

OAC-112-019 (研究報告)

生態與生計的衝突：臺灣離岸風場空間利用 對於復育和養殖的取捨

成果報告

海洋委員會補助研究

中華民國 112 年 8 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

OAC-112-019 (研究報告)

生態與生計的衝突：臺灣離岸風場空間利用 對於復育和養殖的取捨

成果報告

學校：國立臺灣海洋大學

指導教授：曾聖文

學生：李其謙

研究期程：中華民國112年3月1日至112年10月20日

研究經費：新臺幣十萬五千元

海洋委員會補助研究

中華民國 112 年 8 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

目次

表次.....	(4)
圖次.....	(5)
摘要.....	(6)
第一章 前言.....	(9)
第一節 研究緣起與問題背景.....	(9)
第二節 研究問題與目的.....	(10)
第三節 文獻回顧.....	(11)
第二章 研究方法與過程.....	(14)
第一節 研究方法與步驟.....	(14)
第二節 訪談大綱設計.....	(15)
第三節 訪談對象說明.....	(16)
第三章 離岸風機水下基座整合利用模式—碳匯導向.....	(17)
第一節 貝類固碳案例探討.....	(17)
第二節 藻類固碳案例探討.....	(19)
第四章 離岸風機水下基座整合利用模式—補救生物多樣性流失導向...	(27)
第一節 人工礁體（開放式）.....	(27)
第二節 箱網養殖（半封閉式）.....	(33)
第五章 結論與討論.....	(36)
第一節 研究發現與討論.....	(36)
第二節 政策性建議.....	(39)
參考文獻.....	(42)
附件-期中報告審查意見修正對照表.....	(48)

表 次

表 1：受訪者資料.....	(16)
表 2：海藻吸收碳排階段.....	(21)
表 3：海藻形成魚礁階段.....	(22)
表 4：海藻影響海域氮排放之過程.....	(24)
表 5：離岸風場空間利用目的與效益分析.....	(37)
表 6：離岸風場空間利用之物種分析.....	(37)

圖次

圖 1：彰化縣風場分布與田野調查場域.....	(14)
圖 2：北港灣與堆疊蚌蠣.....	(18)
圖 3：牡蠣鈣化過程.....	(19)
圖 4：北海離岸風場的示意圖.....	(20)
圖 5：WIER & WIND 風場的供應鏈分工.....	(23)
圖 6：WIER & WIND 風場的公平分工.....	(23)
圖 7：WIER & WIND 風場的未來規劃.....	(26)
圖 8：安裝風機水下基礎上的讓珊瑚附著的網籠.....	(28)
圖 9：目標金字塔與環境物種示意圖.....	(29)
圖 10：3D 列印之附苗設備及附苗情形.....	(32)
圖 11：OLAMUR 風場的位置圖.....	(32)
圖 12：「管架風機+網箱」風漁融合一體化裝備示意圖.....	(34)

摘要

關鍵詞：離岸風電、復育、養殖、碳匯、生物多樣性

一、研究緣起

臺灣擁有豐富的風力資源，尤其海上風力更為豐富穩定，能夠提供更多電力。近年來，離岸風電成為重要的綠能戰略產業，透過在海上設置風機，可以遠離住區，減少對生活品質的噪音影響。然而，除了發電外，多角化經營成為離岸風場的熱門議題。台灣海峽擁有全球前20大最佳風場中的16處，彰化縣占了台灣36處離岸風場規劃中的21處。彰化縣擁有適合發展離岸風力的海域，但架設風機可能對當地漁業造成影響，尤其對定棲漁業和洄游魚種的捕撈造成困擾。德國與英國等地的案例顯示，離岸風電建置可以同時改善環境、提供海洋牧場機會和復育物種，也有部分投資商開展復育珊瑚等項目，以增加海洋生物多樣性。

二、目的

本計畫探討風場投資商研究復育珊瑚，而非研究當地存在已久的貝介類(如牡蠣)的原因，並提出權衡庶民生計和環境復育的問題。雖然當地牡蠣養殖可達生態保育和改善漁民生計，但外商仍將珊瑚復育置於首位，值得進一步研究。若投資商未獲漁民支持，風力發電設施建設將面臨困難。成功協商是離岸風電成功的關鍵。本計畫旨在不同角度分析風機水下空間整合利用模式，並提出如何平衡保育海洋物種和考慮漁民權益的建議。

三、研究方法及過程

本研究以彰化縣沿岸為研究對象，研究方法包括蒐集相關文獻、政策文件、統計資料和新聞報導，並設計訪談大綱執行質化訪談以蒐集第一手資料。透過田野調查，進行訪談、座談和實地踏查，並整理第一手資料進行文本分析。研究結果經由比對次級資料、訪談資料及研究者觀察記錄進行三角驗證、以提高研究信度與效度。

四、研究發現與成果

(一) 碳匯導向

1. 美國長島的離岸風場是美洲地區的代表性案例，這個風場由德國萊茵集團（RWE）和英國國家電網公司（National Grid）於2021年合作建設。該風場與康奈爾大學蘇福克郡海洋計畫（CCE Marine）合作進行蚌蠣的復育計畫，以改善水質和生態環境。計畫已成功將150萬隻蚌蠣放入北港灣（Northport Bay），並持續邀請專業人員和民眾參與。貝類養殖可以吸收海洋中的CO₂，降低大氣中的CO₂濃度，同時將碳儲存在碳酸鈣貝殼中，對環境有良好影響。

2. North Sea Farmers (NSF) 是一個國際性的海藻產業組織，他們與其他公司合作在斯海弗寧恩海上離岸風力發電場建立了世界上第一個位於海上風力渦輪機之間的海藻農場。這個風場的總裝機容量為350兆瓦，每年可以產生超過1.5億千瓦時的電力，並有助於減少溫室氣體排放，促進永續發展。該計畫已經經過幾年的試驗，成功實現商業規模的擴展，並達成聯合國永續發展目標。未來，他們計劃將海藻業務持續發展，並期望其他地區能效仿此概念，推動海藻和風能產業的發展。

(二) 補救生物多樣性流失導向

1. 本研究收集了補救生物多樣性流失的案例，根據生物生活環境分為人工礁體（開放式）和箱網養殖（半開放式）兩種方式進行探討。人工礁體是基於風機水下建設，吸引魚類聚集，透過提高初級生產力和營養鹽效應來補救生物多樣性流失。以丹麥沃旭能源為例，其與澎湖海洋生物研究中心合作，在風機基礎建設下實驗珊瑚孕生，以達到淨值正面效益和保護生態的目標。荷蘭WMR則研究人工魚礁對大西洋鱈魚的影響，並觀察其對生態系統的運作。澎湖海洋生物研究中心則開發人工藻場，提供生物多樣性，並促進漁業效益。OLAMUR計畫則在挪威和德國進行海帶和貝類養殖，並關注食品安全和生態保護。這些案例展示了如何透過不同方式補救生物多樣性流失，同時達到綠色發展和生態保護的目標。

2. 海上風電和鹹水養殖產業逐漸朝向海域合作發展，以實現持續、高效、綠色的發展。未來，鹹水養殖將與風力發電區域相結合，以達到更好的生態環境修復和資源利用效益。中國明陽智能在浙江舟山建造的「導管架風機+網箱」風漁融合一體化裝備，將風力發電和遠海養殖相結合，實現節約用海、提高投資回報、降低成本的目標。該裝備在2023年8月成功安裝於廣東陽江的風力發電機上，實現低碳漁業模式。然而，風漁融合還需解決環境影響、設計、運維等關鍵問題，透過科學設計和生態優先原則，可以實現海洋資源開發的新思路，最大化資源利用效益。

五、結論與討論

本研究發現從空間利用目的觀點，可依分為：1、碳匯導向及2、補救生物多樣性流失導向等兩種模式。在碳匯導向的案例中，依據生物種類區分為：貝類固碳案例探討以及藻類固碳案例探討。前者以貽貝類吸收 CO_2 轉化為 CaCO_3 形成堅硬的外殼，可以增加生物碳匯以達到減碳效益，後者則以海藻進行光合作用及固碳作用，亦可達到減碳功效。在補救生物多樣性流失導向的案例中，依據生物生活環境區分為：人工礁體（開放式）以及箱網養殖（半開放式）。前者以風機水下建設為基礎，在開放水域中衍伸出人工礁體，作為物種復育或補救生物多樣性的棲地，後者則在開放水域中搭設箱網養殖設施，以半封閉的方式增進生物多樣性。

在政策性建議方面，本研究認為在海洋保育法(草案)和海域空間管理法(草案)，政府可考慮同時推動綠色能源發展與保護生態。為實現此目標，政府應要求項目承辦商在開發前進行詳細的環境影響評估，並制定嚴格的生態保護計畫。在海域空間管理法制定過程中，需平衡漁業和能源發展的利益，可透過定期對話、劃定特定區域、共享資源和補償機制、環境監測、資訊透明和教育等方式達成。

第一章 前言

第一節 研究緣起與問題背景

臺灣的地理位置深受季風影響，風力資源相當豐富，海上的風力資源也較陸地風力豐富且穩定，同時間內能提供更多的電力。近幾年來，離岸風電成為重要的綠能戰略產業，將風機設置在海上，可以遠離沿岸民眾居住地，降低噪音對於居民生活品質的負面影響。然而，除了發電外，離岸風場的多角化經營更是近年來熱門的議題。全球的前二十大最佳風場，臺灣海峽就佔了多達 16 處，在政府規劃全臺三十六處離岸風場中，彰化縣就有二十一處，佔比高達六成¹。

彰化縣位於臺灣中西部，西臨臺灣海峽，平均海域水深不到 50 公尺，有著全臺灣最淺的海域，一年四季都有風，相當適合發展離岸風力²。也因為彰化海域海底隆起產生的湧升流，會帶來豐沛的營養鹽，造就沿岸捕撈漁業盛行。漁民常年在沿岸抓捕定棲種魚貝介類，在冬季時亦有大量的洄游魚種，如：烏魚等等，更是高經濟魚種中的大宗³。然而，一旦架設風機，彰化的天然魚場會因為風機的阻擋而被迫停撈，尤其漁民絕大部分從事的是以流刺網為主的家計型刺網漁業，還有少部分的拖網漁船⁴。而這類的方式，是需要大面積的完整海域進行拖曳捕撈，而聚集的風機正好阻擋了漁船捕撈的位置。若漁民為了生計而執意捕撈，除了迫使漁民將網子長度縮減，或是加長捕撈時間外，甚至有被捲入其中的危險，對漁民都是一大損失。

從新聞中觀察，或許只是單純漁民跟風場投資商之間單純的利益關係。然而，但在 2022 年 5 月初時，沃旭能源宣布要展開全球首創的「珊瑚孕生可行性研究」

¹ <https://esg.ettoday.net/news/2208103?redirect=1>

全球 20 大風場「臺海佔 16 處」離岸風電「疫後復甦」衝刺搭建

² <https://www.cw.com.tw/article/5085013>

彰化縣 得天獨厚的綠能首都

³ 洪一平 (2021)。地方利害關係人在促進海洋與海岸管理的關鍵角色—以彰化區漁會為例。國立成功大學海洋科技與事務研究所博士論文，臺南市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/xxjq45>

⁴ <https://www.newsmarket.com.tw/blog/145532/>

風機下的漁業存亡 01》彰化外海插千座風機，漁民被迫全退場，轉型迫在眉睫

計畫。該計畫研究構想淺層海域海平面水溫升高是引發珊瑚白化現象的主因，而在距離海岸較遠的離岸風場海域，其基座也安裝在較底層的水域，海水的垂直對流混合，即避免水溫極端升溫情形⁵。除此之外，該研究目標是以非侵入性方式，收集被海水沖到岸邊的原生珊瑚卵，將其移植到鄰近的風機基座上，並觀察其是否能依附生長成健康的珊瑚群，若實驗成功復育，離岸風電建置將有助於增加海洋生物多樣性⁶。然而，本計畫查詢相關國外新聞文獻資料發現，德國萊茵集團（RWE）與英國國家電網公司（National Grid）合資成立 Community Offshore Wind，即在美國長島（Long Island）預計進行重建牡蠣棲息地，除了能達到改善港口水質環境，提供海上牧場的養殖機會，亦能達到復育物種的效益⁷。

第二節 研究問題與目的

準此，本計畫提出以下問題：鑒於德國復育的牡蠣實驗，為何風場投資商是優先研究復育珊瑚，而非研究臺灣當地可以復育的貝介類（牡蠣等等）？因為這些貝介類不僅可以達到生態保育的目的，更能改善漁民被影響的生計。

基於上述的研究問題，本研究計畫旨在探討有關庶民生計和環境復育兩者之間的權衡，例如：為因應氣候變遷對漁業的衝擊，產官學界正開發新型態的海洋牧場。農委會水產試驗所分別在澎湖、彰化、苗栗等地進行海上藻類、牡蠣養殖的研究。其初步成果發現離岸污染少，牡蠣長得比較快，且藻床有助增加小魚、蟹苗棲息空間⁸。然而，外商卻將復育珊瑚保育環境放在第一順位，若投資商在漁民權益上不能獲得支持，對其風力發電設施的興建上亦可能是困難重重的。

⁵ <https://esg.businesstoday.com.tw/article/category/180692/post/202205040059/離岸風機會是珊瑚新家嗎？%20沃旭啟動全球首創的研究計畫>

離岸風機會是珊瑚新家嗎？沃旭啟動全球首創的研究計畫

⁶ <https://www.windtaiwan.com/ArticleView.aspx?ID=ART00620>

沃旭啟動珊瑚孳生可行性研究 首創以風機水下基礎打造珊瑚新家園

⁷ <https://windtaiwan.com/ArticleView.aspx?ID=ART00771>

Community Offshore Wind 長島造礁計畫 重建美國牡蠣棲息地

⁸ <https://www.thenewslens.com/article/120655>

「海上牧場」可行嗎？離岸風機的基座，其實可以養生蠔

成功的協商，使的彼此成為誠以互相合作信任的關係，正是達成離岸風電成功的關鍵⁹。

在政策性建議層面，本計畫針對海洋保育法（草案）、海域管理法（草案）提出政策性建議。尤其在保育相關海洋物種的當中，如何顧及沿岸漁民原本的海域使用權利？抑或是對於未來海上牧場的實行，需要考量到利益關係人權利時，政策該如何補充或解釋，是本計畫的政策性意涵關注重點。

本計畫的後續章節安排如後：第二章、研究方法及過程：敘述本計畫研究方法；第三章、離岸風機水下基座整合利用模式—碳匯導向：探討目前以碳匯為導向之案例；第四章、離岸風機水下基座整合利用模式—補救生物多樣性流失導向：探討目前以補救生物多樣性流失為導向之案例；第五章、結論與討論。

第三節 文獻回顧

針對國際和臺灣本島對於離岸風電和養殖的研究，既有的文獻分為兩類：

(一)風電對物種的影響；(二)風電對環境的衝擊。茲分述如後：

(一)風電對物種的影響

首先，對於國外而言，研究表示風機基座是有可能增加甲殼類種生物的棲息環境(Roach et al., 2022)，且應考慮受影響種群的生態差異和擬開發的棲息地，確保丟棄物的排放和漁民效應不會因大規模變化而加劇棲息地破壞。而對於歐洲牡蠣(*Ostrea edulis*)卻是另一生機(Kamermans et al., 2018)，經過專業分析，北歐的風電廠就是歐洲牡蠣開發及復育的合適地點，包括生存、生長、繁殖和補充。此外，研究通過新建立的河床提供新的沉降基質所產生的積極回饋來擴大河床和生態延續性，更可以在總體上提高生物多樣性和增加魚類和魚類的產量。而且透過實驗，貽貝的養殖和風機的共存是可行的(Griffin, 2014)，將貽貝和風電場運營放在一起可以提高社會福利和空間效率，且與單獨的風電場相比，空間效率提高了 7-8%，產生的價值密度更提高了 207-230%，有著極大的效益。

⁹ 洪一平 (2021)。地方利害關係人在促進海洋與海岸管理的關鍵角色—以彰化區漁會為例。國立成功大學海洋科技與事務研究所博士論文，臺南市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/xxjq45>

其次，以國內經濟的彰化離岸風機海域為例，將箱網養殖進行 5 年的經濟可行性分析，並且以目前國內箱網養殖主要養殖物種海鱸(*Rachycentron canadum*)、布氏鰺鮨(*Trachinotus blochii*)、龍虎石斑(*Epinephelus fuscoguttatus* x *Epinephelus lanceolatus*)與新興潛力養殖物種條石鯛(*Oplegnathus fasciatus*)、斑石鯛(*Oplegnathus punctatus*)、黃鰭石斑(*Epinephelus flavocaeruleus*)設定為箱網養殖的投入魚種，得知斑石鯛具有最高承受能力(Huang et al., 2022)。但鑒於臺灣內需市場有限，加上年底水產養殖的水產品價格每年都有波動，採用分階段放養魚苗，可以避免漁貨過度集中因而影響價格(張旻宜，2022)。除此之外，全球任何海上風電場水域都沒有商業網箱養殖活動，箱網養殖仍須評估各項目的經濟、技術和法律可行性。談完海洋開發上與養殖之間的經濟關係外，更多為深入討論再生能源與傳統漁業經濟的衝突(張旻宜，2022) 離岸風電場的開發區與沿岸漁業、近海漁業在海域空間上重疊，且有關海域共用後風機、電纜、漁船損壞的賠償問題，在政府訂立相關補償辦法和訂定相關法律，才可避免彼此的衝突。因此，區塊開發的政策亦是重點之一(潘賢哲，2016)，首先的招商，其次的國產化，討論離岸風場在施工前場址的規劃、漁業補償機制、風電回饋機制、漁業活動的各項影響評估，最後的增進漁民福祉與促進地區漁業永續發展，更是重要。

(二)風電對環境的衝擊

風機的影響仍多討論在發展於發電的優點性，鮮少探討建立風機等開發是否會影響原先棲息在臺灣西部沿岸的臺灣白海豚(Taiwanese humpbacked dolphins)。將綠色能源投入於海洋，使得海上風電場、海豚和臺灣沿岸的土地利用有多個面向的轉換(Hung,2018)，人類對海豚棲息地的破壞促使我們重新考慮在土地利用上生產綠色能源場所方面的能動性。在對於這多方的土地利用上，海上風能提供了一個人類和海豚保育一個緊密聯繫。另外，海域保育白海豚法制的研究也是海洋保育的一大重點(郭學安，2017)，儘管國內之海洋保育法規已臻於完備，但對於特定地區日新月異的變化，是否需要因地制宜，修法成立一個海洋保護區並制定一套專門規定用以保護各樣物種，則尚待研究。

梳理以上的文獻，一類探討海洋物種及利害關係人之間的經濟影響，另一類為探討離岸風電對於海洋生態的破壞影響。而觀察到近年新聞，沃旭能源(Ørsted)近近期積極開發風電旁的珊瑚復育，認為除了能達到環境保護的目的，更名為生態帶來更多可能性。但，相比於美國地區的牡蠣復育實驗，為何臺灣的風電投資商沒有偕同當地的漁民一起研究如何改善當前的窘境，而是轉而研究復育的珊瑚？會有此實驗進行，其背後的利害關係人是能源公司？漁民？還是有其他相關人士？是我們需要進一步去梳理。汲取歐洲先進國家已經建立好的風電先例，我們在能源，經濟，環境三者中，透過海洋保育的觀點，加上臺灣近期通過草案的法規：海洋保育法，海域管理法，海洋污染防治法等等，還有哪些政策上的不足？尤其從政策上來說，從海洋保育的觀點，我們應該做哪些更具體的建議，是本研究想要探討的。

第二章 研究方法與過程

第一節 研究方法與步驟

彰化縣沿岸的風力資源，所帶來的綠能效益和工作機會不僅受到中央政府的重視，也投入大量的資金和人力，著實適合作為代表性樣本。針對彰化縣目前風場規劃和廠商協商的過程，本計畫的研究方法包括：首先是蒐集有關的相關文獻、政策文件、統計資料和新聞報導，並根據這些資料設計訪談大綱。鑒於指導教授曾聖文博士在臺灣和中國大陸已完成大量的相關研究計畫，能提供本計畫完善且專業的建議和指導，並驗證本計畫的田野調查之可行性。其次我們以田野調查方式，赴彰化縣沿海地區持續執行田野調查，進行訪談、座談和實地踏查。本研究計畫之田野調查場域請參見圖 1。

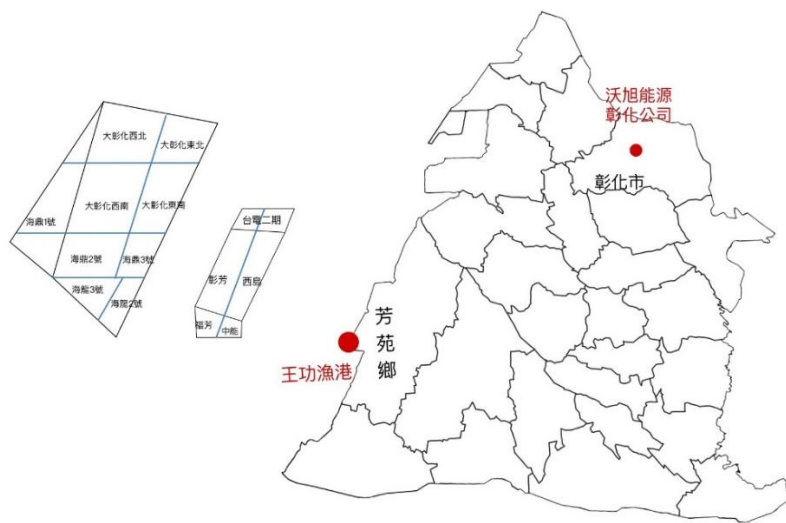


圖 1：彰化縣風場分布與田野調查場域

根據田野調查所獲得的資料，包括訪談紀錄、照片、文件、新聞報導...等加以分類整理，將訪談記錄製作文本。並且進行文本分析，以比對所收集的政策文件、媒體報導、研究文獻、照片、社區書面資料等，彙整研究結果作為撰寫研究計畫的實證基礎。

第二節 訪談大綱設計

根據本計畫的研究問題，訪談大綱內容設計如下：

(1) 投資商：為何想在臺灣投入再生能源的資源事業？有哪些誘因和利基？

如何向地方政府爭取各項優惠政策？如何與地方政府合作和電力（網）

公司協調輸電建設？近期看到報導貴公司有進行珊瑚復育實驗，是如何

評估？目前實驗進度是否有遇到甚麼困難？是請何者相關單位協助禁行

實驗？在其他國家有牡蠣相關的實驗，是否有考慮將其作為復育的目標？

面對漁民的補償要求，貴公司如何應對？

(2) 漁民：面對風電廠商進駐，對你們魚穫或養殖有哪些影響？那打算如何

提出賠償？那政府單位有哪些協助？如果風機全面架設完成並且運作，

願意轉型操作海上牧場的目標嗎？那風機架設對居民有甚麼好處嗎？

(3) 地方居民：對於建置離岸風場是支持及反對的理由為何？對於風機水下

空間利用有哪些想法及建議？

在訪談方面，依據指導教授的田野調查經驗，本計畫在座談會或訪談之前，會透過謹慎的口頭告知程序，由研究人員親自說明參與研究的條件和研究計畫目的、相關權利，以便保護被研究者之權益（包括不會對受訪者造成在身心上、財務上及潛在利益的衝突）。本計畫研究人員會以不記名及代號的方式記錄訪談資料。

本研究計畫在指導教授的社會人脈支持下，協助安排針對風電投資商、漁會及社區居民等進行訪談。以專家座談或質性訪談方式進行資料蒐集，並以不記名及代號的方式記錄訪談資料。

第三節 訪談對象說明

根據本計畫的研究問題及研究目的，本研究以訪談大綱為依據，執行四次質化訪談，依據訪談紀錄製作文本，作為本計畫的實證分析的基礎。每次訪談約 1-2 小時，受訪者的基本資料請參見表 1。

表 1：受訪者資料

紀錄編號	受訪者背景	訪談方式	人數	訪談地點	訪談時間
TWRE2303	風電投資商高階主管	結構式訪談 (面訪)	2	臺中市	112/06/28
TWRE2304	風電投資商中階主管	結構式訪談 (面訪)	2	彰化縣	112/06/29
TWRE2305	漁會高階主管	結構式訪談 (面訪)	1	彰化縣	112/08/03
TWRE2306	社區居民	結構式訪談 (電訪)	1	彰化縣	112/08/08
TWRE2307	風電投資商高階主管	半結構式訪談 (面訪)	1	彰化縣	112/08/29

資料來源：本研究整理。

第三章 離岸風機水下基座整合利用模式—碳匯導向

本研究蒐集有關於助於碳匯的案例中，依據生物種類區分為：貝類固碳案例探討以及藻類固碳案例探討。前者以貽貝類吸收 CO₂ 轉化為 CaCO₃ 形成堅硬的外殼，可以增加生物碳匯以達到減碳效益，後者則以海藻進行光合作用及固碳作用，亦可達到減碳功效。本章節將以上述兩種方式進行案例分析探討。

第一節 貝類固碳案例探討

美國長島的離岸風場是美洲地區的代表性案例，德國萊茵集團（RWE）、英國國家電網公司（National Grid）在 2021 年在下紐約灣（Lower New York Bay）共同投資的 Community Offshore Wind 離岸風電場。該風場與康奈爾大學蘇福克郡海洋計畫（Cornell Cooperative Extension, CCE Marine）合作¹⁰，在美國長島（Long Island）亨廷頓北港（Huntington-Northport）建立蚌蠣（*Mercenaria mercenaria*）的復育計畫。此計畫透過浮動 UPweller 系統（FLUPSY）¹¹使蚌蠣（*Mercenaria mercenaria*）幼體（seed）穩定成長，直至適當階段再進行放流¹²。

CCE Marine 成員兼海洋資源專家 Barry Udelson 曾表示：CCE Marine 在長島蘇福克郡（Suffolk County）有許多保護及恢復海洋棲息地的專案計畫，不僅是貝類 C.A.R.E.（Shellfish Community Aquaculture for Restoration and Education）計畫的起因，更延伸本次亨廷頓北港（Huntington-Northport）的計畫。截至 2022 年 10 月，已經將 150 萬隻蚌蠣放入北港灣（Northport Bay）中¹³。到 2023 4 月，CCE Marine 仍持續招募專業人員和民眾參與此計畫，目的希望全民一同參與復育蚌蠣的活動，已達成淨化水質和生態環境的目標（圖 2）。

¹⁰ 請參見 <https://www.nationalgridus.com/News/2022/06/Community-Offshore-Wind-Helps-Revitalize-Oyster-Habitats-on-Long-Island-with-Huntington-Northport-Oyster-Reef-Project/>

¹¹ 請參見

<https://www.facebook.com/CCEMarineProgram/posts/pfbid02pkc9B7cwnqVD61i6aMGAJAgY2EZwjTepVEgMFY85oUvkfT6o3meze9zioWnY4N6Pl>

¹² 請參見 https://fb.watch/krpTqr_ZLj/

¹³ 請參見

<https://www.facebook.com/CCEMarineProgram/posts/pfbid0DQWrdrdosMuxWRNXF4Vq74kRrBa6DbZqAnGpg6MDmrSqHioymmWjSepNjywiDEJTI>

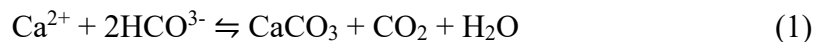


圖 2：北港灣與堆疊蚌蠣

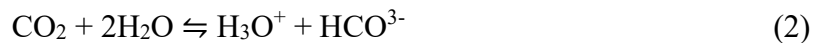
資 料 來 源：
<https://www.facebook.com/CCEMarineProgram/posts/pfbid0DQWrdrdosMuxWRNXF4Vq74kRrBa6DbZqAnGpg6MDmrSqHioymmWjSepNjywiDEJTI>

貝類生物在養殖生長過程中會吸收含有已溶解 CO₂ 的海洋水體，其 CO₂ 會在貝類體內轉化為 CaCO₃ 形成堅硬的外殼被封存。貝類養殖通過吸收海水中的已溶解 CO₂，進而降低水中的 CO₂ 分壓。大氣中的 CO₂ 將永續溶解到海洋中，進一步增強了水體對 CO₂ 的吸收能力，形成了該水域的碳匯效應¹⁴。

牡蠣能夠利用鈣化作用，將海水中的碳酸氫根離子 (HCO₃⁻) 轉化為碳酸鹽 (CaCO₃) 殼體。該反應的化學方程式為：



在形成 1 莫耳 (mol) 碳酸鈣的同時，不但釋放 1 莫耳 CO₂，亦會吸收 2 莫耳 HCO₃⁻。同時，二氧化碳的水解反應為：



這是一個可逆反應。通過降低水中碳酸氫根離子 (HCO₃⁻) 的濃度，可以促使反應向右進行。因此，附著在增殖礁礁體上的牡蠣通過鈣化過程，降低了水中碳酸氫根離子 (HCO₃⁻) 的濃度，提升了海域對二氧化碳的吸收能力。此外，牡

¹⁴ 資料來源：陸振岡--藍碳、綠能與精準水產養殖之簡報檔案。

蠣透過鈣化作用將碳儲存在碳酸鈣貝殼中，使其從地球化學循環中脫離出來。碳酸鈣貝殼對碳的儲存可以持續數百萬年，並且以貝殼 99%碳酸鈣含量估算，每生產 1,000 公斤貝殼，可固化 440 公斤二氧化碳，顯示貝類養殖可能是目前對環境最友善的養殖方式¹⁵（圖 3）。

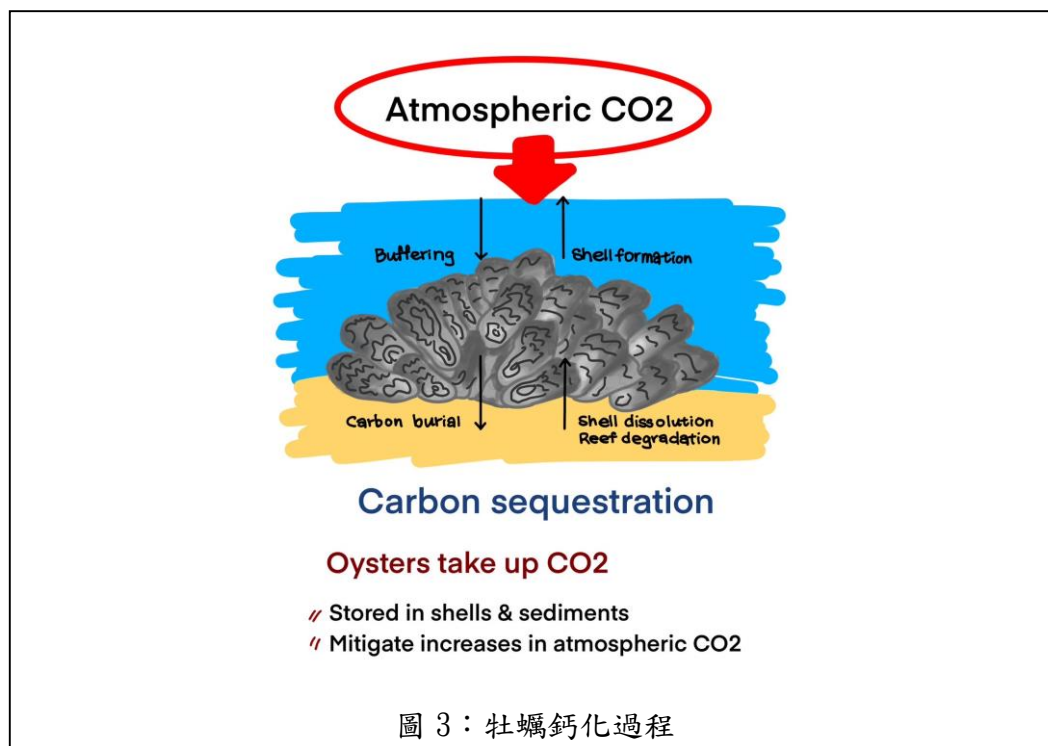


圖 3：牡蠣鈣化過程

資料來源：陸振岡--藍碳、綠能與精準水產養殖之簡報檔案

第二節 藻類固碳案例探討

North Sea Farmers（簡稱 NSF）係一間國際性海藻產業組織，在 2019 年 7 月於北歐計畫「Interreg Vlaanderen-Nederland」中，該組織和其餘五家公司另外提出「Wier & Wind」計畫（圖 4），目的係為了在斯海弗寧恩海上離岸風力發電場（Scheveningen Buiten Offshore Wind Farm）推出世界上第一個位於海上風力渦輪機之間的海藻農場。該風場的總裝機容量為 350 兆瓦（MW），預計每年可以產生超過 1.5 億千瓦時的電力，足夠供應約 15 萬個家庭使用。同時，發展商業化藻類養殖有助於減少溫室氣體排放，促進能源轉型和永續發展，且它也為當地經濟帶來了就業機會，並促進了當地的技術和工程行業的發展。該計畫於 2019 年

¹⁵ 同前註。

7 月開始，持續到 2022 年 6 月，經過幾年的試驗，已證實將可進行商業規模的擴展。

早期即投入風電綠能產業的北歐，對於風機基座底下可利用的海洋空間，也曾面對固有魚場被限制的困難，在北歐各國協調以及資本集團積極的協商及研究，成功打造全球首個以永續和自然包容性海藻生產為基礎的整合性風場。本研究從三個層面分析：(1.) 風場結合養殖設計、(2.) 永續發展目標成效、(3.) 風場未來規劃走向。

(1.) 風場結合養殖設計

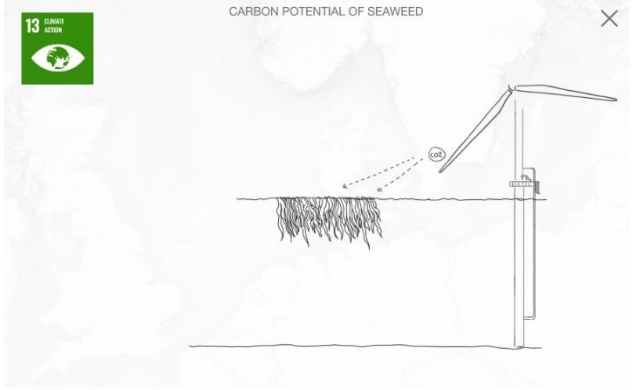
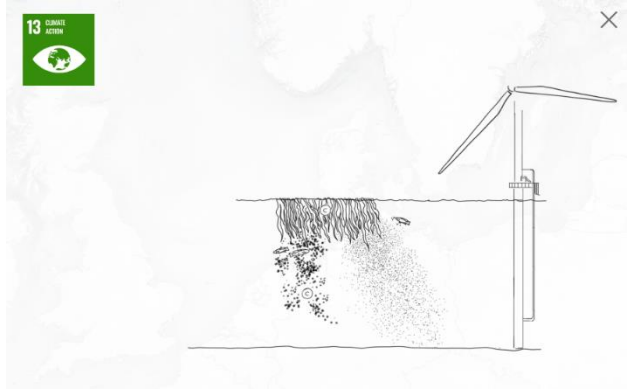
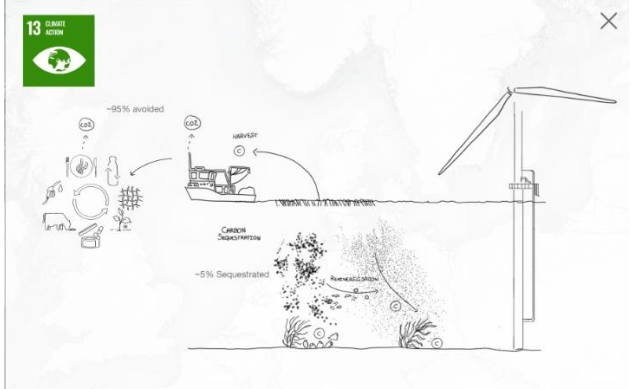
北海 (North Sea) 係北歐重要的航運航道和主要漁場，沿岸區域是鄰國受歡迎的旅遊景點，也是風能等再生能源的豐富來源。北海魚場在全球商業捕撈的魚量中超過 5%，但近幾十年來，過度捕魚導致許多漁業活動不能持續、破壞海洋食物鏈和成本上升。現時已在北海進行歐盟共同漁業政策，當中的目標是減少浪費魚類資源、提高漁業生產力、穩定漁業和水產品加工的市場，並提供價格合理的漁獲給消費者。除此之外，對於風機底部空間的利用，在「Wier & Wind」計畫下，欲以養殖海藻來進行有效利用，除了能以海藻吸收碳排放且作為加工品進出口 (表 2)，更能在水體中形成人工魚礁的效果 (表 3)。



圖 4：北海離岸風場的示意圖

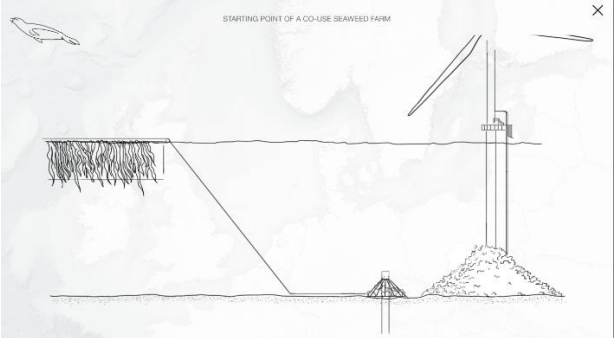
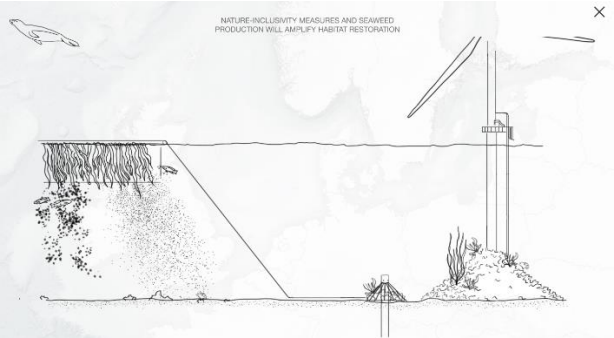
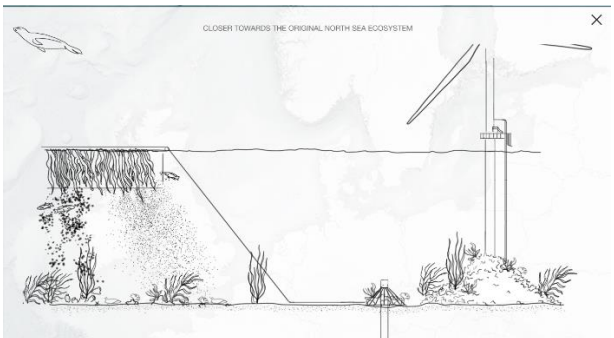
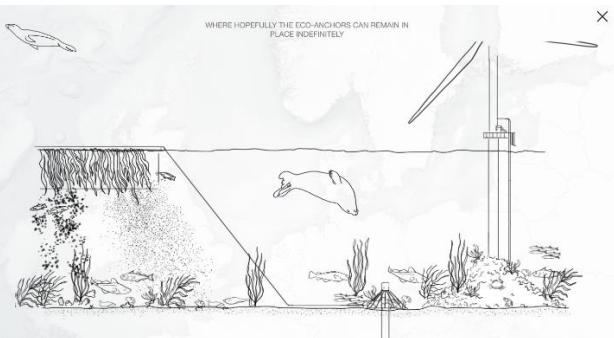
資料來源：<https://www.northseafarmers.org/about-nsf1>

表 2：海藻吸收碳排階段

階段說明	圖例
<p>初期：以海藻行光合作用，吸收海裡與大氣中大量的二氧化碳，以穩定溫室效應。</p>	 <p>The diagram, titled 'CARBON POTENTIAL OF SEAWEED', shows a vertical structure in the water with seaweed growing from it. A dashed arrow labeled 'CO2' points from the atmosphere down to the seaweed, indicating carbon absorption.</p>
<p>中期：海藻良好的生長提供橈腳類或各式微生物庇蔭之處，進而吸引大量魚類生物覓食，並且持續循環生物代謝的碳。</p>	 <p>The diagram shows the seaweed growing more densely on the vertical structure. Small icons representing organisms and fish are shown near the seaweed, indicating a thriving ecosystem.</p>
<p>後期：收割海藻將其製作成各式加工用品，並且剩餘的碳以再礦化（remineralization）作用進行封存。</p>	 <p>The diagram illustrates the full cycle: seaweed is harvested by a boat, processed into various products (like food and biofuels), and the remaining carbon is returned to the water through 'Remineralization', which is labeled as '-5% Sequestered'. The overall process is noted as '-95% avoided'.</p>

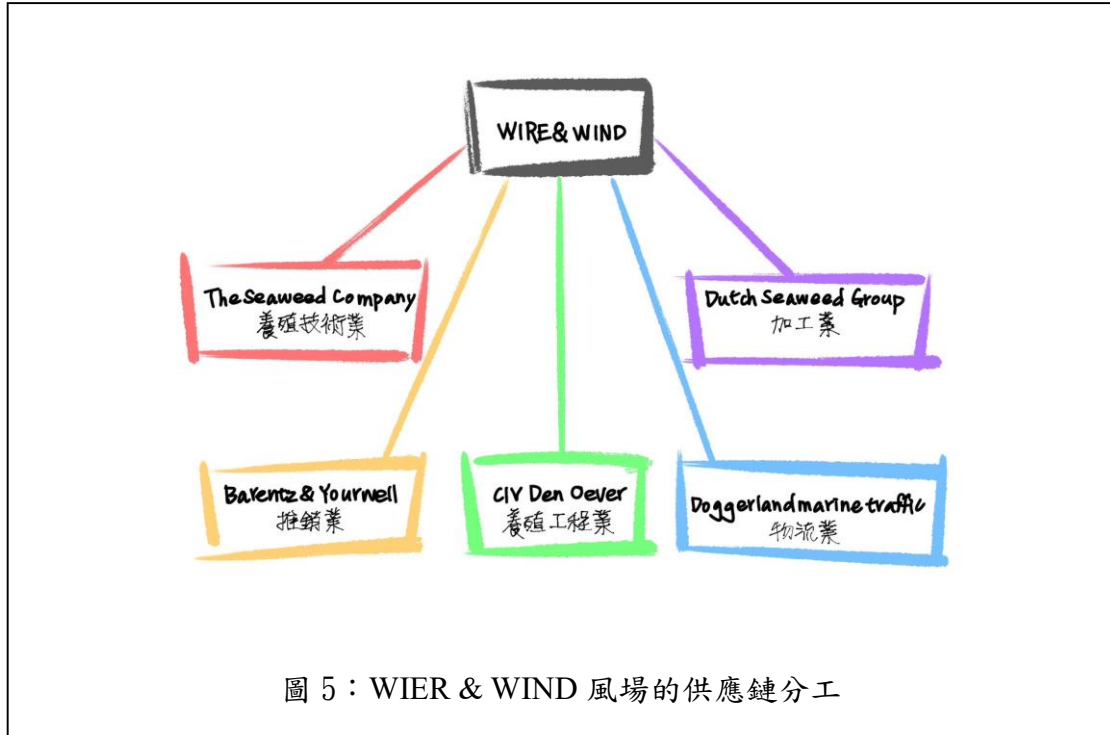
資料來源：<https://xd.adobe.com/view/55f174b3-8da0-41f4-bb0c-d61387d9de4c-00a2/?fullscreen>

表 3：海藻形成魚礁階段

階段說明	圖例
<p>初期：在風機基座附近空曠水體養殖海藻，此時海底因人為破壞或環境變遷無生物或植物生存。</p>	 <p>STARTING POINT OF A CO-USE SEAWEED FARM</p>
<p>中前期：海藻良好的生長提供橈腳類或各式微生物庇蔭之處，進而吸引大量魚類生物覓食。</p>	 <p>NATURE-INCLUSIVITY MEASURES AND SEAWEED PRODUCTION WILL AMPLIFY HABITAT RESTORATION</p>
<p>中後期：大量魚群的駐紮，所代謝的養分將注入原本毫無生機的海底，些微底棲生物或植物開始生長。</p>	 <p>CLOSER TOWARDS THE ORIGINAL NORTH SEA ECOSYSTEM</p>
<p>後期：長時間的代謝循環，演穰成為一個重要的生態系，吸引魚群、植物甚至是哺乳類於此生活。</p>	 <p>WHERE HOPEFULLY THE ECO-ANCHORS CAN REMAIN IN PLACE INDEFINITELY</p>

資料來源：<https://xd.adobe.com/view/55f174b3-8da0-41f4-bb0c-d61387d9de4c-00a2/?fullscreen>

成功的養殖計畫，對於生態和海藻計畫有完善的學術計畫外，對於供應商和實際養殖技術等更是密不可分。「Wier & Wind」對於技術面除了看中專業度，更是要求整體供應鏈的公平性和安全性（圖 5、圖 6）。



資料來源：<https://xd.adobe.com/view/55f174b3-8da0-41f4-bb0c-d61387d9de4c-00a2/?fullscreen>

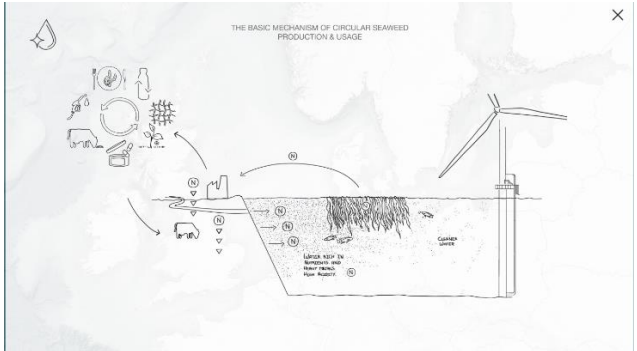
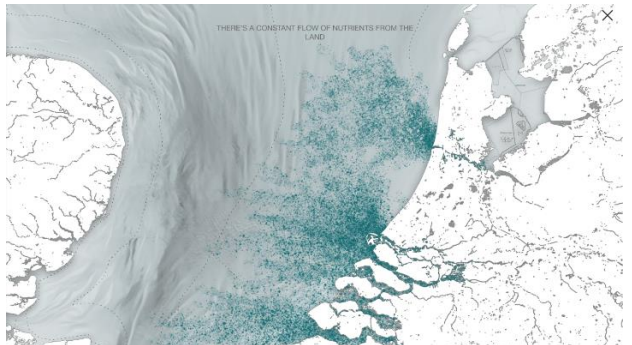
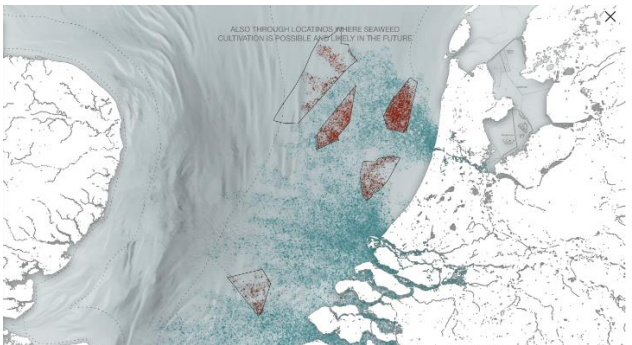


資料來源：<https://xd.adobe.com/view/55f174b3-8da0-41f4-bb0c-d61387d9de4c-00a2/?fullscreen>

(2.) 永續發展目標成效


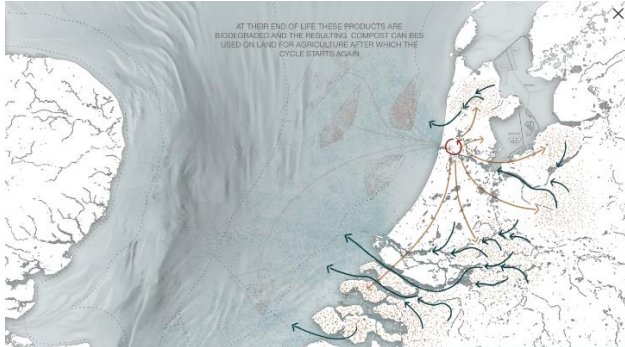
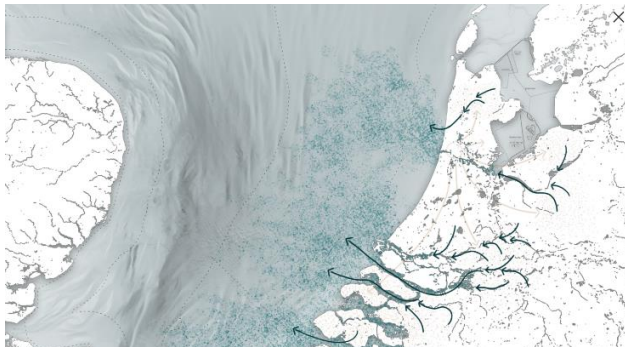
「Wier & Wind」在風機空間利用上有很好的成效外，對於聯合國永續發展SDGs 亦有卓越的成果。永續發展目標 SDGs 14 係「保育及永續利用海洋生態系，以確保生物多樣性並防止海洋環境劣化」，其中本計畫以 14.3 最為顯著：「減緩並改善海洋酸化的影響，包括透過在各層級加強科學合作」（表 4）。

表 4：海藻影響海域氮排放之過程

說明	圖例
<p>海藻對於氮循環整體的利用有顯著的幫助，透過吸收海中大量的氮和重金屬來達到淨化海洋效果。</p>	
<p>藍色部分為現今北歐河流下游處的氮排放量。</p>	
<p>紅色為計畫預計設置之海藻場域。</p>	

資料來源：<https://xd.adobe.com/view/55f174b3-8da0-41f4-bb0c-d61387d9de4c-00a2/?fullscreen>

表 4：海藻影響海域氮排放之過程（續）

說明	圖例
<p>紅色箭頭為一次收獲海藻所經之路徑。</p>	
<p>藍色箭頭表示海藻精處理後，會進行生物降解，並將產生的堆肥用於土地上的農業用途，氮循環將再次開始循環。</p>	
<p>明顯可見，流入海域中的氮將減少許多。</p>	

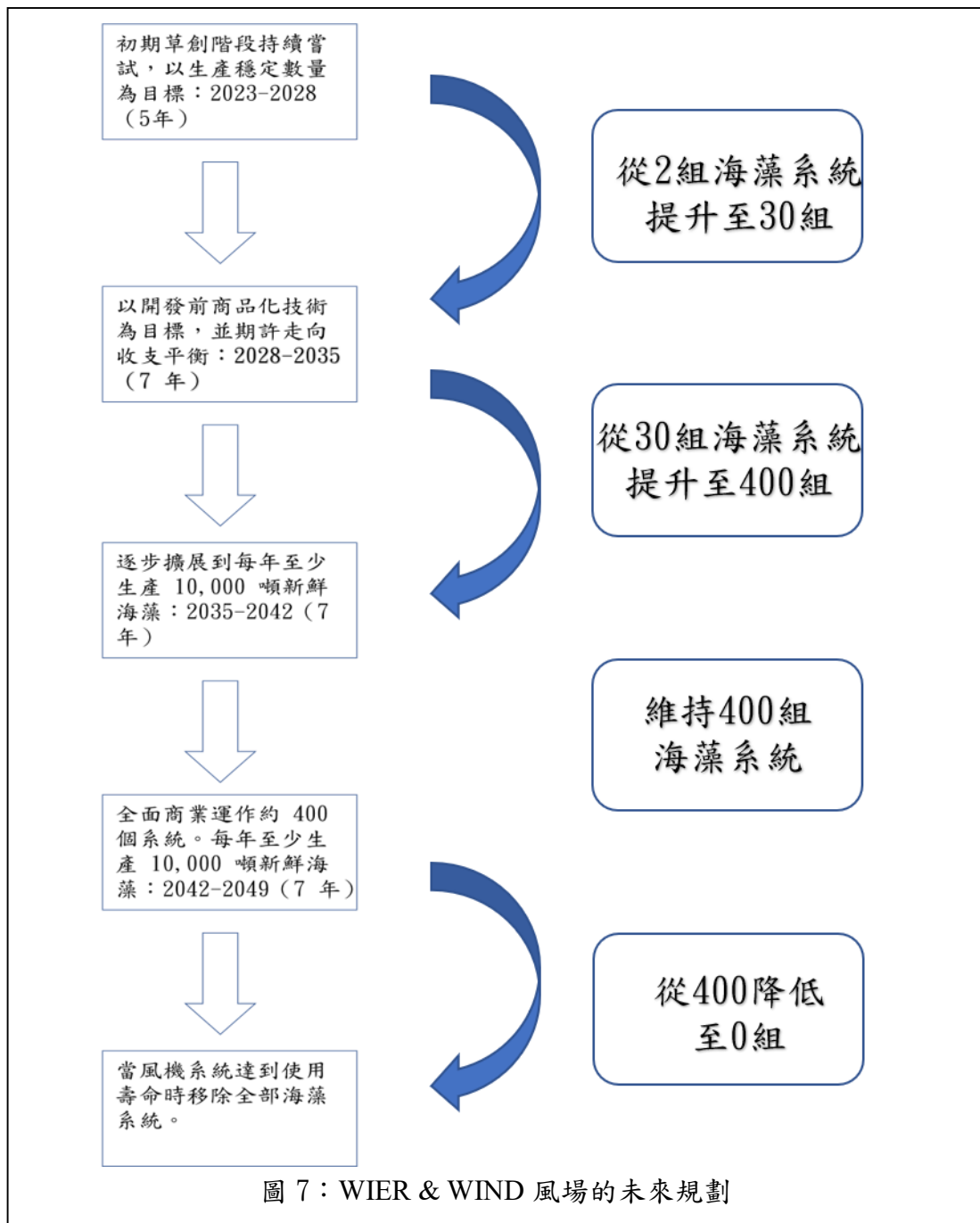
資料來源：<https://xd.adobe.com/view/55f174b3-8da0-41f4-bb0c-d61387d9de4c-00a2/?fullscreen>

該計畫對於永續發展目標 SDGs 15.1：「2020 年前，根據國際協議的義務，確保陸地與內陸淡水生態系統及其功能運作，獲得保護、復原和永續利用，尤其是森林、濕地、山脈和旱地。」亦有達到目標成效。

在海洋中種植海藻的其中優點：海藻不需要像傳統農作物需靠淡水來進行灌溉。原則上，海洋中的海藻種植完全不需要灌溉，唯獨在收穫後對海藻進行的加工可能需要淡水。根據預期的使用情況，清洗海藻可能需要不同量的淡水。然而，在某些情況下，也是能使用鹹水進行清洗的。

(3.) 風場未來規劃

該計畫於 2023 年 2 月獲得亞馬遜公司 (Amazon.com, Inc.) 「Right Now Climate」基金的補助，預計實施 25 年以上的創新海藻業務，其中不僅會生產海藻，還會將其加工成可供歐洲市場使用的產品。第一次收穫預計在 2024 年春季進行，並且持續至風機系統拆除，海藻系統及一同結束。此計畫期許許多國家、公司與投資者效仿此概念，並將歐洲海藻和風機行業發展到下一階段 (圖 7)。



資料來源：<https://www.northseafarmers.org/about-nsf1>

第四章 離岸風機水下基座整合利用模式—補救生物多樣性

流失導向

本研究蒐集有關於補救生物多樣性流失的案例中，依據生物生活環境區分為：人工礁體（開放式）以及箱網養殖（半開放式）。前者以風機水下建設為基礎，在開放水域中行伸出人工礁體，作為物種復育或補救生物多樣性的棲地，後者則在開放水域中搭設箱網養殖設施，以半封閉的方式增進生物多樣性。本章節將以上述兩種方式進行案例分析探討。

第一節 人工礁體（開放式）

海上風電開始運維後，基礎設施將可產生類似人工魚礁的作用，吸引魚類聚集。此效益可從風電場區的水文動力、營養鹽聚集效應以及初級生產力的提升的方面進行觀察。海上風電場所產生的化學以及生物擾動，會間接影響海上營養鹽的分佈，海水流經基礎設施和半潛式平台時，所產生的上升流會使得底層的營養鹽與表層海水充分交換，導致營養鹽明顯增加，如硝氮、氨氮、化學需氧量、磷酸鹽、總磷等。這將促進各種浮游植物的成長，提高海域的初級生產力，進而吸引浮游動物、魚類前來覓食。

一、丹麥沃旭能源（Ørsted）

丹麥沃旭能源（Ørsted）在 2022 年展開全球首創「珊瑚孕生可行性研究」，與澎湖海洋生物研究中心合作，欲利用離岸風機水下基礎提供的特殊環境，安置珊瑚幼卵，並實驗及觀察其是否能依附生長。在 2021 年，首度在澎湖的岸上實驗室測試，結果珊瑚卵順利孵化發育成幼蟲，附著在與水下基礎相同的金屬結構上¹⁶。

在 2022 年 6 月，收集大規模產卵活動中的珊瑚卵，安裝風機水下基礎上的網籠，完成了第一次珊瑚著苗試驗後（圖 8），卻在早期監測結果顯示珊瑚沒有

¹⁶ 請參見 <https://orsted.tw/zh/about-us/sustainable-approach/recoral>

達到預期的生長速度。沃旭能源認為，網籠中的珊瑚面臨較實驗室更具挑戰性的環境，包括強勁水流和其他物種的競爭。研究人員將進一步模擬其他條件，或者延長轉移時間，直到珊瑚達到更適應生存的階段¹⁷。

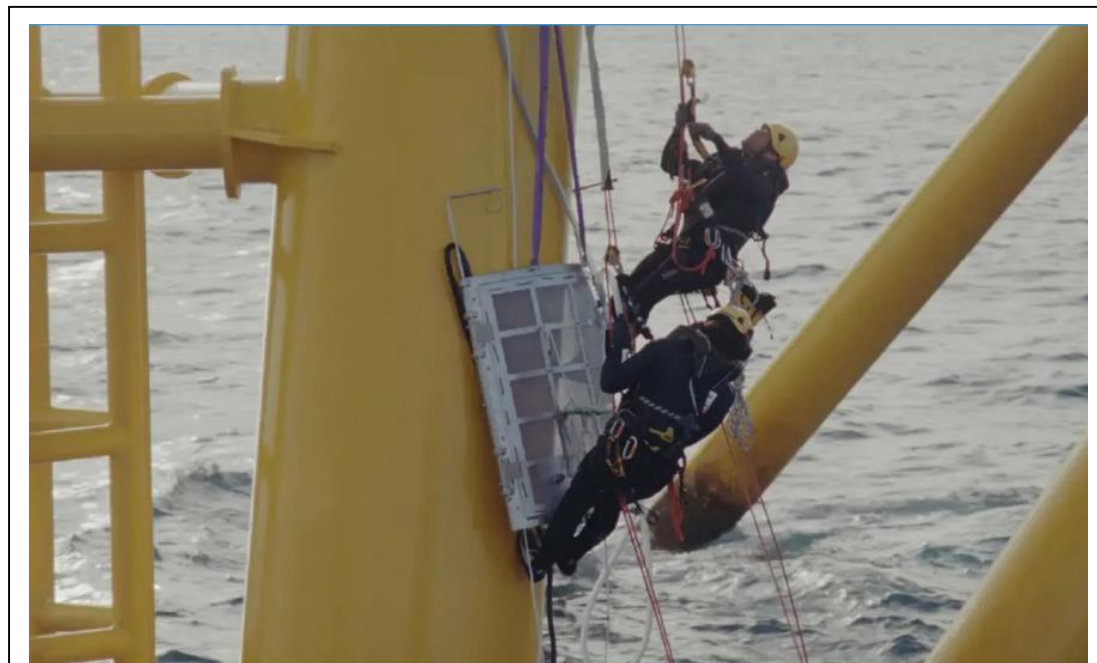


圖 8：安裝風機水下基礎上的讓珊瑚附著的網籠

資料來源：<https://orsted.tw/zh/about-us/sustainable-approach/recoral>

沃旭能源指出：「珊瑚孕生可行性研究」計畫旨在達到淨值正面效益，他們不需要從現有的珊瑚生態系中取卵，而是利用非侵入的方法，收集散逸到海岸邊、本來可能無法存活的珊瑚卵進行實驗研究，藉由採取各項措施，使效益超過損失，抵銷開發案對於生物多樣性的影響¹⁸。

從風電投資商的觀點，一位綠能集團項目主管受訪者表示：「離岸風場與生態共存的重要性會隨產業發展日益而增加，以該區生物棲地做評估，為了執行生態衝擊的減輕或使生物多樣性增加為目的才以珊瑚做為復育物種目標，而非進行商業活動。該公司在歐洲北海風場區域進行的鱈魚復育以及英國的鳥類保育也是為了符合上述之目標。」（訪談紀錄 TWRE2303）¹⁹。

¹⁷ 同前註。

¹⁸ 請參見 <https://www.gvm.com.tw/article/97027>

¹⁹ 112 年 6 月 29 日訪談紀錄 TWRE2303。

根據本研究的訪談，該綠能集團希冀此復育計畫以避免影響原生生物（鳥類、潮間帶生物、底棲生態、魚類、海洋哺乳類等等）為首要目標，其次為減輕風場棲地的影響，再進階為達成復育與抵換的效果，最後是以淨值正面效益為最終目標（訪談紀錄 TWRE2303）（圖 9）。在執行成果方面，雖然 2022 年的實驗結果顯示珊瑚沒有達到預期的生長速度，其可能原因是珊瑚產卵季節開始時間晚於預期，且原先設計之網籠很難在海上安全且有效地安裝，因此強勁的水流可能影響珊瑚幼蟲的生長。故該綠能集團在 2023 年決定再進行一次試驗，改良珊瑚附著的基質，測試珊瑚的附著偏好，使珊瑚卵在下水前能穩定附著，以增加珊瑚在海中的存活機率（訪談紀錄 TWRE2303）。

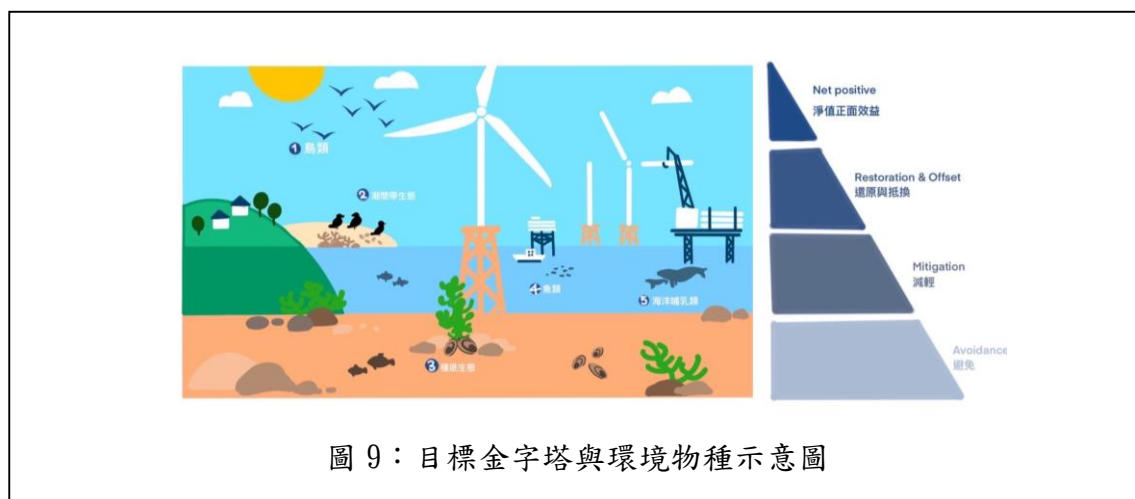


圖 9：目標金字塔與環境物種示意圖

資料來源：訪談紀錄 TWRE2303。

二、荷蘭 WMR

荷蘭 Wageningen Marine Research（簡稱 WMR）在 2023 年 4 月 18 日初步發表對於在風機機組下方空間架設人工魚礁的結果²⁰。通過發射器（transmitters）的相關數據調查，WMR 研究人員研究大西洋鱈魚（*Gadus morhua*）和歐洲龍蝦（*Homarus gammarus*）在水下的行為。在 2021 年 7 月，將 45 條鱈魚安裝了聲學發射器以追蹤它們的活動。至 2022 年 5 月，回收了發射器並收集了數據，之後再次將發射器重新部署。收集到的數據含有 GPS 坐標及數據，顯示出人工礁

²⁰ 請參見 <https://www.wur.nl/en/newsarticle/cod-love-artificial-reef-in-wind-farm.htm>

對於鱈魚有吸引魚群的效果，會聚集在礁岩附近並喜歡停留在其周圍。鱈魚在當地生態系統的運作中扮演著重要角色，倘若鱈魚狀態良好，即表明人工礁也適合其他魚類，或可成為其他海洋和底棲生物的棲息地。然而，龍蝦的相關研究並沒有明顯成效。

透過國外文獻可發現不論是陸上養殖，或是海中箱網養殖等等，歐洲龍蝦對於環境等養殖因素有極高的條件要求²¹，研究單位 De Rijke Noordzee 表示有 12 隻龍蝦被安裝了發射器，卻僅有零星幾隻在人工礁及其周圍停留了幾天，然後繼續遷徙。研究人員 Marcel Rozemeijer 解表示：「龍蝦對環境有很高的要求，它們喜好洞穴以供藏身之用。此外，它們需要大量的食物，這證實龍蝦對於環境的要求仍需進一步研究。然而，值得注意的是龍蝦在人工礁附近移動速度明顯較慢，這或表示牠們對於人工魚礁是有興趣的。」²²。

三、澎湖海洋生物研究中心

澎湖海洋生物研究中心在 2022 年 10 月研發「離岸風場藻貝類養殖之海洋碳匯應用」²³，在彰化、苗栗離岸風場建置人工藻場，使用海藻為台灣常見的中國半葉馬尾藻(*S. hemiphyllum* var. *chinense*)、粉葉馬尾藻(*Sargassum glaucescens*)，並成功開發出藻苗繩與藻磚技術²⁴。

人工藻場多層次的立體空間提供了大量餌料生物(如橈腳類、扁跳蝦等)的棲息環境，更成為海洋生物重要的「產卵場」、「輔育場」及「覓食場」，能提高海洋生物的多樣性，對漁業也有顯著效益，目前除已應用在沙蟹(遠海梭子蟹 *Portunus pelagicus*) 種苗放流，大幅提升蟹苗活存率以增加放流效益。另建立的馬尾藻人工藻場，也成功觀察誘引到虎斑烏賊(*Sepia pharaonis*)與萊氏擬烏賊(*Sepioteuthis lessoniana*)前來產卵，該藻場設施已經試驗至少 3 年以上²⁵。

²¹ 請參見 <https://doi.org/10.1111/raq.12634>

²² 請參見 <https://www.wur.nl/en/newsarticle/cod-love-artificial-reef-in-wind-farm.htm>

²³ 請參見 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=48600>

²⁴ 請參見 <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/4078471>

²⁵ 同前註。

開發人工藻場外，因應牡蠣養殖的影響，水試所於 2020 年 5~7 月期間，在苗粟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²⁶，幾年來牡蠣附苗狀況不佳，水試所嘗試以 3D 列印製成（圖 10）牡蠣養殖籠具後待其成長至 1~3 公分時，可以人為方式將牡蠣苗從附苗設備上剝離，製成單體牡蠣苗，供離岸風場內單體牡蠣養殖使用。但鑒於潮間帶天然附苗方式難以掌握其附苗時間，故目前仍舊以人工方式進行繁殖²⁷。

四、OLAMUR

OLAMUR²⁸（Offshore Low-trophic Aquaculture in Multi-Use scenario Realisation）在挪威和德國海域（圖 11）開始了一項在離岸環境中進行海帶（Kept）和貽貝（Mussels）的養殖計畫。該計畫執行期限從 2023 年 1 月至 2026 年 12 月，總研究資金約 820 萬歐元²⁹。其主要研究問題是：在機組附近生產的海帶和貝類是否安全食用呢？對於微塑料和風力渦輪機液的擔憂，該計畫可能會採取相應的措施來減少潛在的污染風險。這可能包括採取適當的水域監測，確保海帶和貝類的產品符合食品安全標準和法規³⁰。

該研究除養殖使用外，也以魚類和其他動物的保護區為研究起點，保護區將助於維護水生生態系統的多樣性和穩定性。它提供了一個生態聚集區，吸引了各種海洋生物，從微生物到大型魚類和海洋哺乳動物。這樣的生物多樣性有助於維持食物網絡的平衡，並提供其他生態系統服務，如海洋生產力的增加、海洋碳儲存和海洋生物的遷徙等等。然而，需進一步的科學研究和監測來確定這種保護區對不同物種、漁業和水生生態系統的具體影響。³¹

²⁶ 藍揚麒、張峻齊、李純慧、許中駿、翁進興、葉信明，〈離岸風場對漁業發展之影響及多元利用研究之初探〉，《農科快訊》（民 110 年 10 月）：113-120。

²⁷ 同前註。

²⁸ 請參見 <https://globalclimateforum.org/portfolio-item/olamur/>

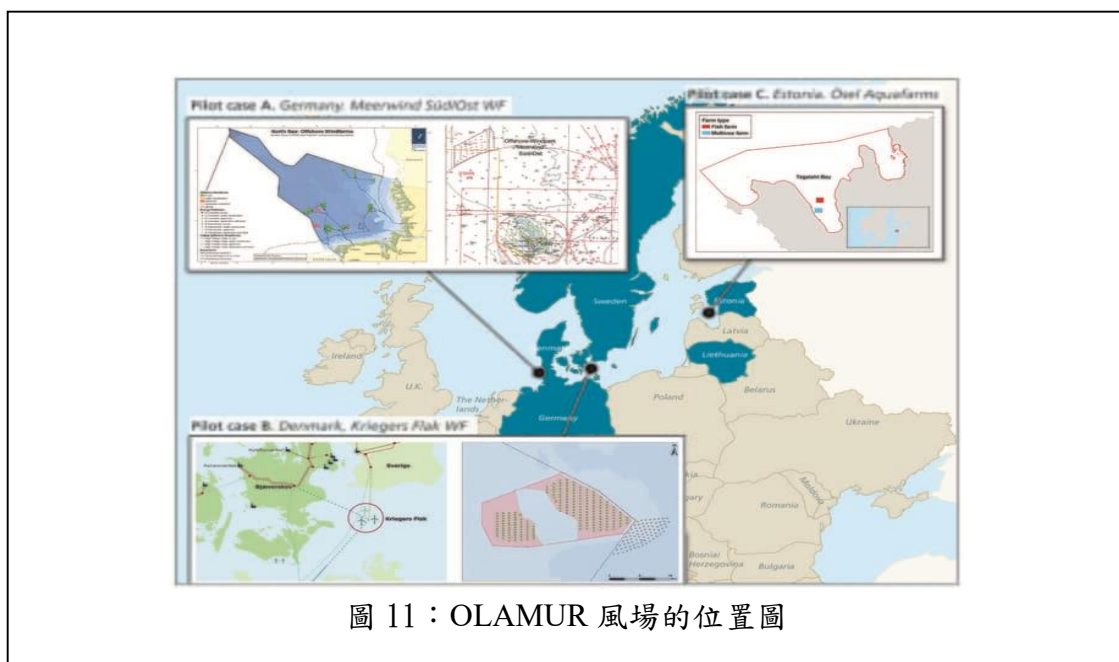
²⁹ 請參見 <https://thefishsite.com/articles/project-to-trial-combining-offshore-wind-and-aquaculture-kicks-off-olamur>

³⁰ 同前註。

³¹ 同前註。



資料來源：〈離岸風場對漁業發展之影響及多元利用研究之初探〉P.119



資料來源：請參見 <https://globalclimateforum.org/portfolio-item/olamur/>

第二節 箱網養殖（半封閉式）

集約用海將是持續、高效、綠色發展的重要途徑。近年來，各國的鹹水養殖產業逐漸從近海擴展至遠海區域。然而，由於近海水產養殖過程中海岸線不斷侵蝕陸地³²，且傳統養殖方法可能導致海域污染等問題³³，鹹水養殖的下一個發展重心將轉向與風力發電區域接近的地方。同時，考量到生態環境修復的因素，海洋牧場將可能成為海水增養殖的轉型升級方向。

從科學用海、文明用海、生態用海、資源綜合利用的宗旨出發，將海上風力發電與海洋牧場（箱網養殖）建設相結合，除了有助於減少海域開發對海洋生態和漁業資源的衝擊，同時亦能最大化海域資源的利用效益。“水上+水下”的模式，將有助於優化整體海域的布局。海洋空間具備多維度特點，從垂直維度來看，涵蓋海洋空氣交界、海面以及海底等不同層次，對應著不同的自然地理和生態環境條件，使得同一區域或位置能夠實現能源、航運、漁業等多方面的合理利用，從而實現“多宜性”海洋空間的開發³⁴。

中國明陽智能

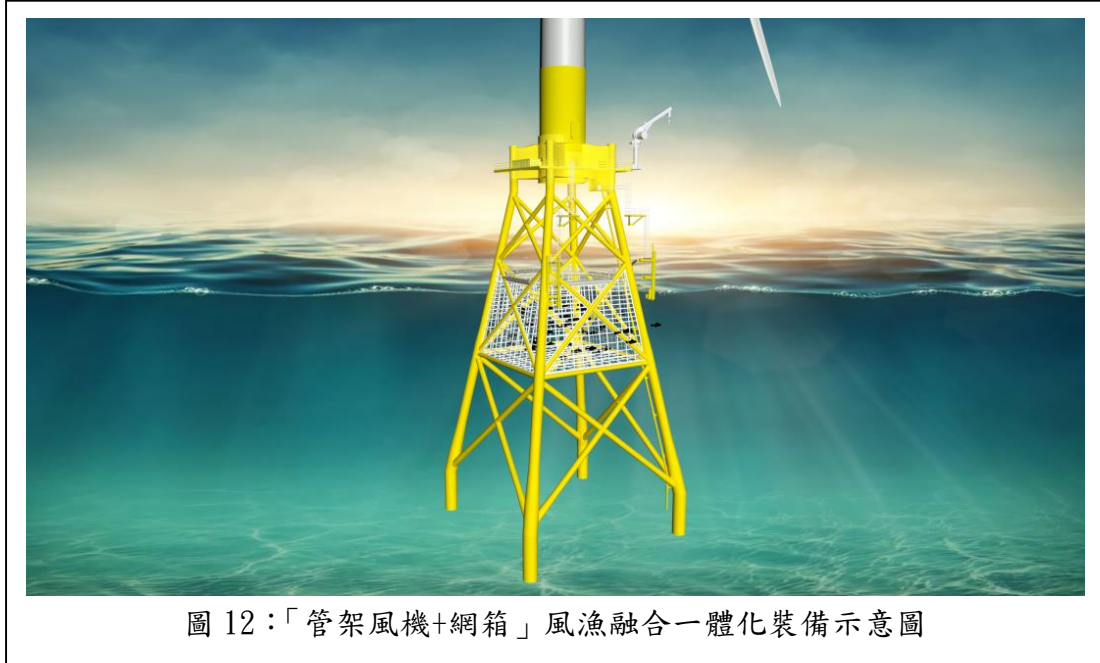
中國明陽智慧能源集團股份有限公司（簡稱明陽智能）在 2023 年 4 月於浙江舟山建造「導管架風機+網箱」風漁融合一體化裝備。該設備以風機導管架為支撐平台，配置箱網系統及智能化養殖系統，形成風力發電與遠海養殖的「風漁」融合智慧化設備。其設計不僅可有效提高海域資源集約化開發，更能降低資源開發成本，提高項目整體收益。此設備養殖水體約為 5000 立方米，可養魚約 15 萬尾，該裝備採用抗颱風設計，保障風力發電與遠海養殖的安全性和可靠性（圖 12）。此外，該裝備通過設計實現二者在海域、結構、電力、信息傳輸、運維等多方位結合，以及智慧投餵、智慧監控、自動洗網、自動收魚等功能，解決了深遠海養殖無人值守與看護的難題。明陽智能的海上風電與海洋牧場融合發展為深遠海海

³² 請參見 <http://shuj.shu.edu.tw/blog/2022/06/03/台灣沙岸侵蝕-海岸生態產業永續挑戰/>

³³ 請參見 <https://e-info.org.tw/node/114393>

³⁴ 請參見 <https://mp.weixin.qq.com/s/-CWP1M-UAluXWzwQ-tn2kg>

洋資源開發提供了新思路，有效解決近岸養殖空間受限、海域污染、資源荒漠化等瓶頸難題。二者共用同一海域，不僅能實現節約用海，還可形成行業優勢互補，提高海洋資源開發水準³⁵。



資料來源：<http://www.myse.com.cn/jtxw/info.aspx?itemid=984>

在 2023 年 8 月 12 日，位於廣東陽江的一座風力發電機成功安裝了全球首個搭載了「風漁融合一體化智能養殖網箱」的裝置。該風力發電機的成功安裝將使其能夠在離岸達近百公里，水深約五十米的深遠海環境中實施金鯧魚、石斑魚等高品質魚種的智慧養殖。此裝置將是全球首次實現將綠色電力與養殖一體化供應的低碳漁業模式的案例。

12 兆瓦的風力發電機轉動一圈，預估能產生 25 度的電能，而每臺單獨的風力發電機每年能夠發電 4500 萬度³⁶。這足夠供應約一萬戶家庭一年的用電需求³⁷，並且可以減少 38000 噸的二氧化碳排放。同時，在海面下方，養殖的各種魚種情況會即時傳回到智慧平台。一旦實現規模化應用，這些設備除了帶來風力發

³⁵ 請參見 <http://www.myse.com.cn/index.aspx>

³⁶ 請參見 <https://mp.weixin.qq.com/s/MLLBN8NTFADy43YXEEhdMQ>

³⁷ 請參見 <https://tw.stock.yahoo.com/news/經濟-台電斥資 6-83 億元-興建台電離岸風力發電運維中心-005410342.html>

電本身的收益外，每臺裝備還能夠增加 1800 萬元的產值³⁸。將海上風力發電與漁業結合，可以明顯提高項目的投資回報，同時提升海域資源集約開發的水平。

然而，風漁融合仍面臨許多亟需解決的關鍵問題：（一）涉及風漁融合開發的環境和整體效益是一大挑戰。在展開海上風電與海洋牧場的融合開發前，必須對於開發海域的生態環境、資源負載能力，以及適合養殖的魚種等問題進行清晰確定，以精確評估這一融合方案的整體效益。

（二）風漁融合方案的設計亦是關鍵問題，在進行海上風電與海洋牧場融合開發前，必須根據計劃開發區域的水深、風浪流條件、海底條件以及離岸距離等因素，合理選擇是共場域還是共結構的融合方案。對於共場域融合，需要在場域佈局中進行合理的設計，包括網箱配置、魚礁安排，以及生境營造等。對於共結構融合，則需要考慮共結構平台的設計，以及風機和網箱之間的相互影響等因素。

（三）協同運維機制也是一個重要的課題。海上風電和海洋牧場處於不同的行業範疇，但卻在同一區域內運作，除了實現有效的協同運維，降低成本，提高效率，在確保生態安全和穩定性的前提下，需要嚴格控制開發的規模，根據實際情況開展「海上風電+海洋牧場」融合發展的試點和實驗。同時堅守生態優先的原則，最佳化風機基礎與人工魚礁等結合的方式，為牧場內的生物提供安全穩定的生態環境³⁹。

³⁸ 同註 36

³⁹ 請參見 <https://mp.weixin.qq.com/s/vtIFT0efbKPigtWirzz2AQ>

第五章 結論與討論

在各國相關案例當中，本文分析海上風電發展時，不僅需要關注風機底下空間的利用，同時也應該充分考慮各方利害關係人。海上風電融合開發涉及多個層面，如環境影響、漁業資源、生態保護等，因此需要在確保綠色能源發展的同時，兼顧其他利害關係人的權益和需求。透過合作與協商，可以建立更具共識的發展模式，使海上風電發展不僅能夠實現能源轉型，還能夠維護海洋生態平衡，促進當地經濟發展，並確保生態環境的永續性。因此，除了空間的合理利用外，必須尊重各方的利益，共同推動海上風電的永續發展。

第一節 研究發現與討論

本研究發現從空間利用目的觀點，可依分為碳匯導向及補救生物多樣性流失導向等兩種模式。在碳匯導向的案例中，依據生物種類區分為：貝類固碳案例探討以及藻類固碳案例探討。前者以貽貝類吸收 CO_2 轉化為 CaCO_3 形成堅硬的外殼，可以增加生物碳匯以達到減碳效益，後者則以海藻進行光合作用及固碳作用，亦可達到減碳功效。在補救生物多樣性流失導向的案例中，依據生物生活環境區分為：人工礁體（開放式）以及箱網養殖（半開放式）。前者以風機水下建設為基礎，在開放水域中衍伸出人工礁體，作為物種復育或補救生物多樣性的棲地，後者則在開放水域中搭設箱網養殖設施，以半封閉的方式增進生物多樣性。

從離岸風場空間利用目的與效益兩個向度，可以將各國的案例彙整成表 5。在表 5 中可以發現，碳匯導向的利用模式，其經濟效益主要來自於海藻的固碳和加工品，生態效益則來自於貽貝類的固碳和穩定生態環境。而補救生物多樣性流失導向的利用模式，其經濟效益主要來自於風漁共存/箱網養殖，生態效益則來自於復育經濟性魚蝦類（鱈魚、龍蝦），或營造海帶和貽貝類的生態聚集區（表 5），並且再依據目前物種的分類進行表格統整（表 6）。

表 5：離岸風場空間利用目的與效益分析

效益目的	經濟效益	生態效益	
碳匯導向	個案：North Sea Farmers 說明：海藻可固碳/製成加工品	個案：美國長島 說明：貽貝殼固碳/穩定生態環境	
補救生物多样性流失導向	個案：中國明陽智能 說明：風漁共存/箱網養殖	個案：丹麥沃旭能源 說明：復育珊瑚	個案：澎湖海洋生物研究中心 說明：建置人工藻場
		個案：荷蘭 WMR 說明：復育鱈魚/歐洲龍蝦	個案：OLAMUR 說明：以海帶和貽貝營造生態聚集區

資料來源：本研究整理。

表 6：離岸風機水下空間與物種配適度

適合條件	珊瑚 ⁴⁰	牡蠣 ⁴¹	海藻 ⁴²	魚類
溫度	約 23°C - 29°C	年平均水溫在攝氏 15 度以上	依熱帶海藻為例，約為 20~30°C	依品種不同，約為 15~30°C
流速	附著前需緩慢流速 成長後依品種而定	附著需緩慢流速	無特別限制	無特別限制
光照程度	須於水深 20~30 公尺深內清澈水質最優	無特別限制，但須一定量之照光	綠藻一般生長在 5-6 米深的水層中；褐藻一般生長在 30-60 米深的水層中	無特別限制

資料來源：本研究整理。

⁴⁰ 請參見 https://www.cmfish.com/techfiles/tc_detail.php?id=70

⁴¹ 請參見 <https://storymaps.arcgis.com/stories/4f269b4eef4d44ea89bdb7aab047347ae>

⁴² 請參見 <https://ppfocus.com/0/hoc10437c.html>

綜觀眾多的使用目的，本研究認為須依據目標風場所在位置的生態環境，如：透光度、流速、溫度等去評估適合何種導向，才能最佳化風場空間利用。依彰化風場為例：根據本研究受訪者指出該區海域的能見度不超過 5~10 公尺深，意味著不需經常照光的物種較適合生活於該場域⁴³（訪談紀錄 RE2305）。而彰化海域海流之流速分布大部分小於 1 節（約 51.4 公分/秒）⁴⁴，但遇颱風或其他因素流速最高可達 300 公分/秒⁴⁵，而海水溫度參考台中港的海水表面溫度平均約為 24.1°C⁴⁶，但最高溫和最低溫卻個別逐漸攀升和下探，對於無法適應生活環境變化過大的物種將會是一項挑戰。

而從各方利害關係人的角度而言，本研究從三個方面進行討論：投資商、漁會以及社區居民。從投資商的角度，一位綠能集團項目主管表示：「我們的工作著重於減少生態影響並增進生物多樣性，我們強調物種健康和生態平衡，而不僅僅是追求水產養殖。我們並不計劃進行養殖活動，因為養殖往往帶有商業目的。我們的選擇將更傾向於保護族群的健康狀態，以此作為我們決定採取哪些措施的指標，而非追求擴大水產養殖經濟活動。」⁴⁷（訪談紀錄 TWRE2303）。

然而，以漁會的立場而言，漁民生計的變化、漁業型態的改變、生活型態的改變是長遠的，面對全新的海上變化，這將是長達 20 年或是 50 年以上的變化。漁業與風機的共榮願景將成為漁村轉型的重要趨勢，例如：離岸風機基座有聚魚效果，國外也有合作海上箱網養殖的轉型案例，但如何落實，漁會希望作出實質行動來證明。一位漁會高階主管表達了這樣的觀點：

「基於能見度不夠，以彰化的海水來說不會超過 10 公尺…除非公司願意把他變成礁體，那我們就五米，十米這樣下去種，那就變成魚可以在那邊聚集…」

⁴³ 112 年 8 月 3 日訪談紀錄 TWRE2305。

⁴⁴ 請參見 <https://www-ws.wra.gov.tw/001/Upload/oldFile/media/72227/彰化縣一級海岸防護計畫草案.pdf>

⁴⁵ 請參見 <http://cvwww.cv.ncu.edu.tw/data/FM/EFM/EFM10%20Ocean.pdf>

⁴⁶ 請參見 https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_sea.html

⁴⁷ 112 年 6 月 29 日訪談紀錄 TWRE2303。

⁴⁸（訪談紀錄 TWRE2305）。「事實上從一開始我們就認為漁業和風電是可以有共享的場域，我剛剛不是有提到轉型嗎，若開放一些養殖，以彰化來說最簡單就養貝類」⁴⁹（訪談紀錄 TWRE2305）。對於漁會而言，不論是助於經濟發展的貝類養殖，抑或是創新的物種復育，只要能提出完整且雙贏的政策，都是願意配合的。

對於民眾而言，對於在彰化地區建立離岸風場的辯論，社區居民明顯呈現出不同觀點。綜上，支持者認為新建風電場能創造年輕人的工作機會，有機會促進區域經濟成長。然而，反對者關注離岸風場對於生態環境和白海豚存活的影响，同時對漁業構成潛在威脅（訪談紀錄 TWRE2306）。

第二節 政策性建議

基於本研究的研究發現，本研究從兩個層面提出政策性建議：一、法規修訂建議；二、政策建議。

一、法規修訂建議

首先，針對海洋保育法（草案）以及海域空間管理法（草案），前者政府應該確保在推動綠色能源發展的同時，優先保護當地生態環境和野生動植物。為此，政府可以要求項目承辦商欲開發項目前，進行更佳詳細的環境影響評估，確定項目對於白海豚及其他生態要素的潛在影響，並制定嚴格的生態保護計劃，以減少對生態系統的干擾。在制定海域空間管理法時，需要充分考慮漁民和投資商之間的利益平衡，以確保海洋資源的永續利用和綠色能源的發展。以下是一些可以納入法規修訂的建議事項，以實現這種共享海域的目標：

（一）定期對話和協商：政府可以建立定期的對話和協商機制，邀請漁民、投資商以及相關利益相關者參與。這樣可以促進透明的意見交流，讓各方了解彼此的需求和關切，尋求共識並制定共同的解決方案。

⁴⁸ 112年8月3日訪談紀錄 TWRE2305。

⁴⁹ 同前註。

(二) 劃定特定區域：在海域劃分上，政府可以考慮劃定特定區域，確保漁民在這些區域內可以繼續開展捕撈活動。同時，在其他區域內則可以容納綠色能源項目，這樣可以實現漁業和能源發展的共存。

(三) 共享資源和補償機制：建立一套公平的資源共享和補償機制，使漁民和投資商可以共同分享海域資源。這可能包括確定合理的使用時間、區域和方式，以及制定相應的經濟補償措施，以緩解漁業活動受到的影響。

(四) 環境監測和管理：政府可以建立完善的環境監測系統，跟踪海域使用對生態系統的影響。在發現有損生態的情況下，應該立即採取相應的措施，保護生態平衡。

(五) 資訊透明和教育：政府可以提供充分的資訊，向漁民和投資商解釋海域空間管理法的目的和影響。此外，也可以舉辦培訓和教育活動，幫助漁民理解新的環境，並提供他們參與共享海域的機會。

(六) 彈性營運模式：根據海域和地區的實際情況，政府可以考慮制定靈活的營運模式，以便漁業和綠色能源項目能夠在不同地區共存。這可以是地區性的解決方案，根據不同需求進行調整。

二、政策建議

針對政府目前的政策在進行離岸風電項目時，投資商若能積極實施友善環境行為和增進生物多樣性，希望能成為政府考慮加分支持的重要因素⁵⁰（訪談紀錄 TWRE2303）。這種永續的做法不僅有助於保護珍貴的海洋生態系統，還能夠體現企業對環境保護的承諾，並促使該項目更加符合永續發展的目標。

投資商希望可以通過以下方式實現這一目標：首先，投資商可以與環保專業人士合作，進行全面的環境影響評估，確定項目可能對生態系統和野生動植物造成的影響。在這基礎上，制定相應的環保計劃，確保項目設計和運營過程中充分考慮到生態保育和生物多樣性的需求。

⁵⁰ 112 年 6 月 29 日訪談紀錄 TWRE2303。

其次，投資商可以選擇適當的技術和設計，以減少對當地生態環境的干擾。這可能包括選擇離岸風電場的位置，避開重要的生態區域，同時使用減少鳥類和海洋生物碰撞的設計，減少噪音和光污染等不良影響。

另外，投資商可以建立定期的環境監測系統，追蹤項目運營期間對當地生態的影響。這將有助於及早發現和解決可能出現的問題，同時能夠提供數據支持，展示項目的永續性。

最後，投資商可以與當地社區和環保組織合作，聽取他們的建議和意見。通過這種合作，投資商將能夠更好地了解當地需求，從而調整項目的策略，以更好地保護生態環境並增進生物多樣性。

綜合以上所述，目前仍需要建立完善的法規架構，以管理離岸風電場的運營和監管。這包括確定風電場建設的技術標準和規範，以及確保項目的運營符合環境和安全標準。同時，政府可以建立透明的審批流程，使公眾能夠參與並提出意見，從而增加政策的合法性和廣泛性。對於投資商而言，在離岸風電項目中實施友善環境行為和增進生物多樣性，希望有助於贏得政府的支持和加分。這不僅有助於環境保護，還能夠在商業層面上為項目帶來永續的競爭優勢，展現企業對綠色能源和生態保育的貢獻。

參考文獻

(一) 中文文獻

ET today ESG 永續雲，〈全球 20 大風場「台海佔 16 處」離岸風電「疫後復甦」衝刺搭建〉（民 111 年 3 月 15 號）

<<https://esg.ettoday.net/news/2208103?redirect=1>>

Facebook，〈北港灣與堆疊蚌蠣〉（民 111 年 10 月 28 號）

<<https://www.facebook.com/CCEMarineProgram/posts/pfbid0DQWrdrdosMuxWRNXF4Vq74kRrBa6DbZqAnGpg6MDmrSqHioymmwjSepNjywiDEJTI>>

GREENPEACE 綠色和平，〈離岸風電到底卡在哪裡？台灣再生能源轉型面臨多種挑戰〉（民 108 年 1 月 22 號）

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/5818/離岸風電到底卡在哪裡/?gclid=CjwKCAjw1ICZBhAzEiwAFfvFhEPKUS6AEiB0sAjX_fsmOgE5M1nXDzr-A5261JuMD4WQlPcraXeHoBoC2mUQAvD_BwE>

MINGYANG，〈全球首台！明陽智能“導管架風機+網箱”風漁融合一體化裝備開工建造〉（民 112 年 4 月 12 號）

<<http://www.myse.com.cn/jtxw/info.aspx?itemid=984>>

Orsted 沃旭能源公司，〈珊瑚育生可行性研究利用離岸風場創造珊瑚家園〉（民 111 年 5 月 4 號）<<https://orsted.tw/zh/about-us/sustainable-approach/recoral>>

WindTAIWAN，〈Community Offshore Wind 長島造礁計畫 重建美國牡蠣棲息地〉（民 111 年 8 月 8 號）

<<https://windtaiwan.com/ArticleView.aspx?ID=ART00771>>

Yahoo！時報資訊，〈《經濟》台電斥資 6.83 億元 興建台電離岸風力發電運維中心〉（民 112 年 8 月 14 號）<<https://tw.stock.yahoo.com/news/經濟-台電斥資6-83億元-興建台電離岸風力發電運維中心-005410342.html>>

上下游 News&Market,〈風機下的漁業存亡 01〉彰化外海插千座風機,漁民被迫全退場,轉型迫在眉睫〉(民 110 年 2 月 22 日) <<https://www.newsmarket.com.tw/blog/145532/>>

上下游 News&Market,〈風機下的漁業存亡 02〉彰化漁會推共生和解,業者出資建海上牧場,漁權團體:勿流於劃大餅〉(民 110 年 2 月 22 日) <<https://www.newsmarket.com.tw/blog/145548/>>

上下游 News&Market,〈風機下的漁業存亡 04〉關閉的海門,鬱卒的漁民:苗彰沿近海漁業被迫退場〉(民 110 年 7 月 31 日) <<https://www.newsmarket.com.tw/blog/155745/>>

上下游 News&Market,〈彰化航道禁漁,引發西海岸漁業存亡之戰,超過百位漁民串連,要求交通部撤回〉(民 111 年 2 月 24 日) <<https://www.newsmarket.com.tw/blog/166119/>>

小世界 Newsweek,〈台灣沙岸侵蝕 海岸生態產業永續挑戰〉(民 111 年 6 月 3 號) <<http://shuj.shu.edu.tw/blog/2022/06/03/台灣沙岸侵蝕-海岸生態產業永續挑戰/>>

今周刊 ESG 永續台灣,〈離岸風機會是珊瑚新家嗎? 沃旭啟動全球首創的研究計畫〉(民 111 年 5 月 4 號) <<https://esg.businesstoday.com.tw/article/category/180692/post/202205040059/離岸風機會是珊瑚新家嗎?%20沃旭啟動全球首創的研究計畫>>

天下雜誌,〈彰化縣 得天獨厚的綠能首都〉(民 106 年 9 月 14 號) <<https://www.cw.com.tw/article/5085013>>

交通部中央氣象局,〈中港每月海水表面溫度統計表(2003-2022)〉 <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_sea.html>

自由時報,〈離岸風電新技術設藻場 有助牡蠣、珍珠貝增加〉(民 110 年 10 月 4 號) <<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/4078471>>

每日風電，〈明陽自主研發設計！全球首颱風漁一體化智能裝備在廣東整體建成〉
(民 112 年 8 月 14 號)

<<https://mp.weixin.qq.com/s/MLLBN8NTFADy43YXEEhdMQ>>

洪一平 (2021)，地方利害關係人在促進海洋與海岸管理的關鍵角色－以彰化區漁會為例。國立成功大學海洋科技與事務研究所博士論文，臺南市。取自
<<https://hdl.handle.net/11296/xxjq45https://www.newsmarket.com.tw/blog/145532/>>

海洋清潔能源資訊，〈海上風電與海洋牧場如何實現融合？〉(民 112 年 5 月 19 號) <<https://mp.weixin.qq.com/s/vtIFT0efbKPigtWirzz2AQ>>

海洋與漁業雜誌，〈海上風電+海洋牧場”融合發展模式在廣東的前景與展望〉(民 111 年 11 月 14 號) <<https://mp.weixin.qq.com/s/-CWP1M-UAluXWzwQ-tn2kg>>

張旻宜 (2022)，再生能源政策與漁業發展之衝突與調和-以離岸風電及漁電共生為中心。國立臺北大學法律學系法律專業組碩士論文，新北市。取自
<<https://hdl.handle.net/11296/na6k6r>>

郭學安 (2017)，金門海域保育白海豚法制之研究。國立金門大學海洋與邊境管理學系碩士班碩士論文，金門縣。取自 <<https://hdl.handle.net/11296/t4e22y>>

經濟部水利署，〈彰化縣一級海岸防護計畫〉(民 108 年 7 月) <<https://www.ws.wra.gov.tw/001/Upload/oldFile/media/72227/彰化縣一級海岸防護計畫草案.pdf>>

農業知識入口網，〈離岸風場藻貝類養殖之海洋碳匯應用〉(民 111 年 10 月 26 號)
<<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=48600>>

遠見雜誌，〈沃旭能源離岸風場 化身珊瑚復育基地〉(民 111 年 11 月 29 號)
<<https://www.gvm.com.tw/article/97027>>

潘賢哲 (2016), 臺灣發展離岸發電面臨之漁業問題及其對策之研究。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 基隆市。取自
<<https://hdl.handle.net/11296/5my8m6>>

環境資訊中心, 〈要蚵棚不要保麗龍 牡蠣養殖改善提案〉(民 105 年 4 月 6 號)
<<https://e-info.org.tw/node/114393>>

簡章報告, 〈海流—寒流、暖流流速〉(朱佳仁教授。國立中央大學土木系) <
<http://cvwww.cv.ncu.edu.tw/data/FM/EFM/EFM10%20Ocean.pdf>>

(二) 英文文獻

“Community Offshore Wind Helps Revitalize Oyster Habitats on Long Island with Huntington-Northport Oyster Reef Project” nationalgrid, 28 Jun.2022,<
<https://www.nationalgridus.com/News/2022/06/Community-Offshore-Wind-Helps-Revitalize-Oyster-Habitats-on-Long-Island-with-Huntington-Northport-Oyster-Reef-Project/>>

“Cornell Cooperative Extension Marine Program-- shellfish” Facebook, 28 Oct. 2022,
<<https://www.facebook.com/CCEMarineProgram/posts/pfbid0DQWrdrdosMuxWRNXF4Vq74kRrBa6DbZqAnGpg6MDmrSqHioymmwjSepNjywiDEJTI>>

“Cornell Cooperative Extension Marine Program-- UPweller” Facebook, 23 Oct. 2019,
<<https://www.facebook.com/CCEMarineProgram/posts/pfbid02pkc9B7cwnqVD61i6aMGAJAgy2EZwjTepVEgMFY85oUvkfT6o3meze9zioWnY4N6PI>>

“Wier & Wind project” keep.eu, 2014,< <https://keep.eu/projects/22090/Wier-Wind-EN/>>

“Amazon PRESS RELEASE” North Sea Farmers & Amazon,16 Feb. 2023, <
<https://www.northseafarmers.org/nsf1/amazon>>

“Cod love artificial reef in wind farm” Wageningen University & Research, 18 April, 2023<<https://www.wur.nl/en/newsarticle/cod-love-artificial-reef-in-wind-farm.htm>>

“OLAMUR” Global Climate Forum, <<https://globalclimateforum.org/portfolio-item/olamur/>>

“Project to trial combining offshore wind and aquaculture kicks off”The fish site,2 Feb, 2023<<https://thefishsite.com/articles/project-to-trial-combining-offshore-wind-and-aquaculture-kicks-off-olamur>>

Griffin, R., Buck, B., & Krause, G. “Private incentives for the emergence of co-production of offshore wind energy and mussel aquaculture.” *Aquaculture* 436 (2015) : 80-89.

Huang, C. T., Afero, F., Hung, C. W., Chen, B. Y., Nan, F. H., Chiang, W. S., Kang, C. K. “Economic feasibility assessment of cage aquaculture in offshore wind power generation areas in Changhua County, Taiwan. ”*Aquaculture*, 548 (2022) : 737611.

Hung, P. Y. “Placing green energy in the sea: offshore wind farms, dolphins, oysters, and the territorial politics of the intertidal zone in Taiwan. ”*Annals of the American Association of Geographers*, 110(1)(2020) : 56-77.

Kamermans, P., Walles, B., Kraan, M., Van Duren, L. A., Kleissen, F., Van der Have, T M., ... & Poelman, M. (2018). “ Offshore wind farms as potential locations for flat oyster (*Ostrea edulis*) restoration in the Dutch North Sea. ”*Sustainability (Switzerland)*, 10 (2018) : 308.

Roach, M., Revill, A., & Johnson, M. J. “ Co-existence in practice: a collaborative study of the effects of the Westernmost Rough offshore wind development on the size distribution and catch rates of a commercially important lobster (*Homarus*

gammarus) population. ” *ICES Journal of Marine Science*, 79(4)(2022) : 1175-1186.

附件-期中報告審查意見修正對照表

序號	審查意見	修正內容	對應頁碼
1	研究名稱應以契約為主，請刪除「研究」二字。	生態與生計的衝突：臺灣離岸風場空間利用對於復育和養殖的取捨	成果報告封面及封面裡頁
2	研究期程請依契約書修正為112年3月1日至112年10月20日。	研究期程：中華民國112年3月1日至112年10月20日	成果報告封面裡頁
3	研究經費修正為新臺幣十萬五千元。	研究經費：新臺幣十萬五千元	成果報告封面裡頁
4	第10頁2022年非今年，請修正	刪除「今年」兩字	第8頁

資料來源：本研究整理。