

行政院及所屬各機關出國報告書

(出國類別：研習)

赴德國進行離岸風力發電技術研習
出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：江威君 專員

出國地區：德國

出國期間：101年6月23日至7月1日

報告期間：101年8月22日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴德國進行離岸風力發電技術研習出國報告

頁數 48 含附件：是 否

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

江威君/經濟部能源局/能源技術組/專員/(02) 27757619

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：101年6月23~7月1日

報告期間：101年8月25日

出國地區：德國布萊梅 (Germany)

分類號/關鍵詞：再生能源、離岸風力 (Renewable Energy、Offshore Wind)

內容摘要：

此次出國主要任務係參加經濟部101年度台德技術合作訓練計畫。研習期間為101年6月23~7月1日，進行德國離岸風力發電技術相關議題研習。

鑑於國際能源與環保議題日逾重要，全球均積極響應再生能源推動，作為因應氣候變遷的共同策略。同時，基於節能、減碳為當前我國政府的施政重點，爰本次台德技術合作訓練以離岸風力發電開發為重點，藉由德國交流推動經驗，作為後續研擬再生能源相關推動計畫參考。

由於國內缺乏離岸風力發電開發技術經驗，而歐洲風電先進國家如英國、德國、丹麥等均已發展先進海事工程技術，並累積豐富開發實務經驗。近年來離岸風力發電快速發展，因此經濟部能源局積極推

動我國與歐洲國家間之離岸風力發電國際合作與技術交流，並透過委託研究計畫積極加強與歐洲國家間之離岸風力發電技術交流，期能提升國內離岸風場之開發技術能量。

本次出國計畫即為汲取歐洲開發離岸風能及建置示範風場之成功經驗，並強化與國際具離岸風場實務開發經驗廠商間之交流，乃規劃參加 WINDFORCE 2012 商展暨研討會，以瞭解德國離岸風能產業之發展技術現況，做為臺灣建構離岸風力發電與建置離岸風場開發相關技術能量之參考。此研討會是德國國內風電產業之年度盛事，供應鏈各環節之主力廠商皆出席與會，故可藉此尋求國際技術交流的最佳平台，以瞭解德國之相關技術現況，做為臺灣推動離岸風力發電之參考。

目 次

一、 內容摘要.....	1
(一) 出國目的	1
(二) 行程紀要	1
二、 研習活動紀要	4
(一) 參訪 Luneort 離岸風能工業園區	4
(二) EnergieKontor 公司會談	11
(三) EnBW 公司會談	14
(四) 德國風能產業聯盟 WAB 會談	17
(五) 德國風能協會 BWE 會談	20
(六) 參加 WINDFORCE 2012 研討會	22
(七) wpd 公司會談	33
(八) Stiftung Offshore 離岸風能基金會面談	35
(九) WINDFORCE 2012 商展參訪	37
三、 本次研習具體成果	43
(一) 實地參訪德國離岸風力發電園區	43
(二) 參加 WINDFORCE 2012 研討會暨商展	43
(三) 與德國風電開發知名業者討論對談	44
四、 研習及考察心得	45
五、 檢討與建議	47

一、內容摘要

(一) 出國目的

鑑於國際能源與環保議題日逾重要，全球均積極響應再生能源推動，作為因應氣候變遷的共同策略。同時，基於節能、減碳為當前我國政府的施政重點，爰本次台德技術合作訓練以離岸風力發電開發為重點，藉由德國交流推動經驗，作為後續研擬再生能源相關推動計畫參考。

由於國內缺乏離岸風力發電開發技術經驗，而歐洲風電先進國家如英國、德國、丹麥等均已發展先進海事工程技術，並累積豐富開發實務經驗。近年來離岸風力發電快速發展，因此經濟部能源局積極推動我國與歐洲國家間之離岸風力發電國際合作與技術交流，並透過委託研究計畫積極加強與歐洲國家間之離岸風力發電技術交流，期能提升國內離岸風場之開發技術能量。

本次出國計畫即為汲取歐洲開發離岸風能及建置示範風場之成功經驗，並強化與國際具離岸風場實務開發經驗廠商間之交流，乃規劃參加 WINDFORCE 2012 商展暨研討會，以瞭解德國離岸風能產業之發展技術現況，做為臺灣建構離岸風力發電與建置離岸風場開發相關技術能量之參考。此研討會是德國國內風電產業之年度盛事，供應鏈各環節之主力廠商皆出席與會，故可藉此尋求國際技術交流的最佳平台，以瞭解德國之相關技術現況，做為臺灣推動離岸風力發電之參考。

(二) 行程紀要

本次出國行程主要與德國離岸風力發電供應鏈之重要廠商，包括開發商、供應商、海事工程業者等進行會談，以深入瞭解德國推動再生能源之政策與措施、推動現況、市場環境及技術發展；並實地參訪離岸風能工業園區。另本次出國最重要之任務為參加

「WINDFORCE 2012 研討會暨商展」，此會議由德國離岸風能產業協會 WAB 主辦，匯集德國及歐洲各大風電關鍵業者展出各公司最新技術或開發成果，同時透過研討會發表最新的離岸風場開發實績、技術突破或經驗累積心得等。本次出國之行程規劃如下：

日期	行程內容摘述
101/6/23 101/6/24	去程 (臺灣台北→法蘭克福→德國布萊梅)
101/6/25	參訪 Luneort 風能工業區，包括 AREVA 測試場、Borkum West II 離岸風場變電站、與 Nordsee Ost 海事工程港口等離岸工程
101/6/26	<ul style="list-style-type: none"> • 與 EnergieKontor 公司會談，以 Nordergründe 離岸示範風場與 Borkum West Riffgrund 商用離岸風場為例，討論離岸風場之開發維運與計畫管理 • 與 EnBW 公司會談，針對該公司開發德國首座商業規模離岸風場 Baltic I 為例，討論計畫管理與海事調度之實務經驗 • 參加 WINDFORCE 2012 商展，與 Menck GmbH、BTC Wind Farm Center、Vistal Gdynia S.A 等公司就開發商業規模離岸風場之計畫管理、海事工程與併網管理等規劃策略進行經驗交流與討論
101/6/27	<ul style="list-style-type: none"> • 與德國風能協會 BWE 會談，針對離岸風能產業與政府相關部會間協調溝通過程，討論相關實務案例之推動經驗 • 與德國風能產業聯盟 WAB 會談，針對離岸風能產業推動及風場開發相關議題吸取開發推動經驗 • 參加 WINDFORCE 2012 商展，與 Dieseko Group BV、Aon Risk Solutions、GustoMSC BV 等公司針對德國離岸風力發電產業之環境監測保育、融資與風險管理及工作船設計製造等發展現況進行經驗交流與討論
101/6/28	參加 WINDFORCE 2012 研討會，針對離岸風場電網併聯、保險與融資、海事工程、船隻調度與物流規劃等相關議題進行交流

101/6/29	<ul style="list-style-type: none"> • 與 wpd 公司會談，針對德國首座獲證之市民/社區離岸風場 Butendiek 之申設與開發經驗進行討論 • 與 Stiftung Offshore 離岸風能基金會面談，以德國首座離岸示範風場 Alpha Ventus 開發經驗為例，討論示範風場開發實務相關議題 • 參加 WINDFORCE 2012 商展，與 German Aerospace Center、DLR、Edwin Academy 等研究單位就離岸測試場與維運人員培訓等規劃進行經驗交流與討論
101/6/30 101/7/1	回程 (德國布萊梅→法蘭克福→臺灣台北)

二、研習活動紀要

(一) 參訪 Luneort 離岸風能工業園區

■ 日期：6 月 25 日（星期一）

■ 參訪行程：

本參訪行程為 WINDFORCE 2012 研討會主辦單位規劃之先導行程，在研討會正式開幕前為使參加者對德國離岸風力發電發展現況及技術水準有一初步了解，故規劃前往 Bremerhaven 港區之 Luneort 離岸風能工業園區進行參訪考察。因園區占地廣闊，故受限於時間本次僅能安排參訪 AREVA、WeserWind 以及 RWE 三家公司。

1. AREVA 離岸風力機測試廠

AREVA Wind 是法國 AREVA 集團的子公司。AREVA 原是法國核能電廠的開發與製造商，在 2007 年從 Prokon Nord Energiesysteme 公司取得 MultiBrid GmbH 公司 51 % 股份，成立 AREVA Wind，專門負責開發 5 MW 離岸專用風力機的風力機系統商。此外 AREVA 還透過轉投資 AREVA Blades 子公司進行葉片的開發與生產。AREVA Wind 總部就設在 Bremerhaven，至於 AREVA Blades 則在 Stade 市，與 Bremerhaven 相距不遠。

AREVA Wind 相當早投入德國離岸風能市場，德國首座離岸示範風場 Alpha Ventus 的 12 架風力機中有一半都是 AREVA Wind 的 M5000，目前 AREVA 在全歐洲已安裝及已簽約將安裝的風力機組總計約 120 架。AREVA 在 Alpha Ventus 的 6 架風力機屬於 M5000-116 型，亦即轉子直徑 116 m 的 5 MW 容量風力機。在 Alpha Ventus 測試過程中，由於商轉後短短幾個月內，其中兩架風力機的變速箱就出現嚴重的過熱問題，最後 AREVA Wind 甚至必須將六架風力機的機艙全部更換，造成相當可觀的維運成本上升。為避免類似事件再發生，AREVA 遂決定斥資 1,500 萬歐元在 Bremerhaven 建置全新的離岸風力機陸上測試場，確定風力機必須經

過穩定度及完整性測試之後，才能運到海上進行安裝。

基於商業機密考量，在測試場中參觀時 AREVA 並未開放訪客照相或攝影，也並未提供相關書面資料，故對於測試相關技術細節並無法獲得更進一步的資訊。然而，就現場觀察所得，AREVA 是採用對接直接驅動式的測試模組，針對完整組合後的機艙（包括發電機、轉換器、變壓器等子系統）進行長達 48 小時以上的連續運轉測試。根據現場解說得知經過陸上測試後再安裝的離岸風力機，確實在可用度及經濟風險上都獲得明顯改善，顯示陸上的測試場確有其必要性。



圖 1、AREVA 離岸風力機艙組件

2. WeserWind 鋼構基礎製造廠

WeserWind Innovations 公司是 2002 年由 Georgsmarienhütte Holding GmbH 及 Stahl-Service-Center Group GmbH 合資成立於 Bremen，之後又於 2005 年在 Bremerhaven 設立 WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte，專門負責離岸建築的相關工作。其主要業務包括生產製造離岸風力機的鋼構基座，目前以

tripod 形式為其主力產品。

在 2003 年的時候，由於預期到離岸風力發電的可觀商機，WeserWind 公司將原本位於 Bremen 的總部移到 Bremerhaven，以便善用其地理位置與深水港口的優勢條件。由於工廠就位於河岸邊，巨型鋼構在完工之後就可以立刻專船運送，不需長期佔據倉儲空間或耗費大量的陸上物流成本，因此 WeserWind 的離岸風力機基礎得以迅速以量產規模供應給德國的幾個主要離岸風場。例如 REpower 及 BARD 等都曾使用 WeserWind 公司出產的離岸基座。

WeserWind 位於港口碼頭邊的製造廠，由於工廠生產 tripod 基座的重量多高達數百噸以上，在廠房內使用吊車不符實用，因此 WeserWind 採用相對更簡單而更有效率的滑軌生產線系統，也就是原物料由工廠正門送入後逐一焊接組裝，並利用滑輪或推車等在軌道上逐步運送，完工後直接由後門送出，軌道延伸至岸邊以利基礎直接運送上船，整個工廠就是一條連續式生產線，可以持續生產離岸基座並即時利用水路運出，整體物流效率也隨之提高。

同樣基於商業機密的考量，WeserWind 工廠內並未開放攝錄影，然而後門外的露天儲存區因屬室外空間，則並未限制照相。WeserWind 廠房之規劃與巨型鋼構及運輸軌道等設計詳見圖 2 ~ 圖 4。



圖 2、WeserWind 鋼構基礎製造廠 (摘自 WeserWind 官網)



圖 3、WeserWind 倉儲區與 tripod 成品



圖 4、WeserWind 廠房內軌道直接延伸至岸邊俾利裝卸後船運

3. Nordsee Ost 離岸風場之海事工程港口及工程船

Nordsee Ost 即英文 North Sea East 之意，該離岸風場顧名思義位於北海東側的德國海域內，是 RWE 集團下 RWE Innogy 公司負責的離岸風場開發案，預計將採用 48 支 REpower 6.15 MW 風力機，總裝置容量達 295 MW，規劃於 2013 年完成商轉。

RWE Innogy 公司規劃採用 jacket-type 桁架式基礎，每座高達 50 m，重達 550 噸以上，以應付水深約 25 m 的場址，以及北海多變氣候的惡劣環境。目前首批基礎及兩艘安裝船 Victoria Mathias 與 Friedrich Ernestine 都已抵達 Bremerhaven 港(如圖 6 ~ 圖 7)開始準備。這兩艘安裝船屬於 RWE Innogy 公司，乃根據過去經營煤礦場的名稱而命名，以紀念 RWE 公司過去輝煌的採礦實績。

Nordsee Ost 是德國首批大型商用離岸風場之一，位於 Helgoland 東北方約 19 哩，原本由 Winkra Offshore Nordsee Planungs - und Betriebsgesellschaft 公司在 2000 年規劃，兩年後被荷蘭最大的能源公司 Essent 收購。之後 2009 年 Essent 又被德國的 RWE 公司併購，Nordsee Ost 離岸風場因此成為 RWE 集團子公司 RWE Innogy 的開發計畫。

德國離岸風場主管機關，亦即聯邦海事及水文地理局 (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH)，在 2004 年批准 Nordsee Ost 離岸風場計畫後，RWE Innogy 在 2005 年於 Amrumbank 設置測風塔以量測風波流等環境條件，俾供相關設計開發及營運規劃之參考。

聽取完 RWE 公司的風場開發規劃簡報後，參訪團隨即驅車前往港區進行實地參觀。本次參訪主要針對 Nordsee Ost 離岸風場的海事工程港口（如圖 5）、已運抵的四座 jacket 基礎、以及 Friedrich Ernestine 安裝船實地觀察。雖由於時間限制，無法實際登上安裝船近距離考察，但因各關鍵組件體積都相當龐大，因此在港區也可直接感受到離岸風場海事工程的技術難度與複雜性（如圖 8）。Nordsee Ost 離岸風場規劃將在 2012 年開始施工，預計 2013 年完工商轉，建造期間將以 Bremerhaven 作為單一的海事工程基地，至於商轉之後的運維工作則將以 Helgoland 作為後勤港口。



圖 5、Nordsee Ost 離岸風場海事工程港口鳥瞰



圖 6、Nordsee Ost 離岸風場使用之 Jacket 式基礎



圖 7、Nordsee Ost 離岸風場使用之施工船 Victoria Mathias (摘自 RWE Innogy 官網)



圖 8、Nordsee Ost 離岸風場使用之樁體與海事工程港口機具設備

(二) EnergieKontor 公司會談

- 日期：6 月 26 日（星期二）
- 與談對象：Sabrina Gulde / Project Coordinator

EnergieKontor 公司成立於 1990 年，在陸域已有 200 MW 以上的設置實績，之後跨足離岸風力發電開發，先後完成了 Nordergründe 離岸示範風場與 Borkum Riffgrund West 離岸商用風場（如圖 9）。由於示範風場及商用風場在計畫管理與施工策略上均需採取不同考量與策略，EnergieKontor 如何在過程中吸取經驗、並善用其既有優勢以提供大型開發計畫之利基等，都是臺灣離岸風場開發商可從中學習的寶貴知識。

Nordergründe 離岸示範風場位於 Wangerooge 西北方約 15 公里處，水深 4~14 m，風場面積約 3.7 km²，共設置 18 支 REpower 5 MW 風力機，總裝置容量達 90 MW。EnergieKontor 公司除擔任開發商之外，同時也是風場的擁有者。至於 Borkum Riffgrund West 離

岸商用風場則位於 Borkum 島西北方約 52 公里處，水深 30 m，風場面積約 30 km²，共設置 80 支風力機，總裝置容量達 400 MW。



圖 9、Nordergründe 與 Borkum Riffgrund West 離岸風場相對位置

由於兩座風場規模有明顯差異，開發目的也各不相同，因此在規劃、管理、物流、環評等各方面都分別需要不同的視角考量與推動策略。為針對其中差異與推動過程吸取經驗，因此分別就兩座風場之開發流程、遭遇問題等議題，向 EnergieKontor 公司代表請益。根據計畫經理 Sabrina Gulde 女士的說明，Nordergründe 是緊接著 Alpha Ventus 示範風場之後的開發案，但 Alpha Ventus 是由多家公司合資開發，Nordergründe 風場卻是由 EnergieKontor 獨立建置，因此遭遇挑戰及障礙相對也高出許多，在行政流程與海域土地取得過程中遭遇相當多的問題，皆須逐一加以排除。雖然 Nordergründe 風場還未正式完工商轉，但在開發申設過程中所獲得的經驗已經為後續 Borkum Riffgrund West 風場的開發工作避免許多不必要的浪費，同時節省了可觀的時間與金錢。

整體而言，EnergieKontor 公司相當肯定 Nordergründe 風場的必要性，雖然該公司在陸域已經有相當多的開發實績，但由於離岸風場開發涉及更多技術性問題，因此先透過示範計畫確認技術團隊的能力及可行性，之後再進行商用規模的風場開發，將有助於風險的管控，節省可觀的計畫管理成本。

此外，Sabrina Gulde 女士亦針對土地取得問題提供了寶貴的資訊：德國甫於本 (2012) 年初修訂離岸風力機相關法令“Seeanlagenverordnung” (Marine Facilities Ordinance，海事設施安裝條例)，主要針對離岸風場申設流程的相關規定，將舊版的多張證照改為新版的單一計畫審查，亦即賦予德國聯邦航運與航道測繪局 (BSH) 作為德國離岸風場的主管機關，專責審查離岸風力發電場之申請計畫，以及相關許可程序的管理。由於單一窗口一直是歐洲風電先進國家推動的目標，德國在相關法條的研擬規劃流程均值得作為我國未來政策推動的參考。

EnergieKontor 公司於本次 WINDFORCE 2012 商展亦設有攤位 (如圖 10)，前往參觀後得知，該公司雖然在德國境內目前就只有前述兩座離岸風場，但在其他歐洲國家如英國及葡萄牙等，亦設有分公司在當地進行風場開發，國際合作能量相當充沛，未來亦規劃在德國本地持續進行離岸開發。



圖 10、EnergieKontor 公司於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

(三) EnBW 公司會談

- 日期：6 月 26 日（星期二）
- 與談對象：Anne Charlotte Dücker / HSE Manager

EnBW 公司成立於 1997 年，是由 Baden-Württemberg, Badenwerk AG 及 Energieversorgung Schwaben AG (EVS) 兩家公司合併而成，之後又持續進行併購與擴張，目前已是德國最大的電力設備上市公司之一。EnBW 公司過去承包過多座蒸汽電廠、油氣電廠、核能電廠與水力電廠等建置工程，近年跨足再生能源領域，Baltic I 是其投資開發的首座離岸風力發電場，同時也是德國首座商業規模離岸風場。與前述 EnergieKontor 公司的策略不同，EnBW 公司首次轉型投資就直接進行大規模商用風場的開發，固然與其豐富的電廠設置經驗及集團規模有關，在計畫規劃的策略上必也有其不同的視野與考量，正可藉本次訪談機會，吸取其規劃經驗與推動理念，供政策推動及相關廠商投資之參考。

Baltic I 離岸風場位於德國波羅的海東部海域，距離

Darß/Zingst 半島約 16 公里（如圖 11），水深約 16~19 公尺，風場面積約 7 km²，共使用 21 支 Siemens SWT 2.3-93 風力機組，總裝置容量達 48.3 MW。風場於 2010 年 7 月開始施工，並於 2011 年 5 月正式完工商轉。

相較於洋流強勁的北海而言，波羅的海在性質上接近內海，故海況及波高相對平緩許多，但由於北大西洋暖流不易進入波羅的海，故冬天溫度也相對偏低，再加上波羅的海鹽度居全球海洋中最低，相當容易結冰，故德國東岸冰封期可長達 30~40 天，對風場設置與海事工程造成不同類型的阻礙。

基於商用風場的成本考量，Baltic I 離岸風場雖與 Alpha Ventus 計畫同樣使用離岸變電站（如圖 11），但並未如 Alpha Ventus 使用 jacket 基座支撐，而是改用單樁。由於風力機數量更多，變電站重達 900 噸，幾乎是一般離岸風力機的三倍左右，故使用單樁支撐相對造成技術上較困難的挑戰。Baltic I 離岸風場規劃使用直徑達 5.3 m 的單樁，樁體長 30 m、重 250 噸，以便提供變電站安全穩固的支撐。即使在技術上大幅提升，但 Baltic I 離岸風場的開發成本仍嚴謹控制在 2 億歐元左右，而裝置容量較少的 Alpha Ventus 風場開發成本反而高達 2.5 億歐元以上，由此即可明顯看出示範風場與商用風場最大的不同，除了實用性與效率外，主要還是會反映在開發成本上。

EnBW 公司於本次 WINDFORCE 2012 商展亦設有攤位（如圖 13），前往參觀後得知，除 Baltic I 離岸風場之外，EnBW 公司後續亦在德國海域規劃 Baltic II、EnBW He Dreiht、及 EnBW Hohe See 等多座離岸風場開發案，風場規模達 400 MW，且均已取得德國政府開發許可，近期內就將開始施工，由此可見 EnBW 公司未來亦將持續朝再生能源發電業者的方向轉型。

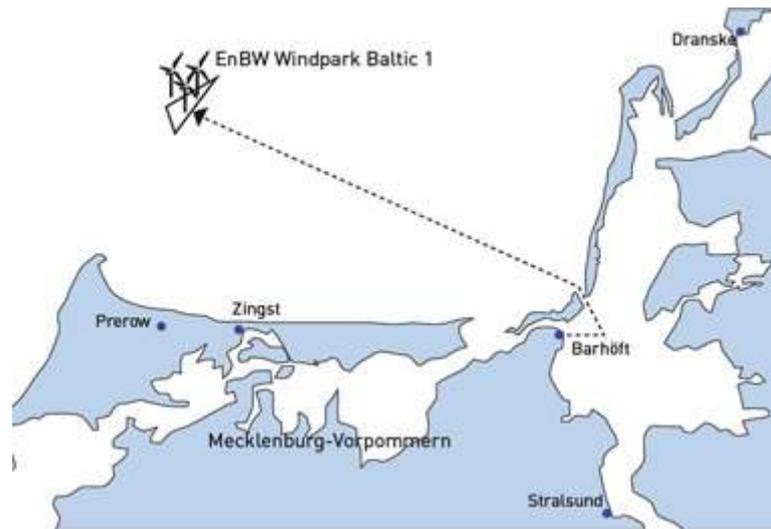


圖 11、Baltic I 離岸風場相對位置 (摘自官方網站)



圖 12、Baltic I 離岸風場實景 (摘自德國 techfieber 網站)



圖 13、EnBW 公司於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

(四) 德國風能產業聯盟 WAB 會談

- 日期：6 月 27 日（星期三）
- 與談對象：Ronny Meyer / Managing Director

WAB (Windenergie Agentur Bremerhaven/Bremen) 是德國西北部沿海區域離岸風能相關業者所組成的產業聯盟，涵蓋研發、製造、安裝及運維等離岸風能產業，目前已有超過 350 家以上的會員加入，是德國最大的離岸風力發電產業聯盟。WAB 同時也是本次 WINDFORCE 2012 研討會暨商展的主辦單位，對於整合業界能量、為產業發聲並積極創造離岸商機有相當豐富的經驗。

德國目前離岸風能開發僅次於英國，並且聯邦政府以相對更穩健謹慎的態度進行推動與開發，因此產業聯盟的整合力量相對顯得更為重要。本次參訪主要是針對 WAB 推動德國離岸風能產業的過程，交流過去所遭遇的挑戰、困難與解決方式。

WAB 與地方政府，亦即 Bremen 州政府長期維持良好的合作關

係與溝通管道，以利於即時替產業發聲，作為業者與政府之間的溝通平台。由於離岸風能可說是 Bremen 及 Bremerhaven 的經濟命脈，WAB 亦接受 Bremen 州政府的補助，可見當地地方政府對相關產業的重視。WAB 同時也是第一個獲聯邦政府頒發 Kompetenznetze Deutschland（德國專家協會）資格的風能聯盟，以彰顯其推動產業創新的成就。

根據 WAB 的執行長 Ronny Meyer 的解說，WAB 的主要業務包括：

- 德國離岸風能開發
- 德國西北部地區的風能推動與更新 (repowering)
- 促進業界與研究單位的合作
- 提供風能產業專家與經理人訓練
- 聯盟成員的國內與國際業務代表
- 協助推動風能產業相關政策制定
- 為陸域及離岸風能創造市場商機

WAB 同時也在其他風能產業聯盟中代表其會員發聲，這些聯盟包括：

- 德國風能協會 (BWE)
- 歐洲風能協會 (EWEA)
- 再生能源訓練中心 (BZEE)
- 離岸風能基金會

WAB 提供會員的服務主要包括：

- 舉辦年度 WINDFORCE 研討會
- 於相關國內外商展中提供會員聯合攤位
- 定期舉辦相關風能推動活動、座談會、工作小組、國內外考察等
- 每兩個月定期舉辦風能產業聯誼會
- 接待國際風能產業外賓

- 相關學術研討、公關活動、技術研究與訓練計畫等
- 每兩個月發行雙語會刊
- 促進產業活動商機與業界夥伴媒合

WAB 公司是本次 WINDFORCE 2012 商展主辦單位，其攤位設於展場中心，以貨櫃屋及貨運木箱為攤位主題，象徵其引領傳統逐步創新的使命（如圖 15）。WINDFORCE 2012 已是德國風能產業最重要的風能盛事之一，未來四年內的研討會暨商展日期也都已經敲定並進行先期籌備，在 WAB 攤位不時可看到媒體記者或是國際團體前來拜會訪談，顯見 WAB 將會是德國未來離岸風能市場的樞紐與焦點。



圖 14、Bremen 州政府補助舉辦 WINDFORCE 研討會暨商展



圖 15、WAB 於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

(五) 德國風能協會 BWE 會談

- 日期：6 月 27 日（星期三）
- 與談對象：
 1. Georg Schroth / Policy Department
 2. Birgit Jensen / Public Relations

BWE (Bundesverband WindEnergie) 即德國風能協會，成立於 1996 年，是德國歷史最悠久，同時也是全球規模最龐大的風能產業聯盟之一。BWE 早期主要以推動德國陸域風力發電為主，會員超過 20,000 家，其主要成員同時也是歐洲風能協會 (European Wind Energy Association, EWEA)、全球風能協會 (Global Wind Energy Council, GWEC) 及世界風能協會 (World Wind Energy Association, WWEA) 等重要風能聯盟的會員，因此得以順利推行德國的躉售電價制度 (Feed-in Tariff, FIT)，甚至將其擴展到歐洲其他國家應用。

德國近年來風電發展同樣遇到跟臺灣類似的問題，也就是陸域風場土地幾已開發殆盡，各開發商不得不積極朝離岸發展，而原本以

陸域風電見長的 BWE 也因此轉型朝向離岸風力發電的產業推動進行發展，所以也與原本就以離岸產業為主的 WAB 產生了一定程度的業務重疊與競爭，惟雙方均以產業推動為主要目標，因此並未將對方定義為競爭對手，而是在良性互動的原則共同努力合作，逐步推動德國的風電發展。

根據 BWE 代表 Birgit Jensen 女士的解說，BWE 主要任務是提供會員以下的風能相關服務，包括：

- 常駐柏林與布魯塞爾，在政策擬定過程中代表產業發聲
- 風能產業公關業務
- 協助德國再生能源法案 (EEG) 之推動
- 在傳統能源產業相關會議場合代表新能源產業發聲
- 與國內外相關聯盟或協會維持聯繫，並交流發展推動構想
- 定期舉辦產業活動，例如研討會、座談會等
- 相關產業研究資料之出版發行

BWE 總部位於首都 Berlin，因此在定位上也與區域色彩鮮明的 WAB 有所差別。BWE 的策略擬定與業務執行均以全國風能產業之需求與均衡發展為考量，其組織中政策、公關、技術與法規等部門均與全國各相關產業保持密切關係，並以推廣國內產業進入全球市場為策略目標。身為全球再生能源領域最大的產業協會，BWE 協助將德國成功推動 FIT 制度的經驗推廣到西班牙及法國等 45 個國家，而亞洲的日本、南韓與中國大陸等國也都對德國的發展歷程保持相當濃厚的興趣，希能透過 BWE 進行技術交流與經驗分享，以供政策推動之參考。

BWE 公司於本次 WINDFORCE 2012 商展所設置的攤位就正好在 WAB 正對面，只是攤位面積相對小了許多，多少正反映出兩者在德國境內一南一北各自雄踞一方、亦友亦敵互相激勵競爭，同時在能源發展趨勢與產業實力上分別互有消長之微妙關係。

基於 BWE 的長期經營與悠久歷史，其所累積的技術資料相當可觀，每月定期推出的各項出版品也相當豐富，而且各種國內外風

能產業趨勢資訊及相關統計資料等均可透過其官方網站 (<http://www.wind-energie.de>) 下載，相較於後起之秀的 WAB 而言，其豐富推動經驗與為數龐大的會員夥伴，可能是 BWE 進行產業推動時的重大優勢，同時也是能否成功轉型進入離岸風能市場的重要關鍵。

(六) 參加 WINDFORCE 2012 研討會

■ 日期：6 月 28 日 (星期四)

■ 參加場次：

Session E: Offshore financing

1. Financial risk mitigation for investors/ GL Garrad Hassan, General Manager, Dr Helmut Klug
2. Who is going to invest?/ The Boston Consulting Group, Principal, Dr Gunar Hering
3. Topics for German utilities when assessing investments in OFF-shore/ BET Office of Energy and Engineering Ltd., Dr Petr Svoboda
4. Costs, savings and risks/UniCredit Bank, Director, Brad McAboy
5. Recent trends in the financing of offshore wind farms/Green Giraffe Energy Bankers, Managing Director, Dr. Jerome Guillet, F
6. Impact of Offshore Requirements/Deutsche Offshore Consult, Managing Director, Oliver Spalthoff

Session F: Offshore Logistics

1. Safe navigation on marine shipping routes to wind farms at sea / Waterways and Shipping Directorate Northwest, President, Klaus Frerichs
2. Innovative logistical plans as a competitive advantage / BLD Logistics – WindEnergy Logistics, Managing Director, Andreas

Wellbrock

3. Offshore logistics from the operator's point of view / EnBW Erneuerbare Energien, Team Manager Engineering Wind Offshore, Wind Turbine Technology & Installation, Dirk Dollmann
4. What logistical services can learn from offshore logistics / Logistik Service Agentur, Managing Director, Roger Heidmann
5. Supply chain management for offshore wind farms: A special focus on the challenges of customs clearance and consultancy / Kuehne+Nagel, Manager, Offshore Logistics, Robert M. Instinsky
6. Constructing the BARD Offshore 1 wind farm: Logistical experience / BARD Logistik, Managing Director, Michael Finnern

Session G: Offshore Special Ships

1. IMO Proposal: Explanation of the German initiative at the IMO to ensure uniform international safety standards for personnel transfer ships and service vessels / German Shipowners' Association (VDR), Marine Director, Wolfgang Hintzsche
2. First steps towards industrialization of the offshore wind installation market / HGO InfraSea Solutions, Managing Director, Dr-Ing Carsten Heymann
3. Accessing offshore turbines safely: Siemens' approach / Siemens Wind Power A/S, Head of Siemens Energy Service Wind Offshore, Ken Soerensen
4. Multipurpose vs. specialised offshore vessels: A naval architectural view of different concepts / Bremen University of Applied Sciences, Head/Professor department for shipbuilding

and marine engineering, Prof. Dr-Ing Hans Gudenschwager

5. Installation and maintenance vessels: Still a bottleneck or can we expect tonnage oversupply? / GERMAN RENEWABLE SHIPBROKERS, Managing Director, Philippe Schnabel

WINDFORCE WAB Offshore 研討會每年均於德國北部舉辦，主要以離岸風能開發為主題，邀集產學界專家先進與會討論。2005 年舉辦 WINDFORCE 第一屆研討會時僅約有 200 人參加，但今年第八屆時已成長為全德國最大的工業界盛會。WINDFORCE 研討會可說正見證了德國離岸風力發電業的成長。此外，今年首度規劃一同舉辦商展，共有超過 250 家廠商參與展出，配合超過五十場的演說發表，在在顯示出德國工業對離岸風力發電產業之重視，以及產官學研群策群力的熱絡氣氛。



圖 16、WINDFORCE 2012 研討會場入口廣場及離岸風場專用直昇機



圖 17、德國布萊梅鳥瞰圖（摘自 windforce2012 專屬網站）



圖 18、WINDFORCE 2012 研討會會場（摘自 windforce2012 官網）

以下僅分別對離岸的物流規劃，以及特殊工程船的設計分析各議程討論之重點摘錄與心得討論分述如下：

- Offshore Logistics 離岸物流管理

本議程主要針對離岸風場建置過程中的物流供應與管理進行深入討論，其中許多構想意見都相當值得臺灣離岸風力發電相關海事工程業之參考，尤其是 BLG Logistics 公司對巨

型鋼構件的物流管理，與 Bremerhaven 專用碼頭進行整體規劃後，以相當具創意而且又能大幅提升效率的方式加以改良，令人耳目一新。

BLG 物流集團成立於 1877 年，是政府全資擁有的港口運營商，集團總部位於德國的不來梅市，旗下業務涵蓋從整車物流，汽車零配件物流，集裝箱運輸，港口運營等多項服務，集團在歐洲擁有完善的港口、鐵路、卡車及內河渡輪網絡，同時在非洲、南北美洲、亞洲也設有業務機構，集團的年營運收入超過 10 億歐元。

如同之前在 Bremerhaven 港口實際參訪 WeserWind 公司製作 tripod 鋼構基礎所觀察到的模式，由於巨型鋼構件重達 550 噸，調用吊車費時且昂貴，因此 BLG Logistics 公司配合 WeserWind 廠房的軌道設備，訂製了設有同樣軌距的駁船，且船頭亦經特殊設計，可與碼頭緊密連接，故基座完工由工廠軌道推出後，就可直接運送上駁船（如圖 19），雖然改裝駁船確實需要額外增加成本，但新提案完全不需吊裝，且完全在地面運送，不但所需資源大幅降低、物流效率提高，同時也更具安全性，與傳統常用的運送方式相比，顯然是相當大膽具有創意的解決方案，而且從經濟規模的角度分析，改裝駁船的成本回收相當迅速，是相當具有商業競爭潛力的設計。



圖 19、BLG Logistics 規劃之創意物流提案（圖片摘自 offshoreWIND.biz 網站）



圖 20、BLG Logistics 研討會簡報展示以軌道及特製推車運送 tripod 基礎

雖然 BLG Logistics 公司是整體性的物流業者，但對離

岸風能也投注相當大的資源進行開發，並特別在 Bremerhaven 的 Speckenbüttel 物流中心內設置了 BLG 自有的專屬風能物流中心（如圖 21），專門針對各種離岸風力機關鍵零組件規劃倉儲管理設備，可處理重達 70 噸的風力機零件。該風能物流中心的服務項目涵蓋包裝、組裝、品管、貨櫃裝箱等，未來將以 Bremerhaven 為服務基地，為離岸風能產業提供整體的物流方案規劃。



圖 21、BLG 風能物流中心（圖片摘自 BLG 官網）

■ Offshore Special Ships 特殊施工船

由於離岸風場之海事工程需盡量減少施工時間以提升效率，故各種根據需求而改裝的特殊施工船就隨之應運而生，各自分工合作，以針對裝載、拖運、打樁、吊裝、施工、維運等不同需求，各自提供模組化功能，以達到平行時間處理的高效率施工管理。然而，業界普遍存在的迷思就是，究竟單一功能的施工船與多功能海事工程平台相比，何者才能真

正降低風場開發成本？本議程集合多位海事工程業者及學界專家，分別就各自領域所累積經驗提供分享討論。

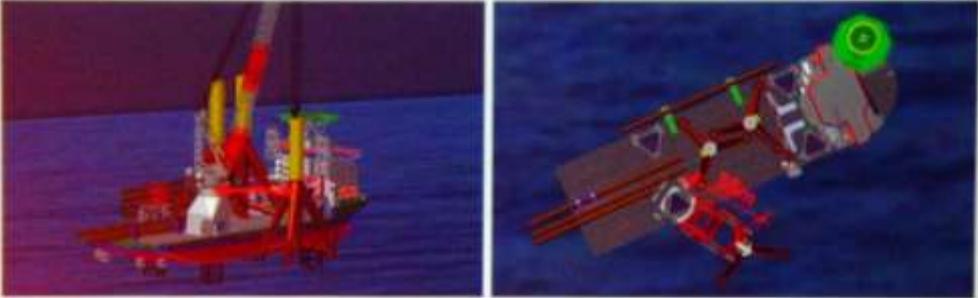
在海事工程產業中，目前只有很少比例的工程船是根據專屬的使用目的及需求而特別建造的，大多仍是以既有船隻加以改裝以降低開發成本。然而，由於這樣的船隻在安全與施工環境等層面均缺乏國際規範或準則，導致在施工安全機制上衍生出相當複雜的變化，反而又增加了其他管理方面的成本支出，有時當意外發生造成傷亡，反而更得不償失。

若先從主管機關的角度來看，船隊、船廠以及氣候變遷都是基於全球考量的產業或議題，因此必須由制定國際標準的角度來確保相關產業的正常穩定成長，以及相關市場的正常均衡發展。其次，從政府整體執政的立場，在開發再生能源的同時，也需確實善盡環境保育的職責。最後，從業界的立場考量，則因船廠營運攸關全球離岸風能市場發展趨勢，故需要法規政策維持永續及穩定性，俾能長遠支持其投資規劃與創新研發。

Challenge 1 – Tripod Installation
Required Crane Capacity - Ensuring installation of Heavy Foundations

HGO
Power of Performance

> The majority of installation vessels are equipped with too low crane capacity



Crane-Axis – Foundation-Axis: ~ 35 m

> Only due to high crane capacity of INNOVATION (1.500 t@31,5m) the heavy tripods can be handled safely!

圖 22、HGO InfraSea Solutions 研討會簡報展示目前施工船普遍吊裝能力不足

Challenge 2 – Port Handling
Demands on Ports

HGO
Power of Performance

> Port accessibility	Width: min. 50 m Height: min. 90 – 100 m
> Demand for berth:	Ca. 200 m x 60 m
> Jack-up ability at the quay:	Admissible soil pressure approx. 100 -120 t/m ²
> Cargo operation shore ship:	Admissible traffic load on quay approx. 20 t / m ²
> Water depth (draft):	9-10 m
> Crane capacity on the quay:	Needs to be designed for heavy installation components

圖 23、HGO InfraSea Solutions 研討會簡報展示離岸碼頭之建議規格

根據 HGO InfraSea Solutions 公司的整理歸納，目前離岸風場開發所需之施工船還有許多等待改善的問題及進步的空間，同時離岸園區、專用港口及施工碼頭等基礎建設也亟待

建置規劃（如圖 與圖 ）。因此未來相關單位進行開發時應考慮以下關鍵議題：

- 離岸風場之建置流程應持續強化其「可預測性」以及「執行效率」
- 透過標準化及產能優化，促進產業成熟問定
- 離岸風場建置是否能順利完工，主要取決於「有力」的安裝船

此外，本議題亦與前一場的物流議題相互呼應，離岸風場物流必須有適當的船艦支援，因此 Siemens 公司也針對相關議題提出該公司對特殊工程船規劃的分析（圖 ）。

最後，Hochschule Bremen 公司對多功能施工船及單一功能施工船之間的差異及優缺點作一綜合比較（圖 及圖），為本議程作一收尾。總結而言，該公司根據其技術觀點角度出發，整理多功能施工船的優缺點如下：

- 使用彈性較高：亦可供載貨及其他運維作業之跨產業使用
- 船艦空間較大：輪機室、燃油槽及船員艙間都必須隨之加大
- 重量大幅提升：因必須配合尺寸、動力等規格要求
- 物流供應效率較高：尺寸、動力等規格提升故效能改善
- 機動性及操控性相對較差：因重量及尺寸造成之限制

由此看來多功能施工船及單一功能施工船究竟孰優孰劣仍難定論，主要由於各風場及各開發商規劃不同，各風場環境及施工條件也各不一樣，未可一概而論。未來仍須就全球各離岸風場開發計畫持續追蹤觀察，以確實掌握市場動向。

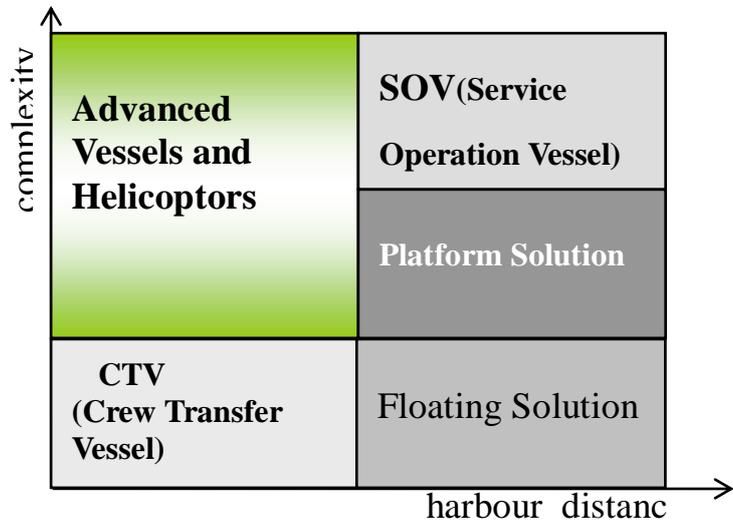


圖 24、Siemens 公司對物流與天氣預報及離岸距離等關鍵因素之分析

Offshore Vessel: Effect of Ship Type

	Multipurpose Vessel	Specialised Vessel
Payload	Large range, flexible	Narrow range, fits to point
Supplies	Due to propulsion power: increased volume and weight	Optimised: small volume and weight
Arrangement	<ul style="list-style-type: none"> • Best compromise • flexible • increased volume • Power • Component size increasing 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimised • Minimized volume • Low flexibility
Displacement, Form	<ul style="list-style-type: none"> • too big due to compromise • Stability decreasing due to size 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimized form • Adapted stability
Propulsion Power	<ul style="list-style-type: none"> • Increased due to size • Transit • Manoeuvrability / DP 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimized • Form adjusted to specialised purpose

Prof. Dr. Gudenschwager

圖 25、Hochschule Bremen 公司分析多功能施工船與單一功能船之優劣比較（之一）

Offshore Vessel: Effect of Ship Type

	Multipurpose Vessel	Specialised Vessel
Steel Weight 	<ul style="list-style-type: none"> Increased number of structural parts higher, varying loads 	Due to rules lightest structure
Machinery Weight 	Increased due to increasing power demand	Due to requirements and size lowest power demand
Outfitting Weight 	<ul style="list-style-type: none"> Increasing due to size Distribution of weights not optimal 	Optimised components due to requirements and size
Accommodation Weight 	<ul style="list-style-type: none"> Increasing size of ship needs additional accomodation not an important weight part 	Optimised size of accomodation



Prof. Dr. Gudenschwager



圖 26、Hochschule Bremen 公司分析多功能施工船與單一功能船之優劣比較（之二）

（七）wpd 公司會談

■ 日期：6 月 29 日（星期五）

■ 與談對象：

1. Dr. Jochen Dirksmeyer / Project Manager Offshore
2. Till von Petersdorff / Project Manager

由於民眾觀感直接影響到風場開發是否能順利推動，因此如何宣導並改變一般民眾對風力發電的看法，是風場推動相當重要的一環。事實上，因為風場開發對全球氣候有保護作用，同時也對鄰近社區提供加值效應，因此若能由此為利基，吸引在地民眾成為風場開發的一部分，或許就能成功化阻力為助力，扭轉一般民眾的抗爭態度。

而社區風場 (community wind farm) 就是基於此一理念而產生的

新風場開發模式，利用民眾入股、獲利共享等回饋方式，讓當地居民成為風場擁有者之一，共同參與營運決策，以便促成互信互利、共生共榮的經營模式。在德國已經有數十萬人加入陸域社區風場的理念，其生產電力甚至高達全國總生產電力的 8 %。

延續此一理念，Butendiek 則是德國首座，很可能也是唯一的離岸社區風場。由於原本負責開發風場的 Butendiek Offshore Windpark Holding GmbH 公司已經被 wpd 集團併購，故本次會談遂直接與 wpd 公司相關單位聯繫訪談。經過 Dr. Jochen Dirksmeyer 與 Till von Petersdorff 兩位計畫團隊經理對談溝通後，得知 Butendiek 社區風場由於財務上的考量，已經放棄原本以社區風場推動的理想，可說相當遺憾。

Dr. Jochen Dirksmeyer 進一步指出，由於德國對於海域環境的規範日漸嚴苛，迫使離岸風場必須朝向深海發展，導致離岸風場開發的風險相對提高，不但成本及經濟規模相當龐大，計畫管理的難度也高出許多，故已遠超出一般單純的社區集資模式可以掌控的範圍。

由此可知，離岸風場規模的成長速度已遠超過陸域的發展模式，由於海域並沒有地形地貌的限制，唯一影響風場規模的就只有資金成本與計畫管理能力而已。當離岸風場朝向深海發展成為趨勢，所謂的當地居民或社區的概念也就相對較不明顯，可推斷離岸社區風場的模式與全球市場發展趨勢並不相符，故雖然概念相當理想，但在實際推行上仍有需要調整改良之處。

wpd 集團於本次 WINDFORCE 2012 商展同樣設有攤位（如圖）。該集團規模相當龐大，業務範圍涵蓋計畫推動、計畫管理、商務模式、財務建議、業務投資與技術諮詢等等，離岸風場開發並非其集團發展主力。Butendiek 風場轉型為一般商務風場之後成為一般的離岸開發案件，已不具指標意義或獨特性，故也不再受 wpd 公司重視。由此可見好的經營理念仍需要時間環境市場等各項條件配合，才有順利開展的可能。



圖 27、wpd 集團於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

(八) Stiftung Offshore 離岸風能基金會面談

- 日期：6 月 29 日（星期五）
- 與談對象：Christina Albrecht / Assistentin der Geschäftsführung

Stiftung Offshore Windenergie，又稱 German Offshore Wind Energy Foundation（德國離岸風能基金會），可說代表了德國推動離岸風力發電開發最重要的基礎－Alpha Ventus 風場。Stiftung 基金會由德國聯邦環境、自然保育及核能安全部（Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU）在 2005 年規劃促成，是一個無黨派的獨立國家機構，其主要任務是要加強德國離岸風能的應用，並加強歐洲環境和氣候保護的利益，以促進其發展。

在 Alpha Ventus 離岸風場的開發過程中，開發商雖然是由各財團合資成立的 DOTI 公司擔任，但 Stiftung 基金會也扮演著規範和推動的重要角色，並在商轉後擔任營運者的工作。Stiftung 基金會主

要是由以下單位代表組成：

- 聯邦及州政府各公部門及相關部會
- 貿易組織及地區風能團體協會
- 風力機製造商、關鍵零組件供應商及服務供應商等業者
- 電力公司及離岸風能開發商
- 銀行及保險業者

而 Stiftung 基金會的主要任務包括：

- 為德國離岸風能推動發聲
- 產官學研的知識溝通平台
- 協助排除推動障礙之公關與媒合工作
- 協助進行技術研發相關工作

Stiftung 基金會成功推動 Alpha Ventus 建置的經驗奠定了該機構在德國甚至歐洲離岸風能市場的關鍵地位，而該基金會除了 Alpha Ventus 風場之外，也持續投入許多其他離岸風能開發的相關計畫，例如研究施工減噪的 ESRA 計畫，以及規劃離岸電網擴展規劃的 OffWEA 計畫等等，以配合德國政府推動離岸風力發電的政策執行。

Stiftung 基金會於本次 WINDFORCE 2012 商展設有攤位（如圖），展示該基金會的主要任務及過去推動成果。雖然 Alpha Ventus 離岸風場的開發已經暫告一段落，但未來德國還有 2030 年風力達到 50 % 占比，相當於約 25 GW 裝置容量的政策目標亟待推動。未來 Stiftung 也將持續配合 BSH 與 BMU 等相關單位的推動策略，持續執行離岸風場基礎建設之設置與規劃。



圖 28、Stiftung 基金會於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

(九) WINDFORCE 2012 商展參訪

■ 日期：6 月 26~29 日

■ 訪談對象：

1. Jeremy Tygielski / Director of Marketing, Menck GmbH
2. Joachim Klinke / Product Manager, BTC Wind Farm Center
3. Jacek Wenta / Project Sales Manager, Vistal Gdynia S.A.
4. Pawel Matuszko / Sales Director South, Vistal Gdynia S.A.
5. Herald Wattenberg / Sales Director, Dieseko Group BV
6. Gemma Avey / Special Agent / Aon Risk Solutions
7. Thomas Lerchenmüller / Project Manager / GustoMSC BV
8. Jan Mark Meeuwisse / Sales Manager / GustoMSC BV
9. Manfred Imiela / Engineer, German Aerospace Center, DLR
10. Kerstin Meyer / Product Manager / Edwin Academy

本次 WINDFORCE 2012 商展雖為首次舉辦，但已有逾 250 家風電相關產商踴躍參展，除德國本土廠商外，也不乏國際廠商參與，如蘇格蘭離岸風能聯盟特別組團參展並成立蘇格蘭專區，另如英國、丹麥等離岸風力發電新進國家均有代表參與，值得注意的是連中國大陸亦有廠商遠道前來參展，顯見離岸風力發電不但是國際能源趨勢，同時德國也己成為相關產業矚目的焦點之一，其產業鏈雖不及英國強勢，但其自給自足穩扎穩打的策略仍值得學習參考。

本屆商展共展出四天，藉這次參訪機會，分別與離岸風力發電相關供應商進行近距離接觸對談，以深入了解德國離岸風力發電產業服務供應商之市場條件、技術現況、開發實績與未來發展趨勢等。以下分別說明訪談廠商之討論重點：

- Menck GmbH

Menck 公司主要生產高規格的深海鑽床設備，同時也提供技術服務。利用該公司特製的液壓打樁設備（如圖），不論在油氣業或是離岸海事工程業都有相當豐富的實績與市占率。

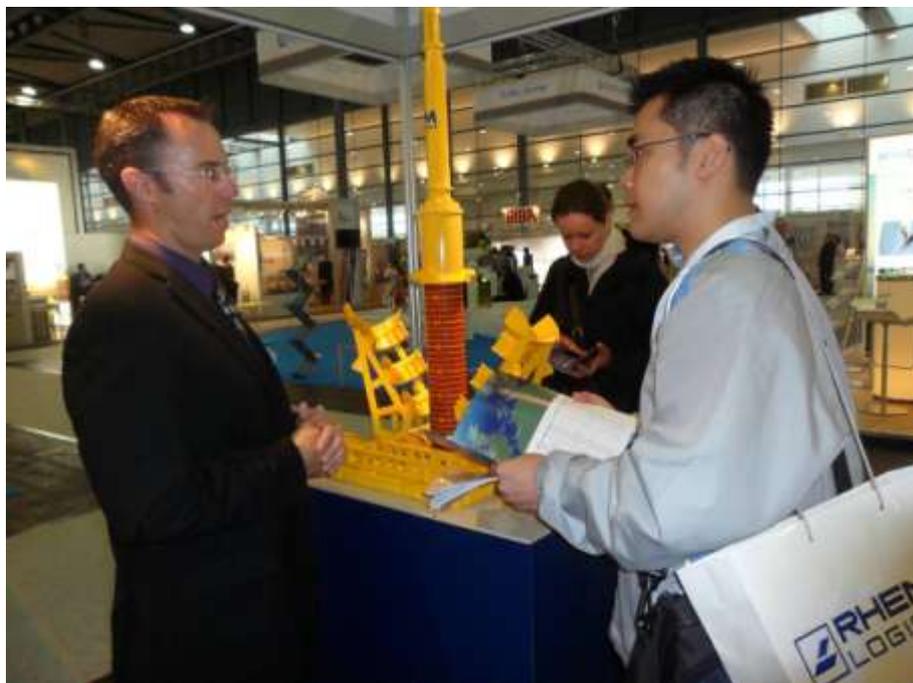


圖 29、Menck 公司展示特製液壓打樁機具工作原理

- BTC Wind Farm Center

BTC 公司主要生產離岸風場營運所需之控制器及管理軟體系統 (BTC Wind Farm Center)。透過該公司長久建置累積的數學模型、觀測資料及預測系統，可以對風場進行更有效率的遠距管理。



圖 30、BTC 公司於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

- Vistal Gdynia S.A.

Vistal Capital 集團以其二十多年的營運經驗，提供各種鋼結構的設計製造服務，包括生產、組裝、防蝕、維護、測試等等。此外 Vistal 公司也正投入浮式離岸風力機的研發工作，相當具有企圖心。Vistal Gdynia 則是主要負責風場的開發、營運、規劃、管理、融資等等工作，在波蘭、英國等地也有相當多的開發計畫。

- Dieseko Group BV

Dieseko 是 Piling & Vibro Equipment (PVE) 以及 International Construction Equipment (ICE) 兩家公司合併而成的集團夥伴，主要生產高頻可變扭矩的水力振動器，以及其他多種鑽孔打樁設備等。本次在 WINDFORCE 2012 參展主要為展示該公司最新的減噪鑽頭，透過打樁是與鑽頭式的兩種機具結合，可提供安靜無聲且迅速有效的打樁服務。

- Aon Risk Solutions

風險及融資也是風場開發相當重要的一環，因此專精工程風險評估的 Aon 也參加了本次商展，並展示該公司在風場開發風險評估各方面的經驗與提供服務項目等。

- GustoMSC BV

GustoMSC 是離岸風場施工船的設計公司，主要業務及服務項目包括：

- 各種工程船隻設計，包括各種 jackup、半潛式駁船及一般船隻
- 相關設備設計製造，例如 jackup 船的棒錨與定位系統、DP（動態定位）船的推進系統等
- 海事工程船之統包設計製造，包括各種起重船、安裝船等
- 工程服務，包括專家系統、控制軟體、輔助設計軟體等
- 針對該公司出品之船隻提供售後服務



圖 31、GustoMSC 公司於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

- German Aerospace Center, DLR

德國太空研究中心由於具有豐富空氣動力與能源背景，因此也跨足技術高度相關的風電領域投注研發資源。此外 DLR 也與丹麥能源中心 (ECN) 合作進行北海風能開發的相關研究計畫，透過 GIS 圖資系統與平均風速、水深、自然保護區、航運路徑、油氣平台等資訊互相結合交叉比對，以規劃北海海域適合進行風場開發的風力機點位。由於此研究以跨國規模進行，而且相關研究工具都在網路上公開免費使用 (www.windspeed.eu)，因此對歐洲整體風能應用的推動具有相當正面的意義。



圖 32、DLR 中心於 WINDFORCE 2012 商展之攤位

- **Edwin Academy**

風場開發與後續運維工作都必須靠專業人才與維修團隊的技術能量加以支持。Edwin Academy 主要就是以提供相關訓練課程及技術認證等服務，以確保風電產業可獲得足夠的人力資源與技術水準。目前該公司主要仍以陸上風場的服務訓練為主，但未來預計也將朝向離岸規劃。

三、本次研習具體成果

(一) 實地參訪德國離岸風力發電園區

➤ 參訪 AREVA 離岸風力機陸域測試廠

本次參訪實地了解 AREVA 公司針對離岸風力機技術開發而投注資源建置陸域測試廠之理由與成效。由於該公司產品在經測試廠測試過後，其運轉紀錄顯示確實在可用度及經濟風險上都獲得明顯改善，故可確認離岸風力機設置陸上測試場之必要性。

➤ 參訪 WeserWind 鋼構基礎製造工廠

本次參訪主要觀察到離岸風力機基礎製造工廠與水運物流相結合的重要性。透過創新的整體規劃，有效降低倉儲時間、搬運工程與裝船所需之機具設備，確實能大幅降低成本，是相當值得參考的規劃。

➤ 參訪 Nordsee Ost 離岸風場之海事工程港口

在參訪 RWE 公司規劃之 Nordsee Ost 海事工程港口，確實感受到商用規模離岸風場所需專用碼頭與港口基礎建設之重要性。該港口不但需要廣大腹地，同時也必須將各種工程船、安裝船的調度一併納入考量，故需要相當大規模的供應鏈來支持。目前我國雖然離同樣規模的風場開發還有一段距離，但未來亦須納入規劃之參考。

(二) 參加 WINDFORCE 2012 研討會暨商展

➤ 與德國離岸風力發電相關技術服務供應商面談，了解德國最新離岸開發技術、發展趨勢與研發瓶頸，以與亞洲發展方向相印證。

➤ 德國有多家離岸風力機製造商，包括 REpower、BARD、Siemens 及 AREVA 等，雖目前仍以 Siemens 市占率最高，但其他廠牌也各有其優勢及固定客源，顯見德國離岸風力發電供應鏈的市場區隔較為明確，故可供多家廠商並存發展。

➤ 德國政府以強有力的政策誘因鼓勵國內的風電發展，僅 2010 年

便安裝 2,300 MW 風力機組，其中 300 MW 為離岸裝置容量。依據 2007 年德國風能協會估計，2020 年海上離岸風力發電裝置容量將可達到 10 GW。目前已提出之離岸風場開發計劃總裝置容量已超過 36 GW，主要在北海，其中接近 9 GW 已經批准。目前運作中的離岸風場共有六個，已批准計畫多達 27 個，預計發電規模達到 7.5 GW。

- 德國於 2009 年就訂出長期的能源策略 (Energiekonzept)，其中離岸風力發電在風力發電的佔比在 2030 年要達到 50%，2040 年達 65%，於 2050 年其離岸風力發電將佔德國風力發電的 80%。德國政府據此設定離岸風力發電裝置量的推動目標為 2030 年總裝置容量達到 25 GW，以提供國內 15% 的電力需求。

(三) 與德國風電開發知名業者討論對談

- 與具有離岸風場開發經驗之廠商實際面對面會談，深入了解德國離岸風場開發所遭遇問題及解決模式。
- 德國規劃在 2020 年時再生能源達到 55 GW 的裝置容量，其中至少有 10 GW 來自離岸風力發電。階段性發展目標在初期 (2003~2006 年) 至少須核准申請開發 0.5 GW、中期 (2007~2010 年) 2~3 GW，預計在 2025 或 2030 年必須達到 20~25 GW。後續之海底電纜鋪設、電網規劃與併網技術等都是基於此長期目標下發展。
- 2000 年頒布之德國再生能源法 (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) 是全球首部為再生能源擬定的專法，對於德國再生能源的發展產生顯著的激勵效果。為促進政策之完備與訂定更明確的發展目標，德國聯邦議會分別在 2004、2008 與 2010 年通過三次修正案，逐次調整補貼項目與金額，對於不同形式的發電項目給予不同的補貼價格，策略性地主導再生能源發展方向。
- 由此推測德國的再生能源發展趨勢，預期在 2010 年至 2020 年間，其再生能源佔比將可從 17% 上升至 35%，以達到離岸風能 10 GW 的目標。

四、研習及考察心得

- (一) 本次離岸風力發電之研習行程，承蒙本部國際合作處 101 年度台德技術合作訓練計畫提供必要經費，使得此次出國計畫能順利成行。為推動國際合作，建議後續仍可持續或擴大區域辦理，俾利本部各單位能充分參與。
- (二) 在與各產業聯盟與業者代表間的交流溝通過程中，除瞭解德國於推動離岸風力發電之毅力與決心外，更對其主要政策與獎勵措施，以及該國推行離岸風力發電計畫之架構、方式與成果等各項相關資料有了更進一步的深刻認識，可做為研擬國內離岸風力發電法規之重要參考依據。
- (三) 在與民間單位的意見交換過程中，對於產業發展與政策推廣得以緊密配合的重要關鍵，除政府對離岸風力發電技術是否具有完整了解與規劃之外，更重要的則是風電業者對於市場的利基點是否具有敏銳的注意力，以及對於整體市場供應鏈的完整運轉是否具有穩定維持的能力。目前臺灣處於推動離岸風力發電發展之起步階段，對於國內現有能量及關鍵技術需先有完備的統整及規劃，方可在未來的市場競爭中佔取最有利的地位。
- (四) Bremerhaven 港口針對離岸基礎之製造與運送已有一貫化的生產線規劃，透過空間的適當規劃以及機具的創新設計，使得巨型鋼構件的物流變得相對簡便而高效率。雖然相關設計需要修改港口與碼頭等基礎設施加以配合才能順利推動，但在足夠市場量的支撐下，如何激勵有創意的成本節約設計，已發展出獨特而高效率的專用碼頭，值得做為我國未來規劃思考之研究方向。
- (五) 德國 2011 年再生能源發電比率已經提高至 20% 左右，成為第二大能源供應來源，僅次於褐煤。在離岸風能方面，「再生能源法修法」(EEG 2012) 已為其注入了決定性的動能，特別是實施所謂的「壓縮模型」(Stauchungsmodell)，亦即縮短風能收購給付期。同時，政府亦為離岸風能提供一個高達 50 億歐元的特別融資計畫。目前

的挑戰是如何將離岸風能園區的電網連結起來。

- (六) 離岸風場的擴建存在著輸電中斷的風險瓶頸，因此為因應離岸風場電網連結發生中斷，需要新的規定來平衡電網營運者、風場營運者及一般營運者之間的利益，德國聯邦經濟暨科技部因此透過產業、電網營運者及風場營運者提案成立了「加速離岸風場連結工作小組」，目前正在研擬具體解決建議。德國聯邦經濟暨科技部與聯邦環境、自然保護及核能安全部已經展開與電纜製造商、電網營運者及風場營運者之對話，其目標是營運者最遲在 30 個月內可獲得電網連結的允諾。
- (七) 德國已有多家離岸風力機製造商，包括 REpower、BARD、Siemens 及 AREVA 等，雖目前仍以 Siemens 市占率最高，但其他廠牌也各有其優勢及固定客源，顯見德國離岸風力發電供應鏈的市場區隔較為明確，故可供多家廠商並存發展。當全球前五大風力機製造商市場佔有率達 75% 以上，且不斷地進行併購時，臺灣要切入全球風力機市場之難度可說越來越高。除持續探索進入市場可能性的同時，臺灣亦應改變角度，探討其他發展可能性，尤其對於整體市場供應鏈的缺口及其利基點應及早確立，俾利業者取得國際競爭力。
- (八) 歐洲風電先進國家如德國、英國等，均有強而有力的產業聯盟在支持並整合整個離岸風力發電供應鏈的發展，對於創造出歐洲風電領先的優勢可說功不可沒。臺灣雖已有多個風電產業聯盟，但缺乏領頭企業且彼此之間缺乏綜整，相關資源運用及意見表達缺乏整合，故難以凝聚整體產業鏈發展方向，不利於產業加速升級與轉型。
- (九) 國內正積極推動離岸風力發電示範，故應持續蒐整歐盟離岸風力發電最新推動政策和風電市場發展趨勢，瞭解德國、丹麥、英國等先進國家政府及業者有關風力發電產業最新動態，並取經各國示範計畫內容及相關成功經驗，俾作為擬訂本土推動策略參考。

五、檢討與建議

推動再生能源發展為政府既定政策，隨著陸域優良風場取得漸趨不易情況，及衍生環境競合及居民不支持等問題，朝離岸風力發電開發，為政府重要選項。本次參加本部國際合作處 101 年度台德技術合作訓練計畫有關離岸風力發電之研習行程，實地瞭解德國再生能源發展現況，並發掘其發展過程中，德國政府及業者間所採行之政策、策略、瓶頸、困難、解決方法及因應措施等多項寶貴經驗，對於我國政府推廣離岸風力發電之開發利用，具有極大的幫助及參考價值。

- (一) 建立本土化海域風能評估與預測技術，減少未來開發單位的前置作業時程，同時引進先進國家離岸式風力發電開發技術，為政府開發我國海域風力資源之重要工作，故長期而持續推動國際合作，除可協助產業進行技術交流外，亦可提高我國之國際地位。
- (二) 參考德國政府以長遠穩定之腳步規劃推動離岸風場開發，目前已具初步成效，成功經驗吸引業者競相提出後續建置離岸風場之規劃，較著名者如 Borkum Phase 1、Nordsee Ost、Riffgat 等風場均已順利進入施工階段，且裝置容量均達 100 MW 以上規模，預期將帶動更多歐洲風力發電之商機。此種大規模且具挑戰性之風場開發，頗值得國內借鏡參考，惟考量國內產業仍以中小企業為主，是否能有效整合資源及吸引大企業投入，是後續重要課題。
- (三) 目前離岸風力機製造產業，德國以 Siemens 3.6 MW 型離岸風力機最受市場青睞，其他如 REpower 等亦有相當優良穩定之實績，配合既有的海事工程能力，造就了僅次於英國的離岸風力發電市場。臺灣在離岸風力機製造產業建立上，仍有待凝聚產官學研之共識，俾利確立明確發展方向。
- (四) 臺灣擁有之離岸風力發電市場內需量超過 3,000 MW，可透過內需扶植產業建立能量，進而達成推動外銷之目的。同時可運用國際工業合作機制，建置相關技術與制度，發展關鍵零組件，藉系統大廠力量進入國際大廠供應鏈外，若能因應臺灣地區多颱風多地震之特殊地理環境，協助國內零組件相關業者強化風力發電產業

聯盟，進行國際合作，引進商機及技術，逐漸建立系統整合能力，促成國內成立主系統廠，開發具抗颱耐震利基、智慧型風力機控制與性能監測技術之自主性風力發電機設計技術，一方面可避免直接引進國外風力機造成水土不服情況外，亦可推動風力機創新產品開發，有機會以臺灣為切入基地，進軍亞太市場。

- (五) 臺灣海峽之離岸風能極佳，與歐洲北海均屬世界級風能資源豐富地區，故相當適合離岸風場之開發。從德國發展風力發電及未來趨勢看，臺灣發展離岸風力發電政策，符合國際潮流方向。由於德國擁有北海油田等豐富海事工程開發經驗，又有多家國際知名風電技術顧問商、風力機製造商及海事工程產業，若能借助德國之開發實績與經驗，將可加速國內離岸風場之規劃開發及降低投資營運與開發風險，同時可為後續海洋能開發奠定優良基礎。
- (六) 臺灣地區在政府大力推動風力發電應用下，至 101 年 7 月底止，全國完工總裝置容量接近 600 MW，已具初步成果。在國內風力發電開發的既有基礎上，未來仍需進一步探討解決包括：陸域場址漸趨飽和、風能評估準確度需提升、海域風能開發風險高，以及風電環境影響評估等問題，因此，經濟部後續將由政策面、法規面、技術面及行政面著手，建構國內完備的風力發電開發環境，以持續推動國內風力發電開發。