

定置型燃料電池對於天然氣發展

壹、燃料電池概述

一、燃料電池發電原理

燃料電池 (Fuel Cell) 係屬於發電裝置一種，與一般電池相同以含有陰陽電極以及電解液組成，透過化學反應產生電能，不過燃料電池不需要重複更換或充電，只需外界不斷地供應氫、天然氣或甲醇等含氫元素燃料，便能穩定持續供電。

發電原理為燃料中之氫氣於陽極處，將氫原子分解為兩個質子 (2H^+) 與兩個電子 (2e^-)，質子通過兩電極間之電解液至陰極；電子則通過外部電路抵達陰極，最後與為空氣中氧氣進行化學反應，生成水併產生電流，屬於電解水之逆向反應。

二、燃料與重組器

燃料電池總反應僅為氫氣加氧氣產生水跟電，由於氫氣難以輸配儲存，大多數燃料來源係透過將化石燃料，如天然氣、液化石油氣、甲醇、乙醇等，經由重組器 (Reformer) 產生氫氣，以及一氧化碳或二氧化碳等碳排，傳統重組方式主要係採用蒸汽重組反應，通過高溫水蒸汽 ($650^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$) 與觸媒反應，使化石燃料分解後重組，能產生約 70% 以上之高濃度氫氣，由於反應溫度偏高且須外加熱源，因此裝置體積較龐大，且啟動耗時較長。目前正開發利用鈀合金 (Palladium-alloy) 薄膜分解化石燃料，由於不須高溫水蒸汽使設備簡化體積小，且能獲得更高濃度之氫氣 (99%)，惟膜分離技術成本較高，尚需突破性技術發展。

貳、燃料電池對於天然氣供應發展

一、定置式燃料電池概述

燃料電池依使用方式可分為運輸應用 (Transportation)、定置型

應用(Stationary)和可攜式應用(Portable)三大類型，其中定置型又能作為分散式電廠或家用熱電系統，分別說明如下：

(一)分散式電廠

傳統發電廠如燃煤、天然氣、核電等，為了增加發電效率需將燃料輸送至單一電廠，以集中大規模產生大量電力，再以電纜進行長距離傳輸至各地區，惟過於集中之電力供給造成系統上脆弱性，因天災或人為疏失導致單一節點故障，就易全面電力系統癱瘓。因燃料電池係透過化學能轉換電能，不同於過往火力電廠使用燃燒之熱能轉換，發電效率能實現 80% 以上之高能源使用效率，故能夠更靈活化、分散化、以及小型化。如燃氣工廠即可透過廠區內設置燃料電池，藉由將管道天然氣供應燃料達成電力自主之效果，甚至能將多餘電力送回電網中。國際上已多項大型定置型燃料電池使用案例，如日本三菱重工於 2019 年日本 J-Power 與九州大學合作，於長崎工廠建置 1MW 大型固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) 能結合燃氣渦輪機成為複合式發電廠；Bloom Energy (BE) 係美國最大之燃料電池製造商，該公司 2019 年與印度當地生質能公司合作，建置相當於 4 MW 之定置型發電系統，相關國際案例如下表 1 所示：

表 1 國際定置型發電系統之應用

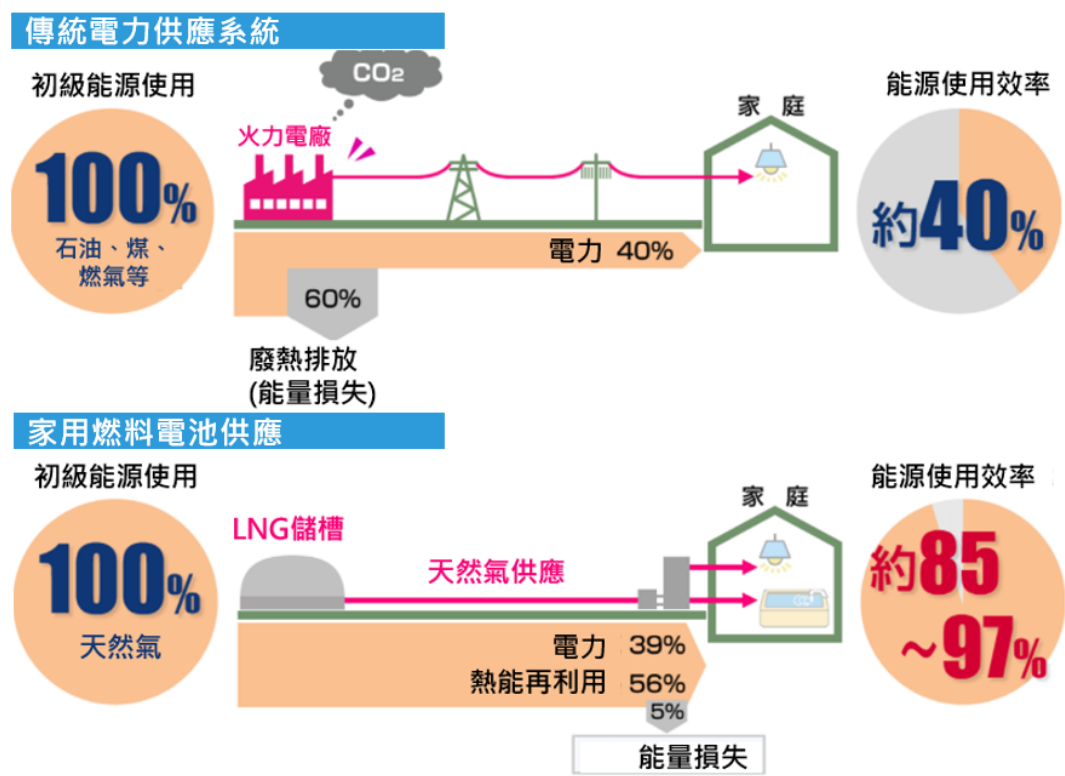
廠商	應用範圍	燃料	建置規模
Bloom Energy (BE)	生質能發電廠	天然氣、生質能	4MW
KSOE	船舶與重工業電力系統	天然氣	3MW
日本三菱重工	複合式發電系統	天然氣	1MW

資料來源：工研院綠能所，大型定置型 SOFC 發電系統產業運用情境與各國政策推廣之研析

(二)家用熱電系統

傳統家庭住宅、商業服務業用電來源皆來自於大型發電廠，再透

過電纜輸送至每戶，惟發電過程中大部分能量無法有效利用(熱量損失)，且部分電能會因傳輸損耗而耗損，但改用燃料電池後，除了避免電纜傳輸損失外，再轉化成電力之放熱反應能間接作為家庭供暖與熱水器加溫，將轉化電力之能源使用效率達到將近 85~97%，如下圖 1 所示，根據日本燃料電池普及促進協會 (Fuel Cell Association, FCA) 推估若一戶家庭改用燃料電池，即能夠減少該家庭原本 23% 之一次能源使用量(石油、天然氣等)消耗，每年約能減少二氧化碳排放量約 1,330 公斤/年，由於家庭改用燃料電池節能效果明顯，因此日本將燃料電池視為提升能源使用效率，達成節能減碳目標之重要推廣設施。



資料來源：コージェネ財団，「家庭用燃料電池エネファーム」，本計畫繪製。

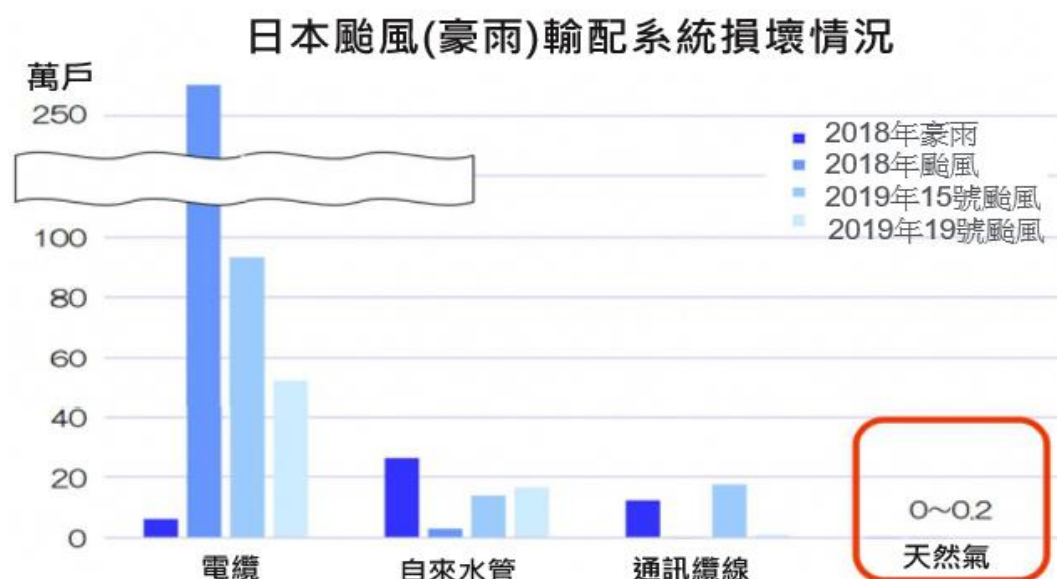
圖 1 燃料電池提升能源使用效率示意圖

二、燃料電池優勢

(一)穩定供應

燃氣電池除了達成節能減碳之功效外，並且用戶若採用燃料電池

較能避免因電纜故障造成停電之機率，根據日本統計近期因豪雨或颱風造成輸配系統損壞情況，颱風對於電力系統影響甚大，而天然氣管線因皆埋設於地下，較不受風災與豪雨影響，如下圖 2 所示，台灣同樣身為颱風頻繁侵襲之海島國家，過去停電案例亦遠大於停氣(電纜易因動物誤觸造成斷電)，因此裝設燃料電池對於住宅用電穩定更加保障，並必要設施(如醫院、公家機關)等機構不受停電或跳電影響。



資料來源：日本經濟產業省，「トランジションファイナンス」に関するガス分野における技術ロードマップ，本計畫繪整。

圖 2 各輸配系統損壞比較圖

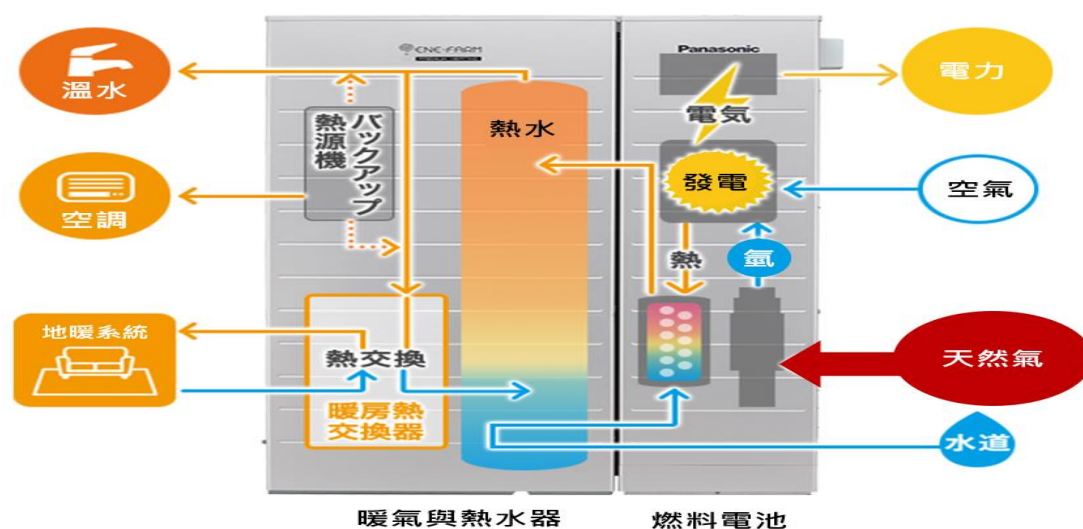
(二) 因應發電負載陡升

因應 2050 淨零碳排目標，我國大力推動電力化發展，不論家庭住宅、服務業或是運輸業所需電力大幅增加，但因此造成白天的電力尖峰需求大幅提高外，至傍晚後因再生能源(太陽能減弱)造成電力供應陡降，需要其他發電方式補足之供電量快速增加，形成「鴨子曲線」現象，電力調度將面臨重大挑戰。由於燃料電池啟動時間較快，不需要像傳統火力發電廠進行熱機，若燃料電池普及將能迅速透過天然氣發電因應，減少火力機組起降負擔，達成穩定電力供應的效果。

三、國際發展狀況

(一) 家用燃料電池推廣

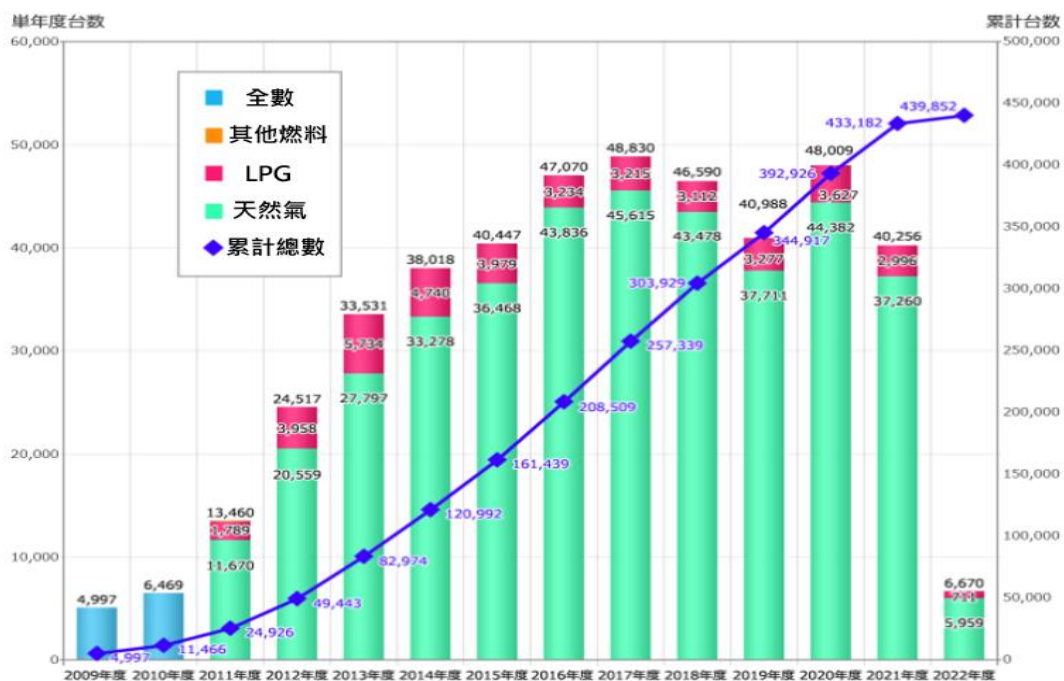
隨著科技與技術進步，燃料電池設備體積逐漸縮小，2009 年日本宣布完成家用燃料電池(ENE-FARM)達成商業化，期透過燃料重組器、燃料電池與熱交換器整合，達成小規模(設備約體積衣櫥大小)能同時供應電力與熱水設備，且由於將燃料電池產生之熱能，能直接用於將水加溫後並儲存使用，同時取代部份熱水器、供電何暖氣設施，使得能源使用效率超過 85%以上，家用燃料電池樣式如下圖 3 所示：



資料來源：Enefarm Partners，本計畫繪整。

圖 3 家用燃料電池樣式

日本從 2009 年起即開始實行家用燃料電池的推廣，剛推出時每台要價將近 303 萬日圓一般家庭用戶難以支應，後續因技術上的突破每台 150 萬日圓左右，為了增加民眾購買意願，日本政府進行多年的補助計畫推動，每台約補助 20 萬，並隨著設備販售價格降低而逐步減少，2018 年質子交換膜燃料電池(PEMFC)型之燃料電池每台降至 94 萬日圓，故該補助計畫已於 2019 年停止(由於燃料電池每年節省 75% 以上之瓦斯和電費用，將近節省 10 萬元，以購置約 10 年回本為基準)，不過其它新型的燃料電池售價較高者仍有持續補助，截至 2022 年 6 月累計銷售 44 萬台，其中以天然氣為燃料佔將近 9 成，其次為使用 LPG，日本目標 2030 年總銷售能達到 300 萬台，日本燃料電池銷售狀況如下圖 4 所示：



資料來源：コージェネ財団，「エネファームメーカー販売台数」，本計畫繪整。

圖 4 日本燃料電池銷售狀況

參、我國燃料電池推廣策略

一、國內燃料電池案例

根據「台灣燃料電池夥伴聯盟」統計國內定置型燃料電池設置將近 60 座，主要用於商用(學校)電力、山區基地台之備援電力以及蓄電池使用，其中，2021 年已將燃料電池導入社區住宅使用，該案例於台中市協和大心社區建置 5kW 之燃料電池並搭配太陽光電建置，藉以提升社區緊急備援電力，增加供電安全。

二、補助推廣政策

為增加我國燃料電池設置數量，提升國內能源使用效率發展，經濟部能源局再度修法有關於定置型燃料電池補助規範，將設置金額補助比例，從 40% 拉高到 50%，於 2022 年 1 月通過「經濟部定置型燃料電池發電系統設置補助要點」，自 2022 年 4 月 1 日起至 4 月 30 日止，受理申請燃料電池發電系統設置補助，對於我國法人、公私立醫

療機構及學校，安裝裝置容量為 1~500kW 之燃料電池，每 kW 最高補助新臺幣 7 萬元，補助範圍包含燃料電池發電系統新品、周邊設備及 3,000 小時運轉燃料費等安裝設置費用，最高補助金額以總設置費用之 50% 為限，將同時促進我國低碳能源，並有利於我國相關產業發展。

三、我國與日本推廣差異

日本因為地理位置關係，家庭住宅供暖需求較高，推廣燃料電池有極大之節能優勢，我國供暖需求僅在於熱水沐浴使用，節能與經濟效益較低，且國內住宅多屬高樓層公寓型，除非是新建案引入大廈型燃料電池(如台中案例)，難以逐戶安裝設備及鋪設管線，因此國內燃料電池設置數量目前與日本落差較大，不過我國亦積極推動其它用戶如學校、醫院或飯店廠商等安裝定置型燃料電池，增加用戶用電穩定性以及達到節能減碳功效。

肆、結論與建議

燃料電池係進行全面電氣化與氫能使用之關鍵設施，由於燃料電池以及氫能技術尚有龐大的發展潛力，國際相關製造商亦持續研究提高發電效率、增加耐久性、減少設備尺寸以及降低安裝與販售價格，因此未來燃料電池將能更低價與小型化，更容易於住宅家戶中使用。建議國內瓦斯公司應積極投入燃料電池之推廣，除了有益於增加公司售氣量外，並有利於銜接未來電氣化或是改用氫能之過渡期。由於現階段家用燃料電池安裝上需考量設備大小、管線鋪設(電力及瓦斯管線)以及購置成本仍較高，對於既有集合式舊住宅設置困難度較高，建議能優先選擇新建案或是學校進行推廣，以提高我國燃料電池普及率。