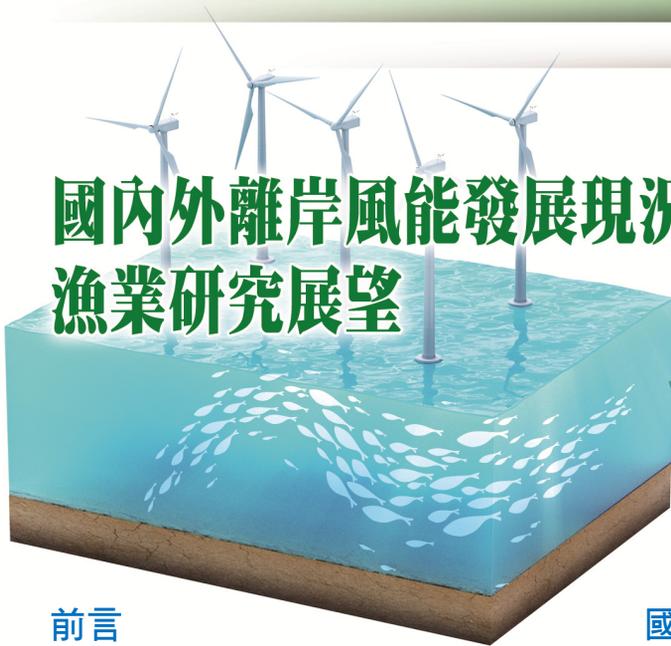


國內外離岸風能發展現況暨離岸風場 漁業研究展望



李純慧、陳均龍

水產試驗所海洋漁業組

前言

工業化及經濟活動持續蓬勃發展，大量使用石油、天然氣等非再生能源，除了造成能源短缺的問題，同時使碳排放量增加，加速了全球變遷與氣候異常情形的發生。太陽能、水力、風力、潮汐能等具有乾淨、自產再生等特性，成為各國積極開發替代能源之項目，其中風力發電為近期新興綠色能源重點，風力發電又依設置位置分為陸域及離岸兩種，離岸風力較陸上風力具有更高的風速，可提供更多的電力，因此近年來各國風能開發逐漸往離岸發展。

2011年福島第一核電廠事故，使當地民生經濟受到極大損害，與日本同屬地窄人稠的臺灣，核電影響恐更甚於日本。政府為因應國際能源趨勢、減碳承諾與國民安全，宣示2025年需達成非核家園目標，並推動新能源政策，擴大發展再生能源使用量，其中離岸風力發電為重點發展項目之一。然而離岸風力發電對海洋漁業及生態環境已有許多正反面的論述，因此基於以上發展歷程與時空背景，本文旨在探討國內外離岸風能發展並進一步闡述離岸風場漁業研究之未來展望。

國外離岸風能現況

自1991年丹麥建造了第一座離岸風場起算，至今已發展近30年的歷史。依據Global Wind Energy Council (GWEC) 統計，至2019年為止，全球離岸風場累積總裝置容量約為29 GW，較2018年增加35.5%，共新增6.1 GW (圖1)，其中歐洲地區佔了59%，亞洲太平洋地區為41%。以累積總裝置容量來看，英國離岸風能裝置容量為9.7 GW，居全球之冠，德國及中國位居第二、三名 (圖2)，其中，中國是近幾年離岸風能新裝置容量第一名，2019年的新增裝置容量超過2.3 GW。GWEC 預估2020—2024年間全球將陸續新

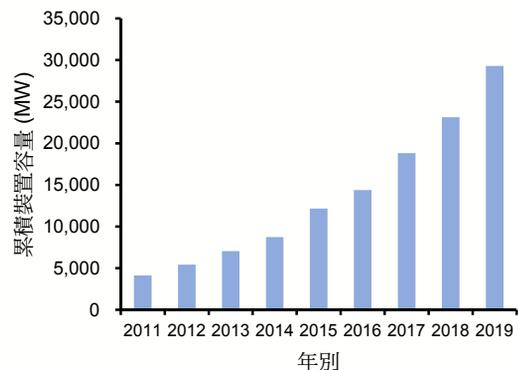


圖1 2011-2019年全球離岸風電累積裝置容量
(資料來源：GWEC)

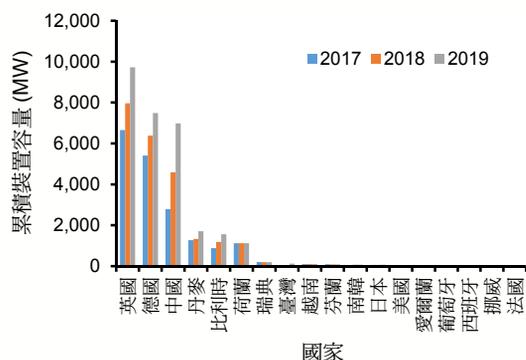


圖 2 2017-2019 年各國離岸風電累積裝置容量
(資料來源：GWEC)

設超過 50 GW 裝置容量，使離岸風場累積總裝置容量達近 80 GW，顯示為了實現減緩氣候變遷，提供零碳潔淨能源，並可促進綠能經濟發展，離岸風能開發與推展將為各國再生能源重點發展項目。

歐洲為目前主要發展離岸風能區域，其場域多分布於北海、愛爾蘭海、波羅的海及大西洋，以北海為最大面積，此海域同時也是歐洲沿近海漁場。已有許多研究針對離岸風電與漁業競合關係進行各種正反面闡述。歐洲大多數發展離岸風能的國家為避免破壞海底電纜、船舶碰撞、意外損壞、漁具纏繞等因素，禁止船舶進入風場內，不允許任何活動（包含漁業行為）進行，僅有部分國家有限度地開放風場海域，如荷蘭 2018 年起開放船長度小於 24 m 之船舶在白天通行距風機基座 50 m 以外之風場區域，可在距風機基座 50 m 以外及距高壓電塔 500 m 以外海域進行竿釣，但禁止錨錠及底拖網等；丹麥則是有 1 家業者開放岸際電纜至其風場域間可進行底拖網；英國開放距風機基座 50 m 之外之風場海域進行漁撈作業，僅風電基座裝設與維護期間不開放捕魚。

臺灣離岸風能現況

經濟部規劃各類的再生能源推廣目標裝置容量中，以太陽光電及風力發電為主，國內陸域風電場域已近乎飽和，且臺灣海峽海域受季風、地形及地理位置等因素，被國際工程顧問公司 4C Offshore 評定為全球風況最好的場域之一，因此離岸風電儼然成為我國再生能源重點發展項目。為達成 2025 年再生能源佔總能源來源比例達 20%，原規劃於 2025 年離岸風力目標裝置容量為 3 GW，提升至 5.7 GW。臺灣過去未有離岸風電開發案例，且其開發初期具技術難度及造價費用高昂，因此政府分別以示範獎勵、潛力場址、區塊開發三階段推動離岸風電（圖 3）：苗栗外海 2 座示範機組於 2017 年完工，其裝置容量計 8 MW；2019 年 11 月首座商業風場—海洋風能風場啟用（圖 4），共 22 座機組（含示範機組），裝置總容量共 128 MW，開啟臺灣離岸風力發電發展史新的一頁。臺電示範風場（裝置容量計 110 MW）也預定於 2020 年完工。而 2015 年公告 36 處潛力場址，後來受航道規劃影響，潛力場址縮減為 24 處，主要分布於桃園、苗栗、彰化及雲林沿近海域，其中以彰化外海為大宗，其場域在水深 15 m 以深，距岸 2 km 以遠。2018 年確立離岸風力發電規劃場址共 10 區（11 處）（圖 5），預計 2020 年底示範風場加潛力場址之裝置容量達 0.5 GW，2025 年底潛力場址加區塊開發完成共 5.7 GW。並規劃 2026 年起每年釋出 1 GW，預估離岸風能裝置總容量於 2035 年達 15.7 GW。

臺灣海峽海底地形複雜，加上季風、水

團流勢消長的影響，及地形性湧升、來自陸地的營養物質注入，與隨著海流而來的洄游性魚類，使此海域生態系多樣化，形成我國沿近海漁業主要漁場。然當離岸風場域與漁業作業海域重疊時，與國外許多國家均同樣面臨到風能發展與漁業權益的對抗。



圖 3 示範獎勵、潛力場址、區塊開發三階段推動離岸風電 (資料來源：經濟部風力發電單一服務窗口網站)



圖 4 臺灣第一座風場-海洋風能

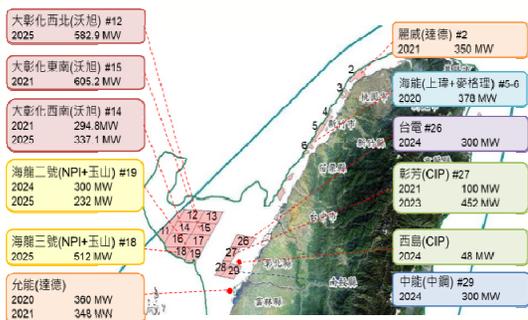


圖 5 臺灣第二階段潛力場址遴選與競價裝置容量分配 (資料來源：經濟部能源局)

推動離岸風場海域之漁業研究

由前述離岸風電的發展現況可以看出，無論是歐洲或亞洲地區在推動離岸風電時，幾乎與漁業發展脫離不了關係，而且已有許多案例指出離岸風電造成當地民眾與漁民的反對。受限於工程技術，目前大多數離岸風場設置區域主要在距岸 60 km，水深平均 30 m 以淺之沿近海域 (Windeurope, 2018)，透過打樁方式將風機基座固定在海床上，其僅有少數示範機組以浮式 (floating) 錨碇固定。此範圍同時也是各國沿近海小型漁業主要作業場域。對於小型漁業漁民來說，漁場作業範圍縮減，或需增加航行路程，繞過風場到其他漁場作業，其潛在利潤減少，經營成本提高，或是新漁場之漁獲潛能較低等，導致威脅生計、改變原有的生活型態。離岸風場規模不斷地在海上開發擴張，但漁獲作業活動也需要空間，進而造成風場業者與漁業的衝突日益增加。

漁民同樣也會擔心風場是否會使捕撈種類及數量減少，或造成生態系改變。國外研究指出風機基座上有貝類及藻類附著，魚群聚集在基座附近，可作為人工魚礁供小型底棲魚類棲息或是甲殼類飼育場，也有大型魚類如鱈魚會季節性地洄游到基座附近，進而形成當地種 (Wilhelmsson et al., 2006; Reubens et al., 2013; Krone et al., 2017)。在風機基座形成的硬底質及基座附近的砂質地除原有物種外，也發現其他過往未出現的物種 (van Hal et al., 2017) 等。離岸風場的設置，也可能使該生態系初級消費者增加，且底棲 (初級消費者) 及關鍵物種生物量也會

增加，造成中表層基礎生產力的改變，吸引高階掠食者來游，可增加生態系成熟度，然底棲生物對於基座之敏感度較高，需更多的資料結合模式分析，才能評估其生態功能的變動 (Slavik et al., 2016; Raoux et al., 2017, 2019; Dannheim et al., 2019)。

已發展離岸風能多年的歐洲海域，屬溫帶水域，其生物相較單一，漁業型態也相對單純；臺灣海峽海域環境多樣，位於熱帶與副熱帶交會區，生物相複雜，兩海區的海洋環境與生態系型態及捕撈種類差異大，加上社會文化背景的不同，歐洲經驗與臺灣西部海域的實際情況可能有不小的差異性。對於風場與漁場重疊海域，國外以復育海洋資源；或以發展海洋觀光、休閒漁業等方式改善漁業經濟，增加漁民收益；也提出風機與海水養殖設施共構的概念，在風場海域內進行開放式海水水產養殖，試行小規模養殖藻類及貝類。然而臺灣離岸風能發展近年來開始起步，對於風場的設置，影響海洋生態及漁業物種的程度，目前並無法預測，需長期的追蹤及資料庫的建立，才能釐清臺灣離岸風場從建造到營運後對海洋生態之影響及其他產業共構的可行性。另一方面，由於北歐為離岸風電主要發展區域，其中與臺灣同屬島國的英國發展離岸風能多年，對於風場與漁業議題，經驗豐富。自 2018 年起英國環境、食品暨鄉村事務部 (Department for Environment, Food & Rural Affairs, DEFRA) 與行政院農業委員會開始交流英國在離岸風能與海洋環境及漁業生態系等科技合作方案，於 2018 年及 2019 年 2 次的臺英農業雙邊合作會議上，雙方也持續就離岸風能相關

議題交換意見，2019 年 10 月間，筆者之一的陳均龍副研究員在英國在臺辦事處協助下赴英至離岸風電相關政府機構、研究單位及相關產業鏈業者等考察有關英國離岸風電與漁業相關研究等。在這些良好的交流基礎下，本 (2020) 年 3 月英國在臺辦事處畢騰安 (Andrew Pittam) 副代表亦拜會本所，交流目前臺灣離岸風場漁業現況 (圖 6)，逐步建立本所與英國相關單位之實質交流管道。未來，本所將持續與臺英雙方保持良好互動，期待可在臺灣離岸風場的漁業研究及漁民協助上能有良好的合作進展，建立長期的良好互惠關係。

為協助我國離岸風電的推動，持續地調查離岸風電對漁業及漁場環境的影響有其必要性。因此本所近年已進行臺灣西部 (包含離岸風場) 海域進行海洋環境及底拖網實地調查，嘗試掌握此海域生態系的變化，並積極研發人工藻場與離岸貝類養殖技術在風場海域的各種應用，藉此提升離岸風電與漁業重疊海域之各種多元應用作為漁業轉型的潛在方案。為進一步借鏡各國發展及研發經驗，亦積極與英國等國外進行學術交流，致力於提升此領域的研究能量，希能透過科研調查論證離岸風點與漁業共存的可能性並提出相關解決方案，促使離岸風電與漁業得以共榮發展。



圖 6 英國在臺辦事處畢騰安 (Andrew Pittam) 副代表與本所交流離岸風場漁業議題