

離岸風力發電對魚類及漁業的影響評估

邵廣昭¹、邵奕達²

摘要

離岸風力發電是國家既定之能源政策，目前政府正積極推動中。雖然部分風場的開發案已通過環評的審查，但在歷次審查會中，常會被問到風機建設應會對海洋生物及漁業造成影響。其中有些說法很有爭議，也容易被誤導，故實有釐清的必要。因此本文乃選擇其中十項略作說明，謹供大家參考及指正：(1)施工打樁及運轉的噪音會對魚類特別是石首魚造成影響；(2)海纜的電磁波會影響海洋生物；(3)設風機會加速引入外來入侵種；(4)建設這麼多風場會讓漁民沒辦法抓魚；(5)到風場內捕魚的外縣市的漁民也需要補償；(6)防淘刷的拋石及埋海纜會傷害底棲生物和底內生物；(7)人工魚礁的聚魚及培育資源效果反而會加速資源的枯竭；(8)設風機會使沙泥變成岩礁生態系；(9)設那麼多的風場應要評估累積的效應；(10)在監測和調查時應該要有衝擊區以及對照區的設置和比較。

一、前言

離岸風力發電是目前被公認最環保的能源開發選項之一，在歐洲、北美及亞洲等地正在快速發展與興建中。根據國際再生能源總署的統計數據，海上風能的增長趨勢已呈現每年約 25% 的指數型成長 (<https://www.irena.org/>)。而臺灣海峽因擁有世界級豐富的海上風能資源，為能達成政府 2025 年廢核以及再生能源發電占比達 20% 的政策目標，政府正積極推動太陽能及離岸風電開發，以期能取代目前佔全國發電量的 19% 的核電。台灣迄今已有超過 30 個離岸風場已申請環評審查，其中有十餘個風場已通過環評審查，有幾個正在施工中，竹南海洋風場的 22 支風機則已在 2019 年底完成商轉。但因各種因素及 COVID-19 疫情影響，目前進度明顯落後，今年(2022)七月已受到監察院糾正及立法委員的質詢。

在海洋生態方面，台灣海峽的環境敏感因子眾多，包括漁業補償、鳥類(蝙蝠)的撞擊以及噪音對白海豚及魚類的影響等等。環評的嚴格審查目的是為了要減少在施工期間對海域生態的影響，實有其重要性和價值。離岸風機的海域的環境調查及影響評估在國外，特別是溫帶的歐美或大西洋地區，雖然已有超過 20 年以上的施工和營運的經驗以及許多研究成果可供參考。但畢竟台灣位於西太平洋熱帶與亞熱帶海域，海洋生物多樣性及漁業資源較為豐富，但在缺乏過去

海洋生物的基礎生物學的研究以及海域生態長期調查的可供參考的情況下，還是只能邊作邊修正，期望未來能提供更好的減輕對策。以下是整理近年來國內外有關離岸風機最近的研究成果來回覆在環評會議中常被質疑的十個問題：

1. 施工打樁及運轉的噪音對魚類特別是對石首魚的影響有多大？

海洋並不是安靜無聲的環境，自然狀態下就有各種聲音。雖然營運噪音在主要頻段(125Hz 左右)在一定距離內的音壓可能高於石首魚的聽覺閾值。但是在環境中的背景噪音中其實並不顯著。若是以生理的層面來說，聽的到並不意味著必然會造成影響 (Andersson 2011)。模擬實驗中，不論是虱目魚(Wei et al., 2018)、黑鯛(Chang et al., 2018)或是石首魚(大頭白姑魚)(Guh et al., 2021)都必須長時間，且近距離地暴露在運轉噪音(138dB)之下一至數週才會發生顯著的影響。以石首魚而言，Guh et al. (2021)的研究顯示在運轉噪音的長時間暴露下，可能導致聽覺曲線的改變，結果雖顯示噪音暴露與聽覺能力衰退有關。但是這樣的實驗條件已相當於在緊鄰著機樁的距離中長時間棲息，顯然這在野外環境並不會發生。另一方面，石首魚的鳴叫確實很可能是種內溝通的方法。目前已知該海域的主要石首魚物種鳴叫聲主要落在 294 Hz(大黃魚)到 551 Hz(截尾白姑魚)之間(黃 2016)，與運轉噪音的頻率有落差。不論是能量上的屏蔽(energetic

masking) 或訊息上的屏蔽(informational masking), 都與噪音在訊號(動物鳴叫聲)主要頻率上的能量強度有關(Clark et al., 2009)。由於運轉噪音的主要能量集中在較低的頻率(125Hz), 在目前已知的石首魚鳴叫聲頻率部分的能量分率相對很低, 自然造成訊號屏蔽的可能性較小。目前的生理研究多是以模擬實驗進行, 但是在開放水域中實質的生態影響還需要設法做比較深入的研究。

此外, 海洋大學已累積過去 6-7 年來在台灣海峽所採到的魚卵和仔魚的分生鑑定資料(尚未發表), 結果發現石首魚的產卵季和產卵場並不明顯集中, 不但產卵期長, 產卵場的範圍也很廣(圖 1)。所以很難採用停止施工期來避開他們繁殖期或繁殖場的減輕對策。目前都只能採用緩起動措施先驅離魚類, 輔以雙層氣泡幕來減噪。若是比較打樁前後石首魚鳴叫聲發生的頻率與音量差異, 台大海工系的研究指出打樁對海洋生物的鳴唱行為會有些影響; 但在風機架設完成後之鳴唱及活動量卻有增加的現象(Siddagangaiah et al., 2021; 2021b)。



圖 1：以分生鑑定石首魚科的魚卵和仔魚, 發現黃金鰱鯪 *Chrysochir aureus* 的產卵期由夏季到冬季; 產卵場遍及苗栗、台中、彰化及雲林縣都有。

2. 海纜的電磁波是否會影響海洋生物?

美國內政部海洋能源管理局 (BOEM)2021 公布了一份文件, 指出自然界的電磁波在海洋中也無所不在。海底電纜雖是來源之一, 但電信用的纜線也會發出交流(AC)和直流(DC)的電磁波。離岸風場的電磁波主要來自佈設於海床下連接風機再傳輸到陸上的電纜線。這些電纜線所產生的電磁波的強度遠低於法規

的安全標準 12-100 倍。家用的電視、吹風機、電鑽所釋出的電磁波也相當於海底電纜線所釋出的量。因為海底電纜外層有金屬的保護套保護, 且埋藏在海床下 1-2 公尺深, 故能逸出的量更為微弱。

3. 設風機會加速引入外來入侵種嗎?

在北海南部的 OWF 確實發現了外來種, 例如太平洋牡蠣和搖蚊, 但都只在潮間帶和飛濺區(De Mesel et al., 2015)。在潮間帶下較少, 多半是貝類, 其源頭也可能是貨櫃輪的壓艙水從國外帶來的幼生, 或是輪船船底的附著生物。風機只是提供了附著生長和傳播的機會。外來種也不一定是入侵種。台灣的魚礁過去 50 年來投放了 88 個地點, 並沒有引來外來入侵種的報導(漁業署 2012) (圖 2)。



圖 2：漁業署在苗栗白新魚礁-鋼鐵礁的魚礁, 顯示台灣海峽雖然水質較混濁, 但魚礁效果一樣良好。(2015/4, 李淳銘攝)

4. 建這麼多風場會讓漁民沒辦法抓魚?

國內外研究皆證實, 離岸風場進入運轉階段後, 會有明顯的魚礁聚魚效果, 對於漁業資源而言是正面效應。只是在施工過程可能對漁民造成不便, 運轉後也可能使得漁民難以在風場內作業, 因此政府訂有漁業補償基準來彌補漁民的損失。但風場如可將漁業排除在外, 則會發揮海洋保護區的成效(Ashely, 2014)。風機可以使大型動物群落免受移動漁具的損害, 保護了被開發的物種, 並可產生溢出效應 (Busch et al., 2011; Langhamer et al., 2012; Coates et al., 2016)。排除風場地區捕魚可能導致漁獲量下降, 但在英國肯特平原和北霍伊爾風電場的監測發現, 風場建設前後的 CPUE 沒有差異, 如單就拖網的調查發現在肯特平

原風場，幾乎所有物種的 CPUE 都有增加 (Mangi, 2013)。在一項關於在愛爾蘭海捕魚的商業漁民的船隻監測系統 (VMS)，上岸和問卷數據的研究中，Gray 等人 (2016) 發現，儘管愛爾蘭海風場內允許捕魚，但由於漁民擔心損壞漁具(覆網)，船隻發生故障後容易和風機相撞，還需要維修而中斷捕魚，故漁民到風場內捕魚次數已經減少，國內外的許多研究報告均已證實基樁式風機的水下基礎及防淘刷的堆石或是浮式風機的浮台、纜繩及錨錠除了有魚礁聚魚及培育魚類資源的功效外，同時也可以防止漁民在附近用網具捕魚，因此也具有類似海洋保護區的限漁或禁漁的效果，使漁業資源可以永續利用。由於劃設海洋保護區並落實管理是海洋保育最簡單、最經濟、最有效的工具，也已成爲全球的共識和未來的趨勢。如果風場內的禁漁範圍越大、管理的愈嚴格，那麼保護的成效就會越高。

5. 原本會到風場內捕魚的外縣市的漁民也需要補償嗎？

雖然內政部有公告「國土計劃的直轄市縣(市)海域管轄範圍」，來劃定個縣市的海域管轄範圍，但在 3-12 海里的《海域管理法》尚未通過立法，且既使通過，也很難禁止和管理漁船跨縣市捕魚的問題。但風場在做漁業補償的時候，業者只會和當地漁會和漁民去協商，很難去和外縣市跨界來捕魚的漁民去協商。因為這牽涉到權益分配及行政管理的問題。一個風場的漁業補償金如果不是全部給該縣市的漁會，而是依照入漁漁船縣市的比例去分配給其他縣市的漁會，應會遭到當地縣市的漁會的反對抗議。何況漁業補償金額的估算，並非完全以科學的調查數據為依據。補償金的估計應已考量到各種不同的損失，包括漁民不能進入風場捕魚的，需要繞道所造成油料和時間的損失等。且漁業補償的問題也不屬於環境影響評估調查和討論的項目。

6. 防淘刷的拋石及埋海纜會傷害底棲生物和底內生物嗎？

沖刷(scour)是海洋工程(風機、橋墩、堤岸、碼頭)

中的麻煩問題，沖刷或淘空基座甚至於可以到 10 公尺深。風機底座了要防止淘刷，因此需要設法拋石或採取各種固樁的方式。風機打樁及投放固樁的石塊，多少會傷害少數不會逃離的底棲無脊椎動物：包括生活在底土表面的大型底棲動物 (macrobenthos)，或稱底上動物 (epifauna)，及在海床下的底內動物 (infauna)。或生活在砂石縫隙中要用顯微鏡看的小型動物 (meiofauna)。但他們的族群量甚大，且繁殖力甚強，很快就會恢復。反之，風機的機體或基座防淘刷的拋石的硬底質表面逐漸會有固著型的底棲海洋生物開始生長包括海藻、海綿動物、棘皮動物、苔蘚動物、藤壺、牡蠣等等的附著生長，為許多小型的餌料生物提供了棲所及其他魚、蝦蟹類的食物和棲地，營造出一個以岩礁為主的新的生態系。風機基座利用不同類型的固樁物都會有魚礁效果(Langhamer, 2012; 邵, 2018) (圖 3)。

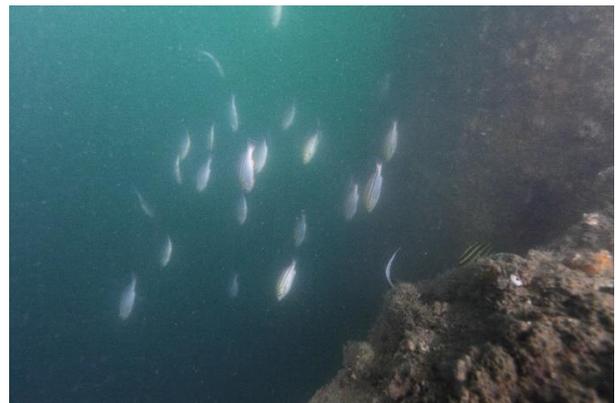


圖 3：竹南示範風機的魚礁效果顯著 (2017/6 調查，李淳銘攝)

7. 魚礁的聚魚及培育資源效果反而會加速資源的枯竭嗎？

正好相反，已有非常多的報告證實風機在營運之後對魚類而言，都是正面多於負面。風機不論是基樁式的水下基礎及結構物都會有魚礁或聚魚裝置 (FAD) 之功能。Wilhelmsson et al. (2006) 的研究結果也指出在風場鄰近海域的魚類豐度比外圍海域為高，但物種豐富度和歧異度之值在兩海域則相似。但是在貼近各組風機附近的魚類群聚組成不同，且總魚類豐度較高。

挪威 Horns Rev 離岸風場應用聲波探測及漁獲試

驗證實，個別風力機組基座附近產生局部聚魚效果，魚群數量及密度均顯著增加 (Leonhard et al., 2011)。根據美國能源部對海上風電項目的影響按階段(建設、營運和退役)進行評估。以布洛克島(Block)風場為例所創造出的棲息地和礁體效應，特別是風機基礎和沖刷材料都是正面的影響，但是也有和觀光及漁業的競合問題。過去國內也曾有人認為魚礁聚集魚群反而讓漁民更容易把它們釣走，因此會變成生態陷阱，加速資源枯竭。但這是管理的問題，如果風機周邊水域能夠完全禁漁，就能夠發揮海洋保護區培育資源的功能，真正達成「護魚」而非「護漁」的目的。畢竟，風場在開發之前業者其實已經和當地漁會已完成漁業補償的協商。理論上就應該完全禁漁，但是業者為了敦親睦鄰，也很難去禁止(圖4)。因此仍有過漁及覆網問題，使資源保育的效果大打折扣。西海岸的離岸風機和魚礁一樣都有違規使用刺網在附近作業，造成覆網的「幽靈漁捕」(ghost fishing)問題，不但破壞底棲生態也造成資源浪費。



圖 4：彰化外海管架式風機旁因魚群聚集，故常吸引漁民或釣客來垂釣。(陳靜怡攝)

8. 設風機會改變海洋生態系，會使沙泥變岩礁生態系嗎？

風機水下基礎本身和基座防淘刷的保護工或拋石，的確如同魚礁一樣，會形成小型的岩礁生態系，但因範圍很小，因此並不會影響到或改變周圍原本沙泥地生態系。又，由於風場內每隔 500 到 1000 公尺左右的風機多少會阻礙網具漁業的作業，使得風場範圍內產生避免魚類被一網打盡的海洋保護區的效

果。根據 Methratta & Darrick (2019)整理了歐洲 7 國 13 個風場有記錄風場內和風場外魚類物種及其數量的資料。並將所有魚種依照棲性分成「軟底質棲性」、「硬底質棲性」及「表層洄游性」三大類。研究報告證明風場內(衝擊區)不論是岩礁或沙泥底棲性魚類的豐度均較風場外(對照組)高。只有表層洄游魚類不顯著。所以風機並不會改變沙泥生態系。

如以風機的魚礁效果集中在以基樁中心點向外 50m 的範圍來計算，則每支風機所產生的岩礁生態系面積為 7,584 m²；55 支風機的總面積為 0.432 km²，占整個風場 108.7 km²的 0.397%，占整個彰化縣海域面積 3354.56 km²的 0.013%而已。由於每隻風機的魚礁效應都在 50 公尺內，而兩支風機間的距離大概都超過 500-1000 公尺，所以風機間原本的沙泥地生態系並不至於受到影響。在台灣四周亞潮帶的海底，90%以上的面積多是沙泥地。台灣海洋生物多樣性及魚類資源的減少又以岩礁魚類最嚴重，因為他們種多量少，價格較高，最先被過漁而枯竭。缺乏礁體是他們最大的生態限制因子，如果能投放魚礁或是設立風機，就會有機會復育岩礁棲性魚類。

9. 設那麼多的風場應該要去評估累積的效應；

在累積效應方面，如果每一個風場自己都有單獨做調查，就是單獨一個風場所造成的影響。如果有幾個風場靠在一起的話，自然監測的資料和結果就會顯示出這幾個風場是否有累積效應，也就是假設風場數目越多，生態劣化會越嚴重。同樣一艘漁船捕多少魚，和十艘或百艘漁船捕的量加起來也是累積效應；投放一座魚礁的聚魚效果和投放 10 座或 100 座的聚魚效果也有累積效應。只是一個風場對生態和魚類造成的影響通常難以量化，因為風機在施工和營運後，通常是看不到有魚類死亡的現象，只有去比較測站所記錄到的種類和數量的趨勢變化。換言之，如果照目前監測的方法持續監測下去，自然會知道風場增加是否會有累積效應，應該沒有其他更好的方法了。據了解目前許多國外風場的海域生態調查監測和評估好像也都沒有去作累積效應。可能是因為風機對於生態環境的衝擊對魚類及漁業而言，並不明顯，且未來的影響可能是正面多於負面。

10. 在監測和調查時應該要有衝擊區以及對照區的設置和比較。

對照組可分為空間和時間兩個不同軸的比較。風機施工和營運對於海洋生態的影響，大家比較關心的應該是噪音的問題。所以空間上的對照組的位置應該要在遠離噪音或沒有噪音的地方。但又不能離得太遠，因為其他環境因素或生物的條件可能會不同。施工打樁的噪音對在周邊很近距離內活動的生物的確會造成傷害，但施工打樁對生物的影響其實是高強度的壓力變化，這與海洋生物本身的聽覺能力較無相關。而打樁的噪音可以藉由水體或底質傳的非常遠，所以只能夠用最佳的減噪的施工方法來處理。在營運噪音的部分，由於強度較弱且連續，不太可能發生如同打樁噪音般的急性傷害，但是仍有可能對部分聽覺較敏感的物種造成影響。在過去的量測資料中可知，來自風機的運轉噪音在一段距離以上即淹沒於環境噪音中，所以只要在風場外圍找到一處「不會受到風機施工及營運影響」之距離處來設對照組的測站。在空間上設對照組的好處是因為影響魚類資源或群聚變動的原因非常多，包括過度及非法捕撈、污染或氣候變遷等等，錯綜複雜不易釐清。如果對照組的魚也和衝擊區同時減少，就表示是大環境的其他的因素所造成，而不是風機的噪音。但是因為魚游來游去，常呈塊狀分布(patchy distribution)，取樣誤差很大。所以必須要有長期的資料，再用統計的分析來看是否有顯著的差異。至於時間上的對照組，就是實驗站本身在施工前、施工中及營運後三段時間內調查資料的比較即可，並不需要另外再設對照組。

二、結 論

根據國外許多研究期刊所發表的報告，基本上風機的開發對魚類的影響應該是正面多於負面。早在 2010 年，國際自然保護聯盟 IUCN 即已整理了上百篇的相關文獻，出版了一本離岸風場對魚類影響綜合評估報告(Wilhelmsson, 2010)。其結論是：隨著科技進步及經驗累積，新風機的形式、設置和打樁方法、調查技術、除役技術、組件循環利用等都會不斷推陳出新，因此對於環境和生態的影響將會越來越小。北海

基金會 (Stichting Nootdree) 後來在 2018 年，也對大西洋北海地區大規模的海上風電對海域生態影響發表了一篇綜合報告，其結論也和 IUCN 的相仿 (Vrooman et al., 2019)。但是到了 2050 年，因為風場面積可能會佔到北海的 20%，故長期影響仍然難以預測，需要採取措施來減低施工打樁時水下噪聲的影響。但是因為魚類會游泳逃避，所以過去許多風場在施工時均利用緩啟動將附近的魚類驅離，再利用雙層氣幕來減噪。近年來更研發出阻泥器或震動樁錘來大幅降低噪音，甚至於在底質和地質合適時，採用最新的「負壓沉箱式工法 (Suction cassion)」，就根本沒有打樁的噪音問題了。此外，如果採用浮式風機也一樣沒有打樁的噪音問題。

三、參考文獻

1. 人工魚礁漁業效益調查及可行性評估(2011、2015) 行政院農業委員會年度科技計畫研究報告。
2. 漁業署 (2012) 人工魚礁完全手冊, V1-6。
https://www.fa.gov.tw/view.php?theme=web_structure&id=181
3. 邵廣昭 (2018) 離岸風機兼具人工魚礁及海洋保護區的正面效益。海洋及水下科技季刊, 28(3) : 3-9
4. 劉莉蓮等 (2017~2018) 離岸風力發電對海洋生態影響之調查與評估-子計畫 III—雲彰隆起海域底質環境與底棲生物生態。科技部整合型計畫。
5. 黃柏崴 (2016) 臺灣西北沿海石首魚科之聲音特徵與時空變異。國立東華大學 海洋生物研究所碩士論文。
6. Andersson, M.H. 2011 Offshore wind farms ecological effects of noise and habitat alteration on fish, PhD Thesis Department of Zoology, Stockholm University, Stockholm.
7. Andersson, M.H., Sigray, P., Persson, L.K., 2011b. Operational wind farm noise and shipping noise compared with estimated zones of audibility for four species of fish. J. Acoust. Soc. Am. 129 (4). 2498-2498.
8. Ashley, M. (2014) The implications of co-locating marine protected areas around offshore wind farms. Doctoral Dissertation, University of Plymouth, UK, 407 pp.
9. Bergström, L., L. Kautsky, T. Malm, R. Rosenberg, M. Wahlberg, N.Å. Capetillo, and D. Wilhelmsson. (2014). Effects of offshore wind farms on marine

- wildlife—A generalized impact assessment. *Environmental Research Letters* 9(3):034012, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034012>.
10. BOEM (2021) ENVIRONMENTAL STUDIES : Electromagnetic Fields (EMF) & Marine Life. <https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/renewable-energy/mapping-and-data/Electromagnetic-Fields-Offshore-Wind-Facilities.pdf>
 11. Busch, M., K. Gee, B. Burkhard, M. Lange, and N. Stelljes. (2011). Conceptualizing the link between marine ecosystem services and human well-being: the case of offshore wind farming. *Int. J. Biodiv. Sci. Ecosyst. Serv. Manage.*, 7:190–203
 12. Chang, H. Y., Lin, T. H., Anraku, K., & Shao, Y. T. (2018). The effects of continuous acoustic stress on ROS levels and antioxidant-related gene expression in the Black Porgy (*Acanthopagrus schlegelii*). *Zoological studies*, 57.
 13. Clark, C. W., Ellison, W. T., Southall, B. L., Hatch, L., Van Parijs, S. M., Frankel, A., & Ponirakis, D. (2009). Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*, 395, 201-222.
 14. Coates, D. A., D.-A. Kapasakali, M. Vincx, J. Vanaverbeke. (2016). Short-term effects of fishery exclusion in offshore wind farms on macrofaunal communities in the Belgian part of the North Sea. *Fish. Res.*, 179: 131–138
 15. Degraer, S., DA Carey, JWP Coolen, ZL Hutchison, F. Kerckhof, B. Rumes 和 J. Vanaverbeke . 2020. Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography* 33(4):48-57 , <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.405> .
 16. De Mesel, I. F. Kerckhof, A. Norro, B. Rumes & S. Degraer (2015) Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia* 756(1) DOI: 10.1007/s10750-014-2157-1
 17. Gill, A.B., S. Degraer, A. Lipsky, N. Mavraki, E. Methratta, R. Brabant, (2016) Setting the Context for Offshore Wind Development Effects on Fish and Fisheries. *Oceanography* Vol. 33 (4) 18-127.
 18. Gray, M., P.-L. Stromberg, and D. Rodmell. (2016). Changes to Fishing Practices around the UK as a Result of the Development of Offshore Wind farms – Phase 1 (Revised). The Crown Estate, 121 pages. ISBN: 978-1-906410-64-3.
 19. Guh, Y. J., Tseng, Y. C., & Shao, Y. T. (2021). To cope with a changing aquatic soundscape: Neuroendocrine and antioxidant responses to chronic noise stress in fish. *General and comparative endocrinology*, 314, 113918.
 20. Langhamer, O. (2012). Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: State of the art. *Sci. World J.* Article ID 386713, 8 pages. doi:10.1100/2012/386713. (2012)
 21. Leonhard, S.B.; Stenberg, C. & Stottrup, J. (Eds.) 2011. Effect of the Horns Rev 1 Offshore Wind Farm on Fish Communities. Follow-up Seven Years after Construction. DTU Aqua. Orbicon. DHI, NaturFocus. Report commissioned by The Environmental Group through contract with Vattenfall Vindkraft A/S. DTU Aqua-report No 246-2011. National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark. 66 p.+ Appendices
 22. Mangi, S. C. (2013). The impact of offshore wind farms on marine ecosystems: a review taking an ecosystem services perspective. *Proc. IEEE*, 101: 999–1009 doi:10.1109/JPROC.2012.2232251
 23. Methratta E. T. & W. R. Dardick (2019) Meta-Analysis of Finfish Abundance at Offshore Wind Farms, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 27:2, 242-260, DOI: 10.1080/23308249.2019.1584601
 24. MIT Technical Review, (2017) New study: Offshore wind creates new homes for fish. *MIT Technical Review*, 22 › September 2017
 25. Raoux, A., S. Tecchio, J.-P. Pezy, G. Lassalle, S. Degraer, D. Wilhelmsson, M. Cahera, B. Ernande, C. Le Guen, M. Haraldsson, K. Grangere, F. Le Loc’h, J.-C. Dauvin, and N. Niquil. (2017) Benthic and fish aggregation inside an offshore wind farm: Which effects on the trophic web functioning. *Ecol. Ind.*, 72: 33–46
 26. Rodmell, D., and Johnson, M. (2005). The development of marine based wind energy generation and inshore fisheries in UK Waters: Are They Compatible? Report by University of Hull. pp 38.
 27. Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D. et al. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature* 592, 397–402 <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>

28. Siddagangaiah, S., Chen, C. F., Hu, W. C., & Pieretti, N. (2021). "Impact of pile-driving and offshore windfarm operational noise on fish chorusing." *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 8(1), 119-134.
29. Siddagangaiah, S., Chen, C.F., Hu W.C., Danovaro R & Pieretti, N. (2021) Silent winters and rock-and-roll summers: The long-term effects of changing oceans on marine fish vocalization. *Ecological indicator.*, Vol.125 June 2021, 107456,
30. Vrooman, J., Schild, G., Rodriguez, A.G., van Hest, F., (2019). North Sea wind farms: ecological risks and opportunities. North Sea Foundation, Utrecht, the Netherlands.
31. Wei, C. A., Lin, T. H., Chen, R. D., Tseng, Y. C., & Shao, Y. T. (2018). The effects of continuously acoustical stress on cortisol in milkfish (*Chanos chanos*). *General and Comparative. Endocrinology*, 257, 227-234.
32. Wilhelmsson, D., Malm, T., Thompson, R., Tchou, J., Sarantakos, G., McCormick, N., Luitjens, S., Gullström, M., Patterson Edwards, J.K., Amir, O. and Dubi, A. (eds.) (2010). *Greening Blue Energy: Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy.* Gland

organisms and meiofauna; (7) Whether the fisheries resource deplete become faster, because of the fish were gathering in the OWFs; (8) Whether the establishment of OWF can turn sand/mud or soft bottom ecosystem to be reef or hard bottom ecosystem? (9) Whether the density of OWFs induces cumulative effects; (10) Should we setup a control site to clarify the impacts of OWF sites during monitoring period?

作者簡介



邵廣昭，國立臺灣海洋大學/中山大學榮譽講座教授；。曾任中央研究院生物多樣性研究中心前主任、執行長；海洋大學海生所所長，中研院動物所所長。專長：魚類、海洋生物、生物多樣性、漁業、海洋保育、生物多樣性資料庫。



邵奕達，現任國立臺灣海洋大學海洋生物研究所副教授。畢業於瑞典斯德哥爾摩大學動物系。專長魚類生理、內分泌；與環境生理學研究。

英文摘要

Assessment of the impact of offshore wind power on fish and fisheries

Abstract

The development of offshore wind farm (OWF) is an established energy policy of Taiwan, and is promoted actively in recent. Although some OWF projects have passed the EIA review, the possible impacts of OWF construction on marine life and fisheries are still brought to public attention. However, some of these concerns are not supported by scientific evidences. Therefore, this short article was aim to explain some frequently arguments briefly. (1) Whether the noise of construction piling and operation affect fish, especially croakers; (2) Whether the electromagnetic waves of the underwater cable influence marine life; (3) Whether invasive species are introduced when wind turbines are built; (4) Whether large number of OWFs block ordinary fisheries; (5) Whether the non-local fishermen who fish in OWF area also need to be compensated; (6) Whether anti-scour rock-throwing and buried cables impact benthic