

隆起珊瑚礁和洞穴地景保護區經營管理計畫規劃原則
草案

目錄

一、	前言.....	3
二、	隆起珊瑚礁與洞穴景點之管理類型.....	7
三、	隆起珊瑚礁與洞穴地景保護區經營管理的過程與計畫.....	12

圖目錄

圖 1：	臺灣各區所登錄的主題地景保育景點數量.....	6
圖 2：	為墾丁高位珊瑚礁自然保留區地理位置與範圍圖.....	14
圖 3：	喀斯特地貌與洞穴系統.....	16
圖 4：	壽山國家自然公園內東區 02 號石灰岩洞穴形貌圖.....	18
圖 5：	壽山國家自然公園東區 02 號石灰岩洞穴地面光達掃描結果.....	19
圖 6：	在陡坡上應調整保留區和管理區的範圍，其形狀會類似橢圓形.....	21
圖 7：	重要洞穴入口周圍的保留區/預留區和管理區	24
圖 8：	重要洞穴上方的保留區/預留區和管理區劃設方案	27
圖 9：	重要地表喀斯特地貌周圍的保留區/預留區及管理區	28
圖 10：	喀斯特湧泉附近的保留區/預留區和管理區	29
圖 12：	墾丁高位珊瑚礁自然保留區 2011-2015 年壓力的範圍、程度與持續性評 量總分.....	40

表目錄

表 1：	台灣地景保育景點之主題類別與分區數量統計.....	5
表 2：	地景保育景點類型與所在環境.....	9
表 3：	臺灣「隆起珊瑚礁與洞穴」地景保育景點.....	11
表 4：	墾丁喀斯特森林之生育地微地形與植群社會的關係.....	19
表 5：	與隆起珊瑚礁與洞穴景點有關的潛在威脅與議題及保育策略.....	32
表 6：	墾丁高位珊瑚礁自然保留區所面臨的壓力與威脅分析.....	41
表 7：	洞穴重要特徵指標及監測方法概述.....	48

一、前言

依據地質類世界自然遺產的 13 項主題類別 (Dingwall, Weghell and Badman, 2005)，並參考台灣的地形景觀分類系統 (王鑫，1980) 與台灣地景保育景點登錄與評鑑計畫之分類系統 (王鑫，1996)，李光中 (2011) 提出台灣的自然地景主題可分為下列 12 種類別，包括：

1. 板塊構造現象
2. 火山地景
3. 高山地景
4. 重要地層或化石位址
5. 河流、湖泊或河口三角洲地景
6. 隆起珊瑚礁和洞穴地景
7. 海岸地景
8. 珊瑚礁、環礁和海洋島嶼
9. 冰河遺跡
10. 火炎山地景
11. 泥岩惡地與泥火山地景
12. 地質災害遺跡

林務局自然保育網所登錄的臺灣地景保育景點，依據其景點內容與上述 12 項主題類別進行分類，結果如表 1 與圖 1。整體來說，「河流、湖泊或河口三角洲地景」的景點數量最多，共有 94 處；其次是「海岸地景」80 處，板塊構造現象 43 處，重要地層或化石位址 35 處，火山地景 20 處，泥岩惡地與泥火山地景 15 處，珊瑚礁、環礁和海洋島嶼 13 處，隆起珊瑚礁和洞穴地景 11 處，剩下類別的景點則少於 10 處。

從上述已登錄的地景保育景點來看，【火山地景】、【隆起珊瑚礁與洞穴地景】、【火炎山地景】、【泥岩惡地與泥火山地景】、【珊瑚礁、環礁與島嶼】

等主題類別的地景保育景點，相對較完整地涵蓋了不同區域的代表性景點。

- (1) 火山地景：涵蓋了七星-大屯-觀音火山區與基隆山，以及東部海岸山脈與綠島、蘭嶼等地的火山景點，雖然登錄的景點還不足以完整呈現臺灣過去的火山活動歷史，但至少每個火山區均有一、兩處代表景點。
- (2) 隆起珊瑚礁與洞穴地景：涵蓋了高雄平原上的獨立石灰岩塊（如大岡山、半屏山、壽山等）與恆春半島的隆起珊瑚礁與洞穴景點（墾丁森林遊樂區與墾丁國家公園內的景點）。
- (3) 火炎山地景：數量雖少，但中部（三義火炎山與南投九九峰）、南部（六龜十八羅漢山）與東部（台東卑南山）具代表性的礫岩景點均已登錄。
- (4) 泥岩惡地與泥火山地景：景點涵蓋了全台主要的泥岩惡地（台南-高雄古亭坑泥岩層區與台東利吉泥岩層區）與臺灣四大泥火山活動區（古亭坑背斜區、旗山斷層區、高屏海岸平原區與東部海岸山脈區）。
- (5) 珊瑚礁、環礁與島嶼：涵蓋了大部分臺灣的離島，雖然有些島嶼列入其他主題分類（例如澎湖群島大多列入海岸地景，綠島與蘭嶼列入火山地景，有些南區的珊瑚礁景點列入海岸地景中）。

計畫團隊曾在 2017 年曾以六龜十八羅漢山自然保護區為個案，介紹火炎山地景保護區經營管理計畫的擬定原則（盧道杰等人，2017），2018 年以澎湖玄武岩自然保留區為個案，介紹島嶼地景型保護區經營管理的擬定原則（盧道杰等人，2018）。本年度以隆起珊瑚礁與洞穴地景為主題，介紹該類型地景在擬定經營管理計畫時應考慮的原則。

表 1：台灣地景保育景點之主題類別與分區數量統計

主題 類別	板塊構 造現象	火山 地景	高山 地景	重要地 層或化 石位址	河流、湖泊 或河口三角 洲地景	隆起珊瑚 礁和洞穴 地景	海岸 地景	珊瑚礁、 環礁和海 洋島嶼	冰河 遺跡	火災山 地景	泥岩惡地與 泥火山地景	地質災 害遺跡	總計
北區	3	11	0	8	8	0	23	6	0	0	0	0	59
中區	14	0	6	17	24	0	0	0	1	4	0	6	72
南區	9	0	1	6	26	9	27	5	0	1	12	1	97
東區	17	9	1	4	36	2	30	2	1	1	3	1	107
總計	43	20	8	35	94	11	80	13	2	6	15	8	335

資料來源：林務局自然保育網【臺灣各區地景保育景點分布】(http://conservation.forest.gov.tw/conservation_area)

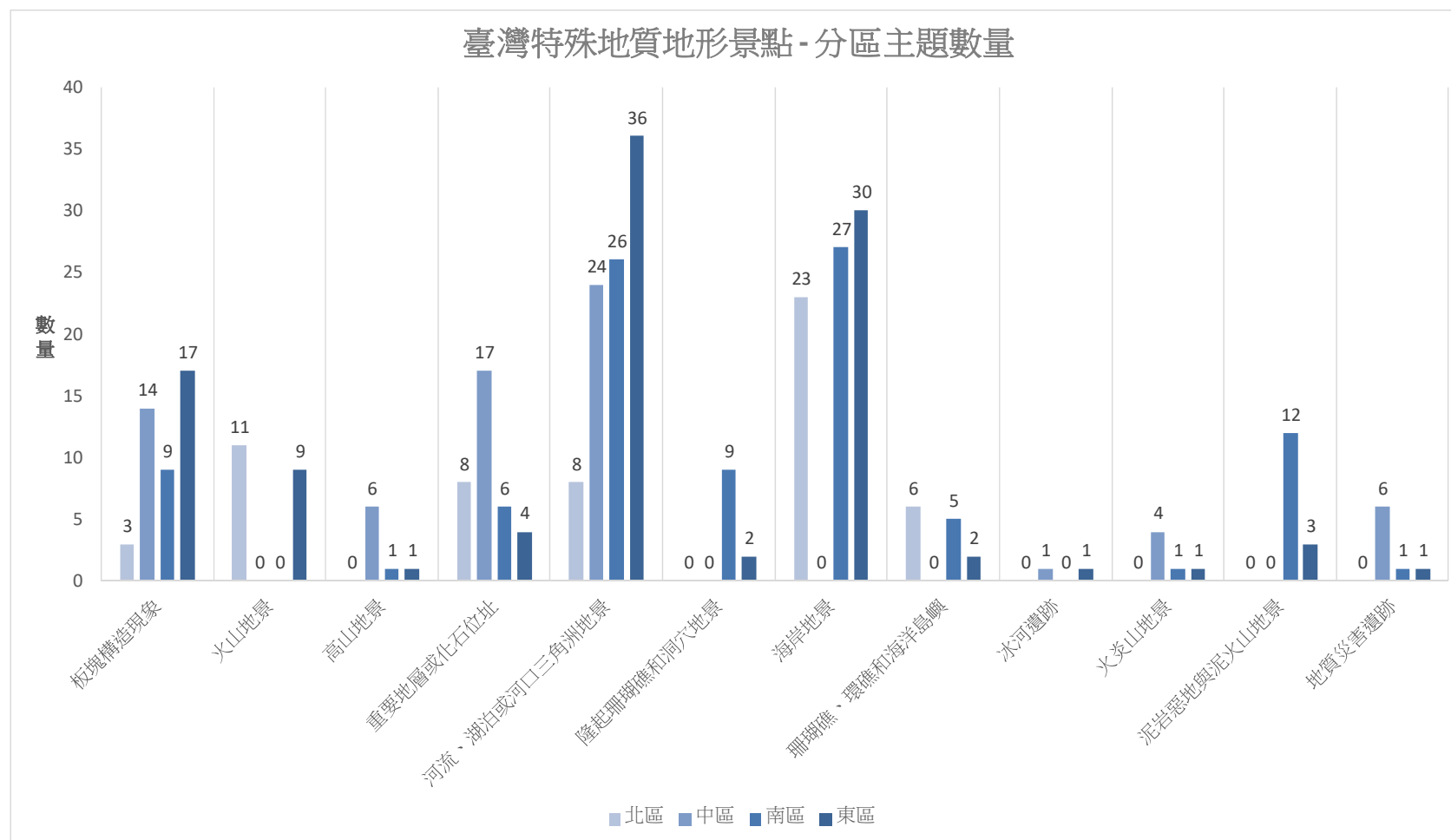


圖 1：臺灣各區所登錄的主題地景保育景點數量¹

¹ 資料來源: 林務局自然保育網，【臺灣各區地景保育景點分布】，[HTTP://CONSERVATION.FOREST.GOV.TW/CONSERVATION_AREA](http://CONSERVATION.FOREST.GOV.TW/CONSERVATION_AREA)

二、隆起珊瑚礁與洞穴景點之管理類型

規劃隆起珊瑚礁與洞穴地景保護區的經營管理之前，首先需考量景點的本質與所在環境，再來決定後續的經營管理作為。英國自然署 (English Nature) 在 2004 年提出地景保育景點分類系統 (Earth Science Conservation Classification, ESCC)，認為地景保育景點可分成「出露型 (exposure, E)」、「完整型景點 (integrity, I)」與「分布範圍有限型 (finite, F)」三大類型，並依據地景保育景點的所在環境，細分成 16 種管理類型 (Prosser et al., 2006) (表 2)。

1. 出露型景點：指的是在地表下分布相對較廣的地質現象，當人們移除地表物質(土壤、沉積物或岩石)時，並不會造成景點資源的破壞，移除開挖反而會露出內容相同且較新鮮的岩石、沉積物或地質現象，使人看得更清楚。地層代表露頭、地質構造(斷層、摺皺、柱狀節理等)與土壤剖面等，都是典型的出露型景點。根據景點所在環境可細分為：運作中的採石場與礦坑(EA)，廢棄的採石場與礦坑(ED)，鐵路與公路開挖面(ER)，海崖與前灘(EC)，河流與河岸剖面(EW)，內陸露頭(EO)，地底礦坑與隧道的剖面(EU)與具延伸性的埋藏物(EB)(表 3)。因為自然環境的侵蝕作用或人為開挖，使得景點內容得以露出。
2. 完整型景點：指的是地形景觀，包括了靜態的地形景點(IS)、動態地形作用景點(IA)、洞穴(IC)與喀斯特地景(IK)(表 3)。有些地形景觀如女王頭、燭臺石、海蝕柱、海崖、礫岩獨立山頭等，因形貌特殊美麗而聞名，但短時間內不容易產生明顯變動，稱之為靜態的地形景點。有些地形景觀像是沖積扇、海灘、沙洲、沙尾、泥灘地、沙丘等，容易受環境與作用力改變而在短時間內產生明顯變動，因此稱之為動態的地形景觀。另外，位於地底下的洞穴與溶蝕作用形成的喀斯特地景，因為成因與環境較為特殊而獨立成項。
3. 分布範圍有限的景點：含有的地質現象因分布範圍有限，有可能因為保育

對象遭到移除而造成地景價值受損，而這些地質現象受損之後，通常無法找到替代品。這類景點包括：分布範圍有限的礦物、化石或其他地質現象 (FM)，礦渣堆 (FD)，分布範圍有限的地下礦坑與隧道 (FU)，與分布範圍有限的埋藏物景點 (FB) (表 3)。

地景保育景點的經營管理原則，依景點本質而有所差異：

1. 出露型景點的管理目標：讓具有科學意義的景點維持在可接受的出露狀況。
2. 完整型景點的管理目標：除了維持地貌的完整外形之外，對於動態的地形景觀來說，應減少人為干擾地形系統，讓地形系統維持正常運作，因為保護地景形成機制與環境，要比保護動態地景本身更為重要。
3. 分布範圍有限型景點的基本管理原則：只允許負責任的科學研究使用該項地景資源。因此在移除景點內容物時，通常需要執行管制措施。

查詢「臺灣地景保育景點登錄檢索系統」後，彙整「臺灣隆起珊瑚礁與洞穴地景保育景點」(表 3)，除了台東縣長濱鄉的八仙洞是發育在都鑾山層 (火山碎屑岩) 的海蝕洞，其餘景點大多發育在第四紀隆起珊瑚礁石灰岩上，包括分布在平原上的石灰岩體 (壽山、大岡山、半屏山與車城龜山)、恆春半島與綠島海階上的隆起珊瑚礁石灰岩。上述部分景點隸屬於國家公園體系管理，如壽山國家自然公園與墾丁國家公園，也有其他景點屬於林務局體系管理，如墾丁高位珊瑚礁自然保留區、墾丁森林遊樂區、國有林保安林地。

臺灣隆起珊瑚礁與洞穴地景景點在管理分類上屬於「完整型景點 (integrity, I)」的「洞穴 (Caves, IC)」、「喀斯特地景 (Karst, IK)」。

由於洞穴中會有礦物與化石出現，因此也屬於「分布範圍有限型 (finite, F)」的「分布範圍有限的礦物、化石或其他地質現象 (Finite mineral, fossil or other geological, FM)」。

維持喀斯特地景與洞穴形貌的完整性，維持這些地形系統正常運作，確保分布範圍有

限的洞內礦物與化石資源能受到妥善保護，是這類景點重要的保育目標。

表 2：地景保育景點類型與所在環境 (Prosser et al., 2006)

景點類型	景點所在環境	代碼
出露型 (exposure, E)	1. 運作中的採石場與礦坑 Active quarries and pits	EA
	2. 廢棄的採石場與礦坑 Disused quarries and pits	ED
	3. 海崖與前灘 Coastal cliffs and foreshore	EC
	4. 河流與河岸剖面 River and stream sections	EW
	5. 內陸露頭 Inland outcrops	EO
	6. 地底礦坑與隧道的剖面 Exposure underground mines and tunnels	EU
	7. 具延伸性的埋藏物 Extensive buried interest	EB
	8. 公路、鐵路與渠道開挖面 Road, rail and canal cuttings	ER
完整型景點 (integrity, I)	9. 靜態的地形景點 Static (fossil) geomorphological	IS
	10. 動態地形作用景點 Active process geomorphological	IA
	11. 洞穴 Caves	IC

	12. 喀斯特地景 Karst	IK
分布範圍有限 型 (finite , F)	13. 分布範圍有限的礦物、化石或其他地質現象 Finite mineral, fossil or other geological	FM
	14. 礦渣堆 Mine dumps	FD
	15. 分布範圍有限的地下礦坑與隧道 Finite underground mines and tunnels	FU
	16. 分布範圍有限的埋藏物 Finite buried interest	FB

表 3：臺灣「隆起珊瑚礁與洞穴」地景保育景點

編號	地景名稱	景點特徵	行政區	評鑑等級	保護區	景點類型
E60	八仙洞	火山角礫岩、長濱文化、海蝕洞	台東縣長濱鄉	國家級		IC
E89	觀音洞	石灰岩、石筍、鐘乳石洞	台東縣綠島鄉	地方級		IC
S14	大崗山石灰岩	珊瑚礁、斷層、背斜	高雄市岡山區	地方級		IK
S28	高雄北柴山東側	盆地、石灰岩、鐘乳石	高雄市鼓山區	地方級	壽山國家自然公園	IK
S29	高雄半屏山	石灰岩、褶皺、單面山	高雄市左營區、楠梓區	地方級	壽山國家自然公園	IK
S37	墾丁森林遊樂區的石灰岩地形	石灰岩、石筍、石柱	屏東縣	地方級		IC
S41	墾丁森林遊樂區溶蝕洞穴	石灰岩、溶解作用、石筍	屏東縣恆春鎮	地方級	墾丁高位珊瑚礁自然保留區	IC
S42	墾丁森林遊樂區崩塌地形	溶蝕洞、溶蝕溝、石灰岩	屏東縣恆春鎮	地方級	墾丁高位珊瑚礁自然保留區	IK
S43	屏東墾丁鵝鑾鼻公園	珊瑚礁、海岬、溶蝕作用	屏東縣恆春鎮	地方級	墾丁國家公園	IK
S50	恆春東台地上的石灰岩陷阱	石灰岩、滲穴、陷穽	屏東縣恆春鎮	地方級	墾丁國家公園	IK
S57	屏東車城龜山	石灰岩、殘丘地形、史前遺址	屏東縣車城鄉	地方級	墾丁國家公園	IS

資料來源：臺灣地景保育景點登錄檢索系統（<http://140.112.64.54/landspaces/landspaces.php>）

三、隆起珊瑚礁與洞穴地景保護區經營管理的過程與計畫

英國自然署出版的「地景保育：良好實踐指南 (Geological conservation: a guide to good practice)」(Prosser et al., 2006)，建議地景景點/保護區管理計畫的內容應涵蓋以下主題：

1. 詳細描述重要的地質地形現象；
2. 詳細顯示重要地質地形現象所在位置的地圖；
3. 景點/保護區與區內地質地形現象的照片；
4. 諮詢景點/保護區所有人和其他權益關係人；
5. 潛在威脅與管理議題，包括風險評估；
6. 景點/保護區內其他保育價值，例如具備重要科學意義的生物或考古現象；
7. 對於每個重要的地質地形現象，提出可度量的保育目標；
8. 釐清達成與維護保育目標的責任；
9. 詳細說明如何使用景點，與其教育潛力；
10. 詳細的經營管理過程，包括開始補救工作的時程與後續維護工作的頻率；
11. 所需監測的頻度；
12. 執行管理計畫所需的資源；
13. 定期檢討管理計畫。

依照上述主題與過去進行臺灣自然保護區經營管理效能評估的經驗，隆起珊瑚礁與洞穴地景景點／保護區的經營管理過程與計畫可包含以下項目：(一) 背景描述，(二) 法律、規範與協定的背景說明，(三) 分區計畫，(四) 工作計畫，(五) 參考文獻與 (六) 附錄。

(一) 背景描述

第一部分「背景描述」的內容主要涵蓋「計畫描述」、「景點／保護區描述」、「威脅與壓力」、「願景」與「目標」等五大項，目的在於清楚說明保護區所要保

育的地景現象與其伴隨的價值，保護區目前所處的社會環境現況與經營管理現況，造成保護區價值喪失或下降的威脅與壓力，以及因應現況與威脅壓力所擬定的中長期願景和短期目標。

A. 計畫描述

計畫描述在於簡介保護區劃設的目的與緣由，以及保護區管理權屬責任。內容包括：保護區所要保護的「地景價值與重要性」，「哪個單位」於「何時」依據「何種法令」將「何處」的自然地景劃設「何種類型」的自然保護區。以林試所(2019)所擬定的「墾丁高位珊瑚礁自然保留區管理維護計畫(草案)」為例：

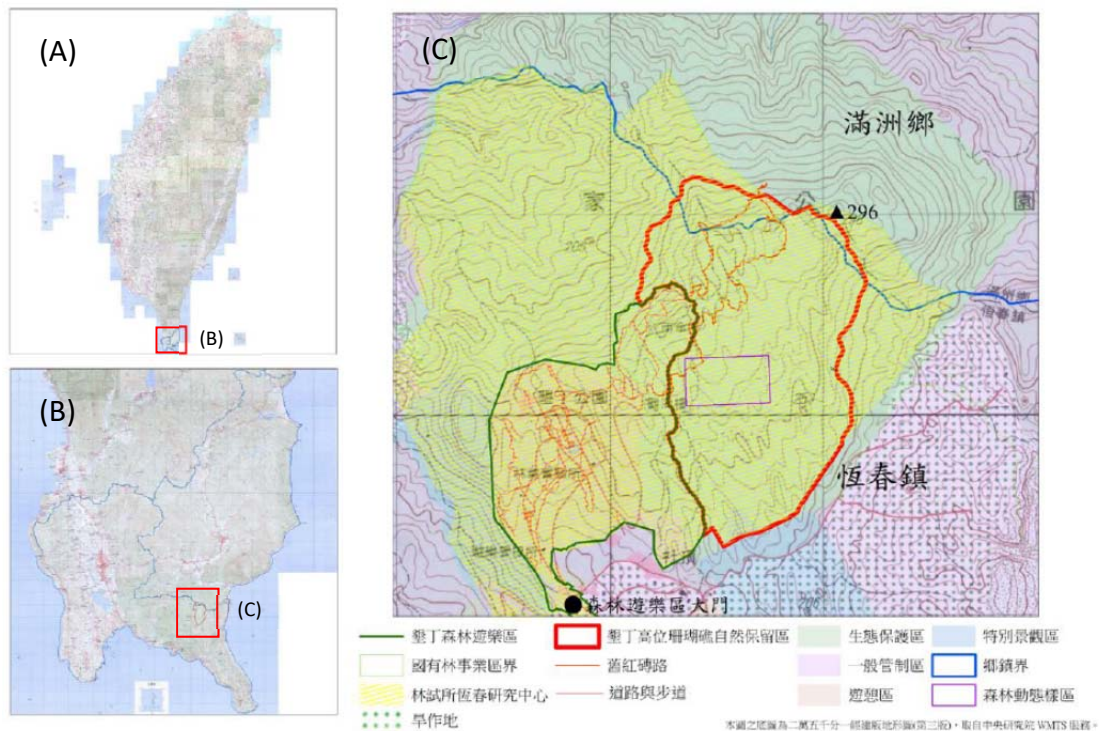
「1980-1991 年間，林務局擴大現有遊樂區範圍，增闢第三區開放給民眾參觀遊覽。因該區多屬稀有之高位珊瑚礁原始森林，甚具學術研究價值，且與已開放之第二區的地質與林相類似。林試所認為第二區已足以應對遊樂體驗的需求，難以認同擴大遊樂範圍之議，乃主動依據文化資產保存法規定，向行政院農業委員會申請，由該會於 1994 年 1 月 10 日，以農林字第 2162872 A 號指定公告為自然保留區，管理機關為林業試驗所。」(p.2)

B. 保護區描述

保護區描述在於清楚說明保護區的重要地景價值與現況，內容包括：保護區的重要地理資訊，保護區的資源環境現況，保護區的重要地景特徵與價值，以及經營管理現況與組織。

1. **重要地理資訊:** 包括保護區的地理位置、範圍與面積，並以圖表呈現。

依據文化資產保存法施行細則與野生動物保育法施行細則的規定，位置圖以能展示全區坐落之行政轄區及相關地理區位為主；範圍圖的比例尺，當保護區的面積在 1000 公頃以下者，不得小於 1/5000，而面積超過 1000 公頃者，不得小於 1/25000，並能明確展示保護區界線。圖 2 為墾丁高位珊瑚礁自然保留區地理位置與範圍圖，圖 2(A)與(B)分別顯示該自然保留區在國家與區域尺度的地理位置，圖 2(C)顯示該自然保留區的邊界範圍、所屬行政區、重要地標、所屬國家公園之管理分區等重要資訊。由於保護區的範圍劃定，需考量欲保育地景之性質與動態性，將在「重要特徵



與價值」一節說明。

圖 2：為墾丁高位珊瑚礁自然保留區地理位置與範圍圖（行政院農業委員會林業試驗所，2019）

2. **環境資源現況:** 包括自然環境與社會經濟現況兩大部分，前者內容包括保護區地表的地質、地形、氣候、水文、生態環境，以及地下的地質、水文、洞穴形貌、洞穴微氣候環境（溫度、濕度、二氧化碳等）與洞穴

生態環境；後者包括保護區鄰近地區的社區人口組成與文化，與保護區有關聯的觀光遊憩、宗教文化活動等。其中，洞穴因其封閉性，使得洞內地形與生態系統與洞外環境不同，在介紹景點/保護區環境現況時應獨立出來說明（方塊一）。若過去對於洞穴環境無調查與監測資料，日後工作也應優先列入處理。

3. **重要特徵與價值：**詳細調查與描述保護區所具備的重要地質、地形特徵，並以地圖與表格呈現其空間分布範圍與數量，並且論述這些重要特徵在不同尺度（國家、區域或地方尺度）的代表性、重要性與價值。因此在論述保護區的重要性時，應整理相關文獻與調查資料，建立保護區文獻資料庫與景點登錄資料庫。除了地質、地形現象的科學價值外，地景保護區的生態系統服務價值也應釐清與整理，包括支持、供給、調節、文化等方面的價值，並將保育這些價值列入保護區的經營管理目標中。

(1) 地景資源調查

喀斯特地貌景觀的調查可採用傳統地貌調查與圖資分析進行。相較之下，地底下洞穴的形貌與洞穴岩的類型與分布調查，則需要特別的方法進行，藉此了解重要地質地形現象的資源分布與變動。傳統洞穴測繪方法使用羅盤、傾斜儀、手持式雷射測距儀等工具，透過洞內設置的簡易測點之間的方位與距離建立導線，成為洞穴的骨幹，同時調查與紀錄測點的三維空間資訊，以及洞穴岩與地表組成物（岩石與碎屑物）的空間分布，繪製洞穴形貌平面圖、縱剖面圖與橫剖面圖（Ganter, 2000; Dasher, 2011）（圖 5）。近年來，由於科技的進步，地面光達雷射掃描（terrestrial LiDAR scanning）也應用在洞穴內部形貌的掃描，進行洞穴長期地形變動的紀錄（圖 5）（高雄市台灣地理學會，2019）。這些調查結果有助於管理單位掌握景點/保護區的地景資源清單。

方塊一 簡介喀斯特地貌與洞穴系統

喀斯特地貌與洞穴是碳酸鹽類岩石（如石灰岩、白雲岩）經過地殼變動後抬升至海面上，暴露在地表受風化與侵蝕作用而形成的地表與地下地形系統（王鑫，1988；Gillieson, 1996）。影響喀斯特地貌與洞穴系統發育的因子包括岩性、水文、大氣及生物，這些因子彼此緊密連結，相互影響（圖 3），因此需要以整體的角度來規劃與思考其保育工作。

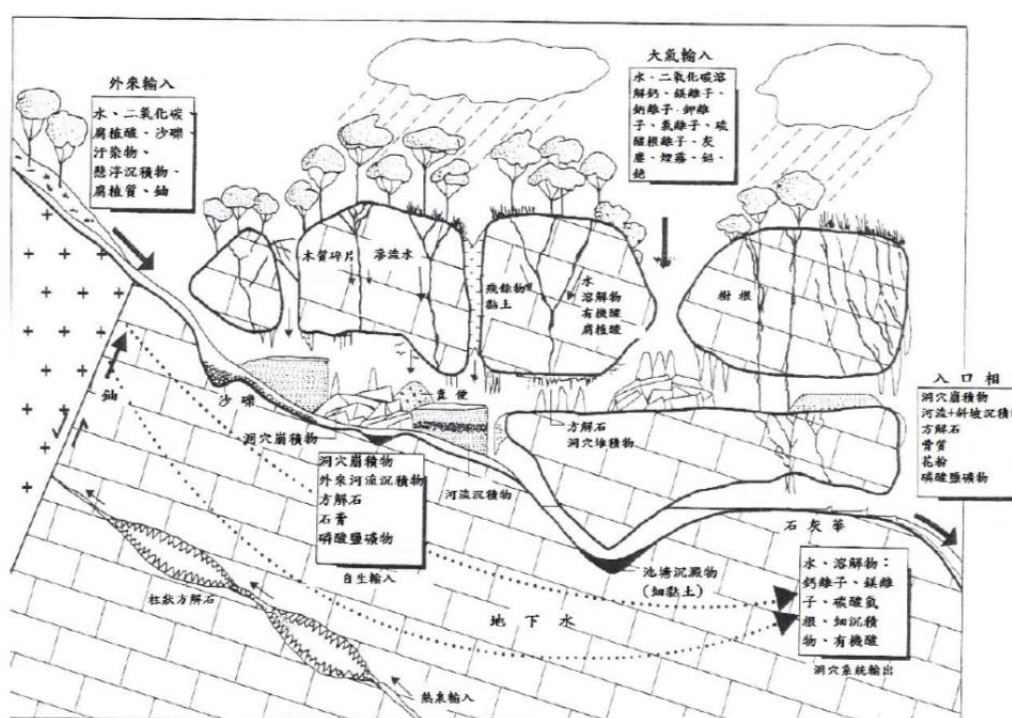


圖 3：喀斯特地貌與洞穴系統 (GILLIESON, 1996，引自陳鈞，2017)

1. 岩石：岩石因子包括岩性與地質構造。碳酸鹽類岩石如石灰岩、白雲岩，長期與弱酸性水反應下，容易產生岩溶作用，在地表上形成喀斯特地貌，在地底下發育溶蝕與堆積現象。若岩體存在明顯的層面與破裂面，會加速地表水的入滲，並使岩溶與堆積作用沿著層理與破裂面發育，形成洞穴與洞穴岩（如鐘乳石、石筍、石柱、流石等）。然而，岩溶作用並非洞穴形成的唯一原因，塊體運動也是重要的洞穴形成機制（如岩體滑動所產生的裂隙、岩塊崩落所形成的封閉空間）（齊士崢、何立德，

2018；高雄市台灣地理學會，2019)。

2. 水文：降雨過後，地表水會帶著土壤中的二氧化碳及腐植酸下滲，形成酸性的水分溶解石灰岩，長時間下來逐漸形成喀斯特地貌。地表逕流帶著地表沉積物與生物碎屑從滲穴 (sinkhole) 或陷穴 (doline) 流入地底。石灰岩與地下水面交會之處，或是石灰岩層下方為透水性較差的岩層，使得地下水在此匯集形成棲息地下水體，都有可能在此產生岩溶作用，而形成地下洞穴。
3. 大氣：洞穴內的溫度、濕度、二氧化碳、氣壓等氣候因子，影響了洞穴中碳酸鹽類礦物的沉澱與溶解，進而影響洞穴岩的發育。溫度越高，水中二氧化碳含量會降低，溶蝕性減弱；但是溫度越高，水的電離度大，水中 H^+ 和 OH^- 增加，溶蝕力增強。溫度高低也會影響洞內水氣蒸發快慢，進而影響了碳酸鹽類礦物的沉澱速率快慢。洞內空氣中二氧化碳的來源眾多，來自於地表土壤，洞內石灰岩的溶解作用，或是洞內微生物的呼吸與分解作用。二氧化碳濃度的變化，影響了空氣中二氧化碳分壓力的高低，進而影響了水中的二氧化碳含量。一般大氣中的二氧化碳含量約為空氣體積的 0.03%，在自由大氣下，空氣中的二氧化碳分壓力 (P_{CO_2}) = 0.0003 大氣壓。在相同溫度中， P_{CO_2} 越高，碳酸鈣在水中的溶解度越大，水分也就越酸 (楊景春，1990)。
4. 生物：生物對於洞穴的影響主要來自於土壤、微生物與穴居生物。適合植物生存的土壤環境酸鹼值大約為 5.8-6.5，為了讓土壤環境適合生存，植物會從根部分泌根酸。在高溫多雨的地區，微生物與動物活動力強，代謝或排泄出的酸也較多，增加了土壤中的酸性物質。土壤中的有機酸會隨著水分下滲，順著裂隙進到石灰岩體內，產生溶蝕作用 (張美良、朱曉燕等，2007；Gillieson，1996)。另外，在洞穴內的微生物會附著在岩壁或是鐘乳石上，分泌微量的酸，影響到洞穴岩的發育。穴居生物的

排遺（如蝙蝠）也是重要的酸性物質來源。

壽山國家自然公園東區02號洞穴形貌圖

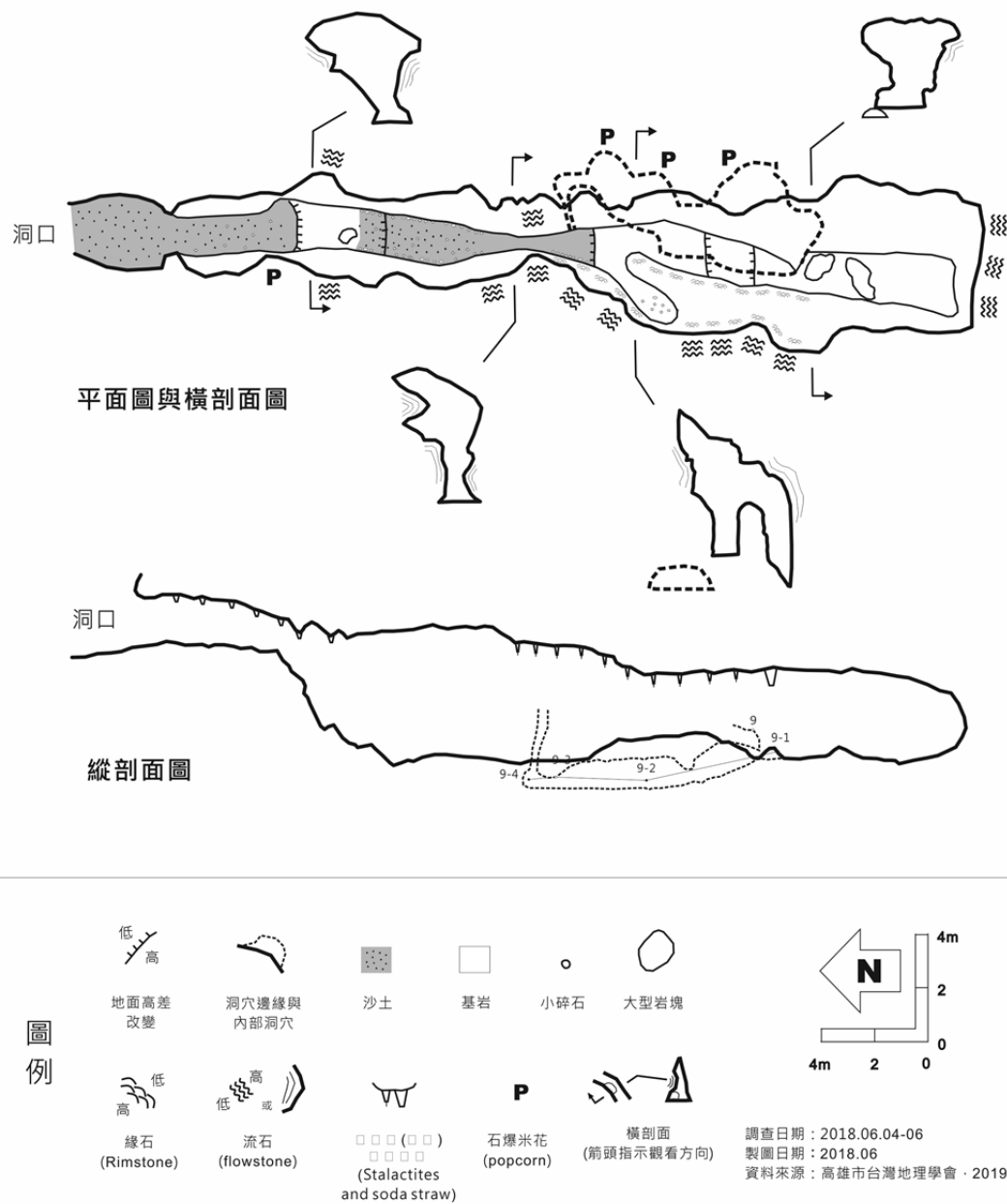


圖 4：壽山國家自然公園內東區 02 號石灰岩洞穴形貌圖（高雄市台灣地理學會，2019）

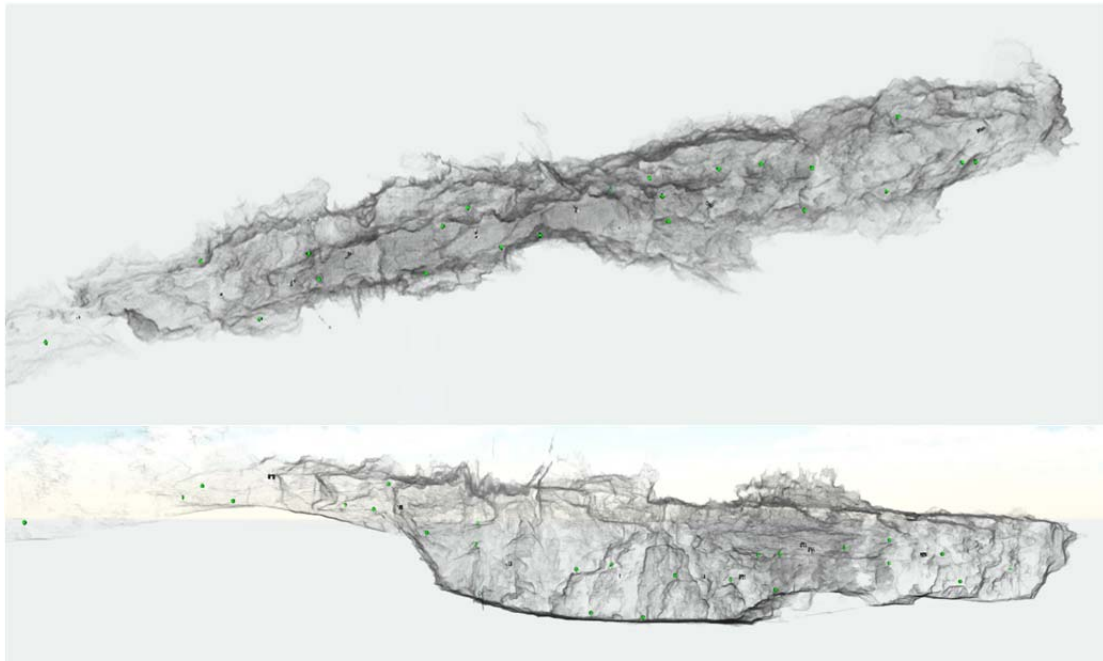


圖 5：壽山國家自然公園東區 02 號石灰岩洞穴地面光達掃描結果。上圖為平面圖，下圖為縱剖面圖 (高雄市台灣地理學會，2019)

喀斯特地貌與洞穴環境亦可能具備獨特的生態系統，在論述景點/保護區之重要價值時應予以加入。以墾丁高位珊瑚礁自然保留區為例，植物生態學家在保留區內的森林樣區中，觀察到四種微地形 (包括隆起岩塊、隆起台地、凹陷谷地與平坦谷地) 因為風力、光線入射量與土壤厚度的環境條件不同，形成不同植群社會的生育地，顯示地形與生態之間的關係 (王相華等人，2004 (表 4)。保留區中的洞穴中也曾記錄到白額高腳蛛、條紋米蝦、黃灰澤蟹、蝙蝠等物種，顯示岩穴及隧道內具有高度的生物多樣性 (黃致遠，2000)。

表 4：墾丁喀斯特森林之生育地微地形與植群社會的關係 (王相華等人，2004)

微地形分區	風力	光線入射量	土壤厚度	植群社會
隆起岩塊	最強	最大	最薄	鐵色-紅柴-樹青-月橘型
隆起台地	中	中	中	茄苳-台灣膠木型
平坦谷地	中	中	中	蟲屎-血桐-土楠型
凹陷谷地	最弱	最少	最厚	皮孫木型

(2) 界定管理範圍

對洞穴自然狀態造成最少的衝擊 (minimization of impact)，是洞穴管理的核心原則 (Williams, 2008)。要妥善維護洞穴環境的狀態，管理所涵蓋的範圍就不僅只是洞穴內部，還要包括到洞穴上方與四周的地表環境，因為這些地方發生改變，可能會直接或間接衝擊洞穴的環境與生態 (Williams, 2008)。

對於重要的喀斯特地貌與洞穴景點如何規劃其保育範圍，加拿大英屬哥倫比亞省森林署 (Ministry of Forests, British Columbia，以下簡稱 MOF) 出版的「喀斯特管理手冊 (Karst management handbook for British Columbia)」中，提供該類型地景之保護區與緩衝區的劃設原則，可供我們參考 (Ministry of Forests, B. C., 2003) ()。該手冊將喀斯特地貌分成五種類型，分別是：

1. 重要的洞穴入口；
2. 重要洞穴上方區域（取決於洞穴深度）；
3. 明顯的喀斯特地表地貌；
4. 重要的喀斯特湧泉；
5. 獨特或稀有的喀斯特植物/動物棲地。

為了重要喀斯特地貌和其價值所建議的保護區大小是參考性建議。在規劃保留區的大小和形狀時，還應仔細考慮當地的現場條件（例如，風倒木的風險 (windthrow risk)）。所有喀斯特保留區的規劃和設計，應基於完整的風倒木評估。如果因為嚴重的風倒木風險而無法維持喀斯特保護區的提案，應使用專業判斷力來制定針對特定場域的管理策略，盡可能達成保留區的管理目標。

此外，文中所提供的保留區劃設範圍建議，是適用於相對平坦的地形區域。在斜坡上出現喀斯特地貌的地方，可能需要調整保留區和/或管理區的形狀和大小。因應陡坡上發生崩塌和水土流失的機會較高，因此在重要地貌（例如滲穴）的上邊坡側需要擴大保護區和/或管理區的範圍（見圖 6）。

方塊二至方塊六分別呈現 MOF 針對五種喀斯特地貌所提出的保護區範圍劃設、經營管理目標與最佳經營管理措施建議 (Ministry of Forests, B. C., 2003)。此外，MOF 也提供其他建議給所有喀斯特保護區：

- 道路和集材道路不應該位於喀斯特保留區。
- 除非是為了消除安全危害，或解決像是蟲害這類的森林健康風險，否則不得在喀斯特保留區內砍伐樹木。在需要砍伐的地方，請考慮使用擇伐，使其遠離喀斯特地貌，並將砍伐的木材留在地面上，以提供粗糙的木屑和完整的森林地表。如果砍伐木材是必要的，請避免將喀斯特地貌之上堆放集材。

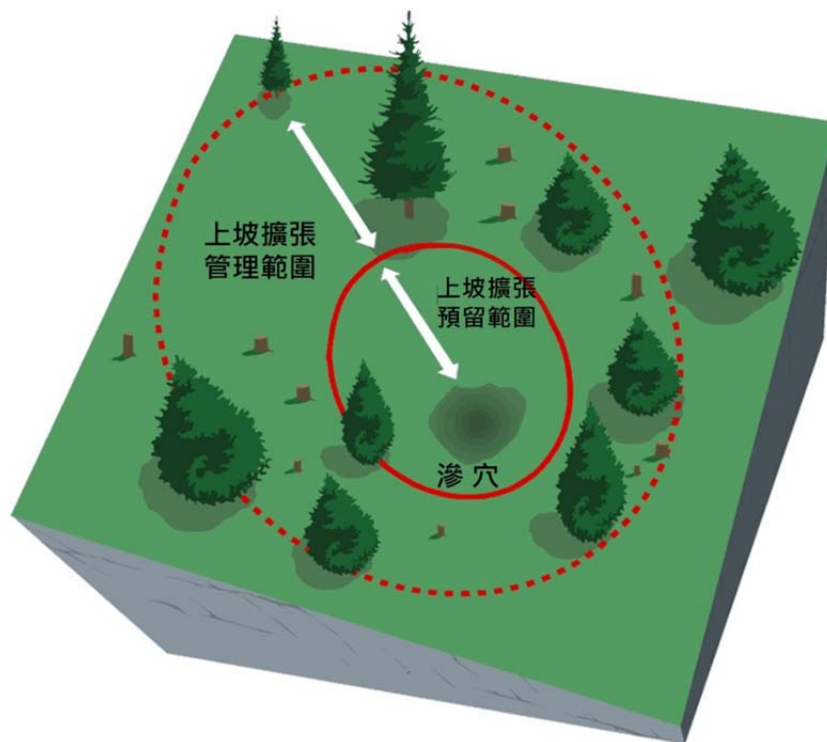


圖 6：在陡坡上應調整保留區和管理區的範圍，其形狀會類似橢圓形

- 採取措施以確保人類廢棄物、石化產品、除草劑、垃圾和其他污染物不會污染喀斯特保留區（換言之，請遵循正確的存儲和運輸程序）。

方塊二 重要的洞穴入口

經營管理目標

- 維持重要洞穴入口周圍的微氣候，以確保水流、氣流、空氣溫度、相對濕度和陰影程度保持恆定，避免改變空氣和水的交換條件，導致地下棲地（例如蝙蝠、無脊椎動物）以及洞穴發育作用等超出自然變動的範圍。
- 為了居住在洞穴入口的動物和/或穴居生物（例如蜘蛛、蟋蟀、蠐螬等），維持穩定的棲地條件，它們常在洞穴入口處覓食，或依靠從洞穴入口掉入洞穴的有機物為食物來源。
- 為了防止伐木碎片掉入重要的洞穴入口。
- 讓具備較高遊憩價值的洞穴入口，成為提供美學/娛樂體驗的一種方式。

最佳經營管理措施

- 從洞穴的入口處向外延伸至少兩棵樹長的範圍劃為保留區（根據樹齡為 100 歲的主樹和共生樹的平均高度來計算）。假如重要的洞穴入口是位於滲穴當中，則該保留區應該從滲穴的邊緣往外延伸，由圍繞滲穴斜坡的上邊界來確定。
- 決定適當大小的鄰近管理區域，避免保留區受到風倒木的影響（參見圖 7）。
- 為幫助維持內部微氣候條件，並抑制物種從邊界入侵到保留區的內部棲地，沿著保留區邊界保留底層植被，並在鄰近的開放空間保留一些綠樹，尤其是在保留區的邊緣。
- 按照《管理已辨識的野生生物：步驟及措施》所提供的建議，在洞穴入口附近保留已知蝙蝠的冬眠巢穴，而這些蝙蝠品種包含許多列在國際自然保護聯盟瀕危物種紅色和藍色名錄中的品種（例如，基恩氏鼠耳蝠）。

- 建議對不符合重要洞穴入口標準的入口，在其周圍設置半徑 20 米的管理區域進行管理，具體做法如下：
 - ✧ 盡可能遠離洞穴入口處進行伐木；
 - ✧ 清除掉落在洞穴入口內或周圍的任何木屑和碎片，而清除不會造成進一步的干擾；
 - ✧ 在管理區域內保留非買賣的防風林、優勢再生物種，野生林和其他防風植被。

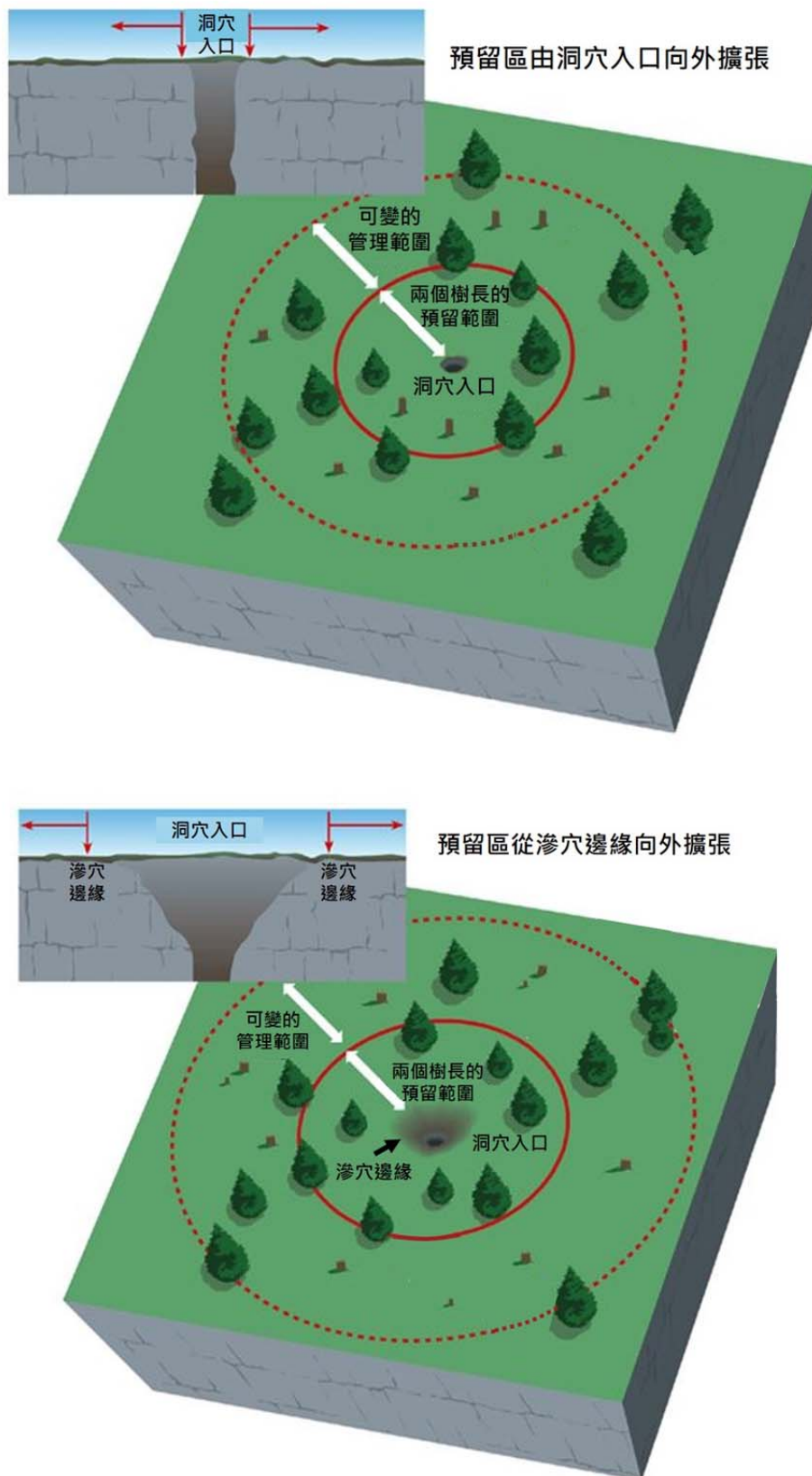


圖 7：重要洞穴入口周圍的保留區/預留區和管理區

方塊三 重要洞穴上方

經營管理目標

- 讓在洞穴上方及洞穴內部的喀斯特發育作用能維持穩定的狀態（例如，溫度、濕度、入滲率和滴水的化學性質）。
- 防止地表碎屑與沉積物沿著上覆喀斯特裂隙或空洞進入重要的洞穴之中。
- 保護脆弱的洞穴地貌、洞穴動物群或其他洞穴價值，避免道路建設和木材採伐產生的振動，對它們產生潛在的危害。

最佳經營管理措施

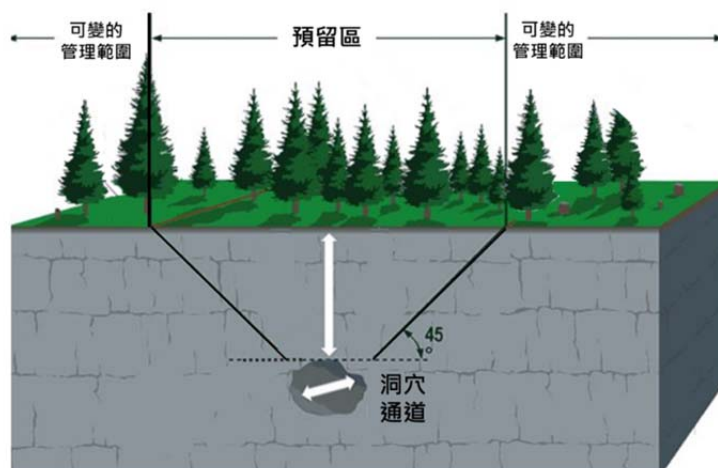
- 若重要洞穴位於地底下的深度，小於洞穴通道最大尺寸（高度或寬度）的 3 倍，應在重要洞穴上方建立保留區，並規劃適當大小的管理區保護保留區免受風倒木的影響（Derek Ford，個人通訊，1999 年 12 月）。此建議所根據的原理，是洞穴常受到來自洞穴通道任一側外壁 45 度角以內的擴散滲透作用所影響。可將洞穴圖投影到地表來決定保留區的大小和形狀。一般來說，這樣的保留區僅適用於洞穴頂部距離地表的深度，少於洞穴最大通道尺寸（高或寬）的 3 倍；當洞穴頂部的深度超過洞穴最大通道尺寸的 3 倍時，大部分伐木都能安全地進行。然而，使用 3 倍洞穴最大通道尺寸的深度標準，可能無法適當地保護一些較淺，規模相對較小的重要洞穴。例如，一處位於地表下 8 公尺處、最大通道尺寸為 2 公尺的重要洞穴，當我們採用 3 倍洞穴最大通道尺寸的深度標準時，將不符合畫設保留區的條件。為了使這種淺而小的重要洞穴的風險降到最低，並為它們提供適當的保護，應採用最小深度規則。在任何情況下，位於地下不到 10 公尺的重要洞穴都應獲得保護，無論該洞穴是否符合 3 倍深度標準。
- 地表深度超過洞穴通道最大尺寸 3 倍，但已知具有特殊地貌或價值（例如獨特性高/稀有/不常見）的重要洞穴，應予以特殊考慮。可能需要考慮採用專

門的伐木採收方法，以確保這類洞穴的內容物受到保護。這些專門的做法可能包括擇伐，以大規模或全懸掛式集材的方式大幅度減少對於土壤的干擾，並留下更多的粗木屑和不可買賣的植被來保持土壤濕度。應該要採用上述 45 度的原則，從地下向上投影至地表，以決定採用專門伐木方式的管理區之大小範圍（有關重要洞穴上方保留區的各種情況，請參見圖 9）如果伐木採收後，0.5 公尺以上深度的土壤仍可以維持完好無損的話，則可能無需使用擇伐和大規模/全懸掛式集材。但是應考慮保留更多的粗木屑和無法販賣的植被，以幫助保持洞穴上方土壤的濕度。

A.

重要洞穴位於洞穴通道最大尺寸(高度或寬度)的三倍以下,或低於地面(包括土壤覆蓋層)10公尺以下。

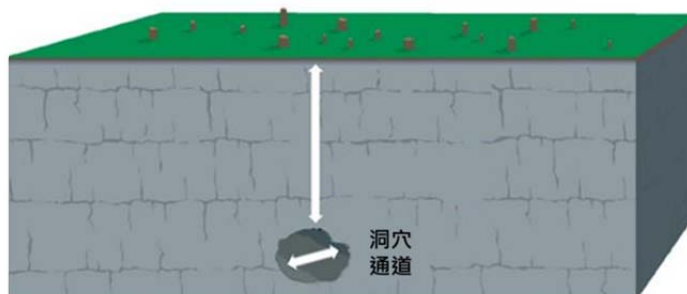
建議預留



B.

重要的洞穴位於洞穴通道的最大尺寸(高度或寬度)的3倍以上,並且位於地下(包括土壤覆蓋層)至少10公尺以內。

建議不用預留



C.

重要的洞穴位於洞穴通道的最大尺寸(高度或寬度)的3倍以上,並且在地下(包括土壤覆蓋層)至少10公尺,但洞穴包含特殊價值(例如獨特/稀有/不尋常)。

建議設置管理區域

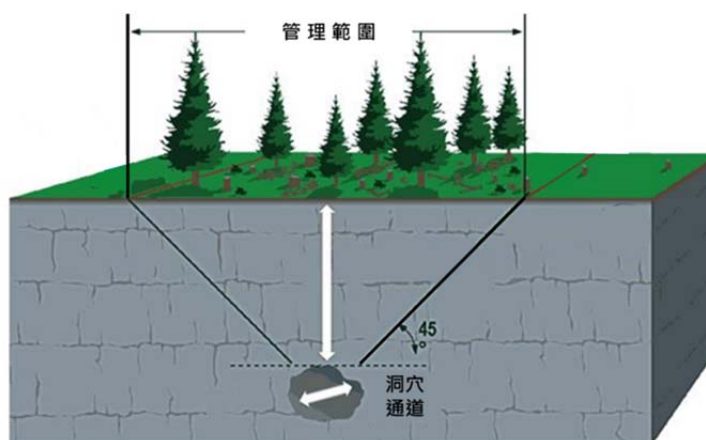


圖 8：重要洞穴上方的保留區/預留區和管理區劃設方案

方塊四 重要的地表喀斯特地貌

經營管理目標

- 保護重要的地表喀斯特地貌不受到物理性損壞。
- 維持任何與地表喀斯特地貌有關的特定場域微氣候條件和（或）棲地/生物多樣性特徵。
- 滲穴的部分，要防止土壤侵蝕和沈積物轉移到地下入口或洞穴之中。
- 讓具備較高遊憩價值的地表喀斯特地貌，成為提供美學/娛樂體驗的一種方式。

最佳經營管理措施

- 地表喀斯特地貌的邊緣向外延伸至少一棵樹高度的保留區（根據樹齡 100 歲之優勢樹和共生樹的平均高度）。針對凹陷的地貌（例如滲穴），應當把該地貌的邊緣（即滲穴四周的邊坡變化上緣處）視為是滲穴的邊緣。
- 劃設適當大小的管理區以避免保留區受到風倒木影響而損害（參見圖 9）。
- 如果地表喀斯特地貌具有較高的遊憩價值，則可能需要調整保留區的形狀/大小以管理視覺品質。

大到足以形成個別微氣候的滲穴（也就是說在滲穴側邊坡的微氣候支持著獨特的植被，並呈現顯著的物種梯度變化，或表現出獨特的溫度和相對濕度梯度），應該採取與重要洞穴入口相似的管理方式，以兩倍樹長的方式劃設保留區，以維持內部的微氣候條件（通常大型滲穴通常表示地底下有大型洞穴）。這種規模的滲穴通常有著較高的生物多樣性和棲地價值。

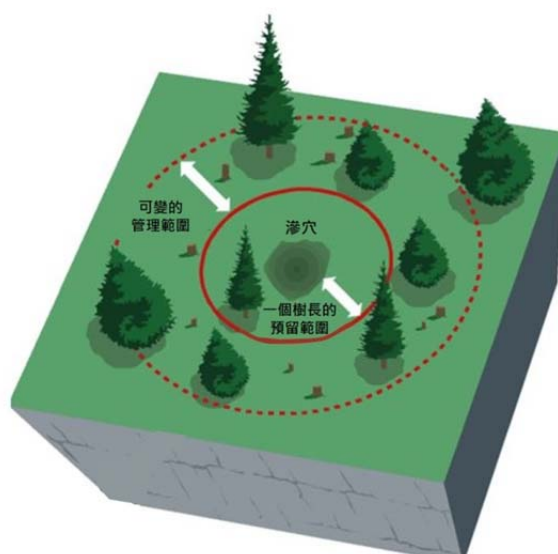


圖 9：重要地表喀斯特地貌周圍的保留區/預留區及管理區

方塊五 重要的喀斯特湧泉

經營管理目標

- 維持湧泉的水質和水量（在自然變化範圍內）以及野生動植物棲地，在已確立遊憩價值的情況下維持視覺品質。

最佳經營管理措施

- 從湧泉湧出點的邊緣向外擴張半徑至少二十公尺的範圍為保留區。
- 劃設適當大小的管理區，避免保留區受到風倒木損害（見圖 10）
- 如果湧泉流入河道，請參考《森林和牧場作業法》中有關水岸管理的內定標準作為規範。
- 如果湧泉流入溼地中，請參考《森林和牧場作業法》中有關水岸管理的內定標準作為規範。
- 喀斯特湧泉可以透過喀斯特集水區的擴散滲透來補充，也可透過來自非喀斯特集水區的地表逕流滲入或河流入浸補充，或者透過上述兩者一同補給。在管理重要喀斯特湧泉的水質和水量時，應考慮上述補注區內的活動程度。
- 喀斯特湧泉常會為稀有動植物創造有利的環境條件（微氣候）和/或棲地。如果遇到獨特或不常見的物種，應通知保育資訊中心來幫助確定活動是否適當（例如，有必要時，提供其他保護措施）。

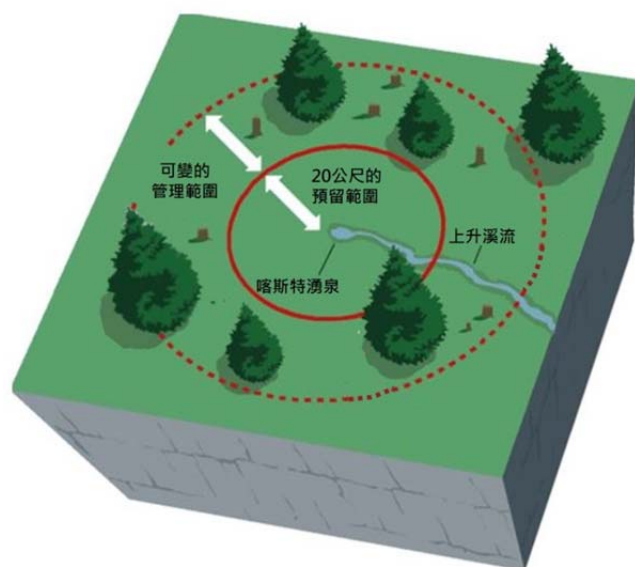


圖 10：喀斯特湧泉附近的保留區/預留區和管理區

方塊六 獨特或不常見的喀斯特動植物棲息地

經營管理項目

- 為獨特或不常見的喀斯特植物/動物維護潛在重要棲地。

最佳經營管理措施

建議採用以下最佳管理措施：

- 某些植物需要或偏愛在石灰岩基質上生長，包括一些名列國際自然保護聯盟瀕危物種紅色和藍色名錄上的蕨類植物和蘭花。當在喀斯特地貌遇到獨特或不常見的植物群落時，請與自然保育資料中心聯繫，以尋求協助並確定適當的保護措施。
- 依賴喀斯特環境的動物，其大多數棲地需求都可以通過重要洞穴、地表喀斯特地貌和喀斯特湧泉保留區來解決。但是，當在喀斯特地貌上遇到獨特或不常見的動物時，請與自然保育資料中心聯繫，以尋求協助並確定適當的保護措施。

4. **經營管理現況與組織:** 內容應清楚說明保護區土地的產權所有者與經營管理單位，目前保護區投入的人力資源，是否有外包管理或有權益關係人參與協同管理，近 5 年投入的年度預算與工作項目等。管理維護者應標明其身分為所有人、使用人或管理人。如有數人者，應協調一人代表擬定管理維護計畫，並應敘明各別管理維護者之分工及管理項目。

C. 威脅與壓力

依保護區內重要地質、地形特徵的類型（出露型 (E)、完整型 (I)與分布範圍有限型(F)) 與生態系統服務價值，判斷影響保護區重要特徵與價值的威脅與壓力。釐清保護區所面臨的威脅與壓力，有助於日後管理單位研擬對策與工作項目，解決或降低威脅與壓力對於保護區價值所造成的衝擊。

英國自然委員會 (English Nature) 整理了不同管理類型景點所面臨的潛在威脅與相關議題，及因應威脅可能採取的保育策略 (Prosser et al., 2006)，與喀斯

特地貌和洞穴景點有關部分，整理於表 5。喀斯特地貌與洞穴系統面臨了直接的與間接的威脅與壓力。例如破壞洞穴岩、不當採集洞內洞穴岩、礦物或化石樣本、不負責任的遊憩活動...等，對於洞穴來說是直接且顯著的威脅與壓力；而改變洞外水文環境、改變流入洞內的水質與水量、在洞外地表上進行不當農業活動、將天然地窪處填平...等等，對於洞穴系統來說可能是間接且緩慢的威脅與壓力。方塊七與方塊八分別針對洞穴樣本採集活動與探洞衝擊這兩項威脅與壓力，提供了因應的做法與原則。

彙整文獻回顧與保護區權益關係人的訪談資料，亦可釐清保護區所面臨的壓力威脅。以墾丁高位珊瑚礁自然保留區為例，盧道杰等人 (2016) 依照 IUCN-CMP 的威脅壓力分類系統，歸納該自然保留區所面臨的威脅壓力有 2 大項 (圖 11 與表 6)，影響到該自然保留區的生態價值：

5. **生物資源的使用**：指的是因使用野生生物資源所產生的威脅，包含計畫與意外捕獲的影響；也包含對特定物種的殘害或控制 (包括獵捕及殺害動物)。本自然保留區面臨的是 5.1 狩獵與採集陸域動物 (盜採七里香及盜獵食蛇龜)。
8. **入侵與其他問題物種及基因**：指的是原生及非原生動物、植物、微生物/病原體、或遺傳物質之引入、傳播或增殖，在生物多樣性上已經產生，或被預期將會帶來的有害影響。本自然保留區面臨的是 8.1 外來入侵物種 (銀合歡、小花蔓澤蘭)與 8.2 本土問題物種 (梅花鹿啃食苗木)。

表 5：與隆起珊瑚礁與洞穴景點有關的潛在威脅與議題及保育策略 (Prosser et al., 2006)

景點類型	代碼	潛在威脅與相關議題	保育策略
洞穴 (Caves)	IC	<ul style="list-style-type: none"> • 挖掘 • 不當農業活動 • 改變洞穴水文環境 • 開發 • 不負責任的遊憩活動 • 不負責任的樣本採集 	<ul style="list-style-type: none"> • 避免挖掘洞穴系統 • 推動良好的農業做法以限制汙染 • 避免會影響地下水水質的行為 (如傾倒汙染物) • 在洞穴系統集水區內，限制會影響地下水位的活動 • 透過探洞社團推廣良好的探洞做法 • 透過負責任的探洞社團管控洞穴的通行 • 推動良好的樣本採集做法
喀斯特地景 (Karst)	IK	<ul style="list-style-type: none"> • 挖掘 • 不當移除岩石 • 將天然低窪處填平 • 植物入侵 • 開發 	<ul style="list-style-type: none"> • 避免挖掘重要的喀斯特地景 • 避免移除石灰岩溶蝕岩面 (limestone pavement) (根據石灰岩溶蝕岩面法規 (Limestone Pavement Orders)) • 避免在天然低窪處棄土與填土 • 植被管理 • 避免在重要的喀斯特地景上進行開發
分布範圍有限的礦物、化石或其他地質現象 (Finite mineral, fossil or other geological)	FM	<ul style="list-style-type: none"> • 不負責任的樣本採集 • 挖掘與採礦 • 開發 • 植物入侵 • 植樹與造林 	<ul style="list-style-type: none"> • 推動良好的樣本採集做法 • 避免挖掘或開採分布範圍有限的礦物化石 • 避免在分布範圍有限的景點附近進行開發 • 植被管理

方塊七 洞穴樣本採集指南

英國自然署第 113 號技術資訊說明

(Natural England Technical Information Note, TIN113) (Natural England, 2012)

管理地質樣本採集活動：洞穴

本說明旨在幫助解釋 TIN111 中提供的指南。它解釋從洞穴中採集地質樣本的推薦管理方法。在英格蘭，超過 400 公里長的洞穴通道被指定為具有特殊科學價值（SSSIs）的地質景點。科學與遊憩探險揭示了洞穴範圍和演育的新訊息。然而，洞穴探險者，包括科學家和遊客，都可能在無意中破壞了洞穴特徵。

了解潛在的採集資源

- 景點性質

洞穴是敏感的系統，會受到一系列作用直接和間接的影響，因此被認為是完整型 (integrity) 的景點。洞穴岩或沉積物中含有化石，由於其分布範圍通常非常有限，因此被歸類為分布範圍有限 (finite) 的景點。

樣本本身通常非常脆弱，這意味著搬移或破壞這些素材很可能造成資源的破壞。許多洞穴系統還包含礦物岩脈，對於收藏家來說是令人感興趣的。

- 出露過程

樣本本身可能因為岩壁和地面受到自然侵蝕而露出來。洞穴探險者發現洞穴系統和通道之後，也可以發現樣本資源。

- 採集活動的本質

為了美學和科學價值而採集洞穴樣本。

易碎的鐘乳石和石筍很容易因疏忽和採集而受到破壞。

- 所有權

複雜：大型洞穴系統可能位於不同所有權的土地下方。

- 通行的本質

由於地下系統具有不易接近和潛在危險性，對於大多數的採集者而言，只有極少數人能抵達洞穴來採集地質樣本。

- 採集技巧

由於洞穴岩脆弱的特性和化石所在環境背景的重要性，大部分的洞穴岩最好是原地保留，雖然說在高技巧和謹慎的情況下，化石或許會被移走。由於樣本位於地底下，因此需要高水平的技能來尋找、辨識及採集任何材料。

- 研究和博物館收藏

洞穴含有古河流和溪流、化石和次生沉積物等證據，具有古環境特徵的價值，而古老的沙礫可以提供洞穴演育和古氣候變化等重要資訊。地質學家和考古學家對這些資訊是感興趣的。

雖然化石骨頭通常會帶離洞穴進行研究並收藏在博物館中，許多洞穴特徵仍可以就地研究。

管理議題和選項

由於資源有限且具不可再生性，洞穴對於樣本採集來說是非常脆弱。不過，由於樣本採集量少且大部分的洞穴系統不易進入，因此樣本採集壓力一般來說是較低的。

洞穴岩、喀斯特特徵和洞穴沉積物的管理

英國探洞協會制定了《洞穴保育準則 (Cave Conservation Code)》(BCA, 2007)，鼓勵洞穴探險者留意以下準則，盡可能減少對洞穴岩、洞穴沉積物與洞內生物造成有意或無意地破壞：

- 謹慎探洞並量力而為。
- 確保隊伍規模適合您要參觀的特定洞穴。
- 觀察並維持在紀錄過的路線上。
- 請勿觸摸洞穴岩或其他易碎物（這些物品容易折斷或弄髒，請勿觸摸）。
- 遠離蝙蝠和其他生物。
- 在未經適當同意的情況下切勿進行挖掘（沙/泥層是重要的資訊來源，含有該洞穴及其周圍環境的寶貴資訊，也可能還包含了考古遺跡）。
- 切勿干擾科學設備。
- 不要留下垃圾或造成污染。
- 什麼也不要帶出洞穴。
- 小心拍攝照片。

監測與進展

主要出於健康和安全的考量，英國自然署的工作人員會不定期監測具特殊科學價值的洞穴景點。英國自然署與許多探洞團體合作，包括德比郡探洞協會和北部探洞俱樂部委員會，它們自願提供有關洞穴狀況及其相關現象的資訊（Webb 等，2009）。

協同洞穴狀態監測表已發展出來，展示重要的洞穴特徵。收集洞穴狀況

資料需要英國自然署工作人員和洞穴探險者之間保持緊密的工作關係，並能夠就未來的洞穴管理做出共同決定。

摘要

基本上，在洞穴中採集通常採用的方法是「受控制的」，也就是對洞穴資源（洞穴岩、沉積物和相關的化石群）可清楚辨識其價值，並且可以管理進出，影響對資源感興趣的人。如果洞穴出入難以控制和管理，則採用「開放式管理」方法。但是由於該項資源具備脆弱性和有限性，任何從洞穴採集樣本都應仔細考慮，並且通常僅允許科學研究目的的採集。

已出版的相關洞穴保育指南為洞穴採集提供了一般狀況，也提供如何進行洞穴保育的最佳實踐建議，但基本上獲得許可之後才能採集洞穴樣本，因為該種地質資源是

- 有限的；
- 不可替代的；
- 容易遭受破壞的

方塊八 美國國家洞穴協會「最少衝擊的探洞行為準則

(Minimum-Impact Caving Code)」

本準則的用意在於鼓勵落實洞穴負面衝擊極小化的行為。隨著探洞者越了解洞穴環境，探洞者會評估並修正探洞行為。匯集了眾多探洞者的經驗與貢獻，本行為準則介紹安全且低衝擊的探洞技術，目的在於避免損害洞穴的多元價值，包括美學、文化、古生物、地質、水文、礦物、氣象、生物與微生物的資源。在洞內輕柔的移動，並成為良好的管理者。考量探洞的安全性，照顧好自己與團隊。照顧洞穴環境。

- 每位探洞者必須配戴具有頭燈的安全帽。每一位探洞者必須攜帶飲用水、食物、尿壺，三種光源與備用電池（或替換燈泡）。
- 使用清洗過後的探洞背包、垂降裝備、鞋子、手套、護膝、安全帽與無絨毛衣物，以避免泥土、灰塵與微生物在不同洞穴環境之間傳遞。
- 遵循現行的蝙蝠白鼻症（White-nose Syndrome, WNS）消毒程序（<http://caves.org/WNS/>）。
- 穿著具備無損傷/無痕鞋底(non-marring/non-marking soles)的鞋子。
- 使用軟質的探洞背包。避免使用邊緣堅硬的盒子。應選擇小而輕巧，可壓緊收納的裝備。

(譯註：上述準則與探洞裝備有關)

- 絕不干擾蝙蝠或其他穴居生物。注意洞內昆蟲並避免踩到它們。
- 不可在洞內抽菸或使用菸草。煙與香水會殺害蝙蝠、無脊椎動物與其他穴居動物。
- 穿戴手套。檢查手套是否沾染土壤、灰塵，是否有破洞。

- 清楚知道哪些區域需要換穿乾淨的衣物、鞋子與裝備。請勿穿著沾染泥土與塵土的衣物與裝備進入原始區域。
- 避開孤立的水池。
- 限制抓撓皮膚和頭髮。每小時有數以萬計的皮屑從人體掉落，應減少引進新物質到洞穴系統中。

(譯註：上述準則與避免煙、塵土與皮屑帶入洞穴有關)

- 移除所有固體與液體廢棄物。攜帶緊急尿瓶與簡易行動廁所。將所有尿液、糞便、吐痰、嘔吐物和其他廢棄物帶出洞穴。
- 避免麵包屑與食物碎屑掉在洞穴。進食時使用塑膠袋承接。將所有食物碎屑帶出洞穴。不可邊走邊吃。
- 如果使用蠟燭，使用適當的底座(如錫箔紙) 承接蠟滴。
- 如果允許使用電石 (carbides)，將廢棄的電石裝在堅固可密閉的塑膠盒中帶出洞穴。
- 只在劃設好的步道內行走。坐在畫設好的步道內。將背包與其他裝備放置在步道內。不要繞過已飽受衝擊的路徑 (不要另闢新路徑)。
- 在洞中移動時應謹慎且輕緩 – 避免揚起灰塵。
- 攀爬時應互相照應。安全第一，謹記三點不動一點動的原則。
- 在脆弱地區時永遠要相互照應。特別注意頭、背、手、腳與背包。
- 在洞頂低矮的區域，應彼此照應，緩慢移動，可取下安全帽以增加身體的操控性。
- 長時間停留在脆弱區域進行攝影或調查時，應維持警覺並輕緩地控制身

體的移動。

(譯註: 上述準則與妥善處理人造廢棄物和安全活動有關)

- 盡可能不碰觸洞穴內部。避免依靠在岩壁上、洞頂或洞穴岩上。避免坐在岩層上。注意並避免踩踏在地面沉積物上。在移動時若需要扶持，應注意避免碰觸易碎的地表景物，運用小面積接觸（如使用指節或指尖）而非整個髒污的手掌，來維持平衡。
- 進行調查與探索時，應將路徑設在耐走的地面上，以降低未來的衝擊。
- 不可帶走洞內任何東西。帶走天然或歷史物品是不道德且違法的，除非是取得授權進行研究採集（近期遺留的垃圾通常需要移除，因此永遠隨身攜帶塑膠袋。運用常識和安全預防措施。在決定移除大型物件或文化物質之前，應先諮詢洞穴管理者、考古學家、生物學家與歷史學家）。
- 洞穴內不可遺留物品。絕對不可以在洞穴岩壁上留下痕跡。不可有新的塗鴉。不可簽名或繪圖。不可留下垃圾。不可留下廢棄物。不可留下到此一遊的證明。
- 指出不安全或有害洞穴的行為。盡可能維持洞穴的原始環境，確保每位探洞成員是安全且意識到洞穴保育倫理，是每位探洞者的責任。輕柔且無痕地探洞。
- 允許分享、報導或重印本探洞行為準則。探洞行為準則可在美國國家洞穴協會保育組（Conservation Division of the NSS）的網頁上取得，網址是 <https://caves.org/conservation/cavingcode.shtml>。

(譯註: 上述準則與洞內禁止的行為有關)

- 資料來源: <https://caves.org/conservation/cavingcode.shtml>
- 作者: Val Hildreth-Werker 與 Jim C. Werker (2016 年 3 月修訂)

墾丁高位珊瑚礁自然保留區面臨的壓力

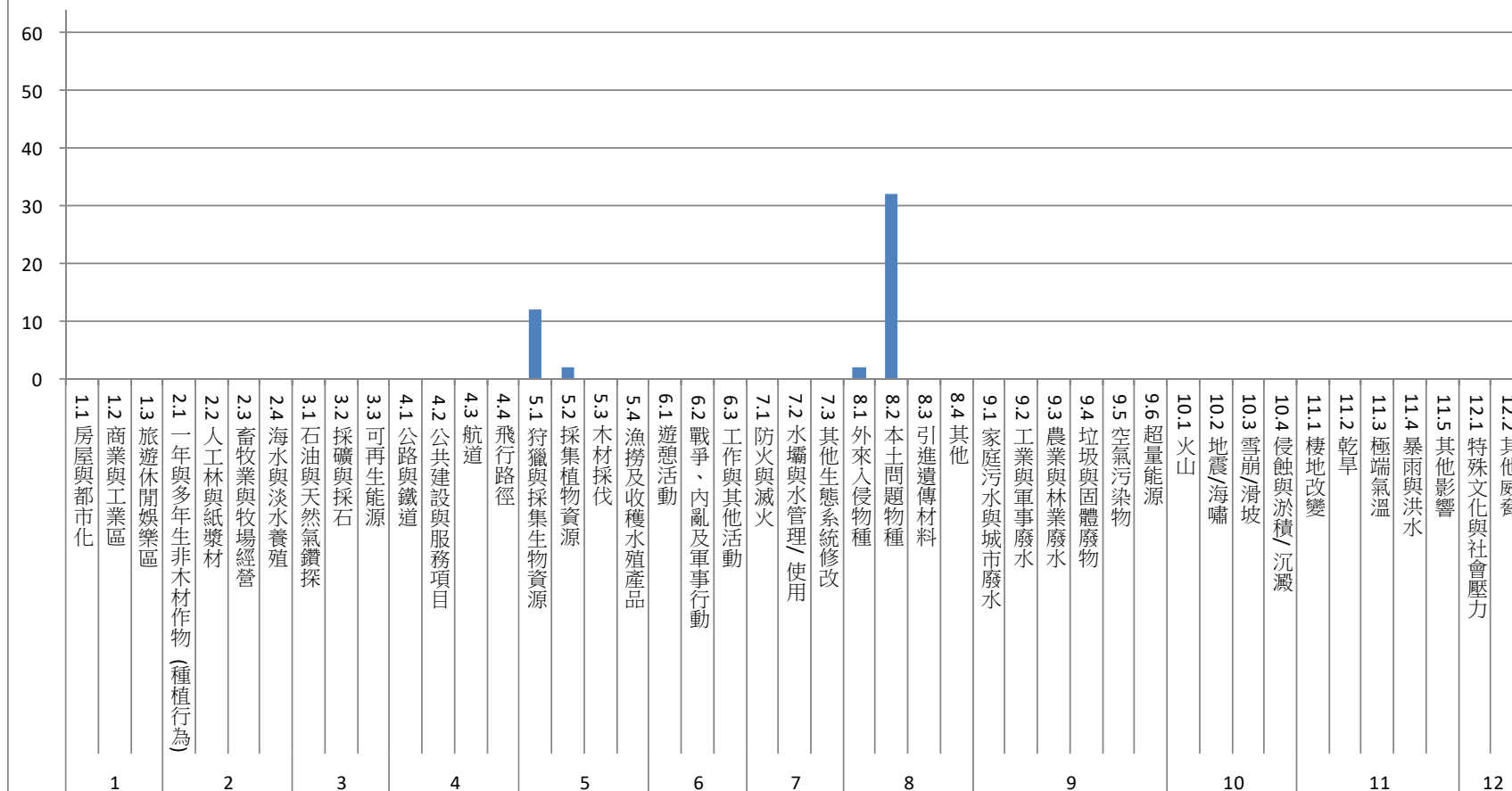


圖 11：墾丁高位珊瑚礁自然保留區 2011-2015 年壓力的範圍、程度與持續性評量總分 (盧道杰等人，2016)

表 6：墾丁高位珊瑚礁自然保留區所面臨的壓力與威脅分析（盧道杰等人，2016）

壓力與威脅 分析面向	5.1 狩獵與採 集陸域動物 (盜獵食蛇龜)	5.2 採集陸生植物 (盜採七里香、象牙 樹等珍稀植物)	8.1 外來入侵物 種 (銀合歡、小花 蔓澤蘭)	8.2 本土問題 物種 (梅花鹿 啃食苗木)
是否為五年內發生	●	●	●	●
過去五年的趨勢	↓	↓	↓	↑
是否未來五年內仍在	—	—	●	●
未來五年的發生機率	?	?	↓	↑
影響範圍				
到處都是(>50%)				●
大範圍擴散(15~50%)				
散佈(5~15%)	●	●		
僅止於某處(<5%)			●	
威脅程度：嚴重 (4)、高 (3)、普通 (2)、輕微 (1)	2	1	1	2
威脅的持續性				
永久不變(>100 年)				
長時間(20~100 年)				
中期(5~20 年)				●
短期(<5 年)	●	●	●	

註：↑ 表示上升，— 表示持平，↓ 表示下降，? 表示不明

D. 願景

願景指的是 20-30 年之後保護區希望達成的長期目標，根據願景逐步擬定短中期的工作目標。以英國地景多樣性保育行動方案 (UK Geodiversity action plan, UKGAP) 為例，其願景為「提升地景多樣性之重要性與角色」，在此願景下衍伸出 6 項重要主題與 14 項重要方向 (<http://www.ukgap.org.uk/>) (方塊九)。

Williams (2008) 建議洞穴保育與管理的主要方向應包括：

1. 維持洞穴內的溫度、濕度與二氧化碳濃度在自然的波動範圍內；
2. 將光合作用所需的光線降至最低；
3. 維持流入洞穴的水質與水量；

4. 洞穴正上方與周邊的植被應維持在自然狀態，以保護入滲之地下水質。

方塊九 英國地景多樣性保育行動方案的 6 大主題與 14 項工作方向

主題 1 增進我們對於地景多樣性的認識

- (1) 加速研究: 加速在地純學術與應用地科研究, 讓我們能夠更加了解地景多樣性, 以及它在認識與管理自然環境中的角色。

主題 2 影響政策規劃、立法與發展設計

- (2) 讓地景多樣性在政策中受到重視: 讓地景多樣性在國際、國家、區域與地方的環境與發展規劃政策逐漸受到重視。
- (3) 展現地景多樣性與永續發展的相關性: 展示融入地景多樣性在自然與人為環境工作中的相關性與益處, 展示地景多樣性在永續發展中的角色。
- (4) 推動提升地景多樣性的設計: 推動與支持能夠融入或提升地景多樣性的發展設計與復育工作。

主題 3 收集與維護地景多樣性資訊

- (5) 建立調查清單: 清查並記錄地景多樣性, 包括景點、檔案與收藏品。

主題 4 保育與管理地景多樣性

- (6) 透過景點與保護區保育地景多樣性: 透過適當的判定地景多樣性之國際、國家與地方等級, 藉此保育與管理地景多樣性。
- (7) 透過管理維持與提升地景多樣性: 透過景點、保護區與大範圍地景的管理, 維持與提升地景多樣性。
- (8) 分享良好的管理措施: 透過提供良好的管理措施指南, 分享地景多樣

性保育的經驗。

主題 5 啟發人們對於地景多樣性的珍惜與愛護

- (9) 讓地景多樣性與廣大世界產生連結：對廣大的受眾與社群解釋地景多樣性，讓地景多樣性和我們生活與造訪之處產生聯繫。
- (10) 使用藝術讓人們投入地景保育：透過藝術探索地景多樣性與文化之間的關聯性，讓人們以新穎與創新的方式投身於地景保育之中。
- (11) 創造資源來協助地景多樣性整合在學習之中：發展與提供教育資源讓地景多樣性能被理解、應用與廣泛認識，讓地景多樣性成為正規與非正規教育的一環。

主題 6 為地景多樣性維持資源

- (12) 讓更多人投入地景保育：提升參與地景多樣性之保育與價值倡議的人數。
- (13) 增加經費支持：增加經費來源以支持地景多樣性保育行動。
- (14) 鼓勵合作：支持鼓勵大家為了地景多樣性而一同合作的活動倡議。

E. 工作目標

為了達成願景需要設定階段性工作目標，並透過逐年規劃與執行工作項目以達成工作目標。目標的設定可依據 SMART 原則：

- **Specific (明確)**: 用具體的語言清楚地說明要達成的行為標準。
- **Measurable (可測量)**: 目標應該是明確的，可用明確的數據作為衡量目標是否達成的依據。
- **Achievable (可達成)**: 可以讓執行者在法令與組織的規範內，以有限的

資源與人力實際執行而達到的目標。

- **Relevant (相關):** 指實現此目標與其他目標的關聯性。如果實現了這個目標，但對其他的目標完全無關或相關度很低，那這個目標即使被達到了，意義也不是很大
- **Time-bound (有時限):** 指的是在設定的時間內完成目標。沒有時間限制的目標，將沒有辦法考核，或帶來考核不公。

假設管理單位希望達成「啟發人們對於地景多樣性的珍惜與愛護」的願景，但考量到洞穴不易進入或有較高的風險，因此將 5 年的階段性工作目標設為「建立洞穴虛擬實境體驗系統」，目的是為了讓民眾過虛擬實境系統 (virtual reality, VR)，安全地一窺洞穴內特殊的地景，進而了解洞穴地景的特色與重要性，進而達成願景。

為了達成此工作目標，管理單位逐年安排工作項目，例如：前兩年建置虛擬實境體驗系統所需的洞穴數位資料與現地調查資料；第三年建置虛擬實境體驗系統的硬體設施與解說內容；第四年系統上線後，設定系統使用目標，並設計使用者意見回饋調查；第五年則根據使用者的回饋意見進行系統檢討與修訂。

(二) 法律、規範與協定的背景說明

A. 保護區的法律地位與相關計畫

本部分描述保護區與法律相關的資訊，除列出保護區設立法規外，其他職權範圍與保護區重疊者，或與保護區經營管理運作有競合關係的計畫與基金，也應一併列出討論。以隆起珊瑚礁與洞穴地景景點/保護區為例，除了需要關注與各種自然保護（留）區直接相關法規之外，如文化資產保存法、野生動物保育法、國家公園法、森林法，可能需考量以下法規或計畫：

- (1) 國土規劃相關法規：如國土計畫法、區域計畫法、都市計畫法、非都市

土地使用管制規則等。

- (2) 觀光發展條例與相關法規：喀斯特地貌與洞穴景點可能位於國家級或地方級的風景特定區內。
- (3) 礦業法與相關法規：石灰岩是重要的礦產，喀斯特地貌與洞穴景點可能位於礦場或廢棄礦場內。
- (4) 水土保持法與相關法規：與石灰岩礦場開採有關。
- (5) 環境教育法及其施行細則。
- (6) 原住民族基本法。

(三) 分區計畫

分區計畫的目的在於建立土地使用的規範，定義在甚麼分區範圍內在何時可以做什麼事情。臺灣目前受法規保護的喀斯特地貌與洞穴景點，包括位於恆春半島的墾丁國家公園與墾丁高位珊瑚礁自然保留區，以及位於高雄市區的壽山國家自然公園。這些景點將依照其所屬的保護（留）區土地分區擬定管理計畫，若有重疊則應彼此相互配合。例如：墾丁高位珊瑚礁自然保留區因法規設計而無其他分區，全區以嚴格保護的方向擬定管理計畫，但該自然保留區也位於墾丁國家公園的生態保護區內，國家公園管理處在保育、育樂、研究等經營管理之規劃，應與自然保留區相互配合。另外，像是壽山國家自然公園內的石灰岩洞穴，有些位於生態保護區/軍事管制區，有些則位於一般管制區內，則依據公園內的土地分區，規定其使用管制原則。

由於臺灣目前缺乏針對個別景點進行管理分區與計畫的經驗，建議可以參考加拿大英屬哥倫比亞省森林署的做法（方塊二至方塊五），劃設喀斯特地貌與洞穴景點的保留區與管理區，進行分區管理，確保喀斯特地貌與洞穴系統受到妥善的保育。

(四) 工作計畫

工作計畫決定保護區保育工作的優先順序，包括做什麼，在哪裡做，預計花多久時間做，以及如何做。

A. 工作計畫: 擬定管理計畫與執行工作，可參考以下步驟:

1. 彙整保護區內重要地質、地形現象，並論述其價值與重要性。
定期回顧文獻、研究報告與進行現地調查，確認喀斯特地貌與洞穴地景保護區在地景與生態上的重要性與價值。
2. 界定保護區內保育目標的良好狀態 (favorable condition status, FCS) (Wimbledon, Barnard & Peterken, 2004) 與其指標: 確認保護區內的特殊地質、地形現象，應該維持在甚麼樣的狀態，才不損其重要價值。選擇可量化的景點特徵，作為評量保育對象良好狀態的指標與基線 (baseline)，如此一來日後進行監測時，才有比較的基準，藉此了解經營管理的成效。表 7 為洞穴重要特徵指標及其監測方法之概述，可作為管理單位了解洞穴良好狀態時的參考 (方塊十)。
3. 界定影響保育對象的因子: 整理相關研究報告、訪談權益關係人與召開權益關係人工作坊，可了解過去數年間影響保育對象價值的威脅與壓力因子，並根據 IUCN-CMP 的威脅與壓力分類進行整理。
4. 建立重要工作項目與其優先順序: 根據保護區的威脅壓力分析與經營管理效能評估結果，保護區管理單位可規劃重要的工作項目，並依據管理單位的人力與預算規劃工作項目的執行優先順序。

5. 時間表: 保護區經營管理工作的時程規劃, 應該配合經營管理目標與重要工作項目。
6. 人力與經費: 考量工作項目與內容, 編列經費預算與規畫人力投入。與地方社團或社區合作, 一同進行景點的監測、巡護與管理, 是可嘗試的作法。以洞穴巡守與調查為例, 位於英國德比郡峰區 (Peak District of Derbyshire) 的貝格梭洞 (Bagshaw Cavern), 管理單位與地方探洞協會和探洞者合作, 共同界定不同類型的洞穴使用方式, 根據洞穴不同區域的敏感性和不同探洞活動所產生的潛在衝擊, 制定特定探洞團體所應該遵守的規範 (方塊十一)。

B. **回顧與檢討:** 建議每五年定期邀請權益關係人一同召開保護區經營管理效能評量工作坊, 針對保護區的經營管理進行回顧與檢討。可採用以 IUCN/WCPA 架構 (Hockings et al., 2006) 為核心的評量辦法, 如世界自然基金會設計的「保護區經營管理快速評量與設定優先法」(WWF RAPPAM methodology) 或世界銀行 (World Bank, WB) 與世界自然基金會 (WWF) 共同設計的「經營管理效能追蹤工具 (METT)」, 針對保護區的經營管理成效進行定期回顧與檢討。評量工作坊的執行方法與經驗, 可參閱盧道杰 (2014)。

表 7：洞穴重要特徵指標及監測方法概述 (Toomey, 2009)

重要特徵指標及方法	專業性	特殊裝備	成本*	人員	勞動強度†
● 洞內氣象					
使用一般容易取得的手持式儀器	志願者	否	\$	個人/小組	低/中等
常見的資料收集器與探測器	志願者/科學家	是	\$	個人	低/中等
專門的精密儀器/資料收集	科學家	是	\$\$	個人	中等

器					
專門的氣象儀器網絡	科學家	是	\$\$-\$\$\$	個人	中等
● 靠空氣傳播的沉積物					
一般絨毛移除活動的特徵	志願者/科學家	否/是	\$-\$	個人	低/高
塵土/絨毛積累盤的分析 (野外工作)	志願者	否	\$	個人	低
塵土/絨毛積累盤的分析 (室內分析)	科學家	是	\$\$-\$\$\$	個人	中等-高
分析靠空氣傳播的塵土/絨毛	科學家	是	\$\$-\$\$\$	個人	中等
● 遊客造成的直接影響					
遊客數量 (門票、許可、登記)	志願者	否	\$	個人	低
遊客數量 (資料收集器)	志願者	是	\$	個人	低
照相監測	專業志工/科學家	否	\$-\$	個人/小組	中等-高
受破損的洞穴岩數量	志願者	否	\$-\$	團體	中等-高
繪製遊客衝擊地圖與調查 列冊	專業志工	否	\$-\$	團體	中等-高
沉積物壓密狀況	科學家	是	\$	單獨	中等
飛時測距雷射 (Time-of-flight laser)或光 達掃描 (LiDAR scanning)	科學家	是	\$\$\$	團體	高
繪製“燈光植物群 (Lamp flora)”地圖	志願者	否	\$	個人/小組	中等
● 永久或季節性結冰					
手動測量結冰厚度或範圍	志願者	否	\$	單獨	低
照相監測	專業志工/科學家	否	\$-\$	個人/小組	中等-高
飛時測距雷射 (Time-of-flight laser)或光 達掃描 (LiDAR scanning)	科學家	是	\$\$\$	團體	高

重要特徵指標及方法	專業性	特殊裝備	成本*	人員	勞動強度†
● 洞穴滴水及池水					
使用手持式儀器進行手動監測	志願者	是	\$	個人	中等-高
使用資料收集器進行自動化監測	志願者/科學家	是	\$-\$\$	個人	低
● 微生物					
發展與施行以測點為基礎的專門監測	科學家	是	\$\$\$	個人	中等-高
● 岩體穩定性 – 崩落...等等					
紀錄崩落	志願者	否	\$	個人	低
手動裂隙監測	科學家	否	\$	個人	中等
採礦工程穩定性技術	科學家	是	\$\$-\$\$\$	個人	中等-高
● 礦物生長					
手繪季節性礦物出現地圖/列冊	專業志工/科學家	否	\$	個人	中等
攝影監測污漬/顏色變化或繪製衝擊地圖	專業志工/科學家	否	\$-\$\$	個人/小組	中等-高
飛時測距雷射 (Time-of-flight laser)或光達掃描 (LiDAR scanning)	科學家	是	\$\$\$	團體	高
● 地表現象及作用					
湧泉的水質及水量	專業志工/科學家	是	\$-\$\$	個人/小組	中等-高
遙測 (光達、航照、熱影像)	科學家	是	\$\$\$	個人	高
● 地下水的水位與水質					
水井點位監測	專業志工/科學家	否	\$	個人	中等

	家				
水井化學性質監測	專業志工/科學家	是	\$-\$	個人	中等-高
水井地下水位自動監測	專業志工/科學家	是	\$-\$	個人	中等-高
● 河流作用					
見 Lord et al (2009)一文獲得更多有關洞穴河流監測的資訊					

*成本 (單位: 美金): \$ = 少於 1,000 美元 ; \$\$ = 介於 1,000 - 10,000 美元 ; \$\$\$ = 超過 10,000 美元

†勞動強度: 低 = 少於數小時 ; 中等 = 一天內 ; 高 = 超過一天。勞動強度常隨著洞穴大小與洞穴監測範圍的不同而有所變動

方塊十 壽山國家自然公園管理處依環境監測結果估算石灰岩洞穴 開放人數

壽山國家自然公園於民國 100 年 12 月 6 日成立，為臺灣第一座國家級自然公園。園區主體由高位珊瑚礁石灰岩所構成，經由地質作用造成石灰岩體斷裂、崩陷，加上溶蝕與風化作用，形成多樣的石灰岩洞穴地形與特殊地質景觀，吸引民眾進行石灰岩洞穴探險活動。壽山國家自然公園管理處於 2018 年起，開放遊客在洞穴巡守員的申請與帶領下，可進入猩猩洞、天雨天財洞、金瓜洞及北峰極樂洞進行探索活動。由於探洞活動可能對石灰岩洞穴環境造成衝擊，為了瞭解石灰岩洞穴內環境變動的時空特性，管理處委託高雄市台灣地理學會 (2019) 進行為期一年半 (2018 年 4 月至 2019 年 11 月) 的洞穴環境監測，協助管理單位釐清洞穴環境的變動是天然還是人為的，藉此調整洞穴管理工作。

石灰岩洞穴監測工作包括：洞穴地形調查與測繪、安全性調查與監測、探洞遊憩量與遊憩衝擊監測、微氣候環境監測等。環境監測結果顯示：

- (1) 地面光達資料顯示洞穴內部形貌並無明顯的變動。洞內具潛在崩塌/落石之範圍，監測期間雖有小石塊崩落，但無重大的落石事件，裂隙也無明顯移動。
- (2) 石灰岩洞穴微氣候深受乾濕季節的影響，洞內氣溫波動不大，會隨著洞外季節變化而升降。洞穴相對濕度高且穩定，風速平穩甚至無風。洞內二氧化碳濃度亦隨著乾、溼季變動。



天雨天財洞內的氣象測站，測量溫度、濕度、二氧化碳濃度、風速與風向等資料。

- (3) 攝影監視資料顯示，受乾溼季節影響，探洞活動集中在每年 10 月至隔年 4 月的乾季，周末為主要的探洞日子。實際入洞的人數與申請探洞人數相比有顯著落差。遊客對於洞穴的衝擊主要以觸摸、踩踏、刻畫洞穴岩為主。

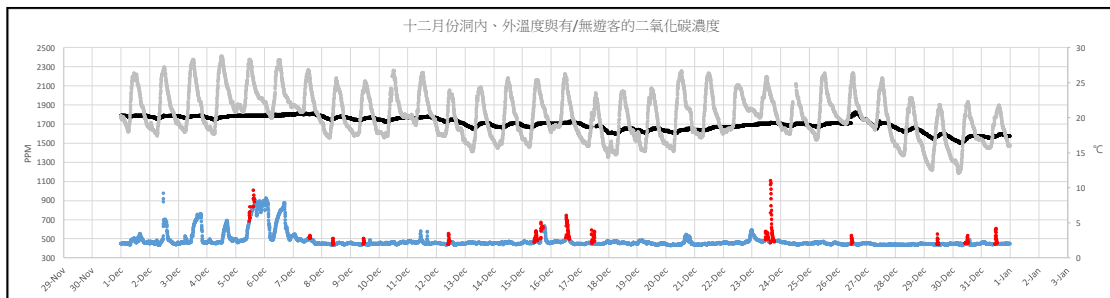


遊客經年累月在洞穴岩壁上留下塗鴉與刻痕，破壞了洞穴景觀。



安裝在洞穴出入口的感應式攝影機，可記錄探洞團體在何年何月何時有多少人進入洞穴，在洞穴內停留多久的時間，藉此瞭解遊客的探洞習性。

- (4) 遊客入洞後，使洞內二氧化碳濃度立刻上升，並與入洞人數多寡成正比。然而，人為二氧化碳濃度變動會對洞穴環境產生甚麼樣的影響，仍有待進一步研究釐清。



壽山某處洞穴 12 月份的洞外氣溫(灰色折線)、洞內氣溫 (黑色實線)、洞內天然狀態的二氧化碳濃度變化 (藍色折線) 與探洞者停留在洞中時產生的二氧化碳濃度變化 (紅色折線)。這些資料讓我們知道洞內二氧化碳濃度的基準資訊，可供經營管理決策之用。

管理單位以遊客造成的變動不超過洞內二氧化碳濃度之天然波動範圍為原則，同時考量洞穴內部空間大小，根據洞穴監測資料估算洞穴每日每梯次允許申請入洞的合理人數，並針對洞穴經營管理議題進行分析，提出重要工作項目。

資料來源：高雄市台灣地理學會 (2019)

方塊十一 貝格梭洞 (Bagshaw Cavern) - 位於德比郡峰區 (Peak District of Derbyshire) 的洞穴

保育相關議題

- 透過控制出入來管理洞穴系統。

景點描述

貝格梭洞穴系統屬於德比郡峰區的”布雷德威爾山與貝格梭洞穴系統 (Bradwell Dale and Bagshaw Cavern SSSI)” 的一部分。



該系統有大約 3 公里的洞穴通道，發育在石炭紀下部的薄層石灰岩層中。該洞穴的通道形態、洞穴岩和洞穴沉積物具有重要的科學意義。

貝格梭洞穴中的滿月石室。 John Taylor/德比郡探洞協會

管理議題和解決方案

一般而言，與洞穴保育管理有關的主要議題之一，就是探洞者和其他遊客以不當或不負責的方式使用洞穴。潛在的問題包括：污染，擾動洞穴沉積物，以及破壞或移除洞穴岩。

將探洞相關問題最小化的最有效方法，就是透過與國家和地方探洞團體交流良好的保育措施，並鼓勵當地探洞團體負責管理所在地的洞穴。透過嚴格管控進入洞穴敏感區域，控制遊客數量並確保所有的訪客都清楚了解良好的保育措施，完善的洞穴出入管理可以產生非常正面的保育成果

在貝格梭洞穴的例子中，洞穴系統只有一個出入口，這使得出入控制變得

更加容易。德比郡探洞協會（Derbyshire Caving Association, DCA）與洞穴所有者緊密合作，根據洞穴內不同地區的敏感性進行等級分類，並據此設計了一套洞穴通行管理系統。

洞穴出入的控管可透過閘門、封鎖線和入洞前與地主面談來達成。主要的出入口設有閘門，洞穴內還可設置其他閘門，避免人員未經授權而進入洞穴內某些限制地區。封鎖線也用來標明限制區域。透過和洞穴所有者取得鑰匙的做法，洞穴所有者可進一步提供參訪限制和洞穴敏感性的資訊。

界定不同類型的洞穴使用方式，可規範特定探洞團體所應該遵守的規範。這些規範是根據洞穴不同區域的敏感性和不同探洞活動所產生的潛在衝擊而定。例如，由嚮導帶領、相對較大的探險旅行團體，僅限於洞穴最不敏感的區域中活動。在對於洞穴有專業知識的嚮導帶領下，較小的團體則允許前往更敏感的地區。洞穴探勘可能會嚴重破壞具科學意義的地貌，因此只有在獲得英國自然署的同意下，才能由經驗豐富的探洞者進行探勘。

保育成效

貝格梭洞穴的出入通行系統是一種有效管理洞穴的方法，確保脆弱而敏感的洞穴系統能受到長期的保育。

資料來源: Prosser, C., Murphy, M. and Larwood, J. (2006) *Geological conservation: a guide to good practice*. English Nature.

(五) 參考文獻

除了彙整呈現保護區劃設歷史脈絡與重要價值的文獻外，近五年的研究文獻與調查報告也應收集與整理，以呈現保護區的近期狀況與研究進展。

(六) 附錄

圖資、地籍資料、地景調查成果、動植物資源名錄、經營管理歷程、說明會

或經營管理效能評估工作坊紀錄等資料，可以附錄型式彙整。其他指定事項如探洞申請人數統計資料，或從事環境教育活動的申請要點，亦可放置附錄。

引用文獻

- Hockings, M., Stolton, S., Leverington, F., Dudley, N. & Courrau, J. 2006. *Evaluating effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected areas* (2nd edition) UK: IUCN.
- Ministry of Forests, Victoria, British Columbia (2003) *Karst management handbook for British Columbia*. <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/fordev/karst/karstbmp.pdf>.
- Prosser, C., Murphy, M. and Larwood, J. (2006) *Geological conservation: a guide to good practice*. English Nature.
- Toomey, R.S., III, 2009, Geological monitoring of caves and associated landscapes, in Young, R., and Norby, L., *Geological Monitoring*: Boulder, Colorado, Geological Society of America, p. 27–46, doi: 10.1130/2009.monitoring(02).
- Williams, P. (2008). *World Heritage Caves and Karst*. Gland, Switzerland: IUCN. 57pp
- Wimbledon, W.A.P, Bernard, A. F., & Peterken, A.G. 2004. Geosite management – a widely applicable practical approach. In *Natural and Cultural Landscapes – the Geological Foundation*, ed. M. A., Parkes, 187-192. Dublin: Royal Irish Academy.
- 何立德 (2017) *地景型保護區的經營管理模組探討*，行政院農業委員會林務局委託國立高雄師範大學地理學系執行研究計畫。
- 高雄市台灣地理學會 (2019) 「壽山國家自然公園石灰岩洞穴環境監測計畫」成果報告，高雄市：壽山國家自然公園管理處。
- 盧道杰編著，何立德、呂政豪、汪碧涵、林良恭、林宛柔、林惠真、林德恩、姚正得、姜博仁、施上粟合著 (2014) *保護區經營管理技術手冊-基礎篇*，台北市：行政院農業委員會林務局
- 盧道杰、葉美智、何立德、陳維立、劉子銘、趙芝良、羅柳墀 (2015) *保護區經*

營管理效能評量，行政院農委會林務局委託研究計畫。

盧道杰、葉美智、何立德、趙芝良、羅柳墀（2016）*保護區經營管理效能評量*，
行政院農委會林務局委託研究計畫。