

行政院所屬各機關出國報告
(出國類別：實習)

日本電力中央研究所發展之再生能源預測
技術

服務機關：台灣電力公司
姓名職稱：張志榮 一般工程專員
派赴國家：日本
出國期間：105年12月19日至105年12月23日
報告日期：106年2月17日

目錄

壹、出國緣由行程及主要任務	1
貳、參訪內容	3
一、參訪日本電力中央研究所(CRIEPI).....	3
二、參訪英弘精機株式會社(EKO INSTRUMENTS)	12
參、心得與建議	14
肆、參訪照片	15

壹、出國緣由、行程及主要任務

出國緣由：

隨著政府 2009 年通過再生能源發展條例推動再生能源躉購機制，2012 年接續推動「陽光屋頂百萬座」計畫，國內太陽光電系統裝置容量開始大幅成長，截至 2016 年 11 月累積裝置容量已經突破 1GW。政府目標在 2025 年提升太陽光電裝置容量至 20GW，太陽光電在台灣電網中佔比也將逐年提高。除太陽光電之外，政府預計在 2020 年提升陸域風機裝置容量至 1.2GW 並且積極開發離岸風力發電，預計於 2030 年完成 4GW 離岸風機裝置容量，合計陸海域裝置容量 5.2GW 的設置目標。由於再生能源屬於不穩定的供電來源，其發電受天氣因素影響甚鉅。對電力調度方面而言，不穩定的供電來源是相當大的挑戰，因此再生能源發電預測對於電力調度而言具有相當程度的重要性，台電綜合研究所目前已開發風力發電預測系統及德基水庫水位預測系統，太陽光電發電出力預測系統也已進行開發，此行前往日本電力中央研究所主要目的是與日本進行再生能源發電預測之研究人員交流意見並且從中學習寶貴的經驗。

由於日本與台灣地理位置相近，且同屬於海島型國家，自從 2011 年日本發生 311 大地震之後，對於未來能源配比也走向減核與減碳。因此，日本政府這幾年也積極發展再生能源，而隨著再生能源裝置容量佔比增加，勢必也會面臨不穩定性帶來的衝擊，再生能源發電預測對於日本也同樣為研究機構積極開發的項目之一。日本電力中央電力研究所的環境科學研究室便針對再生能源預測進行一系列的研究。

在進行再生能源發電預測時，環境氣象資料的量測分析是一重要步驟，氣象資料量測的準確性對於再生能源預測準確性影響甚鉅，太陽光電預測所需日照量資訊受天氣影響變化迅速，故此次行程安排拜訪太陽光電量測儀器廠商 EKO Instrument 以了解日射計校正的方法與流程。由於台電太陽光電站已營運一段時間，陸陸續續會碰到太陽光電模組老化或效能降低的現象，利用此行拜訪 EKO Instrument 也可帶回太陽光電站運轉維護可能所需的量測儀器資訊，可望對於太陽光電站運維技術有所幫助，亦可提供相關業務上的參考。

出國行程及活動內容：

日期	活動內容
12月19日(一)	台北→日本千葉縣我孫子市(去程)
12月20日(二)	參訪日本電力中央研究所(我孫子市)
12月21日(三)	我孫子市→東京
12月22日(四)	參訪英弘精機株式會社(東京)
12月23日(五)	日本東京→台北(返程)

貳、參訪內容

一、參訪日本電力中央研究所(CRIEPI)

日本電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)是由 10 間電力公司所撥款支付營運基金的財團法人單位，另也有政府委託之研究經費，主要從事與電力事業相關技術開發與科學研究，CRIEPI 除了在日本進行研究、教育及訓練之外，同時也將技術轉移至世界各國。日本電力中央研究所總部設置在東京都千代田區，在東京都狛江市、千葉縣我孫子市及神奈川縣橫須賀市各有分部，研究範圍包含經濟、土木、建築、電力、核電、機械、化學、物理、生物及環境科學等領域。目前日本電力中央研究所內共有 800 名員工，其中有 704 名研究人員。本次參訪的單位是 CRIEPI 我孫子市分部環境科學研究實驗室，該實驗室主要有大氣與海洋環境組、河川與海岸環境組、生物環境組及環境化學組，其中負責再生能源預測相關的團隊為大氣與海洋環境組。



圖 1 電力中央研究所我孫子分部

CRIEPI 參與本次會議的人員為環境科學研究室的野原大輔(Daisuke Nohara)博士、西澤慶一(Keiichi Nishizawa)博士、門倉真二(Shinji Kadokura)研究員以及土木工程研究室的橋本篤博士，以上幾位成員皆為參與再生能源預測的研究團隊。會議開始由本人

先進行簡報，首先介紹台電綜研所組織架構與研究領域，接著介紹台灣目前的能源概況，日本與台灣都屬於島國，都必須仰賴進口能源(石油、煤礦、天然氣...等等)，在大力發展再生能源的同時，再生能源的不確定性同時也衝擊日本各電力公司的運轉操作，與台灣目前所能源發展情況類似。接著報告台電綜研所在再生能源預測方面的研究成果，展示台電綜合研究所 1~48 小時風力發電預測網站與德基水庫水位 1~48 小時預測系統網站，簡報過程中 CRIEPI 研究人員對台電綜合研究所的研究成果進行討論，包括預測機制與採用的類神經網路架構等問題，並針對目前台電綜研所目前開發太陽光電預測系統所遭遇困難進行討論。



圖 2 台電綜合研究所簡報研究成果

接著由野原大輔博士將現階段電力中央研究所進行的氣象預報應用在再生能源預測之研究內容進行報告，首先對日本能源發展現況進行介紹。

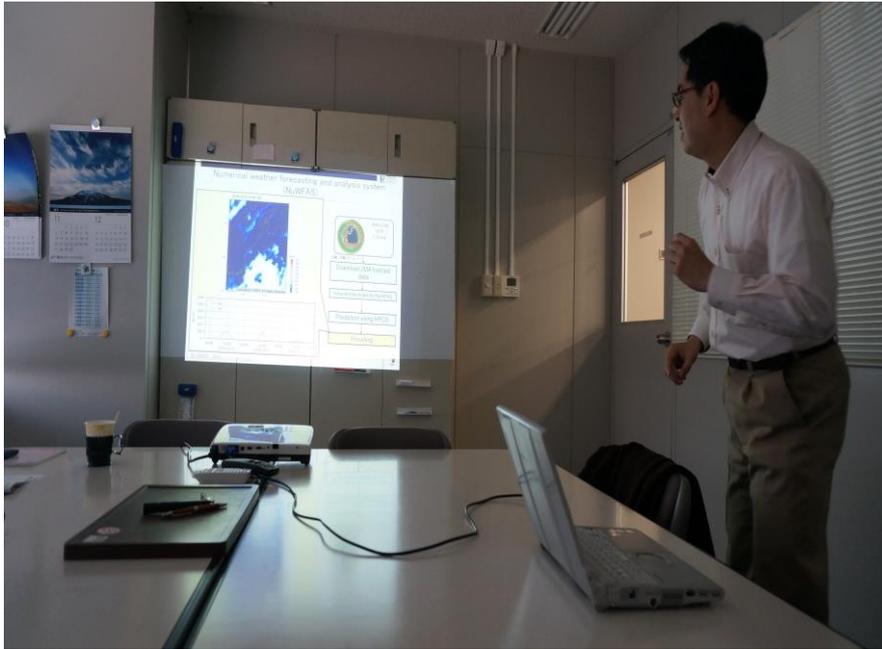


圖 3 CRIEPI 野原大輔博士簡報研究成果

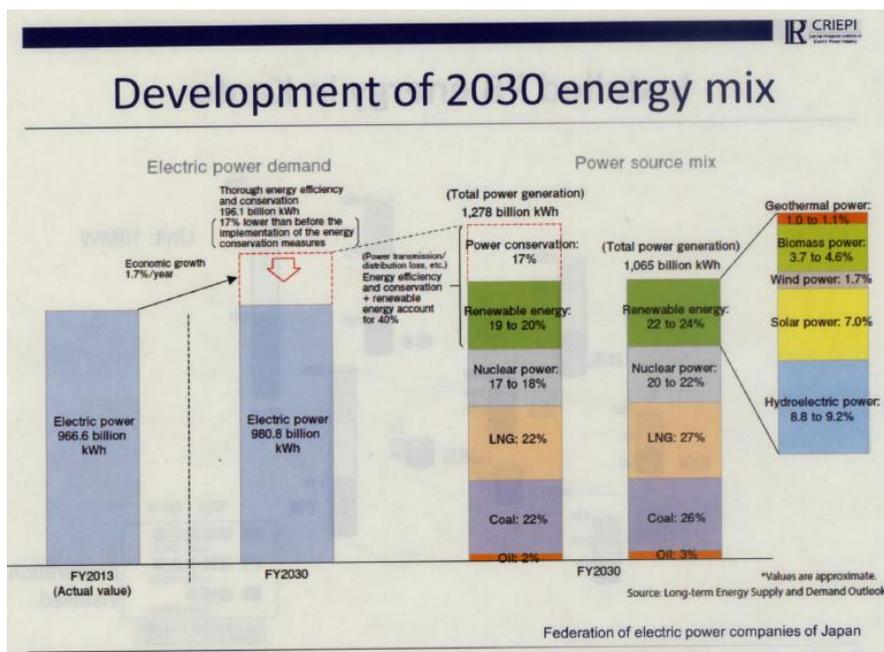


圖 4 日本能源發展概況

由圖 4 可看出日本預計在 2030 年時再生能源佔比提高至 22%~24%，其中太陽光電佔整體發電量的 7%，相當於 2030 年太陽光電發電度數約為 745.5 億度電。

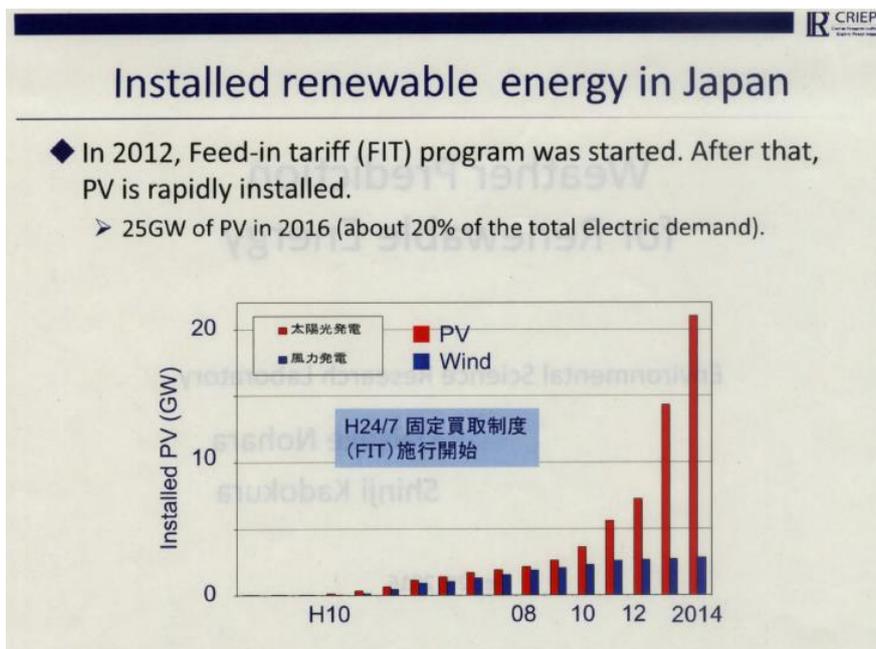


圖 5 日本太陽光電逐年增加趨勢

自 2012 年日本推動太陽光電收購制度起，至 2016 年日本太陽光電的裝置容量已達 25GW。快速成長的太陽光電裝置容量也對日本電網產生衝擊，由於太陽光電發電受天氣因素影響，雨天與晴天的發電量相差甚遠，需要準備足夠的火力發電機組待機以應付太陽光電的不穩定性。

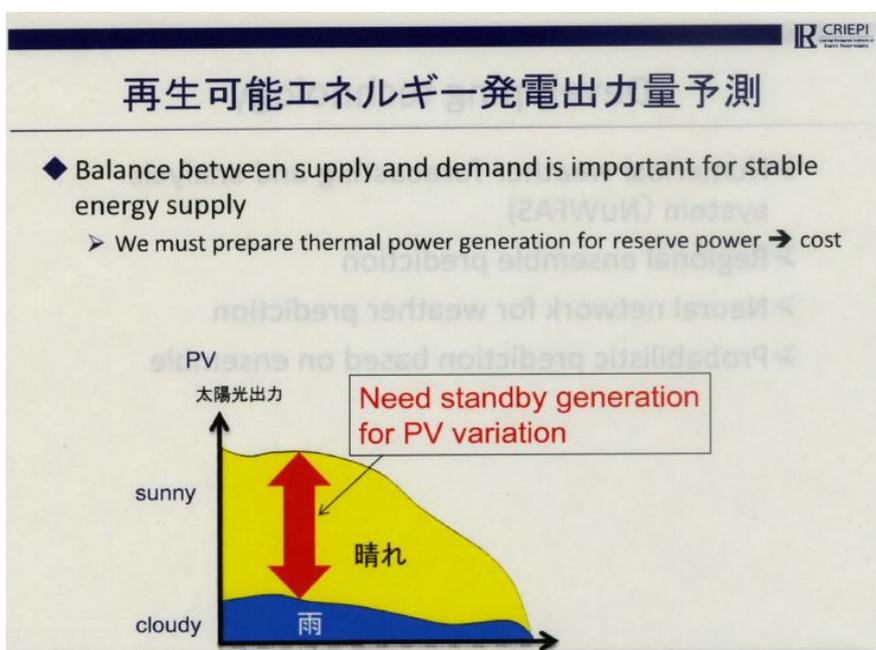


圖 6 太陽光電的不穩定性

圖 7 顯示日本電網大量導入太陽光電發電對於每日電力調度造成的影響，由於下午四點過後日照量開始快速降低及民眾用電需求開始快速增加，在這種情況下需要準備充足的快速啟動的火力機組以應付短時間內的供給減少與需求增加。

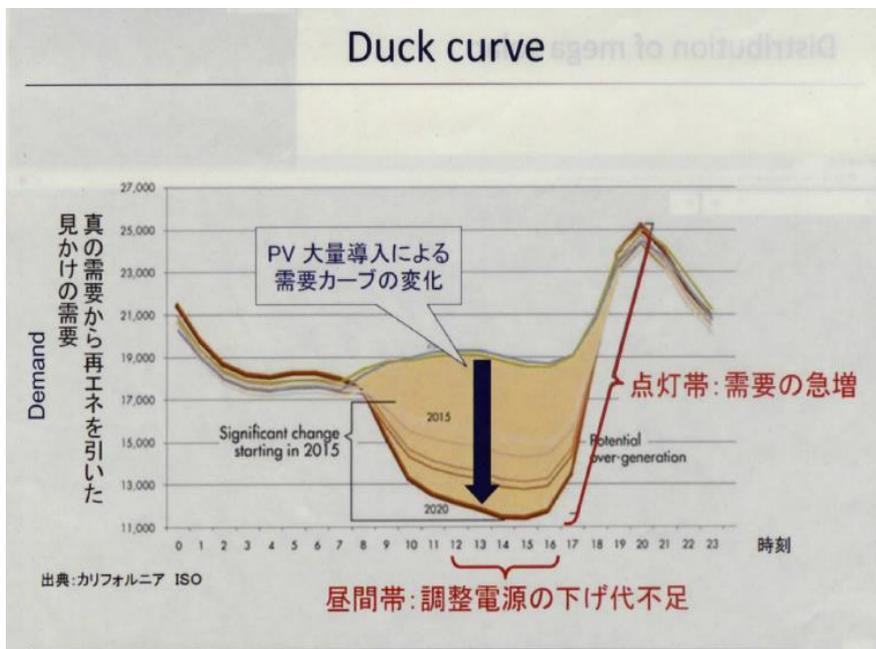


圖 7 太陽光電發電量隨時間迅速變化

CRIEPI 團隊利用 WRF 模式 (Weather Research and Forecasting Model) 開發一套 NuWFAS 系統 (Numerical weather forecasting and analysis system)，利用超級電腦進行數值運算產生系集預報。產出的系集預報可得到短波輻射的預測值，並提供預報產品給電力公司參考未來太陽光電的發電量。

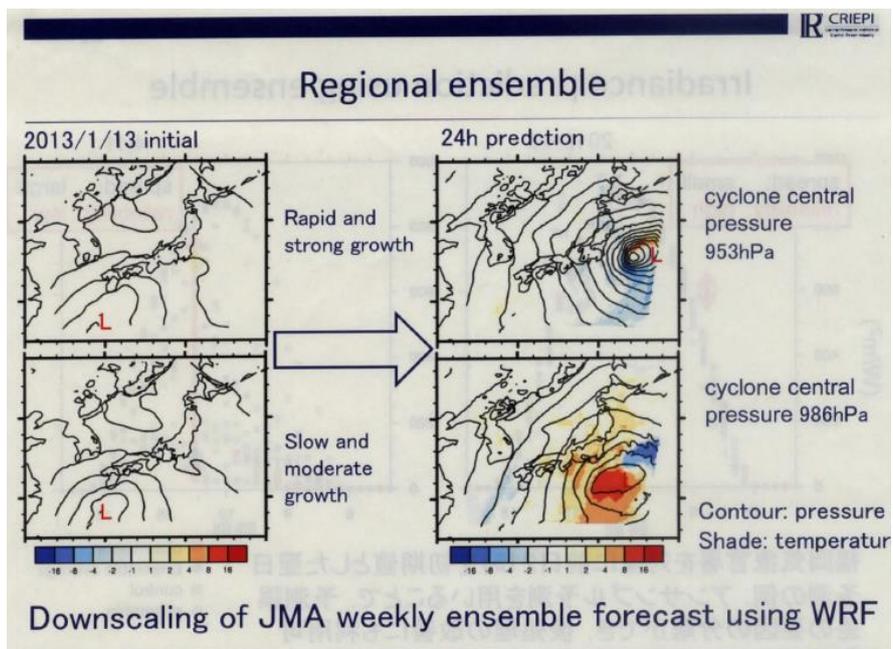


圖 8 利用 WRF 模式產出系集預報

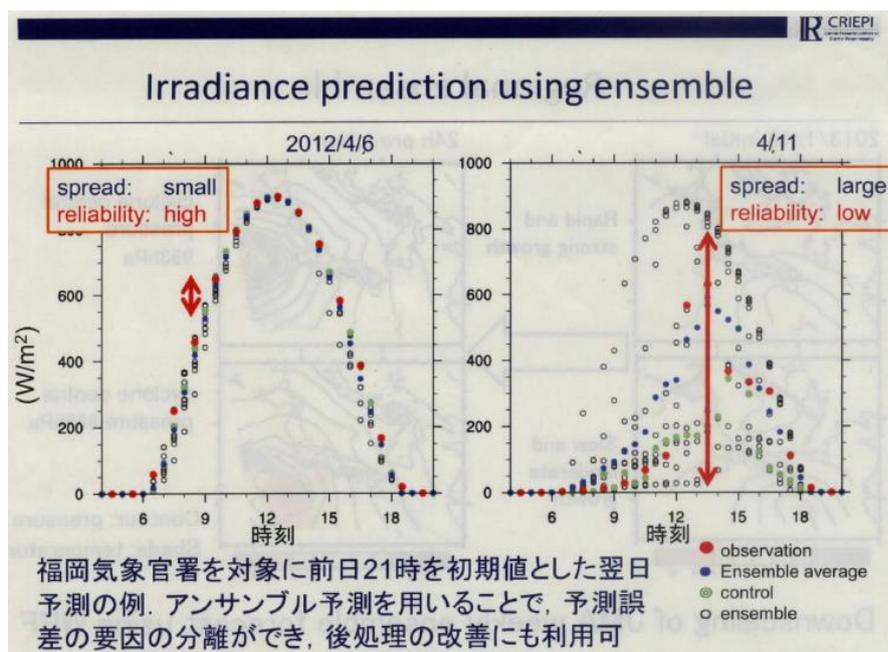


圖 9 利用系集預報預測短波輻射

NuWFAS 產出的系集預報產品除應用在短波輻射預測之外，其產品的高解析度及短輸出時間的特性可因應偶發劇烈變化之天氣情況（如：鋒面、颱風...等），利用 NuWFAS 產生系集預報對劇烈天氣變化進行預報並提供電力公司參考，這套模式對於電力設施的運轉維護與供電安全有相當大的幫助。

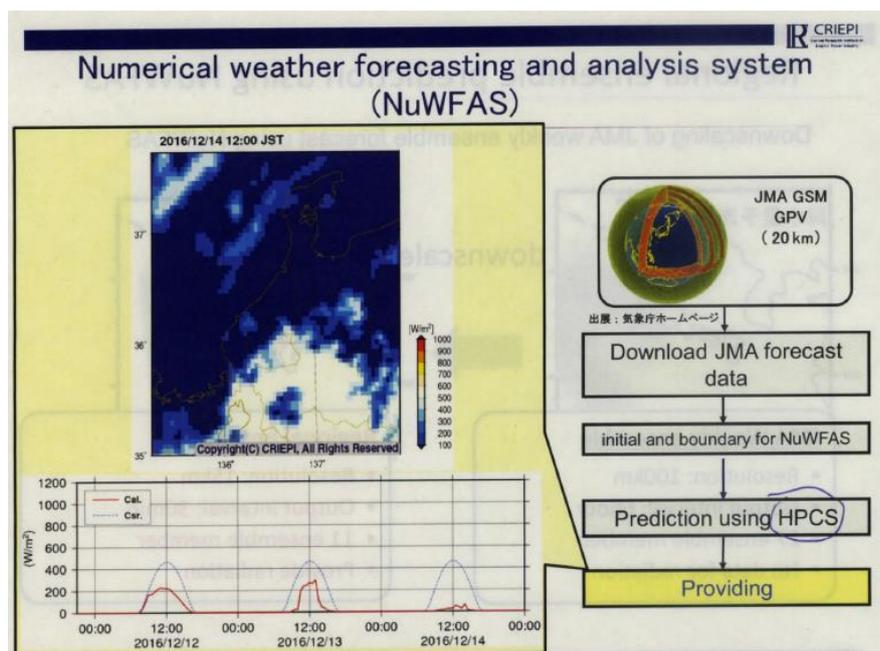


圖 10 CRIEPI 自行開發的 NuWFAS 系統

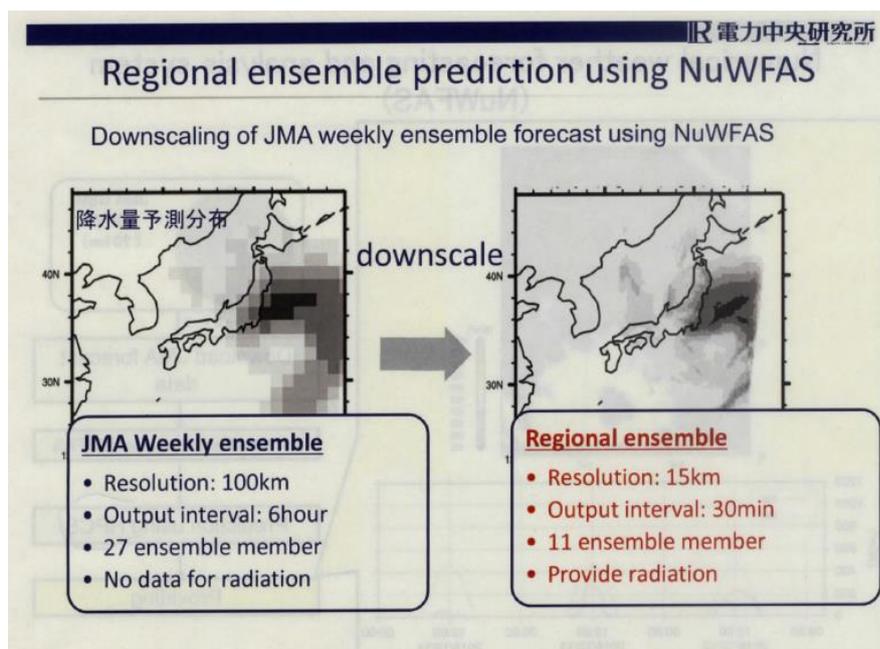


圖 11 利用 NuWFAS 產出系集預報產品

除介紹日本太陽光電發展現況之外，野原大輔博士也介紹日本風力發電的發展情形與 CRIEPI 應用區域系集預報技術來幫助風機營運的成果。圖 12 為日本目前的風機分布圖，從 2000 年後日本風機數量開始大幅增加。



圖 12 日本風機分佈情形

風機運轉時，風場風速的遽升與遽降(遽變事件)對於電力系統的穩定性是一大挑戰。在日本，遽變事件通常是由溫帶氣旋所引起，其發生情形與溫帶氣旋的路徑有關。近期發展的數值天氣預報準確性雖然已提高，但要預測遽變事件發生的具體強度、位置與時間依然有一定的困難度。在考慮預測誤差及初始場的不確定性，為提高準確性，系集預報系統被廣為應用在遽變事件的預測。CRIEPI 自行開發的 NuWFAS 系統即應用在風力發電的驟變事件預測。

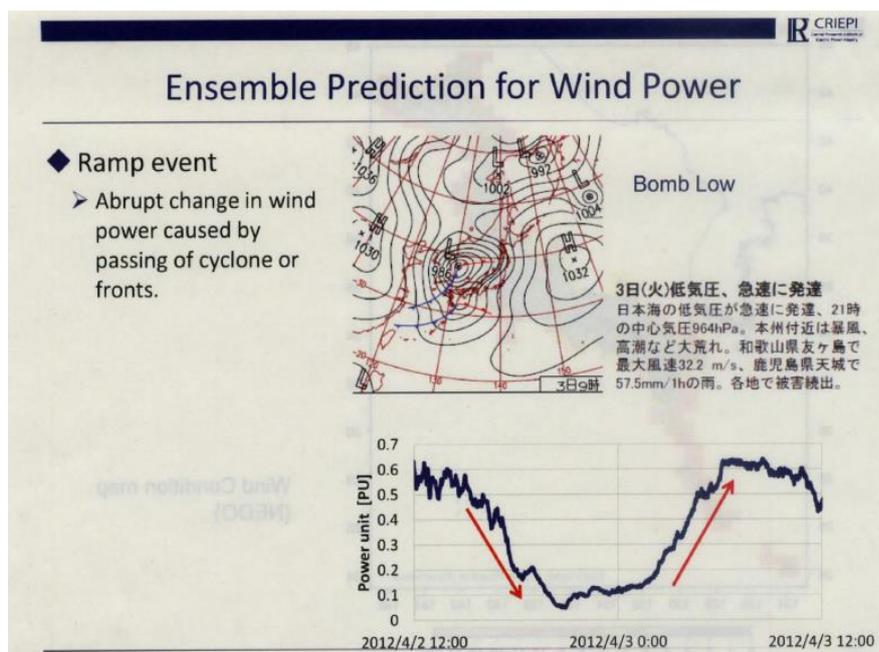


圖 13 系集預報應用在風力發電

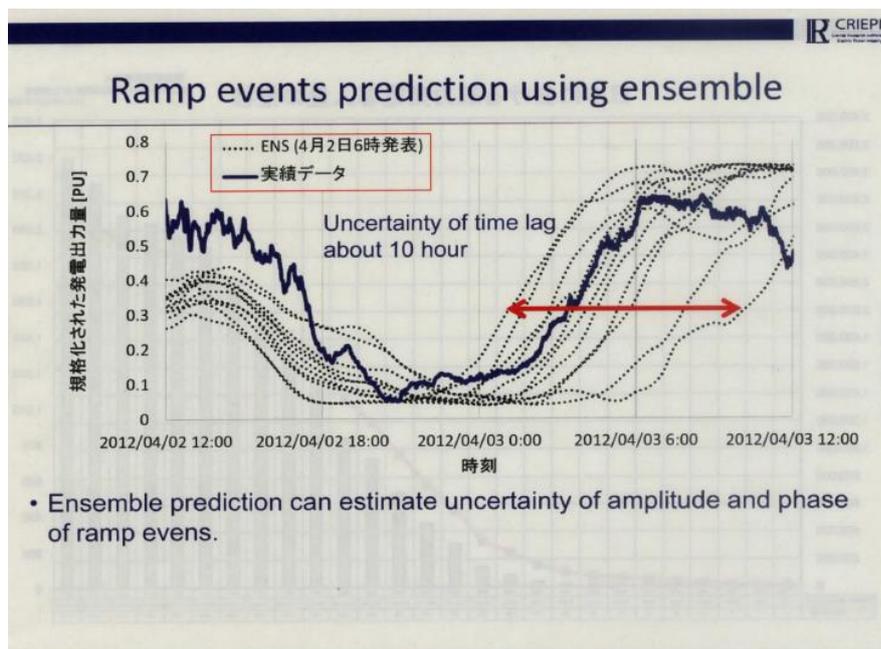


圖 14 利用系集預報預測風力驟變事件

NuWFAS 系統是由 CRIEPI 自行利用自有超級電腦開發試驗產出。該超級電腦於 2012 年建置，運算速度達 670.9 teraFLOPs(每秒浮點運算 670.9 兆次)。



圖 15 CRIEPI 超級電腦

二、參訪英弘精機株式會社(EKO Instruments)

英弘精機株式會社(EKO Instruments)成立於 1927 年，至今已經有 90 年的歷史，目前主要業務有遙控感應設備、太陽光電系統評估及量測設備及日照及光譜量測設備等三個領域。除日本總部外，在美國及荷蘭都設有分公司，在日照量測設備及太陽光電模組量測設備方面為業界知名的公司。

本次參訪 EKO Instruments 主要目的為了解第二級標準件日射計校正程序與太陽光電模組效能量測儀器。由於台電綜合研究所正在發展太陽光電的預測系統，若要提高預測的準確性，現場的日射計資料正確性非常重要。除綜合研究所擁有的基準站系統與三所區日照系統外，台電再生能源處亦擁有 26 個太陽光電站，以上都有裝設日射計以量測現場即時日照強度。由於日射計裝置於戶外，受環境影響經過一段時間後需要校正以確保日射強度量測的準確性。



圖 16 第二級標準日射計校正裝置

圖 16 為 EKO Instruments 校正日射計的裝置圖，利用遮陰全天空日射計標準件與空腔直達日射計標準件置放於自動追日裝置上校正全天空日射計與直達日射計，遮陰全天空日射計所量測數值為漫射水平輻射 DHI(Diffuse Horizontal Irrandiance)空腔直達日射計所量測數值為直達日射量 DNI(Direct Normal Irrandicace)，待校正之全天空日射計量測數值為全天空輻射

GHI(Global Horizontal Irradiance)。DHI、DNI 與 GHI 的關係如下式：

$$GHI = DNI + DHI$$

藉由標準件量測 DNI 與 DHI 之值校正全天空日射計待測件，此種校正方法可用於校正第二級標準件日射計 (Secondary Standard Pyranometer)，而綜研所能源室目前採用校正方式為依據 ISO9847(ASTM E824)，是利用參考第二級標準件日射計為基準對現場使用的日射計進行比對作業，並可逐層網上追溯至世界幅射計基準(World Radiometer Reference, WRR)。

在購入第二級標準日射計時，原廠也必須提供可追溯至 WRR 的校正證書，因此綜研所能源室發展之檢測技術也參考氣象局儀校中心之作法，採用第二級標準件日射計及自然光源來進行校正比對作業，此種比對作業必須建立在確定第二級標準日射計量測數值正確無誤。

由於台灣太陽光電遍布全台各地區，而開發太陽光電預測系統需要現場日照資料，未來勢必得增設更多日射計於台灣各區，對於日射計的校正需求也會提高，未來可考慮學習標準件日射計之校正方法以定期校正綜研所目前自有之第二級標準日射計。

參、心得與建議

- 一、由於日本與台灣電業發展背景及地理關係相近，本次參訪 CRIEPI 我孫子市分部，藉由對於再生能源預測的研究進行交流，希望能尋求日後與本所合作的可能性。CRIEPI 進行的再生能源預測研究為環境科學研究室團隊負責，該團隊研究員多屬氣象專長背景，對於再生能源預測的方向與本所不盡相同，本所是利用氣象資訊發展各場域之風力發電或太陽光電發電量預測，而 CRIEPI 研究團隊則是利用氣象系集預報模式產出相對應之風力劇變事件預測及日本各地區短波輻射預測。目前本所與颱風中心(颱風洪水研究中心)合作，取得各風場風速及各區域短波輻射等氣象預測資訊，未來可將 CRIEPI 開發的 NuFWAS 介紹給颱風中心，期望可精進本所之後開發之再生能源預測系統。
- 二、本次與 CRIEPI 會議除吸收日本發展再生能源預測系統的經驗之外，也將本所的研究成果展示給 CRIEPI 相關領域之研究人員，並建立交流互動管道，將來可持續作為研究及業務之參考，是一次相當寶貴之學習經驗，很慶幸順利完成此次的交流。
- 三、本次參訪行程全程以英語進行會議與討論，深刻體會到英語口說及聽力的重要性，期許今後能精進英語簡報能力，以建立參與重要國際會議之能力，為公司貢獻一己之力。
- 四、本次除參訪 CRIEPI 之外也參訪了太陽光電量測儀器知名廠商，藉此也獲得了很多新式量測儀器的資訊，期望帶回這些資訊能在未來幫助再生能源處太陽光電站的運轉維護。

肆、參訪照片

