

# 離岸風場對漁業發展之影響

## 及多元利用研究之初探

1 藍揚麒

2 李純慧

3 張峻齊

4 許中駿

1 翁進興

2 葉信明

### 一、前言

人類為追求工業與經濟的發展，大量使用煤、石油、天然氣等化石燃料，不僅產生溫室效應氣體，也造成空氣污染與酸雨，甚至改變了原本的氣候型態，造成全球氣候變遷，影響生態環境及人體健康。而另一個能源選項——核能，雖然不會產生二氧化碳等溫室氣體，但具有核廢料與核子擴散等疑慮，加上鄰國日本2011年發生的福島核災殷鑑不遠，核能的安全性更引發高度質疑，也促使太陽能、風力能、沼氣、生質能及水力等綠色能源的發展日益受到重視。



註1：行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心。

註2：行政院農業委員會水產試驗所。

註3：財團法人農業科技研究院。

註4：財團法人台灣經濟研究院。



事實上，為減緩全球暖化與極端氣候對環境與生態的衝擊，世界各地已紛紛積極展開淨零轉型以及發展再生能源計畫，目前已有128個國家陸續宣示將於2030～2050年達到「淨碳」(Net Zero)或「碳中和」(Carbon Neutral)目標。臺灣則是在今(2021)年4月22日，由經濟部提出「2050淨碳轉型」，擬進一步擴大再生能源發展，將淨零排放的壓力翻轉為降低對進口能源依賴的助力。

我國能源轉型以「減煤、增氣、展綠、非核」為規劃原則，在綠能的發展方面以太陽光電及風力發電為主軸，離岸風力為其中的重要項目之一。政府以「示範獎勵、潛力風場、區塊開發」3階段發展離岸風能。2025年預計完成5.7百萬瓩(GW)以上的裝置容量，2026～2035年間，以每年增加1.5 GW的速率，希望於2035年時能達到20.7 GW的目標。惟離岸風機預定設置的海域多半為我國漁民傳統的作業漁場，恐對當地漁業造成衝擊。行政院農業委員會水產試驗所(簡稱水試所)有鑑於此，於2017年起先後於彰化預定風場及苗栗風場內進行貝類及海藻離岸養殖試驗，期未來能輔導漁民從事貝類離岸養殖；另於2018年起，展開風場海域環境及底拖網試驗調查工作，以確實掌握海域環

境及漁業生態系變動情形。希望透過實地調查監測及離岸藻貝類養殖試驗模式的開發，使離岸綠能與漁業發展得以兼顧，創造雙贏局面。

## 二、離岸風機設置對漁業發展之影響

迄2020年底為止，全球離岸風電裝置總容量共計35,293百萬瓦(MW)，以英國居首，其次為中國。另外，尼德蘭(Nederland)、<sup>5</sup>比利時、美國、日本、韓國及越南等國也陸續積極投入離岸風電開發。英國為最早投入離岸風電發展的國家，相關政策相對成熟，除在風場建造及維護期間不開放外，允許在風電場域進行漁業行為，並有相關航安配套措施；而尼德蘭近年則允許船舶可以通過風場。至於其他的大多數國家為了避免風機組及海底電纜受到船舶撞擊或網具纏繞等問題發生，全面禁止在風機場域內進行包括船舶航行或漁業行為等活動。

臺灣海峽海域受地形「狹管效應」影響，具有強勁的風力，因此被評定為全球最佳風力場域之一，離岸風能遂成為我國再生能源發展重點之一。經濟部2012年起陸續

| 註5：荷蘭自2020年1月起改以「尼德蘭」作為國家正式名稱。



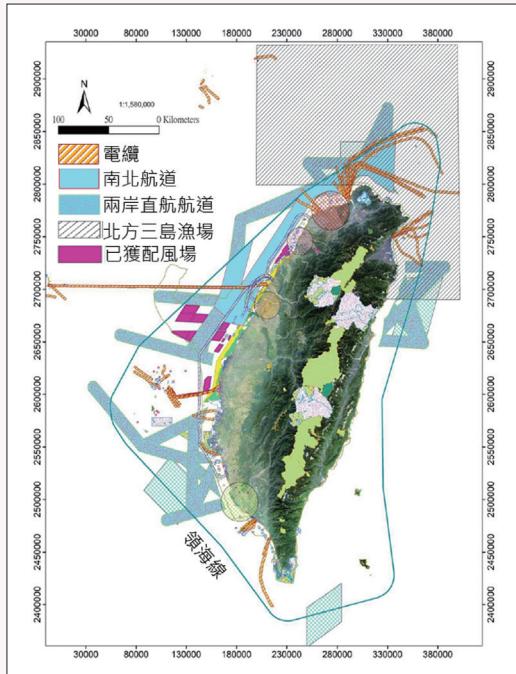


圖1. 離岸風力發電區塊開發場址規劃之海域範圍敏感區域。



圖2. 苗栗離岸風場。

公告示範風場位置以及36處潛力場址，並於2018年公告10處（11場）規劃場址。為加速離岸風電第3階段——區塊開發的進展，今年7月公告「離岸風力發電區塊開發場址規劃申請作業要點」，並公布場址規劃之海域範圍敏感區域（圖1），要求業者

申請之場址範圍不得與公告之高敏感區域重疊。目前離岸風機設置規劃的海域以苗栗、彰化及雲林外海居多，均屬於我國漁民傳統作業漁場範圍。

多數國家發展離岸風電時均受到漁民的反對，因其認為風場的設立會限縮作業範圍與調整作業位置，使經營成本提高，同時也擔心當地海洋生態系的改變會造成經濟漁獲物種數量的減少，加上離岸風場開發面積增加，造成風場開發商與漁民的衝突不斷。雖然目前我國並未禁止漁民於離岸風場內作業，但矗立於海上的風機（圖2）勢將改變及限縮當地漁民的作業範圍與型態。

臺灣第一座商業離岸風場——苗栗海洋風場在2019年底完工併聯，啟用至今僅近2年；第二座風場——台電一期目前已初始併聯，即將商轉。換言之，我國開發離岸風力的時間尚短，因此風場對海洋生態與漁業物種變動的影響仍然無法完全究明。水試所為確實釐清臺灣海峽海域從風場規劃、施工到營運期的海洋生態變動，除持續進行臺灣周邊海域漁場環境監測外，於2018年起增加涵蓋風場在內的臺灣西部海域海洋環境及底拖網試驗調查（圖3），並特別針對苗栗風場周邊海域之漁業物種變動進行分析，初步結果顯示，該海域的魚類多樣性指數隨著季節變動，採集到的魚類種類數持續增加，甚至發現罕見的阿嘎光背蟹（*Lissocarcinus*

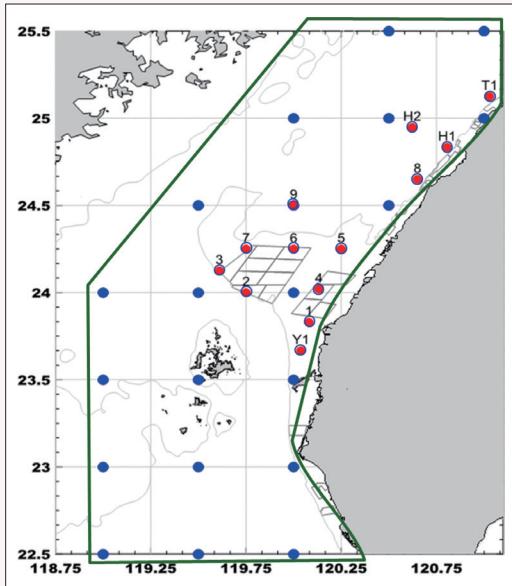
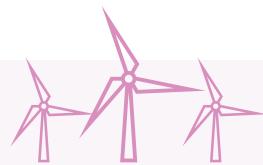


圖3. 2021年水試所海洋環境及底拖網測站（●海洋環境、浮游動物、仔稚魚調查；●底拖網試驗調查）。

*arkati*) 以及小頭魴 (*Cranchia scabra*) 幼體。至於鯧及午仔等經濟魚種，因為冬夏季漁具轉換及主要捕撈對象不同，目前尚看不出苗栗風場對其資源量之影響。

### 三、國外離岸風場多功能利用概念

歐洲為最早推動離岸風力發電的地區，為降低風機設置對當地漁業之衝擊，學者提出於海域內同時進行海藻及貝類養殖等之多功能應用概念（圖4）。德國的 Buck 研究團隊於 2002 年首次在北海離岸風機設置海域內進行海藻養殖試驗，並陸續進行貽貝及牡蠣的離岸養殖試驗，迄目前為止，已有小規模的昆布養殖，至於貝類養殖方面則仍尚未能進展到商業

化生產。另外，尼德蘭產學界鑑於北海生態環境的惡化，合作推動「北海復育計畫」（The Rich North Sea），規劃於風電機組下布放人工珊瑚礁及牡蠣苗，希望可藉此建立珊瑚礁生態系，吸引螃蟹、魚類及海豹等海洋生物聚集，使離岸風電廠除提供電力外，亦可於海底形成一完整的生態系，達到生態復育之功能，並防止海底侵蝕。比利時則由學界、政府及企業合作推動北海養殖計畫（North Sea Aquaculture），2017 年在風場海域以延繩養殖貽貝，2018 年 9 月產出第一批比利時貽貝（Belgian Mussels）。養殖於風場之貽貝的生長速度相較於歐洲一般近岸養殖貽貝快速，放養 12 個月即可收成（近岸養殖貝類需 18~20 個月），肉質重量亦大約高出 36%~39%，口感上消費者也能接受。

發展離岸養殖的主要困難之一是養殖設施需要承受潮汐及海浪等嚴峻海況的衝擊，且因距岸較遠，需使用船隻進行養殖及設施的維護管理，

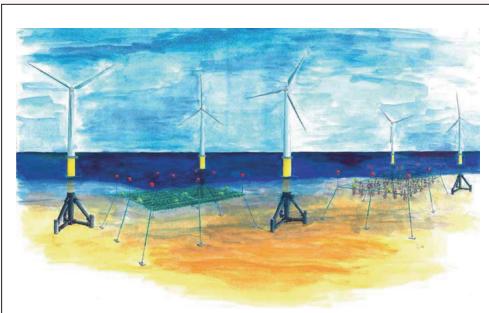


圖4. 歐洲離岸風場多功利用示意圖。  
圖片來源：Michler 等人 (2009)。

作業成本相較於近岸養殖者高，且漁船航行常因惡劣天候影響而無法出海作業。此外，養殖貝苗能否順利取得亦是一項重要因素，德國在北海離岸風機海域，利用延繩方式進行貽貝養殖，若能順利取得貝苗進行養殖會有些許獲利，反之則不具利潤，目前仍朝降低成本方向努力。比利時已順利生產出貽貝，現仍致力研發適合當地海域環境、容易維護且安全性佳的裝置系統，同時持續開發經濟可行的離岸養殖貽貝種類，以增加離岸風場多功能利用性。

我國發展離岸風場貝類養殖相較於歐洲之優勢在於風場離岸較近，歐洲於北海海域設置的離岸風機距離岸邊的平均距離為33公里，最遠達103公里；而我國第一座苗栗離岸風場距岸僅2~6公里，由龍鳳漁港至風場只需20~30分鐘。另外，歐洲北海屬溫帶氣候，夏季水溫最高約22~23°C，全年平均海水溫度僅11.6°C；臺灣屬於亞熱帶氣候，海水溫度較高（可達30°C），貝類成長速度較快，養殖時間可大幅縮短。

#### 四、水試所離岸養殖試驗

臺灣的牡蠣養殖歷史已超過百年，養殖種類為葡萄牙牡蠣（*Crassostrea angulata*），其生長速度快，1年即可收成。其他國家則以屬溫帶物種的太平洋牡蠣

（*Crassostrea gigas*）為主，耗時3年才能收穫。臺灣的牡蠣養殖分成平掛式和浮棚式，養殖區域多半在潮間帶及河口域，但過去幾年受颱風等之影響，潮間帶的蚵串大規模受泥沙覆蓋導致產量大幅下降，並衍生蚵架和保麗龍浮筒等海洋廢棄物問題。臺灣貝類養殖技術優良，若能針對風場與漁業重疊水域進行多元利用，當能發

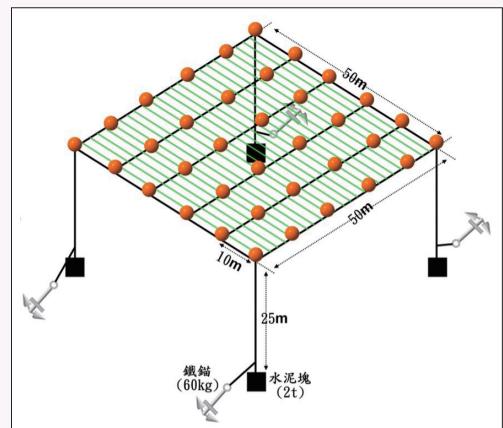


圖5. 水面浮式養殖設施示意圖。

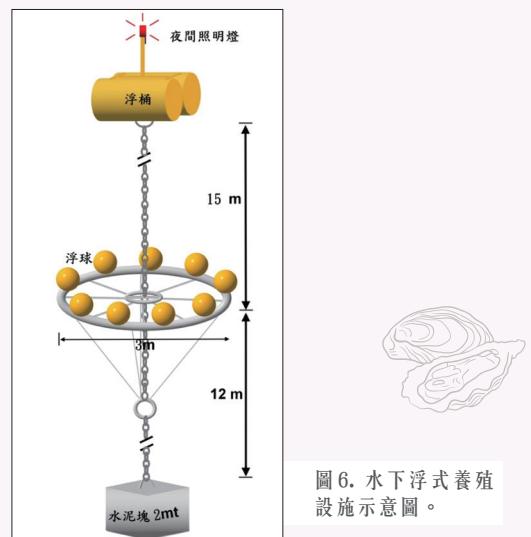


圖6. 水下浮式養殖設施示意圖。

展成為結合綠能與漁業的新產業型態，因此水試所於2017年起先後於彰化預定風場及苗栗風場內，以水面浮式（圖5）及水下浮式養殖設施（圖6）進行貝類及海藻離岸養殖試驗。

### （一）大型海藻養殖試驗

在利用中國半葉馬尾藻 (*Sargassum hemiphyllum* var. *chinense*) 營造海藻牧場方面，目前僅在苗栗風場海域進行試驗，結果因為該海域經常處於高濁度狀態，水下5公尺以深即光照度微弱，因此需行光合作用的大型藻類只能於光照度較強的近水面養殖。另，養殖設施設置後短時間內即會密布藤壺，養殖的中國半葉馬尾藻葉狀部於5月底～6月期間斷落後，8～9月期間根部雖然會長出新的葉狀部，然因受其他藻類及藤壺包覆，無法順利生長。

### （二）牡蠣養殖及附苗試驗

彰化潮間帶海域為我國牡蠣的主要產地之一，根據水試所於2017年6月～2018年8月期間對該區單體牡蠣之成長速度調查結果發現，夏季至冬季期間（6月～翌年2月）牡蠣的成長速度相對緩慢（0.12公釐／月），而在主要成長季節春季（3～5月），成長速度可達4.4公釐／月。

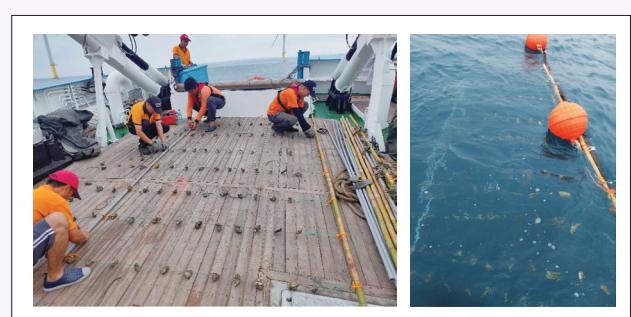


圖7. 傳統式蚵串離岸養殖試驗。

水試所於2020年5～7月期間，在苗栗離岸風場內水深小於1公尺及10公尺處進行單體牡蠣養殖試驗，結果顯示其殼長分別由51.9與48.6公釐成長至70.1與65.4公釐，成長速度分別為9.9與9.2公釐／月，分別為彰化潮間帶養殖牡蠣在春季成長期的2.3及2.1倍，且死亡率僅3.3%～8.3%。換言之，苗栗離岸風場內養殖之單體牡蠣，其成長狀況優於彰化潮間帶海域養殖者。在傳統式蚵串養殖方面（圖7），5～9月期間於近水面處進行垂直懸掛式養殖，牡蠣苗約經4個半月後即達採收殼長，平均殼長由放養初期的23公釐增加至55.5公釐。

另外，鑑於近幾年來牡蠣附苗狀況不佳，水試所嘗試以3D列印方式印製牡蠣養殖籠具後，置於彰化王功地區潮間帶進行牡蠣附苗試驗。結果顯示，該附苗設備可成功附著大量牡蠣苗。



(圖8)，俟其成長至1~3公分時，可以人為方式將牡蠣苗由附苗設備上剝離，製成單體牡蠣苗，供離岸風場內單體牡蠣養殖使用。但由於潮間帶天然附苗方式難以掌握其附苗時間，因此，未來擬配合人工繁殖方式進行附苗試驗，期能定期生產充足之單體牡蠣苗。

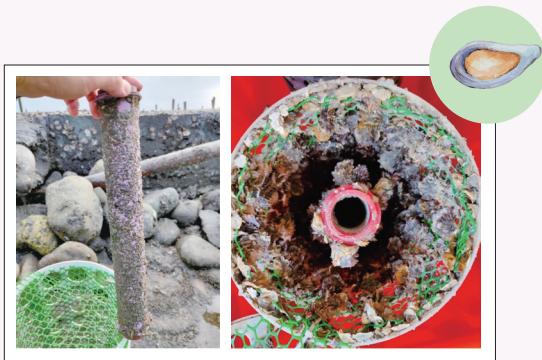


圖8.3D列印之附苗設備上牡蠣苗附著情形。



圖9.苗栗風場內養殖之黑蝶貝。

### (三) 黑蝶貝養殖試驗

黑蝶貝 (*Pinctada margaritifera*) (圖9) 是人工養殖高價黑珍珠的珠母貝，外觀圓潤之黑珍珠單顆售價可達上萬元新臺幣，品相差者亦可磨製成珍珠粉，經濟價值相當高。臺灣產的黑蝶貝主要分布於臺灣東北部及澎湖沿岸海域，水試所係採集澎湖野生之黑蝶貝於今年4月26日於苗栗離岸風場近水面及離海底12公尺(漲退潮約水深21~17公尺)處進行養殖，迄5月底為止，兩處之黑蝶貝均全數存活，養殖於近水面者平均殼長由85.6公釐成長至87.8公釐，後者則尚待量測。

### (四) 離岸養殖設施具類魚礁功能

依據相關研究指出，風機基座會有藻貝類等生物附著，吸引魚群來游，具有聚魚效果，也可以作為人工魚礁及甲殼類的飼育場。另外，貝類離岸養殖設施主體及貝類養殖籠具同樣具有類似魚礁之功能，可提供周遭水產生物幼生棲息及躲避敵害之場所，且設施上附著有大量麥桿蟲，可作為幼生的食物來源。水試所研究人員潛水調查時發現，在彰化離岸風場預定設置海域及苗栗離岸風場內已可分別見到成群的

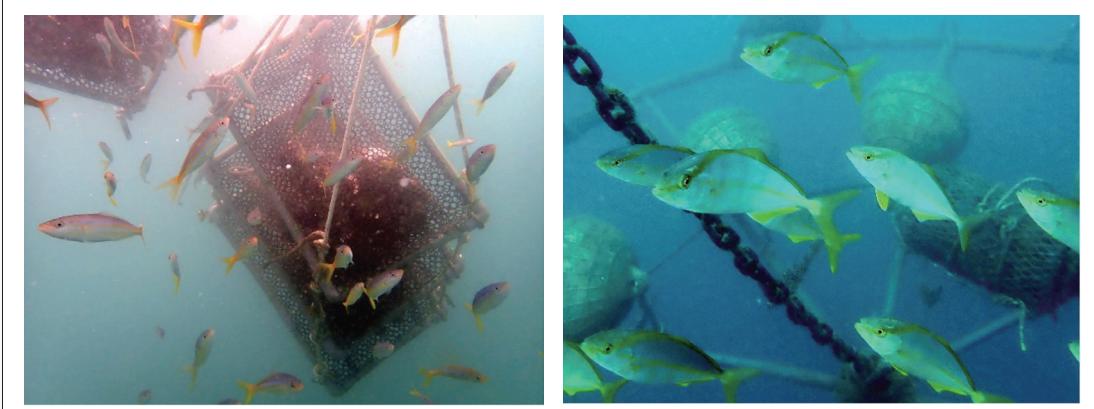


圖 10. 貝類養殖設施之聚魚情形。(左) 雙帶鰱幼魚群；(右) 紅甘鰱幼魚群。

雙帶鰱 (*Elagatis bipinnulata*) 及紅甘鰱 (*Seriola dumerili*) 幼魚 (圖 10)。

## 五、結語

受到新冠肺炎影響，離岸風場目前的興建期程稍有延宕，然為讓風能早日成為我國主要的再生能源，俾達成「2050淨碳轉型」目標，開發商正加緊腳步，風機數量及其裝置容量預計在這幾年內就會大幅增加。未來漁業物種的分布及移動是否會受到風場施工、營運的影響以及如何降低作業漁場與作業型態改變對漁民的衝擊，都將是水試所持續關注的課題。另外，水試所也會積極推動臺灣海峽之海洋環境及漁業資源的監測、調查與解析研究，期能提供離岸風能與漁業共享水域內漁業發展及開發新型態漁業之科學參考數據。

在離岸養殖試驗方面，綜合上述結果，初步證實於風機海域進行離岸養殖

的可行性，以牡蠣來說，其成長相較於一般淺海養殖者快速，且利用籠具養殖牡蠣，有別於傳統的蚵串養殖方式，可進一步發展成新式漁業，並解決近岸牡蠣養殖受到河川污染影響之問題，提高牡蠣品質與食用安全。另外，風機機座與相關養殖設施可成為水產生物棲息、避敵及繁衍的良好場所，對於復育與增裕漁業資源具正面效果，且可透過資源外溢效果，產生新的漁場，進而提高鄰近漁民之收益，開創綠能與漁業共榮並存的雙贏契機。

