

出國報告（出國類別：考察）

大型風力機產業環境建構計畫 —2012 再生能源世界展覽會

服務機關：經濟部工業局

姓名職稱：戈元技正

派赴國家：日本

出國期間：101.12.3~101.12.8

報告日期：101.12.26

摘要

台灣四面環海，極為適合開發離岸風力，根據英國 4C Offshore 調查，全球前十最佳離岸風場，台灣即佔其九。鑑於台灣陸域優良風場已趨飽和，海域風能資源藏量豐富，經濟部業於 101 年 7 月 3 日公布「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，獎勵國內民間業者及國營事業在民國 104 年底至少完成 3 案共 6 部示範機組，民國 109 年底完成 3 座示範風場，其中國營事業示範機組應配合政策提高國產化比例，以發展國內離岸風電產業，最終達成 2030 年「千架海陸風力機」4.2 GW 之總裝置容量。本局亦受行政院科發基金補助，執行「大型風力機產業環境建構計畫」，俾以完成上述政策目標。

日本地理環境與台灣相似，屬颱風、地震天然災害高潛勢地區，尤其經歷 2011 年 311 大地震後，日本政府積極開發離岸風力發電等再生能源，並朝減核目標努力。經濟產業省刻正進行 2 個離岸風力發電計畫，包括東京千葉縣銚子市著床式實證研究及領先全球之福島漂浮式風力發電示範計畫，分別委託日本三菱重工、富士重工、鹿島建設及三井建設等大型商社執行，其中三菱重工已於 101 年 10 月完成日本第一座離岸風場(銚子市)風力機示範安裝，目前正進行運轉測試。

本人此行奉派赴日參訪「2012 再生能源世界展覽會」，蒐集各國離岸風電產業發展最新資訊。並藉此行之便，透由「經濟部台日產業合作推動辦公室」及財團法人金屬工業研究發展中心協助，拜會日本鹿島建設、行政法人新能源產業技術總合開發機構、日本風力發電產業協會及日立製作所風力機組裝工廠等積極投入離岸風電產業發展之產、學、研單位，洽商引進日本整機及海事工程技術合作開發台灣離岸風場，及進行台日風力機產業鏈的媒合。此外，也在日本「行政法人新能源產業技術總合開發機構」安排下，參觀茨城縣神栖近岸風場與千葉縣的銚子市離岸風場，實地勘察近岸、離岸風場相關基礎設施。

本人此行強烈感受日本政府運用政策資源，積極推動離岸風電產業發展的決心，相關產、學、研單位在海象模擬調查、風力機與海底基座設計、海事工程施工安裝等各項基礎及前瞻研究亦屬扎實。在社會認同方面，目前銚子離岸示範風場結合當地漁業資源、開發賞鯨觀光活動，以爭取重視漁權之當地居民支持，達到經濟發展、能源開發與環境保護和諧共存的態樣，殊值正處離岸風電產業發展起步階段的我國學習與仿效。

目 次

壹、出國目的.....	1
一、緣起.....	1
二、活動行程.....	2
貳、鹿島建設土木／建築設計本部訪問情形.....	3
一、廠商介紹.....	3
二、參訪紀要.....	3
參、行政法人新能源產業技術綜合開發機構訪問情形.....	4
一、廠商介紹.....	4
二、參訪紀要.....	4
肆、日本風力發電產業協會訪問情形.....	6
一、協會介紹.....	6
二、參訪紀要.....	6
伍、2012 再生能源世界展覽會.....	8
一、展覽會介紹.....	8
二、研討會內容.....	10
陸、日立電力系統公司訪問情形.....	15
一、廠商介紹.....	15
二、參訪紀要.....	15
柒、近岸與離岸風場參觀.....	16
一、東京茨城縣神栖近岸風場.....	16
二、東京千葉縣銚子市離岸風場.....	16
捌、結論與建議.....	17

壹、出國目的

一、緣起

2011 年全球風力發電新增裝機容量達 41.2GW，較 2010 年成長 6.2%，總裝置容量達 238.351MW。2007-2011 年風力發累計電裝機容量之複合成長率(CAGR)為 26.2%。前三大新增風力機裝置國分別為中國大陸、美國及印度。受到全球經濟不振影響，歐美各國陸續下調風力發電補貼之際，在離岸風力發電市場卻仍是大力投資，顯見其市場潛力不容忽視。

本局執行行政院國家科學技術發展基金管理會「大型風力機產業環境建構計畫」補助計畫，係配合 2011 行政院公布「千架海陸風力機」政策目標及本部 2012 年 7 月公告之「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，積極推動國內離岸風力發電產業發展，包含離岸風力機、海事工程及週邊設備等，協助國內業者爭取兆元產業商機。離岸相較陸域風場，因涉及風力機整機技術、海纜鋪設、電站設備、水下結構及海事船舶工程項目，較具複雜性，同時台灣地處颱風地震多發地區，面臨嚴苛環境負荷，對國內離岸風電產業發展既是機會亦是挑戰。

日本經濟產業省刻正積極進行離岸風力發電示範計畫，目前已完成第 1 座東京千葉縣銚子市離岸風場著床式實證研究，進行中尚有福岡縣北九州著床式、福島縣漂浮式風力發電示範計畫等計畫，與本局執行「大型風力機產業環境建構計畫」計畫目標不謀而合，爰依據行政院「台日產業合作搭橋方案」執行計畫，透過「經濟部台日產業合作推動辦公室」協助安排，規劃赴日參訪日本積極投入離岸風電產業發展之各個產、學、研單位，以推動台日風力發電產業交流活動，協助國內引進日本先進之整機及海事工程技術，洽商合作開發台灣優良離岸風場，並進行台日風力機產業鏈的媒合。

二、活動行程

第一天

2012年12月3日	
時間	行程
09:30 - 15:00	啟程
15:00 - 18:00	拜會鹿島建設土木／建築設計本部

第二天

2012年12月4日	
時間	行程
09:00-13:00	拜會行政法人新能源產業技術總合開發機構
13:00-14:00	午餐
14:00-18:00	拜會 JWPA 日本風力發電產業協會

第三天

2012年12月5日	
時間	行程
09:00-18:00	全日參加「2012 再生能源世界展覽會」

第四天

2012年12月6日	
時間	行程
09.00-13:00	參訪日立製作所風力機組裝廠
13:00-14:00	午餐
14:00-18:00	拜會日立電力系統公司發電系統本部

第五天

2012年12月7日	
時間	行程
09:00 - 12:00	參觀東京茨城縣神栖近岸風場
12:00 - 12:30	午餐
12:30 - 13:30	參觀東京千葉縣銚子市離岸風場

第六天

2012年12月8日	
	返程

貳、鹿島建設土木／建築設計本部訪問情形

一、廠商介紹

日本 5 大建設公司之 1，資本額 2 兆億日元，員工人數 15,000 人，總公司設址於東京都港區，業務涵蓋水庫、地下電廠、飯店、廠房、商業大樓、捷運、隧道、球場等建設領域。鹿島建設自 1992 年即投入日本第 1 座陸域風場的建置工程，目前已累計逾 20 座陸域風場實績；在參與日本第 1 座銚子市離岸風場實證研究計畫中，鹿島建設主要擔任風場建置工程管理，海事工程規劃與監造、土木建築工程、規劃、施工、監造及工程顧問等工作。

二、訪問紀要

首先由鹿島建設土木設計本部宇佐美榮治室長致歡迎詞，接著由構造設計部新原雄二、稻垣聡介紹鹿島建設參與日本離岸風場施工及設計的內容，包含風力機及測風塔的設計、施工位置圖及施工流程，重力式海底基座的製作、浚深、基礎投石、吊裝及觀測塔、風力機的設置等。

本人則以英語向與會日方人士說明來訪目的，我國離岸風電示範獎勵辦法相關細節，及邀請日方提供海事工程技術，與我國廠商合作開發台灣離岸風場，並獲宇佐室長正面回應。



圖1：鹿島建設新原雄二經理簡報日本離岸風場施工內容



圖2：本人說明我國離岸風電示範獎勵辦法並邀請日方與我國合作開發台灣離岸風場

參、行政法人新能源產業技術總合開發機構訪問情形

一、廠商介紹

行政法人新能源及產業技術總合開發機構 (New Energy and Industry Technology Development Organization, NEDO) 成立於第二次石油危機後不久之 1980 年 10 月，原先僅從事新能源專門技術之開發，在 1988 年起配合政策增加新產業基礎科技之研發，經費大部分由日本經濟產業省支持，由於是獨立行政法人，其經費運用及人員進用較具彈性，目前研究人員約有 2,400 位，其中超過 1,200 人擁有博士學位，研發績效卓著，享有極高國際聲譽。

NEDO 亦為執行經濟產業省離岸風力發電示範計畫之專責單位，其性質類似於我國國家實驗研究院，目前日本三個離岸示範風場(千葉、福岡及福島)皆由 NEDO 主責規劃，部分分項工作項目亦分包給民間廠商或其他學術、研究單位或共同執行。

二、訪問紀要

首先由 NEDO 新能源技術部主任伊藤正治致歡迎詞，離岸風力及海洋能計畫大重隆經理介紹日本離岸風力計畫，截至 2011 年底止，日本已安裝 1,866 支陸域風力機，累計裝置容量達 2.5GW，未來離岸風力開發潛能達 226GW(風速 7m/s 以上)。

目前日本開發離岸風電面臨嚴峻的海象、環保生態問題及離岸風力機設計、安裝及運維技術課題。NEDO 受政府委託，主要提供相關風向、洋流的調查及離岸風力機設計、工程協助，並在 2008-2013 年間研究建立適合日本本土之環境評估方法 EIA(Environmental Influence Assessment)。NEDO 已完成裝設銚子市離岸風場三菱重工重力式 2.4MW 離岸風機，目前正在進行計畫包含福岡縣北九州著床式的日本製作所 2MW(採重力-套筒混合式海底基座)、三菱重工正在開發的 7MW 離岸風力機以及政府委託的漂浮式風力發電機組等。

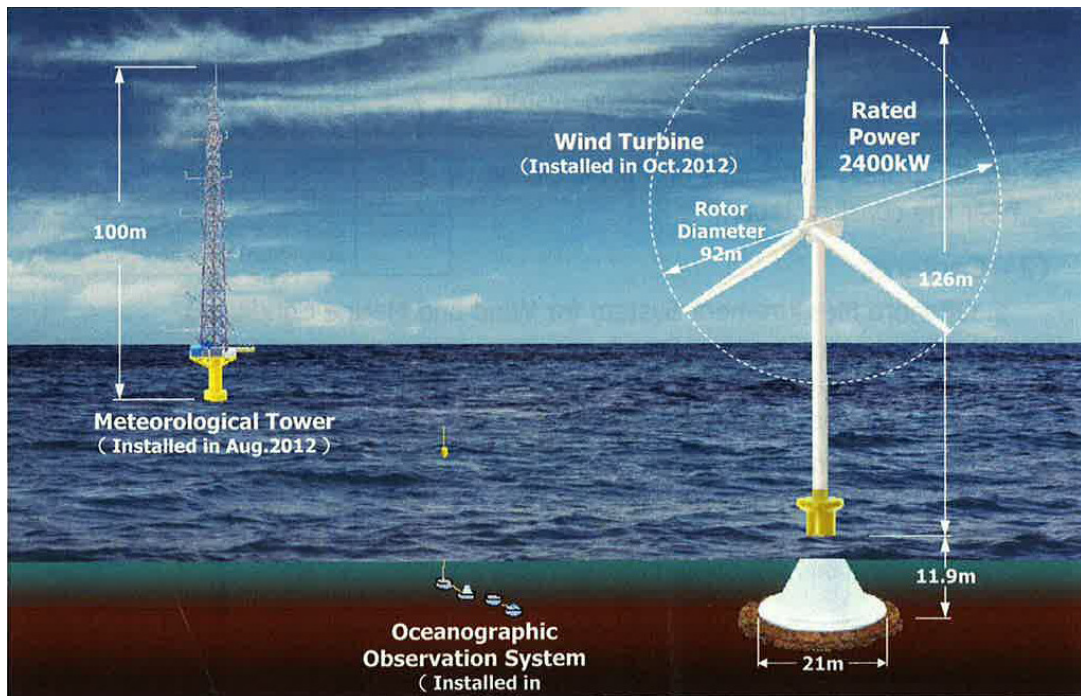
本人則以英語向與會日方人士說明來訪目的，台灣優勢關鍵零組件及資通訊系統發展現況，並邀請日立提供整機系統、軸承及海事工程技術，與我國廠商共同開發抗颱風耐震防蝕型離岸風力機，及詢問有關福島利用漂浮式離岸風力發電重建復興、兩國離岸風電示範獎勵辦法不同之處等相關訊息。



圖1：NEDO新能源技術部主任伊藤正治致歡迎詞



圖2：本人邀請NEDO與我國廠商共同開發抗颱風耐震防蝕型離岸風力機



NEDO 於 2012.10 完成銚子市離岸風場三菱重工著床式 2.4MW 離岸風機示意圖

肆、日本風力發電產業協會訪問情形

一、協會介紹

日本風力發電產業協會(JWPA)會員團體共計 216 家，成員包括理事長永田哲朗(株式会社ユーラスエナジーホールディングス)，擔任日本最大再生能源集團 Eurus 公司社長，副理事長加藤仁(三菱重工業株式会社原動機事業本部、副事業部長兼風車事業部事業部長)、塚脇正幸(日本風力開発株式会社代表取締役社長)、赤羽博夫(株式会社日本製鋼所風力製品部長)等，均為當前日本風電產業界重要領袖。

二、訪問紀要

協會理事長永田哲朗致詞歡迎，談及日本 311 大地震後，目前僅 2 座核電廠正常運轉，尚有其他 48 座仍在安檢狀態，日本政府刻正積極推動天然氣及再生能源取代傳統電力，並已引起舉世各國高度興趣，目前包括韓國及挪威皆積極與日本洽談離岸風電合作，永田理事長並建議未來日台韓三國業者可共同合作，創造三贏局面。

協會理事三菱重工上田悅紀先生說明目前日本風力發電產業現況及當地業者參與離岸示範風場情形。日本政府為解決福島縣能源供應與就業問題，將在福島近海建設全球最大 7MW「漂浮式離岸風電場」，葉片旋轉直徑長達 165 米，如果達到額定輸出，可滿足逾 5,000 戶家庭的電力需求。此項計畫若成功，將超前歐洲，一舉躍居全球領先地位，參加廠商包括擁有大型風力機、造船 2 項技術的三菱重工，以及日立製作所、新日本製鐵、IHI Marine United、古河電氣工業、三井造船、清水建設等本土企業。

在風力發電裝置目標方面，日本政府規劃 2030 年總裝置量達 35GW(其中離岸風力 5GW)、未來離岸電力併網設置場址已鎖定風力潛能最豐沛之北海道、東北 2 大地區，並將連結至東京、大阪等主要用電區，目前經產省規劃 2013 年先行編列 250 億日元經費，建置北海道連網系統。

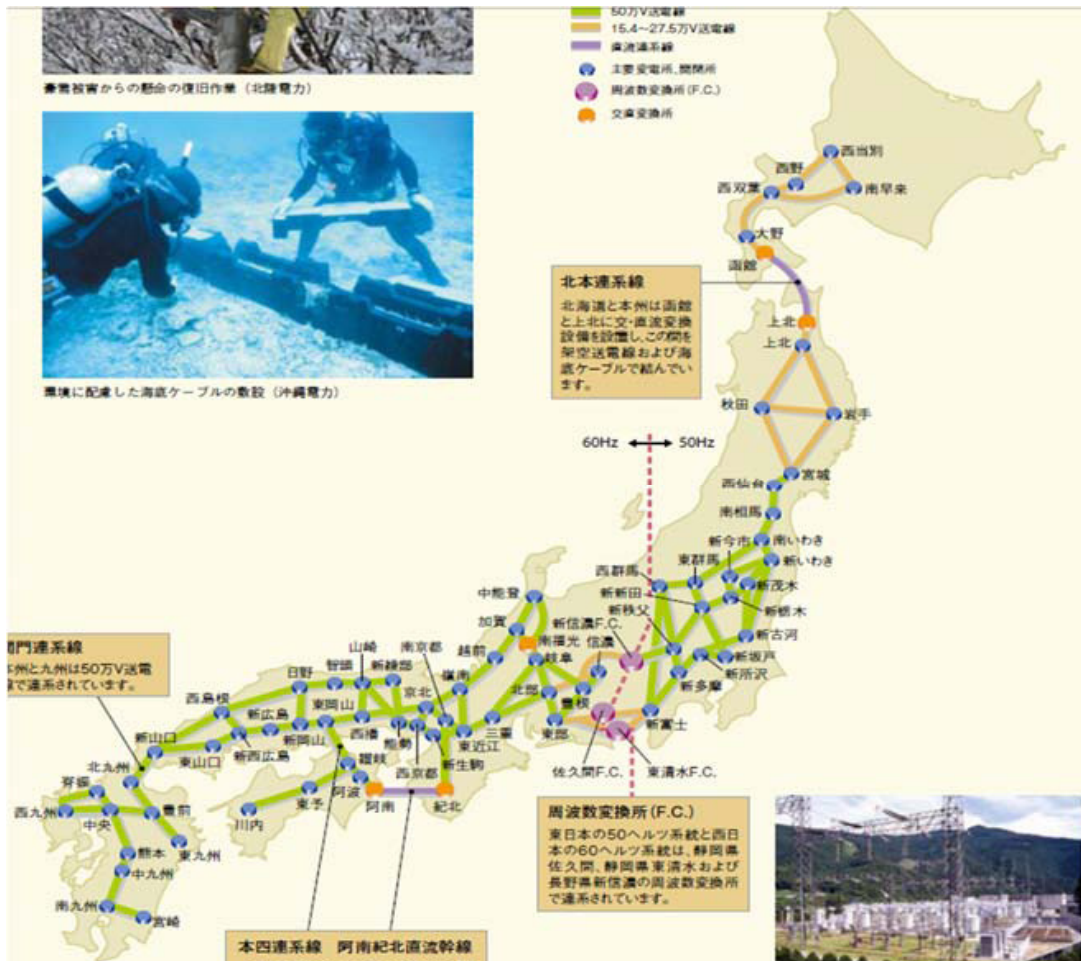
本人則以英語向與會日方人士說明來訪目的，相較永田理事長發表未來日台韓三國業者合作創造三贏之論，本人則表達我國推動「台日中黃金三角企業合作個案模式」意願，意即結合台日優勢系統與零件，進行技術、資金、市場等多元合作，由台灣提供優勢關鍵零組件及資通訊系統，日本提供整機系統、軸承及海事工程，透過台商現有通路佈局及 ECFA 優勢，共同進軍中國大陸市場，永田理事長會後則表達理解之意。



圖1：JWSA 理事長永田哲朗致詞歡迎並建議未來日台韓三國業者可共同合作



圖2：本人向永田氏說明台日中黃金三角企業合作模式



日本全國主要電網系統線路分布圖(2012年6月)

肆、2012 再生能源世界展覽會

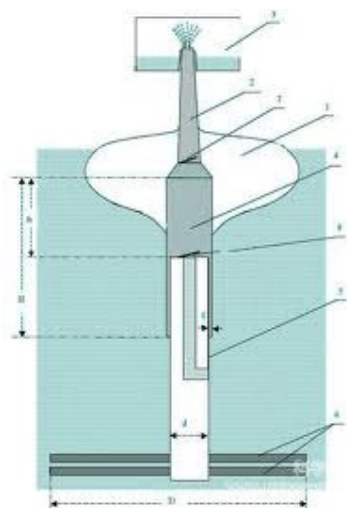
一、展覽會介紹

- 1.時間：2012 年 12 月 5 日 10:00~17:00
- 2.地點：幕張國際會議展覽中心(千葉縣千葉市美濱區中瀨 2-1)
- 3.主辦：日本可再生能源協會
- 4.協辦：日本風力發電協會、日本風能學會、日本小型風力發電協會
- 5.贊助：公益財團法人高橋產業經濟研究財團

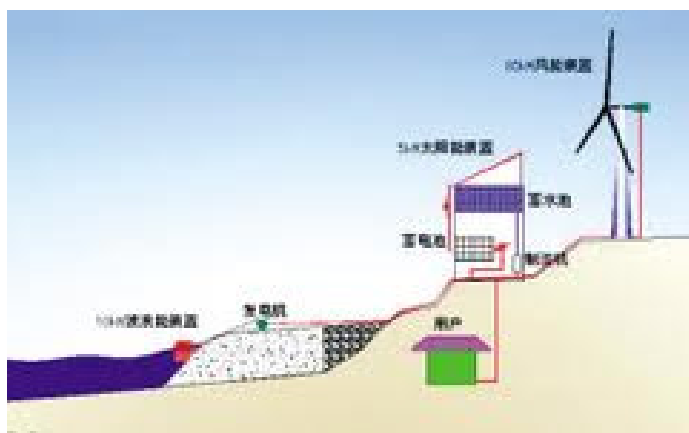
展覽會場除展示各國先進產品外，並包括產官學研各項前瞻研究成果，以離岸風電為例，日本行政法人產業技術總合研究機構，發表結合離岸風電及波浪發電動態模型展示，訪賓以手觸方式模擬海浪擺動，即可帶動機械裝置產生電力使 LED 燈發亮；英國在日協會展示其發展離岸風力的路徑藍圖(Roadmap)及英吉利海峽離岸風電海事工程影片簡介；日本研究型大學如九州大學等，亦於會場展示離岸漂浮式風力發電機(Floating wind turbine)、結合近岸離岸風能與海洋能各種發電設計方案等，總體而言，展覽以太陽光電為主，風電相關攤位不多。

海洋能中以波浪發電(wave energy power)系統研究較為成熟，但仍處研發階段，尚未達成產業化。其原理為運用大口徑之圓柱浮體，阻擋波浪前進，使波浪產生變形，並藉由浮體的上下運動，將波浪能量傳遞到系統，系統再將浮體傳遞進入的能量轉換為可用的電能，波浪能量可藉由液壓缸的活塞運動機能轉換為壓力與流量形式，最後透過油壓馬達帶動發電機旋轉輸出電壓 V 與電流 I 。

波浪能量具有大能量密度、環境負面影響小及能量損失低且回復力高等優點，預估可經濟開採之資源可高達 2,000 TWh/year，約為世界發電總量的 11%。經詢九州大學現場人員表示，目前日本正積極投入研究，只是海浪湧來向凌亂，潮汐起伏影響難以利用，致發電效益不佳且若干技術尚待突破，仍未實際進入大規模應用階段。



波浪發電系統示意圖



結合近岸風能與海洋能發電設計方案示意圖



圖1：展覽會場入口一景



圖2：展覽會場實景(場內管制拍攝)

二、研討會介紹

本次展覽會期間，主辦單位亦安排日本經產省、日立製作所、東京大學、AIST 研究機構進行專題演講，報告日本風力發電現況與未來展望，此外英國、挪威、加拿大以及台灣講者報告各國離岸風電產品及未來規劃方向；我國台灣離岸風力產業聯盟許文都理事長亦介紹台灣離岸風電發展現況，其中台灣海峽優良的風場引起各國與會者興趣，熱烈發言鼓勵台灣在擁有如此優越的條件下，應盡速開發離岸風電資源，以下分就較值得我國借鏡之日本、英國及挪威等 3 國學者演講內容，摘要說明如後。

プログラム	
総合同会:再生可能エネルギー協議会 分科会5 コーリダー 小垣 哲也(AIST)、飯田 誠(東京大学)	
13:10~13:30	1.風力発電業界の現状と今後の展望 日本風力発電協会 代表理事 永田 哲朗
13:30~14:00	2.来賓講演:「日本の再生可能エネルギーの未来と風力について」 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー新エネルギー部 新エネルギー対策課長 村上 敬亮
3.我が国の風力発電プロジェクト、最新情報	
14:00~14:30	1)風力発電と電力系統、現状と今後の展開 (日立製作所 松信 隆)
14:30~15:00	2)洋上風力発電、今後のプロジェクト展開 (東京大学 石原 孟)
15:00~15:20	3)日本型風力発電機、安全安心に向けた課題と基準づくり (AIST 小垣 哲也)
15:20~15:30	休憩
4.海外からの風力発電 最新情報	
15:30~15:50	1)ノルウェーにおける洋上風力発電の技術展開 Dr. Kristin Guldbrandsen Frøysa, NORCOWE
15:50~16:10	2)英国の洋上風力発電の事業展開と将来展望 Ms Wendy Richards, UK Trade & Investment
16:10~16:30	3)カナダ等における再生可能エネルギー源最適地図 Prof. Yves Gagnon, University de Moncton, Canada
16:30~16:50	4)台湾における風力発電の展開 Mr. Hsu Wen-Du, President of Taiwan Wind Turbine Industry Association
16:50~17:00	5.風力発電に関する技術的学術的総括とまとめ 日本風力エネルギー学会会長 勝呂 幸男

研討會議程表

(一) 日本

日本擁有核電製造能量，可說核電發達國家，但自 311 東日本大地震後，社會輿情已由「接受核能」(accepting-nuclear)轉為「贊成再生能源」(pro-renewables)趨勢，島國四面環海，風能藏量豐富，其中陸域部分達 280GW、離岸達 1600 GW(補充說明：我國陸域則為 1.2 GW、離岸為 9 GW)，已著手規劃開發風力發電，目前初步目標將在 2030 前達到 35 至 60 GW 裝置容量(補充說明：我國「千架海陸風力機」2030 年裝置目標為 4.2 GW)，政府規劃 2030 年總發電比例配置計有 3 個選項：

1. 核能發電 30%，化石燃油發電 55%，再生能源 15%(風力發電 2%)。
2. 核能發電 15%，化石燃油發電 60%，再生能源 25%(風力發電 7%)。
3. 核能發電 0%，化石燃油發電 65%，再生能源 35%(風力發電 12%)。

東京電力公司希望為選項 1，現任政府傾向選項 2，大多數(70%)民眾支持選項 3，講者預期反對全面廢核之自民黨若勝選(補充說明：自民黨已於 2012 年 12 月 16 日贏得眾議院大選)之後，未來最終決定選項應在 2、3 之間。政府業於 2012 年 7 月調整再生能源躉購費率法，將 20KW 以上風力發電調高至 57.5 日元/度(再生能源發電成本最高之太陽光電也僅 42 日元/度)，每年檢討調整 1 次。日本內閣並於 2011 年決定風力發電適用環境影響評估法，並於 2012 年 10 月落日(1997 年該法公布施行之初風力發電尚未適用)，此舉勢將增加未來風場開發商時間及財務成本，日方刻正研議將原本需耗時 3 至 4 年程序時間縮短一半。

經產省考量日本地形狹長，優良風場多半位於東北、北海道偏遠之處，電力需求與風能資源供給落差極不平均，電力傳輸有待新建電網線路，經產省已於日前宣佈將運用政府基金興建專屬風力發電電網線路，期初設置成本由政府基金補貼 50%。

日本政府考量現行國際電工協會(IEC)風機測試驗證標準，不符颱風、地震頻仍日本地區的需要，已向國際電工協會(IEC)提交針對熱帶氣旋地區(tropical cyclone regions)專屬之颱風級(Class T 級)、高亂流級(Class H 級)之風機測試驗證標準建議案，其參考風速 57.5m/s 較現行 IEC 最高 Class I 級 50m/s 為高，表示日本已有挑戰世界最高品質風力機製造水準之準備。

(二) 英 國

目前英國離岸風力發電佔有率接近全球 1/2 市場，預計到 2017 年，英國離岸風力發電發電能力將達 12GW，年複合增長率為 42%。英國政府計劃在 2020 年前建成總容量為 13GW、約 3,600 座海上風力機，為此，英國已開展 3 輪(Round)離岸風力發電項目招標，發揮降低成本又能培養新的市場參與者，同時還為離岸風力發電創造產業供應鏈等多重效益。

英國離岸風場開發計畫主要由英國皇家地產局(Crown Estate)主導前規畫三階段開發。2000 年 12 月，英國皇家地產局公告第一階段申請規範，並在 2001 年 4 月發布審查合格業者名單，第一階段完工後，離岸風場設置計劃將有 962MW 的裝置容量。

第二階段離岸風場申請計畫於 2003 年 7 月公佈，吸引超過 41 個開發計劃投入，最後 15 個計劃通過審查，總申設容量達 7,169MW。其中全球最大離岸風場設置計畫「倫敦陣列計畫」採兩階段施工，總計裝置容量達 1,000MW。2008 年 6 月公佈第三階段離岸風場開發計畫因受金融海嘯影響，2009 年 3 月申請截止日前，僅有 40 個計劃案提出申請，低於英國皇家財產局的預估。最後通過 9 個申請案，申設裝置容量高達 32.2GW，未來 Round 1 至 Round 3 相關規畫離岸風場完工後，英國將擁有超過 40GW 的離岸風能，預估 2020 年英國離岸風場裝置容量將可達 9,760MW，確保達成英國在 2020 年前，至少有 15%的能源來自再生來源的政策目標。

英國在 10 年內，30%以上的電力將來自再生來源，並藉以創造綠能經濟、新興產業及工作機會。英國政府已針對當地供應鏈進行技術能量拆解、分析，區分為急需建立、先期開發及暫可支援三類，透過各項招商投資、港埠規劃，建立完善供應鏈體系。國際風電大廠德國 Siemens 公司、美國 GE 以及西班牙 Gamesa 公司紛紛表示將在英國建設新的風力機製造廠及研發中心。Siemens 將於北英格蘭投資 8 千萬英鎊，建造風力機組裝廠，提供超過 700 個就業機會。西班牙 Gamesa 集團將投資 4 千萬英鎊，成立離岸風力發電工程中心，提供 130 個就業機會。日本三菱重工預計投資 1 億英鎊在蘇格蘭建立離岸風力機工廠，並購併英國知名液壓傳動廠，預計未來五年將在英國創造 200 個就業機會。

(三) 挪 威

挪威離岸風力發電裝置容量雖少，但在海上鑽油平台則具有 40 多年的經驗，並在規劃、施工、建設、運行和維護等方面擁有豐富實績。挪威政府也非常鼓勵發展挪威的離岸風力發電產業，致力於把挪威發展成為歐洲離岸風力發電產業的中樞，投入了大量的研發配套資金，支持挪威的離岸風力發電研發工作。

挪威規劃離岸風力發電裝備產業格局為「3 個中心」+「2 個聚落」，涵蓋挪威大部分離岸風力發電設備製造業和服務業：

1. 3 個中心：

係指負責挪威離岸風力發電研究相關 3 個研究中心，包括挪威離岸風能中心、挪威離岸風能技術研究中心及可再生能源環境設計中心：

(1) 挪威離岸風能中心

挪威離岸風能中心的運作資金 50%來自半官方的挪威研究理事會，該中心的研發基礎設施包括：離岸臨界層觀測實驗室、漂浮式實驗風力機(按照 1：4 的比例建造)、移動儀器等。其研究領域包括：海上風況研究、海上風能技術和創新概念、海上部署和運行；離岸風力發電場優化以及教育、安全、環境、測試設施和基礎設施等。其成員包括 2 家研究所，4 所大學，而 10 家業界合作夥伴則包括再生能源、石油、天然氣、海事工程、天氣預報企業等，以及挪威國家石油公司等國營企業。

(2) 挪威離岸風能技術研究中心

該中心工作集中在 30 米水深以下的深水風力發電研究，其研究領域包括：數位設計工具、能量轉化系統(含新材料，輕量化葉片及發電機)、新型水下結構(底部固定裝置和漂浮式裝置)、併網和系統整合、運行和維護、概念驗證、實驗和示範等。其 2009-2017 年總的研究預算為 3.2 億挪威克朗，包括培養 25 名博士和博士後。參與機構包括 8 家研發機構和 23 家產業界夥伴，而且不限於挪威本土機構，丹麥的 DTU 國家可持續能源實驗室、美國的麻省理工學院和國家可再生能源實驗室、英國哥拉斯哥大學等都參與合作研發。

(3) 可再生能源環境設計中心

該中心主責推動離岸風力發電在環境設計及研發工作，挪威的三個有關離岸風力發電的研發中心，涵蓋了離岸風力發電的整個產業鏈，而且合作夥伴不局限於挪威本土機構，力求構建一個國際領先的離岸風力發電研究平臺，服務於歐洲乃至全球離岸風力發電的發展。未來我國似可組建一個離岸風力發電研究平臺，集合有關研究機構和企業的參與，並且引進國際合作夥伴，充分發揮各方優勢，加速推動離岸風力發電研發工作。

2.2 個聚落

挪威目前有兩個產業聚落集中於離岸風力發電技術的開發，其一以挪威中部 Verdal/Trondheim 等縣為中心，另一則以挪威西部 Bergen/Satavanger 等縣為中心，兩個產業聚落彙聚了 100 多家公司，大部分都依專案計畫方式得到挪威政府資金協助支持。

(1) 中部聚落

中部聚落涵括 40 多家對離岸風能市場感興趣的企業、能源供應商和研發機構，分布於挪威中部 Verdal/Trondheim 等縣，雖以挪威中部合作夥伴為主，但也積極尋求與外部相關夥伴的合作。

(2) 西部聚落

西部聚落分布於挪威西部 Bergen/Satavanger 等縣，主要由由相關產業價值鏈供應商、製造商及通路商組成，目前由大約 50 家企業，彼此合作緊密，合作領域包括：地區政策、專案融資、輸電和併網、技術開發、物流和海洋運行、環境影響評估等。此 2 聚落是繼德國的 Bremerhaven 離岸風力發電產業聚落之後，號稱 2 個最成功的離岸風力發電產業聚落，對於帶動當地經濟發展極具價值。

陸、日立電力系統集團訪問情形

一、廠商介紹

日立公司主要業務為生產家用電器、電腦產品、半導體、產業機械等產品，是日本最大的綜合電機生產商。美國《財富》雜誌 2012 年評選為全球前 500 家公司排行榜排名第 38 位，資本額：427,780 百萬日元，員工人數：32,908 人。

為強化競爭力，2012 年 4 月 1 日組織改造為「資訊通信系統」、「基礎設施系統」、「電力系統」、「建築機械」及「高性能材料」等 5 大集團。電力系統集團即日立製作所電力系統社，下設新能源推進本部，結合發電機系統本部共同推展風力發電事業，本次造訪單位即為電力系統集團發電機系統本部。

二、訪問紀要

先由組裝工廠前小泉剛主任說明參觀 2MW 風力機組裝廠注意事項，組裝廠房生產線站位前均放有組裝半成品，目前 2MW 陸域風力機之葉片、塔架、輪轂皆外購自中國大陸，機艙外殼由菲律賓業者供應，關鍵次系統發電機(日立)、齒輪箱(石橋製作所)及主軸承(NSK)皆掌握在日本業者手中。

下午前往日立發電機本部大樓訪問，由松信隆經理介紹該集團歷史進程、技術能量及願景規畫，本人則以英語向與會日方人士說明此行來訪目的，介紹台灣優勢關鍵零組件系統發展現況，並邀請日立提供整機系統、軸承相關技術，與我國廠商共同開發抗颱風耐震防蝕型離岸風力機。高島保夫本部長說明，日立目前已投入開發 5MW 離岸風力機產品，且已接獲少量訂單，日立同意將部分台灣優勢零組件項目，包含：塔架、葉片、齒輪箱、輪轂鑄件等納入日立供應鏈規畫中，並同意研究現有 2MW 陸域風力機機種關鍵零組件，包括塔架、輪轂、齒輪箱等，交由台灣業者供應之可行性。



柒、近岸與離岸風場參觀

一、東京茨城縣神栖近岸風場

神栖近岸風場位在東京茨城縣神栖港邊，計架設 2MW 風力機 6 支，採單樁式(Mono-pipe)基礎，由陸地吊車施工，採用 4 根導管樁，以自升式(Jack-Up)鏈擊安裝，擊鏈(hammer)重達 500 噸，預計 3 年後在神栖港外海水深 22m 處，將新增 50 台單機容量 5MW 離岸風力機，亦將採單樁式基礎。

該風場 6 支 2MW 風力機，經日本 311 地震襲擊，均能保持正常運行。全機採單樁式基礎，海面下單管長度 8m，直徑為 3.5m，厚度與深度為 44 mm x24.5m，海面上連結套管直徑為 4.2m；海面上結構採耐侯塗裝，海面下結構則以加強電氣防蝕處理；連接套管與單管處以強度 60N/mm² 水泥砂漿灌漿方式接合；單管中空部以 40N/mm² 填充混凝土處理；連接套管下部設置膠墊圈（O-ring），以防止水泥砂漿溢出。

二、東京千葉縣銚子市離岸風場

銚子市離岸風場位於日本東岸千葉縣銚子市外川町，離岸約 3.1km，架有三菱重工製造的 2.4MW 的風力機 1 支及海氣象觀測塔 1 座，海床深度約 12m，於 2012 年 10 月 14 日竣工檢驗完成，預計明年 1 開始商轉，採 22Kv 海底電纜，配合當時海床碎石地質，海底基座採重力式，施工過程也歷經日本 311 大地震，當時基座已完成安裝，經完整測試後並無損傷。

銚子市離岸風場為行政法人新能源及產業技術總合開發機構與東京電力公司合作開發，目前正在進行測風塔設備儀器安裝及海床情況檢視等作業，為未來海底電纜鋪設做準備，待風力機電纜鋪設完成與市電併聯後，即進行為期 2 年記錄分析氣候對風力機運轉的影響。



捌、結論與建議

- 一、 日本政府推動離岸風力發電示範計畫，協調產、官、學、研間聯繫與合作緊密、分工明確，制訂法規政策借鏡歐美之餘，亦不忘以自身國情為本，加強策略規劃研究，滾動檢討，循序漸進，逐步完成施政目標。目前我國離岸風力發電產業發展尚屬起步階段，推動工作分工依權責分屬本部能源局、標檢局、技術處及本局等各局處，本局在產業推動可扮演整合平台角色，協助國內建置自主供應鏈。
- 二、 日本政府在發展經濟過程中解決環保問題經驗殊值我國借鏡，其充分借助民間法人機構、產業公協會等非政府組織力量與社會各界溝通對話，保持政府角色彈性與進退餘裕，尤其相關智庫法人機構、產業公協會之理事長、秘書長等高階人員，多為政府高級官員退休轉任，是以均能了解政府施政重點，成功扮演政府與產業溝通橋樑。
- 三、 本次拜會日本研究機構與主要廠商參訪過程，深覺與日本尚有諸多合作空間，過去台灣向往歐、美等地取經，然日本與台灣地理位置、水文氣候及產業特性相近，洽商合作成功機會大，且合作議題較貼近亞太地區環境。日本商社包括鹿島建設、日立製作所、石川島工業及三菱重工等公司，及行政法人新能源產業技術總開發機構、日本風力發電產業協會、九州大學等機構，均向本人表達高度關心台灣離岸風力電產業發展之意，日後將持續保持互動交流熱度，並進一步與之洽商合作事宜。
- 四、 日本多家離岸風力機產業先驅大廠，自本部 101 年 7 月 3 日公布「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」後，即密切注意我國產業動向，本次會面之際更親向本人表示日系品牌離岸風力機之葉片、齒輪箱、塔架及輪轂鑄件等關鍵零組件，可與台灣業者合作，此行參訪神栖近岸風場時，諸多日本業者聞訊前來致意（事關商機，姑隱其名），顯見其對於參與我國離岸風電產業之高度意願，建議未來可強化推動日本整機商與海事工程業者來台投資及供應鏈合作事項。
- 五、 日本離岸風力電產業發動雖較我國為早，然目前雙方尚未有任何大型風力機本土測試驗證平台，隨著未來台日共同開發大型風力機系統，相關性能及安全測試驗證勢成重要課題，後續將推動洽商雙方合作建立大型離岸風力機測試驗證平台，提供兩地整機系統與關鍵零組件進行測試驗證，俾利共同合作進軍國際市場。