

出國報告（出國類別：實習）

## 氫能與燃料電池技術研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張書維 化學研究專員

派赴國家：日本

出國期間：106年2月28日至3月8日

報告日期：106年5月8日



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：氫能與燃料電池技術研習

頁數 43 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電 人資處/陳德隆/ (02) 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

張書維/台灣電力公司/綜合研究所/化學研究專員/ (02) 8078-2252

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：106 年 2 月 28 日至 3 月 8 日

出國地區：日本

報告日期：106 年 5 月 3 日

分類號/目

關鍵詞：氫能、燃料電池、儲能、智能社區

內容摘要：(二百至三百字)

本次任務乃針對氫能與燃料電池技術，派員赴日本研習氫能與燃料電池技術，以了解其技術發展與應用現況，本次實習內容可概略分為智慧能源展技術調查、日本燃料電池應用與發展與北九州智能社區等共 3 部分。透過展覽觀摩，蒐集包含氫能與燃料電池發電技術、儲能與智慧電網技術、生質能發電技術與其他智慧能源相關技術；藉由參訪橫濱市政府、相關之氫能設施以及私人公司，了解日本政府推動氫能之現況及應用端的技術發展，內容包括加氫站與獨立型氫能設施、氫氣儲存與運輸技術、燃料電池汽車與家用型燃料電池系統；而氫能與燃料電池應用的實踐，則透過參訪北九州智能社區的實施現況，包含能源管理系統、氫能相關設施以及生態住宅等，了解未來除了氫能社會外，日本對於未來能源趨勢的想像與藍圖。相關技術與成果值得參考，也有助於相關研究計畫之推行。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目錄

出國報告書審核表.....	1
出國報告提要.....	2
目錄.....	3
圖表目錄.....	4
第一章 前言.....	5
1.1 任務之起源.....	5
1.2 任務之目標.....	5
1.3 行程與內容.....	6
第二章 心得報告.....	7
2.1 智慧能源展技術調查.....	7
2.1.1 國際智慧能源展概述.....	7
2.1.2 氫能與燃料電池發電技術調查.....	10
2.1.3 儲能與智慧電網技術調查.....	17
2.1.4 生質能發電技術調查.....	19
2.1.5 其他能源相關技術調查.....	22
2.2 日本燃料電池應用與發展.....	23
2.2.1 政府推動氫能現況.....	23
2.2.2 加氫站與獨立型氫能設施.....	25
2.2.3 氫氣儲存與運輸.....	29
2.2.4 燃料電池汽車.....	30
2.2.5 家用型燃料電池系統.....	32
2.3 北九州智能社區.....	35
2.3.1 緣起與架構.....	35
2.3.2 能源管理系統.....	37
2.3.3 氫能相關設施.....	39
2.3.4 智能社區生態住宅.....	40
第三章 感想與建議.....	42
參考資料.....	43

## 圖表目錄

圖 1 MSC(Metal Supported Cells)示意圖 .....	14
圖 2 MHI- Hybrid-FC 250 外觀及其規格 .....	15
圖 3 MHI- Hybrid-FC 250 發電系統構造示意 .....	15
圖 4 Toshiba 100kW 燃料電池系統 .....	16
圖 5 Toshiba-H <sub>2</sub> OMEGA 電解製氫系統示意 .....	16
圖 6 KOBELCO 提出關於生質能發電之熱源輸出配置示意 .....	21
圖 7 運用生質能達資源永續利用之循環系統示意圖 .....	21
圖 8 虛擬電廠實證計畫 .....	22
圖 9 小型無人機進行架空導線目視檢測 .....	23
圖 10 參訪橫濱市政府簡報情形 .....	24
圖 11 氫能推廣使用的各項技術課題 .....	25
圖 12 日本加氫站分布一覽 .....	26
圖 13 橫濱加氫站參訪情形 .....	27
圖 14 橫濱加氫站參訪情形 .....	28
圖 15 獨立型氫能設施 Toshiba H <sub>2</sub> One 構造示意圖 .....	28
圖 16 千代田化工所有機氫化物吸脫附試驗設備外型 .....	30
圖 17 千代田化工所有機氫化物吸脫附試驗設備構造說明 .....	30
圖 18 Nissan 汽車公司交流討論情形 .....	32
圖 19 Nissan 公司燃料電池堆發展的進程 .....	32
圖 20 家用型燃料電池系統概要 .....	33
圖 21 家用型燃料電池系統比較 .....	33
圖 22 東京瓦斯討論交流情形 .....	34
圖 23 家用型燃料電池系統銷售情形 .....	35
圖 24 北九州智能社區的電力來源結構 .....	36
圖 25 北九州智能社區 CEMS 簡化架構 .....	37
圖 26 北九州智能社區 CEMS 中控室側拍 .....	38
圖 27 北九州智能社區的動態定價機制 .....	39
圖 28 北九州氫能城的氫能設施分布 .....	40
圖 29 北九州生態住宅結構與特點示意 .....	41
表 1 2017 年日本東京國際智慧能源展參展廠商簡要分布 .....	8
表 2 FC EXPO 展覽主題分布 .....	9
表 3 BATTERY JAPAN 展覽主題分布 .....	9
表 4 INT'L SMART GRID EXPO 展覽主題分布 .....	9
表 5 THERMAL POWER EXPO 展覽主題分布 .....	10
表 6 燃料電池發電技術調查-1 .....	10
表 7 燃料電池發電技術調查-2 .....	11
表 8 燃料電池發電技術調查-3 .....	12
表 9 儲能與智慧電網相關技術調查 .....	17
表 10 生質能發電相關產品調查 .....	20

# 第一章 前言

## 1.1 任務之起源

政府積極推動我國再生能源發電占比於 2025 年達 20% 目標任務，氫能源與燃料電池技術同時兼具創能與儲能之特點，其中燃料電池之具有極高之能量利用效率與可使用燃料種類多之優勢，可作為獨立運作之分散式發電系統，減少中央供電系統在電力運輸過程之能量損耗，另外，其可模組化之設計，也可作為再生能源盈虧發電之調節功能。

本年度擬針對氫能源與燃料電池技術，對現行相關技術進行收集、歸納與評估，掌握研究領域的發展趨勢與實況，並與其他研究人員交流吸收經驗，將有利於技術的引進與後續推行。

## 1.2 任務之目標

本次出國任務目標為 (1) 有關氫能與燃料電池於微型電網與分散型能源之應用、資料彙整、觀念啟發與技術引進。(2) 在最新資訊輔助觀摩下，其利用氫能、燃料電池及先進儲能技術觀念，加速完成相關技術方案的規劃與執行。

本次實習內容可概略分為(1)智慧能源展技術調查、(2)日本燃料電池應用與發展與(3)北九州智能社區等共 3 部分。透過展覽觀摩，蒐集包含氫能與燃料電池發電技術、儲能與智慧電網技術、生質能發電技術與其他智慧能源相關技術；藉由參訪橫濱市政府、相關之氫能設施以及私人公司，了解日本政府推動氫能之現況及應用端的技術發展與使用現況，內容包括加氫站與獨立型氫能設施、氫氣儲存與運輸技術、燃料電池汽車與家用型燃料電池系統；而氫能與燃料電池應用的實踐，則透過

參訪北九州智能社區的實施現況，包含能源管理系統、氫能相關設施以及生態住宅等，了解未來除了氫能社會外，日本對於未來能源趨勢的想像與藍圖。

### 1.3 行程與內容

日期	前往機構	詳細工作內容
02/28	台北→東京	路程
03/01- 03/02	FC EXPO 2017	智慧能源展技術調查，研習氫能與燃料電池技術
03/03- 03/05	Nissan汽車公司/橫濱市政府/千代田化工所	燃料電池汽車之發展推動經驗/橫濱加氫站，再生能源產氫之可行性/氫氣儲存與運輸技術
03/06	東京瓦斯/移動	日本氫燃料電池企業(家用型燃料電池)之發展推動經驗/移動(東京→北九州)
03/07	北九州智能社區	參訪北九州氫能城
03/08	東京→台北	路程

## 第二章 心得報告

### 2.1 智慧能源展技術調查

#### 2.1.1 國際智慧能源展概述

為了解目前關於氫能與燃料電池的最新情形，並蒐集關於低碳發電、儲電技術與其他智慧能源之資料，職參加於 2017 年 3 月 1~3 日於日本東京有明國際展覽中心（Tokyo Big Sight）舉辦的國際智慧能源展，展覽包括 FC EXPO 2017 第 13 屆國際氫能與燃料電池展、BATTERY JAPAN 第 8 屆國際二次電池展、PV EXPO 2017 第 7 屆國際太陽能發電展、PV SYSTEM EXPO 第 8 屆國際太陽能發電系統展、WIND EXPO 2017 第 5 屆國際風力發電展、INT'L SMART GRID EXPO 第 7 屆國際智慧電網展、BOIMASS EXPO 第 2 屆生質能展、ENERGY MARKET LIBERALISATION EXPO 電力市場自由化展、THERMAL POWER EXPO 第 1 屆次世代火力發電展等共 9 個展覽，分別於展覽中心的東、西兩棟舉行。

據主辦單位統計 3 天的展覽共有 62,424 位參觀人數，1,373 個參展廠商，其中日本參展數為 8,85，占整體的 64.5%，台灣的廠廠商則有 19 家參展，依國籍及展覽內容分布如表 1 所示。FC EXPO 參展的台灣公司分別為新力能源(PEM 燃料電池電池堆、燃料電池無人機)、聚眾聯合科技(更換式燃料電池電源、燃料電池手電筒)、群翌能源(燃料電池測試系統、kW 級發電系統)、順德工業(PEMFC 金屬雙極板)、揚志(PEMFC 膜電極組)等，BATTERY JAPAN 參展的台灣公司有瑞璟實業(鋰離子電池)、喬信電子(機車用鋰離子電池)、佐茂(電池模組)、非凡能源(太陽能

用磷酸鋰鐵電池儲能系統)、維洋科技(鋰離子電池)、昇陽國際半導體(鋰離子電池與電池組)、台灣區電機電子工業同業公會、尚智精密化學(磷酸鋰鐵電池材料)等,PV EXPO 參展的台灣公司有聚恆科技(太陽光電系統整合)、明徽能源(多晶矽太陽能電池片)、新日光能源科技(BiFi 雙面矽晶太陽能電池)、鑫盈能源(再生能源系統)、台灣奈米碳素(奈米碳電極材料)、元晶太陽能科技(結晶矽太陽能電池、模組及太陽能電廠建造)等。另分別對 FC EXPO、BATTERY JAPAN 以及 THERMAL POWER EXPO 等展覽主題分布進行整理,如表 1~表 5 所示,部分展覽內容具有重複的主題性質,可簡要了解各展覽之重點發展項目。

表 1 2017 年日本東京國際智慧能源展參展廠商簡要分布

展覽名稱	全部國籍	日本	台灣
FC EXPO	220	138	2
BATTERY JAPAN	277	143	8
PV EXPO	143	60	7
PV SYSTEM EXPO	236	142	1
WIND EXPO	147	98	1
INT'L SMART GRID EXPO	101	77	0
INT'L BIOMASS EXPO	86	77	0
THERMAL POWER EXPO	141	130	0
ENERGY MARKET LIBERALISATION EXPO	22	20	0
總計	1375	885	19

表 2 FC EXPO 展覽主題分布

FC EXPO	
Device/Material/Component	53
Testing/Masurement/Analysis	50
Manufacturing Technology/Equipment	42
Hydrogen Storage/Supply/Utilisation	107
Fuel Cell System/Product/Equipment	67

表 3 BATTERY JAPAN 展覽主題分布

BATTERY JAPAN	
Device/Material/Component	90
Testing/Masurement/Analysis	57
Manufacturing Technology/Equipment	68
Rechargeable Battery, Energy Storage Technology	106
Various Processing Technologies	34

表 4 INT'L SMART GRID EXPO 展覽主題分布

INT'L SMART GRID EXPO	
Rechargeable Battery, Energy Storage Technology	27
Smart Grid, Energy Management	77
Hydrogen Storage/Supply/Utilisation	42
PV Power Generation System, Equipment	48
Wind Energy	42
Biomass-related Technology	42

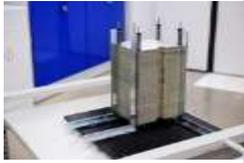
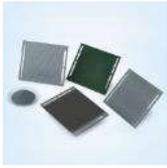
表 5 THERMAL POWER EXPO 展覽主題分布

THERMAL POWER EXPO	
Operation & Maintenance	64
Various Processing Technologies	98
Thermal Power Generation System	98

### 2.1.2 氫能與燃料電池發電技術調查

FC EXPO 展場與本次任務相關的內容整理如下表 6~8 所示。

表 6 燃料電池發電技術調查-1

參展廠商	國籍	產品特色	備註
SUNFIRE GMBH	GERMANY	<p><b>Highly efficient, onsite, low-cost hydrogen production for industries</b></p> <p><b>Applications:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Industry: Metallurgy / Float Glass / Electronics and Chemicals</li> <li>- Mobility: Refineries / Fueling Stations</li> <li>- Energy Storage: Island Grids / Peaker Power</li> </ul> <p><b>Advantages:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Highest system efficiency through heat utilization (&gt;80% LHV)</li> <li>- Lowest hydrogen production costs compared to legacy technology (&lt;5 euro/kg)</li> <li>- Reversible: operation as electrolysis or fuel cell</li> <li>- Scalable design</li> </ul>	
ELCOGEN	Finland	<p><b>SOFC Stacks</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planar ASC based stacks optimized for 600-700C operating temperature</li> </ul> <p><b>SOFC unit cells</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anode supported cell with working temperature optimized to 650C</li> </ul>	
PLANSEE SE	Austria	<p><b>Interconnects</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chromium-based and ferritic interconnects for SOFC fuel cells for ASC and ESC applications</li> <li>- near-net shape interconnects in large scale production at low costs.</li> </ul> <p><b>Metal Supported Cells (MSC)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- metal-supported cells in customer-specific shapes.</li> <li>- metal-supported stack is in development and available soon.</li> </ul>	 

		-short start-up time, low weight and long service life which can tolerate a large number of on-off cycles.	
GREENLIGHT INNOVATION	Canada	<b>Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) Test Equipment</b> -Full testing capacity for fuel cells <b>Flow Battery Test Stations</b> -Load/power supply modules, automated control of flow, pressure and temperature of electrolyte fluids, cell voltage monitoring, 3-level safety system and computer with Emerald dynamic automation software.	
BOSCH CO.	GERMANY	<b>H<sub>2</sub> Dosing valve</b> -Small packaging, up to 120kW, Low noise - Robust, H <sub>2</sub> resistant design for automotive use - Low pressure-pulsation load on stack - High mass flow @ small outer dimensions	

表 7 燃料電池發電技術調查-2

參展廠商	國籍	產品特色	備註
CERA-FC CO., LTD	Korea	<b>SOFC materials, unit cells and stack</b> <b>Cathode:</b> LSCF-NP、LSCF-FP、LSM-FP、BSCF-FP、SSC-FP、LNF-FP、LT-CCC <b>Electrolyte:</b> YSZ、ScYbSZ、ScSZ、LSGM-9182、LSGM-8282、GDC、SDC、BZY-20 <b>Anode:</b> 3YSZ-CP、8YSZ-CP、NiO-NP、NiO-FP、NiO-CP、NiO/YSZ <b>Interconnect:</b> MCF、MCF-APS、LST-37、LCSCCNZ	
STX HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.	Korea	<b>1kW SOFC System</b> -Key components of BOPs -SOFC System Engineering / Test <b>&lt;Product Specification&gt;</b> - Electrical power [kW] 1.0 ~ 1.2 - Electrical Efficiency (LHV) [%] >= 45 - Cogeneration efficiency [%] >= 85 - Fuel CITY GAS (13A)	
MICO LTD	Korea	<b>QubePower (SOFC Stack)</b> - Systematic quality control process for repeatable performance of 1~2.5kW SOFC - Various approaches for precision stacking technology and accurate evaluation methods - Focusing on mass production & low cost  <b>SOFC Prototype system for a field test (continuous operation)</b> - 2kW SOFC system within 2.5kW stack	

		targeting over 45% electrical efficiency (Total efficiency ~90%) - Development of 5kW SOFC-Engine hybrid system - Development of SOFC operation with various fuel (Hydrogen, Natural gas, Bio gas and so on)	
MAGNEX CO., LTD..	Japan	<b>SOFC Stack, SOEC Stack, Measurement Jig for Cell and Button cell.</b> -Easy handling, low cost stack <b>600~700C Cell for SOFC, Powder and Paste</b> -Low temperature operation SOFC Cell, powder and Paste - can be operated at 600~700 degrees made by Elcogen. - Half Cell with round shape or square shape and button type are available <b>SOFC Test Station</b> - Multi functions, low cost, auto sequence program	 
SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.	Japan	<b>DC800W SOFC Cell Stack</b> -Development and production of high efficiency SOFC cell stack and hot module	
MIURA CO., LTD.	Japan	<b>5kW-Class SOFC</b> -Highly efficient SOFC conegeration system (under development) -Electirical efficiency 48% -Heat recovered as hot water -Output AC4.2kW -Total efficiency 90%(LHV.) -Stable supply of heat and power -Small Footprint -Down-sizing of SOFC stack makes system compact and easy to install	

表 8 燃料電池發電技術調查-3

參展廠商	國籍	產品特色	備註
新力能源	Taiwan	<b>Fuel Cell Stack for Unmanned Aerial Vehicle(UAV)</b> The weight of fuel cell stack is only 2.1kg.  Air Cooling PEM Fuel Cell Rated Power: 500w@39.6V Number of Cells: 66 Stack Weight: 2.1kg	

聚眾聯合科技	Taiwan	<p><b>Refueable fuel cell power bank</b></p> <p>-Let user with no worries about electric charging by changing the fuel cell battery box after power starvation.</p> <p><b>Fuel cell flashlight</b></p> <p>-In the case of situation with no power resource like climbing providing enough power for flashlight use by feed the fuel cartage in.</p>	
群翌能源	Taiwan	<p><b>Fuel Cell Test Station for System Performance Evaluation and Activation</b></p> <p>-Quick Assurance</p> <p>-Fuel Cell Stack Activation</p> <p>-Durability Test</p> <p>-Automatic Test Execution</p> <p>-Wide E-load Compatibility</p> <p>-Verified Humidity</p> <p>-Reproducibility</p> <p>-Cost Effective</p> <p>-Complete Safety Protection</p>	
順德工業	Taiwan	<p><b>Metallic bipolar plate for PEMFC</b></p> <p>-Thinnest thickness of substrate is 0.08mm.</p> <p>-Assemble and install 0.6 KW, 1.2 KW PEM FC with SDI metallic bipolar plate.</p>	
揚志	Taiwan	<p><b>Catalyst Coated Membrane</b></p> <p>-Direct coating technology to manufacture MEAs</p> <p>-High performance and durability.</p> <p>-MEAs' power density can go higher than 1W/cm2 at ambient pressure as the cathode.</p> <p>-Available biggest size: 280mm*600mm</p>	

關於燃料電池相關技術，較成熟的商業化 SOFC 產品仍停留在 kW 等級，德國、加拿大、芬蘭等歐洲廠商均有提供 SOFC 電池堆或系統所需之產品或特殊技術，例如 PLANSEE 以金屬支撐方式製作 SOFC 用電池(Metal Supported Cells)，如圖 1，由於其結構設計，特點為可承受較多的溫度循環次數，現已供貨與電池系統製作廠商。日本由於國家政策的關係，SOFC 或其他燃料電池產品也相對成熟，家用型 kW 等級商品有 Toshiba、Panasonic 與 Aisin 等 3 家廠商推出規格相異之商品，詳如後述。而韓國廠商除可供應從材料、單電池以及 kW 級的電池堆輸出外，已有系統輸出之能力，也有廠商已將陽極支撐型電池(Anode Supported

Cell, ASC)納入系統運作，希望能因此降低整體系統的成本。台灣廠商對於 SOFC 產品則多屬試驗機台與測試系統，以及其他零組件的代工生產，而在 PEMFC 部分有較多應用技術，新力能源(PEM 燃料電池電池堆、燃料電池無人機)、聚眾聯合科技(更換式燃料電池電源、燃料電池手電筒)、群翌能源(燃料電池測試系統、kW 級發電系統)、順德工業(PEMFC 用金屬雙極板)以及揚志(PEMFC 膜電極組)。整體 FC EXPO 展覽內容來看，展覽廠商已不限於單純的燃料電池原料或電池製作廠商，例如 BOSCH 以氫氣定量閥以及鼓風機等產品切入相關市場。

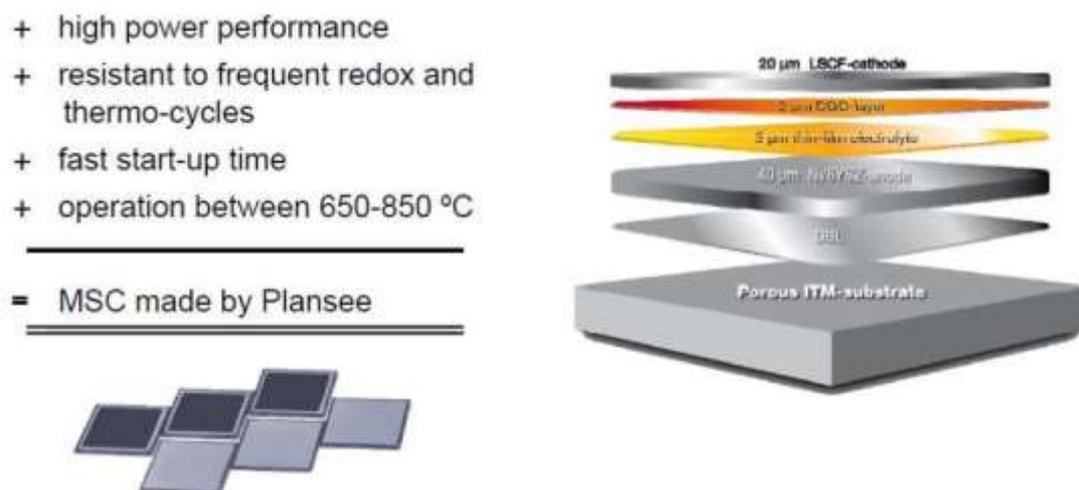


圖 1 MSC(Metal Supported Cells)示意圖

關於大型 SOFC 發電系統，日本三菱重工在本次展場展出 Hybrid-FC 250，外型示意以及規格如圖 2 所示，額定功率為 250 kW，淨效率為 55% (LHV)，其系統為 200kW 的 SOFC 燃料電池與微型氣渦輪機的系統結合，概略及實體如圖 3 所示，目前於東京瓦斯(Model 10)與九州大學(Model 15)各有一套示範系統，2 套系統的差異在於新系統減少約 40%的佔地面積，至今已有超過 4100 小時連續運轉的實績。



		250 kW SOFC-MGT hybrid system
Appearance		
Rated output	(kW)	250
Net efficiency	(%-LHV)	55
Total heat efficiency	(%-LHV)	73 (hot water), 65 (steam)
Dimensions of the unit	(m)	12.0 x 3.2 x 3.2
Operation		For cogeneration

These specifications indicate planned values.

圖 2 MHI- Hybrid-FC 250 外觀及其規格[1]

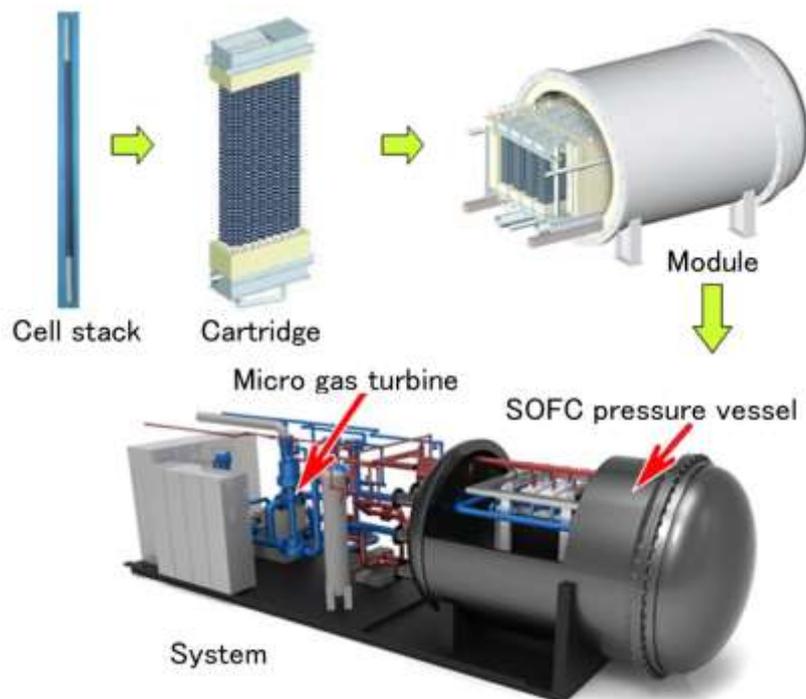


圖 3 MHI- Hybrid-FC 250 發電系統構造示意

此外，Toshiba 也發表關於 100kW 等級的燃料電池，其外型與型錄所述特點如圖 4 所示，電池型態為 PEMFC，熱電效率合計 90%，燃料為純氫氣，其特點為燃料氫氣由於循環系統的設計，其氫氣利用率達 96% 以上，第一台實績的買家為日本的德山化學公司，預計於 2017 年 2 月交貨，預期供電於德山集團旗下管理的游泳池，此外，Toshiba 目前正在研發名為 H<sub>2</sub>OMEGA 的產品，示意如圖 5，目標將電解水產氫作為電力儲存的途徑，採用 SOEC（Solid Oxide Electrolysis Cell）的技術，設計規模為 5MW，蓄電容量為 32MWh，預計 2020 年上市。



圖 4 Toshiba 100kW 燃料電池系統



圖 5 Toshiba-H<sub>2</sub>OMEGA 電解製氫系統示意

### 2.1.3 儲能與智慧電網技術調查

關於儲能與智慧電網相關的內容整理如下表 9 所示，MW 等級以上的儲能技術仍以住友的液流電池與 NGK 的 NaS 電池為較具競爭力的產品，因應智慧電網發展的趨勢，儲能電池搭配電網的能量管理系統 (EMS) 也有許多產品出現，三菱電機針對社區型的智慧管理系統已有北九州智能社區的實績，結合智慧電表、需量反應以及雲端管理系統等技術，預期可運用於能量管理、交通管理與智慧屋等應用，三菱重工則運用 IT 科技與人工智慧等，推出雲端能量管理服務針對能源之需求與管理進行能源最佳化，根據燃料殘餘量等相關數據預測發電量，預期可應用於生質能發電的能量管理，相關技術也可應用於能源的消費者，作為訂定契約容量與工廠能量運作管理的依據。

表 9 儲能與智慧電網相關技術調查

參展廠商	國籍	產品特色	備註
NGK INSULATORS, LTD	Japan	<b>NAS Battery (Sodium &amp; Sulfur Battery)</b> -The first in the world to commercialize a NAS battery system which has large capacity, high energy density and long life. -Ideal for reducing peak electricity use charging at night and discharging during peak times, can be used as an emergency power supply and momentary drops in voltage, and smooths output power of renewables.	
SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.	Japan	<b>Redox Flow Battery</b> -Long life ,Safe and Large-scale Storage Battery -Smart Energy Innovator; - long life cycle and their ability to control and monitor the state of charge(SOC) -Suitable for large-scale electricity storage system. -Peak shaving and back-up power source, stabilization of the renewable energy. -sEMSA, DR, CPV, Power Depo, HEMS, power-con	

<p>NEC CORPORATION</p>	<p>Japan</p>	<p><b>Renewable Energy Solution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Provides various services, aggregating the energy resources on demand side</li> <li>-Proposes a new solution that can realize energy management for consumer and power system stabilization together by renewable energy generated on demand side.</li> <li>-With various integrated services based on Virtual storage battery integrated monitoring and control technology and IoT technology,</li> </ul>	
<p>MITSUBISHI ELECTRIC CO.</p>	<p>Japan</p>	<p><b>Smart Community Solution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Create sustainable society by applying energy platform technology with IT.</li> <li>-Realize smart communities by integrating various solutions (various Energy Management Systems, traffic management system, smart house solution, etc.)</li> <li>-Based on energy platform (smart meter system, demand response technology, etc.) and IT platform (smart management cloud services, etc.).</li> </ul>	
<p>MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.</p>		<p><b>ENERGY Cloud service</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Energy optimization solution service utilizing data mining technology</li> </ul> <p><b>Power Layer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Introduction of energy supply related efforts</li> <li>-Power generation prediction technology utilizing AI technology in biomass power generation aiming at stable supply of renewable energy.</li> </ul> <p><b>Industry Layer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Introducing services for energy consumers</li> <li>-Grasp necessary energy precisely by utilizing AI technology in the know-how of making things, and to achieve optimum energy procurement.</li> </ul>	
<p>昇陽半導體</p>	<p>Taiwan</p>	<p><b>LiFePO4 battery cell</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-With patents and core technologies,high power&amp;energy density,extended cycle life</li> <li>-Extreme high C-rate charge/discharge capability and has a projected cycle life more than 18,000 cycles at 50%DOD.</li> </ul> <p><b>LiFePO4 battery pack</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Widely used in many kinds of fields.</li> <li>- 100% Made in Taiwan LiFePO4 battery cell and the battery pack.</li> <li>-Widely used to energy storage system (ESS), UPS, EV , etc.</li> </ul>	

#### 2.1.4 生質能發電技術調查

生質物用於能源之所以被稱為「永續能源」，主要在於其「碳中和」的特性。生質物尤其是植物成長過程中，會吸收二氧化碳、養分、水分等，並把空氣中的碳固定在其結構中。當生質物應用於產生能源，燃燒後所排放的二氧化碳又可被其他生質物吸收，因此形成碳應用的永續循環。本次展場的展出涵蓋生質能源產業相關的設備與材料，包含生質物發電與熱、生質燃料、生質物利用等，應用的生質物燃料來源包括生質柴油、木質燃料與沼氣等，關於生質能發電的相關產品整理如表 10，以神戶製鋼(KOBELCO)產品為例，開發適用於木質蒸氣鍋爐的小型蒸氣發電機，總電力輸出可達 400kW，如有熱源之需要，也分別提供不同的配置方式可供選擇，如圖 6 所示，icross 公司所發表的木質蒸氣鍋爐即可與神戶製鋼之產品搭配使用，Japanbio 的產品則是將木質燃料氣化成合成氣後，配合後端的發電機發電，最大輸出功率為 49kW，熱可回收再利用約 110kW，另針對有機廢棄物也提出以發酵處理形成沼氣而後發電的方法，在靜岡縣牧之原市已有 650kW 發電設施的實績。由於日本自 2012 年 7 月開始導入再生能源固定價格買取(FIT)制度，目前在 2000kW 規模以下的木質生質能發電的購價為每度電 40 日圓，此誘因下，許多廠商推出小規模的生質能發電系統，並提出分散式生質能發電的概念，具備減少設備建設成本、建置工期、發電設備的運轉維護複雜性以及輸配電線路的裝置等優點，此外，由於資源永續與循環利用

議題逐漸受到重視，也有廠商提出廢棄物循環使用，經適當程序可同時兼顧廢棄物處理、肥料製作、發電、氣體販賣、廢熱回收、溫室養殖與減少二氧化碳排放等多重目的，並自成一套循環系統，如圖 7 所示。

表 10 生質能發電相關產品調查

參展廠商	型式	規格																																																				
KOBELCO		<p>■システム概略仕様例</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ボイラ部</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>バイオマス燃料</td> <td>約5,000t/年 ※24時間、300日稼働</td> </tr> <tr> <td>バイオマス発熱量</td> <td>10.6MJ/kg (計算値, LHV) ※水分率40% (wet base)</td> </tr> <tr> <td>ボイラ効率</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <th colspan="2">発電機部</th> </tr> <tr> <td>供給蒸気圧力</td> <td>0.9MPaG (1次発電機入口)</td> </tr> <tr> <td>供給蒸気量</td> <td>約3.8t/h (1次発電機入口)</td> </tr> <tr> <td>発電機出力</td> <td>約400kW</td> </tr> <tr> <td>システム出力</td> <td>約300kW ※ボイラ出力および発電機出力の合計</td> </tr> <tr> <td>発電機効率</td> <td>約13%</td> </tr> <tr> <td>システム効率</td> <td>約10%</td> </tr> <tr> <td>冷却水温度</td> <td>20℃</td> </tr> <tr> <td>冷却水流量</td> <td>100m<sup>3</sup>/h</td> </tr> </tbody> </table>	ボイラ部		バイオマス燃料	約5,000t/年 ※24時間、300日稼働	バイオマス発熱量	10.6MJ/kg (計算値, LHV) ※水分率40% (wet base)	ボイラ効率	75%	発電機部		供給蒸気圧力	0.9MPaG (1次発電機入口)	供給蒸気量	約3.8t/h (1次発電機入口)	発電機出力	約400kW	システム出力	約300kW ※ボイラ出力および発電機出力の合計	発電機効率	約13%	システム効率	約10%	冷却水温度	20℃	冷却水流量	100m <sup>3</sup> /h																										
ボイラ部																																																						
バイオマス燃料	約5,000t/年 ※24時間、300日稼働																																																					
バイオマス発熱量	10.6MJ/kg (計算値, LHV) ※水分率40% (wet base)																																																					
ボイラ効率	75%																																																					
発電機部																																																						
供給蒸気圧力	0.9MPaG (1次発電機入口)																																																					
供給蒸気量	約3.8t/h (1次発電機入口)																																																					
発電機出力	約400kW																																																					
システム出力	約300kW ※ボイラ出力および発電機出力の合計																																																					
発電機効率	約13%																																																					
システム効率	約10%																																																					
冷却水温度	20℃																																																					
冷却水流量	100m <sup>3</sup> /h																																																					
icross	 <p><b>小型バイオマス発電システムに最適</b></p> <p>バイオマス発電の最先端技術は、高効率・高信頼性に注力しています。本機は、加工用の乾燥設備や、燃焼・発電機、または発電機・冷却設備の1台で済みます。※燃焼設備が1台のため、バイオマス燃料の供給は不要です。高気圧型に200kg、1000kgの容量のタンクが1台、2台あります。</p> <p><b>高効率発電機出力の約1.5倍の容量です。</b></p> <p>主な導入用途          木材加工現場          機械・金型業          食品加工、etc.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>S500</th> <th>S1000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>種類</td> <td colspan="2">小型蒸気ボイラ</td> </tr> <tr> <td>蒸気量</td> <td>kg/h 500</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>仕様圧力</td> <td colspan="2">MPa 0.98</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">寸法</td> <td>全長mm</td> <td>1,300</td> </tr> <tr> <td>全幅mm</td> <td>2,400</td> </tr> <tr> <td>全高mm</td> <td>4,400</td> </tr> <tr> <td>電源</td> <td colspan="2">三相200V</td> </tr> <tr> <td>消費電力</td> <td>kW 7</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>着火方式</td> <td colspan="2">灯油</td> </tr> <tr> <td>伝熱面積</td> <td>m<sup>2</sup> 9.8</td> <td>20.1</td> </tr> <tr> <td>配管口径</td> <td colspan="2">50A</td> </tr> <tr> <td>本体重量</td> <td>kg 4,500</td> <td>8,000</td> </tr> </tbody> </table>	項目	S500	S1000	種類	小型蒸気ボイラ		蒸気量	kg/h 500	1000	仕様圧力	MPa 0.98		寸法	全長mm	1,300	全幅mm	2,400	全高mm	4,400	電源	三相200V		消費電力	kW 7	23	着火方式	灯油		伝熱面積	m <sup>2</sup> 9.8	20.1	配管口径	50A		本体重量	kg 4,500	8,000															
項目	S500	S1000																																																				
種類	小型蒸気ボイラ																																																					
蒸気量	kg/h 500	1000																																																				
仕様圧力	MPa 0.98																																																					
寸法	全長mm	1,300																																																				
	全幅mm	2,400																																																				
	全高mm	4,400																																																				
電源	三相200V																																																					
消費電力	kW 7	23																																																				
着火方式	灯油																																																					
伝熱面積	m <sup>2</sup> 9.8	20.1																																																				
配管口径	50A																																																					
本体重量	kg 4,500	8,000																																																				
Japanbio	 <p><b>Japan bio マイクロバイオマス発電装置</b>          木質バイオマス専業          — 小規模の特性を活かし、林業の再生に貢献 —</p> <p>1.5倍の容量に強化された、広い稼働範囲を実現する高効率発電機を搭載。</p>	<p>【機器仕様】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ボイラ仕様</th> <th colspan="2">発電機仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボイラタイプ</td> <td>垂直式固定式</td> <td>定格出力</td> <td>400kW</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>3,800mm</td> <td>最大電力変動効率</td> <td>93.4%</td> </tr> <tr> <td>幅</td> <td>1,350mm</td> <td>定格電圧</td> <td>3相4線400V</td> </tr> <tr> <td>長さ</td> <td>3,600mm</td> <td>周波数</td> <td>50/60Hz</td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>2,250kg</td> <td>定格回転速度 RPM</td> <td>1,500rpm</td> </tr> <tr> <td>燃料消費率(効率&lt;10%)</td> <td>40kg/h</td> <td>効率</td> <td>0.81max pft</td> </tr> <tr> <td>バイオマス効率</td> <td>&gt;70%</td> <td>IP レベル</td> <td>IP21</td> </tr> <tr> <td>年間稼働時間</td> <td>7,500h</td> <td>空燃比調整範囲</td> <td>40 : 0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>高さ</td> <td>1,950mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>深さ</td> <td>1,300mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>幅</td> <td>3,150mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>重量</td> <td>1,600kg</td> </tr> </tbody> </table>	ボイラ仕様		発電機仕様		ボイラタイプ	垂直式固定式	定格出力	400kW	高さ	3,800mm	最大電力変動効率	93.4%	幅	1,350mm	定格電圧	3相4線400V	長さ	3,600mm	周波数	50/60Hz	重量	2,250kg	定格回転速度 RPM	1,500rpm	燃料消費率(効率<10%)	40kg/h	効率	0.81max pft	バイオマス効率	>70%	IP レベル	IP21	年間稼働時間	7,500h	空燃比調整範囲	40 : 0			高さ	1,950mm			深さ	1,300mm			幅	3,150mm			重量	1,600kg
ボイラ仕様		発電機仕様																																																				
ボイラタイプ	垂直式固定式	定格出力	400kW																																																			
高さ	3,800mm	最大電力変動効率	93.4%																																																			
幅	1,350mm	定格電圧	3相4線400V																																																			
長さ	3,600mm	周波数	50/60Hz																																																			
重量	2,250kg	定格回転速度 RPM	1,500rpm																																																			
燃料消費率(効率<10%)	40kg/h	効率	0.81max pft																																																			
バイオマス効率	>70%	IP レベル	IP21																																																			
年間稼働時間	7,500h	空燃比調整範囲	40 : 0																																																			
		高さ	1,950mm																																																			
		深さ	1,300mm																																																			
		幅	3,150mm																																																			
		重量	1,600kg																																																			
東北通商株式会社	 <p><b>ELECTRIC Power Pallet EPP20</b></p> <p>20kW/40kVA小型発電機          Energy Partner 20kW/40kVA小型発電機          木質バイオマス燃料、廃棄物バイオマス燃料          に対応。</p> <p>東北通商株式会社          HIRE JES</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SPECIFICATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>定格連続電力</td> <td>15kW/30kVA 18kW/36kVA</td> </tr> <tr> <td>コンプレッショントラップ</td> <td>標準</td> </tr> <tr> <td>燃料消費率</td> <td>1.5kg/kWh</td> </tr> <tr> <td>連続運転可能時間</td> <td>24時間</td> </tr> <tr> <td>スタートアップまでの時間</td> <td>15~20分</td> </tr> <tr> <th colspan="2">OPERATING CONDITIONS</th> </tr> <tr> <td>運転温度</td> <td>5~40℃</td> </tr> <tr> <td>湿度</td> <td>5~95%RH</td> </tr> <tr> <td>使用燃料</td> <td>燃焼可能な 高品質バイオマス燃料</td> </tr> <tr> <th colspan="2">FEATURES</th> </tr> <tr> <td>サイズ</td> <td>11~40mm</td> </tr> <tr> <td>防水等級</td> <td>IP21</td> </tr> <tr> <td>可燃燃料</td> <td>薪炭類チップ 炭素チップ 炭素チップ</td> </tr> <tr> <td>注意事項の記載</td> <td>マニュアル マニュアル マニュアル</td> </tr> <tr> <th colspan="2">DIMENSIONS</th> </tr> <tr> <td>外形寸法</td> <td>200W x 1480 x 2000</td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td>80kg</td> </tr> </tbody> </table>	SPECIFICATION		定格連続電力	15kW/30kVA 18kW/36kVA	コンプレッショントラップ	標準	燃料消費率	1.5kg/kWh	連続運転可能時間	24時間	スタートアップまでの時間	15~20分	OPERATING CONDITIONS		運転温度	5~40℃	湿度	5~95%RH	使用燃料	燃焼可能な 高品質バイオマス燃料	FEATURES		サイズ	11~40mm	防水等級	IP21	可燃燃料	薪炭類チップ 炭素チップ 炭素チップ	注意事項の記載	マニュアル マニュアル マニュアル	DIMENSIONS		外形寸法	200W x 1480 x 2000	重量	80kg																
SPECIFICATION																																																						
定格連続電力	15kW/30kVA 18kW/36kVA																																																					
コンプレッショントラップ	標準																																																					
燃料消費率	1.5kg/kWh																																																					
連続運転可能時間	24時間																																																					
スタートアップまでの時間	15~20分																																																					
OPERATING CONDITIONS																																																						
運転温度	5~40℃																																																					
湿度	5~95%RH																																																					
使用燃料	燃焼可能な 高品質バイオマス燃料																																																					
FEATURES																																																						
サイズ	11~40mm																																																					
防水等級	IP21																																																					
可燃燃料	薪炭類チップ 炭素チップ 炭素チップ																																																					
注意事項の記載	マニュアル マニュアル マニュアル																																																					
DIMENSIONS																																																						
外形寸法	200W x 1480 x 2000																																																					
重量	80kg																																																					



## 2.1.5 其他能源相關技術調查

因應再生能源、智慧電網與儲能系統的發展，虛擬電廠(VPP, virtual power plant)的概念也因應而生，為此橫濱市政府、東京電力與東芝 3 家公司合作進行 VPP 的實證計畫，概念與分工如圖 8 所示，預計於 18 所橫濱市內的學校建置東芝開發的 10kWh 蓄電池，電網由東京電力建設，執行期間為 2016 年 7 月 6 日~2018 年 3 月 31 日，預計可提升橫濱市公共設施用電的穩定性並具教育意義，對於東京電力可提升地區性的電力品質與安定性，並可藉此實證計畫確認蓄電池之建置、管理方法與建置成效，對於東芝公司而言則可為商品展示技術力並藉此實證運轉作為後續研發的參考依據。

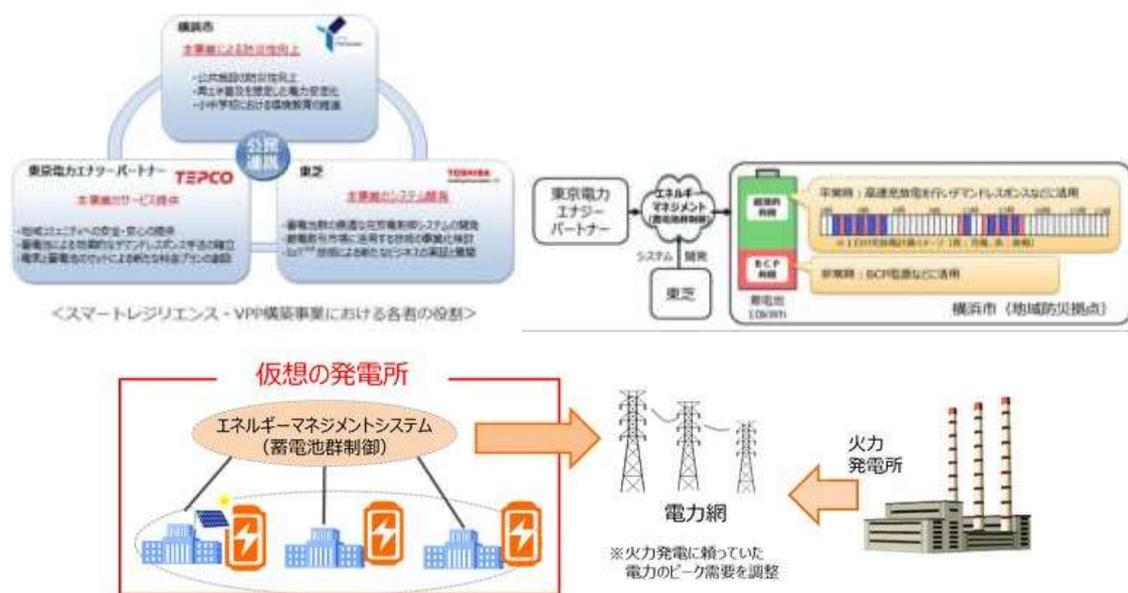


圖 8 虛擬電廠實證計畫

此外，本次展場東芝公司展示採用小型無人機結合影像辨識技術，針對架空導線進行目視檢測，希望能取代現有的人員目視檢測，以提升

作業的安全性並可降低維護線路的成本，如圖 9 所示，目前仍處於開發階段。

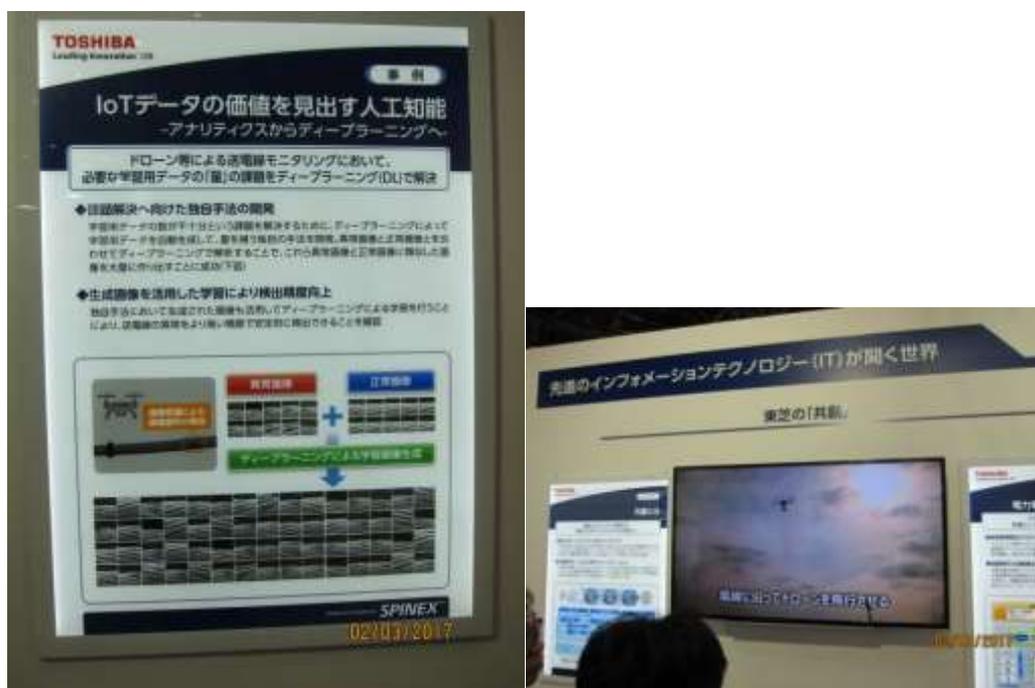


圖 9 小型無人機進行架空導線目視檢測

## 2.2 日本燃料電池應用與發展

### 2.2.1 政府推動氫能現況(橫濱市政府)

對於氫能與燃料電池的發展，技術上至今日本仍在世界上居於領先的地位，而在政府的政策推動下，也持續進展，近期從 2009 年的「ENE-FARM」計畫，推廣家庭用燃料電池，2014 年 6 月經濟產業省所屬的氫氣與燃料電池戰略協議會，提出了「氫氣與燃料電池戰略路線圖」，並將燃料電池汽車作為市場投入的指標，當年 11 月，東京都打出了要讓 2020 年東京奧運成為邁向氫社會重要一步的方針，並公布了具體的政策措施和預算計劃，也因此氫能源與燃料電池的發展上也有了具體的目標。日本發展氫能除了希望能透過高效率與潔淨的發電技術達成減碳等環保目標外，也希望透過氫能源的發展提升能源自主性，並達

到振興相關產業與地區活化的目標，同時兼顧環保、能源、國防與經濟等發展，也因此對於如何實現氫能社會也有一套藍圖與規劃，短程的第一階段，將燃料電池、家庭用燃料電池與業務、產業用燃料電池裝設普及與技術推廣等氫能應用作為目標，並針對不同項目提出目標值，以燃料電池車為例，預計 2030 年達到 80 萬台的規模，第二階段則將重點放在氫能發電與氫能來源的取得，第三階段則是氫能供給與應用完整產業鏈的構成，其時程則放到 2040 年[2]。

本次研習借助台灣經濟研究院的安排，參訪橫濱市政府，了解橫濱市政府對於氫能經濟社會政策的推廣重點，情形如圖 10 所示，據參訪橫濱市政府當天的簡報內容可知，橫濱市政府希望透過太陽光電系統、加氫站、生質能發電廠、社區腳踏車(類似 U-bike)、汽車共享機制(類似 U-Car)以及 BEMS(建築能源管理系統)等硬體與軟體的建置，以朝向循環能源城市為目標，預計於 2020 年橫濱市將有 2000 台燃料電池汽車、10 座加氫站與 4000 套家用型燃料電池。



圖 10 參訪橫濱市政府簡報情形

關於氫能的推廣使用，有兩大課題需要解決，一者為氫氣的製造來源，一者為氫能的應用，如圖 11 所示，關於氫氣的製造來源，目前設想本土的來源包括天然氣重組、鐵工廠或化工廠的副產物以及再生能源產氫(水電解與甲烷氣重組)，海外的來源則包括液化高壓氫氣與有機氫化物，應用則包含燃料電池載具、不同規模的定置型燃料電池以及集中式的氫能發電(代表技術為川崎重工開發的氫氣渦輪)。在橫濱市政府的安排下，分別實地參訪加氫站、兼具再生能源產氫與燃料電池發電的獨立型氫能設施以及研發氫氣儲存與運輸技術的千代田化工所。

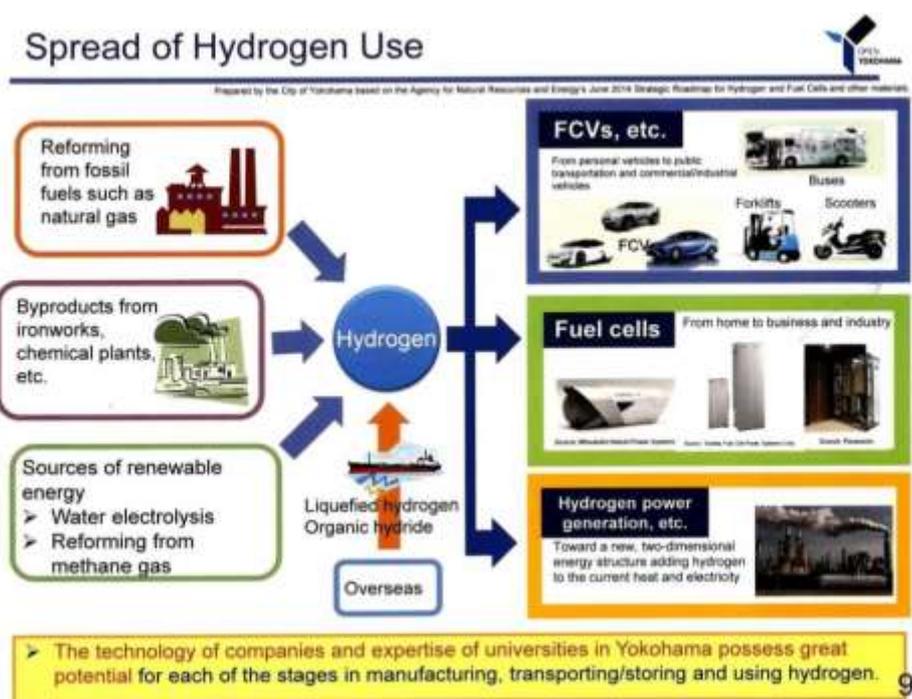


圖 11 氫能推廣使用的各項技術課題

### 2.2.2 加氫站與獨立型氫能設施(橫濱加氫站)

為推廣燃料電池載具的使用，加氫站的普及化也是重要的課題，根據資料顯示[3]，全日本目前已建置 80 座加氫站，每座加氫站的建設經費約 5 億日圓（約台幣 1.47 億元），分布如圖 12 所示，預計 2025 年建

成 320 座，以實現燃料電池車普及的目標。橫濱市政府目前已有 6 座加氫站，包含 2 座移動式加氫站，橫濱市政府規劃在 2020 年全市會有 10 座加氫站，本次參訪的加氫站為橫濱市第 6 座加氫站(橫濱綱島，位於橫濱綱島東 4 丁目)，2017 年 3 月才正式啟用，由 ENEOS 公司負責營運，為日本最大煉油廠 JX Holdings 旗下 JX 日礦日石能源(JX Nippon Oil & Energy；以下簡稱 JX 能源)所成立，負責單獨型與移動型加氫站的營運，加氫站皆引用 SAE J2601 標準建造完成。參訪當日安排也 Toyota 的 Mirai 燃料電池汽車作為加氫展示用車，情形如圖 13 所示，其運作模式與加油站類似，僅是將加油的動作改為加氫，加氫每次費時 3 分鐘便可將燃料填充完畢，可行駛約 650 公里，加氫站採用 700bar 高壓儲氫技術，安全考量其管線布置在加氫站下方，目前由於燃料電池載具的數量不多，加氫站營業時間為星期二~星期六的早上 9 點半~下午 5 點。



圖 12 日本加氫站分布一覽(統計至 2017 年 1 月止)



圖 13 橫濱加氫站參訪情形

除加氫站外，氫氣的來源也相當重要，為實現本土製造氫氣的能力，並減少對化石燃料的依賴，橫濱市政府也引進了獨立型氫能設施，由 Toshiba 公司所生產的 H<sub>2</sub>ONE，建置於橫濱市港灣局，其尺寸規模與外型如圖 14 所示，為一整合再生能源產氫、電池儲能、熱水製造、氫氣儲能與燃料電池發電等多功能的複合式氫能設施，其功能概念如圖 15 所示，構造包括太陽光電系統(24.5kW)，水電解產氫裝置(氫氣純度 99.999%，產率 1Nm<sup>3</sup>/h)、蓄電池儲能系統(PCS:25kW，蓄電量 44kWh)、熱水儲存桶、氫氣純存槽(104Nm<sup>3</sup>，壓力 0.82Mpa)、燃料電池(700Wx3 組)以及氫能管理系統，其運作模式為太陽能發電後如有餘電可儲存於蓄電池或電解水產氫儲存於氫氣純存槽，其運作模式可分為能量管理模式(Energy management mode)與業務連續模式(business mode)，能量管理模式可與市電併接，平時可作為再生能源削峰填谷的儲能應用，若遇上

意外斷電時，則進入業務連續模式，可單純依靠太陽能搭配蓄電池以及燃料電池做為緊急備用電力，以確保港灣局大樓的用電不中斷。由圖 14 的外觀可知其系統並未有相當嚴密的防護，僅有外圍的護欄，其主要原因可能在於氫氣純存槽的壓力僅 0.82Mpa，且坐落於開放空間，在氫氣的使用上較為安全，且由於氫能與燃料電池在日本社會仍處於推廣狀態，因此在能量密度與人員安全上，仍以安全為首要考量。



圖 14 橫濱加氫站參訪情形

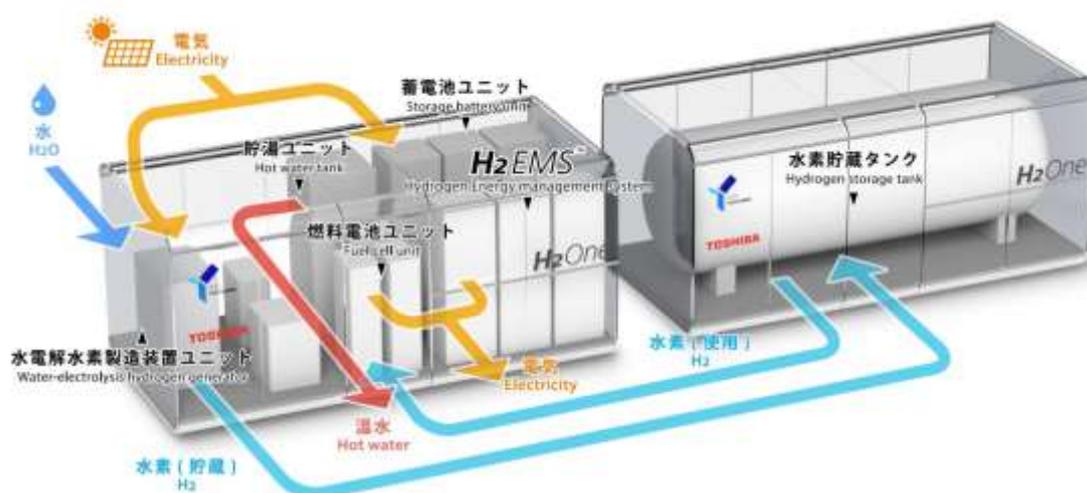


圖 15 獨立型氫能設施 Toshiba H<sub>2</sub>One 構造示意圖

### 2.2.3 氫氣儲存與運輸(千代田化工所)

除了本土製造氫氣的能力，為了將來氫能大規模應用下，可能造成的燃料不足問題，日本政府也將進口氫氣作為燃料的選項，而由於現行若進口氫氣須以高壓方式儲氫與運輸，具備高風險性，日本的千代田化工公司將甲苯(Toluene)與氫氣反應，可生成甲基環己烷(MCH-Methylcyclohexane)，在常溫常壓下就是一種穩定的液體，毋需特殊設備，也沒有氫氣爆炸的危險性，安全性高，並利用其可逆化學性，而完成氫氣的吸附與脫附，便於儲存與運送，氫氣儲存效率達 6.15wt% (重量百分濃度)。千代田化工所位於橫濱便有一座有機氫化物吸附與脫附的試驗設備，外觀與構造說明如圖 16 與圖 17 所示，由左右兩組不同功能的槽體所組成，一者為氫化反應(250°C)，一者為脫氫反應(350~400°C)，反應槽的壓力均小於 1MPa，產生的有機氫化物命名為「SPERA 水素」，根據千代田化工提供資料顯示，其氫吸附與脫附的轉化率均高於 95%，且甲苯可重覆再利用。新開發之「SPERA 氫氣」的運送設備則僅為傳統低溫設備的 1/5。未來可能的氫氣進口模式為產油國在精煉原油時會用到大量氫氣，千代田化工收購的煉油廠未利用的氫氣，首先變為可以利用化學品運輸船運載的狀態，到達日本後再還原為氫氣，該公司希望運輸船在川崎泊岸，可向附近工廠和氫氣站供氣。此外，另一種可能的氫氣來源則為澳洲，由於澳洲盛產褐煤，而煤炭氣化技術會產生一氧化碳和氫氣，千代田化工可收購氫氣運用「SPERA 水素」技術將氫氣運送至日本。



圖 16 千代田化工所有機氫化物吸脫附試驗設備外型



圖 17 千代田化工所有機氫化物吸脫附試驗設備構造說明

## 2.2.4 燃料電池汽車(Nissan 汽車公司)

為實現燃料電池車普及的目標，除加氫站的普設外，燃料電池汽車的發展也相當受到重視，日本政府計畫在 2020 年燃料電池汽車達 500

萬輛，2030 年達 1500 萬輛規模，豐田汽車自 2016 年起首度出售燃料電池車 MIRAI，在日本政府每輛補助 202 萬日圓之下，消費者需花費約 520 萬日圓（約台幣 145.6 萬元）購買，在價格上僅略高於油電混合車，除政府補助款外，因應 2020 年的東京奧運，擬編列 452 億日圓（台幣 122 億元）補助燃料電池車和興建加氫站，目標到奧運前建置至少 35 個加氫站，6 千輛氫燃料電池車上路，以及 100 輛氫燃料電池巴士，接送所有選手往返奧運村和比賽場地[4]。目前日本燃料電池汽車商業化居於領先地位的是豐田 MIRAI 及本田 Clarity Fuel Cell 車款，本次參訪的 Nissan 汽車公司未有商品化的燃料電池汽車，然而 Nissan 汽車並未放棄燃料電池汽車的可能性，早在 2001 年，Nissan 汽車便投入燃料電池汽車的研發，目標於 2017 年商業化，而本次參訪 Nissan 汽車公司，簡報的長谷川卓也博士為 Nissan 汽車關於燃料電池研發的高級創新研究員，他同時還是法政大學商學院的創新管理國際 MBA 專案的客座教授，交流討論情形如圖 18，據他表示，Nissan 汽車對於燃料電池汽車採取較保守的策略，而在他個人較理想的燃料電池汽車商業模式，則是從定置型燃料電池開始，下階段則是燃料電池巴士，再下一階段則是燃料電池計程車，最後階段則是個人用戶使用的燃料電池自用車，依此商業模式，加氫站是否能普及將是燃料電池汽車能否發展的關鍵。Nissan 關於燃料電池研發的進展如圖 19 所示，顯示燃料電池汽車發展的關鍵在於電池堆的能量密度，與第一代的燃料電池堆相比，其能量密度已提升了 2 倍，長谷川博士樂觀表示燃料電池汽車的成本問題終將克服。



圖 18 Nissan 汽車公司交流討論情形

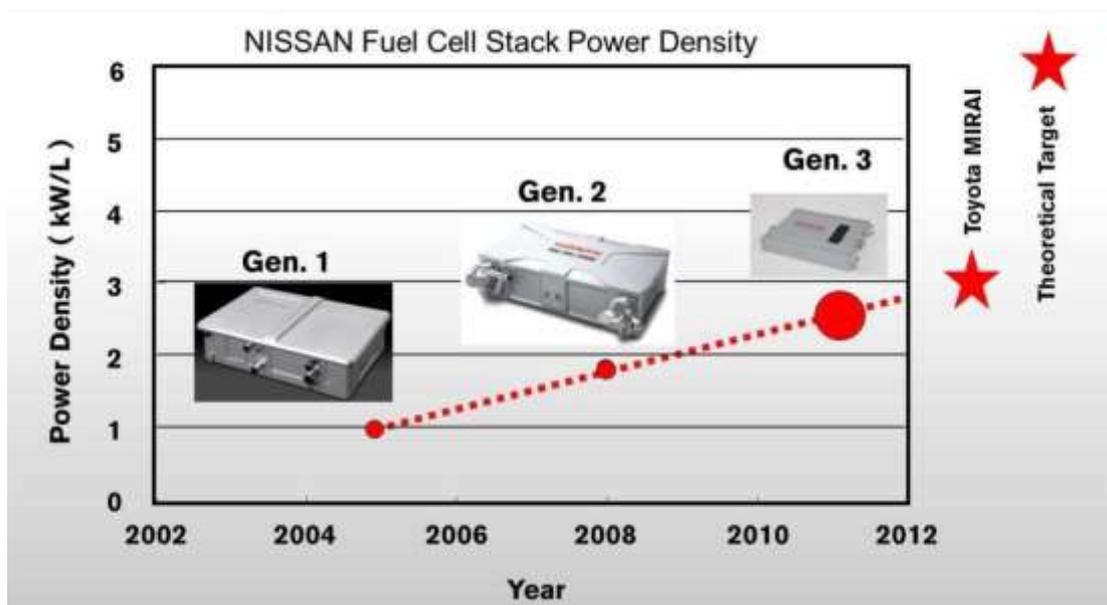


圖 19 Nissan 公司燃料電池堆發展的進程

### 2.2.5 家用型燃料電池系統(東京瓦斯)

早在 2002 年，日本就啟動家用燃料電池示範計畫，並於 2005 年開始補助系統裝置費用，在累積多年示範應用的經驗後，2009 年初以「ENE-FARM」名稱 (ENE 為 Energy 的縮寫，ENE-FARM 可稱為「能源農場」)，正式宣布家用燃料電池進入商用化階段，並設定 2015 年與

2030 年，分別達到累計銷售 75 萬台與 250 萬台的目標，各營運商也開始透過網路與實體通路銷售 ENE-FARM 系統[5]，系統概要如圖 20。目前日本販售最新的 ENE-FARM 系統由 Panasonic、Toshiba 和 Aisin 三家公司生產，比較如圖 21 所示，除了 Aisin 的燃料電池為 SOFC 型式外，其餘 2 家商品均為 PEMFC，額定功率均為 700W，SOFC 型式的產品發電效率較高(52%)，PEMFC 發電效率則為 39%，然由於 SOFC 系統為高溫運行，熱損較大而使整體的能量效率略低於 PEMFC 系統商品，可根據使用取向的差異選擇不同商品。

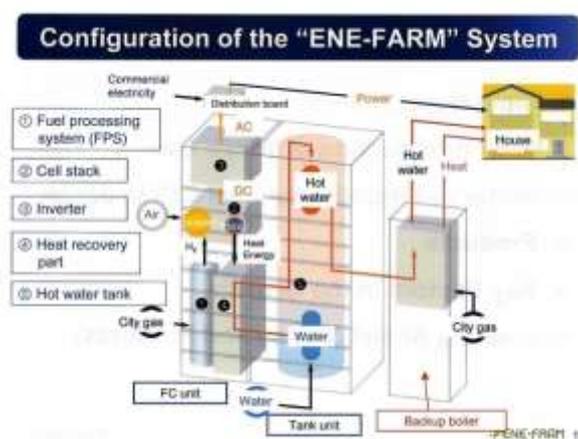


圖 20 家用型燃料電池系統概要

The Most Recent Models (Residential)

	① Panasonic (PEMFC)	② Toshiba (PEMFC)	③ Aisin (SOFC)
Fuel	City gas	City gas/LPG	City gas/LPG
Rated power	700 W	700 W	700 W
Power generation efficiency (LHV)	39 %	38 % (39 %)	52 %
Heat recovery efficiency (LHV)	56 %	56 %	35 %
FC unit size	400W × 1750H × 400D	780W × 1000H × 300D	780W × 1195H × 330D
Hot water tank size	140 L	200 L	28 L

圖 21 家用型燃料電池系統比較

東京瓦斯(Tokyo Gas)是日本最大的燃氣供應商，也是世界最大的民生用燃氣供應商，服務範圍涵蓋東京都和其鄰近的關東 6 縣部分區域，而為了深化並延伸自身的業務，東京瓦斯與 Panasonic 共同合作，本次參訪東京瓦斯燃料電池事業推進部的矢加部博士，交流討論家用型燃料電池系統在日本的推廣情形，如圖 22 所示，目前的商業模式為 Panasonic 負責開發與生產，東京瓦斯則負責銷售與安裝等現場作業工程，現場並展示關於人機介面設計的創新，為提升使用燃料電池系統的趣味性，不但設計了可愛的吉祥物造型，也可根據目前系統處於停機、發電或供應熱水等不同狀態，以有趣的人物動畫作為辨識，其作法值得作為人機介面設計之參考。



圖 22 東京瓦斯討論交流情形

根據東京瓦斯提供的資料顯示，家用型燃料電池系統的銷售量呈穩定上升，如圖 23 所示，截至 2016 年的統計，已有超過 19 萬套系統的實績，若以產品別來看，PEMFC 系統仍以 65% 占多數，SOFC 系統雖

然發展較晚，但其占比也有逐年攀升的趨勢，而若以燃料取得的途徑來區分，90%的用戶使用天然氣，僅 10%的用戶由於所在地區未佈設天然氣管線而採用液化石油氣作為燃料來源。從政府的補助額來看，自 2009 年每套補助 140 萬日圓，到 2016 年度 PEMFC 系統僅補助 15 萬日圓，而 SOFC 系統也僅補助 19 萬，代表在這段期間內成本已大幅下降，依此趨勢，若普及率逐漸提升，家用型燃料電池系統或有可能成為分散式能源的重要來源之一。



圖 23 家用型燃料電池系統銷售情形

## 2.3 北九州智能社區

### 2.3.1 緣起與架構(北九州氫能城)

日本政府為了將智慧電網培育為肩負日本經濟成長動力的新明星產業，向日本全國選定四個地區(橫濱市、豐田市、關西文化學術研究都市(京都府)、北九州市)，發展實證計畫。北九州市的八幡東區東田地區被經產省選為新能源實驗城，而「北九州智能社區」於 2010 年正式

誕生，「北九州氫能城」也是實驗項目之一，智能社區的建設經費預算為 163 億日圓，執行期間為 2010 年~2014 年。「北九州智能社區」面積約 120 公頃，有約 6 千就業人口、1 千居民以及 70 家企業。這個社區在政府、企業和民眾的配合下，利用熱能、氫氣、太陽能、風力等各種新能源發電，達成「能源自產自消」(自行生產、自行消費)的目標。

在排除九州電力公司的供電下，而達能源自產自銷的目標，如何取得穩定而又足夠的能源是最重要的課題，北九州智能社區的電力來源結構如圖 24 所示，根據其能源配比可知，社區最重要的電力來源來自於當地煉鋼廠的廢熱轉化成東田汽電共生電廠，發電能力達 33,000kW，其餘包含太陽能、風力、氫能與儲能電池等，僅約 1090.9kW，也就是說，若以裝置容量計算，其他的新能源僅占比約 5%，而由於汽電共生電廠的貢獻，而使得當地能源自產自消得以實現，在發展再生能源等新能源的前提下，確保供電之安全。

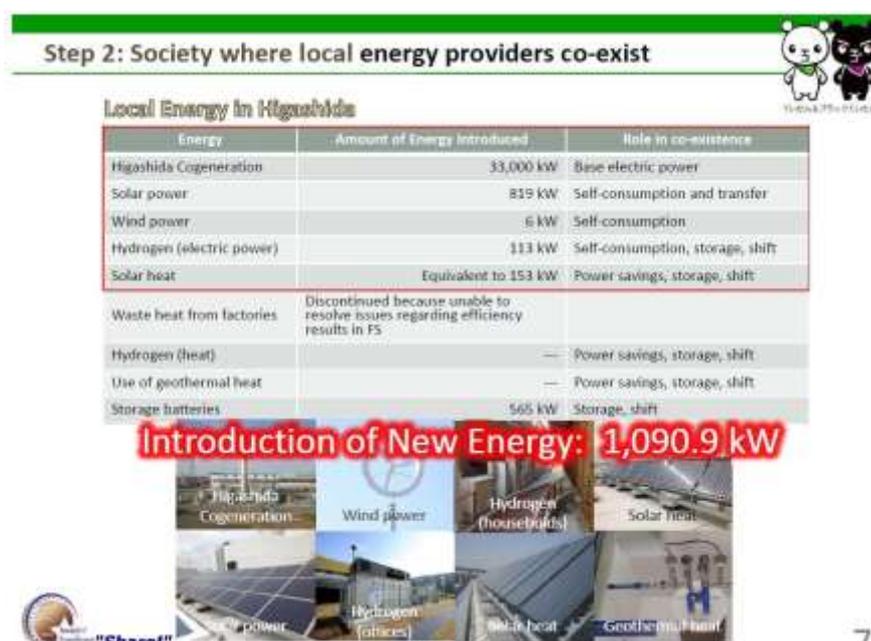


圖 24 北九州智能社區的電力來源結構

### 2.3.2 能源管理系統

實證計畫的核心在於 CEMS(Community Energy Management System，社區能量管理系統)，北九州智能社區 CEMS 的架構可簡化如圖 25 所示，結合 FEMS、BEMS 以及 HEMS，並針對地區能源(太陽能及風力發電、再加上鄰近工廠的廢熱回收發電與副產物氫氣發電等)整體進行「發現、分享、活用」的機制。透過 CEMS，除了以往的能源供應者之外，建構讓身為生產消費者的市民及民間業者也能進行思考與參與的全新能源系統的結構，北九州的 CEMS 系統有一中控室負責全區域的監控，研習當日的側拍如圖 26，即時與歷史量測包括氣象資料、日照、風速、儲電量、再生能源發電量與用電量趨勢等等，並透過氣象預報及用電資訊，可主動式訂定發電與儲電計畫，並提供動態電價資訊。

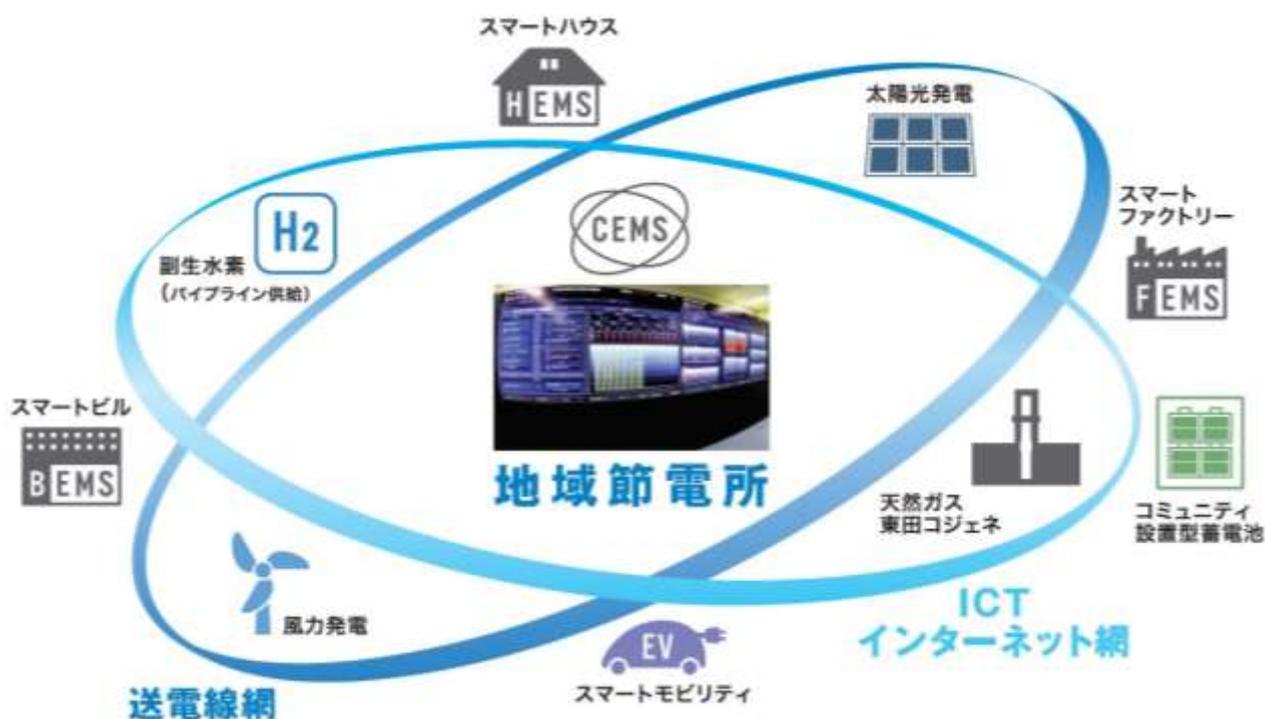


圖 25 北九州智能社區 CEMS 簡化架構



圖 26 北九州智能社區 CEMS 中控室側拍

CEMS 除了用電與發電資訊外，計畫中也試圖採用動態定價機制的措施，建構讓市民與業者的利己行為，同時能對地區的能源系統作出貢獻的體系，其動態電價的訂定方式如圖 27 所示，分別訂定夏季與冬季電價，並根據尖峰用電的時區，訂定動態定價機制，共 5 個層級，最低每度電 15 日圓，最高每度電達 150 日圓，高達 10 倍的電價，其運作模式為前一日的 14:00 以後，根據其預測的用電與發電資訊，由 CEMS 統一發送電價預測通知給各用戶端，並於當日的早上 6 點再度發送電價通知，用戶可依據其電價高低自行調整用電需求，尖峰用電的時間設定為 12:00~16:00，而根據計劃期間的統計顯示，參與計畫的家戶尖峰用電抑制效果約 20%，成效良好。

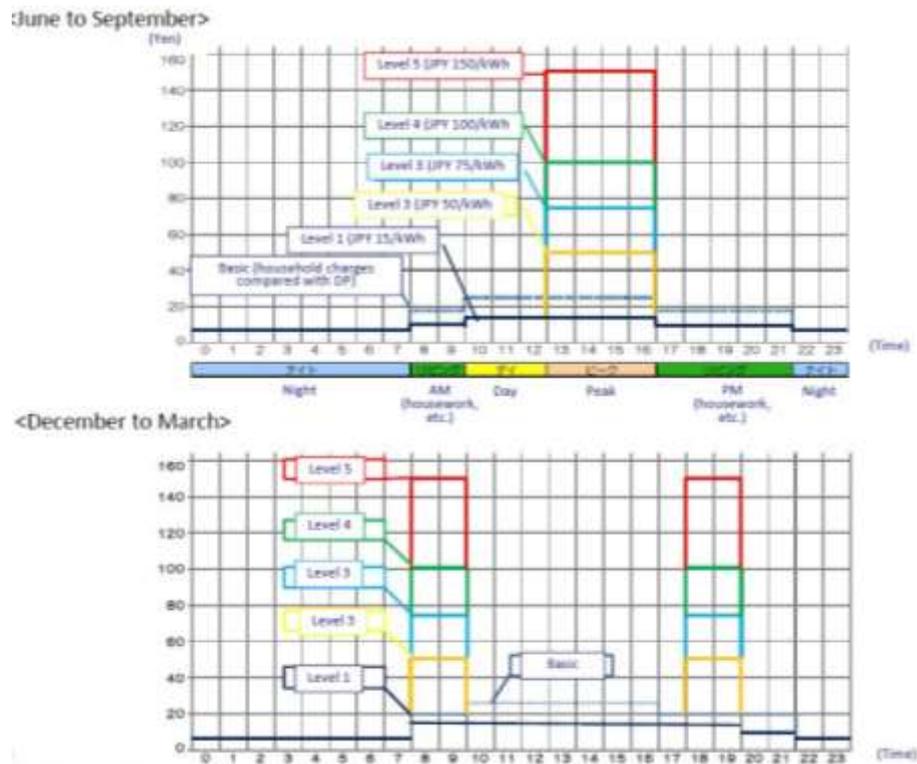


圖 27 北九州智能社區的動態定價機制

### 2.3.3 氫能相關設施

北九州氫能城是利用鄰近的「新日鐵住金」八幡製鐵所在製鐵過程中產生的大量氫氣，經由鋪設在地下 1 公尺處，全長 1.2 公里的配管，輸送氫氣到配合實驗的家庭和各個設施，分布示意如圖 28 所示，氫能設施包括 1 組 100kW 的 PAFC 系統，位於示範屋的 7 組 1kW 的 PEMFC 系統，生態住宅 1 組 1kW 的 PEMFC 系統以及北九州加氫站等設施，其氫能社會的概念在於由工廠製造的氫氣以及再生能源電解製氫等來源，透過區域型的配管設施，最終由加氫站、氫能載具及燃料電池等方式應用，達到氫能自產自消的目標，此外，在示範屋也展示了一種家戶氫氣的運用方式，即在家門前設置個人加氫站，便可在家裡完成燃料電池車氫氣的充填，如同家戶目前使用天然氣一般。



圖 28 北九州氫能城的氫能設施分布

### 2.3.4 智能社區生態住宅

由於地處沿海，北九州的八幡東田地區曾是北九州晉升日本四大工業城的起點，也曾有鋼鐵之城的封號，然而也因為如此，六零年代的北九州曾面臨嚴重的空氣與水污染，本次研習過程的解說員表示，污染問題能被解決，主要是政府、企業與民間組織三方以合作的方式不斷努力而終究改善，且 2011 年被 OECD 選為綠色成長典範城市。北九州生態住宅則以家庭住宅的方式體現對於環保與生態的重視。據現場解說人員表示，北九州生態住宅有三大特點(1)實現環保的基本功能，儘量減少生活中的能源消耗，使用再生材料，例如以廢木屑製成的再生木材結構體(2)利用自然能源和可再生能源，利用日光、太陽熱、風、地熱、水，透過自然光引進的設計、通風以及雨水回收系統，最大限度地運用自然資源(3)環保的生活方式和居住方式，即透過利用水、植物以及根據不同的生命階段進行靈活調整，從而實現舒適生活的方式，例如運用屋頂

的綠化，可同時達到隔熱及雨水回收等功能

根據資料顯示，與普通住宅相比，預計北九州生態住宅大約每年可減少 3,700 千克（60%）的二氧化碳，這意味著一座生態住宅所減少的二氧化碳量相當於 265 棵雪松樹一年可吸收的二氧化碳量。北九州生態住宅不但可用作環保教育的空間，而且還可當作為當地建築行業從業人員提高知識和技能提供機會的場地，以及供高中和其他科技研究機構進行研究的場所。本公司已完成建置鳳山智慧綠社區之可行性研究，北九州生態住宅的概念與設計理念可作為示範住宅的參考。



圖 29 北九州生態住宅結構與特點示意[6]

### 第三章 感想與建議

1. 從技術發展的角度來看，日本的氫能與燃料電池技術已具成熟度，氫氣的生產、儲存、運輸到應用均有相應的商品與技術，並同時考量到國內生產不足時的因應之道，針對其發展已建構出短中長程的規劃、藍圖與具體數量目標。
2. 以政策推動而言，日本政府從家用型燃料電池、燃料電池載具以及加氫站等均有明確的補貼計畫，也明確地將 2020 年東京奧運作為技術示範的重要舞台，借助舉辦奧運作為最佳的宣傳平台，使政策與技術發展能相輔相成，廠商有明確數量的銷售目標，也有確實的時程目標與實證機會，短程與中程給予廠商足夠的發展誘因，方能促使廠商進行長期的研發與規劃。
3. 若單純從經濟面考量，現今氫能與燃料電池顯然經濟誘因仍不足以取代現有的能源體系，然以目前日本相關產品的現況而言，已達技術可行，在環保意識抬頭與分散式能源等虛擬電廠的概念盛行，加上台灣面臨電力自由化的議題，經濟面的克服可能只是時間的問題，而日本與台灣地形氣候的限制與能源短缺等問題均有相似之處，同時也是本公司未來營運面臨的課題，因此其發展應持續關注。
4. 許多技術的成熟需長遠的規劃與實踐，在解決問題的過程中不斷精進，國內廠商並非無燃料電池技術，然缺乏良好實證場域的規劃，建置完成後缺乏良好的營運規畫，也缺乏教育的元素，日本運作實證計畫的成效值得效法。

5. 北九州智能社區的能源得以自產自消的關鍵之一便是當地鋼鐵廠廢熱應用於汽電共生，其模式或有可能複製至台灣的沿海工業地區。
6. 本公司目前已有建置鳳山智慧綠社區之構想，且已完成可行性評估之規畫，由於其場域兼具商業與住宅之特色，北九州智能社區的執行經驗以及生態住宅對環境友善的概念與設計理念值得參考
7. 生態住宅多處可見以廢木屑製成的再生木材裝飾與結構體，其概念與本所發展的飛灰塑木近似，如能將相關應用大幅推廣，相信除可幫助本公司火力電廠飛灰的去化也可提升本公司對環境友善與資源再利用的良好形象。
8. 本次研習借助台灣經濟研究院的安排，得以順利完成，在此感謝。

## 參考資料

1. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 52 No. 2 (June 2015).
2. Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells. Ministry of Economy, Trade and Industry. June 24, 2014.
3. 整理自 2017 年國際智慧能源展展場資料。
4. <http://www.chinatimes.com/newspapers/20160306000273-260102>
5. 康志堅，家用燃料電池發展現況與展望，工研院產經中心，材料世界網。
6. 整理自智能社區生態住宅簡介資料。