

行政院及所屬各機關出國報告書

(出國類別：考察、會議)

第 6 屆台英再生能源圓桌會議暨  
英國再生能源參訪出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：蘇金勝 組長

出國地區：英國

出國期間：100 年 6 月 25 日～7 月 3 日

報告期間：100 年 8 月 31 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：第 6 屆台英再生能源圓桌會議暨英國再生能源參訪出國報告

頁數 52 含附件：是否

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蘇金勝/經濟部能源局/能源技術組/組長/(02) 27757770

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：100 年 6 月 25 日～7 月 3 日

報告期間：100 年 8 月 31 日

出國地區：英國

分類號/關鍵詞：再生能源 (Renewable Energy)

內容摘要：

此次參訪主要任務係舉辦「第6屆台英再生能源交流合作圓桌會議」，邀集相關業者、專家進行離岸風電及海洋能議題討論，以增進台英雙方瞭解，並拓展技術交流與互惠合作的機會。同時邀請國內相關單位組團參訪英國再生能源發展，參加Renewable UK Offshore Wind 2011 Conference and Exhibition，英國離岸風電展覽之年度盛會，為尋求國際技術交流的最佳平台。並參訪離岸風力、海洋能發電的企業與研究單位，以瞭解英國領先之發展技術現況，做為台灣推動離岸風力發電及開發海洋能源的參考。

此行拜會英國政府部門（如英國能源暨氣候變遷部Department of Energy and Climate Change、蘇格蘭國際發展局Scottish Development International），並與民間企業進行會談，尤其是參訪和接觸到多家離

岸風能公司及海洋能研究單位，實地瞭解所研發的先進技術，蒐集到許多極具參考價值之資料。

經由本屆台英再生能源交流合作圓桌會議的討論交流，英方建議欲發展離岸風電，穩定的政策非常重要，透過示範計畫建立經驗為正確的途徑。至於應採用的基礎設計及安裝施工船，須視各個場址之性質進行分析，方能得知最適合之設計與施工方法，同時建議我國有興趣投入的業者及早研擬因應對策。在離岸風場開發部分，英國離岸風場規模之大可居世界之冠，也因此帶動更多風力發電的產業供應鏈及商機，許多國際大廠相繼投入英國市場。對將朝向實質開發離岸風場的我國而言，可思考參卓英國經驗，結合國內產業界或國外公司，共同開發離岸風場，進一步帶動台灣風力產業的發展。

海洋能發展方面，此次圓桌會議英方提供海洋能發展建議，包括參與國際認證、國際標準訂定、測試與分析、建立獨立及可參考的資料等，可供我國推動海洋能源研發與應用規劃之參考。此外，再生能源產業的形成，技術人員的訓練是非常重要關鍵的一環，建議台灣可進行相關人員訓練課程規劃，尤其在離岸風場營運與維修人才培育方面，且儘早考慮規劃海洋能發電人才培訓，將有助於整體海洋能產業的發展。

## 目 次

壹、出國目的 .....	1
貳、第 6 屆台英再生能源交流合作圓桌會議.....	2
參、參訪及會談內容.....	15
肆、心得與建議 .....	47

附件：

附件一、第 6 屆台英再生能源圓桌會議討論議題

## 壹、出國目的

為持續台英雙邊交流成果，本年度於英國舉辦「第 6 屆台英再生能源交流合作圓桌會議」，邀集相關業者、專家進行離岸風電及海洋能議題討論，以增進台英雙方瞭解，並拓展技術交流與互惠合作的機會。同時邀請國內相關單位組團參訪英國再生能源發展，參加 Renewable UK Offshore Wind 2011 Conference and Exhibition，英國離岸風電展覽之年度盛會，為尋求國際技術交流的最佳平台。並參訪離岸風力、海洋能發電的企業與研究單位，以瞭解英國領先之發展技術現況，做為台灣推動離岸風力發電及開發海洋能源的參考。

經由拜會英國政府部門（如英國能源暨氣候變遷部 Department of Energy and Climate Change 等）、參觀展覽以及與再生能源企業進行會談，尤其是參訪和接觸到多家離岸風能公司及海洋能研究單位，實地瞭解所研發的先進技術，蒐集到許多極具參考價值之資料，藉此作為未來推動台灣開發再生能源之規劃參考。

## 貳、第 6 屆台英再生能源交流合作圓桌會議

### 一、圓桌會議議程

- 會議時間：6 月 30 日（星期四）13：45～17：30
- 會議地點：Hall 3B, Arena and Convention Centre, Liverpool
- 共同主席：蘇金勝組長 & Mr. Craig Jones

第 6 屆台英再生能源圓桌會議議程 The 6 <sup>th</sup> Taiwan-UK Renewable Energy Roundtable Meeting		
13：45	來賓報到 Registration	
14：00	台英雙方主席開幕致詞 雙方代表團員自我介紹 Opening Remarks and Introduction of Delegation Members	台方主席 Taiwan Chair： 蘇金勝組長/ 經濟部能源局 Jin-Sheng Su, Director, Energy Technology Division, BOE, MOEA 英方主席 UK Chair： Craig Jones, Head of Energy, UK Trade & Investment
14：20	議題一：離岸風電與產業之推動 Topic 1: Offshore Wind Energy and Industry Development  5 minutes presentation by both sides, followed by open discussions	台方引言 Taiwan Intro： 童遷祥所長/ 工研院綠能所 Chiang-Hsiung Tong, General Director, GEL, ITRI 英方引言 UK Intro： Tim Camp, Garrad Hassan
15：40	休息	
16：00	議題二：海洋能源開發 Topic 2: Marine Energy Development	台方引言 Taiwan Intro： 藍振洋博士/ 工研院綠能所 Chen-Yang Lan, Ocean Technology Department, GEL, ITRI

	5 minutes presentation by both sides, followed by open discussions	英方引言 UK Intro : Richard Morris, European Marine Energy Centre
17 : 20	台英雙方主席閉幕致詞 Closing Remarks by Taiwan and UK Chairmen	
17 : 30	會議結束 End of Meeting	

## 二、我方代表團成員

代表團由能源局蘇金勝組長擔任團長及圓桌會議共同主席，產官學研參加團員共計有 16 位。

1. 蘇金勝 / 經濟部能源局 組長
2. 陳聰潔 / 駐英國台北代表處經濟組 組長
3. 童遷祥 / 工研院綠能所 所長
4. 陳一成 / 台灣電力公司 新能源施工處 處長
5. 蔡朝陽 / 上緯企業股份有限公司 董事長
6. 盧顯卿 / 海鼎風力發電股份有限公司 總經理
7. 呂崇湧 / 財團法人聯合船舶設計發展中心 副執行長
8. 高瑞棋 / 國立成功大學水工試驗所 副所長
9. 劉水稻 / 華新麗華股份有限公司電線電纜事業群 副總經理
10. 賴俊成 / 華新麗華股份有限公司電線電纜事業群 經理
11. 黃敏良 / 華新麗華股份有限公司電線電纜事業群 專員
12. 蔡佳翰 / 樺棋營造股份有限公司 管理部 主任
13. 藍振洋 / 工研院綠能所 海洋能技術研究室 研究員
14. 呂威賢 / 工研院綠能所 風力發電技術研究室 工程師
15. 李欣哲 / 工研院綠能所 綠能產業推動室 經理
16. 鄭孟寧 / 工研院綠能所 綠能產業推動室 副研究員

### 三、英方與會公司

- UK Trade & Investment
- Atkins
- European Marine Energy Centre (EMEC)
- Garrad Hassan
- Mott MacDonald
- Wood Group JP Kenny
- PMSS
- Oceaneering
- Lloyd's Register Group
- Romax Technology
- Sgurr Energy
- Converteam
- UKTI Business Group
- British Trade & Cultural Office (BTCO)

### 四、雙方主席開幕致詞

#### 1. 英方主席 Mr. Craig Jones 開幕致詞 (Opening Remarks)：

本人代表英國貿易部能源局，歡迎台灣能源局蘇組長帶領代表團來英國，參與第6次台英再生能源圓桌會議，很高興見到所有台灣團員。首先，我知道兩國都面對非常具挑戰的目標，也期望加速所有產業的支持，所以我們都希望給予所有資源與合作，以加速目標達成。圓桌會議多年來已討論相關政策方向與未來規劃，雖然雙方的時間與階段不同，但目標是一致的，希望接下來能有更多產業及商業的合作，來做下一階段的準備。

此外，很驚訝這次台灣代表團包括很多公司行號的多位高



階主管，讓英國廠商有更多信心，瞭解台灣代表團針對此行討論的重要性。基於兩國政策與目標有一致的情況，台灣代表團已從 Aberdeen、Edinburgh 到達 Liverpool，參訪許多英國公司，瞭解英國產業發展，以及英國一系列不同的服務項目可能帶給台灣的協助，希望這可讓我們圓桌會議討論的議題更為豐富。

## 2. 台方主席蘇金勝組長開幕致詞 (Opening Remarks)：

首先感謝英方對本次會議及我方代表團參訪行程的安排，特別是 UKTI 的 Mr. John Buckley 及 BTCO 的 Ms. Lynn Li 的全程熱心、盛情的接待及協助。在會議之前三天期間，我們已從 Aberdeen、Edinburgh 到 Liverpool，密集地拜訪 DECC Mr. Allan Taylor、SDI Mr. Paul O'Brien、UKTI Mr. Anthony Arkle、Mr. James Beal 及很多專家及廠商，在推動離岸風力及海洋能方面，提供我們很多有價值的意見及經驗。我代表團對英國業者的專業及經驗印象深刻，並期待更進一步的合作。

自從 2006 年開始，經由歷屆台英再生能源圓桌會議，英我雙方政府及業者已建立長期穩定的合作關係，台灣在推動再生能源方面也有實質的進展，2009 年台灣公布再生能源發展條例，訂定未來 20 年新增 6.5~10 GW 再生能源發電容量的目標，並以 FIT 制度，訂定合理費率長期躉購再生能源電力，以達成再生能源發展目標。今年我們更擬定離岸風力發電示範獎勵辦法，政府將補助相當於約 3,000 萬英鎊經費，鼓勵於 2015 年完成設置四部示範風機。期待經由示範計畫，克服法規及技術方面的困難，並帶動離岸風力未來 20 年 3 GW 的發展目標。此外，台灣在深海海域還有更大的發展潛力，將隨著技術進步，逐步推動開發。同時，台灣與中國已有搭橋合作機制，將來台灣離岸風電的發展亦將帶動中國的市場及合作關係。

本次圓桌會議我方將報告「離岸風電」及「海洋能源」方面的發展規劃，並提出擬與英方相關單位合作之初步構想。由

於英國在風力發電、海洋能研發及新能源技術發展上具有世界領先地位，因此，雙方將有很好的合作機會。本人期待而且也深信本次會議之後，英我雙方在離岸風電及海洋能源方面將有更密切的合作，也希望 UKTI 及能源局分別代表英國及台灣繼續推動雙方交流合作的溝通平台，促成雙方業者的合作關係，共同為雙方產業發展及再生能源推廣而努力。最後，我要謝謝與會的演講者及雙方代表團成員熱烈的參與，並預祝本屆會議圓滿成功，各位與會代表健康愉快。謝謝各位！



第 6 屆台英再生能源交流合作圓桌會議

## 五、議題一：離岸風電與產業之推動

### 1. 台方引言代表：童遷祥所長 / 工研院綠能所

### 2. 台方引言簡報：Dawning Offshore Wind in Taiwan

- (1) 台灣離岸風力資源豐富，淺水海域（5~20 米）潛能約 9 GW，深水海域（20~50 米）潛能約 48 GW。
- (2) 政府制訂 FIT 政策鼓勵離岸風力發電，2011 年岸上風電的躉購費率每度電台幣 2.6138 元，離岸風電躉購費率為每度電台幣 5.5626 元。
- (3) 台灣針對風力發電的長期開發目標為 2030 年前總裝置容量為 4,800 MW，其中離岸風電裝置達 3,600 MW。
- (4) 台灣政策也就離岸風電之開發，設立示範獎勵辦法，前期規劃兩個示範計畫。
- (5) 產業斷層、海事工程與能量、人員訓練與颱風等議題將是相關發展之風險。
- (6) 台灣與英國之長期合作，始於 2008 年，未來將就技術合作、產業合作與離岸風電示範進行更進一步之交流。

### 3. 英方引言代表：Tim Camp / Garrad Hassan

### 4. 英方引言簡報：UK Status & Issues Affecting Deployment

- (1) 全球目前有 3 GW 的離岸風電市場設置量，其中英國為最大離岸風電市場，目前有 1.3 GW。
- (2) 英國目前離岸風電設置有 933 MW 正式運轉，1,228 MW 正處於施工中，總規劃量約 50 GW。
- (3) 全球已有 Mitsubishi、Gamesa 及 Doosan 等國際大廠於英國投資。
- (4) 英國離岸風電發展之困難點：許可證取得申請時間、電力市場重組之不確定性及併聯問題。

- (5) 有助英國離岸風電發展之因素包括：政府大力支持、長期政策承諾、水域發展條件佳、由獨立機構進行場址配置及程序管理。

## 5. 會議討論摘要：

### (1) 建置離岸示範風場的相關討論

- 示範風場案例與一般風場開發有很大差異，透過示範案例主要是瞭解風險及問題，因此一開始就需確保所有資料紀錄，才能比對未來風場開發狀況，也比較容易去徵詢問題點，建議示範案例要有此機制，以瞭解未來風場開發的風險問題。例如颱風狀況，歐洲沒有相關資料，亦無實務經驗，台灣示範案例針對風速的臨時加強、地質轉變等紀錄，更需保存為寶貴資料，才能因應未來在設計風力機、齒輪箱等之瞭解。
- 建議開發初期就把風機製造商建立納入，製造商才能瞭解風速等資料，有助於設計風機時考量相關資料。
- 關於環境影響評估、風速塔等獨立且重要的部份，可另外設計增加獨立、小型的獎勵補助方法來協助，此不屬於整個開發案部份，但可協助測試或設計方向，亦可因應不同串聯的供應鏈。
- 針對示範風場，政策與目標要非常清楚，讓投資者及民間機構清楚方向，知道遊戲規則。因為這是一個很昂貴的產業，針對成本、風險，民間的考量會更多，政策若進行獎勵方法或示範層面必須要有明確的制度，讓廠商清楚瞭解需承擔的風險。

### (2) 關於離岸風電產業鏈及轉型誘因

- 第一步需瞭解市場即有產業的能耐，瞭解何種產業可能跨入離岸風電產業，政府在此機制下，協助廠商瞭解本身能耐、投資潛力及未來營收，確保商業投資在未來有回收潛力。政府協助廠商做產業轉型，並引誘

跳入離岸風電市場。

- 基本上只是技術轉移，本身的能力與產業技術仍存在，只是轉變另一種做法，轉移成另一個產業，基本技術面都一樣，有經驗的顧問公司可告知即有技術如何沿用到新產業，做轉移並不難。
  - 民間機構將會看到本身商機在哪，未來政府機制出來，產業自己會找到商機及生存之道。英國有很多石油產業，跨到離岸風電產業狀況很不一樣，畢竟產業鏈性質和背景與石化產業都很不同，不過漸漸看到有風場設置、大量設備或風機生產，一旦有廠商跨入後，其他廠商也會有連鎖反應，轉型加入這產業鏈。
- (3) 英國當初還未有風力發電產業鏈時，大多認為目標無法達成，為何會走入離岸風電產業？
- 公司股東當初決策是進入風能市場，而非離岸風電市場，全球已經可以看到大量的風能市場，所以是以風能產業的角度去看，沒有針對陸域或離岸風力。台灣是出口貿易國，未來若進入風能產業，應有其貿易商機，企業的視野將會不同。
  - 英國當初要進入風能市場時，大部分原以陸域風力為主，面對問題浮現、解決，且商機已出現的情況，相對上離岸風能的成本昂貴。但在政策目標、需求量與成本考量下，還是走向離岸風電開發，風能在所有再生能源裡最具經濟效益，成本還是相對較低。另外，發展離岸風能面對一般消費者的壓力較低，Sgurr Energy 舉例說明，在德國開發離岸風場，居民沒有看到的情況下反應不會過大，因距離遙遠，民眾較沒感受到有土地、噪音或經濟發展的影響，不似陸域風場時民眾反應很大，可靜悄悄的設置離岸風場。還有風力機技術面的大幅提昇，陸域風力的技術已成熟，能

開發的有限，因此轉為開發離岸風能，在海洋中離岸風場的潛力無窮。

- 離岸風能是政策方向，也是確定進行目標，因此投入離岸風能產業是做投資及商業考量所必須面臨的瓶頸，針對人口密度高、能源價格攀升的情況，現今離岸風能產業鏈有越來越多選擇，成本也越來越低，對企業長期發展絕對是正確的方向。Oceanering 本身為石油公司產業背景，提供電纜設備給電力公司，實際產量所需用的生產設備時間只有 40%，亦即 60% 的設備資產與廠房閒置，因此提議生產離岸風電所需的特殊電纜，把生產力運用到 100%，但其實公司投資者不瞭解能源市場，只關心投資利益，因考慮到避免設備荒廢、提高生產力，也同意其做法。
- Atkins 提到當初看到英國政府帶出了產業目標，也確定產業鏈及獎勵機制，並提出石油及能源缺少的問題，因此以公司商業角度來看已有離岸風能的需求面。建議台灣政府清楚制定產業目標與獎勵辦法，使民間企業較有信心投入此產業方向。

#### (4) 施工船需求問題

- 海鼎風電公司提問三年後是否有施工船可到台灣？英方回覆離岸風電三年後英國市場會更大，施工船將更無法安排，無閒置的船可到亞洲，但民間企業回應市場需求的反應很快，自然會因應並提供辦法，建議目前開始網絡施工船的相關企業，早期丟出需求，產業自然會有填補需求的解決方法。

#### (5) 施工船設計規劃議題

- 建議找海洋能顧問公司，提供規劃方向及設計策略。Lloyd's 可提供施工船的設計規範，另針對經濟效益層面，可提供全球市場需求及效益分析，協助瞭解並決

定是否要投入施工船市場。另海事工程還有很多部份，台灣也可考慮其發展。

- 實際上需要重型施工船是後期工程的需求，建議可以先改造即有船隻，因應短期 2~3 年內的需求，可利用台灣或亞太區域的船隻做改造，但長期還是需要建置所需要的船隊。



台方引言代表童遷祥所長進行離岸風電簡報



英方引言代表 Tim Camp 進行離岸風電簡報

## 六、議題二：海洋能源開發

### 1. 台方引言代表：藍振洋博士 / 工研院綠能所

### 2. 台方引言簡報：Marine Energy Development

- (1) 台灣與英方再生能源會議始於 2006 年，海洋能發展藉由與英方之交流，學習到許多英方發展的寶貴經驗。
- (2) 海洋能研究於台灣目前蓬勃發展，包括私人企業、研究機構與學術單位，都積極投入。議題包括海流發電、波浪發電與溫差發電。
- (3) 台灣海洋能發展規劃：預計於 2030 年將海洋能裝置量提升至 600 MW。其發展步驟分為三個階段，分別為系統開發、示範商轉與產業推廣。
- (4) 台灣海洋能發展仍有許多挑戰，包括：缺乏海洋測試場、環境影響、利益衝突、海洋相關法令、海事工程與極端氣候條件。並且與離岸風電發展一樣，面臨許多相同的困難。

### 3. 英方引言代表：Richard Morris / European Marine Energy Centre (英方無引言簡報)

### 4. 會議討論摘要：

#### (1) EMEC 討論議題建議

- 建議台灣建置自己的海洋能測試中心，針對 wave、tidal、氣象、測量各方面的資料做測試，目前鼓勵實驗室小規模的測試，下一階段即可進入實際 site test。
- EMEC 在其他國家做測試顧問，其專家可協助提供建議如何分析、認證，建立獨立、可參考的資料。
- 可把設備帶到 EMEC 的測試中心，進行一系列的測試，瞭解研發設備的實際應用，基於時間、經費、目的等，可選擇不同方案。

#### (2) Lloyd's 討論議題建議



- 本身有參與 EMEC 的認證，其標準由 Lloyd's 制定機制，主要提供國際認證，如 IEC 標準。建議台灣可參與國際認證，訂定海洋能的研發方向。鼓勵參與英國實驗室的測試，如 Tidal turbine design、SuperGen 等，進行特殊高複雜性的環境測試，提供經驗及參與實驗測試。
- 像成大水工所這樣條件優良的實驗室，應該讓政府知道不只是適用在自己的實驗，也可以分享給國際企業或大學做測試實驗，必須推到政府來認同，並帶到國際性的合作關係，與 EMEC 的功能將相類似，這方面的交流將更務實、更國際化。

(3) 未來台灣若建立測試中心的準備條件？

- 首先需知道資源有多少、測試的項目、產業在哪裡、輸電連結電網（生產的電力如何回饋到電網），很多議題 EMEC 已花 10 年時間建立規則及研究，很樂意分享相關經驗。建議台灣研究界或產業界可派員到 EMEC 測試中心，進行現場實習 1~2 週，瞭解測試中心的規劃、營運；或 EMEC 亦可派員到台灣瞭解目前需求與資源，給予意見或建議。



台方引言代表藍振洋博士進行海洋能議題簡報



英方代表 Richard Morris 進行海洋能引言

## 參、參訪及會談內容

本次我方代表團於 100 年 6 月 25 日出發，次日抵英，於 6 月 27 日展開英國參訪行程。並於 100 年 6 月 30 日舉辦「第 6 屆台英再生能源交流合作圓桌會議」，訪英行程至 7 月 1 日結束返國，7 月 3 日抵台。

### 一、行程規劃

日期	參訪公司 / 會議	行程重點摘述
6/25~ 6/26	去程	台灣台北→英國亞伯丁
6/27	• 英國能源暨氣候變遷部 Department of Energy & Climate Change (DECC)	瞭解英國能源與氣候變遷政策的制定及推行
	• SeaEnergy Renewables	討論離岸風場的規劃、建設、運轉及海事工程經驗
	• DOF Subsea	瞭解離岸風電規劃、設計、施工等經驗
6/28	• Wood Group	瞭解離岸風電規劃、設計、施工等經驗
	• University of Edinburgh	參觀海洋能測試實驗室，瞭解波浪及潮汐能研究
	• NGenTec	討論風機設計與維修
	• 蘇格蘭國際發展局 Scottish Development International	瞭解蘇格蘭推動再生能源發展之規劃
	• Sgurr Energy	討論離岸風電規劃、風機評估與雷達系統
	• Carnegie College	瞭解風電從業人才培訓

6/29	• Garrad Hassan	討論離岸風場的規劃、建設、運轉及海事工程經驗
	• AREG	瞭解風機測試中心
	• Romax	瞭解齒輪箱、傳動系統與軸承設計服務
	• 英國貿易投資署 UK Trade & Investment Business Group	瞭解英國政府部門如何協助英國公司成功經營國際市場
	• Mott Macdonald	討論離岸風場的規劃、專案管理、環境影響評估、技術設計及風能供應鏈等
6/30	• 參觀 Renewable UK Offshore Wind 2011 Exhibition	英國離岸風電展覽之年度盛會，已歷 10 屆，每屆皆有 200 家企業參與展出，且有超過 2500 人參觀，包括政府部門、風電製造商、開發商、銀行業者及有興趣開發離岸風力之單位。
	• 舉辦第 6 屆台英再生能源交流合作圓桌會議	討論議題一：離岸風電與產業之推動 討論議題二：
7/1	• Crown Estate	討論綠色金融議題
	• HSBC	討論綠色金融議題
7/2~7/3	回程	英國倫敦→台灣台北

## 二、拜會 Department of Energy & Climate Change (DECC)

- 時間：6 月 27 日（星期一）上午 9：00~10：00
- 英方會談人員/職稱：Allan Taylor / Assistant Director
- 會談紀要：

訪英行程從拜會位於 Aberdeen 的英國能源暨氣候變遷部 (Department of Energy and Climate Change, 簡稱 DECC) 分部展開, 由 Allan Taylor 負責接待並簡報說明。英國能源暨氣候變遷部屬於官方政策層級, 此行瞭解英國於再生能源政策制定的重點, 政府於實行面的目標與策略。DECC 成立於 2008 年 10 月, 為整合能源政策(原制定部門為 BIS - Department for Business, Innovation & Skills) 與減緩氣候變遷政策(原制定部門為 Defra - Department for Environment, Food and Rural Affairs) 的主管部門。主要負責針對能源政策與氣候變遷減緩政策方案, 擬訂新策略; 氣候變遷議題分析; 能源與氣候變遷方面的國際合作。

Allan Taylor 說明英國於 1980 至 1990 年代間進行能源市場自由化, 原本能源部 (DOE) 改組, 現由 OFGEM 進行能源市場的管制, ORED (Office for Renewable Energy Deployment) 進行再生能源開發規劃 (包括離岸再生能源)。英國於 2009 年時, 再生能源約占能源供給的 3%, 目標為至 2020 年達 15%, 該國的碳排放減量目標為 2050 年達到 80% 的降幅, 為國際間率先以法律規範減碳目標的國家。由於英國於往後 10 年內將有 18 GW 的電廠將關閉, 核能電廠也將達到預計的運轉壽齡, 因此能源供應安全將是未來重要課題, 須於 10 年內投資 2,000 億英鎊在低碳能源領域, 英國政府預計於未來 4 年投入超過 2 億英鎊以支持低碳科技。

DECC 進行一項 2050 年發展路徑分析 (2050 Pathway Analysis), 在平衡情境 (balanced scenario) 中, 非熱能形式的再生能源發電、核能、化石燃料燃燒結合碳捕獲與封存 (Carbon Capture and Storage, CCS) 等, 將為未來於能源供應端減碳的重點。關於核能, 英國規劃增加 10 座核能電廠, 由於英國與日本的地理環境條件不同 (無地震、海嘯), 既有之核能安全標準應無問題。至於 CCS 部分, 刻正規劃於一地質條件合適之地點設置示範計畫。對英國而言, 低碳電力的供

應除了仰賴再生能源、核能、CCS 外，另一個重要選項為歐盟的排放交易計畫 (EU Emissions Trading System, EU ETS)。

目前英國推動再生能源最主要的措施為再生能源發電義務 (Renewable Obligations, RO)，每 1,000 度的再生能源電力可獲得 1 單位的再生能源發電憑證 (Renewable Obligation Certificate, ROC)，目前 1 單位 ROC 的市場價格約為 33 英鎊。然而，儘管 RO 制度成效卓著，但因為過於複雜，即將改變為較簡化之機制。英國刻正進行電力市場的再造，新的法律已送至國會審議，關於電力市場的白皮書預計於本 (2011) 年度 7 月底公布。除了 RO 之外，英國於 2010 年針對小規模的再生能源發電案引進電能躉購制度，簽訂 20 年的購電合約，以提供合理的投資報酬。

英國正推動海洋能計畫，設置二處測試場，一處位於蘇格蘭的 Okney Island，另一處位於英格蘭南部，用於測試新技術。為發展海洋能源，英國提高財務方面的誘因，並針對技術研發提供經費補助。

英國已安裝完成 1.3 GW 的離岸風場，另有 1.5 GW 正在施工中，該國離岸風電的潛力預估約有 50 GW，由政府進行政策環評 (Strategic EIA)，確認可開放設置離岸風電的區域，並以競標方式決定開發業者，決標並非以價格作為標準，而係考量品質與可確實完成計畫的能力。政府提供 20 年購電契約，電價每 5 年檢討 1 次。

一般而言，自取得海域租用許可至離岸風場開始建置，約需 5 年時間，其中 1 年進行可行性研究與設計，2 年進行環境資料收集。離岸風電開發商論壇 (Offshore Wind Developers Forum, OWDF) 與英國政府支持的「精選場域」(location of choice) 協力，以強化英國的產業鏈發展。英國堅強的石油與天然氣工業，於海洋能源施工設置與維護具有豐富的知識與產業基礎，如能持續降低成本將可省下更多支出。

DECC 代表認為，長期穩定的政策，並使民眾能容易瞭

解以支持離岸風電，對於推動上極為重要。



拜會英國能源暨氣候變遷部（DECC）於 Aberdeen 分部

### 三、會談 SeaEnergy Renewables

- 時間：6 月 27 日（星期一）上午 10：00～11：00
- 英方會談人員/職稱：
  1. Joel Staadecker / Chief Executive
  2. Alan MacAskill / Director
- 會談紀要：

SeaEnergy 先說明歐盟的目標，2020 年 7%至 30%的電力供應來自再生能源，到 2050 年電力需求可能增加一倍，而英國的能源差距為 23 GW（25%）短缺。英國政府繼續支持離岸風電的發展，使得英國成為目前世界上最大的離岸風電市場，有 48 GW 的離岸風場正在進行中，預計有 9,000 支新設風機，其中 50%在深海區域，將有 200 億英鎊的投資在超過 10 年期間。

SeaEnergy Renewables 於 2008 年 6 月成立，擁有在離岸油氣開發和再生能源領域具廣泛作業經驗的專案開發團隊，公司目標將在全球開發、擁有和經營大規模離岸風力發電場。其經營模式是在英國和國際上與合作夥伴建立合資企業（Joint Ventures），擴大國際投資。看準大規模離岸風力發電

場開發商機，該公司成立策略聯盟以持有和經營風能設施，並積極投入在英國、歐盟、北美及遠東地區的許多潛在離岸風場商機。

SeaEnergy 積極投入離岸風電的開發，預計在 3 至 5 年內參與 3 至 5 GW 離岸風場的投資，於 10 年內可開始發電，並於 5 年內擁有淨容量達 1 GW 的股份。該公司原與 SSE Renewables 及葡萄牙商 edp renovaveis 等二公司為策略伙伴，不過該公司剛被 REPSOL 公司併購，仍保持與 edp renovaveis 的伙伴關係，與我國永傳能源股份有限公司的 600 MW 離岸風場開發合作案亦維持不變。

蘇格蘭政府於蘇格蘭海域原本共規劃 10 處離岸風場，但於研究之後發現對於環境有顯著負面影響，故僅餘 5 處離岸風場開放設置，SeaEnergy 取得其中 Beatrice、Inch Cape 二計畫，容量分別為 920 MW 及 905 MW。Beatrice 計畫為其與 SSE Renewables 共同開發，設置首座在深海區域的 5 MW 大型離岸風力機，亦首先運用浮動安裝船及陸上組裝離岸風機技術；Inch Cape 則由 SeaEnergy 獨資開發，與 The Crown Estate (TCE) 簽訂中期開發協議。此外，該公司於英國政府的第 3 回合 (UK Round 3) 離岸風場計畫中，與 edp renovaveis 共同取得 Moray Firth 風場的開發權，容量為 1,500 MW，分兩階段開發 2013 年 1,140 MW 及 2016 年 360 MW，合作夥伴為 EDP Renovaveis。

SeaEnergy 於 Beatrice 計畫採用大型風力機組 (每座 5 MW)，由於屬於深海海域，因此使用桁架式的基礎 (jacket substructure)，加上離岸較遠，為提高安裝的效率，於岸上先完成風力機的組裝，並採用浮動式的安裝船與起重機，與傳統以自昇式 (jack-up) 平台船於海上組裝風機作法不同。

該公司認為離岸風場的成功關鍵因素在於科技與生產力，科技因素包括較大的風力機、較佳的基礎、較合適的安裝船等，生產力則包括連續生產 (serial production)、安裝技



術的進步、競爭等，以降低離岸風場開發的成本，而產業界（包括開發商與承包商）為驅動此一進步的主要力量。

風機大型化的優點為：相同總裝置容量使用較少的機組數，不單減少基礎的數量與安裝所需的運輸時間及費用，並可降低海底電纜的成本，使得整體開發成本降低。該公司認為未來將有更多風力機廠商進入離岸風電市場，尤其來自遠東地區的风機廠商將加速市場的競爭，進一步使成本下降。同時需求增加將導致風機的持續生產，更多的製造商進入離岸風機市場，商品化的風機市場將愈趨成熟。離岸風機製造商的數量已顯著增加，例如 Vestas、Gamesa、Doosan、Sinovel（華銳風電）、Mitsubishi（三菱）、Hyundai（現代）等。

SeaEnergy 認為就蘇格蘭海域及全英第 3 回合的離岸風場中，基礎的設計將朝向桁架式發展，因相較於三腳式（tripod）可減少材料需求，並可以連續生產方式製造。



桁架式基礎（jacket substructure）



Sea Energy 會談

#### 四、參訪 DOF Subsea

- 時間：6月27日（星期一）11：30～13：00
- 英方會談人員/職稱：Kevin Moran / Vice President, Renewables
- 參訪紀要：

DOF Group 成立於 1981 年，是挪威船公司與經營者，也是石油和天然氣產業最大海上船隻供應商之一，主要客戶包括 Shell（殼牌）、StatoilHydro（挪威石油公司）、Total 及 Petrobras（巴西石油公司）。市值約為 6 億美元，公司重點放在歐洲、巴西、非洲和亞洲，全球員工總數超過 2,200 人。而 DOF Subsea 成立於 2005 年，目的是建立一個領先的海下服務公司，其 51% 股權屬於 DOF ASA 以及 49% 屬於 First Reserve。核心業務包括海下服務、海上船隊及海洋工程，目前擁有世界上最大的海上船隊之一，新建計畫包括專門船隻類型（LAYSVs, MSVs, OSCVs, DSVs, AHTSs, Well Intervention）。

該公司之健康、安全、環境與品質管理系統（HSEQ Management System），係根基於 30 年之營運經驗所累積，相當重視員工的工作環境與安全。該公司旗下尚有其他團隊，DOF Subsea 本身提供海下施工船隊與海下服務（非工程類），SE MAR 從事海洋與結構工程，CSL 則從事海下計畫工程。該公司對於離岸風場不提供整體計畫管理的服務，而僅專長於海事工程規劃與施工。

DOF Subsea 目前擁有世界上最具規模之一的離岸施工船隊，可協助進行地球物理調查，及進行鑽探與分析的承攬工作，並於海事工程提供整合性的計畫解決方案。該公司提供多項專業服務工作：調查及定位，如水深和物理調查、數據處理、水下定位、3D 影像軟體、聲學陣列安裝、雷射掃描等；海洋工程，如錨裝置、停泊和吊鉤行動、離岸及岸邊停泊分析、海上鑽機移動、保修及第三方驗證等；水下工程，如專案發展、規劃、管理、水下營運與管理等。



DOF Subsea 會談

## 五、參訪 Wood Group JP Kenny

- 時間：6月27日（星期一）16：00～18：00
- 英方會談人員/職稱：Tim O’Sullivan / Operations Director of Renewables
- 參訪紀要：

Wood Group 為一國際能源服務公司，主要經營：石油、天然氣及發電市場服務、陸域風電、離岸風電及海底設施的工程與專案管理、現場營運和維修、工業渦輪機售後支援等項目，現有員工超過 34,000 人，在全球 54 個國家，銷售額約 5 億美元。Wood Group 服務項目眾多，以專案開發及工程方面來說，包括專案規劃、測量與分析、採購、渦輪機與關鍵零件的評估和選擇、EPCM（包括安裝管理）、電力系統陣列評估、陸域和離岸風力的營運及維修、調查、諮詢、可行性評估、詳細設計、立法管理等。

該公司為獨立的計畫管理與工程公司，無自主船隊、施工船舶等，並無既定的作業模式以執行各項工作，而係以顧客的利益為最高原則，開放予任何最佳的方法以完成任務。為確保工作的安全性，該公司將最多的員工投入於英國的離

岸計畫，離岸工程的工作以 3 至 4 週的頻率進行員工輪調，由於該公司 90%的資產位於海上，且離岸遙遠，因此 90%的員工居住於海上的浮動式平台，成本低於每日往返通勤，惟仍須視計畫的特性而定。

Wood Group 的離岸業務有 99%是石油與天然氣相關業務，姊妹公司 Sgurr 於北京設有一辦公室從事再生能源相關業務，其餘位於亞洲的辦公室（例如馬來西亞、印尼）的業務均與石油及天然氣有關。該公司亦以責任承包商（duty holdership）的模式進行其他公司的資產營運，目前在英國 Beatrice 營運 2 座離岸風機，而在北美有 3 個陸域風力發電場。Beatrice 是一個深海示範計畫，距離岸邊 40 公里處，在岸上有足夠的放置空間，可利用浮動式安裝船及起重機進行組裝一部完整的風機，但費用超出預期。因此採用浮動式安裝船或自昇式平台船將視場址環境而定。

在英國，由於鄰避效應（NIMBY, not in my back yard），只有少數的陸上風力電場，而以離岸風場為未來開發主流，但離岸風力機所面臨的問題比原先預期為多，例如丹麥 Hons Rev 離岸風場更換了 42 座風機的齒輪箱，西門子公司則於 1 處離岸風場替換了 70 支葉片。至於應採用浮動安裝船隻或是升降式安裝船，須視場址特性而定。此外，運轉維護的契約因不同的離岸風場亦有相當大的差異。

關於潮汐能源，該公司認為似乎水平軸、短葉片、低重力（lower gravity）、大半徑的機組可能為主流；至於波浪發電則全然不同，目前看來何種科技將為主流尚屬未知，甚至每位從事此領域研究的英國教授均有其獨特的科技。



參訪 Wood Group JP Kenny

## 六、參訪 University of Edinburgh

- 時間：6 月 28 日（星期二）9：00～10：00
- 英方會談人員/單位：Henry Jeffrey / Institute for Energy Systems (IES)
- 參訪紀要：

Henry Jeffrey 概要介紹愛丁堡大學所主導的海洋能源研究計畫，隨後帶領本團成員前去參觀波浪測試水槽，同時進行測試說明與問答討論。能源系統研究所（Institute for Energy Systems）是愛丁堡大學工程學院的五大跨學科研究機構之一，涵蓋五項綜合研究領域，包括海洋能源、電力系統、能源與氣候、機械與電機、創新與政策。IES 主要負責主導 SuperGen Marine 海洋能源聯合計畫。且為 SuperGen FlexNet、AMPerES 與光電聯合計畫、數間能源科技研究所，以及歐盟專案的合作夥伴。其經驗根基於北海油田等海事工程與世界第一個併聯系統的 Limpet 計畫。

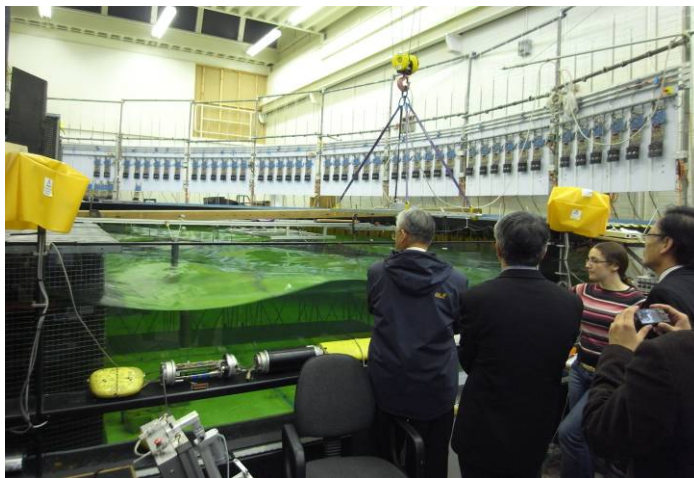
SuperGen Marine 主要目的在於利用小比例尺或原尺寸裝置之實驗室或海域實驗，增進對海洋能源裝置與能源轉換的知識，並且建立英國海洋能源產業之能量與國際合作。學術

界的伙伴遍佈於英國、歐洲及美國，另成立一研究諮詢論壇（Research Advisory Forum），包括許多企業、研究機構（如 New and Renewable Energy Centre, NaREC）、金融業等。未來將邁向英國海洋能源中心（UK Centre for Marine Energy Research）發展。為加速進展，與產業界合作項目：

- 可製造、生存且具性能和成本效益的設計
- 新型安裝、維護及回復技術
- 陣列施放的分析、建立模型和驗證
- 環境影響評估與緩解

愛丁堡大學研究人員認為，於一處進行之海洋哺乳類動物監測，其成果無法直接轉移到其他地點，須依據不同的場址特性進行調整。該大學研究人員亦認為，當前波浪與潮汐能源計畫之開發，宜由電業進行之。該大學擁有一測試水槽，可進行各類波浪、潮汐的模擬，我國研究單位或學術機構如有需要，亦可與其合作。

該大學於去（2010）年與我國中山大學合作，於台灣舉辦台英海洋能研討會，今年與中山大學亦有合作案，仍在合約討論的階段，如果一切順利，預計今年底前開始執行，為3年合作計畫，就離岸平台進行可行性研究。



參觀愛丁堡大學之波浪測試水槽

## 七、參訪 NGenTec

■ 時間：6月28日（星期二）10：00～11：00

■ 英方會談人員/職稱：

1. Dr. Makhlouf Benatmane / CEO
2. Dr. Markus Mueller / Technical Founder

■ 參訪紀要：

Novel Generator Technology (NGenTec) 公司源自於愛丁堡大學工程學院，技術部分是由公司創辦人 Markus Mueller 博士和 Alasdair McDonald 博士共同開發，公司於 2009 年成立，目標是成為再生能源領域直驅永磁發電機的龍頭供應商。已成功研發一直驅式中低轉速之永磁發電機裝置，適用於海洋能與離岸風能，其片狀模組式之設計，具有調整負載並於維修時快速更換模組之優點。本參訪團聽取說明簡報，並參觀永磁發電機組。

NGenTec 開發 MW 級的直驅式永磁發電機，針對電力工程領域提供專業的電機工程服務，並依據客戶需求量身打造，提供最適合的發電機解決方案。其直驅式永磁發電機避免以往的限制，並具備有以下優點：

- 較高可靠性
- 最少零件數量（使用標準零件）
- 模組化結構（易於製造、裝配和運輸，彈性化系統設計，高容量因子）
- 重複與彈性化優勢（產生可交換性及風力機電力系統）
- 整個營運範圍內的高效率
- 中低發電機的電壓設計
- 無齒槽轉矩、最小噪音
- 簡單的製造和安裝
- 能夠整合及應用於不同的風力發電機組設計
- 易於運輸
- 幾乎沒有任何維修需求（維護要求低，僅金屬和銅）

- 重量降低
- 成本競爭力
- 降低營運及維修成本
- 易於適應任何風力機的設計和要求（例如軸線，軸承，結構，冷卻...）

此發電機最主要能節省 15~20%的重量和成本，並提高效率達 15~20%。離岸風機的重量減少意味著較小的發動機艙，以及較小的基礎和結構要求。由於零件的重複性與架構上的彈性，使發電機模組間具高互換性（interchangeability），每 1 部發電機可直接連接至 1 部變壓器，或者多部發電機一起併聯至 1 部變壓器，以滿足不同風況與風機輸出的需求。由於模組堆疊（modularity for stacks）的設計與重複性，如果 1 至 2 部發電機發生故障，其餘發電機模組仍可持續發電。

NGenTec 於 2005 至 2009 年成功的設計、建造與測試 4 部 C-Gen 發電機的原型 15 kW、20 kW、25 kW 及 50 kW，其技術關鍵在於消除多餘磁力，不但利於製造和組裝，也能大幅減少成本和重量。NGenTec 針對 MW 級的離岸風力發電市場開發各項產品，最近並與全球的傳動裝置公司 David Brown Gear Systems 簽訂工業合作協定，雙方將合作於 2012 年完成首部 6 MW 全尺寸的原型設備，展現直驅式機械特性。



參觀 NGenTec 永磁發電機



## 八、會談 **Scottish Development International (SDI)**

- 時間：6 月 28 日（星期二）11：30～12：30
- 英方會談人員/職稱/部門：Paul O'Brien / International Senior Business Executive / Renewable Energy & Low Carbon Technologies
- 會談紀要：

蘇格蘭國際發展局（Scottish Development International）是由蘇格蘭政府、Scottish Enterprise 及 Highlands and Islands Enterprise 共同成立的組織，主要在整合蘇格蘭經濟投資的資源。目標是協助蘇格蘭經濟發展，吸引國際企業投資，並幫助蘇格蘭在地公司發展國際貿易。SDI 除協助公司或企業在蘇格蘭開創商機及研發機會，也提供訓練、獎勵及融資的訊息。目前與 SDI 接觸的企業達 1,500 多家。

本次拜會蘇格蘭國際發展局 Scottish Development International，由 Paul O'Brien 接待，並簡要敘述蘇格蘭於離岸再生能源的發展政策與推動情況。蘇格蘭政府的再生能源發展目標：2020 年前 100% 電力來自再生能源，中期目標是 2011 年達 31%，目前為 27.4%（2009 年數據）；碳排放減量方面，2050 年前減排 80%，中期目標是到 2020 年減少 42%。

蘇格蘭擁有非常深厚的能源產業史，在石油與天然氣產業的研發為世界之翹楚，在再生能源領域的研究和商業化方面也保持著全球領先的水準，其中包括風能、海上風能、波浪/潮汐流、水力和燃料電池技術；蘇格蘭境內的創新小型公司的數量位居世界前列。目前，蘇格蘭海域有超過 10,000 MW 的離岸風力開發，歐洲兩家最大的再生能源開發商也起源於此，SSE Renewables 以及 Scottish Power Renewables，參與了超過 20,000 MW 離岸風電的開發。蘇格蘭現在 3 個主要離岸風機公司 Gamesa、Mitsubishi Heavy Industries 及 Doosan Power Systems 即將開發次世代離岸風力發電機組技術，Gamesa 投

資 5 千萬英鎊於 Glasgow，設置設計中心以開發次世代的離岸風機（容量介於 6 MW 至 7 MW），Mitsubishi Power Systems Europe 自蘇格蘭公司 Artemis 取得獨特的液壓驅動科技（hydraulic drive technology），投資 1 億英鎊進行開發，預計風力機將先於陸域風場測試，再設置至離岸場址。挪威公司 Statoil 將於蘇格蘭進行 5 座深海（100 公尺深）浮動式風力機（float wind turbines）的測試。位於 Glasgow 的 Strathclyde 大學的離岸風機研究單位 Wind Energy Research Centre，則為英國唯一的博士級風能育才中心（Doctoral Centre for Wind Energy）。

2007 年位於蘇格蘭的 Beatrice 計畫增加了海底水深，為全世界的離岸風力產業的創舉，也使得英國第三階段的推動計畫，將利用施工結構技術以達到 60 米水深的建置。蘇格蘭擁有歐洲最大的陸域風電場，蘇格蘭電力所設置的 Whitelee 風場 322 MW，位於 Glasgow 附近，正擴展到 592 MW。最大的離岸風電場是蘇格蘭及南方能源公司的 Greater Gabbard 風場 504 MW，還有更大的風場是 630 MW 的 London Array，目前正在興建中。2014 年的 920 MW 的 Beatrice 與 1300 MW 的 Moray Firth 在蘇格蘭將開始建置，這種規模的風電場需要新的技術和更大的風力機應用，以符合成本效益。

會談中亦提到離岸風場營運與維修應考慮事項：

- 離岸風場的營運與維修成本，在英國通常以一年每 MW 成本 30,000~35,000 英鎊計算，對於一個 500 MW 風力發電場而言，每年運維成本為 1,500 萬~1,750 萬。
- 地理位置，風電場距離最近的海港及設施供應，常駐離岸平台以及近海支援船（Mother vessel）
- 易受影響與回應時間，波浪高度、水流速度及季節性天候
- 船舶租用與所有權，支援船舶的數量和能力。

蘇格蘭於桁架式基座處於領先的地位，Atkin 公司正進行新結構的設計以降低 10 至 20% 的重量與成本。由於未來離岸

風場的設置地點之水深將持續增加，看好浮動式離岸風機的發展潛力。新的離岸風機安裝船隻的設計概念亦不斷發展中。未來離岸風場安裝成本降低的關鍵，在於科技的發展（更快與更大量的安裝技術）、經濟規模（設備規格化）、減少船隻的租用（海上作業最小化）、增加船隻的利用（增加可從事海上作業的時間與更大的船隻）、減少船隻數量（整合性安裝作業）。



SDI 的 Paul O'Brian 說明蘇格蘭離岸風電發展

## 九、會談 Sgurr Energy

- 時間：6 月 28 日（星期二）14：00～15：30
- 英方會談人員/職稱：Richard Boddington / Measurement and Analysis Group Manager
- 會談紀要：

Sgurr Energy 公司的 Richard Boddington 就該公司的風場評估預報、測試經驗與技術簡報說明，介紹 Sgurr Energy 所研發之雷射風場量測儀器，並指出風場預報經濟可行，且對風能發電廠之營運至為重要。

Sgurr Energy 是一家領先的獨立工程顧問公司，專門為全球的再生能源專案提供專業的技术諮詢服務，有能力參與和

交付項目每一階段的工作，從前期的選址、可行性研究、施工階段的管理，到後期的營運、維護，為英國唯二經認證可測量風力機功率輸出曲線的機構之一。Sgurr Energy 擁有多元學科的技術人才，具有豐富的永續發展能源的諮詢經驗，截至今日，Sgurr Energy 已經為全球 65,000 MW 的再生能源國際開發專案提供技術評估，並且還在不斷的增長。客戶包括公用事業、金融機構、開發商和其他許多公共和私營組織。

Sgurr Energy 成立於 2002 年，總部設在英國的格拉斯哥，是國際上首屈一指的再生能源技術工程顧問，2006 年在中國北京設立首個跨國辦事處，2007 年印度分公司開幕，支持亞太地區的再生能源市場發展。其他分公司分佈於蘇格蘭北部、愛爾蘭、法國、加拿大和美國（2010 年新成立）。2010 年 9 月 Sgurr Energy 成為 Wood Group，加入 Wood Group Kenny 業務部門。這支持正在進行的策略以擴大及加強再生能源的能力。Wood Group Kenny 廣泛的海外專案經驗，加上本身具體的再生能源技術和專有技術，將在再生能源服務領域創建一個領導地位。

服務內容：海上和陸上風電、波浪發電、生質能、水力能、太陽能 and 小型發電系統等的調查及專案開發諮詢，各種技術解決方案如風電場測風、可行性研究、調查、現場技術支持、噪音評估、海外市場投融資技術方案等。

該公司有二項分析工具—SgurrTrend 及 Galion Lidar，可進行風況測量與分析，Galion Lidar 用於風況測量係成熟技術的新應用，體積小便於攜帶，可輕易快速地於測量地點進行佈建，除了風況的測量分析外，亦可進行運轉中風力機的性能監測與評估，由於機器中的反射鏡對於灰塵非常敏感，因此配備有小刷子與噴水器進行清潔工作。

在歐盟的資助下，該公司與中國大陸氣象部門合作，進行中國大陸離岸風力資源評估與離岸風場開發的可行性研

究，共分析約 1 萬公里的中國大陸海岸資料，以進行潛在離岸風場場址的確認，研究亦發現台灣海峽擁有最佳的離岸風力資源。該份報告完整資訊為：「Off-shore Wind Energy Resource Assessment and Feasibility Study of Off-shore Wind Farm Development in China (EuropeAid/123310/D/SER/CN), final Technical Report (Aug. 4th 2008 - Aug. 3rd 2009), National Climate Centre, China Meteorological Administration & SgurrEnergy」。

於進行離岸風場規劃時，於地圖上必須同時顯示海港與船舶停靠區域、漁業資源與保育區分布、礦產資源利用區域、遊憩與景觀保留區、海洋資源利用區域、海洋能源利用區域、海洋保護區、已規劃進行其他利用或保留區域等。在風力機的選擇上，則須考量水深與海象、風況、可取得之電網容量、可利用之海港設施、可取得之施工與維護船隊、風力機交貨期、基座設計等。

該公司有一名為 Finisterre Offshore Accessibility Model 的評估模型，僅供內部使用不對外販售，係利用隨機模式（stochastic modelling）技術，以預測因不佳氣象或惡劣海象導致之損失，可用於運轉維護策略之管理。於數處風場的研究顯示，風力機的可靠度是最重要的課題。

在颱風的評估上，該公司亦已發展相關工具進行分析，惟我國參訪團代表對於颱風議題有正反二面之看法，如有專家認為颱風對於離岸風電不造成影響，因為我國颱風主要從東岸進入，但另一專家認為颱風路徑複雜，可能無法輕易斷言是否無影響。Sgurr 公司代表則表示，於進行中國大陸之研究時，中國大陸方面對於東南海岸區域的颱風確實相當關切，因此建議此議題須謹慎考慮。



Sgurr Energy 公司 Richard Boddington 就風場量測進行簡報

## 十、會談 Carnegie College

- 時間：6 月 28 日（星期二）15：30～16：30
- 英方會談人員/職稱/單位：Andrew Kowalczyk / Assistant head of School / School of Engineering & Technology
- 會談紀要：

Andrew Kowalczyk 介紹 Carnegie College 的 Whitlock Energy Collaboration Centre，就所提供的離岸風力發電廠人員培訓課程規劃做簡報說明，該學院係與西門子等大廠合作，於課程中導入實習，加深學員的學習經驗。而 Whitlock 能源合作中心主要提供學習、培訓和技能開發，促進學習合作與知識轉移，提供互動實驗室示範的機會，有助於永續能源的有效利用。

Carnegie College 的課程自 2010 年 8 月開辦，主要的訓練方向為風力機的維護，目前的挑戰在於如何取得更多資源，包括經費、教材、上課場所、設備投資等。課程提供培訓的項目包括：電力工程、機械工程、焊接和加工、發電、輸配電、風力發電機技師、健康與安全、海上求生、消防、登山課程、安全帶意識培訓等訓練。此外，在培訓風力發電機服務技術人員方面，重點在於如何回應雇主的需要，進行提高

技能與再訓練，以發展個人技能。

課程的講師來自學術界與產業界，學員於學院內參與 1 年 8 個月的課程後，於上班地點繼續安排訓練。一般而言學員需通過至少 700 小時的專業知識訓練課程，以及 800 小時的 P.E.O. (Performing Engineering Operations) 實習。Carnegie College 除了提供 3 至 4 年完整課程 (課程結束後將發予學位)，亦有短期課程，或就某一特定領域給予短期訓練。

對於風力機維修的人力而言，許多來自重新訓練 (reskilling) 與技能提升 (upskilling)，其中估計 95% 的人力係經重新訓練。

## 十一、會談 GL Garrad Hassan

- 時間：6 月 29 日 (星期三) 13:30~15:00
- 英方會談人員/職稱/部門：
  1. Tim Camp / Deputy Head / Turbine Engineering
  2. Ian Bonnon / Head of Offshore Wind / Offshore Competency Centre
  3. Captain Stephen Noman / Business Development Manager / Europe Upstream
  4. Phil Houlton / Offshore Group (Structures)
- 會談紀要：

本會議先由 Tim Camp 與 Phil Houlton 就離岸風力發電機組結構的設計做介紹，接著 Captain Stephen Noman 說明安裝船的規範及設計，最後由 Ian Bonnon 介紹離岸風場專案管理服務項目。

GL Garrad Hassan 公司(GH) 是 Germanischer Lloyd AG 集團(GL)旗下成員之一，屬於 GL 再生能源顧問業務的一部分，提供整合式全球服務，在全世界 20 國 35 個據點有超過 700

位員工。

GL Garrad Hassan 是技術及工程服務、軟體產品和訓練的主要提供者，包括岸上及離岸風力發電，以及迅速發展中的波浪、潮汐及太陽能領域。憑著將近 30 年來所累積的經驗，GH 在再生能源技術、計劃和市場方面，擁有無與倫比的技術知識，其客戶包括大多數主要發電機製造廠商、開發商、融資機構、投資者和物主。GH 首次離岸工程研究始於 1993 年，到目前為止，GH 的離岸風力發電團隊已完成 200 項商業合約，包括 10GW 的營運與維護研究、10GW 的能源產量研究、7.5GW 的合理盡責檢討、和超過 1GW 的 FEED 研究。

GH 在內部成立了海洋再生能源團隊，為海洋能源設備與計劃之開發商、投資者、承包商、融資機構、及其他利害相關者，提供廣泛的顧問服務，包括波浪及潮汐資源評估、海洋能源設備之設計及測試、計劃可行性評估、前端工程研究、和技術合理盡責。GH Tidal Bladed 軟體可提供潮流發電機之建模及設計分析，GH SCADA 軟體可用於海洋能源設備測試。營運與維護(O&M)仿真套裝軟體則可用於規劃和分析 O&M 解決方案。



Garrad Hassan 公司 Tim Camp 說明離岸風電專案



## 十二、會談 AREG

- 時間：6 月 29 日（星期三）15：00～16：00
- 英方會談人員/職稱/部門：Iain Todd / Renewables Champion
- 會談紀要：

Aberdeen Renewable Energy Group (AREG) 為蘇格蘭政府成立之公司，旨在推動 Aberdeen 地區再生能源發展與相關產業之發展，協助產業轉型至再生能源，參與協助 Aberdeen 區域之離岸風電計畫。AREG 與 Vattenfall、Technip 共同發展新的機構—歐洲離岸風電中心 European Offshore Wind Deployment Centre (EOWDC)，目的是設置新設備、系統、流程，並啟動研發，以提高離岸風電的生產競爭力，同時在蘇格蘭、英國及歐洲增加供應鏈能力。此開發專案來自歐盟的資金達 4,000 萬歐元，並提供一個平台，可設置與示範離岸風電的新概念、產品、服務，促使進一步研究；將包含位於離岸 2 至 4 公里處，設置 11 座風力機與基礎，電纜連結風場陣列至岸上，設置陸上變電站，另有潛在的陸上與離岸設施供以研究發展。

EOWDC 的創新目標是在離岸風力發電任何組件上改進現行做法，包括：更有效率或降低每 MW 的成本、更強大的渦輪機與基座連接系統、更高效的施工及安裝技術、新材料、新型電纜安裝技術、可能的海洋實驗室和岸上研究設施等。在設置風力機部分，可申請的條件範圍為葉片轉子直徑 120 至 150 公尺，輪轂高度 100 至 120 公尺，單支風機發電量 4 MW 到 10 MW。此外，EOWDC 正積極尋求不同的基礎設計，其創新功能設計可能包括吸力樁式 (suction piles)、桁架式 (jackets)、三腳式 (tripods)、單樁式 (monopiles)、重力式 (gravity bases) 及混合式 (hybrid)。

### 十三、會談 Romax Technology Limited

- 時間：6 月 29 日（星期三）16：00～17：00
- 英方會談人員/職稱：Daniel Poon / Indian Business Manager
- 會談紀要：

Romax 為一動力技術公司，設計齒輪箱、軸承等，積極佈局該公司於風力發電機之齒輪箱市場，並研發出監測系統，可提早偵測失效，並可判斷最佳時間點更換零件，降低營運成本。該公司成立於 1989 年，為全球用戶在動力傳動領域提供工程諮詢服務和先進軟體工具，在汽車、航空航太、風力發電和鐵路工業等方面，與世界頂尖的工程公司、OEM、元件供應商及高科技公司等廣泛合作，並致力運用在傳動系統和軸承領域的知識，提供迅速開發產品且有效的解決方案。Romax 總部設在英國，並在全球設有多個銷售和技術支援部門，分別在德國、法國、中國、印度、日本、韓國、北美等地。

Romax 公司在全球風電齒輪箱和傳動系統行業有豐富的技術經驗，已經有一系列從 750 kW 到 5 MW 及以上風電齒輪箱設計、分析、改進優化及生產製造支持的項目經驗，同時具有分析和優化 2.5 MW 和 5 MW 風機機械傳動系統的經驗。其工程團隊提供傳動系統設計和分析方面的全方位服務，包括：NVH 研究、變速箱設計、設計概念衍生、設計評論和產品詳細設計。還可透過各國的分公司或辦事處，為客戶的工程計畫提供當地的協助。

Romax 瞭解風能產業所面臨的技術問題，特別針對風力發電機齒輪箱、機械傳動系統及軸承提供高級軟體及工程諮詢服務，例如 RomaxWIND – 風力機傳動系統設計與分析之虛擬產品開發環境。於風電領域所提供的服務包括：

- 對齒輪箱、軸承和機械傳動系統各元件的設計、先進分析和故障診斷及檢驗

- 提供軸承和機械傳動系統的設計和仿真軟體
- 齒輪箱認證的專業協助
- 在軸承和機械傳動系統設計與生產能力上的技術調查與評估
- 市場研究、策略諮詢、技術轉讓和培訓

## 十四、會談 UKTI Business Group

■ 時間：6月29日（星期三）17：00～17：30

■ 英方會談人員/職稱/部門：

1. Anthony Arkle / Senior Account Manager / Energy & Environment
2. James Beal / Sector Specialist / Renewable Energy

■ 會談紀要：

英國貿易投資署（UKTI）是一個協助英國公司成功經營國際市場的政府部門，也協助外國公司為英國的蓬勃經濟引進優質投資。

UKTI 意識到國際能源產業的重要性，因此成立一個專門團隊來支援英國公司及專業人士在日益競爭的國際市場中尋找商機。該專門團隊的任務為發掘商機，並展現英國業者在再生能源產業領域所具備的廣泛專門技術、能力和經驗。再生能源團隊提供全方位彈性支援，以促進國際貿易。這些服務的目的在於提升英國再生能源產業的國際形象、協助個別企業發揮出口潛力、和促使英國成為海外投資人和買主的首選。

英國是日益蓬勃的再生能源產業的發源地，具有在競爭環境中交付技術及成本效益專案的豐富經驗。再生能源團隊透過這些能力提供反應式支援基礎架構，促使英國的再生能源產業立於有利的地位，以便充分利用全球商機。此外，由

於未來英國將有龐大之離岸風電商機，並朝向成為低碳國家邁進，故 UKTI 也試著吸引外資至英國投資低碳產業，UKTI 可提供與產、官、學各界會晤的規劃安排等協助，使國外公司獲得與本國公司相同的待遇，使英國成為進軍歐洲市場的跳板，如我國廠商有意願至英國投資，英國貿易文化辦事處可協助提供相關的產業群聚、地方政府獎勵措施與發展重點等資訊。



與 UKTI 的 Anthony Arkle 和 James Beal 討論

## 十五、會談 Mott Macdonald

- 時間：6 月 29 日（星期三）17：30～18：30
- 英方會談人員/職稱：
  1. Robert Speht / Wind Energy Manager
  2. Alan Lowdon / Divisional Director
  3. Keith Mcleay
- 會談紀要：

Mott MacDonald Group (MMG) 是一離岸風電之工程和開發顧問公司，有專案管理的經驗，分別就該公司實際經驗與台灣訪問團分享，並指出環境影響評估於離岸風電開發前之必要性，而在歐洲此評估約需時 6 年。

MMG 價值 15 億美元的事業版圖橫跨 140 個國家，其 14,000 名員工的服務範圍幾乎涵蓋所有產業，從交通運輸、能源、建築、水利和環境，到衛生與教育、工業和通訊不一而足。MMG 的技術、產業、服務和全球營運廣泛性，使得該集團在為顧客提供管理、工程和開發解決方案方面，成為全世界頂尖的顧問公司之一。

- 規劃、設計、採辦和交付任何規模之專案計劃。
- 提供以技術知識為基礎的管理顧問服務。
- 幫助客戶擬定和執行開發政策與計劃。
- 在保護地球方面扮演其應有的角色。

在能源產業中，MMG 在再生能源發電的所有層面，具有全方位的能力。在風力發電領域的廣泛經驗包含專案管理、資源評估、環境影響評估、土地調查與 GIS 系統、渦輪機技術選擇、土木工程設計、輸電網絡配置與設計、連接至電柵之所有問題、設計檢討、監工、商業與財務分析和盡職調查。此外，MMG 也將再生能源整合至公用事業現有的供電網絡中。風力發電業務包括岸上和離岸專案計劃，發電量可達 1,000 MW。

MMG 代表認為，在投入離岸風場開發之前，必須先考慮技術可行性，而示範計畫即相當重要，因能提供早期的試驗。建議台灣雖可以學習歐洲的離岸風電開發經驗，但不宜直接引用他國的經驗，因為各國的供應鏈、產業強項、資源條件都不同，應該著重於台灣自己的條件，進行相關的規劃。

## 十六、參觀 RenewableUK Offshore Wind 2011 Exhibition

- 時間：6 月 30 日（星期四）08：30～12：30
- 地點：Arena and Convention Centre (ACC) Liverpool
- 參觀紀要：

RenewableUK Offshore Wind 2011 Exhibition 在利物浦展

覽中心 Arena and Convention Centre 舉行，展覽主題為離岸風電相關產業，是英國離岸風電展覽之年度盛會，已歷 10 屆，每屆皆有 200 家企業參與展出，且有超過 2,500 人參觀，包括政府部門、風力發電製造商、開發商、銀行業者及有興趣開發離岸風力之單位。活動展示包括產品、服務及創新等，提供參觀者與許多業界專業人士面對面的機會，也可在企畫及需求上與供應商交流。

此次 Renewable UK Offshore Wind 2011 Exhibition 有達 167 家公司參展，在離岸風電的產品、服務及創新為業界領先的供應商和提供者，可直接從產業界專家學習，認識產品與創新的行動。參展攤位包括有 Vestas 風機公司、Vos Product 海纜保護裝置公司、JDR Cable Systems 海纜公司、CG Power Solutions UK Ltd 電力系統公司、Garrad Hassan 公司等。其中 JDR Cable Systems 也為 Wave Hub 計畫之參與廠商，經交談間接得知 Wave Hub 之海纜佈放與 Sub-station 將於本年度七月底完工，並開始相關波浪發電系統之測試。





RenewableUK Offshore Wind 2011 Exhibition 展場情況

## 十七、會談 Crown Estate

- 時間：7月1日（星期五）12：00～13：30
- 英方會談人員/職稱：David Charlesworth / Senior External Relations Manager
- 會談紀要：

David Charlesworth 主要說明 Crown Estate（英國皇家財產局）在英國離岸風電發展所扮演的角色，以及英國離岸風電目前之發展規劃。Crown Estate 根據 1961 年英國皇家財產法所成立的公共機構，不屬於政府的一部份，但與政府密切合作。職責是代表國家管理君王世襲的財產，長期維護並提升財產的價值及收入，亦加以妥善管理，所賺取的利潤將交給財政部，以造福全國人民。Crown Estate 的物業組合總值超過 66 億英磅，涵蓋英國許多都市景點、古老森林、農場、草木區、海岸線與社區，同時扮演地主、影響者、管理者、監護者、推動者與營收創造者的角色。其財產是大英國土的一部分，包括蘇格蘭北部的牧牛農場、波特蘭島的採石業務、倫敦西區辦公室、西部商業區、中部農場以及海岸以外的海床。其中，海洋財產包括英國將近半數的前灘、有潮汐河段與河口的河床，以及英國四周 12 海哩領地範圍內的絕大多數

海床，當中亦包含英國陸棚自然資源的探勘權及使用權。

Crown Estate 為促進離岸風電的發展，規劃階段目標，總計約 48 GW 的開發量，包括：第一、二階段（Round 1 & 2）1.3 GW 已營運，7.6 GW 在開發中，1.5 GW 待擴展；蘇格蘭領海區域有 5.3 GW 在前期開發；第三階段（Round 3）則有 32 GW 處於開發中，重點將是再生能源的目標及工作機會。日前已公佈第三階段離岸風力發電計畫和全球首例商用波浪及潮汐發電計畫的得標者。為了說明這類商機的規模，第三波計畫可望在 2020 年時供應英國 25% 的用電。Crown Estate 作為促成者的角色，已進行全球規模最龐大的飛禽調查之一、連續舉辦 12 項地區供應鏈活動、擬訂意外考古發現的處置準則，並任命一位漁業聯絡官協調與漁業界的合作。

會議中提到 Crown Estate 設置有 GIS 資料庫，將離岸開發區域開放招標，提供給開發商競標，得標後可為獨家開發，經過細部評估後進行，若發現土地權利有問題，亦給予開發商彈性，可修改規劃。但也避免占地不開發，訂定需完成的階段性目標，若無法達成，將收回權利，給予第二順位開發商。



Crown Estate 的 David Charlesworth 說明簡報



## 十八、會談 HSBC

- 時間：7月1日（星期五）13：30～15：00
- 英方會談人員/職稱/部門：
  1. Carols Candil / Associate Director / Resources & Energy Group
  2. Remi Degelcke / Associate Director / Project Finance
- 會談紀要：

Carlos Candil 說明 HSBC 在離岸風電開發時，其綠色金融之作為與政策。HSBC 匯豐銀行總部位於倫敦，是一家全球性銀行及金融服務組織，有 30 多萬員工和在 86 個國家超過 9,500 間辦事處。執行再生能源金融交易，有陸域及離岸風力發電、太陽光電等，在 13 個國家包括英國、美國、德國、日本、西班牙、義大利、希臘、捷克、土耳其、澳大利亞、印度、韓國及中國。

會談中提到離岸風力發電設置，面臨增加資金成本的挑戰，目前離岸風場的成本每 MW 約為 3~3.5 百萬英鎊，增加的資金需求導致再融資和現有資產的部分銷售。英國離岸風力融資提供了巨大機會，將需要獲得新的資金來源，潛在的資金來源包括：退休基金、人壽保險公司、基礎設施基金、多邊機構（EIB 歐洲投資銀行，KfW 德國復興信貸銀行）、綠色投資銀行（Green Investment Bank）、出口信貸機構、Sovereign Wealth Funds 等。

以歐盟設置的離岸風場與陸域風場做資金成本比較，離岸風場的基礎建設工程約占 20%，相關的安裝成本也較高。

Offshore wind capital costs	Onshore wind capital costs
- Turbine (41%)	- Turbine Costs (80%)
- Foundation (19%)	- Civil Works & Other (8%)
- Installation of WTG and foundation (15%)	- Electrical and Grid Connection (12%)
- Substation (5%)	
- Cable and Cable installation (13%)	

- Engineering and others (5%)
- Insurance (2%)

目前，離岸風電或再生能源仍歸屬於風險較高之產業，因此銀行於放款及融資審核時仍持保守態度。HSBC 目前只對已商轉的風力發電場進行融資，今年才開始考慮融資給安裝階段的開發案，將以開發商的股票做抵押。融資風險高，銀行的評估機制將考慮許多項目，例如：風電設備已設置完備、與電力業者的契約、多重資金來源、企業資金的健康度、預期保證收益、政府法令及立場等。

此外，嶄新的低碳經濟具備真正的商機，HSBC 藉著培養對低碳科技的瞭解及專業能力，並安排各項融資事宜以協助相關科技適度進入市場，能為低碳的未來作出重大貢獻，同時為集團創造新的營收來源。匯豐將氣候事業定義為「可望在全球轉型為低碳經濟過程中蓬勃發展的商品與服務」，並已發現四大商機領域：

- 低碳能源的生產，例如生質能源、核能、太陽能與風力
- 建築、工業與交通運輸的節能，以及能源儲存
- 因應氣候變遷的衝擊，尤其是農業、基礎建設與水資源
- 提供氣候金融服務，包括環保市場、債務和股權投資、保險



HSBC 的 Carlos Candil 針對離岸風電之綠色金融簡報

## 肆、心得與建議

- 一、此行拜會英國政府部門（如英國能源暨氣候變遷部 DECC、蘇格蘭國際發展局 SDI），並參訪民間企業進行會談，尤其接觸到多家離岸風能公司及海洋能研究單位，實地瞭解所研發的先進技術，蒐集到許多極具參考價值之資料。此外，透過晤談讓英國更加瞭解台灣積極推動再生能源之政策與目標，將可促進兩國再生能源之合作交流。
- 二、英方建議，我國欲發展離岸風電，穩定的政策非常重要，透過示範計畫建立經驗為正確的途徑，至於應採用何類基礎的設計，以及應使用何類型的安裝施工船，無法直覺性地提供建議，須視各個場址之性質進行分析，方能得知最適合之設計與施工方法。考量未來歐洲本身就離岸風場施工船隊即有相當高的需求，無法支應我國離岸風場示範計畫的施工需求，建議我國有興趣投入的業者及早研擬因應對策。
- 三、本次舉辦「第6屆再生能源交流合作圓桌會議」，延續討論之前持續推動之離岸風電與海洋能源議題，並進行許多討論項目、意見交換。二項議題皆得到熱烈的討論，雙方對於共同合作皆持樂觀、積極的態度，尤其在離岸風場開發部分，因與海洋能相較之下技術相對成熟，英國於此領域之經驗豐富，對將朝向實質開發離岸風場的我國而言，本次討論受益良多，惟不易在有限的時間內深入探討專業技術問題，建議未來針對單一能源技術主題，可採另行舉辦專業技術研討會或座談會的方式進行，更能瞭解雙方技術能量與可能合作之內涵。
- 四、英國近年來大力推動風力發電，已吸引相當多業者提出建設離岸風場之規劃，風場規模之大可居世界之冠，也因此帶動更多風力發電的產業供應鏈及商機，許多國際大廠相繼投入英國市場，主要風力機設備製造商皆已於英國設立分公司。國內可思考參卓英國經驗，結合國內產業界或國外公司，共同開發具大規模且挑戰性之風場，可進一步帶動台灣風力產業的發展。

- 五、海洋能發展方面，由於英國政府積極投入資金與政策鼓勵，特別是波浪發電及潮流發電技術的研發更居世界領先地位。此次圓桌會議討論，英方提供海洋能發展建議，包括參與國際認證、國際標準訂定、測試與分析、建立獨立及可參考的資料等，可供我國推動海洋能源研發與應用規劃之參考。歐洲海洋能源中心(EMEC)並可協助台灣設立相關測試場，或把設備帶到EMEC測試中心，進行一系列的測試方案。工研院綠能所與成大水工所皆已積極地投入波浪及潮流發電的研發，且成大水工所擁有測試水槽，更具備設備發展之利基，希望透過國際技術交流合作，加速自行研發海洋能發電機組，成功地在台灣海域佈放設置。
- 六、再生能源產業的形成，技術人員的訓練是非常重要且關鍵的一環，英方已於風力發電相關人才培訓，進行規劃與佈署，建議台灣可參照其課程規劃和經驗進行相關人員訓練，尤其在離岸風場營運與維修人才之培育方面。此外，雖然海洋能發電相關產業尚未建立，但由於離岸風力發電的海事工程技術、發電原理（如潮流發電機）以及電力傳輸系統等與之相類似，因此海洋能發電產業相關的訓練課程亦可及早開始規劃，不但萌芽期間需要相關技術領域的人員，而且開發成功就會以很快的速度大量複製，儘早考慮人才培訓將有助於整體海洋能產業的發展，以避免技術人員不足的影響。
- 七、本計畫已舉辦6屆「再生能源交流合作圓桌會議」，每次會議皆達成雙方產官學研相互交流之目的，也進而促成技術開發上的多項實質合作，包括風力機控制系統、風力機傳動系統設計、離岸風場可行性評估、波浪發電設備評估及場址分析等。此次於離岸風力發電、波浪發電等領域都有所展獲，達成國際技術合作的目的。未來可增加討論議題的範圍，展現雙方具優勢的技術，並從中瞭解合作的可能性，主題方面可考慮太陽光電、生質燃料等其他再生能源的討論。