

# 赴英國考察自來水事務民間參與政策 暨再生能源出國報告

參加人姓名:毛振泰

主辦單位:經濟部能源局、UK Trade & Investment

出國期間: 102 年 6 月 8 日至 102 年 6 月 15 日

## 出國報告摘要表

|         |                                                                                                         |                                                                               |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 計 畫 名 稱 | 赴英國考察自來水事務民間參與政策暨再生能源                                                                                   |                                                                               |
| 報 告 名 稱 | 中文                                                                                                      | 赴英國考察自來水事務民間參與政策暨再生能源出國報告                                                     |
|         | 英文                                                                                                      | Report for The Tap Water Private Particerpation and UK Renewable Energy Visit |
| 參加·撰寫人  | 毛振泰                                                                                                     |                                                                               |
| 關 鍵 詞   | 再生能源、離岸風力發電、台英再生能源圓桌會議<br>Renewable Energy, Offshore Wind Power, Taiwan-UK Renewable Energy Round Table |                                                                               |

# 目 錄

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>一、 內容摘要 .....</b>                                            | <b>8</b>  |
| (一) 目的 .....                                                    | 8         |
| (二) 參加人員 .....                                                  | 8         |
| (三) 行程紀要 .....                                                  | 8         |
| (四) 結論及建議 .....                                                 | 10        |
| <b>二、 行程及工作內容 .....</b>                                         | <b>14</b> |
| (一) 行程規劃 .....                                                  | 14        |
| (二) 我方代表團成員 .....                                               | 15        |
| (三) 會談 AREG .....                                               | 16        |
| (四) 參訪 Patrofac .....                                           | 17        |
| (五) 會談 Pilot Offshore Renewables .....                          | 21        |
| (六) 會談 Department of Energy and Climate Change (DECC) .....     | 22        |
| (七) 參訪 Scottish Development International .....                 | 23        |
| (八) 參訪 Olbaum Services .....                                    | 24        |
| (九) 參觀 Renewable UK Offshore Wind 2013 Exhibition .....         | 25        |
| (十) 參訪 Burbo Bank Offshore Wind Farm .....                      | 27        |
| (十一) 會談 Crown Estate .....                                      | 32        |
| (十二) 會談 Department for Business, Innovation & Skill (BIS) ..... | 34        |
| <b>三、 第 8 屆台英再生能源圓桌會議 (會議紀要) .....</b>                          | <b>36</b> |
| (一) 圓桌會議議程 .....                                                | 36        |
| (二) 英方與會公司 .....                                                | 38        |

|           |                             |           |
|-----------|-----------------------------|-----------|
| (三)       | 雙方主席開幕致詞.....               | 39        |
| (四)       | 臺英雙方簽署合作備忘錄.....            | 41        |
| (五)       | 議題一：離岸風電與產業之推動.....         | 42        |
| (六)       | 議題二：海洋能源開發.....             | 46        |
| (七)       | 會議結論.....                   | 49        |
| <b>四、</b> | <b>英國離岸風電推動政策與發展現況.....</b> | <b>50</b> |
| (一)       | 英國離岸風電推動政策.....             | 50        |
| (二)       | 英國離岸風電推動現況.....             | 52        |
| (三)       | 英國首座離岸示範風場 Blyth.....       | 61        |

## 圖 目 錄

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 圖 1、AREG 的 Iain Todd 介紹 EOWDC 在 Aberdeen 離岸風場發展現況<br>與後續挑戰 ..... | 17 |
| 圖 2、Petrofac 的水下逃生訓練場地.....                                      | 19 |
| 圖 3、Petrofac 的海洋救生訓練船.....                                       | 20 |
| 圖 4、Petrofac 的緊急應變訓練中心.....                                      | 20 |
| 圖 5、Pilot Offshore Renewables 的 Ian Broadbent 簡報介紹 .....         | 21 |
| 圖 6、英國能源暨氣候變遷部 (DECC) Allan Taylor 進行簡報.....                     | 22 |
| 圖 7、SDI 的 Paul O'Brian 介紹蘇格蘭離岸風電發展 .....                         | 24 |
| 圖 8、Oldbaum 的 Andy Oldroyd 進行簡報.....                             | 25 |
| 圖 9、RenewableUK Offshore Wind 2013 Exhibition 展場情況.....          | 26 |
| 圖 12、Burbo Bank 離岸風力發電場.....                                     | 30 |
| 圖 13、Burbo Bank 風場標誌可見光距離與霧號可聽見之距離 .....                         | 30 |
| 圖 14、Burbo Bank 離岸風力電場<br>(紅色：現有風場、黃色：申請中新增風場).....              | 31 |
| 圖 15、Burbo Bank 離岸風力電場鄰近貨輪航跡(28 天).....                          | 31 |
| 圖 16、Burbo Bank 離岸風力電場鄰近的客輪航跡(28 天).....                         | 32 |
| 圖 17、Crown Estate 的 Adrian Fox 說明簡報.....                         | 34 |
| 圖 18、與 BIS 的 Rachel Egan 會談現場.....                               | 36 |
| 圖 19、第八屆臺英再生能源圓桌會議開會情形 .....                                     | 40 |
| 圖 20、臺方主席蘇金勝組長開幕致詞 .....                                         | 40 |
| 圖 21、英方主席 Mr. Simon Carter 開幕致詞 .....                            | 41 |
| 圖 22、臺英雙方簽署合作備忘錄儀式 .....                                         | 41 |
| 圖 23、台方引言代表呂威賢進行離岸風電簡報.....                                      | 45 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 圖 24、英方引言代表 Nick Medic 進行離岸風電簡報 ..... | 46 |
| 圖 25、臺方引言代表劉治中進行海洋能議題簡報 .....         | 48 |
| 圖 26、臺英雙方針對海洋能議題進行討論 .....            | 48 |
| 圖 27、臺英雙方主席合影 .....                   | 49 |
| 圖 28、Round 1 & 2 離岸風場位置 .....         | 57 |
| 圖 29、Round 3 離岸風場區域.....              | 58 |
| 圖 30、Blyth 離岸風場 .....                 | 61 |
| 圖 31、Blyth 離岸風場採用之 Vestas 風力機組 .....  | 62 |
| 圖 32、Blyth 離岸風場工程進度表 .....            | 64 |
| 圖 33、風力機結構感測裝置 .....                  | 67 |
| 圖 34、海象資料感測裝置 .....                   | 68 |
| 圖 35、Blyth 離岸風場的測風塔位置 .....           | 69 |

## 表 目 錄

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 表 1、Round 1~ Round 3 開發比較分析表.....      | 53 |
| 表 2、Round 1~ Round 3 主要開發商及開發現況彙表..... | 53 |
| 表 3、Round 1 離岸風場開發計畫.....              | 55 |
| 表 4、Round 2 離岸風場開發計畫.....              | 56 |
| 表 5、Round 3 離岸風場開發區塊.....              | 56 |
| 表 6、英國已完工離岸風場統計表 .....                 | 59 |
| 表 7、Blyth 離岸風場建造成本結構 .....             | 65 |
| 表 8、Blyth 離岸風場維運成本結構 .....             | 65 |
| 表 9、DTI 主要支持離岸風能研究計畫 .....             | 66 |

## 一、內容摘要

### (一)目的

為持續臺英雙邊交流成果，參加經濟部能源局與英國英國貿易投資署（UK Trade & Investment）共同舉辦之「第 8 屆台英再生能源交流合作圓桌會議」，並與英方離岸風電與相關業者、專家進行離岸風電議題討論，以增加技術交流與互惠合作的機會。同時與國內相關單位組團參訪英國再生能源發展，參加 Renewable UK Offshore Wind 2013 Conference and Exhibition，英國離岸風電展覽之年度盛會，計有風電製造商、開發商、銀行業者、政府部會及有興趣之相關單位參與，為尋求國際技術交流的最佳平台。並參訪離岸風力企業與研究單位，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的參考。

由參觀展覽以及參訪英國再生能源業者，瞭解目前全球（尤其是首位之英國）在離岸風力之最新技術發展情況，藉此作為推動台灣開發離岸風電之規劃參考。此外，邀集國內離岸風電主要開發商及海事工程業者，以台灣離岸風電示範獎勵計畫為主題，與英國重要離岸風場開發業者及工程顧問公司進行技術會談，瞭解英國在離岸風場開發之技術能力及實務經驗，藉此做為國際合作與技術引進之規劃參考，以期 2015 年能如期完成離岸風電示範機組之建置。

### (二)參加人員

毛振泰 / 行政院經建會 部門計劃處 組長

### (三)行程紀要

此行主要任務係舉辦「第 8 屆臺英再生能源圓桌會議」，討論離岸風電與海洋能相關議題，以增進臺英雙方瞭解並拓展未來合作機會。行程規劃方面，訪英期間自 6/8 至 6/15，約一週的參訪行程，安排拜會政府部門（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



等)、參觀離岸風電展覽 Renewable UK Offshore Wind 2013 Exhibition、參訪風力發電技術相關公司(如 AREG、Petrofac、Pilot Offshore Renewables、Offshore Renewable Institute、Oldbaum Services 等)以及離岸風場(Burbo Bank Offshore Wind Farm)。可為專業領域的企業、研究單位提供交流與瞭解的機會,探討較為專精的技術研究,增加國際合作的可能性,並分享英國領先之離岸風電推展與海洋能研發經驗。探討英國自來水事務民間參與政策執行歷經 30 年後之變化暨交換相關經驗,本次出國行程如下:

| 日期      | 參訪公司 / 會議                                                                                                                                                                                                                                                                            | 地點                  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 6/8~6/9 | 去程(台灣→英國亞伯丁 Aberdeen)                                                                                                                                                                                                                                                                | 台灣→英國               |
| 6/10(一) | <ul style="list-style-type: none"> <li>會談離岸風電公司 AREG、Pilot Offshore Renewables、Offshore Renewable Institute, 與政府部門 Scottish Development International 與 Department of Energy and Climate Change, 瞭解離岸風電規劃、設計、施工等經驗與政策發展現況</li> <li>參訪 Patrofac 瞭解離岸風場之勞工安全、工安管理、緊急應變與教育訓練</li> </ul> | Aberdeen            |
| 6/11(二) | <ul style="list-style-type: none"> <li>參訪 Olbaum Servuces 瞭解離岸風電規劃、風場評估與測風光達系統等經驗</li> <li>啟程前往曼徹斯特</li> </ul>                                                                                                                                                                       | Aberdeen→Manchester |
| 6/12(三) | <ul style="list-style-type: none"> <li>參觀 Renewable UK Offshore Wind 2013 Exhibition</li> <li>舉辦第 8 屆臺英再生能源交流合作圓桌會議</li> </ul>                                                                                                                                                       | Manchester          |
| 6/13(四) | <ul style="list-style-type: none"> <li>啟程前往利物浦 Liverpool</li> <li>參訪離岸風場 Burbo Bank Offshore Wind Farm</li> <li>啟程前往倫敦 London</li> </ul>                                                                                                                                             | Liverpool→London    |
| 6/14(五) | <ul style="list-style-type: none"> <li>拜會 UKTI(UK Trade &amp; Investment)、Crown Estate、Department for Business, Innovation &amp; Skill (BIS)</li> </ul>                                                                                                                              | London              |

#### (四) 結論及建議

1. 此次參訪行程感謝英國貿易文化辦事處 (BTCO, British Trade and Cultural Office) 以及英國貿易投資署 (UK Trade & Investment) 之大力協助，方能與英國再生能源相關之政府與民間單位進行會談，並實地瞭解英國發展現況與相關技術，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決心與實力，並促進兩國再生能源合作交流之實，共同致力於強化離岸風電等再生能源發展之雙邊合作，創造兩國再生能源產業之互惠與互利。
2. 本次台英再生能源圓桌會議主要結論包含以下四點：
  - (1) 離岸風場開發案所需的融資與財務規劃，我國將以研討會方式，邀請英方專家提供經驗予臺灣發展離岸風電參考。
  - (2) 希雙方可共同建立離岸風場開發之 Best Practice 指導原則，包括風場規劃、海事工程、運轉維護、財務規劃等。
  - (3) 在海洋能方面，於模擬、測試、選址、認證等領域，希雙方能有初步交流與實質合作。
  - (4) 雙方可就離岸風場之勞工安全、工安管理、緊急應變與教育訓練進行合作。
3. 本次協助舉辦「第 8 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。

4. 綜合分析英國離岸風電成功之主要原因，由於英國鄰近北海，擁有全歐洲最豐富的風力資源，在歐盟減碳目標的壓力下，發展相對成熟的風力發電是其首選，儘管產業投入較晚，仍以政策之力支持市場發展，實行 RO 制度後成效顯著，其後為有效刺激離岸市場，以階段性規劃大型開發案，並提高離岸 ROC 收購價格。英國自 2000 年完成第一座 Blyth 離岸示範風場（2 x 2 MW）後，在明確之推動目標導向下，透過階段性之推動策略（Round 1~3），以及具經濟誘因之 ROC 制度，有效推動離岸風電市場成長，成為目前全球最大之離岸風電市場，並帶動國內相關產業及就業機會。其離岸風電成功之經驗，實值得國內學習與參考。
5. 參考英國推動 Round 1~3 的成功經驗，由示範計畫、技術提昇以至區塊開發的推動政策與作法，確保先扎根後茁壯的穩定產業扶植策略，值得國內政府效法。就國家整體開發的角度來看，「區塊開發」可加速離岸風能推動，同時降低業者開發風險及政府管理行政成本，故應是未來國內以經濟規模進行離岸風電開發正確的方向。
6. 英國近年來大力推動風力發電，尤其是離岸風場開發，已吸引相當多業者提出建設離岸風場規劃，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，在離岸示範獎勵計畫成功後，以具規模經濟之「區塊開發」推動政策（目前能源局正規劃、研擬中），鼓勵電力公司及需減碳成效之大型企業（如中油、中鋼等）投入，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，除可提高開發之成功機率外，更可進一步帶動台灣風力產業的發展。
7. 由於離岸風場的開發初期需要大量資金的投入，英方建議欲帶動銀行業者的投資信心，必須能夠事先提出具體的成本評估與風險分析，即需要一個好的專案管理系統來達成這個目的，而一個有吸引的專案也較能夠獲得資金的投入。此外，英方亦建議應採取

較創新的投資方式來取代傳統投資模式。據此，台灣未來在與金融業相關的研討會上可邀請英國的金融業參與，針對投資經驗上進行交流，建立台英雙方的銀行業者溝通的管道，讓台灣銀行藉由瞭解英國銀行投資的狀況而能產生足夠的信心。

8. 欲能有效降低離岸風電投資成本，英方建議應事先建立良好的營運及維修計畫。即在追求發電量最大化的同時，應同時顧慮到使維護與營運的成本能夠最小化，因此除了關注風力機本身，即在設計階段就要考量風力機可靠性與維護的便利性，以及是否能夠抵抗重大災害；另一方面，物流運輸也是降低營運成本的重要關鍵，即若能透過有效的監測，事先預防故障發生，並做好每次定期之保養及維修計畫，若能減少出海進行維修的次數，就能有效降低運維風險和成本。目前國內已啟動離岸風電示範獎勵計畫，三家獲選業者在技術方面，較著重於調查、設計及施工，針對後續之營運與維修，較缺乏認識瞭解及整體規劃，建議後續可舉辦相關研討會或訓練課程，引進英國於 O & M 之技術與經驗。
9. 英國具有歷史悠久且發展完備之離岸工程供應鏈，在海事工程及維運船隊的產業發展居全球領先地位，故能自給自足，配合英國政府的離岸風場規劃提供足夠的施工機具與人力，以最快的速度在離岸風能的領域中再現英國海上霸權。若台灣欲投入離岸風能並開發自有離岸風力電場，建議應效法英國建置自有之離岸供應鏈，以確保海事工程之技術能量足以應付國內離岸風場之需求，同時還能展望未來以本國的發展實績與經驗，參與東亞各國的離岸風能開發。
10. 台灣四面環海與英國類似，均屬世界級風能資源豐富地區，且因人口密集使陸域風電之合適場址逐漸減少，故相當適合離岸風場之開發。從英國發展風力發電及未來趨勢來看，台灣欲發展離岸風電極具技術可行性。由於英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，若能借助英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。

11. 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。
12. 各種再生能源中，海洋能的發電成本仍比離岸風電的發電成本高，如何降低海洋能的發電成本成為當務之急，皇家財產局提出的降低成本方法包括科技手段及供應鏈（商業規劃）手段，科技面包括發電機組、安裝、支撐設備等研發，這幾項中以改良發電機組降低最多成本，同樣的原則亦適用於海洋能源的研究，開發高效率的海洋能源轉換裝置，是未來海洋能產業的成功關鍵因素。
13. 本次參觀 Burbo Bank 離岸風場，發現台灣在開發場址時所面臨之問題，在 Burbo Bank 都可有借鏡與解決方法，例如航道問題，當地風場就在航道旁邊，風場完全不影響船隻，各船隻在航道內井然有序的行駛；而漁業的問題，因當地本為一淺灘，所以漁業影響不大，未來不論是風場或海洋能場址的設立，國外這些實際例子都可以作為與其他單位協商的參考。
14. 英國自來水業民營化係在 1984 年提出，當時英國公營自來水業已是負債累累，多項水質標準已不合歐盟相關規定，改善所需龐大資金亦非當時英國政府所能獨立負擔，當時英國政府必須引進民間資金徹底解決問題，故於 1986 年由英國環境部發表白皮書將自來水業進行民營化。

## 二、行程及工作內容

### (一)行程規劃

本次我方代表團於 102 年 6 月 8 日出發，次日抵英，並於 6 月 10 日展開英國參訪行程。於 102 年 6 月 12 日舉辦「第 8 屆台英再生能源交流合作圓桌會議」，訪英行程至 6 月 14 日結束返國，6 月 16 日抵台。行程重點如下表所示：

| 日期      | 參訪公司 / 會議                                               | 行程重點摘述                                                                                    |
|---------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6/8~6/9 | 去程                                                      | 台灣台北→英國亞伯丁                                                                                |
| 6/10    | • AREG(Aberdeen Renewable Energy Group)                 | 瞭解英國離岸風電發展現況與挑戰                                                                           |
|         | • Patrofac                                              | 瞭解英國對於海上作業人員的訓練機制與場所                                                                      |
|         | • Pilot Offshore Renewables                             | 瞭解英國浮動式離岸風力機的規劃                                                                           |
|         | • 英國能源暨氣候變遷部<br>Department of Energy and Climate Change | 瞭解英國政府與產業的合作機制                                                                            |
|         | • 蘇格蘭國際發展局<br>Scottish Development International        | 瞭解蘇格蘭在離岸風電的發展推動現況與展望                                                                      |
| 6/11    | • Olbaum Servuces                                       | 瞭解風場評估技術與測風光達系統等經驗                                                                        |
| 6/12    | • 參觀 Renewable UK Offshore Wind 2013 Exhibition         | 英國離岸風電展覽之年度盛會，已歷 12 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、風電製造商、開發商、銀行業者及有興趣開發離岸風力之單位。 |

|           |                                                                                                                       |                                  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 舉辦第 8 臺英再生能源交流合作圓桌會議</li> </ul>                                              | 討論議題一：離岸風電與產業之推動<br>討論議題二：海洋能源開發 |
| 6/13      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Burbo Bank Offshore Wind Farm</li> </ul>                                     | 實地到海上參訪 Burbo Bank 離岸風場          |
| 6/14      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 英國皇家財產局 Crown Estate</li> </ul>                                              | 瞭解英國政府在離岸風電的開發現況與推動策略            |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 英國商業、創新和技能部 Department for Business, Innovation &amp; Skill (BIS)</li> </ul> | 瞭解英國政府在離岸風電產業推動上的策略              |
| 6/15~6/16 | 回程                                                                                                                    | 英國倫敦→台灣台北                        |

行程主要由英國貿易文化辦事處（BTCO）李安鈴處長與蘇韻如組長聯繫英方各單位及安排會議，二位亦全程陪同本團進行參訪及會談。

## (二) 我方代表團成員

台灣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 15 位。

1. 蘇金勝 / 經濟部能源局 能源技術組 組長
2. 毛振泰 / 行政院經建會 部門計劃處 組長
3. 何無忌 / 工研院綠能所 副所長
4. 賴一桂 / 台灣電力公司 再生能源處 副處長
5. 董明禮 / 中國鋼鐵公司 軋鋼設備工程處綜合協調組暨離岸風電事業籌備委員會計畫組 組長
6. 高瑞棋 / 國立成功大學 水工試驗所 副所長
7. 周顯光 / 財團法人船舶暨海洋產業研發中心 海洋產業處 處長
8. 詹育禎 / 中國驗船中心 企畫處 組長
9. 林智彭 / 中興工程顧問股份有限公司 電力部 經理
10. 蔡凌鳳 / 力鋼工業股份有限公司 技研處 工程師
11. 孫格偉 / 東元電機股份有限公司 風力機事業部產品技術處 經理

12. 呂威賢 / 工研院綠能所 海洋能技術研究室 資深工程師
13. 劉治中 / 工研院綠能所 資源應用技術組 資深研究員
14. 李欣哲 / 工研院綠能所 綠能產業推動室 副組長
15. 王珮蓉 / 工研院綠能所 綠能產業推動室 副研究員

### (三) 會談 AREG

- 時間：6 月 10 日（星期一）
- 英方會談人員/職稱： Iain Todd / Renewables Champion
- 會談紀要：

Aberdeen Renewable Energy Group (AREG) 為亞伯丁市議會於 2001 年出資成立之公司，旨在推動亞伯丁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，參與協助亞伯丁離岸風電計畫。近期最成功的一項推動即與 Vattenfall、Technip 共同發展歐洲離岸風電中心 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：包含位於離岸 2 至 4 公里處，設置 11 座風力機與基座，電纜連結風場陣列至岸上，設置陸上變電站，並規劃陸上與離岸設施測試場以供研究發展。

該專案自 2011 年八月即提出申請，並於今（2013）年三月正式獲得蘇格蘭政府的認可，並成為英國第三回合 (UK Round 3) 海上風電計畫的戰略示範專案，而這 11 座裝置容量超過 100 MW 的風力機所產生的電力將可供應超過 68,000 戶英國家庭，預計將於 2015 年開始營運。

然而，這個專案在今年得到許可後仍有許多挑戰，包括 Vattenfall 已減少其持股比例，故須擴大尋求更多的資金來源；且因在美國地產大亨 Donald Trump 的蘇格蘭高爾夫球場興建海上風力發電機測試區，而遭受其強力的反對與控訴。



在創新技術方面，EOWDC 加入 Carbon Trust 的離岸風電旗艦合作方案—The Offshore Wind Accelerator (OWA)：其目標是透過合作企業與供應鏈廠商提供創新技術與資源，在 2015 年減少 10% 離岸風電成本。EDOWDC 將與 OWE 合作，針對這 11 座風力機設計三種不同的離岸風力機創新功能基座，包括吸力斗式 (suction buckets)、旋轉桁架式 (twisted jackets)，及重力式 (gravity bases)。除了基座以外，亦將開發三種不同的風力機設計 (5~7 MW)。透過建構這些示範機組，以確認能進一步開發更高效、低成本的設施。



圖 1、AREG 的 Iain Todd 介紹 EOWDC 在 Aberdeen 離岸風場發展現況與後續挑戰

#### (四) 參訪 Petrofac

- 時間：6 月 10 日 (星期一)
- 英方會談人員：Mick Bowery、Thomas Redmod
- 會談紀要：

Petrofac 公司是在英國上市的最大國際石油及天然氣服務公司，在世界各地約有 18,200 位員工，並擁有超過 30 年服務經驗，在中東、非洲、獨立國協、亞太和英國等地區展開各項計畫。

Petrofac 提供英國與各國際能源公司在近海石油和天然氣平台之基礎設施中工程統包作業(EPC—Engineering、Procurement、Construction)，以及完整的營運維護(O&M)服務，故可利用其核心技術能力，提供歐洲離岸風電產業所需，包括：

- 大規模海域工程設計、專案執行與營運管理等經驗。
- 充分瞭解電力基礎設施、整合技術以及營運管控情境。
- 擁有領先的培植能力，提供符合法定需求的訓練，培訓在海上進行傳輸作業之能力。
- 透過專案執行與企業客戶共同投資，與客戶共享利益並提供替代資金來源。

本次的參訪重點為 Petrofac 人員訓練中心，包括水下逃生訓練中心、海上救生訓練中心、緊急處理應變中心。Petrofac 提供的訓練認證項目包括勞工安全 (Health and Safety)、火災應變 (Fire Fighting)、海上求生 (Offshore Survival)、海洋 (Marine)、緊急狀況 (Major Emergency)、技術 (Technical)，除了英國亞伯丁，在美國、非洲、沙烏地阿拉伯、新加坡等地都設有訓練中心，以因應當地客戶需求。2011 年 12 月底也與美國太空總署 NASA 合作，利用其水底設施訓練員工進行水中求生，著重水底直昇機出口逃生、基本海上安全訓練、緊急訓練以及主要求生課程。此外，Petrofac 也特別提到在新加坡的訓練中心，可提供台灣人員中文的訓練服務。

以下分別為這次參訪的訓練中心之基本資料：

### 1. Altens Training Center

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| 地點   | 蘇格蘭亞伯丁                             |
| 員工數  | 50 人                               |
| 場地大小 | 3,522 m <sup>2</sup>               |
| 項目   | 海上求生，消防，吊重運作，健康與安全，緊急事件管理培訓，能力保證管理 |

|    |                                                                                                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 教室 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 21 間</li> <li>• 2 間電腦教室(CBT)</li> <li>• 2 間無線電訓練教室</li> </ul>                                                                          |
| 設備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 個 3 米深水訓練池和兩個直升機水下逃生訓練設備(Huet trainers)</li> <li>• 1 個全閉式救生艇(TEMPSC)與 1 個救生船</li> <li>• 2 個自救消防模組</li> <li>• 2 個緊急應變訓練模擬器</li> </ul> |



圖 2、Petrofac 的水下逃生訓練場地

## 2. Marine Training Centre

|     |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地點  | 蘇格蘭亞伯丁                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 員工數 | 12 人                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 項目  | 海洋                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 教室  | 3 間                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 設備  | <p>16 艘，包含</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 艘開放式救生艇</li> <li>• 7 艘全閉式救生艇</li> <li>• 5 艘快速救生船(FRC)</li> <li>• 1 艘子吊船(daughter craft)</li> <li>• 1 艘噴射船(jet boat FRC)</li> <li>• 8 米高自由落體訓練平台</li> <li>• 1 艘 Verhoef FL50 自由落體救生艇</li> </ul> |



圖 3、Petrofac 的海洋救生訓練船

### 3. Emergency Response Service Centre (ERSC)

|      |                                                                                                                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地點   | 蘇格蘭亞伯丁                                                                                                                                                       |
| 員工數  | 9 位                                                                                                                                                          |
| 項目   | 在 2006 年 3 月成立，以提供北海營運商專業的緊急應變服務，涵蓋多種訓練組合以因應各種緊急狀況。                                                                                                          |
| 房間   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 事件管理室</li> <li>• 媒體回應室</li> <li>• 商務室</li> </ul>                                                                    |
| 關鍵優勢 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 綜合協調的反應，緊急服務，包括 MCA，警察和消防服務</li> <li>• 與企業管理者保持聯繫</li> <li>• 免除內部培訓與應答服務的需求，故能降低成本</li> <li>• 使用強而有彈性的技術</li> </ul> |



圖 4、Petrofac 的緊急應變訓練中心

## (五) 會談 Pilot Offshore Renewables

- 時間：6 月 10 日（星期一）
- 英方會談人員/職稱：Ian Broadbent
- 會談紀要：

Pilot Offshore Renewables 是一個今年剛成立的公司，未來主要將投入浮動式離岸風電的專案計畫，而這次的會談則將重點放在英國浮動式離岸風電專案規劃的介紹。

全球目前已投入運轉的浮動式大型風力機僅有挪威的 1 台 2300 千瓦風力機(Hywind)，和葡萄牙的 1 台 2,000 kW 設備(WindFloat)，但均未商業化。Ian Broadbent 所介紹的這個即將在蘇格蘭展開的浮動式離岸風力機專案，股東包含蘇格蘭政府、蘇格蘭工商委員會(Scottish Enterprise)、MarineScotland、英國皇家財產局(Crown Estate)和英國國家電力供應公司(NationalGrid)。規劃於 2014 年完成申請、工程與採購，而這過程需要政府與產業緊密的配合。本專案最關鍵的挑戰是開發時程非常緊迫，且預計於 2017 年 4 月取得 ROC 證書。預計設置 14 部浮動式風力機組，裝置容量不超過 100 MW。目前已經開始進行風險評估，包含政策風險(ROC 的協商結果與時程限制)、申請風險(必須提交 1 年的調查資料，並在 2014 年提交)、資金風險與技術風險。



圖 5、Pilot Offshore Renewables 的 Ian Broadbent 簡報介紹



## (六) 會談 Department of Energy and Climate Change (DECC)

- 時間：6 月 10 日（星期一）
- 英方會談人員：Allan Taylor
- 會談紀要：

DECC（英國能源暨氣候變遷部）屬於官方政策層級，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 簡報內容主要說明英國政府與企業的合作策略，目標是建立雙方長期的合作關係，設法增強企業投資離岸風電的信心並能持續擴大市場。英國政府計劃投入更多資源，以創新技術發展來幫助離岸風電產業降低成本，並創造更多工作機會，與相對其他低碳技術更高的經濟價值。策略方向包括吸引外商進駐投資、協助國內原有供應鏈產業更具競爭力並擴大規模，以及鼓勵更多相關產業投入離岸風電計畫。



圖 6、英國能源暨氣候變遷部（DECC）Allan Taylor 進行簡報

## (七) 參訪 Scottish Development International

- 時間：6 月 10 日（星期一）
- 英方會談人員/職稱/部門：Paul O'Brian
- 會談紀要：

蘇格蘭國際發展局（Scottish Development International, SDI）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。目標為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。

由於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翹楚，因此其海上經驗可以有效幫助離岸風電產業發展。除了風能以外，蘇格蘭在其他再生能源領域包括波浪、潮汐流和生質能的研究和商業化方面，也保持著全球領先的水準。目前在蘇格蘭有 39% 的電力來自再生能源。

Paul O'Brien 於簡報中提到蘇格蘭的發展目標如下：

- 2015 年以前先達成 50% 再生能源供電，2020 年達成 100%（英國目標是 2020 年前達成 30%）
- 2020 年以前達成 30% 的主要能源來自再生能源（英國目標是 15%）
- 2020 年以前減少 42% 溫室氣體排放量，並在 2050 年前達成減少 80%（英國目標是 2050 年前減少 80%）



圖 7、SDI 的 Paul O'Brian 介紹蘇格蘭離岸風電發展

## (八) 參訪 Olbaum Services

- 時間：6 月 11 日（星期二）
- 英方會談人員：Andy Oldroyd
- 會談紀要：

Oldbaum 顧問公司成立於 2003 年，主要業務以風力量測、風能潛力評估，以及相關環境影響評估業務為主，最近台灣購買加拿大 AXYS 的浮台式雷射測風光達(LIDAR)，量測技術上亦以 Oldbaum 公司為技術顧問。由該公司技術總監 Andy Oldroyd 接待，並簡報該公司於風場評估、預報及測試的經驗與技術。

由於離岸風電的投資大、風險高，事前的潛能評估是降低風險的必要工作，Oldbaum 主要業務就是從事離岸風電發電潛能評估。由於傳統固定式測風塔成本高且量測數量較少，Oldbaum 公司運用很多遙測及雷射光達設備作為測風工具。遙測技術主要使用 SODAR，光達方面，除了傳統的陸基掃描光達外，亦有安裝在船上或在浮台上的海基光達，掃描範圍由 2 公里到 12 公里，掃描速率每秒 3 度(約 180 度/分鐘)，徑向解析度為 75 公尺。除了風場設立前的量測，亦可安裝在已有風力機機艙前，量測風力作為風力機性能評估的依據。



由於遙測/光達量測設備的導入，現在英國在測風塔的設置要求已逐漸降低，在 Round 1 時約每 100 MW 風電裝置容量應設立 1 支測風塔，而 Round 2 時則降為 500 MW 風電裝置容量設置 1 支測風塔，目前 Round 3 則超過 1 GW 設置 2 支，大幅降低前期之環境調查成本。在新應用之設計上，Oldbaum 混合較低之測風塔及光達進行現地風況調查，採用光達量測至所需高度之風速剖面，再利用 20 或 30 公尺高之傳統風度塔進行比對與校正。遙測/光達量測與傳統氣象塔架量測是以互補方式共同運用，測風塔可以得到定點連續性觀測資料，遙測得到三維空間風場資料，兩者可以作為風力預測模型的校驗，並得到區域性的風場，從而預測在不同情形下的風力變化、風電產能、風切安全、並作出合理風力機架設布置，對風場的經濟可行性及電廠營運都是重要依據，也是融資者是否投資的依據。



圖 8、Oldbaum 的 Andy Oldroyd 進行簡報

### (九) 參觀 Renewable UK Offshore Wind 2013 Exhibition

- 時間：6 月 12 日（星期三）
- 地點：曼徹斯特會議中心(Manchester Central Convention Complex)
- 參觀紀要：

Renewable UK Offshore Wind 2013 Exhibition 由英國再生能

源協會主辦 (Renewable UK)，今年在曼徹斯特會議中心 (Manchester Central Convention Complex) 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，逐年展現離岸風電領域的成長與茁壯。透過這次的展示與討論可反映出現階段的關鍵議題和產業包括：申設(consenting)、營運和維護、融資、供應鏈、創新和併聯。今年有超過 150 家企業參與展出，參展企業包括開發商、海事工程公司、工程顧問公司、元件製造商以及研究單位等；以及來自世界各國包括政府官員、投資者及風能技術方面的專業人士以及行業代表前來參觀及洽談貿易。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會談的機會，及企畫及需求上與供應商交流的平台，以期開拓並擴大歐洲乃至全球的離岸風能等新能源行業市場。

今年參展領域包含能源工程、服務、風力測試、監控系統、電纜系統、風力發電機與其配套設備和相關技術，參展攤位包括有 Vestas 風力機公司、JDR Cable Systems 海纜公司、CG Power Solutions UK Ltd 電力系統公司、Garrad Hassan 公司等。

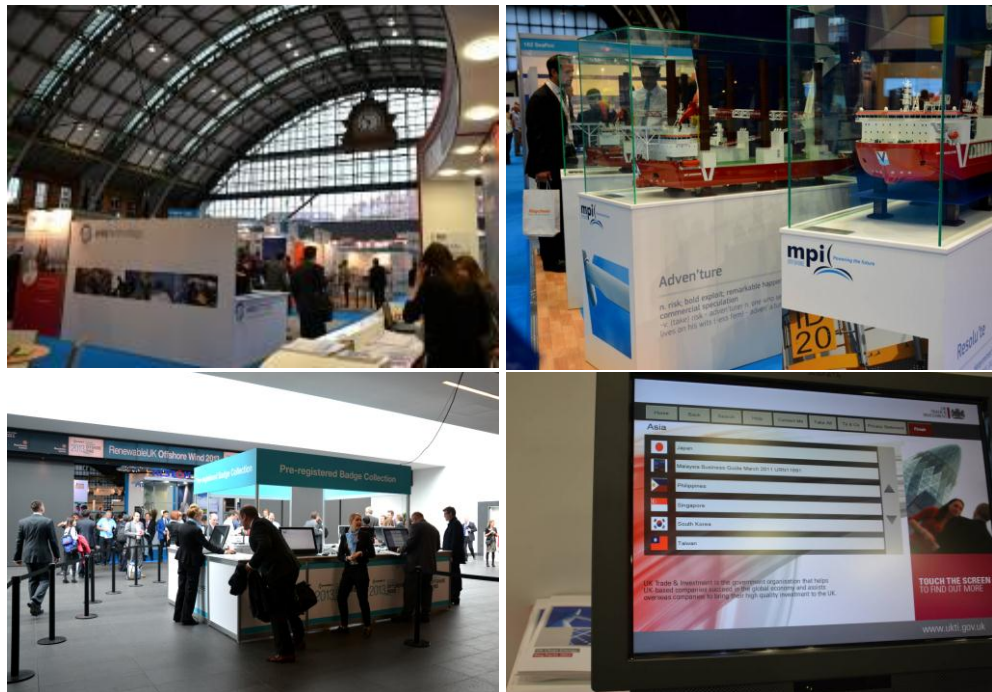


圖 9、RenewableUK Offshore Wind 2013 Exhibition 展場情況



圖 10、RenewableUK Offshore Wind 2013 Exhibition  
台灣代表團與英國廠商會談情況



圖 11、台灣代表團合影留念

## (十) 參訪 Burbo Bank Offshore Wind Farm

- 時間：6 月 13 日（星期三）
- 英方會談人員/單位：Jonathan Spencer / Don Energy
- 參觀紀要：

Burbo Bank 離岸風電場由丹麥 DONG 能源公司建造及營運，2007 年 7 月 21 日開始測試發電，同年 10 月 18 日正式營運商轉。DONG 能源公司是丹麥及英國的離岸風電中的領導公司，Burbo Bank 離岸風電場是由該公司與西門子發電集團合營，全部有 25 支 3.6 MW，總裝置容量 90 MW，是西門子公司當時最新型 3.6 MW 風力發電機組的第一次商業應用。風力機成西北-東南

向陣列，風場外側每列約 7 支風力機、內側約為每列 8 支風力機，風力機發電經內部串併聯後，由三條海底電纜送到岸上然後到 4.827 公里外 Wallasey 的變電所，將 33kV 電壓轉成 132kV 後送入電網，38.6 公里的海底電纜同時配備光纖以供遙距監測及控制，其他基本規格如下：

|             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| 風場面積        | 10 平方公里                        |
| 離岸距離        | 7 公里                           |
| 風力發電機型      | 3.6 MW / SWT-3.6-107 (Siemens) |
| 總裝置容量       | 90 MW                          |
| 年發電         | 315,000,000 kWh                |
| 基礎形式        | 單樁式 (Monopile)                 |
| 風力機直徑       | 107 公尺(葉片 52 公尺+軸心)            |
| 輪軸高度        | 83.5 公尺                        |
| 機艙重         | 125 噸                          |
| 轉子重         | 95 噸                           |
| 塔重量         | 180 噸                          |
| 基礎重         | 400 噸                          |
| 風力機組總重      | 800 噸                          |
| 單樁長度        | 52 公尺                          |
| 啟動風速        | 4 m/s                          |
| 額定風速        | 14 m/s                         |
| 停機風速        | 25 m/s                         |
| 最低潮時水深      | 2 - 8M                         |
| 風力機間距       | 530 - 720 米                    |
| 84 公尺高的平均風速 | > 9 m/ s                       |

Burbo Bank 離岸風力發電場位於利物浦灣默西河(River Mersey)出口約 6.4 公里的海岸，經年由愛爾蘭海吹來西風，早年航運經此處為強風及淺灘流沙所苦，但這些強風及淺海水域卻成為離岸風場的理想地點，優點包括：

- 平均風速良好
- 水深較淺
- 沒有明顯的環境問題
- 海底條件良好的基礎
- 連接陸上電力的距離較短
- 在港務局管轄範圍內，安全問題較易解決
- 鄰近錫福斯碼頭(Seaforth Docks)陸上風電場，本地已熟悉風力發電

台灣離岸風場尚在推動階段，上述的選址條件可供台灣參考。但前述各項條件中，針對位在港務局管轄範圍所以較易解決安全問題，與台灣目前在跨部會協商時，港務單位拒絕對離岸風場或海洋能波浪場協助的態度，相差甚遠，故本團在參訪時，就特別注意航道影響問題。其中 Burbo Bank 離岸風場針對航運安全，是根據 IALA 規定來標定，(1) 風場是標定為獨立單元；(2) 風場周圍設有特別的閃黃燈浮標，燈光可視距離為 5 海浬；所有周邊浮標裝置雷達反射器；(4) 霧號設立於風場之中央，霧號可聽範圍至少需達 2 海浬。

風場的位置與現在的航道相當接近，但因船隻航行在航道的規定相當嚴格，一般船隻無論進出港口均需依已設燈號(左紅右綠)的航道內行駛，我們參訪的 Burbo Bank 離岸風場所在的利物浦港是非常繁忙的港口，亦是英國本島前往愛爾蘭的重要港口，進出的遠洋及近岸商輪、客貨輪、漁船非常多，但都依航管單位的指揮，依序在航道上行駛，而風場即在航道旁，兩者並無衝突。

Dong 能源公司最近申請擴建 Burbo Bank 離岸風場，在規劃申請中進行了新風場的航運影響調查，調查中亦記錄了進出各輪船隻，包括小型漁船、貨船、客輪、油輪等的航迹，報告中固然



是強調擴增風場的無害，但使用實際船隻的航行紀錄作為輔證，亦是我國未來在設立離岸風場或海洋能場址的可行之道，真實記錄可以減少開發時與航管、漁業，或其他單位的爭執，而對補償亦有一定依據。



圖 12、Burbo Bank 離岸風力發電場

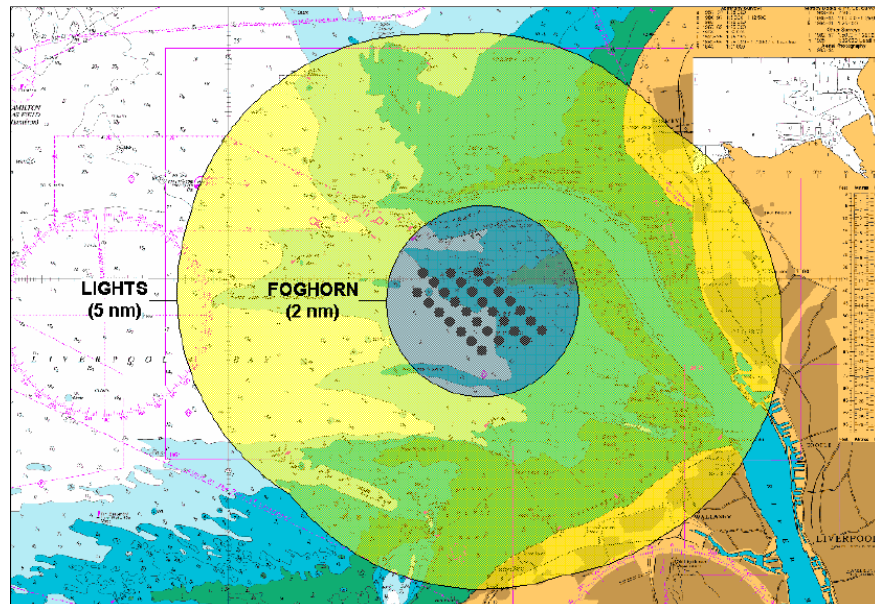


圖 13、Burbo Bank 風場標誌可見光距離與霧號可聽見之距離

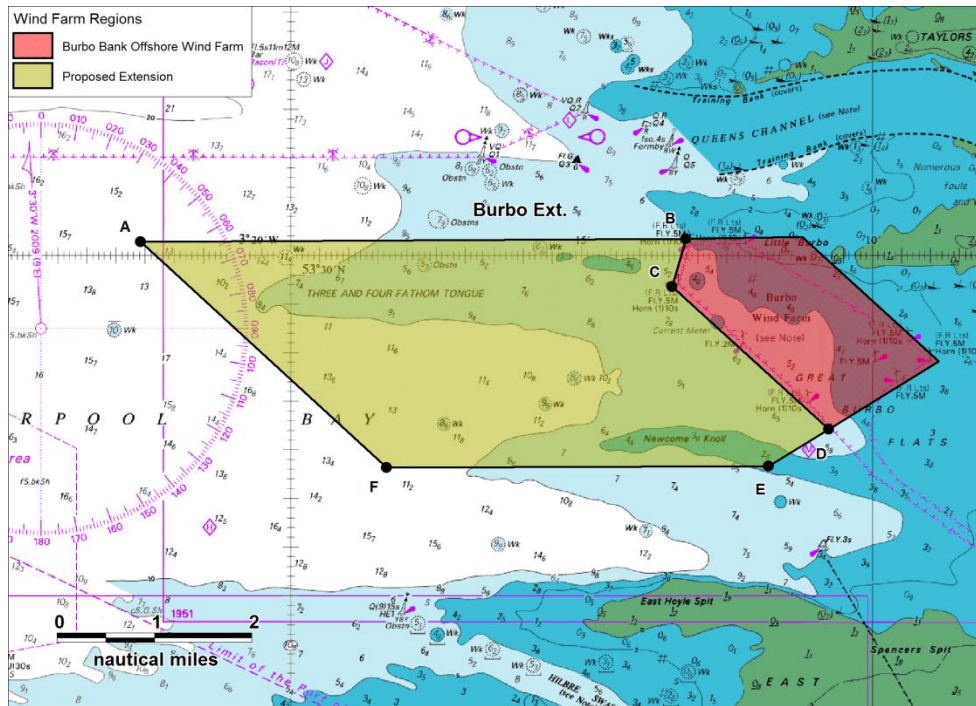


圖 14、Burbo Bank 離岸風力電場  
(紅色：現有風場、黃色：申請中新增風場)

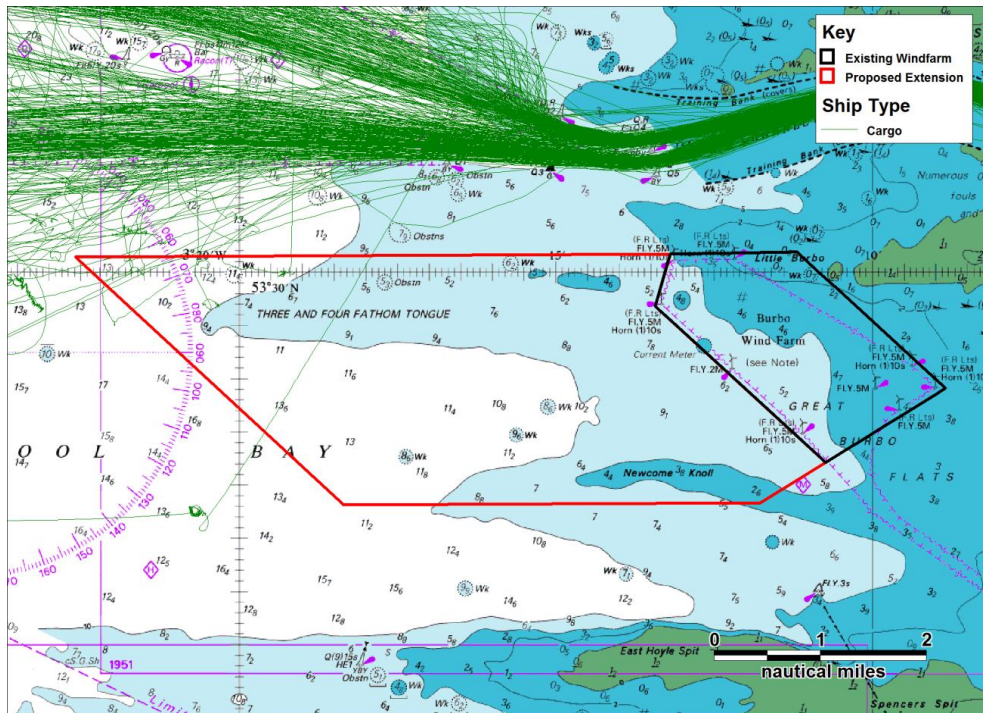


圖 15、Burbo Bank 離岸風力電場鄰近貨輪航跡(28 天)



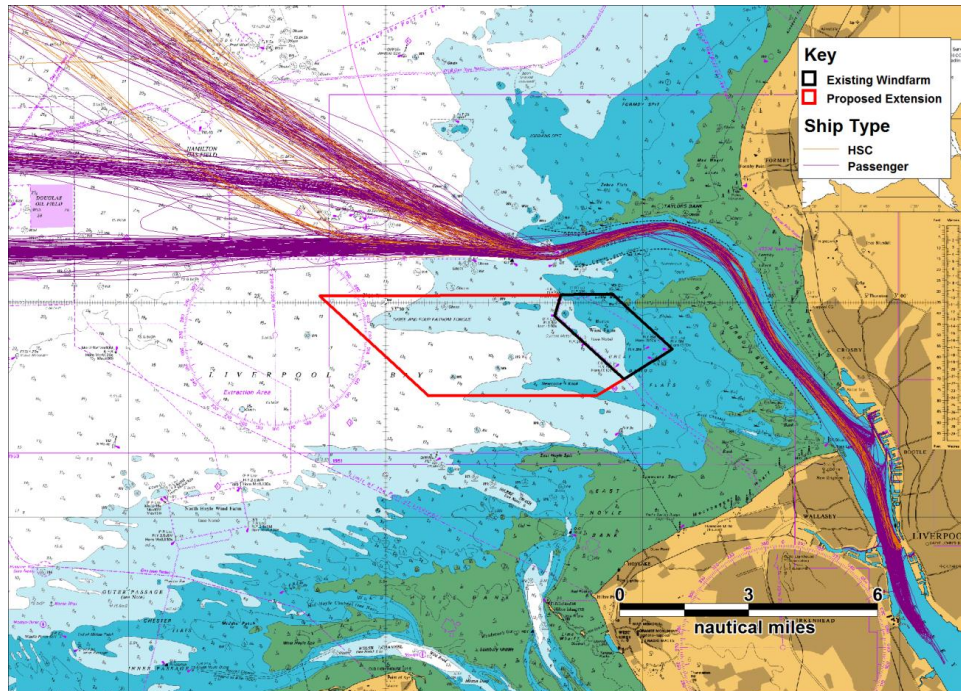


圖 16、Burbo Bank 離岸風力電場鄰近的客輪航跡(28 天)

## (十一)會談 Crown Estate

- 時間：6 月 14 日（星期五）
- 英方會談人員：Adrian Fox
- 會談紀要：

英國皇家財產局(Crown Estate)管理國有土地及相關財產，但與我國的國有財產局的地位及運作不同，基本上它是一個公共土地擁有者，與政府密切合作但不屬於政府的法定機構，目前總資產 81 億英鎊，去年交給財政部的盈餘達 2.40 億英鎊。

因為再生能源涉及大面積的土地，所以皇家財產局，在 Round1 及 Round 2 的離岸風電發展中透過土地及海底(土地)的租賃來獲得利潤，而目前在英國 Round 3 離岸風電(主要在 60 公尺水深海域)開發；因為離岸風電再生能源屬於高風險產業，第三輪開發到了更深的水域，銀行放款態度仍然保守，因此皇家財產局不祇以地主的身份參與，同時亦是參與投資者，在整個發展策略及風險評估方案中提供意見。



英國對開發再生能源的態度非常積極，目標是在 2020 年英國 15% 能源消耗來自再生能源，其中發電佔比達 30%，而再生電力中 19% 來自於離岸風電，約為 20 GW。已完成的第 1、2 輪離岸風電有 1.3 GW 裝機容量，建設中有 1.1 GW、已批准增建的有 2.9 GW，規劃中的有 3.2 GW。第三輪計畫，英國皇家財產局已確定 9 個離岸風場，開發商初步規劃的裝機總量達到 32 GW。

雖然離岸風電已有詳細的發展規劃，但要在 2020 年實現 20 GW 目標相當具有挑戰性，主要問題是在成本，英國近岸風電的成本約為 10~15 便士/kWh，核能發電的成本為 5.5~10.0 便士/kWh，天然氣 6.0~15.3 便士/kWh(加入 CCS 成本)。相較之下，離岸風電的成本仍高，但已較其他再生能源成本更具競爭力(潮汐發電為 12~25 便士/kWh，波浪發電成本為 19~34 便士/kWh)，因此未來希望可以在風力機、風塔、安裝等各環節再降低成本。

英國目前在測試其他的節省成本方法，包括在風場發電供電網外使用，特別一些在供電網邊緣地區可以使用，因為不連電網可以節省三分之一的成本；第二個方式是改變原訂專案，讓開發商加減原訂風場內的一些項目；最後是在深水海域(>60 公尺)使用浮式風塔。

台方亦提出了融資及產業推動的問題請教英方；在融資方面，因為離岸風電的風險性，在英國它的利息比一般專案高 250~300 個基點（100 個基點等於 1 個百分點），也祇能獲得約為 60% 的銀行貸款，而且願意提供英國離岸風電提供貸款的銀行也祇有 10~14 家。問題正在於離岸風電所面臨的風險，因此在風能開發的規劃上，各開發商都加強其“去風險化”的前期研究，以減少融資者的疑慮。

而在產業推動上，英國政府推動再生能源是希望可以作為促進產業再造的一個力量，所以不惜以最低保證價格的方式收購再生能源電力，用經濟誘因以吸引外國廠商到英國建廠，促進新技術的研發。亦吸引年青人就業及促成「標竿公司」的成立，最具體的是投入 10 億英鎊成立綠色投資銀行（Green Investment

Bank)，協助潔淨能源籌募資金，承諾每三元投資會有一元的補助。至於產業選擇上，英國本身並沒有風力機製造商，但在國外廠商進入英國建廠後，所需要用的大部份零組件其實都是由英國廠商生產，所以它的產業是建立在供應鏈上，而在供應鏈上要加強那一個項目，英國的做法是不會現在就做決定，而是由供應鏈廠商的經驗來決定。



圖 17、Crown Estate 的 Adrian Fox 說明簡報

## (十二) 會談 Department for Business, Innovation & Skill (BIS)

- 時間：6 月 14 日（星期五）
- 英方會談人員：Rachel Egan
- 會談紀要：

BIS (商業、創新和技能部)係經英國政府內閣改組，原商業、企業和制度改革部(BERR)和創新、大學和技能部(DIUS) 於 2009 年 6 月重組而成，簡稱 BIS)，主管企業經營事宜。

BIS 主要職務內容包括：在整個政府中為企業界代言；打造對商業和消費者有利的經營環境；制定產業政策和技能培訓政策；評估英國經濟所需的技術變化並為之制定終身培訓政策；發展高等教育和繼續教育體系；發展科研基地，促進科技產業化；擴展學徒制；鼓勵創新；維護有利於企業和技能的監管環境；與

地方發展署合作促進各地方的經濟增長；與歐盟合作制定影響歐盟共同市場開放度和英國公司競爭力的歐盟監管制度和政策；促進英國出口和對英投資。

Rachel Egan 在這次會談中所分享的一些重要訊息如下：

- 英國離岸風電計畫委員會（Offshore Wind Programme Board）是由開發商、供應鏈產業以及政府單位代表組成，由 BIS 的部長與一家開發商業者(Scottish Power)共同主持。
- 由於支持離岸風電的發展需要投入大量資金，因此英國政府希望能藉由創造更多就業機會來獲得社會大眾的支持。
- 價差合約制(CFDs，Contract for Differences)也是屬於固定價格收購制度(FIT)的一種，同樣也有保證收購年限。只是以英國的自由電力市場來說，電力供應商對電力生產商購買的電價是浮動的，因此固定價格收購制在這種自由市場裡便轉變成由政府補足差額到固定的電價，當電力生產商所賣的電價低於目標價格時，政府便補足此部分差額。而當電力生產商所賣的電價高於目標價格時，此部分的收入便要繳回給政府。
- 英國綠色投資銀行(Green Investment Bank)於 2012 年 11 月正式成立，並與其他四大商業銀行(Lloyds Banking Group, the Royal Bank of Scotland, Santander 和 Siemens Bank)一共提供 2.24 億英鎊貸款額，促成荷蘭退休基金管理機構(PGGM)和安培股票基金(Ampere Equity Fund)購買 Walney 海上風力發電廠(距離英國海岸約 14 公里) 24.8% 所有權，該風電廠具備 102 座渦輪發電機，總發電量為 367MW，為全球最大風力發電廠。預計英國政府每投入 1 英鎊就可得到 3 英鎊的收益。
- 2020 年以前，政府將投入 70 億英鎊的預算在離岸風電計畫上。

- 由於離岸風電的基礎與設置已經為英國帶來巨大的產業利益。然而風力機建造本身就占了設置成本的 40%，卻不是單一產業就能完成，必須仰賴供應鏈，而這將創造 2 至 3 倍工作機會，因此英國政府正在設法促成國內完整的供應鏈產業。
- 現階段英國政府的其中一項重要工作就是讓企業瞭解到離岸風電產業的潛力。



圖 18、與 BIS 的 Rachel Egan 會談現場

### 三、第 8 屆台英再生能源圓桌會議（會議紀要）

#### （一）圓桌會議議程

- 會議時間：6 月 12 日（星期三）13：15～17：00
- 會議地點：Exchange Room 11, Manchester Central Convention Complex
- 共同主席：蘇金勝組長 & Mr. Simon Carter

第 8 屆臺英再生能源圓桌會議議程

The 8<sup>th</sup> Taiwan-UK Renewable Energy Roundtable Meeting

|         |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                 |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 : 15 | 來賓報到                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |
| 13 : 30 | 會議開始<br>臺英雙方主席開幕致詞                                                                                                                    | 蘇金勝組長/ 經濟部能源局<br>Mr. Simon Carter, Head of Renewable Energy of UKTI                                                                                                             |
| 13 : 40 | 合作備忘錄簽署儀式<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• ITRI &amp; Sgurr &amp; JP Kenny</li> <li>• ITRI &amp; Mott MacDonald</li> </ul> |                                                                                                                                                                                 |
| 13 : 50 | 議題一：離岸風電與產業之推動                                                                                                                        | 台方引言：呂威賢資深工程師/工研院綠能所<br>英方引言：<br>Romax Nick Medic, Director of Offshore Renewables / RenewableUK<br>Dr Xiaobing Hu, Director of Drivetrain Division /Romax                      |
| 16 : 00 | 休息                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                 |
| 16 : 20 | 議題二：海洋能源開發                                                                                                                            | 台方引言：劉治中資深研究員/工研院綠能所<br>英方引言：<br>Professor Ian Irvine, Technical Director & Co-Founder /SgurrEnergy<br>EurING Dr. Chas Spradbery, Renewables Business Manager /Wood Group Kenny |
| 16 : 50 | 臺英雙方主席閉幕致詞                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                 |
| 17 : 00 | 會議結束                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |

## (二) 英方與會公司

- Aquatera
- BMT Group
- BMT Nigel Gee
- British Trade & Cultural Office (BTCO)
- Gardline Caledonia Limited
- GL-Garrad Hassan
- HR Wallingford Ltd.
- IHC Engineering Business Ltd.
- Intertek Energy & Water Consultancy Services
- JDR Cable Systems Ltd.
- JP Kenny
- Lloyd's Register Group Services Limited
- Mott MacDonald
- NIRAS Consulting Ltd.
- Petrofac
- PMSS
- Romax Technology Limited
- School of Management, Plymouth University
- Seajacks UK
- Sgurr Energy
- UKTI Strategic Trade Group

### (三) 雙方主席開幕致詞

#### 1. 英方主席 Mr. Simon Carter 開幕致詞 (Opening Remarks) :

本人非常榮幸代表英國貿易投資署主持第八屆台英再生能源圓桌會議，在此熱烈歡迎台灣能源局蘇組長帶領代表團來英國。身為一個政府的官員，不免要談貿易、投資以及商務合作，希望能透過這次的討論，雙方能夠互相交換意見，開發未來合作的商機。

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

本人非常高興也非常榮幸能與臺灣代表團參加第八屆臺英再生能源圓桌會議。為了增進貴我雙方在再生能源方面的合作及技術交流，非常感謝英方代表以及與會同仁籌備這次的會議。自 2006 年舉辦第一屆臺英再生能源圓桌會議，雙方政府機關及產業界彼此在再生能源政策、技術發展與產業合作方面，都有相當的了解，並已建立穩定的合作基礎與對話管道，相信這次會議更能在良好基礎上，繼續擴大合作領域與實質的合作項目，以增進貴我雙方在再生能源上的發展。

近年來我們了解英國在開發離岸風力及海洋能方面已經有突破性的發展。如在離岸風力方面，Round 1 已經完成 1.3 GW，Round 2 的 7.3 GW 也在施工階段，Round 3 更規劃設置 25 GW，充分顯示英國政府在離岸風力方面的政策知識，與產業界在實際經驗與成果方面的表現。

記得前年在英國舉辦第六屆臺英再生能源圓桌會議時，我曾提到臺灣規劃在 2030 年前要設置 3 GW 離岸風力機，並啟動示範獎勵措施來克服行政和技術方面的困難，如今我很開心地向大家報告，臺灣已朝這個規劃進行，並有實質的進展。

2010 年我們公告千架海陸風力機計畫，2012 公告實施示範實施獎勵辦法，今年則已評選出三個示範案，包括在座的台電在內，這三個示範案將在 2015 年完成示範機組，2020 年完成示範風場，未來更將透過區塊開發模式來推動海域風場的開發，

預計臺灣的風力發電將占再生能源裝置容量 1/3 以上。

在海洋能方面，臺灣跟英國一樣有著豐富的海洋能資源，然而仍有許多技術有待克服，希望臺英雙方能夠加強合作，期盼在 2020 年前，臺灣在海洋能發電方面能有實質的發展。



圖 19、第八屆臺英再生能源圓桌會議開會情形



圖 20、臺方主席蘇金勝組長開幕致詞





圖 21、英方主席 Mr. Simon Carter 開幕致詞

#### (四) 臺英雙方簽署合作備忘錄

在會議舉行前，由工研院綠能所何無忌副所長代表工研院，分別與 Wood Group (SgurrEnergy & JP Kenny)及 Mott MacDonald 簽訂合作備忘錄，包括在離岸風電的基建、維運、風塔及風力機選擇的訓練；及財務與融資安排、風險評估的訓練等項目。



圖 22、臺英雙方簽署合作備忘錄儀式

## (五) 議題一：離岸風電與產業之推動

1. 台方引言代表：呂威賢資深工程師 / 工研院綠能所
2. 台方引言簡報：**Policy and Promotion of Offshore Wind Power in Taiwan**
  - (1) 台灣離岸風力資源豐富，淺水海域潛能約 9 GW，深水海域潛能約 48 GW。
  - (2) 離岸風力機推動目標：2015 年 4 座、2020 年離岸風電裝置容量 1,800 MW，2030 年 4,200 MW。
  - (3) 推動策略：離岸風電躉購費率為新台幣 5.5626 元/kWh。
  - (4) 主要挑戰：當地環境、環保議題、基建能力、風險與經驗。
3. 英方引言代表：Nick Medic / RenewableUK、Dr Xiaobing Hu / Romax
4. 英方引言簡報：**The deployment of offshore wind in the UK: the industry's point of view**
  - (1) 英國目前已設置 1,005 架離岸風力機共 3.3 GW，一年發電量約 10 TWh，約占英國淨發電量 3%。建造的 20 座風場中，已有 13 座獲得批准。
  - (2) 風力發電發展為英國帶來大量就業機會，調查報告指出，2012 年有 12,420 個就業人數，而離岸風電就占了 4,500 個。
  - (3) 英國已有能力在靠近倫敦不到 100 公里的海上建造離岸風場，可直接把電力輸送到倫敦市區。
  - (4) 離岸風電需要廣大的產業鏈，如欲發展 50 GW 的離岸風電，則需要超過 7,930 的風力機塔架、23,790 個葉片，以及 9,080 公尺長的電纜。
5. 會議討論摘要：
  - (1) 英國與台灣一樣，在發展初期都面臨銀行業者缺乏投資信心問題，而英方建議欲帶動銀行業者的投資信心，必須事先能

夠提出具體的成本評估與風險分析，即需要一個好的專案管理系統來達成這個目的，而一個有吸引的專案也較能夠獲得資金的投入。另外，英方也建議台灣的業者可以直接與銀行對話，或由英方協助建立台英雙方的銀行業者溝通的管道，讓台灣銀行藉由瞭解英國銀行投資的狀況而能產生足夠的信心，同時亦可引薦歐洲的銀行或投資商與台灣建立合作投資關係。

- (2) 儘管目前英國的匯豐銀行與渣打銀行已經與台灣的銀行有一些互動與對談，但英方建議未來應採取較創新的投資方式來取代傳統投資模式。據此，台方主席能源局蘇金勝組長則回應，台灣未來在與金融業相關的研討會上可邀請英國的金融業參與，針對投資經驗上進行交流。
- (3) 從國家策略的角度，英方建議政府應站在產業的角度給予協助，包括如何放寬指標、提供就業輔導的相關措施，並將離岸風電發展視為國家能源安全的重要指標。而在資金方面，早期英國的電力公司都是自掏腰包來作為初期發展的資金，等到風場開始營運之後，則有電力買賣收入，並都有明顯的成長，最後甚至可以帶來豐富的收益。
- (4) 關於如何進入風力機塔內維修傳動系統的問題，英方建議一開始在設計上讓傳動系統可與風力機塔分離，並且能夠進行清潔，這樣就能降低維修的難度與頻率。
- (5) 英方認為事先建立良好的營運及維修計畫，才能有效降低成本。因此，在追求發電量最大化的同時，應同時顧慮到使維護與營運工程的成本能夠最小化，因此除了關注風力機本身以外，物流運輸也是降低營運成本的重要關鍵。英方建議在設計階段就要考量可靠性與維護的便利性，以及是否能夠抵抗重大災害。
- (6) 關於如何進行有效的維護管理和營運，英方認為關鍵就是減少必須出海進行維修的發生頻率。因此若能透過有效的監

測，事先預防故障的發生，並做好每一次去檢查的計畫，若能減少前往的次數，就能同時降低營運風險和維修成本。

- (7) 有關漁民抗爭的問題，英方建議可於開發前透過漁民代表或核心人物，深入瞭解他們主要關心的議題，並讓他們實地參與計畫，有機會針對他們在意的問題及時做出回應；另一方面如何做好必要之漁業損失補償也很重要。因此在一開始的規劃上若能先做好充分的準備，可有效減少後續的衝突。
- (8) 在風場管理方面，由於過去石油及天然氣開發作業，英國政府本身就已經有海域運作相關規範，開發商在最早提出申請時，也要預先完成離岸風場的風險評估報告，交由政府部門批准。此外，英國皇家海巡署本身也被要求應介入離岸風電計畫，協助協調航運安全問題。
- (9) 英方強調，早期在規劃的時候就要考量到風場管理的議題，因為這也會關係到整體投資成本，一般而言成本有 50% 在管理，50% 在營運，當然後續還有能源價格的影響。因此，在評估成本時，不光只是風力機的建造、營運以及物流，還包括相關補償以及利益損失的成本都要考量進去，如在建設前後每一次變更漁民作業區或渡輪航線所衍生的補償問題，都應該納入一開始的規劃中。此外，英方也建議，所有利害相關者，包含漁民，最好都能從頭到尾參與，畢竟漁民不一定是受害者，透過溝通協調，應該都能減少衝突與阻礙。
- (10) 有關海上運作時人員的健康與安全議題，英國在這方面已經擁有充分的經驗與完整的計畫。由於這是一個非常重要的議題，因此英方建議政府應該也要涉入。雖然英國的離岸風力產業一開始主要是仰賴油氣產業的經驗，但事實上光有訓練課程還是不夠，還是必須真正經歷在離岸風電產業上的現場實務經驗，針對這一點英方建議，應設法讓工作團隊中有經驗者的比例提高，即採取讓師傅直接在現場帶領學徒的模式，這樣的訓練方式才更有用。另一方面，英方又再度指出這樣的議題同要一開始就要放進規劃中，即一個好的規劃案

就應該事先考量這些問題。

- (11) 關於中鋼公司想瞭解欲在台灣投資建造兩艘多功能工作船與調裝起重船，需要多大市場規模才具投資效益？據此英方的看法，不該只把眼界放在台灣市場，而應是綜觀全球市場，可從全球的角度來重新檢視這個問題。另外，由於現階段台灣的市場不夠大，大筆投資建造工作船隊必定不具投資效益，英方建議可把重點擺在針對現有的工作船與起重船，研發創新技術，並能以這樣的新技術打進全球市場才是成功的關鍵。
- (12) 英方認為儘管台灣擁有豐富的陸域風力機經驗，但海上與陸地上所面臨的各種問題差別相當大，不僅是設置規模的差別，離岸風電在建造、安裝與營運維護的風險都高出很多。因此，讓真正有海上作業經驗，瞭解海上環境（包括熟悉海氣象條件）的人員加入工作團隊是非常重要的。另外也要特別注意，在與所謂參與海上專案的單位交流時，由於英國目前海上營運的專案多數為電力公司所有，而有四家是交由第三方管理，故應確認洽詢對象屬於開發商、顧問或是專案管理公司。



圖 23、台方引言代表呂威賢進行離岸風電簡報



圖 24、英方引言代表 Nick Medic 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：劉治中資深研究員 / 工研院綠能所
2. 台方引言簡報：**Development and Prospect of Ocean Energy in Taiwan**
  - (1) 台灣海洋能潛能：包括波浪能(10~15 kW/m)、洋流(約 1.5 M/S)、潮汐(1.5~2.1 M)、海洋溫差(溫差 > 20°C)，
  - (2) 台灣波浪和洋流能發展現狀：工研院研 20 kW 發點吸收式波浪能轉換裝置，目前已到 Phase4 階段，年底將海放進行長期測試，其他民間公司亦相繼投入波浪與洋流能開發計畫
  - (3) 台灣波浪和洋流能的前景與目標：到 2020 年有百 kW 級海洋能示範電廠，目標裝置容量 10 MW，到 2025 年目標裝置容量 200 MW。
  - (4) 台灣波浪和洋流能源發展策略分三階段：系統開發、示範商轉與產業推廣。設立示範場址、購置裝置補貼、及國際合作。
  - (5) 台灣海洋能之發展，與離岸風電之發展有相似的困難，包括極端的自然環境(颱風、地震)，利益衝突(漁業、航道)，海洋相關法令，海事工程，環境影響等，而海洋能源的技術比風力能更需與國外交流。



3. 英方引言代表：Ian Irvine / Sgurr Energy、Ian Johnstone / Aquatera

4. 會議討論摘要：

- (1) 本次台方提出的討論議題是希望台灣海洋能發電裝置開發能與英方有實質合作，台灣海洋能已有多家廠商自行開發海潮流裝置與波浪發電裝置，工研院受能源局委託開發的點吸收式波浪能裝置亦將在本月底進行第 4 階段實地測試。然而，台灣目前於此領域仍無適當之測試場地、測試標準或相關規範。測試場的建立已有四方備忘錄的簽訂，希望藉著此次會議進一步向英國與會專家請教關於與英方共同協助台灣業界海洋能發電裝置開發之可能事項與可行性。並藉由此舉，協助廠商與世界接軌，推銷台灣業界之製造技術。
- (2) 英方的 Sgurr Energy 公司先說明英國海洋能測試開發的模式，通常是由國家再生能源中心(The National Renewable Energy Centre)以原始模型方式實証概念可行性後，再在 Orkney 島的 EMEC 進行模型測試及作修改，再到位於英國西南部的波浪中心(Wave Hub)作商轉前的示範運轉，三個測試運作由概念階段、原型測試、到全尺寸測試，三個測試中心各有功能，經過各步驟測試修改到可供商轉才會投入生產。Sgurr Energy 重申為何需要建立海洋能測試場設備，它的作用包括共用高價設備以減少成本、提供測設所的產業供應鏈、共同的環境、電網設備，種種原因都是在降低開發風險、及加速技術的學習曲線。
- (3) 與我方有長期合作的 Aquatera 公司，回顧分析多年來與台灣合作的技術移轉項目，包括波浪能測試選址、建立標準、技術評估、技術文件的建立、引入 EMEC 認證合作夥伴等工作；並分析了 EMEC，它所在地就是一個海洋能源豐富、當地產業供應鏈良好的環境，目前 250 個員工為當地提供就業機會，試驗場就受到政府政策支持。EMEC 目前為世界唯一認可的連接電網的波浪和潮汐能的測試實驗室，所建立的軟硬體能量，包括有：主要基建（電纜、電網連接、變電所），

軟實力包括各種支援服務（環境監測、數據分析），及財務與運作上的支援。

(4) 有關台灣是否需要建立測試場，英方建議思考以下問題：

- 是否能連接全球已有系列測試場，並建立自我的價值？
- 是否先做好一個經由 EMEC 測試完成的示範計畫？
- 應集中資源在具本地特點的關鍵界面(例如電網要求和基建的發展)。
- 思考要建立的是一個如 EMEC 的測試場、還是一個如 WaveHub 的商轉前示範場？
- 沒有政策支持，測設場的投資效益是較難實現的。



圖 25、臺方引言代表劉治中進行海洋能議題簡報



圖 26、臺英雙方針對海洋能議題進行討論



## (七) 會議結論

經雙方討論，在台英兩位共同主席之建議與共識下，達成本屆圓桌會議四項重要結論如下：

- (1) 離岸風場開發案所需的融資與財務規劃，台灣將以研討會或專家座談會方式，邀請英方專家提供經驗予臺灣發展離岸風電參考。
- (2) 希雙方可共同建立離岸風場開發之 Best Practice 指導原則，包括風場規劃、海事工程、運轉維護、財務規劃等。
- (3) 在海洋能方面，於模擬、測試、選址、認證等領域，希雙方能有初步交流與實質合作。
- (4) 雙方可就離岸風場之勞工安全、工安管理、緊急應變與教育訓練進行合作。



圖 27、臺英雙方主席合影

## 四、英國離岸風電推動政策與發展現況

### (一)英國離岸風電推動政策

英國發展再生能源有兩個主要目的：一是保證能源供應；二是完成其 2050 年二氧化碳減排 60% 的目標。英國據此制定再生能源推動目標：2010 年再生能源發電量佔比達總發電量之 10%；2020 年佔比達 20%。英國原先是透過「非化石燃料購買義務(Non-Fossil Fuel Obligation, NFFO)」機制來實施市場競爭的電價制度。原意是期望透過市場的力量快速降低再生能源的發電成本，不過在持續 13 年(1989~2001)後，並無法有效提升再生能源裝置容量。其主要原因在於市場競爭激烈，造成部分標案報價過低而無法建成。此外，業者為求降低成本，多採用技術成熟、成本較低的進口風力機，因此對於扶持英國本地發展風力發電產業毫無貢獻。

為改善此一情形，英國於 2002 年實施了最新之再生能源推動法案，即「再生能源義務法令」(Renewables Obligation Order 2002)和「再生能源(蘇格蘭)法令」(Renewables (Scotland) Order 2002)，來取代 NFFO 機制，此舉為英國風力發電產業近年來蓬勃而穩定發展的主要動力。「再生能源義務法」(The Renewables Obligation, RO)要求電業之電力供應必須有一定比例產自政府認可之再生能源，而再生能源的比例由政府每年根據發展目標、再生能源實際發展情況以及市場情況來訂定。該法令中具體規定了合格再生能源電力的範圍，主要包括風力發電、波浪發電、水力發電、潮汐發電、太陽光電發電(每月發電量至少達到 0.5 MWh)、地熱發電、沼氣發電和生質能發電等。「再生能源義務法令」於 2002 年 4 月開始實行，確立了再生能源義務(RO)制度，2003 年政府所規定的再生能源電力比例為 3%，以後逐年增加，2004 年之比例為 4.3%，而 2015 將達 15%。

同期英國亦建立配套的再生能源電力交易制度和市場，每 1 MWh 合格的再生能源電力作為一個計量單位，稱之為「再生能源義務憑證」(Renewables Obligation Certificates, ROC)，可以在市場上進行交易。英國政府通過其電力管制局(Ofgem)來監督管理，由於英國電業已於 1990 年成功地民營化，因此所有供電商都必須履行責任

和義務，以達到當年規定的再生能源電力配額。該配額可向再生能源發者購買合格電力從而獲得 ROC 憑證，或從電力管制局直接購買 ROC 憑證。如果電業未能達成再生能源配比義務，依規定必須繳交最高達其營業額 10% 之罰款。如果再生能源發電業者之 ROC 有剩餘時，電力監管局可以進行收購，價格為 30 英鎊／ROC，此價格相當於政府保證再生能源電力之最低收購價格。但在實際操作中，為維持再生能源電力能有一相對較高之市場價格，從而鼓勵業者投資再生能源，因此政府每年訂定之配比目標會略高於實際可能之配比。在市場運作與交易中，由於 ROC 憑證短缺，這些憑證的價格便會上漲，2005-2006 政府訂定再生能源電力配比为 5.5%，但實際上只達成 3~4%，因此在 2007 年初 ROC 憑證在電力市場的平均售價為 47.5 英鎊／MWh。

由於再生能源發電業者不僅可以直接販售所生產的再生能源電力，也可透過交易市場販售 ROC 憑證，因此大幅提昇了再生能源的獲利。由於風力發電為目前再生能源發電技術中成本最低的項目之一，「再生能源義務法」的規定對陸域風電更為有利，因此近年英國陸域風電成長相當迅速。然而，「再生能源義務法」立意上是希望採用市場機制形成一個公開、公平的競爭環境，但在實際操作中卻很難達到真正的公平，對於成本較高的離岸風電反而造成不利的狀況。因此英國政府也意識到了這個問題，開始檢討並改進 ROC 憑證制度，在 2007 年 6 月所提出之「能源政策白皮書」(White Paper) 中，提出將引進「區間價格」(form of banding) 的機制，來鼓勵成本較高（如離岸風電）及技術還未成熟（如海洋能）的再生能源發電技術。英國政府於 2009 年 4 月 1 日正式實施新制，在新制下陸域型風力發電仍給予 1 ROC/MWh，而離岸風力發電則提高至 1.5 ROCs/MWh。在新制施行後，申請開發離岸風電的項目呈倍數成長。就風力發電推動政策整體而言，英國自實施 RO 制度以來(2002~2009 年)，風力發電（包括陸域及離岸）累積裝置容量呈現大幅成長，為 1991~2001 年 NFFO 機制下總裝置容量的 7.5 倍，成效可為卓著。

英國能源與氣候變遷部 (DECC) 提出 2011 年再生能源義務修正

案（Statutory Consultation on the Renewables Obligation Order 2011）。修正案針對離岸風電開發的主要變動為，允許離岸風電場的業主依據風場的建設進度，將風場最多分為五個階段（五年）進行再生能源義務憑證（ROC）的註冊。英國 RO 制度要求電力供應商採用再生能源的比例逐年成長，2010 年為 10.4%，2015 年為 15.4%。現階段陸域風電每發 1,000 度電可獲得 0.9 張 ROC，離岸風電每發 1,000 度電可獲得 2 張 ROC。ROC 可由交易市場購買，價格由市場機制決定，2012 年 1 月平均每張 ROC 交易價格為 45.18 英鎊。

## （二）英國離岸風電推動現況

英國 2012 年離岸風力裝置量為 965 MW，較 2011 年 736 MW 成長 31.1%，英國政府持續對離岸風力給予較優惠之補助，以促進離岸風力裝置量的成長。

英國能源與氣候變遷部（Department of Energy & Climate Change, DECC）在 2009 年再生能源發展策略報告（The UK Renewable Energy Strategy）中表示，英國對於其再生能源推動目標為 2020 年再生能源可供應 15% 能源需求，屆時可減少化石燃料需求 10%、進口天然氣 20~30%，保證了能源供應安全，並預估可在 2030 年減少二氧化碳排放量達 7.5 億公噸。在電力供應部分，目標是 2020 年再生能源可供應 30%，其中有超過三分之二將來自風力發電（包含陸域與離岸），預估屆時需完成離岸風電至少 25 GW 之總裝置容量。

為要規範海域風力的發展，英國皇家財產局（the Crown Estate，負責管理英國週圍海域的單位）以「區域劃分」方式進行階段性開發，分別於 2000 年、2003 年及 2008 年公告 Round 1~Round 3 三個階段，各階段目標、定位、特色與獎勵措施分析比較綜整於表 1，而其主要開發商及開發現況彙整如表 2 所示。Round 1 預計建設 13 座風場，總裝置容量 1.6 GW，迄今其中 9 座已部分完工，合計 688 MW 連結上網；Round 2 預計建設 15 座風場，總裝置容量 7.2 GW，其中 4 座已開始建造；Round 3 預計開發規模高達 32 GW，目前已公告得標開發商，將於 2015~2020 年間動工。Round 1、Round 2 及 Round 3

全數完工後，英國將擁有 40 GW 的離岸風電，預期 2020 年累積裝置 25 GW 離岸風電的目標可順利達成。

表 1、Round 1~ Round 3 開發比較分析表

| Round       | 容量 / 面積                                                                   | 定位                                | 特色                                                                                                                                                                         | 補助                                                                                                                                                                                                        | 經驗傳承                                                                        |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>(2000) | 1.26 GW<br>共提出 13 座風場申請,<br>單一風場 60-180 MW,<br>面積 < 30 km <sup>2</sup>    | 示範計畫<br>(技術規模相對簡單)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>水深 &lt; 20 m</li> <li>離岸 &lt; 12 km</li> <li>僅有陸上變電站</li> <li>僅使用 33 kV 電纜</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>DECC 補助相當約 10% CapEx</li> <li>再生能源義務憑證 (1.0 ROC/MWh)</li> </ul>                                                                                                    | EPC 風險高,<br>Multi-contract 較可行                                              |
| 2<br>(2003) | 7.2 GW<br>共提出 14 座風場申請,<br>單一風場 240-1,200 MW,<br>面積 < 250 km <sup>2</sup> | 技術提升<br>(水深更深, 離岸更遠,<br>單一風場容量更大) | <ul style="list-style-type: none"> <li>水深 &lt; 34 m</li> <li>離岸 10-40 km</li> <li>皆有 AC 海上變電站</li> <li>33 &amp; 132 kV 電纜</li> <li>開始作政策環評 (SEA)</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>再生能源義務憑證 (1.5 ROC/MWh)</li> </ul>                                                                                                                                  | Scottish Round 中位置<br>相近風場之開發商合組<br>工作團隊, 共同進行環境<br>調查等評估研究, 已隱含<br>區塊開發的雛形 |
| 3<br>(2007) | 25 GW<br>共有 9 個區塊,<br>單一區塊 0.6-13 GW,<br>面積 < 8,660 km <sup>2</sup>       | 區塊開發<br>(每區塊由單一公司或<br>財團負責開發多座風場) | <ul style="list-style-type: none"> <li>離岸 20-200 km</li> <li>使用 HVDC 技術<br/>(需分別建置 AC 及<br/>DC 海上變電站)</li> <li>區塊規劃需包含海上<br/>維運及人員駐守之平<br/>台設備</li> <li>仍需作政策環評</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>再生能源義務憑證 (1.5 ROC/MWh)</li> <li>政府 (Crown Estate)<br/>共同投資開發階段,<br/>直到獲證為止</li> <li>規劃研發補助以鼓勵<br/>研究, 期能提升離岸<br/>風力機可靠度, 並開<br/>發深海風力機基礎及<br/>海事工程施工方式等</li> </ul> | 以區塊整體開發取代單<br>一風場開發, 有如量產般<br>提升總裝置容量                                       |

表 2、Round 1~ Round 3 主要開發商及開發現況彙表

|      | Round 1                                                                                                                              | Round 2                          | Round 3                                             |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 公告年度 | 2000/12                                                                                                                              | 2003/12                          | 2008/09                                             |
| 風場數目 | 13 座, 預計總裝置容量<br>1.6 GW                                                                                                              | 15 座, 預計總裝置容量<br>7.2 GW          | 預計總裝置容量 8 GW                                        |
| 主要廠商 | Centrica、DONG<br>Energy、Vattenfall、<br>npower renewables、<br>E.ON                                                                    | Centrica、DONG<br>Energy、RWE、E.ON | 多採聯合開發, 如<br>Forewind (SSE、RWE<br>npower、Statkraft) |
| 補助情況 | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ New Opportunities<br/>Fund 資金 1.18 億英<br/>鎊</li> <li>◆ Renewables<br/>Obligation</li> </ul> | Renewables Obligation            | Renewables Obligation                               |
| 開發現況 | 9 座部分完工並連結上<br>網, 總裝置容量 594<br>MW                                                                                                    | 在建中 4 座, 裝置容量<br>1,234 MW        | 申請案件審查中                                             |

資料來源：Douglas Westwood(2009)；工研院整理(2013/03)

Crown Estate 於 2000 年公告 Round 1 離岸風電開發計畫，此階段並未劃定開發區域，僅規定必須於 12 海里之領海範圍以內，每個風場必須間隔 10 公里以上，而最小開發容量為 20 MW，至多裝設 30 部風力機組。Round 1 採公開徵求投標廠商進行開發方式，由廠商自行選定場址，提出開發計畫向政府申請，共計有 13 個開發計畫獲得核准。由於 Round 1 前英國僅有 Blyth 離岸示範計畫（2 x 2 MW）之經驗，為鼓勵業者積極投入離岸風電之開發，除了所生產的電力可獲得 1 ROC/MWh 外，政府再提供 9 百萬至 1 千萬英鎊之獎勵補助經費（DECC's Offshore Wind Capital Grants Programme），大約佔總投資金額之 10%。補助經費分階段撥付，當簽訂風力機採購合約時撥付 65%，完成施工時撥付 22%，完工商轉時撥付 10%，最後必須提交 3 年之運轉報告，每年撥付 1%。Round 1 預計開發 13 座風場，總裝置容量 1.6 GW，迄今其中 9 座已完工商轉，總計開發容量達 688 MW。Round 1 各風場開發計畫詳列於表 3，其所在位置如圖 28 所示。

Crown Estate 於 2003 年繼續 Round 2 公告，不同於 Round 1 由業者自行選定場址參與競標方式，本階段由政府先選擇三個主要海域區塊，並完成 Strategic Environmental Assessment（SEA），排除生態敏感及環境影響區域，再進行可開發區域之公告，徵求有投資意願業者提出開發計畫。此次公告並不限制每個離岸開發計畫的規模，共計有 29 家公司提出 70 個離岸風場開發計畫參與競標，最後總計共有 15 個計畫通過許可，總裝置容量達 7.2 GW。Round 2 政府並不提供設備獎勵補助金，而是以新的 RO 制度來進行鼓勵，即所生產電力由原來可獲得 1 ROC/MWh，提高至 1.5 ROCs/MWh。目前已有 4 座開始建造，Round 1 各風場開發計畫詳列於表 4，其所在位置如圖 28 所示。

為達成 2020 年離岸風電開發容量達 25 GW 之目標，英國政府於 2008 年再進行 Round 3 之公告，與 Round 2 相同亦是由政府選定區域並完成 SEA，再進行可開發區域之公告，徵求有投資意願業者提出開發計畫參與競標。Round 3 總共選定了 9 個區域，預計開發規模

高達 32 GW，目前已公告得標開發商，將於 2015~2020 年間動工。Round 3 各風場開發區塊詳列於表 5，其所在位置如圖 28 所示。

綜合分析英國離岸風電成功之主要原因，由於英國鄰近北海，擁有全歐洲最豐富的風力資源，在歐盟減碳目標的壓力下，發展相對成熟的風力發電是其首選，儘管產業投入較晚，仍以政策之力支持市場發展，實行 RO 制度後成效顯著，其後為有效刺激離岸市場，以階段性規劃大型開發案，並提高離岸 ROC 收購價格。英國自 2000 年完成第一座 Blyth 離岸示範風場 (2 x 2 MW) 後，在明確之推動目標導向下，透過階段性之推動策略 (Round 1~3)，以及具經濟誘因之 ROC 制度，有效推動離岸風電市場成長。統計至 2013 年 3 月止，英國共計完成 20 座離岸風場 (詳列於表 6)，累計裝置容量高達 2,643.2 MW，為目前全世界離岸風電裝置容量首位國家。

表 3、Round 1 離岸風場開發計畫

| Project            | Capacity | Developer (Current) | Status          |
|--------------------|----------|---------------------|-----------------|
| Robin Rigg         | 180MW    | EON                 | Generating      |
| Ormonde            | 150MW    | Vattenfall          | In construction |
| Barrow             | 90MW     | Dong                | Generating      |
| Burbo Bank         | 90MW     | Dong                | Generating      |
| North Hoyle        | 60MW     | RWE NPower          | Generating      |
| Rhyl Flats         | 90MW     | RWE NPower          | Generating      |
| Scarweather Sands  | 108MW    | N/A                 | Cancelled       |
| Kentish Flats      | 90MW     | Vattenfall          | Generating      |
| Gunfleet Sands 1&2 | 173MW    | Dong                | Generating      |
| Scroby Sands       | 60MW     | EON                 | Generating      |
| Lynn               | 90MW     | Centrica            | Generating      |
| Inner Dowsing      | 97MW     | Centrica            | Generating      |
| Teeside            | 90MW     | EDF                 | Consented       |

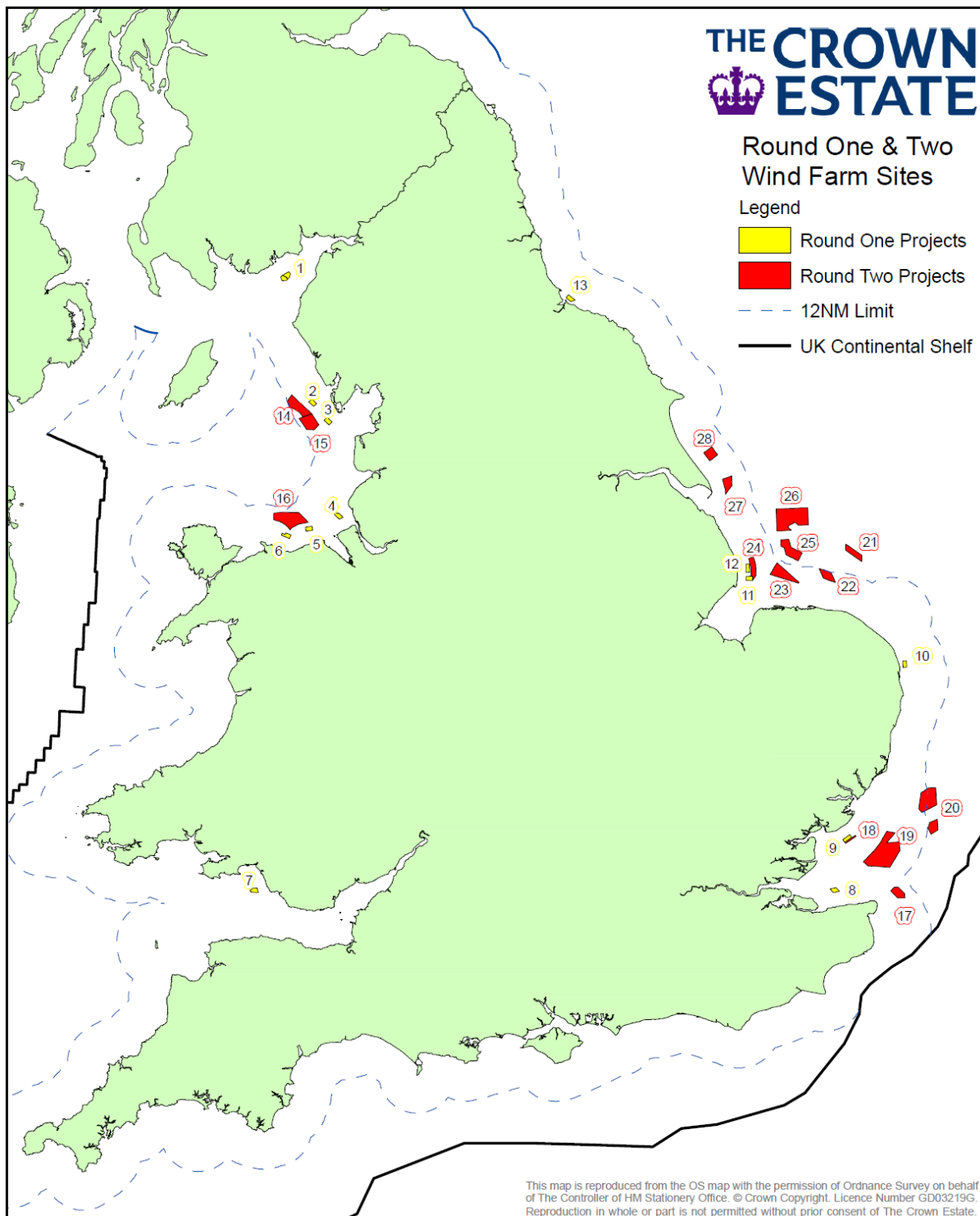


表 4、Round 2 離岸風場開發計畫

| Project          | Capacity | Developer (Current)           | Status          |
|------------------|----------|-------------------------------|-----------------|
| Walney 1&2       | 366MW    | Dong                          | Consented       |
| West Duddon      | 500MW    | Scottish Power Renewables     | Consented       |
| Gwynt Y Mor      | 738MW    | RWE NPower                    | Consented       |
| Thanet           | 300MW    | Vattenfall                    | In construction |
| London Array     | 630MW    | Dong, EON, Masdar             | Consented       |
| Greater Gabbard  | 504MW    | SSE Renewables and RWE NPower | In construction |
| Dudgeon          | 560MW    | Warwick Energy                | In development  |
| Sheringham Shoal | 317MW    | Statoil, Statkraft            | In construction |
| Race Bank        | 620MW    | Centrica                      | In development  |
| Lincs            | 270MW    | Centrica                      | Consented       |
| Docking Shoal    | 500MW    | Centrica                      | In development  |
| Triton Knoll     | 1200MW   | RWE NPower                    | In development  |
| Humber Gateway   | 300MW    | EON                           | In development  |
| Westermost Rough | 240MW    | Dong                          | In development  |

表 5、Round 3 離岸風場開發區塊

| Zone Ref | Project            | Capacity | Developer (Current)                                       | Status         |
|----------|--------------------|----------|-----------------------------------------------------------|----------------|
| 1        | Moray Firth        | 1.3GW    | EDPR and SeaEnergy Renewables                             | In development |
| 2        | Firth of Forth     | 3.5GW    | SSE Renewables and Fluor                                  | In development |
| 3        | Dogger Bank        | 9-13GW   | SSE Renewables, RWE NPower Renewables, Statkraft, Statoil | In development |
| 4        | Hornsea            | 4GW      | Mainstream and Siemens                                    | In development |
| 5        | Norfolk            | 7.2GW    | Scottish Power Renewables and Vattenfall                  | In development |
| 6        | Hastings           | 0.6GW    | EON                                                       | In development |
| 7        | West Isle of Wight | 0.9GW    | Eneco                                                     | In development |
| 8        | Bristol Channel    | 1.5GW    | RWE NPower                                                | In development |
| 9        | Irish Sea          | 4.2GW    | Centrica                                                  | In development |



| Round One Projects: |                    | Round Two Projects:  |                      |
|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 1 Robin Rigg        | 8 Kentish Flats    | 14 Walney            | 22 Sheringham Shoal  |
| 2 Ormonde           | 9 Gunfleet Sands I | 15 West Duddon       | 23 Race Bank         |
| 3 Barrow            | 10 Scroby Sands    | 16 Gwynt Y Mor       | 24 Lincs             |
| 4 Burbo Bank        | 11 Lynn            | 17 Thanet            | 25 Docking Shoal     |
| 5 North Hoyle       | 12 Inner Dowsing   | 18 Gunfleet Sands II | 26 Triton Knoll      |
| 6 Rhyl Flats        | 13 Teeside         | 19 London Array      | 27 Humber Gateway    |
| 7 Scarweather Sands |                    | 20 Greater Gabbard   | 28 Westernmost Rough |
|                     |                    | 21 Dudgeon           |                      |

圖 28、Round 1 & 2 離岸風場位置

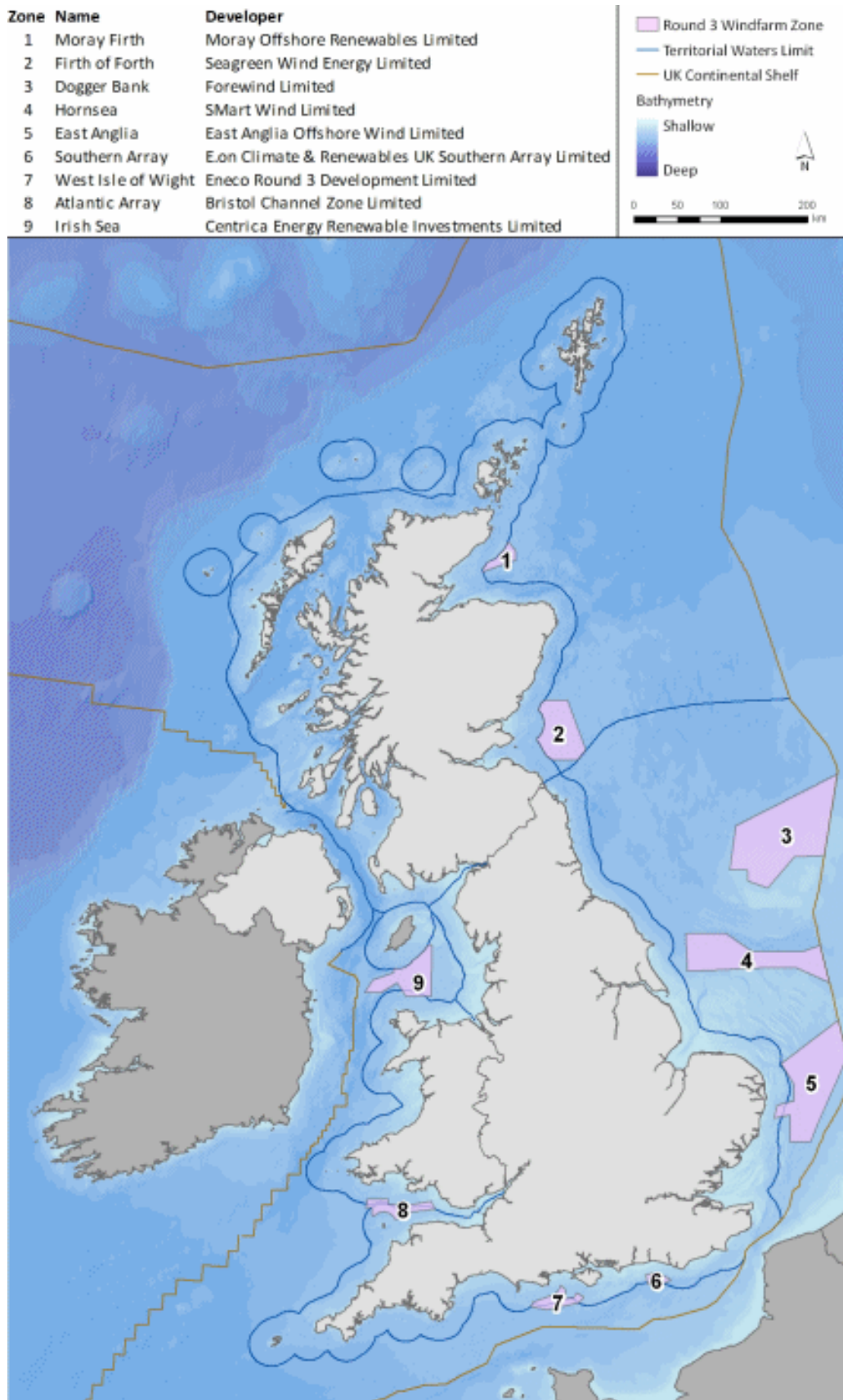


圖 29、Round 3 離岸風場區域

表 6、英國已完工離岸風場統計表

| 編號 | 風場名稱                        | 風力機<br>機型/數量         | 容量<br>MW      | 基礎<br>形式  | 完工<br>年份 |
|----|-----------------------------|----------------------|---------------|-----------|----------|
| 1  | Blyth                       | Vestas 2 MW x 2      | 4             | 單樁式       | 2000     |
| 2  | North Hoyle                 | Vestas 2 MW x 30     | 60            | 單樁式       | 2003     |
| 3  | Scroby Sands                | Vestas 2 MW x 30     | 60            | 單樁式       | 2004     |
| 4  | Kentish Flat                | Vestas 3 MW x 30     | 90            | 單樁式       | 2005     |
| 5  | Barrow                      | Vestas 3 MW x 30     | 90            | 單樁式       | 2006     |
| 6  | Buro Bank                   | Siemens 3.6 MW x 25  | 90            | 單樁式       | 2007     |
| 7  | Beatrice<br>Demostration    | Repower 5 MW x 2     | 10            | 套管式       | 2007     |
| 8  | Lynn                        | Siemens 3.6 MW x 27  | 97.2          | 單樁式       | 2008     |
| 9  | Greater Gabbard<br>Phase I  | Siemens 3.6 MW x 42  | 151.2         | 單樁式       | 2009     |
| 10 | Phyl Flats                  | Siemens 3.6 MW x 25  | 90            | 單樁式       | 2009     |
| 11 | Gunfleet Sands              | Siemens 3.6 MW x 48  | 172.8         | 單樁式       | 2009     |
| 12 | Robin Rigg                  | Vestas 3 MW x 60     | 180           | 單樁式       | 2010     |
| 13 | Thanet                      | Vestas 3 MW x 100    | 300           | 單樁式       | 2010     |
| 14 | Greater Gabbard<br>Phase II | Siemens 3.6 MW x 31  | 111.6         | 單樁式       | 2010     |
| 15 | Walney 1 Phase<br>I and II  | Siemens 3.6 MW x 51  | 183.6         | 單樁式       | 2011     |
| 16 | Ormonde                     | Repower 5 MW x 30    | 150           | 套管式       | 2011     |
| 17 | Sheringham<br>Shoal         | Siemens 3.6 MW x 11  | 39.6          | 單樁式       | 2011     |
| 18 | Walney 2                    | Siemens 3.6 MW x 10  | 36            | 單樁式       | 2011     |
| 19 | Inner Dowsing               | Siemens 3.6 MW x 27  | 97.2          | 單樁式       | 2011     |
| 20 | London Array                | Siemens 3.6 MW x 175 | 630           | 單樁式       | 2012     |
|    | <b>共計 20 座風場</b>            | <b>總裝置容量</b>         | <b>2643.2</b> | <b>MW</b> |          |

資料來源：4coffshore、工研院整理(2013/03)

此外，為強化離岸風電產業發展，英國政府更積極規劃建置離岸風電測試中心，發展新世代離岸風力機組技術，提供技術示範和設備發展，目的是吸引國際先進大廠進駐英國，同時扶植當地產業發展與提高就業率、振興經濟。

在離岸風力機組供應商部分，目前順利切入英國離岸風電設備的

機組供應商僅有 Siemens、Vestas、Repower 三家廠商，Siemens 為最大供應商，歷年累計市占率為 60.9%，目前規劃全數採用 3.6 MW 機組，未來將逐漸轉移至 6 MW 機組。為了就近供應，Siemens 預計投資 8 千萬英鎊於英國東海岸建置離岸風力機組裝廠。Vestas 為第二大供應商，歷年累計市占率為 33.1%，在機組方面現階段以 3 MW 為主力機組，7 MW 機組在開發中。REpower 歷年累計市占率為 6.1%，過去在英國已安裝機組均為 5 MW，未來可供應 5 MW 與 6.15 MW 機組。其他積極佈局英國離岸風電市場的機組供應商還包括 Mitsubishi、Gamesa 等。其中 Mitsubishi 在英國發展重心為開發並測試 7MW 離岸風力機工程技術；Gamesa 在英國進行 G14X 平台開發，預計 2014 年第二季推出 6~7 MW 樣機，2015 年進入商用化。

### (三)英國首座離岸示範風場 Blyth

為配合政府推動我國第一座離岸風電示範風場，本次出國任務亦蒐集了英國第一座 Blyth 離岸示範風場相關資料，整理分析如下：

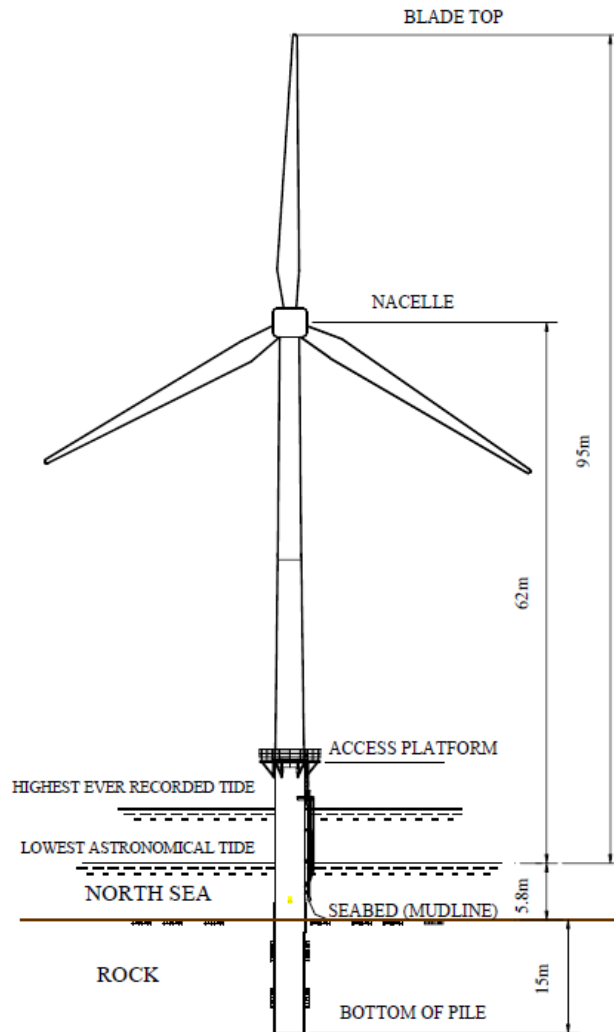
英國於 2000 年完成 Blyth 離岸示範風場，其位於英國諾森柏蘭的柏萊斯 (Blyth, Northumberland) 外海，屬北海 (North Sea) 海域，於離岸 1 公里、水深 5~6 公尺處豎立 2 台 2 MW 的 Vestas V66 風力機，如圖 30。



資料來源：Department of Trade and Industry (2001)

圖 30、Blyth 離岸風場

由於風力機設點位置的海床屬岩層露頭，採用單樁式 (monopole) 支撐結構，由升降式工作船 (jack-up barge) 以打樁方式鑽出直徑 3.8 公尺、海床下 15 公尺的洞，接著再插入托座、灌漿填滿，最後依序吊裝起塔架、機艙及風力機葉片。該風力機葉尖頂端距海平面 95 公尺，葉輪直徑 66 公尺，如圖 31 所示。



資料來源：Department of Trade and Industry (2001)

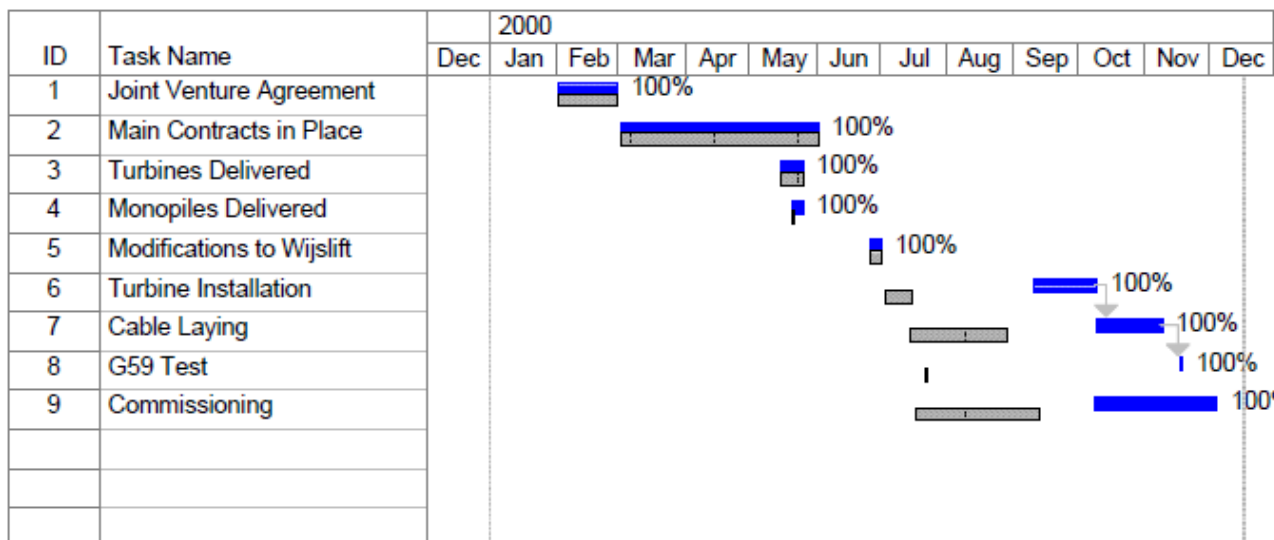
圖 31、Blyth 離岸風場採用之 Vestas 風力機組

Blyth 離岸風場是由 Powergen Renewables、Shell、Nuon 和 AMEC Border Wind 組成的合資公司 Blyth Offshore Wind Limited (BOWL) 負責開發。在所有工程開始執行之前，BOWL 必須要先自農、漁業和糧食部 (Ministry of Agriculture Fisheries and Food, MAFF) 申請符合食品與環境保護條例 (Food and Environment Protection Act, FEPA) 的建造許可，並提出工程建造前、後的海底生態研究報告作為審查。以 Blyth 離岸風場來說，其在 2000 年 6 月始遞交工程建造前研究報告，附上海洋生態調查資料，並在 2001 年 6 月完成工程建造後研究報告，以觀測在同一季節離岸風場的開發對當地海洋生態是否有重大影響。



風場開發主要工作分為九大部分，2000 年初開始執行，同年年底完工。工程進度表如圖 32 所示，並分別說明工作項目如下：

- 成立合資企業 BOWL：如前所述，BOWL 是由 Powergen Renewables、Shell、Nuon 和 AMEC Border Wind 組成。主要由 AMEC Border Wind 負責專案管理。
- 完成主要發包工作：發包工程由 AMEC Border Wind 負責，項目包括支撐結構、風力機與海底電纜及其建造工程，承包商分別為 AMEC/Seacore、Vestas 與 Global Marine。
- 風力機運輸工作：Vestas 風力機各零組件分別在丹麥的不同地區製造，再統一運至 AMEC 在紐卡索 (Newcastle) 泰恩河 (River Tyne) 河畔的工廠組裝。例如其塔架是在 Varde 製造，機艙是在 Ringkøbing，葉片則是在 Lem 製造。
- 單樁式支撐結構運輸工作：當深入海床的打樁完成，Atlas 運載船即將放置在 AMEC 工廠中的單樁式支撐結構運至海上現場，接著吊裝、灌漿，完成支撐結構。
- 工程船定位與調整作業：支撐結構完成後，由運輸風力機的 Wijslift 自升式工作船運來主要部件。
- 風力機豎立工程：風力機的支撐結構基礎工程由 AMEC Marine 執行，風力機零組件的組合工程則由 Vestas 負責，Vestas 並提供風力機後續五年的維運服務。
- 電纜鋪設
- G59 測試：在最後要正式商轉階段，必須在配電控制中心 (Distribution Network Operator) 的監督下進行兩台風力機的 G59 測試認證，也就是對風力機系統中，併網逆變頻器的離網功能進行測試，接著進行 240 小時持續發電測試，通過測試後，該風場正式商轉。
- 商轉



註：“”表示規劃目標；“”表示實際完成。

資料來源：Department of Trade and Industry (2001)

圖 32、Blyth 離岸風場工程進度表

但是在風場建設工程開始執行後不久即發生進度落後的現象，主要是受到氣候的影響。以 Wijsliff 工作船的限制，當風速大於每秒 8 公尺、浪高 0.5 公尺以上則無法執行海上吊裝作業，須等待氣候條件許可，因而造成工程的延宕。其實原本建造工程規劃於夏季開始執行，就是希望免除氣候影響，對於氣候所造成的困境，目前尚無解決辦法。

Blyth 離岸風場的工程預算總計 4 百萬英鎊，項目與金額如表 7 所示。資金來源為歐盟 THERMIE 計畫 (European Commission Thermie Programme) 的支持，另外還有「非化石燃料購買義務(Non Fossil Fuel Obligation)」的收入。材料與設備是占建造成本最大宗的部分，其中主要來源是風力機的成本，約占該項目的 76%，其次是單樁式基礎的成本，約占 14%。建造成本次高項目是裝置工程，主要來源是基礎打樁與風力機的豎立作業，占該成本項目 63%，其次是電網鋪設工程，占 21%。

表 7、Blyth 離岸風場建造成本結構

| 項目        | 金額 (英鎊)   | Blyth Cost/kW installed<br>(英鎊) |
|-----------|-----------|---------------------------------|
| 材料與設備     | 2,173,000 | 543                             |
| 裝置工程      | 1,207,000 | 302                             |
| 先期規劃      | 342,000   | 86                              |
| 專案項目管理    | 105,000   | 26                              |
| 其他(偶發性支出) | 100,000   | 25                              |
| 建造成本總計    | 3,927,000 | 982                             |

資料來源：Department of Trade and Industry (2001)

在風場商轉後續的維運 (Operation and Maintenance, O & M) 部分，採用遠端監控操作，每天檢查風力機運轉情況達三次。第一年的維運成本約 10 萬英鎊，主要構成項目可分為七大部分，如表 8 所示。保險費用占維運成本最大宗，主要是 2001 年 9 月之後，保險業者對保費的大幅提升所致，顯示英國此時已開始重視開發風險的管理。次高項目是維護與服務費用，主要是支付給 Vestas 執行風力機運轉後的疑難排解。管理費用則是支付給 AMEC Wind，作為每日的風力機監測與管理成本。

表 8、Blyth 離岸風場維運成本結構

| 項目     | 金額 (英鎊) | Blyth Cost/MW installed<br>(英鎊) |
|--------|---------|---------------------------------|
| 保險費用   | 31,000  | 7,750                           |
| 維護服務費用 | 30,000  | 7,500                           |
| 管理費用   | 26,500  | 6,625                           |
| 電費     | 6,000   | 1,500                           |
| 風場維護   | 4,500   | 1,125                           |
| 土地租金   | 3,500   | 875                             |
| 其他     | 500     | 125                             |
| 維運成本總計 | 102,000 | 25,500                          |

資料來源：Department of Trade and Industry (2004)

Blyth 離岸風場為英國首座示範風場，肩負蒐集海上資料與吸收開發經驗的重責大任。在風場建設完工前、後，英國貿易與工業部

(Department of Trade and Industry, DTI) 展開為期 6~42 個月不等的九大研究計畫，總投資金額高達 120 萬英鎊，如表 9 所示。其中與 Blyth 離岸風場最直接相關的是「Monitoring and Evaluation of Blyth Offshore Wind Farm」計畫，該計畫自 2000 年 1 月開始，為期 26 個月，研究項目包括該示範風場的建造與營運、航運影響、風場開發與維運成本、對健康和安全的考量等。

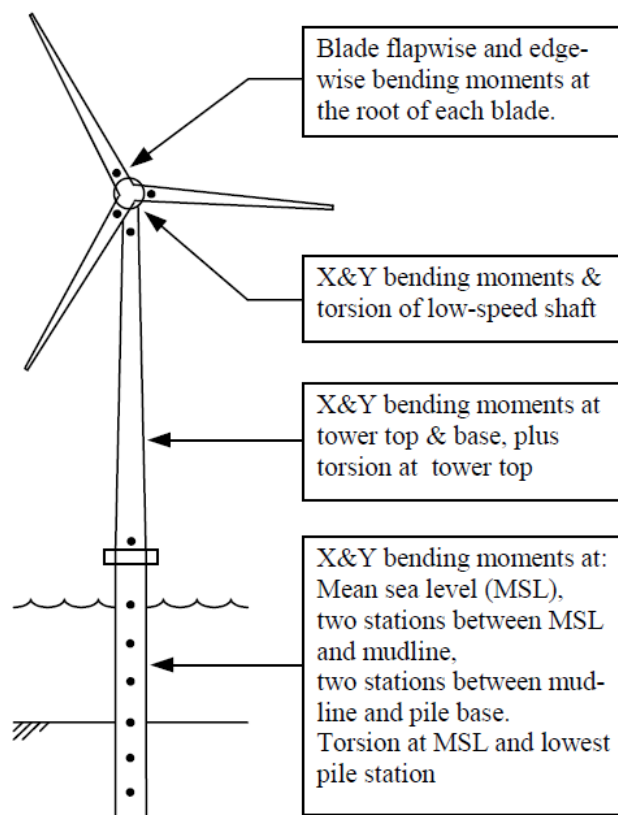
表 9、DTI 主要支持離岸風能研究計畫

| 計畫名稱                                                                                         | 計畫承包者                                                         | 計畫期間(月) | 計畫開始日   | DTI 提供經費(英鎊) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|---------|--------------|
| Monitoring and Evaluation of Blyth Offshore Wind Farm                                        | AMEC Services Limited (formerly order Wind Ltd)               | 26      | 2000.01 | 362,455      |
| Design Methods for Offshore wind turbine at exposed sites                                    | Garrad Hassan & Partners Limited                              | 42      | 1999.04 | 180,700      |
| Boat Access System Prototype – Offshore Wind Turbines                                        | Caley Ocean Systems Limited                                   | 15      | 2001.02 | 75,700       |
| Offshore Wind – Base Design and Foundation Installation Design Feasibility Study             | Harland and Wolff Licences Limited                            | 6       | 2001.04 | 48,129       |
| Offshore Wind Transportation and Installation Vessel                                         | Harland and Wolff Licences Limited                            | 6       | 2001.04 | 51,871       |
| Multi-Megawatt Blade Development                                                             | Aerolaminates Limited                                         | 24      | 2001.03 | 409,239      |
| Assessment of the Effects of Noise and Vibration from Offshore Wind Farms on Marine Wildlife | University of Liverpool Centre for Marine and Coastal Studies | 7       | 2000.10 | 15,636       |
| Assessment of the Effects of Offshore Wind Farms on Birds                                    | Ecology Consulting                                            | 10      | 2001.01 | 9,250        |
| Potential Effects of Offshore Wind Developments on Coastal Processes                         | A B P Research & Consultancy Ltd                              | 9       | 2000.12 | 52,316       |

資料來源：BWEA

另外，Blyth 離岸風場是歐洲首座完全承受北海天候與特殊潮汐變化的風場，同時因座落在海床陡坡棚頂端，也須承受碎浪 (Breaking Wave) 衝擊，面臨的自然環境相當特殊，因此在歐盟、DTI 及荷蘭能源與環境署 Novem 的支持與主導下，展開名稱為「Offshore Wind Turbines at Exposed Sites (OWTES)」的計畫。該計畫自 1999 年 4 月展開，為期 42 個月，由 DTI 提供資金 180,700 英鎊。研究項目有三大項，包括監測風力機的結構承受能力、海象資料的蒐集與分析風力資源，分別說明如下：

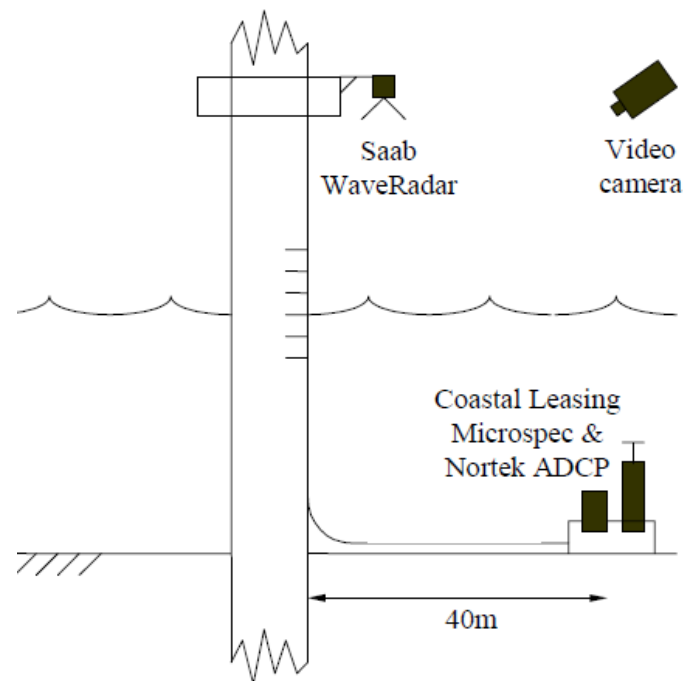
- 監測風力機的結構承受能力：風力機上主要結構皆配備有感應監測裝置，提供蒐集資訊的用途，如圖 33。在塔架和支撐結構部份，共使用 8 個感測器，用來監測其承受的衝擊與彎曲現象；葉片負載基礎部分的感測器則監測葉片運轉時的震動與旋轉拉力；低速軸上亦有感測器以衡量轉矩拉力。其中重點資料蒐集在支撐結構部分，主要研究海水鹽分與環境對結構所形成的影響。



資料來源：Garrad Hassan & Partners

圖 33、風力機結構感測裝置

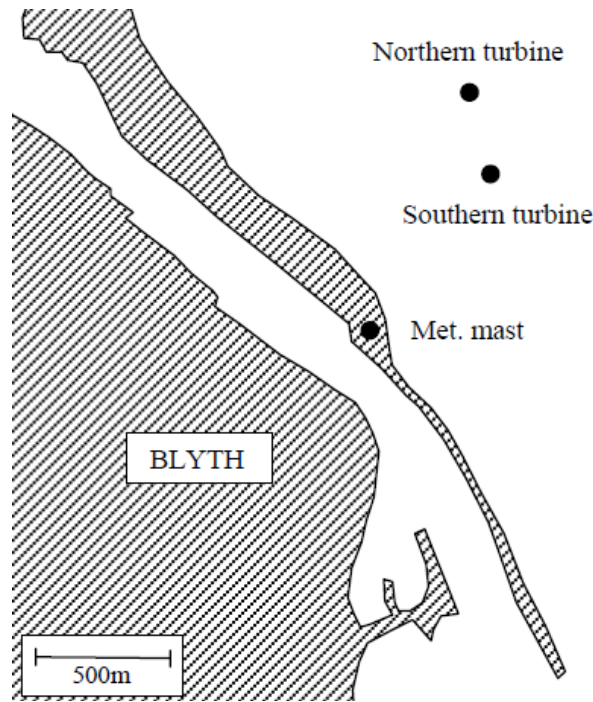
- 蒐集海象資料：海潮波浪與氣候的紀錄觀測採用海平面上與海平面下的兩個觀測器，如圖 34。Saab WaveRadar 設置在風力機平台上，衡量瞬間水位；同時，在海床上距離風力機 40 公尺處，安裝一個波浪與潮汐紀錄器 (Coastal Leasing Microspec) 及一個聲學多普勒流速剖面儀 (Nortek ADCP)，另外定時以攝影機紀錄海浪對風力機的衝擊情況。



資料來源：Garrad Hassan & Partners

圖 34、海象資料感測裝置

- 分析風力資源：風資源的測量仰賴一座陸地上測風塔 (Meteorological mast)，裝載有風速計與風向標。理想的測風塔應該設置在距離示範風場最近的海上，不過如此便超出 OWTES 計畫的預算，因此只好裝置在岸邊，距離最近的風力機約 1 公里處，其位置如圖 35 所示。該測風塔的特色是將風速計裝置在距海平面 10、20、30 和 40 公尺高處，衡量項目包括大氣壓力、氣溫和降雨量。



資料來源：Garrad Hassan & Partners

圖 35、Blyth 離岸風場的測風塔位置

Blyth 離岸風場的實現對於英國後續的發展有諸多貢獻：

- 宣傳並彰顯英國發展離岸風力發電的決心與實力：開發該風場所獲得的技術與經驗，包括風場專案管理、工程技法，甚至是離岸工程船的開發等，未來都可應用於開發更大型的離岸風場。
- 促進原有本土產業：儘管英國本身缺乏風力發電設備製造產業，不過就開發離岸風場所需的硬體設備，對英國來說，其原有的鋼鐵工業可供應塔架與支撐結構市場，未嘗不是一大商機所在。
- 獲得硬體設備以外的收入：開發離岸風場的風險與成本皆相當高，為此，英國提供了保險制度，使風場開發有一定的保障。對後續的發展來說，除了保險業務外，英國亦可基於示範風場的經驗，提供環境評估、專案管理甚至是風場營運管理等服務，仍相當有優勢取得離岸風場開發的服務項目收入。