「珊瑚礁保護區珊瑚資源復育計畫」

墾丁國家公園管理處委託辦理調查報告

中華民國九十七年十二月

「珊瑚礁保護區珊瑚資源復育計畫」

計畫主持人：樊同雲 研究員

參與研究人員：劉弼仁、魏杰、郭富雯、黃意筑、林乃正

執行單位：國立海洋生物博物館

墾丁國家公園管理處委託辦理調查報告

中華民國九十七年十二月

目次

表次・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・III

圖次・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・V

摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・XI

第一章 緒論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

第二章研究內容與範圍・・・・・・・・・・・・・・・7

第三章 結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11

第四章 討論與建議・・・・・・・・・・・・・・・・・15

第一節 討論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15

第二節 建議・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19

附錄 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23

參考書目・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39

表次

表 1 後壁湖保護區相關研究與監測地點的經緯度資料‧47

表 2 後壁湖保護區網格地點的經緯度資料‧‧‧‧‧‧48

表 2 (續) 後壁湖保護區網格地點的經緯度資料‧‧‧‧49

圖次

圖 1 後壁湖保護區的衛星影像圖・・・・・・・・・・・51

圖 2 後壁湖保護區具有格網編號的衛星影像圖・・・・52

圖 3 野外活珊瑚覆蓋率的估計方式・・・・・・・・・・53

圖 4 固定橫截線的角鋼皮尺與照相框架・・・・・・・54

圖 5 固定橫截線的樣框拍照・・・・・・・・・・・・・54

圖 6 影像的樣點分析・・・・・・・・・・・・・・・・54

圖 7 進行拖曳浮潛調查的照片・・・・・・・・・・・54

圖 8 後壁湖保護區內的潟湖區・・・・・・・・・・・54

圖 9 標記後壁湖保護區界線的浮標・・・・・・・・・54

圖 10 拖曳浮潛調查的航行路線圖・・・・・・・・・・55

圖 11 以珊瑚為主的底質・・・・・・・・・・・・・・56

圖 12 以礁岩為主的底質・・・・・・・・・・・・・・56

圖 13 以沙地為主的底質・・・・・・・・・・・・・・56

圖 14 擬珊瑚海葵覆蓋生長在珊瑚骨骸上・・・・・・・56

圖 15 以分枝形珊瑚為主的底質・・・・・・・・・・・56

圖 16 以分枝形和葉片形珊瑚為主的底質・・・・・・・56

圖 17 以團塊形珊瑚為主的底質・・・・・・・・・・・57

圖 18 以軟珊瑚為主的底質・・・・・・・・・・・・・・・・57

圖 19 以軟珊瑚為主的底質・・・・・・・・・・・・・・・・57

圖 20 擬珊瑚海葵的近照・・・・・・・・・・・・・・・・57

圖 21 軸孔珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的底棲生物和基質覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・・・・58

圖 22 軸孔珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的珊瑚各生長形覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・・・・59

圖 23 軸孔珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・60

圖 24 珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的底棲生物和基質覆蓋率比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・61

圖 25 珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的珊瑚各生長形覆蓋率比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・62

圖 26 珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・・・63

圖 27 海葵區珊瑚礁底棲群聚結構組成的底棲生物和基質覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・64

圖 28 海葵區珊瑚礁底棲群聚結構組成的珊瑚各生長形覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65

圖 29 海葵區珊瑚礁底棲群聚結構組成的硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較・・・・・・・・・・・・・・・・・66
圖 30 小丑魚與海葵・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
圖 31 硨磲貝・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
圖 32 烏賊・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
圖 33 夜潛時所觀察到龍蝦・・・・・・・・・・・・・・・67
圖 34 海星・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
圖 35 海羽星・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・67
圖 36 餵魚區海蛇・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68
圖 37 提供魚群躲藏棲所的分枝形軸孔珊瑚・・・・・・・68
圖 38 魚群・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68
圖 39 魚群・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68
圖 40 夜間時珊瑚礁魚類棲息於分枝形軸孔珊瑚分枝之間・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68
圖 41 夜間時珊瑚礁魚類棲息於分枝形軸孔珊瑚分枝之間・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68
圖 42 聚集於珊瑚附近的魚群・・・・・・・・・・・・・・69
圖 43 聚集於珊瑚附近的魚群・・・・・・・・・・・・・・69
圖 44 聚集於珊瑚附近的魚群・・・・・・・・・・・・・・69

圖 45 聚集於冠叢柳珊瑚附近的蝦魚・・・・・・・・・・69

圖 46 較深海域的軟珊瑚優勢區・・・・・・・・・・・・69

圖 47 較深海域的軟珊瑚優勢區・・・・・・・・・・・・69

圖 48 較深海域的軟珊瑚優勢區・・・・・・・・・・・・70

圖 49 較深海域的水螅珊瑚與海羊齒區・・・・・・・・・70

圖 50 較深海域的軟珊瑚優勢區・・・・・・・・・・・・70

圖 51 較深海域的柳珊瑚區・・・・・・・・・・・・・・70

圖 52 豐富的浮游生物聚集於礁體表面・・・・・・・・・70

圖 53 豐富的浮游生物聚集於礁體表面・・・・・・・・・70

圖 54 移植珊瑚以玻璃纖維架固定・・・・・・・・・・・71

圖 55 移植珊瑚以鋼釘和水下環氧樹脂固定・・・・・・・71

圖 56 軸孔珊瑚發生部份群體白化死亡・・・・・・・・・71

圖 57 桌形軸孔珊瑚發生部份群體白化死亡・・・・・・・71

圖 58 表孔珊瑚發生部份群體白化死亡・・・・・・・・・71

圖 59 表孔珊瑚發生部份群體白化死亡・・・・・・・・・71

圖 60 表孔珊瑚發生部份群體白化死亡・・・・・・・・・72

圖 61 微孔珊瑚的組織不正常生長・・・・・・・・・・・72

圖 62 桌形軸孔珊瑚的分枝末端被魚捕食・・・・・・・・72

圖 63 颱風造成珊瑚分枝斷裂・・・・・・・・・・・・・72

圖 64 較深海域出現大型藻與軟珊瑚並存現象・・・・・72

圖 65 較深海域出現大型藻與軟珊瑚並存現象・・・・・72

圖 66 廢棄魚網的纜繩・・・・・・・・・・・・・・・・・73

圖 67 廢棄魚網纏繞在珊瑚上・・・・・・・・・・・・・73

圖 68 廢棄魚網纏繞在珊瑚上・・・・・・・・・・・・・73

圖 69 廢棄魚網纏繞在珊瑚上・・・・・・・・・・・・・73

圖 70 綁在礁岩上的纜繩・・・・・・・・・・・・・・・73

圖 71 廢棄船錨・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・73

摘　要

關鍵詞：墾丁國家公園、後壁湖保護區、資源調查、生態監測、經營管理

一、研究緣起

墾丁國家公園海域珊瑚礁後壁湖海洋資源保護示範區已於 94 年成立，並有效執行保護管理；然而，對於海洋資源保護示範區內的珊瑚礁狀況仍未有詳細調查與監測。

二、研究方法及過程

本研究利用拖曳浮潛與水肺潛水固定橫截線照相調查的方法，進行墾丁國家公園後壁湖海洋資源保護示範區的基礎生態調查。

三、重要發現

保護示範區海域包括沙地、潟湖、礁平台、礁斜坡與獨立礁等地形。底棲群聚具有以軟珊瑚、石珊瑚和擬珊瑚海葵為優勢的群聚。已建立以分枝形軸孔珊瑚為優勢、珊瑚為優勢、和以擬珊瑚海葵為優勢等 3 個監測區，其中軸孔珊瑚區底棲生物的平均覆蓋率分別是硬珊瑚 48.6%、軟珊瑚 6.9%、和毛叢狀海藻 36.5%；珊瑚生長形的平均覆蓋率由高而低分別是分枝形 29.8%、團塊形 7.8%和表覆形 7.5%；珊瑚生長形與屬的平均覆蓋率由高而低分別是分枝形軸孔珊瑚 22.1%、表覆形表孔珊瑚 5.8%和分枝形椎珊瑚 5.3%。珊瑚區底棲生物的平均覆蓋率分別是硬珊瑚 34.3%、軟珊瑚 8.1%、和毛叢狀海藻 50.9%；珊瑚生長形的平均覆蓋率由高而低分別是團塊形 14.9%、表覆形 11.0%和分枝形 5.8%；珊瑚生長形與屬的平均覆蓋率由高而低分別是團塊形微孔珊瑚 9.7%和表覆形表孔珊瑚 8.4%。擬珊瑚海葵區底棲生物的平均覆蓋率分別是硬珊瑚 14.1%、軟珊瑚 2.3%、海葵 54.3%、和毛叢狀海藻 26.7%；珊瑚生長形的平均覆蓋率由高而低分別是分枝形 7.0%和

板葉形 3.3%；珊瑚生長形與屬的平均覆蓋率由高而低分別是分枝形表孔珊瑚6.5%和板葉形表孔珊瑚 3.3%。由於具有豐富多樣的珊瑚資源，而珊瑚白化和大型藻出現與珊瑚競爭空間的現象僅零星發生，並且魚類的數量呈現增多趨勢，顯示珊瑚礁的整體健康狀況仍不錯。不過，廢棄的魚線、漁網和船錨仍有時可見，顯示仍有捕捉魚隻的情形發生。

四、主要建議事項

建議持續進行後壁湖保護區珊瑚礁的調查監測，人為活動的管制與執法，規劃未來設置海洋保護區與航道的標示與泊船浮球，以及輔導漁民改變目前仍有時在保護區捕魚的行為，而以觀光或保育行為為主。

ABSTRACT

Keywords: Kenting National Park, Houbihou Marine Protection Area, resource survey, ecological monitoring, management

Houbihou Marine Protection Area has been established in Kenting National Park, southern Taiwan since 1995. However, the detail information of the coral reef status in the area was still unknown. We conducted ecological survey in Houbihou Marine Protection Area using Manta tow and phototransect surveys. The topography includes sand, lagoon, reef flat, reef slop, and sea mount. The benthic communities dominated by branching *Acropora* corals, reef corals, soft corals, and corallimorpharian were described. At branching *Acropora* dominated area, the mean cover of hard coral, soft coral, and turf algae was 48.6, 6.9, and 36.5%, respectively. The branching *Acropora* (22.1%) was the most abundant corals. At coral area, the mean cover of hard coral, soft coral, and turf algae was 34.3, 8.1, and 50.9%, respectively. The massive coral (14.9%) was the most abundant corals. At corallimorpharian dominated area, the mean cover of hard coral, soft coral, corallimorpharian, and turf algae was 14.1, 2.3, 54.3, and 26.7%, respectively. The general status of coral reef remains good condition. However, the fishing activities were still occurred. The long term ecological research and monitoring, no-take enforcement, and establishment of marker buoys in the future will play important roles in the management of Houbihou Marine Protection Area.

第一章 緒 論

海洋保護區是海洋資源保育與管理的重要工具，生態調查與監測能夠建立基礎訊息，提供擬定適當管理措施與評估管理是否有效的客觀基礎，因此在管理海洋保護區上扮演重要角色。另一方面，過去選擇海洋保護區通常未考慮全球氣候變遷的影響；然而，有鑒於全球氣候變遷已被普遍認為是威脅熱帶珊瑚礁健康與存續的最嚴重與最急迫的威脅，其所造成的海水暖化、珊瑚大白化、海洋酸化、颱風發生頻率與強度增加等威脅，經常是人力所難以解決的。因此，如何增強珊瑚礁海洋保護區對全球氣候變遷的抵抗力與恢復力，已成為全球珊瑚礁保育與管理的重要課題。

墾丁國家公園海域珊瑚礁後壁湖海洋資源保護示範區已於 94 年成立，並有效執行保護管理，近年來魚類明顯增加。然而，對於海洋資源保護示範區內的珊瑚礁狀況仍未有詳細調查與監測，無法了解其珊瑚資源類型的分布與數量，主要漁業資源潛力，如魚類和大型無脊椎動物狀況，與是否受其他不利因素，如沉積物、廢水、廢棄漁具、垃圾、珊瑚受捕食和疾病發生等影響。另一方面，由於後壁湖鄰近出水口，而出水口海域珊瑚因長期受到溫排水影響，可能已經馴化而對海水暖化有較高的抵抗力，值得進行此類珊瑚在海洋資源保護示範區復育的可行性評估，以增強海洋資源保護示範區珊瑚對海水暖化的抵抗力。

預期目標：

（一）海洋資源保護示範區的基礎生態調查：

將後壁湖海洋資源保護示範區劃分為適當大小的格網，建立格網全球定位系統資料，調查每個格網的海底地形、深度、底質、活珊瑚覆蓋率、珊瑚優勢生長型、以及大型無脊椎動物的數量等級等，然後依據格網生態調查結果，提出適當的長期生態監測地點與方法。

（二）評估增加海洋資源保護示範區對全球氣候變遷抵抗力的方法：

將出水口可能較耐熱，並且適合在後壁湖海洋資源保護示範區生存的珊瑚物種，進行移植復育試驗，測試移植珊瑚的存活率與生長率，以及當暖化發生時，比較移植珊瑚的白化和死亡的比例是否較原地族群低，以評估增加海洋資源保護示範區對海水暖化抵抗力的可行性。

（三）評估海洋資源保護示範區受干擾的影響：

調查各格網地點，受沉積物、垃圾、廢棄漁具、珊瑚受捕食和疾病發生影響的情形，並提出如何改善的管理建議。

（四）進行海洋資源保護示範區珊瑚礁生態保育與經營管理的教育訓練與解說宣導：

針對後壁湖海洋資源保護示範區珊瑚礁生態與資源調查結果，參考國際海洋保護區資源調查與保育管理經驗，提供相關單位人員的教育訓練與解說宣導。

珊瑚礁兼具高生物多樣性、豐富生物量、以及高生產力等特性，並在孕育高物種多樣性、維持生態平衡、建造陸地、提供食物和藥物、做為觀光遊憩資源、以及提供教育和研究之用等具有很高的價值，而成為最重要且受國際關注的海洋生態系之一。然而，由於人為和自然因素，如過度捕捉藻食性魚類、水質優養化、沉積物、氣候暖化、二氧化碳濃度升高、白化事件、疾病大發生、棘冠海星大發生等，已使得世界上的珊瑚礁長期急劇衰敗和改變 (Bellwood & Hughes 2001; Knowlton 2001; Roberts et al 2002; Hughes et al 2003; Pandolfi et al 2003)。此外，各珊瑚礁生物種類的地理分布範圍較侷限而易滅絕，珊瑚礁也被各國科學家普遍認為是最受人為活動和全球氣候變遷威脅的海洋生態系(Halpern et al 2007)，使得珊瑚礁成為需要整合各國的努力，優先保育的生態系之一(West & Salm 2003;

Schuttenberg et al 2006)。

氣候的變異已被認為是真實在發生的事件，並對珍貴的熱帶海洋生態系－珊瑚礁發展造成嚴重威脅(West & Salm 2003; Schuttenberg et al 2006)。正在暖化的海洋所引起的珊瑚大量白化死亡，被認為是造成全球珊瑚礁被毀滅的主要因素，據全球珊瑚礁監測網(Global Coral Reef Monitoring Network)估計，全球 16%的珊瑚礁在 1997-1998 年的珊瑚大白化事件中被毀滅，而在過去二十餘年，大尺度珊瑚白化死亡事件的發生頻度與嚴重程度都在增加。此外，正在酸化的海洋使珊瑚建造碳酸鈣骨骼困難，再加上其他環境壓力，例如快速的海平面上升、颱風的強度增加、大氣與海洋的循環改變等，因此而急迫需要在全球和地方儘早建立進行珊瑚礁的保育和管理策略(West & Salm 2003; Schuttenberg et al 2006; Lough 2008)。

在保育海洋生態資源方面，預先保留和維護現況良好的珊瑚礁，遠比其被污染破壞後再進行事後挽救重要；而最有效的方法之一，是建立有效經營管理的海洋保護區。此外，由於面臨全球氣候變遷的威脅，因此有必要選擇目前珊瑚礁健康狀況較佳，並且對環境變動具有較強抵抗力與恢復力的珊瑚礁區域，設立為海洋保護區，並實施適當且有效的經營管理。

評估對於環境變遷具有抵抗力(resistance)與恢復力(resilience)的特定珊瑚礁區，被認為是珊瑚礁管理與保育的重要策略(West & Salm 2003; Schuttenberg et al 2006)。抵抗力是指個別珊瑚具有抵抗白化或在白化後能夠存活的能力，並在具有湧升流，或水流交換較快，或過去已經歷數次白化考驗區域的珊瑚通常較具有抵抗力。恢復力是指珊瑚群聚回復至干擾發生前的多樣性與豐富度的能力，而在具有豐富幼生供應來源，加入量高，生物侵蝕者、掠食珊瑚者和疾病較少等區域的珊瑚群聚通常較具有恢復力。因為雖然氣候變遷和珊瑚大白化影響廣大的空間

區域，但其衝擊卻成區塊性，因此，在管理與保育珊瑚礁的最重要作為之一，是確認與保護對氣候改變較具抵抗力和恢復力的珊瑚礁區，以提供較易受損區復原珊瑚來源的避難所(Schuttenberg et al 2006)，而這些重要工作有賴於良好的環境生態監測與實驗研究。

為了減緩珊瑚礁所遭受的過度利用和破壞，評估各種人為和自然因素對珊瑚礁的影響，建立合宜有效的管理措施，使珊瑚礁漁業和資源能夠永續利用，並且維護海洋生物的多樣性，許多國家紛紛設立海洋保護區，並進行詳細生態調查研究。海洋保護區的作用是使生物免於被捕捉，減少死亡率，產生較多和較大的個體，增加族群數量和生殖與生產力(Mora et al 2006)。近年則致力於建立全球海洋保護區網路以形成生物族群連結和分散受干擾影響的風險。這些研究成果對於我們瞭解珊瑚礁的群聚和族群動態、生物多樣性、環境變遷對群聚改變的影響等，都有很大的幫助。

海洋保護區是海洋資源保育與管理的重要工具，生態調查與監測能夠建立基礎訊息，提供擬定適當管理措施與評估管理是否有效的客觀基礎，因此在管理海洋保護區上扮演重要角色。另一方面，過去選擇海洋保護區通常未考慮全球氣候變遷的影響；然而，有鑒於全球氣候變遷已被普遍認為是威脅熱帶珊瑚礁健康與存續的最嚴重與最急迫的威脅，其所造成的海水暖化、珊瑚大白化、颱風發生頻率與強度增加等威脅，經常是人力所難以解決的。因此，如何增強珊瑚礁海洋保護區對全球氣候變遷的抵抗力與恢復力，已成為全球珊瑚礁保育與管理的重要課題。

珊瑚礁復育的目標在於使已破壞的珊瑚礁恢復到原來的狀態，由於珊瑚礁破壞除了代表鉅額經濟損失之外，對於海域生態系平衡更是一大衝擊，因此近年來，如何促進珊瑚礁復原成為廣受重視的課題，世界許多國家學者和珊瑚礁管理

機構都在探討或進行珊瑚礁的復育並且已經有許多具體成果(Cote & Reynolds 2006; Precht 2006)。珊瑚的移植已在許多國家被用於加速珊瑚礁生物群聚的發展，和復育重建被破壞的珊瑚礁(Harriott & Fisk 1988; Rinkevich 1995, 2000, 2005; Edwards & Clark 1998; Epstein et al 2003; Soong & Chen 2003; Cote & Reynolds 2006; Dizon & Yap 2006; Precht 2006)。珊瑚移植加入的效果是能夠快速提高礁區棲地的複雜度、生物多樣性、珊瑚成長速度和覆蓋率、以及克服珊瑚早期加入量少、小群體死亡率高、成長慢的限制，加速珊瑚礁區珊瑚群聚的發展速度；當移植珊瑚建立、成長和成熟而能夠進行有性生殖後，便能產生大量子代，促進當地珊瑚的加入量，或經由移植群體的無性斷裂生殖而增加群體數目。

然而，從未受損害的珊瑚礁區大量採集用於移植的珊瑚群體，將造成其承受珊瑚損失或對當地群聚產生干擾。因此，近年來，利用採集珊瑚群體的部份或分枝進行人工培育珊瑚，待其長大至適當體型後，再將其應用於野外受損害珊瑚礁的復育做法愈益受到重視，並且也已推動進行(Rinkevich 1995; Bowden-Kerby 1997, 2001)。以人工培育珊瑚作為移植復育珊瑚的來源，目前已在一些國家受到重視而發展(Rinkevich 1995; Franklin et al 1998; Yap 2000; Epstein et al 2003; Shafir et al 2006a, 2006b)。

墾丁國家公園涵蓋珊瑚礁海域，也是台灣海洋生物多樣性最高的區域之一，已知魚類達 1,200 種以上，各類珊瑚也在 350 種以上。然而，近年來也因環境開發利用、生物捕撈、人為污染與破壞，以及全球氣候變遷等因素，而對此海域珊瑚礁產生許多影響。墾丁國家公園海域珊瑚礁的調查陸續有 Jones et al (1972)，Randall & Cheng (1977; 1979)，Yang & Dai (1980)，Yang (1985)，Dai (1988; 1991a; 1991b; 1993; 1996; 1997)，戴等(1998a; 1998b; 1999)，樊(2003; 2004; 2005; 2006)和 Tkachenko et al (2007)進行，對於此海域環境與珊瑚礁生物的瞭解提供重要的基礎資料。

墾丁國家公園海域珊瑚礁後壁湖海洋資源保護示範區已於 94 年成立，並有效執行保護管理，近年來魚類明顯增加(陳 2006)，並且具有相當豐富的海膽(趙 2005)。然而，對於海洋資源保護示範區內的珊瑚礁狀況仍未有詳細調查與監測，無法了解其珊瑚資源類型的分布與數量，主要漁業資源，如大型無脊椎動物狀況，與是否受其他不利因素，如沉積物、廢水、廢棄漁具、垃圾、珊瑚受捕食和疾病發生等影響。另一方面，由於後壁湖鄰近出水口，而出水口海域珊瑚因長期受到溫排水影響，可能已經馴化而對海水暖化有較高的抵抗力，值得進行此類珊瑚在海洋資源保護示範區復育的可行性評估，以增強海洋資源保護示範區珊瑚對海水暖化的抵抗力。

本研究的目標包括：(1)海洋資源保護示範區的基礎生態調查；(2)評估增加海洋資源保護示範區對全球氣候變遷抵抗力的方法；(3)評估海洋資源保護示範區受干擾的影響，提出如何改善的管理建議；以及(4)進行海洋資源保護示範區珊瑚礁生態保育與經營管理的教育訓練與解說宣導。

第二章 研究內容與範圍

（一）海洋資源保護示範區的基礎生態調查：

將後壁湖海洋資源保護示範區劃分為適當大小的格網(圖 1、2)，建立格網全球定位系統資料，調查每個格網的海底地形、深度、底質、活珊瑚覆蓋率、珊瑚優勢生長型、以及大型無脊椎動物的數量等級等，然後依據格網生態調查結果，提出適當的長期生態監測地點與方法。

將後壁湖海洋資源保護示範區劃分為 33 個格網，每個格網的長與寬皆為 270 公尺，建立格網全球定位系統資料，調查每個格網的海底地形、深度、底質(分為沙灘、礁石、礫石和露出裸岩等)、活珊瑚覆蓋率(珊瑚覆蓋率分為 1-10%、11-30%、31-50%、51-75%及 76-100%等五等級，圖 3)、珊瑚優勢生長型(石珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、海葵和海藻；代表性珊瑚的種類與群體型態，如分枝形、表覆形、團塊形和葉片形等)、以及大型無脊椎動物(主要是海參、海膽、海星、海羽星、龍蝦)的數量等級等，然後依據格網生態調查結果，提出適當的長期生態監測地點與方法。

適當的長期生態監測方法將是建立永久生態監測站，設立珊瑚礁底棲群聚監測的永久固定樣區與監測底棲群聚。監測調查珊瑚覆蓋率的方法是在各調查地點適當水深，設立不銹鋼標記樁(圖 4)，標記 3 條 30 公尺橫截線，然後利用水下數位相機(Olympus C-5050)和 35 乘 35 公分的照相框架(圖 5)，照相記錄每條測線的底棲生物與基質，所拍攝的每個 35 乘 35 公分樣框，使用 CPCe（Coral Point Count With Excel extensions）〔National Coral Reef Institute, NOVA Southeastern University Oceanographic Center (NSUOC) 〕軟體，每個樣框記錄 50 個隨機樣點其下的底棲生物和基質(圖 6)，計數各樣框內底棲生物和基質的樣點數和計算其覆蓋率(Tkachenko et al 2007)。底棲生物和基質分為硬珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、

海葵、大型藻、毛叢狀海藻、基質與其它等大類，並分析各生長形，如分枝形、桌形、柱形、表覆形、團塊形、板葉或葉片形、以及游離生活型等硬珊瑚，以及硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較。各底棲生物類別的定義如下，大型藻主要為組織較多、形態直立、體型較大型的海藻。毛叢狀海藻(turf algae)主要為絲狀，體型較小。覆蓋率數據資料皆以平均值±標準偏差表示。

珊瑚礁調查方法將採用珊瑚樣點計算分析方法，其屬於管理監測或科學監測等需要較高階科學訓練的專業人員，而非使用屬於社群監測，如珊瑚礁體檢之較簡易方法(Wilkinson et al 2003)。此外，將依據環境狀況與珊瑚群聚組成特徵，評估各區對全球氣候變遷，特別是白化的抵抗力與恢復力

（二）評估增加海洋資源保護示範區對全球氣候變遷抵抗力的方法：

將出水口可能較耐熱，並且適合在後壁湖海洋資源保護示範區生存的珊瑚物種，進行移植復育試驗，測試移植珊瑚的存活率與生長率，以及當暖化發生時，比較移植珊瑚的白化和死亡的比例是否較原地族群低，以評估增加海洋資源保護示範區對海水暖化抵抗力的可行性。

經由初期潛水調查，評估適合在後壁湖海洋資源保護示範區生存的珊瑚物種，進行移植復育試驗，測試移植珊瑚的存活率與生長率，以及當暖化發生時，比較移植珊瑚的白化和死亡的比例是否較原地族群低，以評估增加海洋資源保護示範區對海水暖化抵抗力的可行性。將監測移植復育珊瑚群體的的種類、數量、存活率、生長率和覆蓋率等，以量化評估其效益(Precht 2006)。

此外，參考美國國立珊瑚礁研究所進行珊瑚礁的重建與人工培育，並建立海下珊瑚培育系統，以及參考澳洲大堡礁海洋公園管理局(Great Barrier Reef Marine Park Authority)的珊瑚移植指導原則等資料。

（三）評估海洋資源保護示範區受干擾的影響：

調查各格網地點，受沉積物、垃圾、廢棄漁具、珊瑚受捕食和疾病發生影響的情形，並提出如何改善的管理建議。

量化調查各格網地點所承受的人為污染和破壞，如泥沙沉積物、捕魚和釣魚所廢棄的漁網和魚線、纜繩、船錨、垃圾、物理性破壞和珊瑚白化與疾病等，並提出如何改善的管理建議。

（四）進行海洋資源保護示範區珊瑚礁生態保育與經營管理的教育訓練與解說宣導：

針對後壁湖海洋資源保護示範區珊瑚礁生態與資源調查結果，參考國際海洋保護區資源調查與保育管理經驗，提供相關單位人員的教育訓練與解說宣導。

整理後壁湖海洋資源保護示範區珊瑚礁生態與資源調查結果，參考國際海洋保護區資源調查與保育管理經驗(Westmacott et al 2000; Hill & Wilkinson 2004; Cote & Reynolds 2006; Phinney et al 2006; Precht 2006)，提供相關單位人員的教育訓練與解說宣導。

第三章 結 果

(1) 海洋資源保護示範區的基礎生態調查：

後壁湖海洋資源保護示範區內進行拖曳浮潛調查的結果顯示(圖 7)。此海域包括沙地、潟湖(圖 8)、礁平台、礁斜坡與獨立礁等地形，潟湖區因底質較淺容易形成浪區；礁平台區向外海平緩延伸，部份區域與沙地銜接，部份區域則連結大型礁塊而呈現地形起伏較大和明顯陡降現象。保護區界線有浮標標示(圖 9)。拖曳浮潛調查路徑如圖 10 所示，已涵蓋後壁湖海洋資源保護示範區的大多數區域，並搭配格網方式與各格網中心的經緯度資料(表 2)，進行較詳細的生態調查。

在底質類別方面，目前可明顯分為以活珊瑚為主(圖 11)、以礁岩為主(圖 12)、以沙地為主(圖 13)、和以擬珊瑚海葵為主(圖 14)等類型。珊瑚優勢生長型則可分為以分枝形石珊瑚為主(圖 15)、以分枝形和葉片形石珊瑚為主(圖 16)、以團塊形和表覆形石珊瑚為主(圖 17)、和以軟珊瑚為主(圖 18、19)等類別。其中以分枝形石珊瑚為主的群聚主要出現在後壁湖監測區和軸孔珊瑚區等二區域(表 1、圖 10)，或格網的 21、32 和 33 等區域(表 2)。擬珊瑚海葵區位於後壁湖監測區的西北方(圖 10)，或格網的 21 區域(表 2)。以軟珊瑚為主的群聚則主要分布在礁平台的兩側，以格網的 1、2、4、8、9、10、15、18、20、21 和 27 等區域數量較豐富(表 2)。

目前已建立位於格網 21 區的以分枝形軸孔珊瑚為優勢(N21 57.039; E120 45.219)、珊瑚為優勢(N21 57.015; E120 45.214)、和以擬珊瑚海葵為優勢(N21 56.646; E120 45.053，圖 20)等 3 個監測區，其中軸孔珊瑚區底棲生物的平均覆蓋率分別是硬珊瑚 48.6%、軟珊瑚 6.9%、和毛叢狀海藻 36.5% (圖 21)；珊瑚生長形的平均覆蓋率由高而低分別是分枝形 29.8%、團塊形 7.8%和表覆形 7.5% (圖 22)；珊瑚生長形與屬的平均覆蓋率由高而低分別是分枝型軸孔珊瑚 22.1%、表覆形表孔珊瑚 5.8%和分枝型椎珊瑚 5.3% (圖 23)。珊瑚區底棲生物的平均覆蓋率

分別是硬珊瑚 34.3%、軟珊瑚 8.1%、和毛叢狀海藻 50.9% (圖 24)；珊瑚生長形的平均覆蓋率由高而低分別是團塊形 14.9%、表覆形 11.0%和分枝形 5.8% (圖 25)；珊瑚生長形與屬的平均覆蓋率由高而低分別是團塊形微孔珊瑚 9.7%和表覆形表孔珊瑚 8.4% (圖 26)。擬珊瑚海葵區底棲生物的平均覆蓋率分別是硬珊瑚 14.1%、軟珊瑚 2.3%、海葵 54.3%、和毛叢狀海藻 26.7% (圖 27)；珊瑚生長形的平均覆蓋率由高而低分別是分枝形 7.0%和板葉形 3.3% (圖 28)；珊瑚生長形與屬的平均覆蓋率由高而低分別是分枝型表孔珊瑚 6.5%和板葉形表孔珊瑚 3.3% (圖 29)。

在後壁湖海洋資源保護示範區內的調查過程中，可看到多樣的海洋生物資源，如較廣泛分佈的小丑魚與海葵(圖 30)、硨磲貝(圖 31)、在格網 26 出現的烏賊(圖 32)、夜潛時所觀察到龍蝦(圖 33)、較廣泛分佈的海星(圖 34)、在格網 7、11 和 18 豐富的海羽星(圖 35)、在格網 20、24 和 28 豐富的海膽、在格網 4 出現的海蛇(圖 36)，以及提供魚群躲藏棲所的分枝形軸孔珊瑚(圖 37)、在格網 15、16 和 21 豐富的魚類在珊瑚礁群游(圖 38、39)、和夜間時珊瑚礁魚類棲息於分枝形軸孔珊瑚分枝之間(圖 40、41)等有趣的海洋生物活動現象。

在格網 8 後壁湖餵魚區常可見到聚集於珊瑚附近的豐富魚群(圖 42、43、44)，以及聚集於格網 4 冠叢柳珊瑚附近的蝦魚(圖 45)等有趣的海洋生物活動現象。

在不同深度的珊瑚礁群聚發展方面，在較淺海域(約 15 公尺以內)主要是以石珊瑚和軟珊瑚為優勢的群聚；較深海域則有軟珊瑚優勢區(圖 46、47、48)、水螅珊瑚與海百合區(圖 49)、棘穗軟珊瑚優勢區(圖 50)，以及較深海域(約 20 至 40 公尺)的柳珊瑚區(圖 51)。較深海域常見到豐富的浮游生物聚集於礁體表面(圖 52、53)。

(2) 評估增加海洋資源保護示範區對全球氣候變遷抵抗力的方法：

原定將選擇在核三廠出水口海域，曾歷經海水暖化發生白化，但之後恢復健康的美麗軸孔珊瑚，進行在後壁湖海洋資源保護示範區內的移植復育試驗，不過由於此區域珊瑚狀況仍相當良好，並且有希望維持保護區內自然生態的建議，因此並未執行實際移植作業。然而在後壁湖保護區內於 2007 年 5 月進行桌形軸孔珊瑚移植實驗，固定在玻璃纖維架上的桌形軸孔珊瑚至 2008 年 10 月生長情形良好(圖 54)。此外，於 2008 年 5 月在核三廠出水口海域以鋼釘、束帶和環氧樹脂固定的美麗軸孔珊瑚分枝移植方法也具有良好的固定效果(圖 55)，這些成果可供未來有需要時參考使用。

(3) 評估海洋資源保護示範區受干擾的影響，提出如何改善的管理建議：

調查期間偶爾見到軸孔珊瑚發生部份群體白化死亡(圖 56、57)、表孔珊瑚發生部份群體白化死亡(圖 58、59、60)、微孔珊瑚的組織不正常生長(圖 61)、和桌形軸孔珊瑚的分枝末端被魚啃食(圖 62)、和颱風造成珊瑚分枝斷裂聚集於海底(圖 63)等現象，但發生頻率低。此外，在礁平台與沙地交界的較深海域處，發現大型藻與珊瑚競爭空間的現象(圖 64、65)，但僅零星發生，值得後續追蹤注意。

另外，在格網 1、4、8、14 和 16 的廢棄漁網(圖 66、67、68、69、)、纜繩綁在礁岩上(圖 70)和在格網 15 的廢棄船錨(圖 71)仍有時可見，顯示仍有捕捉魚隻的情形發生；建議宜輔導漁民改變目前仍在保護區捕魚的行為，而以觀光或保育行為為主。

第四章 討論與建議

第一節 討論

墾丁國家公園海域的珊瑚礁具有一些天然的優勢條件，如位居印度－太平洋造礁珊瑚高物種多樣性金三角的北界、豐富多樣和各種生長型群體的珊瑚群聚並存、強勁的黑潮和南中國海表層流可能將熱帶礁區的海洋生物輸送至此、此海域珊瑚的生殖時間長並產生大量子代、珊瑚的加入量較高等，因此可能具有較高的自然復原能力(Fan 2008; 樊 2008)。相關的案例包括墾丁國家公園南灣的跳石海域，在約 1995 年受沉積物、廢水和颱風影響，原本繁盛的分枝形軸孔珊瑚大量死亡，被快速擴張的海葵取代，近年來因污水經過處理後才排放、泥沙減少、水質改善，因此海葵逐漸減少，分枝形表孔珊瑚快速增生，甚至分枝形軸孔珊瑚也開始明顯出現，呈現珊瑚礁復原景象(Tkachenko et al 2007)。

墾丁國家公園沿海珊瑚在 2007 年夏季海水異常暖化期間水溫變化與珊瑚白化程度呈現異質性，依各地點的差異可分為三類：第一類其水溫超過 30℃並且珊瑚白化率介於 23 至 50%，包括後灣、萬里桐、出水口與香蕉灣；第二類其水溫超過 30℃，但珊瑚白化率低於 5%，地點有雷打石和後壁湖(格網 21)；以及第三類其水溫未超過 30℃，珊瑚也未發生白化，僅有 1 個地點，即龍坑。這些差異與各地點地形和海流的不同，以及因湧升流和颱風引起的海水降溫效應有關，其中海水溫度較低，以及水溫雖高，但珊瑚白化率低的地點，可能具有珊瑚礁受全球暖化影響下的避難所功能(Fan et al 2008)。雖然後壁湖航道以北的區域，如格網 21 在 2007 年夏季珊瑚白化率低；但在航道以南的區域，如格網 1、4、8

和 13 等在 2007 年夏季珊瑚白化率卻較高，顯示二區域的生態狀況有所不同。

一些長期生態研究的結果顯示，各類珊瑚群聚對於干擾和污染的承受能力與復原具有相當大的差異，其中軸孔珊瑚具有較快的生長速率，使其能夠快速獨占廣大空間，形成巨大群體與優勢的群聚，但其分枝形的群體易受風浪作用斷裂(Done 1992; Riegl & Riegl 1996)，同時也是棘冠海星較喜愛攝食的對象(Death & Moran 1998)，這些特性使軸孔珊瑚群聚容易大量死亡(Van Woesik 1995)，而在經歷干擾之後，數量劇烈減少。由於分枝形軸孔珊瑚在全球珊瑚礁快速減少，而後壁湖保護區仍擁有數量較豐富，並且形成長度可達數公尺至數十公尺的大群體，因此值得善加保護並進行長期生態監測。

珊瑚礁底棲群聚變遷中引人注意的現象之一是海葵或擬珊瑚海葵的蔓延生長。雖然海葵過去即在一些地區形成大量密集的族群；然而，在夏威夷、紅海、馬來西亞和台灣的部份珊瑚礁區原本是以珊瑚為主，後來卻轉變為以海葵為優勢的群聚結構，此變遷現象則特別值得注意(Tkachenko et al 2007)。夏威夷歐胡島 Kaneohe 灣的珊瑚礁，淺海裙礁區的石珊瑚被蒐葵 *Zoanthus pacificus* 取代此海域生物相變遷最引人注目的現象之一(Cooke 1976)。紅海北部以色列 Eilat 沿海的珊瑚礁，其礁平台區原本以珊瑚為主要的底棲生物，此後，擬珊瑚海葵 *Rhodactis rhodostoma* 快速獨占新出現的基質，覆蓋率最高達 69%，並且形成如地毯般地連續分布的景象(Chadwick-Furman & Spiegel 2000)。

造成海葵取代珊瑚成為優勢的可能原因與機制，包括干擾、水質因受優養化和沉積物污染而惡化，造成環境不適合珊瑚生長但卻促進海葵繁盛(Kuguru et al 2004)、海葵憑藉其快速增殖與特化而較強的競爭能力，趁著珊瑚受損嚴重或環境較適合海葵繁衍的機會，迅速擴張，佔領新出現的基質。在海葵的無性生殖能力方面，大發生的海葵通常都以無性縱裂生殖為主，並且無性生殖作用旺盛，

同時所產生的子代體型較大、存活率高，因此能在短期快速擴張族群數量(Tanner, 1997)。

在海葵的競爭能力方面，一些研究結果顯示(Chadwick & Adams, 1991)，海葵與珊瑚接觸後，其口盤邊緣的觸手可能特化形成膨大球狀結構，其組織的表皮層增厚，並具有較多的刺絲胞用於攻擊對手；同時其會移動位置攻擊珊瑚，在珊瑚死後覆蓋生長在其骨骼上並繼續擴張。許多種海葵具有含大量刺絲胞用以攻擊的特化構造，如泡狀邊緣觸手(Langmead & Chadwick-Furman 1999a; 1999b)、捕捉觸手和襟疣(pseudoacrohagi)。不過，海葵的競爭能力排名只達到中等，通常只對珊瑚蟲較小而競爭能力較弱的分枝形或團塊形珊瑚種類，如軸孔珊瑚、鹿角珊瑚、微孔珊瑚和表孔珊瑚等具有競爭優勢；當遭遇到的珊瑚種類是競爭能力強的棘杯珊瑚和腎形或束形針葉珊瑚時，則二者呈現對峙局面或珊瑚贏過海葵。因此，海葵通常只能夠密集生長在軸孔珊瑚的群體上。

在後壁湖保護區利用固定於礁岩表面的著苗瓷磚研究珊瑚新添量的結果顯示，珊瑚新添量的平均值在 2007 年 4 至 9 月為每平方公尺 358 至 375 株，在 2007 年 9 月至 2008 年 4 月為每平方公尺 79 至 232 株，換算為一年每平方公尺 437 至 607 株(Jheng and Fan, 2008)，顯示後壁湖海域珊瑚的自然新添量與恢復力較高。珊瑚加入量在影響族群與群聚的補充與變動，維持珊瑚礁的健康，以及受干擾影響損害礁區的復原等方面，都扮演重要作用並具有地區性差異。例如 Hughes et al (1999)比較澳洲大堡礁珊瑚的成體群聚與加入量的關係，發現具有相似豐富度的群聚間，其變動與轉換卻有很大的不同。而一些研究顯示，加入量是影響珊瑚覆蓋率的主要因素(Coles and Brown 2007)。研究結果也顯示，地區性的加入量和地區性產生幼生被保留在親代礁區，可能常發生在許多具有浮游幼生期的海洋生物(Strathmann et al 2002)。世界各地，包括法屬波里尼西亞、關島、大堡礁、澳洲東南部、日本西南部、紅海、加勒比海等，珊瑚加入量的變化很大，其中以

在澳洲大堡礁中區的加入量最高，每年每平方公尺可達 4590 株。此外，珊瑚加入量的種類，一般以鹿角珊瑚科、軸孔珊瑚科、微孔珊瑚科和菊珊瑚科的種類為主，並具有季節差異。另外，加入量受研究方法、珊瑚附著板的材料與固定方式、深度、藻食性動物數量、珊瑚生活史策略等的影響(Glassom et al 2004, Nozawa et al 2006, Adjeroud et al 2007)。

墾丁國家公園海域海洋保護區珊瑚礁魚類的研究方面，以潛水調查目測比較海洋保護區(後壁湖和核三廠入水口)與非保護區(跳石和小灣)內，大型分枝形軸孔珊瑚區塊珊瑚礁魚類的種類與數量，發現總魚體數在 2 個海洋保護區皆顯著高於 2 個非保護區，顯示海洋保護區對維持魚類資源具有重要作用(Chen et al 2008)。此外，小灣珊瑚礁魚類的數量和多樣性都較其他地點低，可能與其未受保護，並且大型分枝形軸孔珊瑚已死亡有關，顯示海洋保護區和健康的大型分枝形軸孔珊瑚都對保護魚類群聚扮演重要作用。魚類的發展十分依賴棲地的品質，分枝形石珊瑚礁是很重要的珊瑚礁魚類棲所，珊瑚分枝間形成的三維空間提供大量無脊椎動物、某些小型珊瑚礁魚類與仔稚魚避敵的空間，形成多樣性豐富的棲地。此外，珊瑚礁魚類的豐富度與棲地的珊瑚數量多寡也有關聯；因此，珊瑚的種類與數量對珊瑚礁魚類多樣性與豐富度的維持非常重要。在其他生物資源調查方面，趙(2005)亦報導後壁湖保護區海膽的種類及數量均相當豐富，顯示保育成效明顯。

相對於世界各地許多珊瑚礁受到各種人為與自然因素的影響而快速衰敗，墾丁國家公園南灣的後壁湖保護區仍擁有保存良好的天然珊瑚礁，並且具有湧升流而可能成為海水暖化時的避難所，造成國外許多珊瑚礁嚴重損害的棘冠海星大爆發和珊瑚疾病大發生等也並未發生，在珊瑚礁的天然生態環境條件方面可說是得天獨厚。近年來魚類的數量也有增加的趨勢，使得未來漁業資源的價值更逐漸提升，非常值得繼續做好執法管制與經營管理，以永續利用珍貴的珊瑚礁資源。

海洋保護區的的功能有保育、觀光與漁業等，其維護與執法管理需要當地社區民眾的參與與支持。保護區的價值與作用，如吸引浮潛和潛水等觀光收益，增生的魚群溢流出保護區而維持穩定魚獲，改善當地民眾的生活等，皆有助於促進當地民眾參與與支持保護區。而經濟較富裕國家的海洋保護區，其經濟產值主要是保育和觀光，而非地區性漁產的增加(ISRS 2004)；因此，如何協助輔導漁民生計的轉型，是後壁湖海洋保護區經營管理的重要作為。

在促進墾丁國家公園珊瑚礁經營管理與科學研究的國際合作方面，墾丁珊瑚礁與美國在法屬大溪地茉莉亞(Moorea)珊瑚礁長期生態研究團隊為姊妹團隊，積極參與推動全球珊瑚礁環境觀測網(Coral Reef Environmental Observatory Network, CREON)組織的建立與擴大。目前正在積極引進美國海洋與大氣總署大西洋海洋與氣象實驗室的珊瑚礁早期預警系統(或稱為整合性珊瑚觀測網)，海洋生物博物館也已推動與美國佛羅里達大學簽訂學術合作協議，希望後續能與墾丁國家公園管理處合作，共同推動與美國佛羅里達州擁有珊瑚礁的國家公園，如 Biscayne 國家公園，和州公園，如 John Pennekamp Coral Reef State Park 等的交流合作，以促進國際化。

第二節 建議

建議一：

進行後壁湖保護區珊瑚礁的持續調查監測：立即可行的建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦單位：國立海洋生物博物館

珊瑚礁的持續調查監測以測量、追蹤和報導珊瑚礁生態環境與資源現況，及其隨時間的變化，使得管理單位得以科學化地正確評估珊瑚礁狀況，診斷所發生

的問題，排列可行解決方案的順序，以有效改善問題，以及評估管理決策的結果，和預測未來可能發生的狀況，以提早規劃或及時應變。調查監測結果也可以提供作為評估來自自然或人為事件，如颱風、疾病爆發、氣候變遷、珊瑚白化、船隻擱淺和污染破壞的災害損失，作為辨認珊瑚礁生態系健康是否衰敗的早期預警系統。因此建議定期進行海洋保護區珊瑚礁的持續調查監測。

建議二：

持續進行後壁湖保護區人為活動的管制與執法：立即可行的建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦單位：國家公園警察隊墾丁警察隊

後壁湖保護區擁有較良好的自然環境條件，對於未來氣候變遷的影響可能也具有較高的抵抗力與恢復力；但是人為活動所產生的污染，如排放廢水和泥沙沖刷入海，與破壞，如捕魚、拋錨、廢棄魚線和魚網、丟棄垃圾等，卻是目前最主要的威脅。過去數年後壁湖保護區已逐漸建立管制與執法能力與成效，建議持續加強進行，以長期有效維持保護作為。人為活動的有效管理，也對協助珊瑚礁降低氣候變遷所造成的衝擊有非常大的幫助。

建議三：

規劃設置海洋保護區與航道的標示與泊船浮球：中長期建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦單位：海洋國家公園管理處

海洋保護區與航道的標示與泊船浮球系統，如同陸地的馬路路標與建築指示，使人們清楚知道如何遵循規定與分區限制，而泊船浮球使船隻容易繫泊，不用拋錨，減少拋錨、起錨或廢棄船錨對珊瑚礁造成的破壞；若需拋錨則通常規定

在沙地區才能進行。海洋保護區與航道的標示與泊船浮球系統，在許多規劃管理較佳的國家經常都有，也是墾丁國家公園海域經營管理建立國際標準制度與設施的重要一環。

附錄

墾丁國家公園管理處 97 年度「珊瑚礁保護區珊瑚資源復育計畫」委辦案

服務企劃書評審會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 97 年 3 月 12 日下午 14 時　　記錄人：

貳、開會地點：本處大型會議室

參、主持人：

肆、評審委員：

國立自然科學博物館：

國立中山大學：

墾丁國家公園管理處：

墾丁國家公園管理處：

伍、出列席單位及人員：

服務廠商：

墾丁國家公園管理處：

陸、主席致詞：歡迎各位評審委員蒞臨指導。

柒、參選廠商報告：略

捌、討論與建議：

＊主席：本案以潛水方式執行可能要花費許多人力，如果以錄影方式是否會較好？永久樣區擬設立幾處？本服務企劃書中，三、研究方法及過程之〈三〉評估示範區受干擾的影響，其中有關垃圾及廢棄漁網等因素，是否能立即通知本處協助予以清除？

＊參選廠商回應：目前示範區保育成效非常好，值得建立完整的調查資料，因其範圍亦甚大，如果以潛水方式調查其效率較低，因此，會以船隻或水上摩托車拖曳潛水人員先作一次勘查，先把各個格網內珊瑚礁生長情形作初步分類，對於品質較好的區域再作詳細的調查。以錄影方式所及範圍不像目視之廣大，當然，針對生長情形較好之區域，可以採特別方式去錄影存證，資與日後資料進行比對參考。至於永久樣區之設立，會於期末提出，針對此區域，有哪幾個地點值得日後繼續監測？預定要設立幾處？目前還未決定，但實際上於去年執行其它計畫時曾設立 3 處測線，至於還有哪些地方值得做的，可能要執行本計畫後方可覓得。有關研究進度及預期完成之工作項目會調整於三月即開始，因此，在作調查時如發現有上述干擾因素發生，會先行拍照，基於研究人員能力有限，也會通知貴處協助處理。

＊趙委員世民：是否能說明有關格網作業情形為何。另作如此大範圍調查，因其地形底質不同，評估其覆蓋率可能不盡理想，建議是否改為以不同等級來區分較為合適。

＊參選廠商回應：30 個格網的點會先作歸類，例如海底地形為何？深度、活珊瑚覆蓋率及珊瑚優勢生長型等。定位方式會先參考示範區經緯度資料，船隻進行拖曳時 GPS 會有其行進軌跡資料紀錄，依本案之需求，原本就提出至少 30 個網格的資料，推測實際去作業時應會超過 30 個以上，經評估之後，生長情形良好區域會再以潛水方式詳細調查、定位評估設立永久樣區，拖曳作業係僅初步的調查方式。覆蓋率部份，屆時會呈現例如格網 1 的等級為 2、格網 2 的為 4，依此類推來作歸類。

＊陳委員一鳴：大範圍作調查，其視力所及範圍有限，同樣一條路線由不同人員作調查也會有誤差存在，但這是值得去做的，如果都沒做，就可能永遠無法了解情況。當然期末報告時，能提出最好的監測結果及永久樣區，未來接續監測時即有現成資料參考。另永久樣區選定之條件為何？復育效果要如何去比較？調查點有受垃圾及廢棄漁網干擾區域，希能於清除前拍照，以比對清除前之情況。

＊參選廠商回應：即使實地去做評估，應該也不會差太多，可能只有上下 2 個誤差值的變化，這是難免的。當然其品質的好壞也繫於穿越路線的次數多寡而定，這 30 個格網至少也要穿越 1 次以上。建立永久樣區部份，會將其列出不同等級，例如軸孔珊瑚區，魚類資源最豐富的區域，這就是建議優先要做監測的，如果經費人力足夠，具有特殊物種或生態條件者，會建議優先予以監測。復育成果比較，例如評估此區珊瑚量很少，應該有機會再增加其覆蓋率，因此，會於此區域作移殖復育，相對鄰近無作復育之區域做比較。因預估未來大白化的機會很大，發生時，當初從出水口移殖來的珊瑚，認為其對暖化忍受力較強的，相對當地的種類，其是否較不易白化，或移植過去的也同樣會白化，這只是一個試驗評估，萬一暖化程度越來越嚴重，儘早來做就更有機會找出因應的方式。

＊馬委員協群：預期格網完成拖曳一次約需多少時間？所定工作項目以月為單位，大概一個月工作天數為何？本案名稱定為「珊瑚礁保護區」，是否適當？所提教育訓練是資料之收集或實地操作的部份？以目前這個區域而言，是有遊憩活動的出現，未來會將遊憩活動導至邊緣地帶，對本計畫有何影響情形？本計畫中提到評估增加海洋資源保護區對全球氣候變遷抵抗力的方法，是如何進行的？

＊參選廠商回應：大概 5 個工作天就可做完 1 次全區調查，每個月野外調查工作大概 1~2 天，當然海況允許的話，也會增加次數，完成初步調查後，會再做詳細的潛水調查，另無脊椎動物常於夜間出現活動，因此，也會從事夜潛調查。至於名稱問題，因為此區實際上是有受到執法保護的，而且又有成效，在國際上是慣用 MPA〈海洋保護區〉，因此是可以接受的。教育訓練部份，是可以協調貴處於期中或期末報告時，邀請其它單位或當地業者，現場說明調查成果亦或不可，保護區最重要的是保護，要讓當地的人去了解且願意去付出，這才是本計畫最重要的目的。保護區內有遊憩活動是可以接受的，但是採捕海洋生物是不被允許的，如果再經由教育宣導，於活動中採有保育方式進行，這也會有示範的效果。本年度珊瑚移植是一個初步的復育試驗，於出水口選擇適合的種類移植至示範區內，至於能不能評估其對海水暖化的抵抗力，今年

度不一定會完成，因為今年如果沒有暖化現象發生，就無法評估了，但下次如果發生了，因為已有監測資料，那就可比較當初移植過來的珊瑚與原來當地生長的珊瑚之間其白化死亡之比率。去年示範區水溫亦曾高達 32 度，但其白化比例很低，探究其原因，可能係因海水交換順暢，至於是否移植的可行性，要看當時的評估，因為這是一個初步的試驗，其結果尚未得知，另一個原因為有否必要這樣做，所以現在討論可能言之過早。另一個要考慮的是可能有人會質疑如果移植的太遠，會不會造成種類混雜問題？但因就在南灣海域範圍內，應該不會有這方面的問題，出水口的珊瑚也有機會散佈至外圍，只是技術上要追蹤它是非常困難的，不若移植的珊瑚是可以追蹤監測的，甚至幾年後其存活率還是可看見的。

玖、主席總結：本案評審成績平均為 89 分，合格，請續辦議價事宜。

拾、散會：同日上午 16 時 20 分。

墾丁國家公園管理處 97 年度「珊瑚礁保護區珊瑚資源復育計畫」委辦案

期中簡報會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 97 年 7 月 30 日上午 10 時　　記錄人：

貳、開會地點：本處大型會議室

參、主持人：

肆、審查委員：

國立自然科學博物館：

國立中山大學：

伍、出列席單位及人員：

受委託單位：

內政部營建署：

墾丁國家公園管理處：

陸、主席致詞：略。

柒、業務單位報告：受委託單位已依合約書第2 條規定，於7 月31 日前提出期中報告，並出席期中簡報會議。

捌：受委託單位報告：略。

玖、討論與建議：

＊趙委員世民：簡報中提到有大量浮游生物出現，是屬哪一類型的？有關珊瑚移植問題，因為目前國際上很流行珊瑚移植，以台灣的環境而言，預期其成果為何，復育點會在哪裡？為維持珊瑚的多樣性，希望能有耐高溫的珊瑚 出現，環境有時會作適當的選擇，尤其是淺水的區域，就好像要作風險的 評估一樣，所以未可能也會碰到相同的問題。另外，這是第1 年的計畫，墾管處可能會很想了解格網裡珊瑚的等級為何，資源分佈哪裡是最好的，墾管處得藉以經營管理，因此，於期末報告時能提出來，並可提供後壁湖 管理站一個很重要的資訊。

＊受委託單位回應：會注意到浮游生物出現的原因係有讀閱國際上的一些報告及於國外觀看到有關介紹墨西哥的珊瑚礁影片中有一小段呈現許多浮游生物的景象，而本次簡報中所呈現的係位於獨立礁旁，但無去分析其種類，僅就潛水所觀察到的資料提出來，以作為墾管處經營管理之參考。以國際 珊瑚礁而言，墾丁的珊瑚礁現已知有許多的條件能夠來維持其穩定性，例 如珊瑚礁魚類很少，但珊瑚礁維持得很健康，在國外他們認為是不可能 的，另外，海膽雖不若國外的多，但能控制藻類的生長，使得珊瑚礁維持 至此程度，推測其原因，可能是湧生流造成水溫劇烈的變動，一般藻類無 法承受，但珊瑚可以，另外，營養鹽、豐富的浮游生物及海流強勁，應是 維持示範區珊瑚礁健康的原因。於後壁湖示範區中設有一監測站，其間有 許多大型分枝型軸孔珊瑚生長的區塊，旁邊緊跟著是海葵生長區域，推測 其形成原因，當初因分枝型軸孔珊瑚死亡後，其骨骼破碎堆積形成一適合 海葵或擬珊瑚海葵附著及大量生長的環境，因此，移植地點預定於軸孔珊 瑚區附近珊瑚少的地方，如果海葵區海葵減少之後，利用移植過來的珊瑚 看其對白化的抵抗力會不會較好，同時也具有2 個意義，其一為促進軸孔 珊瑚於此區的恢復，讓海葵區的珊瑚能夠增加，其二為恢復的珊瑚具有耐 高溫的特性，以後對全球暖化情形能適應。至於復原的成功率，以台灣的 環境條件而言，是很難預測的，因為臺灣有颱風，運氣好而無受颱風影響的話，移植情形應會很好，反之，則無預期的好成果，不過，以眺石的經 驗來看，因本區原為珊瑚的骨骸區，移植過去的珊瑚沒有固定好而倒下 時，倒下倖存的珊瑚有機會迅速的擴張，因此，這樣移植的作法，是依以往眺石的經驗來做判斷的，然而需要與大家取得共識的是後壁湖示範區位 於墾管處海域管轄內，對未來珊瑚發展是蠻重要的，我們覺得移植可行的原因係以南灣海流的交換與地

點的相近，可說是屬同一環境區域，其實在 墾丁珊瑚的移植是沒有必要的，因為研究的結果，當地珊瑚的量很高，在自然加入量及恢復力高的自然環境中，就讓自然去抉擇，那移植耐高溫的 種類至示範區內，是實驗性質或為因應全球暖化而預作準備，屆時此珊瑚 表現是否會很好？如果成功了，當地的珊瑚能維持蠻多的，如果沒有成 功，全球暖化一來，那珊瑚可能會白化死亡了。目前，格網尚未建立，但經過這幾次拖曳浮潛所觀測的結果，珊瑚礁生長較好的區域為深度較深且 位於邊緣地帶的區域，近入水口區域有較好發展的珊瑚出現，另外一些大 型的塊狀礁體附近雖無發現大群魚群，但發現有漁網棄置，表示過去漁民可能於此附近作業，另外，於航道西側，也就所謂的餵魚區，珊瑚生長的 情形很好，也因浮潛業者經常餵食魚群，使得本區珊瑚礁魚類數量亦非常 多，這種情形如能維持下去，倒不失為一種觀光資源。

＊陳約僱榮祥回應：簡報中呈現的浮游生物，就本人於該處潛水多次所看見的應為某些魚類之幼魚，於示範區淺礁外圍亦有這樣的現象。

＊陳委員一鳴：本案至目前為止，也有一個初步的成果呈現出來，是值的肯定的。本計畫選定3 個監測點，其區域大致是位於何處？其樣品區域多大？現有陸域保育類生物有許多保育志工加入保育行列，是否考慮將監測點擴大一點，或者將監測項目簡化，能讓志工團對也能參與此項監測工作，如此就 能讓保育觀念擴展開來，成為一項全民運動，另外，基於使用者付費的觀 念，將來可考慮徵收費用，其中一定比例可用於回餽墾管處保育工作上。以你的感覺，目前示範區內珊瑚礁的狀況如何？之前提到生長於分枝型珊 瑚上的海藻，是否有進行鑑定？它是附著在上面嗎？對珊瑚的影響是否嚴 重？提到於礁石旁有漁網的出現，墾管處是否有清理漁網的方式，應該有 一套清理方法，以免讓它造成二度傷害。

＊受委託單位回應：3 個監測點資料有分析完成的有海葵區，其前方有3 條分枝 型軸孔珊瑚的帶狀分布，也會在此進行監測，另外，於餵魚區偏出水口的 地方，也發現有很多分枝型軸孔珊瑚生長於此，因此，是否會於此區設監 測站，會再予以評估。為何會選定軸孔珊瑚作為監測區，是因全球海洋中，分枝型軸孔珊瑚是衰退最快的種類，因其對環境變遷非常敏感，只要水溫 上升，污染物一來，此類珊瑚通常是最早白化死亡的，其實也蠻幸運的是 後壁湖示範區還保有許多分枝型軸孔珊瑚，所以一有外國學者或友人前 來，第一個帶他們去參觀的就是軸孔珊瑚，因為這對研究珊瑚的人是非常 珍貴的，所以更會肯定這份成果。如果帶狀區域夠大，是拉3 條30 公尺 的橫截線，主要是針對特定目標作監測，並不是逢機取樣的，只要哪裡有

軸孔珊瑚，就在其上拉3 條線作監測，檢視海葵數量有否變動或軸孔珊瑚的健康狀況。以整體看來，後壁湖示範區的狀況是穩定的，但眺石則是慢 慢恢復當中。毛叢狀海藻其實在墾丁是蠻普遍的，國外的情形是珊瑚礁越 來越少，大型藻或毛叢狀海藻取代了珊瑚，墾丁早期大型藻也蠻嚴重的，這幾年稍為好了一點，反而毛叢狀海藻較普遍，它有幾個原因，例如魚類 還是很少，在國外，如

果岩石上乾乾淨淨的，表示吃海藻的魚類或海膽非 常多，那在墾丁就不一樣了，吃海藻的天敵不多，使得海藻有機會成長，一方面有湧昇流帶來的營養鹽，岸邊也有廢水或營養鹽的排放，所以藻類 生長的環境條件很好，但以眺石早期的狀況來看，可能影響不是那麼嚴 重，因後壁湖的水質狀況還不錯，應不致於構成嚴重問題。清理魚網，在國外會雇用放置漁網的人來協助清理，付一些工資來改變其生活方式，墾 管處也一直都有在進行，這方式也可供墾管處參考。另外，珊瑚礁總體檢 也是讓業餘業者參與調查的方法，由墾管處來號召潛水業者、潛水遊客或 漁民們，給予適當的費用，相信是不錯的方式，這在國外也相當的普遍。

＊陳課長松茂回應：有關漁網部份，本課排定的淨海活動亦雇用當地業者協助清 除，保育志工方面亦正在召募中，將來也可運用於海洋保育工作上。

＊馬主任協群：將出水口較耐高溫的珊瑚移植至後壁湖示範區內，是否已知出水 口的珊瑚是耐高溫的，而只是要驗證它。另有關評估增加海洋資源保護示範區對全球氣候變遷抵抗力的方法，後續的方式為何？大量移植珊瑚或何 種方式來增加對抗全球暖化。如果印證出水口的珊瑚較耐高溫，會不會建 議要作移植？

＊受委託單位回應：我們是根據這樣的生態結果來作判斷，因為要移植的珊瑚已 觀察好幾年了，也越長越大，經過一些白化時機，周遭的珊瑚已白化許多，但它們卻沒被影響而能繼續生存下來，是因為它們是從小就生長於此，已 能適應此區高溫的環境，再則，此區風浪的影響亦蠻大的，與後壁湖的環 境是蠻相近的，因此，於此考量之下，就將它們移植至後壁湖，它對生態 的影響是不大的，反而是有機會來評估當初在出水口長大的珊瑚與後壁湖 的珊瑚，是否比較不會白化。有關增加對全球氣候變遷抵抗力的方法，我 們了解珊瑚大白化期間，它發生白化的比例比較低，或者選一些耐高溫的 種類移植過去，為未來做一些準備，另外，在調查的過程中發現的浮游生 物，可能對牠們的抵抗力也有蠻重要的作用，至於湧昇流，之前提到很多，只是沒有仔細去看它在不同的地方所造成的影響，最近花很多時間去與別 人討論了解後壁湖湧昇流造成的水溫變動，看得出來其與香蕉灣與出水口 的不一樣，這是做生態學的現有的工具及資料，用溫度及珊瑚白化的資料 推測出來的現象與海流實測的資料是否一致，另外，監測的資料也可以反 應出來我們在評估這個區域它珊瑚礁的特性，評估的方法除了移植之外，只是我們在調查的過程中，還會有一些新的發現或新的理解，像發現浮游

生物就是其中之一。珊瑚其實是不用移植的，我們也只是作一個測試，全球暖化是一個趨勢，暖化的速度比生物適應的速度要快，可是，出水口的 珊瑚我們認為已經適應了，如果將出水口的珊瑚移到後壁湖中，暖化可能 對牠的影響就不大，另外，全球暖化發生的時候又有廢水的排放或泥沙的 污染等，將更惡化珊瑚的生存環境，全球暖化下又能控制好人為的經營管 理，所以做好管理讓珊瑚減少損害，讓牠們有機會去面對全球暖化的影響。

＊趙委員世民：有關抗高溫的珊瑚，其實於實驗室就可驗證，如果說出水口的珊 瑚就是抗高溫的，邏輯上可能就不正確，因為出水口太多環境因子影響，不見得生活在出水口的珊瑚一定是抗高溫的。

＊受委託單位回應：如果只就耐高溫的問題而言，這是可以在實驗室裡做，這是 單一因子的控制實驗，我們要把牠移植至後壁湖的原因是因為自然界不單是溫度的影響，以前所作移植珊瑚的經驗，反倒是魚類吃的蠻嚴重的，而 讓珊瑚長不大，要在野外做的原因是其因子較複雜，要提高其對全球變遷 的抵抗力，若我們在實驗室驗證了其耐高溫了，但重要的是做野外珊瑚的 維持，所以沒在做實驗室裡做，是因為要在野外移植試驗看看，可 能會遇到一些影響因子，是否能在野外解決。

＊李副處長登志：共生藻的品系很多，是否有配對的情形？當暖化發生時，共生 藻會離開或死亡？珊瑚白化死亡是因高溫或缺少食物所致？當白化時，是否能提供適合珊瑚品系的共生藻給牠們？

＊受委託單位回應：珊瑚的種類大約有250 種以上，共生藻的品系也會影響珊瑚 容不容易白化的影響因素，在國際上也是蠻熱門的研究題目。白化發生時，共生藻有些會死在珊瑚蟲體內，其色素就分解掉，有些就會離開珊瑚 蟲體，珊瑚顏色恢復的話，共生藻可能從珊瑚蟲體內繼續分裂數量增加，或者它從水體進入珊瑚蟲的細胞體內，所以有好幾種可能。一般認為珊瑚 白化死亡是因為缺少食物，但不同種類又不同了。至於提供共生藻的問 題，其實是不單純的，因共生藻的品系都在海裡，它們也會在海裡進出珊 瑚蟲體內，所以，珊瑚白化時提供共生藻，牠們不一定會吸收得進去。

＊趙委員世民回應：造礁珊瑚體內能量的來源有85~95%是來自共生藻，所以可 以想像其重要性，一旦失去共生藻，珊瑚可能就很難生存下去了，它的先決條件是要陽光充足、水質乾淨的環境。

＊主席：今年海域長期監測計畫期中簡報中，提到有潛在的珊瑚疾病〈黑帶病〉， 地點是在出水口附近，後壁湖是否也曾經發現？以後壁湖與眺石2 個示範區比較珊瑚的狀況，似乎眺石是比較好？

＊受委託單位回應：黑帶病就我們所觀察的一些表覆型或葉片型珊瑚也都有發現到這種現象，黑帶病發生時，黑色帶狀部份為細菌聚集之處，然後再逐漸蔓延開來，最終珊瑚也就死亡了，這種疾病在墾丁是有發生，這在國外會造成珊瑚大量的死亡，可是在臺灣卻只有少數的案例，20或30 年前是看不到珊瑚會生病的，而最近這10 年來珊瑚逐漸就有生病的例子發生，但就我們的觀察，它在墾丁並沒有造成很嚴重的問題，但它的確是一個潛在的威脅，大約於2002 年在入水口也曾發現珊瑚表面長腫瘤的現象，但這幾年這種現象都沒再發生了。另外，眺石與後壁湖珊瑚狀況的比較，應該選幾個指標來評估，以面積而言，後壁湖的面積比眺石大，面積大珊瑚礁變化的狀況就複雜許多了，以軸孔珊瑚為例，其數量比眺石要多，以魚類資源的數量來看，後壁湖因受保護時間較久，其魚類資源較好，另外，眺石的海葵逐漸減少，珊瑚也漸漸恢復，因此，後壁湖的狀況應該

會比眺石要好,但是,這2 個保護示範區都應該要持續保護以維海洋資源多樣性。

拾、主席總結：感謝委員們之指導，本期中報告通過。

拾壹、散會：同日上午12 時5 分。

墾丁國家公園管理處97年度「珊瑚礁保護區珊瑚資源復育計畫」委辦案

期末報告審查會議紀錄

壹、開會日期：中華民國97年12月2日上午10時　　記錄人：

貳、開會地點：本處大型會議室

參、主持人：

肆、審查委員：

國立自然科學博物館：

國立中山大學：

伍、受委託單位〈國立海洋生物博物館〉：

陸、列席單位：

內政部營建署：

柒、本處出席人員：

捌、主席致詞：略。

玖、業務單位報告：受委託單位依契約書第 2 條規定，於 11 月底前提出期末報告，並出席今日本處舉行之期末審查會議。

拾、受委託單位報告：略

拾壹、討論與建議：

＊趙委員世民：今年第 1 年所調查基礎的珊瑚資料是很重要的，因本案為珊瑚資源復育計畫，以您水下調查經驗豐富，此區與其它地方之珊瑚資源作比較，其再做復育工作是否適合？後壁湖示範區自 94 年 3 月成立以來，其中的海膽族群繁殖甚多，曾達 3 萬顆之多，亦因此區海藻繁多，其食物來源無虞之故，近期本人曾下海調查後發現其密度僅剩約 5 分之 1，海藻亦因其吃食明顯減少許多，其族群呈穩定狀態，當然其間墾警隊取締的案件亦不少。因此，如果國家公園的資源妥善的經營管理，示範區內資源適度利用，是一個可以思考的議題，而且它的成就可能比單方向的管制要高。

＊受委託單位回應：後壁湖海洋資源保護示範區到底適不適合作海洋保護區，其答案是肯定的，於墾丁海域中，此區有最大的珊瑚礁平台，亦有最多的大型分枝形軸孔珊瑚生長，水質亦很清澈乾淨，這是一個有趣的現象，鄰近眺石示範區的水質就差很多了，推測海流進來後，入水口外面有一海溝，垃圾不是進入入水口就是進入眺石海域，而後壁湖因海底地形陡升之關係，其海流於淺水處快速通過較不易留下垃圾。以整個墾丁海域自然資源而言，後壁湖的狀況是最好的，而且也能有效執行管制，後來成立的眺石示範區是否也能像後壁湖一樣，就個人意見，其機會是很小的，但如要排序的話，眺石可以算是第 2 好的，原本以為小灣海域應是排第 2 的，因之前調查該區有許多分枝形軸孔珊瑚分佈，但該區於 2007 年夏天的暖化時大部份都白化死亡了，這是蠻遺憾的。以目前資源量來看，在管制使用與合理有效的運用方面來看，建議當初海膽數量很多的時候，應該可以充分的來運用，例如於高峰期移植數百顆至其它區域放流，對於抑制當地海藻數量會有幫助。另外軟珊瑚及柳珊瑚可以考慮適量接受採集，因為這 2 種物種之所以受重視，是因其具天然資源的開發，這類研究在國內做的蠻多的，國外紅海軟珊瑚專家來台參訪時非常驚豔墾丁軟珊瑚這麼多，但實際上並沒有開放運用，也許有些資源可以有效運用並提供一正確的管道。魚類部份，非本人專精，但於調查當中曾發現有大量魚群出現，但比較其它國家其數量到底多不多？可能還需請魚類專家評估一番，魚類行動範圍

無界線，而且後壁湖也是目前較守得住的區域，因此，可考慮暫不開放利用。

＊陳委員一鳴：永久樣區設立 3 條 30 米測線，是否可估計其範圍？相對 附錄 立的每個方格其範圍有多大，亦請標明清楚。另外，於簡報中提到各分區，其中分枝型珊瑚區與擬海葵珊瑚區係位於同一方格中亦請補充標明。本案未來須持續監測才能了解是否有加強復育的必要性，如有此計畫，對於簡報中提到到的浮游生物，是否有進一步分析其種類，將來可能提供其他研究之用，有需要的話，本校亦可協助，另外，其族群個體大小也是蠻重要的，如生物口部太小，牠也是無法來利用的。2007 年白化現象，此區水溫提高不多，是否有研究過此區水流潮汐較細部的資料，可能的話可考慮納入，因本區靠近陸地，與大洋洋流較無關聯，因地形之關係，隨著潮汐漲退潮，各地水溫亦會不同，一旦白化情形發生了，如果能有此方面的資料參考，未來也較有機會做事先的防範。資源利用方面，海膽只要能達到平穩期，其增加部份其實是可以利用的，保育區建議可以設立緩衝區，放流及利用也應該於此區進行，一旦保育區核心被開放利用，資源可能會被消耗殆盡，另外也要配合宣導，保育資源最終也是漁民朋友來利用，如果他們也來一同保育，相信資源可以永續利用下去的。有關錨錠問題，可參採國外經驗妥善規劃以維珊瑚棲地之完整。

＊受委託單位回應：永久樣區主要是在第 21 區，除了監測之外，還考量此區是造礁珊瑚生長最好的區域，另外，於科學監測方面，同一區域呈現不同珊瑚群聚，其距離不宜相差太遠，以免環境有所差異。21 區有許多表覆形及團塊形珊瑚，一般而言，其變動不會很大，因為已適應此區域之環境。樣區範圍會再行補上。生物多樣性，網格有提供一些資料，但也只是較簡單的部份，會製成表格格式再行補充進去。浮游生物方面，雖無去分析其組成，但於入水口現有一名研究生正從事此方面之研究，也作得蠻詳細的，因為入水口有人為管制，所使用之儀器也較為安全，據了解，會影響後壁湖的海水也會影響入水口，其水溫變動非常相似，實際上入水口的溫度是最低的，這也代表南灣地區湧升流的效應於入水口，因地形及長年吸水作用，入水口是最明顯的。因此，除了要了解入水口浮游生物組成之外，也要區別冷水團與溫水團之間的差異，這也是了解未來南灣海域珊瑚礁特性的重要原因。兩個區域的生態條件不一樣，近岸可能與潮汐海流有關，這是非常有可能的，之前的海洋物理研究大都於外海區域，對近岸之研究較無興趣，由於目前人力不足，所以無法從事此方面的研究。建議未來如有此項研究案，建議可以放置漂流器以測出水表面海流方向，此儀器亦可裝置全球定位系統，這也是了解海洋生物散佈的重要機制。

＊營建署陳技士蓓真：針對全球暖化議題，2007 年有白化情形，小灣海域分枝形珊瑚白化嚴重，但後壁湖卻較輕微，這是較特殊的現象。

＊受委託單位回應：在墾丁海域約有 50 幾支溫度計，除了出水口因溫排水水溫

普遍高之外，其它近岸海域也有受到暖化影響，在國外也有此案例發生過，海水溫度普遍上升，但卻有部分海域白化不是很嚴重，或者是雖然白

，後壁湖的情形就是如此。2007 年夏天海水溫度有陡降情形，依測溫數據來看，係因受颱風之影響，使海水溫度下降，不然持續 2 個月的高溫，將使珊瑚白化更嚴重，往回推測 1998 年墾丁發生大白化情形，如果後壁湖當時受到嚴重影響的話，該區域就不會有現在約幾十公尺分佈的分枝形軸孔珊瑚出現。

＊林秘書欽旭：本計畫名稱復育計畫，自有其正當與必要性，但因期中審查時，有不同的意見，因此無進行此方面的工作，是否以後就不需要做復育工作。今年所設之 3 條 30 公尺測線是否沿用去年的。後壁湖為海洋資源保護示範區，與國際上慣用 MPA（保護區）是不同名稱與內涵，此部份是否於報告中，因基於經營管理與執法上之需要，提出建議將後壁湖提升為保護區，或如陳委員所提分為核心區與緩衝區，如此，於明年第 3 次通盤檢討時，可建請將核心區劃為海域生態保護區，緩衝區則劃為海域一般管制區。錨錠問題與陳委員提到近岸海流之研究請保育課審慎參酌。報告中第 13 頁提到曾做過珊瑚移植工作部份，請標明日期。請於完整報告之附錄中附上期中及期末報告審查會會議紀錄。

＊受委託單位回應：國際上談珊瑚資源復育，係廣義的敘述，先評估哪些區域的珊瑚生長良好，那個區域就要優先保護，而且也要控制其污染與破壞，這也是復育的手段，其關聯性是蠻高的。過去將復育定義得較狹隘，就認為一定要作移植工作，這可能與名稱上就有點差距。現在後壁湖已評估其環境條件、資源量及人為干擾的情形，其實這也是進行復育措施前應先去了解的。後壁湖目前的珊瑚資源狀況還算良好，是可以不必做珊瑚移植，當初做珊瑚移植是為了研究上的需要，移植只是研究的方法之一，後續去了解後壁湖的珊瑚為什麼比較不受白化的影響原因、持續做溫度的監測、了解浮游生物的影響及比較不同區域珊瑚生長的狀況是蠻重要的。3 條 30 公尺的測線早於 2005 年即設立，係因當初發現有分枝形軸孔珊瑚，認為應該要做監測，所以到現今仍持續做監測，也一直維持蠻好的狀態，今年還新增加珊瑚區及擬珊瑚海葵區，當然，海葵數量多也不是一個好現象，這也是蠻意外的，期望日後能解開這個疑問。核心區與緩衝區的設立，可能不是個人能決定的，其主要目的為魚類的保護，本計畫於魚類調查上著墨不多，可能需要委請研究魚類專家評估後方能實施。有關 13 頁及會議紀錄會再行補上。

＊陳技士玄武：就調查成果，如何去分辨珊瑚群聚之結構，然後作更深入的探討。本案原為復育計畫，基於期中審查會委員意見，而無作移植工作，假如未來要做移植，建議可先調查出水口已馴化或較耐高溫之珊瑚種類，有了這些資料，未來移植工作就有材料了。在後壁湖海域，基本上是沒問題的，但其它海域白化的情形就較嚴重，以出水口篩選出來的珊瑚種類移植至這

些白化情形嚴重之海域，可能會展現較好的成果。

＊受委託單位回應：

＊蔡技士乙榮：本案名稱為復育計畫，實質上有人為介入，基本上就是屬 附錄
份，不一定要把物種移植進來，先前計畫主持人與科博館趙世民博士所作珊　瑚及海膽之研究，應可引述於報告中，並作成建議內容，例如後壁湖小隊於示範區執法的過程與效益，就是一個相當好的保護措施，未來可提供本處及墾警隊後續執行的重要依據。期末報告第 20 頁建議二，提供人為活動的管制與執法部份，所列主辦機關與協辦機關的單位應對調。資源利用部份，現在很多地區的自然資源利用都忽略了一個重要的法律，那就是在國家公園法，野生動物保育法亦是如此，

國家公園基本上是一個保護的體系，類似是一個大型保護區，在其中，資源的現況有作不同等級的經營管理，所以在園區內任何採集都採許可制，未來資源利用或經營管理措施中都需去強化的重點。有關學術研究採集部份，本處一般都採原則同意處理，承辦人員可能會對採集物種欠缺背景知識，所以於採集計畫中最好再敘明物種現況背景資料供參。

＊受委託單位回應：採集部份，貴處的確對學術界協助甚多，基本上都會獲得同意的，這也是資源合理利用的例子。

＊林主任文敏：後壁湖珊瑚區毛叢狀海藻覆蓋率蠻高的，對當地底棲群聚結構有何影響。

＊受委託單位回應：毛叢狀海藻於分析資料上，其個體還很小，且大部份都生長在裸露的礁岩上，加上此區有蠻多的藻食性魚類吃食，目前還未能構成嚴重影響。

＊謝約聘解說員桂禎：有關簡報中有提到一些海域珊瑚覆蓋率及白化比率示意圖，為何覆蓋率高的區域其白化比率亦高，有何關聯性。

＊受委託單位回應：覆蓋率是呈現當地珊瑚的數量，而當中白化的比率就是所謂的白化率。每個海域的珊瑚量不一，這些只是它的背景值，在這樣數量下有多少白化的珊瑚，一般都會以珊瑚白化的比率來評估這個區域是不是比較會受白化的影響。

拾貳、主席總結：有關珊瑚移植工作於今年未能進行，未來如有需要，亦請計畫主持人協助提供資訊以利本處編列預算具體執行；示範區界限及船泊錨錠之設施，為符合國際觀感與標準，請保育課卓辦；研究報告之成果，應適時發佈新聞稿以澄清外界疑慮；出水口軟珊瑚適度開放利用，基於國家公園法，應從長計議以求週全，並感謝計畫主持人一年來的辛勞及委員們提供保貴的意見與指導，本期末報告原則通過。

拾參、散會：同日上午 12 時 05 分。

參考書目

陳邦欽。2006。海洋瑰寶：墾丁後壁湖海洋資源保護示範區紀實。

趙世民。2005。墾丁國家公園海域底棲無脊椎動物之變遷－以棘皮動物為例。內政部營建署墾丁國家公園管理處。

樊同雲。2003。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態衝擊之長期監測研究(III)及生態與環境資料庫建立(II)，第七節，墾丁國家公園海域現生珊瑚礁的分布與現況普查，I：跳石至香蕉灣海域。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

樊同雲。2004。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(Ⅳ)與環境教育之應用(I) ，第七節，墾丁國家公園海域現生珊瑚礁的分布與現況普查，II：南灣至貓鼻頭海域。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

樊同雲。2005。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(五)環境教育之應用(二)基本生態資料之建立(二)與環境生態資料庫資訊系統之建立(一)，第七節，墾丁國家公園海域現生珊瑚礁的分布與現況普查，III：佳樂水至龍坑海域。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

樊同雲。2006。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(六)環境教育之應用(三)基本生態資料之建立(三)與環境生態資料庫資訊系統之建立(二)，第七節，墾丁國家公園海域現生珊瑚礁的分布與現況普查，III：佳樂水至龍坑海域。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

樊同雲。2007。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造

之應用(四)基本生態資料之建立(四)與環境生態資料庫資訊系統之建立(三)，第二節，墾丁國家公園海域現生珊瑚礁的分布與現況普查：香蕉灣至鵝鑾鼻海域。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

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。

戴昌鳳、陳永澤、郭坤銘、莊正賢。1998a。墾丁國家公園南灣海域珊瑚群聚的變遷：1987 至 1997 年。國家公園學報 8：79-99。

戴昌鳳、陳永澤、郭坤銘、莊正賢、蔡明利、王士偉、蕭青毅。1998b。墾丁國家公園海域珊瑚群聚變遷之研究。墾丁國家公園管理處保育研究報告第 99 號。

戴昌鳳、陳永澤、郭坤銘、莊正賢、蔡明利、王士偉、張睿昇、樊同雲、蔡永春、陳彥儒。1999。墾丁國家公園海域珊瑚群聚變遷之研究（第二年）。墾丁國家公園管理處保育研究報告第 105 號。

Adjeroud M, Penin L, Carroll A. 2007. Spatio-temporal heterogeneity in coral recruitment around Moorea, French Polynesia: Implications for population maintenance. J Exp Mar Biol Ecol 341:204-218.

Bellwood DR, Hughes TP. 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292:1532-1534.

Bowden-Kerby A. 1997. Coral transplantation in sheltered habitats using unattacted fragments and cultured colonies. Proc 8th Int Coral Reef Symp. 2:2063-2068.

Bowden-Kerby A. 2001. Low-tech coral reef restoration methods modeled after natural fragmentation processes. Bull Mar Sci 69:915-931.

Chadwick NE, Adams C. 1991. Locomotion, asexual reproduction, and killing of corals by the corallimorpharian *Corynactis californica*. Hydrobiologia 216/217:263-269.

Chadwick-Furman NE, Spiegel M. 2000. Abundance and clonal repli
tropical corallimorpharian *Rhodactis rhodostoma*. Invert Biol 119:351-360.

Chen J, Fan TY, Shao KT. 2008. Effect of marine protection area on community structure of coral reef fishes in Kenting National Park, southern Taiwan. 11 International coral reef symposium, Fort Lauderdale, USA. (Abstract)

Coles SL, Brown EK. 2007. Twenty-five years of change in coral coverage on a hurricane impacted reef in Hawaii: the importance of recruitment. Coral Reefs 26:705-717.

Cooke WJ. 1976. Reproduction, growth, and some tolerances of *Zoanthus pacificus* and *Palythoa vestitus* in Kaneohe Bay, Hawaii. In: Mackie GO, (ed.) Coelenterate ecology and behavior, Plenum Press, New York & London, P. 281-288.

Cote IM, Reynolds JD. 2006. Coral reef conservation. Cambridge University Press.

Dai CF. 1988. Coral communities on the fringing reefs of southern Taiwan. Proc 6th Int Coral Reef Symp, Australia 2:647-652.

Dai CF. 1991a. Distribution and adaptive strategies of alcyonacean corals in Nanwan Bay, Taiwan. Hydrobiologia 216:241-246.

Dai CF. 1991b. Reef environment and coral fauna of southern Taiwan. Atoll Res Bull 354:1-28.

Dai CF. 1993. Patterns of coral distribution and benthic space partitioning on the fringing reefs of southern Taiwan. Mar Ecol 42:185-204.

Dai CF. 1996. Dynamics of coral communities. In: Turner IM, CH Diong, SSL Lim, PK Ng (eds), Biodiversity and the dynamics of ecosystems. DIWPA Series.

Dai CF. 1997. Assessment of the present health of coral reefs in Taiwan. In: Grigg RW, C Birkeland (eds), Status of coral reefs in the Pacific, pp. 123-131. Sea

f Hawaii.

Death G, Moran PJ. 1998. Factors affecting the behaviour of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci* L.) on the Great Barrier Reef. 2. Feeding preferences. J Exp Mar Biol Ecol 220:107-126.

Dizon RT, Yap HT. 2006. Effects of coral transplantation in sites of varying distances and environmental conditions. Mar Biol 148:933-943

Done TJ. 1992. Effects of tropical cyclone waves on ecological and geomorphological structures on the Great Barrier Reef. Cont Shelf Res 12:859-872.

Edwards AJ, Clark S. 1998. Coral transplantation: A useful management tool or misguided meddling? Mar Pollut Bull 37:474-487.

Epstein N, Bak RPM, Rinkevich B. 2003. Applying forest restoration principles to coral reef rehabilitation. Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst 13:387-395.

Fan TY. 2008. Resistance and resilience of Taiwan kenting coral reef to global climate change. 2008 The Pacific Congress on Marine Science and Technology, Honolulu, USA. (Abstract)

Fan TY, Wu BJ, Fang LS. 2008. The heterogeneity of temperature change and coral bleaching during temperature abnormally warm in summer 2007. 11 International coral reef symposium, Fort Lauderdale, USA. (Abstract)

Franklin H, Muhando CA, Lindahl U. 1998. Coral culturing and temporal recruitment patterns in Zanzibar, Tanzania. Ambio 27:651-655.

Glassom D, Zakai D, Chadwick-Furman NE. 2004. Coral recruitment: a spatio-temporal analysis along the coastline of Eilat, northern Red Sea. Mar Biol 144:641-651.

Halpern BS, Selkoe KA, Micheli F, Kappel CV. 2007. Evaluating and ranking the

vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. 21:1301-1315.

Harriott VJ, Fisk DA. 1988. Coral transplantation as a reef management option. Proc 6th Int Coral Reef Symp. 2:375-379.

Hill J, Wilkinson C. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs: a resource for managers. Australian Institute of Marine Science.

Hughes TP, Baird AH, Dinsdale EA, Moltschaniwskyj NA, Pratchett MS, Tanner JE, Willis BL. 1999. Patterns of recruitment and abundance of corals along the Great Barrier Reef. Nature 397:59-63.

Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg O, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nystrom M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen B, Roughgarden J. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science 301:929-933.

ISRS. 2004. Marine protected areas (MPAs) in management of coral reefs. Briefing paper 1, International Society for Reef Studies, pp: 13.

Jheng YT, Fan TY. 2008. Coral recruitment around southern Taiwan. 11 International coral reef symposium, Fort Lauderdale, USA. (Abstract)

Jones OA, Randall RH, Cheng YM, Kami HT, Mak SM. 1972. A marine biological survey of southern Taiwan with emphasis on corals and fishes. Inst Oceanogr, Nat Taiwan Univ, Spec Publ, 1:1-93.

Knowlton N. 2001. The future of coral reefs. Proc Natl Acad Sci 98:5419-5425.

Kuguru BL, Mgaya YD, Ohman MC, Wagner GM. 2004. The reef environment and competitive success in the corallimorpharia. Mar Biol 145:875-884.

Langmead O, Chadwick-Furman NE. 1999a. Marginal tentacles of the corallimorpharian *Rhodactis rhodostoma*. 1. Role in competition for space. Mar

Langmead O, Chadwick-Furman NE. 1999b. Marginal tentacles of the corallimorpharian *Rhodactis rhodostoma*. 2. Induced development and long-term effects on coral competitors. Mar Biol 134:491-500.

Leujak W, Ormond RFG. 2007. Comparative accuracy and efficiency of six coral community survey methods. J Exp Mar Biol Ecol 351:168-187.

Lough JM. 2008. 10th anniversary review: a changing climate for coral reefs. J Environ Monit 10:21-29.

Mora C, Andréfouët S, Costello MJ, Kranenburg C, Rollo A, Veron J, Gaston KJ, Myers RA. 2006. Coral reefs and the global network of marine protected areas. Science 312: 1750-1751.

Nozawa Y, Tokeshi M, Nojima S. 2006. Reproduction and recruitment of scleractinian corals in a high-latitude coral community, Amakusa, southwestern Japan. Mar Biol 149:1047-1058.

Pandolfi JM, Bradbury RH, Sala E, Hughes TP, Bjorndal KA, Cooke RG, McArdle D, McClenachan L, Newman MJH, Paredes G, Warner RR, Jackson JBC. 2003. Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. Science 301:955-958.

Phinney JT, Hoegh-Guldberg O, Kleypas J, Skirving W, Strong A. 2006. Coral reefs and climate change: science and management. American Geophysical Union.

Precht WF.2006. Coral reef restoration handbook. CRC press.

Randall RH, Cheng YM. 1977. Recent corals of Taiwan. Part I. Description of reefs and coral environments. Acta Geologica Taiwanica 19:79-102.

Randall RH, Cheng YM. 1979. Recent corals of Taiwan. Part II. Description of reefs and coral environments. Acta Geologica Taiwanica 20:1-32.

Riegl B, Riegl A. 1996. Studies on coral community structure and dama for zoning marine reserves. Biol Conser 77:267-277.

Rinkevich B. 1995. Restoration strategies for coral reef damaged by recreational activities: The use of sexual and asexual recruits. Rest Ecol 3:241-251.

Rinkevich B. 2000. Steps towards the evaluation of coral reef restoration by using small branch fragments. Mar Biol 136:807-812.

Rinkevich B. 2005. Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and last decade progress. Environ Sci Technol 39:4333-4342.

Roberts CM, McClean CJ, Veron JEN, Hawkins JP, Allen GR, McAllister DE, Mittermeier CG, Schueler FW, Spalding M, Wells F, Vynne C, Werner TB. 2002. Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. Science 295:1280-1284.

Schuttenberg H, et al. 2006. Building resilience into coral reef management: key findings and recommendations. Summary prepared for the conference proceedings of the International Tropical Marine Ecosystem Management Symposium 2006, Cozumel, Mexico; see Supporting Online Material at www.sciencemag.org/cgi/content/full/318/5847/42b/DC1.

Shafir S, Rijn JV, Rinkevich B. 2006a. Coral nubbins as source material for coral biological research: A prospectus. Aquaculture 259:444-448.

Shafir S, Rijn JV, Rinkevich B. 2006b. Steps in the construction of underwater coral nursery, an essential component in reef restoration acts. Mar Biol 149:679-687.

Soong K, Chen T. 2003. Coral transplantation: regeneration and growth of *Acropora* fragments in a nursery. Rest Ecol 11:62-71.

Strathmann RR, Hughes TP, Kuris AM, Lindeman KC, Morgan SG, Pandolfi JM, Warner RR. 2002. Evolution of local recruitment and its consequences for marine

珊瑚礁保護區珊瑚資源復育計劃 377-396.

Tanner JE. 1997. The effects of density on the zoanthid *Palythoa caesia*. J Ani Ecol 66:793-810.

Tkachenko KS, Wu BJ, Fang LS, Fan TY. 2007. Dynamics of a coral reef community after mass mortality of branching *Acropora* corals and an outbreak of anemones. Mar Biol 151:185-194.

Van Woesik R, De Vantier LM, Glazebrook JS. 1995. Effects of cyclone 'Joy' on nearshore coral communities of the Great Barrier Reef. Mar Ecol Prog Ser 128:261-270.

West JM, Salm RV. 2003. Resistance and resilience to coral bleaching: Implications for coral reef conservation and management. Conser Biol 17:956-967.

Westmacott S, Teleki K, Wells S, West JM. 2000. Management of bleached and severely damaged coral reefs. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Wilkinson C, Green A, Almany J, Dionne S. 2003. Monitoring coral reef marine protected areas: a practical guide on how monitoring can support effective management of MPAs. Australian Institute of Marine Science.

Yang RT. 1985. Coral communities in Nanwan Bay (Taiwan). Proc 5th Int Coral Reef Congr, 2:273-278.

Yang RT, Dai CF. 1980. Community structure and species diversity of reef corals at Nanwan Bay, Taiwan. Acta Oceanographica Taiwanica 11:238-251.

Yap HT. 2000. The case for restoration of tropical coastal ecosystems. Ocean & Coastal Manag 43:841-851.

Yap HT. 2004. Differential survival of coral transplants on various substrates under elevated water temperatures. Mar Pollut Bull 49:306-312.

表 1、後壁湖保護區相關研究與監測地點的經緯度資料

地點名稱	經緯度
後壁湖著苗板區	N21 56.179 E120 44.851
後壁湖餵魚區	N21 56.311 E120 44.799
後壁湖監測區	N21 56.583 E120 45.119
後壁湖魚類集中區	N21 56.475 E120 45.192
後壁湖石珊瑚區	N21 56.812 E120 45.242
後壁湖海葵區	N21 56.646 E120 45.053
後壁湖軸孔珊瑚區	N21 57.039 E120 45.219
後壁湖珊瑚區	N21 57.015 E120 45.214
後壁湖椎珊瑚區	N21 57.125 E120 45.298
大咾咕	N21 56.378 E120 45.201
小咾咕	N21 56.242 E120 45.210
小咾咕暗礁	N21 56.285 E120 45.216
獨立礁	N21 56.578 E120 45.537
後壁湖保護區浮球 A	N21 56.076 E120 45.292
後壁湖保護區浮球 B	N21 56.540 E120 45.559
後壁湖保護區浮球 C	N21 56.759 E120 45.338
入水口外	N21 57.232 E120 45.366

(資料來源：本研究)

表 2、後壁湖保護區網格地點的經緯度資料

珊瑚覆蓋率分為 A：1-10%、B：11-30%、C：31-50%、D：51-75%及 E：76-100%等五等級

編號	緯度	經度	主要底質	深度(m)	石珊瑚	軟珊瑚	珊瑚生長型	無脊椎動物	干擾	備註
1	N21 55.991	E120 44.815	礁岩	0 至 7	B	C	表覆團塊	少	魚線	
2	N21 56.009	E120 44.943	礁岩	5 至 22	A	D	表覆團塊	少		
3	N21 56.011	E120 45.082	礁岩沙地	20 至 26	A	B	表覆團塊	少		浮球 A
4	N21 56.164	E120 44.826	礁岩沙地	0 至 10	B	C	表覆團塊	少	魚線	
5	N21 56.159	E120 44.924	沙地碎石	10 至 15	A	B	表覆團塊	少		
6	N21 56.150	E120 45.070	礁岩沙地	10 至 15	A	B	表覆團塊	少		
7	N21 56.155	E120 45.221	礁岩沙地	11 至 20	B	B	表覆團塊	多		
8	N21 56.305	E120 44.794	礁岩沙地	0 至 13	B	C	表覆團塊	少	魚線	
9	N21 56.311	E120 44.922	礁岩沙地	7 至 9	B	C	表覆團塊	少		
10	N21 56.313	E120 45.081	礁岩	9 至 14	B	D	表覆團塊	少		
11	N21 56.305	E120 45.238	礁岩	10 至 24	B	B	表覆團塊	多		
12	N21 56.311	E120 45.380	礁岩沙地	16 至 31	B	B	表覆團塊	少		
13	N21 56.455	E120 44.789	礁岩沙地	0 至 8	A	A	表覆團塊	少		
14	N21 56.452	E120 44.928	礁岩	6 至 10	B	B	表覆團塊	少	魚線	
15	N21 56.452	E120 45.072	礁岩	6 至 12	C	C	表覆團塊	少	船錨魚線	
16	N21 56.444	E120 45.216	礁岩沙地	10 至 20	B	B	表覆團塊	少	魚網	
17	N21 56.448	E120 45.371	礁岩沙地	10 至 26	B	B	表覆團塊	少		

表 2 (續)、後壁湖保護區網格地點的經緯度資料

珊瑚覆蓋率分為 A：1-10%、B：11-30%、C：31-50%、D：51-75%及 E：76-100%等五等級

編號	緯度	經度	主要底質	深度(m)	石珊瑚	軟珊瑚	珊瑚生長型	無脊椎動物	干擾	備註
18	N21 56.453	E120 45.525	礁岩沙地	10 至 33	B	C	表覆團塊	多		浮球 B
19	N21 56.598	E120 44.807	礁岩沙地	0 至 7	B	B	表覆團塊	少		
20	N21 56.596	E120 44.915	礁岩沙地	7 至 9	B	C	表覆團塊	中		
21	N21 56.594	E120 45.065	礁岩沙地	10 至 14	C	C	分枝團塊	少	白化颱風	海葵
22	N21 56.596	E120 45.213	礁岩沙地	10 至 14	B	B	表覆團塊	少		
23	N21 56.598	E120 45.375	礁岩沙地	10 至 22	B	B	表覆團塊	少		
24	N21 56.733	E120 44.910	沙地	0 至 7	A	B	表覆團塊	中		
25	N21 56.738	E120 45.074	礁岩沙地	5 至 15	A	B	表覆團塊	少		
26	N21 56.731	E120 45.213	礁岩	8 至 14	B	B	表覆團塊	少		柳珊瑚
27	N21 56.716	E120 45.321	礁岩沙地	8 至 15	B	C	表覆團塊	少		浮球 C
28	N21 56.888	E120 44.935	沙地	0 至 5	A	A	表覆團塊	中		
29	N21 56.896	E120 45.067	礁岩沙地	4 至 10	A	A	表覆團塊	少		
30	N21 56.902	E120 45.220	礁岩沙地	4 至 12	B	B	表覆團塊	少		
31	N21 57.040	E120 45.080	沙地	0 至 8	A	A	表覆團塊	少		
32	N21 57.037	E120 45.215	礁岩沙地	5 至 10	B	A	分枝團塊	少		
33	N21 57.148	E120 45.220	礁岩沙地	0 至 10	C	B	分枝團塊	少	沉積物	

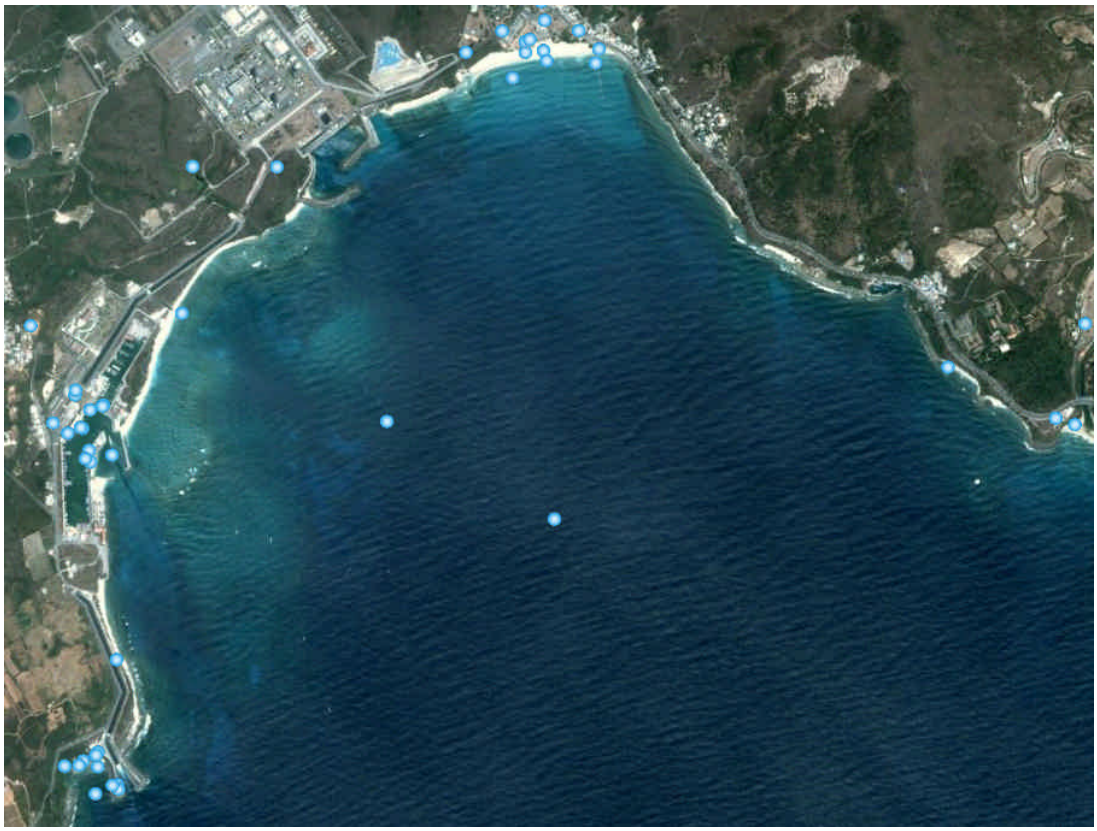

圖 1、後壁湖保護區的衛星影像圖

(資料來源：Google Earth)

圖 2、後壁湖保護區具有格網編號的衛星影像圖

A 為軸孔珊瑚區，B 為珊瑚區，C 為擬珊瑚海葵監測區，三區各 3 條約 30 公尺的橫截線示意圖

(資料來源：Google Earth)

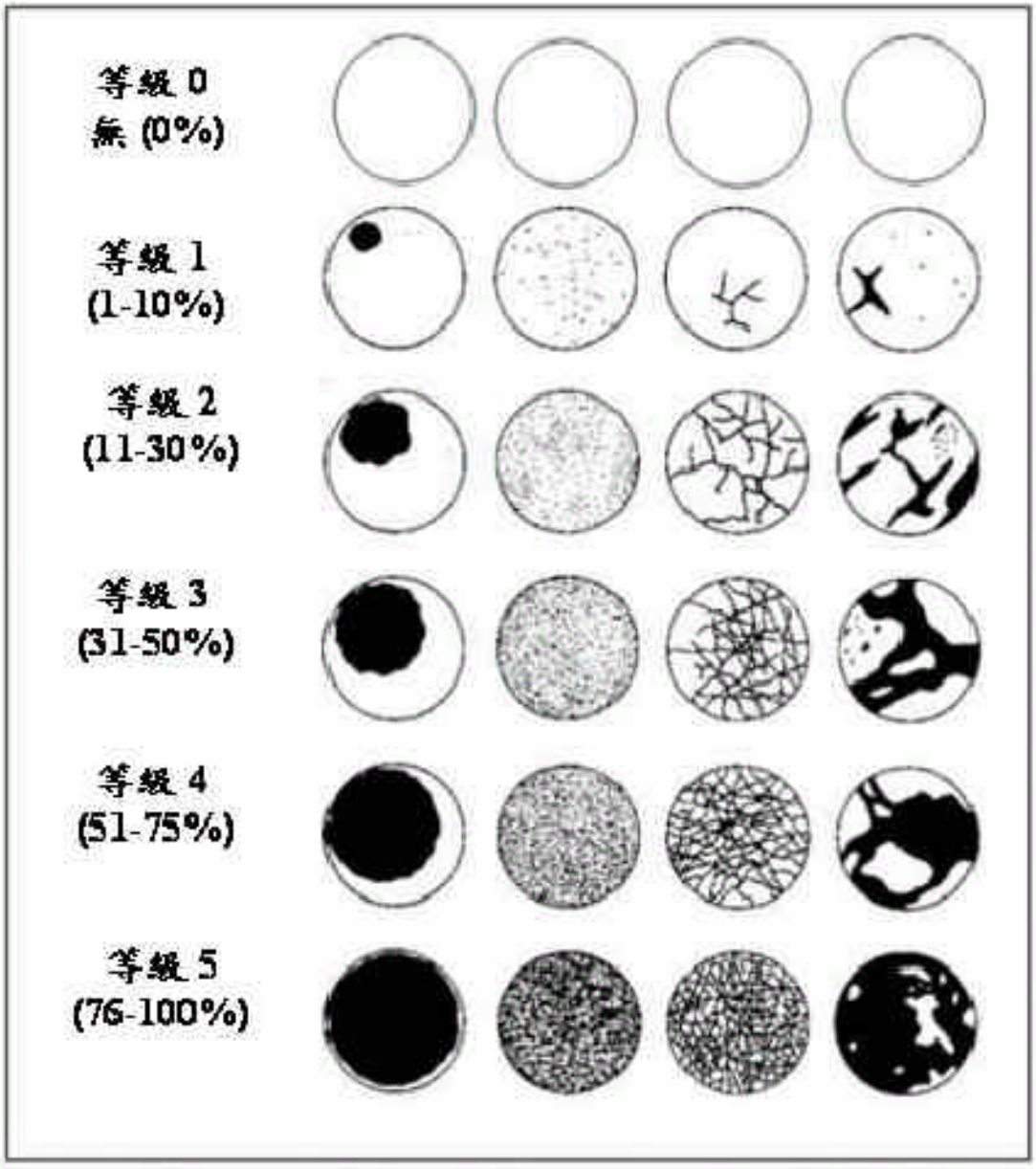

圖 3、野外活珊瑚覆蓋率的估計方式

(資料來源：Great Barrier Reef Coral Bleaching Response Plan)

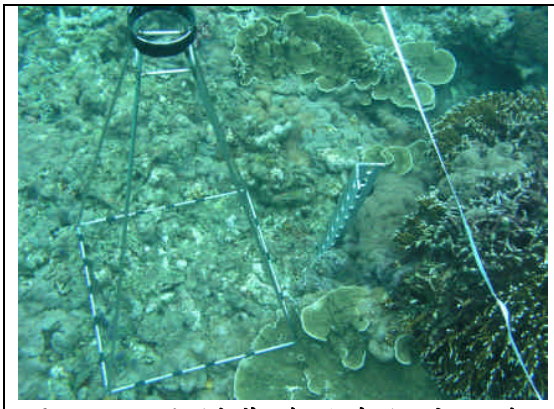

圖 4、固定橫截線的角鋼皮尺與照相框架
(資料來源：本研究)

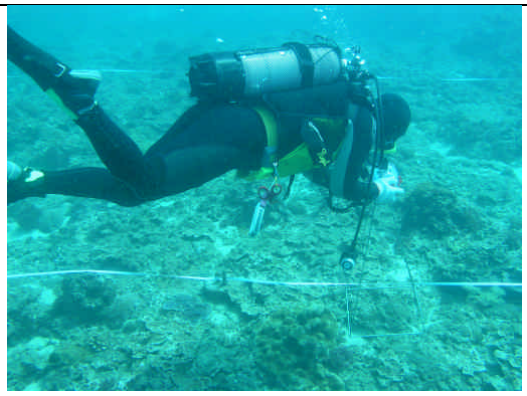

圖 5、固定橫截線的樣框拍照
(資料來源：本研究)

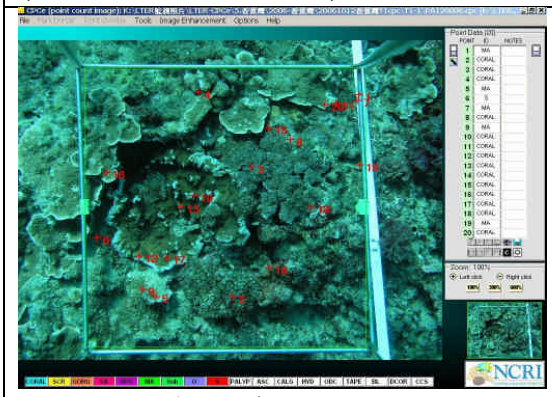

圖 6、影像的樣點分析
(資料來源：本研究)

圖 7、進行拖曳浮潛調查的照片
(資料來源：本研究)

圖 8、後壁湖保護區內的潟湖區
(資料來源：本研究)

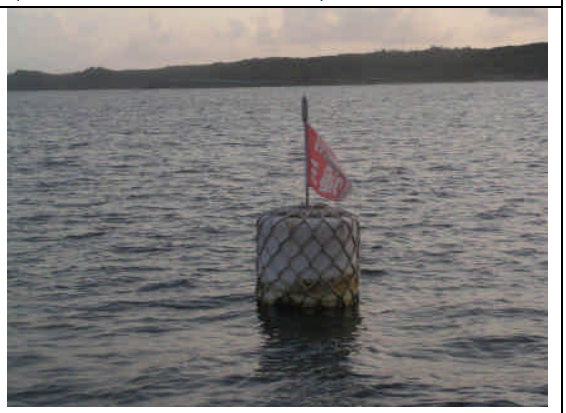

圖 9、標記後壁湖保護區界線的浮標
(資料來源：本研究)

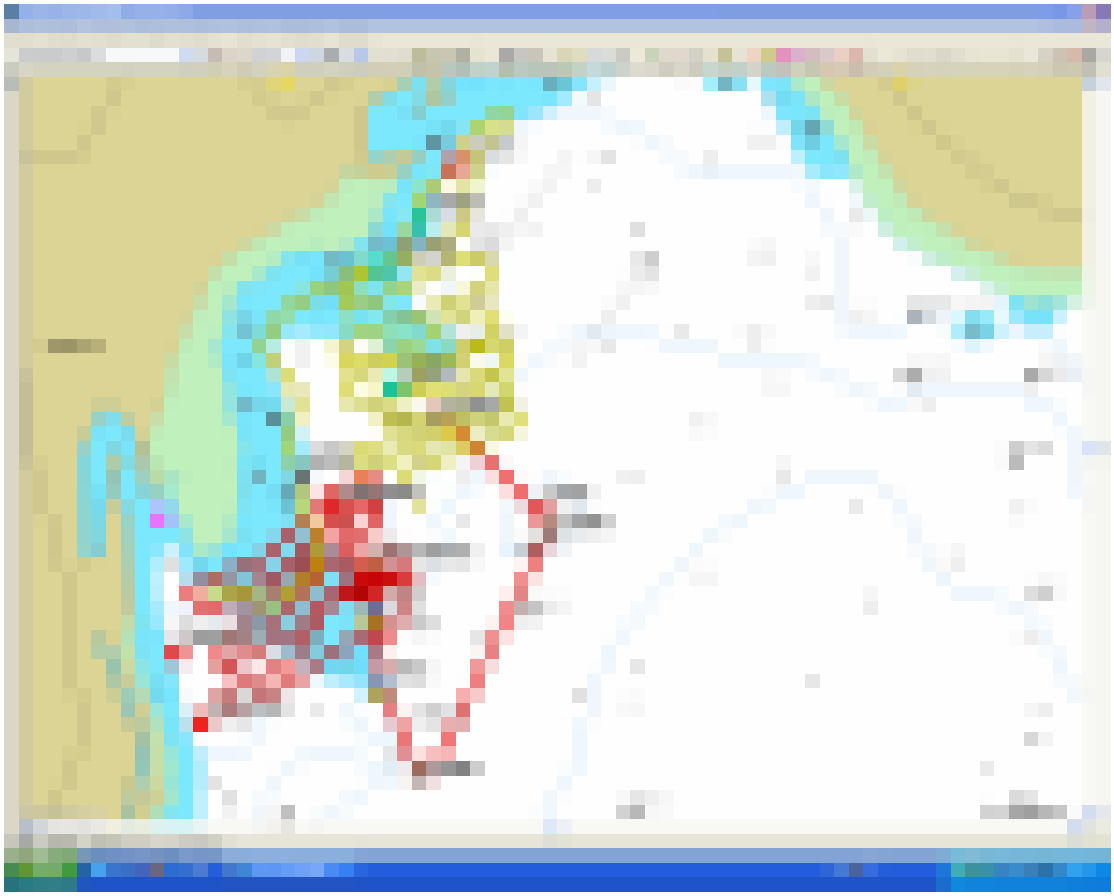

圖 10、拖曳浮潛調查的航行路線圖

(資料來源：本研究)

圖 11、以珊瑚為主的底質
(資料來源：本研究)

圖 12、以礁岩為主的底質
(資料來源：本研究)

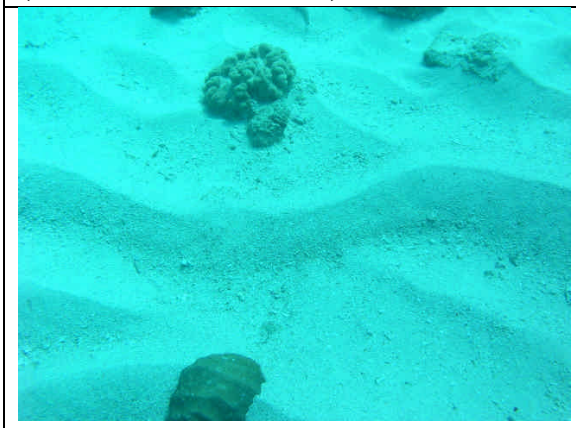

圖 13、以沙地為主的底質
(資料來源：本研究)

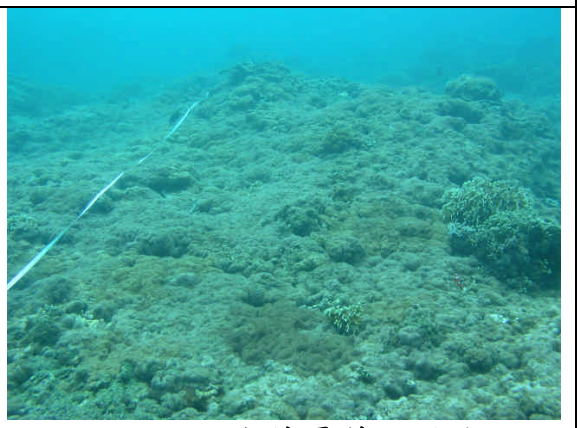

圖 14、擬珊瑚海葵覆蓋生長在珊瑚骨骸上
(資料來源：本研究)

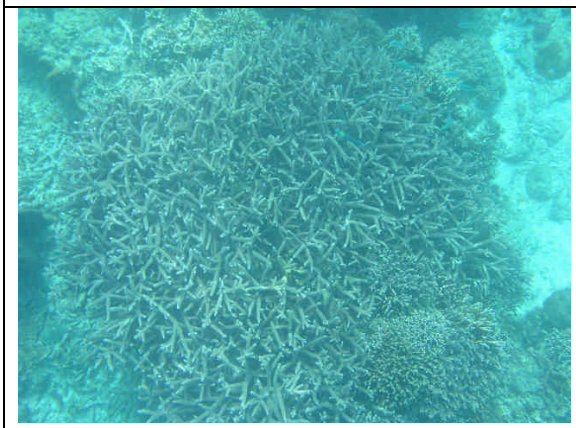

圖 15、以分枝形珊瑚為主的底質
(資料來源：本研究)

圖 16、以分枝形和葉片形珊瑚為主的底質
(資料來源：本研究)

圖 17、以團塊形珊瑚為主的底質
(資料來源：本研究)

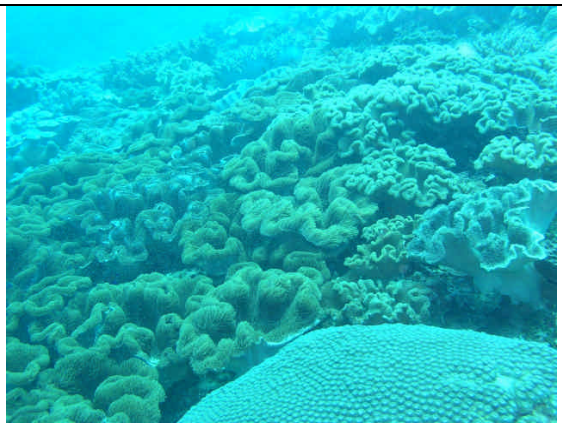

圖 18、以軟珊瑚為主的底質
(資料來源：本研究)

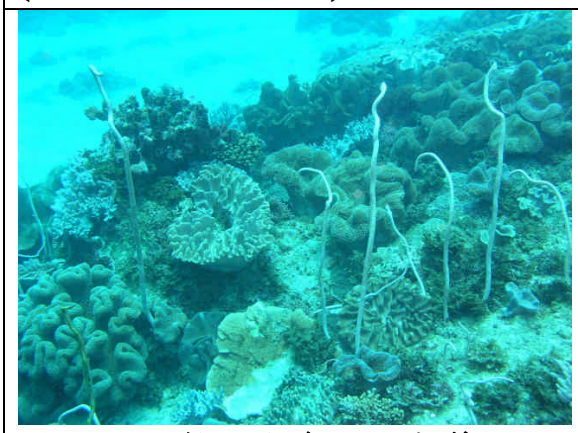

圖 19、以軟珊瑚為主的底質
(資料來源：本研究)

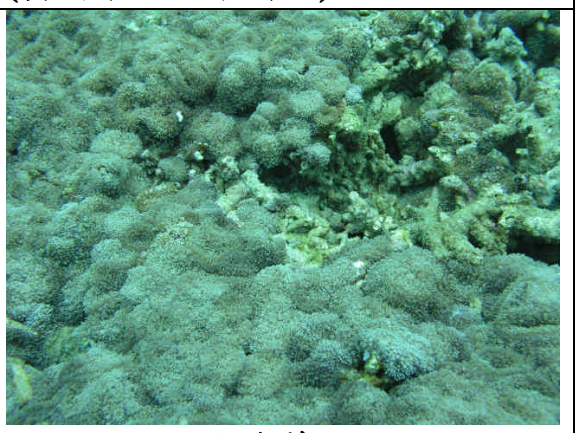

圖 20、擬珊瑚海葵的近照
(資料來源：本研究)

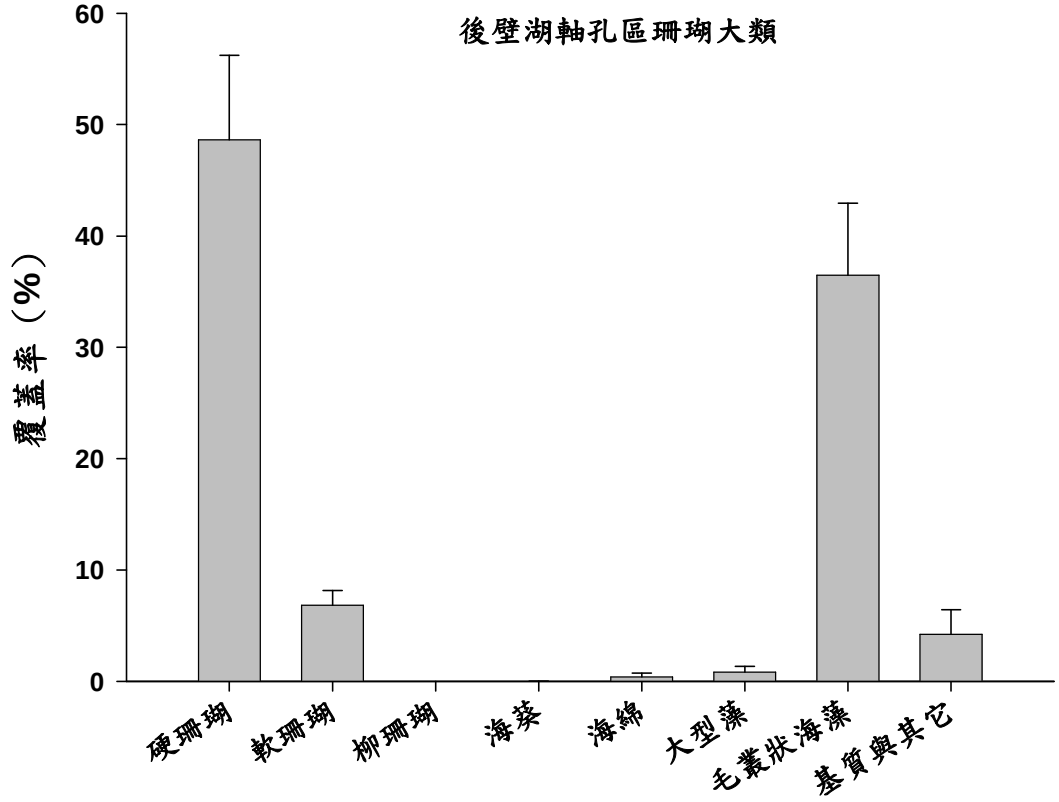

圖 21、軸孔珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的底棲生物和基質覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

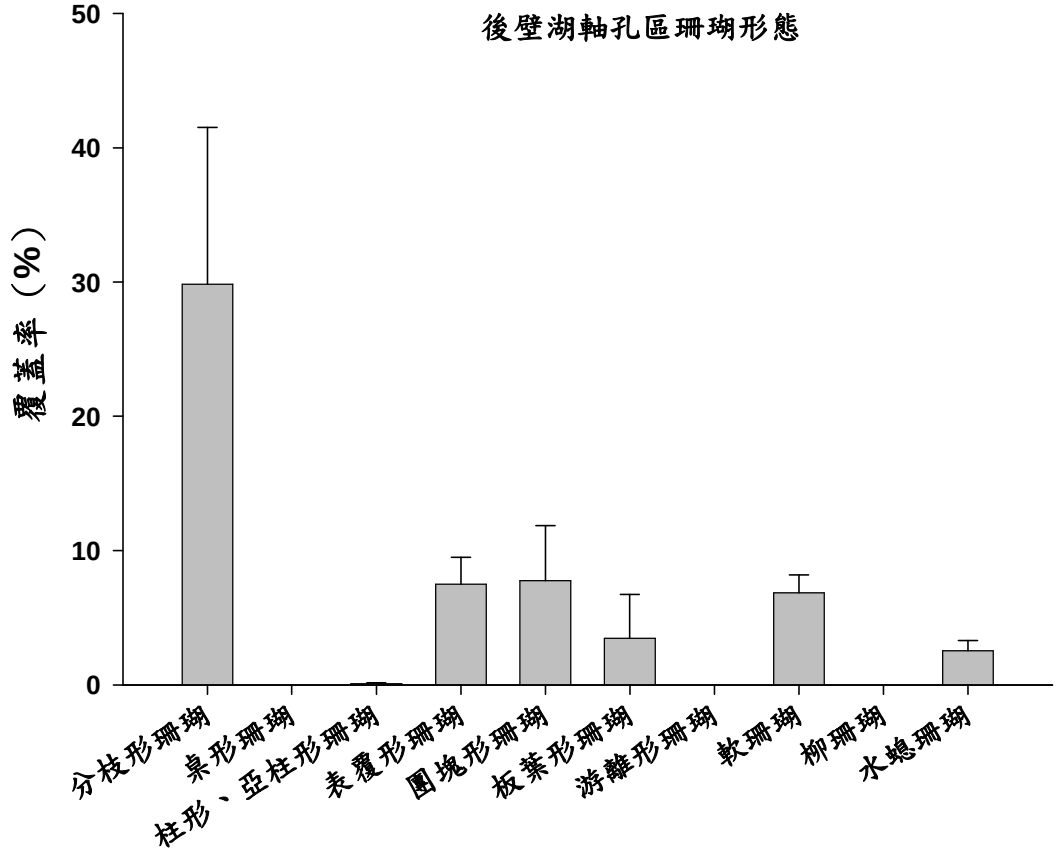

圖 22、軸孔珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的珊瑚各生長形覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

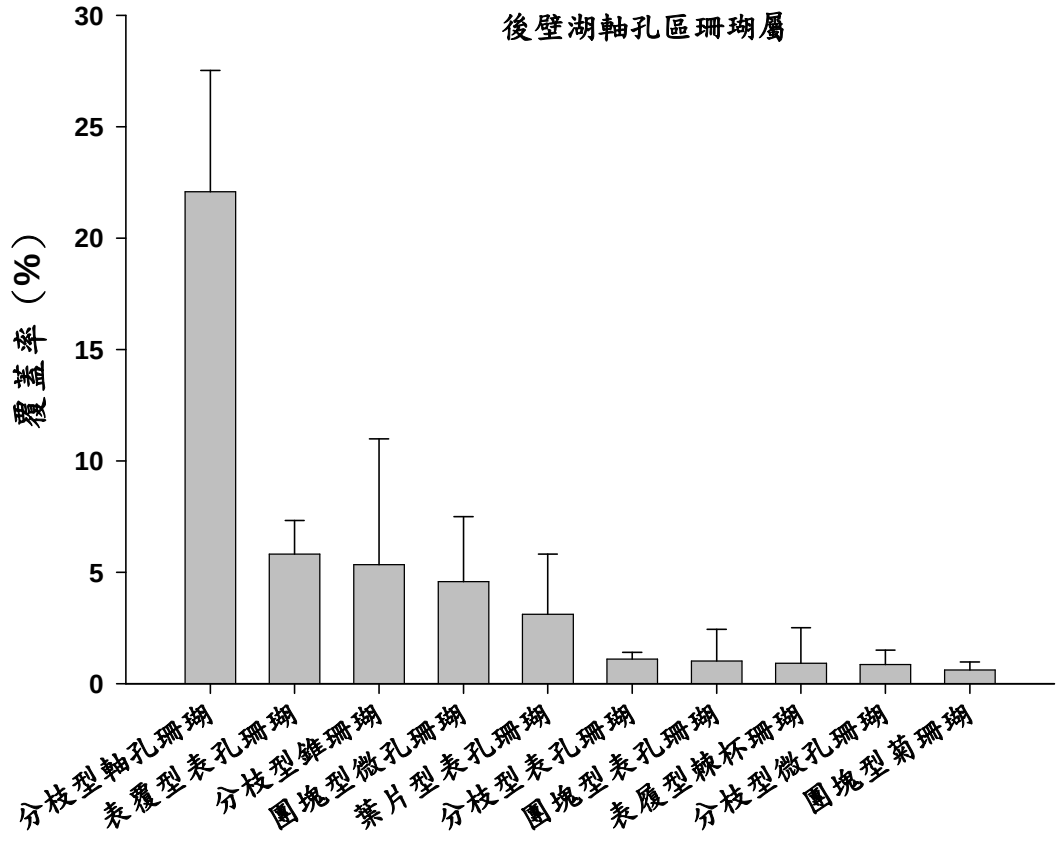

圖 23、軸孔珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

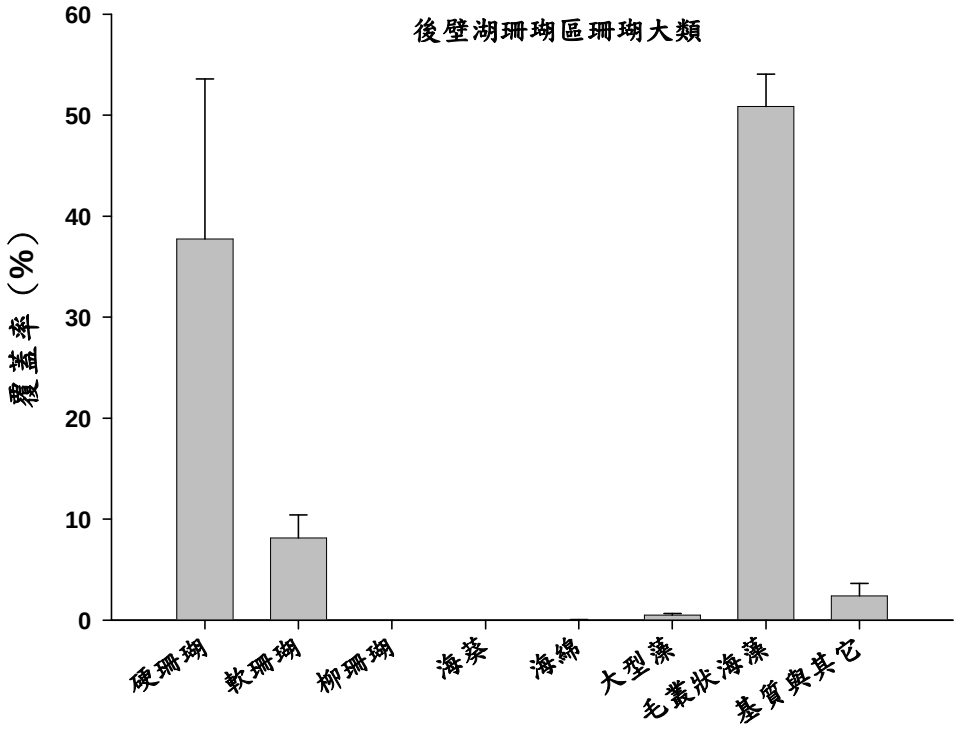

圖 24、珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的底棲生物和基質覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

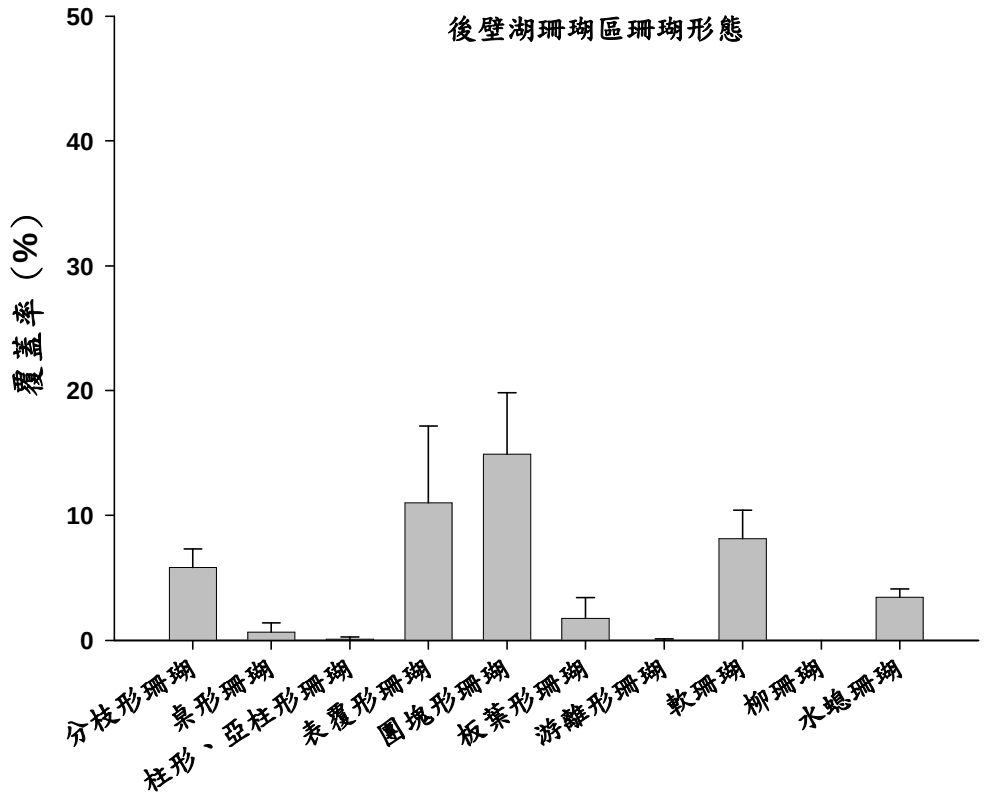

圖 25、珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的珊瑚各生長形覆蓋率比較

(平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

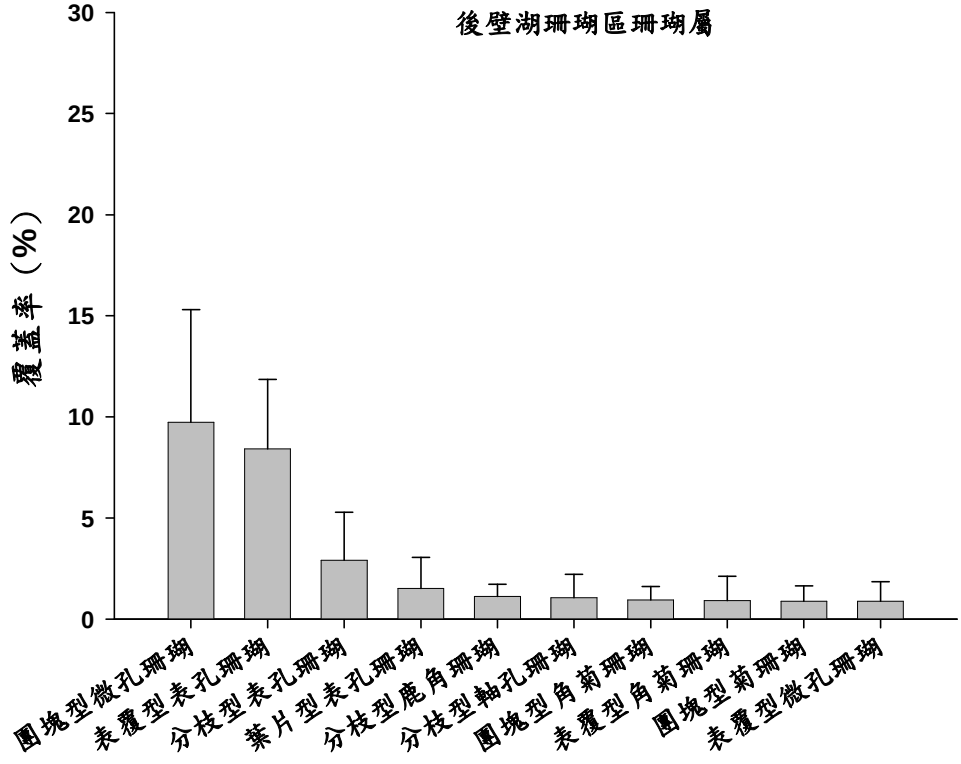

圖 26、珊瑚區珊瑚礁底棲群聚結構組成的硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

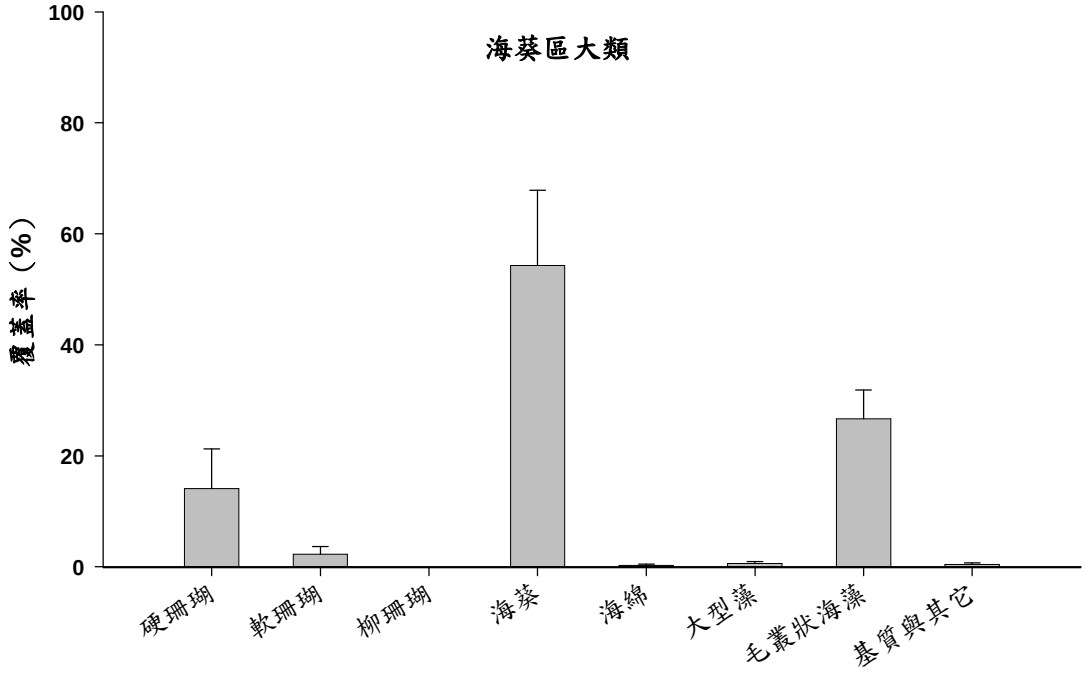

圖 27、海葵區珊瑚礁底棲群聚結構組成的底棲生物和基質覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

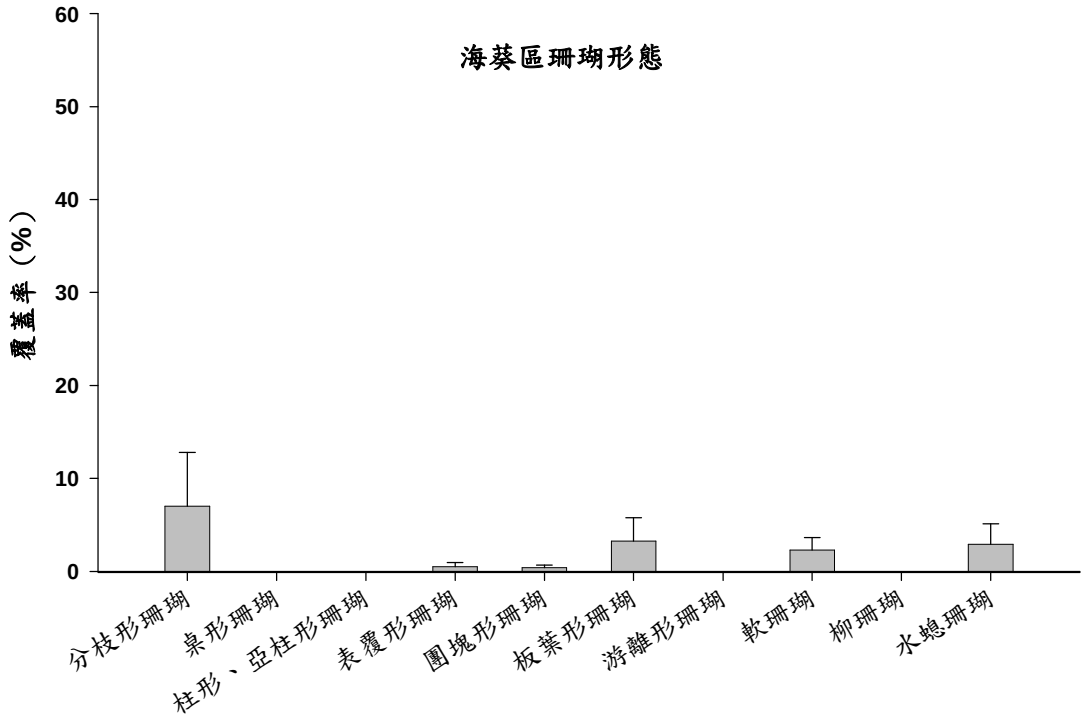

圖 28、海葵區珊瑚礁底棲群聚結構組成的珊瑚各生長形覆蓋率比較

(平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

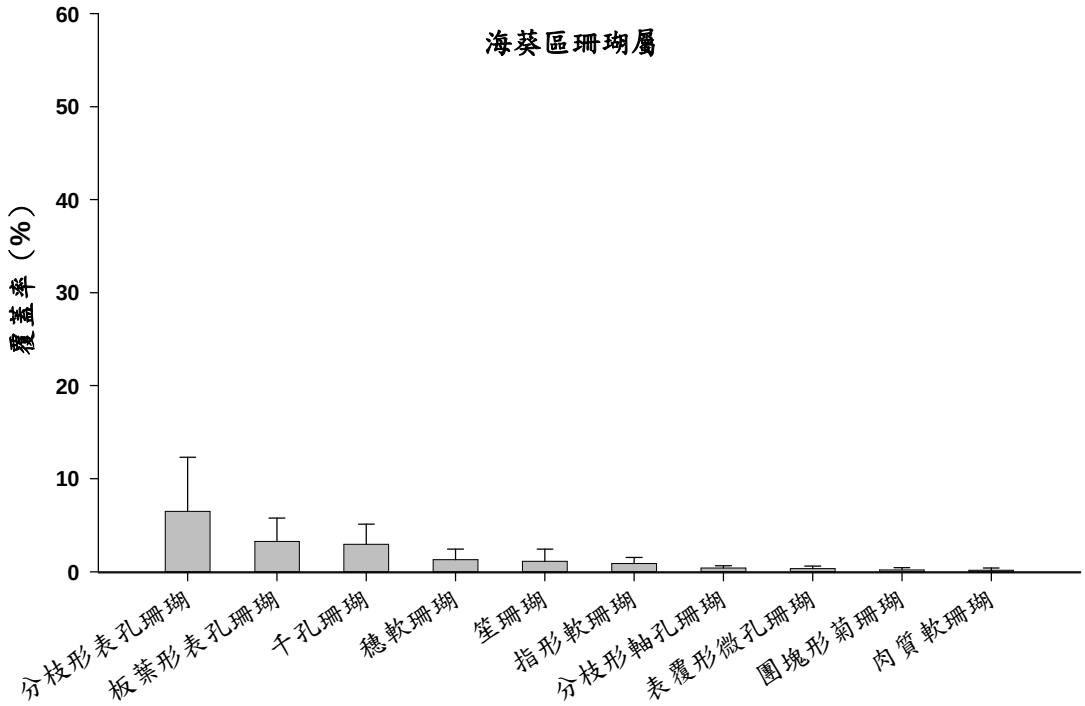

圖 29、海葵區珊瑚礁底棲群聚結構組成的硬珊瑚各生長形與屬的覆蓋率比較 (平均值±標準偏差)

(資料來源：本研究)

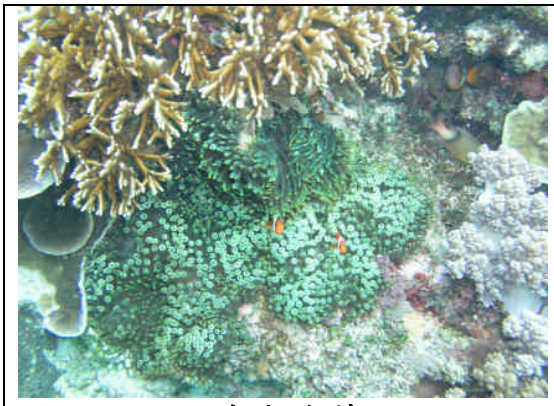

圖 30、小丑魚與海葵
(資料來源：本研究)

圖 31、硨磲貝
(資料來源：本研究)

圖 32、烏賊
(資料來源：本研究)

圖 33、夜潛時所觀察到龍蝦
(資料來源：本研究)

圖 34、海星
(資料來源：本研究)

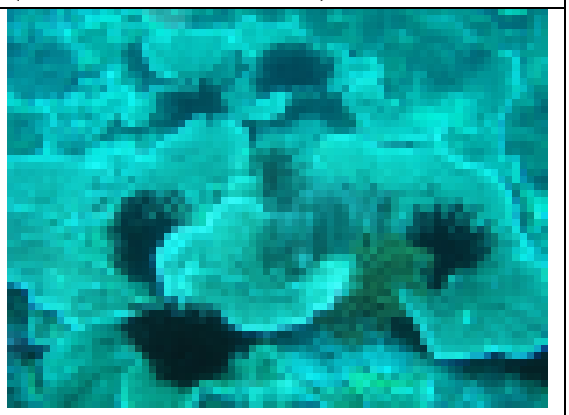

圖 35、海羽星
(資料來源：本研究)

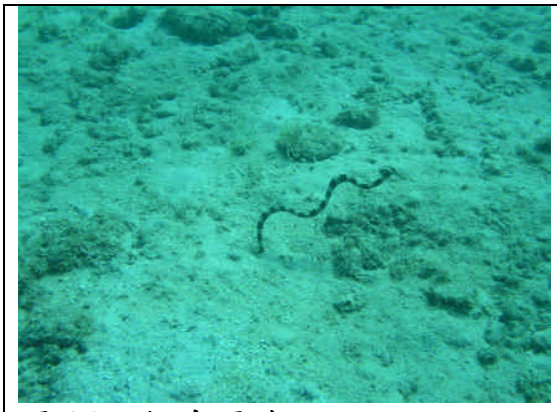

圖 36、餵魚區海蛇
(資料來源：本研究)

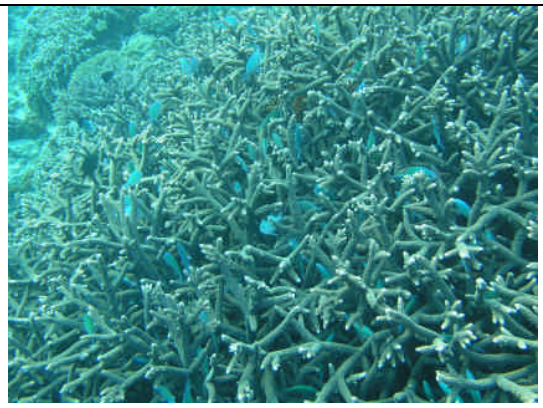

圖 37、提供魚群躲藏棲所的分枝形軸孔珊瑚
(資料來源：本研究)

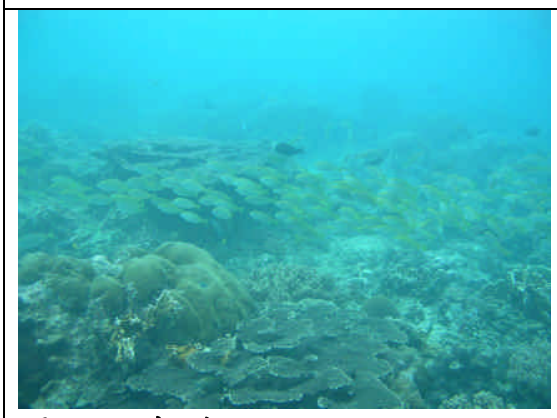

圖 38、魚群
(資料來源：本研究)

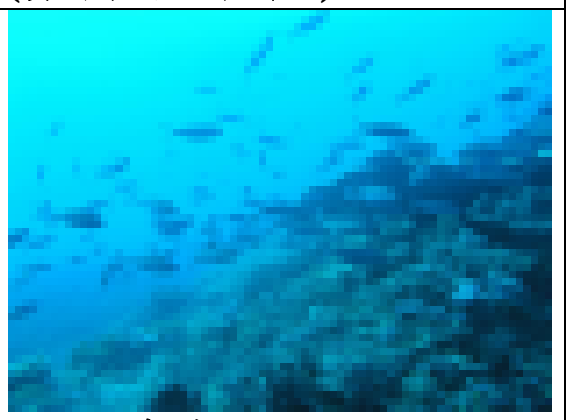

圖 39、魚群
(資料來源：本研究)

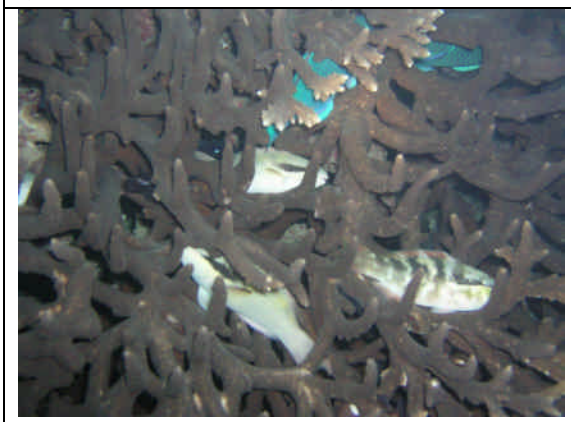

圖 40、夜間時珊瑚礁魚類棲息於分枝形軸孔珊瑚分枝之間
(資料來源：本研究)

圖 41、夜間時珊瑚礁魚類棲息於分枝形軸孔珊瑚分枝之間
(資料來源：本研究)

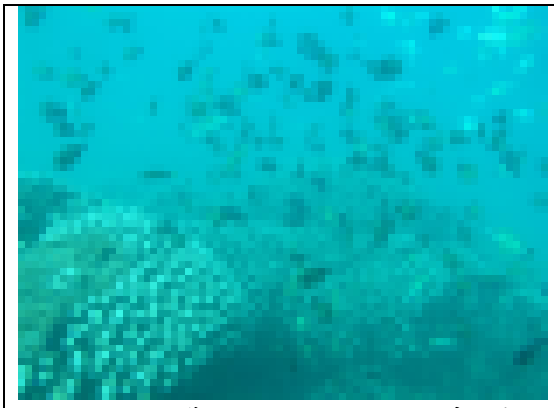

圖 42、聚集於珊瑚附近的魚群
(資料來源：本研究)

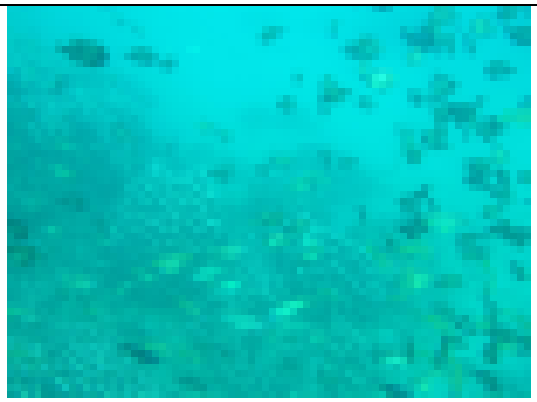

圖 43、聚集於珊瑚附近的魚群
(資料來源：本研究)

圖 44、聚集於珊瑚附近的魚群
(資料來源：本研究)

圖 45、聚集於冠叢柳珊瑚附近的蝦魚
(資料來源：本研究)

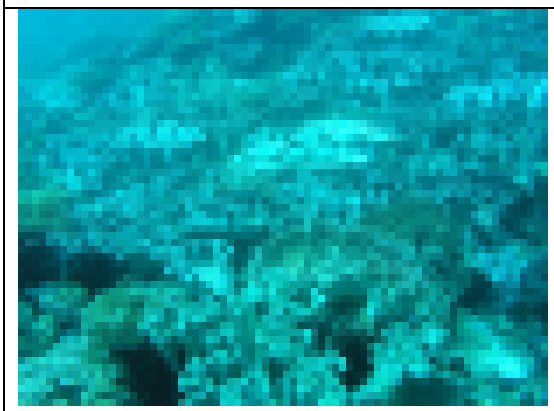

圖 46、較深海域的軟珊瑚優勢區
(資料來源：本研究)

圖 47、較深海域的軟珊瑚優勢區
(資料來源：本研究)

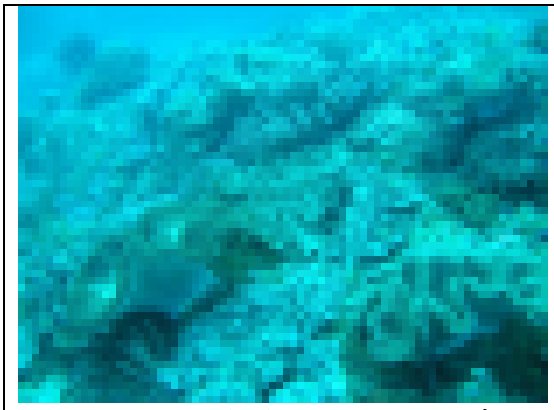

圖 48、較深海域的軟珊瑚優勢區
(資料來源：本研究)

圖 49、較深海域的水螅珊瑚與海羊齒區
(資料來源：本研究)

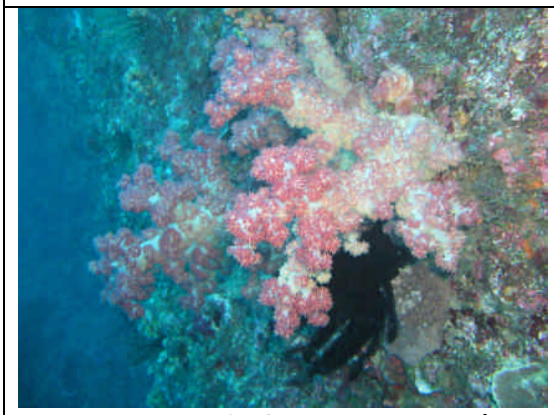

圖 50、較深海域的軟珊瑚優勢區
(資料來源：本研究)

圖 51、較深海域的柳珊瑚區
(資料來源：本研究)

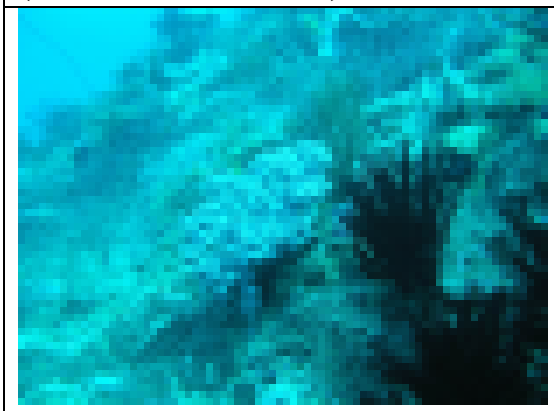

圖 52、豐富的浮游生物聚集於礁體表面
(資料來源：本研究)

圖 53、豐富的浮游生物聚集於礁體表面
(資料來源：本研究)

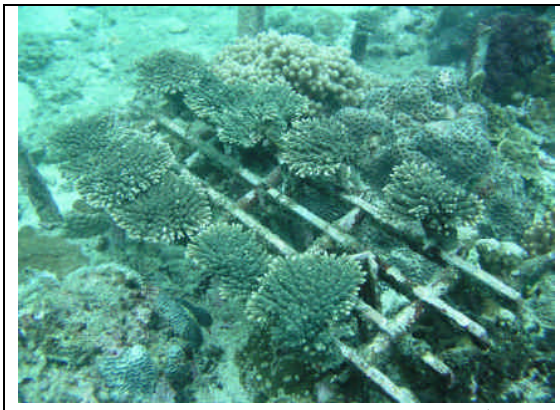

圖 54、移植珊瑚以玻璃纖維架固定
(資料來源：本研究)

圖 55、移植珊瑚以鋼釘和水下環氧樹脂固定
(資料來源：本研究)

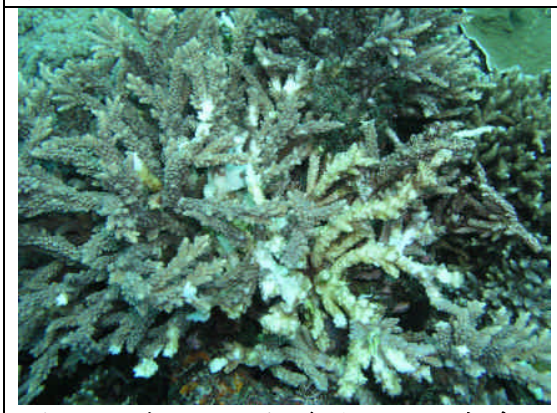

圖 56、軸孔珊瑚發生部份群體白化死亡
(資料來源：本研究)

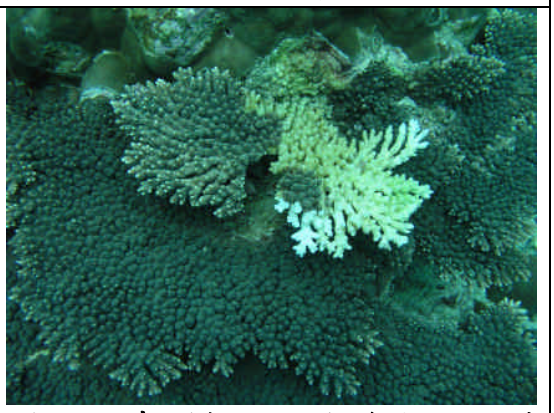

圖 57、桌形軸孔珊瑚發生部份群體白化死亡
(資料來源：本研究)

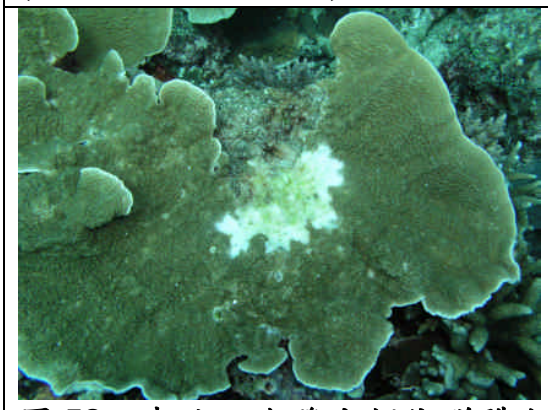

圖 58、表孔珊瑚發生部份群體白化死亡
(資料來源：本研究)

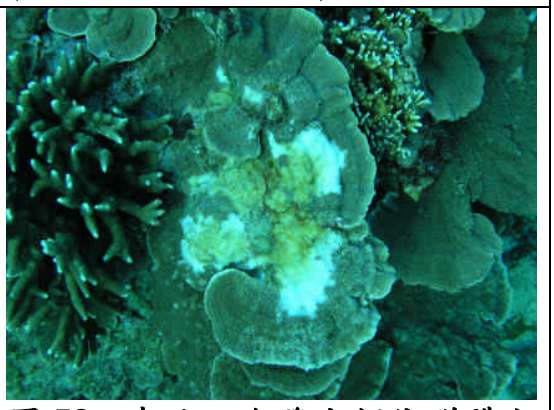

圖 59、表孔珊瑚發生部份群體白化死亡
(資料來源：本研究)

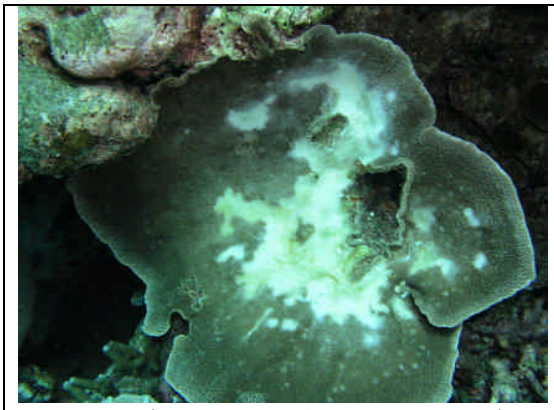

圖 60、表孔珊瑚發生部份群體白化死亡
(資料來源：本研究)

圖 61、微孔珊瑚的組織不正常生長
(資料來源：本研究)

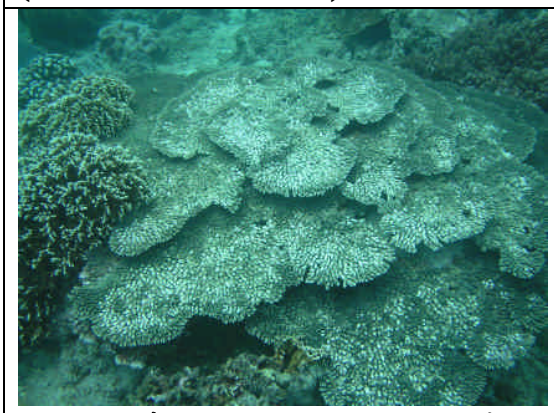

圖 62、桌形軸孔珊瑚的分枝末端被魚捕食
(資料來源：本研究)

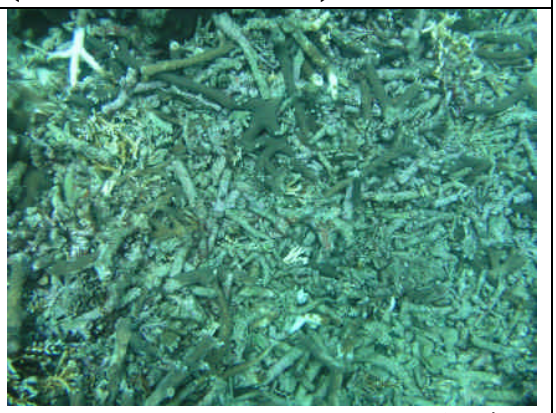

圖 63、颱風造成珊瑚分枝斷裂
(資料來源：本研究)

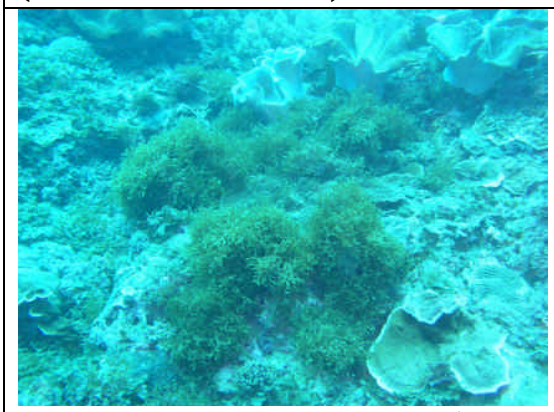

圖 64、較深海域出現大型藻與軟珊瑚並存現象
(資料來源：本研究)

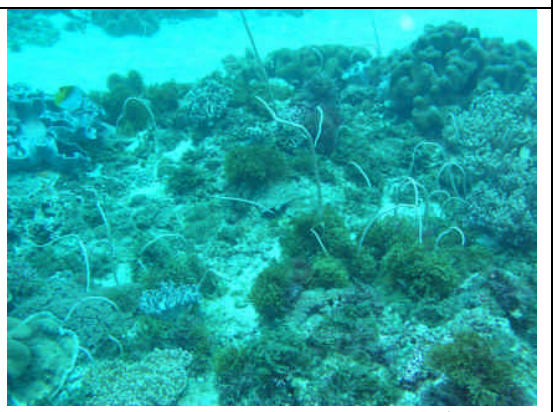

圖 65、較深海域出現大型藻與軟珊瑚並存現象
(資料來源：本研究)

圖 66、廢棄魚網的纜繩
(資料來源：本研究)

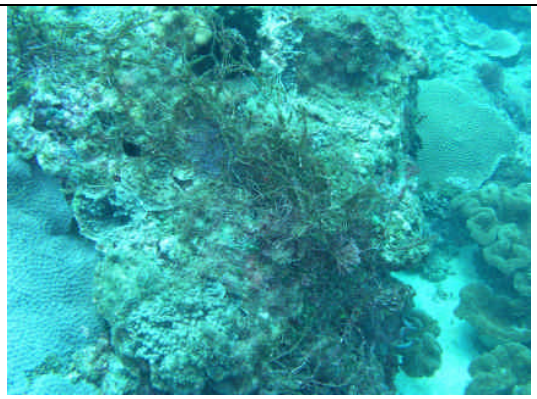

圖 67、廢棄魚網纏繞在珊瑚上
(資料來源：本研究)

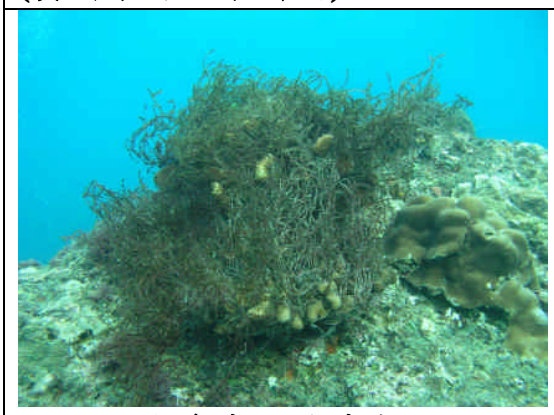

圖 68、廢棄魚網纏繞在珊瑚上
(資料來源：本研究)

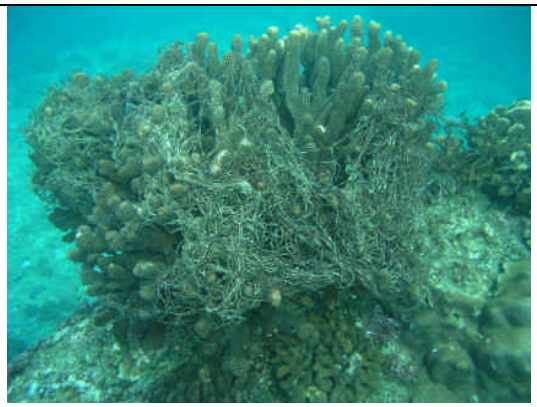

圖 69、廢棄魚網纏繞在珊瑚上
(資料來源：本研究)

圖 70、綁在礁岩上的纜繩
(資料來源：本研究)

圖 71、廢棄船錨
(資料來源：本研究)