

(出國類別：其他)

氫能源技術開發--
參訪丹麥氫能與燃料電池聯盟、德國
氫能與燃料電池技術組織及參觀柏
林加氫站與BMW工廠加氫站出國報
告

服務機關：中油公司綠能科技研究所

姓名職稱：顏子翔 機械工程師

派赴國家：丹麥、德國

出國期間：105年5月16日至105年5月22日

報告日期：105 年 6 月 16 日

摘要

氫能源發展為中油綠能科技研究所重點研發項目之一，為了解國際氫能與燃料電池技術發展現況及現有加氫站技術，因此拜訪丹麥哥本哈根氫能與燃料電池聯盟(The Danish Partnership for Hydrogen and Fuel Cells)及德國柏林氫能與燃料電池技術協會NOW(Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie)，並參觀德國柏林Sachsendamm加氫站、萊比錫(Leipzig)BMW工廠加氫站，進行技術及意見交流，做為本所未來規劃加氫站研發工作及推廣方向之參考。

目次

	頁次
壹、 目的-----	4
貳、 行程-----	4
參、 背景說明、參訪與討論-----	5
肆、 心得與未來規劃-----	12

壹、目的

本所再生能源組為配合國家節能減碳政策及未來氫能燃料電池車輛氫氣需求，主動投入加氫站技術引進計畫，研究方向主要針對蒐集國外加氫站技術與加氫站營運動態，希望藉由本次參訪與拜訪廠商機會，掌握歐洲加氫站最新發展動態及未來政策方向，藉由參訪歐洲加氫站機會，瞭解服務車輛與工廠叉車之加氫站的不同應用與需求，討論實際運行經驗與充氫國際標準經驗分享，可做為本所未來加氫站研發工作及方向之參考，更可學習歐洲政府加氫站產業化發展之經驗，作為本所未來推廣氫能產業之參考依據。

貳、行程

參訪行程與時間安排如下表

表一 參訪行程與時間

日期	詳細工作內容
105.05.16	啟程(桃園機場-荷蘭阿姆斯特丹機場)
105.05.17	啟程(荷蘭阿姆斯特丹機場-丹麥哥本哈根機場)
105.05.18	參訪 The Danish Partnership for Hydrogen and Fuel Cells
105.05.19	上午參訪 NOW GmbH，下午參訪 Shell Hydrogen Refueling Station Sachsendamm
105.05.20	參訪 BMW Leipzig 工廠
105.05.21	返程(德國德勒斯登機場-荷蘭阿姆斯特丹機場)
105.05.22	返程(荷蘭阿姆斯特丹機場-桃園機場)

參、背景說明、參訪與討論

背景說明如下：

丹麥是第一個提出在 2050 年之前擺脫化石燃料、完全倚靠再生能源的國家，盛行風力發電的洛倫島已經啟動了氫項目驗證實驗，利用多餘風力發電產生易儲存的氫氣，這種利用再生能源如風力發電和太陽能發電來電解水製造氫，得到的氫氣為綠色氫氣，然後將氫儲藏在氫氣罐中。當電力供應不足時，則利用儲藏的氫透過燃料電池發電，產生電力和廢熱並加以利用，完全符合永續且環保的概念。目前在丹麥已經有 7 座加氫站正在營運，另外還計畫在 2016 年增建 4 座投入運轉。

德國政府 2008 年因應該國氫能計畫而成立了「氫能及燃料電池技術組織」(NOW)，由德國政府出資成立國家氫能組織(NOW)，專責國內氫能源與燃料電池技術開發，負責業務項目有車輛動力、熱電聯供與總體整合方案。近期為了讓歐洲成為零污染排放地區，積極投入經費成立加氫站，預計於 2017 年完成 100 座加氫站設置，2023 年完成 400 座加氫站目標，目前正為了完成 50 座加氫站目標而努力。

德國柏林 Schoeneberg 行政區 Sachsendamm 加氫站由 Linde 公司負責建設，於 2011 年春天開始運轉，可供應 350bar 與 700bar 的高壓氫氣，主要以液態氫氣輸送供氫方式。花費四百五十萬歐元設置，其間扮演了供應柏林氫能車與氫能巴士示範運行的角色。

德國萊比錫(Leipzig)BMW 工廠加氫站是德國第一座室內加氫站，主要由林德(Linde)氣體公司提供設備服務，服務 BMW 工廠內叉車加氫工作，氫氣來源則是經過認證的綠色氫氣，其工廠也是 BMW i 系列車型的組裝工廠。

參加會議與參訪之公司如下：

1. 參訪丹麥 The Danish Partnership for Hydrogen and Fuel Cells

丹麥為了實現 2050 年 100% 可再生能源的目標，於 2020 年之前須將可再生能源占終端能源消費的比率達到 35%、約 50% 的電力需來自風力發電的目標，其中推動策略包括提高能源效率、可再生能源發電、區域供熱、熱電聯產等，而氫能與燃料電池產業將扮演重要角色，為了氫能與燃料電池的發展能夠產業化，2005 年由丹麥環境部提出的國家氫能策略後，成立丹麥氫能與燃料電池夥伴聯盟，致力於整合製造業者、學校研究單位及相關政府單位共同執行政府氫能政策。

位於 Hobro 的 Dantherm power 公司在固定式燃料電池系統產品主推備援電力與熱電共生系統，主要以備援電力 1.7kW 與 5kW 純氫發電系統為主推商品且在相關領域已有 9 年銷售運轉經驗，並在丹麥已安裝 300 套系統。在全世界共裝設超過 800 套系統，實測項目包含丹麥的備援電力、加拿大代替柴

油發電機用途、挪威寒冷氣候與印度炎熱氣候耐受性等條件。搭配電信業者 Motorola 的 Tetra 計畫，40 套備援系統用在緊急用途的通信設備上，如消防、警察、急救與軍事國防等通信基地台的不斷電系統，總共 120 套 Tetra Net 系統其可靠性與可用性高達 99.7%與 99.997%。熱電共生系統自 2011 年 11 月到 2012 年 3 月已裝設 20 套 1 kW 發電系統累積 120000 小時運轉，使用天然氣、生質氣、LPG 為進料，發電效率為 33%且整體效率為 90~95%，曾分別安裝在日本及南非測試。

會中丹麥氫能與燃料電池夥伴聯盟也說明所規劃的未來能源體系(如圖二所示)，透過再生能源與電解水技術，將多餘電力轉換成易儲存使用的氫氣，再透過高效率與無污染的燃料電池發電技術發電。另一部分則使用蘊藏量豐富的生質能資源，利用生質物氣化技術與觸媒轉化技術，可產生所需液態燃料，得到一個綠色永續能源平衡系統。



圖 1 會議舉行地點丹麥哥本哈根

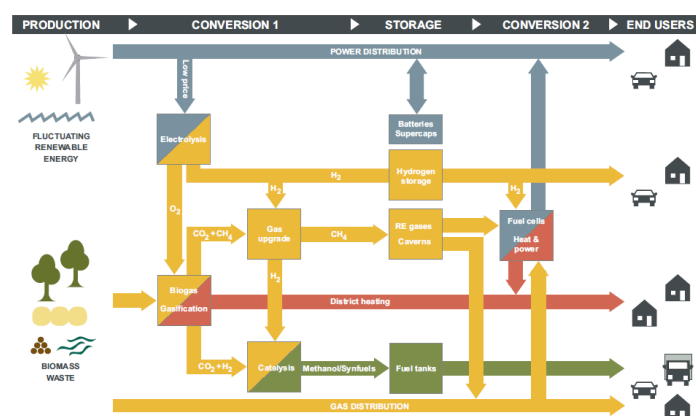


圖 2 丹麥未來能源體系圖

2. 參訪德國柏林氫能與燃料電池技術協會 NOW

NOW 公司於 2008 年由德國政府成立，主要負責德國氫能與燃料電池計畫管

理、國際合作與溝通協調等工作，受德國聯邦交通和數字基礎建設部(BMVI)、德國聯邦經濟與能源部(BMWi)、德國聯邦科技教育部(BMBF)、德國聯邦環境、自然保育及核能安全部(BMU)等單位監督。旗下 NIP 計畫執行期間 2007~2016 年，投入經費共 14 億歐元，其中交通運輸(產氫與氫氣供應基礎設施、主要城市氫能車示範運行)、固定式應用(家庭用與工廠用熱電共生)、利基市場(物流業、電信基地)分別佔了 54%、36%、10%。電動車輛技術為未來車輛主流技術，包含插電式電動車、純電動車與燃料電池車，說明了完全以電力為動力的能源系統，與氫能車相關的計畫為 CEP(Clean Energy Partnership)，投入 4 千萬歐元建立 50 座加氫站及 5000 部燃料電池車運行，促使歐洲成為零污染排放地區。除了有 100 多輛的氫燃料電池汽車加入示範行列之外，燃料電池巴士更可以降低城市地區空氣污染，原先的燃料電池巴士透過與鋰電池的結合(Fuel Cell Hybrid Bus)行駛距離從 220 公里提升至 250 公里以上，氫氣消耗量從 20-24 kg/100 km 大幅度地降低至 8 kg/100 km，最大發電效率從 48%增加至 58%。混合動力燃料電池巴士主要搭配 2 組 70 kW 燃料電池及搭載 35 公斤氫氣。

綠能產業就德國而言已經帶動國內相關產業發展與增加就業機會，會中與會官員也分享在發展過程中說服官員與民眾接受也是花費了一些時間，從剛開始的 5%再生能源輸入電網時，就遭遇電力公司大力反對，普遍認為不穩定的再生能源匯入電網會導致電力系統不穩，結果發現事實不然。當然最後 20%再生能源匯入電網透過適當手段也沒發生問題，這一步一步的走來造就了目前德國再生能源發展的榮景。NOW 10 年計劃將於 2016 年結束，下一階段 2017~2026 年經費及執行目標尚未決定。



圖 3 會議舉行地點德國柏林

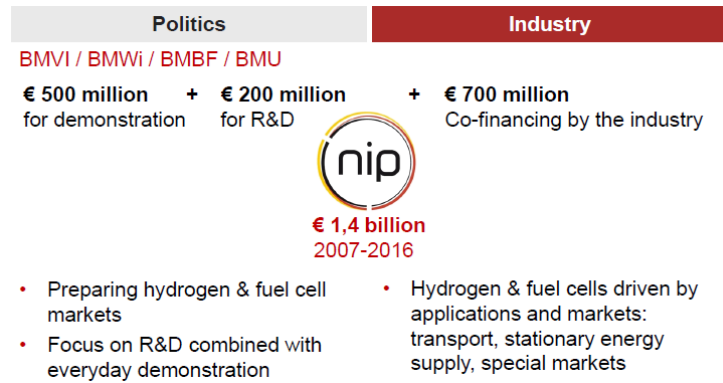
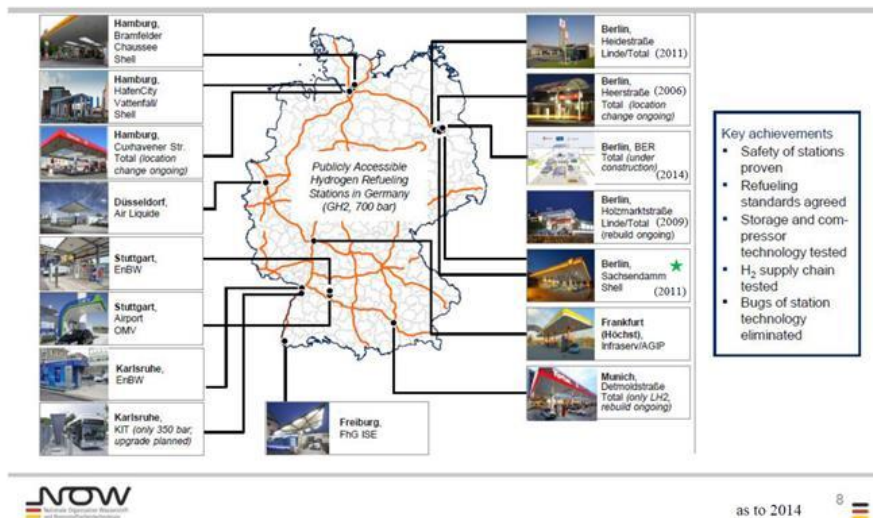


圖 4 NOW 資金來源與執行經費

Current Hydrogen Refueling Stations (HRS) in Germany



15

圖 5 德國加氫站分佈



圖 6 德國氫能巴士示範計畫

3. 參觀德國柏林 Sachsensdamm 加氫站

2011 年由德國 Linde 提供加氫站技術，在柏林 Sachsendamm Shell 加油站地點建設可提供 700 Bar 與 350 Bar 的加氫站，如圖 7 所示，為一座可同時提供加油與加氫服務的多能源站，初期規劃每天可為 250 輛氫能燃料電池汽車服務，其氫氣儲存設計量為 12,000 kg 並且以液態氫儲存。補充氫氣以液態氫槽車輸送並透過輸氫裝置將氫氣儲存在地底下儲槽，這與目前加油站的汽油儲存方式一樣。液態氫透過編號 7 的液態幫浦將液態氫壓力提升至 900 Bar，提供 2 個 700 Bar 汽車加氫使用，由於溫度極低，因此不須再經由冷卻系統冷卻至-40 C。液態氫儲槽的蒸發氣則經由氫氣壓縮機將氫氣從 5 Bar 加壓至 500 Bar 提供巴士加氫使用，提供巴士的 350 Bar 的氫氣不需經過冷卻處理，其儲存裝置為地面上的紅色鋼瓶束。示範期間氫氣價格為 8 歐元/公斤，與日本 1100~1200 日元/公斤相差不大。



圖 7 柏林 Sachsendamm Shell 加油加氫站外觀

雖然與日本岩穀產業在芝公園加氫站同樣都是液態儲氫的方式來儲存加氫站內大量氫氣，但不同於日本設計，Linde 採用液態氫氣直接壓縮成高壓氫氣製程，達到節能的效果，也少掉汽化器的設備，日本法規目前並不允許液態氫氣直接壓縮的製程，但未來日本政府也將修改現行法規。



圖 8 提供汽車加氫服務的 700 Bar



圖 9 提供巴士加氫服務的 350 Bar



圖 10 加氫站配置圖

計畫執行初期原本加氫站每兩天充填一台氢能巴士氫氣 30 公斤，但計畫結束後則幾乎沒有充填機會，Shell 公司強調自己是能源供應者，所以現在雖然在加氫站的業務是無法獲利的，但著眼於未來趨勢是一定會走向氢能發展。

4. 參觀德國萊比錫(Leipzig)BMW 工廠加氫站

BMW位於萊比錫的電動車裝配工廠每天可組裝i3 100台、i8 50台，BMW萊比錫工廠叉車車隊參與由德國交通部出資290萬歐元的H2IntraDrive計畫，為德國室內第一座堆高機加氫站，其燃料電池叉車技術與氫氣來源都由Linde工業氣體公司所提供，計畫執行期間從2013年12月到2016年4月，執行期間燃料電池成效良好，使用率相較於傳統鉛酸電池高，現場操作人員說明燃料電池使用壽命可以

是蓄電池的3.3倍。燃料電池系統分別由plug power與fronius公司提供，plug power提供的氫氣儲存系統可充填壓力350 Bar 1.6公斤氫氣，電化學反應後陰極產生的水蒸氣直接揮發排放至大氣，而fronius提供的系統只可充填壓力200 Bar 0.8 公斤氫氣，其陰極產生的水蒸氣需藉由加氫站管路排放至外界。

Linde提供所謂的從再生能源而來的Green certificate hydrogen(7~12 歐元每公斤)，加氫站儲氫壓力設計為450 Bar，氫氣來源由Linde氫氣槽車以壓力200 Bar運來，再灌到外面如圖12的紅色集束瓶(12隻*20組)，最後透過Linde專利設計的離子液體壓縮機(17kg/hr)壓縮氫氣至450 Bar儲存，供應廠區內叉車充氫使用。



圖11 德國萊比錫BMW工廠



Indoor hydrogen refueling station



Use of fuel cell powered tugger trains and forklifts

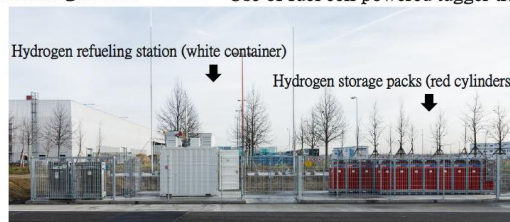


圖 12 德國 BMW 工廠叉車加氫站與儲氫系統

肆、心得與未來規劃

參訪心得如下：

- (一)現在的氫能相關技術幾乎已經相當成熟，台灣可引進先進國家技術，在國內建立示範案，從氫能示範案執行過程期間找出台灣可以施力的點，開發相關技術，找到可以獲利的地方。
- (二)設定國家氫能發展短中長期目標很重要，目前國內在氫能領域尚未建立共識與長遠目標，國內氫能與燃料電池業者各做各的，缺乏整合與連結。
- (三)氫燃料電池車是否成熟仍有不少人有疑慮，但隨著豐田汽車、本田汽車及現代汽車的推出，已使得燃料電池車進入商業進程。未來氫氣來源問題不大，主要障礙在於加氫站數量不足，而目前國內並無加氫站，自然阻礙氫能交通載具發展的需求。國內有很好發展電動巴士與遊艇的能量，透過建立國內350 Bar加氫站，自然可帶動相關產業的發展。

未來規劃：

- (一)台灣發展氫能交通載具可從燃料電池電動巴士著手，中油公司可規劃配合設置加氫站，提供 350 Bar 高壓氫氣充氫環境。
國內電動巴士業者已有不錯的整車技術，純國產鋰電池巴士已在不同城市馬路上運行多年，未來巴士業者搭配燃料電池技術可將單趟行駛距離提升至5百公里，並使得行駛爬坡路段時更為有力，除了國內可申請燃料電池巴士示範運行補助外，中國大陸的龐大市場更是驅使國內電動巴士業者投入開發的動力。
- (二)日月潭柴油船汰換成燃料電池船計畫，中油公司可規劃配合設置加氫站，搭配氣體公司業者提供氫氣，完善 350 Bar 高壓氫氣充氫環境。
台灣船舶產業發達，因此有發展燃料電池船舶的優勢，以日月潭為示範場域可是全世界獨一無二的例子，未來可將成功的示範經驗輸出至全世界，也可推廣至國內淡水、愛河、旗津渡輪等風景區。
- (三)引進國外 350 Bar 加氫站技術。
國內目前並無加氫站製造與運轉經驗，因此透過引進國外加氫站技術可獲得許多加氫站設置與運轉的寶貴經驗，並建立加氫站保養維護技術，一步一步朝向建立國內自主技術努力。