

人為活動對墾丁國家公園海域生態衝擊之長期監測研究

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，針對人為活動對墾丁國家公園海域生態衝擊影響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。調查結果發現墾丁海域部分水體已遭受耗氧性污染物質之影響，主要以保力溪、墾丁大排、凱撒飯店及石牛溪等處較為嚴重，該等海域在此監測期間營養鹽、葉綠素甲、溶氧、生化需氧量、pH值及濁度皆出現異常之測值。此外，降雨及颱風會增加近岸海域懸浮固體等物質之含量，對海海域生態將會造成影響；而珊瑚礁魚類、螺貝類等消耗量，若未有效管理加上每年大量墾丁遊憩人潮的破壞，將直接間接影響整個墾丁珊瑚礁海域生態環境。

關鍵詞：人為活動，墾丁海域，颱風，珊瑚礁生態

一、前 言

墾丁地區每年吸引了無數的遊客，特別是在假日短暫時間內湧入大批人潮，眾多遊客造訪也帶來垃圾與有機廢水，海域中海葵和藻類的大幅繁殖覆蓋珊瑚，可能和有機物進入海域相關，以及每年的颱風季節所帶來的破壞效應，直接影響墾丁沿岸珊瑚及海床生態等。墾丁近岸處各項建設亦應需求而不斷增加，遊憩活動、海岸的開發、漁業活動、廢水污染及海水優養化的干擾，導致海域中陸源污染物質日益增多。山上的土地遭濫墾，林木遭到濫伐，造成水土保持不良，就可能在一場大雨之後，逕流(runoff)即將土壤沖刷，連同垃圾與有機廢水經過溝渠或

-
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

小溪輸送到海裡，造成黃濁的水質及營養鹽之增加，不但在珊瑚礁覆蓋上大片泥沙，掩埋並窒息棲息於底質內的生物，且對當地之生物群聚造成相當的衝擊，而海水中大量懸浮固體對珊瑚礁之影響情況，文獻中已有許多的報導(Bastidas *et al.*,1999; Riegl *et al.*,1996 ;Thomas *et al.*,2003) ，如何有效監測沉積速率之方法則是學者們追求的目標(Thomas 2003;Thomas and Ridd 2005)。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人為活動資料，研判廢水排放、漁獲行為、遊憩活動、棲地破壞與颱風等效應對墾丁海域生態衝擊範圍與影響的程度，藉此對人為因子對海域之衝擊，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。

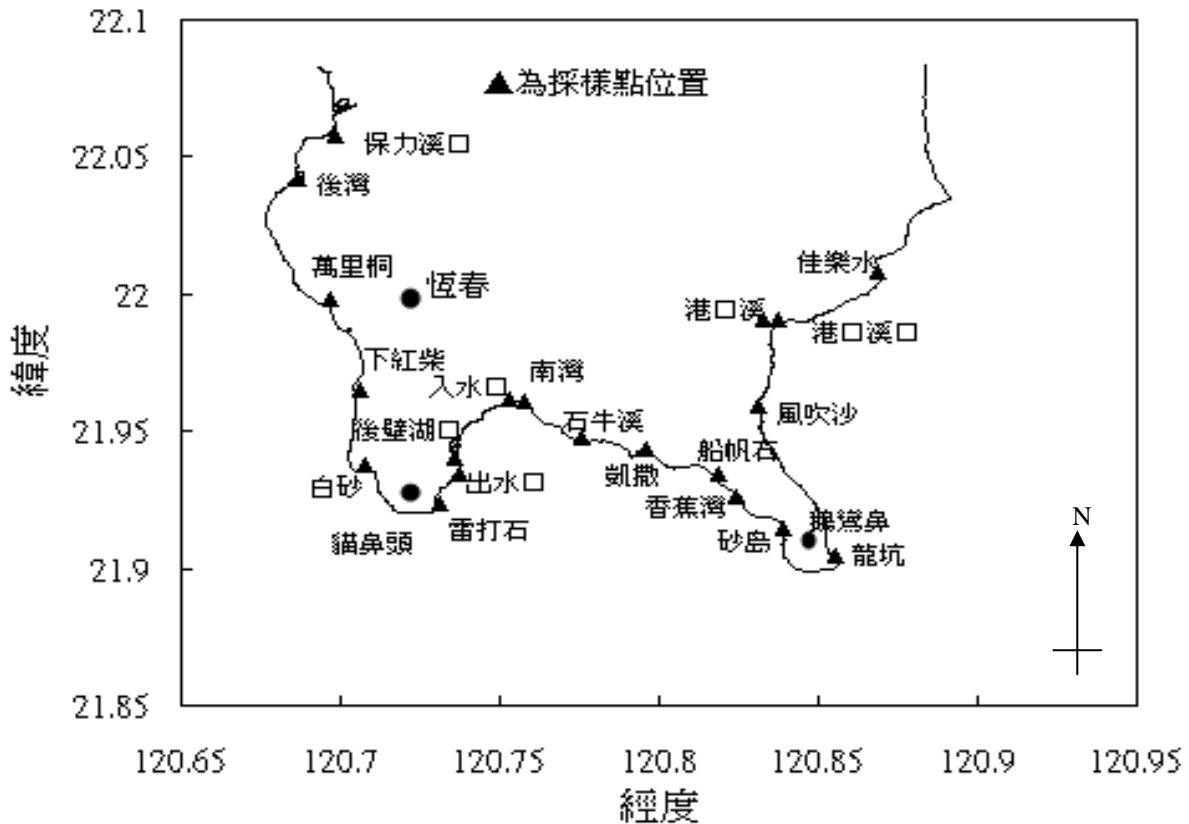
二、 研究方法

廢水排放監測：

本研究之目標在於嚴密監測墾丁國家公園沿岸海域各珊瑚生長區域、排水溝渠及河川出海口附近，並配合阿瑪斯油污事件及墾丁大街附近之生活污水之監測設置測站，共計 23 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，進而對該海域水質環境品質是否遭受人為活動影響加以評估(環保署，1998)。

調查以每季頻率為原則，採集墾丁國家公園附近沿岸海域 23 個測站表層之水樣，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)，在規定期限之內送回實驗室，並依規定之期限內進行化學分析；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。現場採樣工作以租用之漁船執行，並使用全球定位系統(GPS)進行測站之定位及船隻之導航。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±0.9%、±5%、±4.5%及±2.0%)，最低偵測極限值(分別為 0.03μM (0.4μg/L)，0.1μM(1μg/L)，0.06μM(2μg/L) 及 0.2μM(5μg/L)，該等化學營養鹽之測定量方法，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. 廢水排放、沉積物採樣監測點

遊憩活動：

- 1.調查範圍：墾丁國家公園沿海。
- 2.遊憩強度：本研究針對9項海岸活動共進行17個遊憩點（後灣、石株、萬里桐、山海、紅柴坑、合界、白砂、出水口右、出水口左、南灣、小灣、船帆石1、船帆石2、香蕉灣、砂島、風吹沙、佳樂水之觀測統計。每月調查二假日及二非假日共四日，每天上下午各進行一次觀測計數，統計各遊憩點進行遊憩之人數或工具數。
- 3.潮間帶珊瑚覆蓋率：對出水口左、出水口右、跳石、船帆石、香蕉灣及萬里桐等6個點遊客下水浮潛處之潮間帶進行穿測線調查。

漁業活動-珊瑚礁魚類：

以漁民實際訪問調查為方式，來了解墾丁地區漁業活動情形，用以了解沿岸珊瑚礁魚類被捕獲數量與種類。漁民之調查，以目前在墾丁海域較常見之兩種作業：一支釣3戶，及墾丁東邊海域之3戶流刺網標本戶為調查對象，請其詳細填寫日報表，來看本海域珊瑚礁魚類之人為捕捉量之情形。

所有標本戶之問卷均以每日填寫方式進行，得到之每月捕獲或使用資料均為實際值而非推估值。但捕獲魚種上，標本戶填寫之魚種資料為大類之資料；我們委託漁民漁獲拍照，與海產店及漁市場自行前往記錄之方式，來記錄墾丁國家公園內人為利用魚種之名錄(沈，1993)，以補問卷之不足。

漁業活動-珊瑚礁螺貝類：

實際查訪墾丁國家公園地區內之漁民、海產店與漁市場，以了解漁業活動及概況，並統計漁獲種類和數量。

目前已建立5家海產店樣品戶和5名固定受訪漁民定期提供漁獲種類和數量。此外，不定期訪查其它漁民、海產店與漁市場已增加和確定漁獲種類等資料。

每月向海產店和漁民購買部份螺貝類漁獲，測量長度與重量，了解販售漁獲體型有無變化等現象。

棲地破壞-水中懸浮固體：

濁度分析：在墾丁國家公園海域範圍內之沿岸選擇13處具代表性之測站，包括保力溪口、後灣、萬里桐、白砂、核三出水口、核三入水口、南灣、石牛溪、小灣、香蕉灣、龍坑、風吹沙、港口溪口如(圖一)，每月進行一次濁度資料調查及一小時沈積物分析，以建立墾丁國家公園海域水中懸浮固體分布狀況之資料。測站之選擇主要考慮為河口地區、人為排放口及主要遊憩點。

粒徑分析：分別於雨季及非雨季於墾丁國家公園海域範圍內，利用潛水方式進行沉積物採樣，並攜回實驗室分析沈積物之粒度、粉泥黏土(silt)含量、篩選係數(Sorting coefficient)，

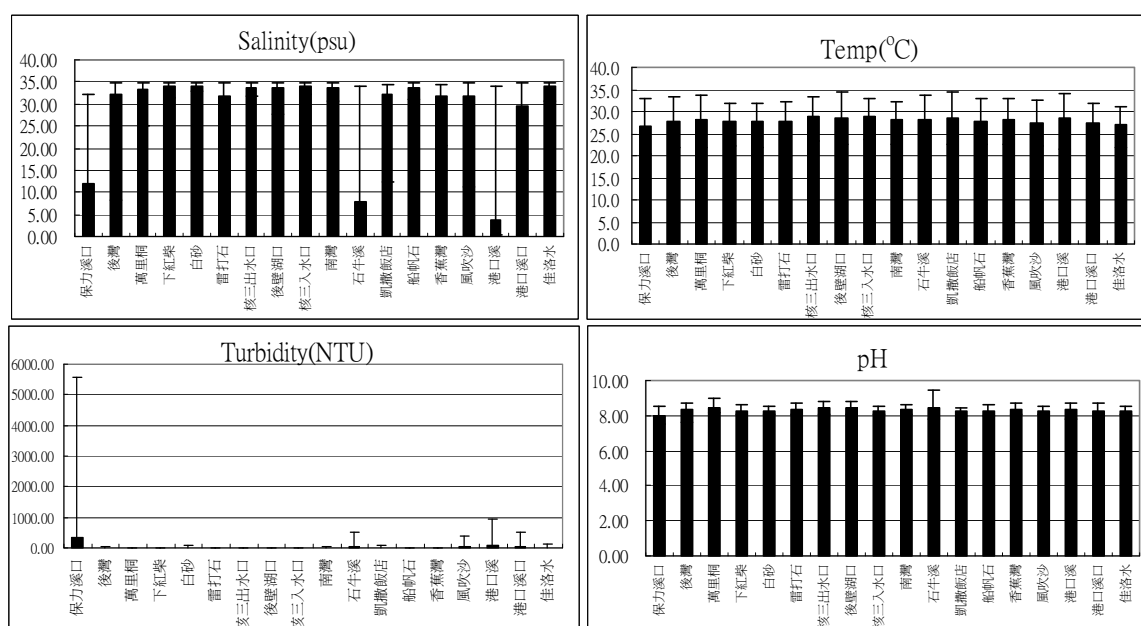
藉以了解該海域不同季節沈積環境的變化，包括了沈積物沉降環境之變化及海域之擾動。如此有助於了解海域環境變化的趨勢。

三、 結果與討論

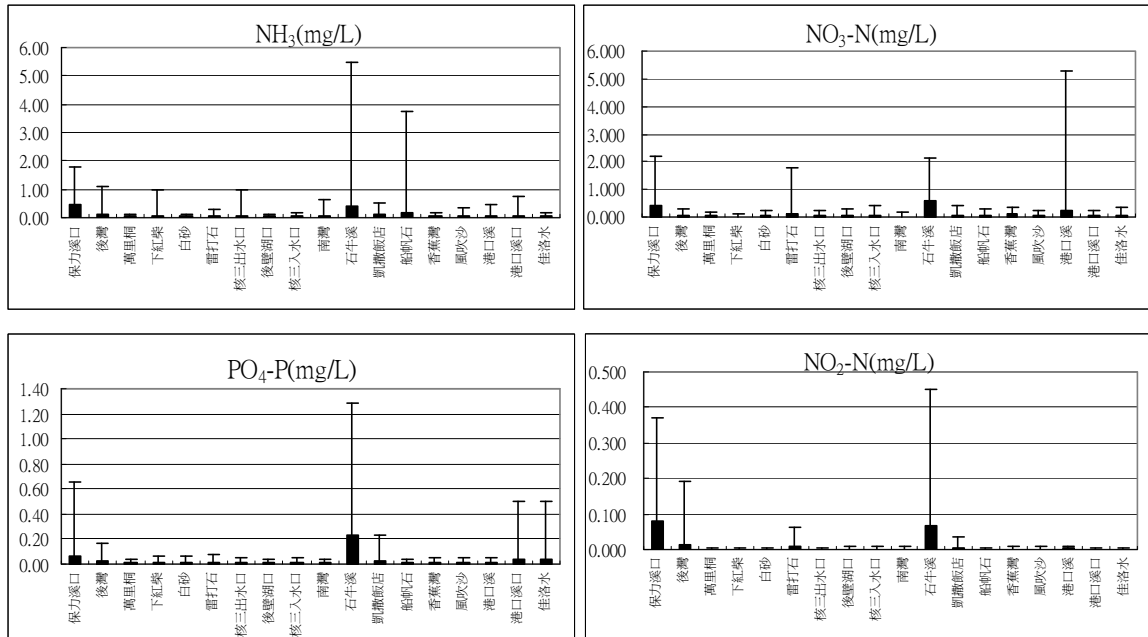
廢水排放監測：

2001 年至 2006 年調查區域之海域，水質資料顯示部分測站水質因子之平均值具較大之標準偏差(圖二)，表示該水體水質受到陸源河川及含有耗氧性污染物質之都市性家庭廢水影響，呈現較不穩定之狀況，主要以保力溪、墾丁大排、凱撒飯店及石牛溪測站較為嚴重，該等測站在此監測期間營養鹽、葉綠素甲、溶氧、生化需氧量、pH 值及濁度皆出現較高之測值(圖二)。污染物之輸出與流布主要是受到氣候、雨量影響，致使污染程度隨季節性而有所變化，尤其是颱風期間所帶來之強風豪雨影響最為嚴重(Meng et al.,2006)，值得主管單位注意。

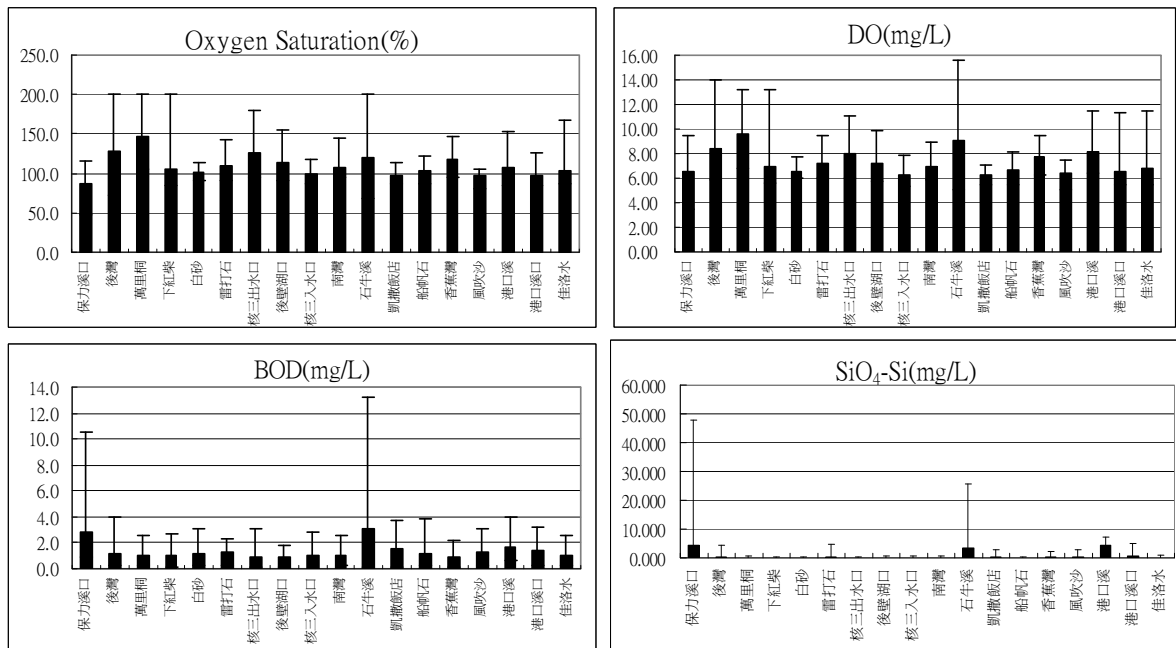
墾丁地區每年五月至九月為雷雨型雨季，十月至次年四月為乾旱季(圖三)；在乾旱季時河水近乎乾涸，此時未經處理之都市與畜牧性耗氧性廢水流經河床，被河床之沈積物所吸收累積，待次年春季首次大雨時，突來的大量河水除夾帶大量懸浮固體外，更將上述耗氧性污染物質沖刷至沿岸海水，相信對該海域生態環境，特別是珊瑚之生長環境條件，已造成相當程度之影響；此外，南灣陸域主要河流石牛溪出海口處，全年除大雨期間外經常處於封口狀態；在此期間營養鹽不斷累積於出海口處，經常發生藻華現象導致魚類大量死亡，但是若該年於乾旱季節發生偶發性大雨將衝破封口，並稀釋積蓄於封口之營養鹽，對藻華現象有改善效果，對附近海域之潮間帶生態環境則會造成衝擊(Meng et al.,2006)。



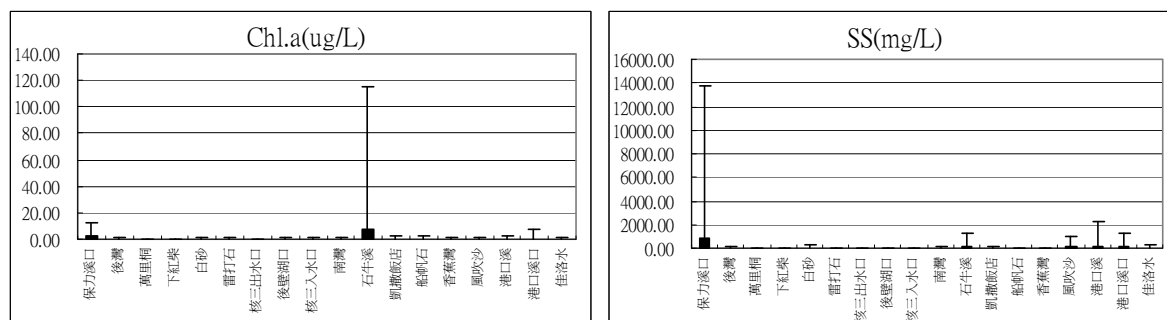
圖二. 2001 年至 2006 年墾丁國家公園沿岸海域水質因子分析統計資料



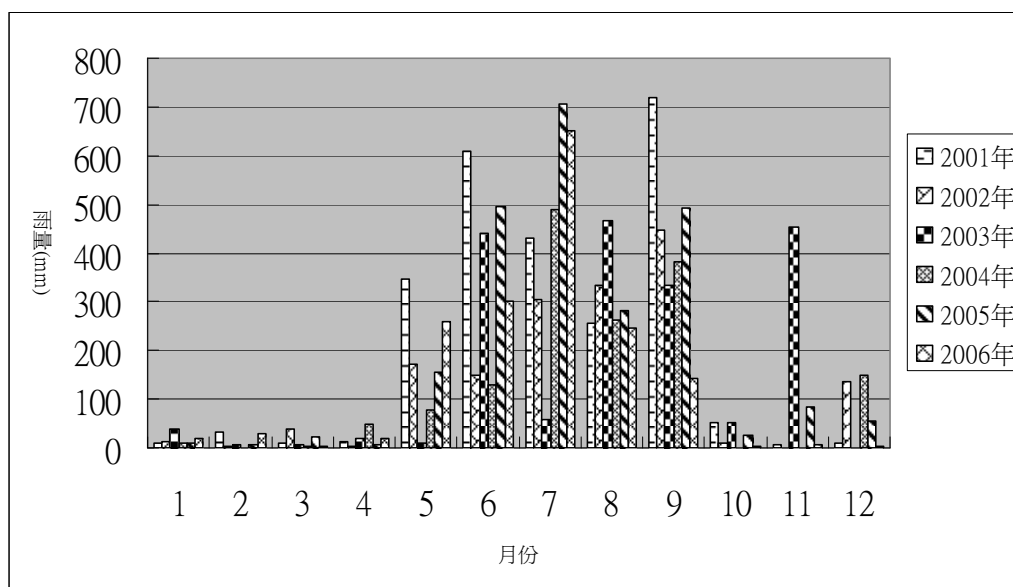
圖二(續). 2001 年至 2006 年墾丁國家公園沿岸海域水質因子分析統計資料



圖二(續). 2001 年至 2006 年墾丁國家公園沿岸海域水質因子分析統計資料



圖二(續). 2001 年至 2006 年墾丁國家公園沿岸海域水質因子分析統計資料

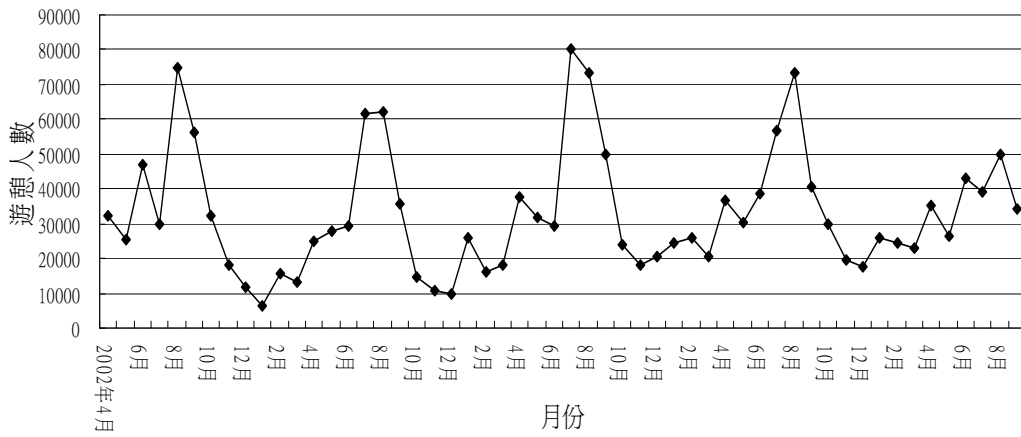


(資料來源：中央氣象局全球資訊網)

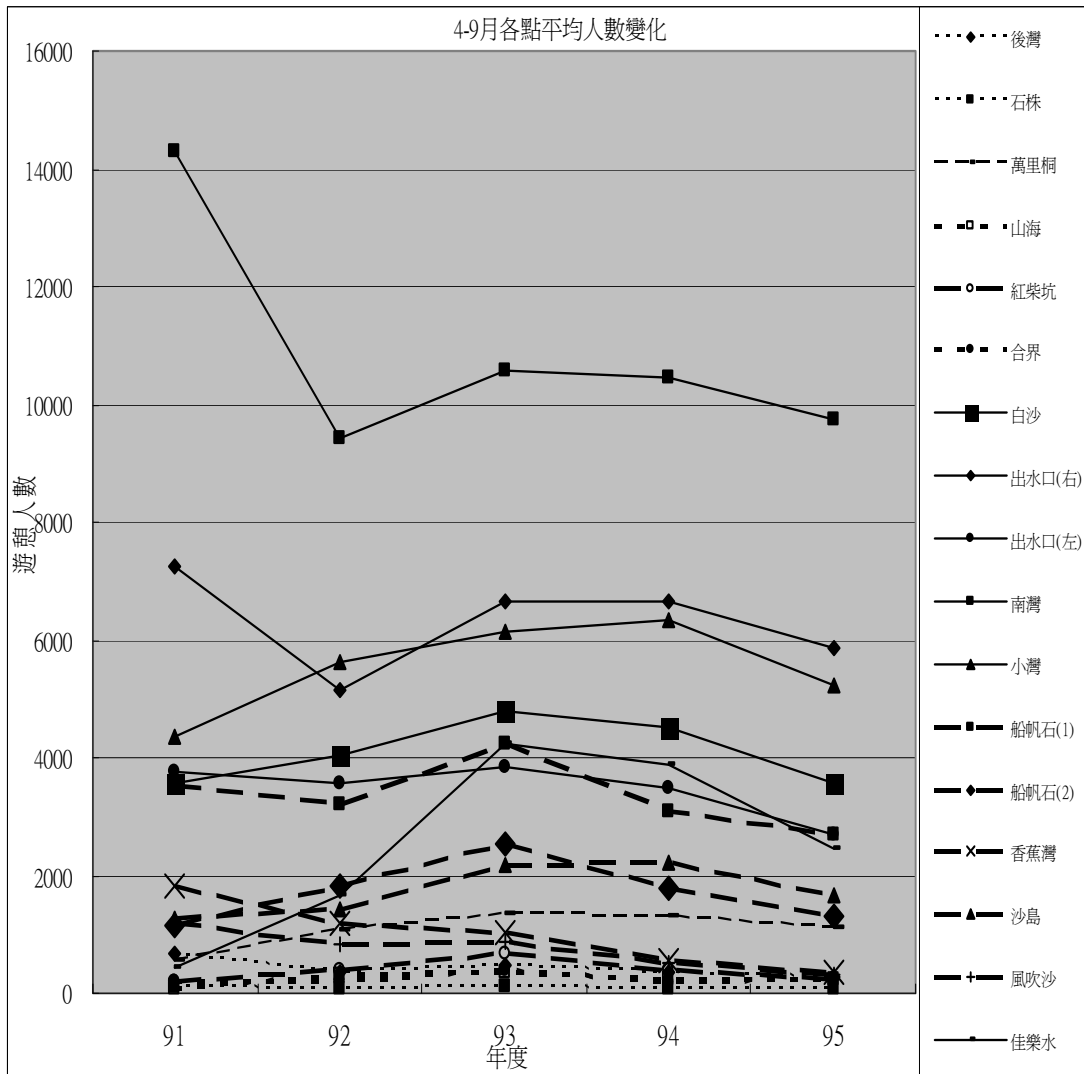
圖三. 墾丁地區雨量民國 2001 年至 2006 年每月累積雨量統計資料

遊憩活動：

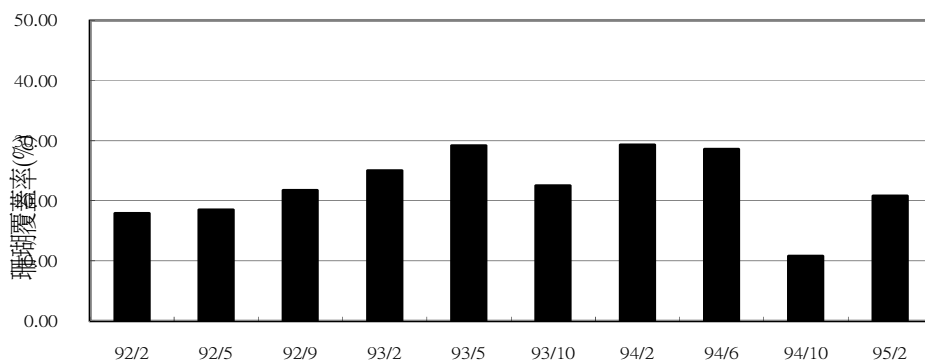
歷年來墾丁地區之遊憩人口統計結果(圖四)可發現 7、8 月份為高峰期，2006 年墾丁地區暑期海岸遊憩活動與 2005 年相比明顯偏低，可能與 7、8 月份颱風侵襲墾丁地區之次數及時段有關，由於 2006 年暑假期間有颱風直接和間接侵襲，颱風警報的發佈與侵襲期間，都發生在暑假間的週五與週六而導致遊客大量退房，從事海岸遊憩的人口減少。就區域性而言，由 2002 年~2006 年 4 至 9 月份各遊憩海岸遊憩總人數變化(圖五)，發現南灣為遊憩人口最多之海岸；以而珊瑚覆蓋率變化見(圖六至圖十一)。由浮潛人口統計結果與珊瑚覆蓋率變化比較，發現兩者呈顯著之負相關性(圖十二)



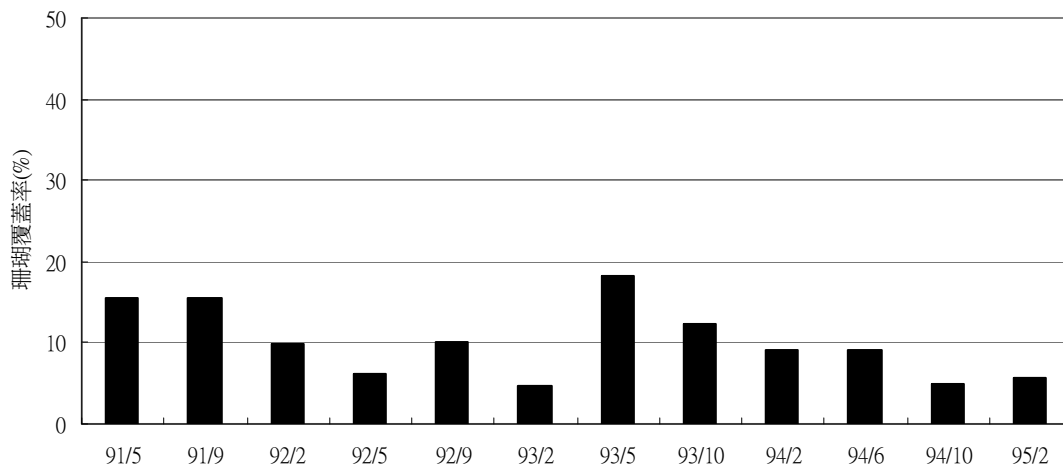
圖四. 2002年4月~2006年9月海岸遊憩總人數月變化



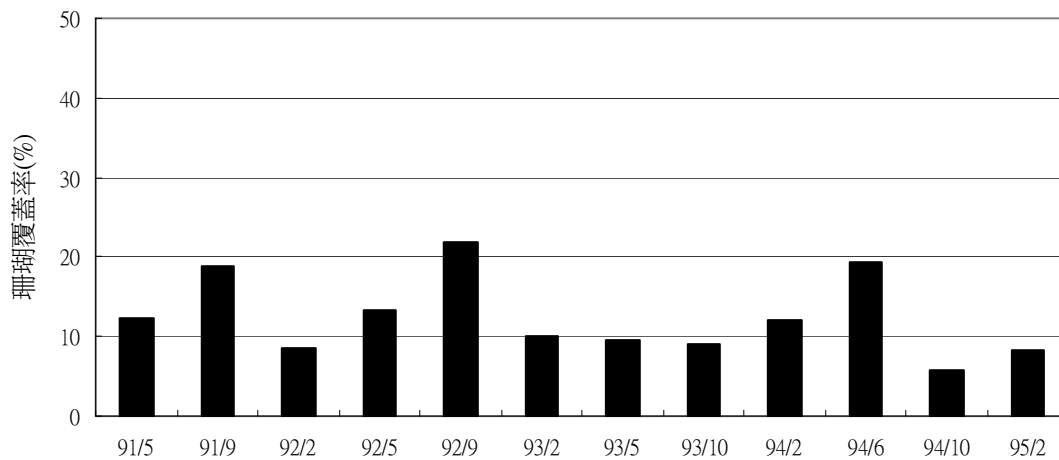
圖五. 2002年~2006年4至9月份各遊憩海岸遊憩總人數變化



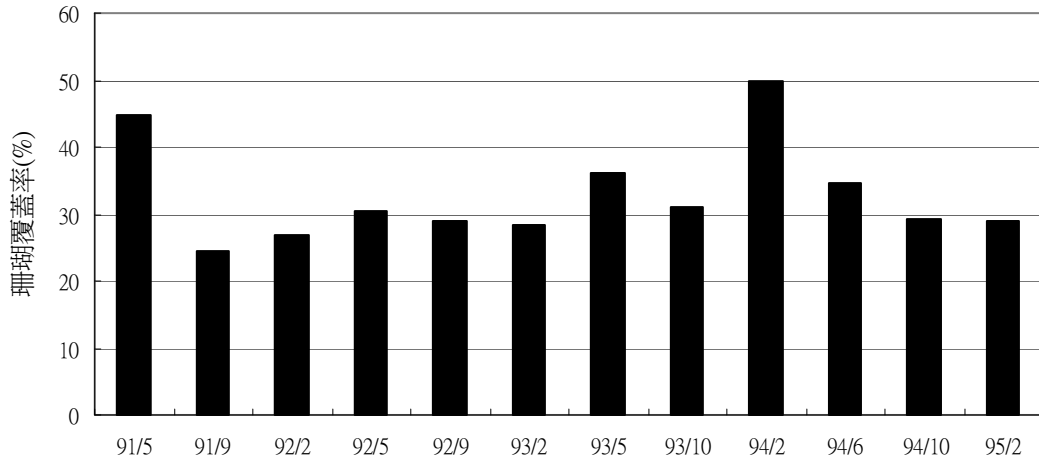
圖六. 萬里桐潮間帶珊瑚覆蓋率變化



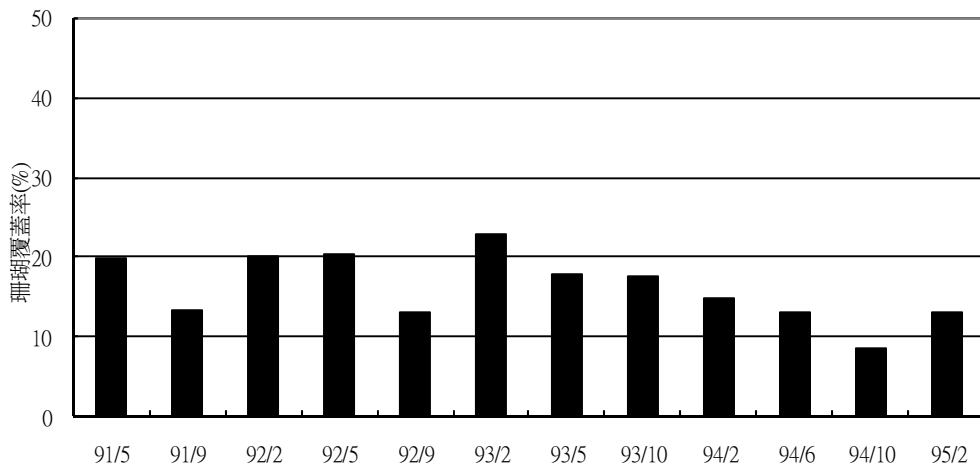
圖七. 出水口右潮間帶珊瑚覆蓋率變化



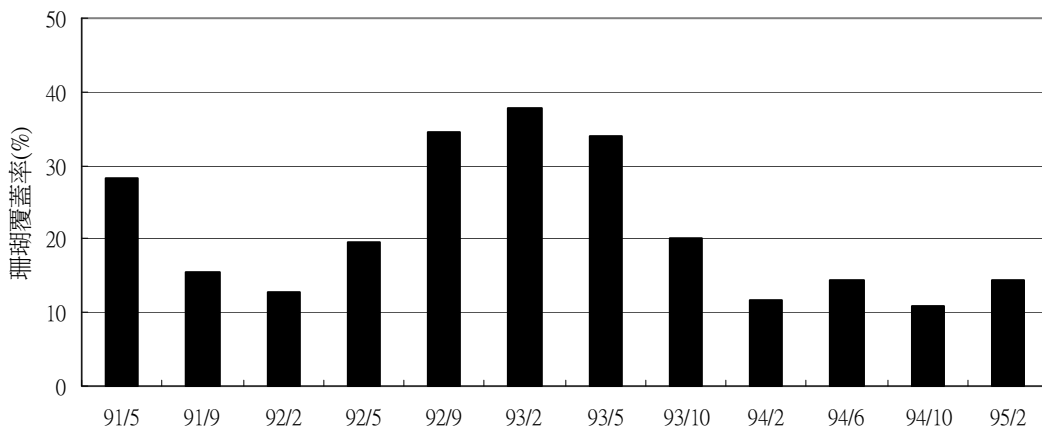
圖八. 出水口左潮間帶珊瑚覆蓋率變化



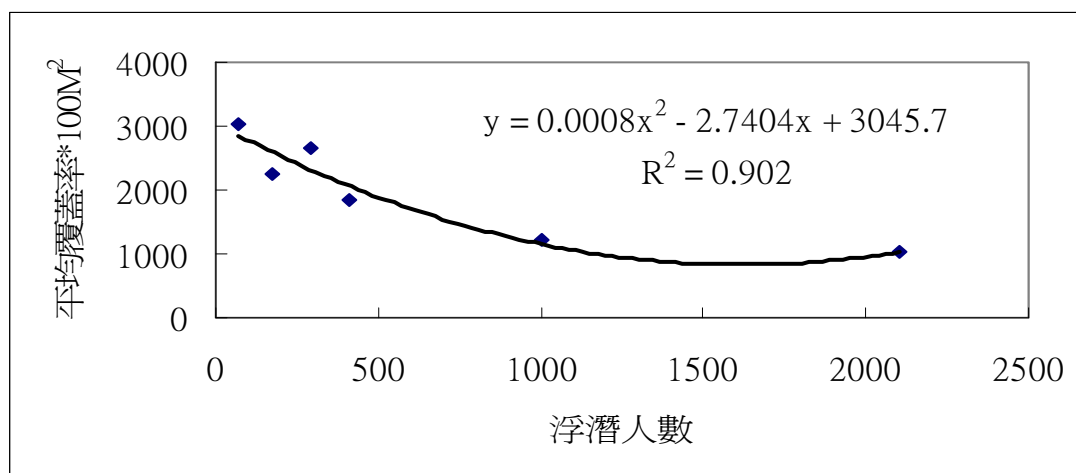
圖九. 跳石潮間帶珊瑚覆蓋率變化



圖十. 船帆石潮間帶珊瑚覆蓋率變化



圖十一. 香蕉灣潮間帶珊瑚覆蓋率變化



圖十二. 2002 至 2006 墾丁地區每月平均浮潛人數統計結果與珊瑚覆蓋率變化之相關性

漁業活動：

一支釣魚獲資料從 2005 年 10 月至 2006 年 9 月之間，3 個標本戶漁民合計一支釣釣獲 14569kg、7789 尾魚類(少於去年的 15659.7kg，更低於前年之 25934.5kg)；其中重量 60.9% 及尾數 83.0% 由墾丁國家公園內捕獲 (8873kg、6467 尾)。墾丁國家公園內捕獲比例明顯變小(去年 79.7%)，且捕獲量明顯減少(去年 12482.3kg，前年之 11369.6kg)。本年主要在萬里桐作業，後灣外 12 海湮及貓鼻頭，也是重要漁場(圖十三)。鯊魚是最主要漁獲種，後灣外海 12 海湮是主要漁場；棘鱸為大洋表層性魚種，其相近種鱸(俗名土托)則是河口灣內魚種，此二種，均在國家公園內捕獲(圖十四)。

東部海域一支釣漁獲 2006 年 3 問卷戶漁民共計捕到，12197kg、20119 尾漁獲；刺網捕獲 1321.1kg3126 尾魚；且都在國家公園內東部海域捕獲。飛鳥為流刺網捕捉之主要對象，計捕獲 2550kg8528 尾(923kg 為釣獲)；一支釣漁獲之雨傘旗魚 2081kg 與鬼頭刀有 1335.3kg 最多(少數為刺網捕獲)。國家公園內東部海域，風吹沙外、佳樂水外及出風鼻，為主要漁場。

漁業活動-珊瑚礁螺貝類：

從 2004 年 1 月至 2006 年 9 月調查墾丁國家公園內海產店調查販售軟體動物之種類資料中，共記錄到 33 種，而當地捕獲之軟體動物主要以蠚螺為主，平均佔全部漁獲的 85% (表一)。當地捕獲之軟體動物每月平均量為 5.4-123.8kg。

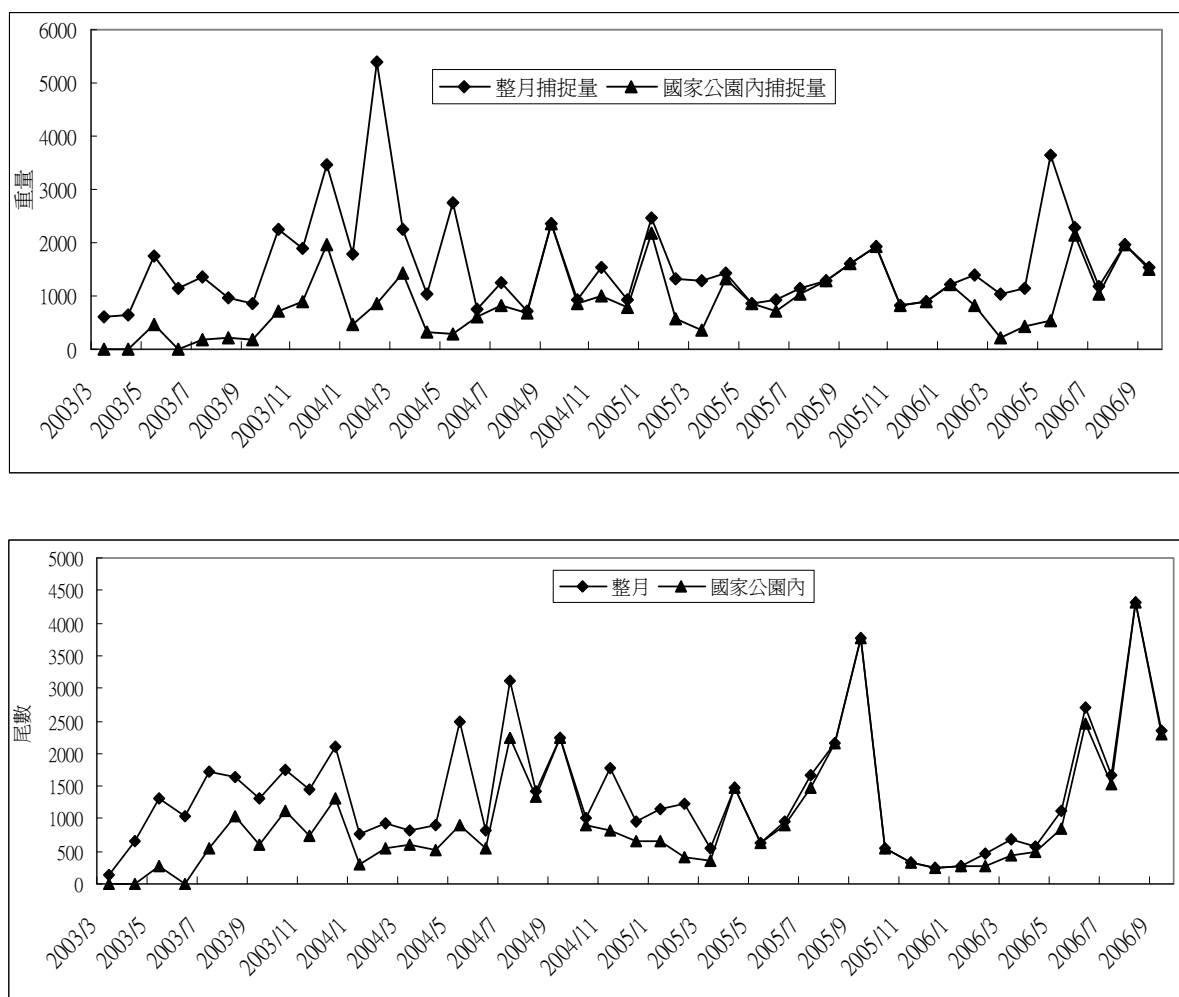
在 43 家拜訪的海產店中，有 30 家販售蠚螺，其中蠚螺約佔當地捕獲軟體動物全部漁獲量之 80% 以上。平均每家每月販售量為 5.4-78.8kg (圖十五)。

嘗試利用以下列方式估算恆春半島地區平均每個月蝾螺被食用的總量：

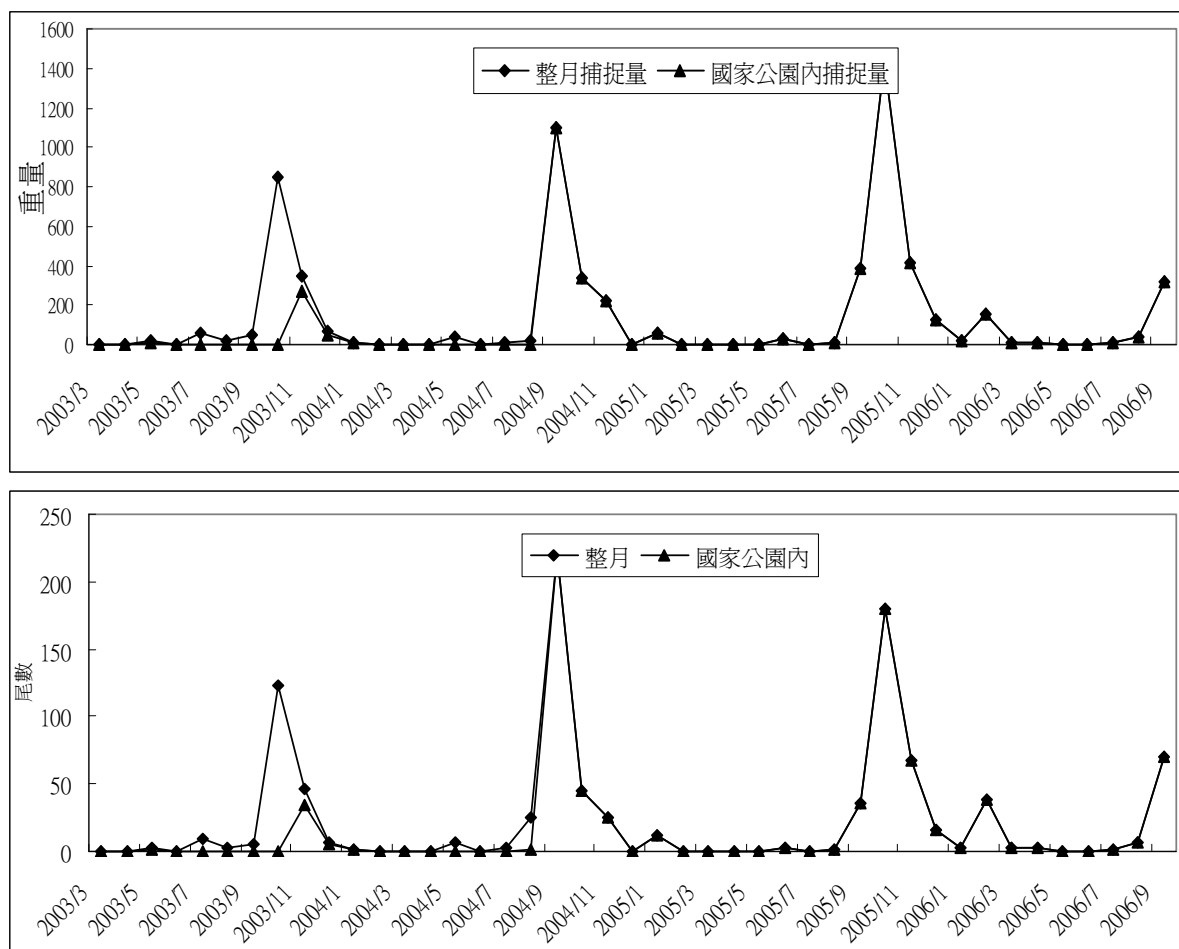
每月蝾螺被食用的總量 = 販售蝾螺海產店之數量 × 平均每家每月販售量。從上述

資料估算恆春半島地區每個月至少吃掉了 162-2364kg 的蝾螺。

在資料統計中，當地珊瑚礁漁業活動似乎已對部分珊瑚礁螺貝類數量造成一定程度的影響。在紅柴坑捕獲之金口蝾螺殼長範圍約在 30-70 mm，平均殼長為 50-54 mm 間，目前也並未發現捕獲蝾螺大小有隨時間變小之趨勢，但其單位時間漁獲努力量約為 0.5-6 Kg/Hr 有隨時間變少之趨勢(圖十六)。此外，因目前在墾丁國家公園內食用的螺貝類主要以蝾螺和鐘螺這類藻食性貝類為主，當這類生物大量減少對近岸珊瑚礁生態系影響的程度也該陸續評估。



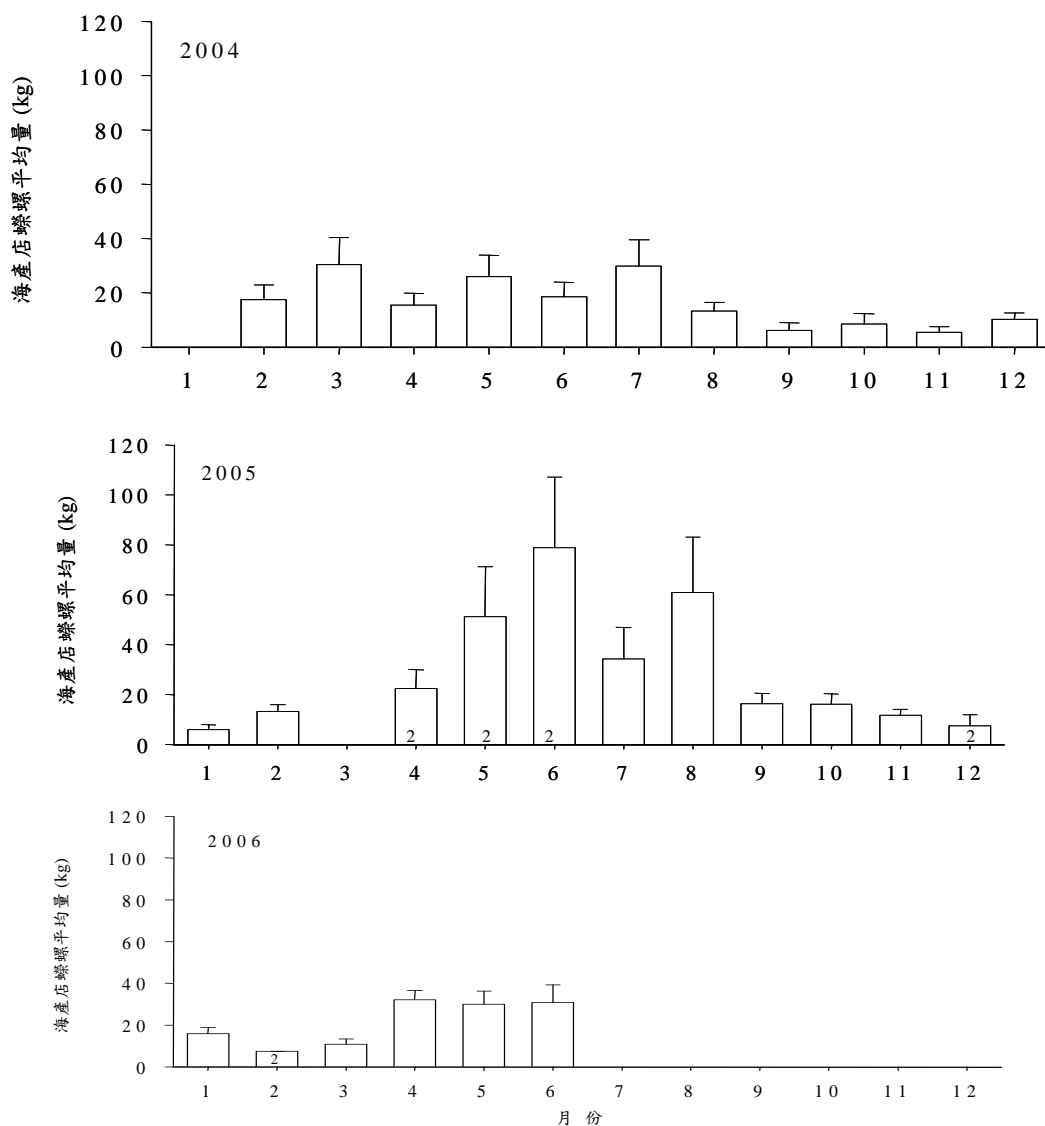
圖十三. 2003年3月~2006年9月以一支釣捕獲的魚類總值與國家公園海域內捕獲總值的比較圖



圖十四. 2003年3月~2006年9月以一支釣捕獲棘鰩總值與國家公園海域內捕獲總值的比較圖

表一. 2006年墾丁國家公園內抽樣調查海產店販售珊瑚礁區軟體動物之重量

當地魚獲種類	重 量 (kg)					
	一月	二月	三月	四月	五月	六月
九孔	0.0	8.0	0.0	4.3	0.3	0.0
夜光蝾螺	0.0	4.8	16.1	7.2	5.4	6.0
其它蝾螺	48.0	10.0	16.4	89.1	84.5	86.4
頭足類	94.0	119.2	93.0	30.6	71.0	105.0
合計	142.0	162.0	125.5	131.2	161.2	197.4
平均	47.3	81.0	41.8	43.73	53.73	65.8
標準差	25.2	61.0	37.9	8.40	20.26	39.05
調查店數	3	2	3	3	3	3



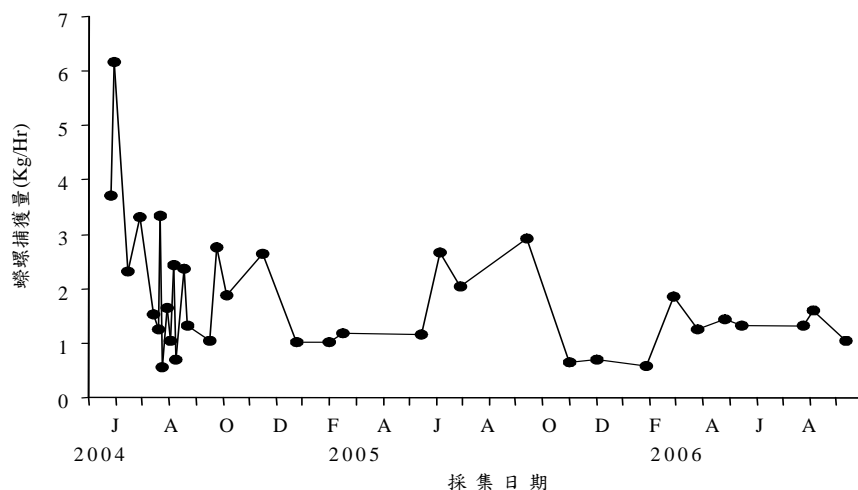
圖十五. 2004年2月至2006年3月每月海產店販售蝾螺平均數量與標準差

(2004年2月至2005年2月調查海產店數量為5家。2004年4月至2006年6月調查海產店數量除另有標示外，其餘皆為3家。2005年3月和2006年7月以後皆未取得任何資料)

棲地破壞—水中懸浮固體：

由墾丁國家公園海域2001年7月至2006年9月各次採樣調查平均濁度資料及月平均雨量趨勢(圖十七)，顯示墾丁國家公園海域之濁度明顯受到大雨之影響。再由墾丁國家公園海域調查各測站2001年7月至2005年9月各年度採樣月平均濁度資料(圖十八)顯示，石牛溪濁度受雨量之影響主要在8月份。除此之外保力溪及港口溪兩站在乾季雨量少時，海水濁度仍維持相當之高值，而以港口溪尤甚。檢視過去5年港口溪的資料發現都有類似的情形，亦即港口溪有其相當的輸送量，或者是該區域長年沈積物的持續擾動。另墾丁國家公園區域內除了主要溪流流域(港口溪)的水土保持外，也須注意許多無名野溪及山坡地等地表逕流區，尤其是風吹沙北端附。而保力溪四重溪流流域及出海口雖大部分區域位在墾丁國家公園外，但其每逢大雨及攜帶大

量沖積物入海，因受沿岸流往南之影響，其沖積物所影響的範圍皆在國家公園範圍內。若能減少大雨過後保力溪所攜帶的沈積物，將可減緩沈積物對附近海域的衝擊。



圖十六. 紅柴坑地區漁民捕捉金口蝾螺單位時間漁獲努力量隨時間之變化圖

在沈積物的粒度分析、篩選係數方面，除下水堀及香蕉灣測站數值變化較大外，其他測站雖有變動，但皆屬穩定之狀態（圖十九、二十、二十一）。香蕉灣之變動除粉泥黏土含量較穩定外，粒徑與擾動係數於 2005 年乾季不同於其他時期。而下水堀是各測站中較明顯的屬沈降環境，但這兩年有時擾動會增加，粒徑增加，粉泥黏土含量也在下降，與過去的跳石測站一樣有逐漸改善的趨勢（表二）。跳石測站從先前為中度擾動的環境，2004 年度乾季時轉為一個沈積的環境，擾動度低 (Poorly sorted)，但至雨季時又轉為中度擾動的水域，粉泥黏土含量也下降。而至 2005 年乾季擾動度更高 (Moderately well sorted)，粉泥黏土含量也低。2006 年這個趨勢更明顯（表三、圖十九、二十、二十一）。

表二. 墾丁國家公園海域調查不同季節各測站之粒度分析、篩選係數(續下頁)

樣品		粒度分析			篩選度		
Year	Season Area	Md(mm)	level	% silt/clay	Sorting	level	
2002	Dry	下水堀	0.200	Fine sand	26.420	2.273	Very poorly sorted
		萬里桐	0.363	Medium sand	0.160	0.638	Moderately well sorted
		出水口	0.460	Medium sand	0.234	0.905	Moderately well sorted
		入水口	0.397	Medium sand	0.530	0.940	Moderately well sorted
		跳石	0.123	Fine sand	24.445	1.291	Poorly sorted
2002	Wet	下水堀	0.223	Fine sand	30.273	2.544	Very poorly sorted
		萬里桐	0.396	Medium sand	0.067	0.647	Moderately well sorted
		出水口	0.583	Coarse sand	0.535	0.907	Moderately sorted
		後壁湖	0.372	Medium sand	2.118	0.909	Moderately sorted
		入水口	0.218	Fine sand	6.568	1.152	Poorly sorted
		跳石	0.195	Fine sand	5.328	0.749	Moderately well sorted
		香蕉灣	0.577	Coarse sand	0.228	1.406	Poorly sorted
龍院	1.273	Very coarse sand	0.295	0.994	Moderately sorted		

2003	Dry	下水堀	0.134	Fine sand	43.810	2.610	Very poorly sorted
		萬里桐	0.315	Medium sand	0.140	0.900	Moderately sorted
		出水口	0.453	Medium sand	0.200	0.850	Moderately sorted
		後壁湖	0.421	Medium sand	2.100	1.149	Poorly sorted
		入水口	0.354	Medium sand	1.030	0.990	Moderately sorted
		跳石	0.164	Fine sand	5.390	0.940	Moderately sorted
		香蕉灣	0.425	Medium sand	0.790	0.840	Moderately sorted
	Wet	下水堀	0.136	Fine sand	35.368	2.273	Very poorly sorted
		萬里桐	0.473	Medium sand	0.197	0.603	Moderately well sorted
		出水口	0.330	Medium sand	0.189	0.678	Moderately well sorted
		後壁湖	0.352	Medium sand	1.143	0.799	Moderately sorted
		入水口	0.283	Medium sand	1.178	1.000	Moderately sorted
		跳石	0.315	Medium sand	0.300	0.714	Moderately sorted
		香蕉灣	0.749	Coarse sand	0.193	0.419	Moderately well sorted
2004	Dry	下水堀	0.029	silt	70.65	2.209	Very poorly sorted
		萬里桐	0.407	Medium sand	1.479	0.934	Moderately sorted
		出水口	0.420	Medium sand	0.451	0.755	Moderately sorted
		入水口	0.338	Medium sand	0.369	0.938	Moderately sorted
		跳石	0.288	Medium sand	4.578	1.028	Poorly sorted
		香蕉灣	0.511	Coarse sand	0.370	0.646	Moderately well sorted
		Wet	下水堀	0.890	Coarse sand	3.850	1.420
萬里桐	0.420		Medium sand	0.140	0.700	Moderately well sorted	
出水口	0.600		Coarse sand	0.370	0.920	Moderately sorted	
後壁湖	0.880		Coarse sand	0.550	1.070	Poorly sorted	
入水口	0.300		Medium sand	0.820	0.680	Moderately well sorted	
跳石	0.420		Medium sand	0.330	0.850	Moderately sorted	
香蕉灣	0.510		Coarse sand	0.220	0.870	Moderately sorted	

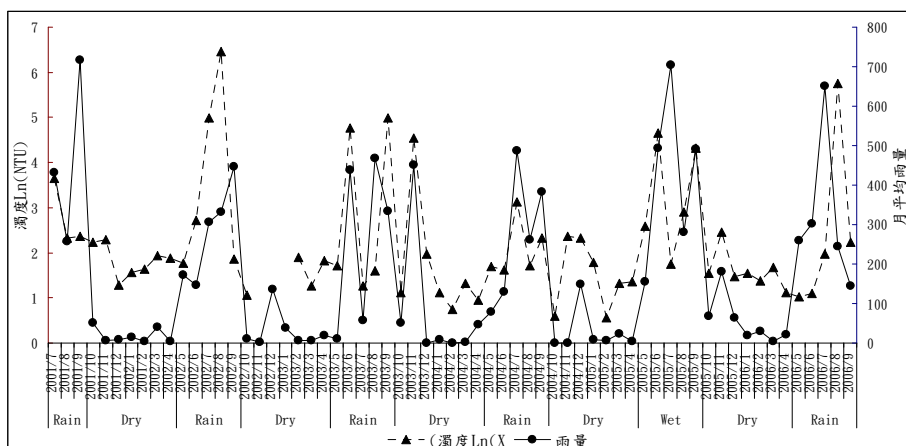
表二(續). 墾丁國家公園海域調查不同季節各測站之粒度分析、篩選係數(續下頁)

樣品		粒度分析			篩選度		
Year	Season	Area	Md(mm)	level	% silt/clay	Sorting	level
2005	Dry	後灣	0.277	Medium sand	13.201	1.017	Poorly sorted
		萬里桐	0.520	Coarse sand	0.02	0.713	Moderately sorted
		出水口	1.997	Very coarse sand	0.065	1.123	Poorly sorted
		後壁湖	0.909	Coarse sand	0.081	0.833	Moderately sorted
		入水口	0.776	Coarse sand	0.053	0.721	Moderately sorted
		跳石	0.513	Coarse sand	0.605	0.686	Moderately well sorted
		香蕉灣	5.071	Pebble	0.448	1.877	Poorly sorted
Wet	後灣	0.089	Very fine sand	59.302	1.282	Poorly sorted	
	石牛溪	0.684	Coarse sand	13.786	2.078	Very poorly sorted	
	香蕉灣	0.476	Medium sand	1.747	0.870	Moderately sorted	

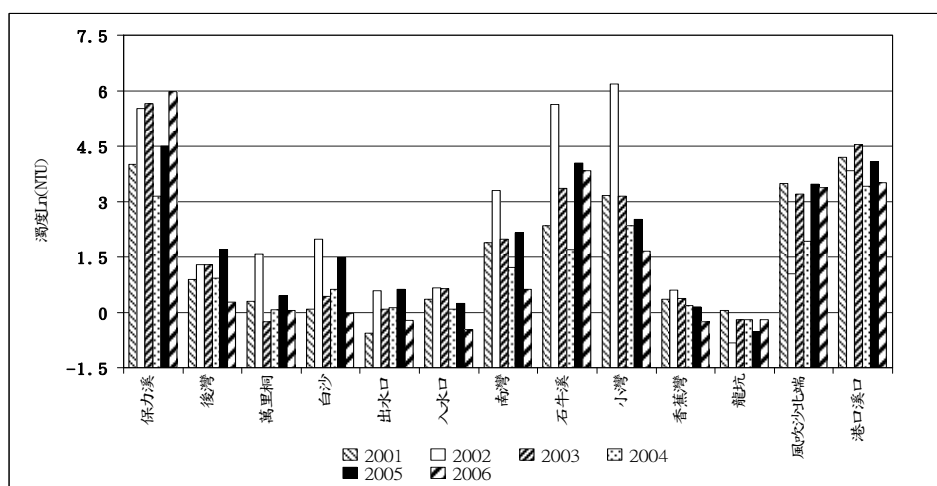
2006	Dry	下水堀	0.503	Coarse sand	5.65	1.701	Poorly sorted
		萬里桐	0.313	Medium sand	0	0.468	Well sorted
		出水口	0.803	Coarse sand	0.036	0.788	Moderately sorted
		入水口	0.201	Fine sand	1.336	0.534	Moderately well sorted
	Wet	跳石	0.513	Coarse sand	1.736	1.06	Poorly sorted
		香蕉灣	0.540	Coarse sand	0.469	0.649	Moderately well sorted
		下水堀	2.060	Granule	1.305	1.033	Poorly sorted
		萬里桐	0.348	Medium sand	0.054	0.537	Moderately well sorted
Wet	出水口	0.745	Coarse sand	0.33	1.008	Poorly sorted	
	入水口	0.400	Medium sand	6.35	1.153	Poorly sorted	
	跳石	0.243	Fine sand	0.346	0.439	Well sorted	
	香蕉灣	1.253	Very coarse sand	0.076	0.855	Moderately sorted	

表三. 墾丁國家公園海域跳石測站 2000 年 2 月至 2006 年 9 月之 粒度分析及篩選係數表

樣品		粒度分析			篩選度
Date	Md(mm)	level	% silt/clay	Sorting coefficient	level
2000/Feb.	0.185	Fine sand	1.549	0.665	Moderately well sorted
2000/Mar.	0.185	Fine sand	2.845	0.704	Moderately well sorted
2000/Sep.	0.127	Fine sand	12.324	1.001	Very well sorted
2000/Oct.	0.124	Very fine sand	4.186	0.872	Moderately well sorted
2000/Dec.	0.126	Fine sand	11.684	0.955	Moderately well sorted
2001/Apr.	0.242	Fine sand	3.576	1.056	Poorly sorted
2001/June	0.419	Medium sand	0.668	0.809	Moderately well sorted
2001/Oct.	0.028	Silt	80.641	1.720	Poorly sorted
2002/Jan.	0.030	Silt	34.520	1.046	Poorly sorted
2002/Feb.	0.217	Fine sand	14.370	1.537	Poorly sorted
2002/June	0.157	Fine sand	4.180	0.743	Moderately well sorted
2002/July	0.140	Fine sand	11.07	0.841	Moderately sorted
2002/Aug.	0.289	Medium sand	0.73	0.663	Moderately well sorted
2003/Feb.	0.164	Fine sand	5.38	9.640	Moderately sorted
2003/July	0.315	Medium sand	0.30	0.714	Moderately sorted
2004/Jan.	0.288	Medium sand	4.578	1.028	Poorly sorted
2004/Aug.	0.420	Medium sand	0.330	0.850	Moderately sorted
2005/May	0.513	Coarse sand	0.605	0.686	Moderately well sorted
2006/Apr.	0.513	Coarse sand	1.736	1.060	Poorly sorted
2006/Sep.	0.243	Medium sand	0.346	0.439	Well sorted



圖十七. 墾丁國家公園海域2001年7月至2006年9月各次採樣調查平均濁度資料及月平均雨量趨勢圖。

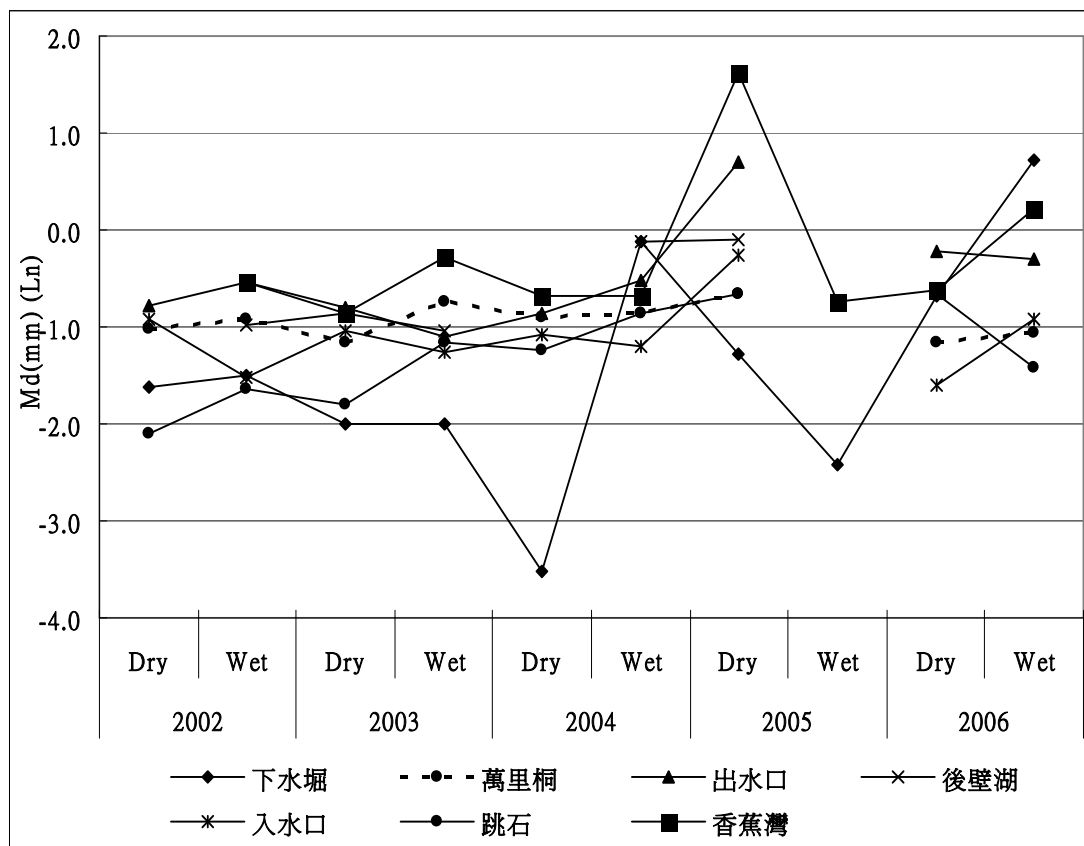


圖十八. 墾丁國家公園海域調查各測站 2001 年 7 月至 2006 年 9 月各年度採樣月平均濁度資料圖

四、 結論與建議

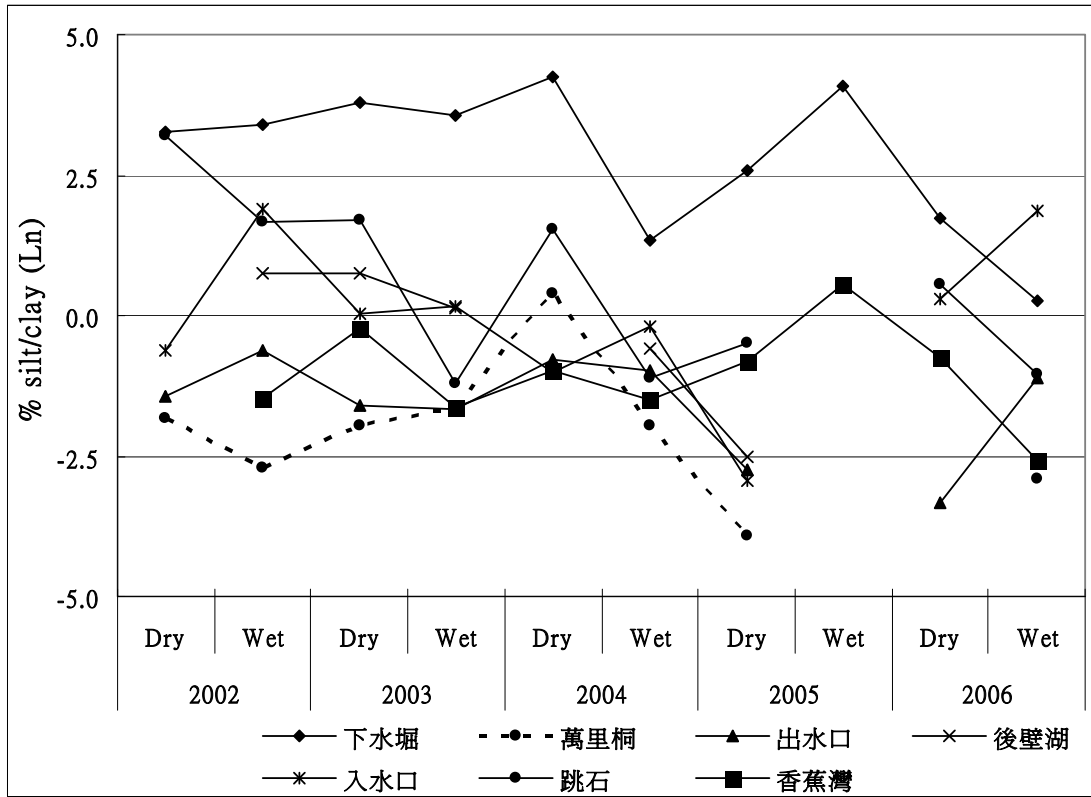
從 2001 年 5 月~2006 年 9 月，由過去資料統計可看出影響墾丁海域珊瑚礁生態，是由陸域人為活動所造成直接與間接的破壞。人為活動包括漁業活動、棲地破壞（沈積物）、廢水排放及遊憩活動...等，而這些人為活動彼此又相互影響，所以使墾丁海域珊瑚礁生態帶來更大的衝擊。

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：

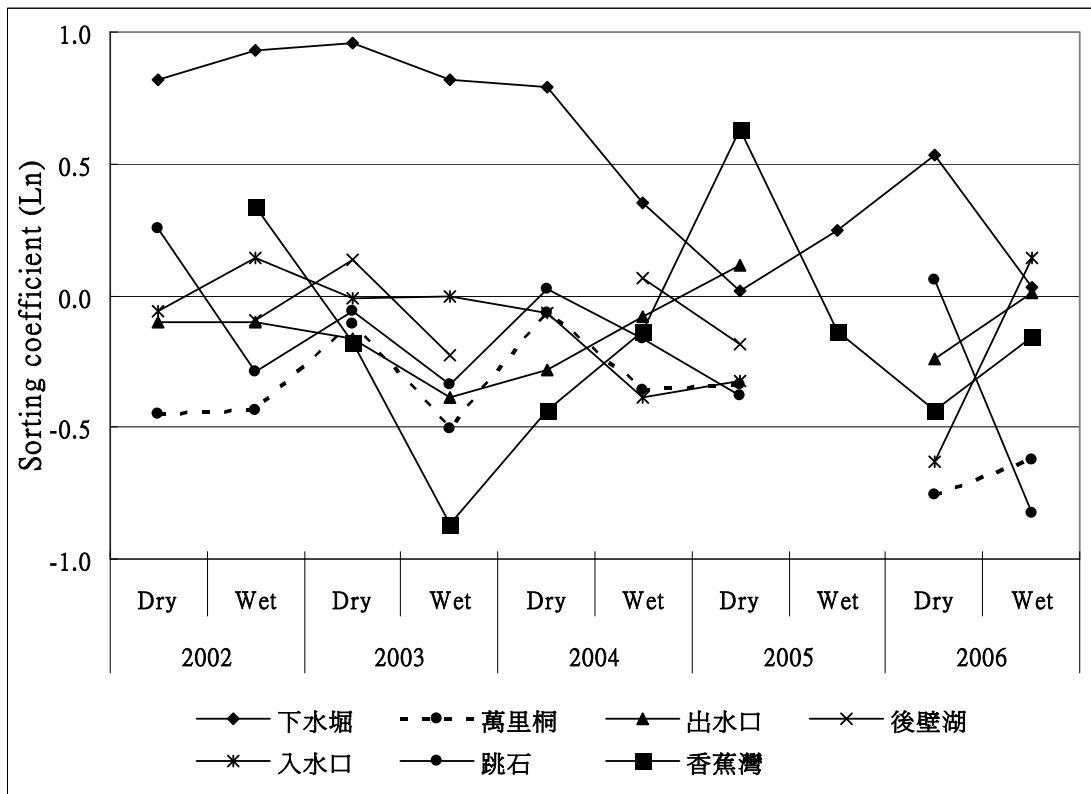


圖十九. 2002 至 2006 年乾季雨季之粒徑變化圖

- 1、加強珊瑚礁保育之教育宣導，建立遊客正確之保育觀念，輔導不採捕、不破壞珊瑚礁生物，特別是勸導遊客少吃珊瑚礁魚類、螺貝類，利用社區經營管理認養，監督取締或勸導一些不好的活動，當地資源由當地人來管理，設定管理辦法，找專家跟當地居民結合，教育當地業者，由自己來保護當地的資源。
- 2、設法能管制海岸土地或山坡地之開發利用，特別要加強在水土保持部分的規範與管理，並力求落實執行取締與管理工作。
- 3、落實執行取締非法污水排放與管理工作。
- 4、訂定遊憩活動管理辦法，並規劃完善之沿岸遊憩設施及範圍，減少人為活動的破壞。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。



圖二十. 2002 至 2006 年乾季雨季之粉泥黏土含量變化圖



圖二十一. 2002 至 2006 年乾季雨季之篩選係數變化圖

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。
- 沈世傑主編，(1993)。台灣魚類誌。國立台灣大學動物系。
- 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。
- 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。
- Bastidas C., D. Bone and E.M.Garcia (1999) Sedimentation Rates and Metal Content of Sediments in a Venezuelan Coral Reef. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.38, No.1 pp.16-24
- Hodgson G. (1990) Tetracycline reduces sedimentation damage to corals. *Marine Biology* 104:493-496
- Meng P.J., J.T. Wang, C.C. Chen, H.J. Lin, D.W.J. Hsieh and H.J. Lee (2006) A long-term survey on anthropogenic impacts to the water quality of coral reefs, southern Taiwan. Asia-Pacific Coral Reef Symposium, 18-24 June 2006, Hong-Kong.
- 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.

- Riegl B., C. Heine and G. M. Branch (1996) Function of funnel-shaped coral growth in a high-sedimentation environment. *Marine Ecology Progress Series*, Vol.145:87-93
- 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
- Thomas S. (2003) An underwater sediment accumulation sensor and its application to sediment transport processes at Lihir Island Papua New Guinea. Ph.D. Thesis, James Cook University, Townsville, Australia.
- Thomas S., P. Ridd (2005) Field assessment of innovative sensor for monitoring of sediment accumulation at inshore coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 51:470-480
- Thomas S., P. Ridd, G. Day (2003) Turbidity regimes over fringing coral reefs near a mining site at Lihir Island Papua New Guinea. *Marine Pollution Bulletin* 46(8):1006-1014
- 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 and studies of human activities 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 impacts of human activities to marine ecology. Monitoring programs include sewage discharges, habitat destruction (sedimentation), overfishing, and inappropriate recreational activities. 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 marine ecosystem. The consumption of coral reef fishes or shellfish and spear fishing seemed getting worse because the species sold at local fish markets or seafood restaurants were more diversified and the body size was getting smaller. The purpose of this project is to find solutions for the impacts of human activities mentioned above on marine environments and to provide information for the authorities.

KEYWORDS : anthropogenic factor, typhoon, Kenting, coral reef system

-
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