

知識物件上傳表

計畫名稱：113年度「發電業減碳政策及發展路徑規劃」

上傳主題：探討國際低碳發電技術之混氫發電發展趨勢

提報機構：財團法人台灣經濟研究院

提報時間：113年6月7日

| | |
|--------|---|
| 與計畫相關 | <input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否 |
| 國別 | <input type="checkbox"/> 1.國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 國外 |
| 能源業務 | <input type="checkbox"/> 1.總體能源 <input type="checkbox"/> 2.化石能源 <input type="checkbox"/> 3.電力 <input type="checkbox"/> 4.核能 <input checked="" type="checkbox"/> 5.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 6.節約能源 |
| 能源領域 | <input checked="" type="checkbox"/> 1.政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.環境衝擊與調適 <input checked="" type="checkbox"/> 3.經濟及產業 <input type="checkbox"/> 4.科技 <input type="checkbox"/> 5.統計資訊 |
| 決策知識類別 | <input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他： |
| 重點摘述 | <p>2050淨零排放已成為全球共識，國際能源總(International Energy Agency, IEA)在其2021年5月發布的「世界能源展望2021」(World Energy Outlook 2021)中提到，利用氫能等低碳燃料進行發電為電力部門實現脫碳的工具之一。根據 BloombergNEF(BNEF)報告，目前全球宣布發展的混氫發電容量中，以美國、英國及印尼等國家占比為較多，其中美國占比為35%。美國聯邦政府自2000年起即陸續推動氫能相關政策，是早期即將氫能納入能源戰略的國家之一。美國政府並於2023年10月宣布投注美國氫中心70億美元資金，於七個選定中心發展產氫，預計每年將生產300萬噸氫氣。該策略旨在促進開發潔淨氫能應用以作為有效的脫碳工具，其預計至2050年，在應用潔淨氫能之情形下，與2005年相較，可降低美國</p> |

| | |
|------|--|
| | <p>10%的碳排放量。在美國，奇異公司(General Electric, GE)為主要的燃氫混燒技術代表廠商，其致力於透過氫氣等低碳燃料實現低碳化發電的轉變，利用混氫的新型燃氣渦輪機以及為既有的發電廠提供改造解決方案，使其適合使用氫能燃料。Long Ridge Energy Terminal 公司於2020 年10 月宣布與奇異公司和 New Fortress Energy 二大公司合作，於俄亥俄州的 Long Ridge 發電廠開發燃氣混氫技術，此計畫並於2021年11月投入商業營運，為美國第一座投入氫氣混燒的發電廠。混氫燃燒發電技術在達成全球淨零排放目標的過程中，需綜合考量技術與成本等因素，國際上不乏推動氫能發電技術的例子，我國在發展混氫發電技術上，可借鏡先進國家推動作法並考量我國環境進一步規劃發展路徑與制定相關規範。</p> |
| 詳細說明 | <p>(一)國際混氫發電技術發展趨勢</p> <p>為因應氣候變遷及極端氣候情況，淨零排放（Net Zero Emissions，或簡稱淨零[Net Zero]）於近年已成為全球共識。根據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)在其於2021年發布的「世界能源展望2021」(World Energy Outlook 2021) 報告，利用低碳氫化合物(low-carbon hydrogen)與氨(ammonia)進行發電可作為電力部門脫碳之工具，同時維持現有的供電服務狀態。傳統火力發電廠導入低碳發電技術，採用氫能低碳燃料將促使發電產能轉為低排放，同時可利用其現有資產、相關基礎設施與供應鏈，並可降低電力部門大規模轉型所帶來的成本以及社會影響。</p> <p>IEA 報告(IEA, 2021)指出，目前國際發電業已著手開發低碳燃料燃燒技術，雖然氫能技術於當今電力產業中僅占全球發電量0.2%以下，但已有發電設備製造商發展氫氣發電與混氫發電之機組設備，並已有電廠宣布規劃將大型發電廠改造為氫/氨混燒，或營運專門採用氫能的發電廠。</p> <p>氫能於全球廣泛應用於電力、化工、鋼鐵、航空與交通等部門，目前於電力方面，氫能應用主要在氣渦輪發電。根據BloombergNEF (BNEF)報告(BNEF, 2023)預估，至2050年，氫能主</p> |

要用途會集中在化工、鋼鐵方面，而用於電力的佔比則約為8.6%。目前國際上考量低碳電力之目的與有效利用再生能源餘電之故，部分國家仍積極發展氫能發電。全球宣布發展的混氫發電容量中，以美國、英國、印尼等國家佔占比為較多，美國為35%、英國為13%、印尼為11%。

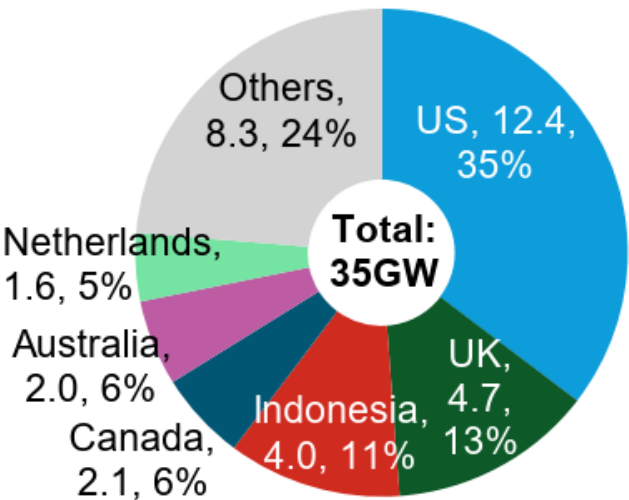
Table 3: Hydrogen end-use sector trackers

| Sector | Hydrogen economics | Share of 2050 H ₂ demand, NEO NZS | Development in 1H 2023 |
|---------------------------------|--------------------|--|--|
| Ammonia, methanol, oil refining | Strong | 23% | Chemical use projects saw significant growth in the EU |
| Steel | Strong | 29% | Hydrogen-based steelmaking reaching milestones |
| Maritime | Medium | 6.2% | Orderbook for methanol-ready ships surged |
| Power | Medium | 8.6% | Hydrogen-ready turbines gained momentum |
| Aviation | Medium | 8.4% | More airlines exploring hydrogen use in aircrafts |
| Road transport | Low | 2.3% | Commercial FCV growth slowed in China |
| Building heat | Low | 6% | Few new projects added |

Source: BloombergNEF. NEO NZS = New Energy Outlook 2022 Net Zero Scenario. Note: Data updated as of September 22, 2023. Legend: More progress, some progress, less progress.

資料來源：BNEF (2023), “2H 2023 Hydrogen Market Outlook The Demand Question”。

圖1 氫能於全球之應用



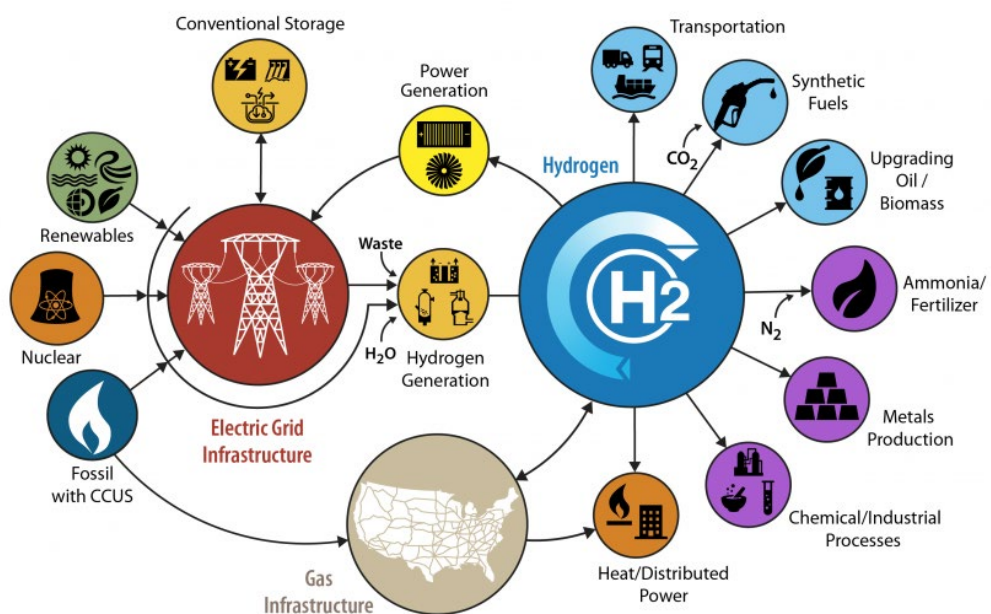
資料來源：BNEF (2023), “2H 2023 Hydrogen Market Outlook The Demand Question.”。

圖2 全球各國宣布發展之混氫發電容量占比

(二)美國氫能技術發展政策背景

觀察先進國家美國於氫能技術之發展趨勢，美國聯邦政府自2000年起即陸續推動氫能相關政策，各州亦針對燃料電池項目提出稅收優惠等制度性支援，目前約有10個州對氫能燃料電池提供相關補助，是早期即將氫能納入能源戰略的國家之一。其主責機關能源部(Department of Energy, DOE)在2016年推動了諸多氫能政策，其中最具標誌性者則為「H2@Scale」倡議。

「H2@Scale」倡議旨在聚集利害關係人，以推進可負擔的氫生產、運輸、儲存和利用，從而在多個部門實現脫碳與創造機會。其氫氣來源包含天然氣重整、低溫和高溫水分解的再生能源及核能，應用端預計金屬精煉、合成燃料、化學品生產、生物燃料、輕型和重型氫燃料電池、燃料電池車及注入天然氣管道等應用，預計每年會增加約1,000萬噸氫氣需求量。



資料來源：United States Department of Energy (DOE)。

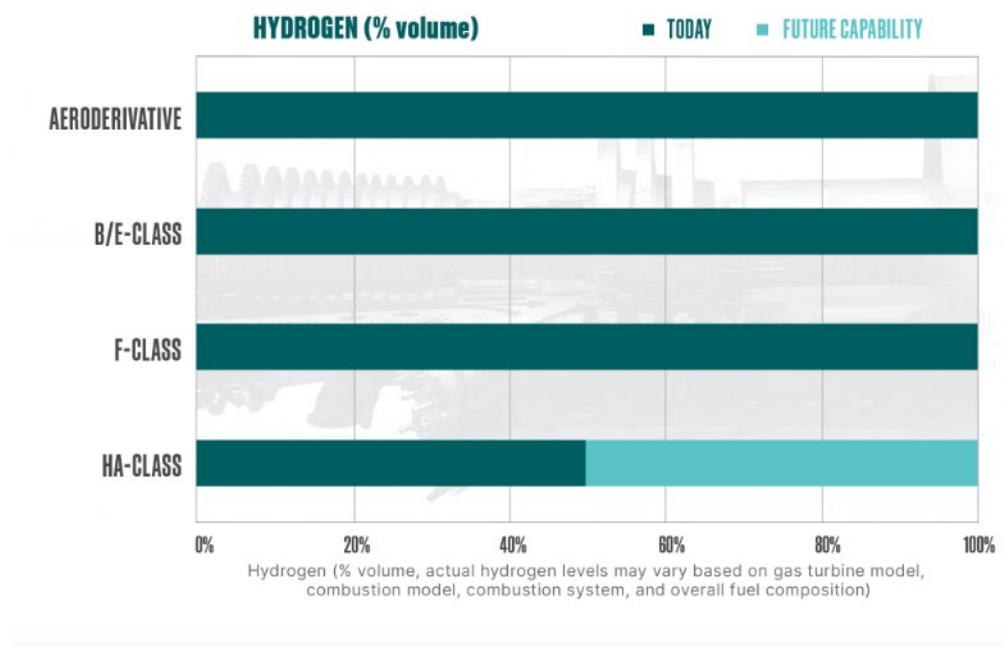
圖3 DOE「H2@Scale」供應與需求示意圖

美國政府並於2023年10月宣布投注美國氫中心70億美元資金，於七個選定中心發展產氫，分別為中大西洋潔淨氫中心(Mid-

Atlantic Clean Hydrogen Hub, MACH2)、再生潔淨氫能源系統聯盟(Arches)、墨西哥灣沿岸氫能中心(HyVelocity)、阿巴拉契亞地區潔淨氫中心(Appalachian Regional Clean Hydrogen Hub, ARCH2)、中西部潔淨氫中心聯盟(Midwest Alliance for Clean Hydrogen, MachH2)、太平洋西北氫協會(Pacific Northwest Hydrogen Association, PNWH2)與 Heartland Hydrogen Hub (HH2H)，預計每年將生產 300 萬噸氫氣。該策略旨在促進開發潔淨氫能應用以作為有效的脫碳工具，其預計至2050年，潔淨氫能應用可引導該國與2005年相較，降低10%的碳排放量。

(三)美國混燒氫發電技術進展

在美國，奇異公司(General Electric, GE)為主要的燃氫混燒技術代表廠商，GE 致力於透過氫氣等低碳燃料實現低碳化發電的轉變。該公司利用混氫的新型燃氣渦輪機以及為既有的發電廠提供改造解決方案，使其適合使用氫能燃料，並規劃於2030年將其所服務的全球發電廠100%使用氫氣運行。目前，GE 所推出的一系列燃氣機組已具有混氫50%至100%不等的能力。此外，GE 為航改與重型燃氣渦輪機等機型提供擴散、乾式低排放和乾式低 NO_x 燃燒系統，可用於新型設備及改造既有機組，提高既有燃氣渦輪機的燃氫能力。



資料來源：General Electric。

圖4 General Electric 各發電機型目前及未來混氫發電能力

(四)美國混燒氫發電案例—Long Ridge Energy Terminal 公司

配合前述美國政府氫能能源戰略之規劃，其預計將於2030年每年供應約1,000萬噸氫氣之願景，Long Ridge Energy Terminal 公司於2020年10月宣布與奇異公司和 New Fortress Energy 二大公司合作，於俄亥俄州的 Long Ridge 發電廠開發燃氣混氫技術。此計畫於2021年11月投入商業營運，為美國第一座投入氫氣混燒的發電廠。Long Ridge 位於俄亥俄州的發電廠場域如下圖所示。



資料來源：General Electric。

圖5 Long Ridge 於美國俄亥俄州的發電廠場域圖

該案場佔地超過 1,600 英畝，於2019年開始建造，作為燃氣複循環發電廠，Long Ridge Energy Terminal 將其轉變為使用無碳氫運行，於2021年11月投入商業營運當時，為全球第一個在 GE-H 級燃氣輪機中混合氫氣之發電廠。Long Ridge Energy 於2022年3月30日使用 GE 7HA.02機型完成5%混氫燃燒實驗，共試驗1小時。Long Ridge 執行長 Vance Powers 表示混氫燃燒為實現2030年純氫燃燒願景的第一步，Long Ridge 可望成為生產、製造和儲存潔淨氫氣的中心。該電廠下一階段將試驗燃燒20%的氫氣，且無須對燃氣輪機進行重大修改。而為了從 20%提升到 50%混氫燃燒，則必須進行一些內部修改，以期未來達到100%氫氣燃燒之目標。

(五)國際發展情況予我國之借鏡

混氫燃燒發電技術被視為是電力部門因應氣候變遷挑戰的關鍵策略之一，在達成全球淨零排放目標的過程中，除面臨技術上的挑戰，成本亦是一項重要考量因素。氫氣與太陽光電或風力發電來源不同，氫氣可透過不同方式取得，目前最為普遍也最為經

濟的生產方式仍是依賴化石燃料提取。而綠氫則為最潔淨的形式；利用再生能源如太陽光電或風力驅動之電解槽將水分解取得氫氣，該過程的成本相對較為高昂，而部分先進國家為了應用大量再生能源餘電，故積極發展綠氫，並期望加速達到淨零轉型目標。目前國際上不乏推動氫能發電技術的例子，然而，由於各國環境、資源情況、政策目標及關鍵技術之間存在差異性，我國在發展混氫發電技術上，可借鏡先進國家推動作法並考量我國環境進一步規劃發展路徑與制定相關規範。

參考資料：

- [1] Bloomberg New Energy Finance (2023), “2H 2023 Hydrogen Market Outlook The Demand Question.”
- [2] International Energy Agency (2021), “World Energy Outlook 2021.”
- [3] United States Department of Energy (DOE) (2024), H2@Scale (<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2scale>)
- [4] General Electric Companies (2024), Decarbonizing the Future (<https://www.gevernova.com/gas-power/resources/case-studies/long-ridge-energy>)