

103301020700G0004

「東沙島北岸珊瑚復育成效與魚類
群聚相關性研究」

成果報告

海洋國家公園管理處自行研究成果報告
中華民國 103 年 12 月

103301020700G0004

東沙島北岸珊瑚復育成效與魚類群 聚相關性研究

研究人員：廖震亨

協同人員：陳慧如

海洋國家公園管理處自行研究成果報告
中華民國 103 年 12 月

目錄

目錄.....	I
圖、表目錄.....	II
摘要.....	1
SUMMARY.....	3
一、目的.....	4
二、材料與方法.....	7
三、結果.....	12
四、研究發現與建議.....	29
五、參考文獻.....	34

圖、表目錄

表一、103 年 3-9 月東沙島北岸珊瑚扦插復育區水溫變化及魚類群聚之分布情形。(R. A. : 相對豐度).....	22
表二、東沙島北岸調查區內短鰕虎(GOBIODON)屬魚種個體數於各月份之分布情形。.....	25
表三、東沙島北面珊瑚復育區魚類群聚個體數於觀測月別間之變方分析(ANOVA TEST)結果表。.....	27
表四、103 年於東沙島北面珊瑚復育區魚種大類個體數、總大類數、魚種總個體數與海水水溫(TEMPERATURE, T)及珊瑚成長量(GROWTH OF CORAL REEF, G)間之複迴歸分析結果。.....	28
圖一、103 年東沙島北岸珊瑚復育區分枝型軸孔珊瑚復育成效評估監測範圍 ..	7
圖二、試驗用珊瑚.....	8
圖三、試驗用珊瑚:。.....	8
圖四、軸孔珊瑚利用分枝扦插進行培育，圖為剛分枝之珊瑚片段。.....	8
圖五、直接將分枝好的珊瑚固定在團塊型珊瑚孔隙間培育。.....	9
圖六、不同年間東沙島北岸珊瑚培育區之水溫月變化。.....	12
圖七、不同培育時間的珊瑚.....	13
圖八、培育三年的軸孔珊瑚已開始產卵。.....	13
圖九、不同培育時間珊瑚增重情形。.....	14
圖十、不同培育時間珊瑚的存活率。.....	14
圖十一、不同培育時間珊瑚的死亡率比較。.....	15
圖十二、不同培育時間珊瑚的累計死亡率。.....	15
圖十三、東沙島北岸 3 月指標性魚類群聚調查樣區.....	16
圖十四、東沙島北岸 4 月指標性魚類群聚調查樣區.....	17
圖十五、東沙島北岸 5 月指標性魚類群聚調查樣區.....	18
圖十六、東沙島北岸 7 月指標性魚類群聚調查樣區.....	19
圖十七、東沙島北岸 7 月指標性魚類群聚調查樣區.....	20

圖十八、東沙島北岸 7 月指標性魚類群聚調查樣區.....	21
圖十九、103 年調查期間觀測區魚類群聚於各月別間之分布柱狀圖。.....	22
圖二十、觀測期間各月別指標性魚類群聚之個體數分布圖。.....	23
圖二十一、調查區內各月別觀察之魚類群聚中常見之種類.....	24
圖二十二、東沙島北岸調查區內短鰕虎屬魚種個體數於各月份之比較圖。...	25
圖二十二、依附於軸孔珊瑚中常見鰕虎魚.....	26
圖二十三、以主成分分析法分析東沙島北面珊瑚復育區各月別間魚種大類組成之 差異情形。.....	27
圖二十四、今(103)年夏季瀉湖口因水溫過高而白化死亡的珊瑚。.....	29
圖二十五、剛扦插培育的珊瑚死亡。.....	30
圖二十六、生長多年的珊瑚群體死亡。.....	30
圖二十七、培育三年的軸孔珊瑚，其分枝已有各種生物棲息其間。.....	31

摘要

關鍵詞：東沙島、軸孔珊瑚、存活率、成長率、魚類群聚

東沙島北面珊瑚復育區的分枝型軸孔珊瑚復育工作已進行數年，本(103)年度的研究期程中，夏季之高水溫期較其他年間維持較久，幸而試驗培育使用之珊瑚取自島周高溫區之種原，因此對高水溫本身已較有抗性，白化現象並無特別嚴重。

比較珊瑚存活率發現不同年生珊瑚平均都有約 80%左右的存活率，其死亡原因多為未固定好珊瑚分枝，造成傾倒至沙地或海草床致藻類等覆蓋而死亡，部分可能因為分枝切口受藻類侵襲而死亡、或體積成長至一定程度倒伏至海底造成藻類攀附而死亡。整體來說，夏季高水溫造成白化死亡之數量並不多。成長率部份之研究結果顯示，珊瑚分枝在第一年其重量約可增加 10-20 倍，第二年逐漸生長較為緻密，第三年珊瑚分枝除增加外也略為增長。

在指標性魚種之季節變化方面，東沙島北岸珊瑚復育區的魚類群聚數量於各月雖互有消長，但並無隨時間明顯增加之情形，其群聚變動與水溫及軸孔珊瑚成長量並無明顯之關係，可能僅為各魚種大類常態性的季節性消長。復育區內軸孔珊瑚以人為少量的扦插，雖每年穩定的生長，但珊瑚成長量似乎還未達到可影響當地魚類生態的地步，

當地魚種繼續維持著原本的生活，無大量繁殖或外來族群加入，所以其群聚生物量的成長方面較無明顯差別。

Summary

Key words: Dongsha, staghorn coral, survival rate, growth rate, fish community

Branching type staghorn coral (*Acropora cervicornis*) restoration project has been run on Dongsha north coral restoration area for several years, during this (103) year's studies, the high temperature in summer was longer than other years, fortunately our nurture test use the original species of coral from the high temperature zone of the island, so the coral are more resistant to high temperature, and coral bleaching is not particularly serious.

Comparison of different years coral survival rates, we found that staghorn coral have average about 80% survival rate, the most reason cause of death was unfixed well branching corals, that will causing them poured into sand or seagrass than covered with algae and lead them to death, in other reasons cause of death are branch's cuts invasion by algae or coral growth over load than lodging to the seafloor. Overall, the number of coral death by high summer water temperatures is not much. Most of the studies showed that the growth rate of coral branches will be increase about 10-20 times its weight in the first year, in the second year coral grow more dense, and in the third year coral not only increase branches but also grow longer.

In terms of the indicated fish's seasonal variation, although the number of fish community in Dongsha North Shore coral restoration area growth and decline in every month, but there is no significant increase number by time, there are no significant relationship between the number of community fish and the growth of staghorn coral or temperature change, each species may be only the normal seasonal fluctuation. The staghorn coral had been artificially small number crop in the repopulation area, although they steady growth each year, but the amount of coral growth seems not impact of the ecological of local fish, local fish continue to maintain the original life, no blooms or foreign fish groups to join, so those staghorn coral don't have significant effect to help increase the number of community creatures.

一、目的

珊瑚建構了東沙環礁，造就環礁豐富的生物多樣性，然而 1998 年的全球性海水暖化對珊瑚礁造成重大的衝擊(鄭等，2005)，在此年間全球將近有 60 %的珊瑚礁區發生白化，而其中只有 40 %的珊瑚回復，更有高達 16%的珊瑚礁被毀滅，珊瑚是生物重要的棲地，當珊瑚受損時也間接影響到生物多樣性。而全球的暖化已成定律，每 3-7 年為週期的聖嬰現象，使得各地的海洋生態處於不穩定的狀態中，更亟需適地的保育策略。

海管處在成立後陸續委託學術研究單位及自行研究進行的調查中也發現環礁潟湖內多數珊瑚皆已逐漸復原，但物種組成已和先前不同，現況中以團塊型及葉片型珊瑚復原最佳，而早期環礁內大量存在的分枝型珊瑚復原卻不甚理想，尤其是軸孔珊瑚，由於分枝型珊瑚建構的立體空間可提供生物安全的躲避空間，因此適度的復育這些珊瑚，將有助於海域資源量的恢復。

東沙珊瑚復育自行試驗始於 98 年，經由小範圍的棲地調查與珊瑚繁殖試驗結果發現，環礁潟湖棲地因為藻食性生物的不足，造成棲地中的藻類大量繁生，而藻類是珊瑚生長空間中最大的競爭者之一，當藻類缺乏有效的抑制生物時，就會影響到珊瑚的生長，如珊瑚苗的

附著及發育，嚴重時甚至造成珊瑚大量死亡。而利用珊瑚無性繁殖的特性，可在短時間內大量複製珊瑚片段，並移植到我們所需要的或經過篩選的適當空間，同時如果配合篩選耐熱型品系或特殊需求的珊瑚，便可提高的復育的效率。經過培育方法與地點的試驗後，東沙的珊瑚正式在 100 年開始大量的培育，而經過這 2-3 年的觀察發現，除了珊瑚的培育的成效良好外，生物群聚的效果亦逐漸顯現。

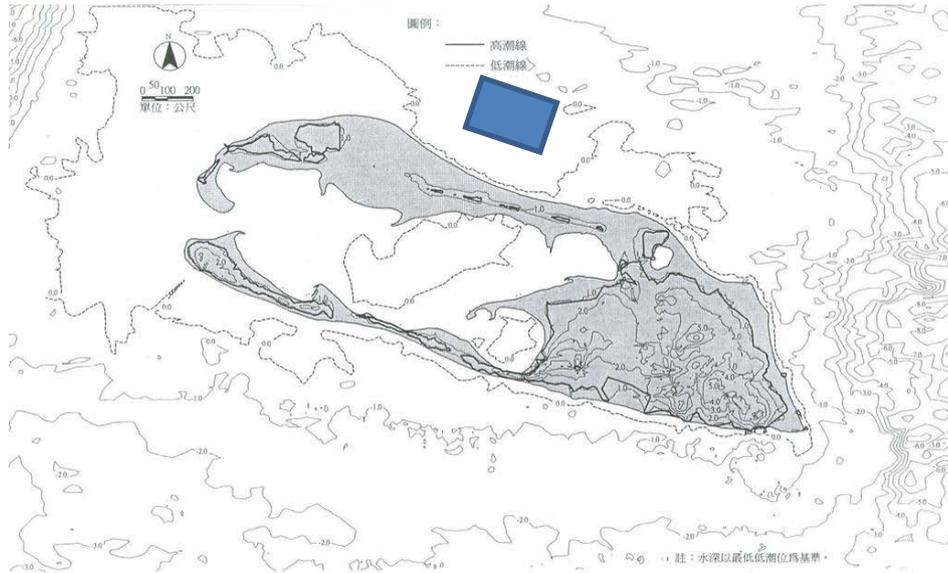
就各珊瑚大類生長狀況來說，團塊狀的微孔珊瑚群體每年增長約一公分厚，而某些樹枝狀的軸孔珊瑚，則以每年數十公分的成長速率成長，可以說是生長速度最快的種類之一(Goreau and Goreau, 1959；Nie *et al.*, 1997)。由於東沙島北面珊瑚復育區之軸孔珊瑚扦插復育已進行多年，欲了解復育成效，復育區內的魚種時空分布調查應可作為其評估依據之一。珊瑚礁為海洋生態系中生物多樣性最高的地方(Stone *et al.*, 1996)，台灣沿近海域珊瑚礁魚類累計的種類高達 1,500 種，佔了台灣目前已知魚種的 60% 以上，約為全世界珊瑚礁魚種的三分之一。分枝型軸孔珊瑚提供了魚類良好之生棲條件---包括了「空間」與「食物」兩部分。多縫隙、不規律生長的分枝狀空間，不但提供魚類良好的依附生棲場域，也是魚類躲避較大型掠食者最好的避難所。另外，由於珊瑚孔隙多為細小動物躲藏之處，亦吸引了許多隨機掠食的大小魚種，而直接以珊瑚(蟲)為食的魚類也常駐於附近出沒覓

食，形成了豐富而極具特色的魚類生態環境。這些魚種有些會隨著不同的生長階段、體型大小及食性改變，而對珊瑚礁有不同程度的依賴及利用。

總而言之，對珊瑚礁魚種來說，珊瑚礁是它們一輩子無法分開的家。海中觀察時常發現，珊瑚礁附近總是圍繞著大大小小的魚兒，豐富而熱鬧，與周邊環境冷清的景象大異其趣。本研究嘗試以數大類珊瑚礁指標魚種、以及對軸孔珊瑚依附性較高之兩屬 鰕虎科魚種作為調查對象，觀察其群聚(community)於東沙島北岸珊瑚礁復育區之生物量(Biomass)月別變化，並探討其與該區軸孔珊瑚成長量之可能關係。

二、材料與方法

本處自 100-102 年間之春及秋季已於東沙島北面進行分枝型軸孔珊瑚培育，本研究之觀測區域亦以培育區為範圍，如下圖所示：



圖一、103 年東沙島北岸珊瑚復育區分枝型軸孔珊瑚復育成效評估
監測範圍(藍色區塊)。

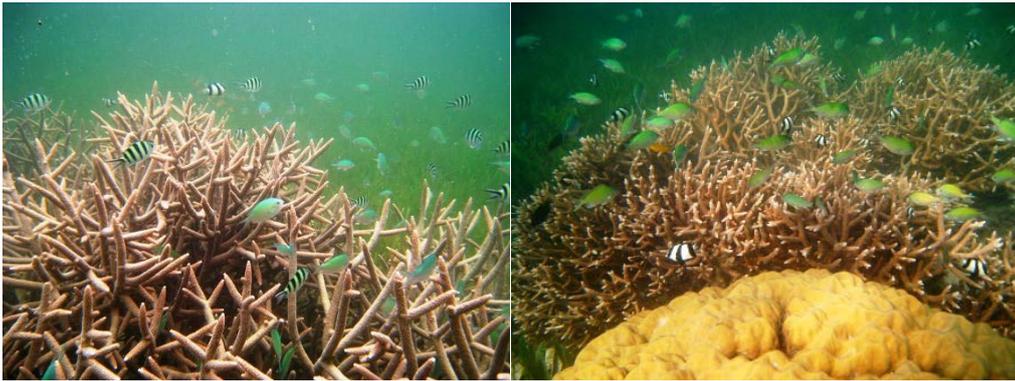
本計畫將利用這些培育數年的軸孔珊瑚進行實驗，主要工作項目包括珊瑚生長調查-不同培育時間珊瑚存活率、增重率以及水溫分析等。研究對象之設定及研究方式如下：

一、珊瑚種類：選擇大型分枝形軸孔珊瑚做為試驗物種，包含

Acropora muricata 美麗軸孔珊瑚、*A. pulchra* 叉枝軸孔珊瑚、*A.*

nobilis 高貴軸孔珊瑚、*A. intermedia* 中間軸孔珊瑚等分枝形軸孔

珊瑚(圖二-三)。



圖二、試驗用珊瑚：左：中間軸孔珊瑚，右：高貴軸孔珊瑚



圖三、試驗用珊瑚：左：美麗軸孔珊瑚，右：叉枝軸孔珊瑚。

二、珊瑚分枝培育：每分枝約 10-15 公分，以束帶固定於不銹鋼支架上後，扦插於北岸培育區的珊瑚塊礁孔隙間培育，並與底質隔離。



圖四、軸孔珊瑚利用分枝扦插進行培育，圖為剛分枝之珊瑚片段。



圖五、直接將分枝好的珊瑚固定在團塊型珊瑚孔隙間培育。

三、成長率試驗：直接自珊瑚培育區取回不同培育時間的珊瑚秤重後，扣除不鏽鋼支架重量後計算平均重量，取樣珊瑚包含培育0個月、6個月、一年、二年、三年，各約25株。

四、存活率：記錄不同培育時間的珊瑚的死亡率及累計死亡率。

死亡率分別：計算已培育一年、二年及三年生珊瑚的死亡率，各取樣約25株，並計算培育一年期間的死亡率，死亡率 $\%$ =死亡株數/珊瑚培育總數 $\times 100$ 。

累計死亡率 $\%$ ：由死亡率分別累加計培育珊瑚一年至三年的死亡數量/珊瑚培育總數 $\times 100$ 。

另外，在復育區魚類群聚監測方面，選定東沙島北岸珊瑚復育區(圖一)內扦插軸孔珊瑚之四塊較大塊礁(總覆蓋面積約 100 平方公尺)，於 103 年 3~9 月份，天候許可之狀況下，利用浮潛方式進行塊礁周邊一米範圍內(含塊礁本體)範圍之魚類群聚觀察，並以自攜式溫度計測定觀察時段之海水溫度，同時輔以水中攝影記錄(其中 6 月份因海況不佳未進行調查作業)。

調查魚種選擇上則採國際上進行珊瑚礁總體檢(Reef Check)所設定之珊瑚礁生物指標(Bioindicator)性魚種大類作為紀錄調查對象，包括蝴蝶魚科(Chaetodontidae)、石鱸科(Haemulidae)、笛鯛科(Lutjanidae)、鮨科(石斑魚, Serranidae)、隆頭魚科(Labridae)之曲紋唇魚(*Cheilinus undulatus*)及鸚哥魚科(Scaridae)等大類。另外，以往東沙島北岸軸孔珊瑚群聚中常發現腹瓢鰕虎屬(Pleurosicya)及短鰕虎屬(Gobiodon)魚種依附生棲，尤其是短鰕虎，其群聚豐度相當龐大，且幼魚階段之後幾乎終其一生都棲息於軸孔珊瑚縫隙中，故本研究亦將該兩屬鰕虎科魚種其設定為調查對象，觀察其群聚之月別變化。

此外，亦利用統計軟體進一步探討海水水溫、軸孔珊瑚成長量與魚類群聚生物量變動是否有關。在軸孔珊瑚成長量部分，研究範圍內混生不同年份大小之分枝狀軸孔珊瑚共計 22 株，本研究假設研究範圍內各年份軸孔珊瑚為均勻混生狀態；另將珊瑚月平均成長量換算為

每月研究海域中之軸孔珊瑚總重量，再與生棲其間之魚類群聚生物量進行相關之分析。

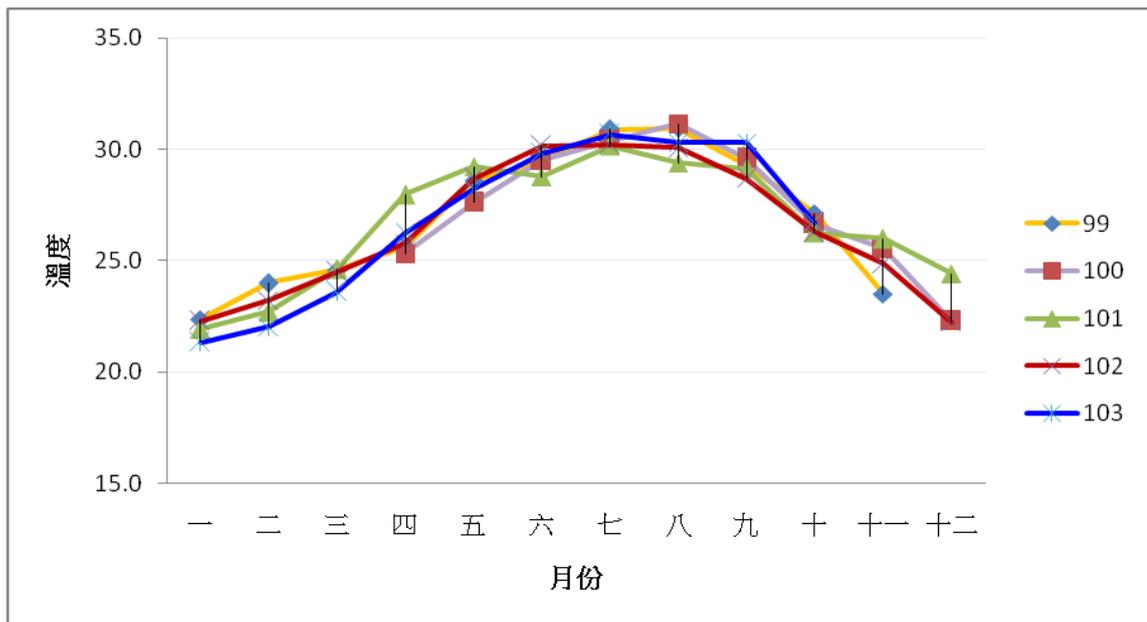
本研究使用分析方式分述如下：

為探討不同月別魚類群聚組成之變異情形，利用 SYSTAT 軟體中之主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)進行各月別之魚類群聚分析。除此之外，為比較各大類魚種生物量於不同月別間是否有差異，利用 SPSS 8.0 統計軟體中之變方分析(Analysis Of Variance, ANOVA)法加以檢測。而探討各魚種大類之生物量與水溫、軸孔珊瑚成長間之相關性部分，則利用相同軟體中之複迴歸分析法(Multiple Regression Analysis)進行相關分析工作。

三、結果

一、珊瑚成長率

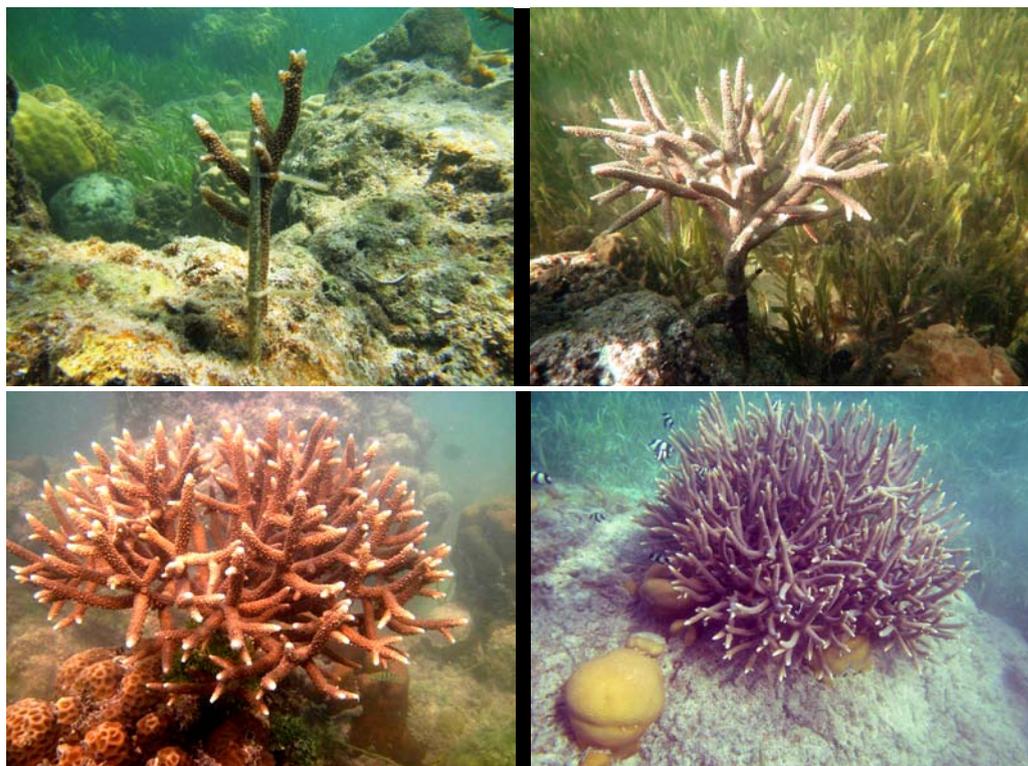
東沙珊瑚培育區水深 1-2 米，103 年水溫最低在一月發生，平均 21.3°C，2 月水溫開始回升，4 月即可回升到 25°C 以上。103 年夏季 6-10 月水溫平均高達 $30 \pm 0.3^\circ\text{C}$ ，高溫持續時間較其他年度長並高於適合珊瑚生長的溫度高標，但 10 月隨即因東北季風漸起，水溫明顯下降(圖六)。



圖六、不同年間東沙島北岸珊瑚培育區之水溫月變化。

軸孔珊瑚分枝培育初時片段平均重量約 49 公克，經培育後，6 個月成長至 211 克，一年約 620 克，二年 1,636 克，培育三年可達 3,213 克(圖七、九)，而調查中更發現培育三年，群體超過 50 公分的軸孔

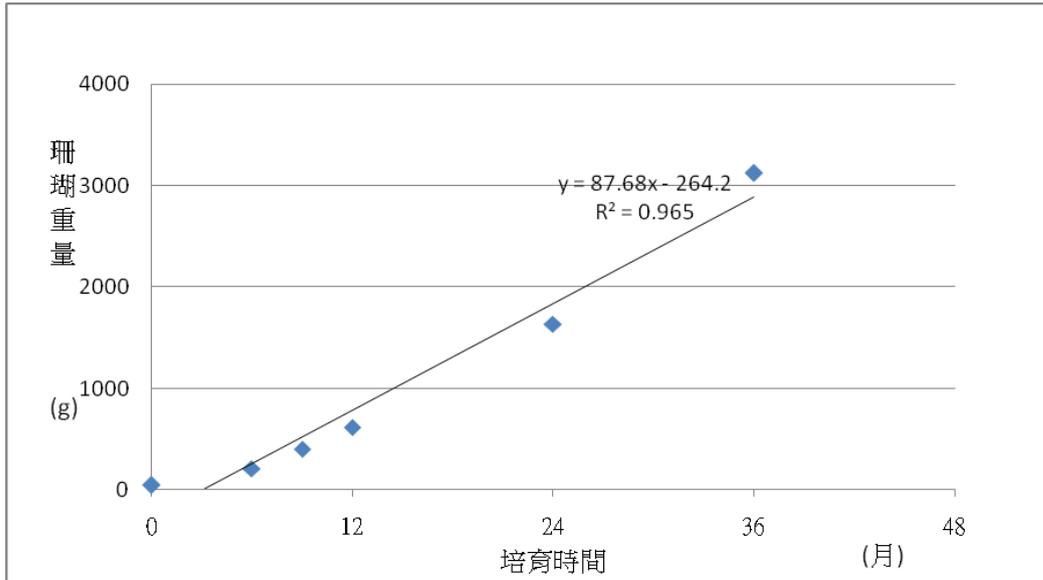
珊瑚已開始進行有性生殖(珊瑚產卵，圖八)。



圖七、不同培育時間的珊瑚：左上:初培育；右上:一年生珊瑚；左下:二年生珊瑚；右下:三年生珊瑚。



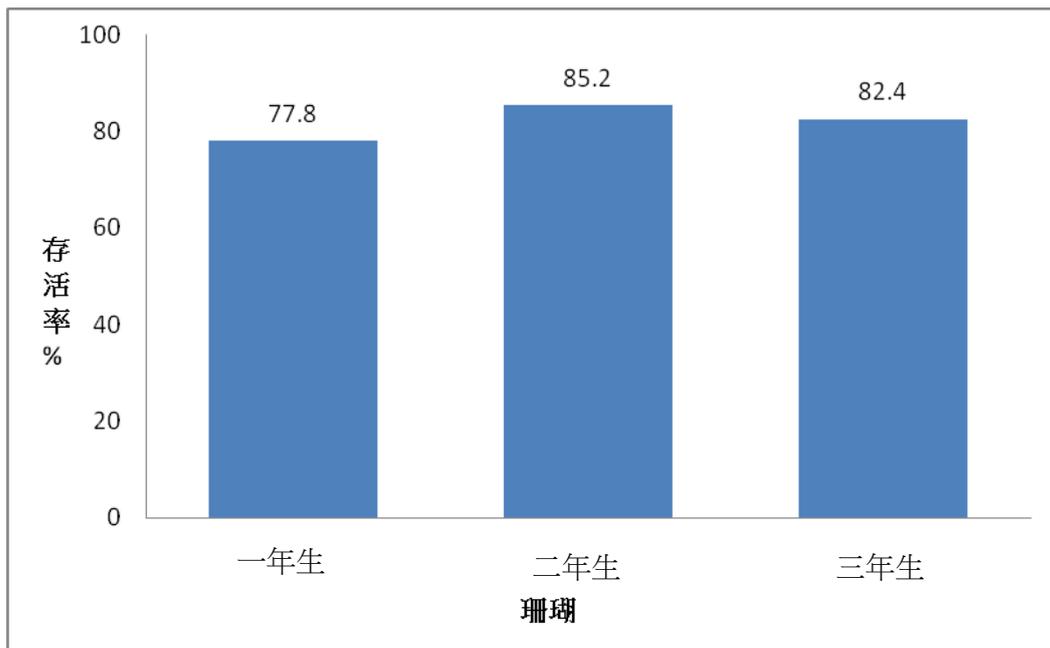
圖八、培育三年的軸孔珊瑚已開始產卵。



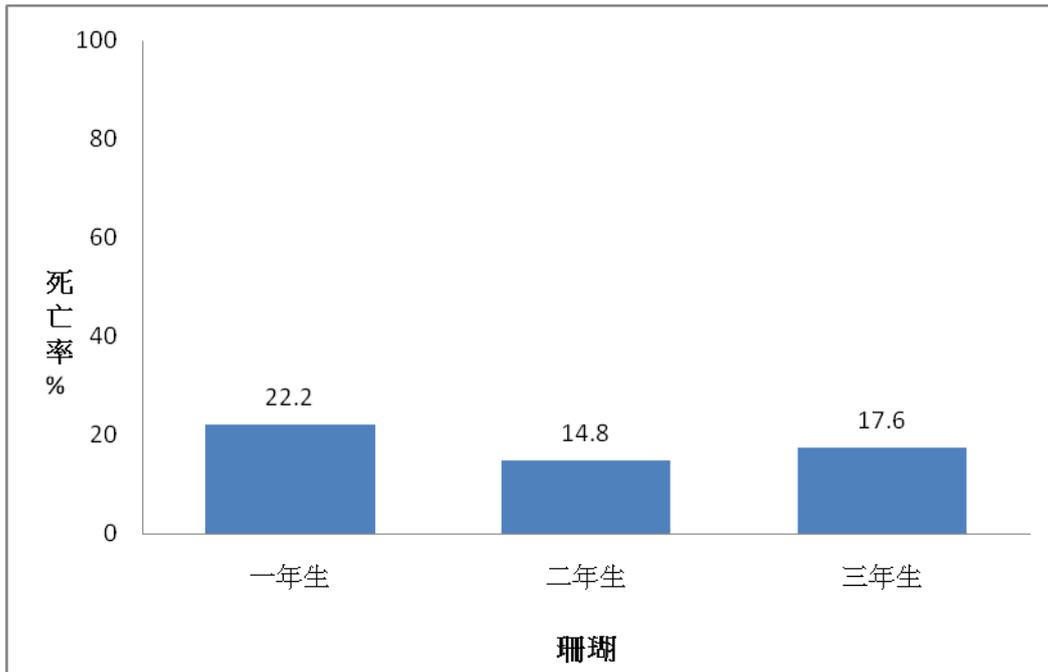
圖九、不同培育時間珊瑚增重情形。

二、珊瑚存活率:

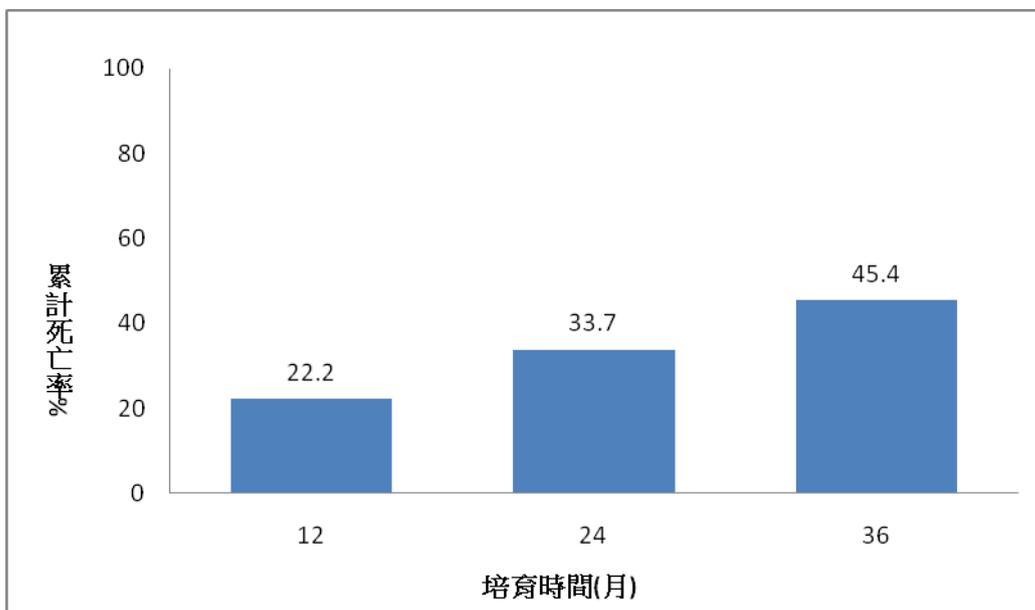
以不同年生珊瑚分析其存活率，計畫期間的一年生珊瑚存活率約 77.8%，二年生珊瑚約 85.2%，三年生珊瑚約 82.4%。累積死亡率第一年為 22.2%，第二年 33.7%，第三年約為 45.4%(圖十~圖十二)。



圖十、不同培育時間珊瑚的的存活率。



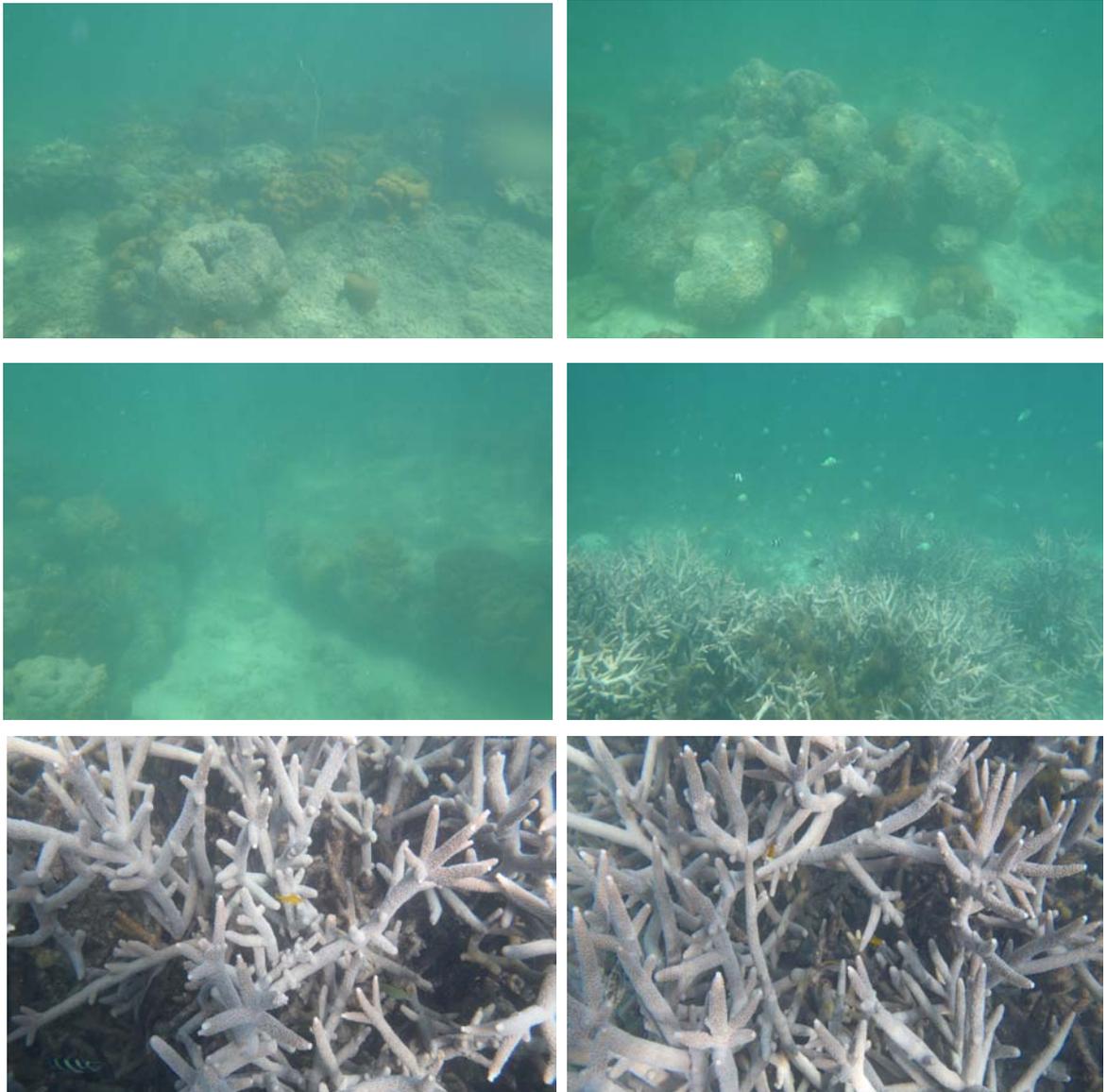
圖十一、不同培育時間珊瑚的死亡率比較。



圖十二、不同培育時間珊瑚的累計死亡率。

三、阡插復育區內指標性魚類群聚調查

103 年 3 月於調查區範圍內共計觀察到蝶魚科魚種 21 尾、石鱸科 6 尾、笛鯛科 4 尾、鸚哥魚科 16 尾；短鰕虎屬之黃體短鰕虎 78 尾、白帶短鰕虎 18 尾、橙色短鰕虎 15 尾。3 月份觀測時調查區現場水溫為 24.8 度，水中能見度不佳，現場照片如下：



圖十三、東沙島北岸 3 月指標性魚類群聚調查樣區

4 月份於調查區範圍內共計觀察到蝶魚科魚種 31 尾、石鱸科 2 尾、笛鯛科 2 尾、鮨科魚種 1 尾、鸚哥魚科 16 尾、腹瓢鰕虎屬魚種 1 尾；短鰕虎屬之黃體短鰕虎 120 尾、白帶短鰕虎 40 尾、橙色短鰕虎 55 尾。4 月份觀測時調查區現場水溫為 25.2 度，水中能見度不佳，現場照片如下：



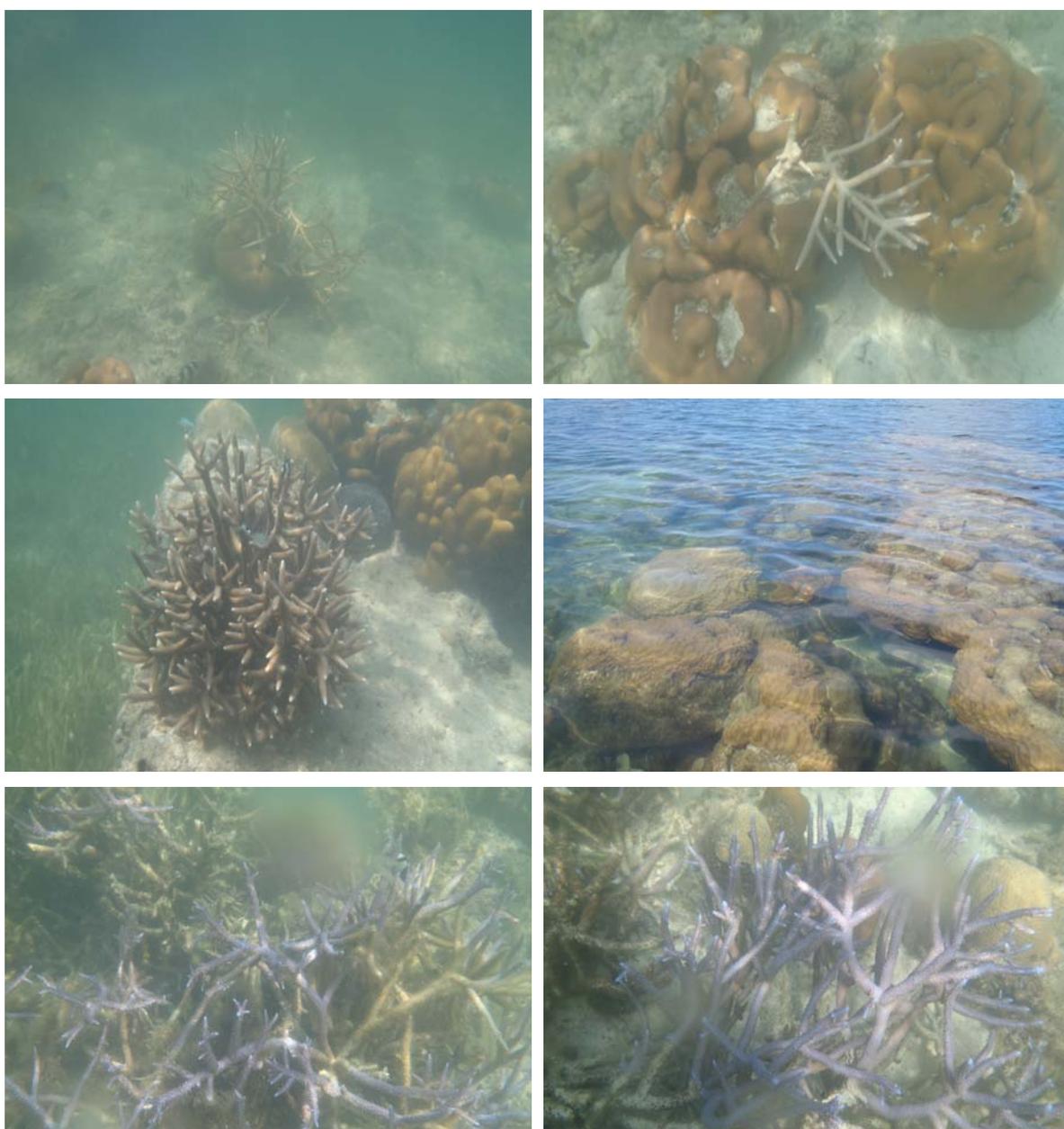
圖十四、東沙島北岸 4 月指標性魚類群聚調查樣區

5 月份於調查區範圍內共計觀察到蝶魚科魚種 10 尾、笛鯛科 2 尾、鸚哥魚科 2 尾；短鰓虎屬之黃體短鰓虎 190 尾、白帶短鰓虎 80 尾、橙色短鰓虎 60 尾。5 月份觀測時調查區現場水溫為 31.5 度，水中能見度不佳，觀測日期前一週曾發生東沙島小瀉湖口魚隻大量暴斃情形，但原因不明。現場照片如下：



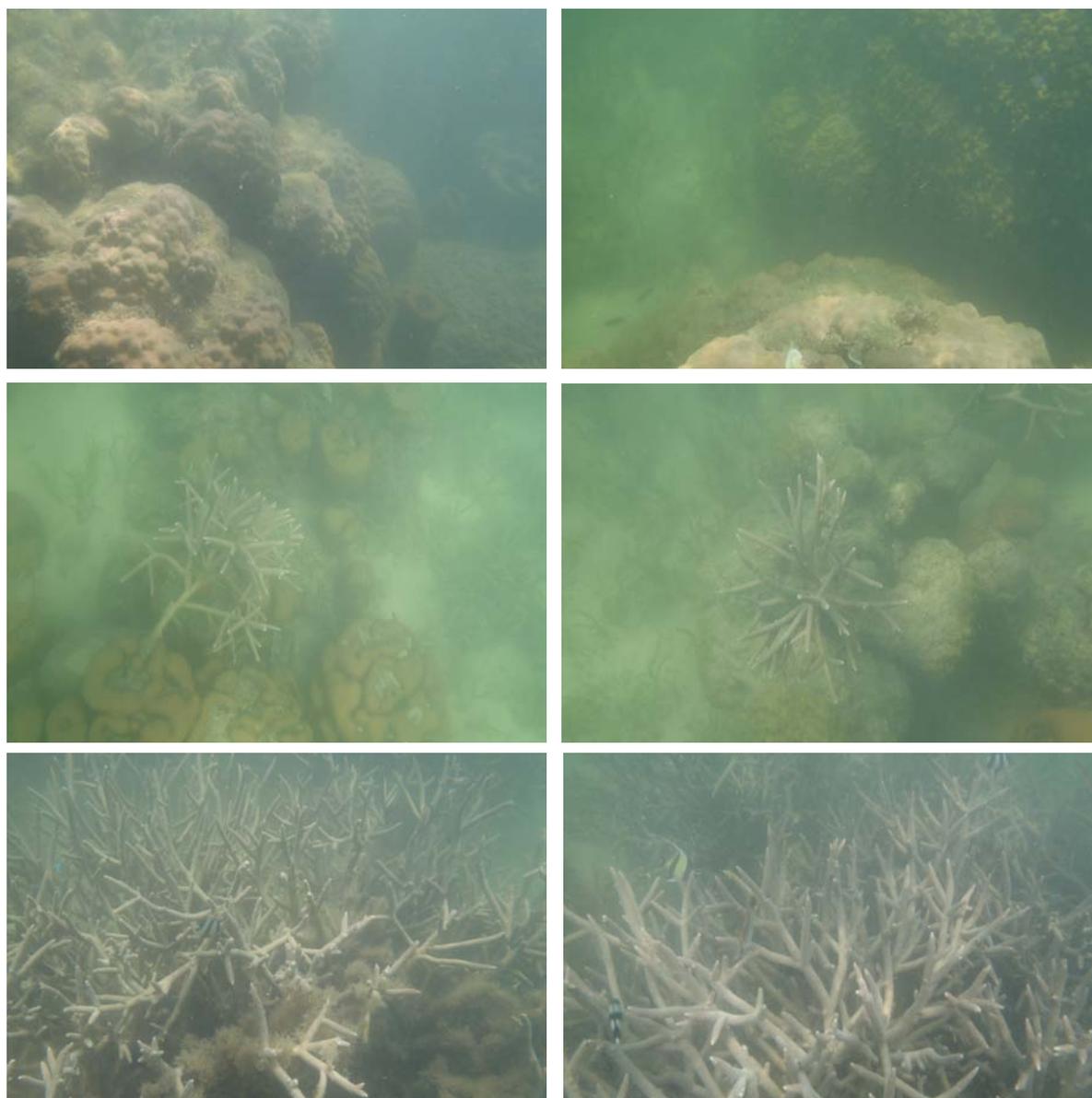
圖十五、東沙島北岸 5 月指標性魚類群聚調查樣區

7月於調查區範圍內共計觀察到蝶魚科魚種 18 尾、石鱸科 2 尾、
笛鯛科 3 尾、鮫科魚種 1 尾、鸚哥魚科 28 尾；短鰓虎屬之黃體短鰓
虎 60 尾、白帶短鰓虎 12 尾、橙色短鰓虎 33 尾。7 月份觀測時調查
區現場水溫為 32.3 度，水中能見度差，時值低氣壓侵襲前夕，氣候
悶熱，觀測魚種中，鸚哥魚幼魚有多量出現之情形。現場照片如下：



圖十六、東沙島北岸 7 月指標性魚類群聚調查樣區

8月於調查區範圍內共計觀察到蝶魚科魚種8尾、石鱸科1尾、
笛鯛科2尾、鮨科魚種1尾、鸚哥魚科13尾；短鰕虎屬之黃體短鰕
虎41尾、白帶短鰕虎23尾、橙色短鰕虎15尾。8月份觀測時調查
區現場水溫為30.6度，水中能見度差。現場照片如下：



圖十七、東沙島北岸7月指標性魚類群聚調查樣區

9月於調查區範圍內共計觀察到蝶魚科魚種 24 尾、石鱸科 7 尾、
笛鯛科 19 尾、鮨科魚種 1 尾、鸚哥魚科 30 尾；短鰓虎屬之黃體短鰓
虎 72 尾、白帶短鰓虎 20 尾、橙色短鰓虎 48 尾。9 月份觀測時調查
區現場水溫為 28.9 度，觀察日時值熱帶性低氣壓過境，水中能見度
差，與 7 月份之調查時期相仿，鸚哥魚幼魚有多量出現之情形。現場
照片如下：

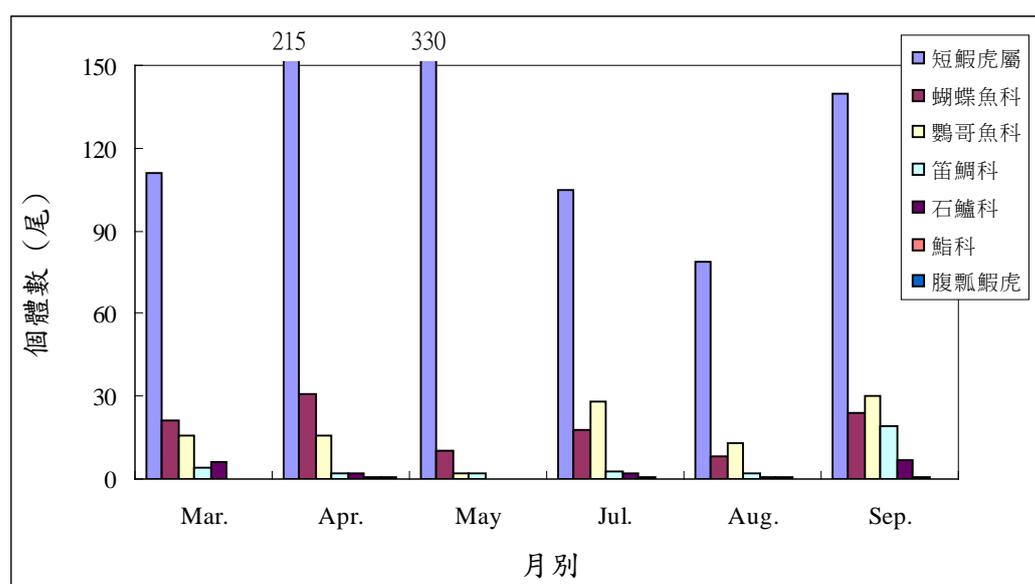


圖十八、東沙島北岸 7 月指標性魚類群聚調查樣區

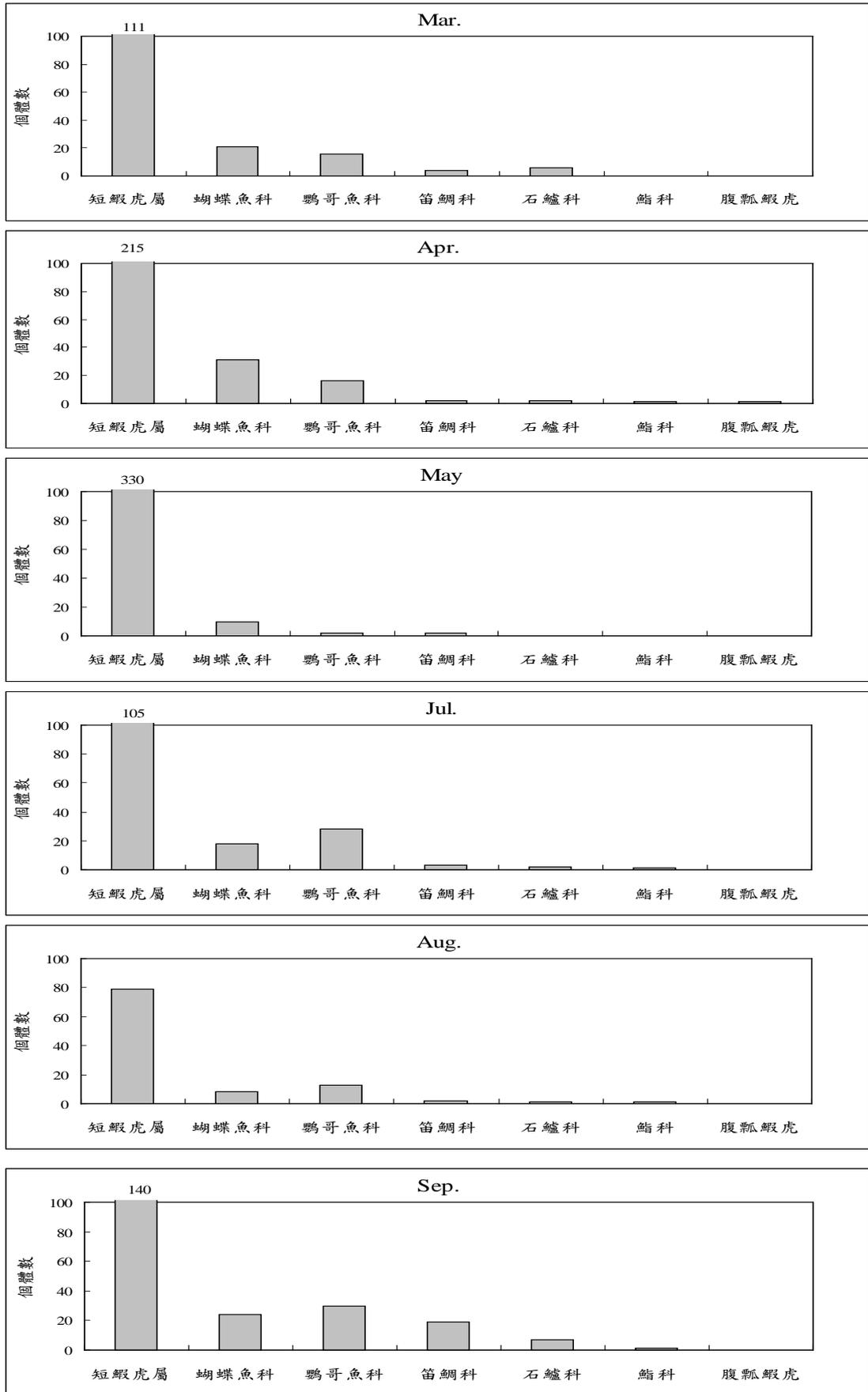
103 年 3-9 月於樣區調查之結果，隆頭魚科之曲紋唇魚並未於觀察區出現，其它指標性魚種大類於月別間之分布情形如表一、圖十九及圖二十所示，調查結果顯示，各月份魚類群聚個體數總平均值為 208.7 ± 35.7 (Mean \pm SE) 個個體，樣區內魚種大類以依附於軸孔珊瑚生存的短鰕虎屬魚種個體數最為豐富，平均值達 163.3 ± 38.4 個個體，約佔所觀察魚隻總數之 78.3%；其次為蝴蝶魚科魚種 (18.7 ± 3.5 , 9.0%) 及鸚哥魚科魚種 (17.5 ± 4.2 , 8.4%)。

表一、103 年 3-9 月東沙島北岸珊瑚扦插復育區水溫變化及魚類群聚之分布情形。(R.A.: 相對豐度)

Community / Month	Mar.	Apr.	May	Jul.	Aug.	Sep.	Mean \pm SE	R.A.(%)
短鰕虎屬 (Gobiodon)	111	215	330	105	79	140	163.3 ± 38.4	78.27
蝴蝶魚科 (Chaetodontidae)	21	31	10	18	8	24	18.7 ± 3.5	8.95
鸚哥魚科 (Scaridae)	16	16	2	28	13	30	17.5 ± 4.2	8.39
笛鯛科 (Lutjanidae)	4	2	2	3	2	19	5.3 ± 2.8	2.56
石鱸科 (Haemulidae)	6	2	0	2	1	7	3.0 ± 1.2	1.44
鮨科 (Serranidae)	0	1	0	1	1	1	0.7 ± 0.2	0.32
腹瓢鰕虎屬之一種 (<i>Pleurosicya</i> sp.)	0	1	0	0	0	0	0.2 ± 0.2	0.08
Total Fish	158	268	344	157	104	221	208.7 ± 35.7	100
Number of Community	5	7	4	6	6	6	5.7 ± 0.4	-
Temperature ($^{\circ}$ C)	24.8	25.2	31.5	32.3	30.6	28.9	28.9 ± 1.3	-



圖十九、103 年調查期間觀測區魚類群聚於各月別間之分布柱狀圖。



圖二十、觀測期間各月別指標性魚類群聚之個體數分布圖。

調查區內各月別觀察之魚類群聚中，蝴蝶魚科(*Chaetodontidae*)以黑背蝴蝶魚(*Chaetodon melannotus*)為最常見之種類，石鱸科(*Haemulidae*)群聚則以厚唇石鱸(*Plectorhinchus chaetodonoides*)最為優勢，笛鯛科(*Lutjanidae*)最常見之種類為四線笛鯛(*Lutjanus kasmira*)及隆背笛鯛(*L. gibbus*)之幼魚，觀察區內出現之鮨科魚類群聚(*Serranidae*)經觀察僅知皆為九刺鮨 (*Cephalopholis*) 屬魚種，且皆為小型個體且躲藏於岩石縫隙中，確實種類辨識不易。另，調查區內鸚哥魚科(*Scaridae*)群聚多為體長 10 公分內群游之幼魚，體色及特徵發展未完全，確實種類不明。腹瓢 鰕虎體型嬌小，僅於四月份發現一尾個體，現場亦無法鑑別其種類。



黑背蝴蝶魚(*Chaetodon melannotus*)



四線笛鯛(*Lutjanus kasmira*)



隆背笛鯛(*L. gibbus*)



厚唇石鱸(*Plectorhinchus chaetodonoides*)

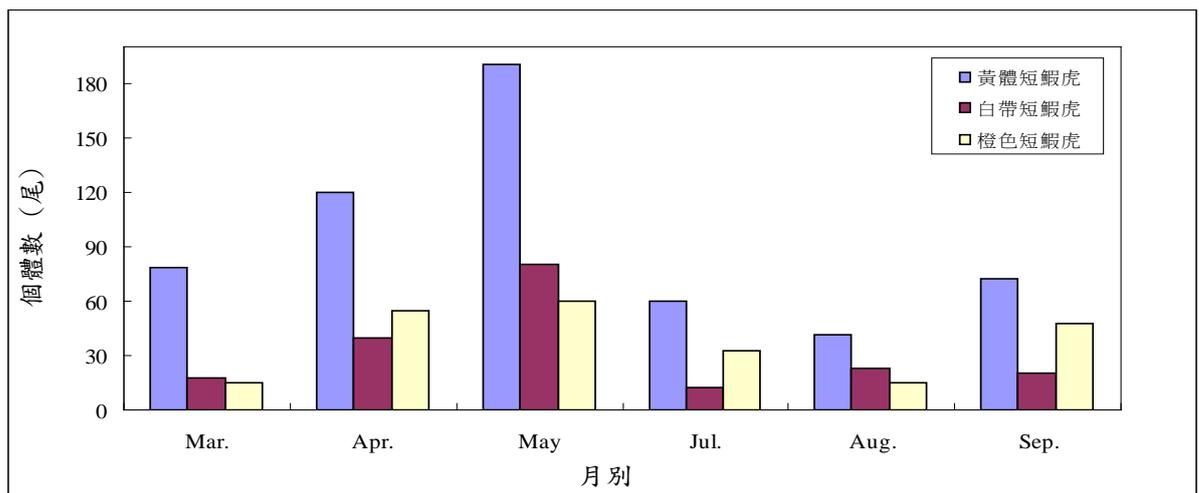
圖二十一、調查區內各月別觀察之魚類群聚中常見之種類(圖片資

料取材：台灣魚類資料庫)

在對軸孔珊瑚依附性極高的短鰕虎屬魚種出現狀況部份，103 年度於調查區內共發現三種短鰕虎屬魚種，分別為黃體短鰕虎 (*Gobiodon okinawae*)、白帶短鰕虎 (*G. albofasciatus*) 及橙色短鰕虎 (*G. citrinus*)，其中以黃體短鰕虎之平均個體數最為豐富(93.5 ± 22.1 個個體)，其餘兩魚種之平均個體數大致相當，三種短鰕虎屬魚種於各月別之出現情形詳如表二及圖二十二所示。

表二、東沙島北岸調查區內短鰕虎(*Gobiodon*)屬魚種個體數於各月份之分布情形。

Species / Month	Mar.	Apr.	May	Jul.	Aug.	Sep.	Mean \pm SE
黃體短鰕虎 (<i>Gobiodon okinawae</i>)	78	120	190	60	41	72	93.5 ± 22.1
白帶短鰕虎 (<i>Gobiodon albofasciatus</i>)	18	40	80	12	23	20	32.2 ± 10.3
橙色短鰕虎 (<i>Gobiodon citrinus</i>)	15	55	60	33	15	48	37.7 ± 8.1
Total Fish	111	215	330	105	79	140	163.3 ± 38.4



圖二十二、東沙島北岸調查區內短鰕虎(*Gobiodon*)屬魚種個體數於各月份之比較圖。



白帶短鰕虎

(*Gobiodon. albofasciatus*)

黃體短鰕虎

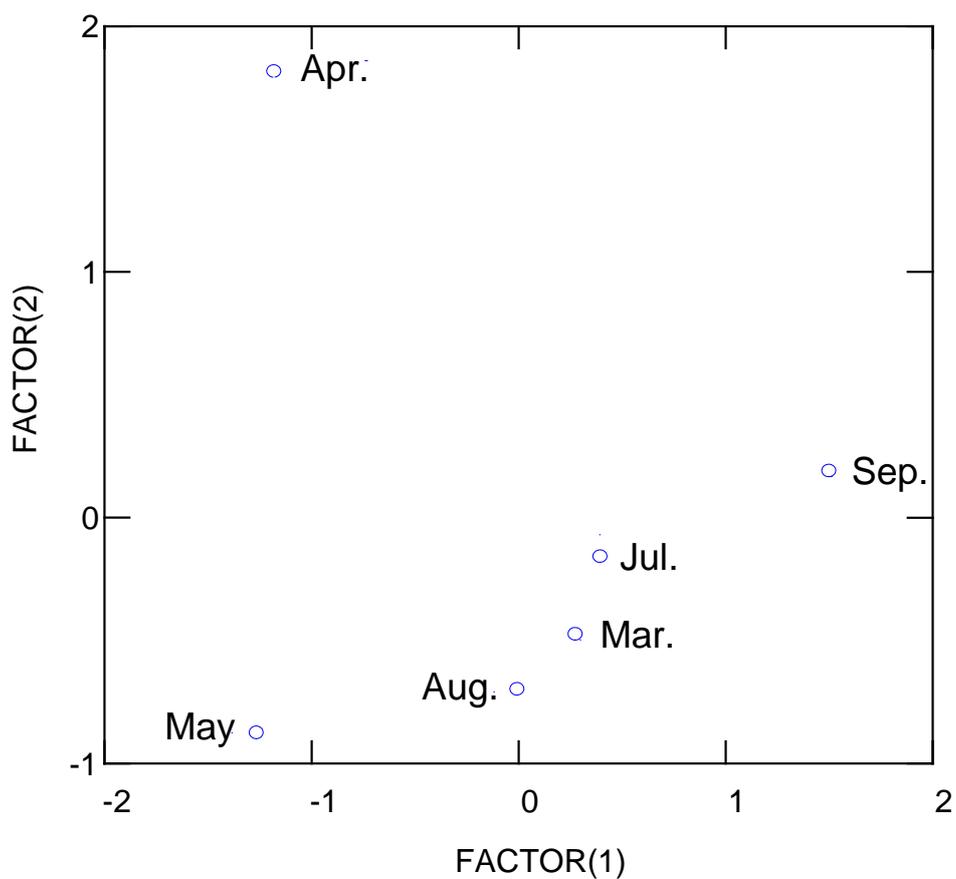
(*G. okinawae*)

橙色短鰕虎

(*G. citrinus*)

圖二十二、依附於軸孔珊瑚中常見鰕虎魚(圖片資料取材: 台灣魚類資料庫)

為探討不同月別於觀測區內魚類群聚組成之變異情形，利用主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)進行各月別之魚類群聚分析(圖二十三)，發現 6 個觀測月別中，四月份之魚類群聚組成似乎與其他月份有較大之差異，但進一步以變方分析(Analysis Of Variance, ANOVA)法加以檢測(表三)，則顯示魚種大類個體數於月別間並無明顯差異。



圖二十三、以主成分分析法(PCA)分析東沙島北面珊瑚復育區各月別間魚種大類組成之差異情形。

表三、東沙島北面珊瑚復育區魚類群聚個體數於觀測月別間之變方分析(ANOVA test)結果表。

Source	SS	d.f.	MS	F value	P value
Number of fish					
Month	5454.190	5	1090.838	0.235	0.944

進一步利用複迴歸分析法(Regression Analysis)探討各魚種大類之個體數與水溫、軸孔珊瑚成長量間之相關性，分析結果顯示，無論是各指標性魚種大類個體數、總大類數、魚種總個體數方面，皆與觀測時期之水溫、軸孔珊瑚成長量無顯著關係。而對軸孔珊瑚依賴性極高之短鰕虎方面分析結果亦然(表四)。

表四、103 年於東沙島北面珊瑚復育區魚種大類個體數、總大類數、魚種總個體數與海水水溫(Temperature, T)及珊瑚成長量(Growth of Coral Reef, G)間之複迴歸分析結果。

Community / Species	R for T	R for G
短鰕虎(Gobiodon)屬	0.076	-0.368
蝴蝶魚科 (Chaetodontidae)	-0.704	-0.283
鸚哥魚科 (Scaridae)	-0.003	0.508
笛鯛科 (Lutjanidae)	-0.041	0.577
石鱸科 (Haemulidae)	-0.510	0.090
鮨科 (Serranidae)	0.177	0.655
腹瓢鰕虎屬之一種 (<i>Pleurosicya</i> sp.)	-0.561	-0.414
魚類總個體數 (Total Fish)	-0.010	-0.315
總類群數 (Number of Community)	-0.291	0.245
黃體短鰕虎 (<i>Gobiodon okinawae</i>)	0.015	-0.479
白帶短鰕虎 (<i>Gobiodon albofasciatus</i>)	0.171	-0.321
橙色短鰕虎 (<i>Gobiodon citrinus</i>)	0.102	-0.034

T: Temperature, G: Growth of Coral Reef

四、研究發現與建議

103年東沙夏季水溫較其他年間高溫維持較為長久，在附近海域也發現部分軸孔珊瑚等白化現象(圖二十四)，且較其他年間嚴重，但試驗培育使用之珊瑚取自島周高溫區之種原，因此對高水溫本身已較有耐受性，白化現象並無特別嚴重。



圖二十四、今(103)年夏季瀉湖口因水溫過高而白化死亡的珊瑚。

比較珊瑚存活率發現不同年生珊瑚平均都有約 80%左右的存活率，培育初期主要死亡的原因多為未固定好珊瑚分枝，造成傾倒至沙地或海草床致藻類等覆蓋而死亡，部分可能因為分枝切口受藻類侵襲而死亡(圖二十五)。而培育中遇到夏季高水溫可造成部分個體白化死亡，但數量不多。多年生的珊瑚可能因為珊瑚群體生長過大而倒伏至底部造成藻類攀爬覆蓋死亡(圖二十六)，而群體生長較大時也可能有大型的藻食性雀鯛進駐，其具有在珊瑚上培育藻類的特性，因此也可能造成珊瑚局部甚至整株死亡。



圖二十五、剛扦插培育的珊瑚可能因為沒有固定好掉落沙地或被海藻覆蓋死亡。



圖二十六、生長多年的珊瑚群體仍可能受藻類侵襲或群體過大斷裂倒伏而死亡。

珊瑚培育在第一年重量約可增加 10 倍以上，第二年逐漸生長較為緻密，第三年珊瑚分枝除增加外也略為增長。培育六個月發現二枚貝開始出現固著於珊瑚孔隙間生長，而此時珊瑚分枝數較少，因此較少發現魚類棲息期間，僅偶有攝食之之魚類經過；培育一年以上的珊瑚分枝數逐漸增加，陸續發現有雀鯛、天竺鯛、隆頭魚或是 鰕虎科魚種棲息其間；培育 2 年以上的珊瑚，其茂盛的分枝生長的分枝可以供更為隱蔽的空間，因此很容易發現魚類幼生等逐年增加。



圖二十七、培育三年的軸孔珊瑚，其分枝已有各種生物棲息其間。

東沙環礁國家公園有著豐富多樣的生態環境，尤其是珊瑚礁生態系，更孕育了極為可觀的魚類多樣性。本研究中指標性魚類群聚之研究為期半年，逐月調查東沙島北岸珊瑚扦插復育區之魚類族群變動情形，並探討魚類群聚於「量」的方面是否會隨著軸孔珊瑚的成長而有所改變。

研究結果顯示，短鰕虎屬魚種、蝴蝶魚科及鸚哥魚科魚種是東沙島北岸珊瑚復育區內常見、且族群較為穩定的魚種大類，短鰕虎屬之魚種一生除了浮游期外，皆附生於軸孔珊瑚縫隙生活、對軸孔珊瑚之依賴性很高。蝴蝶魚科為雜食性，多以生棲於珊瑚礁生態系中之藻類、浮游動物、小型無脊椎動物或直接以活的珊瑚水螅體為食物，其

一生亦以珊瑚礁區為其生棲場所。鸚哥魚類為雜食偏草食性，喜好啃食珊瑚並獲取其中共生藻類為食。種種以珊瑚礁為主軸的魚種生態習性演化結果，構成了這三大類魚種在珊瑚復育區的龐大族群。

另外，笛鯛科、石鱸及鮫科魚種在珊瑚復育區之出現則與軸孔珊瑚較無直接性關係，其中笛鯛科及石鱸科魚種為強烈肉食性魚種，其於該區之出現可能是由於軸孔珊瑚吸引了多量而豐富的餌料生物聚集於此所造成。而同樣為強烈肉食性的鮫科魚種則除了上述原因外，珊瑚礁區大量的岩縫及孔隙亦提供了它們最好的掩蔽場所。

整體來說，東沙島北岸珊瑚復育區的魚種大類群聚數量於各月雖互有消長，但並無隨時間明顯增加之情形，且群聚變動並無規律可循。分析結果顯示它們的變動情形與水溫及軸孔珊瑚成長量並無明顯之關係，可能僅為各魚種大類常態性的季節性消長，推論其原因，可能為復育區內軸孔珊瑚原本就非最優勢的珊瑚種類(以覆蓋面積來說)，軸孔珊瑚以人為少量的扦插，雖每年穩定的生長，但珊瑚成長量似乎還未達到可影響當地魚類生態的地步，當地魚種繼續維持著原本的生活，無大量繁殖或外來族群加入，所以於生物量的成長方面較不易看出成果，但如以單株培育之珊瑚觀察，則可發現生物群族效果逐年增加，而其對生物的群聚效益仍應在未來進行更進一步的調查。

東沙島附近之珊瑚復育工作仍持續進行著，珊瑚復育方面已有相

當成果，但以復育區內生物來說，小尺度(時間及空間)的環境變化似乎尚不足以影響其群聚變動。東沙海域廣闊，現階段進行的珊瑚復育工作其目的在希望提升珊瑚的有效族群數，進而提高未來野外自行繁衍的族群數，而經過這幾年的觀察也發現培育三年的軸孔珊瑚已可進行有性生殖，對未來資源恢復應有其助益。

本次調查之數據資料可做為未來觀察之背景值，待時間累積夠長、數年後再進行調查比較，應較能看出明顯成果。

五、參考文獻

邵廣昭 (2009) 台灣魚類資料庫，網路電子版。

鄭明修、邵廣昭、戴昌鳳、陳正平、林綉美、孟培傑 (2005) 東沙海

域生態資源基礎調查研究。內政部營建署委託辦理報告。

Goreau, T. F. and Goreau, N. I.: The Physiology of Skeleton Formation in Corals .2. Calcium Deposition by Hermatypic Corals under Various Conditions in the Reef. *Biological Bulletin* 117 (1959) 239-250.

Nie, B. F., Chen, T. G., Liang, M. T., Wang, Y. Q., Zhong, J. L. and Zhu, Y. Z.: Relationship between coral growth rate and sea surface temperature in the northern part of South China Sea during the past 100 a. *Science in China Series D-Earth Sciences* 40 (1997) 173-182.

Stone, L., Eilan, E., Abelson, A. and Ilan, M.: Modelling coral reef biodiversity and habitat destruction. *Marine Ecology-Progress Series* 134 (1996) 299-302.