

墾丁國家公園海域生態之長期監測研究

孟培傑^{1,2}、鍾國南³、陳正平^{1,2}、陳明輝¹、劉銘欽¹、張揚祺⁴
樊同雲^{1,2}、林幸助⁵、劉弼仁⁵、張家銘¹、方力行¹、邵廣昭^{6,7}

(收稿日期：2007 年 8 月 27 日；接受日期：2007 年 10 月 13 日)

摘 要

本研究自 2001 年起至 2006 年，針對墾丁國家公園海域生態進行長期之調查研究，期望找出影響墾丁海域珊瑚礁生態之重要環境因子，並研擬解決對策，提供決策單位作為參考。調查結果發部分測站水體已遭受耗氧性污染物質之影響，此外，部分營養鹽測質偏高其來源初步判定其來源主要是來自陸源之河川溪流、人為活動排放溝渠，而非深層海水被湧昇時，伴隨著豐富的無機營養鹽所致；而部分海域濁度偏高，是否會對該海域生態環境，特別是珊瑚之生長環境條件造成影響，仍有待更進一步之資料證實。此外，降雨及颱風會增加近岸海域懸浮固體等物質之含量，對海草床和珊瑚皆會造成影響，若未有效管理，將直接間接影響整個墾丁珊瑚礁海域生態環境。

關鍵詞：墾丁，颱風，珊瑚礁生態，水質，海草床

一、前 言

墾丁國家公園得天獨厚，是國內唯一涵蓋海域的國家公園。本區海岸線綿延，自西岸後灣到東部的九棚，海岸以群狀珊瑚礁為主，其中間夾沙灘，淺水處珊瑚礁茂密，延伸到外為沙泥底，之間並分布有獨立礁。這裡海域地形底質複雜，組成了各類不同的生態棲所，此處又是高溫鹽的黑潮洋流北上的首衝位置，水質清澈，溫度維持在 21-30°C 間，因此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，造礁珊瑚也在 200 種以上。這裡生物種間的關係與

-
1. 國立海洋生物博物館
 2. 國立東華大學海洋多樣性及演化研究所
 3. 行政院農業委員會漁業署
 4. 國立中山大學
 5. 國立中興大學
 6. 中央研究院生物多樣性研究中心
 7. 通訊作者

微妙的機制，具有極高的學術研究價值，而鮮豔美麗的生物與多變化的海底結構，更是重要的觀光資源，十足突顯墾丁海域的重要性。

墾丁海域曾經遭受到珊瑚白化(Huang and Hung,1987; Su. *et al.*,1987; Hung. *et al.*,1989; Su. *et al.*,1989) 及各種海洋生物群聚受到相當程度之影響(Chou *et al.*,2004)、冷心渦旋湧升流入侵(李宏仁, 1999; Lee *et al.*,1997,1999,1999a), 而湧升區域經由湧升現象可能會將大量營養鹽自底層海水抬升至表層(Chen *et al.*,2004), 進而經由潮流之傳輸進入南灣之內, 此一物理作用對營養鹽通量(nutrient flux)至目前為止尚未進行”學門間”有系統的研究, 相關之研究在其它區域則有許多文獻資料足以稽考(Chen *et al.*,2001;Johannes *et al.*,1983;Morell *et al.*,2001;Tockner *et al.*,2002), 其他如不定期的颱風, 以及不明原因的珊瑚傳染疾病等等, 使得墾丁珊瑚礁正面臨嚴重的危機, 原因複雜亟待研究, 才能對症下藥, 以便採取緊急措施來防止珊瑚礁環境的持續惡化。由於這些環境變化, 使得沿岸珊瑚礁生態系受到的壓力愈來愈大(Hodgson 1990; Riegl *et al.*,1995;Rosemond *et al.*,2002;Umar *et al.*,1998), 此一現象如再不加以遏止, 珊瑚礁面積必然會逐年嚴重減損, 甚至於有些物種可能會因而絕滅, 對海洋生態以及其所結合的景觀資源的衝擊程度, 將大到難以預估。

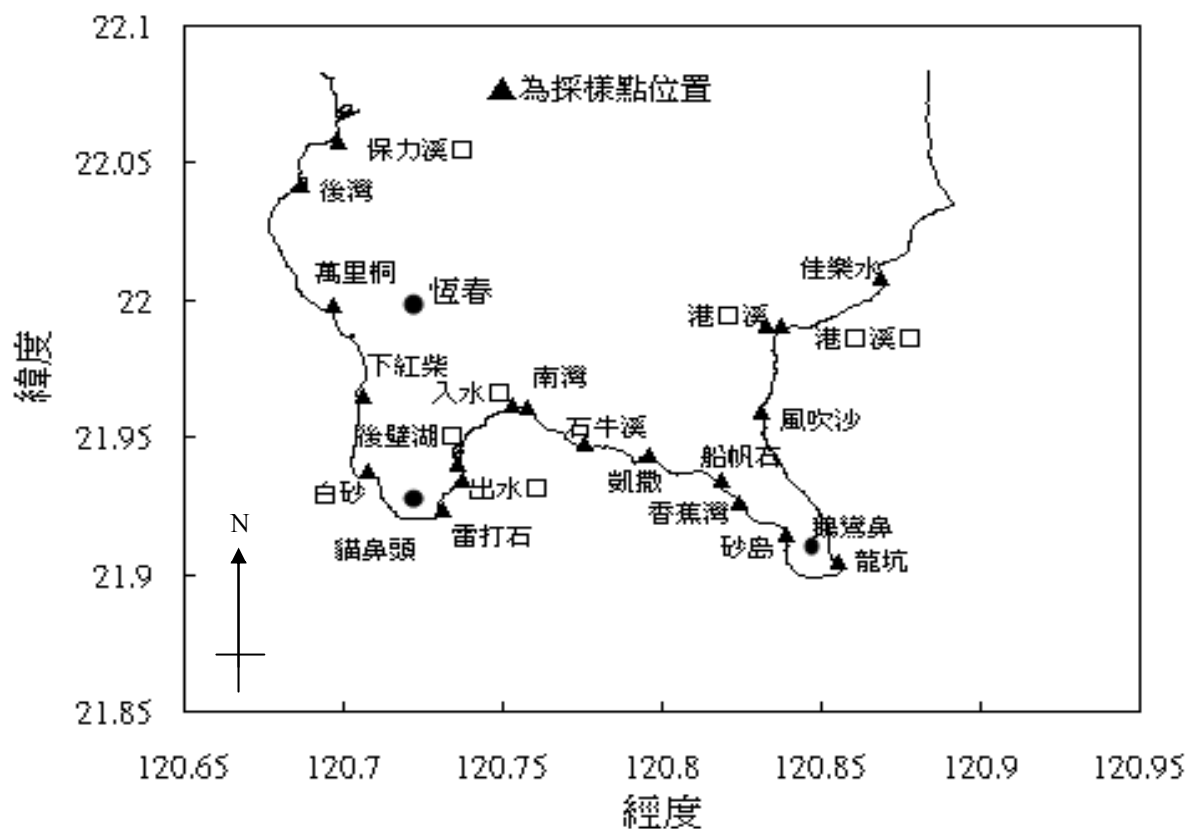
面臨上述種種現象, 為了保育墾丁的珊瑚礁生態系, 國內已經有許多學者投入大量的心力從事本區海域生態的研究(鍾等, 2002; 孟等, 2004), 並且在行政院國科會的支持下, 正推動「墾丁國家公園海域長期生態研究計畫」計畫, 整合水層乃至海底棲所、生物群聚及生態系兩層次的研究資料。墾管處為配合推動此一長期生態研究計畫所編列之經費正可用來從事這方面的調查工作, 使整個長期生態研究計畫趨於完整; 因此本研究之目的持續收集本區海域生態資料, 研判珊瑚礁生長區域水質、海草床優養化與颱風效應, 對墾丁海域生態衝擊範圍與影響的程度, 並配合詳盡的墾丁海域珊瑚礁普查及指標珊瑚監測, 以比對海域環境因子對珊瑚礁生態之衝擊, 提出有效的對策, 協助決策者有效管理生態與環境的問題, 維護這片珍貴的海洋資源。

二、 研究方法

墾丁海域潮間帶水質監測：

嚴密監測墾丁國家公園沿岸海域各珊瑚生長區域潮間帶附近(萬里桐南界、核三出水口、跳石北界、香蕉灣), 共四個測站(圖一)之水樣, 每季進行一次水質採樣及分析, 以持續追蹤瞭解沿岸海域海水中各種水質因子及營養鹽之時空分佈變化情形, 進而對該海域珊瑚生長之水質環境品質是否遭受人為活動影響加以評估(環保署, 1998)。採集水樣後, 現場立即進行物理儀器(包括溫、鹽、溶氧、酸鹼度)監測後, 並將水樣分裝成不同之保存瓶, 依環保署公告之方法加以保存(NIEA W102.50A), 在規定時限之內送回實驗室, 並依規定之時限內進行化學分析;其採樣程序及分析過程皆經由嚴密的品保/品管(QA/QC)流程(包括重複分析、添加回收率、檢量線製作、方法偵測極限之建立、空白實驗、查核樣品分析等步驟), 利用控制圖(Control chart)之方式加以控管分析數據之品質。現場採樣工作使用全球定位系統(GPS)進行測站之定位。水樣之採取則使用內壁為鐵氟龍被覆之尼斯金(Niskin)採水瓶進行, 並施放溫、鹽、深儀(CTD, Sea-Bird

19 plus)，收集現場之溫度及鹽度資料。水樣採集後，立即以溶氧儀進行測定，同時並進行醃氧（Pickling）後攜回實驗室進行溫可勒(Winkler)法滴定分析溶氧，以利相互比較不同方法之差異。pH 值則以酸鹼度儀 (Model: Sension 1 HACH/U.S.A)現場進行分析。濁度以濁度計 (Model 2100P HACH/U.S.A)使用散射原理(nephelometric principle)測得資料(U.S.EPA method 180.1; NIEA W219.52C)。採集之水樣則依不同檢測項目需求之保存與運送方法攜回實驗室，並依規定之時限內加以分析化學營養鹽。化學營養鹽之分析使用流動注入分析儀(FIA)搭配分光光度計 (HITACHI Spectrophotometer U-3000)測定亞硝酸鹽、硝酸鹽、氨氮、磷酸鹽及矽酸鹽等。氨氮係使用流動注入分析法—靛酚法(NIEA W437.51C, Pai *et al.*, 2001)亞硝酸鹽係按苯磺胺及奈二胺顯色後測定(NIEA W436.50C, Pai and Yang, 1990); 硝酸鹽係使用鎘絲還原為亞硝酸鹽後，按亞硝酸鹽方法測定(APHA 418F 第 16 版; NIEA W436.50C; Pai and Riley, 1994)。磷酸鹽係與鉬酸銨結合成藍色複合物後測定(NIEA W443.51C, Pai and Yang, 1990a)。矽酸鹽係與鉬酸鹽生成黃色複合物後，再使用硫酸鉀銨酚還原為藍色之鉬酸鹽化合物測定(APHA 425C & 425D 第 16 版; NIEA W450.50B)，該等化學營養鹽之詳細定量方法及其偏差率(亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽之準確度標準偏差率分別為 $\pm 0.9\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 4.5\%$ 及 $\pm 2.0\%$)，最低偵測極限值(分別為 $0.03\mu\text{M}$ ($0.4\mu\text{g/L}$)， $0.1\mu\text{M}$ ($1\mu\text{g/L}$)， $0.06\mu\text{M}$ ($2\mu\text{g/L}$) 及 $0.2\mu\text{M}$ ($5\mu\text{g/L}$)，該等化學營養鹽之測定方法，具有快速、所需樣品體積小及較不受人為操作誤差等優點，足可勝任此研究工作。



圖一. 墾丁海域潮間帶採樣監測點

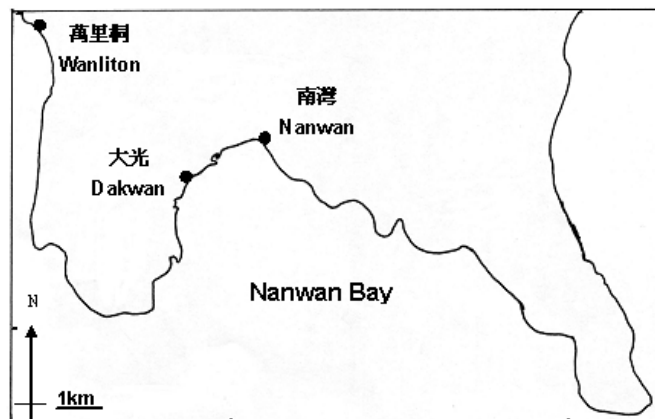
墾丁海域珊瑚監測普查：

在墾丁國家公園從後灣至貓鼻頭海域之恆春半島西側，包含易受人為活動影響與較不受人為活動影響而保存完整的地點，包括後灣、下水堀、石珠、萬里桐、山海、紅柴坑、合界、白砂、貓鼻、貓鼻頭等(圖一)，利用全球定位系統以及水下數位照相(Olympus C-4040)的方式，調查現生珊瑚礁的分布與現況。

調查資料包括：珊瑚的覆蓋率，方法是在各調查地點水深 3 至 5 m 和 8 至 10 m，平行於海岸線，分別逢機放置 3 條 10 m 的橫截線，各橫截線間相隔至少 10 m，然後利用水下數位相機(Olympus C-5050)和 35×35 cm 的照相框架，照相記錄每條橫截線的底棲生物與基質，所拍攝的每個 35×35 cm 樣框，在其內部中央每隔 7 cm 取一樣點，即每個樣框有 5 個樣點，計數各樣框內底棲生物和基質的樣點數和計算其覆蓋率。底棲生物和基質分為硬珊瑚、軟珊瑚、柳珊瑚、海葵、海綿、大型藻類、基質(包括附著藻)與其它、以及砂與礫石等大類；然後綜合各區域珊瑚覆蓋率資料，將珊瑚礁簡明示意圖區域珊瑚覆蓋率分為 <25%、25 至 50% 以及 50 至 100% 等三等級做圖；優勢群集是屬於石珊瑚、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；底質類別分為沙灘、礁石、礫石和露出裸岩等；以及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、炸魚所導致的物理性破壞和珊瑚白化與疾病等。

墾丁沿岸海草床優養化監測：

1. 採樣時間及地點:本研究共彙整自紀(2002) 2001 年 2 月至 2002 年 1 月與藍(2003) 2002 年 4 月至 2003 年 4 月，於南灣、大光及萬里桐(圖二)之海草床上的固定測線進行監測之資料，以及 2004 年 6、7、12 月三次、2005 年 7 至 8 月三次萬里桐颱風前及颱風過後一週內進行監測的資料，並增加 2006 年 2、6、8 月之監測資料。
2. 環境因子監測:環境因子的測定包括鹽度 (salinity)、光遞減係數(light extinction coefficient)、水溫、底土粒徑分析及分析表層水及間隙水之溶解態無機磷 (DIP,Dissolve inorganic phosphorus) 及溶解態無機氮 (DIN,Dissolve inorganic nitrogen) 等主要營養鹽濃度。
3. 生物形質測量:包括覆蓋度、植株密度、生物量、相對葉片生長率與單位面積葉片生產量。



圖二. 實驗地點(南灣、大光及萬里桐)之相關位置

三、結果與討論

墾丁海域潮間帶水質監測：

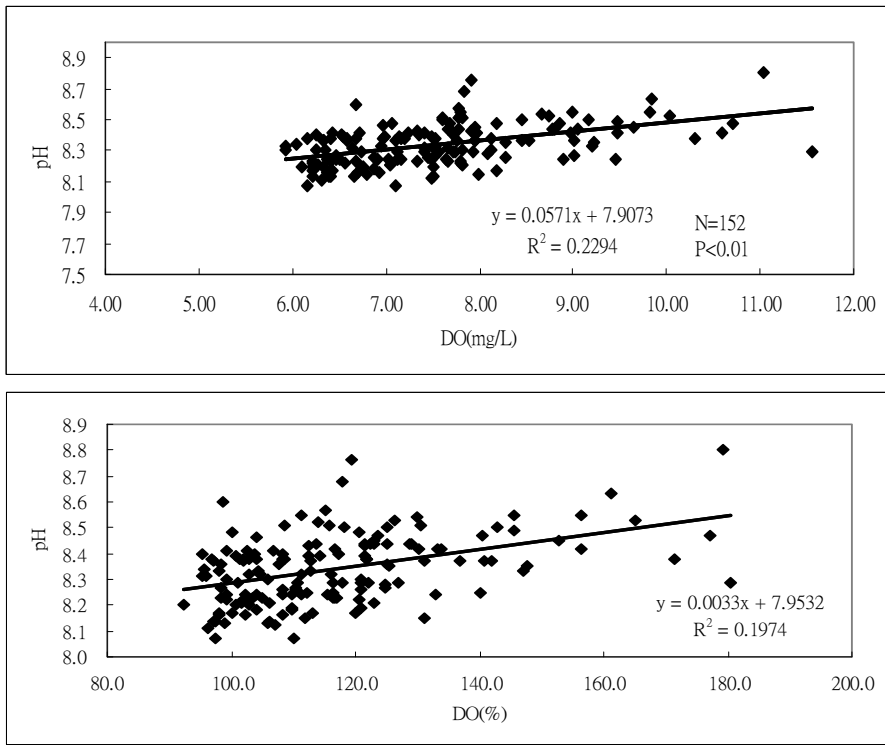
整體而言，墾丁國家公園附近沿岸潮間帶海域各測站之 pH 值與溶氧量及溶氧飽和度，大致呈現正相關之趨勢(圖三)，顯示生物之呼吸作用與光合作用，對水體之 pH 值具相當之影響力；依環保署公告之台灣地區沿海水區範圍、水體分類及水質標準，本研究海域應歸類於甲類海域。

本研究海域應歸類於甲類海域，因此本航次中各測站之 pH 測值，部分測站因強烈之光合作用之影響，使得 pH 測值偏高，使其不合乎環保署公告保護生活環境之甲類海域水質標準，但此現象應屬於自然現象而非人為因子所致。由五天生化需氧量測值介於 0.1~3.1 mg/l 之間，其中僅有 9 個站次不合乎環保署公告保護生活環境之甲類海域水質標準(不得大於 2 mg/L)，其大多出現在跳石及萬里桐測站，其餘各測站皆合乎甲類海域水質標準，顯示在跳石及萬里桐測站曾遭受都市家庭耗氧性污染物質之污染。

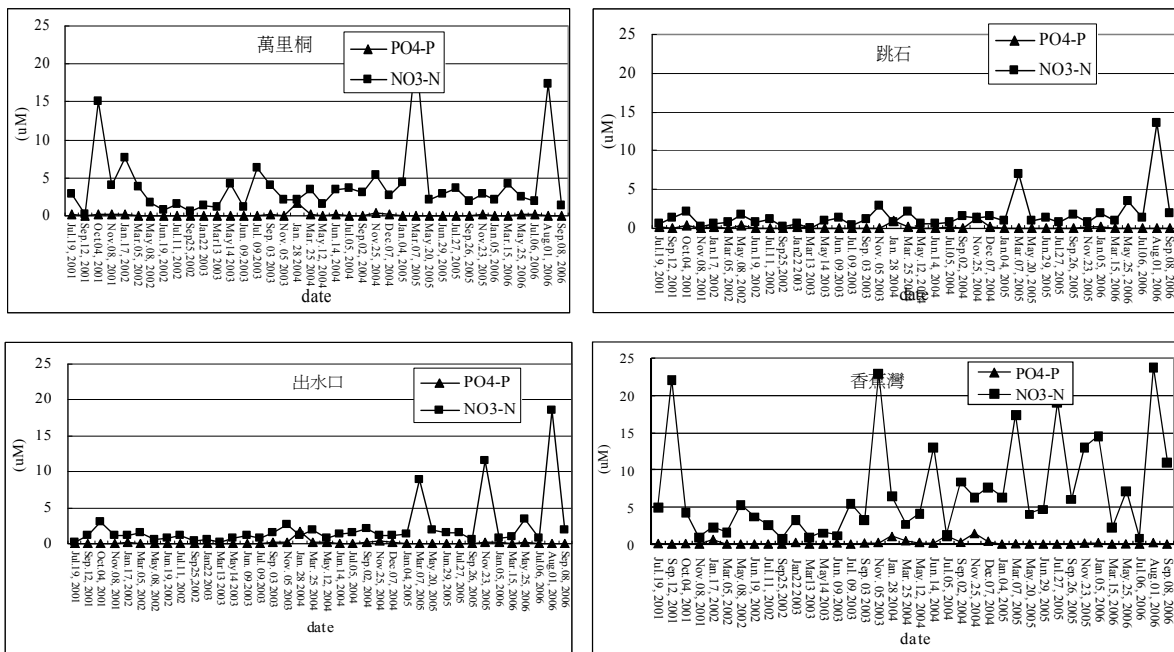
在營養鹽方面，浮游植物死亡後可分解成營養鹽氮及磷於水體中，在海水中氮及磷會呈現 16:1 之比例關係(Redfield, 1963)，近年來相關學者則有更深入之報導(Hedges *et al.*, 2002)，因此在海水中若氮及磷呈現 16:1 之比例關係，表示此海域水質環境最適合浮游植物之生長，當氮及磷比值(N/P ratio)超過 16 時，表示海水中氮太多，因此磷成為浮游植物生長之限制因子(limiting factor)，反之，若氮及磷比值(N/P ratio)小於 16 時，表示海水中磷太多，因此氮成為浮游植物生長之限制因子，陳等(1997)於南灣海域進行生態調查之結果，曾認為該海域氮為浮游植物生長之限制因子，但由於在近岸海域受人為活動干擾等因素影響，因此有必要加以釐清。

墾丁國家公園附近沿岸各測站海水中硝酸鹽及磷酸鹽之時序變化(2001/07~2006/09)之分析結果(圖四)，可判定其來源主要是來自陸源之河川溪流、人為活動排放溝渠，而非深層海水被湧昇時，伴隨著豐富的無機營養鹽(包括：硝酸鹽、磷酸鹽與矽酸鹽)(圖五)被抬升至海水表層所致；在各測站之氮/磷比方面，圖六可發現，不同測站具有不同之特性。

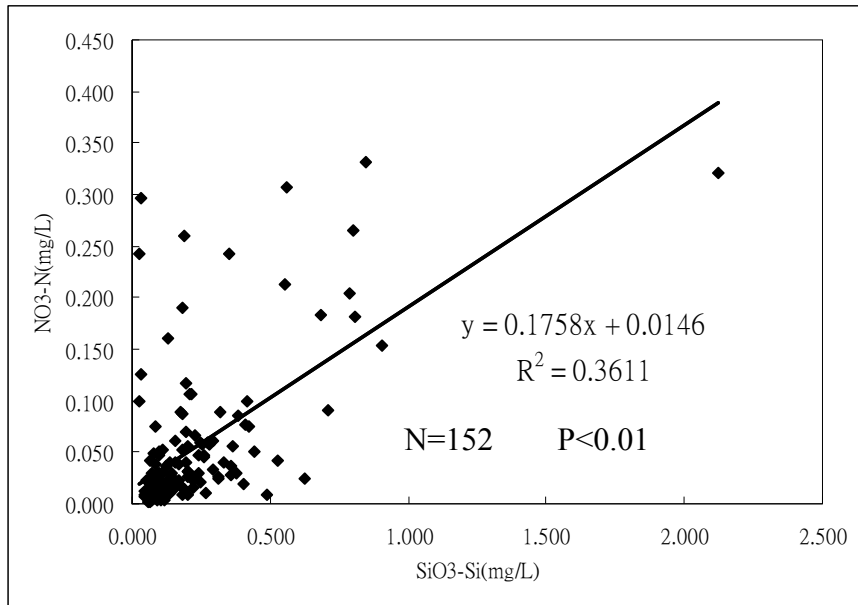
綜合以上各項結果，本研究調查區域之海域，資料顯示部分測站水體已遭受耗氧性污染物質之影響，此外，部分營養鹽測質偏高其來源為何？由矽酸鹽與硝酸鹽分析結果之關係初步判定其來源主要是來自陸源之河川溪流、人為活動排放溝渠，而非深層海水被湧昇時，伴隨著豐富的無機營養鹽所致；而部分海域濁度偏高，是否會對該海域生態環境，特別是珊瑚之生長環境條件造成影響，仍有待更進一步之資料證實。



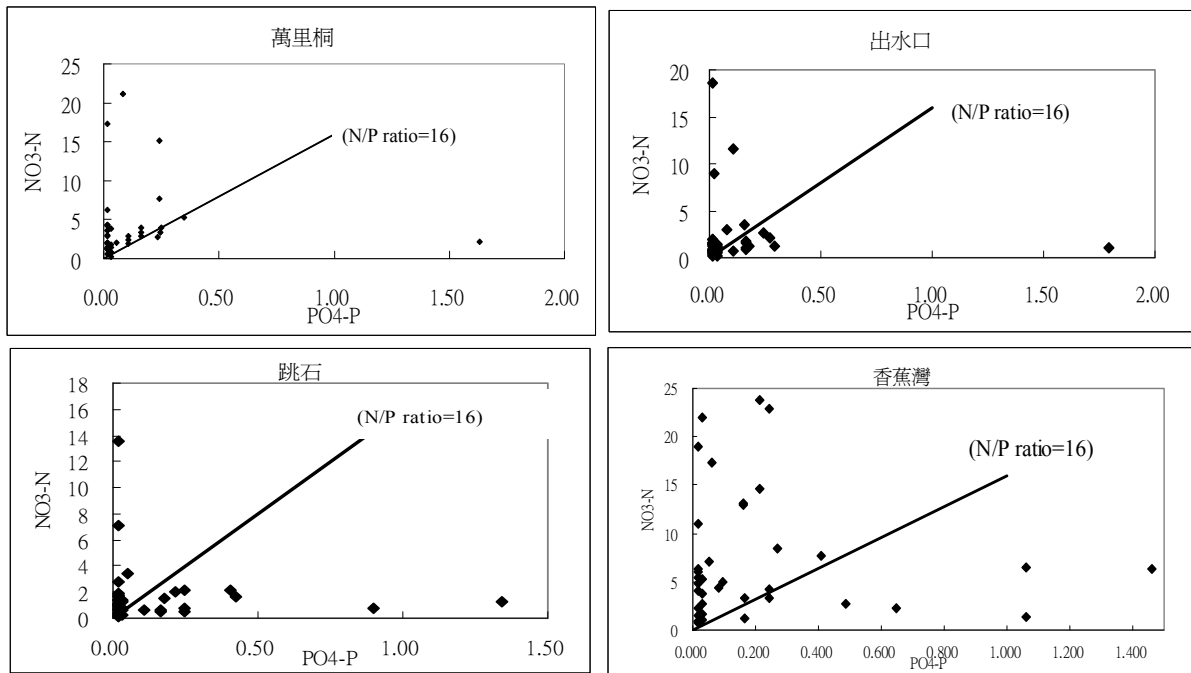
圖三. 2001 年至 2006 墾丁國家公園附近沿岸(萬里桐、出水口、跳石、香蕉灣)海水中溶氧量與 pH 及溶氧飽和度與 pH 之關係



圖四. 墾丁國家公園附近沿岸各測站海水中硝酸鹽及磷酸鹽之時序變化 (2001/07~2006/09)



圖五. 墾丁國家公園附近沿岸(萬里桐、出水口、跳石、香蕉灣)海水中矽酸鹽量與硝酸鹽含量之關係



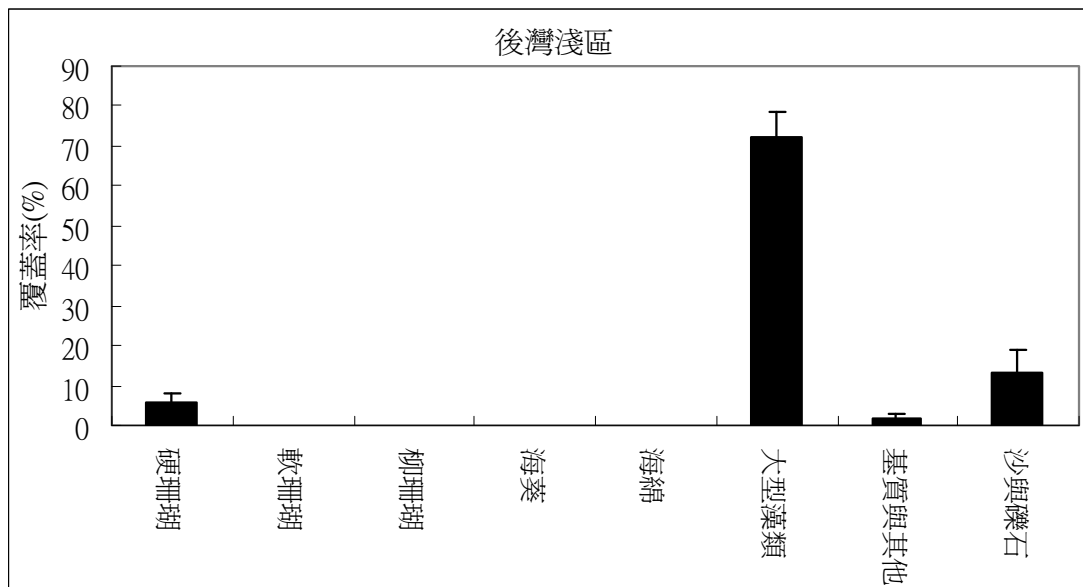
圖六. 墾丁國家公園附近沿岸海水各測站之氮/磷比

墾丁海域珊瑚礁現況普查：

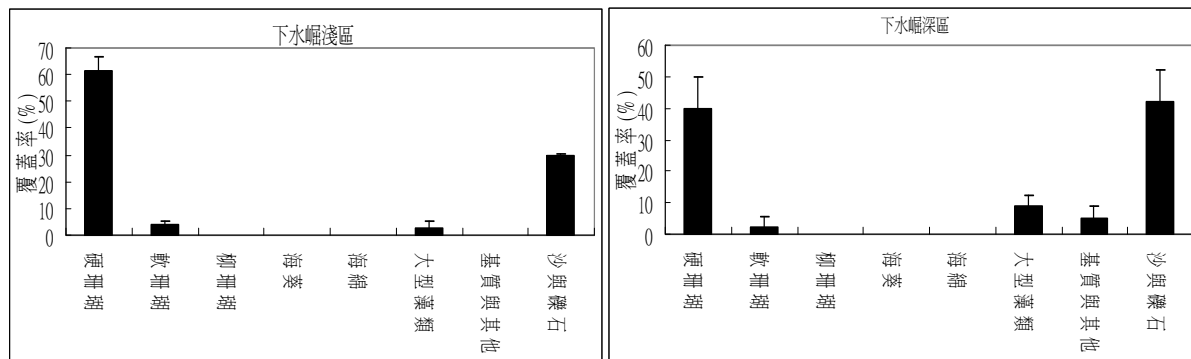
恆春半島西岸石珊瑚主要以團塊形珊瑚為優勢，此類珊瑚對環境狀況的耐受能力較強，在風浪作用較大、沉積作用較強、或環境因子變動較大的環境，通常以此類珊瑚的數量較多。

整體而言，後灣以大型藻為優勢珊瑚平均覆蓋率為 5.6%、大型藻為 76.8%(圖七)。下水堀以珊瑚為優勢珊瑚平均覆蓋率為 53.9%、大型藻為 5.8%(圖八)。石珠以大型藻為優勢珊瑚平均覆蓋率為 25.8%、大型藻為 62.0%(圖二九)。萬里桐以珊瑚為優勢珊瑚平均覆蓋率為 34.1%、大型藻為 27.0%(圖十)。山海以大型藻為優勢珊瑚平均覆蓋率為 23.5%、大型藻為 65.2%(圖十一)。紅柴坑以珊瑚為優勢珊瑚平均覆蓋率為 37.1%、大型藻為 26.9%(圖十二)。合界以大型藻為優勢珊瑚平均覆蓋率為 31.5%、大型藻為 61.1%(圖十三)。白沙以珊瑚為優勢珊瑚平均覆蓋率為 41.4%、大型藻為 11.1%(圖十四)。貓鼻以大型藻為優勢珊瑚平均覆蓋率為 26.2%、大型藻為 67.3%(圖十五)。貓鼻頭以珊瑚為優勢珊瑚平均覆蓋率為 47.7%、大型藻為 47.5%(圖十六)。

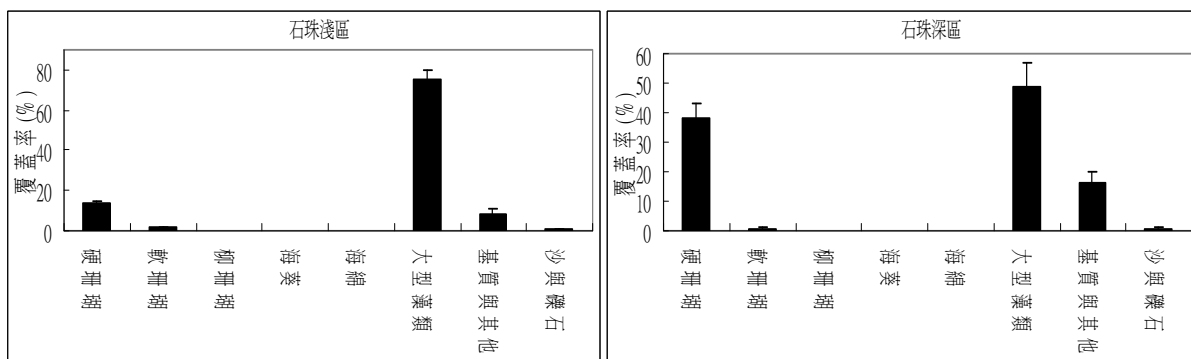
由墾丁國家公園後灣至貓鼻頭海域珊瑚礁簡明示意圖(圖十七)可發現，整體而言，後灣至貓鼻頭海域沿岸大部份區域的底質為珊瑚礁岩，僅在後灣、萬里桐與白砂有部份區域為沙灘。



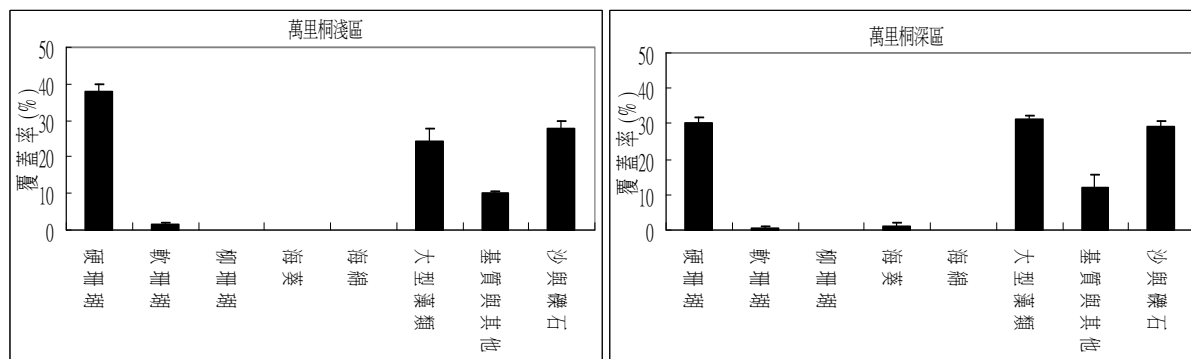
圖七. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(後灣)



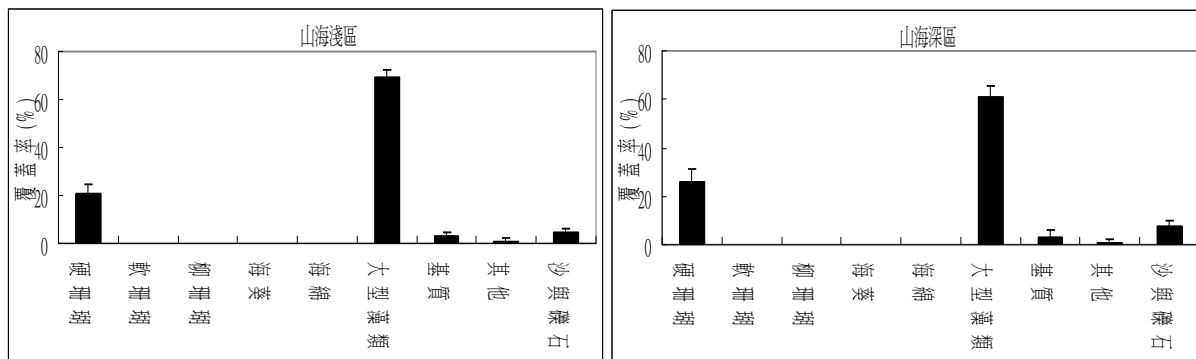
圖八. 珊瑚礁底棲生物與基質類別的百分比(下水堀)



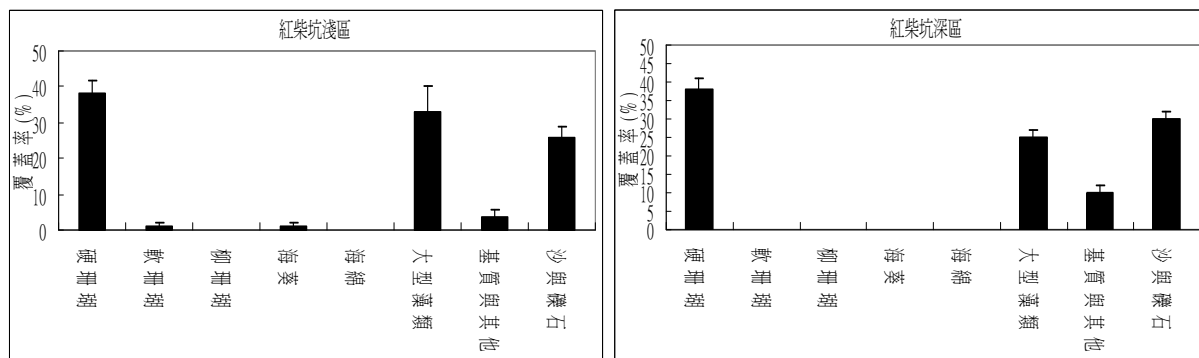
圖九. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(石珠)



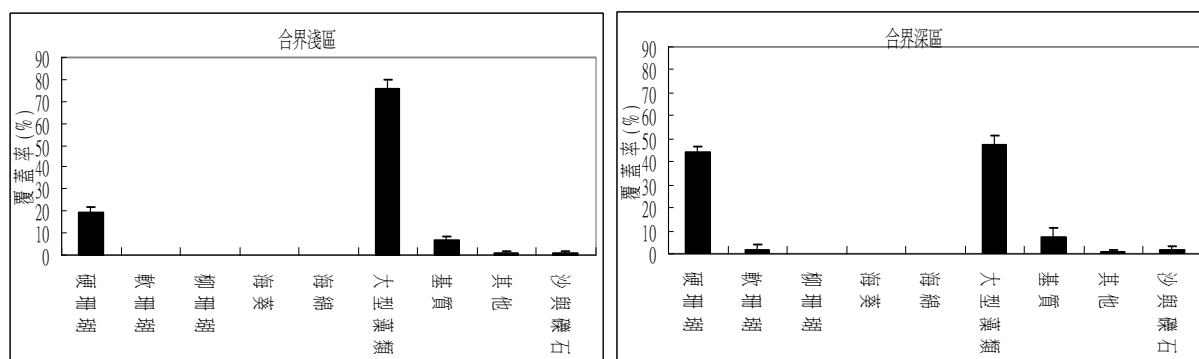
圖十. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(萬里桐)



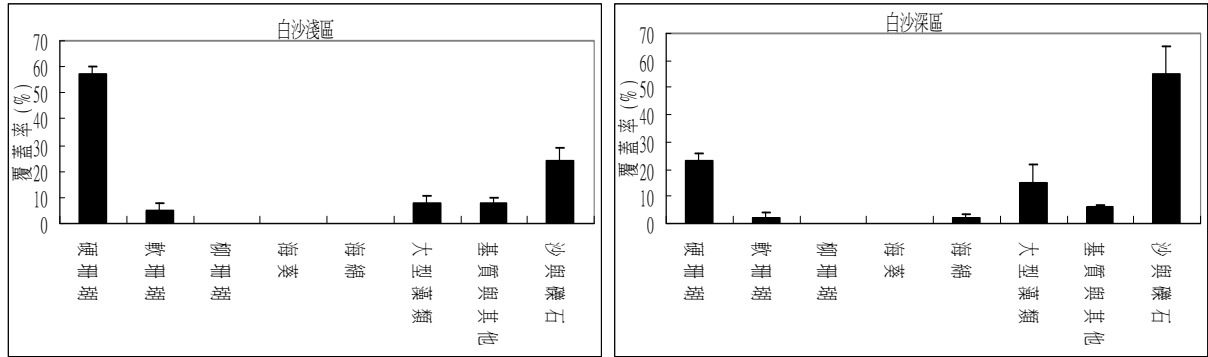
圖十一. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(山海)



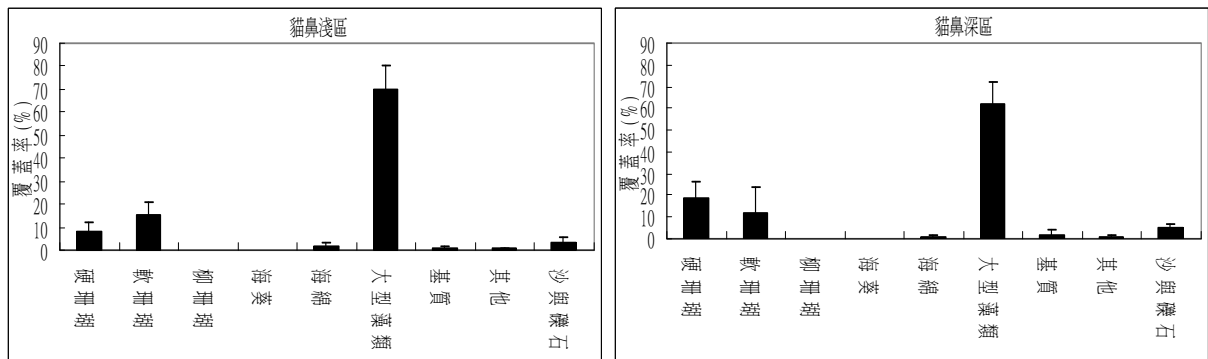
圖十二. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(紅柴坑)



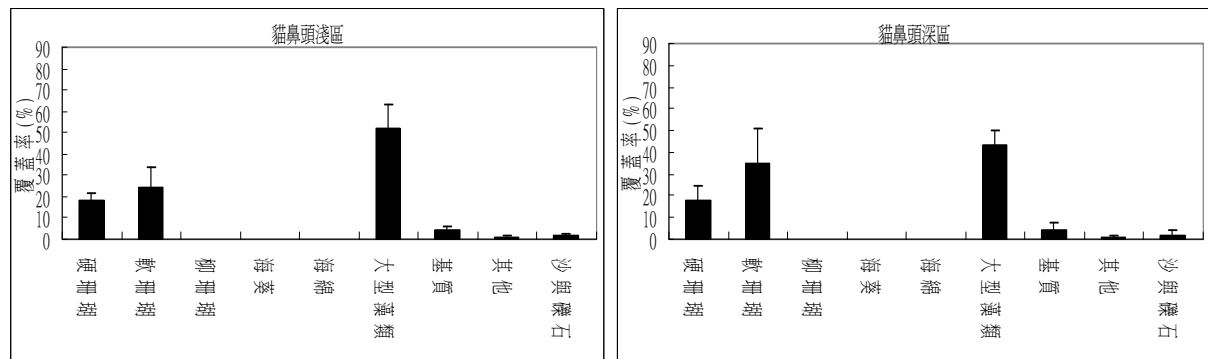
圖十三. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(合界)



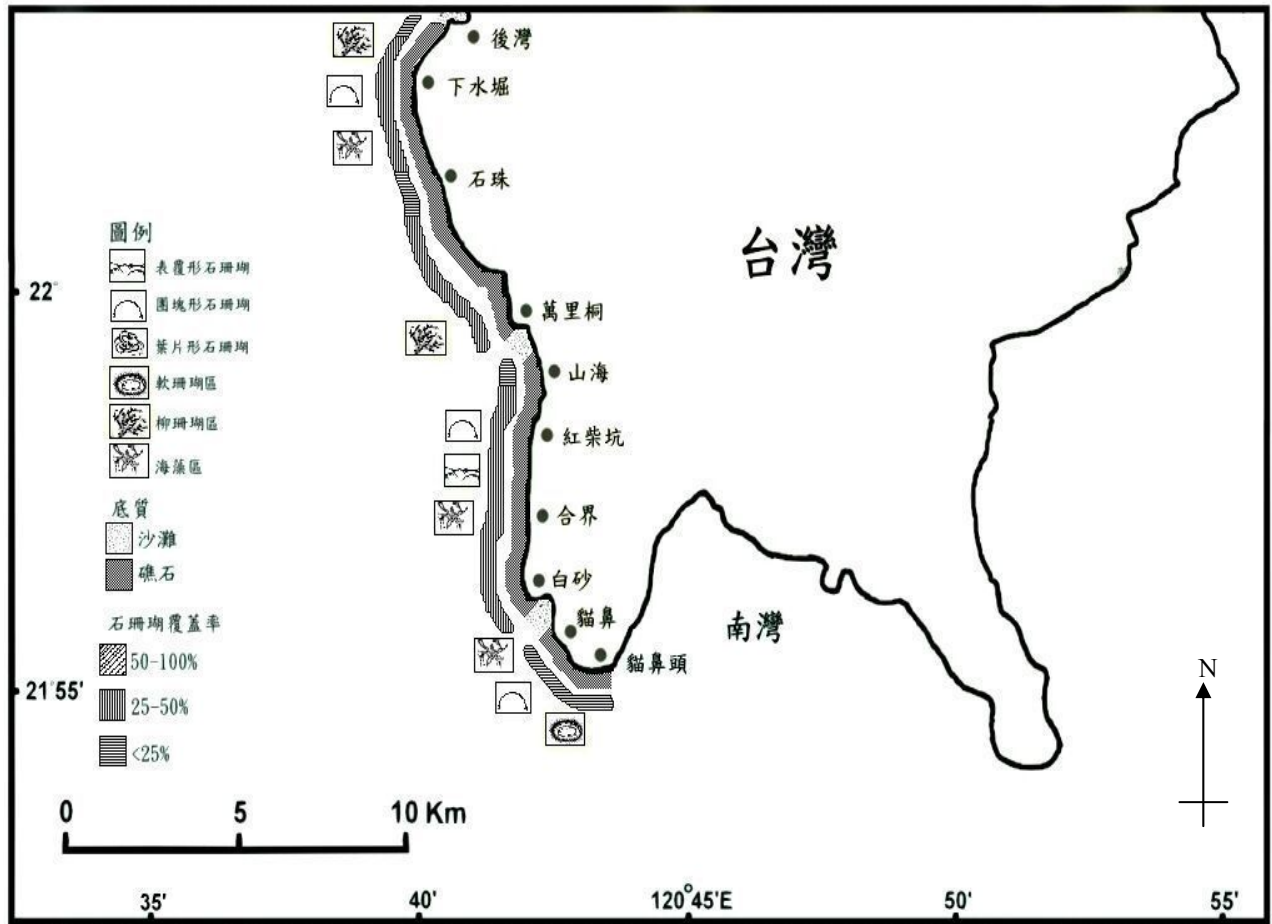
圖十四. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(白沙)



圖十五. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(貓鼻)



圖十六. 珊瑚礁底棲生物與基質類別百分比(貓鼻頭)



圖十七. 墾丁國家公園後灣至貓鼻頭海域珊瑚礁簡明示意圖

墾丁沿岸海草床優養化監測：

在環境因子方面，光透減係數及鹽度並無明顯之季節變化趨勢(圖十九 a.b)，但是在 2003 年 8 月、9 月有兩個颱風，鹽度於 10 月降低至 26.4 psu；2005 年 8 月颱風過後適逢大潮，大退潮後淡水注入，造成萬里桐潮池內鹽度降至 21.2 psu，為最低值。表層水溫度有明顯的季節性變化(圖十九 c)，水溫於夏季最高、於冬季最低。粒徑分析的結果包括粒徑中間值、粉泥黏土含量及篩選係數。粒徑中間值在 2002 年 4 月採集深度由 5cm 改為 3cm 後，各採集地點的粒徑中間值均無太大變化，然而 2006 年颱風過後高位、低位及潮池之粒徑中間值皆明顯增加。潮池之粉泥黏土含量在颱風過後有下降的趨勢。篩選係數方面，在 2004 年與 2005 年的颱風過後一週內，萬里桐的篩選係數明顯上升，2006 年加入大光及南灣颱風後調查的結果，發現高位與低位之篩選係數皆較往年高。萬里桐之底土深度自 2004 年起就明顯變得較深，2006 年高位及低位之底土深度與過去的結果無明顯差異。

在生物形質方面，從單位面積附生藻生物量來看，冬季時南灣與大光低位皆大於高位，可能是因為低位之測線附近都有廢水排放口所致，而萬里桐之潮池則是附近本有住宅及觀光飯店，加上潮池地形較差的海水交換能力，使得低位及潮池之水體優養化程度較高，因此海

草葉片上附生藻之生物量也隨之增加。2006年九號颱風(表一)過後大光低位的單位面積附生藻生物量顯著地減少，而南灣低位卻沒有這樣的情況，推測該颱風雖然威力強大，但其行經路徑是從台灣西方較遠處通過，因此主要是將長浪帶往墾丁海域，再加上潮水在南灣海域流向(Lee *et al.*, 1999)的加乘作用，造成大光海草的附生藻因波浪作用與營養鹽迅速被稀釋而降低其生物量。十號颱風雖然也沒有直接經過墾丁地區，卻是從較近距離通過，於是強力的波浪作用皆減少了大光及南灣之海草附生藻生物量，且藻類在夏季之生產量通常較低。

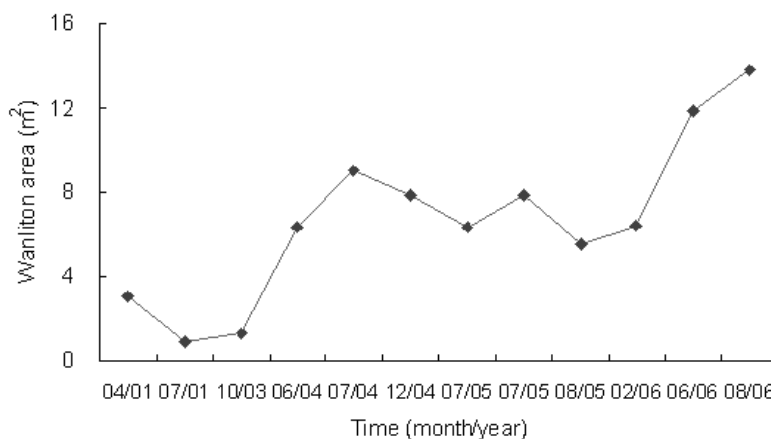
萬里桐的草床面積有逐年增加的趨勢(圖十八)，2004年平均面積 7.7 m^2 較 2001 年增加的四倍，至 2006 年更明顯增加至 13.8 m^2 左右，而南灣與大光之草床面積則沒有太大變化。

表一. 監測期間颱風發生之中心路徑、強度、風速及高潮位

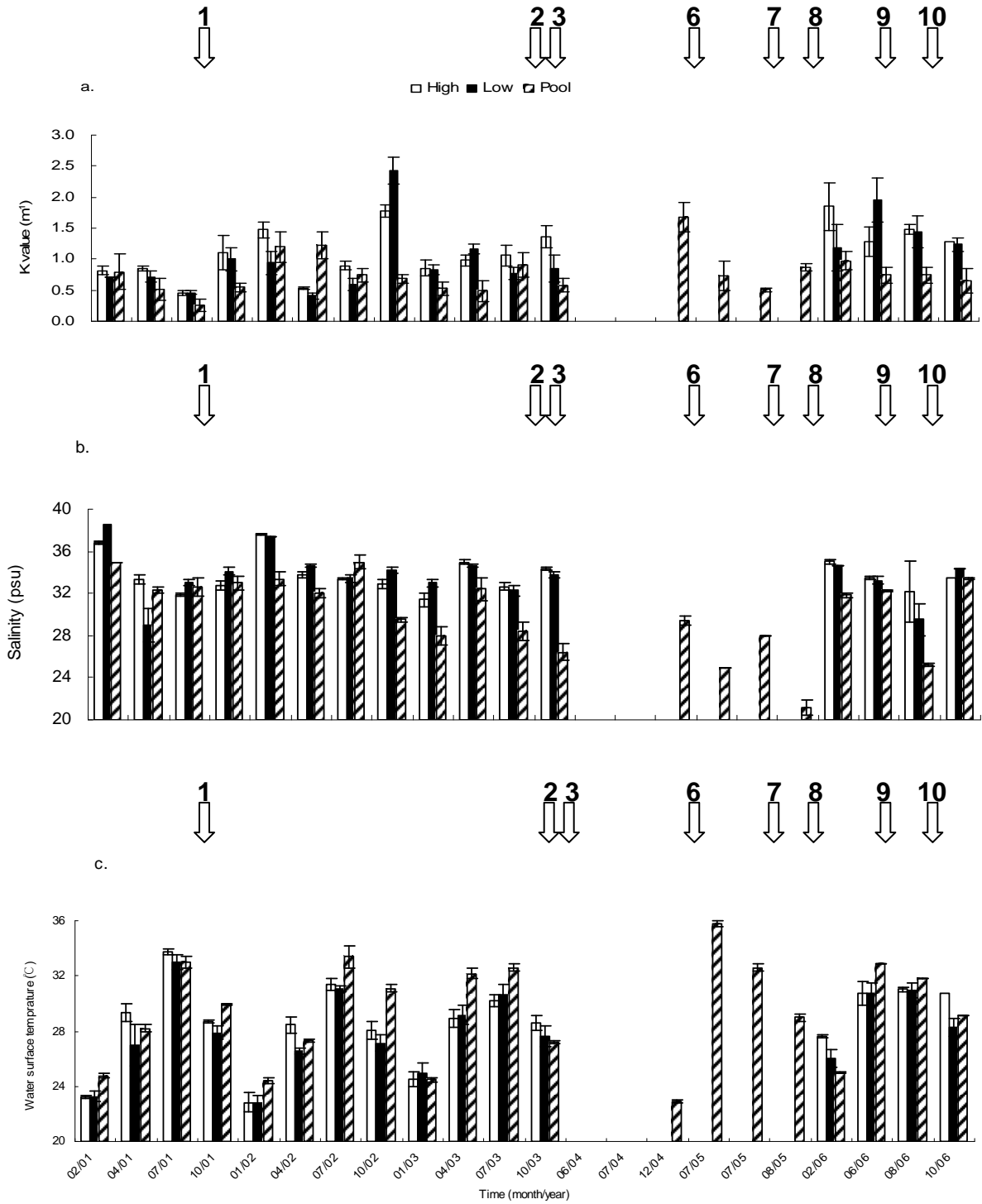
編號	颱風名稱	影響時間	中心路徑	中心強度	中心最大風速 (m/sec)	降雨量 (mm)	最高潮位 (m)
1	Lekima 利奇馬	23-28 Sep.2001	SE→NW	中	35	362.5	-
2	Morakot 莫拉克	2-4 Aug.2003	SE→NW	輕	23	331.5	0.41-0.69
3	Dujuan 杜鵑	31 Aug.- 2 Sep.2003	E→W	中	43	282.0	0.57-0.61
4	Conson 康森	7-9 Jun.004	SW→NE*	中	33	39.5	0.50-0.78
5	Mindulle 敏都利	28 Jun.- 3 Jul.2004	S→N*	中	45	331.0	0.42-0.96
6	Nanmadol 南瑪都	3-4 Dec.2004	SW→NE*	中	38	149.0	0.33-0.42
7	Haitang 海棠	16-19 Jul.2005	E→W	強	55	627.5	0.33-0.67
8	Sanvu 珊瑚	12-13 Aug.2005	SE→NW	輕	25	155.5	0.40-0.46
9	Chanchu 珍珠	16-18 May.2006	S→N	中	45	210.0	0.68-0.75
10	Kaemi 凱米	23-26 Jul.2006	SE→NW	中	38	36.2	0.66-0.71

* 表示明顯增加底質粒徑及篩選係數之颱風

(資料來源：中央氣象局網站)



圖十八. 萬里桐海草床面積變化圖



圖十九. 高位、低位及潮池之環境因子 a)光遞減係數；b)鹽度；c)表層水溫度變化。

↓有颱風發生之時間

四、 結論與建議

墾丁地區每年湧入的數百萬遊客，所帶來直接間接的破壞，再加上颱風的影響，都反應在生態環境上。為了保育墾丁的珊瑚礁生態系，使當地之生態旅遊得以永續發展。因此應積極推動海洋環境相關保護措施；有鑒環境生態教育的推廣工作日趨重要，就墾丁海域生態環境教育為基礎，將國內第一個海域長期生態調查場址之研究成果，以多媒體的相關技術加以整合於現有之網站中，以提昇長期生態研究之成效並作為一般國民環境教育之用，以達永續發展的最終目標。

五、 誌 謝

本研究的全體同仁首先要藉此機會感謝內政部營建署及墾丁國家公園管處能在政府保育預算日益緊縮的情況下，仍願撥付經費，配合國科會 LTER 計畫來推動本研究，以彌補國科會計畫的不足。此外營建署署長、副署長、國科會同仁及墾管處同仁對本研究之支持、鼓勵與指導，還有許多配合本研究資料蒐集的許多助理、學生民間友人、漁友等的協助，容我們在此一併致上十二萬分的謝忱。在有限的人力與物力條件下，各分支計畫主持人仍願盡力而為之，共同為墾丁海域生態的保護，以及墾丁生態旅遊的永續發展而盡一份心力，在此亦表示敬意與謝意。

六、 引用文獻

行政院環境保護署編印 (1998)水污染防治法規。

李宏仁 (1999)南灣潮流驅動渦漩及冷水入侵成因之探討。國立臺灣大學海洋研究所博士論文。

孟培傑、陳正平、鍾國南、劉銘欽、樊同雲、張家銘、田文敏、張揚祺、林幸助、方力行、邵廣昭，(2004)。人為活動對墾丁國家公園海域生態衝擊之長期監測研究及生態與環境資料庫建立。國家公園學報 14(2)：43-69，2004。

紀郁如 (2002) 墾丁潮間帶海草床豐度與生產力之研究。國立中興大學生命科學系碩士在職進修班碩士論文。69 頁。

陳鎮東、吳重坤、沈建全、陳孟仙、劉莉蓮、歐錫祺、鄭利榮、鍾玉嘉(1997) 台灣南部核能電廠及蘭嶼儲存場附近海域之生態研究，國立中山大學海洋地質研究所研究報告。

鍾國南、李展榮、孟培傑、韓僑權、郭鑫沅、宋國士、梁乃匡、方力行、邵廣昭，(2002)。墾丁國家公園海域長期生態研究-測站海底地貌及人為活動對海域生態衝擊監測之初報。國家公園學報 12(1):52-73，2002。

藍秋月 (2003) 墾丁潮間帶海草豐度與生產力之時空變化及空間生態區位差異。國立中興大學生命科學系碩士論文。4-15 頁、39-44 頁。

Chen C. T. A., B.J. Wang and L.Y. Hsing(2004) Upwelling and degree of nutrient

- consumption in Nanwan Bay, Southern Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology* 12(5):442-447
- Chen C. T. A., S.L. Wang, B.J. Wang and S.C. Pai (2001) Nutrient budgets for the South China Sea basin. *Marine Chemistry* 75:281-300
- Chou Y., T.Y. Lin, C. T. A. Chen, and L.L. Liu (2004) Effect of nuclear power plant thermal effluent on marine sessile invertebrate communities in Southern Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology* 12(5):448-452
- Hedges J.I., J.A. Badock, Y. Gelinas, C. Lee, M.L. Peterson, S.G. Wakeham (2002) The biochemical and elemental compositions of marine plankton: A NMR perspective. *Marine Chemistry* 78:47-63
- Hodgson G. (1990) Tetracycline reduces sedimentation damage to corals. *Marine Biology* 104:493-496
- Huang, C.C., T.C. Hung, (1987) "Coral: study in Nanwan Bay adjacent to the third nuclear power plant in Taiwan", *SCOPE/ROC, Acad. Sin.*, 24pp.
- Hung, T.C., C.C. Huang, K.L. Fan, (1989) Nonbiological factors and corals study along the shallow water near the outlet of Third Nuclear Power Plant. *SCOPE/ROC, Acad. Sin.*, 71: 32pp.
- Johannes R.E., W.J. Wiebe and C.J. Crossland (1983) Three patterns of nutrient flux in a coral reef community Vol. 12:131-136
- Lee H.J., S.Y. Chao, K.L. Fan and T.Y. Kuo (1999) Tide-Induced Eddies and Upwelling in a Semi-enclosed Basin: Nan Wan Estuarine. *Coastal and Shelf Science* 49:775-787
- Lee H.J., S.Y. Chao, K.L. Fan, Y.H. Wang and N.K. Ling (1997) Tidally Induced Upwelling in a Semi-Enclosed Basin: Nan Wan Bay. *Journal of Oceanography*, Vol. 53, pp. 467 to 480
- Lee H.L., S.Y. Chao, K.L. Fan (1999a) Flood-ebb disparity of tidally induced recirculation Eddies in a semi-enclosed basin: Nan Wan Bay. *Continental Shelf Research* 19:871-890
- Morell J. M., J. Capella, A. Mercado, J. Bauza and J. E. Corredor (2001) Nitrous oxide fluxes in Caribbean and tropical Atlantic waters: evidence for near surface production. *Marine Chemistry* 74:131-143
- Pai S.C., Y.J. Tsau and T.I. Yang (2001) pH and buffering capacity problems involved in the determination of ammonia in saline water using the indophenol blue spectrophotometric method. *Analytica Chimica Acta*. 434:209-216
- Pai S.C. and C.C. Yang (1990a) Effects of acidity and molybdate concentration on the kinetics of the formation of the phosphoantimonymolybdenum blue complex. *Analytica Chimica Acta*. 229:115-120
- Pai S.C. and C.C. Yang (1990) Formation kinetics of the pink azo dye in the determination of nitrite in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 232:345-349
- Pai S.C. and J.P. Riley (1994) Determination of nitrate in the presence of nitrite in natural waters by flow injection analysis with a non-quantitative on-line cadmium reductor. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* Vol. 57 pp. 263-277.
- Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards (1963) The influence of organisms on the

- composition of seawater, in the sea, V.2, M.H.Hill(ed), Interscience, New York, 26-77pp.
- Riegl B., G. M. Branch (1995) Effects of sediment on the energy budgets of four scleractinian (Bourne 1990) and five alcyonacean (Lamouroux 1816) corals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 186:259-275
- Rosemond A. D., C. M. Pringle, A. Ramirez, M. J. Paul, and J. L. Meyer (2002) Landscape variation in phosphorus concentration and effects on detritus-based tropical streams *Limnol. Oceanogr* 47:278-289
- Su. J.C.; Hung, T.C.; Chiang, Y.M.; Tan, T.H.; Chang, K.H.; Huang, C.C.; Huang, C.Y.; Shao, K.T.; Huang, P.P.; Lee, K.T.; Fan, K.L.; Yeh, S.Y. (1989) An ecological and environmental survey on the waters adjacent to the southern nuclear power plant. *SCOPE/ROC, Acad. Sin. 70*: 238pp.
- Su. J.C.; Hung, T.C.; Chiang, Y.M.; Tan, T.H.; Chang, K.H.; Huang, C.C.; Huang, C.Y.; Shao, K.T.; Huang, P.P.; Lee, K.T.; Fan, K.L.; Yeh, S.Y. (1987) "An ecological and environmental survey on the waters adjacent to the nuclear power plant in southern Taiwan", *SCOPE/ROC, 50*:224pp.
- Tockner K., F. Malard, U. Uehlinger and J.V. Ward (2002) Nutrients and organic matter in a glacial river-floodplain system (Val Roseg, Switzerland) *Limnol. Oceanogr* 47(1):266-277
- Umar M.J., L.J. McCook and I.R. Price (1998) Effects of sediment deposition on the seaweed *Sargassum* on a fringing coral reef. *Coral Reefs* 17:169-177

Long-term ecological monitoring on the marine ecosystem of Kenting National Park

Pei-Jie Meng^{1,2}, Kuo-Nan Chung³, Jeng-Ping Chen^{1,2}, Ming-Hui Chen¹
Ming-Chin Liu¹ Yang-Chi Chang⁴, Tung-Yunn Fan^{1,2}, Hsin-Juh Lin⁵
Bi-Ren Liu⁵, Chia-Ming Chang¹, Lee-Shing Fang¹, Kwang-Tsao Shao^{6,7}

(Manuscript received 27 August 2007 ; accepted 13 October 2007)

ABSTRACT: Since July 2001, National Museum of Marine Biology & Aquarium (NMMBA), under the support of Kenting National Park Headquarters, conducted a Long-Term Ecological Research (LTER) monitoring program on the marine ecosystem of Kenting National Park. Monitoring programs include water quality, eutrofication of seagrass beds and coral reef mapping were carried out. Data were analyzed from different sites around Nanwan Bay from 2001 to 2006. Some major findings were that the seawaters of intertidal zone along Nanwan Bay were polluted by sewage discharge at some monitoring stations, evidence by eutrofication, high chlorophyll a concentration, high BOD₅, high turbidity, and high pH values. The suspended solids in Kenting seawater mainly came from seasonal rainfalls and partially caused by typhoons which had affected the health of seagrass beds and coral reefs. The purpose of this project is to find problems for the marine ecosystem and to provide information for the authorities. The public can then be more concerned about the issues on environmental protection and ecological conservation, and the government can then take appropriate actions to control the coastal development more effectively and to reverse the current deteriorating situation.

KEYWORDS : Kenting, typhoon, coral reef system, water quality, seagrass beds

-
1. National Museum of Marine Biology and Aquarium
 2. Institute of Marine Biodiversity and Evolution, National Dong Hwa University
 3. Fisheries Agency, Council of Agriculture, Executive Yuan
 4. Department of Marine Environment and Engineering, National Sun Yat-Sen University
 5. Department of Life Sciences, National Chung Hsing University
 6. Research Center of Biodiversity, Academia Sinica
 7. Corresponding Author