

出國報告（出國類別：開會）

參加  
「第十屆世界再生能源研討會  
(WREC)」

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：王端正組長

派赴國家：英國

出國期間：97年7月19日至7月26日

報告日期：97年9月15日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：參加「第十屆世界再生能源研討會(WREC)」		
出國人姓名	職稱	服務單位
王端正	組長	台灣電力公司電源開發處
出國期間：97年7月19日至97年7月26日		報告繳交日期：97年9月15日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同人進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9.其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2.退回補正，原因：_____ <input type="checkbox"/> 3.其他處理意見：	

說明：

- 一、 出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、 各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、 審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：



單位  
主管



主管處  
主管



總經理  
副總經理



54

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加「第十屆世界再生能源研討會(WREC)」

頁數 37 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

王端正/台灣電力公司/電源開發處/新能源組組長/(02)2366-6857

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他（開會）

出國期間：97年7月19日至97年7月26日

出國地區：英國

報告日期：97年9月15日

分類號/目

關鍵詞：再生能源、溫室氣體、太陽光電、離岸風力、海洋能、

波浪發電、洋流/潮流發電、地熱

## 內容摘要：(二百至三百字)

世界再生能源研討會 (WREC / WREN, World Renewable Energy Congress/World Renewable Energy Network)係英國教授薩伊博士(Dr. Ali Sayigh)於1990年創立，隸屬於聯合國教科文組織的分支機構之一，目的在結合全球的產官學，致力於推展再生能源技術及應用，並定期或不定期舉辦研討會及成果展示會，邀集各國政府及民間機構發表研究報告，並交換心得與意見。本次會議主要就各種再生能源及節能減碳等議題，發表各國之推廣情形，以及學術界和產業界之相關研發成果。本報告謹摘列值得參考之研討內容包括：歐盟再生能源政策、歐盟離岸風力、英國海洋能及地熱等，並作成心得與建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

## 目次

壹、 出國緣起	03
貳、 出國行程	04
參、 研討會摘要	
一、 世界再生能源協會/組織	05
二、 歐盟未來能源策略	06
三、 歐盟離岸風力發展	08
四、 海洋能	17
五、 地熱	31
肆、 心得與建議	35
伍、 附錄	

## 壹、出國緣起

近年來由於溫室氣體效應造成全球天候異常災難頻傳，加上能源供應短缺致化石燃料價格飆漲，對各國之民生與經濟發展造成嚴重影響，因此如何降低溫室氣體排放及減少對石油的依賴，再度成爲全球關注的焦點。

由於能源使用與溫室氣體排放及環境影響息息相關，爲達永續能源發展之目的，除了提高能源使用效率及節約能源外，開發再生能源、發展能源新利用及研發溫室氣體減量或儲存等技術，應屬較有效且對環境最友善的策略。

世界再生能源協會(WREC/WREN) 在全球 160 多個會員國的支持下，10 餘年來在提高能源使用效率、節能減碳、研發與推廣再生能源技術等方面，無論是技術探討或實際運用等方面均有豐碩的成果，本次世界再生能源會議亦將針對上述議題進行研討並交換心得。

本次會議主辦單位於今（97）年 2 月來函邀請本處余處長參加，因研討內容與本公司再生能源開發業務相關，爰派員出席本次會議，並蒐集再生能源技術發展、未來趨勢、各國推動現況及未來目標等資料，作爲本公司持續開發再生能源發電之規劃參考。

## 貳、出國行程

7月19日~7月19日（星期六）

往程（台北→曼谷→倫敦→蘇格蘭格洛哥）

7月20日~7月20日（星期日）

報到、領取資料

7月21日~7月25日（星期一 ~ 星期五）

第十屆世界再生能源研討會（蘇格蘭格洛哥）

7月25日~7月26日（星期五 ~ 星期六）

返程（蘇格蘭格洛哥→倫敦→曼谷→台北）

## 參、研討會摘要

本次研討會於 7 月 21~24 日假蘇格蘭 Glasgow 展覽中心舉行，發表論文包括：風力、太陽光電、太陽熱能、海洋能、生質能、燃料電池、地熱及低碳建築等主題之研發及推動成果，論文總數達 700 篇以上內容非常豐富，謹就與本公司再生能源未來發展相關的研討內容摘述如下。

### 一、世界再生能源協會/組織 ( World Renewable Energy Congress / Network , WREC/WREN )

WREC/WREN 係英國註冊的非營利組織，屬於聯合國教科文組織的分支機構之一，其創立宗旨在於結合全球的產官學界，共同研發並推展再生能源技術及其應用，主要目標為：

1. 致力於能源技術、能源效率、節約能源及降低成本等研發工作，以確保再生能源的價值及能源利用最佳化。
2. 致力於再生能源之教育及宣導，協助全球各地區推展再生能源，以改善溫室效應及環境污染問題。
3. 發展再生能源以強化全球能源供應之穩定度，並避免造成環境污染。
4. 促進發展中國家及偏遠地區之能源利用普及化。
5. 確保具有創新及經濟效益之再生能源能獲得財務支援及大家的支持。
6. 舉辦國際性或地區性的研討會及展示會，邀集產官學界及環保人士參與，以交換意見及研發成果並促進商機。

WREC 目前擁有 168 個會員國，每二年（偶數年份）的夏季選定一個國家舉辦國際性的研討及展示會，至今已舉辦 10 次國際性會議詳如下表，同時亦協助各會員國辦理地區性的研討會，以促進該國推廣再生能源應用、技術研究及教育宣導，台大亦於 2007 年舉辦過 WREC 地區性研討會。

時間	參與國家數量	會議地點	出席人數
1990/09	79	Reading UK	650
1992/09	86	Reading UK	580
1994/09	96	Reading UK	620
1996/06	107	Denver USA	768
1998/09	110	Florence ITALY	765
2000/07	112	Brighton UK	801
2002/07	117	Cologne GERMANY	879
2004/09	97	Denver USA	1127
2006/08	107	Florence ITALY	902
2008/07	N/A	Glasgow UK	400~500

## 二、歐盟未來能源策略

歐盟各國為因應氣候變化、確保能源供應及競爭力，歐盟委員會於 2007 年初，提出一套新的能源政策，並訂定至 2020 年的主要目標為：

- 降低溫室氣體排放量達 20%。
- 歐盟之能源總供應量之中，再生能源占比達 20%。
- 歐盟初級能源總消耗量減少 20%。

為達成前述目標，歐盟在能源利用方面必須做重大改變，首先是提昇能源轉換、供應及使用效率，將交通運輸、建築及工業等相關之能源技術轉變為商機；再者是相關政策之制定與執行，例如能源效率執行方案、運輸及後勤執行方案、環保及節能之產品規範、能源服務及節能建物等相關規定、都市汽車排放二氧化碳管制方案、二氧化碳排放交易方案；至於技術方面，由於低碳及高效率設備之投資成本相當高，目前仍難以商業化，因此，應加強降低成本之技術研發及制定前瞻性的政策加以輔導。為了達成 2020 年目標，歐盟

未來 10 年的主要技術發展包括：

- 發展具永續供應能力之第二代生質燃料，俾取代化石燃料，
- 發展二氧化碳捕捉、運輸及儲存等技術並使其商業化，
- 提昇離岸風力發電技術，使其發電容量倍增，
- 提昇太陽光電技術，俾設置大型太陽光電廠和聚光型發電廠，
- 建構 smart grid 以容納並輸送分散型再生能源所產生的電力，
- 生產高效率的燃料電池，大量供應住宅、工廠及交通工具使用，
- 發展核分裂技術及終期廢料處理技術。

此外，歐盟並訂定 2050 年減少溫室氣體排放量達 60~80%之目標，故歐盟未來 10 年除發展上述技術外，尚應加強研發下列技術：

- 具商業化潛力的新世代再生能源發電技術，
- 具經濟效益的儲能技術，
- 可裝設於交通工具上，具商業化的燃料電池，
- 完成新世代核分裂示範發電機組，
- 在材料、通訊、奈米科技、生物科技等方面有突破性發展，以促進提高能源效率之研發工作。

由於上述研發工作需要投入大量的人力、物力及財力，因此盟歐必須發展一套創新的合作方式，讓歐盟各國之資訊、技術和人力能密切相互交流，如此可有效降低投資風險及研發時程，以收事半功倍之效，其中有關離岸風力之發展情形及推廣策略擬說明如下。

### 三、歐盟離岸風力發展

#### (一) 前言

根據歐洲風力協會(European Wind Energy Association, EWEA)的估計，至 2020 年歐洲的離岸風力總裝置容量達 20~40GW，約可供應歐洲 4%的電力，據估計如果開發北海 5%的面積設置風力機組，即可滿足歐洲 25%的電力需求，因此，離岸風力的開發潛力非常大，對電力供應極具助益，但是能否達成前述預估值，仍視投資者的意願、風機工業之發展與供應能力、法規限制、各國政府的再生能源政策及鼓勵措施，跨區域或跨國間的合作、研發技術和輸變電建設等因素。

#### (二) 歐洲風力現況及未來發展

自 2000 年以來，歐洲新增發電容量 158GW，其中燃氣和風力之發電容量分別為 88GW 和 47GW，風力發電占比約 30%，在這 8 年當中歐洲風力發電裝置容量從 9.7GW 提高至 56.5GW 約增加 5 倍，圖一為 2007 年底歐洲各國風力發電裝置容量。過去 10 年當中風力發電快速成長，裝置容量年平均成長率約 28%，同期間風力產業之年成長率約為 21%，其中離岸風力之開發與推廣可分為二階段，第一階段為 1995 至 2000 年，多為小型示範計畫，大部分機組設置於水深較淺的海域，第二階段自 2000 至 2004 年，亦屬示範型的計畫，但已具商業化價值且發電技術已大幅提昇，1998 至 2007 年間歐盟離岸風力開發情形詳如圖二。至 2007 年歐盟已開發 25 個離岸風力計畫，總容量約 1,100MW，主要分布於 5 個國家，分別為：丹麥 409MW、英國 404 MW、瑞典 133 MW、荷蘭 108 MW 及冰島 25 MW，其計畫內容概述如表一。

展望未來，2008 至 2009 年間設置離岸風力主要國家包括：英國 800MW、丹麥 200MW、瑞典 140MW、法國 105MW、德國 60MW 及比利時 30MW 等，其中 2008 年約有 80%的離岸風力設置於丹麥和英國，另根據歐盟各國過去風機的成長情形、目前規劃中的開發數量、風機業產之研發情形及各

國制定的推廣政策等因素推估，預計至 2010 年止，離岸風力裝置容量約可增加 3~4GW。

至於 2010 至 2015 年間，預估裝置容量可再增加 10~15GW，主要的國家為英國及德國。由於離岸風力之不確定因素甚多，雖然近期內歐洲有不少跡象如：德國同意電網互聯及提高購電價格、英國同意 Round 3 計畫、丹麥 2 座大型離岸計畫招標順利、法國和比利時簽訂第一個風場合約等，對推動離岸風力甚具助益，唯能否達成上限目標，則受下列因素影響：

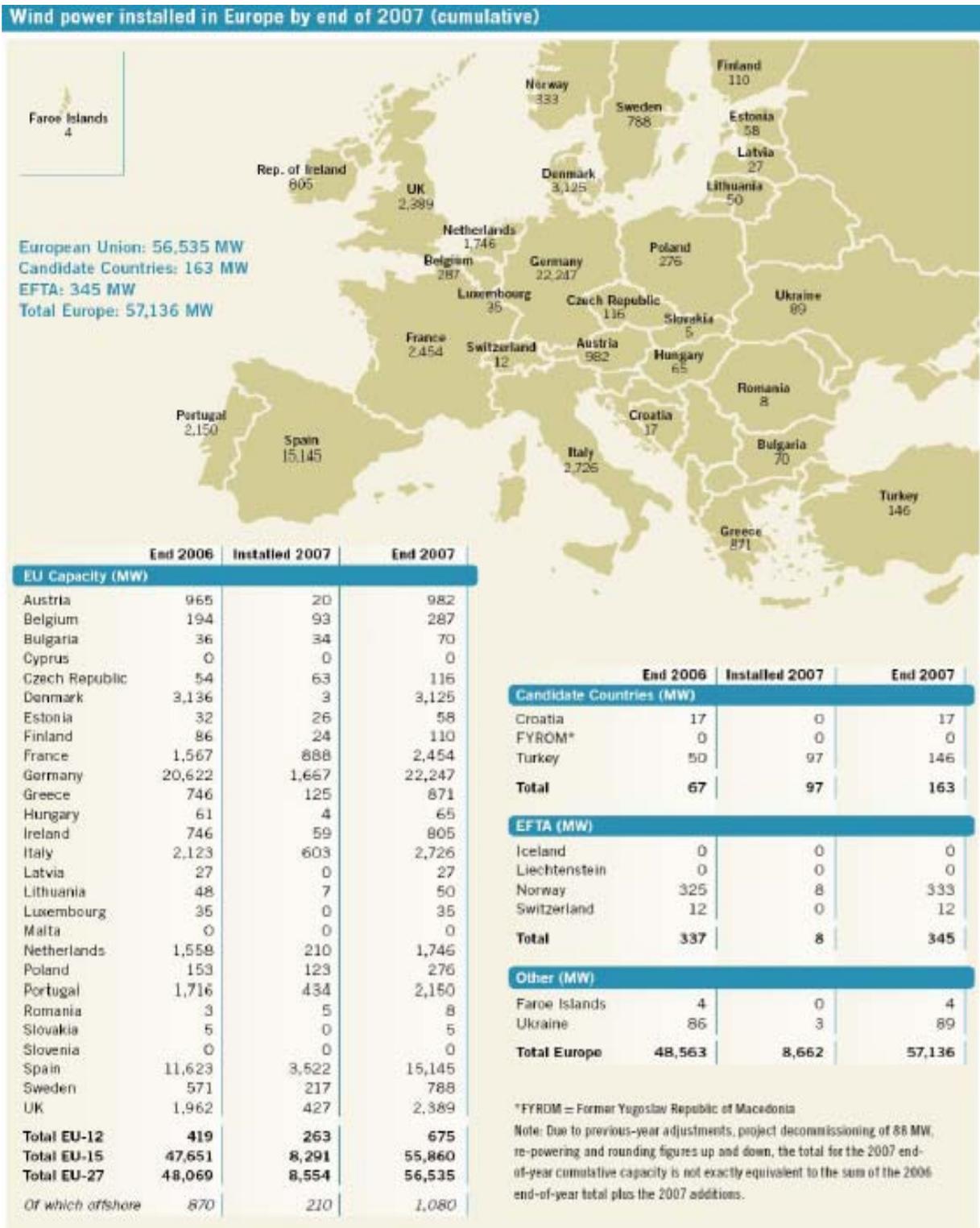
- 德國的 Alpha Ventus 測試場是否可於 2009 年啓用，並於 2011 年之前完成 5MW 機組之測試工作。
- 英國 Round 2 有 500MW 或更多機組可於 2010 年起陸續完工發電。
- 瑞典是否願意配合更有利的法規，積極推動數個大型離岸風力計畫。
- 是否能儘速訂定標準化作業程序、風機設備標準化及培養高階專業人才等工，以解決設備供應能力不足、工作船數量不足和缺乏豐富經驗的工作團隊等關鍵問題。
- 法國、比利時、西班牙及荷蘭等國的離岸風力計畫是否均能順利完工。

根據 EWEA 之估計，至 2020 年歐盟國家離岸風力累積容量可達 20~40GW，甚至可高達 50GW，唯是否能達成前述目標，則視下列情況而定：

- 各國對歐盟委員會所訂定之目標（溫室氣體排放量達 20%，再生能源占能源供應量 20%）的認同度及執行決心。
- 風機產業在提高效率及可靠度等方面之研發成果。
- 風機及相關組件之供應能力，施工機具及風機專業人力是否足夠。
- 大型離岸風力計畫之規劃和審查作業，及建廠工程是否能順利執行。
- 陸上及海上輸變電設施是否能配合計畫之推動及時擴建完成。

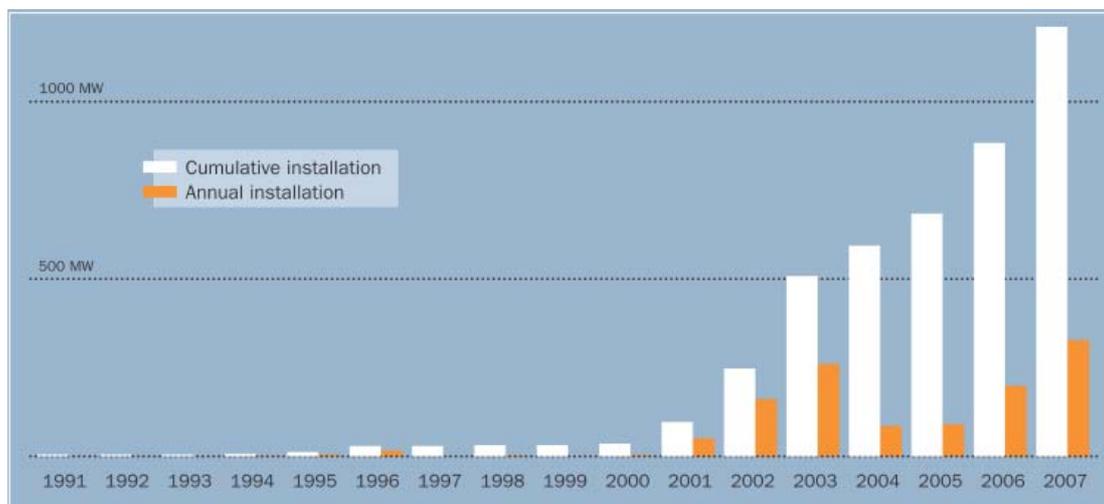
- 是否能建構更有效率的電力交易制度及電力互聯機制。

圖一 2007 年歐洲各國風力發電新增裝置容量及累積容量



摘自“EU Action to Promote Offshore Wind Energy”

圖二 1998-2007 年歐盟離岸風力發電開發情形



(摘自"EU Action to Promote Offshore Wind Energy")

表一 歐盟離岸風力五大開發國家之計畫概況

Denmark						
Project	Location	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line
<b>In operation</b>						
Vindeby	Blæsenborg Odde, NW off Vindeby, Lolland	4.95	11	2.5 to 5	2.5	1991
Tunø Knob	off Aarhus, Kattegat Sea	5	10	0.8 to 4	6	1995
Middelgrunden	Oresund, east of Copenhagen harbour	40	20	5 to 10	2 to 3	2001
Horns Rev	Blåvandshuk, Baltic Sea	160	80	6 to 14	14-20	2002
Nysted Havmøllepark	Rødsand, Lolland	165.6	72	6 to 9	6	2003
Samsø	Paludans Flak, South of Samsø	23	4	11 to 18	3.5	2003
Frederikshavn	Frederikshavn Harbour	10.6		3	0.8	2003
Rønland*	Lim fjord, off Rønland peninsula,	17.2	8	3		2003
* near shore projects		409.15				
<b>Under construction</b>						
Horns Rev II	Blåvandshuk, Baltic Sea (10km west of Horns Rev)	200	10 to 18	n.c.	17	2009
Nysted Havmøllepark II	9km off Rødsand, Lolland in the Baltic Sea	200	6 to 9	n.c.	10	2010

(摘自 EWEA 網站"Offshore Statics 2007")

表一（續） 歐盟離岸風力五大開發國家之計畫概況

United Kingdom							
Project	Location	Region	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line
<b>In operation</b>							
Barrow	7km Walney Island	Off England	90	30	>15	7 km	2006
Beatrice	Beatrice Oilfield, Moray Firth	Off Scotland	10	2	>40	unknown	2007
Blyth Offshore	1km Blyth Harbour	Off England	3.8	2	6	1 km	2000
Burbo Bank	5.2km Crosby	Off England	90	25	10	5.2 km	2007
Kentish Flats	8.5km offshore from Whitstable	Off England	90	30	5	8.5 km	2005
North Hoyle	7.5km Prestatyn & Rhyl	Off Wales/England	60	30	5 to 12	7.5 km	2003
Scroby Sands	3km NE Great Yarmouth	Off England	60	30	2 to 10	3 km	2004
Project	Location	Region	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line
<b>Under construction</b>							
Inner Dowsing	5.2km Ingoldmells	Off England	90	27	10	5.2 km	n.c.
Lynn	5.2km Skegness	Off England	97	30		5.2 km	n.c.
Rhyl Flats	8km Abergele	Off Wales	90	25	8	8 km	n.c.
Solway Firth/ Robin Rigg A	9.5km Maryport/ 8.5km off Rock Cliffe	Off England/ Scotland	90	30	>5	9.5 km	n.c.
Solway Firth/ Robin Rigg B	9.5km Maryport/	Off England/	90	30	>5	9.5 km	n.c.
Netherlands							
Project	Location	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line	
<b>In operation</b>							
Offshore Wind Farm Egmond aan Zee (OWEZ)	Egmond aan Zee	108	36	17-23 m	8 to 12 km	2006	
Project	Location	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line	
<b>Under construction</b>							
Offshore Wind Q7	Ijmuiden	120	60	19-24 m	> 23 km	2008	
Sweden							
Project	Location	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line	
<b>In operation</b>							
Bockstigen	Gotland	2.8	5	6-8 m	3 km	1998	
Utgrunden I	Kalmarsund	10.5	7	4-10 m	7 km	2001	
Yttre Stengrund	Kalmarsund	10.0	5	8-12 m	4 km	2002	
Lillgrund	Malmö	110.0	48	2.5-9 m	10 km	2007	
Project	Location	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line	
<b>Under construction</b>							
Gässlingegrund	Vänern	30	10	4-10 m	4 km	2009	
Ireland							
Project	Location	Capacity	Number of turbines	Water depth (m)	Distance to shore (km)	On line	
Arklow Bank	off Arklow, Co Wicklow	25.2	7	15	7	2004	

（摘自 EWEA 網站“Offshore Stastics 2007”）

### （三）離岸風力面臨之挑戰及建議

經過將 15 年的努力，歐盟離岸風力發電總裝置容量雖已達 1GW，唯欲達成歐盟委員會訂定之降低溫室氣體排放目標，必須持續推廣離岸風力，但離岸風力仍有諸多問題亟待解決，因此 EWEA 就未來可能面臨的挑戰分成五個面向進行分析，並分別提出建議或對策，茲分述如下：

#### 1. 政策方面：

1.1 挑戰：承諾至 2020 年歐盟之能源總供應量之中再生能源占比為 20%，亦即屆時有 35% 的電力來自再生能源，其中風力發電約占 12%（180GW），而離岸風力又占風力發電之 30% 以上（50GW）。

#### 1.2 建議措施：

（1）政策上應制定一套推動離岸風力的可行架構，以提高投資者大量開發離岸風力的信心，此架構需考量法規、輸電、環保和研發等四個基本議題，而在執行上應：

- 設置單一窗口，有效簡化申設作業，建立更有效率的審查程序。
- 規劃長期的輸電網路系統。
- 確保良好的規劃和評估品質。
- 利用海事相關技術及儀器協助篩選最佳的離岸風力廠址。
- 促進風機業者與公部門之間的溝通，以確認潛在的障礙和限制，並尋求解決之道。

（2）任何單一地區的風機產業或工作團隊無法滿足歐洲地區大量開發離岸風力之市場需求，如能促成區域性合作，建立歐洲共同供應鏈，將可發揮最大綜效和互補功能，不但有能力執行北海、波羅的海、大西洋和地中海等地區的離岸風力計畫，以達成歐盟所訂定的目標，且風機

產業的服務範圍可擴展至全世界，爭取更多的商機。

- (3) 澄清法規方面、政府政策及歐盟政策之間的相互關係：制定詳細且變動性低的法規，讓開發業者有明確的依循，以降低開發風險並提高投資意願，且公開透明的作業流程及審查機制，亦可促進民眾對離岸風力的認知與接受度，有利於計畫之推動。由於離岸風力計畫具有跨產業及跨區域之特性，因此，各國及國際間在制定漁業、海空航運、觀光及國防等政策時，應將離岸風力納入考量，並明確訂定其位優先順序與主從關係。

## 2. 市場方面：

2.1 挑戰：若 2020 年離岸風力裝置容量達 40GW，即未來 13 年內裝置容量將增加 39GW，相當於增設 7,800 部單機容量 5MW 的機組，亦即每年需生產 600 部風機或每個月 50 部機，此外尚包括基礎、組裝、運輸及安裝等工程之需求，因此風機及相關產業必須及早因應。

### 2.2 建議措施：

- (1) 建立一個穩定、合作且長期的市場：歐盟各國及委員會應共同制訂一套能使離岸風力長期且穩定成長的策略，除了可增強投資者的信心外，亦可避免各國間因過度競爭而降低供應能力。
- (2) 建立最適供應鏈，以充分且及時提供相關服務：離岸風力計畫於規劃、選址、安裝及營運等階段，均分別需要不同產業及專業人力予以配合，尤其未來計畫的規模均朝向大型化發展，所需要的相關支援更加龐大，因此相關業者應儘早規劃提高產能，並發展合作模式。
- (3) 與海洋相關產業充分合作，共存共榮：海上石油業及海上天然氣業均具備豐富的海事工程經驗及專業人才，離岸風力可借重其開發經驗及人才，甚至邀集渠等共同開發風力計畫，不但可降低開發風險及成本，對提高未來營運安全及績效亦有極大助益。

- (4) 建立完整的人才培育制度：開發離岸風力除了工程專業人才外，尚需計畫管理、本國法、國際法、品管及工安環保等專業人力，爲了滿足未來大規模興建離岸風力之需，應儘速建立一套專業人才培育制度。

### 3. 研究發展方面：

- 3.1 挑戰：目前之離岸風力多設置於水深較淺的海域，因此多沿用陸域風機之規劃與施工經驗，唯未來大型的離岸風力電廠，不但單機容量加大(3~5MW)且設置地點之水深更深，因此需要加強技術研發，以確保其工程及經濟可行性。

#### 3.2 建議措施：

- (1) 建立一套可信賴的成本基準和未來目標：離岸風力開發業者應利用現有的成本資料，在不犧牲安全之前題下，建立規劃、施工、營運等各階段之成本基準，並據以設定未來之成本目標，使得開發業者和政策制定者能充分了解未來的成本趨勢，進而更有信心地全力投入離岸風力這塊產業。
- (2) 國家和歐盟等層級應提高離岸風力研發方面之優先順序及數量：歐盟各國及歐盟應提供充分的財務以支援具創新及改進價值之研究計畫，同時採用「由上而下」(各國與歐盟合作)及「由下而上」(業者、學界、顧問公司合作)等方式進行研究，俾兼顧不同層面之需求。
- (3) 利用歐洲風力技術平台，結合各國之研發成果以提高研發效益，並促進業者與公部門之合作研究，將更有利於開發計畫之推動。
- (4) 鼓勵在同一海域發展多重利用之研發計畫，可同時推動不同產業，提高研發綜效。

### 4. 輸電能力方面：

- 4.1 挑戰：目前歐洲各離岸風廠之間尚無電網連結，且各國現有的電網設施

亦無法滿足未來大量興建大型離岸風廠輸電之需，爲了發揮離岸風力最大效用，亟需建立電網互連制度並加強各國之電網基礎建設。

#### 4.2 建議措施：

- (1) 加強各國之間及電網業者之間的合作關係，並檢討泛歐地后之能源網路準則，以順利輸送大量的離岸電力。
- (2) 訂定電網基礎建設分攤原則，確保參與離岸風力之開發業者均有利可圖，以增加參與者之投資意願。
- (3) 各國或歐盟於制訂長期電網開發策略時，應將未來離岸風力計畫納入考量，避免因輸電能力不足而增加投資者之風險。
- (4) 與電網業者及電網操作業者共同制訂輸電系統之商業條款、技術及安全規範，有利於跨區域或跨國間之電網互連及電力交易。

#### 5. 規劃及環保方面：

5.1 挑戰：選擇離岸廠址將面臨各國領海及經濟海域問題，如各國無法取得共識，則離岸風力難以大量開發；此外，除了考量經濟效益及工程技術等問題外，爲了獲得各界的認同與支持，更應詳細評估對海洋生態可能衝擊與減低對策，俾離岸風力得以永續發展。

#### 5.2 建議措施：

- (1) 歐盟應訂定單一管理機制及立法架構：解決領海及經濟海域之爭議，降低開發計畫所面臨的困擾及風險。
- (2) 建立更有效率的規劃程序：由於離岸風力朝大型化發展，其影響層面及範圍更廣，開發作業時程也隨之變長，開發者如能參考其它業者的經驗並引用既有之相關資料，則無需重複辦理相關研究，可有效減少規劃作業時程。

- (3) 建立海域空間使用辦法：訂定使用辦法及協商機制，經由公開透明之決策過程，避免離岸風力與使用相同海域之相關團體或機構，如漁業，海運業、觀光業、保育團體及軍事機構等發生重大衝突。
- (4) 擴大各國之間辦理環境影響評估之合作空間：藉由分享研究成果及資訊，可參考先行開發者所遭遇之環評審查問題，預先補齊不足之資料並研擬對策，將大幅減少評估作業和審查時程，有效降低開發成本。

## 四、海洋能

### (一) 前言

吾人可利用波浪、潮汐、溫差及鹽分梯度等方式萃取海洋中所含的能源，根據研究估計全球海洋能發電潛力，理論年發電量分別約為：波浪 80,000~800,000 億度、潮汐 8,000 億度、鹽分梯度 20,000 億度及溫差約 100,000 億度。此等先進技術至最近 5 年才有顯著的進展，目前已開發多項大型的試驗機組。由於海洋能發電機組均位於環境非常嚴峻的海洋中，所面臨的最大挑戰是如何設計一種具備高可靠度、低成本且運轉安全的發電機組。

然而各種海洋能發電方式均受到客觀環境的限制，例如潮流發電僅可設置於臨近海岸地區、狹長的海溝或渠道，波浪發電則視設置地點、發電設備之性能和輸電設施而定，最佳之波浪條件為平均波能 20~70kW/m，其位置介於緯度 30~60 度之間。

### (二) 面臨問題

海洋能發電雖然具有降低對進口能源之依賴、減少溫室氣體排放、供電可預測性較高、創造相關產業商機及提供就業機會等優點，但仍有諸多問題尚待克服如：

1. 環境影響：根據各種示範計畫之測試結果，雖然海洋能發電對海洋生態

之影響十分有限，惟機組商業化之後，設置數量及使用海域範圍大增，對海洋生物、漁業、軍事、航運及海上遊憩等可能之衝擊，仍待進一步探討與解決。

2. 政策支持：推動各種再生能源之應用，均需政府強力支持與協助，例如風力及太陽能發電得以蓬勃發展即為有力的證明，目前海洋能發電尚處萌芽階段，更需要政府提供有利的發展環境，如：確立各種再生能源之占比，訂定開發目標及時程，俾開發業者、研發單位及相關產業能即早因應。
3. 經濟誘因：推廣任何新的能源技術，政府應提供有利的誘因，如提供優惠的購電價格、補助相關研發計畫，優惠的融資貸款等，讓高成本的再生能源發電有生存的空間。
4. 輸電系統：由於海洋能發電多設置於離島或偏遠的離岸地區，而該等地區之輸電網路及變電設施等基礎建設往往較不足，致輸電容量無法滿足開發大型商業化的海洋能發電廠之需，因此，當務之急是指定誰來規劃及提昇潛在優良廠址附近之輸變電能力。
5. 申請及審查程序：開發海洋能發電因涉及的法規和部門相當繁多，又取得設置許可之審查程序既密集又冗長，不但耗事費時且所費不貲，往往讓開發業者裹足不前，故政府應建立單一作業窗口，訂定明確的審查程序及內容，以加速申請及審查作業。
6. 資訊充分公開：政府應完成整體海洋能開發策略分析，並公告各潛在廠址附近其它開發計畫的資訊，避免發生衝突而徒增開發業者困擾。
7. 各界支持度：目前社會各界對海洋能開發利用的認知度仍相當低，社會各界存有相當多的疑慮，就如同早期開發風力發電的情形一樣，因此需要加強海洋能開發之相關宣導及教育，以消除大家的疑慮，海洋能發電之研發工作才能持續推動達成商業化目標。

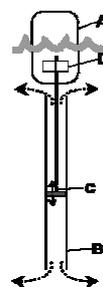
### (三) 海洋能發電技術概述

目前僅有少數海洋能發電技術具備初步商業化之實測經驗，茲將本次研討會相關資訊摘述如下：

#### 1. 波浪發電

##### 1.1 IPS OWEC Buoy (浮筒型波浪發電機)

- (1) 廠家：由 Interproject Service AB (IPS) and Technocean (TO)組成。
- (2) 本機組係藉浮筒 (A) 及水下加速管 (B) 相對運動，帶動活塞 (C) 上下推動發電機 (D) 發電。浮筒直徑為 3~4 米最大可達 10~12 米，其大小通常視設置地點之海象、水深、波能等條件而定，惟水深至少需 30 公尺以上，發電效率可達 30~30%，它具有過載保護和控制系統，可因應不同波高和波幅調整發電機組之運轉，它可以單獨或集體設置，總發電容量可由數瓩至數十萬瓩，參考下列各圖 (摘自：[www.ips-ab.com](http://www.ips-ab.com) 及 [www.bwea.com/marine](http://www.bwea.com/marine) 網站)。
- (3) OWEC-1 於 1994 至 1996 年間在愛爾蘭進行測試，其結果讓廠家相當滿意，因此將更一進研發改進，並預定在蘇格蘭和愛爾蘭西部海域 (波浪能為 50~70Kw/m)，設置一座直徑 10 公尺的 IPS OWEC Buoy，裝置容量可達 150~250 kW，年發電量約 1.4GWh。

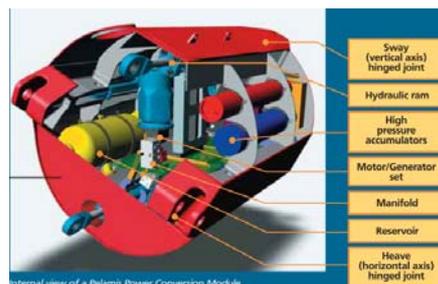
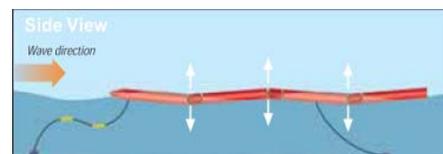
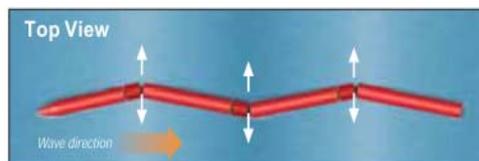


- (4) Embley Energy 研發的 SPERBOY™ 亦是利用”OWC”原理發電，本

項技術自 1994 年開始研發，該公司於 2007 年與英國進行專案計畫合作，相關資訊請參閱 [www.sperboy.com](http://www.sperboy.com) 網站。

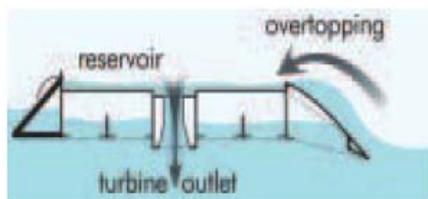
## 1.2 Pelamis

- (1) 廠家：Pelamis Wave Power，2007 年改名為 Ocean Power Delivery Ltd.
- (2) Pelamis 為半潛式波浪發電機組，由數節圓筒狀的設備其間以鉸鏈相連結而成，當波浪通過發電設備時，各圓筒會相對上下浮動，並經由鉸鏈帶動發電設備產生電力，請詳參下列圖示（摘自 [www.pelamiswave.com](http://www.pelamiswave.com) 網站）。
- (3) Pelamis 由纜線固定，唯仍可讓發電設備自行調整鼻頭方向維持與波浪行進方向垂直，以發揮最大發電效率。Ocean Power 於 2004 年完成首座可商業化的 Pelamis (P-750)，長 120 公尺（共 4 節）、寬 3.5 公尺、重 750 噸，容量 750kW，且併接至英國電力系統，年發電量約 2.7GWh，能量轉換率約為 70%~80%。
- (4) 2008 年蘇格蘭電力公司將於 Orkney 島西方的歐洲海洋能試驗場 (EMEC)，設置四組長 120 公尺單組容量 750kW 的 Pelamis，利用現有的海底電纜、變電站及電網輸送電力，蘇格蘭政府並提供 4 百萬英鎊的補助。



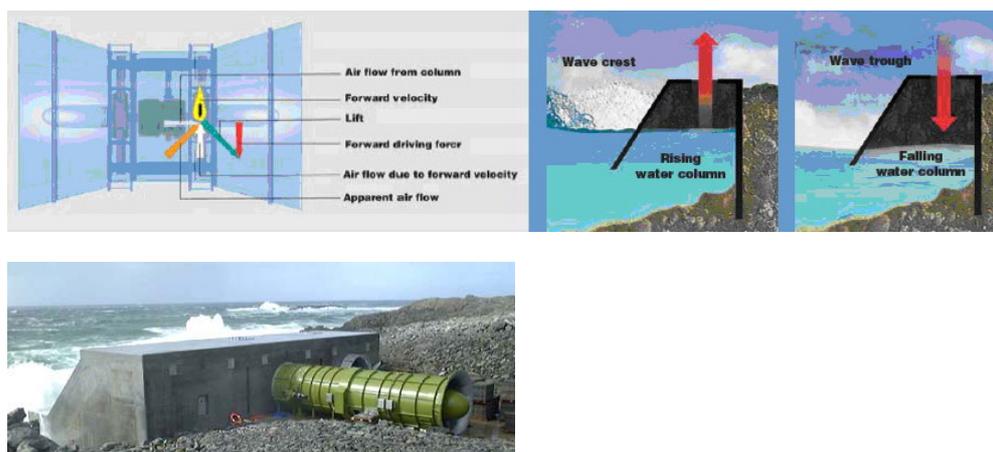
### 1.3 Wave Dragon

- (1) 廠家：Wave Dragon Ltd.
- (2) Wave Dragon 是藉由兩道八字型的圍阻體（wave reflector），將波浪集中並導引至一道斜坡（ramp），可增加汲取 3m 高波浪之能量達 70%。波浪越過斜坡後進入一座高於海面的貯水池中，利用高差形成水頭，接著海水自水池中預留的水道往下流回海中，並推動水輪發電機發電，有關 Wave Dragon 之基本發電方式、布置概念及測試圖片，請詳參下列各圖示（摘自：[www.wavedragon.net](http://www.wavedragon.net) 網站）。
- (3) Wave Dragon 公司於 2003 年在丹麥設置一座 1:4.5 的原型機進行測試，經過 3 年餘的資料蒐集及檢討改進，目前已向英國提出申請，擬於威爾斯的西南海岸離岸 2~3 英哩處，設置一座 4~7MW 的商業化先導機組，使用海域面積約 0.25 平方公里，將進行 3~5 年的測試後再移除，如果申請及審查均順利通過，預定 2009 年夏季就可開始安裝。該地區具備風力及波浪條件佳、距離港口及陸域輸電線併接點近、遠離軍事地區及海運航道等優點。



#### 1.4 Limpet (Land Installed Marine Powered Energy Transformer)

- (1) 廠家：Wavegen 創立於 1992 年。
- (2) 2000 年 Wavegen 於蘇格蘭西部海岸的 Islay 島上設置首座併網的商業化岸上型波浪發電機組，裝置容量 0.5MW（詳如下列各圖，摘自：[www.wavegen.com](http://www.wavegen.com) 網站），並與電力公司簽訂 15 年的購售電合約。Wavegen 將根據這部機組的運轉資料，發展數值模擬模型和開發新型發電機組。
- (3) Wavegen 和 Faroese energy company 已合組公司，將於 Faroes 開發波浪發電廠，初期投資 60 萬英鎊，終期總投資額約 700 百萬英鎊，總容量達 100MW。



## 2. 洋流/潮流發電

### 2.1 Marine Current Turbines (MCT)

- (1) 廠家：Marine Current Turbines Ltd。
- (2) MCT 於 2003 年在加拿大 Devon 島 的 Lynmouth 外海設置一部容量 300kW，名為“Seaflo”的潮流發電實驗機組，這座全球首部之潮流發電機組不但成功地運轉 3 年，且實際發電能力及效率均高於設計值。該機組於正常運轉期間，雙葉片的轉子係位於水面下，藉潮流推動葉片旋轉並將潮流能轉換為電力，其原理與風力發電相同，遇

故障或檢修時，才將葉片升出水面。（詳如下圖，摘自：[www.marineturbines.com](http://www.marineturbines.com) 網站）。



- (3) 目前英國貿工部提供財務支援，以協助廠家在北愛爾蘭的 Strangford Narrows，設置商業化原型機組稱為”Seagen”，單機容量約 1MW，該計畫經由 DNV 認證，預計 2008 年完成首座陣列布置的商業化示範發電廠。（詳如下圖，摘自：[www.marineturbines.com](http://www.marineturbines.com) 網站）



## 2.2 Open-Centre Turbine

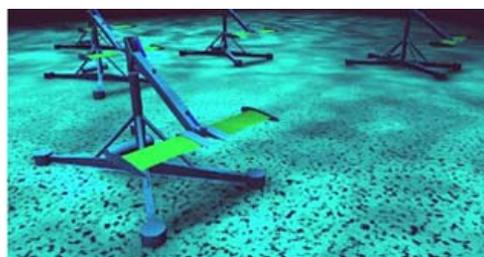
- (1) 廠家：OpenHydro Group
- (2) Open-Centre Turbine 為低轉速機組，中間的轉輪是唯一的動件，其中空設計除可提高效率外亦可供海洋生物通過，減少對海洋生態的影響，外圈為發電機的靜子和轉子。（請參考下左圖，摘自：[www.openhydro.com](http://www.openhydro.com) 網站）
- (3) 2007 年 OpenHydro 獲蘇格蘭政府補助 120 萬英鎊，於蘇格蘭 EMEC（European Marine Energy Centre）測試場安裝一部直徑 6 公尺的 Open-Centre Turbine 進行測試，該機組的發電量足以供應 150 戶歐洲家庭用電，並於 2008 年 5 月併接陸域電網供電。左圖所示支架僅供

測試機組使用，未來商業化機組係以機座直接固定於海床上。(下右圖，摘自：[www.openhydro.com](http://www.openhydro.com) 網站)



### 2.3 Stingray

- (1) 廠家：Engineering Business (EB)
- (2) **Stingray** 係藉潮流流經翼板產生上下擺動，帶動連接翼板的槓桿、液壓活塞及馬達，並驅動發電機發電，此種機組亦固定於海床上，適用於不同水深，最深可達 100 公尺。(詳如下圖，摘自：[www.engb.com](http://www.engb.com) 網站)
- (3) 2002 年 EB 公司於蘇格蘭高地 Shetland 羣島外海的 Yell Sound，設置一座重 180 噸，容量 150 kW 的測試機組，以蒐集相關營運資料，供改進設計之參考；EB 又於 2003 年再度設置該測試機組，並加裝更具彈性的發電控制系統，俾精準地控制發電機及更長時期的運轉。未來將設置一座 5MW 先導型商業化發電廠，以測試其供電穩定度。



#### (三) 計畫開發步驟及關鍵考量

波浪、海流、潮流或潮汐等海洋能量均可轉換為電能，雖然機組型式和設置

地點不同，但基本考量因素大致相同，本文僅摘述有關波浪發電計畫之規劃步驟及關鍵考量因素，供未來辦理開發作業參考。海洋能發電技術至今雖有初步成果和進展，但與風力、太陽能、生質能等再生能源相較，因缺乏商業化規模之規劃經驗及運轉實績，就技術而言仍處於初期萌芽階段。儘管如此，我們仍可藉助離岸風力、海上天然氣和石油等產業之經驗及技術，供開發本項發電技術之參考，有關開發波浪發電之規劃步驟及關鍵考量因素摘述如下：

#### 1. 廠址選擇：

開發波浪發電計畫的第一步是考量發電技術之發展性及客觀環境，並考量下列因素，選擇一處或多處候選廠址。

- 需配合現有之海洋發電技術，選擇適合之波浪條件及海深測量術。
- 及早與輸配電業者協商，規劃輸配電路線及容量。
- 發電機組與海岸之距離，愈短愈節省海纜投資費用。
- 評估可用港口、工作站及施工船隻數量，以利未來之推動。
- 初步釐清審查機關、審查流程及相關法規。
- 與法律顧問確認開發構想並進行非正式討論。

#### 2. 可行性評估：

再檢視各候選廠址的波浪條件，確認主要的開發限制，完成概念設計，初步成本評估及開發期程。本階段辦理概念設計時應考慮下列因素：

- 設備之功能性。
- 設計彈性及運轉性
- 估計投資及運維成本供編列計畫預算。

- 發電技術成熟度。
- 工業安全。
- 對環境可能之影響。
- 計畫之風險性(包括：後勤支援、施工及營運船隊、設備供應能力)。
- 設備可靠度、維護難易度及耐用度。
- 與專家討論後界定環評研究範疇內容，並據以辦理環評作業。

### 3. 開發許可：

根據英國規定，波浪發電計畫必須先取得：英國商業、企業與制度改良部 (Department of Business, Enterprise and Regulatory Reform, BERR)及英國環境、食物與鄉村事務部(Department for the Environment, Food and Rural, DEFRA)等機關之同意及許可，如果廠址離岸 12 海哩以內，必須與 Crown Estate 協商廠址所在地海床之承租事宜，若離岸超過 12 海哩，則必須取得開發執照。

本階段需同時辦理環境影響評估，做為取得相關同意書或開發許可之重要依據，一般而言，辦理 EIA 及許可審查作業需時 2 年以上，如果 EIA 的內容愈詳細將愈有助於縮短審查作業時程，同時有助於未來細部設計、施工及營運等工作之推動。

計畫獲准後，開發者在計畫執行期間應持續與計畫關係人、社會大眾及可能產生衝突之團體，進行溝通並徵詢意見，做為改進參考以利計畫推動。此外，開發者在施工、營運及未來拆廠等階段，均應遵守環評所承諾事項。

### 4. 設計階段：

技術設計應與 EIA 同步進行，因為技術設計與 EIA 可相互提供資訊，供修正設計及環評內容之參考，為提高計畫之成功率，辦理技術設計除應遵守

可行性階段所訂定之規範，還要深入地了解與海洋相關的產業及運作機制。此外，爲了獲得最大能源轉換效率，應特別考量工安、設備存活率、維修便利性及可維修率等因素。

5. 採購策略：最佳的採購策略就是讓參與計畫的設備供應商、施工廠家及運維廠家等，就其專業部分承擔可能之風險。
6. 製造階段：辦理設備廠商招標時，應嚴格審查其設備供應能力、品質、服務內容、付款條件及承擔風險能力。
7. 安裝階段：決標之後，開發者須嚴格管控工程進度及工程成本；設備安裝期間應注意工安並確實覆行環評承諾事項，同時要建立良好的溝通管道與機制，隨時和計畫的參與廠家及相關團體（如漁業、海運等）溝通協商，以確保計畫能順利完工。

#### （四）韓國海洋能發電計畫

近年來韓國積極發展海洋能發電，並已完成 2030 年海洋能利用之規劃報告，目前韓國政府已開始推動幾項潮流、潮差和波浪等發電計畫，其中一項大型潮差發電計畫，預定 2009 年完工，裝置容量 254MW，年發電量爲 552Gwh。此外，將在南韓的西部及南部海域開發多項海洋能發電計畫，茲分別摘述如下：（下列各附圖摘自「Recent Development of Ocean Energy in Korea」）

##### 1. 潮流發電：

###### 1.1 Daebang Straight 計畫

韓國於 2007 年就 Daebang Straight 地區的海洋流速、流向、潮汐周期，海底地形及海底地質等項目，進行密集調查和資料蒐集，發現部分小島間的潮流速度達 2.1m/s，值得開發潮流發電，因此，東南電力和 Kyongnam 地方政府同意自 2010 年起，共同投資 5 千萬美元開發此地區的海洋能，預定設置總容量 20MW 潮流發電廠，並於 2009 年先行設置 100kW 的浮動式

發電機組。

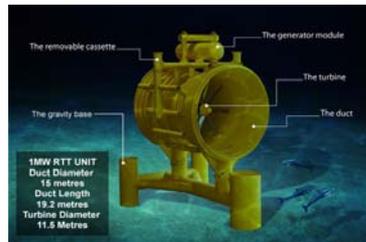
### 1.2 Uldolmog 計畫

2003 年韓國於南部海岸的 Uldolmog 設置第一部 100kW 潮流發電機，並根據該機組的運轉經驗另規劃新機組，預定於 2009 年完成另一座 1MW 潮流發電廠，總預算約 5 百萬美元。



### 1.3 Wando 計畫

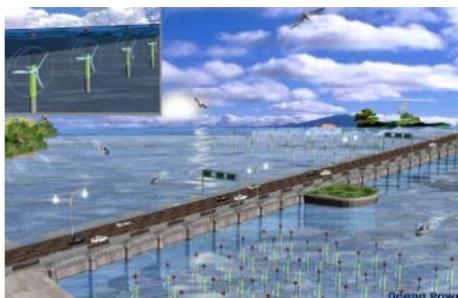
2007 年韓國中部電力(Midland Power Company)與 Wando 地方政府達成共同開發該區域海洋能之協議，中部電力與現代重工及 Lunar Energy 於 2008 年 2 月簽訂合作備忘錄，他們規劃於 2008 年先行完成 1MW 容量潮流發電機組，再逐步增加機組數至 300MW，總預算約 9 億美元。



## 2. 洋流發電

韓國規劃於 Shiwaha 地區興建一座潮差發電水壩，由於海水進入水壩之後水流速度仍可達 6m/s，為了有效利用海流能量，爰規劃於水壩內再設置 100 部 HAT 洋流發電機組，總容量約 254 MW，年發電量約 800 Gwh，預

定 2010 年完工發電，總預算約 6 億美元。目前 Inha 大學和 Ocean Power Inc. 已合作完成機組的設計及基礎固定方式等規劃工作。



### 3. 潮差發電

#### 3.1 Shiwha 計畫

Shiwha 原有一座農業灌溉用水壩，後來因海水滲漏無法再提供灌溉用水，於是韓國水資源公司組成開發團隊，將水壩改建供潮差發電使用，已於 2004 年動工，預定 2009 完工，將設置 10 部單機容量 25.4MW 發電機組，年發電量約 553 Gwh。



#### 3.2 Saemangeum 計畫

本計畫之水壩原僅供填海造地擋水使用，目前將規劃增建潮差發電廠，預定 2012 年完成 20 部單機容量 25.4MW 潮差發電機組，預計年發電量為 697 Gwh，總預算約 8 億美元。



### 3.3 Gangwha 計畫

本計畫由 Incheon 市、Gangwha 省、中部電力及 3 家建設公司共同開發，規劃於 4 座島嶼之間興建水壩，並設置 32 部單機容量 25.4MW 潮差發電機組，預定 2014 年完工發電，預估年發電量為 1,536 Gwh，總預算約 20 億美元。本計畫已於 2007 年辦理可行性研究，將於 2009 年完成研究報告。



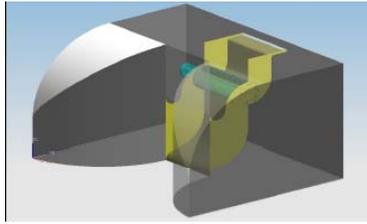
### 3.4 Garolim 計畫

自 2008 年起由韓國西部電力、POSCO、大宇和 Lotte 建設等公司共同開發興建，預定 2012 年完工，總容量約 520 MW，年發電量約 950 Gwh，總預算約 10 億美元。



## 4. 其它海洋能發電計畫

4.1 Caisson Type：工期 2006~2009 年，容量 100kW，預算 4.3 百萬美元。



4.2 Over topping type：工期 2007~2010 年，容量 500kW。



4.3 OWC(Oscillating Water Column) type：2001 年已完成 60 kW 機組之開發及測試工作，總預算約 8.5 百萬美元。



## 五、地熱

### (一) 潛力與現況

據研究估計地球總熱含量約為  $10^{18}$  焦耳，其中溫度大於  $1000^{\circ}\text{C}$  的體積約占地球體積的 99%，以地表散熱的速度估計，約需 10 億年才會耗盡地球的熱量。由於地熱具備 24 小時持續供應及來源充足等特性，是值得開發之再生能源，根據 WEC (World Energy Council) 的統計資料，各種再生能源發電之平均容量因數，以地熱發電最高可達 72%，是風力及太陽能的 3.4 倍及 5 倍，詳如下表 (摘自 "Geothermal energy - worldwide status and prospects" 論文)。根據該統計資料顯示，地熱發電的裝置容量占比為 1.0%，但年發電量

占比達 1.8%，即可證明地熱發電的可靠度非常高，在某些國家其容量因數更高達 90%，足以作為基載電力。

類別	裝置容量		年發電量		容量因數 (%)
	GW	占比 (%)	TWh	占比 (%)	
水力	778	87.5	2,837	89	42
生質能	40	4.5	183	5.7	52
風力	59	6.6	106	3.3	21
太陽能	4	0.4	5	0.2	14
地熱	9	1.0	57	1.8	72
合計	890	100	3,188	100	41

全球有 24 個國家以地熱發電作為基載電力，其中哥斯大黎加、薩爾瓦多、冰島、肯亞及菲律賓等 5 個國家，地熱發電量占全國電力的 15~22%。可見地熱發電之具有發展潛力。1999 年至 2004 年間，地熱發電的年成長率為 3%，至 2005 年全球前 15 名使用地熱發電或直接使用地熱熱能的國家分列如下表（摘自” Geothermal energy - worldwide status and prospects” 論文）。2005~2007 年共增加 800MW，值得注意的是，連無火山國家如奧地利和德國亦發展地熱發電。預估至 2025 年全球地熱發電總容量最低為 35~70GW，最高可達 140GW，如果採用新開發技術的話，預期總容量將更高。

地熱發電		熱能直接利用	
國家	GWh/年	國家	GWh /年
USA	17,917	China	12,605
Philippines	9,253	Sweden	10,000
Mexico	6,282	USA	8,678
Indonesia	6,085	Turkey	6,900
Italy	5,340	Iceland	6,806
Japan	3,467	Japan	2,862

New Zealand	2,774	Hungary	2,206
Iceland	1,483	Italy	2,098
Costa Rica	1,145	New Zealand	1,968
Kenya	1,088	Brazil	1,840
El Sslvador	967	Georgia	1,752
Nicaragua	271	Russia	1,707
Guatemala	212	France	1,443
Turkey	105	Denmark	1,222
Guadeloupe	102	Switzerland	1,175

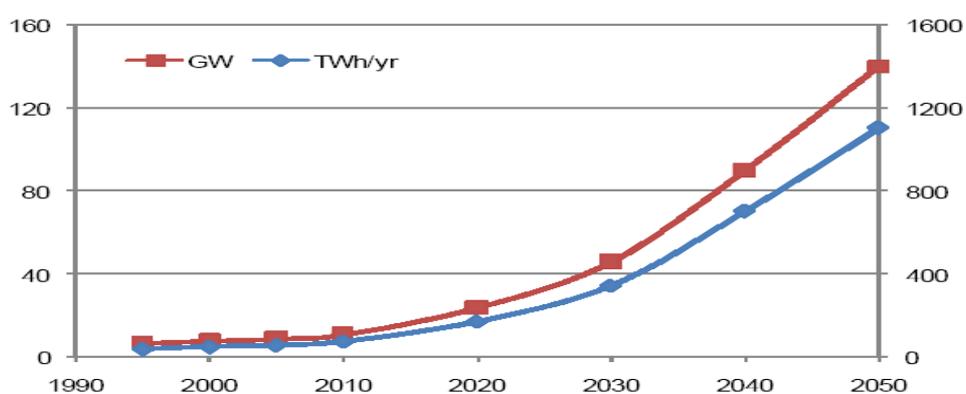
## (二) 經濟性

根據 WEA 2004 年統計資料，地熱發電的發電成本為 2~10 美分/度，與其他型式之再生能源發電相較，仍具有經濟競爭性，目前地熱發電廠之投資成本約為 3~4.5 千歐元/瓩，發電成本約為 0.04~0.1 歐元/度。美國加州 Geysers 地區，有座建於 1921 年的地熱電廠，其容量由 1960 年的 11MW 增加至目前的 80MW，每度電的售電價格才 0.03~0.35 美元；此外，墨西哥有一座 30 年歷史的地熱電廠，容量亦由 620MW 擴建至 720MW，每度電的售電價格亦僅 0.03 美元。目前大部分地熱之發電成本雖高於火力發電，未來如徵收碳稅的話，必定更具經濟競爭力；至於熱能直接利用之成本，如以地熱直接供應地區性的暖氣，其成本約每  $10^9$  焦耳 2 歐元，如採用熱泵供應冷氣和暖氣，其成本約每  $10^9$  焦耳 16 歐元，估計 4~8 年即可回收。

發電型式	發電成本(美分/度)
地熱	2~10
水力	2~10
風力	4~8
生質能	3~12
太陽光電	25~160

### (三) 未來發展

根據 Fridleifsson 2008 年的研究報告，預估至 2010 年地熱發電裝置量可達 11GW，至 2050 年因引進新技術加速地熱的開發，故裝置容量可達 140GW，屆時亦可減少約 10 億噸的二氧化碳排放量。此外，目前歐盟國每年需消耗 40% 的初級能源以供應冷氣及暖氣，如果改用地熱泵的話，對節約能源將有相當大的助益，據估計至 2020 年止，至少需裝設 7 千萬部熱泵，對歐盟所訂定之 2020 年減碳目標，提供約 30% 的減量貢獻。(摘自 "Geothermal energy - worldwide status and prospects" 論文)



## 伍、心得與建議

- 一、 本次參加第十屆世界再生能源研討會，討論內容涵蓋所有再生能源相關議題，發表論文達 730 餘篇內容非常豐富，主辦單位將論文集製作成光碟片提供與會人員，不但大幅減少紙張用量且攜帶方便，主辦單位力行做環保的用心值得我們學習。
- 二、 本次會議雖然內容非常豐富但因會期較短，故發表論文的場次密集且時間較短，加上同一議題之相關論文在不同會場同時發表，致無法完全參與而有遺珠之憾，因此，未來如參加類似的研討會，應視其議題和內容多寡調整派員人數，以收更好的效果。
- 三、 歐盟為因應氣候變化、確保能源充分供應及提昇各國競爭力，已制訂新的能源政策，期望至 2020 年能達成：降低溫室氣體排放量達 20%，總能源供應量之中再生能源占 20%，歐盟初級能源總消耗量減少 20%等 3 個主要目標，並將離岸風力發電列為開發重點，離岸風力裝置容量之成長目標由 2007 年的 1GW 增加至 2020 年的 40~50GW，年平均成長率達 32.8%以上，離岸風力已成為歐盟推廣再生能源之重心。
- 四、 目前離岸風力發電雖已達商業化，但根據英國的營運經驗，離岸風力的年發電量不如預期，主要原因包括：變速器故障(尤其是軸承)、發電機故障(包括相關纜線接點)、海底電纜受損、天候影響無法迅速排除故障等，故未來以提高機組之可靠度及容量因數為改進重點。此外，英國認為在 2012/2013 年以前，現有的風機型式和單機容量（2~3.6MW）仍是市場的主力產品，至 2014 年以後，單機容量更大的新一代風機才會逐漸取代現有機種；本公司彰化離岸風力計畫如於 2012 年以後辦理招標，屆時應將大型機組(5MW 級以上)列入考量。
- 五、 離岸風力發電除了機組性能仍待改善外，尚需面對諸多挑戰和限

制，包括：政策支持與鼓勵措施、法規限制與疑慮、申請與審查流程、設備供應能力、施工技術與船隊、海域及陸域之輸變電設施、專業運維人力、環境影響與生態保護、各界的觀感支持度等。歐盟為順利推動離岸風力計畫，已著手擬訂相關辦法及配套措施，並鼓勵歐盟各國共同合作，以降低開發風險，提高風機之效益和競爭力。

- 六、 由於離岸風力設置於環境多變的海域，風險性與不確定性相對較高，且因使用之海域面積較大影響層面亦較廣，故相關管理機關如經濟、國防、交通、內政、環保、漁業及地方政府等單位，於辦理審查作業時均十分謹慎，往往要求開發業者提供大量的補充資料，致審查時程冗長；又離岸風力可能與同一海域的產業如漁業、海運、航空、觀光、海纜通訊等產生衝突，亦需逐一溝通說明釐清問題或協商補償，致計畫之推動非常耗事費時，自規劃開始至政府核准，約需 4~5 年以上，更增加開發業者之開發風險，因此，歐盟為吸引更多的開發業者，爰建議各國政府應設置單一窗口，並建立更簡化更有效率的審查程序。我國離岸風力開發正值起步階段，政府宜參考歐盟建議，儘早建立一套簡單明確的申請與審核程序，俾開發業者有所依循，並提供必要之協助，以利離岸風力計畫之推動。
- 七、 根據歐洲推動離岸風力之經驗，有關施工規劃、施工港口及工作站、設備供應、後勤支援、運轉維護、營運管理及人才培訓等議題，均應深入探討與評估，以確保計畫之工程、營運及經濟可行性，因此本公司規劃、施工及運轉等相關單位，對上述議題應及早深入分析與評估，並預擬因應方案，以確保彰化離岸風力計畫確實可行。
- 八、 海洋能具備可預測性高、能源密度高及蘊藏量大等特性，唯全球海洋能利用仍處於研發階段，目前雖有數種原型機組通過現地測試且併入系統供電，但因能源轉換效率仍待提昇，且投資及發電成本高，故短期內尚無法商業化，本公司對於海洋能之開發，除了應持續關

注國外海洋能發電技術之發展外，對於國內相關的資訊如：觀測評估技術、海事工程技術、政府政策、相關法令規章及配套措施等亦應密切注意預做準備，俾適時引進商業化的海洋能發電技術，使我國再生能源發電方式更多源化，亦可提高再生能源供電之穩定性。

- 九、 近年來韓國政府已著手開發海洋能發電，預定 2010 年先完成裝置容量 760MW，至 2020 年總裝置容量約達 2,600 MW，估計總投資費用約 54 億美元，在亞洲地區屬較積極開發海洋能的國家，本公司可藉中韓電力技術交流或前往韓國實地考察等方式，汲取其開發經驗。
- 十、 台灣及離島地區亦擁有豐富的海洋能源，其中澎湖地區具備海流或潮流發電的潛能，本公司可先行蒐集該地區海洋流速、流向、潮汐周期，海底地形及海底地質等相關資料，並考慮以研發計畫於澎湖跨海大橋設置小型潮流機組如附圖（摘自 [www.tocardo.com](http://www.tocardo.com) 網站），進行測試並累積運轉經驗，供未來引進潮流發電機組之參考。



- 十一、 本公司曾於 1981 年在宜蘭清水設置 3MW 地熱先驅試驗電廠，嗣因地熱井嚴重結垢，地熱水產能大幅衰減，中油不堪虧損而停止產汽，致清水地熱電廠於 199 年停止運轉。由於地熱屬蘊藏量大且能量供應較穩定之再生能源，目前全球已有 70 餘國採用地熱能源供用電力或冷暖氣，雖然每度發電成本約 2~5 元，仍高於火力發電，唯未來如徵收碳稅，且隨著地熱開發技術進步，每度發電成本可望降至 0.6~3 元，屆時地熱發電將更具經濟競爭，故本公司仍應宜注意國外地熱發電的發展情形並蒐集相關資料，供未來開發本島豐富地熱能源參考。