



海洋委員會海洋保育署
Ocean Conservation Administration, Ocean Affairs Council

「澎湖海草復育示範區推動計畫」案 成果報告書

執行單位：農業部水產試驗所
中華民國113年12月

OCA

澎湖海草復育示範區推動計畫 成果報告書

(案號:112-C-36)

委託機關：海洋委員會海洋保育署

得標機關：農業部水產試驗所

執行單位：農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

計畫主持人：謝恆毅主任

協同主持人：冼宜樂

計畫參與人：陳俊廷、楊子泰、許思婕、鐘冠翔、蔡莉

藝、游庭于

計畫期程：112 年 1 月 17 日起至 113 年 12 月 20 日止

113 年 12 月

摘要

一、海草復育示範區推動

(一) 澎湖潛在海草復育區環境普查與選址

針對澎湖分布範圍較大且極有可能形成大面積的 3 處海草床，包括重光、南寮及城前等，分別於 2023 年 2 月至 5 月間完成 3 處海域普查與分析，調查內容包括海草床現況、海草流失主因、新增威脅、流失原因是否可改善及社區參與度等因素，結果顯示 3 處調查區域均有耙具採貝或航道開挖造成海草流失的原因，但重光海草復育工作早於 2014 年開始進行試種，並分別又再 2015 年及 2017 年進行復育，所復育的海草也穩定的擴展中；社區的參與度也是 3 處社區表現最為積極，而政府資源也持續再投入，澎湖縣政府更在 111 年 10 月公告本區域為全台首座「海草保護區」，本調查也證實重光海草復育區已形成種子庫，有助海草床之恢復。林幸助老師於 2024 年首提海草復育方法學也指出，重光海草復育區預期每年排放減量/移除量估計值為 4.1758 公噸 CO₂ 當量。因此將本區列為海草復育行動第一優先。次優先為南寮，城前則列為第三順位。

(二) 海草復育行動方案

重光潛在海草復育區環境普查之結果顯示，以 C2 退潮後積水仍可維持在 0-10cm 的 C 類型等級，底質又以沙質底為主，屬於適合海草生長環境，作為海草復育選址之區域。海草移植分別於 112 年 6 月 6 日、113 年的 6 月 7 日、6 月 8 日、9 月 27 日及 10 月 3 日等進行海草移植，海草移植的種類計有單脈二藥草、卵葉鹽草及甘草等 3 種進行混植，其比例依序分別為 55%、35% 及 10%，移植密度為 100 株/m²，全程共計移植 10,500 株海草，面積達 105m²。

二、探討海草與珊瑚相互關係

(一) 澎湖池西淺坪海域棲地（珊瑚與海草）復育效益評估

① 珊瑚部分

池西珊瑚移植迄今已 40 個月，所設置的 3 個固定測站的珊瑚成長覆蓋率成階梯狀曲線成長，在冬季成長呈現停滯現象，夏季則快速增長，迄今覆蓋率已達 71.4%；在移植初期所經歷的第一次冬、春 2 季（2021 年 11 月至 2022 年 4 月間），受東北季風所帶來的湧浪與海沙的擾動，使珊瑚苗被泥沙與粉塵覆蓋，不僅成長停滯外，還使活存率大幅下降，活存率降至 28.0%。存活下來的珊瑚苗，在夏、秋 2 季迅速成長，且對環境更具適應能力，故在第 2 和 3 年的冬春 2 季未有新增死亡植株。期間也

遭遇對澎湖較具影響的 2 個中度颱風，在受地形屏障之保護，並未受機械性的衝擊而造成所移植珊瑚的受損，風浪的擾動仍會造成大量的粉塵覆蓋珊瑚的現象，但颱風移動速度快影響有限。隨珊瑚有明顯的成長發展時，大量的糠蝦聚集其間，吸引更多的珊瑚礁魚類如蝴蝶魚科及雀鯛科的魚種來覓食，進而提高復育珊瑚礁的生物多樣性，魚種數和魚類尾數從初期的 7 種 74 尾也隨之成長至 29 種 3175 尾/500m²。

② 海草部分

2022 年 5-7 月間，於池西珊瑚復育區礁體邊緣完成海草移植 60 平方公尺，入冬前海草之生長情形相當良好，在經歷冬季後，主要是海沙受東北季風的海浪擾動而遭覆蓋而消失。本海域受地形影響，不論是東北季風或是颱風，均會使本海灣易受風浪擾動，進而使底沙呈現不穩定狀態，容易將所移植的海草覆蓋或造成流失，為避免資源不當投入，本海域不建議進行海草床復育。

③ 海草與珊瑚相互關係

許多研究指出，海草床與珊瑚礁 2 種類型的棲地不論是緊鄰或混生，具有功能互補的效益，可提升棲地之功能性。珊瑚礁所形成的堡礁不僅可保護海岸線，在珊瑚礁與陸地之間所形成的潟湖可降低或避免波浪的機械性衝擊，使海草與紅樹林之群落得以發展。而海草可穩固沉積物與減緩海水的流動，可有效的使懸浮微粒或泥塵沉澱於海草床內，使水體更加清澈，降低因沉積物對珊瑚覆蓋之壓力，進而有助於珊瑚生長 (Len McKenzie & Rudi Yoshida, 2019)。許多種的珊瑚礁魚類均會利用海草床覓食或養育幼魚的現象，抑制珊瑚礁大型藻類之增長，間接促進珊瑚生長和入添之成功率 (林幸助、蕭淑娟, 2011)。在有珊瑚礁與海草混生的棲地類型，魚種密度和物種多樣性較高 (林幸助、劉弼仁, 2018)。

(二) 複合式生態環境棲地修復與效益評估

尖山珊瑚自 2023 年 4 月開始進行移植復育，至 2024 年 6 月珊瑚移植已累積 15 個月。初移植的珊瑚植株均未有脫落的現象，活存率達 100%；受颱風巨浪擾動影響，大面積的桌形珊瑚礁體整片翻覆；所移植的珊瑚雖有部分受損，但以「扦插法」將植入礁盤上的鋼筋，並未受颱風擾動影響而傾倒。僅部分珊瑚受海沙覆蓋或脫落，檢視所移植的 15 個珊瑚樣區，珊瑚平均活存率 81.3±15.4%。本海域冬季風浪相對平緩，加上黑潮支流的暖水團流經本區，有助於珊瑚渡冬，使冬季低水溫的影響有限；珊

瑚覆蓋率則一直維持在 28.6%。

2023 年 8 月間完成 100m² 珊瑚移植，在 2024 年的 5 月魚類組成與豐度，計有 8 科 16 種 141 尾/500m²。9 月為 12 科 25 種 202 尾/500m²。2 季所記錄的魚種數與豐度合計有 13 科 31 種 343 尾。另尖山珊瑚復育區共紀錄了 2 種碑礫蛤，種類同樣為諾亞碑礫蛤有 4 顆與鱗碑礫蛤 1 顆 2 種，族群密度為 5 顆/100m²。

三、辦理教育推廣及復育活動

(一) 教育推廣活動

共計完成 8 場次，宣講內容包括海草復育宣講 6 場次及珊瑚復育宣講 2 場次，參與對象以社區及學校師生為主，參與社區包括重光、虎井、港子及紅羅等 4 個社區；參與學校包括風櫃國小、龍門國小及鎮海國中等，全程參與活動人次共計 342 人次。

(二) 海草復育活動

共計完成了 2 場次，參與對象分別為重光社區民眾及風櫃國小與鎮海國中學校師生，全程參與活動人次共計 139 人次。

四、海草復育影像紀錄

完成 2 部海草復育紀錄片。包括 112 年海草復育紀錄影片及海草復育活動紀錄。

Penghu Seagrass Restoration Demonstration Area Promotion Plan

Closing report

Abstract

1. Promotion of seagrass restoration demonstration areas

(1) Environmental survey and site selection of potential seagrass restoration areas in Penghu

In view of the three seagrass beds in Penghu that have a large distribution range and are very likely to form large areas, including Chongguang, Nanliao and Chengqian, three sea area surveys and analyzes were completed from February to May 2023. The survey contents include The current status of the seagrass bed, main causes of seagrass loss, new threats, whether the causes of loss can be improved, and community participation. The results show that the three survey areas are all caused by raking shellfish or channel excavation, but seagrass is the most common cause. The restoration work began as early as 2014 with trial planting, and restoration was carried out in 2015 and 2017 respectively. The restored seagrass is also expanding steadily; the community participation is also the most active among the three communities, and the government Resources have also continued to be reinvested. In October 2011, the Penghu County Government announced that this area was Taiwan's first "Seagrass Reserve". This survey also confirmed that a seed bank has been formed in the Chongguang Seagrass Restoration Area, which will help restore the seagrass bed. Teacher Lin Yusuke first introduced the seagrass restoration methodology in 2024 and also pointed out that the estimated annual emission reduction/removal in the Shigeguang seagrass restoration area is 4.1758 metric tons of CO₂ equivalent. Therefore, this area is listed as the first priority for seagrass restoration actions. The second priority is Nanliao, and the third priority is Chengqian.

(2) Seagrass restoration action plan

The results of the environmental survey of the Chongguang potential seagrass restoration area show that after the tide ebbs, the accumulated water in C2 can still be maintained at the C type level of 0-10cm, and the substrate is mainly sandy bottom, which is an environment suitable for seagrass growth. As a seagrass restoration area Site selection area. Seagrass transplantation was carried out on June 6, 112, June 7, June 8, September 27, and October 3, 113. The types of seagrass transplanted include *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* and Three species, including *Zostera japonica*, were planted in a mixed manner. The proportions were 55%, 35% and 10% respectively. The transplanting density was 100 plants/m². A total of 10,500 seagrasses

were transplanted throughout the process, covering an area of 105m².

2. Explore the relationship between seagrass and coral

(1) Assessment of the restoration benefits of habitats (corals and seagrasses) in the shallow flat sea area west of Penghu Lake

① Coral part

It has been 40 months since the coral transplantation in Chixi. The coral growth coverage rate of the three fixed measuring stations has grown in a step-like curve. The growth shows stagnation in winter and rapid growth in summer. So far, the coverage rate has reached 71.4%; after transplantation In the first winter and spring (between November 2021 and April 2022), coral seedlings were covered with sediment and dust due to the disturbance of swells and sea sand brought by the northeast monsoon. Not only did growth stagnate, but the survival rate also dropped significantly, to 28.0%. The surviving coral seedlings grew rapidly in summer and autumn and were more adaptable to the environment. Therefore, there were no new dead plants in the winter and spring of the second and third years. During this period, we also encountered two moderate typhoons that had a greater impact on Penghu. Protected by the terrain barrier, the transplanted corals were not damaged by mechanical impact. The disturbance of wind and waves would still cause a large amount of dust to cover the corals. phenomenon, but the impact of the typhoon's fast movement is limited. As the coral grows and develops significantly, a large number of mysid shrimps gather there, attracting more coral reef fish species such as Chaetodontidae and Pomacanthidae to feed, thereby increasing the biodiversity, number of fish species and fish species of the restored coral reef. The mantissa has also grown from the initial 7 species of 74 tails to 29 species of 3,175 tails/500m².

② Seaweed part

Between May and July 2022, 60 m² of seagrass transplantation was completed on the edge of the reef in the coral restoration area in Chixi. The growth of seagrass was quite good before winter. After the winter, the sea sand was mainly disturbed by the waves of the northeast monsoon. And was covered and disappeared. This sea area is affected by the topography. Whether it is the northeast monsoon or typhoon, the bay will be easily disturbed by wind and waves, which will make the bottom sand unstable and easily cover the transplanted seagrass or cause loss. In order to avoid improper investment of resources, Seagrass bed restoration is not recommended in this sea area.

③ The relationship between seagrass and coral

Many studies have pointed out that seagrass beds and coral reefs,

whether they are adjacent or mixed, have complementary functional benefits and can enhance the functionality of the habitat. The barrier reef formed by the coral reef not only protects the coastline, but the lagoon formed between the coral reef and the land can reduce or avoid the mechanical impact of waves, allowing the development of seagrass and mangrove communities. Seagrass can stabilize sediments and slow down the flow of seawater. It can effectively precipitate suspended particles or dust in the seagrass bed, making the water clearer and reducing the pressure on corals covered by sediments, thereby helping corals grow. Many species of coral reef fish will use seagrass beds to feed or raise their young, which inhibits the growth of macroalgae in coral reefs and indirectly promotes coral growth and the success rate of repopulation. In habitat types with mixed coral reefs and seagrass, fish species density and species diversity are higher.

(2) Composite ecological environment habitat restoration and benefit assessment

The coral transplantation and rehabilitation of Jianshan Coral began in April 2023, and by June 2024, the coral transplantation has been completed for 15 months. None of the newly transplanted coral plants fell off, and the survival rate reached 100%. Affected by the disturbance of the typhoon and huge waves, a large area of table-shaped coral reefs overturned. Although the transplanted corals were partially damaged, they were "The steel bars implanted on the reef using the "cutting method" did not collapse due to the disturbance of the typhoon. Only some corals were covered by sea sand or fell off. Examining the 15 transplanted coral sample areas, the average coral survival rate was $81.3 \pm 15.4\%$. The winter winds and waves in this sea area are relatively gentle, and the warm water mass of the Kuroshio tributary flows through the area, which helps the corals survive the winter, limiting the impact of low water temperatures in winter; the coral coverage rate has been maintained at 28.6%.

A 100m² coral transplant will be completed in August 2023. In May 2024, the fish composition and abundance were 141 fish from 8 families and 16 species/500m². In September, there were 202 fish from 12 families and 25 species/500m². Recorded in 2 seasons The total number and abundance of fish species is 343 fish in 13 families, 31 species. In addition, a total of 2 species of clams were recorded in the Jianshan Coral Restoration Area. The species are also 4 *Tridacna noae* and 1 *T. squamosa*. The population density is 5 clams/100m².

3. Handle educational promotion and rehabilitation activities

(1) Educational promotion activities

A total of 8 sessions were completed, including 6 seagrass restoration

sessions and 2 coral restoration sessions. The participants were mainly community and school teachers and students. The participating communities included 4 communities including Chongguang, Hujing, Gangzi and Hongluo. Participating schools include Fenggui Elementary School, Longmen Elementary School and Zhenhai Elementary School, with a total of 342 people participating in the event.

(2) Seagrass restoration activities

A total of 2 sessions were completed, and the participants were the people of Chongguang community and teachers and students of Fenggui Elementary School and Zhenhai Junior High School. A total of 139 people participated in the event.

4. Image record of seagrass restoration

Completed 2 documentaries on seagrass restoration. Includes 112-year seagrass restoration documentary video and records of seagrass restoration activities.

澎湖海草復育示範區推動計畫執行檢核表

工作項目（佔比%）		期間	進度	完成度	備註
海草復育示範區推動（30%）	澎湖潛在海草復育區環境普查	112/01/17-113/12/20	3 處底質調查與評估分析	100%	P-29~57
	澎湖各潛在海草復育區海草生長狀況調查		海草復育區海草生長 4 季監測	100%	P-32~43
	海草復育行動方案		海草復育 100 平方公尺與 4 次監測	100%	P-58~75
探討海草與珊瑚相互關係（30%）	澎湖池西淺坪海域棲地（珊瑚與海草）復育效益評估		針對復育的珊瑚與海草進行 2 年 4 季效益評估	100%	P-76~93
	多生態環境棲地修復與效益評估		珊瑚復育 100 平方公尺與 4 次監測	100%	P-94~105
辦理教育推廣及復育活動（30%）	復育活動		2 年 2 場次	100%	P-106~114
	教育推廣活動		2 年 6 場次	100%	P-106~114
海草復育影像紀錄（10%）				2 年 2 部	100%

製表日期:113 年 12 月 4 日

目錄

摘要.....	III
Abstract.....	VII
檢核表.....	XI
壹、 前言.....	1
貳、 工作項目與內容.....	5
參、 材料與方法.....	6
一、海草復育示範區推動.....	6
(一) 澎湖潛在海草復育區環境調查.....	6
(二) 海草復育行動方案.....	16
二、探討海草與珊瑚相互關係.....	21
(一) 澎湖池西淺坪海域棲地(珊瑚與海草)復育效益評估...21	
(二) 複合式生態環境棲地修復與效益評估.....	22
三、辦理教育推廣及復育活動.....	26
(一) 推廣活動.....	27
(二) 復育活動.....	27
四、海草復育影像紀錄.....	28
肆、 結果與討論.....	29
一、海草復育示範區推動.....	29
(一) 澎湖潛在海草復育區環境調查.....	29
(二) 海草復育行動方案.....	58
二、探討海草與珊瑚相互關係.....	77
(一) 澎湖池西淺坪海域棲地(珊瑚與海草)復育效益評估...76	
(二) 複合式生態環境棲地修復與效益評估.....	95
三、辦理教育推廣及復育活動.....	107
(一) 第一次教育推廣與復育活動場次.....	107
(二) 第二及第三次教育推廣活動場次.....	109
(三) 第四場次教育推廣與第二場次復育活動.....	111
(四) 第五至第八場次教育推廣.....	113
四、海草復育影像紀錄.....	116
伍、 結論與建議.....	119
(一) 結論.....	119
(二) 建議.....	123

陸、參考文獻.....	126
附錄一：第一次期中審查委員意見與回覆情形.....	131
附錄二：第二次期中審查委員意見與回覆情形.....	133
附錄三：第三次期中審查委員意見與回覆情形.....	137
附錄四：期末審查委員意見與回覆情形.....	144
附錄五：南寮潛在海草復育區螺貝類.....	151
附錄六：重光海草復育活動-打造海洋生物一個家企畫書.....	153
附錄七：重光海草復育活動-打造海洋生物一個家活動簽到表...	155
附錄八：「虎井」及「港子」社區海草教育推廣企畫書.....	157
附錄九：虎井社區海草教育推廣活動簽到表.....	160
附錄十：港子社區海草教育推廣活動簽到表.....	162
附錄十一：青灣海草床復育暨沙蟹種苗放流活動企劃書.....	164
附錄十二：青灣海草床復育暨沙蟹種苗放流活動簽到表.....	166
附錄十三：「龍門國小」及「紅羅社區」海草與珊瑚活動企畫書	170
附錄十四：龍門國小海草與珊瑚教育活動簽到表.....	173

圖目錄

圖 1. 海草床是熱帶與亞熱帶重要的濱海生態系	1
圖 2. 海草床是沿近海底棲性魚類幼魚重要的養育場	2
圖 3. 東沙海草床每年每公頃可吸收碳的能力達 8.6 噸	3
圖 4. 澎湖潮間帶海草床分布現況	6
圖 5. 澎湖潛在海草復育區環境調查海域位置圖	7
圖 6. 重光潛在海草復育區範圍	8
圖 7. 南寮潛在海草復育區範圍	8
圖 8. 城前潛在海草復育區範圍	8
圖 9. 以橫截線進行底質組成與時期海水水位分布調查	9
圖 10. 潛在海草復育區退潮時期海水水位類別區分圖	10
圖 11. 重光潛在海草復育區海草復育位置、分布與固定測站	11
圖 12. 單脈二藥草在重光潛在海草復育移植恢復現況	11
圖 13. 以橫截線進行底質組成與退潮時期海水水位分布調查	12
圖 14. 測量植株密度所用小格式意圖	12
圖 15. 海草庇護高度測量	13
圖 16. 重光海草復育區海草物候及種子庫調查測線與測站圖	14
圖 17. 海草種子庫穿越線調查方法	14
圖 18. 重光海草復育區種子庫調查採樣	15
圖 19. 使用自製的 PVC 管採泥器進行底土採樣	16
圖 20. 以搖篩機進行底土粒徑分析	17
圖 21. 海草床底土不同粒徑示意圖	17
圖 22. 海草移植根狀莖法之模擬圖	18
圖 23. 海域海草移植作業情形	18
圖 24. 海草移植的種類-卵葉鹽草	18
圖 25. 海草移植的種類-單脈二藥草	19
圖 26. 海草移植的種類-甘草	19
圖 27. 海草移植擴散效益評估測站示意圖	20
圖 28. 澎湖池西淺坪復域位置圖	21
圖 29. 移植珊瑚植株配置圖	22
圖 30. 珊瑚移植區穿測線記錄覆蓋率	22
圖 31. 尖山複合式生態環境棲地修復位置	23
圖 32. 2020 年於尖山淺坪海域所種植復育的珊瑚苗	23
圖 33. 2022 年所種植 2 年後珊瑚已長成珊瑚叢	23
圖 34. 工作人員於所選址的珊瑚復育區內進行植筋作業	24
圖 35. 於調查海域所採集的珊瑚斷肢	24
圖 36. 103 年在二崁社區活動中心辦理珊瑚苗移植活動	26

圖 37.104 年在文光國小辦理的海草移植活動.....	26
圖 38.105 年在二坎珊瑚復育區海域辦理的珊瑚苗移植活動.....	26
圖 39.澎湖海草復育示範區推動計畫研究與推廣活動地點位置圖...	28
圖 40.重光潛在海草復育區退潮時期海水水位分布類型比例圖.....	29
圖 41.重光潛在海草復育區退潮時期海水水位分布圖.....	29
圖 42.重光潛在海草復育區潮間帶底質組成.....	30
圖 43.重光潛在海草復育區潮間帶各類型底質分布圖.....	31
圖 44.重光潛在海草復育區底質適合海草生長區塊圖.....	31
圖 45.重光潛在海草復育區海草之種類與出現率比例圖.....	32
圖 46. 2024 年重光潛在海草復育區 4 季海草種類比例圖.....	32
圖 47.重光潛在海草復育區各測線覆蓋率季節性變化.....	34
圖 48.重光潛在海草復育區覆蓋率與 2 種海草庇護高度季節性變化	35
圖 49.重光海草復育區卵葉鹽草及單脈二藥草生物量季節性變化...	37
圖 50.重光潛在海草復育區 2 種海草 R/S 值季節性變化.....	37
圖 51.重光海草床的卵葉鹽草在 1 月間所記錄的雌花與果實.....	39
圖 52.重光海草床的卵葉鹽草在 1 月間所記錄的雄性花苞.....	39
圖 53.重光海草床的卵葉鹽草在 1 月間所記錄的果實（圖左）及果裂 將種子外露（圖右）.....	39
圖 54.鎮海灣所記錄的單脈二藥草之雌花.....	40
圖 55.重光海草復育區卵葉鹽草種子庫密度季節性變化.....	41
圖 56.澎湖 2023 年 12 月至 2024 年 10 月間累積雨量平均氣溫變化	42
圖 57.重光海草復育區夏季所採集的種子有萌芽的現象.....	43
圖 58.南寮潛在海草復育區退潮時期海水水位分布類型比例圖.....	44
圖 59.南寮潛在海草復育區退潮時期海水水位分布圖.....	44
圖 60.南寮潛在海草復育區潮間帶底質組成.....	45
圖 61.2023 年南寮潛在海草復育區海草出現率分布圖	46
圖 62.2011 年南寮潛在海草復育區海草分布圖	46
圖 63.白坑漁港南側潮間帶淺坪在退潮後，蓄積於潮間帶的海水均朝 所開挖的航道宣洩。.....	47
圖 64.於適當海域恢復原有海床拱起地貌，藉以形成小潟湖。.....	47
圖 65.牛角江瑤蛤也是海草床常見的大型貝類。.....	48
圖 66.俗稱「爛腳」的長蛸也出現於南寮潛在海草復育區.....	48
圖 67.南寮潛在海草復育區常見的蟹類.....	48
圖 68.調查海域的土嘴瓜殼菜蛤產量大且單位密度高.....	50
圖 69.以耙具採集硬殼淺蜆.....	50
圖 70.採集紅蚶（即殼嘴瓜殼菜蛤）已成招攬生態體驗活動的項目	50
圖 71.南寮海草潛在復育區的平掛式牡蠣養殖.....	51
圖 72.南寮海草潛在復育區的紫菜養殖棚架.....	51

圖 73.旅遊業者於南寮海草潛在復育區進行的生態旅遊-採貝	52
圖 74.採貝活動所造成的擾動對海草床具有相當嚴重的威脅.....	52
圖 75.友善環境的「刺蛤」體驗活動應該取代以耙具採貝之型態.....	52
圖 76.城前潛在海草復育區退潮時期海水水位分布類型比例圖.....	53
圖 77.城前潛在海草復育區退潮時期海水水位分布圖.....	53
圖 78.地貌小起伏隆起處是短指和尚蟹棲息處.....	54
圖 79.城前潛在海草復育區潮間帶底質組成.....	54
圖 80.城前潛在海草復育區海草之種類與出現率比例圖.....	55
圖 81. 2023 年城前潛在海草復育區海草出現率分布圖	55
圖 82. 2011 年城前潛在海草復育區海草分布圖	56
圖 83.城前潛在海草復育區西側海域的平掛式牡蠣養殖.....	56
圖 84.城前潛在海草復育區東側海域的平掛式牡蠣養殖.....	57
圖 85.澎湖縣政府農漁局所公告的重光海草保護區.....	58
圖 86.緊鄰重光海草保護區洗衣工廠未經處理將混濁汗水排放.....	59
圖 87.重光海草復育區選址以 C2 區域為復育範圍	63
圖 88.重光海草復育區底土厚度調查測站.....	64
圖 89.重光海草所移植復育長成的海草床(2022 年)	65
圖 90.受颱風擾動後海草大幅流失(2024 年)	65
圖 91.以採泥器所採集的底土.....	66
圖 92.分析粒徑之底土使用烘箱去除水分.....	66
圖 93.重光海草復育區 5 個測站底土平均粒徑分布圖.....	67
圖 94.港子卵葉鹽草底土平均粒徑分布圖.....	68
圖 95.港子單脈二藥草底土平均粒徑分布圖.....	68
圖 96.海草移植情形.....	70
圖 97.在世界海洋日前夕於海草復育區進行海草復育.....	70
圖 98.所移植的卵葉鹽草帶有許多果實,可於短時間內可形成種子庫, 同時也提高海草基因的多樣性。.....	70
圖 99.響應 2024 世界海洋日與風櫃國小合作辦理海草復育活動 ...	71
圖 100. 海草移植 18 日後已出現新擴展的新生苗	71
圖 101. 單脈二藥草移植 58 日後生長情形.....	71
圖 102. 單脈二藥草經移植 1 星期後,根部之短鉤毛不僅發展還將沙 粒緊緊抓住形成根錨固定所移植的海草。.....	73
圖 103. 根狀經法有效移植與無效移植.....	73
圖 104. 海草移植體驗盒使參與海草移植民眾更清楚海草的「有效移 植」.....	72
圖 105. 生物擾動(圖左)與中度颱風杜蘇芮的風浪造成重光海草復 育區的擾動相當大(圖右).....	74
圖 106. 112 年所移植的海草已擴生至框線外	74

圖 107.在所擴生的海草進行補植，提高海草植株密度.....	74
圖 108.在重光海草復育區首次記錄成對的三棘鰲活動	75
圖 109.2022 年 9 月觀察移植 16 個月的珊瑚苗情形	77
圖 110.2023 年 5 月觀察移植 24 個月的珊瑚苗情形	77
圖 111.桌形軸孔珊瑚成長迅速	78
圖 112.枝狀形的軸孔珊瑚已長成球形狀	78
圖 113.池西珊瑚復育區所移植珊瑚的生長情形	79
圖 114.桌形軸孔珊瑚移植 37 個月後，直徑已達 40cm。.....	79
圖 115.枝狀形的軸孔珊瑚移植 37 個月後，長徑已達 35cm。.....	80
圖 116.池西珊瑚移植 40 個月之生長現況。	80
圖 117.池西珊瑚移植活存率變化圖	81
圖 118.池西珊瑚移植覆蓋率變化圖	81
圖 119.池西海域冬、春 2 季易受風浪吹襲，不僅成長停滯甚至死亡	82
圖 120.2023 年與 2024 年影響澎湖海域的颱風路徑	82
圖 121.所復育珊瑚形成群聚後開始有大量糠蝦聚集並形成薄霧狀	83
圖 122. 2023 年 10 月池西珊瑚復育區記錄白棘三列海膽殼徑組成	83
圖 123.2024 年 6 月於池西珊瑚復育區記錄白棘三列海膽殼徑組成	84
圖 124.池西珊瑚復育區所記錄白棘三列海膽族群	84
圖 125.池西珊瑚復育區常見魚種	87
圖 126.珊瑚移植魚類種類與豐度年度變化圖	89
圖 127.冬春 2 季後礁體大量藻類附生的現象，不利珊瑚附苗。.....	89
圖 128.池西虎目石滬旁珊瑚移植 2 個月多數死亡。.....	90
圖 129.2022 年 4 月 22 日所移植的 5 平方公尺的海草.....	90
圖 130.覆蓋的海砂撥移，海砂覆蓋的厚度高達 10cm 以上。.....	91
圖 131.2022 年 6 月海草移植於 A 及 B 試驗區初移植情形.....	91
圖 132.2022 年 8 月海草移植 2 個月後的生長情形.....	92
圖 133.2022 年所移植海草地上部葉片受草(雜)食性魚類啃食.....	92
圖 134.2023 年 5 月所移植的海草均已被覆蓋	93
圖 135.池西海草移植復育的區域底沙仍受海流擾動大	93
圖 136.於尖山珊瑚復育區進行珊瑚移植的植筋作業	95
圖 137.2023 年 4 月至 8 月珊瑚移植共完成 100 平方公尺.....	96
圖 138.所移植的珊瑚固定情況佳未有脫落的現象	96
圖 139.珊瑚植株移植 28 日，束帶已有被覆蓋的現象發生。	97
圖 140.珊瑚植株移植 154 日，束帶與鋼筋已被珊瑚覆蓋。.....	97
圖 141.移植珊瑚經 392 日，歷經冬季後，珊瑚已長成球狀形。 ...	98
圖 142.尖山珊瑚移植活存率變化圖	99
圖 143.大面積的桌形珊瑚受颱風擾動致整片礁體翻覆	99
圖 144.使用水泥礁體進行珊瑚移植，因底座僅平鋪在海床上，受風浪	

擾動後易有翻覆的現象。.....	100
圖 145.尖山珊瑚復育區受颱風擾動不僅天然礁體被海沙所包覆（圖左），所移植的珊瑚苗也有被覆蓋的現象（圖右）。	100
圖 146.尖山珊瑚復育區魚種組成比例圖.....	101
圖 147.尖山珊瑚復育區 5 月及 9 月魚種組成比例圖.....	101
圖 148.尖山珊瑚復育區常見魚種.....	103
圖 149.諾亞碑礫蛤.....	104
圖 150.鱗碑礫蛤.....	104
圖 151.水字螺的亞成體.....	104
圖 152.銀塔鐘螺.....	104
圖 153.美人蝦.....	104
圖 154.糙刺參.....	105
圖 155.蕩皮參.....	105
圖 156.尖山珊瑚復育區新增紀錄的碑礫蛤.....	105
圖 157.尖山珊瑚復育區 2024 年 6 月所紀錄的碑礫蛤族群.....	106
圖 158.重光海草床復育活動辦理情形.....	108
圖 159.活動期間與當地耆老互動.....	108
圖 160.由本中心所製作的海草植株供社區民眾移植復育用.....	108
圖 161.大家一起彎腰種海草.....	109
圖 162.在虎井社區所辦理的「海草復育教育推廣活動」.....	110
圖 163.在港子社區所辦理的「海草復育教育推廣活動」.....	111
圖 164.在水試所青灣種原庫所辦理的「海草復育教育推廣活動」...	112
圖 165.海草復育活動花絮.....	113
圖 166.在龍門國小所辦理 2 場次的海草與珊瑚復育教育推廣活動	114
圖 167.在紅羅社區所辦理 2 場次的海草與珊瑚復育教育推廣活動	115

表目錄

表 1 澎湖潛在海草復育區環境調查海域.....	7
表 2 海草覆蓋度評分級數與覆蓋度算法	12
表 3 粒徑分類表 Folk(1966).....	17
表 4 重光海草復育區重光 S1 測線海草葉片平均密度.....	33
表 5 重光海草復育區重光 S2 測線海草葉片平均密度.....	33
表 6 重光海草復育區重光 S3 測線海草葉片平均密度.....	33
表 7 重光潛在海草復育區各測線冬、春季海草種類、覆蓋率與庇護高度一覽表.....	35
表 8 重光潛在海草復育區 2 種海草生物量及 R/S 值季節性變化.....	37
表 9 重光海草復育區冬春季各測線卵葉鹽草種子豐度	41
表 10 澎湖 3 處潛在海草復育區復育選址條件優劣一覽表	61
表 11 112 年中颱杜蘇芮擾動前重光海草復育區底土厚度	64
表 12 113 年中颱杜蘇芮擾動後重光海草復育區底土厚度	64
表 13 重光海草復育區 5 個測站底土粒徑分布一覽表	67
表 14 重光海草復育區海草移植一覽表.....	69
表 15 海草移植根狀莖法與塊狀法優缺點比較.....	74
表 16 池西移植珊瑚後出現之魚類一覽表.....	86
表 17 尖山珊瑚移植後 5 月及 9 月間出現魚類一覽表.....	102
表 18 海草與珊瑚教育推廣一覽表	107

壹、前言

海草 (seagrass) 為生活在海水環境中的單子葉開花植物，因葉片多呈現綠色，且植株群在海底看起來就像是一大片草原，故有海草床 (seagrass beds) 之稱 (圖 1)。全球目前以紀錄的海草種類計有 72 種 (den Hartog and Kuo, 2007；黃小平等，2018)；臺灣已確認的海草種類計有 12 種 (柯智仁，2004；Lin et al., 2005；劉弼仁及林幸助，2018)；而在澎湖海草的種類則已紀錄有 8 種，其中包括漂流至澎湖海域的 3 種海草 (冼宜樂等，2011^a；冼宜樂等，2014)。主要分布在熱帶及溫帶沿岸海域，生長於光線充足的潮間帶至潮下帶的沙泥底質 (de Boer, 2007)，少數種類如毛葉鹽草 (*Halophila decipiens*) 可生長在數十公尺深的環境中；具有維管束、發達的地下莖、根系及葉，在海中開花授粉、結果、散播種子，完成生活史。



圖 1. 「海草床」是熱帶與亞熱帶重要的濱海生態系

全球海草床生長分布的面積雖不大，僅佔海洋的 0.3% (Moore, 2003)，卻極具重要的生態功能，與「珊瑚礁」和「紅樹林」同列為三大典型濱海生態系，屬高生產量的生態系統之一 (林幸助及蕭淑娟，2010；Gareia-Marin et al., 2013)。分布熱帶的海草易受高溫、高輻射與高鹽度的滲透壓力之影響；溫帶的海草則易受到極地的低溫、溫暖帶的高溫與人為的壓力所影響 (Short et al., 2007)。其生產力也隨著緯度的增加而升高，可能與溫帶的海草較不受營養鹽的限制，而熱帶

因高輻射對海草葉子的傷害之外，加上缺乏營養來源，以致生產力偏低（Duarte and Chiscano, 1999）。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（Duffy, 2006；Orth, et al., 1984；Waycott, et al., 2009；冼宜樂等，2012），更與當地的漁業資源動態有著密切的關係。一般來說，同為沙質地，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（李承錄，2009；邱士涵，2009）。同時海草床還能提供海洋幼生躲避掠食者的空間和食物的來源，是躲藏、覓食與成長的重要養育所，成為名符其實的「海洋幼兒園」（圖 2）。除此之外，大面積的海草床具有減緩波浪、保護海岸、從海水中固定二氧化碳轉為能量存於海草植株中，是全球碳循環中很重要的碳庫之一（圖 3）。行光合作用所釋放出的氧氣，更能提升海水及底土的溶氧量。而海水中的微量元素或養分也可經由海草進行循環，更有益於穩定海中沉積物並能淨化水質（林幸助及蕭淑娟，2010）。依據聯合國之評估，全球海洋生物所捕獲和吸存的碳中，海岸濕地或濱海藍碳生態系統扮演種咬的角色（Blue future, 2016）。根據周文臣（2022）等在海洋碳匯一文中指出，臺灣海草總面積為 7,500 公頃，99% 分布於東沙，碳吸收總量估計為 $103,921 \text{ Mg C yr}^{-1}$ （或 $381,045 \text{ Mg CO}_2 \text{ yr}^{-1}$ ），碳儲存在海草植物體的比例低，存在土壤的比例高達 99%；林幸助（2023）於臺灣首提海草復育方法學指出，各地區海草復育主要原因有所差異，但不可忽視的是，海草床生態系統服務中「調節」功能之一，即是能作為儲存 CO_2 的碳匯（carbon sink），自然碳匯此種以「自然為本的解方」（Nature-based Solutions, NbS）為達到淨零目標中，重要的負碳技術與途徑之一，如重光所復育的海草床，預期每年排放減量/移除量估計值為 4.1758 公噸 CO_2 當量。



圖 2. 海草床是沿近海底棲性魚類幼魚重要的養育場（奧奈鑽嘴魚幼魚群·大倉灣-2m）



圖 3. 東沙海草床每年每公頃可吸收碳的能力達 8.6 噸（陳慧如 攝）

隨著國人保育觀念意識的高漲，舉凡在有「珊瑚礁」、「紅樹林」或「藻礁」等較為敏感的海域在進行開發時，往往會引發關注，進而減少被破壞或達到保護之目的。海草床的生態系雖然重要，卻沒那麼的幸運且有效率的被保護，只因不了解與陌生，才未能引發國人的關注，隨著漁港的建置、航道的疏濬、海岸的開發或其他因素，海草床目前正一片片的凋零與流失中。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)，自 1990 年以來，全球每年海草床的消失面積平均約為 110 平方公里，估計約為全部海草面積的 7%。自 19 世紀以來，全球海草床約有 29 % 的海草生態環境已經流失。近幾十年來消失的速度更是急劇上升，流失的趨勢持續增加 (Park & Lee, 2007; Waycott *et al.*, 2009)，約有 14% (約有 10 種) 的海草種類瀕臨滅絕 (Short *et al.*, 2011)。這些現象在台灣也如出一轍，使海草床的面積不增反減。如澎湖的「鎮海灣」海草床，在水泥化海岸線及消波塊數量增加下，水文的改變造成海沙重新飄移或堆積，而頻繁的漁業行為與航道疏濬等因素，使沿岸海域的環境驟變，造成大面積海草床被掩埋或原本連續性的海草床被切割成為片段，以致海草床面積逐漸萎縮，讓海草消失的速度越來越快 (冼宜樂等，2011a)。

根據過去調查結果，澎湖為臺灣海草多樣性僅次於東沙環礁海床的熱點，包括海草種類及分布面積都僅次於東沙環礁 (林幸助，2019a)。根據冼宜樂等 (2011a 及 b) 過去在澎湖共調查了 1 市 3 鄉 20 處海域海草之分布，包括馬公市的前寮、鎖港、井垵、青灣內灣、青灣外灣及虎井；湖西鄉的隘門、尖山、龍門、北寮及沙港；白沙鄉的中屯、講美、鎮海、岐頭、瓦硐、城前、通梁；西嶼鄉的大果葉及赤馬等。所紀錄的海草種類共計 5 種海草，包括水蘚科 (Hydrocharitaceae) 鹽草屬 (*Halophila*) 的毛葉鹽草 (*H. decipiens*) 及卵葉鹽草 (*Halophila ovalis*)；粉絲草科 (Cymodoceaceae) 二藥草屬 (*Halodule*) 的單脈二藥草 (*Halodule uninervis*) 及線葉二藥草 (*H. pinifolia*)；大葉草科 (Zosteraceae) 大葉草屬 (*Zostera*) 的甘草 (*Zostera japonica*) 等，佔了臺灣海草種類 (12 種) 總數近一半。林幸助 (2019b) 也盤點了澎湖 3 處海草現況，包括鎮海、沙港及重光等。冼宜樂等 (2020) 針對澎湖鎮海灣 (包括講美、鎮海、巷子及岐頭等 4 村) 海域完成了海草潛在保育區熱點劃設等相關調查。

檢視國內有關海草以無性生殖復育的方法，包括「根狀莖法」與「塊狀法」2 種，冼宜樂等 (2013) 比較此 2 種復育方法指出，挖起相同面積的海草，以「塊狀法」的方式僅從甲處移至乙處，面積擴散效益小；而「根狀莖法」可使原面積增加至少 4 倍以上，且海草移植

後的擴散效益遠高於「塊狀法」。而有性生殖的方式，目前僅趙元寧（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。

全球為因應「2050 淨零碳排」，各國政府與企業不僅投入碳交易市場外，也積極復育藍碳生態系統，如日本橫濱藍碳補償信用計畫，利用部分船舶入場費和公司捐贈作為環境保護和恢復活動的資助計畫（Kuwae et al., 2022）；西班牙電網公司（Red Electrica）資助的馬略卡島（Mallorca）波連卡灣（Pollenca Bay）種植大洋海神草（*Posidonia oceanica*）的復育計畫（del Mar Otero, M., 2021）。臺灣近期也有企業如中信金控與合作金庫等關注海草復育與生物多樣性之議題，並與農業部水產試驗所合作參與澎湖海草復育計畫。從上述海草床的生態功能、效益，所面臨的威脅及碳匯能力等，均突顯海草床的復育迫切性。故本次海草復育示範區將以澎湖為優先推動地區。除此之外，本計畫將延續海保署歷來於澎湖地區進行之海草及珊瑚移植復育成果，持續紀錄生長情形，期瞭解兩者相互關係，並擴大復育面積，透過辦理相關活動鼓勵在地社區居民、學校師長與學生共同參與復育行動，提升海洋保育自主管理意識，以奠定海草復育示範區基礎。

貳、工作項目與內容

一、海草復育示範區推動

- (一) 於澎湖地區擇定至少 3 處進行底質環境調查，針對適合海草生長之海域進行評估與分析。
- (二) 透過上述調查評估結果，並將該區域社區參與意願、管制方式一併納入評估後，擇定至少 1 處進行海草復育行動，移植面積至少 100 平方公尺，並於移植後返回觀察至少 4 次，探討移植存活率及成長率等

二、探討海草與珊瑚相互關係

- (一) 針對本署 110-111 年於澎湖池西海域已移植之珊瑚及海草進行後續觀察，探討珊瑚群聚與海草床相互關係，作為未來棲地復育參考依據。
- (二) 擇定 1 處澎湖地區現已有海草覆蓋之海域進行至少 100 平方公尺之珊瑚移植，並於移植後返回觀察至少 4 次，探討移植存活率及成長率，比較海草、珊瑚共同復育及單一復育兩者間的成長差異。

三、辦理教育推廣及復育活動

- (一) 針對澎湖地區社區居民、學校師長與學生或企業辦理海草及珊瑚保育復育講座至少 6 場次（其中 1 場次辦理地點需配合工作項目(一)擇定之海草復育示範區），每場至少 20 人參與，將海洋保育意識帶入社區與校園，達成在地化及生活化之目標。
- (二) 針對澎湖地區社區居民、學校師長與學生或企業辦理海草及珊瑚復育活動至少 2 場次（其中 1 場次辦理地點需配合工作項目(一)擇定之海草復育示範區），每場至少 15 人參與，期透過實際操作強化海洋保育意識，達成未來社區或學校自主巡護之目標。

四、海草復育影像紀錄

製作海草復育紀錄短片至少 2 部，每部至少 3 分鐘；影片至少為 FULL HD 高畫質，含空拍、海上或水下攝影等之拍攝、素材整理、影片剪接及字幕配置。

參、材料與方法

一、海草復育示範區推動

(一) 澎湖潛在海草復育區環境調查

本中心團隊過去在澎湖共調查了1市3鄉20處海域海草之分布，包括馬公市的前寮、鎖港、井坎、青灣內灣、青灣外灣及虎井；湖西鄉的隘門、尖山、龍門、北寮及沙港；白沙鄉的中屯、講美、鎮海、岐頭、瓦硯、城前、通梁；西嶼鄉的大果葉及赤馬等（圖4）。所紀錄的海草種類共計5種海草（冼宜樂等，2011^{a、b}），近年又陸續在馬公市的重光、西衛，湖西鄉的南寮、白坑等海域也有發現海草之分布，使澎湖本島潮間帶計有14個村里共17處海域有海草分布。其中又以鎮海灣的海草範圍最大，近年除海保署邀請中興大學林幸助老師調查鎮海灣海草床現況外（林幸助，2019^a），澎湖縣政府農漁局在2020年也邀請本團隊進行鎮海灣潛在保育區熱點調查（冼宜樂等，2020）。

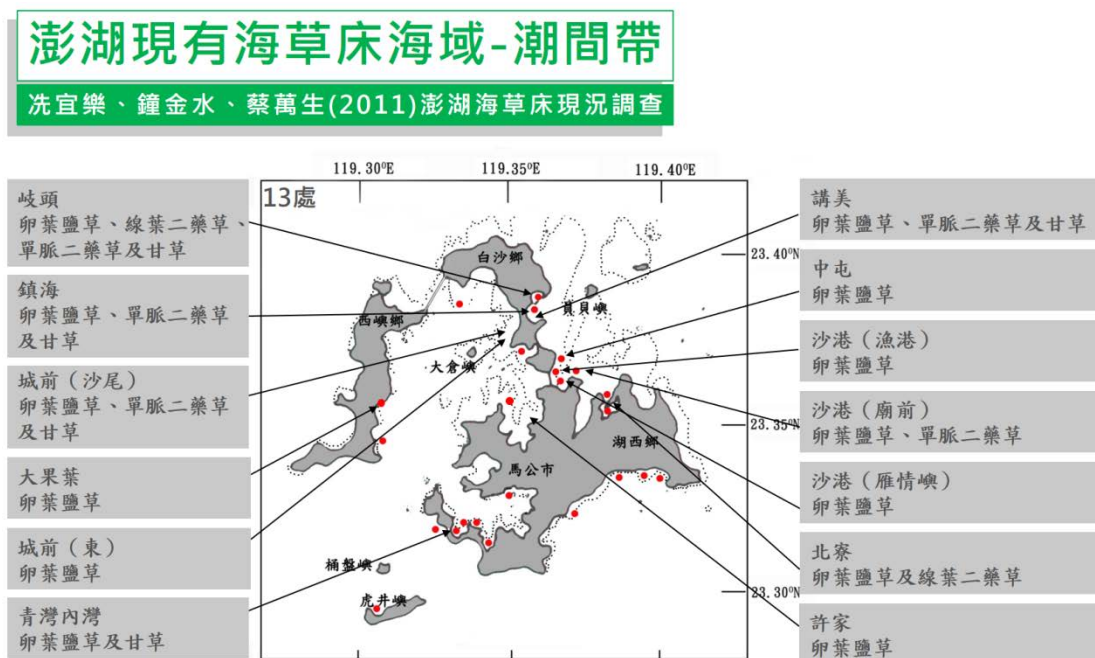


圖4. 澎湖潮間帶海草床分布現況（冼等，2011）

近年鎮海灣海草床已進行並完成許多相關的調查（冼宜樂等，2011^a；林幸助，2019^{a、b}及冼宜樂等，2020），加上政府推動「2050淨零碳排」之政策，農業部漁業署也於2023年委託國立中山大學與東華大學於本海域進行海草床碳匯係數建立之計畫，為避免資源浪費及探查澎湖更多具潛在海草復育之環境，故本計畫未將鎮海灣海域列入本項調查，並參考前期（冼宜樂等，2011^a）與近年本團隊在澎湖本島的調查結果，將分布範圍較大及有可能形成大面積的海草床，具有潛在海草復育淺坪海域，包括重光（馬公市）、城前（白沙鄉）及南寮（湖西鄉）等3處作為澎湖潛在海草復育區環境調查之海域（表1及圖5）。

表 1 澎湖潛在海草復育區環境調查海域

調查海域	所在行政區域	調查海域範圍
重光	馬公市	約 11.5 公頃
城前	白沙鄉	約 37 公頃
南寮	湖西鄉	約 40 公頃

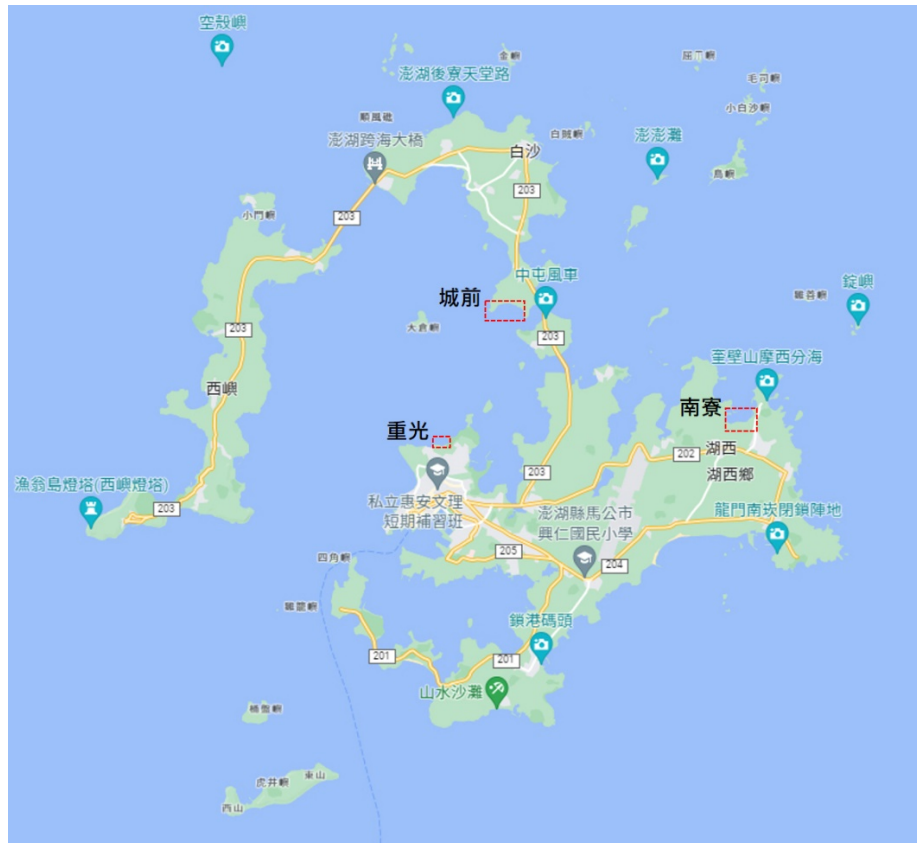


圖 5. 澎湖潛在海草復育區環境調查海域位置圖

調查內容包括所列各區域大範圍普查，分別進行海草種類與分布、底質組成、退潮時期海水水位分布現況調查等（洗宜樂等，2020）。並參考林幸助（2019^a）在各調查海域設置固定穿越線，進行海草生長狀況調查，包括覆蓋度、植株密度、庇護高度及物候等。相關調查方法分述如下：

1. 澎湖潛在海草復育區環境普查

（1）海草種類

針對所列各區域所採集的海草進行種類鑑定，海草鑑定主要依據 2004 年柯智仁所撰寫「臺灣海草分類與分布之研究」碩士論文。

（2）海草分布與底質調查

針對所列的 3 處調查海域範圍，重光海域（每網格為長、

寬各 50m，面積為 2,500m²，圖 6)、南寮（圖 7）及城前海域（圖 8)所使用網格(每網格為長、寬各 100m，面積為 10,000m²)，將調查範圍加上縱軸與橫軸之座標，利於辨識。

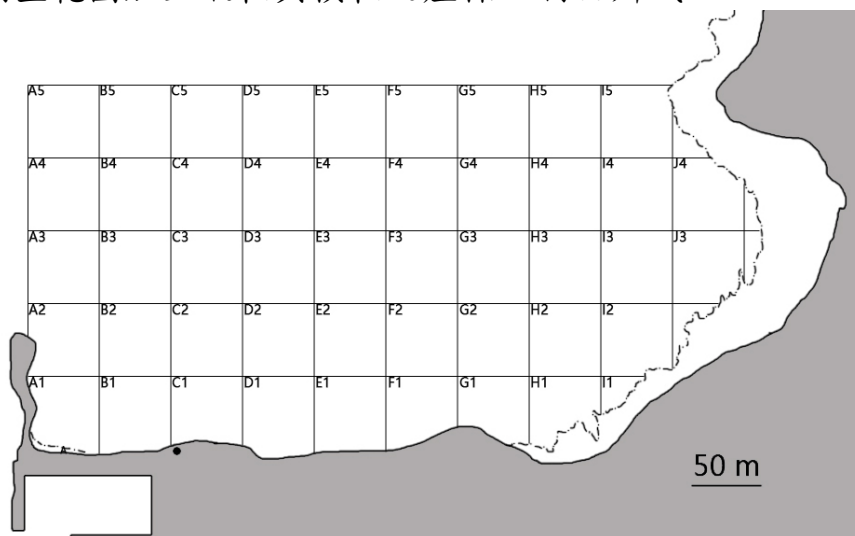


圖 6. 重光潛在海草復育區範圍

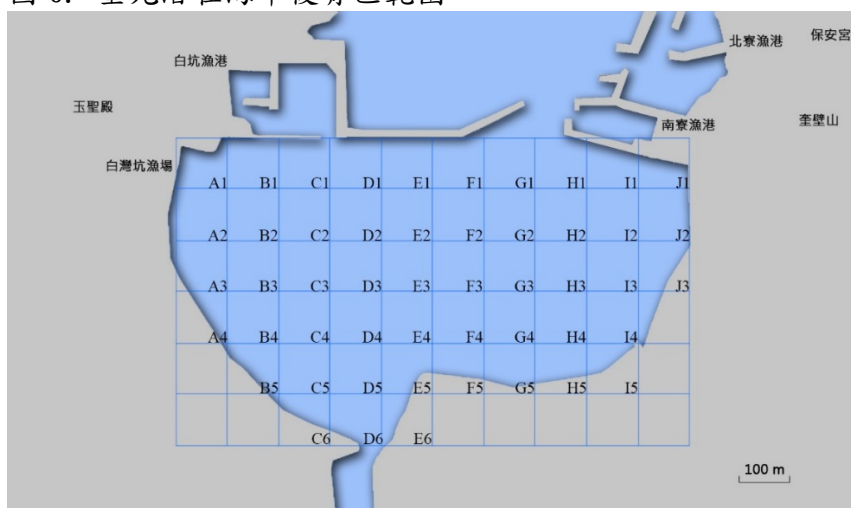


圖 7. 南寮潛在海草復育區範圍

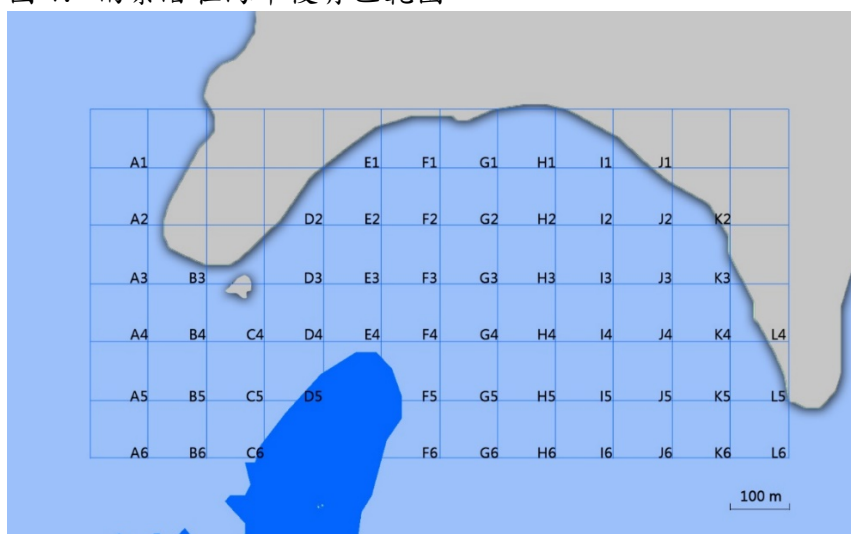


圖 8. 城前潛在海草復育區範圍

底質組成的調查係仿國際珊瑚礁總體檢 (Reef Check) 的方法，盡可能在大退潮期間，於所劃設的每一網格的中心點拉一條 100m (或 50m) 的橫截線，每隔 50cm (或 25m) 為一個觀測點 (每一測線計有 200 觀測點)，記錄底質類型之出現頻度，作為所列的調查海域各類底質組成所佔比例之依據 (圖 9)。



圖 9. 以橫截線進行底質組成與退潮時期海水水位分布調查

(3) 退潮時期海水水位分布現況

在進行底質組成現況調查時，參考冼宜樂等 (2020) 調查鎮海灣退潮時期海水水位分布調查方法，調查日期先參考中央氣象署潮汐表，並配合當月最低水位的時間進行調查。退潮後依水位之高度可區分成 5 類 (如圖 10)，包括退潮後無積水 (沙不含水)、退潮後仍有積水 (水與底質的高度相同)、退潮後積水在 0-10cm、退潮後積水在 10-30cm 及退潮後水位在 30cm 以上 (含航道)。並將各調查海域所調查之結果以水位分布圖呈現，作為潮間帶可復育海草區域之參考依據。

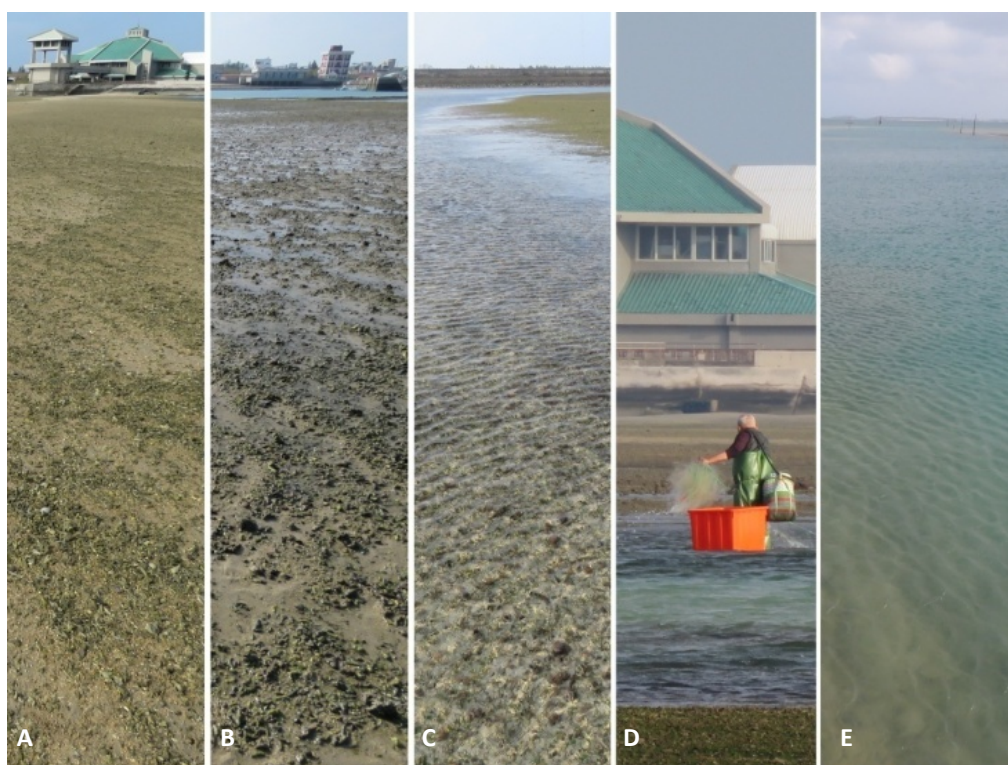


圖 10. 潛在海草復育區退潮時期海水水位類別區分圖(A. 退潮後無積水；B. 退潮後仍有積水（水與底質的高度相同）；C. 退潮後積水在 0-10cm；D. 退潮後積水在 10-30cm 及 E. 退潮後水位在 30cm 以上(含航道))

2. 重光海草復育區復育海草生長季節性變化

(1) 穿越線的設置

本項調查係參考海草床生態系標準調查流程（林幸助、2019^a），穿越線則依據上述「澎湖潛在海草復育區環境普查」之結果，設置至少 3 條的穿越線。也將依海草分布的廣度，設置 15-100m 長度的穿越線，並在每一穿越線依長度比例設置 5 個觀察點進行調查。

本團隊分別在 2014 年 2015 年及 2017 年分別在調查海域進行 3 個區塊海草的復育，主要移植海草的種類為單脈二藥草及卵葉鹽草為主（圖 11、12），分別於這 3 區各設置 1 條固定穿越線，分別為 C.G.S1（穿越線長度 25m）、C.G.S2（穿越線長度 20m）及 C.G.S3（穿越線長度 25m）進行監測。

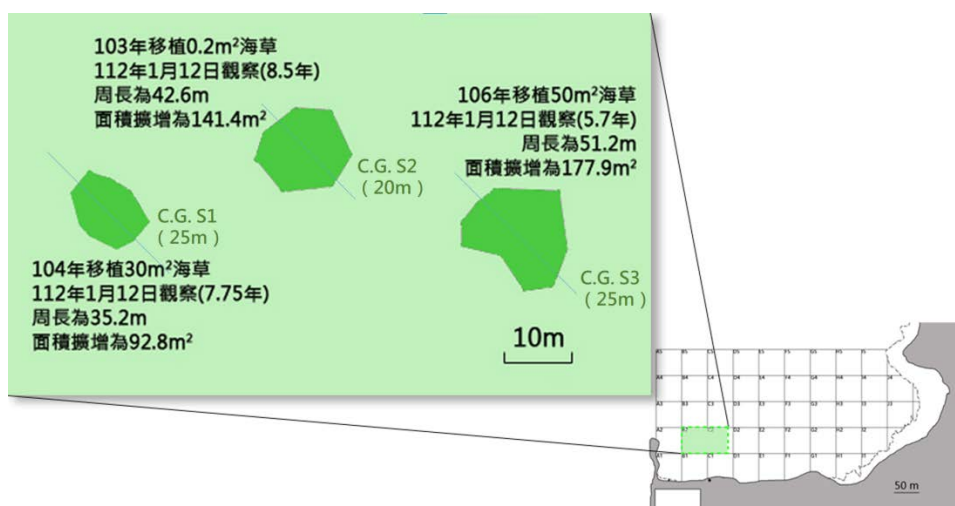


圖 11. 重光潛在海草復育區海草復育位置、分布與固定測站



圖 12. 單脈二藥草在重光潛在海草復育移植恢復現況（左圖為退潮時期，右圖為漲潮魚群在覓食情形。）

(2) 覆蓋度

參照林幸助（2019^a）之方法，於退潮時（潮間帶調查）在海草床樣區有海草處進行調查，找到先前標記之營釘，於穿越線上所有觀察點進行調查，即至少 5 重複。每個觀察點的兩側放置不鏽鋼網格樣框（50x50 cm²；每小格為 10x10 cm²，共 25 小格）。再根據基質與海草覆蓋的比例，以覆蓋度級數(0, 1, 2, 3, 4, 5)給予每小格評分，每個樣框共有 25 個評分，將評分記錄於紀錄板上（表 2、圖 13）。

覆蓋度之平均數

$$= (75a + 37.5b + 18.75c + 9.38d + 4.69e + 0f) / 25$$

即為代表該樣框的覆蓋度。

表 2 海草覆蓋度評分級數與覆蓋度算法

評分級數	覆蓋百分比(中位點)	小格數	覆蓋度
5	50-100%(75.00%)	a	75.00 a
4	25-50%(37.50%)	b	37.50 b
3	12.5-25%(18.75%)	c	18.75 c
2	6.25-12.5%(9.38%)	d	9.38 d
1	<6.25%(3.13%)	e	3.13 e
0	0%(0%)	f	0 f

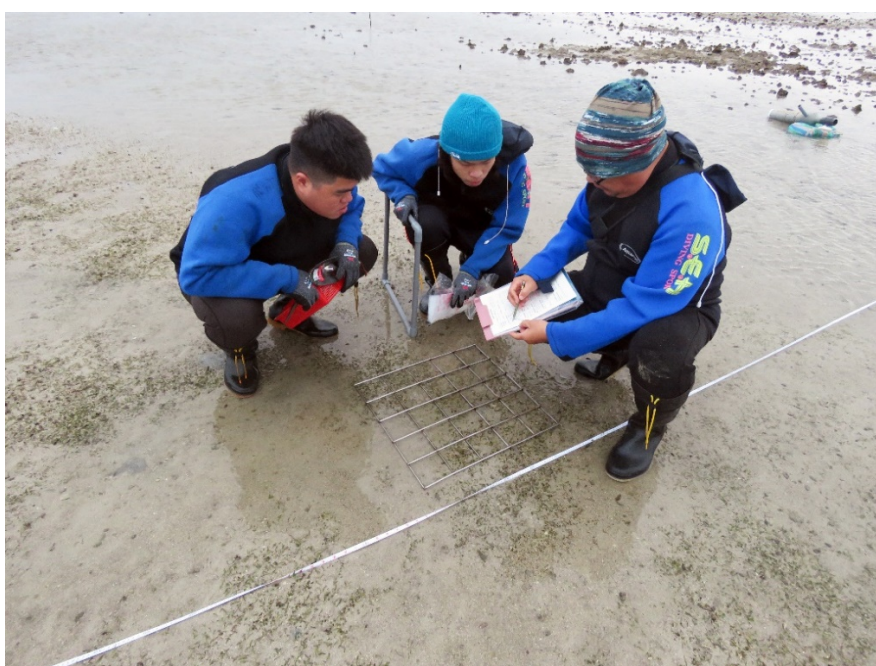


圖 13. 以橫截線進行底質組成與退潮時期海水水位分布調查

(3) 植株密度

參照林幸助 (2019^a) 之方法，完成前述覆蓋率的調查，計算左右樣框對角線上小格（共 10 小格；10 重複，圖 14）內海草株數，最後將 10 小格的數值進行平均，即為該位置的植株密度（shoots cm⁻²）。

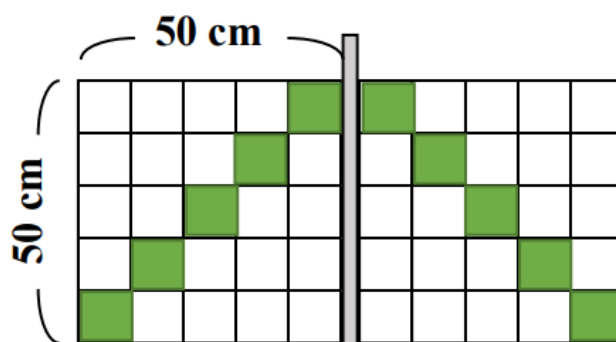


圖 14. 測量植株密度所用小格式意圖

(4) 庇護高度

完成覆蓋度的調查後，蒐集該樣點所有海草植株。現場以直尺隨機測量，若觀測對象為線葉型海草，測量其第二葉長；若觀測對象為卵葉型，則測量海草的地上部（即由底土至海草葉片最高處），隨機測量數量至少 20 重複（圖 15）。測值即為該樣區該物種的海草庇護高度（線葉型海草可直接進行量測，類卵葉型海草則需加上地下莖部分。）。



圖 15. 海草庇護高度測量

(5) 海草生物量

指固定面積（ 100cm^2 ）海草的總重量，將攜回實驗室的海草樣本以清水清洗，並將葉片上的附著性生物及根系纏繞的小石塊與砂粒剔除，並分成地上部（above-ground，包括葉片及花果）及地下部（below-ground，包括地下莖及根），並以吸水紙將海草表面的水吸乾，測量其濕重。

(6) 海草種子庫與物候

海草床自身擁有恢復力，包括無性生殖與有性生殖 2 種機制。海草可透過種子繁衍後代，種子可於土壤中休眠直至環境適宜發芽生長，沉積物中的種子群體稱為「種子庫 (seed bank)」(Baskin & Baskin, 1998; Ong et al., 2020)，而種子庫的豐度為直接或間接影響海草族群的恢復力 (Connolly et al., 2018; R. K. Unsworth et al., 2015)，健康的種子庫需要具備足夠的種子豐度以及種子活性 (Ong et al., 2020)，當海草床大規模死亡後可再恢復的關鍵因素是具有健康的種子庫 (Silander & Pacala, 1985)，顯見種子庫的時空變化對於評估族群恢復力具有重要性 (Reusch et al., 2005)。休眠於沉積物中的種子在受到干擾，如鹽度驟降，可刺激種子萌芽而快速新增族群 (Orth et al., 2006; 趙元寧, 2006)。因此，種子庫的動態是評估海草恢復力的指標 (Reusch et al., 2005)。國內目前僅葉乙蓉 (2023) 探討東沙島卵葉鹽草物候與種子庫的季節性變動，相關的研究量能偏低，亟需更多的量能投入相關的調查。

緣此，本計畫於 2024 年在重光海草復育海域進行有關海草床復育區的 4 季監測，將以重光所復育的海草種子庫與物候作為調查重點，探討海草種子庫季節性變動與海草恢復力之關聯性。

① 海草物候及種子庫調查測線與測站

使用穿越線調查法進行海草族群估算，在所設置的 3 個樣區，各設置 1 條 25m 固定測線 (S1、S2 及 S3 測線，圖 16)，每 5m 設置 1 個測點，左右各設置 1 個樣框，樣框為 50cm×50cm，並將樣框等分為 4 格，隨機選取 2 格，分別採集植株與沉積物，前者用以計算葉片、花與果實數目，後者用以估算種子數目 (圖 17)。除所設置的 3 條固定測線進行調查外，於調查期間，同時也會檢視固定測線外的海草物候如花期與果實期之表徵，做為本項調查參考用。



圖 16. 重光海草復育區海草物候及種子庫調查測線與測站圖

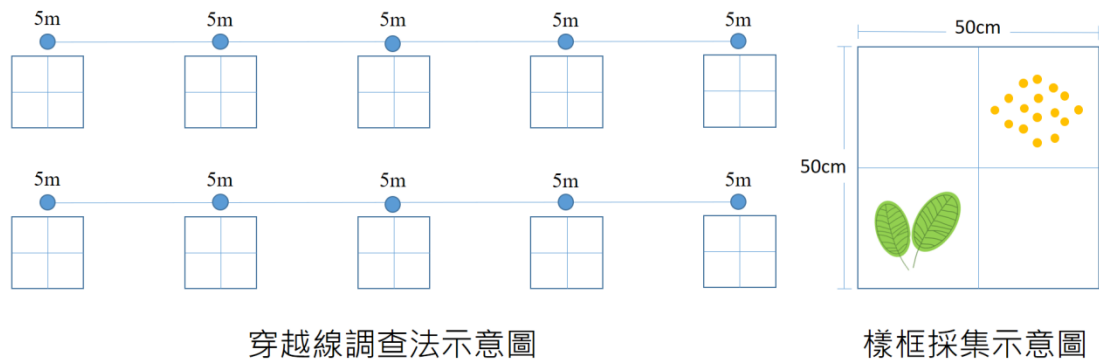


圖 17. 海草種子庫穿越線調查方法

② 調查頻度

本調查將採樣時間分為 4 季，即冬(12-2 月)、春(3-5 月)、夏(6-8 月)及秋(9-11 月)，每個季節至樣區進行採樣分析。

③ 葉片、花及果實密度

將樣框中所採集的海草植株放入採樣袋中，攜回實驗室進行海草種類鑑定與分類，並分別計算葉片、雄花、雌花及果實數量。並將原採樣面積 0.0625m^2 的密度，換算為 1m^2 （將原面積中的葉片、花及果實數量各乘以 16 倍）。

④ 種子庫

採用葉乙蓉（2023）參考並改良 Hammerstrom and Judson Kenworthy, 2003 的方法，使用小鏟子採集樣框中 10cm 等深的沉積物，置入採樣袋中（圖 18），攜回實驗室後，所採集的沉積物倒入雙層篩網（上層網目為 1.41mm；下層網目為 0.5mm）後，以淡水沖洗過篩，再將下層篩網的沉積物移入 50ml falcon tube 中，加入 30ml 4°C 的二氧化矽溶液（colloidal silica），搖晃均勻後，靜置 10 分鐘，待種子上浮，使用 0.125mm 網篩將上層清液瀝乾，觀察殘餘物質挑出種子計數。葉乙蓉（2023）同時將以確認無種子的沉積物中加入 10 顆卵葉鹽草新鮮種子，並以相同的方法經 5 重複實驗，平均回收率達 $72.0\pm 8.4\%$ 。



圖 18. 重光海草復育區種子庫調查採樣

（二）海草復育行動方案

1. 海草復育行動選址

將依澎湖潛在海草復育區「環境普查」之結果，探討所規劃三處潛在海草復育區之海草現況、面臨的威脅及社區的投入等，做為海草復育行動選址評估之依據。並在選定海草復育海域之後，於海草復育前，先進行海草復育底土狀況調查，包括底土深度與底質粒徑組成調查與分析，相關調查方法分述如下：

（1）海草底土深度

在穿越線兩側尋找代表該樣區之地點，以臨近測量海草覆蓋度地區為佳。隨機以營釘垂直戳入底土，並以直尺量測並記錄營釘在底土內的深度，至少進行 5 重複。

（2）底土粒徑

在穿越線兩側尋找代表該樣區之地點，以臨近測量海草覆蓋度地區為佳。使用自製的 PVC 採泥器，直徑約 10 cm，垂直取樣約 5 cm 深度的底土至樣罐，至少 3 重複（圖 19）。參照謝蕙蓮等（1993）方法視海草床底土性質選擇以乾篩選法或濕篩選法進行分析流程（圖 20）。依照粒徑中間值對照 Folk（1966）質地分類表，得到底質的質地類別；依篩選係數值對照篩選分級表，得到底質的篩選度（表 3 及圖 21）。篩選度與篩選係數成反比，係數越高篩選度越不佳，代表底質粒徑分佈不均。



圖 19. 使用自製的 PVC 管採泥器進行底土採樣。



圖 20. 以搖篩機進行底土粒徑分析

表 3 粒徑分類表 Folk(1966)

粒徑中值範圍 (mm)	粒徑中值類群 (mm)	粒徑類型
>4	>4	卵石 Pebble
4-2	2	礫石 Granule
2-1	1	極粗砂 Very coarse sand
1-0.5	0.5	粗砂 Coarse sand
0.5-0.25	0.25	中等砂 Medium sand
0.25-0.125	0.125	細砂 Fine sand
0.125-0.0625	0.0625	極細砂 Very fine sand
<0.0625	<0.0625	粉泥 Silt 及黏土 Clay

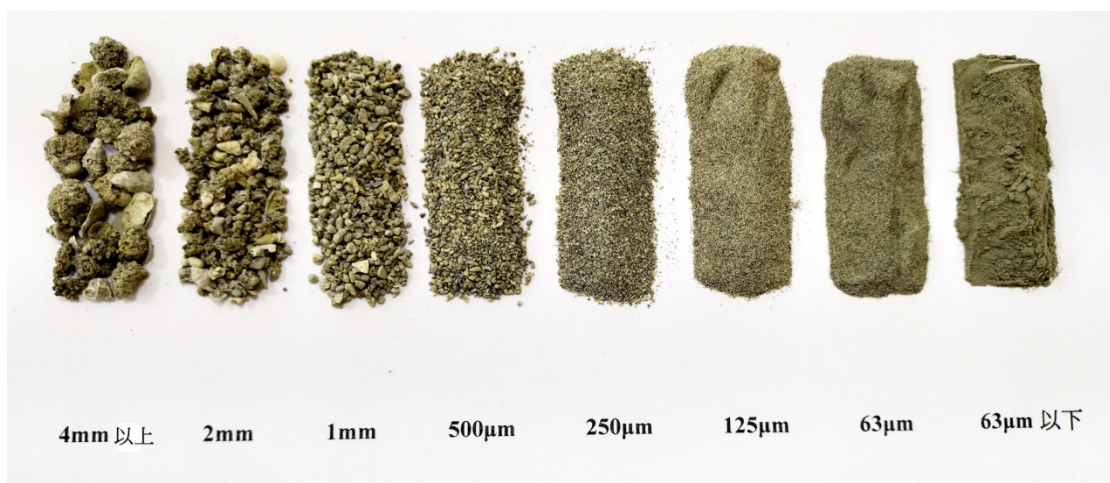


圖 21. 海草床底土不同粒徑示意圖

2. 移植海草來源、移植方法、種類與移植面積

(1) 移植海草來源與移植方法

本研究所使用之海草，均採集本中心於 103 年於大倉灣所種植覆蓋率在 50% 以上的海草床，所用的海草為卵葉鹽草 (*Halophila ovalis*)、單脈二藥草 (*Halodule uninervis*) 及甘草 (*Zostera japonica*) 等種類，移植的方法係將所採集海草植株的根狀莖使用 U 型金屬固定夾固定於移植海域底質的「根狀莖法」(圖 22 及 23)，移植密度為 100 株/m²，全程計畫預定種植 100m²。

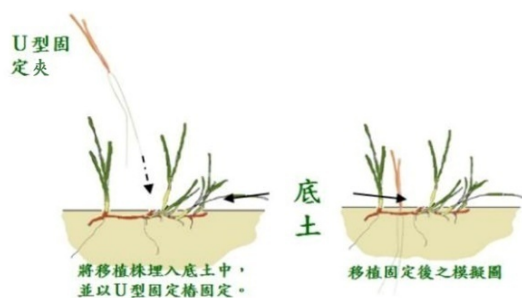


圖 22. 海草移植根狀莖法之模擬圖



圖 23. 海域海草移植作業情形

(2) 海草移植種類

① 卵葉鹽草 (圖 24)

本種普遍分布於印度-太平洋海域。生長快速，可在不穩定和沉積環境中迅速生長且良好，可經常曝露於潮間帶的空氣中，從潮間帶到水深 20m 處均有分布，生長環境也多樣化，從泥地、泥沙或珊瑚碎屑均可生長。為海草床發展的先驅物種之一，同時也是儒艮與海龜的食物來源之一。

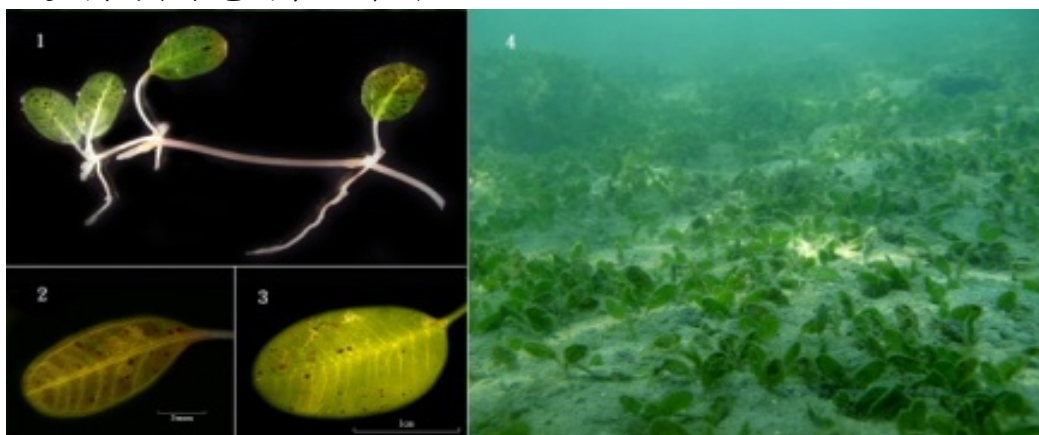


圖 24. 海草移植的種類，卵葉鹽草。

② 單脈二藥草 (圖 25)

本種分布於印度-太平洋海域。從潮間帶到水深 20m 處均有分布，在 0-3m 潟湖亞潮帶和珊瑚礁周邊非常常見。在高密度生長區可形成大量的種子庫，生長與拓殖非常快，可以忍受中度干

擾，為海草床發展的先驅物種之一，是最受儒艮與海龜歡迎的食物之一，經常被啃食嚴重（Birch & Birch, 1984）。



圖 25. 海草移植的種類，單脈二藥草。

② 甘草（圖 26）

本種在東亞地區主要分布於臺灣、琉球群島及香港等。分布於潮間帶的族群，較少與其它種類混生，但在亞潮帶的海域常可見與單脈二藥草和卵葉鹽草混生。另甘草的繁殖芽長度變異很大，生長於潮間帶長約 2.5cm，而生長於靜止水域或亞潮帶可達 30cm（柯智仁，2004）。同時也是綠蠵龜食物來源之一，2024 年在澎湖菜園所發現擱淺死亡的綠蠵龜之胃內容物便發現大量被啃食的甘草葉片。

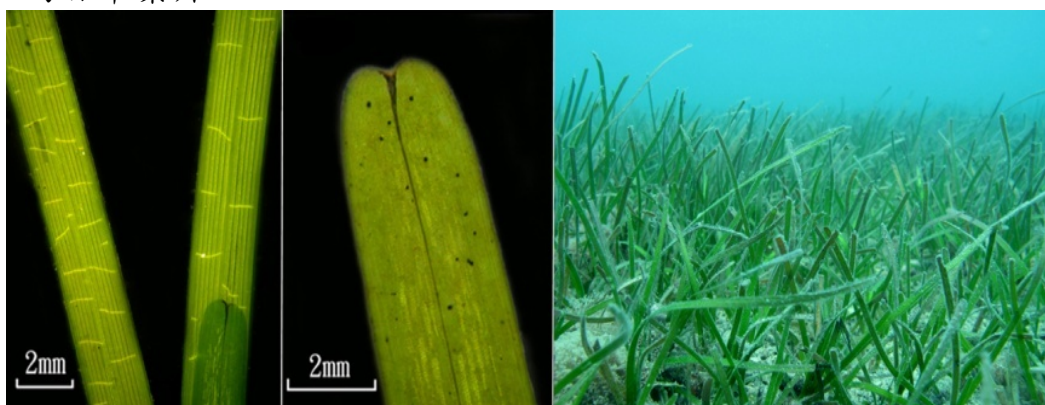


圖 26. 海草移植的種類，甘草。

3. 海草移植效益評估

(1) 固定測站

為探討海草移植後擴散速率，海草移植後設置 10 個固定觀測點（觀測點大小為 50cmx50cm），每 1 觀測站的四周各種植 25 株海草植株，並於 2023 年 8 月 1 日種植後，每 10 日觀察所種植的海草在所設置的觀測站覆蓋度之變化，全程監測期間共計 100 日，作為海草移植擴散效益評估之依據(圖 27)。海草覆蓋度同樣參考 Saito & Atobe（1970）及 Short & Coles（2003）之方法（如表 2）。

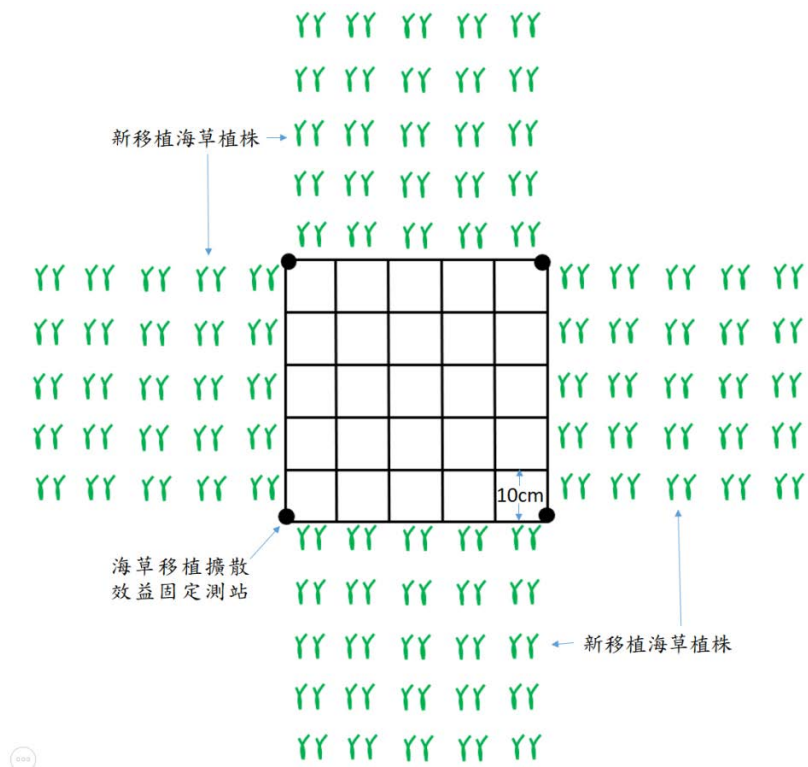


圖 27. 海草移植擴散效益評估測站示意圖

(2) 移植海草全區範圍調查

在海草移植後，使用手持 GPS 將所移植的海草範圍進行定位，記錄所移植海草之消長。

珊瑚」。

2. 移植珊瑚覆蓋率

在每季將所設置每組 25 株的珊瑚移植區範圍拉 1 條對角的穿側線（圖 30），每 25cm 記錄珊瑚覆蓋率之變化。

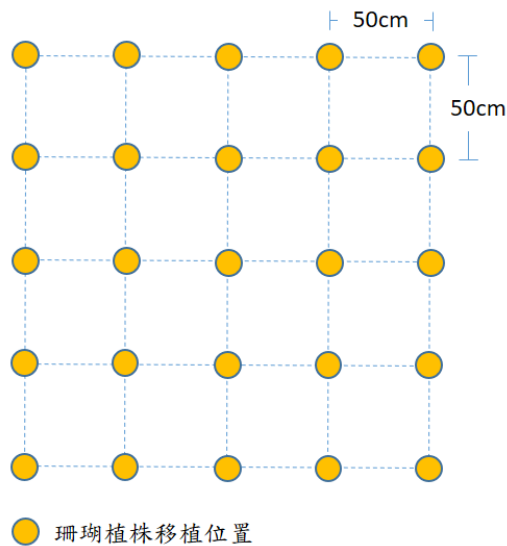


圖 29. 移植珊瑚植株配置圖

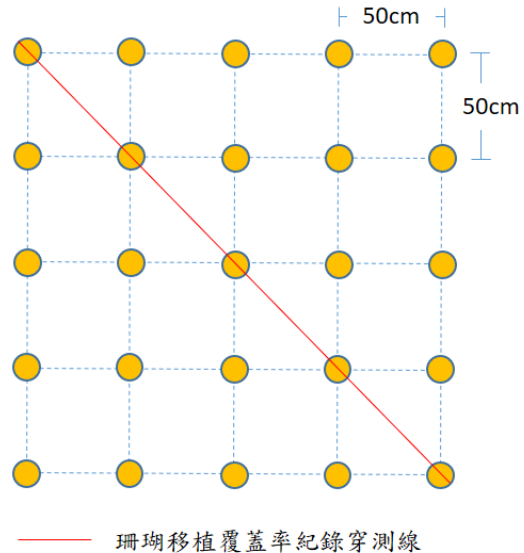


圖 30. 珊瑚移植區穿測線記錄覆蓋率

（3）珊瑚礁指標性生物組成與豐度

以水肺潛水於所移植珊瑚之區域，進行 50m 穿測線左右 2 側各 5m 寬度範圍內，紀錄所出現的魚類與大型無脊椎動物之種類組成與豐度；同時也針對鄰近（100m 範圍內）未進行珊瑚復育之礁體，作為對照組進行相同的調查，以供珊瑚復育效益之評估。

（二）複合式生態環境棲地修復與效益評估

本計畫於有海草分布的海域進行珊瑚復育，除提高棲地多樣性外，也藉由多生態環境棲地藉以提高生物多樣性與生產力之效益。

1. 複合式生態環境棲地修復選址

依據冼宜樂等（2011a）澎湖海草棲地環境現況進行調查之結果顯示，位於尖山（鼓架礁西側）海草床（圖 31），水深介於 0.8-2m 的沙泥質地海域的海草床，由單脈二藥草及卵葉鹽草等 2 種海草所構成，平均覆蓋率為 55.9%。



圖 31. 尖山複合式生態環境棲地修復位置

而本海域位於澎湖本島的東南方，受地形屏障，即使受東北季風吹襲下，仍無太大風浪，與黑潮支流較溫暖的海流由澎湖南方四島流向本海域，也較不易受寒害影響生長，加上本海域周邊散布著礁體與沙，本團隊也在 109 年移植 625 株（面積 100m²）如同手指頭般大小的珊瑚苗，歷經了 110 年高水溫期，111 年 9 月珊瑚植株已長成直徑約 20cm 的珊瑚叢（圖 32 及 33），活存率達 89%。從結果顯示，本區相當適合珊瑚移植復育。



圖32. 2020年於尖山淺坪海域所種植復育的珊瑚苗



圖33. 2022年所種植2年後的珊瑚已長成珊瑚叢

2. 珊瑚移植與效益評估

(1) 珊瑚移植：

採集移植海域內散落在珊瑚礁周邊的珊瑚活體斷肢做為移植苗，利用「扦插法」進行移植作業。珊瑚「扦插法」係以直徑約 0.6cm、長度 45cm 的竹節鋼筋敲打插入於底土中，露出約 10cm，再以 25cm 的束帶繫固珊瑚苗（圖 34 及 35）。

本計畫預定在所選址的海域內進行珊瑚移植面積為 100m²，共計需移植 625 株珊瑚苗（每 1 單元面積為 4m²，100m² 共需種植 25 個單元；每 1 單元共種植 25 株的珊瑚苗，珊瑚苗之間的間距各為 50cm。）。

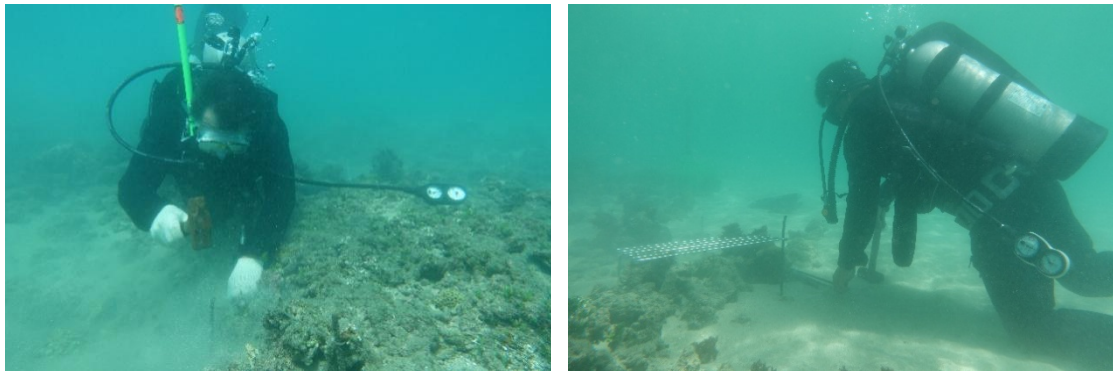


圖 34. 工作人員於所選址的珊瑚復育區內進行植筋作業



圖 35 於調查海域所採集的珊瑚斷肢

(2) 複合式生態環境棲地修復效益評估

在珊瑚移植後，於計畫期間的夏（5-7 月）及秋（8-10 月）2 季

(至少觀察 4 次含以上)，以水肺潛水進行棲地復育效益評估，包括所移植珊瑚的活存率及成長率，珊瑚礁指標性生物組成與豐度等，評估方法與池西相同。同時也會在鄰近海域相似的底質環境，作為對照組進行相同的調查，作為多生態環境棲地復育修復效益評估之依據。

三、辦理教育推廣及復育活動

本團隊自 102 年辦理澎湖縣政府農漁局有關劣化棲地與改善相關計畫，即辦理相關的教育推廣與復育活動，包括海草與珊瑚復育等，其經驗相當的豐富（圖 36-38）。



圖 36. 103 年在二崁社區活動中心辦理珊瑚苗移植活動



圖 37. 104 年在文光國小辦理的海草移植活動



圖 38. 105 年在二崁珊瑚復育區海域辦理的珊瑚苗移植活動，對象包括大池國小（上圖左）、海洋公民基金會（上圖右）及西與鄉公所（下圖）。

（一）推廣活動

本計畫在執行期間，將辦理「海草及珊瑚保育復育講座」至少 6 個場次，對象包括相關復育海域的社區居民與鄰近的學校師長，每場至少 20 人參與。其中 1 場次的辦理地點，將以「重光海草保護區」鄰近的重光社區與學校作為重點推廣對象，將海洋保育意識帶入社區與校園，達成在地化及生活化之目標。

（二）復育活動

本計畫在執行期間，將辦理「海草及珊瑚保育復育活動」至少 2 個場次，對象包括相關復育海域的社區居民與鄰近的學校師長，每場至少 15 人參與。其中 1 場次的辦理地點，將以「重光海草保護區」鄰近的重光社區與學校作為重點推廣對象，期透過實際操作強化海洋保育意識，達成未來社區或學校自主巡護之目標。

四、海草復育影像紀錄

本計畫執行相關棲地復育及辦理相關推廣與復育時，除隨時以錄影的方式加以紀錄，並將過程與紀錄資料加以整理，撰寫成海草復育的腳本，並製成「海草復育紀錄短片」至少 2 部，每部至少 3 分鐘；影片至少為 FULL HD 高畫質，含空拍、海上或水下攝影等之拍攝、素材整理、影片剪接及字幕配置等。



圖 39. 澎湖海草復育示範區推動計畫研究與推廣活動地點位置圖

肆、結果與討論

一、海草復育示範區推動

(一) 澎湖潛在海草復育區環境調查

1. 重光潛在海草復育區

(1) 環境普查

① 退潮時期海水水位分布現況

所調查 11.5 公頃的試驗海域，地貌多平緩無淤積隆起的現象，退潮後仍有積水的 B 類型為全區所占比例最高，為 35.5%；其次依序為退潮後積水在 0-10cm 的 C 類型(30.5%)、退潮後無積水的 A 類型（24.3%）及退潮後積水在 10-30cm 的 D 類型（9.7%）（圖 40）。

洗等(2023)進行澎湖鎮海灣海草床棲地環境現況指出，退潮後水位的高度是潮間帶海草生長的限制因子，以退潮後無積水的 A 類型最不利海草生長。從調查結果顯示，A1-A5 至 G1-G5 的範圍內之退潮後之水位多數為 B 至 D 類型水位，面積涵蓋近 8.5 公頃，占調查海域 73.9%（圖 41）。

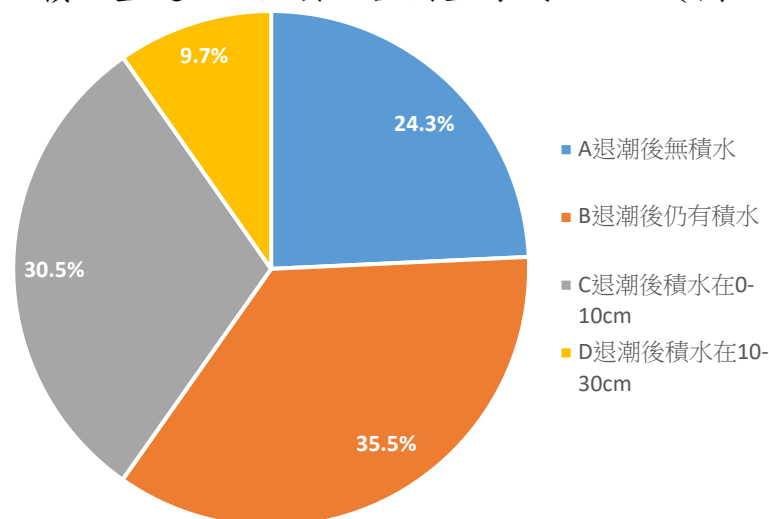


圖 40. 重光潛在海草復育區退潮時期海水水位分布類型比例圖

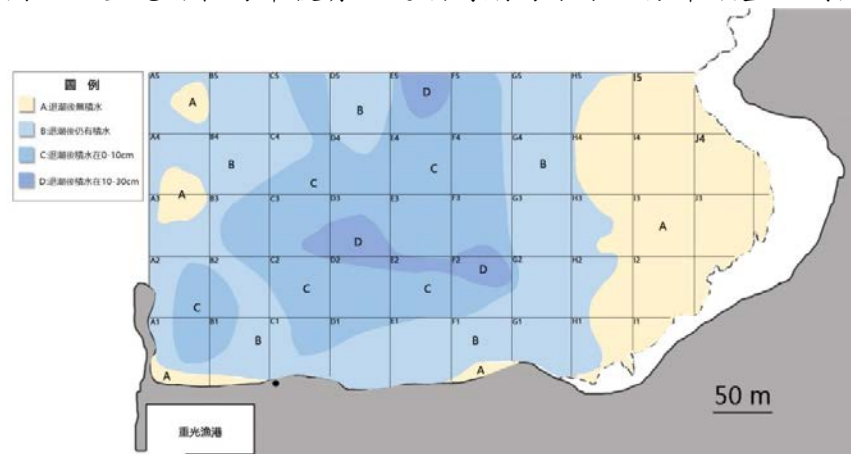


圖 41. 重光潛在海草復育區退潮時期海水水位分布圖

② 底質現況

調查海域的面積為 11.5 公頃，底質組成計有 8 種類別，其中以海草 17.3% 的出現率最高；其次依序分別為沙 15.8%、岩盤 15.4%、沙及死珊瑚的混合基質 14.0%、藻類 11.9%、礫石及沙的混合基質 11.2%、礫石 9.2% 及岩石 5.1% (圖 42、43)。

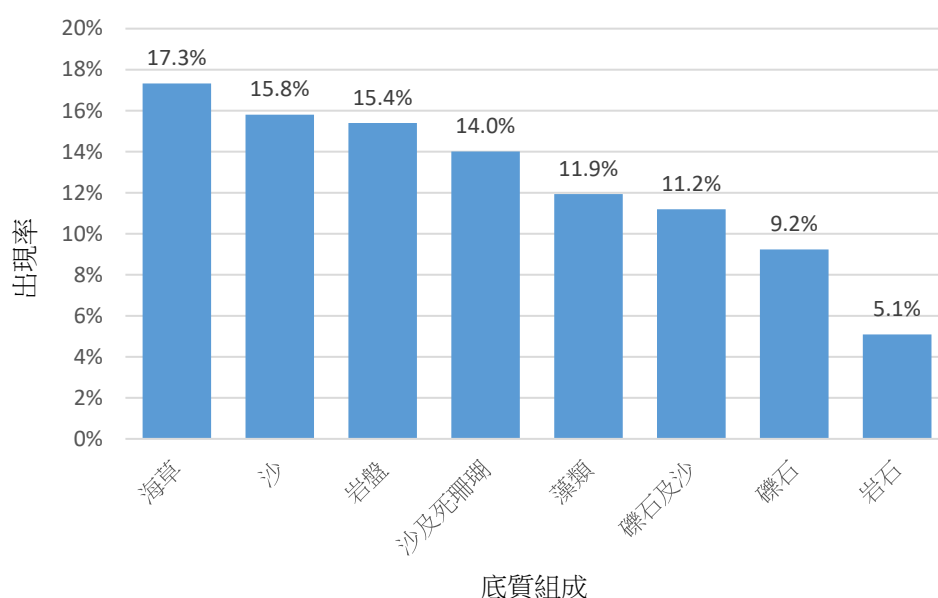


圖 42. 重光潛在海草復育區潮間帶底質組成

檢視所紀錄的 8 種底質類別，重光潛在海草復育區除了現有涵蓋近 4.75 公頃的海草床外 (圖 43)，適合海草生長的範圍包括沙、沙及死珊瑚混合基質，面積涵蓋範圍近 1.75 公頃。綜觀上述，以底質組成分布來看，重光潛在海草復育區適合海草生長面積近 6.5 公頃，佔調查海域的 56.5% (圖 44)。

調查海域所紀錄海草的種類計有 2 種，主要以卵葉鹽草為主，占海草出現率的 55.5%；另一種為單脈二藥草，係 103 年以人工所栽植，占 3.5%；而單脈二藥草與卵葉鹽草混生的出現率則占 41.0%，並以單脈二藥草的比例為高 (圖 45)。另從近年於調查海域觀察這 2 種海草的消長，單脈二藥草幾乎全年都可發現其蹤跡，而卵葉鹽草每年在 2 月的時候開始出現，到 6-7 月間達到最高峰，8 月後地上部快速萎縮，有明顯的季節變化。

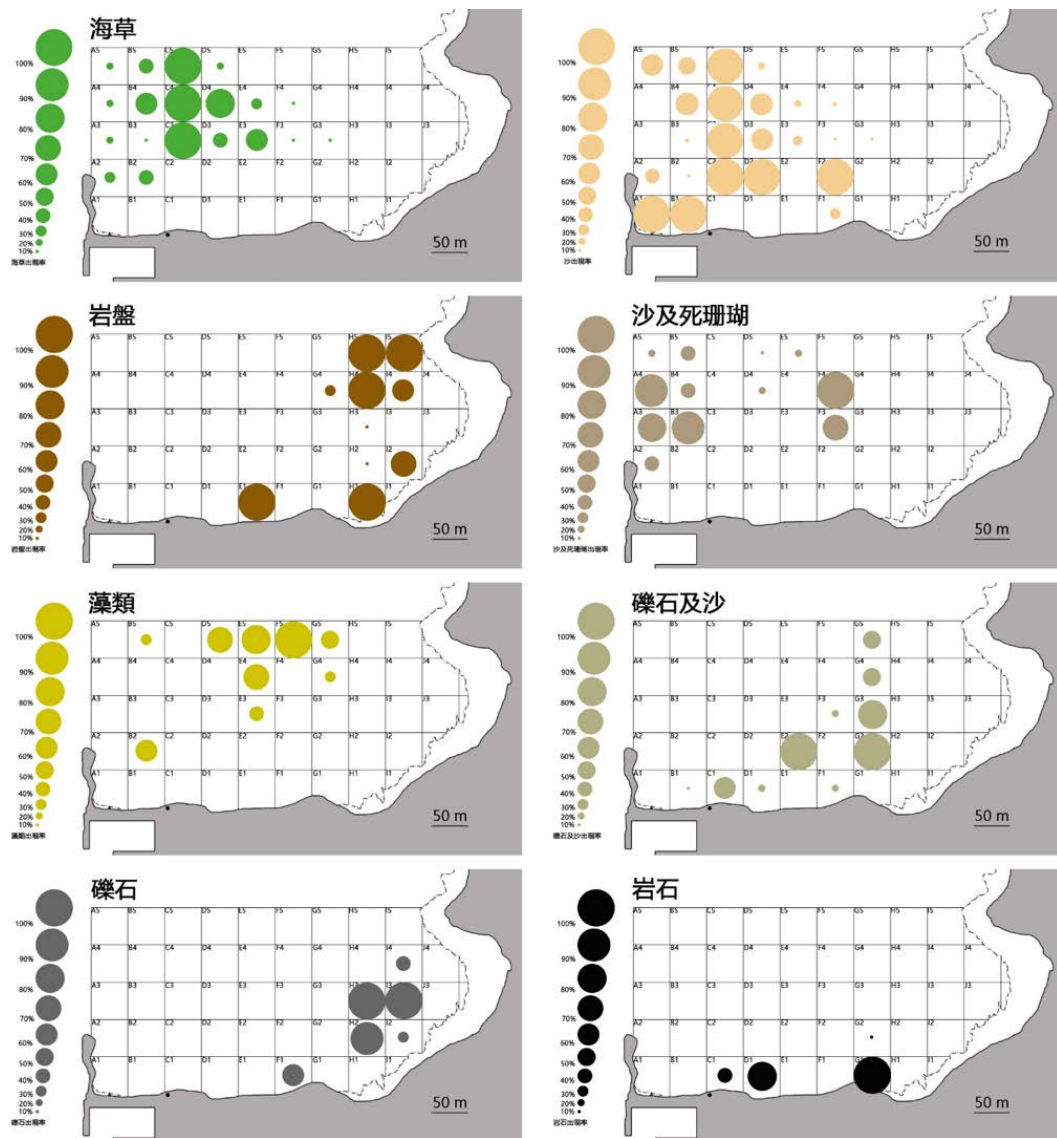


圖 43. 重光潛在海草復育區潮間帶各類型底質分布圖

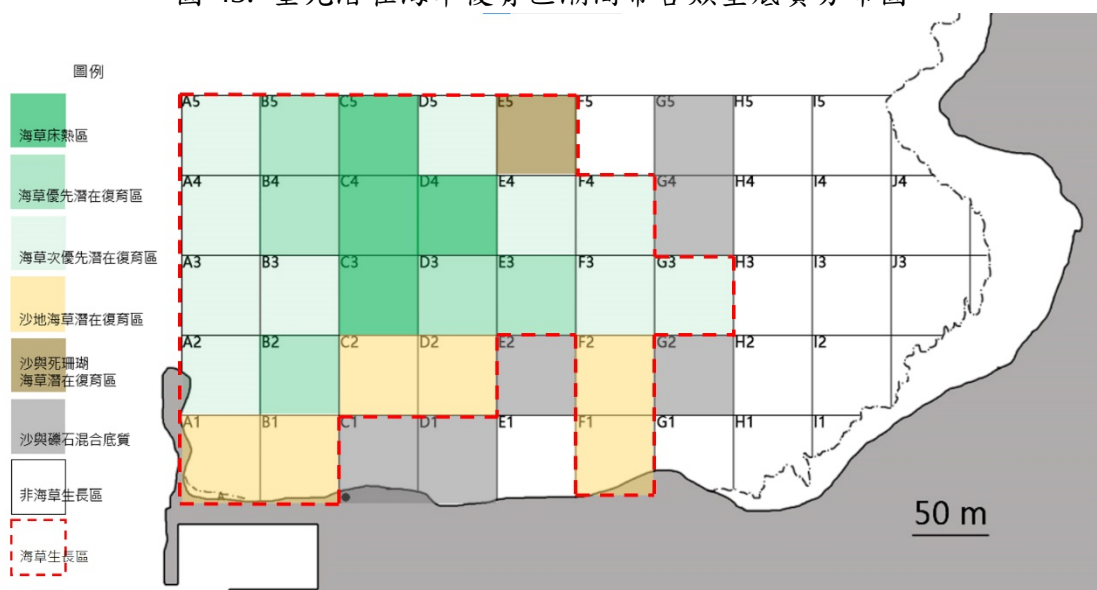


圖 44. 重光潛在海草復育區底質適合海草生長區塊圖 (紅色虛線)

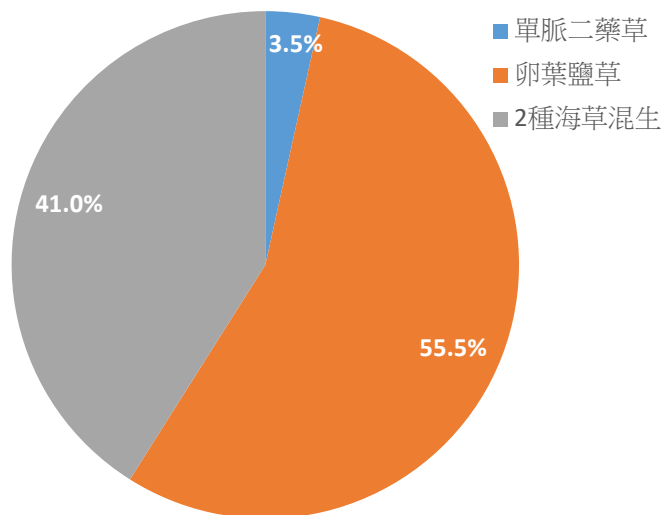


圖 45. 重光潛在海草復育區海草之種類與出現率比例圖

(2) 重光海草復育區海草季節性變化

① 海草種類與季節性變化

所設定的 3 個固定測線 (重光 S1、重光 S2 及重光 S3)，全年所記錄的海草種類計有卵葉鹽草及單脈二藥草 2 種，以葉片密度平均數量判斷，卵葉鹽草所佔 75.9% 的比例最高，單脈二藥草為 24.1%。各季 2 種海草之比例互有消長，卵葉鹽草全年以冬、春及夏等季節所占比最高 78.7-88.5% 之間，秋季則以單脈二藥草 89.2% 最高 (圖 46)。

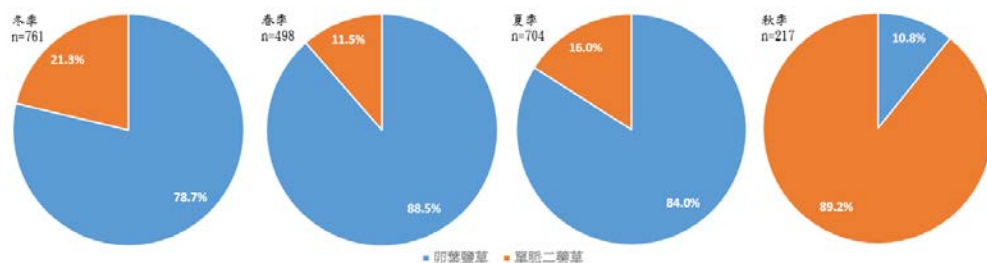


圖 46. 2024 年重光潛在海草復育區 4 季海草種類出現比例圖

② 海草葉片數季節性變化

各測站海草種類葉片數之季節性變化如下：

A. 重光 S1 測站

冬季卵葉鹽草平均葉片密度為 147.2 ± 4.5 片/ m^2 ；單脈二藥草為 88 ± 33.9 片/ m^2 ；春季卵葉鹽草平均葉片密度為 19.2 ± 27.2 片/ m^2 ；單脈二藥草為 1.6 ± 2.3 片/ m^2 ；夏季卵葉鹽草平均葉片密度為 147.2 ± 18.1 片/ m^2 ；單脈二藥草為 30.4 ± 15.8 片/ m^2 ；秋季卵葉鹽草葉片未發現；單脈二藥草平均葉片密度為 187.2 ± 24.9 片/ m^2 (表 4)。

B. 重光 S2 測站

冬季卵葉鹽草平均葉片密度為 105.6 ± 149.3 片/ m^2 ；單脈二藥草為 139.2 ± 6.8 片/ m^2 ；春季卵葉鹽草平均葉片密度為 318.4 ± 2.3 片/ m^2 ；單脈二藥草為 14.4 ± 20.4 片/ m^2 ；夏季卵葉鹽草平均葉片密度為 91.2 ± 129.0 片/ m^2 ；單脈二藥草為 24.0 ± 34.0 片/ m^2 ；秋季卵葉鹽草葉片未發現；單脈二藥草平均葉片密度為 67.2 ± 40.7 片/ m^2 （表 5）。

C. 重光 S3 測站

冬季卵葉鹽草平均葉片密度為 1544.0 ± 2020.6 片/ m^2 ；單脈二藥草為 259.2 ± 289.6 片/ m^2 ；春季卵葉鹽草平均葉片密度為 985.6 ± 339.4 片/ m^2 ；單脈二藥草為 155.2 ± 52.0 片/ m^2 ；夏季卵葉鹽草平均葉片密度為 1536.0 ± 2041.0 片/ m^2 ；單脈二藥草為 283.2 ± 355.3 片/ m^2 ；秋季卵葉鹽草平均葉片密度為 25.6 ± 27.2 片/ m^2 ；單脈二藥草平均葉片密度為 326.4 ± 325.8 片/ m^2 （表 6）。

表 4 重光海草復育區重光 S1 測線海草葉片平均密度

海草種類		葉片平均密度(片/ m^2)	
季節		卵葉鹽草	單脈二藥草
冬季		147.2 ± 4.5	88.0 ± 33.9
春季		19.2 ± 27.2	1.6 ± 2.3
夏季		147.2 ± 18.1	30.4 ± 15.8
秋季		0	187.2 ± 24.9

表 5 重光海草復育區重光 S2 測線海草葉片平均密度

海草種類		葉片平均密度(片/ m^2)	
季節		卵葉鹽草	單脈二藥草
冬季		105.6 ± 149.3	139.2 ± 6.8
春季		318.4 ± 2.3	14.4 ± 20.4
夏季		91.2 ± 129.0	24.0 ± 34.0
秋季		0	67.2 ± 40.7

表 6 重光海草復育區重光 S3 測線海草葉片平均密度

海草種類		葉片平均密度(片/ m^2)	
季節		卵葉鹽草	單脈二藥草
冬季		1544.0 ± 2020.6	259.2 ± 289.6
春季		985.6 ± 339.4	155.2 ± 52.0
夏季		1536.0 ± 2041.0	283.2 ± 34.0
秋季		$25.6 \pm 27.2.0$	326.4 ± 325.8

③ 海草覆蓋率與庇護高度季節性變化

整體來說，覆蓋率全年以重光 S3 測線最高，其次分別為 S2 和 S1，期中 S2 和 S1 在夏秋 2 計趨近一致；庇護高度以線葉形的單脈二藥草最高，自冬季後逐季增高，致夏季達顛峰，秋季則降至最低。卵葉形的卵葉鹽草則是在冬季最高，並逐季變小，同樣致秋季降到最低。各測站海草覆蓋率與庇護高度季節性變化如下：

A. 重光 S1 測線

平均覆蓋率從冬季依序至秋季分別為 $5.0\pm1.4\%$ 、 $6.1\pm2.5\%$ 、 $9.3\pm3.9\%$ 及 $1.2\pm0.9\%$ ；單脈二藥草的平均庇護高度分別為 3.2cm、3.8cm、4.5cm 及 1.2cm，卵葉鹽草為 1.9cm、1.9cm、2.0cm 及 0.5cm（圖 47、48 及表 7）。

B. 重光 S2 測線

平均覆蓋率從冬季依序至秋季分別為 $21.3\pm7.3\%$ 、 $11.0\pm2.6\%$ 、 $8.5\pm3.8\%$ 及 $0.4\pm0.7\%$ ；單脈二藥草的平均庇護高度分別為 3.2cm、3.4cm、4.2cm 及 1.1cm，卵葉鹽草為 1.4cm、1.8cm、2.1cm 及 0cm（圖 47、48 及表 7）。

C. 重光 S3 測線

平均覆蓋率從冬季依序至秋季分別為 $36.3\pm4.1\%$ 、 $30.0\pm3.3\%$ 、 $30.3\pm6.8\%$ 及 $1.8\pm2.7\%$ ；單脈二藥草的平均庇護高度分別為 3.8cm、3.6cm、4.8cm 及 1.2cm，卵葉鹽草為 1.7cm、1.8cm、2.0cm 及 0.5cm（圖 47、48 及表 7）。

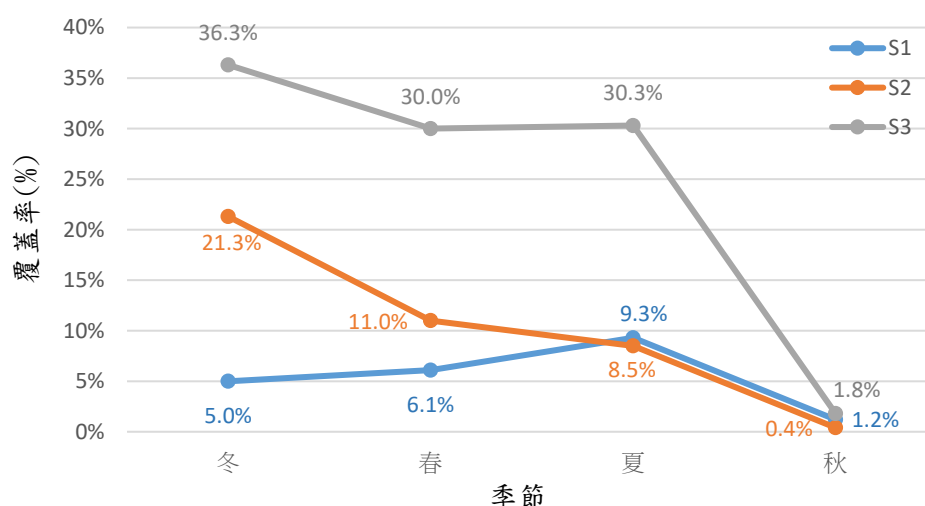


圖 47. 重光潛在海草復育區各測線覆蓋率季節性變化

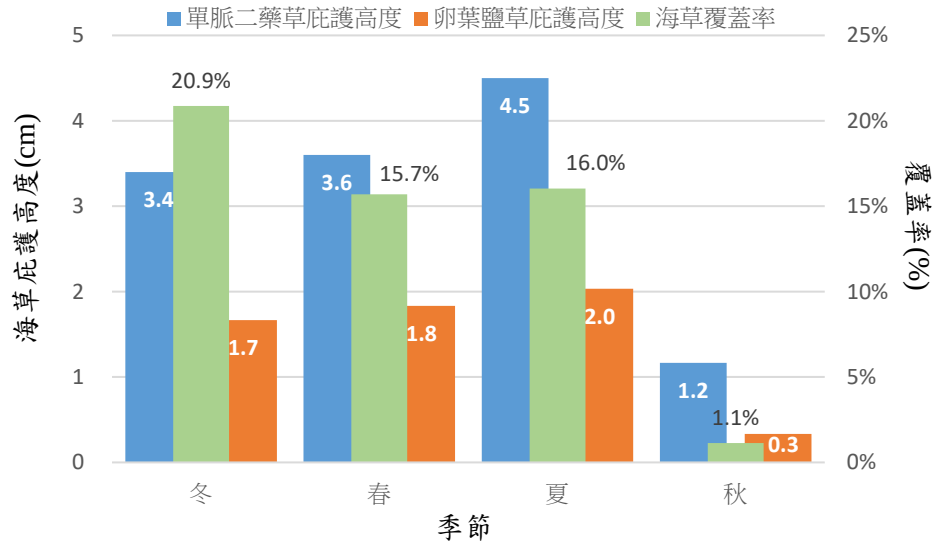


圖 48. 重光潛在海草復育區覆蓋率與 2 種海草庇護高度季節性變化

表 7 重光潛在海草復育區各測線冬、春季海草種類、覆蓋率 (%) 與庇護高度 (cm) 一覽表

測站	季節	覆蓋率	庇護高度 (單脈二藥草、卵葉鹽草)
S1	冬季	5.0±1.4	3.2、1.9
	春季	6.1±2.5	3.8、1.9
	夏季	9.3±3.9	4.5、2.0
	秋季	1.2±0.9	1.2、0.5
S2	冬季	21.3±7.3	3.2、1.4
	春季	11.0±2.6	3.4、1.8
	夏季	8.5±3.8	4.2、2.1
	秋季	0.4±0.7	1.1、0.0
S3	冬季	36.3±4.1	3.8、1.7
	春季	30.0±3.3	3.6、1.8
	夏季	30.3±6.8	4.8、2.0
	秋季	1.8±2.7	1.2、0.5

海草種類從 4 季結果來看，重光的 2 種海草全年均有出現，但卵葉鹽草在進入秋季後，所出現的比例明顯降低，而單脈二藥草則秋季的出現率最高。全年海草覆蓋率介於 1.1-20.9%之間，平均為 $13.4 \pm 12.7\%$ ，以冬季的覆蓋率最高，秋季最低。各測線全年覆蓋率則以測線 S3 平均 24.6%最高，其次依序分別為測線 S2 平均 10.3%及測線 S1 平均 5.4%(圖 48)。全年海草庇護高度單脈二藥草介於 1.2-4.5cm 之間，平均為 $3.2 \pm 1.3\text{cm}$ ，以夏季的庇護高度最高，秋季最低；卵葉鹽草介於 0.5-2.0cm 之間，平均為 $1.5 \pm 0.7\text{cm}$ ，同樣以夏季最高，秋季最低。重光海草復育區雖已由澎湖縣政府劃為海草保護區，僅

公告禁止使用耙具採貝，卻未訂定管理辦法，使多數外地來的民眾多數不清楚，仍有待加強宣導，且社區迄今仍未成立巡守隊，因此在測站 S1 及 S2 的海域仍常發現有民眾於退潮後以耙具採貝擾動；3 個測站又以 S1 距離航道最近，底土流失嚴重，進而影響海草之發展，致使海草覆蓋率為 3 個測站最低；而測站 S3 在退潮後水位稍高，不利採貝作業，底土維持良好，相對較有利海草之發展，成為 3 個測站海草覆蓋率最高。庇護高度的變化除與生物啃食有關之外，退潮後的水位高度可能也會影響。

④ 海草生物量季節性變化

卵葉鹽草

所設定的 3 個固定測線，卵葉鹽草全年各季地上部生物量介於 $0.001-1.909\text{g/m}^2$ 之間，以春季的量最高，秋季最低，平均地上部生物量為 $0.994\pm 0.986\text{g/m}^2$ ；全年各季地下部生物量介於 $0.288-8.389\text{g/m}^2$ 之間，以春季的量最高，秋季最低，平均地下部生物量為 $4.773\pm 3.826\text{g/m}^2$ （圖 49）。4 季之總生物量以冬季的平均值達到最高 10.160 g/m^2 後，便逐季下降，至秋季之平均值僅 0.289 g/m^2 ，為 4 季最低值（圖 50、表 8）。

根冠比（R/S），係指植物地下部與地上部重量之比值。可藉由此比值之大小判斷海草植株生長之階段（邱廣龍等，2013）。全年各季之根冠比介於 $3.919-10.001$ 之間，秋季因地上部未有記錄到葉片，比值不予計算。全年春季之比值最低，夏季變高達顛峰，冬季則有開始降低（圖 50、表 8）。

單脈二藥草

全年各季地上部生物量介於 $0.025-1.445\text{g/m}^2$ 之間，以冬季的量最高，夏季最低，平均地上部生物量為 $0.670\pm 0.586\text{g/m}^2$ ；全年各季地下部生物量介於 $0.223-7.627\text{g/m}^2$ 之間，仍以冬季的量最高，夏季最低，平均地下部生物量為 $3.537\pm 3.300\text{g/m}^2$ 。4 季之總生物量以冬季的平均值達到最高 9.072 g/m^2 後，便逐季下降至夏季到最低點，僅 0.248 g/m^2 ，秋季後又開始增加（圖 49）。全年各季之根冠比介於 $2.923-9.077$ 之間。全年春季之比值最低，夏季變高達顛峰，秋季後又開始降低（圖 50、表 8）。

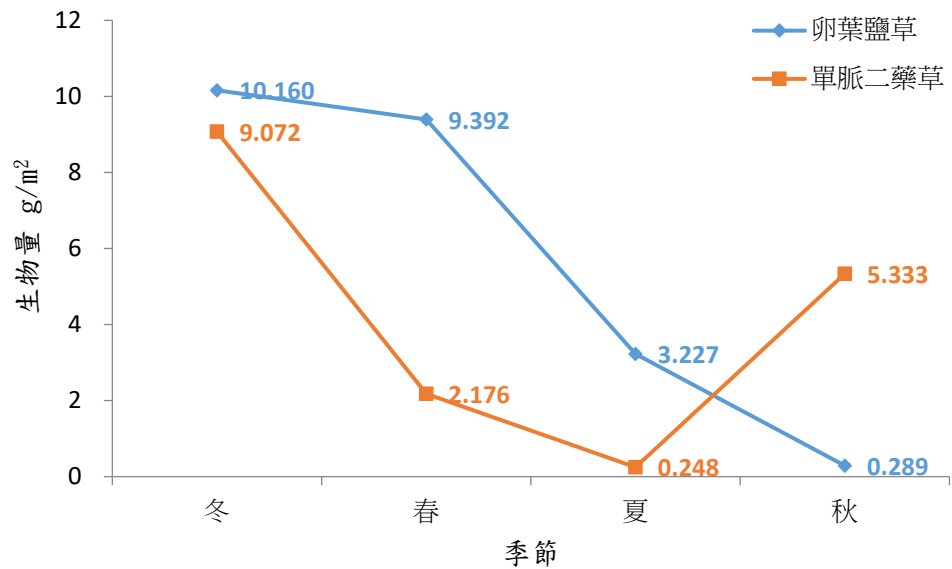


圖 49. 重光海草復育區卵葉鹽草及單脈二藥草生物量季節性變化

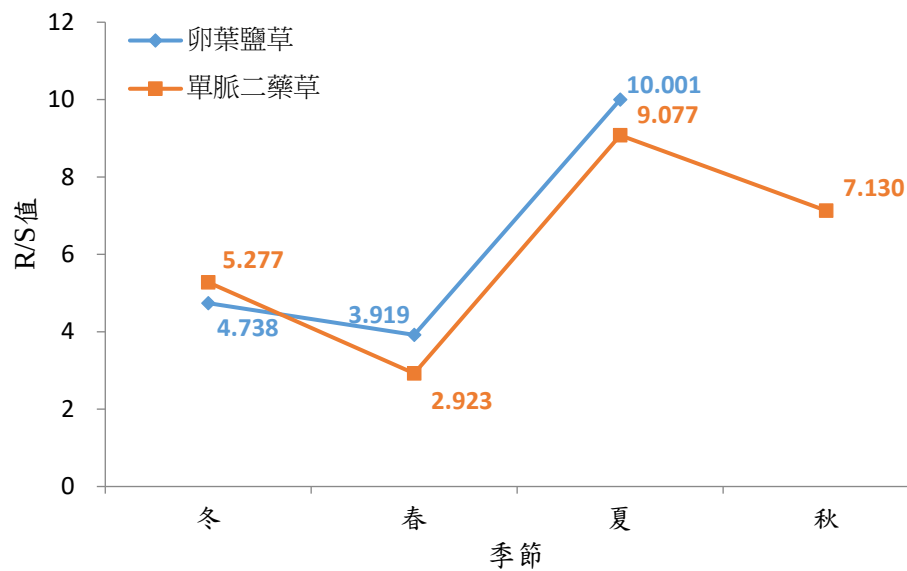


圖 50. 重光潛在海草復育區 2 種海草 R/S 值季節性變化

表 8 重光潛在海草復育區 2 種海草生物量及 R/S 值季節性變化

季節		冬	春	夏	秋	平均
海草種類	地上部	1.771g	1.909g	0.293g	0.001g	0.994±0.986g
	地下部	8.389g	7.483g	2.933g	0.288g	4.773±3.826g
	R/S	4.738	3.919	10.001	---	6.219±3.301
單脈二藥草	地上部	1.445g	0.555g	0.025g	0.656g	0.670±0.586g
	地下部	7.627g	1.621g	0.223g	4.677g	43.537±3.300g
	R/S	5.277	2.923	9.077	7.130	6.102±2.626

邱廣龍等 (2013) 針對廣西珍珠灣的貝克喜鹽草之種群動態與土壤種子庫調查時指出，分析全球 30 種海草之根冠比平

均為 1.11 ± 0.08 ，其比值隨著緯度而增加。並指出可藉由根冠比之季節性變化推測海草的發育階段，如 Parthasarathy 等 (1988) 在調查泰國安達曼海的貝克鹽草族群已呈衰老階段時，其根冠比僅為 0.667；於印度調查生長發育階段的貝克喜鹽草之根冠比介於 1.30-3.54 之間。依此趨勢推測重光 2 種海草之發育階段，從圖 49 可發現 2 種海草之根冠比之消長均具有一定之規律，2 種海草均在夏季達顛峰後逐季緩降，並在春季降到最低，依此推測生長在重光海草復育區的卵葉鹽草與單脈二藥草，春季為衰老階段而夏季則為發育階段。

⑤ 雄花、雌花及果實

連續 4 季在所設置的測線進行採樣，均未發現 2 種海草的花與果實，僅於 1 月間在測線外的卵葉鹽草上發現雄花、雌花與果實，同時也有發現成熟的果實出現果裂與種子外露的現象 (圖 51-53)。而本區的單脈二藥草的族群主要是由澎湖中心所移植，主要分布範圍均在所設置的測線上，調查期間尚未有雄花、雌花及果實的紀錄。但 5 月間在鎮海灣進行野外調查時，則在有紀錄到雌花的離軸花柱 (圖 54)。

過去的研究指出植物的物候事件之間有高度正相關，開花事件可能部分或完全依賴葉片之發展，而果實量則受開花數之影響 (Van Schauk et al., 1993)；葉乙蓉 (2023) 調查東沙卵葉鹽草物後與種子庫季節性變動時指出，在葉片越多的季節會有更多數量的花朵與果實產生。張敏等 (2016) 研究指出，植物具有調節自身生長與發育進程，藉以反應外界環境變化的能力，如遇乾旱、高鹽、高溫或低溫、強光照與低光照等不利條件時，植物會停止生長，而提早開花結果快速完成其生命週期的「逆境誘導開花」的現象。趙元寧 (2018) 進行澎湖港口潮間帶卵葉鹽草花果期調查時發現，在同一海域便發現到受高水溫的影響，出現「逆境誘導開花」的現象，使花果期全年出現 2 個周期。全年覆蓋率以冬季的最高，夏秋 2 季持續在颱風擾動影響之下，海草床擾動大，無法很明確掌握其花果期，僅於 1 月間於測線外的區域紀錄到卵葉鹽草的雄花、雌花及果實。



圖 51. 重光海草床的卵葉鹽草在 1 月間所記錄的雌花與果實。



圖 52. 重光海草床的卵葉鹽草在 1 月間所記錄的雄性花苞。



圖 53. 重光海草床的卵葉鹽草在 1 月間所記錄的果實（圖左）及果裂將種子外露（圖右）。

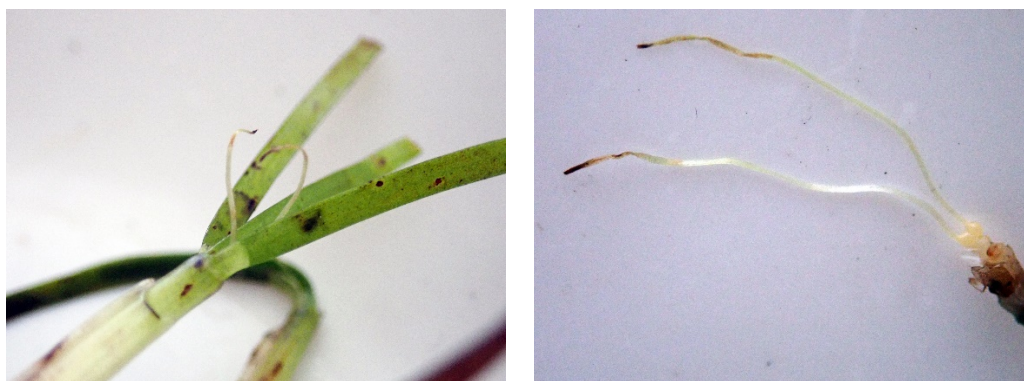


圖 54. 鎮海灣所記錄的單脈二藥草之雌花

⑥ 種子庫

卵葉鹽草部分：

本項調查在所設置的 3 條測線共 30 個測點，完成了 4 季的採樣，共採集了 120 個樣品，所蒐集到的卵葉鹽草之種子共計 118 顆。4 季種子平均密度介於 $12.3\text{-}21.3$ 顆/ m^2 之間，以夏季的密度最高，冬及春 2 季為最低。

冬季種子平均密度介於 $0\text{-}16$ 顆/ m^2 之間，平均為 12.2 ± 22.1 顆/ m^2 ；其中又以 S3 測線 16.0 ± 26.1 顆/ m^2 的密度最高，其次依序為 S2 測線及 S1 測線。春季種子平均密度介於 $3.2\text{-}25.6$ 顆/ m^2 之間，平均為 12.3 ± 17.2 顆/ m^2 ；同樣以 S3 測線 16.0 ± 18.5 顆/ m^2 的密度最高，其次依序為 S2 測線及 S1 測線；夏季種子平均密度介於 $3.2\text{-}51.2$ 顆/ m^2 之間，平均為 21.3 ± 39.9 顆/ m^2 ；仍以 S3 測線 51.2 ± 58.8 顆/ m^2 的密度最高，其次依序為 S2 測線及 S1 測線。值得一題的是，夏季所採集到的種子，發現有萌芽的現象；秋季種子平均密度介於 $4.8\text{-}24$ 顆/ m^2 之間，平均為 17.1 ± 10.7 顆/ m^2 ；仍以 S3 測線 24.0 ± 27.5 顆/ m^2 的密度最高，其次依序為 S2 測線及 S1 測線。整體來說，全年以夏季的種子密度最高，秋季次之，冬、春 2 季密度最低（圖 55 及表 9）；各測線以 S3 測線的種子密度最高，其次依序分別為 S2 測線與 S1 測線，應與海草的生物量及覆蓋率之高低具有關聯性。

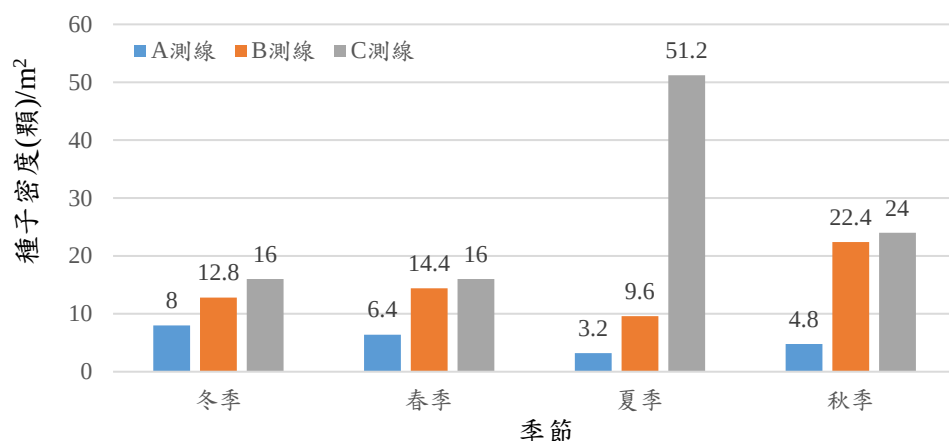


圖 55. 重光海草復育區卵葉鹽草種子庫密度季節性變化

表 9 重光海草復育區冬春季各測線卵葉鹽草種子豐度

樣區 \ 季節	種子平均密度(顆/m ²)			
	冬季 (12-2 月)	春季 (3-5 月)	夏季 (6-8 月)	秋季 (9-11 月)
A 測線	8.0±13.6	6.4±11.2	3.2± 6.7	4.8±7.7
B 測線	12.8±25.9	14.4±20.6	9.6±11.2	22.4±32.2
C 測線	16.0±26.1	16.0±18.5	51.2±58.8	24.0±27.5
3 樣區 平均	12.2±22.1	12.3±17.2	21.3±39.9	17.1±25.5

種子庫密度的變化，主要是受種子萌發(Hover et al., 2015; Manez-Crespo et al., 2020)，以及環境擾動而流失等因素影響(Bell et al., 2008; Hovey et al., 2015; Manez-Crespo et al., 2020)。海草果候的觀察，經由果實的形成與種子的釋放，有助了解海草之生產力、種子生產量和生物量的變化等，進而評估海草族群的健康狀態和繁殖成功(Kendrick et al., 2017)。種子庫依所保持活性的時間長短，種子庫通常被分為短暫型(不到 1 年)或持久型(超過 1 年)(Walck et al., 2005)，小型的海草更有可能形成持久的種子庫儲備於沉積物中，並在環境適宜時快速定植(Statton et al., 2017)。而卵葉鹽草種子依結構與發芽史屬種子具有堅硬種皮和明顯休眠期的物種(Kuo & Kirkman, 1996)。小型的海草抵禦環境擾動的能力較低，持久型的種子庫就可利用種子較長的休眠期，以度過嚴苛的環境變化，同時也能利用較長的休眠期與海流的傳播，藉以擴大族群範圍(葉, 2023)。根據澎湖港口海草物候調查結果指出(趙元寧, 2018)，卵葉鹽草全年果實期有 2 期，分別在 5 月下旬至 7 月上旬及 11-12

月間。同時也指出卵葉鹽草種子在高溫、低鹽度與低照度的環境下最有利萌芽。並針對強降雨對海草床棲地退潮鹽度之變化調查指出，澎湖因陸域缺少溪流，僅強降雨（需大雨等級，指24小時累積雨量達80mm以上或時雨量達40mm以上的降雨。）如配合退潮時期，瞬間所出現大量雨水注入潮間帶才能大幅降低鹽度。如2017年7月31日輕颱海棠(HAITANG:編號201710)單日降雨量達123.5mm，所測得鹽度平均為 13.7 ± 4.2 ppt。從結果顯示，重光海草復育區從冬、春2季所採集到的卵葉鹽草種子，平均密度分別為12.8顆/m²及12.3顆/m²，種子密度變異不大。冬季卵葉鹽草所生產的種子，受冬、春2季仍屬偏低的水溫環境(17.9-25.5℃)；2023年12月至2024年10月間每月的降雨量主要是受梅雨季與颱風所影響，3-5月間主要是受梅雨季之影響，各月間的累積降雨量在175-199mm間，而7月的降雨量則是受颱風強降雨之影響，累積雨量達399.5mm（圖56，資料來源:中央氣象署）。

綜觀上述，冬及春2季的海草棲地微環境未發現種子萌芽的現象，此2季卵葉鹽草種子以種子庫型態蟄伏於底土中，其種子庫密度未有明顯差異變化。夏季正逢卵葉鹽草果實期高峰（5-7月間），並釋放大量種子，使種子數達全年的高峰，加上夏季的高溫和颱風的強降雨，提供了種子萌芽的有利條件，所採集到種子之種皮已有裂開或脫落，甚至子葉已有突起等萌芽的現象（圖57）。秋季所檢測的3條測線種子密度互有消長，A及B這2條測線密度均有增加，C測線的密度則出現下降的現象，推測應與種子萌芽後造成其密度下降。

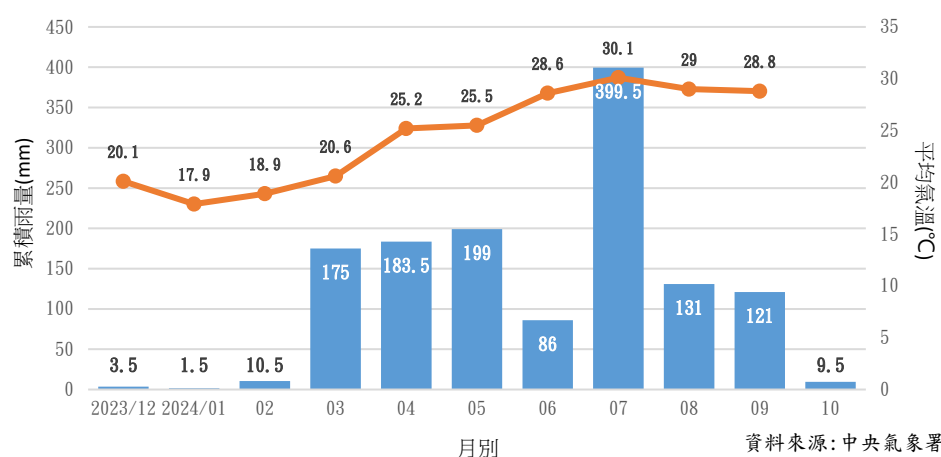


圖 56. 澎湖 2023 年 12 月至 2024 年 10 月間累積雨量與平均氣溫變化

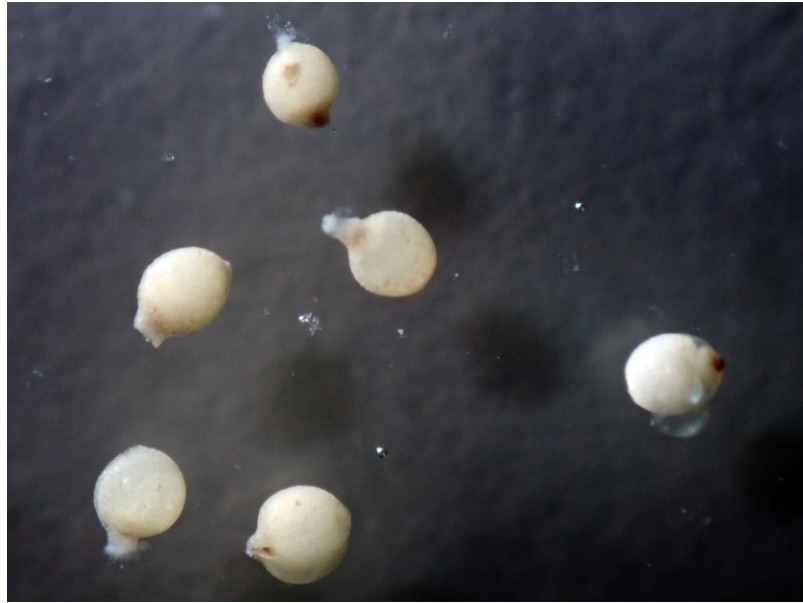


圖 57. 重光海草復育區夏季所採集的種子有萌芽的現象。

單脈二藥草部分:

3個樣區於4季的採樣檢測中,均未發現有本種海草種子。

2. 南寮潛在海草復育區

(1) 環境普查

①退潮時期海水水位分布現況

所調查的 40 公頃的試驗海域，地貌多平緩無淤積隆起的現象，退潮後無積水的 A 類型為全區所占比例最高，為 42.2%；其次依序為退潮後仍有積水的 B 類型（33.4%）、退潮後積水在 0-10cm 的 C 類型（12.5%）、退潮後積水在 10-30cm 的 D 類型（7.6%）及退潮後積水在 30cm 以上的 E 類型（4.2%）（圖 58）。

經與當地耆老訪談得知，過去調查海域的 C1 地貌呈拱起狀，A1 至 C1 及 A2 等 4 個樣區，退潮後積水高度約在 C 等級，猶如瀉湖般。但因漁港航道開挖，使 C1 拱起的地形遭清除，以致退潮後上述 4 個樣區的積水一瀉而空，從本次調查結果顯示，4 個樣區退潮後無積水 A 類型，不利海草生長的比例達 68.8%之譜（圖 59）。

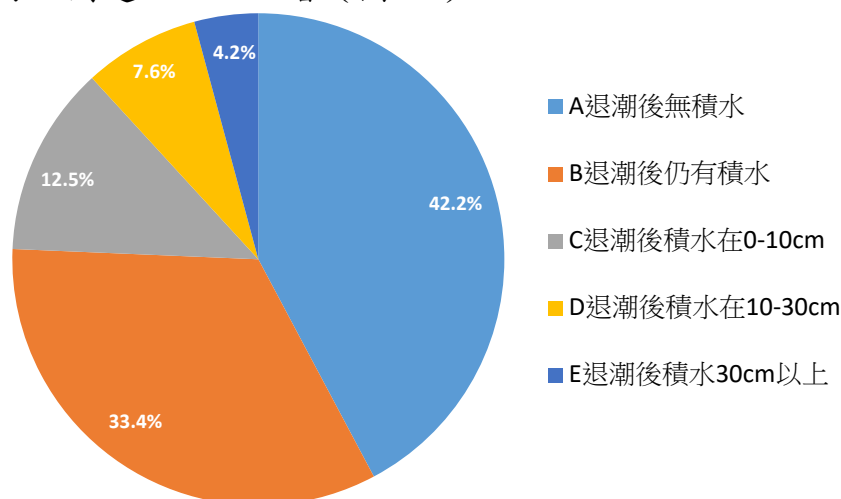


圖 58. 南寮潛在海草復育區退潮時期海水水位分布類型比例圖

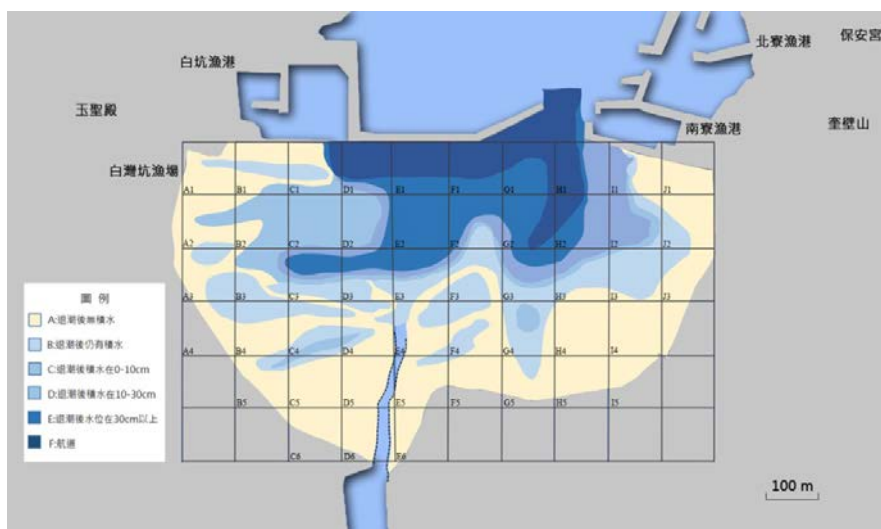


圖 59. 南寮潛在海草復育區退潮時期海水水位分布圖

③ 底質現況

所調查海域的面積為 40 公頃，底質組成計有 10 種類別（圖 60），其中以沙 53.8% 的出現率最高；其次依序分別為沙及珊瑚碎屑的混合基質 22.5%、海草 6.4%、藻類 6.2%、泥及沙的混合基質 5.4%、礫石及沙的混合基質 1.7%、珊瑚碎屑 1.6%、俗稱紅蚵的土嘴瓜殼菜蛤 (*Modiolus metcalfei*) 1.5%、岩石 0.6% 及岩盤 0.3%。

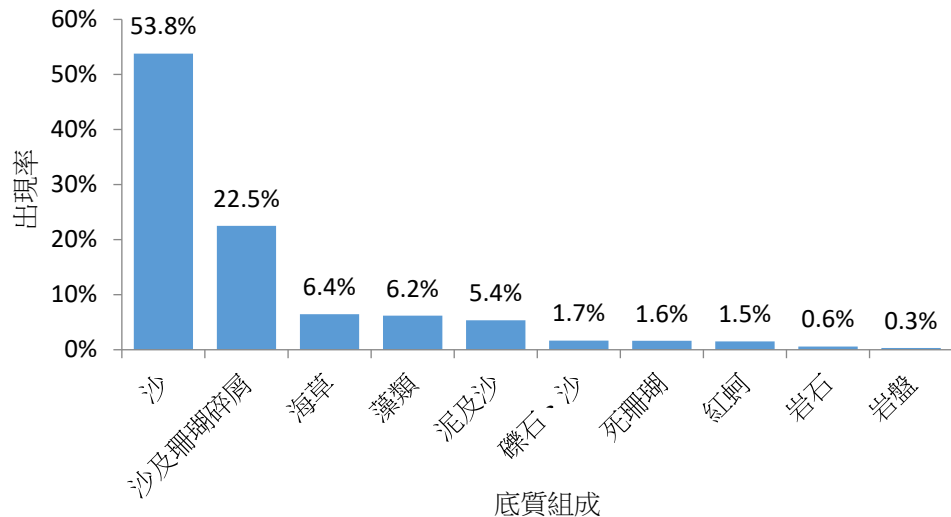


圖 60. 南寮潛在海草復育區潮間帶底質組成

檢視所紀錄的 10 種底質類別，南寮潛在海草復育區的出現率為 6.4%，涵蓋面積近 2.6 公頃（圖 61），而適合海草生長的範圍包括沙、沙及死珊瑚混合基質，2 種底質合計為 76.3%，涵蓋面積近 30.5 公頃。綜觀上述，以底質組成分布來看，南寮潛在海草復育區適合海草生長面積近 33.1 公頃，佔調查海域的 82.7%。

40 個樣區共有 8 個樣區域有海草分布，所紀錄的海草種類以甘草為主，另在 J2 的樣區為甘草與卵葉鹽草混生。而 D3、E2、F3、F4 及 G4 等 5 區有發現海草的地下走莖（疑似單脈二藥草）的分布，可能是受季節之影響葉片尚未增長出來。2011 年所調查的海草面積為 2.3 公頃（圖 62），其生長面積雖互有消長，但值得關注的是樣區 E3 及 G3 等 2 區，於本次的調查時海草族群分布相當的稀疏，甚至所設置的調查測線上未有紀錄，推測應與此 2 個樣區分布大量的土嘴瓜殼菜蛤及採蛤作業有關。

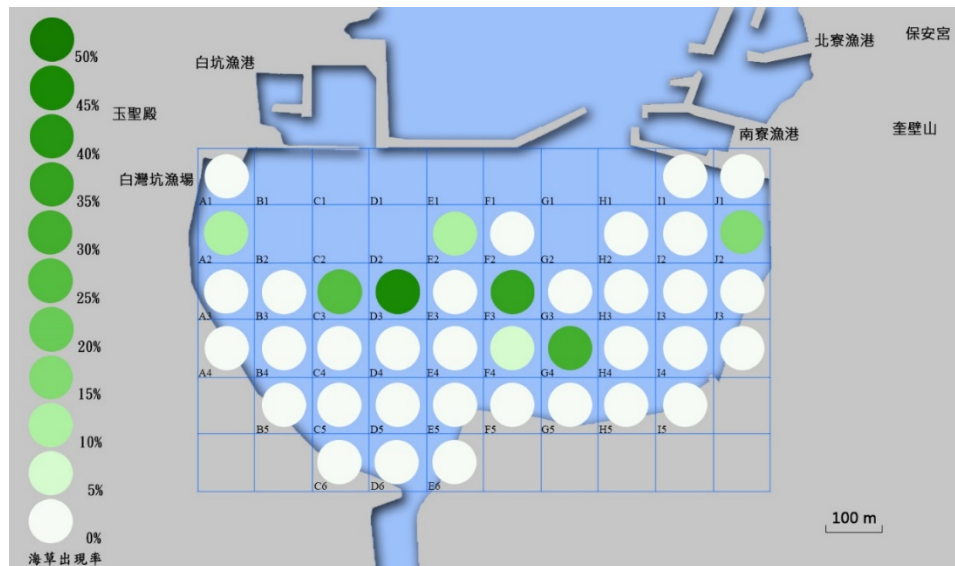


圖 61. 2023 年南寮潛在海草復育區海草出現率分布圖

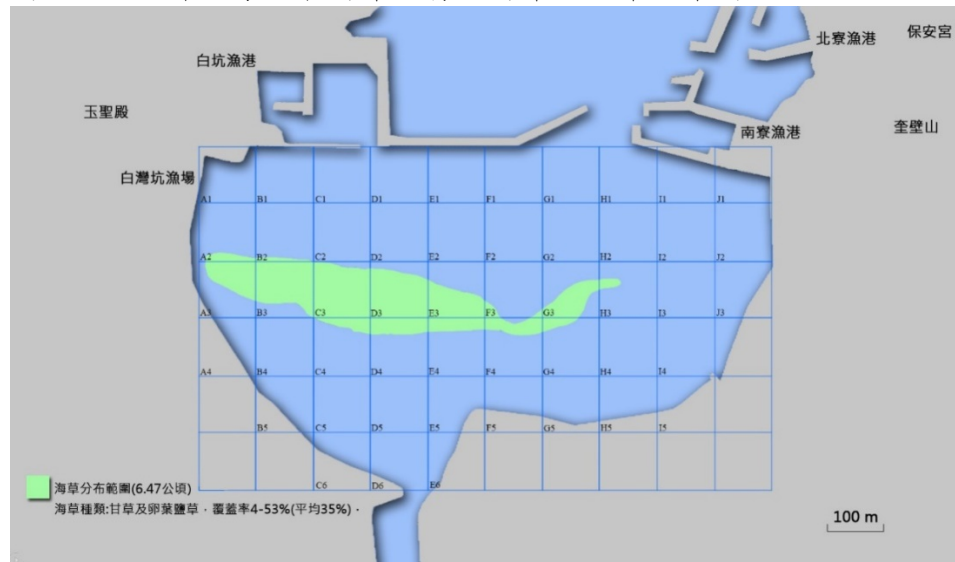


圖 62. 2011 年南寮潛在海草復育區海草分布圖

從海草的分布來看，2011 年海草分布呈現連續性帶狀（樣區從 A3-H3），本次的調查，海草的分布則呈現片段，並有朝向南北 2 側擴散的現象。另從 2011 年的調查結果顯示，E3 樣區原為海草生長區，但本次調本區海草雖已不復見，推測主要是此樣區是硬殼淺蜊及土嘴瓜殼菜蛤的採集區，所造成相當大的擾動所致。而緊鄰北側 E2 樣區，退潮後水位均在 30cm 以上，2011 年的調查未發現有海草分布，在這次的調查其出現率為 8.5%。

與當地耆老訪談得知，位於白坑漁港港口西側潮間帶，即所調查海域的 C1 地貌過去呈拱起狀，也因此使得 A1 至 C1 及 A2 等 4 個樣區，在退潮後積水高度約可維持約 10cm 的 C 等級，如同小型瀉湖般，同時也是海草生長的區域，海

草茂密，更是許多魚苗聚集之處。在民國 73 年間，因興建防坡堤、碼頭及航道挖方等工程，拱起的地形遭挖開，以致退潮後上述 4 個樣區的積水如同破堤般，向所開挖的航道一瀉而空（圖 63）。冼宜樂等 2011 年調查上述 4 區時，僅 A2 樣區具有小溪流的地方有海草生長；本研究調查結果也指出，4 個樣區退潮後無積水 A 類型，不利海草生長比例達 68.8% 之譜。社區耆老、水產養殖與經營生態旅遊等業者，面對海草的流失均感到相當扼腕，同時也殷殷期盼有機會能進行海草床修復。建議在不影響船舶進出漁港的前提下，可於 C1 處將海床地貌恢復成拱起狀，使其退潮後積水面積增大（圖 64），改善本區域海草生長條件，並輔以海草修復，應有機會擴增本區海草的面積，提高生物多樣性，增裕漁業資源。



圖 63. 白坑漁港南側潮間帶淺坪在退潮後，蓄積於潮間帶的海水均朝所開挖的航道宣洩。



圖 64. 於適當海域恢復原有海床拱起地貌，藉以形成小潟湖（示意圖）。

③ 生物資源與產業活動

A. 生物資源

a. 軟體動物

調查海域底質多以沙質地為主，為螺貝類重要的棲息地，漁獲螺貝類的作業人員每日約近 20 人次，主要以漁獲土嘴瓜殼菜蛤及硬殼淺蜊（*Tapes blecheri*）為主，其他混獲的種類還包括黑斑烏尾蛤（*Vasticardium nigropunctatum*）、歪簾蛤（*Anomalocardia squamosa*）厚殼縱簾蛤（*Gafrarium tumidum*）及黃文蛤（*Pitarina sulfureum*）等。而體型碩大的牛角江瑤蛤（*Atrina pectinata*）也是海草床常見的物種，卻很少見有人利用（圖 65）。另外在近岸處的礫岩區則以檢拾珠螺（*Lunella coronata*）為主。另外調查時也記錄到其他的螺貝類包括黑唇玉螺（*Mammilla melanostoma*）、小灰玉螺（*Natica gualteriana*）、牙白鏡文蛤（*Natica gualteriana*）、唱片縱簾蛤（*Circe scripta*）及斜肋縱簾蛤（*Gafrarium pectinatum*）等（附錄四）。除此之外，頭足類的長蛸（*Octopus variabilis*）也出現在調查海域（圖 66）。



圖 65.牛角江瑤蛤也是海草床常見的大型貝類。



圖 66. 俗稱「爛腳」的長蛸也出現於南寮潛在海草復育區。

b. 甲殼類

退潮後無積水具沙底質發現有不少的短趾和尚蟹 (*Mictyris brevidactylus*) 及所鑽洞隆起的小沙堆；同時也有發現俗稱沙蟹的遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 的幼蟹。本區域也是水試所澎湖中心與種苗繁殖場進行沙蟹苗放流的場域。肝葉饅頭蟹 (*Calappa hepatica*) 也是調查海域常見的種類 (圖 67)。



圖 67. 南寮潛在海草復育區常見的蟹類(上圖左及右為短趾和尚蟹、左下圖交配中的遠海梭子蟹及右下圖肝葉饅頭蟹)。

B. 產業活動

a. 潮間帶傳統產業-採蛤拾螺

調查海域的沙質底質為具經濟性貝類如硬殼淺蜊及土嘴瓜殼菜蛤的棲地，在適合漁獲作業的潮汐，每天約有近 20

人次於 C3 至 G3 的 5 個樣區作業，族群密度最高地區域位於樣區的 E3 及 G3 等 2 區，作業主要使用耙具採集。漁獲土嘴瓜殼菜蛤與硬殼淺蜊的作業人數比約 7:3，初估土嘴瓜殼菜蛤 CPUE 為 60kg/1 人次/2 小時（每潮汐），帶殼單價為 20 元/kg，每潮汐漁獲收益為 1200 元/2 小時/1 人次。每潮汐約有 14 個作業人次，每個月適合採集的日數約為 20 日，約可漁獲 16,800kg/月，漁獲收益約 33.6 萬元/月（圖 68）；硬殼淺蜊 CPUE 為 7kg/1 人次/2 小時（每潮汐），單價為 200 元/kg，每潮汐漁獲收益為 1400 元/2 小時/1 人次。每日約有 6 個作業人次，每個月適合採集的日數同為 20 日，約可漁獲 840kg/月，漁獲收益約 16.8 萬元/月（圖 69）。綜觀上述 2 種主要採貝的總漁獲量可達 17,640kg/20 人次/月，總產值可達 50.4 萬元/20 人次/月。另外在 C5-D5 樣區的礫石區，可檢拾珠螺。

經與採集土嘴瓜殼菜蛤民眾的漁業訪談中得知，受訪者在調查海域作業至少有 15 年以上，過去均以採集硬殼淺蜊及黃文蛤等簾蛤科的種類為主，但約在近 5 年土嘴瓜殼菜蛤開始大量出現於南寮海草潛在復育區內；本團隊在 13 年前調查本海域海草種類與分布（冼宜樂等，2011^a）時，並未發現該族群。因其族群密度龐大到無需特別尋找就可發現其漁場，大部分採收簾蛤科種類的民眾紛紛改採土嘴瓜殼菜蛤。而這一龐大的貝類族群是原本棲息在調查海域未被發現？或是如同黑貽貝（*Mytekkia strigata*）一樣屬於外來的入侵種（張芳齊及韓玉山，2021）？因土嘴瓜殼菜蛤在形成群聚後，常以高密度的型態聚集，除影響到穴居型或潛沙型生物對原棲地之利用，也將會限制海草生長的空間。由於土嘴瓜殼菜蛤的分布範圍不僅會限制海草生長空間，加上容易採收，而成為漁獲目標，甚至為公部門或旅遊業者辦理生態體驗活動的招攬項目之一（圖 70）。未來應加以探討土嘴瓜殼菜蛤是否為原生種或是入侵種，同時也應關注該族群之發展對棲地環境所造成的衝擊，並規劃相關因應策略。



圖 68. 調查海域的土嘴瓜殼菜蛤產量大且單位密度高（上圖），一個潮汐約可做業 2 小時，漁獲量近 60 公斤/人次（下圖左及右）。



圖 69. 以耙具採集硬殼淺蛸

113年來趣湖西~山海食旅生態體驗活動

活動日期：2024-11-23

活動說明

113年來趣湖西~山海食旅生態體驗活動

壹、緣起 本活動包含青螺濕地介紹、海邊潮間帶扒紅蚶(或蛤蜊)活動、田野蔬菜採摘、野炊等，跨越兩個村落辦理，將近海捕撈安全知識及冬季田野風情結合，並介紹青螺濕地，帶領民眾深刻體驗湖西鄉各種風貌，並強調食農教育，讓民眾在遊憩中獲得更豐富的海域生態及遊憩安全知識。

貳、主辦單位 澎湖縣湖西鄉公所、湖西鄉民代表會

參、指導單位 海洋委員會

肆、協辦單位
青螺村辦公處、青螺社區發展協會、湖西村辦公處、湖西社區發展協會

伍、活動時間 113年11月23日(六)上午8時30分至13時30分

陸、報名時間 113年11月5日20時起至113年11月11日24時(額滿即止)

柒、報名方式

圖 70. 採集紅蚶（即殼嘴瓜殼菜蛤）已成招攬生態體驗活動的項目（資料來源：<https://www.beclass.com/rid=294dacd6724349714837>）

b. 水產養殖

在 B1-C1 及 B2-C2 等 4 個樣區為潮間帶養殖區的範圍，全年以牡蠣養殖為主，屬潮間帶「平掛式」的養殖方法(圖 71)。入秋後，會加設紫菜棚架，養殖紫菜，年底或隔年 1 月紫菜收成後，棚架也會撤離(圖 72)。



圖 71. 南寮海草潛在復育區的平掛式牡蠣養殖



圖 72. 南寮海草潛在復育區的紫菜養殖棚架

c. 生態旅遊

主要活動場域在 A1-A2 的樣區，為業者進行生態旅遊與體驗的場域，主要活動包括採貝、潮間帶生態導覽(圖 73)。但以耙具方式在海草生長區進行採集活動，其對海草床具有一定威脅(圖 74)，也不符合生態旅遊應友善對待環境之原則。未來應導入更友善環境的作業漁法，如以傳統的「刺蛤」或「相蛤」的方式進行採貝，不僅具有寓教於樂，也不會因採貝活動對環境造成壓力(圖 75)。



圖 73. 旅遊業者於南寮海草潛在復育區進行的生態旅遊-採貝



圖 74. 採貝活動所造成的擾動對海草床具有相當嚴重的威脅。



圖 75. 友善環境的「刺蛤」體驗活動應該取代以耙具採貝之型態。

3. 城前潛在海草復育區

(1) 環境普查

① 退潮時期海水水位分布現況

所調查 37 公頃的試驗海域，退潮後仍有積水的 B 類型為全區所占比例最高，為 52.4%；其次依序為退潮後無積水的 A 類型(28.9%)、退潮後積水在 0-10cm 的 C 類型(13.4%)、退潮後積水在 10-30cm 的 D 類型 (3.3%) 及退潮後積水在 30cm 以上的 E 類型 (2.0%) (圖 76)。

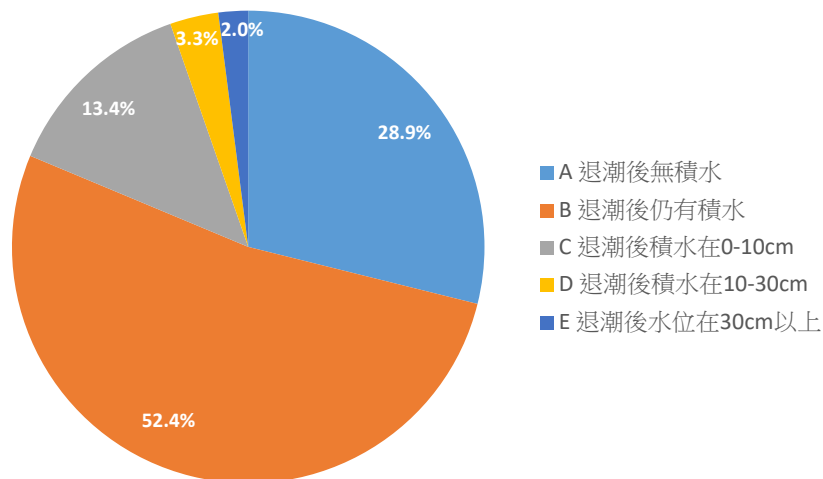


圖 76. 城前潛在海草復育區退潮時期海水水位分布類型比例圖

調查範圍不利海草生長的 A 類型水位占 28.9%，約占 10.7 公頃，適合海草生長 B 以上的水位類型達 71.1%約占 26.3 公頃。調查海域地形雖平緩，但在 E2-E4 至 G2-G3 等共計 8 區，地貌多有小起伏隆起的現象，而凹陷處多有積水之特殊地形，而隆起處多呈現無積水現象，也是短指和尚蟹棲息之處 (圖 77 及 78)。

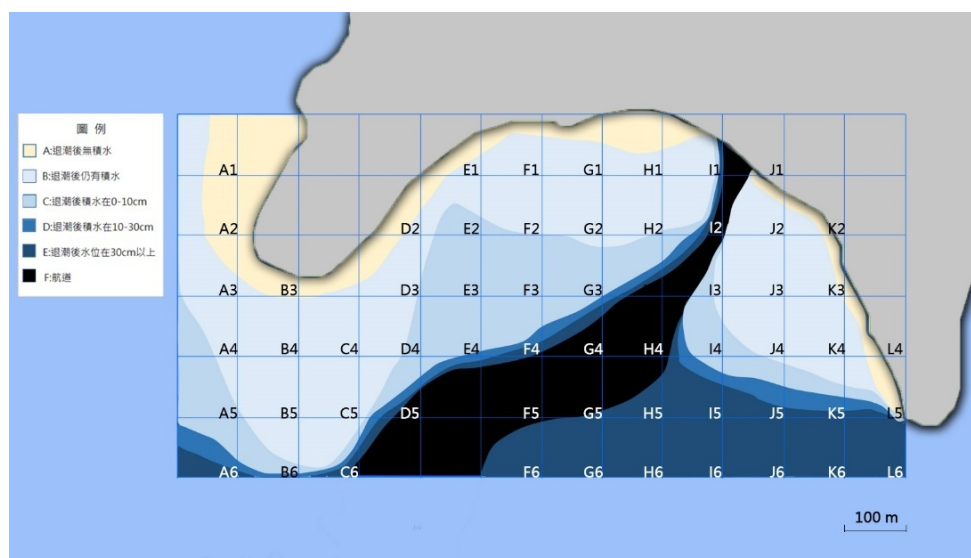


圖 77. 城前潛在海草復育區退潮時期海水水位分布圖



圖 78. 地貌小起伏隆起處是短指和尚蟹棲息處

④ 底質現況

所調查 37 公頃的試驗海域，其中以沙 33.1% 的出現率最高；其次依序分別為沙及珊瑚碎屑的混合基質 21.9%、泥及沙的混合基質 14.3%、海草 8.9%、岩石 8.0%、岩盤 6.9%、藻類 6.2% 及礫石 0.7%（圖 79）。

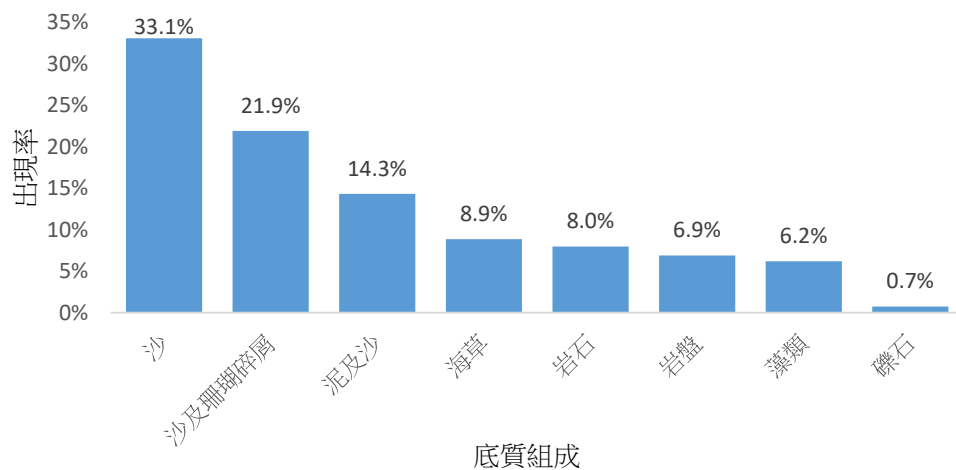


圖 79. 城前潛在海草復育區潮間帶底質組成

檢視所紀錄的 8 種底質類別，城前潛在海草復育區的出現率為 8.9%，涵蓋面積近 3.3 公頃，而適合海草生長的範圍包括沙、沙及死珊瑚混合基質與泥及沙，3 種底質合計為 69.3%，涵蓋面積近 25.6 公頃。綜觀上述，以底質組成分布來看，城前潛在海草復育區適合海草生長面積近 28.9 公頃，佔調查海域的 78.1%。

調查海域所紀錄海草的種類計有 2 種，主要以甘草為主，占海草出現率的 61.8%；另一種為單脈二藥草占 32.6%，而 2 種海草混生的部分也佔有 5.6%（圖 80）。37 個樣區計有 6 個樣區域有海草分布，主要分布於 B6、C4-C6 及 D4-D5 等樣區（圖 81）。2011 年所調查的海草面積為 6.4 公頃，主要分布於航道東西 2 側，以西側的面積範圍最大，近 5 公

頃（圖 82）；海草種類計有 3 種，與本次調查之結果少了卵葉鹽草 1 種。2 次調查結果相較，本次調查海草面積萎縮近 3.1 公頃，流失率高達 48.4%，不僅西側面積嚴重萎縮之外，東側海草均已流失不復見。檢視近 20 年本海域並未有發生嚴重的生態事件，潮間帶海床的平掛式牡蠣養殖更在 20 年前就已維持目前經營樣態，而以耙具採收土嘴瓜殼菜蛤的產業活動在近 10 年逐漸增加，對海草床的擾動具有一定的影響，調查海域海草萎縮流失的現象，推測可能與耙具採貝具有關聯性。

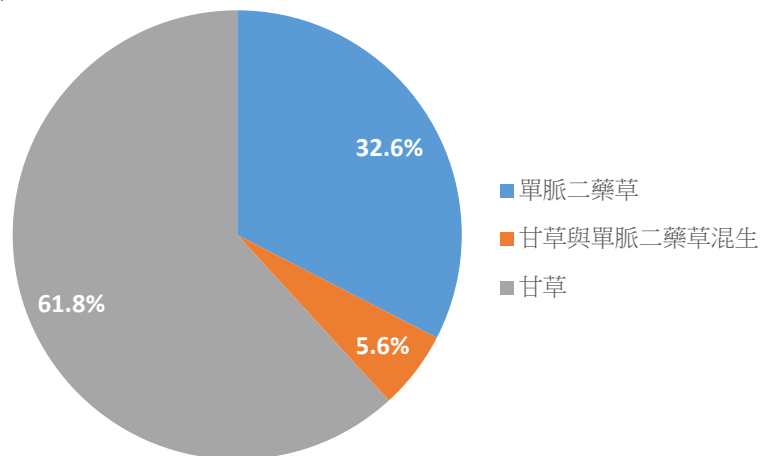


圖 80. 城前潛在海草復育區海草之種類與出現率比例圖

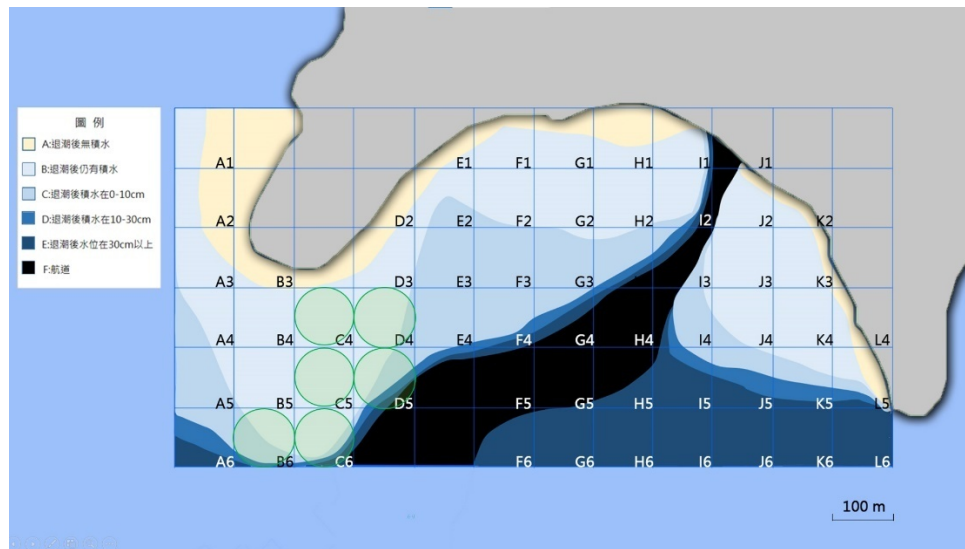


圖 81. 2023 年城前潛在海草復育區海草出現率分布圖

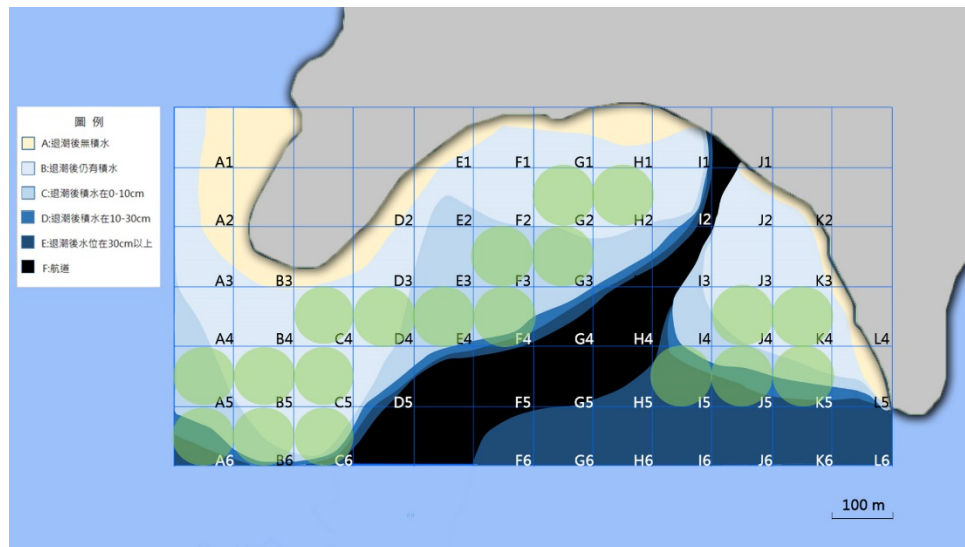


圖 82. 2011 年城前潛在海草復育區海草分布圖

(2) 產業活動

① 水產養殖

調查海域主要的產業為潮間帶「平掛式」牡蠣養殖為主，東西兩側均有分布，以西側的面積最大，涵蓋 E2、F2-F3、G2-G3、及 H2-H3 等共計 7 個樣區（圖 83），東側面積則涵蓋了 I4-I5 及 J4-J5 等 4 個樣區（圖 84）。

② 潮間帶傳統產業-採蛤

調查海域的沙質底質為具經濟性貝類土嘴瓜殼菜蛤的棲地，在適合漁獲作業的潮汐，過去在有潮汐作業的時候，每天約有近 10 人次於 A5-A6、B5-B6、C5-C6 及 D4 等 7 個樣區以耙具採集作業。漁獲土嘴瓜殼菜蛤與硬殼淺蜊的作業人數比約 7：3，初估土嘴瓜殼菜蛤 CPUE 為 100kg/1 人次/日，因所漁獲的數量很大，不易搬動，多將機車騎入漁獲區域載運離開。



圖 83. 城前潛在海草復育區西側海域的平掛式牡蠣養殖



圖 84. 城前潛在海草復育區東側海域的平掛式牡蠣養殖

本研究所調查的澎湖 3 處潛在海草復育區，均有使用耙具採貝進而擾動或威脅海草床之問題，相信這也是澎湖各潮間帶海草床共同面臨的議題，且多屬行之以久的漁業行為，雖多以兼業為主，但也有以此為養家餬口的職人，如南寮與城前就屬此性質。未來如要將澎湖潮間帶現有海草床朝向海草復育區或保護區規劃時，極有可能會影響或衝擊其活動，現有的採貝職人將有可能成為潛在有異議或是反對者，不論是中央或地方的決策與管理單位，建議應及早面對並提出因應之道。相關問題諸如：

1. 海草床普遍存在的土嘴瓜殼菜蛤應盡速確立究竟是本土種或是外來入侵種，才能訂出管理對策。
2. 使用耙具採貝之目標漁獲種類並不限定只有土嘴瓜殼菜蛤，如厚殼淺蜊、黃文蛤、厚殼簾蛤與岐紋簾蛤等，均為漁獲目標。建議每一區海域先經調查了解作業範圍與可容許作業人數，再劃分採集、緩衝及禁止等區域，降低因採貝作業棲地被擾動之頻率，最佳理想狀態使棲地可達到具有自行修復之能力。
3. 漁民或民眾進行採貝時，往往會在不同海域輪流作業，故區域性或單一海域所訂定的管理措施或是規範，採貝民眾並不一定能掌握這些資訊，除設置公告外，也應透過社區的民政系統或辦理說明會廣為宣導。
4. 潮間帶海草復，如同為貝類採集的作業區，所復育的位置應以退潮後水位在 10-30cm 之間的水位進行，可避免手持耙具的作業的擾動。

(二) 海草復育行動方案

1. 海草復育行動選址

依現有調查的 3 處澎湖潛在海草復育區環境普查調查結果，整理如表 10 所示。茲就個區域優劣說明如下：

(1) 重光潛在海草復育區

本海域海草流失主因為航道開挖使海沙流失、鄰近養豬場廢水汙染及耙具採貝。航道的部分未來應可強化航道邊坡改善海沙流失與增加退潮後積水高度，同時也應要求船舶，進出重光漁港航道時須減速入，避免船速過快激起過大波浪沖刷邊坡；養豬場因長時間的惡臭和污水的排放，經當地里民陳抗後，已歇業近 15 年了；澎湖縣政府農漁局於 111 年 10 月公告本區為海草保護區，並禁止使用耙具採貝(圖 85)。但近年在重光里與西衛里交界處，新開一家洗衣工廠，主要清洗澎湖飯店與民宿業者的床被單，時常排放大量廢水，致排水溝渠與連接的出海口處均被白濁的廢水所覆蓋(圖 86)，雖通報澎湖縣環保局處理，但採樣人員抵達現場時，廢水多已被漲潮海水稀釋，後續也僅對業者進行訪查。目前澎湖縣政府持續進行馬公市區污水下水道工程施作，但從地理位置研判，該洗衣工廠之污水尚未與所施作的管線有所連結，應督促澎湖縣政府正視大量污水未處理就直接排放入海情事。



圖 85. 澎湖縣政府農漁局所公告的重光海草保護區



圖 86. 緊鄰重光海草保護區洗衣工廠未經處理將混濁污水排放

本海域自 2017 年進行海草復育，移植 50 平方公尺，迄今已擴生至 400 平方公尺，並在今年 2 月及 5 月在復育區內發現到三棘鰲 (*Tachypleus tridentatus*)。社區民眾的參與度相當高，澎湖縣政府也在 111 年 10 月公告本區域為全台首座「海草保護區」，另在所復育的海草床上也證實已形成種子庫，有助海草床之恢復。林幸助老師 (2024) 於臺灣首提海草復育方法學更指出，重光海草復育活動所產生的「海草床生態系統服務」功能，包括 1. 「支持」，提供做為魚蝦螺貝類與棘皮動物等棲地與覓食場所；2. 「供給」，具有經濟或實用價值的魚蝦和螺貝類，可作為漁業資源；3. 「調節」，海草植物體經由光合作用所吸收並固定大氣中 CO_2 屬於自然碳匯 (carbon sink)，海草床亦具有海岸保護及淨化水質等功能；4. 「文化」，提供人們自然的寓教於樂場所並助於身心健康。此與聯合國在 2015 年所提出的 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 進行比對，可提供下列永續發展之貢獻，包含：SDG 13 氣候行動，其次為 SDG 3 良好健康和福祉、SDG 4 優質教育、SDG 6 淨水與衛生、SDG 12 負責任的消費和生產、SDG 11 永續城市與社區及 SDG 14 海洋生態等目標。重光所復育的海草床，預期每年排放減量/移除量估計值為 4.1758 公噸 CO_2 當量。因此將本區列為海草復育行動第一優先。

(2) 南寮潛在海草復育區

本海域海草流失主因為航道開挖使海沙流失及耙具採貝。航道同樣可強化航道邊坡改善海沙流失，但耙具採貝尚未受規範，目前經營水產養殖業與生態旅遊等業者對海草復育持樂觀其成之態度，但仍有待與社區進行更深入的對談才能取得共識，共同推行耙具禁止使用或改以友善的作業漁法，

建議本區列為海草復育行動次優先。

(3) 城前潛在海草復育區

本海域近 20 年未有發生嚴重生態事件，僅以耙具採貝的擾動，讓縣有海草床較 2011 年萎縮達 3.1 公頃，海草流失率高達 48.4%。加上耙具採貝目前尚未受規範，也尚未取得社區之共識。另本海域與社區距離較遠，周邊均未有住家，與社區的互動低，建議本區列為海草復育行動第三順位。

從表 10 選址條件優劣分析，重光海域雖為所列 3 處海域面積最小，同時洗衣工廠的廢水排放，也具有潛在汙染之可能。但社區的參與度與地方政府資源的投入不僅為 3 處社區表現最為積極，如海草復育工作早於 2014 年開始進行試種，並分別又再 2015 年及 2017 年進行復育，所復育的海草也穩定的擴展中，公部門如水試所澎湖漁業生物研究中心或澎湖縣政府種苗繁殖場也時常在所復育的海草床進行沙蟹苗放流，提高放流效益，並辦理海草復育活動與宣講等；故將重光列為第一優先海草復育區。

表 10 澎湖 3 處潛在海草復育區復育選址條件優劣一覽表

潛在復育區		重光	南寮	城前
選址條件				
調查海域面積	11.5ha		40.0ha	37.0ha
海草床現有面積	4.8ha		2.6ha	3.3ha
海草可復育面積	6.5ha		33.1ha	28.9ha
海草床過去	原為海草床		(2011 年) 2.3ha	(2011 年) 6.4ha
現有海草種類	卵葉鹽草 單脈二藥草		甘草 卵葉鹽草 疑似單脈二藥草	甘草 單脈二藥草
海草流失主因	航道開挖使海沙流失、鄰近養豬場廢水汙染及耙具採貝。		航道開挖及耙具採貝使海沙流失。	耙具採貝。
海草流失主因是否已消失	1. 航道開挖使海沙流失 2. 養豬場已歇業 3. 已禁止耙具採貝		1. 航道開挖使海沙流失 2. 耙具採貝尚未受規範	1. 耙具採貝尚未受規範
海草流失主因是否可改善	1. 強化航道邊坡改善海沙流失與增加退潮後積水高度。 2. 要求船舶，進出重光漁港航道時須減速入，避免船速過快激起過大波浪沖刷邊坡。 3. 所復育的海草床上已形成種子庫，有助海草床之恢復。 4. 澎湖縣政府下水道污水工程持續進行中。		1. 強化航道邊坡改善海沙流失與增加退潮後積水高度。 2. 需取得業者及社區之共識，才能推行禁止使用耙具。	1. 需取得業者及社區之共識，才能推行禁止使用耙具。
新增威脅（如汙染源）	洗衣工廠廢水排放，具有潛在汙染之可能。		無	無

表 10 澎湖 3 處潛在海草復育區復育選址條件優劣一覽（續）

潛在復育區		重光	南寮	城前
選址條件				
是否進行海草復育及其成效	1. 106 年移植 50 平方公尺，現已擴生至 400 平方公尺。 2. 具有海草種子庫有助於海草床恢復。	無	無	無
社區參與度	社區耆老、社區發展協會與里長支持度高	社區經營生態旅遊與養殖業者殷殷期盼海草復育	尚未與社區接觸	尚未與社區接觸
漁業活動與人為干擾程度	海草保護區範圍內禁止使用耙具	土嘴瓜殼菜蛤與硬殼淺蜆產量大，漁業活動頻繁。	土嘴瓜殼菜蛤產量大，漁業活動頻繁。	土嘴瓜殼菜蛤產量大，漁業活動頻繁。
保育物種	三棘鰲	尚未紀錄	尚未紀錄	尚未紀錄
其他	澎湖縣政府於 111 年 10 月公告本區為海草保護區。			卵葉鹽草已消失

2. 重光海草復育區選址及底土深度與底土粒徑調查分析

(1) 重光海草復育區海草復育選址

經前期重光潛在海草復育區環境普查之結果顯示，以 C2 退潮後積水仍可維持在 0-10cm 的 C 類型等級，底質又以沙質底為主，屬於適合海草生長環境，作為海草復育選址之區域（圖 87）。

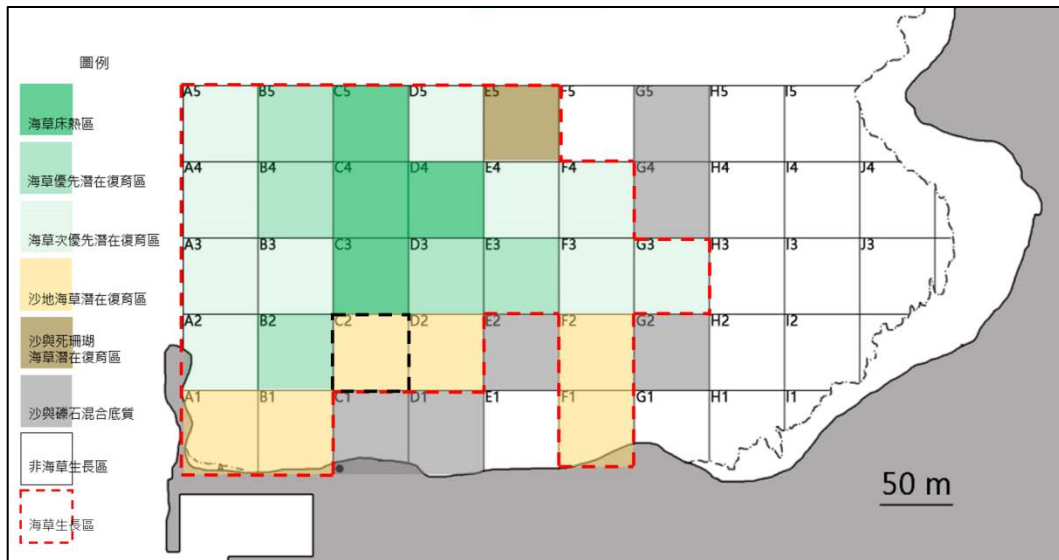


圖 87. 重光海草復育區選址以 C2 區域為復育範圍（黑色虛線框範圍內）

(2) 重光海草復育區底土厚度調查

2023 年 6 月間於上述 C2 海域範圍內，共設置 9 個測站（圖 88），使用營釘於各測站隨機垂直戳入底土，進行 5 重複，再用皮尺量測營釘戳入底土厚度。其結果如表 12 所示，復育區範圍內底土厚度介於 3-10.6cm 之間，平均厚度為 6.7 ± 1.6 cm（表 11）。整體來說，底土深度呈北厚（ 7.6 ± 0.6 cm）南淺（ 6.2 ± 0.3 cm）；東西向深淺的差異較不大。根據前期與耆老訪談之資料顯示，調查海域原為澎湖海草重要的生長區域之一，更是先民採集短脊槍蝦（*Alpheus brevicristatus*）做為玳瑁石斑魚（*Epinephelus quoyanus*）及青嘴龍占（*Lethrinus nebulosus*）重要的釣餌，其底土厚度曾厚達 50cm。後因重光漁港航道的疏濬，受潮汐、船舶移動所形成的海浪及大量的採貝活動等影響，海草床上的底土逐漸被捲入航道中，造成海草與底土大量流失。

重光所復育的海草多已長成連續狀的型態（圖 89）；2023 年 7 月下旬，受中度颱風杜蘇芮對所造成的擾動，所復育的海草床流失致使海草覆蓋率大幅下降（圖 90），同時也發現海床上的底沙有流失現象，經歷近 1 年後，本團隊於 2024 年 6 月 24 日再次檢視所設置的 9 個測站之底土厚度，結果顯示，再次檢測的底土厚度介於 1.4-9.7cm 之間，平均厚度為 4.5 ± 2.0 cm（表 12），經與 2023

年6月間所調查平均底土厚度相比，底土流失平均厚度達2.2cm。依目前重光海草復育區現況來看，海草賴以依存的底土流失現象仍持續在發生中；另重光海草復育區因緊鄰漁港航道，具有一定的高低差，以致本區受颱風擾動後，流動海沙並未淤積於海床上，而是順著與海床有高低差的航道內漂移，使本區海沙加速流失。此現象如持續發生將對海草發展具有一定威脅。未來應持續觀察本調查海域底土深度的變化，尤其在劇烈氣候影響之後，須即時監測，藉以了解環境事件對微環境之影響，進而提出因應與改善之策略。如於航道兩側的淺坪範圍，加設小型矮堤與消波塊，以改善或減緩因潮汐的漲退潮或船舶移動所造成的海浪衝擊外，同時也應要求船舶，進出重光漁港航道時須減速入，避免船速過快激起過大波浪沖刷邊坡。避免底土持續流失的現象。

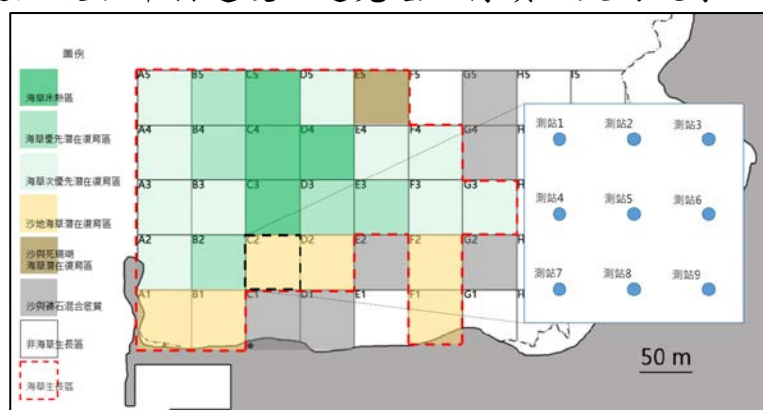


圖 88. 重光海草復育區底土深度調查測站

表 11 112 年中颱風杜蘇芮擾動前重光海草復育區底土厚度 (cm)

測站 採樣點	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5	測站 6	測站 7	測站 8	測站 9
A	10.6	4.2	7.4	8	5.6	6	5.4	6.8	6.8
B	5.5	8.8	6.6	3	7.8	7	5.6	6.4	6.2
C	7	9	8.2	7.6	7.6	6.2	5.4	6.4	5.2
D	8.3	4	6	6.6	6.4	7	7.2	6.2	6.6
E	10	9.2	9.8	5.8	5.6	6	4.8	6	7.4
平均	8.3±2.1	7.0±2.7	7.6±1.5	6.2±2.0	6.6±1.1	6.4±0.5	5.7±0.9	6.4±0.3	6.4±0.8

表 12 113 年中颱風杜蘇芮擾動後重光海草復育區底土厚度 (cm)

測站 採樣點	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5	測站 6	測站 7	測站 8	測站 9
A	3.2	4.3	7.8	4.8	3.8	9.7	2.7	3.7	2.9
B	9	7.9	4.2	4.9	2.9	4.8	1.8	4.5	1.7
C	7.2	2.9	4.9	3.9	3.8	5.7	3.9	5.7	5.4
D	6.3	6.2	4.6	3.4	6.5	5.6	1.9	2.8	3.8
E	7	6.8	4.7	4.5	3.3	2.9	1.4	2.4	2.4
平均	6.5±2.1	5.6±2.0	5.2±1.5	4.3±0.6	4.1±1.4	5.7±2.5	2.3±1.0	3.8±1.3	3.2±1.4



圖 89. 重光海草所移植復育長成的海草床（2022 年）



圖 90. 受颱風擾動後海草大幅流失（2024 年）

（3）重光海草復育區底土粒徑分析

① 重光海草復育區底土分析

在設置底土深度調查的 9 個測站中，採集測站 1、3、5、7 及 9 等共 5 個測點進行底土採樣，使用自製的 PVC 採泥器於每個測點進行 3 重複採樣（圖 91），取約 10cm 深的底土，攜回實驗室，使用烘箱以 60°C 進行 24 小時烘乾去除水分（圖 92），再使用搖篩機將烘乾的底土過篩，進行底土粒徑分析。



圖 91. 以採泥器所採集的底土

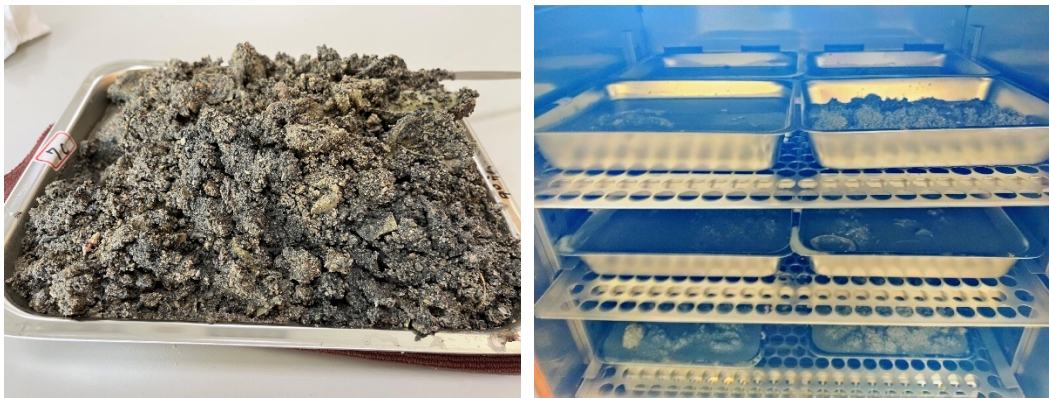


圖 92. 分析粒徑之底土使用烘箱去除水分

重光海草復育區 5 個測站的底土粒徑分布大致相近，整體底土平均粒徑之比例，底質組成以 1-2mm、500 μ m-1mm、250-500 μ m 及 125-250 μ m 等 4 組級距組成為主，所佔之比例高達 85.5%，其中又以 1-2mm 及 500 μ m-1mm 等 2 個級距之比例偏高。而第 7 測站粗顆粒 4mm 以上的粒徑所佔平均比例佔 15.8%，較其他測站平均介於 5.0-6.5% 的比例，則有偏高的現象（圖 93 及表 13）。

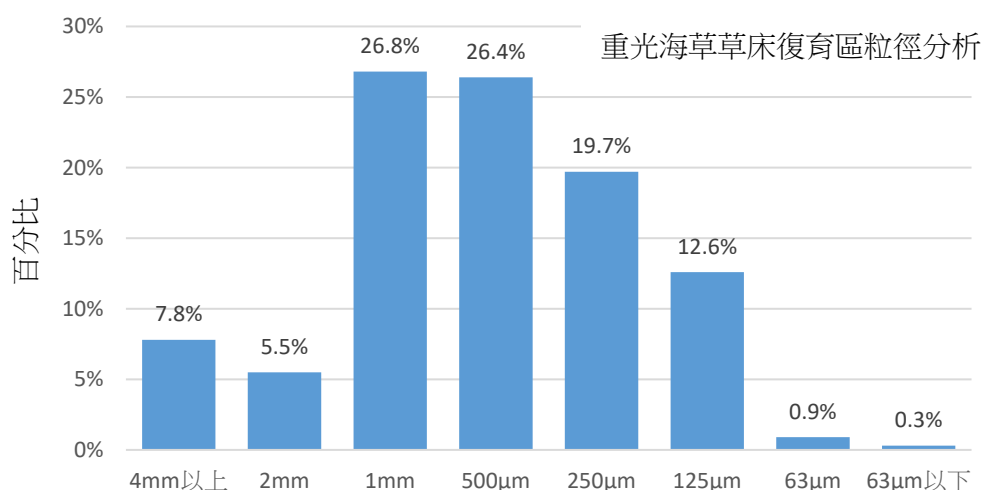


圖 93. 重光海草復育區 5 個測站底土平均粒徑分布圖

表 13 重光海草復育區 5 個測站底土粒徑分布一覽表

測站 底土粒徑	1	3	5	7	9	平均
4mm 以上	5.4%	5.0%	6.5%	15.8%	6.2%	7.8%
2mm	5.3%	6.1%	5.6%	5.0%	5.7%	5.5%
1mm	26.5%	29.3%	26.7%	22.8%	28.6%	26.8%
500μm	26.1%	22.9%	28.2%	25.8%	28.8%	26.4%
250μm	22.2%	20.7%	20.1%	17.9%	17.8%	19.7%
125μm	11.8%	14.2%	12.6%	12.3%	12.1%	12.6%
63μm	2.0%	1.4%	0.2%	0.3%	0.5%	0.9%
63μm 以下	0.8%	0.4%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%

② 港子卵葉鹽草及單脈二藥草之底質粒徑分析

檢視澎湖港子卵葉鹽草及單脈二藥草等 2 種海草覆蓋率在 50% 以上之底土平均粒徑，卵葉鹽草之組成比例與重光 4 個主要級距的比例相同為 85.5%，其中僅以 125-250μm 的級距之比例稍低；單脈二藥草之組成比例同樣與重光 4 個主要級距的比例 80.8% 相似，除 125-250μm 的級距之比例偏低外，粗顆粒 4mm 以上的粒徑也有偏高的現象，達 11.2% (圖 94-95)。

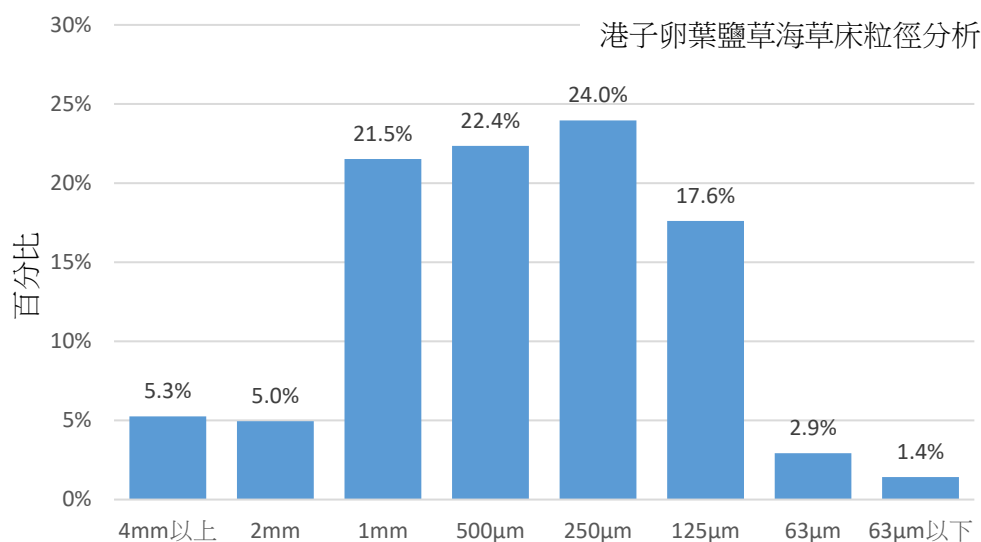


圖 94. 港子卵葉鹽草底土平均粒徑分布圖

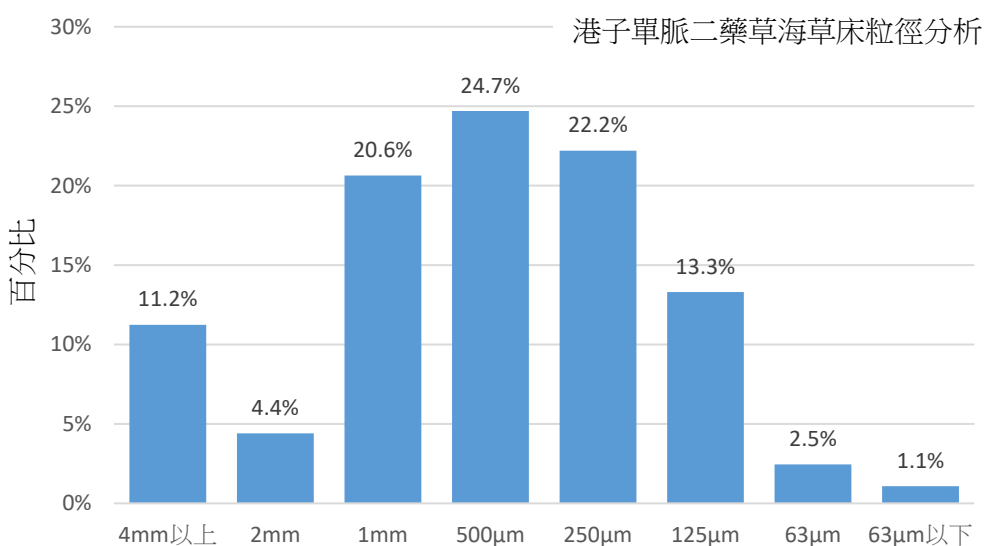


圖 95. 港子單脈二藥草底土平均粒徑分布圖

根據劉松林等（2021）研究底質類型對海菖蒲（*Enhalus acoroides*）幼苗生長影響報告指出，底質粒徑增大會顯著降低其幼苗存活率與生長速率；林幸助及劉弼仁（2018）探討東沙環礁海草生態相之調查研究指出，底土粒徑太大不適合海草生長，粉泥及黏土含量的多寡則會影響大型無脊椎動物的豐度。

從現有的資料顯示，以細砂（125µm）以上至極粗砂（2mm）以下之間為主的粒徑，較適合卵葉鹽草與單脈二藥草等 2 種海草之根部之短鉤毛攀附，形成「根錨」後有助於所移植海草固著，而被短鉤毛所攀附的海砂粒徑，均以細砂至極粗砂的粒徑為主。屬粗顆粒 2mm 以上的礫石與卵石之底土，因體積過大不利形成「根錨」；而粉泥及黏土（63µm 以下）則因顆粒過小，所形成的「根錨」細小不利海草固著，加上較具黏性，比例過高時易造成海草葉片被覆蓋，

進而影響其光合作用。

3. 重光海草復育區海草移植

本計畫種植海草區域，係根據前項選址列為第一優先的「重光潛在海草復育區」之「C2」樣區，作為海草移植區域。全程海草移植面積共計需要種植 100m^2 ，分別於 112 年 6 月 6 日、113 年的 6 月 7 日、6 月 8 日、9 月 27 日及 10 月 3 日等進行海草移植，海草移植的種類計有單脈二藥草、卵葉鹽草及甘草等 3 種進行混植，其比例依序分別為 55%、35% 及 10%，移植密度為 $100\text{株}/\text{m}^2$ ，全程共計移植 10,500 株海草，面積達 105m^2 （表 14）。

表 14 重光海草復育區海草移植一覽表

日期	海草移植數量 (株)	海草移植面積 (m^2)
2023/06/06	3,000	30
2024/06/07	3,000	30
2024/06/08	1,500	15
2024/09/27	1,500	15
2024/10/03	1,500	15
合計	10,500	105

（1）海草移植記要

112 年 6 月 6 日

移植區域使用繩索加以 1m 寬 10m 常的框線框起來，每一區域面積為 10 m^2 ，共框出 3 個框線，面積合計為 30 m^2 。移植過程中邀請社區民眾共同參與，本次移植共計移植 3,000 株，面積 30m^2 （圖 96）。



重光海草復育區 C2 海域於框線內進行海草移植（圖左）與海草植株（圖右）



海草移植



海草移植後的情形

圖 96. 海草移植情形（上圖左:海草植株；上圖右:海草移植作業）

113 年 6 月 7 日

於重光海草復育區同一海域進行第 2 次移植，共移植了 3,000 株植株，面積達 30m^2 （圖 97）。本次所移植的卵葉鹽草的植株上帶有許多果實，有利所移植的海草區域短時間內形成種子庫，同時也可提高海草基因的多樣性（圖 98）。



圖 97. 在 2024 年世界海洋日前夕於海草復育區進行海草復育。



圖 98. 所移植的卵葉鹽草帶有許多果實，可於短時間內可形成種子庫，同時也提高海草基因的多樣性。

113 年 6 月 8 日

為響應 2024 年世界海洋日，本團隊特與澎湖海洋小學風櫃國小合辦親子海草復育活動，在團隊的帶領下，先分享「澎湖海草復育現況與海草復育 ESG 案例」分享，再於重光海草復育區同一海域進行移植 1,500 株植株，移植面積達 15m^2 (圖 99)。



圖 99. 響應 2024 世界海洋日，與風櫃國小合作辦理海草復育活動。

113 年 9 月 27 日及 10 月 3 日

分別於上述日期進行第 4 及 5 次的海草移植，2 次的移植各分別移植了 1,500 株植株，合計 3,000 株，面積總計達 15m^2 。

(2) 海草移植成長紀錄

海草在移植後，適應良好的海草在移植後就會持續增長，單脈二藥草移植 7 日後，新生苗與根部均已有增長現象，18 日的海草植株，已有向外擴展的現象 (圖 100)；移植 60 日後，檢視生長狀況良好的植株，其植株從初移植長度平均 10cm 成長至 $42.5 \pm 3.5\text{cm}$ ，植株數由 4 株增加至平均 29 ± 11.3 株 (圖 101)。



圖 100. 海草移植 18 日後已出現新擴展的新生苗。

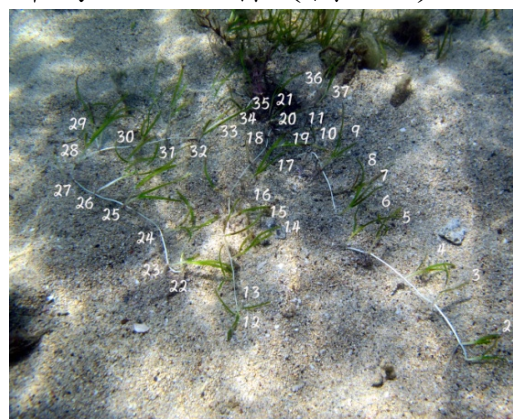


圖 101. 單脈二藥草移植 58 日後生長情形。

單脈二藥草在移植 1 個星期後，新生根部表面增長出許多細短鉤捲毛，並將根部旁的細沙攀鉤吸附，使細細的根部形成膨脹的根部(圖 102)。所形成的「根錨」，其功能如同膨脹螺絲般一樣，有助於所移植海草固著。



圖 102. 單脈二藥草經移植 1 星期後，根部之短鉤毛不僅發展還將沙粒緊緊抓住形成根錨固定所移植的海草。

所使用的 U 型固定夾主要做為初移植固定海草用的輔具，如同陸上植樹後需使用圍網以及固定樁將樹幹固定住的功能相同。在海草形成新的「根錨」後，就可移除。最快可在 1 星期就移除，但在野外環境，生物擾動加上海流的影響下，建議海草移植至少超過 1 個月後，增生更多的根錨，使植株更緊固於海床上，再進行移除作業。

所辦理海草移植活動時，雖會搭配宣講讓民眾了解海種植方式，但多數民眾並不能掌握其要點，使所種的海草多屬「無效移植」，也就是未將 U 型固定環頂端插入海床內，使海草植株未能被埋入海沙內，稍受海流沖刷後植株便流失掉(圖 103)。檢視 112 年 6 月 6 日帶領民眾所移植的海草，其脫落率近 70%，除了飛白楓海星(*Archaster typicus*)潛沙活動與臭都魚(*Siganus fuscescens*)啃食的生物擾動影響，造成一定的脫落外，而「無效移植」則是造成脫落率偏高的最大主因；主要是因為參與海草種植活動的民眾對 U 型固定環的用處一知半解，本團隊開發海草移植體驗盒，

讓參與民眾更能清楚海草移植過程，並清楚了解「有效移植」之作法，以改善海草移植活動時，降低脫落率（圖 103 及 104）。



圖 103. 海草移植過程未將 U 型固定環頂端插入海床內，使海草植株未能被埋入海沙內，稍受海流沖刷後植株便流失掉（圖左）；將 U 型固定環頂端插入海床內，可將海草植株固定於海床內（圖右）。



圖 104. 海草移植體驗盒使參與海草移植民眾更清楚海草的「有效移植」。

颱風對所移植的海草具有相當大的擾動，112 年 6 月 6 日所移植的海草，於 7 月下旬受杜蘇芮中度颱風對海草復區所造成的衝擊與擾動下(圖 105)，多數海草遭流失，存留下的海草僅剩 15%。10 月下旬再觀察，海草地上部仍常遭臭都魚啃食，使地上部的葉片覆蓋度偏低，僅約 5-10% 左右。由於潮間帶環境變化大，諸如海水潮汐的變化、漁業行為與生物的擾動、劇烈氣候所造成的機械性衝擊等因素，使潮間帶復育海草的效果常常不及亞潮帶，亟待透過海草復育技術再精進，以提升海草復育效率及避免海草植株的浪費。本團隊目前在亞潮帶所種植的海草，嘗試使用覆蓋法的方式進行海草移植，可有效抑制生物擾動與海流衝擊之影響，將脫落率降至 0-5%，有效提升海草移植效率（冼宜樂等，2024）。未來也會利用此方法再加以改良使其可應用於潮間帶海草復育。



圖 105. 生物擾動（圖左）與中度颱風杜蘇芮的風浪造成重光海草復育區的擾動相當大（圖右）。

海草移植近 1 年，於 113 年 5 月 22 日檢視前期所移植海草生長情形，已有向外擴散的跡象，所移植的海草也都長出所設置的框線外（圖 106）。同時也針對海草覆蓋度較低的區塊，進行植株的補植，增加海草密度，提高海草復育成功率（圖 107）。在調查過程中，發現 1 對成熟的三棘魷在所移植的海草區域活動，為首次在復育區發現成對的魷活動（圖 108）。即使在前期雖也發現許多的魷，但多為亞成魷，成魷也僅有單獨一尾。



圖 106. 112 年所移植的海草已擴生至框線外。



圖 107. 在所擴生的海草進行補植，提高海草植株密度。



圖 108. 在重光海草復育區首次記錄成對的三棘鰍活動。

海草復育的方式，目前已採用過根狀莖法、草塊法及種子法等，冼宜樂等（2013）也針對此 2 種方式進行比較其優缺點（如表 15），根狀莖法移植初期覆蓋率雖較塊狀移植法低。若以移植效益來評估的話，同樣移除 1.5 m^2 的海草，塊狀移植法所移植的面積與移除的面積相同並未增加，其結果只是拿東牆補西牆，對海草床之復育並無太大助益，甚至進行大面積移植作業時，將會使原海草床被大量的被移除，而有可能對原有海草床造成恢復的障礙。根狀莖移植法使原有面積再增加至 2.3 倍，此對移植海草面積(族群)之擴散有正面之效益。但根狀莖移植法在操作時需要多一道分株作業，且在移植後容易受生物啃食或海流的擾動而流失的問題，目前除了分株作業需要較多人力處理外，尚無較佳的方式可替代，但生物啃食或海流擾動的問題，只需要移植之後，立即將植株長於表土上的葉片進行剪除，有助於地下走莖與根部的橫向發展，並可預防移植初期生物擾動(冼宜樂等，2013)。目前在亞潮帶所種植的海草，利用覆蓋法的方式進行海草移植，有效抑制生物擾動與海流衝擊之影響，將脫落率降至 0-5%，有效提升海草移植效率(冼宜樂等，2024)。

表15 海草移植根狀莖法與塊狀法優缺點比較

移植方式	優點	缺點
根狀莖移植法	1.海草植被覆蓋率在 50%以上時，挖移 1.5 m^2 面積可分株 500 棵植株以上，移植的面積可達 5 m^2 ，可減少因移植作業海草床被挖除的面積(每 m^2 可移植 100 株海草)。	1.移植作業多需一道分株作業。 2.海草植株易受生物或海流的擾動而脫落。
塊狀移植法	1.移植作業較簡便，從甲處挖移至乙處種植。 2.海草移植後不易受生物或海流的擾動而流失。	1.移植面積愈大，海草床被挖移的面積也愈大，若進行大面積的移植作業，可能對原有海草床的恢復會發生障礙。

使用種子法進行海草復育目前所面臨的主要問題，其一為海草種

子取得不易，臺灣海域產海草除泰來草種子較大外，其於的種類種子均小，採集不易且採集過程中易造成海草的傷害。其二種子萌芽與育苗需要較大的空間與環境控制，需較長的時間且成本高。其三人工培育的海草幼苗外移後，移植過程需大量人力，且海草植株適應過程將出現大量損耗。

從成本與效益來看，綜觀上述，目前仍建議採用根狀莖法。

二、探討海草與珊瑚相互關係

(一) 澎湖池西淺坪海域棲地復育效益評估

1. 池西海域珊瑚移植效益評估

(1) 移植珊瑚之成長

① 珊瑚移植 24 個月之成長

2022 年 9 月觀察已移植 16 個月的珊瑚苗，平均活存率仍維持 $28.0 \pm 6.7\%$ 。珊瑚植株的直徑也從約 10cm 成長至近 20cm (圖 109)。本年度 5 月 16 日再觀察已移植 24 個月的珊瑚苗，並未再增加植株死亡數；珊瑚植株的直徑已成長至近 25cm (圖 110)。



圖 109. 2022 年 9 月觀察移植 16 個月的珊瑚苗已長成直徑成長近 20cm



圖 110. 2023 年 5 月觀察移植 24 個月的珊瑚苗已長成直徑成長近 25cm

② 珊瑚移植 29 個月之成長

2023 年 10 月再觀察已移植 29 個月的珊瑚苗，珊瑚生長情況良好，未有新增死亡植株；所移植的桌形軸孔珊瑚（*Acropora hyacinthus*）植株的最大長徑已成長至 40cm（圖 111）。其他所移植的枝狀形珊瑚成長情況幾乎均已呈球狀形，長徑近 30cm（圖 112 及 113）。



圖 111. 桌形軸孔珊瑚成長迅速，經移植 29 個月後，直徑已達 35cm。



移植 29 個月的枝狀形的軸孔珊瑚-1



移植 29 個月的枝狀形的軸孔珊瑚-2

圖 112. 枝狀形的軸孔珊瑚已長成球形狀



圖 113. 池西珊瑚復育區所移植珊瑚的生長情形

⑤ 珊瑚移植 37 個月之成長

移植珊瑚 37 個月後，再經歷一個冬季，於 2024 年 6 月檢視，珊瑚生長情況良好，不僅未發現新增死亡植株；桌形軸孔珊瑚長徑最大已成長至 50cm (圖 114)。其他所移植的枝狀形珊瑚成長情況呈球狀形，長徑增長已達 35cm (圖 115)。



圖 114. 桌形軸孔珊瑚移植 37 個月後，直徑已達 40cm。



圖 115. 枝狀形的軸孔珊瑚移植 37 個月後，長徑已達 35cm。

④ 珊瑚移植 40 個月之成長

移植珊瑚 40 個月後，於 2024 年 9 月檢視，7 月 24 日至 25 日中度颱風凱米（GAEMI）路徑從北台灣經過，颱風暴風半徑雖涵蓋全澎湖，在池西珊瑚復育區受地形屏障之保護，並未對所移植的珊瑚造成影響。珊瑚生長情況良好，也未造成珊瑚死亡（圖 116）。

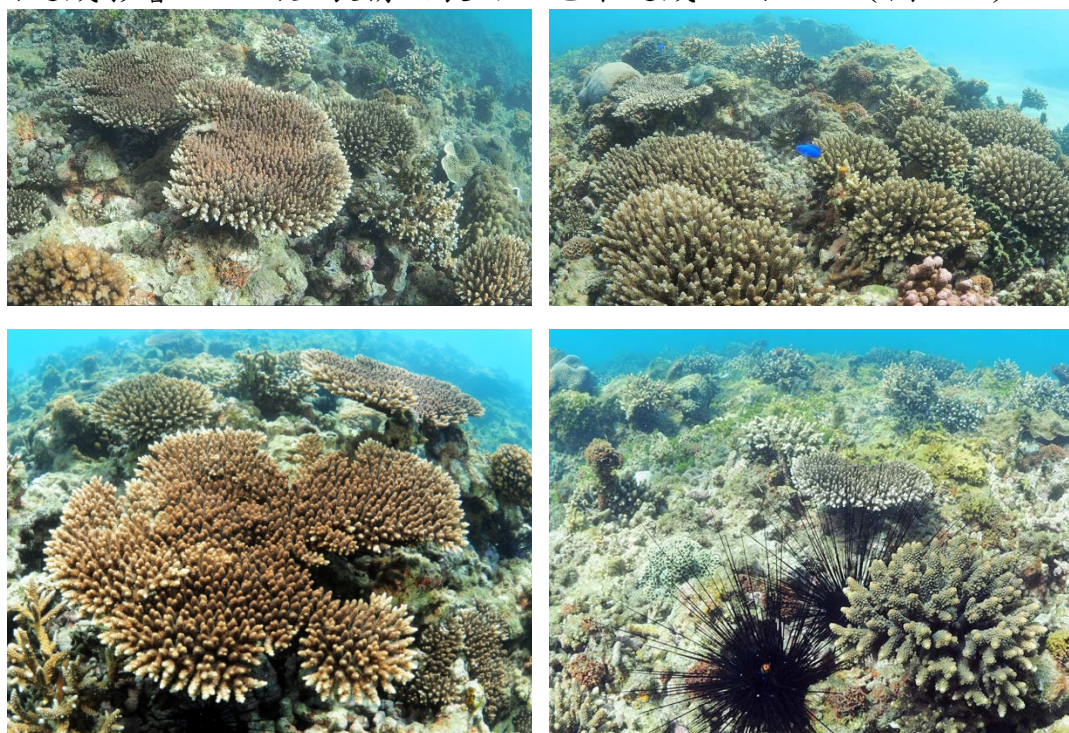


圖 116. 池西珊瑚移植 40 個月之生長現況。

⑥ 珊瑚移植活存率變化

於設置固定的 3 個測站紀錄所移植的珊瑚活存率，在 2021 年 6 月至 11 月間，活存率介於 90-100%，平均為 $95.0 \pm 5.0\%$ ；入冬後至隔年的 2022 年 4 月間，因受東北季風所帶來的湧浪與擾動海沙，所

移植的珊瑚死亡率激增，活存率介於 15-35%之間，平均活存率為 $28.0 \pm 6.7\%$ ，2022 年 5 月至 2024 年 6 月間，所監測的 3 個固定測站之珊瑚苗未再有新增死亡珊瑚植株（圖 117）。

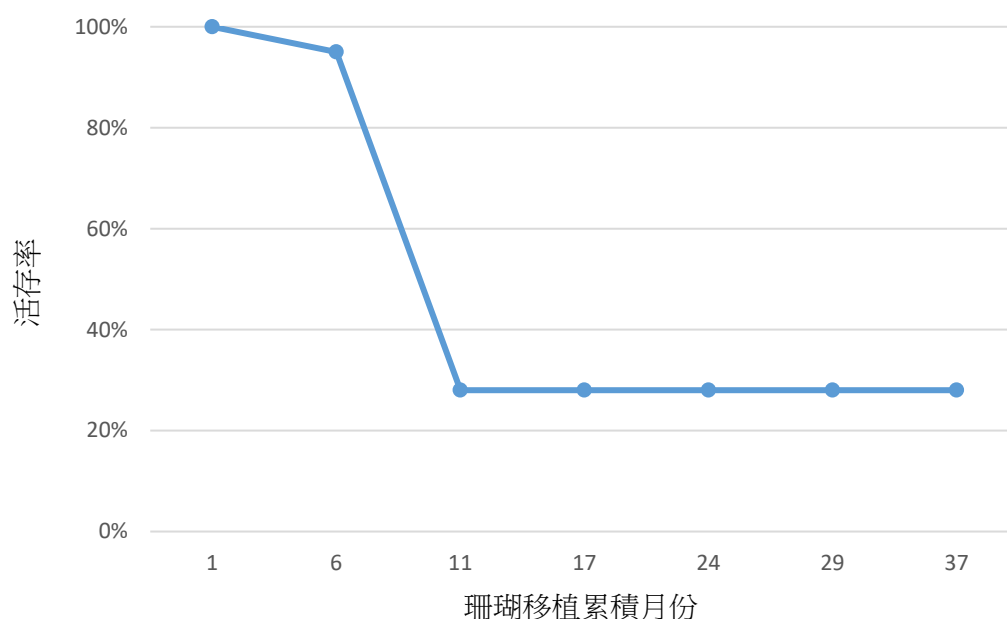


圖 117. 池西珊瑚移植活存率變化圖

⑦ 珊瑚移植覆蓋率變化

在所設置固定的測站，分別在珊瑚移植後的 1、6、11、17、24、29 及 37 個月間，記錄珊瑚覆蓋率，1-11 月間的期初珊瑚的覆蓋率為 28.6%，12-17 個月間（5-10 月）後覆蓋率激增至 57.1%，18-24 個月間（11-5 月）在入冬後覆蓋率未有變化，仍維持在 57.1%；25-29 個月間（6-10 月）覆蓋率再激增至 71.4%，30-37 個月間（11-6 月）仍維持在 71.4%（圖 118）。

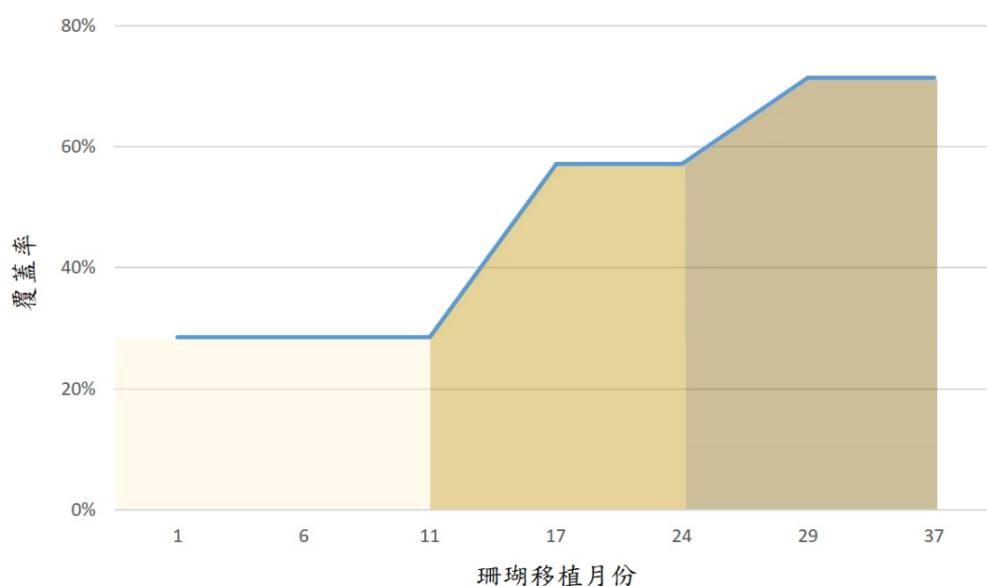


圖 118. 池西珊瑚移植覆蓋率變化圖

(2) 影響池西海域移植珊瑚成長之因素

① 冷水團與東北季風

在移植初期所經歷的第一次冬、春 2 季 (2021 年 11 月至 2022 年 4 月間)，由於本海域在冬季受中國大陸沿岸流的低溫冷水團涵蓋，加上地形與東北季風效應之影響，使沙質底因受海浪的吹襲與擾動影響之下，使珊瑚苗被泥沙與粉塵覆蓋，不僅成長停滯外，還使活存率大幅下降，活存率降至 28.0% (圖 119)。顯示在冬季的高濁度與低溫的環境也會影響珊瑚的生長。但存活下來的珊瑚苗，在夏、秋 2 季迅速成長，且對環境更具適應能力，故在第 2 和 3 年的冬春 2 季未有新增死亡植株，但高濁度和低水溫的環境，仍影響珊瑚之生長，至此期間，覆蓋率均未有變化。



圖 119. 池西海域冬、春 2 季易受風浪吹襲，不僅成長停滯甚至死亡。

② 颱風

2023 年度侵襲或接近澎湖的 3 個颱風，以 7 月 24 日至 28 日的杜蘇芮中度颱風 (颱風編號 202305)，路徑在經過巴士海峽後，其暴風圈因未受中央山脈破壞並直撲澎湖而來 (中央氣象署網站)，造成澎湖海上養殖近 6 千萬的損失；2024 年 7 月 24 日至 25 日中度颱風凱米 (GAEMI)，颱風暴風半徑雖涵蓋全澎湖，在池西珊瑚復育區受地形屏障之保護，並未受機械性的衝擊而造成所移植珊瑚的受損。風浪的擾動仍會造成大量粉塵覆蓋珊瑚的現象，但颱風移動速度快影響有限 (圖 120)。

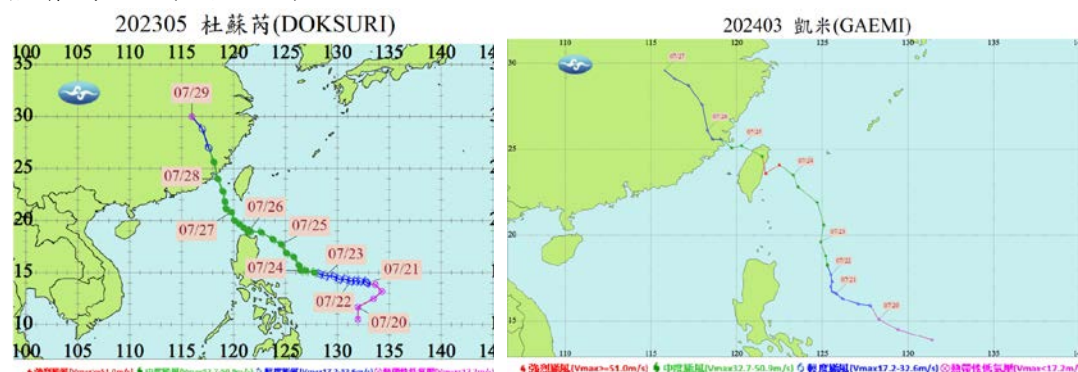


圖 120. 2023 年與 2024 年影響澎湖海域的颱風路徑 (資料來源：中央氣象署)

(3) 珊瑚復育效益評估

① 無脊椎動物

隨著所復育的珊瑚有明顯的成長發展時，團隊在 6 月間的調查發現在所復育的珊瑚群聚間，開始有糠蝦聚集其間，大量的族群形成後而成薄霧狀，將可吸引更多的珊瑚礁魚類如蝴蝶魚科及雀鯛科的魚種來覓食，進而提高復育珊瑚礁的生物多樣性（圖 121）。



圖 121. 所復育珊瑚形成群聚之後開始有大量糠蝦聚集並形成薄霧狀。

大型無脊椎動物如白棘三列海膽 (*Tripneustes gratilla*) 在去 (2023) 年 10 月下旬調查時，在珊瑚復育區紀錄了 33 顆。經量測其殼徑介於 5.6-9.5cm 之間，平均為 7.7cm；殼徑在 7cm 以下尚未成熟海膽比例佔 54.5%，殼徑在 8cm 以上的成熟海膽佔 45.5% (圖 121)。本次調查 (2024 年 6 月)，白棘三列海膽族群密度較去年 10 月所調查結果稍偏低，共紀錄了 18 顆，經量測其殼徑介於 7.4-9.6cm 之間，平均為 8.4cm，以 8cm 以上的成熟海膽居多佔 83.3% (圖 123 及 124)。

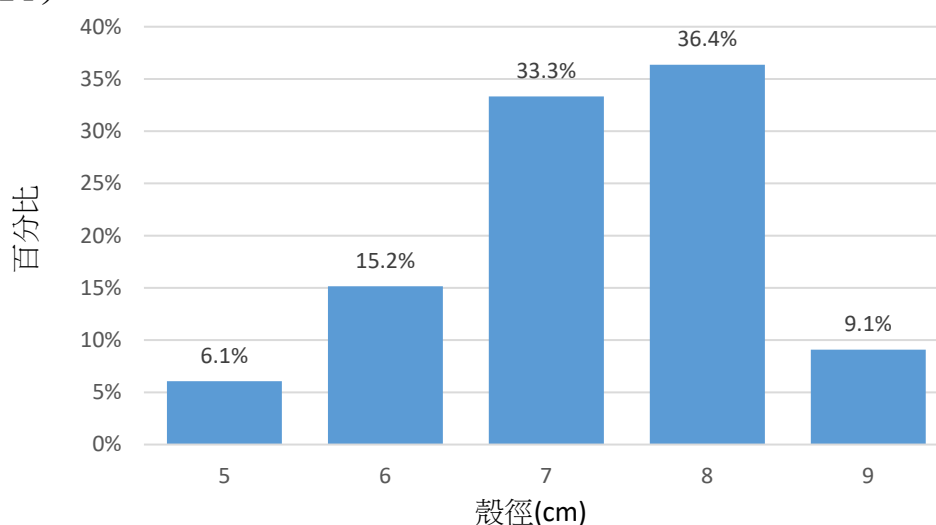


圖 122. 2023 年 10 月於池西珊瑚復育區所記錄白棘三列海膽殼徑組成

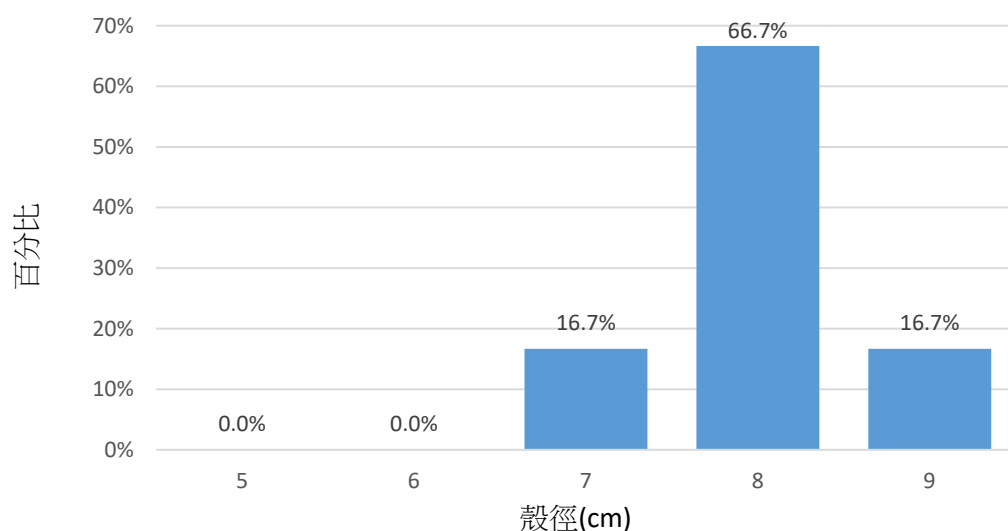


圖 123. 2024 年 6 月於池西珊瑚復育區所記錄白棘三列海膽殼徑組成



圖 124. 池西珊瑚復育區所記錄的白棘三列海膽族群。

② 魚類部分

在珊瑚移植 1 年後，於 2022 年 9 月調查珊瑚復育區的魚類組成，所記錄的魚類計有 7 科 7 種 74 尾/500m²，以雀鯛科(Pomacentridae)的藍雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 數量最豐富，計 33 尾佔 44.6%，其餘依豐度排序分別為臭都魚 (*Siganus fuscescens*)、青嘴龍占 (*Lethrinus nebulosus*)、杜氏天竺鯛 (*Apogon doederleini*)、玳瑁石斑魚 (*Epiephelus quoyanus*)、黑帶赤尾冬 (*Scolopsis monogramma*)

及黑背儒艮鯛 (*Halichoeres melanochir*) 等 (表 16 及圖 125)。

珊瑚移植 2 年後，於 2023 年 9 月調查珊瑚復育區的魚類組成，所記錄的魚類計有 13 科 17 種 140 尾/500m²，以天竺鯛科 (*Apogonidae*) 的杜氏天竺鯛數量最豐富，計 55 尾佔 39.3%，其餘依豐度排序分別為藍雀鯛、青嘴龍占、黑背儒艮鯛、臭都魚、短鬚海鯃 (*Parupeneus ciliatus*)、揚旛蝶魚 (*Chaetodon auriga*)、斷線鸚鯛 (*Stethojulis interrupta*)、藍點鸚哥魚 (*Scarus ghobban*)、北方棘蝶魚 (*Chaetodontoplus septentrionalis*)、紅紫鸚哥魚 (*Scarus rubroviolaceus*)、腹紋白點河魨 (*Arothron hispidus*)、隆背笛鯛 (*Lutjanus gibbus*)、縱帶笛鯛 (*Lutjanus vitta*)、蘭勃「魚舵」 (*Kyphosus vaigiensis*) 及邵氏寒鯛 (*Choerodon schoenleini*) 等 (表 16 及圖 125)。

珊瑚移植 3 年後，於 2024 年 9 月調查珊瑚復育區的魚類組成，所記錄的魚類計有 18 科 29 種 3,175 尾/500m²，以鯃科 (*Clupeidae*) 的灰海荷鯃 (*Spratelloides gracilis*) 數量最豐富，計 3,000 尾佔 94.5%，其餘依豐度排序分別為杜氏天竺鯛、青嘴龍占、藍點鸚哥魚、臭都魚、縱帶笛鯛、藍雀鯛、黑帶赤尾冬、玳瑁石斑魚、金色蝶魚 (*Chaetodon auripes*)、孟加拉雀鯛 (*Abudefduf bengalensis*)、黑背儒艮鯛、豹鯉 (*Plectropomus leopardus*)、尖高身雀鯛 (*Stegastes apicalis*)、鬚擬魷 (*Scorpaenopsis cirrhosa*)、奧奈鑽嘴魚 (*Gerres oyena*)、印度海鯃 (*Parupeneus indicus*)、洋鑽秋姑魚 (*Upeneus tragula*)、鏡斑蝶魚 (*Chaetodon speculum*)、邵氏寒鯛、紅紫鸚哥魚、高鰭粗皮鯛 (*Zebrasoma veliferum*)、黑斑裸胸鯙 (*Gymnothorax favagineus*)、黑星笛鯛 (*Lutjanus russelli*)、揚旛蝶魚、北方棘蝶魚、金梭鸚鯛 (*Cheilodactylus inermis*)、斷線鸚鯛及無斑范氏鰕虎魚 (*Valencienna immaculata*) 等 (表 16 及圖 125)。

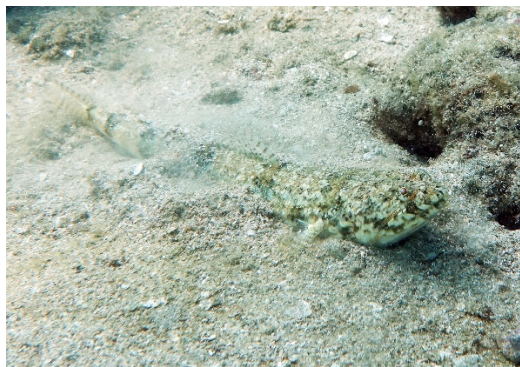
表 16 池西移植珊瑚後出現之魚類一覽表

中名	學名	2021	2022	2023	2024
鯧科	Muraenidae				
黑斑裸胸鯧	<i>Gymnothorax favagineus</i>				●
鯧科	Clupeidae				
灰海荷鯧	<i>Spratelloides gracilis</i>				●
合齒魚科	Synodontidae				
清鰭狗母魚	<i>Synodus dermatogenys</i>			●	
鮫科	Scorpaenidae				
鬚擬鮫	<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>				●
鮨科	Serranidae				
玳瑁石斑魚	<i>Epiephelus quoyanus</i>		●		●
豹鰨	<i>Plectropomus leopardus</i>				●
天竺鯛科	Apogonida				
杜氏天竺鯛	<i>Apogon doederleini</i>		●	●	●
鸚天竺鯛屬	<i>Ostorhinchus</i> sp.	●			
笛鯛科	Lutjanidae				
隆背笛鯛	<i>Lutjanus gibbus</i>			●	
黑星笛鯛	<i>Lutjanus russelli</i>				●
縱帶笛鯛	<i>Lutjanus vitta</i>			●	●
鑽嘴魚科	Gerreidae				
奧奈鑽嘴魚	<i>Gerres oyena</i>				●
龍占科	Lethrinidae				
青嘴龍占	<i>Lethrinus nebulosus</i>		●	●	●
金線魚科	Nemipteridae				
黑帶赤尾冬	<i>Scolopsis monogramma</i>		●		●
鰺科	Mullidae				
短鰭海鰺	<i>Parupeneus ciliatus</i>	●		●	
印度海鰺	<i>Parupeneus indicus</i>				●
洋鑽秋姑魚	<i>Upeneus tragula</i>				●
蝶魚科	Chaetodontidae				
揚旂蝶魚	<i>Chaetodon auriga</i>			●	●
金色蝶魚	<i>Chaetodon auripes</i>				●
鏡斑蝶魚	<i>Chaetodon speculum</i>				●
蓋刺魚科	Pomacanthidae				
北方棘蝶魚	<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>			●	●
魚舵科	Kyphosidae				
蘭勃魚舵	<i>Kyphosus vaigiensis</i>			●	
雀鯛科	Pomacanthidae				
孟加拉雀鯛	<i>Abudefduf bengalensis</i>	●			●
藍雀鯛	<i>Pomacentrus coelestis</i>		●	●	●
尖高身雀鯛	<i>Stegastes apicalis</i>				●
隆頭魚科	Labridae				
金梭鸚鯛	<i>Cheilodactylus inermis</i>				●
邵氏寒鯛	<i>Choerodon schoenleini</i>			●	●
半擬隆頭魚	<i>Labroides dimidiatus</i>	●			
黑背儒艮鯛	<i>Halichoeres melanochir</i>	●	●	●	●
斷線鸚鯛	<i>Stethojulis interrupta</i>	●		●	●
鸚哥魚科	Scaridae				
藍點鸚哥魚	<i>Scarus ghobban</i>			●	●
紅紫鸚哥魚	<i>Scarus rubroviolaceus</i>			●	●
鰕虎魚科	Gobiidae				
康培氏鰕虎魚	<i>Istigobius campbelli</i>	●			
無斑范氏鰕虎魚	<i>Valencienna immaculata</i>				●
臭都魚科	Siganidae				
臭都魚	<i>Siganus fuscescens</i>		●	●	●
粗皮鯛科	Acanthuridae				
高鰭粗皮鯛	<i>Zebrasoma veliferum</i>				●
四齒鮨科	Tetraodontidae				
腹紋白點河魨	<i>Arothron hispidus</i>			●	
種數合計		5 科	7 科	13 科	18 科
		7 種	7 種	17 種	29 種

備註:2021 年為珊瑚復育前的背景資料



黑斑裸胸鯊



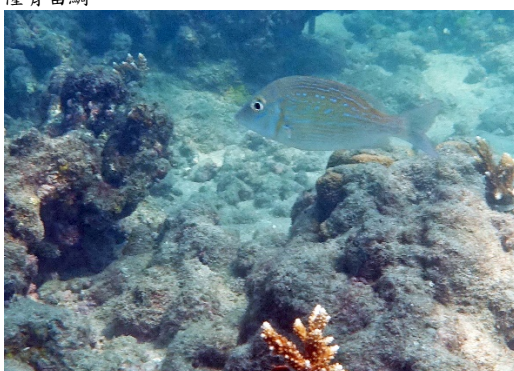
清鰭狗母魚



隆背笛鯛



縱帶笛鯛



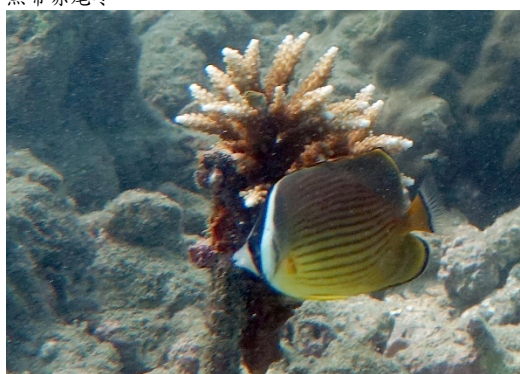
青嘴龍占



黑帶赤尾冬



印度海鯡鯉



金色蝶魚

圖 125. 池西珊瑚復育區常見魚種



北方棘蝶魚



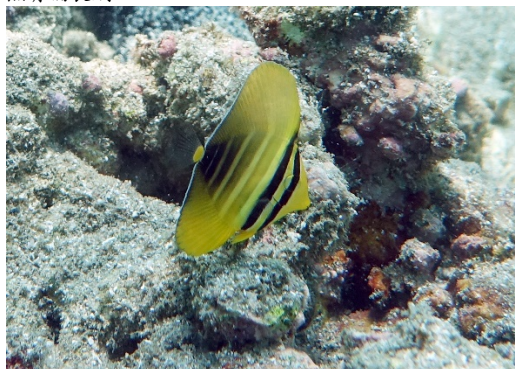
邵氏寒鯛



黑背儒艮鯛



藍點鸚哥魚



高鰭粗皮鯛



腹紋白點河魨

圖 125. 池西珊瑚復育區常見魚種（續）

洗等（2021）執行海保署澎湖淺坪海域棲地復育研究之委託計畫，在同一海域珊瑚未復育前所記錄的魚類計有 5 科 7 種 837 尾/500m²（表 16），以鸚天竺鯛屬為主（831 尾）最多；當珊瑚移植並逐漸形成成長後，連續 3 年於每年的 9 月間紀錄在珊瑚復育區的魚類，從圖 126 資料顯示，隨著珊瑚穩定成長後，在復育區的魚種數和魚類尾數也隨之成長。此結果與洗宜樂等（2020）在澎湖二坎進行珊瑚淺坪復育之趨勢相似，珊瑚移植成長 6 年後，魚種數從 16 種逐年增加至 54 種；值得關注的是，隨著二坎珊瑚增長與面積擴散，魚類的多樣性與豐度逐年增加外，二坎珊瑚淺坪以消失的指標性魚種北方棘蝶魚，在珊瑚復育 6 年後再次發現其蹤跡，顯示棲地環境改善，不僅對魚類的增加具有正向意義外，也印證了「棲地保種」的重要性。

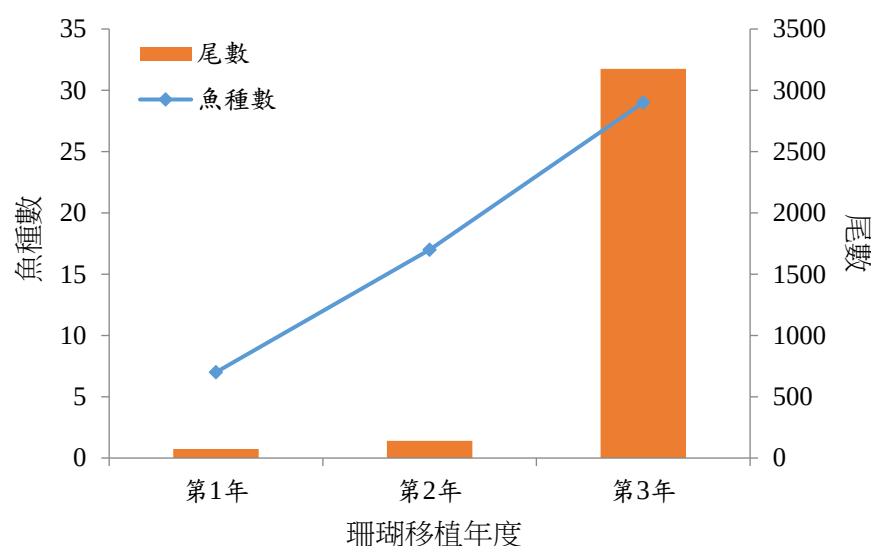


圖 126. 珊瑚移植魚類種類與豐度年度變化圖

(4) 珊瑚礁體恢復能力之評估

本區珊瑚族群主要以無性生殖方式進行族群擴散。經連續 3 年的調查，並未發現有新生的珊瑚苗。推測本海域主要是受海流擾動造成大量的沙泥覆蓋於礁體表面；除此之外，在冬、春 2 季冷水團的影響下，分布在周邊海域的礁體表面上有大量的藻類附生的現象（圖 127）。這些因素也都會影響新苗的附生。由群聚內珊瑚體型頻度分布的型態可代表珊瑚健康狀態（Meester et al., 2001；Smith et al., 2005）。戴昌鳳與洪聖雯（2007）研究指出，小型珊瑚代表珊瑚群聚的再生和復原能力，因此有一定比例的小型珊瑚即代表該珊瑚群聚具有活力。洪及曾（2022）調查指出，本海域未發現珊瑚產卵近岸的現象。冼宜樂等（2021）在池西灣海域所設置的 6 個測線，並未發現小個體的珊瑚苗。另從本計畫在復育礁體上，經 3 年的水下調查，仍未發現小型的珊瑚苗。以上資料顯示，本海域珊瑚復育之模式，在大環境未改變前，並不易經由天然新生的珊瑚苗達到珊瑚恢復的目的。



圖 127. 冬春 2 季後礁體大量藻類附生的現象，不利珊瑚附苗。

另，珊瑚移植的種苗，應盡量採現地移植，所移植的珊瑚對環境適應能力較強。如冼宜樂等（2020）在二崁所移植的珊瑚均採現地移植，所移植的珊瑚苗之死亡率最高僅 5%，且其死亡率的類型並非死亡，而是在移植過程固定珊瑚苗的束帶鬆脫所致；而澎湖縣政府同樣於池西虎目石滬旁的海域所進行珊瑚移植，即採用異地移植，於 2021 年 9 月移植，同年 11 月初檢視時，多數移植的珊瑚苗均已死亡並斷裂，僅剩固定基座（圖 128）。



圖 128. 澎湖縣政府於 2021 年 9 月在池西虎目石滬旁所移植的珊瑚苗(圖左)，經 2 個月後，多數的珊瑚苗均已死亡(圖右)。

2. 池西海域海草移植效益評估

2022 年 4 月於池西海域初進行海草移植，受東北季風海象仍相當不穩定之影響，海沙受風浪的擾動相當嚴重，5 月下旬再回到復育區時，所移植的海草全遭海沙所覆蓋(圖 129、130)。隨後再尋覓周邊均有礁體所圍繞的區域，作為海草移植選址試種的「A」試驗區，同時也在礁體南側邊緣的海域再尋覓一處「B」試驗區進行海草試種，作為與有礁體圍繞的區域比較海草移植後的差異。



圖 129. 2022 年 4 月 22 日所移植的 5 平方公尺的海草(圖左)，經 1 個月後，受風浪擾動海砂覆蓋之影響，所移植的海草全數遭覆蓋(圖右)。

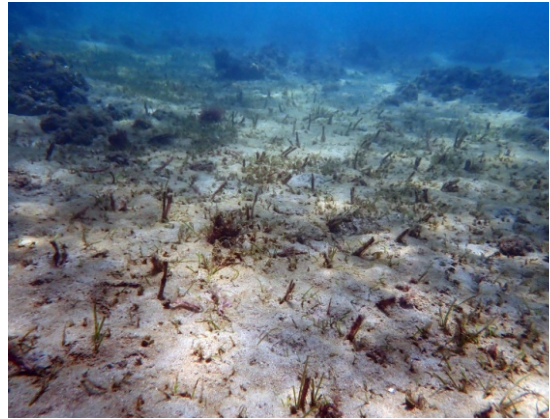


圖 130. 將覆蓋的海砂撥移後，可發現海砂覆蓋的厚度高達 10cm 以上。

同年 5-7 月間，於重新選定 2 區範圍進行海草復育，並完成移植 60 平方公尺（圖 131），同年 8 月觀察所移植的海草之生長情形相當良好，且族群已開始向外拓生的現象（圖 132）。同時，在此期間正是臭都魚（*Siganus fuscescens*）近岸覓食的期間，也發現有大量的草（雜）食的魚類將海草啃食的現象，但僅啃食地上部的葉片部分，地下部的莖部及根部則未被啄食（圖 133）。



圖 131. 2022 年 6 月海草移植於 A 及 B 試驗區初移植情形



移植 2 個月後的單脈二藥草與甘草植株向外拓展新長出的海草苗

移植 2 個月後的單脈二藥草與甘草現況

圖 132. 2022 年 8 月海草移植 2 個月後的生長情形



圖 133. 2022 年所移植海草地上部葉片受草（雜）食性魚類啃食

2023 年 5 月，觀察經歷過冬季之東北季風和低溫的影響，所移植的海草均已被覆蓋，未再紀錄到所移植的海草（圖 134）。由於調查海域底質以具沙質的底質為主，在受東北季風與海浪的吹襲與擾動影響之下，使所移植的海草均被底沙所覆蓋所致。



圖 134. 2023 年 5 月所移植海草均已被覆蓋

同年 10 月下旬再觀察時，海草全數已被受海沙所覆蓋，沙質底受海流的擾動仍明顯（圖 135）。經觀察 2 年後，池西海草移植復育的區域，底沙仍受海流擾動大，不利海草生長。

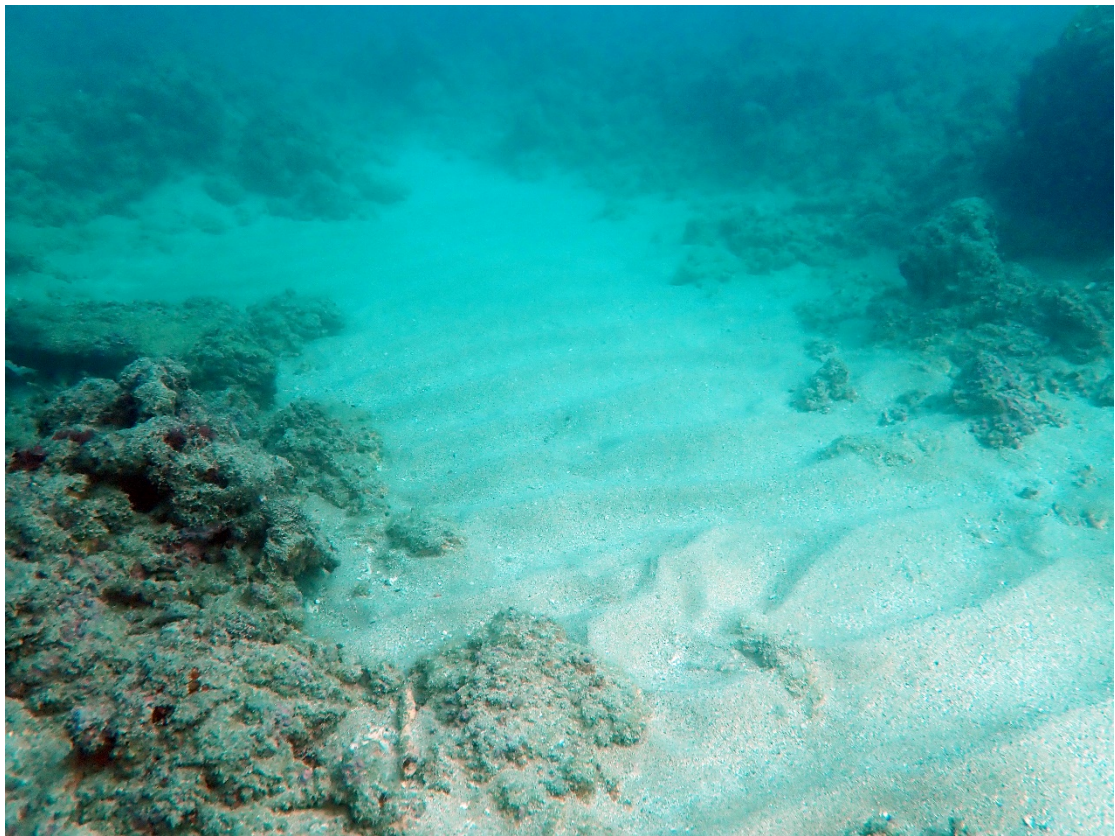


圖 135. 池西海草移植復育的區域底沙仍受海流擾動大。

本海域受地形影響，不論是東北季風或是颱風，均會使本海灣易受風浪擾動，進而使底沙呈現不穩定狀態，容易將所移植的海草覆蓋或造成流失，為避免資源不當投入，本海域不建議進行海草床復育。

3. 海草與珊瑚相互關係之探討

許多研究均指出，健康海洋棲地特點是許多相互作用的物種和共同創造具有重大社會經濟價值的生態功能之混合生態環境。這些共同

創造的功能，不僅在海洋棲地上建立了穩定性和彈性，而且協同結合以提高生態生產力，將大於單一棲地之總和 (Dominic *et al.*, 2022)。海草床與珊瑚礁 2 種類型的棲地不論是緊鄰或混生，可提升棲地之功能性。如珊瑚礁所形成的堡礁不僅可保護海岸線，在珊瑚礁與陸地之間所形成的潟湖可降低或避免波浪的機械性衝擊，使海草與紅樹林之群落得以發展。而海草可穩固沉積物與減緩海水的流動，可有效的使懸浮微粒或泥塵沉澱於海草床內，使水體更加清澈，降低因沉積物對珊瑚覆蓋之壓力，進而有助於珊瑚生長 (Len McKenzie & Rudi Yoshida, 2019)。在海草和珊瑚共棲的環境中，對細枝鹿角珊瑚 (*Pocillopora damicornis*) 的鈣化效率最高 (Lin *et al.*, 2020)；海草所具有的碳儲存之能力，可從海水中固定 CO₂，轉為有機能量存於海草植株中，成為初級消費者食物，凋落的葉片形成底土中豐富的有機物質 (Jernakoff & Nielsen, 1998)。林幸助與蕭淑娟 (2011) 調查東沙海域海草床生物群聚研究，指出海草與珊瑚混生的棲地環境許多種的珊瑚礁魚類均會利用海草床覓食或養育幼魚的現象，包括鸚哥魚科、臭都魚科、龍占科、隆頭魚科及笛鯛科等海種類，其中鸚哥魚科和臭都魚科的種類多屬草食性魚類，可抑制珊瑚礁大型藻類之增長，間接促進珊瑚生長和入添之成功率。林幸助與劉弼仁 (2018) 調查東沙環礁海草生態相研究進一步指出，在有珊瑚礁與海草混生的棲地類型，魚種密度和物種多樣性較高。顯見海草與珊瑚混生複合式的棲地環境，不僅具有共生共榮的關係外，在生物多樣性之歧異度與豐度也具有正向之意義。

(二) 複合式生態環境棲地修復與效益評估

1. 珊瑚移植復育

尖山淺坪海域珊瑚移植復育作業，分別於 2023 年 4 月下旬開始進行，至 5 月下旬止。相關進度如下說明：

(1) 植筋作業

復育海域底質表面以沙質為主，但底土厚度僅薄薄一層約 5cm，底土下則為硬底質的死亡珊瑚礁體，因此將所要植筋的鋼筋切成約 25cm 的長度，鋼筋固定後離底土的高度約 10cm，避免所移植的珊瑚因海沙擾動或淤積而被覆蓋。植筋作業分別於 4 月下旬至 5 月上旬進行，目前已完成植筋的數量已達 500 支，共完成 20 區，面積涵蓋 80 平方公尺（圖 136），7 月間持續進行植筋作業，完成了 20 平方公尺，共累積完成了 100 平方公尺。

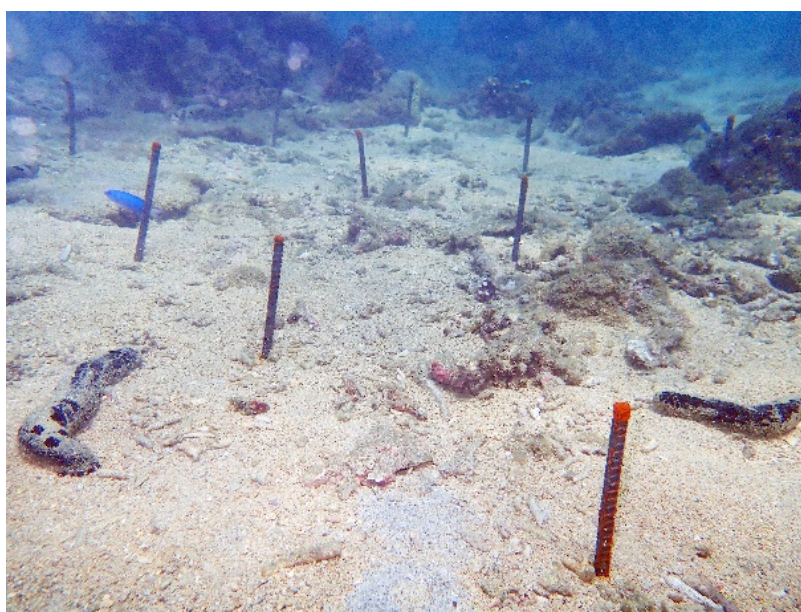
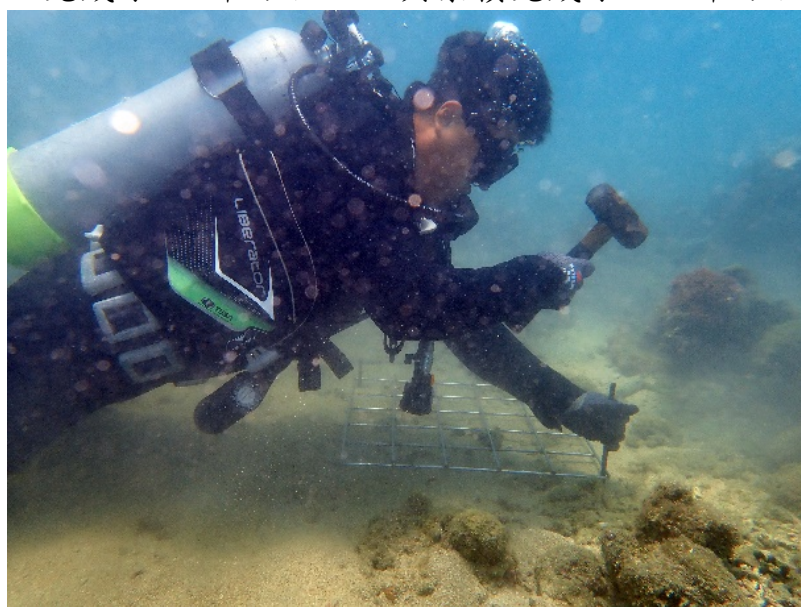


圖 136. 於尖山珊瑚復育區進行珊瑚移植的植筋作業

(2) 珊瑚移植

2023 年 4 月 28 日開始進行珊瑚移植作業，主要採集分布於復育海域的活體珊瑚斷肢，種類以軸孔珊瑚為主。至 5 月下旬止，已將所植的鋼筋，全數都已將活體珊瑚斷肢固定，珊瑚移植面積已達 80 平方公尺（圖 137）。同年 8 月間持續進行珊瑚移植作業，完成 20 平方公尺，共累積完成珊瑚移植 100 平方公尺作業。

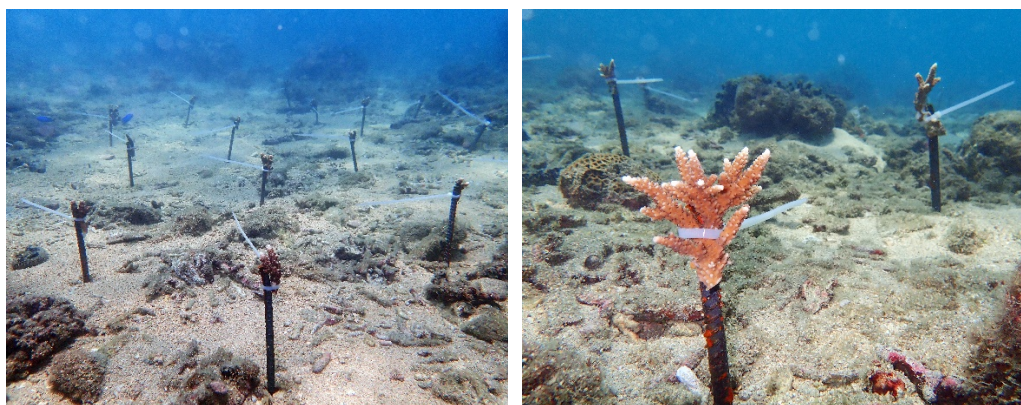


圖 137. 2023 年 4 月至 8 月珊瑚移植共完成 100 平方公尺

(3) 珊瑚移植效益評估

① 珊瑚生長

2023 年 5 月 25 日進行移植後的調查，所移植的珊瑚並未有脫落的現象，脫落率為 0%（圖 138）；觀察 4 月 28 日所移植的珊瑚植株，已發現固定珊瑚植株的束帶上，已有被珊瑚覆蓋的跡象（圖 139），顯示所移植珊瑚的活力狀況還不錯。



圖 138. 所移植的珊瑚固定情況佳未有脫落的現象



圖 139. 移植 28 日的珊瑚植株，所固定的束帶已有被覆蓋的現象發生。

2023 年 7 月受颱風擾動，部分珊瑚脫落或受海沙或泥塵所覆蓋，成長稍有停滯。10 月下旬，觀察 5 月 25 日（移植 154 日）所移植的珊瑚發展情形，固定珊瑚的束帶和鋼筋，多數已被所增長的珊瑚所包埋與覆蓋，且珊瑚植株多數也都有增長新的珊瑚芽點，生長情形佳（圖 140）。



圖 140. 移植珊瑚經 154 日，固定珊瑚的束帶與鋼筋多被新增長的珊瑚所包埋與覆蓋。

2024 年 6 月中旬（珊瑚移植 392 日），歷經一個冬季，在黑潮支流暖水團的影響，珊瑚植株仍有成長的現象，且多數枝狀的軸孔珊瑚均已長成球狀體，直徑在 15-20cm 之間（圖 141）。

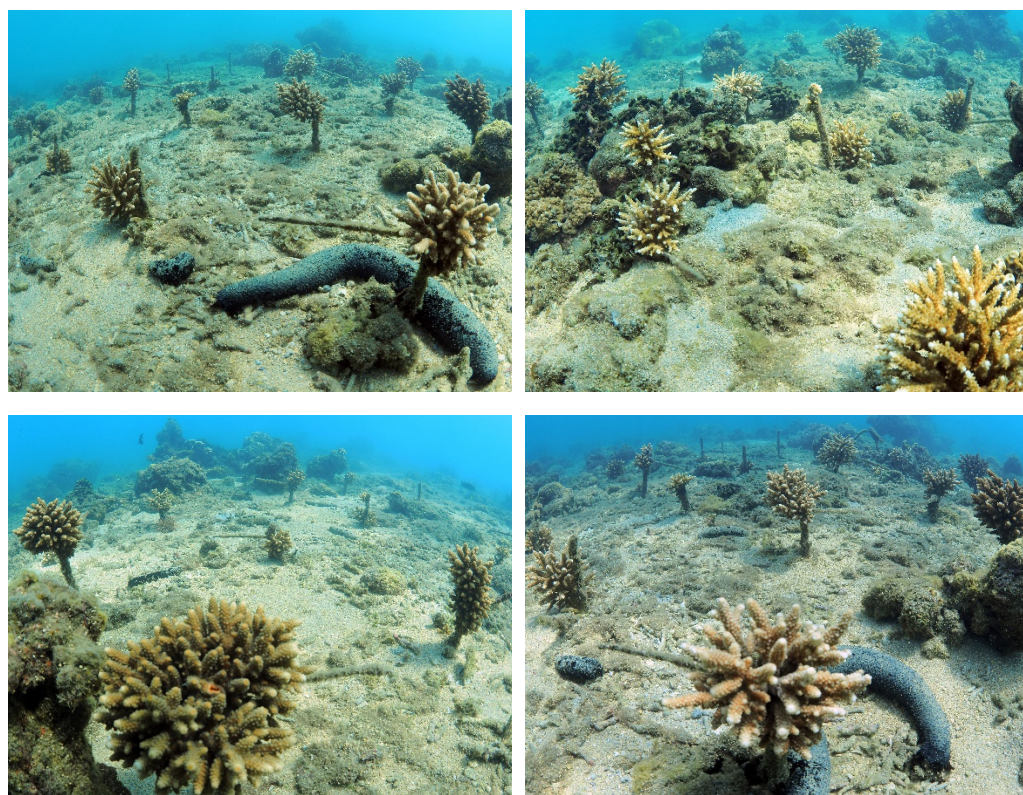


圖 141. 移植珊瑚經 392 日，並在歷經冬季後，所移植的珊瑚多呈球狀形。

② 珊瑚移植活存率與覆蓋率變化

尖山珊瑚復育區自 2023 年 4 月開始進行移植復育，至 2024 年 6 月珊瑚移植已累積 15 個月。初移植的珊瑚植株均未有脫落的現象，活存率達 100%；2023 年 7 月受颱風巨浪擾動影響，部分珊瑚受海沙覆蓋或脫落，檢視所移植的 15 個珊瑚樣區，珊瑚活存率，介於 56.3-100%之間，平均為 $81.3 \pm 15.4\%$ 。入冬前在 10 月時檢視，未再發現有新增的死亡植株，活存率仍維持 81.3%；歷經一個冬天後，於 2024 年 6 月間活存率仍去年的 10 月相同。尖山珊瑚復育區受澎湖本島地形的屏障，冬季風浪相對平緩，加上黑潮支流的暖水團流經本區，有助於珊瑚渡冬，使冬季低水溫的影響有限（圖 142）。

檢視珊瑚活存率時同時進行覆蓋率的調查，因所移植的珊瑚面積擴散有限，珊瑚覆蓋率一直維持在 28.6%。

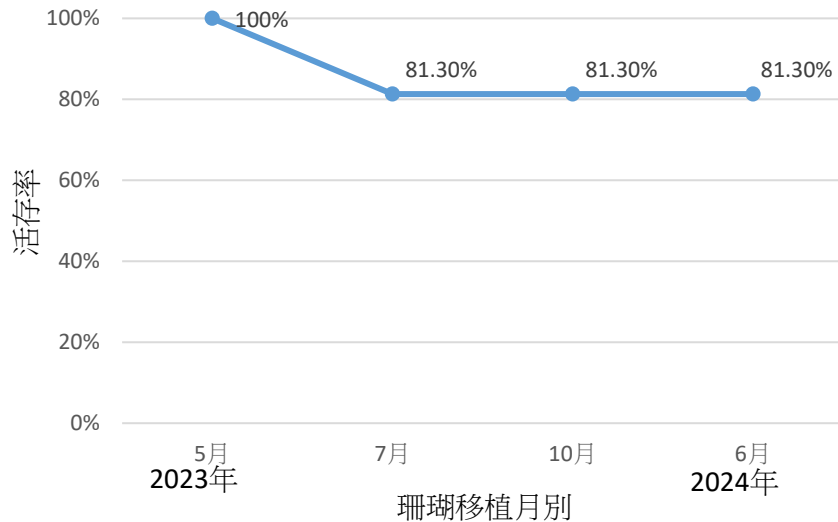


圖 142. 尖山珊瑚移植活存率變化圖

③ 影響尖山移植珊瑚生長因素

2023 年 7 月下旬，受中颱度蘇芮颱風影響，附近淺坪海床上的海沙，受風浪擾動之影響，大面積的桌形珊瑚礁體整片翻覆；所移植的珊瑚雖有部分受損，但以「扦插法」將植入礁盤上的鋼筋，並未受颱風擾動影響而傾倒（圖 143），反觀以水泥所做的珊瑚移植礁，因礁體佈放時僅平鋪於海床上，在受颱風波浪的衝擊下，易有翻覆的問題（圖 144）。而部分珊瑚復育區原有淤積在礁盤上約 10cm 厚的海沙，受颱風擾動後，這些淤沙將部分移植的珊瑚覆蓋死亡的現象（圖 145）；同時也有部分移植珊瑚是直接受巨浪衝擊導致脫落或死亡的現象；整體而言因颱風的影響，所移植的珊瑚折損率為 18.7%。



圖 143. 大面積的桌形珊瑚受颱風擾動致整片礁體翻覆。

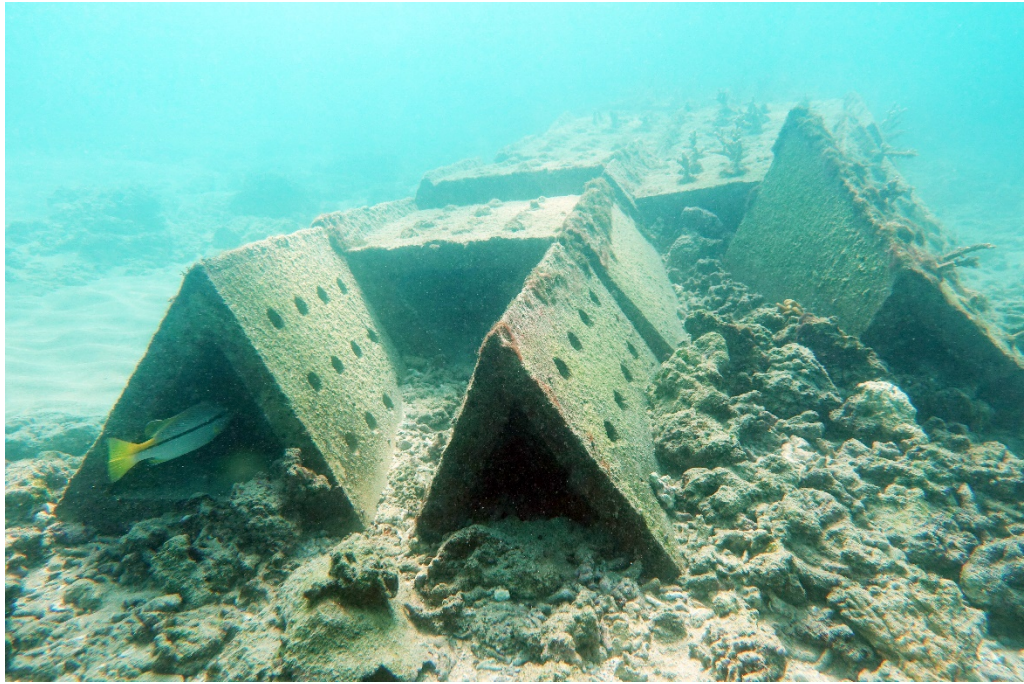


圖 144. 使用水泥礁體進行珊瑚移植，因底座僅平鋪在海床上，受風浪擾動後易有翻覆的現象。

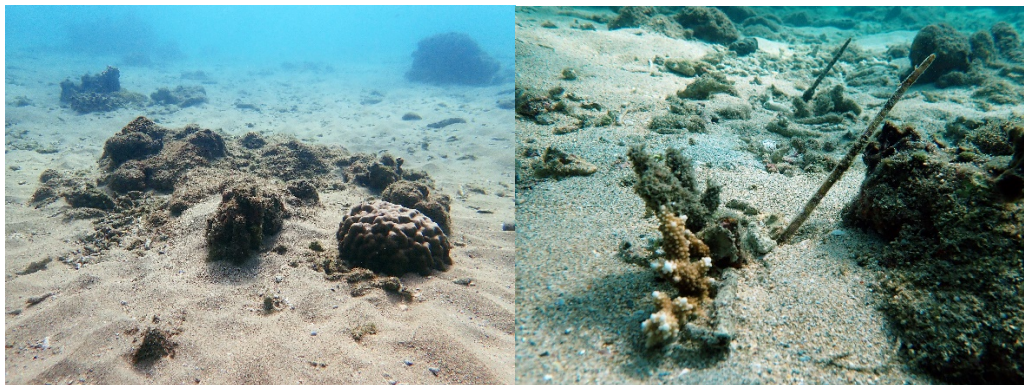


圖 145. 尖山珊瑚復育區受颱風擾動不僅天然礁體被海沙所包覆（圖左），所移植的珊瑚苗也有被覆蓋的現象（圖右）。

④ 生物組成調查

A. 魚類部分

2023 年 8 月間完成 100m² 珊瑚移植，分別在 2024 年的 5 月及 9 月間，使用 50m 固定穿測線，調查測線上左右 2 側各 5m 的範圍之魚類組成與豐度，探討其季節性變化。2 季所記錄的魚種數計有 13 科 31 種 343 尾，以雀鯛科 9 種佔 29.0% 種類數最高（圖 146），其次依序分別為蝶魚科、隆頭魚科及鸚哥魚科（各 4 種）、鮨科（2 種）、鯉科、笛鯛科、石鱸科、鬚鯛科、臭都魚科、粗皮鯛科、四齒魨科及二齒魨科等（各 1 種）。

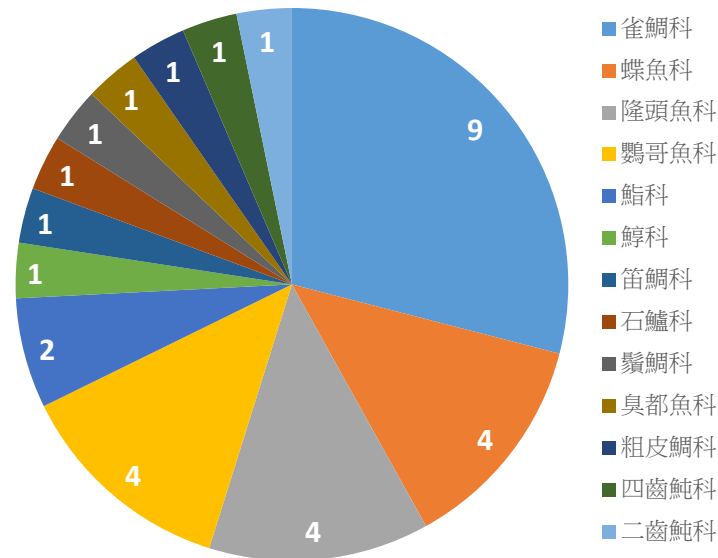


圖 146. 尖山珊瑚復育區魚種組成比例圖

2024 年 5 月珊瑚復育區的魚類之組成，所記錄的魚種數計有 8 科 16 種 141 尾/500m²，以雀鯛科 6 種佔 37.5%種類數最高（圖 147、148 及表 17），其次依序分別為鸚哥魚科（3 種）、蝶魚科（2 種）、鰻科、鰩科、粗皮鯛科、四齒魷科及二齒魷科等（各 1 種）。

2024 年 9 月珊瑚復育區的魚類之組成，所記錄的魚種數計有 12 科 25 種 202 尾/500m²，以雀鯛科 5 種佔 20.0%種類數最高（圖 120、121 及表 2），其次依序分別為蝶魚科及隆頭魚科（各 4 種）、鸚哥魚科（3 種）、鰩科（2 種）、鰻科、笛鯛科、石鱸科、鬚鯛科、臭都魚科、粗皮鯛科及二齒魷科等（各 1 種）。

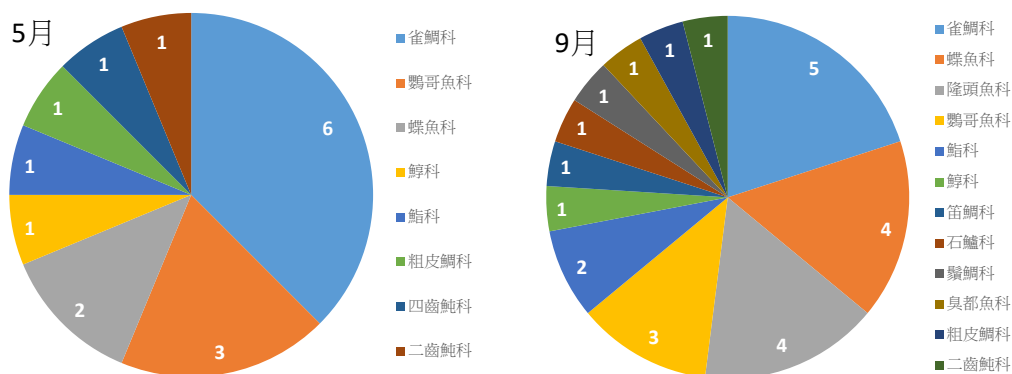
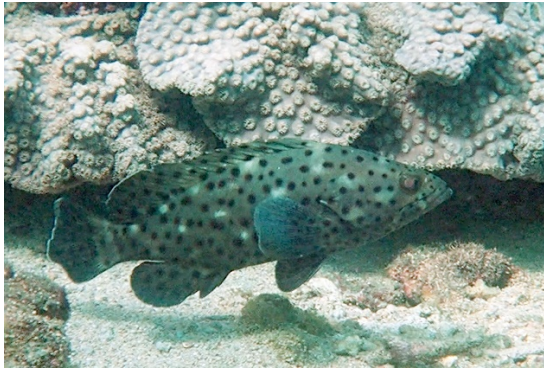


圖 147. 尖山珊瑚復育區 5 月及 9 月魚種組成比例圖

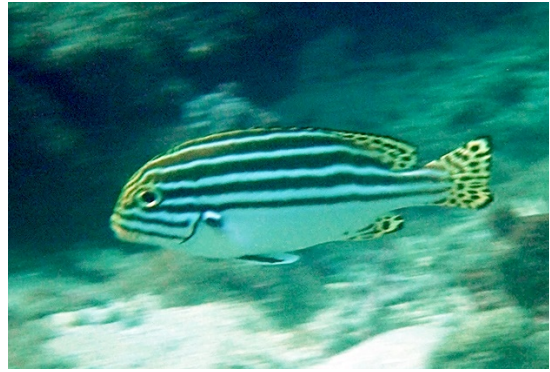
2 季調查魚類組成在季節上稍有差異，以 9 月間的魚種數佔 80.6%及豐度佔 58.9%最高，5 月間的結果稍低，魚種數佔 51.6%與豐度佔 41.1%。

表 17 尖山珊瑚移植後 5 月及 9 月間出現魚類一覽表

中名	學名	5 月	9 月
鯧科	Muraenidae		
黑斑裸胸鯧	<i>Gymnothorax favagineus</i>	●	●
鮨科	Serranidae		
黑駁石斑魚	<i>Epinephelus corallicola</i>		●
豹鰨	<i>Plectropomus leopardus</i>	●	●
笛鯛科	Lutjanidae		
隆背笛鯛	<i>Lutjanus gibbus</i>		●
石鱸科	Haemulidae		
條紋石鱸	<i>Plectorhinchus lineatus</i>		●
鬚鯛科	Mullidae		
短鬚海鯪	<i>Parupeneus ciliatus</i>		●
蝶魚科	Chaetodontidae		
揚幡蝶魚	<i>Chaetodon auriga</i>	●	●
金色蝶魚	<i>Chaetodon auripes</i>		●
八帶蝶魚	<i>Chaetodon octofasciatus</i>		●
鏡斑蝶魚	<i>Chaetodon speculum</i>	●	●
雀鯛科	Pomacanthidae		
孟加拉雀鯛	<i>Abudefduf bengalensis</i>		●
克氏海葵魚	<i>Amphiprion clarkii</i>	●	
黃光鰓雀鯛	<i>Chromis analis</i>	●	
燕尾光鰓雀鯛	<i>Chromis fumea</i>		●
黑尾圓雀鯛	<i>Dascyllus melanurus</i>	●	
網紋圓雀鯛	<i>Dascyllus reticulatus</i>		●
三斑圓雀鯛	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	●	
藍雀鯛	<i>Pomacentrus coelestis</i>	●	●
尖高身雀鯛	<i>Stegastes apicalis</i>	●	●
隆頭魚科	Labridae		
三葉鸚鯛	<i>Cheilinus trilobatus</i>		●
邵氏寒鯛	<i>Choerodon schoenleini</i>		●
黑背儒艮鯛	<i>Halichoeres melanochir</i>		●
月斑葉鯛	<i>Thalassoma lunare</i>		●
鸚哥魚科	Scaridae		
白斑鸚哥魚	<i>Chlorurus sordidus</i>		●
藍點鸚哥魚	<i>Scarus ghobban</i>	●	●
雜紋鸚哥魚	<i>Scarus rivulatus</i>	●	●
紅紫鸚哥魚	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	●	
臭都魚科	Siganidae		
臭都魚	<i>Siganus fuscescens</i>		●
粗皮鯛科	Acanthuridae		
杜氏粗皮鯛	<i>Acanthurus dussumieri</i>	●	●
四齒魷科	Tetraodontidae		
橫帶扁背魷	<i>Canthigaster valentini</i>	●	
二齒魷科	Diodontidae		
六斑刺河魷	<i>Diodon holocanthus</i>	●	●
種數合計		8 科 16 種	12 科 25 種



黑駁石斑魚



條紋石鱸



克氏海葵魚



網紋圓雀鯛



金色蝶魚、鸚哥魚群與奧都魚

圖 148. 尖山珊瑚復育區常見魚種

B. 大型無脊椎動物

2023 年 5 月間於珊瑚移植期間，在所復育的 100m² 範圍內，僅紀錄觀察出現在移植區的大型無脊椎動物，較具指標性的物種包括碑磔蛤科的諾亞碑磔蛤 (*Tridacna noae*) 與鱗碑磔蛤 (*Tridacna squamosa*) 各紀錄 1 顆(圖 149 及 150)，殼長分別為 25cm 及 15cm；

鳳凰螺類的水字螺 (*Harpago chiragra*) 亞成體 2 顆 (圖 151); 鐘螺科的銀塔鐘螺 (*Tectus pyramis*、圖 152); 蜆蝦科的美人蝦 (*Stenopus hispidus*) 1 對 (圖 153); 刺參科的糙刺參 (*Stichopus horrens*) 1 隻 (圖 154) 及數量相當豐富的海參科的蕩皮參 (*Holothuria leucospilota*、圖 155)。



圖 149. 諾亞碑礫蛤

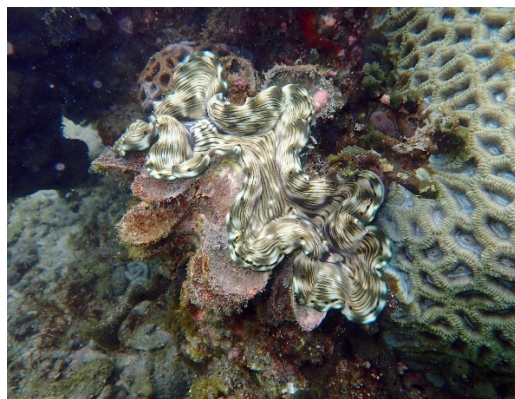


圖 150. 鱗碑礫蛤



圖 151. 水字螺的亞成體

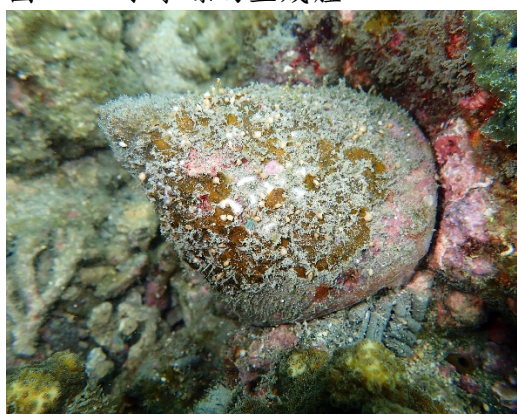


圖 152. 銀塔鐘螺

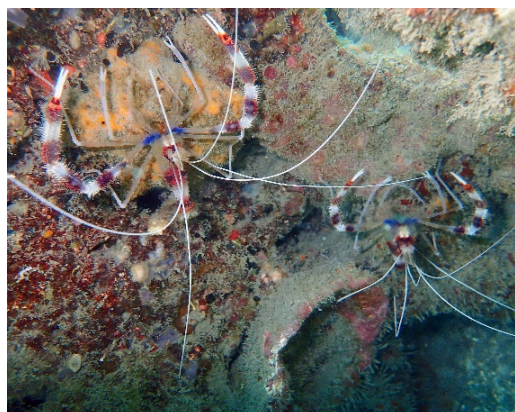


圖 153. 美人蝦

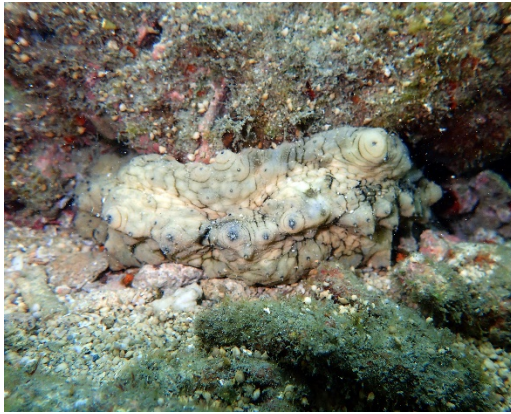


圖 154. 糙刺參

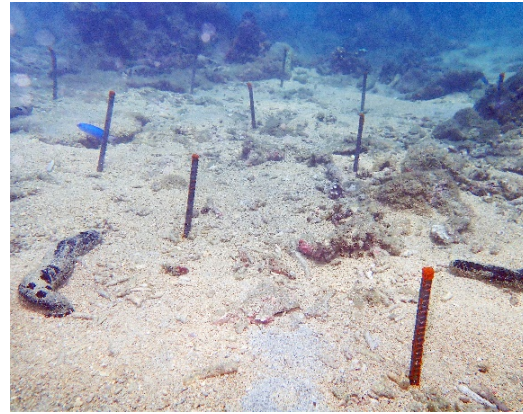
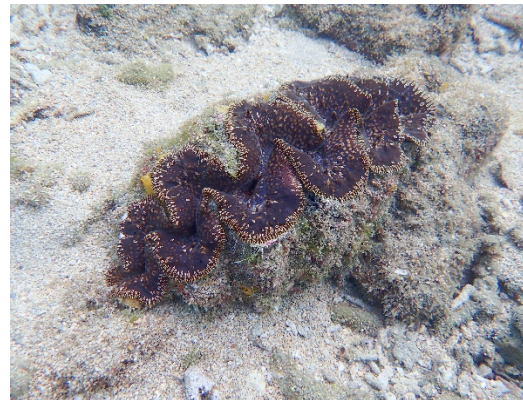


圖 155. 蕩皮參

同年 10 月間再紀錄以定棲性為主的大型無脊椎動物時，主要以硨磲蛤科種類為主（圖 156），從殼體大小、外套膜顏色與紋路的差異，復育區海域新增紀錄了 3 顆諾亞硨磲蛤（殼長分別為 12cm、23cm 及 25cm）及 1 顆鱗硨磲蛤（殼長 15cm）。從物種組成顯示本區物種的多樣性，未來棲地環境的改善後，不僅將有助於生物多樣性的提高之外，族群量的豐度也應該會大幅提升。



諾亞硨磲蛤 15cm



諾亞硨磲蛤 23cm



諾亞硨磲蛤 25cm

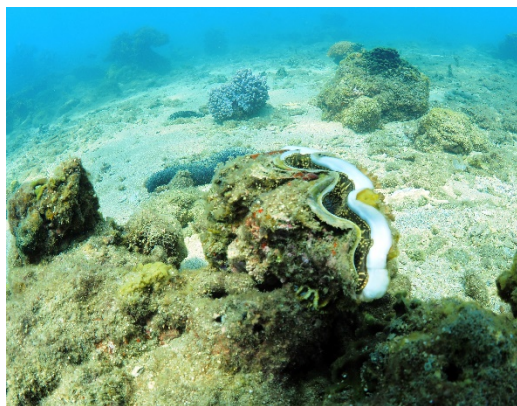


鱗硨磲蛤 15cm

圖 156. 尖山珊瑚復育區新增紀錄的硨磲蛤

2024 年 6 月 18 日紀錄尖山珊瑚復育區的硨磲蛤的族群，本次調查共紀錄了 2 種硨磲蛤，種類同樣為諾亞硨磲蛤有 4 顆與鱗硨磲蛤 1 顆 2 種，族群密度為 5 顆/ 100m²。與前期紀錄相較，本次

共新增紀錄諾亞碑碟蛤活體 2 顆，殼長分別為 10cm 及 18cm；另 2 顆為前期所記錄，殼長分別為 15cm 及 25cm，均為死殼。另 2023 年 10 月所記錄的鱗碑碟蛤之殼長從 15cm 成長至 21cm。而去年所紀錄 23cm 的諾亞碑碟蛤，在這次的調查中則未發現（圖 157）。結果顯示，尖山珊瑚復育區，相當適合碑碟蛤的族群生長。



新增紀錄的諾亞碑碟蛤 10cm



新增紀錄的諾亞碑碟蛤 18cm



前期記錄已死亡的諾亞碑碟蛤 15cm



前期記錄已死亡的諾亞碑碟蛤 25cm



2023 年紀錄的鱗碑碟蛤，殼長從 15cm 成長至 21cm。

圖 157. 尖山珊瑚復育區 2024 年 6 月所紀錄的碑碟蛤族群

三、辦理教育推廣及復育活動

教育推廣活動共計完成 8 場次，宣講內容包括海草復育宣講 6 場次及珊瑚復育宣講 2 場次，參與對象以社區及學校師生為主，參與社區包括重光、虎井、港子及紅羅等 4 個社區；參與學校包括風櫃國小、龍門國小及鎮海國中等，全程參與活動人次共計 342 人次（表 18）。

表 18 海草與珊瑚教育推廣一覽表

場次	日期	活動內容	參與對象	人數
1	2023/06/06	重光海草復育宣講	重光社區民眾	61
2	2023/11/03	虎井海草復育宣講	虎井社區民眾	61
3	2023/11/04	港子海草復育宣講	港子社區民眾	49
4	2024/04/08	青灣海草復育宣講	風櫃國小及鎮海國中師生	78
5-6	2024/10/28	澎湖海草床復育之路及澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育-以二崁為例	龍門國小師生	45
7-8	2024/10/29	澎湖海草床復育之路及澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育-以二崁為例	紅羅社區民眾	48
合 計				342

（一）第一場次教育推廣與復育活動場次

澎湖 3 處潛在海草復育區已於 5 月完成調查與分析，各項條件分析後以重光列為第一優先海草復育行動的海域。因此，本計畫的第一場教育推廣與復育活動「重光海草床復育活動-打造海洋生物一個家」在此區域辦理（活動企劃書如附錄五），主要目標為辦理「澎湖海草床今昔與重光海草床復育」的教育推廣 1 場次，以及偕同社區民眾至「重光海草復育示範區」辦理海草復育活動及海草復育區導覽 1 場次。已於 6 月 6 日星期二下午 15 時至 18 時辦理完畢，活動參與人數為 61 人（附錄六）。相關的成果如下所示：

（1）第一場次的教育推廣

主要介紹澎湖海草床過去的榮景與現在的情形，並與耆老對談重光海草床消失原因與潛在威脅、如何改善及社區可扮演的角色等，藉以喚起社區的參與感（圖 158）。尤其與耆老對談，可以協助回溯重光潛在海草復育區過去的情形及未來復育的方向（圖 159）。



圖 158. 重光海草床復育活動-打造海洋生物一個家」之專題演講辦理情形



圖 159. 活動期間與當地耆老互動

(2) 海草復育活動

本次復育活動，主要是讓社區民眾瞭解海草根狀莖的移植方法，以利協助未來社區進行海草復育之推行，全程共完成了面積 30 平方公尺的海草移植（圖 160-161）。



圖 160. 由本中心所製作的海草植株供社區民眾移植復育用



圖 161. 大家一起彎腰種海草

（二）第二及第三次教育推廣活動場次

第二場次教育推廣活動，辦理的場域位於馬公市的離島「虎井」，因社區為棲地復育之需求，澎湖縣政府農漁局於110年度委託農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心，開始針對虎井海草復育進行調查的前置作業，並於111年間在虎井西側舊港內進行海草床復育試驗，共移植了100平方公尺。歷經1年後，所復育海域海草已擴展近900平方公尺，且生長情形良好。

為保護與強化「虎井」已復育海草床之效能及後續海草復育。於今（112）年11月3日上午10時在虎井社區，辦理1場次的海草教育推廣，以彰顯政府對海草復育之重視，並藉由

與社區民眾面對面的說明海草床生態系與漁業資源的重要性，以達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。參與推廣活動的社區民眾總計有 61 位（附錄七及八）。

在活動接近尾聲的與耆老對談時，社區民眾對虎井海草床復育的成效大表讚許之外，並希望能以現有復育海草床為基礎，持續或擴大虎井海草的復育範圍，也希望能將復育海域劃設為海草復育區或保護區，配合水試所澎湖漁業生物研究中心或澎湖縣政府所培育適當的水產種苗，如遠海梭子蟹、紅嬌鳳凰螺、水晶鳳凰螺及貝類等進行放流豐育海洋生態。同時社區也可以成立海草復育巡守隊，藉以保護、管理及巡守這片被恢復的海草床（圖 162）。



圖 162. 在虎井社區所辦理的「海草復育教育推廣活動」

第三場次教育推廣活動，辦理場域位於白沙鄉「港子」，根據林幸助老師（2019）調查臺灣潮間帶海草床之分布結果指出，鎮海灣（含港子海域）為臺灣潮間帶重要的海草床所在區域。經社區反應近年因海砂淤積而影響到海草的生長，澎湖縣政府農漁局於本（112）年度委託農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心，進行海草床淤積砂矽剷除試驗，相關作業已於 10 月 18 日施作完成，同時也將試驗海域劃設為「海草復育區」，後續將會針對所清淤之海域進行海草復育。

為推動「港子」砂矽剷移海域後續海草復育及凝聚與提高社區民眾對海草復育有進一步了解，於今（112）年 11 月 4 日

上午 9 時 30 分於港子社區活動中心，辦理 1 場次的海草教育推廣，以彰顯政府對海草復育之重視，並藉由與社區民眾面對面的說明海草床生態系與漁業資源的重要性，以達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。參與推廣活動的社區民眾總計有 49 位（附錄七及九）。

與耆老對談時，社區民眾對港子現有海草流失造成所造成漁業資源下降與傳統產業的沒落相當有感，對政府在港子海域進行海草復育的作為不僅讚譽有佳外，還希望能持續進行。也因為港子海草復育區常常被民眾使用耙具採集貝類造成海草流失，也希望在復育海草的同時也能夠將對海草床不友善的漁法能夠禁止，更能將海草復育區成為水產種苗的種原庫，增育漁業資源。同時也可以輔導社區成立海草復育巡守隊，藉以保護、管理及巡守這片被恢復的海草床（圖 163）。



圖 163. 在港子社區所辦理的「海草復育教育推廣活動」

（三）第四場次教育推廣與第二場次復育活動

本團隊近年來投入相當多心力進行澎湖沿岸海域海草相關調查研究與復育。研究過程中也發現因人為因素或全球氣候變遷影響，導致供給海洋生物幼生的食物來源或提供躲棲的海草床大量流失，因而衝擊到漁業資源之結構與海洋生物的多樣性降低，尤以澎湖內海最為明顯與嚴重。

去（2023）年已於「重光海草復育示範區」帶領社區民眾辦理海草復育活動。為使海草復育活動廣為人知，本年度透過教育系統邀請澎湖縣馬公市風櫃國小及鎮海國中的師生體驗與參與，辦理「青灣海草床教育推廣與復育活動」，期待海草復育活動能向下紮根，彰顯政府對海草復育之重視，並達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。本次活動已於 2024 年 4 月 8 日星期一下午 14 時至 16 時辦理完畢，活動參與人數為 78 人（附錄十及十一）。相關的成果如下所示：

（1）第四場次的教育推廣

本次活動除介紹澎湖海草床過去的榮景與現在的情形，及海草床消失原因與潛在威脅、如何改善及學校可扮演的角色等，同時也分析

青灣海草床過去與現在分布現況，藉由學校的參與，協助海草復育工作（圖 164）。



圖 164. 在水試所青灣種原庫所辦理的「海草復育教育推廣活動」

（2）海草復育活動

本次復育活動，主要是讓學校師生瞭解海草根狀莖的移植方法，以利協助未來不同區域進行海草復育之推行（圖 165）。



圖 165. 海草復育活動花絮。

(四) 第五至第八場次教育推廣

本活動主要以湖西鄉作為宣講活動範圍，主要辦理對象包括龍門國小學校師生(第五及六場)與紅羅社區社區民眾(第七及八場)，

分別辦理海草宣講及珊瑚教育推廣各 2 場次，以彰顯政府對生物棲地復育之重視，並藉由與師生及社區民眾面對面的說明海草床及珊瑚淺坪生態系與漁業資源的重要性，以達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。

龍門國小宣講共計 2 場次，第 1 場次主題為「澎湖海草床復育之路」，第 2 場次主題為「澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育-以二崁為例」。旨在提升海洋保育意識外，更要強化海草床及珊瑚淺坪生態之重要性與復育推廣。本次活動已於 2024 年 10 月 28 日（星期一）下午 13 時至 16 時辦理完畢，每場次活動參與人數各為 45 人次（圖 166 及附錄十二及十三）。



活動由龍門國小鄭文健校長致詞後展開



農漁局李宜芳技士與會進行保育宣導



「澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育」專題演講



「澎湖海草床復育之路」專題演講



以有獎徵答和學生互動



小學生使用道具學習模仿在海草床蠟蝦

圖 166. 在龍門國小所辦理 2 場次的海草與珊瑚復育教育推廣活動

紅羅社區宣講也是計有 2 場次，第 1 場次主題為「澎湖海草床復育之路」，第 2 場次主題為「澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育-以二崁為例」。旨在提升海洋保育意識外，更要強化海草床及珊瑚淺坪生態之重要性與復育推廣。本次活動已於 2024 年 10 月 29 日（星期二）上午 9 時至 12 時辦理完畢，每場次活動參與人數各為 48 人次（圖 167 及附錄十二及十四）。



農漁局李宜芳技士與會進行保育宣導



「澎湖海草床復育之路」專題演講



「澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育」專題演講



分享紅羅海洋棲地所面臨的問題



與社區耆老交流近年海洋棲地變化與應對



圖 167. 在紅羅社區所辦理 2 場次的海草與珊瑚復育教育推廣活動

四、海草復育影像紀錄

(一) 海草復育紀錄影片(上)

整合上述有關海草調查、復育及所辦理的教育推廣與復育活動相關影像，進行剪接及字幕配置等後製作業，並於本（112）年度完成 1 部紀錄片。有關本年度「海草復育紀錄影片」製作大綱與腳本如下：

112 年海草復育紀錄影片腳本

大綱	小節	內容	文稿
澎湖海草床的重要性	海草是甚麼？	海草簡介	海草，是生長在沿岸淺海的沙質海域的維管束植物，具有根、莖及葉等構造，於海水中開花、授粉與結果，繁衍下一代。
	海草床生態系的重要性！	保護海岸、淨化水質	覆蓋海床上大面積的海草，可避免海沙流失保護海岸，同時還具有減緩水流淨化水質之效能。
	海草床生物多樣性	海洋生物庇護所、提供豐富食物、	海草床除具有高生產力，海草間的空隙，不僅提供生物避敵空間，還共棲大量的麥稈蟲、扁跳蝦等小型甲殼類，而成為魚、介及貝類重要的輔育場。
	海草床扮演藍碳的角色	藍碳路徑	海草床在行光合作用時可產生大量氧氣，還可擷取大氣中的二氧化碳，合成以碳水化合物為主的有機化合物儲存於底土中，成為海洋中重要的藍碳之一。
海草床面臨的威脅	全球海草床所面臨的威脅	全球氣候變遷、人為開發、人類活動	隨著全球氣候變遷加劇，海岸線過度開發，使海草床流失的速度有愈來愈加劇的趨勢。
	澎湖海草床流失的因素	港口開挖、航道疏濬、海岸線水泥化	如淺坪海域港口及航道的開挖與疏濬，讓海草賴以依存的底土大量流失；海岸線水泥化取代了沙灘，無法有效減緩海浪對岸際的衝擊，不

			僅將底土掏空，四處流竄的底土，又將海草覆蓋，加速海草流失。
	海草床流失後的影響	生物多樣性降低、衝擊近岸漁業、封存的碳再度被釋放	隨著海草床流失，可供生物棲息的环境逐漸呈現劣化狀態，不僅生物多樣性降低，進而影響沿近海漁業資源，降低漁獲量，並使封存底土中的有機化合物受擾動後，再次以二氧化碳的形式被釋放到大氣中。
海草床的復育	海草床復育技術		為提高生物多樣性、增裕漁業資源，進而增加海洋藍碳之碳匯，海草床的保護與復育，已到刻不容緩的時刻。

影像紀錄部分，主要節錄於本團隊過去所進行的海草調查與復育所記錄的影像，空拍與動畫的部分則是聘請專業影片製作團隊協助。

(二) 海草復育紀錄影片(下)

大綱	小節	內容	文稿 (影片編號)
澎湖海草床的重要性	海草是甚麼?	海草簡介	海草，是生長在沿岸淺海的沙質海域的維管束植物(001)，具有根、莖及葉等構造(002)，於海水中開花、授粉與結果，繁衍下一代(003)。
	海草床生態系的重要性!	保護海岸、淨化水質	覆蓋海床上大面積的海草，可避免海沙流失保護海岸(004)，同時還具有減緩水流淨化水質之效能(005)。
	海草床生物多樣性	海洋生物庇護所、提供豐富食物、	海草床除具有高生產力，海草間的空隙，不僅提供生物避敵空間(006)，還共棲大量的麥稈蟲、扁跳蝦(007)等小型甲殼類，而成為魚、介及貝類重要的輔育場(008)。
	海草床扮演藍碳的角色	藍碳路徑	海草床在行光合作用時可產生大量氧氣，還可擷取大氣中的二氧化碳，合成以醣類為主的有機化合物儲存於底土中，成為海洋中重要的藍碳之一。
海草床面臨的威脅	全球海草床所面臨的威脅	全球氣候變遷、人為開發、人類活動	隨著全球氣候變遷加劇(009)，海岸線過度開發，使海草床流失的速度有愈來愈加劇的趨勢(010)。
	澎湖海草床流失的因素	港口開挖、航道疏濬、海岸線水泥化	如淺坪海域港口及航道的開挖與疏濬，讓海草賴以依存的底土大量流失；海岸線水泥化取代了沙灘，無法有效減緩海浪對岸際的衝擊，不僅將底土掏空，四處流竄的底土，又將海草覆蓋，加速海草流失(011)。

	海草床流失後的影響	生物多樣性降低、衝擊近岸漁業、封存的碳再度被釋放	隨著海草床流失，可供生物棲息的環境逐漸呈現劣化狀態，不僅生物多樣性降低，進而影響沿近海漁業資源，降低漁獲量(012)，並使封存底土中的有機化合物受擾動後，再次以二氧化碳的形式被釋放到大氣中(013)。
海草床的復育	海草床復育技術		為提高生物多樣性(014、015、017及018)、增裕漁業資源(020)，進而增加海洋藍碳之碳匯，海草床的保護與復育(021)，已到刻不容緩的時刻(022)。

伍、結論與建議

(一) 結論

1. 海草復育示範區推動

(1) 澎湖潛在海草復育區環境普查與選址

針對澎湖分布範圍較大且極有可能形成大面積的 3 處海草床，包括重光、南寮及城前等，分別於 2023 年 2 月至 5 月間完成 3 處海域普查與分析，調查內容包括海草床現況、海草流失主因、新增威脅、流失原因是否可改善及社區參與度等因素，結果顯示 3 處調查區域均有耙具採貝或航道開挖造成海草流失的原因，但重光海草復育工作早於 2014 年開始進行試種，並分別又再 2015 年及 2017 年進行復育，所復育的海草也穩定的擴展中；社區的參與度也是 3 處社區表現最為積極，而政府資源也持續再投入，澎湖縣政府更在 111 年 10 月公告本區域為全台首座「海草保護區」，本調查也證實重光海草復育區已形成種子庫，有助海草床之恢復。林幸助老師於 2024 年首提海草復育方法學也指出，重光海草復育區預期每年排放減量/移除量估計值為 4.1758 公噸 CO₂ 當量。因此將本區列為海草復育行動第一優先。次優先為南寮，城前則列為第三順位。

(2) 海草復育行動方案

重光潛在海草復育區環境普查之結果顯示，以 C2 退潮後積水仍可維持在 0-10cm 的 C 類型等級，底質又以沙質底為主，屬於適合海草生長環境，作為海草復育選址之區域。海草移植分別於 112 年 6 月 6 日、113 年的 6 月 7 日、6 月 8 日、9 月 27 日及 10 月 3 日等進行海草移植，海草移植的種類計有單脈二藥草、卵葉鹽草及甘草等 3 種進行混植，其比例依序分別為 55%、35%及 10%，移植密度為 100 株/m²，全程共計移植 10,500 株海草，面積達 105m²。

2. 探討海草與珊瑚相互關係

(1) 澎湖池西淺坪海域棲地（珊瑚與海草）復育效益評估

① 珊瑚部分

池西珊瑚移植迄今已 40 個月，所設置的 3 個固定測站的珊瑚成長覆蓋率成階梯狀曲線成長，在冬季成長呈現停滯現象，夏季則快速增長，迄今覆蓋率已達 71.4%；在移植初期所經歷的第一次冬、春 2 季（2021 年 11 月至 2022 年 4 月間），受東北季風所帶來的湧浪與海沙的擾動，使珊瑚苗被泥沙與粉塵覆蓋，不僅成長停滯外，還使活存率大幅下降，活存率降至 28.0%。存活下來的珊瑚苗，在夏、秋 2 季迅速成長，且對環境更具適應

能力，故在第 2 和 3 年的冬春 2 季未有新增死亡植株。期間也遭遇對澎湖較具影響的 2 個中度颱風，在受地形屏障之保護，並未受機械性的衝擊而造成所移植珊瑚的受損，風浪的擾動仍會造成大量的粉塵覆蓋珊瑚的現象，但颱風移動速度快影響有限。隨珊瑚有明顯的成長發展時，大量的糠蝦聚集其間，吸引更多的珊瑚礁魚類如蝴蝶魚科及雀鯛科的魚種來覓食，進而提高復育珊瑚礁的生物多樣性，魚種數和魚類尾數從初期的 7 種 74 尾也隨之成長至 29 種 3175 尾。

② 海草部分

2022 年 5-7 月間，於池西珊瑚復育區礁體邊緣完成海草移植 60 平方公尺，入冬前海草之生長情形相當良好，在經歷冬季後，主要是海沙受東北季風的海浪擾動而遭覆蓋而消失。本海域受地形影響，不論是東北季風或是颱風，均會使本海灣易受風浪擾動，進而使底沙呈現不穩定狀態，容易將所移植的海草覆蓋或造成流失，為避免資源不當投入，本海域不建議進行海草床復育。

③ 海草與珊瑚相互關係

許多研究指出，海草床與珊瑚礁 2 種類型的棲地不論是緊鄰或混生，具有功能互補的效益，可提升棲地之功能性。珊瑚礁所形成的堡礁不僅可保護海岸線，在珊瑚礁與陸地之間所形成的潟湖可降低或避免波浪的機械性衝擊，使海草與紅樹林之群落得以發展。而海草可穩固沉積物與減緩海水的流動，可有效的使懸浮微粒或泥塵沉澱於海草床內，使水體更加清澈，降低因沉積物對珊瑚覆蓋之壓力，進而有助於珊瑚生長 (Len McKenzie & Rudi Yoshida, 2019)。許多種的珊瑚礁魚類均會利用海草床覓食或養育幼魚的現象，抑制珊瑚礁大型藻類之增長，間接促進珊瑚生長和入添之成功率 (林幸助、蕭淑娟, 2011)。在有珊瑚礁與海草混生的棲地類型，魚種密度和物種多樣性較高 (林幸助、劉弼仁, 2018)。

(2) 複合式生態環境棲地修復與效益評估

尖山珊瑚自 2023 年 4 月開始進行移植復育，至 2024 年 6 月珊瑚移植已累積 15 個月。初移植的珊瑚植株均未有脫落的現象，活存率達 100%；受颱風巨浪擾動影響，大面積的桌形珊瑚礁體整片翻覆；所移植的珊瑚雖有部分受損，但以「扦插法」將植入礁盤上的鋼筋，並未受颱風擾動影響而傾倒。僅部分珊瑚受海沙覆蓋或脫落，檢視所移植的 15 個珊瑚樣區，珊瑚平均活存率 $81.3 \pm 15.4\%$ 。本海域冬季風浪相對平緩，加上黑潮支流的暖

水團流經本區，有助於珊瑚渡冬，使冬季低水溫的影響有限；珊瑚覆蓋率則一直維持在 28.6%。受颱風浪擾動之影響，

2023 年 8 月間完成 100m² 珊瑚移植，在 2024 年的 5 月魚類組成與豐度，計有 8 科 16 種 141 尾。9 月為 12 科 25 種 202 尾。2 季所記錄的魚種數與豐度合計有 13 科 31 種 343 尾。另尖山珊瑚復育區共紀錄了 2 種碑礫蛤，種類同樣為諾亞碑礫蛤有 4 顆與鱗碑礫蛤 1 顆 2 種，族群密度為 5 顆/100m²。

3. 辦理教育推廣及復育活動

(1) 教育推廣活動

共計完成 8 場次，宣講內容包括海草復育宣講 6 場次及珊瑚復育宣講 2 場次，參與對象以社區及學校師生為主，參與社區包括重光、虎井、港子及紅羅等 4 個社區；參與學校包括風櫃國小、龍門國小及鎮海國中等，全程參與活動人次共計 342 人次。

(2) 海草復育活動

共計完成了 2 場次，參與對象分別為重光社區民眾及風櫃國小與鎮海國中學校師生，全程參與活動人次共計 139 人次。

4. 海草復育影像紀錄

完成 2 部海草復育紀錄片。包括 112 年海草復育紀錄影片及海草復育活動紀錄。

(二) 建議

1. 重光海草潛在復育區

①建議應加強海草保育宣導及巡守隊成立:澎湖縣政府目前雖已劃為海草保護區,但僅公告禁止使用耙具採貝,卻未訂定管理辦法,使多數外地民眾多數不清楚,仍有待加強宣導,且社區迄今仍未成立巡守隊,因此在所復育的海草床仍常發現有民眾於退潮後以耙具採貝的擾動。

②海草棲地環境改善:距離航道最近的 S1 海草復育區,底土流失嚴重,進而影響海草之發展,致使海草覆蓋率為 3 個測站最低,建議可在航道邊坡加設小型矮堤與消波塊,以改善或減緩因潮汐的漲退潮或船舶移動所造成的海浪衝擊外,同時也應要求船舶,進出重光漁港航道時須減速入,避免船速過快激起過大波浪沖刷邊坡,減緩或避免底土持續流失。

③海草復育選址應正確:測站 S3 在退潮後水位稍高,不利採貝作業,底土維持良好,相對較有利海草之發展,成為 3 個測站海草覆蓋率最高。因此,潮間帶海草復育選址時,應考慮在退潮後仍有較高的水位(至少 10cm 以上),因不利貝類的採耙,對所復育的海草擾動可降到最低。

2. 南寮海草潛在復育區

海草前在復育區位於白坑漁港南側的 4 個樣區,在防波堤、碼頭及航道尚未興建與開挖前,於退潮後積水高度約可維持約 10cm 的 C 等級,如同小型潟湖般,同時也是海草生長的區域,海草茂密,更是許多魚苗聚集之處。民國 73 年開發後,潟湖的積水一瀉而空,退潮後無積水 A 類型,不利海草生長比例達 68.8%之譜。建議在不影響船舶進出漁港的前提下,可於 C1 處將海床地貌恢復成拱起狀,使其退潮後積水面積增大,改善本區域海草生長條件,並輔以海草修復,應有機會擴增本區海草的面積,提高生物多樣性,增裕漁業資源。

3. 海草床採貝問題及早面對因應

研究調查澎湖 3 處潛在海草復育區,均有使用耙具採貝進而擾動或威脅海草床之問題,相信這也是澎湖各潮間帶海草床共同面臨的議題,且多屬行之以久的漁業行為,雖多以兼業為主,但也有以此為養家餬口的職人,如南寮與城前就屬此性質。未來如要將澎湖潮間帶現有海草床朝向海草復育區或保護區規劃時,極有可能會影響或衝擊其活動,現有的採貝職人將有可能成為潛在有異議或是反對者,不論是中央或地方的決策與管理單位,建議應及早面對並提

出因應之道。相關問題諸如：

- ①海草床普遍存在的土嘴瓜殼菜蛤應盡速確立究竟是本土種或是外來入侵種，才能訂出管理對策。
- ②使用耙具採貝之目標漁獲種類並不限定只有土嘴瓜殼菜蛤，如厚殼淺蜊、黃文蛤、厚殼簾蛤與岐紋簾蛤等，均為漁獲目標。建議每一區海域先經調查了解作業範圍與可容許作業人數，再劃分採集、緩衝及禁止等區域，降低因採貝作業棲地被擾動之頻率，最佳理想狀態使棲地可達到具有自行修復之能力。
- ③漁民或民眾進行採貝時，往往會在不同海域輪流作業，故區域性或單一海域所訂定的管理措施或是規範，採貝民眾並不一定能掌握這些資訊，除設置公告外，也應透過社區的民政系統或辦理說明會廣為宣導。

4. 海草復育技術精進

- ①建議進行海草復育前，應先調查當地海草物候。海草物候的掌握，有助於當地海草復育作業之參考，如在果實期進行海草植株的移植，有利當地海草復育區在短時間內形成種子庫，同時可提高海草基因多樣性。
 - ②海草移植活動時，多數民眾並不能掌握種植之要點，使「無效移植」比例大增，造成植株之浪費。建議海草移植前先提供參與民眾體驗海草移植體驗盒，清楚海草移植過程，了解「有效移植」作法，可降低脫落率。
 - ③亞潮帶海草復育開發的「覆蓋法」有效抑制生物擾動與海流衝擊之影響，將脫落率降至 0-5%，有效提升海草移植效率。建議未來利用此方法並改良使其可應用於潮間帶海草復育。
 - ④海草復育的形式多樣，較常採用的以根狀莖法、草塊法及種子法等，從成本與效益來看，目前仍建議採用根狀莖法。
 - ⑤每年的 4-8 月間是澎湖常見的 3 種海草卵葉鹽草、單脈二藥草及甘草的生長季節，也是他們的花果期，不僅成長速率快還帶有果實和種子有利種子庫之形成。
5. 珊瑚復育種苗來源，建議應盡量採現地移植，所移植的珊瑚對環境適應能力較強。如二崁所移植的珊瑚均採現地移植，所移植的珊瑚苗之死亡率最高僅 5%，且其死亡率的類型並非死亡，而是在移植過程固定珊瑚苗的束帶鬆脫所致；而池西虎目石滬旁的海域所進行珊瑚移植，即採用異地移植，移植 3 個月後，多數移植的珊瑚苗均

已死亡並斷裂，僅剩固定基座。

6. 池西淺坪復育區受地形影響，不論是東北季風或是颱風，均會使本海灣易受風浪擾動，進而使底沙呈現不穩定狀態，容易將所移植的海草覆蓋或造成流失，為避免資源不當投入，本海域不建議進行海草床復育。珊瑚的部分雖在前期移植活存率有偏低的現象，但等所復育的珊瑚適應後，覆蓋率有明顯的增加，魚類組成也隨之增加，建議可持續增加本海域珊瑚密度，除彌補本海域缺乏新入添的珊瑚苗也可提高本海域生物多樣性。
7. 海草與珊瑚的混合性生態系，不僅具有穩定性彈性和提高生態生產力的效能，並具有棲地功能互補的效益。未來在進行劣化棲地改善或各類型棲地復育時，建議採複合式棲地修復，提高其效益。
8. 辦理教育推廣及復育活動

辦理教育推廣及復育活動時，過程中建議多與當地耆老對談，如過往海草生長分布情形、海草床與常民生活之關聯性、在地民眾對海草床消長之觀點等，相關的資訊對海草復育具有相當重要的參考價值。

陸、參考文獻

- 李承錄 (2009) 墾丁大光泰來草與單脈二藥草海草床之魚類群聚變化與胃內含物研究。中興大學碩士論文。
- 邱士涵 (2009) 墾丁大光潮間帶泰來草床之無脊椎動物群集及碳收支模式。中興大學碩士論文。
- 邱廣龍、范航清、李宗善、劉國華、石雅君、李森 (2013) 瀕危海草貝克喜鹽草的種群動態及土壤種子庫-以廣西珍珠灣為例。生態學報, 33(19): 6163-6172。
- 冼宜樂、鐘金水、林綉美、涂詩韻、鄭靜怡、歐麗榛、黃文卿、蔡萬生 (2011^a) 澎湖海草床基礎生態調查之研究。澎湖縣政府農漁局委託計畫結案報告, 67 頁。
- 冼宜樂、鐘金水、林綉美、涂詩韻、鄭靜怡、歐麗榛、黃文卿、蔡萬生 (2011^b) 澎湖海草的分類與分布。水試專訊, 34:27-31。
- 冼宜樂、鐘金水、林綉美、黃文卿、鄭靜怡、歐麗榛、蔡萬生 (2012) 澎湖大倉灣海草床魚類群聚初探。水試專訊 39: 5-9。
- 冼宜樂、鐘金水、林金榮 (2013) 澎湖海域海草(床)生態調查及與漁業資源保育相關性研究—海草移植技術研究。水產試驗所 2013 年報。
- 冼宜樂、鐘金水、林金榮 (2014) 談漂流海草族群擴散機制。水試專訊, 45: 24-28。
- 冼宜樂、陳俊廷、楊子泰、蔡忠和、陳岳川、歐啟明、方鵬和、劉再豐、謝恆毅 (2020) 潛在保育區熱點劃設季保護區巡守隊強化計畫。澎湖縣政府農漁局委託計畫, 324 頁。
- 冼宜樂、陳俊廷、游庭于、謝恆毅 (2021) 澎湖淺坪海域棲地復育研究。海洋委員會海洋保育署委託計畫結案報告書, 24 頁。
- 冼宜樂、陳俊廷、蔡莉莢、高瑞壕、游庭于、謝恆毅 (2023) 澎湖縣沿近海潮間帶 (潮下帶) 之砂矽調查及清除計畫。澎湖縣政府農漁局委託計畫期中報告, 28 頁。
- 冼宜樂、楊子泰、許思婕、鐘冠翔 (2024) 精進復育海草床增匯技術。農業部水產試驗所成果報告。
- 林幸助、蕭淑娟 (2010) 東沙海域大型藻類生物量與海草物候、生產力調查。海洋國家公園管理處委託辦理研究報告, 135 頁。
- 林幸助、蕭淑娟 (2011) 東沙海域海草床生物群聚調查與指標物種評估。海洋國家公園管理處委託辦理報告。
- 林幸助、劉弼仁 (2018) 東沙環礁海草生態相調查。海洋國家公園管理處委託辦理研究報告, 155 頁。
- 林幸助 (2019^a) 108 年海草床生態系調查計畫成果報告書。海洋委員

- 會海洋保育署委託研究計畫，178 頁。
- 林幸助 (2019^b) 澎湖海草床保護區劃設評估計畫期末報告書。海洋委員會海洋保育署委託研究計畫，74 頁。
- 林幸助、呂佳宜 (2023) 小規模減量方法-臺灣海草床復育方法學。39 頁。
- 周文臣、林幸助、洪慶章 (2022) 海洋碳匯。碳匯之發展趨勢及國內策略研析，中央社，111-151。
- 柯智仁 (2004) 臺灣海草分類與分布之研究。國立中山大學生物科學系碩士論文，99 頁。
- 洪若譯、曾致清 (2023) 追蹤澎湖的珊瑚產卵。水試專訊 83: 42-45。
- 黃小平、江志堅、張景平、于碩、劉松林、吳云超 (2018) 全球海草的中文命名。海洋學報，40 卷 4 期 127-133 頁。
- 張芳齊、韓玉山 (2021) 台灣文蛤池受外來種黑貽貝 *Mytella strigata* 入侵之首次報導。台大漁推 33: 1-5。
- 葉乙蓉 (2023) 東沙島卵葉鹽草物候與種子庫的季節性變動。國立中山大學海洋生物科技暨資源學系碩士論文，62 頁。
- 趙元寧 (2018) 澎湖卵葉鹽草生物量季節性變化及溫度與鹽度對種子發芽影響之研究。國立澎湖科技大學水產資源與養殖碩士學位論文，103 頁。
- 劉弼仁、林幸助 (2018) 東沙環礁海草生態相調查。海洋國家公園管理處委託研究計劃成果報告，155。
- 劉松林、江志堅、吳雲超、張霞黃、小平 (2021) 底質類型對熱帶海草海菖蒲種子萌發和幼苗生長的影響。應用海洋學學報，40 卷 1 期 74-81 頁。
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (1998) . Seeds : ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Elsevier.
- Bell, S. S., Fonseca, M. S., & Kenworthy, W. J. (2008) . Dynamics of a subtropical seagrass landscape: links between disturbance and mobile seed banks. *Landscape Ecology*, 23, 67-74.
- Blue future (2016) . Coastal wetlands can have a crucial role in the fight against climate change. *Nature*, 529: 255-256.
- Connolly, R. M., Jackson, E. L., Macreadie, P. I., & O'Brien, K. R. (2018) . Seagrass dynamics and resilience. In *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation* (pp. 197-212). Springer.
- De Boer, W. F. (2007). Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia*, 591, 5-24.
- Del Mar Otero, M. (2021). Manual for the creation of blue carbon projects in Europe and the Mediterranean.

- Duarte, C. M., & Chiscano, C. L. (1999). Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic botany*, 65(1-4), 159-174.
- Duffy, J. E. (2006). Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 311, 233-250.
- García-Marín, P., Cabaço, S., Hernández, I., Vergara, J. J., Silva, J., & Santos, R. (2013). Multi-metric index based on the seagrass *Zostera noltii* (ZoNI) for ecological quality assessment of coastal and estuarine systems in SW Iberian Peninsula. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1-2), 46-54.
- Hammerstrom, K. K., & Judson Kenworthy, W. (2003). A new method for estimation of *Halophila decipiens* Ostenfeld seed banks using density separation. *Aquatic Botany*, 76(1), 79-86.
- Hovey, R. K., Statton, J., Fraser, M. W., Ruiz-Montoya, L., Zavala-Perez, A., Rees, M., Stoddart, J., & Kendrick, G. A. (2015). Strategy for assessing impacts in ephemeral tropical seagrasses. *Marine Pollution Bulletin*, 101(2), 594-599.
- Japar, Sidik. B., and Zakaria, M. H. (2003). Seagrasses in Malaysia. *Seagrass Ecosystem: Resource Status*: 22-37.
- Jernakoff P, J Nielsen (1998). Plant-animal associations in two species of seagrasses in Western Australia. *Aquatic Botany*, 60, 359-376.
- Kendrick, G. A., Orth, R. J., Statton, J., Hovey, R., Ruiz Montoya, L., Lowe, R. J., Krauss, S. L., & Sinclair, E. A. (2017). Demographic and genetic connectivity: the role and consequences of reproduction, dispersal and recruitment in seagrasses. *Biological reviews*, 92(2), 921-938.
- Kuo, J., & Kirkman, H. (1996). Seedling development of selected *Posidonia* species from southwest Australia.
- Kuwae, T., Watanabe, A., Yoshihara, S., Suehiro, F., & Sugimura, Y. (2022). Implementation of blue carbon offset crediting for seagrass meadows, macroalgal beds, and macroalgae farming in Japan. *Marine Policy*, 138, 104996.
- Len McKenzie & Rudi Yoshida (2019). Seagrass-Watch: Proceedings of a workshop for monitoring seagrass habitats in Timor-Leste.
- Lin, H. J., Hsieh, L. Y., & Pi-Jen, L. I. U. (2005). Seagrasses of Tongsha Island, with descriptions of four new records to Taiwan. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46.
- Lin PJ, Ang SJ, Mayfield AB, Lin HJ. (2020). Influence of the seagrass *Thalassia hemprichii* on coral reef mesocosms exposed to ocean acidification and experimentally elevated temperatures. *Science of the total Environment*, 700: 134464. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134464
- Manez-Crespo, J., Tuya, F., Fernandez-Torquemada, Y., Royo, L., del Pilar-Ruso, Y., Espio, F., Manent, P., Antich, L., Castejon-Silvo, I., &

- Curbelo, L. (2020). Differences in abundance, meadow structure and sexual reproduction. *Marine environmental research*, 162, 105159.
- Moore, R. M. (2003). Marine sources of volatile organohalogens. *Natural Production of Organohalogen Compounds*, 85-101.
- Orth, R. J., Carruthers, T. J., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., & Olyanik, S. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience*, 56(12), 987-996.
- Orth, R. J., Heck, K. L., & van Montfrans, J. (1984). Faunal communities in seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. *Estuaries*, 7, 339-350.
- Ong, G. H. M., Lai, S., Yaakub, S. M., & Todd, P. (2020). Depauperate seed banks in urban tropical seagrass meadows. *Marine and Freshwater Research*, 71(8), 935-941.
- Park, J. I., & Lee, K. S. (2007). Site-specific success of three transplanting methods and the effect of planting time on the establishment of *Zostera marina* transplants. *Marine Pollution Bulletin*, 54(8), 1238-1248.
- Parthasarathy N, Ravikumar K, Ramamurthy K. Floral biology and ecology of *Halophila beccarii* Aschers (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*, 1988, 31(1/2): 141-151.
- Rasheed, M. A., & Unsworth, R. K. (2011). Long-term climate-associated dynamics of a tropical seagrass meadow: implications for the future. *Marine Ecology Progress Series*, 422, 93-103.
- Reusch, T. B., Ehlers, A., Hammerli, A., & Worm, B. (2005). Ecosystem recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 120(8), 2826-2831.
- Robert J. Orth, J. S. Lefcheck, K. S. McGlathery, L. Aoki, M.W. Luckenbach, K. A. Moore, M. P. J. Oreska, R. Snyder, D. J. Wilcox & B. Lusk (2020) Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. Downloaded from <https://www.science.org> on November 26, 2021.
- Serrano, O., Lovelock, C. E., Atwood, T. B., Macreadie, P. I., Canto, R., Phinn, S., Arias-Ortiz, A., Bai, L., Baldock, J., Bedulli, C., and Carnell, P. (2019) Australian vegetated coastal ecosystems as global hotspots for climate change mitigation. *Nature communications*, 10(1), 1-10.
- Short, F. T., Carruthers, T., Dennison, W., & Waycott, M., (2007) Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model.. 350 (1-2), 3–20.
- Short, F. T., Polidoro, B., Livingstone, S. R., Carpenter, K. E., Bandeira, S., Bujang, J. S., Calumpong, H. P., Carruthers, T. J. B., Coles, R. G., Dennison, W. C., Erftemeijer, P. L. A., Fortes, M. D., Freeman, A. S., Jagtap, T. G., Kamal, A. H. M., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J.,

- Nafie, Y. A. L., & Zieman, J. C. (2011) . Extinction risk assessmesnt of the world's seagrass species. *Biological Conservation* 144(7)1961-1971.
- Silander, J. A., & Pacala, S. W. (1985) . Neighborhood predictors of plant performance. *Oecologia*, 66,256-263.
- Statton, J., Sellers, R., Dixon, K. W., Kilminster, K., Meeritt, D. J., & Kendrick, G. A. (2017) . Seed dormancy and germination of *Halophila ovalis* mediated by simulated seasonal temperature changes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198, 156-162.
- Walck, J. L., Baskin, J. M., Baskin, C. C., & Hidayati, S. N. (2005) . Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. *Seed Science Research*, 15(3), 189-196.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Hughes A. R., Kendrick G. A., Kenworthy W. J., Short F. T., and Williams, S. L. (2009) .Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106(30),12377-123281.

附錄一：澎湖海草復育示範區推動計畫

第一次期中審查委員意見與回覆情形

林幸助老師意見	意見回覆
1.海草復育應同步進行碳匯相關的監測。	1.海草進行復育後，為了解海草的生長情形，海草生物量會進行監測，但底土這部分應該會在明年海草擴生後，在海草復育區和沒有海草生長的區進行底土比較。
2. 海草床退潮後水位調查是否配合潮汐大小進行？	2. 各調查海域的退潮後水位調查，均選擇最大潮汐水位退最低的日期進行。
3.水位與海草疊圖的呈現，可以再將不同種的海草加以區隔，有助於未來海草復育的推動。	3. 感謝委員的建議，如能進一步將不同海草的分布與退潮後水位加以區隔，不僅對後續海草復育有助益，也對各種海草的監測也是相當重要。我們將朝這方向來對疊圖進行修改。
4.派圖所使用的顏色要固定。	4.將依委員意見修正。
5.重光洗衣廢水如何具體解決？	5.目前澎湖縣政府已進行下水道廢水回收的施作，重光社區目前也涵蓋其間。同時也會重光洗衣廢水未處理便直接排入海域之情事，會通報環保局處理。
6.「生境」用詞應注意	6. 將依委員意見修正。
7.重光海草復育目標與碳匯量	7.初期目標仍以海草復育為主，碳匯量的估算將先參考老師團隊之結果。
蔣國平老師意見	意見回覆
1. 應掌握每種海草的生長條件與分布，才能對應現有棲地調查結果哪裡適合海草生長。	1. 感謝委員的建議，將蒐集相關資料來加以說明。
劉商隱老師意見	意見回覆
1.水深圖示如何畫出來的？	1. 係依據各測站所記錄的水深資料，並將數據套疊於地圖上，圈畫等深線後再進行修圖所製成。
2.造成南寮海草年間變化大的原	2.南寮海草床潛在復育區最大的

因為何?	擾動應該與大量的採貝活動有關。
3.多生態環境棲地海草與珊瑚之關係是否有對照組之比較?	3.本計畫主要針對海草與珊瑚之復育為主，而位於尖山的珊瑚復育區緊鄰天然海草床，故前期將著重於珊瑚的復育，後期再探討2者在生長的關聯性。
4.測線的設定是指每個網格設置3條嗎?	4.網格的部分是針對全區普查所用，再依普查之結果設置3條固定測線。
羅組長意見	意見回覆
1.南寮與城前海草床不同年間的調查，所調查的月份相同嗎?其結果是否會因此出現季節性的落差?	1.調查月間的不一樣確實有可能會造成結果的落差，這部份我們將於明年度會進行不同季節的調查，再與前期結果比較。
2.海草潛在復育區藍碳的盤點及結合在地力量的部分，請於期末提出建議。	2.遵照委員意見。

附錄二：「澎湖海草復育示範區推動計畫」第二次期中審查會議紀錄

壹、時間：112年11月20日(星期一)下午2時整

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主持人：吳副署長龍靜

紀錄：許明

雄

肆、出(列)席單位及人員：詳如簽到單

伍、業務單位說明：略

陸、受託廠商簡報：略

柒、與會人員與單位代表發言內容：詳附件

捌、結論：

本報告原則通過，請執行單位參酌各委員意見，回應說明辦理情形，並編製回應對照表納入下次期中報告附錄。

玖、散會：下午3時30分

附件：與會人員與單位代表發言內容 (依發言順序)

主辦單位報告事項：

本次期中審查廠商(農業部水產試驗所)應依契約第7條規定於112年11月15日前提出第2次期中報告，並須完成各工項執行相關進度及後續工作執行進度規劃，廠商於112年11月13日將期中報告書1式10份送達本署，所送數量、期程均符合契約規定。

蔣委員國平

委員提問	意見回覆
1. 移植區域鄰近海草分布水域，如果使海草無法順利成長原因未去除，移植效果將會受到嚴重影響。	1. 造成重光海草復育區海草流失的原因之一為禁止使用耙具採貝，目前縣府已公告禁止外，社區也有此共識。
2. 適合海草生長水域標準為何？	2. 沙底質、光照度強、水深6m以淺、海流平緩等特質。
3. 水深是以何種情況為標準，漲、退潮，大、小潮。	3. 海草復育區的水深會以大潮汐期間所記錄的漲潮與退潮的深度來表示。
4. 所有海草無法成長原因，均沒有實際數據支持。	4. 感謝委員意見，目前多以觀察、文獻與訪談等方式進行歸類與推測，未來有機會將探討與建立海草無法成長因素相關數據。
5. 本計劃執行具有相當成效，為極佳之保育計畫。	5. 感謝委員的支持。

劉委員商隱

委員提問	意見回覆
1. 甘草部分描述，後段與前段不相關 (P18)。	1. 將依委員意見進行修正。
2. 移植植株母族群來自何處 (P16)？	2. 目前移植的母族群主要來自於103年團隊在通梁淺坪所復育的海草。
3. 地下莖向外擴展如何得知 (P47)。	3. 除觀察地上部海草擴散情形外，也會使用小鏟子將所移植的海草植株產起來觀察地下莖的發展。
4. 碑礫為新入添或原本已存在 (P62)？	4. 所記錄的碑礫貝種類和數量，依殼長來判斷應屬原本就存在的族

	群。
5. 淤積砂礫刨除(括號中解釋，P66)。	5. 鎮海灣所涵蓋的村落包括岐頭、港子、鎮海及講美等4村，港子區域長期受海沙淤積造成海草覆蓋而消失，故須進行劣化棲地改善，增加海草生長空間。
6. 潮下帶海草復育成效評估(P57)。	6. 池西海草復育受地理位置影響，東北季風所帶動的湧浪過大，底質海沙擾動大，使所移植的海草流失或被覆蓋，結果顯示，本區目前不適合進行海草復育。
7. 尖山海草分布在地圖上標出(報告中有呈現)，實驗需控制組(比較，P47)。	7. 將依委員意見修正。

林委員幸助

委員提問	意見回覆
1. 如何檢討海草及珊瑚相互關係？建議參考 Liu et al. 2020年 STOTEN 報告。	1. 感謝委員之建議。
2. Garmin 便攜式無線魚探可記錄水位高度，看起來是評估海草復育地點重要之工具。	2. 深度最低限度為60cm。
3. 海草消失是否能再復育回來？解除影響因子，如泥沙移除？	3. 如以港子為例，112年將淤積海沙移除改善海草棲地環境後，應該有機會讓海草復育回來，本團隊將持續進行相關的復育與監測。
4. 底土流失(重光)是否能減緩？消波塊實驗。	4. 重光底質海沙去年受颱風擾動影響，2024年6月再檢視時，似乎有更嚴重的現象。應盡速進行相關減緩海沙流失的試驗，如委員所提設置消波塊或是蛇籠等設施。
5. 請計算復育海草之成本效益。	5. 感謝委員之建議，將於第3次期中報告或期末報告中提出相關成本分析。
6. 是否能發展更快之海草復育速度？播種方法？種子庫？	6. 目前仍以根狀莖法的海草移植方法最為成熟，同時也在探討以種子播種方式進行，尋求更加快速與

	有效的復育方式。
7. 前言海草 Sea-grass → Sea grass, marine angiosperm 可移除。	7. 依委員意見修正。
8. 全球海草種類72種？	8. 依委員意見修正。
9. 澎湖海草床流失的因素，也包括漁民採集貝類，應置入海草復育之紀錄影片。	9. 感謝委員之建議，將於第二部影片加入相關元素。
10. 澎湖海草復育示範區推動計畫執行檢核，3處海草復育區海草生長4季監測30%，有點落後？	10. 感謝委員之提醒，將加速相關的監測。
11. 生物多樣性效益是否能以單位面積量化方式呈現。	11. 感謝委員之建議，將於2024年7月至10月間使用穿測線的方式進行，並於期末報告中呈現。

吳委員龍靜

委員提問	意見回覆
1. 重光復育海草受颱風的影響如何？	1. 在中颱杜蘇芮風浪的衝擊下，本區海草床的底質海沙有明顯的流失，造成部分海草塊流失，也將影響海草向外擴展的範圍，應加速底土流失減緩試驗的進行。
2. 廢水排放、流失、採貝及養殖等因素影響海草復育的選址，建議綜合評估後，規劃復育地點的優先順序及相關配套措施，並評估所需經費。	2. 感謝委員之建議，將於期末報告中呈現。
3. 建議評估復育海草的成本，及未來技術提升後的成本降低程度。	3. 感謝委員之建議，將於第3次期中報告或期末報告中提出相關成本分析。
4. 池西的珊瑚復育成果，建議提供量化數據呈現良好成效。	4. 感謝委員之建議，相關數據將於第3次期中報告中呈現，生物多樣性將於2024年7月至10月間使用穿測線的方式進行，並於期末報告中呈現。

附錄三：「澎湖海草復育示範區推動計畫」第三次期中審查會議紀錄

壹、時間：113 年 7 月 12 日(星期五)下午 1 時 30 分

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主持人：吳副署長龍靜

紀錄：許明雄

肆、出(列)席單位及人員：詳如簽到單

伍、業務單位說明：略

陸、受託廠商簡報：略

柒、與會人員與單位代表發言內容：詳附件

捌、結論：

本報告原則通過，請執行單位參酌各委員意見，回應說明辦理情形，並編製回應對照表納入期末報告附錄。

玖、散會：下午 3 時整

附件：與會人員與單位代表發言內容 (依發言順序)

主辦單位報告事項：

本次期中審查廠商(農業部水產試驗所)應依契約第 7 條規定於 113 年 6 月 30 日前提出第 3 次期中報告，供機關辦理審查，經初步審查結果，所送期中報告內容與契約規定相符。

劉委員商隱老師

委員提問	意見回覆
1. P. III，本次為第三期中報告，非第二次。	1. 感謝委員指正。
2. 在此先嘉許團隊，在有限資源下，增加了種子庫的調查，並證實在重光海草復育區土壤裡有穩定的種子庫。	2. 謝謝委員嘉許，同時也感謝委員的指導。
3. 報告中有提及估算 T/R ratio，也有表8的結果，卻沒有後續解釋。	3. 因調查尚在進行中，相關的結果與分析將於期末報告中呈現。
4. P. 47，城前的海草覆蓋率降很多，文中指出採貝活動可能是主因，但採貝活動應該是傳統漁業行為，以前就有，是否有其他的可能因子？	4. 檢視近20年本海域並未有發生嚴重的生態事件，潮間帶海床的平掛式牡蠣養殖更在20年前就已維持目前經營樣態，而以耙具採收土嘴瓜殼菜蛤的產業活動在近10年逐漸增加，對海草床的擾動具有一定的影響，調查海域海草萎縮流失的現象，推測可能與耙具採貝具有關聯性。
5. P. 51，南寮與城前都有採貝問題，未來是否有建議解決方法？	5. 如同委員所言，採貝問題未來應該是海草床復育所要面臨主要問題之一，相關建議將於期末報告中呈現。
6. P. 56，劉、林(2018)報告中並無提出粒徑 range，是否此 range 為團隊主張？目前我的野外觀察，不同地點的底質會影響出現的海草物種，使用當地的底土粒徑來算適合生長的比例，似乎不是很合理。	6. 感謝委員指正，有關海草底質粒徑分析，將重新規畫調查，並於期末報告中呈現。
7. P. 81，由數量很少的族群推論尖山適合碑磔貝生長，似乎有點	7. 遵照委員意見辦理。

太過，另外，應加註調查面積(推論需保守一點)。	
-------------------------	--

林委員幸助老師

委員提問	意見回覆
1. 中文文獻引用在文中請以全名稱呼。	1. 遵照委員意見辦理。
2. 碳的碳匯量請引用台灣本土文獻，Marine Research 2023。	2. 遵照委員意見辦理。
3. 地上部與地下部的比例應該註記 R/S(Roots/Shoots) Ratio。	3. 感謝委員指正，並於期末報告中修正。
4. 海草物候學是重要資訊，請整理成表以便閱讀。	4. 遵照委員意見辦理。
5. 各種比較請使用統計分析顯示顯著性。	5. 遵照委員意見辦理。
6. P.40，”重光”應該是”南寮”？同樣在 P.47。	6. 感謝委員指正，並於期末報告中修正。
7. 生物資源應該量化？尤其是移植前後之差異。	7. 遵照委員意見辦理，並於期末報告中呈現。
8. 重光的洗衣場排水有何污染物質？	8. 因洗衣工廠廢水排放時間不一定，相關事件也有回報給縣府環保局，查驗人員到現場後竟回報說沒有明顯汙染現象，而未採樣送驗。
9. 重光沉積物流失的原因是什麼？可否改善。	9. 主要是受航道開挖與浚深，使海床出現高低差外，加上船舶航行所形成的湧浪，使沉積物遭沖刷而流失；其次是採貝造成海床擾動所致。可加設小型矮堤或消波塊，以改善或減緩因潮汐的漲退潮或船舶移動所造成的海浪衝擊外，同時也應要求船舶，進出重光漁港航道時須減速入，避免船速過快激起過大波浪沖刷邊坡。避免底土持續流失的現象。
10. 颱風的影響都沉積物流失？有堆積嗎？	10. 如前所述，因海床地貌具有高低差，颱風擾動後，鬆散的沉積物很容易受潮水的帶動而流向航道內，使重光海草復育區尚未發現有

	堆積的現象。
11. 移植海草後多久會長出？	11. 海草移植後，適應良好在移植後就會持續增長。
12. ㄇ型勾需要移除嗎？	12. 所使用的 U 型固定夾主要做為初移植固定海草用的輔具，如同陸上植樹後需使用圍網以及固定樁將樹幹固定住的功能相同。在海草形成新的「根錨」後，就可移除。最快可在1星期就移除，但在野外環境，生物擾動加上海流的影響下，建議海草移植至少超過1個月後，增生更多的根錨，使植株更緊固於海床上，再進行移除作業。
13. 若監測方法都是引用林幸助2019，則不需要再引用 saito & Atobe(1970)等文獻。	13. 遵照委員意見辦理，並於期末報告中呈現。
14. 若本計畫不再探討海草與珊瑚關係，則 P.5 工作項目與內容是否需修改？	14. 相關內容將於期末報告中呈現。

吳委員龍靜副署長

委員提問	意見回覆
1. 本計畫評估重光海域為海草最適復育的地方，惟現地有底質厚度不足的問題，未來若大規模推動栽植工作，可否評估可能成效？	1. 底質流失之主因要是受航道開挖與浚深，使海床出現高低差外，加上船舶航行所形成的湧浪，使沉積物遭沖刷而流失；其次是採貝造成海床擾動所致。可加設小型矮堤或消波塊，以改善或減緩因潮汐的漲退潮或船舶移動所造成的海浪衝擊外，同時也應要求船舶，進出重光漁港航道時須減速入，避免船速過快激起過大波浪沖刷邊坡。避免底土持續流失的現象。如未來要擴大規模推動復育時，建議應先針對微環境進行改善再實施。
2. 水質問題會影響海草成長，請再深入了解相關情況。	2. 重光海草復育區屬開放性水域，鄰近洗衣工廠所排放的廢水雖容易被潮水與海流擴散或稀釋，影響

	有限。但長期排放廢水的現象，未加以輔導或取締，將嚴重影響政府施政形象。
3. 海草種植成本高，可否評估每公頃所需成本？以作為本署未來促成企業 ESG 合作於復育工作之參考，而評估除地點的選擇以外，也需考量生物多樣性等科學數據。	3. 遵照委員意見辦理，並於期末報告中呈現。
4. 在技術方面，研究團隊未來開發大規模種植的規劃為何？	4. 由於潮間帶環境變化大，諸如海水潮汐的變化、漁業行為與生物的擾動、劇烈氣候所造成的機械性衝擊等因素，使潮間帶復育海草的效果常常不及亞潮帶，亟待透過海草復育技術再精進，以提升海草復育效率及避免海草植株的浪費。本團隊目前在亞潮帶所種植的海草，嘗試使用覆蓋法的方式進行海草移植，可有效抑制生物擾動與海流衝擊之影響，將脫落率降至0-5%，有效提升海草移植效率。未來也會利用此方法再加以改良使其可應用於潮間帶海草復育。
5. 請於期末報告綜整海草與珊瑚的歷年移植成果，以提供本署向外界說明近幾年海草復育成效。	5. 遵照委員意見辦理，並於期末報告中呈現。

蔣委員國平老師（書面意見）

委員提問	意見回覆
1. 本調查報告主要進行環境普查（水位及底質），海草床多樣性及分布及種子庫，希望了解潛在可能復育點。本調查報告為第三期期中報告，希望了解此一期間完成工作，但依據本調查報告，所有調查工作與成果，均將以往及前一年結果一起撰述，所以很難瞭解本期進行之工作與成果。	1. 感謝委員指正，並於期末報告中修正。
2. 目前推估環境是否適合養殖，	2. 感謝委員指正。

均著眼於底質與水位，對於溫度、鹽度及水質均無相關數據，但選址一覽表將廢水汙染等列入，似乎沒有科學依據。特別是海草養殖棲息環境非常重要，應該依照海草環境調查標準做法，收集儲水位及底質以外相關數據，如此對未來養殖區選定，或海草流失評估有所助益。	
3. 目前底質調查基本是以沙、土等大分進行，僅有重光有進行粒徑分析，依據報告粒徑對於海草成長影響很大，如果確實如此，應該所有地區均應據此進行調查。	3. 遵照委員意見辦理，並於期末報告中呈現。
4. 移植後對於覆蓋度、種類等均於調查方法中列出，但海草移植後效果，均僅有定性描述略為敘述栽植數目、覆蓋率等，沒有系統之數據呈現，應該有長期定期之觀測，長期數據才能表現出一致之效果。	4. 遵照委員意見辦理，並於期末報告中呈現。

羅委員進明組長

委員提問	意見回覆
1. P. III 標題誤繕為第二次期中報告，請更正。	1. 感謝委員指正。
2. 附錄有編至附錄 10，惟本文並未相對應有敘述，僅有 P. 86、P87 附錄五，煩請再檢視修正。	2. 感謝委員指正，並於期末報告中呈現。
3. 本計畫工作項目有探討海草與珊瑚相互關係，請問截至目前進度掌握初步成果重點為何？彼此間有何互動消長的關係？	3. 相關內容將於期末報告中呈現。
4. 有關海草復育行動方面，團隊有具體結合企業參與的實際經驗，請問在海草復育及棲地改善的工作方面，團隊認為有哪些建議可提供海保署未來推動之參考。	4. 海草復育行動目前屬剛起步階段，不論是技術面、法規面及管理面，牽涉中央與地方公部門的權責，仍有許多問題亟待解決；或是關係人包括企業與社區的需求也

	是不一而足。建議可延續本所於111年所召開海草復育 ESG 研商會之模式，邀請關係人與會討論。
5. 以目前植栽復育的方法上，團隊認為目前台灣周遭沿海，適合推廣復育的方式為何？	5. 有關海草復育的方式，目前已採用過根狀莖法草塊法及種子法等，從成本與效益來看，目前仍建議採用根狀莖法。

附錄四：「澎湖海草復育示範區推動計畫」期末審查會議紀錄

壹、時間：113年11月28日(星期四)上午10時整

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主持人：吳副署長龍靜

紀錄：許明雄

肆、出(列)席單位及人員：詳如簽到單

伍、業務單位說明：略

陸、受託廠商簡報：略

柒、與會人員與單位代表發言內容：詳附件

捌、結論：

本案期末報告原則通過。請執行單位參考委員意見修正報告書，並依契約第 7 條於期限前提送修正後之成果報告書，俾本署依契約辦理結案及撥款事宜。

玖、散會：上午12時整

附件：與會人員與單位代表發言內容 (依發言順序)

主辦單位報告事項：

本次期末審查廠商(農業部水產試驗所)應依契約第 7 條規定於 113 年 11 月 10 日前提出期末報告，供機關辦理審查，經初步審查結果，所送期末報告內容與契約規定相符。

蔣委員國平老師

委員提問	意見回覆
1. 底質環境調查在 3 個地方進行，目前只調查 1 次，其中對於海草移植最重要的底質粒徑及水深，底質粒徑基本上隨時間變化不大，可是水深會有很大變化，報告並沒有呈現相關數據，到底採樣水深如何？因為水深會隨著漲退潮變化，請標明採樣時間。	1. 感謝委員指正，底質環境調查的時間，均配合當月最低潮期間進行（參考中央氣象署）。
2. 兩種海草隨著季節變化非常明顯，春季最高與夏季最低，數字可以相差到 100~1000 倍，代表數量的變化，在不考量人為因素條件下，僅隨著環境季節變化就非常大大，此亦瞭解到為何覆蓋率冬季最低、數量秋季最低，代表對於其生活史要非常了解，只是數量與覆蓋率有矛盾現象。建議對於海草長期監測以建立相關理論基礎，亦有助於海保署未來掌握澎湖海草復育成效。	2. 謝謝委員的建議，秋季覆蓋率變成最低，主要是受颱風擾動，受沉積物覆蓋影響所致。
3. 目前看到對珊瑚復育、海草復育相關變化之推論，如珊瑚移植初期因為受到冬天環境之影響而大量死亡，均是研究者對於環境的感受，沒有數據以支持其說法，因此建議要提供相關的數據佐證。	3. 重光所復育的海草因受颱風影響，覆蓋率雖擴散有限，但穩定成長；池西與尖山所移植珊瑚覆蓋率與活存率變化之相關數據均已呈現期末報告中。
4. 前言提到「全球海洋生物所捕獲或吸收的碳，至少一半以上儲存於海岸濕地或濱海藍碳生態系當中…」，此描述內容似與一般的認	4. 感謝委員指正。

知不同，請再檢視。	
-----------	--

劉委員商隱老師

委員提問	意見回覆
1. P14，在所設置的三個樣區(S1、S2、S3)，請標註文字，以利閱讀。	1. 遵照委員意見辦理。
2. P36，海草生物量變化、材料方法中需加入生物量如何量測，另外生物量單位皆為 g 或 g/m ² 。	2. 遵照委員意見補充。
3. P56，如果以可復育面積來算，城前可能是很有潛力的地點。	3. 城前因海床地貌呈現小拱起突起和凹陷的小潮池，容易受氣候影響形成高溫環境，對海草可能會造成威脅，故未列為最優先復育地點。
4. 表 10 中的復育面積如何估算？另外選點的權重是否能有標準？	4. 各潛在復育區採網格調查的方式進行，重光每網格長寬各50m，城前與南寮長寬各100m。因各復育海域主客觀因素不盡相同，選點目前尚未有一定標準，但社區的參與度與認同感這部分會，個人會覺得是重中之重。
5. P. 88，「聖文」請修正為「聖雯」。	5. 遵照委員意見修正。
6. P81，2024 年 10 月颱風(10/1 山陀兒、10/31 康芮)對於海草的影響？	6. 池西所復育的海草已於2023年5月受冬季風浪擾，已遭沉積物所覆蓋。
7. 團隊除了地點建議外，能提出最適復育之時間。	7. 遵照委員意見辦理，將於結案報告的建議中呈現。
8. 何謂覆蓋法？	8. 指海草移植後，加蓋網片覆蓋，隔絕潛沙生物和海流的擾動，以降低海草移植的脫落率。
9. P31，現地海草床下的底質為何？	9. 海草床底質以沙為主，將於結案報告中將海沙類型地底質圖修正。

林委員幸助老師

委員提問	意見回覆
1. 三種海草生長速度一樣嗎？復育困難度是否有差異？三種海草	1. 不相同，3種海草移植後，擴展速度最快的是卵葉鹽草，其次是單

生長環境（底質）一樣嗎？	脈二藥草，而甘草在潮間帶生長相對較差，葉片常呈深褐色且庇護高度也較短，但在亞潮帶常呈綠色且庇護高度也較高。卵葉鹽草和單脈二藥草底質較相近，甘草似乎比較喜歡泥塵稍高的環境。
2. 種子庫研究成果是文獻？還是本計畫之發現？	2. 種子庫調查是本研究的成果。
3. 為什麼在重光野外沒有發現花或果實？	3. 還是有，只是沒有在所設置的調查測線上發現。
4. 南寮海草改善水文、促進海草底質之措施，可符合減量方法學。	4. 感謝委員的確認。
5. 重光海草移植之拓殖速率是否可估計？存活率？	5. 可以，主要是透過覆蓋率與生長範圍的變化。但重光受颱風擾動影響大，加上移植初期的擴展速率是緩慢的，未能在本計畫中呈現。未來可改善覆蓋法應用於潮間帶海草復育，應較容易進行估算。
6. 海草覆蓋法復育方法請詳加說明。	6. 指海草移植後，加蓋網片覆蓋，隔絕潛沙生物和海流的擾動，以降低海草移植的脫落率。
7. 復育方案是否有考量未來氣候變遷之風險？	7. 目前的復育方案先檢視過往海草床的分布，同時也探討海草流失的原因，在依各海域之特性規劃。
8. 魚類復育後之變化，應以單位面積資料呈現？	8. 遵照委員意見調整。
9. 文獻引用方式請依一般規範，例如 P93。	9. 遵照委員意見修正。
10. 建議應有一張大地圖將所有研究地點標示出來。	10. 遵照委員意見辦理，並於結案報告的材料與方法章節呈現。
11. Liu et al. (2020) STOTEN 論文仍未加入。	11. 感謝委員提供資料，豐富報告內容。

羅委員進明組長

委員提問	意見回覆
1. 期末之成果報告封面，請參照海保署的格式範例，另摘要內容請同時提供英文版。	1. 將依規定辦理。

2. 目前在計畫工項均有完成的執行內容，包括海草示範區的選址、復育行動移植海草、探討海草與珊瑚之相互關係、辦理推廣活動等。	2. 感謝委員確認。
3. 依照目前在重光海草復育區種植之海草有單脈二藥草及卵葉鹽草，以生長狀況而言，哪種海草較佳，除了季節變化，受到今年度幾次颱風、海浪的影響如何？存活率如何？	3. 重光受颱風擾動影響大，加上移植初期的擴展速率是緩慢的，成長速率與擴展率未能在本計畫中呈現。未來可改善覆蓋法應用於潮間帶海草復育，應較容易進行估算。
4. 在潛在海草復育區選址部分，P60 提到重光列為第一優先，而以面積而言，南寮佔地更高達 40 公頃，如果要朝向比較重光劃為海草保護區，據團隊所悉縣府的困難為何？	4. 重光主要是里長在103年就已提出想進行海草復育的工作，才會依社區之需求進行調查與復育。目前南寮或白坑社區尚未對南寮的海草床劃設保護區提出任何想法。未來如要進行南寮海草床之復育，將會先與2個社區進行說明，但不會以劃保護區為前提，而是先展現復育成果之後，使社區能夠認同海草的重要性再談保護區的劃設。
5. 以澎湖地區而言，低度利用漁港有多處，如要朝向輔導改種植海草的方向發展，團隊認為需具備哪些條件？有無建議的位置？	5. 低利用度漁港雖多處，但漁港多屬海水流通性較差，更是家庭廢排水注入的區域，底質多為爛泥巴，不適海草生長，多數的漁港需先進行棲地環境改善。另雖屬低利用度漁港，仍是有船舶再進出，因此根社區溝通相當重要。建議的漁港容團隊評估後再與署裡討論。
6. 目前藍碳方法學及碳抵換專案尚未完備，以推動藍碳復育工作而言，如何在以生態恢復的出發點，鼓勵企業結合 ESG 及認養投入資源共同合作，團隊執行經驗有何建議？	6. 目前國內以海草藍碳做為發展的效益不高，建議以生物多樣性根增裕漁業資源為主軸，並輔以社區參與與創生，共同創造企業、社區及公部門3贏局面。
7. 本報告在建議部分 P121~123有提出許多海草復育的寶貴意見，也提到海草移植活動時，因參與民眾不能掌握種植之要領，使得無效移	7. 感謝委員建議，目前已有撰寫海草復育手冊之規劃。另執行海草復育及企業 ESG 也發現一些問題，也是亟待貴署與地方政府一起討

植的比例大增，造成植株的浪費，是否能根據團隊的執行經驗，製作海草復育的 SOP，以方便後續相關單位參考，並能助於教育民眾觀念的養成。	論的事務，待相關問題彙整後，再另找時間與貴署討論與因應。
8. 本計畫有探討海草與珊瑚相互關係，根據 P93說明海草與珊瑚混生複合式的棲地環境，不僅具有共生共榮的關係，在生物多樣性的歧異度與豐度也具有正向意義，此對於海洋生態棲地復育的工作上有何啟示，未來相關單位在推動海草及珊瑚復育增殖的方向上，團隊認為可以有哪些建議，請於本文建議事項補充說明。	8. 遵照委員意見辦理，並於結案報告的建議中呈現。

吳委員龍靜副署長

委員提問	意見回覆
1. 南寮突堤興建對於海草床復育將有很大之效益，可否估算其工程成本？此概估經費可提供未來邀請企業以 ESG 方式參與海草復育或估算碳匯價值之參考。	1. 初期不建議興建突堤，可規劃以砂矸蛇籠袋的形式來看看其效果。未來也可經由 ESG 專案來推動並結合社區一起參與。
2. 海草床復育可能與在地居民活動衝突，重光海域是否可能排除？依團隊對在地之瞭解，是否可能於澎湖擇一海域推動海草床復育，並與在地居民溝通及達成共識之可能？或是將海草復育與在地居民需求進行區隔之可能性？	2. 目前與貴署討論的南寮潛在復育區有可能朝副署長所指示的方向去進行。
3. 澎湖池西珊瑚復育監測成果，顯示該棲地無外來種，因此人工復育是必要的，又珊瑚覆蓋率為28%，是否有必要於此棲地擴大復育規模及提高覆蓋率？以及可進行復育之面積大小？	3. 提高池西珊瑚礁的覆蓋率，將有助於新生苗的入添，建議可持續進行復育增加珊瑚的面積。 池西的珊瑚復育區範圍內主要以沙質地為主，散布著許多獨立礁體，面積從100-5000m ² 都有，這些獨立礁均可進行珊瑚移植。

4. 為利呈現海草床及珊瑚等復育成效，是否可提供生物多樣性比較參考點？	4. 可比對前期在池西海域所完成的環境調查，做為復育效益評估之比較。相關資料將於結案報告中呈現。
5. 根莖法依團隊評估目前是海草種植之最佳方法，未來若推動大規模種植，種苗來源是否足夠？技術上是否可行？	5. 不論未來是否採用根狀莖法、草塊法或是種子法等海草復育方式，其對原海草床均會造成一定程度的擾動，目前團隊的做法是建立海草復育用的種源庫，降低對海草床的擾動。

附錄五：南寮潛在海草復育區螺貝類



黑唇玉螺 *Mammilla melanostoma*



土嘴瓜殼菜蛤
Modiolus metcalfei



黑斑鳥尾蛤
Vasticardium nigropunctatum



牙白鏡文蛤
Phacosoma troscheli



歪簾蛤
Anomalocardia squamosa



厚殼縱簾蛤
Gafrarium tumidum



唱片縱簾蛤
Circe scripta



斜肋縱簾蛤
Gafrarium pectinatum



硬殼淺蜊
Tapes blecheri



黃文蛤
Pitarina sulfureum

重光海草床復育活動-打造海洋生物一個家

企劃書

一、計畫緣由

行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心 (以下簡稱本中心) 近年來投入相當多心力進行澎湖沿岸海域海草相關調查研究與復育。研究過程中也發現因人為因素或全球氣候變遷影響，導致供給海洋生物幼生的食物來源或提供躲棲的海草床大量流失，因而衝擊到漁業資源之結構與海洋生物的多樣性降低，尤以澎湖內海最為明顯與嚴重。

有鑑於此，海洋保育署於今 (2023) 年委託本中心所執行「澎湖海草復育示範區推動計畫」(以下簡稱本計畫)，將辦理 2 年 2 場次的復育活動。旨在提升海洋保育意識外，更要強化海草床生態之重要性與復育推廣。「重光海草復育示範區」為澎湖縣政府依社區之需求所畫設的臺灣第一座的海草復育示範區，旨在避免因使用耙具採貝破壞海草床。為更積極達到海草復育之目的，第一場次的復育活動，特別邀請社區民眾參與海草復育，以彰顯政府對示範區之重視，並藉由與社區民眾面對面的說明海草床生態系與漁業資源的重要性，以達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。

二、計畫目標

1. 辦理「澎湖海草床今昔與重光海草床復育」專題演講 1 場次。
2. 偕同社區民眾至「重光海草復育示範區」辦理海草復育活動 1 場次。
3. 海草復育區導覽。

三、主辦單位：行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心
行政院海洋委員會海洋保育署

四、合辦單位：澎湖縣政府、重光里里長辦公室

五、活動日期：2023 年 6 月 6 日 (星期二) 15：00-18：00

六、活動參與對象：重光社區民眾

七、活動地點：重光活動中心及重光海草床復育區

八、活動內容：

(一) 活動行程表

時間	活動內容	備註	
14：45-15：00	報到		重光活動中心
15：00-15：15	來賓致詞	海保署 水試所 澎湖縣政府 行政院南部聯合服務中心陳慧玲副執行長里長	
15：15-16：30	重光海草床復育專題演講	冼宜樂	
16：30-16：45	耆老對談（重光海草床今昔）		
16：45-17：30	打造海洋生物一個家-海草移植活動		
17：30-18：00	重光海草床復育區導覽		
18：00	賦歸		

(二) 當日乾潮時間與水位： 19：18；-146 (資料來源：中央氣象局)

「虎井」及「港子」社區海草教育推廣活動 企劃書

一、計畫緣由

農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心（以下簡稱本中心）近年來投入相當多心力進行澎湖沿岸海域海草相關調查研究與復育。研究過程中也發現因人為因素或全球氣候變遷影響，導致供給海洋生物幼生的食物來源或提供躲棲的海草床大量流失，因而衝擊到漁業資源之結構與海洋生物的多樣性降低，尤以澎湖內海最為明顯與嚴重。有鑑於此，海洋保育署於今（2023）年委託本中心所執行「澎湖海草復育示範區推動計畫」（以下簡稱本計畫），將辦理 2 年 6 場次的復育活動。旨在提升海洋保育意識外，更要強化海草床生態之重要性與復育推廣。

「虎井」為澎湖縣政府農漁局於 110 年度依社區之需求，開始針對虎井海草復育進行調查的前置作業，並於 111 年於虎井西側舊港內進行海草床復育試驗，由本中心移植了 100 平方公尺。歷經 1 年後，所復育海域海草已擴展近 900 平方公尺，且生長情形良好。

「港子」為臺灣潮間帶重要的海草床所在區域，經社區反應近年因海砂淤積而影響到海草的生長，澎湖縣政府農漁局於本（112）年度依社區之需求，委由本中心進行海草床淤積砂礫刨除試驗，相關作業已於 10 月 18 日施作完成，同時也將試驗海域劃設為「海草復育區」，後續將會針對所清淤之海域進行海草復育。

為保護與強化「虎井」已復育海草床之效能及推動「港子」砂礫刨移海域後續海草復育。將於上述 2 個社區，各辦理 1 場次的海草教育推廣，以彰顯政府對海草復育之重視，並藉由與社區民眾面對面的說明海草床生態系與漁業資源的重要性，以達到海草復育與

資源增裕之教育推廣目的。

二、計畫目標

辦理「虎井」及「港子」2 個社區海草教育推廣專題演講各 1 場次。

三、主辦單位：農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

四、合辦單位：海洋委員會海洋保育署、澎湖縣政府農漁局、虎井社區發展協會、港子社區發展協會

五、活動日期：

(一) 虎井社區：2023 年 11 月 3 日 (星期五) 10 時-12 時

(二) 港子社區：2023 年 11 月 4 日 (星期六) 10 時-12 時

六、活動參與對象：社區民眾

七、活動地點：

(一) 虎井社區活動中心

(二) 港子社區活動中心

八、活動內容：

活動行程表

(一) 虎井社區海草教育推廣活動

時間	活動內容	備註	
09：30-10：00	報到	虎井社區活動中心 (11 月 3 日)	虎井活動需搭乘交通船，11 月 3 日當日交通船資訊如下：馬公到虎井 (9：30)；虎井到馬公
10：00-10：15	來賓致詞	海保署 水試所 澎湖縣政府農漁局	
10：15-11：50	海草教育推廣專題演講	冼宜樂	

11：50-12：00	耆老對談		(11：30)。
12：00	賦歸		

[交通船時間表-澎湖縣馬公市公所 \(penghu.gov.tw\)](http://penghu.gov.tw)

(二) 港子社區海草教育推廣活動

時間	活動內容	備註	
09：00-09：30	報到	港子社區活動中心（11月4日）	
09：30-09：35	來賓致詞	海保署 水試所 澎湖縣政府農漁局	
09：35-11：50	海草教育推廣專題演講	冼宜樂	
11：50-12：00	耆老對談		
12：00	賦歸		

青灣海草床復育暨沙蟹種苗放流活動企劃書

三、計畫緣由

農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心（以下簡稱本中心）近年來投入相當多心力進行澎湖沿岸海域海草相關調查研究與復育。研究過程中也發現因人為因素或全球氣候變遷影響，導致供給海洋生物幼生的食物來源或提供躲棲的海草床大量流失，因而衝擊到漁業資源之結構與海洋生物的多樣性降低，尤以澎湖內海最為明顯與嚴重。

有鑑於此，海洋保育署於去（2023）年委託本中心所執行「澎湖海草復育示範區推動計畫」（以下簡稱本計畫），規劃辦理2年2場次的復育活動。旨在提升海洋保育意識外，更要強化海草床生態之重要性與復育推廣。去年已於「重光海草復育示範區」帶領社區民眾辦理海草復育活動。為使海草復育活動廣為人知，本年度透過教育系統邀請澎湖縣馬公市風櫃國小及鎮海國中的師生體驗與參與，期待海草復育活動能向下紮根，彰顯政府對海草復育之重視，並達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。

四、計畫目標

4. 辦理「青灣海草床復育活動」1場次。
5. 辦理沙蟹種苗放流(視沙蟹種苗培育情況適時辦理)及海草復育區導覽。

三、主辦單位：農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

行政院海洋委員會海洋保育署

四、合辦單位：澎湖縣政府、風櫃國小及鎮海國中

五、活動日期：2024年4月8日（星期一）14：00-16：00

六、活動參與對象：澎湖縣馬公市風櫃國小及鎮海國中師生

七、活動地點：青灣種原庫及青灣海草復育區

八、活動內容：

(一) 活動行程表

時間	活動內容	備註	
09 : 00-13 : 50	前置作業 1. 海草植株製作(冼宜樂) 2. 收集沙蟹種苗(王俊堯)	青灣種原庫	
13 : 50-14 : 00	報到		青灣種原庫一樓會議室
14 : 00-14 : 10	來賓(長官)致詞	海保署 水試所 風櫃國小校長 鎮海國中校長	
14 : 10-14 : 30	海草移植作業說明		
14 : 30-15 : 30	打造海洋生物一個家-海草移植活動	冼宜樂 王俊堯	青灣海草床復育區
15 : 30-15 : 50	沙蟹種苗放流及青灣海草復育區導覽		
15 : 50-16 : 00	合影		
16 : 00	賦歸		

(二) 當日乾潮時間與水位： 16 : 57 ; -124(資料來源中央氣象署)

「龍門國小」及「紅羅社區」海草與珊瑚教育推廣活動

企劃書

一、計畫緣由

澎湖擁有寬廣的潮間帶，多由珊瑚礁、海草床或藻床等生物棲地所構成，是支持澎湖海域海洋生物豐富食物與棲息空間，孕育出澎湖海洋生物多樣性與豐富的漁業資源的重要棲地環境。近年澎湖面臨全球暖化、氣候變遷、過漁及觀光需求等問題，生物棲地也面臨許多危機，如澎湖面北海域的珊瑚遭受破壞，造成大量珊瑚殘骸淤積於淺坪；如鎮海灣（包括講美、鎮海、港子及岐頭）、城前、南寮或重光的潮間帶，生長在沙泥質的海草床受海堤興建、航道開挖與清淤及耙貝採貝等因素影響而流失，使可供生物躲棲的立體空間萎縮，棲地功能逐漸消失，導致生物多樣性降低，漁業資源也持續減少中。已劣化的海洋生物棲地環境之改善已到刻不容緩之時刻。

農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心（以下簡稱本中心）近年來投入相當多心力進行澎湖沿岸海域海草與珊瑚之復育。本年度也執行海洋保育署「澎湖海草復育示範區推動計畫」及澎湖縣政府農漁局「113年二崁珊瑚復育棲地監測宣導教育及復育區整治監工指導計畫」，均需辦理「海草復育推廣活動」及「珊瑚復育宣導教育與社區生態響導培力活動」，旨在提升海洋保育意識外，更要強化海草床及珊瑚淺坪生態之重要性與復育推廣。

本企劃案將於湖西鄉進行前述之宣講活動，主要辦理對象包括學校師生（龍門國小）與社區民眾（紅羅社區），分別辦理海草宣講及珊瑚教育推廣各1場次，以彰顯政府對生物棲地復育之重視，並藉由與師生及社區民眾面對面的說明海草床及珊瑚淺坪生態系與漁業資源的重要性，以達到海草復育與資源增裕之教育推廣目的。

二、計畫目標

針對「龍門國小」及「紅羅社區」辦理海草及珊瑚復育等 2 個主題教育推廣專題演講各 1 場次。

三、主辦單位：農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

四、合辦單位：海洋委員會海洋保育署、澎湖縣政府農漁局、龍門國小、紅羅社區發展協會

五、活動日期：

(一) 龍門國小：2024 年 10 月 28 日 (星期一) 13 時-16 時

(二) 紅羅社區：2024 年 10 月 29 日 (星期二) 09 時-12 時

六、活動參與對象：學校師生及社區民眾

七、活動地點：

(一) 龍門國小

(二) 紅羅社區活動中心

八、活動內容：

(一) 2024 年 10 月 28 日龍門國小活動行程表

時間	活動內容	備註
13：00-13：30	會場準備及報到	龍門國小
13：30-13：40	來賓致詞	龍門國小校長 海保署 澎湖縣政府農漁局
13：40-14：30	海草教育推廣專題演講	冼宜樂
14：30-14：40	休息	
14：40-15：30	澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育-以二崁為例	冼宜樂
15：30-16：00	雙向交流	
16：00	賦歸	

(二) 2024 年 10 月 29 日紅羅社區活動行程表

時間	活動內容	備註
08：30-09：00	會場準備及報到	紅羅社區活動中心。
09：00-09：10	來賓致詞	社區理事長 村長 海保署 澎湖縣政府農漁局
09：10-10：20	海草教育推廣專題演講	冼宜樂
10：20-10：30	休息（茶敘）	
10：30-11：40	澎湖劣化棲地改善與珊瑚復育-以二崁為例	冼宜樂
11：40-12：10	雙向交流（與耆老對談）	
12：10	賦歸	

九、經費預算

項次	經費科目	項 目	說 明	小計
1	一般事務費	誤餐費 （西點餐盒）	35 人*100 元=3,500 元 （龍門國小）	\$3,500
		誤餐費 （西點餐盒）	70 人*100 元=7,000 元 （紅羅社區）	\$7,000
		茶點	1 場次=2,000 元	\$2,000
		飲料	1 場次=2,000 元	\$2,000
2	保險	保險費	活動期間保費=10,000 元/場，共計 2 場	\$20,000
3	租金	餐具租金	1 場次=2,500 元	\$2,500
合 計				\$37,000