

科技發展觀測平台

Science, Technology & Innovation Policy Outlook

焦點主題報告

氫能國際趨勢觀察

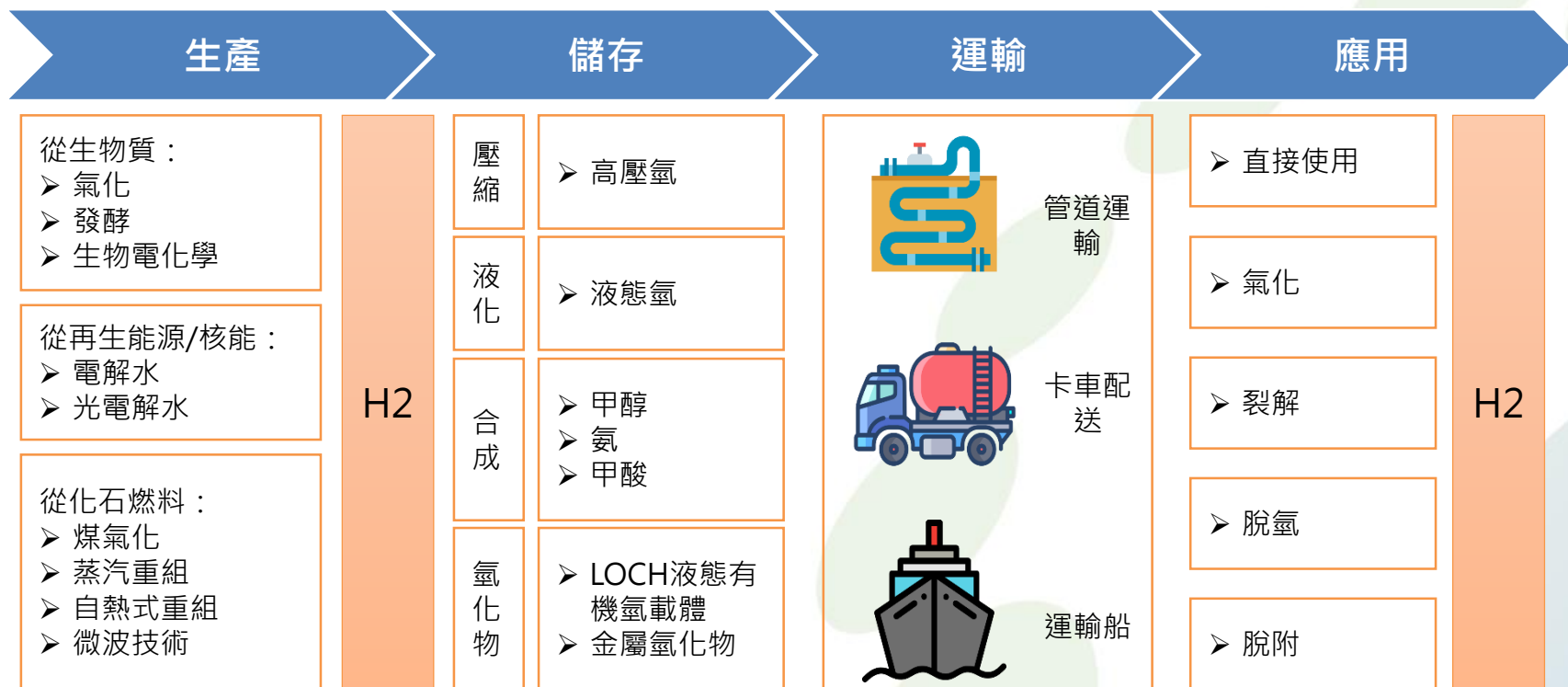
報告者：古慧雯 助理研究員

計畫主持人：徐玉梅 副主任

共同主持人：李國安 副研究員

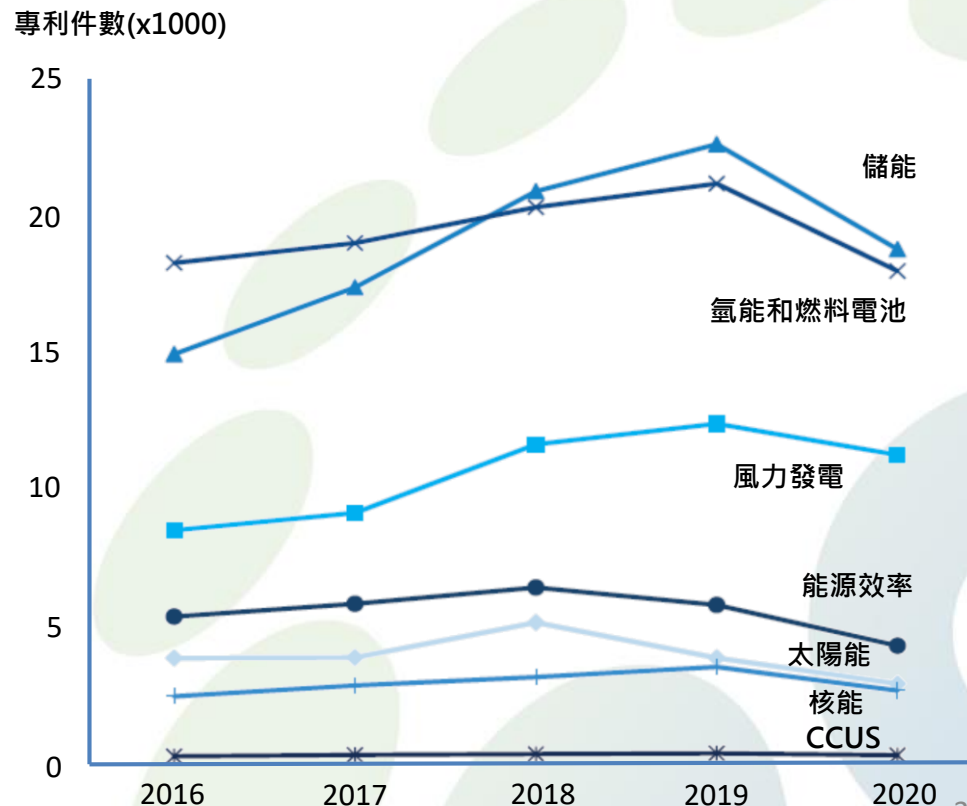
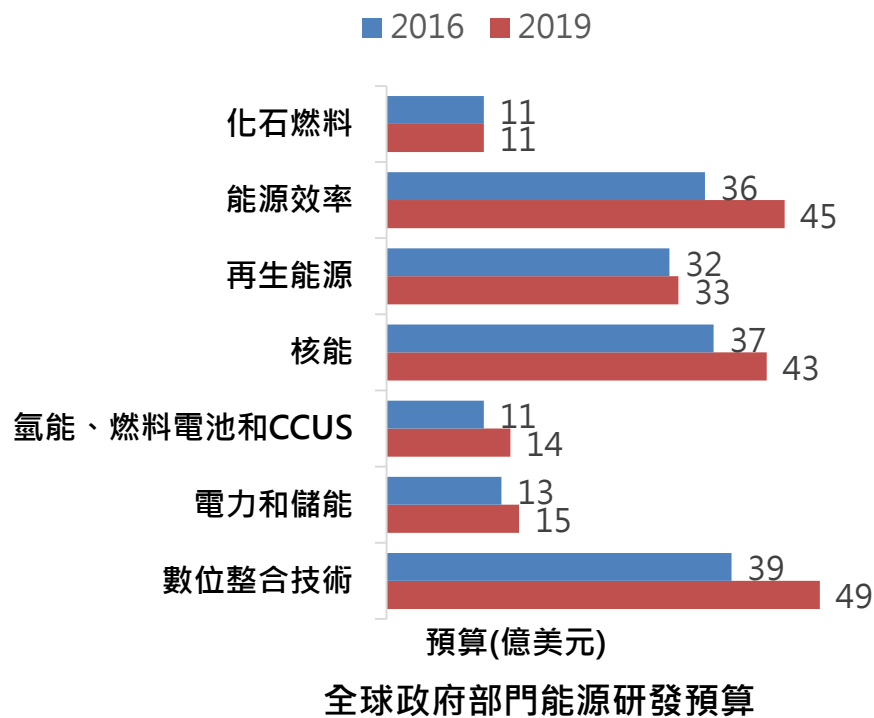
2020年全球氫能價值鏈

- 國際能源署(International Energy Agency, IEA)在「2020年能源技術展望(Energy Technology Perspectives 2020)」中將可再生能源發電、生質能、**氫能**和**碳捕獲、再利用及封存(Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS)**列為實現全球淨零排放(Net Zero Emissions)的關鍵技術。
- 氫是一種潔淨的**能源載體**，且為宇宙中最豐富的元素，更具備高能量密度及可存儲且無碳產生的兩種重要特徵，能比電力更可實現跨時間及地域的靈活運用。



全球政府部門能源研發趨勢

- 2019年全球投入能源研發的預算成長了4%(約300億美元)，投入比例最高的國家分別為北美、歐洲和中國。除化石燃料外，數位整合技術、電力和儲能、氫能、燃料電池和CCUS、核能、再生能源、能源效率的**預算皆逐年成長**。
- **氫能、燃料電池和CCUS**：研發預算雖在2019年仍低於6%，但在2020年全球已有許多國家擬定相關研發策略，以加速實現脫碳目標，因此預估未來**預算將持續增加**。
- Frost & Sullivan統計2020年全球能源技術相關專利發現，**儲能技術、氫能及燃料電池**成為2020年全球能源領域發展之重點。



製氫成本競爭力

氫
的
來
源

灰氫

由化石燃料產生氫氣，且製氫過程會排放溫室氣體。

藍氫

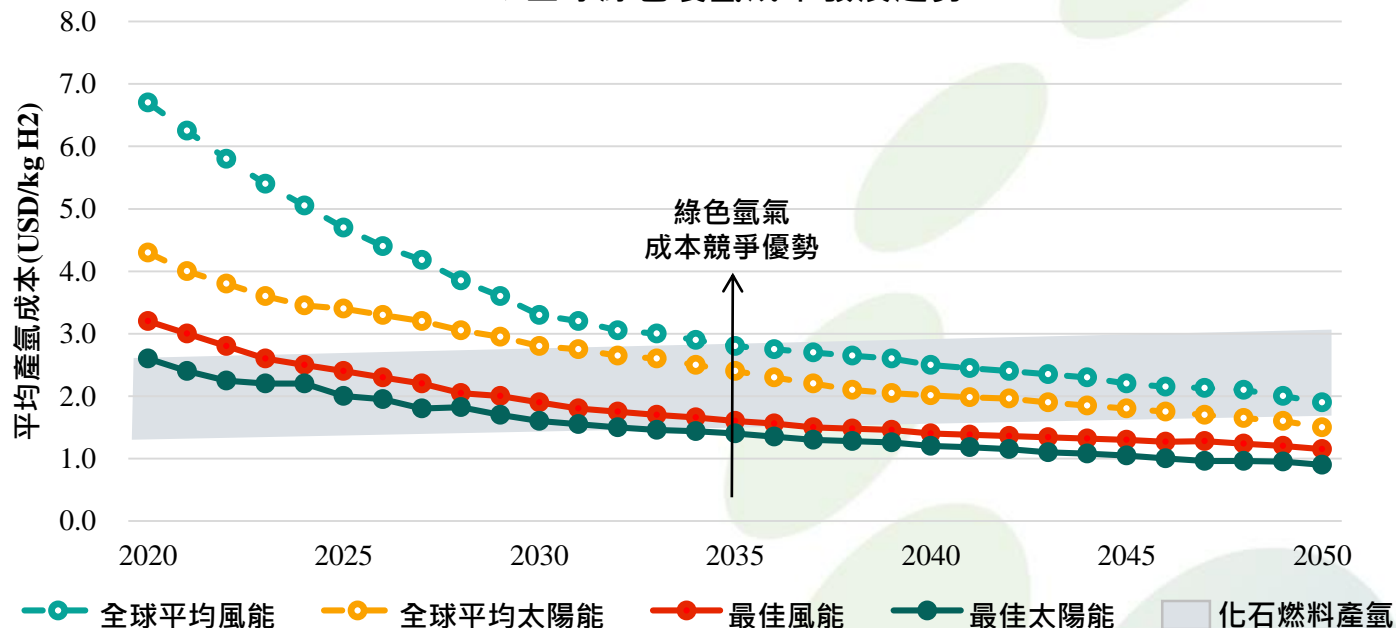
由化石燃料製氫，再藉CCUS技術捕獲排放的溫室氣體。

綠氫

由再生能源電解水產生氫氣，且過程不會排放溫室氣體。

- 根據國際再生能源總署(International Renewable Energy Agency, IRENA)2019年估算全球不同地區風能與太陽能之平均發電成本(Levelized Cost of Electricity, LCoE)，預測**2035年**可再生能源製氫成本將**低於**化石燃料製氫。

▼ 全球綠色製氫成本發展趨勢



主要國家氫能策略

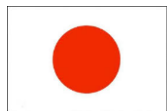
■ 各國降低對進口能源的依賴，致力由能源進口國轉為輸出國。



- 2019年發表「氫能經濟發展路線」，2030年創造年產值1400億美元
- 提出美國就業計畫，包括1000億美元新電力基礎設施及氫能發展
- 2050年所有再生能源與綠氫，滿足美國能源需求14%



- 2019年中國氫能聯盟發表「中國氫能源及燃料電池產業白皮書」
- 2021~24年「燃料電池支持計畫」，投入50億美元建立本土供應鏈
- 2050年氫能占總能源消耗10%，年經濟產值10兆人民幣



- 2017年宣布「氫能基本戰略」，逐年增加氫氣產量與降低發電成本
- 2020年已有世界最大的太陽能電解水產氫基地，在福島運轉
- 2050年加氫站全面取代加油站、氫能車全面取代汽油車



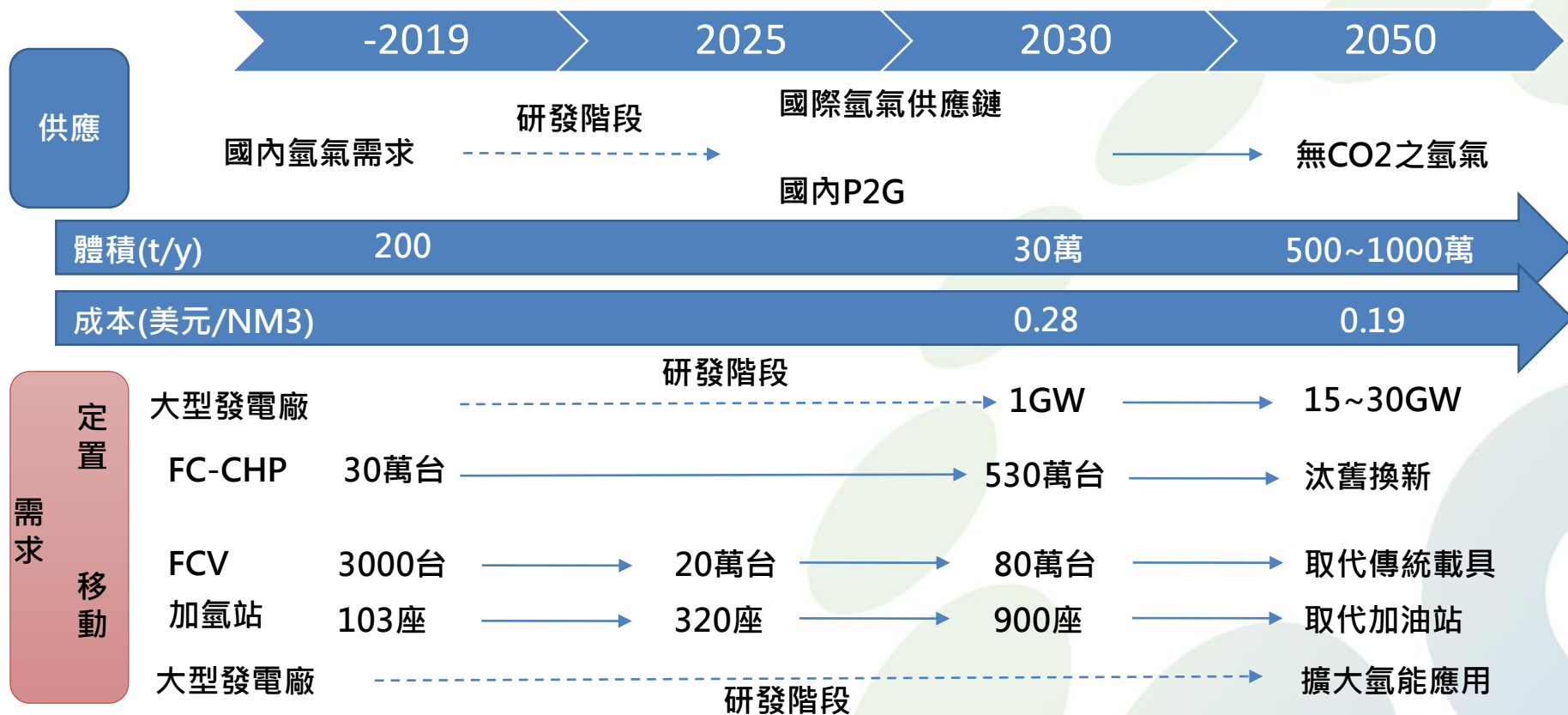
- 2020年成立歐洲潔淨氫能聯盟
- 2020年德國通過「國家氫能戰略」，2040年前關閉所有燃煤電廠
- 2050年歐洲氫能累計投資金額將達1800億~4700億歐元



- 2019年發表「氫經濟發展路線」
- 2030年成為最大燃料電池生產國，氫燃料電池成主要出口產業


主要國家氫能策略-日本

- 日本經濟產業省(METI)於2019年更新氫能戰略地圖中氫能和燃料電池的Roadmap，並公布其研發策略及促進國際合作方案，旨在開拓全球各經濟領域的**生產、運輸和應用的氫能供應網絡**，並投入**運輸技術(儲存和運送)、燃料電池及電解槽**等關鍵技術的研發。
- 於2020年投入**800億日圓**(7.48億美元)在**氫能技術及潔淨車輛**的補貼，並著重製氫及電解技術；運輸技術及國際供應鏈；推廣燃料電池、移動及發電的應用，並擴大供應鏈的生產規模，降低潔淨氫燃料的成本。



主要國家氫能策略-歐盟

- 歐盟在COVID-19疫後經濟復甦計畫(Europe 's moment: Repair and Prepare for the Next Generation)中強調**潔淨氫能技術和相關價值鏈**的投資，預計2050年**再生氫能**的投資金額累計高達約**180-470億歐元**，**低碳化石製氫**約在**3-18億歐元**之間。
- 歐盟基於本身潔淨氫能製造技術及再生能源技術於全球中的競爭優勢，預估**2050年**時潔淨氫能將滿足**世界能源需求的24%**，銷售金額則約可達**6,300億歐元/年**，並可直接或間接促進多達**100萬就業人口**。




| | | | |
|---------|--|--|---|
| 達成目標 |  | | |
| 時間規劃(年) | 2020-2024 | 2025-2030 | 2030-2050 |
| 生產目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 增設6GW的再生氫電解槽 • 再生氫的產量提高至100萬噸 | <ul style="list-style-type: none"> • 增設40GW的再生氫電解槽 • 再生氫的產量提高至1000萬噸 | <ul style="list-style-type: none"> • 至2050年，氫能將佔能源總量的13-14% |
| 競爭力目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 提高效率 and 技術 | <ul style="list-style-type: none"> • 在成本上逐漸具有競爭力 | <ul style="list-style-type: none"> • 競爭力成熟 |
| 應用目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 引導化學、鋼鐵等工業脫碳化 | <ul style="list-style-type: none"> • 擴展應用至鋼鐵、運輸、建築等工業 | <ul style="list-style-type: none"> • 應用在難以進行脫碳的行業 |
| 碳捕獲技術目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 將用於現有的製氫廠以全面脫碳化 | <ul style="list-style-type: none"> • 持續應用碳捕獲技術以降低碳排放量 | <ul style="list-style-type: none"> • 沼氣替代天然氣，再以捕碳獲技術達負排碳之效益 • 部署碳捕獲技術以實現零碳排 |
| 基礎設施目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 以運輸路線短且須靠近再生能源發電的區域 | <ul style="list-style-type: none"> • 設置氫氣網絡以進行短距離的輸送 | <ul style="list-style-type: none"> • 改善基礎設施，使氫氣的運輸更便利 |

主要國家氫能策略-韓國

- 韓國2019年宣布**國家氫經濟路線圖**(hydrogen economy roadmap)，擬定**2019年-2040年**的氫能經濟發展方向。
- 氫經濟路線圖為韓國未來創造科學部（科學技術情報通信部）、企劃財政部、產業通商資源部、環境部、國土交通部以及海洋水產部等6大部門合作，預計投入約**3,700 億韓元**(約新台幣92 億元)用於氫能的**生產/儲存/運輸、發電與工業利用、運輸與安全、環境應用、基礎設施**等五個技術領域。
- 韓國的目標是**2030年**在**氫能動力車**和**燃料電池**領域成為全球市場領導者，並於2040年創造出43 萬億韓元/年的附加價值。

| 氫經濟發展目標 | 2018年 | 2022年 | 2040年 |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| 氫能動力車 (FCEV) (出口) (內需) | 18,000輛 (900輛) (900輛) | 81,000輛 (14,000輛) (67,000輛) | 6,200,000輛 (3,300,000輛) (2,900,000輛) |
| FC發電 (內需) | 307MW (307MW) | 1.5GW (1GW) | 15GW (8GW) |
| FC家用/建築 | 7MW | 50MW | 2.1GW |
| 氫能供應 | 130,000噸/年 | 470,000噸/年 | 5,260,000噸/年 |
| 氫能價格 | - | 6,000韓元/kg | 3,000韓元/kg |

主要國家價值鏈策略

| | 氫氣生產 | 氫氣儲存 | 氫氣運輸 |
|---|-------------------|----------------|------------------|
|  | 澳洲褐煤製氫 長期：綠氫 | 液態氫接收站 | 運輸船 天然氣管道 |
|  | 再生能源製氫 北海能源島 | 鹽穴 廢棄的天然氣田 | 氫氣管道 天然氣管道 |
|  | 工業副產物提取氫 天然氣製氫 | 高壓氣態儲氫 液態儲氫 | 高壓氣態氫拖管車 氫氣管道 |

全球推動氫能的成效

現今全球氫動力汽車約有 11,200輛，氫燃料電池堆高機約 20,000輛，並設有381個加氫站。目前美、日、韓、歐盟、中國正積極投入**氫燃料電池**研發，在過去五年中，已降低50%以上之生產成本，而耐用性可延長至10,000小時。

關鍵問題：成本

氫能應用範圍廣泛，除了現有工業應用，亦可應用於替代部分天然氣進行供暖，以及於運輸或能源密集型產業取代化石燃料。因此，使用氫電模式之混合應用可有效**降低成本**，預估每年可節省數千億歐元。

碳捕集、再利用與封存技術的擴大應用 (Carbon Capture Utilization and Storage, CCUS)

2000年開始，美國與歐盟已有**9**個CCUS並開始營運，許多煉油廠均安裝CCUS製氫設施。氫能與其他低碳技術的競爭程度，於不同領域各有不同，如航運、海運及鋼鐵產業中，可與氫能競爭之低碳技術少；但應用於個人交通工具部分，則面臨諸多競爭。

未來氫能市場發展重點：擴大市場需求

根據國際能源署(IEA)於2020年提出之「**氫能的未來(The Future of Hydrogen)**」報告，列出未來氫能市場發展重點：

- (1) 將既有工業港口建造成氫氣供應中樞。
- (2) 於天然氣管線中注入氫氣，擴大使用需求。
- (3) 建立國際氫氣貿易之運輸路線。
- (4) 促進燃料電池車輛於車隊、貨運及物流方面的競爭力。

全球氫能的市場趨勢-應用

- 氫能生產技術成熟且用途廣泛，應用範圍包括：與二氧化碳結合生成甲烷，為工業生產過程供熱；氫燃料電池可作為於燃料電池車(FCEV)的動力來源，亦可為純電動車的輔助動力，有助於減少交通運輸工具對化石燃料的依賴等等，因此氫能為能源市場中具高度發展潛力之領域。



| 應用類型 | 應用領域 | 預計至2030年之 應用規模(kt H ₂ /yr) | 長期發展潛力 |
|--------------------|---------------|--|--------|
| 現今氫能 主要用途 | 化學產業(生產氨、甲醇) | >100 | 高 |
| | 煉油廠與生質燃料 | >100 | 中 |
| | 鋼鐵工業(用於直接還原鐵) | 10-100 | 低 |
| 氫能在潔淨能源 領域的創新應用 | 公路貨運 | >100 | 高 |
| | 個人交通工具 | >100 | 中 |
| | 建築(100%氫能) | >100 | 高 |
| | 建築(混合天然氣) | >100 | 低 |
| | 鋼鐵工業(100%氫能) | 10-100 | 高 |
| | 航運與海運 | <10 | 高 |
| | 電力儲存 | <10 | 高 |
| | 作為備用電源 | <10 | 中 |
| | 供應工業所需熱能 | <10 | 低 |

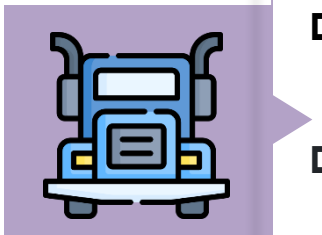
全球氫能的市場趨勢-應用案例



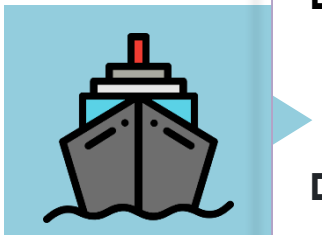
- **應用：**利用**澳洲**生產的天然氣，以自熱式重組反應（ Autothermal Reforming, ATR ）技術製氫，再將產生的二氧化碳進行碳捕獲。而產出的氫氣經液化後儲存，由船舶運送至東亞地區，再以卡車配送至各加氫站，提供其長途載客車輛所需之燃料。
- **溫室氣體減排成效：**在短期內可較具內燃機(ICE)的油電混合車減少約60%的溫室氣體排放，長期則可約減少75%。



- **應用：****中國**利用地處偏遠的太陽能發電裝置生產大量的綠氫，而氫氣透過天然氣管線輸送至消費中心（ consumption centers ），以提供給燃料電池電動巴士。
- **溫室氣體減排成效：**相較於柴油巴士，至2030年溫室氣體排放量可減少近90%，2050年則可減少95%。

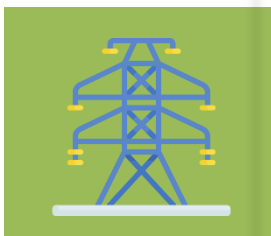


- **應用：****美國**將風力和太陽能混合發電站之電力併入電網，而氫氣則於加氫站現場電解水製成，再供應氫燃料於重型運輸卡車。
- **溫室氣體減排成效：**相較於柴油卡車，至2030年和2050年，溫室氣體排放量分別可減少近90%和90%以上。



- **應用：****挪威**的氫燃料電池船舶，所使用的氫氣則提取自天然氣，並利用碳捕獲技術將二氧化碳儲存於既有的海上天然氣田中。產出的氫氣經液化後，透過卡車配送至加氫站，以供應載客量約50-95人之燃料電池渡輪使用。
- **溫室氣體減排成效：**若與柴油燃料相比，至2030年溫室氣體排放量將可減少約75%，2050年排碳量則減少近90%。

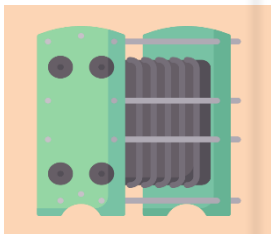
全球氫能的市場趨勢-應用案例(續)



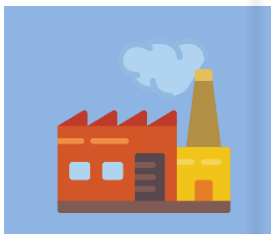
- **應用：**沙烏地阿拉伯利用天然氣經由自熱式重組反應製氫，以碳捕獲技術將二氧化碳注入舊有的地下氣田永久儲存。另外，使用傳統電力分離空氣中的氮氣，並與氫氣合成產生氨(NH₃)。產生的氨氣冷藏於以氨氣為推進之運輸船中，以提供東亞給火力發電廠做為燃料。
- **溫室氣體減排成效：**相較化石燃料（目前採天然氣），至2030年和2050年，溫室氣體排放量將可分別減少60%和80%以上。



- **應用：**北美應用太陽能和風力發電電解水生產綠氫，並透過分離空氣裝置製造氮氣。最後將氫和氮合成產生氨氣，經由內陸運輸到化肥生產廠。
- **溫室氣體減排成效：**相較於化石燃料，若改以再生能源作為主要能源，至2030年溫室氣體排放量可減少90%以上，2050年則可接近100%。



- **應用：**英國以自熱式重組反應將天然氣分解為氫氣和二氧化碳，其二氧化碳封存於離岸，氫氣則經由管線輸送到英國的產業聚落，以供應鍋爐或冶爐產生工業所需熱能。
- **溫室氣體減排成效：**若與柴油燃料相比，至2030年溫室氣體排放量將可減少約75%，2050年排碳量則減少近90%。



- **應用：**北海或波羅的海的離岸風場所產生的電力，經由高壓直流電纜輸送至陸上，再配電給煉鋼廠電解水產生綠氫，並將氫氣應用於直接還原鐵(DRI)的製程中，且在電弧爐(EAF)進一步加工成特定的鋼材品質。
- **溫室氣體減排成效：**預估採綠氫的DRI和EAF冶鍊法，至2030年和2050年，分別可減少87%和95%的溫室氣體排放。



價值鏈之關鍵技術

氫氣生產

- 生產氫氣的主要原料為天然氣、煤炭。透過天然氣的蒸汽重整 (Steam Reforming) 製備氫氣，生產效率為65%至75%，但生產成本高；煤炭資源雖較天然氣豐富，但煤炭需透過氣化反應 (Gasification) 製備氫氣，生產設備與製作流程複雜，且生產效率較低(約60%)。
- 目前開發中的製備氫氣方法包含水電解技術、微生物製氫技術、生質廢棄物產氫技術，以及透過太陽能、風能、核能來進行發電，以降低生產成本，達到環境永續發展之目標。

氫氣儲存

- 氫氣儲存方式可分為**壓縮氫氣儲存系統**、**液態氫儲存系統**。壓縮氫氣儲存系統由儲存容器與儲存壓力所需的**壓縮機**組成，使用與儲存天然氣相同的**金屬容器**。液態氫具備易於運輸且可大量儲存的優點，儲存系統使用**低溫罐**作為儲存容器，該容器能減少氫氣蒸發而造成損失。
- 其他開發中儲氫材料，例如將氫透過物理性吸附於多孔固體材料、氫與金屬氫化物化學鍵結反應形成氫化物、將液態有機氫載體 (Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) 作為儲存介質等。

氫氣運輸

- 氫氣運輸可依不同氫氣狀態運送，藉由**長管拖車 (Tube Trailer)**、**液氫槽車 (liquid Truck)**、**氫氣管道 (Pipelines)**，將氫能由製氫廠運至加氫站。目前氫氣大多以壓縮氣體形式存在，其**能量轉換效率高**，因此，**長管拖車**為最常用的運氫方法，但該方法受限於運輸距離；**液氫槽車**運輸液態氫，具成本效益且能長距離運輸，但受到輸送介質影響，能量轉換效率較低；**氫氣管道**具高能量效率與成本優勢，僅需花費一次成本安裝於無管道地區，因此，未來該方法將成為主要的氫氣運輸方式。



氢能創新技術

01

- **技術開發者：**英國倫敦瑪麗王后大學(Queen Mary University of London)
- **技術亮點：**研究人員開發出用於水電解製氫之石墨烯催化劑，利用一鍋合成法(One-Pot Synthesis)，生產出包裹著鉑奈米粒子的石墨烯，具備耐腐蝕性、導電率高、比表面積大之特性。相較於傳統催化劑，石墨烯基催化劑的活性損失降低30%以上。
- **應用範圍：**氫燃料電池、能源產業。

02

- **技術開發者：**日本東京工業大學
- **技術亮點：**開發由奈米級金屬氧化物與鈣金屬光敏染料組成的新型光催化劑材料，能透過太陽光分解水分子製氫，生產過程中不會產生任何二氧化碳，實現零碳足跡。此外，該材料具備奈米級的高表面積特性，能提高氫氣生產效率。
- **應用範圍：**能源產業。



氢能創新技術

03

- **技術開發者：**以色列理工學院 ((Technion-Israel Institute of Technology)
- **技術亮點：**開發**太陽能製氫系統**，每小時可產生多達36萬個氫分子，在反應過程中，還能利用釋放出之氧氣，將有機分子苯甲胺(Phenylmethylaniline)轉化為工業化學物質苯甲醛(Benzaldehyde)，運用於工業產品。未來，研究人員將使用**AI技術**，進一步研究製氫流程，以提高生產效率。
- **應用範圍：**能源產業、工業。

04

- **技術開發者：**新加坡南洋理工大學
- **技術亮點：**研究人員開發出低成本催化劑，由**鋁和錳組成新型尖晶石氧化物材料**，具高催化活性與高轉換效率。此外，研究人員藉由**機器學習技術**以獲得製氫流程參數，加速水電解產氫效率，未來期望藉此方法大量製備氫氣。
- **應用範圍：**能源產業。

■ 目前關鍵材料之技術主要在美日市場，而臺灣廠商大多屬於系統整合。

材料與元件

氫氣

三福氣體、中油、亞東工業氣體、聯華氣體

甲醇

伊默克化學、李長榮化工

觸媒

光洋應材

質子交換膜

律勝科技

氣體擴散層

碳能科技

膜電極

揚志公

司、光騰光電、律勝科技、科慕

密封墊片

繼茂、靖順

雙極板

鼎佳能源、順德工業、禾新

連接板

台灣保來得、宏進金屬

電池與組件

儲氣合金罐

亞太燃料電池、漢氫科技、博研燃料電池、晉陞太空科技

重組器

中興電工、碧氫科技、高力熱處理

電池堆

亞太燃料電池、中興電工、新力能源、鼎佳能源、富堡能源、禾新、順德工業、九豪精密

熱交換器

舒瑞普、高力熱處理

加濕器

加集

電控元件

康舒科技、利佳興業

空氣幫浦

黑偉、漢鐘

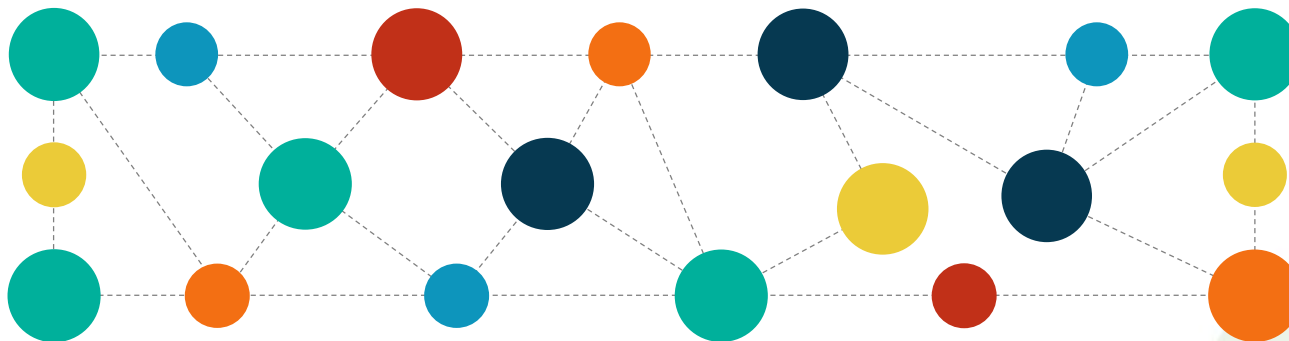
系統

系統整合

亞太燃料電池、中興電工、新力能源、鼎佳能源、富堡能源、鎧鋒綠能、綠展氢能、新進工業、亞洲氢能、美菲德、博研燃料電池、錐光金屬、錫力科技、高力熱處理



國內氢能應用發展建議



■ 創造生產氫氣的供應鏈

以低碳、脫碳技術生產氫氣，需政府透過政策建立與支持市場，運用政策工具提供誘因，以吸引生產者、營運商及使用者投資。



■ 支持研發以降低成本

研發為氢能應用降低成本與提升生產效率重點，關鍵應用技術包括燃料電池、氢能燃料及電解槽(水解製氫技術)。



■ 與國際接軌

加強與國際於生產標準、認證制度、經驗共享及建設跨國基礎設施等方面合作。此外，也需定期監測氢能生產和使用狀況，與時俱進調整政策目標與產業發展計畫。

科技發展觀測平台

Science, Technology & Innovation Policy Outlook

To Gain Accurate and Deep Understanding of STI Trend



指導單位：科技部 前瞻及應用科技司

執行單位：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

「科技發展觀測平台」為執行科技部「科技發展觀測平台建置及服務計畫」之成果