

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：其他)

**氫能源技術開發--  
參加第五屆氫能與燃料電池國際研  
討會(FDFC 2013)與參訪德國Sunfire  
GmbH燃料電池公司  
出國報告**

**服務機關：中油公司綠能科技研究所**

**出國人職稱：機械工程師**

**姓名：顏子翔**

**出國地點：德國**

**出國期間：102年4月14日至102年4月20日**

**報告日期：102年6月6日**

# 目次

	頁次
壹、 摘要-----	4
貳、 目的-----	5
參、 行程-----	6
肆、 參訪與討論-----	7
4.1 參加第五屆燃料電池國際研討會-----	7
4.2 參訪德國Sunfire GmbH燃料電池公司-----	11
4.3 歐洲高溫燃料電池計畫介紹-----	15
伍、 心得與建議-----	19
陸、 參考資料-----	20

## 圖表說明

圖一	會中發表論文「燃料電池即時監控系統研製」
圖二	東京瓦斯與Panasonic共同推出PEFC CHP系統
圖三	最新一代的PEFC CHP系統尺寸
圖四	新一代的PEFC CHP系統發電與效率
圖五	應用高溫熱管於SOFC電池堆
圖六	SOFCPOWER公司電池堆設計
圖七	燃料電池CCHP概念
圖八	與Sunfire公司會議討論情形
圖九	產熱與產電概念圖(Gas to Power)
圖十	取代石化液態燃料概念圖(Power to Liquid)
圖十一	取代石化氣態燃料概念圖(Power to Gas)
圖十二	Sunfire公司提供客戶商品分類
圖十三	澳洲SOFC製造商CFCL電堆設計
圖十四	丹麥CHP示範計畫分工圖
圖十五	Callux示範計畫CHP系統
圖十六	Ene Field示範計畫分工圖

## 壹、摘要

再生能源發展為中油公司綠能科技研究所重點研發項目之一，研發內容包含生質燃料、氫能源與燃料電池及太陽能技術。氫能源與燃料電池技術發展為這次出國主要考察項目，為了解國際氫能與燃料電池發展現況，因此參加由德國舉辦的第五屆燃料電池國際研討會(FDFC-Fundamental and Development Fuel Cell 2013 in Karlsruhe)，會中並投稿國際會議論文一篇。此外，高溫燃料電池技術評估亦為本次出國參訪目的之一。針對固態氧化物燃料電池(SOFC)系統組件研發、氫能與燃料電池等領域，也安排與德國產業界Sunfire GmbH公司進行技術研討與意見交流，瞭解相關技術之研發進展與進一步尋求未來技術引進之對象。

本次出國考察第一站先到卡斯魯(Karlsruhe)Kongresszentrum，參加第五屆氫能與燃料電池國際研討會(FDFC 2013)，透過參與氫能與燃料電池國際研討會可瞭解目前氫能燃料電池與系統相關技術之發展與應用實例，參與此次國際盛事更可提升中油綠能研究所在氫能領域研發上能量與國際知名度。

出國考察第二站到德勒斯登(Dresden)參訪 Sunfire GmbH 高溫燃料電池公司，從技術研發、產品定位與測試，到營運模式進行討論與意見交流，其產品發展策略值得中油公司參考與學習。討論固態氧化物燃料電池(SOFC)系統組件，評估引進 SOFC 系統與關鍵零組件之可行性並了解歐洲 SOFC 家用系統驗證計畫執行現況，可提供後續燃料電池技術開發與系統設計之參考。

## 貳、目的

台灣四面環海，天然資源有限，目前超過98%以上之能源均需仰賴外國輸入，受制於國際進口石油價格起伏與產油國政治情勢動蕩，未來都會嚴重影響台灣能源使用安全與穩定供應，更進一步影響民生與政經發展和國家安全。另外溫室氣體大量排放導致全球氣候變遷嚴重，因此為地球永續發展目標努力責無旁貸。因應上述理由，政府為提升台灣自主能源比例與能源多樣化，以及致力於遵守京都議定書之規範，陸續推動「溫室氣體減量法」、「再生能源發展條例」與「永續能源政策綱領」等政策，逐步實現台灣綠能環境之終極目標。

目前發展之再生能源包括：風能、太陽光電、太陽熱能、生質能、地熱能、海洋能及水力能等，台灣目前再生能源佔比達6.8%(其中風力佔1.37%，水力佔5.08%，太陽能佔0.33%)<sup>(1)</sup>，政府也陸續推動「千架海陸風力機」發展風能、「陽光屋頂百萬座」發展太陽能，據規劃2030年再生能源將佔總發電容量的16.1%。其中氫能與燃料電池雖不屬於再生能源範疇，但其擁有高效率發電與發電過程零碳排放優勢，歸屬於新能源領域。

國際上除日本以外，南韓可說是對燃料電池政策支持力度最大的國家。支持燃料電池政策且提出許多政府項目來促進能源效率的提高和發展新的可再生能源，並且實現經濟增長。近期南韓已將其納入可再生能源組合標準<sup>(2)</sup>，要求到2012年必須2%的能源是新的或可再生的(New and Renewable Energy)，2020年佔比需達10%，當一些再生能源發電的成本已有市場競爭力時，澳洲、美國及部分歐洲國家就率先採行再生能源配比標準（Renewable Portfolio Standard, RPS）來加速再生能源的利用。台灣目前則是針對設置1kW以上燃料電池系統示範運轉及輕型車禍與備援電力之國內業者進行補助，以加速國內燃料電池產品之開發及驗證。

中油公司是國營企業之能源公司，基於國家能源安全、環境保護責任與推動綠色能源發展，當然需要投入創新研發作為公司經營新事業領域的契機，其中氫能與燃料電池領域則更加令人期待。

本次出國目的主要有三項：

- (一)參與歐盟舉行之燃料電池論壇，掌握國際燃料電池研發現況及發展趨勢。
- (二)拜訪德國 SOFC 廠商 Sunfire GmbH 公司，了解歐盟 SOFC 應用現況與討論未來合作計畫。
- (三)促進資訊交流，建立國際人脈關係。

## 參、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
102.4.14	啓程(嘉義-桃園機場-德國法蘭克福機場)
102.4.15	德國法蘭克福機場-卡斯魯 FDFC2013 報到
102.4.16	卡斯魯 FDFC2013 研討會
102.4.17	卡斯魯 FDFC2013 研討會，下午前往德勒斯登
102.4.18	早上拜訪 Sunfire GmbH，下午前往法蘭克福
102.4.19	返程(德國法蘭克福機場-桃園機場)
102.4.20	返程(德國法蘭克福機場-桃園機場-嘉義)

## 肆、參訪與討論

### 4.1 參加第五屆燃料電池國際研討會(FDFC 2013)

氫能源發展為中油綠能所重點研發項目之一，為了解國際氫能與燃料電池發展現況，因此參加第五屆燃料電池國際研討會(FDFC 2013)並投稿國際會議論文一篇，論文為與台南大學綠能系郭振坤教授合作撰寫，題目是「燃料電池即時監控系統研製」，探討質子交換膜燃料電池組(PEMFC STACK)，在不同操作條件控制下之燃料電池組特性，希望利用智慧型控制系統之研發，結合實用性應用於家電用品或備用電力之綠色能源發電系統，並供應良好的電源品質。

本研究利用可程式控制器(PLC)，撰寫程式及規劃人機觸控畫面，且利用高性能、低成本之單晶片微處理器為控制核心，同時搭配電腦圖控軟體，把控制系統有效系統化整合。對燃料電池發電系統控制、操作、訊號即時監測，發電系統電源品質最佳化條件之控制，並能準確即時監測記錄資料，並儲存於硬碟，供電腦後續分析。使燃料電池系統能夠在整合各項操作條件下運作，並將整體燃料電池系統縮小，完成了燃料電池整體系統輕薄短小的功用，燃料電池控制系統發揮最佳之性能表現，詳細發表內容如下圖一所示。



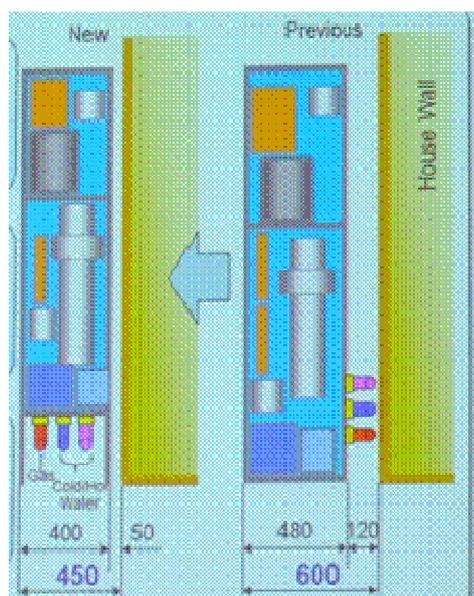
圖一 會中發表論文「燃料電池即時監控系統研製」

會中日本 Panasonic 公司 Shigeki Yasuda 經理表示，為進軍歐洲的 CHP(Combined Heat and Power)市場，已於 2011 年在德國法蘭克福附近 Langen 城市設置一研究中心，主要為使自家設備通過歐洲共同市場 CE 認證，並找出歐洲共同市場與日本燃氣成份差異之處，確保 Panasonic 公司生產的燃料電池系統也能在歐洲運轉無虞。其今年 4 月份上市最新的產品如圖二所示。



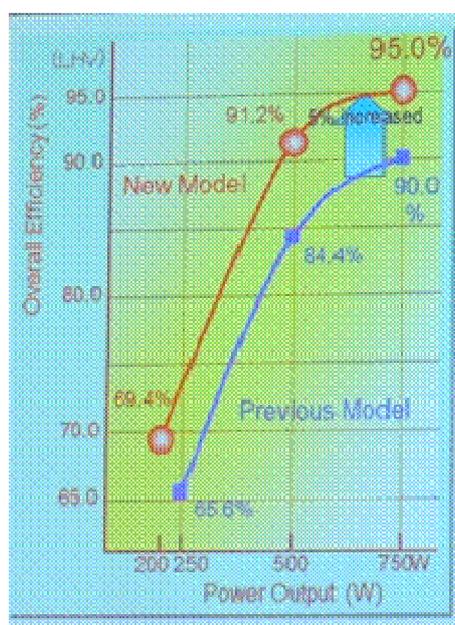
圖二 東京瓦斯與 Panasonic 共同推出 PEFC CHP 系統<sup>(3)</sup>

Panasonic 公司在德國選擇與德國菲斯曼集團(Viessmann)合作，菲斯曼集團產品包括燃氣壁掛爐、商業鍋爐、太陽能系統、利用可再生能源的供熱設備以及熱泵等。最新一代的 PEFC CHP 系統其尺寸如圖三所示，將氣體與水的管路從系統後方移至下方，使得與牆壁距離從 600mm 縮減為 450mm，增加了空間應用彈性。其備用鍋爐更可與系統透過 8 米內的管路連接，可方便使用者進行空間利用與用熱時彈性操作。



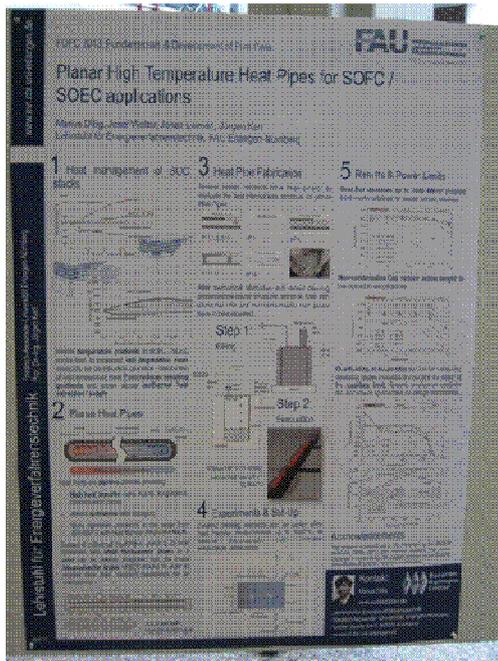
圖三 最新一代的 PEFC CHP 系統尺寸

新一代的 PEFC(固體高分子型燃料電池) CHP 系統發電與效率表現如圖四所示，與上一代產品相比，長期運轉壽命從 50,000 小時提升至 60,000 小時，幾乎是增加 20%，其整體效率從 90% 增加至 95%，其最低發電功率從 250W 減少至 200W，加大了其電力可調節率與功能性，這在用電需求量少時可獲得優勢。會議中有人提出此系統強調熱電共生，但是有許多地區其實比較需要冷氣空調設備(如 CCHP, combined cooling, heat and power 反而比較實用)，因此詢問 Panasonic 公司是否有計畫發展此 CCHP 系統，以及將來如果日本地震發生時，天然氣主管線因安全因素，會第一個被關閉，那此時熱電共生系統豈不是無用武之地了？除非預先儲存少量天然氣，會中 Shigeki Yasuda 經理均無法就這兩個問題答覆。接下來在 2018 年為 Panasonic 公司 100 週年慶，將預計以此系統為其代表性產品之一。



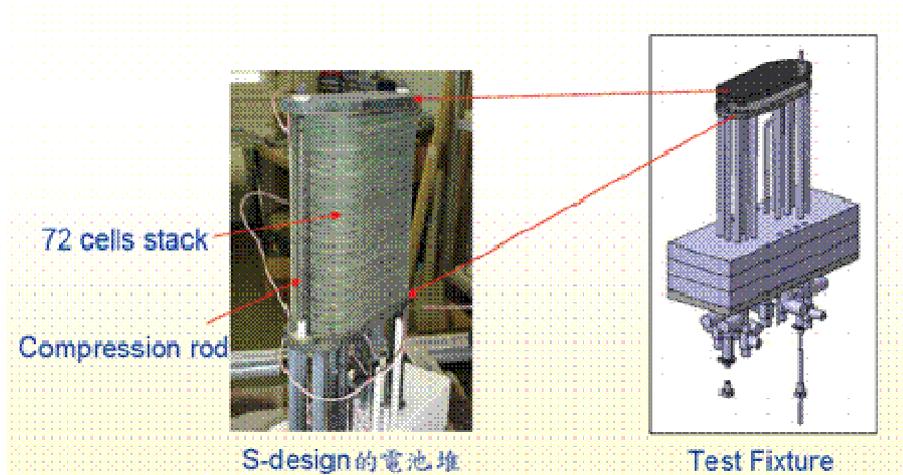
圖四 新一代的 PEFC CHP 系統發電與效率

德國 Erlangen Nuernberg 大學 Marius Dilling 博士發表應用於 SOFC 電池堆的熱管技術(如圖五)，使用高溫熱管來代替熱交換器。雙相流熱傳方式就傳熱效率而言遠比單相傳熱效率高，其利用工作流體兩相之間的潛熱變化，迅速帶走大量的能量，由此概念下，發展出散熱裝置稱為熱管，工作介質為鈉的熱管其溫度範圍為 550~1000°C，可用於高溫燃料電池使用，其還有體積小的優點，目前市面上尚無大量商品販售，大部分用於研究階段，在論文中主要以測試自製熱管性質為主，並非真正的模擬燃料電池條件的數據。當然目前作法以平板式熱交換器為主要應用，不過 poster 上應用於電堆上構想與 Marius Dilling 博士討論後發現有點不切實際，因為置放熱管於 oven 內其空間就受限了，而且 oven 要產生一個溫度達 800 度的環境，把熱傳出實為不智之舉。

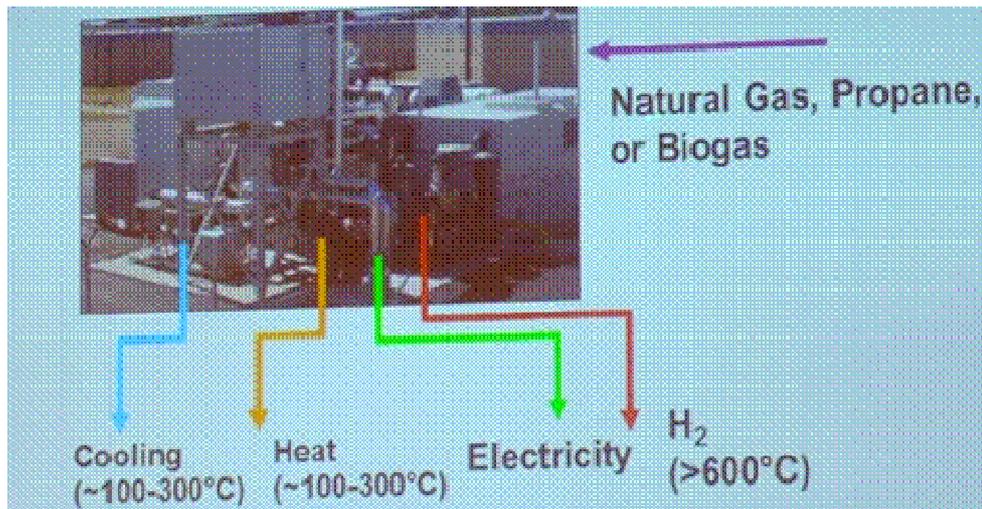


圖五 應用高溫熱管於 SOFC 電池堆

SOFCPOWER 公司 Stefan Pofahl 博士介紹其公司電堆設計與系統發展，SOFCPOWER 公司是由瑞士 HTceramix 公司與義大利 SOFCPOWER 公司合作成立，瑞士 HTceramix 公司 (High Technology Electroceramics) 於 2000 年自 EPFL spin-off 出來成立公司，故其成員主要來自 EPFL 科技大學，目前二者間並仍維持緊密的合作關係。圖六為其上一代電池堆設計，會議後題及國內核能所曾經自 HTc 公司採購之 1kW 電池堆，即為 S-design 的設計，其用來固定與加壓堆疊好之電池片的機構稱之為”Test Fixture”，由於 Bottom flange 與 cell 直接接觸，因此需要十分平整的表面。搬運過程中曾遭遇過許多麻煩，當然與核能所的合作案也是如此，也比較 Hexis 的電池堆陰陽級氣體未封閉的好處來說明。



圖六 SOFCPOWER 公司電池堆設計



圖七 燃料電池CCHP概念

美國Whitney G. Colella博士使用Aspen軟體計算，推估出結合冷能、熱能、發電的共生系統，在高溫燃料電池工作溫度達700度以上有其發展優勢，其排放出的廢熱溫度達300度，可製冷也可製熱，小型家用燃料電池系統可應用於瓦斯冰箱上，取代目前利用燃燒瓦斯方式製冷，大型公用燃料電池系統則可結合吸收式冷氣機。如圖七所示，未來可推廣至非寒帶國家使用。

#### 4.2 參訪德國Sunfire GmbH燃料電池公司

燃料電池技術評估為本次出國參訪目的之一，另外針對固態氧化物燃料電池(SOFC)系統組件研發、氫能與燃料電池等領域，也安排與德國產業界 Sunfire GmbH 公司進行技術研討，瞭解相關技術之研發進展與進一步尋求技術引進之對象。

Staxera 公司位於 Dresden 地區，為 H.C. Starck 及 Webasto 於 2005 年五月間共同各出資 50% 成立的一家公司，其目的在推動 SOFC 燃料電池堆的銷售作業。Starck 為國際間陶瓷粉料的主要供應商之一，且擁有全球性的銷售通路，Webasto 為一國際知名的汽車運輸產業零組件製造廠家，二者之結合有其商業利基之考量。SunFire 公司開發的製程從電解分解水成氫氣與氧氣開始，使用的電力來自再生電能。藉著讓氫氣與溫室氣體二氧化碳反應，形成再生合成汽油、柴油與煤油，這項製程的重要經濟可行性在電解水的高效率。之後從密西根州 Webasto 公司，接手德國德瑞斯登固態氧化物燃料電池開發製造商 Staxera 公司。這項收購將使從二氧化碳與水生產再生燃料開發者 SunFire 公司得以藉增加電解製程技術核心組件延伸其固態氧化物材料。

Bjorn Erik Mai 經理與 Oliver Posdziech 經理分別負責銷售與系統整合部門，目前員工有 45 人，擁有專利數量約 30 件，主要集中於電池堆設計，目前實驗室

有 6m 生產線，台灣群翌能源為其代理與合作廠商。

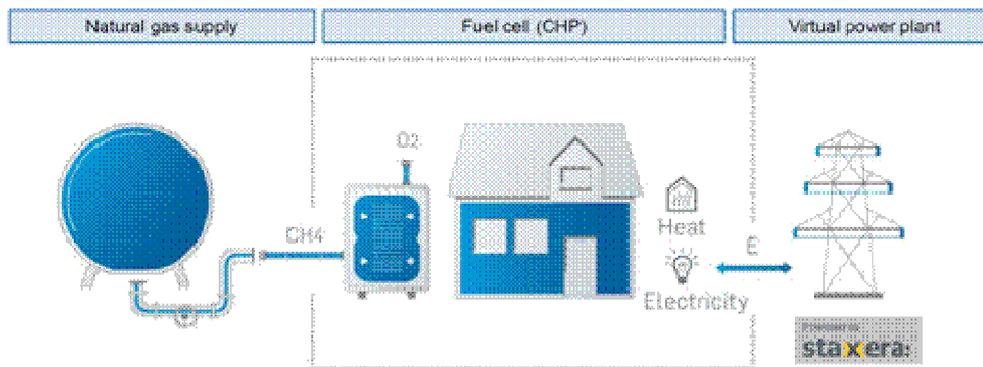


圖八 與 Sunfire 公司會議討論情形

Bjorn Erik Mai 經理提到燃料電池的發電優勢只在 1MW 以下，如果 MW 等級以上時與目前其他技術相較就無明顯優勢，因此他們發展 0.5~100 kW SOFC 系統，如圖九所示，發電效率可達 35~55%，其中熱電共生效率達 90% 以上。以 H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 為陽級燃料其發電效率在工作溫度 860 度下達 39% (低熱值估算)，以 Steam reform (S/C=2) 為陽級燃料其發電效率 47%，以 Catalyst partial oxidation ( $\lambda=0.3$ ) 為陽級燃料其發電效率 32%。德國發展熱電共生其電熱比主要約 1 比 2，因此大部份產品採用 Catalyst partial oxidation 方法來重組天然氣。

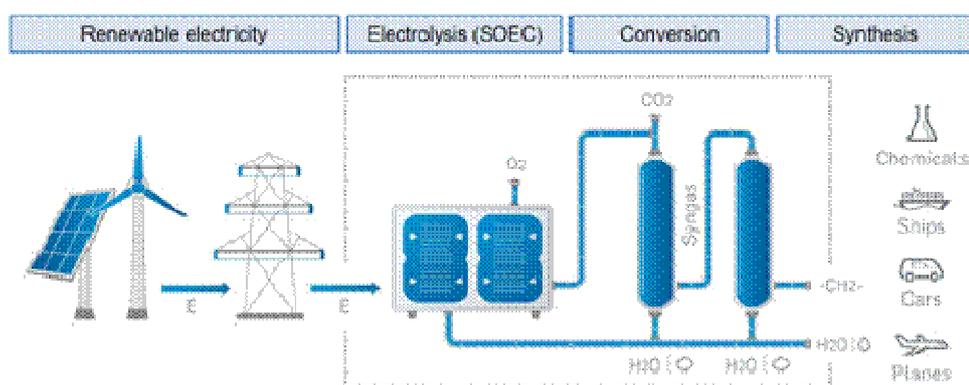
Sunfire 公司電池堆可保固運轉 5000 小時，其衰減率小於 0.4% 每 1000 小時，並允許 30 次升降溫動作。一片電池片為 11.6\*16.8cm 尺寸，可發電功率 20-30W，採用陰極空氣走開放通道，燃料走密閉通道的設計，不允許陰陽級氣體相通。30 片電池片為一個單元，其電池片仍舊採用 ESC (電解質支撐設計)，Bjorn Erik Mai 經理表示以 ESC2 為主，陽級為 NiO/GDC (GDC: 摻雜鈷的鈾)，陰極為 8YSZ/LSM (8YSZ: 8 mol% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doped ZrO<sub>2</sub>, LSM: 摻雜錒的錳酸鋁)，電解質為 TZ3Y (TZ3Y: 3 mol% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doped ZrO<sub>2</sub>)。

Sunfire 公司與 Vaillant 集團合作推出系統進行示範運轉計畫，其中 Vaillant 集團創立於 1874 年，為全球領先的供熱、生活熱水、通風、空調設備製造商。Vaillant 集團負責加熱器具的燃料電池整套系統開發，在工業與科學界有強實的合作夥伴，如 Staxera GmbH 公司及 Fraunhofer IKTS，由德國聯邦經濟和技術部贊助。2011 年，Vaillant 集團提供新系統供德國全國 Callux 現場測試計畫進行測試。作為該計畫的未來之一部分，和能源領域的合作夥伴以及加熱設備產業共同進行，獲得德國聯邦運輸、建築和都市發展部的支持，作為聯邦政府的國家創新計畫 (NIP) 框架內的一部分，大約有 800 套燃料電池加熱電器，將在家庭進行 8 年期間的測試。



圖九 產熱與產電概念圖(Gas to Power)<sup>(4)</sup>

圖十為Sunfire公司另一項產品，主要採用SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell)電池來電解水，產生氫氣與氧氣，使用氫將CO<sub>2</sub>甲烷化(如化學方程式(1))，之後再將甲烷苯化(如化學方程式(2))，可再使用氫將苯變為環己烷，以上技術已是工業化技術，除了可生產液態燃料外，因為苯是分子中有不飽和化學鍵的物質，可與3個氫分子鍵結而轉換為環己烷，達到利用有機氫化物來儲存氫氣，需要氫氣時只要加熱至150度在鉑觸媒下就會釋放氫氣，是一種重複可使用的高容量化學儲氫方式。Sunfire公司預計2016年銷售SOEC系統，並結合當地Bilfinger SE公司實現Power to Liquid, Power to Gas大型示範。其製程效率可達70%，製造成本估算約1€/L。

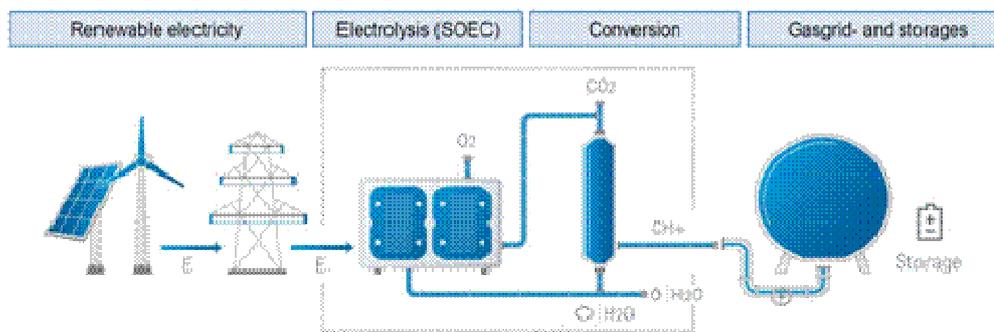


圖十 取代石化液態燃料概念圖(Power to Liquid)<sup>(4)</sup>

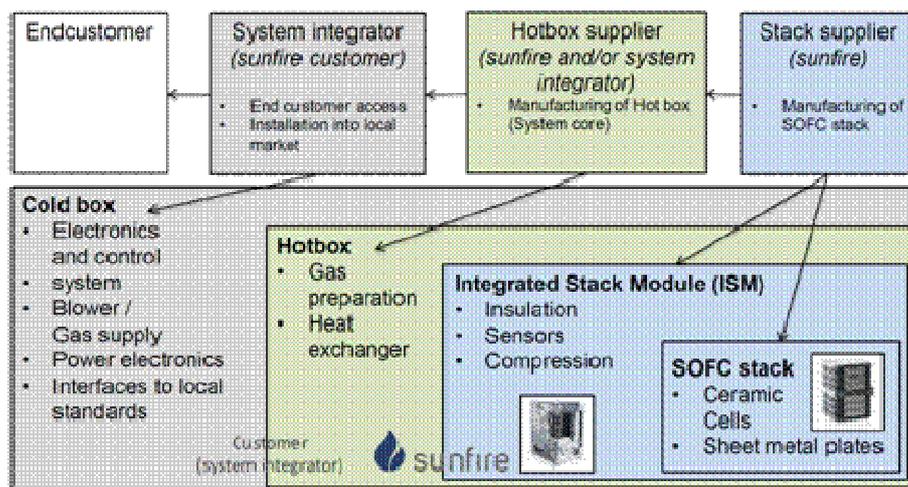
圖十一為取代石化氣態燃料概念圖(Power to Gas)，製程效率可達80%，製造成本約0.1€/kWh。圖十與圖十一可稱為夢想工業化學的CO<sub>2</sub>固定化技術，電力來源主要以再生能源電力(太陽能、風力發電)為主，德國有其風力發電優勢，目前

再生能源發電在德國能源佔比為12%，2020年可達20%，甚至其終極目標在2050年達到100%完全再生能源發電。德國北部風場強，而南部工業用電需求大，自然需要將多餘的風電儲存起來輸送至南部工業區使用，甚至將冬天發的電拿來夏天使用，電能傳輸與儲存方式以化學能方式較佳，因此使用電解技術來儲存氫氣在德國就顯得有價值，電解水技術將扮演再生能源實用化的關鍵。目前德國風力發電規模位居世界第三位，為31GW。

台灣目前再生能源占比只有6.8%，其中風力佔1.37%，主要為水力佔5.08%，因此許多人認為台灣無儲能的市場，更遑論電解水產氫再用燃料電池發電的作為。德國用高電價每度9.5元換來「再生能源」發展，台灣採用高電價將引起民怨？企業勢必增加成本而削弱競爭力，進而影響就業，造成更多人失業，國家經濟成長與國民平均所得受影響，這是須面對的問題。



圖十一 取代石化氣態燃料概念圖(Power to Gas)<sup>(4)</sup>



圖十二 Sunfire 公司提供客戶商品分類<sup>(4)</sup>

簡單結論，Sunfire公司可提供1 kW電池堆，售價約4萬歐元，1kW系統售價10萬歐元，未來目標為系統2萬歐元，在歐洲就有競爭力，因為現行熱電共生商

品(Vaillant+Honda CHP) 約1.6萬歐元，Bjorn Erik Mai經理表示只要售出1000套，其價格就可下降50%。至於熱循環目標達200次，壽命在Callux計畫裡的30台CHP系統已經有10,000小時，Vaillant系統廠目標為40,000小時，至於Sunfire最終目標為50,000小時。總結來說，高溫燃料電池熱電共生系統是否能打入現有市場的關鍵在於發電效率、產品壽命與產品售價，唯價格有競爭力才能使得家用燃料電池再歐洲有普及的一天。

Sunfire 公司提供客戶許多合作選項，如圖十二所示，提供單元電池片、電池堆、整合電池單元(ISM，包括陶瓷絕熱爐體與 dead load)、Hot Box(包括熱工原件)、Cold Box 乃至一個完整獨立系統。觀察國外燃料電池系統商，均脫離不了鍋爐、暖氣、柴油發電機、電力、瓦斯業者這幾個行業別，因此對於中油公司來說，可直接切入系統商角色，透過高公信力，扮演好消費者與專業電池系統廠商之間的溝通角色，由中油公司決定天然氣或液化石油氣規格，然後由燃料電池系統製造商根據規格研究合適的燃料處理裝置。從研究示範階段開始，由中油公司進行對系統性能、安全性、耐久性、商品性進行評估，並將結果反饋到系統商的研究之中。最後，雙方聯手對試製機進行評估，檢驗其可靠性，逐步反應消費者需求後，再成功地推至市場。

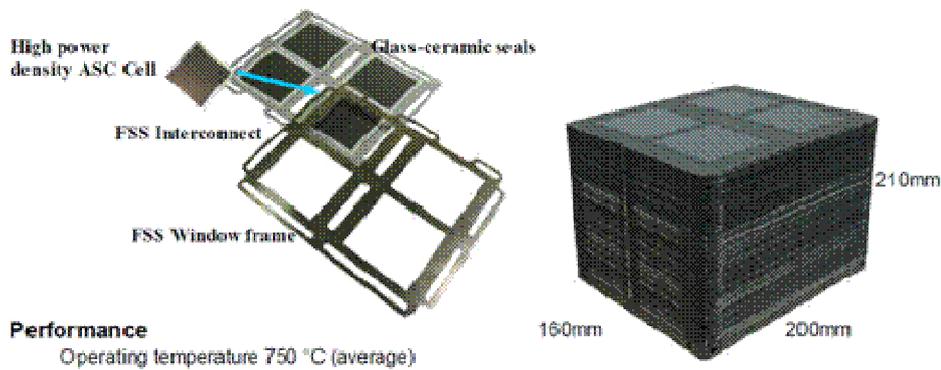
當然中油公司也可自行研發熱工原件中的燃料處理裝置，透過提昇重組系統效率與運轉壽命，將創新設計的重組系統販售給系統廠商，是一個未來發展燃料電池關鍵零組件的一個機會。拜訪討論時 Sunfire 公司一直強調希望中油公司提供未來對於 SOFC 系統的經營策略與想法，與中油能有長久的合作關係，將 Sunfire 公司系統改良以適合台灣甚至是亞洲國家的需求。

### 4.3 歐洲高溫燃料電池計畫介紹

#### **SOFC-PACT:**

計畫期間從 2011 年 7 月到 2014 年 7 月，參與廠商為系統整合商(E.ON)、英國暖氣公司 Ideal Boilers (Ideal)、澳洲燃料電池製造商(CFCL)與軟體廠商(HOMA)，預算為 1 千萬歐元，總共需要 100 套 CHP 系統。其中電池系統供應商 CFCL(Ceramic Fuel Cell Limited) BlueGen 系統發電效率為全世界最高 60%，衰減率小於 0.3%每 1000 小時，與其他 SOFC 系統商不同的是，CFCL 強調其系統產電與熱比率達 2:1，與歐洲系統商的 1:2 顛倒。CFCL 於 2009 年宣佈啓用一座新的製造廠，此為全球第一個高產能的 SOFC 生產廠。此廠位於德國北部距離 Dusseldorf 市約 40 分鐘車程的一個工業區，佔地 4,200m<sup>2</sup>，包括現代化的自動製造設備，總投資額為 950 萬歐元，可看出 CFCL 對於歐洲市場的投入。圖十三為 CFCL 的電堆設計，採用陽極支撐設計，以 4 片電池片為一單元(2x2 array 設計)，比較令外界好奇的是其是否有採用陽極燃料回收的設計，此設計可提高燃料使用率，自然也就增加其發電效率，但就實務上而言陽極燃料回收設計難度

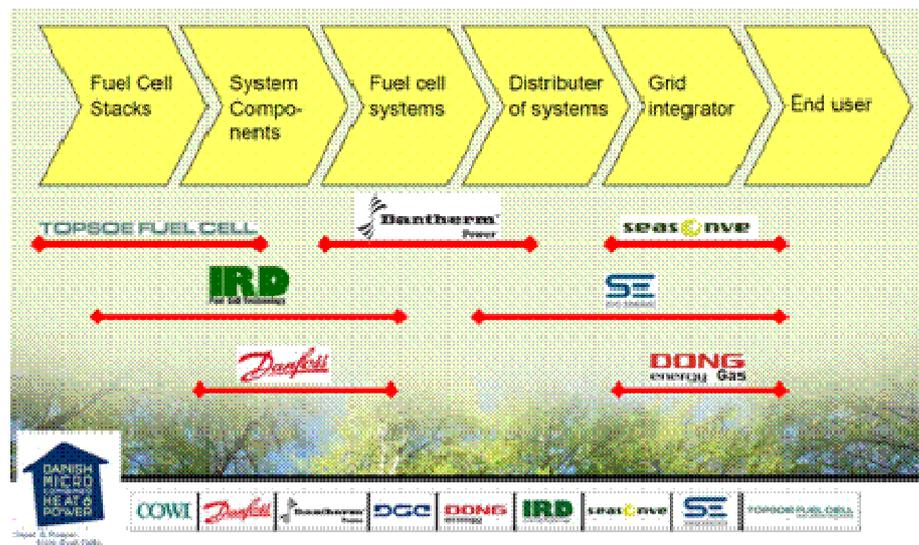
高，不容易實現，CFCL 資料顯示其操作點在高電壓區大於 0.8V 以及燃料使用率大於 85%，其電池片發電效率的確高出一般業者。



圖十三 澳洲 SOFC 製造商 CFCL 電堆設計<sup>(5)</sup>

**Danish micro CHP Project:**

計畫期間從 2006 年到 2013 年，主要地區在丹麥，參與廠商主要如圖十四，有 Topsoe fuel cell、Dantherm Power 與丹佛斯公司，其中丹佛斯公司是丹麥最大的工業集團，也是世界上在冷凍和空調、精密機械、電子元件及智慧型機電裝置領域中居於領導地位的製造商。丹麥 Dantherm Power 公司則是於 2010 年被加拿大低溫燃料電池巴拉德公司收購，加上 SOFC 製造商 Topsoe fuel cell，因此其示範運行計畫裡包括低溫與高溫燃料電池系統。



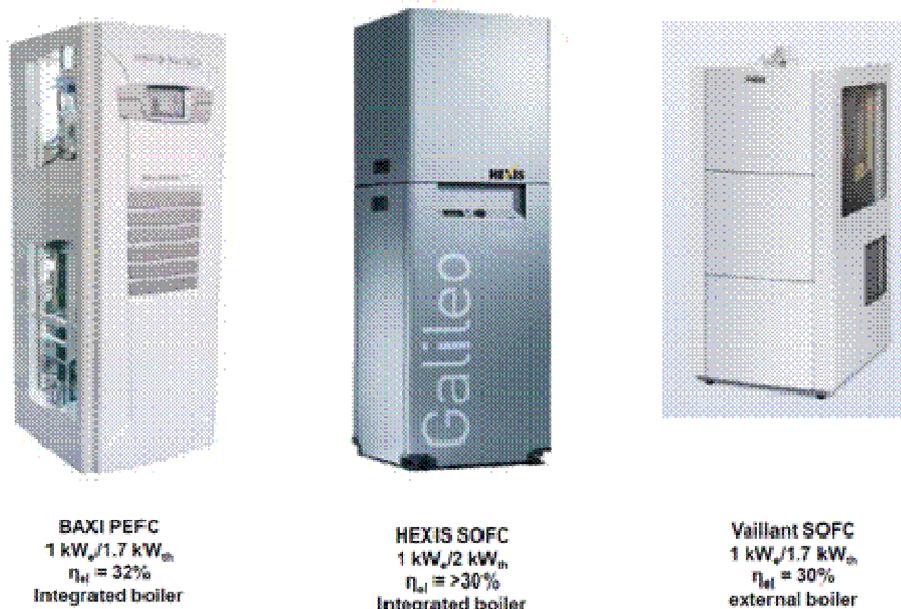
圖十四 丹麥 CHP 示範計畫分工圖

### **Lighthouse project Callux:**

德國政府推動一項開始於 2008 年 9 月，預計於 2015 年結束的燃料電池獎勵計畫，計畫名稱爲 Callux Lighthouse，爲進入一個導入市場前的關鍵階段，初期預計補助 500 個熱電共生式家用型燃料電池發電機組，總經費爲 86 百萬歐元，政府提供 40 百萬歐元，至於全程的補助經費將高達 500 百萬歐元。

目前累計運轉已超過 100 萬小時且共安裝超過 200 套模組，主要來自三家製造商包括 Baxi Innotech 公司、Hexis 公司，以及 Vaillant 公司。與 EnBW 公司、E.ON 公司、Ruhrgas 公司、MVV 公司、及 VNG 公司等五家能源公司合作，使用他們的設施和服務領域，在真實的生活條件下測試燃料電池加熱器。其中提供質子交換膜燃料電池發電機組的 Baxi Innotech 與 Vaillant 公司，與固態氧化物燃料電池發電機組的 Hexis 與 Vaillant 公司。Vaillant 公司最後絕定放棄低溫燃料電池而改推高溫燃電池，主要是低溫燃料電池燃料需求嚴格與低溫廢熱不好利用的關係。推出相關系統機型如圖十五所示。

### **CALLUX FC Units**



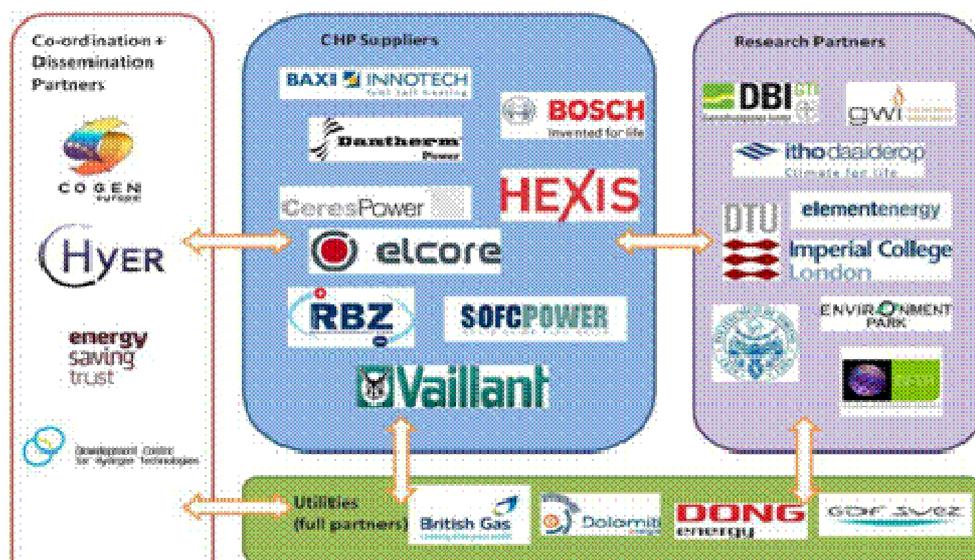
圖十五 Callux 示範計畫 CHP 系統

### **Ene.Field:**

日本 ENE-FARM 從 2005 年到 2008 年進行示範運行計畫，政府主要補助設備供應商，2009 年進入商業化階段至今，政府轉而補助終端用戶，爲全世界最成功的例子，政府補助將在 2015 年終止，期望達到全面商品化階段，其中東京燃氣和大阪燃氣等在 2012 年底已經累計銷售了 2 萬台左右，因此最近歐洲開始啓動一項新的計畫，計畫期間從 2012 年到 2017 年，將陸續在歐盟 12 個國家安

裝高達 1000 個熱電共生式家用型燃料電池機組，進行示範驗證。

這項計畫將引導歐洲九家製造家用型燃料電池機組的廠商，如丹麥的 Dantherm Power，德國的 Riesaer Brennstoffzellentechnik、Hexis、Elcore 與 Baxi Innotech，義大利的 SOFCpower，以及英國的 Ceres Power 等，在一個共同分析平台進行運行與測試。這些機組將安裝於歐洲地區各種住宅與氣候，並進行監控以收集數據，以瞭解家用能源消耗的情況與家用型燃料電池機組的可用性。這項計畫的總經費為 5,300 萬歐元，其中歐盟補助 2,600 萬歐元，其餘由產業界分攤。其計畫分工示意圖如圖十六。



圖十六 Ene Field 示範計畫分工圖

## 伍、心得與建議

- (一)相較於成熟的低溫質子交換膜燃料電池，其關鍵零組件MEA仍掌握在國外大廠，台灣在高溫燃料電池這一塊就顯得比較有機會，台灣需從燃料供應、陶瓷密封材料、陰陽級與電解質材料、燃料電池系統、熱工原件、熱能管理、商業應用、銷售維修等方面，組成高溫燃料電池合作聯盟，立刻進行示範驗證計畫，並積極整合產官學之研發能量提昇發展SOFC產品商業化之競爭力。目前美國高溫燃料電池大廠Bloom Energy與國內廠商合作密切，如康舒的電源轉換器，高力的熱工原件HotBox，保來得的連接板與宏進的coating，爲了擴大國內產業進到Bloom Energy的供應鍊，最終以核能所爲產業技術測試平台，將Bloom Energy整個產業留在台灣，基於以上的論述，台灣是有機會的。Bloom Energy目前主要以100kW系統、200kW系統甚至是250kW系統爲銷售重點，近期當然也有意跨入3-5kW家用系統的市場。核能所近期也已開發出1 kW系統，也不斷的有第2代、第3代系統的發表，從粉末到系統發電都有不少研究，足以顯示在高溫燃料電池台灣不僅可扮演代工角色，更有獨立開發系統的潛力。
- (二)應與國際上優異國家實驗室、學術單位、及工業界，建立研究人員相互交流之管道，進而發展跨國之SOFC產業合作伙伴，短期著重台灣市場，長期爭取全球之SOFC市場。研究SOFC就屬日本、美國、歐洲、加拿大最爲活躍，又以歐洲市場資訊與技術較爲開放，因此未來可透過與歐洲廠商的合作來突破既有的困難。
- (三)台灣不應以代工爲滿足，儘管Bloom Energy在台灣已慢慢建立起供應鏈，其系統組件約有50%比重原件在台灣生產，將來比率會慢慢提高，但充其量仍只是代工，其毛利率低。未來需要倚靠核能所研發能量，做出屬於自己的電池片與電池堆技術，才能掌握其發電系統的核心技術。
- (四)對於中油公司而言，面對這一波革命性的能源產業興起，自然不能置身事外，除了多收集相關資料外，更應積極投入金錢與研發人力，找尋中油在這產業上的利基，明年將計畫評估與核能研究所合作開發 1kW SOFC 系統，主要著重於系統操作與熱工原件設計，也可計畫購買德國 SunfireGmbH 1 kW 系統，進行系統效率評估與整合工作。
- (五)仔細分析研究，不管低溫或是高溫燃料電池，皆有五大分工領域，分別是燃料處理器、電池堆、發電系統平衡原件、電能管理與整合，中油公司被政府賦予扮演供氫角色，因此應著重於產氫系統的開發，除提供台灣社會有效而安全的小型現地供氫環境外，未來更可設置車用加氫站，提供燃料電池汽車加氫服務。重組器的開發自然是中油本身需掌握的核心技術，初期規劃主要以天然氣進料，未來也可嘗試開發 LPG、甲醇(或生質甲醇)、乙醇(或生質乙醇)、沼氣等進料。初期可開發用於 1 kW 高溫或低溫燃料電池系統的產氫規模，未來可加大其容量至加氫站規模(100 kW 以上)。

## 陸、參考資料

- (1) 台電網站 <http://www.taipower.com.tw/>
- (2) [http://www.usea.org/sites/default/files/event-file/517/USEA\\_POSCO\\_0621.pdf](http://www.usea.org/sites/default/files/event-file/517/USEA_POSCO_0621.pdf)
- (3) <http://www.fuelcelltoday.com/news-events/news-archive/2013/january/tokyo-gas-and-panasonic-launch-smaller,-more-efficient-and-cheaper-ene-farm-residential-fuel-cell>
- (4) <http://www.sunfire.de/en/>
- (5) [http://www.fuelcellseminar.com/media/5183/dem41-3\\_foeger.pdf](http://www.fuelcellseminar.com/media/5183/dem41-3_foeger.pdf)