

以生物多樣性分析探討墾丁國家公園海域分區現況

何旻杰¹，鄭念昫^{1,2}，陳彥嘉¹，郭兆揚³，溫國彰⁴，徐巧玲⁵，陳昭倫^{1,6,7}

¹中央研究院生物多樣性中心；²臺灣海洋大學海洋生物研究所；³澳洲詹姆士科克大學澳洲研究署珊瑚礁卓越研究中心；⁴東海大學生命科學系；⁵社團法人台灣環境資訊協會；⁶臺灣大學海洋研究所；⁷師範大學生命學系暨臺灣國際研究生學程；通訊作者 E-mail: cac@gate.sinica.edu.tw

[摘要] 墾丁國家公園管理處於一九九零年將海域根據其生態、特殊地景等特性劃分為不同管理與保護強度的分區，依序為生態保護區、特別景觀區、海域遊憩區及一般管制區並制定不同強度之管理規則。而這樣的海域分區管制措施是否反應在沿岸海洋生態系與生物多樣性保育上則有待進一步的評估。本研究進行墾丁國家公園海域全區的底棲生態現況調查，除了評估墾丁國家公園海域分區的成效，同時也提供墾丁國家公園管理處作為未來海域分區通盤檢討之參考。本研究沿著墾丁國家公園海域範圍內的海岸線(自九棚到後灣)選取八十二個樣點，使用進階版珊瑚礁體檢作為調查方法，本研究記錄底棲生態中生物與非生物資料並以基礎統計分析。結果顯示因不同地理區之間的底棲形態空間上的差異，可分為半島西岸、南灣西側、南灣東側與半島東岸四大區塊。其中半島西岸與南灣西側底棲群聚以石珊瑚為主，南灣東側至半島東岸則以大型藻為優勢。活珊瑚為主的群聚主要以後壁湖海洋資源保護示範區、大小砵咕與獨立礁為中心向外放射的範圍，是墾丁國家公園石珊瑚與軟珊瑚群聚最為完整海域，提供許多的珊瑚礁相依生物重要的棲息地。南灣西側的海域其小珊瑚與大型底棲指標性無脊椎動物的豐度皆為海域全區最高。生物多樣性熱點分析的結果顯示，西岸的後灣、紅柴、南灣內的後壁湖示範區、眺石示範區等在珊瑚覆蓋率、生物多樣性、以及小珊瑚入添量雖然優於區內的其它地點，但是卻不是目前保護與管制層級最高的海洋生態保護區。因此建議上述海域的分區有重新檢討的必要，以提升墾丁海域海洋生物多樣性熱點的保育層級。

關鍵字：海洋生態保護區、底棲覆蓋率、生態普查、生物多樣性

Investigating Current Status of Benthic Ecology in the Kenting National Park Marine Zones, Taiwan

Ming-Jay Ho¹, Nien-Yun Cheng^{1,2}, Yen-Chia Chen¹, Chao-Yang Kuo³, Colin Kuo-Chang Wen⁴, Kah-Leng Cherh⁵ and Chaolun Allen Chen^{1,6,7}

¹Biodiversity Research center, Academia Sinica; ²Institute of Marine Biology, National Taiwan Ocean University; ³ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, James Cook University, Australia; ⁴Department of life science, Tunghai University; ⁵Taiwan Environmental Information Association; ⁶Institute of Oceanography, National Taiwan University; ⁷Department of Life Science, National Taiwan Normal University/Taiwan International Graduate Program, Academia Sinica, Taiwan; Corresponding author E-mail: cac@gate.sinica.edu.tw

ABSTRACT The coast of Kenting National Park (KNP) consists of complex habitats that accommodate the highest marine biodiversity in Taiwan. Since the 1990s, KNP has launched a marine zoning plan for management purposes based on the characteristics of its coast landscape ecology. Four zones, specifically Marine Ecological Protected Area (MEPA), Marine Landscape Area (MLA), Marine Recreational Area (MRA), and Marine Limited Use Areas (MLUA), were set up under different management regiment. Whether the zoning affects the marine ecology and biodiversity conservation in KNP remains unknown. In this study, we selected 82 sites and applied advanced Reef Check protocols to examine the current status of benthic ecology along the coast between Jiupeng and Howan in KNP. The results showed that a spatial heterogeneity in benthic composition along the coast that could be divided into four main sections, West Peninsula (WP), West Nanwan (WN), East Nanwan (EN), and East Peninsula (EP). While WP and WN were dominated by hard corals, macroalgae were the main benthic composition in EN and EP. Living coral cover was significantly higher in the area ranging from the Hobihu Marine Resource Protection Area, Dai Hsiao Lao Gu, and Single Rock in WN. The abundance of juvenile corals and macro invertebrates were high in WN. Several sites, including Howan, Hungchhai in WP, Hobihu, and Tiaoshi in WN, were high in several biodiversity indices by hotspot analysis, but not including MEPA under the current zoning design. This reveals the need to re-zone to improve marine biodiversity conservation for hotspots in KNP.

Keywords: marine protected area, benthic coverage, ecological survey, biodiversity

前言

墾丁國家公園海岸線綿延，海域地形複雜，組成了各類不同的生態棲所，又是黑潮洋流北上的首衝位置，是臺灣海洋生物多樣性最高的區域之一。墾丁國家公園海域範圍西起後灣經貓鼻頭、南灣、鵝鑾鼻北至南仁溪間，距海岸線 1 公里內之海域，面積共計 15,206.09 公頃(方力行等 2003)。

墾丁國家公園海域海洋生物資源與海洋景觀資源極為豐富，尤以珊瑚礁生態系最具特色。園區海域內至少 340 種珊瑚、400 種甲殼類、1,388 種海洋魚類、400 種螺貝類，112 種棘皮動物，豐富的生物多樣性顯示海域自然資源之珍貴(方力行等 2003-2006, 王維賢等 2007, 何平合等 2008、2009)。然而，墾丁亦是熱門的觀光及遊憩景點，依據墾丁國家公園管理處的統計，2013 年墾丁地區吸引超過七百萬人次的觀光客(陳昭倫等 2013)。因此墾丁地區的生態環境不僅要面對全球氣候變遷、颱風、冷水流等自然影響，同時也要受到由大量遊憩人口帶來的廢水排放、海岸開發、遊憩活動

及漁業活動等人為活動造成的影響。墾丁國家公園面積遼闊，各地區地理環境、資源及景觀各具特色，為達國家公園之計畫目標，在經營管理上需按資源特性劃分成各種分區(戴昌鳳 2000)，依分區性質加以必要之各項管理措施，並規定不同層次之利用限度或管制事項，以確保國家特有之自然風景、野生物及史蹟免遭破壞。現今墾丁國家公園海域分為：生態保護區共四區占海域計畫總面積 3.13%；特別景觀區共三區占海域計畫總面積 1.35%；海域遊憩區包括四處海底公園及五處海上育樂區，占海域計畫總面積 2.72%；其餘未劃分的海域為一般管制區，占海域計畫總面積 92.78% (圖 1)。2003 年世界自然保育聯盟(IUCN)籲請各國政府在未來十年內，將海洋保護區面積增加到領海面積約 12%，且各類不同的海洋棲地，皆應要有 20-30%的面積被劃入「嚴格保護區」，如此海洋資源才能永續利用。但根據墾丁國家公園第三次通盤檢討中海域範圍中屬「嚴格保護區」層級之海洋生態保護區(海生一至海生四)共 476.38 公頃，僅占墾丁海域的 3.13%，尚未達 IUCN 呼籲的 20-30%的標準。



圖 1. 墾丁國家公園海域分區架構圖與本研究普查樣點

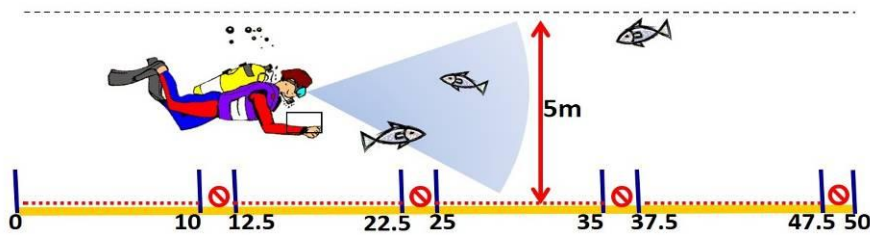


圖 2. 穿越線調查法示意圖

本研究目的提供國家公園海域生態的最新現況，將不同空間軸的研究資料交叉比對的結果更可用以釐清生態系受人為活動影響之程度、確認生態保護區與示範區成之績效與劃設生態保護區之價值與重要性，並作為未來墾丁海域生態保護區地點及範圍再檢討與調整的重要科學依據。

材料與方法

一、調查樣點及方法

由於珊瑚礁生態系是墾丁國家公園的重要生態特色，因此普查樣點將著重於墾丁國家公園現行海域範圍內的珊瑚礁區，沿海岸線取 82 個樣點，從全球定位系統顯示這些樣點分屬於目前墾丁海域 17 個分區範圍

(圖 1)。其中 50 個樣點分布於 16 個現有海域分區上，32 個樣點分布於一般管制區包括後壁湖與眺石海洋資源保護示範區。

本計畫參考珊瑚礁總體檢 (Reef Check) (Hodgson, G., *et al.* 2004) 調查法進行普查(圖 2)，調查時間為 2014 年 5 月中旬至 6 月中旬，以穿越線調查各樣點 5-10 公尺深的海域，包含大型底棲指標性無脊椎動物和底質組成。此方法在水下作業時能有效率得到基礎生態資料，適合大範圍的生態普查。每個樣點設置一條 50 公尺長的穿越線，並以 10 公尺為單位分切成 4 段，每段間隔 2.5 公尺。大型底棲指標性無脊椎動物之紀錄方式是以穿越線為中心沿線記錄半徑 2.5 公尺內的指標性無脊椎動物，如海膽、海參、海星、櫻花蝦、砗磲貝等的個體數量以及體長，並

依其食性分為掠食性(大法螺)、食珊瑚性(棘冠海星)、食藻性(海參、海膽)、自營性(碑礫貝)、雜食性(櫻花蝦、龍蝦)，此調查並無發現大法螺與棘冠海星之蹤跡。底棲組成則是沿穿越線每 0.5 米紀錄穿越線下方的底棲組成，並分類成石珊瑚、軟珊瑚、大型藻類(macro algae)、草皮狀海藻(turf algae)、礫石(包含砂、碎珊瑚骨骼)與其他(其他無脊椎底棲生物)等六大類，記錄底質組成時同時記錄體長小於 5 公分的小珊瑚於穿越線兩側 0.5 米內的數量。

二、資料分析

為得到底棲生態資料與地理區域的分析，首先將 82 個樣點的資料以國家公園現有的海域分區規劃分成 16 樣區(海生區、海特區、海公區、遊憩區、一般區共計 16 區)，並使用 PRIMER 軟體(6.0 版本)進行非計量多向度尺度法(Non-metric multidimensional scaling, NMDS)的分析，非計量多向度尺度法是由 Shepard (1962)和 Kruskal (1964)提出的多向尺度法(metric multidimensional scaling, MDS)所衍生。各樣區於梯度軸所組成的分佈圖上以點表示，而各區的距離與樣點間的相異程度成正比。

三、熱點分析

本計劃在基礎生物多樣性與生態資料收集後進行基礎分析(覆蓋率、香農多樣性指數、入添量、生物量等)，並採用熱點分析(Hot spot analysis，翁億齡與陳志銘 2007)進行海域分析的整合分析。然後再將所得的結果與目前海域分析進行比對後，建議調整範圍。臺灣對於生物多樣性熱點分析主要以陸域生物多樣性為主(李培芬等 1998)，對於海域多樣性分析目前並沒有相關分析資料。因此本研究將是臺灣首次利用熱點分析進行珊瑚礁生物多樣性的研究。

結果

一、現況概述

本次於墾丁國家公園全區海域的調查中，總共獲得 6,785 筆成體珊瑚、2,822 筆小珊瑚、570 筆大型底棲指標性無脊椎動物、1,336 筆棲地底棲形態等資料。在 82 個樣點中，成體珊瑚和小珊瑚的豐度多以南灣西側和西岸較高，而藻類豐度較高的樣點則多為半島東岸或南灣東側，至於大型底棲指標性無脊椎動物則普遍數量都不高。此 82 個樣點分屬於目前墾丁海域 17 個分區範圍(圖 1)。其中 50 個樣點分布於 16 個現有海域分區上，32 個樣點分布於一般管制區包括後壁湖與眺石海洋資源保護示範區。而依照國家公園的地理位置位置與地形，可以再將這 17 個分區分為半島西岸、南灣西側、南灣東側、半島東岸。調查結果顯示，墾丁國家公園海域之底棲形態因不同地理區而有差異。西岸與南灣西側底棲的石珊瑚覆蓋率高於大型藻，南灣東側至半島東岸則以大型藻為主(圖 3、4、表 1)。南灣西側的海域不管是珊瑚多樣性、覆蓋率、小珊瑚豐度、大型底棲指標性無脊椎動物的豐度，整體上都優於南灣東側、半島西岸與半島東岸，但各地理區指標性無脊椎動物食性組成則與地點無關。此外，活珊瑚為主的群聚主要以後壁湖海洋資源保護示範區、大小砗厝與獨立礁為中心向外放射的範圍，是墾丁國家公園石珊瑚與軟珊瑚群聚最為完整海域，提供許多的珊瑚礁相依生物重要的棲息地。

二、海域分區描述

現將墾丁海域之四個地理分區，根據主要優勢底質形態覆蓋率的差異，分別敘述如下：

1. 半島西岸(圖 4a、5a)

半島西岸範圍自後灣至貓鼻頭，包含一般管制區、海生一、海生二、海特一、海公一、海公二、海育一。底棲形態主要以石珊瑚和大型藻為主，覆蓋率各為 $38.3\% \pm 2.6\%$ 與 $41.3\% \pm 3.0\%$ ，而小珊瑚入添量為海域全區之冠(表 1)。半島西岸指標性無脊椎動物

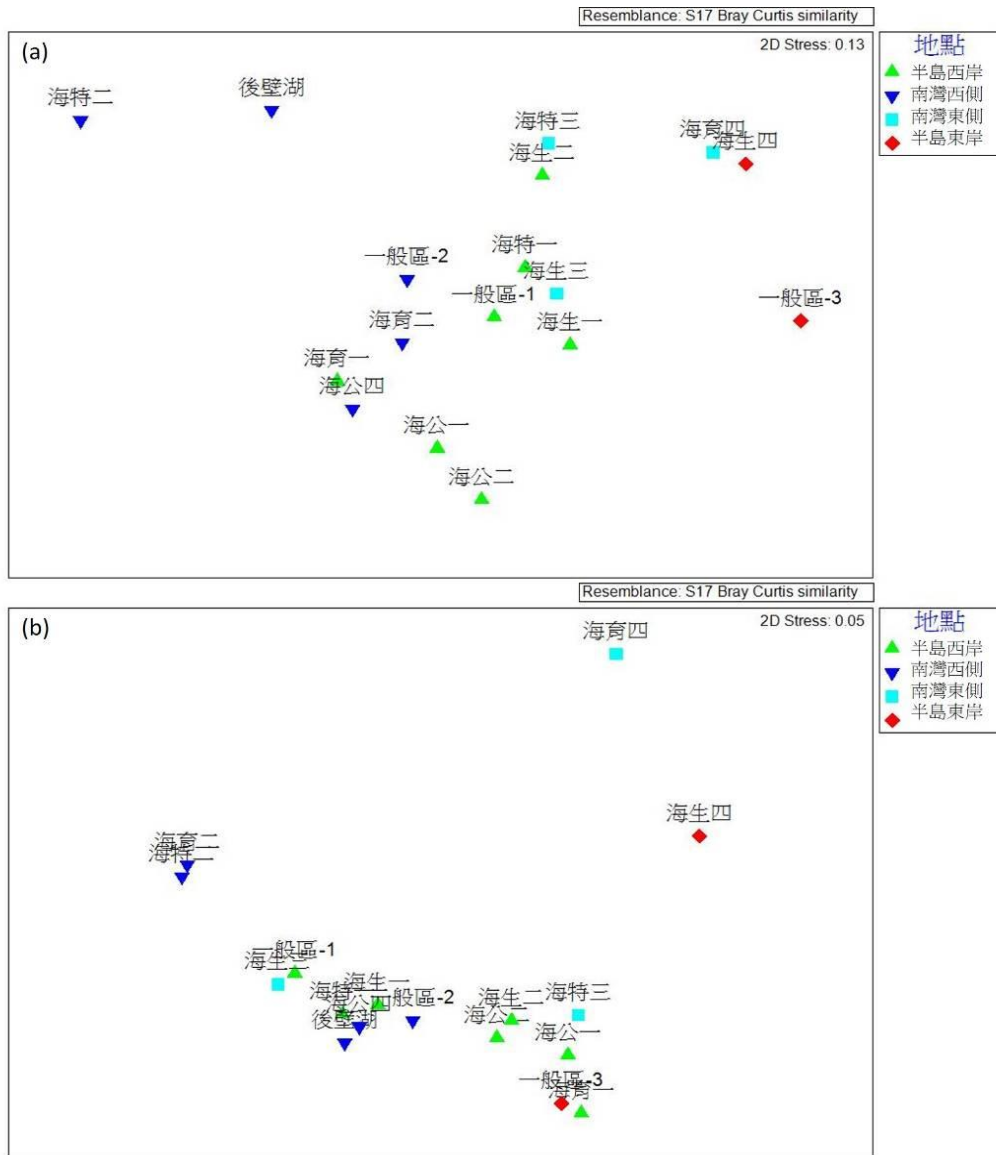


圖 3. 墾丁海域各區之 NMDS 分佈圖(a)底棲形態(b)指標性無脊椎食性組成

以食藻性居多平均為 0.04 隻 / m²，自營性與雜食性皆稀少(平均為 0.005 和 0.003 隻 / m²，表 1)。

2. 南灣西側(圖 4b、5b)

始至貓鼻頭終至小灣沙灘，是南灣內珊瑚礁生態狀況最好的區域，從小灣沙灘之後底棲群聚逐漸轉為以大型藻類為優勢的生態系，故以小灣為分區之界限。本區涵蓋後壁湖資源保護示範區、灣內一般區、海育二、海公四等管制分區。底棲形態主要以石

珊瑚和大型藻為主，覆蓋率各為 49.6% ± 4.41%與 24.2% ± 3.27%，但南灣西側的軟珊瑚覆蓋率卻是墾丁海域全區最高者(10.3%全區保護示範，表 1)。南灣西側的食藻性指標無脊椎動物為全區之冠，平均 0.091 隻 / m²，而自營性與雜食性則相對稀少各為 0.004 與 0.003 隻 / m² (表 1)。

自小灣沙灘到鵝鑾鼻公園的區域為南灣東側，其包含海育四、海生三、海特三等。

3. 南灣東側(圖 4c、5c)

表 1. 墾丁國家公園海域各地理區底棲資料及指標性無脊椎動物食性組成

	主要底棲形態 (%)				入添量 (株/m ²)		指標性無脊椎動物 (隻/m ²)					
	活珊瑚	SE	藻類	SE	小珊瑚	SE	食藻性	SE	自營性	SE	雜食性	SE
半島西岸	38.26	2.63	41.33	2.97	1.42	1.20	0.042	0.044	0.005	0.006	0.003	0.003
南灣西側	49.61	4.41	24.22	3.27	0.91	1.09	0.091	0.067	0.004	0.003	0.003	0.005
南灣東側	35.56	4.24	40.22	3.99	0.91	0.71	0.031	0.047	0.005	0.004	0	0
半島東岸	19.35	3.70	58.91	4.97	0.34	0.41	0.023	0.026	0.002	0.002	0.003	0.002

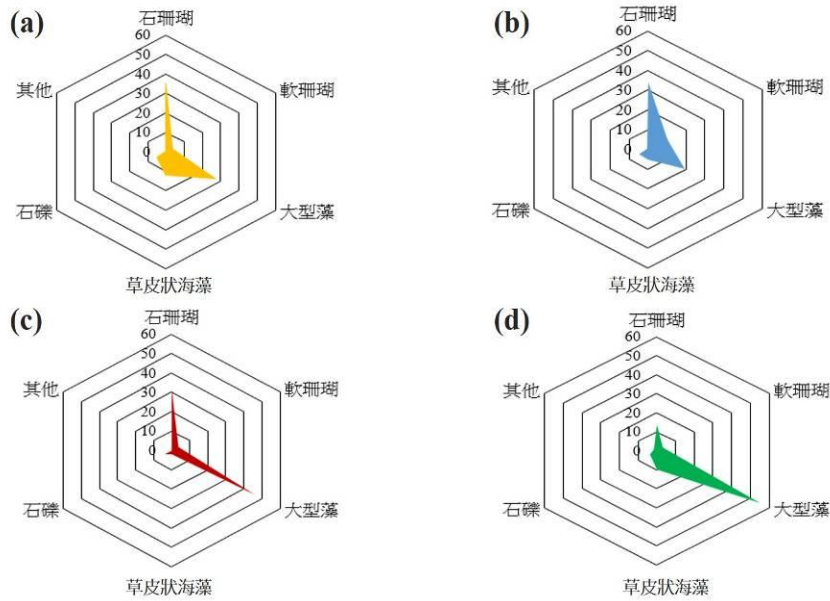


圖 4. 墾丁海域各地理區底棲形態雷達圖(a)半島西岸(b)南灣西側(c)南灣東側(d)半島東岸

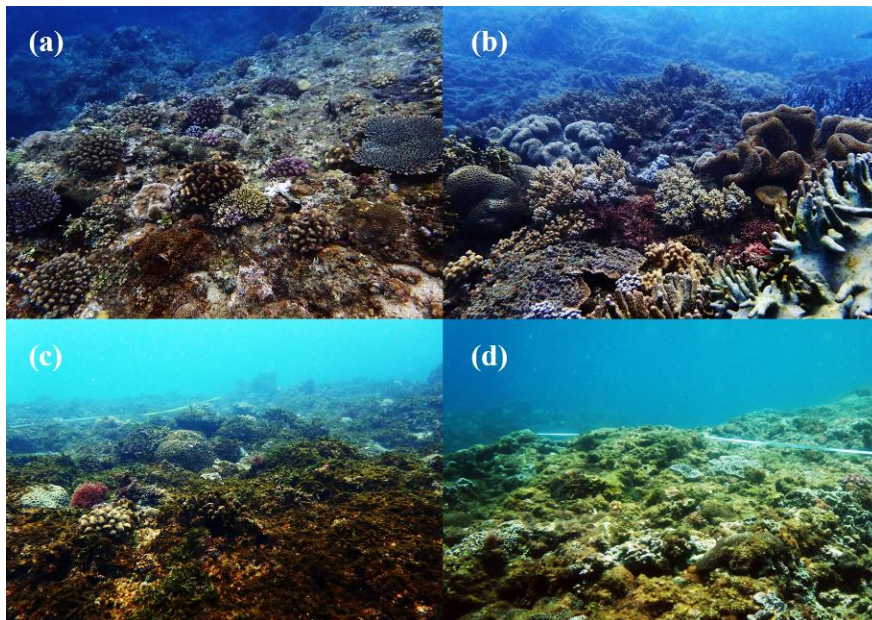


圖 5. 墾丁海域各地理區之典型底棲形態(a)半島西岸是以石珊瑚較為優勢的底棲形態(b)南灣西側是以石珊瑚和軟珊瑚為主的底棲群聚(c)南灣東側為大型藻類佔優勢(d)半島東岸以大型藻為主的底棲形態

海域分區。底棲形態為大型藻和石珊瑚為主, 覆蓋率各 $40.2\% \pm 3.99\%$ 與 $35.6\% \pm 4.24\%$ (表 1)。指標無脊椎動物非常稀少, 食藻性無脊椎僅 0.031 隻/ m^2 ; 自營性 0.005 隻/ m^2 ; 無雜食性指標無脊椎動物 (表 1)。

4. 半島東岸 (圖 4d、5d)

接續鵝鑾鼻以北至九棚, 海域分區涵蓋海生四和東岸一般管制區。底棲形態主要以大型藻為主覆蓋率為 $58.9\% \pm 5.0\%$, 珊瑚覆蓋率為 $19.4\% \pm 3.7\%$ (表 1)。而本次調查中發現半島東岸藻礁覆蓋率相當高提供多毛類重要棲地 (圖 6), 但指標性無脊椎動物為全區最低, 食藻性指標無脊椎動物為 0.023 隻/ m^2 ; 自營性 0.002 隻/ m^2 ; 雜食性 0.003 隻/ m^2 (表 1)。

三、熱點分析

1. 活珊瑚覆蓋率熱點分析 (圖 7)

珊瑚覆蓋率以海公四西界為分隔, 覆蓋率由西往東遞減。南灣西側的後壁湖資源保護示範區, 為整體墾丁海域珊瑚覆蓋率最高的熱點, 高達 59.5% 以上, 下潭子與雷打石附近的平均覆蓋率也達 54.4% 。半島西岸的部分覆蓋率熱點在後灣平均 46.8% , 但此區目前為一般管制區。東岸海生四的覆蓋率以龍磐為分界, 龍磐以南覆蓋率為 36.9% , 往北底棲生物相逐漸轉為大型藻類。

2. 珊瑚多樣性指數熱點分析 (圖 8)

我們使用常見的香農多樣性指數 (Shannon's diversity index) 來表示, 指數高者反映生物種類的複雜度, 且對於環境擾動與人為干擾之抗性高於指數低者, 結果顯示 (圖 8) 海生三、海特二、海公四、海育二、灣內、海域一般區皆有生物多樣性熱點分布 (指數介於 $2.4-3.0$), 其它區域指數大部分介於 $1.8-2.4$ 之間, 而一般區東岸的底質為藻類, 珊瑚多樣性指數最低。

3. 小珊瑚入添量熱點分析 (圖 9)

半島西岸與灣內的小珊瑚入添量明顯高於半島東岸, 尤以海生一的石珠、海公二

的南界山海到海特一的合界南、海育二的大潮池和眺石好漢坡皆為較高區域。但海公二山海到海特一合界段, 有 50% 的比例並未劃入較高等級的保護區, 而眺石區域則只屬於海育區。

討論

自從 1962 年海洋保護區的概念在世界國家公園大會被提出來後, 世界各國紛紛設立各種保護等級不一的海洋保護區。2003 年世界自然保育聯盟 (IUCN) 更籲請各國政府在未來十年內, 將海洋保護區面積增加到領海面積約 12% , 且各類不同的海洋棲地, 皆應要有 $20-30\%$ 的面積被劃入「嚴格保護區」, 但根據墾丁國家公園第三次通盤檢討中海域範圍中屬「嚴格保護區」層級之海洋生態保護區 (海生一至海生四) 共 476.38 公頃, 僅占墾丁海域的 3.13% , 因此墾丁海域生態保護區地點及範圍的確有再檢討與調整的必要。

一、墾丁海域的底棲形態差異

根據 NMDS 結果 (圖 3) 顯示墾丁國家公園海域底棲形態因不同地理區而有差異, 以小灣沙灘為界可分為西部珊瑚優勢區 (包含半島西岸與南灣西側), 其底棲形態以石珊瑚為主, 和東部海藻優勢區 (包含南灣東側與半島東岸), 底棲形態則以大型藻為主 (圖 3、表 1)。西部珊瑚礁區不管是珊瑚多樣性、覆蓋率、小珊瑚豐度, 大型底棲指標性無脊椎動物的豐度, 整體上都優於南灣東側與東岸。

根據指標性無脊椎動物的 NMDS 分析圖顯示各功能群的組成與底棲形態並無明顯相關 (圖 3b)。之前的研究指出藻類為主的底棲型態能吸引食藻性生物群聚 (Ruitton *et al.* 2000, Blain and Gagnon 2014), 但本研究結果顯示食藻性無脊椎動物的數量呈現珊瑚優勢區多於海藻優勢區的現象, 與其食性

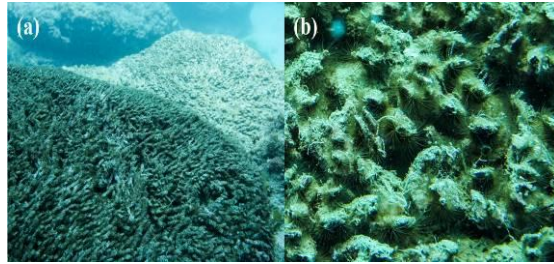


圖 6. 多毛類形成之群體(a)群體(b)群體近攝

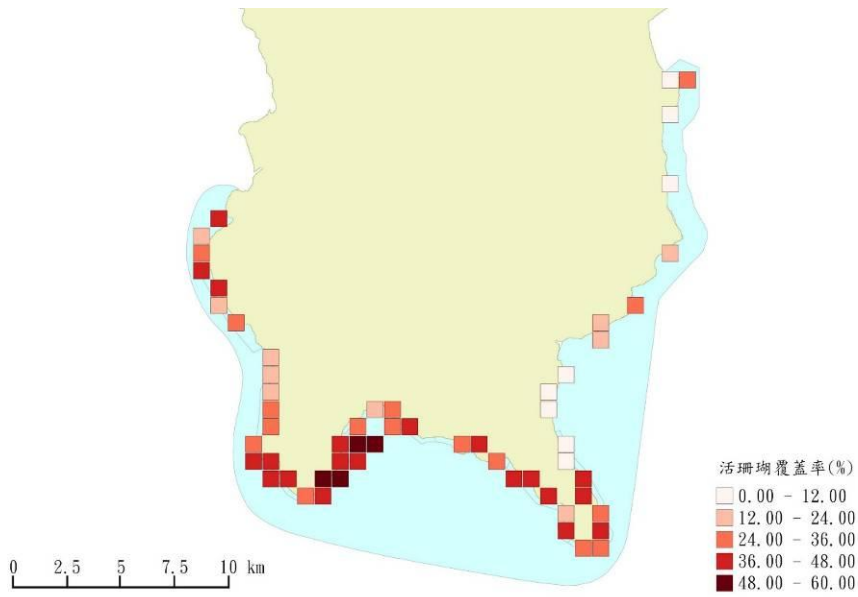


圖 7. 墾丁海域全區活珊瑚覆蓋率熱點分析圖

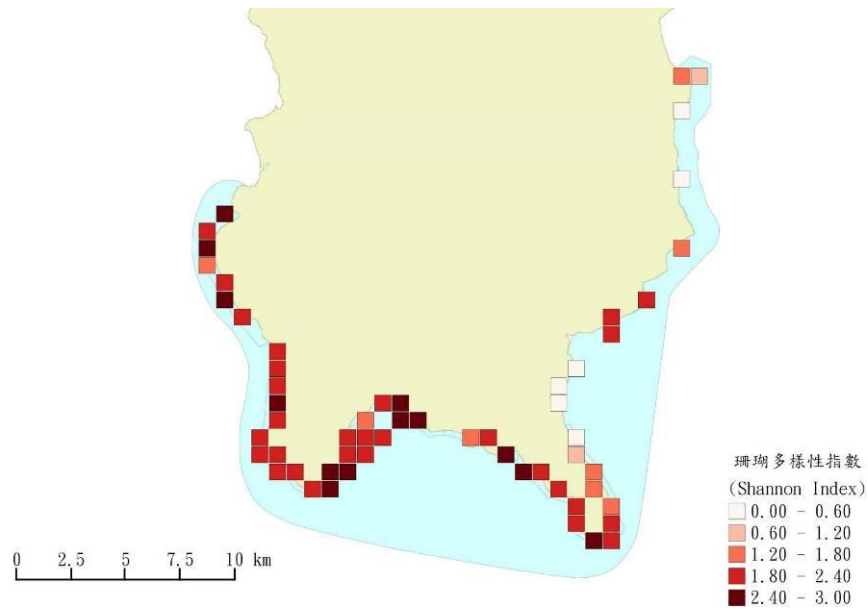


圖 8. 墾丁海域全區珊瑚多樣性指數熱點分析示意圖

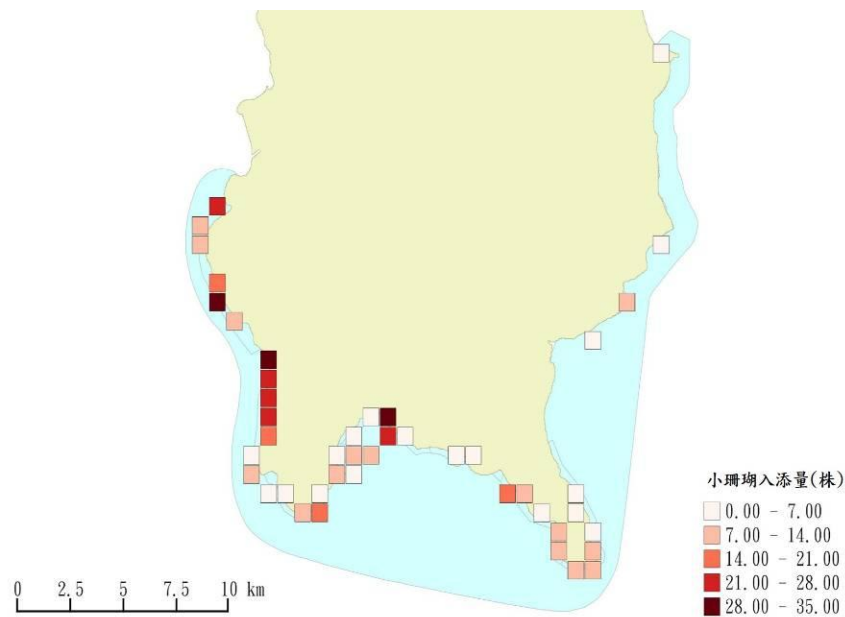


圖 9. 海域全區小珊瑚入添量之熱點分析圖

不符，且根據表 1 禁漁區的南灣西側各類無脊椎動物密度相對較高，除了顯示後壁湖與眺石資源保護示範區保育功效外，也暗示墾丁國家海域的過漁壓力大。此外，結果也顯示西部珊瑚優勢區的小珊瑚入添量高於東部海藻優勢區，暗示底棲食藻性無脊椎動物其攝食行為有助於小珊瑚之入添進而維持珊瑚礁生態系之發展(McClanahan *et al.* 2001)。

在珊瑚礁生態系中，小珊瑚的入添量是維持珊瑚礁自行修復的關鍵，尤其在人為干擾與氣候變遷的壓力下，小珊瑚入添量的多寡更顯重要(Hughes *et al.* 2003, Kuffner *et al.* 2006)。本次調查結果顯示，墾丁海域珊瑚優勢區的入添小珊瑚的數量皆大於藻區，這項結果可能是底棲形態差異所造成。藻類與珊瑚會相互競爭生存空間，其方式為(1)覆蓋珊瑚表面使珊瑚蟲窒息(McCook *et al.* 2001, Kuffner *et al.* 2006)；(2)藻類所釋放脂溶性次級代謝產物(allelochemicals)抑制珊瑚生長(Littler and Littler 1997)；(3)大型海藻的藻冠(canopy-form macrophytes)會形成結構屏障抑制珊瑚幼苗附著(Lang and Chornesky 1990)

等。而許等人 2014 年研究也發現墾丁海域之藻類覆蓋率與珊瑚幼苗入添量為負相關性(Hsu *et al.* 2014)。以上皆顯示藻類覆蓋率與珊瑚入添量的消長關係。

二、生物多樣性熱點分析

根據全區的珊瑚覆蓋率、多樣性指數、小珊瑚入添量的熱點分析結果(圖 7、8、9)顯示，目前全區的生物多樣性熱點主要集中在南灣內部與半島西岸，其中西岸的後灣、紅柴、灣內的後壁湖示範區、以及眺石示範區區等皆屬於生物多樣性最高的熱點。但是目前以上區域皆不屬於保護與管制層級最高的海生區內。

結論

根據本研究的結果顯示，目前墾丁國家公園海域底棲生態依地理位置有明顯差異，東部以藻類為主而西部以珊瑚礁為優勢。此差異造成東西部之小珊瑚入添量不同，暗示藻類覆蓋率與珊瑚入添為負相關性。而西部內的禁漁區其指標性無脊椎生物數量與多樣性遠高於無漁業管制的東部。造

成差異的主因可能源自於過漁問題，此結果顯示限制商業採捕總量的重要與急迫性。

另外，底棲覆蓋率與多樣性分析的結果指出，半島西岸的後灣、紅柴、灣內的後壁湖示範區、眺石示範區等在珊瑚覆蓋率、生物多樣性、以及小珊瑚入添數雖然優於區內的其它地點，但是卻不屬於保護與管制層級最高的海生區。因此建議上述海域的分區有重新檢討的必要。

墾丁國家公園海域是以珊瑚礁為主的生態系，石珊瑚的造礁特性讓平面的海底地形產生多樣的空間結構，提供其他與珊瑚礁共棲的生物避敵、繁殖與攝食空間，創造珊瑚礁的生物多樣性。因此，調查墾丁海域之底棲形態是了解海域現況的基本，而透過不同空間軸的比對能進一步了解海洋生態在環境變遷與人為干擾後之變化趨勢，這些資訊有利於管理單位作為資源永續及有效管理之參考。

誌謝

本研究非常感謝墾丁國家公園管理處經費支持(計劃編號：488-103-01)，計劃期間感謝陳瑞民先生與魏杰先生協助野外調查等工作，僅此一並致謝。

引用文獻

方力行、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、田文敏、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。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、樊同雲、陳正平、田文敏、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。2004。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域

生態所造成之衝擊研究(IV)與環境教育之應用(I)。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、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。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所造成之衝擊研究(五)環境教育之應用(二)基本生態資料之建立(二)與環境生態資料庫資訊系統之建立(一)。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、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。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所造成之衝擊研究(六)環境教育之應用(三)基本生態資料之建立(三)與環境生態資料庫資訊系統之建立(二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

王維賢、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、林幸助、何平合。2007。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所造成之衝擊研究(七)環境教育之應用(四)基本生態資料之建立(四)-40-與環境生態資料庫資訊系統之建立(三)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

何平合、陳昭倫、陳宏瑜、陳正平、邱郁文、林幸助、張揚祺。2008。墾丁國家公園海域長期生態研究計畫-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(八)、環境教育之應用(五)基本生態資料之建立(五)與環境生態資料庫資訊系統之建立(四)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

何平合、陳昭倫、孟培傑、陳正平、邱郁文、林幸助、張揚祺。2009。墾丁國家公園海域長期生態研究計畫-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(九)。內政部

- 營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 陳昭倫、孟培傑、邱郁文。2013。墾丁國家公園海域珊瑚礁底棲群聚、水質與貝類資源量現況調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託調查報告。
- 戴昌鳳。2000。墾丁國家公園海域分區檢討建議報告書。內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 翁億齡、陳志銘。2007。以熱點分析與間隙分析劃設海岸保護地帶。第五屆數位地球國際研討會論文集，93-105 頁。
- 李培芬、呂光洋、李玉琪、謝佳君、潘彥宏、陳宣汶、潘天祺、丁宗蘇。1998。臺灣地區野生動物分布資料庫之建立。行政院農業委員會，台北，406 頁。
- Blain C, Gagnon P. 2014. Canopy-forming seaweeds in urchin dominated systems in eastern Canada: structuring forces or simple prey for keystone grazers? *PLoS ONE* 9(5):e98204.
- Hsu CM, de Palmas S, Kuo CY, Denis V, Chen CA. 2014 Identification of scleractinian coral recruits using fluorescent census and DNA barcoding techniques. *Plos ONE* 9(9):e107366.
- Lang JC, Chornesky EA. 1990. Competition between scleractinian reef corals – a review of mechanisms and effects. In: Dubinsky Z (ed) *Ecosystems of the world*, vol 25. *Coral reefs* Elsevier, Amsterdam, pp 209-252.
- Littler DS, Littler MM. 1997. Epizoic red alga allelopathic to a Caribbean coral. *Coral reefs* 16:168.
- McCook LJ, Jompa J, Diaz-Pulido G. 2001. Competition between coral and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs* 19:400-417.
- McClanahan TR, Muthiga NA, Mangi S. 2001. Coral and algal changes after the 1998 coral bleaching: interaction with reef management and herbivores on Kenyan reefs. *Coral Reefs* 19:380-391.
- Hodgson, G., W. Kiene, J. Mihaly, J. Liebel, C. Shuman, and L. Maun (2004). Reef Check Instruction Manual: A Guide to Reef Check Coral Reef Monitoring Published by Reef Check, Institute of the Environment, University of California at Los Angeles.
- Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nystr M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg, J J. 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science* 5635:929-933.
- Kruskal CK. 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika* 29(1):1-27.
- Kuffner IB, Walters JL, Becerro MA, Valerie JP, Raphael RW, Beach KS. 2006. Inhibition of coral recruitment by macroalgae and cyanobacteria. *Mar Ecol Prog Ser* 323:107-117.
- Ruitton S, Francour P, Boudouresque CF. 2000. Relationships between algae, benthic herbivorous invertebrates and fishes in rocky sublittoral communities of a temperate sea (Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50:217-230.
- Shepard RN. 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika* 27:125-39, 219-46.