

出國報告（出國類別：其他）

赴日本東京及北九州參加第六屆國際
智慧電網會議暨展覽及參訪智慧電網
產業示範計畫與拜訪相關單位

服務機關：核能研究所

姓名職稱：孫士文 助理研究員
張永瑞 副研究員

派赴國家：日本

出國期間：105年2月28日~105年3月5日

報告日期：105年4月5日

摘要

本次出國行程由核能研究所(以下簡稱本所)核能儀器組副組長張永瑞博士與助理研究員孫士文，赴日本東京參加『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』，獲取目前各國智慧電網產品資訊及技術研發現況；參訪早稻田大學 DR 中心，了解需量管理計畫在日本試行的情況；參訪清水建設公司，對於微電網與智慧建築能源管理系統結合的技術進行交流；參訪一般社團法人電池工業會，吸取日本政府推廣儲能系統建置的經驗；最後，參訪北九州市智慧社區實證計畫，觀摩智慧社區試行的成果。本次出國所獲取之經驗，有助於本所『自主式分散型區域電力控管技術發展與應用』與『行動式微電網控制系統模組化技術發展』等計畫之執行；並建議本所應加速儲能及新型態系統的開發，加強 OpenADR 應用於智慧電網市場機制的研究，以及持續發展微電網與能源管理之關鍵技術。

目 次

摘 要.....	i
一、目 的.....	1
二、過 程.....	1
三、心 得.....	3
(一) 『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』SG-S1 會議部分.....	3
(二) 『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』智慧電網展覽部分.....	8
(三) 早稻田大學 DR 中心參訪.....	16
(四) 清水建設公司參訪.....	21
(五) 一般社團法人電池工業會參訪.....	23
(六) 北九州市智慧社區實證計畫參訪.....	24
四、建 議 事 項.....	30

圖目錄

圖 1、『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』會議議程.....	2
圖 2、『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』SG-S1 會議部分主講人.....	3
圖 3、住友電氣工業於北海道建置的大型儲能系統.....	4
圖 4、住友電氣工業對 RF 電池所設計的操作模式.....	5
圖 5、橫濱智慧城市計畫整體概念圖.....	6
圖 6、橫濱智慧城市計畫所使用的東芝儲能系統.....	6
圖 7、Esstalion Technologies Inc.於加拿大魁北克省所測試的儲能系統.....	7
圖 8、智慧電網會議及展覽註冊報到.....	8
圖 9、參觀展覽所有人員於台灣展覽攤位前合照.....	8
圖 10、東芝 SCiB 的特性.....	9
圖 11、東芝 SCiB 的應用範圍.....	10
圖 12、東芝 HEMS 圖示.....	10
圖 13、多串式太陽能逆變器系統其中一串 PV 板故障不影響其他 PV 板輸出.....	11
圖 14、傳統集中式系太陽能逆變器與多串式太陽能逆變器之架構圖.....	12
圖 15、集中式系統與多串式系統的 MPPT 比較.....	12
圖 16、混合式逆變之簡易式能源管理介面.....	13
圖 17、鈉硫電池之多種類用途.....	13
圖 18、NGK 公司的鈉硫電池已實際使用實例.....	14
圖 19、鈉硫電池對市電電壓瞬低的快速反應.....	14
圖 20、早稻田大學需量反應計畫的贊助廠商.....	16

圖 21、石井英雄博士簡介需量管理計畫在日本試行的情況.....	16
圖 22、早稻田大學 DR 中心的工作內容摘要	18
圖 23、日本需量管理試行計畫.....	18
圖 24、與石井英雄博士於早稻田 DR 研究中心之合照	19
圖 25、智慧屋展示區內之配置.....	20
圖 26、電表集中器、PV inverter、儲能設備與電動車等各式智慧屋內部設備	20
圖 27、電力配送線路模擬器.....	21
圖 28、參訪人員與清水建設公司接待人員合照.....	22
圖 29、清水建設技術研究所的智慧建築能源管理系統(BEMS)概念	22
圖 30、清水建設技術研究所微電網系統概念.....	23
圖 31、參訪一般社團法人電池工業會之實況.....	24
圖 32、藍色區域為北九州市智慧社區範圍.....	25
圖 33、北九州市的蛻變.....	26
圖 34、九州人類媒體創造中心及參訪簡報過程.....	27
圖 35、北九州市智慧社區示範場域之智慧電網架構.....	27
圖 36、CEMS 執行能源管理之流程.....	28
圖 37、CEMS 的發電與負載排程.....	28
圖 38、參觀生態屋之實況.....	29
圖 39、生態屋結構設計技巧.....	29

表 目 錄

表 1、行程表.....	1
--------------	---

一、目的

本次前往日本東京參加『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』，搜集各國智慧電網的研發現況與成果應用資料，並與國際專家學者討論智慧電網關鍵技術。拜訪早稻田大學 DR 中心、清水建設公司、一般社團法人電池工業會等智慧電網先進技術相關研發與建設單位，進行台日雙方智慧電網產業技術交流，並參訪日本四大智慧電網示範場域之一—北九州市智慧社區(Smart Community)實證計畫，有助於本所微電網技術發展及計畫執行，並構思及倡議下一階段台灣智慧電網之研發方向。

二、過程

表1、行程表

行程		公差地點		工作內容	
日期	地點		國別		地名
	出發	抵達			
2/28(日)	台北	東京	日本	東京	去程
2/29(一)			日本	東京	新宿早稻田大學 DR 中心參訪
3/1(二)			日本	東京	1.清水建設公司參訪 2.一般社團法人電池工業會參訪
3/2(三)			日本	東京	參加第六屆國際智慧電網會議暨展覽
3/3(四)	東京	北九州	日本	北九州	1.參加第六屆國際智慧電網會議暨展覽 2.赴北九州路程
3/4(五)			日本	北九州	北九州市智慧社區實證計畫參訪
3/5(六)	北九州	桃園	日本	北九州	回程

Held inside **World Smart Energy Week 2016**

6th INT'L SMART GRID EXPO

Dates: **Mar. 2** (Wed) - **4** (Fri), 2016 Venue: Tokyo Big Sight, Japan [Access >](#) Organised by: Reed Exhibitions

[Home](#) » INT'L SMART GRID EXPO Technical Conference

INT'L SMART GRID EXPO Previous (2016) Program

March 2 [Wed.]		March 3 [Thur.]		March 4 [Fri.]	
PM 14:00-16:00	SG-S1 Special Session Power System Stabilization	AM 10:00-12:00	ELJ-S2 Special Session Advanced Cases & Market Trends	AM 10:00-12:00	SG-K Keynote Session Technologies and Visions for Future Smart Grid Society
	ELJ-S1 Special Session Business Outlook of PPS	PM 13:00-15:00	SG-S2 Special Session Smart Community/City Projects ELJ-K Keynote Session Business Strategies by Electric & Gas Industry Leaders		ELJ-S3 Special Session Infrastructural Systems

圖1、『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』會議議程

三、心得

(一) 『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』 SG-S1 會議部分

本次會議的 SG-S1 議程討論主題為儲能系統於電力系統穩定之應用，邀請了三位專家進行簡報，分別為住友電氣工業的工程部能源系統組筒井康光 (Yasumitsu Tsutsui) 經理、東芝的社會公共建設系統部門高木喜久雄 (Kikuo Takagi) 技師長、Esstalion Technologies Inc. 的安田雅之 (Masayuki Yasuda) 執行長，如圖 2 所示。

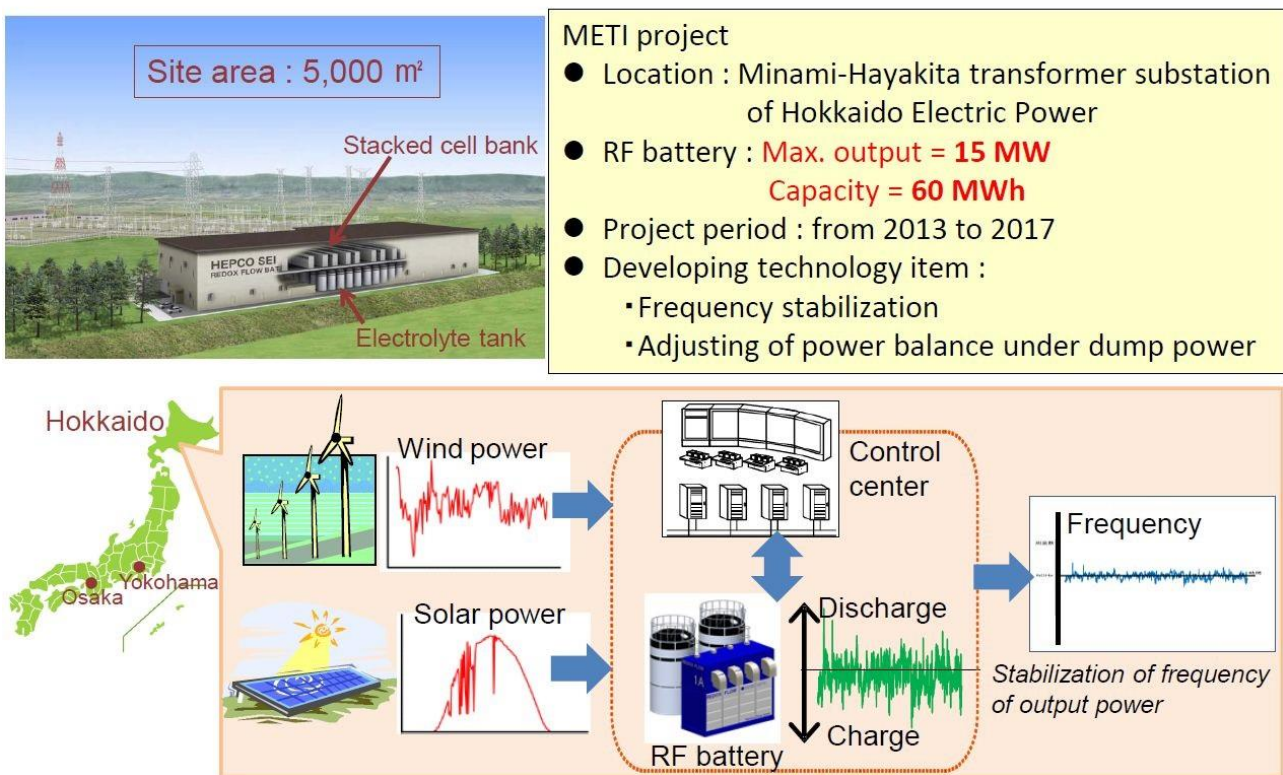
SG-S1 Special Session		Cutting-edge Technology Trends for Power System Stabilization			detail
Wed. Mar. 2	14:00 16:00	The Minami-Hayakita Substation Large-scale Battery Energy Storage System Project in Hokkaido	Toshiba's Activities for Power System Stabilization	Esstalion Technologies Inc. Activity	
					
		Yasumitsu Tsutsui Manager, Engineering Dept., Energy System Div., Sumitomo Electric Industries, Ltd.	Kikuo Takagi Technology Executive for T&D Solution, Social Infrastructure Systems Company, Toshiba Corp.	Masayuki Yasuda Executive Director, Esstalion Technologies Inc.	

圖2、『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』 SG-S1 會議部分主講人

首先，筒井康光經理報告住友電氣工業於 2013 年承接日本經濟產業省的研究案，在北海道的 Minami-Hayakita 變電站建置了一套大型儲能系統，以驗證該系統能夠平穩市電，補償風力發電機與太陽光電系統併電網發電所造成的電壓與頻率之暫態變動，並且能夠儲存多餘的電力(圖 3)。該儲能系統規格為 15MW/60MWh 的氧化還原液流電池(redox flow battery, RF 電池)，其工作原理為利用溶解在硫酸溶液內不同價位的鈳離子，因電位差而進行氧化還原，造成鈳離子電子交換，因而產生電流；由於 RF 電池具有生命週期長、穩定而不易燃燒、無充放電次數的限制、蓄電量的規模容易放大、SOC 能夠被精確的

量測等優點，因此極適合作為平穩電網之用途。住友電氣工業為 RF 電池的技術領導廠商，擁有許多實際的應用實績，因而設計將該系統操作在以下的三個模式(圖 4)，(1)負載用電的削峰填谷：即在用電離峰時間進行充電，用電尖峰時間進行放電，平穩市電的使用；(2)穩定再生能源發電：由於再生能源發電具有間歇性，透過 RF 電池的補償，能夠將再生能源發電平穩化，可減少對石化燃料發電的依賴；(3)供電量的可規劃性：由於再生能源發電具有不確定性，若能與 RF 電池合併發電，以滿足排程所需的電力，則可達成供電的可規劃性。

Large-scale RF Battery Project at Hokkaido Electric Power



Ingenious Dynamics

SUMITOMO ELECTRIC

圖3、住友電氣工業於北海道建置的大型儲能系統

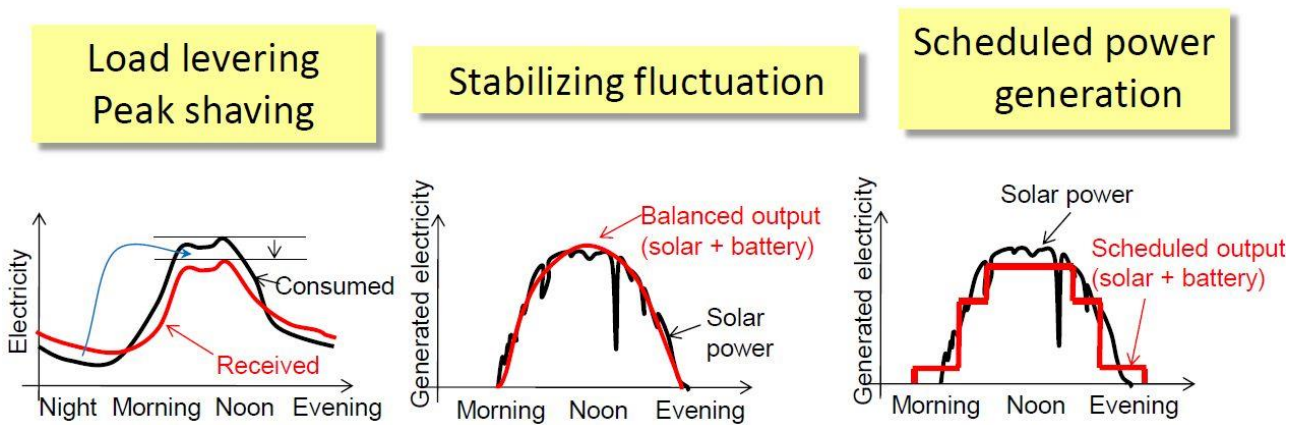


圖4、住友電氣工業對 RF 電池所設計的操作模式

其次，高木喜久雄技師長報告東芝公司對於日本經濟產業省主導的電力系統改革計畫，在儲能系統應用於電力穩定方面，提供了許多的解決安案。日本在 311 大地震發生後電力需求緊迫，電力公司要求住家節電，再加上部分建築擁有再生能源發電設備，因而產生過多的電力，被稱為 *negawatt power*，這些多餘電力的管理引起了研究人員注目，因此經濟產業省進行了一系列的電力系統改革計畫來因應，其中最著名的便是橫濱智慧城市計畫 (Yokohama Smart City Project, YSCP)。該計畫之概念是以社區能源管理系統 (CEMS) 為指揮中心，負責管理家庭能源系統 (HEMS)、建築物能源管理系統 (BEMS)、電動車以及蓄電池 SCADA，再由各種能源管理系統根據各種環境與功能來管控發電及用電設備，例如家庭能源系統、建築物能源管理系統 (BEMS) 負責控制、管理住宅、商辦大樓設備以最佳化能源效率。CEMS 可透過 EMS 群向用戶提出電力使用限制請求，或要求用戶吸收產生之剩餘電力，進行需量反應實證，以較低的社會成本實現二氧化碳減排以及整體建築物能源最佳化目標 (如圖 5)。東芝公司使用自行研發的新型鋰離子電池 (Super Charge ion Battery, SCiB)，以每 300kW/100kWh 的電池裝置於 20 呎貨櫃內，並聯多組貨櫃以組成 MW 級儲能系統，以穩定 *negawatt power* 所造成的頻率變動，並搭配電池 SCADA 系統，作整個區域供電與用電間之平衡，達成平穩使用市電 (如圖 6)。

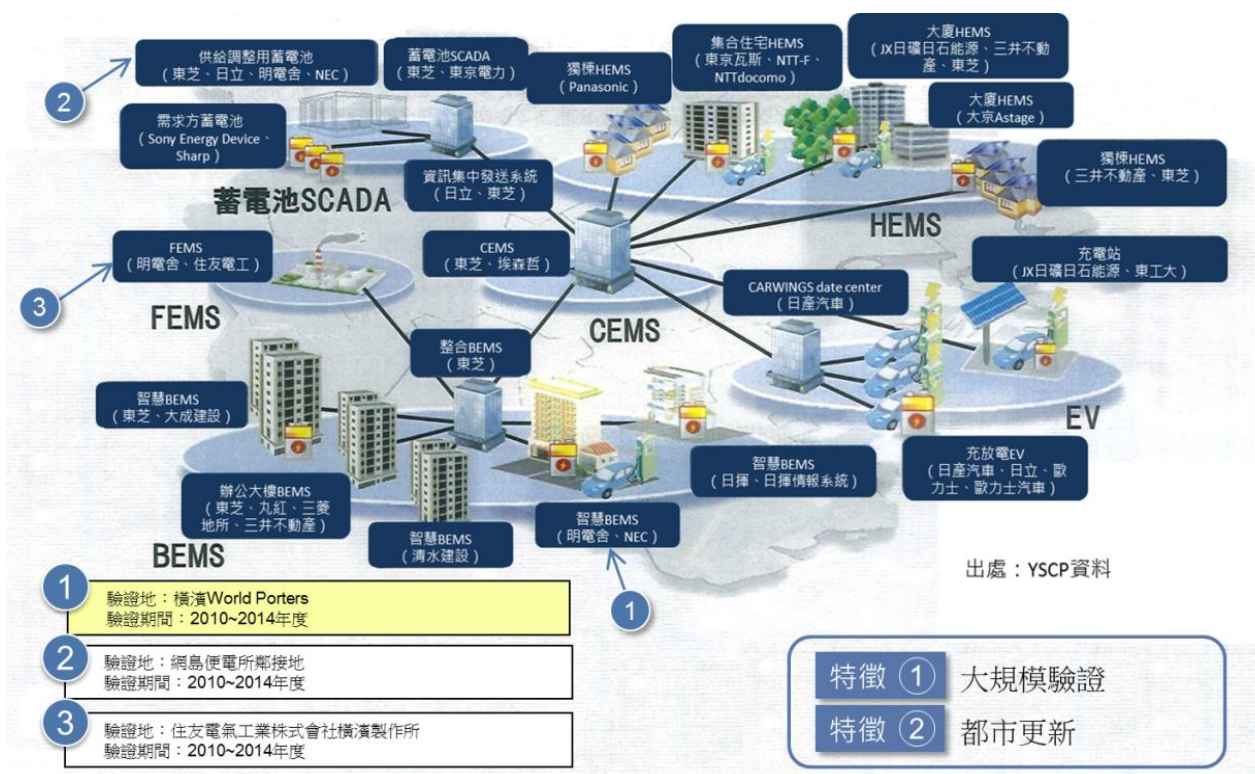


圖5、橫濱智慧城市計畫整體概念圖

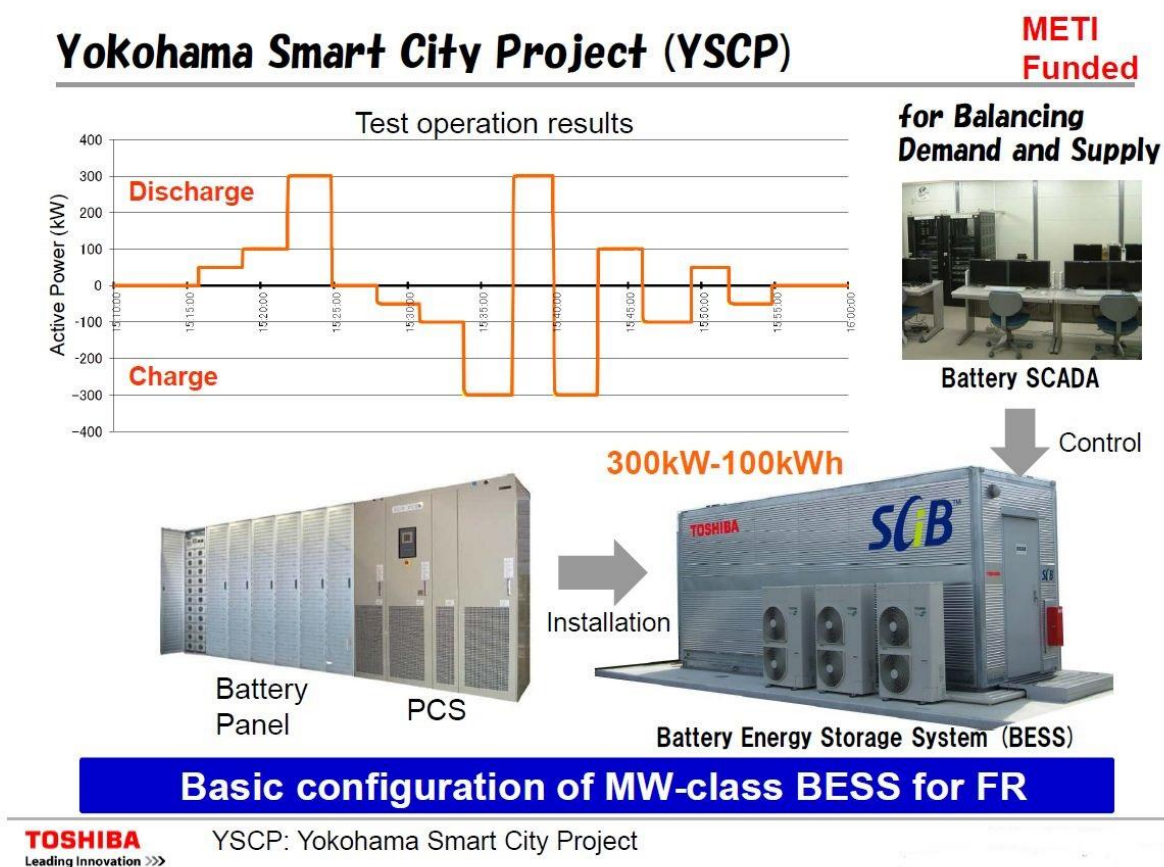


圖6、橫濱智慧城市計畫所使用的東芝儲能系統

最後，安田雅之執行長報告 Esstalion Technologies Inc.於加拿大魁北克省所建置的 utility 級的儲能系統(ESS)，該公司是由日本 Sony 與加拿大魁北克省水力發電公司各持有一半股權，於 2014 年六月 2 日合資成立的子公司，目標為結合 Sony 公司的電池技術與魁北克省水力發電公司的電網營運與控制技術，研發電網級的儲能系統；所測試的系統是由 576 個可充電式橄欖石磷酸鋰鐵電池(olivine-type lithium-ion iron phosphate rechargeable batteries) 模組所組成，並且包含一個逆變器以轉換電力，與一組變壓器以調整 ESS 的電壓與電網相匹配，裝置於 16.2 公尺長的貨櫃內，具有 1.2MW 最大功率及 1.2MWh 蓄電量，平均每日可供給 23 個家庭的用電，進行電網的頻率調節，及整合更多的再生能源發電設備(圖 7)。另外，Esstalion 也展示了儲能系統應用於電能管理排程的最佳化技術，系統使用粒子群演算法(Integer Speed-constraint Multi-objective Particle swarm optimization)對 ESS 進行充/放電的排程，使得 ESS 利用電離峰期間充電，而在用電尖峰期間放電外，並且儘量減少充/放電期間的電能損失。



圖7、Esstalion Technologies Inc.於加拿大魁北克省所測試的儲能系統

(二) 『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』智慧電網展覽部分

參加智慧電網會議及展覽先完成註冊報到、熟悉展場環境(圖 8)，並與此行所有人員於台灣展覽攤位前合照(圖 9)，接著參觀展覽、蒐集參展單位的研發成果，並與國外廠商討論有關智慧電網與微電網發展現況與進行技術交流。



圖8、智慧電網會議及展覽註冊報到

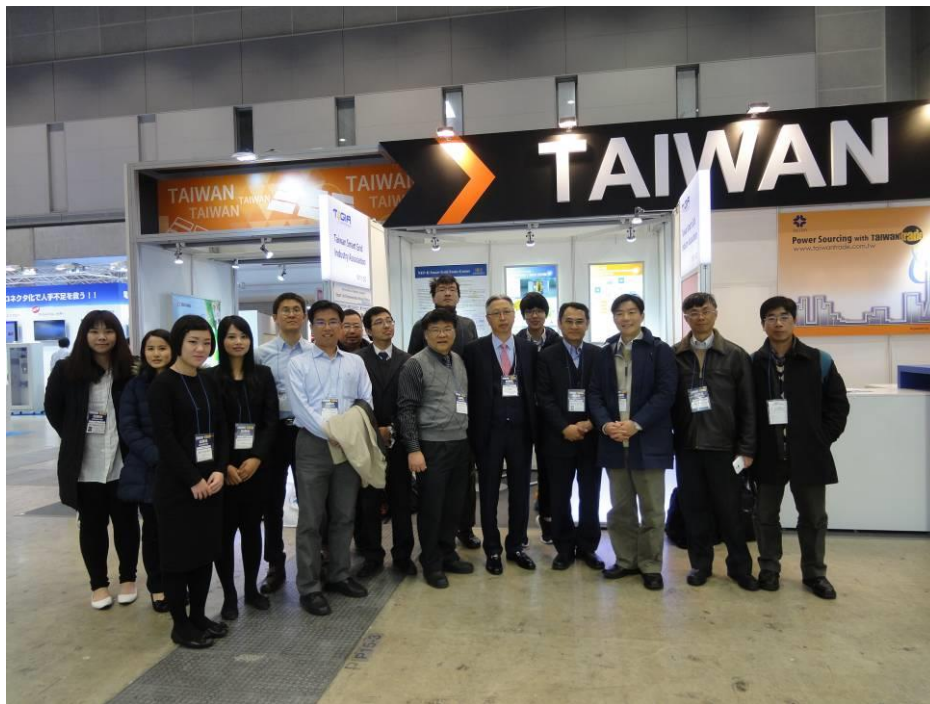


圖9、參觀展覽所有人員於台灣展覽攤位前合照

1. 東芝公司

東芝公司此次參展所展示的兩大主題為智能電池(Smart Battery)與家用型能源管理系統(HEMS)。前者，主要是在推廣自行研發與生產的 SCiB，由於具有高輸入/出功率、安全性高、耐低溫(-30°C 仍可運作)、急速充電(6 分鐘內可充電達 80%電池容量)、長壽命(超過 10,000 次的充電-放電循環)等特性(圖 10)，因此適合各種規模的應用，小規模包括家用 PV 的電力儲存及不斷電系統，中規模包括電動車用電池及充電站，大規模則包括再生能源發電站的電力儲存與電網調節等(圖 11)，若再加上 EMS 或 SCADA，即可實現智能電池的功能，進行電力調節與調度排程等任務。後者，主要是在推廣住宅生活設施的可控制性與節能，透過 HEMS 主機整合智慧電錶、太陽能發電設備、儲能系統、智慧家電與熱泵等，除了可讓電力之使用視覺化外，更可以配合時間電價而進行負載用電的排程，以滿足用電戶的雙省期望--省電及省錢；另外，還可與東芝提供的家庭用「FEMINITY」系統聯動，用電戶在任何地方透過手持式裝置確認所有受控裝置的狀態，並可遠端進行啟動、關閉和調節等操作(圖 12)。

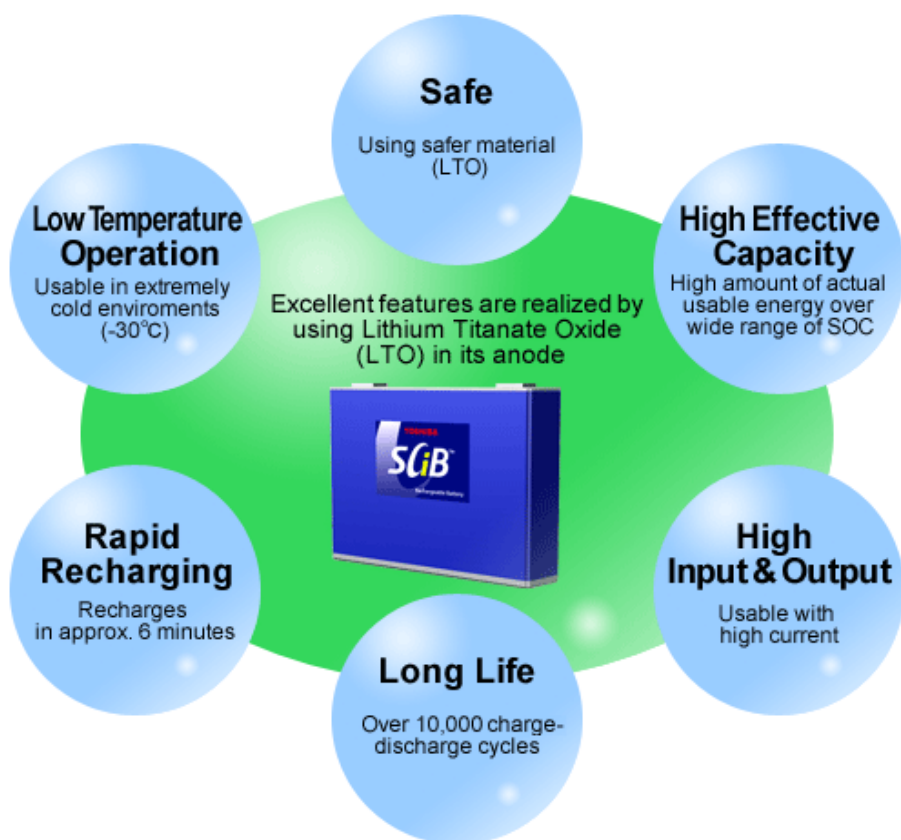


圖10、東芝 SCiB 的特性



圖11、東芝 SCiB 的應用範圍

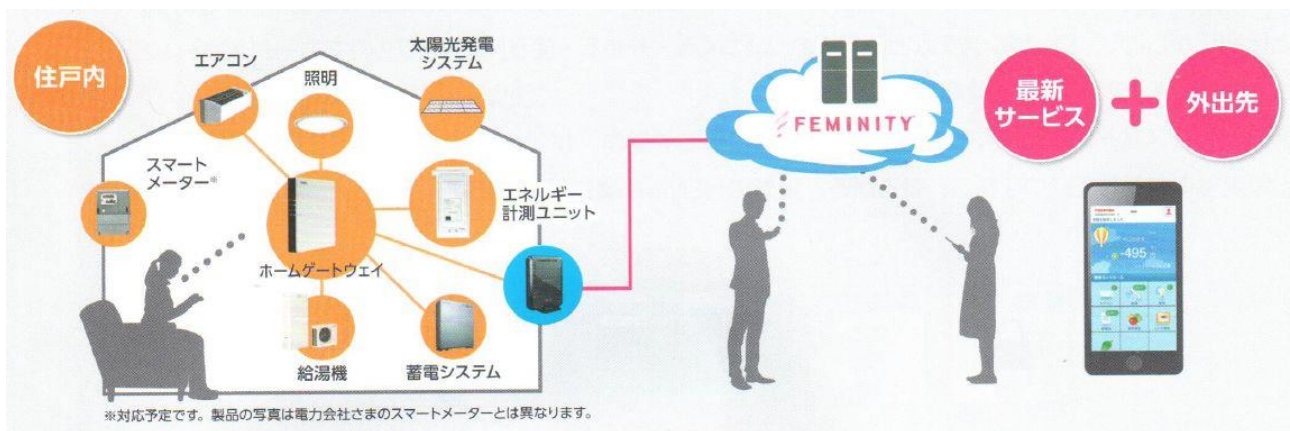


圖12、東芝 HEMS 圖示

2. Tabuchi Electric Co.

Tabuchi Electric 公司此次展出的為多串式太陽能逆變器 (Multi-string Solar Inverter)，與傳統集中式系統最大的不同在於多串式系統能夠減少許多種類的電力耗損，支援多種類型的 PV 光電板，其中一串 PV 板故障不影響其他 PV 板輸出(圖 13)，且維修與保養容易，因而效能更勝於集中式系統。傳統集中式系統的每串 PV 板數量必須相等，以確保每分路的 DC 電壓相同，若屋頂空間的限制而造成每串 PV 板數量不同時，則必須增加 booster 電路以提高電壓，且分路還得透過連接盒(Junction Box)來合併，如此的層層轉換勢必增加損耗；另外，PV 板上有灰塵、樹葉或雪覆蓋時，會降低該分路的電壓，便有可能因為分路間的電壓差而產生分路間電流，因而降低總輸出功率。多串式系統則可避免因上述的問題而所造成的電力損耗(圖 14)，並且每串分路有自己的最大功率追蹤器(Maximum Power Point Tracker, MPPT)，因此可以個別在最大功率點下發電，而集中式系統的 P-V 曲線上有多个峰值，有可能搜尋到非最高的峰值而造成未輸出最大功率(圖 15)。Tabuchi Electric 公司也推出了混合式的逆變器，能將多串式 PV 逆變器內建電池，並搭配 Geli 公司所研發的簡易式能源管理介面，使得一般用戶能夠賣電、節電或孤島運轉(圖 16)。另外，為因應物聯網的時代到來，Tabuchi Electric 公司也有自建雲，用戶可透過 PC 或手持裝置隨時隨地監控相關設備。

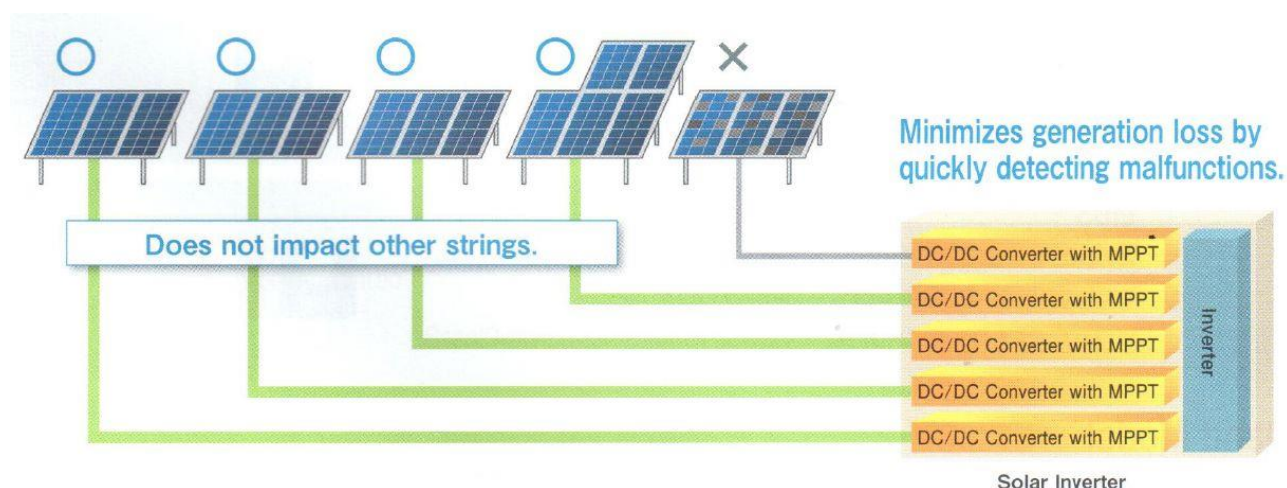


圖13、多串式太陽能逆變器系統其中一串 PV 板故障不影響其他 PV 板輸出

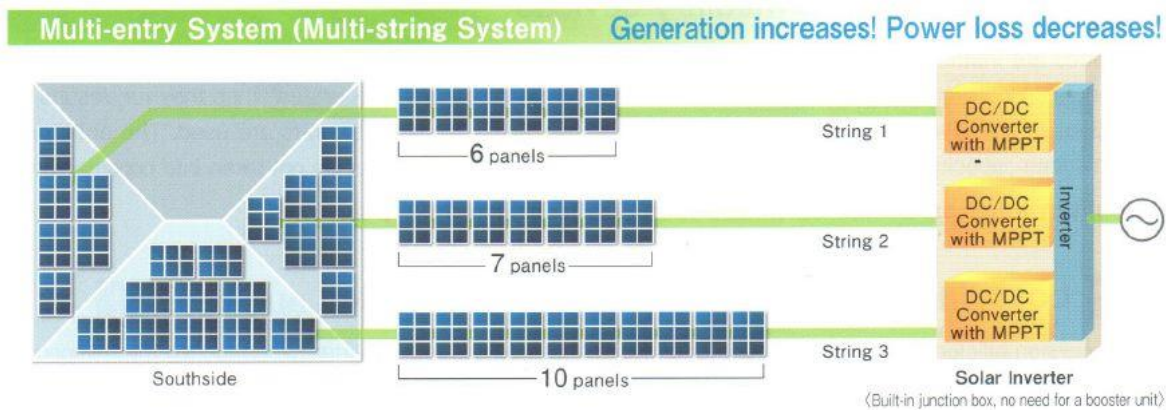
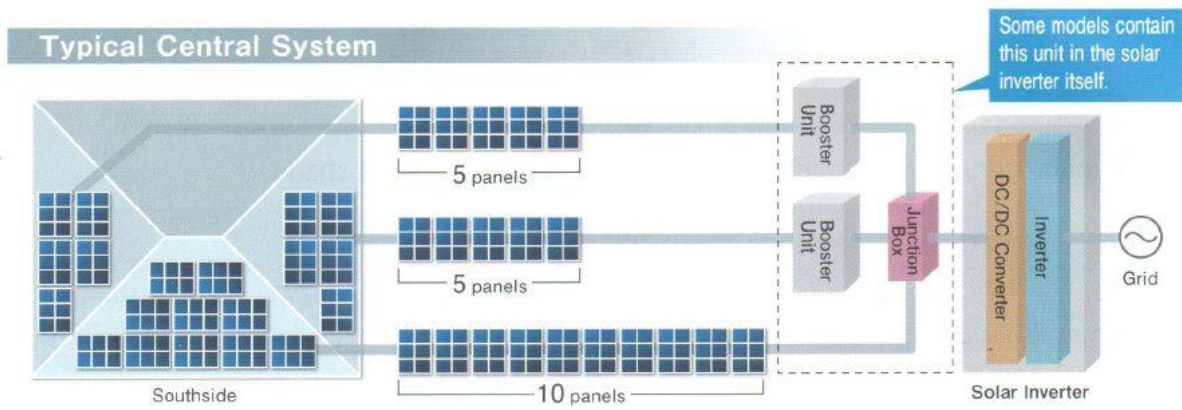


圖14、傳統集中式系太陽能逆變器與多串式太陽能逆變器之架構圖

Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Since there are multiple input peaks* in a central inverter design, the maximum power point can be lost. However, with a multi-string inverter, MPPT control is used on each string, so it typically attains the maximum power point.

*The maximum power point is the peak of the P-V (power-voltage) curve.

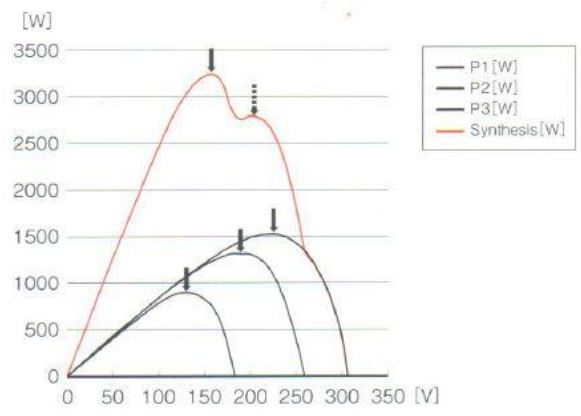
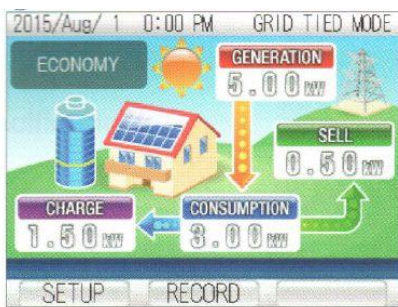
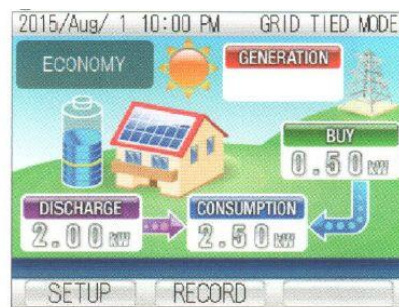


圖15、集中式系統與多串式系統的 MPPT 比較



After supplying the household load, surplus PV power is used to charge the storage battery. Any excess power may be exported to the power company.



Although power from the storage battery is used for household consumption, any shortages are covered by purchasing power from the power company.

圖16、混合式逆變之簡易式能源管理介面

3. 日本礙子公司

日本礙子公司(NGK Insulators, LTD.)此次展出的是鈉硫(NaS)電池，該公司自 2002 年成立電池部門以來，全球已建置約 200 個場所，總輸出功率最大為 45 萬千瓦，總蓄電力約為 3 百萬度電，所生產的鈉硫電池具有容量大、單位體積電力輸出較大、反應快速、具多重防護而安全性較高、容易監控與檢查等優點，適合多種類的用途(圖 17)：例如，在 PV 與風力之發電端，NaS 適合用於平穩再生能源輸出電力以及維持計畫功率輸出；在輸配電端，NaS 適合用於調整電網的頻率變動以及剩餘電力的儲存；在電力使用端，NaS 適合用於電能管理、緊急電力儲存以及因應瞬間低電壓。NGK 公司的鈉硫電池已實際使用於電廠、輸電設施、變電站、微電網以及大電力用戶等，其中兩個大規模的應用實例分別為日本柏之葉智慧城市，電池的裝置規模為 1.8MW/12.96MWh，以及中國電力公司隱崎諸島變電所，電池的裝置規模為 4.2MW/25.2MWh，均已在 2015 年開始運轉(圖 18)。另外，有關瞬間低電壓的發生，常是因為落雷而引起，NaS 能夠在 5ms 時間內(1 個交流電周期內)穩定電壓，適合作為重要設備的緊急電源(圖 19)。

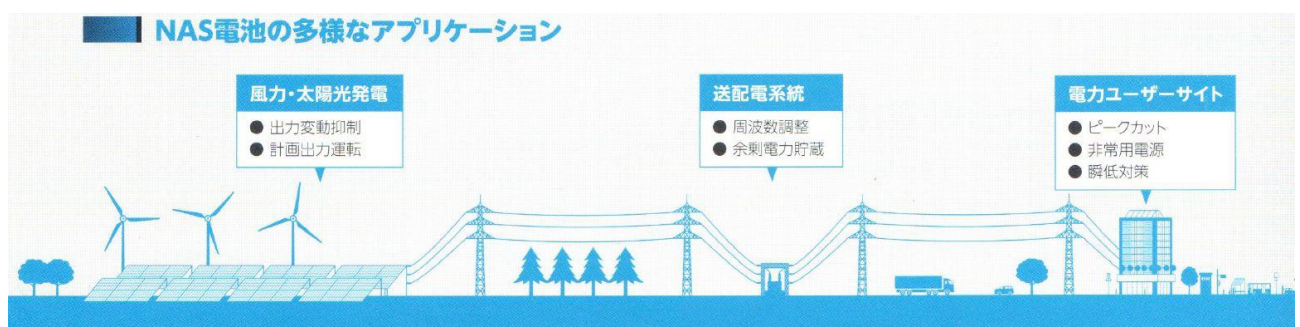


圖17、鈉硫電池之多種類用途

導入事例



圖18、NGK 公司的鈉硫電池已實際使用實例

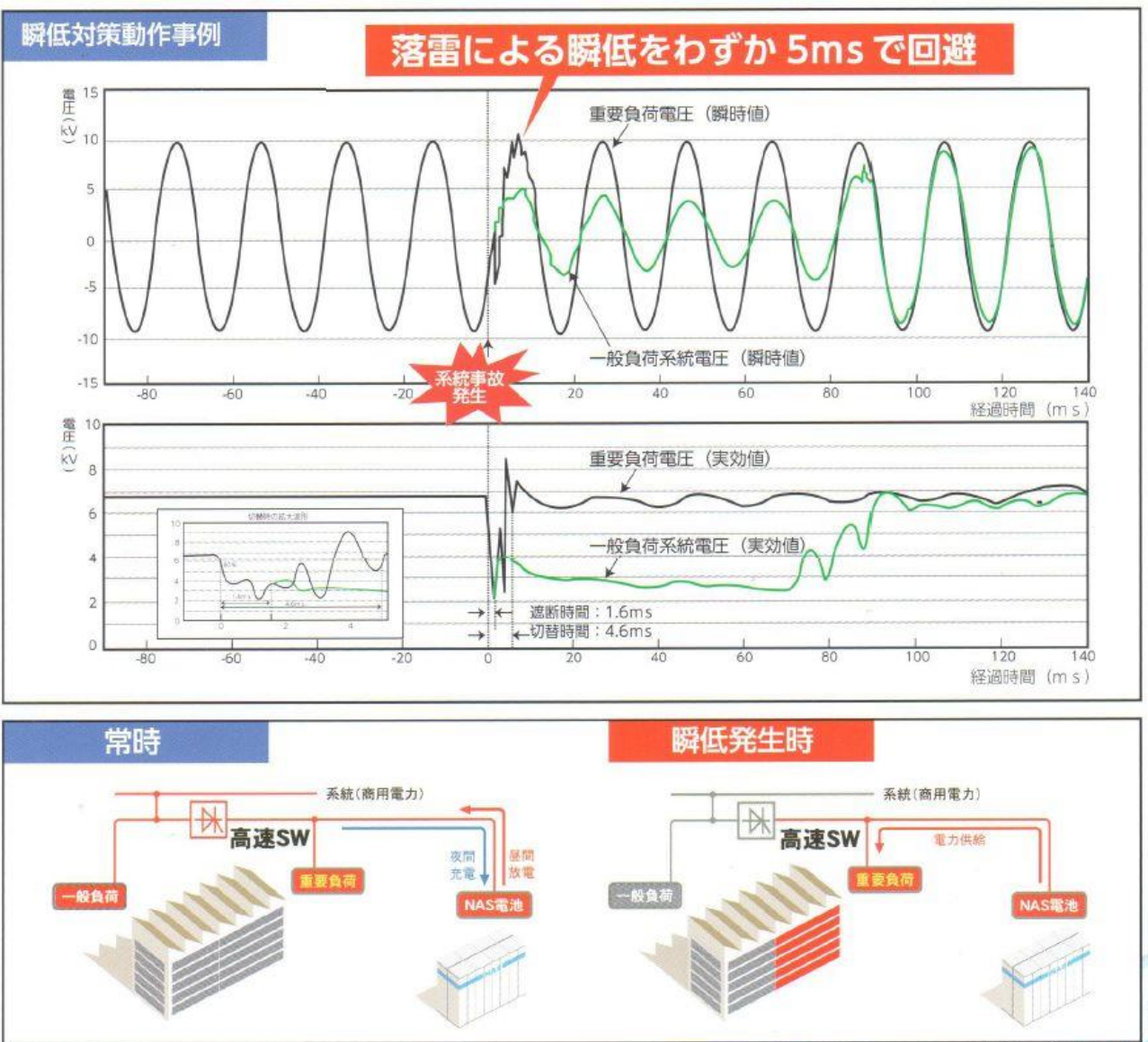


圖19、鈉硫電池對市電電壓瞬低的快速反應

4. 其他廠商

三菱電機則以自家的太陽能模組為根基，用電動車及其蓄電池作為儲能設備，搭配完善的 HEMS，讓電力能達到「創能、儲能、確實用能」的目標，實現智慧家庭的願景；另外也推廣其 Facima 的監控系統，使得設備(Facility)能夠透過智慧化的管理，發揮其最大(Maximum)效能。富士電機則展示 Solar Concierge 統合監視系統，以及運用 Zigbee 無線通訊的電力量測模組。另外還有台灣的台達電以及中國的華為等，均有展出自家的智慧電網相關設備。

(三) 早稻田大學 DR 中心參訪

位於東京新宿的早稻田大學需量反應(Demand Response, DR)中心，其正式名稱為能源管理系統新宿研發中心(EMS Shinjuku R&D Center)，2012年由經濟產業省所出資成立，並得到日本國內之電力、瓦斯、建築、汽車、家電與電信等25個公司贊助，主要目的為運用需量反應技術結合各種EMS之技術測試與實證，以達到調節負載需量而與發電供給相匹配(圖20)。此次由需量管理專家石井英雄博士(Dr. Hideo Ishii)簡介需量管理計畫在日本試行的情況，並帶領我們參觀該研發中心(圖21)。

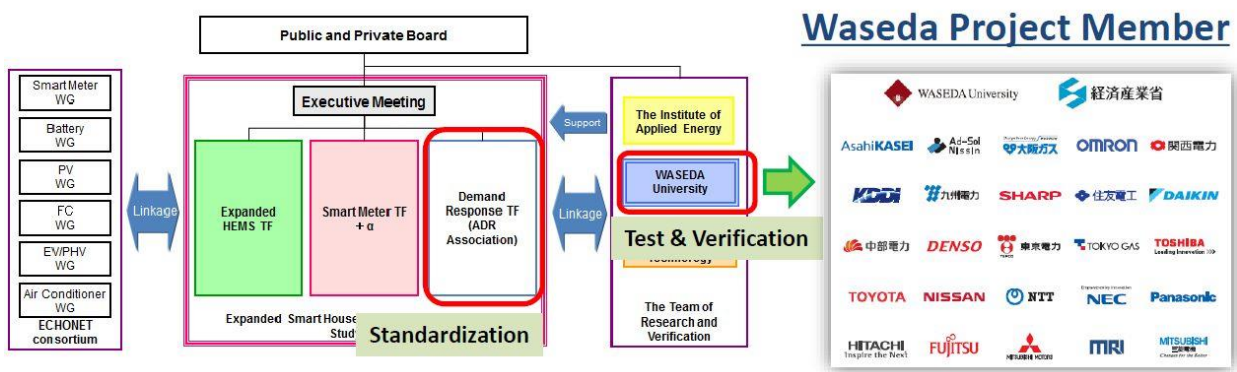


圖20、早稻田大學需量反應計畫的贊助廠商



圖21、石井英雄博士簡介需量管理計畫在日本試行的情況

簡報中，石井博士簡述該中心在整個計畫所執行的各項工作內容(圖 22)，包括在發電供給方面，建置 DRAS(Demand Response Automated Server)以測試 OpenADR2.0 通訊協定，模擬於電力公司端建置 VTN(Virtual Top Node)，於 Aggregator 或 CEMS 端建置 VEN(Virtual End Node)時，測試兩者間通訊，並驗證適合日本使用的 OpenADR 規範。在負載需量側方面，則是建置以 Echonet Lite 做為家電控制通訊協定的 HEMS 測試平台，以驗證 Echonet Lite 能夠接受 OpenADR VEN 的控制訊號而成為智慧屋(Smart House)，最後並比較 Echonet Lite 與其他協定(如 SEP2.0)在能源管理上的效益。其中，共建置了 3 個類型的 DRAS，分別為電業網角色(T&D)、電業零售商(Retailer)及 Aggregator，作為收發各種 VTN 與 VEN 所傳送的 ADR 訊號。整個計畫分為 4 個子計畫(圖 23)，Project A 中，由東京電力公司(TEPCO)擔任電業網與零售商，執行 DR 的發布與接收，測試 DRAS 與 Aggregator 以 OpenADR 通訊；Project B 中，則測試 ADR (Automatic Demand Response)的訊號經由 Aggregator 發送至 HEMS、BEMS、FEMS 等之後，能夠實際控制相關設備，確實卸除負載；Project C 則是實際與日本 4 大智慧城市的實證場域進行 OpenADR 的連線與測試，以驗證 DR 的成效；Project D 中，由產經省與 6 個 Aggregator 簽約，於 2013 年 12 月至 2015 年 3 月間，執行具有卸載獎勵金(incentive)機制的 DR 測試，除了達成 90MW(相當於 1100 個用電戶)夏日尖峰卸載外，也同時測試了相關的輔助服務。

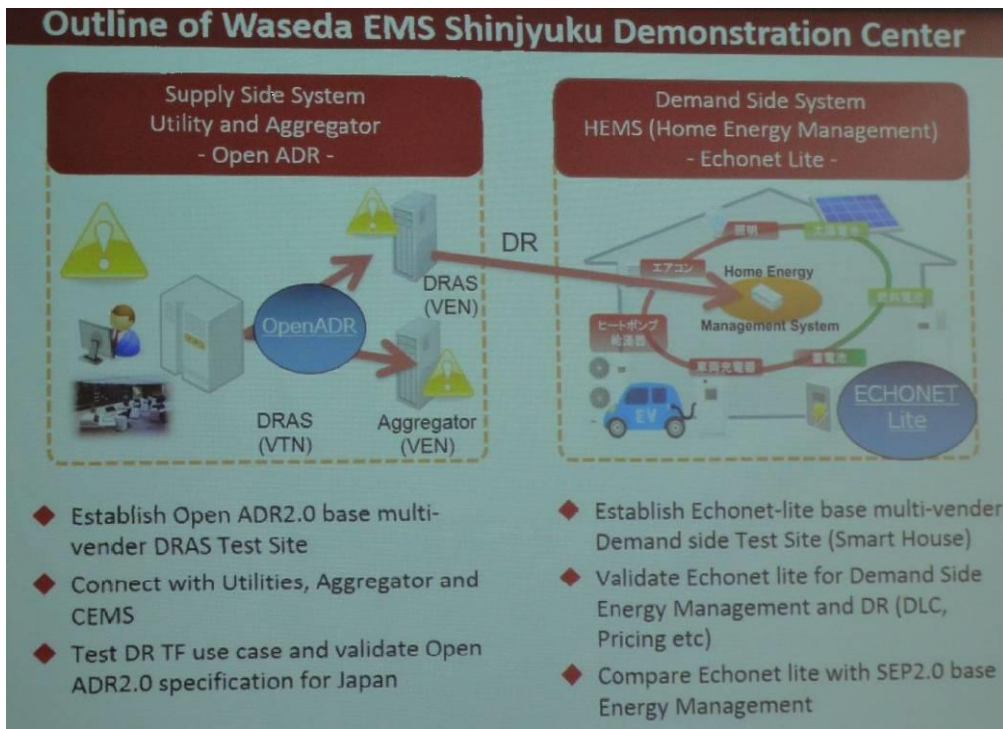


圖22、早稻田大學 DR 中心的工作內容摘要

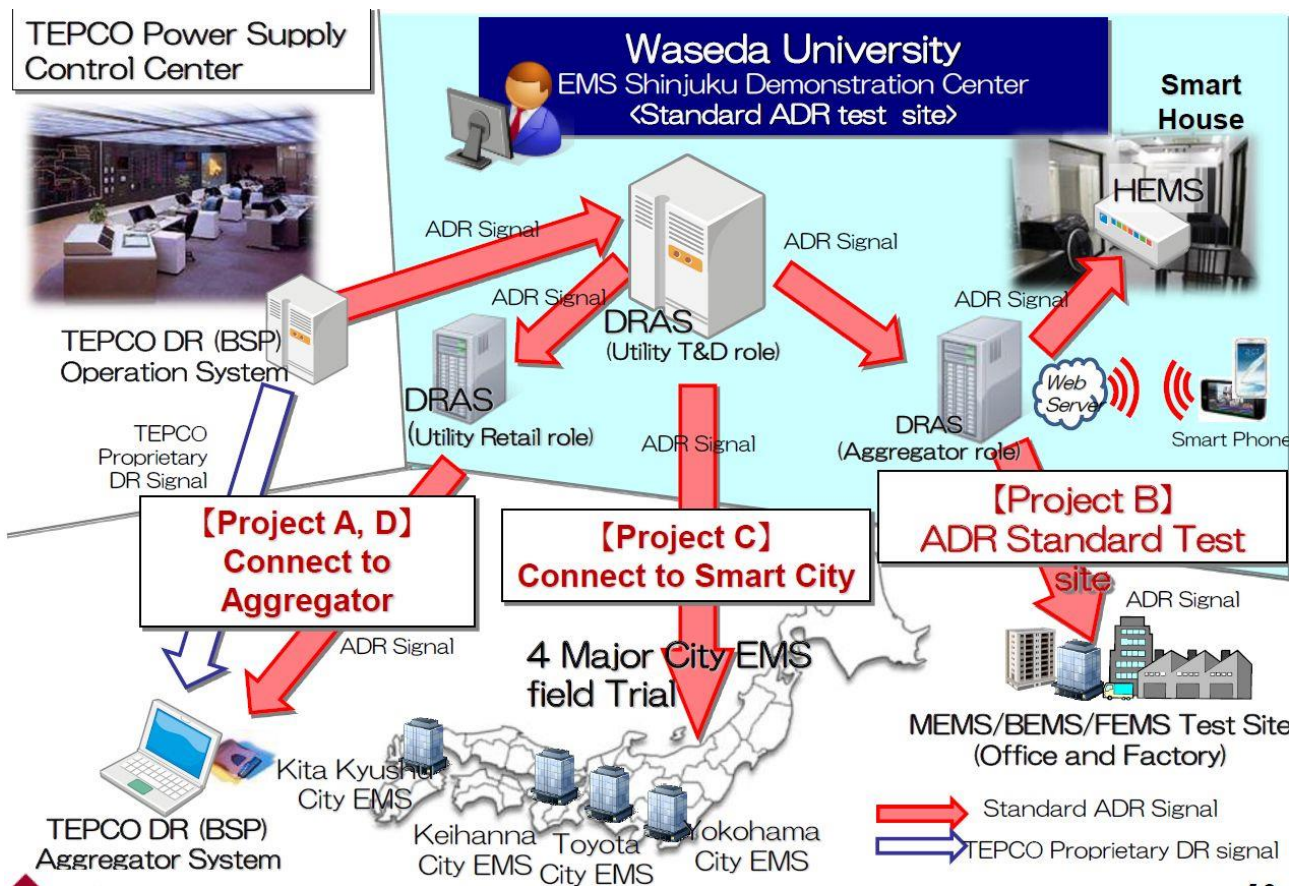


圖23、日本需量管理試行計畫

接下來，石井博士帶我們參觀研發中心(圖 24)，共分為智慧屋、DRAS 及配電網路模擬(Distribution Network Simulator)之 3 個展示區。智慧屋展示區內設置了 4 戶智慧屋(圖 25)，其中有一間屋內採用的標準為 SEP2.0，其他三間都是採用 ECHONET Lite (TEPCO 的標準)，目的是為了試驗不同廠家能源管理設備之間通信的互通性。每戶裝置有智慧電表、空調設備、熱泵、電動車充電樁、儲能設備及控制所有設備的 EMS(圖 26)，然而並未實際裝設 PV，並透過 ECHONET Lite 及 SEP2.0 相互通訊；值得注意的是，所有廠商的設備均能連結至此家用網路，而受到 EMS 控制，使用多種通訊協定的目的是與世界各種的家電設備通訊協定作傳輸效益的比較；屋內的負載也可透過裝有逆變器的負載箱來模擬，以比較獨居、夫妻 2 人、家庭、甚至商家等的用電行為。由於裝有電池及電動車充電樁，停電時也可執行孤島運轉；所有的用電紀錄，均會透過智慧電表而傳送給 TEPCO。配電網路模擬展示區則是設置一個 400VAC 及數公里長的電力配送線路模擬器(圖 27)，作為配電網連結至家庭的電器耗能與發電式儲能設備之各種模擬測試與驗證。該計畫總經費為 13 億日圓，進行為期三年的研究，已於 2015 年結束，將由其他計畫的經費或尋求產業界的合作以進行設備維護，下一階段的研究主題可能為物聯網或大數據。



圖24、與石井英雄博士於早稻田 DR 研究中心之合照

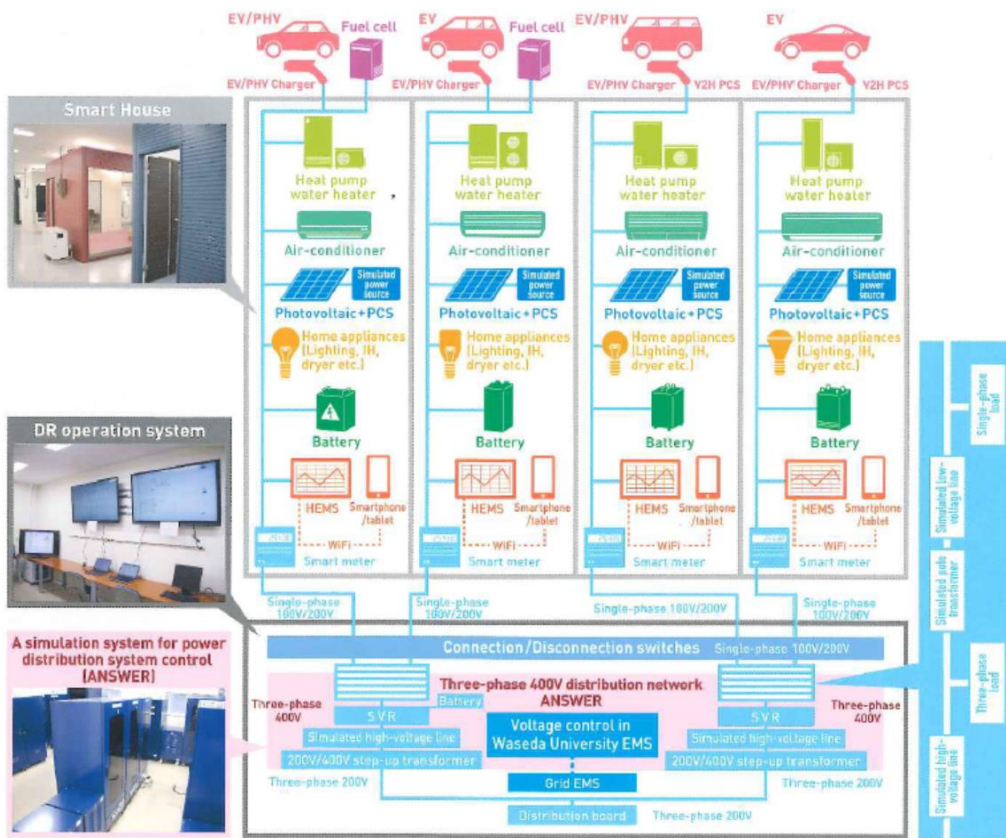


圖25、智慧屋展示區內之配置



圖26、電表集中器、PV inverter、儲能設備與電動車等各式智慧屋內部設備



圖27、電力配送線路模擬器

最後，石井博士對本所與資策會之合作開發，將 OpenADR 運用在 PV 發電調度的成果感到印象深刻，並表示台日雙方能夠連手制定相關規範，並向美國的 OpenADR 聯盟提出修正；另外，對於實施需量反應調度後，對電網系統的衝擊評估，也是值得研究的題目。

(四) 清水建設公司參訪

清水建設公司成立於 1804 年，起初為一般的建築公司，發展至相當規模後逐漸轉型成為建築與解決方案提供商；研究部門則於 1944 年設立，並於 1970 年自本社獨立，於東京江東區越中島地區建構研究所專屬之大樓，其後於 2010 年完成該研究大樓之全面智慧住宅化，目前清水建設技術研究所園區內研究設施包括大型建構實驗樓、材料實驗樓、多目的實驗樓、先端地震防災實驗樓、風洞實驗樓、音響實驗樓、綠建築實驗樓、網路實驗樓、多機能實驗樓、生態環境園區、安全安震館以及能源中心等。研究人員共 174 名，以建築與土木專業人才占比各 48% 及 18% 居首，其餘研究人員專業涵蓋電機、物理、化學、地質、及農學等。研究領域可約略分為建築的安全與防災、節能減碳、健康與舒適、及先進科技等四個構面。2001 年清水建設展開了智慧電網方面的研究，2008 年與中國大陸、2010 年與美國及 NEDO 合作，進行智慧電網實證實驗的計畫，實證結束後便將成果轉移到實際建築的應用。本次參訪係由那須原和良

室長接待，介紹該公司在微電網及智慧建築能源管理系統的技術與實績(圖 28)。



圖28、參訪人員與清水建設公司接待人員合照

清水建設所開發的智慧建築能源管理系統透過建築內分散式電源的整合控制(使用微電網技術)及對熱、風、空調及照明的控制(透過需量反應技術)以達到負載的削峰填谷或抑低尖載的顯著成效並增進用電彈性(圖 29)。清水建設所開發的微電網技術是透過對分散式發電設備及儲能系統進行最佳化調控以維持電力供需平衡，確保電力穩定供應。一旦市電發生故障，系統可切換為孤島模式持續供應負載所需電力(圖 30)。



圖29、清水建設技術研究所的智慧建築能源管理系統(BEMS)概念

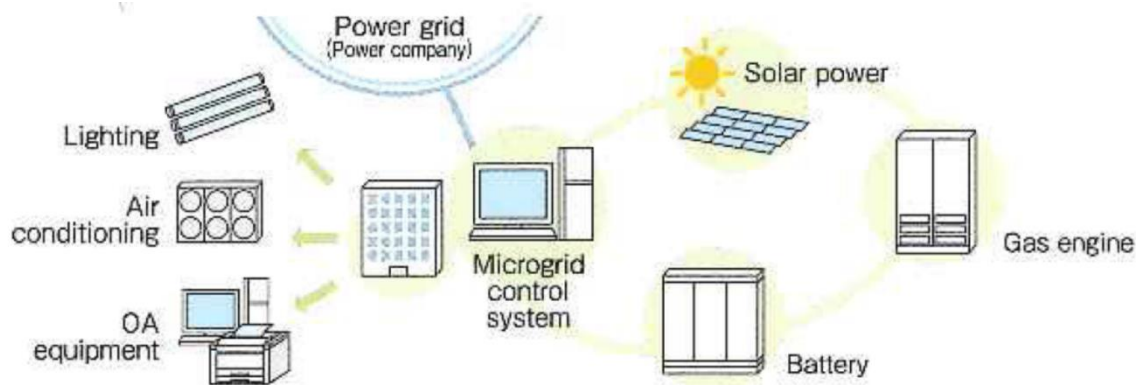


圖30、清水建設技術研究所微電網系統概念

此外，於 2011 年日本 311 大地震後，新造住宅特別注重防災功能，因此清水建設在橫濱建造 i-Mark Place 租賃大樓，除了針對防災功能進行設計外，同時主打「平時節能、災時正常運作」之 ecoBCP 概念。該棟大樓透過 BEMS 系統節省平日用電 10%，直接導入電力可視覺化系統，讓用戶能了解即時的電力使用狀況，同時全棟樓採用省電的 LED 燈泡、設置太陽能板導入再生能源，並設置緊急時可供整棟大樓正常運作 72 小時的燃油發電機。

(五) 一般社團法人電池工業會參訪

日本電池工業會(Battery Association of Japan, BAJ)為經濟產業省下的一個社團法人組織，成立於 1948 年 5 月，目前正式會員共 15 家廠商，包括 NEC、FDK、川崎重工、日立、湯淺、東芝、索尼、松下、三菱重工等知名企業，贊助會員共 85 家廠商，而太陽能電池及液流電池非其權責範圍。協會的工作內容包含：(1)有關電池規格的標準化制定；(2)已使用電池的再利用及相關環保對策的擬定；(3)有關消費者安全對策的制定；(4)有關電池普及開發等公共關係的推行；(5)調查與統計業務；(6)保養蓄電池設備之人員的教育及蓄電池設備形式之認定；(7)與國內外有關機構進行交流等。此次參訪是由該協會之常務理事淡路谷隆久先生接待，介紹電池工業會以及日本電池的發展現況(圖 31)。



圖31、參訪一般社團法人電池工業會之實況

自從 2011 年 311 大地震過後，日本政府持續推行蓄電池系統的裝置，並依各種地點而設計不同容量的建議，以作為削峰填谷、電力備用、再生能源儲存等用途。2012 年 3 月至 2016 年 3 月期間，編列了 440 億日圓，補助家庭裝設鋰離子電池，每戶最大可安裝 7kWh，其中的三分之一由政府支付，最多 150 萬日圓。預估日本的蓄電池裝置需求，將從 2015 年的 398 億日圓，以每 5 年倍增的速度，2025 年將達到 1,897 億日圓。今後應注意的方向則包括：電業的全面自由化--發電與輸電部門需強制分離、再生能源並網發電、輔助服務市場的出現、需量反應與 EMS 的執行成效、蓄電池的回收再利用之效益等，均會影響日後電池的發展。

(六) 北九州市智慧社區實證計畫參訪

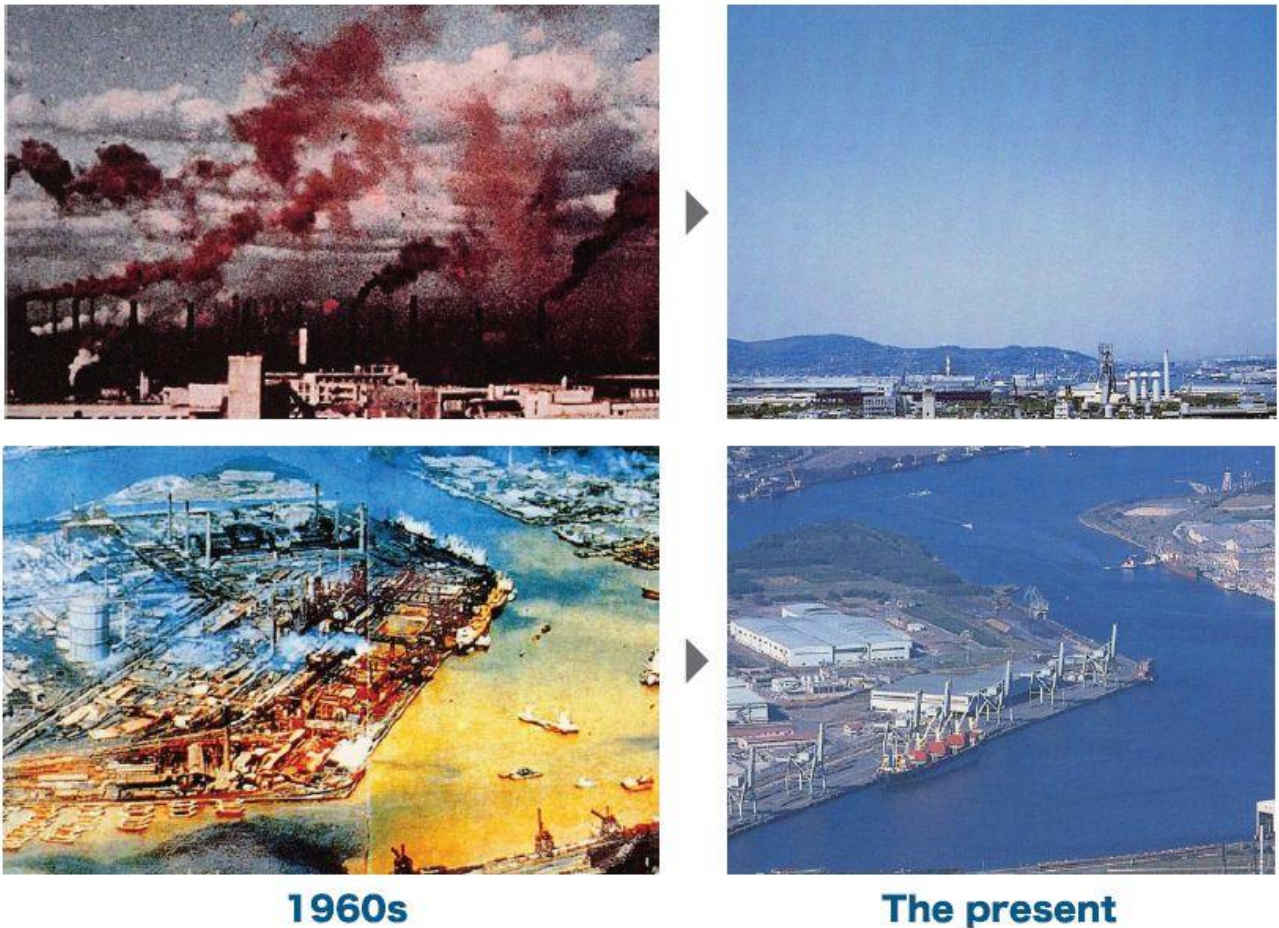
北九州市智慧社區(Smart Community)為日本 4 大智慧城市示範計畫之一，自 2010 年 4 月 8 日開始實施，為期 5 年；示範場址的面積為 120 公頃，內部包括有約 900 個居民、約 210 個公司行號及共約 6,000 位職員(圖 32)。該計畫目標包括：(1)藉由 PV 及其他再生能源發電系統的安裝，將住家或企業等原本為能源的使用者，轉變成能源的產用者(prosumers, producers + consumers)；(2)試行需求側(住家或企業)的自我能源管理，並與供給側(電廠)共同實踐能源管理；(3)導入時間動態電價以及獎勵金制度，並與早稻田大學的 DR 中心共同施行自動需量控制；(4)期望最終能減少 50%的 CO₂ 排放量；

(5)當大量的再生能源發電併入電網時，維持電壓與頻率的穩定(101V±6V, 60Hz)。此次的參訪包含三大部分：環境博物館、能源管理中心、環境共生型生態住宅(Eco house)。



圖32、藍色區域為北九州市智慧社區範圍

北九州市是以製造業為基礎而繁榮的都市，素有日本的鋼鐵之都的稱號，在 1960 年代卻也有灰色之城的稱號，附近海域更被稱為死海；經過多年公害改革之努力及居民環保意識之教育，從煙霧瀰漫的天空和死海奇蹟地蛻變，於 2008 年獲得日本政府環境模範城市，並於 2011 年的國際環境博覽會，被 OECD 選定為模範綠色城市中(圖 33)。北九州市希望城為世界的環境首都，因而建造環境博物館，作為環境教育與舉辦活動之用；館內共分為 5 個區域，包含北九州市變遷簡介區、客服公害歷史展示區、人類和地球環境教育區、環境技術與環保生活學習區、打造北九州市城為未來環境之都區；藉由循序漸進的展示介紹，讓參觀者體會政府與市民的共同努力，使北九州市城為一個誰都想在這裡生活和充滿活力的城市。



1960s

The present

圖33、北九州市的蛻變

整個智慧社區示範場域即是一個智慧電網，並由富士電機所研發的 CEMS 作為中央管理系統，管理中心位於九州人類媒體創造中心(Kyushu Human Media Creation Center)(圖 34)，而參與計劃的工廠、住家及大樓都有自己的 EMS，主要的電力供應為一座 33,000kW 汽電共生電廠，由新日鐵出資成立的東田(Higashida)天然氣公司所經營，再生能源發電設備包含有氫燃料電池、PV 及風機等，儲能設備則有蓄電池站及電動車(圖 35)。CEMS 執行之能源管理流程如下：首先，CEMS 會根據氣象預報資料作發電/用電排程，同時氣象資料也會傳到用戶的智慧電表，再傳至 BEMS/CEMS，執行各別的負載及用電排程，並將結果回傳給 CEMS 作為整個社區最佳化的發電/用電排程。由於在示範期間實施有試行時間動態電價，且電價資訊會顯示在用戶內的顯示器，而用戶可自行選擇要當能源的生產者或消耗者；因此，發電/用電排程需經過用戶確認電費後，EMS 才會依據最佳化的結果排定蓄電池、天然氣、發電設備的使用計畫(圖 36)。另外，CEMS 也顯示供給與需求的排程狀況，以及實

際的排程執行情形(圖 37)。



圖34、九州人類媒體創造中心及參訪簡報過程

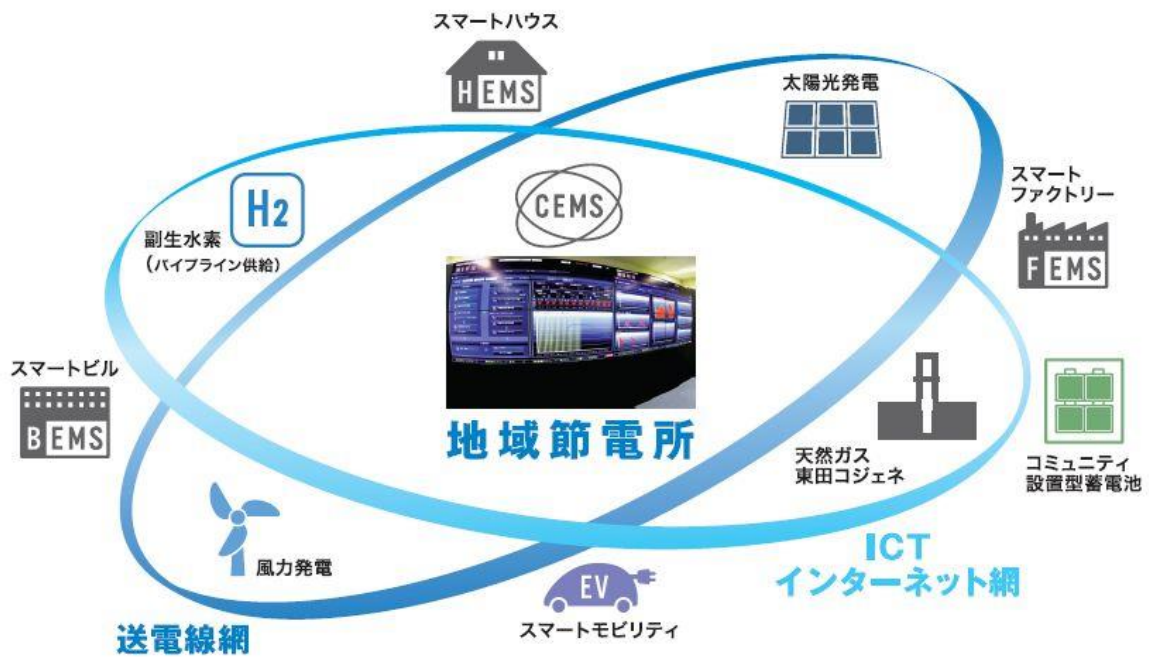


圖35、北九州市智慧社區示範場域之智慧電網架構

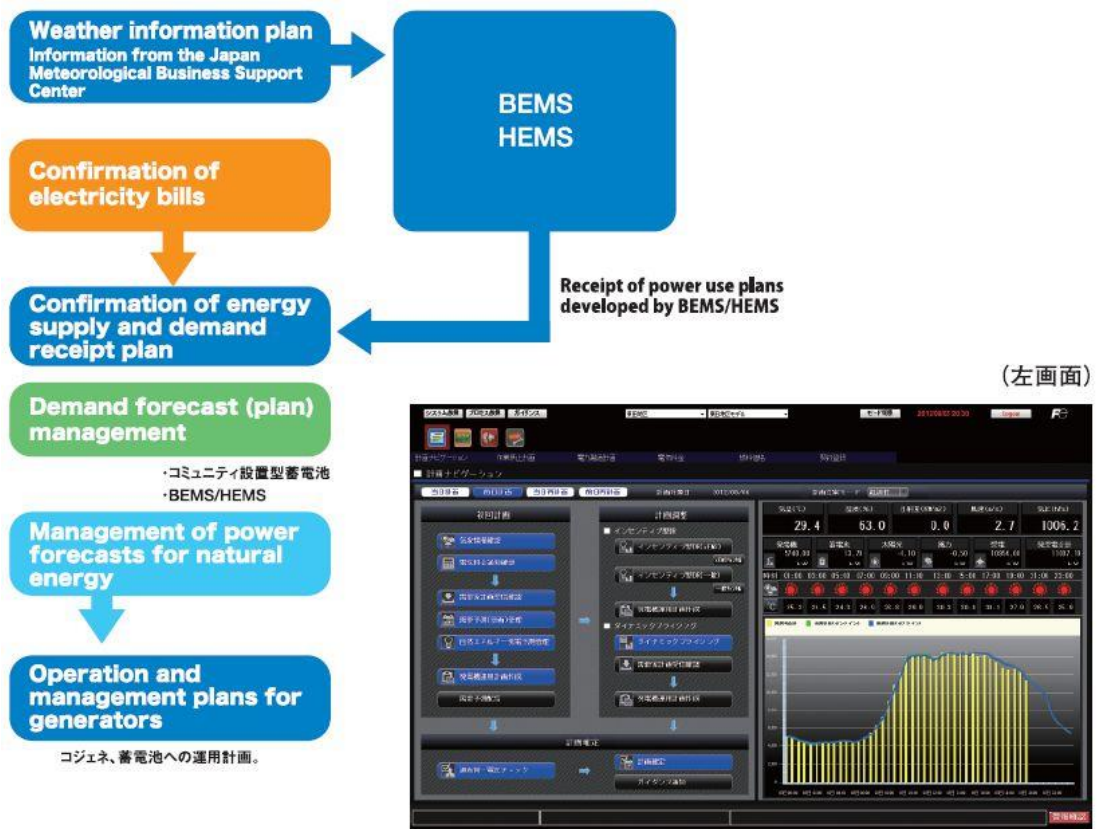


圖36、CEMS 執行能源管理之流程

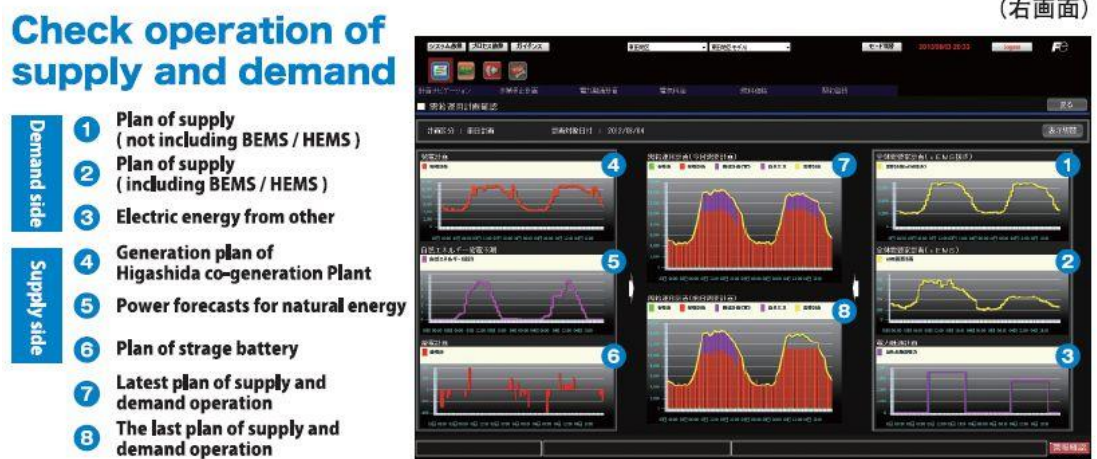


圖37、CEMS 的發電與負載排程

鑒於日本家庭的 CO₂ 排放量，自 1990 年至 2007 年間共增加了 41.2%，北九州市也在示範區域內建造了一座生態屋(Eco House)(圖 38)，為木造的二層樓建築，佔地 130.83 平方公尺，具有以下特色(圖 39)：(1)有效利用陽光，夏天僅需竹簾遮擋陽光，減少空調使用，冬天盡量讓日光照射進入屋內，並利用太陽熱能減少暖氣使用；(2)透過窗戶位置與開啟方式的設計，可讓住宅適

度地通風，讓屋內變得更涼快；(3)裝設有絕熱效果的牆和玻璃窗，以減少冷暖氣機的使用；(4)於住宅旁種植落葉樹，夏天枝葉茂密可有效遮擋陽光，冬天當樹葉凋零後陽光可以照射進屋內；(5)於住宅頂樓種植綠色植物，可作為屋頂隔熱，也可保持屋內溫度穩定；(6)當地自 2013 年四月起，也進行燃料電池汽車 V2H 的試驗，使用 Honda FCX Clarity 燃料電池汽車，若以 9kW 的出力，可持續供應七小時的用電，相當於一般家庭六天的用電量。



圖38、參觀生態屋之實況



圖39、生態屋結構設計技巧

四、建議事項

- (一) 本次前往日本東京參加『第六屆國際智慧電網會議暨展覽』，瞭解國際間智慧電網的發展趨勢，觀察到儲能系統及能源管理系統已經發展出成熟型的產品，並且有廠商推出新型態的串接型系統，以提升能源轉換的效率。另外，日本於今年實施電力全面自由化，並開放小規模賣電業者進入電力市場，故可看到分散式發電設備如雨後春筍般冒出，值得台灣發展綠能產業效法與借鏡。
- (二) 本所持續與資策會合作開發 OpenADR 相關技術之應用，並已成功運用於 PV 發電之實/虛功調度，改善輸配線的電力品質，令日本早稻田大學 DR 中心石井英雄博士讚賞，並尋求雙方的合作機會。建議在 OpenADR 相關標準的修訂與驗證方面，可與石井博士積極合作，以針對 OpenADR 應用於智慧電網市場機制進行研究。
- (三) 北九州市智慧社區透過社區型能源管理系統(CEMS)，有效控管發電設備的排程，運用需量反應與動態時間電價的實施，使得負載用電比較不會集中於某一時段，再加上儲能系統搭配相關的管理系統(BEMS/HEMS)，成功地達成削峰填谷及二氧化碳排放量減少 30%之目標。因此本所應持續發展微電網與能源管理之關鍵技術，未來可應用於台灣本島與離島之電力系統，提高再生能源的占比與發電量，進而達到提昇電力品質、降低離島發電成本、減少二氧化碳排放量等目標。