

連江縣馬祖列島燕鷗保護區植物資源調查計畫 成果報告書



國立中興大學
National Chung Hsing University

委託機關：福建省連江縣政府
執行單位：國立中興大學森林學系

中華民國九十九年十一月

連江縣馬祖列島燕鷗保護區植物資源調查計畫 成果報告書



國立中興大學
National Chung Hsing University

委託機關：福建省連江縣政府
執行單位：國立中興大學森林學系
森林植物分類暨生態研究室

計畫主持人：曾喜育
共同主持人：曾彥學、邱清安
研究人員：王秋美、王俊閔、何伊喬、林惠雯、趙建棣
湯冠臻、廖學儀、王 偉

中華民國九十九年十一月

目次

表目次.....	III
圖目次.....	IV
壹、計畫緣起.....	1
貳、計畫範圍與研究區概況.....	2
一、地理位置.....	2
二、計畫範圍.....	2
三、地質.....	3
四、氣候.....	3
參、前人研究.....	5
肆、材料與方法.....	6
一、資料蒐集.....	6
二、調查路線選定與勘查.....	6
三、樣區調查方法與植相記錄.....	6
四、植群資料之統計與分析.....	6
五、植群分析.....	7
六、物種歧異度分析.....	7
七、生活型譜與蕨類商數.....	8
八、種間相關性分析.....	8
九、島嶼間植物組成相似性分析.....	8
十、對應分析.....	9
伍、結果與討論.....	10
一、馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物資源清單.....	10
二、生活型譜與蕨類商數.....	10
三、馬祖列島燕鷗保護區各島嶼種數與環境關係.....	17
四、各島嶼植物種類相似性.....	20
五、燕鷗保護區植群分析.....	29
陸、審查委員意見回覆.....	48
一、期中報告意見回覆.....	47

二、期末報告意見回覆.....	50
柒、參考文獻.....	53
附錄一 馬祖燕鷗保護區植物名錄.....	55
附錄二 馬祖燕鷗保護區植物社會各樣區環境資料.....	60
附錄三 馬祖燕鷗保護區 130 個樣區之雙向指標種分析結果.....	63
附錄四 馬祖燕鷗保護區 130 個樣區之物種多樣性分析結果.....	65

表 目 次

表 1	馬祖列島燕鷗保護區範圍與面積.....	3
表 2	馬祖列島燕鷗保護區各島嶼出現之植物種類、出現頻度、生活型、果實型式 摘要表.....	14
表 3	馬祖列島燕鷗保護區植物資源調查各島嶼環境狀態.....	17
表 4	馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物種類 Jaccar 相似性分析.....	26
表 5	馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成 Sørensen 相似性分析.....	26
表 6	馬祖列島燕鷗保護區各島嶼與其植物組成種類 RA 前三軸統計表.....	27
表 7	馬祖燕鷗保護區植物社會物種出現有無之種間相關分析.....	36
表 8	馬祖燕鷗保護區植物社會物種出現重要值之種間相關分析.....	36

圖目次

圖 1. 馬祖列島燕鷗保護區位置.....	2
圖 2. 馬祖列島生態氣候圖.....	4
圖 3. 馬祖列島燕鷗保護區之植物生活型譜.....	12
圖 4. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼之植物生活型譜.....	13
圖 5. 馬祖列島燕鷗保護區出現的蕨類植物.....	16
圖 6. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼環境.....	18
圖 7. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成與島嶼環境因素主成分分析圖.....	19
圖 8. 馬祖列島燕鷗保護區僅出現於 1 個島的草本植物種類.....	22
圖 9. 馬祖列島燕鷗保護區僅出現於 1 個島的本本植物種類.....	23
圖 10. 馬祖列島燕鷗保護區出現在 7 個島嶼以上的植物種類.....	24
圖 11. 馬祖列島燕鷗保護區出現頻度較高的植物種類.....	25
圖 12. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成群團樹形圖.....	26
圖 13. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼與其植物組成種類 RA 排序圖.....	28
圖 14. 馬祖燕鷗保護區雙向指標種層級切分圖.....	30
圖 15. 馬祖列島燕鷗保護區 130 個樣區於各島嶼之 DCA 排序圖.....	33
圖 16. 馬祖列島燕鷗保護區 130 個樣區之植群型 DCA 排序圖.....	34
圖 17. 馬祖列島燕鷗保護區雙子礁之植物社會概況.....	37
圖 18. 馬祖列島燕鷗保護區白廟之植物社會概況.....	38
圖 19. 馬祖列島燕鷗保護區鐵尖島之植物社會概況.....	39
圖 20. 馬祖列島燕鷗保護區中島之植物社會概況.....	40
圖 21. 馬祖列島燕鷗保護區三連嶼之植物社會概況.....	41
圖 22. 馬祖列島燕鷗保護區進嶼之植物社會概況.....	42
圖 23. 馬祖列島燕鷗保護區劉泉礁之植物社會概況.....	43
圖 24. 馬祖列島燕鷗保護區蛇山之植物社會概況.....	44
圖 25. 馬祖列島燕鷗保護區中島的南華狗娃花—海芙蓉型常可發現未孵化卵或幼 鳥屍體.....	46
圖 26. 馬祖列島燕鷗保護區三連嶼變葉藜—番杏型(a-d)與雙子礁刺果實—龍爪茅 —番杏型(e-f)常可發現前期或今年未孵化或幼鳥屍體.....	47

壹、計畫緣起

馬祖列島位臺灣海峽西北方，近大陸閩江口，由大小 36 個島嶼組成，地形多丘陵，地質以花崗岩為主。因馬祖列島地處世界著名漁場—舟山群島西南端，寒暖海流相匯，魚產豐饒，為海鳥提供充分食物來源；又馬祖列島位處東亞候鳥遷徙路線之中繼站，每年吸引無數鳥類在此過境、渡冬或繁殖，反映馬祖在鳥類資源保育之重要性。馬祖在 1949 年因軍事需要，將一些不適或無人居住之島嶼作為國軍射擊訓練場，而在 1992 年解除戰地政務後，這些無人島在沒有人的干擾下成為海鳥繁衍的場所。因此，連江縣政府依據野生動物保育法第十條及同法施行細則第十二條主動積極規劃，民國 88 年 12 月 24 日由主管機關行政院農業委員會將雙子礁、白廟、中島、鐵尖、三連嶼進嶼、瀏泉礁、蛇山等 8 個無人島公告為國家第 12 處野生動物保護區—馬祖列島燕鷗保護區。

馬祖列島之動物地理區屬於東洋區，與臺灣相同，但較近舊北區，是兩大地理區的過渡帶，所以馬祖列島與臺灣的生物相有相當的差別。隨著戰地政務管制的解除，農委會輔導連江縣政府進行相關的生物資源調查與研究，目前已初步完成植物及鳥類的調查工作，其中鳥類紀錄已多達 250 種。其中北竿鄉的中島發現的黑嘴端鳳頭燕鷗，不僅列名世界鳥類紅皮書的瀕臨絕種鳥類，該記錄在世界上亦是唯一的發現紀錄和繁殖記錄(農委會林務局，2003)。

植物為生態系的初級生產者，其生產的速度和強度決定了生態系的結構複雜程度與功能；再者，植物既是生態系中重要的結構組成，亦是改變生態系統結構和功能動力來源之一。植物社會為地球陸地最鮮明的自然景緻，不同的植物社會反映其對生育地的適應，亦反映其物種組成、結構、與生產力等差異，作為為動物群落依存、棲息所在，不同的動物會選擇其適宜之植物社會作為休憩、攝食、繁衍之所在；即使同種動物可能會選取不同的植物社會分別作為其休憩、攝食、繁衍、避敵等用途。雖然燕鷗主要的食物來源為海中的魚類，但燕鷗休憩、繁衍仍必需回到陸地進行。

相對於鳥類群聚生態研究資料，馬祖列島燕鷗保護區各島嶼之植物相與植物社會資料相對較缺乏。基此，本研究將進行馬祖列島燕鷗保護區 8 座無人島嶼進行植物資源與植物社會之調查與分析，建立完整植物資源清單，分析植物社會之組成、結構、分布、生育地等特性，提供燕鷗群聚與植物社會關係之參考，以作為往後燕鷗保育及後續相關研究之參考。

貳、計畫範圍與研究區概況

一、地理位置

馬祖被喻為「閩江口外天上灑下的一串珍珠」，共計有 36 個島嶼，其位於臺灣海峽西北方，福建省閩江口之外海上，散布於東經 119°51'~120°31'、北緯 25°55'~26°44'之間，緊鄰中國大陸，以高登島最為接近，與福建的北茭半島僅相隔 9.5 km(圖 1)。土地面積共約 29.6 km²，主要為南竿(面積 10.43 km²)、北竿(面積 6.44 km²)、東莒(面積 2.64 km²)、西莒(面積 2.37 km²)與東引(面積 5.01 km²)；行政隸屬於連江縣，分屬四鄉，其中東莒和西莒合稱莒光鄉，而南竿鄉為行政中心之所在地(連江縣文獻委員會，1986)。

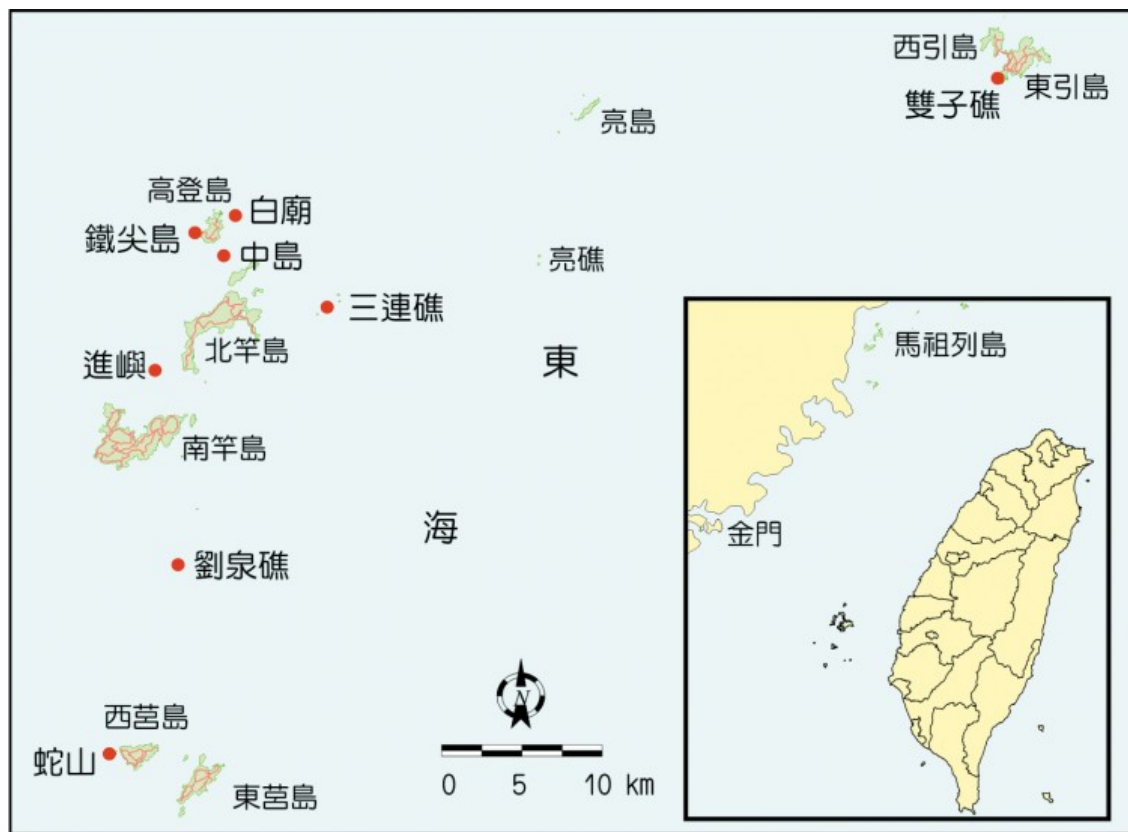


圖 1. 馬祖列島燕鷗保護區位置(農委會林務局，2003)。

二、計畫範圍

馬祖列島燕鷗保護區的範圍由北至南分別為東引鄉的雙子礁、北竿鄉的白廟、中島、鐵尖、三連嶼，南竿鄉的進嶼、劉泉礁及莒光鄉的蛇山等 8 座無人島嶼及其延伸海域(圖 1)，面積約 72 ha(陸域約 12 ha、海域約 60 ha)，各島嶼位

置與面積如表 1 所示(農委會林務局，2003)。管理機關為連江縣政府，保育對象為島嶼生態、棲息之海鳥及特殊地理景觀(農委會林務局，2003)。

表 1. 馬祖列島燕鷗保護區範圍與面積(農委會林務局，2003)

島別	範圍		面積(ha)	
	經度	緯度	核心區： 陸域(全島)	緩衝區：海域(低潮線 向海延伸 100 m 內)
劉泉礁	119°58'32"	26°05'08"	1.4243	8.7965
鐵尖	119°58'60"	26°16'50"	0.9781	7.6255
進嶼	119°56'42"	26°11'42"	3.1084	12.4999
三連嶼	119°03'32"	26°14'17"	2.5361	11.3230
蛇山	119°55'08"	25°58'39"	3.1490	12.5812
雙子礁	120°29'34"	26°21'43"	0.7212	6.8734
中島	119°59'60"	26°15'50"		
白廟	120°00'10"	26°17'00"		
面積			11.9171(不含 中島及白廟)	59.6995(不含中島及 白廟)

三、地質

馬祖列島位於閩江口東方約 15 km，為大陸棚上的火山碎屑岩，其岩齡約在 9 千萬至 1 億年之間(張長義，1998；陳培源，1974)。馬祖各島皆屬於火成岩及其變質岩，以花崗岩與花崗閃長岩為主體，有少數侵入岩體與酸性火山岩；沉積岩只見於溪谷或海灘。因花崗岩較結實且不容易風化，即使為表層的岩石，仍需經相當長的時間才能風化成土壤，部分地區甚至無完整的土壤化育(張長義，1998；陳培源，1974)，例如南引島。而此土壤結構正是影響馬祖整體植被及植物生長狀況的主要因子。

四、氣候

馬祖列島為亞熱帶海洋型季風氣候，全年的盛行風向為東北風。島上四季分明，春秋兩季較為溫暖，冬夏兩季則溫差極大，可達 10℃；最冷月為 1 月，平均約 8.9℃，最暖月為 8 月，平均溫度為 27.1℃，年均溫為 18.2℃(圖 2)。平均年雨量約為 1,035.2 公釐，一年之中約 1/3 的日子是雨天，降雨分配不均，乾濕季明顯；濕季多集中於 4 至 6 月的梅雨季節，及夏季颱風所帶來的雨水。因島嶼面積小、地勢陡，保留雨水的能力較差，故馬祖各島長年缺水；冬季 10-2 月東北季風強盛，可能因無高山阻擋，雨量不大，尤其每年 10 月為馬祖的乾早期(張長義，1998；黃瑜齡，2002)。

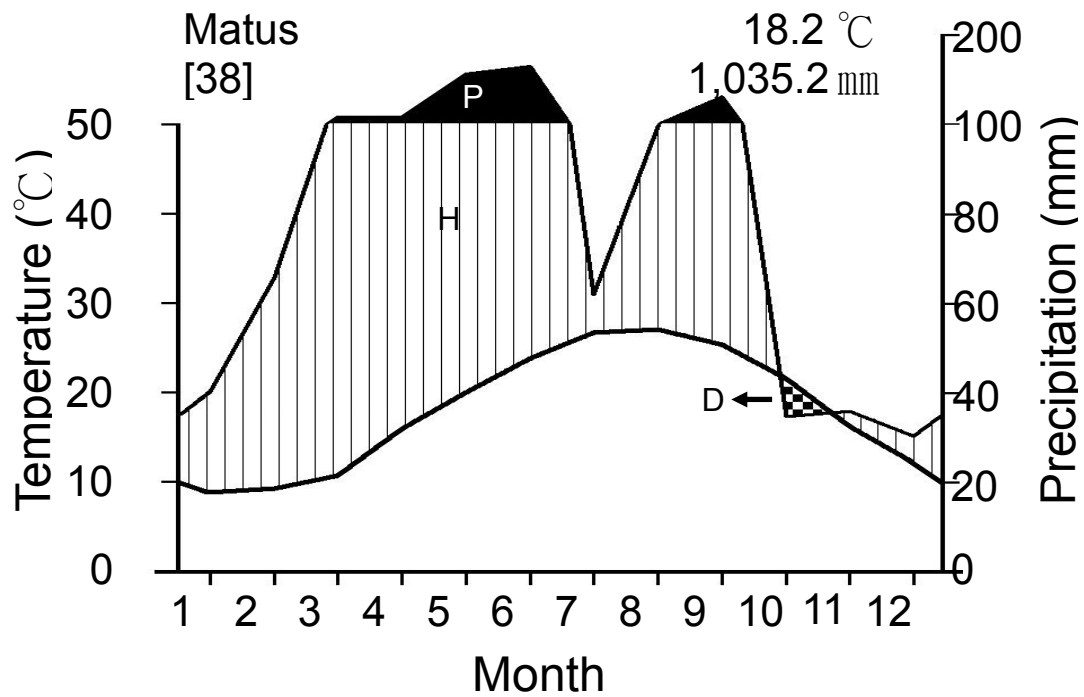


圖 2. 馬祖列島生態氣候圖。資料來源引自黃瑜齡(2002)，觀測年限: 1952-1977, 1985-1996；平均氣溫 18.2°C，年降雨量 1,035.2 mm；P: 月平均降雨量>100 mm；H: 相對潮濕期；D: 相對乾燥期(歐辰雄、曾喜育，2008)。

參、前人研究

馬祖在過去由於實施戰地政務，相對於臺灣，植相與植群系統性之調查研究欠缺。目前較完整之植相調查為國立臺灣大學植物系郭城孟教授(2004)接受連江縣政府之委託，進行馬祖列島植物資源調查，並於 2004 年出版馬祖植物誌乙書，其中記載維管束植物 515 種，包括蕨類植物 19 科 45 種，雙子葉植物 77 科 349 種，單子葉植物 15 科 127 種；以及黃瑜齡(2002)進行馬祖列島植物地理之研究，其共計載了維管束植物 124 科 384 屬 589 種(含外來植物)，包括蕨類植物 19 科 30 屬 47 種，裸子植物 4 科 4 屬 4 種，雙子葉植物 85 科 266 屬 407 種，及單子葉植物 16 科 84 屬 131 種。歐辰雄、曾喜育(2008)針對馬祖地區主要島嶼進行植相與植物社會調查，記錄有 131 科 472 屬 677 種維管束植物，其中蕨類植物有 20 科 30 屬 51 種，裸子植物 5 科 5 屬 6 種(全為栽培種)，雙子葉植物有 88 科 344 屬 475 種單子葉植物有 18 科 93 屬 145 種；其中設置 60 個樣區，共劃分 8 個森林植物社會與 7 個灌叢草本植物社會，並針對稀有植物保育、原生綠美化種類、外來植物入侵及生態復育造林樹種提出建議。

馬祖列島燕鷗保護區除鳥類群聚生態研究資料較多外，保護區各島嶼之植物相與植物社會資料非常缺乏，僅針對保護區各島嶼進行初步描述，各島嶼上有少數草生地覆蓋，皆為裸露的花崗岩塊，其植物相以菊科(Compositae)、蕃杏科(Aizoaceae)植物為主(農委會林務局，2003)。保護區主要保護對象以這些島嶼作繁殖地區的白眉燕鷗、紅燕鷗、蒼燕鷗、鳳頭燕鷗、黑尾鷗、岩鷺、叉尾雨燕等 7 種鳥類；根據調查，近兩年在保護區預定地繁殖的燕鷗數量已達上萬隻，其數量與密度皆不亞於澎湖貓嶼海鳥保護區，其中白眉燕鷗、蒼燕鷗為保育類鳥類，鳳頭燕鷗數量則為全國之冠，黑尾鷗之繁殖紀錄更為全國唯一發現地區；此外，亦發現有紅喉潛鳥、大水雉鳥、穴鳥、短尾水雉鳥、丹氏鷗鷺、黑頭鷺鷥、海秋沙、唐白鷺等多種稀有或保育類鳥類在島礁上停留之紀錄(農委會林務局，2003)。

肆、材料與方法

由於每年 5-8 月為馬祖列島燕鷗保護區之燕鷗繁殖季節，為避免干擾燕鷗繁殖，因此僅能於燕鷗的非繁殖季節登島調查。因 8 座無人島小且缺乏碼頭，登島僅能利用漁船靠上島上突出礁岩後，調查人員迅速登島調查；然而，每年 10 月至翌年 3 月為馬祖地區東北季風，強勁的東北季風造成波濤風浪，致使登島調查更加困難。所以本研究僅能於 4 月及 9 月風浪較平靜的時期，進行 8 座保護區無人島嶼之植物資源清單與植物社會調查。

一、資料蒐集

首先蒐集研究區域之基本環境資料，包括地理位置、地形、地質、土壤、氣候、衛星影像與地形圖等資料與文獻，初步了解調查區之環境概況，以了解此地區的經營施業狀況，此外對於前人相關植物、植群文獻加以蒐集、整理與分析。

二、調查路線選定與勘查

確定地圖上調查範圍並研擬調查路線後，隨即進行區域內之踏勘，瞭解區內環境狀況及概略植群類型，以決定樣區設置地點及數目。進行場勘查、樣區設置、土樣採集、幻燈片拍攝、植物標本採集、製作及名錄建立等工作，提供作為植群分類及植物保育評估之參考依據。植物標本依保護區各島嶼進行編號，並存放在國立中興大學森林學系標本館以及國立自然科學博物館植物標本館，作為日後研究參考。

三、樣區調查方法與植相記錄

本研究採用多樣區法(multiple plot method)之集落樣區設置法(contagious quadrant method)，樣區設置主要係考慮林相與植物社會組成等，同時樣區設置能盡量達到樣區環境之均質性。由於馬祖列島燕鷗保護區多數島嶼面積狹小，土壤淺薄，多由草本與灌木所構成；由於各島嶼之組成植物高度不同，因此為配合植物之生長型，樣區大大設定亦不相同。其中，由於進嶼多為較高大的灌木與五節芒組成之植物社會，因此樣區大小為 10 m×10 m，劃分成 4 個 5 m×5 m 之小區，記錄樣區出現之種類及其覆蓋面積；而其他 7 個島嶼多為低海草本與灌木組成，樣區大小設為 4 m×4 m，劃分成 4 個 2 m×2 m 之小區，植群調查方式同上。

四、植群資料之統計與分析

首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區、植物種類代碼與覆蓋度後，再轉換成資料庫格式。樣區之植物社會介量以重要值指數值(importance value index, IVI)表示。植物社會重要值即相對頻度和相對優勢度之總和，其意義代表某種植物在植物社會樣區中所佔之重要性。有關各計算公式如下：

$$\text{頻度(frequency)} = \frac{\text{某種植物出現之總樣區數}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{相對優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{地被層重要值指數} = \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 200$$

五、植群分析

本研究植群分析使用分類法(Classification)之雙向指標種分析法(Two-way indicator species analysis, TWINSpan) (Hill, 1979)，採用 PC-ORD5.0 進行植群分析(McCune and Mefford, 1999)。將樣區中的重要值轉化為十分級值數(0-9)，找出其社會單位和特徵種(Characteristic species)，建立植群之架構。各植群型的命名採特徵種在前而優勢種在後的原則，如特徵種又為該植物社會的優勢種則以該植物命名之。

六、物種歧異度分析

本研究使用 4 種物種歧異度指數計算植群種類之歧異度：

1. 種豐富度指數(Species richness)

$$R = S / (\sqrt{A})$$

式中：S 為植物社會中所有植物種類總數

A 為植物社會取樣面積

2. 夏農歧異度指數(Shannon's index of diversity)

$$D_{sh} = - \sum (n_i / N) \times \log(n_i / N) = - \sum P_i \times \log P_i$$

式中：n_i 為第 i 種植物的個體數

N 為植物社會中所有植物種類個體數之和

P_i = n_i / N，即在某林分中發現第 i 種植物的機率

D_{si} 為植物社會的 Simpson 氏歧異度指數

3. 均勻度指數(Evenness index)

$$E = D_{sh} / \log S$$

七、生活型譜與蕨類商數

一地區出現的植物種類，可視為植物與環境長期綜合作用下的結果；因此，一地區所出現的植物亦常可反應各種氣候所具有之特殊習性，即植物的生活型(Life-form)(劉崇瑞、蘇鴻傑，1984；宋永昌，2004)。生活型主要根據植物對不良環境之抵抗力與適應力來分類，而以生存芽受保護的程度來決定對不良環境之適應性。雖然 Raunkiaer 氏之生活型分類過分強調生活型與氣候之關係，忽略土壤與歷史(冰河期)之影響，但目前仍常應用於一般之生態調查統計，以顯示當地之氣候環境，或印證植物與氣候之相關性(劉崇瑞、蘇鴻傑，1984)。本研究仿應用 Raunkiaer 生活型分類系統進行分類，依馬祖列島所調查植物相分別歸入其所屬之生活型，統計各型所佔之種類百分率，形成數列並製成生活型譜(Life-form spectrum)。以上所述及之生活型僅針對種子植物進行區分，對於蕨類植物 Raunkiaer 另提出蕨類商數(Pteridophyte-Quotient, Ptp-Q)，用來說明氣候的乾濕現象與有無明顯的乾季。其計算公式如下：

$$Ptp-Q = (P \times 25 / S) \times 100$$

式中 P 為蕨類植物種數，S 為種子植物種數

八、種間相關性分析

本研究採用定性的 2×2 關連表，以及植物種出現在樣區之重要值進行種間相關性測驗(呂金誠，1996)。本研究以植物種出現在樣區的重要值進行植物種間分析，出現樣區頻度介於 20~80% 的種類才予以入選檢測；統計方法採用 Person correlation analysis，以 SPSS 10.0 套裝軟體進行分析。

九、島嶼間植物組成相似性分析

植物組成相似性分為利用相似性指數來進行不同群落、區域之共有種、屬、科等分類單元佔同一分類單元總數的百分比；其值愈高，表示兩群落或區域的分類群關聯程度愈高。為探討馬祖列島燕鷗保護區各島嶼間植物組成之差異，本研究計算方法應用兩島嶼間物種的差異予以量化，並以 Jaccard 相似性指數

(Jaccard similarity index)、Sørensen 相似性指數(Sørensen similarity index)進行比較，公式如下(Wolda, 1981)：

Jaccard similarity index: $C_j = c/(c+a+b)$

Sørensen similarity index: $C_s = 2c/(2c+a+b)$

式中：c 為兩島嶼共有的物種數

a 為島嶼 A 獨佔之物種數

b 為島嶼 B 獨佔之物種數

十、對應分析

為了解馬祖燕鷗保護區各島嶼之植物組成及其與所在島嶼之關係，本研究利用對應分析(Correspondence Analysis, CA)進行探討。對應分析又稱交互平均法(reciprocal averaging, RA)，係利用加權平均法的反覆運算，同時運算物種與樣區之序列分數，可處理較長的植物社會梯度，即使梯度兩端物種完全轉換，也可排出正確的植物與樣區順序。本法不選擇樣區梯度，也不必設定物種之權數，故當環境與植物關係不明的情況也可使用(蘇鴻傑，1987b)。CA 除可處理極長之植群變化梯度，最大優點為可同時計算出物種與樣區之序列分數，且兩者之數值有加權平均的對應關係，在分布序列圖上，物種與樣區的位置都可加以標示，樣區群與所含物種在圖中的位置亦有對應關係(劉和義，2004)。

本研究以各樣區物種之 IVI 值為基礎，使用 PC-ORD 5.0 軟體進行降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)，以探討本研究區域之物種組成與各島嶼環境因子間之相互關係。

伍、結果與討論

一、馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物資源清單

本研究於馬祖列島燕鷗保護區 8 個島嶼之植物資源，共調查記錄維管束植物種類清單計有 53 科 102 屬 107 種(表 3)。其中，美洲假蓬(*Conyza bonariensis*)、苦蕒(*Physalis angulata*)(許再文等，2003)、南方山芫荽(*Cotula australis*) (Jung *et al.*, 2009)等 3 種植物為外來物種；苦蕒僅於進嶼發現，南方山芫荽出現於中島和鐵尖島，美洲假蓬出現於中島和鐵尖島外，並於進嶼發現分布。104 種原生植物中，蕨類植物 3 科 3 屬 3 種，種子植物 50 科 96 屬 101 種，保護區沒有裸子植物分布，被子植物中雙子葉植物有 41 科 70 屬 74 種，單子葉植物有 9 科 26 屬 27 種。研究區內單屬種比例非常高，僅榕屬(*Ficus*)、蓼屬(*Polygonum*)、薔薇屬(*Rosa*)、朴屬(*Celtis*)，以及禾本科的狗尾草屬(*Setaria*)和芝屬(*Zoysia*)等 6 屬內有 2 種植物。本研究告植物名錄詳列於附錄一(含變種、型)，調查植物種類清單之學名主要依據 Flora of Taiwan 2nd ed. Vol. 6 (Bufford *et al.*, 2003)。

馬祖列島燕鷗保護區種類最多的科為菊科(Compositae)(11 種)，前三名依次為菊科、禾本科(10 種)，以及莎草科(Cyperaceae)、薔薇科(Rosaceae)與百合科(Liliaceae)(5 種)。除百合科外，其餘 4 科皆為馬祖列島種數分布最多的前 10 科(歐辰雄、曾喜育，2008)。禾本科、菊科、莎草科等亦是世界分布種數眾多的大科，為世界雜草種類主要的科，多為陽性植物，非常容易藉由風、動物或人為因素入侵新的生育地，因這一類植物具有高度繁殖能力、生長較快速、生活週期較短、適應力較強等生物與生態學特性，能夠在生境惡劣的環境與島嶼生存發展(黃瑜齡，2002；歐辰雄、曾喜育，2008；武艷芳等，2009)。薔薇科與百合科多為溫帶分布之種類，多由大陸溫帶地區傳播。薔薇科植物多為肉質果類，其種子通常細小，鳥類取食後易將其種子傳播到較遠的距離。百合科植物普遍分布在保護區各島嶼，此可能因其種子相當細小，可藉由鳥類傳播，再者，百合科植物通常具有肥大的地下根保持水分，以及利用冬枯休眠的形式渡過冬季乾冷的環境。

二、生活型譜與蕨類商數

本研究依將所馬祖列島燕鷗保護區各島嶼紀錄之植物組成進行下列生活型式之區分，分析結果如表 3：

1. 挺空植物(Phanerophytes, P)：在熱帶植物中，以此型所佔比例最高，可分成以下 4 類：
 - (1) 大、中喬木植物(Mega- and Mesophanerophytes, MM)：高度超過 8 m 樹木。
 - (2) 小喬木植物(Microphanerophytes, M)：高度介於 2~8 m 之樹木。
 - (3) 灌木植物(Nanophanerophytes, N)：高度介於 0.25~2m 之木本植物。
 - (4) 著生植物(Epiphytes, E)：生存芽位於離地表之樹木或岩石等著生基質上。
 - (5) 藤本植物(Vine, V)：生存芽位於攀援狀之莖的先端，木質藤本屬之。
2. 地表植物(Chamaephytes, C)生存芽位於離地面甚近之枝上，通常其高度不超過 30 cm，大多為多年生草本。
3. 半地中植物(Hemicryptophytes, H)：生存芽恰位於土表，可受枯枝落葉與土壤之保護；大多數二年生及多年生植物均屬之。在溫帶地區佔有相當高比例。
4. 地中植物(Cryptophytes, Geophytes, G)：生存芽完全受到土壤保護，僅於短暫生長季中才出現地表，如部分之球莖(corms)、鱗莖(bulbs)、塊莖(tubers)植物，大多為近寒帶之草本，在具有明顯旱季之地區亦常見。
5. 一年生植物(Therophytes, T)：無生存芽，以種子休眠的形態渡過不良季節。在沙漠或草原植物中常見此型植物。

植物生活型(life-form)為植物長期演化過程中，持續適應特定地區自然條件所表現出的外貌形態(海鷹等，1995)。不同區域的環境差異、同一地區不同演替階段的植物社會，形塑出不同的生活型譜，藉以反映出生育地的差異(Batalha and Martns, 2002)。因此，分析一地區植物生活型譜可了解一植物社會對其生育地特定氣候的反應、族群對空間的利用以及群落內部種群間可能產生的競爭及其發展趨勢(雷寧菲等，2002)。植物馬祖列島燕鷗保護區 8 個島嶼之原生植物生活型分析結果發現，以挺空植物(30.84%)種類最多，依次為挺空植物、半地中植物(26.17%)、1 年生植物(19.63%)、地表植物(11.21%)、地中植物(9.35%) (圖 3)。各島嶼之植物生活譜不盡相同，半地中與 1 年生植物的比例在雙子島、三連嶼、中島、白廟、劉泉嶼和蛇山較高，進嶼以挺空植物比例最高，鐵尖島則以挺空植物和半地中植物佔比例較高(圖 4)。

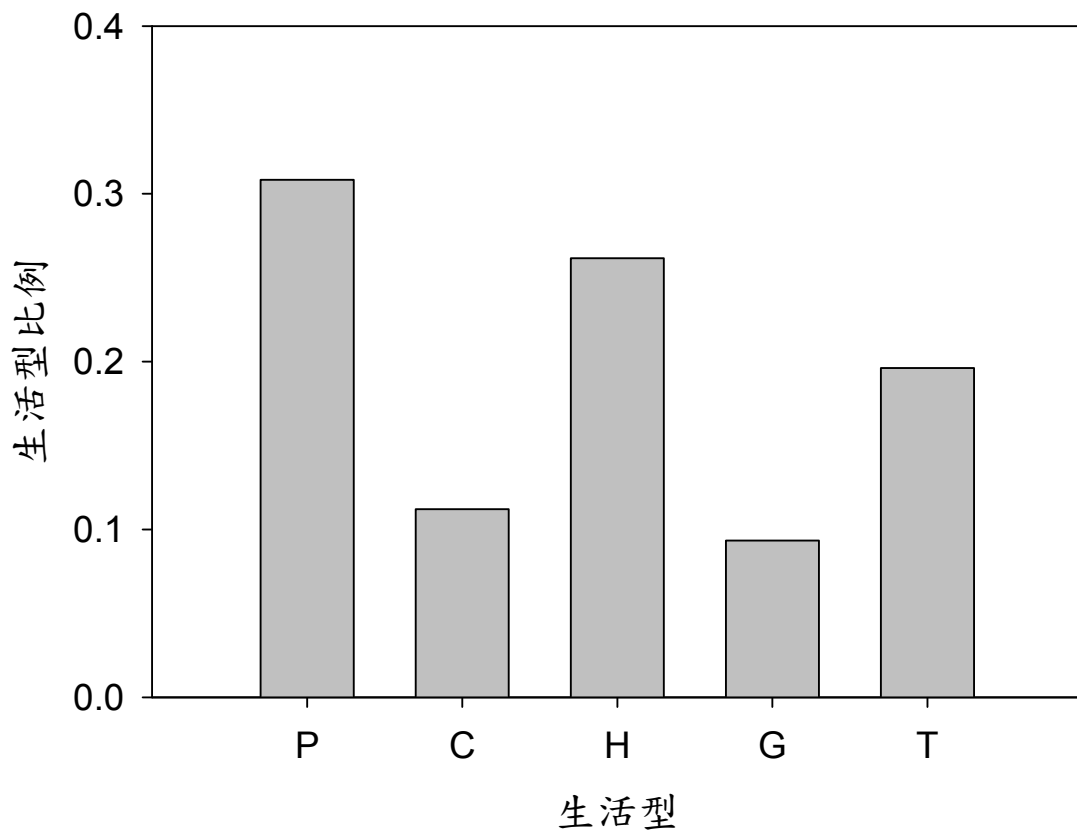


圖 3. 馬祖列島燕鷗保護區之植物生活型譜。P：挺空植物；C：地表植物；H：半地中植物；G：地中植物；T：一年生植物

比較原生的木本(含木質藤本)與草本植物(40：62)的比例發現，燕鷗保護區的草本植物種類約佔原生植物 2/3，與黃瑜齡(2002)和歐辰雄、曾喜育(2008)調查結果相同，此可能受到保護區島嶼面積太小、土壤發育不全以及氣候等環境影響所致；另一方面，植物種類可能反映馬祖地區的植物利用及戰爭歷史有關(黃瑜齡，2002)。木本植物在保護區各島嶼的出現率較低，僅厚葉石斑木、山漆莖出現於 3 個島嶼以上，多數僅出現於 1 個島嶼，例如朴樹(*Celtis sinensis*)、薜荔(*Ficus pumila*)(圖 6c)、日本衛矛(*Euonymus japonicus*)、細葉饅頭果(*Glochidion rubrum*)、樹杞(*Ardisia sieboldii*)等。比較木本與草本植物在保護區 8 個島嶼出現頻度之差異發現，草本植物島嶼平均出現頻度(3.1 次)明顯高於木本植物(1.8 次)($t=3.742$, $p<0.001$)，顯示草本植物的拓植能力大於木本植物。種子傳播方式決定其傳播距離，保護區內的種子多藉由風及動物傳播(表 2)，後者主要是被攜帶或被取食而傳播至島上，且傳播距離通常大於風力傳播的種類。

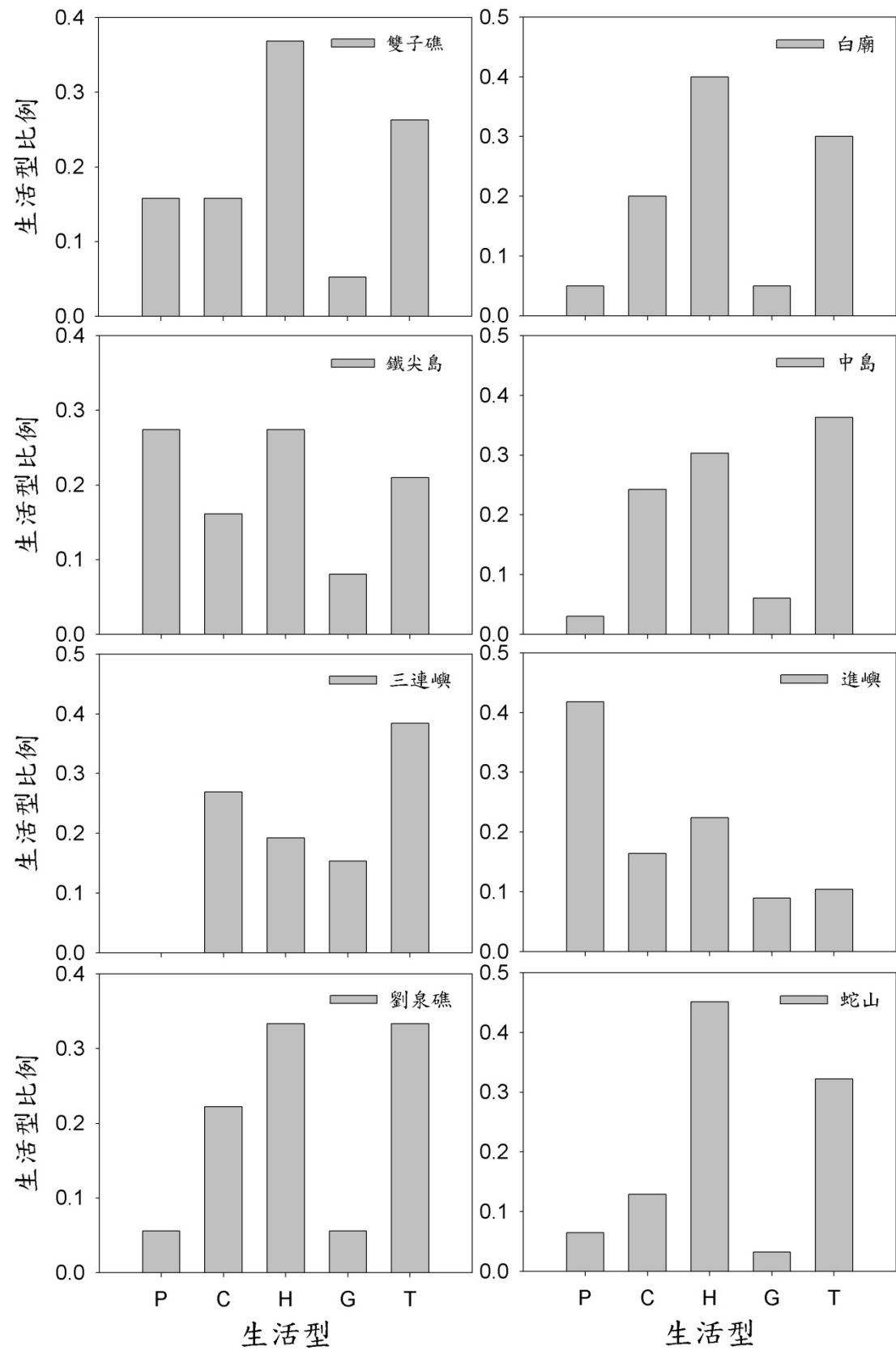


圖 4. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼之植物生活型譜。P：挺空植物；C：地表植物；H：半地中植物；G：地中植物；T：一年生植物

表 2. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼出現之維管束植物種類、出現頻度、生活型、果實型式摘要表

Taxa	代號	雙子礁	白廟	鐵尖島	中島	三連嶼	進嶼	劉泉礁	蛇山	合計	origin	生活史	生長型	生活型	葉候	果實型
海金沙	Lyj	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生蕨類	蕨類	Pt	常綠	孢子
傅氏鳳尾蕨	Ptf	0	0	0	0	0	1	0	1	2	native	多年生蕨類	蕨類	Pt	常綠	孢子
全緣貫眾蕨	Cyf	0	0	0	0	0	1	0	1	2	native	多年生蕨類	蕨類	Pt	常綠	孢子
爵床	Jup	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	蒴果
海馬齒	Sep	0	0	0	0	0	0	0	1	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	蒴果
番杏	Tet	1	1	1	1	1	0	1	1	7	native	1年生草本	草本	T	-	堅果
印度牛膝	Aca	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	1年生草本	草本	T	-	胞果
武靴藤	Gys	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	藤本	P	常綠	蓇葖果
絡石	Trj	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	蓇葖果
忍冬	Loj	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	藤本	P	冬枯	漿果
南華南蛇藤	Ceh	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	蒴果
日本衛矛	Euj	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	灌木	P	常綠	蒴果
刺裸實	Sat	1	0	1	0	0	0	0	0	2	native	多年生木本	灌木	P	常綠	核果
茵陳蒿	Arc	0	0	1	1	0	1	0	0	3	native	多年生草本	草本	C	常綠	瘦果
狗娃花	Asc	0	0	1	1	0	0	1	0	3	native	1年生草本	草本	T	-	瘦果
變葉藜	Cha	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	1年生草本	草本	T	-	胞果
南國小薊	Cij	0	0	0	0	0	1	0	1	2	native	多年生草本	草本	H	冬枯	瘦果
南方山芫荽	Coa	0	0	1	1	0	0	0	0	2	alien	1年生草本	草本	T	-	瘦果
美洲假蓬	Cob	0	0	1	1	0	1	0	0	3	alien	1年生草本	草本	T	-	瘦果
海芙蓉	Crc	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	多年生草本	草本	C	常綠	瘦果
細葉假黃鵪菜	Crl	0	1	1	0	1	1	1	1	6	native	多年生草本	草本	H	常綠	瘦果
油菊	Dei	0	0	1	1	1	1	0	0	4	native	多年生草本	草本	C	常綠	瘦果
紫背草	Ems	0	0	0	0	0	1	0	1	2	native	1年生草本	草本	T	-	瘦果
臺灣山菊	Pef	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生草本	草本	G	常綠	瘦果
苦蕒菜	Soo	0	0	1	1	1	0	0	1	4	native	1年生草本	草本	T	-	瘦果
馬蹄金	Dim	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	漿果
石板菜	Sef	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	多年生草本	草本	C	常綠	蓇葖果
臭濱芥	Cod	0	0	0	1	0	0	0	1	2	native	1年生草本	草本	T	-	短角果
藤胡頹子	Elg	0	0	1	0	0	1	0	1	3	native	多年生木本	灌木	P	常綠	核果
山漆莖	Bro	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	灌木	P	常綠	漿果
細葉饅頭果	Glr	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	喬木	P	常綠	蒴果
魯花樹	Sco	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	喬木	P	常綠	漿果
白花草	Lec	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	草本	H	常綠	堅果
肥豬豆	Cal	0	0	0	1	1	1	0	0	3	native	多年生草本	藤本	C	常綠	莢果
老荊藤	Car	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	莢果
鹿藿	Rhv	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生草本	藤本	C	常綠	莢果
恆春金午時花	Sir	0	0	1	1	1	0	0	0	3	native	多年生木本	灌木	C	常綠	蒴果
木防己	Coo	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	多年生木本	藤本	C	常綠	核果
千金藤	Stj	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	核果
牛乳榕	Fie	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	喬木	P	冬枯	核果
薜荔	Fip	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	核果
臺灣柘樹	Mac	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	灌木	P	常綠	核果
樹杞	Ars	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	喬木	P	常綠	核果
黃細心	Bod	0	1	0	0	1	0	1	1	4	native	多年生草本	草本	H	常綠	核果
酢醬草	Oxc	0	0	1	1	1	1	1	1	6	native	多年生草本	草本	G	常綠	蒴果
風藤	Pik	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	核果
海桐	Pit	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	喬木	P	常綠	蒴果
石蕊蓉	Lis	0	1	1	1	0	1	1	1	6	native	多年生草本	草本	H	常綠	胞果
火炭母草	Poc	0	1	1	1	1	1	1	0	6	native	多年生草本	草本	C	常綠	瘦果
臺灣何首烏	Pom	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	H	冬枯	翅果
羊蹄	Ruc	1	0	1	0	1	0	1	1	5	native	多年生草本	草本	H	冬枯	瘦果
毛馬齒莧	Pop	0	0	0	1	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	蒴果
茅毛珍珠菜	Lym	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	1年生草本	草本	T	-	蒴果
琉璃繁縷	Ana	0	0	0	0	1	0	0	0	1	native	1年生草本	草本	T	-	蒴果

表 2. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼出現之維管束植物種類、出現頻度、生活型、果實型式摘要表(續)

Taxa	代號	雙子礁	白廟	鐵尖島	中島	三連嶼	進嶼	劉泉礁	蛇山	合計	origin	生活史	生長型	生活型	葉候	果實型
小葉黃鱔藤	Bel	0	0	0	0	0	0	0	1	1	native	多年生木本	灌木	P	常綠	核果
山綠柴	Rhb	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	喬木	P	常綠	核果
雀梅藤	Sat	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	灌木	P	常綠	核果
郁李	Prj	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	灌木	P	冬枯	仁果
琉球野薔薇	Rob	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	灌木	P	冬枯	瘦果
小果薔薇	Roc	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	灌木	P	冬枯	瘦果
厚葉石斑木	Rhi	1	1	1	1	0	0	1	0	5	native	多年生木本	喬木	P	常綠	核果
紅梅消	Ruh	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	灌木	C	常綠	核果
脈耳草	Hes	1	1	0	0	0	1	0	1	4	native	多年生草本	草本	H	常綠	蒴果
琉球豬殃殃	Gao	0	0	0	1	1	0	0	0	2	native	1年生草本	草本	T	-	蒴果
雞屎藤	Paf	0	0	1	0	0	1	0	1	3	native	多年生木本	草本	C	常綠	核果
雙面刺	Zan	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	P	常綠	蓇葖果
苦蕒	Pha	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	1年生草本	草本	T	-	漿果
龍葵	Son	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	1年生草本	草本	T	-	漿果
菱葉捕魚木	Grr	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	喬木	P	常綠	核果
濱柃木	Eue	1	0	0	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	喬木	P	常綠	漿果
沙楠仔樹	Ceb	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	喬木	P	落葉	核果
朴樹	Ces	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生木本	喬木	P	落葉	核果
日本前胡	Pej	0	1	1	1	0	1	0	1	5	native	多年生草本	草本	H	冬枯	離果
青芋麻	Bon	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	灌木	P	常綠	瘦果
漢氏山葡萄	Amb	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	藤本	P	常綠	漿果
細本葡萄	Vit	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生木本	藤本	P	常綠	漿果
異葉天南星	Arh	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	G	冬枯	漿果
半夏	Pit	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生草本	草本	G	冬枯	漿果
紅花石蒜	Lyr	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	G	冬枯	蒴果
瓜槌草	Saj	0	1	1	1	1	0	0	0	4	native	1年生草本	草本	T	-	蒴果
長萼瞿麥	Disl	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	蒴果
繁縷	Stm	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	1年生草本	草本	T	-	蒴果
女婁菜	Sia	0	0	0	0	0	0	0	1	1	native	1年生草本	草本	T	-	蒴果
鴨趾草	Coc	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生草本	草本	H	常綠	蒴果
布氏宿柱苔	Caw	0	0	0	1	0	1	0	1	3	native	多年生草本	草本	H	常綠	瘦果
香附子	Cyr	0	0	0	0	1	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	G	常綠	瘦果
卵形飄浮草	Fio	0	1	0	1	0	0	0	0	2	native	多年生草本	草本	H	常綠	瘦果
莎草磚子苗	Mac	0	0	0	0	0	1	0	1	2	native	多年生草本	草本	H	常綠	瘦果
多枝扁莎	Pyp	1	0	1	0	0	0	0	0	2	native	多年生草本	草本	H	常綠	瘦果
福州薯蕷	Dif	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生木本	藤本	G	常綠	翅果
拂子茅	Cae	0	0	1	1	0	1	0	0	3	native	多年生草本	草本	H	常綠	穎果
龍爪茅	Daa	1	0	0	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	穎果
短穎馬唐	Dis	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	1年生草本	草本	T	-	穎果
鴨嘴草	Isc	0	0	1	0	0	0	0	0	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	穎果
五節芒	Mif	1	0	1	1	0	1	0	0	4	native	多年生草本	草本	H	常綠	穎果
鴨姆草	Pas	0	0	0	0	0	0	0	1	1	native	多年生草本	草本	H	常綠	穎果
棒頭草	Pof	0	0	0	0	1	0	0	0	1	native	1年生草本	草本	T	-	穎果
金色狗尾草	Seg	1	1	1	1	0	0	1	1	6	native	1年生草本	草本	T	-	穎果
褐毛狗尾草	Sep	0	0	1	0	1	0	0	1	3	native	1年生草本	草本	T	-	穎果
高麗芝	Zot	1	1	1	1	1	1	1	1	8	native	多年生草本	草本	H	冬枯	穎果
山蒜	Alg	0	1	1	1	1	1	0	0	5	native	多年生草本	草本	G	冬枯	蒴果
天門冬	Asc	1	1	1	1	0	1	0	1	6	native	多年生草本	草本	H	常綠	漿果
細葉麥門冬	Baj	0	0	1	0	1	0	1	1	4	native	多年生草本	草本	H	常綠	漿果
綿棗兒	Die	1	0	1	0	1	0	0	0	3	native	多年生草本	草本	G	冬枯	蒴果
桔梗蘭	Lim	0	0	1	1	0	1	0	0	3	native	多年生草本	草本	H	常綠	漿果
菝葜	Smc	0	0	1	0	0	1	0	0	2	native	多年生草本	藤本	C	常綠	核果
月桃	Alz	0	0	0	0	0	1	0	0	1	native	多年生草本	草本	G	常綠	蒴果

維管束植物中，蕨類植物占有相當重要的地位，然生活型譜分析僅以種子植物為對象，並未參酌蕨類植物。Raunkiaer(1934)乃另提出蕨類商數(Pteridophyte-Quotient)之計算，以與地上植物生活型相呼應。蕨類商數僅計算植物的種數，未涉及量的多寡，為植物社會定性的特徵，其主要功用在與生活型譜相對照，以應證植物與氣候相關程度。在研究區 8 個島嶼僅調查到海金沙(*Lygodium japonicum*)、傅氏鳳尾蕨(*Pteris fauriei*)、全緣貫眾蕨(*Cyrtomium falcatum*)等 3 種蕨類植物(圖 5)，且僅出現在進嶼(3 種)和蛇山(傅氏鳳尾蕨、全緣貫眾蕨等 2 種)等 2 個島嶼(表 2)。海金沙、傅氏鳳尾蕨、全緣貫眾蕨等分布範圍非常廣泛，由山地森林至海濱，後兩者更為海濱地區蕨類常見組成(君影，2004；高瑞卿等 2010；蕭百齡、曾春興，2002；歐辰雄、曾喜育，2008；葉慶龍等，2010)。Huang *et al.* (2007)指出傅氏鳳尾蕨具二倍與三倍體，前者植株廣泛分布於臺灣本島及鄰近島嶼，但不見於馬祖地區，而後者分布於馬祖地區開闊地、草生地及林地。保護區 8 個島嶼的蕨類商數為 0.782，反映在保護區各島嶼面積狹小、土壤發育不良、相對缺水等棲地惡劣的環境特性。



圖 5. 馬祖列島燕鷗保護區出現的蕨類植物。
a. 海金沙；b. 傅氏鳳尾蕨；c. 全緣貫眾蕨

三、馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物種數與環境關係

本研究於馬祖列島燕鷗保護區植物資源調查的島嶼環境資料顯示(圖 6 和表 3)，面積最大島嶼為進嶼(約 3.11 ha)，面積最小是雙子礁(約 0.50 ha)；海拔最高的島嶼是劉泉礁(約 63 m)，海拔最低是蛇山和鐵尖島(約 29 m)，多數島嶼的海拔約 30-40 m；與鄰近較大島嶼距離最近是雙子礁(與東引島距離<50 m)，與鄰近較大島嶼距離最遠是劉泉礁(與南竿島距離約 6,550 m)；土壤發育較佳為進嶼，島嶼上的土壤非常稀少是白廟與雙子礁，上述兩島嶼之植物多生長於岩縫中。8 個島嶼多位於鄰近最近較大島嶼的東方、西方、南方或東南、西南方，未有分布於鄰近最近大島北方者(表 3)。

表 3. 馬祖列島燕鷗保護區植物資源調查各島嶼環境狀態

	雙子礁	白廟 ^a	鐵尖島	中島	三連嶼	進嶼	劉泉礁	蛇山
面積(m ²)	500 ^b	750 ^b	980	820 ^b	1500 ^b	3110	1420	1500 ^b
海拔(m)	33	32	29	32	39	42	63	29
土壤發育比例 ^c	2	1	4	4	3	5	3	3
與鄰近大島距離(m)	50	820	130	1,050	4,650	1,720	6,550	550
緯度	26°21'43"	26°17'00"	26°16'50"	26°15'50"	26°14'17"	26°11'42"	26°05'08"	25°17'00"
與鄰近大島方位	南	東	西	東南	東	西南	東南	西
植物種數	19	20	62	33	26	70	18	33
種密度(spp./ha)	38.0	26.7	63.3	40.2	17.3	22.5	12.7	22.0
種豐富(spp./log(area))	7.04	6.96	20.73	11.33	8.19	20.05	5.71	10.39

^a 非調查主島植物資料；^b 實際進行植物調查之島嶼估計面積；

^c 土壤發育比例：為土壤覆蓋該島嶼面積比例。1: <5%、2: 5-10%、3: 10-25、4: 25-50%、5: >50%。

馬祖列島燕鷗保護區各島嶼之環境狀態與種數的主成分分析(Principal component analysis, PCA)結果顯示，第 1 軸(76.07%)與第 2 軸(23.16%)已有 99.23%的累積解釋率，本研究採前 2 軸進行繪圖以了解各島嶼之物種組成與環境狀態(圖 7)。第 1 軸與物種數和島嶼之土壤面積比例有較高相關，島嶼擁有植物種數和土壤發育較佳的進嶼與鐵尖島在第 1 軸的一端。第 2 軸與海拔、與鄰近大島距離等有較高相關，海拔最高、與鄰近大島距離最遠的劉泉礁位第 2 軸的一端。PCA 結果顯示，進嶼與鐵尖島的環境特性與物種數較接近；白廟、雙子礁、中島、蛇山和三連嶼等 5 個島的環境特性與物種數較接近；劉泉礁因其距鄰近大島距離最遠和島嶼海拔最高等特性，與其他島嶼較不相同。



圖 6. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼環境。 a. 雙子礁；b. 白廟；c. 鐵尖島；d. 中島；
e. 三連嶼；f. 進嶼；g. 劉泉礁；h. 蛇山

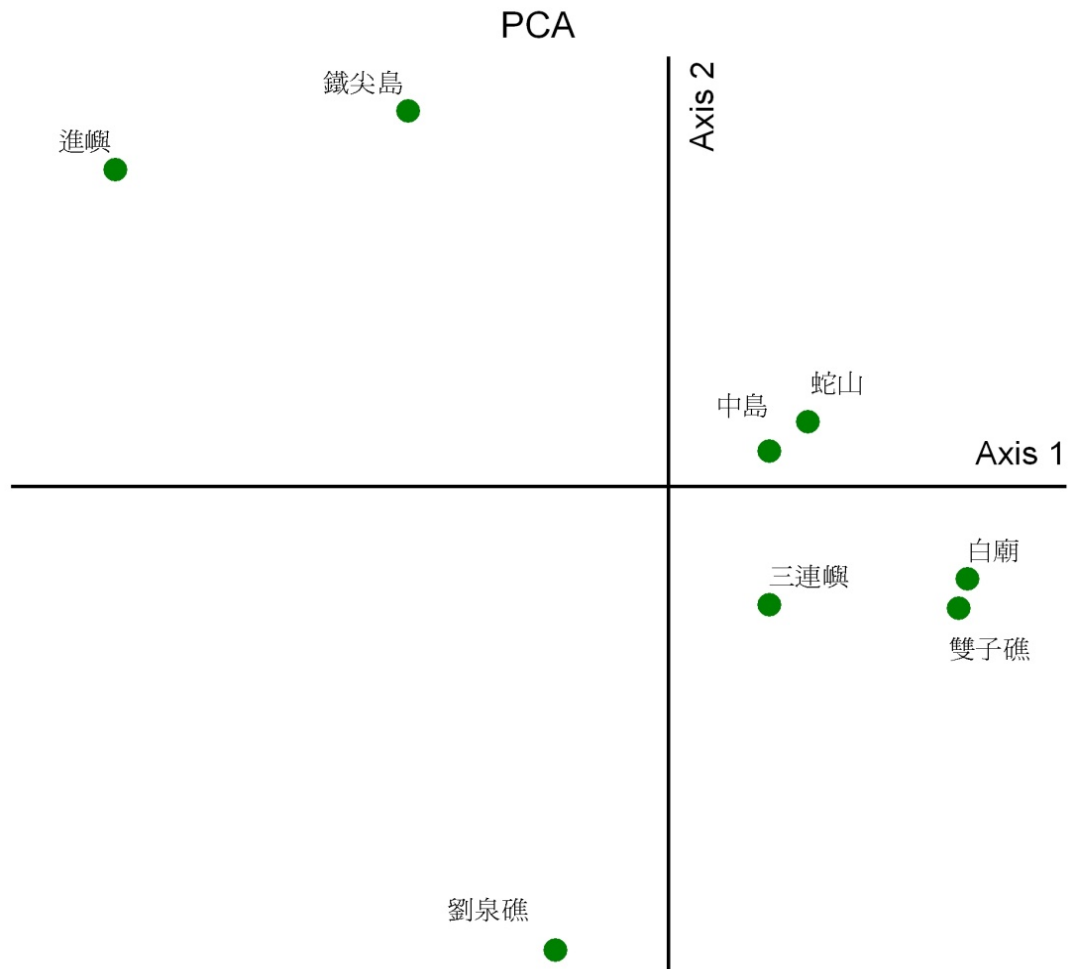


圖 7. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成與島嶼環境因素主成分分析圖

四、各島嶼植物種類相似性

由馬祖列島燕鷗保護區 8 個島嶼植物種類調查清單發現(表 2)，進嶼植物種類最多，共 41 科 44 屬 70 種，佔保護區植物種類之 64.8%，依次為鐵尖島(28 科 44 屬 62 種)、蛇山(17 科 23 屬 33 種)、中島(15 科 22 屬 33 種)、三連嶼(11 科 17 屬 26 種)、白廟(11 科 13 屬 20 種)、雙子礁(11 科 13 屬 19 種)與劉泉礁(11 科 13 屬 18 種)。植物清單中，僅在 1 個島嶼出現的植物有海金沙(圖 6a)、月桃(*Alpinia zerumbet*)(圖 8a)、棒頭草(*Polypogon fugax*)(圖 8b)、山菊(*Petasites formosanus*)(圖 8c)、紅花石蒜(*Lycoris radiata*)(8d)、羽葉天南星(*Arisaema heterophyllum*)(圖 8e)、半夏(圖 8f)、毛馬齒莧(*Sesuvium portulacastrum*)(圖 8g)、苦蕒(*Physalis angulata*)(圖 8h)、薜荔(*Ficus pumila*)(圖 9a)、牛奶榕(*F. erecta* var. *beecheana*)(圖 9b)、樹杞(*Ardisia sieboldii*)(圖 9c)、日本衛矛(*Euonymus japonicus*)(圖 9d)、小果薔薇(*Rosa cymosa*)(圖 9e)、小葉黃鱗藤(*Berchemia lineata*)(圖 9f)、青芋麻(*Boehmeria nivea* var. *tenacissima*)(圖 9g)、山綠柴(*Rhamnus brachypoda*)(圖 9h)等 42 種；出現 2 個島嶼的植物有傅氏鳳尾蕨(圖 5b)、全緣貫眾蕨(圖 5c)、豬殃殃(*Galium odoratum*)、海桐(*Pittosporum tobira*)、細本葡萄(*Vitis thunbergii*)、忍冬(*Lonicera japonica*)、郁李(*Prunus japonica*)、濱柃木(*Eurya emarginata*)、臺灣柘樹(*Cudrania cochinchinensis* var. *gerontogea*)等 29 種。

在保護區 8 個島嶼均出現的種類有海芙蓉(*Crossostephium chinense*)(圖 10a)、變葉藜(*Chenopodium acuminatum* subsp. *virgatum*)(圖 10b)、高麗芝(*Zoysia tenuifolia*)(圖 10c)、茅毛珍珠菜(*Lysimachia mauritiana*)(圖 10d)、石板菜(*Sedum formosanum*)(圖 10e)、龍葵(*Solanum nigrum*)(圖 10f)、木防己(*Cocculus orbiculatus*)(圖 10g)等 7 種；在 7 個島分布僅番杏(*Tetragonia tetragonoides*)(圖 10h)1 種；出現 6 個島嶼有酢醬草(*Oxalis corniculata*)(圖 11a)、火炭母草(*Polygonum chinense*)(圖 11b)、金色狗尾草(*Setaria glauca*)(圖 11c)、天門冬(*Asparagus cochinchinensis*)(圖 11d)、細葉假黃鵪菜(*Crepidiastrum lanceolatum*)(圖 11e)、石菰蓉(*Limonium sinense*)(圖 11f)等 6 種。在保護區 8 個島嶼出現頻度在 6-8 個島嶼的物種共 14 種，此類植物屬散播能力與環境適應較強的種類，為馬祖列島各大島嶼濱海地區經常出現的物種(黃瑜齡，2002；歐辰雄、曾喜育，2008)。

島嶼對生物而言是一相對隔絕的環境，島嶼面積、距大陸(大島嶼)遠近、海拔高低、地質土壤性質、地質史、干擾等為影響島嶼物種多樣性的因子(MacArthur and Wilson, 1967; Konh and Walsh, 1994; Khedr and Lovett-Doust, 2000; Roos *et al.*, 2004; McMaster, 2005; Magdy, 2009)。島嶼面積愈大，可營造較多樣的生育地環境，進而可增加物種多樣性(Konh and Walsh, 1994; Roos *et al.*, 2005; 周勁松等, 2005)。利用馬祖列島燕鷗保護區各島嶼之植物組成種數與島嶼面積(ha)、海拔高(m)、土壤面積比例(%)、與鄰近較大島嶼距離(km)、緯度等參數進行 Spearman 等級相關分析結果顯示，保護區各島嶼之植物種數僅與島嶼上之壤面積比例呈顯著正相關($r=0.759, p<0.05$)，即島嶼土壤發育較好的島嶼可孕育較多的植物種類；進一步分析發現，土壤面積比例與生活史為多年生的種數呈顯著正相關($r=0.741, p<0.05$)，與生長型中的草本($r=0.773, p<0.05$)、藤本($r=0.922, p<0.005$)呈顯著正相關，與生活型中的地表植物($r=0.906, p<0.005$)、地中植物($r=0.916, p<0.005$)的種數呈顯著正相關。此結果反映出馬祖地區燕鷗保護區土壤發育較完整的島嶼可以提供較多樣的生育地環境，物種豐度較高。



圖 8. 馬祖列島燕鷗保護區僅出現於 1 個島的草本植物種類。

a. 月桃；b. 棒頭草；c. 山菊；d. 紅花石蒜；e. 羽葉天南星；f. 半夏；g. 毛馬齒莧；h. 苦蕒



圖 9. 馬祖列島燕鷗保護區僅出現於 1 個島的木本植物種類。

a. 薜荔；b. 牛奶榕；c. 樹杞；d. 日本衛矛；e. 小果薔薇；f. 小葉黃鱗藤；g. 青苧麻；h. 山綠柴



圖 10. 馬祖列島燕鷗保護區出現在 7 個島嶼以上的植物種類。

a. 海芙蓉；b. 變葉藜；c. 高麗芝；d. 茅毛珍珠菜；e. 石板菜；f. 龍葵；g. 木防己；h. 番杏



圖 11. 馬祖列島燕鷗保護區出現頻度較高的植物種類。

a. 酢醬草；b. 火炭母草；c. 金色狗尾草；d. 天門冬；e. 細葉假黃鵪菜；f. 石菡蓉(黃白色花者)

植物散殖體的傳播能力與其散播到島嶼的後續生長存活、適應與建立族群等因素決定該物種是否有機會分布。在 8 個保護區島嶼出現頻度僅 1-2 次的種子植物有 69 種，約佔所有植物之 66.35%，即島嶼出現頻度較低的植物種類，其生活史主要為多年生植物(59/69)，其中多年生植物又以挺空植物(35/59)的種類佔較多。

本研究以 Jaccar 和 Sørensen 相似性指數進行馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成相似性進行初步分析(表 4、5)，結果發現白廟與劉泉礁的物種組成最為

接近，進嶼與其他島礁的物種組成差異最遠。由 Sørensen 相似性指數繪製的群團樹形圖顯示(圖 12)，白廟、劉泉礁、中島、三連嶼與雙子礁的植物組成較接近，蛇山、鐵尖島和進嶼的植物組成與其他島嶼關係較遠，尤以進嶼為最。進嶼相對於其他島礁而言，面積較大、位馬祖列島中南竿島與北竿島 2 個最大島嶼之間、土壤發育較完整、地質為多數巨石組成(圖 3)等特性，與其他 4 個島嶼明顯不同，形成多樣微環境棲地，反映在植物組成多樣與生活型譜的差異。

表 4. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物種類 Jaccard 相似性分析

	雙子礁	白廟	鐵尖島	中島	三連嶼	進嶼	劉泉礁
白廟	0.444						
鐵尖島	0.246	0.262					
中島	0.300	0.472	0.397				
三連嶼	0.286	0.394	0.294	0.405			
進嶼	0.141	0.184	0.404	0.256	0.157		
劉泉礁	0.423	0.583	0.270	0.378	0.467	0.143	
蛇山	0.300	0.395	0.267	0.320	0.341	0.256	0.417

表 5. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成 Sørensen 相似性分析

	雙子礁	白廟	鐵尖島	中島	三連嶼	進嶼	劉泉礁
白廟	0.615						
鐵尖島	0.395	0.415					
中島	0.462	0.642	0.568				
三連嶼	0.444	0.565	0.455	0.576			
進嶼	0.247	0.311	0.576	0.408	0.271		
劉泉礁	0.595	0.737	0.425	0.549	0.636	0.250	
蛇山	0.462	0.566	0.421	0.485	0.508	0.408	0.588

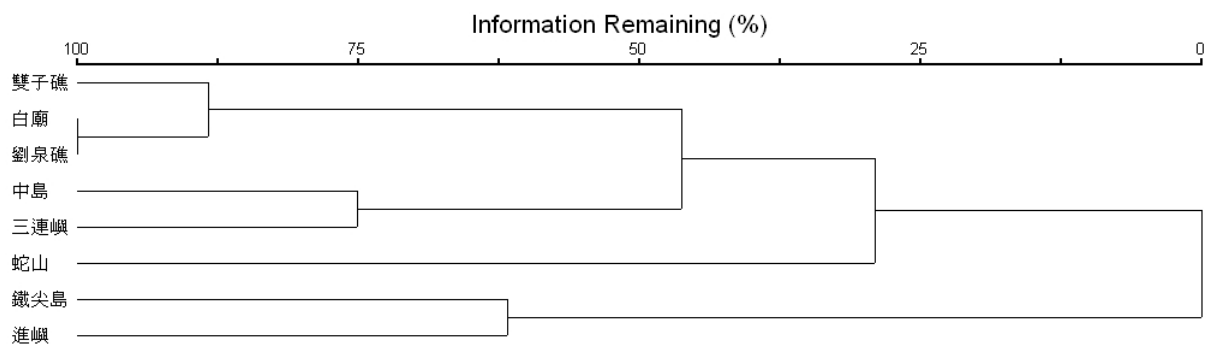


圖 12. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼植物組成群團樹形圖。

為了解馬祖燕鷗保護區各島嶼之植物組成及其與所在島嶼之關係，本研究利用 RA 進行分析。RA 分析的變異資訊顯示特徵根(eigen value)越大，其對分析資料的變異解釋能力相對較大，由特徵根與總變異量(total inertia)之比值，可提供了解各軸對各島嶼植物種類出現與否之變異量解釋程度，即變異解釋率(percentage of variance explained)；累積變異解釋率(cumulative percentage of variance explained)可了解各排序軸呈現各島嶼所能提供之解釋程度。RA 前三軸的變異解釋率(表 6)在第 1 軸為 38.13%，第 2 軸為 26.19%，第 3 軸為 18.74%，呈現遞減趨勢。本研究利用前 2 軸作為主要排序圖之呈現軸，前 2 軸的累積變異解釋率為 64.32%。

表 6. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼與其植物組成種類 RA 前三軸統計表

	第 1 軸	第 2 軸	第 3 軸
特徵根	0.4671	0.3025	0.2266
總變異量	1.5576		
變異解釋率	0.2999	0.1942	0.1455
累積變異解釋率	0.2999	0.4941	0.6396

馬祖燕鷗保護區各島嶼物種與島嶼之 RA 排序圖顯示(圖 13)，進嶼分布在第 1 象限，蛇山分布在第 2 象限，鐵尖島分布在第 3 象限與第 4 象限的第 2 軸上，而三連嶼、劉泉礁、白廟、雙子礁、中島等 5 島分布在第 1 軸的左端，反映出與鐵尖島和進嶼的植物組成差異，此結果與相似性分析結果相同。再者，由植物種類分布頻度表與排序圖發現，多達 21 種僅分布於進嶼，而有 10 種僅分布鐵尖島，有 4 種僅出現蛇山，有 3 種僅出現三連嶼，雙子島和中島各僅有 1 種出現在該島礁而未出現在其他島礁；白廟與劉泉礁出現的物種皆可在其他島嶼發現。僅出現在 2 個島嶼的植物種類多分布在 2 個島嶼之間，例如僅出現進嶼與鐵尖島 2 個島的植物例如忍冬(Loj)、臺灣柘樹(Mac)、海桐(Pit)、細葉饅頭果(Glr)、山漆莖(Bro)、細本葡萄(Vit)、菝葜(Smc)等 17 種植物。出現頻度較高的植物種類，例如變葉藜(Cha)、海芙蓉(Crc)、石板菜(Sef)、木防己(Coo)、茅毛珍珠菜(Lym)、龍葵(Son)、細葉假黃鵪菜(Crl)、酢醬草(Oxc)、火炭母草(Poc)、石苩蓉(Lis)、高麗芝(Zot)、天門冬(Asc)等種其分布在第 1 軸左側接近中島、雙子礁、三連嶼、劉泉礁、白廟等島礁的位置。

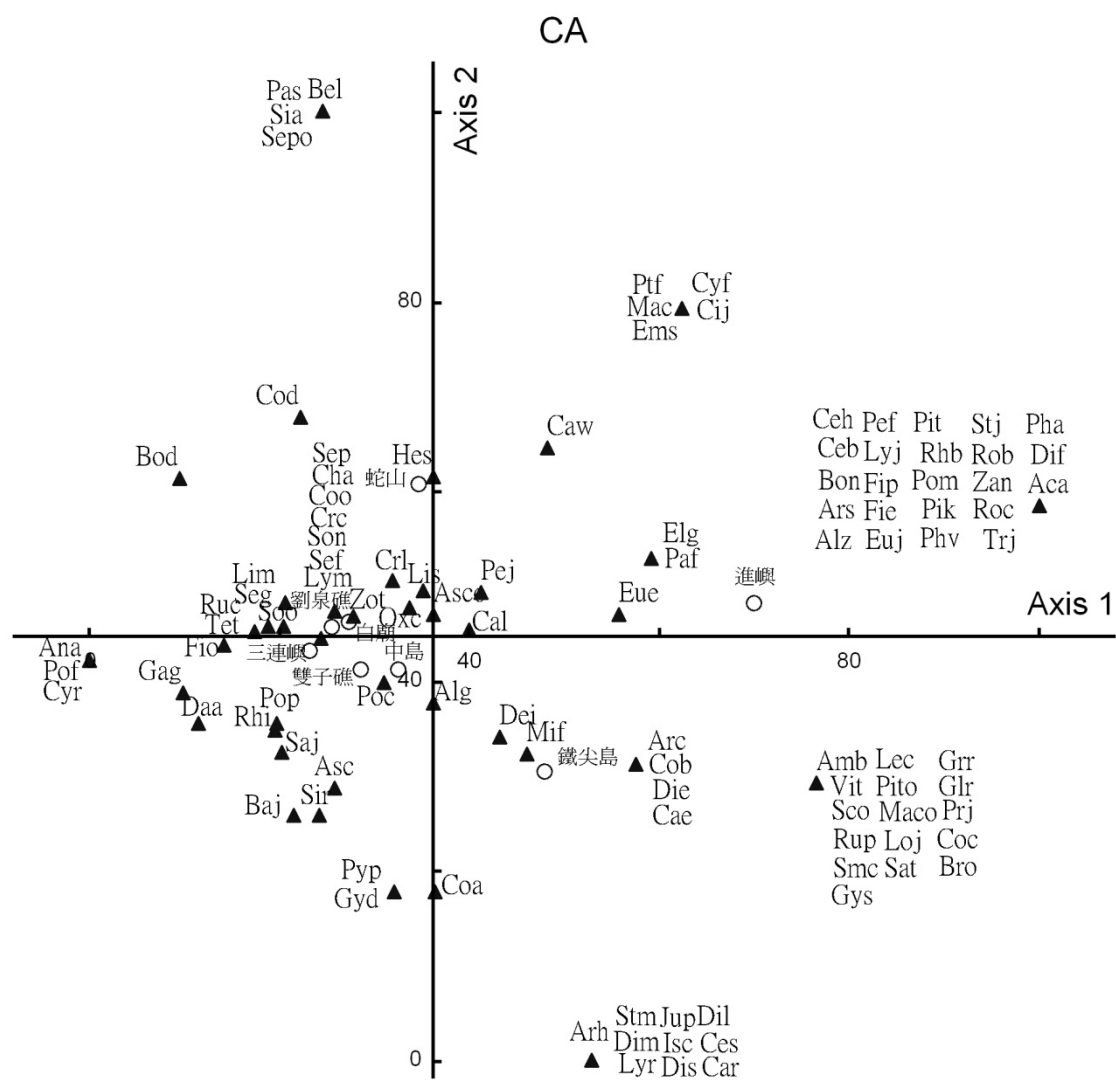


圖 13. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼與其植物組成種類 RA 排序圖。矩形表示島嶼，圓形表示物種。物種分布代號如表 2

五、燕鷗保護區植群分析

(一)植群分類

本研究共於馬祖列島燕鷗護區 8 個島嶼進行植物社會取樣，共取得 130 個樣區，各樣區環境資料如附錄三。因植物社會形相差異將樣區大小分成 $4 \times 4 \text{ m}^2$ 和 $10 \times 10 \text{ m}^2$ 等 2 種，後者樣區大小僅在進嶼進行取樣。各樣區之位置與環境資料於附錄二。將樣區資料進行雙向指標種分析(TWINSPAN)重新排列樣區及樹種排序後(附錄三)，TWINSPAN 切分到第 3 層，得到樣區及樹種分化的結果，依據分化種將本區植群分為 11 個植群型(圖 14)。TWINSPAN 第一層主要將進嶼和鐵尖島的植群與保護區其他 5 個島嶼植物社會劃分成 2 群，前者在植物社會的外表形相為高草灌叢為主，分化種有山漆莖、五節芒(*Miscanthus floridulus*)、油菊(*Dendranthema indicum*)、紅梅消(*Rubus parvifolius*)等 4 種，後者為低草灌叢，分化種有海芙蓉、變葉藜、金色狗尾草、番杏等 4 種，顯示各島嶼的環境與物種組成對植物社會具有顯著的影響。此外，鐵尖島的植物組成及植群在 TWINSPAN 劃分的 2 群中形成漸變的趨勢，即鐵尖島同時具有低草灌叢與高草灌叢。第 2、3 層的切分除了因島嶼之物種組成差異形成植物社會分化，各植物社會的主要優勢物種具有較大的控制能力，各層之分化種、樣區、特徵種與植群型表示如圖 14。以下為各植群型的組成特徵描述。

1. 雀梅藤—鹿藿—五節芒型

雀梅藤—鹿藿—五節芒型全部分布於進嶼，本型以雀梅藤(*Sageretia thea*)、鹿藿(*Rhynchosia volubilis*)為特徵種，外表形相以五節芒優勢之草本植物社會，山漆莖、藤胡頹子(*Elaeagnus glabra*)、雙面刺(*Zanthoxylum nitidum*)、紅梅消、漢氏山葡萄、細本葡萄(*Vitis thunbergii*)、雀梅藤、木防己、雞屎藤(*Paederia foetida*)、鹿藿等灌木與藤本植物間雜其中，天門冬、火炭母草、海金沙、絡石(*Trachelospermum jasminoides*)等植物為地被植物較常見組成。

2. 濱柃木—日本衛矛型

本植群型亦全部分布於進嶼，以濱柃木、日本衛矛為特徵種，此 2 種亦為本型的優勢植物，植物社會之外表形相以濱柃木、日本衛矛、牛奶榕、樹杞、雙面刺、紅梅消、薜荔、青宁藤、漢氏山葡萄、細本葡萄

等木本優勢之植物社會，月桃、五節芒等高草類草本植物間雜其中；油菊、桔梗蘭(*Dianella ensifolia*)、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、山菊等草本植物多分布在灌叢下或林緣。本型的物種數與多樣性較高較於其他植群型來得高，可能因本植物社會可塑造較多樣的生育地環境所致。

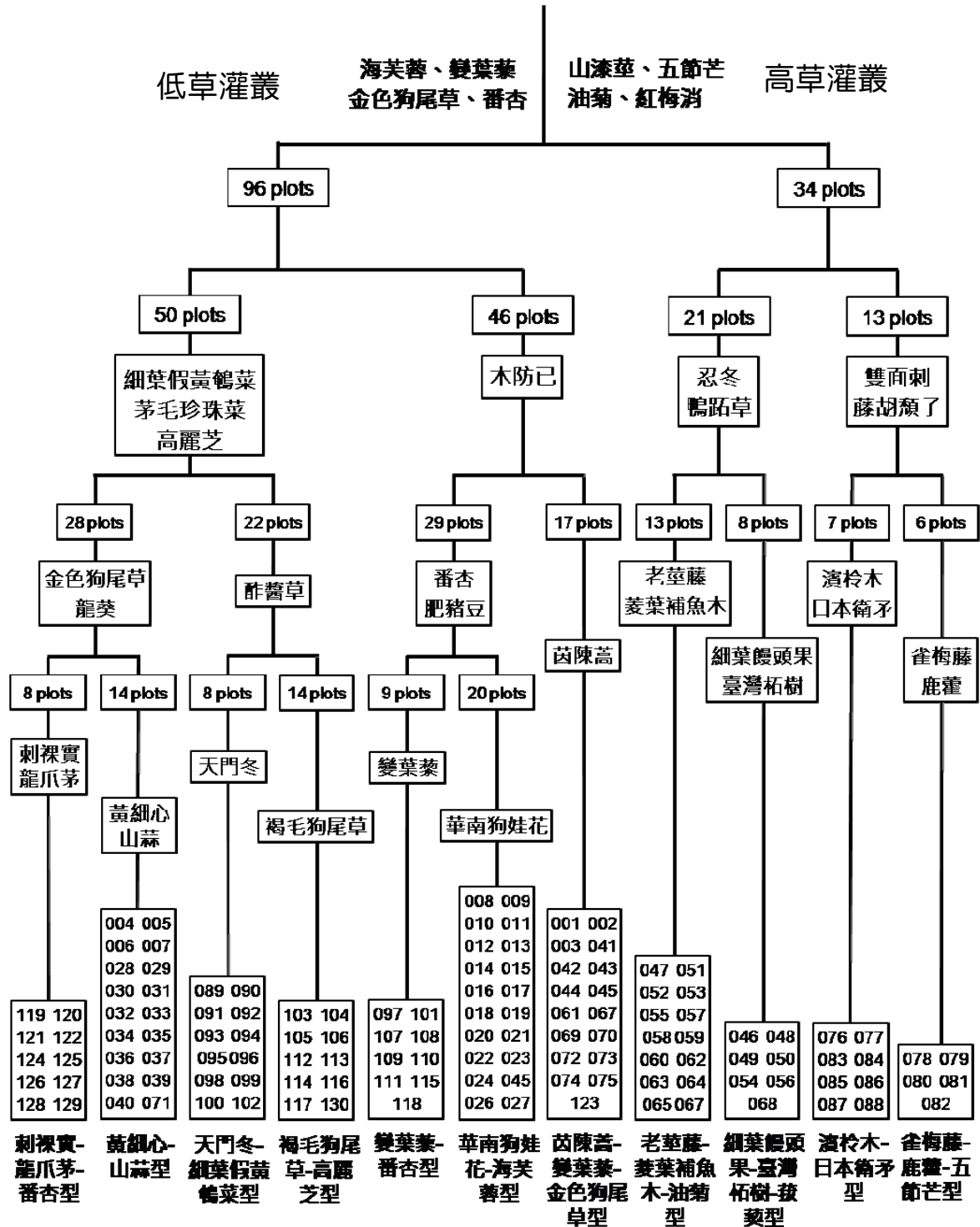


圖 14. 馬祖燕鷗保護區雙向指標種層級切分圖。

3. 細葉饅頭果—臺灣柘樹—菝葜型

細葉饅頭果—臺灣柘樹—菝葜型全部位於鐵尖島，分布於鐵尖島南面至東南面坡向，即面向高登島方向。以細葉饅頭果、臺灣柘樹為特徵種，菝葜(*Smilax china*)是本型非常優勢的物種，多覆蓋在其他植物之上。植物社會外表形相為灌叢優勢之植物社會，以細葉饅頭果、臺灣柘樹、山漆莖等木本灌木組成，菝葜、漢氏山葡萄、細本葡萄、忍冬、武靴藤(*Gymnema sylvestre*)、紅梅消等木質藤本非常優勢，地被植物以油菊、桔梗蘭、鴨跖草(*Commelina communis*)等較優勢，五節芒間雜其中。

4. 老荊藤—菱葉捕魚木—油菊型

本植群型全部亦分布於鐵尖島，外表形相為低矮灌木與草本並存。山漆莖、菱葉捕魚木、厚葉石斑木與紅梅消為較優勢灌木植物，木質藤本僅以忍冬、木防己等較優勢，細本葡萄、漢氏山葡萄非常零星分布；油菊為最勢地被植物，鴨跖草、桔梗蘭、細葉麥門冬(*Liriope minor* var. *angustissima*)、拂子茅、酢醬草、茵陳蒿(*Artemisia capillaris*)等則常呈現聚集分布，龍葵、紅花石蒜零星分布。

5. 茵陳蒿—變葉藜—金色狗尾草型

茵陳蒿—變葉藜—金色狗尾草型主要分布於鐵尖島，少數分布於劉泉礁(樣區 1、2 和 3)、雙子礁(樣區 123)。以變葉藜、茵陳蒿、金色狗尾、龍葵、海芙蓉、木防己、忍冬和酢醬草等較優勢；石板菜、羊蹄(*Rumex crispus* var. *japonicus*)、油菊和石菰蓉等零星分布。

6. 華南狗娃花—海芙蓉型

本型多分布於於中島，僅第 8 樣區分布於劉泉礁，以華南狗娃花(*Aster ciliatus*)、海芙蓉、變葉藜和木防己最優勢，龍葵與金色狗尾草等散見其中，火炭母草、肥豬豆(*Canavalia lineata*)、番杏與五節芒等草本植物零星分布，灌木僅厚葉石斑木零星分布。

7. 變葉藜—番杏型

番杏—變葉藜型主要分布三連嶼和蛇山(樣區 97 和 101)，外表形相為低矮草本植物社會。本型以變葉藜、番杏、木防己、酢醬草等為優勢組成，肥豬豆、火炭母草、細葉假黃鵪菜、細葉麥門冬等植物常分布其中，

天門冬、褐毛狗尾草(*Setaria pallide-fusca*)、羊蹄等植物數量稀少呈零星分布。番杏、變葉藜等一至二年生植物或多年生植物常在 8-9 月時期，因生長勢衰退，或因燕鷗蹂躪而枯萎，地表植物常僅剩常綠的木防己等植物零星分布。

8. 褐毛狗尾草—高麗芝—海芙蓉—變葉藜型

本植群型全部分布在三連嶼，以褐毛狗尾草和高麗芝為特徵種，海芙蓉、變葉藜為最優勢組成，番杏、茅毛珍珠菜、山蒜(*Allium grayi*)等植物常分布於本型之中，酢醬草、香附子(*Cyperus rotundus*)、肥豬豆、石板菜則相對數量較少。

9. 天門冬—細葉假黃鵪菜型

天門冬—細葉假黃鵪菜型全部分布在蛇山，以天門冬、細葉假黃鵪菜為特徵種，本型優勢組成有天門冬、細葉假黃鵪菜、海芙蓉、變葉藜等 4 種，木防己、莎草磚子苗(*Mariscus cyperinus*)、酢醬草、金色狗尾草、細葉麥門冬等常見於植物社會中；小葉黃蟪藤(*Berchemia lineata*)是本植物社會常見的灌木，亦為保護區內僅分布於蛇山的灌木種類。

10. 黃細心—細葉假黃鵪菜—茅毛珍珠菜—金色狗尾草型

本植群型主要分布於白廟，4 個樣區分布於劉泉礁(樣區 4-7)，1 個分布於鐵尖島(樣區 71)，特徵種為黃細心、細葉假黃鵪菜，主要分布於土壤或腐植質聚集稍多的岩石凹縫中優勢植物茅毛珍珠菜、金色狗尾草，龍葵、海芙蓉、變葉藜、番杏等經常伴隨出現在各樣區內，山蒜、脈耳草(*Hedyotis strigulosa* var. *parvifolia*)、卵形飄拂草(*Fimbristylis ovata*)等則僅在出現在白廟的本型植物社會中；厚葉石斑木為本型零星出現的灌木。

11. 刺裸實—龍爪茅—番杏型

刺裸實—龍爪茅—番杏型全部分布於雙子礁，以刺裸實(*Maytenus diversifolia*)、龍爪茅(*Dactyloctenium aegyptium*)為特徵種，此 2 種植物在燕鷗保護區亦僅分布於雙子礁，番杏是本型最優勢的植物。茅毛珍珠菜、天門冬、金色狗尾草、龍葵、變葉藜、海芙蓉、高麗芝等經常伴隨出現在本植物社會，羊蹄、多枝扁莎、綿棗兒(*Barnardia japonica*)等草本植物零星出現，魯花樹(*Scolopia oldhamii*)、濱柃木等則為零星分布的灌木。本形外表形相為灌木優勢，草本植物點綴其中。

(二)排序分析

本研究將植群原始資料矩陣經降趨對應分析(DCA)，計算 3 個變異軸用以代表植群變異方向，若各軸之長度依次遞減，則表示各軸代表之植群變異能力遞減 (Gauch, 1982)。本研究第 1 軸長為 5.430，第 2 軸長為 3.884，第 3 軸長為 3.845，軸長以標準偏差 (average standard deviation of species turnover, SD) 為單位。前 3 軸特徵值分別為第 1 軸 0.814、第 2 軸 0.519、第 3 軸 0.411，以第 1 軸與第 2 軸對植群分布之解釋量較高，故本研究選擇第 1 軸與第 2 軸來解釋植群的變異。本研究分別就以島嶼(圖 15)和雙向指標種分析所劃分的植群型進行繪圖(圖 16)。

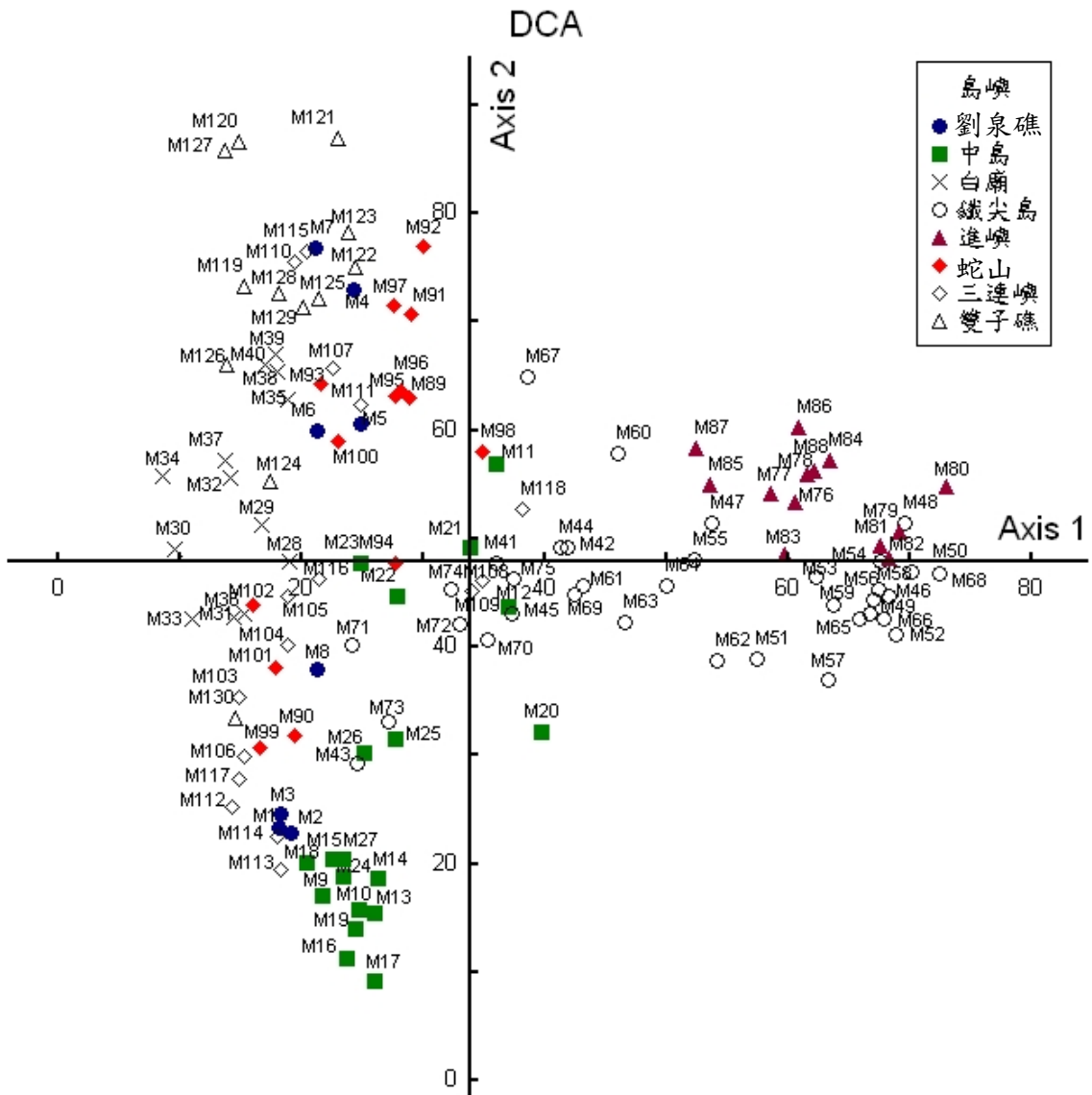


圖 15. 馬祖列島燕鷗保護區 130 個樣區於各島嶼之 DCA 排序圖。

由馬祖列島燕鷗保護區 130 個樣區之島嶼分布發現，樣區之物種組成與數量受到各島嶼植物之特有與優勢組成而有所差異，此可能因植物種類在傳播與後續生長所致。第 1 軸將進嶼和鐵尖島與其他 6 個島嶼區分，反映出進嶼和鐵尖島為保護區 8 個島嶼中植物種類組成最多的一群，且排序圖亦顯示出鐵尖島具有和進嶼與其他 6 個相似的植物與植群組成，形成漸進的變化；第 2 軸大致反映出中島與雙子礁、白廟之差異，三連嶼、和蛇山分布在其間，顯示出中島植物組成較多且與雙子礁、白廟有所差異。

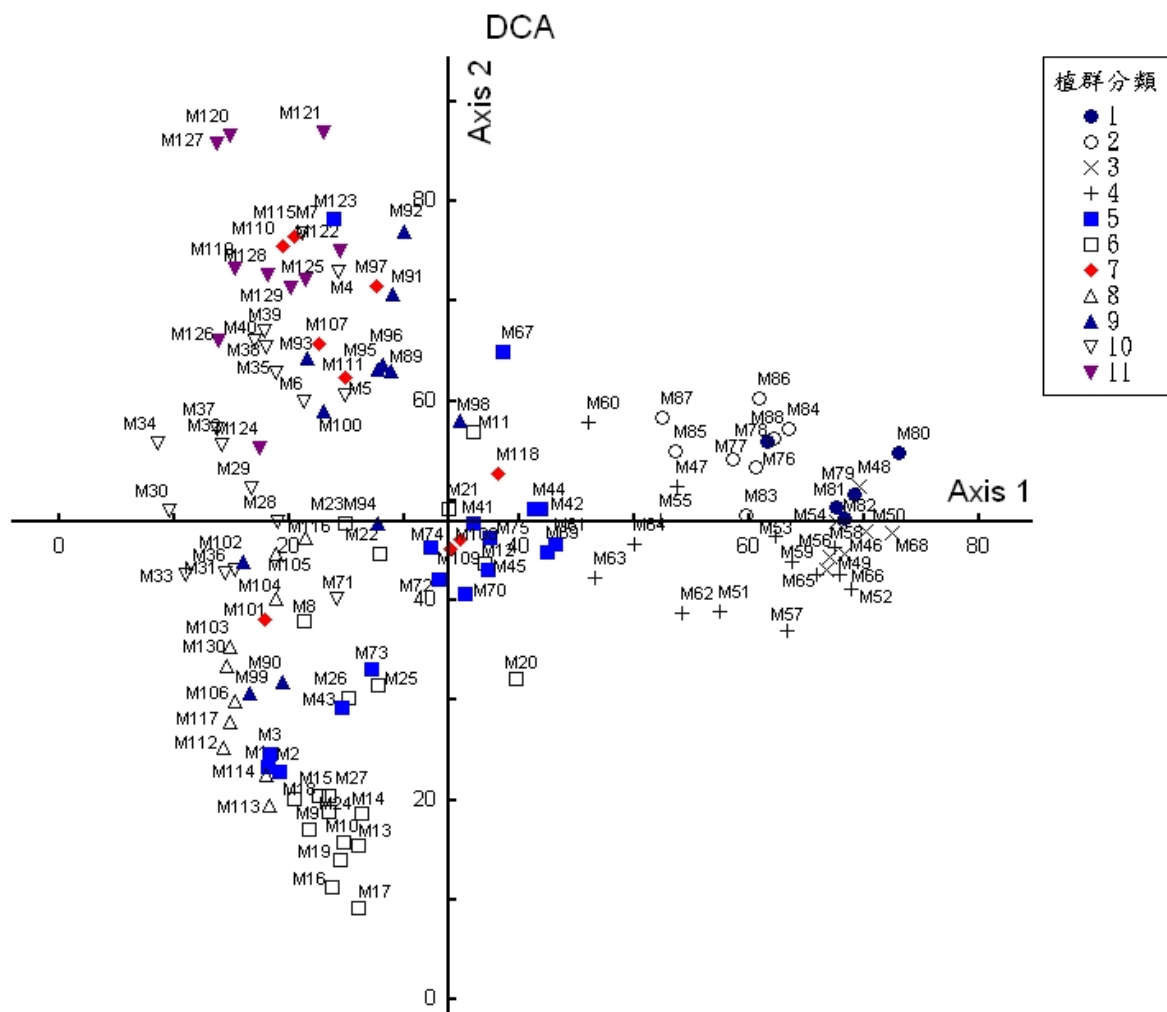


圖 16. 馬祖列島燕鷗保護區 130 個樣區之植群型 DCA 排序圖。

1. 雀梅藤—鹿藿—五節芒型、2. 濱欒木—日本衛矛型、3. 細葉饅頭果—臺灣柘樹—菝葜型、4. 老荊藤—菱葉捕魚木—油菊型、5. 茵陳蒿—變葉藜—金色狗尾草型、6. 華南狗娃花—海芙蓉型、7. 變葉藜—番杏型、8. 褐毛狗尾草—高麗芝—海芙蓉—變葉藜型、9. 天門冬—細葉假黃鵪菜型、10. 黃細心—細葉假黃鵪菜—茅毛珍珠菜—金色狗尾草型、11. 刺裸實—龍爪茅—番杏型

由 130 個樣區之植群排序圖結果發現，第 1 軸主要將分布於進嶼和鐵尖島、外觀形相為高草灌叢的 1. 雀梅藤—鹿藿—五節芒型、2. 濱柃木—日本衛矛型、3. 細葉饅頭果—臺灣柘樹—菝葜型和 4. 老荊藤—菱葉捕魚木—油菊型等 4 植群型與其他低矮草本植物社會劃分，上述 4 種植物社會主要分布土壤發育比例較大且深厚的島嶼，其物種組成的多樣性亦較高。第 2 軸將 6. 華南狗娃花—海芙蓉型、8. 褐毛狗尾草—高麗芝—海芙蓉—變葉藜型等 2 型植物社會與 10. 黃細心—細葉假黃鵪菜—茅毛珍珠菜—金色狗尾草型、11. 刺裸實—龍爪茅—番杏型等 2 型植物社會劃分，其主要受到島嶼植物組成差異所致，前者主要分布於中島，後者主要分布於雙子礁；而 5. 茵陳蒿—變葉藜—金色狗尾草型、7. 變葉藜—番杏型、9. 天門冬—細葉假黃鵪菜型等 3 型植物社會為 6 個島嶼共同的優勢植物社會，因此多散布於第 2 軸的中間位置。

(三)種間相關分析

本研究利用馬祖燕鷗保護區植物社會物種 2x2 關連相關分析(表 7)，以及樣區物種之重要值種間相關分析(表 8)，前者為定性分析，後者為定量分析。選取出現樣區頻度 20-80%的物種進行分析，本研究共選擇天門冬等 11 種植物進行分析。兩種種間相關分析結果顯示 11 種植物之關係大致相似，然重要值種間相關分析結果結合物種出現與其數量，因此本研究選取重要值種間相關分析和 2x2 關連相關分析相同結果進行探討。綜合兩種分析結果顯示，物種在樣區間出現呈顯著正相關者：天門冬與細葉假黃鵪菜、番杏；木防己與酢醬草；金色狗尾草與茅毛珍珠菜、龍葵、變葉藜；茅毛珍珠菜與細葉假黃鵪菜；海芙蓉與變葉藜；酢醬草與龍葵、番杏(表 7、8)。此結果顯示著這些出現頻度或出現優勢程度呈正相關的種類其生態位(ecological niche)相似，對生育地環境需求接近，或一個物種對另一個物種可能有互補的關係等，以致於這一類植物經常伴隨出現。

每種植物皆有其適應的環境，具有特殊的生態地位，在其最適應的範圍有最大的生長與繁殖能力(劉崇瑞，蘇鴻傑，1983)。雖然各物種有其喜好的生育地環境，但因對相似環境有共同喜好而伴隨出現，或因環境資源有限而相互競爭，或因繁殖體播播方式，或因植群歷史的影響等因素，致使物種關係趨於複雜；種間相關分析的結果可提供植物種間在植群內的關係，進一步解釋植群形成的因素與提供植群未來演替的訊息(邱清安，1996)。物種在樣區間出現呈顯

著負相關者：木防己與金色狗尾草、茅毛珍珠菜；油菊與金色狗尾草、茅毛珍珠菜、海芙蓉、細葉假黃鵪菜、番杏、變葉藜；茅毛珍珠菜與酢醬草(表 7、8)。種間負相關可能顯示著此類植物對環境需求差異大。相較於木防己、油菊、番杏、變葉藜、酢醬草等而言，金色狗尾草、茅毛珍珠菜、海芙蓉、細葉假黃鵪菜等多生長在岩縫等土壤較稀少的環境，因此多與油菊、木防己、酢醬草等需要土壤較多的物種呈顯著負相關。

表 7. 馬祖燕鷗保護區植物社會物種出現有無之種間相關分析

	天門冬	木防己	油菊	金色狗尾草	茅毛珍珠菜	海芙蓉	細葉假黃鵪菜	番杏	酢醬草	龍葵	變葉藜
天門冬							++	++			
木防己	0.016		++	--	--	--	--	--	+		
油菊	-0.116	0.453		--	-	--	--	--			--
金色狗尾草	-0.086	-0.220	-0.377		+	++	+			++	++
茅毛珍珠菜	0.070	-0.374	-0.188	0.196		+	++	++	--		
海芙蓉	0.035	-0.260	-0.447	0.260	0.154		+	+	-		++
細葉假黃鵪菜	0.244	-0.357	-0.257	0.145	0.291	0.171		++			
番杏	0.265	-0.293	-0.416	0.116	0.286	0.200	0.229				
酢醬草	0.022	0.182	0.085	-0.012	-0.226	-0.153	0.045	-0.053			
龍葵	0.035	0.053	-0.107	0.360	0.051	-0.043	-0.114	0.060	0.066		
變葉藜	-0.099	-0.135	-0.450	0.343	-0.036	0.363	0.119	0.067	0.078	0.119	

++，——顯著水準為 0.01 時 (單尾)，相關顯著。

＋，－在顯著水準為 0.05 時 (單尾)，相關顯著。

表 8. 馬祖燕鷗保護區植物社會物種出現重要值之種間相關分析

	天門冬	木防己	油菊	金色狗尾草	茅毛珍珠菜	海芙蓉	細葉假黃鵪菜	酢醬草	龍葵	番杏	變葉藜
天門冬			-				++			+	
木防己	0.124			--	--			+			
油菊	-0.180	0.109		--	-	--	-			--	--
金色狗尾草	-0.074	-0.253	-0.263		++				+		
茅毛珍珠菜	-0.024	-0.253	-0.200	0.461			++	--			-
海芙蓉	-0.063	-0.033	-0.271	0.034	-0.017			--	-		+
細葉假黃鵪菜	0.340	-0.104	-0.189	0.044	0.231	-0.023					
酢醬草	-0.022	0.177	0.008	-0.064	-0.204	-0.215	-0.013		+		+
龍葵	0.078	-0.057	-0.108	0.170	-0.017	-0.183	-0.134	0.150			
番杏	0.202	-0.024	-0.235	-0.007	-0.005	-0.143	-0.011	-0.040	-0.002		
變葉藜	-0.064	-0.075	-0.319	0.040	-0.176	0.184	-0.054	0.187	0.003	-0.025	

++，——顯著水準為 0.01 時 (單尾)，相關顯著。

＋，－在顯著水準為 0.05 時 (單尾)，相關顯著。

(四)保護區各島嶼植物社會描述

1. 雙子礁

雙子礁為馬祖燕鷗保護區最北端的島礁，亦是距離鄰近大島最近的島礁，土壤相當稀少，僅出現在坡上平坦之凹處(圖 17)。除在平坦凹處土層較厚有植物分布外，刺裸實、濱柃木等灌木，分布在較山嶺處(圖 17a、b)；番杏、茅毛珍珠菜、金色狗尾草、龍爪茅、高麗芝等多分布於土壤較多處(圖 17c-e)；海芙蓉則多分布於島礁陡峭岩縫中(圖 17f)。



圖 17. 馬祖列島燕鷗保護區雙子礁之植物社會概況。

2. 白廟

白廟是 8 個島嶼中植物組成較少的一個，因白廟的主島非常陡峭，無法上島調查，僅能調查其第 2 大島。植物覆蓋全島比例相當少，植物僅能分布於岩石的凹處、裂縫等有岩屑、土壤的環境，主要優勢植物有細葉假黃鵪菜、山蒜、海芙蓉、高麗芝等(圖 18)。



圖 18. 馬祖列島燕鷗保護區白廟之植物社會概況。

3. 鐵尖島

鐵尖島的植物社會組成較為多樣，可能因島嶼面積相對較大所致。在鐵尖島的北面、東北面坡等東北季風的迎風面，以及西南面較乾燥且土壤較少的環境下，主要以變葉藜、茵陳蒿為主的草本植物社會，並漸漸在嶺線上轉由拂子茅為優勢組成(圖 19a~e)。在南面至東南面坡向的上坡處，為一帶狀分布的灌木與藤本植物社會，主要組成有菝葜、厚葉石斑木、山漆莖、細葉饅頭果、細本葡萄、漢氏山葡萄等，並間雜有羽葉天南星、石蒜等草本植物(19e 和 19f)；在南面至東南面坡向的中坡處桔梗蘭、石蒜、油菊等構成優勢植物社會，部份種類則呈聚集狀分布(19g 和 19h)。



圖 19. 馬祖列島燕鷗保護區鐵尖島之植物社會概況。

4. 中島

中島的植物組成主要以海芙蓉為主，主要分布於近山嶺、嶺線及峭壁上，形成幾近單一優勢物種組成之植物社會(圖 20a-b)；在近山嶺或山凹土層

較厚的區域，主要由變葉藜、華南狗娃花組成，海芙蓉、番杏、厚葉石斑木、火炭母草、酢醬草等點綴其中(圖 20c- f)。



圖 20. 馬祖列島燕鷗保護區中島之植物社會概況。

5. 三連嶼

三連嶼全島幾無木本植物，數種優勢植物構成之植物社會形成鑲嵌狀(圖 21)。近山頂及背風坡主要由番杏與變葉藜組成之植物社會，尤以背風坡向，番杏幾近形成單一優勢族群(圖 21c-d)；在土壤淺薄的中坡及陡峭山壁岩縫環境，以海芙蓉為優勢組成(圖 21a-b)。在中坡土層較厚的地方以酢醬草、變葉藜、火炭母草、山蒜等植物組成(圖 21d-g)，在此類植物社會中，常可發現前期未孵化或已卵化的卵殼或幼鳥屍體(圖 21h)。

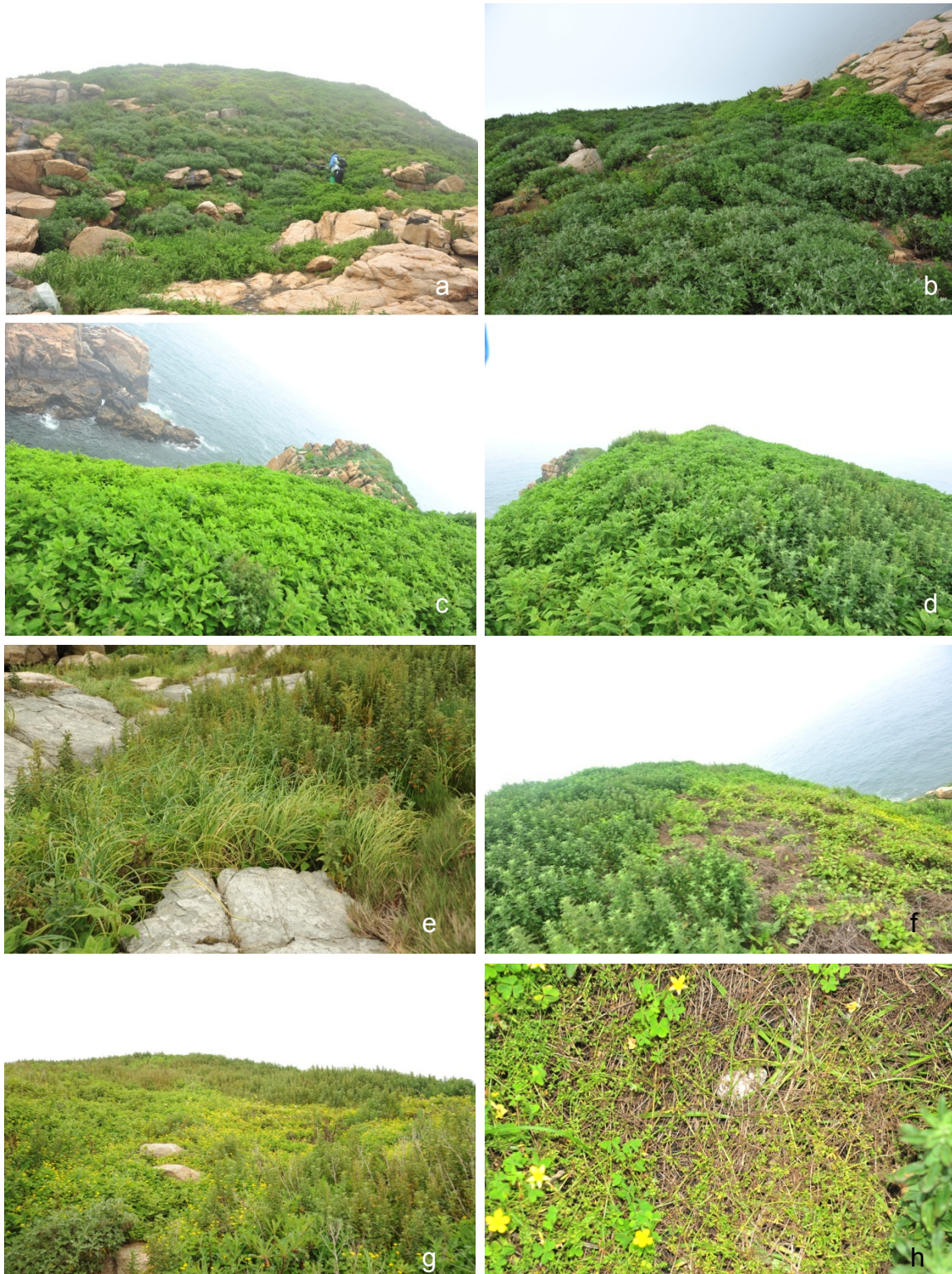


圖 21. 馬祖列島燕鷗保護區三連嶼之植物社會概況。

6. 進嶼

進嶼與其他 7 個島嶼不同之處，在於進嶼是非常多巨大的岩石所組成之島嶼，地質差異非常大，此部分亦反應在植物組成與結構。進嶼是馬祖列島燕鷗保護區第二大的島，植物社會相對而言亦較複雜(圖 22)；山頂主要為五節草優勢的高草植物社會(圖 22a)；山坡為牛奶榕、濱柃木、海桐等小喬木或灌木組成，點綴在由五節芒、月桃等大型草本植物，以及伴生火炭母草、薜荔、忍冬、木防己等藤本植物(圖 22b-d)；較近海處則以拂子茅、桔梗蘭、火炭母草、日本前胡、油菊等低矮草本，或由菝葜、薜荔、漢氏山葡萄等藤本植物為主(圖 22e-f)。



圖 22. 馬祖列島燕鷗保護區進嶼之植物社會概況。

7. 劉泉礁

劉泉礁為燕鷗保護區中海拔最高者，也是距離鄰近大島最遠的島礁，位南竿島與東、西莒島的中間，除在山頂較平坦部份土層較為深厚外，其餘土壤較少。全島以海芙蓉最優勢(圖 23a)，僅在山頂平坦區域數量較少；山頂較平坦部份以番杏、金色狗尾草、龍葵、變葉藜、黃細心為主，高麗芝、茅毛珍珠菜、酢醬草等零星分布，並伴生有厚葉石斑木等灌木(圖 23b-d)。



圖 23. 馬祖列島燕鷗保護區劉泉礁之植物社會概況。

8. 蛇山

蛇山為馬祖列島燕鷗保護區最南端的島礁，距離最近大島為東莒島約 500 m。在山頂較平坦和土層較厚區域以番杏、黃細心、酢醬草等為優勢組成，金色狗尾草、木防已、天門冬、細葉麥門冬等分布其中(圖 24a-c)；山坡平緩處以沙草磚子苗較優勢(圖 24d)。海芙蓉分布於陡峭山壁岩縫或土壤較少的坡上形成優勢(圖 24e-f)，並間雜著變葉藜、細葉假黃鵪菜、金色狗尾草、高麗芝、鴨姆草等，小葉黃鱘藤、厚葉石斑木點綴其間，部份區域高麗芝與鴨姆草形成優勢(圖 24g-h)。



圖 24. 馬祖列島燕鷗保護區蛇山之植物社會概況。

(五)植物社會與燕鷗棲息環境之關係

每年 5-8 月的繁殖季，世界著名漁場旁的馬祖列島成為聚集數以萬計的燕鷗取食、繁衍的重要場所，而馬祖列島燕鷗保護區的保護標的即為保護棲息在保護區上各島嶼的燕鷗。雖然燕鷗主要的食物來源為海中的魚類，但燕鷗休憩、繁衍仍必需回到陸地進行；然而，燕鷗是否會選取特殊的植物社會作為其休憩、攝食、繁衍、避敵等用途。由於本保護區各島嶼的植物資源組成與植群缺乏詳實的資料，因此本研究首重在於建立保護區的植物與植群基本資料。然而，研究的最終目的在於了解保護區各島嶼之植被組成、結構與燕鷗築巢關係，但此部份有待植群與鳥類群聚生態的整合研究，方能提供有系統的資訊，以提供管理單位在保護區經營管理的參考依據。

本研究就目前植群調查資料與現場拍攝本季未孵化的鳥蛋與鳥屍的照片結合進行初步探討。目前發現中島的南華狗娃花—海芙蓉型中未孵化鳥蛋與鳥屍最多(圖 25)，或許與中島為今年保護區燕鷗聚集密度最高的島嶼有關(承辦單位提供資料)，華南狗娃花、番杏常因燕鷗築巢過程中的踐踏而枯死。



圖 25. 中島的南華狗娃花—海芙蓉型常可發現未孵化卵或幼鳥屍體。

三連嶼的變葉藜—番杏型為發現未孵化卵或幼鳥屍體第2多的植物社會(圖 26a-d)，番杏亦因踐踏而枯死；同樣的，在雙子礁的刺果實—龍爪茅—番杏型亦可常發現相似的情形(圖 26e-f)。在保護區其他低矮灌叢植物社會中，未孵化卵或幼鳥屍體相對較少，在陡峭崖壁上優勢的海芙蓉植株下方則偶而可發現未孵化卵或幼鳥屍體；然而在進嶼與鐵尖島的高草植物社會則未發現有燕鷗的排遺或未孵化卵或幼鳥屍體。



圖 26. 三連嶼變葉藜—番杏型(a-d)與雙子礁刺果實—龍爪茅—番杏型(e-f)常可發現前期或今年未孵化或幼鳥屍體。

陸、審查委員意見回覆

一、期中報告意見回覆

黃委員士元

問題與建議

1. 燕鷗保護區各島嶼高度？

回覆

燕鷗保護區各島嶼之高度會在進行植相與植物社會調查時，以 GPS 進行定位與海拔高的測量，謝謝委員提出。已於期末報告 p. 17 中做補充。

2. 進嶼上島之問題？

因當日海相不佳，海浪較大，加上進嶼由大量巨石組成，不若保護區的其他島嶼之地形、地質環境，增加上島的困難，此部份會在 9 月中旬燕鷗離島時，一定會上島進行調查。進嶼已於 2010 年 9 月 12 日登島進行調查。

3. 期中報告 p11 菊科 9 種與表 2 之 10 種資料不符。

此部份為計數疏漏，謝謝委員訂正。此部分包含新調查之島嶼之菊科植物共 11 種，已於期末報告之植物名錄作確認。

4. 表 2 生活型代號應在表末加註說明，以顯示表的完整性。

此部分會在期末報告予以改正。表 2 代號補充於結案報告之 p11 當中，另外 pt 代表蕨類。

5. 報告書 p15 之學名應斜體。

此部份為排版疏漏，在期末報告時將予以訂正，謝謝委員訂正。

6. p17 是否有調查到苔蘚、菌類，在後續調查中可以順帶進行。

在調查過程中，因只計算維管束植物，所以對苔蘚、菌類等低等植物未注意，在後續調查中，將順帶注意是否有苔蘚、菌類。

7. 山蒜會季性節枯萎，調查時應注意。

謝謝委員提醒，此部份在進行調查時，會詳實注意季節性枯萎的山蒜之數量，其他季節性枯萎的植物也會一併注意。

張委員壽華

問題與建議

1. 調查團隊於燕鷗保護區是否有調查

回覆

目前調查的 5 個燕鷗保護區的島嶼中，尚

到新的植物種類？

未發現有新的植物種類，皆為馬祖主要島嶼有出現的植物種類。

2. 委託計畫書是否有進行繁殖前後期的植物調查？

此部份在計畫書中並未述明要進行保護區繁殖前後的植物調查。若在本年度調查研究發現有進一步調查需要之時，後續將會建議進行保護區燕鷗繁殖前後之植物社會調查，以提供縣政府在保護區經營管理所需資料。

3. 進嶼、蛇山、劉泉礁、雙子礁等應可以先進調查

此部份將與業務單位充分聯繫後，確認燕鷗離島即進行調查。進嶼、蛇山、劉泉礁、雙子礁等島皆於 2010 年 9 月已完成調查。

4. 保護區的外來種散播問題？

目前僅在中島調查到美洲假蓬 1 種外來植物，將於植物社會調查時確認了解其族群數量。

5. 調查的各種照片是否提供光碟片？

本研究之各項調查成果、植物照片將會燒製光碟片提供業務單位使用。

王委員建華

問題與建議

回覆

1. 柘樹為何會分布至鐵尖島？

柘樹是一種植物染的材料，在 2008 年本團隊接受林務局委託進行馬祖列島植物調查時，在南竿紗帽山調查到的數量相當豐富，果實可食用。柘樹為何分布至鐵尖島，其可能因柘樹的果實為鳥類取食後，將種子散播到鐵尖島所至。

2. 今年蛇島、劉泉礁的燕鷗可能會較早飛離，應可先進調查

謝謝委員提醒，此部份將與業務單位密切聯繫以了解燕鷗在島狀況，以利後續之調查研究。

林委員亞聲

問題與建議

回覆

1. 部份植物具季節性枯萎，調查時應注意。

謝謝委員，此部份在調查過程會注意。

2. 土壤的發育與植物分布有相當的關

本研究在進行燕鷗保護區之植物社會調

連，是否會進行此項調查

查時，會一併進行土壤、地形等生育地環境取樣調查，最後會與植物社會資料進行分析，提供了解植物組成與環境因子之關係。此部分於期末報告結果與討論的第三部分進行說明(p17)。

3. 調查過程中是否有觀察到昆蟲、小動物

在調查過程中有觀察到一些訪花昆蟲，至於小型動物則未注意，未來調查時可以一併注意。

王主席詩乾

問題與建議

回覆

1. 補充說明進嶼無法上岸調查原因
2. 有植物的各島嶼面積與高度
3. 請注意合約內容與執行期限

如上回覆。

此部份將請業務單位，以及研究團隊尋找可以計算保護區各島嶼面積的方式。於期末報告 p17 中做補充。

謝謝主席提醒，本研究團隊將與業務單位密切配合，以期完成本計畫之目標。

二、期末報告意見回覆

黃委員士元

問題與建議

1. 馬祖列島燕鷗保護區植物資源組成中單屬種比例高是非常有趣的現象，其原因為何？
2. 內文中的植物中文名稱需統一，例如第 12 頁山漆莖在附錄的植物資源清單中沒有出現。
3. 鐵尖島背風與迎風面植物社會差異為何？
4. 馬祖土樣有機質分析數值過高之原因？

回覆

造成單屬種比例高的原因可能在於燕鷗保護區植物組成的散殖體具有傳播能力強，對新生育環境適應力高，快速建立、拓展其族群等生物學特性；再加上，馬祖地區同屬的親緣種相對較少，且保護區各島嶼面積非常小，距離植物散播來源亦較遠，散殖體能在各島嶼建立尚有賴於散播機率所致。

謝謝委員提出，本研究報告在完整之成果報告鉛印時會再進行校對。p51 大戟科之山漆莖。

鐵尖島背風面與東北迎風面植物社會差異主要受到與鄰近島嶼所在方向導致，鐵尖島背風面鄰近高登島，植物拓殖較容易，且東北迎風面環境相對較惡劣，植物適應、建立族群較不易。

本研究進行土壤有機質分析法為濕消化法進行土壤有機質的估算。因本研究在進行土壤採樣時，各島土壤化育程度不一，部分島嶼土壤化育尚未完全，部份樣區甚至無土壤之化育，所採集的土壤全為腐殖質，可能因枯落物、燕鷗排泄物含量太高，導致所計算而得之土壤有機質含量非常高。

土壤有機質濕消化法(Walkley-Black procedure)原理為利用 $K_2Cr_2O_7$ 及 H_2SO_4 之混合液將有機物氧化，未耗用掉的 $K_2Cr_2O_7$ 以 $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ 滴定，據以計算有機碳含量。此方法未供應外部熱能，僅於重鉻酸鉀及硫酸混合時有熱能產生，因此，僅能以氧化溶液氧化之有機碳，有機質的估算是以其重的 58% 為有機

碳的估值計算之。

$$C\% = N \times (V1 - V2) / \text{土樣重(g)} \times 0.39$$

N：硫酸亞鐵之濃度

V1：空白樣本所用硫酸亞鐵溶液量(ml)

V2：樣本所用硫酸亞鐵溶液量(ml)

有機質(%) = $C\% \times 1.724$ (1.724 是以假設有機物中含有 58% 的碳而算得)

5. 第 30 頁圖 14. 馬祖燕鷗保護區雙向指標種層級切分圖簡報時在第 1 層切分時加入高草灌叢與低草灌叢的劃分，在本文中沒有呈現，建議加入使可讀性增加。

此部份依委員建議加入，謝謝委員。

6. 燕鷗排泄物應會使土壤 pH 值增加，但附錄二各樣區的土壤 pH 值似乎都偏酸？

一般土壤大部份是偏酸性，常在 pH4-6 左右，森林土壤有時會在 pH4 以下。本研究採的土樣 pH 值分析大致上都在 4 以上，少數在 pH4 以下，此部份可能因土壤的有機質含量有關。

7. 在調查時是否有發現海芙蓉採集？

本研究調查過程中未發現有海芙蓉被採集的現象。

張委員

問題與建議

6. 調查團隊於燕鷗保護區是否有調查到新的植物種類？

回覆

由於馬祖燕鷗保護區的植物資源與植群的研究相較於其保護對象-燕鷗，資料非常稀少，因此本研究首在建立保護區的植物與植群基本資料。雖然在調查過程中發現鳥屍、鳥蛋等在植物社會的現象，但本研究未透過系統的調查以了解何種植物社會與燕鷗群聚有關。本研究建議未來若能了解植物社會與燕鷗群聚關係應與鳥類群聚研究相互整合調查，透過設置固定樣區的方式，共同調查以了解燕鷗喜歡棲息的植物社會為何？

7. 本研究在附錄有進行各樣區的環境調查與分析，但未見環境因子與植物社會的相關分析？

本研究有針對植物社會與環境因子間進行典型對應分析(CCA)，惟彼此關係沒有顯著，因此在結果中未予以呈現(p28)。

承辦單位：

問題與建議

1. 第 17 頁表 3 馬祖列島燕鷗保護區植物資源調查各島嶼環境狀態的各方面積可採用地馬祖地政事務所資料。

回覆

因本研究進行植物資源調查的島嶼僅單一大島，並非保護區各島嶼公告面積，因此利用進嶼、鐵尖島之島嶼面積為基礎，以 Google Earth 圖層資料估算其他進行植物調查的島嶼島積。

主席

問題與建議

1. 本研究報告學術性價值非常高，研究報告資料非常豐富，是否可以將研究成果轉成科普資料，提供作保育之解說教育用。
2. 有關表 3 部份請提供原始出處資料。
3. 雖然本計畫為針對保護區進行植物資源調查，希望曾老師在計畫報告書最後一節大致補充有關燕鷗群聚與植群的關係。
4. 本計畫報告書希望在 11 月底前完成修訂，修訂稿一本先送承辦單位確認後再鉛印完整的成果報告書。本計畫期末成果報告符合計畫需求，計畫審查通過。

回覆

研究成果要轉成解說教育摺頁或手冊都可以。

謝謝主席，此部份在成果報告時會補充。詳見 p17。

此部份會依研究調查結果提供有關燕鷗群聚與植群的關係的資訊。

本計畫會在 11 月底完成修訂送承辦單位確認。謝謝主席。

柒、參考文獻

- 呂金誠、歐辰雄 (1996) 關刀溪長期生態研究區森林植群之初期研究 (1)。中興大學實驗林研究彙刊 18(1): 77-108。
- 君影 (2004) 臺灣海岸植物。人人出版社。
- 宋永昌 (2004) 植被生態學。華東師範大學出版社。上海。
- 李洋、張嬌嬌、曹同 (2008) 長江口沖積島嶼苔蘚植物多樣性及其特點。上海師範大學學報(自然科學版)37(5):504-512。
- 周勁松、王發國、邢福武、周錦超、Richard T. Corlett (2005) 香港蒲苔群島植物物種多樣性與植被的研究。中山大學學報(自然科學版)44(增刊): 236-241。
- 武艷芳、林瑞芬、陳林、楊東梅、王發國、邢福武 (2009) 香港果洲群島植物物種多樣性與植被的研究。熱帶亞熱帶植物學報 17(4): 334-342。
- 高瑞卿、伍淑惠、張元聰 (2010) 臺灣海濱植物圖鑑。晨星出版社。
- 張長義 (1998) 金門、馬祖列島環境敏感地區之調查研究與環境基本資料庫之建立。行政院環境保護署。
- 許再文、彭仁傑、曾彥學、黃朝慶 (2003) 臺灣地區歸化植物資源之調查研究(1/3)。特有生物保育中心。
- 連江縣文獻委員會 (1986) 福建省連江縣誌。連江縣文獻委員會。
- 連江縣政府 (2003a) 連江縣樹木花草管理自治條例。
- 連江縣政府 (2003b) 馬祖列島珍稀保育植物折頁。
- 郭城孟 (2000) 馬祖列島植物資源調查計畫。連江縣政府農業改良場。1~86 頁。
- 郭城孟 (2004) 馬祖植物誌。連江縣政府。834 頁。
- 陳培源 (1974) 馬祖群島地質，附帶討論福建沿海之火成活動及地殼運動。臺灣地質調查所彙刊 24:89-98。
- 黃瑜齡 (2002) 馬祖列島植物地理之研究。國立臺灣大學植物學研究所碩士論文。81 頁。
- 萬利琴、丁炳揚、郭水良 (2008) 舟山群島主要島嶼間種子植物區系的差異及其影響因素。34(6): 677-683。
- 葉慶龍、錢亦新、廖春芬、葉川榮、鍾明哲、洪信介 (2010) 小蘭嶼植物相調查。國家公園學報 20(2): 25-39。
- 農委會林務局 (2003) 自然資源與生態資料庫。
(http://econgis.forest.gov.tw/wr/wr12_matzu.htm)

- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。
- 歐辰雄、曾喜育 (2008) 馬祖地區植相與植群之研究。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。
- 蕭百齡、曾春興 (2002) 墾丁國家公園龍坑生態保護區植物相調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處自行研究報告第 35 號。
- Boufford, D. E., C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi, C. I. Peng, J. L. Tsai, K. C. Yang (2003) Flora of Taiwan Second Edition Volume Six. Department of Botany, Taipei, Taiwan, ROC.
- Huang Y. M., H. M. Chou, J. C. Wang and W. L. Chiou (2007) The Distribution and Habitats of the *Pteris fauriei* Complex in Taiwan. *Taiwania* 52(1): 49-58.
- Huang, T. C. (1998) The floristic relationship among the island of Taiwan, Taipingtao and Tungshatao. *Taiwania* 43(3): 165-176.
- Jung, M. J., T. C. Hsu, S. W. Chung and Ching-I Peng (2009) Three Newly Naturalized Asteraceae Plants in Taiwan. *Taiwania* 54(1): 76-81.
- Kallimanis, A. S., E. Bergmeier, M. Panitsa, K. Georgiou, P. Delipetrou, P. Dimopoulos (2010) Biogeographical determinants for total and endemic species richness in a continental archipelago. *Biodiversity Conservation* 19: 1225-1235.
- Khedr, A-H. and J. Lovett-Doust (2000) Determinants of floristic diversity and vegetation composition on the islands of Lake Burullus, Egypt. *Appl Veg Sci* 3: 147-156.
- Magdy, I. E-B. (2009) Factors affecting the floristic diversity and nestedness in the islets of Lake Bardawil, North Sinai, Egypt: implications for conservation. *Journal of Coastal Conservation* 13: 25-37
- McMaster, R. T. (2005) Factors influencing vascular plant diversity on 22 islands off the coast of eastern North America. *Journal of Biogeography* 32(3): 475-492.
- Moody, A. (2000) Analysis of plant species diversity in response to island characteristics on the Channel Islands, California. *Journal of Biogeography* 27(3): 711-724.
- Panitsa, M., Tzanoudakis D., Triantis K. A. and S. Sfenthourakis (2006) Patterns of species richness on very small islands: the plants of the Aegean archipelago. *Journal of Biogeography* 33: 1223-1234
- Roos, C. M., Keßler P. J. A., Gradstein S. R. and P. Baas (2004) Species diversity and endemism of five major Malesian Islands: diversity-area relationships. *Journal of Biogeography* 31: 1893-1908
- Wolda, H. (1981) Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* 50: 296-302.

附錄一 馬祖燕鷗保護區維管束植物名錄

蕨類植物

DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科

Cyrtomium falcatum (L. f.) C. Presl 全緣貫眾蕨

PTERIDACEAE 鳳尾蕨科

Pteris fauriei Hieron. 傅氏鳳尾蕨

SCHIZAEACEAE 海金沙科

Lygodium japonicum (Thunb.) Sw. 海金沙

被子植物

雙子葉植物

ACANTHACEAE 爵床科

Justicia procumbens L. 爵床

AIZOACEAE 番杏科

Sesuvium portulacastrum (L.) L. 海馬齒

Tetragonia tetragonoides (Pall.) Kuntze 番杏

AMARANTHACEAE 莧科

Achyranthes aspera L. var. *indica* L. 印度牛膝

APOCYNACEAE 夾竹桃科

Trachelospermum jasminoides (Lindl.) Lemaire 絡石

ASCLEPIADACEAE 蘿藦科

Gymnema sylvestre (Retz.) Schultes 武靴藤

CAPRIFOLIACEAE 忍冬科

Lonicera japonica Thunb. 忍冬

CARYOPHYLLACEAE 石竹科

Dianthus superbus L. var. *longicalycinus* (Maxim.) Will. 長萼瞿麥

Sagina japonica (Sw. ex Steud) Ohwi 瓜槌草

Silene aprica Turcz. ex Fisch. & Mey. 女婁菜

Stellaria media (L.) Vill. 繁縷

CELASTRACEAE 衛矛科

Celastrus hindsii Benth. 南華南蛇藤

Euonymus japonicus Thunb. 日本衛矛

Maytenus diversifolia (Maxim.) Ding Hou 刺裸實

CHENOPODIACEAE 藜科

Chenopodium acuminatum Willd. subsp. *virgatum* (Thunb.) Kitam. 變葉藜

COMPOSITAE=ASTERACEAE 菊科

Artemisia capillaris Thunb. 茵陳蒿

Aster hispidus Thunb. 狗娃花

Cirsium japonicum DC. var. *australe* Kitam. 南國小薊

Conyza bonariensis (L.) Cronq. 美洲假蓬

Cotula australis (Sieber) Hook. f. 南方山茼蒿

Crepidiastrum lanceolatum (Houtt.) Nakai 細葉假黃鵪菜

Crossostemphium chinense (L.) Makino 蕪艾

Emilia sonchifolia (L.) DC. var. *javanica* (Burm. f.) Mattfeld 紫背草

Farfugium japonicum (L.) Kitam. var. *formosanum* (Hayata) Kitam. 臺灣山菊

Sonchus oleraceus L. 苦蕒菜

Dendranthema indicum (L.) Des Moul. 油菊

CONVOLVULACEAE 旋花科

Dichondra micrantha Urban 馬蹄金

CRASSULACEAE 景天科

Sedum formosanum N. E. Brown 石板菜

CRUCIFERAE=BRASSICACEAE 十字花科

Coronopus didymus (L.) Smith 臭濱芥

ELAEAGNACEAE 胡頹子科

Elaeagnus glabra Thunb. 藤胡頹子

EUPHORBIACEAE 大戟科

Breynia officinalis Hemsley 山漆莖

Glochidion rubrum Bl. 細葉饅頭果

FLACOURTIACEAE 大風子科

Scolopia oldhamii Hance 魯花樹

LABIATAE=LAMIACEAE 唇形科

Leucas chinensis (Retz.) R. Brown 白花草

LEGUMINOSAE=FABACEAE 豆科

Canavalia lineata (Thunb. ex Murray) DC. 肥豬豆

Rhynchosia volubilis Lour. 鹿藿

Callerya reticulata (Benth.) Schot 老荊藤

MALVACEAE 錦葵科

Sida rhombifolia L. subsp. *insularis* (Hatusima) Hatusima 恆春金午時花

MENISPERMACEAE 防己科

Cocculus orbiculatus (L.) DC. 木防己

Stephania japonica (Thunb. ex Murray) Miers 千金藤

MORACEAE 桑科

Ficus erecta Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King 牛奶榕

Ficus pumila L. 薜荔

Maclura cochinchinensis (Lour.) Corner 臺灣柘樹

MYRSINACEAE 紫金牛科

Ardisia sieboldii Miq. 樹杞

NYCTAGINACEAE 紫茉莉科

Boerhavia diffusa L. 黃細心

OXALIDACEAE 酢醬草科

Oxalis corniculata L. 酢醬草

PIPERACEAE 胡椒科

Piper kadsura (Choisy) Ohwi 風藤

PITTOSPORACEAE 海桐科

Pittosporum tobira Ait. 海桐

PLUMBAGINACEAE 藍雪科

Limonium sinense (Girard) Kuntze 石薺蓉

POLYGONACEAE 蓼科

Polygonum chinense L. 火炭母草

Polygonum multiflorum Thunb. ex Murray var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai 臺灣何首烏

Rumex crispus L. var. *japonicus* (Houtt.) Makino 羊蹄

PORTULACACEAE 馬齒莧科

Portulaca pilosa L. 毛馬齒莧

PRIMULACEAE 報春花科

Anagalis arvensis L. 琉璃繁縷

Lysimachia mauritiana Lam. 茅毛珍珠菜

RHAMNACEAE 鼠李科

Berchemia lineata (L.) DC. 小葉黃鱗藤

Rhamnus brachypoda C. Y. Wu 山綠柴

Sageretia thea (Osbeck) Johnst. 雀梅藤

ROSACEAE 薔薇科

Prunus japonica Thunb. 郁李

Rhaphiolepis indica (L.) Lindl. ex Ker var. *umbellata* (Thunb. ex Murray) H. Ohashi

厚葉石斑木

Rosa bracteata Wendl. var. *bracteata*. 琉球野薔薇

Rosa cymosa Tratt. 小果薔薇

Rubus parvifolius L. 紅梅消

RUBIACEAE 茜草科

Galium gracilens (A. Gray) Makino 琉球豬殃殃

Hedyotis strigulosa Bartl. ex DC. var. *parvifolia* (Hook. & Arn.) Yamazaki 脈耳草

Paederia foetida L. 雞屎藤

RUTACEAE 芸香科

Zanthoxylum nitidum (Roxb.) DC. 雙面刺

SOLANACEAE 茄科

Physalis angulata L. 苦蕒

Solanum nigrum L. 龍葵

THEACEAE 茶科

Eurya emarginata (Thunb.) Makino 濱柃木

TILIACEAE 田麻科

Grewia rhombifolia Kanehira & Sasaki 菱葉捕魚木

ULMACEAE 榆科

Celtis biondii Pamp. 沙楠子樹

Celtis sinensis Pers. 朴樹

UMBELLIFERAE=APIACEAE 繖形科

Peucedanum japonicum Thunb. 日本前胡

URTICACEAE 蕁麻科

Boehmeria nivea (L.) Gaudich var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq 青苧麻

VITACEAE 葡萄科

Ampelopsis brevipedunculata (Maxim.) Traut. var. *hancei* (Planch.) Rehder 漢氏山葡萄

Vitis thunbergii Sieb. & Zucc. 細本葡萄

單子葉植物

AMARYLLIDACEAE 石蒜科

Lycoris radiata Herb. 紅花石蒜

ARACEAE 天南星科

Arisaema heterophyllum Blume 異葉天南星

Pinellia ternata (Thunb.) Breit. 半夏

COMMELINACEAE 鴨跖草科

Commelina communis L. 鴨跖草

CYPERACEAE 莎草科

Carex wahuensis C. A. Mey. 布氏宿柱薹

Cyperus rotundus L. 香附子

Fimbristylis ovata (Burm. f.) J. Kern 卵形飄拂草

Mariscus cyperinus Vahl 莎草磚子苗

Pycreus polystachyos (Rottb.) P. Beauv. 多枝扁莎

DIOSCOREACEAE 薯蕷科

Dioscorea futschauensis Uline ex R. Kunth. 福州薯蕷

GRAMINEAE=POACEAE 禾本科

Calamagrostis epigeios (L.) Roth 拂子茅

Dactyloctenium aegyptium (L.) P. Beauv. 龍爪茅

Digitaria setigera Roth 短穎馬唐

Ischaemum crassipes (Steud.) Thell. 鴨嘴草

Miscanthus floridulus (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. 五節芒

Paspalum scrobiculatum L. 鴨姆草

Polypogon fugax Nees ex Steud. 棒頭草

Setaria glauca (L.) P. Beauv. 金色狗尾草

Setaria pallide-fusca (Schumach.) Stapf & C. E. Hubb. 褐毛狗尾草

Zoysia tenuifolia Willd. ex Trin. 高麗芝

LILIACEAE 百合科

Allium grayi Regal 山蒜

Asparagus cochinchinensis (Lour.) Merr. 天門冬

Dianella ensifolia (L.) DC. 桔梗蘭

Liriope minor (Maxim.) Makino var. *angustissima* (Ohwi) Ying 細葉麥門冬

Barnardia japonica (Thunb.) Schult. & Schult. f. 綿棗兒

SMILACACEAE 菝葜科

Smilax china L. 菝葜

ZINGIBERACEAE 薑科

Alpinia zerumbet (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Smith 月桃

附錄二 馬祖燕鷗保護區植物社會各樣區環境資料

樣區編號	坡度(°)	坡向(°)	海拔(m)	土壤pH值	土壤含水率(%)	土壤有機質(%)	土壤含氮量(mg)	經度	緯度	島嶼
M1	29.0	187	19	6.12	2.27	21.56	2.16	26°5'6.9"	119°57'42.6"	劉泉礁
M2	30.0	186	27	5.99	3.74	50.10	2.51	26°5'6.9"	119°57'43"	劉泉礁
M3	25.0	187	29	4.74	9.03	80.74	2.69	26°5'7.2"	119°57'43.22"	劉泉礁
M4	10.0	332	62	4.43	4.46	56.07	1.40	26°5'8.45"	119°57'43.74"	劉泉礁
M5	36.0	307	62	3.47	7.93	111.73	2.23	26°5'8.7"	119°57'43.6"	劉泉礁
M6	10.0	161	63	4.94	3.50	41.73	0.70	26°5'8.69"	119°57'44.04"	劉泉礁
M7	9.0	66	60.5	4.80	4.65	83.10	1.19	26°5'8.81"	119°57'44.07"	劉泉礁
M8	59.0	30	59	5.77	2.04	9.97	0.12	26°5'8.7"	119°57'44.5"	劉泉礁
M9	23.0	261	32	5.06	2.52	22.66	0.25	26°15'29.6"	119°59'30.5"	中島
M10	26.0	213	30	4.86	4.13	28.32	0.28	26°15'29.5"	119°59'30.7"	中島
M11	29.0	219	27	4.16	1.94	11.37	0.10	26°15'29.5"	119°59'30.9"	中島
M12	23.0	242	30	5.29	2.64	21.77	0.18	26°15'29.5"	119°59'31"	中島
M13	25.0	240	31	5.32	2.08	17.15	0.13	26°15'29.2"	119°59'31.4"	中島
M14	8.0	319	28	5.30	2.09	18.26	0.13	26°15'29.76"	119°59'31.35"	中島
M15	27.0	69	29	4.40	3.20	11.60	0.08	26°15'29.48"	119°59'31.49"	中島
M16	20.0	247	33	5.28	3.38	38.98	0.24	26°15'29.3"	119°59'31.79"	中島
M17	5.0	198	37	4.04	2.13	18.32	0.11	26°15'29.23"	119°59'32.01"	中島
M18	14.0	43	36	3.97	3.26	37.86	0.21	26°15'29.23"	119°59'32.2"	中島
M19	31.0	195	31	4.34	3.66	37.62	0.20	26°15'29.02"	119°59'32.09"	中島
M20	22.0	203	24	4.53	2.23	20.93	0.10	26°15'28.86"	119°59'31.79"	中島
M21	28.0	181	22	4.41	3.78	48.87	0.23	26°15'28.59"	119°59'31.79"	中島
M22	31.0	205	22	4.32	3.46	32.19	0.15	26°15'28.7"	119°59'31.5"	中島
M23	39.0	212	18	4.49	3.44	31.40	0.14	26°15'28.5"	119°59'31.4"	中島
M24	32.0	46	28	5.48	1.32	4.56	0.02	26°15'29.8"	119°59'31.52"	中島
M25	8.0	69	20	5.24	1.44	7.28	0.03	26°15'29.87"	119°59'32.01"	中島
M26	31.0	19	19	6.00	3.17	26.62	0.10	26°15'29.55"	119°59'32.04"	中島
M27	29.5	60	33	5.13	2.92	24.21	0.09	26°15'29.5"	119°59'31.4"	中島
M28	7.0	234	28	*	*	*	*	26°16'51.5"	119°59'56.6"	白廟
M29	7.0	231	27	*	*	*	*	26°16'51.3"	119°59'56.9"	白廟
M30	9.0	245	29	*	*	*	*	26°16'51.5"	119°59'56.5"	白廟
M31	1.5	233	28	*	*	*	*	26°16'51.3"	119°59'56.4"	白廟
M32	18.5	56	29	*	*	*	*	26°16'51.8"	119°9'57"	白廟
M33	6.5	343	27	*	*	*	*	26°16'52"	119°19'56.9"	白廟
M34	40.5	302	8	*	*	*	*	26°16'52.06"	119°59'56.98"	白廟
M35	9.0	289	15	*	*	*	*	26°16'51.67"	119°59'56.26"	白廟
M36	6.0	8	14	*	*	*	*	26°16'52.09"	119°59'56.18"	白廟
M37	19.0	243	23	*	*	*	*	26°16'51.2"	119°59'56.1"	白廟
M38	6.5	247	13	*	*	*	*	26°16'51.59"	119°59'55.72"	白廟
M39	3.5	246	19	6.56	5.35	64.41	0.17	26°16'51.3"	119°59'56"	白廟
M40	3.5	190	16	5.89	4.07	24.29	0.06	26°16'51.61"	119°59'56.1"	白廟
M41	18.5	82	16	5.20	4.91	104.15	0.25	26°16'23.72"	119°58'36.42"	鐵尖島
M42	8.0	33	22	4.91	2.71	29.15	0.07	26°16'23.5"	119°58'36.4"	鐵尖島
M43	39.0	88	11	*	*	*	*	26°16'23.73"	119°58'36.64"	鐵尖島
M44	10.0	54	22	5.12	2.79	32.48	0.07	26°16'23.4"	119°58'36.6"	鐵尖島
M45	19.0	104	12	5.20	2.95	41.99	0.09	26°16'23.21"	119°58'36.75"	鐵尖島
M46	12.0	60	24	4.66	3.14	40.42	0.09	26°16'23.2"	119°58'36.4"	鐵尖島
M47	23.0	98	18	5.63	4.58	77.52	0.16	26°16'23.14"	119°58'36.59"	鐵尖島
M48	0.5	77	23	5.18	2.48	25.78	0.05	26°16'23"	119°58'36.6"	鐵尖島

樣區 編號	坡度 (°)	坡向 (°)	海拔 (m)	土壤 pH 值	土壤含 水率(%)	土壤有機 質(%)	土壤含氮 量(mg)	經度	緯度	島嶼
M49	20.0	104	14	4.91	2.54	22.84	0.05	26°16'22.72"	119°58'36.61"	鐵尖島
M50	14.5	72	24	5.36	2.76	31.12	0.06	26°16'22.8"	119°58'36.6"	鐵尖島
M51	17.5	108	17	5.58	2.81	25.87	0.05	26°16'22.61"	119°58'36.9"	鐵尖島
M52	8.5	47	27	4.81	3.45	48.64	0.09	26°16'22.5"	119°58'36.7"	鐵尖島
M53	24.0	96	19	4.85	3.44	39.39	0.07	26°16'22.62"	119°58'36.67"	鐵尖島
M54	1.0	70	29	4.45	2.87	26.30	0.05	26°16'22"	119°58'36.9"	鐵尖島
M55	22.5	102	17	4.70	3.88	49.00	0.09	26°16'22.21"	119°58'36.81"	鐵尖島
M56	9.5	81	29	3.98	4.00	57.25	0.10	26°16'21.6"	119°58'36.8"	鐵尖島
M57	30.0	106	19	4.55	2.89	61.34	0.11	26°16'22.3"	119°58'36.89"	鐵尖島
M58	1.5	114	27	4.48	4.06	56.05	0.10	26°16'21.5"	119°58'36.7"	鐵尖島
M59	11.0	105	19	4.55	3.55	51.45	0.09	26°16'21.73"	119°58'37.05"	鐵尖島
M60	19.0	245	26	4.98	2.66	37.85	0.06	26°16'21.4"	119°58'36.4"	鐵尖島
M61	41.0	108	15	6.07	4.06	92.31	0.15	26°16'21.66"	119°58'37.71"	鐵尖島
M62	6.0	212	26	5.33	2.97	41.96	0.08	26°16'21.4"	119°58'36.5"	鐵尖島
M63	39.0	156	15	5.62	3.93	58.24	1.71	26°16'21.04"	119°58'37"	鐵尖島
M64	25.0	285	24	6.18	2.85	33.63	2.75	26°16'21.8"	119°58'36.6"	鐵尖島
M65	38.5	85	18	4.24	4.24	94.63	1.73	26°16'21.42"	119°58'37"	鐵尖島
M66	20.0	73	24	4.09	3.68	58.89	2.75	26°16'22.2"	119°58'36.6"	鐵尖島
M67	39.5	171	16	4.56	1.91	19.33	2.25	26°16'21.33"	119°58'36.26"	鐵尖島
M68	10.0	212	24	4.96	2.10	14.64	0.84	26°16'22.4"	119°58'36.2"	鐵尖島
M69	18.0	161	17	5.52	2.91	33.93	0.66	26°16'20.85"	119°58'36.28"	鐵尖島
M70	19.0	227	22	5.68	1.91	20.28	2.11	26°16'22.5"	119°58'36.1"	鐵尖島
M71	31.0	231	15	5.63	58.35	422.01	0.93	26°16'21.43"	119°58'36.09"	鐵尖島
M72	27.0	240	22	5.58	3.52	49.72	20.43	26°16'22.2"	119°58'36.3"	鐵尖島
M73	43.0	321	22	5.62	2.60	24.96	2.51	26°16'21.64"	119°58'36.23"	鐵尖島
M74	28.0	211	26	6.13	1.74	16.03	1.07	26°16'22"	119°58'36.4"	鐵尖島
M75	16.0	17.5	25	5.65	3.27	39.82	0.72	26°16'23.4"	119°58'36.3"	鐵尖島
M76	32.0	336	10	5.64	6.25	151.61	2.55	26°11'43.3"	119°56'52.4"	進嶼
M77	33.0	339	11	5.36	2.94	29.67	5.80	26°11'43"	119°56'51.6"	進嶼
M78	33.5	299	13	5.06	2.61	31.13	1.27	26°11'41.8"	119°56'50.8"	進嶼
M79	34.0	293	28	5.76	2.16	15.68	1.35	26°11'41.7"	119°56'51.1"	進嶼
M80	34.0	293	28	5.64	2.06	16.81	0.55	26°11'41.9"	119°56'51.2"	進嶼
M81	8.0	147	42	5.80	2.83	19.54	0.70	26°11'41.5"	119°56'52.1"	進嶼
M82	8.0	210	29	5.23	2.63	16.86	0.69	26°11'40.6"	119°56'52.7"	進嶼
M83	29.0	182	24	3.97	2.57	19.41	1.45	26°11'40.4"	119°56'52.5"	進嶼
M84	37.0	227	21	5.58	2.37	23.88	0.89	26°11'40.1"	119°56'50.9"	進嶼
M85	23.5	97	16	5.87	2.60	26.83	1.02	26°11'41"	119°56'53.7"	進嶼
M86	34.0	110	19	5.63	2.29	18.87	0.74	26°11'41.3"	119°56'54.7"	進嶼
M87	30.0	351	18	4.70	3.49	58.24	2.56	26°11'43.4"	119°56'55.4"	進嶼
M88	38.5	344	10	5.00	3.42	40.76	1.97	26°11'43.8"	119°56'53.9"	進嶼
M89	8.0	283	24	5.40	2.85	58.04	1.50	25°58'29.8"	119°55'10.1"	蛇山
M90	40.0	288	24	5.50	3.52	50.21	2.39	25°58'29.9"	119°55'10.1"	蛇山
M91	34.0	299	24	6.22	3.26	70.46	2.09	25°58'29.9"	119°55'10.3"	蛇山
M92	18.5	357	23	5.79	2.64	23.13	1.04	25°58'30.4"	119°55'10.3"	蛇山
M93	6.5	334	23	5.64	1.88	8.71	0.46	25°58'30.2"	119°55'10.2"	蛇山
M94	4.0	11	29	5.16	3.53	38.71	1.86	25°58'29.7"	119°55'10.3"	蛇山
M95	20.0	358	29	5.39	4.71	72.62	4.41	25°58'29.8"	119°55'10.3"	蛇山
M96	1.0	356	28	*	*	*	*	25°58'30"	119°55'10.4"	蛇山
M97	18.0	346	28	5.70	2.96	24.88	0.85	25°58'30"	119°55'10.6"	蛇山
M98	11.0	49	27	5.27	2.96	571.32	24.86	25°58'30.2"	119°55'10.8"	蛇山

樣區 編號	坡度 (°)	坡向 (°)	海拔 (m)	土壤 pH 值	土壤含 水率(%)	土壤有機 質(%)	土壤含氮 量(mg)	經度	緯度	島嶼
M99	38.0	138	25	6.15	1.15	8.12	0.89	25°58'30.3"	119°55'11.1"	蛇山
M100	49.0	323	24	5.96	2.46	29.26	0.94	25°58'31.6"	119°55'12.1"	蛇山
M101	42.0	143	25	5.94	1.53	9.42	0.39	25°58'31.2"	119°55'11.8"	蛇山
M102	21.0	29	21	6.46	2.59	24.17	1.13	25°58'30.4"	119°55'10.4"	蛇山
M103	28.0	327	17	4.85	5.99	134.38	8.15	26°14'6"	120°3'39.6"	三連嶼
M104	16.0	314	20	4.61	2.90	76.16	1.77	26°14'15.3"	120°3'39.2"	三連嶼
M105	8.0	34	24	5.52	2.97	26.91	1.36	26°14'15.5"	120°3'39.9"	三連嶼
M106	10.5	49.5	23	4.34	6.44	176.85	3.02	26°14'15.6"	120°3'40.3"	三連嶼
M107	13.0	31	29	3.96	5.37	121.02	5.77	26°14'15.3"	120°3'39.8"	三連嶼
M108	10.0	33	32	3.94	3.92	83.07	2.55	26°14'15.2"	120°3'39.6"	三連嶼
M109	13.0	29	36	3.87	4.40	101.73	3.84	26°14'15"	120°3'39.4"	三連嶼
M110	7.0	321.5	38	3.54	4.63	97.91	4.01	26°14'14.7"	120°3'39.3"	三連嶼
M111	37.5	72	34	4.08	4.41	92.60	3.62	26°14'14.9"	120°3'39.9"	三連嶼
M112	14.0	243	36	4.94	2.82	63.28	1.04	26°14'14.4"	120°3'38.9"	三連嶼
M113	49.0	113	34	6.30	1.54	17.07	0.72	26°14'14.2"	120°3'38.8"	三連嶼
M114	37.5	261	35	5.89	2.55	62.75	1.80	26°14'14"	120°3'38.6"	三連嶼
M115	40.0	293	36	4.64	1.54	43.17	0.62	26°14'14.6"	120°3'38.8"	三連嶼
M116	45.0	296	35	5.34	2.79	17.15	0.81	26°14'14.4"	120°3'38.6"	三連嶼
M117	17.0	325	30	5.29	2.79	31.33	1.35	26°14'14.8"	120°3'38.5"	三連嶼
M118	38.0	327	36	3.73	3.69	49.96	2.42	26°14'15.2"	120°3'39.3"	三連嶼
M119	9.0	164	23	3.73	3.41	91.12	4.54	26°21'19.5"	120°29'8.8"	雙子礁
M120	16.0	174	28	4.59	3.41	66.59	2.40	26°21'19.8"	120°29'8.5"	雙子礁
M121	14.0	237	30	4.65	8.83	231.34	14.81	26°21'19.7"	120°29'8.5"	雙子礁
M122	32.0	320	33	4.67	6.57	233.54	12.22	26°21'19.8"	120°29'8.4"	雙子礁
M123	8.0	10	31	3.51	8.21	101.17	8.26	26°21'19.6"	120°29'8.7"	雙子礁
M124	14.0	133	29	5.02	2.96	31.20	1.43	26°21'19.4"	120°29'8.6"	雙子礁
M125	39.0	249	24	4.86	2.96	51.21	5.47	26°21'19.6"	120°29'8"	雙子礁
M126	0.0	86	25	6.23	2.76	8.44	0.54	26°21'20.1"	120°29'8.2"	雙子礁
M127	6.0	180	26	4.35	2.93	33.41	1.74	26°21'20.1"	120°29'7.7"	雙子礁
M128	12.0	13	23	4.89	1.49	26.51	0.47	26°21'20.3"	120°29'7.8"	雙子礁
M129	0.0	15	20	4.06	5.16	29.74	7.95	26°21'20.6"	120°29'7.8"	雙子礁
M130	29.0	335	16	*	*	*	*	26°21'20.9"	120°29'7.6"	雙子礁

*土壤極度稀少而難以採土樣。

附錄四 馬祖燕鷗保護區 130 個樣區之物種多樣性分析結果

植群型	樣區	物種數	種豐富度	夏儂指數	均勻度
1	M78	23	2.30	1.308	0.960
1	M79	20	2.00	1.227	0.943
1	M80	30	3.00	1.426	0.965
1	M81	13	1.30	1.070	0.960
1	M82	10	1.00	0.929	0.929
		40	1.92	1.484	0.926
2	M76	26	2.60	1.369	0.968
2	M77	36	3.60	1.498	0.962
2	M83	25	2.50	1.357	0.971
2	M84	20	2.00	1.253	0.963
2	M85	26	2.60	1.342	0.949
2	M86	20	2.00	1.245	0.957
2	M87	21	2.10	1.261	0.954
2	M88	14	1.40	1.077	0.940
		58	2.35	1.586	0.899
3	M46	11	2.75	0.994	0.955
3	M48	11	2.75	0.995	0.956
3	M49	12	3.00	1.013	0.938
3	M50	13	3.25	1.049	0.942
3	M54	13	3.25	1.083	0.972
3	M56	15	3.75	1.108	0.942
3	M68	10	2.50	0.960	0.960
		23	3.04	1.221	0.897
4	M47	11	2.75	0.995	0.956
4	M51	6	1.50	0.721	0.927
4	M52	8	2.00	0.867	0.960
4	M53	15	3.75	1.119	0.952
4	M55	10	2.50	0.961	0.961
4	M57	11	2.75	0.982	0.943
4	M58	10	2.50	0.960	0.960
4	M59	7	1.75	0.797	0.943
4	M60	9	2.25	0.913	0.957
4	M62	7	1.75	0.823	0.974
4	M63	7	1.75	0.836	0.989
4	M64	15	3.75	1.115	0.948
4	M65	10	2.50	0.960	0.960
4	M66	10	2.50	0.921	0.921
		30	2.43	1.302	0.882
5	M1	3	0.75	0.461	0.966
5	M2	5	1.25	0.638	0.912
5	M3	3	0.75	0.458	0.960
5	M41	8	2.00	0.864	0.957
5	M42	10	2.50	0.958	0.958
5	M43	8	2.00	0.863	0.956
5	M44	10	2.50	0.958	0.958
5	M45	8	2.00	0.853	0.944
5	M61	15	3.75	1.106	0.940
5	M67	11	2.75	0.982	0.943
5	M69	8	2.00	0.840	0.930
5	M70	7	1.75	0.776	0.918
5	M72	5	1.25	0.654	0.936
5	M73	9	2.25	0.891	0.933
5	M74	5	1.25	0.659	0.943
5	M75	8	2.00	0.857	0.948
5	M123	6	1.50	0.753	0.967
		31	1.90	1.151	0.772

附錄四

植群型	樣區	物種數	種豐富度	夏儂指數	均勻度
6	M8	10	2.50	0.939	0.939
6	M9	6	1.50	0.694	0.892
6	M10	5	1.25	0.657	0.940
6	M11	9	2.25	0.918	0.962
6	M12	10	2.50	0.987	0.987
6	M13	6	1.50	0.743	0.955
6	M14	6	1.50	0.721	0.927
6	M15	7	1.75	0.790	0.935
6	M16	3	0.75	0.473	0.992
6	M17	2	0.50	0.301	1.000
6	M18	4	1.00	0.587	0.975
6	M19	4	1.00	0.577	0.959
6	M20	5	1.25	0.662	0.947
6	M21	11	2.75	0.990	0.951
6	M22	10	2.50	0.939	0.939
6	M23	7	1.75	0.835	0.988
6	M24	7	1.75	0.774	0.916
6	M25	6	1.50	0.767	0.985
6	M26	4	1.00	0.598	0.993
6	M27	6	1.50	0.738	0.949
		22	1.60	1.066	0.794
7	M97	6	1.50	0.700	0.899
7	M101	7	1.75	0.790	0.935
7	M107	8	2.00	0.835	0.925
7	M108	7	1.75	0.811	0.960
7	M109	6	1.50	0.743	0.955
7	M110	3	0.75	0.377	0.790
7	M111	4	1.00	0.587	0.975
7	M115	3	0.75	0.377	0.790
7	M118	6	1.50	0.678	0.871
		14	1.39	1.009	0.881
8	M103	7	1.75	0.828	0.980
8	M104	10	2.50	0.944	0.944
8	M105	9	2.25	0.901	0.944
8	M106	9	2.25	0.894	0.937
8	M112	5	1.25	0.633	0.906
8	M113	4	1.00	0.518	0.861
8	M114	5	1.25	0.633	0.906
8	M116	7	1.75	0.795	0.941
8	M117	7	1.75	0.806	0.954
8	M130	3	0.75	0.415	0.870
		14	1.65	0.974	0.850
9	M89	14	3.50	1.074	0.937
9	M90	4	1.00	0.587	0.975
9	M91	8	2.00	0.877	0.971
9	M92	8	2.00	0.843	0.933
9	M93	9	2.25	0.922	0.966
9	M94	13	3.25	1.041	0.935
9	M95	13	3.25	1.068	0.959
9	M96	8	2.00	0.864	0.956
9	M98	10	2.50	0.928	0.928
9	M99	6	1.50	0.713	0.916
9	M100	6	1.50	0.738	0.949
9	M102	6	1.50	0.735	0.944
		27	2.19	1.194	0.834

附錄四

植群型	樣區	物種數	種豐富度	夏儂指數	均勻度
10	M4	7	1.75	0.814	0.963
10	M5	10	2.50	0.948	0.948
10	M6	5	1.25	0.628	0.898
10	M7	4	1.00	0.559	0.928
10	M28	8	2.00	0.857	0.949
10	M29	9	2.25	0.899	0.942
10	M30	9	2.25	0.896	0.938
10	M31	10	2.50	0.939	0.939
10	M32	6	1.50	0.678	0.871
10	M33	8	2.00	0.843	0.933
10	M34	3	0.75	0.473	0.992
10	M35	9	2.25	0.875	0.917
10	M36	8	2.00	0.851	0.943
10	M37	8	2.00	0.867	0.960
10	M38	7	1.75	0.810	0.958
10	M39	10	2.50	0.958	0.958
10	M40	7	1.75	0.791	0.937
10	M71	8	2.00	0.868	0.961
		22	1.89	1.167	0.869
11	M119	7	1.75	0.823	0.974
11	M120	6	1.50	0.726	0.933
11	M121	5	1.25	0.638	0.912
11	M122	9	2.25	0.913	0.957
11	M124	7	1.75	0.776	0.918
11	M125	13	3.25	1.052	0.944
11	M126	8	2.00	0.893	0.989
11	M127	5	1.25	0.616	0.881
11	M128	9	2.25	0.892	0.935
11	M129	9	2.25	0.906	0.950
		18	1.95	1.111	0.885

附錄三、馬祖列島燕鷗保護區130個樣區雙向指標種分析結果

1

[illegible]

附錄三、馬祖列島燕鷗保護區130個樣區雙向指標種分析結果

1

[illegible]