：

目前台灣節電措施仍聚焦在民生用電，對超過用電總量半數的工業用電卻少有著墨，落實工業節電更顯迫切。再生能源具間歇性特質，為維持供電穩定，儲能設備扮演至關重要之角色。然而大型儲能設施卻缺乏法源依據，主管單位不明。因此探究台灣儲電發展在技術與法制上之困境有其必要性。

- 講者介紹：

曾重仁

國立中央大學能源工程研究所特聘教授



許博涵

台灣綠電應用協會
秘書長



陳銘樹

台灣電力股份有限公司副總經理兼配
售電事業部執行長



第四場次：台灣輸配電的挑戰與革新

- 時間：2024年04月27日，15:05-16:25
- 地點：臺大醫院國際會議中心三樓301會議室(台北市中正區徐州路2號)
- 主持人：民眾黨立法委員 黃珊珊

■說明：
數位化與技術創新已成為推動輸配電系統進步的重要驅動力，隨著可再生能源在全球能源結構中的比重不斷上升，將對各國既有的傳統輸配電系統造成新的挑戰。為了實現高效可靠且可持續的電力供應，我們需要深入探討數位化技術與創新方案，以及虛擬電網和智慧電網技術的整合使用。

■講者介紹：

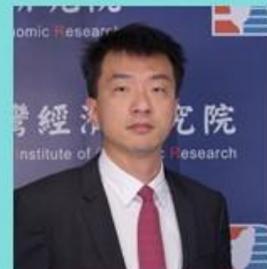
許志義

國立台北商業大學
榮譽講座/中華大
學特聘教授



陳彥豪

台灣經濟研究院研
究一所所長



陳銘樹

台灣電力股份有限
公司副總經理兼配
售電事業部執行長



主席專題演講

摘自 2024/04/27 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：柯文哲 台灣民眾黨黨主席

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

電力系統及產業用電現況

用電需要從兩方面來思考：一是用電，二是供電。前者需要考慮整個產業用電的狀況。後者則可以分為四個方面：發電、輸電、儲電、節電。目前，ICT 資通訊產業占台灣 GDP 的 20%，這已經是台灣最重要的產業，其中，半導體產業屬於高耗能產業。然而，產業轉型並非一朝一夕之事，台灣一開始就走上一條複雜的道路。

核電與能源配比

供電方面可以分為四個層面來討論：發電、輸電、儲電、節電。在發電方面，大家最關心的問題便是核電，能源配比如何安排，核三要不要延役等問題都值得探討。如果能提早佈局，不僅是核三，甚至核一、核二、核三都應該做總體規劃。

再生能源的挑戰

這半年來，我在台灣各地穿梭，發現中南部光電與風電的發展也面臨挑戰。以光電為例，光電板鋪設，至少 15 年才能回本，這意味著土地在這段期間內難以做其他用途。台灣的稻米自給率超過 100%，但玉米、大豆、小麥的自給率非常低，甚至不到 3%。這意味著農業政策尚未完善，限制土地用途也必然會引發更大的問題。

此外，意識形態對國家的傷害也是一個問題。當初設定 2025 年非核家園的目標，結果導致電力不足，進而強迫風電和光電快速發展。為了這個目標，政府提供了高價格收購保證，導致許多弊案的發生，這便是典型的意識形態對國家造成傷害。

天然氣接收站的規劃

近期基隆討論四接（天然氣接收站）問題。台灣已有一接、二接、三接，甚至計劃到七接。但是否真的需要建設這麼多接收站？天然氣的比例是否真的需要達到 50%？這些問題需要更具全局觀來統籌規劃，而不是目的事業主管機關的各自為政。

缺電危機的科學解決

我們應該以科學的角度面對台灣的缺電危機，而非泛政治化。無論是發電、輸電、還是儲電、節電，都需要科學規劃。智慧電網計劃需要大量資金支持，前瞻計劃中的 8,800 億有部分投入到智慧電網中，但仍應將加強建設與執行速度，以解決電網脆弱的問題。

儲能與節電

儲能是風電、光電的最大挑戰，因為它們屬於間歇性供應，不若火力發電或核能發電穩定，故縱使儲電成本高昂，依舊勢在必行。另一方面，節電仍然是必須要做的事情，不僅涉及硬體，也關乎文化。例如，辦公室的冷氣應設定在合理的溫度，這樣可以有效節省能源。

結語

我們需要誠實地從發電、輸電、儲電、節電四個方面來思考，如何實際應對台灣的供電問題，才能找到解決問題的正確途徑。

全球溫升與台灣低碳策略

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：陳發林 國立臺灣大學應用力學研究所講座教授

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

曲棍球棒曲線與氣候變遷

1997 年，Professor Michael Mann of Penn State 發表了一條曲線，後來被稱為曲棍球棒曲線(Hockey-stick Effect)。這條曲線前面藍色的部分是一條循環線，反映了大自然地表數據的循環特性。相對於自然數據的平穩，只有人類活動會造成顯著的變化。

這條曲線發表後，麥克曼經歷了人生的低潮。他接受了國會的調查，並且面對網紅的攻擊。因為國會議員和網紅們對這些從珊瑚、樹木和冰塵所取得的藍色數據加以反算的結果，表示懷疑和不信任。

隨著時間的推移，2007 年，美國副總統高爾所領導的地球氣候變遷團隊獲得了諾貝爾和平獎，麥克曼則是團隊成員之一。然後，他們決定對網紅提起訴訟。纏訟多年後，於 2024 年 2 月，美國法院判決網紅須賠償麥克曼 100 萬美元，還給他應有的公道，更讓他吐了一肚怨氣。

1997 年 11 月，這條曲線則成為京都議定決議書的依據之一，確認地球大氣溫度上升已成趨勢。至今，再經超過 20 年的變遷，到 2021 年，地球大氣的溫度已經上升了攝氏 1 度。

氣候變遷帶來的影響

全球升溫攝氏 1 度會帶來什麼後果？2021 年，美國經歷了多場天災，每場災害造成的損失高達數十億美元，損失規模巨大。其中包括中西部多處森林火災、加州洪水、中西部多次的暴風雨等，甚至還有一個在加勒比海生成的颶風艾達，從墨西哥灣登陸美國後，一路北上穿過數千公里的陸地來到紐約，導致百年一見的大水災。這水災淹沒紐約地鐵，很像 2001 年在台北上空停留 48 小時的納莉颱風，也導致台北捷運系統的大淹水。

今年，號稱要用水力發電的千湖之國加拿大，其眾多湖泊也嚴重乾涸。在卡達這長年乾旱之地卻遭遇大雨和洪水，這些都是氣候變遷的結果。氣候變遷不是突然發生的，也不是短期內可以停止的，需要我們持續努力才能挽回。

氣候變遷不僅引發氣候災害，還導致海平面上升。2002 年全球海平面上升了 0.7 公分，過去十年則是平均每年上升 0.5 公分，亦即過去這十年已上升了 5 公分。這高度看似不大，但對於住在海邊的人來說，浪常常變得更大，天氣不佳時在海邊生活會變得更困難。

氣候變遷的經濟影響

氣候變遷的影響已被廣泛研究並確認。美國證券交易委員會（SEC）要求上市公司進行碳揭露，這使得公司面臨高昂的成本和實施困難，甚至尷尬於無法達標。聯邦上訴法院因此暫緩了 SEC 所提之要求，以免大量公司面臨虧損甚至破產。

另一方面，碳揭露導致營運成本上升，因而加劇了通膨。保險業也受到氣候災害的巨大損失影響，例如去年夏威夷的拉哈娜火災將整座古城燒毀，至今還沒敲定賠償內容。因此，保險業期待碳揭露能夠提供科學依據，用以提高保費來應對天災風險。城市和銀行也在推動減碳政策，銀行更傾向於借款給有碳揭露的公司。

台灣的情況

台灣在全球排碳量排名第 23，人均能源消耗和 GDP 均在世界 20 名左右。台灣雖然不是聯合國會員國，但在 2015 年環保署提出自願減量方案，目標是 2030 年減少到 2005 年排放量的 20%，到 2050 年則減少到一半。2022 年，民進黨政府提出了相似的減碳路徑，目標是將全球升溫控制在攝氏 1.5 度，並在 2050 年實現碳中和。

從 2005 年到 2018 年，台灣的排碳量保持平穩。2008 年金融海嘯導致排碳量急劇下降，但經濟復甦後又恢復至平穩水平。儘管政府做了許多工作，但由於經濟發展讓用電量持續攀升，排碳量難以明顯下降，可見減碳是一個巨大挑戰。

全球減碳三大方法

今天我想跟各位分享一些我收集到的心得，主要是全球減碳的三大方法，我簡稱它們為 PDR。

全球減碳的三大方法：

1. 提供低碳能源(Produce)
2. 發展低碳的商業模式(Develop)
3. 直接從大氣中吸收二氧化碳(Reduce)

現在我們來看看這 PDR 在台灣的實施潛力。

➤ P: 提供低碳能源

首先，台灣在提供低碳能源方面有很大的潛力。2005 年，兩位史丹佛教授在《地球物理研究期刊》發表了一篇論文，指出北太平洋有六個七級風場，其中兩個就在台灣海峽南北端。2010 年，美國與中國共同研究再生能源時，也指出台灣海峽南北端的風力資源豐富，特別是彰化和澎湖地區的風場非常優質。

此外，太陽能也是台灣非常值得發展的項目。雖然有人擔心太陽能板會佔用農地過於長久，但實際上它的回收成本不需要 20 年，有些地區只要 15 年或更短時間就能收回投資。台灣南部的太陽能密度非常高，因此具有很大的開發潛力。

台灣的黑潮也是一個值得關注的低碳電力來源。根據台大海洋所的研究，黑潮帶來的能量巨大，寬度約 60 公里，非常適合開發成能源。此外，台灣還擁有地熱和潮汐能等多樣的再生能源，這是上帝憐憫台灣的表現。

➤ D: 發展低碳的商業模式

然而，低碳商業模式的發展仍存在挑戰。目前，全球有 4,000 家企業參加了以科學為基礎的目標倡議 (SBTi)，台灣有 102 家企業參與，這個月鴻海也加入成為第 103 家。這些企業需要訂定營業目標，釐清價值與機會，鑑別挑戰，與客戶和不同族群溝通，並建立健全的公司治理機制。完成這四步驟，才能達成 SBTi 的目標。

根據前述模式，華爾街因而提出 ESG (環境、社會及公司治理)，這方案在 2007 年被提出後迅速流行，但推廣多年後，自 2021 年起開始走下坡。資金大幅撤出，投資趨勢也在減少，因為投入資源多卻可孳生的利潤少。這表明低碳商業模式需要更多方面的投入與支持，同時不斷的創新來保持其持續發展。

➤ R: 直接從大氣中吸收二氧化碳

最後，我們來看從大氣中直接吸收二氧化碳的新技術。例如，有一種技術將二氧化碳轉化為石墨塊，這些石墨塊不會輕易溶解，熔點高達 1500 度，可以儲存再生能源所產生的電能，轉化為高品質蒸氣來推動渦輪機而發電。另一項技術是利用 AI 模型計算大面積海洋內的海帶最佳養殖量，通過海帶吸收溶解在海水中的二氧化碳，達到減碳的目的。

結論

總結來說，提供低碳能源、發展低碳商業模式以及從大氣中吸收二氧化碳，是目前全球減碳的三大主要方法。台灣在低碳能源方面有著巨大的潛力，但在低碳商業模式和直接吸碳技術方面仍需進一步努力。希望我們能夠共同推動這些方法的發展，實現減碳目標，為減緩全球氣候變遷作出貢獻。

臺灣能源政策變遷

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：賴偉傑 綠色公民行動聯盟理事長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

台灣能源發展的三大階段

我今天將回顧台灣能源的發展歷程，並探討其在政治、社會變遷及環境事件影響下的轉型。這個歷程我將其分為三大階段：從戒嚴時期至 1994 年的能源開發、1994 年到 2014 年間台灣的政治與社會變遷對能源政策的影響，以及 2014 年至今，包括福島核災後的能源轉型策略調整和淨零目標的逐步實施。第一段主要就是能源開發，尤其是比較是屬於在戒嚴時期台灣的能源開發方式及演變，之後面臨的就是解嚴、國會全面改選，還有就是政黨輪替，台灣整個政治跟社會的變遷快速的情況之下眾聲喧嘩，能源政策也開始有很多不一樣的意見。之後就是福島核災、空污以及淨零等，這些外在的變化之下，台灣社會如何重新去思考能源轉型的路徑。

戒嚴時期至 1994 年的能源開發

水力發電，曾為台灣戰後初期發電系統之主力角色。其中，1974 年德基水庫完工大甲溪流域多座水力電廠的啟用，和 1985 年明湖以及 1987 年明潭的抽蓄水力發電站的投入使用，都標誌著台灣在利用水力發電方面的重大進展。這些設施提供穩定的電力，其中的抽蓄式水電，以現在的角度來看，在儲能技術中也發揮了關鍵作用，特別是在尖峰和離峰時段進行能量的調度，成為超大型的儲能設施。

1960 年代後，台灣開始增加火力發電的建設，特別是在 1970 年全球石油危機之後，昂貴的油價和能源供應的不確定性促使台灣轉向燃煤發電。燃煤成為 70 年代後一個重要的能源開發選擇。到了 1980 年代，台灣更進一步推動燃氣發電，許多原本的火力發電也開始轉型使用天然氣，以應對環境保護的要求及提高能源效率。

1979 年，台灣的核能發電進入一個新時代，核一廠商轉，緊接著是核二和核三的相繼投入運作。這顯示了核能在台灣能源結構中的重要地位。然而，1980 年政府核定的核四廠計劃卻遭遇了極大阻力，並經歷多次停建與重啟。最初的停建發生在 1985 年，後來在 1995 重啟。進入 2000 年，隨著首次政黨輪替，民進黨執政帶來了第二次的停建，隔年復工。再到 2014 年，核四計畫的第三次停建，更是在台灣社會對核安全的深切擔憂下實施封存。

↵	1934 年，日月潭第一發電所（大觀發電廠一廠）啟用，裝置容量 110MW↵ 1974 年 德基水庫啟用，裝置容量為 234 MW↵ 1985 年 明湖抽蓄水力發電機組（大觀二廠）啟用，裝置容量 1000MW。↵ 1987 明潭抽蓄水力發電機組啟用，裝置容量 1602MW。↵	
1960 油↵ 1970 煤↵ 1980 氣↵	1958 · 南部火力發電廠啟用，總裝置容量約 300MW (1995 氣) ↵ 1960 · 深澳火力發電廠啟用，至 1966 年，總裝置容量約 400MW↵ 1965 · 通霄火力發電廠啟用。(1983 · 1991 氣) ↵ 1968 · 林口火力發電廠啟用，總裝置容量 600MW。↵	1969 · 大林火力發電廠啟用，至 1974 年，總裝置容量約 1850MW (1990 氣) ↵ 1977 · 協和火力發電廠啟用，至 1985 年，總裝置容量約 1000MW↵ 1982 · 興達火力發電廠啟用。(1998 氣) ↵
1979↵	核一商轉(1979)，核二商轉(1981)，核三商轉(1984)↵	
1980↵	政府核定「核四興建計畫」↵ 第一次停建(1985) · 1995 重啟 · 1999 核四拿到建廠執照↵ 第二次停建(2000) · 2001 重啟↵ 第三次停建 (封存 2014) ↵	
1987↵	解除戒嚴↵ 反對核四廠、反對蘭嶼低放射性核廢場 (1982 啟用) ↵	
1991↵	台中火力發電廠一號機商轉啟用。至 2006 年，總裝置容量 5824MW (十個機組) ↵	
1992↵	國會 (立法院) 全面改選↵	
1994↵	核四計畫重啟，預算過關↵	
1994↵	「環境影響評估法」立法↵	

(資料來源：講者簡報)

1994 年到 2014 年的政治與社會變遷

1987 年解嚴前後，台灣社會開始經歷快速的變化，不僅影響政治結構，也觸動了能源政策的根基。台灣的反核四運動及蘭嶼的反核廢運動開始興起，這些運動表明，隨著社會變遷，過去在威權體制下形成的能源政策和設施，開始面臨來自社會各界的新挑戰。

至於火力發電方面，自 1987 後，台灣未見到新的公營大型火力發電廠興建。1991 年的台中火力發電廠是其中一個例外，但之後的趨勢主要是更新舊有電廠，而非建造新設施。1992 年國會全面改選，對能源政策的制定帶來更多監督。

1994 年，台灣通過了具有里程碑意義的《環境影響評估法》，這不僅代表著台灣對環境保護意識的提升，也提高了對於公眾參與和資訊透明度的重視。該法要求在大型建設項目開工前，必須進行嚴格的環境影響評估和審查，以評估對環境可能造成的影響，並尋求相應的減輕措施。隨著 1995 年政府推出開放民營電廠政策，台灣能源市場進一步多元化。這一政策分為數個階段，初期主要集中在火力電廠的建設，然而由於環評法的嚴格要求和社會抗爭，許多燃煤計劃最終未能實施。因此，除了麥寮與和平兩座燃煤電廠外，最終能夠通過環評並開始運作的民營電廠多是申請天然氣發電，這被視為比燃煤更環保的選擇。

1997 年，立法院跨黨派立委參與了日本京都舉行的聯合國氣候變遷會議，並見證了京都議定書的簽署。回國後，這些立委推動成立了立法院的永續會，希望將氣候

變化和碳排放問題帶入國會討論和政策制定中。然而，雖然國會對此展示初步的關注，實際上並沒有形成真正推動社會的廣泛動力。

進入 2000 年，政府雖然推出了陽光屋頂和再生能源示範計畫等政策，但在早期缺乏足夠的支持措施和法規配套，使得實際推進速度非常緩慢。直到 2009 年，台灣才逐步建立了《再生能源發展條例》，提供了如躉購電價保障等新的配套措施，開始為再生能源發展提供了更實質的支持。

1995	開放「第一階段」、「第二階段」民營電廠申設 一、二、三階段，總共 2 煤 (麥寮汽電公司/麥寮電廠，1999) · (和平電力公司/和平電廠 2002) + 7 天然氣
1996	第一次總統直選
1997	立法院跨黨派委員參加日本京都 COP3 會議，回國組「立法院永續會」
2000	第一次政黨輪替，停建核四，2001 核四續建
2000	行政院通過「風力示範計畫」。推行「陽光屋頂」，推出十萬戶設置太陽能設備。
2006	桃園大潭天然氣發電廠一號機商轉
2006	反彰工火力電廠 (取消) / 大林煤電更新 (超超臨界)
2008	行政院核定「永續能源政策綱領」。 設定再生能源目標為 2025 年占發電系統的 8% 以上。增加低碳天然氣使用，於 2025 年占發電系統的 25% 以上。
2009/6	「再生能源條例」立法 (since 2002)
2011/3	日本福島核災。馬總統宣示：穩健減核，老舊電廠不延役
2012/3	經濟部成立「陽光屋頂百萬座、千架海陸風力機計畫」推動辦公室
2013	馬英九總統說：核能、燃煤發電才是主角，天然氣發電為配角，綠能則是五角
2014/4	行政院宣布「核四封存」

(資料來源：講者簡報)

2014 年至今的能源轉型

2011 年的福島核災無疑是一個重要的轉折點，它不僅讓台灣對核能安全的關注再次高漲，逼使臺灣社會必須嚴肅面對是否有面對和因應核災風險的準備，也影響了當時相對平靜的核能討論。當時的馬總統明確表示要「老舊核電廠不延役，核四安全才運轉」的穩健減核政策，這表明了解嚴後台灣能源政策在國內社會政治變遷與國際局勢的多重影響。福島事件之後，核四的封存和公眾對安全的高度重視，逐漸讓燃煤電廠引起的空氣污染問題也浮上檯面，特別是 PM2.5 問題逐漸成為公眾關注的焦點。到了 2017 年，台電在空氣品質預警期間主動降低發電量，顯示了能源調度策略開始重視公眾健康問題。

此外，2015 年《溫室氣體管理法》的立法，其後修法並改名為《氣候變遷因應法》，標誌著台灣在碳排放管理上的新階段，進一步導入了碳定價等機制，增添了推動氣候政策的新動力與政策工具。過程中，曾計劃推進的深澳火力發電廠因大量反對最終停止，顯示了淨零轉型成為全球趨勢後，政府與公眾對於能源計畫的態度有了顯著變化。

進入 2022 年，政府明確宣布 2050 年達成淨零轉型的目標，這一目標和相關法律的修正正是當前台灣面臨的能源政策樣態與挑戰的重要指示。福島核災、空氣污染問題以及全球對於淨零目標的追求，共同塑造了台灣當前與未來能源政策的框架，這些都是我們當前和未來必須面對的重大挑戰。

2015	韓國首爾政府 (地方政府) · 推動「省下一座核電廠計畫」(能效、節能、太陽能、能源「分享」)
2015	「溫室氣體減量及管理法」立法
2016	蔡英文當選，宣示「2025 非核家園」。2025 天然氣/燃煤/再生能源 · 50/30/20%
2017	電業法修法 (鬆綁) · 開放綠電市場
2017/6	經濟部於 2017 年 6 月 28 日宣布擴大能源轉型公民參與。2020/11 行政院核定「能源轉型白皮書」
2017	自 2017 年 11 月起，台電開始配合空品預警，執行友善與自主降載
2018	反深澳燃煤電廠，三接藻礁爭議
2020	2019 年發電數據，燃氣發電佔比首度超越燃煤。
2022	國發會公布 2050 淨零轉型關鍵戰略
2023/2	「溫室氣體減量及管理法」修法為「氣候變遷因應法」，2050 淨零入法

(資料來源：講者簡報)

結語：台灣能源政策的未來挑戰與建議

在我快速整理過的台灣大型電力開發的變化中，可以看到幾個關鍵點。首先，解嚴之後，伴隨著《環境影響評估》的立法，電力相關設施逐漸受到了更嚴格的制度和民間監督，這包括了環保、安全、健康以及外部成本的考量，這些成本雖然尚未完全內部化，但已經受到了相對較大的重視。因此，許多開發案被否決，新的廠址也極為罕見，除了大潭的天然氣電廠，新機組的建立幾乎都是採用老地方更新換代的模式。

空污的疑慮也日益成為一大挑戰，反映出公眾對環境問題的關注正在增加。法律的角色在這一過程中顯得尤為重要，許多配套和行政力量的介入都是在有了相應法律之後才開始實施的。此外，台灣曾多次召開全國能源會議，分別在 1998 年、2005 年、2009 年和 2015 年，這些會議都是在外部條件變化的背景下，尋求能源政策的新方向。尤其是 1998 年與 2005 年的會議，分別是京都議定書簽訂和生效的重要時期。然而，這些會議往往被核能爭議成為焦點所主導，導致其他能源轉型相關的討論未能充分進行，這是一個非常遺憾的情況。

2017 年，經濟部製訂了一份參與式的能源轉型白皮書。這份白皮書真正做到了讓民間團體、企業、學界以及政府部門共同參與探索和釐清能源轉型，這不僅促進了多方面的對話，也為台灣的能源政策提供了更多元和深入的視角。

在剛剛的討論中，我們回顧了台灣能源政策的三個主要階段，這讓我們認識到能源轉型的途徑雖然困難，但也是我們必須共同面對的挑戰。首先，我認為能源政策的制定應避免犧牲弱勢，這意味著不能為了經濟發展而無限制地開發電力。如今社會已經變了，政府不能再一意孤行，必須聽取各方聲音，認真面對可能帶來的各種風險。

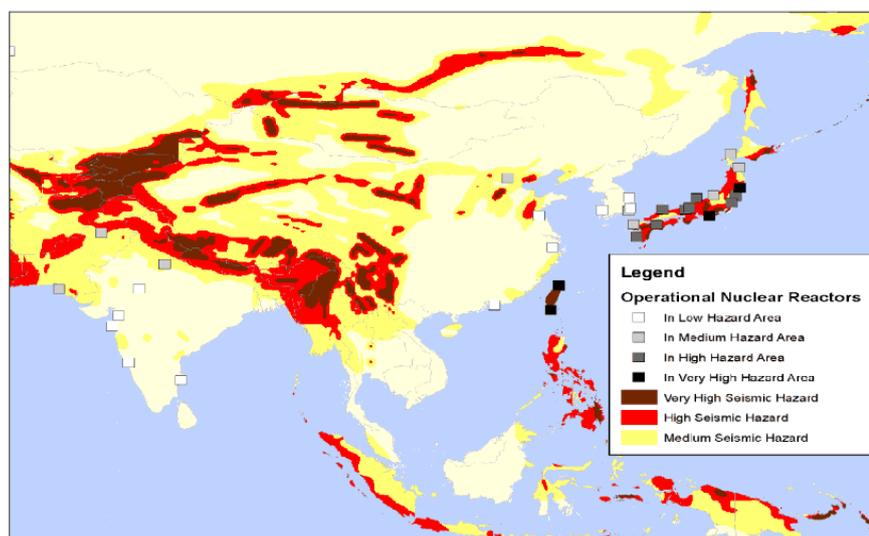
其次，我們應全面考慮供給面、需求面與系統面的平衡，而不僅僅是盲目擴張能源開發。在這當中，電價政策扮演了重要角色。一般的討論多半集中在電價是否應該調整，但少有人關注電價如何成為有效的政策工具。如果我們一味追求低廉的電價而忽略供電的質量和可靠性，這是不現實的。此外，低電價在某種程度上是在補貼大量使用電力的用戶，而這樣的政策實際上限制了節能技術和裝置的產業發展空間。

再來，對於大型用電戶，他們應承擔更多的責任，這是國際上對企業的普遍要求，我們應該認真面對這一問題。最後，我們也需要思考地方政府在能源政策中應扮演的角色。以往能源政策幾乎都是中央政府的職責，但未來地方政府應有更積極的參與和更明確的角色，以共同推動我們的能源策略向前邁進。

這張圖表簡單但直觀地顯示了全球核能發電廠與地震風險區域的重疊情況。從這個評估計畫中可以看出，台灣和日本是全球核電站地震風險最高的地區。雖然日本部分核電站已經重啟，但進程並不如預期順利。台灣位於環太平洋地震帶，這是一個地質風險較高的地區（還包括美國的加州），這凸顯了台灣在核能安全方面面對的挑戰。

「全世界地震風險評估計畫」Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP)
422個運轉中的反應爐，位於地震最高風險區的反應爐共有12個，6個在日本，6個在台灣

全球地震風險分佈與商轉核電廠位置



(資料來源：講者簡報)

接著，剛剛也提到了轉型白皮書中的內容，其中涉及創能、節能、整個電力系統的優化、儲能和智慧電網的發展。這些都是轉型過程中需要解決的關鍵問題，如社會公平、永續和能源安全等。然而，在台灣，大眾的關注似乎主要集中在創能和綠能上，而對於整體系統的轉型和能源管理的討論相對較少。我認為，這些方面其實是轉型中非常精彩和關鍵的部分，但往往沒有得到足夠的重視。



圖 14、能源轉型白皮書重點推動方案與能源轉型目標關聯圖

(資料來源：講者簡報)

此外，需求面的管理也是一個重要議題。近期有討論關於需量反應的效率和問題，事實上，自民國 76 年以來，台電已經開始實施所謂的需量管理，儘管早期措施相對簡陋，但逐步發展出更完整的配套措施。長期以來，台灣的電價保持在低水平，看似利民，但也讓很多國際能源轉型措施和經驗在臺灣難以推動，這反映出我們需要面對的問題，並且也指向了未來能源政策需要更深入探討的方向。

在最後，我想重申，供電系統的成功運作不僅僅依靠發電能力。它還涵蓋了彈性、韌性以及需求管理和供給管理等多個層面，這些元素都需要同時進行並且相互支撐。因此，我認為地方政府和企業在能源轉型中扮演的角色至關重要。能源轉型絕非易事，需要我們所有人的共同努力和持續的合作。這是一個複雜的過程，但通過集體努力和跨部門協作，我們可以實現更為可持續和安全的能源未來。

台灣能源發展的前世今生：能源轉型與電力韌性

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：林木興 臺灣大學風險社會與政策研究中心博士後研究員

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

台灣能源的地緣政治與經濟動態

過去，台灣常感受自己在國際上似乎不夠被重視，但最近幾年的局勢有了顯著變化。特別是疫情間我們在外交上的擴展，以及台積電等企業的全球布局，這些都在國際上提升了台灣的能見度。這對台灣來說是一件好事，因為像台積電這樣的公司到日本等地發展，可能會使在台灣的用電需求相對減少，這連結到我們今天討論的主題——能源發展的前世今生。

此外，我們也看到全球各地都在面臨轉型的挑戰，速度之快令人瞠目結舌。近期，台大風險中心也開始研究 ESG（環境、社會與治理）相關的法制問題。在這方面，歐盟和美國之間似乎存在某種制度上的競爭。歐盟通過其綠色新政產業計畫(Green Deal)大戰略，將 ESG 融入其政治經濟策略的核心，而美國雖也致力於此，但其措施可能未如歐盟那般全面。

當前情勢下的政經挑戰，台灣面臨著一系列挑戰。例如前年，美國眾議院前議長裴洛西訪問台灣時，北京反應激烈地大規模軍事演習，這不僅是政治上的示威，也暴露了台灣在能源供應上的脆弱性，特別是在天然氣供應方面。當時有擔憂若台海封鎖發生，將嚴重影響台灣的天然氣供應。法律層面上，行政機關已透過公告方式規定天然氣的安全存量，從過去的僅 7 天儲備，逐步提升至更長時間，以增強能源安全。

美中貿易戰促使供應鏈轉移，加速了不少台商回流投資，加上像台積電這樣的企業擴廠，原本預期會導致台灣用電量上升。然而，去年的實際用電成長卻呈現下降。這表明，台灣目前面臨的並非單純的缺電問題，而是一個供需平衡的問題，尤其是在可再生能源的供應上。

台灣年平均用電量將持續顯著成長

用電量的增減受多種因素影響。以 2023 年為例，台灣整體的用電量出現了下降，這其中包括了政府推行的節電措施。政府預估每年可能有 2.3% 的用電成長率，但這引出了一個問題：我們是否應該積極節電，還是允許用電量持續增長？如何控制用電成長是台灣社會需要共同面對的挑戰。

隨著電動車等電氣化進程的推進，預計將會增加電力需求。然而，台積電等大型企業在國外設廠可能會對台灣的用電壓力帶來一定的緩解。另一方面，台積電的海外擴張計畫，在美國、德國和日本的新廠設置，雖然減少了在台灣的電力消耗，但也凸顯了全球供應鏈和產能分散的重要性。

電價政策的合理化探討

至於電價問題，2023年4月的調整後，台灣的平均電價約為新台幣3.45元，工業用電略高，約3.81元，而住宅用電則較低，平均為2.77元。即使經過調整，台灣的電價仍然是全球較低的。然而，這引出了什麼是“合理的電價”的問題。在ESG的浪潮中，合理的電價應該反映出環境的永續、社會的公正以及良好的治理。台灣需要的不僅是低廉的電價，而是在考慮到環境保護和社會責任的基礎上，一個更為合理的電價結構。

最近台灣的電價調整話題再次受到關注。經濟部製作了許多圖表，將台灣與日本及南韓進行比較，這是為了探討什麼是合理的電價。儘管經過調整，台灣的電價仍然是世界上相對較低的。另外台灣電力排碳係數若是居高不下，這會引來企業界反應，無論多努力減碳，台電的電力排碳係數似乎難以顯著下降。

法規改革與再生能源發展

2017年對《電業法》大幅修正，是一項重大的法律改革，台大風險中心在修法前就已經提交了政策建議書，並且緊密追蹤後續的變動。2017年1月，這部法律在民進黨政府執政後經過大幅修正，重要性不言而喻，是台灣能源轉型的基礎。

其後，《再生能源發展條例》的修正也跟隨進行，其中包括特別的「用電大戶條款」。這個條款的法律與社會意涵深遠，意味著發電不再僅是國家的責任，用電大戶也須承擔發電的責任。

國際趨勢與台灣的綠色政策影響

國際趨勢對台灣綠色政策和永續治理方面有深遠的影響。像歐盟的Green Deal和美國最近推出的ESG相關法制，都是國際上推動永續發展的重要範例。這不僅是政黨間的競爭，更體現了國際和區域間的競爭。這種國際競爭是台灣轉型劇烈的主要原因之一。

台灣在永續政策方面也正在進行重要的轉型，2022年我們已經宣布了2050年的淨零排放路徑，這是台灣承諾減少碳排放並推動環境永續的重要一步。2023年，我們

通過了《溫室氣體減量及管理法》的修正，並將其更名為《氣候變遷因應法》。值得一提的是，不僅是歐盟設有碳邊境調整機制（EU CBAM），台灣同樣設立了類似的條款（Taiwan CBAM）。然而，雖然我們有了法律框架，實際的執行和法律細節的出臺卻迫在眉睫。如果不迅速落實這些政策，國際上的碳洩漏可能會進一步影響台灣，使台灣面臨更嚴峻的碳洩漏問題。因此，快速實施這些條款不僅是國內的需求，也是對國際責任的響應。

地震與能源安全挑戰

接下來我將討論地震對我們供電系統的影響。我們分析了歷年重大停電事故的數據，發現造成停電的主要原因並非電力短缺，而是人為疏失、設備損壞或氣候因素所致。例如，在 2021 年，台灣因為嚴重缺水而影響到水力發電的效率。這種情況在面對自然災害如大地震時尤其突顯，如今（2024）年 4 月 3 日的大地震，當時我們依賴抽蓄水力電池來解決臨時的電力危機，但如果水源不足，這種應對措施的有效性就會大打折扣。

因此，我們可以看到，台灣重大的停電事故大多與人為或設備故障有關，這突顯了需要有一個獨立於行政部門之外的機構來進行監督和制衡。這是為了確保我們的電力系統可以在各種緊急情況下保持穩定和可靠。

考慮到台灣目前處於能源轉型的過渡期，台電的維修和更新週期壓縮，人力和資源的投入顯得尤為迫切。我們需要提升台電員工的薪資，增加人力資源，以加速設備的更新和更換。這不僅是對台電員工的激勵，更是對整個台灣能源安全的長期投資。

台灣的能源局勢確實處於一個非常嚴峻的階段。這主要是因為我們在尋求能源過渡解決方案時，面臨著多重挑戰。例如，雖然天然氣被視為一種過渡性能源，但它的使用增加了空氣污染的問題。同時，核能雖然是一種低碳選項，卻伴隨著核廢料處理的環境和安全問題。

此外，戰爭等國際局勢也會對我們的能源供應造成影響，特別是天然氣供應，這類事件往往對能源市場造成顯著的衝擊。加上氣候變遷帶來的極端天氣，或地震等自然災害，這些都可能對我們的能源基礎設施造成影響。

因此，我認為台灣需要進行更多的政策辯論，並積極建構合適的制度來應對這些挑戰。

政策建議

首先，氣候變遷法案通過後，碳費立法成為一項關鍵的進步，歐盟已經承認碳費的重要性，然而台灣在這方面的具體執行辦法尚未發佈。我們真切期望立法者能加快推動，尤其是關於 Taiwan CBAM 條款的實施細則。

其次，關於能源轉型的問題，最近行政院長以及賴清德準總統都提到了第二次能源轉型。這涉及到是否需要再次修訂《電業法》。值得注意的是，《電業法》通過後，原本計畫設立獨立的電業管制機構，以及實施用電大戶條款的檢討報告，這些都還未能實現，顯示了在能源監理方面我們還有很大的進步空間。

此外，除了用電大戶條款企業自行發電的規範外，我們也應該考慮推動更多自發自用的公民電廠或社區電廠。這不僅有助於分散能源生產，增加能源供應的彈性，也能促進社區層面的能源自主。因此，我建議相關政黨和政策制定者應考慮制定更多支持這些倡議的政策，以進一步推進台灣的公民或社區再生能源電廠。

綜合討論一

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

■ 提問一：

陳發林教授，賴準總統最近提到了二次能源轉型，他提到的四項能源中包括了海洋能源。在您的報告中，您特別提到洋流發電。我個人認為，洋流發電在再生能源中有可能成為基載電力。因此，我比較關心的是，在您多年的研究下，您認為洋流發電能夠進入大量電力供給的期程是多長？您是否有過這方面的預估？

■ 提問二：

賴理事長，對於您剛剛的報告，我有一個建議。您提到 2020 年燃氣發電的發電量已經超越燃煤發電的發電量。我想您指的是台電的發購電數據，而不是全國的實際發電量。根據我所知，全國的燃煤發電量仍然高於燃氣發電量。您經常在不同場合引用這個資訊，所以我建議您參考這點。

■ 提問三：

陳發林教授，您寫過一本關於洋流發電的書，書中提到，洋流發電面臨的問題包括技術問題（如從海底吊起機器）、資金問題和政治問題。為什麼這本書在十多年前寫成，但至今還無法推動？

■ 提問四：

台灣的能源問題不是太陽能電量不夠，而是關閉電廠的量與生產的太陽能和風電量不匹配，導致缺電問題。這不是儲電或輸配電的問題，而是產生的電量不夠。希望台灣民眾黨能務實解決這些問題，借鑒參考日本和韓國的能源發展路徑，包括能源配比和配電方式，來規劃台灣的能源路徑。

■ 回應：陳發林 臺灣大學應用力學研究所講座教授

謝謝您的問題，您提到了我的傷心事。黑潮電廠的核心技術是將渦輪機錨定在深海中，這是最大的困難，其他方面相對簡單。此外，政治問題和經費問題也是巨大的挑戰。但我認為，一旦技術得以克服，這些問題也將迎刃而解。

我的初步估算是建立一個 30 兆瓦的試點電廠，需要在海中安裝約 60 台渦輪機，進行一至兩年的測試，這將花費約 100 億台幣。然而，目前這個計劃無法啟動，這讓我非常失望和絕望。最終，我將所有的研究成果寫成一本書，留給後來的英雄好漢去實現。

■ 回應：賴偉傑 綠色公民行動聯盟理事長

我在很多場合和審查機會中，提醒經濟部的智庫必須認真蒐集幾個國家的經驗，特別是韓國和日本。除了能源配比等資訊外，還需包括蒐集整個社會的評價，他們的執政黨和在野黨對政策的看法、媒體輿論以及如何做公眾參與討論和社會溝通等面向。

例如，福島核災之後，台灣各級政府和民間討論過我們是否有能力應對類似危機。十多年過去了，這些討論似乎淡出了人們的視野，但問題和風險依然存在。如果我們不正視這些風險，未來的政策轉型過程中會重複無謂的爭辯，浪費太多時間。能源轉型不等人，今天的研討會規劃得很好，但這些重要的方向在台灣社會討論得還太少。

■ 回應：林木興 臺灣大學風險社會與政策研究中心博士後研究員

過去我們覺得台灣沒有足夠的能源資源，但實際上，我們擁有豐富的地熱、海洋能等資源，包括陳教授研究的洋流發電。我們應該均衡發展能源，充分利用這些資源。

另外，我回應一下柯主席提到的問題。《環境基本法》中的非核家園目標和我們的能源發展計劃可能存在揠苗助長的情況。需要強調的是，國土計劃的部分需要法律建制和明確的制度。

此外，近年出現的綠能蟑螂問題也是需要注意的現象。如果地方派系繼續壟斷資源，綠能蟑螂現象會持續發生。民眾黨在地方的耕耘和中央立法院的工作都是可以著力的方向。

永續能源與能源安全的挑戰

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：葉宗洸 國立清華大學工程與系統科學系特聘教授

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

不切實際的能源配比

在供電方面，特別是在蔡英文總統的政策，德國是我們常常模仿的對象。2022 年，隨著俄烏戰爭的爆發，全球化石燃料的價格飆升。德國為了配合美國的政策，選擇不從俄羅斯購買天然氣，這在 2022 年的冬天帶來了供暖的顧慮，因為冬季供暖對德國來說極為重要。面對電力供應不足的可能，德國決定重新評估其核電機組的使用。

這就引出了一個重要的問題：當台灣面對潛在的供電不足時，我們的能源政策是否也應該如德國那樣，採取務實的態度來選擇未來的能源走向？台灣非常依賴進口能源，近 98% 的能源需要進口，而我們的天然氣安全存量目前只有 7 到 11 天。雖然政府計劃將安全存量提升至 14 天，但與其他國家至少 30 天的安全存量相比，這明顯不足。

尤其是當我們計劃將天然氣在發電中的比例提高至 50% 時，安全存量的充足性變得更加關鍵。選擇將天然氣的比重提高，卻沒有相對提升安全存量，這似乎是將自己置於一個極具風險的境地。因此，隨著政府將焦點放在再生能源的發展，未來在核電除役之後，我們可能會面臨電力供應不足的問題。

殘酷的供電現況

在 4 月 15 日的地震當天，雖然許多人可能未有太大感受，但對於我們這些一直關注電力供應的人來說，那一天極為緊張。特別是觀察到明潭和大關十部的抽蓄水利機組，由抽水轉為放水，抽水消耗電力而放水則是發電。傍晚時分，十部機組全部從抽水改放水，顯示出電力供給的嚴重不足。當天除了核電廠和台中火力電廠的汽渦輪緊急發電機啟動外，甚至已經準備除役的高雄大林電廠五號機也被迫投入使用。

然而，這些措施仍然不足以解決問題，最終不得不採取需量反應，並且台電使用了降壓供電的絕招。降壓供電雖然暫時解決了供電危機，但它對家庭用電和台電自身的設備都造成了影響。令人關注的是，4 月 16 日之後桃園地區接連發生多次停電，台電與經濟部解釋這是因為 4 月 3 日的大地震所致。然而，從地震發生到 4 月 15 日限電危機後才出現頻繁跳電，這中間的時間差讓人質疑。

這些事件反映了台灣能源政策中存在的問題，儘管原本電力供應充足，不當的政策調整導致了這場本可避免的小型限電危機，而危機過後的連鎖反應則是更多地區性的供電問題。這顯示出，現行的能源政策需要進一步的審慎評估和改進，以確保在緊急情況下能有效、穩定地供電，並減少對公共及設備的影響。

這張表格的目的是為了說明，為何經濟部必須調整其再生能源供電的占比，因為目前再生能源的發展速度遠遠落後於預期。以 2023 年為例，設定的目標值與實際達成的數據之間存在明顯差距。尤其在政府重點推動的風電和太陽能光電領域中尤為明顯，這兩種能源都不具備可調度性，例如太陽光電在黃昏時幾乎無法提供電力，這凸顯了台灣需要有足夠的基載電力以確保電力供應的穩定。



(資料來源：講者簡報)

此外，去年台灣的整體用電量顯著下降了 60 億度，這不僅是因為節電措施的成功，更多的是由於經濟不景氣的影響。去年台灣的經濟成長率僅為 1.38%，創下 14 年來的新低，許多工廠閒置未運作，導致用電量大幅下降。然而，根據主計總處的預測，今年的經濟成長率預計會超過 3.5%，台電預估今年尖峰用電量將達到 4,100 萬千瓦的歷史新高，超過前兩年的 4,074 萬千瓦。

最讓人擔憂的是，隨著核三廠一號機計劃在今年7月27日停止運轉，如果沒有足夠的新電力投入使用，今年夏天的電力供應形勢將會與去年截然不同，可能面臨更嚴峻的挑戰。

以下這張表格主要用來說明北部地區持續高漲的用電需求，這使得北部地區不得不依賴「南電北送」的策略來滿足需求。如圖中黑色部分所示，南部的電力供應相對充足，因此不僅需要向北部供電，中部地區也存在類似的電力不足問題，同樣依賴南部的電力支援。根據目前的情況，我認為這種依賴狀態未來十年內難以改善。



(資料來源：講者簡報)

挑戰與解方

鑑於這種長期的電力轉移需求，保證輸配電網絡的穩定性和韌性至關重要。台電和經濟部已經計劃投入超過五千億新台幣來強化電網的韌性。我非常期待這些措施能夠儘早實施，特別是考慮到像桃園地區最近幾天連續發生的停電情況。根據台電的報告，桃園地區的變電所和電纜系統老化，加上降壓降頻供電的操作，使得設備受到更大的損害，這也是導致停電頻發的主要原因之一。

因此，我支持電網韌性強化計劃的實施，這不僅是為了解決當前的問題，也是對未來潛在風險的一種預防。至於這個計劃的具體經費是否需要調整，可以進一步討論，但更新和加強我們輸配線的老化設施是一個迫切需要解決的問題。

目前根據經濟部的規劃，未來的新增發電機組將全面轉向燃氣機組。進入 113 年，我們即將面臨核三一號機的除役，接著麥寮的兩部機組以及通宵、協和的機組也將逐一除役。在新增機組方面，目前唯一按計劃進行的是森霸的民營電廠，預計六月上線。然而，台電的大潭九號和大潭七號機組，原計劃分別在六月和八月完成，目前看來難以準時完工並供電。

此外，興達的新 1 號機也面對同樣問題。我對今年的電力供應情況感到特別擔心，因為即將除役的機組按計劃必定會停止運作，但新機組是否能及時上線還是一個未知數。特別是三接項目，原本是為了供應大潭幾部機組而設，去年已經開始供電，但至今尚未正式商轉。

接下來面對的挑戰還包括三接到六接的建設，它們的完成受環評等因素影響，進度仍然不明朗。這意味著，即使全面轉向燃氣機組，我們仍然需要確保有足夠的天然氣接收站來供應所需的天然氣。目前這一點尚未有明確的保障。

更重要的是，依賴天然氣的風險在政治敏感時期尤為突出，如裴洛西訪台期間，對岸可能採取軍事演習並封鎖台灣周邊，直接威脅到天然氣供應的安全。這種情況未來仍有可能發生，我們必須認真考量這種依賴所帶來的潛在風險。



2. 殘酷的供電現況 (6/6)

近年電源開發實績與未來規劃

機組類別：■ 燃煤 ■ 燃氣 ■ 燃油 ■ 核能 ■ 再生能源 ■ 儲能 括號內單位：萬瓩



去年實績為269.4萬瓩
達成率為75.1%

去年實績為109.3萬瓩
達成率僅54.6%

Department of Engineering and System Science

(資料來源：講者簡報)

目前運轉中的核三廠兩部機組中，一號機的執照將於七月到期。關於如何延續其運作，我們可以借鑒美國加州魔鬼谷核電廠的案例。魔鬼谷因應加州的電力需求，決定申請延役，儘管其執照明年到期，美國核管會已接受其延役申請，允許其在審查過程中繼續運作，以保障電力供應。

因此，我認為台灣也應考慮類似的做法，讓核三廠在今年夏天面對潛在的電力短缺問題時，能夠繼續運轉。就像美國核管會對魔鬼谷核電廠所做的那樣，我們的核安會可以在審查期間給予一個豁免，允許核三一號機繼續運行，同時確保其符合現有的核安要求。這不僅是解決當務之急的一種方法，也是在核安全與能源需求之間尋求平衡的一種策略。

離岸風電循環產業開發現況與未來發展

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

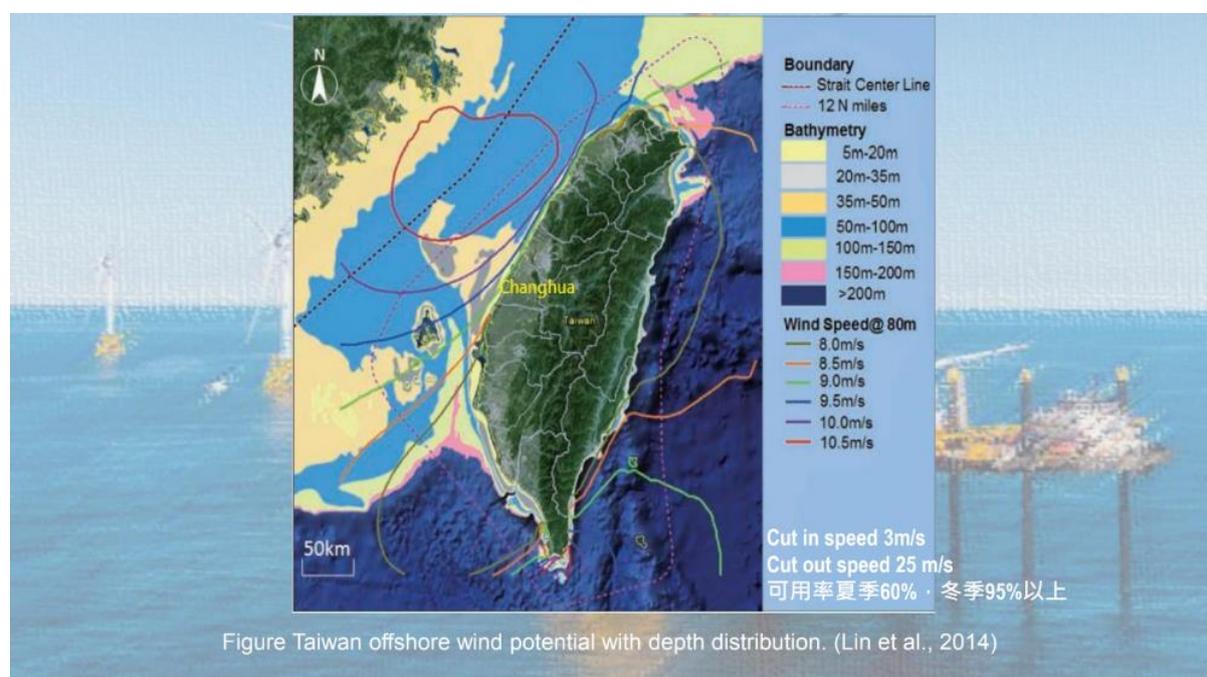
講者：簡連貴 國立臺灣海洋大學河海工程系教授/台灣風能協會榮譽理事長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

台灣離岸風電潛力場域與推動策略

離岸風電在台灣的發展具有顯著的潛力，這一點從過去的研究中已經得到證實。一般情況下，當風速超過 3 米每秒時，風機便會啟動；為了確保安全，在風力過強時會自動停機。數據顯示，夏季約有 60% 的時間風力發電機可以正常運作，冬季則至少有 95%。

然而，台灣的風力發電也面臨著風機大型化和適應本地海域環境的挑戰。在近岸區域，尤其是水深在 20 米以內的地方，潛在的發電能力高達 1.2GW。這些區域往往也是生態敏感區，如水深 15 公尺範圍內的白海豚棲息地。在更遠的海域，水深 50 公尺以內，預估發電量超過數個 GW，這些區域的風力潛力因較少近岸結構物的干擾而增加。



(資料來源：講者簡報)

目前台灣已經建立了約 296 座風力發電機，總發電量達 2.37GW。雖然過程中遭遇 COVID-19 產生一些延遲，但台灣在全球離岸風電領域的表現仍然值得肯定，這為台灣帶來重要的離岸風電產業機會，也展示其在全球能源轉型中的潛力和貢獻。

從示範風場到潛力場域，再到現在正在推動的區塊開發，我認為台灣之所以能比其他國家做得好，主要是因為有一個非常明確的政策與目標。並且台灣在推動綠能的同時也著重產業發展，這是我們必須作出選擇的地方。台灣擁有許多優勢產業，但我認為目前階段有些產業還沒有完全加入這個行列，特別是資通訊相關產業，在應用階段中還有很大的潛力可以被挖掘。

從 2019 年的數據來看，我們已經完成首座的離岸風場建設。如果你開車經過西濱後龍地區，或者坐飛機經過台灣海峽，你會看到許多近岸的風機。這些風機分佈在潛力場址中，經過兩階段的發展，初步預計有 3.8GW 的潛力，實際上網約 1.6GW。

示範獎勵 提供補助、引導投入



(資料來源：講者簡報)

目前正推動的 3-1 階段，原本從每年的 1GW 提升到 1.5GW，這表示每兩年將增加 3GW 的裝機容量。但是在躉購匯率(CPPA)時遇到了一些困難，這讓我們擔心在 3-1 階段後的產業鏈可能會中斷，政府與產業應提早因應。因此，對於下一階段的 3-2，整個基礎設施的規劃就顯得尤為重要，需要做好未雨綢繆。

在區塊開發的過程中，還有一個非常重要的環節就是政策環評，涉及到在此階段內一些可能的限制條件，必須確保各相關部門之間的政策能夠協調一致，以順利推進整個項目的進度。

區塊開發 長期穩定、永續發展

■ 政策目的

- 海域空間**總體規劃**，避免空間利用競合
- 國家資源**整併利用**，降低整體投資成本
- 離岸風場**逐年開發**，帶動國內產業發展

■ 政策環評

- 106/5/1 完備意見徵詢程序
- **共通性環境議題及因應對策**
- **開發行為規劃及環境影響評估之參考基準**

■ 開發模式

- 政府**整體規劃**後，**遴選業者**開發風場，可縮短期程、**降低成本**並**建立產業**
- 導入**產業效益**、**先進技術**及**價格**等因素推動**經濟規模**開發
- 邀集潛在**開發商**、**產業界**、**本地供應鏈**及**相關公協會**等各利害關係人就**區塊開發執行方式**進行溝通討論，以**廣納**各界意見、**凝聚共識**。



(資料來源：講者簡報)

台灣離岸作業環境海域特性

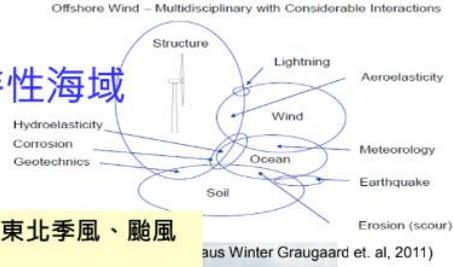
在台灣推動離岸風電並非如我們想像中那麼容易，因為台灣的海域條件相當特殊。大家近來也許感受到地震頻發，加上每年颱風的侵襲，這些自然條件對離岸風電的發展無疑是一大挑戰。此外，台灣海域的地質條件與歐洲有相當大差異，如何在台灣實際落實離岸風電，確實是一大考驗。如果我們真要發展這個產業，這部分需要我們共同努力，從我們自身的海域環境特性出發，創新適合台灣海域環境的水下基礎設施與設計型式，與離岸風電產業鏈。

我們的產業鏈從製造端提升至規劃設計端，再延伸至海事工程，這整個過程需要進一步的強化和創新。台灣是一個海洋國家，回顧過去，直到民國 102 年前，我們幾乎沒有將海域納入國土規劃。但在 102 年之後，我們開始將海域視為國土的一部分，這是向海洋國家身份邁進的重要轉變。隨著多年發展，我們是否對自己的海洋有了更深的認識？相當值得我們期待。透過推動海洋產業和能源，我們希望建立並鞏固自身作為海洋國家的地位。

離岸風電的挑戰包括應對板塊活動頻繁帶來的地震，以及極端氣候下的颱風威脅。我們還必須面對敏感的環境問題，特別是對白海豚等海洋生物的保護。考慮到白海豚的活動區域和航道安全，目前主要的風場開發都選擇在遠離航道的區域，以西部海域為主。

臺灣離岸作業環境特性海域

Offshore Wind-Farm Construction Risk



- ✓ 氣候變遷 海域環境極端海氣象、東北季風、颱風
- ✓ 沒有或有限之庇護區域
- ✓ 作業空間有限進入港口時的潮汐
- ✓ 斷層、地震作用與海床地質(沙波移動、軟弱地質、土壤液化)
- ✓ 海域環境敏感區(海岸濕地、白海豚棲地)，海洋環境保護，生物資源保育之協調
- ✓ 海域施工作業對生態系統環境之衝擊影響(海域地形變遷、鳥類、鯨豚及水下噪音、魚類及底棲生物等)
- ✓ 與漁業活動及傳統用海產業間之衝突
- ✓ 航道航行安全
- ✓ 水下文化資產

Wind energy uncertainty

Subsea cables

Grid connection

Marine conditions

Regulatory regime

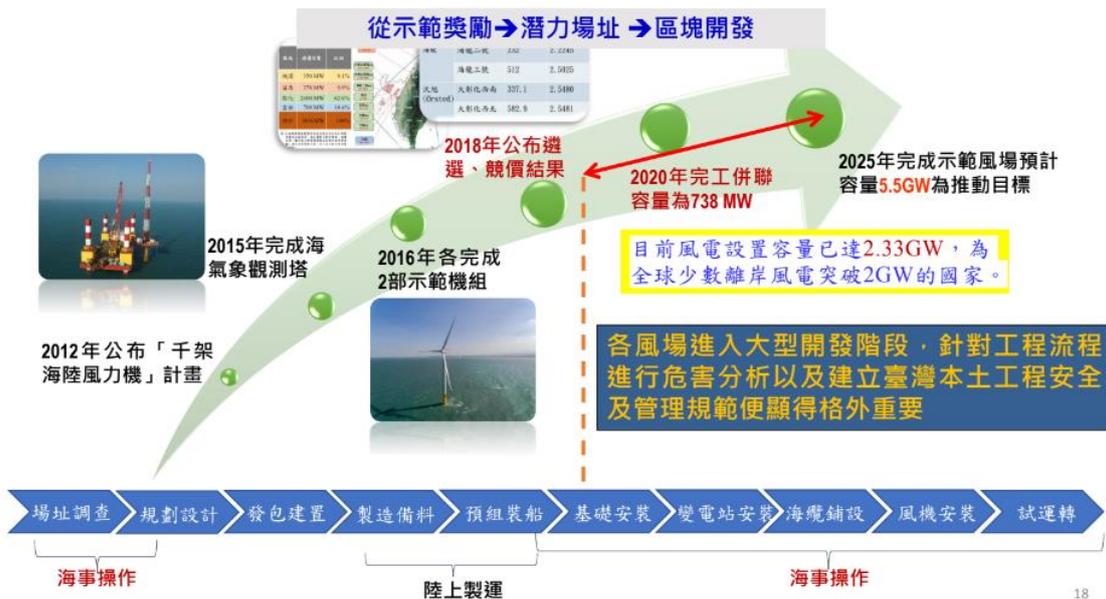
(Source: The Crown Estate)

(資料來源：講者簡報)

離岸風電發展現況

目前整體的發展狀況來看，從 2019 年開始，台灣已建立了首座風場，至今已逐漸完成，目前總計約有 2.37GW 的裝機容量。因此，後續工作已從施工階段慢慢過渡到運營階段。離岸風能是一個循環的綠能產業，從規劃設計、施工，到達 20 年的運營和維護，甚至到最終的除役，整個工程生命大約是 20 到 25 年的周期。

臺灣離岸風電發展現況



(資料來源：講者簡報)

離岸風電未來發展與挑戰

未來我們將會遇到一系列挑戰，特別是隨著風機的大型化以及離岸風場邁向深水區域的推進。這不僅涉及我們的海事工程和產業鏈的提升，也意味著整個水下基礎結構與型式都將進行調整和擴展。我想強調的是，投資於這個領域雖然風險高，但從長遠來看，它對推動國家的海洋產業發展具有重要意義。

隨著風機的擴大，水下基礎設施也必須隨之大型化，這就是我們在推進離岸風電時面臨的主要問題。因此我們需要共同努力，面對融資成本的上升和整體成本的增加。這不僅是技術或財務的挑戰，同時也是我們對持續發展責任的一部分。

離岸風電不僅是一個綠能循環產業，它也實現了我們作為海洋國家的願景。因此推動這一產業，特別是在整合各種再生能源方面，是非常值得的。我們也支持在發電的同時，提升我們的產業競爭力，特別是那些在國際上有優勢的產業，應當被整合進來。

此外，我們也希望開發商能夠承擔企業社會責任，對於其在海上開發能源所可能產生的短期、中期至長期的影響，應該將其納入企業的治理範疇中。這不僅是為了自身的可持續發展，也是對整個海域生態負責的表現。期待我們一起來共同承擔，推動海洋和離岸再生能源產業的可持續發展。

離岸風電未來發展與挑戰

政策面

- 離岸風電是綠能循環產業為我國重要海洋能源產業，值得積極推廣宣導。
- 因應淨零排放，加強離岸風電產業全生命週期節能減碳措施規劃，鼓勵企業使用綠能。
- 因應氣候變遷，離岸風電開發應加強海域環境風險評估與管理。
- 能源轉型政策主導各部會資源整合，強化離岸風場整體海洋空間規劃(含國家電網、海纜共同廊道)。
- 完善海洋資源與能源開發規劃，導入複合式再生能源開發。
- 建立友善海洋生態環境，完善離岸風電與生態共榮機制。

離岸風電未來發展與挑戰

技術與產業面

- 要綠電也要產業，國內生產業者(如水下基礎、葉片、塔筒、機艙等)已累積技術能量，**國產化之政策必需延續，提升規劃設計能量，讓業者茁壯，進而進軍國際。**
- 因應風場大水深、風機大型化及區塊開發每年開放之能量，**整合性規劃提升港埠基礎設施能量、強化施工船舶與海事工程技術、培育技術人力，以利資源有效利用。**
- 建立海域管線跨越或交錯之協商機制與指引。
- 建立智慧電網與電力調度機制(台電)，**加速儲能技術開發。**
- 導入我國**具前瞻與優勢產業，建立離岸風電智慧運維技術與能量。**
- 離岸風電開發計畫者，**應善盡企業社會責任，及扣合永續發展目標。**

(資料來源：講者簡報)

太陽光電的發展路徑-永續之島的新能源地景

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：陳郁屏 台灣環境規劃協會秘書長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

我將今天的分享定位成「如何塑造台灣成為一個永續之島」，這是全球共同的願景，建立一個永續的地球。我們將探討新能源地景的概念，這是一個至關重要的話題。當我們討論能源地景時，最直觀的象徵就是太陽光電系統，也是我們日常生活中最常見的景觀之一。

然而，如何使這些新能源地貌與我們的生活和環境和諧共存，而不是讓人們感到反感或感覺被犧牲，是一個極具挑戰性的問題。這不僅是台灣面臨的問題，實際上在全球各地都普遍存在這樣的困境。

國際經驗：荷蘭的啟示

實際上，太陽光電系統面臨許多環境和社會挑戰。我們可以從其他國家的經驗中學習，例如荷蘭的太陽光電系統。荷蘭作為一個國土面積有限且地勢低平的國家，近年來在台灣的能源轉型討論中頻繁被提及。繼德國和日本之後，荷蘭的太陽光電開發模式常常被用作比較。

荷蘭的例子特別引人注目，因為他們在推動能源轉型時，大量依賴太陽光電技術。在我訪問荷蘭時，遇到了一群專門研究地景的學者。他們指出，全球都面臨著能源轉型的挑戰，這是一個全球性的趨勢。太陽光電不僅是一個靈活的選擇，也是最與自然環境融合的能源形式。

展望未來，預計到 2050 年，如果轉型成功，全球三分之二的再生能源將來自太陽光電。而這些太陽光電將不僅限於家庭屋頂，更多將來自商業規模的發電場所。未來許多地區將發展成為商業規模的太陽光電場，關鍵問題是如何使這些場地不僅僅是發電設施，而是能為人類使用或生態提供更多功能的空間。

全球各國正在探索如何使太陽光電與環境共存的模式，包括如何在太陽光電場地中融入野花、野草，甚至創造條件讓小鳥可以築巢。這不僅是技術問題，更是設計和規劃的挑戰，目的是達到更高的生態友好性，使太陽光電場地成為生物多樣性的庇護所。

困境與挑戰

然而，這個轉變過程並非無障礙，尤其是當公眾可能感到他們需要犧牲個人利益時，這個過程可能變得尤為複雜。

在進行能源轉型過程中，各國均會遇到法令規範的挑戰，以及與地方社區的互動問題。很多時候，當地社區或第一批參與的工作人員，對於他們的行為可能帶來的環境或社會影響尚未完全理解時，就可能出現衝突的後果。

荷蘭的例子表明，即使在高度重視環境與社會調和的國家，太陽光電場的視覺影響也是一大挑戰。在規劃時，荷蘭極力保持光電設施的低矮，以減少與周圍景觀的衝突。台灣也有許多相對低矮的地面型太陽光電設施，而在易淹水的低洼地區，設施則會被設計得更高一些。但是這並不意味著這些設計都是最佳的。即便在荷蘭，人們普遍認為更低的設施更理想，即便這意味著光電板之間的間隔不大，只要獲利合理，這樣的配置在當地也會被接受。

日本作為亞洲的光電大國，也面臨了類似的挑戰。在日本，即使是大規模的山坡光電項目也曾遭遇重大問題。這些案例向我們展示了，即便是在光電發達的國家，也無法避免遇到社會和環境的挑戰。

台灣在發展太陽光電時也遇到了類似的問題。由於台灣國土面積有限，幾乎每個地方都有居民居住，任何光電開發的問題都可能迅速被媒體報導和公眾發現。這顯示了與公眾的溝通和透明度在能源項目中的重要性，尤其是在社會密集的地區。

因此，關鍵在於如何在遇到這些結構性問題時找到解決方案。這不僅是台灣獨有的問題，而是一個全球性的課題。

我們的倡議：制度性改革

在我們討論台灣能源轉型與再生能源發展的過程中，我們協會兩年前提出了一個重要的倡議。我們認為，許多能源項目失敗並非單一案例的問題，而是植根於更深層的結構性問題。這意味著，即使開發商在選擇上做出了最佳決策，仍可能因結構性缺陷而遭遇困難。因此，我們強調需要從整體制度上著手解決這些問題，而不是僅針對個別案件進行指責或修正。

台灣在推進綠色能源政策時，的確存在著急迫與焦慮，這部分源於對綠電供應需求的巨大壓力。這種急切感導致了一種從上而下的策略，即政府首先確定有多少可用土地，然後由相關部門制定目標和進度以強制執行，但卻少有公眾參與。

然而，這種方法雖然在短期內可能看似有效，卻未能與公眾進行有效溝通，使得社會大眾對再生能源項目的認知和接受度逐漸降低。十年前，大多數人可能支持再生能源的發展，但十年後今天，公眾卻越來越感受到太陽光電甚至是儲能設施對社區的潛在威脅。



(資料來源：講者簡報)

我們提倡的解決方案是，政府應該首先盤點那些不太可能引起爭議的國有土地，並通過招標方式吸引合適的業者，依據合理的方式開發理想的太陽光電廠。這種方式不僅更民主透明，也更有可能獲得社區的支持和理解，從而減少社會對再生能源項目的抵触情緒。這種從根本上改變開發模式與政策制定過程的方法，將有助於真正實現台灣作為永續之島的願景。

作為一個長期追蹤太陽光電發展的組織，我們必須坦白說，在台灣尚未找到一個真正完美的太陽光電代表案例。這反映了一個不可忽視的現實：目前的規範需要進一步改進。我們認為中央政府應該針對現有的發展過程，制定更完善的整體規範。

此外，有必要鼓勵業界共同討論並定義更高的技術標準。在我們與業者的溝通過程中，他們普遍表達了對政府能夠提供更好支持的期待。業者希望政府能夠幫助區分市場，讓那些僅追求短期利益的業者與致力於長期發展、希望提供優質服務的業者之間有明顯的差異。這樣的市場差異化將有助於提升整個行業的專業性和服務質量。

因此，雖然「遠水不能救近火」，但我們相信建立更嚴謹的規範和鼓勵行業內部標準的提升仍然是極其重要的。

經濟部制定能源白皮書

在我們的倡議推動下，經濟部去年制定了一份能源用地白皮書，詳細規劃了達到 2025 年能源目標的策略。這份規劃在進入最後階段時，涉及到與社會各界代表進行的諮詢。經濟部檢視了當前的光電發展狀況，並提出利用閒置農業地和台西工業區等地區進行未來的發展計劃。他們也坦承，目前許多領域的發展尚未達到標準，需要進一步的努力。尤其是在屋頂光電領域，雖然有逐年上升的趨勢，但簡單且容易實施的項目，如住宅和新建工廠的屋頂光電，基本上都已完成。因此，面對小型建設如何進一步發展光電的問題，已成為新的挑戰。

目前像家戶這樣 20KW 以下的小型光電系統的增長雖然緩慢，但這種增長對於獲得社會接受度和支持持續發展極為關鍵。這是因為在全球其他國家，這樣的小型光電系統被視為太陽光電可持續發展的基石。

台灣在推動大型光電項目時，往往忽視了對這些小型系統的支持和協助，部分原因是台灣存在著大量違章建築的屋頂加蓋問題，這是一個結構性的挑戰。儘管我們對白皮書中的策略表示認同並感到樂觀，但大家對是否真能按此方向執行仍有所疑問。目前光電的年增長率已達到一個瓶頸，業界實際面臨的困難也是不容忽視的。



(資料來源：講者簡報)

農電共生的難題

最後，在討論農電共生的議題時，業界對此抱有很高的期待。然而，如果簡單與日本的模式做比較，我們會發現一個核心問題：農電共生的實施中，關鍵不在於技術細節或是覆蓋率多少，而是在於誰應該是計劃的主體。

過去無論是在農電共生或是漁電共生的實踐中，都常見到光電公司扮演主導角色，而農民和漁民往往只是作為一種形式的參與，有時甚至只是作為一種裝飾性的存在。這種模式中，農民和漁民並非是計畫的實際運營或規劃的主體，而僅僅是配合外部企業的需求而已。

在其他國家，尤其是那些成功實施農電共生的國家，情況通常是以農民為核心。這些地區的發展不僅僅考慮到能源的生產，更著眼於如何讓這些項目為當地的農業和農業社區帶來實質的、真正的利益。這涉及到一個根本的思維轉變：農電共生不應只被看作是一個經濟項目，而是一個農業政策，它的設計和實施需要主要由農民來主導和申請。

因此，台灣在推動農電共生時，應從政策和實施層面重新考慮如何使農民成為這些項目的真正受益者和決策者。這不僅需要農業部門的積極參與，也需要全面的政策支持，以確保農電共生項目能夠真正地回應農民的需求和提升他們的生計，而不僅僅是光電發展的附屬品。

台日經驗比較

農光共享 solar sharing

- 漁電共生也是要求維持八成產量，遮蔽率四成為限
- 日本農電的申請十年為限，期滿可再申請，通過可延續。
- 台灣目前還未開放農電，若欲開放，農業制度調整的重點應該放在「主體性」而非「技術性」問題。
- 以農為本：以農民、農業、農地、農村永續為本。

來到爭議多多的光電部分，柯文哲舉出日本例子，日本做農電共享要求仍維持8成農業產值，以高架、可調光方式架設，光電板基本以遮蓋四成為限，依作物特性調整，並且透過合作機制，讓光電之利益能回饋地方、與農民共享，嚴訂20年期滿之拆除計畫，以保障農民與農地；而台灣卻密密麻麻地全遮掉，「一蓋下去寸草不生，全毀」。

農電共享 以農業為主、利益共享

資料來源：信傳媒 2023/12/7 <https://today.line.me/tw/v2/article/gm5RMwV>

(資料來源：講者簡報)

浴火重生的可調度綠能

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：王守誠 台灣地熱資源發展協會常務理事

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

地熱能源面臨的挑戰

地熱能源在台灣面臨的挑戰主要可以歸納為以下幾點：

首先，地熱的開發面臨規模化的經濟挑戰。由於電力饋線限制，地熱發電設施通常開發規模較小，這直接導致成本相對較高，使得投資者難以進入這個市場。這個問題不僅限制了地熱能源的快速發展，也增加了其商業化的困難。

其次，政策支持的不足也是地熱發展緩慢的一個重要因素。自 2009 年起，台灣要求即使是小至 0.5 兆瓦(MW)的地熱項目也必須進行環評，這一嚴苛的政策直到 2018 年 4 月才得以調整為 10 MW，然而仍遠比火力電廠嚴苛。長期不切實際的政策限制延緩了地熱能源項目的推進。

第三，與民眾的溝通也是地熱開發必須面對的重要課題。地熱開發計畫往往需要在地理環境複雜的地區進行，這就需要與當地社區有良好的互動和溝通，以獲得項目的社會接受度。

地熱能源在台灣曾經經歷了長達 28 年的發展停滯。過去能源主管機關認為地熱是台灣不可能發展的能源，未給予足夠的政策支持。然而，民間企業的專業與努力終於使政府意識到地熱的潛力，這也促成了近年來地熱電廠的逐步增加。事實上，地熱不僅是一種可再生能源，還具有可調度性，這在綠能中相對罕見。

國際上，地熱的儲能發展正在進行中，這允許在需要時增加地熱的抽取，不需要時則可以暫停，其地下的熱能將持續被加熱。這一特性使地熱成為一種極具潛力的綠色能源解決方案，我們應當重新審視並推動地熱能的更廣泛應用。

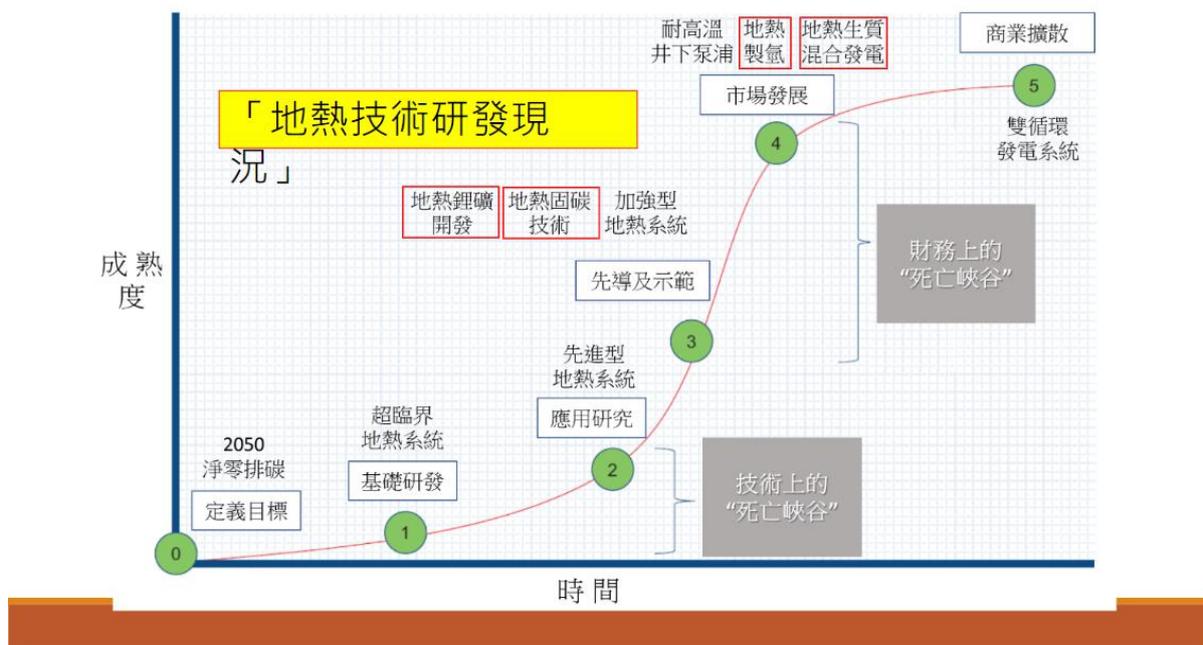
地熱技術的發展契機

地熱能源技術的發展帶來了多方面的應用契機。除了傳統的發電功能，地熱還擁有其他多樣的應用潛力，其中包括鋰礦的開採。地熱餘水中富含鋰元素，這為製造鋰電池提供了一種無害的採礦方式。例如，在南加州的 Salton Sea 以及德國的某些地區，已有投資者因此投資建設地熱電廠，主要目的就是從地熱流體中提取鋰。

此外，地熱還被應用於固碳技術。冰島就已實際應用地熱固碳技術，將二氧化碳轉化為固體存儲，這種技術的成本約為每噸 1000 美元，未來可以降至每噸 100 美元。同樣在冰島，也有實施地熱氫能及生質燃料的項目。義大利則開始探索地熱與其他能源(如生質能、太陽能、水力能)混合的發電方式，並已進入商業化階段。

從 2012 年開始，一些中低溫地熱電廠，即那些運作於 160 度以下者，已經開始顯示其商業價值。過去在 1986 年，台灣對地熱資源的評估認為 180 度以下的資源不具商業價值，但現在，120 度以上的地熱資源已被證明具有發電潛力，成本大約為每千瓦時 8 到 10 美分，即約新台幣 3 元以內。

然而，地熱能源的一大挑戰是其規模化問題。要達到經濟效益，地熱項目需要一定的規模，這樣成本才能大幅降低。但在台灣，由於大部分地熱資源位於偏遠地區，相關的饋線設施不足，這限制了地熱發展的規模化，從而增加了成本。這也是為什麼儘管台灣擁有地熱資源，但這些資源尚未得到充分利用和發展的主要原因之一。



中低溫地熱發電的
關鍵技術：

耐高溫沉水泵(ESP)
=>每口井4~6.5 MW
=>成本8~10美分

Table 1. Recent pumped geothermal projects in the USA and Honduras (partially derived from [6]).

Field Name	Development Name	MW (net)	Average Temp (°C)	Typical well depth (m)	Average MW/well (MW net)	Price (US¢ /kWh)	Power Provider	Contract Start Date
Jersey Valley	Jersey Valley Plant	10	165	950	3.5	6.6	Ormat	2012
Neal Hot Springs	Neal Hot Springs Plant	22	137	700-1100	-	9.6	US Geothermal	2012
San Emidio	San Emidio Plant	8.6	138	700-1000	-	8.9	US Geothermal	2012
Lightning Dock	Lightning Dock Plant	10	155	-	-	9.8	Cyrq	2013
Cove Fort-Sulphurdale	Cove Fort Binary Plant (OEC-1, 2)	25	150	1000-2300	4	7.9	Enel Green Power	2013
Wild Rose	Don A Campbell 1	16.2	128	450-600	4	9.9	Ormat	2014
McGinness Hills	McGinness Hills - Phase 1, McGinness Hills - Phase 2	63.7	165	600-1000	6.5	8.6	Ormat	2015
Wild Rose	Don A Campbell 2	19	128	450-600	-	8.13	Ormat	2015
Platanares (Honduras)	Platanares 1	30	177	650	7.5	10-13	Ormat	2017

(資料來源：講者簡報)

重振清水地熱電廠：國際合作的成功案例

清水地熱電廠在經過 28 年的沉寂後，如今已經重新投入使用，並且與 28 年前相比有了顯著的進展。其成功重啟的關鍵，在於吸引了國際專業團隊的合作。過去雖然我們投入大量資金於工研院以培養地熱技術，但這些分散且長期的努力並未能有效建立起所需的技術基礎。最終是通過民間企業與國際廠商的合作，我們才得以將第一個地熱電廠重建。

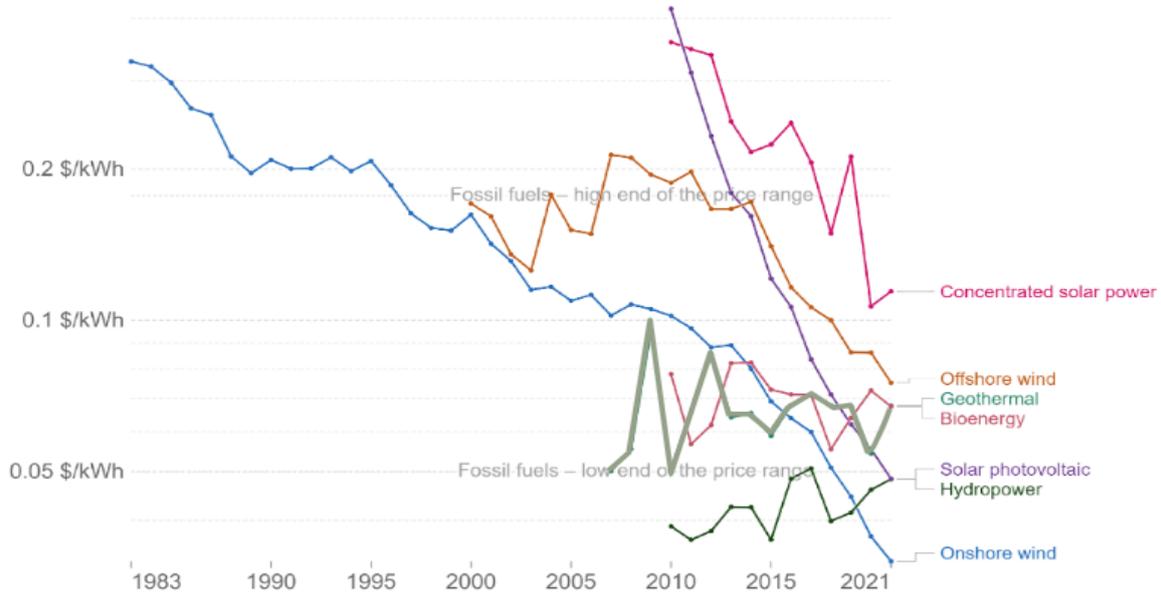
此外，台灣的第二個地熱電廠也採用了新技術，使得我們能夠利用台灣溫泉區的自然條件進行發電。目前，這些地熱電廠正在進行擴建工程。下一步，他們將面臨的挑戰是公眾溝通，包括舉行部落會議等程序。這些過程需要多部門的協作，特別是原民會需要站在原住民的立場上，協助他們參與地熱產業的發展，類似於紐西蘭毛利人在地熱產業中的參與。

國際再生能源聯盟(IRENA)提供的各類再生能源的發電成本

Levelized cost of energy by technology, World

Levelized cost of energy (LCOE) estimates the average cost per unit of energy generated across the lifetime of a new power plant. It is measured in US\$ per kilowatt-hour.

Our World
in Data



Source: International Renewable Energy Agency (IRENA)

OurWorldInData.org/energy • CC BY

(資料來源：講者簡報)

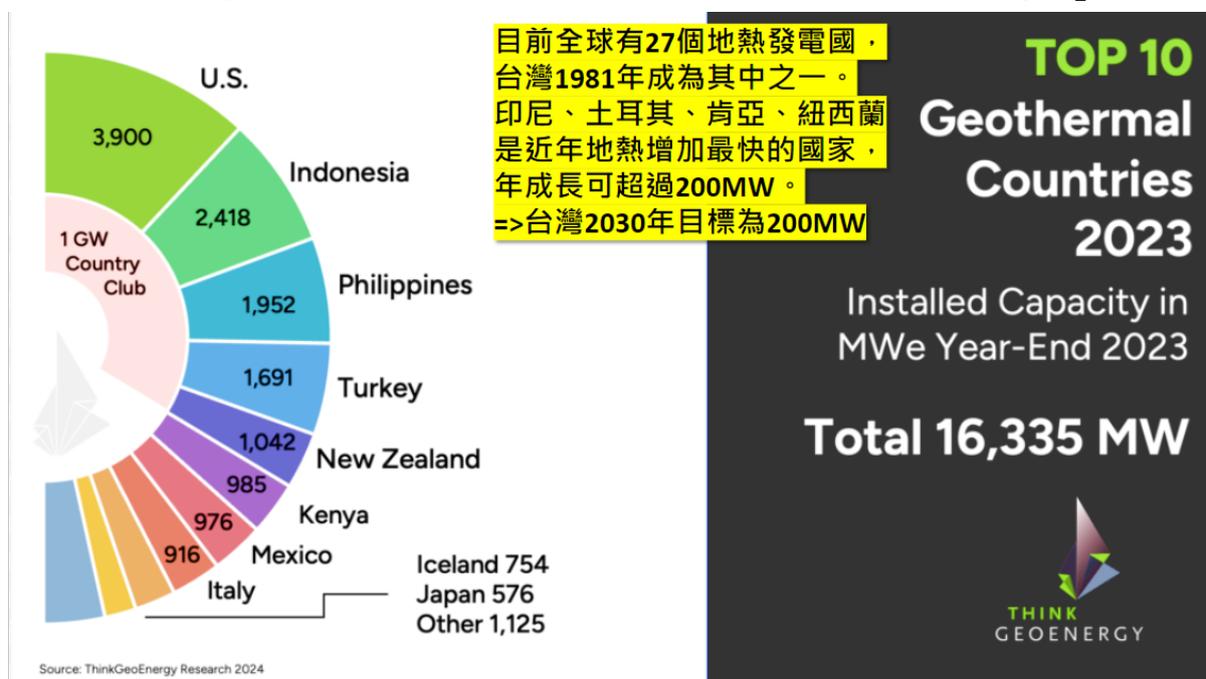
地熱能源的經濟比較

長期以來，地熱能源的成本實際上一直低於化石燃料發電，但最近隨著各種再生能源技術的進步，這些能源的成本已逐漸低於地熱能。儘管地熱成本一直具有競爭力，但台灣的化石燃料發電成本在過去相對更低，這在一定程度上抑制了地熱能的發展。

如果回到 2009 年，當時台灣未對地熱實施不合理的環評認定標準，地熱產業可能已經得到更快的發展。目前在國際上，如美國已有 3,900 兆瓦 (3.9MW) 的地熱發電能力，且美國政府設定目標在 2050 年將地熱能力提升至超過 120GW。這樣的自政策開放來自於石油產業投資地熱能源，並將相關技術應用在地熱領域，特別是在鑽井技術方面，這將有望大幅降低成本。

對於台灣而言，目前的計劃是到 2030 年達到 200 兆瓦(MW)的地熱發電能力，這是我們的初期目標。要達到這一目標，必須加快改進各方面的條件，包括修改法規、專區規劃和饋線升級，以便引進新技術，幫助降低成本和實現規模化。

今年五月，台灣將推出「地熱管理條例」，希望藉此能加速地熱案場的開發。然而，這些規範也並非完美，例如主管機關要求廠商繳交的原始資料繁瑣，有侵害營業秘密之虞，卻達不到管理的效益，未來仍需持續完善。為了促進地熱產業的健康發展，需要多方合作，包括不同政黨的支持，以及達到永續目標的法規獎勵設計，以提高經濟誘因及技術門檻，排除僅以投機為目的的投資者和所謂的「綠能蟑螂」。



地熱產業的國際及國內情勢

1. 美國2024年Liftoff報告將先進地熱與先進核能並列，且地熱能源成本競爭力強於核能，預計2050開發規模從60 GW提升至300+ GW。
2. 經濟部(2023)公布台灣6公里內有40 GW地熱潛能，相當於目前用電量+備載容量。今年並宣布2040年要達到2GW目標，相當於2000億台幣的投資，是具有國際競爭力的目標，但尚未列於台灣電源開發計畫中。
3. 2023年再生能源條例修法通過，2024年5月施行地熱管理條例可加速地熱開發案場，且淘汰投機者及土地掮客。
4. 再生能源條例仍未授權能源署具有管理地下空間的行政權，仍需要再次修法。

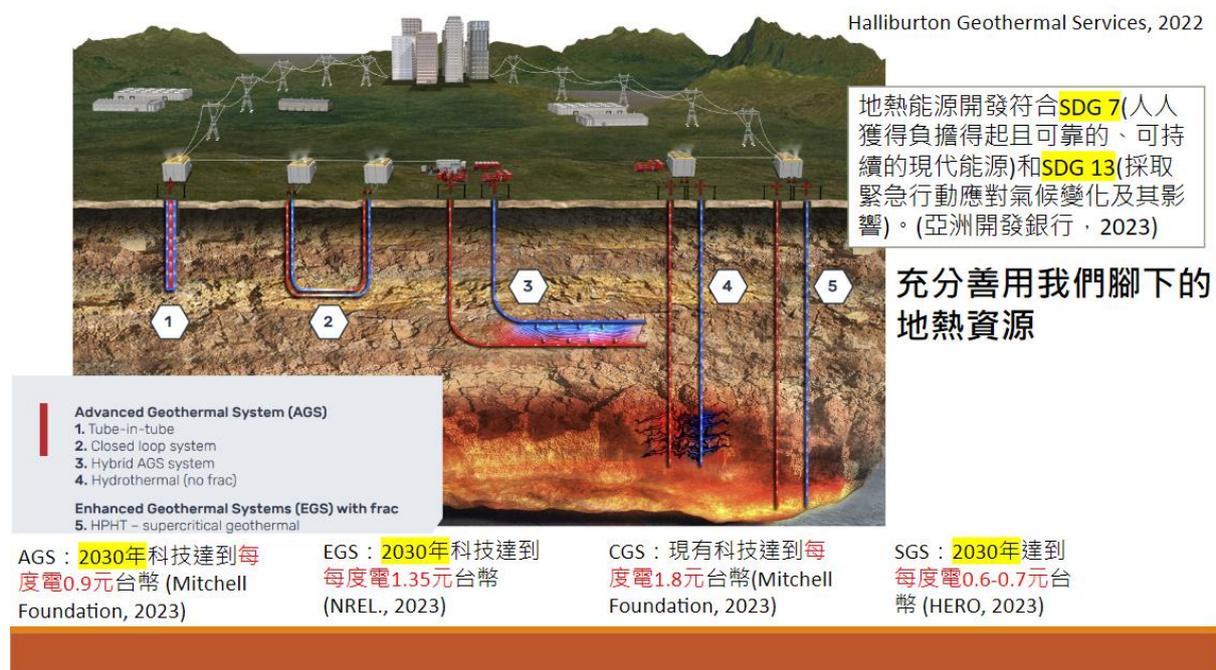
(資料來源：講者簡報)

地熱技術的創新與應用前景

美國在地熱能源技術的發展方面擁有多份評估報告和豐富的研究背景。例如，NREL（美國再生能源實驗室）、Michelle Foundation 在華盛頓的能源智庫、以及德州 HERO 等，都在積極研究和推動地熱能源技術的進步。這些研究機構指出，新的技術如 AGS、EGS、CGS 以及未來的 SGS 預計到 2030 年將成為可行技術，並有潛力大幅降低地熱發電的成本。

其中，鑽井技術的進步被視為關鍵因素。在國際標準下，一個 2,000 公尺深的地熱生產井通常需要三週時間來完成鑽井。然而，以台灣的技术標準來看，相同的作業可能需要長達十倍的時間來完成。這一技術差距主要是因為台灣過去未能有效投資於地熱鑽井技術的培養和發展。

當前的先進技術使得鑽井不再僅限於單一直井，而是可以進行分支延伸，這大大擴展了從單一井位可開採的熱能資源範圍。這種技術創新不僅提高了能源採集的效率，也實現了在最小面積內最大化發電量的可能，這對於地熱能源的商業化及其在能源市場中的競爭力是一個顯著的提升。

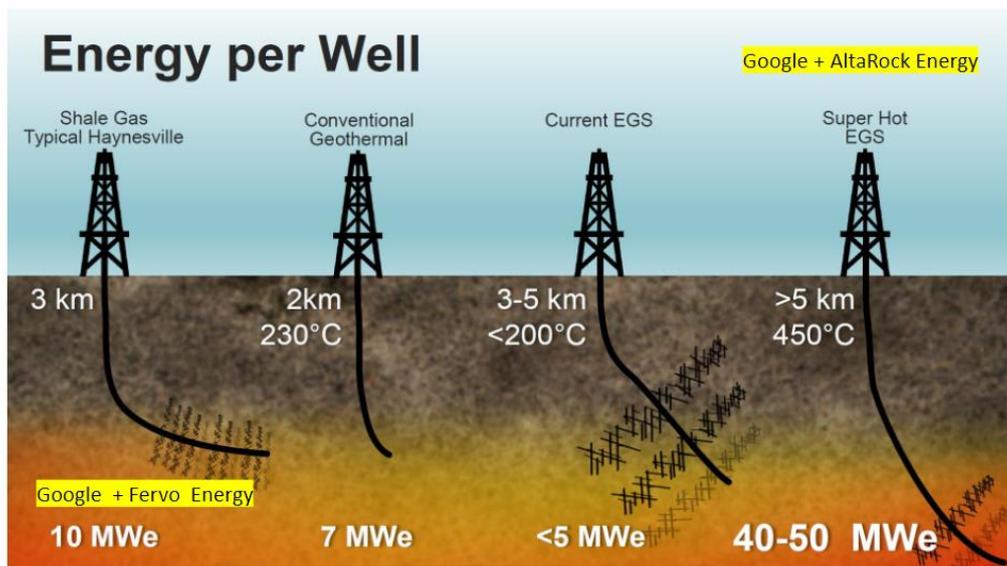


(資料來源：講者簡報)

需要 24 小時運轉資料中心的 Google 已經開始利用地熱發電，並在去年 11 月與 Fervo Energy 合作營運其首座地熱發電廠。除此之外，Google 還投資了另一家專注於開發高溫地熱資源的公司，目標是開發能在 450 度以上運行的地熱系統，這樣的技術可以進一步降低地熱發電的成本。據報導，這種技術可以使單一井的發電能力達

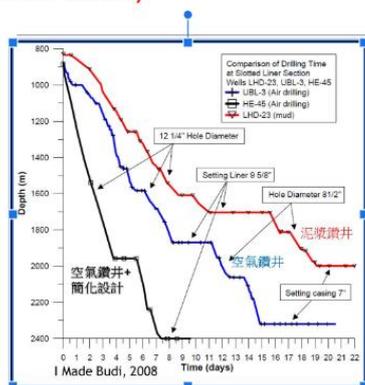
到 40MW。此外，2022 年美國能源部的 Utah FORGE 計畫發布了顯著的技術研發成果，其中包括在 100 小時內鑽透 3,000 公尺厚的花崗岩。這些研發進展展示了地熱發電成本大幅降低的潛力。

引進這樣的技術或類似的先進技術，將可能顯著減少地熱發電的成本，這是美國能源部在其能源規劃中極力推動地熱發電的原因之一。他們認為，與先進核能相比，地熱發電具有更大的發展潛力。

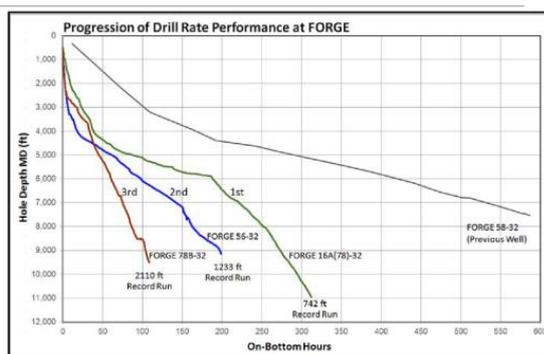


10~22天完成1200~1500公尺導向井 (印尼 vs. 冰島)

100小時鑽3000公尺花崗岩體定向井 (美國Utah FORGE)



DRILLING PRACTICE WITH AERATED DRILLING FLUID: INDONESIAN AND ICELANDIC GEOTHERMAL FIELDS, I Made Budi Kesuma Adi Putra (2008)

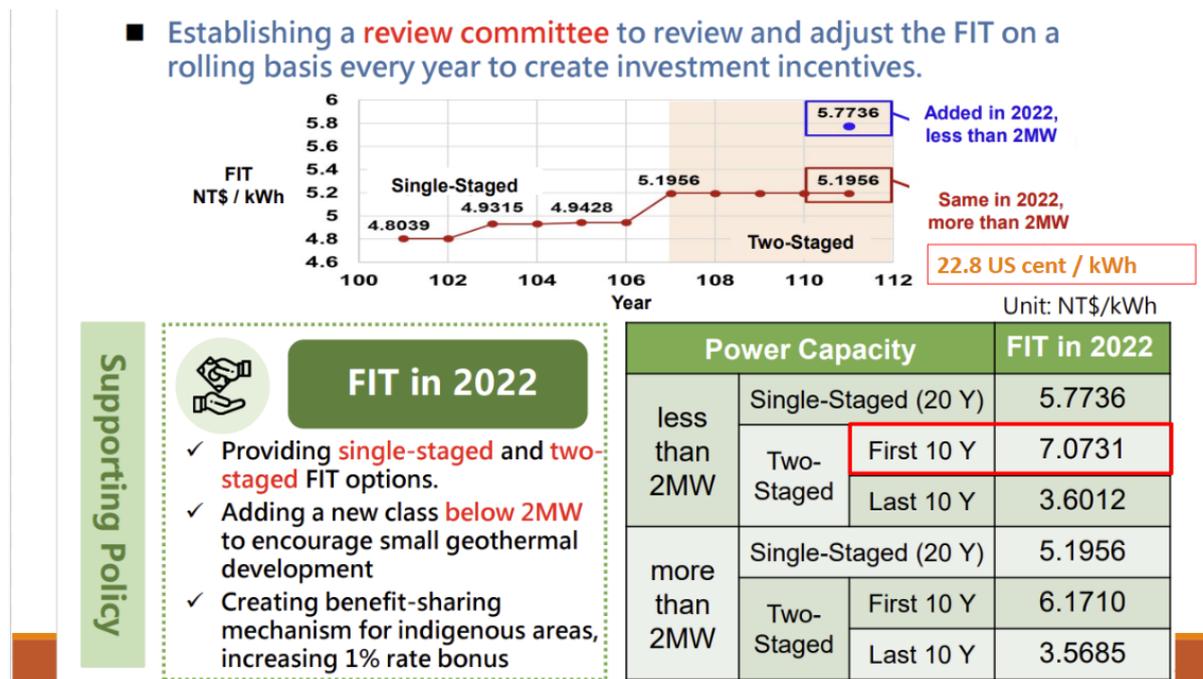


Drilling Practices and Workflows for Geothermal Operations, Fred & Noynaert (2022)

(資料來源：講者簡報)

政策調整及不足

在政策層面上，台灣政府確實已採取一些措施以推動地熱能源的發展。例如，於 2013 年和 2024 年，我們舉辦了國際地熱論壇，希望擴散相關資訊，提升台灣在國際上的知名度，並讓更多產業界人士了解全球地熱法規的最新狀況。此外，雖然我們對於 FIT（固定收購價格補貼）進行了一些調整，但仍未完全達到預期效果，我們曾建議能源局，為了讓產業鏈能更快建立，應該規劃更積極的獎勵機制促進產業界達到 2030 年 200 MW 的目標。



（資料來源：講者簡報）

目前，台灣有大約二十多個地熱開發案場，這些案場不僅面臨技術挑戰，同時也受到現有的法規限制。為了解決這些問題，歐盟已經採取了一些措施，例如放寬環評要求並採用更簡易的版本來加速處理，這是值得我們學習的範例。

在風險管理方面，根據國際經驗，一個地熱案場如果只有五口井以內，尤其是深井，則往往被視為高風險。過去台灣也有因依賴有限的探井數據而錯失地熱資源的經驗，例如在綠島和金山的案例，國際上有地熱鑽井的保險機制存在，值得政府相關單位引進及提供開發商一定金額的政府擔保。

政府計畫及民間發展現況

- 2018年環評修法後才促進地熱產業投資
; 1 GW + 40 GW。
- 目前開發及籌設中案場共計8處20案，
總裝置容量約56 MW(台東申請案量已
達58.44MW)。
- 2025 => 20 MW ; 2040 => 2GW。
- 中央地質調查所設立地熱探勘資訊平台
· 開放後續政府探勘成果
- 中油及工研院已採購新式地熱探勘及鑽
井設備，協助提升國內鑽井工程的量
能。



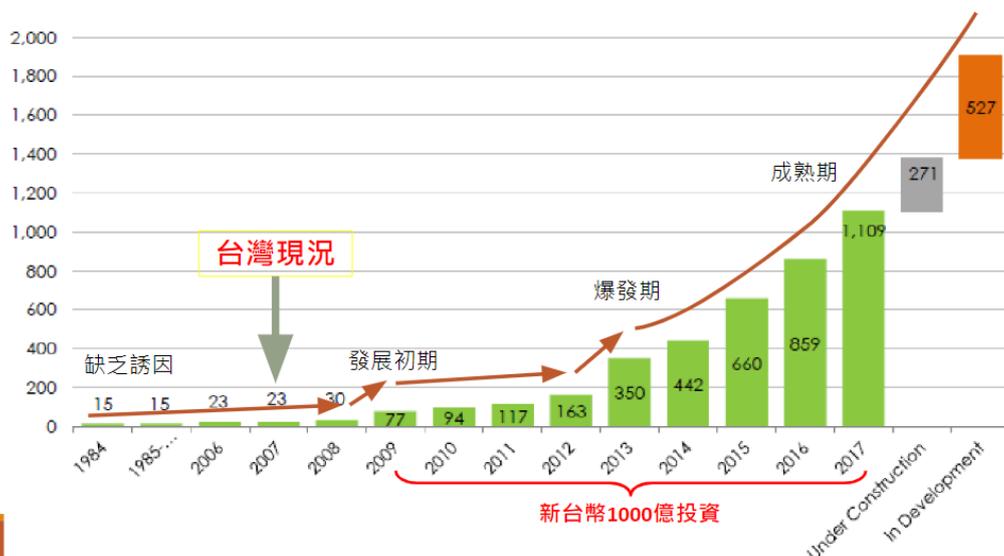
17

(資料來源：講者簡報)

在紐西蘭，地熱發電的成功模式之一，是原住民的共同參與。毛利人對其九處地熱開發區中有三處擁有共同權益，其中 75%的投資來自紐西蘭的毛利基金。這種模式展示了原住民與地熱發展的融合可以帶來積極的結果。

土耳其在過去十年中地熱能源的爆炸性成長，我們希望台灣能夠採納類似的策略和方法。現階段雖然台灣在推動地熱能源方面仍有待改進的地方，但我們持續努力，希望政府能與各方協力，讓更多人了解並投入到地熱能源的開發中來。

國外地熱發電發展成功歷程-土耳其為例



(資料來源：講者簡報)

綜合討論二

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

■ 提問一：

（沃旭派員）：首先向大家說明，目前離岸風電已經進入了 PVP 市場，並處於零補貼的狀態。我們在發現離岸風電產業對基礎建設（包括電網強化、碼頭建設等）和稅收有許多正面貢獻。目前由於政府不再補貼這個產業，加上通膨和供應鏈成本的問題，使得綠電的價格難以被企業用戶完全接受。希望接下來能一起討論如何解決這個問題，避免綠色轉型成本過高，產業和社會無法共同承擔。

■ 提問二：

台灣位於環太平洋地震帶，核三在設計時的耐震能力為 0.4G，現在又有恆春斷層的問題。311 之後，我們在要求台電公司依照美國的地震危害分析程序（SSHAC Level 3）進行評估，但美國國家標準協會建議在地震嚴重地區至少要做到 SSHAC Level 4。請問葉教授，如果核電要延役，是否應該使用更嚴謹的 SSHAC Level 4 程序進行地震危害評估，並在報告出來後評估老舊核電廠是否能經得起地震災害？

■ 提問三：

請問是否支持核四開放給一般民眾參觀？另外，針對國內核廢料無法處理的問題，國際上是如何處理這些核廢料的？他們在短期和中長期有什麼規劃？

■ 提問四：

中南部的太陽能資源非常豐富，這是台灣的天然資源，不應該因為太陽能光板或綠色蟑螂的問題而浪費。我支持太陽能，但不認為建設在農地或漁電共生是好的選擇。我看到在歐洲國家，他們在道路上發展太陽能。台灣有很多車流量不高的道路，例如 61 號快速道路。請問台灣未來是否有可能走向這個方向，在現有的道路或建築上使用太陽能，而不剝奪其他土地？

■ 提問五：

請問核融合是否可期待？另外，對於小型模塊化反應堆（SMR），是否有期待和規劃？

■ 提問六：

去年我們拿到一個能專的題目，是評估台中港北極發電的波浪能量密度。今年結案，評估結果顯示每 4 公尺寬度可以提供 350kW 的能量密度。我們希望進入第二期，但經費大約需要 3.5 億，其中 2 億是沉箱作業費用，因為台中港無法施工，需從

台北港運來。我想問是否可以在修繕防波堤時將其做成沉箱形狀，讓業者放入渦輪機組進行發電？這樣的長期規劃是否可行？

■ 提問七：

想請教一下地熱單一窗口的效率如何？管理條例是否有幫助？如果有的話，滿分 100 分會給多少分？

■ 提問八：

核能方面的科學沒有問題，今天失敗的不是科學，而是管理和政治。這兩者缺乏專業。

核電廠的管理存在許多問題。例如，工人可能會故意破壞偵測儀，因為如果輻射超標，他們會被送回家，失去工資。此外，台電過去的事故報告和管理程序存在問題。台電擁有 ISO 9001 等質量管理系統，其中的糾正措施和預防措施應該公開，讓大家了解台電在事故發生時是否有能力應對。希望台電能夠改善這些制度性問題，確保不會因為政治壓力而做出錯誤決定。

■ 回應：葉宗洸 清華大學原子科學院工程與系統科學系特聘教授

核三廠耐震性：核三的耐震係數已經提升到 0.72G，而不是之前提到的 0.4G。至於過去的三大核災，都不是因為地震本身造成的。例如，日本的福島核災，是因為後來的海嘯，而不是地震直接破壞了設備。因此，關鍵在於我們是否可能遇到像福島那樣超過 20 公尺高的海嘯。多位地質專家已經評估過，台灣環海的情況，即使發生強烈地震，也不可能出現這麼高的海嘯。

核電廠的開放參觀：關於核四和其他核電廠的參觀問題，過去每年都可以參觀，但最近被禁止，這是很奇怪的現象。我認為開放參觀是必要的。

核廢料處理方式：核廢料處理可以參考國際做法，國際上有許多成功案例。例如，芬蘭在地下 400 公尺建設最終處置廠。用過的核燃料其實還是一種資源，可以在第四代核反應器中再次利用。如果不喜歡核廢料，可以像芬蘭一樣做最終處置，或者送到其他國家進行再處理。

核融合和小型模塊化反應堆（SMR）：關於核融合，可以關注國際熱融合實驗堆（ITER），預計 2030 年進行測試，但要進入發電階段，可能還需要至少 20 年。至於 SMR，最早可能在 2028 年實現商轉，但需要依靠美國的技術，因為我們的核燃料只能從美國取得。

■ 回應：簡連貴 國立台灣海洋大學河海工程系教授

因應通膨和原物料上漲的問題，我認為應該輔導產業轉型，鼓勵使用綠電，這樣可以增加綠電的使用率，讓綠色金融市場更制度化。此外，建立離岸風電產業的供應韌性，增加國內產業競爭力，減少外部依賴，也能降低成本和風險。

關於波浪發電，我認為未來在新建港灣設施時，可以考慮將波能功能和環境生態結合，這樣可以降低成本，達到長期發電的目標。離岸風力發電是一個綠能循環產業，值得推動，期待成為台灣具有競爭力的綠能產業。

■ 回應：陳郁屏 台灣環境規劃協會秘書長

很多國家，特別是歐洲國家，都在嘗試道路光電，但技術和成本問題使得推動非常緩慢。目前道路光電主要用於自產自用系統，而不是一個大規模的發電策略。

■ 回應：王守誠 台灣地熱資源發展協會常務理事

美國能源部的 GTO（地熱科技辦公室）展示了民間科技整合對能源政策帶來的刺激，這個模式值得借鑒。目前台灣的地熱單一窗口主要負責法規和行政業務，缺乏政策和技術規劃能力。希望能源署能給他們更多資源，提升跨部會協作能力，加速地熱產業化，甚至值得考慮跟美國能源部 GTO 合作，跨國合作投資研發新技術。

儲能、氫能與節能

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：曾重仁 國立中央大學能源工程研究所特聘教授

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

儲能

目前，電力在我們總能源使用中僅佔 30%。根據國發會規劃，未來的電力使用將會增加，但整體能源消耗則希望不要大幅增加。我們可以透過節能和節電的努力抑制能源消耗的成長。因此，即便是發展產業，我們也不希望能源需求大幅增加。預計到 2050 年，電力將佔能源使用的一半，但這其實只佔台灣所有能源使用的 30%，比例相對較低。

這也意味著我們仍有 60%到 70%的零碳能源缺口需要通過其他方式來彌補。我個人認為，要讓台灣達到百分之百的能源獨立是非常困難的。除了既有的光電、風電計畫，加上地熱、海洋能的開發，如果我們能達到一半的自主能源供應，就已經非常不錯。因此，至少還有一半的能源需要進口。這是一個必須清楚認識的先決條件。我們不應該幻想能達到百分之百的能源自主，這對台灣來說非常困難。我不是說完全不可能，但絕對是個挑戰。

國家發展委員會提出的台灣淨零轉型的 12 項關鍵戰略，其中包括氫能、儲能和節能等，都是我們必須重點討論的議題。

國際經驗—以德國為例

儲能技術，雖然是個經常被討論的話題，但其實際應用與挑戰仍需深入理解。以德國為例，在推進再生能源方面相當積極，目前再生能源的滲透率已達大約 40%。德國的能源組合包括了一定比例的傳統化石燃料，以及相對豐富的離岸與陸域風電和太陽能。

德國設定了到 2040 年將完全淘汰化石燃料的目標，屆時能源結構將主要依賴離岸風電、陸域風電和太陽能。這樣的轉變帶來了對儲能技術的重大需求，特別是在處理再生能源的間歇性和不穩定性上。根據負載曲線的預測，到了 2040 年，德國每月的能源需求與實際產量之間將存在顯著的差距。

這種情況下，未來將需要進行長期且大規模的能量儲存。然而，依賴廣泛使用的鋰電池儲能系統來實現長時間大量的儲能，卻存在著一定的困難。

主要儲能技術之比較

儲能技術的多樣性日益成為能源討論的重點。當大家提到儲能，很自然會想到鋰電池，這種電池技術，非常適合進行幾個小時到一天左右的短期儲能。鋰電池的反應速率快，在短時間非常有效，但對於需要長期儲存的場景，就顯得力不從心。

對於季節性或電網級的長期儲能，「電轉氣」的技術受到更多關注。這項技術將過剩的再生能源通過電解過程轉換為氫氣，儲存為氫或將氫與二氧化碳結合轉化為合成燃料。這類化學儲能不僅穩定可靠，還能夠長時間儲存大量能量，這是為什麼歐洲近年來積極推動電轉氣技術的原因。相較之下，台灣在這方面相對落後。未來的能源系統需要多元的儲能技術。

儲能系統有效輔助電網

台灣最近的地震中，儲能技術發揮了關鍵作用。地震發生初期的幾秒鐘，是靠鋰電池儲能系統維持電網的穩定，保持頻率不下降至臨界值 59.5Hz 以下，有效避免了大規模停電。接著，日月潭的抽蓄水電站在短時間內由抽水耗電模式迅速切換為放水發電模式，協助穩定電網，再配合太陽能發電，共同渡過了危機。

這表明儲能技術在未來電網管理中將扮演極為重要的角色。目前台灣的儲能建設雖然有所進展，但鑑於台灣電網的獨立性，我們對儲能的需求計算可能仍偏於保守。考慮到我們不能單純依據國外的數據來進行規劃，台灣需要加速儲能技術的發展，以確保能源安全和電網的穩定。

台灣在儲能領域擁有一個完整的產業鏈，涵蓋從上游的電池材料、電芯、電池模組及電池能量管理系統，到下游的系統整合廠商，產業鏈完整且豐富多元。此外，隨著新的廠商紛紛進入這一領域，台灣的儲能產業呈現出蓬勃的發展態勢，這是一個值得持續支持和投資的領域。

儲能技術在多個應用場景中發揮著關鍵作用。首先，在發電端，儲能可以有效穩定那些波動性較大的再生能源，如風能和太陽能。此外，在電網的輸配環節，儲能技術也能夠在發生故障，如電塔倒塌影響傳輸線路時，提供必要的電力支持，保證電網的穩定運行。

未來，儲能技術在電力市場的「表後市場」，也就是靠近使用端的市場，將扮演越來越重要的角色。這涉及到直接為終端用戶提供儲能解決方案，以增強整個電力系統的效率 and 可靠性。

綜合以上各點，儲能不僅對於穩定和優化台灣的電力供應鏈至關重要，同時也是推動能源轉型和實現電力系統現代化的關鍵技術。因此，對此技術的政策支持和發展投資是非常必要的，值得我們持續追蹤和推動。

氫能

氫能在現代能源策略中扮演著多重角色，特別是在電轉氣技術中，它不僅作為一種有效的儲能方式，還能支持大規模且長期的能量存儲。通過將電能轉化為氫氣，再利用燃料電池在需要時轉換回電能，氫能為分散式發電提供了一個有效的解決方案。

根據國際能源署（IEA）在其淨零碳排策略中提出的幾個關鍵策略，氫能將在未來能源轉型中扮演關鍵角色。其中包括使用氫氣作為生產零碳合成燃料的初步步驟。能源是全球問題，不同地區根據其自然資源的豐富程度，有不同的能源生產潛力。例如，擁有充足日照和良好風力的地區能夠生產成本較低的再生能源，進而透過電解過程生產經濟高效的綠氫。

對於資源較少的地區，氫能提供了一個無碳的能源解決方案。在未來，氫不僅是重要的能源載體，也可能成為國際能源交易的重要媒介，類似於現在的天然氣、石油和煤炭。

再談到難以電氣化的部門減碳，例如煉鋼和石化等行業，這些部門的碳減排尤其困難。在歐洲，鋼鐵製造是主要關注點之一，因為鋼鐵廠的碳排放量大。而在交通載具和分散式電網方面，歐洲已在規劃建設氫能輸送管道，預計未來將形成一個既有電網也有氣體網絡的能源系統，實現電轉氣和氣轉電的雙向能源轉換，這將大幅提升能源系統的整體彈性與韌性。

對台灣來說，提高電網韌性的當前做法雖有其效果，但與歐洲相比仍有不小的差距。氫能預計將成為台灣未來重要的進口零碳能源，購買氫相當於購買國外的太陽能 and 風能。然而，氫能的成本相對較高，需要透過大規模生產來降低成本。目前國際上已有許多大型氫能計劃正在進行中，包括募資和施工階段，這些計畫有潛力在未來幾年內實現成本的大幅降低。

到 2040 年，預計氫能的輸送網絡將相當密集。然而，談及氫能，大家普遍擔憂其安全性，主要是擔心氫氣爆炸的風險。其實，氫氣在工業中已使用數十年，事故發生的頻率並不高，大多數事故都是因為未嚴格遵守安全規範所導致。因此，為了增強公眾對氫能的信任和接受度，台灣需要實施大規模的氫能示範項目，如在公共交通系統中使用氫燃料巴士，讓民眾有機會直接體驗和接觸這種新能源技術是非常重要的。

節能

節能的部分除了在民生用電器鼓勵使用高能效產品外，政府對工業和商業部門，則通過許多專案計畫來協助節能。例如，透過法人與學術單位前往高能耗的工廠進行節能輔導，評估其能源使用情況並提供改進建議。電機電子工業同業公會的團隊，在去年對10家工廠進行了節能診斷，結果顯示節電率在某些案例中可以達到30%至40%，顯示出節能的巨大潛力。

以A公司和B公司為例，他們通過採用LED燈管和引入AI預測及控制技術，對空調系統進行了改造，如使用磁懸浮離心機來降低能耗。同時，這些公司也對馬達進行了升級，採用了磁懸浮馬達技術。此外，還利用變頻技術改進冰水機馬達，並運用智慧偵測技術來優化空壓機的效率，包括檢測空壓管線是否有漏氣，這些都是顯著降低能耗的有效手段。

然而，在台灣推動節能面臨一個明顯的挑戰：電價過低。低廉的電價使得許多廠商在進行成本益比分析時，發現短期內投資節能技術的回報不足以抵消成本。這導致即使明知有節能的可能性，許多企業也不願意投資於節能技術改進。

結論與建議

我認為，台灣的電力價格實在太低，應該適當調高。回顧20年前，每當油價調整幾角錢，似乎整個國家都會掀起波瀾，但自從成立油價公式後，大家對油價漲幅似乎就不再那麼敏感。同樣的道理，我們為何不設立一個類似的電價調節機制呢？

過去，煤炭發電的成本一度電大概一塊多，但現在由於煤炭價格的上漲，即使是最便宜的燃煤發電，每度電的成本也曾經漲到台幣三元。因此，調高電價是合理且必要的。當然，我們也要考慮到低收入戶的承受能力。對此，我們應該通過編列預算來補貼那些真正有需要的家庭，而不是通過人為壓低電價來達到社會照顧的目的。這樣可以更精確地反映電力的真實成本，並通過更有針對性的措施來幫助那些需要幫助的人，這樣我們的電力政策才不會出現扭曲。

儲電與節電的限制與發展

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：許博涵 台灣綠電應用協會秘書長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

淨零碳排理想與現實

我們常常混淆能源轉型的代價和福利國的概念，這是兩個應該分開討論的議題。能源正義應該專注於能源本身，而福利則涉及社會保障和支持。台灣的電價非常低，根據台電的數據，我們的工業電價是全球第三低，民生電價是第四低。這種極低的電價，實際上沒有考慮到環境外部性。

儘管我們有一個電價公式，規定每年應調漲 3%，但實際上近年來的調漲幅度已達到 12% 甚至更高。如果燃料價格持續上漲，我們的電價仍有上調的必要，電力成本應更真實地反映其經濟和環境成本。

至於福利國的部分，當然應該繼續提供支持。尤其是偏鄉和弱勢群體，他們應該通過特定機制獲得必要的支持，以確保在堅持能源正義的同時，也能顧及到這些群體的需求。這種支持應該是由政府透過資源和政策分配來實現的，這是一個重要的課題，需要我們認真對待和執行。

推動綠能的挑戰與機遇

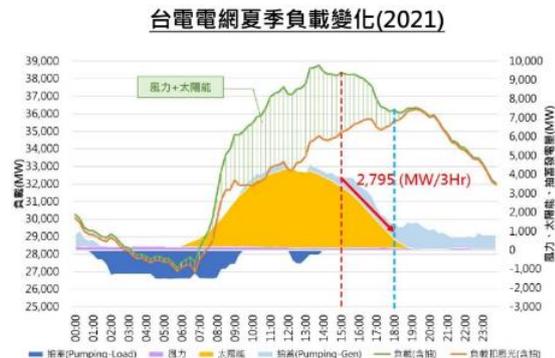
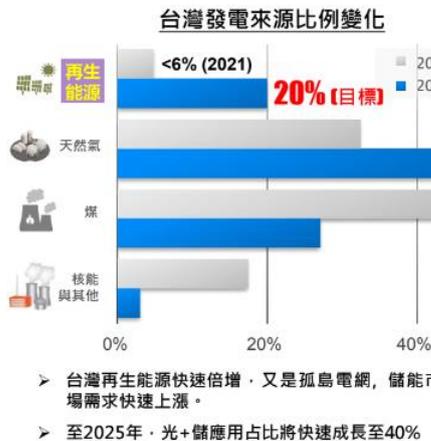
台灣的能源政策長期以來似乎被框限在一些固有的爭議中，如擁核、反核、非核等，但關鍵在於我們是否能夠找到一個社會全面性的共識。推動綠能的過程中，我們已經走過了近十年的路程，這個過程並非每次都是經過深思熟慮後才開始的。面對淨零碳排的目標，我們希望讓國家在氣候變遷這個大環境下變得更有應對的韌性，同時堅持淨零碳排的承諾。

然而，我們也不能忽視一些現實的挑戰。到 2050 年，我們的再生能源比例可能達到 30%，想想看，這對台灣的電網已經產生了怎樣的變化和衝擊。這就是為什麼儲能如此重要——在推動綠能過程中，我們不得不面對的現實是，大規模的再生能源，尤其是太陽能 and 風力發電，包括離岸風電，都對電網造成了巨大的衝擊。這些能源由於其間歇性的特點，如陰天時太陽能減少，或傍晚太陽能下降至零，都會導致電網的劇烈波動。這種現象在專業術語中被稱為「鴨子曲線」。在沒有太陽的時刻，台灣的電網顯得尤其脆弱。

綠電比例急增 台電電網受巨大衝擊



雖政府規劃2025年再生能源設置量達 20%,但因自然資源的間歇性使得再生能源的供給量,僅達全台發電量約 10~12% 且再生能源之增加,將使得電網的穩定性受到挑戰,產生跳電/限電危機



(資料來源: 講者簡報)

電網與儲能的現實

在近幾年, 我們目睹了許多大型太陽能設施的陸續投入使用, 同時也有火力發電機組因環保要求進行降載。這些改變逐漸在各縣市引起了廣泛的討論。尤其在傍晚無風時刻, 再生能源佔比低的情況下, 這種能源結構對電網的衝擊日益加劇。這是我們必須直面的現實, 因為作為一個孤島電網, 台灣不能僅依靠淨零碳排的理念來維持運作, 特別是在突然無風無光的情況下, 生產活動幾乎會陷入停滯。

在高雄這樣的重工業集中地區, 尤其是隨著台積電等大型工業企業的設廠, 用電缺口將變得更加顯著。工業用電對台灣經濟的活動至關重要, 幾乎是經濟運行的命脈。根據統計, 工業電力消耗佔台灣總電力消耗的接近七成, 這還不包括營業用電。

面對這種情況, 我們經常依賴的應急措施包括壓降或降頻。這些方法雖然可行, 但坦白說, 它們只是權宜之計, 不能根本解決問題。

節能與儲能的必要性

對於目前的執政黨團隊來說, 他們很清楚, 要增加綠能比例, 事實上需要更穩定的電力、更強健的電網和更多的儲能, 也就是所謂的基礎配套。我們才可以實現這些目標。所以在賴清德的整個政見中, 已經提到所謂的深度節能、科技儲能和強韌電網。大家應該把這些事情記住, 因為這些是非常重要的。

推動儲能和智慧電網、強化節能調度，藍綠之間的差別其實不大。從民眾黨的規劃策略來看，柯主席提出的能源永續、節能管理，以及透過低碳交通普及電動車等措施，與反核並無直接關係。這些都是智慧能源、儲能和智慧電網的議題，能源管理實現智慧化和去碳化的大型智慧電網的概念。

尋找社會共識 期待台灣的共同公約數
擁核、反核、非核、大規模綠能，不是目前各陣營政見可看到的共識

朝野政黨中能源政策有共識的部分 這些有共識的部分，應是國人的公約數，可立即執行的重點方向

發展綠能

除了綠能，朝野候選人陣營皆曾提到擴大投入智慧電網、儲能科技和智慧電力調度

智慧能源

■ 儲能被廣泛提及，但：
 1. 原本支援台電電網級儲能：供給超預期，台電關門
 2. 企業和家戶端的分布式儲能：因安全因素，暫陷入停擺狀態，目前尚未有解方

零碳產業

■ 零碳產業：產業型態與能源結構根本問題被關注
 1. 綠能、零碳是否能成為產業，如何成為有智慧競爭力的產業，而不只是資本遊戲或初級產業？
 2. 台灣產業如何在淨零碳排浪潮中找到自身角色，有賴未來新上任的執政者展現高度推出國家級的解方。

更系統的智慧綠電應用及生態系，應引起更多關注

(資料來源：講者簡報)

產業轉型與能源管理

無論是藍的、綠的還是白的，大家的思考方向都是一致的。我們要關注的是總體的能源耗用議題。我們的產業結構是否能夠翻轉，這是一個關鍵問題。如果我們真的要進入淨零碳排的社會，產業轉型是不可避免的。

綠能應該帶動產業的發展，特別是智慧科技產業的發展。我說的並不是本土化觀點，而是希望能夠利用台灣擅長的智慧微電網、智慧儲能和能源管理，將這些元素融入綠能中，讓產業轉型與能源問題結合在一起。

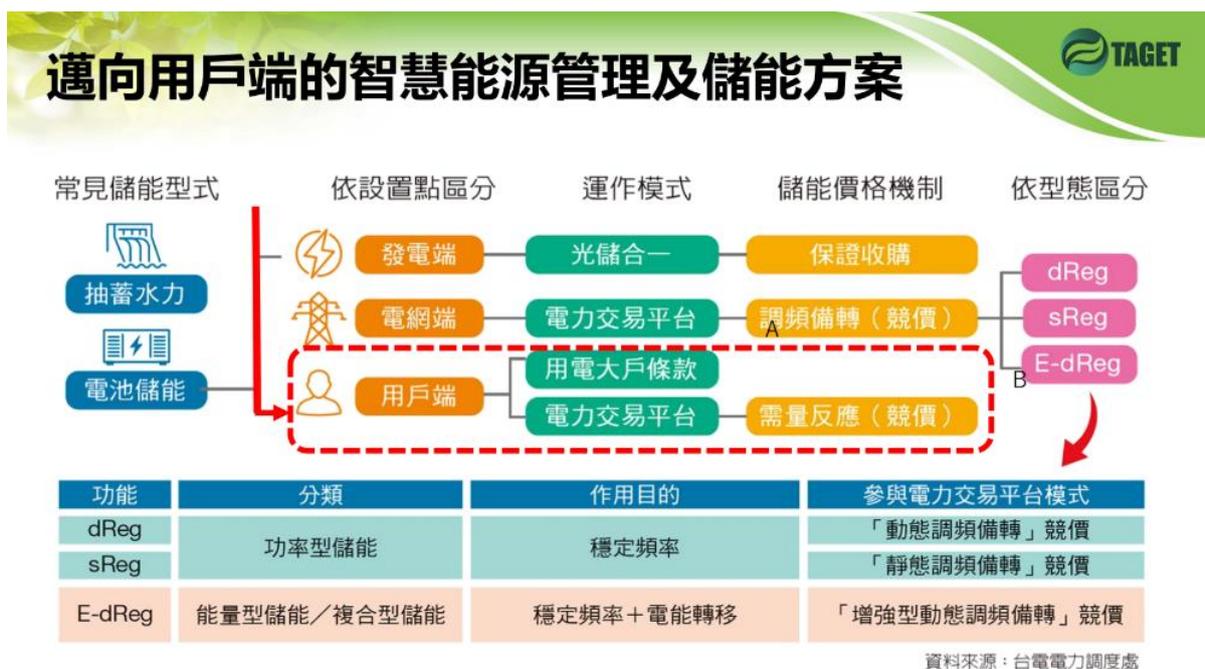
不僅僅是專家，台灣的能源政策也應該不僅限於台電的大電廠。每個人都有責任和機會參與到台灣的能源轉型中。如果小到社區，大到工廠和產業園區，都能成為智慧微電網的一部分，很多問題都能解決。然而，目前我們並沒有很好地做到這一點，更不用說實現零碳產業了。

在整個產業過程中，綠能產業自身是否具備智慧競爭力並找到自己的角色，這是非常關鍵的。對我們來說，產業轉型比任何事都重要。我們推動綠能的目標，不僅僅是建設發電廠，或是替代核能和火力發電，而是實現更大的角色和功能。

實現智慧與綠能的結合

如何真正實現這一目標，我們期待即將上任的新政府，能夠看到更多智慧與綠能結合的可行性。我相信他們已經開始在這方面做準備，因為他們知道，這不僅僅是喊喊數字而已。

為什麼我們要強調己利利他？其實，這不僅僅是為了環保愛地球，幫助台灣，對我們自身也有很大的幫助。現在電價至少已經上漲了 12%，例如對台積電來說，電價上漲 25%對成本是一個相當可觀的支出。過去，我們都集中在發電端和電網端的儲能，但我們是否有機會轉向用戶端？這是非常關鍵的。我們一直期待能夠推動更多用戶端的儲能。



(資料來源：講者簡報)

回到電力交易平台的專業話題，像是效益分析和需量反應，這些都是值得思考的議題。讓企業在合適的時間用電，不僅可以減少電費支出，還能幫助整體電網降低負載。我們應該推動複合式儲能，讓廠區成為智慧微電網。如果這裡有企業主，現在就可以開始行動。不要等到台電拿到 3,800 億來做強韌電網，我們自己就可以著手進行。

這樣做能夠維持用電品質和電力可靠度，特別是在桃園和屏東等電力末端地區。對這些地方來說，風險規避的效益遠大於僅僅賺取時間電價差。而且時間電價差也非常可觀。現在三段式高壓尖峰電價是 8.05 元，離峰電價是 2.18 元。如果利用儲能，將離峰電搬到尖峰來，每度電的價差是 5.87 元，是相當可觀的一筆收益。

當然，我們不僅僅是為了賺取時間電價差，而是希望通過自身的能源使用管理，達到更高的效益。許多企業面臨這種議題時，都希望能夠通過儲能來解決。即使是碳管理方面，我們都希望能看到更多區域能夠形成自由電網。這不應該僅僅是台電在推動，而應該成為全民和產業界的共識。讓工廠和管理層都能實現能源管理系統的整合，最終形成完整的零碳戰略區域。這才是我們的關鍵目標。



(資料來源：講者簡報)

因應能源轉型之儲能與節電作為

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：陳銘樹 台灣電力公司副總經理兼配售電事業部執行長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

電力產業的變化

電力產業已有 100 多年的歷史，是個非常成熟的應用科學。然而，這幾年來，由於再生能源的興起，電力產業發生了巨大的變化。讓我們來描述一下負載情況。台灣的日常負載模式通常在中午 12 點到 1 點會稍微下降，其他時間則相對穩定。

目前，台電的發電主要集中在負載曲線的中間部分，而曲線前段的上升實際上是由太陽光電的發電貢獻的。太陽光電在中午時段的發電量最大，但到了晚上，發電量會迅速下降，這種現象被稱為「鴨子曲線」。在沒有太陽光的時刻，台灣的電網顯得特別脆弱。

電力需求與頻率管理

台灣的用電頻率是 60 赫茲，當用電比發電高時，頻率會下降，低於 59.5 赫茲時會自動卸載負載，以保持系統穩定。這些操作是自動化的，電腦會自動砍掉負載以防止系統崩潰。如果不及時調整，整個台灣會面臨全面停電。

儲能系統在調頻服務中扮演重要角色，因為它能快速充放電，當負載驟降時可以充電，而當負載增加時可以放電，保持系統穩定。然而，目前儲能成本高，台電需謹慎規劃其安裝量。

儲能與太陽光電的挑戰

太陽光電系統在中午時段發電量大，但傍晚太陽下山後，發電量迅速下降，這是目前最大的挑戰之一。我們需要大量工具來管理這些波動，包括儲能、抽蓄和負載管理。

到 2025 年，我們的儲能目標是 150 萬千瓦，目前已有 800 多萬千瓦註冊在電力交易平台上，因此我們暫時停止新註冊，以避免過度投資無法回收。儲能系統雖然很好，但目前價格過高，需謹慎使用。

電力交易平台

電力交易平台允許儲能設備和傳統機組參與競價，價格從兩塊多到九塊多不等。缺電成本非常高，一度電可能達到八十幾塊錢，因此我們設計了需量反應機制，以高價激勵用戶在高峰期節電。

我們的目標是維持系統穩定，同時控制成本。儲能是未來的重要方向，但我們需要合理規劃，確保價格可接受，並且不會對整體系統造成負擔。

儲能與節電的實際應用

我們希望通過儲能和節電來解決能源波動問題。像家裡的車壞掉了，我們會叫計程車或搭 Uber，不會準備第二部車。這個概念同樣適用於電力系統。電力交易平台設立以來，包括調頻備轉、能量轉移、即時備轉和補充備轉等服務，讓我們能夠靈活應對每日的電力需求變化。

每天早上，我們會根據當天的風況和太陽能情況來決定需採購的電力，調頻備轉在一秒內即可反應，能快速補充電力缺口。我們的調頻和容量轉移服務，儲能設備可以在負載突然增減時迅速調整。

知名企業等也參與了我們的發電機調度計劃，並獲得相應的補助。這些措施確保了電力供應的穩定性和靈活性。

儲能的未來發展

儲能設備的發展面臨民怨和法規的挑戰。近年來，能源局、內政部等機構逐步制定了相關法規，規定儲能設備的距離、消防演練等要求，以確保其安全性和可靠性。

台電也在進行示範項目，如路園變電所的 33MW 儲能設施、龍潭的 80MW 儲能設施、東山的 85MW 儲能設施等，這些儲能設備可以提供頻率自動服務和能量移轉功能，支撐整個電力系統的穩定運行。

台電的光電廠與儲能

台南的南鹽光電廠是台電目前最大的光電廠，裝機容量達到 150MW，並配備 20MW 的儲能設備。這些儲能設備可以在白天儲存電力，晚上 4 點到 6 點釋放，實現消峰填谷的效果。

儲能協助穩定電網案例：4月3日強震維持供電穩定

4月3日大地震那一天，真的是天佑台灣。為什麼這樣說呢？首先，地震發生在7點58分，當時太陽已經上班了，而且發電量逐漸增加。那一天我們有儲能系統的支持。地震發生時，我在台北23樓的辦公室，震感強烈。我們迅速前往26樓，因為那裡是台電的調度中心，負責全國的電力調度。

地震導致多台發電機跳脫，包括和平電廠，供電不足，負載沒有減少，頻率開始下降，到了59.5赫茲。按照規定，這時候系統會自動卸載負載。幸好儲能系統迅速介入，第一波放電達到50萬千瓦，相當於一部台中電廠的發電機，穩住了頻率。

➤ 儲能和抽蓄的作用

當第一波儲能系統撐住後，挑戰還沒有結束。陸續有更多發電機跳脫，總共跳了9台。按照以往經驗，這應該會導致大停電。但我們有第二波的支持，就是抽蓄發電。在日月潭，抽蓄發電站提供了260萬千瓦的電力，成功穩住了系統。台電目前正在擴大抽蓄發電的儲存量，以確保更大容量的儲能。

➤ 燃氣機組的快速響應

此外，燃氣機組的快速啟動能力也發揮了關鍵作用。燃氣機組類似於747噴射引擎，能迅速提供電力。相比之下，燃煤機組需要12個小時才能從停機狀態恢復到發電狀態。因此，燃氣機組能夠快速響應再生能源的波動，這是推動燃氣機組的重要原因。

4月3日大地震那天沒有發生大停電，這不是單靠台電的能力，而是得益於整個能源政策的正確方向。再生能源和儲能系統的配套，使得我們能夠在突發情況下維持電網穩定。即使頻率有時會超過60赫茲，電池系統也能迅速調整，將其拉回正常範圍。

節能機制與宣導

我們認為，節能才是最好的發電。節約用電比新增發電容量要好得多。以太陽光電為例，製造光電板子和建設過程都會排碳，而節能則完全不會排碳。

台電在節能方面做了很多工作，包括拜訪用戶並推廣節能試算。我們派遣了許多員工去幫助用戶診斷設備的用電效率。這些診斷有助於找出可以挪到白天使用的設備，例如鍋爐和冷凍櫃。我們的目標是幫助廠商提高用電效率，這些廠商總數超過兩萬家。我們派出大量工程師量測設備，並分析用電效率，甚至對冷氣進行測試。

此外，我們還在校園中進行節電宣導活動，每年舉辦約一百場，輪流到各學校，從小教育學生節約用電。

我們的努力有顯著的成果，例如負載移轉計畫。這些計畫將原本在傍晚 4 點以後使用的電力，挪到中午使用。這種負載移轉每年可以節省大量電力。具體的數據和行業相關的資料可以在我們的網站上查詢。例如，一些燒陶業者可以調整燒窯的時間，以避開用電高峰期。我們幫助各行業調整用電時間，並進行同產業的比較，勸導他們進行負載移轉。

今年，我們最高達到了 187 萬度的負載移轉，將原本下午 4 點以後的用電挪到白天，利用太陽光電來供電。這些績效都可以查證。

事實上，需量競價是一個全世界都在推行的好方法，不僅能夠穩定供電，還能降低電價。台電的目標不僅是穩定供電，還要確保價格合理。

結語

未來的儲能系統應用將更加多樣化，包括抽蓄電廠、氫能等技術，涵蓋發電端、電網端和用戶端的儲能需求，依據不同需求進行滾動檢討，以增加調度彈性和提高供電可靠性。面對綠能發展的挑戰，我們將持續推動需求面管理，平衡電力供需，並在各種場合宣導節約能源的重要性。

綜合討論三

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

■ 提問一：

1. 關於電網強化計畫：

我們過去有六輸、七輸等計畫，目前的電網強化計畫是否與尚未實施的八輸計畫有關？根據過去的資料，老舊電網更新的費用每年約為 400 到 500 億台幣，十年總計約 5,000 億台幣，其中約 1,000 多億台幣用於電網換新。請教台電的陳副總，這 1,000 多億台幣的預算到底能實現哪些電網強化計畫？

2. 海水抽水蓄能發電：

您提到的大甲溪大光明抽蓄水力計畫主要在山區。能否考慮在海邊進行抽水蓄能發電？將海水抽到高地，然後在需要用電時放下來發電，這樣可以利用台灣四周豐富的海水資源，並解決缺水問題。這樣的方案是否具有可行性？

3. 電價和儲能系統：

以德國為例，德國的儲能系統非常普遍，因為電價高，許多家庭和公司安裝再生能源系統，並在晚上向電力公司購電。高電價可以自動引導市場建設儲能系統。如果台電要在 2050 年達到淨零排放，沒有資金如何達成？此外，高電價也能促進節能投資。台電是否可以推廣自發自用系統來解決這些問題？

■ 提問二：

1. 關於電價的時間定價：

在其他國家，需量反應和微電網的重要條件之一是電價的時間定價。我知道我們已經有一些供需調節的計畫，但是否有計畫普遍推行電價的時間定價？因為我認為這與我們目前將電力價格壓得很低的政策是相矛盾的。一方面推動自由化，另一方面控制價格，這使得電力無法正常反映供需關係，過度被政治化。我想了解這方面的未來計畫是什麼？

2. 關於氫氣的未來需求：

我們知道氫氣在國發會的 2050 淨零路徑中有很大的需求，需要從國外進口。然而，我最近看到許多綠氫計畫因成本過高而被取消。到 2050 年，如果我們的路徑圖中需要大量氫氣，但無法購買，該如何解決？

■ 提問三：

1. 電網韌性與微電網基礎建設：

目前台灣提升電網韌性的規劃是否包含微電網所需的基礎建設，特別是雙向計費供電的設備？實現微電網和分散式能源需要這些必要的基礎設施，現有計劃是否涵蓋了這些內容？

2. 長時間儲能技術：

台電是否需要長時間的儲能？如果需要，是否有考慮除了電池以外的長時間儲能技術？或者是否可以依靠燃氣來解決長時間儲能問題，相對來說成本可能更低？

3. 綠電交易與儲能問題：

現行的綠電交易規則規定，所有的綠電必須由生產廠方直接供應給使用企業。一旦經過儲能，綠電就不再被視為綠電。在綠電發展的情況下，儲能是必要的，但這種規定讓企業感到非常焦慮，因為明明是綠電卻不能當作綠電使用。是否有相關規劃讓儲能也能計算為綠電？

■ 回應：陳銘樹 台灣電力公司副總經理兼配售電事業部執行長

我們目前提出的強韌電網計劃，其實相當於八輸計劃。這些預算不包含設備汰換部分，因為設備汰換本來就有其他的預算在執行。這五千多億主要用於強化電網、分散供電和後備電力。

關於海水抽蓄，台電已經請專家進行研究，但量太少。抽蓄發電完全不會浪費水，因為白天將水抽回去，傍晚放下來發電，使用同樣的水。海水抽蓄也在研究中，但目前看來可行性不高，我們會持續關注國內外的進展。

關於電價低的問題，大家應該知道，德國幾乎每個家庭都有儲能設備，因為他們的電價很高，所以白天儲電，傍晚使用。台灣難以推動家庭儲能的原因是電價太低，而儲能設備仍然很貴。如果儲能價格低於電價，大家自然會選擇儲能。台電對家庭用電有兩段式和三段式計費，這都可以利用。

至於微電網，台電已經建立了十幾處微電網，我們的智慧電表都是雙向電表，基礎建設已達到三百多萬處，今年會完成三百萬智慧電表的安裝。台電正在大力推動智慧電表，今年也編列了二十六億台幣的專案預算來推動這項工作。

■ 回應：曾重仁教授 中央大學工學院能源中心主任

綠氫的價格目前仍然偏高，每公斤約 4-5 美元，需要透過放大規模以降低成本，目標為在 2030 降到每公斤約 1-1.5 美元。為了確保滿足台灣未來的需求，我們應在各國計畫初期參與投資，而非僅靜待當作消費者，就像英國石油(BP)投資位於西澳的澳洲再生能源中心計畫 40%(後增加至 63%)股權一樣。

在電力系統方面，我們希望推動分散式發電系統，雖然初期可能比較困難，但可以先在社區和工業區等實施。目前在消防法規方面，消防署有很多意見，因此需要立法委員大力協助克服這些法規障礙。

另外，我建議：目前很多人自行裝設的太陽能電力，大部分賣給台電，一度電大約四到五塊錢。如果我們鼓勵這些用戶先自用，剩餘的再賣給台電，有什麼好處呢？第一，降低台電的供電壓力、減少饋線需求；第二，減少台電管理這些電力的成本。對於自用電力，台電可以以兩塊錢的價格進行補貼，這樣應該頗有道理吧！希望立法院可以推動這個方向。

■ 回應：許博涵 台灣綠電應用協會秘書長

目前台灣的「時間電價」已經逐步推出。從去年開始，三段式高壓電價在尖峰和離峰時段的價差已經達到五塊多。今年這個差距更大，接近六塊。如果是三段式高壓電價，尖峰價大約是 5.87 塊，特高壓大約是 5.5 塊。這些電價非常關鍵，因為它直接影響到儲能的經濟效益。

以陳副總提到的儲能成本 9 塊錢為例，如果我們將電價的高低差考慮進來，例如一天的價差是 5.8 塊，再加上其他的效益，儲能的價格其實並不會差很多。這也與自發自用的推廣密切相關。自發自用和儲能是天然的搭配。例如，太陽能發電主要在中午，而中午的電價是半尖峰，約 5 塊錢。如果用戶自己自發自用，能夠在半尖峰時段使用儲能，這樣他們可以賺取更多的效益。

然而，目前的「時間電價」主要是針對工業用戶的，並不適用於一般民眾。目前一般用戶的電價是階梯式的。希望這些補充能夠幫助大家了解目前的電價情況。

台灣輸配電系統的挑戰與革新

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：許志義 國立台北商業大學榮譽講座/中華大學特聘教授

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

強化電網韌性之戰略

強化電網韌性有幾個重點需要我們關注。

➤ 發電端和用電端的整合資源規劃 (Integrated Resource Planning, IRP)：IRP 的目的是通過整合發電端和用電端的資源，來增加電源的靈活性、多元性和整合性，避免電源單一化。並且，注重電力承載順序 (Loading Order)，即在電力系統面對負載增加時，尋求解決方案的優先順序，其順序如下：

- 能源效率的改善：即節能。
- 需量反應：增加靈活性。
- 再生能源與分散式發電：如風力和太陽能。
- 彈性運轉：如水力和燃氣發電。
- 儲能技術：如抽蓄、電動車的 V2G (Vehicle-to-Grid) 和 V2X (Vehicle-to-Everything)。作為移動的發電和儲能單位，未來電動車將成為非常重要的商業模式。雖然目前還未普及，但它們不會像儲能設施那樣受排斥，反而成為共用經濟的一部分。
- 微電網：微電網技術則專注於孤島運轉，雖然距離大規模應用還有一段距離，但已成為關注重點。
- 制定新的電力交易及電力調度規則

美國加州能源委員會 (相當於台灣的能源署) 是這方面的成功例子。它的優先順序政策明確，首先是改善能源效率。能源效率的改善可以 365 天、8760 小時持續減少供電端的發電需求。以目前的技術來看，從煤炭開採到最終用電過程中，有大量能源浪費，因此提高能源效率是首要任務。

過去集中式大規模發電架構下，掌握高壓電力的是輸電系統操作者 (Transmission System Operator, TSO) 和獨立系統操作者 (Independent System Operator, ISO)。ISO 並無法直接控制或調度到廣佈於低壓配電層級的微型分散式間歇性電源，這會造成電力系統瞬時供需失衡的「缺口」累積幅度擴增，增加潛藏的風險。

分散式能源資源聚合商 (Distributed Energy Resource Aggregators, DRA) 也在電力市場中發揮重要作用。目前，台灣的再生能源比例已達到 10%，在特定時期（如冬季、農曆年或連續假期），再生能源的比例可能會超過 50%。相關的市場規則必須進行調整，以適應再生能源比例的增加。

➤ 輸電網絡強化

強化實體輸配線網絡及基礎設施的耐受力 (robustness)，防禦災變及突發事件（包括人為疏失）的影響和承受能力非常重要。例如，彈性交流輸電系統 (Flexible Alternative Current Transmission Systems, FACTS) 和高壓直流輸電 (High Voltage Direct Current, HVDC) 技術，在解決擁塞問題和長距離輸電方面非常有效。

➤ 電網正常運轉下的應對

電網的運行需要考慮正常和緊急情況下的不同應對措施。在正常運轉下，必須重視虛擬電廠 (VPP) 和虛擬電網的應用，以及分散式電源、微電網和智慧型整合監控系統的標準化和普及化。

➤ 電網緊急情況下的應對

在緊急狀況下，由於再生能源的不可預測性，調度系統必須具備強大的應變能力。例如，美國的聯邦能源監管委員會 (Federal Energy Regulatory Commission, FERC) 在電力短缺時啟動回購電價機制。台灣的電網也需要調整其緊急應對方案，設立更合理的預警門檻和 SOP (標準作業程序)，例如發布能源緊急警告 (Energy Emergency Alert, EEA) 以通知用戶，降低限電的社會成本。

➤ 全黑與復電

最後，談到停電應對，全黑啟動 (black start) 能力和輔助服務的準備至關重要。目前，台電的全黑啟動依靠自身，這需要有足夠的輔助服務和快速復電能力。我們應考慮納入協力廠商，以確保全黑啟動輔助服務的適足性，這對於縮減限電影響範圍及時間非常關鍵。

這些策略和技術措施將有助於提升台灣電網的韌性，確保在面臨各種挑戰時能夠穩定運行。

電網韌性的內涵

電網韌性的內涵，包括兩個部分：

➤ 電力設備忍受外在環境衝擊的物理韌性

電力設備的物理韌性指的是電網設備承受外來環境衝擊的能力，這包括變電所、電纜和電線等基礎建設。

➤ 電力調度運轉的彈性和韌性

電力調度運轉的彈性和韌性涉及到機組升降調度的靈活性，以及手中可用的調度資源。這包括需量反應和輔助服務，這些因素對提高電力系統的可靠性至關重要。相關研究顯示，具備這些條件的系統可靠性更高，限電範圍和時間也會縮短，復電速度更快。

電網韌性的指標包括動態線路評估（Dynamic Line Rating），即操作線路的能力，以及變電所的遠端監控和即時控制技術的先進程度。此外，線路損失和電力中斷的頻率及持續時間也是重要指標。

實體電網與虛擬電網

實體電網指的是物理存在的電力設施設備，例如變電所和電纜。虛擬電網則由多個虛擬電廠、傳統發電設備、電網連接設備和智慧監控系統組成，目的是提高電網的穩定性、韌性和經濟效率。儘管虛擬電網的成本較高，但它在穩定供電和可靠性方面具有顯著優勢。

傳統/實體電網 v. s. 虛擬電網

虛擬電廠是指集合了多個分散式能源資源的單一實體源(Distributed Energy Resources, DER)，包括太陽能、風力、柴油引擎發電機和儲能系統，由控制系統統一管理和調度，以提供彈性的電能供應，應對負載變化。虛擬電廠能夠實現負載追隨發電，分為關鍵負載(Critical Load)和非關鍵負載(Non-critical Load)。關鍵負載不能中斷，如醫療設備，而非關鍵負載如冷氣和燈光則可以短暫中斷。

虛擬電網是一個更大範圍的能源管理系統，包含多個虛擬電廠。虛擬電廠是虛擬電網的一部分，兩者共同提高電網的穩定性和靈活性。

微電網的意義

微電網在分散式電源和智慧型整合監控系統中具有重要性，尤其在關鍵負載地區，如機場、醫院和軍事用地等。這些地區通常具備孤島運轉的能力，確保在主電網故障時仍能維持運轉。全球排名前 100 名的機場中，有 86 個具備孤島運轉能力，這樣的設計對於零碳轉型和整體系統規劃至關重要。

技術與標準

IEEE 標準已經制定了電網和分散式電源的整合性、通用性、智慧化和安全性標準，這些標準有助於強化電網的韌性，確保電網和主電網之間的整合和溝通能力，並防止駭客攻擊。

總之，強化電網韌性需要綜合考慮物理設備、調度運轉、虛擬電廠、微電網以及技術標準的應用，以確保穩定可靠的電力供應

問題、挑戰與機遇

➤ 大趨勢：分散式電源的興起

隨著全球分散式電源快速興起，以及兼具小型綠能生產者(Producers)與電力消費者(Consumers)雙重身份的「產消者(Prosumers=Producers+Consumers)」，即同時具備生產和消費電能的能力。

在此種新興綠電架構的發展趨勢下，越來越多帶有間歇性特質的太陽光電與風力發電，搭配著儲能系統、電動車、需量反應等，已散落在各行各業各角落，形塑出電力系統的新風貌。

➤ 調度挑戰

傳統電源面臨的問題是高壓調度中心無法看到低壓配電中的微型分散式電源，這會造成供需失衡，因為這些分散式電源的狀態和發電情況難以預測。這種情況下，電網的震盪幅度和風險增加，因為這些分散式能源無法被有效調度，只能根據實際發電量支付報酬，這對於分散式能源來說是不公平的。

➤ 法規與調度轉型

為解決電力系統調度模式「組織架構」的傳統設計侷限，並因應分散式綠能去中心化(de-centralization)的健全發展，歐美先進國已著手調整市場遊戲規則。其中，最

具影響力的莫過於歐盟議會 2019 年通過的 944 號指令，以及美國聯邦能源管制委員會 2020 年頒布的 2222 號行政命令，賦予配電系統操作者(Distributed System Operator, DSO)新的市場定位。台灣目前有 21 個配電調度中心和 6 個區域調度中心及 2 個中央調度中心（高雄和台北）。原則上，區域及配電調度模式需要從被動轉為主動，利用數位科技進行資料治理，將分散式能源有效整合到電網中。

➤ 機遇：分散式能源的未來

台灣近年來分散式電源正迅速發展中，取代部分傳統排碳的集中式發電技術，隨著越來越多的「產消者 prosumers」出現，包括具備儲電能力的用戶(prosumer)，以及具有彈性負載與需量反應變動能力的彈性消費者(Flexumer)，電力交易平台必須具備更大的涵容性(inclusiveness)，以及落實 ESG 生活轉型與社會轉型的可實踐性。這樣的轉型可以成為全民運動，讓更多民間業者參與進來，落實生活轉型與社會轉型。

➤ 挑戰：公共與私人合作

台電需要從集中式電源轉型為分散式能源的整合者，這是一個巨大的挑戰。公共和私人合作(Public-Private Partnership, PPP)將在這個轉型中發揮關鍵作用。

總結來說，分散式電源的興起對於實現淨零轉型具有重要意義，但也帶來了新的挑戰和機遇。我們需要不斷調整法規和調度策略，利用數位科技和智慧電網技術，將分散式能源有效整合到電網中，確保穩定和可靠的電力供應。

政策建議

➤ 成立專案小組

建議成立專案小組，諮詢各界利害關係者意見領袖，研擬如何將「經濟部電力可靠與韌性推動管理辦公室」改制為「獨立電業管制機構」。這是《電業法》中已有規定的，可以立即執行。

➤ 公布電網強化計畫

對於正在進行的十年期 5,645 億元「強化電網韌性建設計畫」，應該從配電系統操作者(DSO)的觀點，更加重視小型分散式電源的健全發展，並提升電網韌性及電力可靠度，及早公佈不得球員兼裁判的「電力調組織架構」，包括改革藍圖及時間表，按部就班，落實推動，方可確保台灣電力系統穩供與淨零轉型。

➤ 考量社會缺電成本

供電燈號在黑燈和紅燈情況下，應該使用社會缺電成本來定價。社會缺電成本極高，無論是鹽還是電力在產品中的比重都很低，但缺電會導致生產停滯。美國的 FERC Order 825 規定，當能源或運營儲備短缺時，應啟動短缺定價機制，這是一種群眾外包的方式，有助於提高社會韌性。我們應鼓勵社會參與，而不是責備台電。

➤ 網路安全

網路安全是電力系統韌性不可或缺的基礎。隨著分散式電源的增加，所遭遇的實體和網路攻擊也愈趨頻繁。政府宜參照美國能源部轄下的「網路安全、能源安全和緊急應變辦公室」(Office of Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response, CESER)與公用事業監管委員協會(National Association of Regulatory Utility Commissioners, NARUC)共同合作，為配電系統和分散式電源建立一套網路安全基準。

➤ 完善電力調度

台電 2021 年 7 月 1 日正式掛牌營運的「電力交易中心」，需加大力度，增加電力商品之交易類別，有助於強化電網韌性，廣納各種「虛擬電廠(或稱另類電業)」，鏈結各方利害關係人，藉「共享經濟」確保穩定供電，共創「多贏」，展現台灣整體社會韌性，實踐公眾生活轉型。

以上五點建議都是立刻可行的，並將有助於提升台灣電力系統的可靠性和韌性。

電力系統強韌性與智慧電網

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：陳彥豪 台灣經濟研究院研究一所所長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

電力系統韌性的重要性

今天的主題是電力系統的強韌性，這對於我們來說至關重要。昨晚的地震再次提醒我們，電力系統的強韌性在面對自然災害時尤為關鍵。我們首先要探討為什麼電力系統的強韌性這麼重要。在現代社會中，電力的穩定供應對產業發展、通訊運作以及社會基礎建設的正常運行都至關重要。此外，淨零轉型是未來不可避免的趨勢，到 2050 年我們需要實現淨零碳排。因此，我們現在所做的一切都應該從 2050 年的目標回溯，進行相應的設計和規劃，以確保我們能夠達成目標。

巨大衝擊低發生頻率事件 (HILF)

巨大衝擊但低發生頻率的事件，例如地震導致的停電，雖不常見，但一旦發生，對社會的影響極大。地球歷史上這類事件不斷發生，是無可避免的。在這種情況下，如何應對就變得尤為重要。即使發生人為操作疏失，真正的關鍵在於為什麼這些疏失會導致停電。我們必須確保電力系統在出現問題時也能保持運行。

2019 年英國國際大停電事故

舉例來說，2019 年倫敦的一次停電事件：當天傍晚 5 點，一次雷擊引發了電力系統的連鎖反應，導致多個機組跳脫，風場和氣機也相繼跳脫，最終系統開始卸載。45 分鐘後，頻率恢復正常，這次我們很幸運，但不能總是依賴運氣。

2018 北海道膽振東部地震導致大規模停電

全日本唯一的一次全黑事件發生在 2018 年北海道膽振東部地震。地震損壞了主要的燃煤電廠，導致大規模停電。這展示了分散式機組的優勢，因為大型機組的突然中斷會使整個系統承受不住。2018 年的這次大停電最終無法恢復，頻率掉到 50Hz 以下，導致全黑。相比之下，我們應該慶幸台灣的電力系統強韌性足夠。在最近的一次地震中，雖然跳了很多機組，但由於有儲能系統和水電的支援，我們逐漸恢復電力供應，避免了停電。停電的後果很嚴重，例如台積電的損失可能達到幾十億甚至幾百億。

有人提到 12 塊錢的合理性問題，我用簡單的數學來說明：台灣人口 2,300 萬，每人花 1 塊錢就可以避免停電，這是一個很小的數字，但電力系統的強韌性更為重要。

電網的投資需求

目前，台灣的電網需要大量投資以提升其強韌性。許多電廠設備已運行約 40 年，正處於需要更新和淘汰的轉折點。這些設備和機組的壽命已達極限，必須進行改造和更換。儘管最近幾年經濟景氣不佳，但能源和電網行業的股價表現依然不錯。

台灣正處於一個必須重新投資電力系統的關鍵時期。隨著能源需求的增加，未來的電力需求也在不斷增長。台灣依靠高科技產業驅動經濟，這些高科技產業需要穩定且可靠的電力供應，精密控制和先進製造工藝需要大量電力支持，這也是為什麼電力對我們的社會如此重要。

智慧電網與淨零轉型

電網去碳化的挑戰

2050 年，電力系統必須實現去碳化，即所有在電網上運行的電力都不能含碳，才能達到淨零碳排的目標。這非常困難，因為每分每秒所有的無碳電力必須與負載完全平衡。雖然困難，但我們必須從現在開始考慮和規劃未來的電力系統，避免建設不可持續的燃煤或燃氣電廠。

綠電與電能市場

全球正在追求無碳電力的 24/7 供應。美國總統拜登及聯合國倡議的相關政策，已經在美國和歐洲 ISO 推行。美國政府開始購買 24/7 無碳電力，台灣也應學習並推動類似政策。我們需要建立綠電市場來支持這一轉型，台電也需要通過購買輔助服務和需量競價來提升電力供應的穩定性。

區域電力平衡與市場創新

台灣目前存在南電北送的區域不平衡問題，這導致了像 303 興達電廠事件中，中南部全黑的情況。我們需要建立區域輔助服務市場來平衡電力供需。台電不需要自己負責所有事務，可以通過採購服務來解決問題。這需要在定義商品時考慮市場運作的可行性，確保相關企業能夠盈利，避免出現經營困難的情況。

電力系統的未來發展

未來的電力系統將成為能源的骨幹。隨著無碳能源的發展，電力系統需要承載更多的綠電及其相關轉換技術。電轉氣、氣轉電、電轉燃料、燃料轉氫等技術將成為常態。電力系統的智慧化管理也變得至關重要，台電目前已經在智慧電表和高壓系統上取得了一定進展，這為未來的數據分析和系統優化提供了基礎。

潛在推動策略

➤ 推動分散式電源應用，促進全時零碳電力平衡

未來我們必須推動分散式電源應用，但不能隨意增加容量。夏天晚上的用電需求是我們的挑戰，因此我們要以全時無碳電力的觀念來規劃新增的分散式電源，確保它們能夠支持台灣的不同時段的無碳化用電需求。這樣避免浪費資源在不必要的時段發電，並減少對電池的依賴，從而控制成本。

➤ 整合電力電子及半導體優勢，推進次世代電網

台灣的半導體產業非常強大，未來隨著數位化發展，第三代半導體技術將成為主力，包括固態半導體和電力電子技術。這些技術能讓電網變得更靈活高效，例如現代化的插拔線、USB-C 接口等應用，未來的電力電子技術將使我們的電網像網路一樣靈活可控。

➤ 多元電力市場與虛擬電廠應用，促進區域電力平衡

透過多元化的電力市場和虛擬電廠的應用，我們可以更有效地整合用戶側的資源，包括用電、儲能和自發自用的發電。這樣可以促進區域電力平衡，避免所有電力集中在某一區域，提高整個電網的穩定性。

➤ 推動淨零微電網科技技術，強化配電系統強韌性

未來的微電網將進一步發展成為淨零微電網。台電已經開始在配電系統中引入微電網技術，這將提高配電系統的強韌性，使其能夠在大電網失效時孤島運轉，保持穩定的電力供應。

➤ **強化全系統規劃能力(IRP)，促進多元低碳能源整合運用**

全系統的規劃能力至關重要。智慧電網能提供大量數據，有助於我們更好地規劃低碳能源的整合運用。我們需要在事前就想清楚如何整合這些能源，避免無序發展和資源浪費。

➤ **鏈結國內智慧低碳能源產業，建構強韌淨零電力系統**

台灣的低碳能源產業在全球非常強大，包括儲能和發電技術。我們應該利用這些產業優勢，建構強韌的淨零電力系統，成為全球範例。

➤ **整合國內產官學研能量，促進與落實國際合作**

台灣擁有強大的產業基礎，應整合國內的產官學研資源，促進並落實與國際的合作。我們可以共同探索未來的發展方向，並在全球範圍內貢獻台灣的智慧和技術。

讓我們共同努力，把台灣的美好帶到世界各地，實現智慧電網與淨零轉型的目標。

台灣輸配電所面臨挑戰與革新

摘自 2024/04/27 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

講者：陳銘樹 台灣電力公司副總經理兼配售電事業部執行長

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

電力系統現況

過去的電力輸電系統和電廠是集中且大型化的，因為集中化能夠降低成本，大規模生產的成本越低，電價也就越低，這是全球的趨勢。因此，早期我們有三條高速公路，包括三四五的三條線，以及兩龍一中（龍潭、中寮和龍崎）的節點樞紐。

然而，隨著再生能源的遍地開發，電力系統發生了巨大的變化。未來的電力供應將強化韌性，即在短時間內因應事故並恢復穩定運轉的能力。這意味著就地發電、就地使用，這與過去集中式的供電方式完全不同。例如，台電規劃以後的電網將分散設置，以支撐這種新型供電模式。

過去由於電網發展及新電廠用地取得不易，為增加電網效率，電廠出現了集中、大型化的趨勢。傳統的供電模式是階梯式的供電方式，電力從發電廠經超高壓輸電線進入變電站，再依次降壓，最後送達用戶。因集中式電網存在風險，未來電網規劃已納入分散設計思維以提升韌性。例如，家庭屋頂的太陽能板可能直接發電供應家庭使用，而剩餘電力再賣給電網。

這樣的轉變對於台電來說，意味著需要更多的變電所和相關的輸配電設備。目前，全國約有 600 多座變電所，雖然變電所是鄰避設施，但它們是必需的基礎建設，特別是在用電密集的地方。

電網韌性計畫

台電正在推動一個為期十年的「強化電網韌性建設計畫」，總投資 5,645 億。這個計畫包括 5 項分散、3 項強固和 2 項防衛措施。不僅是建設新的設備，舊設備也將進行更新，以配合電廠直供負載中心和能源分散，並建立更多的節點和網絡。

這些措施的目的是讓更多的再生能源能夠直接送達用電需求大的地方，尤其是科學園區。例如，未來希望避免通過高速公路輸送電力，而是像快遞一樣，直接將再生能源送達使用地點。

這些變革的工程量非常大，最大的挑戰不是技術問題，而是社會溝通。輸配電系統往往是鄰避設施，這使得項目推進過程中，社會溝通成為最困難的一環。這需要政府、企業和社會各界的共同努力，台電將會先行一步，努力推進這些項目。

電力建設現況

接下來，我們來介紹電力建設計畫。首先，我們將新增 28 個變電所，相當於新增了 28 個交流道，這些變電所將從特高壓電壓降為一般用電的電壓，越接近用電核心，越有助於供電穩定與安全。

早期的變電站設計為經濟起飛而建，建設成本低且速度快，但也容易受到小鳥、松鼠、氣球和雷擊的影響，這些都會導致跳電。新的變電站則採用室內設計，並進行絕緣處理，即使有松鼠或鳥類築巢也不會影響運行。

都市中的變電站設置是必需的，有用電的地方就一定要有變電站。過去台灣的最高壓是 345kV 的超高壓變電站，降壓到 161kV，再降至 69kV 或 11kV、22kV，最終降至 380V、280V、110V 供一般用戶使用。這就是輸電和配電的過程。

多功能變電站

早期的屋外型變電站設計較簡單，興建工期短，建造所需經費也較少。現在的變電站設計是多目標的，將設備完全安裝在地下樓層或地上低樓層，除了供電，還可作其他用途，如辦公大樓、體育館、住宅、商場等。這些變電站還提供居民活動中心和休閒設施等公共使用空間，提升了周邊土地的價值。我們希望透過創新設計與多目標使用模式，能夠將「鄰避設施」轉變為「迎毗設施」，扭轉民眾對變電所的觀感，並注入更多創新、智慧、永續的思維，提升變電所本身及周邊生活機能，實現變電所與地方共榮共生的理想。

變電站建設過程中常會遇到抗爭。例如，內湖科學園區用電量大，但我們不得不從更遠的變電站拉電線，最終遇到電線無法再拉進來的困境。因此，我們只預留了部分的抗爭時間，讓社會有充分的時間表達意見。我們會負重前行，努力完成建設。

配電系統的挑戰

針對鳥類和松鼠碰觸電線的問題，這些問題與配電設備密切相關。我們的配電設備包括將近 320 萬根電線桿和超過 150 萬個變壓器和開關，這些設備構成了從變電所到家中電錶的完整配電系統。

目前台灣有約 1.1 萬條配電線路，每條線路上都有許多保護開關，類似於家中的保險絲。一旦動物碰觸電線，保險開關就會跳閘，這就是所謂的「炸掉」，實際上是保險開關跳閘的聲音。跳閘的位置決定了停電的戶數，這種情況被稱為設備故障或外物碰觸造成的停電。

近年來我們一直在努力將電線上暴露的部分包覆起來，以防止動物觸碰時感電。我想強調的重點是，這些問題與能源政策或其他外部因素無關。過去的做法是發現故障後盡快修復，停電後才進行維修。現在我們引進了自動化技術，一旦出現故障就能立刻知曉，減少了人員到現場查找故障的時間，從而縮短修復時間。

在過去的幾年裡，我們投資了大量資金來改善設備和自動化管理。從 107 年到 111 年，我們投資了 160 億台幣，用於設備的改善和自動化。去年開始，我們進入了第二期投資，預算主要用於更換和持續更新設備。這一部分的工作我們會繼續努力，並且保證台電會持續改進。

再生能源現況與未來發展

讓我們來看看再生能源的現況。今年再生能源的躉購價已經達到每度 4.38 元，我們希望能夠進一步降低。當價格進一步下降時，用戶會優先自用，剩餘的才會賣給台電。目前台灣的電價非常便宜，因此許多用戶選擇先賣電給台電，再向台電買便宜的電來用。

目前台灣的併網量現已達到 12GW，有超過 6 萬多個太陽能發電場，併網量非常大。風力發電的平均躉購價格為每度 4.5 元，併網量為 278 萬千瓦。這些數字顯示出台灣在再生能源方面的努力和成果。我們的最大目標是減碳，這是應對氣候變遷的全球性課題。

台電每天上班的第一件事情就是預測天氣，並估算當天太陽能和風力的發電量。如果預測發電量不足，我們會馬上購買輔助服務並進行負載管理，以確保供電穩定。

智慧電網的發展

除了設備更新外，我們也在大力推進智慧電網的發展，這一進程將從智慧變電所開始。早期的變電所設備主要是機械化的，而我們正逐步向智慧化轉型，涵蓋電力保護等方面的升級。

今年我們的目標是安裝超過 300 萬具智慧電表。去年，我們的目標是 250 萬具，實際上達到了 270 多萬具。智慧電表是智慧電網的基礎建設之一。為了便利用戶，我們還推出了一個台灣電力 APP，用戶可以通過 APP 查詢自己的用電量，並進行電費繳納。

再生能源的預測與管理

為了穩定供電並最大化利用綠能，我們對再生能源進行了預測管理。台電為超過 6 萬個再生能源發電場安裝了智慧電表，這些電表能夠即時傳回發電數據，無需額外的設備和費用。雖然智慧電表的數據傳回有時會有延遲，但這些延遲在我們的系統管理中是可以接受的。我們的主要目標是穩定供電並極大化綠能的使用，而智慧電表和智慧電網在這其中發揮了關鍵作用。

配電線路自動化

台電目前正大力推動配電線路的自動化，預計在未來兩年內，將完成 1 萬多條配電線路的全面自動化，目前仍有約 2 千條需要完成。這項工作的主要目的是適應現代電流雙向流動的需求。過去的電流是單向流動，但現在電流會在各處流動，沒有配電線路的自動化開關，就很難處理這些複雜的電流流動。我們的 21 個配電控制中心（DDCC）正是依賴這些自動化技術來運作。

這個領域是我們目前努力的重點，都需要配合自動化系統的開發與運行。雖然這些工作需要大量的資金投入，但我們強調這是必要的投資，因為它能夠顯著提升我們電力系統的韌性和可靠性。

負載管理的重要性

負載管理是台電推動的新型業務模式之一，尤其是需量反應的負載管理措施，其目的在於大型機組故障時提供短時間的應急解決方案，這是世界各國普遍採用的做法。當電力供應不足時，與其花費巨資建設新發電廠，不如通過支付用戶費用，讓他們轉移用電或停止用電。這種方法既經濟又有效。

台電在負載管理方面成績斐然，今年我們通過將夜間的风力發電轉移到白天使用，成功管理了超過一百多萬瓩，達到了能源署給我們的目標。負載管理不僅讓我們能夠有效地利用能源，還減少了電力浪費，進一步提高了電力系統的效率 and 穩定性。

可靠的電力供應

台電作為電力供應者，我們的責任是確保電力網路的穩定運行，避免跳電。設備故障是我們需要面對的挑戰，但我們會持續投入資源進行設備更新，減少故障發生，讓大家享有穩定、不間斷的電力供應。

綜合討論四

摘自 2024 年 04 月 27 日 台灣民眾黨政策智庫「台灣能源發展路徑與轉型」論壇

本文基於講者所述內容，由台灣民眾黨政策智庫編輯彙整。

■ 提問一：

1. 緊急調度電池系統：前幾年聽說，像 Google Earth 這樣的公司已經與台電聯網，進行電池的緊急調度。請問這類緊急設備的上線速度和容量如何？具體來說，它們能多快啟動，並能維持多久的運行？
2. 配電系統的停電原因：很多小動物引起的停電都發生在配電系統。有人認為台電發布的統計數字偏向美化，強調是配電系統的問題，但其實許多重大停電可能是發電或其他更嚴重的原因引起的。能否說明總停電時間和影響戶數增加的具體原因，以及如何解決這些問題？

■ 提問二：

1. 再生能源的地產地銷：日本正在推行再生能源的地產地銷模式，類似於農產品。台灣在這方面是否有類似的推動計劃？過去我們提到的自發自用和能源地產地銷，不僅僅是電價問題，而是整體能源和環境考量。請問有什麼具體措施可以促進這一點？
2. 公民倡議：作為立法委員和民眾黨代表，我們如何從公民倡議角度推動能源問題的解決？特別是 2050 碳稅方面，不僅是針對企業，也包括個人。日本已經在實施例如限塑令和垃圾袋收費等措施來提醒公民環保責任。我們如何在台灣推行類似的政策？

■ 提問三：

1. 微電網的成本：微電網是台灣未來的必經之路，但這些技術非常前沿。請問大約需要多少資金才能全面實施微電網？
2. 電價合理範圍：副總提到台灣的電價過低，我也同意電價應該調整。請問可以給一個合理的電價範圍嗎？
3. 再生能源併網問題：目前台灣的再生能源沒有做容量限制，能夠併網的電量全部收購。這是否會導致未來的問題？例如，再生能源在高峰期時，電價可能並不值錢，但我們仍然全量收購。日本在這方面做了許多限制，這是否更合理？台灣是否應該考慮類似措施，以避免未來的能源管理問題？

■回應：許志義 國立台北商業大學榮譽講座/中華大學特聘教授

台電難以落實問責制（accountability），因為總經理和董事長必須承擔所有成敗的責任。電力行業的發電、輸電、配電和售電本質上是不同的領域，應該分開管理。過去由於技術限制，資訊無法有效傳遞，因此這些業務被整合在一起。但現在隨著數位技術的發展，將這些業務分開是可行且必要的。

如果要強調責任和問責，我主張輸配電可以繼續維持公營，因為它是獨佔性質的業務，而發電和售電應引入競爭。

目前，台電對所有決策擁有最終決定權，缺乏透明度。例如，當大型電力設備發生故障時，沒有及時公告具體影響。停電和缺電成本是決定備轉容量的基礎，備轉容量應根據缺電的機會成本計算，而不是隨意喊出的數字。

備轉容量應根據缺電成本乘以其機率來計算，即 LOLE（Loss of Load Expectation）。換算成電力成本，這些數據應公開透明。缺電成本研究在台灣尚未深入進行，但其實這只需要少量資金的社會調查即可完成。相較於硬體投資的數十億台幣，這些調查費用微不足道。

台電應該利用停電事件作為學習機會，從失敗中總結經驗教訓，這對電力學者尤為重要。我們需要這些數據來分析和預測缺電情況。缺電的成本遠低於無預警停電的成本，因為有預警的缺電可以讓人們做好準備，避免進入危險場所。

總之，台電的主要問題在於資訊透明度不足，我建議督促台電公開更多歷次停電的詳細資料。台電應經得起公民的檢驗和問責，這是公民素養和參與的重要體現。我們的目的是改善系統，而不是惡意批評。

■回應：陳彥豪 台灣經濟研究院第一研究所所長

自發自用的概念已經被許多地方政府納入新的淨零自治條例中。這些條例通常授權地方政府制定更嚴格的用電條款，例如台北市政府的自治條例規定 800 千瓦以上的用電量必須達到一定標準。然而，這些規定可能對商業用戶產生影響，因為商業用戶的需求和供應鏈要求可能已經超過政府規定的標準。

此外，微電網的成本應該不是主要關注點。雲林和嘉義等地區的再生能源饋線系統需要儲能系統的支持。如果政府能引入新的制度，將這些再生能源資源整合，提升供電品質和穩定性，將更有助於推動微電網的發展。

再生能源的投資規模正在擴大，包括風電、光電和離岸風電等。然而，再生能源的時間價值必須通過批發市場（wholesale market）進行計算和競價，這樣才能確定再生能源的真正價值。目前，大多數再生能源交易通過雙邊合約（PPA）進行，但隨著市場的發展，自由市場的競爭將成為驅動再生能源設置的主要動力。

當前全球局勢複雜，地緣政治衝突和通貨膨脹等因素對再生能源市場也產生影響，這些都需要進一步考慮。

最後，電網儲能和電動巴士的管理也是關鍵問題。台北市的一些公車業者已經使用 EMS 數位化系統來管理電動巴士的充電過程，這不僅提高了效率，還能延長電池壽命。智慧化管理系統可以與台電進行互動，進行負載管理和電網回饋。然而，這需要完善的管理制度和安全措施，以確保系統運行安全，避免在配電系統維修時發生意外。

總之，推動自發自用、微電網和再生能源市場化，需要政府、企業和學術界的共同努力，以實現更高效、更穩定的能源供應。

■ 回應：陳銘樹 台灣電力公司副總經理兼配售電事業部執行長

台電有八位副總經理，各自負責不同的專業領域。關於停電的問題，我們對外公告的停電數據包含了發電、輸電和配電的數據。系統規劃處負責統籌這些數據，確保公告的數據全面且準確。

重大停電事件我們會特別註明，以免數據失真。因此這類特殊事件我們會以備註的方式處理。這樣可以清楚地反映我們是否有在改進。

至於微電網的成本問題，去年台電在五個變電所裝設了儲能設備，總預算約為 13 億元，這些資金來自能源署的前瞻預算。今年我們又在三個變電所進行了類似的項目。這些項目旨在提升供電穩定性。

關於 Google 的充電站參與台電交易平台的問題，實際操作中存在許多挑戰。例如，電動車業者擔心頻繁的充放電會影響電池和車輛性能，因此不願參加。這些實務問題需要解決，科學技術上沒有問題，但實務操作上需要進一步研究和調整。

台電一直致力於資料的公開透明，許老師曾向我們索取資料，我們都全數提供。只要不涉及商業機密或客戶隱私的資料，我們都會公開，並遵守個資法規定。

台電作為國營事業，不以盈利為目標，但需要維持收支平衡。我們會將所有成本公開透明，確保有足夠的資金投資電網，提高電網韌性和供電穩定性。

■ 提問四：

1. 關於饋線與地熱園區的建議

目前最大問題是缺乏饋線。如果能達到足夠的規模經濟，就能大幅降低成本。現在短收電價一度電大約六到七塊錢，但其實可以降得更低。然而，如果需要大量的饋線，對台電來說是不太現實的。因此，有討論認為不如集中建設一個地熱園區，將饋線統一到那個地方，因為東部地區的企業需求集中在一起。120 度的熱水用完後還有八、九十度的熱水，這些可以給工廠再利用，例如用於冷凍和其他動力用途，這是一個非常有效率的做法。希望能藉此機會考慮饋線的整合。

2. 關於智慧電錶與硬體設備

我家已經安裝了智慧電錶，但目前我無法賣電給台電，雖然我有這個意願。我也使用台北電力的應用程式，但同樣做不到。因此，希望這五千億預算不僅用於硬體整理，也能在軟體和制度上重新規劃，讓一般民眾能參與 V2G（車輛到電網）和 Peer-to-Peer 電力交易。

■ 提問五：

關於饋線的問題，之前有新聞報導稱某些廠商佔用了饋線，但實際上並沒有使用。我不確定這是否屬於台電的管理範圍，但我想知道，台電是否有進行盤點，並公開這些佔用情況？是否有計劃在幾年後重新盤點，將未使用的饋線資源收回？據我所知，東部某些地區有長期佔用但未開發的饋線情況。

■ 提問六：

1. 關於微電網和電價問題

微電網是台灣未來發展的必經之路，但這些技術非常前沿，請問大約需要多少資金才能全面實施微電網？

目前台灣的再生能源沒有做容量限制，能併網的電量全部收購。這是否會導致未來的問題？例如，再生能源在高峰期時，電價可能並不值錢，但我們仍然全量收購。日本在這方面做了許多限制，這是否更合理？台灣是否應該考慮類似措施，以避免未來的能源管理問題？

■ 提問七：

1. 天然氣與碳捕捉

歐盟最近將核能和天然氣視為過渡能源，並對核能設置了限制條件。然而，對天然氣的要求，包括搭配碳捕捉設備，並沒有明確說明。台灣在淨零路徑上規劃使用天然氣加碳捕捉設備，但這將使發電成本上升。請問這部分的成本增加有沒有詳細討論過？捕捉到的碳要如何處理和儲存，這方面有什麼規劃嗎？

2. 電價與用電大戶

早上的講者提到電價太低不好，認為用電大戶得到補貼，我對此有些異議。成本便宜不等於售價便宜，電價和成本之間應該有一個合理的利潤空間，用於投資饋線和購買綠電等。大企業如台積電為台灣創造了大量稅收，他們的用電效率甚至高於一般家庭。認為用電越多就一定得到補貼，這種說法不太合理。台電是否能公開更多用電成本和補貼的資訊，以便我們更清楚了解實際情況？

■ 回應：許志義 國立台北商業大學榮譽講座/中華大學特聘教授

國營事業的角色與協作

國營事業管理委員會應該為國營企業設立 KPI 要求，中油也應該協助台電。公部門應避免重複資源投資，而應相互協作。尤其是在虛擬電廠這一新興領域，它能夠為年輕一代創造大量的綠領就業機會。

資料開放與數位經濟

開放資料將推動台灣數位經濟的發展，缺乏資料將限制我們在數位經濟領域的創新能力。我們需要更多的開放數據，才能實現真正的數位轉型，並開發出具有自主智慧的系統。

電力成本與缺電成本

電力是一種典型的時間商品，其成本定價類似於資訊和服務業。再生能源的實際成本幾乎為零，市場定價也是基於邊際成本，因此在電力過剩時可能出現零電價甚至負電價。核能和燃煤電廠因無法隨時啟停，會在電力過剩時以負電價出售電力，這是因為停機後重新啟動需要較長時間和成本。

缺電成本則更為複雜。例如，手術台上停電的成本極高，但如果是在休息時間停電，成本幾乎為零。因此，好的電力管理者會根據缺電成本的高低發出信號，讓邊際缺電成本較低的用戶參與調度。

智慧電網與韌性

透過智慧電網和需求側管理，我們可以提高電網的韌性。例如，去年美國在尖峰負載時透過需求側管理節省了一個 GW 的電力，避免了危機。台電也應該未雨綢繆，不要等到負載達到危險水平才開始應對。

隨著再生能源的波動性增加，台電需要更靈活的備轉容量策略，24 小時動態調整。這種創新將成為數位經濟的重要來源，通過群眾外包和需求側管理，我們可以提升社會的韌性和應對間歇性不確定性的能力，這對台灣來說絕對是一件好事。

■ 回應：陳彥豪 台灣經濟研究院第一研究所所長

台電目前的定價模式基於資本報酬，即合理利潤來計算。如果國家電網需要進行大規模建設，必然需要更高的合理利潤來支持這些基礎設施投資。因此，台電在設定合理利潤百分比時可能會提高，以確保有足夠的資金進行建設。

提到地熱園區，不僅僅是地熱源的問題，而是電力線路的分佈與過去和未來的需求不同。過去主要靠海邊輸電，但現在電源分佈更為分散，因此需要投資電網和拉饋線。台電有一定的方法來應對這些挑戰，並且會進行必要的成本分攤，受益者需要承擔部分費用。

關於賣電給台電，台電在今年 1 月推出了一個新規範。如果在家中設置儲能設備且充放電超過 40 小時，台電將以每度電 10 塊錢的價格購買，這是一個賺錢的機會。

■ 回應：陳銘樹 台灣電力公司副總經理

配線與饋線的問題

針對缺乏饋線的問題，台電需要根據需求來決定是否建設饋線。如果某地區發現了地熱資源，需要提出需求並申請饋線建設。台電會根據需求來進行建設，但費用需要分攤，受益者需承擔部分費用。

關於再生能源，經濟部已提出「共同升壓站」計畫。大規模的私人變電站可以讓其他小規模的再生能源項目接入，共同使用輸電網，這是最友善且快速的方式。

饋線佔用的透明度

饋線佔用的情況是公開透明的，包括排隊申請時間和施工進度。能源署規定申請後需在一定期限內完成施工，否則需收取延長費用。這些資訊都會在網站上公佈，公開透明是最好的政策。

雙向供電與智慧電表

智慧電表本身是雙向的，但是否開通需根據用戶需求。例如，住商用戶可通過聚合商申請參加交易平台，當聚合商達到一定規模後，可以要求台電開通雙向電表。

碳捕捉

今年台中電廠已發包碳捕捉的實驗計畫，但成本仍然很高。碳捕捉技術可行，但需考慮經濟可行性。台灣有些封存點，政府打算請中油協助此工作。目前我們的實驗計畫規模較小，大約為2千噸/年。

中華民國 113 年 5 月出版

發行人:柯文哲

總編輯:郭威瑤

主編:徐文路

執行編輯:黃心愉

文字編輯:黃心愉、程紹華

美術編輯:黃心愉

編務行政:韓秀真

地址:106 台北市中正區杭州南路一段 27 號 2 樓

信箱:contact@tpp.org.tw

統一編號:76345124

戶名:台灣民眾黨

電話:02-2752-0806

傳真:02-8773-0001

網址:<https://www.tpp.org.tw>

