

111-C-55

111-112 年珊瑚監測調查計畫

期末報告

受 託 廠 商：國立海洋生物博物館

計畫主持人：國立海洋生物博物館 樊同雲 博士

研究人員：國立海洋生物博物館 鄭庭卉 江名祺

藍國維 張軒慈

邱郁婷 葉宗旻

陳冠言 譚之叡

鄭群學 王睦翔

張育綺 商皓惟

海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫
中華民國 112 年 12 月

目錄

圖目錄.....	5
表目錄.....	7
中文摘要.....	9
Abstract.....	10
第一章 前言.....	11
第二章 研究方法	17
一、珊瑚監測調查	17
(一)召開諮詢會議，訂定珊瑚監測調查地點(111 年)	17
(二)擇定珊瑚監測調查方法(111 年)	22
(三)統計方法	25
(四)進行珊瑚監測調查	25
二、珊瑚礁 3D 監測調查	26
(一)水下攝影作業	27
(二)三維建模作業	31
(三)立體結構量化作業	34
(四)珊瑚群體形態分類及珊瑚覆蓋率、群體尺寸分析方法	35
(五)結構複雜度計算方式	36
三、協助辦理珊瑚相關行政業務	37
第三章 結果.....	39
一、珊瑚監測調查	39
(一)線上問卷統計	39
(二)線上諮詢會議召開結果	42
(三)確立珊瑚監測調查地點、珊瑚監測調查方法與後續變更事項說明	43
(四)111-112 年珊瑚監測調查結果	49
北部及東北部.....	51
東部.....	67

綠島.....	76
蘭嶼.....	86
南部.....	97
小琉球.....	106
澎湖.....	114
111 年全臺監測資料彙整	123
112 年全臺監測資料彙整	135
(五)其他調查事項說明	151
二、珊瑚礁 3D 監測調查	152
(一)三維建模作業成果	154
(二)珊瑚覆蓋率計算	154
潮境.....	158
石梯坪.....	159
萬里桐.....	161
(三)珊瑚群體尺寸分布統計	163
(四)結構複雜度計算	166
(五)兩年間樣區變化案例	169
(六)萬里桐珊瑚礁 3D 調查歷史比較	172
三、協助辦理珊瑚相關行政業務	174
(一)協助海保署修訂臺灣珊瑚保育計畫(草案)	174
(二)民眾珊瑚白化回報彙整結果	174
(三)其他協助事項說明	180
第四章 討論.....	182
一、北部及東北部、澎湖	182
二、綠島、蘭嶼	183
三、南部、小琉球及東部	183
四、全臺地點珊瑚覆蓋率現況	183
五、3D 監測.....	185
六、近十年珊瑚覆蓋率變化	185

七、生存威脅	188
(一)人為干擾	188
1. 過度捕撈	188
2. 陸源污染與不當活動	189
3. 船隻錨定和觸礁擋淺	189
4. 防曬產品	190
(二)海洋污染與生態失衡	190
1. 沉積物污染	190
2. 廢水污染	190
3. 石油污染	191
4. 天敵與疾病	192
(三)氣候變遷	192
1. 海洋熱浪	192
2. 寒害	196
3. 颱風	196
八、保育行動	198
(一)法令規範	198
1. 定期檢討保育類珊瑚物種	198
2. 海洋保護區的增加與強化管理	199
3. 執法落實	201
(二)調查與監測	201
1. 多元調查監測方法的介紹	201
2. 建立監測合作網絡	203
(三)棲地保護與保育	203
1. 庇護所	203
2. 陸源污染管理	204
第五章 各項工作執行進度及後續工作執行進度規劃	205
第六章 結論與建議	209
參考文獻	210
附錄一、線上問卷調查範本	227
附錄二、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」審查會議委員意見回覆	233

附錄三、問卷內容結果統計	239
附錄四、調查監測函發文範本	247
附錄五、海保署同意變更監測地點來函	249
附錄六、海保署同意變更工作執行計畫書來函	250
附錄七、珊瑚監測地點於 Google Earth 上定位圖	251
附錄八、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」第一次期中審查會議委員 意見回覆	257
附錄九、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」第二次期中審查會議委員 意見回覆	262
附錄十、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」第三次期中審查會議 委員意見回覆	269
附錄十一、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」期末審查會議委員意見 回覆	273

圖目錄

圖 1、3D 監測所需物品與地面控制點規格。	30
圖 2、3D 監測拍攝及牛耕式路徑示意圖。	31
圖 3、Agisoft Metashape 操作介面。	33
圖 4、珊瑚形態分類及圖徵對應顏色。	36
圖 5、線性粗糙度計算方式。	36
圖 6、各調查地點位置圖。	50
圖 7、潮境淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	53
圖 8、深澳淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	55
圖 9、野柳(國聖埔)淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。 ..	58
圖 10、外木山淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	60
圖 11、龍洞北邊淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	62
圖 12、鼻頭角公園淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	64
圖 13、卯澳淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	66
圖 14、石梯坪淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	69
圖 15、豆腐岬淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	71
圖 16、杉原淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	73
圖 17、基翹淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	76
圖 18、石朗淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	78
圖 19、石朗軟珊瑚主要類別。	78
圖 20、柴口淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	81
圖 21、將軍岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	83
圖 22、公館(公館鼻)淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。 .	85
圖 23、玉女岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	88
圖 24、土地公廟淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成。	90
圖 25、母雞岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	92
圖 26、雙獅岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	94
圖 27、小涼亭(軍艦岩)淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	97
圖 28、出水口淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	99
圖 29、後壁湖淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	101
圖 30、合界淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	103
圖 31、萬里桐淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	105
圖 32、杉福淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	108
圖 33、厚石裙礁淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	110
圖 34、花瓶岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	112
圖 35、美人洞淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。	114

圖 36、山水港淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。.....	116
圖 37、青灣外灣淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。.....	119
圖 38、杭灣淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。.....	121
圖 39、月鯉灣淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。.....	123
圖 40、111 年珊瑚群聚發展現況。.....	127
圖 41、111 年全臺淺礁與深礁底棲群聚結構及珊瑚屬類別組成比例。.....	129
圖 42、111 年全臺淺礁與深礁珊瑚屬多樣性。.....	130
圖 43、111-112 年全臺地點分佈圖。.....	131
圖 44、111 年珊瑚群聚主成份分析圖。.....	131
圖 45、112 年珊瑚群聚發展現況。.....	139
圖 46、112 年全臺淺礁與深礁底棲群聚結構及珊瑚屬類別組成比例。.....	141
圖 47、112 年全臺淺礁與深礁珊瑚屬多樣性。.....	142
圖 48、112 年珊瑚群聚主成份分析圖。.....	143
圖 49、112 年 5 月南方四島東嶼坪西側和西嶼坪北側影像紀錄。.....	152
圖 50、各樣區正射影像鑲嵌圖和樣區範圍。.....	157
圖 51、潮境樣區於 ArcMap 與 ArcGIS 圈選珊瑚群體示意圖。.....	158
圖 52、潮境樣區珊瑚群體覆蓋率圖表。.....	159
圖 53、石梯坪樣區於 ArcMap 與 ArcGIS 圈選珊瑚群體示意圖。.....	160
圖 54、石梯坪樣區珊瑚群體覆蓋率圖表。.....	161
圖 55、萬里桐樣區於 ArcMap 圈選珊瑚群體示意圖。.....	162
圖 56、萬里桐樣區珊瑚群體覆蓋率之兩年比較圖表。.....	163
圖 57、各樣區珊瑚群體尺寸分布。.....	165
圖 58、各樣區分枝形珊瑚消長情形比例。.....	166
圖 59、於各樣區數值高程模型上畫出 100 條相互交錯的幾何直線示意圖。紅色為淺處，藍色為深處。.....	168
圖 60、潮境樣框內珊瑚群體急遽變化案例。.....	170
圖 61、潮境樣框內珊瑚群體急遽變化案例。.....	170
圖 62、萬里桐樣框內珊瑚群體急遽變化案例。.....	171
圖 63、陳的碩士論文 109 年萬里桐 3D 監測地點(編號 9)及樣區於 ArcMap 圈選珊瑚群體樣貌。截圖自其碩士論文圖四。.....	173
圖 64、111 年民眾珊瑚白化回報照片及說明。.....	178
圖 65、112 年民眾珊瑚白化回報照片及說明。.....	180
圖 66、協助辦理「珊瑚網暨珊瑚移植工作坊」影像紀錄。.....	181
圖 67、臺灣夏季與冬季洋流分布圖。.....	182
圖 68、歷年週熱化度數在北臺灣(A)、南臺灣(B)和東沙(C)的變化圖。.....	195
圖 69、臺灣南部出水口珊瑚受颱風影響而傾倒或斷裂在沙地上。.....	197

表目錄

表 1、本團隊 110 年調查結果在各區域、地點和深度的珊瑚覆蓋率(%)、珊瑚 (硬珊瑚與軟珊瑚)/藻類(大型藻與毛叢藻)比例、以及發展現況。硬珊瑚為 包括石珊瑚、藍珊瑚和水螅珊瑚等堆積許多碳酸鈣骨骼而質地堅硬的珊瑚 總稱。	19
表 2、各區域地點初估表。	21
表 3、珊瑚調查與分析方法比較。	22
表 4、3D 監測水下作業流程表。	30
表 5、三維建模各個步驟參數設定表。	33
表 6、ArcMap 與 ArcGIS 操作功能一覽。	35
表 7、線上諮詢問卷各地點統計結果。	40
表 8、111-112 年珊瑚監測調查確立地點(變更前)。	43
表 9、111-112 年珊瑚監測調查候補地點。	44
表 10、監測地點變更說明。	44
表 11、111-112 年變更後珊瑚監測調查確立地點。會監測的地點以 V 表示。 .	46
表 12、各調查地點陸上經緯度座標。	50
表 13、111 年各區域珊瑚平均覆蓋率一覽。	127
表 14、111 年特徵向量係數表	132
表 15、110 年與 111 年全臺珊瑚群聚發展現況比較表。—：無資料。	132
表 16、112 年各區域珊瑚平均覆蓋率一覽。	139
表 17、112 年特徵向量係數表	143
表 18、111 年與 112 年全臺珊瑚群聚發展現況比較表。—：無資料。	144
表 19、111-112 淺礁硬珊瑚覆蓋率之比較表。	146
表 20、111-112 深礁硬珊瑚覆蓋率之比較表。	148
表 21、3D 監測地點經緯度及 Google Earth 上位置。	152
表 22、量化模型基本資料。	154
表 23、潮境樣區珊瑚群體絕對面積及覆蓋率數值。	159
表 24、石梯坪樣區珊瑚群體絕對面積及覆蓋率數值。	160
表 25、萬里桐樣區珊瑚群體絕對面積及覆蓋率數值。	162
表 26、各樣區線性粗糙度度與珊瑚覆蓋率、主要珊瑚形態組成比較。	168
表 27、本計畫萬里桐珊瑚礁 3D 監測數據與陳的碩士論文編號 9 區域的 3D 監 測數據比較。編號 9 區域數據引自陳的碩士論文。	173
表 28、111 年民眾珊瑚白化回報彙整表。「？」為回報者未提供資料。	175
表 29、112 年民眾珊瑚白化回報彙整表。「？」為回報者未提供資料。	178
表 30、臺灣近十年珊瑚調查主要的文獻與調查地區。依年代由近至遠排列。 V：有資料。環資：台灣環境資訊協會。	186
表 31、歷年週熱化度數最大值在北臺灣、南臺灣和東沙的資料。數值介於	

4.0~7.9 之間以橘色標記，8.0 以上以紅色加底線標記。	195
表 32、珊瑚監測調查方法比較表。	202

中文摘要

本計畫於 111 至 112 年，每年利用橫截線照相調查法監測臺灣本島之北部及東北部、東部、南部，以及離島地區之綠島、蘭嶼、小琉球和澎湖的淺礁和深礁等 31 地點，共 62 組樣點的珊瑚礁底棲群聚結構。根據珊瑚覆蓋率和珊瑚/藻類比例分級礁區狀況，兩年結果比較顯示失能減少 1 組、衰退增多 4 組、穩定減少 3 組、健康增多 1 組，全臺珊瑚平均覆蓋率為 35.1 和 38%，顯示兩年之間整體礁區狀況相似。此外，3D 監測潮境、石梯坪和萬里桐固定樣區珊瑚的覆蓋率、型態、結構複雜度和群體消長情形，結果也顯示兩年間相似。因此，臺灣雖然歷經 111 年海洋熱浪引發的全臺珊瑚大白化事件，但約有 61% 礁區的珊瑚仍維持穩定和健康。然而，112 年臺灣歷經 5 次颱風登陸並對珊瑚造成破壞，但尚未評估影響程度，因此強烈建議後續的珊瑚監測應每年進行，尤其是珊瑚衰退與失能較多的地區，包括北部及東北部、南部、和小琉球；而由於小琉球和綠島的環境開發與人為影響日益嚴重，也建議增加花瓶岩和柴口列入 3D 監測樣點，以對臺灣高價值的珊瑚資源保育成效能夠有效掌握和及時改善，促進永續發展。

Abstract

The coral communities at both shallow and deep areas of 31 sites (totally 62 areas) in northern, eastern, and southern Taiwan as well as off-islands including Green Island, Orchid Island, Xiaoliuqiu, and Penghu Islands were annually monitored during 2022-2023 using photo-transect method. The status of coral ecosystems were classified according to coral coverage and coral/algae ratio. Comparison of the two-year results showed that disability decreased by 1 area, decline increased by 4 areas, stable decreased by 3 areas, and health increased by 1 area. The overall coral mean cover were 35.1% and 38% in 2022 and 2023, respectively, suggesting similar coral statuses between the two years. Furthermore, results of 3D coral monitoring, including coral cover, colony forms, structural complexity, and colony changes in permanent quadrats at Chaojing, Shitiping, and Wanlitong were also similar between the two years. Although a marine heatwave induced Taiwan-wide mass coral bleaching event occurred in 2022, 61% of coral areas still remained stable and healthy. However, Taiwan experienced five typhoons which caused damage to corals in 2023, but the impact has not been assessed. Therefore, it is strongly recommended that subsequent coral monitoring should be conducted every year, especially in regions with more areas declined and disabled such as northern and southern Taiwan as well as Xiaoliuqiu. In addition, Huapingyan at Xiaoliuqiu and Chaikou at Green Island are suggested to conduct the 3D monitoring due to the increasing environmental development and human impact. It is hoped that these conservation efforts will promote the sustainable development of Taiwan's high-value coral resources.

第一章 前言

珊瑚是全球珊瑚礁和臺灣沿海最重要的基石底棲生物類群之一，珊瑚生態系包括熱帶珊瑚礁和亞熱帶珊瑚群聚等。珊瑚礁具有建造陸地、保護海岸、孕育生物多樣性、維持漁業資源、穩固社會發展、推動生態旅遊、促進藍色經濟、培育海洋文化等的極高價值、功能與服務(Bostrom-Einarsson et al., 2020; Goergen et al., 2020; Shaver et al., 2020; Reverter et al., 2022)，並成為自然生態與人類社會重要的資產(Maynard et al., 2017, 2019; Woodhead et al., 2019)。珊瑚礁高生物多樣性、高生產力、高生物量等特性，以及多元功能，如維持生態平衡、食物和藥物、觀賞休閒、觀光遊憩、以及教育和研究等，使其總經濟價值高，每年每平方公里價值估計可達美金 10-60 萬元；卻也是所有海洋生態系中在受損後修復成本最高的(West & Salm, 2003; De Groot et al., 2013)，並且復育一株珊瑚的成本估計為美金 10-35 元(dela Cruz & Harrison 2020)。

然而，全球珊瑚的數量在近數十年正在快速減少，有些種類甚至面臨滅絕風險。珊瑚衰退的主要原因包括遭受不當的人為活動，如過漁、陸源的沉積物和廢水污染、非法或錯誤的海域遊憩行為等，以及氣候變遷，包括海洋熱浪、強烈颱風增加、海平面上升、海洋酸化等(樊, 2012a, 2012b; 葉與樊, 2019; Bostrom-Einarsson et al., 2020; Goergen et al., 2020; Shaver et al., 2020; Reverter et al., 2022)。據估計全球珊瑚礁的 33-50% 已完全衰退，許多地區甚至已失去一半或更多的活珊瑚覆蓋面積(McCauley et al., 2015; Eddy et al., 2021)，並且有三分之一的造礁珊瑚種類在國際自然保育組織 IUCN 紅皮書列為滅絕風險程度升高(Carpenter et al., 2008 Hughes et al., 2014)。珊瑚礁由以珊瑚為優勢的健康狀態，衰退相變為以藻類為優勢。

海洋保護區(Marine Protected Area)是最普遍應用與有效管理人為干擾的方式，能夠提升保護生物多樣性和魚類物種的生物

量，增加食藻動物而使食物網與營養階層完整，也可以增強珊瑚礁群聚面對自然的干擾，包括珊瑚大白化、珊瑚疾病、棘冠海星大爆發、和颱風等的恢復力，進而改善當地社區的經濟收益(Edgar et al., 2014; Mellin et al., 2016; Hargreaves-Allen et al., 2017)。不過，海洋保護區仍然會受到海洋異常暖化和污染的衝擊，因而降低保護的成效。因此全力保護高恢復力礁區不受人為污染和破壞，以強化其抵抗氣候變遷的衝擊，並在受創之後能夠加速復原，是珊瑚礁長期有效經營管理的最優先工作(Maynard et al., 2017; Bruno et al., 2019)。

臺灣的海洋保護區或漁業資源保育區與漁業管理已有一些研究案例，例如墾丁的後壁湖(Tkachenko & Soong 2010; Yang et al., 2013)、綠島(Yang et al., 2011)、澎湖群島的青灣(Hsieh et al., 2007; Shih & Chiau, 2009)、澎湖南部群島(Wu & Tsai, 2016)、龜山島(Chuang et al., 2013)等。整體而言，地理環境、生物生態和社會經濟因素等，都對於海洋保護區的成功與否扮演重要角色，而如何從同質的漁村轉型為不同產業，如觀光旅遊，且高度分化的社會、利害關係人之間的利益衝突如何通過共享信息來解決、政府機構、產業、學術教育機構和非政府組織等利害關係人之間如何保持動態平衡…等，都是需要自然科學與社會科學跨領域合作共同解決(Chang et al., 2012; Yang et al., 2013; Wang et al., 2014; Chang et al., 2018)。臺灣目前的海洋保護區面積僅覆蓋臺灣領海面積的 8.38%，低於愛知目標 11 的 2020 年海洋保護區覆蓋率達到 10% 的目標(海保署，2022)，因此需要在海洋保護區的面積擴大，以及區域內生物資源，如珊瑚等的變化與造成原因有所掌握，以有效管理而提升保育成效(Chung & Jao, 2022)。

海洋暖化衝擊是造成全球造礁珊瑚大量減少的主要因素之一，過去已分別在 1998、2010、2015-2016 和 2020 年發生全球性的珊瑚大白化和死亡事件(McCauley et al., 2015; van Woesik et al., 2022)；海洋熱浪已被認為是全球，包括臺灣，珊瑚所面臨最急迫的威脅(樊, 2012b, 2021; Liu et al., 2014; 樊等, 2021a, 2021b)

。以臺灣所發生海洋異常暖化造成珊瑚大白化事件為例，北部的珊瑚群聚曾在 2018、2020 和 2022 年發生，南部的珊瑚礁則曾在 1998、2007、2016-2017、2020 和 2022 年發生(Kuo et al., 2012; Lee et al., 2020)，並且 2020 年臺灣的北部、東部、西部、南部、東沙島和南沙太平島全都發生。值得注意的是，《珊瑚白化的未來：全球珊瑚礁白化狀況的降尺度預測以及對氣候政策和管理反應的影響》報告中，預測臺灣的珊瑚可能從 2037 年會每年嚴重白化，在東亞是最早發生，並且損失比例最高的(UNEP, 2017)。

尋找和保護在海洋暖化威脅下，具有野外珊瑚礁高復原力或天然庇護所潛力的地區，如大振幅內波引發間歇性湧升流區或環境狀況變動較大的地點(West & Salm, 2003; Wall et al., 2015; Schmidt et al., 2016; Maynard et al., 2017; UNEP, 2017; Hsu et al., 2020; Dixon et al., 2022)，並且全力優先保護天然庇護所礁區不受人為污染和破壞，以強化其抵抗氣候變遷的衝擊，並在受創之後能夠加速復原，是珊瑚礁長期有效經營管理的最重要工作之一(Maynard et al., 2017; McLeod et al., 2021)。另一方面，將管理工作集中在熱避難所上可能只在短期內有效，因此需要促進對更高溫度的適應和遷移，以確保珊瑚礁的長期生存(Dixon et al., 2022)。儘管受到氣候變遷衝擊，珊瑚仍然能夠存活於良好的地區，即所謂庇護所(或稱避難所、復原力熱點、亮點、避風港等)(Camp, 2022; Sully et al., 2022)，並加以受到有效的人為保護。

隨著珊瑚礁的快速改變和衰退，在許多珊瑚礁底棲群聚結構中，具有對緊迫敏感生活史的石珊瑚物種已呈現喪失的趨勢，並且在受到干擾後迅速擴展的耐受緊迫和機會主義物種的優勢呈現增加。在這種情況下，大型藻、毛叢藻、海葵、海綿變得優勢，並且可能會取代石珊瑚，因為牠們具有更好的適應性生理、抗干擾性和營養生態的可塑性。然而，這些影響的確切原因通常不清楚，因為許多生物同時暴露於多種緊迫之下，必須考慮地方和全球緊迫之間的協同作用，以瞭解珊瑚礁在人類世的環境下對持續環境變化的耐受性(Maynard et al., 2017; McLeod et al., 2021;

Reverter et al., 2022)。

由於人為活動與氣候變遷的衝擊，全球和臺灣珊瑚的數量正在快速減少和變化，必須客觀、正確、迅速、有效地掌握珊瑚的最新狀況，以瞭解經營管理與生態保育的成效。另一方面，由於近岸淺海的天然環境容易受到人為干擾和氣候變遷的影響，是國際海洋保育的關注重點之一。許多國家也建立長期調查監測以保持一致和可比較的珊瑚礁監測方法，提供對國家珊瑚礁生態系統狀況和趨勢的定期評估(Towle et al., 2022)。近年的研究愈益著重在恢復力的評估。珊瑚礁的恢復力是珊瑚礁抵抗退化，或從退化中恢復，並維持生態系統所提供之產品和服務的能力，其可幫助珊瑚礁在發生嚴重干擾，如嚴重的颱風破壞和珊瑚大白化事件時，有較強的抵抗力，並且恢復較快。關鍵且被普遍接受的恢復力指標，包括具抵抗力的珊瑚種類、珊瑚多樣性、珊瑚體型分布、珊瑚補充量、成熟的珊瑚群體、珊瑚疾病、棲地結構的複雜度等，這些指標的完整和正確瞭解是評估恢復力的重要基礎(Maynard et al., 2017; Ford et al., 2018)。

珊瑚礁體檢(Reef Check)的資料自 1980 年代初期累積至今(Kimura et al., 2022)，近年受到國際廣泛使用，如評估當地條件對海洋熱浪後珊瑚損失的影響(Donovan et al., 2021)、用來探索優勢底棲生物的生物地理和緯度模式(Reverter et al., 2022)、評估當地人為壓力是否加劇全球氣候變遷下的珊瑚白化情況(Johnson et al., 2022a)、海洋保護區是否能緩衝珊瑚在全球暖化下的白化發生(Johnson et al., 2022b)、編輯全球珊瑚白化資料庫(Sully et al., 2019; van Woesik & Kratochwill, 2022)、評估全球現今的珊瑚覆蓋率與尋找珊瑚數量高於預期的亮點礁區(Done et al., 2017; Sully et al., 2022)等。珊瑚礁體檢也是臺灣珊瑚調查累積歷史最悠久、涵蓋地點範圍最廣的珊瑚調查與監測，其資料顯示從 1997 年到 2017 年間，珊瑚覆蓋率穩定平均在 33%左右，以 2010 年最低為 25%，2004 年最高為 47.5% (Kimura et al., 2022)。此外，近年來海域活動日漸盛行，民眾造訪海域的同時，也愈

發關心海洋環境議題。2009 年起，臺灣珊瑚礁體檢首次由民間發起，民間參與，所有調查員皆為一般潛水客，因關心海洋事務，透過公開招募活動而加入調查行列。臺灣珊瑚礁體檢歷年來亦盡可能延續往年調查地點，達到長期監測的目的，並積極邀請潛水教練或在地志工認養和包梯，讓珊瑚礁守護及海洋保育能更貼近民間，加以透過媒體、網路、座談分享會等管道，促使民眾對於海洋的關心，並期待能共同參與科學調查(台灣環境資訊協會，2020, 2022)。

過去珊瑚的調查與監測耗時費力，人員訓練不易，人工記錄所得的資料不僅稀少更不易標準化。隨著數位科技的進步，珊瑚生態調查已逐漸進步到使用照片、資料庫與電腦軟體進行標準化分析，如珊瑚點計數(Coral Point Count, Kohler & Gill, 2006)；近年人工智慧輔助的半自動或全自動分析，如珊瑚網(CoralNet, <https://coralnet.ucsd.edu/>)，也逐漸發展成熟(Bejbom et al., 2015; Lozada-Misa et al., 2017; Williams et al., 2019)。因此，在野外經由橫截線數位照相調查，能夠容易、普遍與快速地獲得大量影像，儲存在網站作為永久紀錄供後續分析、比對和查考。經由珊瑚監測交流網絡建立，能快速獲得標準化且容易比較的珊瑚類群與數量的大數據。

由當地社區居民參與和投入，採取實地行動來支持與強化珊瑚礁的恢復力，是降低氣候變遷所產生的衝擊，並使珊瑚礁有最大機會來應對未來重大挑戰的關鍵(Marshall, 2018; Claudet et al., 2019)。科學家已開始積極與海洋志工合作進行珊瑚礁監測，擴大珊瑚礁影像資料的蒐集，應用新興的數位與人工智慧科技，如珊瑚網，以正確、標準化和非常快速地完成資料分析，獲得即時資訊且公開而進行教育宣導，儘早減少人為活動對珊瑚礁的衝擊，如此經由發展海洋公民科學計畫，為現有的科學知識和當地珊瑚礁的保護做出寶貴的貢獻，並向當地利害關係人提供資訊，以科學化和現代化地幫助保護海洋和管理決策(Roelfsema et al., 2016; Gouraguine et al., 2019)。本團隊過去已提供現地調查的分

析資料，做為當地公民科學家在珊瑚網上進行珊瑚礁監測數據分析的人工智慧訓練資料(張等, 2019, 2020, 2021; 樊,2021)。

近年來使用水下攝影測量(Photogrammetry)，即基於影像的三維建模方法「運動恢復結構」(Structure from Motion, SfM)，已被應用於珊瑚礁調查以及分析其立體結構(Burns et al., 2015; Young et al., 2017)，SfM 僅需取得合適的照片，是一種基於影像、非破壞性的三維建模方法，藉由密集拍攝彼此高度重疊(>70%)的照片，分析照片集中的特徵點，產生包含顏色資訊的高解析度三維模型。SfM 方法產出的資料具有幾何正確、資訊含量高、可重複測量等優點，除了能量化立體結構(Fukunaga & Burns, 2020; Chen & Dai, 2021)與測量體積變化(Lange & Perry, 2020)，也能計算珊瑚群體的絕對面積，有別於過去僅能用打點的方式計算相對面積，可以更仔細追蹤個別群體隨時間的變化(Urbina-Barreto et al., 2021)，藉由大範圍的攝影調查，對於珊瑚群體分布的模式也能有更清楚地瞭解(Edwards et al., 2017)。從水下攝影測量輸出量化的棲息地描述(即數值高程模型和正射影像鑲嵌圖)提供了容易獲得的數據，以評估關鍵的珊瑚礁景觀特徵並預測珊瑚礁生態系統的關鍵功能，如魚類組合結構(Urbina-Barreto et al., 2022)。新興3D技術也可應用基於自然設計的仿生結構增強生物多樣性用於珊瑚礁未來改造棲地，提升可持續、整體和可擴展的方法(Levy et al., 2022)。

本案計畫召開諮詢會議，訂定珊瑚監測調查樣點與珊瑚監測調查方法，在臺灣本島的北部、東部、南部及離島澎湖、綠島、蘭嶼、小琉球等7個地區，建立野外的珊瑚監測點，結合野外近岸淺海之數位影像，進行資料庫儲存與標準化分析，掌握珊瑚健康狀況。此外也協助辦理珊瑚相關行政業務。

第二章 研究方法

一、珊瑚監測調查

(一)召開諮詢會議，訂定珊瑚監測調查地點(111 年)

蒐集專家建議，召開至少一場次實體或線上諮詢會議(前述會議皆需有海保署人員參與)，及使用電子郵件的問卷調查至少 20 份，共同商討及訂定珊瑚監測地點。於臺灣本島北部、東部、南部及離島澎湖、綠島、蘭嶼、小琉球等 7 個地區，每個地區擇定至少 3 處，每處分別於深區與淺區樣點進行至少一次調查作業，總計至少 30 處地點(60 個樣點)，參考專家諮詢會議的建議進行調查監測地點的選擇。

以下是邀請的專家名單：

姓名	服務單位	邀請原因
識名信也	國立臺灣海洋大學海洋環境與生態研究所	珊瑚礁生態
戴昌鳳	國立臺灣大學海洋研究所	珊瑚礁生態
單偉彌	國立臺灣大學海洋研究所	珊瑚礁生態
楊姍樺	國立臺灣大學漁業科學研究所	珊瑚礁微生物
湯森林	中央研究院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
鄭明修	中央研究院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
陳昭倫	中央研究院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
野澤洋耕	中央研究院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
何旻杰	中央研究院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
林哲宏	中研院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
郭兆揚	中研院生物多樣性研究中心	珊瑚礁生態
方力行	國立中山大學榮譽講座教授	珊瑚礁生態
劉商隱	國立中山大學海洋生物科技暨資源學系	珊瑚礁生態
宋克義	國立中山大學海洋科學系	珊瑚礁生態
劉莉蓮	國立中山大學海洋科學系	海洋無脊椎動物
塗子萱	國立中山大學海洋科學系	珊瑚分類

鄭有容	國立高雄科技大學漁業生產與管理系	珊瑚礁生態
陳麗淑	國立海洋科技博物館產學交流組	珊瑚礁生態
水晶 Crystal J. McRae	國立海洋生物博物館	珊瑚礁生態
謝恆毅	澎湖海洋生物研究中心	珊瑚礁生態
劉弼仁	國立東華大學海洋生物研究所	海洋底棲生態
陳正虔	明新科技大學休閒事業管理系	海洋觀光
陳思宇	台灣環境資訊協會	珊瑚礁體檢
孫秀如	台灣環境資訊協會	珊瑚礁體檢

候選地點名稱、珊瑚發展狀況，與是否位於海洋保護區與保護區名稱如表 1 所示，另地點的訂定將蒐集並彙整以下資料，一併與專家學者討論。

1. 本團隊 110 年度執行海保署「臺灣珊瑚監測交流網絡建立與保育策略計畫」所選擇之臺灣本島北部、東部、南部及離島澎湖、小琉球共 31 處地點。
2. 過去有較長期調查或監測資料的地點，如珊瑚礁體檢，依易達性和安全性來做選擇。
3. 線上電子問卷調查至少 20 份(線上問卷調查範本詳見附錄一)，問卷分發對象選擇標準為注重海洋保育的團隊與個人(與海洋、生態相關店家或人士)、淨海前哨站、調查地點的管理單位等。
4. 海洋保育署(2021 臺灣海洋生態環境報告)。
5. 郭兆揚、陳昭倫等(71 測站, EAST ASIA CORAL REEF 1983-2019 ICRI)。
6. 海洋保育署(100 測站，「110 年度臺灣海域重要生態系及海洋保護區調查與生態服務價值評估」)，110 年已完成 50 測站，111 年將持續調查 50 測站。

7. 海洋保育署(6測站,「108年南沙太平島海洋生態系調查計畫」)。

8. 海洋保育署(珊瑚調查 6 固定測站,「南沙太平島周邊海域棘冠海星與珊瑚礁生態監測」,111年至112年)。

表 1、本團隊110年調查結果在各區域、地點和深度的珊瑚覆蓋率(%)、珊瑚(硬珊瑚與軟珊瑚)/藻類(大型藻與毛叢藻)比例、以及發展現況。硬珊瑚為包括石珊瑚、藍珊瑚和水螅珊瑚等堆積許多碳酸鈣骨骼而質地堅硬的珊瑚總稱。發展現況：珊瑚覆蓋率<10%且珊瑚/藻類比例<0.1：失能、珊瑚覆蓋率10-30%且珊瑚/藻類比例≤0.5：衰退(珊瑚覆蓋率10%以下，但珊瑚/藻類比例0.1-0.5之間也屬之)、珊瑚覆蓋率30-50%且珊瑚/藻類比例>0.5：穩定(珊瑚覆蓋率30%以下，但珊瑚/藻類比例>0.5也屬之)、珊瑚覆蓋率>50%：健康。各地點是否位於海洋保護區與保護區名稱，發展現況健康以綠色標示、穩定以藍色標示、衰退以橘色標示、失能以紅色標示。保護區以藍色標示、非保護區以橘色標示。

區域	地點	深度	珊瑚 覆蓋 率(%)	珊瑚/藻類 比例	發展現況	保護區
北部	野柳 (國聖埔)	1m	39.7	1.2	穩定	萬里水產動植物繁殖保育區
		3m	39.0	0.8	穩定	同上
	外木山	5m	20.4	1.7	穩定	基隆市水產動植物保育區
		10m	7.1	1.1	穩定	同上
	潮境	5m	29.2	0.5	衰退	望海巷潮境海灣資源保育區
		10m	44.4	1.0	穩定	同上
	番仔澳	5m	12.2	0.2	衰退	瑞芳水產動植物繁殖保育區
		10m	29.1	0.6	穩定	同上
	深澳	5m	31.3	0.6	穩定	瑞芳水產動植物繁殖保育區
		10m	25.5	0.4	衰退	同上
	鼻頭公園	5m	39.1	0.9	穩定	否
		10m	25.5	0.4	衰退	同上
	龍洞四號 北側	5m	14.1	0.2	衰退	東北角暨宜蘭海岸國家風景 區(海域資源保護區)
		10m	25.9	0.4	衰退	同上
	龍洞四號 南側	5m	11.9	0.2	衰退	東北角暨宜蘭海岸國家風景 區(海域資源保護區)
		10m	22.6	0.6	穩定	同上
	卯澳	5m	8.7	0.1	失能	貢寮水產動植物繁殖保育區
		10m	12.1	0.2	衰退	同上

宜蘭	豆腐岬	3m	73.6	3.7	健康	否
		6m	27.7	0.7	穩定	同上
	粉鳥林	3m	11.9	0.3	衰退	東澳水產動植物繁殖保育區
		6m	0.3	0.01	衰退	同上
花蓮	石梯坪	5m	30	0.5	衰退	豐濱漁業資源保育區
		10m	41.5	1.0	穩定	同上
臺東	小野柳	3m	35.9	0.7	穩定	否
		5m	45.3	0.9	穩定	同上
	杉原中礁	5-8m	40	0.9	穩定	富山漁業資源保育區
		6m	14.7	0.2	衰退	同上
	基翹船澳	3m	54.9	1.6	健康	否
		6m	55.4	1.7	健康	同上
	三仙臺南邊	5m	53.3	1.5	健康	否
		7m	64.6	3.6	健康	同上
	萬里桐	3m	17.5	0.3	衰退	否
		6m	9.4	0.2	失能	同上
南部	核三廠出水口	5m	29.6	0.5	衰退	墾丁國家公園
		10m	51.4	1.3	健康	同上
	眺石	5m	34.9	0.6	穩定	否
		10m	42.1	0.8	穩定	同上
	後壁湖	5m	12.6	0.2	衰退	墾丁國家公園
		10m	44.4	1.1	穩定	同上
	合界	5m	26	0.4	衰退	墾丁國家公園
		10m	41.1	0.7	穩定	同上
	香蕉灣	5m	24	0.4	衰退	墾丁國家公園
		10m	25.4	0.4	衰退	同上
	龍坑	5m	39.2	0.8	穩定	墾丁國家公園
		10m	33.1	0.7	穩定	同上
小琉球	漁埕尾	5m	1.7	0.02	失能	琉球水產動植物繁殖保育區
		10m	4.3	0.1	失能	同上
	厚石裙礁	5m	7.4	0.1	失能	琉球水產動植物繁殖保育區
		10m	2.9	0.03	失能	同上
	杉福	5m	14.2	0.2	衰退	琉球水產動植物繁殖保育區
		10m	10.1	0.1	衰退	同上
	美人洞	5m	9.4	0.1	失能	琉球水產動植物繁殖保育區
		10m	13.6	0.2	衰退	同上

澎湖	杭灣	5m	33	0.6	穩定	否
		10m	32	0.5	穩定	同上
	山水港	4-5m	40.5	1.0	穩定	否
		7m	21.3	0.4	衰退	同上
	蛇頭山西	1m	32.9	0.6	穩定	否
		5m	41.2	1.5	穩定	同上
	風櫃東 (青灣)	5m	41.4	1.1	穩定	否
		10m	32.0	1.2	穩定	同上

依據 111 年 6 月 15 日「臺灣珊瑚監測調查暨珊瑚保育計畫」諮詢討論會議結論，地點初估如表 2：

表 2、各區域地點初估表。

北部	東北部	東部	南部	綠島	蘭嶼	澎湖	小琉球
潮境	龍洞北邊	石梯坪	出水口	石朗	玉女岩	山水港	杉福
深澳	鼻頭角 公園	豆腐岬	後壁湖	柴口	椰油	青灣內灣	厚石裙礁
外木山	卯澳	杉原	合界	大白沙	母雞岩	杭灣	漁埕尾
野柳 (國聖埔)	-	基翬	萬里桐	公館	雙獅岩	岐頭	美人洞
-	-	粉鳥林	眺石	龜灣	蘭嶼機場	-	花瓶岩
-	-	-	香蕉灣	-	-	-	-
-	-	-	佳樂水	-	-	-	-

以上共計 38 個地點，視氣候、海況、人力及工作安排等因素進行調整，依需求說明書所要求之 30 處並與海保署確認後開始執行監測調查作業。

(二)擇定珊瑚監測調查方法(111 年)

每處監測地點調查利用水下數位相機和照相框架，記錄每條橫截線的底棲生物、基質、珊瑚覆蓋率、類別(包括生物大類與珊瑚屬)與珊瑚白化情形等。綜整其他專家學者採用之 3 種調查方法如表 3：

表 3、珊瑚調查與分析方法比較。

調查方法	潛水方法	深度	橫截線	樣框或點	總樣點數/ 深度	分析方法	分類層級	資料來源
穿越線樣框 拍照取樣、 網站軟體	岸潛主、 船潛輔	淺 2-5m 深 5-10m	3x30m	35x35cm	13500 (3x90x50)	CoralNet	1.大類 2.珊瑚屬和 生長形	樊 2021
穿越線樣框 拍照取樣、 電腦軟體	岸潛	淺 2-5m 深 5-10m	3x15m	25x25cm	27000 (3x60x150)	CPCe	1.大類 2.軸孔珊瑚、其他珊瑚和生長形	陳 2019
穿越線樣點 取樣	岸潛	淺 2-5m 深 5-10m	3x15m	50cm	90	人工	大類	珊瑚礁體檢
穿越線樣框 拍照取樣、 網站軟體	船潛主、 岸潛輔	深 5m	5x20m	50x50cm	(5x20x?)	CoralNet	大類	陳 2021
穿越線樣點 取樣	岸潛、船潛	4-16m	1*50m	25cm	200	人工	1.大類 2.珊瑚屬	鄭 2019

本計畫使用之調查方式如下：

1. 以岸潛為主、船潛為輔的方式，在水深 2-5 和 5-10 公尺的淺與深二區域，原定在調查的開始與結束處各設置固定樁 1 支，總共 4 支，固定樁距離活珊瑚至少 10 公分，以營釘釘入死亡珊瑚骨骼或礁岩，再以水下塑鋼土黏著固定，主要營釘標示地點與珊瑚監測用說明，並行文告知相關管理單位，若未獲同意則暫緩調查，並嘗試協調溝通，並先以其他地點替代，後因有縣市疑慮而取消。
2. 調查監測是平行岸邊，沿著等深線進行至少 3 條 30 公尺橫截線的

數位照相，利用水下數位相機(Olympus TG-6)和底部 35 乘 35 公分、高 60 公分的照相框架，每一深度 3 條 30 公尺橫截線共 270 張照片，每一地點共 540 張照片，照相記錄每條橫截線的底棲生物、基質等，並於所有的調查樣點記錄位置，以確保每一次的調查位置盡量相同。

深與淺的界定參考珊瑚礁體檢的分法，將深度分為淺礁與深礁，約 5 至 10 公尺的深度，但由於臺灣珊瑚礁的地形情況多變，又因淺礁易受陸源性污染或熱浪影響，其珊瑚覆蓋率可能不高，故調查時以深度約 10 ± 3 公尺、有較多珊瑚覆蓋率的深礁為基礎，深礁深度的一半即為淺礁的深度，如此一來有完整的監測，也能和過去的數據資料做對照。依照往年調查經驗，臺灣有些海域海水較混濁，如果照相框架沒有適當的規格設計，影像容易不清晰，因此使用底部 35 乘 35 公分、高 60 公分的照相框架是目前使用下來最為適當的規格，往年的調查監測也使用此規格的框架行之有年。

上岸後，在電腦使用珊瑚網(CoralNet, Bejbom et al., 2015; Lozada-Misa et al., 2017; Williams et al., 2019; Rodriguez-Ramirez et al., 2020)分析，每個樣框記錄 50 個隨機樣點其下的底棲生物和基質，計數各樣框內底棲生物和基質的樣點數計算其覆蓋率(Tkachenko et al., 2007; Yang et al., 2017)，並統計珊瑚各屬的覆蓋率比較，珊瑚覆蓋率是單位調查範圍中珊瑚所佔的比例，以樣點取樣而言，珊瑚覆蓋率=珊瑚的總樣點數/總樣點數；珊瑚屬的鑑定依據以戴昌鳳出版之《臺灣珊瑚全圖鑑》之上、下冊為主。底棲生物和基質分為硬珊瑚(包括石珊瑚、藍珊瑚和水螅珊瑚等堆積許多碳酸鈣骨骼而質地堅硬的珊瑚總稱)、軟珊瑚、大型藻、毛叢藻與其他等大類；大型藻(Macroalgae)主要為組織較多、形態直立、高度通常大於 10 公分的大型海藻，毛叢狀海藻(Turf algae)主要為絲狀，高度通常小於 10 公分；白化珊瑚則以人工確認。經由足夠數量和高品質影像的標準化分析，加上人工智慧的高分辨率和人力的雙重確認下，

以建立正確而可信度高的資料，明確掌握珊瑚數量的變動。

底棲生物和基質分析結果呈現可分為二等級，初級分為硬珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、殼狀珊瑚藻、大型藻、毛叢藻、海膽、海參、海綿與其他等大類，而硬珊瑚為包括石珊瑚、藍珊瑚和水螅珊瑚等堆積許多碳酸鈣骨骼而質地堅硬的珊瑚總稱。所得資料可與珊瑚礁體檢對應比較，適合社會大眾參與和瞭解；高級則再進階將珊瑚分至屬和各生長形，如分枝形、葉片形、團塊形、表覆形以及其他等，並統計珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較，所得資料適合學術研究。

分別敘述各地點底棲群聚結構各類別的覆蓋率，並以平均值(Mean)±標準誤差(Standard error)於圖表呈現，並計算出珊瑚覆蓋率(硬珊瑚覆蓋率加軟珊瑚覆蓋率，四捨五入取至小數點後一位)、藻類覆蓋率(大型藻覆蓋率加毛叢藻覆蓋率，四捨五入取至小數點後一位)，和珊瑚/藻類比例(四捨五入取至小數點後兩位)，珊瑚/藻類比例文獻可參考如本團隊發表的 Ye et al., 2023，國際參考文獻如 Obura et al., 2021 及 Souter et al., 2021。總結以上參數，參考國際近年珊瑚礁評估方式，將臺灣珊瑚群聚分成「健康」、「穩定」、「衰退」及「失能」四個等級(樊, 2021)：

1. 珊瑚覆蓋率 $>50\%$ ：健康；
2. 珊瑚覆蓋率 30-50% 且珊瑚/藻類比例 >0.5 ：穩定
(珊瑚覆蓋率 30% 以下但珊瑚/藻類比例 >0.5 也屬之)；
3. 珊瑚覆蓋率 10-30% 且珊瑚/藻類比例 ≤ 0.5 ：衰退
(珊瑚覆蓋率 10% 以下但珊瑚/藻類比例介於 0.1-0.5 之間也屬之)；
3. 珊瑚覆蓋率 $<10\%$ 且珊瑚/藻類比例 <0.1 ：失能。

(三)統計方法

所有地點的 111 年和 112 年淺礁與深礁硬珊瑚覆蓋率分別利用 Shapiro-Wilk test 和 Levene's test 對數據進行常態分配和變異數同質性檢定。若數據符合常態分配且變異數相等，以 Student's t-test 對 111 年和 112 年之硬珊瑚覆蓋率進行差異分析，若無符合則以 Mann-Whitney U test 進行無母數統計分析。

各地點的硬珊瑚組成差異同樣以軟體 PRIMER 6.0 將各地點之珊瑚覆蓋率進行對數轉換(Clarke et al., 2014)，進而使用主成分分析(Principal Component Analysis)繪製成散佈圖和特徵向量(Eigenvector)圖來提供比較。

(四)進行珊瑚監測調查

依據前述擇定之調查地點及調查方法，於 111 年及 112 年分別進行至少各一次調查作業，分析與彙整調查資料，以呈現臺灣周邊海域珊瑚年度狀況。111 年在 6 至 9 月期間進行野外調查，避免冬季海象較差、水溫低、藻類過多等造成無法調查或資料品質差，或在夏季發生珊瑚大白化事件時能及時調查，以及有足夠時間進行資料處理與分析；112 年在 2 至 9 月期間進行野外調查，考量因素如前述，並在天候海況適合時提早進行，以瞭解冬季和早春期間的珊瑚狀況。調查時程如下：

111 年野外調查時程

6 月	萬里桐 3D、石梯坪 3D、潮境 3D、北部及東北部、東部
7 月	北部及東北部、東部、南部
8 月	蘭嶼、綠島、澎湖

9 月	小琉球
-----	-----

112 年野外調查時程

1 月	萬里桐 3D
2 月	南部
3 月	無
4 月	小琉球、綠島、東部
5 月	石梯坪 3D、澎湖
6 月	無
7 月	蘭嶼、潮境 3D、北部及東北部

二、珊瑚礁 3D 監測調查

在臺灣本島北部的基隆潮境、東部的花蓮石梯坪、南部的恆春萬里桐等 3 個地區，每個地區擇定 1 處，每處建立 1 個 5 乘 5 平方公尺大小的樣區，並於每個樣區的 4 個角落各設立固定樁 1 支，總共 4 支，以營釘釘入死亡珊瑚骨骼或礁岩，再以水下塑鋼土黏著固定，主要營釘標示地點與珊瑚監測用說明，並行文告知相關管理單位。調查監測總計 3 處(3 個樣區)，於 111 年及 112 年進行各一次調查作業。使用攝影測量進行 3D 監測調查，記錄珊瑚覆蓋率、群體尺寸分布及礁體的結構複雜度。由於臺灣珊瑚礁在 3D 監測的發展才正要起步，採用 5 乘 5 平方公尺大小的樣區是基本範圍，也與礁體大小相近，藉由本次計畫開始建立長期監測資料。

本計畫之 3D 監測調查方法，主要參照聖地牙哥加州大學 100 Island Challenge 計畫以及美國國家海洋暨大氣總署(Suka et al., 2019)的標準作業流程，首先以水肺潛水的方式同時使用兩臺相機，以牛耕式路徑(Boustrophedon path)拍攝高度重疊的照片，然後將照片集

匯入三維建模軟體 Agisoft Metashape 建立密集點雲以及多邊形網格模型，最後輸出正射影像鑲嵌圖和數值高程模型至美國環境系統研究所公司(Environmental Systems Research Institute, Inc.，簡稱 ESRI)出品的 ArcGIS 軟體進行後續量化分析。以下針對各個作業流程來說明：

(一)水下攝影作業

有別於一般珊瑚監測橫截線調查，3D 監測採「運動恢復結構」密集拍攝彼此高度重疊(重疊度大於 70%)的照片，故需準備相關物品和依照作業流程來拍攝。

1. 物品準備(圖 1)：

(1)水下相機：

本計畫使用 Olympus Tough TG-6 水下相機 2 臺搭配防水殼，利用 PVC 管自製機架，設定為 P 模式並開啟「間隔拍攝」功能每秒拍攝一張照片，每張照片畫素 1200 萬。

參考其他文獻也使用單眼相機搭配專屬防水殼拍攝，但是所需費用較高，且水下操作較困難；GoPro 攝影機大範圍錄影的方式，其配備的廣角鏡頭會造成影像扭曲，以及錄影截圖的話會缺少每張照片的詳細影像資訊，故選擇 Olympus Tough TG-6 水下相機作為本計畫指定機。

(2)地面控制點(Ground Control Point, GCP)：

水下三維建模通常沒有 GPS 資訊，故需設置在地坐標系

(Local coordinate system)，通常由一系列的「地面控制點」所構成。地面控制點的材質為壓克力板，其上方印有影像辨識標記，可協助 3D 建模軟體(Agisoft Metashape)對於部分照片進行位置校正。此外，本團隊另將 2 塊地面控制點搭配 PVC 管結合製成比例尺組，一組比例尺的長度(地面控制點的中心到另一塊中心的距離)大約 30 公分，若地面控制點有位移會重新校正長度。本計畫使用單獨的地面控制點至少 3 塊，比例尺組至少 4 組，使模型數據更加精準。

(3)其他物品：

捲尺(框出 5 乘 5 平方公尺的範圍)、配重(壓住捲尺和地面控制點)、水平儀與固定支架(固定其中一塊地面控制點，確保其在水中為水平狀態)、潛水錶(測深度)、指北針(辨別方位)等。



水下相機 2 臺與自製機架



地面控制點(單獨)與水平儀



地面控制點(比例尺組)



捲尺



配重



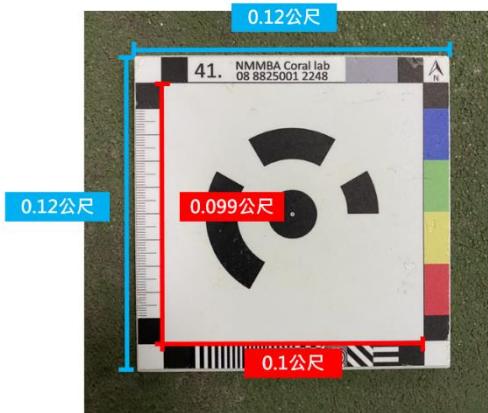
固定支架



潛水錶



指北針



【地面控制點規格】

內部長：0.1 公尺

內部寬：0.099 公尺

外部長與寬：0.12 公尺

整塊面積：0.0144 平方公尺

圖 1、3D 監測所需物品與地面控制點規格。

2. 水下作業流程如表 4：

表 4、3D 監測水下作業流程表。

步驟(依順序)	工作內容	注意事項
(1)尋找適合監測的地方，辨位並框出範圍	找尋有珊瑚存在、適合長期監測的範圍，利用指北針辨位，以捲尺拉出四邊、分別平行南北/東西向的樣區。	優先選擇地形起伏不大的範圍，建模會較完整。
(2)放置地面控制點	於樣區內外周遭放置「單獨的地面控制點」和「比例尺組」。	(1)放置單獨的地面控制點時，須留意至少一塊置於水平面上(搭配水平儀使用)，比例尺組也盡量保持水平。 (2)將單獨的地面控制點上的文字/圖案頂部朝向北方，在建模時能清楚瞭解樣區的地理朝向。
(3)記錄地面控制點所在深度	將潛水錶置於和地面控制點同樣的水平面，記錄每一塊所在深度。	記錄時勿移動到地面控制點。
(4)相機開啟「間隔拍攝」功能並拍攝	將 2 臺水下相機設定為 P 模式並開啟「間隔拍攝」功能。游到樣區上方約 1.5 公尺處後，以牛耕式路徑進行 3 至 4 輪拍攝(圖 2)。此路徑	(1)控制中性浮力，並順著地形起伏、維持與底部距離約 1.5 公尺緩慢向前。 (2)另一名潛伴維持水下秩序，避免其他遊客干

	能較有效率地拍攝高度重疊的影像。	擾拍攝。 (3)地面控制點務必入鏡。
(5)補拍可能遺漏、起伏較大的區域	針對照片可能不足和地形起伏較大(凸或凹)的區域進行補拍。	補拍的照片需要有「前後連續」的關係，而非突然到該處補拍，可能無法成功建模。
(6)收拾	將所放置的物品全部收拾。	收拾前先確認地面控制點的深度皆有記錄到。

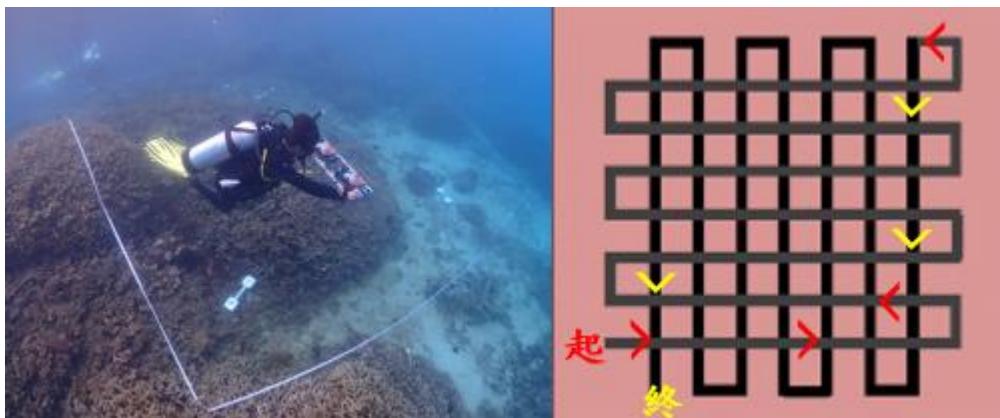


圖 2、3D 監測拍攝及牛耕式路徑示意圖。

(二)三維建模作業

本計畫使用 Agisoft 公司出品的 Metashape 專業版軟體(版本 1.8.1)進行建模(圖 3)。所拍攝的照片需要先人工篩選，將模糊、有障礙物干擾(如漂浮的藻類、自己的裝備)的照片移除，以免造成誤差。主要操作流程為以下步驟(陳與戴, 2020)，各個步驟的詳細設定參數如表 5：

1. 對齊照片(Align photo)：

軟體分析照片的拍攝位置與角度，並根據照片中的特徵計算關鍵點(Tie point)，分析所有照片中有多少關鍵點彼此重合，就此換算出每一點在三維空間的位置資訊，並產生出稀疏點雲(Sparse point

cloud)。接著執行最佳化照片對齊(Optimize photo alignment)，改善照片中包含焦距、點座標系、偏度、徑向以及切向的扭曲。

2. 建立密集點雲(Point cloud)：

根據對齊照片的結果，產生許多包含三維空間及顏色資訊的密集點，密集點雲即可明顯觀察出珊瑚礁的立體構造。

3. 建立多邊形網格模型(Mesh model)：

密集點雲經由內插法(Interpolation)串聯形成多邊形網格(Mesh)，使三維模型具有頂點(Vertices)和表面(Faces)。以多邊形網格作為三維模型，是進行 3D 列印或至其他平臺展示的常用格式。

4. 設置在地座標系(Local coordinates)：

為了使後續分析能符合實際的比例，需要套用已知的相對距離定義在地座標系統，以其中一塊單獨的地面控制點上互相垂直的 3 點為 XY 軸，Z 軸設為水深，並以 2 塊地面控制點組成的比例尺組作為比例尺以評估誤差。須留意用來定義 XYZ 軸的地面控制點是否置於水平面上。

5. 建立數值高程模型與正射影像鑲嵌圖：

數值高程模型(Digital elevation model, DEM)是以數值化三度空間坐標表達地表高程，其每一個像素即代表一筆高度資料，可說是一種簡化版的 3D 模型。本計畫以 Mesh model 作為輸出數值高程模型的來源，並將解析度(Resolution)統一設為 0.001(公尺/每像素)，以

各樣區相同規格的條件下進行比較。

正射影像鑲嵌圖(Orthomosaic)為已經過正射校正的照片拼接起來的合成圖像，該圖中任兩點的距離即代表在真實世界的垂直投影距離，可用來計算珊瑚體的絕對面積。本計畫以 Mesh model 作為輸出正射影像鑲嵌圖的來源。

將以上兩張圖匯入 GIS 軟體套疊，即可進行珊瑚礁立體結構的量化分析。

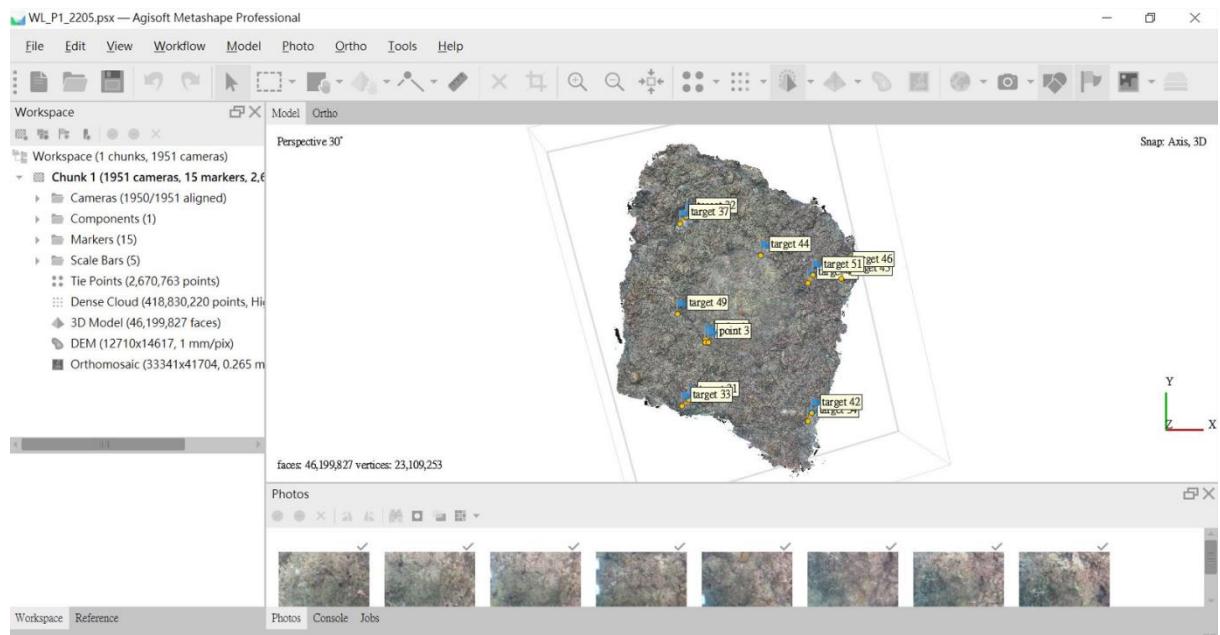


圖 3、Agisoft Metashape 操作介面。

表 5、三維建模各個步驟參數設定表。

步驟	參數設定
對齊照片	Accuracy: High Generic Preselection Key point limit: 50,000 Tie point limit: 5,000
最佳化照片對齊	軟體預設設定
建立密集點雲	Quality: High Depth filtering: Mild
建立多邊形網格模型	Source data: Point cloud Surface type: Arbitrary(3D) Face count: High

	Interpolation: Enabled Calculate vertex colors
設置在地座標系	共 3 點座標分別為 (0.1, 0, -深度)、(0, 0.099, -深度)、(0, 0, -深度)，單位：公尺
建立數值高程模型與 正射影像鑲嵌圖	<p>【數值高程模型】</p> <p>Type: Geographic Source data: Mesh Interpolation: Enabled Resolution: 0.001</p> <p>【正射影像鑲嵌圖】</p> <p>Type: Geographic Source data: Mesh Enable hole filling Enable ghosting filter</p>

(三)立體結構量化作業

珊瑚礁棲地尺度的立體結構量化方式，目前多數研究使用 GIS 軟體(如 ArcGIS、QGIS)為工具，本計畫使用 ArcGIS 軟體以及附屬的 ArcMap 軟體(版本 10.8.1)，透過正射影像鑲嵌圖分析珊瑚覆蓋率和群體尺寸分布，藉由數值高程模型求出礁體結構複雜度，常用操作功能如表 6。為確保由正射影像鑲嵌圖所分析出來的量化數據具說服力，在分析開始之前會先計算整張正射影像鑲嵌圖的相對誤差。使用 ArcMap 新增名為標記(Marker)的圖徵分類(Feature class)，利用 Editor-Polygon 功能將所有地面控制點圈選起來，透過 Table to Excel 功能得出所圈選的地面控制點的絕對面積數值後取其平均值，而每一塊地面控制點實際面積為 0.0144 平方公尺，套用相對誤差的公式如下：

$$\frac{(\text{算出的標記絕對面積平均值} - 0.0144)}{0.0144} \times 100\%$$

誤差值愈小代表該圖愈精準。本計畫使用標準誤差 5%以下的正射影像鑲嵌圖進行資料分析。

表 6、ArcMap 與 ArcGIS 操作功能一覽。

步驟	工具或選項	目的
建立檔案地理資料庫 (Geodatabase, GDB)	Catalog(目錄)，對 Home 按右鍵→New，File Geodatabase→命名	檔案地理資料庫會儲存所有建立的地理資訊。
建立圖徵分類(Feature class)	對 GDB 按右鍵→New，Feature Class	創建不同分類以存放相關資訊。
圈選目標特徵(珊瑚、樣區、地面控制點等)	Editor，Start Editing→右邊的 Create Feature 視窗再點一次待編輯的圖徵→下方選擇圈選方式(Polygon, Line, Freehand etc.)	設置切線或圈選目標特徵以獲取所需數據。
屬性表(Attribute table)	對該圖徵按右鍵→Open Attribute Table	查看所需數據，SHAPE_Length 是周長(公尺)，SHAPE_Area 是面積(平方公尺)。
匯出 Excel	Search，搜尋 Table to Excel	下載所需數據以便延伸計算。

(四)珊瑚群體形態分類及珊瑚覆蓋率、群體尺寸分析方法

在 ArcMap 中，根據不同的珊瑚群體形態建立圖徵分類，共分為 7 個常見形態：分枝形(Branching, 紅色)、桌形(Tabular, 橙色)、柱 / 短指形 (Columnar_Digitate, 黃色)、團塊 / 亞團塊形 (Massive_Moundy, 綠色)、表覆形(Encrusting, 淺藍色)、葉片/板葉形 (Foliose_Buttress, 紫色)及八放珊瑚類(Octocoral, 深藍色)(圖 4)，使用 Editor-Freehand 描繪功能將各形態的珊瑚沿著珊瑚群體邊緣圈選起來，透過 Table to Excel 功能匯出所圈選的珊瑚絕對面積數值，並經計算以得出珊瑚覆蓋率和群體尺寸分布。

珊瑚覆蓋率公式：(珊瑚群體形態面積/樣區總面積)*100%



圖 4、珊瑚形態分類及圖徵對應顏色。

(五)結構複雜度計算方式

本計畫的結構複雜度指標為線性粗糙度(Linear rugosity)，是傳統研究常用的指標，公式為實際距離除以水平幾何距離的比值(圖5)，可以反映單位空間內有多少實際空間可供生物利用，數值愈大代表地形起伏愈大、愈複雜。根據國外學者研究，其數值主要介於1.1到3.6之間，且與珊瑚覆蓋率呈正相關，尤其是分枝形珊瑚(Graham & Nash, 2013)。本計畫使用ArcMap先在樣區內畫上100條相互交錯的幾何直線(直向50條，橫向50條)，取得每一條水平幾何距離，接著透過Add Surface Information功能匯入數值高程模型資料後可得知直線上實際距離，套用公式將每一條的線性粗糙度計算出來後，再全部取其平均值。

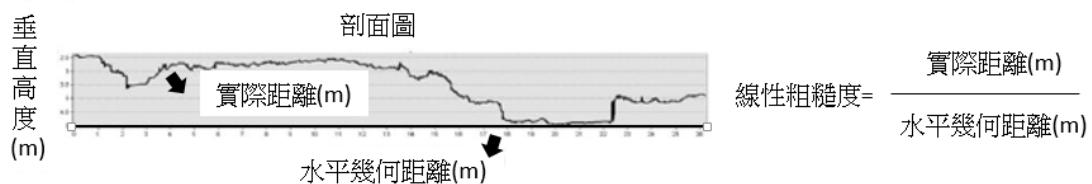


圖 5、線性粗糙度計算方式。

目前本團隊已嘗試在臺灣多處地點進行 3D 監測，其中位於恆春萬里桐的樣區是臺灣第一筆發表於國際期刊的珊瑚礁 3D 監測資料 (Chen & Dai, 2021)；而基隆潮境及花蓮石梯坪皆為海洋保護區的範疇，珊瑚覆蓋率大致會比非保護區的地區來得高。未來的長期監測調查將以此為基礎，進而有更加詳盡的歷年比較資料。

三、協助辦理珊瑚相關行政業務

蒐集臺灣歷年珊瑚生態調查，如台灣環境資訊協會的珊瑚礁體檢、海洋國家公園管理處的珊瑚總體檢、研究報告、新聞報導等，結合在地團體監測資料，同時整合海保署歷年(含 111 年及 112 年)珊瑚監測調查計畫成果，於 111 年度及 112 年度調查結束後編撰該年度全臺珊瑚概況報告各 1 份。整理國內珊瑚調查與監測的相關資料與案例(如 Dai, 1991a, 1991b; Dai et al., 2002; Tkachenko & Soong, 2010; 李等, 2011; Wen et al., 2013; 戴, 2012, 2014; Ribas-Deulofeu et al., 2016, 2021a, 2021b; 張等, 2019, 2020, 2021, 2022; 陳, 2018, 2019; 陳與鄭, 2019; 鄭, 2019; 戴與秦, 2019; Denis et al., 2019; Lin & Denis, 2019; 黃, 2020; 戴與鄭, 2020; Dang et al., 2020; Nozawa et al., 2020)，評估臺灣周邊海域珊瑚群聚變遷的時間與空間變化，並討論其目前狀態、所承受威脅、機會與挑戰等因素，以及提出改善建議。

設置連繫服務窗口，協助海保署修訂臺灣珊瑚保育計畫(草案)；提供臺灣珊瑚新近相關研究成果，如生態(Chen & Dai, 2021; De Palmas et al., 2021a, 2021b; Hsiao et al., 2021; Ribas-Deulofeu et al., 2021a, 2021b; Keshavmurthy et al., 2019, 2021; McRae et al., 2021b; Mulla et al., 2021; Limura et al., 2022)、生理(McRae et al., 2021a, 2021b; Sturaro et al., 2021)、親緣關係(de Palmas et al., 2021; Chen et al., 2022)、生殖(Chen et al., 2021; Lin et al., 2021; Cirino et al., 2021)、養殖(Ding

et al., 2021, 2022)、疾病(Cheng et al., 2021; Huang et al., 2021; Chu et al., 2022)、微塑料對珊瑚影響(Chen et al., 2022; Hung et al., 2022; Lim et al., 2022)、海洋垃圾(Lin et al., 2022)、水質(Chen et al., 2022)、海洋保護區治理改進(Chung & Jao, 2022)等的資料蒐集、研討對策、疑難排解等相關諮詢服務與資訊共享，並配合於機關辦理工作坊或會議時，協助邀集珊瑚相關專家學者以及權益關係人，與海保署共同商討臺灣珊瑚資源維護及保育後續行動。

情況允准之下，與當地政府、民間團體共同合作，持續監測調查珊瑚礁，進行總體資料的彙整，並分析歷年監測的珊瑚礁生態數據。

第三章 結果

一、珊瑚監測調查

(一)線上問卷統計

本團隊於 111 年 6 月 10 日至 6 月 22 日期間開放線上諮詢問卷給分發對象填寫，共計回收 20 份，填寫對象有學術/研究單位人員 7 人，海洋文學作家 1 人，環境顧問人員 1 人，海洋相關基金會人員 2 人，在地民宿業者 2 人，潛店人員/教練 5 人，學生 1 人，醫師 1 人；潛水資歷以「15 年以上」有 8 人為最多，其次為「5 至 10 年」有 5 人，「5 年以下」有 4 人，「10 至 15 年」有 3 人。

問卷內容提供 110 年本團隊執行海保署計畫所調查的地點和預計監測地點的地圖、去年根據調查結果整理的珊瑚群聚現況表，以及本團隊與珊瑚礁體檢調查資料之珊瑚覆蓋率比較表，供填寫對象參考，以排列個人認為各地區最需要調查監測的至少三個地點與優先順序。後續本團隊將各地點順序結果統計(問卷內容結果統計如附錄三)，統計方式邏輯如下：

A 先生認為北部最需要監測地點的前三名依序為潮境、外木山、深澳，得分即為潮境得 1 分，外木山得 2 分，深澳得 3 分，分數愈低代表愈需要被監測。將每個地點的分數加總的同時，也計算「每個地點被填寫對象提及的次數」，以避免該地點分數很低代表需要被監測，但其實只有少數人提及的矛盾。

將該地點被提及的次數和分數加總整理後，剔除被提及次數低的地點，其餘即為候選地點，於線上會議時與專家學者討論各區域的候選地點及相關建議(如表 7)：

表 7、線上諮詢問卷各地點統計結果。

以「此地點被提及的次數」優先考慮，若相同次數則比較分數，分數低者優先考慮；地點灰底代表候選地點，地點被畫刪除線則代表事先剔除的地點(因被提及次數過少故不納入候選地點)。

地點	此地點被提及的次數	分數加總
北部		
潮境	15	25
深澳	11	27
外木山	10	20
野柳(國聖埔)	8	15
番仔澳	4	9
東北部		
龍洞南邊	13	26
龍洞北邊	13	27
鼻頭角公園	12	18
卯澳	11	27
註：龍洞南邊和北邊在問卷結果皆為最需要調查監測之地點，考量到龍洞只需要監測一處即可，且北邊較適合作業，故本次選擇龍洞北邊作為調查監測地點。		
東部		
石梯坪	14	26
豆腐岬	9	20
杉原	9	25
基翹	8	21
粉鳥林	7	13
三仙臺	6	12
小野柳	3	9
南部		
出水口	13	22
後壁湖	12	33

合界	11	15
萬里桐	11	25
眺石	6	19
香蕉灣	4	18
佳樂水	4	21
龍坑	2	10
小灣	2	14
小琉球		
杉福	12	25
厚石裙礁	11	27
漁埕尾	11	29
美人洞	10	26
花瓶岩	10	30
大福	6	25
蛤板灣	5	17
肚仔坪	2	8
澎湖		
山水港	11	20
青灣內灣	9	22
杭灣	8	12
岐頭	8	24
蛇頭山西	5	12
風櫃東	5	12
青灣外灣	3	10
綠島		
石朗	15	27
柴口	12	24
大白沙	9	17

公館	8	23
龜灣	5	12
將軍岩	3	12
蘭嶼		
玉女岩	11	17
椰油	9	17
母雞岩	8	15
雙獅岩	8	23
蘭嶼機場	6	13
土地公廟	6	20

(二)線上諮詢會議召開結果

線上諮詢會議於 111 年 6 月 15 日上午 10 時 0 分召開，與會之專家學者 15 位，以及海保署人員、本團隊成員等共同於線上討論，重點摘要如下：

會議討論事項案由一：有關臺灣珊瑚代表性長期監測地點之訂定，討論結果是以本團隊所提之地點為主，而鑑於計畫經費、時程、工作規劃及人力等因素考量，本計畫仍以兩年期限及 30 處較易調查之地點為主，後續若有其他適合之監測地點，海保署將納入後續考量及規劃。

會議討論事項案由二：有關「111-112 年珊瑚監測調查計畫」及後續之監測調查方法，討論結果是以本團隊所訂之方法執行調查作業，而執行調查計畫前應先知會相關單位，避免產生誤會，建議可將固定樁做標記並指名計畫，減少潛水人員的疑慮。

會議討論事項案由三：有關「臺灣珊瑚保育計畫」，尚缺歷史文獻資料，珊瑚物種、復育地點、規劃保護區等資料也應作補充。另

有鑑於保育計畫時程較急迫，可邀請專家學者共同參與撰寫，後續可以此計畫為基礎，延伸應用至珊瑚疾病之研究。

(三)確立珊瑚監測調查地點、珊瑚監測調查方法與後續變更事項說明

1. 珊瑚監測調查地點：

經會議召開地點初估共計 38 地點，後續本團隊依照問卷結果排序，確立本計畫之 30 地點如表 8 (平均各區域 3 至 4 個地點)：

表 8、111-112 年珊瑚監測調查確立地點(變更前)。

北部	東北部	東部	南部	綠島	蘭嶼	澎湖	小琉球
潮境	龍洞北邊	石梯坪	出水口	石朗	玉女岩	山水港	杉福
深澳	鼻頭角公園	豆腐岬	後壁湖	柴口	椰油	青灣內灣	厚石裙礁
外木山	卯澳	杉原	合界	大白沙	母雞岩	杭灣	漁埕尾
-	-	基翬	萬里桐	公館	雙獅岩	岐頭	美人洞

以上地點已於 111 年 6 月 24 日發函至各縣市政府說明調查調查作業及設置營釘固定樁一事，待取得管理單位同意後開始進行監測調查，發送單位包括基隆市政府、新北市政府、宜蘭縣政府、花蓮縣政府、臺東縣政府、屏東縣政府、墾丁國家公園管理處，以及澎湖縣政府等處，詳細調查監測函發文範本如附錄四。

若管理單位不同意調查管轄之地點，本團隊擬先嘗試協調溝通，溝通未果則以該區域之其他地點依問卷結果順位遞補(如表 9)：

表 9、111-112 年珊瑚監測調查候補地點。

候補順位	北部	東部	南部	綠島	蘭嶼	澎湖	小琉球
1	野柳 (國聖埔)	粉鳥林	眺石	龜灣	蘭嶼機場	蛇頭山西	花瓶岩
2	番仔澳	三仙臺	香蕉灣	將軍岩	土地公廟	風櫃東	大福
3	-	小野柳	佳樂水	-	-	青灣外灣	蛤板灣
4	-	-	龍坑	-	-	-	肚仔坪
5	-	-	小灣	-	-	-	-

於第一次期中報告時確立 30 個珊瑚監測地點及候補地點，因實際執行調查時面臨到海況、環境改變，及其他不可抗力因素，為讓其他的研究/政府/民間單位未來得以順利調查，以達長期監測目的，故於 111 年 9 月 29 日發函至海保署建議變更部分的珊瑚監測地點，說明如表 10：

表 10、監測地點變更說明。

區域	原監測地點及變更原因	建議變更的地點及原因
北部	外木山(位處北側靠東) 1.外木山珊瑚覆蓋率約 14%，若珊瑚覆蓋率低(約 15%以下)，較不易監測到變化。	野柳(國聖埔)(位處北側靠西) 1.位於北部最西側地點。 2.人為干擾較多，並且珊瑚覆蓋率(約 40%)高於外木山(約 14%)，監測重要性較高。 3.候補第一順位，亦為珊瑚礁體檢過去也有監測的地點。
小琉球	漁埕尾(位處東北側) 1.今年度本團隊有協助屏東縣政府計畫調查漁埕尾，結果顯示該處珊瑚覆蓋率僅約 8%。若珊瑚覆蓋率低(約 15%以下)，較不易監測到變化。	花瓶岩(位處北側) 1.人為干擾較多，並且珊瑚覆蓋率(約 15%)高於漁埕尾(約 8%)，監測重要性較高。 2.候補第一順位。 3.採納第一次期中審查會議之委員

		的建議，將花瓶岩納入監測地點。
澎湖	青灣內灣(位處澎湖本島西側) 1.其下水點位於澎湖水產試驗所內，其他單位需事前經過該單位許可才能進入。 2.實際下水調查時發現該處泥沙遍布，物種種類較為單一(二枚貝類與雀屏珊瑚為大宗) 團隊評估後認為不適合監測。	青灣外灣(位處澎湖本島西側、水試所西北方的鄰近海域) 1.非水試所試驗海域範圍，物種種類不會受到影響。 2.珊瑚礁體檢過去也有監測的地點。 3.岸潛下水位置相對安全。
	岐頭(位處澎湖本島北側) 1.導潛描述岐頭現況為大範圍泥沙堆積，團隊評估後認為不適合監測。	月鯉灣(位處澎湖本島南方、七美嶼東南側) 1.澎湖群島範圍廣大，團隊認為可將監測範圍擴展至其他澎湖的島嶼。 2.七美嶼海域為珊瑚主要分布區之一，月鯉灣又是珊瑚數量最多、浮潛活動盛行的海域，保育重要性較高。 3.原先候補第一順位「蛇頭山西」實際探勘後已規劃為遊憩區，找不到岸潛下水點；候補第二順位「風櫃東」與「月鯉灣」相比，月鯉灣的監測重要性較高。
綠島	大白沙(位處西南側) 1.夏季調查時有較強的洋流經過，實際下水調查後作業困難且危險，未能完成調查。	將軍岩(位處北側) 1.原先候補第一順位「龜灣」位處西側(比大白沙還北邊一點)，導潛描述夏季時西側有較強的洋流經過，團隊評估後認為不適合作業。 2.候補第二順位，岸潛下水位置相對安全。
蘭嶼	椰油(位處西側) 1.在地人描述該處岸潛非常危險，	土地公廟(位處西北側) 1.原先候補第一順位「蘭嶼機場」

	已有不少意外發生。	位處西側(比椰油還南邊一點)，導潛描述夏季時西側有較強的洋流經過，團隊評估後認為不適合作業。 2.候補第二順位，岸潛下水位置相對安全。
--	-----------	--

本團隊於 111 年 10 月 6 日收到回函(附錄五)，確定 6 處監測地點(外木山、漁埕尾、青灣內灣、岐頭、大白沙、椰油)變更為本團隊建議之 111 年監測地點(野柳(國聖埔)、花瓶岩、青灣外灣、月鯉灣、將軍岩、土地公廟)。

然而，於第二次期中報告時向海保署說明蘭嶼原候補第二順位的土地公廟樣點，實際調查結束後因遇上湧浪使得上岸不易，且該處的珊瑚種類多為鹿角珊瑚屬，較為單一。考量到以「適合作為臺灣珊瑚長期監測樣點」為前提，與海保署人員討論後，將土地公廟樣點變更為「小涼亭(軍艦岩)」，該樣點除了上下岸更為安全，且珊瑚覆蓋率及種類多樣性與蘭嶼其他監測樣點相當。另外，為因應四接議題，本團隊於 112 年將新增北部的「外木山」作為監測樣點。

112 年因浪況因素影響，蘭嶼雙獅岩下水點改為東邊，為原下水點的另一側，並已在 112 年期中簡報向海保署說明，考量到後續調查，與海保署人員討論後，未來則視浪況決定調查該側。地點整理如表 11。

表 11、111-112 年變更後珊瑚監測調查確立地點。會監測的地點以 V 表示。

區域	地點	111 年	112 年	區域	地點	111 年	112 年
北部	潮境	V	V	蘭嶼	玉女岩	V	V
	深澳	V	V		土地公廟	V	
	野柳 (國聖埔)	V	V		母雞岩	V	V
	外木山		V		雙獅岩(東)	V	V

東北部	龍洞北邊	V	V	南部	小涼亭 (軍艦岩)	V	V	
	鼻頭角公園	V	V		出水口	V	V	
	卯澳	V	V		後壁湖	V	V	
東部	石梯坪	V	V	小琉球	合界	V	V	
	豆腐岬	V	V		萬里桐	V	V	
	杉原	V	V		杉福	V	V	
	基翹	V	V		厚石裙礁	V	V	
綠島	石朗	V	V	澎湖	花瓶岩	V	V	
	柴口	V	V		美人洞	V	V	
	將軍岩	V	V		山水港	V	V	
	公館 (公館鼻)	V	V		青灣外灣	V	V	
					杭灣	V	V	
					月鯉灣	V	V	

2. 珊瑚監測調查方法：

本團隊確定以原先所訂之方法執行調查作業：

(1) 以岸潛為主、船潛為輔的方式，在水深 2-5 和 5-10 公尺的淺與深二區域，在調查的開始與結束處各設置固定樁 1 支，總共 4 支，固定樁距離活珊瑚至少 10 公分，以營釘釘入死亡珊瑚骨骼或礁岩，再以水下塑鋼土黏著固定，主要營釘標示地點與珊瑚監測用說明，並行文告知相關管理單位。

若未獲得管理單位同意，團隊將暫緩調查，嘗試協調溝通。若溝通未果則取消設置營釘固定樁，僅以橫截線進行監測調查作業，記錄周遭環境地標與辨認特徵，待下次調查時盡可能回到原調查位置。

(2) 調查監測是平行岸邊，沿著等深線進行至少 3 條 30 公

尺橫截線的數位照相，利用水下數位相機(Olympus TG-6)和底部 35 乘 35 公分、高 60 公分的照相框架，每一深度 3 條 30 公尺橫截線共 270 張照片，每一地點共 540 張照片，照相記錄每條橫截線的底棲生物、基質等。

- (3) 上岸後，在電腦使用珊瑚網分析，每個樣區記錄 50 個隨機樣點其下的底棲生物和基質，計數各樣框內底棲生物和基質的樣點數和計算其覆蓋率，並統計珊瑚各屬的覆蓋率比較。底棲生物和基質分為硬珊瑚、軟珊瑚、大型藻、毛叢藻與其他等大類；大型藻主要為組織較多、形態直立、高度通常大於 1 公分的大型海藻，毛叢狀海藻主要為絲狀，高度通常小於 1 公分；白化珊瑚則以人工確認。

由於 6 月於宜蘭發生固定樁事件，本館認為設置固定樁會產生後續疑慮，儘管部分地方管理單位同意，部分單位不同意，執行調查時也應統一做法。111 年 7 月 11 日期中會議時也向海保署提出本館立場，經討論後決議不設置固定樁，改以橫截線進行監測調查作業：

- (1) 以岸潛為主、船潛為輔的方式，先找到岸潛的停車處，記錄下水點的陸上 GPS，辨認地標如海岸建築、燈塔、堤岸消波塊等，下水後在水深 2-5 和 5-10 公尺的淺與深二區域，在調查的開始與結束處記錄水下地標，如礁岩地形、大型珊瑚、海底自來水管、海底電纜、其他明顯特徵等，以確保後續的調查位置盡量相同。
- (2) 調查監測是平行岸邊，沿著等深線進行至少 3 條 30 公尺橫截線的數位照相，利用水下數位相機(Olympus TG-6)和底部 35 乘 35 公分、高 60 公分的照相框架，每一深

度 3 條 30 公尺橫截線共 270 張照片，每一地點共 540 張照片，照相記錄每條橫截線的底棲生物、基質等，並將所有的下水點、水下調查樣點與橫截線繪製於 Google Earth 衛星圖上。

珊瑚 3D 監測調查之調查方法亦有變更：

- (1) 在臺灣本島北部、東部、南部等 3 個地區，每個地區擇定 1 處，每處建立 1 個 5 乘 5 平方公尺大小的樣區，並記錄水下地標，如礁岩地形、大型珊瑚、海底自來水管、海底電纜、其他明顯特徵等，以及列印該樣區的正射影像鑲嵌圖於下次調查時攜帶並比對，以確保後續的調查位置盡量相同。

本團隊於 111 年 7 月 22 日發函給海保署申請變更工作執行計畫書之工項一「擇定珊瑚監測調查方法(111 年)」及工項二「珊瑚 3D 監測調查」調查方法變更，已於同年 7 月 28 日收到回函(附錄六)，確定以上述作業方式執行監測計畫。

(四) 111-112 年珊瑚監測調查結果

111 年已完成 30 處地點 2 個深度的照相調查與影像分析，也將各地的下水點、水下調查樣點與橫截線位置繪製於 Google Earth 上，詳見附錄七。112 年珊瑚監測調查結果加入 111 年度監測資料進行比較。為讓兩年資料清楚呈現，僅列出覆蓋率 $\geq 1\%$ 的珊瑚屬，並以上一年度各樣點分析得出的珊瑚屬為基準，將本年度數據結果帶入圖表以進行比較。

各調查地點位置圖如圖 6 和陸上經緯度座標如表 12 所示：

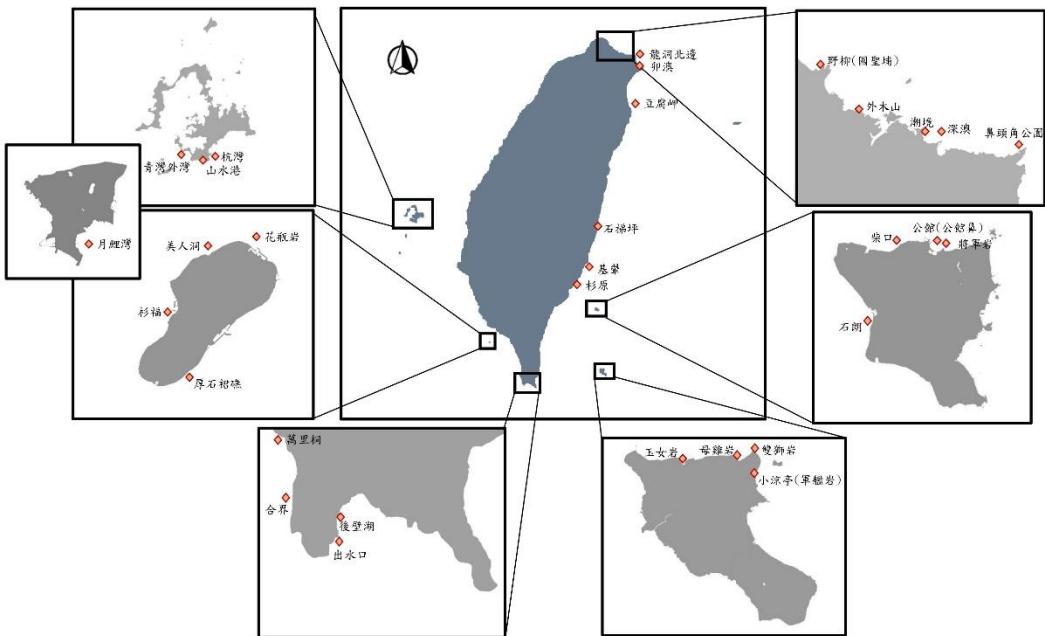


圖 6、各調查地點位置圖。

表 12、各調查地點陸上經緯度座標。

區域	地點	緯度	經度
北部	潮境	25.144826°N	121.804737°E
	深澳	25.133692°N	121.823325°E
	野柳(國聖埔)	25.202469°N	121.679446°E
	外木山	25.1634301°N	121.7283504°E
東北部	龍洞北邊	25.112976°N	121.919872°E
	鼻頭角公園	25.126207°N	121.915806°E
	卯澳	25.01771°N	121.989311°E
東部	石梯坪	23.48401°N	121.512462°E
	豆腐岬	24.584329°N	121.872315°E
	杉原	22.834395°N	121.1862483°E
	基翬	23.117013°N	121.397055°E
綠島	石朗	22.655028°N	121.473896°E
	柴口	22.677499°N	121.482331°E
	將軍岩	22.676527°N	121.496106°E
	公館(公館鼻)	22.678970°N	121.490432°E
蘭嶼	玉女岩	22.080451°N	121.519222°E
	土地公廟(2022)	22.072815°N	121.5083°E
	母雞岩	22.080259°N	121.559765°E
	雙獅岩	22.084719°N	121.566246°E

	雙獅岩(東)	22.085318°N	121.567796°E
	小涼亭(軍艦岩)	22.074971°N	121.567974°E
南部	出水口	21.932602°N	120.744976°E
	後壁湖	21.9389229°N	120.7450738°E
	合界	21.955445°N	120.712407°E
	萬里桐	21.995548°N	120.706576°E
小琉球	杉福	22.339361°N	120.361752°E
	厚石裙礁	22.325626°N	120.366081°E
	花瓶岩	22.355079°N	120.381718°E
	美人洞	22.352746°N	120.370940°E
澎湖	山水港	23.511895°N	119.598642°E
	青灣外灣	23.532794°N	119.551713°E
	杭灣	23.516398°N	119.605479°E
	月鯉灣	23.195736°N	119.431556°E

北部及東北部

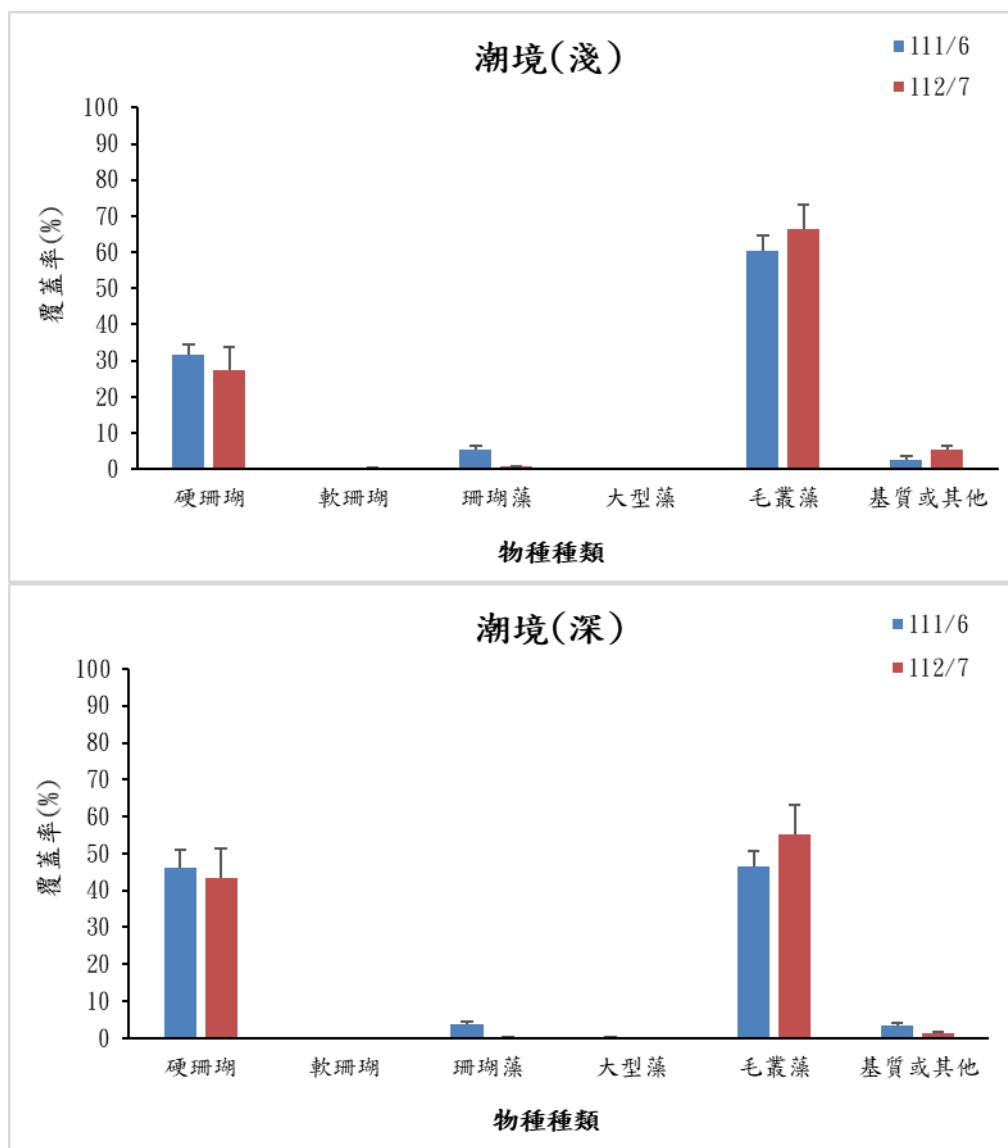
潮境

111 年潮境淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 31.6%，藻類覆蓋率為 60.6%，珊瑚/藻類比例為 0.52；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 46.3%，藻類覆蓋率為 46.6%，珊瑚/藻類比例為 0.99，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年潮境淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 27.3%、軟珊瑚 0.4%、珊瑚藻 0.7%、大型藻 0%、毛叢藻 66.4%、基質或其他 5.2%，得出珊瑚覆蓋率為 27.7%，藻類覆蓋率為 66.4%，珊瑚/藻類比例為 0.42，故珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 43.3%、軟珊瑚 0%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 0%、毛叢藻 55.2%、基質或其他 1.4%，得出珊瑚覆蓋率為 43.3%，藻類覆蓋率為 55.2%，珊瑚/藻類比例為 0.78，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以萼柱珊瑚屬 9.8%為最多數種類，其次為角菊珊瑚屬 4.2%、軸孔珊瑚屬 2.6%、微孔珊瑚屬 2.5%及表孔珊瑚屬 1.6%；

深礁以厚絲珊瑚屬 16.8%為最多數種類，其次為斜花珊瑚屬 5.5%、表孔珊瑚屬 4.5%、角菊珊瑚屬 2.6%、刺葉珊瑚屬 2.4%、軸孔珊瑚屬 1.9%、微孔珊瑚屬 1.7%、盤星珊瑚屬 1.6%及雀屏珊瑚屬 1.3% (圖 7)。



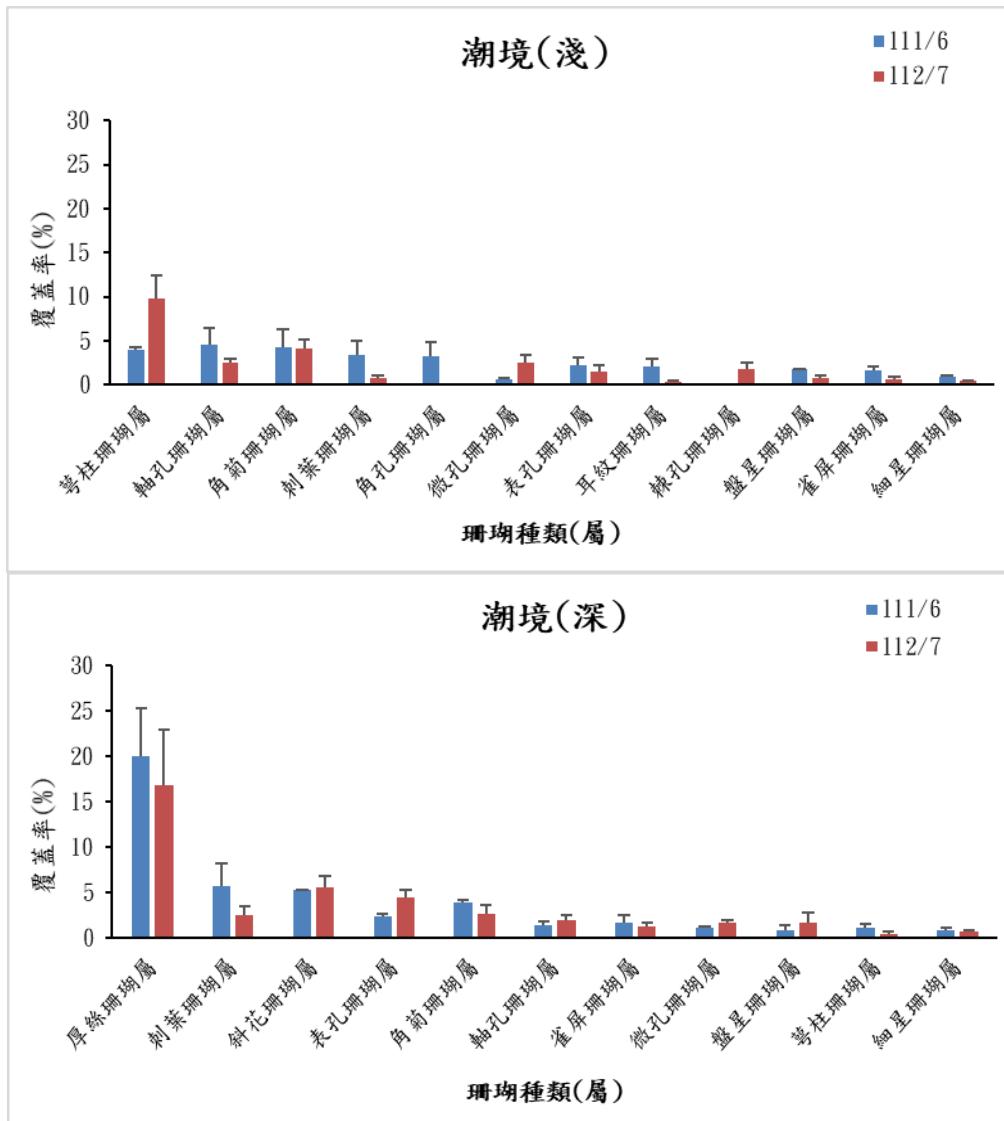


圖 7、潮境淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

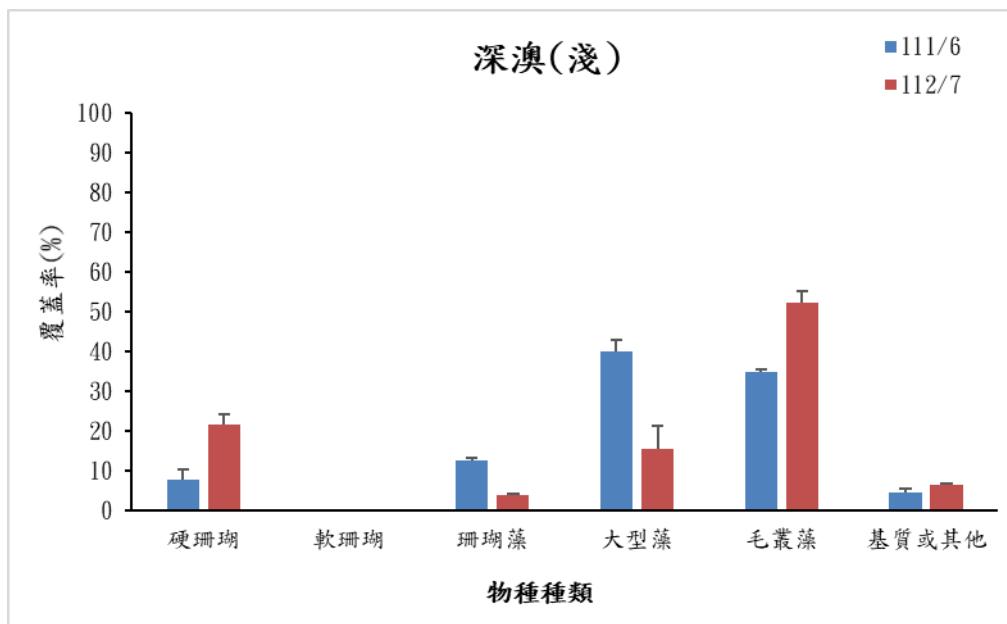
深澳

111 年深澳淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 7.9%，藻類覆蓋率為 74.8%，珊瑚/藻類比例為 0.11，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 31.3%，藻類覆蓋率為 49.3%，珊瑚/藻類比例為 0.63，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年深澳淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 21.6%、軟珊瑚 0%、珊瑚藻 3.9%、大型藻 15.6%、毛叢藻 52.3%、基質或其他 6.6%，得出珊瑚覆蓋率為 21.6%，藻類覆蓋率為 67.9%，珊瑚/藻類比例為

0.32，故珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(10米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚30.0%、軟珊瑚0%、珊瑚藻13.4%、大型藻8.7%、毛叢藻42.0%、基質或其他6.0%，得出珊瑚覆蓋率為30.0%，藻類覆蓋率為50.7%，珊瑚/藻類比例為0.59，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。與111年調查相比，112年淺礁的硬珊瑚覆蓋率經過統計顯著較高(表19)，可能原因為水濁能見度小於2米，導致調查位置與去年有差異。

其中，淺礁以棘孔珊瑚屬6.2%為最多數種類，其次為腦紋珊瑚屬3.4%、角菊珊瑚屬2.8%、萼柱珊瑚屬2.5%及盤星珊瑚屬1.4%；深礁以角菊珊瑚屬7.7%為最多數種類，其次為腦紋珊瑚屬5.0%、雀屏珊瑚屬2.6%、微孔珊瑚屬2.2%、星孔珊瑚屬2.1%、表孔珊瑚屬2.0%、細星珊瑚屬1.9%、盤星珊瑚屬1.7%及棘孔珊瑚屬1.5%(圖8)。



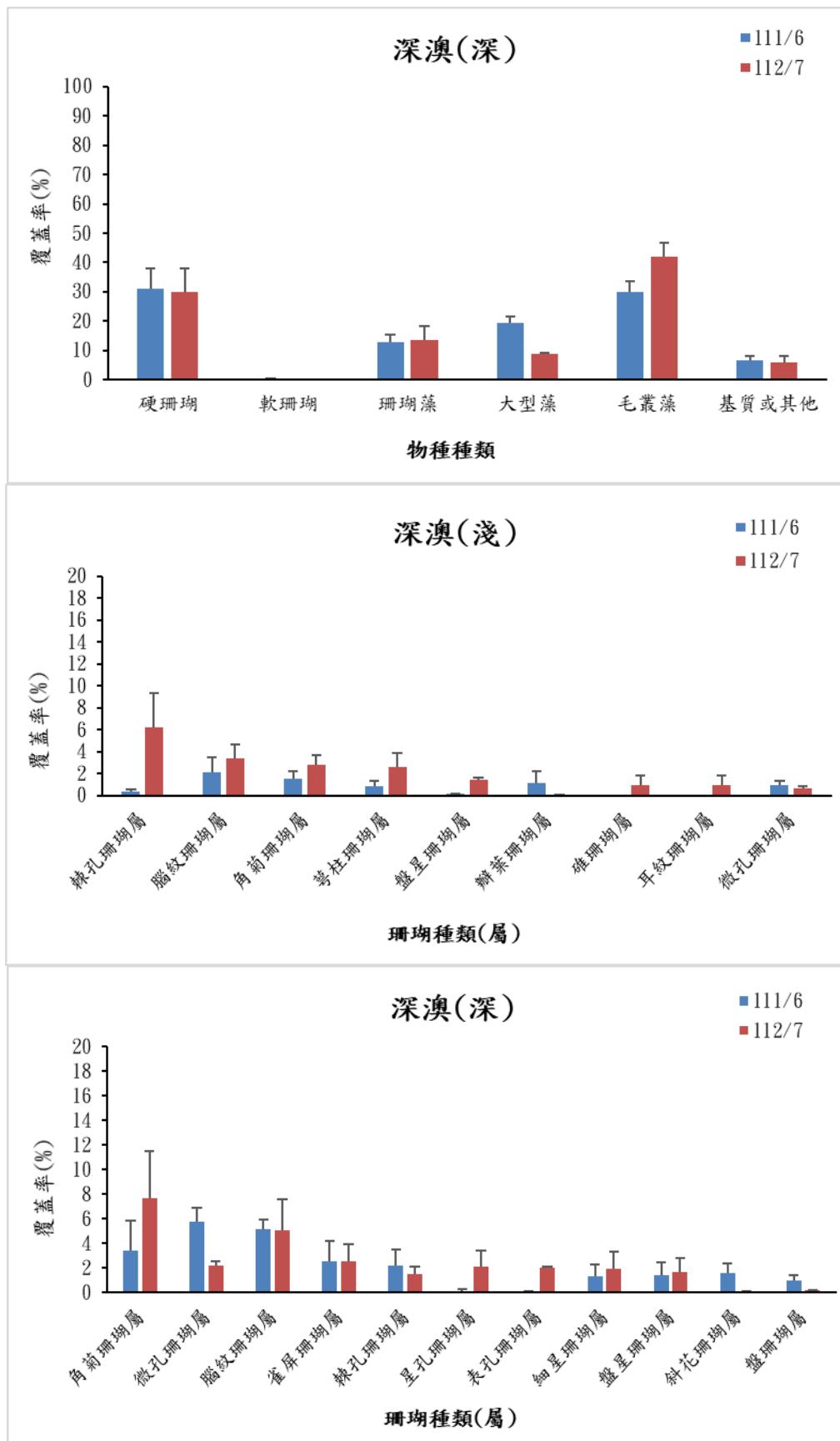


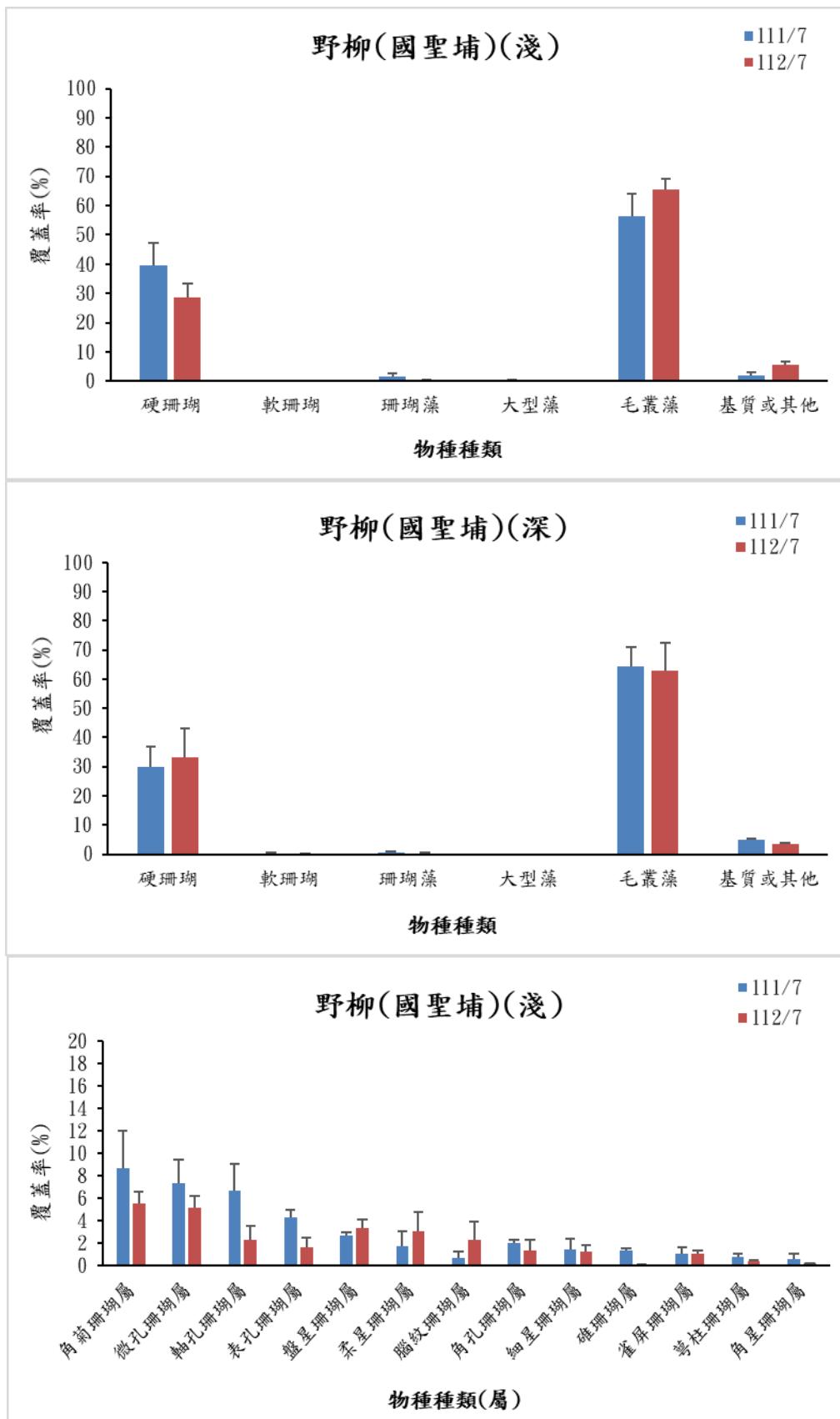
圖 8、深澳淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

野柳(國聖埔)

111 年野柳(國聖埔)淺礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 39.6%，藻類覆蓋率為 56.8%，珊瑚/藻類比例為 0.70，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 30.0%，藻類覆蓋率為 64.5%，珊瑚/藻類比例為 0.47，故珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年野柳(國聖埔)淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 28.4%、軟珊瑚 0%、珊瑚藻 0.5%、大型藻 0.1%、毛叢藻 65.5%、基質或其他 5.5%，得出珊瑚覆蓋率為 28.4%，藻類覆蓋率為 65.6%，珊瑚/藻類比例為 0.43，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(7 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 33.2%、軟珊瑚 0.1%、珊瑚藻 0.4%、大型藻 0%、毛叢藻 62.7%、基質或其他 3.6%，得出珊瑚覆蓋率為 33.3%，藻類覆蓋率為 62.7%，珊瑚/藻類比例為 0.53，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以角菊珊瑚屬 5.5% 為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 5.2%、盤星珊瑚屬 3.3%、柔星珊瑚屬 3.0%、腦紋珊瑚屬 2.3%、軸孔珊瑚屬 2.3%、表孔珊瑚屬 1.6%、角孔珊瑚屬 1.3%、細星珊瑚屬 1.3% 及雀屏珊瑚屬 1.1%；深礁以微孔珊瑚屬 4.7% 為最多數種類，其次為厚絲珊瑚屬 4.1%、細星珊瑚屬 3.6%、表孔珊瑚屬 3.2%、角菊珊瑚屬 3.1%、刺葉珊瑚屬 2.8%、盤珊瑚屬 2.3%、盤星珊瑚屬 1.7%、柔星珊瑚屬 1.7% 及腦紋珊瑚屬 1.1% (圖 9)。



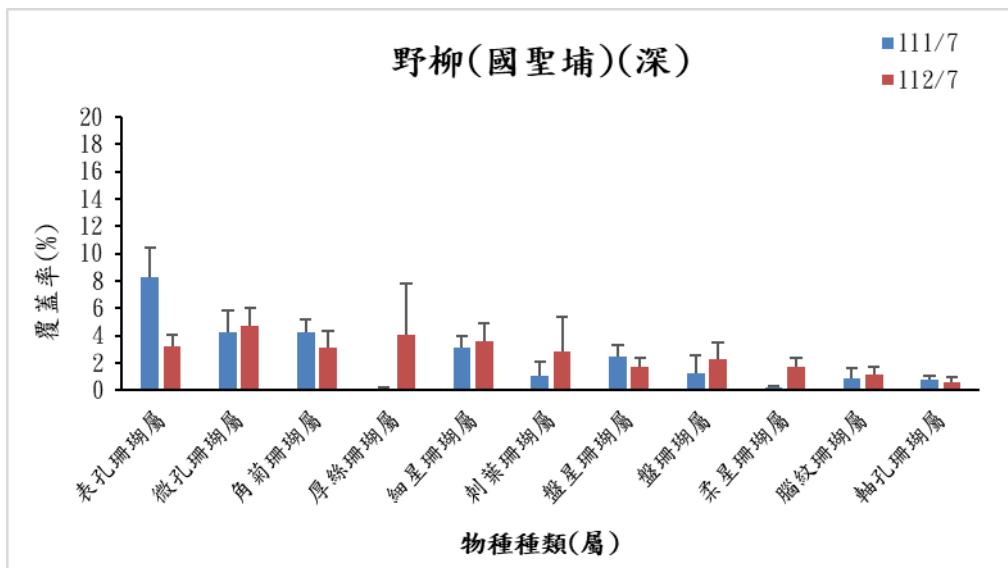


圖 9、野柳(國聖埔)淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

外木山

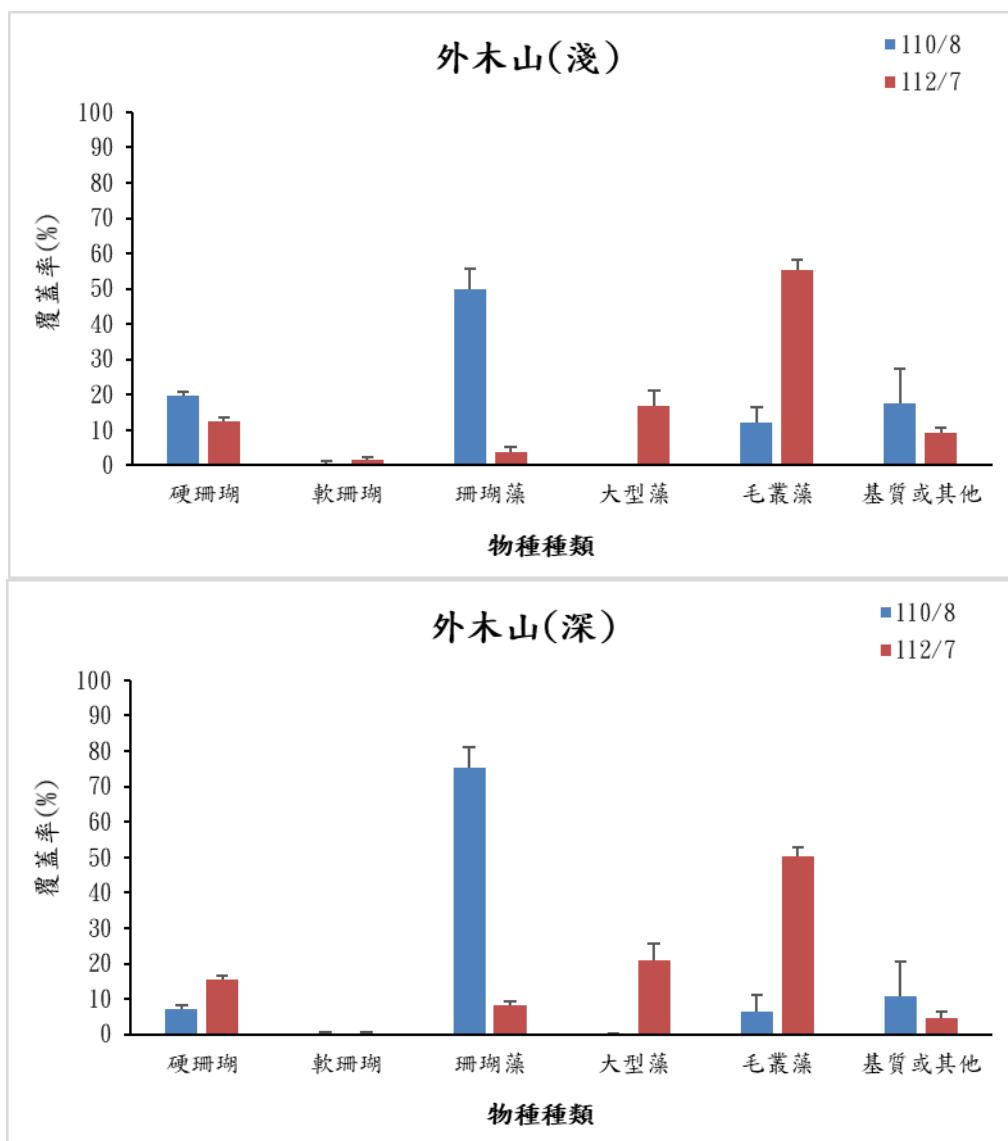
因應基隆協和發電廠的「四接」（第四液化天然氣接收站）議題，本團隊於 112 年新增外木山樣點，因同地點 110 年已有外木山珊瑚調查資料，因此將 110 年及 112 年相互比較。

110 年外木山淺礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 19.7%、軟珊瑚 0.7%、珊瑚藻 50.0%、大型藻 0.1%、毛叢藻 12.0%、基質或其他 17.5%，得出珊瑚覆蓋率為 20.4%，藻類覆蓋率為 12.1%，珊瑚/藻類比例為 1.69；深礁(8 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 7.1%、軟珊瑚 0%、珊瑚藻 75.5%、大型藻 0.1%、毛叢藻 6.5%、基質或其他 10.9%，得出珊瑚覆蓋率為 7.1%，藻類覆蓋率為 6.6%，珊瑚/藻類比例為 1.08，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年外木山淺礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 12.7%、軟珊瑚 1.7%、珊瑚藻 4.0%、大型藻 16.9%、毛叢藻 55.5%、基質或其他 9.3%，得出珊瑚覆蓋率為 14.4%，藻類覆蓋率為 72.4%，珊瑚/藻類比例為 0.20；深礁(8 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 15.7%、軟珊瑚 0%、珊瑚藻 8.3%、大型藻 21.1%、毛叢藻 50.2%、基質或其他 4.8%，

得出珊瑚覆蓋率為 15.7%，藻類覆蓋率為 71.3%，珊瑚/藻類比例為 0.22，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。因 111 年並無調查外木山，所以無統計資料。

其中，淺礁以角菊珊瑚屬 4.7% 為最多數種類，其次為尊柱珊瑚屬 2.9%、表孔珊瑚屬 1.4% 及微孔珊瑚屬 1.1%；深礁也以角菊珊瑚屬 3.0% 為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 2.1%、細星珊瑚屬 2.0%、盤星珊瑚屬 1.5%、表孔珊瑚屬 1.3% 及腦紋珊瑚屬 1.1% (圖 10)。



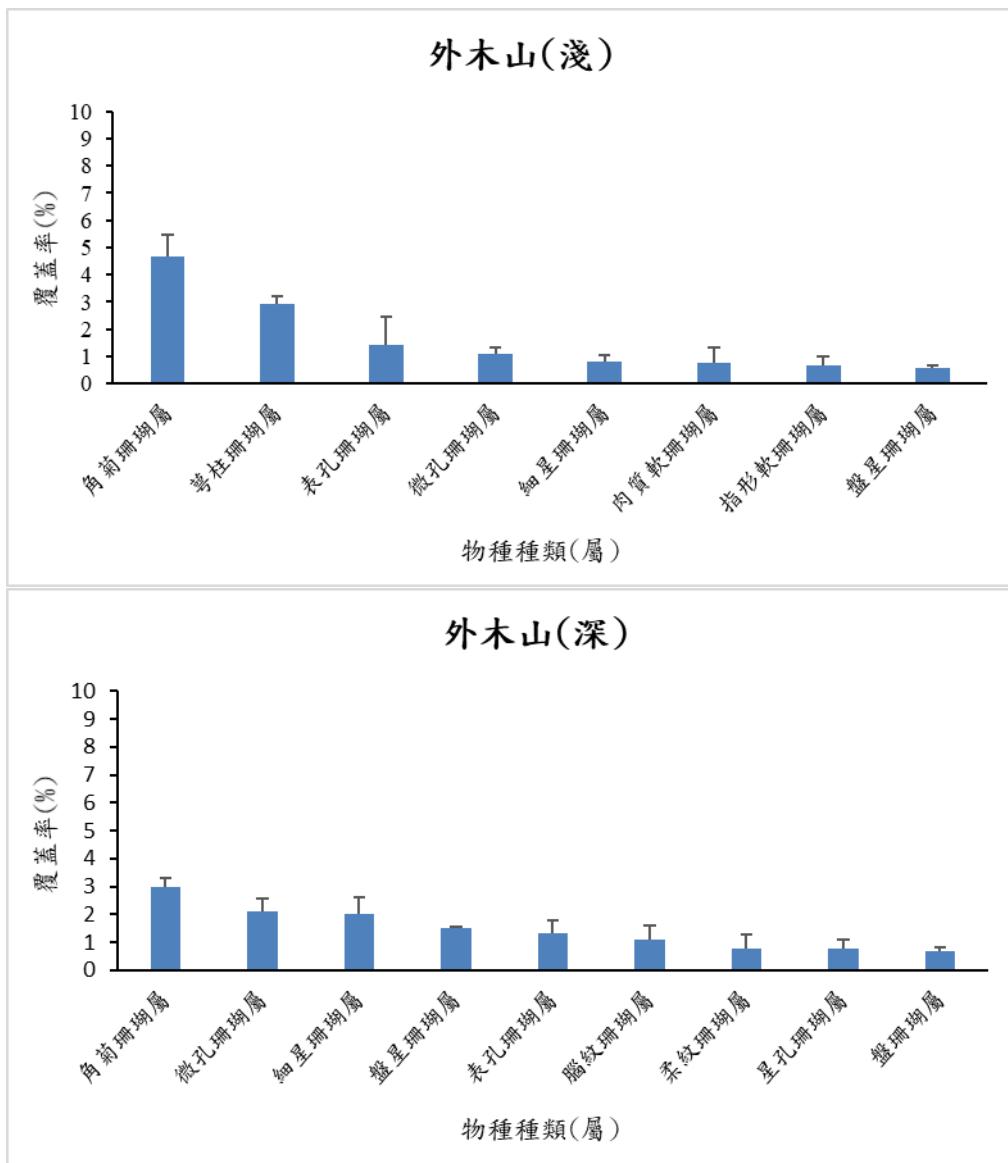


圖 10、外木山淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

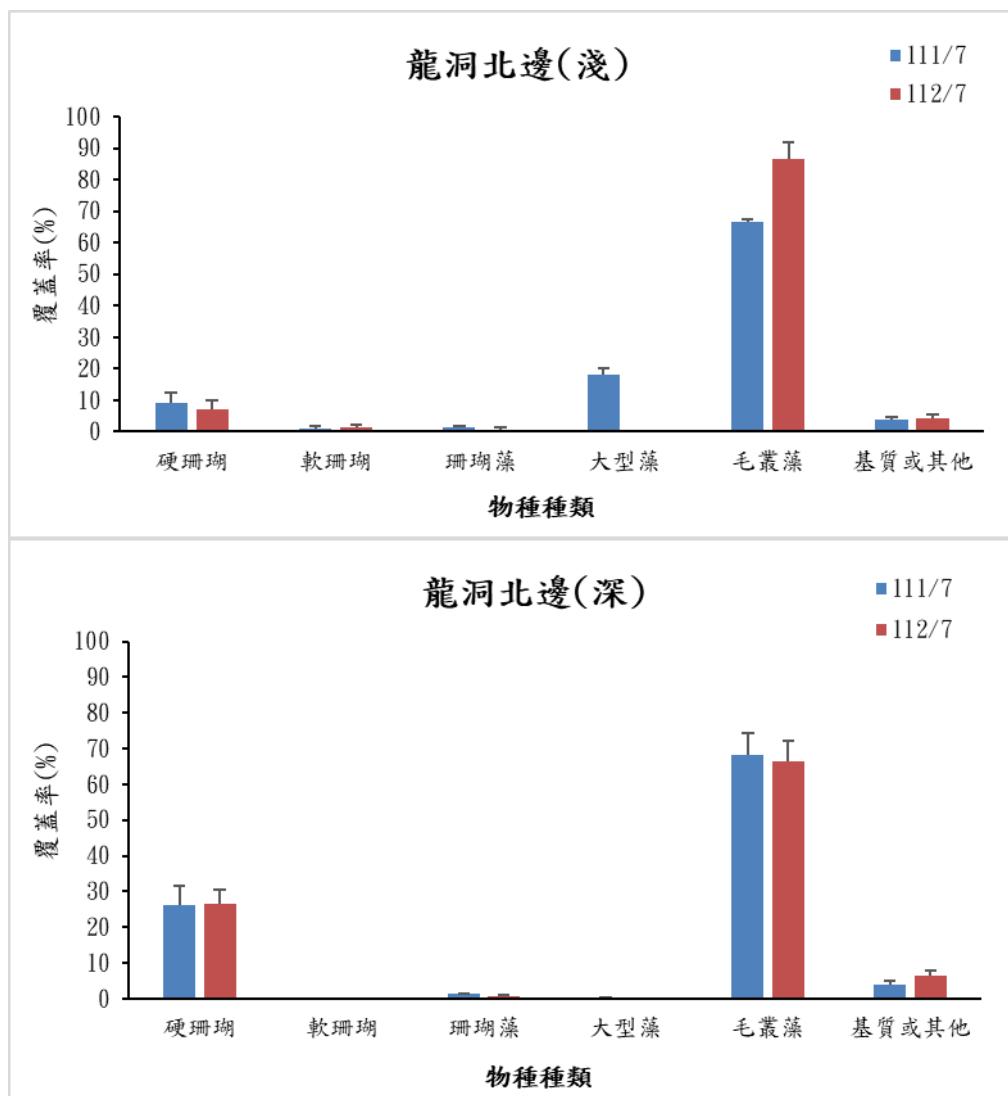
龍洞北邊

111 年龍洞北邊淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 10.3%，藻類覆蓋率為 84.6%，珊瑚/藻類比例為 0.12；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 26.3%，藻類覆蓋率為 68.3%，珊瑚/藻類比例為 0.39，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況皆為「衰退」狀態。

112 年龍洞北邊淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 7.1%、軟珊瑚 1.3%、珊瑚藻 0.7%、大型藻 0%、毛叢藻 86.7%、基質或其他

4.2%，得出珊瑚覆蓋率為 8.4%，藻類覆蓋率為 86.7%，珊瑚/藻類比例為 0.10；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 26.5%、軟珊瑚 0%、珊瑚藻 0.8%、大型藻 0%、毛叢藻 66.3%、基質或其他 6.4%，得出珊瑚覆蓋率為 26.5%，藻類覆蓋率為 66.3%，珊瑚/藻類比例為 0.40，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以細星珊瑚屬 3.6%為最多數種類，其次為篩孔珊瑚屬 2.1%、角菊珊瑚屬 1.1%及微孔珊瑚屬 1.1%；深礁以角菊珊瑚屬 7.5%為最多數種類，其次為斜花珊瑚屬 4.4%、細星珊瑚屬 3.6%、微孔珊瑚屬 2.2%、微孔珊瑚屬 2.2%、盤星珊瑚屬 1.8%、腦紋珊瑚屬 1.4%及盤珊瑚屬 1.2%(圖 11)。



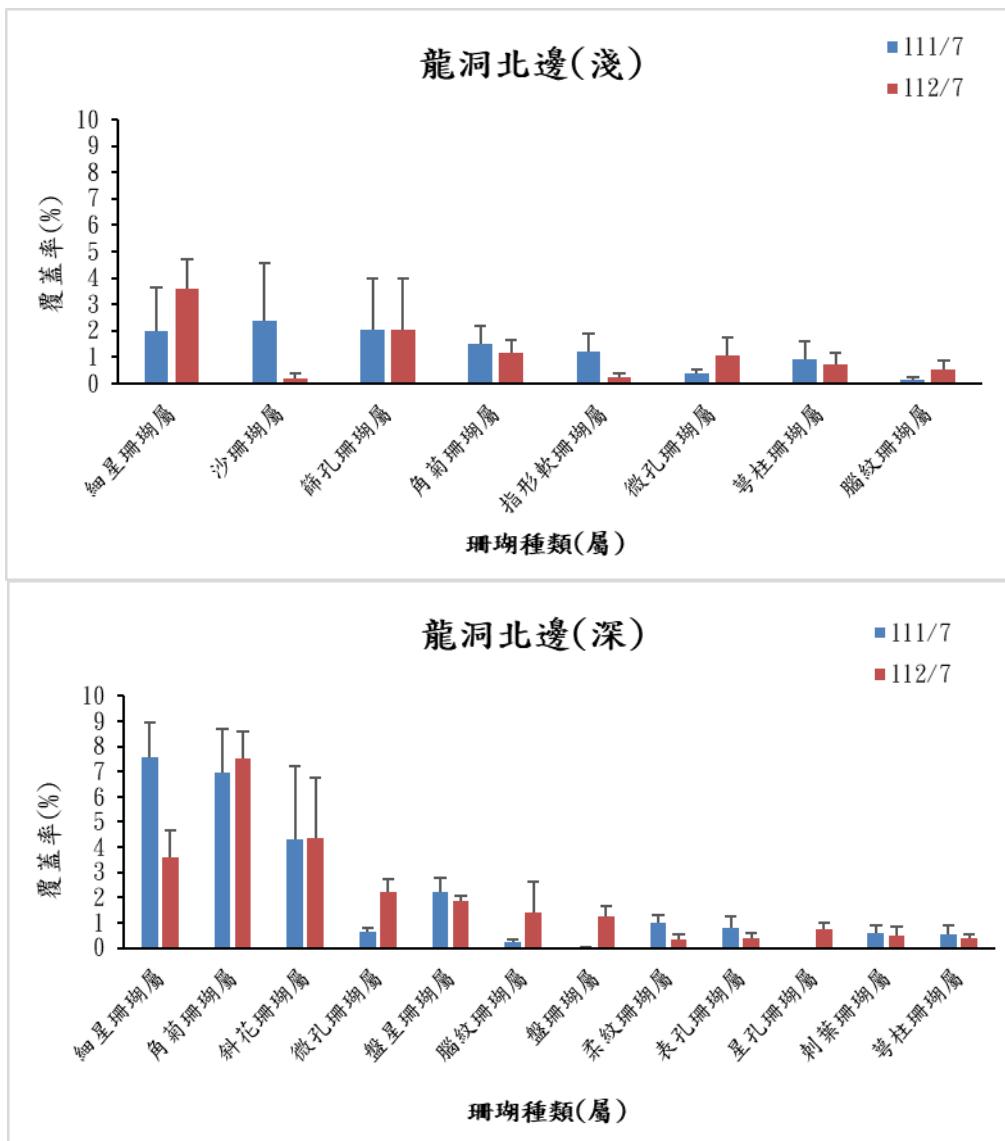


圖 11、龍洞北邊淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

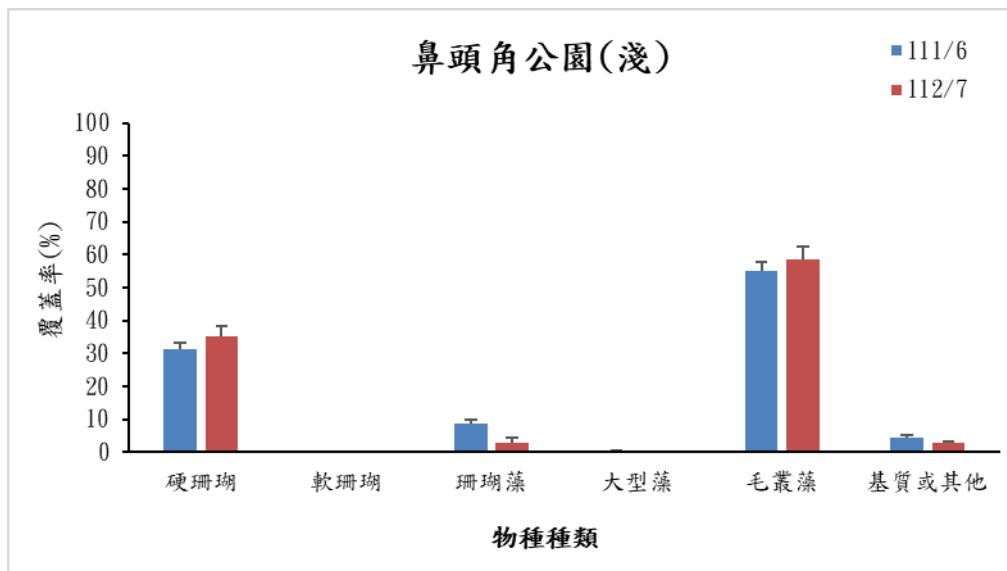
鼻頭角公園

111 年鼻頭角公園淺礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 31.5%，藻類覆蓋率為 55.3%，珊瑚/藻類比例為 0.57，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 23.1%，藻類覆蓋率為 66.5%，珊瑚/藻類比例為 0.35，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年鼻頭角公園淺礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 35.3%、軟珊瑚 0.1%、珊瑚藻 2.9%、大型藻 0%、毛叢藻 58.8%、基質或其他 3.0%，得出珊瑚覆蓋率為 35.4%，藻類覆蓋率為 58.8%，珊瑚/藻

類比例為 0.60，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(8 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 27.5%、軟珊瑚 0.1%、珊瑚藻 0.8%、大型藻 0%、毛叢藻 70.2%、基質或其他 1.4%，得出珊瑚覆蓋率為 27.6%，藻類覆蓋率為 70.2%，珊瑚/藻類比例為 0.39，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以角菊珊瑚屬 10.3%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 9.7%、萼柱珊瑚屬 6.7%、盤星珊瑚屬 3.0、細星珊瑚屬 1.9%及腦紋珊瑚屬 1.4%；深礁以細星珊瑚屬 5.1%為最多數種類，其次為雀屏珊瑚屬 4.5%、腦紋珊瑚屬 3.4%、角菊珊瑚屬 3.0%、微孔珊瑚屬 2.8%、盤星珊瑚屬 2.1%及斜花珊瑚屬 1.0%(圖 12)。



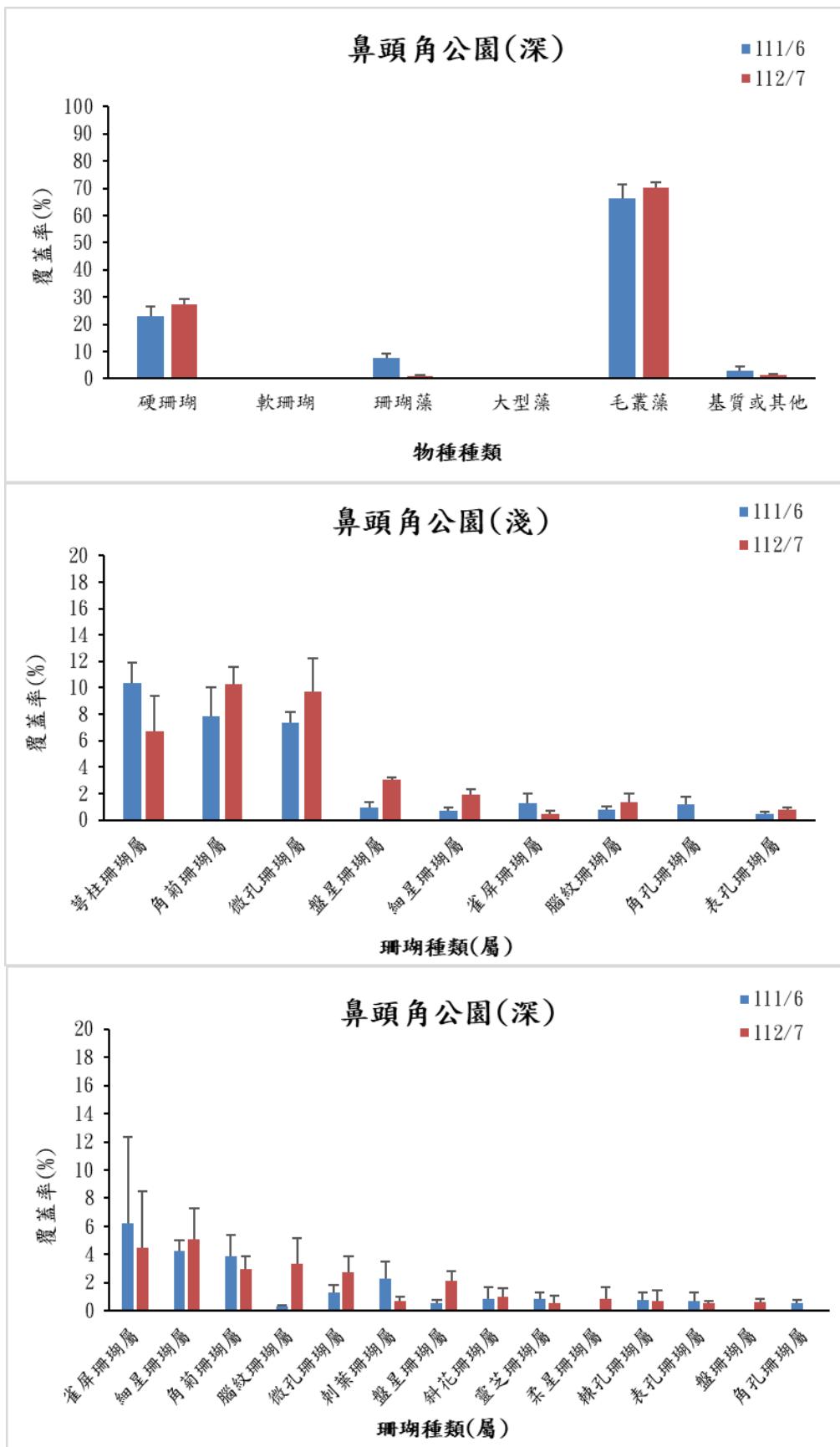


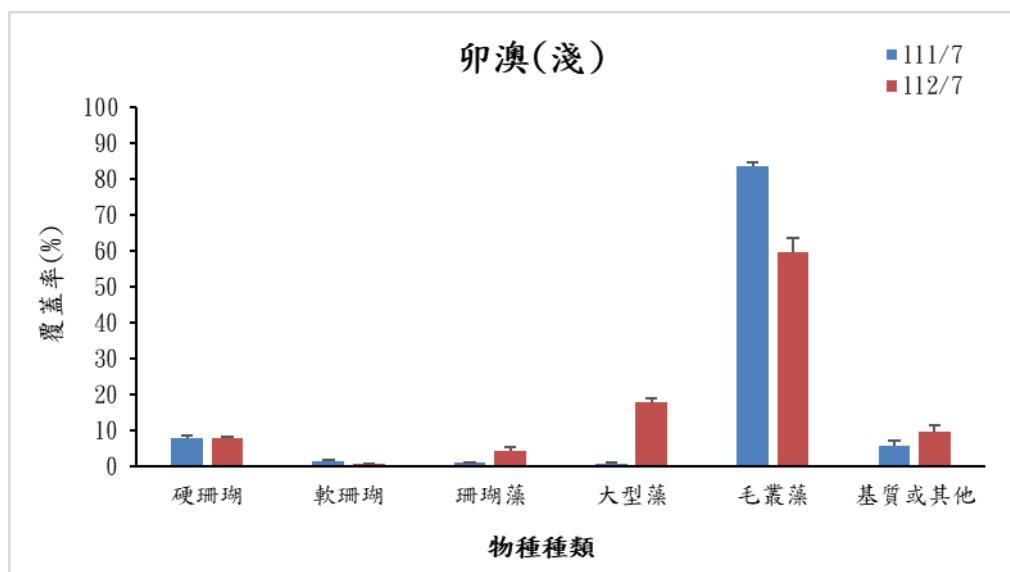
圖 12、鼻頭角公園淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

卯澳

111 年卯澳淺礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 9.2%，藻類覆蓋率為 84.2%，珊瑚/藻類比例為 0.11；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 18.8%，藻類覆蓋率為 74.4%，珊瑚/藻類比例為 0.25，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年卯澳淺礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 7.8%、軟珊瑚 0.6%、珊瑚藻 4.3%、大型藻 18.0%、毛叢藻 60.0%、基質或其他 9.7%，得出珊瑚覆蓋率為 8.4%，藻類覆蓋率為 78.0%，珊瑚/藻類比例為 0.11；深礁(8 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 13.3%、軟珊瑚 0.1%、珊瑚藻 1.1%、大型藻 4.5%、毛叢藻 73.9%、基質或其他 7.0%，得出珊瑚覆蓋率為 13.4%，藻類覆蓋率為 78.4%，珊瑚/藻類比例為 0.17，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以盤星珊瑚屬 1.6%為最多數種類，其次為萼柱珊瑚屬 1.5%及角菊珊瑚屬 1.3%；深礁以微孔珊瑚屬 2.7%為最多數種類，其次為盤星珊瑚屬 2.1%、表孔珊瑚屬 2.1%、萼柱珊瑚屬 1.9%及角菊珊瑚屬 1.5% (圖 13)。



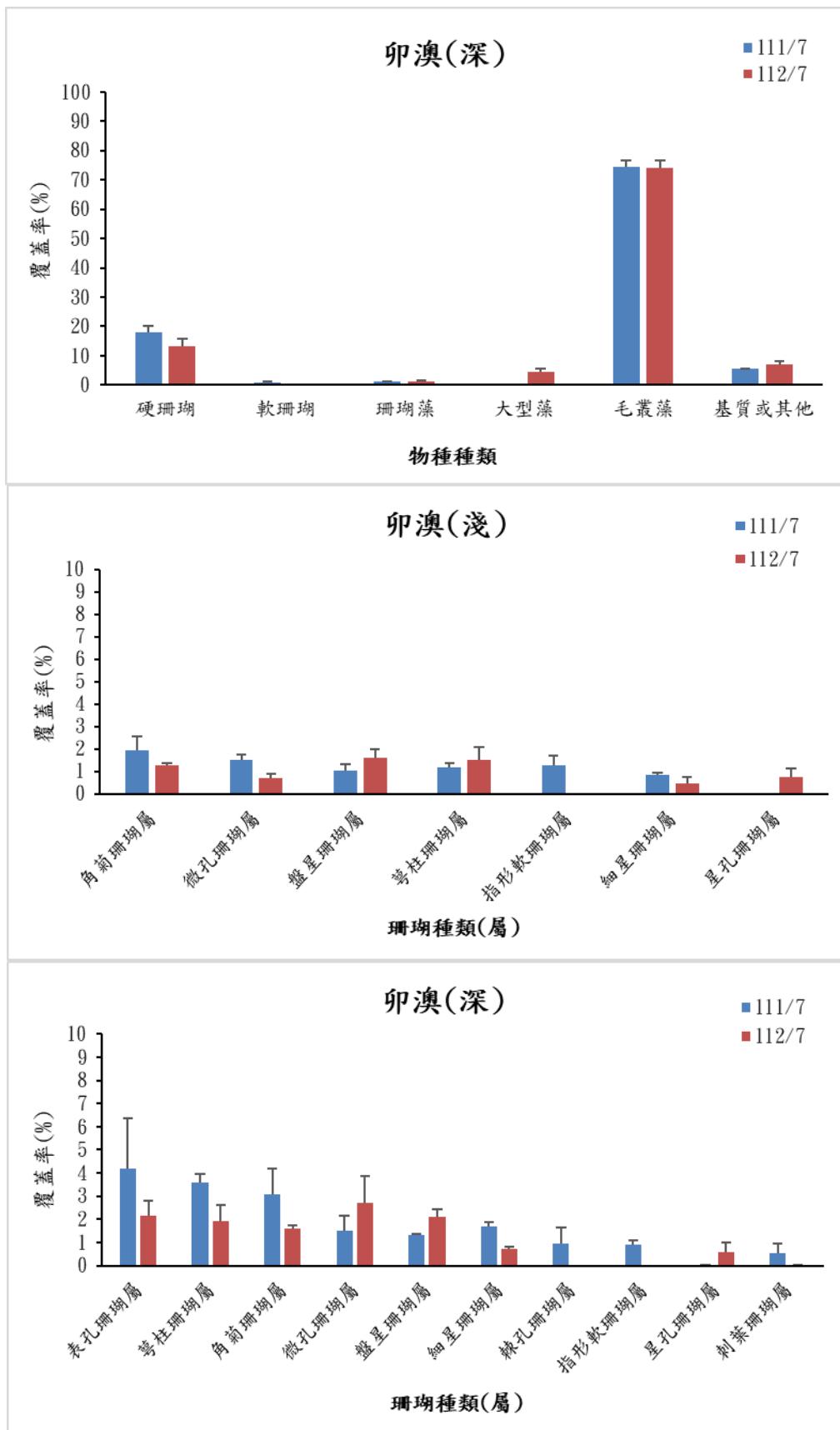


圖 13、卵澳淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

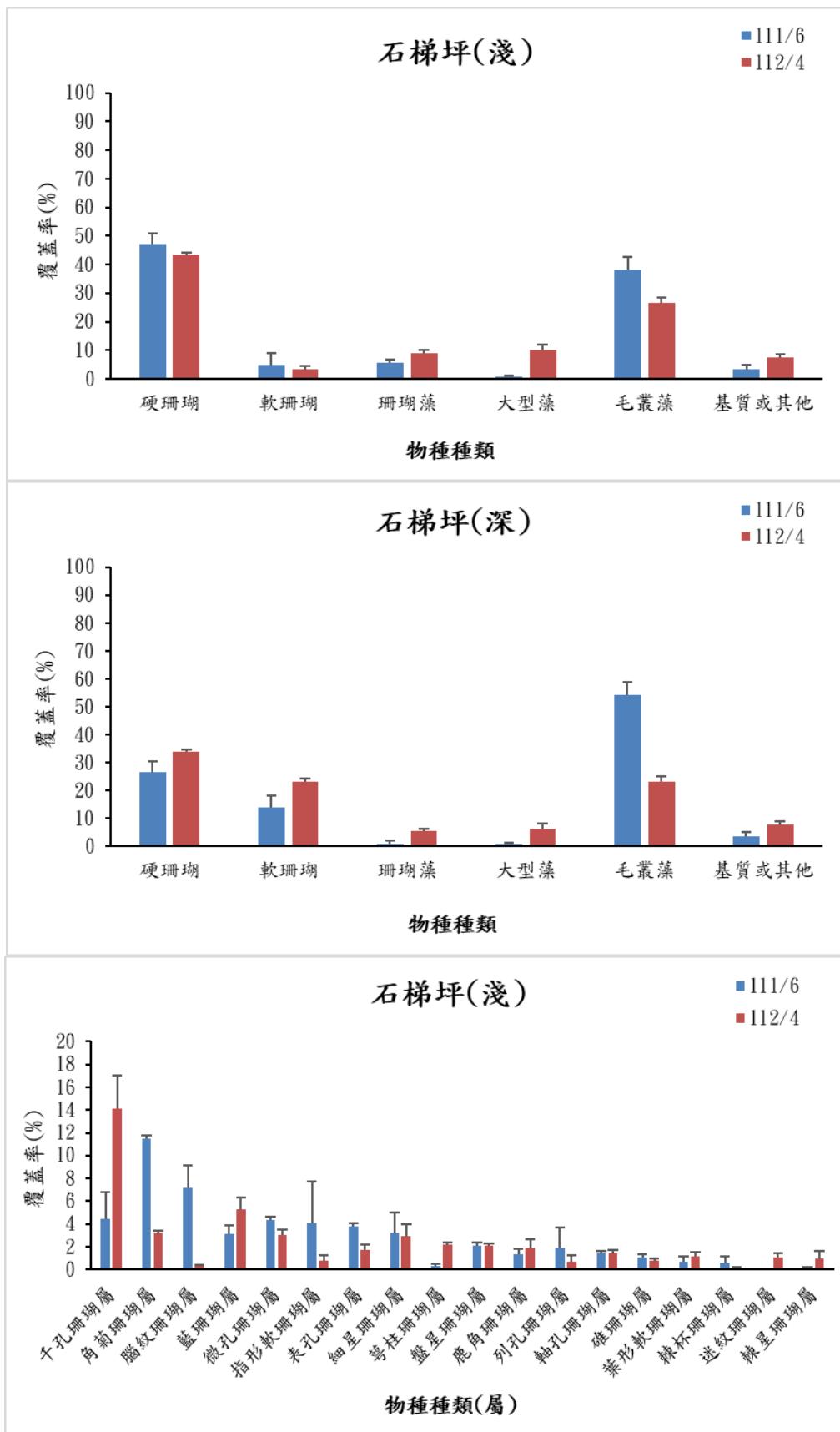
東部

石梯坪

111 年石梯坪淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 52.0%，藻類覆蓋率為 38.9%，珊瑚/藻類比例為 1.34，故珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 40.3%，藻類覆蓋率為 55.1%，珊瑚/藻類比例為 0.73，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年石梯坪淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 43.3%、軟珊瑚 3.4%、珊瑚藻 9.0%、大型藻 10.0%、毛叢藻 26.6%、基質或其他 7.6%，得出珊瑚覆蓋率為 46.7%，藻類覆蓋率為 36.6%，珊瑚/藻類比例為 1.28，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(8 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 34.0%、軟珊瑚 23.2%、珊瑚藻 5.3%、大型藻 6.4%、毛叢藻 23.3%、基質或其他 7.9%，得出珊瑚覆蓋率為 57.2%，藻類覆蓋率為 29.7%，珊瑚/藻類比例為 1.93，故珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

其中，淺礁以千孔珊瑚屬 14.1%為最多數種類，其次為藍珊瑚屬 5.3%、角菊珊瑚屬 3.2%、微孔珊瑚屬 3.1%、細星珊瑚屬 3.0%、萼柱珊瑚屬 2.2%、盤星珊瑚屬 2.1%、鹿角珊瑚屬 1.9%、表孔珊瑚屬 1.8%、軸孔珊瑚屬 1.4%、葉形軟珊瑚屬 1.2%、迷紋珊瑚屬 1.0%及棘星珊瑚屬 1.0%；深礁以千孔珊瑚屬 11.2%為最多數種類，其次為指形軟珊瑚屬 8.2%、葉形軟珊瑚屬 6.7%、藍珊瑚屬 5.4%、肉質軟珊瑚屬 4.1%、角菊珊瑚屬 3.6%、萼柱珊瑚屬 2.5%、盤星珊瑚屬 1.6%、微孔珊瑚屬 1.5%、角孔珊瑚屬 1.4%、腦紋珊瑚屬 1.3%及列孔珊瑚屬 1.3%(圖 14)。



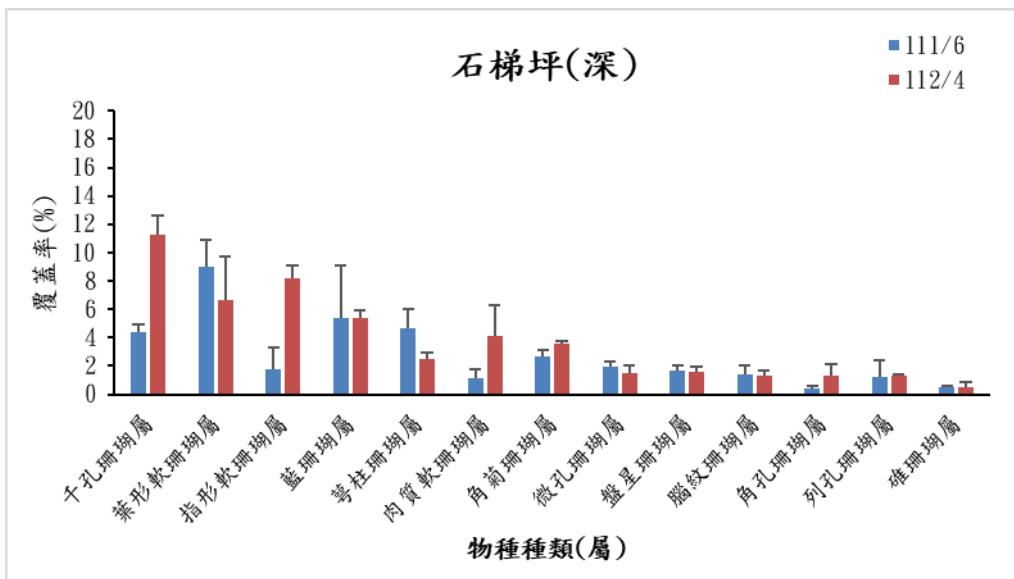


圖 14、石梯坪淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

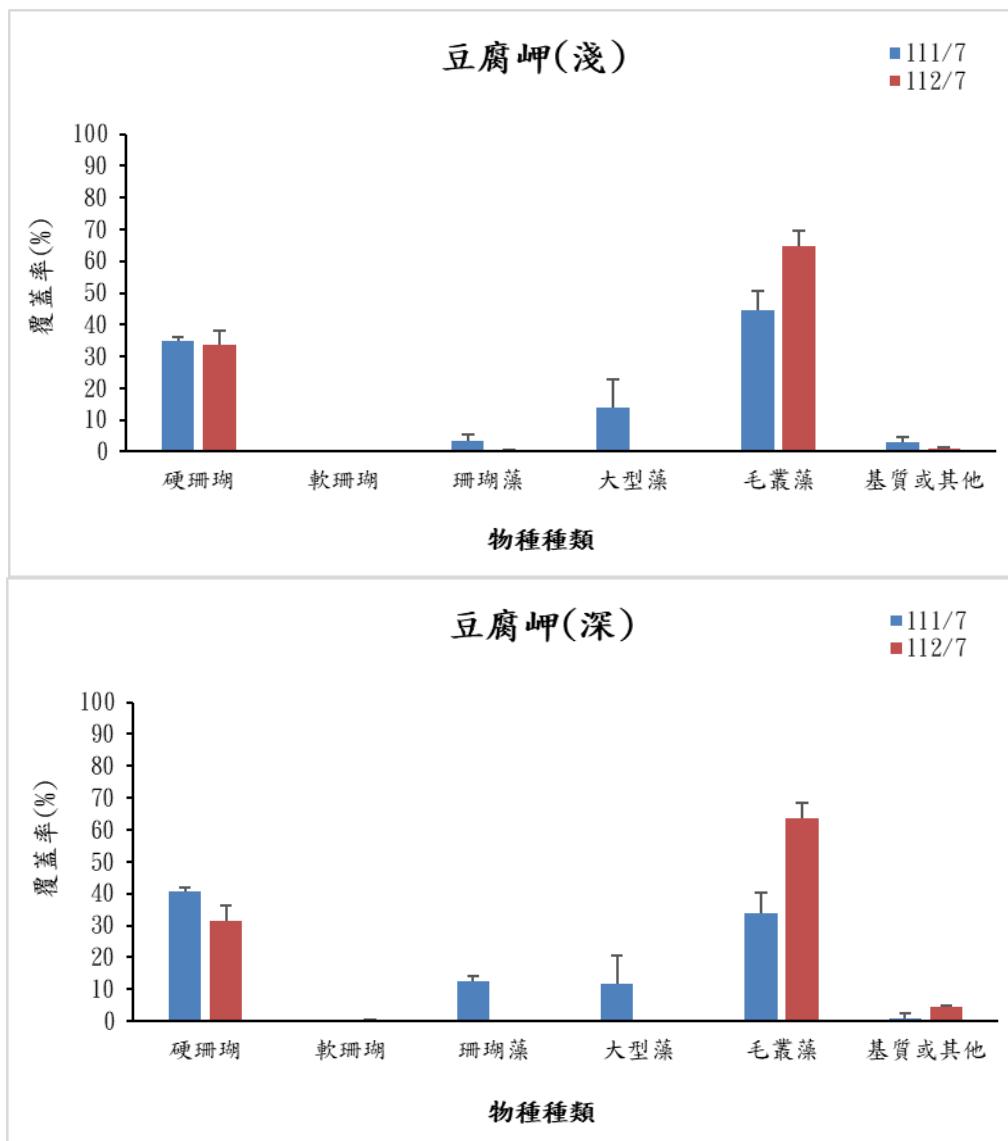
豆腐岬

111 年豆腐岬淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 35.0%，藻類覆蓋率為 58.4%，珊瑚/藻類比例為 0.60；深礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 40.7%，藻類覆蓋率為 45.9%，珊瑚/藻類比例為 0.89，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年豆腐岬淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 33.7%、軟珊瑚 0.3%、珊瑚藻 0.3%、大型藻 0%、毛叢藻 64.7%、基質或其他 1.0%，得出珊瑚覆蓋率為 34.0%，藻類覆蓋率為 64.7%，珊瑚/藻類比例為 0.53；深礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 31.4%、軟珊瑚 0.3%、珊瑚藻 0.2%、大型藻 0%、毛叢藻 63.5%、基質或其他 4.5%，得出珊瑚覆蓋率為 31.7%，藻類覆蓋率為 63.5%，珊瑚/藻類比例為 0.50，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以千孔珊瑚屬 11.5%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 8.1%、表孔珊瑚屬 3.9%、列孔珊瑚屬 2.0%、盤星珊瑚屬 1.1%、繩紋珊瑚屬 1.0%及軸孔珊瑚屬 1.0%；深礁以微孔珊瑚屬 9.0%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 5.0%、繩紋珊瑚屬 3.7%、列孔珊瑚

屬 2.2%、千孔珊瑚屬 1.5%、厚絲珊瑚屬 1.3% 及棘孔珊瑚屬 1.1% (圖 15)。



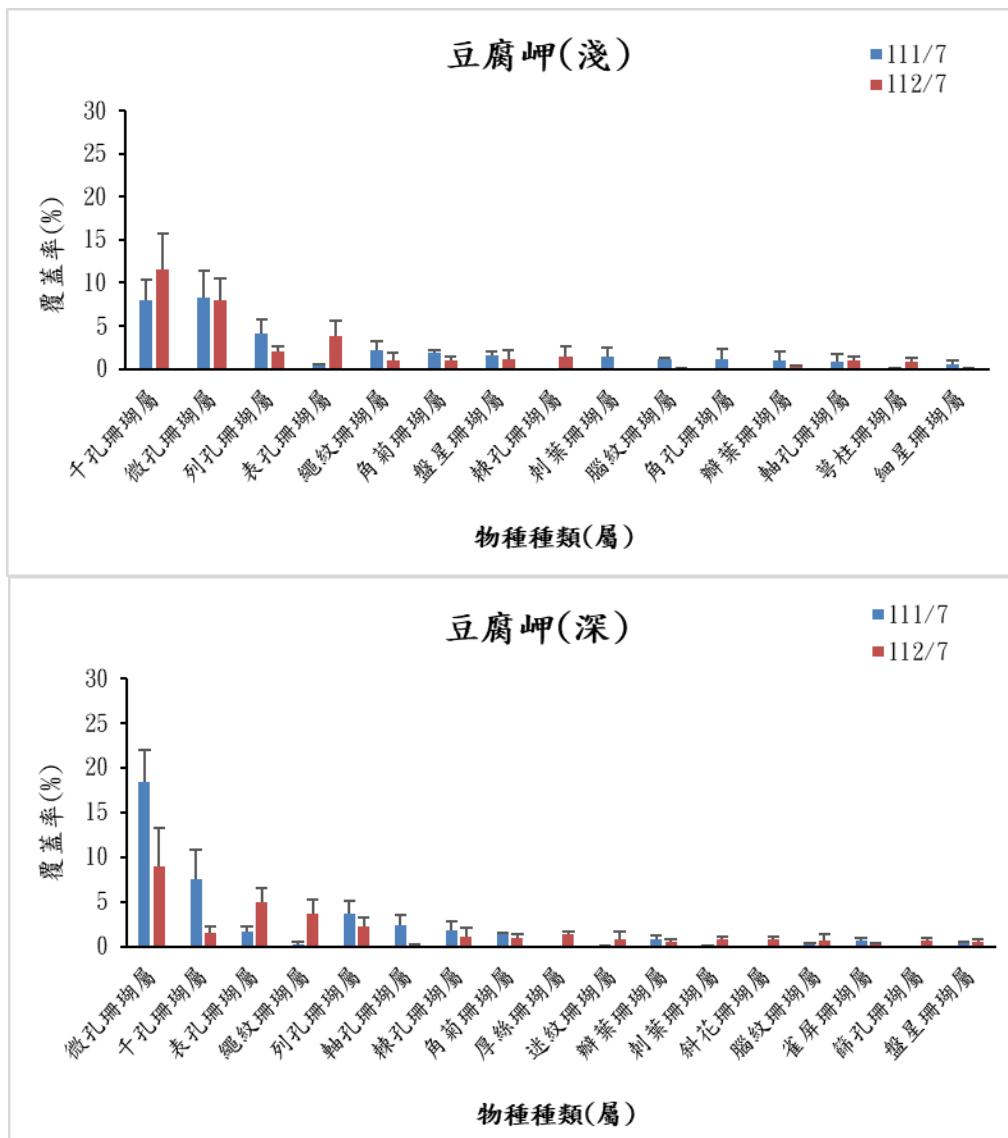


圖 15、豆腐岬淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

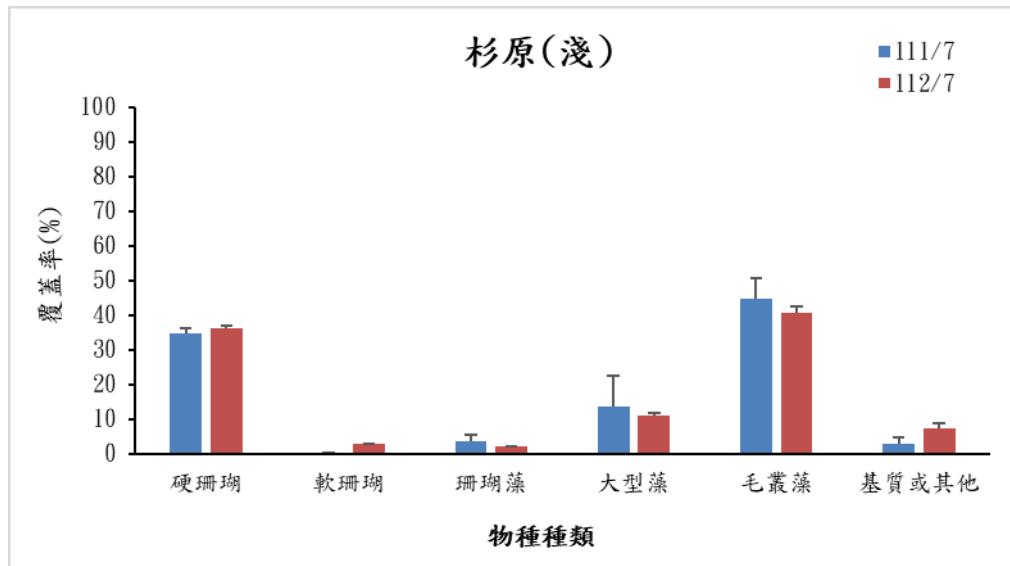
杉原

111 年杉原淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 49.7%，藻類覆蓋率為 43.2%，珊瑚/藻類比例為 1.15；深礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 40.6%，藻類覆蓋率為 55.0%，珊瑚/藻類比例為 0.74，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年杉原淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 36.3%、軟珊瑚 2.8%、珊瑚藻 2.0%、大型藻 11.1%、毛叢藻 40.5%、基質或其他 7.3%，得出珊瑚覆蓋率為 39.1%，藻類覆蓋率為 51.6%，珊瑚/藻類比例為

0.76；深礁(5米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚33.5%、軟珊瑚5.8%、珊瑚藻1.0%、大型藻16.0%、毛叢藻38.0%、基質或其他5.9%，得出珊瑚覆蓋率為39.3%，藻類覆蓋率為54.0%，珊瑚/藻類比例為0.73，故2個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。與111年調查相比，112年淺礁的硬珊瑚覆蓋率經過統計顯著較高(表19)，可能原因為漲退潮差大，導致調查位置與去年有差異。

其中，淺礁以角菊珊瑚屬8.9%為最多數種類，其次為藍珊瑚屬7.4%、千孔珊瑚屬2.1%、細星珊瑚屬2.0%、微孔珊瑚屬1.8%、葉形軟珊瑚屬1.3%及繩紋珊瑚屬1.1%；深礁以藍珊瑚屬11.0%為最多數種類，其次為角菊珊瑚屬3.4%、盤星珊瑚屬3.2%、指形軟珊瑚屬3.1%、千孔珊瑚屬3.0%、刺葉珊瑚屬2.4%、葉形軟珊瑚屬2.0%、細星珊瑚屬1.7%及微孔珊瑚屬1.7%(圖16)。



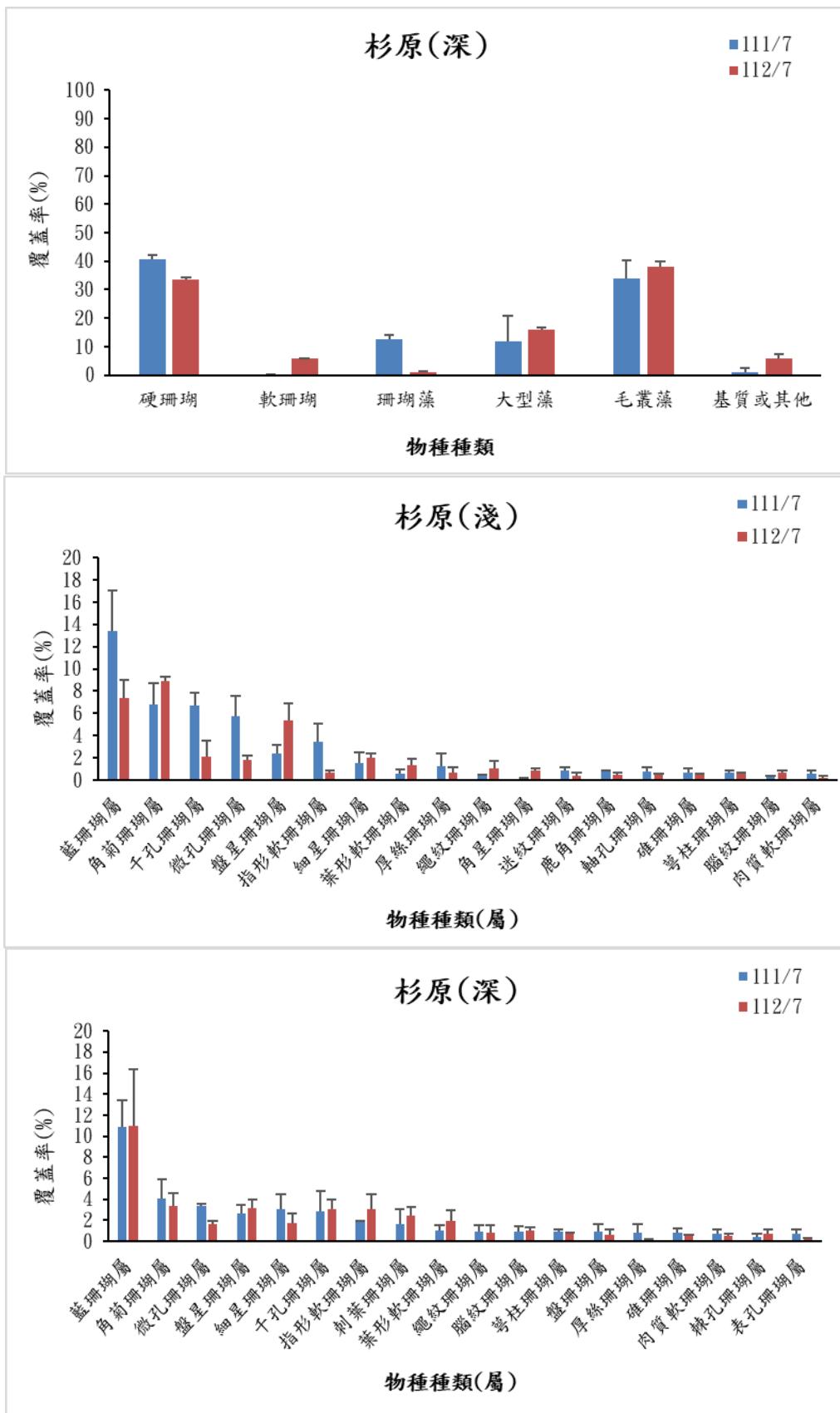


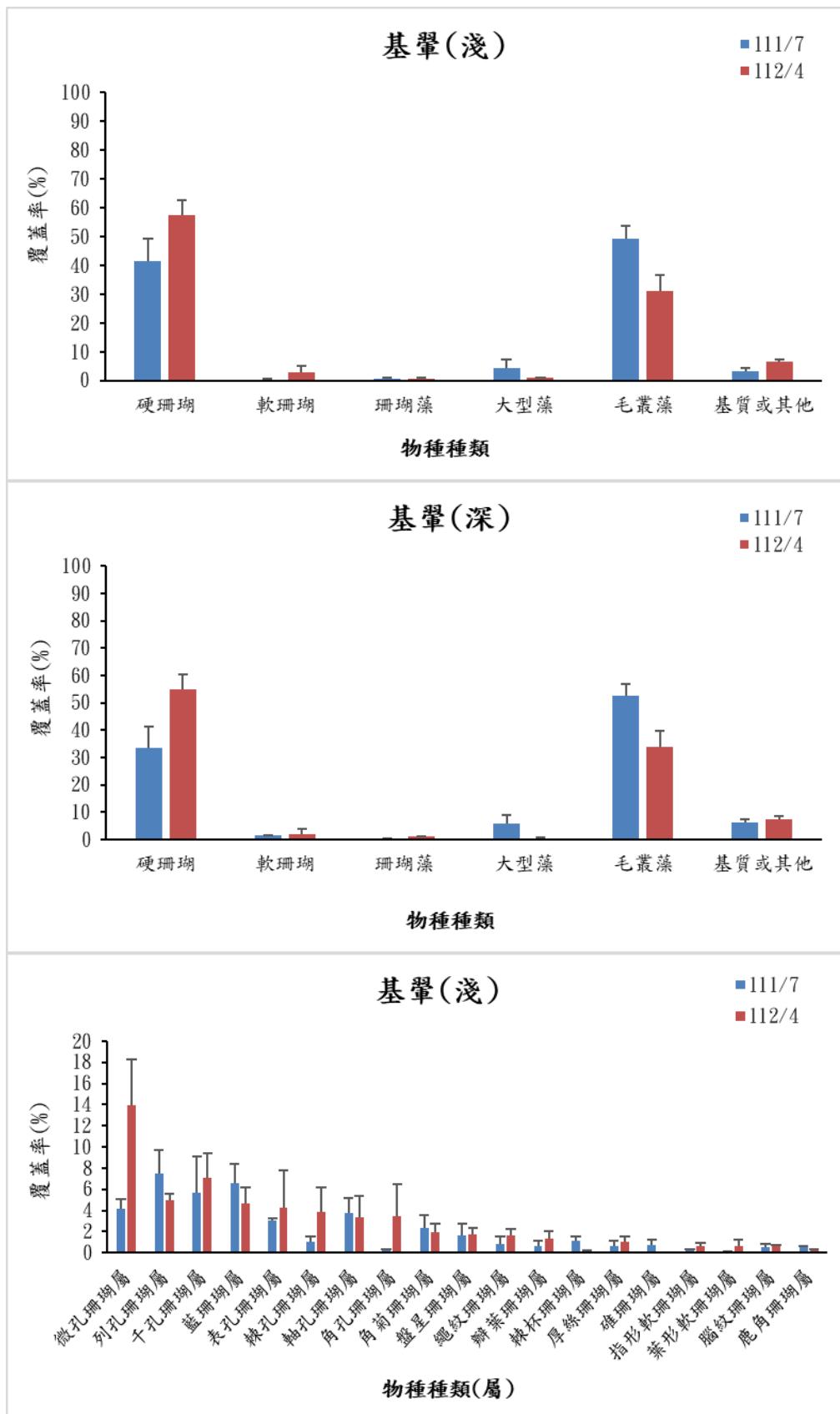
圖 16、杉原淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

基翹

111 年基翹淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 41.9%，藻類覆蓋率為 53.6%，珊瑚/藻類比例為 0.78；深礁(6 米)珊瑚覆蓋率為 34.8%，藻類覆蓋率為 58.5%，珊瑚/藻類比例為 0.59，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年基翹淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 57.4%、軟珊瑚 3.0%、珊瑚藻 0.8%、大型藻 1.0%、毛叢藻 31.3%、基質或其他 6.5%，得出珊瑚覆蓋率為 60.4%，藻類覆蓋率為 32.3%，珊瑚/藻類比例為 1.87；深礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 54.9%、軟珊瑚 1.9%、珊瑚藻 1.1%、大型藻 0.6%、毛叢藻 34.0%、基質或其他 7.5%，得出珊瑚覆蓋率為 56.8%，藻類覆蓋率為 34.6%，珊瑚/藻類比例為 1.64，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

其中，淺礁以微孔珊瑚屬 14.0%為最多數種類，其次為千孔珊瑚屬 7.1%、列孔珊瑚屬 5.0%、藍珊瑚屬 4.7%、表孔珊瑚屬 4.3%、棘孔珊瑚屬 3.9%、角孔珊瑚屬 3.5%、軸孔珊瑚屬 3.3%、角菊珊瑚屬 1.9%、盤星珊瑚屬 1.7%、繩紋珊瑚屬 1.6%、瓣葉珊瑚屬 1.4%及厚絲珊瑚屬 1.0%；深礁以微孔珊瑚屬 11.1%為最多數種類，其次為藍珊瑚屬 8.1%、表孔珊瑚屬 5.5%、繩紋珊瑚屬 3.9%、列孔珊瑚屬 3.4%、千孔珊瑚屬 3.0%、角菊珊瑚屬 2.7%、軸孔珊瑚屬 2.3%、盤珊瑚屬 2.1%、腦紋珊瑚屬 2.0%、盤星珊瑚屬 1.8%、萼柱珊瑚屬 1.4%、細星珊瑚屬 1.2%及指形軟珊瑚屬 1.0%(圖 17)。



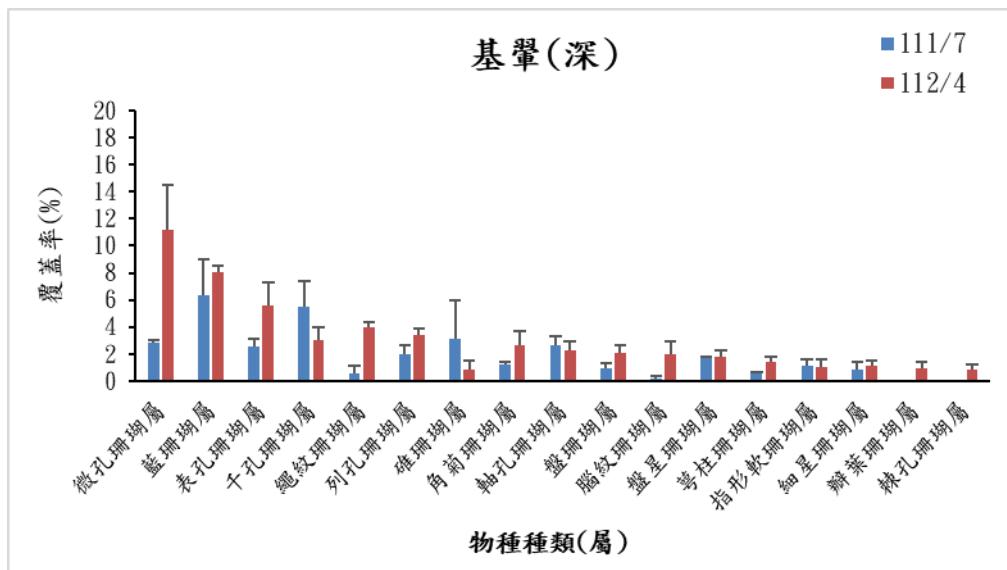


圖 17、基翹淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

綠島

石朗

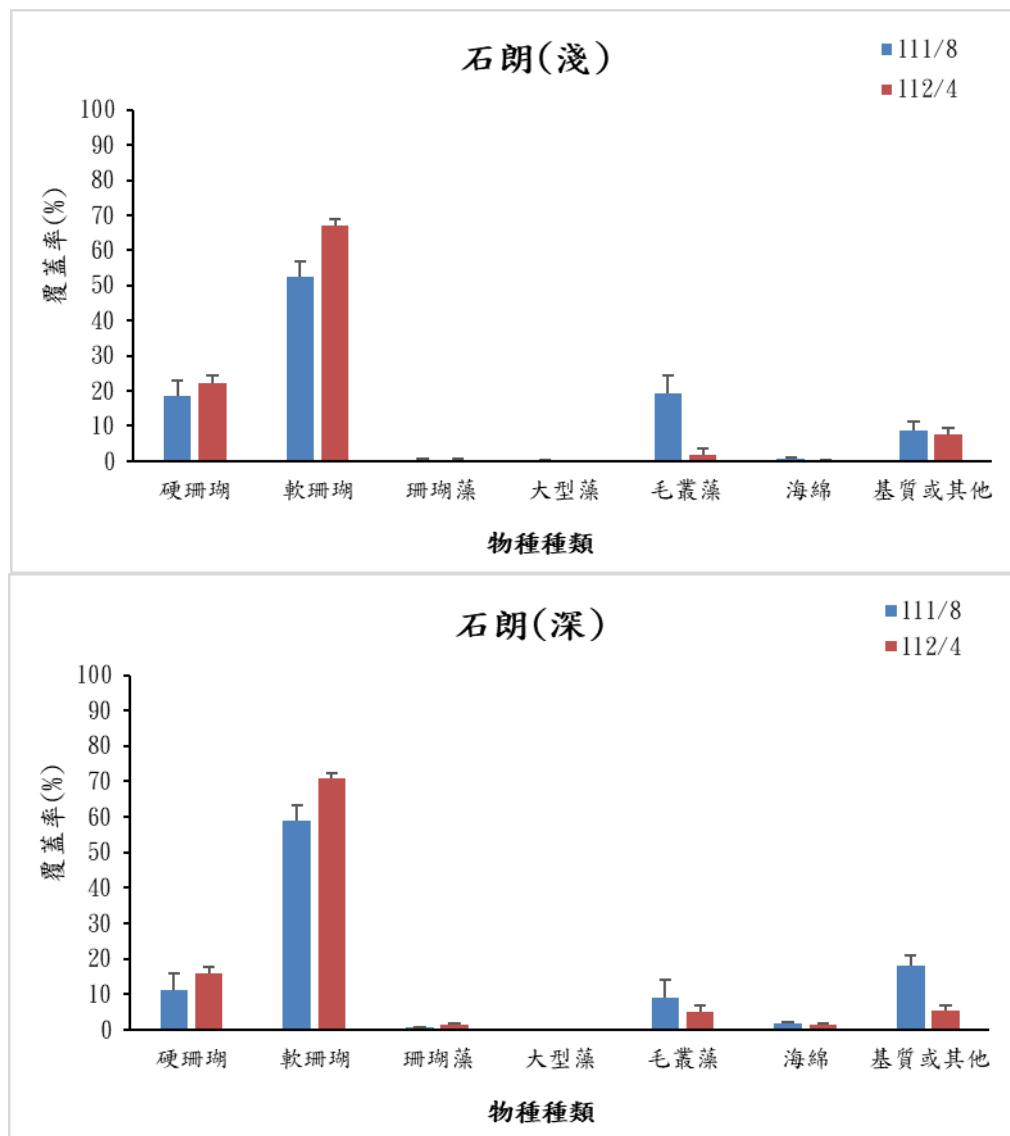
111 年石朗淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 71.0%，藻類覆蓋率為 19.5%，珊瑚/藻類比例為 3.64；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 70.3%，藻類覆蓋率為 9.2%，珊瑚/藻類比例為 7.64，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

112 年石朗淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 22.3%、軟珊瑚 67.3%、珊瑚藻 0.4%、大型藻 0%、毛叢藻 1.8%、海綿 0.3%、基質或其他 7.8%，得出珊瑚覆蓋率為 89.6%，藻類覆蓋率為 1.8%，珊瑚/藻類比例為 49.78；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 15.8%、軟珊瑚 70.8%、珊瑚藻 1.4%、大型藻 0%、毛叢藻 5.0%、海綿 1.6%、基質或其他 5.4%，得出珊瑚覆蓋率為 86.6%，藻類覆蓋率為 5.0%，珊瑚/藻類比例為 17.32，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

其中，淺礁硬珊瑚部分以微孔珊瑚屬 10.0%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 5.5%、軸孔珊瑚屬 2.2%及千孔珊瑚屬 1.1%；深礁

硬珊瑚部分以微孔珊瑚屬 6.1%為最多數種類，其次為軸孔珊瑚屬 3.5%及同孔珊瑚屬 2.0%(圖 18)。

本團隊所使用的珊瑚網群組標籤，未包含在石朗所見的八放珊瑚種類，分析下來發現主要以異軟珊瑚科為大宗，為本計畫監測地點中軟珊瑚覆蓋率最高的地點(圖 19)。



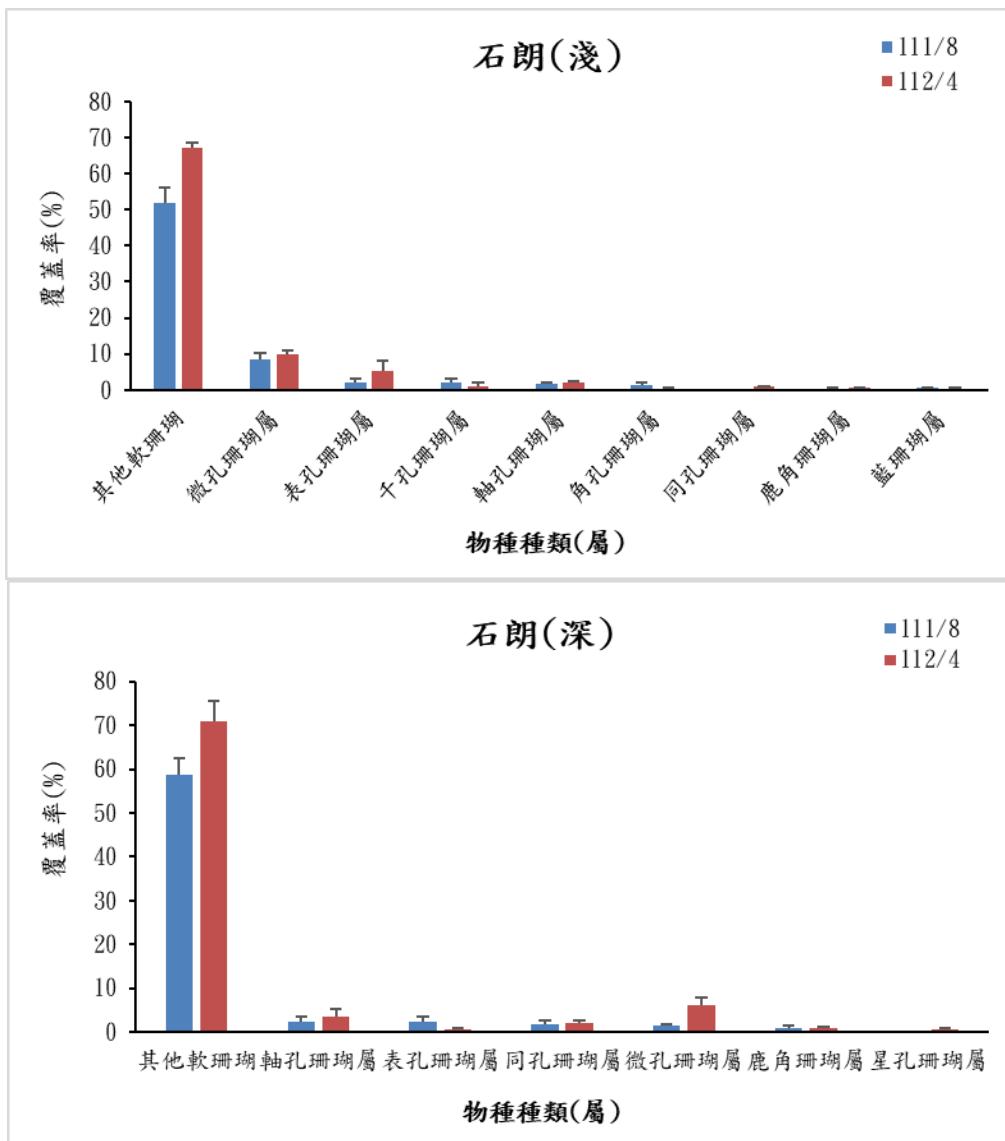


圖 18、石朗淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。



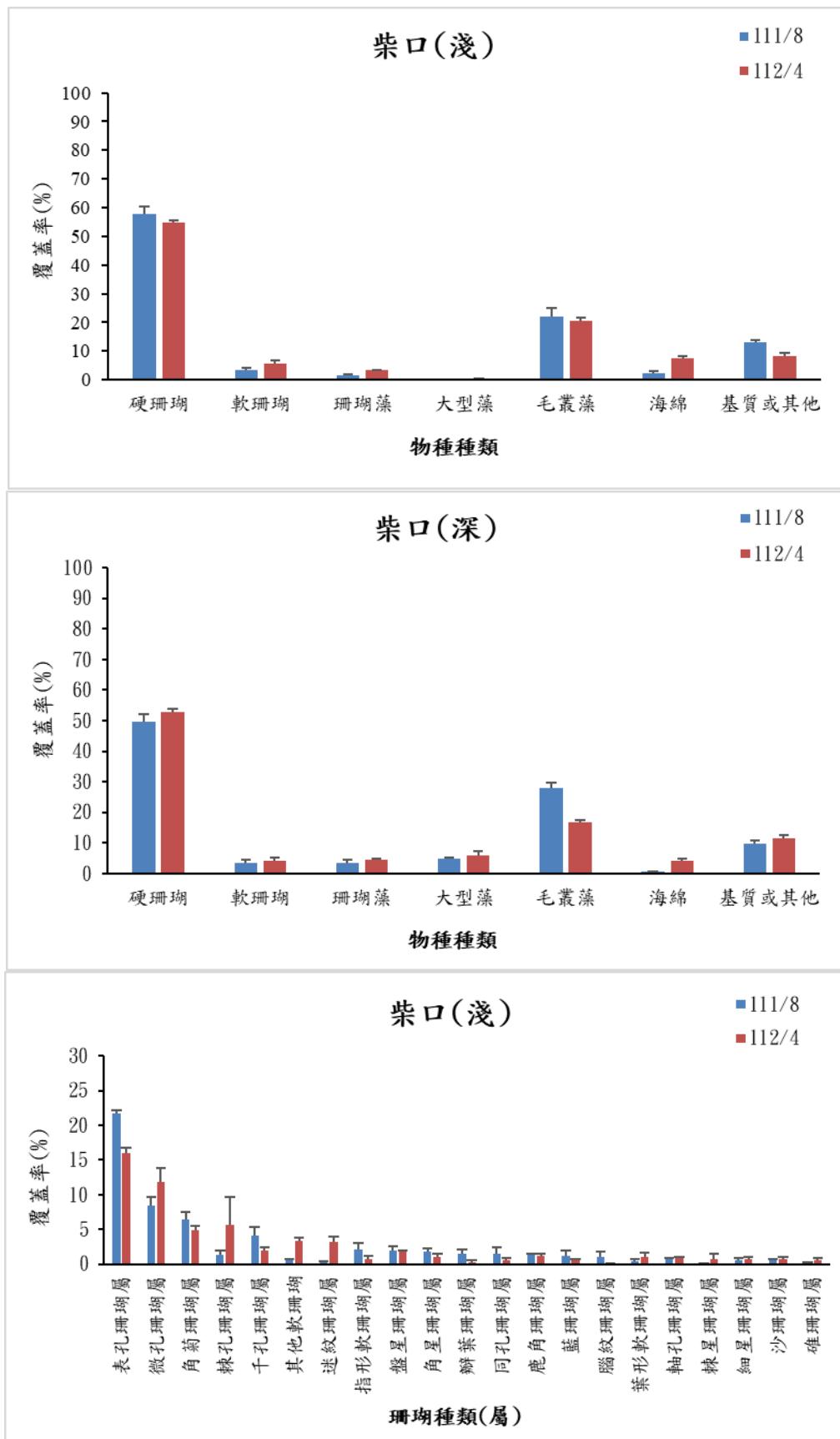
圖 19、石朗軟珊瑚主要類別。

柴口

111 年柴口淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 61.0%，藻類覆蓋率為 22.2%，珊瑚/藻類比例為 2.75；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 53.0%，藻類覆蓋率為 33.1%，珊瑚/藻類比例為 1.60，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

112 年柴口淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 54.7%、軟珊瑚 5.5%、珊瑚藻 3.2%、大型藻 0.4%、毛叢藻 20.5%、海綿 7.3%、基質或其他 8.3%，得出珊瑚覆蓋率為 60.2%，藻類覆蓋率為 20.9%，珊瑚/藻類比例為 2.88；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 52.7%、軟珊瑚 4.1%、珊瑚藻 4.6%、大型藻 6.0%、毛叢藻 16.8%、海綿 4.3%、基質或其他 11.5%，得出珊瑚覆蓋率為 56.8%，藻類覆蓋率為 22.8%，珊瑚/藻類比例為 2.49，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 15.9%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 11.9%、棘孔珊瑚屬 5.7%、角菊珊瑚屬 4.9%、其他軟珊瑚 3.4%、迷紋珊瑚屬 3.2%、千孔珊瑚屬 2.0%、盤星珊瑚屬 1.8%、鹿角珊瑚屬 1.2%、角星珊瑚屬 1.1%及葉形軟珊瑚屬 1.1%；深礁以表孔珊瑚屬 24.6%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 10.5%、同孔珊瑚屬 5.2%、星孔珊瑚屬 1.9%、盤珊瑚屬 1.7%及辦葉珊瑚屬 1.0% (圖 20)。



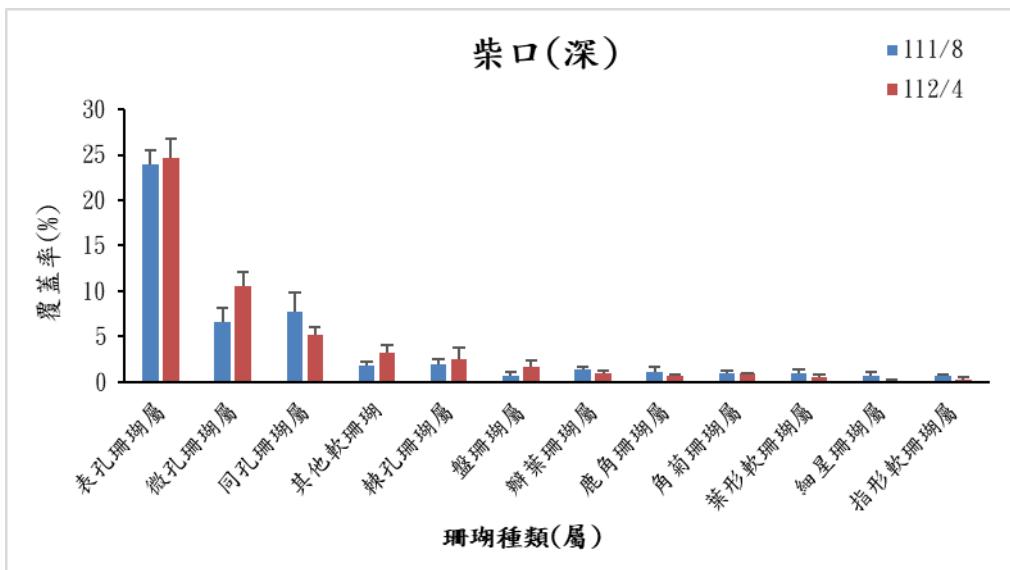


圖 20、柴口淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

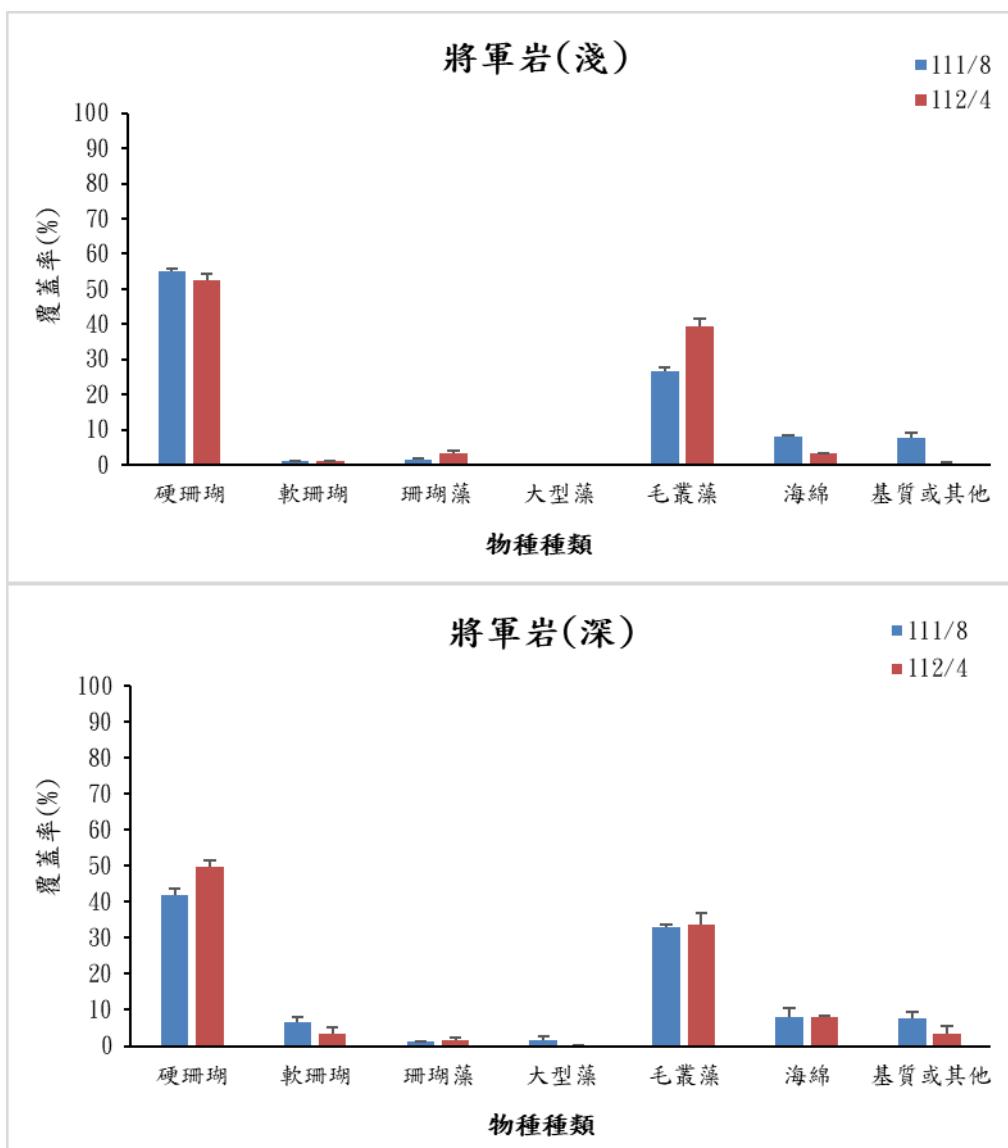
將軍岩

111 年將軍岩淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 56.5%，藻類覆蓋率為 26.5%，珊瑚/藻類比例為 2.13，珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 48.7%，藻類覆蓋率為 34.6%，珊瑚/藻類比例為 1.41，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年將軍岩淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 52.4%、軟珊瑚 1.1%、珊瑚藻 3.3%、大型藻 0%、毛叢藻 39.5%、海綿 3.1%、基質或其他 0.5%，得出珊瑚覆蓋率為 53.5%，藻類覆蓋率為 39.5%，珊瑚/藻類比例為 1.35；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 49.6%、軟珊瑚 3.4%、珊瑚藻 1.8%、大型藻 0.1%、毛叢藻 33.8%、海綿 8.0%、基質或其他 3.4%，得出珊瑚覆蓋率為 53.0%，藻類覆蓋率為 33.9%，珊瑚/藻類比例為 1.56，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。與 111 年調查相比，112 年深礁的硬珊瑚覆蓋率經過統計顯著較高(錯誤！找不到參照來源。)，可能原因為漲退潮差大，導致調查位置與去年有差異。

其中，淺礁以同孔珊瑚屬 29.5%為最多數種類，其次為角菊珊瑚

瑚屬 4.2%、藍珊瑚屬 3.9%、微孔珊瑚屬 3.4%、表孔珊瑚屬 2.1%、軸孔珊瑚屬 2.1%、腦紋珊瑚屬 1.8%、盤星珊瑚屬 1.5% 及鹿角珊瑚屬 1.2%；深礁以同孔珊瑚屬 14.7% 為最多數種類，其次為藍珊瑚屬 7.9%、微孔珊瑚屬 6.6%、角菊珊瑚屬 3.7%、鹿角珊瑚屬 2.7%、表孔珊瑚屬 2.6%、軸孔珊瑚 2.0%、沙珊瑚屬 1.6% 及盤星珊瑚屬 1.5% (圖 21)。



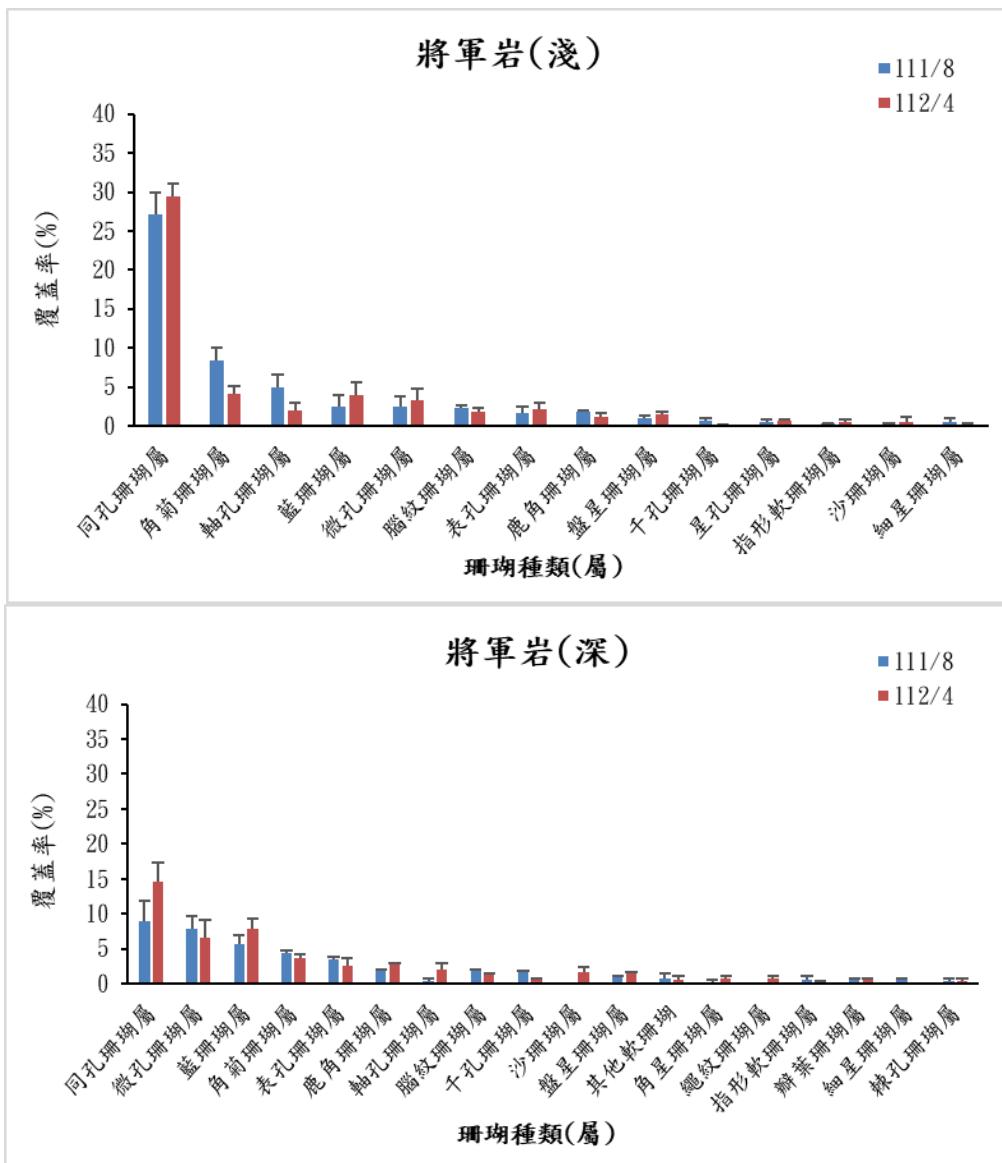


圖 21、將軍岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

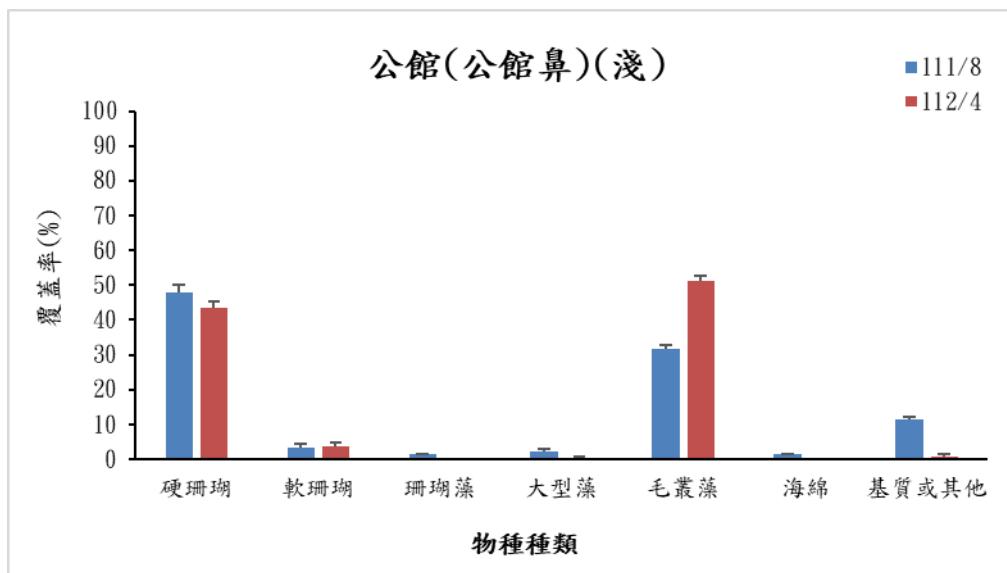
公館(公館鼻)

111 年公館(公館鼻)淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 51.3%，藻類覆蓋率為 34.0%，珊瑚/藻類比例為 1.51，珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 42.5%，藻類覆蓋率為 42.8%，珊瑚/藻類比例為 0.99，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年公館(公館鼻)淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 43.6%、軟珊瑚 3.7%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 0.4%、毛叢藻 51.2%、海綿 0%、

基質或其他 1.0%，得出珊瑚覆蓋率為 47.3%，藻類覆蓋率為 51.6%，珊瑚/藻類比例為 0.92；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 39.2%、軟珊瑚 4.4%、珊瑚藻 0.5%、大型藻 0.1%、毛叢藻 55.3%、海綿 0.1%、基質或其他 0.5%，得出珊瑚覆蓋率為 43.6%，藻類覆蓋率為 55.4%，珊瑚/藻類比例為 0.79，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以軸孔珊瑚屬 13.0%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 8.6%、千孔珊瑚屬 4.2%、棘杯珊瑚屬 4.2%、沙珊瑚屬 3.0%、角菊珊瑚屬 2.4%、微孔珊瑚屬 2.0%、指形軟珊瑚屬 1.3%、瓣葉珊瑚屬 1.3%及鹿角珊瑚屬 1.1%；深礁以表孔珊瑚屬 11.0%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 7.8%、沙珊瑚屬 3.0%、同孔珊瑚屬 2.4%、軸孔珊瑚屬 2.1%、盤星珊瑚 1.3%、盤珊瑚屬 1.3%、藍珊瑚屬 1.3%、指形軟珊瑚屬 1.1%及角菊珊瑚屬 1.1% (圖 22)。



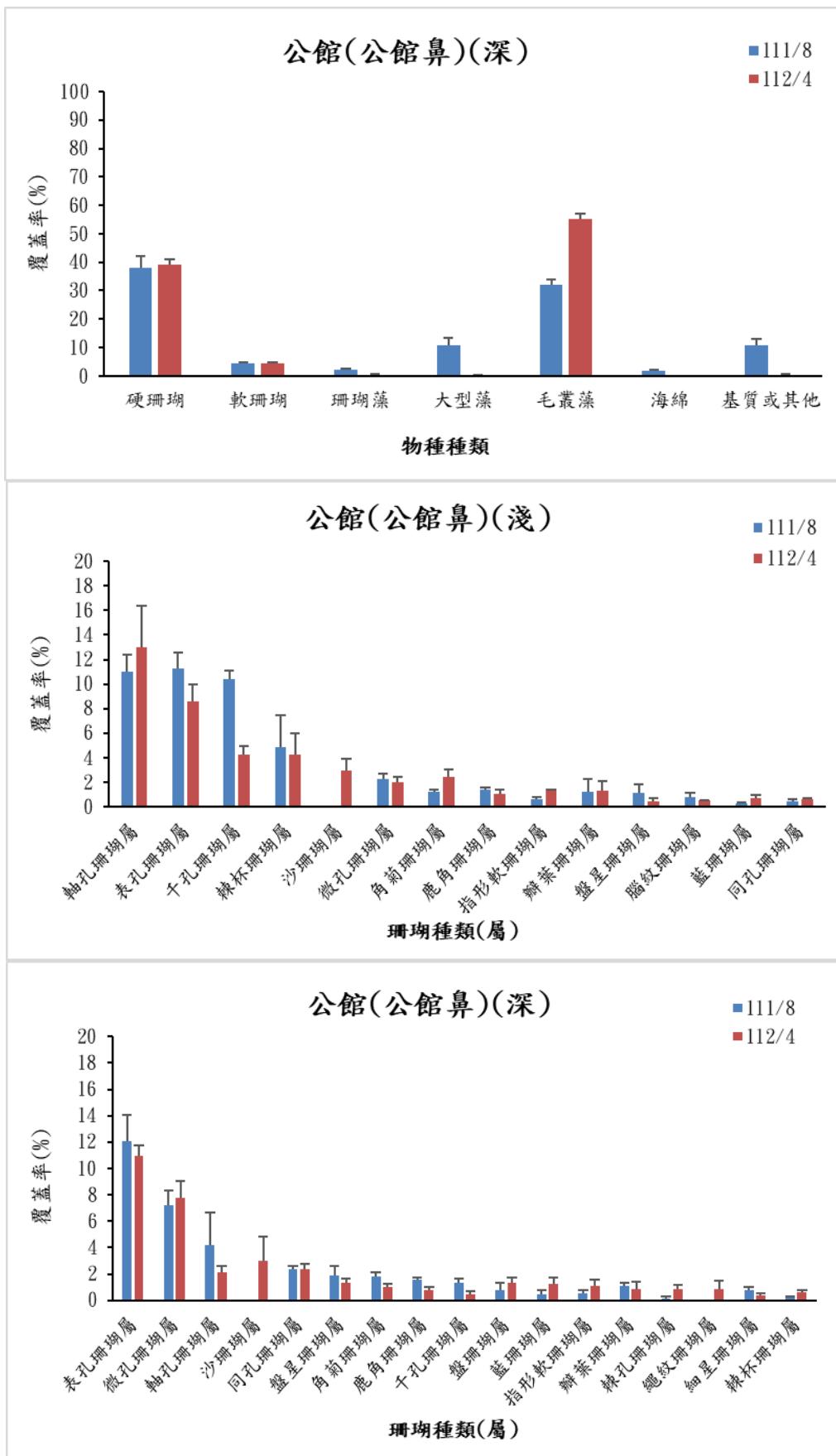


圖 22、公館(公館鼻)淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

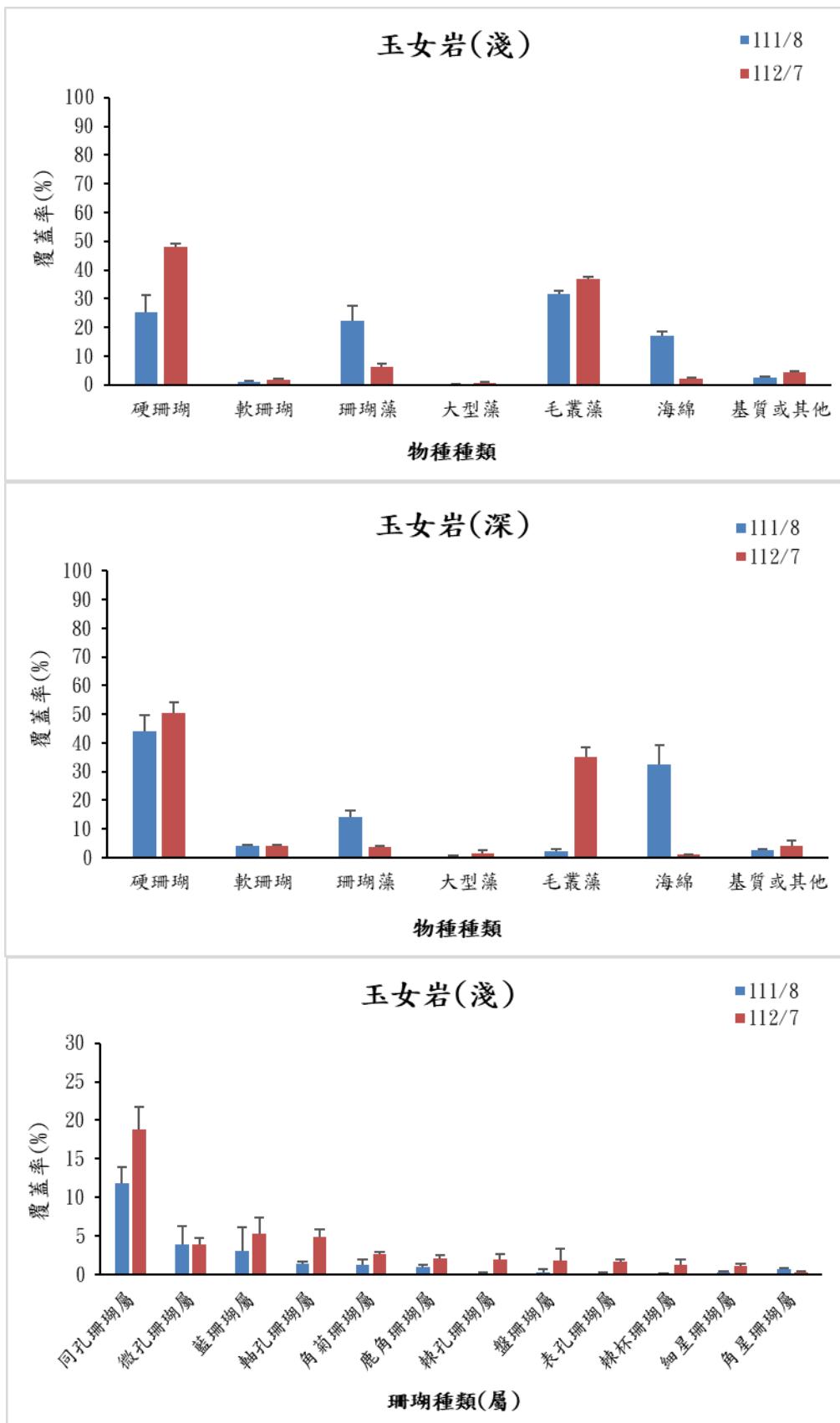
蘭嶼

玉女岩

111 年玉女岩淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 26.3%，藻類覆蓋率為 31.6%，珊瑚/藻類比例為 0.83；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 48.1%，藻類覆蓋率為 2.7%，珊瑚/藻類比例為 17.81，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年玉女岩淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 48.1%、軟珊瑚 1.8%、珊瑚藻 6.2%、大型藻 0.8%、毛叢藻 36.7%、海綿 2.1%、基質或其他 4.2%，得出珊瑚覆蓋率為 49.9%，藻類覆蓋率為 37.5%，珊瑚/藻類比例為 1.3，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 50.2%、軟珊瑚 4.1%、珊瑚藻 3.8%、大型藻 1.6%、毛叢藻 35.0%、海綿 1.1%、基質或其他 4.1%，得出珊瑚覆蓋率為 54.3%，藻類覆蓋率為 36.6%，珊瑚/藻類比例為 1.48，故珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。與 111 年調查相比，112 年淺礁的硬珊瑚覆蓋率經過統計顯著較高(表 19)，可能原因為因風向及浪況因素影響，導致位置有較大幅的變動。

其中，淺礁以同孔珊瑚屬 18.7%為最多數種類，其次為藍珊瑚屬 5.3%、軸孔珊瑚屬 4.9%、微孔珊瑚屬 3.9%、角菊珊瑚屬 2.7%、鹿角珊瑚屬 2.2%、棘孔珊瑚屬 1.9%、盤珊瑚屬 1.8%、表孔珊瑚屬 1.7%、棘杯珊瑚屬 1.3%及細星珊瑚屬 1.1%；深礁以微孔珊瑚屬 13.7%為最多數種類，其次為同孔珊瑚屬 11.6%、藍珊瑚屬 8.1%、軸孔珊瑚屬 5.8%、鹿角珊瑚屬 2.6%、表孔珊瑚屬 2.5%及棘孔珊瑚屬 1.2%(圖 23)。



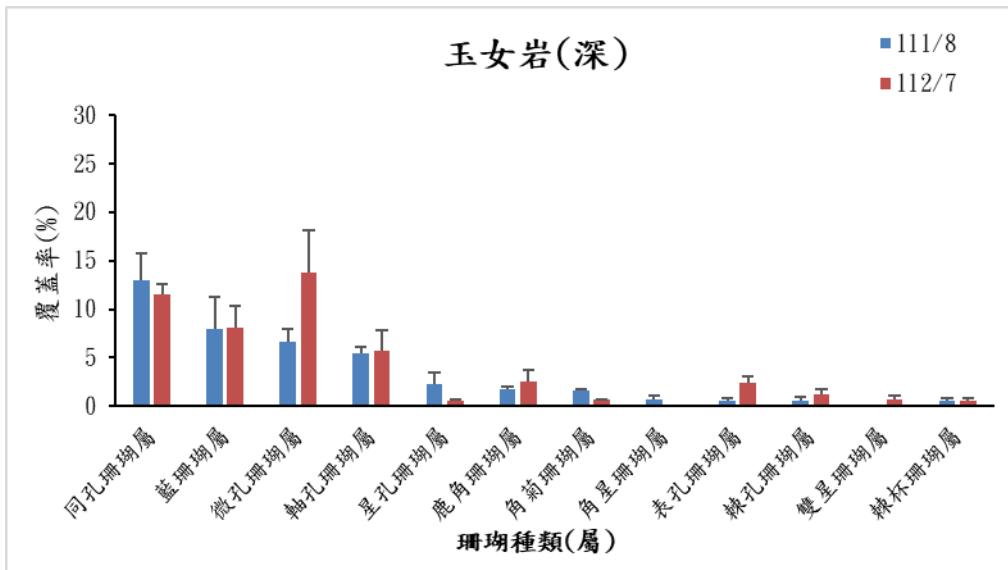


圖 23、玉女岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

土地公廟

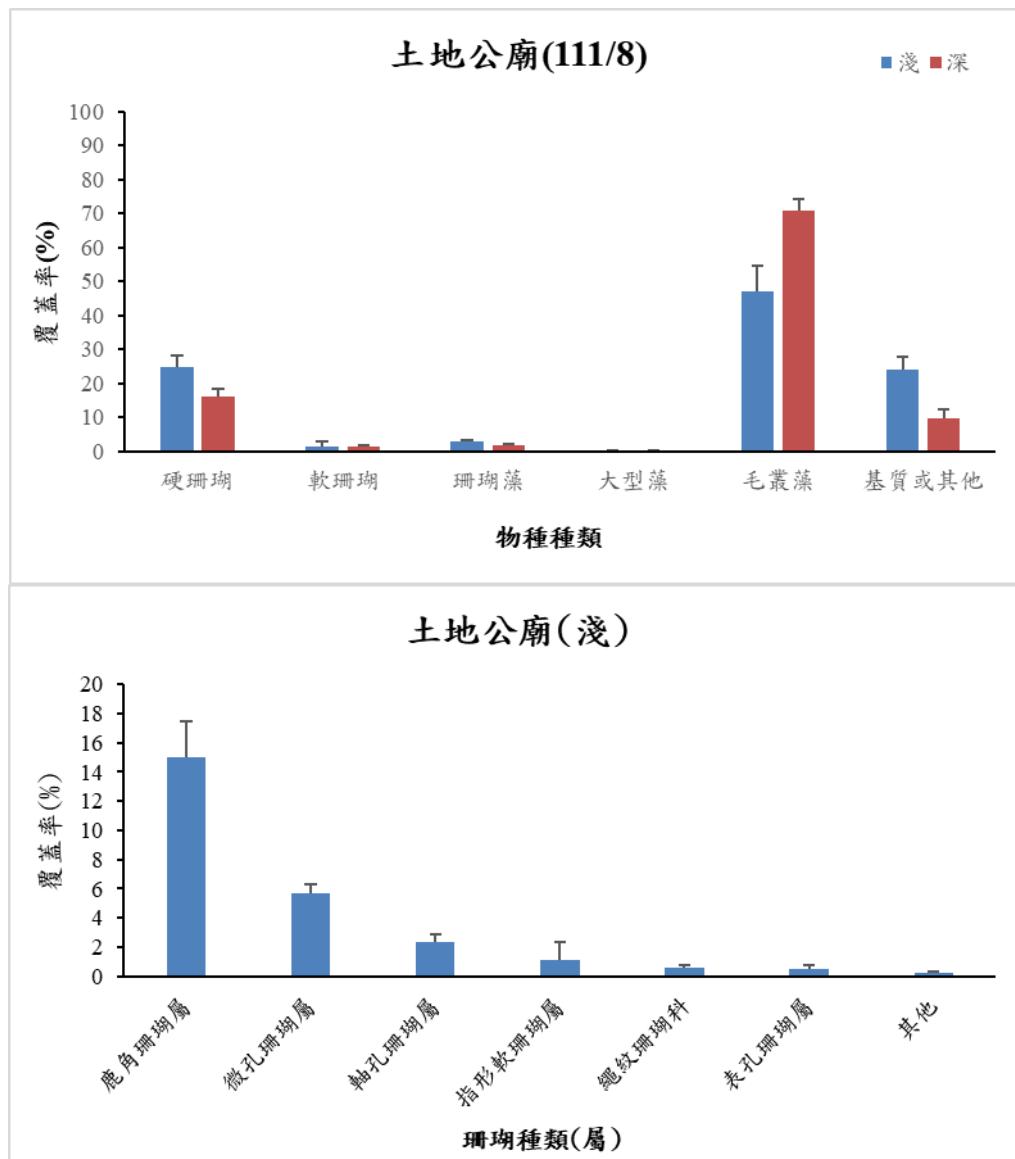
111 年土地公廟淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 24.8%、軟珊瑚 1.5%、珊瑚藻 2.7%、大型藻 0.2%、毛叢藻 46.9%、基質或其他 23.8%，得出珊瑚覆蓋率為 26.3%，藻類覆蓋率為 47.1%，珊瑚/藻類比例為 0.56；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 16.1%、軟珊瑚 1.4%、珊瑚藻 1.8%、大型藻 0.1%、毛叢藻 70.7%、基質或其他 9.8%，得出珊瑚覆蓋率為 17.5%，藻類覆蓋率為 70.8%，珊瑚/藻類比例為 0.25。

其中，淺礁以鹿角珊瑚屬 15.1%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 5.7%；深礁也以鹿角珊瑚屬 9.4%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 3.3% (圖 24)。

淺礁的珊瑚覆蓋率低於 30%，但珊瑚/藻類比例大於 0.5，故珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁的珊瑚覆蓋率介於 10-30%之間，且珊瑚/藻類比例小於 0.5，故珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

於第二次期中報告時向海保署說明蘭嶼原候補第二順位的土地

公廟樣點，實際調查結束後因遇上湧浪過大，上岸困難，必須由海面游至安全地點才上岸，且該處的珊瑚種類多為鹿角珊瑚屬，較為單一。考量到以「適合作為臺灣珊瑚長期監測樣點」為前提，與海保署人員討論後，將土地公廟樣點變更為「小涼亭(軍艦岩)」，因此無 112 年調查資料。



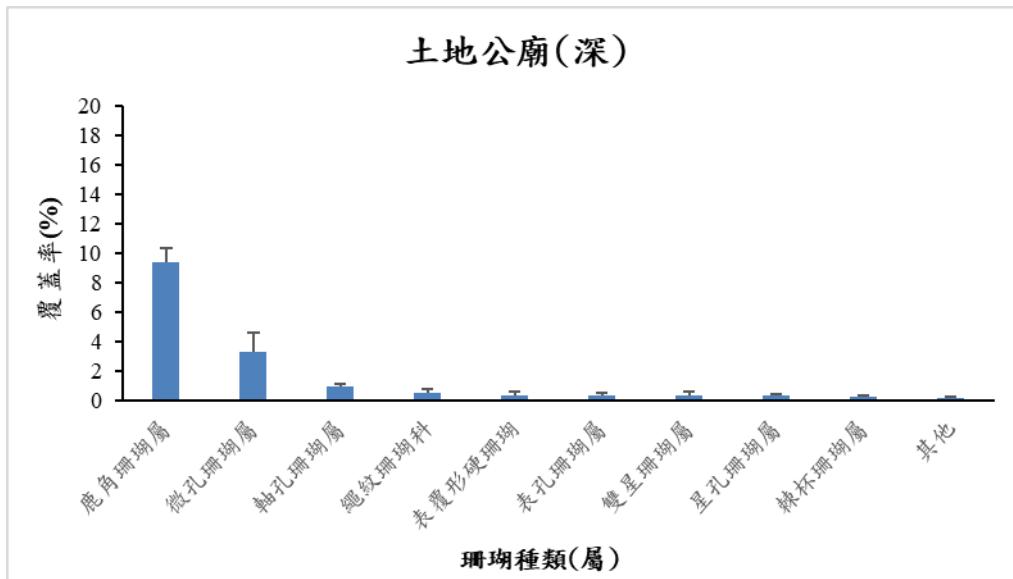


圖 24、土地公廟淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成。

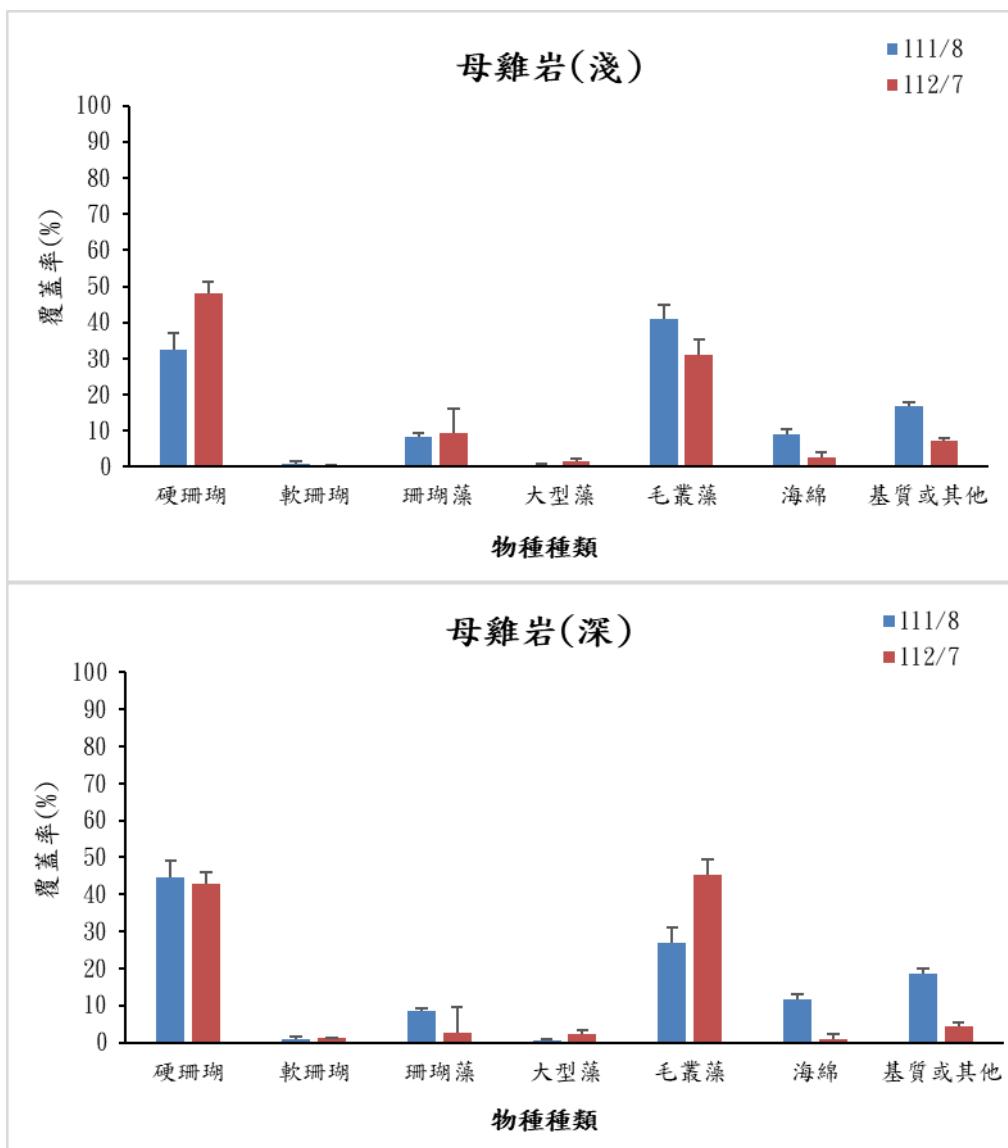
母雞岩

111 年母雞岩淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 33.5%，藻類覆蓋率為 41.4%，珊瑚/藻類比例為 0.81；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 45.5%，藻類覆蓋率為 27.6%，珊瑚/藻類比例為 1.65，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年母雞岩淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 47.9%、軟珊瑚 0.3%、珊瑚藻 9.3%、大型藻 1.5%、毛叢藻 31.1%、海綿 2.7%、基質或其他 7.2%，得出珊瑚覆蓋率為 48.2%，藻類覆蓋率為 32.6%，珊瑚/藻類比例為 1.48；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 43.0%、軟珊瑚 1.1%、珊瑚藻 2.7%、大型藻 2.3%、毛叢藻 45.4%、海綿 1.0%、基質或其他 4.4%，得出珊瑚覆蓋率為 44.1%，藻類覆蓋率為 47.7%，珊瑚/藻類比例為 0.92，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。與 111 年調查相比，112 年淺礁的硬珊瑚覆蓋率經過統計顯著較高(表 19)，可能原因為因風向及浪況因素影響，導致位置有較大幅的變動。

其中，淺礁以同孔珊瑚屬 27.3%為最多數種類，其次為表孔珊瑚

瑚屬 6.3%、軸孔珊瑚屬 4.0%、微孔珊瑚屬 2.5%、藍珊瑚屬 2.4% 及角菊珊瑚屬 2.2%；深礁以同孔珊瑚屬 12.8% 為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 10.8%、微孔珊瑚屬 7.3%、藍珊瑚屬 3.1%、角菊珊瑚屬 1.8%、軸孔珊瑚屬 1.6%、鹿角珊瑚屬 1.1% 及迷紋珊瑚屬 1.1% (圖 25)。



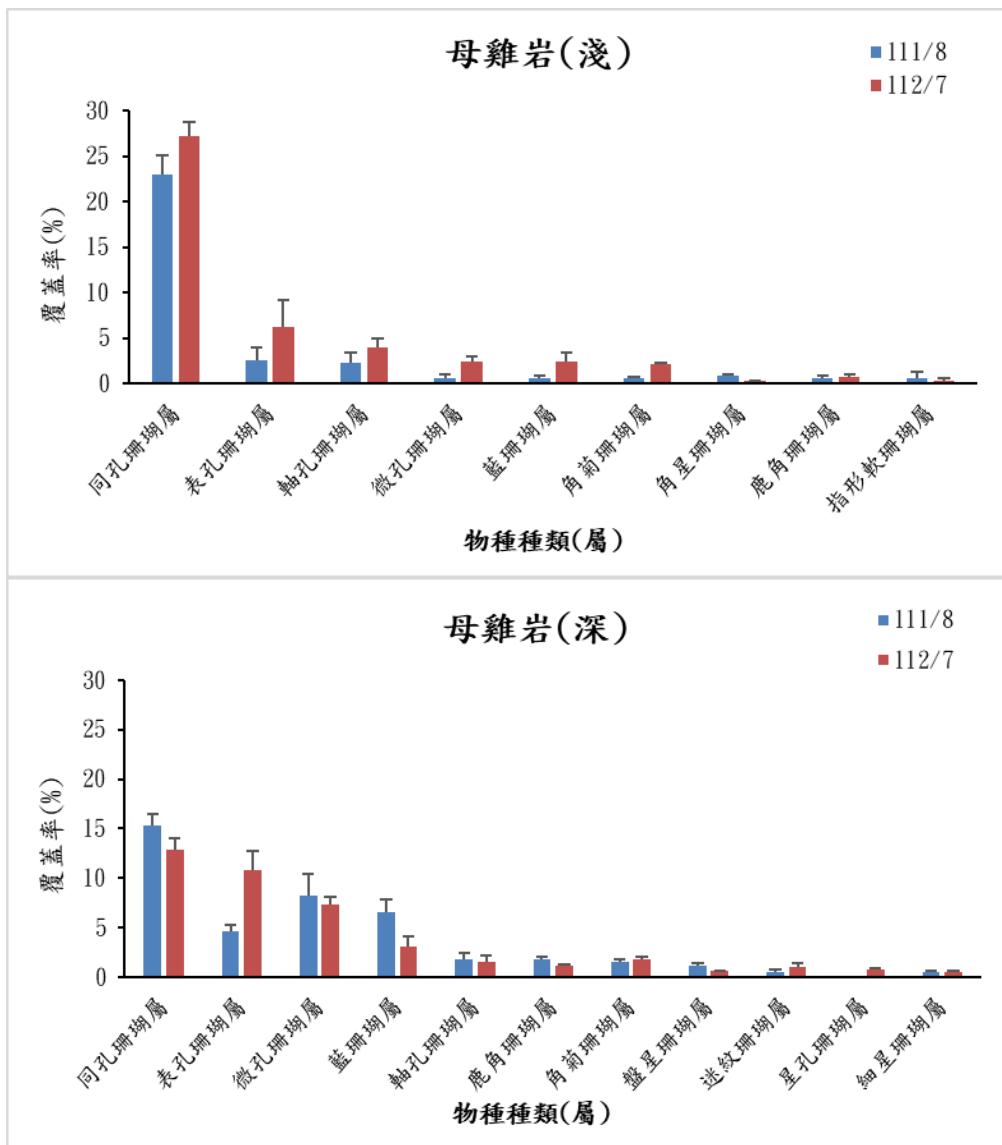


圖 25、母雞岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

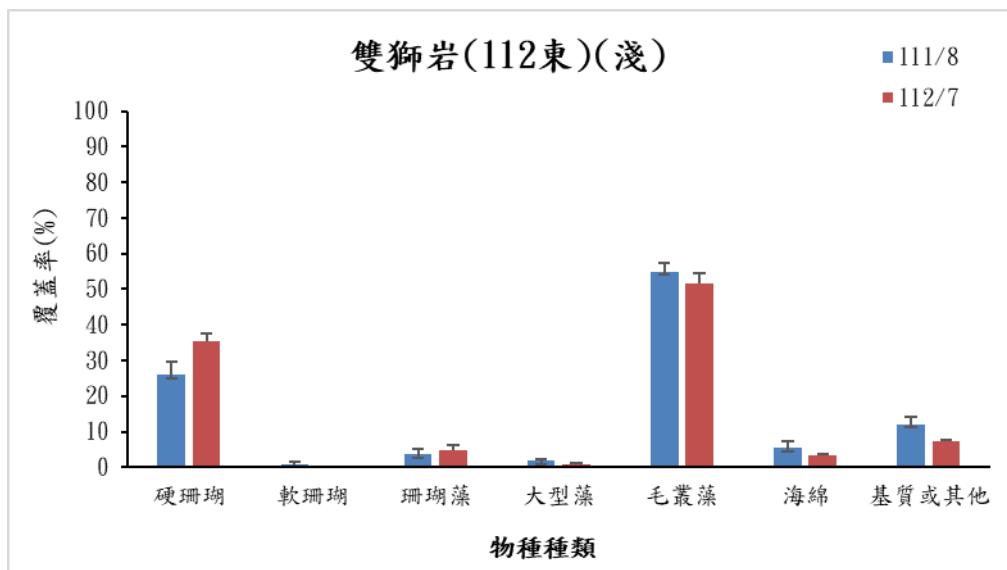
雙獅岩(2023 東)

111 年雙獅岩淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 27.0%，藻類覆蓋率為 57.0%，珊瑚/藻類比例為 0.47，故珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 51.3%，藻類覆蓋率為 36.4%，珊瑚/藻類比例為 1.41，故珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

因浪況因素影響，112 年下水點改為雙獅岩東邊，為 111 年的另一側。

112 年雙獅岩東淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 35.3%、軟珊瑚 0.1%、珊瑚藻 5.0%、大型藻 1.0%、毛叢藻 51.5%、海綿 3.5%、基質或其他 7.2%，得出珊瑚覆蓋率為 35.4%，藻類覆蓋率為 52.5%，珊瑚/藻類比例為 0.67；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 31.6%、軟珊瑚 0.8%、珊瑚藻 4.3%、大型藻 4.6%、毛叢藻 50.9%、海綿 4.1%、基質或其他 7.9%，得出珊瑚覆蓋率為 32.4%，藻類覆蓋率為 55.5%，珊瑚/藻類比例為 0.58，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 14.3%為最多數種類，其次為鹿角珊瑚屬 7.0%、千孔珊瑚屬 3.5%、微孔珊瑚屬 2.1%、藍珊瑚屬 2.1%及軸孔珊瑚屬 1.6%；深礁以藍珊瑚屬 7.0%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 6.9%、鹿角珊瑚屬 5.7%、同孔珊瑚屬 2.7%、微孔珊瑚屬 2.2%、軸孔珊瑚屬 1.6%及沙珊瑚屬 1.1%(圖 26)。



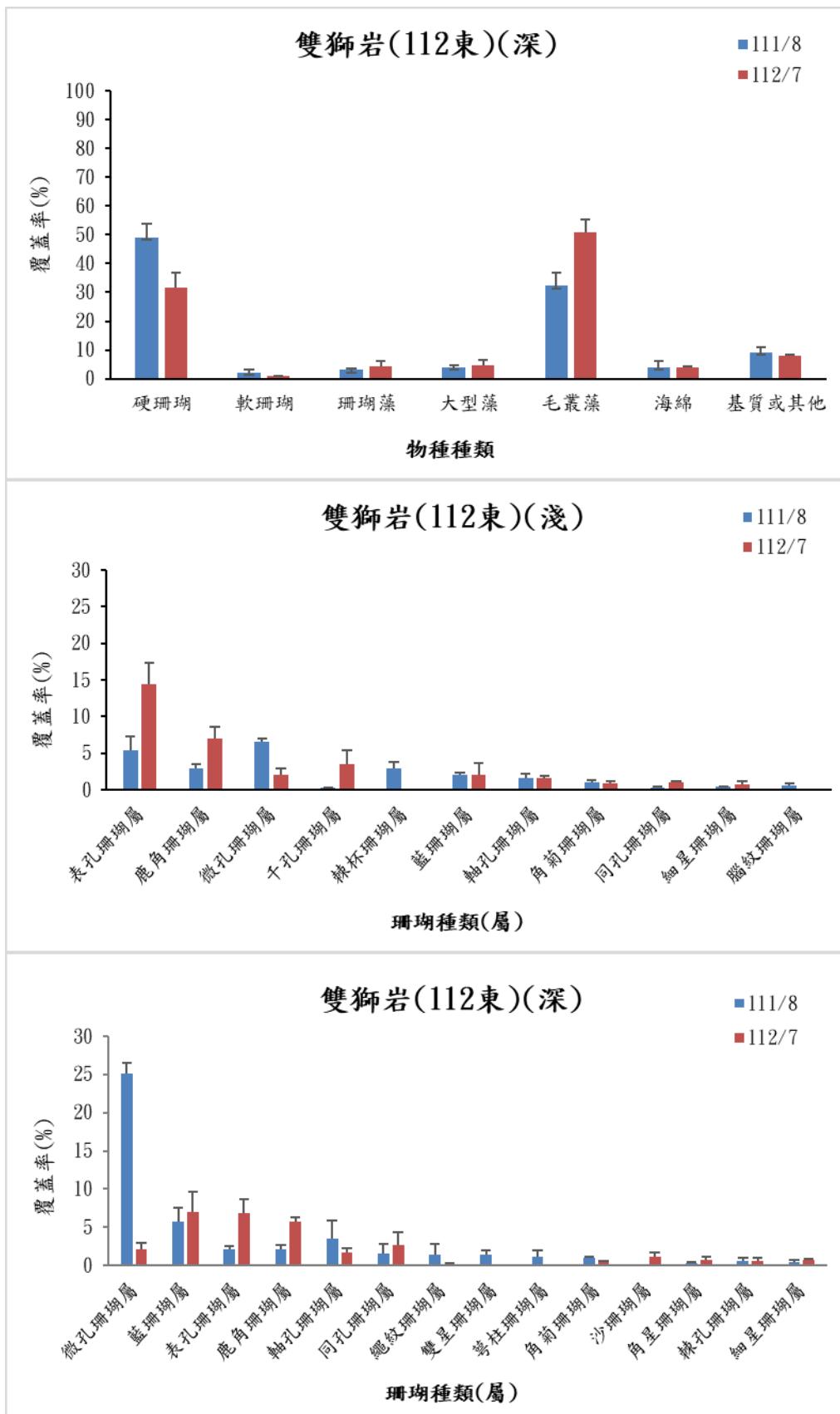


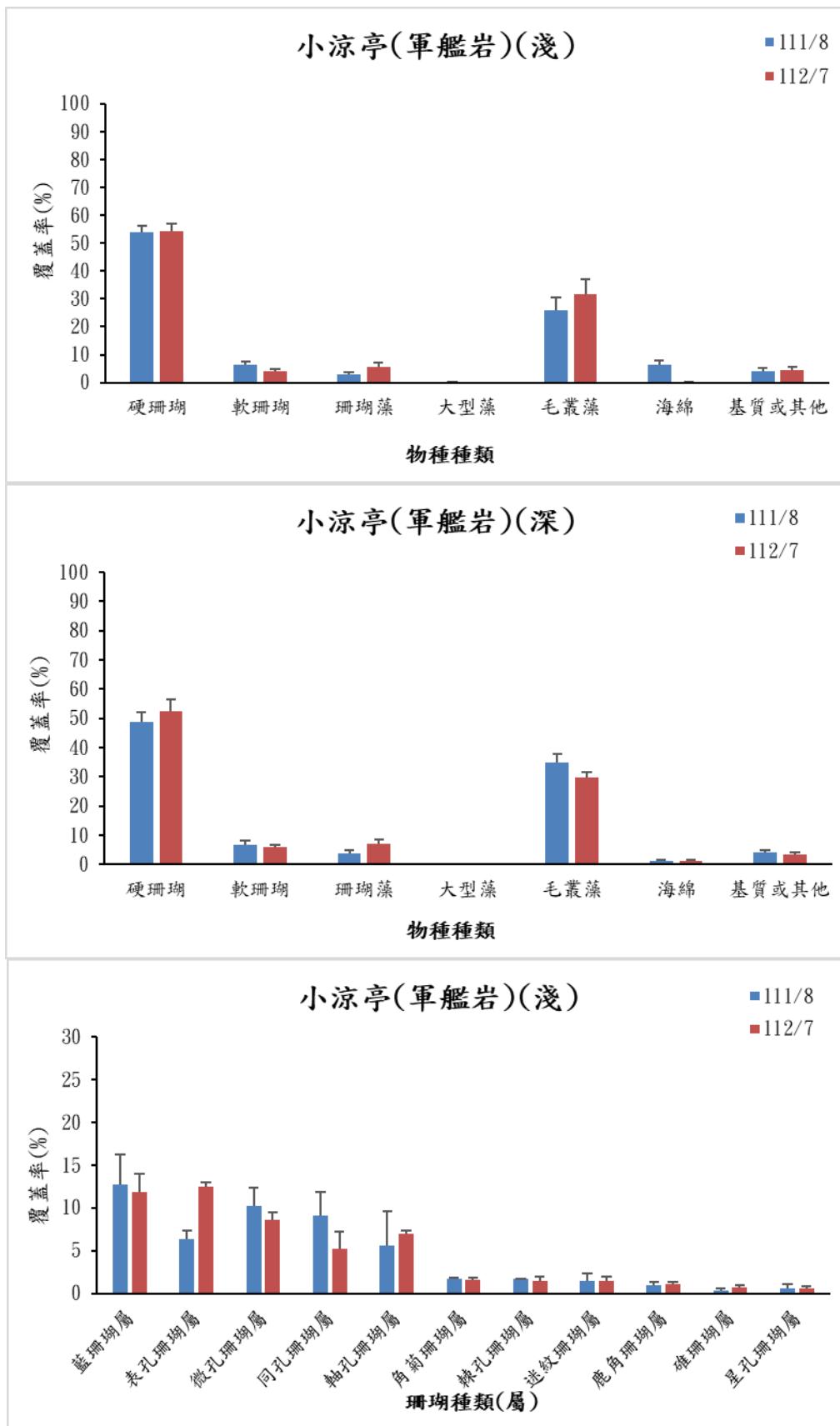
圖 26、雙獅岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

小涼亭(軍艦岩)

111 年小涼亭(軍艦岩)淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 60.4%，藻類覆蓋率為 26.0%，珊瑚/藻類比例為 2.32；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 55.6%，藻類覆蓋率為 35.0%，珊瑚/藻類比例為 1.59，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況皆為「健康」狀態。

112 年小涼亭(軍艦岩)淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 54.1%、軟珊瑚 4.0%、珊瑚藻 5.7%、大型藻 0%、毛叢藻 31.6%、海綿 0.2%、基質或其他 4.3%，得出珊瑚覆蓋率為 58.1%，藻類覆蓋率為 31.6%，珊瑚/藻類比例為 1.84；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 52.3%、軟珊瑚 6.1%、珊瑚藻 7.0%、大型藻 0%、毛叢藻 29.8%、海綿 1.3%、基質或其他 3.4%，得出珊瑚覆蓋率為 58.4%，藻類覆蓋率為 29.8%，珊瑚/藻類比例為 1.96，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 12.5%為最多數種類，其次為藍珊瑚屬 11.8%、微孔珊瑚屬 8.6%、軸孔珊瑚屬 6.9%、同孔珊瑚屬 5.2%、角菊珊瑚屬 1.6%、迷紋珊瑚屬 1.5%、棘孔珊瑚屬 1.4 及鹿角珊瑚屬 1.1%；深礁以同孔珊瑚屬 17.8%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 13.0%、微孔珊瑚屬 6.8%、藍珊瑚屬 3.8%、軸孔珊瑚屬 2.2%、鹿角珊瑚屬 1.6%及迷紋珊瑚屬 1.2%(圖 27)。



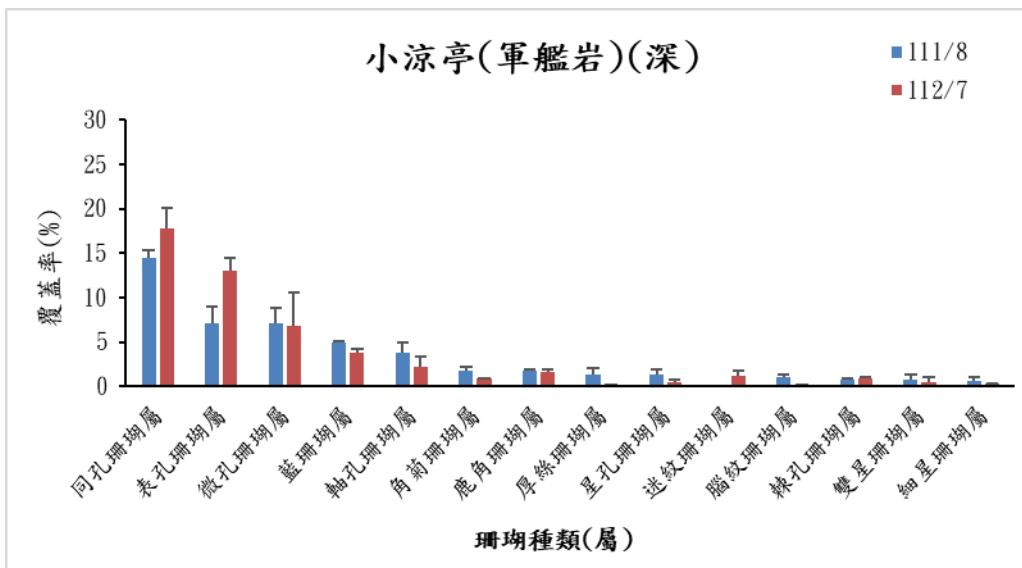


圖 27、小涼亭(軍艦岩)淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

南部

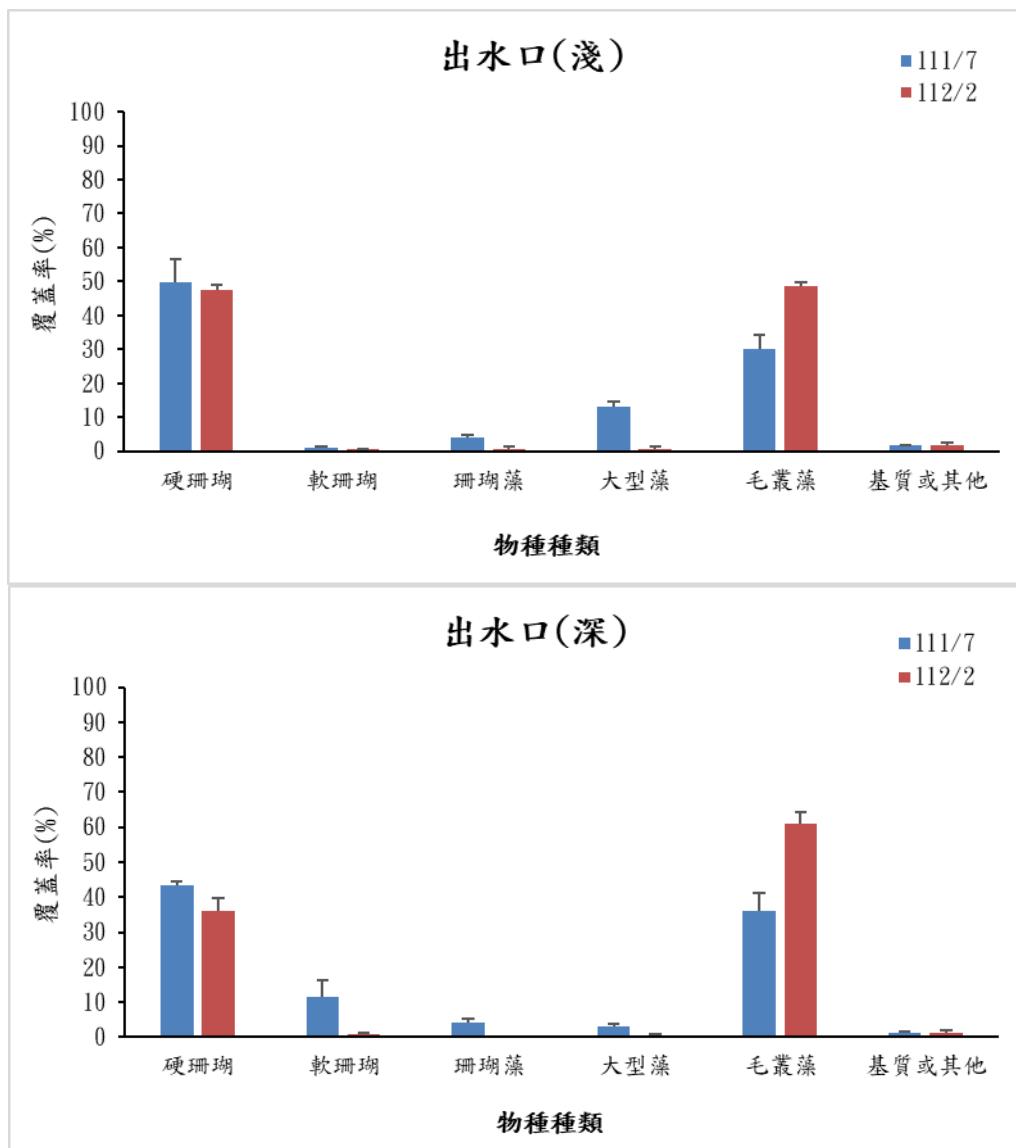
出水口

111 年出水口淺礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 50.9%，藻類覆蓋率為 43.4%，珊瑚/藻類比例為 1.17；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 55.2%，藻類覆蓋率為 39.2%，珊瑚/藻類比例為 1.41，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

112 年出水口淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 47.5%、軟珊瑚 0.7%、珊瑚藻 0.8%、大型藻 0.9%、毛叢藻 48.5%、基質或其他 1.7%，得出珊瑚覆蓋率為 48.2%，藻類覆蓋率為 49.4%，珊瑚/藻類比例為 0.98；深礁(6 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 36.1%、軟珊瑚 0.8%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 0.5%、毛叢藻 61.2%、基質或其他 1.2%，得出珊瑚覆蓋率為 36.9%，藻類覆蓋率為 61.7%，珊瑚/藻類比例為 0.60，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 21.9%為最多數種類，其次為角菊珊瑚屬 4.5%、棘杯珊瑚屬 4.0%、鹿角珊瑚屬 3.9%、千孔珊瑚屬 3.4%、微孔珊瑚屬 2.0%、棘孔珊瑚屬 1.4%及腦紋珊瑚屬 1.2%；深礁則以

表孔珊瑚屬 9.5%為最多數種類，其次為角菊珊瑚屬 3.9%、指形軟珊瑚屬 3.9%、微孔珊瑚屬 3.7%、千孔珊瑚屬 3.0%、棘孔珊瑚屬 2.8%、繩紋珊瑚屬 2.0%、棘杯珊瑚屬 1.8%、腦紋珊瑚屬 1.6%、盤星珊瑚屬 1.4%、鹿角珊瑚屬 1.3%及碓珊瑚屬 1.0%(圖 28)。



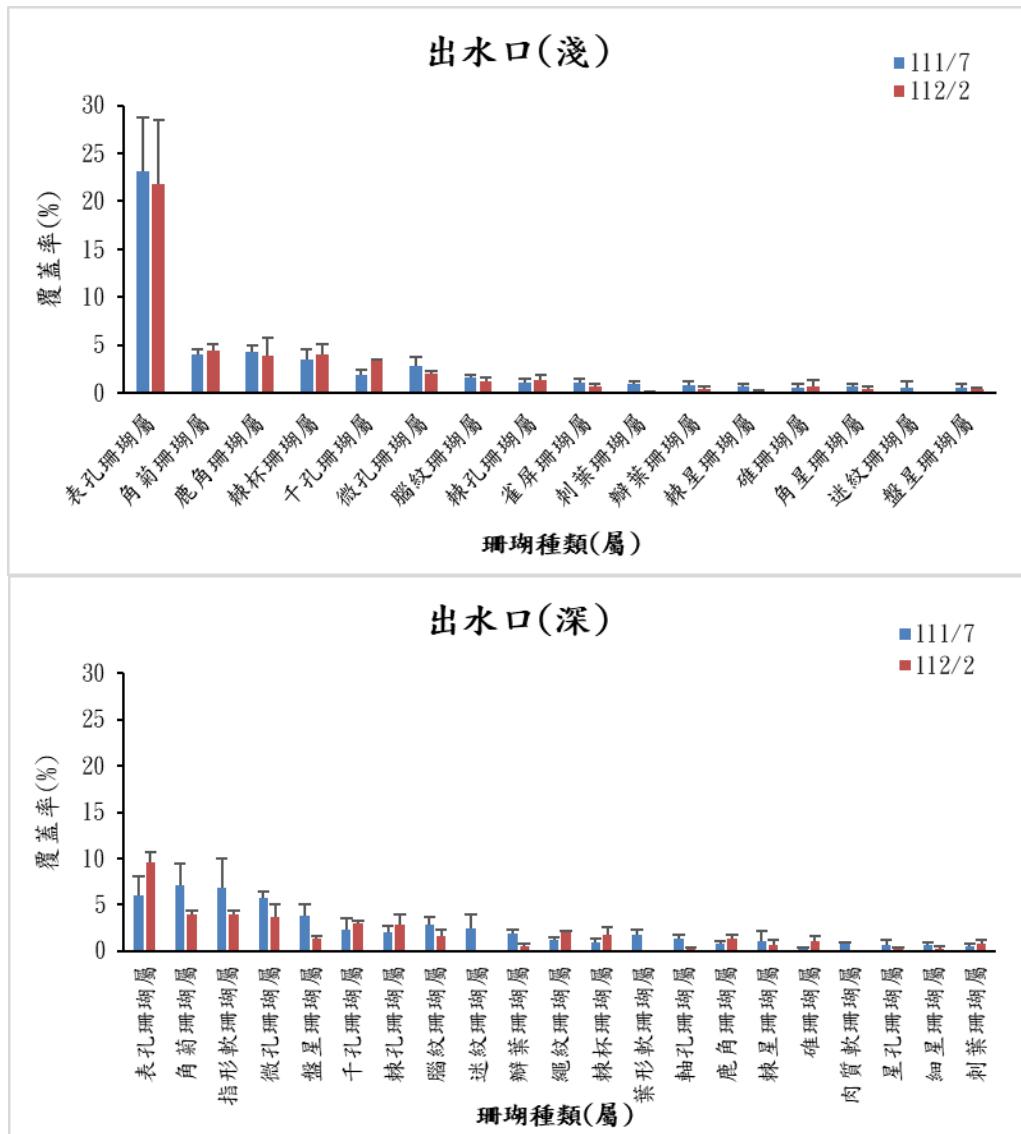


圖 28、出水口淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

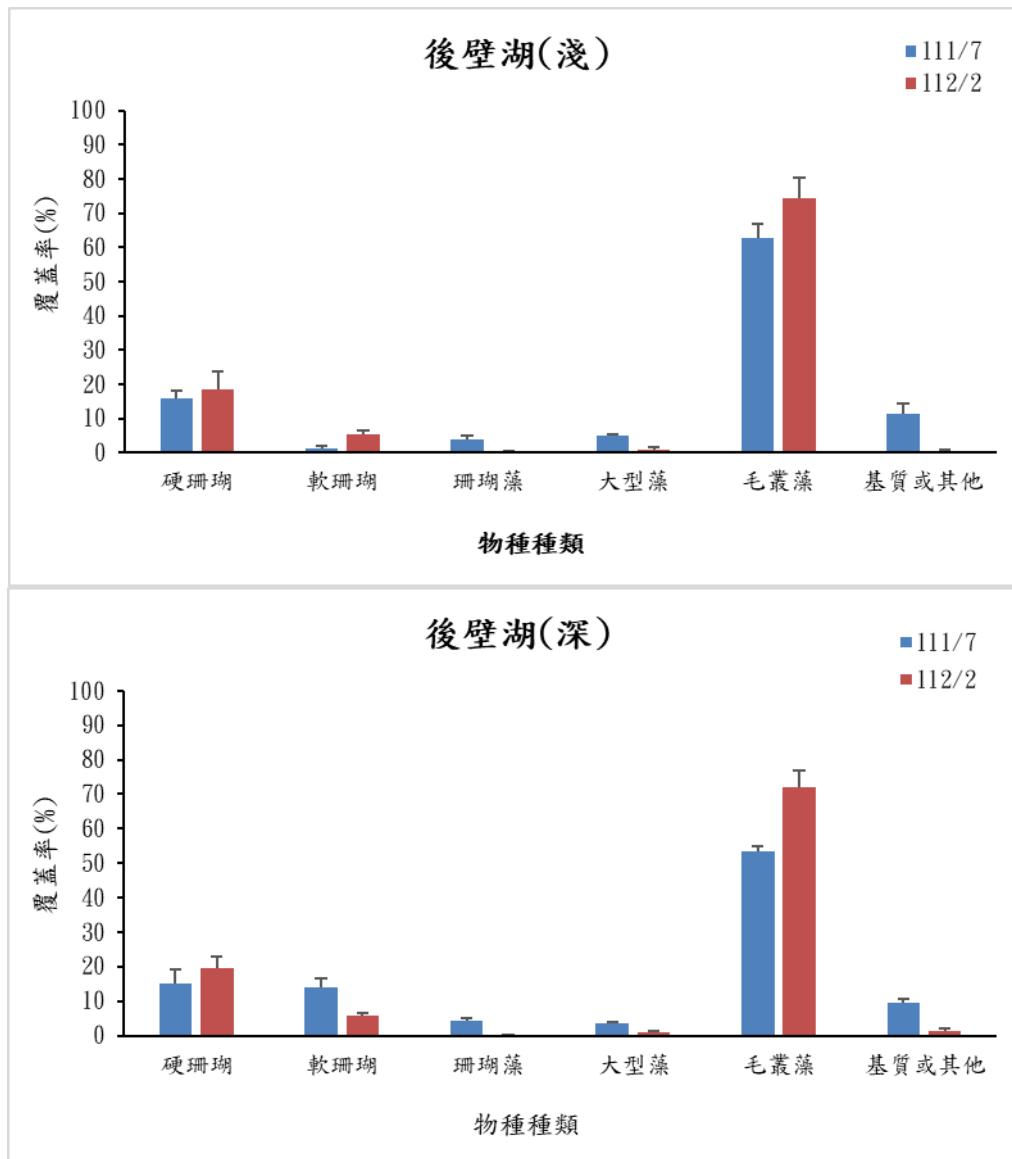
後壁湖

111 年後壁湖淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 17.1%，藻類覆蓋率為 67.6%，珊瑚/藻類比例為 0.25，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(6 米)珊瑚覆蓋率為 28.9%，藻類覆蓋率為 56.9%，珊瑚/藻類比例為 0.51，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年後壁湖淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 18.5%、軟珊瑚 5.4%、珊瑚藻 0.3%、大型藻 0.9%、毛叢藻 74.4%、基質或其他 0.5%，得出珊瑚覆蓋率為 23.9%，藻類覆蓋率為 75.3%，珊瑚/藻類

比例為 0.32；深礁(6 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 19.7%、軟珊瑚 5.8%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 0.9%、毛叢藻 72.0%、基質或其他 1.5%，得出珊瑚覆蓋率為 25.5%，藻類覆蓋率為 72.9%，珊瑚/藻類比例為 0.35，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以千孔珊瑚屬 8.8%為最多數種類，其次為軸孔珊瑚屬 3.6%、指形軟珊瑚屬 2.5%、肉質軟珊瑚屬 1.7%、表孔珊瑚屬 1.5%、角菊珊瑚屬 1.3%、藍珊瑚屬 1.2%及葉形軟珊瑚屬 1.0%；深礁也以千孔珊瑚屬 12.9%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 2.9%、指形軟珊瑚屬 1.8%及肉質軟珊瑚屬 1.5%(圖 29)。



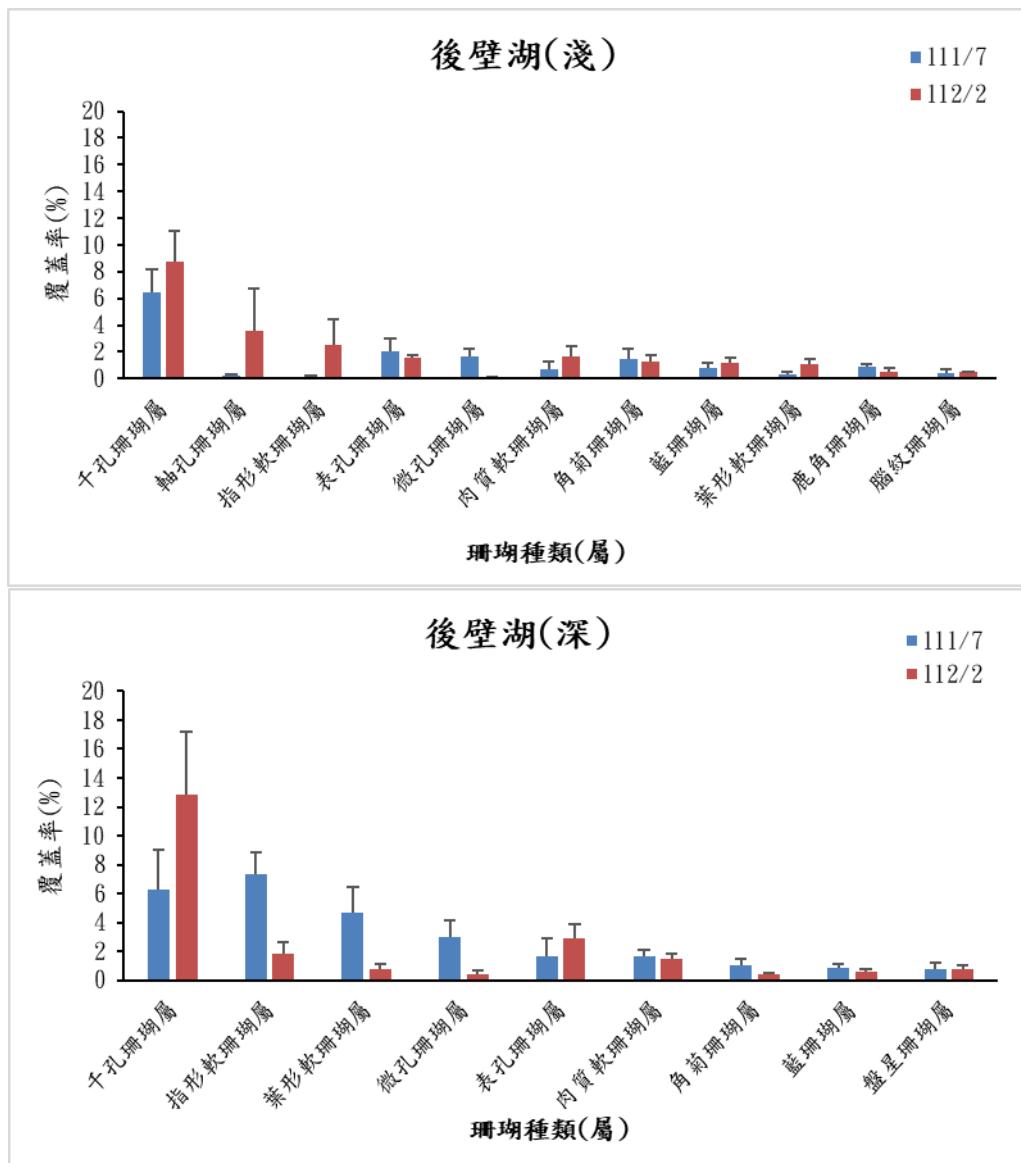


圖 29、後壁湖淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

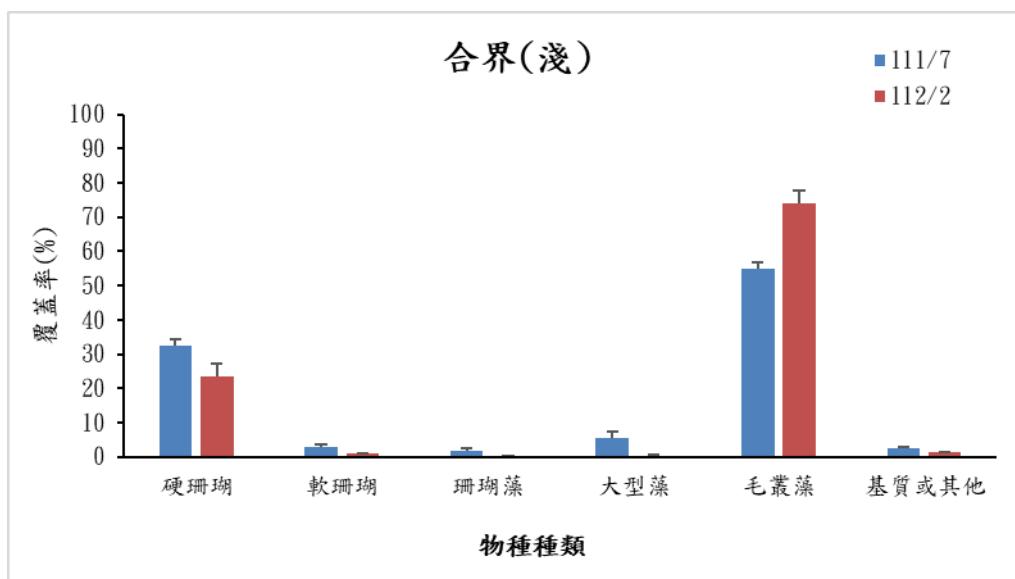
合界

111 年合界淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 35.1%，藻類覆蓋率為 60.6%，珊瑚/藻類比例為 0.58；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 39.1%，藻類覆蓋率為 55.9%，珊瑚/藻類比例為 0.70，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年合界淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 23.6%、軟珊瑚 0.9%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 0.3%、毛叢藻 73.9%、基質或其他 1.2%，

得出珊瑚覆蓋率為 24.5%，藻類覆蓋率為 74.2%，珊瑚/藻類比例為 0.33；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 28.2%、軟珊瑚 1.2%、珊瑚藻 0.4%、大型藻 0.8%、毛叢藻 68.9%、基質或其他 0.5%，得出珊瑚覆蓋率為 29.4%，藻類覆蓋率為 69.7%，珊瑚/藻類比例為 0.42，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 8.6%為最多數種類，其次為鹿角珊瑚屬 4.9%、微孔珊瑚屬 2.9%、角菊珊瑚屬 1.9%及星孔珊瑚屬 1.4%；深礁則以鹿角珊瑚屬 6.8%為多數種類，其次為軸孔珊瑚屬 3.7%及表孔珊瑚屬 3.7%、角菊珊瑚屬 2.7%、棘杯珊瑚屬 2.1%、微孔珊瑚屬 1.9%、腦紋珊瑚屬 1.7%、瓣葉珊瑚屬 1.2%及繩紋珊瑚屬 1.1%(圖 30)。



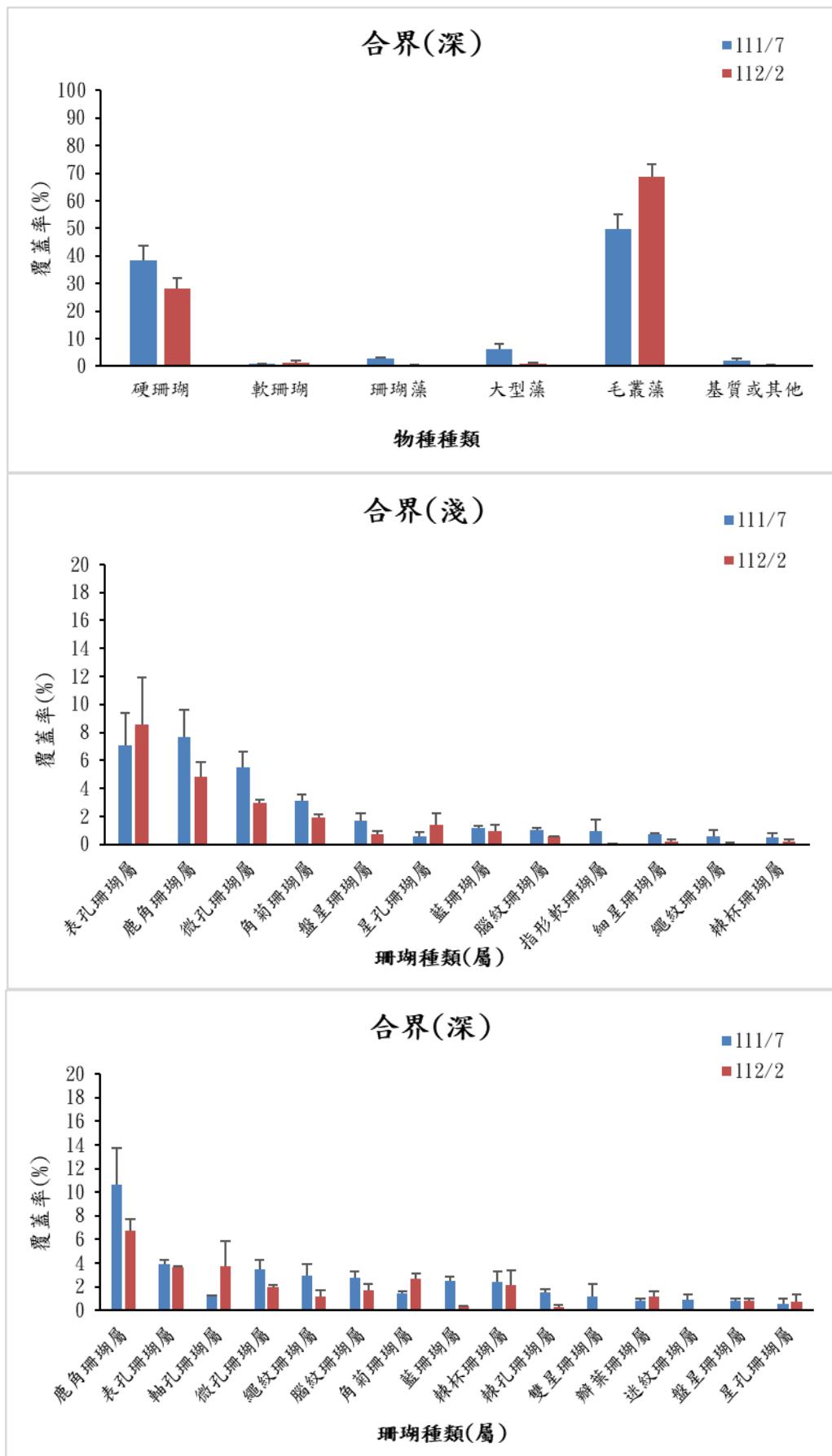


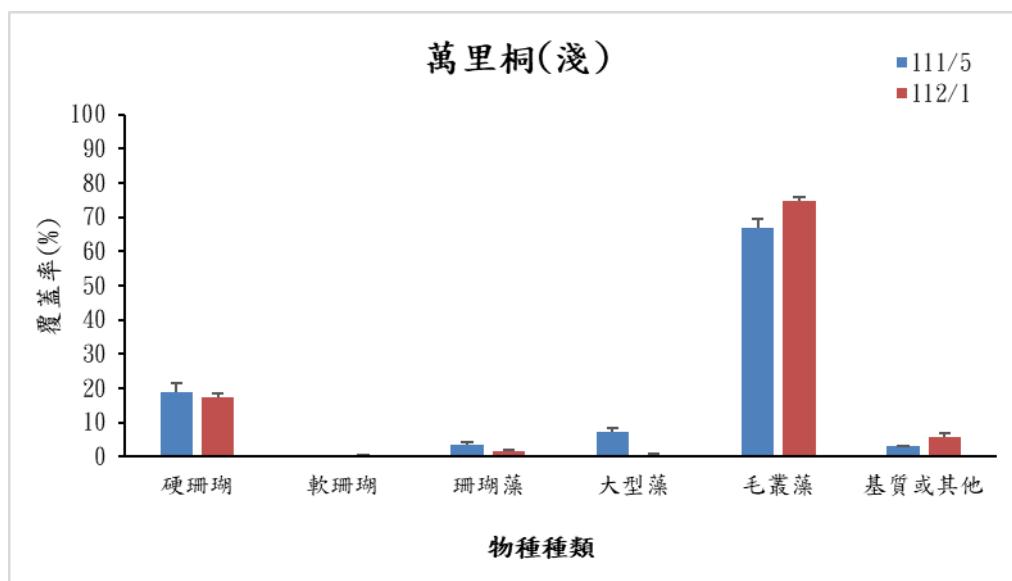
圖 30、合界淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

萬里桐

111 年萬里桐淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 19.1%，藻類覆蓋率為 74.3%，珊瑚/藻類比例為 0.26；深礁(6 米)珊瑚覆蓋率為 22.2%，藻類覆蓋率為 73.9%，珊瑚/藻類比例為 0.30，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年萬里桐淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 17.2%、軟珊瑚 0.3%、珊瑚藻 1.6%、大型藻 0.6%、毛叢藻 74.5%、基質或其他 5.7%，得出珊瑚覆蓋率為 17.5%，藻類覆蓋率為 75.1%，珊瑚/藻類比例為 0.23；深礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 16.2%、軟珊瑚 0.4%、珊瑚藻 1.0%、大型藻 1.0%、毛叢藻 77.0%、基質或其他 4.3%，得出珊瑚覆蓋率為 16.6%，藻類覆蓋率為 78%，珊瑚/藻類比例為 0.21，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以藍珊瑚屬 6.3% 為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 2.1%、千孔珊瑚屬 1.5% 及盤星珊瑚屬 1.2%；深礁則以藍珊瑚屬 5.9% 為多數種類，其次為微孔珊瑚屬 1.9%、盤星珊瑚屬 1.6%、腦紋珊瑚屬 1.2% 及角菊珊瑚屬 1.1% (圖 31)。



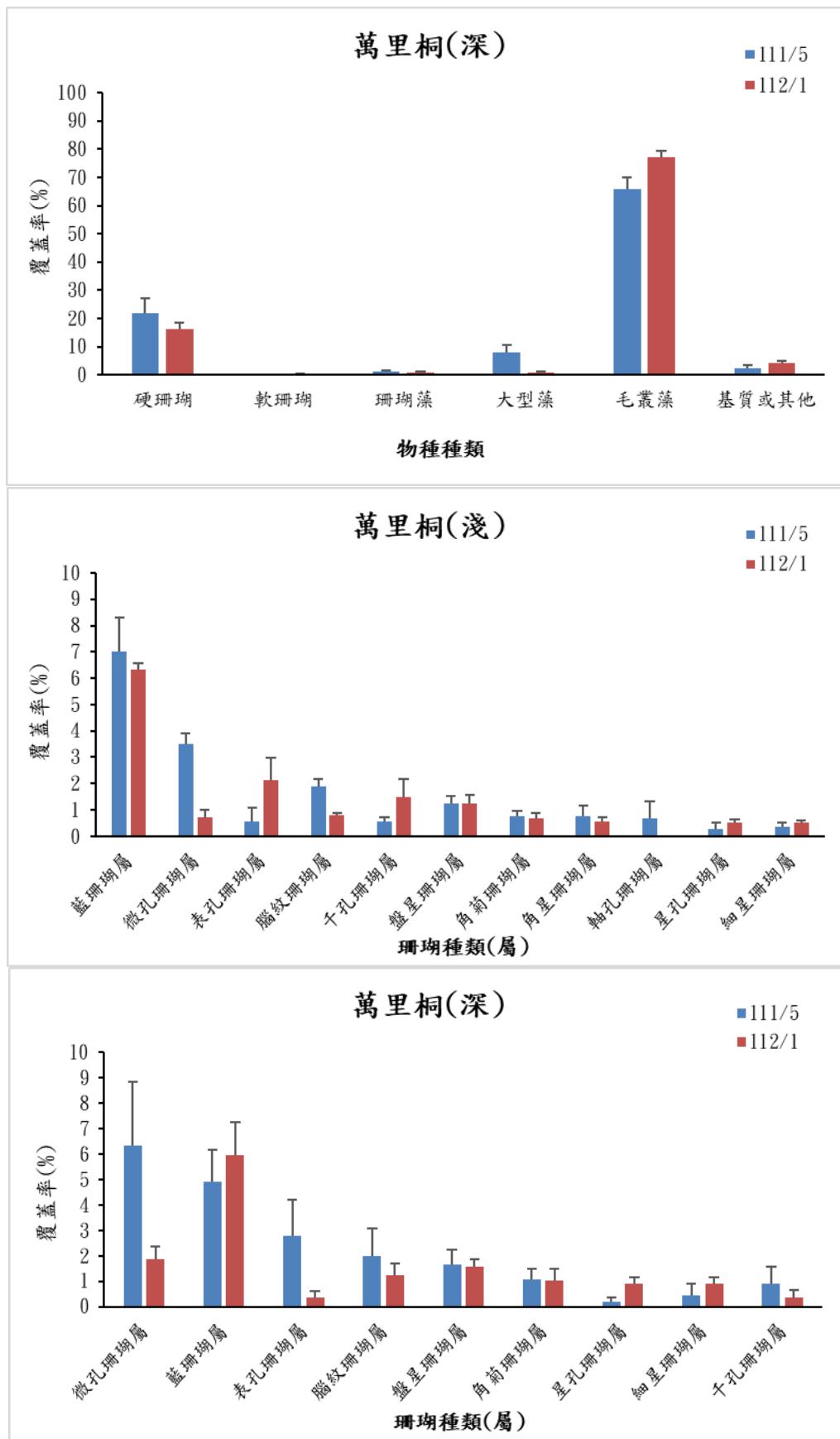


圖 31、萬里桐淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

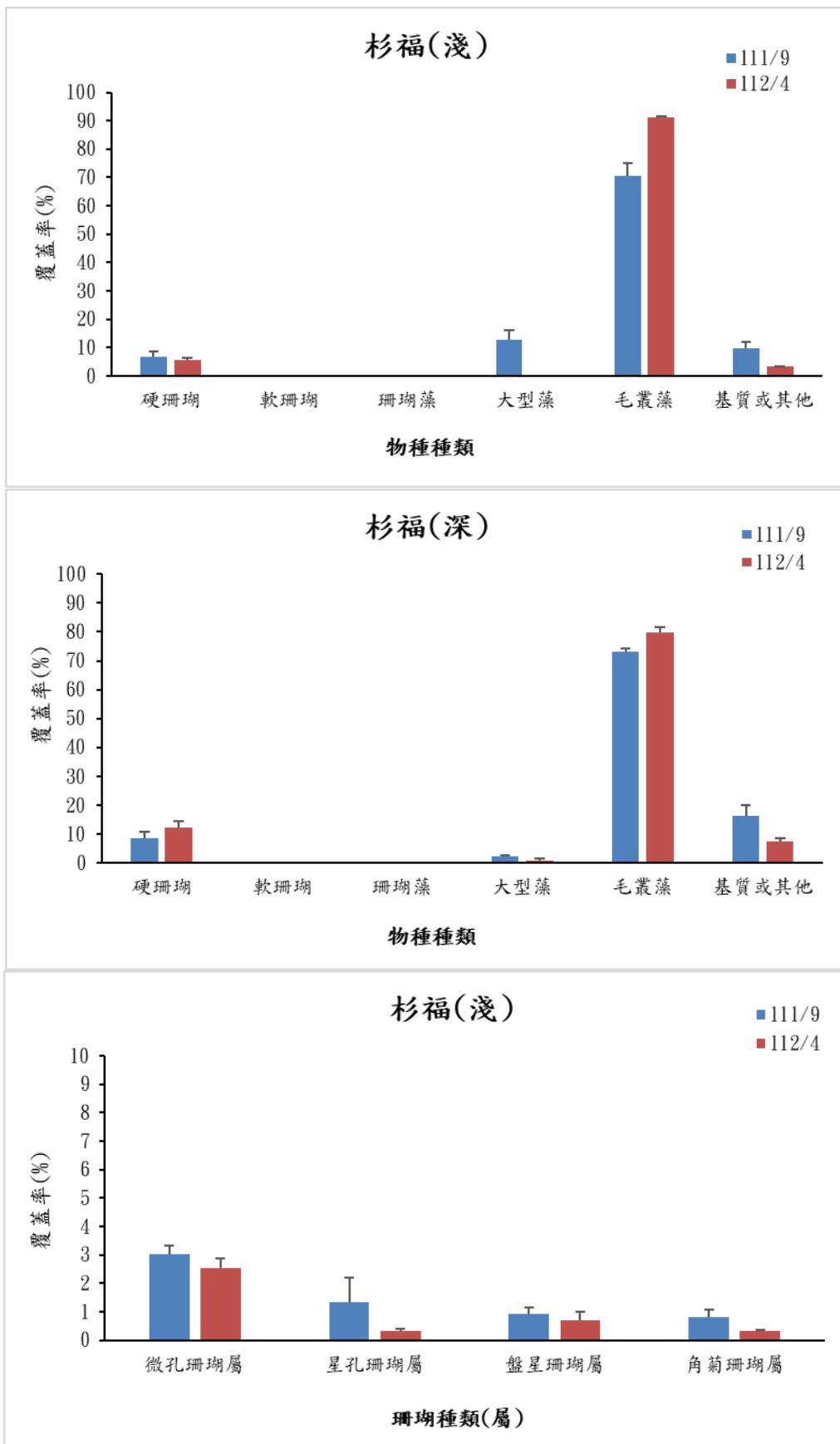
小琉球

杉福

111 年杉福淺礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 6.9%，藻類覆蓋率為 83.1%，珊瑚/藻類比例為 0.08，珊瑚群聚發展現況為「失能」狀態；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 8.5%，藻類覆蓋率為 75.3%，珊瑚/藻類比例為 0.11，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年杉福淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 5.7%、軟珊瑚 0.0%、珊瑚藻 0.0%、大型藻 0.0%、毛叢藻 91.0%、基質或其他 3.3%，得出珊瑚覆蓋率為 5.7%，藻類覆蓋率為 91.0%，珊瑚/藻類比例為 0.06，珊瑚群聚發展現況為「失能」狀態；深礁(9 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 12.2%、軟珊瑚 0.0%、珊瑚藻 0.0%、大型藻 0.8%、毛叢藻 79.6%、基質或其他 7.3%，得出珊瑚覆蓋率為 12.2%，藻類覆蓋率為 80.4%，珊瑚/藻類比例為 0.15，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以微孔珊瑚屬 2.6%為最多數種類；深礁也以微孔珊瑚屬 3.2%為最多數種類，其次為星孔珊瑚屬 3.1%、盤星珊瑚屬 1.0% 及藍珊瑚屬 1.1%(圖 32)。



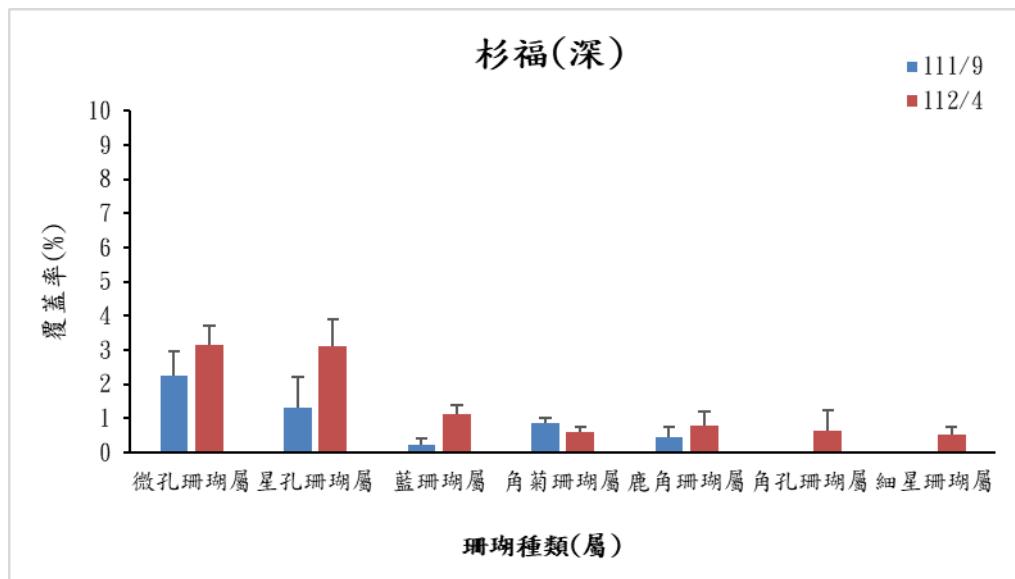


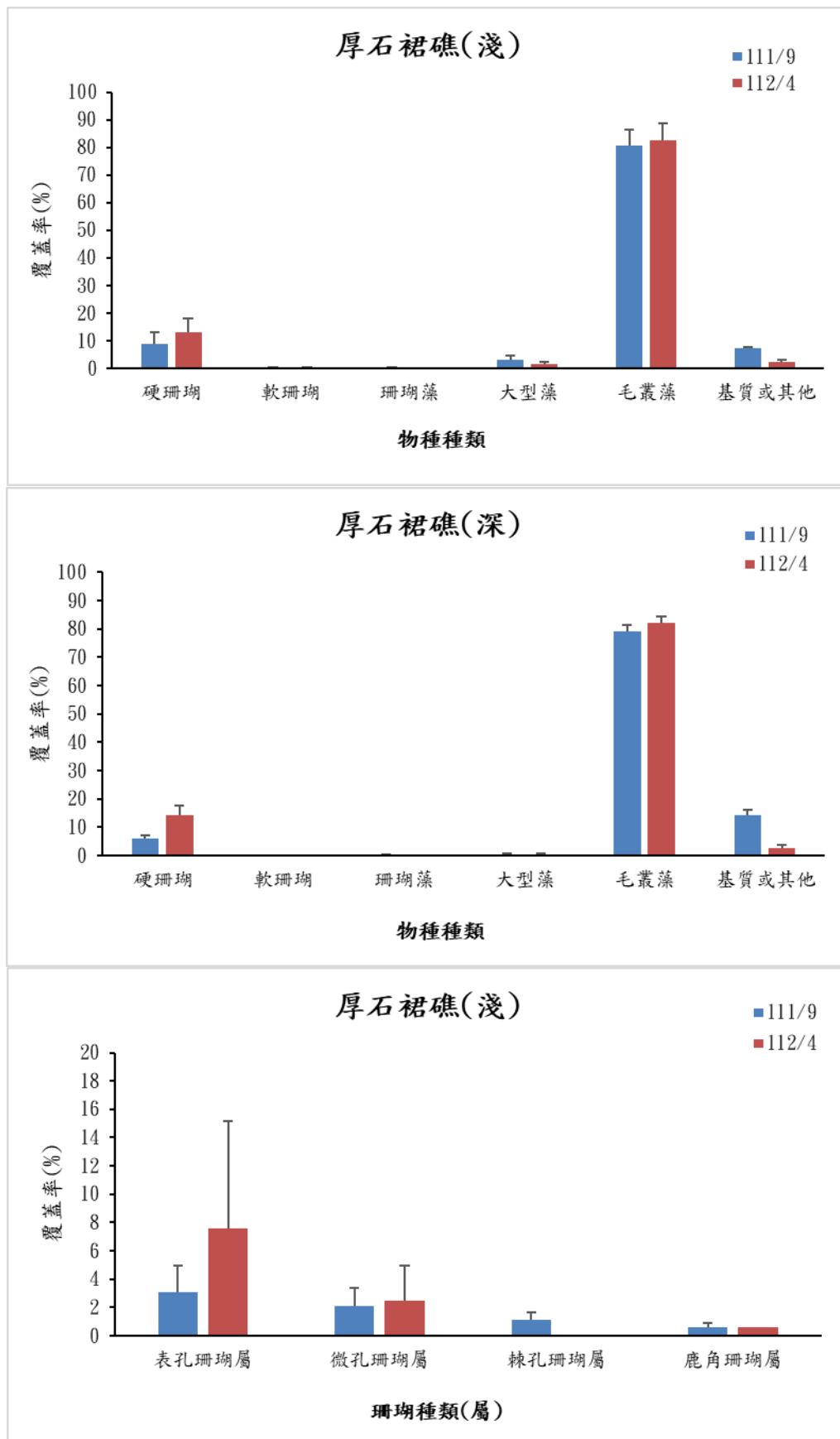
圖 32、杉福淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

厚石裙礁

111 年厚石裙礁淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 8.9%，藻類覆蓋率為 83.6%，珊瑚/藻類比例為 0.11，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 5.9%，藻類覆蓋率為 79.7%，珊瑚/藻類比例為 0.07，珊瑚群聚發展現況為「失能」狀態。

112 年厚石裙礁淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 13.0%、軟珊瑚 0.3%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 1.5%、毛叢藻 82.7%、基質或其他 2.4%，得出珊瑚覆蓋率為 13.3%，藻類覆蓋率為 84.2%，珊瑚/藻類比例為 0.16；深礁(7 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 14.3%、軟珊瑚 0.0%、珊瑚藻 0.0%、大型藻 0.6%、毛叢藻 82.3%、基質或其他 2.7%，得出珊瑚覆蓋率為 14.3%，藻類覆蓋率為 82.9%，珊瑚/藻類比例為 0.17，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 7.6%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 2.5%；深礁則以微孔珊瑚屬 9.2%為最多數種類，其次為表孔珊瑚屬 2.1% (圖 33)。



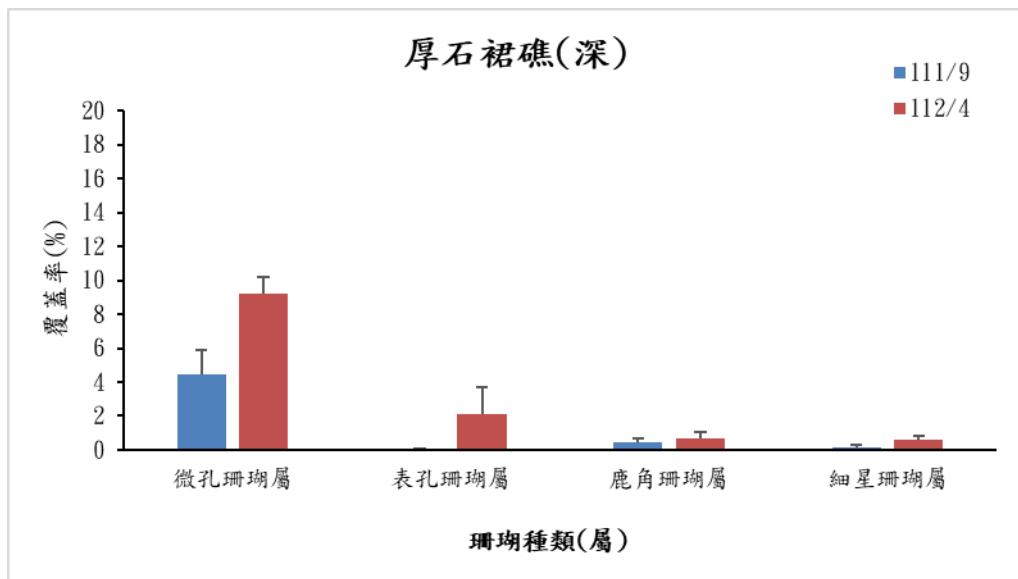


圖 33、厚石裙礁淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

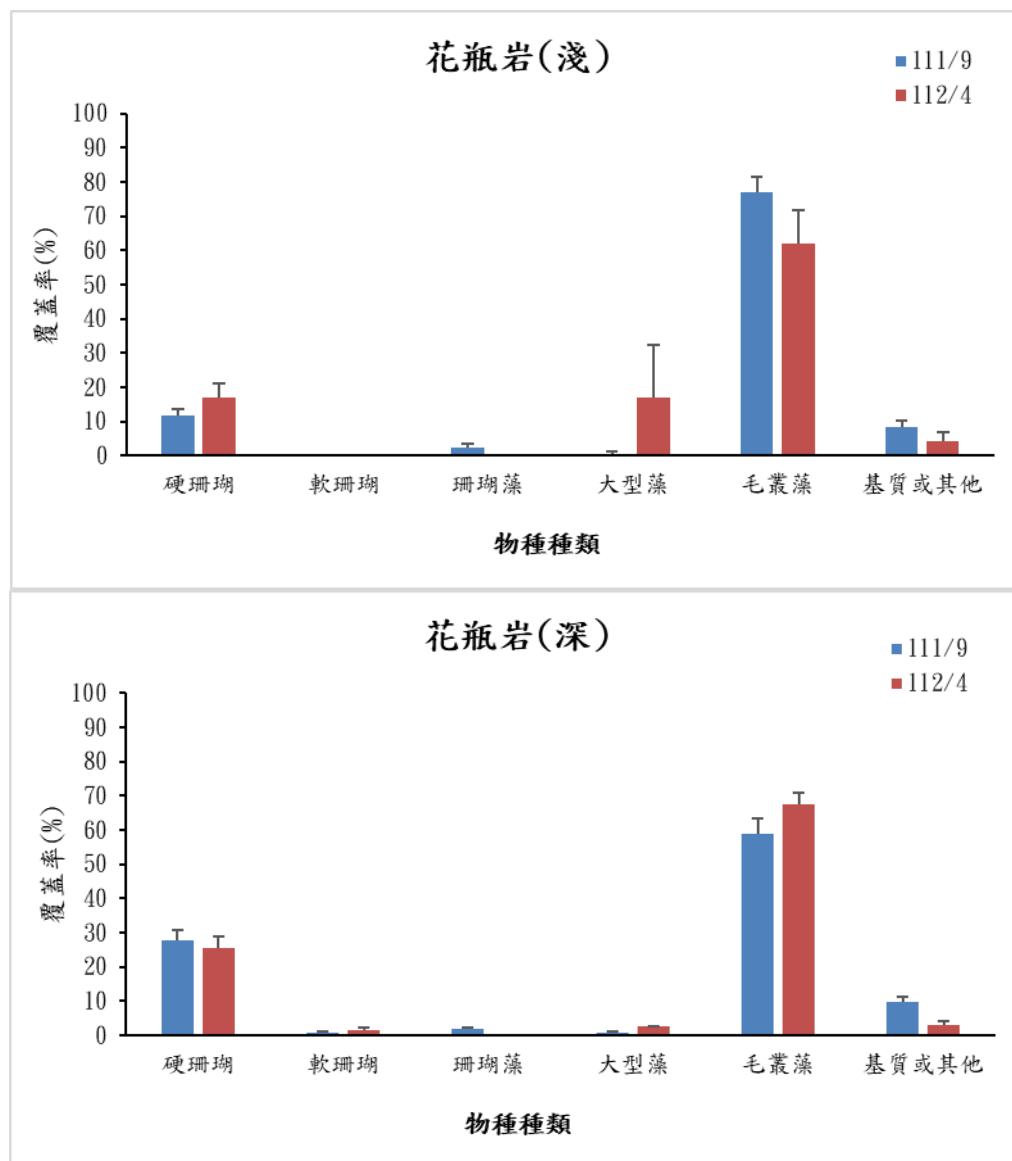
花瓶岩

111 年花瓶岩淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 11.9%，藻類覆蓋率為 77.4%，珊瑚/藻類比例為 0.15；深礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 28.5%，藻類覆蓋率為 59.7%，珊瑚/藻類比例為 0.48，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年花瓶岩淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 16.9%、軟珊瑚 0.1%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 16.9%、毛叢藻 61.9%、基質或其他 4.1%，得出珊瑚覆蓋率為 17.0%，藻類覆蓋率為 78.8%，珊瑚/藻類比例為 0.22；深礁(6 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 25.3%、軟珊瑚 1.5%、珊瑚藻 0.1%、大型藻 2.5%、毛叢藻 67.6%、基質或其他 3.0%，得出珊瑚覆蓋率為 26.8%，藻類覆蓋率為 70.1%，珊瑚/藻類比例為 0.38，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以藍珊瑚屬 5.0% 為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 2.7%、軸孔珊瑚屬 1.4%、細星珊瑚屬 1.2% 及角菊珊瑚屬 1.2%；深礁也以藍珊瑚屬 9.9% 為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 3.4%、鹿角珊瑚屬 2.6%、角菊珊瑚屬 1.8%、指形軟珊瑚屬 1.5%、細星珊瑚

屬 1.2%、盤星珊瑚屬 1.2% 及腦紋珊瑚屬 1.0% (圖 34)。



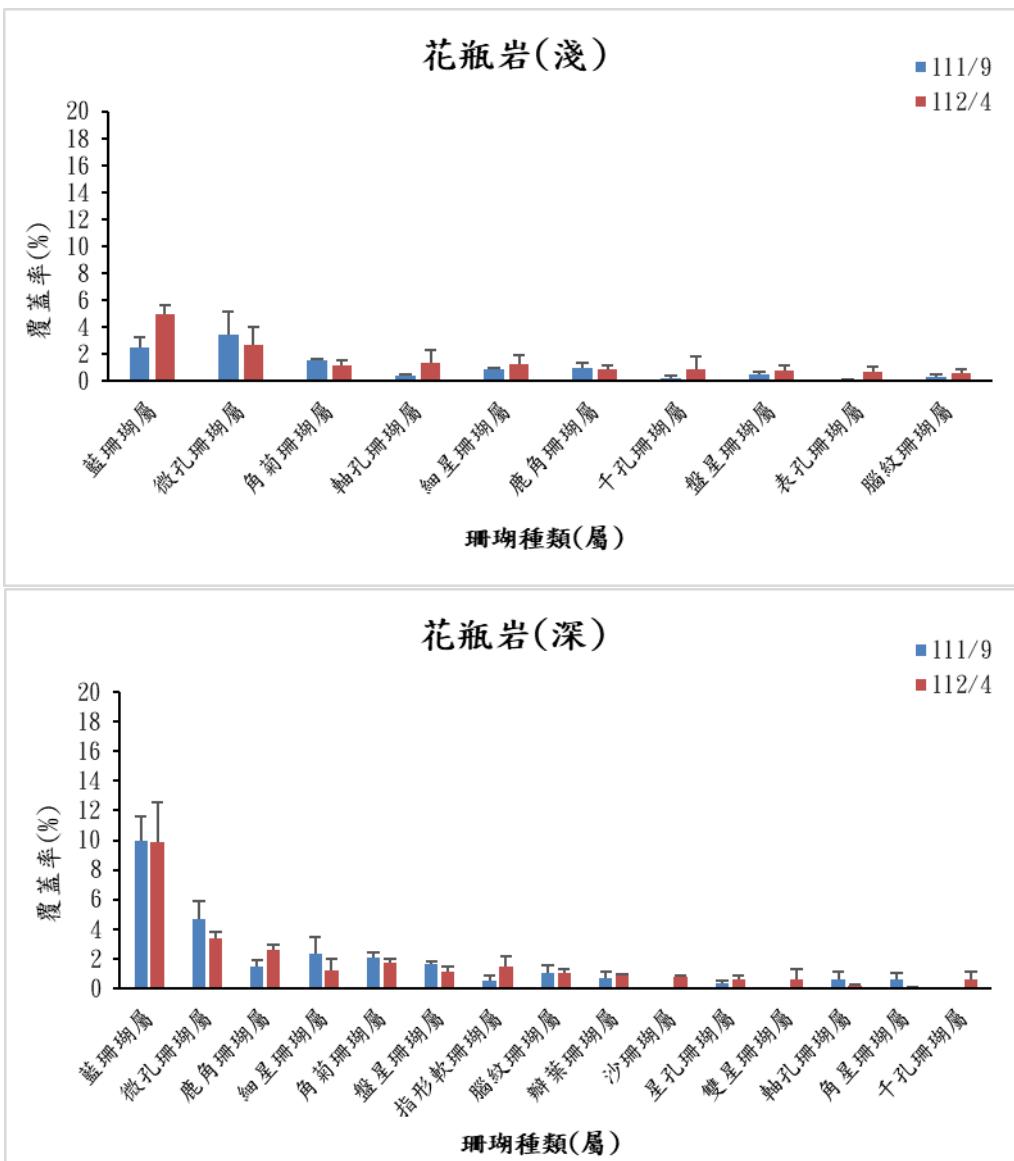


圖 34、花瓶岩淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

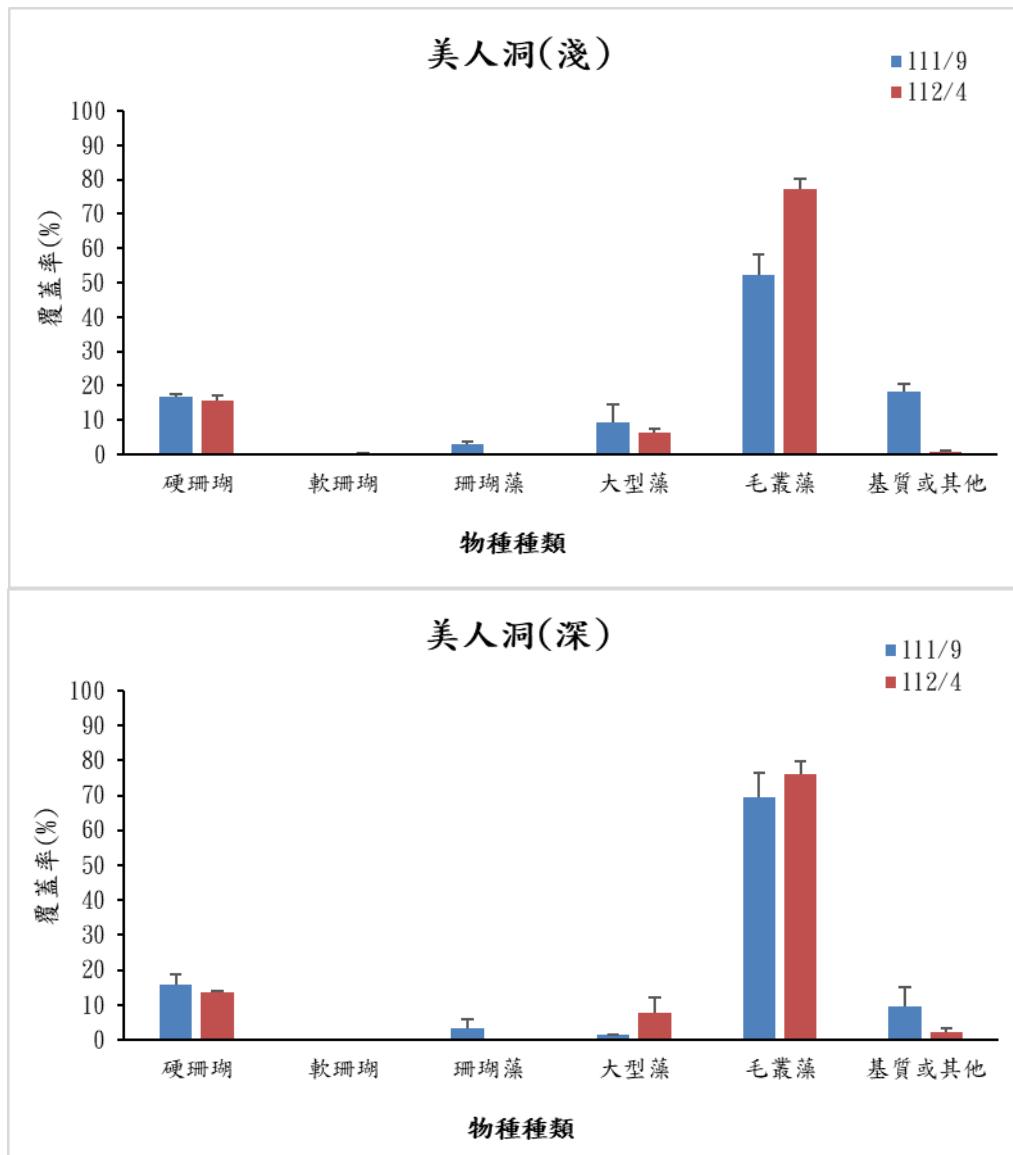
美人洞

111 年美人洞淺礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 16.9%，藻類覆蓋率為 61.6%，珊瑚/藻類比例為 0.27；深礁(10 米)珊瑚覆蓋率為 15.9%，藻類覆蓋率為 71.0%，珊瑚/藻類比例為 0.22，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年美人洞淺礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 15.5%、軟珊瑚 0.2%、珊瑚藻 0.0%、大型藻 6.3%、毛叢藻 77.2%、基質或其他

0.8%，得出珊瑚覆蓋率為 15.7%，藻類覆蓋率為 83.5%，珊瑚/藻類比例為 0.19；深礁(10 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 13.5%、軟珊瑚 0.0%、珊瑚藻 0.0%、大型藻 7.9%、毛叢藻 76.2%、基質或其他 2.3%，得出珊瑚覆蓋率為 13.5%，藻類覆蓋率為 84.1%，珊瑚/藻類比例為 0.16，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

其中，淺礁以微孔珊瑚屬 5.2% 為最多數種類，其次為角菊珊瑚屬 2.9%、腦紋珊瑚屬 1.7%、盤星珊瑚屬 1.6% 及鹿角珊瑚屬 1.0%；深礁也以微孔珊瑚屬 2.3% 為最多數種類，其次為角菊珊瑚屬 2.4%、盤星珊瑚屬 1.8%、鹿角珊瑚屬 1.6% 及腦紋珊瑚屬 1.5% (圖 35)。



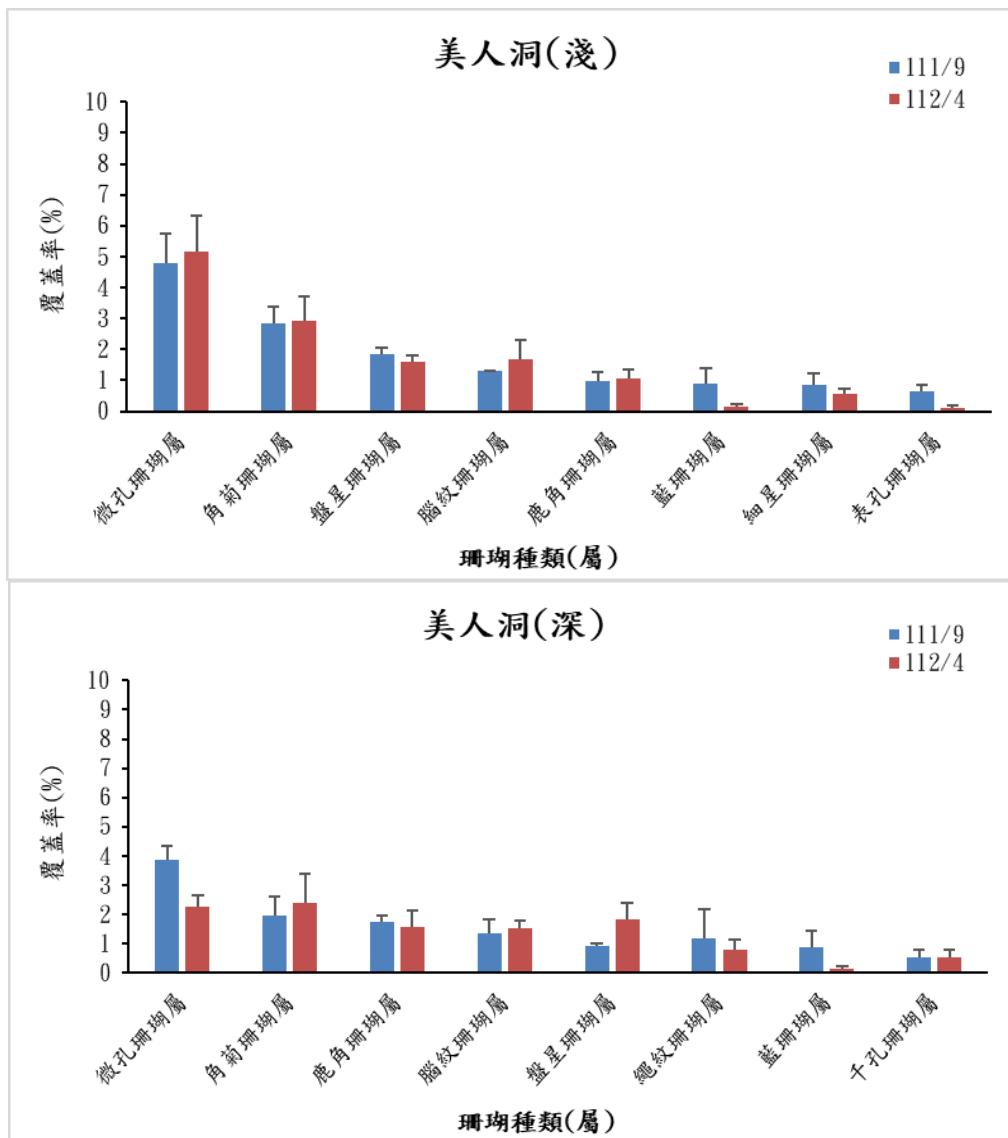


圖 35、美人洞淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

澎湖

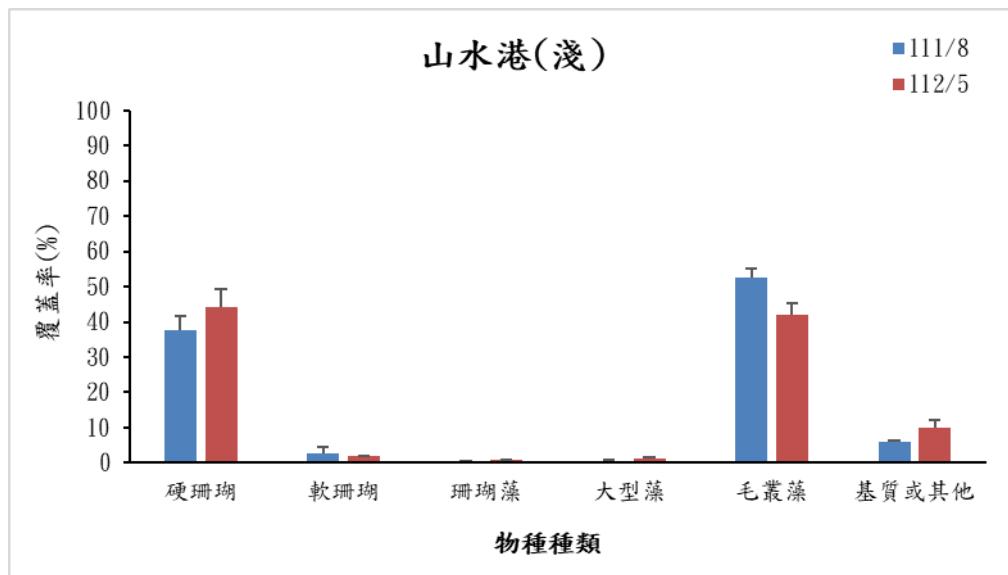
山水港

111 年山水港淺礁(3 米)珊瑚覆蓋率為 40.3%，藻類覆蓋率為 53.3%，珊瑚/藻類比例為 0.76；深礁(5 米)珊瑚覆蓋率為 42.8%，藻類覆蓋率為 48.6%，珊瑚/藻類比例為 0.88，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年山水港淺礁(3 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 44.2%、軟珊瑚

瑚 1.9%、珊瑚藻 0.9%、大型藻 1.1%、毛叢藻 42.1%、基質或其他 9.8%，得出珊瑚覆蓋率為 46.1%，藻類覆蓋率為 43.2%，珊瑚/藻類比例為 1.07；深礁(5 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 35.9%、軟珊瑚 4.3%、珊瑚藻 1.7%、大型藻 0.6%、毛叢藻 50.7%、基質或其他 6.9%，得出珊瑚覆蓋率為 40.2%，藻類覆蓋率為 51.3%，珊瑚/藻類比例為 0.78，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以盤珊瑚屬 13.8%為最多數種類，其次為萼柱珊瑚屬 11.9%、表孔珊瑚屬 6.7%、角菊珊瑚屬 3.2%、鹿角珊瑚屬 2.8%、腦紋珊瑚屬 1.8%、棘星珊瑚屬 1.2%及葉形軟珊瑚 1.2%；深礁也以盤珊瑚屬 19.0%為最多數種類，其次為萼柱珊瑚屬 5.9%、表孔珊瑚屬 2.8%、微孔珊瑚屬 2.7%、角菊珊瑚屬 1.4%、盤星珊瑚屬 1.2%及鹿角珊瑚屬 1.0% (圖 36)。



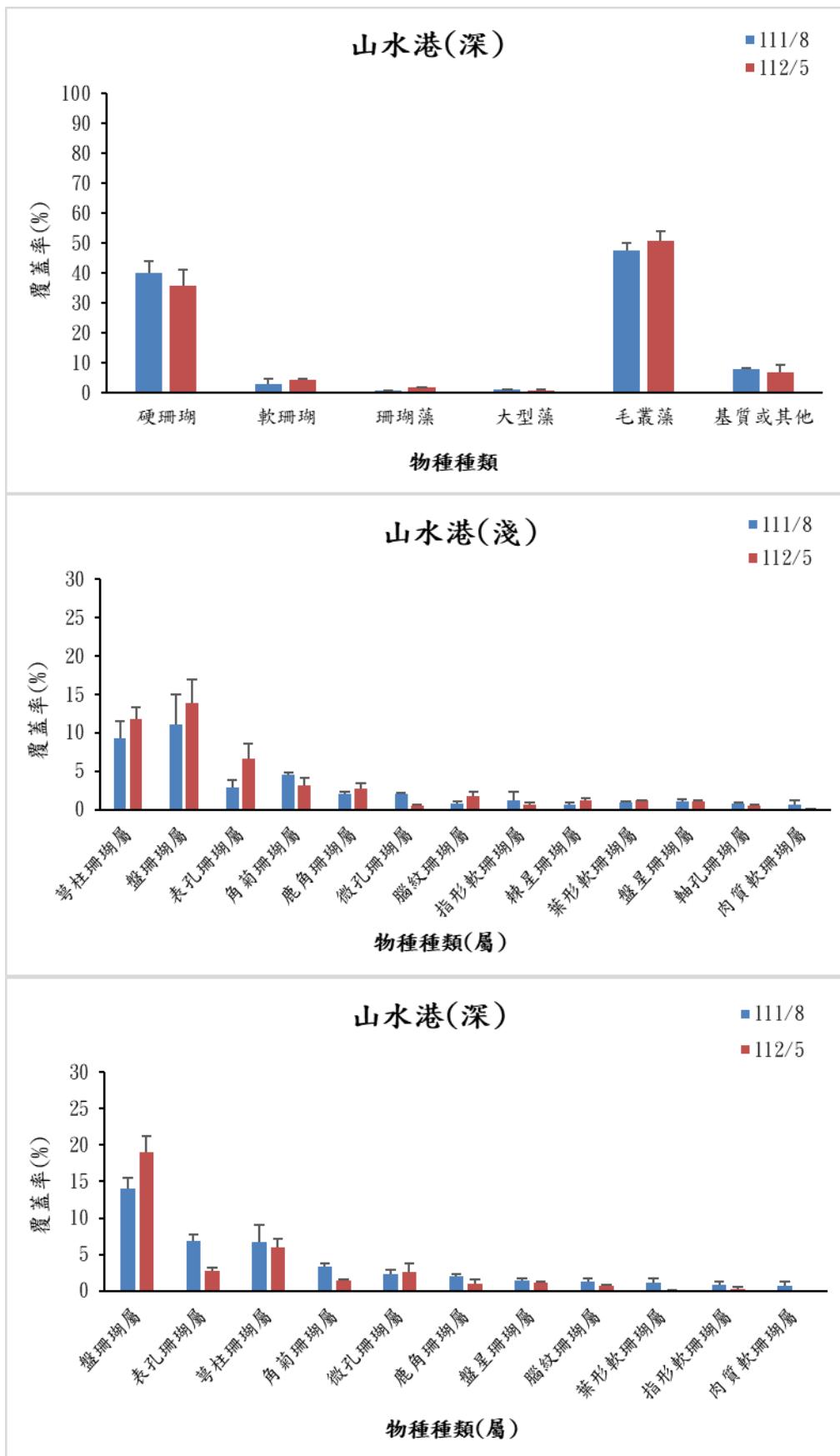


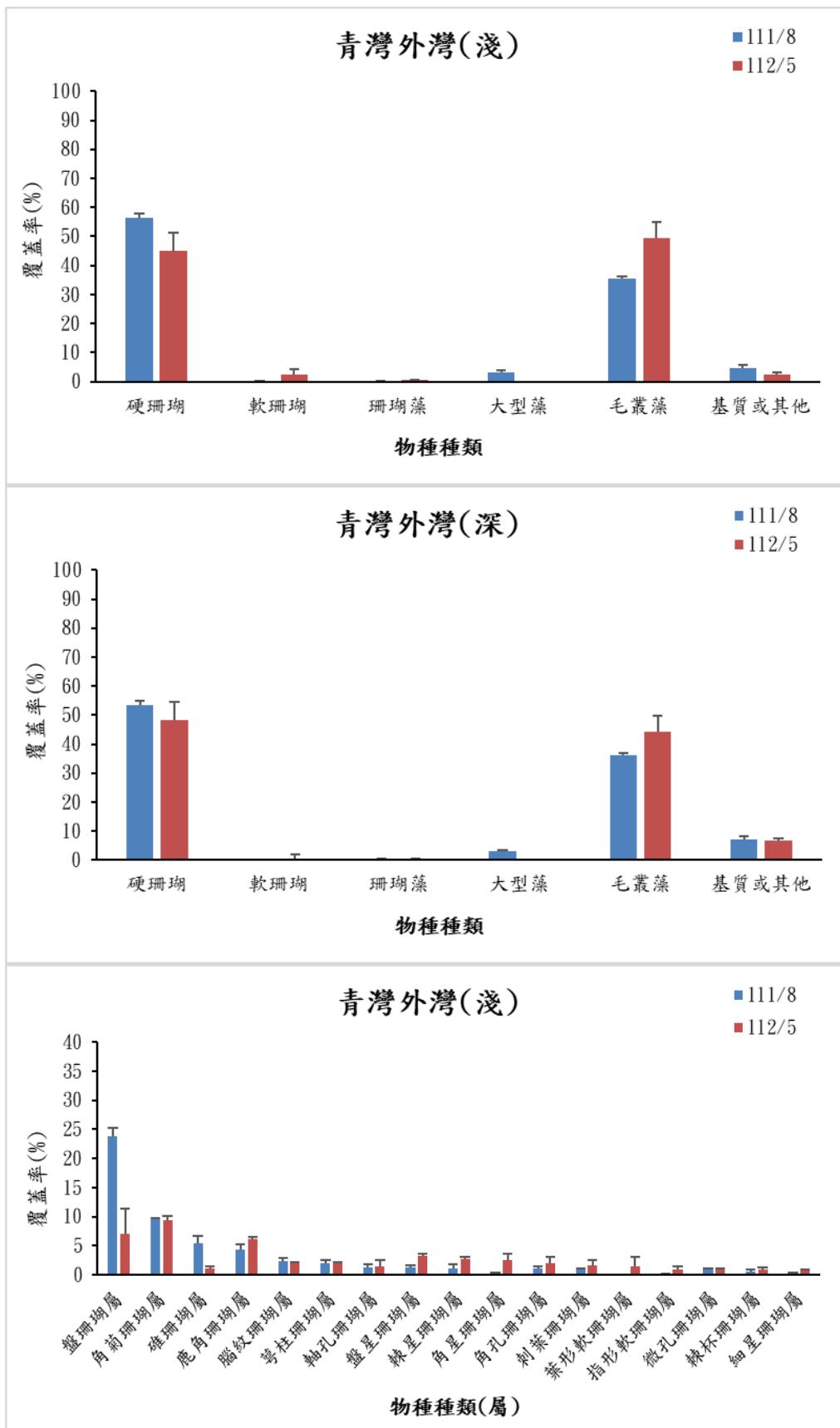
圖 36、山水港淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

青灣外灣

111 年青灣外灣淺礁(2 米)珊瑚覆蓋率為 56.4%，藻類覆蓋率為 38.7%，珊瑚/藻類比例為 1.46；深礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 53.4%，藻類覆蓋率為 39.2%，珊瑚/藻類比例為 1.36，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。

112 年青灣外灣淺礁(2 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 45.1%、軟珊瑚 2.5%、珊瑚藻 0.6%、大型藻 0%、毛叢藻 49.3%、基質或其他 2.5%，得出珊瑚覆蓋率為 47.6%，藻類覆蓋率為 49.3%，珊瑚/藻類比例為 0.97；深礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 48.2%、軟珊瑚 0.3%、珊瑚藻 0.4%、大型藻 0%、毛叢藻 44.3%、基質或其他 6.8%，得出珊瑚覆蓋率為 48.5%，藻類覆蓋率為 44.3%，珊瑚/藻類比例為 1.09，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以角菊珊瑚屬 9.3%為最多數種類，其次為盤珊瑚屬 7.1%、鹿角珊瑚屬 6.2%、盤星珊瑚屬 3.2%、棘星珊瑚屬 2.7%、角星珊瑚屬 2.5%、角孔珊瑚屬 2.1%、萼柱珊瑚屬 2.0%、腦紋珊瑚屬 1.9%、刺葉珊瑚屬 1.6%、葉形軟珊瑚屬 1.5%、軸孔珊瑚屬 1.5%及碓珊瑚屬 1.2%；深礁以盤珊瑚屬 24.2%為最多數種類，其次為鹿角珊瑚屬 6.0%、角菊珊瑚屬 4.4%、盤星珊瑚屬 1.7%、刺葉珊瑚屬 1.5%、微孔珊瑚屬 1.3%、軸孔珊瑚屬 1.3%、表孔珊瑚屬 1.1%、真葉珊瑚屬 1.1%及角孔珊瑚屬 1.0%(圖 37)。



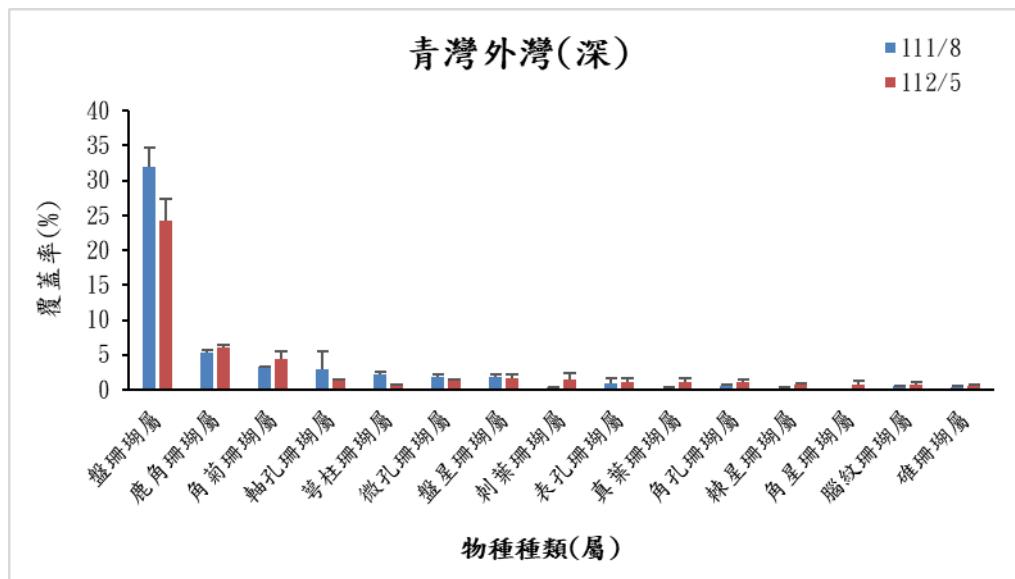


圖 37、青灣外灣淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

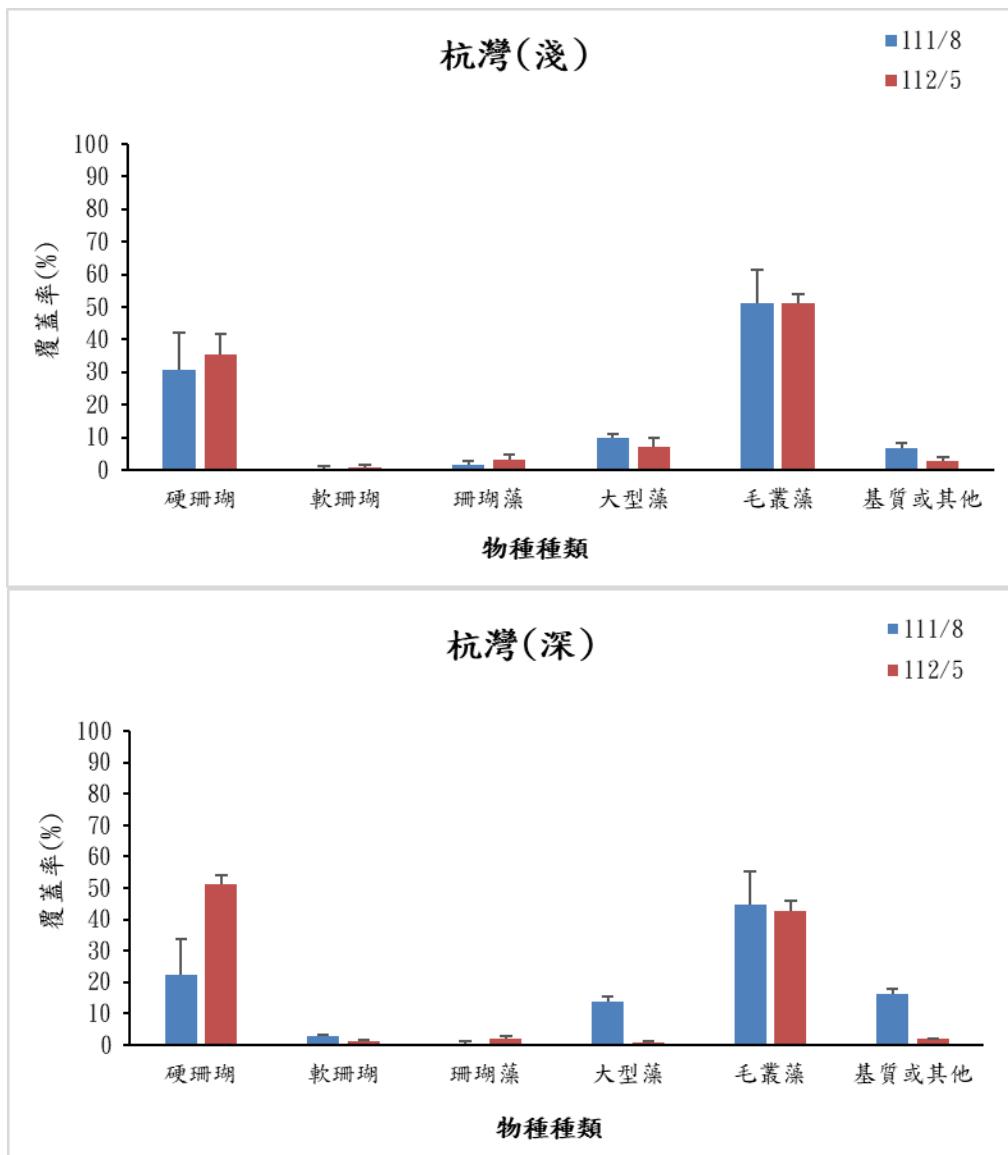
杭灣

111 年杭灣淺礁(2 米)珊瑚覆蓋率為 31.2%，藻類覆蓋率為 60.6%，珊瑚/藻類比例為 0.51，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 24.9%，藻類覆蓋率為 58.6%，珊瑚/藻類比例為 0.42，珊瑚群聚發展現況為「衰退」狀態。

112 年杭灣淺礁(2 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 35.3%、軟珊瑚 0.8%、珊瑚藻 3.1%、大型藻 7.1%、毛叢藻 51.1%、基質或其他 2.6%，得出珊瑚覆蓋率為 36.1%，藻類覆蓋率為 58.2%，珊瑚/藻類比例為 0.62，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態；深礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 51.4%、軟珊瑚 1.0%、珊瑚藻 2.2%、大型藻 0.9%、毛叢藻 42.6%、基質或其他 1.9%，得出珊瑚覆蓋率為 52.4%，藻類覆蓋率為 43.5%，珊瑚/藻類比例為 1.19，珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態。與 111 年調查相比，112 年深礁的硬珊瑚覆蓋率經過統計顯著較高(錯誤！找不到參照來源。)，可能原因為水濁能見度小於 1 米，導致調查位置與去年有較大差異。

其中，淺礁以軸孔珊瑚屬 29.8%為最多數種類，其次為微孔珊瑚屬 24.9%。

瑚屬 1.8%；深礁以軸孔珊瑚屬 39.1%為最多數種類，其次為萼柱珊瑚屬 2.7%、棘孔珊瑚屬 2.6%、鹿角珊瑚屬 1.6%、表孔珊瑚屬 1.6% 及微孔珊瑚屬 1.4% (圖 38)。



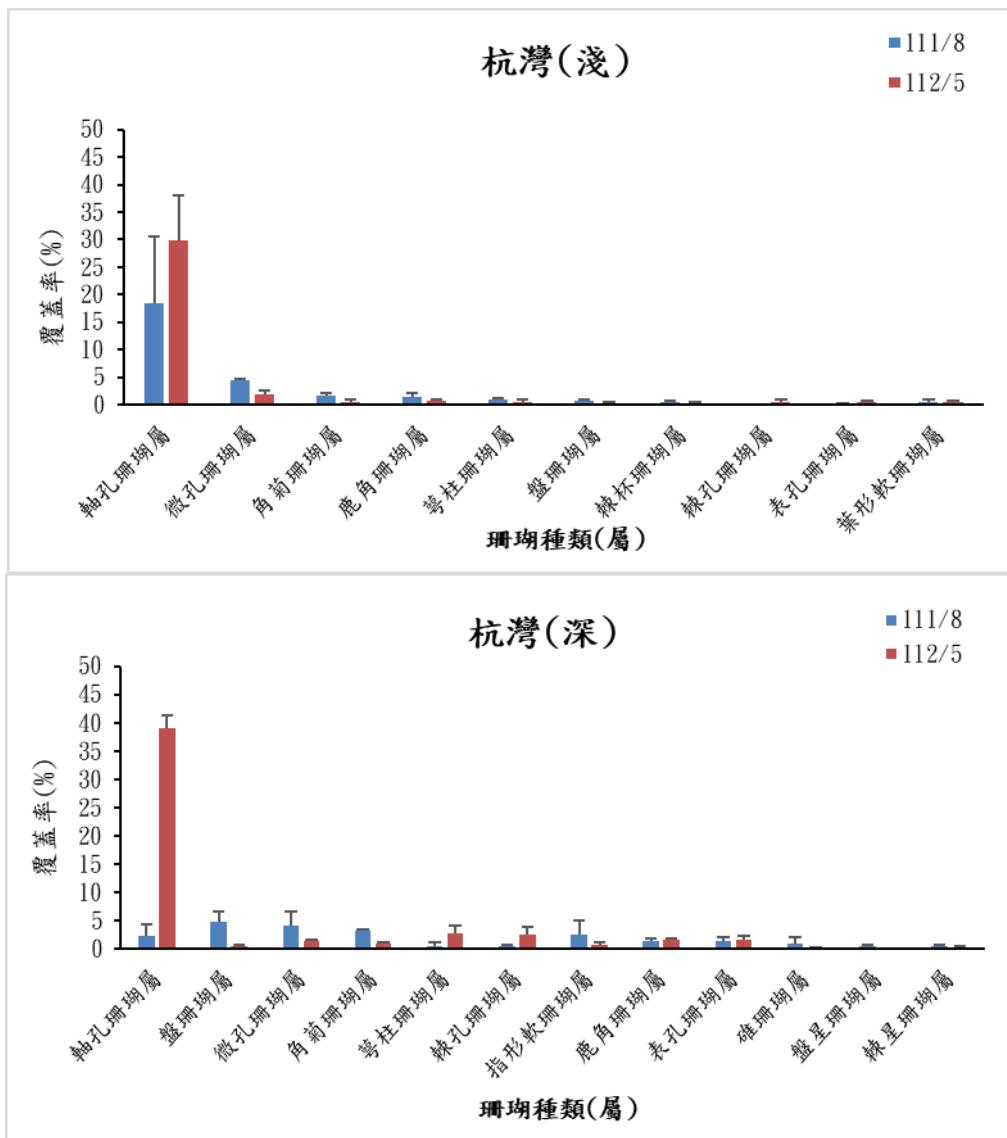


圖 38、杭灣淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

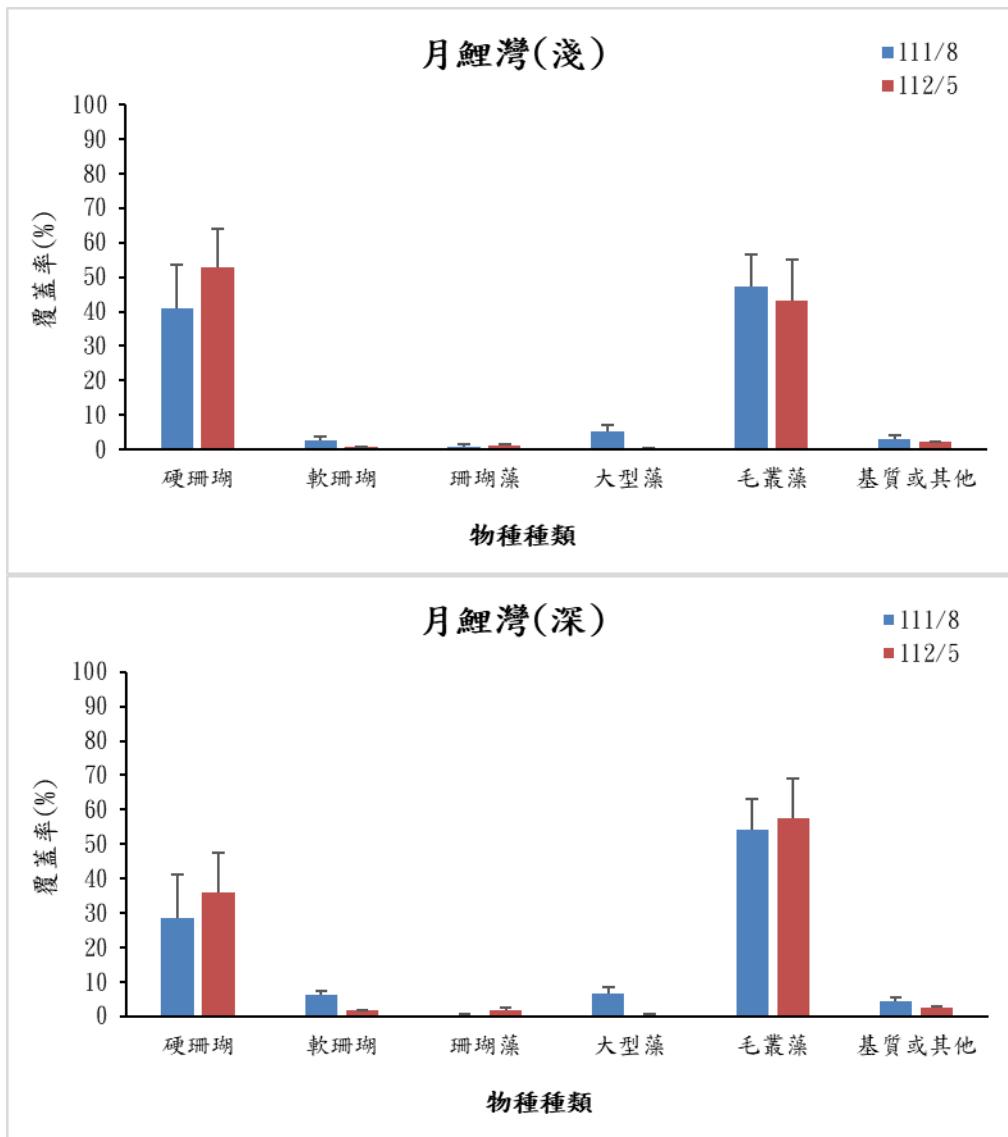
月鯉灣

111 年月鯉灣淺礁(4 米)珊瑚覆蓋率為 43.6%，藻類覆蓋率為 52.3%，珊瑚/藻類比例為 0.83；深礁(8 米)珊瑚覆蓋率為 34.7%，藻類覆蓋率為 60.6%，珊瑚/藻類比例為 0.57，故 2 個深度珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

112 年月鯉灣淺礁(4 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 52.7%、軟珊瑚 0.6%、珊瑚藻 1.1%、大型藻 0.3%、毛叢藻 43.0%、基質或其他 2.2%，得出珊瑚覆蓋率為 53.3%，藻類覆蓋率為 43.3%，珊瑚/藻類

比例為 1.23，珊瑚群聚發展現況為「健康」狀態；深礁(8 米)各類別的覆蓋率為硬珊瑚 36.1%、軟珊瑚 1.8%、珊瑚藻 2.0%、大型藻 0.3%、毛叢藻 57.4%、基質或其他 2.5%，得出珊瑚覆蓋率為 37.9%，藻類覆蓋率為 57.7%，珊瑚/藻類比例為 0.66，珊瑚群聚發展現況為「穩定」狀態。

其中，淺礁以表孔珊瑚屬 23.1%為最多數種類，其次為軸孔珊瑚屬 13.9%、棘孔珊瑚屬 9.3%、微孔珊瑚屬 2.0%及盤珊瑚屬 1.1%；深礁以表孔珊瑚屬 25.5%為最多數種類，其次為棘孔珊瑚屬 2.8%、微孔珊瑚屬 2.6%、軸孔珊瑚屬 1.7%及角菊珊瑚屬 1.4%(圖 39)。



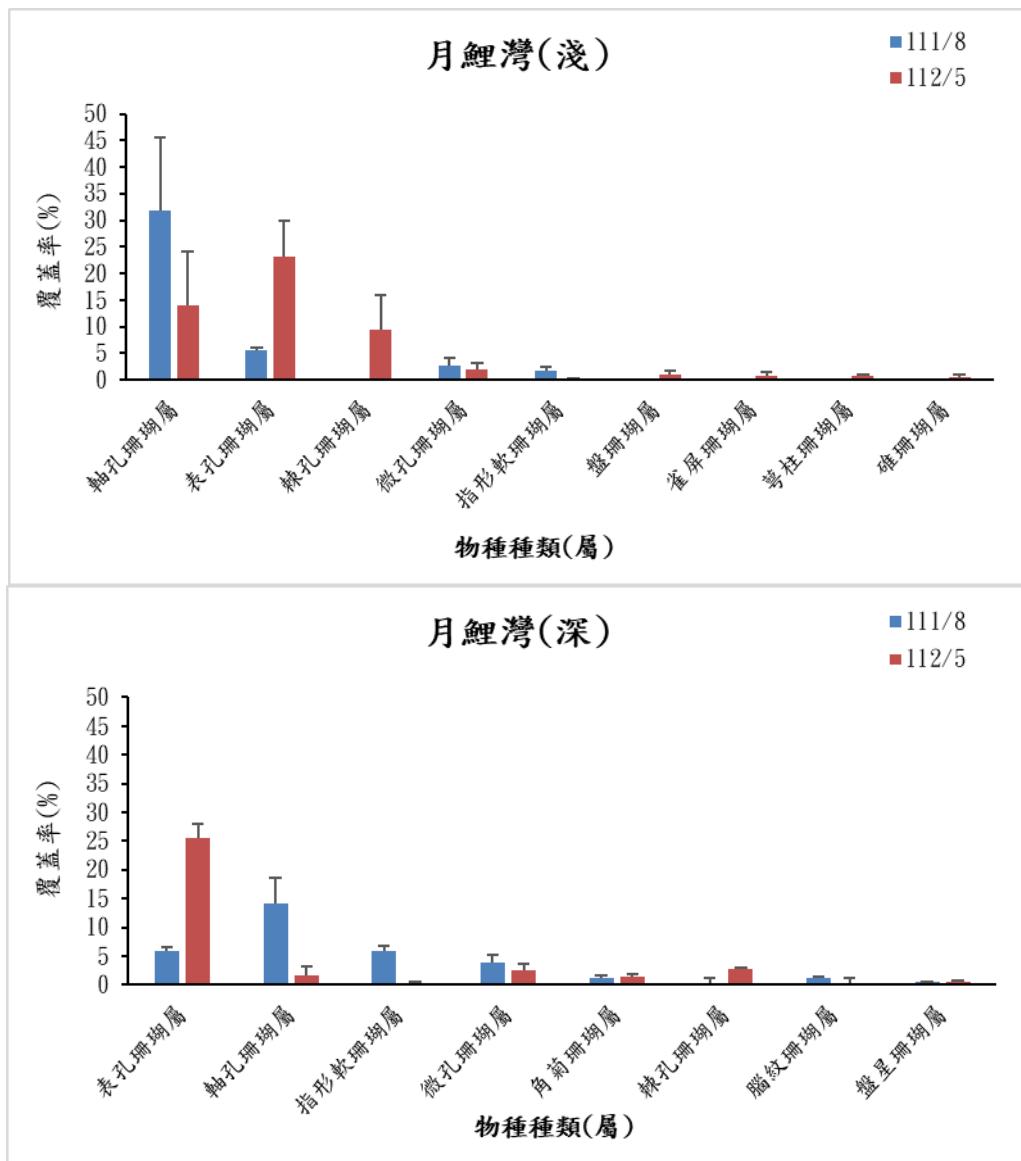


圖 39、月鯉灣淺礁與深礁底棲群聚結構與主要珊瑚組成之兩年比較。

111 年全臺監測資料彙整

彙整 111 年度所調查的 30 個地點(圖 40)，共 60 組樣點的珊瑚與藻類資料結果顯示，有 2 組珊瑚群聚已失去結構與功能，包括小琉球的厚石裙礁(深)、杉福(淺)；有 19 組珊瑚群聚衰退，包括北部及東北部 7 組，南部 3 組，小琉球 6 組，澎湖 1 組，蘭嶼 2 組；有 27 組珊瑚群聚穩定，包括北部及東北部 5 組，東部 7 組，南部 3 組，澎湖 5 組，綠島 2 組，蘭嶼 5 組；有 12 組珊瑚群聚健康，包括東

部 1 組，南部 2 組，澎湖 2 組，綠島 6 組，蘭嶼 1 組。

進一步計算各區域珊瑚平均覆蓋率(表 13)，硬珊瑚部分以綠島($40.1\% \pm 6.0$)、澎湖($38.7\% \pm 4.2$)、東部($38.2\% \pm 2.4$)及蘭嶼($32.8\% \pm 4.2$)有超過 30% 的覆蓋率，小琉球($12.8\% \pm 2.6$)為七個區域中最低；軟珊瑚部分僅綠島($16.7\% \pm 8.6$)的覆蓋率最高，其他區域皆低於 4%；整體珊瑚平均覆蓋率來看，綠島($56.8\% \pm 3.6$)為七個區域中最高，其次為東部($41.9\% \pm 2.2$)及澎湖($40.9\% \pm 3.8$)，小琉球($12.9\% \pm 2.6$)為七個區域中最低；最後將七個區域珊瑚覆蓋率再平均計算，得出全臺硬珊瑚平均覆蓋率為 $31.0\% \pm 3.7$ ，軟珊瑚平均覆蓋率為 $4.1\% \pm 2.2$ ，整體珊瑚平均覆蓋率為 $35.1\% \pm 5.2$ 。

將 111 年全臺淺礁與深礁底棲群聚結構彙整成圖表來看(圖 41)，大多數樣點以硬珊瑚及毛叢藻為主要組成結構，而淺礁及深礁的石朗有較高的軟珊瑚覆蓋率，淺礁的深澳、龍洞北邊及深礁的深澳有較高的大型藻覆蓋率，珊瑚藻則普遍出現在北部及東北部、東部、蘭嶼及南部；另外彙整出全臺淺礁及深礁珊瑚屬類別組成比例，發現大多數樣點以繩紋珊瑚科及微孔珊瑚屬為主要組成種類，其中北部及東北部的萼柱珊瑚屬、東部的列孔珊瑚屬、綠島與蘭嶼的同孔珊瑚屬及澎湖的盤珊瑚屬具有地域性，在其他區域佔比不明顯，而在特定區域所佔比例較高。

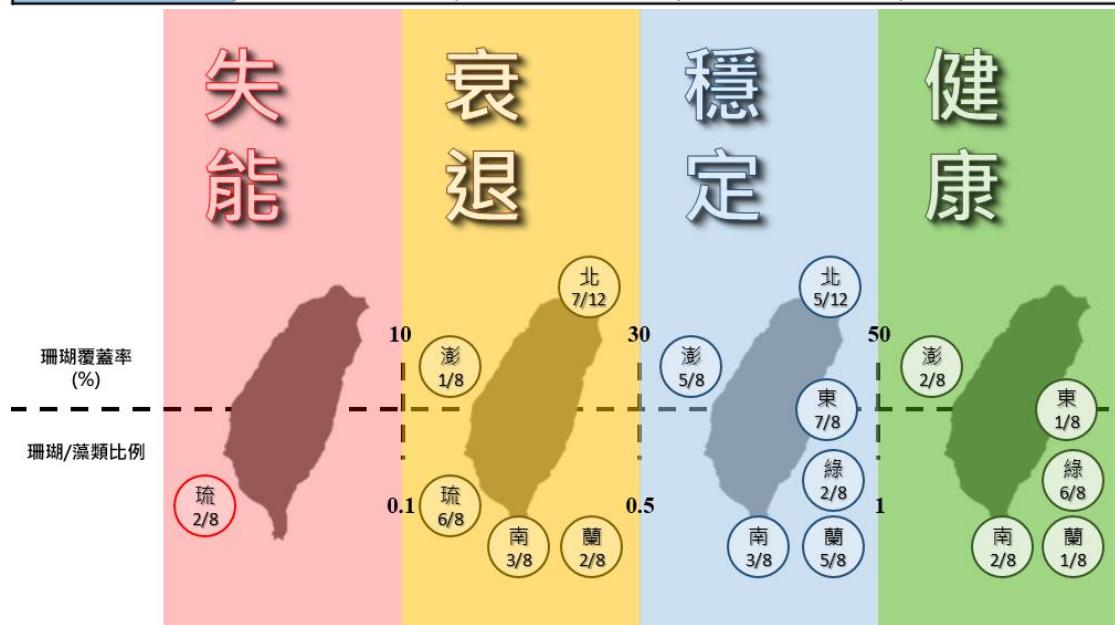
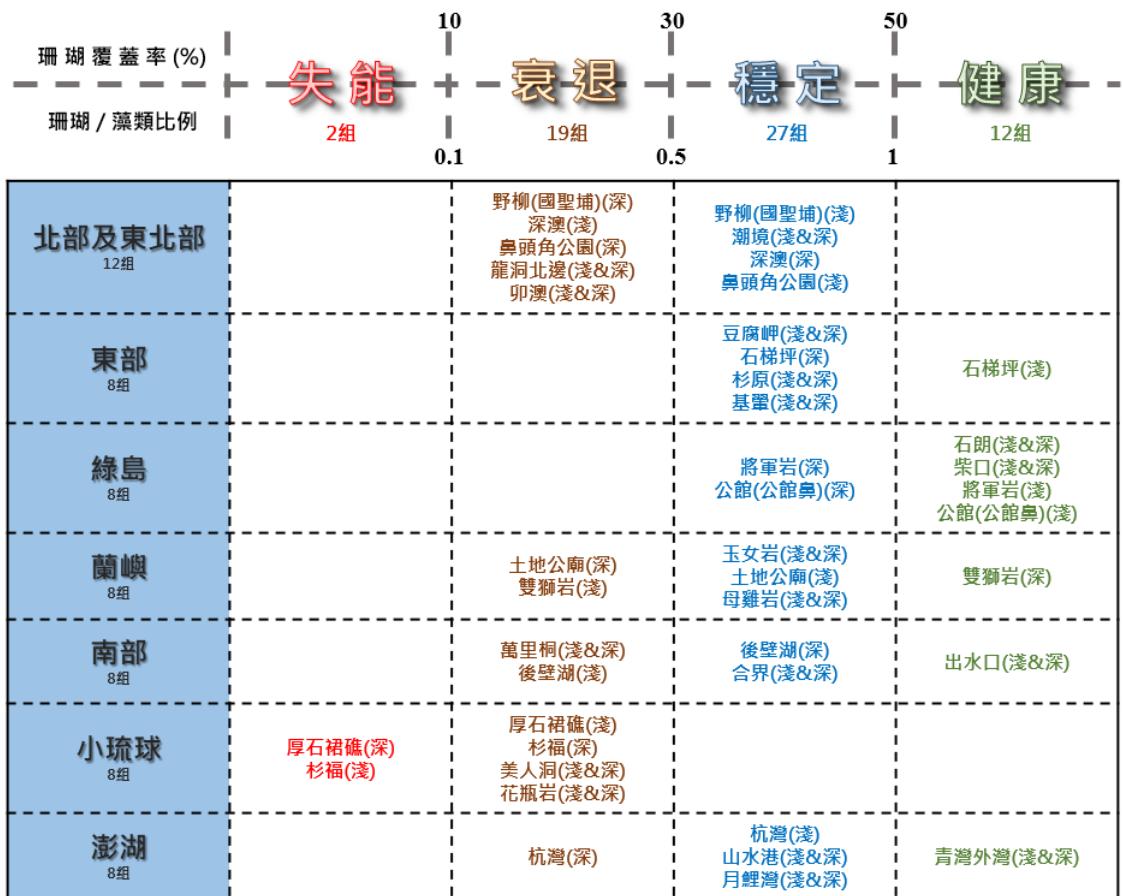
以本團隊使用的 CoralNet 群組珊瑚屬分類來計算全臺淺礁與深礁的珊瑚屬多樣性(圖 42)，淺礁以綠島的柴口(30 屬最多)，東部的基翹、杉原，北部及東北部的潮境、豆腐岬，綠島的公館(公館鼻)，小琉球的美人洞珊瑚屬類別多達 25 屬(含)以上，組成多樣性高，而南部的萬里桐，蘭嶼的土地公廟、母雞岩，小琉球的花瓶岩，北部及東北部的深澳、卯澳、龍洞北邊、鼻頭角及澎湖的杭灣、月鯉灣(11 屬最少)珊瑚屬類別則低於 20 屬；深礁以綠島的將軍岩(30 屬最多)，綠島的柴口、公館(公館鼻)，東部的杉原、石梯坪，南部的合

界、出水口，北部及東北部的野柳、潮境，蘭嶼的玉女岩、雙獅岩珊瑚屬類別多達 25 屬(含)以上，組成多樣性高，而北部及東北部的鼻頭角公園、卯澳，澎湖的杭灣、月鯉灣，小琉球的杉福、厚石裙礁(12 屬最少)與珊瑚屬類別則低於 20 屬。

各地點珊瑚屬的資料使用主成份分析檢測地點間造成差異之因子(圖 43、圖 44、表 14)，PC1(19%)和 PC2(14%)總共可以解釋 33%的變異量，在 PC1 中主要以藍珊瑚屬(-0.401)和同孔珊瑚屬(-0.338)為造成差異的因子，在 PC2 中主要以軸孔珊瑚屬(0.341)和同孔珊瑚屬(0.334)為造成差異的因子。分布圖顯示珊瑚屬組成和各地點的地理位置呈現高度一致性，臺灣北部珊瑚群聚特徵主要是萼柱珊瑚屬；澎湖主要是萼柱珊瑚屬和軸孔珊瑚屬，而青灣外灣淺礁和山水港則因萼柱珊瑚屬使其更接近臺灣北部珊瑚群聚組成；蘭嶼以同孔珊瑚屬和鹿角珊瑚屬為主要特徵；綠島與蘭嶼相似，主要以同孔珊瑚屬、鹿角珊瑚屬、軸孔珊瑚屬和微孔珊瑚屬為特徵；臺灣南部、東部和小琉球相近，都是以藍珊瑚屬、千孔珊瑚屬、腦紋珊瑚屬和微孔珊瑚屬為特徵，但出水口和厚石裙礁多樣性較高，所以無明顯特徵。

將 110 年度所調查的監測地點比較來看(表 15)，雖然監測地點相同，但是監測樣點或橫截線未必和 110 年度完全相同，或是當地空間異質性和時間變化高，故部分樣點的珊瑚覆蓋率可能有較大增減的現象，如深澳(淺)、豆腐岬(淺與深)、石梯坪(淺)、杉原中礁(今杉原)(深)、三仙臺南邊(今基翹)(深)、萬里桐(深)、核三廠出水口(淺)、後壁湖(深)、山水港(深)等處；另 111 年度珊瑚/藻類比例因數值界定考量更精確取至小數點後兩位，故 110 年度被列為「失能」的樣點，於 111 年度調查後雖然珊瑚覆蓋率低於 10%，但因珊瑚/藻類比例介於 0.1-0.5 之間，因此定義為「衰退」，如卯澳(淺)、厚石裙礁(淺)、杉福(深)等處。

111 年 珊 瑚 群 聚 現 況



111年各樣點珊瑚群聚發展現況分布圖

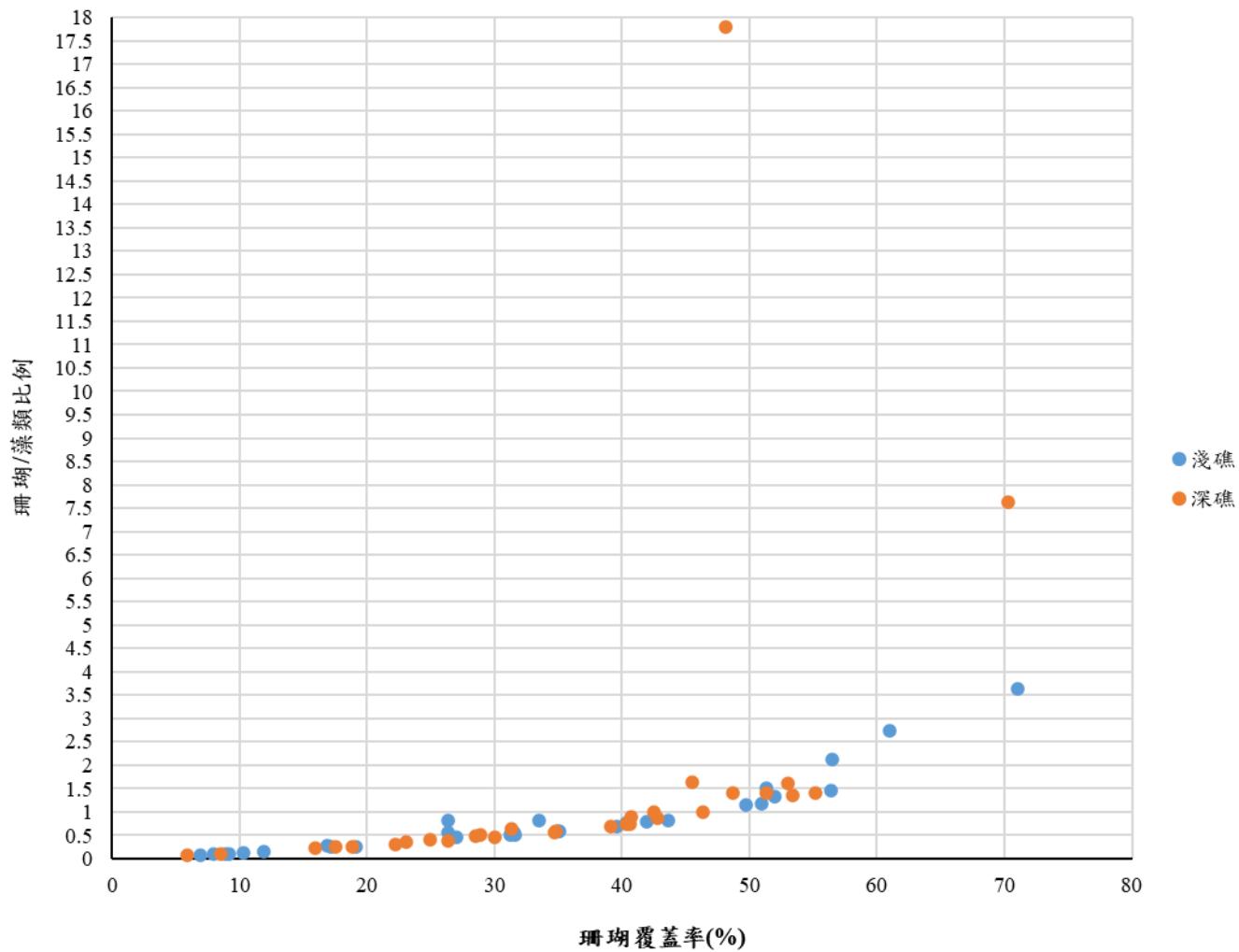
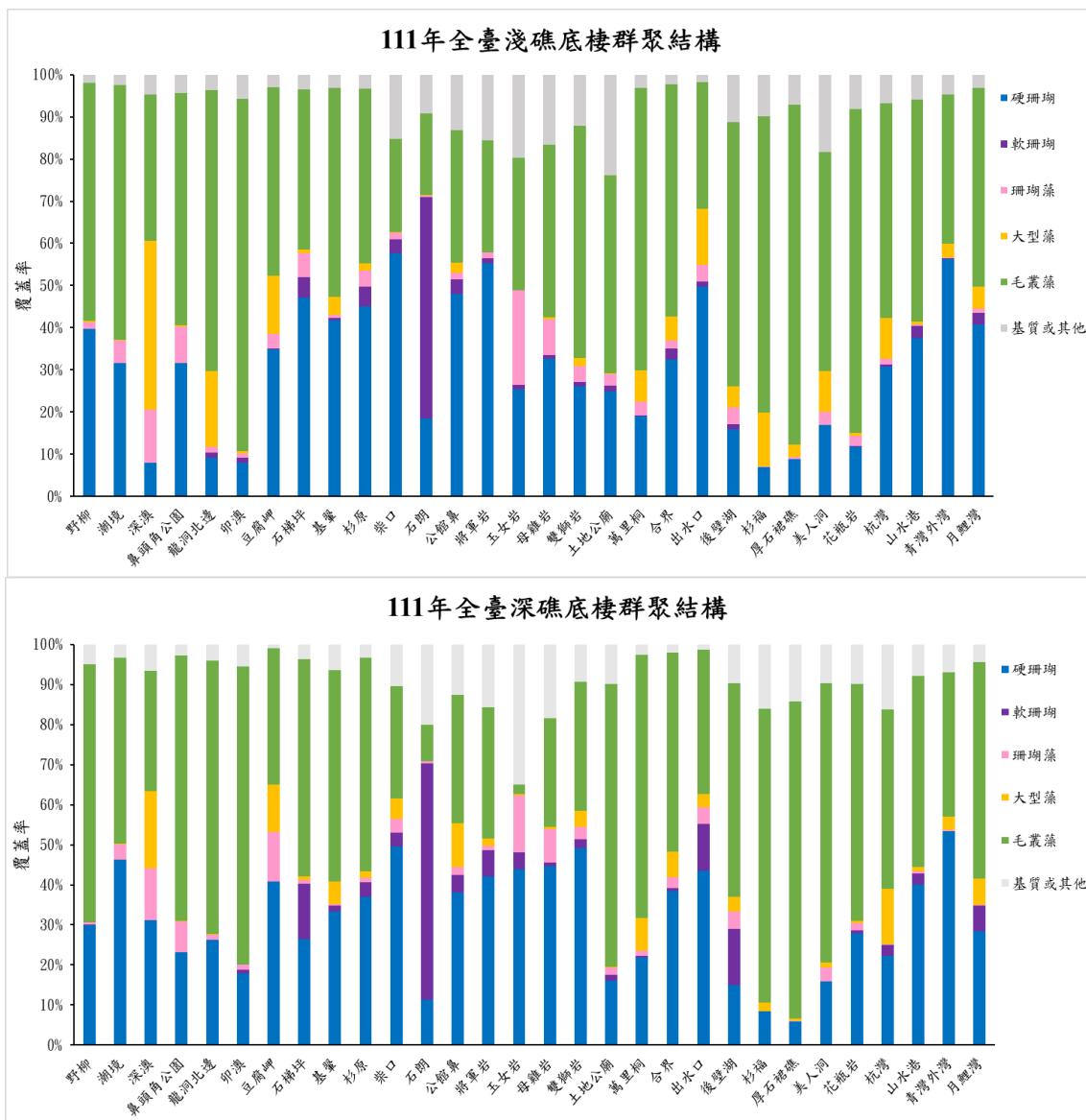


圖 40、111 年珊瑚群聚發展現況。

表 13、111 年各區域珊瑚平均覆蓋率一覽。

區域	硬珊瑚平均覆蓋率 (mean \pm SE)	軟珊瑚平均覆蓋率 (mean \pm SE)	整體珊瑚平均覆蓋率 (mean \pm SE)
北部及東北部	25.2 ± 3.6	0.3 ± 0.1	25.5 ± 3.5
東部	38.2 ± 2.4	3.6 ± 1.6	41.9 ± 2.2
綠島	40.1 ± 6.0	16.7 ± 8.6	56.8 ± 3.6
蘭嶼	32.8 ± 4.2	1.6 ± 0.4	34.5 ± 4.4
南部	29.5 ± 4.7	3.9 ± 2.0	33.5 ± 5.1
小琉球	12.8 ± 2.6	0.1 ± 0.1	12.9 ± 2.6
澎湖	38.7 ± 4.2	2.2 ± 0.7	40.9 ± 3.8
全臺	31.0 ± 3.7	4.1 ± 2.2	35.1 ± 5.2



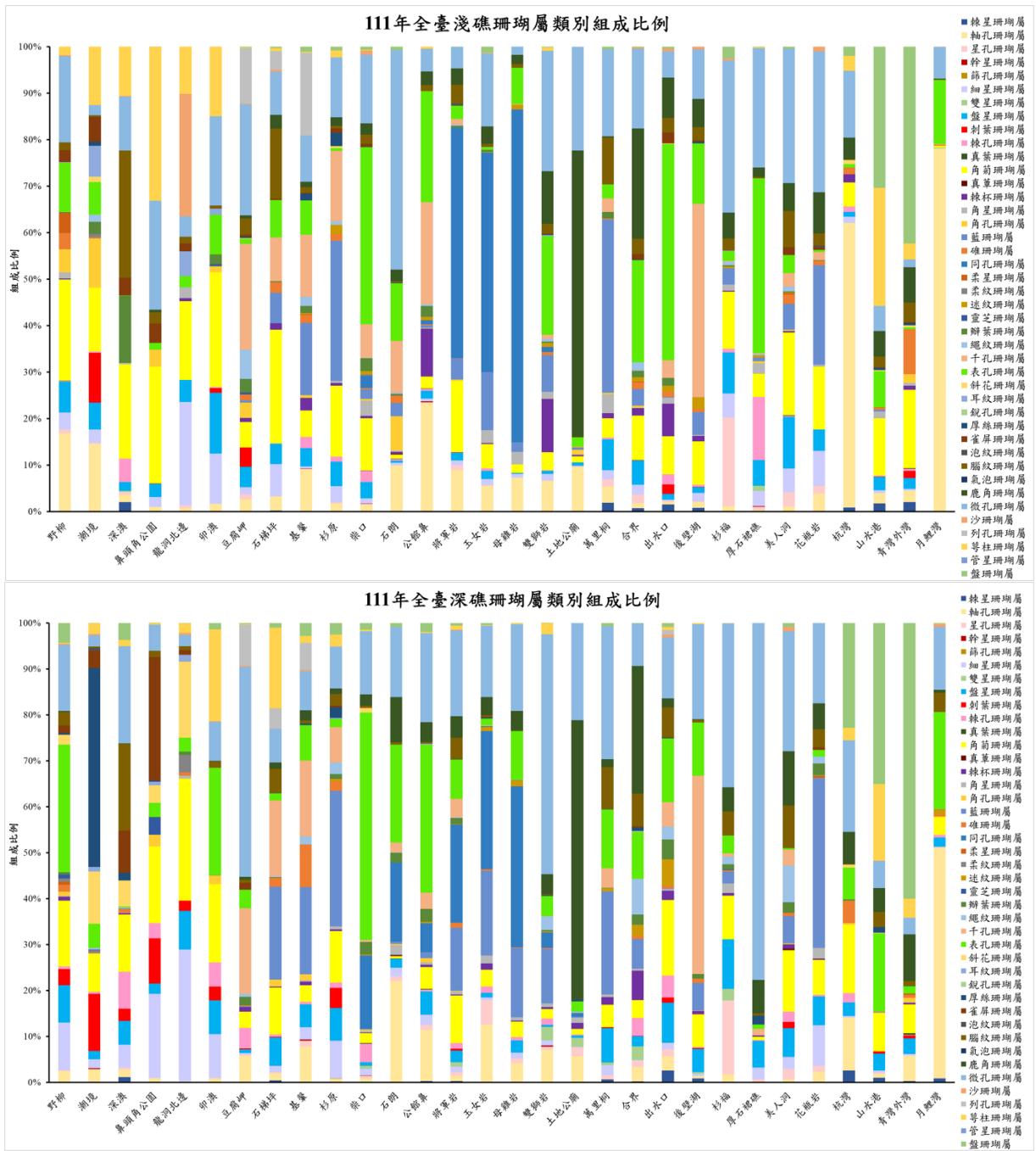
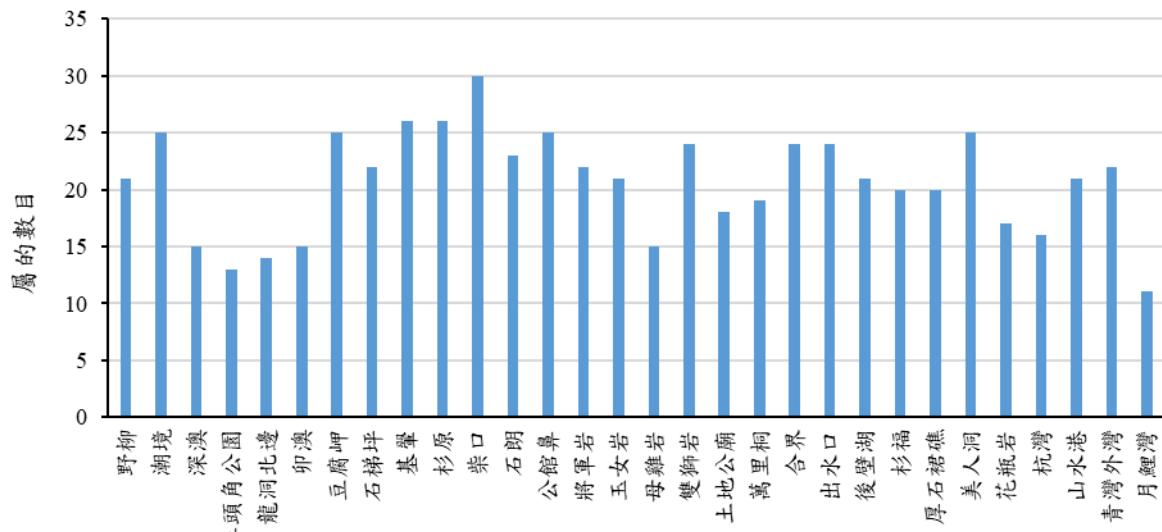


圖 41、111 年全臺淺礁與深礁底棲群聚結構及珊瑚屬類別組成比例。

111年全臺淺礁珊瑚屬多樣性



111年全臺深礁珊瑚屬多樣性

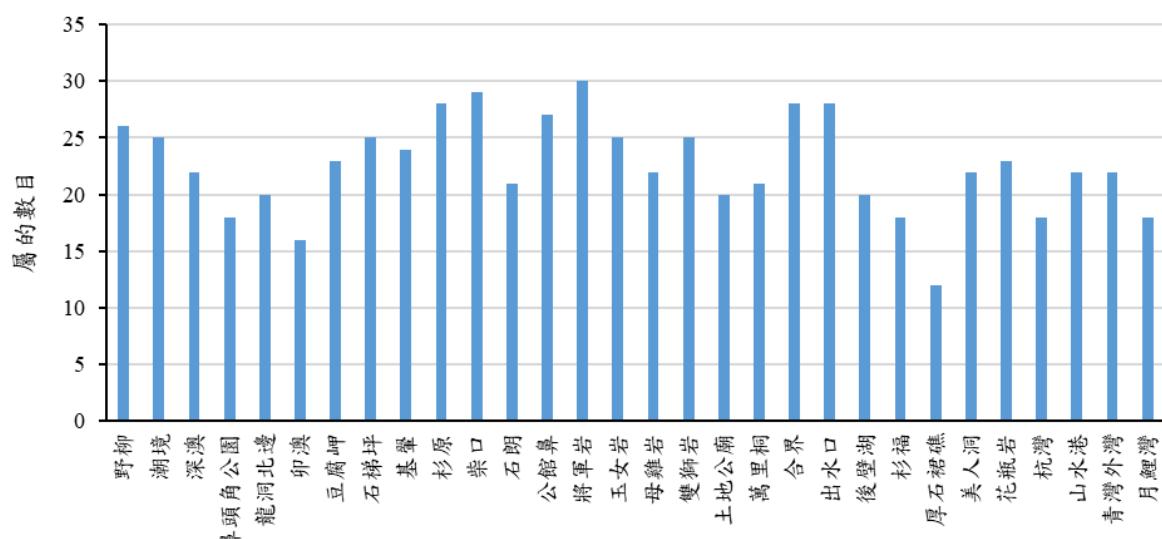


圖 42、111 年全臺淺礁與深礁珊瑚屬多樣性。

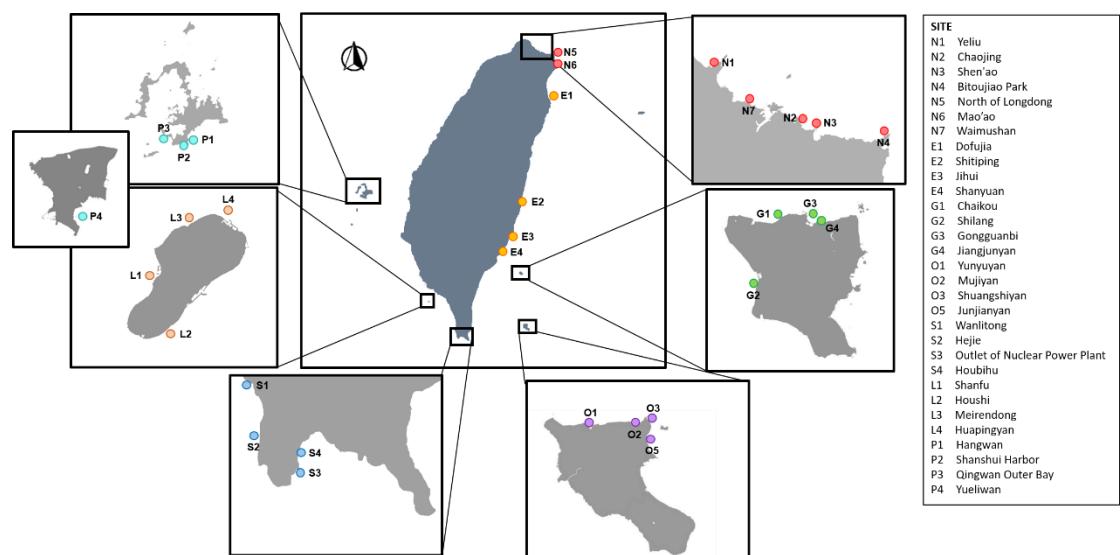


圖 43、111-112 年全臺地點分佈圖。

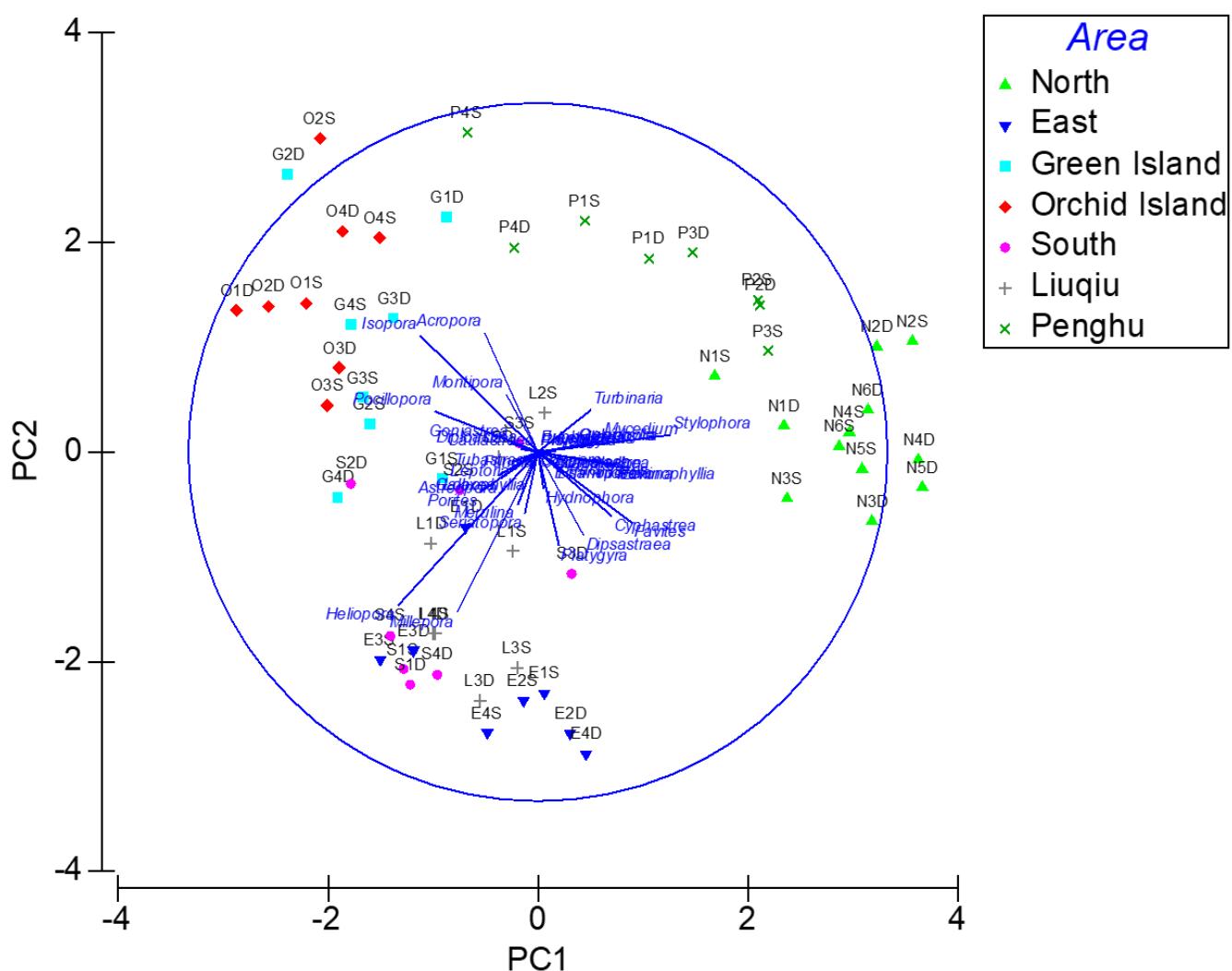


圖 44、111 年珊瑚群聚主成份分析圖。

表 14、111 年特徵向量係數表

珊瑚種類(屬) Variable	PC1	PC2
棘星珊瑚屬 <i>Acanthastrea</i>	0.038	-0.009
軸孔珊瑚屬 <i>Acropora</i>	-0.153	0.341
星孔珊瑚屬 <i>Astreopora</i>	-0.109	-0.077
幹星珊瑚屬 <i>Caulastraea</i>	-0.003	0
篩孔珊瑚 <i>Coscinaraea</i>	0	-0.002
細星珊瑚屬 <i>Cyphastrea</i>	0.212	-0.184
雙星珊瑚屬 <i>Diploastrea</i>	-0.051	0.008
盤星珊瑚屬 <i>Dipsastraea</i>	0.131	-0.24
瓣葉珊瑚屬 <i>Echinophyllia</i>	0.23	-0.037
棘孔珊瑚屬 <i>Echinopora</i>	0.042	-0.034
真葉珊瑚屬 <i>Euphyllia</i>	0.001	0.008
角菊珊瑚屬 <i>Favites</i>	0.27	-0.203
蕈珊瑚屬 <i>Fungia</i>	-0.005	-0.003
棘杯珊瑚屬 <i>Galaxea</i>	-0.114	-0.068
角星珊瑚屬 <i>Goniastrea</i>	-0.079	0.026
管孔珊瑚屬 <i>Goniopora</i>	0.112	0.013
藍珊瑚屬 <i>Heliopora</i>	-0.401	-0.44
碓珊瑚屬 <i>Hydnophora</i>	0.016	-0.106
同孔珊瑚屬 <i>Isopora</i>	-0.338	0.334
柔星珊瑚屬 <i>Leptastrea</i>	0.019	0.005
解釋變異量 Variance explained (%)	19	14

表 15、110 年與 111 年全臺珊瑚群聚發展現況比較表。-：無資料。

區域	地點	110 年				111 年			
		深度	珊瑚 覆蓋率 (%)	珊瑚/ 藻類 比例	發展 現況	深度	珊瑚 覆蓋率 (%)	珊瑚/ 藻類 比例	發展 現況
北部 及 東北部	野柳 (國聖埔)	1m	39.7	1.2	穩定	4m	39.6	0.70	穩定
		3m	39.0	0.8	穩定	8m	30.0	0.47	衰退
	外木山	5m	20.4	1.7	穩定	-	-	-	-
		10m	7.1	1.1	穩定	-	-	-	-
	潮境	5m	29.2	0.5	衰退	5m	31.6	0.52	穩定

		10m	44.4	1.0	穩定	10m	46.3	0.99	穩定
番仔澳	5m	12.2	0.2	衰退	-	-	-	-	
	10m	29.1	0.6	穩定	-	-	-	-	
	5m	31.3	0.6	穩定	5m	7.9	0.11	衰退	
深澳	10m	25.5	0.4	衰退	10m	31.3	0.63	穩定	
	5m	39.1	0.9	穩定	4m	31.5	0.57	穩定	
	10m	25.5	0.4	衰退	8m	23.1	0.35	衰退	
鼻頭角公園	5m	14.1	0.2	衰退	5m	10.3	0.12	衰退	
	10m	25.9	0.4	衰退	10m	26.3	0.39	衰退	
	5m	11.9	0.2	衰退	-	-	-	-	
龍洞四號 北側 (龍洞北邊)	10m	22.6	0.6	穩定	-	-	-	-	
	5m	8.7	0.1	失能	4m	9.2	0.11	衰退	
	10m	12.1	0.2	衰退	8m	18.8	0.25	衰退	
東部	豆腐岬	3m	73.6	3.7	健康	3m	35.0	0.60	穩定
		6m	27.7	0.7	穩定	5m	40.7	0.89	穩定
	粉鳥林	3m	11.9	0.3	衰退	-	-	-	-
		6m	0.3	0.01	衰退	-	-	-	-
	石梯坪	5m	30	0.5	衰退	5m	52.0	1.34	健康
		10m	41.5	1.0	穩定	10m	40.3	0.73	穩定
	小野柳	3m	35.9	0.7	穩定	-	-	-	-
		5m	45.3	0.9	穩定	-	-	-	-
	杉原中礁 (杉原)	5-8m	40	0.9	穩定	3m	49.7	1.15	穩定
		6m	14.7	0.2	衰退	5m	40.6	0.74	穩定
	基翹船澳	3m	54.9	1.6	健康	-	-	-	-
		6m	55.4	1.7	健康	-	-	-	-
	三仙臺南邊 (基翹)	5m	53.3	1.5	健康	3m	41.9	0.78	穩定
		7m	64.6	3.6	健康	6m	34.8	0.59	穩定
綠島	石朗	-	-	-	-	5m	71.0	3.64	健康
		-	-	-	-	10m	70.3	7.64	健康
	柴口	-	-	-	-	5m	61.0	2.75	健康
		-	-	-	-	10m	53.0	1.60	健康
	將軍岩	-	-	-	-	5m	56.5	2.13	健康
		-	-	-	-	10m	48.7	1.41	穩定
	公館 (公館鼻)	-	-	-	-	5m	51.3	1.51	健康
		-	-	-	-	10m	42.5	0.99	穩定

蘭嶼	玉女岩	-	-	-	-	5m	26.3	0.83	穩定
		-	-	-	-	10m	48.1	17.81	穩定
	土地公廟	-	-	-	-	5m	26.3	0.56	穩定
		-	-	-	-	10m	17.5	0.25	衰退
	母雞岩	-	-	-	-	5m	33.5	0.81	穩定
		-	-	-	-	10m	45.5	1.65	穩定
	雙獅岩	-	-	-	-	5m	27.0	0.47	衰退
		-	-	-	-	10m	51.3	1.41	健康
	萬里桐	3m	17.5	0.3	衰退	3m	19.1	0.26	衰退
		6m	9.4	0.2	失能	6m	22.2	0.30	衰退
南部	核三廠	5m	29.6	0.5	衰退	4m	50.9	1.17	健康
	出水口	10m	51.4	1.3	健康	8m	55.2	1.41	健康
	眺石	5m	34.9	0.6	穩定	-	-	-	-
		10m	42.1	0.8	穩定	-	-	-	-
	後壁湖	5m	12.6	0.2	衰退	3m	17.1	0.25	衰退
		10m	44.4	1.1	穩定	6m	28.9	0.51	穩定
	合界	5m	26	0.4	衰退	5m	35.1	0.58	穩定
		10m	41.1	0.7	穩定	10m	39.1	0.70	穩定
	香蕉灣	5m	24	0.4	衰退	-	-	-	-
		10m	25.4	0.4	衰退	-	-	-	-
	龍坑	5m	39.2	0.8	穩定	-	-	-	-
		10m	33.1	0.7	穩定	-	-	-	-
小琉球	漁埕尾	5m	1.7	0.02	失能	-	-	-	-
		10m	4.3	0.1	失能	-	-	-	-
	厚石裙礁	5m	7.4	0.1	失能	5m	8.9	0.11	衰退
		10m	2.9	0.03	失能	8m	5.9	0.07	失能
	杉福	5m	14.2	0.2	衰退	4m	6.9	0.08	失能
		10m	10.1	0.1	衰退	8m	8.5	0.11	衰退
	美人洞	5m	9.4	0.1	失能	5m	16.9	0.27	衰退
		10m	13.6	0.2	衰退	10m	15.9	0.22	衰退
	花瓶岩	-	-	-	-	3m	11.9	0.15	衰退
		-	-	-	-	5m	28.5	0.48	衰退
澎湖	杭灣	5m	33	0.6	穩定	2m	31.2	0.51	穩定
		10m	32	0.5	穩定	4m	24.9	0.42	衰退
	山水港	4-5m	40.5	1.0	穩定	3m	40.3	0.76	穩定
		7m	21.3	0.4	衰退	5m	42.8	0.88	穩定

蛇頭山西	1m	32.9	0.6	穩定	-	-	-	-
	5m	41.2	1.5	穩定	-	-	-	-
風櫃東 (青灣)	5m	41.4	1.1	穩定	-	-	-	-
	10m	32.0	1.2	穩定	-	-	-	-
青灣外灣	-	-	-	-	2m	56.4	1.46	健康
	-	-	-	-	4m	53.4	1.36	健康
月鯉灣	-	-	-	-	4m	43.6	0.83	穩定
	-	-	-	-	8m	34.7	0.57	穩定

112 年全臺監測資料彙整

彙整 112 年度所調查的 31 個地點(圖 45)，共 62 組樣點的珊瑚與藻類資料結果顯示，有 1 組珊瑚群聚已失去結構與功能，為小琉球的杉福(淺)；有 23 組珊瑚群聚衰退，包括北部及東北部 10 組，南部 6 組，小琉球 7 組；有 24 組珊瑚群聚穩定，包括北部及東北部 4 組，東部 5 組，南部 2 組，澎湖 6 組，綠島 2 組，蘭嶼 5 組；有 14 組珊瑚群聚健康，包括東部 3 組，澎湖 2 組，綠島 6 組，蘭嶼 3 組。與 111 年調查相比，珊瑚群聚已失去結構與功能減少 1 組；珊瑚群聚衰退多 4 組，包含北部及東北部、南部多 3 組，小琉球多 1 組，澎湖及蘭嶼已減少為無衰退；珊瑚群聚穩定總組數減少 3 組為北部及東北部減少 1 組，東部地區減少 2 組，南部與澎湖多 1 組；南部則是減少為無珊瑚群聚健康，東部、蘭嶼則多 2 組。

進一步計算各區域珊瑚平均覆蓋率(表 16)，硬珊瑚部分以蘭嶼 ($45.3\% \pm 2.7$)、澎湖($43.6\% \pm 2.5$)綠島($41.3\% \pm 5.2$)及東部($40.6\% \pm 3.6$)有超過 40% 的覆蓋率；小琉球($14.6\% \pm 1.9$)為七個區域中最低；軟珊瑚部分僅綠島($20.2\% \pm 10.7$)的覆蓋率最高，其他區域皆低於 6%；整體珊瑚平均覆蓋率來看，綠島($61.3\% \pm 6.1$)為七個區域中最高，其次為蘭嶼($47.6\% \pm 3.5$)、東部($45.6\% \pm 4.0$)及澎湖($45.2\% \pm 2.3$)，小琉球($14.8\% \pm 2.1$)為七個區域中最低；最後將七個區域珊瑚覆蓋率再平均計算，得出全臺硬珊瑚平均覆蓋率為 $33.5\% \pm 4.5$ ，軟珊瑚

平均覆蓋率為 $4.5\% \pm 2.7$ ，整體珊瑚平均覆蓋率為 $38.0\% \pm 6.1$ 。與 111 年調查相比，硬珊瑚平均覆蓋率東部、綠島、蘭嶼、小琉球、澎湖皆有增加；軟珊瑚平均覆蓋率則與上一年相似，整體變化幅度小；而整體珊瑚平均覆蓋率則提升。

將 112 年全臺淺礁與深礁底棲群聚結構彙整成圖表來看(圖 46)，大多數樣點以硬珊瑚及毛叢藻為主要組成結構，而淺礁及深礁的石朗有較高的軟珊瑚覆蓋率，淺礁的潮境、深澳、龍洞北邊、美人洞及深礁的深澳、外木山、杉原有較高的大型藻覆蓋率，珊瑚藻則普遍出現在北部及東北部、東部、蘭嶼及南部；另外彙整出全臺淺礁及深礁珊瑚屬類別組成比例，發現大多數樣點以繩紋珊瑚科及微孔珊瑚屬為主要組成種類，其中北部及東北部的萼柱珊瑚屬、東部的列孔珊瑚屬、綠島與蘭嶼的同孔珊瑚屬及澎湖的軸孔珊瑚屬及盤珊瑚屬具有地域性，在其他區域佔比不明顯，而在特定區域所佔比例較高。與 111 年調查相比，珊瑚屬類別組成及特定區域地域性珊瑚屬相似，整體變化幅度小。

以本團隊使用的 CoralNet 群組珊瑚屬分類來計算全臺淺礁與深礁的珊瑚屬多樣性(圖 42)，淺礁以綠島的柴口、東部基翹(32 屬最多)，東部的杉原、石梯坪，綠島的柴口、公館鼻，南部的出水口珊瑚屬類別達 25 屬(含)以上，組成多樣性高，而南部的萬里桐、後壁湖，小琉球的美人洞、花瓶岩，綠島的石朗，北部及東北部的龍洞北邊，以及鼻頭角公園、卯澳、澎湖的杭灣、月鯉灣(都是 15 屬最少)珊瑚屬類別則低於 20 屬；深礁以綠島的基翹(31 屬最多)、東部的公館(公館鼻)、石梯坪、杉原，綠島的將軍岩、柴口，蘭嶼的所有地點，北部及東北部的外木山、豆腐岬、深澳，南部的出水口珊瑚屬類別多達 25 屬(含)以上，組成多樣性高，而綠島的石朗，北部及東北部的卯澳，南部的後壁湖，澎湖的月鯉灣，杭灣以及小琉球的厚石裙礁(都是 16 屬最少)珊瑚屬類別則低於 20 屬。與 111 年調查相比，淺礁珊瑚屬高於 25 屬數量相較去年少，低於 20 屬的地點

與去年一致，深礁珊瑚屬高於 25 屬的地點則相較去年多，低於 20 屬的地點與去年一致。

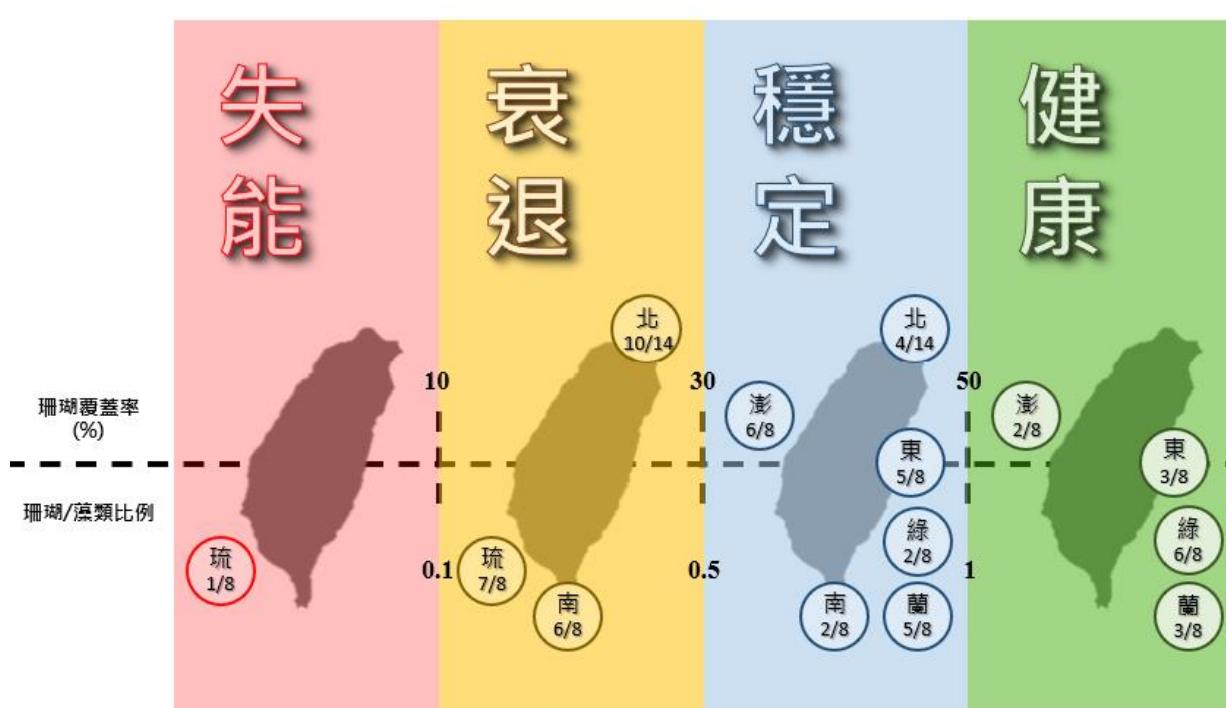
各地點珊瑚屬資料使用主成份分析檢測地點間造成差異之因子(圖 48、表 17)，PC1(21.5%)和 PC2(13.6%)可以解釋 35.1%的變異量，在 PC1 中主要以同孔珊瑚屬(-0.438)和軸孔珊瑚屬(-0.306)為造成差異的因子。在 PC2 中主要以藍珊瑚屬(0.626)和千孔珊瑚屬(0.427)為造成差異的因子。由分布圖可以得知珊瑚群聚組成和各地點的地理位置呈現高度一致性，臺灣北部珊瑚群聚除了卯澳以盤星珊瑚屬、腦紋珊瑚屬和角菊珊瑚屬為特徵，其餘地點主要則以萼柱珊瑚屬為特徵；澎湖分為兩群，其中山水港和青灣外灣主要為萼柱珊瑚屬，而月鯉灣和杭灣主要為表孔珊瑚屬和微孔珊瑚屬；蘭嶼和綠島同樣以同孔珊瑚屬為主要特徵；臺灣南部主要為藍珊瑚屬、千孔珊瑚屬和同孔珊瑚屬，但出水口多樣性較高，所以無明顯特徵；臺灣東部與小琉球主要為藍珊瑚屬、千孔珊瑚屬和盤星珊瑚屬，但豆腐岬和厚石裙礁多樣性較高，所以同樣無明顯特徵。

將 111 年與 112 年所調查的監測地點比較來看(表 18)，雖然監測地點相同且部分地點於 111 年有建立 GPS 定位，但是監測樣點或橫截線未必和 111 年完全相同，因部分地點 111 年並未設立 GPS 定位，且定位也可能有誤差或因漲退潮、浪況、能見度影響，導致地點深度或位置變動，故部分樣點的珊瑚覆蓋率可能有較大增減的現象，故比較兩年間的硬珊瑚覆蓋率是否有差異(表 19、表 20)，結果為淺礁的深澳、杉原、玉女岩及母雞岩顯著較高，深礁的將軍岩及杭灣顯著較高。

112 年 珊 瑚 群 聚 現 況



北部及東北部 14組		潮境(淺) 深澳(淺) 野柳(國聖浦)(淺) 外木山(淺&深) 龍洞北邊(淺&深) 鼻頭角公園(深) 卯澳(淺&深)	潮境(深) 深澳(深) 野柳(國聖浦)(深) 鼻頭角公園(淺)	
東部 8組			豆腐岬(淺&深) 石梯坪(淺) 杉原(淺&深)	石梯坪(深) 基翹(淺&深)
綠島 8組			公館(公館鼻)(淺&深)	石朗(淺&深) 柴口(淺&深) 將軍岩(淺&深)
蘭嶼 8組			玉女岩(淺) 母雞岩(淺&深) 雙獅岩東(淺&深)	玉女岩(深) 小涼亭(軍艦岩)(淺&深)
南部 8組		萬里桐(淺&深) 後壁湖(淺&深) 合界(淺&深)	出水口(淺&深)	
小琉球 8組	杉福(淺)	厚石裙礁(淺&深) 杉福(深) 美人洞(淺&深) 花瓶岩(淺&深)		
澎湖 8組			杭澳(淺) 山水港(淺&深) 青灣外澳(淺&深) 月嶺灣(深)	杭澳(深) 月嶺灣(淺)



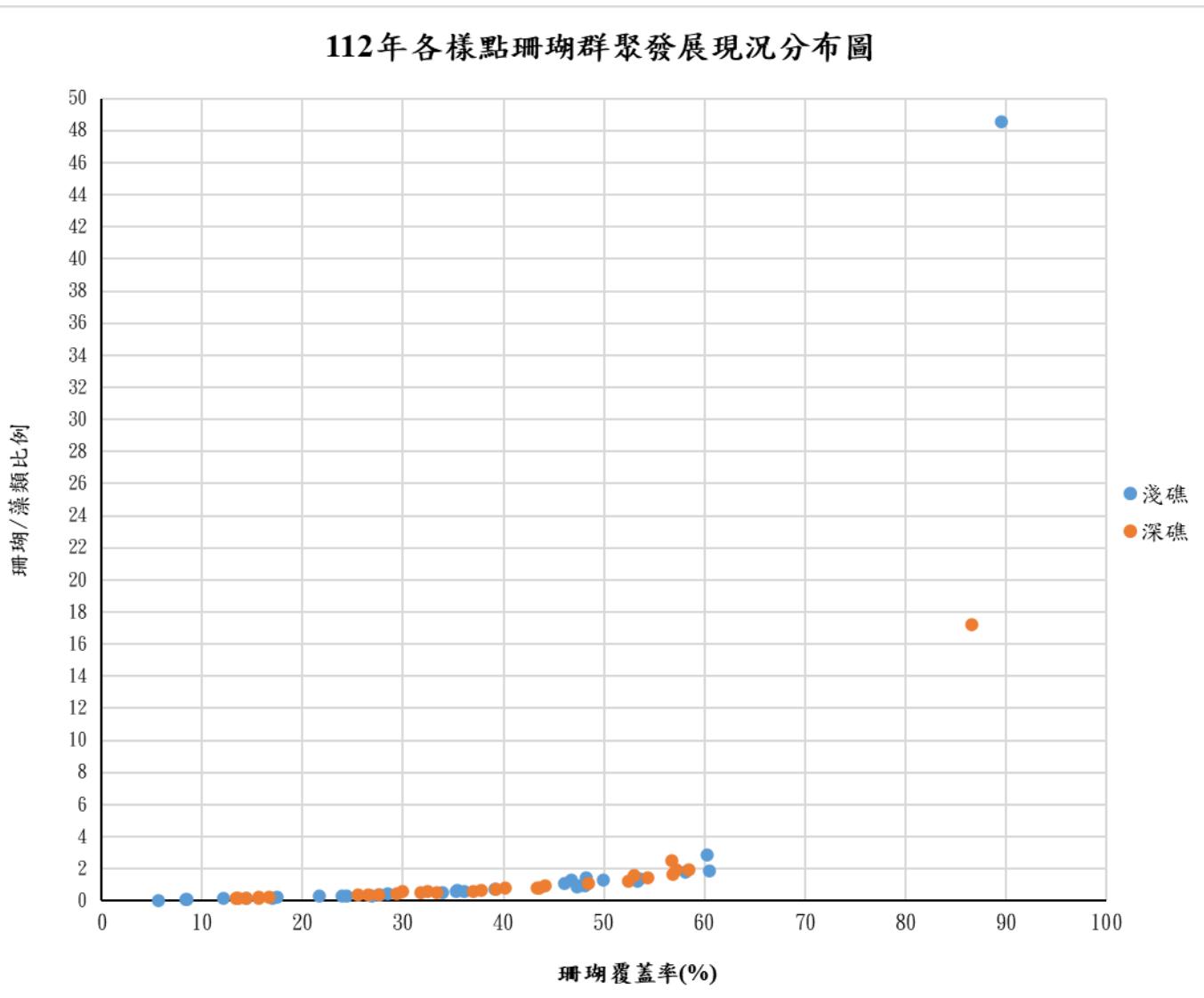
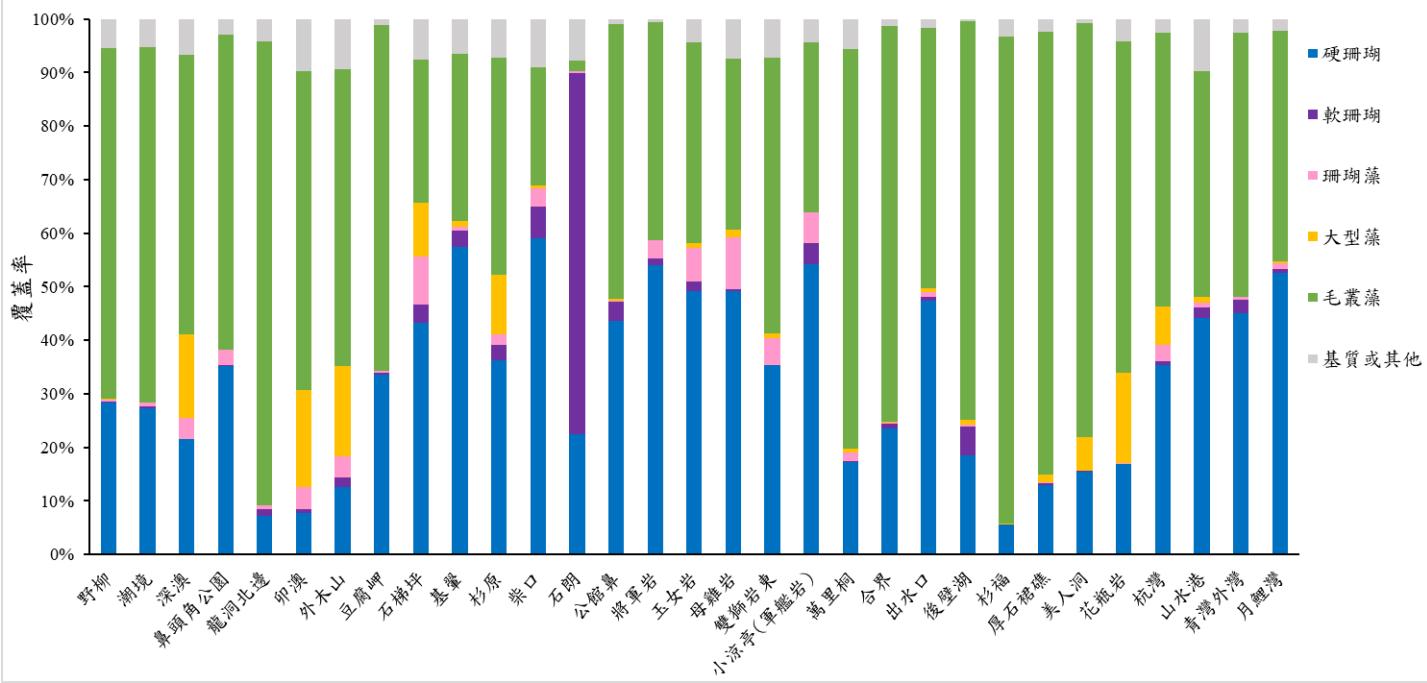


圖 45、112 年珊瑚群聚發展現況。

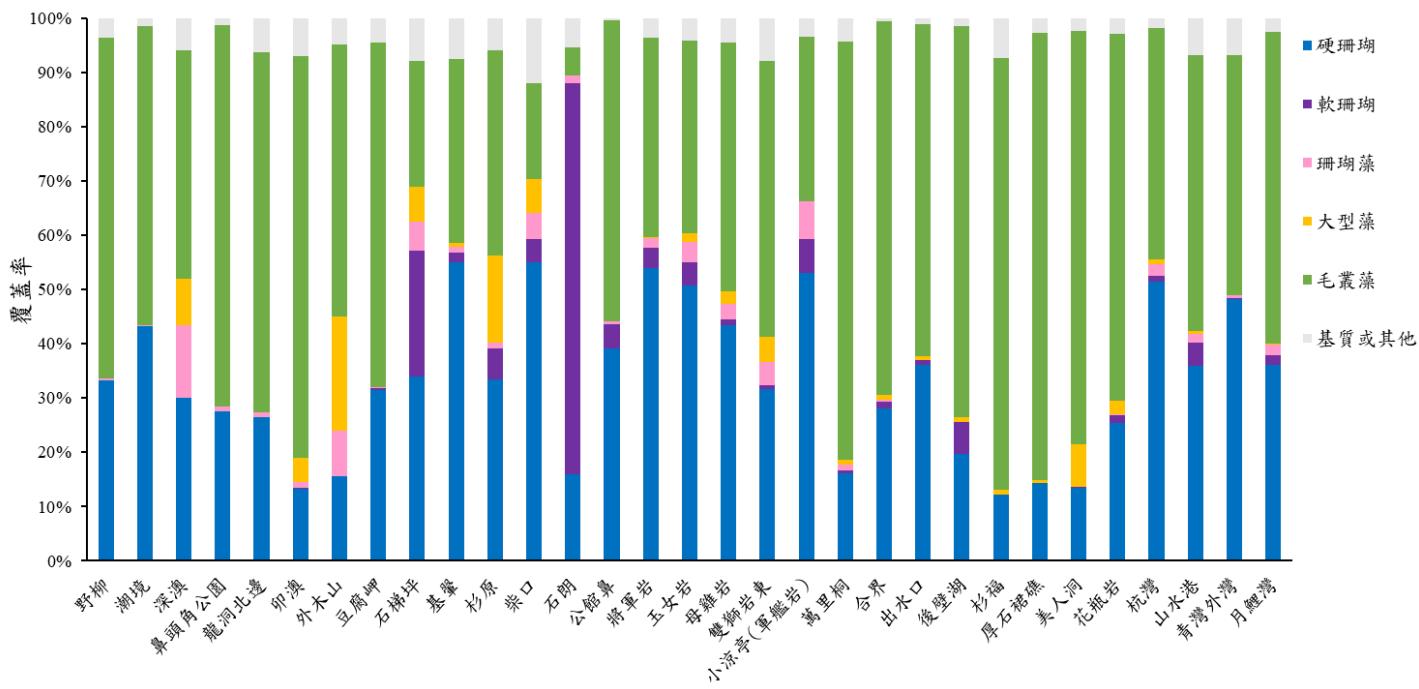
表 16、112 年各區域珊瑚平均覆蓋率一覽。

區域	硬珊瑚平均覆蓋率 (mean \pm SE)	軟珊瑚平均覆蓋率 (mean \pm SE)	整體珊瑚平均覆蓋率 (mean \pm SE)
北部及 東北部	23.6 \pm 2.9	0.3 \pm 0.1	23.9 \pm 2.8
東部	40.6 \pm 3.6	5.1 \pm 2.7	45.6 \pm 4.0
綠島	41.3 \pm 5.2	20.2 \pm 10.7	61.3 \pm 6.1
蘭嶼	45.3 \pm 2.7	2.3 \pm 0.8	47.6 \pm 3.5
南部	25.9 \pm 3.9	1.9 \pm 0.8	27.8 \pm 3.7
小琉球	14.6 \pm 1.9	0.3 \pm 0.2	14.8 \pm 2.1
澎湖	43.6 \pm 2.5	1.6 \pm 0.5	45.2 \pm 2.3
全臺	33.5 \pm 4.5	4.5 \pm 2.7	38.0 \pm 6.1

112年全臺淺礁底棲群聚結構



112年全臺深礁底棲群聚結構



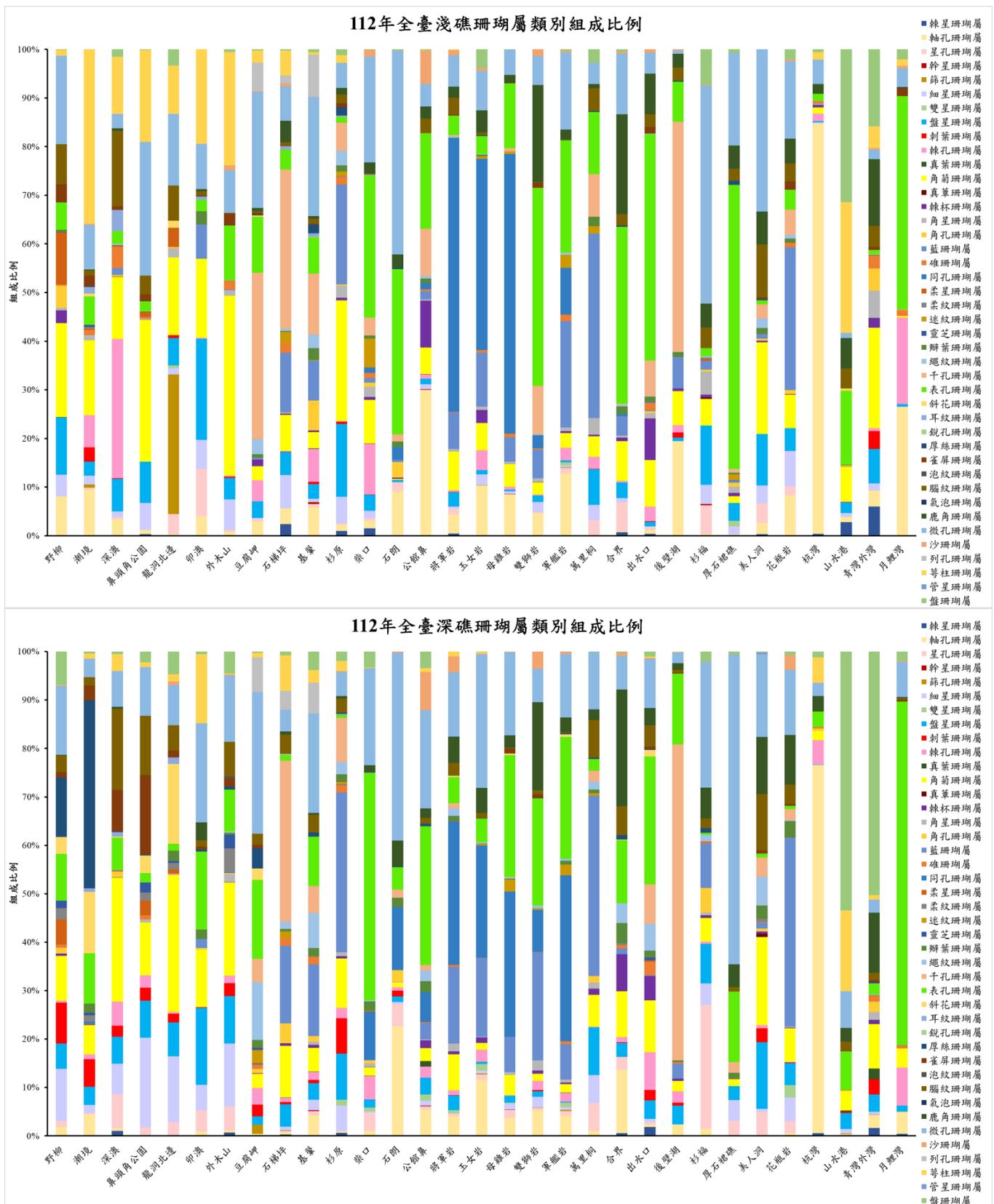
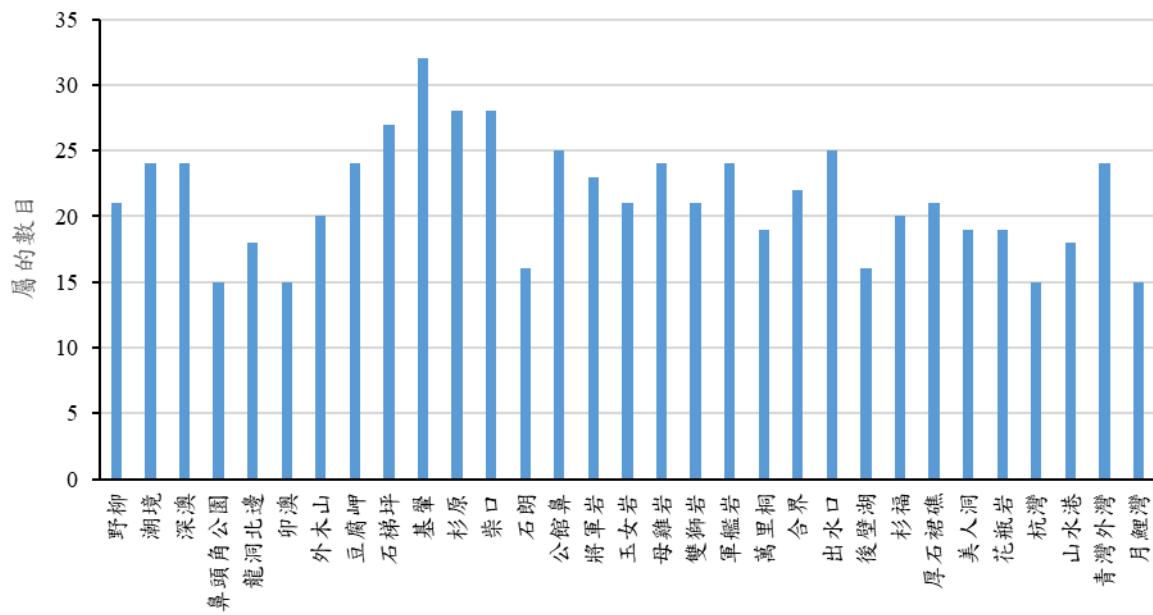


圖 46、112 年全臺淺礁與深礁底棲群聚結構及珊瑚屬類別組成比例。

112年全臺淺礁珊瑚屬多樣性



112年全臺深礁珊瑚屬多樣性

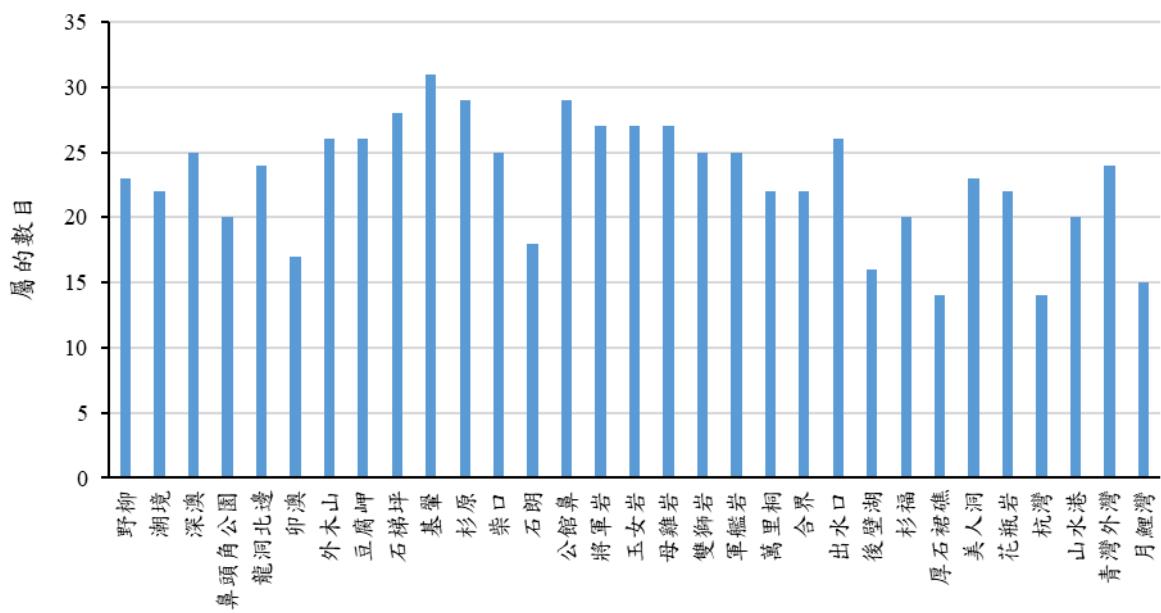


圖 47、112 年全臺淺礁與深礁珊瑚屬多樣性。

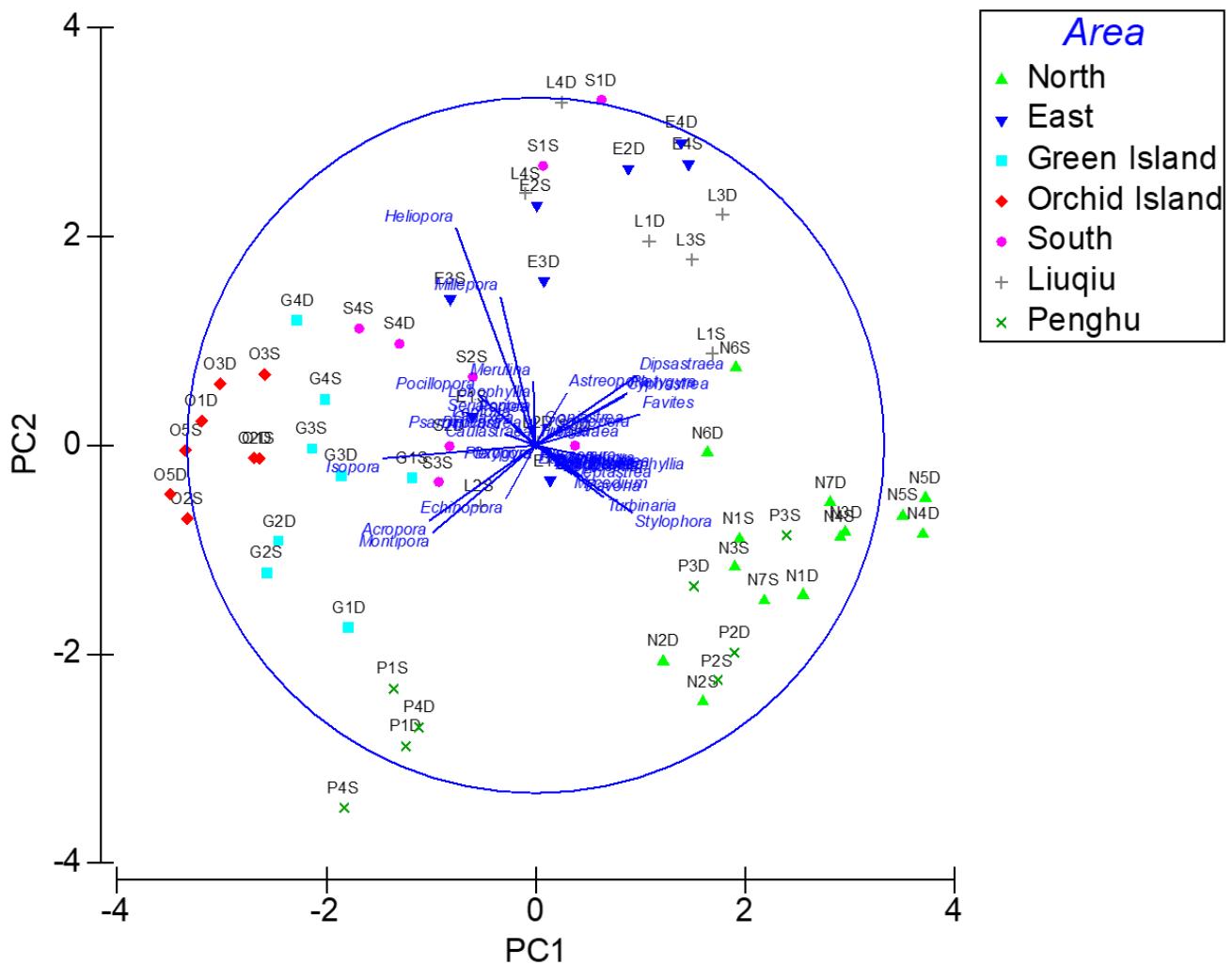


圖 48、112 年珊瑚群聚主成份分析圖。

表 17、112 年特徵向量係數表

珊瑚種類(屬) Variable	PC1	PC2
棘星珊瑚屬 <i>Acanthastrea</i>	0.047	-0.019
軸孔珊瑚屬 <i>Acropora</i>	-0.306	-0.217
星孔珊瑚屬 <i>Astreopora</i>	0.091	0.151
幹星珊瑚屬 <i>Caulastraea</i>	-0.002	0.006
篩孔珊瑚屬 <i>Coscinaraea</i>	0.044	-0.027
細星珊瑚屬 <i>Cyphastrea</i>	0.254	0.141
雙星珊瑚屬 <i>Diploastrea</i>	-0.033	0.031
盤星珊瑚屬 <i>Dipsastraea</i>	0.291	0.201
瓣葉珊瑚屬 <i>Echinophyllia</i>	0.147	-0.032
棘孔珊瑚屬 <i>Echinopora</i>	-0.086	-0.155

真葉珊瑚屬 <i>Euphyllia</i>	0.001	-0.013
角菊珊瑚屬 <i>Favites</i>	0.3	0.089
蕈珊瑚屬 <i>Fungia</i>	0.007	0.01
棘杯珊瑚屬 <i>Galaxea</i>	-0.054	0.043
角星珊瑚屬 <i>Goniastrea</i>	0.021	0.044
管孔珊瑚屬 <i>Goniopora</i>	0.047	0.035
藍珊瑚屬 <i>Heliopora</i>	-0.229	0.626
碓珊瑚屬 <i>Hydnophora</i>	0.022	-0.012
同孔珊瑚屬 <i>Isopora</i>	-0.438	-0.037
柔星珊瑚屬 <i>Leptastrea</i>	0.103	-0.052
解釋變異量 Variance explained (%)	21.5	13.6

表 18、111 年與 112 年全臺珊瑚群聚發展現況比較表。—：無資料。

與 111 年調查相比如 112 年有變動，則以不同顏色標記，健康以綠色標示、穩定以藍色標示、衰退以橘色標示、失能以紅色標示。

區域	地點	111 年				112 年			
		深度	珊瑚 覆蓋率 (%)	珊瑚/ 藻類 比例	發展 現況	深度	珊瑚 覆蓋率 (%)	珊瑚/ 藻類 比例	發展 現況
北部 及 東北部	潮境	5m	31.6	0.52	穩定	5m	27.7	0.42	衰退
		10m	46.3	0.99	穩定	10m	43.3	0.78	穩定
	深澳	5m	7.9	0.11	衰退	5m	21.6	0.32	衰退
		10m	31.3	0.63	穩定	10m	30.0	0.59	穩定
	野柳 (國聖埔)	4m	39.6	0.70	穩定	3m	28.4	0.43	衰退
		8m	30.0	0.47	衰退	7m	33.3	0.53	穩定
	外木山	-	-	-	-	4m	14.4	0.20	衰退
		-	-	-	-	8m	15.7	0.22	衰退
	龍洞四號 北側 (龍洞北邊)	5m	10.3	0.12	衰退	5m	8.4	0.10	衰退
		10m	26.3	0.39	衰退	10m	26.5	0.40	衰退
	鼻頭角公園	4m	31.5	0.57	穩定	4m	35.4	0.60	穩定
		8m	23.1	0.35	衰退	8m	27.6	0.39	衰退
	卯澳	4m	9.2	0.11	衰退	4m	8.4	0.11	衰退
		8m	18.8	0.25	衰退	8m	13.4	0.17	衰退
東部	豆腐岬	3m	35.0	0.60	穩定	3m	34.0	0.53	穩定

		5m	40.7	0.89	穩定	5m	31.7	0.50	穩定
	石梯坪	5m	52.0	1.34	健康	5m	46.7	1.28	穩定
		10m	40.3	0.73	穩定	8m	57.2	1.93	健康
	杉原中礁 (杉原)	3m	49.7	1.15	穩定	3m	39.1	0.76	穩定
		5m	40.6	0.74	穩定	5m	39.3	0.73	穩定
	三仙臺南邊 (基翹)	3m	41.9	0.78	穩定	3m	60.4	1.87	健康
		6m	34.8	0.59	穩定	5m	56.8	1.64	健康
綠島	石朗	5m	71.0	3.64	健康	5m	89.6	49.78	健康
		10m	70.3	7.64	健康	10m	86.6	17.32	健康
	柴口	5m	61.0	2.75	健康	5m	60.2	2.88	健康
		10m	53.0	1.60	健康	10m	56.8	2.49	健康
	將軍岩	5m	56.5	2.13	健康	5m	53.5	1.35	健康
		10m	48.7	1.41	穩定	10m	53.0	1.56	健康
	公館 (公館鼻)	5m	51.3	1.51	健康	5m	47.3	0.92	穩定
		10m	42.5	0.99	穩定	10m	43.6	0.79	穩定
蘭嶼	玉女岩	5m	26.3	0.83	穩定	5m	49.9	1.3	穩定
		10m	48.1	17.81	穩定	10m	54.3	1.48	健康
	土地公廟	5m	26.3	0.56	穩定	-	-	-	-
		10m	17.5	0.25	衰退	-	-	-	-
	母雞岩	5m	33.5	0.81	穩定	5m	48.2	1.48	穩定
		10m	45.5	1.65	穩定	10m	44.1	0.92	穩定
	雙獅岩 2023(東)	5m	27.0	0.47	衰退	5m	35.4	0.67	穩定
		10m	51.3	1.41	健康	10m	32.4	0.58	穩定
	小涼亭 (軍艦岩)	5m	60.4	2.32	健康	5m	58.1	1.84	健康
		10m	55.6	1.59	健康	10m	58.4	1.96	健康
南部	萬里桐	3m	19.1	0.26	衰退	3m	17.5	0.23	衰退
		6m	22.2	0.30	衰退	5m	16.6	0.21	衰退
	核三廠 出水口	4m	50.9	1.17	健康	3m	48.2	0.98	穩定
		8m	55.2	1.41	健康	6m	36.9	0.60	穩定
	後壁湖	3m	17.1	0.25	衰退	3m	23.9	0.32	衰退
		6m	28.9	0.51	穩定	6m	25.5	0.35	衰退
	合界	5m	35.1	0.58	穩定	5m	24.5	0.33	衰退
		10m	39.1	0.70	穩定	10m	29.4	0.42	衰退
小琉球	厚石裙礁	5m	8.9	0.11	衰退	5m	13.3	0.16	衰退
		8m	5.9	0.07	失能	7m	14.3	0.17	衰退
	杉福	4m	6.9	0.08	失能	5m	5.7	0.06	失能
		8m	8.5	0.11	衰退	9m	12.2	0.15	衰退

澎湖	美人洞	5m	16.9	0.27	衰退	5m	15.7	0.19	衰退
		10m	15.9	0.22	衰退	10m	13.5	0.16	衰退
	花瓶岩	3m	11.9	0.15	衰退	3m	17.0	0.22	衰退
		5m	28.5	0.48	衰退	6m	26.8	0.38	衰退
	杭灣	2m	31.2	0.51	穩定	2m	36.1	0.62	穩定
		4m	24.9	0.42	衰退	4m	52.4	1.19	健康
	山水港	3m	40.3	0.76	穩定	3m	46.1	1.07	穩定
		5m	42.8	0.88	穩定	5m	40.2	0.78	穩定
	青灣外灣	2m	56.4	1.46	健康	2m	47.6	0.97	穩定
		4m	53.4	1.36	健康	4m	48.5	1.09	穩定
	月鯉灣	4m	43.6	0.83	穩定	4m	53.3	1.23	健康
		8m	34.7	0.57	穩定	8m	37.9	0.66	穩定

表 19、111-112 淺礁硬珊瑚覆蓋率之比較表。

	111		112		P 值 (t test)	P 值(Mann-Whitney U test)	顯著性
	平均值	標準誤差	平均值	標準誤差			
野柳 Yeliu	39.6	7.8	28.4	4.8	0.287	-	n.s.
潮境 Chaojin	31.5	3.1	27.3	6.5	0.589	-	n.s.
深澳 Shen'ao	7.9	2.6	21.6	2.7	0.021	-	*
鼻頭角公園 Bitoujiao Park	31.5	1.7	35.3	3.0	0.334	-	n.s.
龍洞北邊 North of Longdong	9.1	3.4	7.1	2.9	0.688	-	n.s.
卯澳 Mao'ao	7.9	0.6	7.8	0.6	0.907	-	n.s.
豆腐岬 Dofujia	34.8	1.3	33.7	4.7	0.826	-	n.s.

石梯坪 Shitiping	47.1	3.7	43.3	0.8	0.377	-	n.s.
基翹 Jihui	41.5	7.8	57.4	5.4	-	0.400	n.s.
杉原 Shanyuan	45.0	2.4	36.3	0.8	0.027	-	*
柴口 Chaikou	57.7	2.6	54.7	0.8	-	0.700	n.s.
石朗 Shilang	18.5	4.6	22.3	2.1	0.492	-	n.s.
公館鼻 Gongguanbi	48.0	2.1	43.6	1.7	0.175	-	n.s.
將軍岩 Jiangjunyan	55.2	0.7	52.4	1.9	0.229	-	n.s.
玉女岩 Yunyuyan	25.3	6.1	48.1	0.9	0.021	-	*
母雞岩 Mujiyan	32.6	4.3	47.9	3.2	0.046	-	*
雙獅岩 Shuangshiyian	26.1	3.5	35.3	2.1	0.090	-	n.s.
萬里桐 Wanlitong	19.0	2.5	17.2	1.3	0.556	-	n.s.
合界 Hejie	32.4	1.9	23.6	3.7	0.100	-	n.s.
核三廠出水口 Outlet of Nuclear Power Plant	49.8	6.9	47.5	1.4	0.763	-	n.s.

後壁湖 Houbihu	15.9	2.2	18.5	5.0	0.659	-	n.s.
杉福 Shanfu	6.9	1.8	5.7	0.7	0.533	-	n.s.
厚石裙礁 Houshi	8.8	4.3	13.0	4.8	0.548	-	n.s.
美人洞 Meirendong	16.9	0.6	15.5	1.8	0.512	-	n.s.
花瓶岩 Huapingyan	11.8	1.9	16.9	4.2	0.336	-	n.s.
杭灣 Hangwan	30.7	11.6	35.3	6.4	0.744	-	n.s.
山水港 Shanshui Harbor	37.5	4.0	44.2	5.1	0.356	-	n.s.
青灣外灣 Qingwan Outer Bay	56.3	1.5	45.1	6.2	0.153	-	n.s.
月鯉灣 Yueliwan	40.8	12.7	52.7	11.3	0.523	-	n.s.

表 20、111-112 深礁硬珊瑚覆蓋率之比較表。

	111		112		P 值 (t test)	P 值(Mann-Whitney U test)	顯著性
	平均值	標準誤差	平均值	標準誤差			

野柳 Yeliu	29.8	7.0	33.2	9.8	0.791	-	n.s.
潮境 Chaojin	46.3	4.8	43.3	8.0	0.765	-	n.s.
深澳 Shen'ao	31.1	6.8	30.0	8.0	0.920	-	n.s.
鼻頭角公園 Bitoujiao Park	23.1	3.3	27.5	2.0	0.326	-	n.s.
龍洞北邊 North of Longdong	26.3	5.2	26.5	4.1	0.975	-	n.s.
卯澳 Mao'ao	17.9	2.3	13.3	2.3	0.231	-	n.s.
豆腐岬 Dofujia	40.7	7.6	31.4	3.7	0.333	-	n.s.
石梯坪 Shitiping	26.5	6.4	34.0	2.6	0.340	-	n.s.
基翬 Jihui	33.4	10.1	54.9	4.8	0.127	-	n.s.
杉原 Shanyuan	37.0	2.8	33.5	4.7	0.554	-	n.s.
柴口 Chaikou	49.5	2.8	52.7	1.2	-	0.700	n.s.
石朗 Shilang	11.3	3.5	15.8	4.0	0.449	-	n.s.
公館鼻 Gongguanbi	38.2	4.1	39.2	1.9	0.831	-	n.s.
將軍岩 Jiangjunyan	42.1	1.6	49.6	1.9	0.041	-	*
玉女岩 Yunuyan	43.9	5.7	50.2	3.8	0.408	-	n.s.

母雞岩 Mujiyan	44.7	2.0	43.0	2.3	0.612	-	n.s.
雙獅岩 Shuangshiyian	49.1	4.8	31.6	5.4	0.071	-	n.s.
萬里桐 Wanlitong	22.0	5.2	16.2	2.5	0.375	-	n.s.
合界 Hejie	38.4	5.3	28.2	3.7	0.190	-	n.s.
核三廠出水口 Outlet of Nuclear Power Plant	43.6	0.9	36.1	3.7	0.124	-	n.s.
後壁湖 Houbihu	15.0	4.2	19.7	3.3	0.428	-	n.s.
杉福 Shanfu	8.5	2.2	12.2	2.1	0.293	-	n.s.
厚石裙礁 Houshi	5.9	1.1	14.3	3.4	-	0.100	n.s.
美人洞 Meirendong	15.9	3.0	13.5	0.5	-	0.100	n.s.
花瓶岩 Huapingyan	27.8	3.0	25.3	3.6	-	0.400	n.s.
杭灣 Hangwan	22.3	6.3	51.4	2.6	0.013	-	*
山水港 Shanshui	40.1	3.1	35.9	2.6	-	0.400	n.s.

Harbor							
青灣外灣 Qingwan Outer Bay	53.3	4.1	48.2	0.9	0.293	-	n.s.
月鯉灣 Yueliwan	28.4	2.5	36.1	5.0	0.244	-	n.s.

(五)其他調查事項說明

112 年 5 月赴澎湖進行該年度的珊瑚監測調查時，因 111 年南方四島國家公園珊瑚群聚遇上寒害導致大量珊瑚死亡，故向海洋國家公園管理處申請至東嶼坪西側和西嶼坪北側進行探勘(未進入保護區的範圍)。

現場勘查後發現兩處的活珊瑚覆蓋面積皆非常低，僅零星區域有珊瑚蹤跡。由於當下起流，作業困難，故未拍攝相框照片，以隨手照相紀錄呈現(圖 49)。



(A)東嶼坪西側底棲樣貌。



(B) 西嶼坪北側底棲樣貌。

圖 49、112 年 5 月南方四島東嶼坪西側和西嶼坪北側影像紀錄。

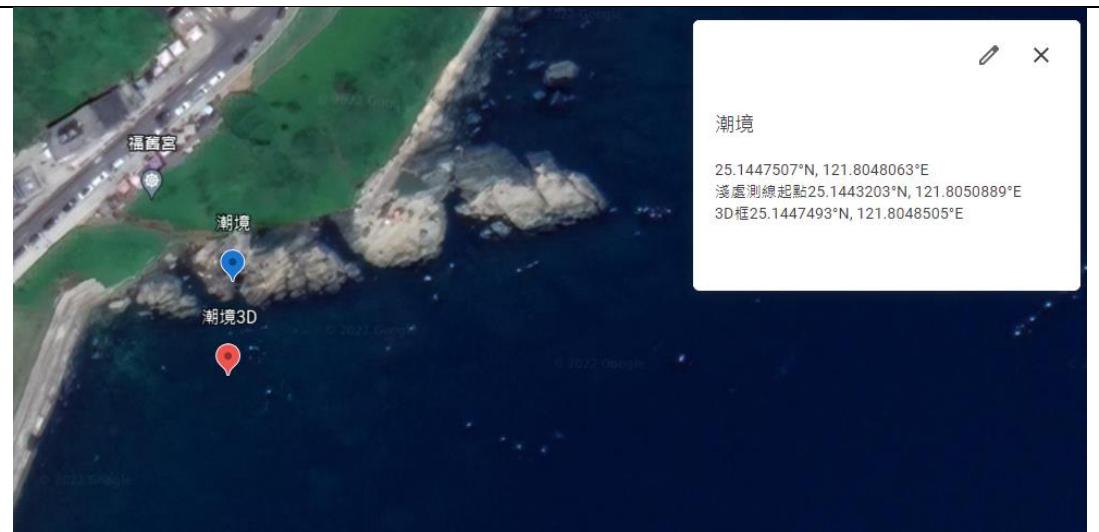
二、珊瑚礁 3D 監測調查

本團隊於 111 年 5 月底至 6 月期間依序至萬里桐、石梯坪及潮境進行第一年珊瑚礁 3D 監測調查，選擇適合長期監測的區塊，於較顯眼的特徵處，框出至少 5 乘 5 平方公尺的面積進行水下攝影作業，該地經緯度及 Google Earth 上位置如表 21。

112 年 1 月、5 月與 7 月時已分別完成萬里桐、石梯坪與潮境樣區的第二年監測。

表 21、3D 監測地點經緯度及 Google Earth 上位置。

地區	地點	平均深度 (公尺)	緯度	經度
北部	潮境	5.2	25.1447493°N	121.8048505°E



東部	石梯坪	4.8	23.484013°N	121.513573°E
----	-----	-----	-------------	--------------



南部	萬里桐	2.9	21.994742°N	120.705429°E
----	-----	-----	-------------	--------------



(一)三維建模作業成果

將各樣區所拍攝的照片經人工初步篩選後，依照三維建模作業流程，建立出各樣區的正射影像鑲嵌圖和數值高程模型(量化模型基本資料如表 22)，並依地區分別匯入 ArcMap 及 Arcgis 軟體進行後續分析作業。

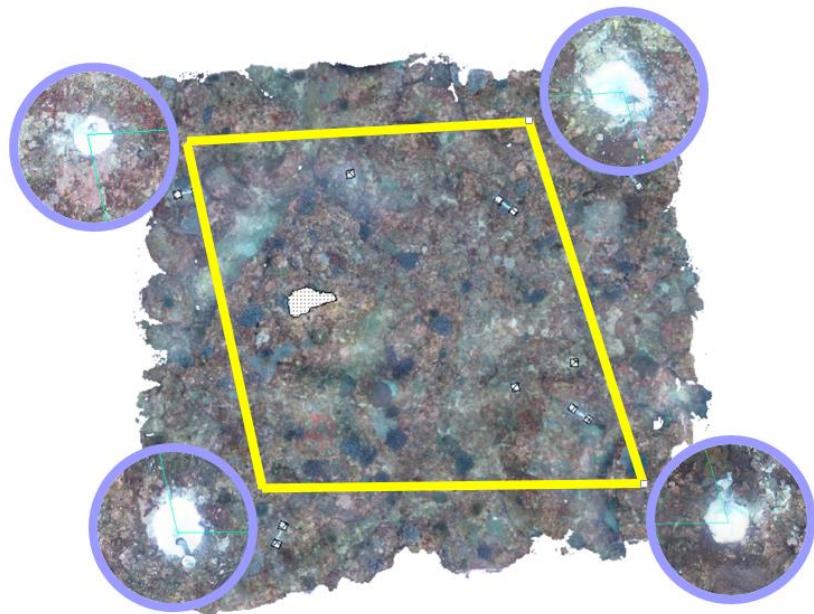
表 22、量化模型基本資料。

地點	樣區 名稱	對齊照片數 (張)	3D Model (faces)	DEM 解析 度(mm/pix)	Orthomosaic 解 析度(mm/pix)
111 年					
潮境	CJ_P1	1,729	182,774,951	1	0.251
石梯坪	STP_P1	2,262	44,214,164	1	0.309
萬里桐	WL_P1	1,950	46,199,827	1	0.265
112 年					
潮境	CJ_P1	6,325	93,365,657	1	0.171
石梯坪	STP_P1	3,762	198,169,250	1	0.357
萬里桐	WL_P1	2,147	223,161,245	1	0.217

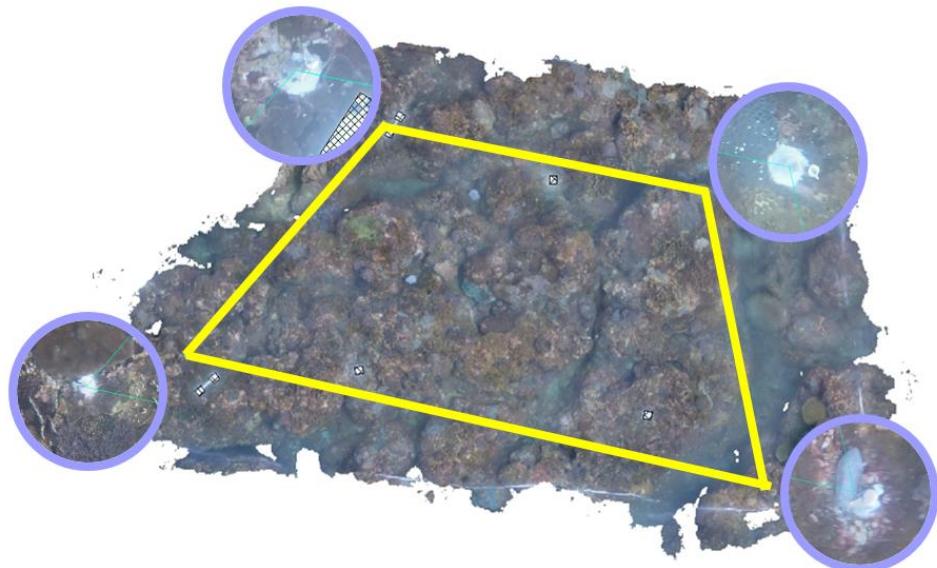
(二)珊瑚覆蓋率計算

使用 ArcMap 與 ArcGIS 軟體分析之前先檢驗正射影像鑲嵌圖的相對誤差，經軟體計算得出 111 年潮境的正射影像鑲嵌圖標相對誤差為 2%，石梯坪為 2.78%，萬里桐為 3.06%，112 年潮境的正射影像鑲嵌圖標相對誤差為-4.27%，石梯坪為-3.38%，萬里桐為-0.27%，皆符合小於 5% 的門檻標準。下一步建立樣區的圖徵分類，框出至少 5 乘 5 平方公尺的特定監測範圍，經軟體計算得出 111 年潮境樣區的面積大約 31.52 平方公尺(已扣除白色空洞面積)，石梯坪樣區大約 29.97 平方公尺，萬里桐樣區大約 25.36 平方公尺，112 年潮境樣區的面積大約 30.56 平方公尺(已扣除藍色空

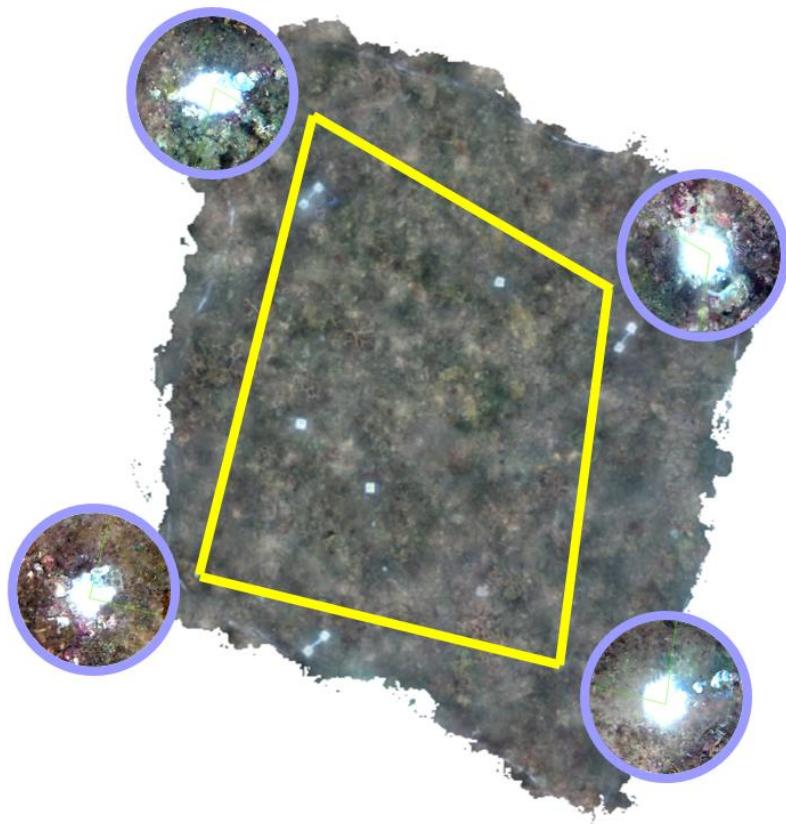
洞面積)，石梯坪樣區大約 29.97 平方公尺，萬里桐樣區大約 25.16 平方公尺(已扣除白色空洞面積)。各樣區正射影像鑲嵌圖和樣區範圍如圖 50。



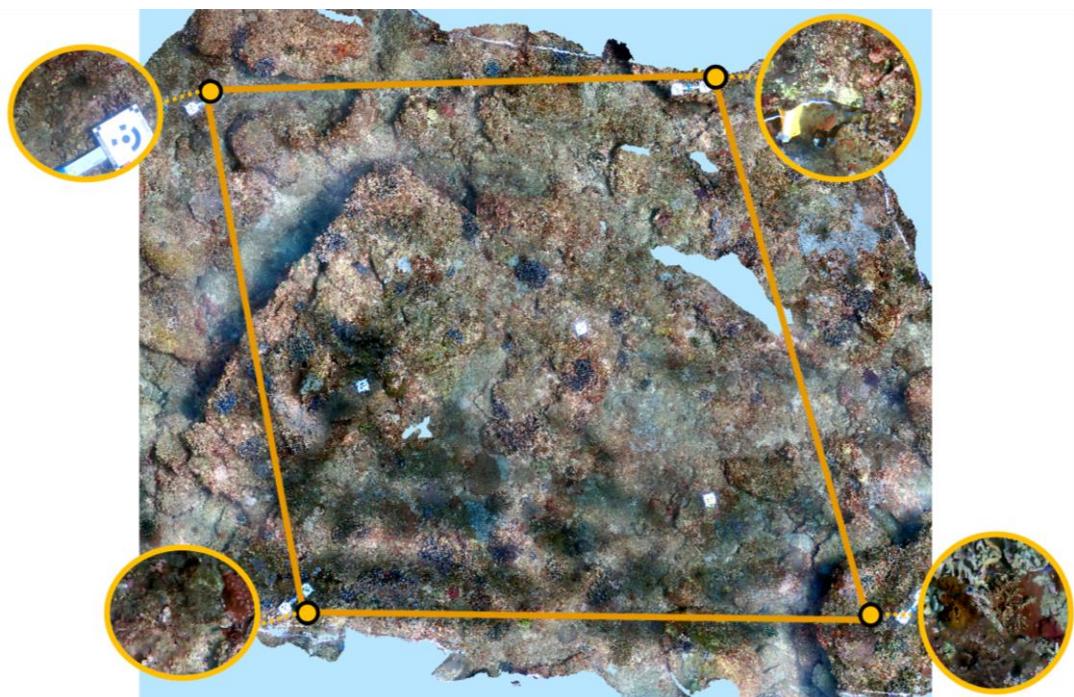
(A)111 年潮境樣區面積(黃框)：31.52 平方公尺(已扣除白色空洞面積)
圖片相對誤差：2%



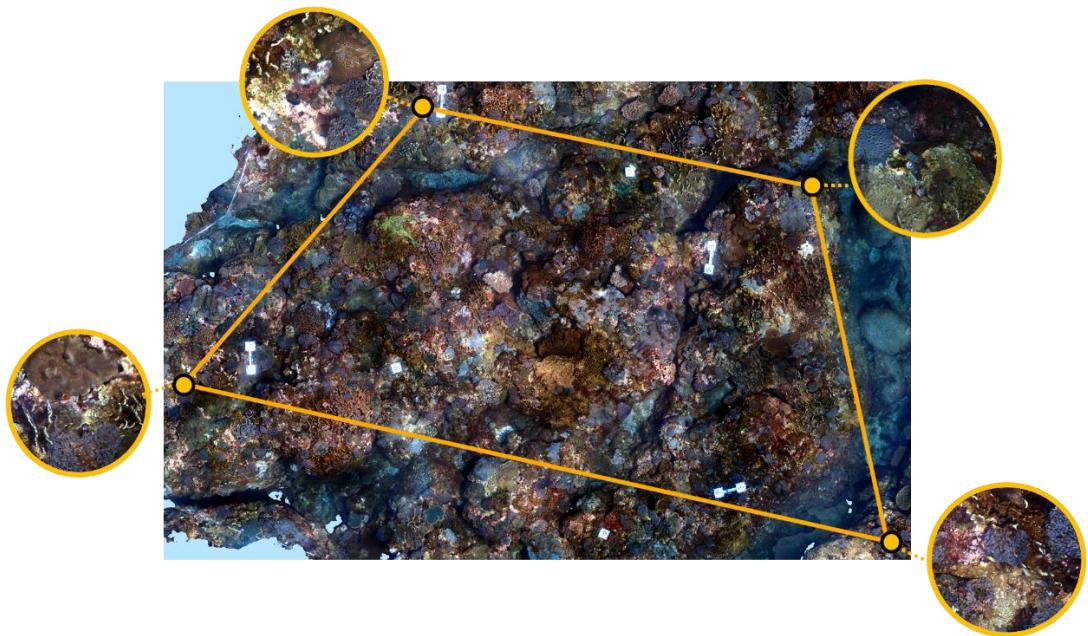
(B)111 年石梯坪樣區面積(黃框)：29.97 平方公尺
圖片相對誤差：2.78%



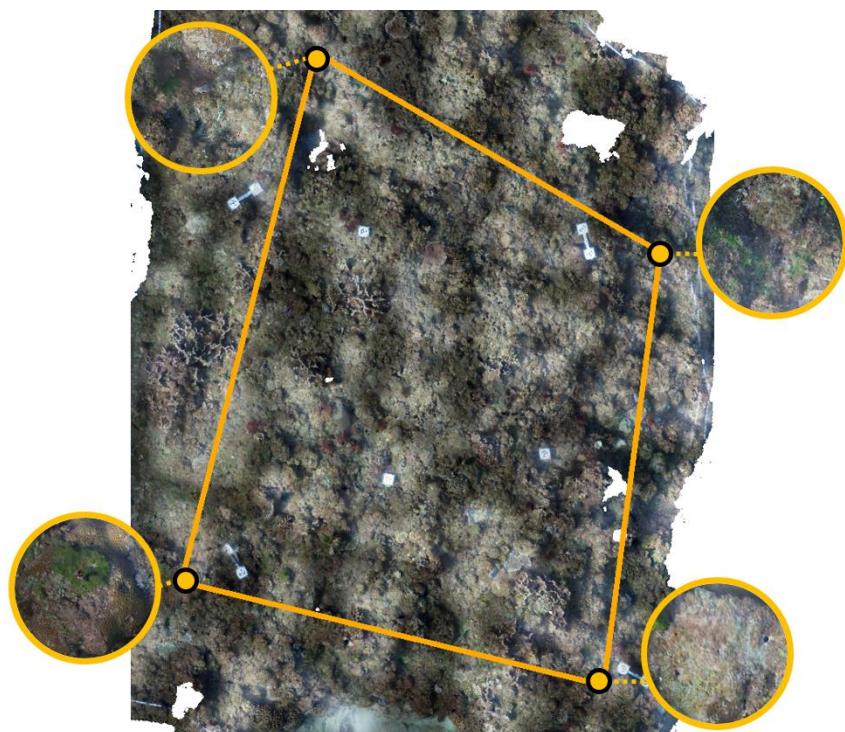
(C)111 年萬里桐樣區面積(黃框)：25.36 平方公尺
圖片相對誤差：3.06%



(D)111 年潮境樣區面積(黃框)：30.56 平方公尺(已扣除藍色空洞面積)
圖片相對誤差：-4.27%



(E)112 年石梯坪樣區面積(橘框)：29.97 平方公尺
圖片相對誤差：-3.38%



(F)112 年萬里桐樣區面積(橘框)：25.16 平方公尺
圖片相對誤差：-0.27%

圖 50、各樣區正射影像鑲嵌圖和樣區範圍。

接著為各樣區建立 7 個珊瑚群體形態圖徵分類並圈選珊瑚，

圈選完成後匯出 7 個圖徵分類的 Excel，得出各珊瑚群體形態的個數及絕對面積。由於 111 年是第一年監測，分析第二年資料時發現第一年有漏圈少部分的珊瑚群體，以及圈過的珊瑚群體應更適合分類到其他生長形態，故重新調整第一年的分析資料，並與 112 年度的資料進行比較。另外，針對各樣區的分枝形珊瑚群體進行年度追蹤，檢視其與上年度相比是否為正成長、負成長、完全死亡或新出現等消長情形，而其他形態的珊瑚群體較容易被藻類覆蓋(尤其表覆形、團塊形)，容易導致在不同時間下形態分類不一致，故優先以分枝形珊瑚群體為主要追蹤形態。

潮境

潮境經校正後總共圈選出 600 個珊瑚群體，珊瑚群體絕對面積加總約為 6.35 平方公尺，經計算得出珊瑚覆蓋率約為 20.16%；112 年總共圈選出 472 個珊瑚群體，珊瑚群體絕對面積加總約為 5.93 平方公尺，經計算得出珊瑚覆蓋率約為 19.4%，較上一年低了 0.76%。

其中，111 年經校正後為團塊/亞團塊形 7.9%及分枝形 6.6%佔比較高，為該地優勢形態，112 年依然以團塊/亞團塊形 6.8%及分枝形 7.2%為該地優勢形態 (圖 51、表 23、圖 52)。

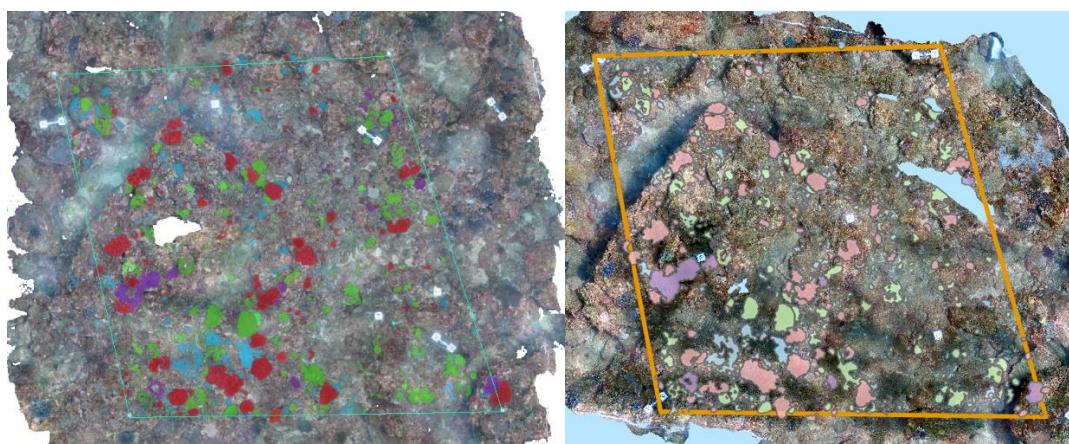


圖 51、潮境樣區於 ArcMap 與 ArcGIS 圈選珊瑚群體示意圖。

表 23、潮境樣區珊瑚群體絕對面積及覆蓋率數值。

形態	111 年		112 年	
	面積 (平方公尺)	珊瑚覆蓋率 (%)	面積 (平方公尺)	珊瑚覆蓋率 (%)
分枝形	2.13	6.8	2.2	7.19
八放珊瑚	0	0	0	0
葉片/板葉形	0.52	1.6	0.58	1.89
表覆形	1.31	4.2	1.08	3.51
團塊/亞團塊形	2.5	7.9	2.08	6.8
柱/短指形	0.01	0	0	0
桌形	0	0	0	0
Total	6.46	20.5	5.93	19.4

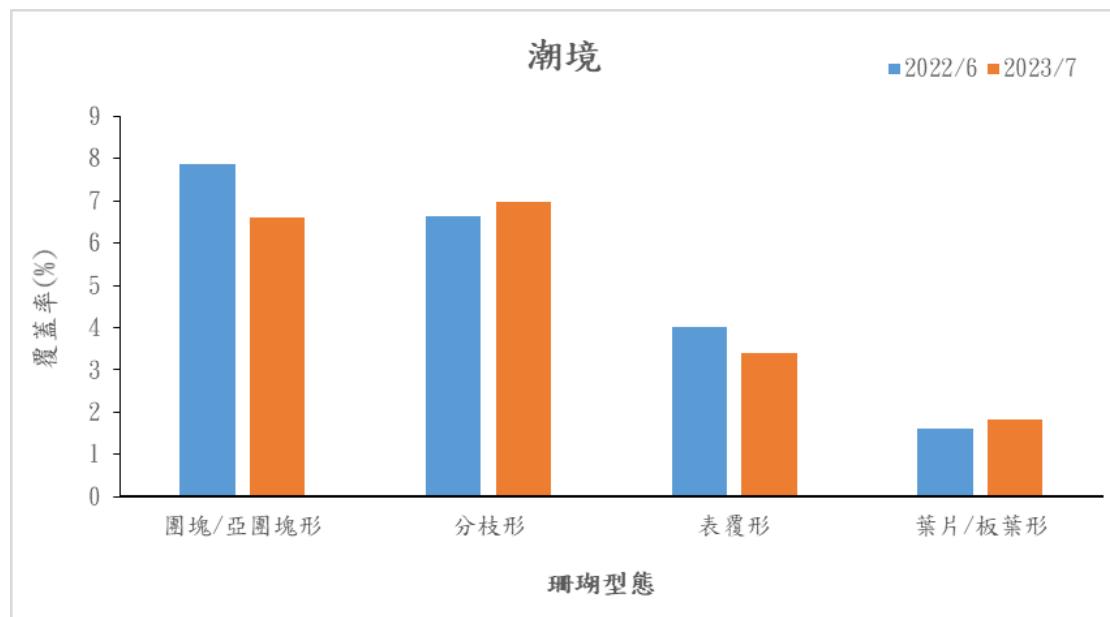


圖 52、潮境樣區珊瑚群體覆蓋率圖表。

石梯坪

石梯坪總共圈選出 975 個珊瑚群體，珊瑚群體絕對面積加總約為 15.3 平方公尺，經計算得出珊瑚覆蓋率約為 50.1%；112 年總共圈選出 842 個珊瑚群體，珊瑚群體絕對面積加總約為 16.16 平方公尺，經計算得出珊瑚覆蓋率約為 53.9%，112 年珊瑚總數較 111 年

少，原因為珊瑚大多數已融合，因此覆蓋率也較上一年高了 3.8%。

其中，111 年經校正後葉片/板葉形 13.8%佔比最高，為該地優勢形態，其次為團塊/亞團塊形 1.5%、表覆形 5.7%及柱/短指形 7.9%，112 年依然以葉片/板葉形 14.8%為該地優勢形態(圖 53、表 24、圖 54)。

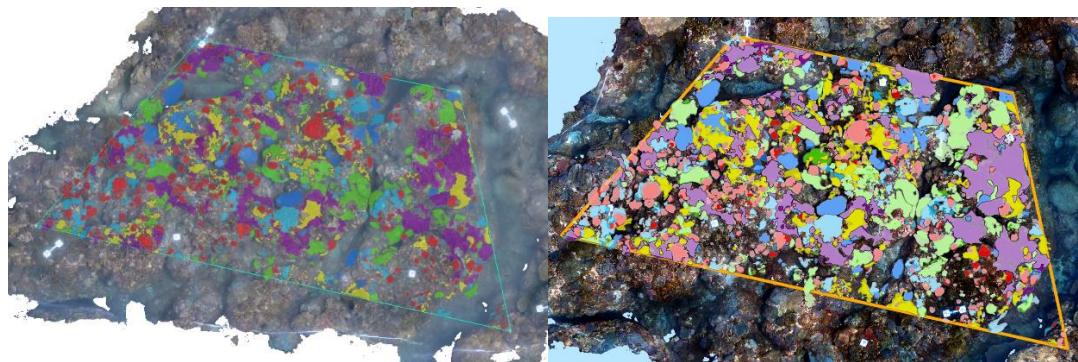


圖 53、石梯坪樣區於 ArcMap 與 ArcGIS 圈選珊瑚群體示意圖。

表 24、石梯坪樣區珊瑚群體絕對面積及覆蓋率數值。

形態	111 年		112 年	
	面積 (平方公尺)	珊瑚覆蓋率 (%)	面積 (平方公尺)	珊瑚覆蓋率 (%)
分枝形	2.61	8.7	10.63	10.6
八放珊瑚	1.32	4.4	4.37	4.4
葉片/板葉形	4.10	13.7	14.78	14.8
表覆形	1.76	5.9	5.37	5.4
團塊/亞團塊形	2.87	9.6	10.84	10.8
柱/短指形	2.35	7.8	7.94	7.9
桌形	0	0	0	0
Total	15	50.1	16.16	53.9

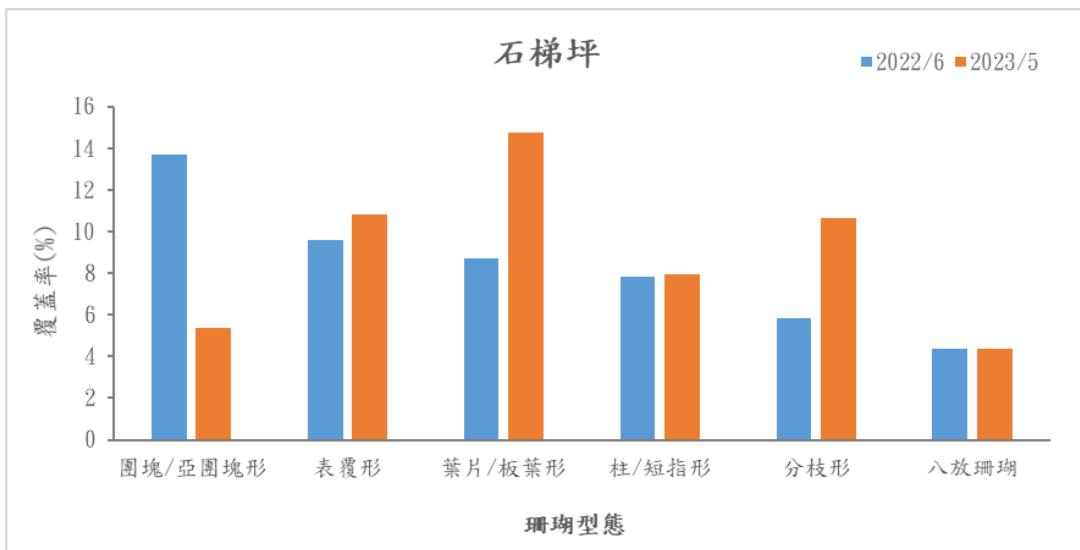


圖 54、石梯坪樣區珊瑚群體覆蓋率圖表。

萬里桐

111 年萬里桐經校正後總共圈選出 449 個珊瑚群體，珊瑚群體絕對面積加總約為 3.44 平方公尺，經計算得出珊瑚覆蓋率約為 13.7%；112 年總共圈選出 378 個珊瑚群體，珊瑚群體絕對面積加總約為 3.07 平方公尺，經計算得出珊瑚覆蓋率約為 12.2%，較上一年低了 1.5%，可能原因為調查季節不同，111 年是 5 月，112 年是 1 月，冬天藻類生長較多，藻類遮蔽珊瑚等。

其中，111 年經校正後為團塊/亞團塊形 4.1% 及表覆形 3.9% 佔比較高，112 年依然以表覆形 3.9% 及團塊/亞團塊形 3.7% 為該地優勢形態(圖 55、表 25、圖 56)。

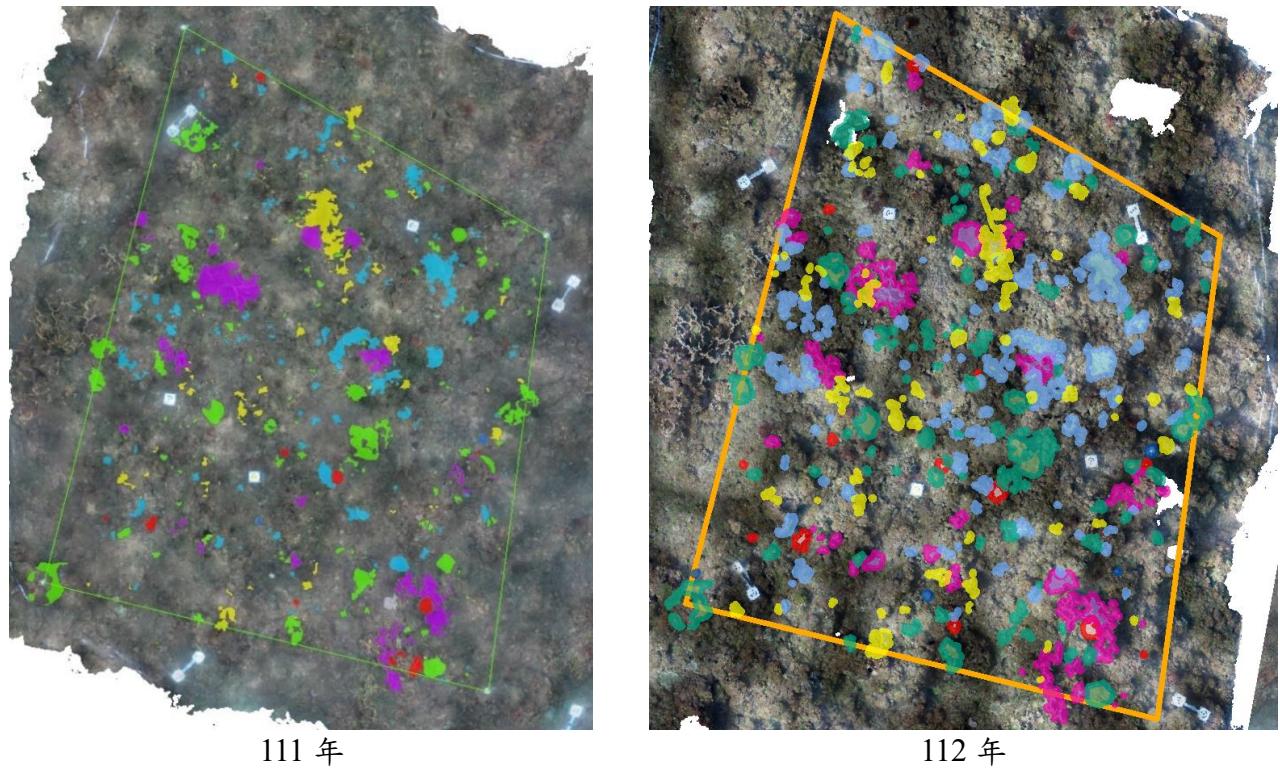


圖 55、萬里桐樣區於 ArcMap 圈選珊瑚群體示意圖。

表 25、萬里桐樣區珊瑚群體絕對面積及覆蓋率數值。

形態	111 年		112 年	
	面積 (平方公尺)	珊瑚覆蓋率 (%)	面積 (平方公尺)	珊瑚覆蓋率 (%)
分枝形	0.12	0.5	0.10	0.4
八放珊瑚	0.02	0.1	0.01	0.1
葉片/板葉形	0.79	3.1	0.68	2.7
表覆形	0.98	3.9	0.99	3.9
團塊/亞團塊形	1.04	4.1	0.94	3.7
柱/短指形	0.51	2.0	0.34	1.4
桌形	0	0	0	0
Total	3.44	13.7	3.07	12.2

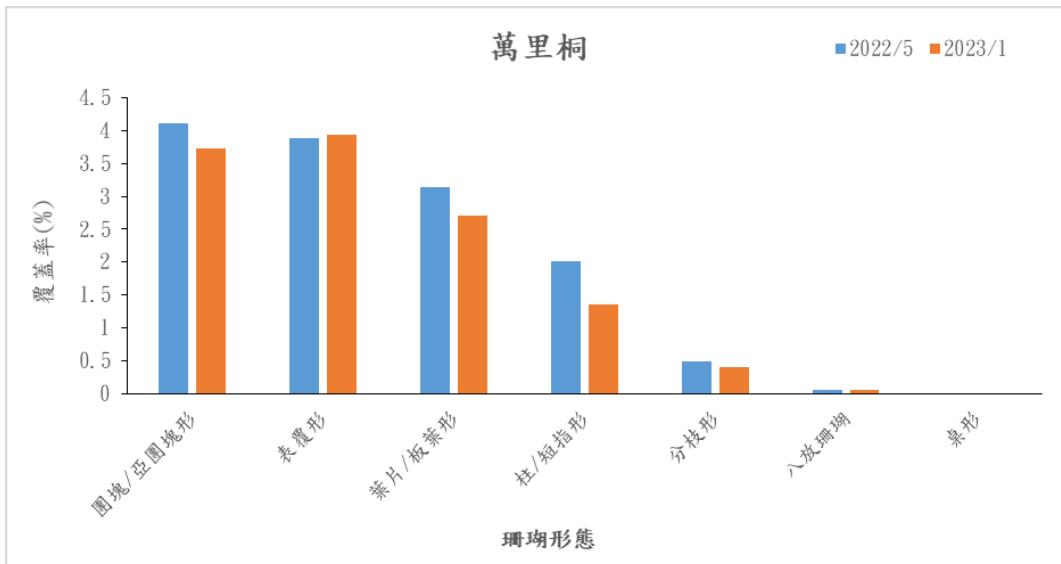


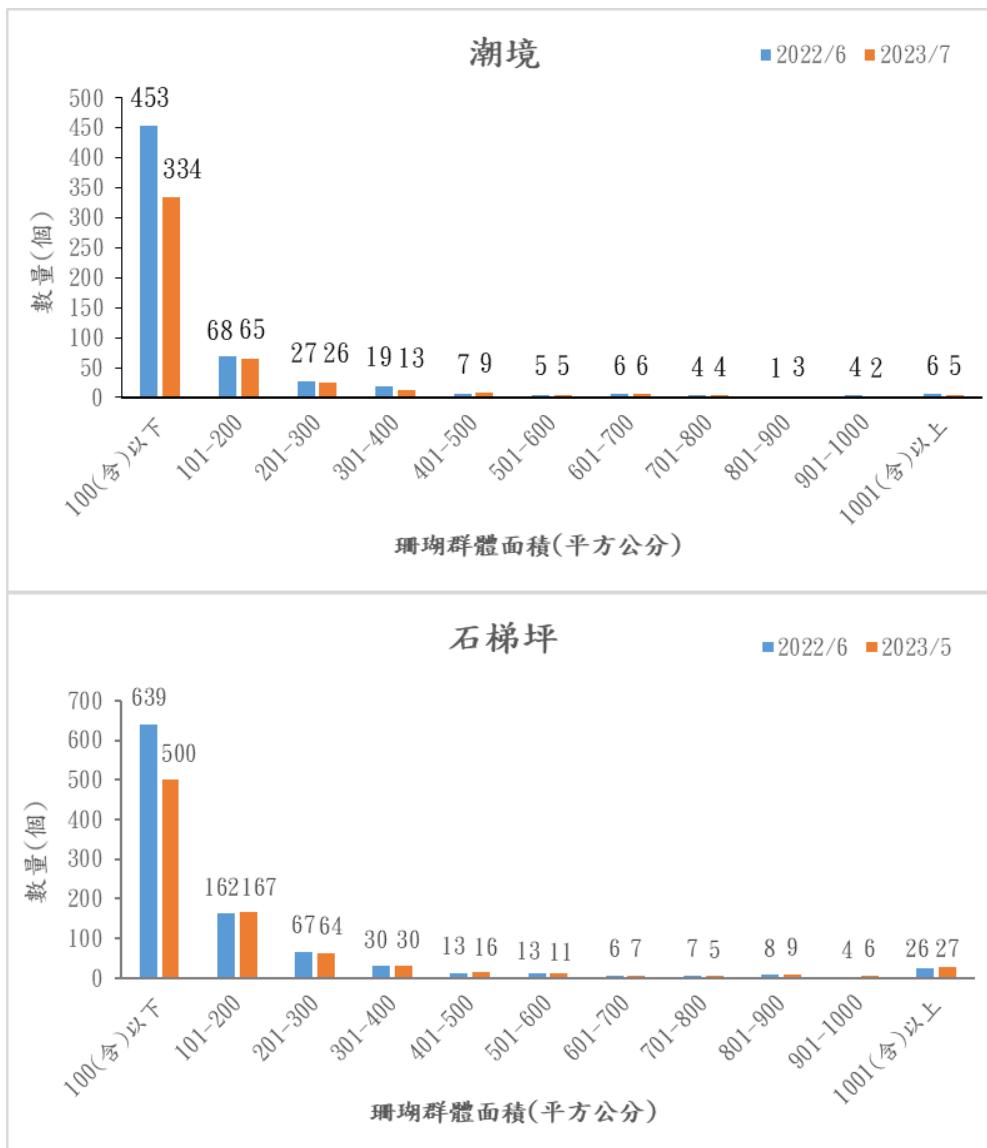
圖 56、萬里桐樣區珊瑚群體覆蓋率之兩年比較圖表。

(三)珊瑚群體尺寸分布統計

將各樣區所圈選的珊瑚群體依絕對面積排列統計個數。根據圖 57 所示，111 年各樣區的珊瑚群體面積在 100 平方公分(含)以下的數量皆最多，隨著面積數值增大，珊瑚群體數量呈遞減趨勢。惟石梯坪於 1,001 平方公分(含)以上的面積數量多達 25 個，顯示石梯坪相較於另外兩區有較大面積的珊瑚覆蓋，也代表環境相對健康；反之，萬里桐無論是珊瑚群體數量、面積大小皆低於另外兩區，屬珊瑚覆蓋面積最低的區域。

兩年比較來看，112 年潮境、石梯坪及萬里桐樣區面積在 100 平方公分(含)以下的數量減少幅度最大，其他區間的數量變化微小(圖 57)。追蹤潮境第一年所圈選的 172 個分枝形珊瑚群體的消長情形比例，到今年為止有 44.8%為正成長，27.3%為完全死亡，11.6%為負成長，16.2%為新的分枝形珊瑚群體；追蹤石梯坪第一年所圈選的 306 個分枝形珊瑚群體的消長情形比例，到今年為止有 62.1%為正成長，13.1%為完全死亡，16.0%為負成長，21.2%為新的分枝形珊瑚群體；追蹤萬里桐第一年所圈選的 19 個分枝形珊瑚群體的消長情形比例，到今年為止有 52.6%為正成長，26.3%為完全死亡，15.8%為負成長，5.3%為新的分枝形珊瑚群體。

瑚群體的消長情形比例，到今年為止有 57.9%為正成長，31.6%為完全死亡，10.5%為負成長，未發現新的分枝形珊瑚群體(圖 58)。整體而言，結果與 111 年相似，112 年石梯坪的總面積是增加的，潮境及萬里桐大約都減少 1%的面積，石梯坪相較於另外兩區是屬於較健康的珊瑚礁。



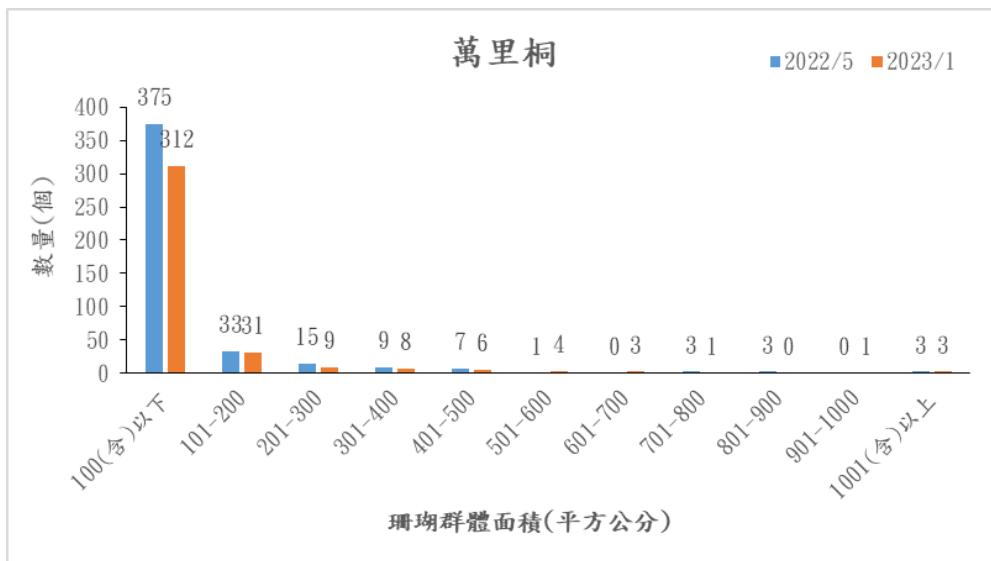
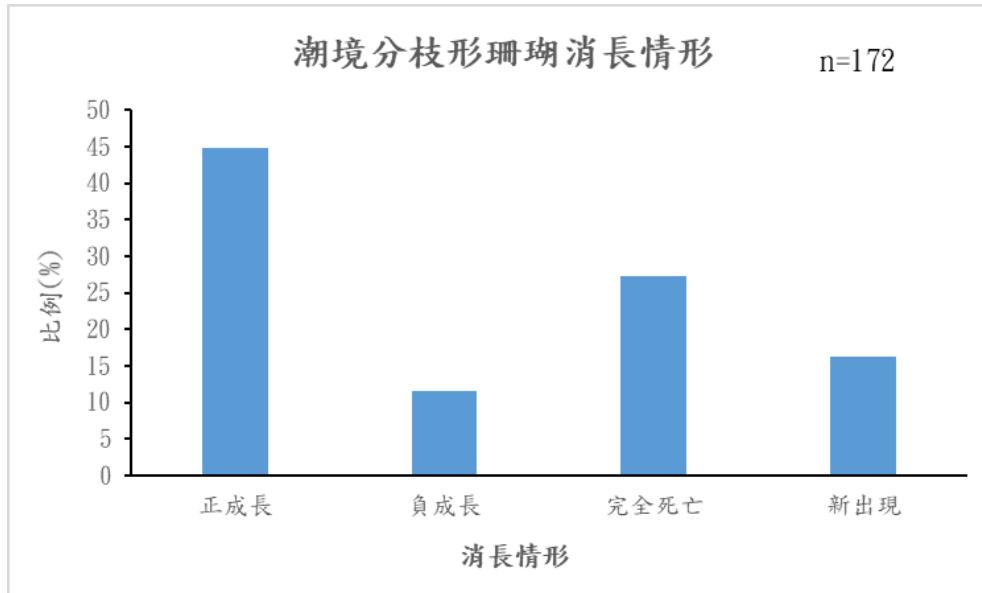


圖 57、各樣區珊瑚群體尺寸分布。



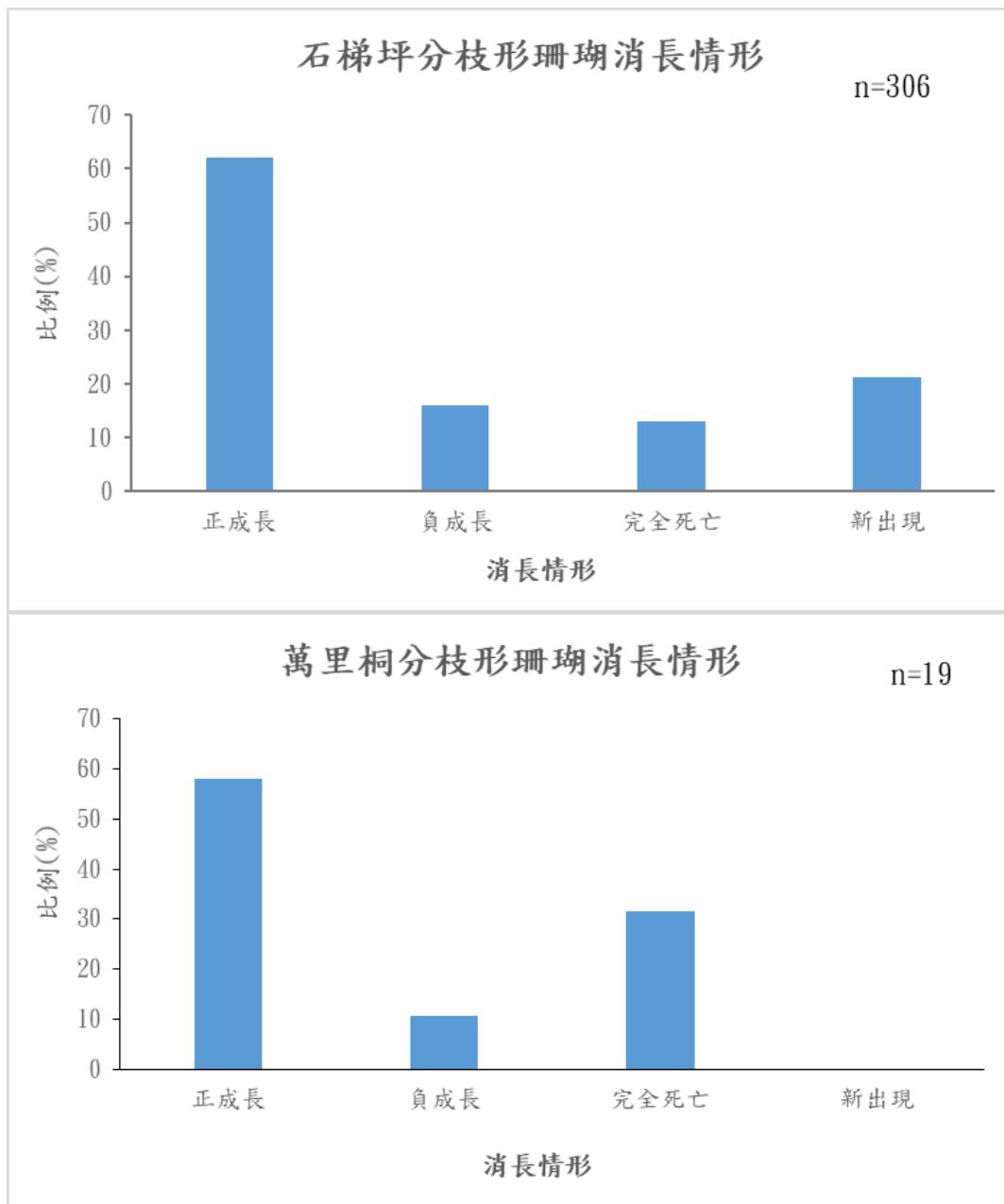


圖 58、各樣區分枝形珊瑚消長情形比例。

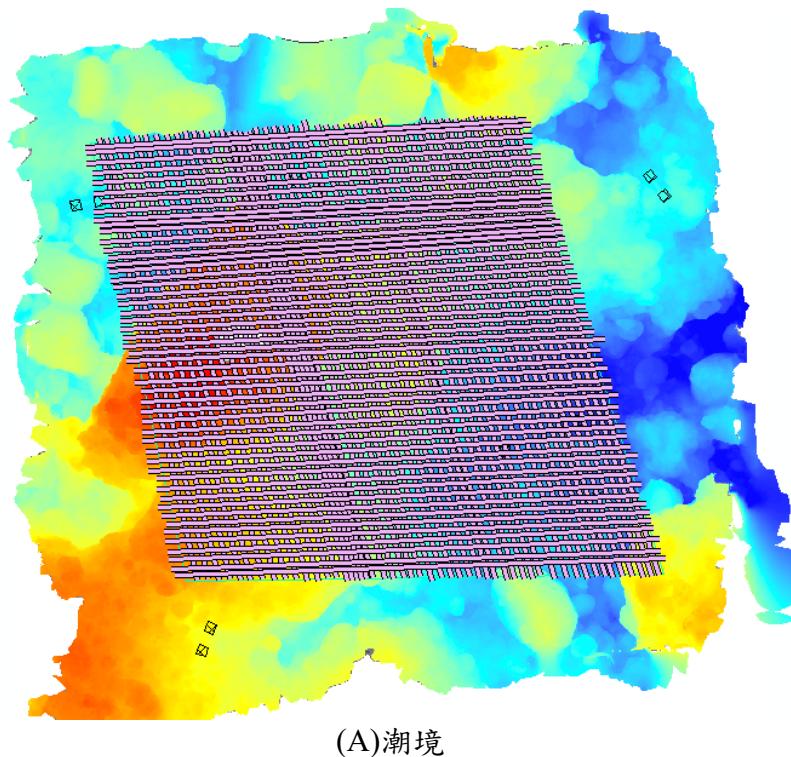
(四)結構複雜度計算

使用 ArcMap 與 ArcGIS 軟體在各樣區內畫出 100 條相互交錯的幾何直線(圖 59)，依照研究方法所提的操作方式計算出各樣區的線性粗糙度，111 年分別為潮境 1.63，石梯坪 1.78，萬里桐 1.41，各樣區比較來看，石梯坪為三區中線性粗糙度最高，萬里桐最低，且石梯坪的珊瑚覆蓋率也是三區中最高，萬里桐最低。112 年分別

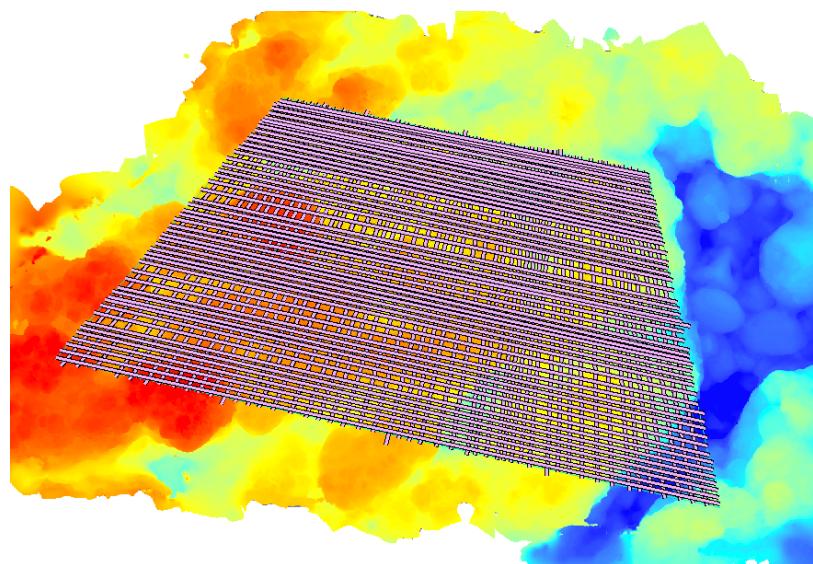
為潮境 1.65，石梯坪 1.78，萬里桐 1.39，與上一年差距微小。

另一方面，通常分枝形、柱/短指形和葉片/板葉形珊瑚所提供的生物棲息的空間較多，結構複雜度會比團塊形、表覆形珊瑚來得高。將 111 年各樣區的分枝形、柱/短指形和葉片/板葉形珊瑚的絕對面積相加(數據參見表 23、表 24、表 25)來看，得出潮境為 2.65 平方公尺，石梯坪為 9.06 平方公尺，萬里桐為 1.38 平方公尺。112 年潮境為 2.78 平方公尺，石梯坪為 33.35 平方公尺，萬里桐為 1.12 平方公尺， 112 年石梯坪的分枝形、柱/短指形和葉片/板葉形珊瑚的絕對面積相加，相較於 111 年增加了 3 倍多，顯示石梯坪珊瑚持續穩定生長中，且可提供更多生物棲息空間。

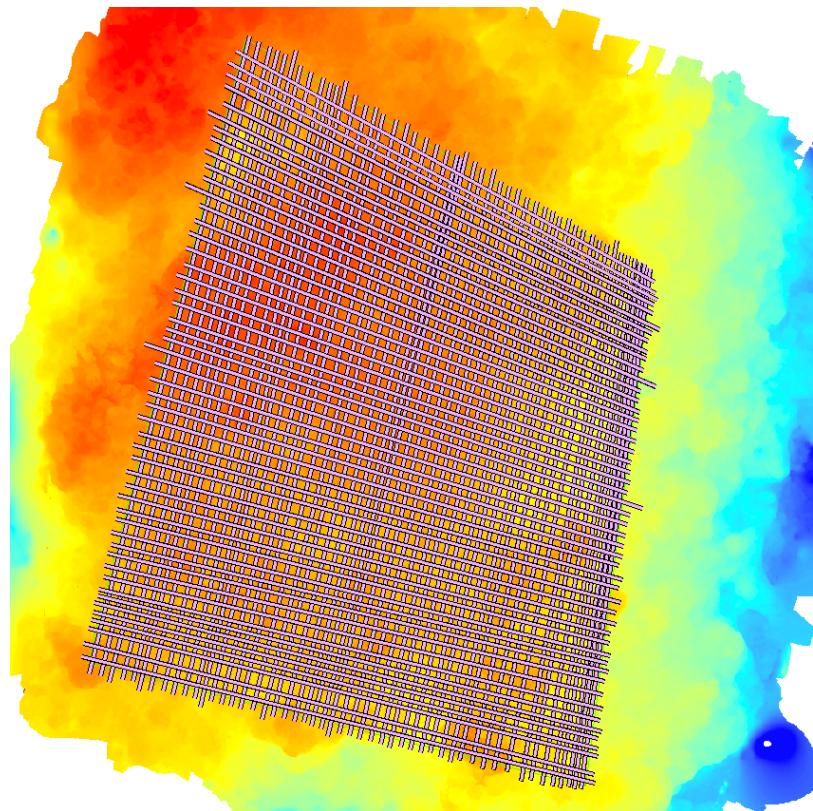
總結以上數據(表 26)，得出石梯坪樣區的結構複雜度最高，可提供最多空間供生物棲息，比較未受到自然或人為破壞影響；而萬里桐為三區中結構複雜度最低，可能受到自然或人為影響較多。



(A) 潮境



(B)石梯坪



(C)萬里桐

圖 59、於各樣區數值高程模型上畫出 100 條相互交錯的幾何直線示意圖。紅色為淺處，藍色為深處。

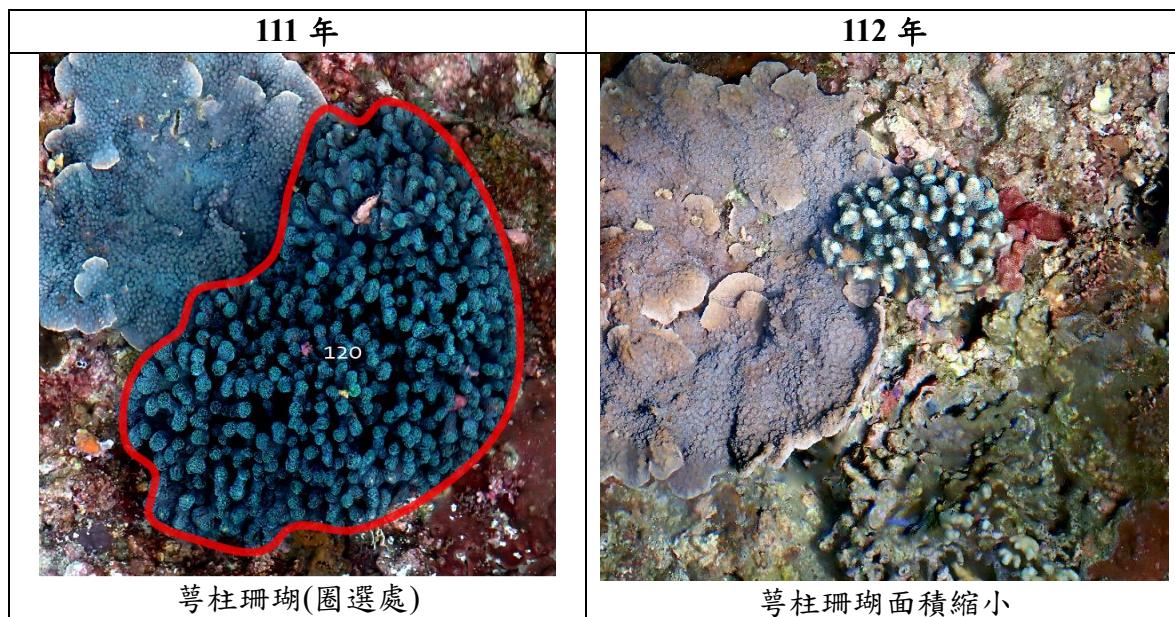
表 26、各樣區線性粗糙度度與珊瑚覆蓋率、主要珊瑚形態組成比較。

地點	111 年	112 年
----	-------	-------

	線性粗糙度	珊瑚覆蓋率 (%)	主要珊瑚形態組成	線性粗糙度	珊瑚覆蓋率 (%)	主要珊瑚形態組成
潮境	1.63	20.5	團塊/亞團塊形、分枝形	1.66	19.4	團塊/亞團塊形、分枝形
石梯坪	1.78	50.1	葉片/板葉形	1.78	53.9	葉片/板葉形
萬里桐	1.41	13.7	團塊/亞團塊形、表覆形	1.39	12.2	表覆形、團塊/亞團塊形

(五)兩年間樣區變化案例

分析 112 年潮境樣區時，發現上一年面積為 916.7 平方公分的萼柱珊瑚至今面積縮小為 112.6 平方公分；1 株完好的軸孔珊瑚至今已消失不見，而原本完整的萼柱珊瑚群體至今也有部分珊瑚死亡（圖 62）。推測該處可能受到人為遊憩活動的干擾、或冬季湧浪過大導致。



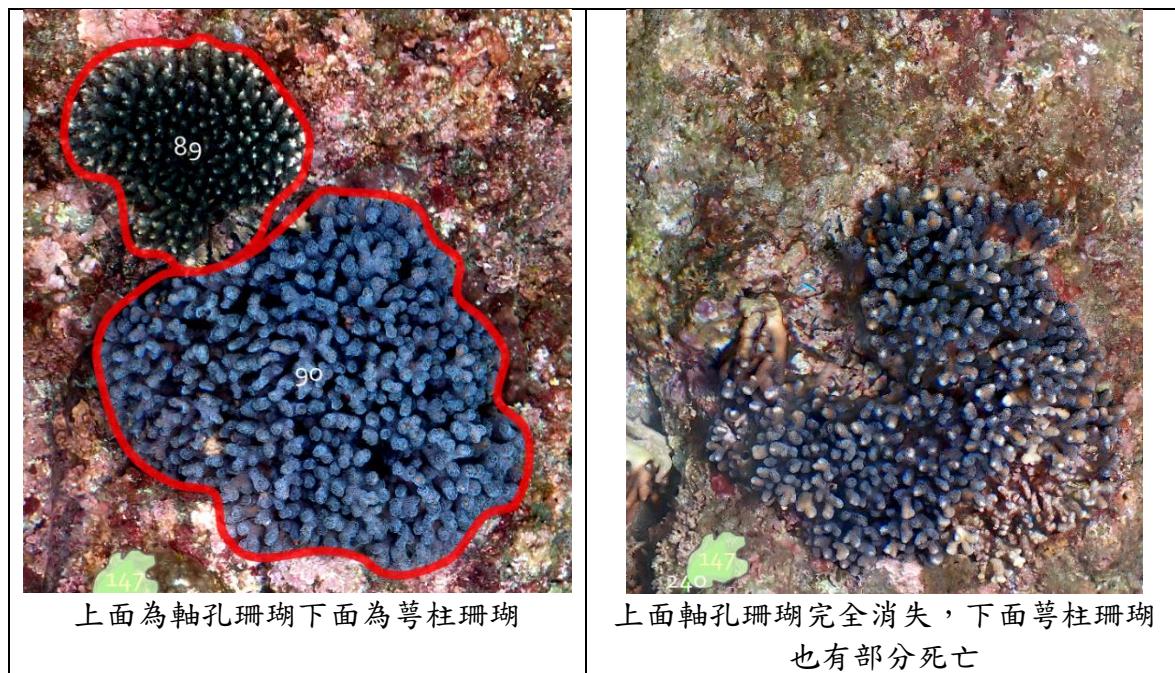


圖 60、潮境樣框內珊瑚群體急遽變化案例。

112 年的石梯坪樣區，各型態及數量變化差異不大，大多呈現穩定生長情形，也發現較多珊瑚在 111 年時可能為 2-3 株，而在 112 年已融合為 1 株(圖 61)。

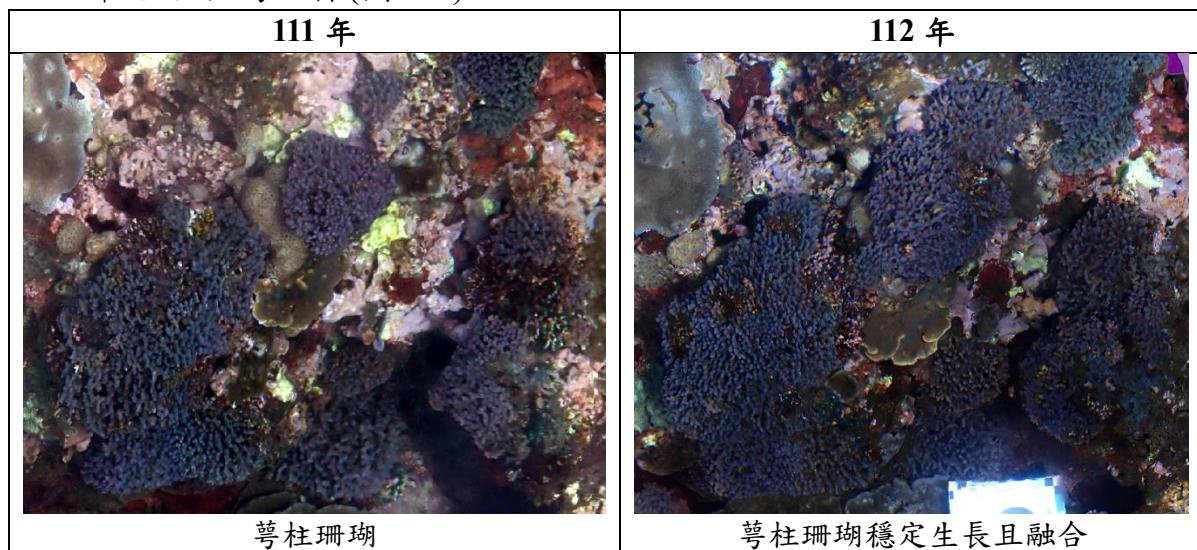


圖 61、潮境樣框內珊瑚群體急遽變化案例。

分析 112 年萬里桐樣區時，發現上一年完好的 3 株鹿角珊瑚(面積總合約 368.2 平方公分)至今已完全死亡，甚至有千孔珊瑚取代其

位置生長；1塊完好的團塊形珊瑚群體(面積約381.1平方公分)至今只剩一點活組織露出(面積約7.6平方公分)，1塊原本還有部分活組織的團塊形珊瑚群體(面積約84.9平方公分)至今也已完全死亡(圖62)。推測該處可能受到人為遊憩活動的干擾、111年海洋熱浪造成珊瑚白化後未恢復導致死亡，抑或是112年度於冬季監測珊瑚被藻類遮蔽等可能性。

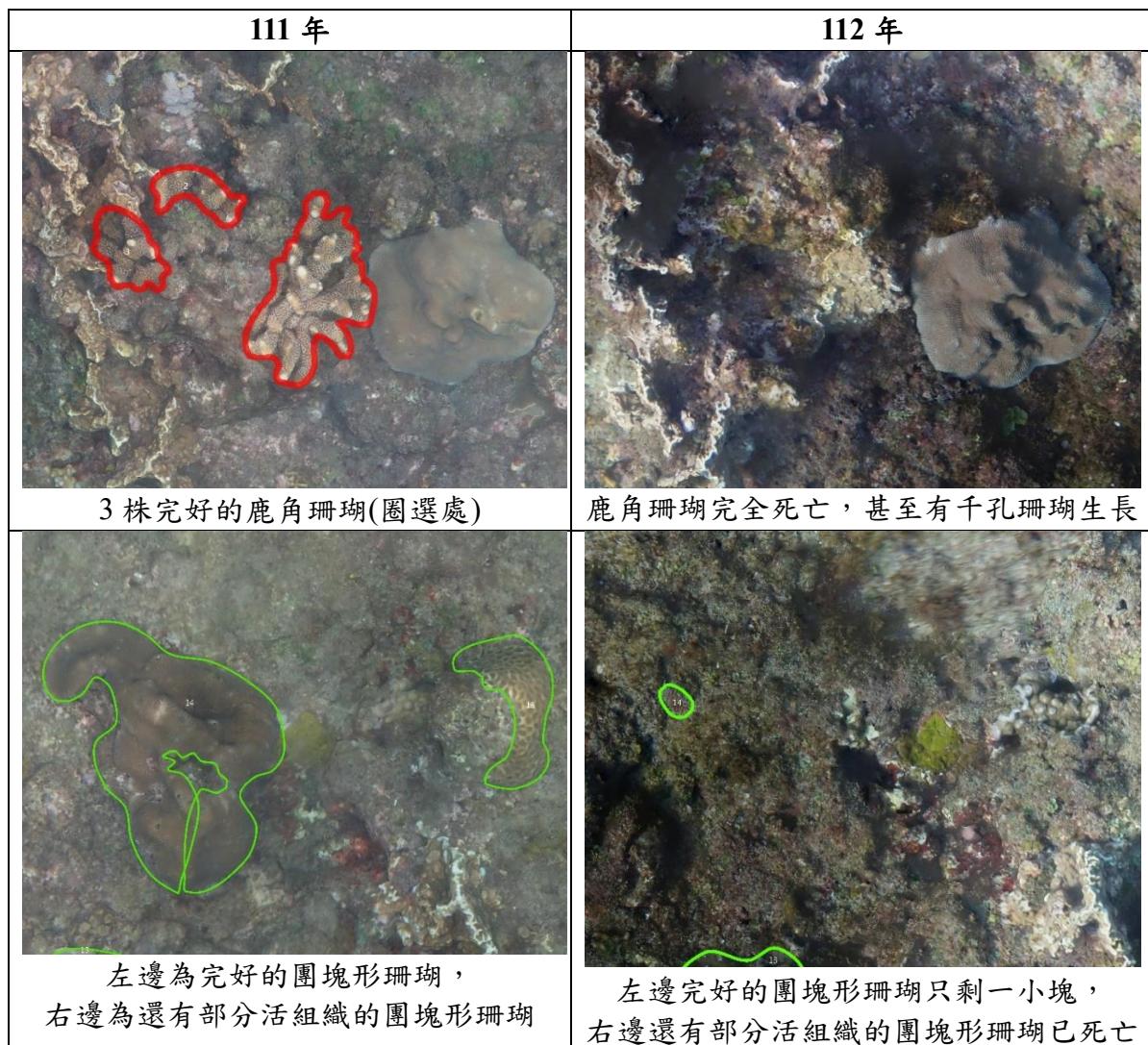
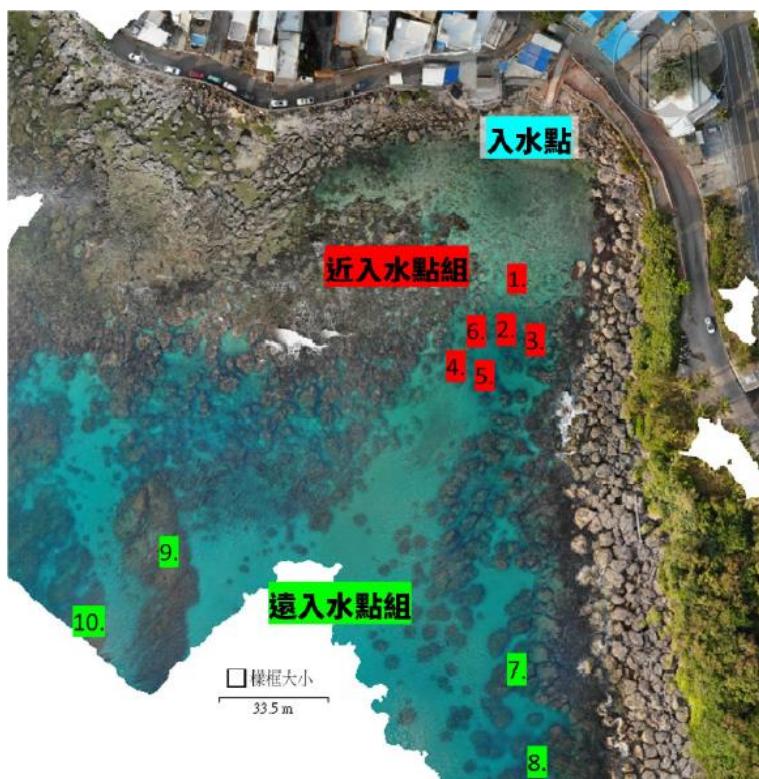


圖 62、萬里桐樣框內珊瑚群體急遽變化案例。

(六)萬里桐珊瑚礁 3D 調查歷史比較

參考 109 年研究生陳冠言(以下簡稱陳)的碩士論文《珊瑚礁立體結構的量化研究：以人為擾動對萬里桐珊瑚礁的影響為例》(Chen & Dai, 2021)，其萬里桐珊瑚礁 3D 監測「編號 9」區域與本計畫的監測區域大致相近(圖 63)。將論文數據與本計畫萬里桐樣區數據進行比對，發現三年期間珊瑚覆蓋率從 109 年的 21.6% 降至 112 年的 12.2%，下降約 9.4%，線性粗糙度從 109 年的 1.67 降至 112 年的 1.39，以及 109 年以分枝形珊瑚為優勢，轉變為 111 年起以表覆形、團塊/亞團塊形珊瑚為優勢形態，結構複雜度明顯降低(表 27)。



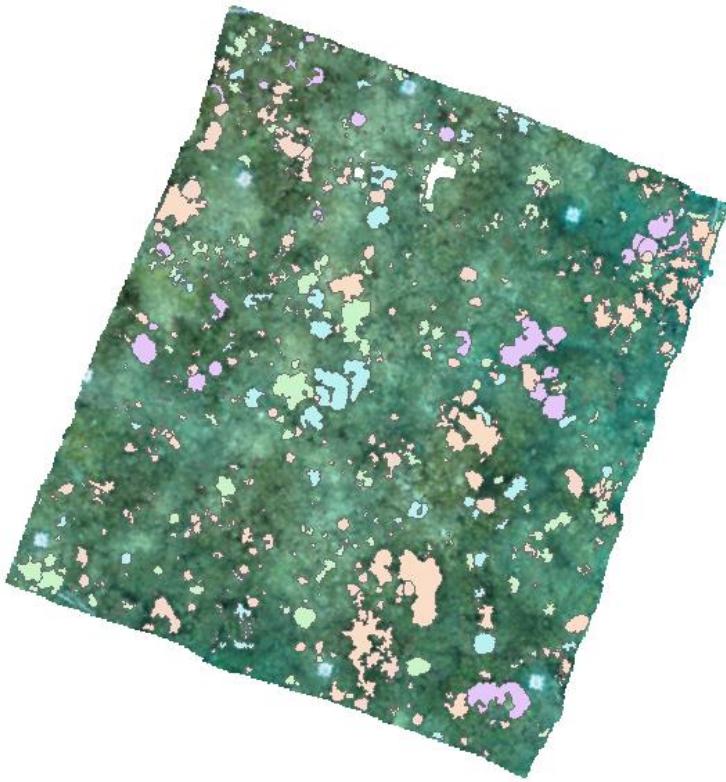


圖 63、陳的碩士論文 109 年萬里桐 3D 監測地點(編號 9)及樣區於 ArcMap 圈選珊瑚群體樣貌。截圖自其碩士論文圖四。

表 27、本計畫萬里桐珊瑚礁 3D 監測數據與陳的碩士論文編號 9 區域的 3D 監測數據比較。編號 9 區域數據引自陳的碩士論文。

樣區 名稱	拍攝 日期	樣區面積 (平方公尺)	珊瑚 覆蓋率 (%)	線性 粗糙度	主要珊瑚 形態組成
WL9 (陳的論文)	109.01	24.91	21.6	1.67	分枝形(約 1.79 平方公尺)、亞團塊形(約 1.65 平方公尺)
WL_P1 (本計畫)	111.05	25.36	13.7	1.41	團塊/亞團塊形(約 1.04 平方公尺)、表覆形(約 0.98 平方公尺)
WL_P1 (本計畫)	112.01	25.16	12.2	1.39	表覆形(約 0.99 平方公尺)、團塊/亞團塊形(約 0.94 平方公尺)

三、協助辦理珊瑚相關行政業務

(一)協助海保署修訂臺灣珊瑚保育計畫(草案)

本團隊於第一次期中報告結束後加以修訂《臺灣珊瑚保育計畫(草案)》，於 8 月 2 日時撰寫電子郵件，邀請戴昌鳳教授、方力行榮譽講座教授、宋克義教授、鄭有容副教授、劉商隱副教授、塗子萱助理教授等六位學者共同撰寫。感謝戴昌鳳教授百忙之中願意共同撰寫，於 10 月 13 日收到戴教授修訂的檔案，調整格式後 10 月 17 日將檔案以電子郵件寄送給海保署承辦人員。

112 年 2 月再次修改《臺灣珊瑚保育計畫(草案)》的內容後，海保署於 3 月邀請專家學者對於當中各段內容提供意見與修改建議，5 月向本團隊提出修改需求，於 6 月底繳交修改版本。

112 年 10 月 17 日收到海保署與內政部、環境部、農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心、漁業署、桃園市政府及屏東縣政府單位，對於當中各段內容提供意見與修改建議，向本團隊提出修改需求，於 10 月底繳交意見回覆，11 月初繳交修改版本。

(二)民眾珊瑚白化回報彙整結果

自 111 年 8 月 25 日起至 12 月 9 日止，共收到 30 筆民眾珊瑚白化回報，回報方式皆透過 LINE 群組；發現白化時間分別有 109 年共 9 筆，110 年共 2 筆，111 年共 19 筆；地點包含北部的潮境、鼻頭角公園、福隆聖堂及福隆輕鬆礁等 4 處，東部的基翹漁港及杉原灣(杉原海濱度假村南邊)等 2 處，南部的合界及和尚頭周遭等 2 處，綠島的海底郵筒、大白沙潛水區、六米礁、雞仔礁往鱸魚嘴方向、柴口、石朗、石朗中香菇及石朗沉箱(亞特蘭提斯)等 8 處，蘭嶼的紅頭森林步道、朗島涼台、像水渠一樣北邊、小涼亭及蘭嶼文物館

等 5 處，澎湖的將軍澳北面 1 處，以及小琉球的龍蝦洞 1 處，共計 23 處；潛水深度 5 米深以內共 18 筆，6 至 20 米深共 10 筆，未提供深度共 2 筆；水溫介於攝氏 23 至 26 度共 12 筆、攝氏 27 至 30 度共 15 筆，未提供水溫共 3 筆(表 28)。

表 28、111 年民眾珊瑚白化回報彙整表。「？」為回報者未提供資料。

區域	回報方式	回報時間	姓名	時間	發現地點	深度	水溫(攝氏)
北部	LINE 群組	8 月 25 日	貓尾巴	111/08/20	潮境公園	約 12 米	28-29
	LINE 群組	8 月 26 日	Macro	111/08/23	鼻頭角公園	約 1-3 米	30
	LINE 群組	8 月 26 日	Macro	111/08/25	福隆聖堂	約 3-4 米	29-30
	LINE 群組	9 月 17 日	Grace	111/09/15	鼻頭角公園	約 2-4 米	26
	LINE 群組	10 月 2 日	貓尾巴	111/10/01	福隆聖堂	約 3-4 米	24
	LINE 群組	10 月 2 日	貓尾巴	111/10/01	福隆輕鬆礁	約 16 米	24
南部	LINE 群組	9 月 21 日	Macro	111/09/21	合界	約 15-30 米	？
	LINE 群組	9 月 23 日	嚕嚕米	111/09/16	合界-和尚頭周遭	約 12 米	28
東部	LINE 群組	10 月 7 日	Nans	109/06/22	基翹漁港	約 1 米	？
	LINE 群組	10 月 17 日	Nans	109/09/11	基翹漁港	約 1 米	24
	LINE 群組	11 月 9 日	Nans	110/07/04	基翹漁港	約 2 米	29
	LINE 群組	11 月 12 日	Nans	110/07/12	基翹漁港	約 2 米	29
	LINE 群組	11 月 18 日	Nans	111/06/02	杉原灣(杉原海濱度假村南邊)	約 1.5 米	27
	LINE 群組	11 月 27 日	Nans	111/09/28	基翹漁港	約 1 米	29
綠島	LINE 群組	11 月 6 日	Nans	109/12/09	海底郵筒	約 1 米	24
	LINE 群組	11 月 6 日	Nans	109/12/11	大白沙潛水區	約 2 米	24
	LINE	8 月 30 日	貓尾巴	111/08/28	六米礁	約 15 米	28

	群組						
	LINE 群組	8 月 30 日	貓尾巴	111/08/28	雞仔礁往鱸 魚嘴	約 15-18 米	28
	LINE 群組	8 月 30 日	貓尾巴	111/08/29	柴口	約 10-15 米	27
	LINE 群組	10 月 9 日	溫卓謀	111/10/08	石朗	?	?
	LINE 群組	10 月 9 日	溫卓謀	111/10/09	石朗中香菇	約 13-15 米	29
	LINE 群組	10 月 9 日	溫卓謀	111/10/09	石朗沉箱(亞 特蘭提斯)	約 12 米	27.8
	LINE 群組	11 月 28 日	Nans	111/11/14	大白沙潛水 區	約 1 米	27
澎湖	LINE 群組	9 月 20 日	貓尾巴	111/09/15	將軍澳北面	約 10 米	27
蘭嶼	LINE 群組	10 月 8 日	Nans	109/08/08	紅頭森林步 道	約 1 米	24
	LINE 群組	10 月 11 日	Nans	109/08/09	朗島涼台	約 1 米	24
	LINE 群組	10 月 12 日	Nans	109/08/10	像水渠一樣 的北邊	約 2 米	23
	LINE 群組	10 月 14 日	Nans	109/08/11	小涼亭	約 1 米	24
	LINE 群組	10 月 17 日	Nans	109/08/13	蘭嶼文物館	約 1 米	24
小琉球	LINE 群組	11 月 3 日	溫卓謀	111/10/31	龍蝦洞	?	26

其中，有民眾於 8 月回報時反映潮境、鼻頭角公園、福隆聖堂都有大塊珊瑚白化，10 月時另一位民眾回報福隆聖堂依然有珊瑚白化現象(圖 64A 和 B)；9 月回報民眾說明合界 15 米以上珊瑚幾乎全白，到 30 米還有零星白化(圖 64C)；綠島石朗潛水區周遭，於 8 月其中一筆回報是位於六米礁(水深約 15 米)有零星白化現象，經過兩個月後其中一筆回報是位於中香菇(水深約 13 至 15 米)依然有零星白化現象(圖 64D)。



(A)8月23日鼻頭角公園珊瑚白化(回報描述與照片提供：Marco)。



(B)左圖為8月25日福隆聖堂珊瑚白化(照片提供：Marco)，

右圖為10月1日福隆聖堂珊瑚白化(照片提供：貓尾巴)。



(C)9月合界珊瑚白化(回報描述：Marco，照片提供：嚕嚕米)。



(D)左圖為8月28日石朗六米礁珊瑚白化(照片提供：貓尾巴)，

右圖為 10 月 9 日石朗中香菇珊瑚白化(照片提供：溫卓謀)。

圖 64、111 年民眾珊瑚白化回報照片及說明。

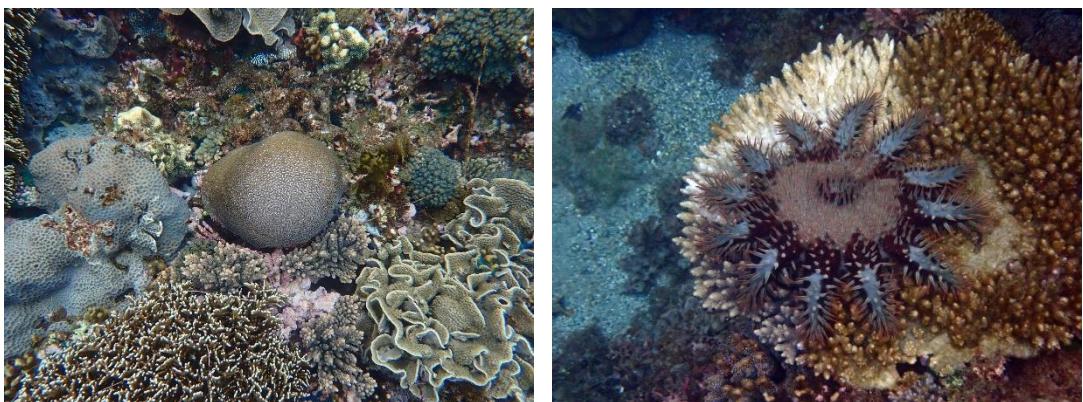
自 111 年 12 月 10 日起至 112 年 9 月 17 日止，共收到 9 筆民眾珊瑚白化回報，回報方式皆透過 LINE 群組；地點包含東部的基翹漁港 1 處、杉原 1 處，綠島的石朗沉箱、石朗後花園及中寮港外等 3 處，以及小琉球的杉福漁港 1 處、電桿礁 1 處，共計 7 處；潛水深度 10 米深以內共 5 筆，11 至 20 米深共 2 筆，未提供深度共 2 筆；水溫介於攝氏 25 至 28 度之間共 7 筆，未提供水溫共 2 筆(表 29)。

因 112 年夏季陸續有颱風侵台，7 月後已從珊瑚白化警報解除，因此較無珊瑚白化現象。

表 29、112 年民眾珊瑚白化回報彙整表。「？」為回報者未提供資料。

區域	回報方式	回報時間	姓名	時間	發現地點	深度	水溫(攝氏)
東部	LINE 群組	4 月 28 日	Nans	112/04/24	基翹漁港	約 2 米	25
	LINE 群組	6 月 8 日	Nans	112/06/08	基翹漁港	約 1 米	27
	LINE 群組	7 月 5 日	段文宏	112/07/05	杉原	？	？
綠島	LINE 群組	4 月 30 日	溫卓謀	112/04/30	石朗沉箱	？	？
	LINE 群組	5 月 1 日	溫卓謀	112/04/30	石朗沉箱	約 10 米	26
	LINE 群組	5 月 1 日	溫卓謀	112/04/29	石朗後花園	約 15 米	26.6
	LINE 群組	5 月 1 日	溫卓謀	112/04/29	中寮港外	約 10 米	25.6
小琉球	LINE 群組	12 月 22 日	Nans	111/11/02	杉福漁港	約 3 米	25
	LINE 群組	9 月 17 日	Ray	112/09/17	電桿礁	約 15 米	28

從民眾提供的照片來看，111 年多處珊瑚白化現象到目前已大致恢復，僅少部分珊瑚白化，有民眾回報綠島的石朗沉箱說明該處「珊瑚健康，樣態多元」，也有民眾回報因棘冠海星食用軸孔珊瑚的珊瑚蟲造成珊瑚白化的案例(圖 65)。



(A)6 月 8 日基翹漁港珊瑚樣貌，右圖為棘冠海星食用軸孔珊瑚的珊瑚蟲造成珊瑚白化(照片提供：Nans)。



(B)4 月 30 日石朗沉箱珊瑚樣貌，右圖圈選處為部分組織白化
(回報描述與照片提供：溫卓謀)。



(C)4月29日中寮港外珊瑚樣貌(照片提供：溫卓謀)。

圖 65、112年民眾珊瑚白化回報照片及說明。

(三)其他協助事項說明

本團隊於110年執行「臺灣珊瑚監測交流網絡建立與保育策略規劃」計畫時建立珊瑚監測調查方法並辦理過數場珊瑚網工作坊，已有豐富經驗，於112年5月24日協助澎湖科技大學李孟芳副教授辦理「珊瑚網暨珊瑚移植工作坊」，指導在地監測團隊如何使用照相框架進行拍攝、珊瑚網的操作方式，以及分享本團隊珊瑚移植的經驗，促進雙方交流與討論(圖 66)。



圖 66、協助辦理「珊瑚網暨珊瑚移植工作坊」影像紀錄。

第四章 討論

本計畫調查結果顯示，111 年與 112 年整體平均珊瑚覆蓋率為 35.1 和 38%，顯示兩年之間整體礁區狀況相似；而調查季節時間因當地因素會有些許變動，也能掌握珊瑚生態系的自然變化情形。透過橫截線調查並分析底棲群聚結構組成，可分為北部及東北部與澎湖珊瑚類別組成相似，綠島與蘭嶼相似，南部與小琉球及東部相似；因臺灣附近海域的季風和夏季與冬季的洋流流況不同(圖 67)，夏季有黑潮主流及南海海流，冬季是黑潮主流、黑潮支流及中國沿岸流，因此造就了臺灣多元的海洋環境與珊瑚生態系。

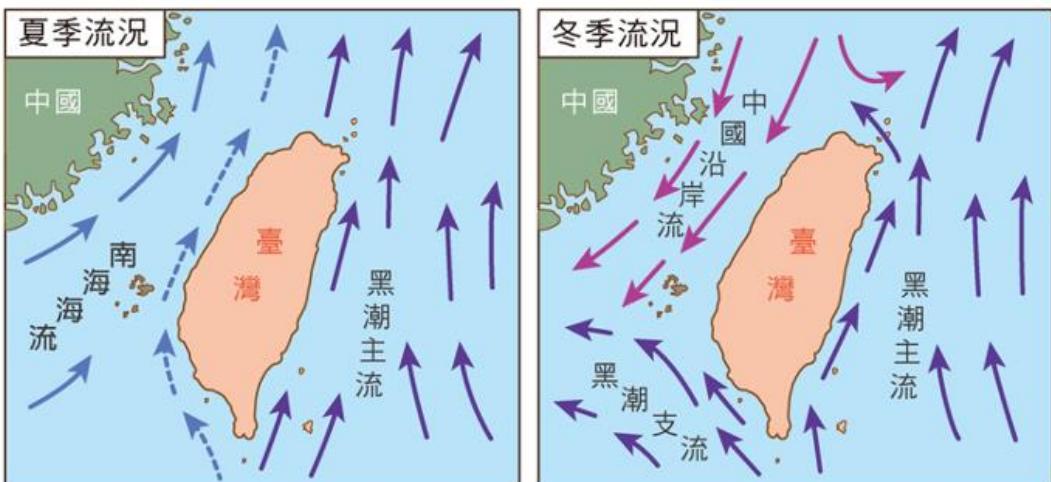


圖 67、臺灣夏季與冬季洋流分布圖。

一、北部及東北部、澎湖

北部及東北部與澎湖的珊瑚群聚組成相似，因其皆屬於北回歸線以北的亞熱帶地區，且環境狀況具有全年海水水溫平均落在 18-28°C 之間使得季節性變化大、水質混濁、冬季的低溫和較高的營養鹽使藻類繁盛生長而與珊瑚競爭空間、海流促進這些地區海洋生物的基因交流等共同特性，以上的環境因素可能為兩地區珊瑚群聚結構組成相似

之原因，並以分枝形的萼柱珊瑚為主要特徵。

二、綠島、蘭嶼

綠島和蘭嶼是兩個獨立在臺灣東南方太平洋中的小島，終年有黑潮流經，且為偏遠離島使得陸源污染和人為開發破壞較少，夏季的颱風和冬季的東北季風造成湧浪大，具有屬於熱帶珊瑚礁、陽光充足、海水終年溫暖且變動小、水質清澈且貧營養鹽、湧浪作用大、環境相似且地理位置相近等共同特性，因此珊瑚群聚結構組成相似，大多以表覆形的同孔珊瑚為主要特徵(戴, 2014; 戴與鄭, 2020)。另外，冬季的湧浪也使遊憩活動無法進行，大自然的力量讓島嶼得以休息。

三、南部、小琉球及東部

南部與小琉球及東部終年水溫高於 22°C，屬於熱帶珊瑚礁，因此底棲群聚結構組成相似，大多以板葉形的千孔珊瑚屬及柱形的藍珊瑚屬為主要特徵，除了夏季遊憩活動多之外，冬季因其他地點較不適合水域遊憩活動，所以聚集至南部與小琉球。而東部距離都會較遠不易抵達，受大量密集人為活動的影響主要集中在夏季，而土地開發利用相對較少。比較特別的是南部的出水口有核三廠的溫排水及受湧升流影響，因此水溫每日都有大幅變動，而珊瑚屬的多樣性高，所以較無明顯特徵(樊, 2022; Ye et al., 2023)。

四、全臺地點珊瑚覆蓋率現況

目前覆蓋率以綠島最高，其次是東部和澎湖，然後是蘭嶼、南部、北部及東北部，而以小琉球居末，與 2021 年的結果大致相似(樊, 2021)。其中有的區域的珊瑚覆蓋率相對以前呈現明顯下降，例如珊瑚覆蓋率

在小琉球由 1980 年代的 60% 下降至 2020 年代的約 10%，在南部的墾丁國家公園則由 1980 年代的 50% 下降至 2020 年代的約 30%，主要原因是人為的污染、干擾和破壞、其次如海洋熱浪引發珊瑚大白化事件等，應積極研擬和進行因地制宜的保育和復育規劃與行動，如設立海洋保護區結合珊瑚庇護所，發展珊瑚苗圃推動珊瑚復育與水產養殖計畫等(樊, 2008; 2018; 樊與江, 2023)。珊瑚的水產養殖正在國際快速成長，而復育型的水產養殖能夠為環境創造一系列好處，從提供棲息地和改善水質，到協助生物遷徙、海岸防禦和生物控制等正面且直接的生態效益而正在興起(樊, 2018; Alleway et al., 2023)。

111 年屏東縣政府另外有計畫調查小琉球西北保育區內 4 個地點及區外 2 個地點(共 6 個地點)，以船潛方式進行照相調查珊瑚礁底棲群聚結構，比較西北保育區內外的差異(張等, 2022)。6 個地點(漁埕尾、花瓶岩、美人洞、肚仔坪、杉福、山豬溝)珊瑚覆蓋率介於 8.1-31.9%，淺區以杉福最高 31.9%，漁埕尾最低 8.9%；深區以山豬溝最高 24.2%，漁埕尾最低 8.1%。整體而言，目前小琉球環島沿海以杉福附近有較多的珊瑚數量，以及較有效管制人為破壞，山豬溝北堤也最適合發展作為珊瑚苗圃。花瓶岩靠近白沙港的較深礁區，由於有污水處理以及海膽較多而能有效控制不利珊瑚生存發展的大型藻和毛叢藻，可能也較適合進行珊瑚移植復育。因此建議將西北保育區，尤其是杉福潮間帶與肚仔坪潮間帶的潮下帶區域優先作為珊瑚礁海洋生態保護的區域(張等, 2022)。2021 年 10 月在山豬溝北堤水泥塊進行珊瑚苗圃試驗，移植分枝形軸孔珊瑚、鹿角珊瑚、團塊形微孔珊瑚、葉片形盤珊瑚及盤星珊瑚，分枝形軸孔珊瑚因生長快速且健康狀況良好，2022 年再進行採集移植作業，共移植 114 株珊瑚；另在花瓶岩天然基質上進行珊瑚移植復育試驗，其附近有污水處理廠，且該處較多魔鬼海膽使基質乾淨較無藻類，較適合進行珊瑚移植復育作業，共移植分枝形鹿角珊瑚 28 株，合計山豬溝北堤水泥塊及花瓶岩移植珊瑚共 142 株。

五、3D 監測

3D 能精準監測，能夠量化多種珊瑚生長指標，如珊瑚覆蓋率、型態分布、珊瑚個別面積、珊瑚變化情形、群體大幅度變化案例，並能監測整個珊瑚群的尺度上監測變化(Figueira, Ferrari et al. 2015)，可用於量化珊瑚群或族群層面的增長與死亡的情況(Lange, Molina-Hernández et al. 2022)；在 111 與 112 年的調查結果中結構複雜度高至低分別為石梯坪、潮境、萬里桐，石梯坪以葉片/板葉形 14.8%為該地優勢型態，潮境以團塊/亞團塊形 7.9%及分枝形 7.2%為該地優勢型態，萬里桐以表覆形 3.9%及團塊/亞團塊形 3.7%為該地優勢型態；珊瑚覆蓋率潮境及萬里桐相較上一年都是下降，且部分珊瑚群體有消逝情形，石梯坪則是上升珊瑚有部分增長融合情形，顯示石梯坪珊瑚覆蓋率高且型態多樣，為較健康的珊瑚礁，萬里桐則反之；調查結果皆顯示與人為遊憩活動有高度相關(Chen& Dai, 2021)。

臺灣雖然歷經 111 年海洋熱浪引發的全臺珊瑚大白化事件，但約有 61%礁區的珊瑚仍維持穩定和健康。然而，112 年臺灣歷經 5 次颱風登陸並對珊瑚造成破壞，但尚未評估影響程度，以對臺灣珍貴的珊瑚資源保育成效能夠有效掌握和及時改善，促進永續發展。

六、近十年珊瑚覆蓋率變化

早期常依珊瑚覆蓋率分為 $>50\%$ 為優質、 $25\text{-}50\%$ 為尚可、 $<25\%$ 為劣質。但硬珊瑚覆蓋率在全球已呈現由 1960 年的 60%，減少至 1997 年的 36%，再繼續減少至 2018 年的 19% (樊與江, 2023)。以全球珊瑚礁監測網(Global Coral Reef Monitoring Network)為例，主要以硬珊瑚覆蓋率、藻類覆蓋率、珊瑚對藻類的比例等資料評估狀況(Souter et al., 2021; Kimura et al., 2022)。澳洲海洋科學院的大堡礁長期監測計畫主

要監測硬珊瑚覆蓋率，並分成 $>0\% - 10\%$ 、 $>10\% - 30\%$ 、 $>30\% - 50\%$ 、 $>50\% - 75\%$ 、 $>75\% - 100\%$ 等五個等級(<https://www.aims.gov.au/monitoring-great-barrier-reef/gbr-condition-summary-2022-23>)。

此外，國外的研究結果顯示，10%的硬珊瑚覆蓋率是珊瑚礁碳酸鈣生產的最低閾值(Darling et al., 2019)，也是國際自然保育聯盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)生態系紅皮書(Red List of Ecosystems)將珊瑚生態系評為崩潰(Collapsed)的閾值(Obura et al., 2022)，因此，建議將珊瑚覆蓋率低於10%的礁區列為已失去珊瑚礁特有和關鍵的結構與功能，縮寫為失能(樊, 2021)。由於珊瑚數量可能因颱風、大白化事件、污染、或遊憩活動而快速減少，並被藻類取代，建議再加上以珊瑚相對大型藻和毛叢藻數量的比例較高，維持以珊瑚為優勢、或是比例相近維持穩定、或是較低而衰退和變相以藻類為優勢，作為較詳細和完整評估珊瑚礁或珊瑚群聚健康狀況的依據。

臺灣各地珊瑚數量的調查歷年來陸續有在進行，近十年主要的文獻與調查地區整理如表 30。

表 30、臺灣近十年珊瑚調查主要的文獻與調查地區。依年代由近至遠排列。
V：有資料。環資：台灣環境資訊協會。

文獻\地區	北部	東部	南部	綠島 蘭嶼	小琉球	澎湖	東沙 南沙
本計畫	V	V	V	V	V	V	
環資，2022	V	V	V	V	V	V	
Kuo et al., 2022	V	V	V	V	V	V	
Lim et al., 2022					V		
樊，2021	V	V	V		V	V	
陳等，2021b	V	V	V	V	V	V	V
Huang et al., 2021	V	V	V	V		V	
陳，2020		V		V			
鄭與戴，2020						V	

Dang et al., 2020			V	V			
陳，2019	V	V	V	V	V	V	
陳與鄭，2019							V
鄭，2019							V
Lin and Denis, 2019	V		V	V			
Tkachenko and Soong, 2017							V
Hsieh et al., 2016						V	
Ribas-Deulofeu et al., 2016	V		V	V		V	
林，2014			V		V	V	V
Wen et al., 2013	V		V				

以涵蓋時間最長(從 1997 年到 2003 年和 2008 年到 2017 年)，和空間最廣(每年調查大約 18 個地點，共 71 個地點)的珊瑚礁體檢調查結果而言，臺灣珊瑚的平均覆蓋率從 1997 年的 33%，下降到 2017 年的 25.5% (Kuo et al., 2022)。2018 年調查臺灣周邊及離島 22 個地點珊瑚的平均覆蓋率為 38.8% (Huang et al., 2021)，而 2021 年調查臺灣周邊及離島 31 個地點 62 處珊瑚的平均覆蓋率為 28.3% (樊, 2021), 2022 年調查臺灣周邊及離島 30 個地點 60 處珊瑚的平均覆蓋率為 35.1% (本報告)。整體而言，珊瑚覆蓋率呈現較大變化，此與調查的年份、地點和方法的差異，人為干擾、氣候變遷衝擊，以及珊瑚群聚的高度空間異質性等都可能有關(鄭與戴, 2020; 樊, 2021; Kuo et al., 2022)。

硬珊瑚覆蓋率在全球呈現由 1960 年的 60%，減少至 1997 年的 36%，再繼續減少至 2018 年的 19%，其中只有東亞海域是唯一在 2019 年(36.8%)明顯高於早期數據(1983 年的 32.8%)。而臺灣目前為 30%，高於鄰近日本琉球(Ryukyu)群島的 22% 與菲律賓的 23%。此外，澳洲大堡礁近年硬珊瑚覆蓋率也增加，2022 年在北部、中部和南部分別為 36、33 和 34%，達到其過去 36 年監測數據的新高點(Eddy et al., 2021; Souter et al., 2021; 樊與江, 2023; Afzal et al., 2023; Chan et al., 2023; Feliciano et al., 2023; Tebbett et al., 2023)。

七、生存威脅

全球珊瑚的數量在近數十年正在快速減少，有些種類甚至面臨滅絕風險。珊瑚衰退的主要原因包括遭受不當的人為活動，如過漁、陸源的沉積物和廢水污染、油污染、非法或錯誤的海域遊憩行為等；氣候變遷包括海洋熱浪、強烈颱風數量增加、海洋酸化、冷水入侵；生物交互作用失衡，如天敵棘冠海星的爆發、空間競爭者藻類、海葵、海綿過度生長等。據估計，全球珊瑚礁的 33% 至 50% 已完全衰退，許多地區甚至已失去一半或更多的活珊瑚覆蓋面積，並且有三分之一的造礁珊瑚種類在 IUCN 紅皮書列為滅絕風險程度升高(Carpenter et al., 2008)。根據目前的環境軌跡，到 2050 年珊瑚礁預計將在功能上滅絕，珊瑚礁是最有可能因氣候變化而消失的生態系統之一(Bindoff et al., 2019)。

珊瑚礁的局部退化源於不永續的捕撈、管理不善的污染、沿海開發、旅遊活動等，並已被證明會降低珊瑚礁對氣候變遷驅動的白化和生態系統退化的抵抗力與恢復力。因此必須努力地顯著減少珊瑚礁退化的當地驅動因素，保育工作也需要以生存機會最大的珊瑚礁區為目標，以最終能夠重新補充受損和失去的珊瑚群聚與珊瑚礁。

(一)人為干擾

1. 過度捕撈

過度捕撈是影響珊瑚生態系最廣泛的人為影響，其直接造成生物體數量下降，以及族群結構和物種分布的變化，也間接可能會強烈影響珊瑚礁內的生物相互作用，並改變海洋食物網，食藻動物如藻食性魚類和海膽的減少造成藻類過度繁盛，被海藻覆蓋的珊瑚將

無法行光合作用而逐漸凋零，棲息於珊瑚縫隙的海洋生物也將居無定所，影響整體珊瑚生態系健康，並衰退和相變為以藻類為優勢，例如東沙環礁、小琉球、墾丁國家公園和其他地區的珊瑚礁，因此需要改善不永續的採捕珊瑚礁生物的行為(Liu, 2009; Dang et al., 2020)。

2. 陸源污染與不當活動

由於農業和旅遊業的過度發展、森林砍伐和土壤侵蝕，對沿海環境的負面影響急劇增加，如過多的化學肥料、殺蟲劑、廢水、沉積物、塑膠、塑膠微粒以及各種廢棄物被帶入沿海水域，使水質惡化並危害珊瑚健康與生存，例如墾丁國家公園海水養分和懸浮固體的較高值歸因於南灣周圍的徑流較高，營養鹽濃度和懸浮固體的通量與降雨量相關，並且懸浮固體和氮是導致珊瑚覆蓋率下降的主要因素(Meng et al., 2008)。而小琉球熱門海域遊憩地點的硬珊瑚數量通常低於鄰近非活動密集區的數量，顯示人為活動的踩踏對珊瑚有明顯不利的影響，甚至因大量且密集的遊客踩踏而成為平坦荒蕪的礁體，幾乎完全失去珊瑚礁特有的立體複雜結構；進行水肺潛水等活動時，也可能會不小心將珊瑚體弄斷，造成損害。長久下來，珊瑚礁區將不再具有維持生物多樣性、吸引生態旅遊活動，與蘊育漁業資源的生態功能與價值(張等, 2020)。

3. 船隻錨定和觸礁擱淺

船隻錨定的錨和鏈條，船體本身的強力撞擊、觸礁與擱淺，以及沉船的殘骸等，都會直接破壞當地的珊瑚礁礁體和造成許多珊瑚受損死亡，若又不幸石油外漏，會對當地生態造成難以恢復的傷害(Byrnes and Dunn, 2020)。例如墾丁國家公園海域過去曾發生船隻擱

淺或油污染造成珊瑚損失事件，包括 2001 年 1 月的阿瑪斯號貨輪在龍坑擱淺漏油、2009 年集裝箱船可倫坡皇后(Colombo Queen)號和油輪 W-O BUDMO 分別在臺灣南部的佳樂水和後灣擱淺(Chen et al., 2017)。另外，2016 年德翔臺北貨船沉船船體被珊瑚卡住需進行海底殘骸打撈(Fan et al., 2018)等。

4. 防曬產品

一些研究顯示，防曬乳中部分成分可能造成珊瑚白化，已有帛琉、美國夏威夷、美屬維京群島等具有珊瑚礁，並且高度倚賴海洋遊憩觀光的國家和地區，開始實施防曬乳管制來保護海洋環境，建議社會大眾選用珊瑚友善(Coral-friendly)的防曬產品，並以穿著防曬衣物為佳，善盡每個人對環境的社會責任(陳等, 2021)。

(二) 海洋污染與生態失衡

1. 沉積物污染

海岸和集水區的開發，容易造成水土未能保持良好。大雨過後大量泥土沖刷入海，容易造成水質混濁，使得珊瑚遭泥沙掩埋，窒息而死，造成大面積的永久傷害。現今臺灣各地的珊瑚礁區仍時常見到這般景象(Meng et al., 2008; 張等, 2020)。

2. 廢水污染

珊瑚生長的地區容易因為廢水排放而造成優養化的營養污染，舉凡家庭、商家、工廠所排放的廢水，以及假日期間遊客來訪珊瑚

礁區，短時間內累積大量的垃圾和廢水，因此廢水處理是重要的基礎建設。舉例來說，過去墾丁和恆春的污水開始進行截流和處理運作後，水質優養化的情形逐漸改善，珊瑚陸續恢復成長，數量明顯增加(Meng et al., 2008)。雖然小琉球目前已有3座聚落式污水處理設施啟用，預期污水排放造成污染的情形將有所改善，而由於小琉球珊瑚復育區主要在杉福港和山豬溝、花瓶岩和白沙港，並且杉福和山豬溝有較多分枝形軸孔珊瑚和鹿角珊瑚而具有較多造礁和提供棲地的功能，然而，因為藻類仍然非常多，雖有初步污水處理設施，但周邊的下水道接管率低，建議請屏東縣府主管機關優先盤點與提升這兩區的下水道接管率和污水處理率，以促進珊瑚復育和海洋保育提高成效(張等, 2020, 2021)。研究顯示小琉球沿海珊瑚礁海水、沉積物和石珊瑚中的塑膠微粒反映其受人為活動影響明顯的情況(Lim et al., 2022)，而小琉球沿海珊瑚礁沉積物中的微生物群聚部份菌相的高豐富度可能反映其為優養化的情況(Wang and Liu, 2023)。

若水質惡化會造成珊瑚的競爭者，如大型藻、毛叢藻、海葵、擬珊瑚海葵、海綿等過度生長，甚至大爆發而競爭排除珊瑚，進而取代珊瑚成為優勢物種的現象。在水質改善或是食藻動物增加後，珊瑚的競爭者數量消退，珊瑚逐漸恢復生長。陸源污染因其沉積物和養分徑流，藻類繁殖後覆蓋於珊瑚上，造成珊瑚光照減少和窒息，對近海珊瑚生態系統產生負面影響。改善時需注重於採用綜合流域管理方法，管理的重點是減少當地的壓力源(張等, 2020)。

3. 石油污染

石油洩漏事件對具有高度生態重要性的珊瑚礁格外受到重視。石油洩漏後，可能會污染潮間帶的珊瑚、分散在水層中，以及滲入沉積物而影響珊瑚礁，並造成多環芳烴、氯和營養物質的濃度增加，

許多生物死亡後分解的生物體釋放出無機養分，導致藻類大量繁殖和珊瑚覆蓋率下降。油污染對建造棲息地形成的物種，如造礁珊瑚，因其固著生活、吸收與捕食水中營養與食物的特性，可能會產生特殊生態後果的影響，如珊瑚白化、生長與生殖能力減弱或停止，甚至死亡。若發生在珊瑚生殖或子代散布、著苗和補充期間，因牠們會漂浮在海的表面，對污染會更加敏感，影響也會更大，可能降低幼生的活動力、抑制著苗和變態成珊瑚蟲、降低成功補充量和幼體的生理功能與生長等(Chen et al., 2017; Turner and Renegar, 2017)。

4. 天敵與疾病

珊瑚在自然環境中遭遇的天敵包括海星、螺類。棘冠海星大爆發造成珊瑚受損嚴重的現象，在澎湖和南沙太平島都曾經發生過。白結螺攝食珊瑚的情形在衰退或污染的地區，如北部、恆春半島西部、小琉球等很常見(鄭與戴, 2020; 樊, 2021)。

珊瑚疾病爆發、傳染而造成珊瑚死亡，是國際和臺灣所面臨日益嚴重的威脅。黑帶病在臺灣較常見，東北角卯澳的葉片形表孔珊瑚可能受疾病影響而有較多珊瑚受損。珊瑚疾病的預防控制首重環境管理，水質、營養供應與創傷是珊瑚發病率和死亡率的主要因素，而海洋暖化會使珊瑚疾病增加(戴與鄭, 2020; Huang et al., 2021; 樊, 2021; Lehmann, 2022)。

(三)氣候變遷

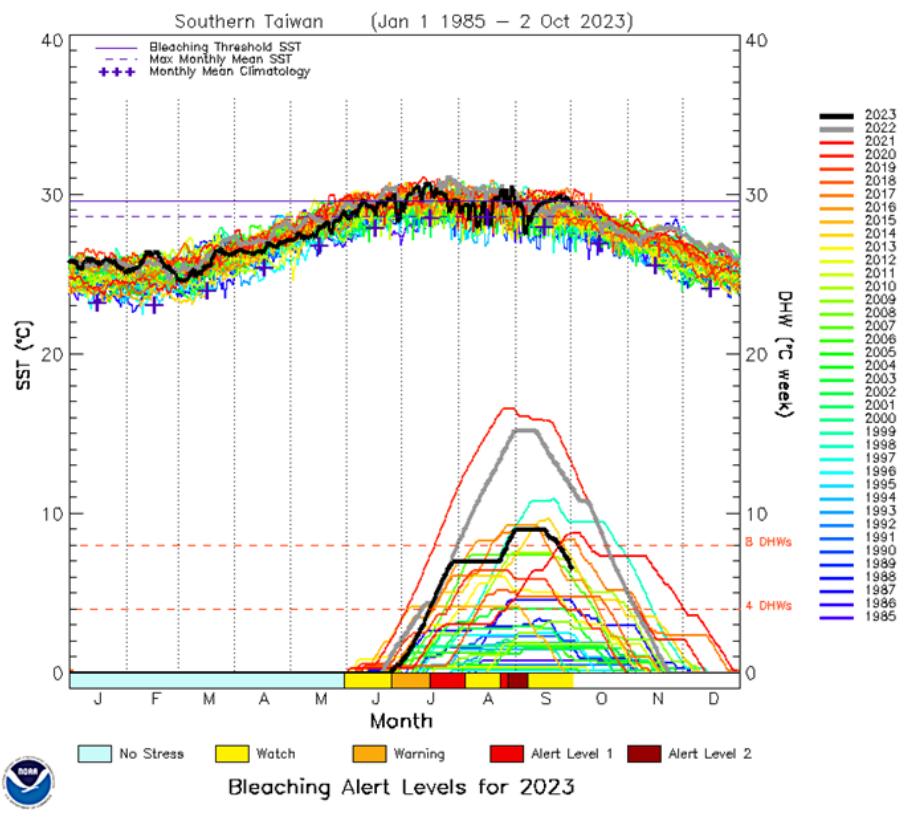
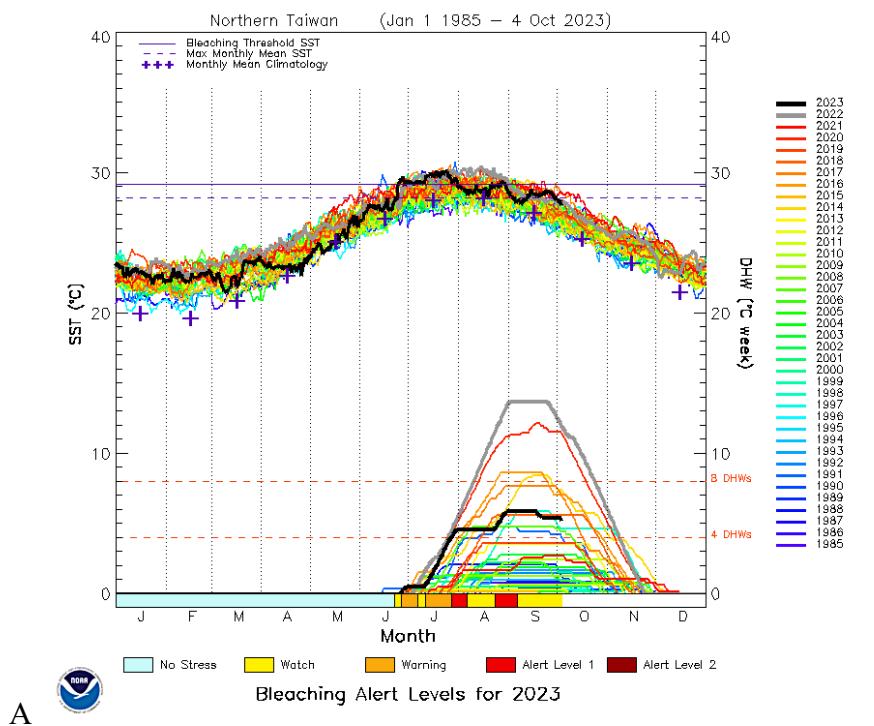
1. 海洋熱浪

自 18 世紀工業革命以來，人類活動產生大量的溫室氣體，使得

地球溫度節節升高，海洋熱浪衝擊是造成全球造礁珊瑚大量減少的主要因素之一，過去已分別在 1998、2010、2015、2016 和 2020 年發生全球性的珊瑚大白化和死亡事件。臺灣發生海洋熱浪造成珊瑚大白化事件，在北部的珊瑚群聚曾在 2018、2020 和 2022 年發生，南部的珊瑚礁則曾在 1998、2007、2016、2017、2020 和 2022 年發生，並且 2020 年臺灣的北部、東部、南部、西部、東沙島和南沙太平島全都發生，造成有紀錄以來最嚴重且範圍最廣的珊瑚大白化事件，顯示近年正在加速惡化，必須妥善規劃因應，以拯救珊瑚礁 (Cheng et al., 2020; 樊, 2021)。

美國海洋與大氣總署珊瑚礁觀測(Coral Reef Watch)所建立的衛星遙測海表面水溫，計算週熱化度數(Degree Heating Week, DHW)，其為最近 12 週內所累積的珊瑚白化熱緊迫(Stress)，當此度數達到 4，通常會發生嚴重的珊瑚白化，達到 8 則可能會發生嚴重且廣泛的珊瑚白化，並且預計會導致嚴重的死亡(圖 68)。週熱化度數在北臺灣、南臺灣和東沙歷年來前二高的年份與度數分別是 2022 年的 13.7 和 2020 年的 12.2, 2020 年的 16.6 和 2022 年的 15.2, 以及 2020 年的 15.2 和 1998 年的 13.6，且東沙已連續四年(2019 至 2022)皆大於 10，顯示珊瑚白化熱緊迫在全臺近年來都是快速惡化當中(表 31)。

2023 年 7 月開始至 10 月，臺灣陸續有 6 個颱風且影響全臺，使原本在白化警戒的臺灣，因颱風降低水溫也解除了警戒，而歷年週熱化度數更是自 2013 年的持續升高，終於在今年落在較低的範圍。



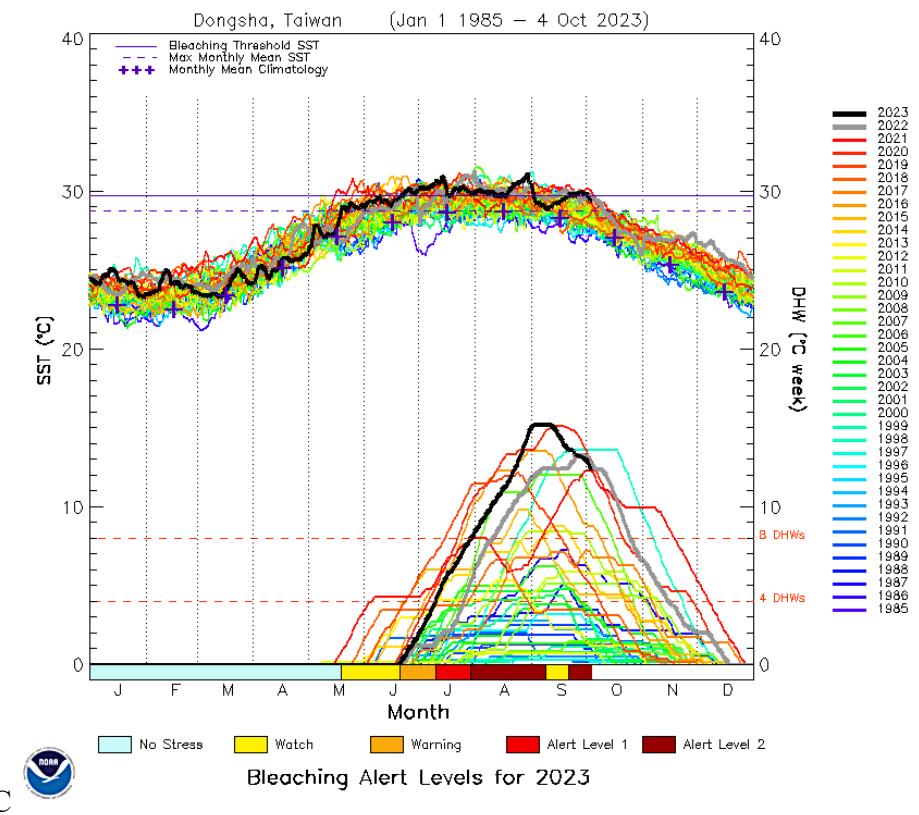


圖 68、歷年週熱化度數在北臺灣(A)、南臺灣(B)和東沙(C)的變化圖。

表 31、歷年週熱化度數最大值在北臺灣、南臺灣和東沙的資料。數值介於4.0~7.9之間以橘色標記，8.0以上以紅色加底線標記。

年\周熱化度數	北臺灣	南臺灣	東沙
1985	0.8	0.8	1.3
86	0.2	0	0.3
87	0.9	4.6	7.3
88	2.1	3.4	5.2
89	0.5	0	1.9
90	0.2	0	2.5
91	4.8	2.3	2
92	1.5	0.5	0.5
93	1.7	1.9	2.8
94	1	1.5	0.3
95	0	0	0.3
96	1.3	2.5	3.2
97	0.3	0.1	0.3
98	5.9	10.9	13.6
99	0.5	0	1.2
2000	0.3	1.7	3.9

1	2.3	2.1	0.8
2	0.5	2.9	4.4
3	2.8	4.1	4.8
4	1.8	1.5	3.8
5	0.2	0.3	1.4
6	2.2	1.9	6.3
7	4.8	7.4	12
8	0.3	0	1.5
9	1.3	3.2	5.2
10	2.5	7.6	8.5
11	0.6	1.8	5.9
12	0.3	0.4	0.8
13	3.6	6.1	5.3
14	8.5	9.7	8.8
15	0.2	4.2	9.8
16	8.6	9.3	13.5
17	7.7	9	7.1
18	5.6	5.2	6.6
19	3.6	6.5	12.2
20	12.2	16.6	15.2
21	2.7	8.8	12.3
22	13.7	15.2	12.8
23	5.9	9.0	15.2

2. 寒害

除了海洋熱浪造成的海水溫度異常升高會造成珊瑚大白化，甚至大量死亡事件之外，海水溫度異常寒冷也會造成珊瑚與許多海洋生物凍傷或死亡，即所謂的寒害。澎湖曾在 2008 和 2022 年受到極端低水溫事件造成珊瑚大量死亡(樊, 2021; Cheng et al., 2022)。

3. 颱風

臺灣每年有 3 至 6 個颱風侵襲，並曾對各個海洋與陸地生態系

統造成嚴重損失。颱風的頻率、強度和分布可能會隨著全球氣候變遷而變化，強烈颱風似乎呈現增加趨勢，而過去已有許多颱風破壞珊瑚的案例，如墾丁、小琉球、綠島、蘭嶼等。不過，颱風也能在海洋熱浪時降低水溫，如 2020 年無颱風造成熱浪，引發珊瑚大白化和大量死亡事件(Kuo et al., 2012; Chang et al., 2018; 樊, 2021)。

至 112 年 7 月前，臺灣已長達約 4 年無颱風登陸，而 7 月中旬至 10 月初總共經歷了 4 個中度颱風和 1 個強烈颱風，依序為杜蘇芮、卡努、蘇拉、海葵和小犬，其中海葵和小犬皆有登陸台灣，為台灣帶來強烈的風勢和雨勢，損失慘重。由於卡努颱風的行徑路線偏北，因此對北部及東北部的影響較為嚴重，而其餘 4 個颱風行徑路線皆偏南，對南臺灣海域造成嚴重打擊。杜蘇芮颱風過後，南部的後壁湖、出水口海域皆有大量珊瑚斷裂、甚至倒塌(圖 69)；小犬颱風先經過蘭嶼再直接從屏東鵝鑾鼻登陸，在蘭嶼測站測到最大強陣風 95.2 公尺/每秒，成為臺灣氣象紀錄史上最大強陣風紀錄，世界最強瞬間風速是 113.1 公尺/每秒，恆春半島地區九棚也測到了風速 71.8 公尺/每秒，風速皆超過 17 級，造成蘭嶼及南臺灣陸地資源毀損嚴重。預估今年的颱風衝擊可能對珊瑚造成明顯的破壞，但不同地點的情況可能不同，建議持續監測以瞭解並呈現各地珊瑚不同的受損狀況。



圖 69、臺灣南部出水口珊瑚受颱風影響而傾倒或斷裂在沙地上。

八、保育行動

透過分析臺灣珊瑚現況、所受威脅、相關調查研究及歷年國內外文獻等，以讓臺灣周邊海域成為氣候變遷下的珊瑚庇護所、減少影響珊瑚的威脅，並在生態規模上恢復珊瑚生態系統功能等為目標，以下就法令規範、調查與監測、棲地維護與保育等三大面向說明珊瑚保育作為的現況以及未來工作重點。

(一) 法令規範

1. 定期檢討保育類珊瑚物種

臺灣特有保育類珊瑚現有兩種。農委會於 2016 年修訂「保育類野生動物名錄」，新增 2 種臺灣特有種：福爾摩沙擬絲珊瑚 (*Pseudosiderastrea formosa*) 及 柴山多杯珊瑚 (*Polyctyanthus chiashanensis*)都屬瀕危物種，但是至今對於其分布和豐度、關鍵棲息地、生存能力、與滅絕風險等科學資料皆非常缺乏(Kuo et al., 2020)，而 Hoeksema 與 Arrigoni (2020)研究發現從印尼進口到荷蘭的活石上，有一些珊瑚屬於印尼未知的物種，其粒線體 COI 和核 ITS 序列與臺灣的柴山多杯珊瑚具有 100% 和 99.3% 相似，並建議應加強潮間帶與淺海的調查。

保育類野生動物名錄原則上兩年檢討、修正一次。可參考美國列管定期評估瀕危珊瑚物種來制定臺灣珊瑚保育類的評估標準，建立和提供野外辨認圖鑑的防水版本，並設立專案計畫，發起學術界主動積極尋找瀕危珊瑚的新分布與新族群，給予重要發現者高額獎勵，以有效推動珊瑚瀕危，及珊瑚保育與復育的管理成效(NOAA, 2014)。

2. 海洋保護區的增加與強化管理

海洋保護區是最有效維護棲地、促進生物多樣性與漁業資源永續利用的方法，尤其是經由食藻動物(如海龜、魚類、螺貝類、蝦蟹類和海膽等)的數量與習性，能有效控制與珊瑚競爭空間而危害珊瑚生存的毛叢藻和大型藻不至於過量，並促進珊瑚補充量增加。然而臺灣在改善海洋保護區的治理是一項重大挑戰，例如除了國家公園和漁業資源保育區外，海洋保護區缺乏明確的分區系統(Chung & Jao, 2022; 海洋保育署, 2022)。建議訂立劃設海洋保護區之逐年目標，以「2030 年前劃設 30% 海洋保護區」為目標，同時也建議應儘速通過海洋保育法，使各項保育計畫能有效推動與落實。

a. 生態保護區

在國家公園中，保護水平最高的區域是為保護生物多樣性和研究目的而設立的「生態保護區」，是禁止進入的區域，並擁有自己的國家公園警察隊作為海巡署之外的第二種執法形式(Chung & Jao, 2022)。生態保護區雖然是為保護生物多樣性和研究目的而設立的，不過，墾丁國家公園的萬里桐在 2018 年變更為海域生態保護區，受遊客活動造成珊瑚的物理性破壞，加上當地陸源性的污染，持續的廢水排放，水土保持不良使得大雨過後泥沙沖刷至海裡，並且過漁造成藻食性魚類太少，其深區(6 公尺深)珊瑚覆蓋率在 2021 年僅 9.4%，遠低於 1985 年的 47.5%，珊瑚群聚目前屬於失能的狀態，控制人為污染，並結合人潮管制，才是治本之道，也建議主動復育珊瑚，並進行監測與評估珊瑚復育方式，以改善珊瑚礁的功能(Kuo et al., 2012; 墾丁國家公園管理處, 2018；樊, 2021)，並依成果滾動式管理。

b. 漁業資源保育區

漁業資源保育區的分區系統包括「禁止進入或影響區」，其僅在科學研究、監測或復育之目的下，經主管機關許可，始得進入。在「禁止採捕區」，其全面禁止對自然資源或文化資產之採捕(開發)利用行為。在「分區多功能使用區」，其在永續利用前提下，限制某些採捕(開發)利用行為，惟仍容許某些程度的利用生態資源行為(Chung and Jao, 2022)。目前位於漁業資源保育區內，珊瑚覆蓋率<10%的失能礁區包括貢寮水產動植物繁殖保育區內的卯澳，琉球水產動植物繁殖保育區的漁埕尾、厚石裙礁、美人洞等，因此需要進行有效管理，並進行監測與評估珊瑚復育方式，以改善珊瑚群聚的功能(樊, 2021)。

c. 其他有效保育區域(Other Effective area-based Conservation Measures, OECM)

其他有效保育區域(或稱類保護區)雖然不是以生態保育為主要目標的保護區，但由於特殊的管制或管理目的而具有原地保育生物多樣性的功效，例如發電廠(如墾丁的核三廠、基隆的協和電廠)的進水口海域、工業港(高雄的永安液化天然氣接收站、花蓮的和平工業區專用港、雲林的麥寮工業區專用港)等，藉由工業區專用港的轉型，改善作業管理和人為污染，進行環境生態監測和經由認證而升級成為生態港，或如宜蘭的豆腐岬作為東北角暨宜蘭海岸國家風景區的遊憩區而改善環境，可讓珊瑚在港內生存，再創經濟發展與生態保育共存共榮，促進鄰近海域珊瑚的恢復(樊, 2021; 戴, 2021)。

3. 執法落實

a. 設立「管制站」，加強人為活動管理

於全臺生態保護區與漁業資源保育區中，尤其是失能的礁區，如萬里桐、卯澳、小琉球等地點設立「管制站」，安排人員不定時巡察，並向遊客宣導保育基本觀念(不採集生物、珊瑚不蓄意踩踏、不撞斷、不觸摸、垃圾不落地)。

b. 加強取締沿岸非法開發與廢水污染

應從強化環境影響評估之相關法規著手，強力取締非法的沿岸和集水區開發，及排放廢水行為，明訂海岸開發水下環境調查及評估項目並落實執法，避免珊瑚礁區，尤其是目前失能的礁區，受到更嚴重的危害。

(二)調查與監測

1. 多元調查監測方法的介紹

珊瑚監測計畫的首要目標是蒐集評估珊瑚生態系統變化狀況所需的科學數據，用於評估基於地點的珊瑚保護投資的有效性，有助於確保實現珊瑚計畫的目標和目的，並確保珊瑚生態系統和依賴牠們的社區從保護活動中受益。長期、全面的生態監測計劃及追蹤特定棲息地或生態系統的時間和空間變化，需保持一致、標準化和可比較的珊瑚監測方法，像珊瑚資源管理和保護界提供高品質的資料和資料產品。

珊瑚的調查與監測包括多種方法(表 32)，如適用於公民科學家的珊瑚礁體檢、珊瑚觀察等。過去珊瑚的調查與監測耗時費力，人

員訓練不易，人工記錄所得的資料不僅稀少，也不易標準化。隨著數位科技的進步，珊瑚生態調查已逐漸進步到使用照片、資料庫，與電腦軟體進行標準化分析，如珊瑚點計數(Coral Point Count, Kohler and Gill, 2006)；人工智慧輔助的半自動或全自動分析，如珊瑚網(CoralNet, <https://coralnet.ucsd.edu/>, Bejbom et al., 2015; Lozada-Misa et al., 2017; Williams et al., 2019; Escobar-Fadul et al., 2022; Ehrenberg et al., 2022; Lamirand et al., 2022)，大面積影像的3D監測等也逐漸發展成熟而廣泛應用(Chen and Dai, 2021)。

透過野外經由橫截線數位照相調查，能夠容易快速獲取大量影像。後續長期資料監測蒐集，須採用統一的調查監測方式，方能作為永久紀錄供後續分析、比對和查考之用。也符合面對數位經濟時代來臨，應有效建立運用長期資訊資料庫，並結合人工智慧、大數據分析等技術，以智慧化管理方式維護珊瑚資源。珊瑚礁監測項目計畫總體目標是蒐集評估各地珊瑚礁生態系統變化條件所需的科學數據，以利於對珊瑚和珊瑚礁生態系統的理解、可持續利用和長期保護(NOAA Coral Program, 2021; Towle et al., 2022)。

表 32、珊瑚監測調查方法比較表。

調查方法	難易度	訓練時間	紀錄方法	人工智能	適合族群
珊瑚觀察 Coral Watch	最易	約1天	手寫紀錄	無	公民科學家
珊瑚礁體檢 Reef Check	容易	約5天	手寫紀錄	無	公民科學家
珊瑚點計數 Coral Point Count	難	30-60天	照片	無	公民科學家 專家學者
珊瑚網 CoralNet	難	30-60天	照片	半自動分析	公民科學家 專家學者
3D監測	最難	30-180天	大量連續照片	半自動分析	專家學者

2. 建立監測合作網絡

透過辦理工作坊或教育訓練，邀請對珊瑚監測和保育有興趣的潛店、水族館、志工、水族愛好者與潛水人員，及各縣市政府、風景管理區、博物館與學術研究機關等相關單位，建立交流網絡，推動長期合作和擴大效應，培訓具有基本調查與監測珊瑚能力之人員，邀請人員使用珊瑚網或其他分析工具，並可成立社團群組，分享最新調查進度、珊瑚現況、珊瑚相關知識、經驗技術等。由注重保育的企業和當地社區居民參與，採取實地行動來支持與強化珊瑚礁的恢復力，是降低氣候變遷所產生的衝擊，並使珊瑚礁有最大機會來應對未來重大挑戰的關鍵。以正確、標準化、和非常快速地完成資料分析，獲得即時資訊且公開而進行教育宣導，儘早減少人為活動對珊瑚礁的衝擊，如此經由發展海洋公民科學計畫，為現有的科學知識和當地珊瑚礁的保護做出寶貴的貢獻，並向當地資源利用者提供資訊，以科學化和現代化地幫助保護海洋和管理決策(樊, 2021; 樊等, 2021a, 2021b; McFarland, 2021)。

(三)樓地保護與保育

1. 庇護所

雖然受到人為活動和氣候變遷衝擊，許多地區的珊瑚仍然能夠維持於良好的狀態而具有庇護所潛力，例如具有間歇性冷水降溫潛力的天然庇護所(如東沙外環礁)，或野外珊瑚礁高復原力的地區，如大振幅內波引發間歇性湧升流區(如恆春半島的南灣)、島嶼尾流區(如綠島的東部和北部)、環境狀況變動較大(如潮池)、或是混濁(如東北角、澎湖本島)的地點，並且全力優先保護天然庇護所礁區不受人為污染和破壞，以強化其抵抗氣候變遷的衝擊，並在其他地區珊瑚在受創之後能夠加速復原，是珊瑚礁保育長期有效經營管理的重

要工作之一(Hsu et al., 2019; Keshavmurthy et al., 2019; Burt et al., 2020; Lee et al., 2020; Zweifler et al., 2021; 樊等, 2021; Bachman et al., 2022; Camp, 2022)。

2. 陸源污染管理

陸源污染源包括沉積物、營養物質和其他污染物地表水、徑流、地下水滲流和大氣沉降到沿海水域。珊瑚礁生態系統的健康取決於有效的土地利用、水質和其他鄰近沿海和陸域的資源管理活動。例如墾丁國家公園海域水質長期監測顯示，夏季雨季營養鹽濃度的增加以及淡水輸入(土地開發和降雨衍生)導致的鹽度下降是對珊瑚礁生態系的主要衝擊。營養鹽流入主要歸因於當地上游密集村莊和旅館的廢水排放口。因此需要在控制遊客人數、治理污水排放、加強土地保護設施等方面進行改善(Chen et al., 2022)。

透過制定、協調和實施「流域管理計畫」，尋求增加各機構的資源和專業知識，並強化政府和民間相關業者共同合作，針對關鍵流域和污水處理進行規畫管理，定期有效地監測水質、建立水質目標，並有效執法，以減少陸域污染物排入海洋。結合源頭管理，減少泥沙沉積物和廢水排放，並在淨海清除垃圾、漁網時，也必須適度清除正在危害珊瑚的藻類與泥沙。

第五章 各項工作執行進度及後續工作執行進度規劃

111 年每月工作進度規劃：(灰底表格為預計完成進度，黑底表格為實際完成進度)

工作 項 目	進 度	111 年 度												
		六	七	八	九	十	十一	十二	一	二	三	四	五	
月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月														
一、珊瑚監測調查														
(一)召開諮詢會議，訂定珊瑚監測調查地點(111 年)	預定進度	■												
	累計進度	■												
(二)擇定珊瑚監測調查方法(111 年)	預定進度	■												
	累計進度	■												
(三)進行珊瑚監測調查(111 年)	預定進度	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	累計進度	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
二、珊瑚礁 3D 監測調查	預定進度	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	累計進度	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
三、協助辦理珊瑚相關行政業務														
(一)編撰該年度全臺珊瑚概況報告	預定進度		■	■	■	■	■	■	■	■				
	累計進度		■	■	■	■	■	■	■	■				
(二)設置連繫服務窗口	預定進度	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	累計進度	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
完成第一次期中書面報告與簡報	預定進度	■												
	累計進度	■												
完成第二次期中書面報告與簡報	預定進度								■	■				
	累計進度								■	■				

111 年實際野外調查時程：

6 月	萬里桐 3D、石梯坪 3D、潮境 3D、北部及東北部、東部
7 月	北部及東北部、東部、南部
8 月	蘭嶼、綠島、澎湖
9 月	小琉球

至第二次期中進度前已完成工作事項條列如下：

問卷填寫：6/10-6/22

契約書繳交：6/14

保險單繳交：6/14

線上會議：6/15

工作執行計畫書繳交：6/17(6/21 核定)

彙整問卷結果：6/22

行文各管理單位：6/24

協助邀請專家學者修訂《臺灣珊瑚保育計畫(草案)》：8/2~10/17

協助拍攝蘭嶼常見珊瑚物種照片：8/8~8/19

協助彙整民眾珊瑚白化回報：8/25~今

2D 各樣點分析

3D 各樣區分析

112 年每月工作進度規劃：(灰底表格為預計完成進度，黑底表格為實際完成進度)

工作 項 目	進 度	112 年 度											
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
一、珊瑚監測調查													
(三)進行珊瑚監測調查(112 年)	預定進度												
	累計進度												
二、珊瑚礁 3D 監測調查	預定進度												
	累計進度												
三、協助辦理珊瑚相關行政業務													
(一)編撰該年度全臺珊瑚概況報告	預定進度												
	累計進度												
(二)設置連繫服務窗口	預定進度												
	累計進度												
完成第三次期中書面報告與簡報	預定進度												
	累計進度												
完成期末書面報告(初稿)與簡報	預定進度												
	累計進度												
完成期末書面報告(定稿)	預定進度												
	累計進度												

112 年預計野外調查時程：

7 月	蘭嶼、潮境 3D、北部及東北部、東部
8 月	北部及東北部、東部

9 月	北部及東北部、東部
-----	-----------

112 年實際野外調查時程：

1 月	萬里桐 3D
2 月	南部
3 月	無
4 月	小琉球、綠島、東部
5 月	石梯坪 3D、澎湖
6 月	無
7 月	蘭嶼、北部及東北部、潮境 3D

第六章 結論與建議

整體而言，112 年度臺灣珊瑚狀況大致與 111 年相似，雖然歷經 111 年海洋熱浪引發全臺珊瑚大白化事件，但目前大部分(61%)珊瑚群聚維持穩定和健康，尤其是人為污染和干擾較少的東部、綠島、蘭嶼、和澎湖的許多礁區。然而，珊瑚衰退與失能較多的地區，包括北部及東北部、南部、小琉球，主要原因是人為的污染和干擾；除了遊客的直接踩踏碰觸可能會造成珊瑚的物理性破壞，因應人潮的環境開發會增加當地汙染源，如持續的廢水排放和水土保持不良使得大雨過後泥沙沖刷至海裡，並且過漁造成藻食性魚類太少，應結合設立海洋保護區並有效執法、人潮與環境開發及污染的管制，才是治本之道。

2D 監測部分建議比照國際如澳洲維持每年監測，監測地點雖一致，但可以有些季節的變動，這樣才能掌握大自然變化的情況。因氣候變遷衝擊愈益頻繁和嚴重，每年的狀況可能會呈較大變動，如 2020 和 2022 年是熱浪引發珊瑚大白化事件、2023 年是颱風破壞，必須每年監測才有持續性的資料和掌握新的變動；如今年的颱風衝擊可能對珊瑚造成明顯的破壞，但不同地點的情況可能有所差異，因此非常有必要持續地監測以對臺灣珊瑚群聚與珊瑚礁的保育成效能夠掌握與改善。此外，公民科學家執行的珊瑚礁體檢在臺灣的成效良好，本計畫的監測工作會持續進行推廣與教育訓練。

3D 監測部分樣區為固定樣區，可以精準監測每年樣區內的珊瑚覆蓋率、珊瑚型態、結構複雜度、消長情形及群體大幅度變化案例。建議後續可增加小琉球-花瓶岩、綠島-柴口為新的 3D 監測樣點；小琉球花瓶岩附近有汙水處理廠，且先前本團隊已有移植珊瑚在該區，因此評估可列為新的監測點；而近幾年綠島遊客越來越多因此建設也越來越頻繁，今年至柴口調查發現水較以前濁，因此評估可列為新的監測點。

參考文獻

- 台灣環境資訊協會。2020。2020 台灣珊瑚礁體檢成果報告。
https://teia.tw/ocean_lastestpost/%E6%AD%B7%E5%B9%B4%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%8F%8A%E7%91%9A%E7%A4%81%E9%AB%94%E6%AA%A2%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A/
- 台灣環境資訊協會。2022。台灣珊瑚礁體檢 12 年成果報告 (2009~2020)，第一版。
- 交通部中央氣象署 (2023)。海流全書下載。檢自 https://www.cwa.gov.tw/V8/C/K/Encyclopedia/sea/index_all.html (Dec. 08, 2023)
- 李逸環、楊清閔、李展榮、樊同雲。2011。環境與氣候變遷下珊瑚礁可能的庇護所與保育管理。珊瑚世界的探索與了解，7-17 頁。國立海洋生物博物館。
- 林家魁。2014。南中國海珊瑚礁底棲群聚結構的空間與時間比較。國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所碩士論文。
- 海洋委員會海洋保育署。2022。臺灣海洋保護區介紹。
<https://www.oca.gov.tw/ch/home.jsp?id=199&parentpath=0,5,197>。
- 張水鐸、劉莉蓮、樊同雲。2019。108 年琉球鄉海洋社區三生永續發展整合計畫 (II) 委託服務工作期末報告。屏東縣海洋及漁業事務管理所委託服務工作計畫。
- 張水鐸、劉莉蓮、樊同雲。2020。109 年琉球鄉海洋社區三生永續發展整合計畫 (II) 委託服務工作期末報告。屏東縣海洋及漁業事務管理所委託服務工作計畫。
- 張水鐸、劉莉蓮、樊同雲。2021。110 年琉球鄉海洋社區三生永續發展整合計畫 (III) 委託服務工作期末報告。屏東縣海洋及漁業事務管理所委託服務工作計畫。
- 張水鐸、劉莉蓮、張懿。2022。111 年小琉球海洋保護區近岸魚類與關鍵生物調查和復育委託服務工作期末報告。屏東縣海洋及漁業事務管理所委託服務工作計畫。
- 黃佳琳。2020。海洋臺灣：大藍國土紀實。經典雜誌。

陳冠言、戴昌鳳。2020。珊瑚礁立體結構的量化研究：以人為擾動對萬里桐珊瑚礁的影響為例。國立臺灣大學理學院海洋研究所碩士論文。

陳韋仁、黃千芬、魏志潾、單偉彌、柯佳吟。2021。「110 年度臺灣海域重要生態系及海洋保護區調查與生態服務價值評估」案成果報告書。海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫。

陳昭倫。2018。107 年墾丁國家公園珊瑚礁生態多樣性監測調查計畫成果報告。墾丁國家公園管理處辦理計畫。

陳昭倫。2019。108 年度珊瑚礁生態系調查計畫成果報告。海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫。

陳昭倫、鄭明修。2019。108 年度南沙太平島海洋生態系調查計畫成果報告。海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫。

葉宗旻、樊同雲。2019。打造屬於珊瑚的挪亞方舟—為珊瑚未來可能的巨變預作準備。奧秘海洋 98:4-7。

鄭有容。2019。東沙環礁國家公園海域資源評析。海洋國家公園管理處委託研究。

鄭明修、戴昌鳳。2020。澎湖南方四島國家公園海域長期生態監測與保育策略。國家公園學報 30 (1): 28-45。

樊同雲。2008。海洋生態重建復育不是夢—以珊瑚礁復育為例。海洋新世紀：21 世紀藍色革命新時代，高雄市政府海洋局。128-134 頁。

樊同雲。2012a。珊瑚對海水溫度變動反應的探索。科學月刊 509:392-393。

樊同雲。2012b。全球氣候變遷對珊瑚礁的衝擊與調適。海洋高雄 33:16-19。

樊同雲。2018。珊瑚水產養殖的興起。科學發展 551: 16-20。

樊同雲。2021。臺灣珊瑚監測交流網絡建立與保育策略規劃成果報告。海洋委員會海洋保育署委託辦理計畫。

樊同雲、江名祺。2023。環境與氣候變遷下珊瑚數量的變化。海洋漫波 15: 16-20。

樊同雲、林芳邦、邵廣昭。2021。南灣海域珊瑚礁生態系調查監

測報告。臺灣電力股份有限公司。

樊同雲、葉宗旻、藍國維。2021a。恆春墾丁珊瑚大白化怎麼辦？危機，轉機，利基！奧秘海洋 110: 14-21。

樊同雲、葉宗旻、譚之叡、墨心慈、鄭群學、藍國維。2021b。搶救珊瑚大作戰！奧秘海洋 111: 28-35。

墾丁國家公園管理處。2018。墾丁國家公園細部計畫（第四次通盤檢討）計畫書。

戴昌鳳。2012。東沙環礁國家公園自然資源與經營管理策略評析。海洋國家公園管理處委託研究。

戴昌鳳。2014。臺灣區域海洋學。國立臺灣大學出版中心。

戴昌鳳。2021。南方澳的珊瑚研究史與生態現況。2021 南方澳漁港百週年國際學術研討會，15-32 頁。

戴昌鳳、秦啟翔。2019。墾丁國家公園八放珊瑚生態圖鑑。墾丁國家公園管理處。

戴昌鳳、鄭有容。2020。臺灣珊瑚全圖鑑(上)：石珊瑚。貓頭鷹出版。

Afzal MS, Takeuchi K, Iguchi A, et al., 2023. An assessment of Ryukyu Archipelago's coral communities over a wide latitudinal range. Deep-Sea Research II 208: 105270.

Alleway HK, Waters TJ, Brummett R, et al. 2023. Global principles for restorative aquaculture to foster aquaculture practices that benefit the environment. Conservation Science and Practice 5: e12982.

Bachman SD, Kleypas JA, Erdmann M, et al., 2022. A global atlas of potential thermal refugia for coral reefs generated by internal gravity waves. Frontiers in Marine Science 9: 921879.

Bejbom O, Edmunds PJ, Roelfsema C, et al., 2015. Towards automated annotation of benthic survey images: variability of human experts and operational modes of automation. PLoS ONE 10: e0130312.

Bellwood DR, Pratchett MS, Morrison TH, et al., 2019. Coral reef conservation in the Anthropocene: Confronting spatial mismatches and prioritizing functions. Biological Conservation

236: 604-615.

- Bindoff NL, Cheung WWL, Kairo JG, et al., 2019. Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. In IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate, chapter 5, p.447-587 (Pörtner HO, Roberts DC, Masson-Delmotte V et al., eds.). IPCC, Geneva, Switzerland.
- Bostrom-Einarsson L, Babcock RC, Bayraktarov E, et al., 2020. Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. PLoS ONE 15: e0226631.
- Bruno JF, Cote IM, Toth LT. 2019. Climate change, coral loss, and the curious case of the parrotfish paradigm: Why don't marine protected areas improve reef resilience? Annual Review of Marine Science 11: 307–34.
- Burns JHR, Delparte D, Gates RD. et al., 2015. Integrating structure-from-motion photogrammetry with geospatial software as a novel technique for quantifying 3D ecological characteristics of coral reefs. PeerJ 3: e1077.
- Burt JA, Camp EF, Enochs IC, et al., 2020. Insights from extreme coral reefs in a changing world. Coral Reefs 39: 495-507.
- Byrnes TA, Dunn RJK. 2020. Boating- and shipping-related environmental impacts and example management measures: A review. Journal of Marine Science and Engineering 8: 908.
- Camp EF. 2022. Contingency planning for coral reefs in the Anthropocene; The potential of reef safe havens. Emerging Topics in Life Sciences. <https://doi.org/10.1042/ETLS20210232>
- Carpenter KE, Abrar M, Aeby G, et al., 2008. One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts. Science 321:560-563.
- Carter AL, Wilson AMW, Bello M, et al., 2020. Assessing opportunities to support coral reef climate change refugia in MPAs: a case study at the Revillagigedo Archipelago. Marine Policy 112: 103769.
- Chan YKS, Affendi YA, Ang PO, et al. 2023. Decadal stability in coral cover could mask hidden changes on reefs in the East Asian Seas. Communications Biology 6: 630.

- Chang KC, Hwung HH, Chuang CT. 2012. An exploration of stakeholder conflict over the Taiwanese marine protected area. *Ocean & Coastal Management* 55: 36-41.
- Chang CT, Vadeboncoeur MA, Lin TC. 2018. Resistance and resilience of social-ecological systems to recurrent typhoon disturbance on a subtropical island: Taiwan. *Ecosphere* 9: e02071.
- Chen CC, Tew KS, Ho PH, et al., 2017. The impact of two oil spill events on the water quality along coastal area of Kenting National Park, southern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 124: 974-983.
- Chen CJ, Chen WJ, Chang CF. 2021. Multispecies spawning of scleractinian corals in non-reefal coral communities of northern Taiwan in the northwestern Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science* 97: 351–371.
- Chen GK, Dai CF. 2021. Using 3D photogrammetry to quantify the subtle differences of coral reefs under the impacts of marine activities. *Marine Pollution Bulletin* 173: 113032.
- Chen YT, Ding DS, Lim YC, et al., 2022. Impact of polyethylene microplastics on coral *Goniopora columnata* causing oxidative stress and histopathology damages. *Science of the Total Environment* 828: 154234.
- Chen CJ, Ho YY, Chang CF. 2022. Re-examination of the phylogenetic relationship among Merulinidae subclades in non-reefal coral communities of Northeastern Taiwan. *Diversity* 14: 144.
- Chen CC, Hsieh HY, Mayfield AB, et al., 2022. The key impact on water quality on coral reefs in Kenting National Park. *Journal of Marine Science and Engineering* 10: 270.
- Cheng YR, Chin CH, Lin DF, et al., 2020. The probability of an unrecoverable coral community in Dongsha Atoll Marine National Park due to recurrent disturbances. *Sustainability* 12: 9052.
- Cheng CM, Cheng YR, Ding DS, et al., 2021. Effects of ciliate infection on the activities of two antioxidant enzymes (SOD and CAT) in captive coral (*Goniopora columnata*) and evaluation of drug therapy. *Biology* 10: 1216.

- Chu TW, Cheng CM, Cheng YR, et al., 2022. Evaluation of clove extract for drug therapy of ciliate infection in coral (*Goniopora columnna*). *Biology* 11: 280.
- Chuang CT, Chen JY, Chang KC, et al., 2013. Critical success factors analysis of implementing MPA at the Yilan Gueishan Island, Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology* 21: 423-429.
- Cheng YR, Yang C, Hu HY, et al., 2022. Coral coverage and species composition at two popular diving spots in the South Penghu Marine National Park, Taiwan after the cold-water event in 2022. *Journal of Fishery Society Taiwan* 49: 1-11.
- Chung HSE, Jao JC. 2022. Improving marine protected area governance: Concerns and possible solutions from Taiwan's practice. *Marine Policy* 140: 105078.
- Cirino L, Tsai S, Kuo FW, et al., 2021. Decline of *Seriatopora* (Scleractinia: Pocilloporidae) fecundity in Taiwan in 2018–2019. *Marine Biology Research* 17: 167-171.
- Clarke KR, Gorley RN, Somerfield PJ, et al. 2014. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E Ltd.
- Claudet J, Bopp L, Cheung WWL, et al., 2019. A roadmap for using the UN decade of ocean science for sustainable development in support of science, policy, and action. *One Earth* <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.012>.
- Dai CF. 1991a. Reef environment and coral fauna of southern Taiwan. *Atoll Research Bulletin* 354:1-28.
- Dai CF. 1991b. Distribution and adaptive strategies of alcyonacean corals in Nanwan Bay, Taiwan. *Hydrobiologia* 216/217: 241-246.
- Dang VDH, Cheung PY, Fong CL, et al., 2020. Sea urchins play an increasingly important role for coral resilience across reefs in Taiwan. *Frontiers in Marine Science* 7: 1025.
- Darling ES, McClanahan TR, Maina J, et al., 2019. Social–environmental drivers inform strategic management of coral reefs in the Anthropocene. *Nature Ecology & Evolution* 3:1341-1350.
- dela Cruz DW, PL Harrison. 2020. Enhancing coral recruitment through assisted mass settlement of cultured coral larvae. *PLoS*

ONE 15: e0242847.

- De Groot RS, Blignaut J, Van Der Ploeg A, et al., 2013. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology* 27: 1286-1293.
- De Palmas S, Denis V, Soto D, et al., 2021a. Scleractinian diversity in the upper mesophotic zone of Ludao (Taiwan): a museum collection with new records from Taiwanese waters. *Marine Biodiversity* 51: 80.
- De Palmas S, Soto D, Ho MJ, et al., 2021b. Strong horizontal and vertical connectivity in the coral *Pocillopora verrucosa* from Ludao, Taiwan, a small oceanic island. *PLoS ONE* 16(10): e0258181.
- DeCarlo TM, Cohen AL, Wong GT, et al., 2017. Mass coral mortality under local amplification of 2°C ocean warming. *Scientific Reports* 7(1):1-9.
- Ding DS, Sun WT, Pan CH. 2021. Feeding of a scleractinian coral, *Goniopora columnata*, on microalgae, yeast, and artificial feed in captivity. *Animals* 11: 3009.
- Ding DS, Wang SH, Sun WT, et al., 2022. The effect of feeding on *Briareum violacea* growth, survival and larval development under temperature and salinity Stress. *Biology* 11: 410.
- Dixon AM, Forster PM, Heron SF, et al., 2022. Future loss of local-scale thermal refugia in coral reef ecosystems. *PLOS Climate* 1(2): e0000004.
- Done T, Roelfsema C, Harvey A, et al., 2017. Reliability and utility of citizen science reef monitoring data collected by Reef Check Australia, 2002–2015. *Marine Pollution Bulletin* 117: 148–155.
- Donovan MK, Burkepile DE, Kratochwill C, et al., 2021. Local conditions magnify coral loss after marine heatwaves. *Science* 372 (6545): 977–980.
- Eddy TD, Lam VWY, Reygondeau G, et al., 2021. Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth* 4: 1278–1285.
- Edgar GJ, Stuart-Smith RD, Willis TJ, et al., 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506: 216.

Edwards CB, Eynaud Y, Williams GJ, et al., 2017. Large-area imaging reveals biologically driven non-random spatial patterns of corals at a remote reef. *Coral Reefs* 36: 1291–1305.

Ehrenberg J, Winston M, Oliver T, et al., 2022. Development of a semi-automated coral bleaching classifier in CoralNet: A summary of standard operating procedures and report of results. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-PIFSC- 133, 9 p. doi:10.25923/d0re-9y93

Escobar-Fadul X, Hein MY, Garrison K, et al., 2022. A guide to coral reef restoration for the tourism sector: Partnering with Caribbean tourism leaders to accelerate coral restoration. The Nature Conservancy.

Fang, L. S. 1988. The coral reefs of Taiwan. In: *Coral Reefs of the World*, vol. III. Central and western Pacific. S.M. Wells and M. D. Jenkins eds. International Union for Conservation of Natural and Natural Resources (IUCN) ,Cambridge, U. K. 279-287.

Feliciano GNR, Rollon RN, Licuanan WY. 2023. Coral community structure of Philippine fringing reefs is shaped by broad-scale hydrologic regimes and local environmental conditions. *Coral Reefs* <https://doi.org/10.1007/s00338-023-02391-7>

Ford AK, Eich A, McAndrews RS, et al., 2018. Evaluation of coral reef management effectiveness using conventional versus resilience-based metrics. *Ecological Indicators* 85:308-317.

Fukunaga A, Burns JHR. 2020. Metrics of coral reef structural complexity extracted from 3D mesh models and digital elevation models. *Remote Sensing*, 12: 2676.

Gouraguine A, Moranta J, Ruiz-Frau A, et al., 2019. Citizen science in data and resource-limited areas: A tool to detect long-term ecosystem changes. *PLoS ONE* 14(1): e0210007.

Goergen EA, Schopmeyer S, Moulding AL, et al., 2020. Coral reef restoration monitoring guide: Methods to evaluate restoration success from local to ecosystem scales. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 279. Silver Spring, MD. 145 pp.

Graham N, Nash K, 2013. The importance of structural complexity in coral reef ecosystem. *Coral Reefs* 32: 315-326.

Hargreaves-Allen VA, Mourato S, Milner- Gulland EJ. 2017. Drivers of coral reef marine protected area performance. *PLoS*

ONE 12: e0179394.

- Hein MY, McLeod IM, Shaver EC, et al., 2020. Coral reef restoration as a strategy to improve ecosystem services –A guide to coral restoration methods. United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya.
- Hsiao WV, Lin YV, Lin HT, et al., 2021. Learning from differences: Abiotic determinism of benthic communities in Northern Taiwan. *Marine Environmental Research* 170: 105361.
- Hsieh HJ, Chen CA, Dai CF, et al., 2007. From the drawing board to the field: an example for establishing an MPA in Penghu, Taiwan. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem* 17: 619–635.
- Hsieh HJ, Wen CKC, Huang YC, et al., 2016. Spatial patterns and environmental settings of non-reefal coral communities across the tropic of cancer in the Penghu Archipelago (Pescadores), Taiwan. *Zoological Studies* 55: 45.
- Hsu PC, Cheng KH, Jan S, et al., 2019. Vertical structure and surface patterns of Green Island wakes induced by the Kuroshio. *Deep-Sea Research Part I* 143: 1-16.
- Hsu PC, Lee HJ, Zheng Q, et al., 2020. Tide-induced periodic sea surface temperature drops in the coral reef area of Nanwan Bay, southern Taiwan. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 125: e2019JC015226.
- Hoeksema BW, Arrigoni R. 2020. DNA barcoding of a stowaway reef coral in the international aquarium trade results in a new distribution record. *Marine Biodiversity* 50: 41.
- Huang CY, Hwang JS, Yamashiro H, et al., 2021. Spatial and cross-seasonal patterns of coral diseases in reefs of Taiwan: high prevalence and regional variation. *Diseases of Aquatic Organisms* 146: 145–156.
- Hughes TP, DR Bellwood, SR Connolly, et al., 2014. Double jeopardy and global extinction risk in corals and reef fishes. *Current Biology* 24: 2946-2951.
- Hung CM, Huang CP, Hsieh SL, et al., 2022. Exposure of *Goniopora columnata* to polyethylene microplastics (PE-MPs): Effects of PE-MP concentration on extracellular polymeric substances and microbial community. *Chemosphere* 297: 134113.

- Johnson JV, Dick JTA, Pincheira-Donoso D. 2022a. Local anthropogenic stress does not exacerbate coral bleaching under global climate change. *Global Ecology and Biogeography* 31: 1228-1236.
- Johnson JV, Dick JTA, Pincheira-Donoso D. 2022b. Marine protected areas do not buffer corals from bleaching under global warming. *BMC Ecology and Evolution* 22: 58.
- Keshavmurthy S, Kuo CY, Huang YY, et al., 2019. Coral reef resilience in Taiwan: Lessons from long-term ecological research on the coral reefs of Kenting National Park (Taiwan). *Journal of Marine Science and Engineering* 7: 388.
- Keshavmurthy S, Beals M, Hsieh HJ, et al., 2021. Physiological plasticity of corals to temperature stress in marginal coral communities. *Science of the Total Environment* 758: 143628.
- Kimura T, Chou LM, Huang D, et al., 2022. Status and trends of East Asian Coral reefs: 1983–2019. *Global Coral Reef Monitoring Network*, East Asia Region.
- Kohler KE, Gill SM. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCE): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences* 32: 1259–1269.
- Kuo CY, Yuen YS, Meng PJ, et al., 2012. Recurrent disturbances and the degradation of hard coral communities in Taiwan. *PLoS ONE* 7: e44364
- Kuo CY, Ho MJ, Chen CH, et al., 2022. Taiwan. Kimura T, Chou LM, Huang D, et al., (eds). 2022. Status and trends of East Asian Coral reefs: 1983–2019. *Global Coral Reef Monitoring Network*, East Asia Region.
- Kuo CY, Keshavmurthy S, Huang YY, et al. 2023. Transitional coral ecosystem of Taiwan in the era of changing climate. Takeuchi I, Yamashiro H (eds.), *Coral Reefs of Eastern Asia under Anthropogenic Impacts*, *Coral Reefs of the World* 17.
- Lamirand M, Lozada-Misa P, Vargas-Ángel B, et al., 2022. Analysis of benthic survey images via CoralNet: a summary of standard operating procedures and guidelines. *PIFSC Administrative Report*, H-22-03, 129 p.
- Lehmann W. 2022. Coral reef aquarium husbandry and health.

Chapter 6, in Lewbart GA (ed) Invertebrate medicine. John Wiley & Sons, Inc.

- Lange ID, Perry CT. 2020. A quick, easy and non-invasive method to quantify coral growth rates using photogrammetry and 3D model comparisons. *Methods in Ecology and Evolution* 11: 714–726.
- Lee IH, Fan TY, Ko DS, et al., 2020. Temporal variations of daily temperature minima in coral reefs in Nanwan Bay, southern Taiwan. *Scientific Reports* 10: 8656.
- Levy N, Berman O, Yuval M, et al., 2022. Emerging 3D technologies for future reformation of coral reefs: Enhancing biodiversity using biomimetic structures based on designs by nature. *Science of the Total Environment* 830: 154749.
- Lim YC, Chen CW, Cheng YR, et al., 2022. Impacts of microplastics on scleractinian corals nearshore Liuqiu Island southwestern Taiwan. *Environmental Pollution* 306: in press.
- Lin YV, Denis V. 2019. Acknowledging differences: number, characteristics, and distribution of marine benthic communities along Taiwan coast. *Ecosphere* 10: e02803.
- Lin PI, Ku GCM, Lin HH, et al., 2022. Investigating sources of marine litter and developing coping strategies in scuba diving spots in Taiwan. *Sustainability* 14: 5726.
- Lin CH, Takahashi S, Mulla AJ, et al., 2021. Moonrise timing is key for synchronized spawning in coral *Dipsastraea speciosa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118: e2101985118.
- Liu PJ, Shao KT, Jan RQ, et al., 2009. A trophic model of fringing coral reefs in Nanwan Bay, southern Taiwan suggests overfishing. *Marine Environmental Research* 68: 106–117.
- Liu G, Heron S, Eakin C, et al., 2014. Reef-scale thermal stress monitoring of coral ecosystems: New 5-km global products from NOAA Coral Reef Watch. *Remote Sensing* 6(11): 11579-11606.
- Lozada-Misa P, Schumacher BD, Vargas-Ángel B. 2017. Analysis of benthic survey images via CoralNet: a summary of standard operating procedures and guidelines. *Pacific Islands Fisheries Science Center., National Marine Fisheries Service., NOAA, Honolulu, HI 96818-5007. Pacific Islands Fish. Science Center.*

Admin. Rep. H-17-02, 175 p.

- Marshall P. 2018. Coral reef community of ocean action: Interim review and strategic plan. UN Environment Programme & International Coral Reef Initiative.
- Marshall P, Schuttenberg H. 2006. A reef manager's guide to coral bleaching. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia.
- Maynard JA, Marshall PA, Parker B, et al., 2017. A guide to assessing coral reef resilience for decision support. Nairobi, Kenya: UN Environment.
- Maynard N, Château PA, Ribas-Deulofeu L, et al., 2019. Using internet surveys to estimate visitors' willingness to pay for coral reef conservation in the Kenting National Park, Taiwan. Water 11: 1411.
- McCauley DJ, Pinsky ML, Palumbi SR, et al., 2015. Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. Science 347:248-254.
- McFarland BJ. 2021. Conservation of tropical coral reefs: A review of financial and strategic solutions. Palgrave Macmillan, Switzerland.
- McLeod E, Shaver EC, Beger M, et al., 2021. Using resilience assessments to inform the management and conservation of coral reef ecosystems. Journal of Environmental Management 277: 111384.
- McRae CJ, Huang WB, Fan TY, et al., 2021a. Effects of thermal conditioning on the performance of *Pocillopora acuta* adult coral colonies and their offspring. Coral Reefs 40: 1491–1503.
- McRae CJ, Mayfield AB, Huang WB, et al., 2021b. Contrasting proteomic responses of adult and larval coral to high temperatures. Frontiers in Marine Science 8: 716124.
- Mellin C, MacNeil MA, Cheal AJ. 2016. Marine protected areas increase resilience among coral reef communities. Ecology Letters 19: 629-637.
- Meng PJ, Lee HJ, Wang JT, et al., 2008. A long-term survey on anthropogenic impacts to the water quality of coral reefs, southern Taiwan. Environmental Pollution 156: 67–75.

- Morikawa MK, Palumbi SR. 2019. Using naturally occurring climate resilient corals to construct bleaching-resistant nurseries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116: 10586-10591.
- Mulla AJ, Lin CH, Takahashi S, et al., 2021. Photo-movement of coral larvae influences vertical positioning in the ocean. *Coral Reefs* 40: 1297–1306.
- NOAA. 2014. Endangered and threatened wildlife and plants: Final listing determinations on proposal to list 66 reef-building coral species and to reclassify elkhorn and staghorn corals. *Federal Registration* 79: 53852–54123.
- NOAA Coral Program. 2021. National coral reef monitoring plan. Silver Spring, MD, NOAA Coral Reef Conservation Program.
- Nozawa Y, Lin CH, Meng PJ. 2020. Sea urchins (diadematids) promote coral recovery via recruitment on Taiwanese reefs. *Coral Reefs* 39:1199-1207.
- Obura, D., Gudka, M., Samoilys, M. et al., 2021. Vulnerability to collapse of coral reef ecosystems in the Western Indian Ocean. *Nature Sustainability* 5: 104–113.
- Prideaux B, Pabel A. 2018. Coral reefs: Tourism, conservation and management. Australia: Routledge.
- Reverter M, Helber SB, Rohde S, et al., 2022. Coral reef benthic community changes in the Anthropocene: Biogeographic heterogeneity, overlooked configurations, and methodology. *Global Change Biology* 28: 1956-1971.
- Ribas-Deulofeu L, Denis V, De Palmas S, et al., 2016. Structure of benthic communities along the Taiwan latitudinal gradient. *PLoS ONE* 11(8):e0160601.
- Ribas-Deulofeu L, Château PA, Denis V. et al., 2021a. Portraying gradients of structural complexity in coral reefs using fine-scale depth profiles. *Frontiers in Marine Science* 8: 675853.
- Ribas-Deulofeu L, Denis V, Château PA, et al., 2021b. Impacts of heat stress and storm events on the benthic communities of Kenting National Park (Taiwan). *PeerJ* 9: e11744.
- Rinkevich B. 2020. Ecological engineering approaches in coral reef restoration. *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsaa022.

- Rodríguez-Ramírez A, González-Rivero M, Beijbom O, et al., 2020. A contemporary baseline record of the world's coral reefs. *Scientific Data* 7: 355.
- Roelfsema C, Thurstan R, Beger M, et al., 2016. A citizen science approach: A detailed ecological assessment of subtropical reefs at Point Lookout, Australia. *PLoS ONE* 11(10): e0163407.
- Schmidt GM, Wall M, Taylor M, et al., 2016. Large-amplitude internal waves sustain coral health during thermal stress. *Coral Reefs* 35:869-881.
- Schmidt-Roach S, Duarte CM, Hauser CAE, et al., 2020. Beyond reef restoration: Next-generation techniques for coral gardening, landscaping, and outreach. *Frontiers in Marine Science* 7:672.
- Selmoni O, Lecellier G, Ainley L, et al., 2020. Using modern conservation tools for innovative management of coral reefs: The MANACO Consortium. *Frontiers in Marine Science* 7: 609.
- Shaver EC, Courtney CA, West JM, et al., 2020. A manager's guide to coral reef restoration planning and design. NOAA Coral Reef Conservation Program. NOAA Technical Memorandum CRCP 36, 128 pp.
- Shih YC, Chiau WY. 2009. Planning a marine protected area at Chinwan, Penghu, Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 52: 433–438.
- Souter, D., Planes, S., Wicquart, J., Logan, M., Obura, D., Staub, F. 2021. Status of coral reefs of the world: 2020. Coral Reef Initiative, Global Coral Reef Monitoring Network.
- Sturaro N, Hsieh YE, Chen Q, et al., 2021. Trophic plasticity of mixotrophic corals under contrasting environments. *Functional Ecology* 35: 2841-2855.
- Sully S, Burkepile DE, Donovan MK, et al., 2019. A global analysis of coral bleaching over the past two decades. *Nature Communications* 10: 1264.
- Sully S, van Woesik R. 2020. Turbid reefs moderate coral bleaching under climate related temperature stress. *Global Change Biology* 26:1367–1373.
- Sully S, Hodhson G, van Woesik R. 2022. Present and future bright and dark spots for coral reefs through climate change. *Global Change Biology* 00: 1-14.

- Suka R, Asbury M, Gray AE, et al., 2019. Processing photomosaic imagery of coral reefs using structure-from-motion standard operating procedures. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-PIFSC-93, 54 p.
- Tebbett SB, Connolly SR, Bellwood DR. 2023. Benthic composition changes on coral reefs at global scales. *Nature Ecology & Evolution* 7:71-81.
- Tkachenko KS, Soong K. 2010. Protection of habitat types: a case study of the effectiveness of a small marine reserve and impacts of different habitats on the diversity and abundance of coral reef fishes. *Zoological Studies* 49:195-210.
- Tkachenko KS, Wu BJ, Fang LS, et al., 2007. Dynamics of a coral reef community after mass mortality of branching *Acropora* corals and an outbreak of anemones. *Marine Biology* 151: 185-194.
- Tkachenko KS, Soong K. 2017. Dongsha Atoll: A potential thermal refuge for reef-building corals in the South China Sea. *Marine Environmental Research* 127: 112-125.
- Tseng WWC, Hsu SH, Chen CC. 2015. Estimating the willingness to pay to protect coral reefs from potential damage caused by climate change: The evidence from Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 101: 556–565.
- Towle EK, Donovan EC, Kelsey H, et al., 2022. A national status report on United States coral reefs based on 2012–2018 data from National Oceanic and Atmospheric Administration’s National Coral Reef Monitoring Program. *Frontiers in Marine Science* 8:812216.
- Turner NR, Renegar DA. 2017. Petroleum hydrocarbon toxicity to corals: a review. *Marine Pollution Bulletin* 119: 1-16.
- UNEP. 2017. Coral bleaching futures - Downscaled projections of bleaching conditions for the world’s coral reefs, implications of climate policy and management responses. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Urbina-Barreto I, Garnier R, Elise S, et al., 2021. Which method for which purpose? A comparison of line intercept transect and underwater photogrammetry methods for coral reef surveys. *Frontiers in Marine Science* 8: 577.

- Urbina-Barreto I, Guilhaumon F, Elise S, et al., 2022. Underwater photogrammetry reveals new links between coral reefscape traits and fishes that ensure key functions. *Ecosphere* 13: e3934.
- van Woesik R, C Kratochwill. 2022. A global coral-bleaching database, 1980–2020. *Scientific Data* 9: 20.
- van Woesik R, Shlesinger T, Grottoli AG, et al., 2022. Coral-bleaching responses to climate change across biological scales. *Global Change Biology* 28: 4229-4250.
- Wall M, Putchim L, Schmidt GM, et al., 2015. Large-amplitude internal waves benefit corals during thermal stress. *Proceedings of the Royal Society B* 282: 20140650.
- Wang CM, Chen LS, Ting HK, et al., 2014. Institutional arrangements for the management of marine protected areas in Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 98: 62-69.
- Wang JT, Wang YT, Chen CA, et al., 2022. Extra high superoxide dismutase in host tissue is associated with improving bleaching resistance in “thermal adapted” and *Durusdinium trenchii*-associating coral. *PeerJ* 10: e12746.
- Wang FY, Liu MY. 2023. Microbial community diversity of coral reef sediments on Liuqiu Island, Southwestern Taiwan. *Journal of Marine Science and Engineering* 11: 85.
- Wen CK, Chen KS, Hsieh HJ. 2013. High coral cover and subsequent high fish richness on mature breakwaters in Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 72:55-63.
- West JM, Salm RV. 2003. Resistance and resilience to coral bleaching: Implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology* 17:956-967.
- Williams ID, Couch C, Beijbom O, et al., 2019. Leveraging automated image analysis tools to transform our capacity to assess status and trends of coral reefs. *Frontiers in Marine Science* 6. doi: 10.3389/fmars.2019.00222.
- Wilson KL, Tittensor DP, Worm B, et al., 2020. Incorporating climate change adaptation into marine protected area planning. *Global Change Biology* 26:3251–3267.
- Woodhead AJ, Hicks CC, Norstrom AV, et al., 2019. Coral reef ecosystem services in the Anthropocene. *Functional Ecology*. 33:1023–1034.

- Wu CC, Tsai HM. 2016. Capacity building for tourism development in a nested social-ecological system: A case study of the South Penghu Archipelago Marine National Park, Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 123: 66-73.
- Yang TL, Lee STM, Tsai PY, et al., 2017. Spatial variation in the benthic community structure of coral reefs of Hsiaoliuchiu, Taiwan. *Platax* 14: 62-81.
- Yang CM, Li JJ, Chiang HC. 2011. Stakeholders' perspective on the sustainable utilization of marine protected areas in Green Island, Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 54: 771-780.
- Yang YC, Wang HZ, Chang SK. 2013. Social dimensions in the success of a marine protected area: A case in a Taiwan fishing community. *Coastal Management* 41: 161-171.
- Ye, ZM, Anderson B. Mayfield, Fan TY. 2023. Variable Responses to a Marine Heat Wave in Five Fringing Reefs of Southern Taiwan. *Applied Sciences* 13: 5554.
- Yeung YH, Xie JY, Kwok CK, et al., 2021. Hong Kong's subtropical scleractinian coral communities: Baseline, environmental drivers and management implications. *Marine Pollution Bulletin* 167.
- Young GC, Dey S, Rogers AD, et al., 2017. Cost and time-effective method for multiscale measures of rugosity, fractal dimension, and vector dispersion from coral reef 3D models. *PLoS ONE*, 13: e0201847.
- Yu JK, Wang HY, Lee SC, et al. 1999. Genetic structure of a scleractinian coral, *Mycodium elephantotus*, in Taiwan. *Marine Biology* 133: 21-28.
- Zweifler A, O'Leary M, Morgan K, et al., 2021. Turbid coral reefs: Past, present and future—A review. *Diversity* 13: 251.

附錄一、線上問卷調查範本

[會以 Google 表單的方式開放給受邀的單位填寫]

大家好，我們是國立海洋生物博物館珊瑚實驗室。

本團隊進行珊瑚的相關研究已有三十餘年，今年度將延續去年(110 年)的全臺灣珊瑚礁調查監測計畫，持續記錄全臺灣的珊瑚礁生態狀況。

歡迎大家填寫今年度珊瑚礁調查監測地點的問卷調查，讓我們彙集意見並討論出今年的調查監測地點。

- 為感謝您提供寶貴意見，將贈送面額 NT\$100 的超商禮券作為答謝。
- 由於本問卷有設定目標族群，故請勿將問卷連結外流。
- 於問卷留下的個資僅供此計畫使用，不會外流，敬請放心填寫。
- 問卷填寫於 6/22(三)中午 12:00 截止。

【基本資料】

- 姓名：
- 潛水資歷： 5 年以下 5-10 年 10-15 年 15 年以上
- 服務單位&職稱：
- 最近一次潛水的時間與地點(年/月/日/地點)，若沒有潛水經驗請寫「無」。

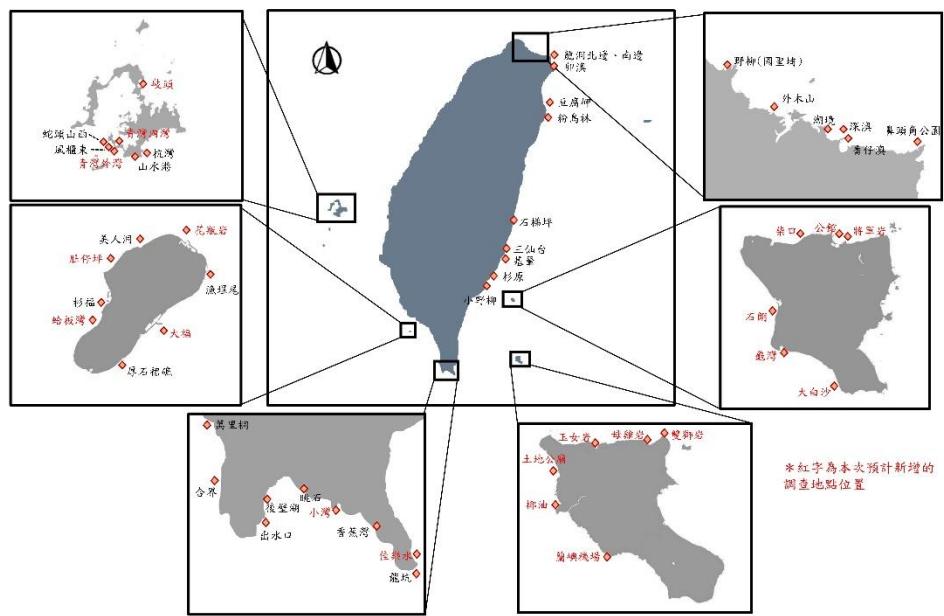
【珊瑚調查監測候選地點】

本團隊於去年(110 年)執行海保署計畫，調查全臺灣和離島的珊瑚生態共 31 處。本次計畫為建立長期監測的基礎，原則上「從去年已調查的地點」，以及「2020 和 2021 年珊瑚礁體檢調查地點」之中做挑選，以利後續比對。

預計調查監測的作法為：在水深 2-10 公尺以淺的區域，利用水下數位相機和特製的照相框架，進行至少 3 條 30 公尺橫截線的數位照相調查，每一深度 3 條 30 公尺橫截線共 270 張照片，每一地點共 540 張照片，記錄每條橫截線的底棲生物、基質。上岸後再利用珊瑚網(CoralNet)分析底棲生物種類，計算其覆蓋率，並統計珊瑚各屬的覆蓋率比較。

* 以下圖片若看不清楚，電腦版使用者可將圖片另存至電腦放大觀看，手機版使用者直接用手指將圖片放大觀看

下圖為去年本團隊調查監測地圖(黑字地點)，也將預計新增調查地點的大致位置標示上去(紅字地點)：



下圖為去年本團隊根據調查整理的珊瑚群聚現況表：



下表為 2020、2021 年珊瑚礁體檢與去年本團隊調查資料之珊瑚覆蓋率比較表（「~」代表由珊瑚礁體檢結果圖中點位估計數值並以 4 捨 5 入計；「-」為無資料。）：

區域	地點	深度	珊瑚礁體檢		本計畫數據 2021
			2020	2021	
北部	野柳 (國聖埔)	1m	31. 3	-	39. 7
		3m	-	-	39. 0
	外木山	5m	-	-	20. 7
		10m	-	-	8. 5
	潮境	5m	-	-	29. 2
		10m	37. 5	-	44. 4
	番仔澳	5m	19. 4	-	12. 2
		10m	16. 9	-	29. 1
	深澳	5m	-	-	31. 3
		10m	-	-	25. 5
	鼻頭公園	5m	25	-	39. 1
		10m	-	-	25. 5
	龍洞四號 北側	5m	21	-	14. 1
		10m	38. 8	-	25. 9
	龍洞四號 南側	5m	10	-	11. 9
		10m	28. 1	-	22. 6
	卯澳	5m	-	-	8. 7
		10m	-	-	12. 1
宜蘭	豆腐岬	3m	-	-	73. 6
		6m	-	-	27. 7
	粉鳥林	3m	-	-	11. 9
		6m	-	-	0. 3
花蓮	石梯坪	5m	50. 6	-	30
		10m	-	-	41. 5
臺東	小野柳	3m	-	-	35. 9
		5m	-	-	45. 3
	杉原中礁	5-8m	26. 9	-	40
		6m	18. 1	-	14. 7
	基翹船澳	3m	48. 8	-	54. 9
		6m	38. 6	-	55. 4
		6-12m	30. 7	-	-
	三仙臺南邊	5m	-	-	53. 3
		7m	-	-	64. 6

區域	地點	深度	珊瑚礁體檢		本計畫數據 2021
			2020	2021	
綠島	大白沙	5m	53. 1	~60	-
		10m	~60	~60	-
		6-12m	58. 1	~60	-
	龜灣	5m	68. 8	~60	-
		10m	53. 1	~60	-
	石朗	5m	64. 4	~60	-
		10m	53. 1	~60	-
		6-12m	55	~60	
蘭嶼	玉女岩	5m	-	~60	-
		10m	69	-	-
		6-12m	65. 6	-	-
	母雞岩	5m	55	-	-
		10m	~70	-	-
		6-12m	68. 8	-	-
	南獅(雙獅岩)	5m	38. 1	-	-
		10m	~60	-	-
		6-12m	56. 3	-	-
南部	萬里桐	3m	-	-	17. 5
		6m	-	-	9. 4
	核三廠出水口	5m	-	-	29. 6
		10m	-	-	51. 4
	眺石	5m	-	-	34. 9
		10m	-	-	42. 1
	後壁湖 5 月	2-6m	55. 6	-	-
		6-12m	50	-	-
	後壁湖花園 軟珊瑚區 9 月	5m	41. 9	-	12. 6
		10m	40	-	44. 4
	後壁湖花園 10 月	5m	40	-	-
		10m	45. 6	-	-
	合界 4 月	2-6m	48. 7	40. 0	-
		6-12m	59. 4	50. 6	-
	合界 9 月	5m	53. 8	-	26
		10m	67. 5	-	41. 1
	合界 11 月(秋)	5m	35	-	-
		10m	43. 1	-	-
	香蕉灣	5m	-	-	24
		10m	-	-	25. 4
	龍坑	5m	-	-	39. 2
		10m	-	-	33. 1

區域	地點	深度	珊瑚礁體檢		本計畫數據 2021
			2020	2021	
小琉球	漁埕尾	5m	3.8	-	1.7
		10m	~10	-	4.3
	厚石裙礁	5m	18.8	-	7.4
		10m	3.8	-	2.9
	杉福	5m	-	-	14.2
		10m	-	-	10.1
	美人洞	5m	26.9	-	9.4
		10m	~20	-	13.6
		6-12m	22.5	-	-
澎湖	杭灣	5m	29.4	44.4	33
		10m	-	-	32
	山水港	4-5m	28.1	31.3	40.5
		7m	-	-	21.3
	蛇頭山西	1m	-	-	32.9
		5m	-	-	41.2
	風櫃東(青灣)	5m	-	-	41.4
		10m	-	-	32.0
	東嶼坪西側	-	63.8	78.1	-
	東嶼坪東側	-	64.4	50.0	-
	西嶼坪南側	-	69.4	69.4	-

看完後請回答以下問題：

- 【北部：野柳(國聖埔)、外木山、潮境、番仔澳、深澳】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 【東北部：鼻頭角公園、龍洞北邊、龍洞南邊、卯澳】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 【東部：豆腐岬、粉鳥林、石梯坪、小野柳、杉原、基翹、三仙臺】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 【南部：萬里桐、合界、出水口、後壁湖、眺石、香蕉灣、龍坑、小灣、佳樂水】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 【小琉球：漁埕尾、厚石裙礁、杉福、美人洞、大福、蛤板灣、肚仔坪、花瓶岩】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 【澎湖：杭灣、山水港、蛇頭山西、風櫃東、岐頭、青灣外灣、青灣內

灣】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

- 綠島【大白沙、龜灣、石朗、柴口、公館、將軍岩】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 蘭嶼【玉女岩、母雞岩、雙獅岩、蘭嶼機場、椰油、土地公廟】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？
- 有其他需要新增的地點與優先順序嗎？
- 關於標記用的固定樁有什麼建議嗎？
- 對於珊瑚調查監測有什麼建議嗎？

感謝您提供寶貴意見，將贈送面額 NT\$100 的超商禮券作為答謝。

- 收取禮券方式： 虛擬序號 實體卡
- 若選擇「虛擬序號」，請提供 Email：(禮卷寄送)
- 若選擇「實體卡」，請提供通訊地址：(禮卷寄送)

附錄二、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」審查會議委員意見回覆

壹、時間：111 年 5 月 13 日(星期五)上午 10 時 30 分

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主席：吳副署長龍靜

肆、與會人員與單位代表發言內容及書面意見(依發言順序)：

以下為鄭委員有容提問：

問題	回答
1. 機關有提到要做到「歷年的回顧」，但在服務建議書中僅說明調查結束後編撰「該年度」全臺珊瑚概況報告。應修正以統整歷年資料為目標，並且一併列入為計畫主要成果之一。	歷年資料回顧會補充進工作計畫書和預期成果裡。
2. 淺礁、深礁的定義為何？	淺礁、深礁的定義是以珊瑚礁體檢的水深 5 公尺和 10 公尺為基準，但會因為實際可行深度來調整。一般來說會在 10 公尺以內，但有的地方 10 公尺處沒有珊瑚生長，所以會以深度遞減的方式先找到有珊瑚的地方作為深礁，而該處的淺礁則是深礁深度除以 2 的地方，如此一來也能和珊瑚礁體檢與本團隊去年的資料做比較。
3. 35 乘 35 公分的樣框應該比較小，且 CoralNet 分析上為什麼是在照片上隨機撒 50 個樣點，這樣的條件設定是否會高估或低估？	<ol style="list-style-type: none">臺灣很多地方水很濁，水一濁、框架高度一拉高，影像就會不清楚。依照以往經驗，35 乘 35 公分這樣的規格是可以普遍使用且已行之有年。2007 年有一篇眺石的研究報告，在 35 乘 35 公分樣框內隨機撒下 50 個點，資料的穩定性佳，因此沿用此方式，在科學研究發表和品質上都具說服力。以一個地點一個深度而言，3 條 30 公尺橫截線，底部 35 乘 35 公分的照相框架，共 270 張照片，每個照片 50 個隨機樣點，總共 13500 個樣點。

4.歷年資料的彙整，要不要也跟珊瑚礁體檢的方式一樣分成十類？	珊瑚礁體檢分成十類，包括硬珊瑚、軟珊瑚、新死珊瑚、藻類、海綿、岩石、碎石、沙、泥沙、其他等。本計畫初級分為硬珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、珊瑚藻、大型藻、毛叢藻、基質或其他(如海膽、海參、海綿、岩石、碎石、沙、泥等)較能反映生態和保育狀況，例如珊瑚藻對珊瑚利大於弊，而大型藻與毛叢藻對珊瑚則弊大於利。
5.珊瑚的覆蓋率以屬來當層級，會不會不足？要不要把群聚項的變遷也加入？	1. 要 CoralNet 分到種很困難，即使是專家也不容易，而且分不正確也不好。 2. CoralNet 分到屬的準確率高達七成，未來如果有其他地點要創設 Source，準確度還會再提高，而且科學上來說分到屬已經足夠，除非針對指定的珊瑚才會分到種。
6.3D 選 5 乘 5 平方公尺的範圍有無代表性？怎麼呈現？能不能和之前的調查作比較？	3D 選擇 5 乘 5 平方公尺是基本大小。臺灣剛開始做 3D，在技術上還是有些困難要克服。本團隊今年第一次執行先挑選 3 個點，開始建立資料：萬里桐主要是延續之前的樣框來比較，潮境以前也有試著拍攝，石梯坪是位於東部的保護區，而且該地是珊瑚狀況比較良好的地方。可以的話將會以 2D 和 3D 資料做一個比較的可行性。
7.3D 監測方式如何確保能與其他歷年資料做競合？特別是生長不規則的珊瑚種類。	不同珊瑚的生長形在分析上會有差別，而 3D 影像會經過正射校正，正確率很高；2D 分析覆蓋率是沒問題的，要分析 3D 的結構複雜度也可以，只不過需要專業能力。若要做保育和管理方面，2D 資料就足夠了。
8.3D 三處的地點建議從去年調查過的地區去挑選。	預計進行調查的基隆潮境、花蓮石梯坪、恆春萬里桐都是去年調查過的地點。

以下為劉委員商隱提問：

問題	回答
1.CoralNet 的目的是，訓練的 Database 愈多，公民科學家不用手動鑑定照片就	CoralNet 操作手冊的內容是參考美國發表的 CoralNet SOP。人工智

能分析，但操作手冊缺乏人工智能分析過程，是否可以加進去？畢竟後續希望能夠能運用於民間。	能分析過程並非本團隊專業。操作流程圖可補充，讓使用者一目了然。
2.CoralNet 的 Source 標籤是如何定義？標籤能有相對應的圖例？有利於未來請民間幫忙的話比較方便。	標籤是在創造 Source 的時候就有設定。圖例之後若要更新會再整合一起來做，讓 SOP 變得更完整方便。
3.CoralNet 操作介面對一般人來說門檻較高，看能不能透過這次計畫，把介面中文化？	<ol style="list-style-type: none"> 去年培育成功且實際執行的公民科學家僅有 3 位，而其他學過此套系統的公民科學家沒有什麼機會能實際運用；今年 3 月培訓台達基金會的 12 位潛水志工，他們的學習能力和作業品質皆良好。 運用新科技跟專業人士學習比較有成效，若有需要可以協助培訓署裡的同仁，且未來運用的機會比較大。一般民眾沿用珊瑚礁體檢的做法應已足夠。 CoralNet 中文化並非本團隊專業，操作至今也順利，而且過幾年可能又會改版，加上本團隊已製做中文版手冊，若有需要再中英對照。
4.3D 監測如果最終目的是在公民科學化的話不適切，民間可能無法普及，而且設備和技術操作上對民間來說具有挑戰性。	3D 監測主要是學界應用新興數位技術，掌握更完整正確的珊瑚特性。民間可能只有科技業潛水志工較適合。
5.深礁和淺礁的定義為何？	淺礁、深礁的定義是以珊瑚礁體檢的水深 5 公尺和 10 公尺為基準，但會因為實際可行深度來調整。一般來說會在 10 公尺以內，但有的地方 10 公尺處沒有珊瑚生長，所以會以深度遞減的方式先找到有珊瑚的地方作為深礁，而該處的淺礁則是深礁深度除以 2 的地方，如此一來也能和珊瑚礁體檢與本團隊去年的資料做比較。
6.是否將白化珊瑚也放進 CoralNet 的標籤裡進行定義？	已有白化珊瑚標籤，白化珊瑚不太能用 AI 去辨識，必須用人工方式來確認。

7.對於去年完成 CoralNet 訓練的公民科學家是否有個問卷追蹤？	去年 70 幾位參與工作坊的公民科學家目前仍持續會跟他們聯繫和合作。
-------------------------------------	------------------------------------

以下為方委員力行提問：

問題	回答
1.計畫書中需有對之前珊瑚調查報告的回顧，以及提及今年計畫需作項目的關聯性、創意性或差異性。	1. 遵照辦理。 2. 監測今年最大的改進就是加了固定樁可以確保下一次來監測會是同一個地點。3D 是應用新興數位技術，以掌握更完整正確的珊瑚與珊瑚礁立體複雜結構的特性，並與國際先進接軌。
2.計畫中沒有注意到不同生態系中珊瑚的角色完全不同，如南部海域是珊瑚礁生態系，東部和北部是礁岩生態系，對非珊瑚礁生態系而言，珊瑚只是不同生態系中出現的物種而已。但以往報告對外界的表達或教育推廣上可能會通稱為珊瑚礁生態系，擔心民眾會誤會，宜予澄清。	遵照辦理，並在報告中加強說明。
3.本計畫中對於保育種(如柴山多杯孔珊瑚)反而沒有特別要調查，或許此類珊瑚本來就是數量少的邊緣物種，並非主體。請予說明。	柴山多杯孔珊瑚在調查中並沒有發現，且此物種在臺灣西岸較有分布。
4.請明確界定計畫書中預定要協助行政業務的兩項工作：一、評估生態，確認研究價值；二、確認其復育機率的評估標準。目前來看此次的調查計畫不會到太細部，若要確認研究價值和復育機率，必須要提出一個標準，也要確認其研究價值，以及思考復育機率要如何去判斷。	「確認研究價值和復育機率」並非此次計畫工作，已移除。

以下為羅委員進明提問：

問題	回答
1.本署綜合規劃組另有計畫進行臺灣海域重要生態系及海洋保護區調查與生態服務價值評估，預計在臺灣幾個海域評估生態系服務價值，潮境也為其中一個點位，後續調查資料應可互相交流。	若有工作上或是資料上的需求，本團隊樂意協助。
2.CoralNet AI 珊瑚成功辨識的機率為	珊瑚網(CoralNet)自動分析的正確

何？	率在野外珊瑚是 63%。若分析藻類或其他物種，因為影像訊號不多，正確率就會很低。此計畫的分析是聚焦在珊瑚上，珊瑚也較能夠正確分析和保育推廣比較重要。
3.3D 影像從推廣教育的角度來看，後續加值運用的可能性如何？是否能從成果擷取一段海域的珊瑚影像，放置各海洋驛站提供民眾觀賞，增強對珊瑚的印象與認識。	3D 視覺化的確是一個可見且有效的成果，海洋驛站若有需要本團隊可以幫忙做，署裡的同仁想學的話也樂意教學。

以下為林副召集人天賞提問：

問題	回答
1. 使用電子郵件的問卷調查至少 20 份，是否有預先規劃問卷發送對象及詳細內容？	1. 問卷發送對象除了簡報上列的 26 位專家學者，也有規劃發送給民間的潛水業者(淨海前哨站)、愛海人士等，人數會再增加。 2. 問卷有做初步的設計，得標後會寄給受邀對象填寫。
2. 珊瑚監測調查樣點之 30 個候選地點是否可說明選擇之依據？	30 個候選地點是依據之前珊瑚礁體檢，以及本團隊去年執行署裡的計畫監測的地點來選擇。
3. 珊瑚礁 3D 監測調查預計在基隆潮境、花蓮石梯坪、恆春萬里桐進行調查，選擇此三處原因為何？	萬里桐主要是延續之前的樣框來比較，潮境以前也有試著拍攝，石梯坪是位於東部的保護區，而且該地是珊瑚狀況比較良好的地方。
4. 本案規劃臺灣本島北部、東部、南部及離島澎湖、綠島、蘭嶼、小琉球等 7 個地區進行珊瑚監測調查，調查時程與安排為何？	得標後預計先去拍攝 3D 樣框，接著離島，再來北部、東部，南部最後。今年調查時程比較趕，明年時間較寬裕。

以下為吳召集人龍靜提問：

問題	回答
1. 未來調查過程中若發現異狀，或需發布相關調查結果，應先知會本署。另小琉球珊瑚議題持續討論熱烈，再請適時回報當地現況。	遵照辦理，若之後遇到相關問題會先請示署裡的意見再進行後續處理。
2. 在地守護團隊進行珊瑚調查發現澎湖南方四島白化嚴重，是否有瞭解相關資訊？或預計安排進行調查？	由於本計畫工作量大，南方四島可能沒辦法去。會瞭解相關資訊，也希望學界大家可以彼此合作，交流資料與資訊以擴大成效。

3. 使用攝影測量進行 3D 監測調查，是否有固定使用的儀器？若設備不同，結果是否會有落差？影像是否透過 3D 眼鏡即可看到？	1. 基本上使用 TG-6 水下相機拍攝最為普遍且易上手，也能使用單眼相機拍攝，兩者皆能呈現 3D 影像，而單眼的拍攝效果會比 TG 系列解析度更高與資料量更大。 2. 不用 3D 眼鏡即可看到。
---	---

附錄三、問卷內容結果統計

更新時間：111 年 6 月 22 日 12:00

問卷數量：20

【潛水資歷】

- 5 年以下：4 人
- 5-10 年：5 人
- 10-15 年：3 人
- 15 年以上：8 人

【服務單位】

- 學術/研究單位人員：7 人
- 海洋文學作家：1 人
- 環境顧問人員：1 人
- 海洋相關基金會人員：2 人
- 在地民宿業者：2 人
- 潛店人員/教練：5 人
- 學生：1 人
- 醫師：1 人

【最近一次潛水的時間與地點】

- 2018/07/25 墾丁
- 2022/04 龍洞
- 2022/04/29 澎湖南方四島
- 2022/05/06 北方三島
- 2022/05/08 綠島
- 2022/05/17 海口礁(臺灣南部)
- 2022/05/26 墾丁
- 2022/06/05 基隆
- 2022/06/08 小琉球(肚仔坪外 28 米)
- 2022/06/10 臺灣東北角
- 2022/06/10 綠島
- 2022/06/12
- 2022/06/13 小琉球
- 2022/06/13 蘭嶼
- 2022/06/18 水晶宮(東北角)
- 2022/06/19

- 三仙臺
- 好幾年前了
- 職業因素，每天都會下水
- 無

【北部：野柳(國聖埔)、外木山、潮境、番仔澳、深澳】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

- 分數計算 16 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
潮境	25	15
深澳	27	11
外木山	20	10
野柳(國聖埔)	15	8
番仔澳	9	4

- 其他回覆：

1. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
2. 經驗不足，無法判斷。
3. 在該地區沒有豐富的潛水經驗，因此對地點的選擇沒有意見。
4. 希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？

【東北部：鼻頭角公園、龍洞北邊、龍洞南邊、卯澳】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

- 分數計算 16 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
龍洞南邊	26	13
龍洞北邊	27	13
鼻頭角公園	18	12
卯澳	27	11

- 其他回覆：

1. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
2. 經驗不足，無法判斷。
3. 在該地區沒有豐富的潛水經驗，因此對地點的選擇沒有意見。

4. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

【東部：豆腐岬、粉鳥林、石梯坪、小野柳、杉原、基翹、三仙臺】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

● 分數計算 18 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
石梯坪	26	14
豆腐岬	20	9
杉原	25	9
基翹	21	8
粉鳥林	13	7
三仙臺	12	6
小野柳	9	3

● 其他回覆：

1. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
2. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

【南部：萬里桐、合界、出水口、後壁湖、眺石、香蕉灣、龍坑、小灣、佳樂水】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

● 分數計算 18 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
出水口	22	13
後壁湖	33	12
合界	15	11
萬里桐	25	11
眺石	19	6
香蕉灣	18	4
佳樂水	21	4
龍坑	10	2

小灣	14	2
----	----	---

● 其他回覆：

1. 一位受訪者認為「後灣」是最需要調查監測的第一順位。
2. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
3. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

【小琉球：漁埕尾、厚石裙礁、杉福、美人洞、大福、蛤板灣、肚仔坪、花瓶岩】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

● 分數計算 18 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
杉福	25	12
厚石裙礁	27	11
漁埕尾	29	11
美人洞	26	10
花瓶岩	30	10
大福	25	6
蛤板灣	17	5
肚仔坪	8	2

● 其他回覆：

1. 一位受訪者說：「漁埕尾、厚石裙礁、美人洞等是近十幾年來一直在監測的地點。」
2. 在該地區沒有豐富的潛水經驗，因此對地點的選擇沒有意見。
3. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

【澎湖：杭灣、山水港、蛇頭山西、風櫃東、岐頭、青灣外灣、青灣內灣】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

● 分數計算 15 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
----	------	-----------

山水港	20	11
青灣內灣	22	9
杭灣	12	8
岐頭	24	8
蛇頭山西	12	5
風櫃東	12	5
青灣外灣	10	3

● 其他回覆：

1. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
2. 經驗不足，無法判斷。
3. 在該地區沒有豐富的潛水經驗，因此對地點的選擇沒有意見。
4. 不熟。
5. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

綠島【大白沙、龜灣、石朗、柴口、公館、將軍岩】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

● 分數計算 16 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
石朗	27	15
柴口	24	12
大白沙	17	9
公館	23	8
龜灣	12	5
將軍岩	12	3

● 其他回覆：

1. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
2. 在該地區沒有豐富的潛水經驗，因此對地點的選擇沒有意見。
3. 不熟。
4. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

蘭嶼【玉女岩、母雞岩、雙獅岩、蘭嶼機場、椰油、土地公廟】當中，您認為最需要調查監測的至少三個地點與優先順序為何？

● 分數計算 15 份

地點	分數加總	此地點被提及的次數
玉女岩	17	11
椰油	17	9
母雞岩	15	8
雙獅岩	23	8
蘭嶼機場	13	6
土地公廟	20	6

● 其他回覆：

1. 有一位受訪者提議在「青青草原、小蘭嶼」也做調查監測。
2. 並非我熟悉的海域，無法給予建議。
3. 經驗不足，無法判斷。
4. 在該地區沒有豐富的潛水經驗，因此對地點的選擇沒有意見。
5. 不熟。
6. 如上述(希望每一個地方都可以做，即便是衰退、失能的地區仍有變數。健康的地區會不會有「事件」發生，可以用於前後比較。不健康的地區不會因為缺乏管理就會好轉，若能因此推保育區，降低人為對海的負擔，又會不會恢復呢？)

【有其他需要新增的地點與優先順序嗎？】

● 共 11 則：

1. 澎湖的「將軍嶼」、「鹽寮灣」。
2. 澎湖七美的「月鯉灣」。
3. 小琉球的部份可再增加「杉福」、「肚仔坪」、「蛤板灣」。
4. 青青草原、小蘭嶼、龜山島、北方三島、目斗、吉貝、姑婆、外垵、隘門、七美、東吉、西及、望安、七美、東嶼坪、西嶼坪。
5. 一區三個樣點似乎有所不足，例如綠島、蘭嶼和墾丁的東面都沒有樣點，是否應補齊？
6. 不好意思，因為過往只有常駐在小琉球以及墾丁，偶爾去趟綠島、蘭嶼潛水，沒有去過北部、東部以及澎湖，所以對於這些地區的潛點相當不熟悉，對於監測地點的優先順序我覺得除了由調查紀錄判斷以外應該還必須考慮各個潛點周遭環境開發、環保議題等等相關問題後才有辦法列出先後名次，所以上面某先問題才會填寫無法判斷。

如果以我的想法來看監測地點的話，我會各選擇一個潛客多以及潛客少的地點來做比對資料，最後加上一個當地原先珊瑚狀態良好的地區，但若潛點附近已知的開發案可能影響水下生態的話就會將這個潛點也納入監測對象。

7. 除了知道健康與失能的海域之外，能比較活躍的人為活動與幾乎野生的海域受到的影響。如果計畫設計有結合當地潛水業者，能執行的難度也可以降低，範圍更廣泛。
8. 小琉球的「海子口」。
9. 我認為「海口」可以作為臺灣南部的優先地點。
10. 恒春頂白沙。
11. 澎湖南方山島(薰衣草)。

【關於標記用的固定樁有什麼建議嗎？】

- 共 10 則：

1. 避開活珊瑚、標示清楚避免誤會。
2. 千萬不要在活珊瑚體上打固定樁。
3. 建議海保署或國海院訂定國家海底生態監測標記用固定樁的 SOP。
4. 釘在岩石上，不要破壞活珊瑚或地形。
5. 最好用一標示物說明，標明固定樁之作用，讓潛客看到後，能明白其作用，才不致於又被拍照上網說破壞生態環境。
6. 要廣讓大家知道正在做珊瑚監測、固定樁打的位置不要直接加壓珊瑚。
7. 也許在每個調查點進行 GPS 標記。
8. 可以宣導讓大家知道這是什麼。
9. 要標示用途及單位.以免別人以為是自潛客/搞破壞的人做的。
10. 研究珊瑚，就是一種保護，盡可能減少傷害減少垃圾其實都沒有關係，畢竟有研究才有保護。

【對於珊瑚調查監測有什麼建議嗎？】

- 共 12 則：

1. 長時間定期、方法統一、鑑定程級盡量到種(後續也才知道要保復育什麼)。
2. 與地方管理機關(如墾丁國家公園、東海岸國家風景區...等)合作商定監測點，並由地方機關執行監測。
3. 應每年針對重點地點，如失能的礁區，進行監測至珊瑚恢復穩定。
不定期調查更多地點以擴大瞭解各地珊瑚因應人為活動與氣候變遷衝擊的最新發展。
4. 魚類調查建議用計數的，不要用錄影的，偏差極大。
5. 除了珊瑚礁調查監測，不曉得是否也會記錄遭漁網覆蓋的情況？也希望

能一併瞭解。

6. 關於珊瑚調查及監測，它不是一門功課，報告打完就結束，而是窮其一生的志業，一天兩天看不到牠的改變，牠的改變也代表著人類生活習慣的轉變。
7. 不要寫春夏秋冬四季調查這種笨問題。
8. 水質監測。
9. 可以在珊瑚礁島小琉球，多辦一些讓當地居民或是遊客容易瞭解或參與的活動，也許對珊瑚的人為影響會減低，也可以更知道檢測的重要性。
10. 進行 3D 調查可能有用(在每個區域的調查地點中的一部分範圍使用大面積成像)。
11. 監測結果是否能給與政府相關單位及環保組織建言，該採取哪方面相關的措施來維護？
12. 真的很辛苦！加油。

附錄四、調查監測函發文範本

抄本

檔 號：

保存年限：

國立海洋生物博物館 函

地址：94450屏東縣車城鄉後灣村後灣路2號
承辦人：樊同雲
電話：08-8825001分機2248
傳真：08-8825085
電子郵件：tyfan@mmba.gov.tw

受文者：如正本、副本

發文日期：中華民國111年6月24日

發文字號：海企字第1110002483號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如說明

主旨：本館樊同雲研究員團隊執行海洋保育署委託之計畫，將不定期至貴市所轄之海域內進行潛水珊瑚調查監測一案，請惠允見復。

說明：

一、本團隊為執行海洋保育署委託之「111-112年珊瑚監測調查計畫」，擬於111年6月21日起至112年12月20日止，將不定期至貴市所轄之潮境、外木山海域內進行潛水珊瑚調查監測作業，並於水下設置營釘作為固定樁，以利後續相同位置監測，無涉物種採集。

二、事前於固定樁上標示地點與珊瑚監測用說明，「橫截線照相監測」於起點和終點各設置固定樁1支，有2個深度，總共4支；「大範圍攝影監測」於每個樣區的四個角落各設置固定樁1支，總共4支。固定樁距離活珊瑚至少10公分，以固定樁釘入死亡珊瑚骨骼或礁岩，再以水下塑鋼土黏著固定。

三、本團隊調查時會遵守貴市政府相關規範及安全規定。

四、工作執行計畫書(如附件1)、固定樁說明(如附件2)及海保



署同意函如附件3。

五、潛水調查期間如遇不可抗拒因素，則延期辦理但天數不變。

正本：基隆市政府

副本：海洋委員會海洋保育署

表

訂

稿



附錄五、海保署同意變更監測地點來函

檔 號：
保存年限：

海洋委員會海洋保育署 函

地址：80661高雄市前鎮區成功二路25號7樓
聯絡人：邱昭茹
聯絡電話：07-3382057 #262222
傳真電話：07-3381663
電子郵件：oca13@oca.gov.tw

受文者：國立海洋生物博物館

發文日期：中華民國111年10月6日
發文字號：海保生字第1110009782號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

裝

訂

線

主旨：有關貴館來函申請「111-112年珊瑚監測調查計畫」（案號：111-C-55）辦理珊瑚監測樣點變更一事，本署原則同意辦理，詳如說明，復請查照。

說明：

- 一、復貴館111年9月29日海金字第1110006379號函。
- 二、旨揭本次原則同意今(111)年度監測樣點變更，後續請再評估此30處是否可作為臺灣珊瑚長期監測樣點，並於第二次期中報告時提出，以確立112年珊瑚監測點位。
- 三、變更後111年珊瑚監測調查之30個樣點如下：
 - (一)北部：潮境、深澳、野柳（國聖埔）
 - (二)東北部：龍洞北邊、鼻頭角公園、卯澳
 - (三)東部：石梯坪、豆腐岬、杉原、基翹
 - (四)南部：出水口、後壁湖、合界、萬里桐
 - (五)綠島：石朗、柴口、將軍岩、公館
 - (六)蘭嶼：玉女岩、土地公廟、母雞岩、雙獅岩
 - (七)澎湖：山水港、青灣外灣、杭灣、月鯉灣
 - (八)小琉球：杉福、厚石裙礁、花瓶岩、美人洞

正本：國立海洋生物博物館

副本：本署海洋生物保育組

電 2022/10/06 文
交 10:55:02 章

企研組 111/10/06



1110006462

第1頁，共2頁

附錄六、海保署同意變更工作執行計畫書來函

檔 號：

保存年限：

海洋委員會海洋保育署 函

地址：80661高雄市前鎮區成功二路25號7樓

聯絡人：邱姍茹

聯絡電話：07-3382057 #262222

傳真電話：07-3381663

電子郵件：oca13@oca.gov.tw

受文者：國立海洋生物博物館

發文日期：中華民國111年7月28日

發文字號：海保生字第1110007410號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如說明三(17100_11102P000906_1110007410_111D2001865-01.pdf)

案

主旨：有關貴館來函申請「111-112年珊瑚監測調查計畫」（案號：111-C-55）辦理工作執行計畫書變更一事，本署同意辦理，詳如說明，請查照。

訂

說明：

- 一、復貴館海金字第1110005393號函。
- 二、旨揭工作執行計畫書之工項一「擇定珊瑚監測調查方法（111年）」及工項二「珊瑚3D監測調查」調查方法變更：取消設置固定樁，改以橫截線調查，並記錄調查地點明顯特徵，以確保後續的調查位置盡量相同。
- 三、檢附「111-112年珊瑚監測調查計畫」變更之核定版工作執行計畫書1份，請依所列工作事項內容及時程確實執行。

正本：國立海洋生物博物館

副本：本署海洋生物保育組

電 2022/07/28 文
交 12:30:02 章

第1頁，共1頁

企研組

111/07/28



1110005460

附錄七、珊瑚監測地點於 Google Earth 上定位圖



卯澳



東部

豆腐岬



石梯坪



基翹



杉原

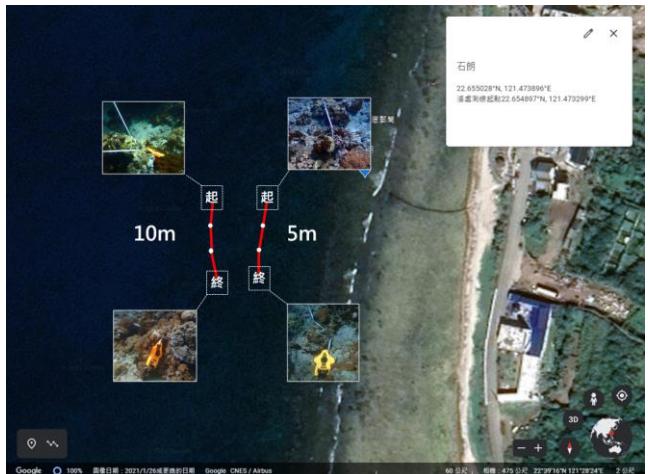


綠島

柴口



石朗



公館(公館鼻)



將軍岩



蘭嶼

玉女岩



母雞岩



雙獅岩



雙獅岩(東)



小涼亭(軍艦岩)



南部

萬里桐



合界



出水口



後壁湖



小琉球

杉福



厚石裙礁



美人洞



花瓶岩



澎湖

杭灣



山水港



青灣外灣



月鯉灣



附錄八、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」第一次期中審查會議委員意見回覆

壹、時間：111 年 7 月 11 日(星期一)下午 2 時 30 分

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主席：吳副署長龍靜

肆、與會人員與單位代表發言內容及書面意見(依發言順序)：

以下為鄭委員有容提問：

問題	回答
1.P6，「依序分別為...「依序分別年的 5.6，」。本文說明以數值為主，建議更改為以數值大小來排列的敘述方式。	遵照辦理。
2. P6，「包括庇護所、避難所、復原力熱點、亮點、避風港」。請解釋說明各別意義。	遵照辦理。
3. P7，「傳統的珊瑚礁研究..... Ford et al., 2018 」。本段說明珊瑚多樣性及覆蓋率無法反映珊瑚礁的動態過程和復原機制，但計畫中又以監測珊瑚多樣性及覆蓋率為主，可能會造成誤會。另外，末段特別強調關鍵且廣泛被接受的恢復力指標，包括具抵抗力的珊瑚種類、珊瑚多樣性、珊瑚體型分布、珊瑚補充量、成熟的珊瑚群體、珊瑚疾病、棲地結構的複雜度等，然而計畫中並未用到上述大部份的監測指標，建議刪去這句。	遵照辦理。
4. P7，「珊瑚礁的恢復力是珊瑚礁抵抗退化的能力」。本句可能造成誤解，建議修改。	遵照辦理。
5. P17，「每個樣框記錄 50 個隨機樣點」。依據陳昭倫老師 2018 年的計畫評估結果，30 個隨機樣點應已足夠，為了後續各計畫間結果的比對，請考慮調修為 30 個隨機樣點，如此也可減少團隊成員在後續分析上的工作量。	取樣多一點的代表性較足夠。與陳昭倫老師當年的計畫相比，本計畫監測地點多達 30 處，且部分海域的珊瑚多樣性高，在這樣的情況下維持分析 50 個隨機樣點，使用 35 乘 35 公分的樣框，拉 3 條 30 公尺橫截線，調查 2 個深度的監測調查方法較為理想。以本團隊的能力是可以做大量資料的分析。
6. P20，所列參考文獻建議再整理後以列表的方式呈現。	遵照辦理。

<p>7. P22，團隊考量到以提及次數及分數加總進行區分是很不錯的方式，但是若被提及的次數及分數都介於中間的選項，如何取捨？取捨後是否有說服力？龍洞南刪去的理由之一是距離龍洞北太近，那出水口和後壁湖也很近，且後壁湖分數加總是所有 38 個測站中最高的，為何不要刪去？同樣地，基翹提及次數 8 次，三仙臺 7 次，但基翹分數加總近三仙臺的 1 倍，為何不刪去基翹？計票方式的加權確實比想像中複雜，也很難全盤都考慮到，建議團隊並不需要太糾結於此。</p>	<p>1. 監測地點的選擇並非全來自 20 份問卷和諮詢會議，而是參考去年珊瑚礁體檢的地點來規劃。臺灣的珊瑚調查監測斷斷續續，唯有珊瑚礁體檢的調查，涵蓋範圍廣大，參與人數較多，執行時間較長的活動，其調查資料也廣泛應用於國際。本團隊結合過去在時間、空間和資料後選出樣點。</p> <p>2. 龍洞南邊和北邊的位置確實離太近，故只選擇其中一邊。</p> <p>3. 出水口和後壁湖雖然也很近，不過兩地都需要保留，因為核三廠出水口的左邊(後壁湖)不會受溫排水影響，右邊(出水口)則會。後壁湖又受到港口污染的影響，目前珊瑚衰退嚴重。而出水口現在是墾丁區域珊瑚覆蓋率較高的地方，儘管有大量的遊憩活動，珊瑚依然長得很好。</p> <p>4. 基翹屬於三仙臺的區域內，去年調查時三仙臺的下水點在施工進不去，基翹的下水點就在基翹港的旁邊，珊瑚礁體檢有將其分為北邊和南邊，本團隊選擇其中珊瑚覆蓋率較佳的地方作為調查樣點，與東部其他樣點相比狀況較好，有監測的價值。</p>
<p>8. P22，小琉球點位中，花瓶岩與美人洞地理位置相近，但花瓶岩是遊客的重點區域，可能受到的人為影響較為嚴重，也是前期研究主要的調查點位及建議長期監測的區域，在我們這幾年的調查，的確珊瑚狀況也很不理想，因此建議以花瓶岩取代美人洞。</p>	<p>選擇美人洞的原因是以往珊瑚礁體檢有監測該地；花瓶岩因大量遊憩活動，珊瑚衰退得非常嚴重，而之前的調查顯示花瓶岩的深處珊瑚長得不錯，原因是該地附近建立島上第一座污水處理廠，加上海膽較多，遊客也不易到深處踩踏珊瑚礁。以長期監測計畫來說，為了能和過去珊瑚礁體檢的資料進行比對，選擇美人洞的意義應該會比花瓶岩大。屏東縣政府目前也有計畫持續監測花瓶岩，其監測資料也能比對。若其他單位有需要本團隊監測過的資料，我們願意提供。</p>
<p>9. P27，固定測線或方框是長期監測的根本，非常重要！然而計畫執行端自行設置的確可能遭遇阻力或造成後續爭</p>	<p>海保署試著和各地政府協調。</p>

議，建議署內是否考量由主管機關的高度介入執行，除了協助該計畫進行，也有利於後續臺灣長期監測資料的一致性及代表性。	
10.P30，期中進度 3D 拍照成果未見於期中報告，請補充。	遵照辦理。

以下為劉委員商隱提問：

問題	回答
1.樣點取捨基於 20 位問卷代表性是否足夠？	監測地點的選擇並非全來自 20 份問卷和諮詢會議，而是參考去年珊瑚礁體檢的地點來規劃。臺灣的珊瑚調查監測斷斷續續，唯有珊瑚礁體檢的調查，涵蓋範圍廣大，參與人數較多，執行時間較長的活動，其調查資料也廣泛應用於國際。本團隊結合過去在時間、空間和資料後選出樣點。
2.新計畫中的點位名稱建議與過去樣點統一。	1.本團隊會利用 Google Earth 將下水點、橫截線布放的位置標示出來。 2.名稱其實代表一個範圍，每個人去調查時的位置也可能不同，若提供前述提到的位置圖，調查樣點應該能一目了然。
3.如未來需要固定測線，希望由署裡統一協調。	海保署試著和各地政府協調。

以下為方委員力行提問：

問題	回答
1.珊瑚調查的採樣點和調查方式應該以準確的「珊瑚礁生態系」存續為主，普查的方式和資訊應屬於社會推廣認知及後來公民科學發展後的作法，兩者需有一些取捨或融合。	海保署希望建立長期監測，以往的普查或調查是以廣泛的角度去看，我們等於是把臺灣過去的資料做統整後，選出大家認為可行、能夠吸引社會關注的調查樣點。民間的珊瑚礁體檢找尋當地的潛水業者或有志之士來執行，這也是大家關切的部分。在民意受重視的時代，從專家的角度切入，並輔以民意選擇監測地點，做出來的調查結果應該會吸引到社會大眾的關注，而且本團隊是提供客觀的科學資料，較具說服力。
2.報告中文獻的引用應更久遠一些，珊瑚礁	更久遠的資料會再做補充。早期的

<p>瑚生態系是長續型生態系，不同時間的波動其實各有其原因，如果只引用最近的一些調查文獻報告，會產生見樹不見林的誤判。</p>	<p>資料在先前的報告中有提過，在此聚焦於最新的發展。</p>
<p>3.本計畫主持人及單位在珊瑚科學的長期研究及教育推廣 社會認知上已有多年的经验，期待能有效處理科學方法及民粹需求，有效的找到平衡點。</p>	<p>本團隊的調查方法為珊瑚礁體檢的現代版。珊瑚礁體檢屬於民間參與的活動，由科學團隊執行這樣的調查，利用目前最新科技，如本團隊擬定的調查方法，在國際上是廣泛受到認可的高品質監測方法。</p>
<p>4.珊瑚調查方法並非一定要設置固定樁，即便施打營釘仍有可能受颱風、海流等影響而損壞，過去多數監測調查皆採隨機取樣，不影響判讀。</p>	<p>同意。故在不設置固定樁的前提下，本團隊也擬定出替代方案，以達到設置固定樁相同的目的。</p>

以下為賴委員郁晴提問：

問題	回答
<p>1.小琉球的監測點位與本署補助屏東縣政府計畫重疊，是否考慮以其他點位代替？</p>	<p>目前暫不納入其他建議的地點，過去沒能做到某個地點的調查，未來應該也是如此，也須將本計畫的「長期監測」概念納入考量。</p>
<p>2.團隊應將過去海保署或相關單位調查計畫、珊瑚礁體檢資料及學界經常調查地點一併納入監測地點訂定的考量及彙整，但期中報告僅提出問卷調查結果，及呈現30處確定點位，請補充過去文獻及現行相關調查計畫珊瑚監測地點總表(不限本次擇定點位)，以利後續規劃。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>3.請補充說明珊瑚保育計畫後續期程規劃及操作方式，建議儘早邀請其他專家學者共同撰寫。</p>	<p>珊瑚保育計畫自上一次的諮詢會議後持續在更新。目前已有基本的內容，預計將先前提到的建議修改完成，再將內容送給幾位委員和專家學者補充。</p>

以下為林委員天賞提問：

問題	回答
<p>1.海生館函文至各縣政府申請設置固定樁一事，部分單位回覆不同意設置，是否有因應對策？若各處監測調查方式不同，是否會影響成果？</p>	<p>本團隊的所屬機關表示監測時不應設置固定樁，目前處在館內和海保署的不同立場之間，執行計畫窒礙難行，故希望透過替代方案(記錄下水點 GPS、起點終點易</p>

	辨識地標等)來補強設置固定樁的目的。希望海保署能夠同意本團隊以替代方案來取代設置固定樁，以利後續調查監測作業。
--	---

以下為吳委員龍靜提問：

問題	回答
1.本署去年執行「臺灣珊瑚監測交流網絡建立與保育策略規劃」已進行相似調查，但未設立固定樁，然該計畫審查委員建議施打以建立全臺長期珊瑚監測資料，部分學者也支持固定點位能有利珊瑚資料累積並比對逐年狀況。針對不同意設置固定樁之主管單位，本署可協助溝通。倘經執行團隊本次簡報所提替代調查方式亦能達到相同調查成效，與會委員也支持，原則同意可調整調查方式。	本計畫就不設置固定樁，改採替代方案來執行。會後把工作計畫書變更的函文傳送給海保署。
2.珊瑚保育計畫建議說明完成期程，並建議邀請其他 專家共筆，以儘快完成。	珊瑚保育計畫自上一次的諮詢會議後持續在更新。目前已有基本的內容，預計將先前提到的建議修改完成，再將內容送給幾位委員和專家學者補充。

附錄九、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」第二次期中審查會議委員意見回覆

壹、時間：111 年 12 月 28 日(星期三)上午 10 時 30 分

貳、地點：海洋委員會第三會議室及線上視訊會議

參、主席：吳副署長龍靜

肆、與會人員與單位代表發言內容及書面意見(依發言順序)：

以下為鄭委員有容提問：

問題	回答
1. P14，內文指出「珊瑚多樣性和覆蓋率等，無法反映珊瑚礁的動態過程與復原機制」。但是後面又說珊瑚多樣性是評估恢復力的重要基礎；而且本研究也以多樣性和覆蓋率為研究重點。如此容易造成混淆，建議修訂句子。	遵照辦理。
2. P19，珊瑚健康指標量化標準等說明在內文中多次重覆，建議調整；另外，請列出藻類標準之參考文獻或依據。北臺灣和南臺灣的珊瑚和藻類的覆蓋率原本就有差異，這個健康指標是否適用於臺灣各地？	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 珊瑚/藻類比例文獻如本團隊發表的 Ye et al., 2023. Variable responses to a marine heat wave in five fringing reefs of Southern Taiwan. <i>Applied Sciences</i> 13: 5554. 或國際參考文獻如 Obura et al., 2021. Vulnerability to collapse of coral reef ecosystems in the Western Indian Ocean. <i>Nature Sustainability</i> 5: 104–113. 和 Souter et al., 2021. Status of coral reefs of the world: 2020. <i>Coral Reef Initiative, Global Coral Reef Monitoring Network</i>. 本報告依臺灣適用情況因地制宜調整。</p> <p>3. 本計畫採用此健康指標，當中的藻類並不包含珊瑚藻(考量到北部較多珊瑚藻生長)，因此適用於臺灣熱帶珊瑚礁海域以及東部、北部的岩礁珊瑚群聚，並搭配「各樣點珊瑚群聚發展現況分布圖」清楚呈現。此健康指標會持續在學術界上發表與討論，若之後有更好的指標參考會再補充。</p>
3. P35，棲地結構複雜度較適用於大範圍的地形起伏調查，本研究使用 5*5 公尺的大小是否合適？棲地結構複雜度一	1. 結構複雜度除了參考國際的作法外，前實驗室助理陳冠言的碩士論文也是國內第一篇 3D 監測且正

<p>般介於 1.1~3.6 之間，為什麼本研究結果介於 1.41~1.78 之間？石梯坪以葉片/板葉形珊瑚為主，為什麼複雜度最高？潮境以團塊和分枝形為主，為什麼複雜度較低？</p>	<p>式對外發表。論文中，陳以 5*5 公尺的樣框計算結構複雜度，依結果來看實際可行。</p> <p>2. 臺灣沿海相較國外珊瑚礁海域風浪較大，故國外珊瑚礁海域適合生長分枝形珊瑚，結構複雜度自然就會高出許多。</p> <p>3. 結構複雜度可以反映單位空間內有多少實際空間可供生物利用，數值愈大代表地形起伏愈大、愈複雜，且與珊瑚覆蓋率呈正相關。石梯坪的珊瑚覆蓋率(50.1%)高於潮境(20.5%)，故石梯坪的結構複雜度會比潮境來得高。</p>
<p>4. P51，圖 7 底棲群聚結構與主要珊瑚組成是否至少能統一以「屬」呈現？</p>	<p>繩紋珊瑚科旗下的珊瑚屬彼此非常相似，在分類時容易模稜兩可，故維持以「繩紋珊瑚科」的分類呈現於圖表。</p>
<p>5. P53，圖 8 團塊狀石珊瑚是否直接歸類於「其他」？</p>	<p>生長形分類主要是針對無法透過照片分辨出的珊瑚所衍伸的分類。若將生長形分類併至「其他」的話，其他類數據也會增加，後續進行資料描述時勢必得將其拆開說明，故維持生長形分類獨立出來。</p>
<p>6. P60~61，圖 13 千孔珊瑚屬只有千孔珊瑚屬，請改成「千孔珊瑚屬」，同樣的藍珊瑚屬只有藍珊瑚屬和 <i>Nanipora</i>，藍珊瑚和 <i>Nanipora</i> 差異明顯，且 <i>Nanipora</i> 目前僅在東沙和宜灣有發現的記錄，建議改成「藍珊瑚屬」。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>7. P71，圖 20 表覆形硬珊瑚是否直接歸類於「其他」？</p>	<p>同第 5 題回覆。</p>
<p>8. P102，圖 38 各點位是否列出？或考慮如何將欲表達之訊息呈現。</p>	<p>不至於要將各樣點名稱全數列出。圖 38 主要是「綜觀」60 個樣點的珊瑚群聚發展現況。</p>
<p>9. P108~109，圖 39 解析度是否正常，如果以報告中的照片而言，要辨別種類似乎難度很高。</p>	<p>在紙本報告中所呈現的圖 39 僅為示意圖，量化分析時會使用原檔的正射影像鑲嵌圖在 ArcMap 中進行作業。</p>
<p>10. P66，屬名斜體表示。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>11. P68，圖 18 <i>Heteroxenia</i> 和 <i>Xenia</i> 要從水下觀察鑑別是有難度的。</p>	<p>此為大致推測，僅供參考，內文會再修正。</p>
<p>12. P114，珊瑚出現 partial mortality 情況時，群體數如何計算？「(三)珊瑚群</p>	<p>1. 群體數就像人口數，而群體尺寸分布圖是以絕對性的資料來呈現，</p>

<p>體尺寸分布統計」是很好的想法，但是同樣的如果出現 partial mortality 情況時，群體數如何計算？</p>	<p>方便與其他樣區做比較，作為進一步的參考以瞭解大致的環境變化。</p> <p>2. 用 ArcMap 圈選一個珊瑚群聚時，會繞過部分死亡的區塊，只會圈選活組織，仍計數為一個珊瑚群聚。</p>
<p>13. 珊瑚覆蓋率改變的原因為何？建議提供測站間長期調查資料，以建立珊瑚的生態基線。</p>	<p>1. 雖然沒有設置固定樁，但本團隊已取得 GPS 位置與測線布放的位置，每一年監測位置多少會有變化，野外調查監測本來就有變異性。</p> <p>2. 本團隊認為重要的是「整體趨勢」，珊瑚礁現況變化不大、沒有進入到失能狀態或其他劇烈改變的話不用過度在意；若同一樣點幾次調查下來進入到衰退、失能，或長時間在失能狀態，就需要特別關注，將人力和經費注入在需要的地方。</p> <p>3. 歷年的資料會有所起伏，可能和調查地點、調查方法等不同，至少目前整體趨勢的輪廓大致清楚。建議將本報告的資料作為珊瑚數量的新基線。</p>

以下為劉委員商隱提問：

問題	回答
1. P106、附錄七：如未來會以黑白呈現，可選擇一般地圖，目前衛星照片如以黑白呈現非常不清楚。	由於頁數過多，故有些圖片不是彩色列印，可參考電子檔內的彩色圖片。
2. P114，大群體多不只代表覆蓋較大面積，是否也代表環境相對穩定健康？建議於內文中加入敘述說明。	遵照辦理。
3. 評估 CoralNet 方法是否適合公民科學家參與？與如何參與？另 CoralNet 未來是否能提供到屬等級或到種。	1. 110 年計畫所培訓的公民科學家後來沒有持續學習，而 111 年 3 月有培訓台達電子文教基金會的企業志工共 12 位將 CoralNet 分析到大類。
	2. 本團隊認為公民科學家分析到大類即可，因為評斷珊瑚礁是否健康，只需藉由分辨硬珊瑚和軟珊瑚得出珊瑚覆蓋率，和分辨出藻類以得出珊瑚/藻類的比例即可。
4. 固定樣區與隨機樣區對長期監測的影響？經團隊完成 111 年調查後，團隊是	1. 美國的監測作法是不設置固定樁，使每一次調查有些變化，避

否有相關的建議？	<p>免代表性不足。</p> <p>2. 本團隊認為以半固定樣區的方式進行長期監測是可行的。本計畫選擇以岸潛方式，在人為干擾較多的樣區進行監測，若結果上有發現任何變動可以快速掌握。</p> <p>3. 2D 測線監測為半固定樣區，3D 監測則為固定樣區。</p> <p>4. 由於每個縣市對設置固定樁的考量不同，既然是全國性調查，採取折衷方式較為合適，而且調查資料公開透明，若有其他單位需要資料皆可提供，甚至交由未來在地公民科學家進行監測。</p> <p>5. 固定樁除了需要花人力和時間維護外，颱風來臨時固定樁也可能會遺失，故建議維持現有的監測方式。</p>
5. 後續期末報告建議可加建言總結，並以條列式呈現。	遵照辦理。

以下為方委員力行提問：

問題	回答
1. 受委託團隊在期中報告裡，對計畫目標的各項工作有廣泛的努力和具體的成果，而且整理的摘要報告精簡並有重點，足堪嘉許。	感謝指教。
2. 但大多資料的說明都以普及性的知識、訊息及調查意見(含公民及專家)為基礎做出歸納與判斷，較少利用本身具體的數據進行設計分析以獲得資訊，或許在期末報告中能進一步加強。	感謝指教。本團隊將參考香港 Yeung et al., 2021. Hong Kong's subtropical scleractinian coral communities: Baseline, environmental drivers and management implications. Marine Pollution Bulletin 167. 這篇期刊內的統計分析，於下次期中報告呈現 2022 年的資料。
3. 珊瑚覆蓋率良好的地點除污染和人為干擾外，是否和所處的大水體(太平洋)環境條件有關？所以群聚更有韌性？才能承受海洋熱浪(或寒潮，如澎湖)衝擊，而且復原更快？這些分析結果或許更能形成正確的保育政策。	珊瑚群聚發展現況良好的地方集中在本島東部、綠島、蘭嶼和澎湖；前三區的人為干擾相較其他地區較小，加上黑潮經過將污染物質帶離，即使珊瑚受損但恢復速度也比較快；澎湖部分岸邊的潮差大，靠近潮間帶的珊瑚會裸露出來，必須抵抗極端環境，通

	過考驗留下的基因即為優勢物種；另外水濁的緣故，營養豐富，有利於珊瑚獲取養分，即使受到氣候或人為影響之下也得以恢復。
4. 核三出水口耐熱珊瑚移植至高溫出水口海堤，雖然是延續少數基因的方法(冷凍保種也有同樣效果)，不過這些耐熱基因的出現其實是核三營運幾十年來，千百億生殖細胞(及幼苗)突變、天擇的結果，因此其他溫出水口只要有足夠珊瑚幼苗能漂過去並生長，應該都在做同樣的事？	據國外學者指出，核三廠引入的海水加熱排出後，當中的有機物質非常豐富，堪稱「有機濃湯」。因此推測溫排水除了訓練周遭特定的珊瑚群聚逐漸耐熱之外，有機物質的吸收更使得珊瑚變得強壯，足以抵擋自然或人為的破壞並快速恢復。
5. 珊瑚移植種不同的生長狀況，只是反映了移植場域適合形成珊瑚群聚的環境特性，並不一定就是最適合的保育場所，例：如果要保育柴山多杯珊瑚，可能要找一個「惡劣的環境」才行，因為水族館中「活石」的合法採取區，都限於沒什麼珊瑚興旺生長的地方。而早年移植的目的多為單一破壞原因(污染、採捕)消除後對被破壞地區的重建，現在珊瑚瀕危的原因卻是多元環境參數的快速變遷，個體基因的保存效益(即移植)將遠不如透過大量子代的自然變異、天擇和適應來得有效。珊瑚有性生殖是海生館長期研究目標及主持人的強項，不妨從基礎學理上思考，或許貢獻更大。	遵照辦理。
6. 所有因素都涵蓋的生存威脅和所有意見都包括的保育行動，其實就是公民和學者專家的普查結果，可能難有具體成效。投入鉅資，法規重重的白海豚保育足可借鏡，建議逐步客觀、科學的量化各種因素，採行有效的保育行動。	遵照辦理。

以下為賴委員郁晴提問：

問題	回答
1. 本署 111 年 10 月 6 日同意 111 年 30 個珊瑚監測調查樣點。本次簡報提出變更「蘭嶼-土地公廟」為「蘭嶼-小涼亭(軍艦	小涼亭(軍艦岩)的珊瑚多樣性比土地公廟還高，而且在水下作業上也更安全。111 年其實也有調查小

<p>岩)」，該處多樣性為何？請團隊確認是否有其他變更選擇？本次經委員討論確認 30 個長期監測樣點，將作為 112 年調查樣點依據。</p>	<p>涼亭(軍艦岩)，後續進行分析，於下一次期中報告呈現。</p>
<p>2. 111 年度全臺珊瑚概況報告中，目前以綠島珊瑚狀況最佳，小琉球居末，最主要原因是「人為干擾」或有其他主要原因？與選擇樣點特性是否有關？</p>	<p>1. 主要是人為干擾造成，舉凡小琉球過漁和過度開發，全年皆有遊客登島；相較於小琉球，綠島人為干擾較少，且觀光產業有分淡旺季，有充分的休息期。 2. 監測樣點選擇人為干擾較多的區域，或多或少會有關聯。</p>
<p>3. 南部-核三廠出水口 110 年珊瑚監測狀態為「衰退」，111 年則恢復為「健康」，主要原因為何？核三廠除役後，除持續監測，是否有其他因應措施，建議一併納入保育計畫。</p>	<p>1. 出水口珊瑚礁同樣受到人為干擾和海洋熱浪影響，但因為該處珊瑚逐漸適應從核三廠排放的溫排水，發展成具有耐熱性，並在熱緊迫事件後具有恢復力的珊瑚。 2. 建議在核三廠除役前，監測溫排水所影響的範圍，把具代表性的耐熱珊瑚移植至該處培育，並且長期監測。後續也可參考國際上的做法，與培育耐熱珊瑚做結合。</p>
<p>4. 111 年度全臺珊瑚概況，表 3 僅呈現文獻 110 年各地覆蓋率，建議與本計畫 111 年調查覆蓋率作一比較表。</p>	<p>遵照辦理。</p>

以下為林委員天賞提問：

問題	回答
<p>1. 110、111 年全臺珊瑚群聚發展現況比較表 P.102-103，北部及東北部之深澳(淺)及卯澳(淺)、小琉球之厚石裙礁(淺)及杉福(深)，其珊瑚覆蓋率皆小於 10%，為何其發展現況，有的被評估為失衡，有的卻是衰退而已？</p>	<p>本計畫珊瑚/藻類比例因數值界定考量更精確取至小數點後兩位，故某幾處雖然珊瑚覆蓋率低於 10%，但因珊瑚/藻類比例介於 0.1-0.5 之間，所以定義為「衰退」。</p>
<p>2. P128，內文提到臺灣珊瑚的平均覆蓋率 1997 年 33%、2017 年 25%、2018 年 38.8%、2021 年 28.3%、2022 年 35.1%，綜上看起來並未趨向劣化，且今(2022)年調查結果比 25 年前的 1997 年還高，可是我們卻一再擔心氣溫升高、環境污染影響珊瑚的存活，可否請</p>	<p>據 1980 年代文獻指出，南部的珊瑚覆蓋率高達 50%，小琉球高達 60%，而 1997 年的調查顯示珊瑚覆蓋率已減少至約 30%，由於過去調查次數較少，調查地點不固定，調查方式也較簡單，導致數據變動不一致；而至 2020 年的調查顯示南部的珊瑚覆蓋率已減少</p>

團隊說明其原因。	至 30%，小琉球減少至 13%，明顯劣化。
----------	------------------------

以下為吳委員龍靜提問：

問題	回答
1. 經執行團隊本年度的調查經驗，可否補充固定樣區及隨機樣區的建議。	同劉委員商隱第 4 題回覆。建議 2D 樣點沿用半固定樣區，且逐年增加 3D 固定樣區的數量(因樣區環境而定)。
2. 小琉球仍為衰退嚴重區域，過去顯示主因為遊憩壓力所致，但透過今(111)年復育成果發現水質亦為影響因素之一，而在檢測結果符合標準卻又對珊瑚礁影響之下，水質方面是否有可改善或要求之處？	<p>1. 小琉球為珊瑚礁島，地表孔隙較多，水流若沒有按照管線流動的話就會直接往孔隙流入。</p> <p>2. 傳統的水質監測方法來看資料沒問題，推測污水可能因下大雨而快速流入海洋，但是在下大雨時沒有人員去做即時監測，錯失時機和採樣地點都有可能影響結果。</p> <p>3. 珊瑚在堆積骨骼時也會將海水環境變化訊號融入進去，據臺大地質所某位分析珊瑚骨骼微量元素的老師說明，小琉球在沒有自來水管之前，從珊瑚骨骼看不到污染訊號，自從有了自來水管而大量用水後就有污染訊號上升。故建議水質監測除了傳統的方式外，搭配現代化的科技才能發現真正的問題。</p>
3. 執行團隊在 110 年有進行北部外木山海域監測調查，今(111)年已取消，為因應四接議題，團隊可否於 112 年再增加此處？	遵照辦理。

附錄十、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」第三次期中審查會議委員意見回覆

壹、時間：112 年 7 月 10 日(星期一)下午 2 時

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主席：吳副署長龍靜

肆、與會人員與單位代表發言內容及書面意見(依發言順序)：

以下為鄭委員有容提問：

問題	回答
1. P.34，絕對面積一詞似乎不恰當，是否有取代的名詞。	絕對面積符合科學量化表示方法。
2. P.51，建議介紹各個測站時，再以次標題呈現，方便閱讀。	遵照辦理。
3. P.54，圖 8： (1)標題是底棲群聚結構與主要珊瑚組成，內容針對主要珊瑚，並未涉及其他底棲群聚，因此建議刪去「底棲群聚結構」。 (2)其他是指什麼？如果指的是無法鑑別的珊瑚，那其實應該把團塊形硬珊瑚和表覆形硬珊瑚也歸類進去。雖然有珊瑚生長類型的資料也有意義，但放在這個表格明顯不適，也可考慮針對生長形態另創一個表格呈現，意義更大。 (3)繩紋珊瑚科鑑定到屬並不困難，而且牠們是淺海珊瑚礁中種類最多的一群，也是調查中許多測站覆蓋最高的珊瑚種類，如果以科表示，會喪失許多資訊，非常可惜。	1. 因涵蓋珊瑚之外的底棲生物因此保留。 2. 本團隊認為目前各樣點的分析圖表已經充足，生長類型的部分就不另外再呈現於圖表中。舊有圖表會再修正。 3. 「繩紋珊瑚科」本團隊也有再下分到屬，評估看如何調整將各樣點有特色且佔多數的屬呈現出來。
4. P.68，圖 17 石朗底質軟珊瑚覆蓋率的值與珊瑚種類(屬)覆蓋率的值有明顯落差？	本團隊使用的 CoralNet 群組標籤主要以硬珊瑚的屬為分類，軟珊瑚的部分著墨較少，且非本團隊著重的範圍，故於圖表呈現珊瑚組成以硬珊瑚為主。
5. P.71，白化硬珊瑚與表格預呈現的本意不大符合(見第 3 點問題 2)，內文中也無提及，建議也移去其他項別。(如果同意修訂，其他表格請一併檢視)	遵照辦理。
6. P.85，藻類數值變動在報告中都是以季節消長為解釋理由，珊瑚較不具季節性的變動，針對數值有明顯變動的時	於全臺監測資料彙整中有較詳盡的說明。

候，應提供可能的理由，如圖 27 中的繩紋珊瑚科及指形軟珊瑚屬。(其他測線也請一併檢視)	
7. P.32，表孔珊瑚生長快速，覆蓋率變動明顯是常見的現象，但是微孔珊瑚生長非常緩慢，2023 年厚石深處微孔珊瑚屬增加是否有什麼特殊情況？增加的是新入添的小群體嗎？	因 CoralNet 是採隨機撒點，且 GPS 定位是在淺處，因此測線位置與去年可能有些落差，導致覆蓋率有變動，不過變動幅度小，算是正常的變異範圍，較無顯著差異。
8. P.110，整理各地點各屬珊瑚多樣性是很棒的資訊，但是若多樣性最高的繩紋珊瑚科無法區別，這個多樣性分佈圖可能就會失真，非常可惜！特別是像深澳 (P.54)、石梯坪(P.62)這些以繩紋珊瑚科為優勢的地方。	「繩紋珊瑚科」也有再下分到屬，已另作圖呈現。
9. P.111： (1)圖示精簡清楚，但是各級別是否有更好的替換詞，健康、衰退、穩定、失能一詞，有可能會讓人會錯意思。 (2)這幾個級別應該是時間序列變動的比較結果，或是說同一個調查地點長時間變化的比較結果才更貼切，更有意義。 (3)台灣各海域珊瑚的生長狀況原來就不同，用同一個標準來衡量確實不大恰當，舉例來說，北台灣珊瑚覆蓋率原本就較低，它的 20%和南台灣的 20%，意義完全不同。 (4)宋老師第一章第三節回覆說明的很仔細，可以參考。	1. 對外發布資訊時由海保署決定名稱是否替換，本報告維持此名稱。 2. 同意 3. 建議以珊瑚覆蓋率和珊瑚/藻類比例同時評估較適合。 4. 遵照辦理。
10. P.142，紅圈中可能不是白化的狀況，軸孔珊瑚和鹿角珊瑚在分枝頂端的顏色很淡，是正常的現象。	此為彙整民眾提供的照片，可能誤判認為是白化現象。
11. P.157 學名呈現請修改。	遵照辦理。
12. 指形軟珊瑚已改名，請更新。	由於新的分類方法尚未有相關書籍作為明確參考，故此報告優先以戴昌鳳出版的《臺灣珊瑚全圖鑑》作為鑑屬依據，補充於「研究方法」的章節。

以下為方委員力行提問：

問題	回答
1. 在多位委員的協助及團隊的努力下，報告日趨完整，是重要的基礎資料。	感謝指教。
2. 此資料及時序，環境參數上的分析，是否可嘗試對未來的變化做一些建議？	1. 文獻顯示，過去珊瑚發展良好的地點在墾丁、小琉球，現在則是蘭

即將形成的西部海岸風場或西部各沿海的人力建設(它們並非在調查的重點區域，卻又常成為社會質疑的物種對象)	嶼、綠島及本島東部。以未來發展來看，大環境會驅動這些地方的珊瑚可能會比以前好，真正影響珊瑚衰退的原因目前以人為活動(踩踏、汙染等)為主。
3. 是否可說明毛叢藻和大型藻對珊瑚影響差別的原因？	大型藻主要為組織較多、形態直立、高度通常大於 10 公分的大型海藻，數量依季節而有消長情形；毛叢藻主要為絲狀，高度通常小於 10 公分，在臺灣海域很常見。
4. 3D 樣區的準確度日益提高，但對單一樣區的分析結果，如何應用在全台珊瑚調查的變化上做說明？	1. 3D 固定樣區選擇在潮境、石梯坪及萬里桐，皆為人為活動較多的地方，目的是反映人為活動對當地的影響，還能發現是否有新的珊瑚補充進去，評估其復原能力。2D 與 3D 監測達到互補的效果。建議後續增加 3D 樣區。
5. 核三珊瑚耐熱和「有機濃湯」的關係，是否可提供相關說明或文獻？	此為依據生態狀況而提出的假說，尚待驗證。

以下為羅委員進明提問：

問題	回答
1. 根據目前盤點的結果，珊瑚礁覆蓋率有東部增加，而小琉球等海域減少之消長現象，未來倘配合整體珊瑚復育行動計畫，團隊可否提供在選種、復育點、復育方式等之建議。	<p>1. 小琉球天然珊瑚礁衰退嚴重，但發現珊瑚長最好的地方是在部分漁港的消波塊上(白沙港、杉福漁港等)，這些漁港除了比較少受到人為汙染破壞，再者天然珊瑚礁缺少立體複雜結構，而消波塊受到湧浪衝擊，其水流交換效率非常好，因此建議上述「漁港消波塊」是未來珊瑚復育建立苗圃可以考慮的位置，以當地常見種先進行移植測試。</p> <p>2. 依照本團隊實務經驗，復育品種初步先以當地優勢物種進行試驗，找尋合適的消波塊後清除上</p>

	面的藻，再將採集下來的珊瑚固定上去，後續追蹤移植珊瑚的健康狀況。
2. 本報告提及保護區結合珊瑚庇護所、珊瑚苗圃等之推動，建議將覆蓋率低於10%的礁區列為保護區，此在國際上各相關保育做法上有無可參採之處，而以國內現行法令，建議的依據為何？如此有利遇上類似珊瑚被踩踏破壞，透過保護區之手段加以保護。	1. 在人力和經費有限的情況下，若珊瑚覆蓋率<10%的珊瑚礁，建議優先處理導致該處失能的原因，通常主要是人為的污染破壞過於嚴重，若當地政府不主動出面管理，學者能幫忙的部分也很有限。 2. 另一方面，現今健康的珊瑚礁在歷經大自然與人為影響後仍保持良好狀態，具有「庇護所」的潛力。建議在此設置保護區以減少人為的汙染破壞，如此一來該處珊瑚群聚最有機會能夠長期發展。建議綠島、蘭嶼和東部可以優先執行。
3. P.159，提到OECM的方式，也提出列舉包括永安天然氣接收站、和平工業港等，請團隊提供諸如未來我國在指認OECM之指標或評估建議，以作為本署在推動該項政策之參考。	報告中已說明，OECM之指標或評估涉及專業，建議另案辦理。
4. P.138、139、141等頁之表格內容部分為「？」之理由，請補充說明。	已補充說明。

以下為吳委員龍靜提問：

問題	回答
1. 本計畫珊瑚礁監測點位為目前臺灣較具代表性的地點，是否可能計算監測測站的面積，並進一步估算監測成果所佔臺灣珊瑚礁比例的百分之幾？	以本團隊拉橫截線的方式去估算測站面積與在臺灣珊瑚礁所占多少比例較不準確，建議海保署請教衛星遙測相關的學者。臺灣珊瑚礁面積 940 km ² (Spalding M, et al. 2001. World Atlas of Coral Reefs. University of California Press.)。
2. 目前各樣點的監測測線結果是否足以代表該區域的整體狀況？	針對相同區域，本團隊所累積數年的資料，加上其他團隊所得出的數據可進行互補和比較，以提高代表性。
3. P.111，珊瑚群聚概況表的分級除了依照珊瑚覆蓋率及珊瑚與藻類比例計算外，未來是否需要納入物種多樣性一併評估？	各樣點的珊瑚群聚概況已加入屬的多樣性。

附錄十一、「111-112 年珊瑚監測調查計畫」期 末審查會議委員意見回覆

壹、時間：112 年 11 月 20 日(星期一)上午 9 時

貳、地點：海洋委員會第三會議室

參、主席：吳副署長龍靜

肆、與會人員與單位代表發言內容及書面意見(依發言順序)：

以下為劉委員商隱提問：

問題	回答
1. 團隊一年要調查 30 處點位，真的是非常辛苦，團隊也有幫助珊瑚保育在地參與推動計畫，團隊非常用心。	謝謝。
2. 報告書內有些敘述文字避免讓別人看不懂，請將內容調整為通俗、簡單的文字，讓讀者容易閱讀。	遵照辦理。
3. P20，調查方法採用 CoralNet 分析覆蓋率等資料，報告書結果沒有呈現，請補充人工智能輔助分析內容。	已補充使用珊瑚網 CoralNet 分析覆蓋率，珊瑚覆蓋率是單位調查範圍中珊瑚所佔的比例，以樣點取樣而言，珊瑚覆蓋率=珊瑚的總樣點數/總樣點數。
4. P65，硬珊瑚覆蓋率分析，有關硬珊瑚的定義，請明確定義，以利後續團隊或其他珊瑚監測團隊/學者延續採用。	硬珊瑚為包括石珊瑚、藍珊瑚和水螅珊瑚等堆積許多碳酸鈣骨骼而質地堅硬的珊瑚總稱。
5. P135, 201，遊憩熱點其珊瑚覆蓋率都很差，請團隊補充遊憩對珊瑚覆蓋率間是否有相關，如何提出建議。	已補充環境開發多或遊憩熱點對珊瑚覆蓋率負面影響大，除了遊客的直接踩踏碰觸可能會造成珊瑚的物理性破壞，因應人潮的環境開發會增加當地汙染源，如持續的廢水排放和水土保持不良使得大雨過後泥沙沖刷至海裡，應結合人潮與環境開發管制，才是治本之道。
6. P154，3D 監測結果是否可比照 1000 Islands challenge 上傳 YouTube 或將 3D 建模影片交付海保署。	遵照辦理。
7. 有關 3D 監測結果，圖 52、54、56 組成不一樣，有些比較 ArcMap	潮境與石梯坪是使用 ArcGIS 分析，萬里桐則是使用 ArcMap，因 ArcGIS

跟 ArcGIS，有些比較 111 年跟 112 年，資料沒有統一，請補充說明。	是 ArcMap 的進階版，已更改皆為 ArcGIS。
8. ArcMap 跟 ArcGIS 兩者之差異及優缺點，如面積、數目、解析力等，請補充說明。	ArcMap 是較舊的版本，軟體開發商表示不再支援更新，因此改用 ArcGIS，而使用上與分析結果相似。
9. 圖 56，從目視來看，112 年比 111 年好很多，但結果是相反的，請團隊確認是否有誤植。	確認後無誤植，因將兩年資料對比，在 112 年的圖示加上粗框表示，所以影像看起來較為明顯。
10. 通報白化平台似乎與高溫無關，請補充說明報白化平台意義。	民眾回報白化可提升公民參與和得知更多當地情況，如有必要可能再次前往調查，因此還是有其重要性。
11. 監測地點跟季節所造成的影響，報告書內容也呈現季節造成很大差異，但臺灣從北到南還有離島沒辦法同時，在一個月/季節安排野外調查，如進行長期監測如何克服？或許可嘗試北部、南部由不同單位合力執行。	國際上建議調查監測季節上還是需要有些變動，地點雖一致但可以有些變動，這樣才能掌握大自然變化的情況，目前 2D 監測是符合國際標準，也會進行推廣。

以下為鄭委員有容提問：

問題	回答
1. P9，更新臺灣海洋保護區面積資料。	已將 8.17% 改為 8.38%。
2. 內文中覆蓋率變動的幅度小或明顯上升的依據為何？特別是生長非常緩慢的微孔珊瑚，牠們的數量變動應更仔細判斷（例如 P73）。	針對硬珊瑚覆蓋率進行統計分析，有顯著差異才進行說明和討論。
3. 112 年許多調查點位與前次調查的位置不同，導致無法進行年間變動的比較，非常可惜。	絕大部分地點相同，僅增加外木山，和將蘭嶼的土地公廟換成小涼亭（軍艦岩），使監測更完整和安全。
4. P74，112 年【柴口】淺礁應為【石朗】淺礁。	已修正。
5. P125，該分群的主要珊瑚【屬】為繩紋珊瑚科平均覆蓋率為 54.03%，這邊提供的卻是繩紋珊瑚科的資料；54.03% 並非覆蓋率。	已修正為屬。
6. P132，聚類分析分群的依據為何？繩紋珊瑚科或其他珊瑚屬若以種類帶入分析，是否會有不同	已修正為屬和以主成份分析結果呈現。

的分群結果？	
7. P.200，類保護區加註為【其他有效保育區域】。	已修正。
8. 群體大小也應生長形態或屬、種進行區分，才更有意義。	因資料已龐大而暫不細分。

以下為羅委員進明提問：

問題	回答
1. 本期末報告內容相當豐富，也針對珊瑚覆蓋率、生存威脅、人為干擾、保育行動等進行討論，部分文字有誤繙，例如 P184 二、書珊瑚覆蓋率段落第 5 行，”或是較低而衰退和相「變」以藻類為優勢”，煩請在檢視及修正。	已修正。
2. 又目前保育計畫有哪些特點甚至亮點，請說明。	是將臺灣的珊瑚資料做系統整理，整合各專家學者意見與調查和研究資料，而這三年監測提供全臺第一個標準化、國際學術級且資料可公開檢驗而具有公信力的監測結果，可以此資料當作珊瑚保育的新基線。
3. 報告中、英摘要、封面、格式的部分，請依本署規範繳交，另結論及建議方面，建議能在本文討論章節之後，增加相關論述，以提供海保署相關業務後續規劃參考。	遵照辦理。
4. 文中有提出例如 P186，建議小琉球杉福、肚仔坪潮間帶優先作為保護的區域，未來如海洋保育法通過之後，依目前的調查成果是否就可據以劃設保護區或公告相關限制事項；在海洋保護法未通過前，建議又能做什麼努力。	杉福、肚仔坪主要是指珊瑚的部分，而海洋保護區及海洋保育法牽涉的範圍較廣，除了珊瑚，還有魚類、經營管理等其他考量，會在報告內強調該處是僅指珊瑚。
5. P200，提及墾丁萬里桐珊瑚群屬於失能狀態，需要進行有效管理，但按常理，國家公園應是相對有受到保護的海域，實際原因	萬里桐受遊客活動造成珊瑚的物理性破壞，加上當地陸源性的污染，持續的廢水排放，水土保持不良使得大雨過後泥沙沖刷至海裡，並且過漁造成

為何，如何加以復育。	藻食性魚類太少，雖成立海洋保護區，但執法有限，應加強管理，控制人為污染，並結合人潮管制，才是治本之道。也建議測試主動復育珊瑚並依成果滾動式管理。
6. P202、203 提及珊瑚監測及調查包括多種方法，可否列表比較，及整理其各自特點與適用參考建議，如透過公民科學家的參與，相關量測方法、鑑識工具、資料整理等，如何標準化以確保正確性，並有助於珊瑚觀測資料之蒐集。	遵照辦理。

以下為林委員天賞提問：

問題	回答
1. 報告書提到珊瑚大白化並無造成太大的珊瑚損失，整體來說 110 112 年整體珊瑚覆蓋率變化不大，是否需要每年度進行專業科學性監測調查，請團隊說明。	建議比照國際如澳洲維持每年監測，因氣候變遷衝擊愈益頻繁和嚴重，每年的狀況可能會呈較大變動，如 2020 和 2022 年是熱浪引發珊瑚大白化事件、2023 年是颱風破壞，必須每年監測才有持續性的資料和掌握新的變動。
2. P16、17，表格採用顏色標示，但期末報告呈現黑白數據無法顯示差異，請團隊修正。	已修正。
3. 請團隊補充結果與討論，供業務單位後續擬定保育相關政策的參考依據。	遵照辦理。

以下為吳委員龍靜提問：

問題	回答
1. Cluster 和 PCA 的分析結果難以歸納全臺珊瑚種類的關聯性，建議進一步說明。	已修正為屬和以主成份分析結果呈現。
2. 近 3 年的覆蓋率變化穩定，將來是否可以由公民科學方式執行，每隔幾年在進行一次大規模調查？	建議比照國際如澳洲維持每年監測，因氣候變遷衝擊愈益頻繁和嚴重，每年的狀況可能會呈較大變動，如 2020

	和 2022 年是熱浪引發珊瑚大白化事件、2023 年是颱風破壞，必須每年監測才有持續性的資料和掌握新的變動。公民科學家執行珊瑚礁體檢的成效良好，本計畫的監測工作會持續推廣。
3. 3D 調查的群體變化解析度強，建議提出未來應長期監測的點位規劃。	遵照辦理。

以下為方委員力行提問(書面意見)：

問題	回答
1. 執行團隊及所屬的單位（海生館），皆是全台灣名列前茅而且會長久存在的珊瑚及海洋生物研究機構。而在過去幾次審查中，能做、願意做或可以調整的部分，也都已修正了。	謝謝。
2. 因為此報告將是海保署 2023 年的基線，但環保領域面臨最大的問題之一就是「環境的惡化基線，永遠從當時調查者那一代的認知（即所看到的）開始，故其標準會隨時間降低，終至超過臨界點而不自知。」（其實小琉球就是如此），這也是為什麼參考資料年代需「儘量往前」，而不是侷限於現今指導教授、研究生或助理所看到的文獻而已。譬如此「期末」報告，在地文獻（中文）收集最早的不過到 2011 年而已。而真正台灣珊瑚群聚的相貌，其實應該在 1998 年全球大白化之前。	已補充早期資料，如珊瑚覆蓋率在小琉球由 1980 年代的 60% 下降至 2020 年代的約 10%，在南部的墾丁國家公園則由 1980 年代的 50% 下降至 2020 年代的約 30%。
3. 建議多收集一些早年楊榮宗（和 J.Randall 合作），張崑雄、方力行的文獻，這些報告收藏在台大海研所、墾丁國家公園、台灣電力公司、高雄市海洋局、農委會、	已補充早期資料。

及海生館等早期檔案報告中。	
4. 第一篇在國際上 (IUCN) 發表的全台珊瑚分佈論文是 Fang,L. S. 1988. The coral reefs of Taiwan. In: Coral Reefs of the World, vol. III. Central and western Pacific. S.M. Wells and M. D. Jenkins eds. International Union for Conservation of Natural and Natural Resources (IUCN) ,Cambridge, U. K. 279-287. , 第一本中文的珊瑚教科書及全台珊瑚分佈狀況概述是：方力行 1989 珊瑚學一兼論台灣的珊瑚資源.教育部大學聯合出版委員會.178pp , 建議至少能放入期末報告的參考文獻中 (不必再花時間看了) , 讓報告中台灣珊瑚生態的紀錄不會只從 2009 年的公民體檢才開始 (其實早在 1999 年就開始公民參與了)。	遵照辦理。
5. 東沙環礁和南沙太平島的珊瑚是否也算是台灣珊瑚領地的一部份？若是，請參考： (一)方力行、胡志直 (1990) 東沙海域生態資源探勘調查報告.高雄市政府漁業管理處.61pp (二)方力行 (1998) 東沙環礁調查及規畫報告.國立海洋生物博物館籌備處.48pp (三)方力行、李健全 (1994) 行政院南海策略綱領—南海生態環境調查研究報告書.行政院農業委員會.471pp	東沙環礁和南沙太平島的珊瑚有其他計畫進行，暫不列入。
6. 最後的建議：大面積海域的珊瑚保育和變遷 (全球暖化) 是無法、也不需要用太複雜及精細的科學研究方法來達到的 (科技本來就會一直向前進步) , 本計畫中業主及各位委員在歷次審查會中	公民科學家執行珊瑚礁體檢的成效良好，本計畫的監測工作會持續推廣以培育海洋科學人才。

都支持了細緻的珊瑚科學測量方
式建立，但是否要在各地實踐，
請三思而後行。