

出國報告（出國類別：其他）

## 赴日參加 FC EXPO 2009 國際研討暨展覽會

服務機關：核能研究所

姓名職稱：陳長盈

李瀛生

派赴國家：日本

出國期間：98年2月22日~98年2月28日

報告日期：98年3月23日



## 摘要

此次公差行程主要為應台經院「台灣燃料電池夥伴聯盟」之邀請參加於日本東京舉行之第五屆氫能及燃料電池國際研討暨展覽會(FC EXPO 2009)。展示核研所(以下簡稱本所)直接甲醇燃料電池(DMFC)研發成果(50 W DMFC Power Stack 供 E-Bike 使用)，有利於本所所譽之提升。此國際研討暨展覽會係由 Reed Exhibitions Japan Ltd.主辦及 Hydrogen Energy Systems Society of Japan(HESS)/ Fuel Cell Development Information Center(FCDIC) 協辦，估計有 473 個主導廠商及來自世界超過 15 個國家及地區之專業人士共有 26,240 多人參加，是目前國際上規模最大的燃料電池國際展覽會，包括產業界、官方單位、學術界、研究機構，以及投資公司等齊聚一堂，相互切磋交換工作心得，並探尋商機。展覽會涵蓋的範圍包括 Fuel Cell Systems / Products Pavilion, Devices / Materials Zone, Evaluation / Testing / Analysis Zone, Related Equipment Zone, Hydrogen Production Zone, Hydrogen Storage/Supply Area, Prototype Manufacturing Area, Heat Utilization/Thermal Technology Area, Medium& Small Venture Company Pavilion 等。展覽期間亦有一些收費的演講 (Keynote Session 及 Technical Conference)可以參加。本所藉此展覽會蒐集燃料電池廠商最新發展之零組件/設備、研討交流，以提升研發技術，並瞭解現今燃料電池最新發展現況及研發趨勢，有助於未來本所燃料電池之研究規劃及市場之開拓。

# 目 次

## 摘 要

(頁碼)

一、 目的 .....	1
二、 過程 .....	2
三、 心得 .....	3
四、 建 議 事 項 .....	15

# 圖目錄

(頁碼)

圖 1 FC EXPO 2009 展覽會場情景 .....	16
圖 2 本所 DMFC 研發成果及台灣燃料電池夥伴聯盟參展之擺設情景 .....	17
圖 3 HYDRO EDGE 公司之工廠外觀.....	18
圖 4 HYDRO EDGE 公司之氣體生產流程圖 .....	18
圖 5 HYDRO EDGE 公司之氣體生產製程設備 .....	19
圖 6 有明加氫站示範運作情形.....	19
圖 7 未來氫能經濟之展望.....	20
圖 8 SONY 公司展示之 3 款 DMFC 概念產品 .....	20
圖 9 SONY Hybrid DMFC System 出力模式.....	21
圖 10 NEC 公司展示之 3W Portable DMFC .....	22
圖 11 HITACHI 公司展示之 100W Portable DMFC .....	22
圖 12 Fujikura 公司展示之 10W Portable DMFC .....	23
圖 13 YAMAHA 公司展示 1kW DMFC 應用於輕型機車.....	23
圖 14 台灣的 Syspotek(思博科公司)展示之 3.5W Portable DMFC .....	24
圖 15 台灣的 Nan Ya PCB(南亞 PCB 公司)展示之 25W Portable DMFC.....	25
圖 16 台灣的 Young Green(揚光綠能公司)展示之 30W Portable DMFC.....	26
圖 17 SONY 公司展示之 Bio-Battery.....	26
圖 18 ACTA 公司展示 100W 直接乙醇燃料電池系統(DEFCE) .....	27
圖 19 Horizon Fuel Cell Technologies 公司展示 250W PEMFC 應用於電動腳踏車 .....	27
圖 20 Horizon Fuel Cell Technologies 公司展示之 30 W HydroPak 可攜式電源 .....	28
圖 21 Panasonic 公司發展之 10 W DMFC .....	28
圖 22 Panasonic 公司 MEA 主要是改良陽極層之 Micro Porous Layer.....	29
圖 23 Fuel Cell 與 Battery 性能之比較.....	30
圖 24 Motorola 公司發展之 3D Micro Fuel Cells 概念.....	31
圖 25 Motorola 公司發展之 3D Micro Fuel Cells .....	32
圖 26 Motorola 公司發展之 3D Micro Fuel Cells .....	33
圖 27 台灣的 Optodisc (遠茂) 展示之 MEA .....	34
圖 28 台灣的 CeTech(碳能) 展示之氣體擴散層(GDL) .....	34
圖 29 光騰光電公司(General Optics Corp)展示之產氫系統.....	35
圖 30 碧氫公司(Green Hydrotec Inc)展示之甲醇製造氫氣系統.....	35
圖 31 日本 PEMFC 定置型 1kW 系統設置現況.....	36
圖 32 日本在 PEMFC 定置型系統，市場產量與產值預測 .....	36
圖 33 日本定置型 PEMFC 價格、效率與耐久性發展歷程(以 LPG 為例).....	37
圖 34 燃料電池車主要技術挑戰.....	37
圖 35 國際汽車大廠燃料電池車發展比較表.....	38
圖 36 燃料電池車商品化預測.....	38

## 一、 目的

應台經院「台灣燃料電池夥伴聯盟」之邀請參加於日本東京舉行之第五屆氫能及燃料電池國際研討暨展覽會(FC EXPO 2009)。展示核研所(以下簡稱本所) DMF C 燃料電池研發成果，50 W DMFC Power Stack 供電動腳踏車(E-Bike)使用，其成果受到不少與會人士之肯定，有利於台灣/本所所譽之提升，此外，希望藉由此展覽會蒐集燃料電池發展廠商，最新發展之零組件/設備、與專家研討交流，以提升研發技術，並瞭解現今燃料電池，尤其是亞洲地區，最新發展現況及研發趨勢，以助於未來本所燃料電池之研究規劃及市場之開拓。

## 二、 過程

2月22日：

台北出發，到日本大阪

2月23日：

前往位於日本大阪府堺市西區的 HYDRO EDGE (氫能股份有限公司)參訪。

2月24日：

從大阪搭乘新幹線往東京，住進大會指定的 Harumi Grand Hotel，並在台經院「台灣燃料電池夥伴聯盟」執行秘書張行直先生的指導下完成佈置的工作。

2月25~27日：

參加日本東京舉行之第五屆氫能及燃料電池國際研討暨展覽會(FC EXPO 2009)，展覽會場情景如圖 1 所示，圖 2 為本所 DMFC 研發成果及台灣燃料電池夥伴聯盟參展之擺設情景。

2月28日：

從日本東京搭飛機，回桃園國際機場。

### 三、心得

#### (一) 參訪日本大阪 HYDRO EDGE(氫能股份有限公司)

發展氫能經濟具有提昇國家能源安全，減少溫室氣體排放、降低空氣污染以及提昇能源使用效率等優點，氫能之研發與推廣，包括氫氣之生產、運輸、儲存以及應用等方面，其中生產方法有化石燃料重組產氫、電解水、以及未來之太陽光電水分解化學法(Photo Electrochemical Water Splitting)，高溫熱化學水分解法(High Temperature Water Splitting)，生物法產氫等，而在氫氣儲存方面，主要係儲存在容器內(如液態儲氫及高壓儲氫)，以及固體儲氫(如儲氫材料)，各種儲氫方式皆有其優劣點，其選擇則視其相關之應用而定。

本次赴日參訪 HYDRO EDGE (氫能) 股份有限公司，其公司名為”HYDRO EDGE”；係以致力於”將氫氣所具有的能量發揮至極致”而命名。投資公司之一的岩谷產業集團(Iwatani)，自創業以來秉持”以造就世上必需之人才，發展世上必需之產品為光榮”的經營理念，在現今社會上探求新產業，以及努力創造符合客戶需求之產品，進而貢獻社會。此外，投資公司之一的關西電力集團，在以能源為核心的基礎生活領域中，以致力成為”客戶滿意度第一的企業”為目標。而 HYDRO EDGE (氫能) 股份有限公司整合投資者的理念，致力於生產使客戶能安心使用的”高安全、低污染、高穩定性、高品質產品”，並以致力於實現以氫能為核心的社會為目標。

#### **HYDRO EDGE 公司概要:**

- 公司及工廠所在地(圖 3)：日本大阪府堺市西區築港新町 3 丁 1-23(TEL. 072-244-7221)。
- 資本額及投資比例：資本額: 4.9 億日圓。
- 投資公司：岩谷產業股份有限公司 50.0 %，關西電力股份有限公司 39.8%，  
堺 LNG 股份有限公司 10.2 %。
- 公司成立日期：平成 16 年 4 月 1 日(西元 2004 年 4 月 1 日)。



- 正式營運日期：平成 18 年 4 月 1 日(西元 2006 年 4 月 1 日)。
- 營業內容：液態氫，壓縮氫，液態氮，液態氧，液態氫的製造及販售。
- 工廠佔地大小：約 32000 m<sup>2</sup>
- 設備概述：製氫設備，LNG 冷熱空氣分離設備。
- 工場運作時間：24 小時連續運轉。
- 生產能力：液態氫：3000 L/h×2 組，壓縮氫：600 Nm<sup>3</sup>/h×2 台，液態氮：12100 Nm<sup>3</sup>/h，液態氧：4000 Nm<sup>3</sup>/h，液態氫：150 Nm<sup>3</sup>/h。

其設備係利用 LNG(液化天然氣)的冷熱能量，從空氣中分離製造出工業用的氮氣，氧氣以及氫氣。並進一步利用生產液態氮時產生的冷熱能量，將天然氣以水蒸氣重組改質方法(Steam Reforming)得到的氫氣製作成液態氫。經由此日本全國首創的流程所產生的液化氫，可提供高於高壓氫氣約 12 倍的運輸量，有利於工業上的利用，並且有助於未來以氫能為核心的社會之普及和發展性。

**HYDRO EDGE 公司生產氣體之流程如下(圖 4 及圖 5)：**

- 1.將天然氣經由水蒸氣重組改質，製造出氫氣
- 2.經由 PSA (Pressure Swing Adsorption) 裝置在高壓下取出純氫氣
- 3.在液化器中，經由液態氮和氫氣壓縮膨脹所得的冷卻能力，將氫氣液化
- 4.經過循環氫氣壓縮機將氫氣壓縮後，在利用液化器中的渦輪增壓機將氫氣冷卻
- 5.在工廠內設置有兩座 300 kL 的液態氫儲存槽,有利於穩定供應
- 6.設有壓縮氫氣的填充設備(600Nm<sup>3</sup>/h)兩台
- 7.氧、氮、氫的原料空氣，經由原料空氣壓縮機壓縮
- 8.經由循環壓縮機的壓縮以及膨脹，可生產液態氮

9.在精餾塔中，利用液態氮，液態氧以及液態氫的沸點差將各氣體分離

10.設有分離後的液態氣體儲存槽，液態氮 400 kL、液態氧 965 kL、液態氫 50 kL

11. 以一天 3 班制的形式，實施 24 小時的中央控制室的製造設備管理

HYDRO EDGE 公司 技術的特點之一，為利用液化天然氣(LNG)來生產氫、氧、氮、氫等氣體。液化天然氣為氣田開採出來的天然氣，經過脫水、脫酸性氣和重質烴類，然後壓縮、膨脹、液化而成。LNG 為-160°C的超低溫液體，氣化至常溫、常壓，有約 840 kJ/kg 冷能放出，可用於空氣分離、冷熱發電、冷凍倉庫等。液化後的 LNG，其體積只有液化前的 1/600。為解決遠洋和偏遠地區所開發天然氣的遠距離運輸問題，利用 LNG 船運方式已成爲目前運送天然氣的一條便捷途徑。

為迎接未來燃料電池氫能汽車之普及化，岩谷產業致力於氫氣及其基礎建設研究已有 60 多年的歷史，在日本國內擁有 14 個氫氣生產基地，屬日本國內氫氣製造生產首席廠商，氫供應技術的開拓者，日本國內幾乎所有的氫氣供給方式是由岩谷產業開發。亦是日本首位實現商業用液化氫的生產者，亦以液氫燃料供給支持日本的宇宙太空事業開發。岩谷產業承租了日本 3 大汽車生產廠家的氫能汽車，為全部的汽車生產廠家提供了氫氣供應站，此外亦承包東京有朋地區氫能汽車及基礎建設，推廣其氫氣供應技術(圖 6 及圖 7)。

## (二) FC EXPO 2009 燃料電池國際研討暨展覽會議概述

展覽會主要由 Reed Exhibitions Japan Ltd.主辦及 Hydrogen Energy Systems Society of Japan(HESS)/ Fuel Cell Development Information Center(FCDIC) 協辦，估計有 473 個主導廠商及來自世界超過 15 個國家及地區之專業人士共有 26,240 多人參加，是目前國際上規模最大的燃料電池國際展覽會，包括產業界、官方單位、學術界、研究機構，以及投資公司等，相互切磋交換工作心得，並探尋商機。展覽會涵蓋的範圍包括 Fuel Cell Systems / Products Pavilion, Devices / Materials Zone, Evaluation / Testing / Analysis Zone, Related Equipment Zone, Hydrogen Production Zone, Hydrogen Storage/Supply Area, Prototype Manufacturing Area, Heat Utilization/Thermal Technology Area, Medium& Small Venture Company Pavilion 等。展覽期間有需付費之演講(Keynote Session 及 Technical Conference) 可以參加。在 Keynote Session 方面，主要演講內容為探討 Japan 如何將燃料電池及氫氣技術商品化，燃料電池車發展之挑戰與現況，定置型燃料電池發展趨勢與商品化潛力。在 Technical Conference 方面，本所陳長盈博士與李瀛生博士分別參加 DMFC 與 SOFC 各一場，藉此蒐集現今燃料電池最新發展資訊及研討交流，以了解燃料電池最新發展趨勢，有助於本所未來燃料電池系統整合之研究規劃。此外，亦了解燃料電池廠商最新發展之零組件/設備，對外建立合作管道及掌握國際研發趨勢，提升燃料電池關鍵之研發技術，對本所燃料電池研究之技術發展以及市場之開拓均有助益。

### (三) 參加 2009 年燃料電池國際研討暨展覽會(FC EXPO 2009)心得

#### 固態氧化物燃料電池(SOFC)發展：

1. 相較於其他的燃料電池系統(如質子交換膜燃料電池，PEMFC)，固態氧化物燃料電池(SOFC)有高發電效率、不須使用貴金屬(Pt)，可利用現有之成熟陶瓷技術，以及易於擴充為大型發電站等特點。
2. 日本發展固態氧化物燃料電池之具體目標在於家庭用 SOFC Cogeneration (熱電共生) 系統之商業化，自 2007 年開始進行示範運行(Demonstration)計畫，以累積正式商品化之前的經驗，此示範計畫於 2009 年之補助經費為 7.2 億日圓，其目的為：
  - 釐清 SOFC 高溫運轉時，電池組之劣化機制
  - 累積商用 SOFC 系統之運轉經驗
3. 家用熱電共生系統可使用 Gas Engine、PEMFC 及 SOFC，其相關之規格如下表：

Residential CHP Specifications

	Gas Engine	PEMFC	SOFC
Output[kW]	1	0.7~1	0.7
Power efficiency [%]	22.5	35.0	45.0
Heat/ Power[-]	2.8	1.3	0.9
Exhaust Heat Temp. [°C]	75~80	60~65	65~75
Exhaust Heat Use	Hot water Heating	Hot water (Heating)	Hot water
Storage Tank[l]	135~150	180~200	70.0
Yearly Operation hour	2000~2500h	6500~8000h	8800h
Installation Space Ratio	1.7	2.1	1.0
Market in	FY 2003	FY 2009	-

其中 SOFC 之發電效率最高，可達 45%(PEMFC 為 35%)，且其安裝所需之空間最小，PEMFC 之熱電共生系統，日本將於今年(2009)商品化，而 SOFC 方面尚待繼續發展。未來預計在日本將有數百萬以上的家庭會安裝 SOFC 熱電共生系統，甚至可在公寓大廈安裝，而成功的關鍵在於價格。

4. 日本發展 SOFC 之主要廠家，可以電池型式來區分如下：
  - 管狀電池(Tubular Cell)：TOTO/HITACHI、MHI，其特點為氣密性良好，耐熱應力，但功率低。
  - 扁平管狀電池：Kyocera/ Tokyo Gas、Rinnai /Gaster、Kyocera/ Osaka Gas(京瓷和大阪瓦斯)，其特點為氣密性佳，功率高，且製造成本低。
  - 平板電池(Planar Cell)：MHI、KEPCO/MMC，其特點為功率高，製造成本低。

5. 目前在日本進行示範運行之家用瓦級 SOFC 熱電共生系統(Residential SOFC CHP)廠商，包括 Kyocera /Osaka Gas、 TOTO 及 ENEOS 公司等，相關測試廠家統計如下表：

**SOFC Field Test (FY2007~)**

System Supplier	output	Fuel	Units in FY2007	Units in FY2008
Kyocera	1 kW class	Town Gas	25	30
ENEOS	1 kW class	LPG	1	2
ENEOS	1 kW class	Kerosene	1	1
TOTO	2 kW class	Town Gas	2	3
			Total 29 units	Total 36units

Installation	manufacturer	Fuel	Use	Units in 07	Units in 08
Osaka Gas	Kyocera	Town Gas	residence	20	25
Tokyo Gas	Kyocera	Town Gas	residence	3	2
Hokkaido Gas	Kyocera	Town Gas	residence	1	1
Saibu Gas	Kyocera	Town Gas	residence	1	1
ENEOS	ENEOS	LPG	residence	1	2
ENEOS	ENEOS	Kerosene	residence	1	1
TOTO	TOTO	Town Gas	commercial	2	3
TEPCO	Kyocera	Town Gas	residence	0	1
				29 units	36 units

以 Osaka Gas 公司為例，其發展 SOFC 之進程如下：

- 2004 年開始與 Kyocera 公司合作發展 SOFC CHP 系統
- 2005 年進行現場應用試驗(field test)
- 2006 年與 Chofu Seisakusho 公司合作，將熱水供應與加熱單元與 SOFC 整合
- 2007 年參與日本新能源基金(New Energy Foundation，NEF)所主導之 ”Demonstrative Research on Solid Oxide Fuel Cells”計畫，未來將加強增進 SOFC 之可靠度與降低成本

6. Osaka Gas/Kyocera 公司之 700 W SOFC 系統，其所訂之規格有些在 2007 年即已達到，但耐久性(Durability，10 年)，維修時間(Maintenance Interval，24 個月)，價格(與 Gas Engine 汽電共生系統 Ecowill 相當)等方面，尚待努力發展。在發展過程中，此 SOFC 熱電共生系統之額定輸出功率由原來之 1 kW 變更爲 700 W，以適合城市小家庭使用，系統之熱管理及熱水供應單元與 Chofu(長府製作所)聯合開發。藉由將 SOFC 單電池厚度由 3 mm 減少至 2 mm，提昇單元電池輸出功率，重組器與 BOP 等之整合，熱交換器之小型化，以減小整個發電機組的體積，且在熱回收系統方面，亦以

在調整熱水貯存罐容量之基礎上，力求最有效率的空間利用。此 SOFC 熱電共生系統之發電與熱回收單元目標規格如下表：

Targeting specifications of SOFC power unit

	Target specifications	Current Status March 2007
Capacity	700W	Achieved
Power Eff.	>45%LHV	Achieved
Heat Recover Eff.	>30%LHV	Achieved(40%)
Weight	100 kg	Achieved(91.5 kg)
Size	As same as “Ecowill”	Achieved 93%(in volume)
Startup time	<100min	Achieved
Operating Mode	Continuous/according to load	Achieved
Durability	10 years	Under development
Maintenance Interval	24 month	Under development
Price	As same as “Ecowill”	Under development

Targeting specifications of Exhaust heat recovery unit

Individual household	Target	Progress state	Note
Operating mode	Continuous /according to load	Achieved	
Storage tank	70L	Achieved	
Weight	90kg	Achieved	
Dimensions	700×1700×300mm	700×1700×300mm	
Apartment household	Target	Progress state	Note
Weight	50 kg	Achieved	
Dimensions	650×1300×350mm	Developing	650×1370×350mm
System	Target	Progress state	Note
Installation space	As same as Gas Engine Type	Achieved	

以目前之運轉測試經驗而論：

- 其 SOFC 單元電池之 Degradation Rate 為 0.03%/1000h
- 在 2007 年與 2008 年分別有 20 及 25 座系統進行示範運行，而在 2007.09~2008.07 間，總共有 3 處因電池堆損壞而需維修。

## 直接甲醇燃料電池與質子交換膜燃料電池(DMFC 及 PEMFC)發展：

1. FC EXPO 2009 參觀人員主要為來自世界各國之燃料電池廠商、電子製造商、學校/機關研發單位，及創投/投資家，由於去年經濟不景氣，今年參展之燃料電池廠商與規模較前兩年小，雖然如此大會仍巧妙地將太陽能展與燃料電池展，同時分別在展覽館上下樓舉行，以吸引更多的人潮參觀，估計來自世界各國之參觀人員共有 26,240 多人參加，是目前國際上規模最大的燃料電池國際展覽會，持續成為關心燃料電池發展之各國人士矚目焦點。
7. 出乎意料之外，本屆展覽會中 DMFC 有多家系統廠商展示，計有日本的 SONY, NEC, HITACHI, Fujikura, and YAMAHA 及台灣的 Syspotek(思博科), Nan Ya PCB(南亞 PCB), and Young Green(揚光綠能)等八家廠商及台灣核能研究所(本所)研發機構等，其展示之 DMFC 系統涵蓋小中大瓦數，從 0.5 W, 3.5 W, 25-30W, 50W, 100W, 到 1 kW 皆有。茲將各家廠商研發之產品特色簡述如下：
  - 在燃料電池應用於可攜式設備方面，吸引會場眾多目光的是新力公司(SONY)推出的兩款充電器和一款無線揚聲器(Portable Charger, Desk-Top Charger, and Layout Free Speaker)，SONY 是第一次於本屆 FC EXPO 展示此 3 款 DMFC 概念產品，如圖 8 所示，這些設備使用新力研製的混合燃料電池系統，該系統由使用甲醇的燃料電池和鋰離子電池組成，能根據設備的電力需求量和鋰離子電池的剩餘電量，自動切換電能供應模式，其中供手機充電用之可攜式 DMFC 裝置，雖然功率輸出僅 0.5 W 但 MEA Power density 使用時高達 60 mW/cm<sup>2</sup> (Peak Power ~120 mW/cm<sup>2</sup>)，其與內部鋰電池(3.4 或 4.4Wh)搭配使用之出力模式，如圖 9 所示，燃料匣容量為 10cc、100cc 及 250cc，使用 100wt.%的甲醇水溶，分別供上述三種 DMFC 產品使用，可以提供 10Wh、100Wh 與 250Wh 能量，相當於使用 1 周、1 月及 1 年時間才需填充燃料。其燃料電池設計之主要特徵為 BOP 電力只用一顆 Injection Pump 就可以使 DMFC 運行，系統設計幾乎為 Passive Type 形式，Durability 約 1000h，但該公司仍無法預計何時可以商品化。

- 日本 NEC 公司有別於過去主要發展供筆記型電腦用之 >10W DMFC 燃料電池，此次展出可攜式 3W DMFC，如圖 10 所示，燃料匣容量為 10-20 cc，使用 50wt.% 的甲醇水溶，可以提供~10Wh 能量，系統設計為 Passive Type 形式，DMFC 商品化時間尚未決定，該公司對於系統規格非常保守，不願透漏太多細節。
- HITACHI 公司過去主要發展之小型可攜式 DMFC，為供電源給手機、PDA 及筆記型電腦使用，輸出功率從數瓦到十瓦不等。此次展出之可攜式 DMFC，輸出功率提升至 100W，燃料匣與水匣容量為 500 cc，可以提供~250Wh 能量，重量約為~9kg，如圖 11 所示，顯然亦看好百瓦級市場潛力與本所目標一致，但商品化時間未定。
- Fujikura 公司此次參展中展示 10W 之小型可攜式 DMFC，可供電源給手機、PDA 及筆記型電腦使用，燃料匣容量為 200 cc，可以提供~200Wh 能量，如圖 12 所示，MEA Power density 使用時 ~50 mW/cm<sup>2</sup>，Durability 約 1000h，系統設計為 Passive Type 形式，公司預計 2011 年可以商品化。
- YAMAHA 是目前亞洲唯一研發 kW 級 DMFC 系統之公司，有別於 Juelich Research Center 研發之 kW 級 DMFC 系統應用於輕型堆高機(Forklift)，YAMAHA 展示其應用於輕型機車，如圖 13 所示，燃料匣容量為 3600 cc，使用 54wt.% 的甲醇水溶，系統效率~30%，可行駛~70 公里，但最高時速僅 30km/h。
- 來自台灣的 Syspotek(思博科), Nan Ya PCB(南亞 PCB), and Young Green(揚光綠能)，在台經院「台灣燃料電池夥伴聯盟」之邀請下參加本屆國際研討暨展覽會，分別展示其研發之 3.5W, 25W 及 30W 之 DMFC 系統，如圖 14-16 所示，該 3 家公司使用之 Stack 皆源自於 Antig 之 PCB 製程概念，未來若要商品化應使用本所 Methanol Sensorless Control 技術方可大幅降低 DMFC 售價，本所將視其系統發展完成程度，適時推薦 Methanol Sensorless Control 技術，以彰顯本所技轉之成效。



8. SONY 除了發展小型可攜式 DMFC 外，亦全力發展生物電池(Bio-Battery)，將糖(Sugar) 利用酵素成功轉化成電力，Test Cell 可產生 50 mW(見圖 17)，是目前全球 Passive-Type Bio-Battery 最高之輸出功率，電極上的酵素除可以分解可樂等溶液中的葡萄糖以此發電，這種生物電池亦能用米飯、果汁等各種含澱粉或葡萄糖的物質為燃料發電，不過功率密度僅  $1.5\text{mW}/\text{cm}^2$ ，未來仍有很大發展空間。
9. 其他可攜式燃料電池發展現況為，主要研發觸媒的 ACTA 公司開始展示 100W 直接乙醇燃料電池系統(DEFEC)，如圖 18 所示，其真實性仍有待考驗。Horizon Fuel Cell Technologies 公司展示 250W PEMFC 應用於電動腳踏車(見圖 19)，最高時速 25 km/hr，一次填充氫氣量可以提供 1200Wh 能量，行走 300 公里距離，使用環境為 5-35 °C，但價格高達 USD\$4,600，銷售不易。另一款 HydroPak 可攜式電源(見圖 20)，利用 Sodium borohydride  $\text{NaBH}_4$  產生  $\text{H}_2$  提供 PEMFC 使用，輸出 30 W 電力(總重 3.6kg)，發電容量 270Wh，使用環境為 1-35 °C，該公司宣稱 2009 年 10 月售價可降至 USD\$400，若能成功達成此一目標，在小型燃料電池市場將非常具有競爭力，極可能脫穎而出，其缺點為燃料罐加水產氫開始發電後，其保存期限只有 30 日。
10. DMFC 仍為小型燃料電池發展之主體，但值得注意的是此次燃料電池展覽會較前幾屆有更多家之 DMFC 系統廠商展(日本 5 家，台灣 3 家)。根據分析是由於，一、日本新能源及工業技術發展組織(New Energy and Industry Technology Development Organization, NEDO)去年剛完成補助 NEC, HITACHI 及 YAMAHA 3 家公司 3 年之 DMFC 計劃，因此剛好配合本屆 FC EXPO 發表成果展示計畫績效。二為台灣過去在勝光公司努力推動 DMFC 下，有些廠商如南亞 PCB 公司已向 DuPont 購買技術設備生產 MEA 並開始發展小型可攜式 DMFC 系統，另有一些廠商成立子公司，如揚光綠能股份有限公司為中強光電集團下的子公司，專門發展與綠能產業相關的產品包含 DMFC 系統應用等。由於 DMFC 的 Reliability and Cost Down 仍有其需克服之困難點，尤其是面對鋰電池競爭對手之基本問題，應不易於近期商品化，但仍需注意整體 DMFC 發展現況。
11. 雖然本屆展覽會中 Panasonic 系統廠商展沒有參展，但於 Technical Conference 中受邀演講 “Development of Fuel Cell for Mobile Application in Panasonic”，從演說中得知其

DMFC 以發展 10 W 之 Multi-charger and Laptop computer power supply 爲主(見圖 21)。目前研發方向，以改良陽極層之 Micro Porous Layer 來管理水及甲醇 Crossover，而促使 MEA 可以使用高濃度甲醇，如圖 22 所示。另一家 Motorola 公司亦受邀演講“Micro Fuel Cells for Mobile Devices”，會中發表利用新穎之 3D Micro Fuel Cells 技術應用於可攜式產品上，希望能增加 Fuel Cell 反應總表面積來達到總體積縮小且功率提升之目的，如圖 23-26 所示，經會議中發問得知技術瓶頸在於如何均勻 Coating Catalyst 於 Nafion 上，此外，由於燃料通道只有數十個微米使用氫氣或許可以，但應用於 DMFC 將會有陽極液體及 CO<sub>2</sub> Mass Transport Limitation 的問題，將大幅影響其效能表現。

12. 台灣廠商於燃料電池國際展覽會參展，本屆是歷年來廠商最多的一次，除 3 家 DMFC 系統廠商展外，核心組件 MEA 方面，有遠茂公司(Optodisc)，在氣體擴散層(GDL)方面，有 CeTech(碳能)公司(見圖 27-28)，皆宣稱有不錯之效能表現，本所將適時測試，以結合台灣燃料電池核心組件 MEA 供應鏈達成 cost down 之目標。其它氫氣方面，有光騰光電公司(General Optics Corp)及碧氫公司(Green Hydrotec Inc)，分別以電解水及甲醇製造氫氣生產器，如圖 29-30 所示。
13. 本屆 FC Expo 展覽會，因受去年金融風暴經濟不景氣影響，導致今年參展之燃料電池 MEA, Bipolar Plate, Stack, BOP 零組件，測試與設備製造廠商，規模與數量明顯縮小，但燃料電池產業鏈製造商已形成，一旦時機成熟，仍可迅速生產導入商品化階段。
14. 日本在 PEMFC 定置型 1kW 系統之示範運轉及設置現況，自 2005 年起(安裝 480 台)逐年快速成長，至 2008 年安裝 3,307 台，其中使用 LPG 有 1,614 台，用 Nature Gas 有 1,379 台，用 Kerosene 僅 314 台，如圖 31 所示。在成本價格降低方面希望從 2009 年零售價 200 萬日幣降價至 2020 年 42 萬日幣，相當新台幣約~15 萬，產量與產值將預估由 2009 年安裝 6,000 台/12Billion 日幣，成長至 2020 年安裝 600,000 台/252Bilion 日幣，如圖 32 所示，以 LPG 爲例，其價格、效率與耐久性發展歷程，如圖 33 所示。
15. 根據日本 TOYOTA 分析，目前燃料電池車主要關鍵問題在於價格/高功率密度、電池組耐久性、零下低溫啓動及續航力(Cost/High Power Density, Stack Durability, Freeze

Start capability, and Cruising Range) ，如圖 34 所示，目前 TOYOTA FCHV-adv 續航力超過 500 公里(已可媲美汽油車輛)，其他國際汽車大廠燃料電池車發展比較表，如圖 35 所示，目前燃料電池車商品化預測，如圖 36 所示，主要關鍵決定於 2015 年時基礎設施準備程度及市場需求而定(Infrastructure Readiness and Market Needs)。

## 四、建議事項

1. 日本發展固態氧化物燃料電池之具體目標在於家庭用 SOFC CHP (熱電共生)系統之商業化，本所可以考慮此一研發方向發展 SOFC 系統。
2. 本屆是歷年來台灣廠商於燃料電池國際展覽會參展最多的一次，DMFC 除 3 家系統廠商展外，核心組件 MEA 方面，有遠茂公司，在氣體擴散層(GDL)方面，有碳能公司，皆有不錯之效能表現，本所將適時測試，以結合台灣燃料電池核心組件 MEA，達成商品化 cost down 之目標。
3. DMFC 仍為小型燃料電池發展之主體，雖然受去年金融風暴經濟不景氣影響，導致今年參展廠商之規模與數量明顯縮小，但此次燃料電池展覽會卻較前幾屆有更多家之 DMFC 系統廠商參展(日本 5 家，台灣 3 家)。因此仍需注意整體 DMFC 發展現況，一旦時機成熟，方可迅速切入技轉給台灣相關廠商。
4. Horizon Fuel Cell Technologies 公司宣稱 30W HydroPak 可攜式電源於 2009 年 10 月售價可降至 USD\$400，若能成功達成此一目標，在小型燃料電池市場極有可能脫穎而出，本所需密切注意其發展，雖然其缺點為燃料罐加水產氫開始發電後，其保存期限只有 30 日。



圖 1 FC EXPO 2009 展覽會場情景



圖 2 本所 DMFC 研發成果及台灣燃料電池夥伴聯盟參展之擺設情景



圖 3 HYDRO EDGE 公司之工廠外觀

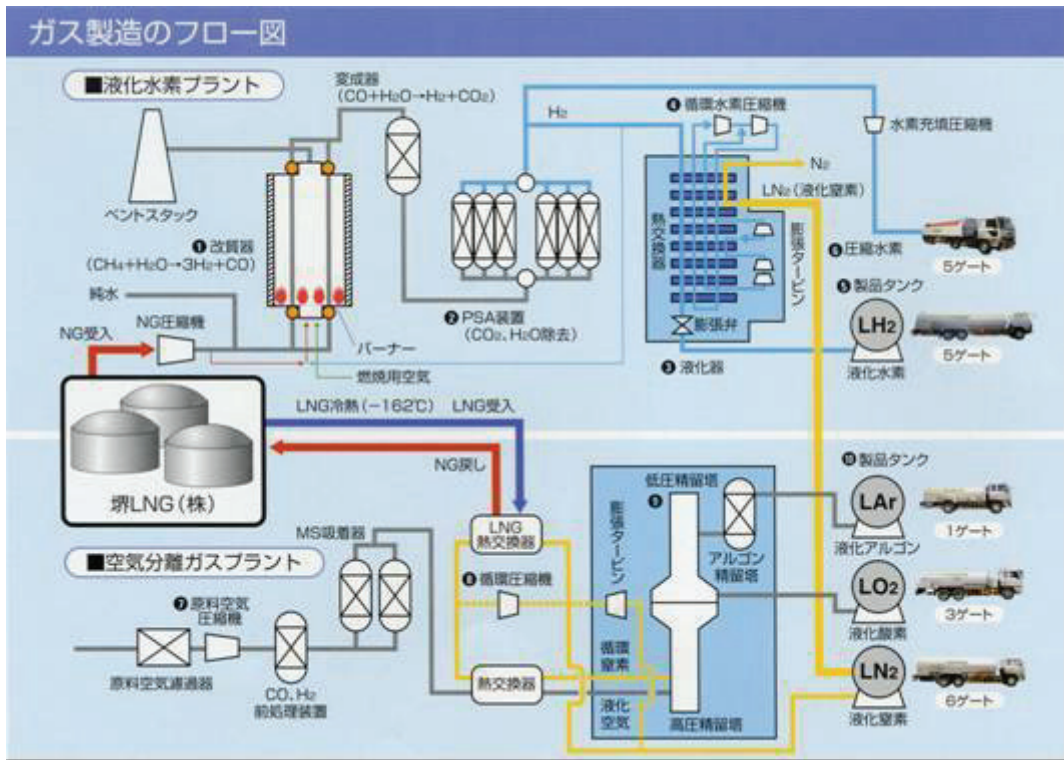


圖 4 HYDRO EDGE 公司之氣體生產流程圖



圖 5 HYDRO EDGE 公司之氣體生產製程設備



圖 6 有明加氫站示範運作情形





圖 7 未來氫能經濟之展望

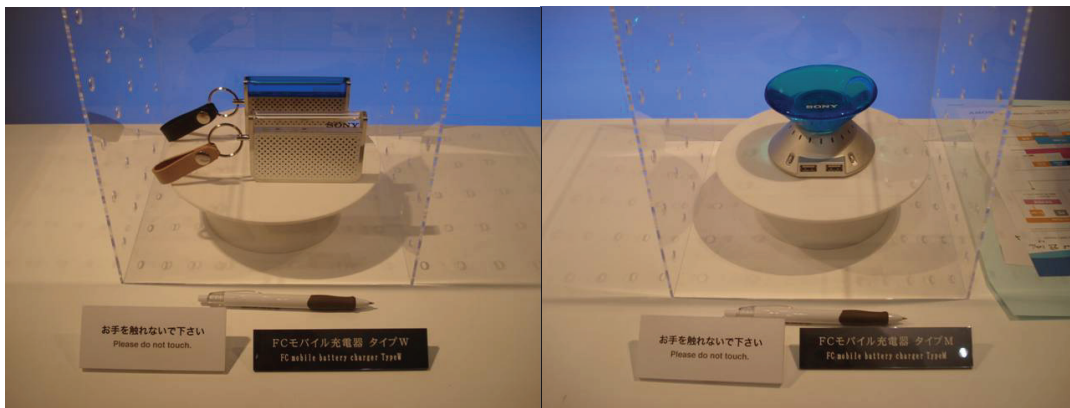
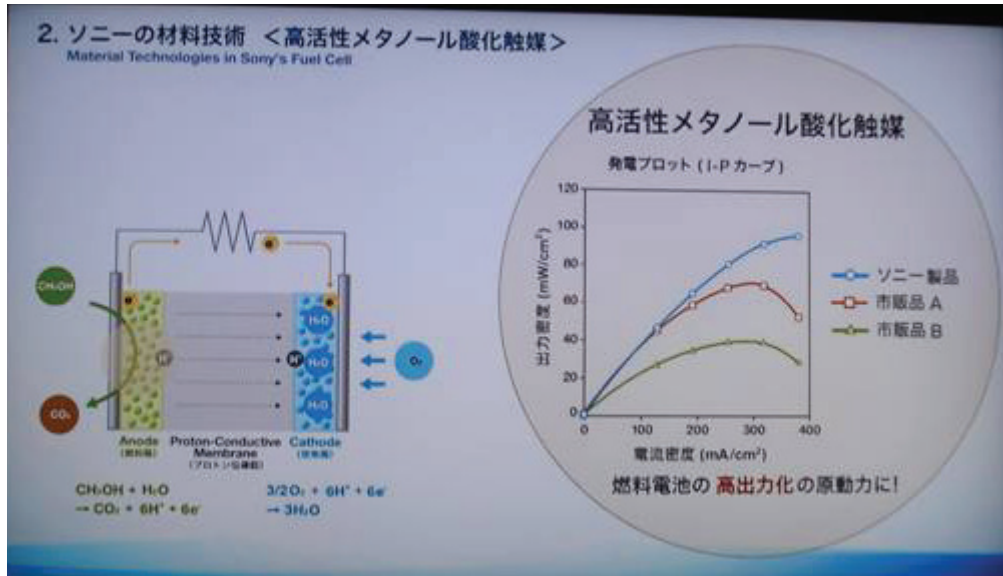
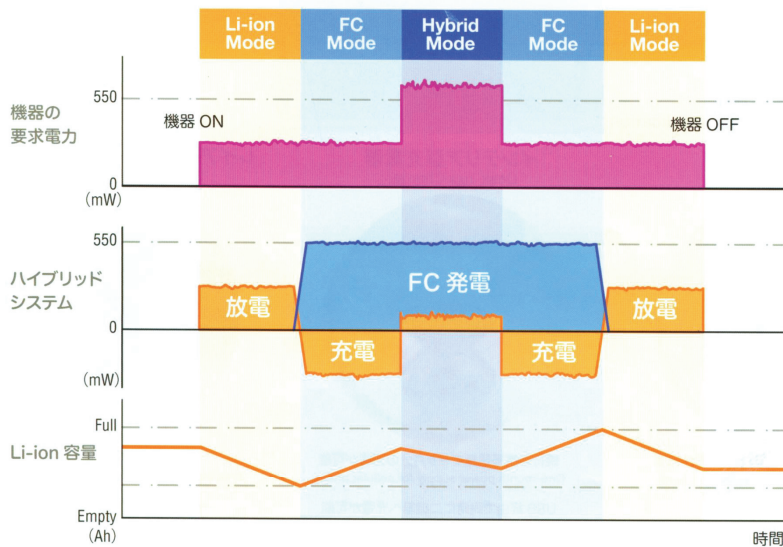


圖 8 SONY 公司展示之 3 款 DMFC 概念產品



電力需要とLi-ion電池残量に応じたモード遷移の例 Schematic diagram of the mode transition of hybrid DMFC system



(お問い合わせ先) ソニー株式会社 先端マテリアル研究所 妹尾 直  
(E-mail) Tadashi.Senoo@jp.sony.com

SONY

圖 9 SONY Hybrid DMFC System 出力模式

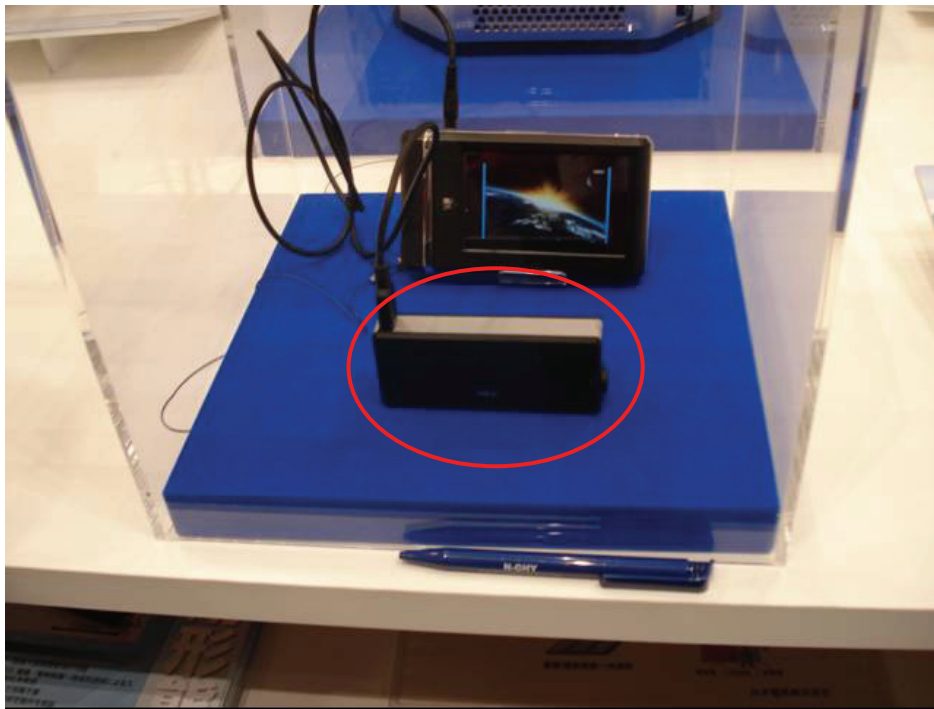


圖 10 NEC 公司展示之 3W Portable DMFC



圖 11 HITACHI 公司展示之 100W Portable DMFC



圖 12 Fujikura 公司展示之 10W Portable DMFC



圖 13 YAMAHA 公司展示 1kW DMFC 應用於輕型機車



圖 14 台灣的 Syspotek(思博科公司)展示之 3.5W Portable DMFC

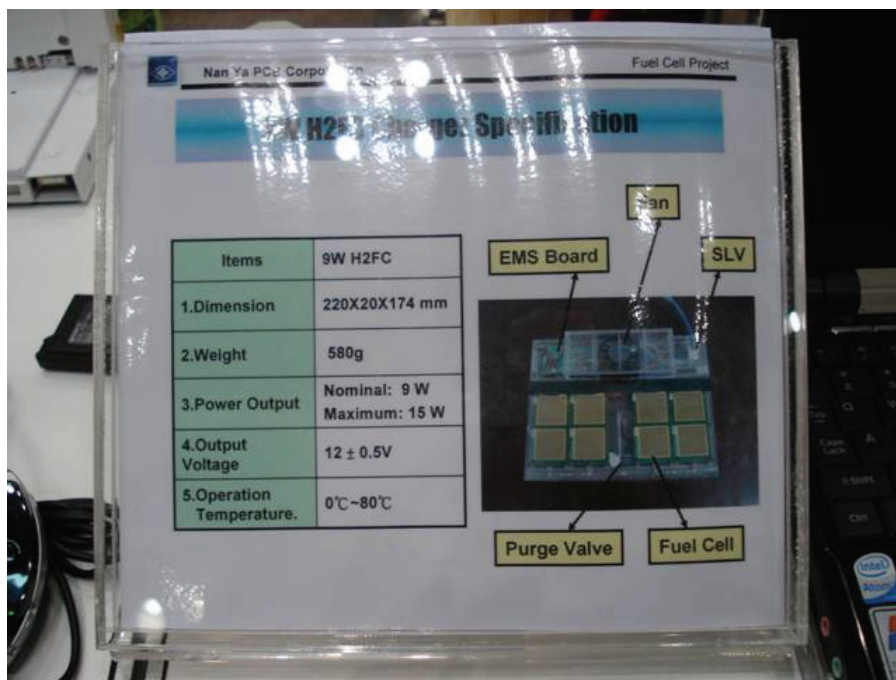


圖 15 台灣的 Nan Ya PCB(南亞 PCB 公司)展示之 25W Portable DMFC

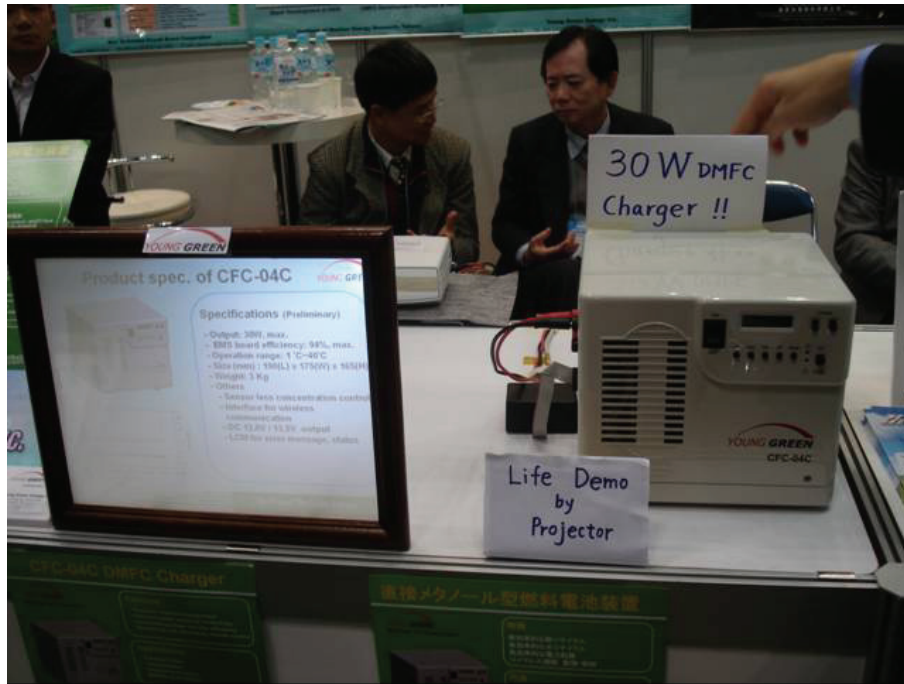


圖 16 台灣的 Young Green(揚光綠能公司)展示之 30W Portable DMFC

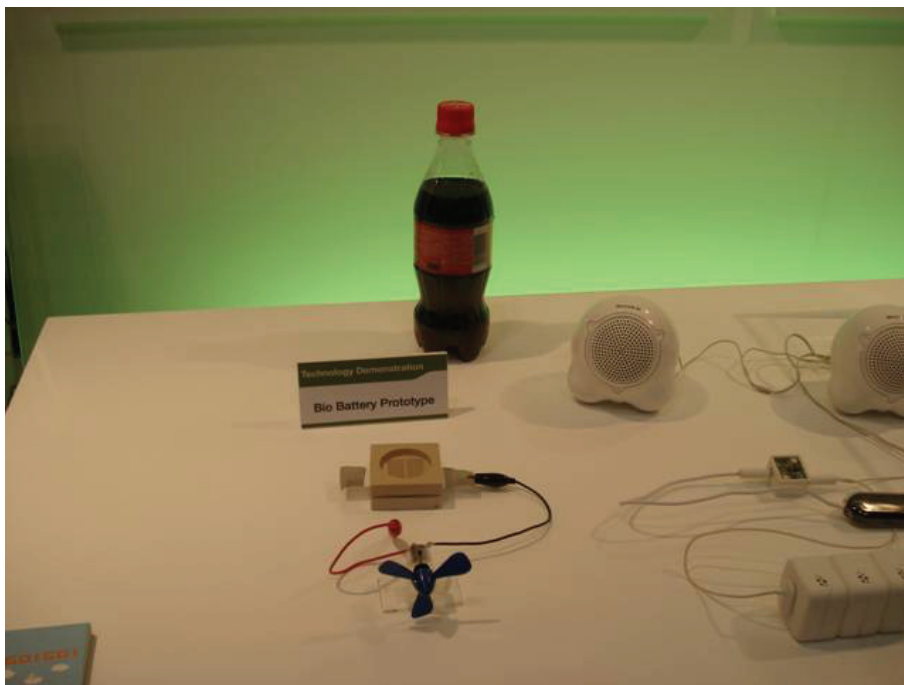


圖 17 SONY 公司展示之 Bio-Battery



圖 18 ACTA 公司展示 100W 直接乙醇燃料電池系統(DEFC)



圖 19 Horizon Fuel Cell Technologies 公司展示 250W PEMFC 應用於電動腳踏車







HydroPak 本体	
電源	30W
DC出力	5V@0.5A (USB 2.0)
	12V 2.5A最大 (シガーライター)
AC出力 (60Hz)	100V 220V 230V 240V
サイズ (cm)	32 x 26 x 13
重量 (カートリッジ除)	2.5 kg
総重量 (カートリッジ含)	3.6 kg
始動時間	1から2分
使用環境	1-35°C
ユーザーインターフェース	LCDディスプレイインジケーター

HydroPak カートリッジ	
発電容量	270 Wh
保存可能期限 (乾燥/非アクティブ時)	半永久
保存可能期限 (発電開始後)	30日
発電可能回数 (始動-停止-再始動)	10回まで可
発電制御方法	ブラダーシステム
乾燥時重量	600g
注水後重量	1.2kg
サイズ (cm)	23.5 x 10

圖 20 Horizon Fuel Cell Technologies 公司展示之 30 W HydroPak 可攜式電源

Specifications of new prototypes		Panasonic ideas for life	
Panasonic Corporation Energy Company . Technology Development Center			
	Multi-charger	Laptop computer power supply	
Overview			
Max. output	20 W (when combined with a high-power Li-ion battery)		
Ave. output	10W		
Volume	Approx. 360cc	Approx. 270cc	
Weight	Approx. 350g	Approx. 320g	
Fuel	Methanol		
Runtime	Approx. 20 hours (using 200 cc of fuel)		

Feb. 27th, 2009 FCEXPO 2009

圖 21 Panasonic 公司發展之 10 W DMFC

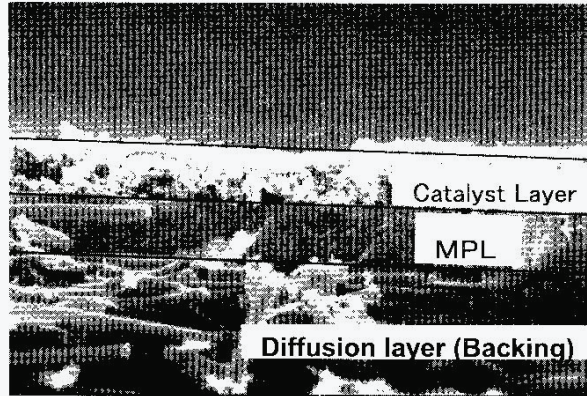
Feature of Electrode for highly concentrated fuel

➤ Original designed Micro Porous Layer

Porous layer consist of carbon black and PTFE mixture

① Function of controlling water and methanol transport

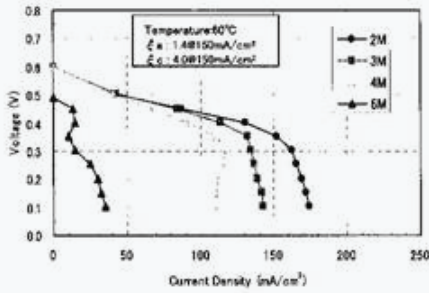
② Reduction of contact resistance between catalyst layer and diffusion layer



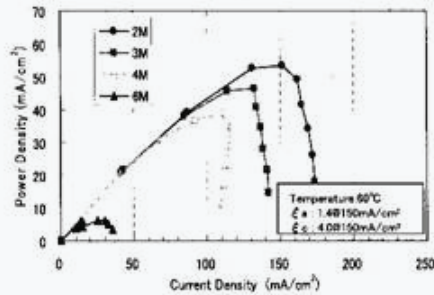
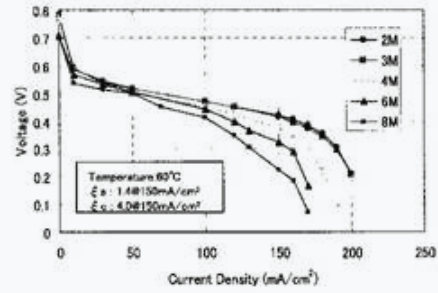
Performance of novel MEA

Conventional MEA

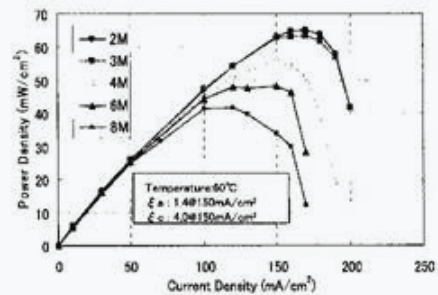
Novel MEA for highly concentrated fuel



I-V  
curve



I-P  
curve





Feb. 27th, 2009

FCEXPO 2009

圖 22 Panasonic 公司 MEA 主要是改良陽極層之 Micro Porous Layer

## Comparison of Fuel Cells & Batteries

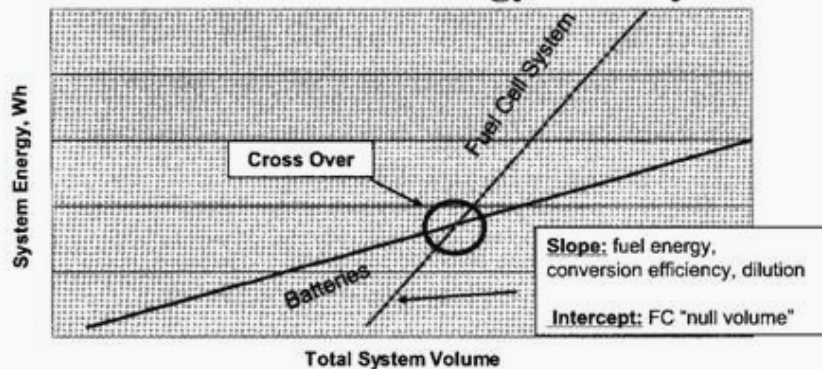
	Rechargeable Batteries		Fuel Cell			
		(Li-Ion)				
Power Density		++		-- (10-100X lower)		
Energy Density		+		++ (3-5X higher?)		
Inputs & Outputs	Electrons (Heat)		Electrons (Heat)	Fuel Air		Electrons Water Vapor (CO2) Heat
In/Out Efficiency		90-95% (depending on discharge rate)	Balance is heat		20-50% (fuel energy to electrical energy)	Balance is heat

Functional Differences Between Micro Fuel Cells and Battery Packs Integrated in Portable Electronic Products  
 UL 2265 - Working Group 15  
<http://www.ul.com/dge/fuelcells/whitepaper.pdf>

FC EXPO 2009

Fig. 20, 2009

## Fuel Cell Energy Density



Fuel cells can offer higher energy density (Wh/l), above a critical volume

**Key development challenges:**

- Shrink FC "null volume"  
(function of required application power and FC power density)
- Maximize fuel energy and conversion efficiency

圖 23 Fuel Cell 與 Battery 性能之比較

### A Fuel Cell Solution for Cell Phones Is Particularly Challenging Because of Space Limitations.

• Requirements:

- Meet all the requirements of Li ion battery
- + longer lasting and fast refill (replace cartridge) *in the same space!*



Designed to fit inside phone  
Similar volume, generating 2x  
talk time with easy recharge



8cc battery

Replace 8cc Battery with  
FC + Fuel cartridge + small battery  
*In same volume !*

### Our Vision for How the Micro Power System Would Look

RAZR Battery (SNN5696B): 8cc  
3.7V, 680mAh and ED: 320Wh/L



Battery: 2 cc  
Supercap: 1 cc  
Fuel Cell: 1 cc  
Fuel: 4 cc  
Total: 8 cc



Supercap (optional)

Each fuel cell die has 6 serially connected arrays of hundreds of cells connected in parallel



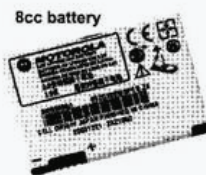
-4V, 250 mA

five fuel cell dies, 1 control chip

4cm x 2cm x 0.1cm

### Since Fuel Takes Up Most of the Available Space, the Micro Fuel Cell Stack Must Fit into 1 cm<sup>3</sup>

- Volumetric power density of “traditional” planar fuel cell designs is constrained by their 2D active area
- Non-planar (3D) fuel cell designs provide higher active area to volume ratios: higher volumetric power densities
- Another benefit is that by keeping fuel space as large as possible, energy density is optimized.



8cc battery



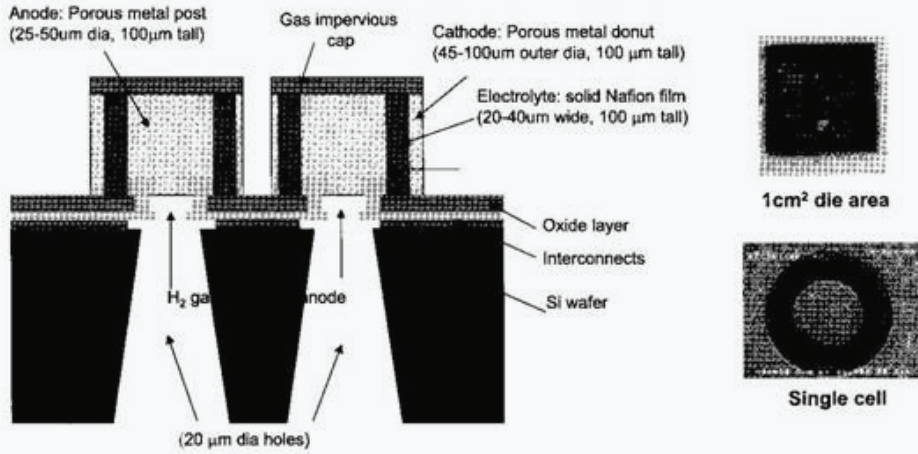
Fuel Cartridge  
(quick recharge, disposable)

Micro Fuel Cells  
(5-1 cm<sup>2</sup> die area  
0.5 mm thick)  
+ control chip

圖 24 Motorola 公司發展之 3D Micro Fuel Cellse 概念

## Design Has 6 Fuel Cell Arrays of 600 cells

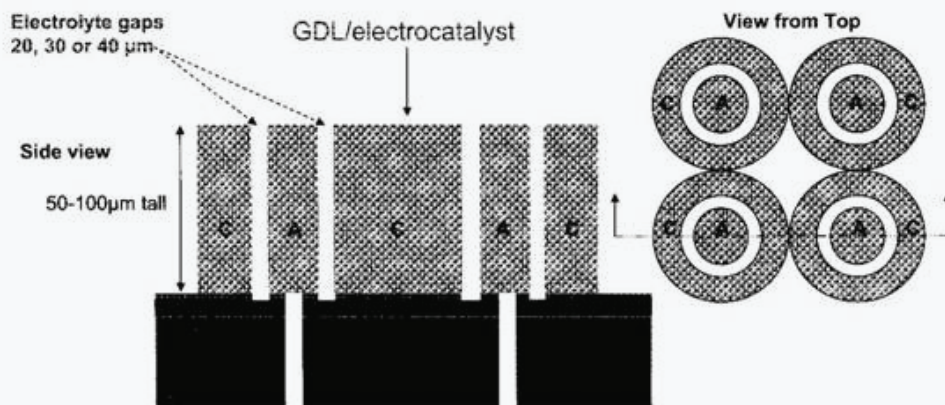
Schematic Cross-Section View



When the arrays are connected in series, the target performance of each die is 150mA at 4V = 600mW/cm<sup>2</sup>

FC EXPO 2009

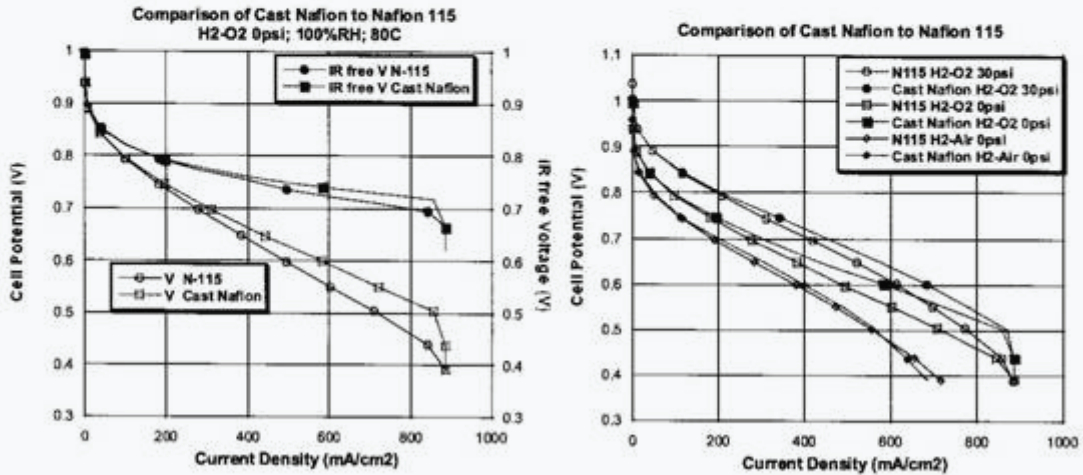
## 3D Fuel Cells are 2D Fuel Cells Placed on Their “Sides”



- Geometry is not limited to linear in a 3D design.

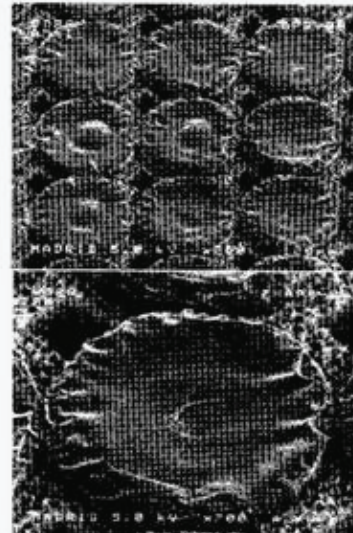
圖 25 Motorola 公司發展之 3D Micro Fuel Cells

## 2D Fuel Cell Testing Results Using Our Cast Nafion Film Indicated That Cast Nafion Should Perform Well in our 3D Device



FC EXPO 2009

## The Final Steps for Fabrication of the 3D Fuel Cell Arrays are Sealing the Nafion and Anode Region and Cleaning up the Cathode Region



Process still under optimization.

FC EXPO 2009

Feb. 27, 2009

圖 26 Motorola 公司發展之 3D Micro Fuel Cells



圖 27 台灣的 Optodisc (遠茂) 展示之 MEA

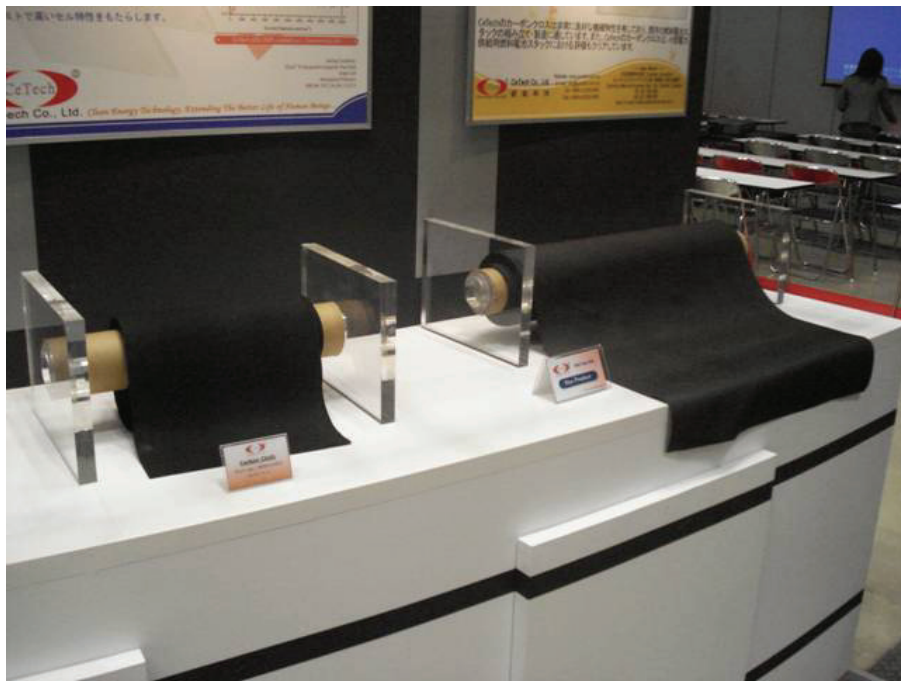


圖 28 台灣的 CeTech(碳能) 展示之氣體擴散層(GDL)



圖 29 光騰光電公司(General Optics Corp)展示之產氫系統



圖 30 碧氫公司(Green Hydrotec Inc)展示之甲醇製造氫氣系統



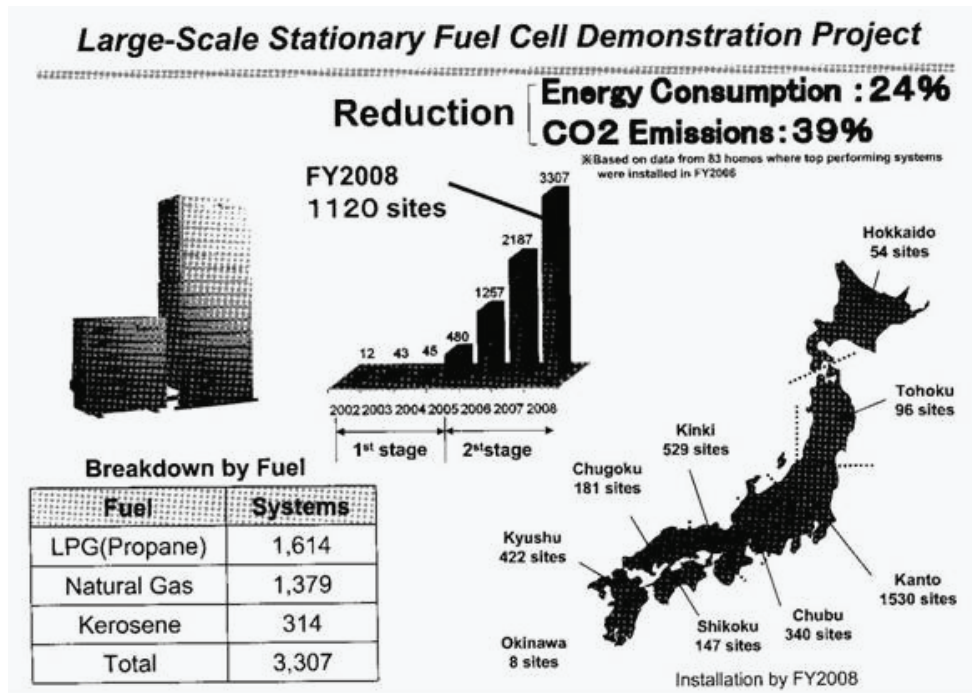


圖 31 日本 PEMFC 定置型 1kW 系統設置現況

### < Reference > The market prospect of Residential fuel cells

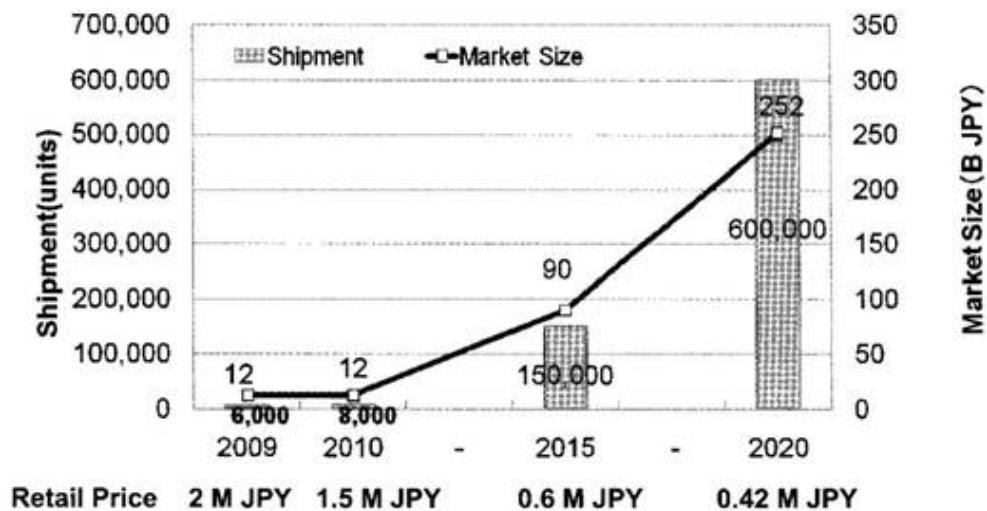


圖 32 日本在 PEMFC 定置型系統，市場產量與產值預測

### Cost Reduction, Specification Result and Target (Case of LPG unit)

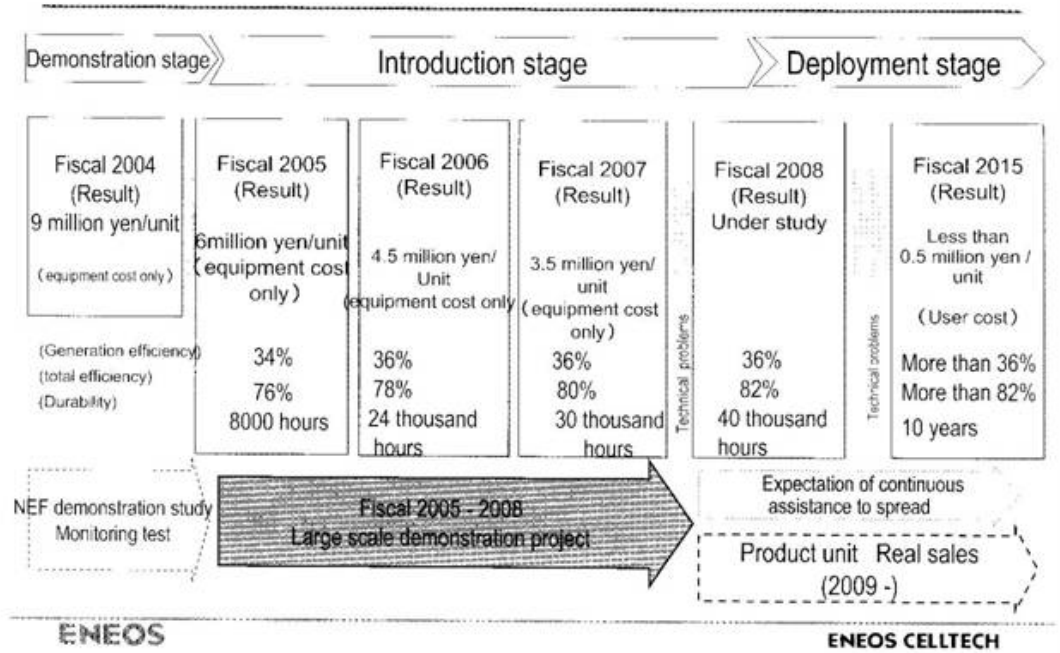


圖 33 日本定置型 PEMFC 價格、效率與耐久性發展歷程(以 LPG 為例)

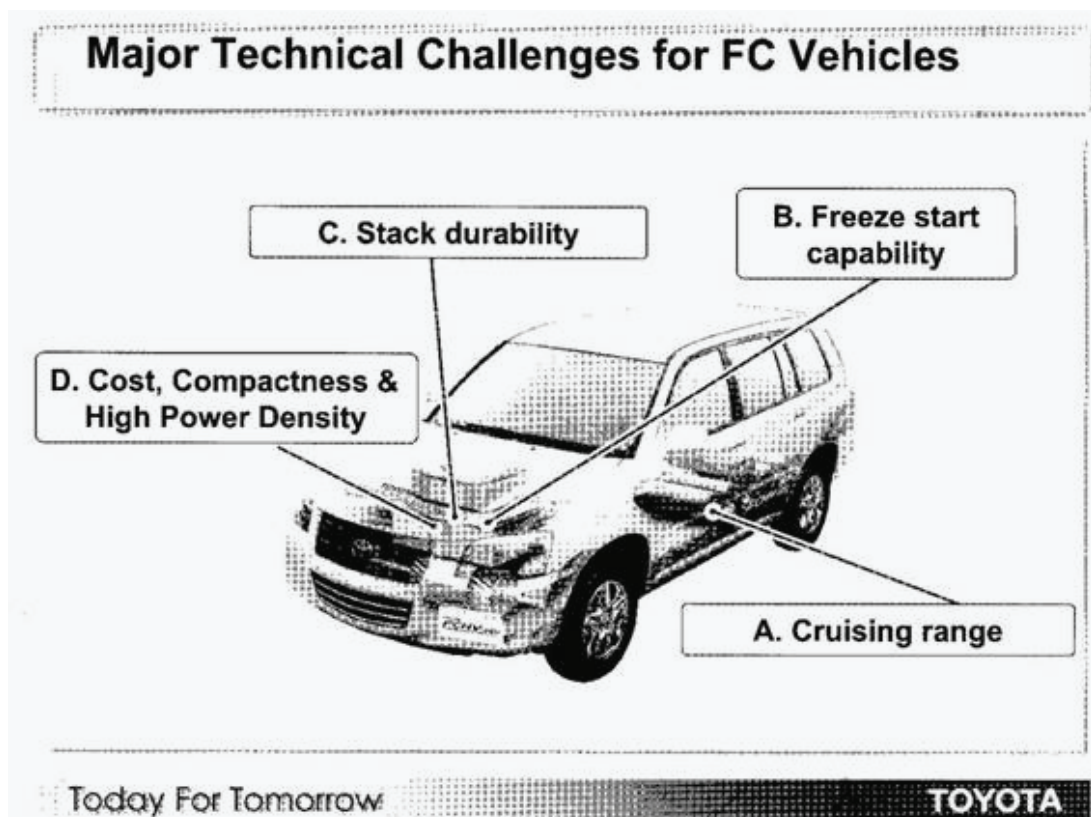





圖 34 燃料電池車主要技術挑戰

## Each Automaker's FCV Deployment

Automaker	<b>HONDA</b> The Power of Dreams	DAIMLER	<b>GM</b>	<b>NISSAN</b>
Model Name	FCX Clarity	B-Class F-Cell	Equinox	X-TRAIL (2005 model)
Appearance				
Introduction	Jul. 2008 in USA Nov. 2008 in Japan	Under development targeting 2010	Jan. 2008 in USA	Early 2010 in Japan & USA
FC max. output	100 kW	90 kW	93 kW	90 kW
FC stack	HONDA	Ballard	GM	NISSAN
Hydrogen storage (num.)	35 MPa tank (1)	70 MPa tank (2)	70 MPa tank (3)	35 MPa tank 70 MPa tank
Cruising range (test cycle)	570 km (LA#4)	400 km (N/A)	320 km (N/A)	370 km (N/A) 500 km (N/A)
HV Battery	Li-ion	Li-ion	Ni-MH	Li-ion

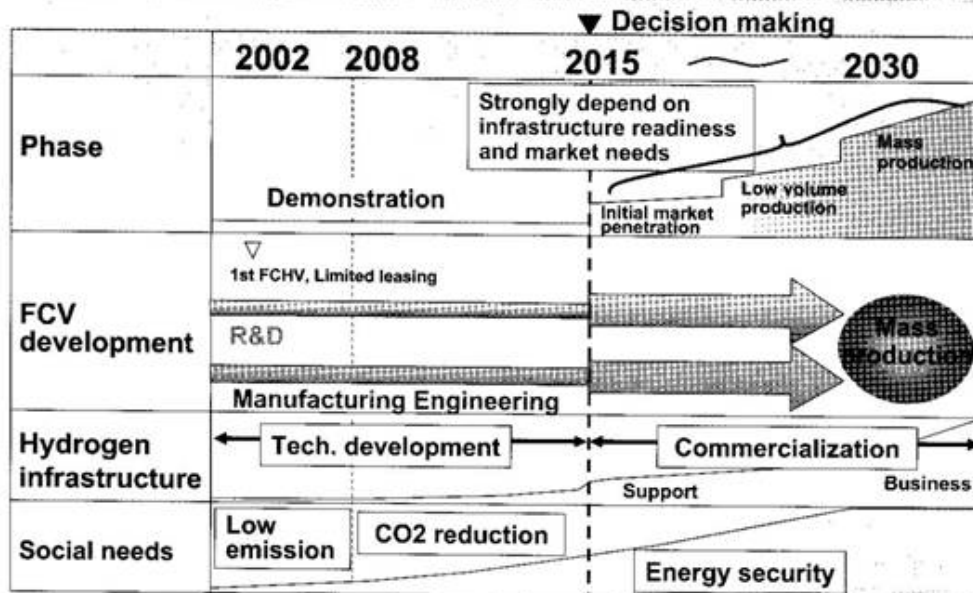
Source of pictures: each automaker's web site

Today For Tomorrow

TOYOTA

圖 35 國際汽車大廠燃料電池車發展比較表。

## Current Forecast of FCV Commercialization



Today For Tomorrow

TOYOTA

圖 36 燃料電池車商品化預測