

114 年「港子海草保護區」海草復育與經營 工作報告書

農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

114 年 12 月

114 年「港子海草保護區」海草復育與經營

工作報告書

洗宜樂

農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

一、前言

海草生態價值

海草 (Seagrass) 是海洋環境中沉水性開花植物的統稱，分布於熱帶及亞熱帶的沿岸有光層淺水域，具有直立的枝葉及匍匐的地下莖不斷擴展延伸，整體的生態系稱為海草床 (Seagrass meadow)。海草床生態系是最具生產力的生態系之一 (Zieman and Wetzel, 1980)，綿密的海草床植被是許多海洋生物極佳的棲息環境，是一些大型的海洋動物如綠蠵龜 (*Chelonia mydas*) 與儒艮 (*Dugong dugon*) 賴以生活的重要棲地 (Short *et al.*, 2007)，也是魚類重要的育成場 (Cullen-Unsworth *et al.*, 2014 ; Duffy, 2006 ; Orth, *et al.*, 1984 ; Waycott, *et al.*, 2009)，更與當地的漁業資源動態有著密切的關係。除此之外，海草床還具有減緩波浪、保護海岸、提升海水及底土中的溶氧量並能淨化水質 (Cullen-Unsworth *et al.*, 2014 ; 林及蕭，2010)。全球海草床生長分布的面積僅佔海洋的 0.3% (Moore, 2003)，從海水中固定二氣化碳轉為能量存於海草植株中，卻能固定約 10% 的海洋總固碳量，是全球碳循環中很重要的碳庫之一 (Duarte *et al.*, 2010 ; Fourqurean *et al.*, 2010)。

全球海草床受到人為活動、海岸開發、天然災害及全球氣候變化之影響，使面積逐年消失 (Japar and Zokaria, 2003)，除影響海洋生物多樣性，對 CO₂ 吸收儲存影響甚鉅。國際間不僅成立國際海草協會並辦理多次相關會議，美國、澳大利亞及地中海沿岸國家也投入許多研究能量，以促進海草床生態環境的保護，另鄰近的日本及中國均對海草移植或是播種方法進行許多研究與討論，更對海草床之恢復作出許多努力 (李等，2010 ; 張等，2013 ; 上野等，2003)。

海草床與沿近海漁業資源之關係與澎湖海草床之分布

水試所澎湖漁業生物研究中心(後稱本中心)長期關注澎湖漁業資源之動態，一般來說，同一海域，在有海草分布的棲地，其海洋生物的種類與豐度通常都比沒有海草分布的來得高 (李，2009 ; 邱，2009)。從澎湖大倉灣海草床魚類群聚初探結果指出 (洗等，2012)，在通梁海草復育區連續經 15 個月以拖曳網調查，共採集 32 科 63 種 2792 尾的魚類，體長頻度近 84% 為 10cm 以下的稚魚群，為近岸重要的魚苗輔育場。歷年 (97-106 年) 漁業年報澎湖沿岸一支釣漁

獲量變動發現，其產量與產值均呈現嚴重下滑的趨勢（圖 1），原因相當多，其中一項就是棲地環境劣化所造成。也因此，本中心自 2011 年針對澎湖周邊海域進行海草現況調查，包括潮間帶 13 處與亞潮帶 15 處，潮間帶的海草主要分布白沙鄉與湖西鄉寬廣淺坪；亞潮帶則以有地形屏障的通梁與澎湖本島東南沿海（圖 2 及 3）。所紀錄的海草計有 5 種，又以卵葉鹽草、單脈二藥草及甘草這 3 種海草最具優勢。

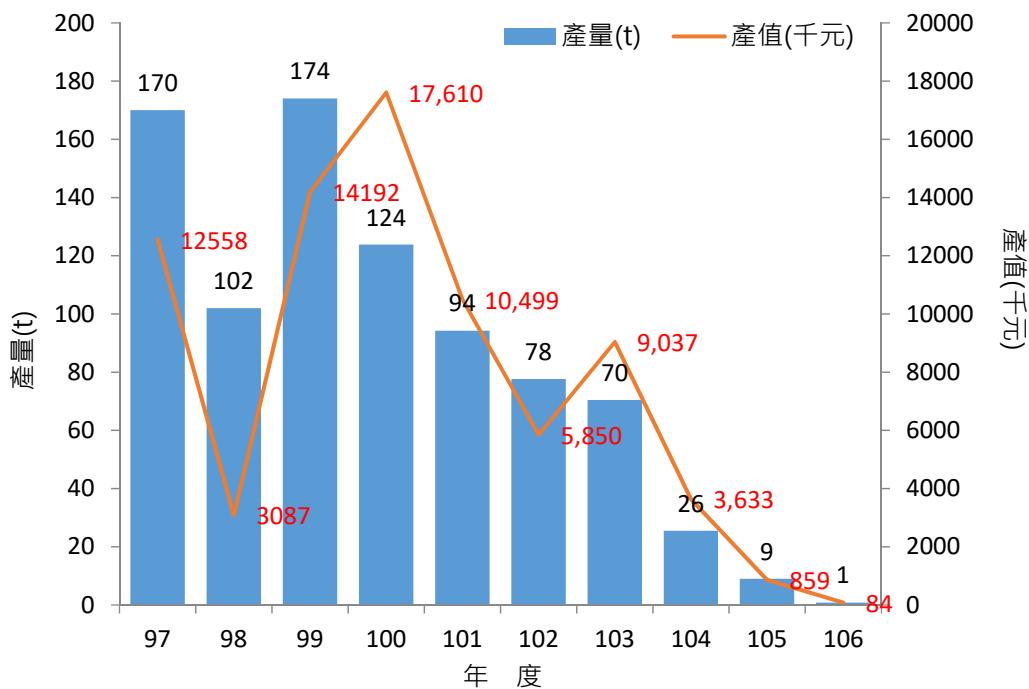


圖1. 97-106年澎湖縣沿岸一支釣漁業漁業年生產量與年生產值(漁業署漁業年報)

澎湖現有海草床海域-潮間帶

冼宣樂、鐘金水、蔡萬生(2011)澎湖海草床現況調查

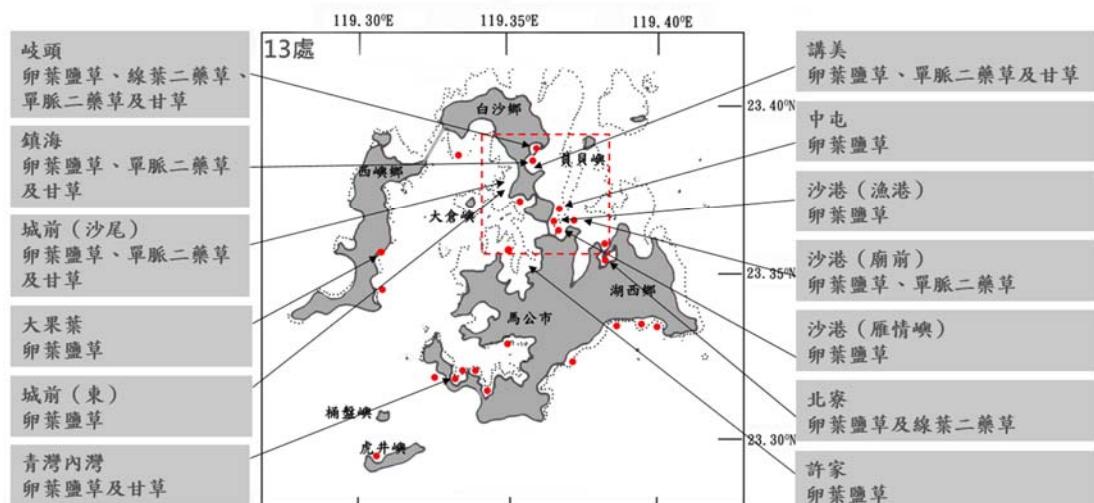


圖2. 澎湖潮間帶海草分布圖(冼等，2011)

澎湖現有海草床海域-潮下帶

冼宣樂、鐘金水、蔡萬生(2011)澎湖海草床現況調查

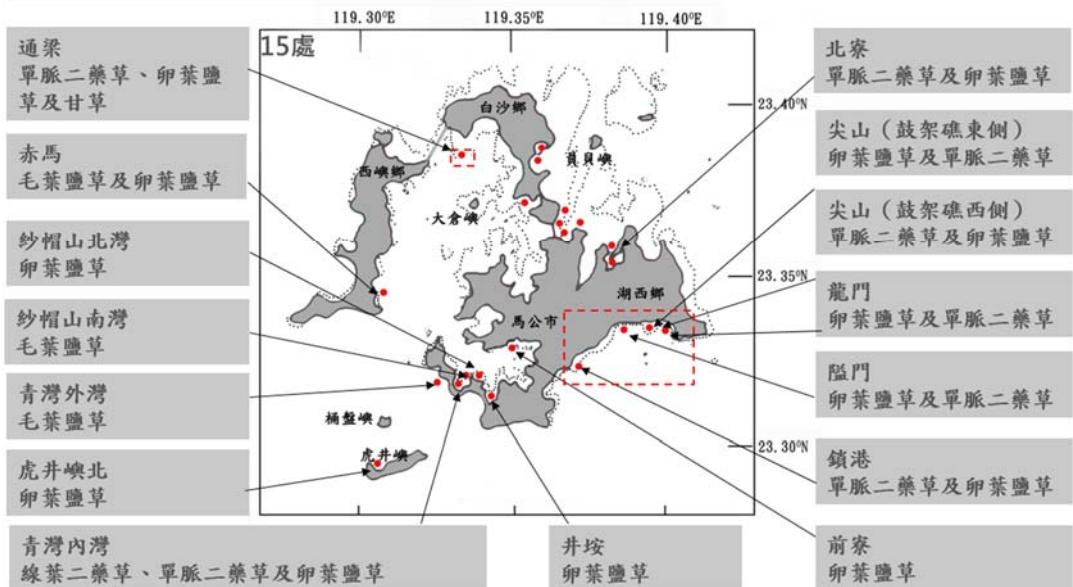


圖 3. 澎湖亞潮間帶海草分布圖(冼等，2011)

鎮海灣海草床現況

鎮海灣 (包含岐頭、港子、鎮海和講美等 4 個村的岸際) 為國內 (不含東沙環礁) 潮間帶最大的海草床，面積可達 113 公頃，但隨著海岸線的水泥化與航道疏濬等影響，2020 年調查時海草已流失 66.8%，面積萎縮僅剩 37.5 公頃 (圖 4；冼等，2020)。

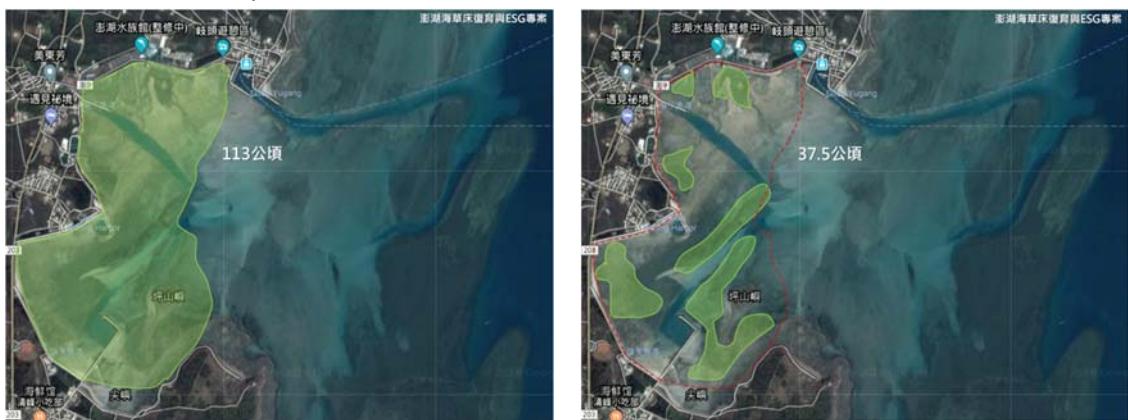


圖 4. 鎮海灣海草床過去與現在面積之變化 (圖左：1950 年鎮海灣海草涵蓋面積為 113 公頃；圖右：2020 年鎮海灣海草面積萎縮僅剩 37.5 公頃。)

過去鎮海灣海草床為潮間帶漁業活動重要的海域，為周邊社區重要的漁業經濟場域。從躉蝦、刺蛤、炤海、柵網和抓魚栽等 (圖 5-7)，活絡的漁業活動將夜晚鎮海灣海草床點綴如同夜市般；而海草床立體空間為海洋生物幼生的庇護所

及提供豐富的食物，更是人工種苗放流如遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 或斑節蝦 (*Penaeus japonicus*) 等重要的放流場域。但隨著海草床的流失，傳統漁業活動漁獲量也逐漸下滑（如蹕蝦漁獲量從 300 尾/每網次降至僅剩 10 尾；臭都魚柵網漁獲量從 50kg/每網次降至僅剩不足 5kg。），過去風華已不復見，海草床對沿岸漁業之重要性可見一斑。



圖 5. 俗稱草蝦的短脊槍蝦 (*Alpheus brevicristatus*) 是澎湖重要的釣魚餌料。



圖 6. 以二枚貝為漁獲目標的作業漁法-刺蛤，為海草床友善的採貝漁法。



圖 7. 「柵網」隨著海草床的流失，主要的漁獲魚種臭都魚 (*Siganus fuscescens*) 隻魚獲量也大幅下降。

澎湖海草床的復育

為改善澎湖海洋生物棲地劣化及增加棲地多樣性，本中心自 2014 年開始投入海草床復育研究。在通梁淺坪海域，進行比較根狀莖法 (Rhizome method) 及草塊法 (Plug method) 海草復育之優劣。結果顯示，根狀莖法對移植海草的擴散有正面效益。2014 年試驗共種植了 60m^2 的海草 (圖 8)，初移植期間 (經移植 5 個月)，其拓張率增加了 0.7 倍 (冊等，2013 及 2014)。之後仍持續觀察，經 5 (2018) 年後，海草已拓生成 460m^2 (增生 8 倍)；經 10 (2023) 年後，拓生成近 3000m^2 (增生 50 倍；圖 9)。以根狀莖法進行海草移植時，生物與海流的擾動是造成海草移植初期脫落的主因 (冊等，2023)。海草移植後，生物多樣性組成與豐度都有提高的現象。而有性生殖的方式，目前僅趙 (2018) 探討卵葉鹽草溫度與鹽度對種子發芽之影響研究，發現以低鹽度 (10ppt) 最適海草萌芽。本中心除在 2014 年開始在通梁亞潮帶進行海草復育之外，並在 2015 至 2024 年不同的時間，在澎湖不同的區域包括重光與港子潮間帶還有虎井低利用度漁港等海域進行海草復育，所復育種植海草的面積為 0.03 公頃，迄今這些海草面積已擴增累積達 1.1 公頃 (圖 10)。隨著海草床的恢復，不僅改善了已劣化棲地，使棲地更具多樣性，對生物多樣性與增裕漁業資源更具有正面效益 (圖 11)，同時也應用於俗稱沙蟹的遠海梭子蟹種苗的放流，大幅提升放流種苗的活存率，對近海的蟹類資源增裕也扮演重要的角色 (圖 12)。



圖 8. 通梁海草復育區 2014 年所種植的 $60m^2$ 的海草

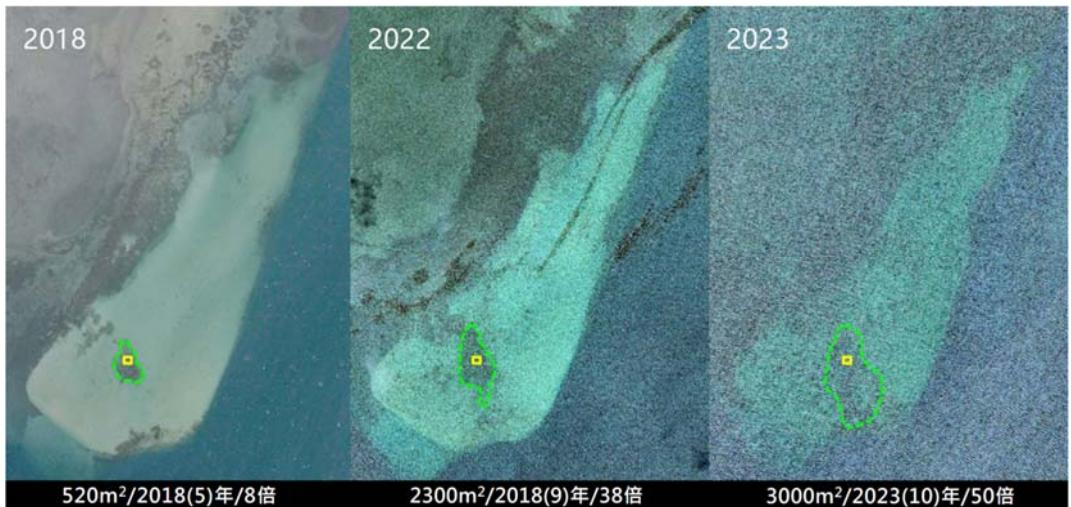


圖 9. 通梁海草復育經 5 年 9 年及 10 年海草變化情形

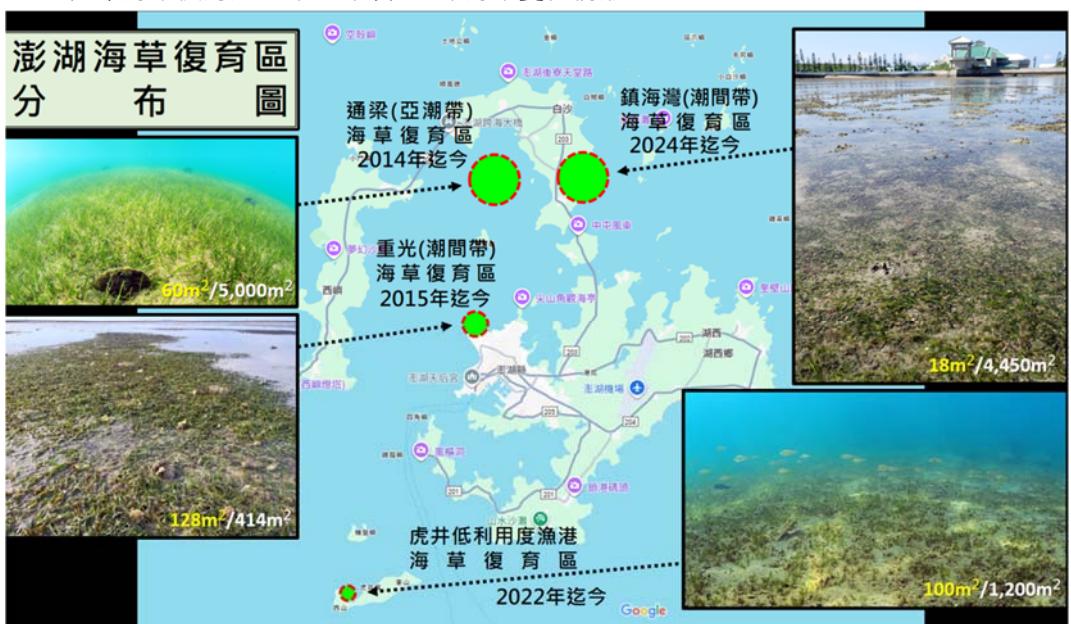


圖 10. 本中心近年在澎湖海域所進行海草復育的位置圖與現況



圖 11. 海草床恢復後對生物豐度增加具正向的效益 (俗稱垵美的奧奈鑽嘴魚魚苗)



圖 7. 海草床恢復後，生物多樣性也隨之增加。



圖 12. 復育海草床應用於沙蟹苗放流 (圖左) 後，常見許多的蟹苗成長所蛻的殼 (圖右)，說明海草床可提供蟹苗的保護與食物，大幅提升放流之效益。

海草保護區的公告

所復育潮間帶的海草床，包括港子與重光 2 處。常吸引民眾採捕貝類，如以刺蛤的方式進行漁獲，對海草棲地擾動影響不大，但大多數民眾則多採用以耙具來進行，使所復育的海草會因鏟耙而流失。這些現象也讓 2 個社區的村里長萌起在海草復育區內禁用耙具採貝，保護區劃設的意念油然而生，進而請澎湖縣政府農漁局及本中心與社區共同會勘並取得共識，澎湖縣政府於 111 年 10 月公告將港子與重光 2 處為海草保護區，禁止民眾在保護區範圍內以耙具進行採集，也成為臺灣最早以保護海草為目的縣市 (圖 13)。



圖 13. 澎湖縣政府於 111 年 10 月公告澎湖的港子與重光等 2 處海草復育區公告為海草保護區。

二、「港子海草保護區」海草復育工作

隨著海草港子保護區的公告，公部門包括本中心與澎湖縣政府農漁局也開始投入海草床復育的工作。近期所投入工作項目如下：

(一) 港子海草床劣化棲地環境改善

111 年 6 月本中心、澎湖縣政府農漁局及港子郭文雅村長共同進行會勘，在港子-澎湖水族館前潮間帶的海草床近年受砂礫淤積影響，海草床棲地已岌岌可危（圖 14）。



圖 14. 港子-澎湖水族館前潮間帶長年受海沙淤積已對現存海草床棲地具威脅（上圖）。2016 年尚未被海沙淤積前仍長滿海草，2022 年受淤沙覆蓋後海草已消失（下圖）。

112 年在澎湖縣政府農漁局「澎湖縣沿近海潮間帶（潮下帶）之砂礫調查及清除計畫」委託計畫的支持下，以本海域作為調查試驗海域。調查海域面積為 12.25 公頃（圖 15），所紀錄海草的種類包括卵葉鹽草

(*Halophila ovalis*)單脈二藥草(*Halodule uninervis*)及甘草(*Zostera japonica*) 3 種，海草平均出現率 2.9%。底質組成以沙及死珊瑚碎屑混合基質達 68.4% 占最大部分，其次為沙質底佔 26.3% (圖 16)；水位的高度為潮間帶海草生長的限制因子，而退潮後無積水最不利海草生長，這類型所占比例為全區最高，達 70.7% (圖 17)。需有更積極的作為將淤積其間的砂礫進行刨(移)除，以改善或減緩棲地環境的持續惡化(圖 18)。透過本計畫的支持下，由本中心規劃執行委請挖土機進行淤沙的刨移 (圖 19)，面積達 0.36 公頃，刨移砂礫的體積達 886m³。經檢視所刨移的海域退潮之水位均高於 C 等級水位 (0-10cm 以上)，且為沙質底質，適合進行海草生長 (圖 20)。建議仍應將未移除的淤沙 (面積近 0.75 公頃) 進行移除外，本海域可列為優先列為海草復育的區域，將可使海草復育的工作事半功倍。



圖 15. 澎湖水族館前方潮間帶劣化棲地調查範圍 (每一樣框為 50m×50m)

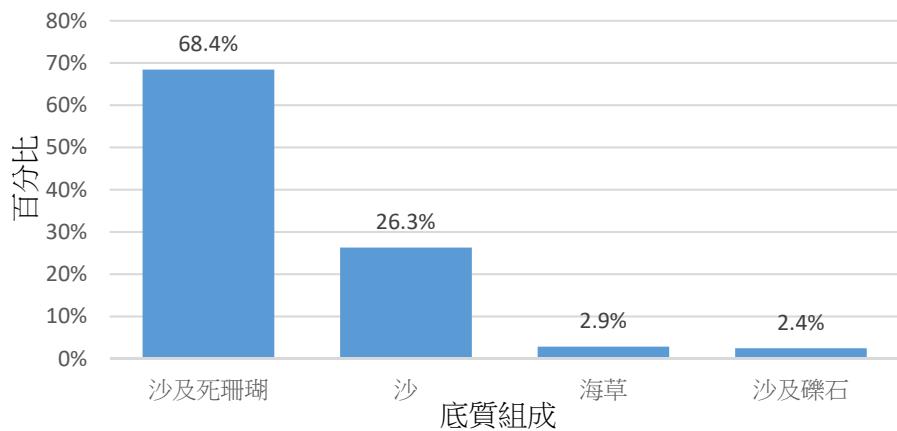


圖 16. 港子 (澎湖水族館) 潮間帶底質組成

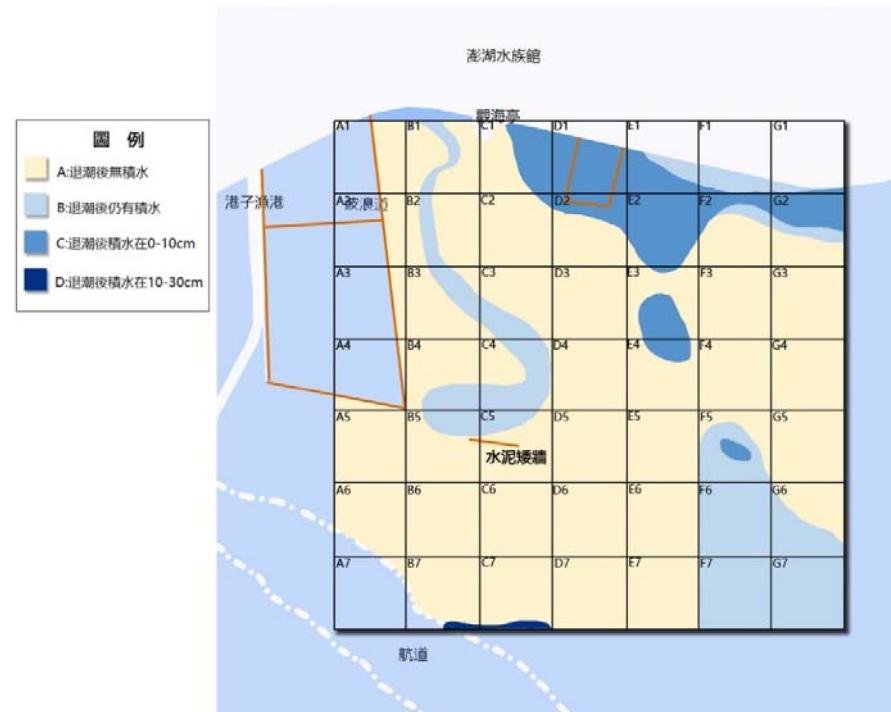


圖 17. 港子 (澎湖水族館) 潮間帶退潮時期海水水位高度分布現況



圖 18. 港子潮間帶砂礫刨 (移) 除前淤積之情形。



砂砾移除前原貌

所雇請的挖土機進行淤積砂砾刨移

圖 19. 港子砂砾刨 (移) 除作業



圖 20. 港子潮間帶砂砾刨 (移) 除後的情形 (圖左) 紅色虛線白色範圍內，為本計畫所刨 (移) 除砂砾的範圍 (圖右)。

(二) 海草復育 ESG 專案

海草床為海洋生物棲息、繁殖和覓食重要的場域，不僅在生物多樣性扮演重要的角色，更是重要的藍碳之一。隨著氣候變遷與人為因素影響下，海草床的逐年流失導致供給海洋生物的食物來源或提供躲棲的海草床面積大量減少，進而衝擊漁業資源與海洋生物多樣性。本中心於 103 年即已建立海草床復育技術，近年更於澎湖數處海域進行復育，所種植的海草面積目前已擴生近 50 倍，並應用於海洋生物如蟹苗、貝類或魚苗的放流，對增裕沿近海漁業資源具有正面效益。而海草床的復育除了需要專業技術，亦需要提高大眾對於海草議題的重視與了解，海草復育才能有永續的資源與人力投入。因此，在 113 年本中心與中信金控合作，並邀請港子社區共同參與，以「許澎湖海洋生物一個家-澎湖海草床復育」海草復育 ESG 專案辦理海草復育推廣與復育活動，以達最佳效益 (圖 21)。



圖 21. 「中信金控」高麗雪總經理（右 2）頒贈紀念品給港子社區發展協會理事長（左 2）及鎮海國中校長（右 1）。

本計畫計畫執行期間，邀請海草復育關係人，包括社區居民、學校師生、公部門、一般民眾與親子甚至與中信金控子公司（中信證券及中信投信）及合作的供應商（188 家）等辦理海草復育區之棲地改善、海草移植、蟹苗放流、海草復育宣講、工作坊、座談會及海草產業體驗活動等，共計辦理 10 場次活動，達 3,512 人次參與，移植海草植株計有 10,000 株，復育面積為 100m²，放流 5 萬尾沙蟹苗及刺蛤躄蝦海草床產業活動體驗等，相關活動也獲得各大媒體進行報導（圖 22-27），公共電視「我們的島」電視節目製作「澎湖海草復育-留給海洋生物一個家」近 20 分鐘的專題，並於 113 年 9 月 30 日首播。對海草復育推廣、劣化棲地環境改善、生物多樣性之提升、增裕漁業資源、社區創生、食農推廣以及生態旅遊等之發展與議題種下希望之種子。



圖 22. 親子種海草活動合影（113 年 7 月 3 日）



圖 23. 論壇活動吸引近 200 人參與 (113 年 10 月 15 日)



圖 24. 「中信金控」高麗雪總經理帶領鎮海國中師生種植海草 (前排左 3)。(113 年 5 月 7 日)



圖 25. 農業部永續司莊老達司長 (左) 與「中信金控」楊聲勇獨立董事 (右) 一起帶領參與民眾種植海草(113 年 7 月 3 日)。



圖 26. 由「澎湖中心」所培育的遠海梭子蟹苗放流到活動所復育的海草床將大幅提升蟹苗之活存率 (113 年 7 月 3 日)。



圖 27. 海草復育搭配傳統產業之體驗深深吸引民眾之目光 (113 年 10 月 15 日)。

(三) 港子閒置魚塭應用於海草復育

位於港子潮間帶的閒置魚塭，產權屬於白沙鄉公所，現委託由港子社區發展協會所代管。此為早期養殖業者養斑節蝦所興建，後因經營不善荒廢迄今。在 109 年 6 月楊曜立委與白沙鄉宋萬富鄉長偕同水利署啟動澎湖水族館海堤改建工程，興建成波浪造型海堤及設置招潮蟹意象，打造新觀光景點。楊立委同時也請觀光局澎湖國家風景區管理處協助，將閒置魚

塭重新規劃施作觀賞平台及漁塭主體整理，朝休閒生態池與戶外教學場域發展，並於 111 年完工迄今（圖 28）。



圖 28. 港子閒置魚塭空拍照

港子魚塭緊鄰港子海草復育區，其環境與魚塭外的環境相似，也適合種植海草。相當適合作為海草復育的種原庫，供作未來海草復育用之海草種苗之來源。緣此，本中心於 113 年 6 月 19 日與港子社區發展協會共同簽屬合作意向書（圖 29），將閒置魚塭建置成「潮間帶海草復育種原庫」。

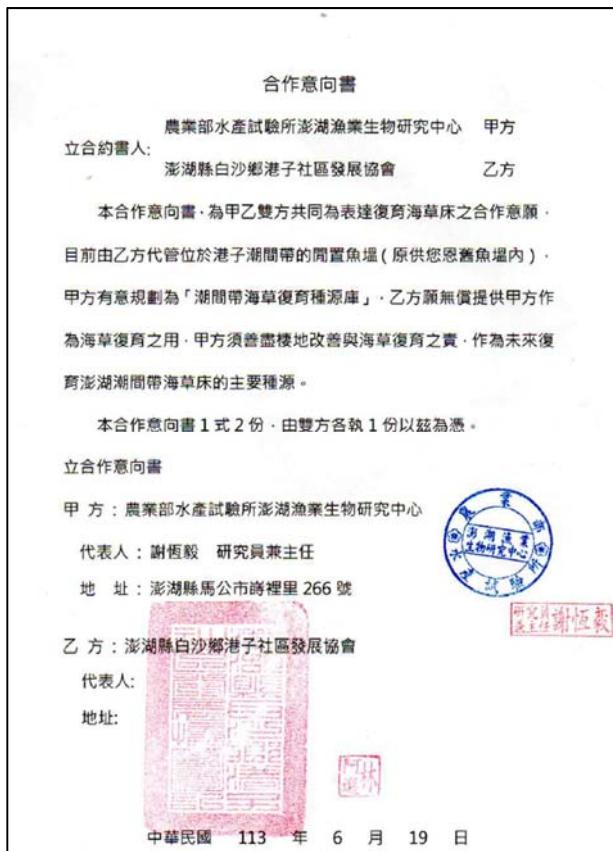


圖 29. 水試所澎湖漁業生物研究中心與港子社區發展協會共同簽屬閒置魚塭的合作意向書。

由於魚塭長期未使用，底質多以淤泥為主，底質需進行改善之後才能使用。於 113 年 4 月下旬，由本中心規劃活動讓鎮海國中師生 20 人體驗棲地改善的作業（圖 30），將淤積在海草床上的海沙，以接力的方式移入魚塭內，藉以改善海草復育棲地的底質，同時也嘗試在魚塭內進行海草移植，讓「潮間帶海草復育種源庫」的建置跨出成功第一步。

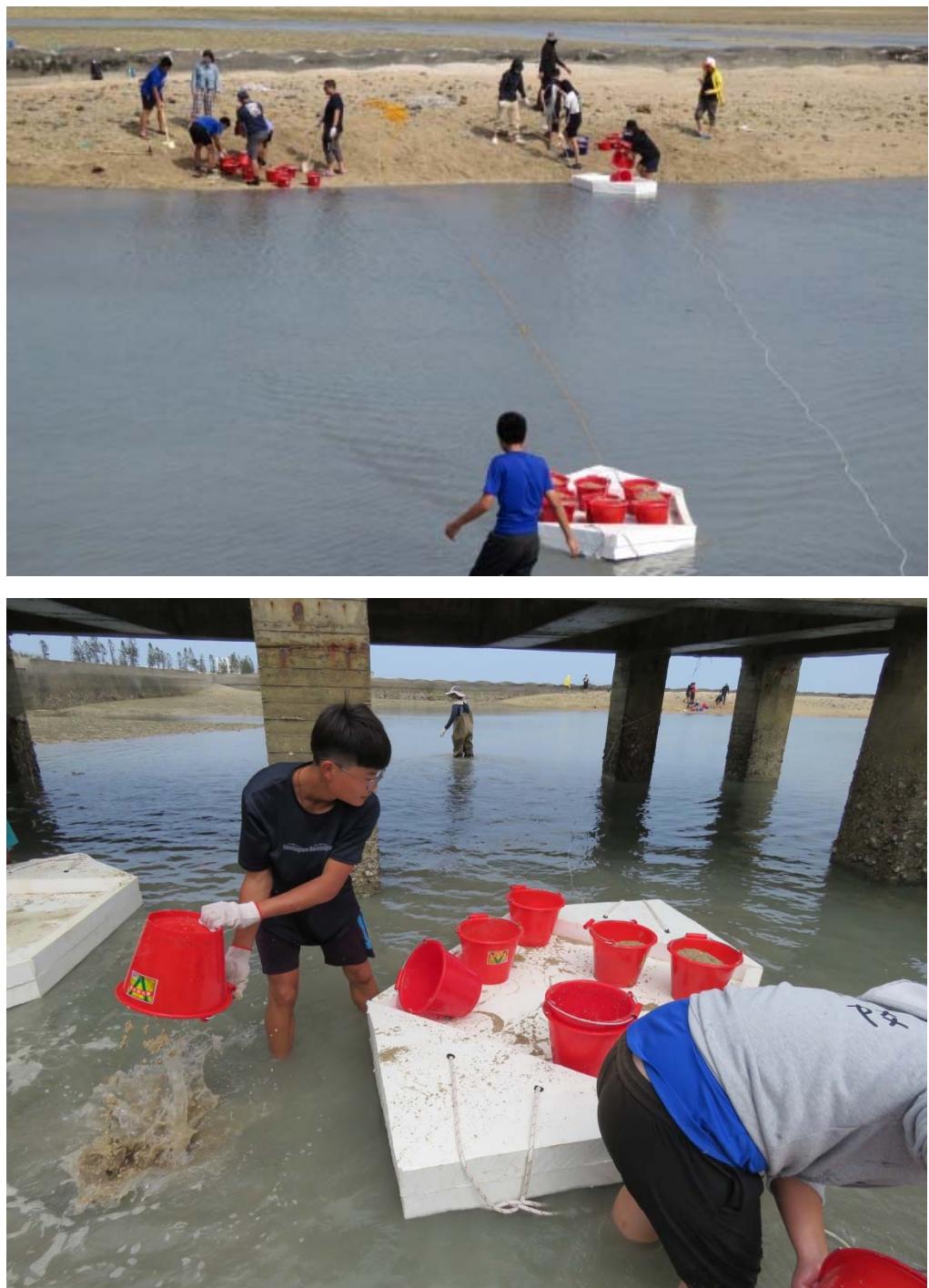


圖 30. 鎮海國中師生協助海沙運送以改善海草復育棲地的底質。

三、近年海草復育成果

為了解近年投入港子海草復育之成效，本中心於 114 年針對所進行的海草復育進行成果盤點。相關成果分述如下：

(一) 港子海草床劣化棲地環境改善

本項工作於 112 年 10 月移除淤沙面積達 0.36 公頃，刨移砂礫的體積達 $886m^3$ 。在淤沙移除後劣化棲地改善後，適合海草生長，再未施以海草移植作為經 1 年後，113 年 11 月再檢視清淤的海域，以卵葉鹽草為主同時也是海草的先驅物種於所清淤的海域範圍內開始長回來，面積達 0.16 公頃，海草恢復比例達 44.4%；114 年 10 月再檢視，海草面積擴增達 0.27 公頃（圖 31），海草恢復比例達 75.0%（圖 32）。



圖 31. 港子劣化棲地淤沙清除後，在未施以海草種植作為，經 2 年海草恢復面積已達 75%。

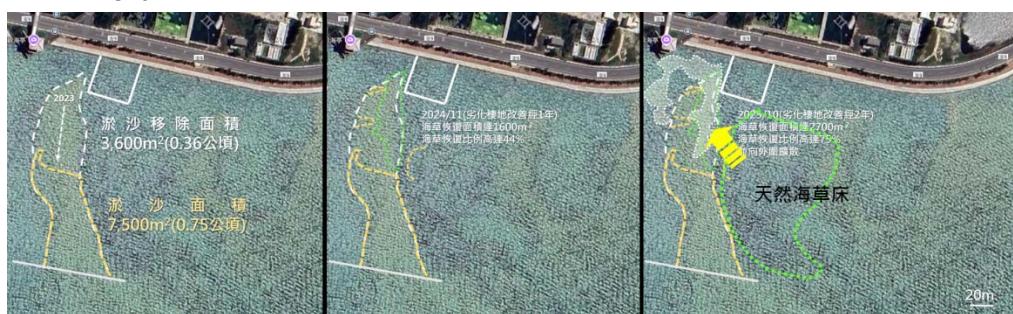


圖 32. 港子劣化棲地改善後不同年間海草恢復情形。

本年度同時也調查劣化棲地改善後海草種子庫的季節性變化，結果顯示，在所恢復的海草床範圍內，4 季並未記錄到海草的花果，但在夏季的調查卻能記錄到卵葉鹽草海草種子，密度高達 291.2 顆/ m^2 ，為所有測線最高，推測是鄰近天然海草床所生產的果實，受潮汐或劇烈氣候如颱風的擾動影響下，將果實或種子推移至調查海域所至，也說明為何在未施以海

草種植也會讓海草恢復回來，同時海草生長範圍持續向外擴散，顯見劣化棲地環境的改善，有助於海草床之恢復。

(二) 海草復育 ESG 專案

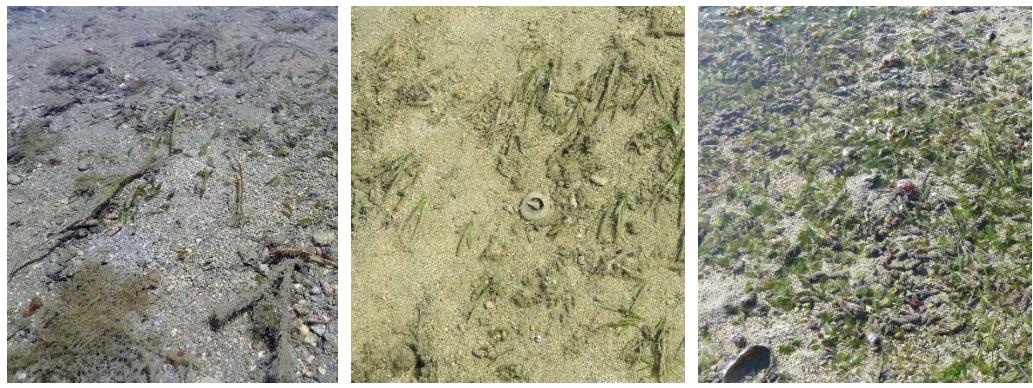
113 年 7 月 3 日於港子海草保護區範圍 (圖 33) 辦理「大手攜小手親子種海草活動」，所復育的位置底質以沙質地為主，退潮期間仍保有 C 等級水位 (0-10cm 以上)，適合海草種植。海草所復育的種類包括卵葉鹽草、單脈二藥草及甘草等 3 種，活動全程共種植 1,775 株海草苗，種植面積為 $17.8m^2$ (圖 34)。所種植的海草，移植 12 日後，海草均有固著與成長 (圖 35)，37 日海草已有向四周擴散的現象 (圖 35)，154 日後已初具海草床之雛形 (圖 35)。



圖 33. 港子海草復育位置圖 (綠色圓形虛線範圍)



圖 34. 農業部用續利用司莊老達司長親手在港子海草復育區種植海草 (20240703)



海草移植 12 日 (7 月 15 日) 海草移植 37 日 (8 月 8 日) 海草移植 154 日 (12 月 3 日)

圖 35. 港子海草復育區初移植生長情形

海草種植 1 年後，使用 GPS 定位調查海草擴長情形，從圖 36 海草已長成長 70m 寬 25m 的海草床，面積達 $1750m^2$ ，面積增加足足 88 倍 (圖 36)。經進行 4 季的調查，平均覆蓋率以秋季 19.1% 最高，其次依序為夏季 (17.1%)、春季 (10.0%) 及冬季 (8.4%)；所種植的海草也有開花結果的現象，全年具有 2 期，分別為冬、夏 2 季，而夏季具有大量的果實出現，平均可達 182.4 顆/ m^2 ；同時也形成海草種子庫，4 季以秋季平均密度 129.6 顆/ m^2 最高，其次依序為夏季 (68.8 顆/ m^2)、冬季 (4.8 顆/ m^2) 及春季 (3.2 顆/ m^2)。



圖 36. 港子海草種植 1 年後面積擴增為 $1,750m^2$ 。

本海草復育專案為 2024 年全國首次與企業及社區合作辦理海草復育 ESG 專案的區域，經 1 年後海草面積已擴增至 $1,750m^2$ 。前以述及，本測線在夏季多出其他測線 1 季果實期，且果實的豐度也為各測線最高。此現象更呈現於種子庫密度變化的結果，使夏秋 2 季有更豐富的種子加入沉積物中形成種子庫。Kendrick et al (2017) 研究指出，監測海草果候與

種子釋放有助於了解海草生產力、種子產量和生物量的變化，進而評估海草族群的健康狀態。經由本研究結果指出，海草果候與種子庫的監測，可供作評估潮間帶海草復育之效益。因此，海草復育策略可藉由海草移植快速形成海草床，並透過種子庫的形成，加速海草床面積的擴增，達到海草恢復的目的（圖 37 及 38）。

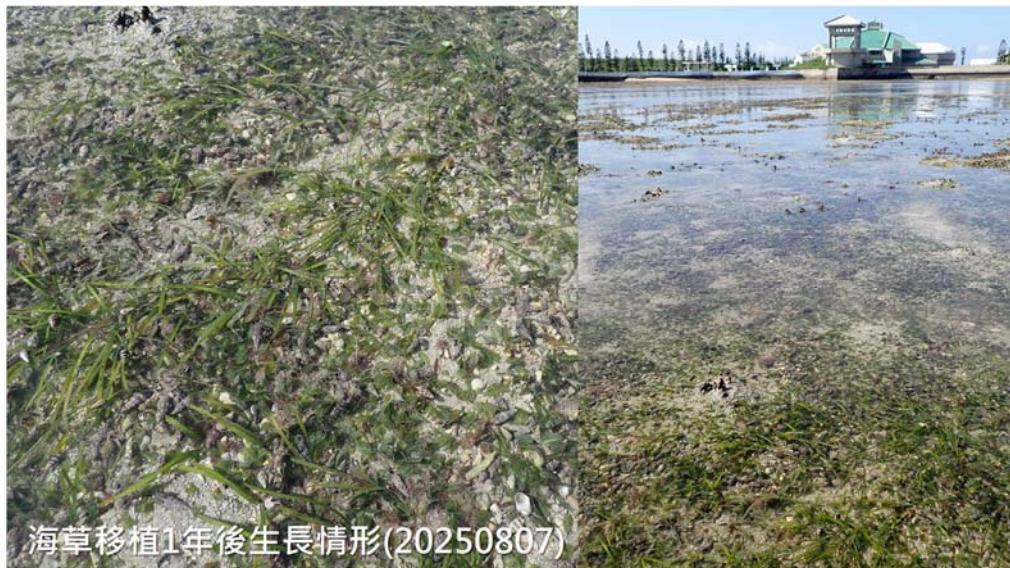


圖 37. 在港子海草復育區以無性生殖的方式種植海草可快速形成海草床。



圖 38. 海草復育所形成的種子庫有助於海草向周邊海域擴散的效益

(三) 港子閒置魚塭應用於海草復育

為檢視魚塭是否適宜進行海草復育，本中心在 113 年 4 月間進行海草試種，共種植 50 株海草苗，面積為 0.5m^2 ；所種類的海草包括卵葉鹽草、單脈二藥草及甘草等 3 種（圖 39）。經 1 年 7 個月後，所種植的海草面積已擴增為長 41m 寬 33m，面積達 954m^2 。



圖 39. 魚塭進行海草試種，經 1 年 7 個月後，海草長成面積約 954m^2 。

從結果顯示，閒置魚塭周邊因有海堤加以保護，可減緩颱風或季風所形成海浪的擾動，為適合海草生長的區域。本中心將以此結果規劃如底質改善、海草復育及監測等作為，使本魚塭成為以海草復育為目的的海草種原庫。