

亞太地區氫能的未來：APEC 氫能發展進程及區域合作潛力

財團法人台灣經濟研究院

亞太地區涵蓋全球重要的能源消費大國，為推動經濟發展需要龐大能源支持，亦同時面對減排的壓力。在區域邁向能源轉型的背景下，近期氫能發展快速蓬勃，本專題旨在爬梳目前亞太區域氫能發展現況與挑戰，並探討未來區域氫能合作之潛力。

一、淨零碳排下的氫能復興

國際能源總署在其公布的「全球能源部門 2050 淨零排放路徑」中指出，若想達到 2050 淨零排放，氫能需占整體能源使用 13%。淨零排放已成全球商機所在，其中氫氣因具有替代化石燃料潛力，加上排放的產物僅有水，被視為是淨零排放的關鍵之一。

目前全球已有超過 30 個國家地區發布國家氫能策略(如下圖)，在各部門中，運輸部門是氫能發展的優先領域，尤其是重型長途運輸，已被視為是氫燃料電池汽車的重要應用領域。目前中國、日本和韓國都已有明確的推動氫燃料電池汽車使用的目標。根據日本的《氫能源基本戰略》，日本目標在 2025 年擁有 20 萬輛氫燃料電池汽車；到 2030 年擁有 80 萬輛氫燃料電池汽車，同時到 2025 年時將國內氫氣站的數量增加至 320 座。除了應用在公路車輛運輸外，氫能也可能被用於航空燃料和船用燃料，考慮國際海事組織《2020 年全球船用燃油限硫令實施方案》的規定，氫能在運輸領域的成長潛力極大。

另外，在電力與供熱領域，亞太區域內亦已有一些逐步以氫氣代替天然氣的示範計劃。管道注氫已經成為許多國家的氫能戰略的一部分，也是脫碳戰略的重要支柱。管道改造及燃氣機組升級，為支持氫能發電的重要做法，以氫能替代天然氣，將是進一步降低化石燃料、邁向零碳經濟的重要一環。

此外，氫能作為能源載體，是能源儲存的重要手段。透過再生能源發電的電解槽生產綠氫，可使太陽光電或風電生產的多餘電力得以儲存並運輸，尤其再生能源在技術進步及規模經濟的背景下，發電成本持續下降，綠氫的競爭力亦將逐步提升。



二、氫能發展的挑戰

(一) 生產成本

儘管在淨零碳排的議程下，氫能發展潛力可期，但仍需克服許多重大挑戰。其商業可行性，主要仰賴政府及企業同時推動供需兩端之平衡。生產藍氫或綠氫主要面臨之挑戰為生產成本，廣泛應用氫能的關鍵，在於持續降低生產潔淨氫能的相關基礎設施成本與技術成本。除了電解槽的成本外，再生能源發電成本也是影響綠氫生產最終成本的重要因素。

氫能成為商業上具競爭力之能源之另一個關鍵，為各國持續透過碳稅和碳排放交易等形式增加化石燃料成本的政策環境。目前亞太區

域多國如中國、日本、韓國已實施各種形式的碳排放交易計劃。2019年新加坡亦成為東南亞第一個引入碳稅的國家。在初期發展階段，政府對氫能技術和基礎設施的政策和財政支持至關重要。

（二）運輸成本

氫氣運輸（特別是長距離運輸）是氫能最終落地成本的重要組成部分。長距離運輸最可行的方式是將氫氣液化或轉化為氨，並透過專門運輸船進行運輸。在轉化和運輸過程中皆有一定程度的能源消耗和氫氣損失，另外，在到達運輸目的地後，亦需將液氨轉化回氣態氫，因此，控制和降低氫氣的運輸成本將是推動氫氣長距離運出口的關鍵。

（三）基礎建設

基礎建設投資為氫氣廣泛應用的另一個關鍵。目前現有的天然氣管道網絡可以接受有限濃度的氫氣，但如果要接受更高濃度氫氣或純氫氣的注入，通常需要對現有管道基礎設施進行改造。另外，氫燃料電池車的需求，亦需要加氫站的普遍設置才可能提升。

（四）法規與監管

氫經濟發展需要明確、全面監管框架，例如需要執行營運、環境、安全和技術標準以確保氫的利用、運輸和儲存的標準一致。為因應氫能發展，區域多國已逐步建立氫能標準，如韓國已於2020年通過氫經濟促進和氫安全管理法。此外，放眼未來氫能跨境運輸之需求，有關氫能貿易和運輸的跨境監管法規仍待制定。

（五）市場機制

對潔淨氫能提出可信賴可追溯的認證機制，將是加速推動氫能在全球應用、減少碳排放取得成功的關鍵。目前僅有部分市場如歐洲和澳洲提出一些綠氫認證和原產地保障計劃，尚處於起步階段，是否能夠實現、以及後續如何進行有規模的開發、測試和應用，仍待進一步

觀察。

綜上所述，氫能在能源脫碳方面具有潛在優勢，但要進行大規模氫氣商用仍有很長的路要走。儘管如此，鑒於氫氣生產成本逐漸下降，以及淨零碳排之關鍵驅動力，氫氣利用仍然為新興重要的能源。

三、亞太地區氫能發展現況

亞太地區為全球具有龐大清潔氫生產潛力、又擁有龐大潛在需求和消費能力的地區，在國際氫能經濟轉型方面具有廣大前景。以下就區域內各國氫能發展及政策說明：

（一）美國

從 1970 年開始針展開包含氫氣生產、運輸、存儲和利用等技術進行研發，並於 2019 年發表「氫能經濟發展路線」；每年投資數億美元，包括全球一半以上的燃料電池汽車、25,000 輛燃料電池堆高機、在 40 個州超過 8,000 座小型燃料電池發電站，已安裝或正計劃使用超過 550GW 以上的大型燃料電池發電站。另約有 46 座氫燃料汽車加油站，還有 161 個正在運行的燃料電池，總發電量約為 250MW。

預估 2050 年年產值可達 7,500 億美元，創造 340 萬個就業機會，並使風力、太陽能、水力發電等再生能源併聯電解產氫系統將可提高能源應用自由度，滿足美國約 14% 能源需求。

另於 2021 年 6 月宣布「氫能源地球計劃」，提出在 10 年內實現綠氫成本降低 80% 的目標，由目前 5 美元/千克降至 1 美元/千克，並建置零排放車輛法案與相關優惠提升購買量。

（二）中國大陸

為世界最大的產氫國，每年可產出 2,500 萬噸工業製氫。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」，規劃以 2022 年北京冬季奧運會為契機，全面推廣氫燃料電池汽車，預計於張家口

冬奧賽區建構 6MW 風力與 2MW 光能產氫電站，開發 1,200Nm³/hr 電解產氫系統，建成固定式與移動式加氫站。

為促進新能源汽車發展以降低運輸部門排碳量，於 2009 年將燃料電池車納入補助，國營企業先行投入作為示範場域，且政府願意提供政策誘因及建置相關基礎設施，進而達到運輸轉型與零碳排社會。

2020 年「中國氫能政策環境」提及，主要透過煤氣化方式（其他如天然氣或石油）產氫，2019 年全國氫氣產量約 2000 萬噸，並將氫燃料電池及氫燃料電池車視為未來重點發展方向，且已加速布局全國各地氫能產業。

目標 2050 年氫能占總能源消耗 10%，年經濟產值 10 兆元人民幣，加氫站達 1 萬座以上，燃料電池車產量達每年 520 萬輛，固定式發電裝置年產 2 萬套。

（三）日本

豐田汽車於 2014 年推出了世界上第一輛量產氫燃料電池汽車，加以政府補助全國 135 座加氫站，為全球最多加氫站的國家。

2017 年日本宣布「氫能基本戰略」，規劃逐年增加氫氣產量與降低發電成本；日本東芝等大廠與新能源產業技術綜合開發機構（NEDO）合作展開福島氫能研究場（FH2R）技術開發項目，2018 年完成建置 20MW 太陽能電解水產氫設施，於 2020 年正式運轉，並配置 10MW 電解產氫系統，為世界最大的太陽能電解水產氫基地，每小時可生產、儲存和供應高達 1200 Nm³ 氫氣。

此外，於 2021 年東京奧運建立氫能示範城市，並與國際建立氫能合作供應鏈，以燃料電池車、加氫站及定置型燃料電池為三大應用目標，實施專案補助推廣產業發展，並制定標準化產品規格，促使氫能可與化石能源競爭。

目標 2050 年加氫站全面取代加油站，氫能汽車全面取代汽油車；

細部目標如 2030 年擁有 80 萬輛燃料電池汽車、1,200 輛燃料電池巴士、900 座加氫站；2025 年加氫站建設成本由 3.5 億日元降至 2 億日元，運營成本由 3,400 萬日元/年降至 1,500 萬日元/年。

另外，為推動碳中和目標，日本地方政府正積極探討新的氫能社會形態。如札幌市推出「氫模型區塊概念」，與企業合作制定氫能概念示範街區計劃，並獲環境省推選為先導脫碳地區，將規劃包括不僅可提供 FCV（燃料電池汽車），亦可用於電動巴士及電動貨車等大型車輛的固定式加氫站。除了純氫燃料電池外，未來還將透過民間合作力量，開發 ZEB（淨零能耗建築）和其他設施，以吸引產業發展。

（四）韓國

自 1988 年開始進行氫能相關基礎科技研究，於 2013 年成功量產世界上第一批氫能；2019 年韓國發布「氫能經濟路線圖」，大力發展氫能產業，於 2020 年提出「促進氫經濟和氫安全管理法」，積極推動氫能於各領域發展，且因氫能車最具商業價值，成為政府集中資源發展之項目。

另，韓國政府投入 424 億韓元，目標 2023 年底前實現氫動力電車（hydrogen-powered tram）的商業化，擴大氫能交通運輸應用，2020 年 7 月現代汽車集團（Hyundai Motor Group）投資建立全球首條氫能卡車量產線，並向瑞士出口 1,600 輛氫能卡車，其旗下鐵路列車公司 Hyundai Rotem 將與五家電車零件公司合作負責系統整合及驗證，將在 2022 年之前致力於開發電車的電機和制動系統，並在 2023 年專注於打造氫氣電車以及性能測試。

另，大山（Daesan）氫燃料電池發電廠為全球第一個且最大的燃料電池工業製程產氫發電廠，目標為 2030 年後成為全球最大燃料電池生產國，使氫燃料電池成為主要出口產業之一；2040 年目標供應 620 萬輛氫能汽車，其中出口 330 萬輛、內需 290 萬輛，並建造 1200 座加氫站。

(五) 加拿大

加拿大為全球十大氫氣生產國，已建立氫燃料電池產業、擁有油氣產業人才與完整基礎設施，以及港口與管線利於出口氫能至鄰近國家等優勢，並於 2021 年 4 月成立氫能策略指導委員會。

目前在亞伯達省規劃於 2030 年前大規模生產藍氫並應用於運輸與住宅暖氣，2040 年將擴大為發電與其他工業用燃料，並於 2021 年 6 月宣布投資「亞伯達省零排放卡車電動化」開發氫能與電能混合動力卡車，以及興建加氫站。

於安大略省除了提供氫能發電之優惠電價，以及未來基礎設施兼容氫能來提升其競爭優勢，並採購大眾運輸優先使用氫能等新科技。在卑詩省已建立完整氫能產業聚落，包括成立逾 40 年長期開發氫燃料電池之 Ballard Power Systems，並已有提供 15 國商用車氫燃料電池之實績。

加拿大聯邦政府、亞伯達省與加國企業 Air Products 於 2021 年 6 月 9 日宣布共同投資興建世界級液態氫製造廠，預計於 2024 年啟動營運。目標 2050 年成為全球前三大潔淨氫生產國，實現氫能占總能源供給之 30%、打造低碳氫能生產基地、建置全國性氫燃料網絡與低成本氫氣供應網、500 萬輛氫燃料電池車上路。

(六) 澳洲

2019 年推出「國家氫能戰略」(National Hydrogen Strategy)，利用其國土空間及天然資源轉換為低碳出口產業，並進行產官合作，目標在 2030 年前將澳洲打造為全球氫能產業領導者。現由州政府主導預計在北領地港口建置氫能樞紐，建立戰略圖與專案計畫；與日本岩谷合作在昆士蘭建置 3GW 電解製氫廠，並由企業聯合開發。

另，澳商氫能事業 (Hydrogen Utility, H2U) 於南澳斥資 2 億 4 千萬澳元發展「Eyre 半島門戶氫能計畫」，由日本三菱重工業集團 (MHI)

提供技術，以太陽光電與風力發電製成綠氫，再轉為液態氫，未來將使用百分之百再生能源供應氫氣儲能設備運轉，預計 2022 年開始運行。

澳洲在維多利亞州發展「氫能供應鏈」計畫，與川崎重工業公司合作，於 2020 年 10 月率先全球完成液化氫能運輸船試航，預計於 2030 年正式商業化。

另一個值得關注的是亞洲再生能源中心計畫，該計畫位於西澳皮爾巴拉地區，在 2020 年被澳洲政府指定為重大計畫，將利用約 15GW 的風能和太陽能生產綠氫後出口至亞洲各消費中心。澳洲將自己定位為未來向亞洲消費者出口綠氫的主要國家。

（七）俄羅斯

依據 2021 年「第三屆俄韓跨地區合作論壇」討論結果，考量遠東與亞太地區潛在銷售市場具地緣上的便利性，以及亞洲經濟體對氫的需求日益增長，準備與韓國發展氫能領域合作，另為了在遠東發展氫能工業，將在薩哈林島建立低碳氫生產工廠，連同其他產品一起出口亞太國家，預計首批產品於 2025 年交付出口，氫交付規模到 2030 年將達到每年 10 萬噸。

（八）東協

雖然東協區域許多國家的氫能發展仍處於起步階段，但部分國家已採取初步行動來推動氫能發展。新加坡政府於 2020 年宣布了一項約 3600 萬美元的低碳能源研究資助計畫，旨在支持包含氫在內的低碳技術的研發，新加坡公司亦和日本公司簽署了一系列協議，探討氫作為綠色能源的進口和使用事宜。汶萊亦已完成首個氫化工廠示範計畫，作為氫供應鏈示範計畫的一部分，已向日本出口氫氣。

（九）智利

智利已於 2020 年公布國家綠色氫戰略，預計 2030 年裝置容量達 25GW，至 2040 年成為世界前三大的氫氣出口國。智利亦提出「綠氫

外交」(diplomacia del hidrógeno verde) 倡議，目的為利用智利豐富的再生能源(尤其是太陽能 and 風力)，以及智利在法規、公平投資待遇、政治穩定性等體制面優勢，提高智利在「未來燃料」的有利發展地位。該倡議除能源發展外，亦將致力於潔淨經濟，確保在 2050 年實現碳中和目標，並創造新的就業機會。

智利已於 2021 年開展第一個綠氫生產計畫，於智利南部麥哲倫大區之蓬塔阿雷納市(Punta Arenas) 建造面積 3.7 公頃之綠氫燃料生產工廠，完工後首初步估計可生產 16 噸之綠氫燃料，未來每年將可生產 350 噸之甲醇及 13 萬公升綠氫燃料以供出口。

四、APEC 氫能合作潛力

整體而言，亞太地區氫能發展，主要分為幾類國家：一、以澳洲、智利為代表的資源豐富國家，投入巨大成本押注「綠氫」(green hydrogen)；二、以日本、韓國為代表的能源進口國奉行務實路線，將「藍氫」(blue hydrogen) 作為氫能產業政策發力點；三、以美國、加拿大、中國為代表的資源豐富且能源消費大國，側重打造氫能全生態，主要推動氫能基礎設施建設。

在上述背景下，亞太地區除具有將清潔氫從再生資源豐富地區出口至亞洲高需求中心的氫能貿易潛力，為未來全球氫能貿易的重心，亦將是氫能生產與消費的重心。就我國而言，2050 年淨零排放路徑中，氫能也占電力供給的 9%至 12%，從整體能源使用角度來看，氫能不僅是全球、也是臺灣達到 2050 淨零排放的關鍵角色。

由於 APEC 區域同時涵蓋氫能主要出口與進口國，未來在 APEC 架構下，預期將對氫能跨境運輸、貿易與綠色氫氣交易中心等，進行更深入的討論與合作。此外，氫能相關技術發展及標準制定調和，亦為後續 APEC 區域氫能合作之重點。

參考資料

1. Global Hydrogen Review 2022. International Energy Agency, 2022/09.
2. Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal: Green Hydrogen Cost and Potential. International Renewable Energy Agency. 2022.
3. Hydrogen Insights 2022, an updated perspective on hydrogen market development and actions required to unlock hydrogen at scale. Hydrogen Council, 2022/09.
4. Making the Hydrogen Economy Possible: accelerating clean hydrogen in an electrified economy. Energy Transitions Commissions. 2021/04.
5. The Future of Hydrogen, seizing today's opportunities. International Energy Agency, 2019/06