

# 臺灣海峽的風

Wind of the Taiwan Strait

宣崇堯 林大惠 國立成功大學 能源科技與策略研究中心

Hsuan, Chung-Yao Lin, Ta-Hui Research Center for Energy Technology and Strategy, National Cheng Kung University

## 前言

6 有一首童詩「海上的風」，是這樣描述大海與風結合所呈現的多種樣貌：「海上的風是花神，祂一來，就綻開萬朵浪花；海上的風是琴師，祂一來，就奏出萬種歌聲；海上風是大力士，祂一走，就送走萬片漁帆；海上的風是獅子，祂一吼，就掀起波浪滔天。」風與海的結合，有浪漫情懷，也有令人敬畏的一面。

臺灣東臨廣大太平洋，西面臺灣海峽，擁有豐富多樣的海洋環境與資源，雖自許為「海洋國家」，並號稱「遊艇王國」，但一般國人對於相關的水上休憩與海洋活動的發展普遍不太熟悉。反觀歐美等國家，政府與民間積極推動和從事海洋運動與休憩觀光，如衝浪、潛水、風浪板、拖曳傘、水上摩托車、獨木舟、風箏浪板、帆船賽事等，民眾從親近海洋開始，從中體會愛惜環境、尊重生命，進而學習與大自然互利共生與培養冒險開創的精神。舉例來說，歐美每年舉行的帆船競速比賽，仍是許多大型企業積極參與或贊助的重要賽事。

人類利用海上的風能大概就是從帆船開始吧？大約在西元前3,400多年前，埃及人即開始有了在船隻上張開一張草蓆，利用風力來航行的紀錄；發展到現在，現代帆船已成為一種需要結合高效翼面帆型的空氣動力學、流線形船體的流體力學與應用輕量

化高強度材質、結構強度與力量配置設計的最佳化組合。帆船航行原理則需配合風帆與相對速度下風向的角度，才能獲得最佳航行效率；船員也必須要隨時注意氣候、潮汐，熟悉天文、地理與洋流等相關知識才能避開危險；要維持船隻的運作順暢，平常船上的設備與儀器維護也不能輕忽。臺灣首位完成駕帆船環遊世界壯舉的劉寧生船長，是當代一位海洋冒險家，其父親是國內有「老頑童」之稱的國寶級畫家劉其偉，或許從小受父親探險性格薰陶，當被人詢問其航行時與海洋搏鬥的感想，他總是心有所感的回答：「真正接觸大自然的人，越能夠了解，人類應該去敬畏大自然的力量，而不是去『挑戰』大自然，或是與大自然『搏鬥』」。從這樣的問話，即可感受到劉船長對於帆船航行於海洋的親近與瞭解程度，因為海上的風是浪漫的，也是足以令人敬畏的。

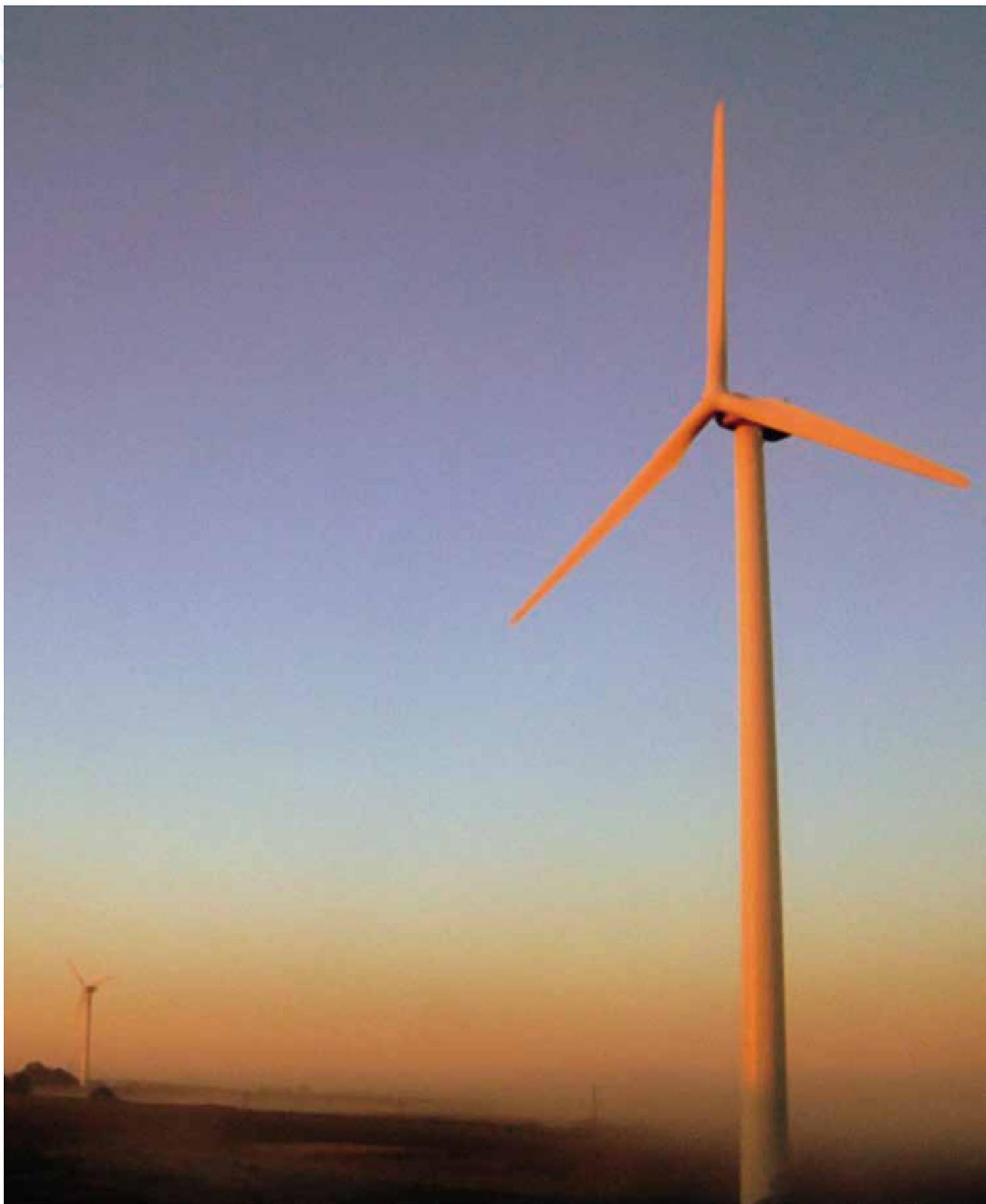
近十年來，歐洲國家興起在海上安裝風力發電機，利用風機的葉片，捕捉海上的風能，轉換成電力，風力不會因為被利用後就消失，只要適時維護捕捉風力的工具，海上的風力資源是可以永續存在，並和大自然一起共生互利。

## 臺灣海峽的生態與資源

臺灣海峽位處亞熱帶，終年陽光日照充足，又有強勁黑潮支流經過，海底地形則受菲律賓板塊和歐



圖片來源：[https://pt.wikipedia.org/wiki/Antigo\\_Egito#/media/File:Edfu6\\_c.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Antigo_Egito#/media/File:Edfu6_c.jpg) (Public Domain/CC-BY-SA-3.0)



圖片來源：<http://www.pd4pic.com/pinwheel-winkraftanlage-wind-energy-wimmuehle.html> (Public Domain CC0)

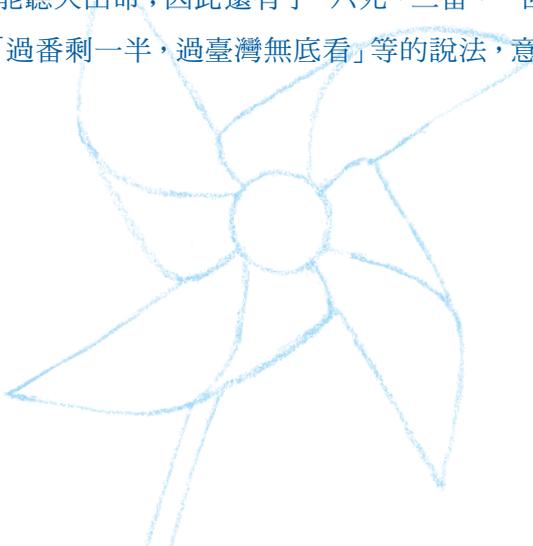
亞板塊交界擠壓，外加東西兩側陸地沖刷物質的沉澱，造成複雜的海底地形，與富含營養源的海水。海峽南部為水深約20公尺的臺灣淺灘，其南緣海底以40%~50%的急坡斜入南海海盆，其東緣則為水深100公尺的澎湖水道，水道北端為水深30~40公尺東西走向的雲彰隆起。而雲彰沙脊將之分隔為南北兩部分。這些獨特的海底地形結構和澎湖水道與海峽北部的流量成為控制海峽流場的主要因素<sup>1</sup>。

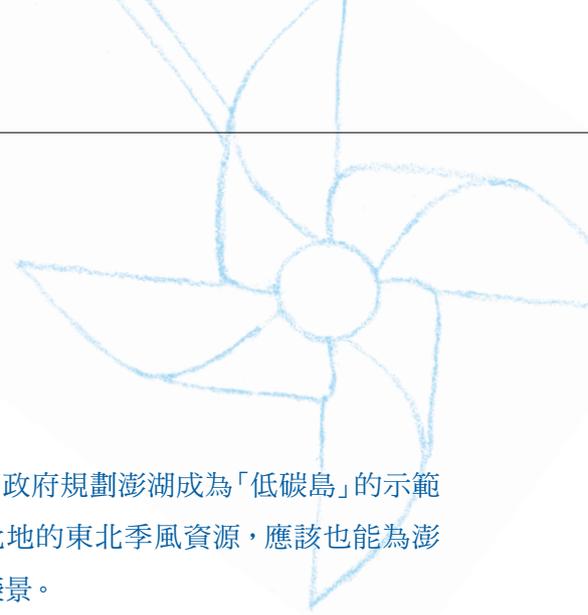
臺灣或許過去因為戒嚴關係，一般人普遍對海洋觀念覺得陌生與恐懼。老一輩的人，也許會告訴小孩們要遠離海邊，他們對海的敬畏多少也跟先民渡海來臺對臺灣海峽凶險的特性有關。臺灣在清朝康熙時期被正式納入版圖，後續開始有「唐山過臺灣」的移民浪潮，雖然清朝政府因種種考量，曾經一度禁止唐山內地居民移民臺灣，但是移民臺灣的嘗試始終沒有消失，反而是偷渡者千方百計逃避關口檢驗、渡過艱險的臺灣海峽；而渡海先民也給臺灣海峽取了個「黑水溝」的名號，描述其水流湍急、浪濤洶湧。有句流傳的臺灣諺語是這麼說的：「唐山過臺灣，心肝結歸丸。」，早期的先民要移民到臺灣，就必須得橫渡這惡名昭彰的黑水溝，加上早年的航海技術與天氣預測知識遠不如現代發達，生死存活只能聽天由命；因此還有了「六死、三留、一回頭」與「過番剩一半，過臺灣無底看」等的說法，意思大概

是，若是移民渡海去南洋，可能還有一半成功的機會，但選擇的地方若是臺灣，就完全看天意了，人是無法預期與掌握的。

在生態漁業方面，由於臺灣海峽海床地形複雜，容易形成海水湧升擾動，增加溶氧率，又有多條河流匯入，帶來陸上豐富營養鹽與沖刷有機質，形成高密度浮游生物架構而成的豐富海洋生態。每年12月上旬，東北季風吹起之時，當大部分的漁船都進港避風，卻是新竹到高雄臺灣西部部分漁民一年最重要的時節，他們等待一年一次大約只有10天的烏魚魚汛，時間雖然短暫，卻可帶來可觀財富。烏魚有個浪漫的別稱，叫做「信魚」，因為很守信用，每年固定時間都來報到，不曾失約，就像有些地方稱季風為信風，總會在每年固定的時間起風來報到。

臺灣海峽還有另外一個重要的物種，他的重要不像烏魚會為漁民帶來財富，反而常常造成漁民困擾，那就是臺灣漁民口中所稱的「媽祖魚」，一般稱為中華白海豚，牠們一年四季洄游在臺灣中部沿海，但只要一到農曆3月媽祖生日，東北季風減弱後，媽祖魚在海上的能見度就大幅提升，漁民認為牠們就好像是來為媽祖祝壽<sup>2</sup>。根據調查，媽祖魚族群主要分佈在臺灣海峽西部的苗栗後龍溪出海口附近的龍鳳漁港、臺中、彰化、雲林、嘉義與臺南曾文溪出海口附近的將軍漁港等，活動範圍大約在離岸3至5公里





的水域<sup>3</sup>。過去人們很容易將鯨豚族群減少的原因，歸咎於漁業的濫捕，但近年來漁民觀念改變，研究發現，由於人為工業活動所造成的環境衝擊，對族群存續力的衝擊可能有更大的影響力，尤其對於生活於沿岸地區的鯨豚<sup>3</sup>。由於中華白海豚族群數量逐漸減少，近年臺灣西部沿岸的大型工業開發，幾乎都會將媽祖魚棲地環境的議題提出來討論，例如國光石化開發案、臺塑麥寮六輕與離岸風力的環評案等。

臺灣海峽每年中秋節過後，就逐漸開始吹起一波波的東北季風，東北季風是因為高壓在寒冷的歐亞大陸上發展，寒冷而乾燥的空氣自大陸向海洋流出，在大陸東岸，北緯30度以南地區，風強而頻率高，東北風盛行，而被稱為東北季風；臺灣海峽每年有明顯的東北季風與西南季風交替吹拂，尤其冬季風力相當強勁，加上臺灣海峽兩側山脈形成「狹管」的地形效應，當季風吹過時受到地形的壓縮而加速。依據工研院綠能所與中央大學大氣物理所共同研究完成的風能分布研究，臺灣地區風力資源相當豐富，主要分布在臺灣海峽、西部沿海與澎湖離島等地區。

澎湖群島位處臺灣海峽中央，地勢平坦，海景壯麗，每到夏季觀光客眾多，但每年東北季風一起，由於風勢過於強勁，即宣布觀光季結束，民生百業處

於半休息狀態。政府規劃澎湖成為「低碳島」的示範區，若能善用此地的東北季風資源，應該也能為澎湖開創另一片榮景。

不論是烏魚、媽祖魚還是東北季風，每年都在固定的時候在臺灣海峽依約赴會，輪流成為這個舞臺上的主角。

## 能源發展趨勢

2015年12月12日在法國巴黎舉行了第21屆聯合國氣候變遷會議(COP21)，195個與會國家一致同意通過歷史性的「巴黎協議」，各國承諾將努力控制溫室氣體排放，以達到工業化前至2100年全球平均氣溫上升不超過攝氏2度，並努力控制在攝氏1.5度內的目標。自此全人類將共同面對避免全球氣候變遷的挑戰，各國均將投入經費開發再生能源，致力減少溫室氣體的排放。

此外，不論是大陸或臺灣，這幾年很熱門的就是PM2.5的問題，懸浮微粒主要生成的原因是人類活動所產生，例如燃煤電廠或汽、機車的排放，當大氣擴散條件不佳時，容易在局部地區產生PM2.5的濃度過高，會造成呼吸道疾病或引發體內過敏，長期暴露則增加罹患癌症等慢性疾病風險。兩年前大陸有一部紀錄片名為「穹頂之下」，臺灣則有國立自然科學博物館於2014年舉辦的「南風攝影展」，將彰化

<sup>1</sup> 詹森(1995)，臺灣海峽流場季節變化之研究，國立臺灣大學博士論文。

<sup>2</sup> 中華白海豚，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E7%99%BD%E6%B5%B7%E8%B1%9A>。

<sup>3</sup> 周蓮香(2009)，確立瀕臨絕種或亟需保育之海洋生物資源現況及其生物學特性：臺灣西岸海域中華白海豚生態與漁業互動研究，行政院農委會漁業署委託計劃報告。



10 縣大城鄉台西村的環境變遷，以攝影記錄呈現(圖1)，企圖喚醒民眾對環境與空氣品質的重視。在一波媒體與大眾的分析與討論後，根本解決之道還是應從「淨煤減排」著手，也因此再生能源的開發又再一次受到關心與重視。

世界開發再生能源的模範生，德國從2011年日本福島核災得到啟示，下定決心進行能源轉型，積極開發乾淨、無污染排放、取之不盡與用之不竭的風力、太陽能等新興能源，期望能逐步邁向零核目標，進而減少傳統化石燃料等舊能源的使用與依賴，2015年德國的再生能源供電比例已達28.5%的驚人比例。在發電量結構方面，德國2014年發電量合計為6,103億度，其中25.8%是來自於再生能源。再生能源發電量合計為1,573億度，其中以風力發電524億度占比最高(33.3%)；其次依序為生質能428億度(27.2%)、太陽光電352億度(22.4%)、水力發電208億度(13.2%)及家庭廢棄物61億度(3.9%)。德國再生能源在電力供應的占比目標是在2020年與2050年分別達到35%與80%<sup>4</sup>。反觀臺灣，根據經濟部能源局資料顯示，臺灣進口能源油當量比例占總供給量的

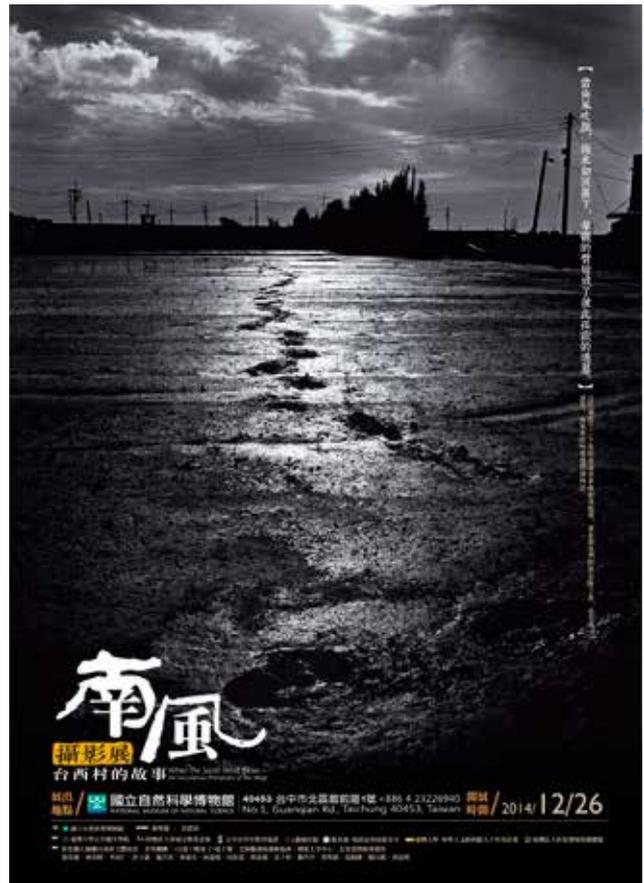
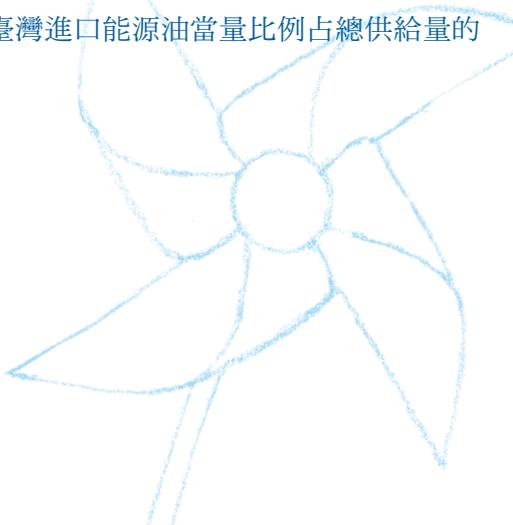


圖1 大陸柴靜的「穹頂之下」與臺灣的「南風攝影展」喚起了人們對環境與空氣品質的重視。(圖片來源：國立自然科學博物館提供)

98%以上，各項分類中，石油占48.52%，天然氣占12.23%，核能占8.33%，水力占0.28%，生質能及廢棄物占1.24%，風力、太陽能及太陽熱能占0.21%<sup>5</sup>。顯示臺灣雖然主要能源供給仰賴進口，但對於再生能源的應用仍然很低。臺電公司現階段在開發再生能源方面，係以「風力發電」與「太陽光電」為主，依據2015年臺電公司再生能源發展概況(圖2)，臺灣電力供應再生能源(含水力發電)佔總發電量只有2.8%；然而臺灣南部日照充足，西部沿海、恆春半島與澎湖群島的風力資源豐富，甚具開發潛力，顯見在再生能源的開發上，我們仍有許多努力的空間。



## 臺灣風力發電歷史與發展

早在1942年日治時期，臺灣總督府國土局電力課的吉田統五在「臺灣電氣協會會報」寫了一篇「風力發電と臺灣」，內容提到臺灣風力利用狀況，以及報告了臺灣澎湖島、恆春地方的風力資源等，這可能是最早對臺灣風力開發的研究報告。其實臺電公司投入風力發電的研究與開發，在全世界也可算是早的；民國54年1月底，由臺電自行設計製造了一臺50瓩的風力發電機，建置在澎湖縣白沙鄉後寮村高地上，這是臺灣第一座實驗型風力發電機。事隔二十幾年後，在民國78年6月，臺電採購美商USW INDPOWER公司2部發電容量各100瓩的先導型風力機組，設置於澎湖七美島，於次年10月完成裝機發電併入當地供電系統，但因七美島人口少，用電量少，當時風力機裝置容量占七美全島電力系統離峰用電的40%，臺電為確保供電系統穩定，而停止風力發電機組的運轉<sup>6</sup>。

到了民國91年，臺電配合政府政策擬定「風力發電十年發展計畫」，分期執行風力發電計畫，迄今臺電已完成167部總裝置容量30萬瓩的風力發電機組，另外民營企業投資興建已完成156部總裝置容量34.8萬瓩的風力發電機組(圖3)；至此，臺灣本島陸域優良風場建置風機的密度已逐漸達到飽和，加上土地取得與噪音干擾等民眾抗爭問題，臺電已將未來再

## 104年台電系統發電量占比

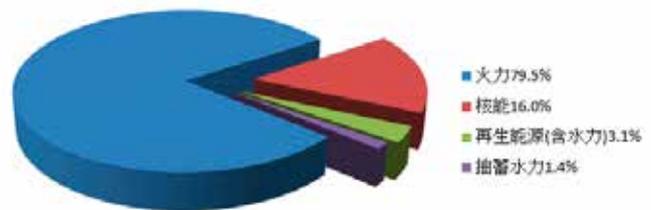


圖2 2015年臺電公司各種發電量占比。(圖片來源：[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-b31.aspx?LinkID=8](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b31.aspx?LinkID=8))



圖3 臺灣各陸域風場分布圖，臺電已完成167部總裝置容量30萬瓩的風力發電機組(藍色)，另外民營企業投資興建已完成156部總裝置容量34.8萬瓩的風力發電機組(紅色)。(圖片來源：[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-b31.aspx?LinkID=8](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b31.aspx?LinkID=8))

生能源開發的眼光投注在離岸風力上，初步規劃未來臺電在離岸風力的開發目標為200萬瓩的設置容量，相當於4分之3座的核四電廠機組設置容量。

## 走向離岸風力

全世界第一座離岸風場 Vindeby，於1991年由丹麥 Dong Energy 公司設立，自2009年來，歐洲離岸風場的開發已從示範風場規模，逐漸朝大型商業化發展，風機與安裝技術逐漸成熟，使得離岸風力的發電成本已具有市場競爭的條件。在裝置容量的成長速度方面，自2005年開始呈加速成長，至2015年底全球

<sup>4</sup> 關棟鴻(2015)，德國能源轉型的現況與展望，工業技術研究院綠能與環境研究所。

<sup>5</sup> 經濟部能源局網站：103年能源供需概況[http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/business/content/ContentLink.aspx?menu\\_id=378](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/business/content/ContentLink.aspx?menu_id=378)。

<sup>6</sup> 吳天明(2012)，臺電在臺灣本島及離島推動風力發電概況報導，能源，中華民國101年1-2月，第91期。

累積裝置容量已超過1,200萬瓩(12,105MW)，相當於4.5座我們的核四電廠的發電機組規模。其



圖4 國立成功大學能源科技與策略研究中心，應用浮動式光達先進遙測技術進行離岸風力量測與風能評估。

12

中絕大多數擁有離岸風力電廠的國家仍在歐洲，原因是歐洲陸域地狹人稠，且海床深度條件適合，並擁有先進的海事工程技術與施工船隊，其中又以英國的裝置容量最大，達506萬瓩(5,061MW)的裝置容量，超過全球離岸風力比重的4成；德國2015年一年當中，離岸風力裝置容量一口氣暴增228萬瓩(2,282MW)，是所有離岸風力開發國家中最積極的，使其累積的離岸風力裝置容量一舉超越丹麥，位居全球第二。其實離岸風力開發國家更長遠的規劃目標是以開發風場電力同時建立相關產業，看好未來全球離岸風力發展的前景，而且風力資源除可持續供應乾淨且免費的能源，並不像化石燃料會因使用而枯竭，只需維護或更換新的風力發電機組，可以形成一種永續的產業，循環創造產值。

經濟部能源局於2012年7月3日頒布「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」<sup>7</sup>，獎勵國內兩家民營與一家國營企業投資臺灣海峽離岸風力的開發，每個開發案先以建置一座海氣象觀



圖5 臺電公司位於芳苑外海9公里的海氣象觀測塔，塔頂高度達95公尺，為臺灣邁入離岸風力開發國家的重要里程碑。

測塔與兩座示範風機為目標，帶動後續的離岸風場更大規模的開發。2014年8月22日，國立成功大學

能源科技與策略研究中心離岸風力團隊在臺灣海峽福海離岸風場，成功地完成亞洲首次離岸佈放浮動式光達的任務(圖4)，同時向世界宣告臺灣正式邁入離岸風力開發的里程碑。浮動式光達將海上的風況與浪況即時傳回陸上，統計後量測結果顯示，臺灣海峽冬季時節在風機輪殼高度平均風速可達8.8公尺/秒，補足長久以來臺灣風能地圖在臺灣海峽的拼圖缺口。2015年可算是臺灣的離岸風力一個重要展現成果的開始，兩家民營業者與臺電公司已先後陸續完成三座海氣象觀測塔，也算是向全世界宣告，臺灣已正式邁入離岸風力開發國家之列。成大離岸風力團隊同樣以無所畏懼的熱情與勇氣，頂著狂暴的東北季風，攀爬上臺電95公尺高的離岸海氣象觀測塔(圖5)，安裝海氣象觀測儀器與設備，再一次為臺灣海峽風況的量測做出貢獻。

## 目標與挑戰

臺灣行政院於2012年2月核定「千架海陸風力機」計畫，以「先開發陸

域風場，續開發離岸風場」作為推動策略，逐步推動國內風電產業發展，由陸域推向離岸；計畫目標將於2020年前完成1,200MW陸域風場設置，以及320MW離岸示範風場，續於2030年前完成3,000MW離岸風場設置，兩者合計共將設置1,000架以上風力機組，總裝置容量將達4,200MW，約占再生能源總設置目標30%以上。

根據工研院2011年評估，我國海域50公尺水深範圍內，離岸風力發電可開發之潛能約達6.2GW。根據2013年國際風力發電顧問公司4C Offshore評比<sup>8</sup>，臺灣海峽風資源更是名列前茅，在政策支持及市場規模明確下，預期將帶動離岸風力發電相關產業發展。

但是離岸風場的開發也勢必會面臨各種挑戰，例如施工期間對環境生態帶來的衝擊、環境影響評估研究、風場的量測與評估、海事工程人員與機具的培訓與購置、海底電纜的架設、抗颱風震風機的研製、專用港口與碼頭的投資建設等，在離岸風力選址初期，即須調查海域的海象及氣象特性、水深地形、海底斷層等自然環境，並避開應予保護、禁止或限制、規劃或開發中等區域。風力發電不能像傳統火力電廠一樣，隨用電需求配合輸出發電量，因風力的不穩定性與間歇性乃大自然現象，此亦為利用風力能源的最大缺點，而且目前造價仍然偏高，海上維運預估也比陸域上的風機困難，但這些原因都

是必須面對的挑戰，且應一一克服，否則臺灣海峽的風，永遠都不會成為我們可用的資源。

### 臺灣海峽的風永續、共生

臺灣海峽自18,000年前的末次冰期結束，氣候逐漸回暖，地球南、北極的冰帽及高山冰川溶解，海水高度上升了約130公尺，淹沒了當時臺灣與大陸連接的陸地，形成現在的臺灣海峽；現今臺灣海峽是國防安全的屏障，也是許多漁民賴以維生的漁場。現在因應全球再生能源的發展趨勢，以及離岸風力發電技術的逐漸成熟，臺灣海峽的風將被賦予另一種完全不同以往的風貌，當有如獅吼般掀起浪濤的東北季風，不再是漁民出海阻礙，轉而成為促進經濟發展的再生能源，我們現在的努力，未來或許能讓離岸風力成為臺灣取代核能的重要選項，當風力的產業在國內深耕發展，將創造另一個明星產業。2015年可說是全球離岸風力豐收的一年，對臺灣來說也是關鍵的時刻，三座海氣象觀測塔已陸續在海上建置完成，向全世界證明了臺灣開發離岸風力的決心與海上工程的能力。海上的風永遠不會消失，只要維護設備運轉正常，定期替換新的機組，將是一種永續的能源；還需要搭配政府政策的鼓勵與扶持，促成國內企業的投入，擴大產業規模，進一步提升國家能源安全以及國際競爭力。

13

<sup>7</sup> 經濟部能源局，風力發電離岸系統示範獎勵辦法，中華民國101年7月3日頒布。

<sup>8</sup> 4C offshore: <http://www.4c offshore.com/windfarms/windspeeds.aspx>。