

出國報告（出國類別：開會）

參加能源局「第3屆臺荷能源與創新
領域合作會議暨訪問團」及「第13屆
台英再生能源圓桌會議暨訪問團」部
分行程

服務機關：台灣中油股份有限公司環境保護處

姓名職稱：環境保護師 張華宇

派赴國家：荷蘭、英國

出國期間：107年6月7日至6月14日

報告日期：107年7月11日

摘要

全球暖化及氣候變遷議題已受普遍關注，世界各國領袖共同於聯合國大會達成共識訂定巴黎協定，朝於本世紀結束前將全球升溫控至於2°C內之目標共同努力。依據國際能源總署(International Energy Agency, IEA)之報告¹，若欲達成升溫2°C內之情境，能源相關之CO₂排放量由2015累積至2100年需控制於1,000 Gt內，因此由國際再生能源總署(International Renewable Energy Agency, IRENA)預估²，世界主要能源供給之再生能源比例，至2050年需提高至65%。

本次出國行程藉由參加能源局「第3屆臺荷能源與創新領域合作會議暨訪問團」及「第13屆台英再生能源圓桌會議暨訪問團」部分行程，以了解目前荷蘭、英國及我國於再生能源發展，尤其針對離岸風電之現況及未來發展方向藉由圓桌會議及參訪相關離岸風電工程公司之方式，包含參訪荷蘭TenneT、Boskalis、英國ODE、National Grid、Highview Power及Deepocean公司，分別由政府及產業之角度切入，進一步了解荷蘭及英國對於離岸風電之發展經驗。

關鍵字：再生能源、離岸風電

¹ World Energy Outlook, IEA, 2017.

² Renewable Energy: A Key Climate Change Solution, IRENA, 2017.

目次

一、出國目的.....	3
二、過程	
(一) 荷蘭.....	4
1. 第 3 屆臺荷能源與創新領域合作圓桌會議	
2. 參訪—荷蘭國營電網公司 TenneT	
3. 參訪—Boskalis 公司	
(二) 英國.....	16
1. 第 13 屆臺英再生能源圓桌會議	
2. 參訪—海德益 ode 公司	
3. 參訪—英國國家電網公司 National Grid	
4. 參訪—Highview Power 公司	
5. 參訪—Deepocean 公司	
三、具體成效.....	25
四、心得及建議.....	29
五、附件	

一、出國目的

因應溫室氣體減量及國際再生能源發展趨勢，本次出國在於瞭解歐洲國家再生能源及儲能之發展方向，並透過實地參訪了解其發展成果及實際運作情形，作為公司未來發展再生能源及低碳能源之參考。出國行程係藉由參加能源局「第 3 屆臺荷能源與創新領域合作會議暨訪問團」及「第 13 屆台英再生能源圓桌會議暨訪問團」部分行程，以了解目前荷蘭、英國及我國於再生能源發展現況及未來趨勢。

二、過程

本次出國計畫係參加能源局之臺荷及臺英參圓桌會議暨訪問團之部分行程，主要由能源局委辦單位工業技術研究院，洽駐荷蘭台北代表處及駐英國台北代表處安排圓桌會議及相關參訪行程，每日行程於荷蘭及英國皆分別由海牙及倫敦出發，詳細工作行程如表 1 所示，本報告將分荷蘭及英國兩部分撰寫。

表 1 本次出國行程

日期	地點	詳細工作內容
107.6.7(四)	Taipei Amsterdam-The Hague	由台北出發並抵達阿姆斯特丹 由阿姆斯特丹至海牙
107.6.8(五)	The Hague Arnhem	上午—圓桌會議 下午—參訪荷蘭國營電網公司 TenneT
107.6.9(六)	Papendrecht	參訪 Boskalis 公司
107.6.10(日)	London	由荷蘭前往英國
107.6.11(一)	London	上午—參訪海德益 ode 公司 下午—圓桌會議
107.6.12(二)	Warwick Bury	上午—參訪 National Grid 公司 下午—參訪 Highview Power 公司
107.6.13(三)	Blyth London	上午—參訪 Deepocean 公司 下午—返回倫敦(公務行程結束)
107.6.16(六)	London	由倫敦希斯洛機場搭機返台
107.6.17(日)	Taipei	返抵台灣

(一) 荷蘭(6月8日至6月9日)

本次至荷蘭參加能源局「第3屆臺荷能源與創新領域合作會議暨訪問團」部分行程，會議及參訪重點係為了解荷蘭政府對其離岸風場區塊開發之政策、程序、投入資源及未來規劃，及該政府未來綠能各項政策、措施與預期效益等資訊，並於圓桌會議進行簽署延長我國及荷蘭之合作備忘錄儀式，增進台荷貿易合作關係。參訪行程則安排至荷蘭國營電網 TenneT 公司，針對電廠營運及規劃等議題

進行交流；Boslalis 公司則為海事基礎設施服務供應商，主要參觀水下工程訓練中心及鋪纜船。

1. 「第3屆臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議

(1) 會議議程及荷方與會單位

「第3屆臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議 "The 3 rd Netherlands-Taiwan Energy and Innovation Cooperation" Roundtable Meeting		
時間	主要行程內容	活動 (地點)
08:15	Arrival at RVO HQ	Beatrixlaan 2, The Hague Rooms 10/11
09:00	Opening remarks and introduction of Delegation Members	<ul style="list-style-type: none"> ■ Taiwan Chair: Dr. Chuan-Neng Lin, Director General, Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs (MOEA) ■ NL Chair: Mr. Barto Piersma/ Director International Affairs RVO
09:10	Ceremony of the MOU Extension	
09:25	Group Photo	
09:30	Introduction Taiwan's Renewable Energy Policy	<ul style="list-style-type: none"> ■ Speaker: Dr. Chung-Hsien Chen/ Director, Bureau of Energy, MOEA
09:45	Discussion Topic 1: Offshore Grid Development	<ul style="list-style-type: none"> ■ Speaker: Saskia Jaarsma, TenneT
10:10	Discussion Topic 2: Wind Farm Auction Mechanism and Policy and Challenges of Offshore Wind	<ul style="list-style-type: none"> ■ Speaker: Joost Vermeulen, MOEA
10:35	Coffee break	
10:55	Discussion Topic 3: Knowledge to Knowledge and Talent Training Cooperation of Offshore Wind	<ul style="list-style-type: none"> ■ Speaker: John Baken, TKI-WoZ
11:20	Discussion Topic 4: Ecology and Environment Integration of Offshore Wind	<ul style="list-style-type: none"> ■ Speaker: Thomas Collette, Ministry of Infrastructure and Waterworks
11:45	Closing Remarks by Taiwan and NL Chairmen	
11:50	End of the meeting	

荷方與會單位：Ministry of Economic Affairs and Climate Policy(經濟與氣候政策部)、RVO(國際企業屬)、HHWE(荷蘭風能出口協會)、TenneT(國家電網)、ECN(能源研究單位)、Deltares(水下基礎研究單位)、Marin(離岸海事工程研究單位)、TU Delft(風能研究單位)、DOB-Academy(離岸專業人員培訓單位)及 TKI-Wing opZee(協助荷蘭能源轉型之研究單位)



圖 1.1-1 台荷雙方簽署合作備忘錄展延儀式



圖 1.1-2 台荷圓桌會議

圖 1.1-3 台荷圓桌會議參與人員合影

(2) 討論議題紀要

議題一：離岸電網之發展

本議題主要由荷蘭電網公司 **TenneT** 進行主講，歐洲第一個跨國電網營運公司，橫跨荷蘭及德國，擁有 2.3 萬公里高壓線路、4,700 公里海底纜線及 4,100 萬終端用戶，供電率達 99.9986%。目前於離岸風電操作連接量為 5.322MW，其離岸輸電能力於荷蘭部分將於 2023 年增加至 3,500MW，德國部分至 2025 年增加至 10,400MW，以提供北海地區 1,900 萬家庭用電，電網分布圖如圖 1.1-4。

有關再生能源之發展，2013 年荷蘭於其國內超過 40 個包含政府、非政府、工業及相關用戶等單位共同簽署荷蘭能源協議，協議內容包括至 2023 年之再生能源目標為 16%，同年度離岸風電容量至少 4450MW，及設置成本降低 40%，而 **TenneT** 國家電網公司需完成所有離岸電網之建置及與陸地電

網之連接，離岸電網連接系統與陸地電網連接示意圖如圖 1.1-5 及 1.1-6。



圖 1.1-4 TenneT 公司電網分布圖

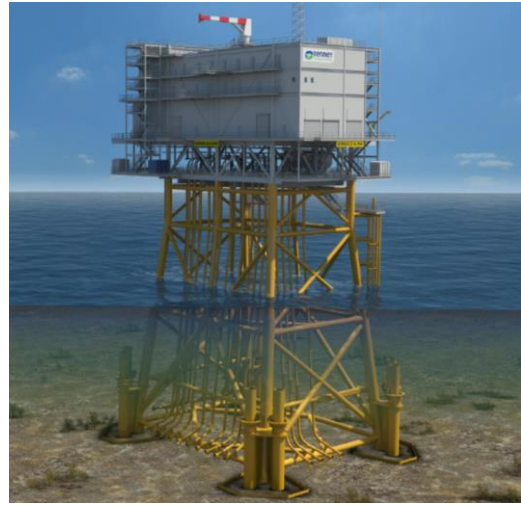


圖 1.1-5 離岸電網連接系統示意圖

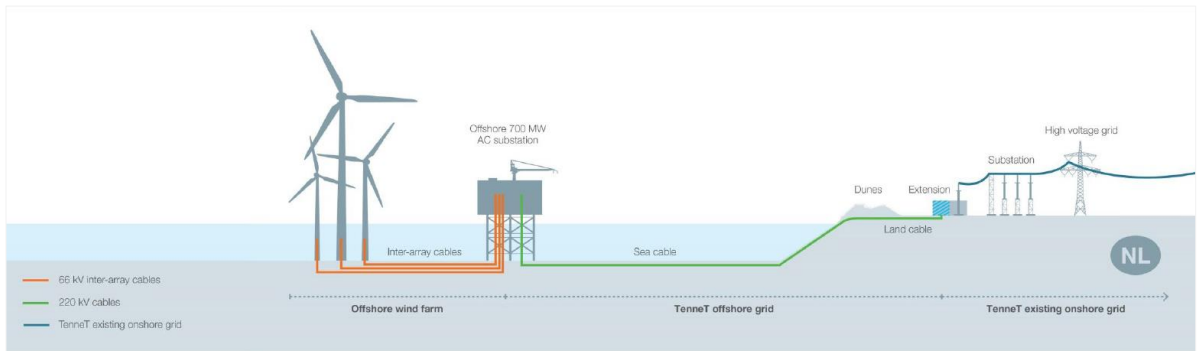


圖 1.1-6 離岸電網與陸地電網連接圖

荷蘭於離岸風電發展已訂定短中長程目標如圖 1.1-7 目前正在進行的階段期程至 2023 年為 3.5GW，為近海區域之開發；中程目標至 2023 年為 7 至 10GW，其發展策略為開發所有近海地區具潛力之區域，為大尺度之建設做準備並與國際合作開發；長程目標規劃至 2050 年為 70 至 100GW，以北海作為風電樞紐，並落實國際合作機制。於離岸電網發展規劃如圖 1.1-8，現階段(Phase I:2019 至 2023 年)規劃建設總裝置容量 3,500MW，並將所需交流電設備規格化，精進規劃案設計並盡可能降低單位發電成本；第二階段(Phase II:2024 至 2030 年)將較第一階段增設 7GW 發電容量，完成 700MW 之交流電網連接系統，並增設直流電系統，所規劃之離岸電網最大距離為 60 公里，並連接至油氣探勘平台供應其所需電力；第三階段(Phase III:2030 至

是荷蘭政府於 2013 年與相關組織簽署荷蘭能源協議以加速離岸風電發展，主要之改變為由政府擔任主導角色，可降低業者投資風險如圖 1.1-9。

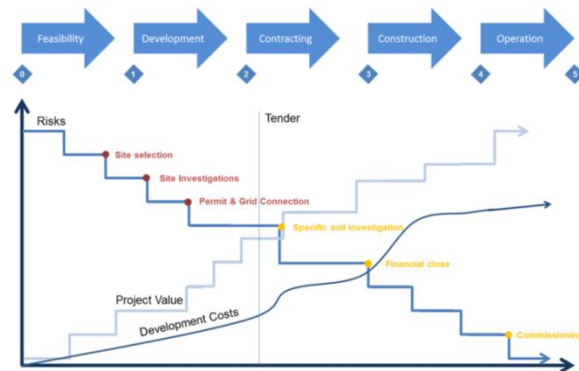


圖 1.1-9 政府主導降低離岸風電投資風險

於 2023 年風電發展路徑中，政府需訂定風電相關專法、定義劃分風場區域、執行計畫之核准、提供電網建設與離岸風電連接(TenneT)、提供風場相關資料與將風場開發開放於市場中競標，此過程將大幅減低離岸風電開發初步風險。投標結果以最低價得標，至目前 3 個完成標案如圖 1.1-10 由 Ørsted(沃旭能源)公司取得 Borssele I 及 II 風場之經營，得標價格為 € 72.7 /MWh，另 Borssele III 及 IV 則由 Blauwwind II 以 € 54.5/MWh 得標，Chinook 則標得 Hollandse Kust (zuid) I & II，且為全世界首個非受資助之離岸風場。而未來離岸風場開發投標作業，則必須符合離岸風電法(Offshore wind Act)之拍賣規定。



圖 1.1-10 荷蘭目前開發中之三風場

議題三：知識交流及人才培訓合作

荷蘭為世界發展離岸風電之先驅，擁有良好的基礎建設及相關知識研究，相關研究單位包括 Technical University Delft/DUWIND、Deltares、TNO、Imares、Marin、NLR 及 WMC 等，並依研究規模分為歐洲層級、國家層級(荷蘭)及地區層級。主要研究計畫 TKI Wind op Zee 在於促進相關技術之研究、知識轉讓、國際合作、教育和市場開發等，推動降低海上風電相關之成本及經濟影響，其離岸風電創新計劃在於支持現有能源架構轉型為低碳、可靠且可負擔之能源系統，擁有超過 160 個合作單位。人才培訓合作方面，為因應離岸風電相關專業人員之需求，Centre of Expertise Water & Energy 機構及 De Oude Bibliotheek 學院(如圖 1.1-11)提供由學校前進產業所需之銜接訓練，內容涵蓋離岸油氣開發介紹、離岸風電產業介紹、離岸作業安全、離岸風電運輸及原理、離岸風場設計、離岸風電計畫與投標協助、離岸能源網絡及結構設計等。



圖 1.1-11 荷蘭於離岸風電相關計畫與訓練機構

議題四：離岸風電之生態與環境融合

此議題由荷蘭政府單位基礎建設與水管理部(Ministry of infrastructure and water management)主講。該國相關生態監測與評估主要由荷蘭政府離岸

風電生態計畫(Dutch Governmental offshore wind ecological program, WOZEP)負責，主要由政府執行，為期五年並投資 1,500 萬歐元，針對海中哺乳類進行噪音影響調查，包含對動物本體及對物種分布之影響；對於鳥類及蝙蝠進行撞擊模式驗證及棲息地減少相關模式之驗證與數量變化之觀察；該計畫亦進行底棲生物及魚類因風場開發對棲息地之改變與電磁場對魚類影響之研究。

經該部門調查研究結果，離岸電之開發對於當地生物主要受影響為鳥類(包含候鳥及處繁殖期之鳥類)、海洋哺乳類(港口海豚及海豹)及蝙蝠。依據至 2023 年離岸風電發展規劃及已知的國際相關活動分析對生態之影響，主要可能產生影響包括水下噪音對海豹及海豚之干擾、鳥類棲地減少與鳥類及蝙蝠之飛行對相關設施之撞擊。對於鳥類主要造成之影響包含撞擊受傷與棲息地之減少，相關減輕影響策略主要採建立鳥類雷達偵測系統，並於鳥類遷徙期間降低風機葉片轉速至每分鐘 1 轉，另相關預測模式建立中；於海洋哺乳類方面，因該類動物具聽覺，於水下作業時可能造成其聽力損傷，主要採裝設隔音設備、慢啟動等方式降低影響；對於蝙蝠之影響主要與鳥類類似為遷徙期間對風機設備撞擊之傷害，其遷徙期約處每年八月中至九月底，遷徙風速條件為低風速(<5 m/s)，因此該期間亦採降低風機葉片轉速至每分鐘 1 轉為解決方案，另於離岸平台或陸地進行蝙蝠偵測。

2. 參訪—荷蘭國營電網公司 TenneT

TenneT 為國營電網連接投資及營運商，其主要任務為一電力傳輸服務、系統營運及維護與電力市場便利化，該公司受荷蘭政府指定負責進行電纜之鋪設及營運，因此該國之風場開發商不需自行鋪設電纜，減輕開發商之開發成本。TenneT 公司有三個控制中心 National Control Centre Arnhem (NCC)(本次參訪地點，如圖 1.2-1 及圖 1.2-2)、Control Centre Regions Ede (CCR)及 Security Service Centre Rommerskirchen，其中 NCC 及 CCR 相互備用支援，

兩中心使用之能源管理系統相同。因應再生能源變化趨勢，該公司逐漸將其扮演之角色與任務由穩定能源生產(價格取向)、系統維護更新、關注傳統發電技術與著重國內發展與法規規範，轉變為間歇能源(太陽能及風能)之生產及其大規模設之興建，並將規模擴展至歐洲西北部市場發電發展、電網鋪設計畫與研究歐洲相關法規之規範。



圖 1.2-1 NCC 控制中心



圖 1.2-2 本參訪團於 TenneT 控制中心合影

荷蘭政府於 2013 年訂定其國家再生能源發展目標一至 2023 年再生能源必須占整體能源供給之 16%，離岸風電之發展被視為達成此目標之重要項目之一。2019 年至 2023 年，3,500 MW 之離岸風電將與陸上電網連接，TenneT 之責任即在於開發、建造、營運及維護離岸風電所需之離岸電網，離岸電網之建造為一多面向之任務，該公司與政府、風場開發商、非政府組織及供應商研商，以確認其規劃之可行性並有最大效益與最低成本。TenneT 於 2015 年開始針對離岸電網初步設計進行緊鑼密鼓之諮詢，包含技術面、法規面及設計面，必要時則須進行額外之調查。

再生能源之發展對於電網之建立及營運亦帶來許多挑戰，傳統發電形式如燃燒化石燃料與核能發電，其電廠靠近工業中心為集中式能源，再生能源則為分散式，有些與工業中心及儲電設備距離甚遠(如圖 1.2-3)，並需要不同等級之電網且需考量天氣變化因素，因再生能源發電量持續增加，須要一最佳選擇彈性調度(optimal dispatch of flexibility options)以確保供電安全。

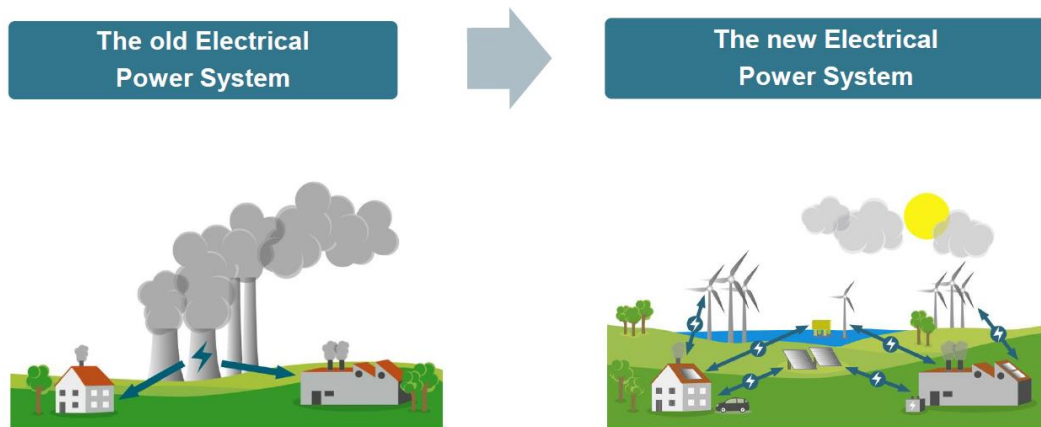


圖 1.2-3 因應再生能源特性發展新電力與電網系統

3. 參訪—Boskalis 公司

Boskalis 為荷蘭公司，主要業務為水利工程、海岸保護及土地開發，相關執行經驗已超過 100 年，而最起初之核心業務為疏濬作業，服務範圍包含港口及水路之建造與維護、填海、海防及海岸保護。其總部位於荷蘭 Papendrecht，營運範圍橫跨六大洲遍布 90 國家，現擁有各式船隊船舶 900 餘艘及浮動設備，本次參訪該公司主要以簡報方式進行介紹(如圖 1.3-1 及圖 1.3-2)，參觀其模擬中心並實際操作其模擬儀器，下午至鹿特丹港坐船，並於船程中可見停泊於鹿特丹港之相關海事工作船(如圖 1.3-3)。



圖 1.3-1 參訪 Boskalis 位於 Papendrecht 之總部



圖 1.3-2 本訪團於 Boskalis 總部合影



圖 1.3-3 停泊於鹿特丹港之海事工作船

因應能源發展需要，Boskalis 公司現亦與 Dockwise、Fiamount 及 VBMS 公司合作，跨足多種海事工程，包括石油與液化天然氣進出口設施、海上平台、管線、電纜及離岸風場之開發、建造、運輸、安裝、檢查、維修保養與退役，並於世界 36 國 90 港口提供船隻救助拖航服務。該公司亦對我國於台灣海峽開發之風場十分有興趣，該公司將利用離岸機具設備與歐洲實際經驗，提供可用資源及軌道紀錄，以協助我國風場開發工程。

本次參訪 Boskalis 亦前往其模擬中心實地操作模擬儀器，模擬儀器主要係模擬安裝起重船(installation crane vessel，如圖 1.3-3)將海上離岸風機基礎管架(jacket)吊掛至海底，需要三人相互配合，其中一人操作起重機，因起重機操作員距甲板太遠，因此需由另一人位於甲板指揮吊掛作業以避免基礎管架與船體或其他物體產生碰撞，第三人則位於起重船駕駛室(bridge)，負責監看吊掛作業。過程中皆需以無線電進行聯繫，起重機操作員需聽從甲板指揮員之指揮以利作業進行，模擬過程如圖 1.3-4。



圖 1.3-3 參訪 Boskalis 模擬之船隻-安裝起重船(installation crane vessel)



(a)模擬介紹與說明



(b)甲板指揮員模擬



(c)起重機控制室模擬器



(d)起重船駕駛室

圖 1.3-4 於 Boskalis 模擬中心模擬起重船作業

(二) 英國(6月11日至6月13日)

1. 第13屆臺英再生能源圓桌會議

「第13屆臺英再生能源圓桌會議」 The 13th UK-Taiwan Renewable Energy Roundtable		
時間	主要行程內容	活動(地點)
13:15	Arrival at BEIS	BEIS 1 Victoria Street, Room C13
13:30	Opening remarks and introduction of Delegation Members	<ul style="list-style-type: none"> ■ Taiwan Chair: Dr. Chuan-Neng Lin, Director General, Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs (MOEA) ■ NL Chair: Mr. Campbell Keir, Director of Energy & Infrastructure, DIT
13:40	Presentation Taiwan's Energy Policy ■ Speaker: Dr. Yie-Zu Hu/ Vice President of ITRI	
13:50	Presentation UK's Energy Policy ■ Speaker: Jonny Boston, Senior Development Manager, Crown Estate	
14:00	Topic 1: 臺英再生能源產業供應鏈之媒合 ■ Introduction from TW Speaker: Mr. Chu-Kuan Lin/ Deputy Manager, CECI Engineering Consultants, Inc. ■ Introduction from UK Speaker: TBC Discussion	
14:40	Topic 2: 綠色金融體制與政策 ■ Introduction from TW Speaker: Ms. Selina Keng/ Director, Financial Supervisory Commission London Office ■ Introduction from UK Speaker: Mark Giulianotti, MD of Offshore Wind, GIG ◇ Discussion	
15:00	Topic 3: 電網穩定與儲能之發展與應用 (led by UK) ■ Introduction from TW Speaker: Mr. Jeng Fan/ Deputy Director, Taiwan Power Company ■ Introduction from UK Speaker: TBC ◇ Discussion	
15:20	◇ Group Photo	
15:25	Closing Remarks	



圖 2.1 第13屆臺英再生能源圓桌會議

2. 參訪—海德益 ode 公司

海德益(Offshore Design Engineering Ltd, ode)公司為一國際化技術服務供應商，主要提供油氣及再生能源市場之國際技術服務，為 DORIS 工程集團(位於法國巴黎)之子公司，該集團參與離岸能源計畫已有逾 50 年之經驗。ode 總部位於英國倫敦，於英國大亞茅斯灣設有基地，為北歐在岸及離岸提供褐地工程與資產管理，並於埃及開羅及台北各設有分公司，台北分公司設址於宏國大樓內。本次參訪以影片及簡報方式了解 ode 公司之運作(如圖 2.2-1)，該公司為國際石油燃氣及再生能源工程顧問公司，於 1978 年成立，於離岸風場主要提供顧問諮詢、工程、採購、專案管理及營運服務如圖 2.2-2。



圖 2.2-1 本訪團參訪 ode 公司



圖 2.2-2 ode 公司於再生能源提供之服務

海德益公司參與之離岸風電計劃遍布全球，包含英國、德國、法國、美國與台灣，施作內容包括離岸風機結構及渦輪機安裝、海底電纜鋪設、海上變電平台建造、水下相關檢測作業等，另負責離岸風電之港口亦須相關基礎建設，以因應載運離岸風電相關超大型部件之超大型船舶，該公司亦可提供港口因應設計以滿足相關需求。而該公司富有海上油氣平台設計建造經驗，而海上變電站平台與油氣平台結構非常相似，因此海上變電站平台之設計建造亦為該公司主要業務之一，該公司相關施作工程如圖 2.2-3。



海上變電站平台



吊掛安裝



Jacket 建造

圖 2.2-3 ode 公司離岸風電計劃相關施作工程

於台灣海峽離岸風電計畫方面，ode 公司參與海龍離岸風力發電計畫，該場址主要為新加坡玉山 Yushan Energy 公司與加拿大北方電力 Northland power 公司共同合資開發，ode 公司為共同開發商指定之工程顧問進行專案管理，該場址位於彰化外海 18 號(612-696MW)、19 號(468-512MW)風場，海龍計畫預計於 2023 年及 2024 年正式商轉，估計將可提供 1,200MW 的電力至國家電網，可大幅降低對核能及火力發電的依賴度。該公司認為於建立於台灣海峽之風機應選擇四腳管架式(jacket)基礎結構(如圖 2.2-4)，因管架式結構最堅固耐用，並可程受地震及颱風，且廣泛應用於海上油氣設施，技術成熟且具認證。至於聯接風機主體及 jacket 基礎結構轉接部件(Transition Piece)為全部結構之應力集中處，其設計之好壞將影響整體結構壽命，因此該公司建議可選擇結構簡單、重量輕且採鍍附設計(Plated)如圖 2.2-5。

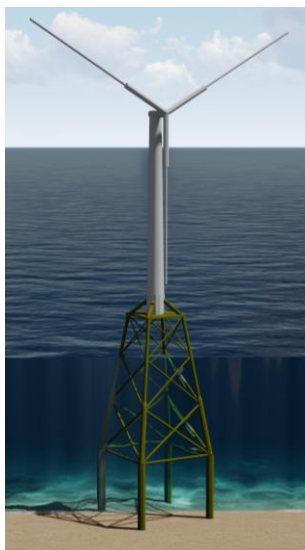


圖 2.2-4 四腳管架式基礎結構

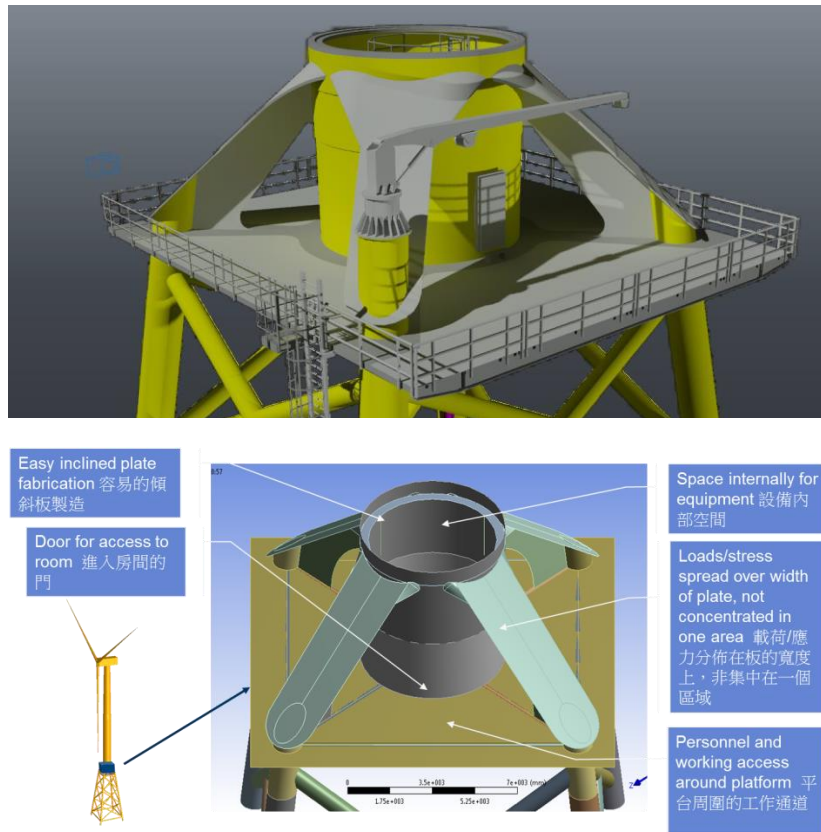


圖 2.2-5 離岸風機鍍附轉接部件(Plated Transition Piece)

3. 參訪—英國國家電網公司 National Grid HQ

6月12日上午至英國國家電網公司 National Grid 位於 Warwick 之英國總部，為世界上最大的投資者擁有公用事業(IOU)公司之一，並於馬薩諸塞、紐約及羅德島接有分公司。該公司主要進行輸電及天然氣系統營運，其成立目的是致力於將能源帶入生活，為住宅和社會企業提供穩定能源，使用戶得以取得安全、可靠及高效率的能源使用。英國國家電網擁有並負責營運英格蘭(England)及威爾士(Wales)的輸電網絡系統，調節每日能源供需平衡，而蘇格蘭(Scottish)的輸電網絡系統由英國國家電網營運，但硬體系統非為該公司所有。其輸電網絡系統之組成包含 4,474 英哩(約 7,200 公里)高架線、932 英哩(約 1,500 公里)地下電纜及 342 個變電站。除電網外，英國國家電網公司亦擁有及營運英國的天然氣國家輸電系統(NTS)，其輸氣網絡系統由 4,760 英哩(約 7,660 公里)之高壓管線及 618 個地上設施所組成。該公司正逐漸減

少對大型火力發電的仰賴程度，將於未來能源結構中提供更加多元及穩定的電力供應來源。作為電力系統營運商(ESO)，英國國家電網支持能源轉型並開發低碳電力系統，並於 2018 年 3 月 27 日出版前瞻電力系統營運計畫(ESO Forward Plan2018-2019)，精進國家電力系統及電力市場平衡度。



圖 2.3 本訪團於英國國家電網公司參訪合影

4. 參訪—Highview Power 公司 Pilsworth 液化空氣儲能廠

6 月 12 日下午至 Highview Power 公司位於英國 Bury 之儲能廠 Pilsworth LAES (Liquid Air Energy Storage) Plant 進行參觀。該公司成立於 2005 年，其總部設立於英國倫敦，主要為針對公用事業及分散式電力系統大規模儲能系統提供解決方案之開發商，利用長時間儲能以協助電網供電，該公司可設計之規模可由 10MW 輸出之 40MWh 至 200MW 輸出之 1.2GWh。Pilsworth 則為全世界第一座與電網網絡連結之電網級儲能廠。儲能設備主要係為滿足不斷成長之用電需求、不同之電力使用型態及因應再生能源所增加之間歇性，LAES 系統儲存之電能可供 20 萬戶家庭使用二星期，其中每日以用電 12 小時計，其成本為鋰電池成本之一半，系統壽命估計為 30 年，且過程中達零排放詳如圖 2.4-1。英國政府為展現創造低碳及智慧能源系統之決心，Pilsworth 廠其中規模 5MW/15MWh 之示範廠主要由英國商業能源及產業策略部(Department for Business, Energy & Industrial Strategy, BEIS)資助。另因 Pilsworth 廠位於 Viridor 公司之掩埋場發電站，因此該廠亦使用垃圾掩

埋氣發動機所產生之廢熱於其製程中(如圖 2.4-2)，可優化系統性能及效率。

Pilsworth 廠所使用之液化空氣儲能系統原理如圖 2.4-3，係將空氣冷卻至-196°C 並儲存於絕熱系統，冷卻後之液態空氣一旦接觸室溫將會再度快速汽化，同時體積膨脹 700 倍，利用其體積膨脹可驅動渦輪發電。該廠採熱循環原理，可與其他熱處理程序如液化天然氣汽化廠、調峰電廠相互搭配連接，並可應用於一般工業，將廢熱及廢冷再利用換為可再用資源，提升主要程序之效率，本次參訪亦實地至工廠參觀，並由該廠工作人員進行設備解說(如圖 2.4-4)。於儲能規模方面(如圖 2.4-5)，100MW 之儲電廠可儲存供 10 萬家庭用戶之電力，此為可設置於需求點之中至大規模最佳選擇。

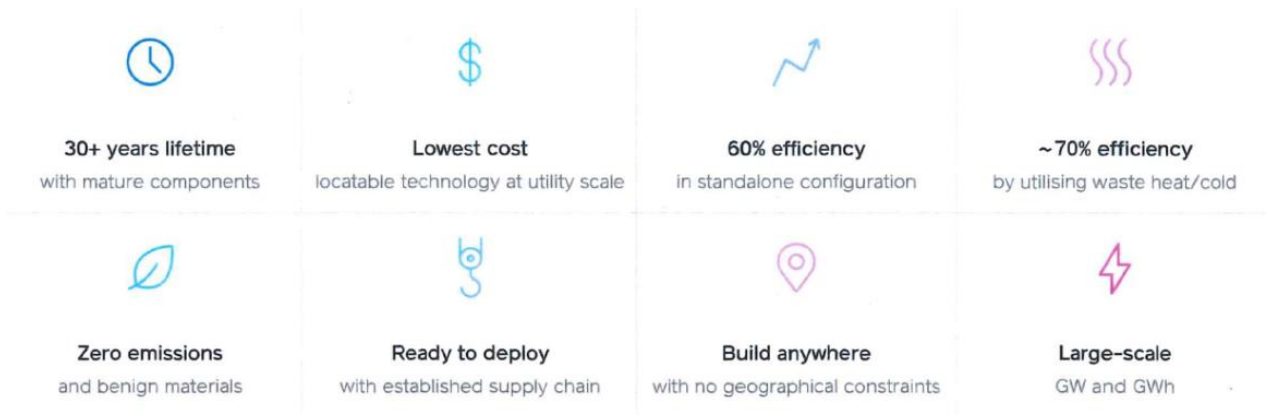


圖 2.4-1 LAES (Liquid Air Energy Storage)儲能系統特性

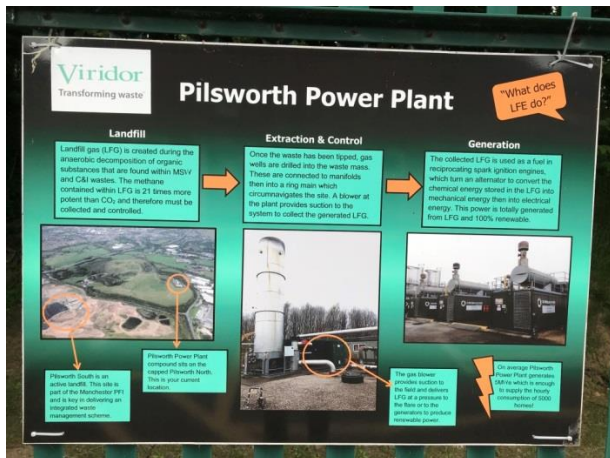


圖 2.4-2 Pilsworth 廠與 Viridor 公司掩埋場發電廠能資源整合利用

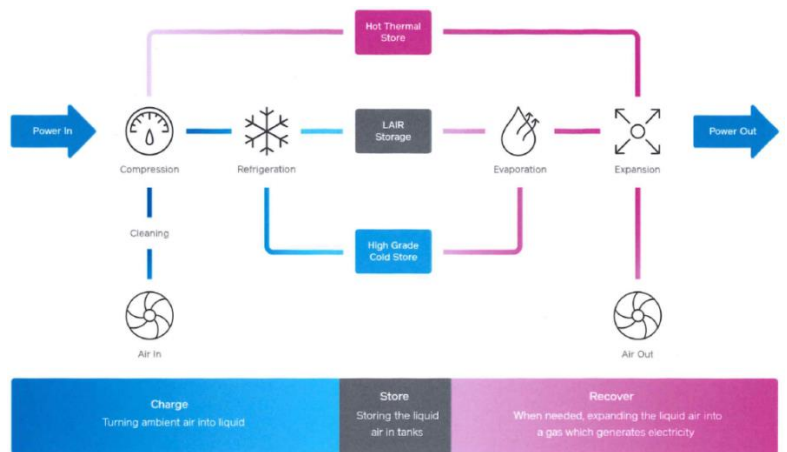


圖 2.4-3 液化空氣儲能系統原理



圖 2.4-4 Pilsworth 廠實地參訪並聽取解說

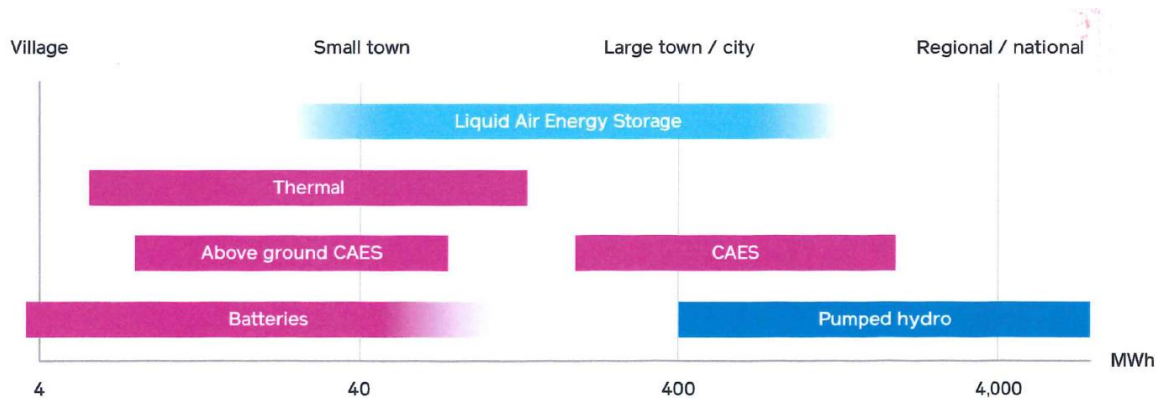


圖 2.4-5 各式儲能系統之適用規模

5. 參訪—Deepocean 集團

6月13日至深海控股集團(DeepOcean Group Holding)於Blyth港之離岸工程服務基地進行參訪，本次參訪該公司主要以剪報及影片進行介紹，並實地前往港口基地進行參觀係於前母公司成功轉型後於2011年5月成立之集團，該集團為DeepOcean AS(負責海底服務)公司及DO1UK(負責海纜鋪設及挖溝)公司之母公司。深海控股集團主要提供五項服務：(一)檢查、維護及修復、(二)海床協調(含挖溝)、(三)海底設施建置、(四)調查與海床繪製及(五)設備退役。

DeepOcean 集團服務範圍遍布全球，提供石油與天然氣、離岸再生能源、電力傳輸、電信及海底防禦系統之海底服務，並包含偏遠底區之設置。該集團所提供之石油及天然氣服務，於該市場擁有成功且長期之追蹤紀錄。於離

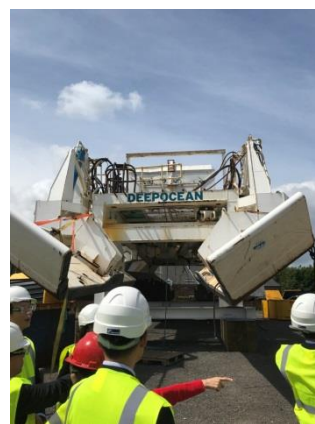
岸再生能源服務方面，該集團可提供之服務包括離岸風電(包含深水區及淺水區)、海浪及潮汐能開發計劃設計、路徑規劃與調查。深海控股集團亦備有重要的電信追蹤紀錄，可為光纖電纜(FOC)及海底通訊替統維護提供資訊。該集團擁有許多大型海事作業機具包含 5 部犁挖設備(Plough Spreads)、4 部噴射發動式挖溝機(Jet Trenching Spreads)、4 部機械挖溝機(Mechanical Trencher)及 40 台水下無人載具(ROV)，本次實地前往該公司位於港口之基地參觀其海事工程機具。



本訪團於 Deepocean Blyth 港基地合影



海底纜線



挖溝機

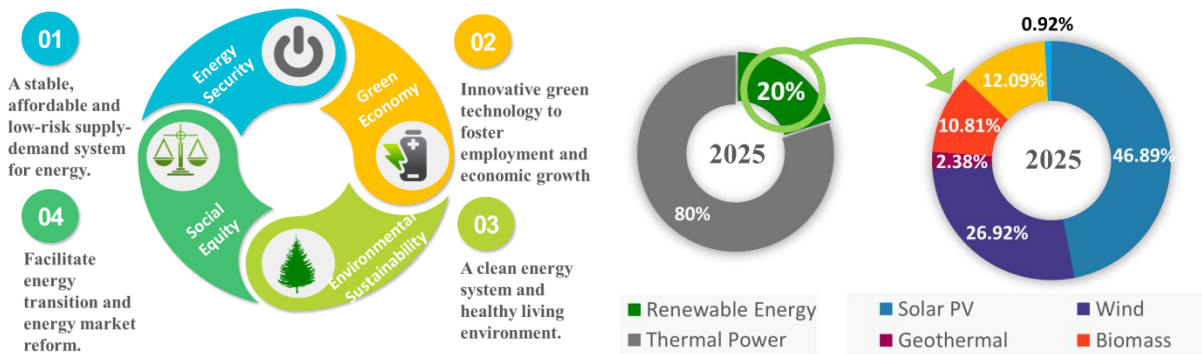
圖 2.5 Deepocean Blyth 港基地實地參訪

三、具體成效

(一)了解我國再生能源發展及相關設施規劃

1. 我國能源與再生能源政策

我國能源 98% 依賴進口並高度仰賴化石能源，因此能源安全及滿足民生基本需求為我國能源發展之基礎，兼顧環境保護與經濟發展，並考量社會正義與公平原則促進能源永續發展。



我國政府於 2016 年 5 月 25 日宣布啟動能源轉型，從節能、創能、儲能、及智慧系統整合等 4 個面向擬定具體策略及重點執行計畫之執行，以達成能源轉型目標。為打造潔淨能源結構，政府以發展再生能源與擴大低碳天然氣使用，逐步降低燃煤發電比例為能源轉型策略。於再生能源之發展，將以技術成熟可行、成本效益導向、分期均衡發展、帶動產業發展及電價影響可接受為原則，擴大設置再生能源，其發電比例將由 2016 年之 4.8%，於 2025 年達成 20% 為目標，太陽能發電占再生能源中之 46.89%，其次為風力發電占比 26.92%。

依據英國 4C Offshore 的研究資料顯示，全球評比風況最好的 20 處海域風場中，臺灣海峽共佔 16 處，因此離岸風電為風力發電發展重點，分析我國周遭海域離岸風能潛勢，台灣西部外海具較大風能潛力區尤以深水區(水深>50m)最高。離岸風電發展策略分示範獎勵、場址作業與區塊開發三階段，預計至 2020 年達成累計裝置量 520MW，2025 年達成累計裝置量 5.5GW 目標，預期可達年發電量達 238 億度電，年減碳量達 1,185 萬噸。第一階段提供示範獎勵降低業者風險，

已於 2017 年啟動 2 座各 4MW 共 8MW 示範機組並商轉，第一階段的完成確認我國設置離岸風電於法規面、技術面及財務面之可行性；第二階段公開 36 處潛力場址供業界參考並投入設置，目前已有 18 案通過環評大會、2 案通過小組審查合計約 10GW，將採「先遴選、後競價」方式分配併網順序，遴選於 2020 年完成 500MW、2021 年至 2025 年完成 3GW，另 2GW 採競價方式，合計 2025 年達 5.5GW。）第三階段區塊開發由政府擇定場址，並完成相關前置準備，以公開透明的方式徵選優良業者投入經濟規模開發，可縮短開發期程，降低開發成本，建立國內離岸風電產業。

2. 我國因應離岸風電發展之港口基礎設施建立

離岸風場開發之施工階段，將會有具超大及超重特性之風機組件，其運載、組裝安裝及營運維護皆須專屬安裝工作船及碼頭，另成本與風險考量方面，港口與風場之距離將影響耗油量、保險及時間成本，因海上運輸作業受海象及天候影響因素甚大，因此越短之運輸距離產生之風險亦越小。我國港埠負責單位現為台灣港務公司，經該公司評估將以台中港為離岸風電操作母港，並以興達港及台北港為水下基礎儲轉基地港。

我國台中港為距離潛力風場最近之國際商業港口，經評估其航道、碼頭水深與後現場地空間足夠，基礎設施完備，可滿足大型離岸風機組件運輸、安裝及所需船隻之需求，並帶動國內風機零組件產業供應鏈，吸引國內外離岸風電產業進駐。台中港離岸風電產業專區及作業基地，已開始進行風機重件碼頭興建及整建工程，包含整建#2、#5A 碼頭及興建#5B 碼頭、#106 碼頭，並提供工業專業區(II)約 77.7 公頃土地作為國產化風電產業專區，另規劃#36~#41 碼頭及後線土地作為風機水下基礎設施於興達港以外之發展空間，可供離岸風電產業海事工程，之岸上作業基地。另水下基礎碼頭規劃於興達港及台北港南碼頭，預計可於 2020 年正式生產，維運碼頭規劃於彰化漁港，預計於 2021 年完工。

風場建置完成後續運維時間約 20 年，台灣港務公司規畫以台中港為主要據

點提供運為船舶、拖船、商辦、監控中心、風機倉庫、船舶維修基地與機具設備等整體服務，並將作為離岸風電產業人排培訓基地，訓練 GWO 五大安全項目，包含高空作業、急救、火災感知、人工操作及海上求生，預計 2019 年起對外營運提供基礎安全訓練認證課程。

3. 了解我國因應離岸風電之電網規劃

我國因應再生能源特性及發展，電網之連接由中央式改變為分散式，另為因應我國南電北送之特殊情況，電網系統主要集中於中部及南部地區。台電公司已訂定一十年輸電及電網分布設置計畫，以電力提高輸送能力。離岸電網設置規劃短期目標(至 2020 年)為與現有岸上變電站連接；2021 至 2025 年之中其目標為每年提供 500MW 輸電容量，因開發之風場位於彰化外海，因此將建立彰化、彰一及永興併網上岸處，至 2025 年容量可達 6.5GW；2026 年後則規劃於台塑六輕設置 3.5GW 之併網上岸處。

(二)了解荷蘭及英國於離岸風電之發展經驗

1. 荷蘭發展對於離岸風電之發展十分具有經驗，然而其發展初期並非順利，自 2013 年荷蘭政府簽訂能源協議，改由政府擔任主導角色訂定專法、進行風場評估，併負責完成所有離岸風電所需之電網建設，使投資業者大幅降低初步風險提高了業者投資意願，使該國離岸風電加速發展，並期望能於 2020 年將風能之發電成本降低 40%。
2. 荷蘭之國土規劃係由各利害關係人(政府為其中一方)協調達成最終方案，然而能源政策亦由各利害關係人包括政府、各非政府組織及研究單位研議而達成能源協議簽署。該國政府無法主導能源協議且該協議不受政黨輪替影響持續有效。
3. 荷蘭主要之風場位於該國西北邊之北海，該海域風力充足且為一無大浪之淺海區(水深<40 公尺)，因此擁有良好的風場為其開發之優勢。另荷蘭具有相當豐富之深海鑽井(油氣)及造船及海事工程相關之經驗，於風場風機設計、海上架設工程、海底電纜工程及相關機具設備之發展亦首屈一指，於離岸風電相關產業鏈

可謂一氣呵成。

4. 英國對於離岸風電之開發規劃至 2020 年可達到佔全國電力供應量之 10%，且該國政府已訂定至 2030 年達到裝置容量 30GW 之目標。英國於 2000 年於北海完成第一座離岸示範風場，並透過此風場蒐集分析對海域環境及風機之影響。
5. 於示範風場後，英國採取區域劃分方式進行風場階段性開發，至 2018 年 1 月已有 32 座風場營運中，總裝置容量 5.8GW，處於建設階段風場有 13 座，其裝置容量為 4.6GW，另有裝置容量 8.9GW 之風場開發案正處規劃或開發中。
6. 海洋資源之開發需平衡多方海洋使用者之利益，包含漁業、航運業及其他如環保、國防、觀光及油氣產業探勘等，英國並已成立相關協會組織如漁業與離岸風電及再生能源協調組織、海運與離岸再生能源協調組織，目的在於協調各方意見採取各種衝突緩解措施以利海洋資源共享及開發。
7. 英國離岸風電產業與政府合作，建立結構式對話以利產業成長，並成立產業諮議會(Industry Council)，底下有計畫理事會(Programme Board)。離岸風電產業諮詢會由業界代表與英國 BEIS(商業、能源及產業策略部)部長共同擔任主席，理事會為執行機關，主要致力於針對離岸風電產業之創新、電網、融資、運維及溝通等面相，提供發展障礙、供應鏈發展及降低成本之解決方案，並針對策略性議題制定工作主題與流程，使產官能相互密切合作加速英國離岸風電之發展。
8. 因離岸風電所需工程費用高昂，且施工難度較高，因此為增加發電量並減少發電成本，近年新型開發案風場皆盡量採用大型風力機，另因離岸風場較不易維修，導致其故障排除成本高，開發案皆要求採高品質機具及高品質施工，因此對於品牌頗有要求，令相關產業利潤甚高。

四、心得及建議

- (一) 本次參訪行程感謝荷蘭貿易暨投資辦事處(Netherlands Trade and Investment Office)、英國在台辦事處(British Office Taipei)、駐英國台北代表處、駐荷蘭台北代表處及工業技術研究院協助安排所有行程，順利前往及拜訪荷蘭與英國再生能源、離岸風電及海事工程等相關政府與民間單位，透過會議討論、實地參訪及簡報影片介紹，即使未曾涉入離岸風電領域，亦能夠對於荷蘭及英國之再生能源政策與離岸風電、儲能及電網相關技術之發展能有所了解。
- (二) 荷蘭及英國海洋能源相當豐富，尤其於海事工程方面，更皆為領先全球之國家，於離岸風電之發展已有十餘年之經驗，十分值得我國學習借鏡。台灣海峽經評估擁有全球最優良風場之一，許多荷蘭及英國離岸風電開發相關企業皆對本處風場之開發表示高度興趣。然而，台灣海峽相較於荷蘭及英國之海域風場開發有更多之挑戰，最明顯之差異即為台灣海峽時常面臨地震及颱風侵襲，離岸風機之結構能否承受天災侵襲以適應較惡劣之地理條件環境，已成為一重要課題。
- (三) 我國政府施行廢核之能源政策，亟需另尋能源以補其缺口，又我國天然氣接收站因種種因素導致延遲，是否能如期達成擴大天然氣使用之目標始終仍為一大疑問。然而，天然氣雖稱為低碳能源，但實際上仍為化石燃料之一種，「逐步降低化石燃料依賴」為我國溫室氣體減量及管理法訂定達成目標之一，因此天然氣僅可視為再生能源發展階段之替代，依溫管法不應將其作為長期能源選項。全球正積極發展再生能源，而風力發電亦為乾淨能源之重要選項之一，我國政府參考英國及荷蘭政府推行離岸風電之經驗，主導國內風電產業之發展，獎勵業者投入示範風場，並規劃於 2025 年達成累計裝置量 5.5GW 目標。建議本公司若欲投入離岸風電之發展行列，企劃單位可開始著手進行相關資訊蒐集評估，為未來釋出之風場競標預作準備。
- (四) 本公司進近年正積極推動公司轉型並投入綠能產業，轉型內容包含加油站轉

型為綠能站、新南向政策、調整煉化結構發展高值化等，綠能之研發主要著重於太陽能、地熱資源評估與儲能。離岸風電屬潔淨之再生能源，國內產學研致力於風電產業及相關研究已逾 10 年，本公司於本領域尚未涉入，建議可考量逐步參與風電產業之相關研討研究，並持續派員參與台英及台荷再生能源會議，尤以派遣企劃、轉投資或研究單位主管為佳，另公司除可考量自身投入參與風電產業之發展，亦可考量參考英國石油公司 BP 轉型之經驗，成立子公司投入再生能源產業，將有利於達成公司由油氣公司轉型為能源公司之目標。

- (五) 於環境保護層面，因應我國溫室氣體減量及管理法第八條規定，政府機關應推動溫室氣體減量與氣候變遷調適事項，其中一項為「再生能源及能源科技發展」。本公司身為國營企業，歷年溫室氣體減量比例可謂據全國領先地位且為自願性減量，本公司亦已針對第八條其他項目提出計畫如擴增低碳能源供應、推動太陽光電系統等，若可考量涉足風電產業投入我國風場開發，協助達成所我國訂定之再生能源目標，可兼顧公司轉型與環境保護，更有助於公司形象之提升。
- (六) 無論是岸上或是離岸風機抑或是其他海事工程機具，皆可能面臨鹽蝕而縮短設備壽命，本公司綠能科技研究所對於塗料應用具有相當深入的研究經驗及技術，可考量針對風機研發防蝕塗料，隨風電產業快速發展，開創新事業版圖。

五、附件

- (一) 第 13 屆台英再生能源圓桌會議暨訪問團資料
- (二) 第 3 屆台荷能源與創新領域合作圓桌會議暨訪問團資料