墾丁國家公園海域珊瑚礁長期生態監測

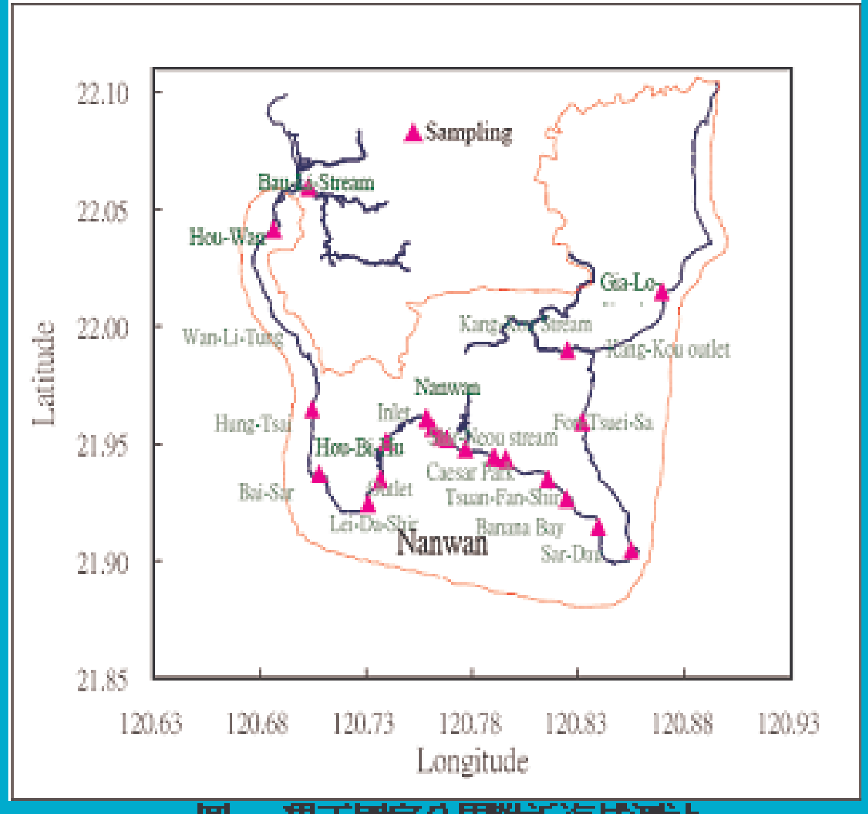
何平合[1]、陳昭倫[2]、孟培傑[3、8]、陳正平[4]、邱郁文[5]、林幸助[6]、張揚祺[7] 、劉弼仁[8]

[1]國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學系　[2]中央研究院生物多樣性研究中心　[3]國立海洋生物博物館　[4]國家實驗研究院海洋科技研究中心
[5]高雄醫學大學生物醫學暨環境生物學系　[6]國立中興大學生命科學系　[7]國立中山大學海洋環境及工程學系　[8]國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所

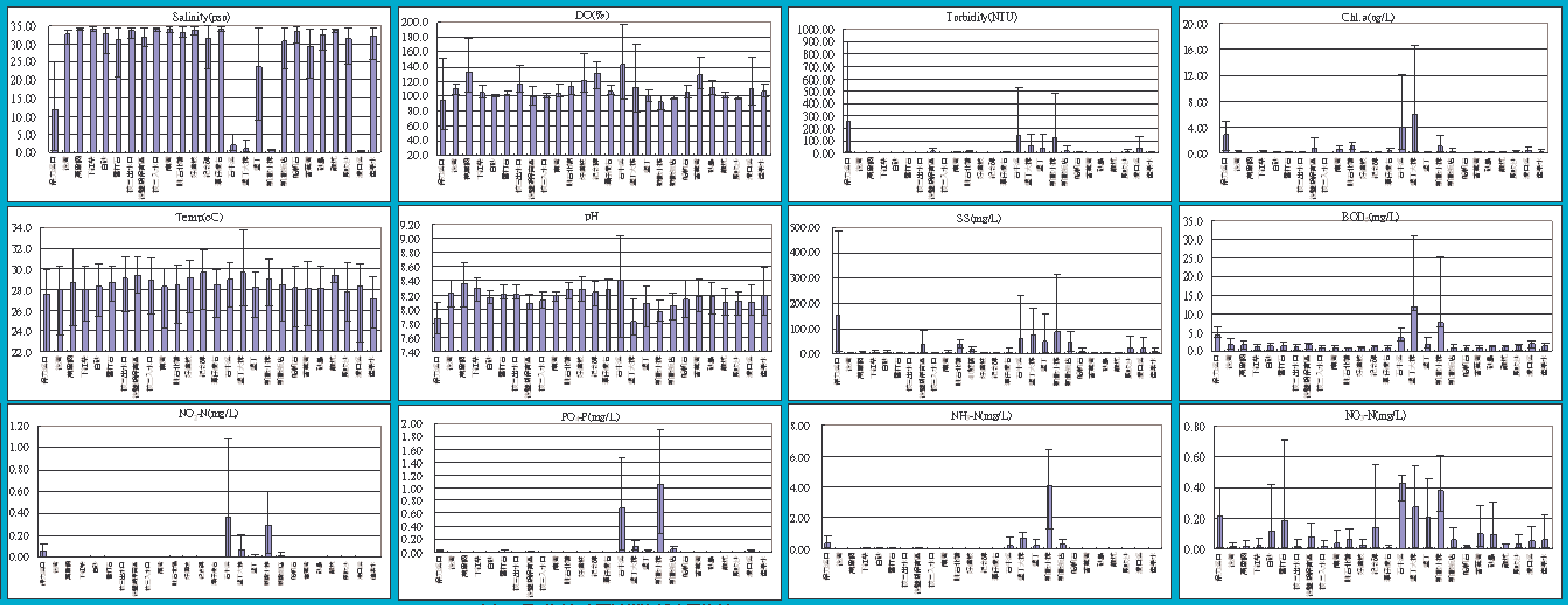
摘　要

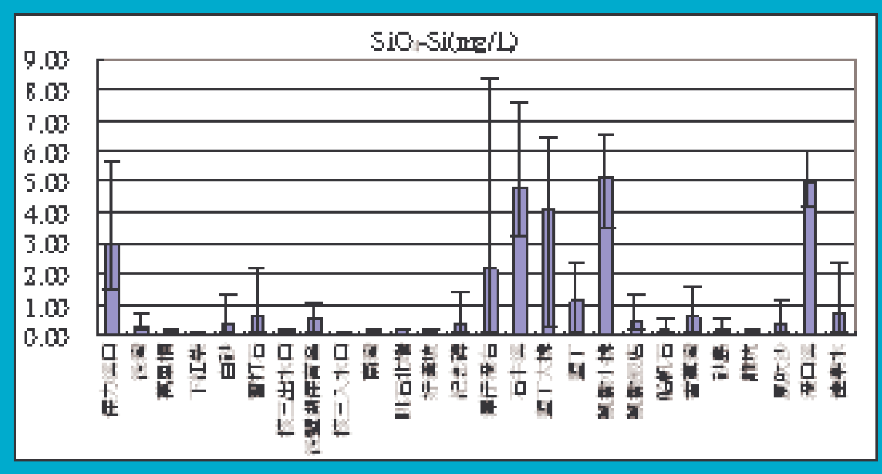
長期監測墾丁國家公園海域珊瑚礁環境生態，監測區涵蓋貓鼻頭、香蕉灣及龍坑三處生態保護區、海域生態保護區及一些非保護區、後壁湖與眺石海洋資源保護示範區，針對人為活動對海域生態衝擊影響進行長期之調查研究，分析各因子間相依共存、相生相剋之因果關係，期望找出影響墾丁海域珊瑚礁生態之重要環境因子，並研擬解決對策，提供決策單位作為參考。結果顯示，墾丁國家公園附近沿岸海域部分測站含有較高的營養鹽及懸浮固體，其來源主要分別是保力溪、墾丁大排、凱撒小排及石牛溪等人為活動排放溝渠。降雨及颱風將河床之沈積物所吸收累積之耗氧性污染物質沖刷至沿岸水域，再加上每年大量遊憩人潮，也直接間接影響整個墾丁沿岸海草床與珊瑚礁海域生態環境。以MDS分析結果發現，萬里桐海域的魚類組成明顯與其他測站不同，軟體動物群聚各地區相似度僅有20%，相似程度不高，顯示各地海岸群聚有所差異。依r-K-S保育等級分類分析結果，紅柴已進入保育等級=1的保育等級，以抗環境壓迫能力高的珊瑚為優勢，顯示此區以遭受嚴重的沈積物、泥沙等污染。而、萬里桐、雷打石、香蕉灣與龍坑都屬於保育等級=4，有機會成為珊瑚礁魚類輸出區，需優先投入保育工作的礁區。此外，持續監測收集資料透過資料倉儲運用與OLAP等先進之資訊技術產生的資料，建立線上生態系統模擬與分析模式，並增加地理系統多樣性以及持續建構透過不同技術的呈現網路式的生態模式，測試生態系遭受人為或自然力的作用下，墾丁珊瑚礁群聚的恢復力(resilience)，評估各珊瑚礁可忍受的壓力極限及受到壓力後所需回復的時間，與生態指數結果做比較，預測人為影響與氣候變遷下，墾丁珊瑚群聚恢復的潛能。將所開發之墾丁模式發佈於網路，提供線上模型操作，支援決策導向的整合型資訊系統與提供管理者進行決策分析，使相關決策者瞭解生態系運作，在制定相關政策與環境規劃，減少對環境的負面影響，以達永續發展的最終目標。

關鍵詞：墾丁國家公園海域、耗氧性污染物質、MSD分析、模擬系統

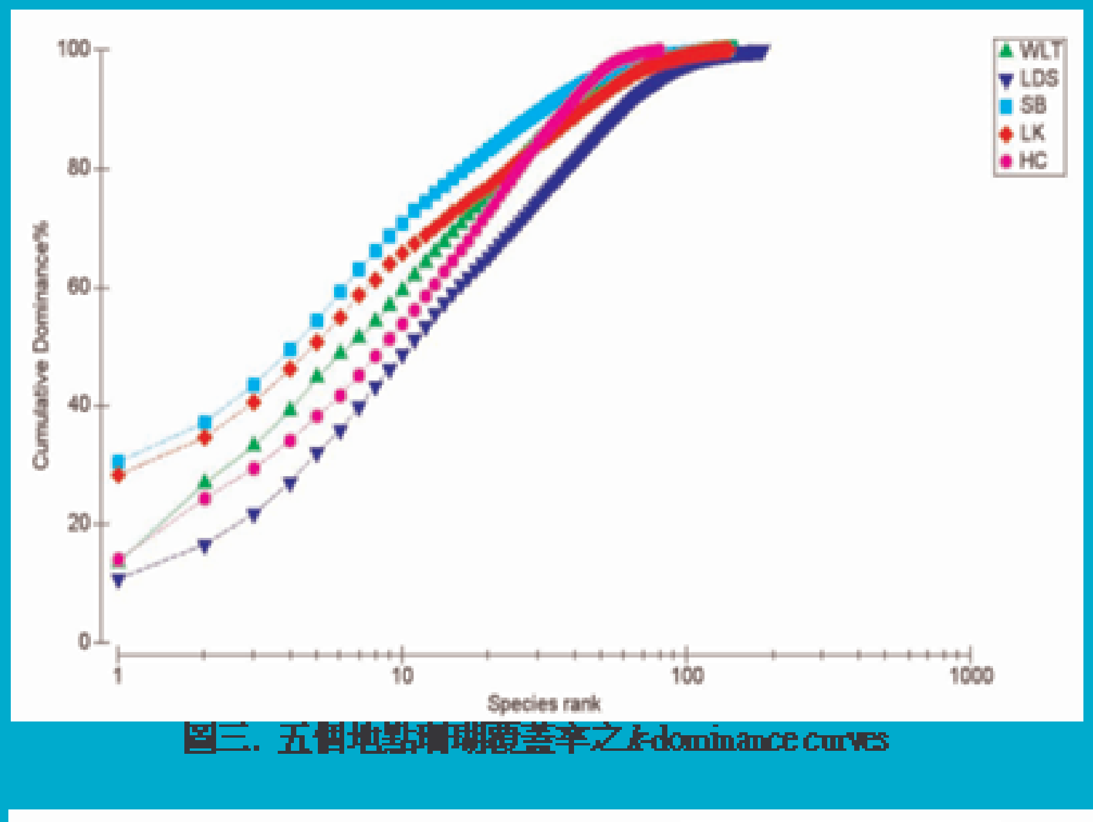

Sampling
Bao-Li Stream
Hou-Wan
Wan-Li-Tung
Hung-Tsai
Hou-Bi-Hu
Bai-Sar
Nanwan
Inlet
Caesar Park
Banana Bay
Sar-Dao
Gang-Kou outlet
Feng-Chuei-Sa
Latitude
Longitude
22.10
22.05
22.00
21.95
21.90
21.85
120.63
120.68
120.73
120.78
120.83
120.88
120.93

圖一. 墾丁國家公園附近海域測站

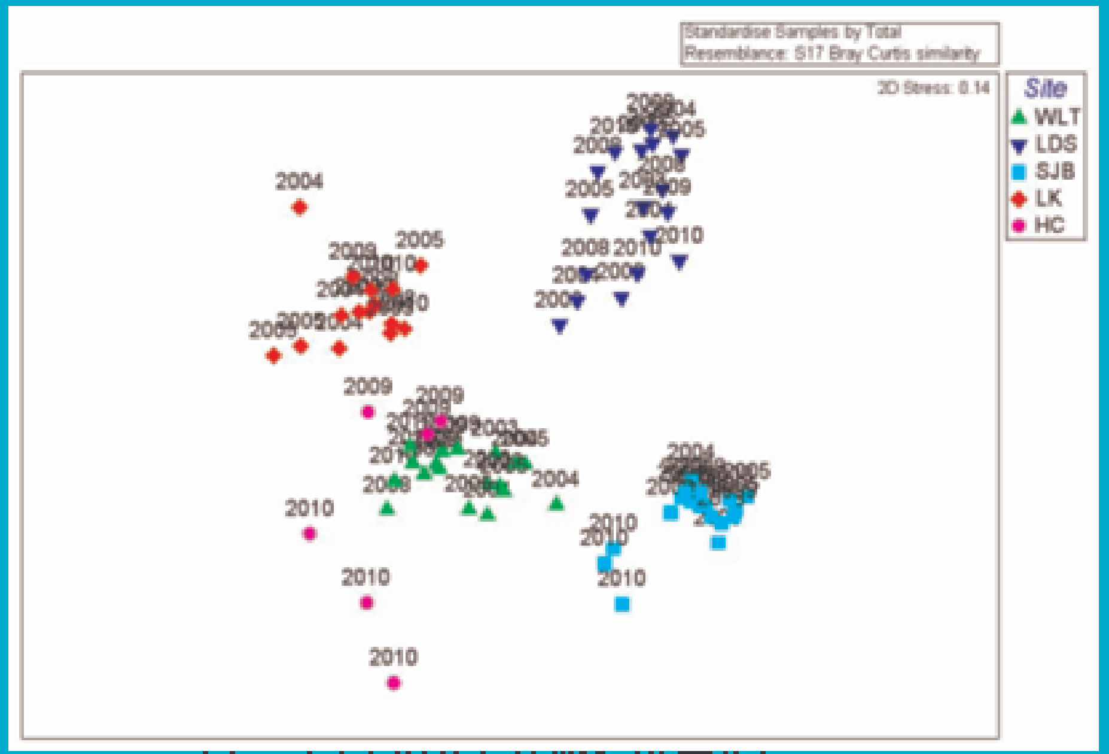




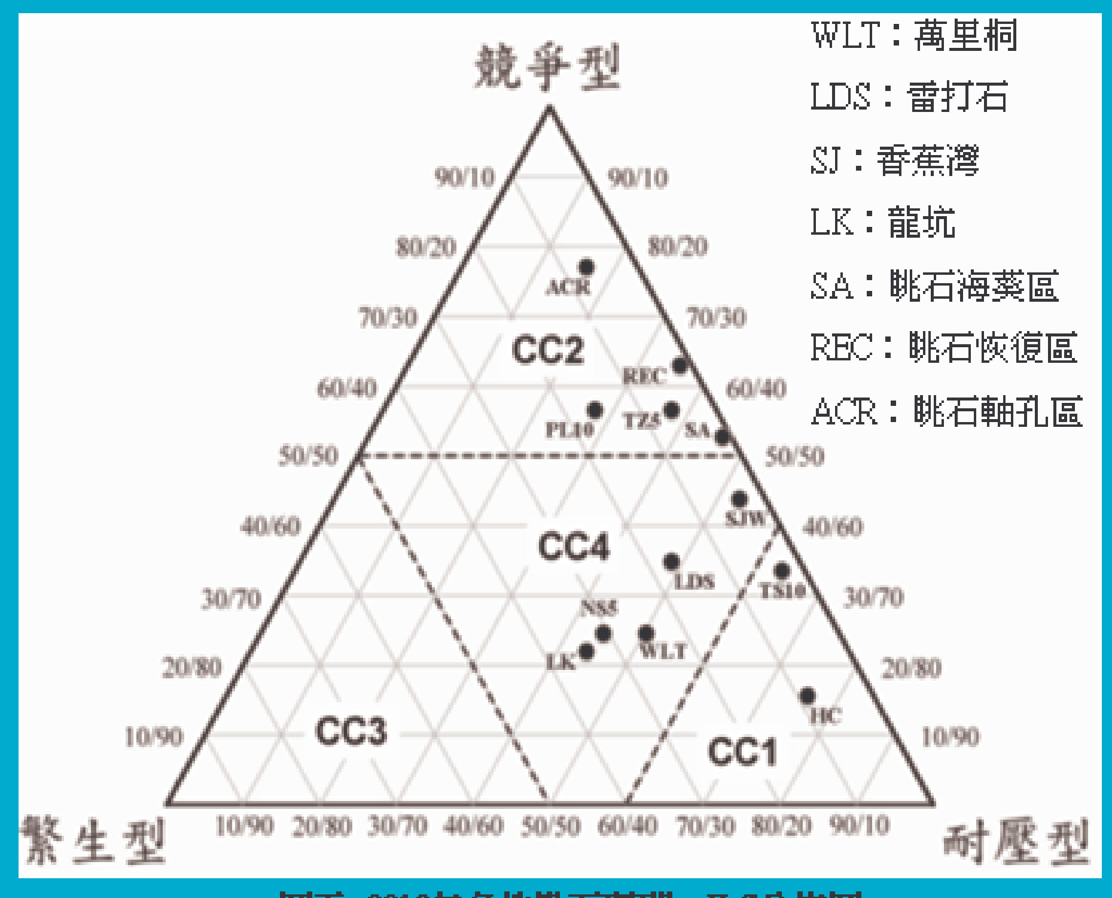
圖二. 墾丁國家公園沿岸海域水質資料



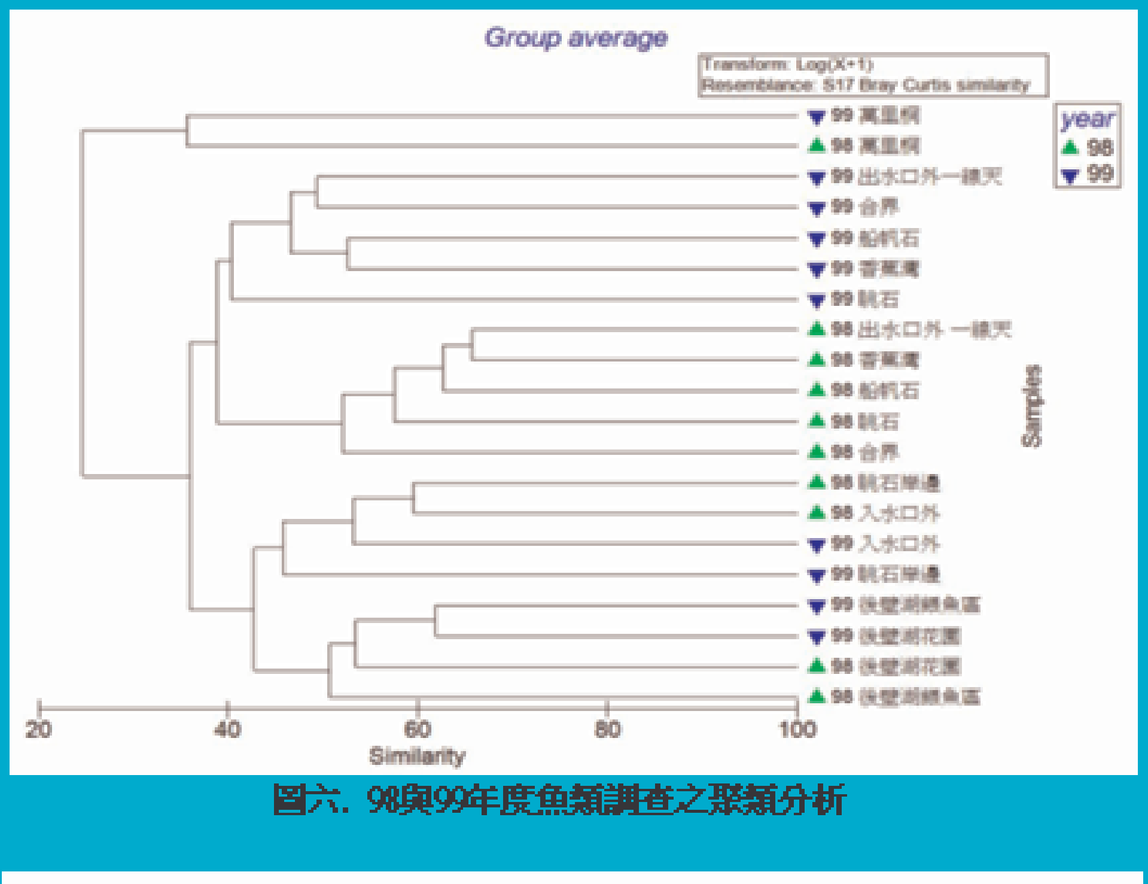
圖三. 五個地點珊瑚覆蓋率之k-dominance curves



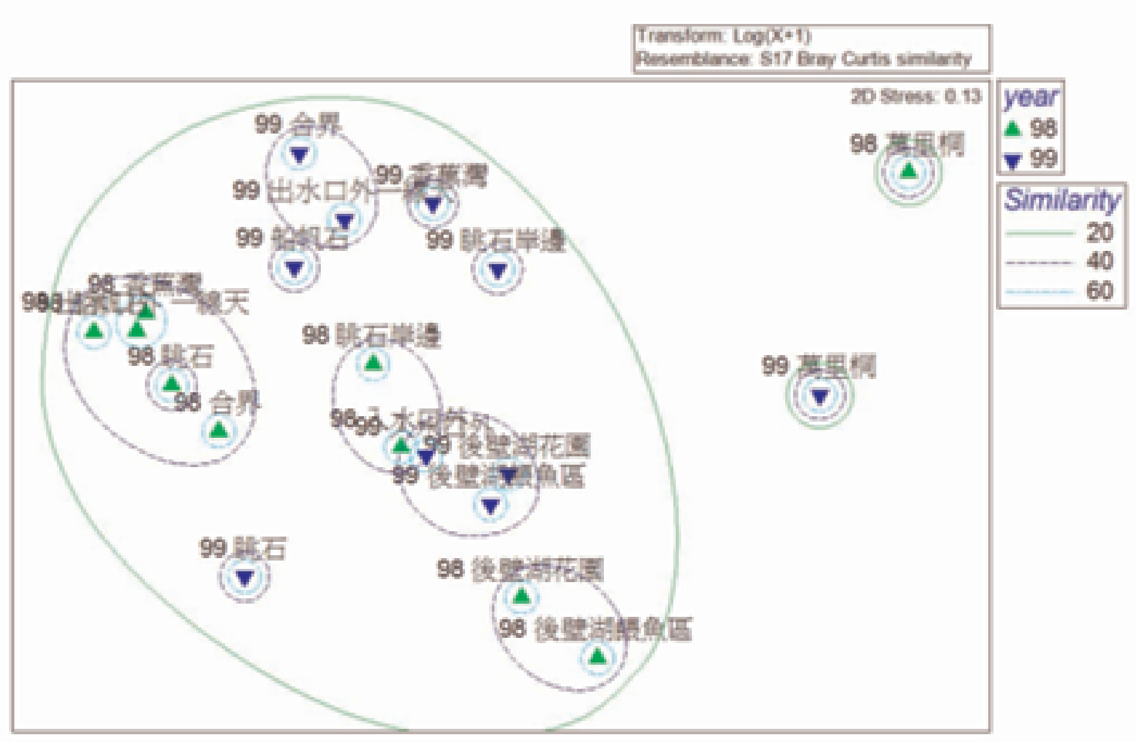
圖四. 六年測線的各珊瑚種平均覆蓋率(MDS)



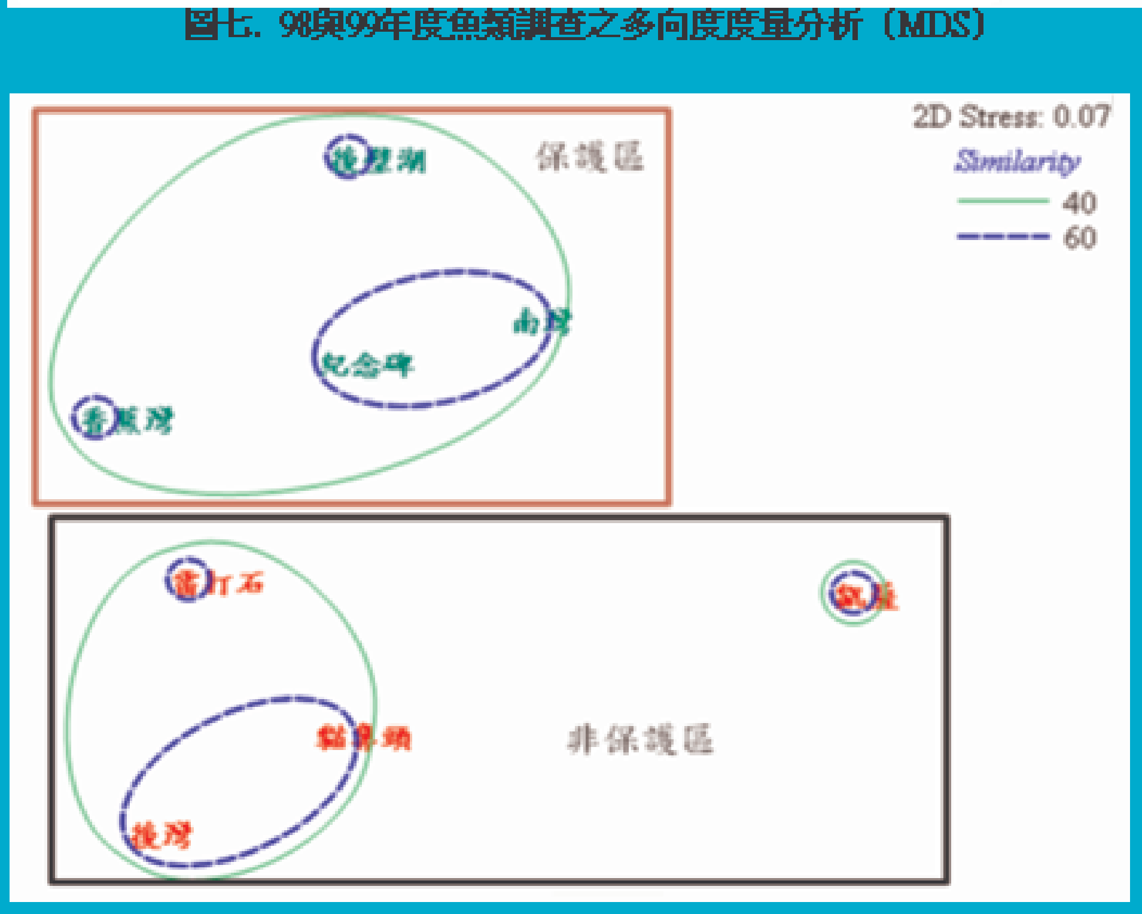
圖五. 2010年各地點石珊瑚 r-K-S分佈圖



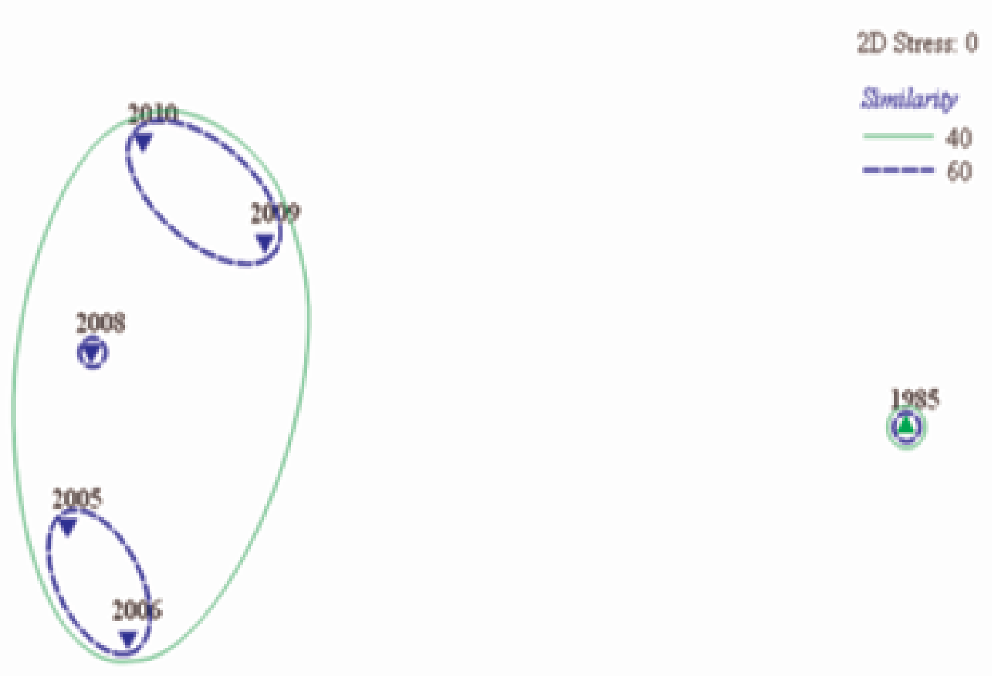
圖六. 98與99年度魚類調查之聚類分析



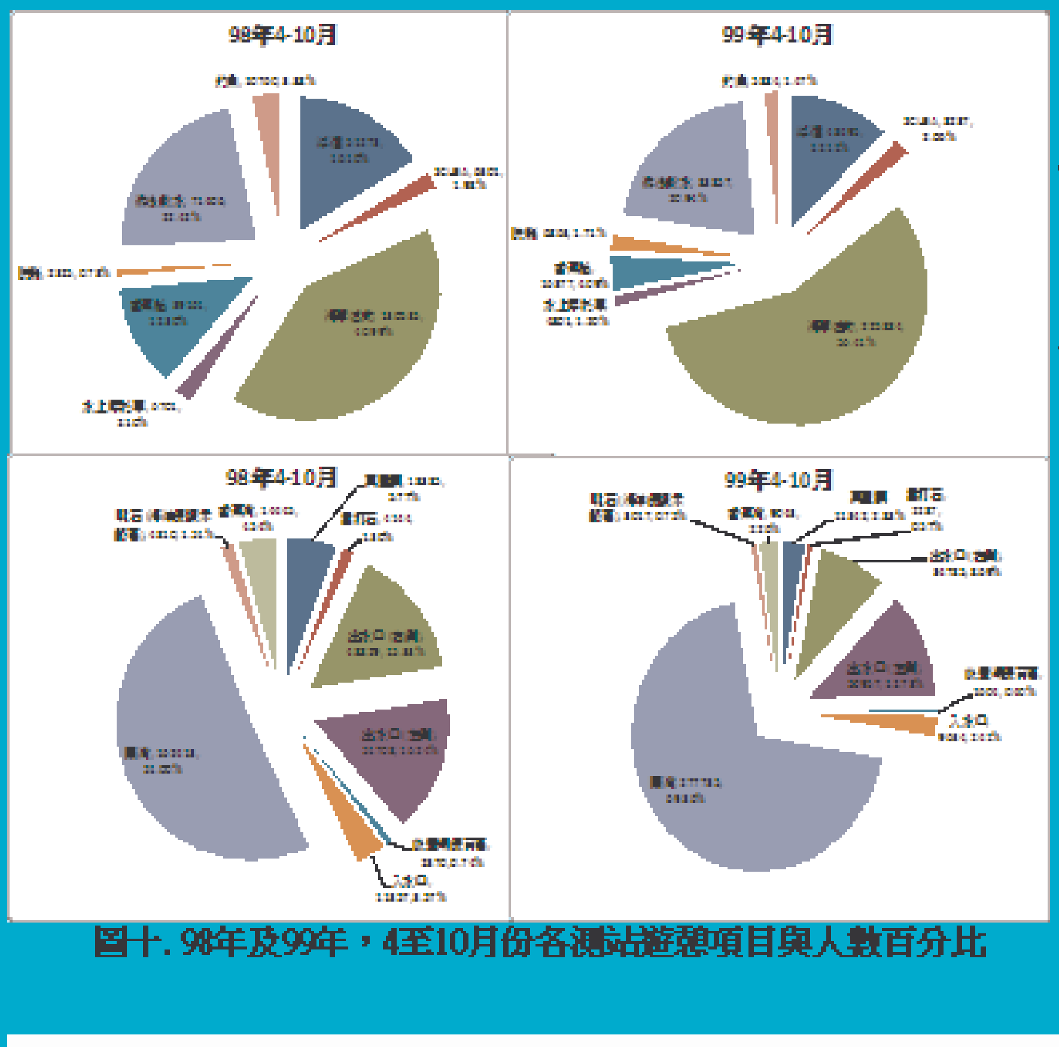
圖七. 98與99年度魚類調查之多向度度量分析（MDS）



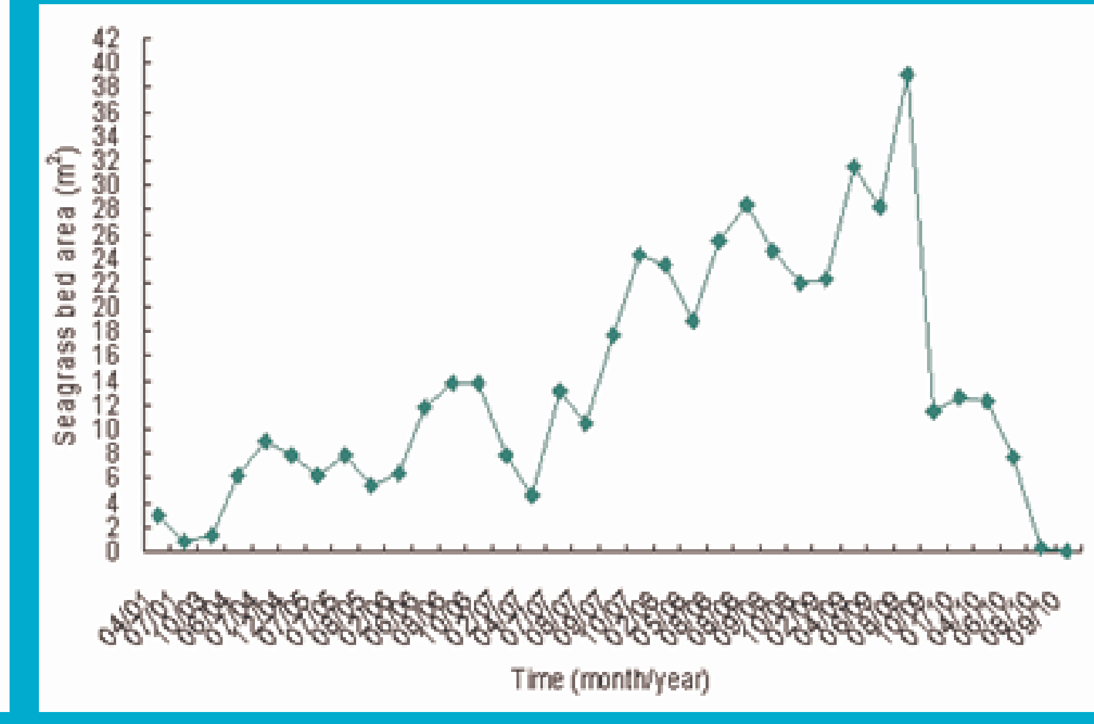
圖八. 潮間帶各樣點軟體動物物種組成多元尺度分析



圖九. 各年軟體動物群聚組成多元尺度分析



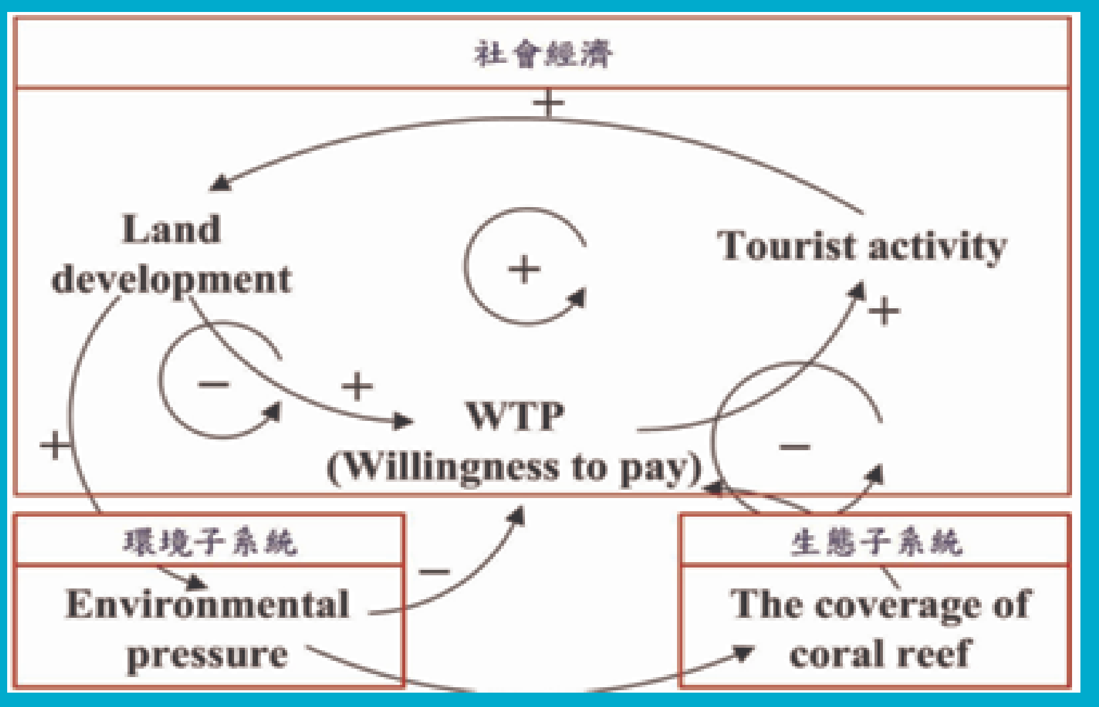
圖十. 98年及99年，4至10月份各測站遊憩項目與人數百分比



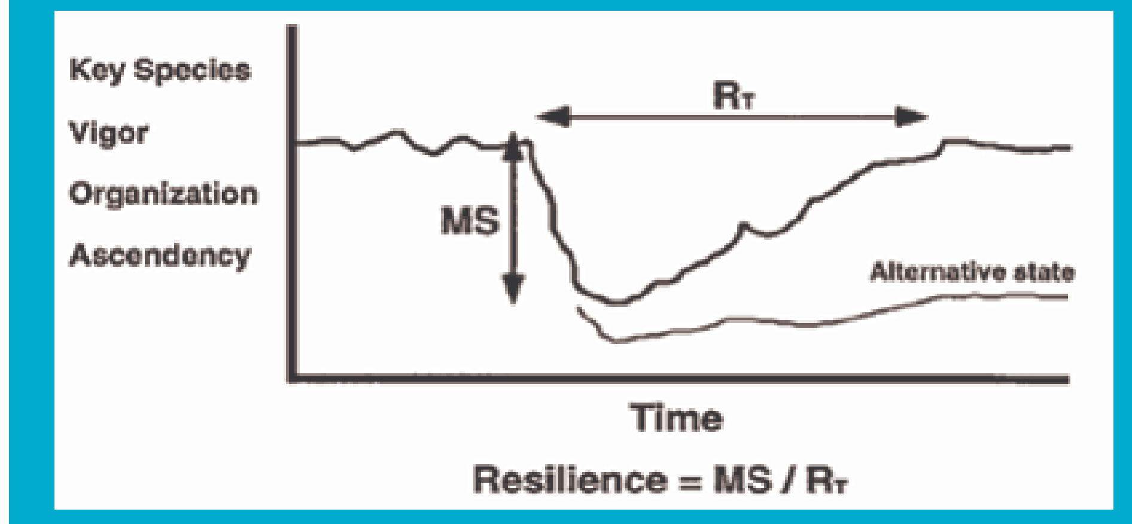
圖十一. 萬里桐海草床面積變化圖

表一. 99年墾丁國家公園潮間帶甲殼類調查結果

物種名稱 學名	中文名	後灣	萬里桐	南灣	香蕉灣	龍坑	風吹沙	佳樂水	數量合計	百分比%
Xanthias lamarckii	拉氏近扇蟹			7		2		1	10	1.05%
Actaeodes tomentosus	絨毛仿銀杏蟹		28	3	9	8	5	1	90	9.44%
Psaumis cavipes	凹足普氏蟹							3	3	0.31%
Etisus odhneri	奧氏滑面蟹			3					3	0.31%
Liomera bella	美麗花瓣蟹		1	3					4	0.42%
Chlorodiella nigra	黑指綠蟹			3				2	5	0.52%
Pilodius areolatus	網紋毛壯蟹		2	7				2	11	1.15%
Atergatis floridus	花紋愛潔蟹			1					1	0.10%
Zosimus aeneus	銅鑄熟若蟹			1	3		2		6	0.63%
Pilumnus vespertilio	蝙蝠毛刺蟹			8					8	0.84%
Pseudozius caystrus	酒石假團扇蟹				2			8	1	1.05%
Ocypode ceratophthalmus	角眼沙蟹		2	8					1	1.05%
Ocypode sinensis	中華沙蟹		2	7					9	0.94%
Uca jocelynae	賈瑟琳招潮蟹		4						4	0.42%
Uca crassipes	粗腿招潮蟹		28						28	2.94%
Uca perplexa	糾結招潮蟹		9						9	0.94%
Uca tetragonon	四角招潮蟹		4					3	7	0.73%
Grapsus albolineatus	白紋方蟹	41	27	6	28	21	5	9	137	14.38%
Grapsus longitarsis	長趾方蟹		3			2			5	0.52%
Grapsus tenuicrustatus	細紋方蟹	7	8		9	11	3	2	4	4.20%
Pachygrapsus minutus	小厚紋蟹	2	7	47	33	6	31	1	129	13.54%
Pachygrapsus plicatus	褶痕厚紋蟹		1		1	2			4	0.42%
Metopograpsus thukuhar	方形大額蟹				1		2		3	0.31%
Plagusia immaculata	無斑斜紋蟹					5	2		7	0.73%
Percnon planissimum	裸掌盾牌蟹	1	1				2	3	7	0.73%
數量小計		73	197	243	140	87	107	106	953	100.00%
物種數		13	11	10	22	21	22	21	57	
優勢度指數1-Lambda'		0.19	0.90	0.90	0.81	0.9	0.80	0.91		
Shannon 種歧異度指數H'（loge）		1.77	2.90	2.93	2.31	2.13	2.27	2.73		
均勻度指數（J'）		0.15	0.85	0.87	0.75	0.81	0.74	0.87		
豐富度指數(d)		2.34	3.18	3.28	4.23	4.48	4.49	4.73		


社會經濟
Land development
Tourist activity
WTP
(Willingness to pay)
環境子系統
Environmental pressure
生態子系統
The coverage of coral reef
+
−

圖十二. 因果回饋圖


Key Species
Vigor
Organization
Ascendency
RT
MS
Alternative state
Time
Resilience = MS / RT

圖十三. 生態系的恢復力或抗阻能力(resilience)的量化計算 (Costanza & Mageau 1999)。*MS*表系統所能忍受的最大干擾力(maximum stress)，*RT*表生態系受到擾動後，回復原來狀態所需的時間