



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：研究調查)

離岸風力機標準及智慧電網設備互通性國際
合作與技術交流

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：組長 謝翰璋

科長 龔子文

技士 唐永奇

技佐 羅居勇

派赴國家：日本

出國期間：104年5月10日至104年5月16日

報告日期：104年8月17日

| |
|-----------------------|
| 行政院研考會/省(市)研考會 編號欄 |
| |
| |
| |

目次

| | |
|-----------------------------|----|
| 目次..... | 1 |
| 圖目錄..... | 2 |
| 表目錄..... | 5 |
| 摘要..... | 6 |
| 壹、 出國目的..... | 7 |
| 一、 緣起..... | 7 |
| 二、 參訪日期..... | 8 |
| 三、 拜會單位..... | 8 |
| 四、 拜會重點..... | 9 |
| 五、 預期效益..... | 9 |
| 六、 參訪團成員名單..... | 10 |
| 七、 參訪行程表..... | 10 |
| 貳、 參訪過程..... | 13 |
| 一、 早稻田大學 EMS 新宿實證中心..... | 13 |
| 二、 TELEC Wi-SUN 測試實驗室..... | 19 |
| 三、 日立公司風力機生產線、陸域及近岸風場..... | 22 |
| 四、 福島浮體式離岸風場示範計畫(福島復興)..... | 31 |
| 五、 銚子市固定式離岸風力發電實證研究計畫..... | 40 |
| 六、 東京大學石原孟教授風洞實驗室..... | 45 |
| 七、 神奈川 HEMS 認證支援中心..... | 47 |
| 八、 東京電力公司工程研發部..... | 54 |
| 九、 日本海事協會(ClassNK)總部..... | 58 |
| 參、 結論..... | 61 |
| 肆、 建議..... | 63 |
| 伍、 附件..... | 64 |

圖目錄

| | | |
|------|--|----|
| 圖 1 | 早稻田大學 EMS 新宿實證中心參與單位..... | 13 |
| 圖 2 | 智慧家庭/建築標準的研究群組織架構..... | 14 |
| 圖 3 | 需量反應實證架構..... | 15 |
| 圖 4 | EMS 新宿實證中心智慧住宅 (Smart House) 架構..... | 16 |
| 圖 5 | 實證中心各項設施..... | 17 |
| 圖 6 | 智慧電表資訊路徑示意..... | 18 |
| 圖 7 | 參訪團於早稻田 EMS 新宿實證中心之合照..... | 18 |
| 圖 8 | Wi-SUN 測試設備..... | 20 |
| 圖 9 | Wi-SUN 標準架構..... | 20 |
| 圖 10 | 參訪團於 TELEC 之合照..... | 21 |
| 圖 11 | 風力機內部組裝說明..... | 23 |
| 圖 12 | 日立公司埠頭工場風力機組裝線..... | 24 |
| 圖 13 | 鹿島港深芝風力發電所與神栖近岸風場位置..... | 25 |
| 圖 14 | 風力機旁之監測中心與附近之測風塔..... | 26 |
| 圖 15 | 電網連接路徑..... | 26 |
| 圖 16 | HTW5.0-126..... | 27 |
| 圖 17 | 塔底部之散熱器..... | 27 |
| 圖 18 | 氣象塔上之儀器布置..... | 27 |
| 圖 19 | IEC61400-12-1 AnnexG 氣象塔型式之一..... | 28 |
| 圖 20 | 氣象塔最佳位置與遮蔽扇形區域..... | 28 |

| | | |
|------|--|----|
| 圖 21 | 鹿島風力機測試場之風玫瑰圖..... | 29 |
| 圖 22 | 神栖近岸風場..... | 29 |
| 圖 23 | 神栖近岸風場之單樁式基座..... | 30 |
| 圖 24 | 神栖近岸風場風機與岸邊通連之天橋..... | 30 |
| 圖 25 | 參訪團於神栖近岸風場合影..... | 30 |
| 圖 26 | 福島浮體式離岸風場示範計畫位置..... | 32 |
| 圖 27 | 福島復興計畫之規劃..... | 32 |
| 圖 28 | 小名浜港與風場之相對位置..... | 33 |
| 圖 29 | 小名浜港內之磐城市觀光物產中心(Iwaki Lalamew)..... | 34 |
| 圖 30 | 福島復興計畫交流中心..... | 34 |
| 圖 31 | 福島復興計畫模型與電網連接狀況展示..... | 34 |
| 圖 32 | 發電狀況即時顯示..... | 35 |
| 圖 33 | 已安裝之 2 MW(左)與預計安裝之 7 MW(右)浮體式風機模型..... | 35 |
| 圖 34 | 石原孟教授講解計畫現況..... | 35 |
| 圖 35 | 參訪團於福島復興計畫交流中心之合照..... | 36 |
| 圖 36 | 小名浜港之藤原碼頭..... | 36 |
| 圖 37 | V 型浮台由長崎拖至小名浜港之過程..... | 37 |
| 圖 38 | 參觀路線..... | 38 |
| 圖 39 | 從大劍碼頭看到之全景..... | 38 |
| 圖 40 | 置於小名浜港藤原碼頭之 V 型浮台..... | 39 |
| 圖 41 | 浮台使用之錨鍊..... | 39 |
| 圖 42 | 銚子市離岸風力發電實證研究計畫說明..... | 40 |

| | | |
|------|--|----|
| 圖 43 | 日本 NEDO 銚子市離岸風力發電實證研究計畫..... | 41 |
| 圖 44 | 風力機及測風塔配置..... | 42 |
| 圖 45 | 銚子市周邊風力發電所..... | 43 |
| 圖 46 | 銚子市氣象站資料進行離岸地點極限風速評估..... | 45 |
| 圖 47 | 實驗型風洞..... | 46 |
| 圖 48 | 參訪團於東京大學風洞實驗室前合影..... | 46 |
| 圖 49 | ECHONET 標準變化..... | 48 |
| 圖 50 | ECHONET Lite 標準國際化..... | 48 |
| 圖 51 | ECHONET Lite 標準 Device Object Type 概況..... | 49 |
| 圖 52 | ECHONET Lite 認證的變化..... | 50 |
| 圖 53 | HEMS 認證中心的 SMA 認證..... | 50 |
| 圖 54 | HEMS 認證中心設備與設施..... | 52 |
| 圖 55 | 與 HEMS 認證中心的人員交流..... | 53 |
| 圖 56 | 參訪團與 HEMS 中心人員之合照..... | 53 |
| 圖 57 | 與東京電力公司工程研發部交流..... | 54 |
| 圖 58 | 東京電力智慧電表建置時程..... | 55 |
| 圖 59 | 東京電力智慧電表通訊技術..... | 55 |
| 圖 60 | 智慧電表功能架構..... | 56 |
| 圖 61 | 東京電力 TwinHouse 節能屋..... | 57 |
| 圖 62 | Honda V2G 實證試驗..... | 57 |
| 圖 63 | NK 總部進門處之電子議程看板..... | 60 |
| 圖 64 | 參訪團於 NK 總部前合影..... | 60 |

表目錄

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 表 1 | Wi-SUN 的測試..... | 19 |
| 表 2 | 風力機與測風塔之規格..... | 41 |

摘要

為配合推動第二期能源國家型科技計畫各項新興能源主軸分工並執行建置符合國際標準之離岸風力機及智慧電網等檢測驗證技術，爰規劃安排參訪日本離岸風力機及智慧電網相關產品檢測驗證之機構，行程中將針對下列重點進行技術交流與蒐集當地產業發展現況，包括離岸風力機檢測技術、離岸風力機抗颶耐震技術、離岸風力機發電對電網造成衝擊防護研究、電網監控通信技術及智慧電網驗證技術等，並尋求國際合作之可能。

為協助國內風力發電產業的發展，提升國內離岸風力機標準檢驗驗證技術能量。參訪行程安排拜訪日立公司了解其最新 5MW 風力機相關設計評估及其關鍵組裝技術；另安排實地了解「福島市(Fukushima)浮體式離岸風力機風場」及「千葉縣銚子市(Choshi)固定式離岸風力機風場」的建置；參訪行程亦安排拜訪日本東京大學石原孟教授及所屬技術團隊，蒐集日本離岸國家計畫之進展及未來趨勢，並與其討論 IEC TC88 風力機標準(IEC 61400 系列)制定的最新發展；最後規劃赴日本海事協會 (ClassNK) 檢測驗證單位進行交流及商討相關合作事宜，以瞭解風場建置及風力機相關檢測技術。

為建構國內智慧電表(AMI)互通性測試與驗證的技術能力，規劃加強與日本東京電力公司、早稻田大學 EMS 實證中心及智慧住宅標準化協會 (ECHONET) 合作有關智慧電網 (Smart Grid) 標準檢測及驗證等技術；此外，安排拜訪日本無線電設備認證機構(TELEC) 進行 Wireless Smart Utility Networks (Wi-SUN) 標準技術的討論，以瞭解相關檢測設備之建置及蒐集測試流程所需技術。

壹、出國目的

一、緣起

相較於陸域風電開發，台灣離岸風電開發涉及諸多離岸風力機、週邊設備以及海事工程等配套技術項目，由於目前國外離岸風力機及相關設備供不應求，若全由國外進口，開發成本將非常昂貴，且易造成日後離岸風力發電運維上的困難。能源局「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」及行政院「千架海陸風力機」新能源政策，2017 年完成國產離岸示範機組測試，加速推動離岸風力機產業，協助國內業者爭取 7,000 億元商機。

本次安排拜訪日本驗證機構 ClassNK 公司與日本離岸風電國家型計畫成員，進行發展經驗交流及持續與 IEC TC88 離岸風力機標準制訂委員東京大學石原孟教授進行標準交流，透過相關活動執行，從中蒐集離岸風力機之標準與檢測技術發展之訊息，作為國內推動離岸風力機整機測試實驗室時之參考依據，並了解從事日本離岸風力機檢測驗證能量建置情形，吸取其建置經驗與建立合作關係。由於日本在風力機產業發展已久，亦投入相當多的研究，對於風力機的標準、測試方法及驗證制度，亦有豐富的經驗可供學習。因此，建立與日本專業機構單位的交流管道，可便於國際間最新的技術發展趨勢的取得，亦能夠協助國內廠商的產品符合國際市場之需求。

全球都在進行智慧電網的發展，各國的進度不一，每個時期的發展重點也各有不同，也因各國的產業結構而有所不同，因此規劃進行智慧電網用戶側設備互通性標準、驗證機構與檢測實驗室考察，瞭解各國不同的發展情況與相關單位建立良好交流。拜訪鄰近我國的日本，在智慧居家能源管理系統(HEMS)產業正在蓬勃發展與相關檢測標準都已經相當完善，而日本最大的電力公司 - 東京電力公司自 2014 年 7 月以來，設置大約有 10 萬具智慧電表，安裝在東京地區的新建的房地產，近日規劃在 2020 年東京奧運會前，在其提供服務的地區部署安裝 2700 萬具民用智慧電表(AMI)，透過拜訪瞭解其 AMI 的檢測，討論 AMI 設置時遭遇的互通性問題。Wi-SUN 聯盟推動開放性的工業標準，並且致力於促進全球化的無線智慧型電力網路與相關互通性和相容性認證的計畫。TELEC 於日本針對

Wi-SUN 實體層(PHY)及 Wi-SUN 的 ECHONET Lite 兩項標準，提供測試和認證服務。目前國內也有廠商發展 Wi-SUN 技術的相關產品，利用本次交流訪問，瞭解相關檢測驗證程序的技術。

風力機在微電網中是重要一員，由於日本在風力機產業發展已久，亦投入相當多的研究，對於風力機的標準、測試方法及驗證制度，亦有豐富的經驗可供學習。因此，建立與日本專業機構單位的交流管道，可便於取得國際間最新的技術發展，亦能夠協助國內廠商的產品符合國際市場之需求。

整個參訪行程透過安排電力公司、標準協會、驗證測試單位及電力設備廠商交流拜訪，由各種面向去瞭解日本離岸風力機及智慧電網最新的發展趨勢與資訊蒐集，以期對相關互通性標準與檢測驗證技術達到完整且全面的瞭解，充實本研究計畫的內容。

二、參訪日期

2015 年 5 月 10 日(日)至 5 月 16 日(六)，共計七日。

三、拜會單位

- (一) 早稻田大學 EMS 新宿實證中心
- (二) TELEC Wi-SUN 測試實驗室
- (三) 日立公司風力機生產線、陸域及近岸風場
- (四) 福島浮體式離岸風力機
- (五) 小名浜港 7MW 浮體式風力機浮台
- (六) 東京大學石原孟教授(日本離岸國家型計畫主持人及 TC 88 離岸風力機標準制訂委員)風洞實驗室

- (七) 神奈川 HEMS 認證支援中心
- (八) 東京電力公司工程研發部門
- (九) 日本驗船協會 ClassNK 總部

四、拜會重點

- (一) 蒐集 HEMS 互通性檢測平台與驗證程序；
- (二) 瞭解 Wi-SUN 在日本發展與檢測；
- (三) 建立日本風力機產業之交流管道；
- (四) 日本離岸國家型計畫交流及蒐集 TC 88 離岸風力機標準制訂資訊；
- (五) 瞭解東京電力公司電表建置與檢測情況，相關節能與再生能源研究情況；
- (六) 蒐集日本離岸風力機標準檢測驗證能量建置相關資訊，以及其離岸風力機政策與市場商機資訊，並吸取其建置經驗與建立合作關係。

五、預期效益

由於日本在風力機產業發展已久，亦投入相當多的研究，對於風力機的標準、測試方法及驗證制度，亦有豐富的經驗可供學習。因此，建立與日本專業機構單位的交流管道，可便於國際間最新的技術發展趨勢的取得，亦能夠協助國內廠商的產品符合國際市場之需求。

日本 ECHONET Lite 標準推行積極，在電網中使用範圍也擴大，拜訪交流取得日本相關檢測經驗、第一手直接資訊與檢測技術情況，學習並加研究分析，在我國未來相關互通性標準制定與檢測驗證平台規劃時，將其優點納入未來檢測驗證規劃方案，可以更加完備，也更加貼近市場需求及國際接軌。

六、參訪團成員名單

| 單位 | 姓名 | 職稱 |
|-----------------|-----|-----|
| 經濟部標準檢驗局 | 謝翰璋 | 組長 |
| 經濟部標準檢驗局 | 龔子文 | 科長 |
| 經濟部標準檢驗局 | 唐永奇 | 技士 |
| 經濟部標準檢驗局 | 羅居勇 | 技佐 |
| 財團法人台灣大電力研究試驗中心 | 藍培修 | 經理 |
| 財團法人台灣大電力研究試驗中心 | 陳鴻緯 | 工程師 |
| 財團法人金屬工業研究發展中心 | 崔海平 | 處長 |
| 財團法人金屬工業研究發展中心 | 何鎮平 | 組長 |
| 財團法人台灣電子檢驗中心 | 林昀緯 | 工程師 |
| 財團法人台灣電子檢驗中心 | 謝群相 | 工程師 |
| 財團法人中國驗船中心 | 詹育禎 | 組長 |
| 財團法人中國驗船中心 | 鄭偉成 | 工程師 |
| 財團法人船舶暨海洋產業研發中心 | 鍾承憲 | 組長 |

七、參訪行程表

| Day | Time | Schedule |
|---------------|------------------|--|
| 5/10 (Sun) | 09:00 - 12:55 | TSA → HND (Flight No. CI 220) Haneda Airport → Hotel in 東京 <i>Hotel in Tokyo :</i> Shinagawa Prince Hotel 108-8611 東京都港區高輪 4-10-30, 日本 電話: +81-(0)3-3440-1111 |
| 5/11 | (abt. 1 h) | Hotel in Tokyo → 早稻田大學 |

| Day | Time | Schedule |
|---------------|---|---|
| | 17:00 (abt.2.5 h) | http://www.nedo.go.jp/fuusha/index.html 聯絡人: NK 河口 (Tel:080-5081-4200) 地址: 千葉県銚子市沖 <i>Choshi → Hotel in Tokyo</i> <i>Hotel in Tokyo :</i> Shinagawa Prince Hotel 108-8611 東京都港区高輪 4-10-30, 日本 電話: +81-(0)3-3440-1111 (http://www.princehotels.com/zh-tw/shinagawa/) |
| 5/14 (Thu) | (abt.0.5 h) 10:00 - 16:00 | <i>Hotel in Tokyo → Lab of Professor Ishihara</i> 參訪 Laboratory of Professor Ishihara at The University of Tokyo http://windeng.t.u-tokyo.ac.jp/ishihara/e/ 聯絡人: NK 河口 (Tel:080-5081-4200) 地址: 東京都文京区本郷 7-3-1 參訪神奈川 HEMS 認證支援中心 拜訪 ECHONET 協會人員 http://www.echonet.gr.jp/english/ ; http://sh-center.org/en/ 上午技術交流，下午實驗室參觀 <i>Hotel in Tokyo :</i> Shinagawa Prince Hotel |
| 5/15 (Fri) | (abt.1 h) 10:00 - 12:00 (abt.1h) 14:00 - 16:30 | <i>Hotel in Tokyo → 東京電力</i> 參訪東京電力技術統括部 http://www.tepco.co.jp/corporateinfo/company/rd/news/index-j.html 〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 <i>東京電力 → ClassNK H/O</i> 參訪 ClassNK Head Office http://www.classnk.or.jp/hp/zh/index.html 聯絡人: NK 河口 (Tel:080-5081-4200) 〒102-8567 東京都千代田区紀尾井町 4 番 7 号 <i>Hotel in Tokyo :</i> Shinagawa Prince Hotel |
| 5/16 (Sat) | 14:35 - 17:15 | HND → TSA (Flight No. CI 221) |

貳、參訪過程

一、早稻田大學 EMS 新宿實證中心

早稻田大學先進電網研究所於 2012 年 11 月 1 日，在日本經濟產業省的支持下與電力及瓦斯業者、通信業者、建商、汽車製造商、能源、家電、電信機器製造商等 26 家法人合作，以產官學研究方式開設「Energy Management System(EMS)新宿實證中心」(圖 1)。在促進不同廠商的機器連結、提供最適能源管理及控制的環境，提供標準通信規格需量反應控制技術的實證、評價的平台，藉由提供日本各關係企業各種的技術驗證及不同製造商間的相互連結實證經驗。



圖1：早稻田大學 EMS 新宿實證中心參與單位

本次我們拜訪聯繫的石井英雄教授目前在早稻田研究所主要從事 OpenADR 研究，之前也在東京電力技術統括部任職工作過，目前是 ADR Association JAPAN 的理事長。在本次的拜訪行程中為我們介紹目前早稻田大學正在執行相關於智慧電網方面的研究、EMS 新宿實證中心介紹與帶領我們參觀 EMS 實證中心各項設施。

石井教授特別提到，日本整個能源政策在 3.11 事件後產生很大的改變，對於提高能源的使用效率方面更加重視(詳細說明請參閱附件一)，將推動整個電力系統的改革，未來日本的所有 10 個電力公司，將會由發電、輸電、配電到賣電服務系統是個別單一公司模式，變成電力自由化每個部分分開，各家公司的發電電力可以送到不同公司的電力網，用戶可以選擇不同電力公司的服務。

目前日本在智慧家庭(建築)標準的工作如圖 2，主要是由日本經濟產業省成立智慧家庭/建築標準的研究群負責，這個單位在 JSCA 聯盟(Japan Smart Community Alliance)的國際標準工作組(International Standardization Working Group)下，關於家庭能源管理系統(HEMS)與智慧電表(SMART Meter)間的標準。而早稻田大學方面參與這個研究工作，對於 SEP、KNX 等智慧家庭標準研究與成立 EMS 新宿實證中心進行需量反應技術與標準研究實證。

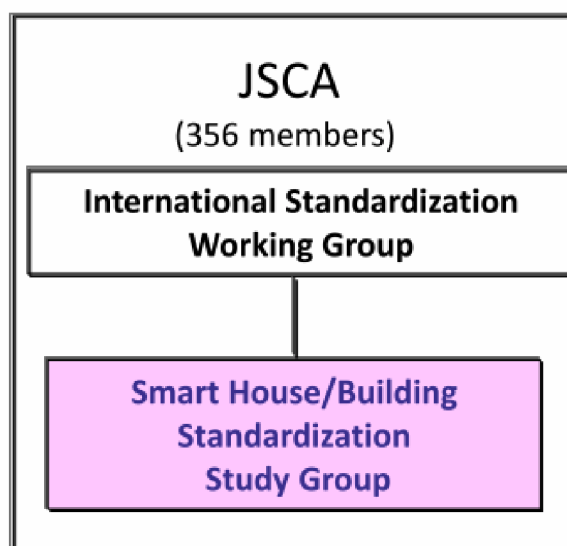


圖2: 智慧家庭/建築標準的研究群組織架構

在整個實證中心裡，主要是進行需量反應的研究，使用 OpenADR 的標準，整個需量反應的實證架構如圖 3，在實證中心的資訊會傳送到實際電力公司(東京電力)、智慧城市(Smart City，目前有 4 個主要 EMS 場，分別在 Yokohama、Toyota、Keihama、Kita Kyushu)以及 ADR Standard Test Site。

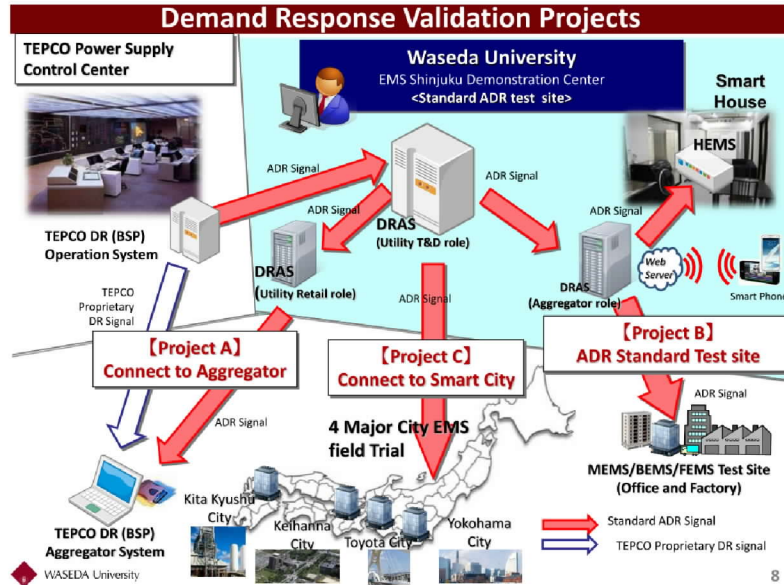


圖3: 需量反應實證架構

在實證中心內建置了四個實證智慧屋，智慧屋中設置了許多不同廠家的智慧家電設備，還包含了儲能與發電設備，4 個智慧屋都個別有一個 HEMS，分別使用不同的智慧家庭標準，有一個是使用 SEP 2.0 的標準，另外 3 個使用 Echonet Lite 標準，所使用的電表也是不同電力公司所使用的實際電表，實證中心的人員還特別展示需量反應實際情況的操作，就是設定某一段時間內，由實證中心發出訊號給東電方面，用電情況會發生變化，到達設定時間時，整個用電與供電情況就如同設定的變化，顯示電力的供電用電控制是可以做到各細部的調整運用，日本未來在需量反應的標準會採用 OpenADR 這個標準，可量 2.0a 版本太少，而 2.0b 的範圍又太大，所以日本所採用的版本將會取其中間值。圖 4 是實證中心內智慧屋的架構與各項設備(圖 5)。

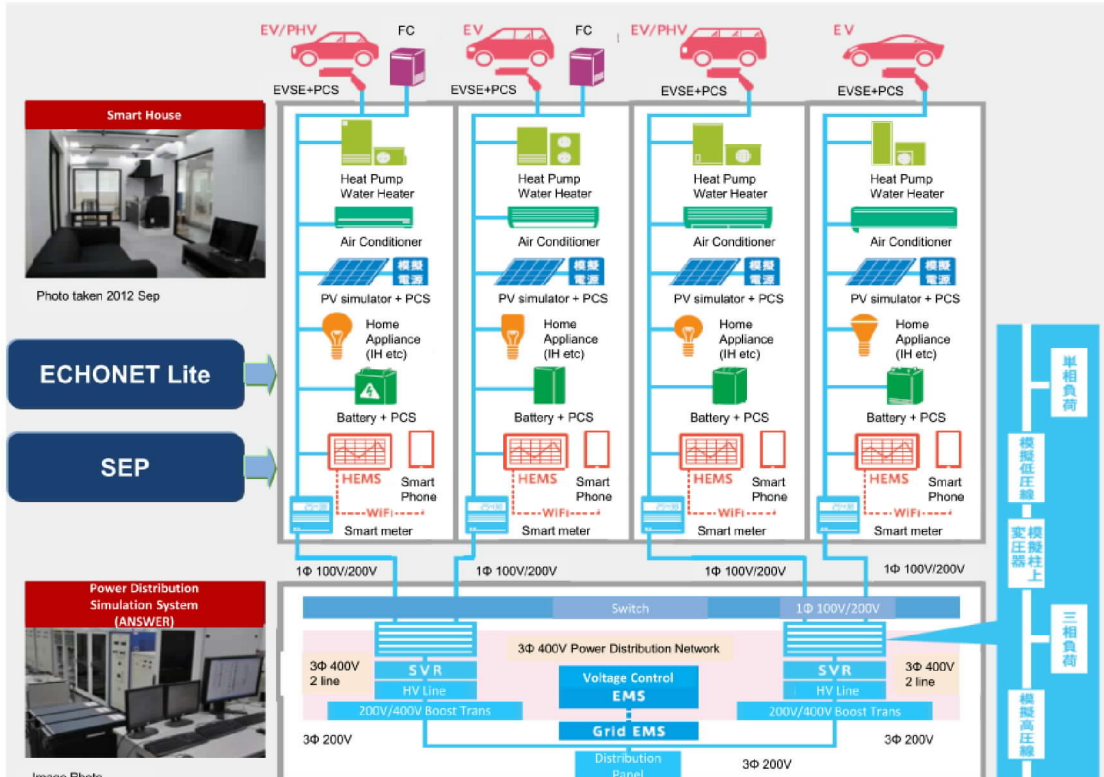


圖4: EMS 新宿實證中心智慧住宅 (Smart House) 架構



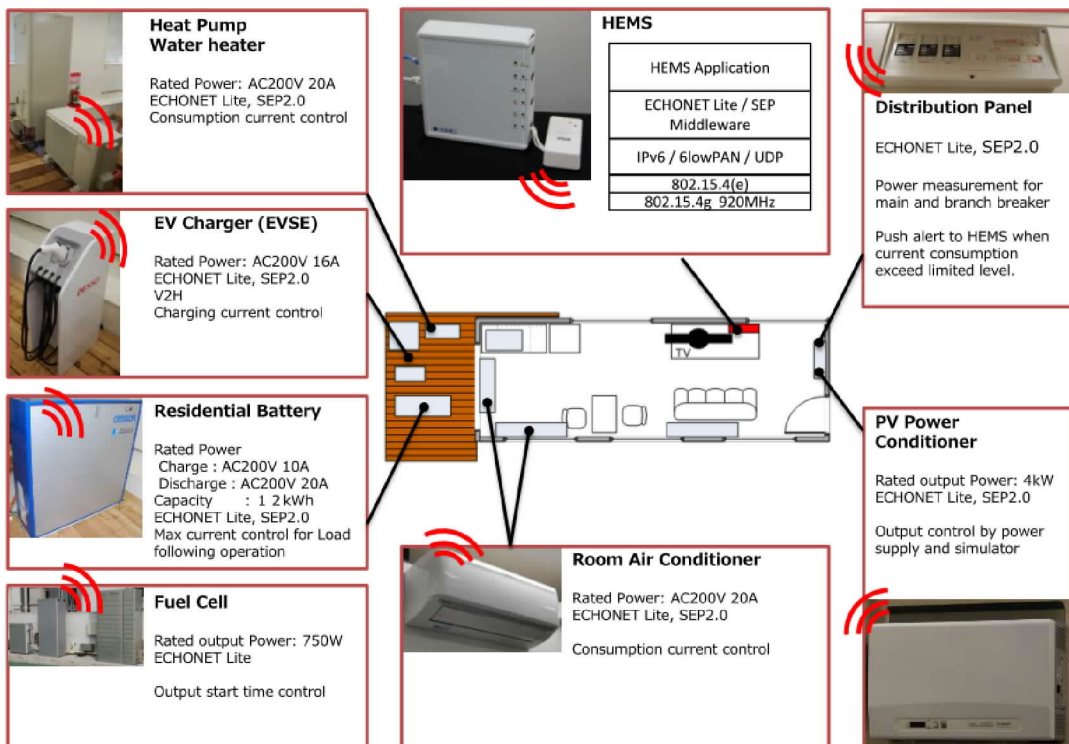


圖5: 實證中心各項設施

目前日本智慧電表傳輸資訊互通被劃分為三個路徑(圖 6), Route A 是電表到

電力公司，Route B 是電表到家庭能源管理系統(HEMS)互通，Route C 是家庭能源管理系統透過網際網路將資訊傳給電力公司、第三方運用服務單位或是其他雲端，Route A 這端的標準主要是依據電力公司去規範，Route B 的標準就是依據 ECHONET 協會公布的標準，日本規劃 10 年內全國的電表都更換為智慧電表(日本計量法規定 10 年要更換一次電表)，東京電力是規劃在七年內完成，而用戶的用電資訊 30 分鐘會回傳到電力公司，日本政府規劃只要是家庭內的設備互通的標準都將會使用 ECHONET Lite 這個標準。圖 7 為參訪完早稻田 EMS 新宿實證中心後，辭行時雙方的團體合照。

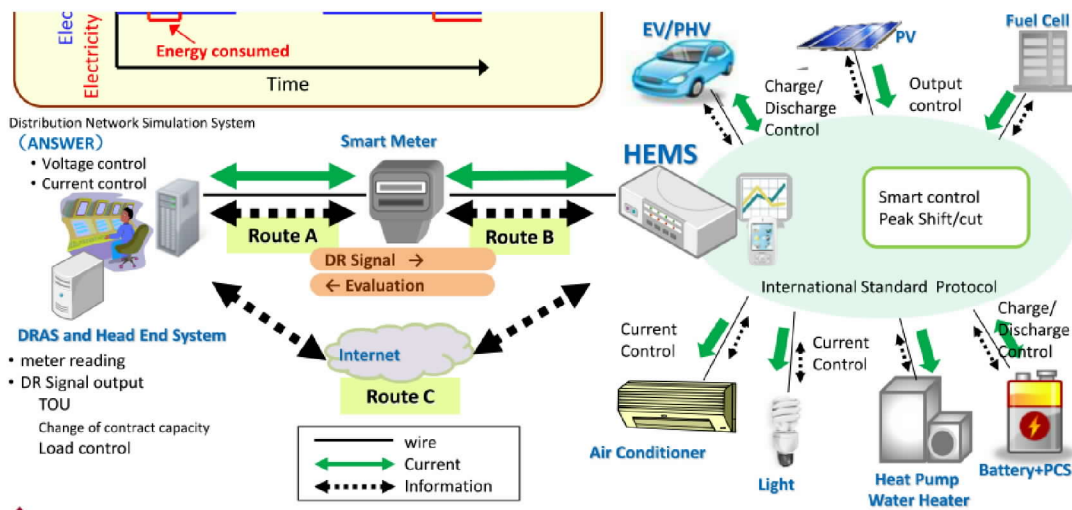


圖6: 智慧電表資訊路徑示意



圖7: 參訪團於早稻田 EMS 新宿實證中心之合照

二、TELEC Wi-SUN 實驗室

TELEC(Telecom Engineering Center)是日本的一家財團法人機構，主要的認證領域是無線通訊、傳輸等產品，ETC 過去到現在都一直與其有相當多的合作與交流。本次的拜訪交流主要是因為 Wi-SUN 這項通訊技術的標準資料蒐集，行程安排了 Wi-SUN 標準介紹、Wi-SUN 檢測技術與驗證現況與 Wi-SUN 實驗室的參觀。Wi-SUN((Wireless Smart Utility Network) 是一個 M2M(機器到機器)的無線通訊技術，可以運用在智慧電表或是智慧裝置中，由 Wi-SUN Alliance 制定相關標準與推廣其運用 (<http://www.wi-sun.org/>)。TELEC 在 2014 年開始 Wi-SUN 的測試服務，Wi-SUN 這項通訊技術是由日本國家研究開發單位情報通信研究機構(NICT)所發展制定，而 TELEC 在此技術發展初期就一同參與投入，之後在 2014/7/1 通過 Wi-SUN 聯盟的認可成為認可實驗室。而後續在日本經濟產業省的主導下，Wi-SUN 成為智慧電表與家庭能源管理系統(HEMS)互通的一個通訊技術，相關的標準也由 ECHONET 協會制定，TELEC 也設置了相關的測試能量，在 2015/5/1 通過 ECHONET 協會的認可，成為 SMA 認可測試實驗室，因此 TELEC 在 Wi-SUN 標準的測試能量是非常齊全的，相關 TELEC 的 Wi-SUN 的測試能量如表 1 所示。

表 1: Wi-SUN 的測試

| | |
|--|-------------|
| 一致性測試 | PHY 一致性測試 |
| | MAC 一致性測試 |
| | ENET 一致性測試 |
| 互操作性測試 | PHY 互操作性測試 |
| | ENET 互操作性測試 |
| ECHONET SMA 認證(Route B, Smart Meter 與 HEMS controller) | |

包含了 Wi-SUN 一致性測試與互操作測試，整個測試 5 個項目大約需要 1 天半的時間(很順利的情況下)，所使用的測試設備是「安立知(Anritsu)」的 Wi-SUN 測試設備，如圖 8 所示。



圖8: Wi-SUN 測試設備

依據 TELEC 說法，目前日本經濟產業省指定建議電表的兩個通訊技術：有線的採用 G3-PLC；無線的部分採用 Wi-SUN 技術，這與後續我們拜訪東京電力所得到的資訊相吻合，Wi-SUN 通訊技術在日本已經普遍的被使用在智慧電表中，主要是在 Route B 這段的通訊，而 ECHONET SMA 測試的工具設備方面，硬體使用 Wi-SUN 聯盟提供經認可的 Gold Unit，搭配廠商的 Sniffer 工具軟體和 TELEC 自行開發的測試工具來進行測試。

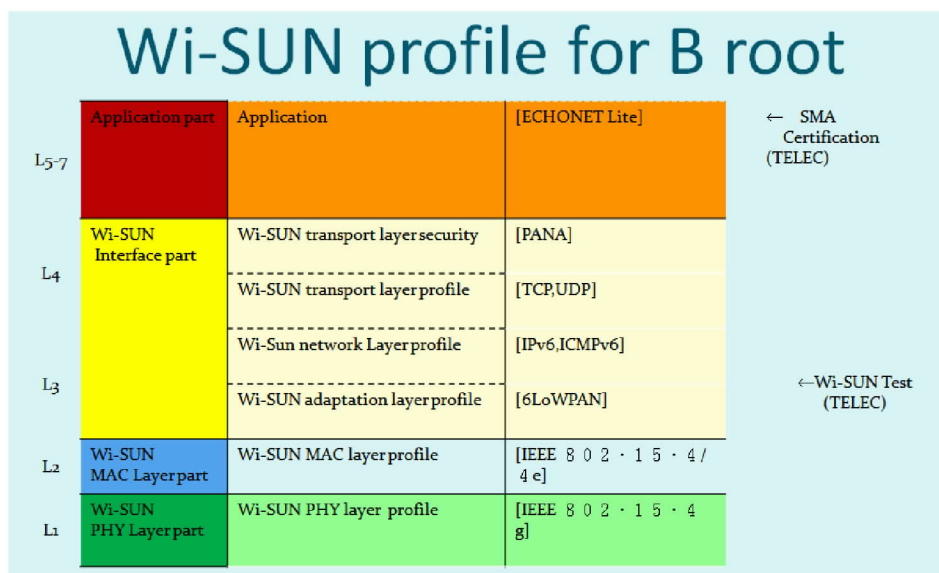


圖9: Wi-SUN 標準架構

由圖 9 的標準架構看出，ECHONET 的 SMA 屬於應用層的互通測試標準，Wi-SUN 這項通訊技術在台灣還不普遍，未有相關運用產品，本次透過 TELEC 實驗室的拜訪可以了解相關資訊，以及實際看到測試設備收穫良多。圖 10 為參訪完 TELEC 後，辭行時雙方代表的團體合照。

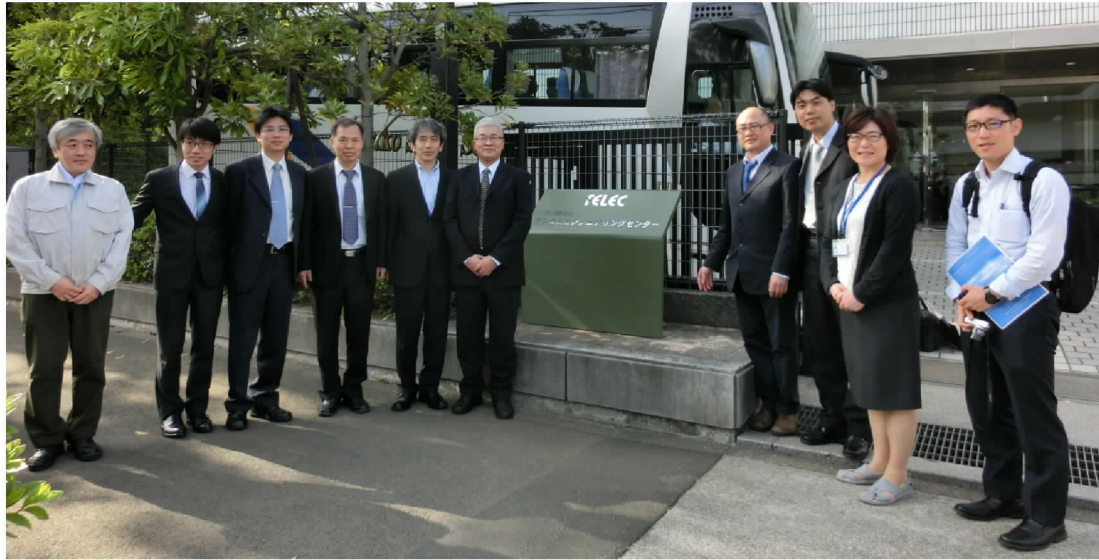


圖10: 參訪團於 TELEC 之合照

三、日立公司風力機生產線、陸域及近岸風場

日本自福島核電事故發生後，民間對於核電廠安全之疑慮增加，致使廢核聲浪日趨高漲，使得太陽能、風力、生質能等替代能源產業再度受到高度期待。日本政府為了解決核電廠全面停機安全檢查所造成之缺電危機，急於開發新的電源供應，因此提高再生能源電力收購價格，增加產業投入的誘因，導引民間企業對於再生能源的發展投入更多努力，期望這市場能迅速擴大，其中本次參訪的日立製作所-埠頭工廠更是經歷核災後，進而從研究核能單位轉型為風力機組裝工廠，也藉由此次拜會，從中學習更多風力機方面的研究及技術。

(一) 日立製作所介紹

資本額 427,780 百萬日元；員工人數 32,908 人。原僅從事風力機之發電機製作，2012 年 4 月購併富士重工風力機部門晉身為整機供應商，2012 年 7 月發表 5MW 離岸風力機原型機開發。

(二) 進行參觀

日立製作所事業部松信 隆經理首先說明參觀注意事項，並要求成員依規定穿戴安全裝備，充分顯示其注重公安與紀律的一面，進入組裝廠房後映入眼簾的是整齊清潔的作業環境，在生產線上的幾個組裝步驟都剛好有半成品呈現，也針對半成品及組裝過程進行說明，讓大家對支撐平台、發電機、齒輪箱、Nacelle 外殼及 Hub 的組裝程序有了初步概念，因商業機密考量在組裝場內無法進行拍照記錄，故報告中無法完整呈現場內實況。

(三) 日立風力機設計考量

日立風力機以下風型風力機為主要設計概念，下風型風力機其葉片受風力負載時，葉片因受力變形而遠離塔架，不會因為負載而使葉片撞擊塔架，因而下風型風力機可使用較細長，勁度較小的葉片，進而減少葉片之重量與成本。另外，細長型葉片的勁度相對較小，也可降低系統的負載，可進一步降低系統成本。下風型風力機設計相較與上風型風力機，可大幅減少葉片、輪轂及塔架受力，因此

在高尖速下風型的設計下的風力機的葉片輪轂傳動鏈及塔架都可獲得輕量化，也可獲得較高的效能。

(四) 風力機內部組裝說明

風力機組成主要由葉輪(Rotor)、機艙(Nacelle)與塔架(Tower)三個部分組成，而塔頂質量主要來自於葉輪與機艙兩個部分，塔頂元件如葉片(Blade)、輪轂(Hub)、變槳機構(Pitch Drive)、傳動鏈(Drive Train)、發電機(Generator)、偏航機構(Yaw Drive)與基座(Main Frame)等組成(圖 11)。

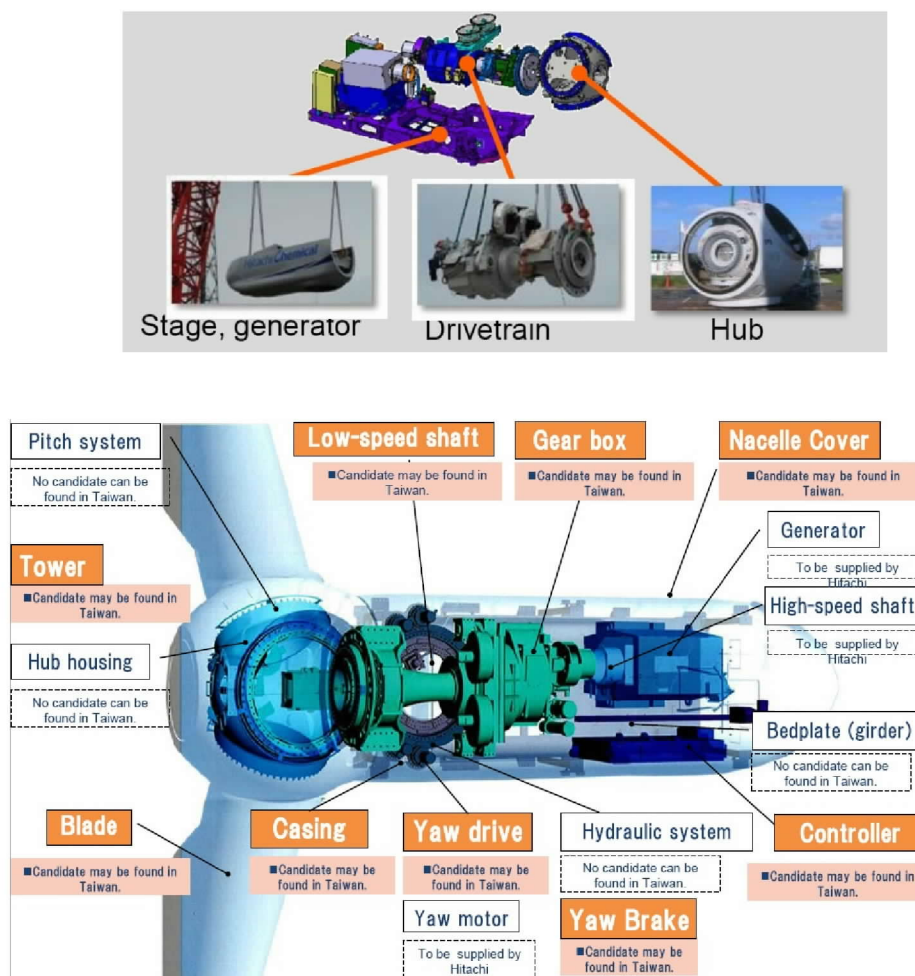


圖 11： 風力機內部組裝說明

(五) 參觀記錄(圖 12)

| | |
|--|---|
|  |  |
| 松信 隆 經理進行日立製作所概況簡介 | 松信 隆 經理說明日立風力機設計概念 |
|  |  |
| 埠頭工場組裝平面圖 | 參觀團體合影 |

圖 12：日立公司埠頭工場風力機組裝線

(六) 日立公司陸域 5 MW 實證風力機

5 月 13 日之行程安排參訪日立公司之風力機運作現況，首先為位於茨城縣神栖(Kamisu)市鹿島港內「鹿島港深芝風力發電所」(圖 13)，該風場僅有 1 台日立 HTW 5.0-126 5MW 下風型原型機，風力機旁邊設有資料觀測傳輸站，場址附近另有一陸上測風塔(圖 14)。

日立製作所於 2013 年在此處設置 5 MW 大型離岸風力發電系統 HTW5.0-126 之實證風力機，於 2014 年度投入運轉，以透過實證試驗對輸出功率和風壓負載等進行驗證；HTW5.0-126 之主要規格如下：

- 額定功率：5000 kW

- 葉輪轉子半徑：126 m
- 葉片長度：62 m
- 軸轂高度：90 m
- 機艙與葉輪轉子重量：350 ton(目標值)
- 設計風況：IEC-Class S, $V_{ref}=55$ m/s

此外，經由結合新開發的永磁同步發電機和中速增速機，有效實現輕量化與小型化，提高了可靠性，以減輕海面上基礎工程之成本負擔；電網連接路徑如圖 15:，係以 66 kV 之電壓傳送，與東京電力公司併網。



圖 13: 鹿島港深芝風力發電所與神栖近岸風場位置



圖 14: 風力機旁之監測中心與附近之測風塔



圖 15: 電網連接路徑

現場之 HTW5.0-126 如圖所示，塔架近底部處有特別設計、採用被動冷卻 (passive cooling) 方式之散熱器(Radiator)(圖 17)，風力機旁邊之監測中心(圖 14)，即時取得附近測風塔所量得之風況與風機運轉資料，風機與氣象塔在主要風向西南南風上並未彼此影響與遮蔽，符 IEC 61400-12-1 之需求。



圖 16: HTW5.0-126



圖 17: 塔底部之散熱器

此氣象塔為拉線式格狀氣象塔，觀測其上之量測儀器布置(圖 18)符合 IEC61400-12-1 AnnexG 建議設置方式之一，將主量測風速計置於塔頂，並在下方約 1.5 至 2.5 公尺之懸臂上處置放一對比用風速計，以執行現場量測數據校正。如圖 19 所示。



圖 18: 氣象塔上之儀器布置

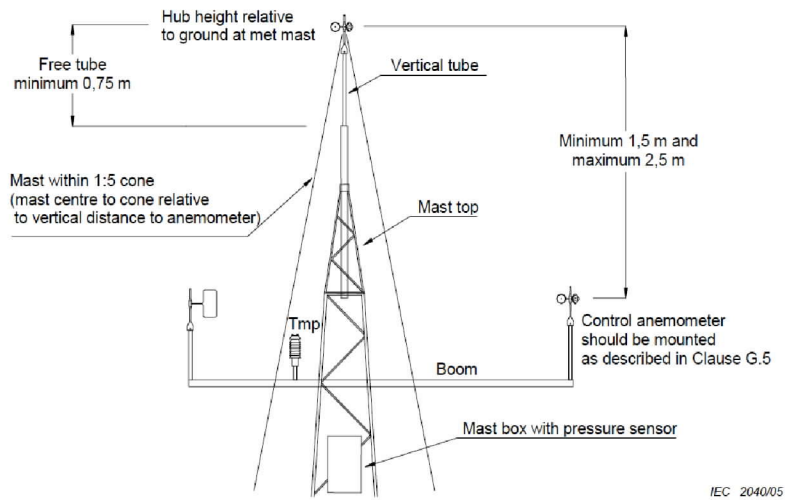


圖 19: IEC61400-12-1 AnnexG 氣象塔型式之一

目視附近地形，配合地圖可以推估 5MW 風機與氣象塔之設置距離與方位有參照 IEC61400-12-1 之要求，雖然氣象塔並未位於 IEC 61400-12-1 中建議之最佳位置，即在主風向上風處且位於風力機前 2.5 倍葉片直徑之距離，如圖 20 所示。但風力機與氣象塔在主要風向西南南風(圖 21)上並未彼此影響與遮蔽。

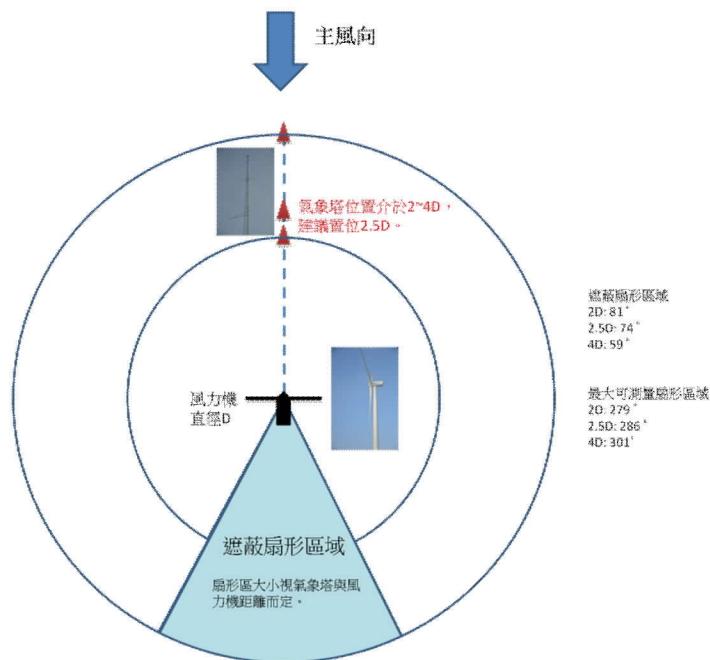


圖 20: 氣象塔最佳位置與遮蔽扇形區域

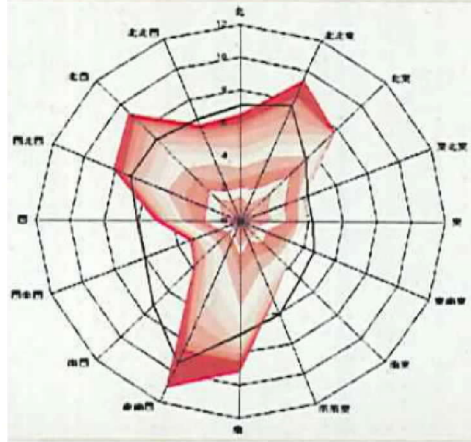


圖 21：鹿島風力機測試場之風玫瑰圖

(七) 神栖近岸風場

5 月 13 日上午之第 2 個行程為神栖近岸風場(Kamisu Nearshore Wind Farm)(圖 22)，其採用日立之 HTW2.0-80 2 MW 風力機。整個風場分為 2 個階段建置，第 1 階段 7 台風力機、安裝於 2010 年，第 2 階段 8 台風力機、安裝於 2013 年，開發商為 Wind Power Co., Ltd.，所有 15 台風機均採用單樁式基座(圖 23)，風力機位於一堆消波塊外，雖名曰海上風力機，但塔架處建有與堤防連接之連通天橋(圖 24)，對維修與登塔而言，未如一般離岸風場般具挑戰性；第一階段安裝之風機均度過 2011 年 311 海嘯與地震之侵襲，並未損壞，頗令日立公司自豪。圖 25 為參訪完神栖近岸風場後，所有參與人員的現場團體合照。



圖 22：神栖近岸風場



圖 23：神栖近岸風場之單樁式基座



圖 24：神栖近岸風場風機與岸邊通連之天橋



圖 25：參訪團於神栖近岸風場合影

四、福島浮體式離岸風場示範計畫(福島復興)

5月12日下午第一站為福島浮體式離岸風場示範計畫(福島復興)之交流中心(communication center)。福島浮體式離岸風場示範計畫為福島離岸風力協會發起，其由丸紅株式會社作為專案整合者(Project integrator)，東京大學做為技術諮詢，其他參與者有三菱商事、三菱重工株式會社、三井造船株式會社、新日本製鐵、日立製造所、古河電氣工業株式會社及清水建設株式會社等，由日本經濟產業省經費支援。

(一) 福島浮體式離岸風場觀測中心

本示範計畫預計於福島縣外海離岸 20 公里處建置 3 台浮體式風力發電機與 1 座浮體式海上變電站；圖 26 顯示福島浮體式離岸風場示範計畫位置，計畫規劃如圖 27，第一階段於 2013 年安裝 1 座 2 MW 之浮體式風力機(Mitsui Engineering & Shipbuilding)(Subaru 80/2.0，即日立公司風力機)、世界第 1 座 25 MVA 浮式海上變電站(Japan Marine United Corporation、Hitachi Ltd.)與海底電纜(古河電氣)，第二階段則於 2015 年前安裝 2 台 7 MW 風力機(現改為 1 台 5 MW、1 台 7 MW)，1 台為 V 型浮台(三菱重工)、1 台為 Spar 浮台(Japan Marine United Corporation)，海事工程規劃由清水建設負責。

整個計畫將建立浮式離岸風場之商業模式，從中學習其 know-how，以協助福島成為新興產業之發展中心，為該區域創造新的就業機會。

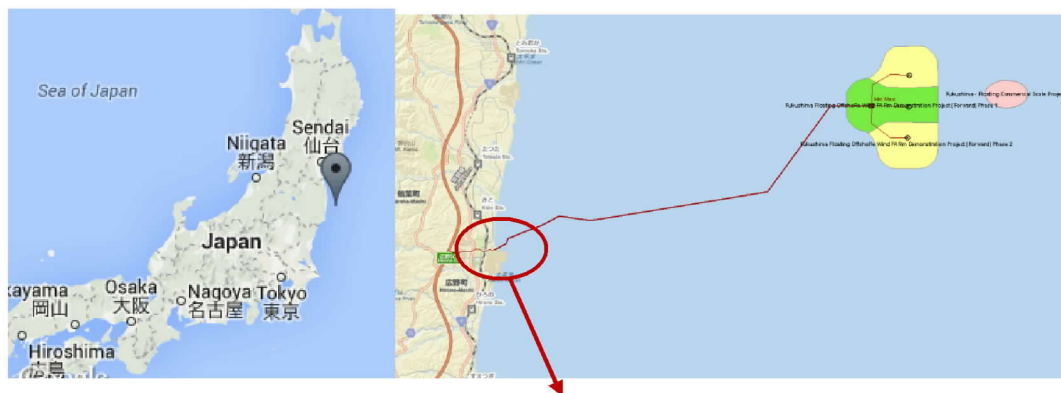




圖 26：福島浮體式離岸風場示範計畫位置

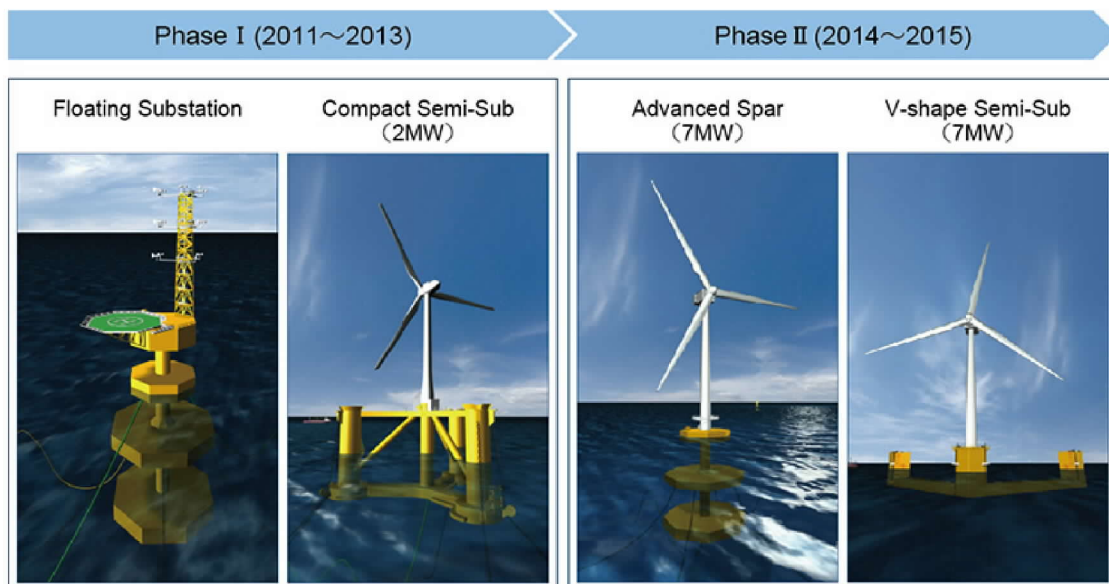


圖 27：福島復興計畫之規劃

由於風場離岸邊較遠，坐船需近 3 小時，故於風場南方之小名浜港(圖 28)之磐城市觀光物產中心(Iwaki Lalamew) (圖 29)內設一交流中心，小名浜港曾遭受 311 海嘯侵襲，復原後在觀光物產中心二樓展出「東日本大震災展」以紀念此事，福島復興之交流中心即設於此展場內(圖 30)，交流中心內有整個風場之模型，以相當淺顯之方式呈現整個計畫各設施之相對位置與大小、電網連接之狀況(圖 31)，亦有銀幕顯示風力機發電之即時資訊，包含海氣象資料、發電功率等(圖 32)，在旁還有第一階段已安裝完成之 2 MW Hitachi 風力機模型與預計於第二階段安裝之 7 MW Mitsubishi 風機模型(圖 33)。

福島復興計畫由東京大學做為技術諮詢，此部分主要由工學院社會基盤學(Civil Engineering)石原孟教授負責，本行程中亦由石原孟教授講解計畫緣由與發展現況(圖 34)，石原孟教授強調，一般的研究係以技術為主，本計畫除在浮體概念(浮體運動分析與模擬、浮體型式、浮體平衡控制方式)、觀測與預測(海氣象量測與預測)、浮體式變電站(動搖特性下之設計考量、振動與傾斜效應)、高性能材料(耐疲勞之電纜材料)等技術項目有所突破外，另負有新興產業建立、促進社會與當地居民理解，增加就業率之使命。

兩階段所使用之浮體均不相同，第一階段採用半潛式(Semi-submersible)者、風力機置於浮台中心，第二階段採 V 型結構，上面有 3 個支柱(column)，風力機位於中間之支柱上，另外 2 個支柱則利用水量平衡保持整個浮台的穩度；在促進地方發展上之另一例為 V 型 7 MW 風力機浮體，其 3 根支柱係採用方型斷面(圖 33 右圖)，就流體觀點，圓柱型斷面之支柱或為一較佳之選擇，然圓柱型斷面支柱之製造需於造船廠內為之，福島當地無此製作能量，故考量當地就業發展，採用方型斷面以利於當地製造；另外，石原孟教授透露原第二階段要安裝的另一台 7 MW Spar 型風力機，將改為日立公司 5 MW 之半直驅式風力機，Spar 浮體、錨鍊結構及海上施工過程將由 NK 審查。圖 35 為參訪完福島復興之交流中心後，辭行時參與人員的團體合照。



圖 28：小名浜港與風場之相對位置



圖 29：小名浜港內之磐城市觀光物產中心(Iwaki Lalamew)



圖 30：福島復興計畫交流中心



圖 31：福島復興計畫模型與電網連接狀況展示



圖 32: 發電狀況即時顯示



圖 33: 已安裝之 2 MW(左)與預計安裝之 7 MW(右)浮體式風機模型



圖 34: 石原孟教授講解計畫現況