

續用核電可提升競爭力 不應輕言放棄
葉宗洸

在能源轉型的大旗下，我國使用超過 40 年的核電將於今年 5 月 17 日後全數歸零，屆時可達成當今政府期盼已久的「非核家園」目標。至於後續的無碳電力供給，則會由再生能源無縫填補。然而，如此不計代價的能源轉型真的可行嗎？

再生能源開發進度落後 基載電力供給出現空窗期

依照經濟部規劃，再生能源發電占比，可於 2025 年達總體發電量的 15%，並於 2026 年達到 20%。其中光電與風電兩大主力的裝置容量，預計於 2025 年分別達到 2000 萬瓩與 690 萬瓩。光、風兩電本質上無法接受調度，相較於基載核電，兩者皆須搭配容量充足的儲能系統，才可能於無光、無風的狀態下提供長時穩定電力。不過，根據經濟部能源署的最新資料，截至今年 1 月，光電裝置容量為 1436 萬瓩、風電裝置容量為 392 萬瓩，兩者均遠遠落後於目標值，而時間僅剩一年不到，明顯已無可能準時達標。

除了再生能源，可充當基載的燃氣發電機組也須迅速上線。參考經濟部能源署日前公布的《112 年度全國電力資源供需報告》，從 113 年開始的 5 年內，全台將新增 18 部燃氣機組，裝置容量從 61 萬瓩至 180 萬瓩不等，分布位置涵蓋北、中、南；此期間除役的燃氣機組僅 6 部，裝置容量最高 70 萬瓩。如此的機組擴增規劃是否可行，取決於新增天然氣接收站的建設進度，但除了第三天然氣接收站（三接）預計於今年中啟用營運，其他如四接甫通過環評，五接、六接、七接的完工與營運，目前仍有變數，連帶使得新燃氣機組的供電時程，也充滿不確定性。

四接的基地位於基隆協和電廠附近，由台電負責興建，未來將供應該電廠新增燃氣機組的用氣，《電力資源供需報告》中載明協和新 1 號機將於 2030 年 6 月正式商轉，但四接日前剛剛通過環評，工程施作是否如預期順利尚待觀察，新機組能否準時上線供電仍有變數。五接亦由台電負責，興建地點在台中港，主要供應台中電廠「煤轉氣」後兩部新增燃氣機組的用氣，新 1 號機與新 2 號機的預計商轉時間分別為 2025 年 8 月及 2026 年 6 月；五接工程目前處於環評階段，正等待施工單位近期補件，預計四月續審，因此暫無進度。六接位於台塑麥寮港，興建單位為台塑企業，未來將新建 4 座儲氣槽，提供麥寮電廠原有三部燃煤機組改建為燃氣機組後的用氣。現況是原本去年 5 月必須除役的麥電 1 號機，已確定延役至今年 12 月，麥電 2 號機於去年除役，3 號機則預計今年 10 月除役；六接雖已通過環評，但因台電 2029 年電力採購案尚未公告，麥電擔心

高達 570 億元的投資屆時無法順利回收並獲利，因而遲遲未開始進行六接相關工程。七接（洲際液化天然氣接收站）的基地在高雄港，興建單位為中油，未來負責興達與大林兩座電廠 5 部新燃氣機組的用氣，其中興達新 1 號機目前為試運轉狀態，新 2 號機與新 3 號機將分別於今年 11 月及明年 11 月商轉，大林的 1、2 號機則預計於 2028 年 9 月及 10 月商轉；不過，地方居民反彈聲浪強烈，且涉及遷村爭議，七接最樂觀的完工時間預計是 2030 年，勢必因此影響新燃氣機組的商轉期程。

依據經濟部規劃，2025 年起的燃氣電力占比將達 50%，若前述新增燃氣機組皆因天然氣接收站無法順利準時完工營運，不僅會導致基載電力不足，更將直接影響台電的供電穩定及夜尖峰最大供電能力。

續用核電是滿足用電需求飆升的快速解方

再生能源與燃氣機組供電均存在進展遲滯的現實下，若要維持供電穩定並滿足產業的大量用電需求，特別是半導體、人工智慧、電動車等三大指標性產業，續用核電是眼前最快速可行的解方。

透過核三 2 號機及時延役，台電可立即確保近 100 萬瓩的供電能力，2 至 3 年內進一步讓核三 1 號機與核二延役後，基載電力將再增 300 萬瓩。雖然礙於核能管制機關核安會的現行辦法，這兩座電廠已不符合執照到期前 5 年提出延役申請的規範，但只要管制辦法完成修訂（此為核安會內部辦法，無需經過立法院審查），這兩座電廠的 4 部機組仍有可能於 1 年半至 3 年內（核三 1 號機 1 年半至 2 年、核二 1、2 號機最多 3 年），完成必要的設備更新與安全測試，並同時完成管制機關的延役審查。若比照美國核管會作法，核三 2 號機甚至可以免停機，執照到期後繼續運轉。如此的延役方式已在美國執行過，我國不會是全球首例，以下分別舉例說明。

首先，與已停轉的核二機組及即將停轉的核三 1 號機類似的案例，就是位於美國密西根州的 Palisades 核電廠（下稱 P 廠）。P 廠曾向美國核能管制委員會（NRC）申請延役並獲許可，本可運轉至 2031 年，但擁有該電廠的 Entergy 公司於 2022 年 5 月因營運成本考量而停止電廠運轉，並將電廠售予 Holtec International 公司。新公司原欲執行除役工作，但在州政府與美國能源部支持下，又於 2022 年 9 月決定重啟 P 廠，新公司隨即向 NRC 申請重啟及二次延役，目前規劃是於 2025 年下半年讓 P 廠重新商轉，預計可持續運轉至 2051 年，這是美國第一座停止運轉後得以重啟的核電廠。

其次，與運轉中核三 2 號機類似的案例是位於美國加州的惡魔谷（Diablo

Canyon) 核電廠。該電廠兩部機組的運轉執照分別於 2024 年與 2025 年到期，但為了維持供電穩定與減碳，加州政府同意讓電力公司向 NRC 提出延役申請。雖然時程上已不符執照到期前 5 年提出申請的規定，但 NRC 不但接受電力公司提出的延役申請，並允許未來即便執照到期，兩機組仍可於延役審查期間繼續運轉。美國 NRC 的審查作為具彈性又務實，可供核安會參考。

至於機組延役所需費用絕非如特定人士所稱的天價，台電曾於2014年做過評估，不計燃料、維護、人事等營運費用，必要的安檢與設備更換費用約需400億元。其中，核一、二廠4部機組共需200億元，核三廠若須更換蒸汽產生器，兩部機組亦需200億元，保守估算10年間通膨費用增為3倍，則6部機組延役共需1200億元，平均每部機組約200億元。美國亦曾針對其境內核電機組進行延役費用評估，根據來自專業機構Sargent & Lundy, L.L.C.於2018年1月發布的《Nuclear Power Plant Life Extension Cost Development Methodology》報告，一部發電功率為1000 MW（百萬瓦）的機組（相當於一部核二機組）進行一次延役（七年內完成），在2017年時的所需費用約為美金2.5億元，折合新台幣約80億元。據此，前述關於國內核電機組延役所需費用的估計應屬合理，絕非數千億元的天價金額。

核廢可處理 只有不想 沒有不能

一般大眾關切的核廢處理，在核能技術不斷精進的現況下，早已不再是無法解決的問題。針對用過核燃料的處理，我國既有規畫已經相當完備，第一階段於廠內用過燃料池暫存 5 至 10 年；第二階段為廠內乾式貯存，貯存場使用執照一般為 20 至 40 年；第三階段為最終處置，於地下深層處置場進行長期存放。前述乾貯與最終處置設施的建置與營運費用，依規畫均由「核能發電後端營運基金」支應。此外，核電廠未來除役所需費用，亦由該基金支應。

我國於 40 多年前啟用核電時，即已規範台電必須從核電的售電獲利中，依法提撥一定比例金額至核後端基金。多年下來，該基金已累積超過 4400 億元，其用途僅限於電廠除役與核廢處理相關的支出，不得挪為他用；因此，台電未來營運成本並不會因後端工作而增加。

核電在台灣使用超過 40 年，既有的高階用過核燃料本就必須加以處理及處置。依照台電目前規畫，最終處置場將於 2055 年完工啟用，2050 年之前找到場址不就是必然的步驟嗎？就算核電不續用，有心人士一句「核廢問題無法解決」的政治語言，便可對現有用過核燃料置之不理嗎？

事實上，用過核燃料的處理與處置技術，只要參考國際作法，其實不難發現解

方不只一種。首先，用過核燃料可以透過再處理技術，進一步減少其體積至原來的 25%，而可利用元素經再加工後，可重製為新型燃料繼續用來發電。台電本欲在 2015 年將一部分用過核燃料送往法國進行再處理，後因立法院反對而作罷。其次，乾式貯存技術也是選項之一。此技術具先天安全特性，用過核燃料衰變熱可利用空氣自然對流進行冷卻，風險與成本極低，其優點是未來第四代核反應器技術發展成熟後，可將用過核燃料充當其燃料。另有一種長半衰期核種處理技術叫作核轉化，利用先進的「加速器驅動次臨界系統」將此類難以處理的核種轉化為短半衰期核種，甚至是不具放射性核種，過程中更可同步進行發電。最後，若不想進行再處理或核轉化，亦可仿效芬蘭或瑞典的作法，建置最終處置場以進行用過核燃料的地下永久封存。

在台灣，核廢處理一直都是政治性問題，不是技術性的問題，我國現行作法及未來規畫在國際上早已行之有年，眼前的問題在於政府不想處理，而非不能處理。

轉虧為盈的解方不是只有漲電價

核電長久以來的發電成本都遠低於平均售電價格。以去年為例，每度核電成本僅 1.42 元、平均電價為每度 3.48 元，據此計算，核二、三延役（年發電量 312 億度）不僅可讓台電每年賺進至少 640 億元。這對於已連續虧損多年的台電而言，也是在漲電價之外，脫離財務困境的有效解方。

結語

再生能源開發進度不如預期，燃氣發電又有供氣不確定性，面對景氣強力復甦與產業不斷擴充的急迫性大量用電需求，政府應重新調整現行的能源轉型政策。唯有務實納入續用核電的選項，方可民眾與企業都放心，並透過穩定低碳電力，提升我國產業在全球的競爭力。

國立清華大學 工程與系統科學系 特聘教授