

熱點聚焦

台灣風電綠能產業發展

以彰化縣運維港為例

Development of Taiwan's Wind Power Industry: Case of Service Port in Changhua County

張峻豪

東海大學政治學系

壹、運維港設置背景

2017年6月，經濟部於行政院第3551次會議提出《風力發電4年推動計畫》，期望在兼顧能源安全、環境永續以及綠色經濟發展均衡下，建構安全穩定、效率以及潔淨能源供需體系；該計畫由經濟部、農委會、環保署、交通部、內政部、文化部進行跨部會合作並以「先陸域、後離岸」作為我國風電設置的推動步驟，在陸域風電部分，採「先開發優良風場、再推動次級風場」的策略，就「離岸式風力發電」（離岸風電），則參考國外技術發展與經驗，確立「先淺海、後深海」的模式，並評估在彰化縣彰濱工業區附近，規劃以彰化漁港建置離岸風電運維碼頭及運維基地。

為配合此計畫，彰化縣政府根據自訂《彰濱離岸風電運維基地計畫》選定在彰濱工業區設置運維基地，供應未來風電運維服務產業使用，預期使當地成為一兼具漁業生態、綠能運維及休閒加值功

能之多元服務港。在永續發展的意義下，離岸風電代表「潔淨」能源與「穩定」能源之實踐，早在 2008 年 6 月，行政院便通過「永續能源政策綱領」，指出在追求永續能源發展過程中，應兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，來滿足未來世代發展的需要，使離岸風電成為我國積極開發項目。¹

我國離岸風電的開發潛力場址，座落於彰化外海及北台灣沿海區域，²不過，就近年離岸風電的實際運作情形而言，臺灣的風電「營運」(operating)及「維護」(maintenance)經驗仍相當缺乏，目前僅有位於苗栗外海的「海洋風場」(Formosa 1)與彰化縣芳苑鄉西側海域的「台電一期」進入正式運維階段。預期到 2030 年將有 33 座風場、近 14 GW (百萬瓩)的發電進入「運維期」，且風機數量達約 1200 支，此代表對技術人員、人員培訓與運維船隻的大量需求。

另外臺灣身為海洋國家，漁業發展及海洋生態資源豐厚，故在風電發展歷程中，屢屢可見其與環保、產業發展，能源開發間的爭議，這當然也成為將來政府及運維單位重要考驗。運維港和漁港並存，漁村、漁民、廠商、能源政策如何「多贏」？由於議題牽涉中央、地方、社區、開發商之間的複雜利害關係，使得彼此的共融更有賴各方智慧。

據此，本文嘗試由運維港的營運內容出發，探討離岸風電牽涉的重要議題，並輔以彰化在地環境的思考，期能補充臺灣風電發展之討論。

¹ 鍾英鳳、張欽森、簡德深，〈國際商港於離岸風電產業規劃〉，《工程》，第 94 卷第 1 期 (2021 年)，頁 45。

² 經濟部能源局於 2015 年 7 月 2 日公告〈離岸風力發電規劃場址申請作業要點〉，劃設 36 處離岸風電潛力場址。

貳、運維港的運作項目

運維分成「營運」與「維護」二者，營運包含風場資產（如風機、電廠輔助設備）的運用、保險及訓練、陸上與離岸物流、及環安檢查等；維護則涉及風機維護與電廠輔助設備維護。其中，風機的維護成本十分高昂，³占運維費用近半，也因此，論者認為，風機開始運行的前 5 至 10 年，廠商會提供保固，但在保固期結束後，則考量資產品質、自身資金狀況以及對外的依賴程度，來決定選用何項運維策略，或是採混和策略，因此，當能預期 2030 年臺灣將有近半風機脫離保固，目前人員訓練及專業佈局便十分重要。

面對海洋，風機損壞自然是運維主要考驗焦點。根據丹麥、德國調查顯示，機具損壞不外乎壽命、散熱、腐蝕、接地、水土不服所致，台灣屬於海島氣候，潮間帶腐蝕問題嚴重，電氣品故障更易發生。⁴因此，考量營運成本以及風機易損，日常維護與勤保成為關鍵，定期維護提高風機可靠性，對運作安全更是至關重要。

以丹麥 Horns Rev 的離岸風場為例，從 2003 年 2 月起的一年半期間，80 台風力機同時發電僅半小時便跳機停擺，曾導致出動了 75,000 次維護航次，這表示平均每天、每台風力機便有兩次修理航次。另外，在海底電纜的部分，也存在施工、外露、沖刷、防掏砂保護層流失等問題，進而衍生空隙導致電纜懸空、或持續擺動而發生共振致疲勞斷裂，使之同樣成為運維的核心項目。舉例來說，丹麥離岸風場 Horns Rev I 運作不久，除變壓器因腐蝕故障致整機吊換外，潮間帶結構出現銹斑，加上潮水起落使之難以接近處理，最後

³ 風機維護包括對葉片和所有其他關鍵部件進行目視檢查，對主要螺栓連接進行液壓檢查、潤滑、端對端檢查安全和應急系統的正常運行、更換消耗品及清潔等。

⁴ 林伯峰，《離岸風電運轉及維護之規劃》（台北：財團法人船舶暨海洋產業研究發展中心，2017 年）。

更使該風電場走上便宜轉賣之結果。

基於此，無論是「被動式」維護，亦即對風機元件失效或損壞後才進行維修或更換，或者「主動式」維護，對元件例行檢查或監測系統確認現況，運維單位不但承擔高責任，也肩負起避免停機而降低營運成本之角色。不過，身處海洋，即使氣候導致的侵蝕性因素，或許可從預防性意義來防克服，但由於海域生態環境及風場氣候條件，還決定了海洋生物的生長速度，並與風機共存，使水中基礎構造的表面將被海生物附著包覆，伴隨海生物之日漸增長，水下構體的重量增加，表面變得更為粗糙，加上波浪所引起的慣性作用力、阻力，將影響水下構件的疲勞度，此亦提升了營運困難。

由此一面向來看，風機與海洋生態的高度關聯，在考量高成本維修以及避免轉賣下，當面臨結構設計對海生物之防範，開發商往往主張宜以經濟發展為優先，建議採用國際設定海生物之增長厚度，若發現達到原定設計值時，就派遣人船前往進行清除動作，此或將成為經濟發展與環境生態的兩難。就生態保育而言，不僅是海生物保育，其它如白海豚生存、候鳥遷徙等議題，都受到環保團體長期關注，因此，除了運維目標本身，運維單位與在地環境之平衡互動，又是另一項重要課題。

參、運維港與在地環境

彰化縣政府獲經濟部前瞻基礎建設「開發在地型產業園區計畫」補助，⁵在彰濱工業區之內興建「彰芳暨西島離岸風場運維中心」，內部主要設施包含海事協調調度中心、風場資產管理及運轉控制中

⁵ 彰化縣政府經濟暨綠能發展處，〈彰濱離岸風電運維基地執行概況〉，https://greenenergy.chcg.gov.tw/03bulletin/bulletin03_con.asp?bull_id=304974

心、風場所需各項備品之溫溼度可控倉儲空間與環境教育場域等空間；另外，在人員配置上，包含全天監控風場回授資訊及風機運轉狀態之技術人員、資產管理團隊及出海執行水上、水下等運維作業的維修技術人員，將超過百人。⁶彰濱離岸風電運維基地開發總面積 35 公頃，包含漁港用地 16.86 公頃、道路用地 3.14 公頃、產業用地 15 公頃，第一期工程已於 2021 年 5 月完工。⁷

彰化外海始終是離岸風電設置的熱門場域，至 2025 年預計有 10 個風場合併，分為離岸約 3 海浬、離岸 20 至 40 海浬兩大區塊。與台中港、台北港、興達港等提供大型風機設備裝卸用港口不同，彰化漁港定位在提供風機維護使用，據彰化縣府表示，變更後可減少填地面積，維持較大的水域，對環境有利，不過，正是基於離岸風電開發牽涉之範圍相當廣大，利害關係人眾多，投資資金龐大，海洋的風險不確定性因素相對高，因此各國在推動離岸風電時幾乎都會進行環評。⁸初期，除了環評委員曾質疑彰化縣政府低估了運維船可能造成的空氣品質影響，又由於水鳥的大幅減少被認為與彰濱工業區開發、填海造陸相關，縣府工業局在彰化沿海規劃 2 萬平方公尺的海洋公園，營造高灘地進行鳥類復育，也被環評委員要求應提出具體計畫；另外，彰化漁港外海是「中華白海豚」的重要棲息環境，彰化縣府表示會規範港區 20 浬內減速，中華白海豚棲息範圍內船速也不能超過 6 節，以減少生態干擾，運維船也會使用硫含量小

⁶ 〈為將來 20 年做準備，亞太首座離岸風電運維基地落成〉，《科技新報》，2022 年 5 月 18 日；<https://technews.tw/2022/05/18/changfang-xidao-ops-base/>

⁷ 〈彰化離岸風電運維基地開工動土 打造亞太第一座離岸風電專屬運維港口〉，《風傳媒》，2022 年 8 月 15 日；<https://www.storm.mg/article/2946986>

⁸ 陳穎峰，〈我國能源政策實施政策環評之成效分析：以離岸風電區塊開發政策之政策環評為例〉，《行政暨政策學報》，第 72 期（2021 年），頁 171。

於 0.5%的低硫油，都是運維港面臨環評審查的重點。

除了環境保護，風場與在地漁業發展也息息相關。在風場禁止捕魚下，雖能使海洋生態獲得喘息，但是，漁民補貼、照護、轉型等仍牽動著環境永續發展之實踐。⁹據統計，彰化縣陸地面積 1174 平方公里，外海風場範圍接近兩倍彰化面積，兩階段的開發遍佈 7 家業者，若加上航港局畫設的南北航道、台中港兩岸直航航道、南側台塑六輕航道，彰化外海幾乎可說已被風場、航道佔據，漁民捕魚空間僅剩沿海約 10 公里的狹長空間，此不但是未來運維港運作要面對在地議題，政府相關單位更應提早佈局、提前進行方案規劃。

最後，從目前運維基地開發來看，漁港用地約佔其中一半，開發商除了需考量在地需求，融入在地社區的產業發展、轉型外，目前，恐怕還要面對碼頭工程停工的困境。總金額約 14 億元的彰化漁港碼頭工程，於 2017 年動工，政府中途與承包商解約，重新發包又流標導致目前停工，漁港未能竣工，將影響風機正常運轉。¹⁰能源政策屬中央推動事項，但在地開發更涉及地方政府、漁會、漁民等利害關係，甚至與政黨政治、地方派系等複雜因素有關，因此，本文認為，在初期投資已見成果下，各方應回歸專業以及居民利益為優先之思考，以「由下而上」融入能源政策，進而實踐「共同治理」(co governance) 的目標。

⁹ 目前仍以補償為主，離岸風電業者應依發電量提撥電協金回饋地方，其中 70%為補助型電協金應直撥補助縣市政府、鄉公所及地方漁會，其中又以漁會分配占比 55%最高，剩餘 30%為專案型電協金則可提供地方團體申請專案計畫使用。

¹⁰ 〈亞太首座離岸風電運維基地竣工 超越彰化漁港原因曝光〉，〈自由時報〉，2022 年 5 月 18 日；<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/3931313>

肆、結語

離岸風電產業之推動，除風機組裝碼頭、水下基礎碼頭、運維港與碼頭，以及輸配電網等基礎設施外，也涉及我國產業發展、能源轉型政策，以及在地環境議題，十分複雜。彰化長期面對工商業與農、漁業如何平衡之挑戰，當前又因離岸風電發展，而繼續延伸此一費解難題。舉例來說，過去無論是國光石化在芳苑鄉的設廠爭議，或者二林精機、中科四期在二林鎮的開發，都可見正反意見在地方的迴盪，開發案對在地的衝擊，非但僅是主張環保與開發的意見交鋒，當接收或拒絕開發後，當地發展現況是否體現了對開發案的吸收力，或者反而更激化正反意見的持續對決，至今都被持續關注及追蹤。

另外，就本文所提的環境評估面向來說，同樣地，從過去經驗看，我國環評制度中的專家會議，往往是採「公民參與、專家代理」的邏輯來設立；因此，一旦公民代表與專家會議無法產生共識，更將形成治理的斷裂，¹¹這極易造成在地居民參與之欠缺，以及對政府的高度不信任。所以，以未來運維港運作為例，政府單位不但應超前部署，面對相關專業問題，也需在民主參與的意義上，融入更多在地環境的思考。

最後，在產業發展層面考量上，由於彰化縣諸多鄉鎮居民往都市遷移，從事傳統農、漁業的人口大幅減少，偏鄉經濟活動大受影響，產業衰退。以彰化縣西南角沿海四鄉鎮（包括大城、芳苑、二林、竹塘）為例，預期到 2050 年，人口將會少於 2.3 萬人，且人均產值及薪資遠低於全國平均水準，因此，若於風機架設階段，未能

¹¹ 杜文苓，〈環評制度中的專家會議－被框架的專家理性〉，《臺灣民主季刊》，第 9 卷第 3 期（2012 年），頁 119-155。

納入當地利害關係人意見，並且盡可能避開優良漁場，則後續運維過程無可避免會遭遇在地居民的質疑及挑戰。¹²職是之故，政府部門必須與運維單位攜手並進，在公民參與的意義上，進一步推動在地漁業轉型、輔導就業，或鼓勵地方創生等，且加強沿海漁村的軟硬體建設，方能克盡其功。

¹² 〈彰化風場航道侵害漁權 漁民抗議〉，《聯合新聞網》，2022年2月25日；
<https://udn.com/news/story/73256122502>