

# 出國報告書（出國類別：考察）

## 因應環境變遷之農業調適規劃與人才培育計畫-英國 海洋漁業與離岸風電共構與合作研究之出國報告

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所

姓名職稱：葉信明研究員兼副所長、謝恆毅研究員兼主任、  
陳均龍副研究員

派赴國家：英國

出國期間：112年4月14日至4月23日

報告日期：112年7月20日

# 摘要

本所於 112 年 4 月 14 日至 23 日赴英國參訪海洋漁業與離岸風電共構之研究。包括前往正式拜會 Cefas，現場則由首席商務長 Steve Addison 領銜接見，以及相關科學家共同研討。前往 Yorkshire Marine Research Center 的 The Old Harbour Master's Office 拜會 John Terschak 博士，及其主持的歐洲龍蝦 *Homarus gammarus* 培育實驗室，並與 Holderness Fishing Industry Group 以及 Marine Scientific Service 合作僱用的 Jamie 會面，他具有漁民身份且受僱擔任研究船船長，專司進行風機對於漁業衝擊評估的野外工作。本所一行人連同 Cefas 同仁，一同前往 Westermost Rough Wind Farm 近距離了解當地風場現況。

本次參訪也拜會 Hull University 的 Magnus Johnson 博士，The National Federation of Fishermen's Organisations 副執行長 Mike Roach、The Crown Estate（皇家財產局），由海洋資訊與事證資深經理 Chelsea Bradbury 負責接待，同時介紹了兩位漁業科學負責同仁針對大數據、雲端儲存、機器學習、3D 互動繪圖、風機分佈位置等技術進行分享。綜上，本次前往英國各單位了解該國對離岸風電研究現況，有助於本所進一步規劃相關試驗研究計畫。

# 目 次

摘要	1
目次	2
一、 行程表	3
二、 目的	4
三、 過程	5
四、 心得與建議	19

## 一、行程表

日期	行程	備註
4/14	桃園直飛倫敦	華航 China Airlines Ltd. (CI81)  4/14 (五) 08:45 臺灣桃園機場  4/14 (五) 17:45 抵達英國倫敦機場
4/15	調整時差並準備會議資料、簡報內容以及討論大綱	
4/16	移動日	自 London 移動至 Lowestoft
4/17	拜訪英國環境、漁業與水產養殖中心 (Cefas)	自 Lowestoft 移動至 Bridlington
4/18	Yorkshire Marine Research Center 的 The Old Harbour Master's Office 參訪以及搭乘 RV Huntre 海上風場觀摩	
4/19	參訪 Hull 大學環境科學院並進行離岸風電研究之專題研討	Bridlington 至 Hull
4/20	與英國環境、食品暨鄉村事務部 (Defra) 線上會議以及全國漁民組織聯合會 (NFFO) 進行討論	Hull 至 York 至 London
4/21	拜訪英國皇家財產局 (The Crown Estate)	
4/22	倫敦直飛桃園	華航 China Airlines Ltd. (CI82)  4/22 (六) 22:00 英國倫敦機場
4/23	抵達臺灣	4/23 (日) 18:30 抵達臺灣桃園機場



## 二、目的

我國能源自給率甚低，其中 98% 仰賴進口。由於臺灣是海島，電力與能源都仰賴海外輸入，提升能源自主及多元是穩定國家經濟發展的重要支柱。同時，世界各國都為了因應環境資源的減少與能源短缺，已經進入能源轉型的關鍵階段，發展綠能科技來取代過去的發電型態；因此，推動能源轉型達成節能減碳，減少進口能源依賴，藉以帶動我國綠能科技及產業躍升，已箭在弦上，積極推動中。依據新農業推動方案，且配合目前國家推動新能源政策、「5+2」產業創新計畫之綠能產業發展及全球永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs），確保環境永續發展是國家發展重要關鍵項目。

由於豐沛的季風資源、以及地形地理等因素，臺灣西部海域被 4C offshore 專業網站評定為全世界最具潛力的優良離岸風場域，行政院為強化經濟升級與轉型，現階段政府能源政策目標訂於 2025 年提升再生能源發電比例至 20%，建構「2025 非核家園」願景，規劃以太陽光電及離岸風電作為發展主力。為提升再生能源發展，以「先示範、次潛力、後區塊」三階段策略發展離岸風力發電，2025 年前預計達 5.7 GW 裝置容量，規劃 2026-2035 年間 1 年增加 1 GW，並在 2035 年達到 15.7 GW 的目標。據此，自 2017 年起本所執行「農業資源循環暨農能共構之產業創新」旗艦計畫，刻正進行離岸風力發電與漁業之共構技術相關試驗研究。

臺灣首座離岸風場（即海洋風電 Formosa I）設置於臺灣西部距岸 3 哩附近及水深 50 公尺以淺海域，完工營運的風場已對於部分沿岸漁民作業漁場有所相互影響，本所與相關單位持續監測其漁業資源變化。此外，目前尚有多處風場持續規劃及興建中，離岸風場對臺灣沿岸漁場環境、漁業資源及洄游魚類受其影響情形，尚待累積更多科學數據進一步研究分析其全面性影響。另一方面，臺灣西部深水域多屬經濟性魚類棲息洄游海域，更是西海岸各港口大型漁船（含拖網及延繩釣漁船等）的主要漁場，因此為瞭解風場建設與營運對漁業生態的潛在影響，規劃參訪國際相關產官學研機關有其必要性。英國離岸風電裝置容量為目前全球第一名，擁有全球最大的商業離岸風場（基樁式）及第一座商業性離岸浮體式風場，在離岸風電發展上，扮演著領頭羊的角色。2019 年本所曾派員前往考察英國初步取得相關資料與聯繫，期間亦有多次線上討論未來合作可能性，並與英國環境、漁業、養殖科學中心（Cefas）簽署合作意向書，因此向英國學習風場漁業生態系長期監測調查方式、風場漁業共存發展策略等，作為我國風場漁業相關研究參考已有初步共識。

過去離岸風機機組主要設置方式以基樁式為主，其設置水深需 $< 50$  公尺，為能取得更多風力能源，逐漸從淺海基樁式逐漸往深海浮體式發展，已有業者有意自國外引進浮體式風機取代基樁式風機，其風場將往更深的水域（水深 $> 50$  公尺）擴展，但浮式風場對海域環境及漁業資源影響的相關國際研究案例甚少，有待進一步評估。2007 年荷蘭裝設第一支浮體式離岸風力發電原型機後，義大利、挪威、葡萄牙、日本陸續設置浮體式離岸風力發電機，以測試其性能，結束試驗後荷蘭及葡萄牙的風機已除役，僅有日本的風機組仍持續進行試驗性運轉。2017 年全球第一座浮體式離岸風場（Hywind Scotland）開始商轉，位於蘇格蘭 Peterhead 外海，水深約 95-125 公尺，裝置容量為 30MW。英國為全球離岸風電發展的領導者，同時擁有基樁式及浮體式商業離岸風場，在其風場內不限制漁業活動，如何思考風場與漁業的共存有其參考價值。

臺灣目前正積極建設新的風場，雖然仍以基樁式風機為主，但前已述及未來也有可能引進浮式風機浮動式風力發電。有別於固定式風機直接固定於海床上，浮動式風機是固定在浮動式基礎上，並發展出能適應不同的地區各種形式。基樁式和浮體式風機對臺灣海峽漁業生態系統影響的討論將勢在必行，如何在浮體式風場中建立科學合理和可靠的監測研究是重要的問題。綜上所述，本所為考察英國風場漁業生態系長期監測調查方式及風場漁業共存發展策略，派遣葉副所長信明等三員赴英國參訪相關研究單位與政府機構，考察當地海洋漁業與離岸風電共構之研究進展。

### 三、過程

本所為考察英國風場漁業生態系長期監測調查方式及風場漁業共存發展策略，於 112 年 4 月 14 日至 23 日赴英國參訪海洋漁業與離岸風電共構之研究。包括前往正式拜會 Cefas，現場則由首席商務長 Steve Addison 領銜接見，以及相關科學家共同研討。英方研究單位 20 年來針對風機架設之後對於漁業及環境影響的研究經驗頗值得我方借鏡。前往 Yorkshire Marine Research Center 的 The Old Harbour Master's Office 拜會 John Terschak 博士，及其主持的歐洲龍蝦 *Homarus gammarus* 培育實驗室。歐洲龍蝦是 Bridlington 風機架設海域重要的漁獲種類，並與 Holderness Fishing Industry Group 以及 Marine Scientific Service 合作僱用的 Jamie 會面，他具有漁民身份且受僱擔任研究船船長，專司進行風機對於漁業衝擊評估的野外工作。

本所一行人由 Jamie 駕駛研究船，連同 Cefas 同仁，一同前往 Westermost Rough Wind Farm 近距離了解當地風場現況。本次也前往拜會 Hull University 的 Magnus Johnson

博士、The National Federation of Fishermen's Organisations 副執行長 Mike Roach、The Crown Estate（皇家財產局），由海洋資訊與事證資深經理 Chelsea Bradbury 負責接待，同時介紹了兩位漁業科學負責同仁針對大數據、雲端儲存、機器學習、3D 互動繪圖、風機分佈位置等技術進行分享。整體來說，本次前往英國各單位了解該國對離岸風電研究現況，有助於本所進一步規劃相關試驗研究計畫。具體的訪過經過如下：

#### (1) 至英國環境、漁業、養殖科學中心（Cefas）研討離岸風電相關研究

前往英國後在倫敦經過一天的時差調整與資料準備後，於 4 月 16 日 下午前往英國東部的 Lowestoft，當天 Cefas 國際參與與商業發展業務主管 Zeni Tekeli 以及貝類領銜顧問 Christ Barrett 前來住宿地點 The Victoria Hotel 接待本所一行人，針對 Cefas 的地理位置以及周邊環境介紹，俾便隔日正式參訪時引導相關路線。

隔日 4 月 17 日上午由副所長葉信明博士帶隊，前往正式拜會 Cefas，除了該中心執行長 Neil Hornby 不克出席改以視訊面會外，現場參與會議者由首席商務長 Steve Addison 領銜接見，會議中現場除了前一日先行見面的 Zeni Tekeli 與 Christ Barrett 之外，也見到了此行主要的業務對口－離岸及海洋再生能源部門（Offshore and Marine Renewable Energy, OMRE）的負責人 Andrew Gill 博士、環境經濟專家 Andrews Barnaby、魚類專家 Fiona Gilmore 等人。會議中首先由本所葉副所長介紹本所這幾年來在風機設置海域相關漁業及環境調查結果及藻床復育進程，同時也聽取 Cefas 各專長領域科學家的研究成果分享，首先由 Andrew Gill 博士進行整體性的研究介紹，再由各科學家分別簡報其研究領域與成果，內容包括漁業基礎資料、環境監測資料的收集，如何利用不同的分析方法（軟體）納入參與者（權益關係人）的參與途徑，加上生態模式的解析與預測以及每年定期的評估與修正，整體而言，Cefas 在過去 20 年來針對風機架設之後對於漁業及環境影響的研究經驗頗值得我方借鏡（圖 1～圖 4）。

除了研究方法與成果的借鏡之外，英國對於研究環境與辦公場所營造也頗為講究，Cefas 的工作場域設計頗具人性考量，開放明亮的透視空間、輕鬆活潑的配色裝潢、隨處可工作（無固定辦公座位）的桌椅、彈性的上班時間空間規劃，讓在此工作的研究人員工作士氣高昂，值得我方對於研究人才培力與研究環境營造加以思考，如何創造高效的研究環境提高整體績效（圖 5～圖 6）。上午結束在 Lowestoft 行程之後，由

Andrew 及 Zeni 陪同展開後續 4 天的拜會參訪行程，下午驅車前往 Bridlington 準備隔日的相關參訪行程。



圖 1、本所與 Cefas 同仁於其研究大樓前合影





圖 2、Cefas 於會議討論後午宴與本所合影



圖 3、Dr. Andrew Gill 簡報說明 Cefas 再生能源研究團隊之研究範疇與項目





圖 4、葉信明副所長於 Cefas 簡報說明本所離岸風電研究內容



圖 5 Cefas 共同工作環境



圖 6 Cefas 共同工作環境

## (2) 拜會 Yorkshire Marine Research Center 的 The Old Harbour Master's Office

4月18日 上午前往 Yorkshire Marine Research Center 的 The Old Harbour Master's Office，此辦公室自 2020 年 9 月建立，由 Holderness Fishing Industry Group 建置並由 the West of Morecambe Fisheries Fund 以及 the European Marine Fisheries Fund 經費支持，開展了北海的生態學、海洋科學和漁業生物學方面的研究。並拜會該實驗時的主持人 John Terschak 博士。他這裏的一個小小空間中建立了一個麻雀雖小五臟俱全的歐洲龍蝦 *Homarus gammarus* 培育實驗室。歐洲龍蝦的人工培育難度較臺灣的刺龍蝦（Spiny lobster）來的低，浮游期約 21-30 天，浮游期可直接餵食人工飼料，葉狀幼生的型態結構也不若刺龍蝦如此多附肢結構，在人工培育過程極易導致結團大量死亡，歐洲龍蝦的幼生培育過程雖有結團的問題，但僅須利用電磁閥點放式的注水，即可沖開糾結抱團殘食的浮游葉狀幼生，這也是為什麼歐洲龍蝦可以在人工環境完成



變態著苗，存活率約 0.5%，比起刺龍蝦來說高出許多，不過利用電磁閥的點放式注水倒是可以應用在刺龍蝦的人工培育嘗試。由於歐洲龍蝦是 Bridlington 風機架設海域重要的漁獲種類，漁民利用籠具誘捕龍蝦、螃蟹及螺類，受到風機架設影響必須協商禁捕海域以及討論後續的補償措施。



圖 7、拜會 John Terschak 博士，及其主持的歐洲龍蝦培育實驗室

### (3) 至海上參觀 Westermost Rough Wind Farm 風場

4 月 17 日當日由 Holderness Fishing Industry Group 以及 Marine Scientific Service 合作僱用的 Jamie 駕駛研究船帶著我們本所一行人，他具有漁民並受僱擔任研究船船長，專司進行風機對於漁業衝擊評估的野外工作。同行的除了本所還有 Cefas 的一行三人，一同前往 Westermost Rough Wind Farm（圖 8），該風場自 2015 年 5 月開始營運，佔地約 35 平方公里，其風機採用的是 6MW 型態，共有 35 座，其發電量約 210 兆瓦。當天天候允許、海象尚佳，但氣溫僅有約 5 度，經歷來回船程 5 個小時左右的顛簸仍頗為辛苦，本所一行人完成親眼目睹北海離岸風機架設現況。





圖 8 本所與 Cefas 一行人搭乘研究船前往 Westermost Rough Wind Farm

#### (4) 至 Hull University 環境科學院進行離岸風電研究參訪與研討

Hull University 環境科學院，包括三個關鍵學科領域，即地理環境、地質學和海洋科學。其教學研究旨在為人類最緊迫問題找到解決方案，例如氣候危機、人類健康和福祉、糧食安全、生物多樣性喪失、可再生能源以及創造更永續的未來。透過跨學科應對這些全球挑戰並產生社會和經濟影響。此外，該校在英國海洋生物學門的排名大概居中，校舍新舊交錯，是具有歷史的一個學校。其圖書館設備新穎、數位化普及，海洋生物大學學程學生每年約有 60 人 2 班（120 人），相較於國內目前海洋生物學們幾乎開在研究所以上，因此培育的人才數量與質量有很大差別。4 月 19 日上午前拜會 Magnus Johnson 博士（圖 9），他的專長是甲殼類、漁業科學、管理、統計程式預測等領域，透過 Andrew 與 Magnus 過往在 Hull University 共事的淵源，促成了這次的拜會行程。

該系過去曾有位著名的海洋生物學者 Alister Hardy，他在 1921-1931 年代開發出了一具連續的浮游生物採及記錄器，可以用來有效採集並比較海域浮游生物時空變化組成之差異，而這樣的實際應用仍持續到今日，可謂是一個劃時代的系統性研究工具。同時該系也有一個單位對外接受科學檢驗委託，舉凡底棲生物鑑定、水質分析、底質採樣分析等等，該單位必須接受官方的品質管理評量方可保有其公信力及接件資格，維持該單位所需之人力預算皆為自給自足，可維持良好運作。

此外本所與該系師生分享本所這幾年來在風機設置海域相關漁業及環境調查結果及藻床復育進程，此外也聽取了該校老師的主要研究範疇及參與博士班學生的進度報告，其中有幾個有趣的結果臚列如下，也許未來臺灣在風機劃設或設立之前、中、後期可以參考。

1. 風機設置之後龍蝦資源反而增加，但浮魚資源下降；
2. 流刺網漁法採集的魚種組成發生改變；
3. 電纜佈設區鱈魚則沒有差異，鱸魚資源量則變多；
4. 立柱式風機建設中的震動會促使貽貝傾向閉殼，而寄居蟹則是增加抬殼的頻度；
5. 在風機期不增加頸圈狀的防護設施則可有效減少沙層的掏空

由於在 2050 年，北海有將近 11% 的海域面積幾乎被風場佔滿，屆時若是利用浮式架設風機，則影響面積將會更大，因此針對風機架設前、中、後期的環境影響評估以及漁業資源基礎資料的收集是很重要的參考依據。



圖 9 與 Hull University 的 Magnus Johnson 博士研究團隊與學生進行研討

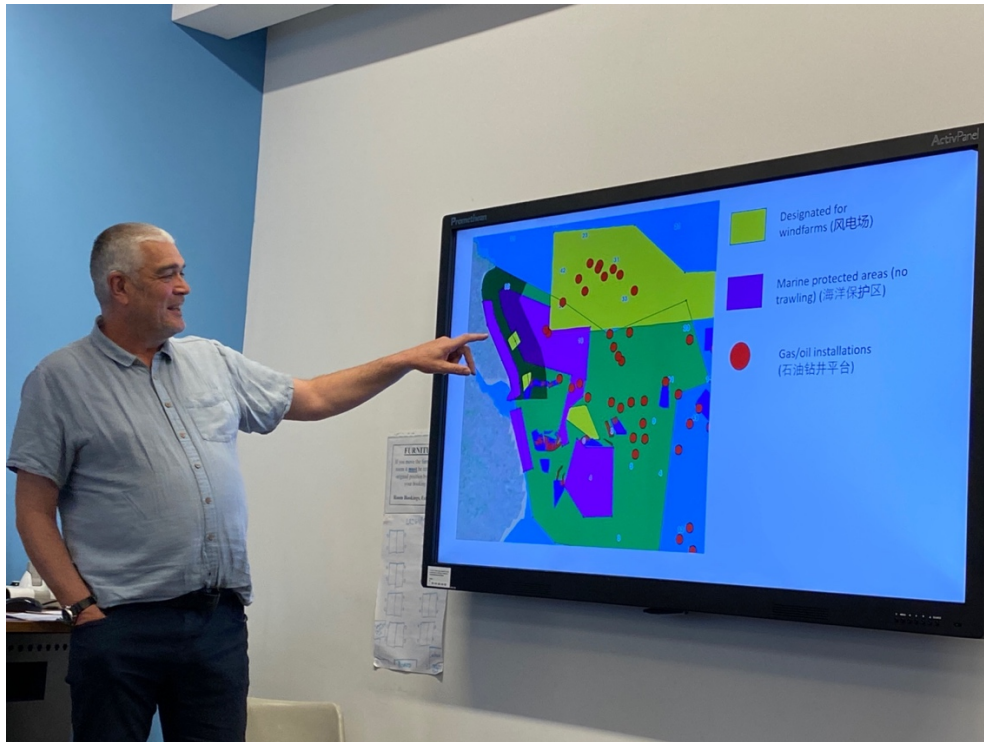


圖 9 Hull University 的 Magnus Johnson 說明當地海域複雜共構的情況

#### (5) 拜會 The National Federation of Fishermen's Organisations (NFFO)

全國漁民組織聯合會（NFFO）的存在是為了確保為了各種規模大小的漁民提供發言權，並團結起來確保他們的聲音被政府聽到。由於英國漁船船隊的多樣性，NFFO 是透過執行委員會按照民主模式運作，讓所有主要區域和部門團體在委員會中擁有平等的發言權。此外 NFFO 是以有限公司方式經營，就英國當地漁業發展有至關重要的地位，因此本次特地於 4 月 20 日當天前往拜會，負責接見的是副執行長 Mike Roach 先生。雙方拜會中首先由本所針對本所風機設置海域相關漁業及環境調查結果及藻床復育進程進行分享，接著由 Mike 針對風場設置之後的主要議題面向進行分享（圖 10）。其分享內容包括風場場域的可及性、電纜鋪設後所造成的危機、海域使用空間遷移以及壓縮、生態影響、風場的架設規模以及未來長期策略等問題。比較特別的是 NFFO 有自己的漁業科學家，針對自己的科學資料進行蒐集分析，以數據對談來取代漫無根據的爭辯，這也是英國與我國很大的差別之處。

在 2023 年 4 月即將卸任、已任職 38 年的漁會執行長 Barrie Deas 先生也一再強調，對抗不公平的對談模式是非常重要的事情。而 NFFO 的理事長 Andrew Pascoe 先生則是提到，因受到新冠肺炎、油價上揚、風場及保護區劃設所造成的空間排擠，對於英國漁業



發展有很大的影響，但是站在糧食安全的立場，漁業仍然是相當重要的產業。同時漁業也是複雜的，尤其目前面對政治因素的角力之下，例如政府綠色政策、權力下放、歐洲及歐盟互動、碳排放等議題的交互關係，漁業發展勢必也要做出適當的取捨（trade-offs）。英國的漁業年產值約在 100 億英鎊（約折合 4000 億台幣），風電發展已經有 20 年，相信這段發展的過程，漁民、開發商、科學家、公部門以及其他權益關係人之間的相互關係與解決方案，定能作為臺灣離岸風電產業發展的良好借鏡。



圖 10 前往 NFFO 與其副執行長 Mike Roach 先生加以研討，了解當地漁業現況與需求

#### (6) 拜會 The Crown Estate（皇家財產局）

英國 The Crown Estate（皇家財產局）是在 1961 年依法成立，管轄範圍包括英格蘭、威爾斯以及北愛爾蘭等區域，其多項國有財產管理業務當中，針對海域的部分有風能、管線、疏濬、礦藏、碳封存、海洋環境參數資料與事證蒐集、海岸規劃等等事務進行管理。依照慣例，首先是由本所針對本所風機設置海域相關漁業及環境調查結果及藻床復育進程進行分享(圖 11 至 13)，本次負責接待的是海洋資訊與事證資深經理 Chelsea Bradbury，同時介紹了兩位漁業科學負責的專家針對大數據、雲端儲存、機器學習、3D 互動繪圖、風機分佈位置等技術進行分享（圖 14）。

該局利用這樣的數位工具輔助進行物種多樣性、分佈、特徵及群聚結構進行預測。同時皇產局也要針對區域海床進行監測，包括海床的變動、復育，例如風機使用海域證照核發時需要確認濬深過程是否恢復原狀。針對基線資料以及資源變動的預測也是他的的核心業務之一。此外 Cefas 專家分享一套海域空間分析架構軟體（Spatial Marine Analysis Framework）（圖 15），首先界定分析區域大小之後，利用各界發表的資料套入空間架構當中，考量其標準化及共同性，開發多目標或說不同劇情的利用，設定劇情排序，參考不同周邊國家的 VMS、Logbook 資料（投入的資料量決定的資料的解析度），預測分年度不同資料方格尺寸之魚種變遷、漁獲資料（例如 Landing 及 CPUE）等。從其研究可以發現，海洋漁業與離岸風電的發展除了必須持續的累積有效的科學數據之外，還必須建立國家的海域管理機制，並利用科學工具加以套疊，分析對國家最有利的海域使用情境，善用自然資源。

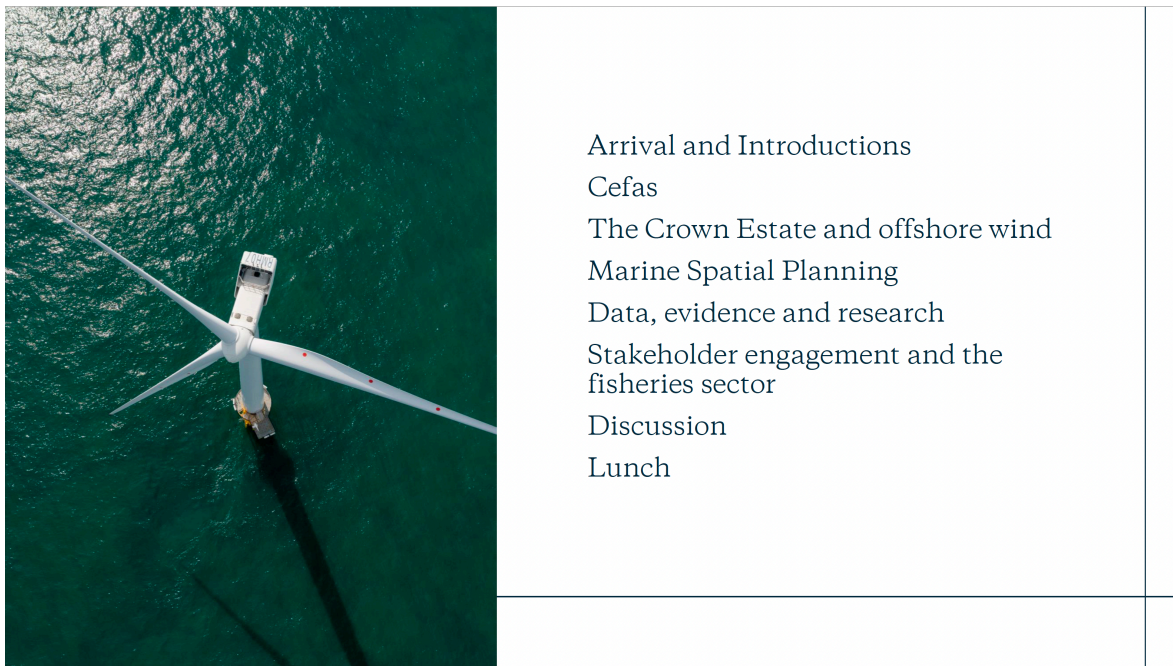


圖 11 於英國 The Crown Estate 總部研討內容與流程



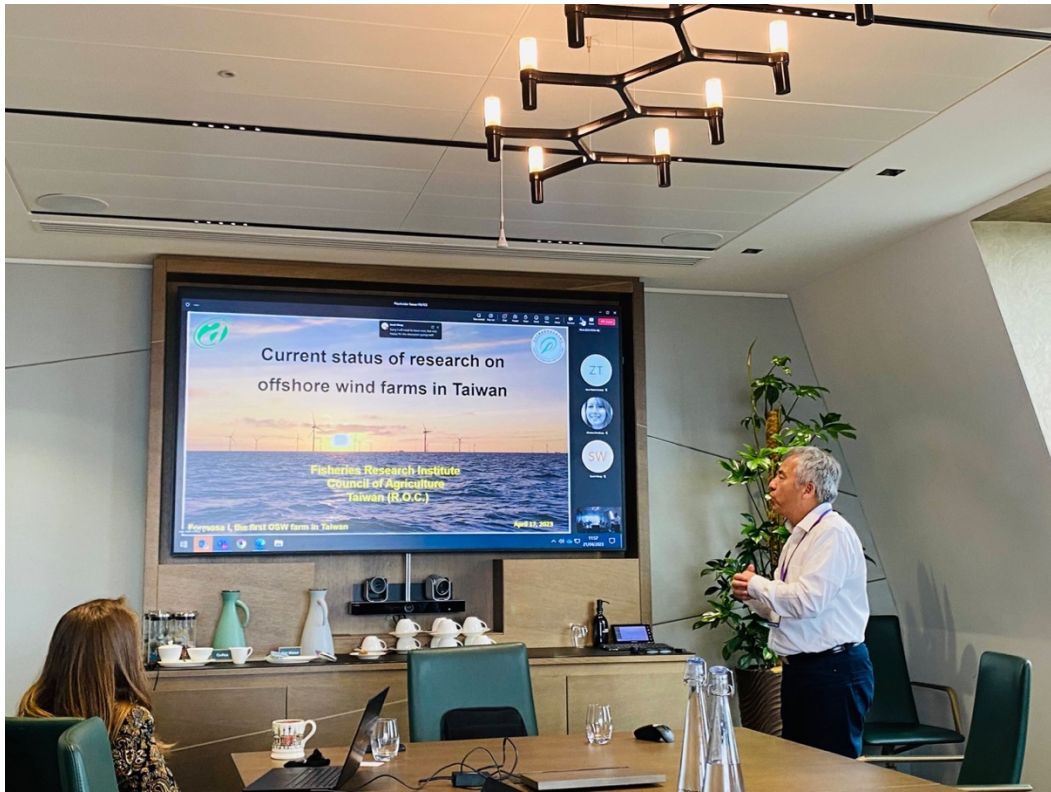


圖 12 於英國 The Crown Estate 總部與其討論離岸風電相關研究



圖 13 本所澎湖研究中心謝主任向 The Crown Estate 說明風場藻類實驗現況





圖 14 本所於 The Crown Estate 與參與人員共同合影

## SMMART Spatial Marine Analysis Framework

### Risk assessment and trade-offs in seafloor carbon storage and sequestration

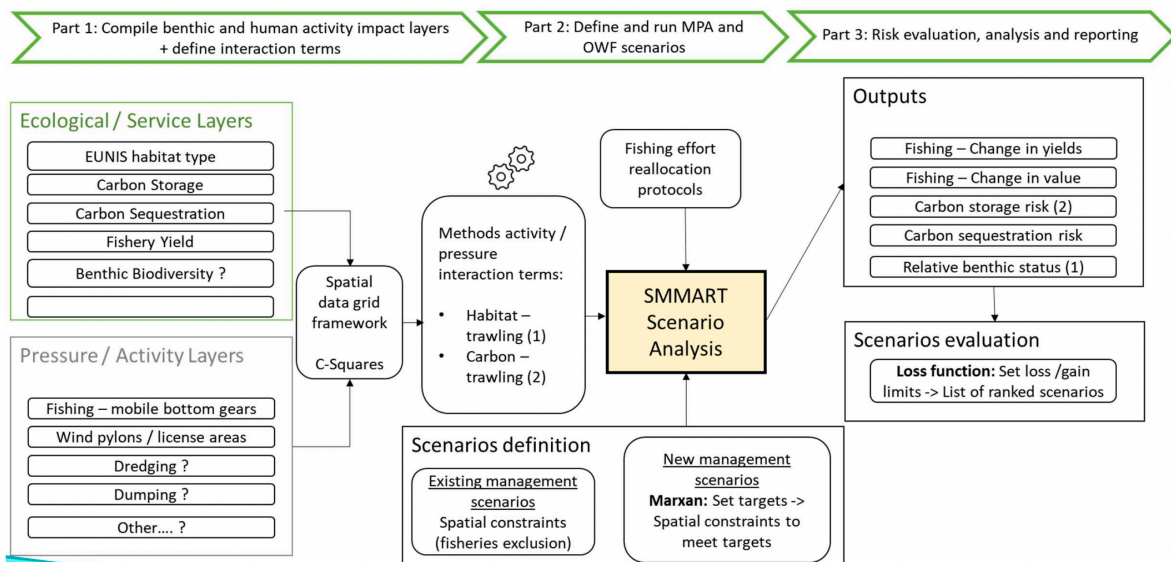


圖 15 SMMART 海域空間分析架構流程

#### 四、心得與建議

本次前往英國參訪及交流，有效深化本所與英國 Cefas 的夥伴關係，除了促進本所雙邊的合作議題討論外，實地訪查當地相關研究機構、研究人才以及離岸風電現況，都能夠從全球位於領先地位的英國獲得更多寶貴的資訊與做法。此外，在本次前往訪視後，英國 Cefas 也已經在 5 月下旬派員來訪，除了與本所深度交流外，也前往苗栗、台南、高雄及澎湖等地訪問相關研究單位與了解現況，因此本次交流具有實質效益，讓雙方都能更進一步提出後續合作之方向與項目，促成長期夥伴關係。基於前述參訪與研討，相關心得與建議如下：

1. 從 Cefas、Hull University 等研究單位的研討內容可以看到，這些單位皆投入大量研究人力從事離岸風電研究，並涵蓋許多不同面向，社會經濟面、生態面、生物面、社會科學領域等，顯示英國對於海洋科學研究的多元性與重視，且學者們大多強調這些領域必須相輔相成才能完整建構海域使用所需的科學支持，因此我國在相關研究人力上仍應持續投入，同時更要思考如何引入多元領域的人才，利用科學數據協助政府制定海域使用策略。
2. 從 NFFO 的會談可以發現，英國對於漁民跟政府間的對話相當重視，尤其在面對離岸風電與海域多元使用越趨複雜的今日，NFFO 甚至聘有專業漁業科學家協助漁民團體與政府間的對話，此可提升漁民對科學家的信任感且重視科學數據的重要性，更能讓溝通與對話更加理性。
3. 英國在離岸風電及海域利用管理機制值得學習，由於英國海床財產屬於 The Crown Estate 所管理，相關開發與投資也必須取得 The Crown Estate 同意，The Crown Estate 也聘有相關科學專家，尤其針對海域空間規劃，以科學化且系統性的方法加以分析，評估整體海洋使用，協助政策進行相關決策。
4. 英國在東岸在離岸風電快速成長的同時，也造成漁業型態的大幅改變，尤其在當地原本以拖網漁業為主的型態下，逐漸轉變成為以籠具漁業為主體的經營模式，這可能也意味著在臺灣西岸離岸風場快速建置下，原有的刺網與拖網經營數量是否有潛在的衝擊，將轉變成更能與離岸風場更得以共存的漁法，值得觀察。



5. 由於英國海域幅員廣闊，所幸本次再 Cefas 協助下與各單位的聯繫尚稱順暢，因此未來可持續維持夥伴關係，進一步進行臺英在離岸風電相關漁業研究上，仍應積極與英方持續互動，借鏡與學習英方在此領域的相關知識與政策。