

出國報告（出國類別：考察）

前往日本參訪日立造船公司(大阪)、  
Bloom Energy Japan 公司以及參加日本  
東京國際氫能與燃料電池博覽會出國  
報告

服務機關：台灣中油公司綠能科技研究所

姓名職稱：顏子翔/盧信宏-工程師

派赴國家：日本

出國期間：107年2月25日至107年3月2日

報告日期：107年3月20日

# 摘要

此次至日本參訪日立造船公司、Bloom Energy Japan 公司以及參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)獲益良多。日立造船公司在 ORIST 進行 20 kW 級固態氧化物燃料電池(SOFC)發電裝置運轉測試，以及 Bloom Energy Japan 公司設立於東京汐留大樓之 Bloom Energy Server 進行運轉發電應用，此行經過與各公司人員進行技術與商業模式的交流討論後，了解日本設置 SOFC 實際經驗以及獲得未來台灣在 SOFC 產業的可能發展走向。

日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)的展示項目分為氫能材料/氫能分析/燃料電池系統/產氫儲氫供氫等 4 個主題，經過與各廠商面對面交流獲得第一手商品資訊，對往後研發與市場定位有莫大的助益。

關鍵詞：日立造船公司，Bloom Energy Japan 公司，FC EXPO 2018，SOFC

# 目次

壹. 目的	1
貳. 過程	2
一. 參訪日立造船公司(大阪)	2
二. 參訪 Bloom Energy Japan 公司(東京)	4
三. 參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)	5
參. 心得與建議	15

# 壹、目的

氫能源發展為綠能所重點研發項目之一，為了解日本業務及產業專用固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)發電系統技術與發展現況，因此拜訪日立造船公司與 Bloom Energy Japan 公司，針對固態氧化物燃料電池發電系統進行技術及意見交流。

日立造船株式會社(Hitachi Zosen Corporation)參與大阪府及大阪市共同推動的「H2Osaka Vision 推進會議」，與大阪府及大阪市攜手合作，打造先進氫氣發電專案，在大阪實施業務及產業專用 20 kW 級固態氧化物燃料電池發電裝置驗證事業，未來將以天然氣進料，提供民生大型建築如超市、便利商店、辦公大樓與集合式住宅等電力來源，此發展趨勢符合台灣政府推動燃料電池高效率發電之目標。

Bloom Energy Japan 是軟銀集團與 Bloom Energy 的合資企業(各持股 50%)。Bloom Energy Japan 成立於 2013 年，旨在為日本市場提供清潔、穩定和分散式的電力供應。該公司於東京汐留大樓(亦即其總部)設立之 Bloom Energy Server 為一發電功率達 250 kW 的商用機組，自 2014 年底設置完成後持續運轉提供該大樓 50% 的用電量，值得親臨造訪交流其運行經驗。

第 14 屆日本東京國際氫能與燃料電池博覽會為世界規模最大之國際專業氫能和燃料電池展覽會暨技術研討會之一，主要有 250 個攤位以氫能材料/氫能分析/燃料電池系統/產氫儲氫供氫等 4 個主題呈現，吸引了全球氫能與燃料電池最先進技術與應用廠商參展。

本所再生能源組氫能小組主要投入 5 kW 級固態氧化物燃料電池之重組器設計，並整合核研所與國內廠商進行 5 kW 固態氧化物燃料電池發電系統開發，希望能產出第一套國產 5 kW 發電系統，並藉由本次參訪與拜訪廠商機會，掌握日本最新發展動態及未來政策方向，作為本所未來推廣產業之參考依據，也洽詢日本廠商是否有引進其發電系統至台灣天然氣廠進行海外示範驗證的可能性。

## 貳、過程

本次出國行程與詳細工作內容整理如下表：

日期	詳細工作內容
107.2.25	啟程：高雄-大阪
107.2.26	參訪日立造船公司
107.2.27	(1)前往東京 (2)參訪 Bloom Energy Japan 公司
107.2.28	參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)
107.3.1	參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)
107.3.2	(1)返程：東京-大阪 (2)返程：大阪-高雄

以下針對參訪日立造船公司、Bloom Energy Japan 公司以及參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)之行程內容做介紹。

### 一. 參訪日立造船公司

日立造船於大阪產業技術研究所(ORIST)進行 20 kW SOFC 發電裝置示範驗證測試(見圖 1)，該 SOFC 電堆是跟日本 NGK 公司購賣，重組器也是外購而得，日立造船公司進行系統整合、實證測試、與市場導入等工作。目前 20 kW 系統已經連續運轉超過 1,800 小時，發電效率大於 50%、熱回收效率大於 40%，整體效率大於 90%。運轉模式並無使用陽極氣體回收，用剩的富氫氣體直接進燃燒器燒掉；另外系統使

用天然氣做升溫程序。日立造船持續推動日本國內生產之電池堆各項測試與從家用市場推廣至商業用及工業用市場的領域，其平板式電堆供應商希望如同家用市場 (ENE FARM) 一樣，其平板式電堆也能有 50% 的市占率。

日立造船希望連續運轉超過 4,000 小時，目的是可以得到 SOFC 的初始衰退率數據，藉此便可以估算 SOFC 是否可以運轉 90,000 小時，設定系統衰退率目標為 0.1%/1000hrs。該公司人員說明基本上並不可能進行連續運轉 90,000 小時的長效測試，因為這需要大量資助才有機會辦到(例如政府長期補助)。該公司人員提出現在 SOFC 發電系統的價格是 450-500 萬日幣/kW，預計今年(2018 年)降至 300 萬日幣/kW，明後年降至 150 萬日幣/kW，目前日立造船最重要的工作是要將這套系統優化、降低成本。該公司人員說明日立造船發展 SOFC 發電技術是想提供高效能分散式發電(發電效率大於 50%)，以提供除了大型集中式發電(平均到戶的發電效率 40%) 之外的新技術選項，並非要跟現行任何發電技術做比較。該員並說明，SOFC 電池堆廠商並未提供 SOFC 電池堆可以承受多少次的正常開關機，而這套系統設計可以承受三次無預警的關機，只要把相關部件更換掉即可恢復運作。

(a)



(b)



(c)



(d)

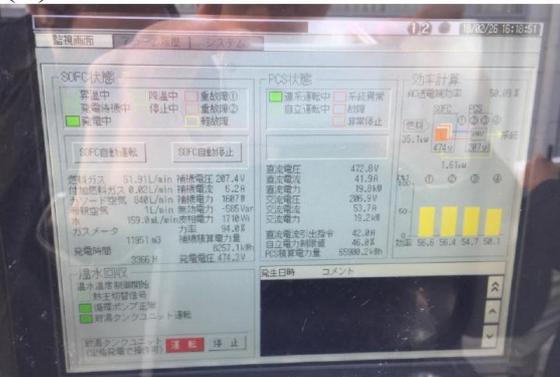


圖 1. 20 kW SOFC 發電裝置：(a)正面圖、(b)上視圖、(c)熱水回收與天然氣進料、(d)操作監視畫面。

## 二. 參訪 Bloom Energy Japan (BEJ)公司

SOFT BANK 總部東京汐留大樓一樓室外的 250 kW SOFC 發電系統已安裝約三年半的時間(見圖 2)，它提供整棟大樓一半的用電需求量。BEJ 公司人員不願透露這套發電系統設置成本，僅說明發電成本為 20 日圓/每度電，這其中一半來自天然氣燃料費用(日本天然氣的售價平均約為 60 日圓/立方米)。這套系統的 SOFC 電堆操作溫度為 800°C，有進行陽極回收，SOFC 發電系統的升溫速率是 12 小時由室溫升至 800°C，降溫則是 3-4 小時由 800°C 降至室溫。另外於 2017 年一月安裝在 Porite 的另一套 250 kW SOFC 發電系統的起始發電效率為 62%，啟用至今年二月底其發電效率略降至 61%。

BEJ 公司表示需要有數 MW 的設置量才會考慮來台灣進行實機運轉。關於 BEJ 公司的 SOFC 發電機台是否可以安裝於世界各地，BEJ 公司人員表示，各國天然氣組成雖然略有不同但對 BEJ 機台而言並不是太大的問題；而 BEJ 機台的空氣進料端裝設有過濾器因此各地空氣品質參差不齊也不成問題；至於各地氣溫高低不同也不會對 SOFC 有影響，因為 SOFC 操作溫度高達 800°C。

BEJ 公司人員表示，目前並無申請日本政府於 2017 年 4 月推出的大型 SOFC 發電系統補助案，因為申請條件需要 6 年運轉發電效率大於 60%，而 BE 表示目前尚無信心可以達到此標準，因為一般 BE 的 SOFC 電池堆在 2-3 年間發電效率可達 60%，但 4-6 年就沒有把握可達到 60%的發電效率。



圖 2. 東京汐留大樓一樓室外的 250 kW SOFC 發電系統

### 三. 參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會(FC EXPO 2018)

#### 3-1. Toshiba 公司

Toshiba 公司展出 100 kW~數 MW 級的純氫型 PEMFC 發電系統(見圖 3)，採用兩個電池堆系統以提高發電效率，發電效率 50%以上，機台並不含重組器，所需氫氣由其他來源提供(例如廢氫回收純化、太陽能或風力發電的電解水產氫)。詢問該公司人員此機台是否可能外銷到台灣，他回答是有機會但是因為該公司在台並無分部，因此安裝後無法提供長期售後服務。

原本 Toshiba 公司同時開發重組型與純氫型系統，但於去年退出 EneFarm 市場後，改推 700W、3.5kW、100kW 純氫型系統，其發電效率分別為 55%、55%、>50%(LHV)，主要看重其可快速啟動，且不排放任何溫度氣體的好處，未來搭配自海外運送進口的氫氣或是工廠餘氫，可快速達成日本減碳的目標。

展場人員也說目前售價約 70 萬日圓/kW，其 100 kW 純氫型系統曾於 2017 年 4 月於日本周南市當地批發市場進行示範運轉，氫氣來源採用城市燒鹼廠產生的副產品氫氣，該系統作為副產品氫的利用，以驗證經濟性與二氧化碳減排效果。示範運轉中也嘗試燃料電池系統中 60 度廢熱來製冷，達到發電、製冷與產熱的三重應用。

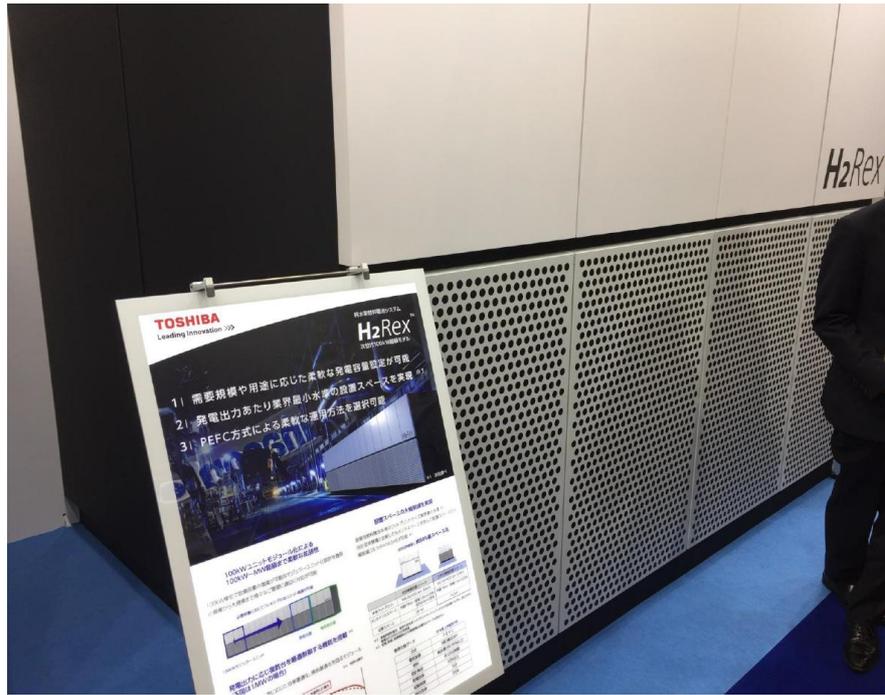


圖 3. Toshiba 公司的 100 kW~數 MW 級純氫型 PEMFC 發電系統

### 3-2. Panasonic 公司

Panasonic 公司展示家用熱電共生系統，該公司人員提到該熱電共生系統(見圖 4)的發電功率範圍為 0.2~0.7 kW，如有剩餘的陽極富氫氣體將作為燃燒器進料使用。以天然氣為進料則機台發電效率 39%，熱回收效率 56%。使用觸媒分為 SR、WGS、PrOx 等三類(外購)，CO 含量降至低於 5 ppm，PEMFC 則是該公司自行開發生產。詢問是否有意願來台販售，他回應如果能有 1,000 台需求量就會考慮到台灣安裝販售，因為要先對台灣天然氣做先期研究，看看機台是否可以維持與在日本時相同的效能，這些先期花費需要後續有足夠設置量才能讓 Panasonic 公司願意投入。

展場人員表示，2018 年 1 月已累積 12 萬台的銷售，日本售價 150 萬日圓，經由各項補助後，消費者可花 100 萬日圓購得，設備有適用於公寓與透天厝兩種型式。至於在歐洲與德國 ViessMann 推出的系統迄今已售出約 300 套，售價 28,000 歐元，經由 11,100 歐元補助後，消費者可花 16,900 歐元購得，換算後其價格是日本價格的 2.2 倍(以 3/20 匯率計算)。

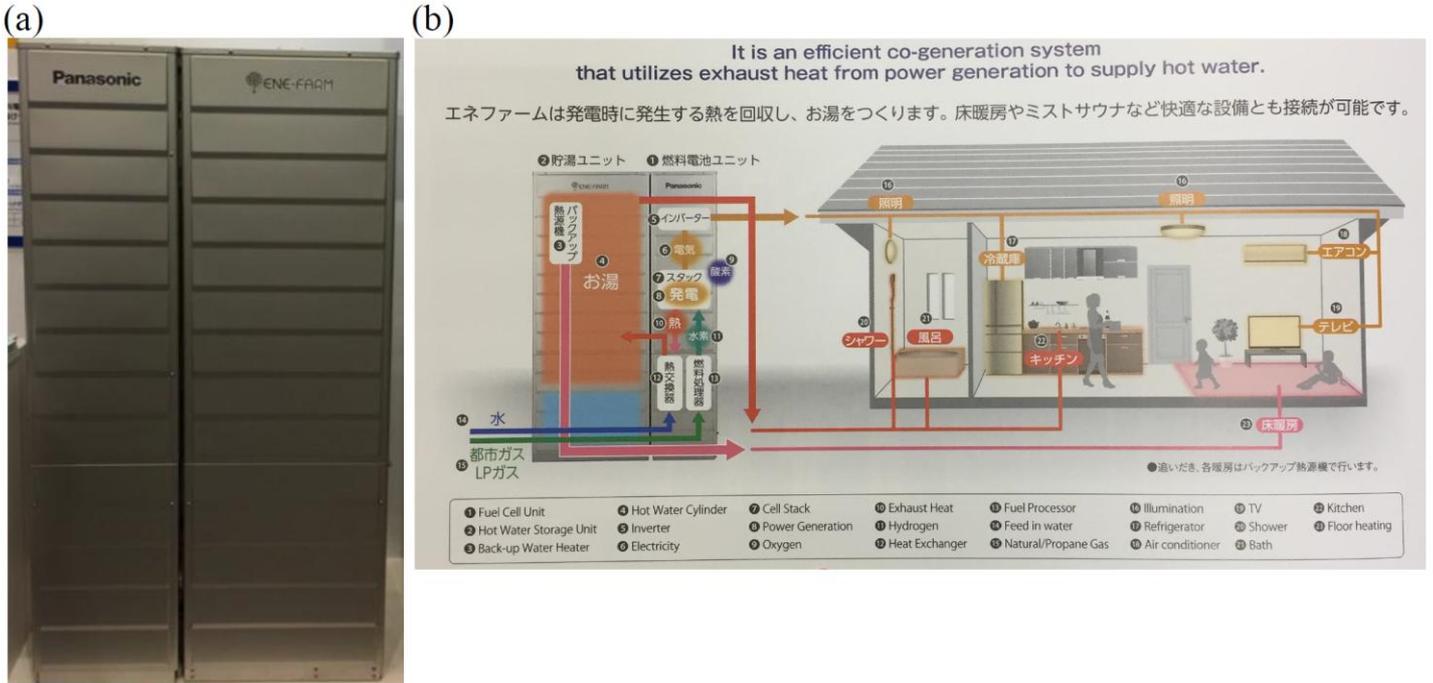


圖 4. (a) Panasonic 公司的 0.7 kW PEMFC 熱電共生系統、(b) 實際應用模式說明

### 3-3. AISIN 公司

AISIN 公司 SOFC 熱電共生機台發電功率範圍為 0.05~0.7 kW，可以根據立即用電需求進行變動附載調控，約只有幾秒的遲滯落後。發電效率 52%(號稱世界最高水準)，發電與熱回收整體效率達 87%。該公司人員表示，日本政府並未禁制輸出該機台，全看 AISAN 公司是否願意外售。

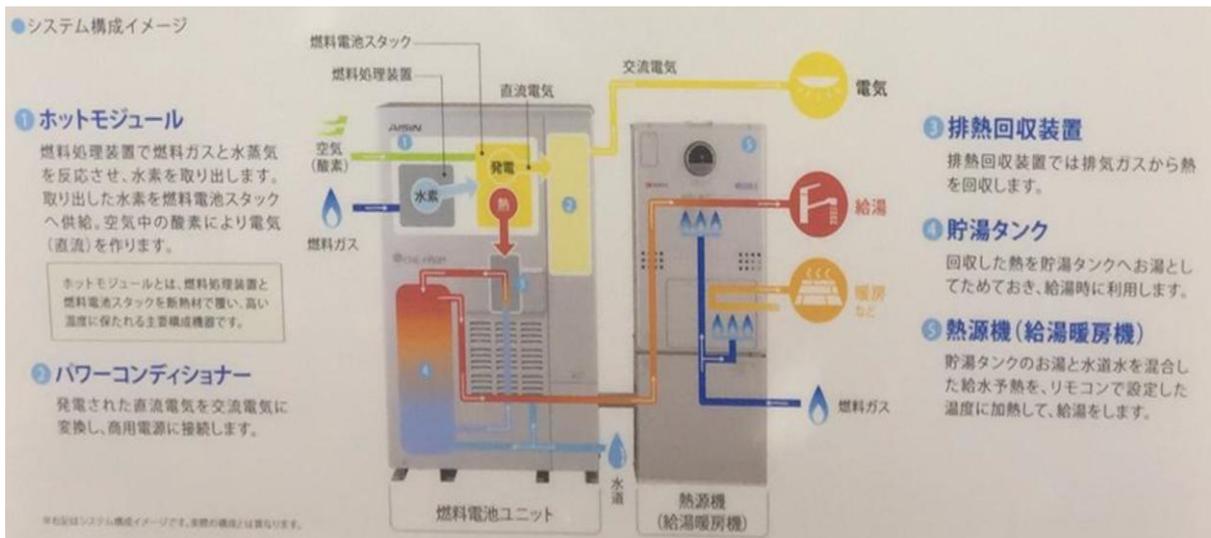


圖 5. AISIN 公司的 SOFC 熱電共生系統

### 3-4. Toyota 公司

Toyota 展出的 Mirai 氫燃料電池汽車，馬達動力輸出最高可達 113 kW，搭載兩個高壓氫氣罐(70 MPa，儲氫性能達 5.7 wt%)。這次 Toyota 特別把 Mirai 外蓋打開，讓人可以直接看到各個重要零部件的外觀與其排列情形，包含氫燃料電池、動力控制單元、馬達、高壓儲氫罐等等。



圖 6. Toyota 氫燃料電池車 Mirai:(a)正面結構圖、(b)性能彙整表。

### 3-5. Honda 公司

Honda 展出的氫燃料電池汽車 Clarity，馬達動力輸出最高可達 130 kW，搭載高壓氫氣罐(70 MPa)，可於 3 分鐘充填完成，最高行駛距離 750 公里，售價 7,660,000 日圓。除了氫燃料電池汽車以外，Honda 也推出電力輸出器(Power Exporter)，可以連接氫燃料電池汽車並將燃料電池汽車產生的電力透過它提供給需求端使用(供電功率為 9 kW)，亦即可以把氫燃料電池汽車視為儲電的一環。圖 7 為氫燃料電池汽車 Clarity 外觀、電力輸出器、以及相關性能介紹圖表。



卸料、分裝、輸送的工作。詢問是否可能來台設立加氫站，該員回答如果我們的氫氣較便宜則該公司可以跟我們購買氫氣運回日本，但設置加氫站則未正面回應。



圖 8. Iwatani 移動式加氫站 (450 bar):(a)側面結構圖、(b)加氫設備。

### 3-7. 日本製鋼所(JSW)

日本製鋼所(JSW)展示該公司在金屬儲氫的相關產品，包含儲氫粉末(AB5 合金)、不同儲氫量的低壓金屬儲氫罐、儲氫罐剩餘氫氣量檢測器、以及使用儲氫罐提供氫氣源的氫燃料電池發電機(見圖 9)。根據現場人員表示，AB5 儲氫粉末其系統儲氫重量百分比約 1%，保證可操作循環 4000 次(80%容量條件下)，其吸氫與放氫溫度分別為 20 度與 40 度。JSW 公司人員表示，曾有台灣廠商跟 JSW 購買 AB5 儲氫粉末，並表示 JSW 也可以販售低壓金屬儲氫相關設備給中油公司，可以洽詢 Scitem 公司，該公司是由 JSW 技轉儲氫罐相關技術。

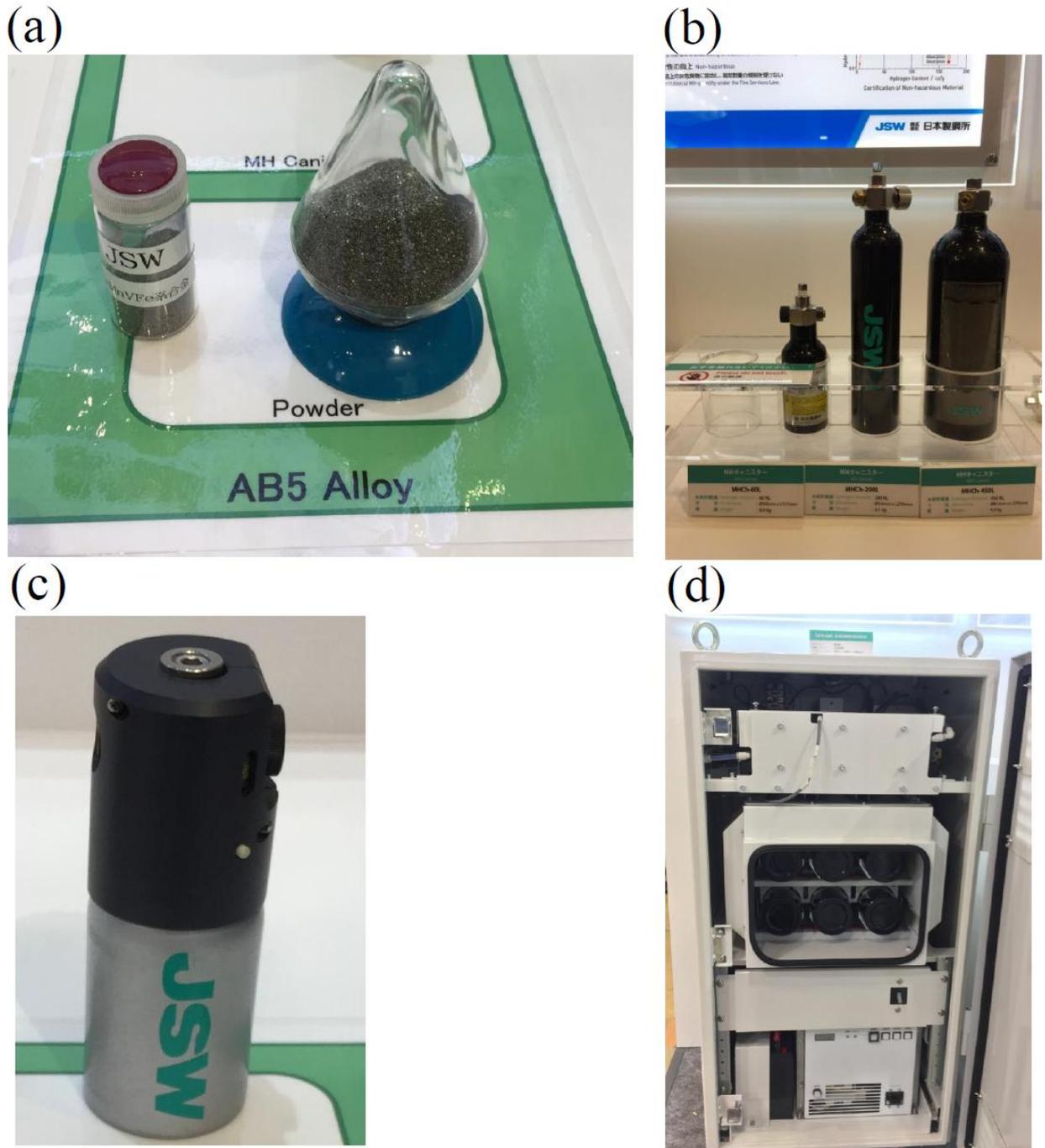


圖 9. (a)AB5 儲氫金屬粉末、(b)低壓金屬儲氫罐、(c)儲氫罐剩餘氫氣量檢測器、(d)使用儲氫罐的氫燃料電池發電機 (功率 0.8 kW、最大供電度數 3 kWh)

### 3-8. 亞太燃料電池公司

台灣廠商亞太燃料電池公司展示燃料電池、氫燃料電池機車、低壓金屬儲氫罐與交換站、氫燃料電池車叉車等(見圖 10)，現場參觀詢問人員眾多。

(a)



(b)



圖 10. (a)亞太燃料電池公司展示場、(b)低壓金屬儲氫罐與交換站

### 3-9. 加氫機

圖 11 與 12 是加氫機開發廠商，德國 WEH 公司是天然氣汽車工業的先驅，主要提供 350bar 與 700bar 加氣槍與加氫槍設備，原本日本加氫機大都採用 WEH 設備，但近年來加氫機廠商已經尋找日本國內廠商製作。如圖 11 與 12 所示，Tatsuno 公司自行開發加氫槍與緊急跳脫裝置，大陽日酸則採用 NITTO KOHKI 加氫槍，至於 Hitachi 所開發的加氫機仍採用 WEH 公司加氫槍。

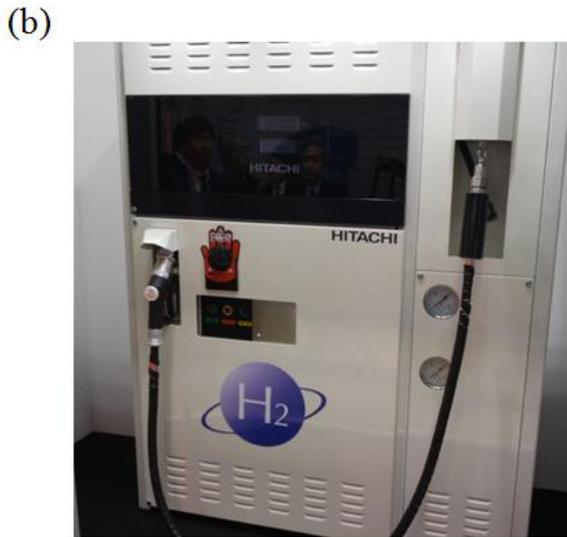


圖 11. (a)WEH 加氫槍、(b)Hitachi 開發之加氫機、(c) Hitachi 開發加氣與加氫機歷程

(a)



(b)



圖 12. (a)大陽日酸開發之加氫機、(b)Tatsuno 開發之加氫機

### 3-10. Pragma Industries 公司

法國廠商 Pragma 開發以 200bar 高壓氫氣 30 克為燃料的氫能腳踏車，其燃料電池系統為 200W 並搭配 1kWh 鋰電池，行駛里程達 100 公里，目前於法國已賣出 200 台。

(a)



(b)



圖 13. (a)燃料電池系統、(b)燃料電池腳踏車

## 參、心得及建議

日立造船公司致力開發 20 kW SOFC 發電系統，也已經歷超過 1,800 小時的實機測試並持續運轉中，雖然還未達預定的 4,000 小時測試時間，但已初具商業化機台的性能。該公司對海外實證持開放態度，因此本公司可以再與其進行交流，一則

增加本身對 SOFC 的知識，一則增加雙方共識以增加來台進行海外實證的機會。另一方面，BEJ 公司的產品已經商業化，因此與其互動就是商業行為模式，該公司需要幾個 MW 設置容量才會進行洽談事宜，因此來台設置難度較高。

參加日本東京國際氫能與燃料電池博覽會能與各界人士見面結識，面對面交流討論可以得到較多第一手資訊，並對後續研究工作進行甚至雙方合作提供重要的平台，也期望透過交流能有進一步合作與討論機會。日本氫能發展已逐漸走向多樣化應用，除了廣為人知的氫能汽車與家用 EneFarm 系統外，對於公共汽車、船舶、叉動車等應用也逐漸獲得重視，甚至將燃料電池所發的電用於演唱會上，提供大眾更深刻印象，也期望未來能與日本業界進行更深入交流，加速台灣氫能發展的腳步。