



日本氫能策略與近期動態評析

計畫名稱：「**國家總體能源政策發展規劃及決策支援能量建構**」(2/2)

計畫主持人：洪明龍

計畫研究人員／作者：黃莉婷、王穎達

產出日期：中華民國 111 年 1 月 27 日



目 錄

一、日本氫能政策發展脈絡.....	3
二、日本實現氫能社會的做法.....	4
三、達成氫能社會的幾種可能實現模式	6
四、氫能輸儲的相關做法評估.....	8
五、現階段各領域應用評估.....	10

中文摘要

日本自福島大地震後，便開始尋求新能源的替代方案，日本在 2017 年 12 月率先提出全球第一個《氫能基本戰略》，並持續提出路徑圖和相關行動方案。至 2021 年，面對全球淨零排放趨勢，日本發布第六次能源基本計畫，亦將氫能列為重點發展策略之一，本文研析日本近年氫能相關策略和執行成果，期能作為我國 2050 淨零排放路徑規劃時之參考。

關鍵字：日本、氫能、能源基本計畫、2050 願景

英文摘要(Abstract)

Japan has been looking for establishing new energy since the Fukushima earthquake. Japan took the lead in proposing the world's first "Hydrogen Strategy" in December 2017, and has continued to propose Japan's "Hydrogen Roadmap" and action plans. By 2021, Japan has released the sixth basic energy plan, and hydrogen has also been listed as one of the key strategies for 2050 net zero. This report analyzes the relevant strategies and implementation results of hydrogen in Japan in recent years. Hope it can be the reference for Taiwan's 2050 net-zero planning.

一、日本氫能政策發展脈絡

為領先世界實現氫能社會，日本於 2017 年 12 月，以 2050 年的願景為未來展望，訂立全球第 1 個《氫能基本戰略》，確立到 2030 年的行動計畫與目標。《氫能基本戰略》提出實現氫能社會的十大項基本策略（詳如圖 1）。目標是至 2030 年建構商業規模的供應鏈，以 30 日元/Nm³ 為目標，達成與汽油和液化天然氣相近的氫氣成本。此外，亦將推動燃料電池汽車的普及以及廣建加氫站，目標至 2030 年有 80 萬輛燃料電池汽車以及 900 座加氫站，並推動家庭用燃料電池和氫氣發電等應用。

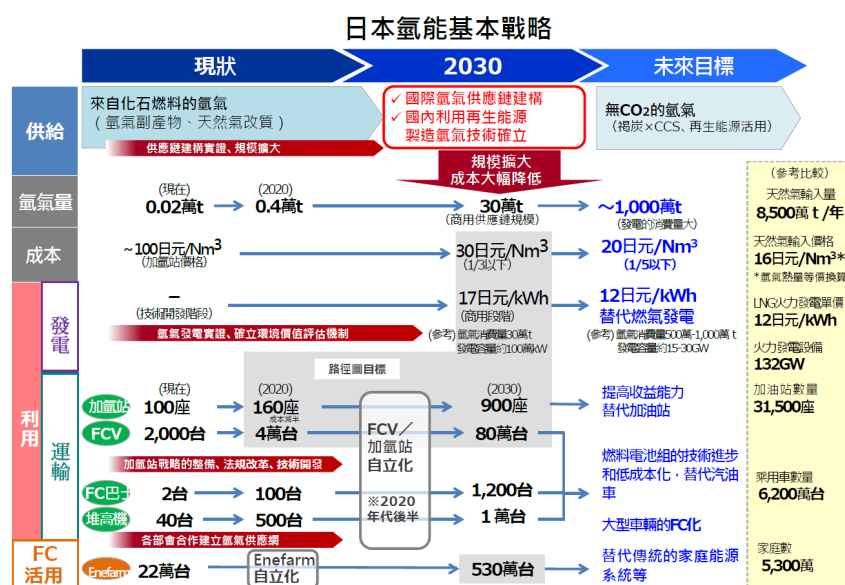


圖1、日本《氫能基本戰略》

日本於 2019 年修訂《氫氣·燃料電池戰略路線圖》，確保實現在「氫能基本戰略」和「第 5 次能源基本計畫」中所揭示的氫能社會目標，並促進在製鐵、石油精煉、石油化學等工業領域的氫能利用。為了達成氫能基本戰略的目標，除展開法規改革與技術開發外，亦開始推動於加油站和便利商店併設加氫站，以及規畫煤氣化+CCS 的設施和執行再生能源製氫的示範計畫。



氫能基本戰略的目標		設定的新目標	實現目標的措施	
利用	運輸	2025年 ● FCV 20萬台@2025 80萬台@2030	● FCV與HV的價差縮小 (300萬日元→70萬日元) ● FCV主要系統的成本 (燃料電池約2萬日元/kW→0.5萬日元/kW) 氫氣儲存約70萬日元→30萬日元	● 徹底的法規改革和技術開發
		2025年 ● ST 320座@2025 加氫站900座@2030	● 建置・營運費 (建置費 3.5億日元→2億日元) 營運費 3.4千萬日元→1.5千萬日元	● 建立全國加氫站(ST)網，增加營業時間 ● 增加與加氫站/便利店併設的ST
		20年代前半 ● 巴士1200台@2030	● FC巴士價格 (1億500萬日元→5250萬日元)	● 增加燃料電池巴士的加氫站(ST)
	發電	● 擴大氫氣在卡車、船舶、鐵道領域的應用，進行指引制定技術開發等		
FC	● 商用化@2030	● 氫氣專燒發電的發電效率 (26%→27%) ※1MW級燃氣輪機	● 開發高效率的燃燒器等	
	● 盡早實現市電同價	● 實現商業・工業用燃料電池的市電同價	● 燃料電池核心組件的技術開發	
供給	化石+CCS	20年代前半 ● 製造：褐煤氣化的製造成本 (數百日元/Nm ³ →12日元/Nm ³) ● 儲存・輸送：液化氫氣槽的規模 (數千m ³ →5萬m ³) 氫氣液化效率 (13.6kWh/kg→6kWh/kg)	● 褐煤氣化爐的大型化和高效率化 ● 液化氫氣槽的隔離性提高和大型化	
		2030年 ● 水電解裝置的成本 (20萬日元/kW→5萬日元/kW) ● 水電解效率 (5kWh/Nm ³ →4.3kWh/Nm ³)	● 示範地區的展示驗證 ● 水電解裝置的高效率化和提高耐久性 ● 利用區域資源，建構氫氣供應鏈	
再生能源氫氣	氫氣成本 30日元/Nm ³ @2030 20日元/Nm ³ @未來			
	水電解系統成本 5萬日元/kW@2030			

圖2、日本《氫氣・燃料電池戰略路線圖》

有鑑於 2020 年 10 月日本首相菅義偉宣布 2050 年達到碳中和目標，故日本經濟產業省啟動氫能政策檢討與修正作業，且同年底經濟產業省發布《綠色成長戰略》，氫能被列為達成 2050 碳中和的重點發展產業領域。此外，在 2021 年 6 月日本提出的《第六次能源基本計畫中》，亦有特別強調為了實現氫能社會的政策目標與做法。

事實上，日本為了實現氫能社會，自 2013 年始透過「水素・燃料電池戰略協議會」持續滾動檢討和更新策略並追蹤進度，故歷年的戰略與基本計畫目標與內容的政策延續性相當高。

二、日本實現氫能社會的做法

(一) 從各個面向全方面檢視與規畫氫能政策

為實現氫能社會，日本分別從需求面、製造及運輸面、技術面及跨部門政策工具等 4 大面向檢視日本氫能政策發展：

1. 需求面：

由於各產業運用氫的技術、需求、成本皆有差異，故應與時俱進，



滾動修訂國家氫能整體戰略，並與各產業持續溝通，達成各產業領域廣泛運用氫的目標。

2. 製造、運輸面：

為取得長期且穩定供應的廉價氫與氨，並於 2030 年實現氫能商業化，日本將加速發展氫能運輸技術，並於 2030 年建立國際供應鏈

3. 技術面：

為充分運用再生能源餘電產氫，應加速發展水電解產氫技術、降低成本，同時持續投資於更多工業部門運用氫之技術

4. 跨部門政策工具：

由於各國皆須運用低碳氫達到碳中和目標，從提高能源安全的角度而言，日本將加強與氫能、再生能源資源豐沛國家的外交關係，並外銷日本領先的氫能技術或產品，以推動穩定、透明的國際氫市場交易機制。

(二) 氫能社會階段性目標

日本目前設定於 2030 年確立國內再生能源製氫技術，並於 2030 年建立國際氫氣供應鏈以實現氫能商業化之目標，且評估於 2050 年建立日本企業在全球範圍內 1 億噸規模的採購供應鏈。具體目標設定如下：

1. 供給量：

由現今的每年 200 萬噸，於 2030 年提高至每年 300 萬噸，於 2050 年達到每年 2,000 萬噸的目標

2. 成本：

由現今的 100 日圓/立方公尺(新台幣 25.26 元/立方公尺)，於 2030 年將成本降低至 30 日圓/立方公尺(新台幣 7.58 元/立方公尺)，至 2050 年時降低至 20 日圓/立方公尺(新台幣 5.05 元/立方公尺)以下的水準，具備與化石燃料成本競爭的實力



3. 發電量：

目標為 2030 年氫/氨發電度數約 90 億度（占電源結構 1%），至 2050 年則達到約占電源結構 10%的目標

4. 其他應用面向：

規劃於 2030 年提升加氫站至 900 個站點、氫燃料電池車提升至 80 萬台、氫燃料電池公車提升至 1,200 台、氫燃料電池堆高機提升至 1 萬台、家用型燃料電池提升至 530 萬台

除量化目標外，日本亦將從各領域著手努力，如在交通領域，將極力推廣燃料電池車並戰略性開發加氫站、燃料電池船、直接燃燒氫的飛機和燃料電池鐵路車輛等。此外，也會針對發電部門和工業部門強化氫的應用，運用混燒氫與氨的方式來達成發電脫碳化和工業部門脫碳化的目標。整體而言，日本未來將以 (1) 持續加強技術研發；(2) 持續擴大投資強化規模經濟的效果；(3) 建立公私協力的合作模式；(4) 建立國際供應鏈等方式來推動；(5) 與地方政府和地方團體合作，建立地方氫能社會模式；(6) 推動日本在燃料電池車、加氫站等氫能相關技術國際標準化。

三、達成氫能社會的幾種可能實現模式

為達成氫能社會，日本於 2021 年 8 月第 27 回的「水素・燃料電池戰略協議會」中，提出了社會化實施模式，強調在充分利用現有基礎設施的同時擴大供給，並在供需相鄰的地區提前推動氫能社會化落地。為此，提出「濱海地區的大規模利用」以及「電解槽的自用與週邊利用」兩種可能模式。

（一）濱海地區的大規模利用模式

在此模式中，強調的是建立一個擁有完整的供應鏈與生態系的綜合體。從在供給側的部分，可海上風電（或其他過剩的再生能源）與電解槽

共構製氫、從國際進口氫（液態或 MCH 等）或產業製程產氫等模式供給氫，並把這些氫輸入進大型氫儲存系統，而後看用途看是否用管線供給給需要氫的產業、混氫或專燒氫的發電廠或透過卡車運送給綜合體以外的需求。

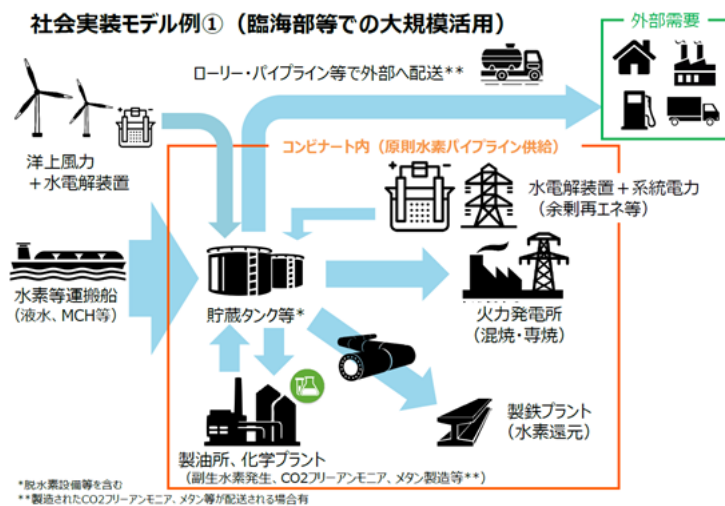


圖3、濱海地區的大規模利用模式

（二）電解槽的自用與週邊利用模式

在此模式中，分成消費者現場與製氫現場等兩個部分來規畫，在消費者現場的部份，強調製氫裝置鄰近家庭、運輸和工廠等消費者使用地點；製氫現場的部份，則強調可以透過卡車運輸的方式提供給外地需求使用。此模式的電力來自於電網中多餘的再生能源或消費者場域的再生能源裝置（如太陽能），且此模式並無強調完整的供應鏈與生態系，偏向以消費者自給自足的方式規畫。

社会実装モデル例②（水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用）

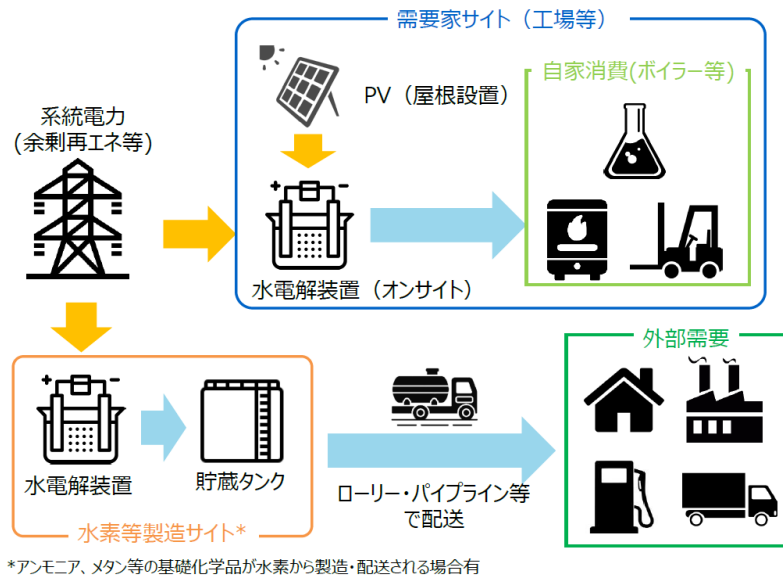


圖4、電解槽の自用與週邊利用模式

（三）構建社會實現模式的意義

氫能社會在沒有規模化和商業化的情況下並不會自己實現，因此，如何建立可行的社會模式和完整的供應鏈體系會是實現氫能設會的重點，本次提出來的兩種模式即是日本經產省所提出的氫能社會實現模式。

在建立示範場域與模式時，須考慮氫能需求的規模與分布，如評估合理的應用區域和對象等。此外，亦須考量製氫的成本與同區域使用其他能源的競爭力，以及是否有既有的基礎設施可供利用等三個面向。如此一來，才能確保能建構一個成本極小化的氫能供應鏈。

四、氫能輸儲的相關做法評估

（一）儲存載體現階段評估

為實現氫能社會，氫的輸儲與配送方式將是優先要被處理的事項，目前主流共有四種如下表 1 所示。由表 1 可知，目前不管哪種方式都將面對應用時轉換型態的能量損失問題，因此須要開發相關技術來降低轉換形態時



的能量的損失。此外，目前並非所有輸儲方式都能運用既有的基礎設施，尤其在本土氫不夠的情況下，進口氫的相關基礎設施投入也是重點。

表1、氫氣可能儲存方式

種類	液化氫	MCH (甲基環己烷)	氫	無碳甲烷
體積(相較常壓氫氣)	約 1/800	約 1/500	約 1/1300	約 1/600
變成液體的條件與毒性	-253°C、常壓 無毒	常溫常壓 有毒	-33°C、常壓等 有毒跟腐蝕性	-162°C、常壓 無毒
可直接利用?	N.A. (無化學特性變化)	目前無法	可(燃煤火力混燒)	可(替代都市天然氣)
附加設備	不要	必要(脫氫時)		
特性變化的能量損失	現在:25-35% 未來:18%	現在:35-40% 未來:25%	氫化:7-18% 脫氫:20%以下	現在:10~30%
現有的基礎設施是否能用?	國際進口氫須新設基礎設施。 國內運送可	可(化學船運等)	可(化學船運等)	可(液化 LNG 油輪、都市天然氣管線)
技術的課題	大型海上輸送技術(大型液化器、運輸船等)開發	能量損失須進一步下降	直接利用的技術仍須擴大開發、須要提升脫氫設備的技術	原則上使用綠氫、但化石燃料裂解搭配 CCS 裂解氫或不可避免

(二) 海外氫供應鏈模式

目前海外製氫主要以液化氫與 MCH 兩種模式進行，首先，液化氫將透過液化氫運輸船送至接收站與儲存槽，並可進一步送去需求端，如氫能發電等。其次，將綠氫合成 MCH 在透過既有的化學品運輸船送至日本國內應用。但這些基礎設施皆需要大型化的開發驗證，此外，亦需要把氫能相關規範國際標準化，以及確認氫能發電或其他應用的安全性，國內相關法規亦需要調整、制定與合理化。

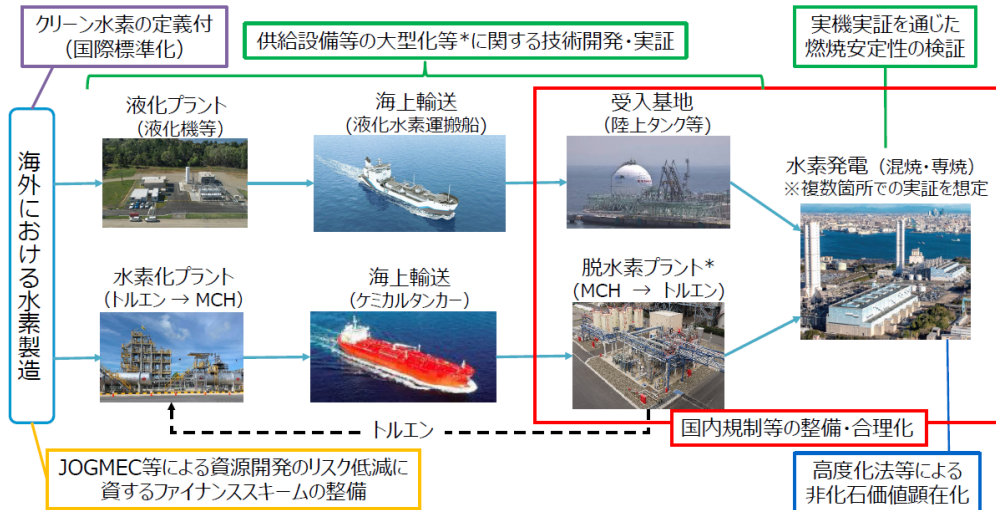


圖5、海外氫供應鏈可能模式



圖6、已完工的 MCH 相關裝置(汶萊置氫與川崎脫氫設施)

五、現階段各領域應用評估

因《氫能基本戰略》並沒有為實際使用氫氣提供明確的途徑，為能實現氫能社會，應在產業部門（煉鋼、化學等）和部分交通部門（商用車、船舶、飛機等）推廣使用無二氧化碳的氫氣，同時討論在煉油（脫硫用）等現有領域中使用氫氣。但是，由於技術問題、必要的需求量、成本等因不同產業而異，因此，相關利害關係人必須對各產業的問題以及氫氣將如何在整個社會中實施有共識是相當重要的。

各部門	目前使用灰氫 (去二氧化碳化是有必要的)	預計未來使用氫氣的用途 (以氫氣、氨氣、混合燃料等替代)
運輸	<ul style="list-style-type: none"> • 乘用車 • 堆高機 • 巴士 	<ul style="list-style-type: none"> • 商用車 (卡車等) • 船舶 • 飛機 等
產業	<ul style="list-style-type: none"> • 煉油 (脫硫) • 化學 (製造氨氣等) 	<ul style="list-style-type: none"> • 鋼鐵 (氫還原煉鋼) • 化學 (製造甲醇等) • 熱能利用 (工業用熱等)
發電		<ul style="list-style-type: none"> • 與既有火力發電進行混燒 • 生質能發電
民間、業務	<ul style="list-style-type: none"> • 能源農場 (ENE-FARM)、純氫燃料電池 	<ul style="list-style-type: none"> • 用作城市燃氣的替代品

圖7、各領域氫的可能性

(一) 氫能發電

目前氫能發電部分仍還在示範與實證狀態，但以有①大規模火力發電級 (500MW 級) ②在地區中熱電供應的汽電共生發電 (1 MW 級) 等不同模式在進行示範計畫與實證。

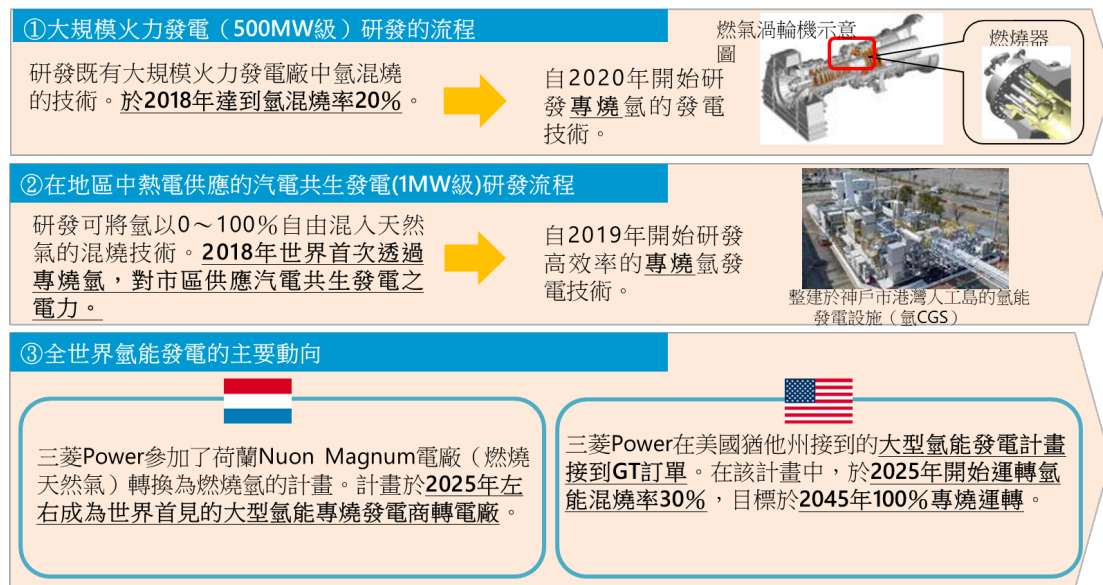


圖8、氫能發電現況

氫能發電領域目前處於技術發展和實證階段，但考慮到未來社會上將大規模使用氫氣，有其必要整頓一個制度來鼓勵企業使用氫氣。根據目前的評估，即使在 2030 年能實現 30 日圓/Nm³ 的氫氣價格，預估 LNG 火力發電成本 (13.7 日圓/kWh) 仍將低於氫氣發電成本 17 日圓/kWh。

為突顯氫氣發電的環境價值，使其能進行評估、認證和交易，在密切關注與其他制度設計相關討論的同時，氫氣在《節約能源法》中的地位非常重要。日本未來將結合實際情況進行研究，包括修正相關法律，將氫氣發電定位為非化石能源等。

在新形態小型示範案例的部分，三菱動力目前已有 MEGAMIE 發電系統，該系統是 SOFC（固體氧化物燃料電池）的高效率發電系統，輸出分為 250kW 和 1MW 等兩個等級，發電效率約 53%（汽電共生時的綜合效率可達 73%），天然氣、生質物氣體、氫氣、丙烷、丁烷等多種燃料均可用作氣體燃料，目前在在朝日啤酒廠，利用啤酒工廠排水處理所產生之未使用的副產品氣體（主要成分：甲烷）進行發電。



圖9、三菱 MEGAMIE 發電系統

（二）家用燃料電池

日本在 2009 年領先世界開始販售家用燃料電池。在《能源基本計畫》、《氫能、燃料電池戰略發展藍圖》中，目標於 2020 年左右達到自主化，並於 2030 年普及 530 萬台。到今天已普及了 30 萬台以上，以 PEFC 的販售價格來說，已從當初開始販售的超過 300 萬日圓，降低到 100 萬日圓以下的水準。日本未來將透過減少零件數降低機器成本，放寬規定降低施工成本等措施，目標在 2024 年以前降至 80 萬日圓以下。

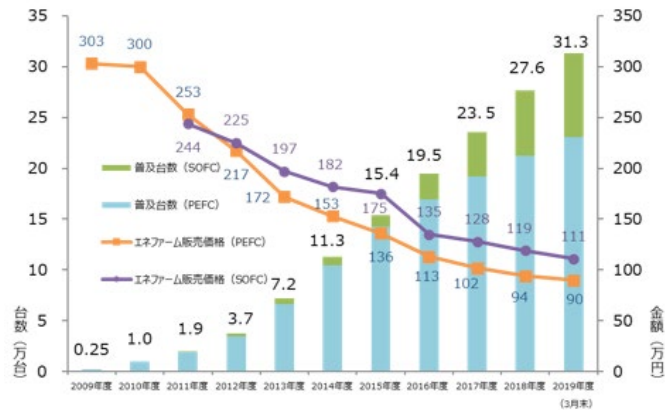


圖10、家用燃料電池普及狀況

家用燃料電池的應用模式是使用從液化石油氣取出的氫發電，此時產生的熱也能有效活用於供應熱水等等。由於是透過電化學反應發電，並非燃燒反應，有更高的能源效率以達到節能（若為 PEFC 時：發電效率 40%、**綜合能源效率 97%**）。

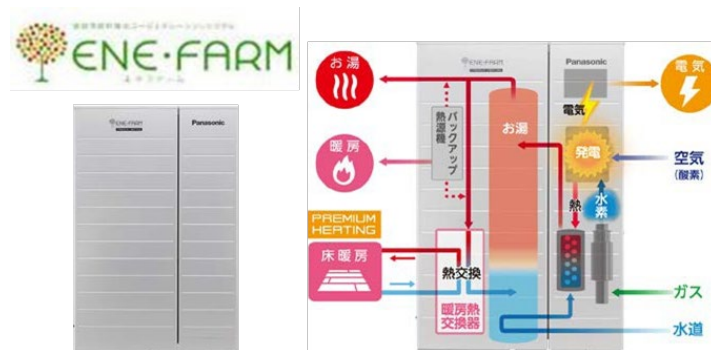


圖11、家用燃料電池示例

(三) 煉油業

在煉油過程中，大量的氫氣被用於脫硫過程，而一些不能用氫氣滿足的副產品則由天然氣或其他來源進行改造，以進一步生產。透過使用無二氧化碳的氫氣來替代，可以將煉油廠的二氧化碳排放量減少約 10% ~ 20%。預計到 2030 年，日本全國將有 77 億 Nm³ 無二氧化碳氫氣需求。然而，為此目的生產之氫氣成本需低至 20~25 日圓/Nm³，這對無二氧化碳氫氣的普及而言是一大挑戰。

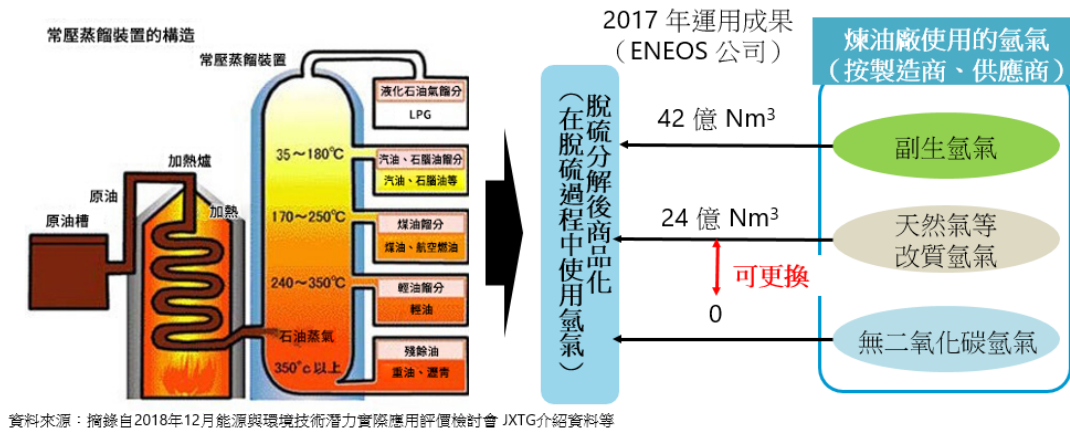


圖12、煉油業替換氫的可能性

(四) 鋼鐵業

雖然在鋼鐵領域很難透過轉換為電力而脫碳，但進一步使用氫氣作為還原劑，預期將有助於該領域的脫碳。然而，目前氫氣還原製鐵技術尚未確立。但從國際競爭力的角度來看，未來在氫氣的供應量大且成本低的情況下，商業化應用將非常有可能實現。然而，目前即使是氫氣還原法生產的鋼，除了減碳以外，並沒有其他的附加價值，需要新的機制對其進行評價。

從技術的角度來看，根據2018年由日本鋼鐵聯盟發布的「長期暖化對策前景『挑戰零碳鋼』」報告，生產1噸生鐵所需的氫氣量考量還原(601Nm³)、吸熱反應補充(67Nm³)和將溶化生鐵加熱至1600°C(85Nm³)後，約為753Nm³(理論值)，若效率僅為75%，則生產1噸生鐵約需要1,000Nm³的氫。考量日本生鐵年產量約為8,000萬噸，零碳鋼的氫氣需求量約為800億Nm³(約700萬噸)。

目前日本製鐵、JFE 鋼鐵、神戶製鋼所等企業皆有參與國際 COURSE50(CO₂ Ultimate Reduction System for Cool Earth 50)的專案，該專案目標是建立一種創新的低碳鋼工程技術，可以減少煉鋼廠產生約30%的二氧化碳。作為用於還原氧化鐵的焦炭的部分替代品，日本正在開發①運用氫氣的鐵礦石還原技術(高爐氫氣還原技術)、②利用鋼鐵廠未使用的廢熱，從含有大量二氧化碳的高爐煤氣中分離、回收二氧化碳的技術。

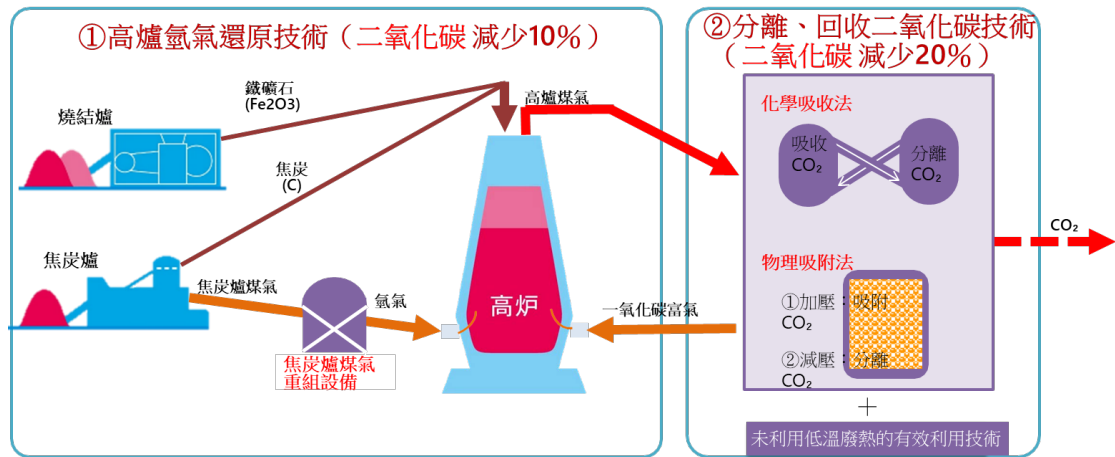


圖13、鋼鐵業高爐氫氣還原技術與分離、回收二氧化碳技術

參考文獻

- [1] 日本經產省，2020，「今後の水素政策の検討の進め方について」。
- [2] 日本經產省，2021，「うグリーン成長戦略」。
- [3] 日本經產省，2021，「水素社会実現に向けた社会実装モデルについて」。
- [4] 日本經產省，2021，「第6次エネルギー基本計画」。

一、