

建立海洋資源保育指標評估系統及規 劃具體海洋保育政策

期末報告

內政部營建署墾丁國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 96 年 11 月

建立海洋資源保育指標評估系統 及規劃具體海洋保育政策

期末報告

受委託者：國立台灣大學

計畫主持人：戴昌鳳 教授

研究助理：洪聖雯、何旻杰、呂在明

內政部營建署墾丁國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 96 年 11 月

目次

中文摘要	1
英文摘要	3
一、計畫緣起與背景	5
二、研究方法	7
三、研究結果.....	9
(一)墾丁國家公園海洋資源現況.....	9
(二)墾丁國家公園海洋資源面臨的問題.....	12
(三)海洋資源保育指標評估系統.....	15
(四)墾丁海洋資源狀態調查評估.....	19
(五)海洋保育政策規劃.....	21
四、建議事項	32
參考文獻.....	34
表.....	40
圖.....	52
附錄.....	72

摘要

本計畫的目標在於建立海洋資源保育指標評估系統及規劃具體的海洋保育政策，以維護墾丁海域自然資源之永續利用。首先，我們整理歷年來墾丁海域的資源調查及監測報告，以瞭解墾丁海域資源現況及其面臨的問題。結果顯示，近年來由於墾丁旅遊服務業增長、土地開發及工程建設增加，導致海域污染增加，使墾丁海域的珊瑚礁生態系面臨嚴苛的環境壓力。這些環境壓力主要都是人為活動帶來的衝擊或干擾，包括泥沙沉積物污染、有機廢水污染、不當漁業活動與過漁、垃圾污染、海域遊憩活動之破壞等。這些人為活動已導致海洋生態衰退及生物多樣性降低。

其次，我們蒐集國際間有關海洋資源保育指標評估系統，提出適合於評估墾丁海域資源現況和變動趨勢的狀態指標(生物指標)及績效指標。狀態指標選用國際珊瑚礁總體檢的調查法配合珊瑚群聚功能群(r-K-S)分析，並對墾丁海域的後灣、萬里桐、紅柴、合界、核三廠出水口、後壁湖海洋資源保護示範區(餵魚區及瀉湖區)、跳石、香蕉灣及砂島等10個地點進行水下調查，以瞭解各地點珊瑚群聚的健康狀態。與國際間的健康珊瑚礁生態系比較，僅一地點的珊瑚覆蓋率接近50%，屬於健康狀態，其次有五地點的珊瑚礁屬於受壓迫狀態(珊瑚覆蓋率為30~50%)，另有四地點的珊瑚礁區顯現衰退的狀態(珊瑚覆蓋率<30%)；就指標魚類和無脊椎動物的密度而言，則所有調查地點皆屬於資源不足狀態，顯示污染、人為干擾和過魚的影響嚴重。調查時也發現，七至十月之間墾丁珊瑚礁海域普遍出現珊瑚白化的現象，這些地點的珊瑚白化與海水溫度過高有關，顯示全球氣候變遷對墾丁珊瑚礁的衝擊也是值得注意的問題。

針對海洋保育政策或計畫執行績效的評估，參考國際間的指標，我們建議採用「威脅減輕評估指標」(Threat Reduction Assessment, 簡稱TRA)，做為國家公園管理處用於評鑑海洋保育政策或計畫執行績效的指標。本指標具有簡單、易操作及實用的特性，有助於將不同類型的政策及執行計畫標準化，以利綜合評量。

最後，我們根據墾丁地區的自然資源現況與社會環境特徵，參考國際間各珊瑚礁國家公園的海洋保育策略，規劃具體的海洋保育策略，供國家公園管理處施政參考。長期保育策略是以「永續發展」為願景，也就是達到維持健康的環境、資源永續利用及價值延續等；具體做法則以設立海洋保護區、提昇污染防治、強化執法能力、加強海洋環境教育及海域遊憩活動管理。根據此願景，本報告提出

各面向的長程（25年）目標、中程（5年）目標及近程（每年）具體工作計畫。未來海洋資源保育計畫的擬訂及施行，建議經由邀請地方民眾及權益所有人共同參與的方式，修訂施行計畫，爭取民眾支持，以利計畫之推行。此外，為了因應氣候變遷對墾丁海洋生態的衝擊，我們建議設立墾丁海域珊瑚礁早期預警系統，與國際同步進行珊瑚礁保育；並且研擬珊瑚白化的因應對策和海域管理辦法，以便在珊瑚礁遭受白化危機之前採取適當措施，減輕衝擊，以確保墾丁海洋生態資源的永續。

Abstract

The objectives of this project are to establish an assessment system for evaluating the conservation of marine resources, and to propose relevant solutions and explicit marine conservation policies, for sustainable development of marine resources in Kenting National Park.

Firstly, previous investigation and monitoring reports were reviewed in order to understand the present condition and the pressure faced by Kenting's marine environment. Results indicate that the expansion of tourism, land exploitation and coastal constructions have induced severe marine pollution and environmental stresses on Kenting's marine environment. The decline in marine resources and biodiversity is mainly due to anthropogenic stresses including sedimentation, sewage pollution, destructive fishing and over-fishing, garbage disposal, and unrestricted marine recreational activities.

Secondly, we reviewed the assessment systems or indices of marine resources conservation worldwide and chose the Reef Check protocol and the r-K-s diagram as the most appropriate assessment indicators for evaluating the status of Kenting's marine resources. Then, we applied these indicators at 10 sites in Kenting National Park to reveal the status of the coral reef communities. Compared with healthy reefs worldwide, only one site could be categorized as healthy reef (coral cover >50%), 50% of the sites were under stress (coral cover 30~50%), and 40 % of the sites were under degradation (coral cover <30%). Severe coral bleaching due to thermal anomalies was also observed at some sites during our surveys conducted between July and October, 2007, suggesting that we must be cautious of the impacts of global warming.

To evaluate the outcome of the marine conservation policies and projects, we proposed TRA, the Threat Reduction Assessment, as the major evaluation protocol because it is a simple, standardized, and cost-effective method, which can be applied to projects of different ecological and socioeconomic contexts.

Finally, we designed explicit marine conservation guidelines based on the current ecological and socioeconomic condition of Kenting's natural marine resources.

The vision of conservation strategy is “sustainable development of marine resources”, which is to maintain a healthy marine environment and sustainable use of resources. The practical approaches include setting up more effective marine protected areas, enforcement of law and regulation of marine activities, pollution control, promotion of marine environmental education. According to this vision, the long-term (25 years), mid-term (5 years), and short-term (annual) conservation strategies are listed in detail. We advocate that park managers, local communities and stakeholders should collaborate on the revision and execution of the conservation plans, thus facilitating the operations of plans towards resource sustainability in the future. In addition, we proposed to establish an on-site coral reef early warning systems (CREWS) for monitoring the risk of coral bleaching in Kenting reefs and to conduct marine conservation simultaneously with other nations. It is also necessary to establish adaptive strategies for reducing the impacts of coral bleaching and increasing the resilience of reefs ecosystems in Kenting.

一、計畫緣起與背景

珊瑚礁生態系的高生物多樣性與生產力，使其擁有豐富的自然資源；同時，以珊瑚礁為主體所建構出的優美海底景色，更是重要的遊憩資源。全球有超過一百個國家的海岸線具有珊瑚礁分布，在這些國家中，依賴珊瑚礁資源維生的人口至少有數千萬以上，經濟產值則在數億美元以上(Moberg & Folke 1999)。台灣的珊瑚礁海域不僅是維繫近海漁業資源的關鍵棲地，也是重要的遊憩據點，大多已被規劃設立為國家公園或國家風景區。

墾丁國家公園是我國最早設立、並且包含海域的國家公園，自民國 72 年墾丁國家公園管理處成立迄今，墾丁海域以其豐富的珊瑚礁生態資源著稱，每年吸引數百萬遊客來此進行遊憩活動，為我國重要旅遊據點之一。然而，為了因應遊客增加，沿岸土地開發及所帶來的污染物質也大幅增加，當這些污染物質被排放到海域之中，不但影響珊瑚礁及其他海洋生物的健康，也可能導致珊瑚死亡，對於海洋資源的危害甚大；此外，海上突發污染事件，如民國 90 年的阿瑪斯號貨輪觸礁事件，釋出大量油污和鐵礦砂，更對墾丁海洋生態資源造成重大傷害。這些環境衝擊，已引起墾丁海洋生態的變遷 (戴等, 1998, 1999; Dai et al. 2002; Chen and Dai, 2004; Kimura et al. 2004; Tkachenko et al. 2007)。為了促進墾丁海洋生態資源的保育和永續利用，亟需針對墾丁海域的破壞因子及污染源，建立因應及防治對策，並研擬海洋資源保育指標評估系統及規劃具體海洋保育政策，以維護墾丁海域自然資源之永續利用。

關於墾丁海域的破壞因子及污染源，根據歷年來在墾丁海域的監測調查報告(張及戴, 1987; 鄒, 1988, 1989, 1990, 1991; 郭, 1992, 1993; 戴等, 1998, 1999; 方等, 2003, 2004, 2005, 2006; 孟等, 2007)，本海域生態系遭受的污染衝擊，主要有：沉積物污染、有機廢水污染、海域遊憩活動破壞、非法漁業破壞、核三廠溫排水污染，以及偶發性油污染等。為了維護墾丁海域自然資源之永續，有必要針對這些污染源或破壞因子的空間分布和可能影響，研擬因應對策，以減輕這些污染和破壞因子的衝擊。

關於海洋資源保育指標評估系統，近年來被提出以評估珊瑚礁健康狀態的指標有數個，包括：(1)珊瑚礁總體檢(Reef Check) (Hodgson, 1999)；(2)活珊瑚與死珊瑚比例，或死亡率指數(mortality index) (Gomez et al. 1994)；(3)珊瑚體型頻度分布 (Meester et al. 2001; Smith et al. 2005)；(4)活珊瑚覆蓋率及歧異度指數 (如：

Loya, 1972; DeVantier et al. 1998) ; (5)珊瑚功能群評估指標(Edinger and Risk, 2000); (6)珊瑚礁衰退指數 (DI, deterioration index) (Ben-Tzvi et al. 2004)。由於珊瑚礁狀態往往因地而異，因此必須選擇適用的評估指標，並經過實地檢驗，以確立其適用性。

關於珊瑚礁國家公園的經營管理策略，自二十世紀末期以來，設立海洋保護區已成為國際間海洋資源保育的主流思維 (Kenchington, 1990; Salm et al. 2000; National Research Council, 2001; Christie et al. 2003; Sobel and Dahlgren, 2004; 戴, 2006)，隨著成功案例不斷增加，更促成它在全球海洋資源保育的關鍵地位。然而，全球也有許多海洋保護區在設立之後，因沒有妥善的規劃和管理，而無法發揮資源保育的功能(Mora et al. 2006)，例如：漁業活動、遊客活動及土地開發利用等未加管制或管制不當，都會對保護區帶來重大衝擊。因此，保護區之設置必須配合適當的管理措施，例如長期生態監測、調適性的管制措施與有效的危機處理模式，來達到永續經營的目標 (Hodgson, 1999; Kelleher, 1999; Pelletier et al. 2005)。其次，對於國家公園的長期經營和未來發展，有必要建立長期經營策略或計畫，以指引和推動相關的海洋資源保育措施，國際間的著名珊瑚礁海洋資源管理案例中，不論是澳洲大堡礁 (GBRMPA, 1994)或美國的珊瑚礁(NOAA, 2002)都有其長期經營管理策略或計畫；透過此計畫和評估系統，管理者可適時瞭解、掌握保護區內的自然資源狀態，以採取適當的管理措施，達到資源保育和永續利用的目標。

本計畫的目標在於針對墾丁國家公園海洋資源的變動趨勢和現況進行分析，瞭解在資源永續利用的前提之下，墾丁海洋資源管理面臨的問題，提出因應對策；其次，廣泛蒐集國際間有關海洋資源保育指標評估系統及海洋保育政策的文獻進行評析，在考量墾丁國家公園的自然與社會環境特徵的前提之下，建立適合的海洋資源保育指標評估系統，並且規劃具體的海洋保育政策，以維護墾丁海域自然資源之永續利用。

二、研究方法

1. 文獻蒐集與分析

廣泛蒐集歷年來墾丁海域的資源調查和監測報告，分析海域資源變動趨勢，瞭解墾丁海域資源現況，找尋適當的生態資源變動指標。其次，整理墾丁海域資源破壞因子，瞭解這些破壞因子和污染源的時空分布；並且針對這些因子的防治，整理相關的因應對策。

2. 建立指標評估系統

廣泛蒐集國際間有關珊瑚礁海域資源保育的指標評估系統，加以整理分析，同時考量墾丁海域資源現況和變動趨勢，研擬適當的資源保育指標評估系統。

3. 野外實地調查

(1) 調查地點

選擇墾丁的後灣、萬里桐、紅柴、合界、核三廠出水口、後壁湖海洋資源保護示範區(餵魚區及瀉湖區)、跳石、香蕉灣、砂島、龍坑、加樂水等 12 個地點進行水下調查。在每一地點分別進行二個深度(以水深 3 及 10 m 為原則)的調查；然而，由於受限於野外調查時的現況及各礁區的實際分布情形，各地點的調查深度可能有些調整。

(2) 調查方法

依據國際珊瑚礁總體檢的調查法(Hodgson 1999; 2000)，並參酌國內珊瑚礁狀況，在各調查地點的二個深度各設置一條 50 公尺長的橫截線，橫截線上以 25 cm 為一個觀測點，記錄底質類型(包括：石珊瑚、大型海藻、礫石、軟珊瑚、海綿、沙、死珊瑚、岩石、泥及其他等十項)之出現頻度。其中，死珊瑚係指近期死亡而外骨骼仍可辨認的珊瑚遺留，岩石(或空白基質)則包括沒有大型附著物的裸露珊瑚礁基質。在每一橫截線記錄 200 點底質資料，以各項底質出現的頻率，作為估計石珊瑚覆蓋率及各類底質所佔比例的依據。

除了珊瑚礁底質調查之外，同時進行指標魚類及無脊椎動物調查，當

作珊瑚礁健康狀況的指標。調查方法為在進行橫截線調查時，同時記錄各橫截線兩側各5 m帶狀範圍內珊瑚礁指標生物的數量，包括：(i)魚類(蝶魚、石鱸、笛鯛、老鼠斑、石斑魚、龍王鯛、隆頭鸚鵡魚)，(ii)無脊椎動物(櫻花蝦、魔鬼海膽、鉛筆海膽、食用海參、棘冠海星、砗磲貝、大法螺、龍蝦等)的數量，據以估計各地點各類指標生物的密度。

此外，為了瞭解各調查地點遭受的各類污染的情形，在進行橫截線調查時，同時記錄各橫截線兩側各5 m帶狀範圍內，各類污染(包括:沉積物污染、有機污染、垃圾、白化)或人為破壞(包括:錨定、炸魚、魚網、毒魚)出現的次數，當作各地點遭受污染及人為破壞的指標。

(3) 資料分析

除了依據國際珊瑚礁總體檢的調查法調查各地點底質組成之外，我們進一步紀錄各石珊瑚的外型類別，進行 r-K-S 分析(Edinger and Risk 2000)，以瞭解各地點珊瑚群聚的功能狀態。

4. 規劃具體海洋保育政策：廣泛蒐集國際間珊瑚礁國家公園的海洋保育策略，並且根據墾丁地區的自然資源現況與社會環境特徵，規劃具體的海洋保育策略，供國家公園管理處施政參考。

三、研究結果

(一) 墾丁國家公園海洋資源現況

墾丁國家公園的海域面積約占二分之一，共有 15,206 公頃。由於墾丁海域由於位處台灣本島的最南端，溫暖潔淨的海水，加上黑潮洋流的滋養，使得墾丁海域擁有台灣本島沿海發育最佳的珊瑚礁。而且，由於鄰近全球海洋生物多樣性最高的菲律賓-印尼海域，優越的地理位置和環境條件，使得墾丁海域擁有多樣性很高的海洋生物資源。

墾丁地區向來是國人的旅遊勝地，墾丁國家公園自1984年成立以來，遊客更是逐年增加，近年來每年都有數百萬遊客湧入墾丁地區，為了因應旅遊服務業的需求，沿岸土地被大量開發，污染來源增加，使得墾丁海域遭受的環境衝擊日益加劇(方等, 2006; 孟等, 2007;)，導致海洋生態資源衰退、生物多樣性降低的危機 (邵, 1996; 盧等, 1996; 鄭及游, 1996; 戴, 1996, 1998; 陳, 2004)。墾丁海洋資源的現況可由海洋生物多樣性，珊瑚群聚和珊瑚礁生物群聚功能等來探討。

1. 海洋生物多樣性

墾丁海域的海洋生物多樣性很高，但是由於國內研究人力不足，迄今只有少數類別的生物，如：魚類、珊瑚、貝類、甲殼動物十足類、藻類等，曾經有較多的調查和研究，而有比較完整的資料；其他類別的生物，則仍有許多尚未被研究。下列是已知的海洋生物多樣性概況：

(1) 魚類

根據歷年來的調查紀錄，墾丁海域的魚類，已確定命名者共有 131 科 1176 種(邵等, 1992; 邵及陳, 1996; 陳, 2004)，此外，尚有許多台灣新記錄及世界新種，還在被陸續整理發表。這些魚種約占台灣沿岸海域魚種總數的 90%，在這一千餘種的珊瑚礁魚類中，有將近一半的種類為罕見或稀有種，很容易因環境的變遷而消失，因此亟須保護。

(2) 珊瑚

墾丁海域的珊瑚研究，自 1937 年起，即陸續受到學者的重視，歷年來的研究共記錄有石珊瑚類 60 屬 225 種 (戴, 1996)、軟珊瑚類 14 屬 42 種(張等, 1988)、水螅珊瑚類 4 屬 10 種。許多種類的族群量極低，在歷年的調查中僅發現少數群

體；更有一些種類，於數年前被記錄之後，已不復見，可能已經從墾丁海域消失。

(3) 甲殼十足類

根據近年來的調查結果，墾丁海域共記錄甲殼十足類有 35 科 295 種（鄭及游, 1996; 鄭, 1997）。在種類組成方面，以扇蟹科 27 屬 49 種最多，其次為長臂蝦科 16 屬 38 種，槍蝦科 7 屬 32 種，梭子蟹科 5 屬 21 種，方蟹科 14 屬 16 種，沙蟹科 6 屬 16 種等。其中，有許多種類與珊瑚、海綿、海葵或其他無脊椎動物共生；有些具有經濟價值的種類，如龍蝦、梭子蟹等的族群數量已非常稀少。

(4) 軟體動物

墾丁國家公園海域的軟體動物，共記錄有 573 種（張及鄭, 1989），分屬於 4 大綱 91 科，其中以腹足綱有 57 科 468 種占最多，其棲地包括珊瑚礁、岩石和沙地等，常見的種類有笠螺、蝾螺、玉黍螺、寶螺、骨螺、芋螺及裸鰓類等。雙殼綱有 3 目 32 科 102 種，大部分棲息於沙地上，有些固著在珊瑚或岩石上生長，少數種類則為鑽孔貝類。頭足綱有 5 科 7 種。多殼綱有 2 屬 2 種。墾丁海域的大型軟體動物受到捕捉或採集的影響，許多種類已很稀少，也需保護。

(5) 其他海洋無脊椎動物

海洋無脊椎動物的類別眾多，許多門的動物仍缺乏相關的調查研究，除了前述的珊瑚、甲殼十足類和軟體動物外，僅棘皮動物有較多的研究（盧等，1996）。墾丁海域的棘皮動物共記錄有 88 種，其中海星綱 6 科 9 屬 9 種，蛇尾綱 7 科 10 屬 21 種，海膽綱 5 科 10 屬 12 種，海參綱 5 科 13 屬 26 種，海百合綱則有 5 科 15 屬 20 種。這些種類與鄰近的菲律賓海域相較，顯然偏低，主要係由於調查研究的不足所致。

(6) 海藻

海藻是沿岸海域的基礎生產者，大多生長在潮間帶和淺海礁石上。墾丁海域的大型海藻共有 161 種，其中以紅藻最多，有 83 種，其次為綠藻 47 種，褐藻 26 種，仍有許多種類的鑑定困難，而無法確定其種名（江及王，1986）。

2. 珊瑚群聚

關於墾丁海域的珊瑚群聚，曾經有珊瑚群聚結構、種類分布、種間關係和環境因子的相關研究（張及戴 1987, Dai 1988, 1990, 1993; 戴 1996）。自 2003-2006

年，在「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」計畫中，也曾委託海洋生物博物館進行墾丁海域珊瑚分布普查(方等, 2003, 2004, 2005, 2006; 樊, 2007)，這些研究指出，墾丁國家公園海域珊瑚類的空間分布呈現相當大的變異。恆春半島西岸的萬里桐和紅柴附近，主要以團塊形石珊瑚為優勢的群聚，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，常佔優勢，此區的整體珊瑚平均覆蓋率僅約 25~30%。

南灣西側的貓鼻頭至後壁湖海域是以軟珊瑚為優勢的群聚，石珊瑚較少，形成獨特的軟珊瑚群聚。核三廠出水口至貓鼻頭海域的珊瑚礁區，淺水域(3~5 m 以淺)珊瑚覆蓋率約 20~30%，底棲群聚以石珊瑚為主，較深水域(3~5 m 以深)則具有密集軟珊瑚群集珊瑚覆蓋率約 50%，核三廠入水口附近海域石珊瑚覆蓋率約 30~40%。

南灣東側自跳石、潭子、墾丁、船帆石、香蕉灣、砂島至鵝鑾鼻，都是以石珊瑚為優勢的群聚，但是各地區的優勢種類並不相同。跳石至潭子的珊瑚礁區，淺區以分枝形和團塊狀的種類，深區則以葉片形的種類為主，石珊瑚覆蓋率約 30~40%；潭子港附近石珊瑚覆蓋率降低至約 10~20%。潭子至石牛溪口海域，前段以石珊瑚為主，後段以軟珊瑚為主，珊瑚覆蓋率可達 30~40%。石牛溪口鄰近區域珊瑚生長狀況普遍不佳，覆蓋率約 10~20%。墾丁小灣沙灘兩側的珊瑚群聚發育良好，石珊瑚的覆蓋率可達 40~50%；墾丁外海大浮礁的珊瑚生長情況尚可，覆蓋率約 20~30%，部份地區具有密集的軟珊瑚群集以及大型的紅扇珊瑚。船帆石至香蕉灣海域的珊瑚生長狀況良好，覆蓋率可達 50~60%。

恆春半島東岸的佳樂水至龍坑海域也是以團塊形石珊瑚為優勢的群聚(樊, 2007)。佳樂水至龍坑海域為珊瑚礁發育的邊緣地帶，佳樂水為典型岩石海岸，底質由許多大型礁石所組成，珊瑚生長在岩石表面；龍磐至龍坑海域則有初步發育的珊瑚礁，龍磐至龍坑海域的珊瑚群聚，主要以表覆形的石珊瑚和軟珊瑚為主，覆蓋率約 30%。

3. 墾丁海洋資源的變遷

有關魚類群聚變遷方面，根據邵及陳(1996)、陳(2004)、方等(2004, 2005, 2006)、詹(2007)及邵(2007)，可歸納為下列數點：

- (1) 雖然墾丁海域的累積魚種數逐漸增加，但是過去所記錄到的物種，有許多

已多年未曾見到，尤其是一些原本稀少的魚種，可能已自墾丁海域消失。

- (2) 魚類群聚結構和魚種豐富度的改變，有將近 50~60% 的物種已從過去的豐富、常見，演變成現今的偶見、罕見，甚至絕跡。
- (3) 魚種體型的改變，大型魚類已很少，小體型魚類反而增多，一些經濟性魚種的體型呈現小型化趨勢。

有關珊瑚群聚變遷方面，戴等（1998, 1999）的調查發現墾丁海域的珊瑚群聚在 1988 至 1998 年間的變遷存在相當大的空間變異；有些地點的珊瑚群聚已產生明顯變遷，例如：萬里桐、紅柴及跳石的珊瑚覆蓋率都已顯著降低，優勢物種及珊瑚群聚結構也有明顯改變。另有一些地點則無明顯改變，包括：貓鼻頭、後壁湖和香蕉灣等地的珊瑚群聚不論在覆蓋率和群聚結構上都無明顯變遷。

(二) 墾丁國家公園海洋資源面臨的問題

墾丁地區每年吸引數百萬的遊客，尤其是在假日期間，短時間內常湧入大批人潮，為了因應遊客需求，墾丁近岸處各項建設不斷增加，遊憩活動、海岸開發、漁業活動及污染排放的影響，直接或間接導致海洋生態的變遷。

總結墾丁海洋資源面臨的問題，各項因子間的關係如圖一所示。主因都是人為活動帶來的衝擊或干擾，主要因子則包括：泥沙沉積物、有機污水、不當漁業活動、垃圾污染、海域遊憩活動的破壞等(戴等, 1998; 孟等, 2007; 施, 2007)，除此之外，全球氣候變遷對墾丁珊瑚礁的衝擊也是值得注意的問題(Tsai et al. 2005; 戴, 2007)。

1. 泥沙沉積物污染

泥沙沉積物主要來自沿岸地區土地開發，由於水土保持不良，而在雨季時造成大量土石被沖刷入海，造成海水中的沉積物過多，海水變色。由於珊瑚是固著性的生物，當環境中沉積物增多時，牠們無法逃避，只有任其覆蓋而窒息死亡，即使較少量的沉積物也會降低珊瑚的成長速率，改變珊瑚群聚組成，並且會阻礙珊瑚幼蟲的附著。泥沙沉積物的污染最常發生在沿岸各溪流排放口處附近海域，如恆春半島之西部海岸四重溪（車城溪）、南灣海域之石牛溪及東部海岸之港口溪一帶，而對珊瑚影響較明顯的區域有後灣、萬里桐、紅柴坑、南灣眺石、潭子灣、石牛、小灣、船帆石及佳洛水等處附近海域。

2. 有機廢水污染

墾丁國家公園海域的污水主要來自家庭、旅館、餐廳、聚落及畜牧業等的排放，這些都是人為活動所造成的，也隨著人為活動的增加而日益嚴重。有機廢水對珊瑚礁生態系的影響主要有：(1)過量營養鹽的加入，促進浮游性藻類與大型藻類的大量繁生，使光線穿透力降低，影響珊瑚體內共生藻的光合作用，或海藻覆蓋在珊瑚群體上造成珊瑚死亡；同時，藻類也會聚積沉積物，有些甚至會分泌毒素，造成珊瑚死亡。(2)有機顆粒沉積，覆蓋在珊瑚群體上，過多時會使珊瑚直接窒息死亡，少量的沉積雖可被珊瑚自行排除，但也必須消耗相當高的能量，而影響珊瑚的生長及生殖。(3)有機物質是細菌滋生的溫床，當水體或珊瑚體表有有機顆粒時，會促使細菌繁生，而細菌的作用也會對珊瑚體造成危害。(4)有些廢水中含有有毒物質如清潔劑、殺蟲劑、氯及重金屬等，在長期的排放及累積下會對珊瑚造成莫大的影響，而加速珊瑚與底棲生物的死亡。墾丁國家公園海域可能遭受廢水污染的地區，主要在沿岸有聚落與餐宿業集中的地區，如萬里桐、山海港、紅柴坑、後壁湖漁港、南灣、小灣、青蛙石附近、船帆石等處。

3. 不當的漁業活動與過漁的破壞

目前漁業所造成的破壞，主要有毒、電、炸魚、潛水獵魚及網具的破壞等，並有漁民使用潛水器具配合毒、電、炸魚而作業。較常發生非法捕撈漁業的海域有後灣、萬里桐、山海、紅柴、白砂至貓鼻頭間、青蛙石至鵝鑾鼻間及風吹砂、佳樂水至南仁鼻間等海域。潛水獵魚者的主要活動地點在東岸海域(龍坑、佳樂水、九棚一帶)，其次是南灣內。漁獲對象主要為淺水域的鸚哥魚、粗皮鯛類為大宗，價格較低；石斑魚及笛鯛類則為高價魚種，近年來，其他多種雜魚的捕獲量也逐漸增多，高達數千公斤，尤其是連混合著蝶魚、蓋刺魚、隆頭魚、小型魚類等，是值得注意的問題。網具的影響主要是使用一些定置的刺網及三層網，在沿岸海域常有漁民在珊瑚礁區使用而纏繞在珊瑚上，導致窒息死亡。目前墾丁國家公園流刺網作業主要發生在東岸海域(鵝鑾鼻~九棚)一帶，目前約有15~20家漁民尚在進行捕魚的作業，竹筏大多停放於興旺港。此區漁民會隨季節而使用不同之漁法，3~8月才是流刺網使用期。

4. 垃圾污染

墾丁國家公園海域垃圾主要來源有一般遊客及住家恣意丟棄，經落山風、

雨水或潮水的挾帶而進入海域。一般而言，垃圾對珊瑚及底棲性生物之影響有：(1)塑膠袋類，由於不易被分解，若其覆蓋在珊瑚體上，會直接造成珊瑚窒息死亡。(2)鋁罐與鐵罐類，易受風浪帶動之影響而造成珊瑚被刮傷或擦傷。(3)具有毒素的垃圾在海中累積，會阻礙珊瑚與底棲性生物生長，嚴重者將導致珊瑚與底棲性生物的死亡。因此，垃圾不但會影響珊瑚的生長環境，同時會降低海域之生產力，以及破壞海底景觀，降低遊憩品質。

5. 海域遊憩活動之破壞

近年來，由於經濟快速成長，國民所得大幅度提升，各項海域休閒活動日益受到重視，而從事各項海域遊憩活動之人口亦不斷地增加，相對地給海域生態系帶來更多的環境壓力，如浮潛、水肺潛水及游泳者的破壞，因戲水遊客的素質良莠不齊，經常恣意地踐踏珊瑚及採集珊瑚與貝類，以及遊憩或船潛之船筏的破壞，常造成一些珊瑚遭破壞而成碎片。

6. 全球變遷

全球氣候變遷所牽涉的議題包括：全球暖化、海平面上升、臭氧層破洞和紫外線過量、酸雨、異常氣候等。氣候變遷對珊瑚礁的影響是多方面的；其中，最普遍的現象就是溫室效應導致海水表溫升高，引起珊瑚白化。全球海水表溫上升伴隨造成珊瑚大量白化的現象，在過去二十年間已引起廣泛注意。其中最嚴重的就是 1998 年的全球海水表溫異常，這一事件造成許多海域的珊瑚白化 (Hoegh-Guldberg, 1999; Wilkinson, 1999)。此外，大氣中的二氧化碳濃度升高，也會改變海水中碳酸鈣的飽和態，降低珊瑚的鈣化速率，減緩珊瑚礁的成長，對珊瑚礁生態系造成嚴重的影響 (Kleypas et al. 1999)。氣候變遷的另一效應是導致珊瑚礁生物的疾病蔓延，自 1980 年以來，全球珊瑚礁生物的疾病頻頻發生，科學家發現許多怪異的疾病都與氣候變遷有關 (Harvell et al. 1999; Rosenberg and Ben-Haim, 2002)。臭氧層破壞導致太陽幅射或紫外線增加，也會導致珊瑚白化和死亡；聖嬰現象伴隨的降雨異常，使珊瑚礁區的海水鹽度產生劇烈改變，都曾經引起珊瑚白化。

根據 IPCC (政府間氣候變遷委員會) 的預測，受到溫室效應的影響，全球氣候正在快速變遷之中，近年來氣溫及水溫升高的現象都非常顯著，因此氣候變遷對生態系的影響已受到廣泛重視，根據 IPCC 氣候模式的預測，Tsai et al (2004)

及戴 (2007) 透過生態模擬的方式，預估墾丁海域的珊瑚礁在 2025 年就可能面臨相當嚴重的白化危機，可能造成一些物種消失，珊瑚群聚的正常功能受到影響。為了防範氣候變遷的影響，也必須建立相關的因應措施。

(三) 海洋資源保育指標評估系統

海洋資源保育的評估指標可分為狀態指標(即生物指標)及績效指標等二大類。生物指標是傳統上經常被用來評估珊瑚礁健康狀態的指標，這些指標著眼於生態功能或生物資源狀態，評估者往往需要一些專業訓練，才得以執行。而績效指標則用於評估管理單位保育政策或計畫的執行成效。曾經被提出以表示珊瑚礁健康狀態的生物指標有數個(表一)，各指標的適用性簡要說明如下：

1. 生物指標

(1) 珊瑚死亡率指數：

由 Gomez et al (1994) 提出的珊瑚死亡率指數，使用活珊瑚與死珊瑚的比例來代表珊瑚礁的健康狀況，雖然操作上很簡單，但是代表性不足，因為本指數只計算死珊瑚所佔比例，忽略不同珊瑚種類及其他海洋生物，因此自其提出後，甚少被應用於珊瑚礁評估。

(2) 珊瑚體型頻度分布：

由群聚內珊瑚體型頻度分布的型態來代表珊瑚礁健康狀態 (Meester et al. 2001; Smith et al. 2005)，其構想係基於珊瑚礁是一動態系統，小型珊瑚代表珊瑚群聚的再生和復原能力，因此有一定比例的小型珊瑚即代表該珊瑚群聚具有活力，也就是健康的珊瑚群聚；相反地，如果一珊瑚群聚以大型群體占優勢而缺乏小型群體，就代表著該群聚的活力欠佳或者受到環境污染的影響，主要係因小珊瑚群體往往是最脆弱的。這種指標，在操作上屬於中等，由於珊瑚群體是立體結構而且形態多變化，在海底估計珊瑚的體型有相當程度的困難，同時，這個指標的代表性也不足，因為其他珊瑚種類及海洋生物的資訊都被忽略了。

(3) 珊瑚礁衰退指數 (deterioration index, DI 值)：

基本上是結合珊瑚的死亡率及小群體比例為代表，是由 Ben-Tzvi et al.

(2004) 提出，他們提議以珊瑚的死亡率及小珊瑚群體的比例，做為珊瑚健康狀態指標，當 DI 值愈低表示珊瑚礁愈健康。在操作上相當容易，但是代表性僅及於珊瑚，對於其他生物則完全忽略，代表性不足。

(4) 活珊瑚覆蓋率及群聚歧異度指數(diversity index)：

最早被用於評估珊瑚群聚狀態指標(如:Loya, 1972; Dai, 1988; DeVantier et al. 1998; 戴等, 1998, 1999)。這種方法需要在海底花費較多的潛水作業時間，而且要具備現場鑑定珊瑚物種的能力，在操作上相當困難，適合用來做為學術性的探討，雖然能代表珊瑚群聚的完整資訊，但是很難被採用為經常性的監測或評估方法。

(5) 珊瑚功能群評估指標：

由 Edinger and Risk (2000)提出，基本理論是健康的珊瑚群聚應有相當均衡比例的功能群，他們將珊瑚種類區分為 r-S-K 功能群，其中 r 係指機會者(ruderals)，也就是將能量主要投資於繁殖下一代的種類，在環境變動及干擾較大的情況下，可快速拓殖、佔據空間，例如分枝狀的軸孔珊瑚。K 係指競爭者(competitor)，主要將能量投資於生長和競爭的物種，在穩定環境中常佔優勢，例如非軸孔珊瑚類的分枝狀珊瑚(如微孔珊瑚、鹿角珊瑚)及葉片形珊瑚。S 係指耐壓力者(stress-tolerator)，以耐受環境壓迫為主要策略的物種，常在沉積物較多、波浪較強或溫度較高等環境中成為優勢種，例如團塊狀的菊珊瑚或微孔珊瑚。其次，根據 r-K-S 各功能群所佔的比例，可將珊瑚群聚分為四個保育類別(CC = Conservation Class)，CC1 表示優勢物種為耐壓力者的珊瑚群聚、CC2 表示優勢物種為競爭者的珊瑚群聚、CC3 表示優勢物種為機會者的珊瑚群聚、CC4 表示珊瑚群聚中各種外形、功能群皆有，其物種多樣性及稀有物種較多，為優先考慮保育的地點。

(6) 珊瑚礁總體檢 (Reef Check)：

由國際間許多珊瑚礁學者在 1997 年發展出的珊瑚礁評估系統(Hodgson, 1999)，自第一屆國際珊瑚礁年(1997 年)起，即被世界各國珊瑚礁學者和民間團體廣泛採用。事實上，本方法的草案是在 1996 年底由美國學者Gregor Hodgson 草擬出，他綜合許多學者提出的珊瑚礁評估指標，提出珊瑚礁總體檢評估法，

提供給國際珊瑚礁學者在網路上廣泛討論，歷經半年餘的討論和修正之後，才訂出操作方法，並已製作簡易表格，供世界各地珊瑚礁學者或環保志工應用於珊瑚礁體檢。在 1997~1998 年間就已經有超過 70 個國家或地區，運用此方法於檢查世界各地的珊瑚礁狀況，一直到 2007 年仍被廣泛應用，而且 2008 年國際珊瑚礁年（第二屆），Reef Check 也被選為全球珊瑚礁體檢的主導機構（<http://www.reefcheck.org>）。

珊瑚礁總體檢方法基本上包括三大部份 (1)活珊瑚覆蓋率(表一)，經由底質分類計量法，可得到各類底質所佔的比例，包括石珊瑚、軟珊瑚、海藻、死珊瑚、海綿、砂、岩石、泥、其他等。(2)指標生物的豐度(表二)，被選擇當做指標的物種主要有二大類：魚類(蝶魚、石鱸、笛鯛、老鼠斑、石斑魚、龍王鯛、隆頭鸚鵡魚)，及無脊椎動物(櫻花蝦、魔鬼海膽、鉛筆海膽、食用海參、棘冠海星、砗磲貝、大法螺、龍蝦等)。(3)各類污染因子(包括：沉積物污染、有機污染、垃圾、白化)或人為破壞因子(包括：錨定、炸魚、魚網、毒魚)出現的次數，當作各地點遭受污染及人為破壞的證據(表三)。

(7) 草食性動物及營養鹽指標：

最近，Littler and Littler (2007)提出以測量草食性動物豐度、水體及海藻組織營養鹽濃度(C:N:P 比值)的方法來評估珊瑚礁的健康狀態，其理論基礎係依據：營養鹽、大型海藻及草食性動物的互動關係 (圖一)，也就是說珊瑚礁衰退是受到大型海藻增加的影響，而大型海藻增加又受到營養鹽增加和草食性動物減少的影響，因此測量營養鹽濃度及草食性動物豐度，就能早一步預估珊瑚礁的可能變遷。此方法的概念甚佳，但是在操作上並不容易，而且也需要較多專業知識，因此目前僅止於學者提出的想法而已，尚無實際應用的例子可參考。

綜合以上分析，可知珊瑚礁總體檢方法是國際間廣泛採用的標準方法，涵蓋珊瑚礁底質、指標生物及污染因子等多項指標，能完整而具體呈現珊瑚礁的健康狀態，而且操作簡便，即使是非專業人士，只須經短時間講解，即可熟悉操作方法，在資料傳遞及分析方面也已建立標準格式，容易操作；此外，在珊瑚礁總體檢網站(<http://www.reefcheck.org>)上又有全球各地珊瑚礁總體檢的龐大的資料庫可供比較，以瞭解本地珊瑚礁區與國內外珊瑚礁區的相對狀態，並可達到評估系統國際化的目標。我國自 1997 年起，即採用此調查方法於台灣八處珊瑚礁區

建立長期變動資料(Dai et al. 2002)，因此，本研究建議採用珊瑚礁總體檢方法做為未來墾丁海域珊瑚礁資源保育與監測的評估系統。至於健康珊瑚礁的各評估指標參考值，依據歷年資料(Hodgson, 1999; Hodgson and Leibel, 2002; Wilkinson, 2002, 2004)分別為：珊瑚覆蓋率： $> 50\%$ ，指標魚類每 100 平方公尺的族群密度分別為：蝶魚： > 5 隻、石鱸： > 1 隻、笛鯛： > 4 隻、石斑魚： > 0.5 隻、龍王鯛： > 0.1 隻、隆頭鸚鵡魚： > 0.1 隻；指標無脊椎動物每 100 平方公尺的族群密度分別為：櫻花蝦： > 1 隻、魔鬼海膽：2-3 隻、食用海參：0.5-1 隻、棘冠海星： < 0.2 隻、碑磔貝： > 0.1 隻、大法螺： > 0.1 隻、龍蝦： > 0.1 隻。由於珊瑚礁往往因地而異，其健康狀態需要綜合上述各評估指標值加以判斷，只要其中部分指標值達到標準就可算是健康的珊瑚礁。

基於墾丁海域的實地調查結果，我們建議採用下列生物指標，而其代表健康珊瑚礁的值，則可做為墾丁海洋保育政策的長程目標：

(1) 珊瑚覆蓋率： $> 50\%$ ，

(2) 指標生物每 100 平方公尺的族群密度：

蝶魚： > 5 隻、石鱸： > 1 隻、笛鯛： > 4 隻、石斑魚： > 0.5 隻；

碑磔貝： > 0.1 隻、大法螺： > 0.1 隻、龍蝦： > 0.1 隻。

2. 績效指標

保育績效指標係指國家公園管理處用於評鑑海洋保育政策或計畫執行績效的指標。每年度結束時應評估墾丁海洋保育政策的執行效益，可以經由自評或委託第三方評估政策目標的達成比率及效益，並與原始設立的目標比對，以進行經營管理績效評量，提供進一步修正經營管理計畫及政策的依據，以利下一年度計畫之實行。

首先，不同類型的執行計畫必須加以標準化，以利綜合評量，而且應具備簡單、易操作及實用的特性。因此，我們建議選用 Salafsky and Margoluis (1999) 提出的「威脅減輕評估指標」(Threat Reduction Assessment, 簡稱 TRA)，其評估步驟 (配合表四、五)簡述如下 (參考 Margoluis and Salafsky, 2001)：

步驟一：定義計畫內容：填寫地點名稱、描述地點、計畫實行期間及簡單描繪計畫地點。

步驟二：列出所有威脅(A~J 欄，可自行增減)，例如：陸源沉積物污染、污水排

放、過漁、遊客破壞等等。

步驟三：定義各項威脅：以陸源沉積物污染為例，首先明確定義”威脅”代表何種狀況的陸源沉積物污染或沉積速率，其次，填寫”完全不受威脅”的定義，如沉積速率應低於多少?或完全不受陸源沉積物污染的狀況為何?以及解決陸源沉積物污染的方式。當該地點的陸源沉積物污染問題完全解決，也就是達到完全不受沉積物威脅的狀態，其 TRA 即為 100%。

步驟四：依受威脅或干擾之區域面積加以排序：若有 10 項威脅，則威脅影響面積最大為 10，威脅影響面積最小則為 1，依此類推，並將所有數值相加。

步驟五：依據受威脅或干擾之強度加以排序：若有 10 項威脅，受威脅強度最強為 10，最弱則為 1，依此類推，並將所有數值相加。

步驟六：依受威脅或干擾之急迫程度給予排序：若有 10 項威脅，受威脅急迫程度最緊急為 10，最輕則為 1，依此類推，並將所有數值相加。

步驟七：將受威脅或干擾排序之數值相加，即將受影響面積 + 威脅強度 + 急迫程度，得到綜合受威脅排序，其次將所有數值相加，可得到總排序。

步驟八：填寫威脅或干擾減輕程度：例如陸源沉積物污染問題解決 30%，則填 30。

步驟九：原始分數為總排序乘以威脅減輕程度：假設陸源沉積物污染總排序為 22，威脅減輕程度為 30%，則原始分數為 $22 \times 0.3 = 6.6$ ，並將所有數值相加得到總分。

步驟十：將總分除以總排序，即可換算得到 TRA 指數，TRA 指數即代表所有政策目標達成比率之總合。當 TRA 指數為 100%，表示已無任何方式的威脅，即工作之目標達成率為 100%。

(四) 墾丁海洋資源狀態調查評估

使用珊瑚礁體檢方法評估墾丁海洋資源狀態，完成跳石、核三廠出水口(以下簡稱出水口)、後壁湖海洋生態保護示範區(餵魚區)、後壁湖瀉湖區、香蕉灣、合界、砂島、紅柴、萬里桐及後灣等十地點的調查(圖二)，各地點的座標如表六所示，調查結果則列於表七及表八。

從各地點的珊瑚覆蓋率來看，跳石、出水口及合界深水域的石珊瑚覆蓋率都超過 40%；萬里桐水域石珊瑚加藍珊瑚的覆蓋率也超過 40%，皆屬於相對健康的珊瑚群聚。但是核三廠出水口淺水域的珊瑚大量白化則已呈現破壞危機。後

壁湖海洋生態保護示範區中的餵魚區和瀉湖區的石珊瑚覆蓋率都低於 30 %，即使加上軟珊瑚，也僅餵魚區淺水域(水深 3 m)的珊瑚覆蓋率達到 51.5 %，顯示此二區的珊瑚群聚都不是處於健康狀態，尤其是大型海藻的比例都超過 30 %，代表這些區域可能有相當程度的優養化現象，可能是受到日漸增加的遊憩壓力及遊客餵食過量。

香蕉灣海域的珊瑚礁屬於保護區，珊瑚群聚以石珊瑚為主，但是珊瑚覆蓋率稍低於 50 %，而且大型海藻的覆蓋率超過 40 %。鄰近香蕉灣的砂島，珊瑚群聚同樣以石珊瑚為主，但是大型海藻的覆蓋率高達近 60 %，顯示此兩地點的珊瑚群聚在衰退中，而且有產生相變的隱憂。

恆春半島西岸的合界及萬里桐，向來以珊瑚礁景觀優美、生物多樣性高著稱，尤其是合界，近年來已成為西岸的主要潛水點。本次調查結果顯示，合界礁斜坡區的珊瑚覆蓋率達 48.5 %，屬於相對健康的狀態，但是藻類的覆蓋率也高達 44 %，可能對珊瑚生存構成潛在威脅；淺水域(水深 3 m)的珊瑚覆蓋率僅 26 %，藻類覆蓋率卻也高達 64.5 %，顯示珊瑚群聚處於受到環境壓力(environmental stress)的狀態。萬里桐淺水域的珊瑚群聚則以藍珊瑚為主，石珊瑚(含藍珊瑚)的覆蓋率約 55 %，但是大型藻類覆蓋率仍然比往年高出許多，代表萬里桐也可能有相當程度的優養化現象。

恆春半島西岸的紅柴，平均石珊瑚覆蓋約 30 %，大型藻類覆蓋率卻高達近 60 %，顯示紅柴的珊瑚群聚及有可能產生相變。靠近海生館的後灣海域，因受到海生館及鄰近地區工程未做好水土保持的影響，近年來泥沙淤積嚴重、海水濁度高，珊瑚群聚受到的環境壓力大，平均石珊瑚覆蓋率僅有 22 %，大型海藻覆蓋率則高達 55 %，珊瑚礁群聚處於很不健康的狀態。

十地點各項指標魚類和無脊椎動物的豐度都很低(表八)，其中，僅後壁湖海洋生態保護示範區中的餵魚區和瀉湖區有較多的蝶魚和雀鯛，但是仍然未達健康珊瑚礁的水準，此外，在香蕉灣保護區的指標魚類密度也很低。體型較大的指標魚類-龍王鯛、隆頭鸚鵡魚及老鼠斑，在十測站都未記錄到，石斑魚僅在後壁湖、香蕉灣、砂島及萬里桐有記錄到少數體型偏小的個體。至於指標無脊椎動物的豐度，十測站皆未記錄到鉛筆海膽、海參、大法螺及櫻花蝦；砵磔貝在各地點都有相當數量，但是體型都偏小，其實大多少數未達標準體型，不過此現象顯示砵磔貝資源有恢復的潛力；魔鬼海膽則在各地點皆有相當的數量，砂島的魔鬼海膽數量遠高於其他地點，各地點的藻類覆蓋率高可能是影響魔鬼海膽分布的主要因素

之一。值得慶幸的是，珊瑚的殺手-棘冠海星在各地點都無記錄。整體而言，墾丁海域具經濟的魚類和無脊椎動物的豐度都很低，顯示過漁的現象仍十分嚴重。

與歷年調查結果比較，自 2004 年至今，各地點底質組成中的藻類及泥沙所佔比例大幅增加(圖三~圖七)，此現象反映出墾丁沿岸快速開發已經造成水質嚴重惡化。整體而言，調查結果顯示，健康的珊瑚礁群聚(珊瑚覆蓋率>50%)僅佔所有調查地點的 15%，受壓迫的珊瑚礁(珊瑚覆蓋率為 30~50%)占 45%，其餘 40% 珊瑚礁區顯現衰退的狀態(珊瑚覆蓋率<30%)。海水混濁、沉積物及有機物增加，加上大量水上活動(水上摩托車、香蕉船、浮潛等)遊客的踐踏行為、遊艇錨泊及漁船作業等破壞行為，及海底垃圾堆積、魚網纏繞珊瑚等眾多因子的影響，使原來的石珊瑚或軟珊瑚優勢群聚，正逐漸被藻類取代。

在珊瑚群聚功能群分析方面，我們利用珊瑚外形特徵將各地點珊瑚群聚組成分為不同保育類別(圖八)，其中 11 地點都屬於第四保育類別(CC 4)，表示珊瑚群聚中各種外形、功能群皆有，其物種多樣性及稀有物種較多，因此珊瑚礁功能尚屬健全。後壁湖餵魚區及萬里桐三米水域珊瑚群聚屬於第三保育類別(CC 3)，表示此二水域珊瑚群聚主要以分枝形珊瑚為主，例如軸孔珊瑚及鹿角珊瑚，並長期受到物理性的擾動。除了波浪的衝擊之外，後壁湖眾多的浮潛遊客偶爾不慎造成的踐踏破壞，更給予珊瑚礁很大的環境壓力。因此復育後壁湖水域珊瑚礁群聚首要之務即為減少浮潛遊客踐踏珊瑚礁。其餘六地點的珊瑚群聚屬於第二保育類別(CC 2)，表示珊瑚群聚生長在相對比較穩定、不受干擾的水域。雖然珊瑚群聚功能群分析結果顯示，墾丁目前無任何地點落在第一保育類別(CC 1)的範圍內，表示珊瑚礁功能尚未完全遭到破壞。但是，底質組成中大型海藻、泥、沙的覆蓋率皆較往年高，石珊瑚覆蓋率普遍降低，顯示珊瑚礁健康狀態岌岌可危，反映出日漸增加的遊憩壓力、社區污水排放及遊客餵食過量，以及墾丁地區沿岸及附近山坡地過度開發的造成過量陸源物質的注入。因此保育及復育墾丁珊瑚礁為當務之急，急需一可有效解決墾丁海洋面臨的問題的保育工作計畫。

(五) 海洋保育政策規劃

行政院海洋事務推動委員會編印的「海洋政策白皮書 2006」指出，海洋環境及海洋資源是台灣生存發展的根基，而珊瑚礁具有豐富的生物多樣性及高生產力，屬於關鍵生態系，應優先加以保護。白皮書揭示「海洋資源的保育，應以維

繫海洋生物多樣性與永續利用為目標」，此目標也是我國海洋資源保育的長期目標(或願景)。根據此願景，規劃海洋資源保育政策、實行及評估的流程如圖九所示。

首先要瞭解的「重要課題與趨勢」就是海域資源的現況與面臨的問題，也就是未來施政的起始點。其次，根據願景訂定目標及達成此目標的策略，據以規劃中程(階段性)目標，並以五年為期，規劃中程目標及策略，再據以擬定實施方案；在實施過程中，每年定期檢討與評估實行成效，修正實行策略(圖十)。

現今世界各國有關海洋資源經營管理趨勢，已由針對單一物種訂定「最大可持續產量」(maximum sustainable yield, MSY)的管制方式，轉為以生態系為基礎的管理模式，也就是設立海洋保護區的方式，並且強調保育及管理計畫。長期保育策略是以「永續發展」為目標，也就是達到維持健康的環境、資源永續利用及價值延續等。此目標必須經由研究與監測、以及教育與宣導的整合規劃，在兼顧或考慮地方民眾利益的基礎上，擬定生態保育與資源利用管理的策略；至於保育政策與決策也需獲得社區民眾的支持，必須考慮各方面的議題，對海洋保護區做整合性的管理(圖十一；GBRMPA, 1995)。

海洋資源也向來被視為公共財產，因而設立海洋保護區的界限，不論在實質上或管理上都不是容易達成的事，少數較為成功的例子(如澳洲大堡礁)，都是經由獲得社區民眾廣泛支持和積極參與而達成。由於這些成功案例的啟示，以社區為基礎或由政府主導、社區參與的自然資源管理模式，近年來逐漸成為海洋資源保育的主流意識。這種社區參與自然資源保護區經營管理的模式是世界保育策略(UNEP/IUCN/WWF, 1980)推動的目標，這種模式可兼顧資源保育和區域發展，也代表著資源管理策略的轉變。

社區民眾參與海洋保育計畫的擬定和執行，事實上更可突顯海洋資源是公共財產的觀念，當然其間有些觀念必須改變，也就是從開放利用(open-access)，轉變為社區共有的觀念，在「共有」的前提之下，私人的開發利用就應受到規範和限制。這種有節制地利用共有資源的做法，基本上著眼於資源的永續利用，對於許多與海洋依存度很高的社區或大洋國家而言，具有重要意義。澳洲大堡礁海洋公園管理局(Great Barrier Reef Marine Park Authority)在保育計畫擬定過程中，廣邀社區民眾及權益所有人共同參與的做法，很值得我們參考(圖十二)。

墾丁國家公園管理處施處長於2007年台灣珊瑚礁永續經營研習會中已宣示五項墾丁海域經營管理策略為：(1)加強海域執法能力，(2)提昇海域污染防治，(3)加強海洋資源保育，(4)加強海洋教育宣導，(5)有效管理海域遊憩活動(施，

2007)。在海洋資源保育政策施行方面，考慮墾丁國家公園管理處的組織架構，我們建議從六個面向：資源管理、法令推行、研究監測、環境維護、遊憩活動管理、環境教育等，規劃長程、中程及近程實施綱領。

保育政策的擬定及推行，同時需訂定一評估區域經營管理效益的架構，此管理評估架構應包含：實務規劃、資源分配、計畫執行、監測與評估、修正回饋等五部分。除了長期目標之外，並應提出各階段的績效評量指標，建立循環評估機制。相關法令政策、管理目標、所需資源及保護區的設計規劃，則應針對墾丁海域資源的現況，評估其生態、人文、經濟等各面向的重要性，以及此環境所遭受的威脅，並確保政府及民間相關權益單位之間的合作。之後的執行過程需要每年配合效益的評估，估算管理目標達成比率及效益，並與原始目標比對，以進行經營管理效益評估，進一步修正經營管理計畫及政策。

以下為關於這些面向的長程（25年）目標、中程（5年）目標及短程（每年）具體工作計畫。未來海洋資源保育計畫的擬訂及施行，建議經由邀請地方民眾及權益所有人共同參與的方式，修訂施行計畫(圖十二)，爭取民眾支持，以利計畫之推行。

1. 墾丁海洋資源保育之共同願景 --- 長程目標

墾丁海洋資源保育的長程目標為：達成自然環境保護、生物多樣性保育及自然資源的永續利用，維持高品質的科學研究、環境教育及觀光遊憩等功能。具體做法則是完成於墾丁國家公園海域設立不同層級的海洋保護區，並落實污染防治及有效執法與資源管理。

為維護墾丁海域自然資源之永續發展，必須在人類活動與海洋保護行動之間，建構一良性的回饋機制，因此，預期在25年內實現下列五項墾丁海洋資源保育的願景：

- (1) 維持健全的海洋生態系及環境，物種及棲地多樣性受到完整保護，展現成功的保育及復育工作。確實執行海洋資源保育政策，期許珊瑚礁於25年內，珊瑚覆蓋率可逐漸達到>50%，指標生物每100平方公尺的族群密度達到蝶魚>5隻、石鱸>1隻、笛鯛>4隻、石斑魚>0.5隻、碑磔貝>0.1隻、大法螺>0.1隻、龍蝦>0.1隻(表九)。
- (2) 確立海洋資源的永續，任何在墾丁海域進行的活動皆不會對生態及環境造成破壞。

- (3) 海洋資源管理能兼顧社會、經濟及科學等面向。
- (4) 持續進行墾丁國家公園海域長期生態監測及研究，輔助決策人員制定有效的生態保育政策。
- (5) 地方民眾、權益所有人及觀光客皆具備正確的保育觀念。

2. 墾丁海洋資源保育整體目標與策略 --- 中程目標

根據上述的墾丁海洋資源保育願景，規劃中程(階段性)目標及策略，以五年為期，主要可分為以下四方面：

- (1) 推廣永續漁業：加強漁業管理，停止過漁及破壞性漁法的使用，逐步恢復魚類資源。
- (2) 海洋保護區的增設：現階段墾丁國家公園海域總面積共 15206.09 公頃，其中海域生態保護區、海域特別景觀區及海底公園，共 965.74 公頃，僅佔墾丁海域總面積之 7.1%。預計五年內先落實這些區域的管理，限制各種人為活動干擾，並逐步將海域生態保護區增加至總海域面積的 20%，期望未來最終可達成海域生態保護區佔總海域面積 50%的目標。
- (3) 限制人為活動對環境的破壞：各類型人為活動，如遊憩活動、海岸開發、漁業活動、及污染排放等都直接或間接對海洋生態造成負面影響，並且降低珊瑚礁受到衝擊或干擾(如氣候變遷或颱風)時的回復力。為因應大量遊客的衝擊，應對各種人為活動加以適當管制。
- (4) 完成珊瑚早期預警系統的設置，與國際合作，以有效增強珊瑚白化危機處理應變能力。

3. 墾丁海洋資源保育特定目標與策略 --- 短程目標

根據墾丁海洋資源保育的中長程目標，可進一步擬定各年度短程目標及工作計畫。墾丁海洋資源保育施政可分為六個面向：資源管理、法令推行、研究監測及保育、環境維護、遊憩活動管理及環境教育。年度工作計畫及執行步驟，即針對海洋資源保育的六個面向而規劃 (圖十三)。

(1) 環境維護

主辦單位為工務建設課，所有關於墾丁國家公園設施興建及利用、環境維護、以及土地利用規劃及經營管理皆為工務建設課負責之業務。針對所述相關業

務提出的海洋資源保育工作計畫，分為以下幾個類別進行：

I. 海岸開發管理

近年來墾丁地區迅速開發，水土保持不良，造成雨季時大量土石沖刷入海，使海水中沉積物過多，覆蓋珊瑚而導致珊瑚窒息死亡。建議因應措施如下：

- (i) 明確規劃及訂定可開發的土地範圍，任何新建物，不論是國家公園公共基礎設施或飯店、民宿、旅館，皆不應在海洋保護區內或是距離保護區太近的區域興建。
- (ii) 國家公園公共建設及道路等各項基礎建設的施工，須確保良好的水土保持，使珊瑚礁生態系不受影響。
- (iii) 限制可開發區域內飯店、旅館、民宿及遊憩設施的數量，並嚴格控管施工品質，確認水土保持不受影響。
- (iv) 任何注入墾丁海域的地表逕流所流經的山坡地及河流沿岸土地開發，應嚴格控管施工品質，確認水土保持不受影響。

II. 污水處理

注入墾丁國家公園海域的污水主要由人為活動造成，來源包括：家庭污水、商業污水及畜牧業等。為改善因人為活動的增加而日益嚴重的污染問題，建議相關工作如下：

- (i) 興建污水下水道系統、污水處理廠，改善現有污水處理設施，使人為活動排放之污水皆能受到妥善處理。
- (ii) 根據水質監測資料重新修正「環保署甲類海域水質標準」(附錄一)，提高污水排放標準，以防止海域污染及優養化。其中污水排放標準應明確限定淡水排放量、含砂量、營養鹽及其他污染物的排放量。
- (iii) 監督確保旅館用地備有垃圾及污水處理設施，排水系統採暗溝方式，不得污染四周環境或海面。

III. 航運相關事宜

- (i) 規畫航運路線，劃定船隻不可進入之區域範圍。
- (ii) 設置固定式浮球，以利船隻停泊，嚴禁船隻於保護區內下錨。
- (iii) 於墾丁海域內航行的船隻，其船身油漆禁止使用具有毒性的有機錫抗附著塗料。

(2) 資源管理

主要負責單位為企劃經理課。所有關於墾丁國家公園事業之投資、經營、監督、管理，以及國家公園相關事務統籌規劃，皆為企劃經理課負責之業務。針對所述相關業務提出的海洋資源保育工作計畫，分為以下幾個類別進行：

I. 資源規劃管理

做為管理處海洋事務專責單位，整合各項事務，以求迅速處理危機。

- (i) 明定各管理單位責任歸屬及工作內容，避免人力資源浪費。
- (ii) 妥善分配墾丁海洋保育計畫之經費。

II. 計畫的整合統籌

海洋資源保育計畫的施行，應由政府主導，協調學術單位、地方人士、業者、環保組織等權益所有人共同參與討論，整合各方意見及修改保育策略，爭取民眾支持，以利計畫推行。相關工作如下。

- (i) 建立公開、正式、有效的溝通平台，以利各方管理單位及權益相關者之間的協調合作。
- (ii) 監督確保各項保育管理計畫、環境資源評估有遵循墾丁國家公園海洋保育計畫之指導方針。
- (iii) 建立管道以正式邀請學術單位、地方人士、業者、環保組織等權益所有人共同參與墾丁海洋保育計畫之修訂。

III. 確保當地民眾權益

- (i) 輔導產業轉型，使產業符合墾丁海洋保育計畫之指導方針。
- (ii) 建立與墾丁當地民眾之間的溝通平台，鼓勵民眾提出建議，共同參與墾丁海洋保育計畫之修訂，以利計畫之推行。

IV. 墾丁海洋保護區分區規劃

墾丁國家公園海域總面積共 15206.09 公頃，其中，海域生態保護區，面積計 476.39 公頃，佔總面積之 3.1%；海域特別景觀區，面積計 205.28 公頃，佔 1.3%。此分區明顯不足以保護墾丁海洋資源及環境，需重新規劃使生態環境得以永續發展。

- (i) 逐年增加海洋保護區面積，並擬定隔年應增加劃設的保護區，目標為五年之後達到總海域面積的 20%，25 年後增加至總海域面積 50%。
- (ii) 海洋保護區應包含各類型棲地及資源，運用棲地保育的概念，以維持生態

系統的穩定，使物種及棲地多樣性皆受到完整的保護，讓生態系能永續提供資源，使人類活動與海洋保護行動之間，構成一良性的回饋機制。

- (iii) 針對保護區的大小、形狀與邊界仔細研究規劃，海洋保護區當地的海流狀況與生物幼苗散佈距離，也須在劃設保護區時納入考量。
- (iv) 重新將墾丁國家公園海域劃分為不同層級的海洋保護區：禁止進入區(No access zone)、禁止人為破壞區(No impact zone)- 允許非破壞性的活動進行，但任何對生態系造成衝擊的人為活動絕對禁止，例如海岸開發)、禁止採捕區(No-take zone)、一般管制區(Multiple-use area)- 可進行有限度的人為活動)。
- (v) 明定海洋保護區分區功能、範圍及相關限制，設立告示牌以確保民眾獲知相關資訊。

V. 推動法令政策修改

現階段墾丁國家公園海域生態保護已有相關法律，具有法源基礎。國家公園法、墾丁國家公園保護利用管制原則及墾丁國家公園區內之禁止事項公告，都已制定各項相關規範。然而法源雜亂，不易執行，因此建議修改重點如下：

- (i) 根據墾丁國家公園海洋資源現況，將墾丁海洋資源保育施政工作計畫及執行方向納入考量，統合增修相關法令，以建立一明確的法源基礎。
- (ii) 法令政策修改方向由墾丁國家公園管理處各單位會同學術單位、地方人士、業者、環保組織等權益所有人共同提出建議。
- (iii) 提高罰責，對於破壞海洋生態及環境者，處以重罰，以嚇阻違法行為。

(3) 研究監測及保育

主要負責研究監測的單位為保育研究課，其業務涵蓋所有與墾丁國家公園生物多樣性保育及環境維護相關之事務，包含與相關研究單位的協調合作。針對所述相關業務提出的海洋資源保育工作計畫，分為以下幾個類別進行：

I. 長期監測

推動墾丁國家公園海域長期監測計畫，建立環境生態基本資料，以瞭解人為活動對海域造成的衝擊，有助於研擬解決對策，期使生態環境得以永續發展。

- (i) 每年針對特定測站，由學術單位及潛水志工進行珊瑚礁體檢及記錄珊瑚白

化的狀況，評估珊瑚礁生態系健康狀況。

- (ii) 由專業人員每年針對特定測站持續監測水質，尤其是鄰近保力溪、四重溪、墾丁大排、凱撒飯店、石牛溪、港口溪之地點，調查沉積物來源及發生的頻度、程度，評估污水排放以及水土保持有無改善。
- (iii) 每年統計遊憩活動量，包含遊客及車輛數量、遊憩活動型態、旅館建設數量等，確保遊憩活動造成的衝擊不超過墾丁國家公園環境之承載量。
- (iv) 每年統計漁業活動量，包含漁獲量、海產店及紀念品店販售量，掌控物品來源，確保合法的漁業活動以利永續進行。

II. 長期海洋生態及環境研究

推動墾丁國家公園海域長期研究計畫，建立環境生態基本資料，以瞭解生態環境變化之作用機制，有助於研擬解決對策，期使生態環境得以永續發展。

- (i) 研究珊瑚礁生態系變化機制，以了解環境變遷及人為活動對珊瑚礁生態系造成的衝擊。
- (ii) 瞭解墾丁海洋資源所能承載的漁業活動程度，以及各物種的族群變動，以助於擬定永續漁業之相關限制。
- (iii) 研究氣候變遷對墾丁海洋環境及資源之衝擊，以助於研擬對策。
- (iv) 瞭解墾丁海域所能承載的遊憩活動量，以助於遊憩活動管理。

III. 生態及環境資料庫

持續建置線上資料庫並定期更新，使計畫參與者與墾管處皆能充分掌握計畫成果，以協助決策者有效管理生態與環境的問題，進一步推動社會大眾之環境教育。

IV. 海洋保護區監測

保護珊瑚礁生態系對於依靠珊瑚礁區資源維生的民眾其實是一保障。

- (i) 防止珊瑚礁受到物理、機械性破壞(例如水上摩托車及遊客踩踏)及防止點污染源(例如廢水排放及陸源沖積物)。
- (ii) 保護大光、南灣、萬里桐的海草生態系應特別著重於水質控管，以防止水的優養化。
- (iii) 持續監測保護區，注意生態系的變遷及影響因子。

V. 推動永續漁業，公告相關措施。

- (i) 針對重要經濟物種，設定限制捕撈期，例如於繁殖季禁止捕撈該物種。

- (ii) 禁止捕撈珊瑚礁生物，並制定可捕魚種之捕撈數量及最小可捕捉體長。
- (iii) 定期清除廢棄漁網和釣線。
- (iv) 推廣漁民與業者的保育觀念，不採捕、不破壞珊瑚礁生物，違者加強取締。
- (v) 加強管制外來種的引入。

VI. 建立生物資源復育技術

- (i) 建立珊瑚移植技術，可加速野外珊瑚礁生態系的復原。
- (ii) 幼苗放流以珊瑚礁生態系關鍵物種為主。
- (iii) 藻食性生物的保育，例如鸚哥魚、藻食性貝類、海膽等。

VII. 建立珊瑚白化早期預警系統

根據墾丁海域珊瑚礁區的實際狀況，建立墾丁海域的珊瑚白化早期預警系統，以便在珊瑚白化之前採取適當的因應措施，以確保墾丁海洋生態資源的永續。

- (i) 設立現地浮球測站，設置測量海洋與大氣相關參數的儀器，以便取得各項水文及大氣資料。
- (ii) 建立與美國海洋及大氣總署(NOAA)的正式合作管道，以利國際間珊瑚礁保育資訊交流。
- (iii) 建立珊瑚白化通報系統。
- (iv) 擬定不同珊瑚白化層級的預警及因應措施。

VIII. 建立生態系模擬與分析模式

- (i) 瞭解環境變遷的因果關係，建立生態系模擬與分析模式。
- (ii) 建構網路式的生態模式，輔助決策人員制定有效的生態保育決策。

(4) 遊憩活動管理

主辦單位為觀光遊憩課，任務主要為加強管理觀光事業，以符合環境生態保育。針對所述相關業務提出的工作計畫，分為以下幾個類別進行，並與解說教育課合作並行。

- i. 管制各遊憩據點遊客數量及車量。
- ii. 建立海域遊憩業者的採認證制度：包括水上摩托車、香蕉船、海上遊艇等，這些活動容易吸引遊客參加，但遊客活動行為的差異很大，故此類型活動常對環境造成較大衝擊，應建立認證及管理制度，並限定其活動範圍及數量。
- iii. 觀光商業行為的管理，包含海產店、紀念商店、住宿、遊樂區、汽機車租用

- 等，皆應限定設置範圍及數量管制，以符合墾丁國家公園之承載量。
- iv. 浮潛、衝浪、風浪板、釣魚等，雖對環境衝擊較小，但活動人口多、活動空間分布廣，應加以妥善規劃及管理。
 - v. 推廣非破壞性的遊憩活動，如游泳、划船、水肺潛水、浮潛、露營等，以降低對環境的衝擊。
 - vi. 與專業團體或資深業者合作，著重環境保育觀念，有系統地推廣生態旅遊。
 - vii. 推行生態標誌認證(eco-label)，核發給符合各項墾丁海洋保育規定的業者及店家，促請遊客選擇有生態標誌認證的店家。(參考 http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm)
 - viii. 提出遊憩管理辦法之修正建議，考量墾丁海岸遊憩活動之季節差異，以期有效管理短時間內集中、高密度的遊憩行為。

(5) 環境教育

主辦單位為解說教育課，主要任務為宣導墾丁海洋環境生態保育。以永續經營的角度而言，推廣海洋環境教育是讓海洋保育觀念向下紮根的最佳途徑。民眾的保育觀念，決定保育政策的成敗。透過教育活動可以讓社會大眾瞭解海洋保育的重要性，同時可以提高民眾的參與感及警覺心。完善的解說教育，可有效降低執法壓力，這樣的做法才是未來改善墾丁海域環境最有效、且根本的做法。針對所述相關業務提出的工作計畫，分為以下幾個類別進行，並與觀光遊憩課合作並行：

- i. 收集墾丁附近海域環境之科普資料，並架設網站，提供民眾及師生查詢墾丁海洋生物和生態的完整資料。
- ii. 提升關於海洋保護區及永續的概念，針對人為活動對墾丁海洋環境之衝擊編印宣導摺頁及線上教材，讓民眾在網路上可擷取所需的保育資料，並在各景點也可以獲得相關資訊。
- iii. 於特定景點設置小型管制站，遊客須先觀賞海洋保育宣導短片方可進入活動。
- iv. 建立民眾正確保育觀念，勸導遊客不破壞環境並拒吃、拒買珊瑚礁生物。
- v. 定期至各教育機關宣導保育海洋生態的觀念。
- vi. 加強對墾丁當地漁民及觀光相關業者宣導保育觀念，分析現況利弊得失，宣導永續漁業及永續觀光所提供的經濟效益，以利保育工作的順利推行。
- vii. 培育墾丁國家公園解說員及環保志工，力求政府與民間共同合作。

(6) 法令推行

負責推行相關法令的單位為墾丁國家公園警察隊，勤務包括墾丁國家公園區域內自然資源及環境之保護事項，主要為落實墾丁海洋保育政策，加強取締違法行為。

- i. 公告墾丁海洋保育政策。
- ii. 擴充警力以應付一般勤務和保護區之岸上巡邏。
- iii. 成立海上巡邏小隊，以加強海上勤務執行效能。
- iv. 協同墾管處及社區協會共同參與海洋保護區巡守工作，推動成立志工隊，以有限警力結合民力，共同維護海洋資源。
- v. 補足應勤裝備，包含至少兩艘適合海上勤務的巡邏艇、潛水裝備、海底攝錄影機、PDA 衛星定位器、高倍攝影機、防震望遠鏡等器材以利勤務遂行。
- vi. 以「後壁湖海洋資源保護示範區」之執勤經驗，擴大範圍落實墾丁國家公園海域分區使用管理原則。
- vii. 加強取締破壞性漁法，例如毒、電、炸魚等，並嚴格管制定置網、流刺網及三層網的使用。
- viii. 加強取締非法採捕海洋生物的行為。

4. 計畫執行效益評估

利用前節所述「威脅減輕評估指標」，每年進行國家公園管理處各單位計畫工作目標達成率之評估（以南灣為例的評估如表五所示），將可助於每年透過績效考核，逐步落實海洋保育政策的近、中、長程目標（圖十四）。我們建議初期設定在五年後達成墾丁海洋資源保育政策 30%之目標，十年後達成 60%之目標，25 年後達成 100%之目標。由於墾丁海域的人為干擾十分頻繁，故建議在短期內應以人為活動管理及修訂相關管理辦法為優先要務；當人為活動獲得妥善管理之後，海洋資源的自然復原應可預期；長程的終極目標則為生態系功能的復原，達到資源永續利用及各項價值永續的境地。

四、建議事項

(一) 建立珊瑚白化早期預警系統

96年7月9~12日的潛水調查發現，部份墾丁珊瑚礁海域出現珊瑚白化的現象。出水口及後壁湖的珊瑚白化最嚴重，出水口淺水域(水深1~5 m)白化比例約50% (30~70%)；後壁湖潟湖區淺水域(水深2~4 m)白化比例約達40%。白化的主要為軸孔珊瑚及尖枝列孔珊瑚等分枝狀珊瑚、真葉腎形珊瑚、火珊瑚等(圖十五)。這些地點的珊瑚白化與海水溫度過高有關，潛水調查時實地測得的水溫於出水口高達32°C，跳石及後壁湖淺水域也高達31°C。

然而，查詢同一時間中央氣象局的浮球海溫資料，則低於實地測量值。NOMADS (NOAA Operational Model Archive Distribution System)公開的全球衛星水溫資料顯示，台灣南部海域的海水表溫在今年五月間開始快速攀升，至七月已超過30°C，水溫有多次超過墾丁珊瑚白化閾值(29.1°C)的情形(圖十六)。然而在大多數的情況超過的溫度都在1°C以內，尚未達到美國海洋及大氣總署(NOAA)針對珊瑚白化所訂的溫度累積效應，也就是DHW<1，處在NOAA分類標準下的「白化觀察」"Bleaching Watch"，在此分類標準之下，應該不會出現珊瑚大量白化的現象。直到七月底、八月初，才出現DHW>1，為NOAA分類標準下的「白化預報」"Bleaching Warning"；八、九月期間，DHW高達6，到達「白化警戒一」"Bleaching Alert Level 1"，延遲將近一個月反映出的白化程度才比較接近觀測結果。這些現象顯示，中央氣象局的海溫測報及利用衛星遙測所得的海溫值都有低估珊瑚白化危機的現象，有必要根據墾丁海域珊瑚礁區的實際狀況，建立墾丁海域的珊瑚白化早期預警系統，以便在珊瑚白化之前採取適當的因應措施，以確保墾丁海洋生態資源的永續。

美國政府的海洋及大氣總署(NOAA)自2000年起已建立珊瑚礁早期預警系統(Coral Reef Early Warning System, CREWS)，此系統能提供即時、現地、準確的環境資訊，透過衛星網路傳遞至資料處理中心，經由專家運算系統的模擬系統運算，就可得到珊瑚白化的危機指標，發送至國家公園管理處等相關單位，作為珊瑚白化危機處理的依據。未來如果能夠於墾丁海域珊瑚礁區設立測站，設置測量海洋與大氣相關參數的儀器(圖十七)，以便取得包括海表溫、鹽度、光照強度及紫外線強度等海洋環境資料，以及氣溫、風速、風向、大氣壓力、日照強度、紫外線強度與二氧化碳分壓等大氣資料，將可預測墾丁海域的珊瑚白化危機，適時採取應變措施。除此之外，持續收集海域環境資訊，可做為監測依據，不但對

墾丁海洋生態資源保育是一大利器，同時也能夠提昇我國在這方面的國際地位，在珊瑚礁海洋資源保育和海洋環境保護上做出重要貢獻。而且，相關資料的累積與長期監測，對於增進我國珊瑚礁海洋生態與保育研究，更是一項不可或缺的條件。

(二) 建立珊瑚白化的評估及管理機制

基於珊瑚大量白化會對珊瑚礁海洋資源造成重大傷害，因此，有必要針對珊瑚白化擬訂適當的管理機制，澳洲大堡礁管理局所制定的管理機制(圖十八)，值得我們參考。而且，在珊瑚白化發生時，適時採取調查，評估其對珊瑚礁的可能影響，是很重要的工作，因此，我們草擬一份「珊瑚白化通報表」(表十)，可供任何人於發現珊瑚白化時填寫及通報，包括：管理處同仁、學術研究人員、海域遊憩服務業者，或遊客都可使用。此外，珊瑚白化是各界關注的議題，國內外皆然，因此建議對於珊瑚白化資訊做適當處理及發布(圖十九)

(三) 海洋資源保護示範區的管理

「後壁湖海洋資源保護示範區」自從94年3月31日設置以來，初期對於資源保育有顯著效果，但是隨著遊憩活動愈來愈集中於此區(圖二十)，業者搭建平台，以吸引更多遊客，甚至水上摩托車、遊艇、香蕉船都在此活動，遊客餵食過量也會衍生問題，顯然已超過該等環境的承載量，違反當初設置保護區的用意，建議加以檢討，訂定遊客容納上限及活動規範，並且積極管理這些區域的活動，以免對當地生態造成破壞。

參考文獻

- 方力行、邵廣昭、田文敏、張揚祺、林幸助、樊同雲、鍾國南、陳正平、劉銘欽、孟培傑、張家銘，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)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 方力行、邵廣昭、孟培傑、鍾國南、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、樊同雲、林幸助、張家銘，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衝擊之長期監測研究(五)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 方力行、邵廣昭、孟培傑、鍾國南、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、樊同雲、林幸助、張家銘，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衝擊之長期監測研究(六)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 江永棉、王瑋龍，1986。恆春半島之海藻分布。海洋科學學術研討會專刊第10號，71-81頁，行政院國家科學委員會。
- 邵廣昭 (2007) 珊瑚礁魚類的新新聞。台灣珊瑚礁永續經營研習會論文集。中華民國珊瑚礁學會編；墾丁國家公園管理處刊印。pp. 40-50。
- 邵廣昭、陳正平、沈世傑，1992。墾丁海域魚類圖鑑，墾丁國家公園管理處。
- 邵廣昭、陳正平，1996。墾丁國家公園海域魚類相及其資源保育。第四屆珊瑚礁研討會論文集，31 頁，墾丁國家公園管理處。
- 孟培傑、陳仲吉、李宏仁、劉銘欽、張家銘 (2007) 南灣水文、生產力與環境壓力。台灣珊瑚礁永續經營研習會論文集。中華民國珊瑚礁學會編；墾丁國家公園管理處刊印。pp. 25-39。
- 施錦芳 (2007) 墾丁國家公園海域經營管理策略。台灣珊瑚礁永續經營研習會論文集。中華民國珊瑚礁學會編；墾丁國家公園管理處刊印。pp. 1-8。
- 張崑雄、戴昌鳳，1987。墾丁國家公園海域珊瑚類的分布及群聚生態學之研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告第 42 號之 4，77 頁。
- 張崑雄、戴昌鳳、鄭明修，1988。墾丁國家公園海域軟珊瑚類的研究，保育研究報告第 53 號，墾丁國家公園管理處，59 頁。
- 張崑雄、鄭明修，1989。墾丁國家公園海域軟體動物之生態研究，保育研究報告第 60 號，墾丁國家公園管理處，73 頁。

- 莊正賢 (1998) 墾丁國家公園南灣海域懸浮物質通量研究。自行研究報告第 23 號。墾丁國家公園管理處。
- 鄒燦陽 (1988) 墾丁國家公園海域帶排水對珊瑚種類敏感度。自行研究報告第 1 號。墾丁國家公園管理處。
- 鄒燦陽 (1989) 墾丁國家公園海域珊瑚白化調查分析。自行研究報告第 2 號。墾丁國家公園管理處。
- 鄒燦陽 (1990) 墾丁國家公園海域生態環境監測調查報告。自行研究報告第 6 號。墾丁國家公園管理處。
- 鄒燦陽 (1991) 墾丁國家公園海域底棲生物監測調查報告。自行研究報告第 9 號。墾丁國家公園管理處。
- 郭坤銘 (1992) 墾丁國家公園海域珊瑚及珊瑚礁底棲生物監測調查報告。自行研究報告第 12 號。墾丁國家公園管理處。
- 郭坤銘 (1996) 墾丁國家公園海域珊瑚之機械性破壞與復原情形調查。自行研究報告第 27 號。墾丁國家公園管理處。
- 郭坤銘 莊正賢 (1993) 墾丁國家公園海域珊瑚礁及珊瑚礁底棲生物監測調查報告。自行研究報告第 20 號。墾丁國家公園管理處。
- 葉俊榮等 (2006) 海洋政策白皮書。行政院研究發展考核委員會編印, 248 頁。
- 詹榮桂 (2007) 珊瑚礁魚類的前世今生。台灣珊瑚礁永續經營研習會論文集。中華民國珊瑚礁學會編；墾丁國家公園管理處刊印。pp. 14-24。
- 陳正平, 2004。墾丁國家公園海域魚類相多樣性調查及其保育研究—稀有魚類相。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) 墾丁海域珊瑚群聚的時空變化。台灣珊瑚礁永續經營研習會論文集。中華民國珊瑚礁學會編；墾丁國家公園管理處刊印。pp. 9-13。
- 鄭明修, 1997. 墾丁國家公園海域及陸域甲殼十足類生物相調查 (第二年)—海域甲殼十足類群聚之調查研究, 保育研究報告第 96 號, 墾丁國家公園管理處, 66 頁。
- 鄭明修、游祥平, 1996. 墾丁國家公園甲殼十足類生物及其生態保育, 第四屆珊瑚礁研討會論文集, 21 頁, 墾丁國家公園管理處。
- 盧樹欣、吳晶瑩、陳章波, 1996. 墾丁國家公園海域無脊椎動物及其生態保育—以棘皮動物為例。第四屆珊瑚礁研討會論文集, 21 頁, 墾丁國家公園管理處。
- 戴昌鳳, 1994。國家公園海洋生態資源保育工作的回顧與展望。國家公園保育工

- 作十年回顧與展望研討會論文集，內政部營建署。
- 戴昌鳳，1996。墾丁國家公園海域珊瑚相及其生態保育。第四屆珊瑚礁生物研討會論文集 32 頁，內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 戴昌鳳 (2002) 恆春半島沿海珊瑚群聚的變遷。錢憲和教授羅煥記教授榮退研討會論文集, 16-25 頁，國立台灣大學地質科學系。
- 戴昌鳳 (2006) 海洋保護區與國內的海洋生態保育。國家公園雙月刊創刊號, 第 20-29 頁。
- 戴昌鳳 (2007) 全球氣候變遷對台灣珊瑚礁的衝擊。台灣珊瑚礁永續經營研習會論文集。中華民國珊瑚礁學會編；墾丁國家公園管理處刊印。pp. 51-65。
- 戴昌鳳、吳岱穎(2006) 建立因應氣候變遷之環境預警機制與指標 - 子計畫三：建立氣候變遷對我國海域珊瑚衝擊預警指標與機制，95 年度環保署/國科會空污防制科研合作計畫成果報告。
- 戴昌鳳、陳永澤、郭坤銘、莊正賢 (1998) 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、郭坤銘、陳永澤、莊正賢 (1999) 墾丁國家公園東岸及西岸海域珊瑚群聚的變遷: 1987 至 1997 年. 國家公園學報 9: 111-129.
- Anonymous (2004) Coral Reefs of Japan. Ministry of Environment and Japanese Coral Reef Society (ed.), Ministry of Environment, Japan.
- Anonymous (2000) The National Action Plan to Conserve Coral Reefs. United States Coral Reef Task Force. Washington, D. C. 41 p.
- Ben-Tzvi O, Loya Y, Abelson A (2003) Deterioration index (DI): a suggested criterion for assessing the health of coral communities. Mar Pollut Bull 48: 954-960.
- Chen CA, Dai CF (2004) Local phase shift from *Acropora*-dominant to *Condylastis*-dominant community in the Tiao-shi reef, Kenting National Park, southern Taiwan. Coral Reefs 23: 508.
- Christie P, McCay BJ, Miller ML, Lowe C, White AT, Stoffle R, Fluharty DL, McManus LT, Chuenoagdee R, Pomeroy C, Suman DO, Blount BG, Hupper D, Eisma RV, Oracion E, Lowry K, Pollnac RB (2003) Toward developing a complete understanding: A social science research agenda for marine protected areas. Fisheries 28: 22-25.

- Dai CF (1988) Coral communities on the fringing reefs of southern Taiwan. Proc 6th Int Coral Reef Symp, Australia 2: 647-652
- Dai CF (1991) Distribution and adaptive strategies of alcyonacean corals in Nanwan Bay, Taiwan. *Hydrobiologia* 216: 241-246
- Dai CF (1993) Patterns of coral distribution and benthic space partitioning on the fringing reefs of southern Taiwan. *Mar. Ecol.* 14(3): 185-204
- Dai CF, Chen G, Inaba M, Iwao K, Iwase F, Kakuma Y, Kajiwara K, Kimura T, Nomura K, Oki K, Sakai K, Shibuno T, Yamano H, Yoshida M (2002) Status of coral reefs in East Asia: China, Japan, Korea and Taiwan. In: Wilkinson C (ed) *Status of Coral Reefs of the World: 2002*, p. 153-162, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.
- DeVantier LM, De'ath G, Done TJ, Turak E (1998) Ecological assessment of a complex natural system: a case study from the Great Barrier Reef. *Ecol Appl* 8: 480-496.
- Edinger EN, Risk MJ (2000) Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biol Conserv* 92: 1-13
- GBRMPA (1994) A 25 year strategic plan for the Great Barrier Reef World Heritage Area. Great Barrier Reef Marine Park Authority,
- Gomez ED, Alino PM, Yap HT, Licuanan WY (1994) A review of the status of Philippines reefs. *Mar Pollut Bull* 29: 62-68.
- Harvell CD, Kim K, Burkholder JM, Colwell RR, Epstein PR, Grimes DJ, Hoffmann EE, Lipp EK, Osterhaus ADME, Overstreet RM, Porter JW, Smith GW, Vasta GR (1999) Emerging marine diseases-climate links and anthropogenic factors. *Science* 285: 1505-1510.
- Hendee JC, Stabenau E, Florit L, Manzello D, Jeffris, C (2006) Infrastructure and capabilities of a near real-time meteorological and oceanographic in situ instrumented array, and its role in marine environmental decision support. In: Richardson, L.L., and LeDrew, E.F. (ed), "Remote Sensing of Aquatic Coastal Ecosystem Processes", p. 135-156, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Hodgson G (1999) A global assessment of human effects on coral reefs. *Mar Poll Bull* 38: 345-355

- Hodgson G (2000) Coral reef monitoring and management using Reef Check. In : Integrated Coastal Zone Management, p 169-176
- Hodgson G, Leibel J (2002) The Global Coral Reef Crisis: Trends and Solutions. Reef Check Foundation, Los Angeles, CA.
- Hoegh-Guldberg O (1999) Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs, *Mar Freshw Res* 50: 839-866
- Kelleher G (1999) Guidelines for marine protected areas. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 107 pp.
- Kenchington RA (1990) Managing marine environments. Taylor & Francis, New York, USA, 248 p.
- Kimura T, Dai CF, Pae S, Huang H, Ang PO, Jong GJ, Choyce C (2004) Status of coral reefs in east and north Asia: China, Hong Kong, Taiwan, Korea and Japan. In: Wilkinson C (ed): Status of Coral Reefs of the World: 2004, pp. 277-301, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.
- Kleypas JA, Buddemeier RW, Gattuso J-P (2001) The future of coral reefs in an age of climate change. *Int J Earth Sci* 90: 426-437.
- Knowlton N (2001) The future of coral reefs. *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 419-426
- Littler MM, Littler DS (2007) Assessment of coral reefs using herbivory/nutrient assays and indicator groups of benthic primary producers: a critical synthesis, proposed protocols, and critique of management strategies. *Aquat Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 17: 195-215.
- Loya Y (1972) Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar Biol* 13: 100-123.
- Margoluis R, Salafsky N (2001) Is our project succeeding? A guide to threat reduction assessment for conservation. Biodiversity Support Program, Washington DC.
- Marshall P, Schuttenberg H (2006) A reef manager's guide to coral bleaching. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia, 163 p.
- Meesters EH, Hilterman M, Kardinall E, Keetman M de Vries M, Bak RPM (2001) Colony size-frequency distributions of scleractinian coral populations: spatial and interspecific variation. *Mar Ecol Prog Ser* 209: 43-54.
- Moberg F, Folke C (1999) Ecological goods and services of coral reef ecosystems.

Ecological Economics 29: 215-233

- Mora C, Andrefouet S, Costello MJ, Kraneburg C, Rollo A, Veron J, Gaston KJ, Myers RA (2006) Coral reefs and the global network of marine protected areas. *Science* 312: 1750-1751
- National Research Council (2001) Marine protected areas: tools for sustaining ocean ecosystems. National Academy of Sciences, Washington DC, USA, 272 pp
- Pelletier D, Garcia-Charton JA, Ferraris J, David G, Thebaud O, Letourneur Y, Claudet J, Amand M, Kulbicki M, Galzin R (2005) Designing indicators for assessing the effects of marine protected areas on coral reef ecosystems: A multidisciplinary standpoint. *Aquat Living Resour* 18: 15-33
- Salafsky N, Margoluis R (1999) Threat reduction assessment: a practical and cost-effective approach to evaluating conservation and development projects. *Conserv Biol* 13(4): 830-841
- Salm RV, Clark J, Siirila E (2000) Marine and coastal protected areas: A guide for planners and managers. IUCN, Washington DC, USA. 371 pp
- Smith LD, Devin M, Haynes D, Gilmour JP (2005) A demographic approach to monitoring the health of coral reefs. *Mar Pollut Bull* 51: 399-407.
- Sobel J, Dahlgren C (2004) Marine reserves: a guide to science, design, and use. Island Press, Washington DC, USA.
- 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.
- Tsai WS, Dai CF, Yang IC, Tung CP (2005) Using Genetic Programming to Modeling Spatial Distribution of Corals and the Impacts of Climatic Changes: A Case Study from Taiwan. Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, Okinawan, Japan, pp. 1441-1444.
- Wilkinson, CR (1999) Global and local threats to coral reef functioning and existence: review and predictions. *Mar Freshw Res* 50: 867-878
- Wilkinson C (2004): Status of Coral Reefs of the World: 2004, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.

表一、 珊瑚礁健康狀態的評估指標比較。

評估指標	評估對象	代表性	操作性	文獻
死亡率指數 (mortality)	死珊瑚/活珊瑚比例	低	簡易	Gomez et al. (1994)
珊瑚體型頻度分布	珊瑚體型	低	中等	Meester et al. (2001)
衰退指數 (DI)	珊瑚死亡率及小珊瑚比例	中等	簡易	Ben-Tzvi et al. (2004)
珊瑚功能群指標	珊瑚群聚功能群	中等	簡易	Edinger and Risk (2000)
覆蓋率及歧異度指數	珊瑚群聚	中等	困難	Loya (1972)
珊瑚礁總體檢 (Reef Check)	珊瑚礁底質、指標魚類、無脊椎動物、破壞因子	高	簡易	Hodgson (1999)
草食性動物豐度及營養鹽比值	草食性動物、水體及海藻	中等	困難	Littler and Littler (2007)

表二、台灣珊瑚礁總體檢底質調查記錄表

台灣珊瑚礁體檢 主體方法

底質穿徹線

隊 長：..... 記錄者：.....
 時 間：..... 日 期：.....
 位置名稱：..... 深 度：.....

底質分類代號 (表一)

1 HC-石珊瑚	4 SC-軟珊瑚	7 DC-死珊瑚	10 OT-其他
2 FS-大型藻類	5 SP-海綿	8 RC-岩石	
3 RB-礫石	6 SD-沙	9 SI-黏土、泥	

底質密碼 (表二)

0-5 m	5-10 m	10-15 m	15-20 m	20-25 m	25-30 m	30-35 m	35-40 m	40-45 m	45-50 m

表三、珊瑚礁指標魚類與無脊椎動物及珊瑚的迫害因子調查記錄表

隊長：..... 記錄者：.....
 時間：..... 日期：.....
 位置名稱：..... 深度：.....

珊瑚礁魚類帶狀分布表 (表三)

區段	0-20 m	25-45 m	50-70 m	75-100 m
蝶魚				
石鱸				
笛鯛				
老鼠斑				
石斑魚				
龍王鯛				
隆頭鸚鵡魚				

註解

石斑魚的大小 (cm) :

海洋無脊椎動物帶狀分布表 (表四)

區段	0-20 m	25-45 m	50-70 m	75-100 m
櫻花蝦				
魔鬼海膽				
鉛筆海膽				
海參 (可食用)				
棘冠海星				
碑碟貝				
大法螺				
龍蝦				
以下每一區段，請記錄：沒有= 0、低= 1、中等= 2、高=3				
珊瑚的迫害：錨				
珊瑚的迫害：炸藥				
珊瑚的迫害：其他				
垃圾：魚網				
垃圾：其他				

註解

白化 (珊瑚族群的百分比及群體的百分比) :

疾病 (型式及百分比) :

稀有動物 (型式及百分比) :

其他 :

表四、威脅減弱程度評估表格。

威脅減弱程度評估表格

地點名稱：步驟一							
地點描述：步驟一							
評估期間：步驟一年 月 日至 年 月 日					評估日期：步驟一		
評估人員：步驟一							

威脅		威脅影響排序			綜合威脅 排序	威脅減弱 程度%	原始分數
		影響面積	強度	急迫程度			
A	步驟二	步驟四	步驟五	步驟六	步驟七	步驟八	步驟九
B	步驟二	步驟四	步驟五	步驟六	步驟七	步驟八	步驟九
C	步驟二	步驟四	步驟五	步驟六	步驟七	步驟八	步驟九
D							
E							
F							
G							
H							
I							
J							
總合		步驟四	步驟五	步驟六	步驟七		步驟九

	總分		總排序		換算成百分比			TRA 指數	
TRA 指數計算	步驟十	÷	步驟十	=	步驟十	×	100	=	步驟十 %

地圖、資料備註：步驟一

各項威脅定義(表四續)	
A	威脅：步驟三
	完全不受威脅：步驟三
B	威脅：步驟三
	完全不受威脅：步驟三
C	威脅：步驟三
	完全不受威脅：步驟三
D	威脅：
	完全不受威脅：
E	威脅：
	完全不受威脅：
F	威脅：
	完全不受威脅：
G	威脅：
	完全不受威脅：
H	威脅：
	完全不受威脅：
I	威脅：
	完全不受威脅：
J	威脅：
	完全不受威脅：

表五、威脅減弱程度評估範例。

威脅減弱程度評估表格

地點名稱：南灣	
地點描述：	
評估期間：	年 月 日 至 年 月 日 評估日期：
評估人員：	

威脅	威脅影響排序			綜合威脅 排序	威脅減弱 程度%	原始分數
	影響面積	強度	急迫程度			
A 沉積物污染	3	4	3	10	20	2
B 污水污染	4	3	4	11	30	3.3
C 海域活動破壞	1	1	1	3	10	0.3
D 過漁	2	2	2	6	15	0.9
總合	10	10	10	30		6.5

	總分		總排序		換算成百分比			TRA 指數
TRA 指數計算	6.5	÷	30	=	21.67	×	100	= 21.67 %

各項威脅定義	
A	威脅：沉積率 > 200 mg/cm ² /day
	完全不受威脅：沉積率 < 20 mg/cm ² /day
B	威脅：污水處理率 < 30%
	完全不受威脅：污水處理率 100%
C	威脅：遊客隨意踐踏珊瑚或採集珊瑚礁生物
	完全不受威脅：遊客皆具有保育觀念，不破壞珊瑚礁、不採集珊瑚礁生物
D	威脅：過度捕撈珊瑚礁魚類及無脊椎，例如龍蝦、貝類
	完全不受威脅：有效執行捕撈期、捕撈數量及體長的限制

表六、墾丁海域珊瑚礁體檢調查地點之地理座標

地點	緯度(北緯)	經度(東經)
跳石	21.9546	120.7611
出水口	21.9319	120.7374
後壁湖餵魚區	21.9379	120.7388
後壁湖瀉湖區	21.9494	120.7405
香蕉灣	21.9236	120.8236
合界	21.9494	120.7029
砂島	21.9139	120.8374
後灣	22.0426	120.6846
萬里桐	21.9953	120.6970
紅柴	21.9639	120.7027

表七、墾丁海域珊瑚礁底質組成百分比（單位：%）

地點	跳石		出水口		後壁湖 餵魚區		後壁湖 潟湖區		香蕉灣		合界		砂島		紅柴		後灣		萬里桐	
	3	10	3	10	3	10	3	6	3	10	3	10	3	6	3	10	3	6	3	6
深度 (m)	3	10	3	10	3	10	3	6	3	10	3	10	3	6	3	10	3	6	3	6
石珊瑚*	31	58	54.5	38.5	26.5	16	22	16	47	36	26	48.5	21.5	36	21	40	30.5	13	53	46.5
軟珊瑚	1.5	1.5	2.0	18.5	25.0	17.5	4.5	18.0	0	0.5	1.0	0	1.0	0	1.5	0	0	0	0	2.5
海藻	25.0	3.5	37.5	30.5	39.0	30.5	34.0	26.0	41.0	38.5	64.5	44.0	66.0	48.0	67.5	47.0	59.0	49.5	27.5	23.0
死珊瑚	0	0	3.0	1.0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2.0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0.5
海綿	0.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
礫石	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0
空白底質	0	1.0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0	2.5	0.5	0	0.5	6.0	0	1.0	0
沙	13.5	12.5	0.5	11.0	5.0	18.0	31.0	30.5	9.0	23.0	7.5	6.0	5.0	14.0	9.5	12.5	1.0	16.0	16.5	26.5
泥	27.5	20.0	0	0	2.0	16.5	5.5	8.5	1.0	1.0	0	0.5	0	0	0.5	0	3.5	21	0	0
其他	1	1	2.5	0	2	1.5	2.5	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1.5	1
總和	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*: 含白化珊瑚

表八、墾丁海域六地點珊瑚礁指標生物的豐富度（個體數/100 m²）及珊瑚的迫害情況。

地點	跳石		出水口		後壁湖餵魚區		後壁湖瀉湖區		香蕉灣		合界		砂島		紅柴		後灣		萬里桐		
	3	10	3	10	3	10	3	6	3	10	3	10	3	6	3	10	3	6	3	6	
水深 (m)																					
蝶魚	1.0	1.4	1.0	1.4	1.6	2.4	3.0	4.8	0.5	0	0.4	2.2	2	1.5	0.9	0.5	2	1.5	0.9	0.5	
石鱸	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	
笛鯛	0	0	0	0.2	2.8	1.6	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0	
石斑魚	0	0	0	0	0.6	0.2	0.2	0	0	0.2	0	0	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0	0.1	
隆頭鸚鵡魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
龍王鯛	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
老鼠斑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
魔鬼海膽	3.2	0.6	0	3.8	0.6	0.6	1.2	0.6	0	0	2.6	0.2	28.5	2.5	0.2	2.7	28.5	2.5	0.2	2.7	
碑碟貝	1.0	0.6	0.6	0.4	0	0.2	1.0	0	0.6	0	0.4	0.2	0.3	0.1	0	0	0.3	0.1	0	0	
大法螺	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
龍蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	
櫻花蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
棘冠海星	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
鉛筆海膽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

續表八

海參	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
珊瑚白化百分比	20%	0%	50%	10%	40%	10%	40%	20%	10%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	5%	
珊瑚的迫害:錨*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
珊瑚的迫害:炸藥*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
珊瑚的迫害:其他*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	3	0	3	
垃圾:魚網*	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	1	2	3	
垃圾:其他*	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

*: 0 表示不受影響，1 表示低度影響，2 為中等影響，3 為嚴重影響

表九、各階段預計達成的資源復育目標；其中各指標生物單位為每 100 平方公尺的族群密度(隻/100 平方公尺)。

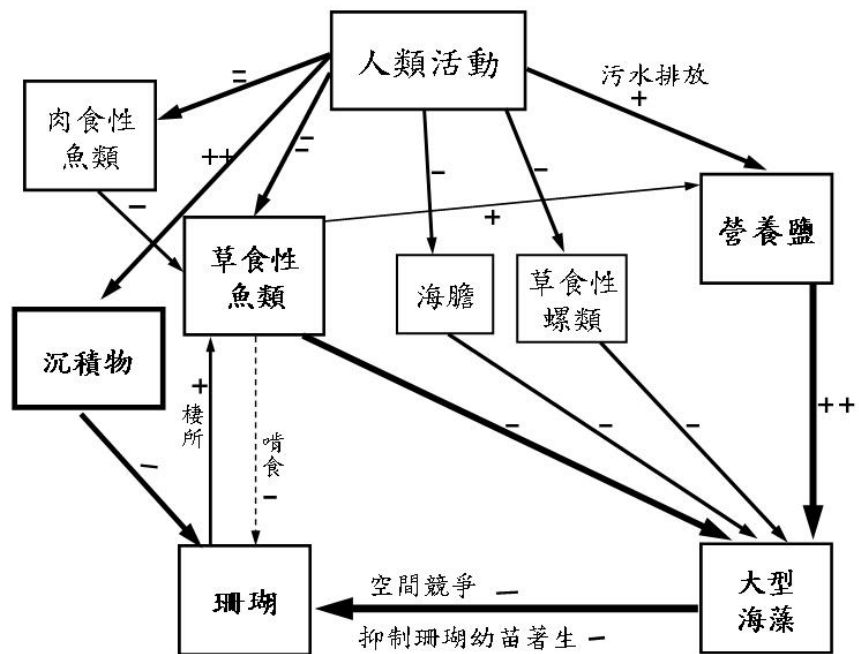
	各階段目標					
	2008	2013	2018	2023	2028	2033
珊瑚覆蓋率	~30%	~35%	~40%	~45%	~50%	>50%
蝶魚	1~2 隻	2~3 隻	3~4 隻	4~5 隻	~5 隻	>5 隻
笛鯛	<0.1 隻	~1 隻	~2 隻	~3 隻	~4 隻	>4 隻
石斑魚	<0.1 隻	~0.2 隻	~0.3 隻	~0.4 隻	~0.5 隻	>0.5 隻
石鱸	<0.1 隻	~0.2 隻	~0.4 隻	~0.6 隻	~0.8 隻	>1 隻
龍蝦	~0 隻	~0.02 隻	~0.05 隻	~0.08 隻	~0.1 隻	>0.1 隻
大法螺	~0 隻	~0.02 隻	~0.05 隻	~0.08 隻	~0.1 隻	>0.1 隻
大型碑磔貝*	~0 隻	~0.02 隻	~0.05 隻	~0.08 隻	~0.1 隻	>0.1 隻

*: 大型碑磔貝指殼長 > 50 cm。

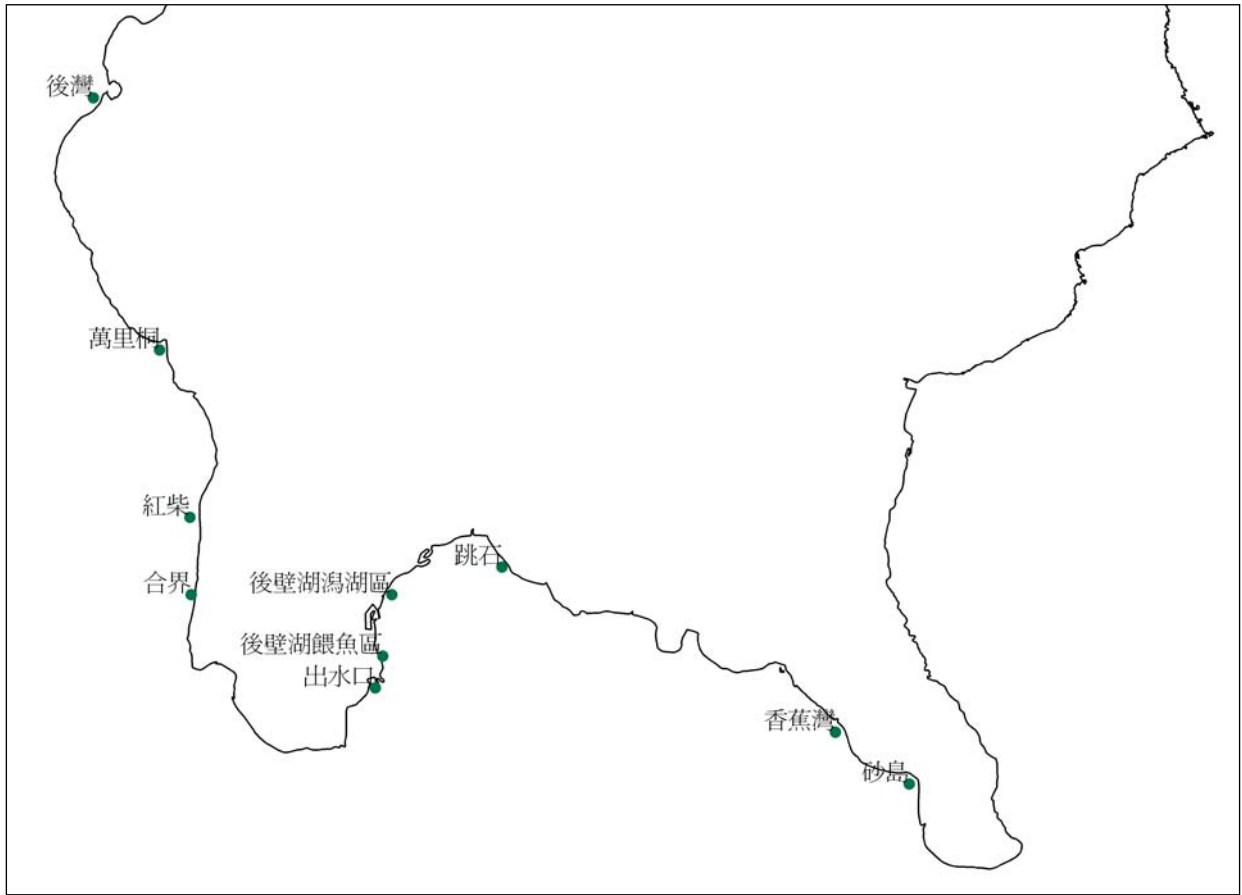
表十、珊瑚白化通報表。

珊瑚白化通報表

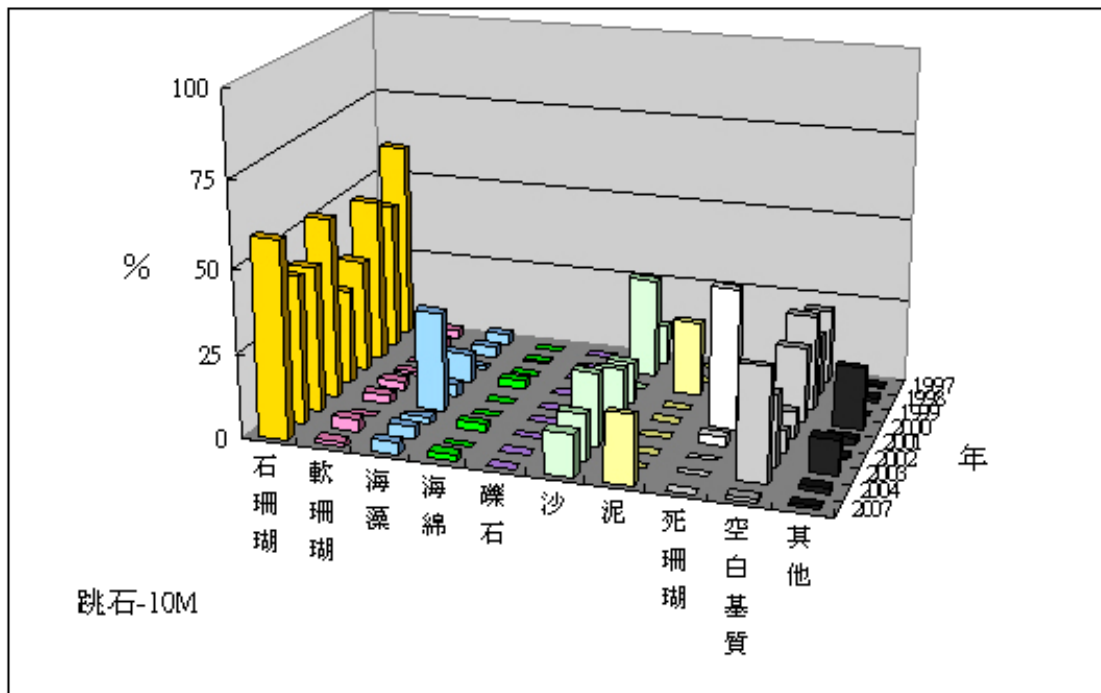
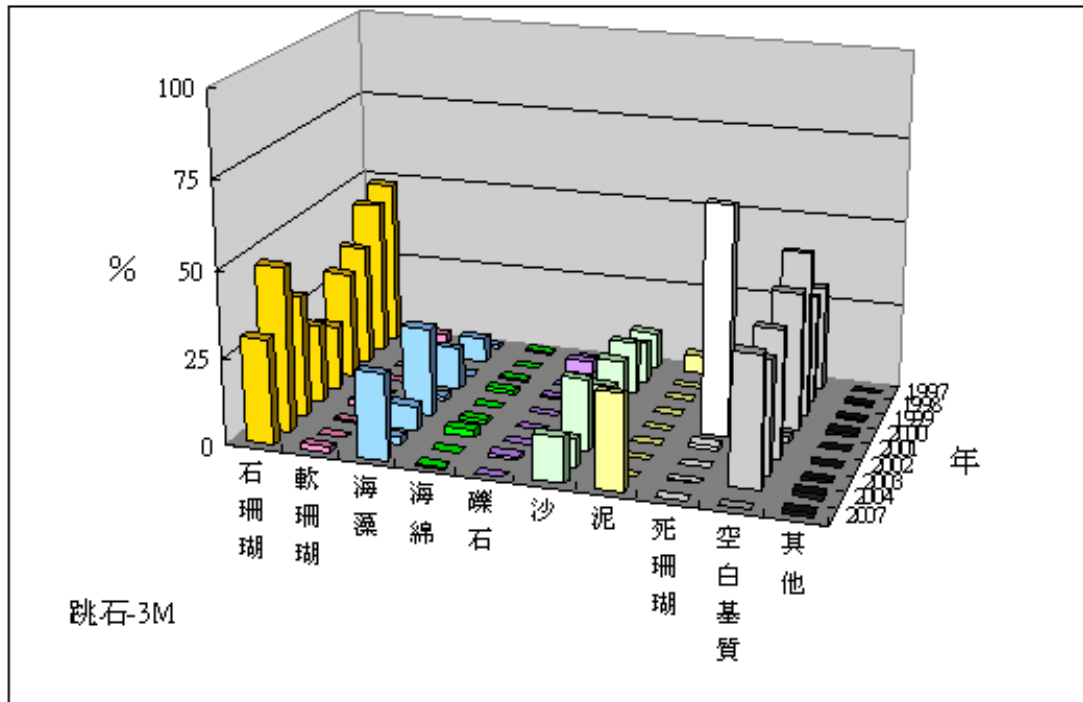
1. 調查者資料								
調查者：.....				調查日期：.....				
單位：.....				Email：.....				
調查者類別： <input type="checkbox"/> 一般遊客 <input type="checkbox"/> 海域遊憩業者 <input type="checkbox"/> 學術研究人員								
其他：.....								
2. 調查地點資訊								
地點：.....				水深範圍：.....				
棲地類型： <input type="checkbox"/> 潟湖 <input type="checkbox"/> 礁緣區 <input type="checkbox"/> 斜坡區 <input type="checkbox"/> 平台區 <input type="checkbox"/> 其他：.....								
水溫：0-3 m:..... °C...5-10 m:..... °C... 雲量： <input type="checkbox"/> 快晴 <input type="checkbox"/> 晴(疏雲) <input type="checkbox"/> 多雲 <input type="checkbox"/> 陰								
氣溫：..... °C.....風速： <input type="checkbox"/> 無風 <input type="checkbox"/> 1~2級 <input type="checkbox"/> 3~4級 <input type="checkbox"/> 5~6級 <input type="checkbox"/> 7級以上								
是否為第一次通報？ 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 距上次通報情況是否有改變？ 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>								
3. 珊瑚礁狀況								
珊瑚覆蓋率：				三類主要珊瑚型態(依序填 1、2、3)：				
類別 0 (0%) <input type="checkbox"/>	類別 3 (31~50%) <input type="checkbox"/>			分枝 <input type="checkbox"/>	叢狀 <input type="checkbox"/>			
類別 1 (1~10%) <input type="checkbox"/>	類別 4 (51~75%) <input type="checkbox"/>			葉狀 <input type="checkbox"/>	指狀 <input type="checkbox"/>			
類別 2 (11~30%) <input type="checkbox"/>	類別 5 (76~100%) <input type="checkbox"/>			團塊狀 <input type="checkbox"/>	表覆形 <input type="checkbox"/>			
				軟珊瑚 <input type="checkbox"/>				
4. 白化觀測								
白化的珊瑚比例：				白化的珊瑚形態：				
類別 0 (0%) <input type="checkbox"/>	類別 3 (31~50%) <input type="checkbox"/>			分枝 <input type="checkbox"/>	叢狀 <input type="checkbox"/>			
類別 1 (1~10%) <input type="checkbox"/>	類別 4 (51~75%) <input type="checkbox"/>			葉狀 <input type="checkbox"/>	指狀 <input type="checkbox"/>			
類別 2 (11~30%) <input type="checkbox"/>	類別 5 (76~100%) <input type="checkbox"/>			團塊狀 <input type="checkbox"/>	表覆形 <input type="checkbox"/>			
				軟珊瑚 <input type="checkbox"/>				
最常見的白化程度(擇一)：				白化的深度範圍：				
僅群體上表面白化 <input type="checkbox"/>				最小深度：..... 最大深度：.....				
顏色淺白(呈黃色或顏色很淺) <input type="checkbox"/>								
完全白化 <input type="checkbox"/>								
死珊瑚，已被藻類覆蓋 <input type="checkbox"/>								
5. 珊瑚類別(出現/白化)：								
	出現	白化		出現	白化		出現	白化
軸孔珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	笠珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	微孔珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
蕈珊瑚科	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	萼柱珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	肉質軟珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
鹿角珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	菊珊瑚科	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	葉形軟珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
列孔珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	表孔珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	指型軟珊瑚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
附註：								



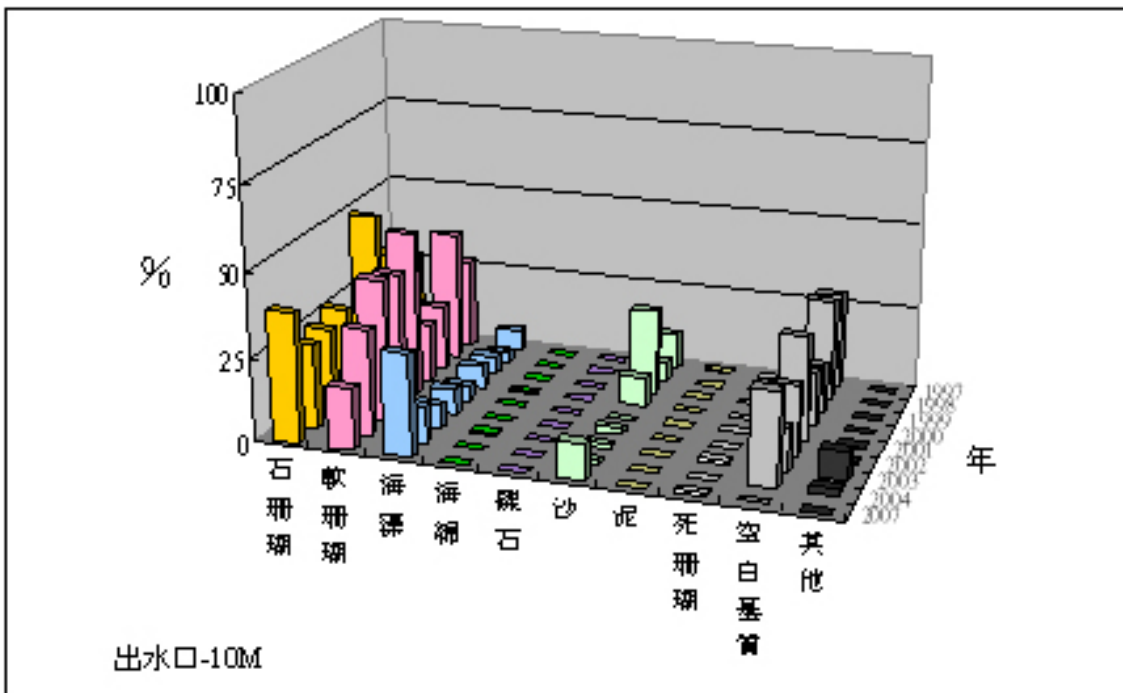
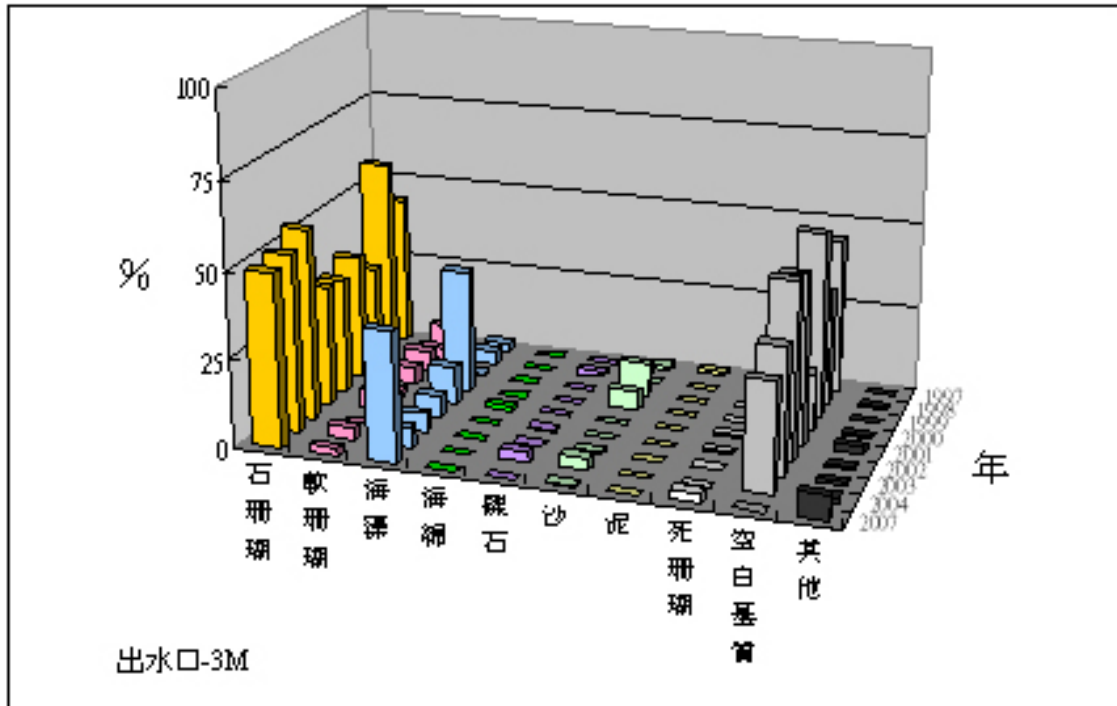
圖一、 墾丁國家公園珊瑚礁海域生態衝擊的示意圖。



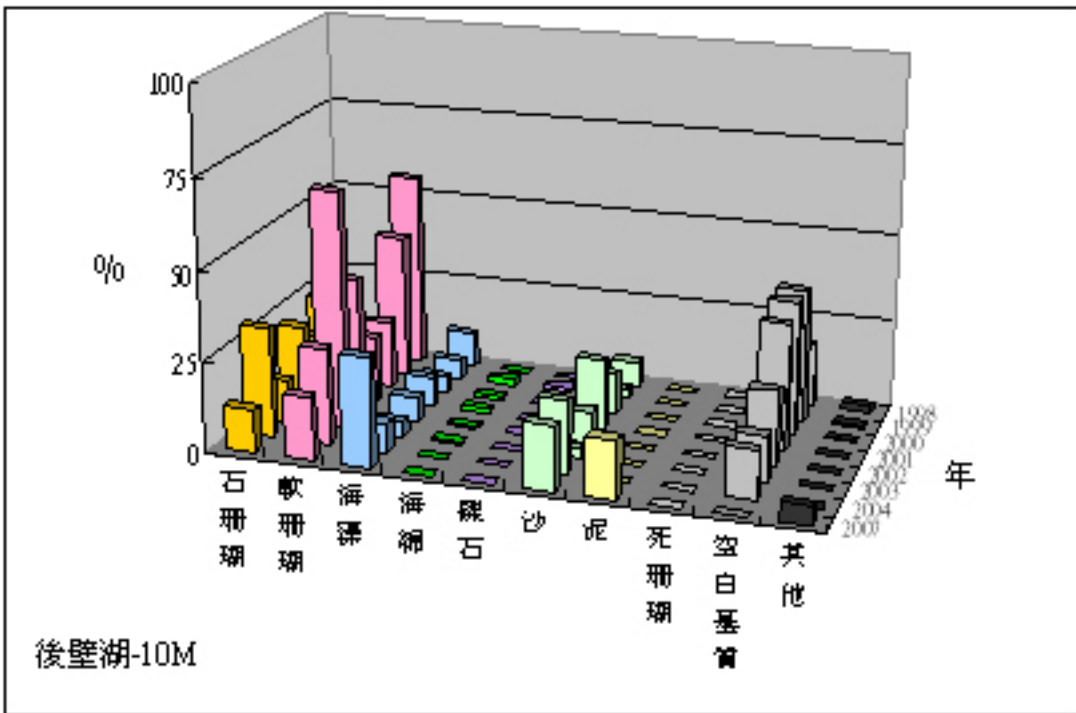
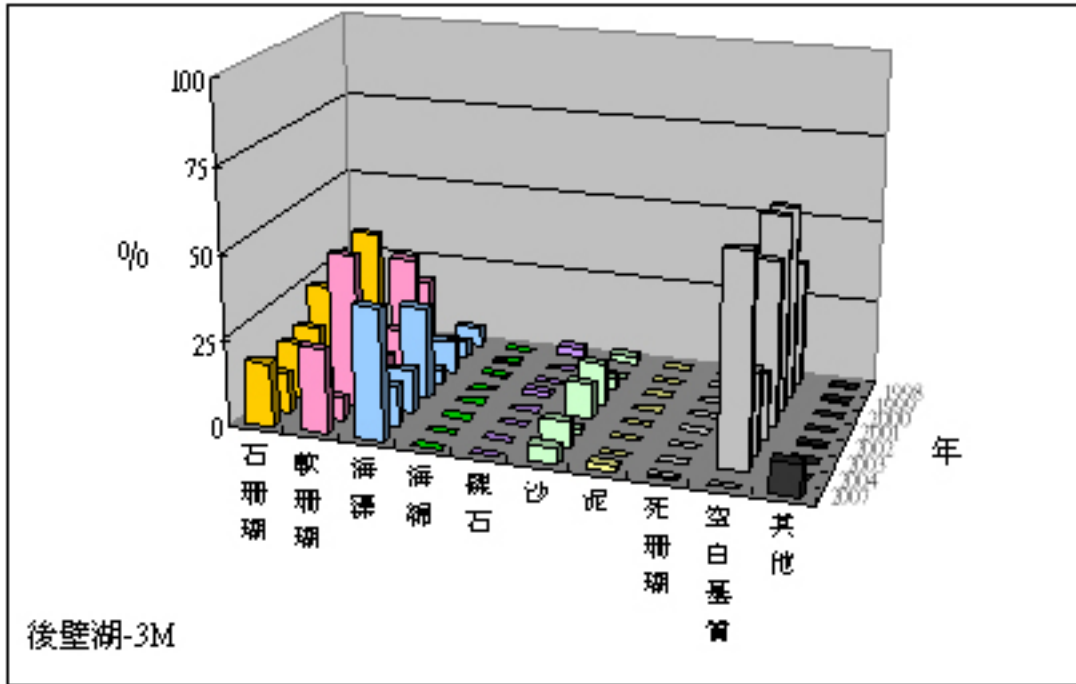
圖二、墾丁國家公園海域珊瑚礁調查地點



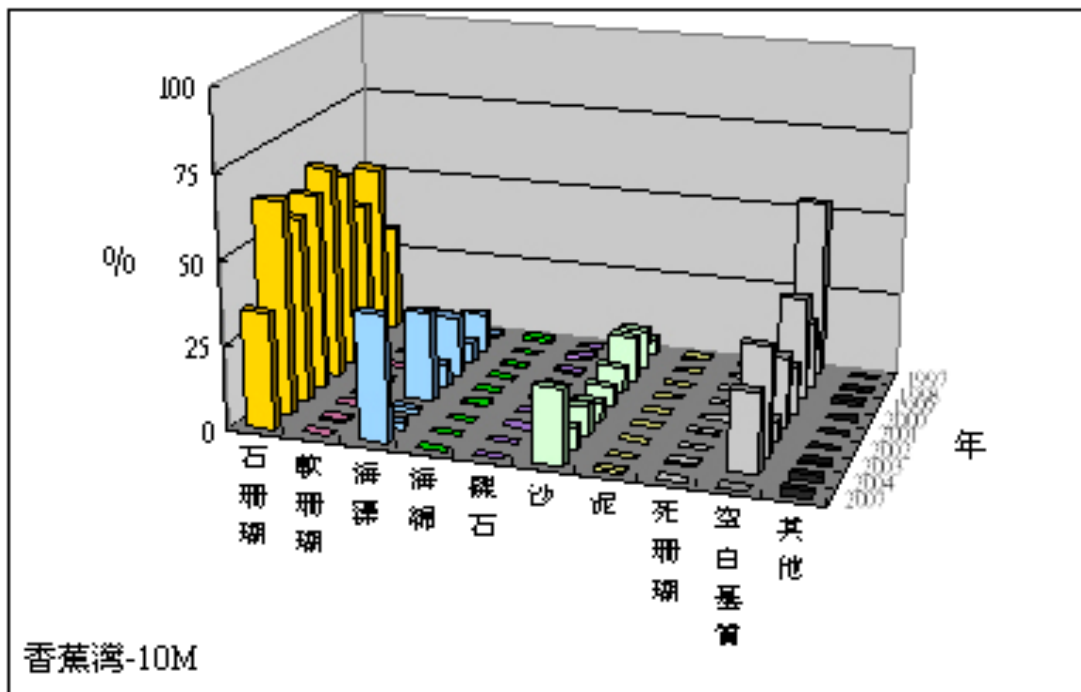
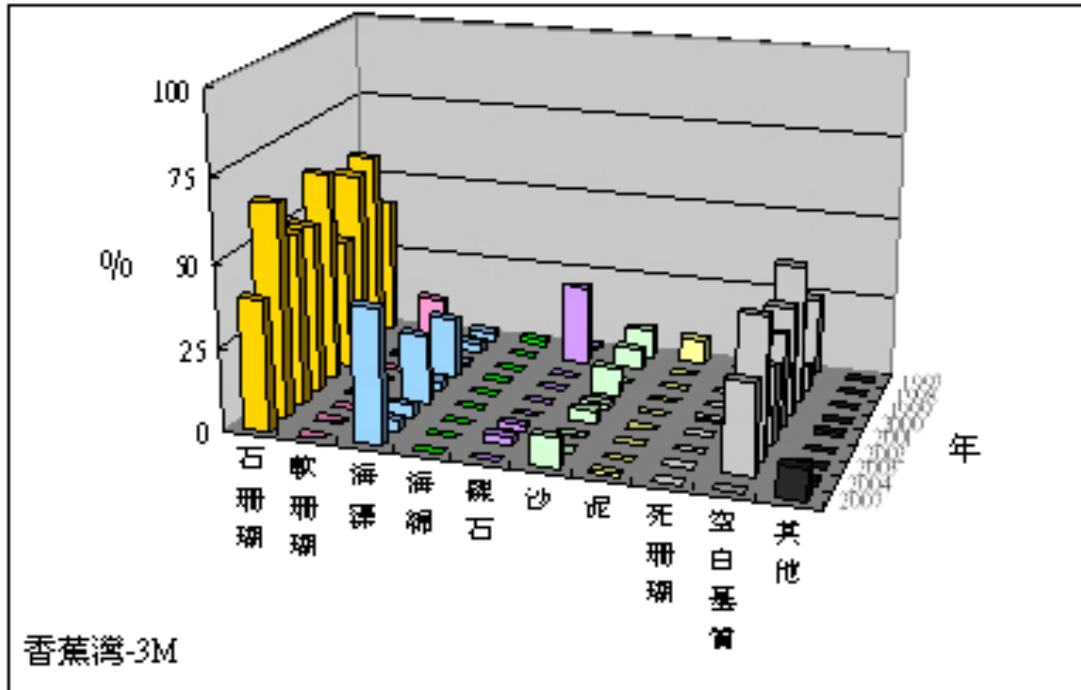
圖三、跳石歷年來珊瑚礁底棲群聚的變動



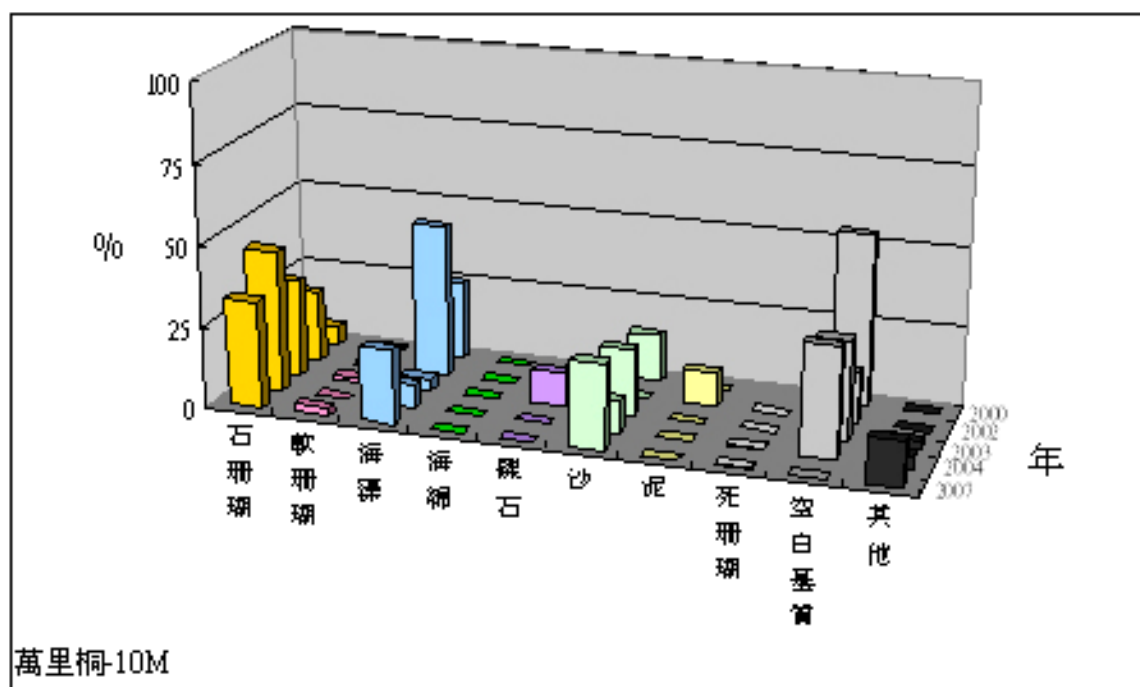
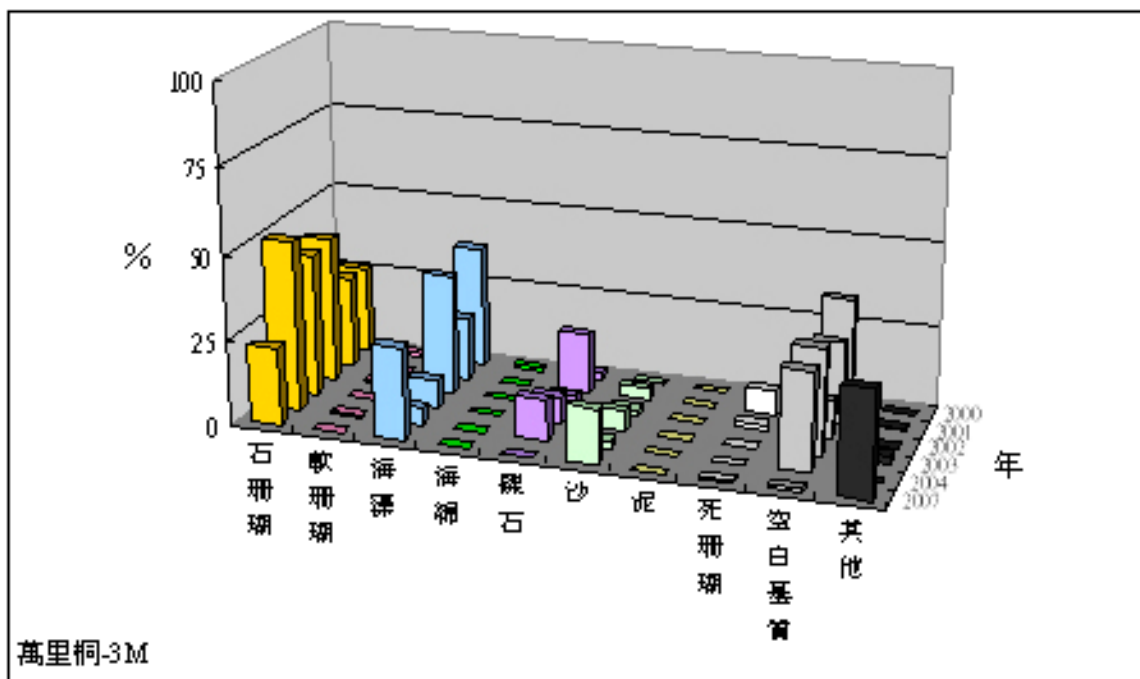
圖四、出水口歷年來珊瑚礁底棲群聚的變動



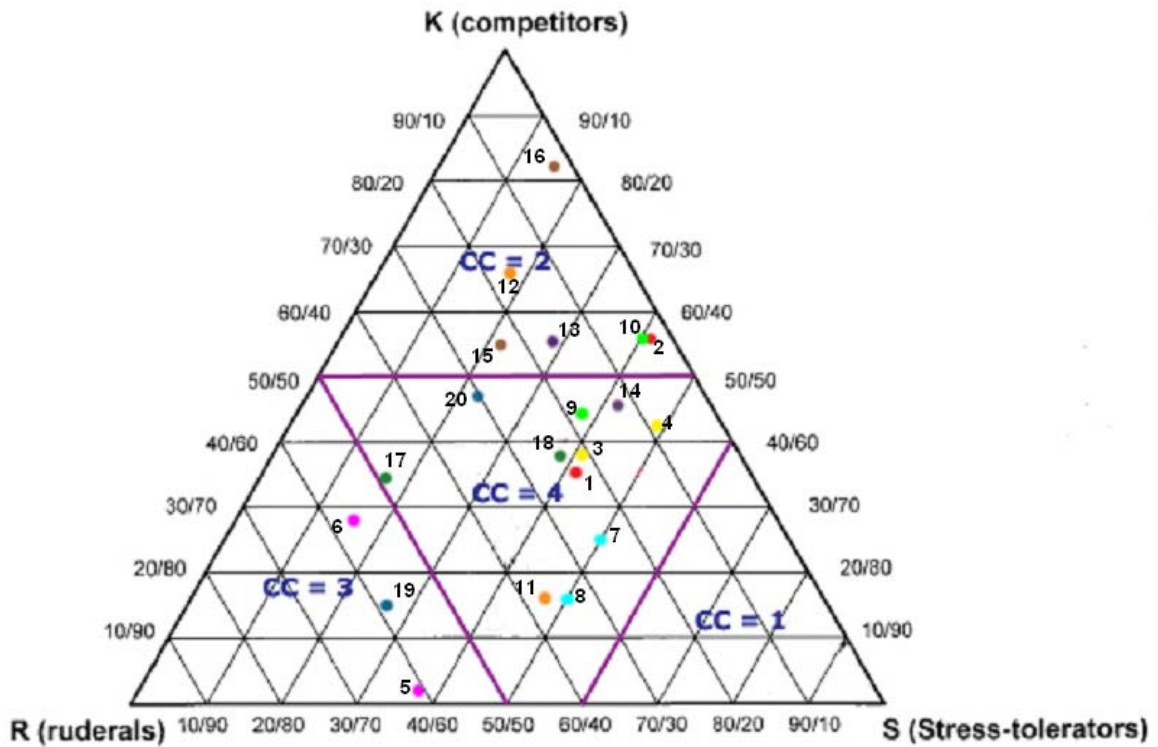
圖五、後壁湖餵魚區歷年來珊瑚礁底棲群聚的變動。



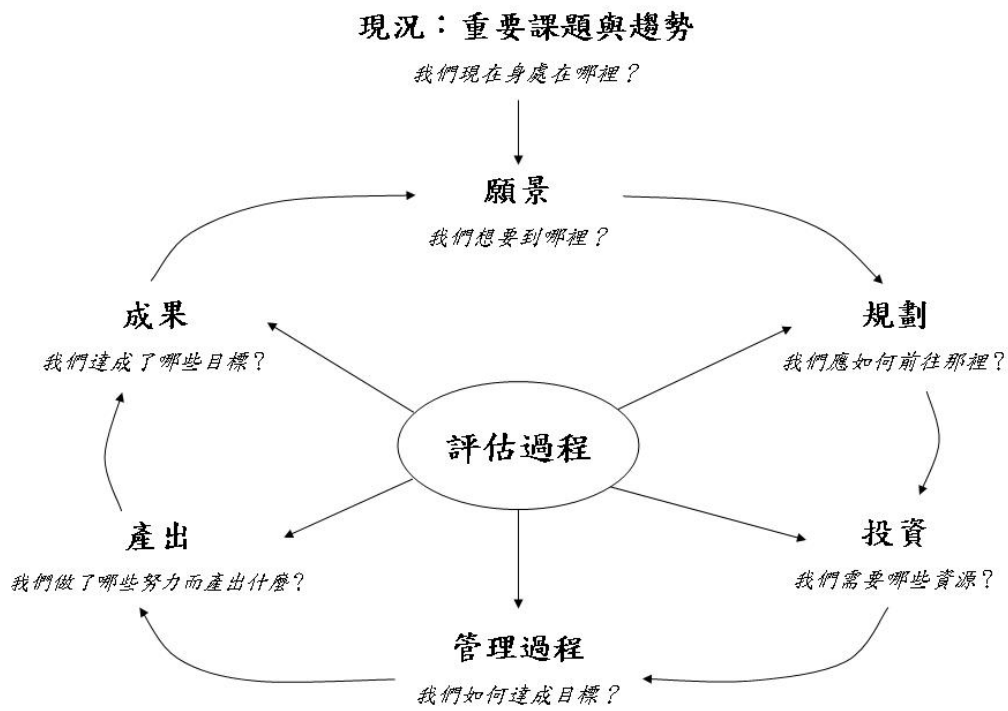
圖六、香蕉灣歷年來珊瑚礁底棲群聚的變動。



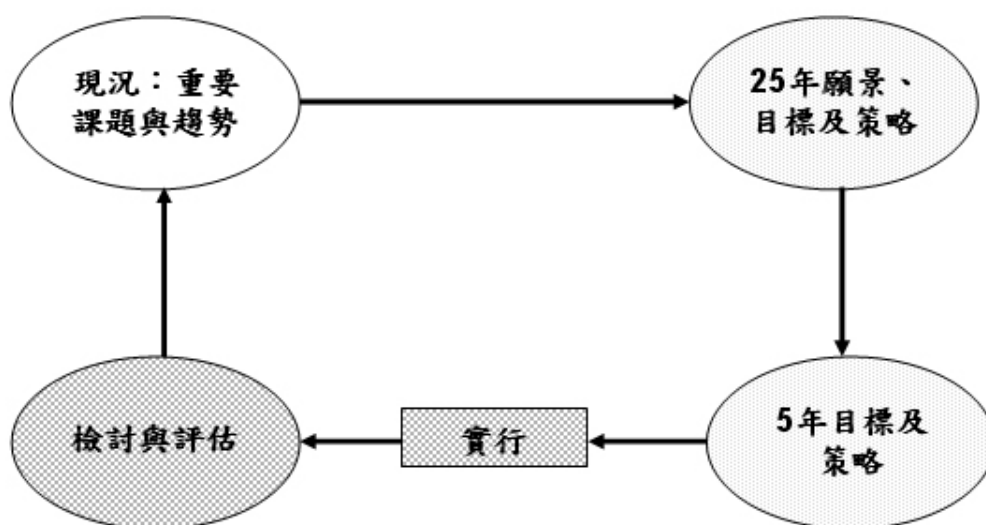
圖七、萬里桐歷年來珊瑚礁底棲群聚的變動。



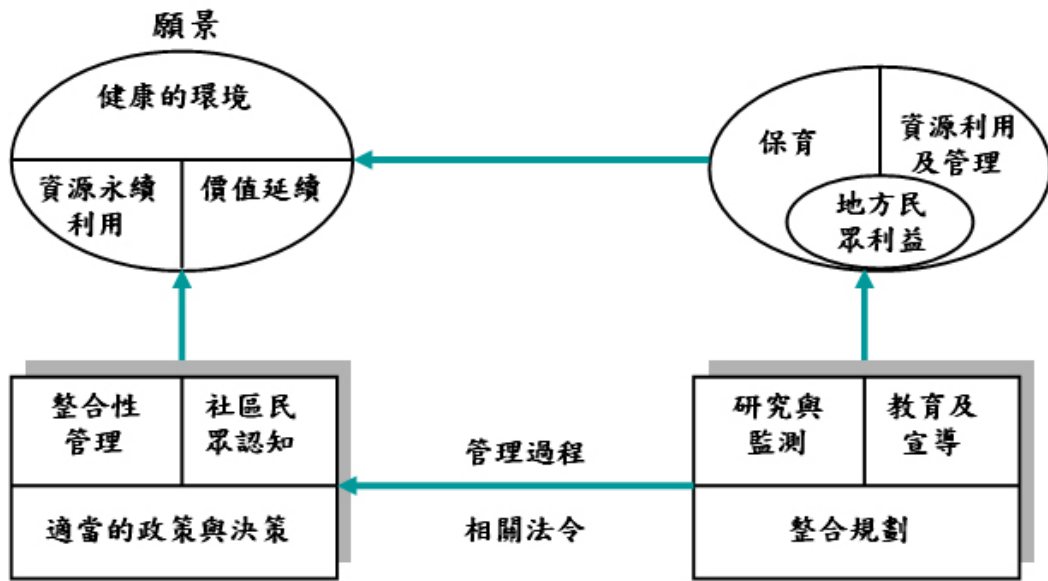
圖八、墾丁海域珊瑚群聚之 R-K-S 圖。1：跳石 3 m、2：跳石 10 m、3：出水口 3 m、4：出水口 10 m、5：後壁湖餵魚區 3 m、6：後壁湖餵魚區 10 m、7：後壁湖瀉湖區 3 m、8：後壁湖瀉湖區 6 m、9：香蕉灣 3 m、10：香蕉灣 10 m、11：合界 3 m、12：合界 10 m、13：砂島 3 m、14：砂島 6 m、15：紅柴 3 m、16：紅柴 10 m、17：後灣 3 m、18：後灣 6 m、19：萬里桐 3 m、20：萬里桐 6 m。



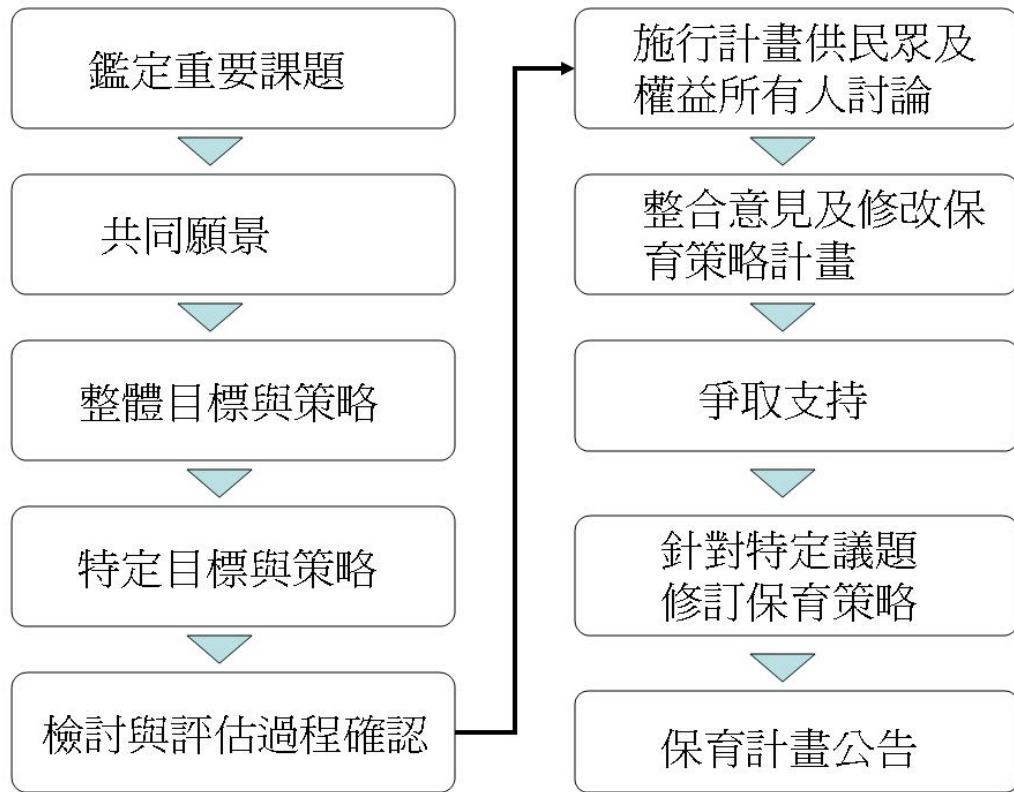
圖九、海洋資源保育政策、實行、管理及評估的流程（仿 IUCN, 2000 修改）



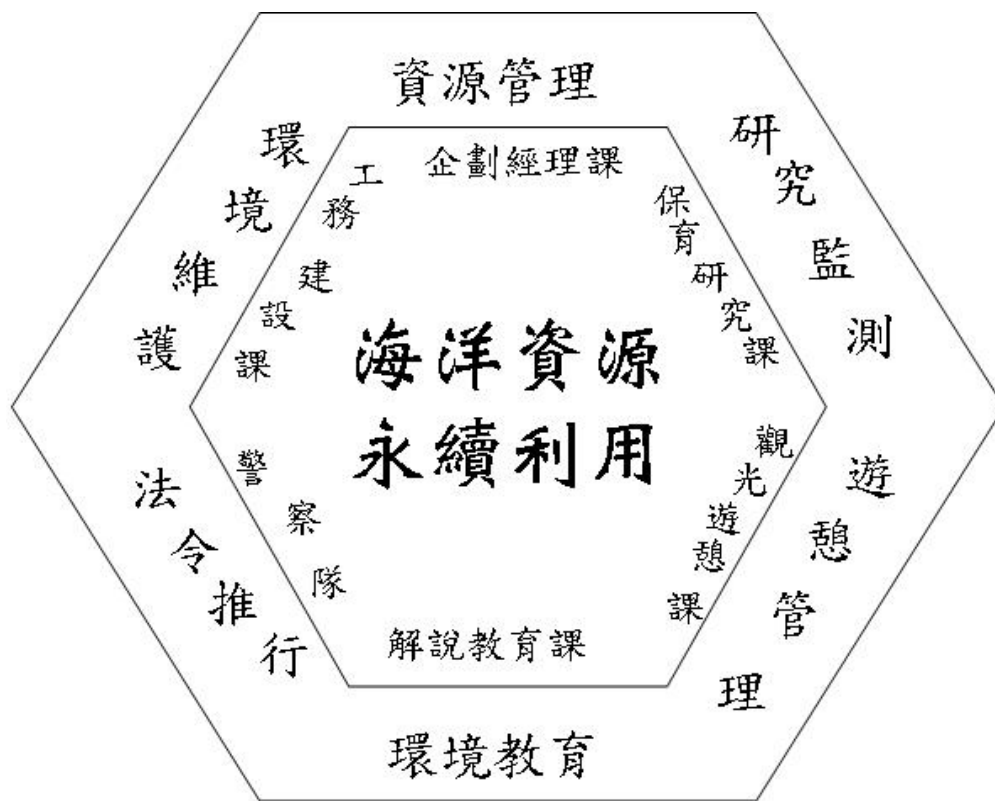
圖十、海洋資源保育政策的階層式架構。



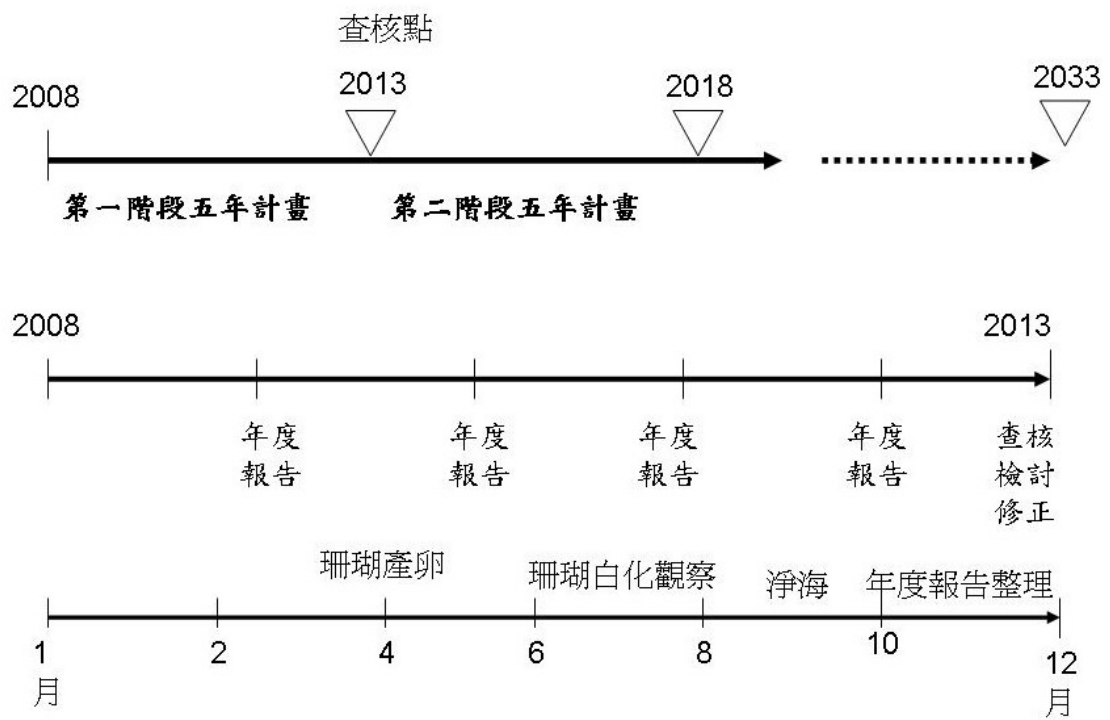
圖十一、海洋資源保育策略需考慮的問題及其間關係 (仿 GBRMPA, 1995 修改)



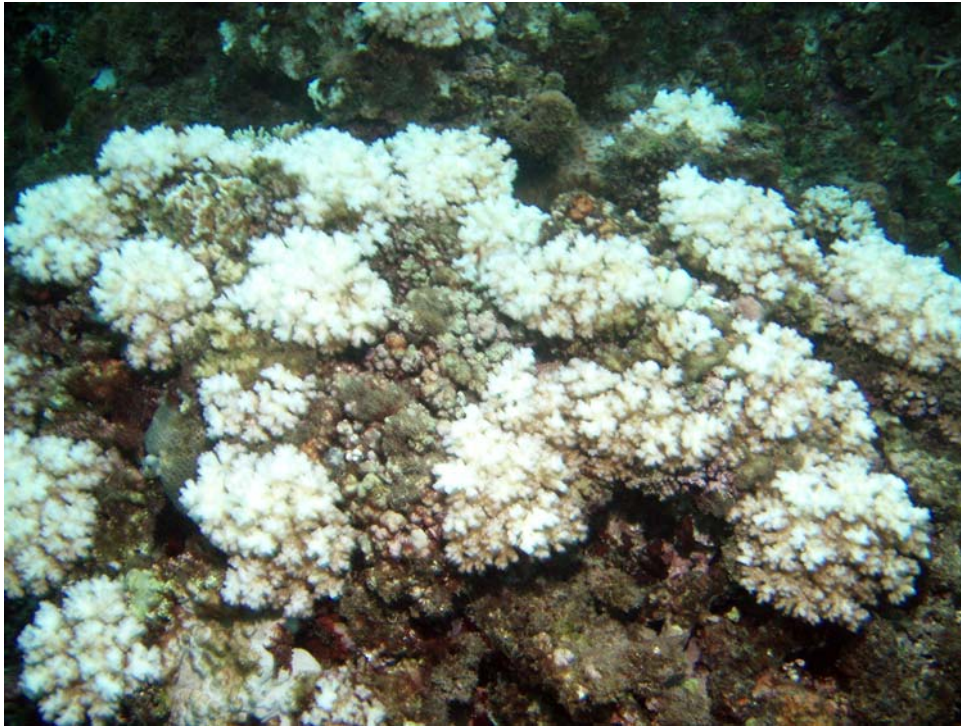
圖十二、海洋資源保育計畫擬訂的流程（仿自 GBRMPA, 1995）。



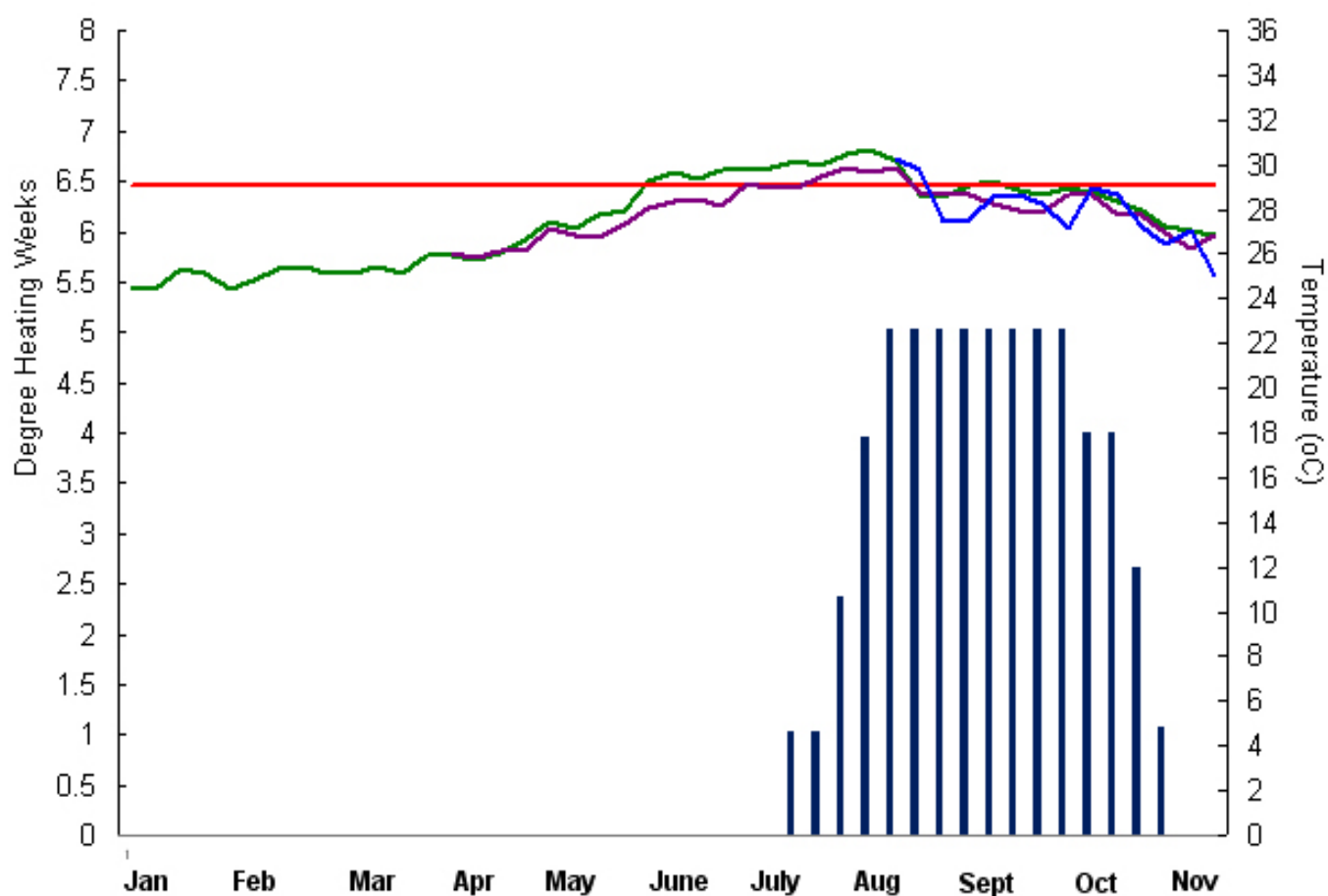
圖十三、墾丁國家公園海洋保育政策規劃的六個面向。



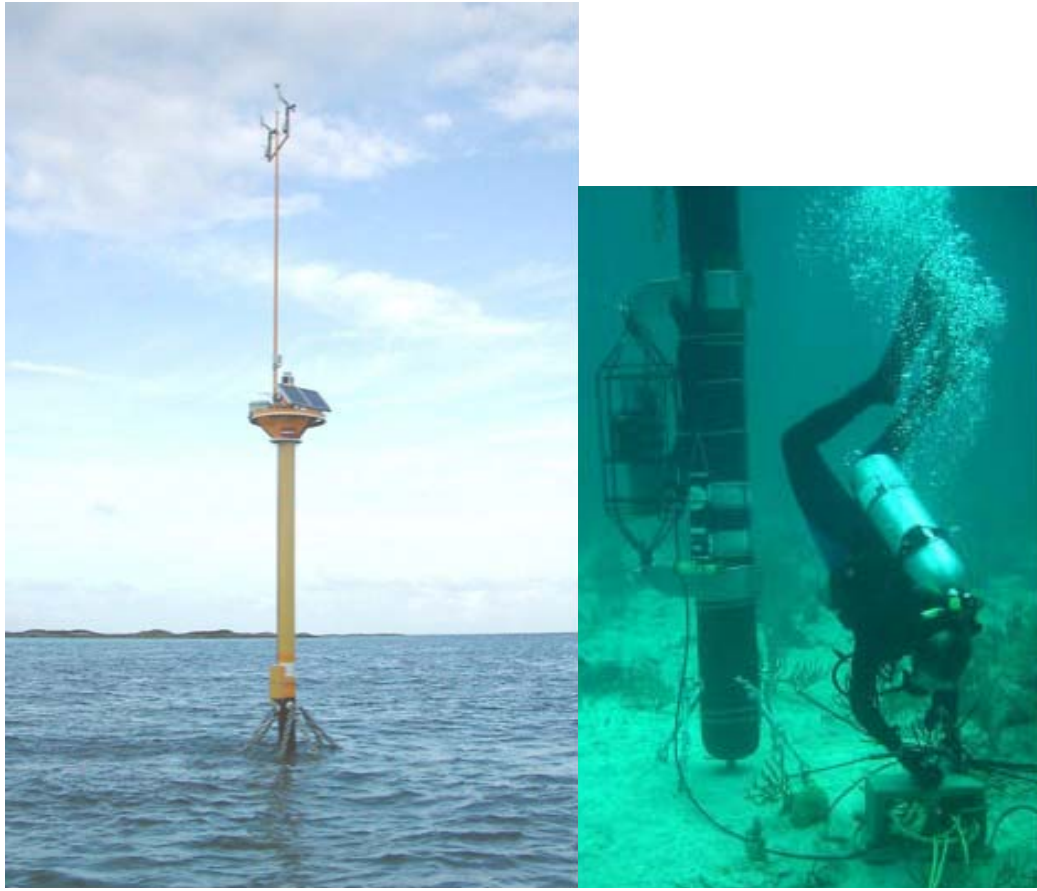
圖十四、墾丁國家公園海洋保育計畫施行績效的查核時間表。



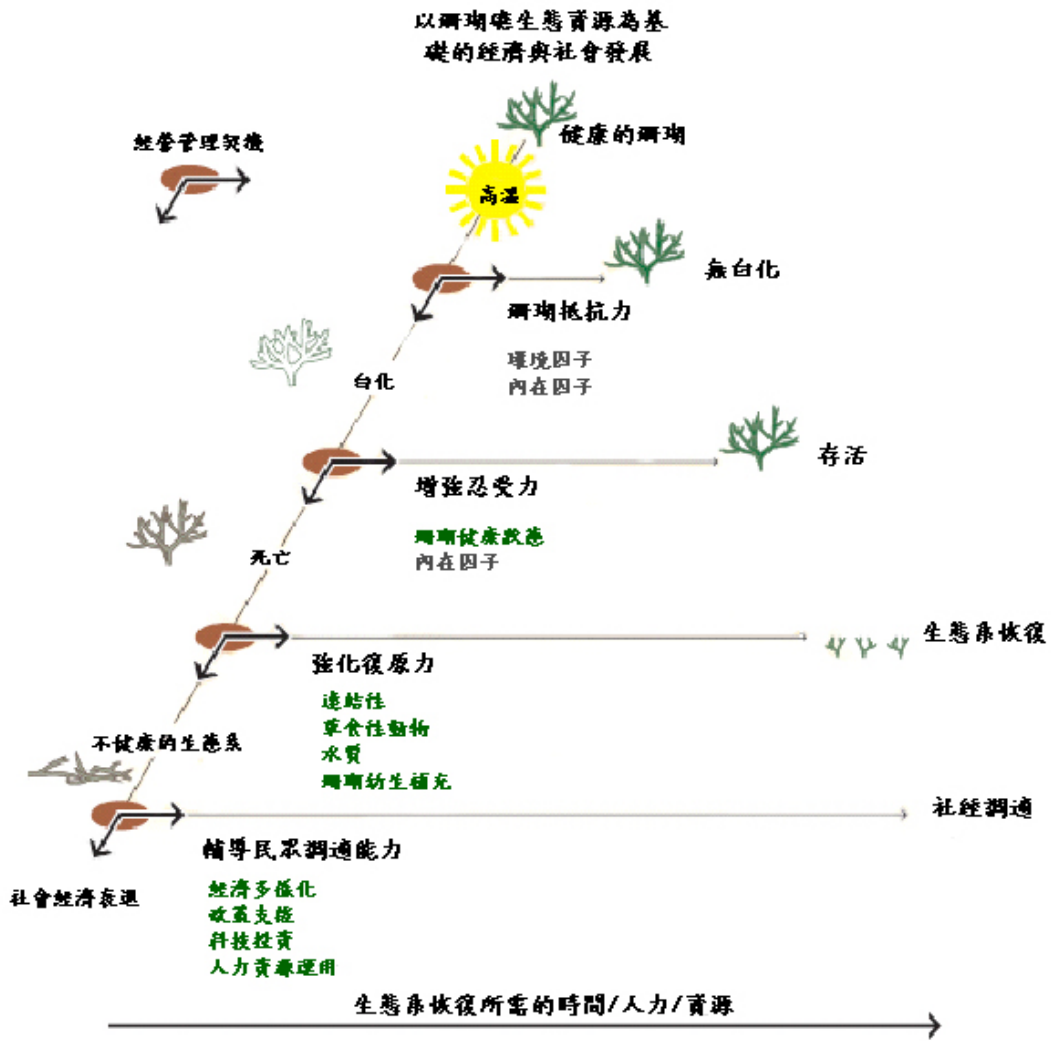
圖十五、核三廠排水口及後壁湖瀉湖區珊瑚大量白化的情形。



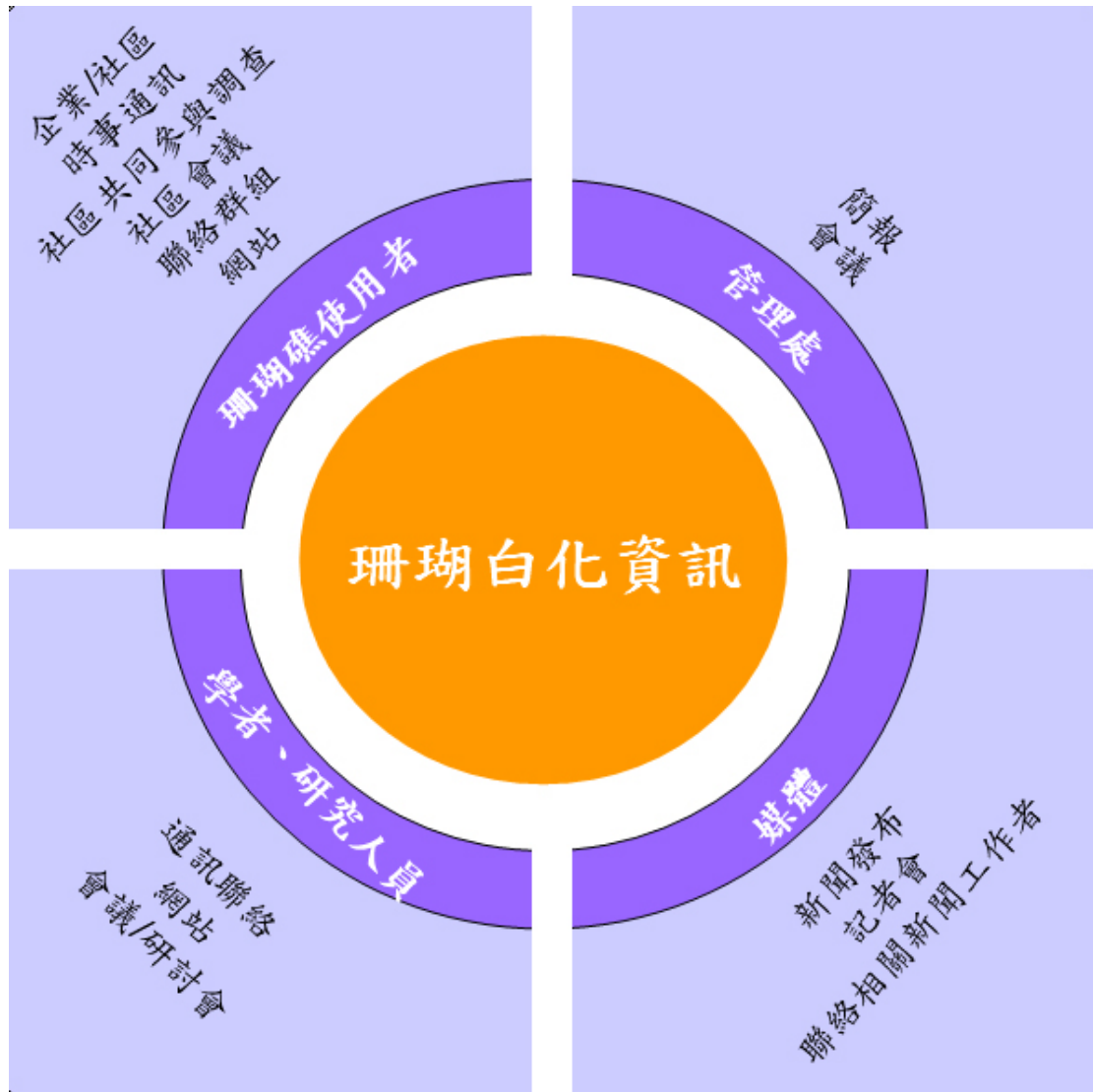
圖十六、2007 年墾丁海域海水表面溫度變化圖。綠線南灣海水表溫，取自 NOMADS 全球衛星水溫資料；紫線為南灣海水表溫，取自中央氣象局浮球海溫測報資料，藍線為核三廠出水口海水表溫。紅線為珊瑚白化溫度閾值，29.1°C。直條為



圖十七、珊瑚礁早期預警系統(NOAA's CREWS)海溫資料測站。(取自: Hendee et al. 2006)



圖十八、珊瑚白化對珊瑚礁影響的管理機制。(仿 Marshall and Schuttenberg, 2006)



圖十九、珊瑚白化資訊處理方式。(仿 Marshall and Schuttenberg, 2006)



圖二十、墾丁海域海洋遊憩人口眾多。上圖：出水口；下圖：後壁湖保護區。

附錄一、甲類海域海洋環境品質標準其水質項目及標準值

水質項目		標準值
重 金 屬	鎘	0.01
	鉛	0.1
	六價鉻	0.05
	砷	0.05
	汞	0.002
	硒	0.05
	銅	0.03
	鋅	0.5
	錳	0.05
	銀	0.05
農 藥	有機磷劑（巴拉松、大利松、達馬松、亞素靈、一品松、陶斯松）及氨基甲酸鹽（滅必蟲、加保扶、納乃得）之總量	0.1
	安特靈	0.0002
	靈丹	0.004
	毒殺芬	0.005
	安殺番	0.003
	飛佈達及其衍生物 (Heptachlor, Heptachlor epoxide)	0.001
	滴滴涕及其衍生物(DDT,DDD,DDE)	0.001
	阿特靈、地特靈	0.003
	五氯酚及其鹽類	0.005
	除草劑（丁基拉草、巴拉刈、2,4-D）	0.1
備註：1. 單位：毫克/公升。2. 未特別註明之項目其標準值以最大容許量表示。		
氫離子濃度指數(pH)		7.5~8.5
溶氧量		> 5.0
生化需氧量		< 2
大腸桿菌群(CFU/100ml)		1000 個以下
氨氮		0.3
總磷		0.05
氰化物		0.01
酚類		0.01
礦物性油脂		2
備註：1. 氫離子濃度指數：無單位。2. 大腸桿菌群：每 100 毫升水樣在濾膜上所產生之菌落數。3. 其餘：毫克/公升。4. 未特別註名之項目其標準值以最大容許量表示。		