

出國報告（出國類別：訪問）

歐洲離岸風力機關鍵零組件製造 驗證及風場運維、驗證機構參訪

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：劉明忠 局長

謝孟傑 簡任技正

派赴國家：德國、荷蘭、丹麥、西班牙

出國期間：107年7月14日至7月25日

報告日期：107年10月2日

摘要

配合政府積極推動離岸風力發電政策，考量臺灣地理氣候條件多颱風地震，應確保臺灣離岸風場開發、運維安全無虞，並就風力機零組件國產化之檢測驗證需求，及如何協助國內金融保險業者藉由第三方檢測驗證機制降低融貸風險等事宜妥為規劃因應。為達成前述目標，本局目前正積極協助國內專業法人建立國內風力機關鍵零組件檢測驗證及離岸風場開發第三方檢測驗證能力，後續並將與配合能源局電業執照申請審查導入離岸風場相關驗證管理機制。

本次參訪行程安排赴德國、荷蘭、丹麥及西班牙等國家，拜訪風場開發商、運維中心、海纜製造廠、檢測驗證實驗室、風能研究單位以及風力機製造商等具相關實績之機構，以瞭解國際上離岸風電相關產業間之關聯，以及檢測驗證在其中所扮演之角色與影響，對於我國離岸風場驗證、管理及整體產業發展，能提供實質有效益之作法。

本次赴歐參訪，除由參與本局第三方檢測驗證計畫之專業法人隨行外，亦邀請國內風力機葉片及電力電纜製造商隨行，使國內廠商得以直接與驗證機構進行溝通與交流，並促成國內相關驗證法人與歐洲國際知名研究、驗證機構簽署合作備忘錄。藉由此次歐洲技術交流參訪，使本局及國內第三方檢測驗證法人對離岸風場開發所需之盡職調查、專案驗證、海事保證鑑定，以及維運策略等能有更深入之瞭解，對於後續國內離岸風電驗證技術發展及離岸風場驗證管理機制之籌劃助益良多。

目錄

壹、前言與目的.....	5
貳、參訪行程簡述.....	6
參、團員名單.....	7
肆、參訪紀要.....	8
一、拜訪加拿大北陸電力公司(NPI)及參觀其所屬 Nordsee One-332 MW 風場.....	8
二、參訪德國 NKT 海纜廠.....	17
三、參訪 DNV-GL KEMA 電力測試實驗室.....	21
四、拜訪丹麥科技大學 DTU 及參訪葉片風洞實驗室與葉片測試實驗室.....	26
五、參訪 MHI VESTAS 丹麥 Esbjerg 預組裝場及風力機測試場.....	33
六、參訪西班牙國家再生能源中心(CENER).....	40
七、拜訪西班牙 Acciona Energy 公司.....	49
八、拜訪西門子歌美颯公司及參訪 Alaiz 風場、Sarriguren 控制中心.....	52
九、拜訪西班牙馬德里 SGS 公司.....	56
伍、心得與建議.....	60
六、附錄：參訪單位簡報資料.....	63
(二)德國 NKT 海纜廠簡介.....	63
(三)DNV-GL KEMA 電力測試實驗室簡介.....	63
(四)丹麥科技大學 DTU 簡介.....	63
(五)DTU 風力機結構、組件設計及大尺度測試試驗室簡介.....	63
(六)DTU 結合動態測試及分析方法用於葉片創新設計之模型確效研究簡介.....	63
(七)西班牙國家再生能源中心(CENER)簡介.....	63
(八)西班牙馬德里 SGS 公司及其專案驗證服務內容簡介.....	63

圖目錄

圖 1 Nordsee One 風場概要及位置示意圖 註: NPI 提供資料.....	8
圖 2 Nordsee One 離岸風場電網併聯方式示意圖.....	9
圖 3 劉明忠局長(左二)見證台灣經濟研究院、大亞集團與 NPI 簽署合作備忘錄.....	12
圖 4 劉明忠局長致詞.....	12
圖 5 NPI 副執行長 Mr. Morten Melin 簡介離岸風場開發經驗.....	13
圖 6 NPI Nordsee One 離岸風場運維監控中心.....	13
圖 7 Nordsee One 離岸風場空拍圖.....	14
圖 8 Nordsee One 離岸風場-CTV boat landing 作業.....	14
圖 9 Nordsee One 離岸風場海上變電站.....	15
圖 10 Nordsee One 風場維運採用之人員運輸船外觀.....	15
圖 11 登塔橋臺與相關操作設備.....	15
圖 12 CTV 船艙內部安排.....	16
圖 13 NKT 之佈纜船-Victoria 號 註: NKT 提供資料.....	18
圖 14 NKT 依據 IEC 及 CIGRE 標準建置之實驗室.....	18
圖 15 NKT 科隆海纜製造廠外觀.....	20
圖 16 劉明忠局長(右二)見證大電力試驗中心蘇正我總經理(右一)與 NKT 業務副總 Mr. Holger Schwerdorf(左二)簽署合作備忘錄.....	20
圖 17 DNVGL-KEMA 電力測試實驗室全球業務經理 Mr. Bas Verhoeven.....	24
圖 18 本局團隊簡介臺灣離岸風場開發現況與相關驗證能力建置情形.....	24
圖 19 劉明忠局長(左二)見證大電力試驗中心蘇正我總經理(左一)與 DNV-GL KEMA 全球業務經理 Mr. Bas Verhoeven 簽署合作備忘錄.....	25
圖 20 劉明忠局長致贈紀念品予 DNV-GL KEMA 全球業務經理 Mr. Bas Verhoeven.....	25
圖 21 DTU Ø sterild Test Centre 戶外測試風場.....	27
圖 22 DTU 風能學系系主任 Mr. Peter Hauge Madsen 簡介該系發展與現況.....	30
圖 23 與 DTU 討論相關議題.....	30
圖 24 參觀 DTU 新建之風力機葉片風洞實驗室.....	31
圖 25 劉明忠局長見證金屬中心與 DTU 就離岸風電檢測驗證技術合作簽署 MOU.....	31
圖 26 本局團隊與 DTU 風能系系主任於系館門口照相留念.....	32
圖 27 MHI VESTAS 團隊簡介其位於丹麥埃斯比約之風力機組裝場以及風力機.....	36
圖 28 位於埃斯比約港口之 MHI VESTAS 風力機組裝廠外觀.....	36
圖 29 暫時存放於碼頭準備裝船之風力機塔筒.....	37
圖 30 參觀 MHI VESTAS 位於丹麥埃斯比約港口之風力機組裝場與專用碼頭.....	37
圖 31 專用碼頭存放待安裝之風力機葉片.....	38
圖 32 參訪當日進行裝船作業之自升船.....	38
圖 33 自升船進行風力機塔筒裝船作業.....	39
圖 34 艾斯比約港口附近風力機測試場與 MHI VESTAS V164-8.0MW 風力機.....	39
圖 35 葉片設計分析.....	41

圖 36 完整風力機轉子分析.....	41
圖 37 風力機控制系統模擬.....	41
圖 38 CENER 葉片測試實驗室.....	43
圖 39 CENER 風力機測試場.....	43
圖 40 CENER 葉片測試場.....	44
圖 41 CENER 風力機機艙動力鏈實驗室.....	44
圖 42 發電機測試平台.....	45
圖 43 CENER 風力機戶外試驗場.....	45
圖 44 劉局長致詞.....	47
圖 45 劉明忠局長(右二)見證金屬中心魏嘉民副執行長(左一)、大電力試驗中心蘇正 我總經理(右一)與 CENER 經理 Mr. Pablo Ayesa Pascual(左二)簽署合作備忘錄	47
圖 46 劉明忠局長致贈 CENER 經理 Mr. Pablo Ayesa Pascua 紀念品.....	48
圖 47 參訪團成員與 CENER 成員合影留念.....	48
圖 48 Acciona Energy 公司風場(來源：Acciona Energy 簡報).....	50
圖 49 Acciona Energy 公司簡報.....	51
圖 50 Acciona Energy 控制中心顯示各陸域風場運轉發電即時數據.....	51
圖 51 風力機試驗場.....	54
圖 52 Alaiz 風場進行風力機葉片吊裝.....	54
圖 53 Alaiz 風場待安裝之風力機葉片.....	54
圖 54 具減噪(音)功能之風力機葉片葉緣設計.....	55
圖 55 參訪團隊於風力機試驗場合影.....	55
圖 56 SGS 專家分享風場專案驗證過程.....	58
圖 57 與 SGS 就離岸風場專案驗證相關議題進行交流.....	58
圖 58 劉明忠局長致贈 SGS 總經理 Mr. Alejandro Gonzalez Garcia 紀念品.....	59
圖 59 參訪團與 SGS 人員合影留念.....	59

壹、前言與目的

本局於 106 年 3 月接獲行政院指示，配合政府積極推動離岸風力發電政策，考量臺灣地理氣候條件多颱風地震，應確保臺灣離岸風場開發、運維安全無虞，並就風力機零組件國產化之檢測驗證需求，及如何協助國內金融保險業者藉由第三方檢測驗證機制降低融貸風險等事宜妥為規劃因應。為達成前述目標，本局目前正積極協助國內專業法人建立國內風力機關鍵零組件檢測驗證及離岸風場開發第三方檢測驗證能力，後續並將與配合能源局電業執照申請審查導入離岸風場相關驗證管理機制。

歐洲為全球離岸風電發展之先驅，並已形成完整之離岸風電產業鏈，為汲取歐洲先進國家在離岸風力機及風場檢測驗證方面之經驗，有利後續規劃之離岸風場檢測驗證管理機制能與國際接軌，爰安排本次赴歐洲訪察。本次參訪行程安排赴德國、荷蘭、丹麥及西班牙等國家，拜訪風場開發商、運維中心、海纜製造廠、檢測驗證實驗室、風能研究單位以及風力機製造商等具相關實績之機構，以瞭解國際上離岸風電相關產業間之關聯，以及檢測驗證在其中所扮演之角色與影響，對於我國離岸風場驗證、管理及整體產業發展，能提供實質有效益之作法。

此外為協助國內風力機零組件製造廠商解決國產化所面臨產品檢測驗證問題，並促進國內檢測驗證機構與歐洲國際知名檢測驗證機構交流合作，本次赴歐參訪，除由參與本局第三方檢測驗證計畫之專業法人隨行外，亦邀請國內風力機葉片及電力電纜製造商隨行，使國內廠商得以直接與驗證機構進行溝通與交流，並促成國內相關檢測驗證法人與歐洲國際知名研究、檢測驗證機構簽署合作備忘錄，有助於增進雙方在未來離岸風電檢測驗證技術方面之交流合作機會。

貳、參訪行程簡述

參訪日期：107 年 7 月 14 日至 7 月 25 日共計 13 日

參訪行程內容如下表：

日期	行程	行程內容
7 月 14 日	搭機前往德國不萊梅	臺灣桃園機場搭機前往德國法蘭克福(轉機)
7 月 15 日	搭機前往德國不萊梅	德國法蘭克福機場轉機前往德國不萊梅
7 月 16 日	參訪 Nordsee One-332 MW 風場	拜訪加拿大北陸電力公司(NPI)及參觀其所屬 Nordsee One-332 MW 風場，並見證其與國內法人簽署 MOU
7 月 17 日	拜訪德國 NKT 海纜廠	參訪 NKT 海纜廠及見證其與國內法人簽署 MOU
7 月 18 日	拜訪 DNV-GL KEMA Laboratories	參訪 DNV-GL KEMA 電力測試實驗室及見證其與國內法人簽署 MOU
7 月 19 日	拜訪丹麥科技大學 DTU	拜訪丹麥科技大學 DTU，參訪其葉片風洞實驗室與葉片測試實驗室，並見證其與國內法人簽署 MOU
7 月 20 日	拜訪 MHI VESTAS	參訪 MHI VESTAS 位於丹麥 Esbjerg 之預組裝及風力機實測場地參訪
7 月 21 日	移動行程	由哥本哈根搭機前往西班牙巴塞隆納
7 月 22 日	移動行程	由西班牙巴塞隆納搭車前往潘普洛納
7 月 23 日 上午	拜訪西班牙國家再生能源中心 CENER	拜訪西班牙國家再生能源中心 CENER、參觀其風力機機艙動力鏈實驗室及葉片測試實驗室，並見證其與國內法人簽署 MOU
7 月 23 日 下午	拜訪西班牙 Acciona Energy 公司	拜訪西班牙 Acciona Energy 能源公司、參觀其再生能源發電控制中心
7 月 24 日	拜訪西門子歌美颯公司 (SIEMENS GAMESA Renewable Energy)	拜訪西門子歌美颯公司(SIEMENS GAMESA Renewable Energy)，參訪其 Alaiiz 風場及 Sarriguren 控制中心
7 月 25 日	拜訪西班牙馬德里 SGS	拜訪西班牙馬德里 SGS
7 月 25 日	搭機返臺	由西班牙馬德里搭機由英國倫敦機場轉機返臺。

參、團員名單

姓名	單位	職稱
劉明忠	經濟部標準檢驗局	局長
謝孟傑	經濟部標準檢驗局	簡任技正
左峻德	財團法人臺灣經濟研究院	所長
林曉琪	財團法人臺灣經濟研究院	組長
徐幸瑜	財團法人臺灣經濟研究院	副組長
李克乃	臺灣中小型風力機發展協會	顧問
蔡金坤	財團法人中國驗船中心	處長
楊淳宇	財團法人中國驗船中心	驗船師
吳華桐	財團法人船舶暨海洋產業研發中心	組長
鍾承憲	財團法人船舶暨海洋產業研發中心	處長
陳楷璿	臺灣再生能源第三方檢測驗證中心推動辦公室	副理
許景行	財團法人全國認證基金會	執行長
盛念伯	財團法人全國認證基金會	組長
魏嘉民	財團法人金屬工業研究發展中心	副執行長
陳鍾賢	財團法人金屬工業研究發展中心	組長
邱信豪	財團法人金屬工業研究發展中心	副組長
容丕達	財團法人金屬工業研究發展中心	工程師
郭承宗	財團法人金屬工業研究發展中心	工程師
蘇正我	財團法人臺灣大電力研究試驗中心	總經理
張庭源	財團法人臺灣大電力研究試驗中心	工程師
鍾易樺	財團法人臺灣大電力研究試驗中心	工程師
徐傑輝	天力離岸風電科技股份有限公司	副總經理
莊博貴	大亞集團	總經理
黃明進	大亞集團	廠長
沈佑霖	大亞集團	課長
林立婷	大亞集團	工程師

肆、參訪紀要

一、拜訪加拿大北陸電力公司(NPI)及參觀其所屬 Nordsee One-332 MW 風場

日期：7月16日

地點：德國 諾爾登(Norddeich)

(一)交流單位簡介：

Northland Power Inc.(以下簡稱 NPI)為一獨立的電力計畫開發商，結合公司內部在電力計畫各方面累積之經驗及專業，從初期概念規劃至申請許可、設計、融資、建造及營運，無所不包。NPI 成功開發並持續營運電力計畫總裝置容量已超過 2,548 MW，包含生質能源、天然氣(簡易循環、複循環及汽電共生)、風力和太陽能計畫。

NPI 身兼開發商及工程管理人的角色，其在風場開發通常採取委外方式，遴選經驗豐富之優秀施工承包商，以減低風場開發期間相關風險。NPI 同時扮演業主與營運商角色，其資產管理方法採取通用架構，無論計畫規模大小均適用。多年來，NPI 已學會如何技巧地實施策略，同時著重安全、設計、長期營運能力，使其股東獲得理想且可預期之投資報酬。

本次參訪之 Nordsee One 風場與海岸直線距離約為 45 公里，面積為 41.3 平方公里，水深範圍在 26~29 公尺之間，共安裝 54 架 Senvion 6.15MW 風力發電機，採用單樁基礎，總裝置容量為 332.1MW，於 2017 年商轉。

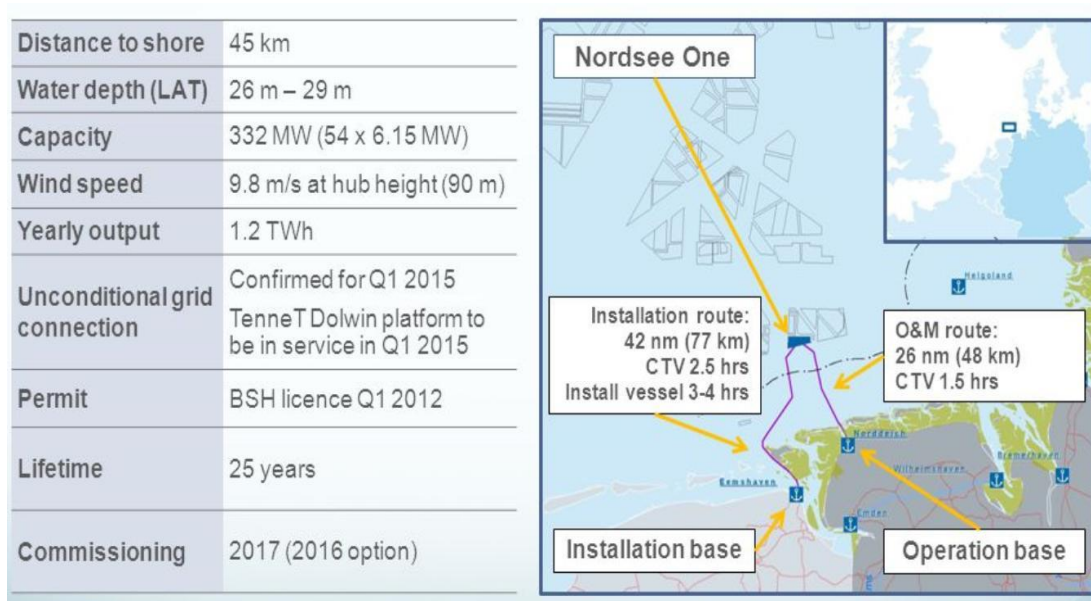


圖 1 Nordsee One 風場概要及位置示意圖 註: NPI 提供資料

該風場之電網併聯方式如圖 2 所示，風場內之風力機以內部連絡電纜連接至風場所屬海上變電站，再由該變電站連接至輸電系統業者營運之海上變電站。

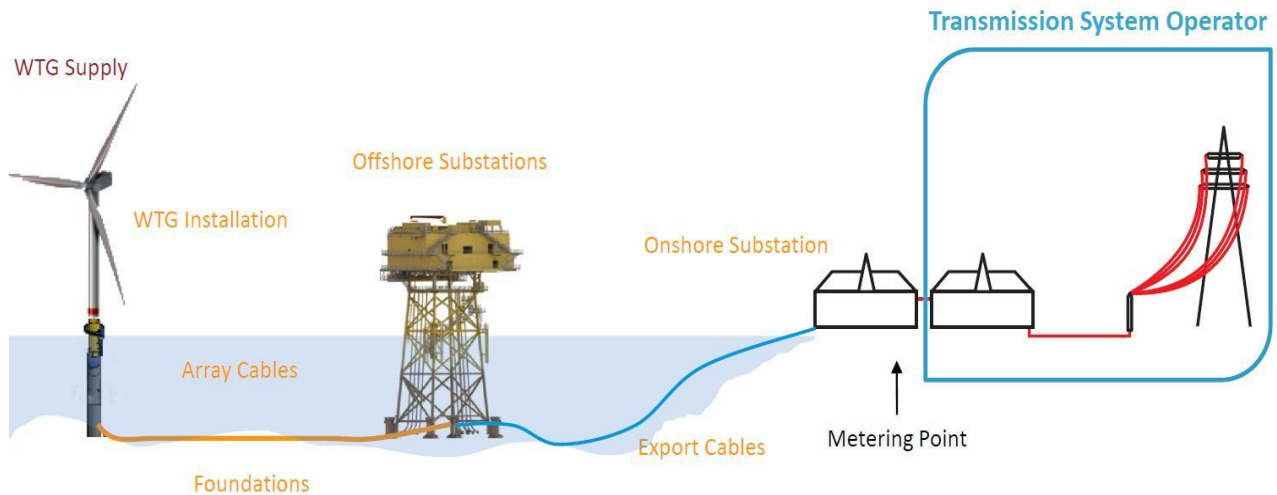


圖 2 Nordsee One 離岸風場電網併聯方式示意圖

註: NPI 提供資料

(二)交流內容概要：

此次與 NPI 團隊之參訪主要就其於風場開發時之融資、專案驗證、運維及相關船舶需求等議題進行技術交流，相關內容紀要如下：

1.專案融資相關議題

NPI 團隊專家表示專案融資成功的最大決定因素實際上是管轄權的穩定性(政治和監管風險以及執法力度)和購電收入合約(PPA)的品質。針對風險可能較高之開發區域，出口信貸機構(Export Credit Agency, ECA)的擔保可以提供額外的流動性(liquidity)協助，惟目前歐洲離岸風電基本上已經不再需要 ECA 的支持了。

離岸風電產業興起之初，曾發生開發商於興建或營運過程中陷入財務危機或倒閉的情形，此種問題通常產生於同時間進行多個離岸風場開發之業者，並採用傳統直接融資方式，未採用一般專案融資所需之外部盡職調查。此外另一類問題來源為供應商/承包商破產，若專案採傳統直接融資方式，則無保護措施可確保專案可建成；而專案融資則可透過預籌的緊急預算(pre-funded contingency budgets)作為保護措施，貸款人將可選擇完成專案或將其出售。若成本超支，專案發起人也可以提供股權作為緩衝；依過去之經驗，大多數採行專案融資專案皆未遭遇支出成本大幅超支情形，且通常能維持在動用 10-15% 應急預算之範圍內。

2.專案驗證相關議題

NPI 團隊專家表示，依其經驗取得本設計基礎評估(design basis evaluation)驗證，為取得融資時在風場專案驗證方面之最低要求，故 NPI 團隊於初步設計階段時，即開始進行場址條件評估或設計基礎評估等項目之驗證，以縮短取得專案驗證之時間。此外 NPI 認為要成功通過相關驗證，開發業者、設計者與驗證單位之間的溝通相當重要，尤其設計者與驗證單位之間應有良好的溝通管道，使雙方能直接溝通、討論，以提升雙方資訊交流之效率。

3. 運維與船舶

對於 Nordsee One 離岸風場 NPI 團隊採取之運維策略可分為三階段

- (1) 第一階段(營運前 5 年保固期間): 風力機由製造商負責相關維護、基礎則由專業維護公司(Semco Matitime GmbH)負責。
- (2) 第一階段(第 6 年至第 10 年): 在風力機部份之維護要求如第一階段之維護服務範圍、基礎與海纜部份則依據前 5 年之情況判定所須要檢查與維修服務。
- (3) 第三階段(第 10 年之後): 依離岸風場實際狀況與先前運維紀錄決定運維範圍與方式。

NPI 團隊專家指出, 早期確定風場營運方法十分重要, 且風場的決策需迅速及果斷, 因為斷網的損失很高, 並強調永遠要有備用方案的重要性。營運過程中能夠紀錄保留越多原始數據越好, 即便當下看不明白的數據, 將來或許可作為可靠性數據(reliability data), 可用於提升風場營運作品質及作為風險管理之評估依據。發展離岸風電需多借鏡較早投入開發商的經驗, 德國離岸風電發展雖晚於丹麥, 惟在開發初期仍有相同之失誤狀況發生。

由於該離岸風場距離岸邊約 45 公里, 為利參訪團員實地瞭解風場之規模及運作情形, 本次參訪 NPI 特別安排團員搭乘風場巡檢使用之小型飛機, 由空中觀察風場之運維實況。Nordsee One 風場之運維主要採用人員運輸船方式(crew transfer vessel, CTV)運送維運技術人員到風力機現場進行相關作業, 航行所須時間在 70 至 90 分鐘之間, 每座風力機之檢查維護作業最少須要 3 人。

參訪期間 NPI 並安排登船參觀運維所使用之 CTV, NPI 表示該離岸風場目前之維運團隊使用 2 艘可搭載 24 人之 CTV(如圖 8), 惟由於一般法規要求 CTV 非船員之搭載人數上限為 12 人, 故出海作業時人員之配置方式為至少 12 人具船員身分, 以符合法規要求。該 CTV 為寬 10 公尺、長(吃水線)24 公尺之雙體船, 具有較好之穩度特性, 設計可在 2 公尺浪高條件下出海作業, 而實際上運維團隊亦曾在此條件下出海進行檢查維護作業, 但一般在浪高 1.5 公尺以下條件下方出海進行離岸風場檢查維護作業。同時為確保運維人員的生命安全, 在登塔橋臺(boat landing bridge)左右兩側分別設有監視器與擴音器, 駕駛臺之設計使船長對登塔橋臺有較佳之視野, 以在運維過中風險最高之"登塔(boat landing)"過程中, 使船長能更容易掌握現場資訊及清楚下達相關命令, 將風險降至最低。

此次與 NPI 團隊於 Nordsee One 離岸風場之交流參訪除了與前述 NPI 團隊分享其在風場開發營運方面之經驗外, 在參訪期間發現營運團隊除了相當重視人員安全外, 亦盡量提供現場維運人員較為舒適之環境, 如 CTV 之座椅經過設計, 以降低船員於航行中所受之巔簸, 提供一較舒適之環境條件, 以增加人員的工作效率。

(三)交流議題

議題 1.通常 CTV 搭載非船員人數限制為 12 人以下，此搭載人員限制對於 NPI 之運維策略有何影響？

回覆：一般法規要求 CTV 非船員之搭載人數上限為 12 人，故其採取讓其中 12 人接受相關安全等符合船員要求之訓練，使其可以船員身分登船，以符合法規要求。

議題 2.NPI 在 Nordsee One 使用之運維船隻有哪些？依風場之規模，須要幾組運維船隊？一組執行離岸風力機現場維護作業之團隊需要多少人？

回覆：由於離岸風場距離岸邊約 45 公里，航行所須時間在 70 至 90 分鐘之間，故主要採用人員運輸船方式(crew transfer vessel, CTV)運送維運技術人員到風力機現場進行相關作業。目前之維運團隊使用 2 艘可搭載 24 人之 CTV，每次每座風力機之檢查維護作業最少須要 3 人。

議題 3.請教以歐洲之開發經驗，專案融資成功的最關鍵因素為何？是母公司仍須提供一定擔保，使債權人仍具有有限追索權(limited-recourse)？還是出口信貸機構(export credit agency, ECA)會協助擔保？亦或是有其他更決定性之因素？

回覆：專案融資成功的最大決定因素實際上是管轄權的穩定性(政治和監管風險以及執法力度)和購電收入合約(PPA)的品質，在一些風險可能較高之開發區域，出口信貸機構(Export Credit Agency, ECA)的擔保可以幫助提供額外的流動性(liquidity)，但歐洲離岸風電基本上現在已經不再需要 ECA 的支持了。

(四)簽署合作備忘錄

本次參訪在本局劉局長明忠的見證下(如圖 3)，由台灣經濟研究院、大亞集團與 NPI 簽署合作備忘錄(MOU)，藉由此項 MOU 之簽署，期望能促進臺灣離岸風電金融市場之發展。NPI 表示未來將與本局第三方檢測驗證團隊合作舉辦工作坊，分享其歐洲離岸風場融資盡職調查、專案驗證及海事保證鑑定之經驗，使國內金融機構瞭解開發離岸風場所需進行之風險評估，提升國內其對於離岸風場開發案之參貸意願；此外 NPI 亦表示會將大亞集團納入其在零組件國產化承諾之合作對象。

(五)交流剪影



圖 3 劉明忠局長(左二)見證台灣經濟研究院、大亞集團與 NPI 簽署合作備忘錄
註:簽署代表 左峻德所長(左一)、大亞總經理莊博貴(右一)、NPI 副執行長 Mr. Morten Melin(右二)



圖 4 劉明忠局長致詞



圖 5 NPI 副執行長 Mr. Morten Melin 簡介離岸風場開發經驗



圖 6 NPI Nordsee One 離岸風場運維監控中心



圖 7 Nordsee One 離岸風場空拍圖



圖 8 Nordsee One 離岸風場-CTV boat landing 作業



圖 9 Nordsee One 離岸風場海上變電站



圖 10 Nordsee One 風場維運採用之人員運輸船外觀



圖 11 登塔橋臺與相關操作設備



圖 12 CTV 船艙內部安排

二、參訪德國 NKT 海纜廠

日期：7 月 17 日

地點：德國 科隆(Köln)

(一) 交流單位簡介

NKT 是一家全球公認可提供整套電力系統 AC / DC 電纜解決方案供應商，總部位於丹麥，全球約 3,400 名員工，據點包含 18 個國家和 37 個地區，其已在德國、瑞典、波蘭、捷克、挪威和丹麥的建置一些最現代化的製造工廠，也是電纜技術的全球領導者。同時 NKT 亦致力於環保再生領域，例如在 1960 年領先世界推出回收電纜廢料之方法，後來更推出世界上第一條無鉛電纜。NKT 對環境改善的承諾已經獲得兩項大獎，1991 年 NKT 在位於 Stenlille 的回收工廠因為在回收電纜中首創使用膠狀物(Jelly)而贏得了歐盟環保獎。2002 年 NKT 因開發和銷售 PVC 和無鹵 NOPOVIC® 電纜而再次獲得歐盟環保獎。

本次參訪的工廠位於德國 Cologne，主要產品及生產能力如下

- 高壓直流海陸纜
- 三條生產線
- XLPE(交連 PE)技術
- 高壓配件、電網監控系統與其他產品(例如光纖、超導體電纜)

(二)交流內容概要：

本次與 NKT 海纜廠之交流參訪首先由 NKT 海纜廠之銷售副總裁 Ercihan Kurt 先生率領其團隊簡介 NKT 海纜廠，接著由財團法人台灣大電力試驗中心(以下簡稱大電力試驗中心)代表參訪團隊簡介臺灣離岸風電發展現況，以及大電力目前具備之電氣檢測驗證能力介紹，隨後由大電力與 NKT 就離岸風電海纜之檢測驗證技術合作簽署 MOU，最後由 NKT 人員帶領團隊參訪其海纜製造廠與相關設備。

NKT 透過簡報除說明該公司歷史與在海纜方面之製造能力外，特別強調其在風電產業發展初期即參與其中，故在離岸風電產業有相當豐富之經驗，除海纜製造外，亦有能力執行包含在環境敏感區域之佈纜作業。NKT 說明於向 ABB 購買工廠時，亦一併收購 9,000 噸 Victoria CLV(Cable Laying Vessel, 如圖 13)海上佈纜船，以提供更為完整之服務。該佈纜船造價高達 1.4 億歐元(約臺幣 50.4 億)，長 140m 寬 29.6m，主甲板上搭載可承載 7,000 噸的電纜主轉盤，甲板下 4,500 噸的次轉盤及 500 噸光纜轉盤，內建阻尼器抵抗風浪顛簸，吃水深度約 7.2m。此船艦能力包括：

1. 單線佈設
2. 海纜束佈設(2 條海纜及光纜綁在一起佈設)
3. 海纜接續及維修
4. 配備立式佈纜塔(Vertical Lay Tower)，可深水佈纜



圖 13 NKT 之佈纜船-Victoria 號 註: NKT 提供資料

NKT 團隊專家就本局團隊詢問有關德國在海纜檢測驗證之要求回覆表示，德國主要參照 IEC 60840(30kV~170kV)、IEC 62067(150kV~550kV)、IEC 63026(6kV~60kV)等規範與 CIGRE 技術公報(Technical Brochures)：如 TB490、TB623 與 TB722 等規範執行產品測試，並表示其所生產之海纜在品管方面採取百分之百檢驗方式以確保產品品質。NKT 本身具有能力開發相應於規範的試驗設備，來滿足所需的海纜規範與客戶需求。NKT 已建置一系列符合 IEC 與 CIGRE 規範的實驗室，並可模擬海水及高壓等環境條件，自行設計、製造測試儀器，並由第三方進行見證試驗。



圖 14 NKT 依據 IEC 及 CIGRE 標準建置之實驗室
註: NKT 提供資料

NKT 科隆海纜製造廠設立超過百年，其中許多重要生產設備雖已有百年歷史，但藉由更新設備控制系統等方式，使得許多製程得以自動化，將人力移轉至測試與研究方面，以維持其生產技術及品質居於世界領先地位。在參訪其海纜製造工廠時也確實發現海纜製造過程中所使用的人力不多，反而在其相關檢測實驗室中看到不少 NKT 的工作人員在進行相關測試作業。由於該工廠臨近萊茵河，設置一條可由從工廠到碼頭的高架電纜運輸通道將其所生產之海纜自工廠輸送至碼頭，以利採用航運方式利用萊茵河向外運送。

由於海纜測試設備昂貴，加上電纜盤體積龐大運輸困難，故海纜測試常需使用製造商廠內設備，歐洲做法係由是第三方驗證機構以監督試驗方式執行。而本次參訪之 NKT 科隆海纜廠除檢測專用之試驗場地外，亦有建立研究專用之實驗室，以利在進行產品檢測時，亦能進行相關技術之研究開發測試。

此次參訪之 NKT 科隆海纜製造廠令人印象最深的部份為，雖然廠內有許多使用百年之主要生產設備，但透過增加或更新控制系統，使得工廠的生產過程自動化，減少人力之使用，而非更新整個生產設備，此種方式不但使原有設備能夠持續使用，並且能夠提升工廠之生產效能，可作為國內許多產業升級生產設備時參考。

(三) 交流議題

議題 1. 德國(或歐洲標準)目前針對海底電纜是否有訂定國家標準(或區域標準)？

回覆：目前國際間海纜相關規範有 IEC 60840、IEC 62067，以及 CIGRE 技術公報(Technical Brochures)之 CIGRE TB490、CIGRE TB623 與 CIGRE TB722 等標準。NKT 除運用 IEC 62067 與 IEC 60840 等國際標準作為海纜測試方式，並同時參考 CIGRE 技術公報執行產品測試。

議題 2. 歐洲或德國如何執行海底電纜之第三方檢測驗證？

回覆：由於海纜測試設備需投入資金甚高，加上巨型電纜盤運輸困難，故部分海纜測試由第三方機構進行測試驗證時，常需使用製造商的廠內測試設備。歐洲做法是由第三方檢測驗證機構，以監督試驗方式執行測試，以判定海纜是否符於規格。

(四) 簽署合作備忘錄

本日參訪由大電力試驗中心與 NKT 簽署合作備忘錄(MOU)，並由本局劉明忠局長進行見證(如圖 16)。本項合作備忘錄簽署目的在建立兩個單位之合作關係，未來合作之主要領域將著重於協建立風能海纜產業生產及驗證之專業知識。為促進臺灣離岸風電海纜產業之發展，雙方擬於風能海纜試驗、檢測與驗證的領域展開合作。

(五)交流剪影



圖 15 NKT 科隆海纜製造廠外觀



圖 16 劉明忠局長(右二)見證大電力試驗中心蘇正我總經理(右一)與 NKT 業務副總 Mr. Holger Schwerdorf(左二)簽署合作備忘錄

三、參訪 DNV-GL KEMA 電力測試實驗室

日期：7 月 18 日

地點：荷蘭阿納姆(Arnhem)

(一)交流單位簡介：

KEMA 成立於 1927 年，成立初期主要作為荷蘭電力行業的測試機構，其名稱 KEMA 為荷蘭語縮寫（Keuring Van Elektrotechnische Materialen）。隨後 KEMA 的業務範圍逐漸擴大，並成為全球能源服務業中居於領先地位的獨立權威機構。多年以來 KEMA 一直致力於幫助客戶預測產品變革方向，以及解決複雜的能源及公用事業難題。在確保全球能源及能源相關產品與工藝的可用性、可靠性、可持續性與贏利性方面扮演重要角色。

KEMA 總部位於荷蘭阿納姆市，在全球 20 個國家/地區設有分支機構。品質、操守、可靠與專業知識一直是 KEMA 的核心價值觀，同時為荷蘭經濟事務部、歐洲共同體官方認可的電工產品試驗機構。KEMA 擁有大容量實驗室和高壓實驗室，可針對輸配電系統中幾乎所有中高壓產品進行試驗，通過測試的產品，可獲得 KEMA 簽發之試驗證書或試驗報告，這些證書和報告在全球具有廣泛的認可度和公信力。

為促進輸配電業轉型至更高的輸送電壓和特高壓電網，KEMA 持續擴建其大容量實驗室。本次參訪 KEMA 位於荷蘭阿納姆市之實驗室，在擴建前已是全球最大容量電力實驗室，該公司另斥資 7000 萬歐元加上原有特高壓合成裝置，使其成為全球首家依照國際測試標準建置之特高壓電網設備試驗室。擴建後最大試驗容量達 15 GVA，可測試高達 800 kV 的電力變壓器和 1,200 kV 的開關裝置，另對其它電力設備的短路能力測試也都有所提升。

(二)交流內容概要：

本次與 DNV-GL KEMA 電力測試實驗室之交流參訪首先由其資深工程師 Frank Jassen 先生率領其團隊簡介其電力測試實驗室概況，接著由本局團隊簡介臺灣離岸風電發展現況以及介紹國內大電力試驗中心檢測驗證能力，隨後由大電力與 DNV-GL KEMA 電力測試實驗室就離岸風電海纜之檢測驗證技術合作簽署 MOU，最後由 DNV-GL KEMA 團隊帶領參訪其電力測試實驗室與相關設備。

如何將產生之電力依適當之條件輸送至電力需求端，為所有發電廠需考量之重要因素，因此確保電纜、變壓器等相關電力設備之品質相當重要。KEMA 專家表示依據其過往經驗，相關電力設備在進行型式驗證過程中，受測設備有 20% 以上之比率在第一次測試過程中會因為設備本身失效或損毀而未能通過測試，顯示對相關設備進行測試及驗證是非常重要的，為有效降低電力系統設備失效風險的方法，也因此送測物若能一次通過所有的試驗，將可以得到 KAMA 所頒發的金色證書，代表該產品的設計與品質具有優良可靠度。KEMA 實驗室內有一組專門人員針對試驗失敗產品進行研究分析，並找出試驗失敗原因，其專門人員都是累積豐富經驗後才能夠進入此分析小組。換言之 KEMA 不僅僅只做試驗，同時也可以依據他們

豐富的經驗，給予製造商設計方面之建議，協助提升產品品質。

在參訪實驗室過程中，KEMA 團隊專家表示因為許多電力試驗過程中將使用高壓電，為確保安全，相關測試設備安置在一定區域內，周圍以鐵網加以隔離，且進行測試時該區域內不得有任何人員在其中。對於可能會發生爆炸之測試，KEMA 特別設計相應之測試空間，周圍構築高強度之鋼筋水泥牆，以確保能將可能發生之爆炸破壞限制於測試場空間內。由於相關測試具有一定危險性，因此其人員訓練採用師徒制，由對特定試驗較具經驗者帶領另一較無經驗者一同進行該項試驗，直到認為新進人員能夠獨立進行該試驗為止，以降低人員訓練期間可能之安全風險。

KEMA 實驗室採用師徒制，除了能訓練人員所需之技術外，更能夠藉此傳承相關經驗，以降低試驗風險。並且可以看到在 A 試驗為較具經驗者可能在 B 試驗作為學徒之狀況，讓人感到該實驗室之試驗人員對於學習保持相當開放之態度，此種「聞道有先後，術業有專攻」之學習心態值得學習。

(三)交流議題

議題 1.請說明 KEMA 所使用之測試設備，特別是用於海上風力發電機的變壓器，斷路器和電纜，以及海底電纜等之建置情形及測試能量。

回覆：為促進輸配電業轉型至更高的輸送電壓和特高壓電網，DNV-GL KEMA 擴建其設於荷蘭阿納姆市大容量實驗室。擴建前 KEMA 實驗室已經是全球最大容量之電力實驗室，擴建後最大試驗容量可達 15 GVA(僅能維持數十毫秒)，可測試高達 800 kV 及以上的電力設備，對其它電力設備的短路試驗能力也都有所提升。經過擴建的大容量實驗室已開始進行特高壓(UHV)電網設備試驗。DNV-GL KEMA 斥資 7000 萬歐元加上已有的特高壓合成裝置，使該實驗室成為全球首家按照國際測試標準建置之特高壓電網設備的試驗室，可測試高達 800 kV 的電力變壓器和 1200 kV 開關裝置。擴建後實驗室已成功完成了針對 800 kV 電壓等級電力變壓器的短路試驗。

議題 2. 請問 DNV-GL KEMA 對於客戶可提供之服務項目。

回覆：DNV-GL KEMA 表示其收益中的 5%投入於 R&D，其實驗室可產生高功率電能測試短路，且會自行設計規範進行測試。KEMA 可協助客戶在草創規劃階段就能夠找到對的方向，協助檢查海纜設計、推薦適用的規範及標準及提供驗證。同時，KEMA 實驗室內有一組專門人員針對試驗失敗的產品進行研究分析，並找出試驗失敗原因，該人員都是累積豐富試驗經驗後才能夠進入到此分析小組。換言之 KEMA 不僅僅只做試驗，同時也可以依據他們豐富的經驗，給予製造商設計上的建議，協助提升產品品質。

議題 3.請問 DNV-GL KEMA 在執行產品驗證、檢驗或測試時，是否會運用其他機構(實驗室/驗證機構)核發之結果(報告或證書)。

回覆：部分特定領域，如 IEC CB scheme 的架構下，DNV-GL KEMA 會運用其他機構核發之報告或證書。但考量對其他機構的技術能力不明瞭與風險，加上 DNV-GL KEMA 對

其專業的堅持，目前 DNV-GL KEMA 在進行專案驗證時，不會採認其他驗證機構或測試實驗室出具的測試報告或驗證證書，皆是以 DNV-GL KEMA 的相關單位的測試結果為主(部分由廠商提供之資料除外)。

(四)簽署合作備忘錄

在本局劉局長明忠之見證下，由台灣大電力研究試驗中心與 DNV-GL KEMA 簽署合作備忘錄(如圖 19)，本項備忘錄簽署之目的在建立兩個單位之合作關係，未來雙方將就促進台灣離岸風電產業之發展展開合作，合作內容包含風力機相關元件試驗室之研究開發、試驗與驗證服務。

(五)交流剪影



圖 17 DNVGL-KEMA 電力測試實驗室全球業務經理 Mr. Bas Verhoeven 率領其團隊簡介 DNVGL-KEMA 電力測試實驗室



圖 18 本局團隊簡介臺灣離岸風場開發現況與相關驗證能力建置情形



圖 19 劉明忠局長(左二)見證大電力試驗中心蘇正我總經理(左一)與 DNV-GL KEMA 全球業務經理 Mr. Bas Verhoeven 簽署合作備忘錄



圖 20 劉明忠局長致贈紀念品予 DNV-GL KEMA 全球業務經理 Mr. Bas Verhoeven

四、拜訪丹麥科技大學 DTU 及參訪葉片風洞實驗室與葉片測試實驗室

日期：7 月 19 日

地點：丹麥 羅斯基勒(Roskilde)

(一)交流單位簡介

丹麥科技大學前身為成立於 1829 年之”College of Advanced Technology”，於 1933 年改名為”Technical University of Denmark”，現有 22 個學系，其所屬各實驗室與研究中心等進行生物、電子、光電、化工、機械、數學、物理、自然科學、環境與能源等相關之教學與研究。該校目前有學生 11,200 名，研究出版品 5,500 種，於 2017 年該校在北歐地區排名第 1 名，在歐洲地區排名為第 41 名。

Risø 校區之歷史可追溯到 1958 年，當時並非 DTU 校區，而是為實現尼爾斯玻爾(Niels Bohr)關於和平利用核能發電和其他目的願景成立之研究機構(Research Establishment Riso)，其研究重點為提供安全和穩定的能源供應。自 1980 年代中期開始，丹麥的能源政策中已將核能排除，能源供應穩定性已不再是唯一的目標，故其研究越來越集中於尋找可持續的能源供應方式，希望最終可以滿足全球需求並為丹麥工業提供機會，風能即其主要項目之一，Risø 校區現為 DTU 許多重要研究機構所在。

丹麥科技大學是世界唯一擁有大型風力機葉片研發能力的學校，並擁有進行風力發電機葉片靜態、動態測試之設備與團隊，並於 2018 年 4 月剪綵啟用風洞測試實驗室，該風洞實驗室可用每秒 105 公尺、相當於每小時 378 公里的極端風速來測試風力機的葉片和量測噪音。

(二)交流內容概要：

本次與丹麥科技大學風能學系之交流參訪首先由其系主任率領其團隊簡介其對於風電方面之研究及檢測驗證能力，接著由本局團隊簡介臺灣離岸風電發展現況以及相關驗證能力建置情形，隨後由財團法人金屬工業研究發展中心(以下簡稱金屬中心)，就離岸風電檢測驗證技術合作簽署 MOU，最後由校方團隊帶領參訪其風洞實驗室、葉片測試實驗室與相關設備並同時進行簡報介紹與討論。

在丹麥科技大學風能學系系主任 Mr. Peter Hauge Madsen 簡介 DTU 組織架構簡介時，提及該校為風能領域業界列為優先之學術合作對象，為因應風能領域發展所面對的氣候挑戰，以及創造工作機會，該校多年來致力於風能的相關研究，其試驗場地除本次參訪所在之 Risø 校區外，在丹麥尚有三處戶外測試風場，可提供風力機系統商進行風力機研發及產品型式驗證戶外實測使用。經詢問其戶外測試風場所能測試之最大風機容量，Mr. Peter Hauge Madsen 表示，其戶外測試風場最大可進行 20MW(併網容量)之風力機測試。該校之研究項目包含風力機塔架、葉片、齒輪箱、其它零組件及新材料之設計、測試及驗證等，並可提供業界相關技術諮詢及測試服務。



圖 21 DTU Ø sterild Test Centre 戶外測試風場

於簡報後雙方進行意見交流時，本局劉局長詢問對方對於臺灣發展第三方檢測驗證有何建議與看法，Mr. Peter Hauge Madsen 表示丹麥的第三方檢測驗證與風電產業的發展是並進的，藉由國家政策協助媒合風力機廠商與研究驗證單位之合作，風力機廠商透過該校實驗室協助進行相關試驗，以協助確認風力機設計、性能及安全，而該校亦藉由協助廠商之機會建立相關研究能量與驗證技術，因此建議臺灣方面應謀求業界與第三方檢測驗證單位雙方之合作，方能有利於臺灣風能產業與第三方檢測驗證單位之發展。

此次丹麥課技大學風能學系亦向我方介紹其新建之風力機葉片風洞實驗室、葉片測試實驗室與開發之驗證技術以及戶外風力機測試場。其所建立之循環式風洞實驗室主要目標在於協助風力機製造商開發低噪音之葉片，為此除測試段設立於無響室之中外，測試段之外壁採用可更換為不透明耐高張力之複合材質之設計，以利於高風速條件下進行噪音量測，同時，驅動提供風速之 2,400kW 風扇馬達採用獨立式基礎，以減少振動對測試段之影響。

丹麥科技大學風能學系擁有能進行 45 公尺之葉片測試實驗室，該實驗室能進行包含疲勞強度與極限強度等試驗。由於目前風力機尺寸愈來愈大，葉片長度已將近 90 公尺，進行全尺寸葉片測試變得愈來愈困難，且成本愈來愈高，故該校開發一套對葉片分段進行結構試驗方法，以評估葉片結構安全性之技術，此外藉由結合數值模擬與實驗結果發展葉片損傷之預測與評估方法，協助風力機葉片之設計與維運技術開發。期間本局團隊詢問有關葉片結構模擬模型之網格參數設定議題，對方表示與所要探討之損傷尺寸與需要之精確度有關，損傷小或精確度要求高時，須採用尺寸較小之網格。在戶外風力機測試場部份，因應風力機尺寸大型化，已規劃設置能進行輪轂高度達 137 公尺風力機測試場，期間詢問有關測試場所採用風速

量測儀器形式，對方表示仍使用較廣為接受且量測資料較受信任之測風塔與風杯式風速計，並未採用光達(LiDAR)測風儀。

在丹麥，風場之專案驗證為強制性要求，相關主管機關為丹麥能源局(Danish Energy Agency)。該局能源中心(Center for Energy Resources)首席顧問 Ms. Peggy Friis 表示，目前丹麥對於風場開發所採用之驗證規範為 IEC 61400 系列規範，但由於未來將轉由國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)組織下之 IECRE(IEC-Renewable Energy)進行相關標準規範之制訂，原先 IEC 61400 系列標準將不再維護更新，改以 IECRE WE 或 IECRE OD 等系列規範替代。雖然未來幾年內在丹麥仍可採用 IEC 61400 系列標準，但 Ms. Peggy Friis 建議我方未來宜直接採用 IECRE 之規範，原先 IEC 61400 系列規範內容已被納入 IECRE 規範中。此外本局團隊向其詢問零件供應商要求之議題，Ms. Peggy Friis 表示風場營運相當重要，為確保風場能夠順利營運獲利，在丹麥風力機零件供應商、維修廠商亦須通過相關驗證，以降低風場營運可能面臨之風險。

此次交流令人最為印象深刻的是 DTU 相關風能研究能夠符合業界之需求，而業界亦提供相關研究機會，雙方形成一長期合作之默契，並透過業界提出技術需求，由學術界進行相關研究，並藉此了解業界實際技術需求與發展狀況，近一步規劃未來之技術研究以供業界應用。以此方式，DTU 發展了許多符合業界需求之技術與測試設備，如 DTU 建置以部份葉片試驗取代完整葉片試驗之驗證之技術、噪音風洞實驗室以及風力機測試場之規劃等，皆是業界與研究單位長期緊密合作方式之實際成果。

(三) 交流議題

議題 1. 請問目前 DTU 可測試之最大風力機容量為何?

回覆：在 DTU 測試風場進行風力機研發、測試驗證之廠商包含 SIEMENS GAMESA、MHI VESTAS 等知名風力機系統商，其最大單機容量目前為 9.5MW，另 10MW 及以上之機種目前尚在研發中。若以測試風場之併網容量上限來看，DTU 可執行之風力機最大測試容量為 20MW。

議題 2. 對於臺灣發展第三方檢測驗證有何建議與看法?

回覆：丹麥於第三方檢測驗證與風電產業的發展是並進的，藉由國家政策協助媒合風力機廠商與研究驗證單位之合作，風力機廠商透過 DTU Risø 實驗室(丹麥科技大學風能學系前身)協助，進行相關試驗以協助其風力機設計與性能及安全確認，而 Risø 實驗室亦藉由協助廠商之機會建立相關研究能量與驗證技術，因此建議臺灣方面應謀求業界與第三方檢測驗證單位雙方之合作方能有利於臺灣風能產業與第三方檢測驗證單位之發展。

議題 2. 在葉片損傷研究中進行數值模擬模型之網格如何處理?

回覆：模型網格與所要探討損傷尺寸以及需要之精確度有關，損傷小或精確度要求高時，須

採用尺寸較小之網格。

議題 3. 測試場所採用風速量測儀器之形式，是否採用光達(LiDAR)?

回覆：仍使用較為接受且量測資料較受信任之測風塔與風杯式風速計，並未採用光達測風儀。

議題 4. 丹麥能源署對風場營運商、零組件供應商、風力機製造商、第三方測試驗證單位(certifying company)與風場服務維護商(service company)的資格要求?

回覆：依丹麥能源署所設計的 EGV scheme，在該制度中，風場營運商須通過 IEC 61400-22 之專案驗證。零組件供應商、風力機製造商須經過工廠檢查(ISO/IEC 17020 與 ISO 9001 管理系統驗證)、第三方測試驗證單位須通過 ISO/IEC 17025 或 ISO/IEC 17065 的認證、風場維護商須通過 SO 9001 管理系統驗證等。相關人員亦須接受相關訓練並取得相關證照。其中皆運用丹麥認證機構(DANAK)執行第三方認證以確認測試、檢驗、與驗證機構之能力。

(四)簽署合作備忘錄

此次與 DTU 及丹麥能源局之交流，除獲得相當寶貴之經驗外，金屬中心更與 DTU 進行有關驗證相關技術之合作備忘錄簽署，並由本局劉明忠局長進行見證(如圖 25)。於備忘錄簽署過程中，系主任 Mr. Peter Hauge Madsen 就未來雙方可進行合作之議題提出詢問，金屬中心魏嘉民副執行長表示希望未來能在風力機葉片測試及研發相關主題進行合作。

同時有鑒於丹麥能源局官員 Ms. Peggy Friis 在風場驗證方面之經驗相當豐富，財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)口頭邀請對方來臺交流有關丹麥第三方檢測驗證之經驗，而對方亦表示非常樂意(TAF 已安排於今年 11 月份辦理丹麥能源局來臺交流活動)。藉由上述方式，有利於金屬中心就風力機葉片測試、相關葉片研究、驗證技術等與 DTU 及丹麥能源局進行合作規劃。

(五)交流剪影



圖 22 DTU 風能學系系主任 Mr. Peter Hauge Madsen 簡介該系發展與現況



圖 23 與 DTU 討論相關議題

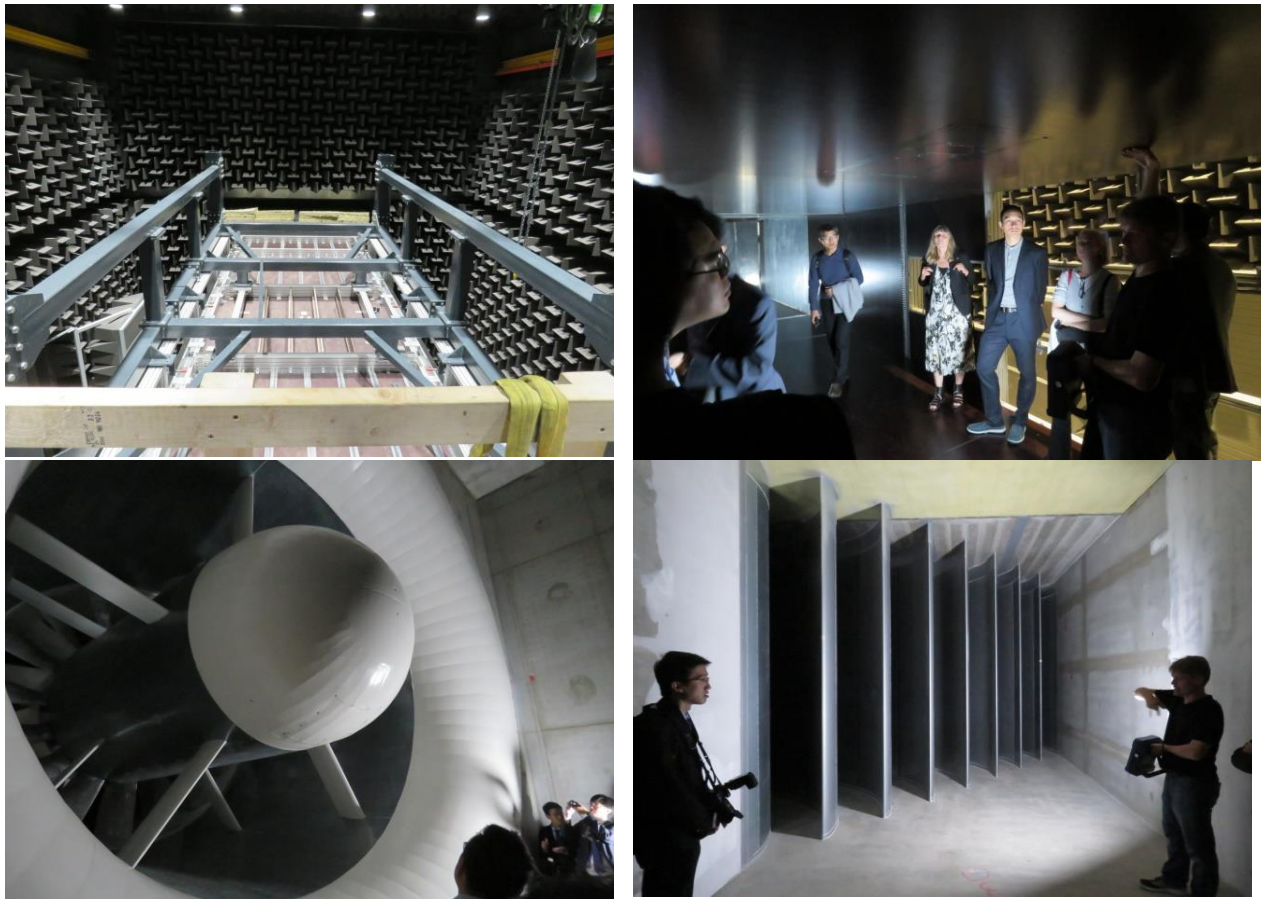


圖 24 參觀 DTU 新建之風力機葉片風洞實驗室

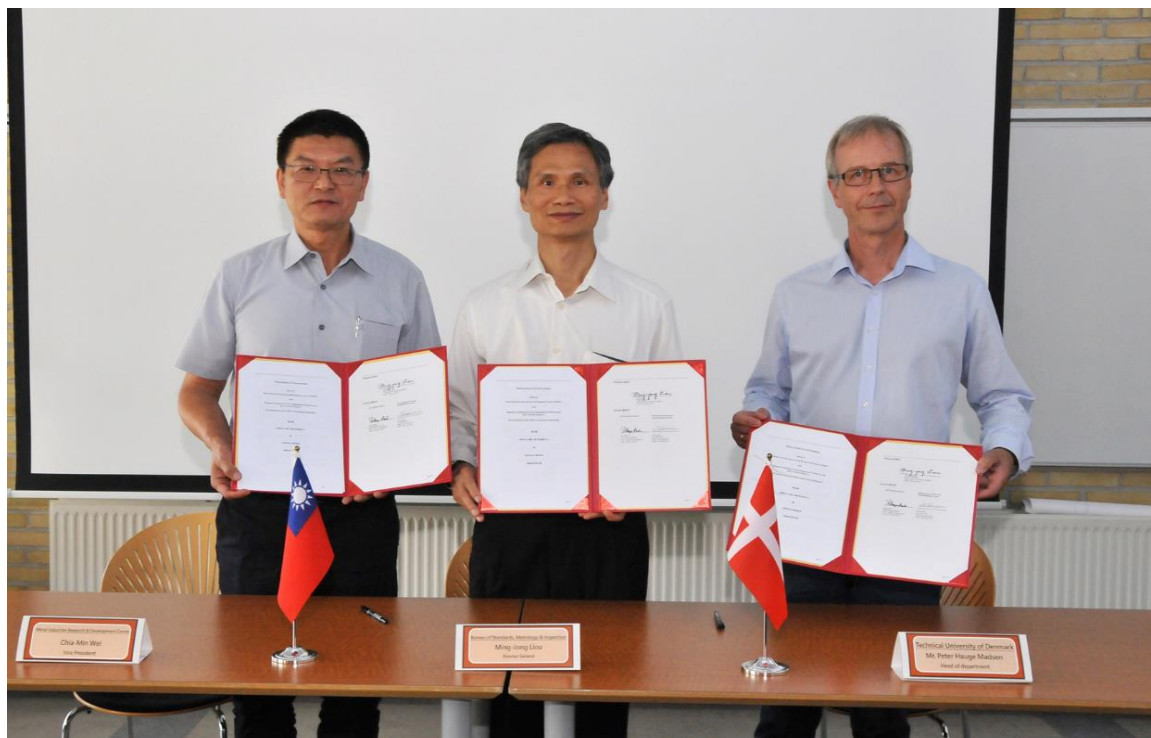


圖 25 劉明忠局長見證金屬中心與 DTU 就離岸風電檢測驗證技術合作簽署 MOU

註:左為金屬中心魏嘉民副執行長、右為 DTU 風能學系系主任 Mr. Peter Hauge Madsen



圖 26 本局團隊與 DTU 風能系系主任於系館門口照相留念

五、參訪 MHI VESTAS 丹麥 Esbjerg 預組裝場及風力機測試場

日期：7 月 20 日

地點：丹麥 埃斯比約(Esbjerg)

(一)交流單位簡介

MHI VESTAS Offshore Wind (MVOW)係由丹麥 Vestas Wind Systems 風力機系統商與日本三菱重工合資設立公司，專門從事海上風力發電機設計、製造及服務提供。MVOW 目前最大的風力機為 V164-9.5MW 風力機。

依據本年 4 月及 6 月本部能源局離岸風場遴選及競價結果，丹麥哥本哈根基礎建設基金(CIP)取得 27 號風場與西島風場開發權利，前述案場以及 CIP 與中鋼合作的 29 號風場，未來都將優先採用 MHI Vestas 風力機，保守估計約 1.2GW。目前 MVOW 除已取得前述 3 個離岸風場風力機供應的優先議約權，並已和中鋼機械(風力機塔筒)、天力(風力機葉片製造)、上緯(複合材料)及台塑(風力機葉片製造原料)簽屬合作備忘錄，將在臺灣建立離岸風電的組裝供應鏈。

(二)交流內容概要：

本次與 MHI VESTAS 風力機系統商之交流參訪，首先由 MHI VESTAS 團隊簡介其位於丹麥埃斯比約之風力機組裝場，以及未來臺灣離岸風場可能採用之風力機型式。簡介之後 MHI VESTAS 安排德國 ELBE 1 風電顧問公司(wind turbine service company)報告，說明針對離岸風場開發專案驗證該公司所提供之服務項目。ELBE 1 公司說明，為協助製造商與風場開發商處理專案驗證機構的要求，該公司負責收集並彙整專案驗證時，製造商與風場開發商應提供給第三方專案驗證機構之相關文件，此外該公司並有開發應用程式，就專案驗證所需文件進行系統性管理及歸檔，並能協助執行部分運轉與維護工作。

隨後由 MHI VESTAS 團隊帶領參觀其位於丹麥埃斯比約港之風場專用碼頭，參訪過程可見到 MHI VESTAS 組裝廠及其腹地，存放有許多即將安裝於丹麥 Horns Rev 3 離岸風場之 MHI VESTAS V164-8.0MW 離岸風力機之機艙、葉片與塔筒等主要部件，透過 MHI VESTAS 資深技術經理 Mr. Frank Spee 的簡介，瞭解該風力發電機為減少機艙之重量，將部分電力設備(電壓器、變流器等)設計安放於塔筒(Tower)下方的位置，同時為了確保相關電力設備運作時產生的廢熱能順利排出，有散熱系統之設計，而此種設計亦使得位於機艙之散熱模組能夠縮小。

由於參訪期間正好為歐洲暑假時期，組裝工廠處於休廠狀態，故無法進入參觀，其組裝工廠外觀如圖 28 所示，旁邊即為 SEIMENS GAMESA 風力機廠之製造組裝廠。隨後前往位於艾斯比約港口附近之風力機測試場，目前 MHI VESTAS 於該測試場設有 V164-8.0MW 離岸風力機與 V117-3.45MW 陸域風力機。設於測試場之 V164-8.0MW 風力機為 European Energy A/S 及 BMC Energi 所擁有，其裝設之用意係進行測試安裝作業及運維流程訓練。

現場存放之風力機設備，如塔筒等，採用如圖 29 之方式直接放置於鋼構之置具上，未見

有特定固定裝置，MHI VESTAS 團隊專家表示，在丹麥由於沒有地震之問題，因此可採用此種擺放方式。但在日本或臺灣等會有地震發生之區域，不能採此種擺放方式，必須增加固定裝置以確保人員及貨物安全。此外，存放於現場之葉片以如圖 31 所示，以特製之夾具收取存放，其葉片之設計，在靠近尖端三分之一的範圍接包覆了一層網套，以破壞葉片之氣動力外形，避免氣流對葉片產生額外負載。本局團隊在 MHI VESTAS 團隊專家於現場說明時詢問現場葉片製造、運輸及存放空間等問題，對方表示葉片部分在英國製造，以航運方式運輸，並在此港口卸貨存放，雖然目前廠區因丹麥 Horns Rev 3 離岸風場存放有許多葉片，但實際上會考量廠區之容量以及未來須求安排物流期程，一般並不會有太多的風力機零件於現場做長期存放。

參訪當日正好有一艘自升船在專用碼頭進行風力機組件之裝船作業，參訪時正在進行其中一組風力機塔筒之吊裝作業，如圖 32~33 所示。該自升船以站立於海床之方式進行裝船作業，且每次自升船自升時自升樁腳站立於海床之位置均為固定。另為使該碼頭具備自升船站立於水面上進行裝船作業之功能，於該專用港口規劃時期，有進行碼頭之海床地質改造以增加海床荷重能力。

(三)交流議題

議題 1.進行裝船作業時該自升船固定船身之方式?

回覆：該自升船以站立於海上之方式進行裝船作業。

議題 2.於該碼頭進行裝船作業之自升船每次自升樁腳站立位置是否相同?

回覆：MHI VESTAS 團隊專家更表示當初規劃該專用港口時，花費不少經費進行碼頭海床地質改造以增加海床荷重能力，使該碼頭具備自升船能夠站立於水面上進行裝船作業之功能，每次自升樁腳站立位置皆相同。

議題 3.位於塔筒外側之三個裝置是否為散熱鰭片?目的為何?

回覆：MHI VESTAS 資深技術經理 Mr. Frank Spee 表示為減少機艙之重量，將部分電力設備(電壓器、逆變器等)設計安放於塔筒(tower)下方的位置，同時為了確保相關電力設備運作時產生的廢熱能順利排出，設計此三組散熱系統，而此種設計亦使得位於機艙之散熱模組能夠縮小。

議題 4.放置於現場之葉片係於何處生產?如何運輸?

回覆：MHI VESTAS 資深技術經理 Mr. Frank Spee 表示現場葉片於英國製造，透過船運此。於碼頭內則是藉由將葉片放置於特別設計之置具後由自行式模塊運輸車(self propelled modular transporter, SPMT)進行運輸。

議題 5:未來臺灣離岸風場可能採用 MHI VESTAS 新開發之 V164-9.5MW 風力機，因應臺灣離岸風場特有之抗颱風需求，請問該款風力機是否能符合之 Class-T 等級之極端風速要求?

回覆：MHI VESTAS 開發之 V164-9.5MW(因應臺灣風況條件可能修改為 9.0MW)風力機目前

已由 DNV-GL 完成 Class I 風力機等級驗證，目前正進行 Class-S 及 Class-T 風力機等級驗證，預估於 2020 年底或 2021 年初可通過 Class-T 驗證。

議題 6: 請問 ELBE 1 身為風電顧問公司(wind turbine service company)，目前對提供 MHI VESTAS 提供的服務類型，以及是否具備丹麥能源署認可與登錄資格?

回覆：ELBE 1 協助製造商與風場開發商，處理來自第三方專案驗證機構的要求。負責收集並彙整專案驗證時，製造商與風場開發商應提供給第三方專案驗證機構的相關文件。ELBE 1 甚至進而協助製造商與風場開發商建立文件與資料管理系統，系統性地將專案驗證之必要文件整理歸檔。ELBE 1 目前還會協助部分運轉與維護的工作。故其工作人員也必須取得丹麥能源署要求之海事、高空作業等人員證照，公司管理系統亦要符合丹麥能源署制定之管理規範。目前 ELBE 1 有維持 ISO 9001 驗證並已經丹麥能源署 EGV 審核通過並登錄。

(四)交流剪影



圖 27 MHI VESTAS 團隊簡介其位於丹麥埃斯比約之風力機組裝場以及風力機



圖 28 位於埃斯比約港口之 MHI VESTAS 風力機組裝廠外觀



圖 29 暫時存放於碼頭準備裝船之風力機塔筒



圖 30 參觀 MHI VESTAS 位於丹麥埃斯比約港口之風力機組裝場與專用碼頭



圖 31 專用碼頭存放待安裝之風力機葉片



圖 32 參訪當日進行裝船作業之自升船



圖 33 自升船進行風力機塔筒裝船作業



圖 34 艾斯比約港口附近風力機測試場與 MHI VESTAS V164-8.0MW 風力機

六、參訪西班牙國家再生能源中心(CENER)

日期：7月23日上午

地點：西班牙潘普洛納(Pamplona)

(一)交流單位簡介

西班牙國家再生能源中心於 2001 年在 Navarra 政府之支持及指引下成立，於 2002 年正式營運，同時受託於教育與科學及能源研究中心、環境與科技部(CIEMAT)及工業、觀光與貿易部。該中心係一以再生能源之技術研發及推展為任務之研究單位，任務則為應用研究、技術轉移、評估、授權及驗證，推動再生能源的開發和應用。

CENER 主要任務為從自然資源中產生電力之全部過程之開發研究，包括：再生資源之決定、技術開發、技術風險評估、計畫之經濟性可行性評估、驗證及標準與系統設備開發等項目，依研究內容廣泛，所涉及之專業領域涵蓋風能、太陽熱能、太陽光電、生質能、生態建築與再生能源電網整合六大領域。

CENER 之營運有 25% 收入來自非競爭基金，35% 來自競爭性基金，其餘為商業收入，提供業務包括技術研發、技術協助、測試及訓練。除了總部和風力機測試實驗室外尚有 6 個 5MW 風力機測試場，具有微電網及生質精煉設施，其受認證測試實驗室涵蓋前述六大再生能源相關領域。風能實驗室最早由葉片實驗室開始設置，接著是設置機艙動力鍊實驗室，最後是十年前建置實驗場地，可提供葉片零組件驗證和整機驗證，機艙動力鍊實驗室可提供測試各種電網條件模擬。

(二)交流內容概要

本次與西班牙國家再生能源中心(CENER)之交流參訪行程，首先由本局劉局長致詞後，由金工、大電力進行臺灣離岸風電及第三方檢測驗證計畫進行簡介，再由 CENER 團隊簡介其位於西班牙潘普洛納之測試實驗室概要簡報及進行相關議題討論後，隨後 CENER 團隊帶領參觀其測試實驗室設備。

西班牙國家再生能源中心業務針對風能部分，研究重點在於風力機分析及設計、風資源評估及預測以及風力機測試實驗室。其研究重點項目及內容整理如下：

風力機分析及設計(Wind turbine analysis and design)	
1	風力機之驗證(依據 IEC 61400 WT01 標準)
2	風力機之設計工具及方法原則之開發
3	風力機及零組件之設計
4	風力機控制之設計
5	風力機複合材料零組件之製造程序之開發及最佳化

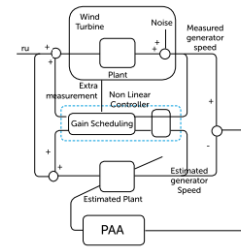
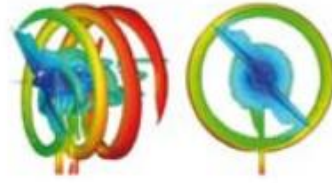
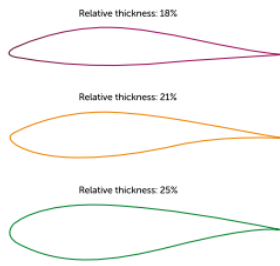


圖 35 葉片設計分析
註: CENER 提供資料

圖 36 完整風力機轉子分析

圖 37 風力機控制系統模擬

風資源評估及預測(Wind resource assessment and forecasting)	
1	評估：長時風資源/風場之評估，以供風力電場之設置參考，CENER 已自行開發風場評估方法。
2	預測：短時風力發電場發電容量預測，以供電力傳輸及分配公司之電力管理調控。

風力機測試試驗室(Wind turbine test laboratory)	
1	葉片測試試驗室
2	動力鏈測試試驗室
3	發電機測試平台
4	機艙(Nacelle)測試試驗室
5	風洞(Wind tunnel)
6	製程實驗室
7	風力機試驗場

CENER 具備完整之風力機及其零組件測試實驗室，有關其測試項目及能量整理如下：

1. 葉片測試實驗室
 - 75 米之葉片進行靜態跟疲勞測試
 - 100 公尺之葉片僅能進行靜態測試
2. 8MW 風力機動力鏈測試平台

具有零組件加速壽命測試功能。零組件之功能測試如下：

 - 低速主軸軸承加速壽命測試
 - 齒輪箱齒輪及軸承加速壽命測試
 - 高速主軸煞車及煞車盤功能性及負載測試

- 發電機軸承及高速軸之功能性負載加速壽命測試

2. 發電機測試平台

發電機電力設備整合測試，發電機容量可達 6MW

- 發電機零組件及電力設備之功能性及加速壽命(增加機械、電力、溫度負載)測試
- 暫態電力設備模擬，如電壓急降測試(Voltage dips)
- 發電機特性量測，如電阻測試、波型、放電曲線、轉子質量效應...等測試
- 功能性測試：無負載測試、振動、噪音、溫度量測
- 超速測試(Overspeed tests)以及轉速急升測試 (transient surges)

3.機艙(Nacelle)測試試驗室

具備冷卻系統，可進行噪音測量和 EMC 測試：

- 完整機艙上進行功能測試。
- 電氣暫態模擬。
- 電壓驟降。

4.風力機試驗場

風場配備可連續運行的量測設備，為原型機提供測試驗證服務，驗證項目如下：

- 功率曲線 (IEC 61400-12-1).
- 電力品質 (IEC 61400-21).
- 風力機噪音量測 (IEC 61400-11).
- 機械負載 (IEC 61400-13).

CENER 葉片實驗室具有兩個測試台，分別作靜態及疲勞測試，形變量可達 25m 及 15m，靜態測試可達 100 公尺葉片，疲勞測試可達 75 公尺葉片，最大葉根直徑 5.5 公尺。已取得西班牙國家認證委員會 ENAC(Entidad Nacional de Acreditación)之認證，該實驗室同時是 IEC 61400-23MT23 及 ICERE 小組成員。

靜態測試可達八個測試點，最大負載 100kNm，採用美國 MTS 生產之控制器，可執行多點單軸同步控制負載。疲勞測試可作單點多點，單軸多軸等組合。激發器可提供 50kN，160-1010kN 之疲勞負載，第二種地面型 GREX 激發器可提供 100kN 疲勞負載。該實驗室葉片測試可以自動模式控制，執行 24 小時連續測試，並具熱影像檢測葉片能力，營運至今已完 成 179 項靜態測試，16 項極限靜態測試及 30 項疲勞測試。

CENER 風力機研發部主管 Mikel Iribas(Leader of R&D Wind Turbine Service)介紹風能團隊擁有 22 名研發工程師，其葉片研發範圍包含概念設計至原型機製作及型式驗證，葉片研發包括氣動力如渦流產生器、葉片結構、接合式葉片等項目。

CENER 擁有一座戶外風力機測試場，可用來安裝風力機原型機進行實測，其適用於複雜地形條件下和高風速水平的型式驗證測試。實驗風場有 6 個校準位置相互間隔 280 公尺，

用於安裝每台 5MW(class I and IIA)風力機原型機，以及 5 個額外的氣象塔，高度為 120 米，同時設置變電站(20 kV/66 kV)。風場配備了連續運行的測量設備，為原型機提供測試驗證服務，驗證項目包含功率曲線(IEC 61400-12-1)、電力品質(IEC 61400-21)、風力機噪音量測(IEC 61400-11)與機械負載(IEC 61400-13)。



圖 38 CENER 葉片測試實驗室
註: CENER 提供資料



圖 39 CENER 風力機測試場
註: CENER 提供資料



圖 40 CENER 葉片測試場

註: CENER 提供資料



圖 41 CENER 風力機機艙動力鏈實驗室

註: CENER 提供資料

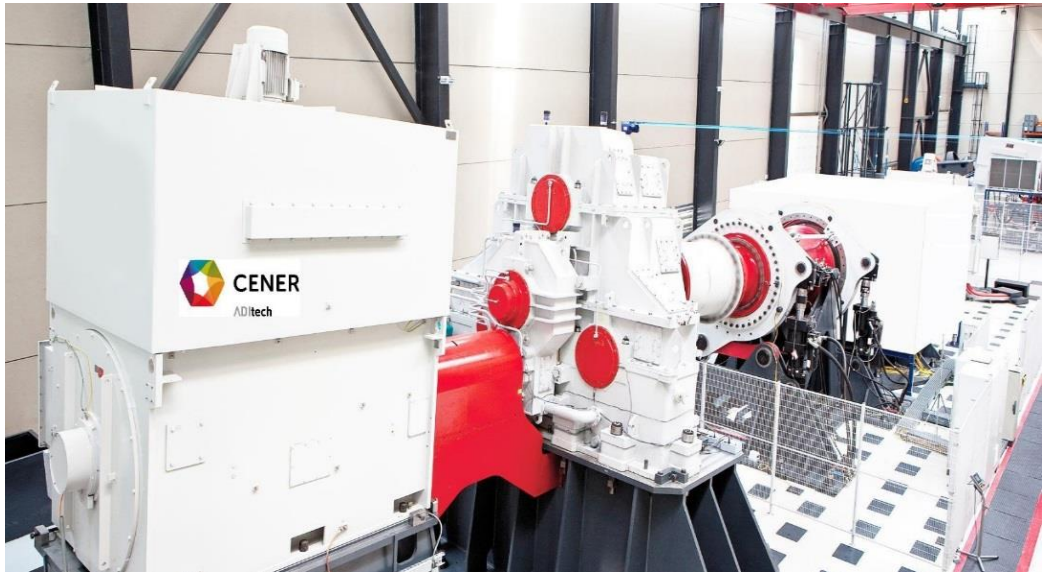


圖 42 發電機測試平台

註: CENER 提供資料



圖 43 CENER 風力機戶外試驗場

註: CENER 提供資料

此次所拜訪 CENER 所見，深刻瞭解到西班牙政府為發展風電產業所投注資金、技術與心力，已成功造就該國成熟之風力機製造生產、組裝工業，而其中藉由國家再生能源中心所建置之測試驗證能力，對於西班牙風力機產業發展之紮根及技術水準提升，居間扮演關鍵角色，值得我國借鏡。

(三)交流議題

議題 1.CENER 檢測驗證能量、營運與服務模式為何?

回覆：CENER，25%收入來自非競爭基金，35%來自競爭性基金，其餘為商業收入，提供業務包括技術研發、技術協助、測試及訓練。除了總部和風力機測試實驗室外尚有 6 個 5MW 風力機測試場，具有微電網及生質能源材料精煉設施，另外在墨西哥也有辦公室。去年有 32 個研發計畫，受認證測試實驗室涵蓋風力、太陽光電、太陽熱能、生質能及微電網。

議題 2.葉片實驗室建置規劃(腹地、廠房大小)以及負載規劃為何?

回覆：葉片實驗室具有兩個測試台，分別作靜態與疲勞測試，變形量可達 25m 及 15m，靜態測試葉片尺寸可達 100 公尺，疲勞測試可達 75 公尺，最大葉根直徑 5.5 公尺。已取得西班牙國家認證委員會 ENAC 之認證，該實驗室同時是 IEC 61400-23MT23 及 ICERE 小組成員。

議題 3.請問 CENER 的 Nacelle 動力鏈測試實驗室未申請三方認證之原因?測試方法及條件是如何訂定的?

回覆：CENER 的 Nacelle 實驗室主要是提供風力機研發時使用，CENER 目前 Nacelle 實驗室的業務量，100%係用於協助風力機製造商，提供於研發階段的測試服務。開發商並未特別要求實驗室需通過認證，故目前並無申請第三方認證。其動力鏈測試方法，係由 CENER 參考國際論文期刊自行開發。但其量測設備，皆有送經認證之校正實驗室校正，以確認測試時的準確度(accuracy)與精密度(precision)。

(四)簽署合作備忘錄

金屬中心、大電力試驗中心與西班牙國家再生能源中心(CENER)於參訪當日簽署合作備忘錄，由本局劉明忠局長進行見證(如圖 45)。本項合作備忘錄簽署之目的，係期望國內專業法人能於風能產業方面與 CENER 建立合作關係，期能促國內在風能研發方面之專業知識，以及確保風力機及其零組件驗證符合性及可靠性。簽署單位規劃未來於風能產業領域展開合作，包括風力機分析及設計、風資源評估及預測、風力機測試之相關研究開發、測試驗證服務及技術研討會等合作事項。

(五)交流剪影



圖 44 劉局長致詞



圖 45 劉明忠局長(右二)見證金屬中心魏嘉民副執行長(左一)、大電力試驗中心蘇正我總經理(右一)與 CENER 經理 Mr. Pablo Ayesa Pascual(左二)簽署合作備忘錄



圖 46 劉明忠局長致贈 CENER 經理 Mr. Pablo Ayesa Pascua 紀念品



圖 47 參訪團成員與 CENER 成員合影留念

七、拜訪西班牙 Acciona Energy 公司

日期：7 月 23 日下午

地點：西班牙潘普洛納(Pamplona)

(一)交流單位簡介

西班牙 Acciona Energy 公司有 75 年歷史，35,000 個員工，在 5 大洲 40 個國家投資能源開發。ACCIONA 為專門從事再生能源產能行業，應用 100% 再生能源發電，目前遍布五大洲 20 多個國家。其業務範圍包含風能、太陽光電(PV)、聚光型太陽能、水力發電和生質能。該公司於 2017 年統計再生能源類佔最多之再生能源設備即為風力發電(83.5%，17058MW)，其次為水力發電(8.8%，1804MW)，接下來依序為聚光型太陽能(2.9%，578MW)；太陽能(2.8%，576MW；生質能源(2.0%，414MW))，其 Windpower 部門開發風力發電機技術，並於 2016 年同意與德國風機大廠 Nordex 合併，成為 Nordex 的最大股東，為風機製造領域的全球領先者，目前該公司擁有 2.5-4.8MW 發電容量之機種。

Acciona Energy 公司於 2017 年風力發電量達 17,058 GWh，其位於 14 個國家之 220 個風場共計安裝 6,092 部風力機，風力機總裝置容量 7.382 MW，已有 24 年風電運轉經驗。其控制中心 CECOER 每年可運維 30TWh 發電量，97% 妥善率，營運績效優良經驗豐富，是世界最大的再生能源設施控制中心。

(二)交流內容概要

本次西班牙 Acciona Energy 公司之交流參訪，係經我駐西班牙代表處安排，參觀其位於西班牙潘普洛納營運控制中心之設備。拜訪行程首先在雙方簡短介紹後，由 ACCIONA Energy 進行簡報，該公司說明於 2017 年投入 6610 萬歐元研發，包括延壽和儲電等技術，Acciona Energy 公司表示知曉我國擬積極發展再生能源之政策，有興趣針對臺灣太陽能與陸域風電等再生能源之投資機會進行評估。

於簡報後參觀其位於潘普洛納之再生能源控制中心，該中心可監控 Acciona 管理之所有再生能源發電設施，除了即時發電數據顯示外，尚可點選任一電廠檢查其風力機或太陽能發電設備的即時監控數據，有利即時以遠端管理其位於全球各處發電廠之運作情形。此次所拜訪西班牙 Acciona Energy 公司，見識到該公司積極在世界各地投資開發再生能源，並擁有優越純熟之運維能力，值得我國借鏡學習。



圖 48 Acciona Energy 公司風場(來源：Acciona Energy 簡報)

(三) 交流議題

議題：再生能源營運期間所發之電是否都可向電網業者收取費用？

回覆：再生能源業者必須依據合約之要求提供電網業者相應之發電量，若所發之電量在合約所定之範圍外，則無論超過或未達要求，這段時間所發之電量不但無法獲利，反而會受到電網業者之罰款。

(四)交流剪影



圖 49 Acciona Energy 公司簡報



圖 50 Acciona Energy 控制中心顯示各陸域風場運轉發電即時數據

八、拜訪西門子歌美颯公司及參訪 Alaiz 風場、Sarriguren 控制中心

日期：7月24日

地點：西班牙潘普洛納(Pamplona)

(一)交流單位簡介

德國西門子集團(SIEMENS)與西班牙歌美颯(GAMESA)風電集團於2017年4月正式合併，總部位於西班牙薩穆迪奧(Zamudio)。兩公司於合併之前在臺灣皆深耕已久，西門子集團於臺灣主要業務為智慧系統服務、捷運系統服務、電力/電機系統服務等多樣化經營；歌美颯集團於臺灣深耕風電產業，早在2003年即設立辦公室開發臺灣風能潛力。

SIEMENS GAMESA(簡稱SGRE)為全球離岸風力機供應商，專職風力發電產業的研發、設計、製造、安裝及維護服務，員工達6000人，擁有陸域及離岸風場豐富的裝設經驗，其案場涉足世界各地。SIEMENS GAMESA在離岸風電總裝置容量已將近16GW，離岸風電主力產品為直驅式SG-8.0-167(8MW)、SWT-7.0-154(7MW)以及SWT-6.0-154(6MW)等機種。離岸風力機裝置實績包含歐洲11個國家共92座離岸風電廠，累計達4,149支離岸風力機，併網實績為15.78GW。

SIEMENS GAMESA為海洋風電一號風場(上緯公司)第二期計畫風力機供應商，預計2019年開始施工。2017年12月於台北設立亞太地區發展營運中心，做為中國以外之亞太地區離岸風場客戶服務及應變中心。2017年12月與臺灣港務公司(股)(簡稱TIPC)簽署合作備忘錄，以便未來成立碼頭組裝設施。現已與SGRE簽署MOU之單位與供應商為臺灣港務公司(2017年12月)、上緯(2018年2月)及永冠(2018年2月)。與臺灣港務公司合作之重要計畫為建立離岸風力機組裝及運輸碼頭，進而能深耕和投資臺灣離岸風電產業，未來演變成一風電工業園區，並同時培育在地人才。

(二)交流內容概要

本次與西班牙西門子歌美颯(SIEMENS GAMESA)公司之交流參訪，主要是參觀其位於西班牙潘普洛納之營運控制中心及風力機測試場。參觀當天首先抵達Alaiz風場，參觀SIEMENS GAMESA測試中之水泥塔架風力機，及具備減噪後緣裝置風力機葉片之安裝，之後前往Sarriguren控制中心參觀並作交流討論，該控制採輪班制進行24小時監控，控制中心隨時保持有三個操作員同時進行監控。

由於美國和西班牙風電價格為波動的，此中心可協助風場在最佳時間賣電，並依據供需預測曲線配合電力公司進行電力調度。參觀期間本局團隊詢問有關風力機採用水泥灌注成型塔架之原因，對方表示由於當地有許多陸域風力機安裝於山脊上，鋼製塔筒運送不便，故採用鋼筋混凝土塔架，於現場以水泥灌注製作之方式解決運送問題。

(三)交流議題

議題 1.臺灣離岸風場遴選及競價之結果已出爐，請問 SIEMENS GAMESA 目前接單狀況？

回覆：已於 2018 年 4 月與海洋風電公司(Formosa1)簽署風力機採購及維護保養合約，共 20 部 6MW 風力機，預計 2019 年施工。

議題 2.請問 SIEMENS GAMESA 針對臺灣離岸風電產業在地化之目標或相關建廠時程規劃？

回覆：為了離岸風電產業在地化，近年不遺餘力地開發其他台灣本土離岸風電供應商。目前已審定 16 間臺灣本土風力機零組件供應商，有中鋼機、銘榮元、中緯、永冠、源潤豐、先進複材、台達電、士林電機、華城電機、亞力電機、信邦、華新麗華、恒耀、春雨、東元、大同等。

(四)交流剪影



圖 51 風力機試驗場



圖 52 Alaiz風場進行風力機葉片吊裝



圖 53 Alaiz 風場待安裝之風力機葉片



圖 54 具減噪(音)功能之風力機葉片葉緣設計



圖 55 參訪團隊於風力機試驗場合影

九、拜訪西班牙馬德里 SGS 公司

日期：7 月 25 日 [三]

地點：西班牙馬德里

(一)交流單位簡介

SGS 集團為全球知名檢驗、測試、查證、驗證公司，該公司於全球擁有約 9,500 多名員工及擁有 2,400 多個辦事處及實驗室，SGS 在過去 10 年參與再生能源計畫協助不同專案執行調查、驗證及風力機試驗，其中參與協助海上風場開發的相關經歷達 35 件以上，為全球海上風電技術顧問市場的主要領導者之一。

SGS 整合集團國際資源，提供整合性的離岸風力服務，如專案驗證、技術盡職調查、財務盡職調查、風力機及葉片試驗以及相關重要零組件如基樁、電纜等之製造檢驗及產品查核。SGS 集團總部位於德國漢堡，為德國海事局認可的測試驗證機構。SGS 依據德國海事局標準執行海上風場驗證，依照相關技術指南提供海上風場場址評估、設計基礎等海上風場開發驗證、檢驗、測試等服務，以確保離岸風場建置安全性。

SGS 集團於西班牙設有風力機中心及 Global Wind Organization (GWO) 基本安全訓練中心，可提供相關海事作業安全訓練；於中國天津設有風力機葉片測試中心，該中心具有海上風力機整機測試技術，且擁有符合國際標準之風力機測試及驗證設備。SGS 擁有國際專業能力，提供風場專案驗證、風力機整機測試技術、GWO 基本安全訓練、風場基礎建設檢驗等服務，以確保離岸風場設置之安全性及可靠性。

(二)交流內容概要

本次與西班牙馬德里 SGS 公司之交流參訪，由西班牙再生項目管理處的處長 Alejandro Gonzalez Garcia 先生、再生能源工程驗證經理 Danial Arranz Muniz 及再生能源工程專案工程師 Jacobo Tevar 先生，進行接待及介紹 SGS 相關業務項目，並就再生能源風電項目所能提供之驗證技術服務及能量進行說明。

目前在德國北部和波羅的海海域正進行大規模風場開發，對於開發距離海岸 12 海哩以外之經濟海域風電項目，需接受德國 BSH 之官方批准才可進行。BSH 還要求開發過程需由驗證機構進行風場專案驗證，SGS 已參與其中 18 個德國離岸風場之驗證，目的在協助風場開發獲得 BSH 之核可。

SGS 於會議中分享其中位於北海之 Borkum West II(該風場於 2013 年更名為 Trianel Windpark Borkum)離岸風場案例，其水深介於 27~32 公尺，該風場共安裝 80 架風力機，總裝置容量為 400MW，預估每年發電量約 1,200 GWh，可供應約 25 萬戶家庭用電，減少約 70 萬公噸之碳排放量。該離岸風場 SGS 於 2008 年 5 月開始參與專案驗證，其中第一期 40 架總裝置容量 200MW 風力機安裝施工於 2014 年第 4 季完成，並順利於 2015 年 8 月電力併網，第二期 203MW 風力機目前施工中，預計 2019 年底完工。

SGS 將再生能源風能項目核心技術，依開發時程劃分為五階段，並提供下列驗證服務：

第一階段：風場開發調查探勘活動，其中潛在客戶主要為開發商，所需要之需求為離岸風場驗證及技術盡職調查；

第二階段：風場開發設計階段，提供給風場所有者、操作者或金融業者之服務，其中服務項目包含離岸風場專業驗證、盡職調查、風場施工/工程服務（含設計審查、施工監造、實驗室監督）、安裝及非破壞檢查、風力機葉片型式測試、零組件檢測驗證；

第三階段：風場開發製造端檢視服務，適用對象為開發商、製造商(OEM)、風場所有人或金融業者，服務項目也係包含離岸風場專業驗證、盡職調查、風場施工/工程服務（含設計審查、師工監造、實驗室監督）、安裝及非破壞檢查、風力機葉片型式測試、零組件檢測驗證；

第四階段：提供給風場所有人、金融業者及開發商，在施工及運轉期間服務，項目包含上述所有之服務；

第五階段：風場運維階段，此階段潛在客戶包含風場所有人、操作者及金融業者相關性服務，服務項目除了離岸風場專案驗證、盡職調查外，還提供風場延役(life time extension)計畫之服務。

(三)交流議題

議題 1.SGS 做為第三方檢測驗證單位，在風場專案驗證項目中，是否全部由自己執行？或是仍有外聘專家？或是組成委員會方式執行？

回覆：SGS 係以集結地質專家、結構專家及海洋工程專家共同組成團隊執行。

議題 2.SGS 在風電驗證業務上有何特殊之處？

回覆：SGS 表示其具備評估有關風場延役之能力，能滿足保險公司、利益相關者、運維公司及製造商對此項目服務之需求。此專案目的在於協助客戶面對發電量減少或壽命周期即將到期之風場評估其延役效益分析。

議題 3 西班牙 SGS 有多年陸上風力機的延役專案驗證評估經驗。請問 SGS 陸上風力機的延役專案驗證的管理機制？

回覆：每個延役專案都是各別案例，都要個別評估。每一個延役專案會有不同的驗證週期、延役期限。延役專案的驗證週期中，SGS 會安排必要之檢查與檢驗，以降低延役期間的運轉風險。據 SGS 表示，過去執行的陸上風力機的延役評估專案中，於延役期間並無重大問題發生。

議題 4 請問 SGS 是否有能力針對風力機之抗颶耐震設計執行專案驗證？

回覆：西班牙 SGS 表示，若有充足之風場風況量測數據及相關氣象資料，該公司有能力的就風力機抗颶設計進行驗證，另在耐震方面則因歐洲並地震危害，該公司目前並無相關經驗，惟依據 IEC 61400-1 標準風力機之設計要求，此部分應依當地法規要求執行驗證。

(四)交流剪影



圖 56 SGS 專家分享風場專案驗證過程



圖 57 與 SGS 就離岸風場專案驗證相關議題進行交流



圖 58 劉明忠局長致贈 SGS 總經理 Mr. Alejandro Gonzalez Garcia 紀念品



圖 59 參訪團與 SGS 人員合影留念

伍、心得與建議

1. 歐洲對於安全非常重視，參訪團開始會議之前一定會先以安全簡報開場，先告知訪客逃生路口及逃生集合點，進入不同廠區，亦會要求穿戴安全帽與安全鞋。參訪之工廠環境亦能維持整潔，危險區域皆會清楚標示，即便是室外場地亦會有相應標示。本次參訪期間所拜訪單位，皆有相關規範與程序，值得國內借鏡學習。
2. 於拜訪 NPI 期間曾談及國內離岸風電競價結果，並詢問其海龍二號及海龍三號風場分別僅以每度新臺幣 2.22 元及 2.50 元得標，價格是否偏低，NPI 表示係基於風場整體營運經濟規模考量，在遴選階段已獲核配容量及售電價格之利基下，並在前期風場如期完工併網發電之前提下，方能以如此低之價格進行風場開發營運。
3. NKT 依 IEC 62067 與 IEC 60840 等國際標準作為海纜測試方法，並參考 CIGRE 技術公報 (Technical Brochure) 自行開發其測試方法。有關海纜特殊測試，目前國際標準要求尚少，主要專業知識皆在製造商身上，故有關確認測試方式的合理性，為實驗室接受認證時的評鑑重點。
4. 歐洲對於海纜驗證之做法係由第三方檢測驗證機構，以監督試驗執行。另海纜測試設備投入甚高，加上巨型電纜盤運輸困難，故部分海纜測試由第三方機構進行測試驗證時，常需使用製造廠的廠內設備。
5. DNV-GL KEMA 強調商業競爭對測試品質的影響，特別是在電力領域之測試，受到亞洲低價競爭者的影響，顯見即使是第三方測試與驗證產業，也遭受市場競爭影響，其對驗證公正性與技術性之負面影響不容忽視，我國規劃第三方測試驗證制度時，對驗證市場的開放與競爭，須審慎規劃考量。
6. DNV-GL KEMA 的電纜耐壓測試場地，直接架設在運河邊，方便巨型電纜運送與直接在運裝船上測試。此種對大型受測物，特別是對測試環境要求不敏感的測試項目，歐洲對實驗室的環境的務實要求，與對測試評鑑時的彈性，值得我國參考。而國內在規劃海纜及其它大型風力機零組件國產化時，應將相關需求納入考量，以協助產業降低測試及運輸成本。
7. DNV-GL KEMA 在進行專案驗證時，原則不會採認其他驗證機構出具之測試報告或驗證證書，而是以 DNV-GL KEMA 相關單位出具之測試結果為主(部分需由廠商提供之資料除外)。
8. 丹麥能源局設計之驗證制度涵蓋整個風場生命週期，並涉及相關行業，營運商須通過 IEC 61400-22 之專案驗證，另外零組件供應商、風力機製造商須經過工廠檢查(ISO/IEC 17020 與 ISO 9001 管理系統驗證)，並要求第三方測試驗證單位須通過 ISO/IEC 17025 或 ISO/IEC 17065 的認證，風場維護商須通過 SO 9001 管理系統驗證等，而相關人員亦須接受相關訓練並取得相關證照，其嚴謹之管理制度規劃值得國內學習。

9. 丹麥有世界第一個離岸風力機的除役經驗，EGV 代表有提及風力機除役、維修、更換、與清除海面下基座與支撐結構之難處。國內雖剛起步推動離岸風電，但有關除役/延役評估制度的專案驗證與監督機制，可在規劃階段即加以考量，建立國內離岸風力機的除役/延役評估制度，避免重蹈國外之前規劃不足之處。
10. 參考丹麥能源局之經驗，國內未來規劃建立離岸風場專案驗證制度，除安全與供應鏈的品質考量之外，另一項重點應為透過專案驗證取得銀行業者之信任，建議可評估在離岸風場專案驗證中，加入 ISO 55000:2014 資產管理驗證，以確保離岸風場開發商之維護與運轉能力與財務健全能力。
11. 丹麥的離岸風場的管理制度，除 IEC61400-22 中提及的風力機的型式試驗與風場的專案驗證之外，丹麥能源局還額外制定特有的風力機性能提升/修改，以及更換風力機位置 (relocation) 與退役的管理制度與要求。建議可邀請 EGV 專家來台，詳細介紹丹麥對風力機相關管理制度與要求。
12. 全國認證基金會已規劃於今年 11 月邀請丹麥能源局官員來臺，請其就第三方檢測驗證方面相關之經驗與國內進行分享與交流，並有利於未來與我國在認證與驗證方面之合作。
13. 丹麥衍生出特有之風電顧問公司，用於協助製造商與風場開發商對應第三方專案驗證機構，其服務內容為收集並彙整專案驗證時，製造商與風場開發商應提供的相關文件，甚至進而協助製造商與風場開發商建立文件與資料管理系統，系統性地將專案驗證之必要文件整理歸檔，風電顧問公司還能協助執行部分運轉與維護的工作，未來離岸風電產業成熟後，將為此類顧問公司帶來商機。
14. 西班牙國家再生能源中心(CENER)的風力機機艙實驗室，主要提供風力機研發時使用，目前並無申請第三方認證。其測試方法，係由 CENER 參考國際論文期刊自行開發。但其量測設備，皆有送經認證之校正實驗室校正，以確認測試時的準確度與精密度。Nacelle 實驗室的業務量，100% 係用於協助風力機製造商，提供於研發階段的測試服務。建議國內可參考 CENER 經驗，與風力機製造商緊密合作，了解其測試驗證需求，開發適合臺灣地理氣候環境之風力機組。
15. CENER 的葉片測試實驗室，主要是提供商業葉片製造商測試，已通過西班牙國家認證委員會 ENAC 之認證，並依據 IEC 61400-23 測試。其中 80% 的測試需求，是來自確認葉片符合 IEC 61400-23 規範，並可通過風力機的型式試驗。20% 則是協助葉片製造商設計不同形狀、材質的葉片時的研發階段測試工作。目前對靜態測試與疲勞測試皆可執行。建議國內若欲建立葉片測試實驗室，可參考 CENER 經驗與風力機製造商緊密合作，了解其測試驗證需求。
16. SIEMENS GAMESA 表示其採取的供應鏈策略是盡量運用風場當地之產業，惟其供應鏈評估機制嚴謹，我國廠商若要成為其供應商，需符合其相關要求。建議可研究其供應鏈評估項目及要求，了解其對管理系統與人員制度等測試或驗證之規定，以思考可如何協

助我國廠商打入 SIEMENS GAMESA 供應鏈。

17. 丹麥、西班牙 SGS 有多年陸上風力機的延役專案驗證評估經驗。陸上風力機的延役專案驗證的驗證週期，延役期限，延役期間的維運與監督制度，SGS 皆有多年的實務經驗。目前對陸上風力機的延役評估，據 SGS 說法，過去執行的延役專案，於延役期間並無重大問題發生。離岸環境雖較陸上環境嚴苛，但我國在制定離岸風力機的延役評估制度時，仍可適當參考歐洲在陸上風力機之延役數據與經驗，建立相關專案驗證與監督機制。
18. 本次赴歐參訪就風力機抗颱風耐震設計驗證，詢問 SGS 是否具備相關驗證能力，SGS 表示若有充足之風場風況量測數據及相關氣象資料，該公司有能力的風力機抗颱風設計進行驗證，另在耐震方面則因歐洲並無地震危害，該公司目前並無相關經驗，而依據 IEC 標準之風力機設計要求，此部分應依當地法規要求執行驗證。顯見因應臺灣特有之地理環境，應儘速就風力機耐震要求訂定本土化要求，有鑑於此本局正積極辦理 CNS 15176-1「風力機—第 1 部：設計要求」修訂工作，並參考財團法人國家地震中心編擬之「台灣離岸風機支撐結構設計準則(草案)」，納入風力機耐震設計所需地質調查、震源危害評估及反應頻譜設計要求，預計可於今 10 月底前完成標準修訂作業。
19. 本次赴歐參訪，除由參與本局第三方檢測驗證計畫之專業法人隨行外，亦邀請國內風力機葉片及電力電纜製造商隨行，使國內廠商得以直接與驗證機構進行溝通與交流，並促成國內相關驗證法人與歐洲國際知名研究、驗證機構簽署合作備忘錄。藉由此次歐洲技術交流參訪，使本局及國內第三方檢測驗證法人對離岸風場開發所需之盡職調查、專案驗證、海事保證鑑定，以及維運策略等能有更深入之瞭解，對於後續國內離岸風電驗證技術發展及離岸風場驗證管理機制之籌劃助益良多。

六、附錄：參訪單位簡報資料

- (一)加拿大北陸電力公司(NPI)及 Nordsee One-332 MW 風場簡介
- (二)德國 NKT 海纜廠簡介
- (三)DNV-GL KEMA 電力測試實驗室簡介
- (四)丹麥科技大學 DTU 簡介
- (五)DTU 風力機結構、組件設計及大尺度測試試驗室簡介
- (六)DTU 結合動態測試及分析方法用於葉片創新設計之模型確效研究簡介
- (七)西班牙國家再生能源中心(CENER)簡介
- (八)西班牙馬德里 SGS 公司及其專案驗證服務內容簡介