

代表性生態系經營管理－霧林帶 指標物種棲地問題計畫第一期

受委託者：國立東華大學

計畫主持人：許育誠

共同主持人：李壽先

研究助理：徐中琪

太魯閣國家公園管理處

中華民國 98 年 12 月

目次

表次	III
圖次	V
中文摘要	VII
英文摘要	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 蒐集之資料、文獻分析	1
第二章 研究方法及過程	7
第一節 鳥類繫放與形值測量	7
第二節 不同海拔地區鳥類鳴唱聲的錄製與分析	8
第三節 分子性別鑑定與遺傳多樣性檢測	10
第四節 霧林帶非生物環境因子	12
第五節 稀有及瀕危植物	14
第三章 研究成果	17
第一節 鳥類繫放成果與形值的地理變異	17
第二節 鳥類鳴唱聲的地理變異	25
第三節 分子性別鑑定與遺傳多樣性資料建立	28
第四節 非生物環境因子監測結果	31
第五節 稀有及瀕危植物	32
第四章 結論與建議	35
第一節 討論與結論	35
第二節 建議	36
致謝	39

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

附錄一	本年度所繫放的鳥類名錄	41
附錄二	太魯閣國家公園 98 年度委託辦理「代表性生態系經營管理計畫」期中報告會議紀錄	45
附錄三	太魯閣國家公園 98 年度委託辦理「代表性生態系經營管理計畫」期末報告會議紀錄	49
參考書目		53

表 次

表 1. 粉紅鸚嘴與山紅頭的各項外型測量值	18
表 2. 不同海拔地區山紅頭的各項形值	20
表 3. 不同海拔地區粉紅鸚嘴的各項形值	22
表 4. 山紅頭鳴唱聲的各項參數	26
表 5. 山紅頭與粉紅鸚嘴微衛星基因座多型性測試結果	30
表 6. 合歡山區大氣沉降中的主要離子濃度	32
表 7. 太魯閣國家公園境內稀有維管束植物組成 . . .	33
表 8. 太魯閣國家公園境內稀有及瀕危植物調查紀錄 .	34

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

圖 次

圖 1. 太魯閣國家公園內各繫放點的位置圖	8
圖 2. 山紅頭鳴唱聲的頻譜圖與各項測量參數	10
圖 3. 大氣沉降收集裝置	14
圖 4. 不同海拔地點山紅頭雄鳥中趾長與最大翼長	21
圖 5. 粉紅鸚嘴雌、雄鳥在不同海拔地點的形值差異	23
圖 6. 不同地點山紅頭鳴唱聲的變異	27
圖 7. 鳥類分子性別鑑定結果的電泳圖	28
圖 8. 以 STRUCTURE 進行粉紅鸚嘴分群測試的結果	29
圖 9. 太魯閣國家公園慈恩地區 2009 年日累積雨量	31

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

摘要

關鍵詞：山紅頭、粉紅鸚嘴、繫放、型態、聲音

一、研究緣起與目的

台灣地處熱帶亞熱帶交會處，本島多山地，山區充沛的水氣常形成山區的霧林帶。山地霧林帶的最大特徵，包括大量的雲霧沈降輸入，以及較低的蒸發散量，造成不同於其他地區的特殊物理環境。本研究主在探討分佈範圍包括霧林帶和非霧林帶鳥類的可能適應現象。藉由鳥類繫放收集型態和遺傳樣本，同時也收集各地點鳥類的鳴唱聲，探討在不同海拔地區生活的個體，是否在聲音、型態和遺傳上有所分化。

二、重要發現

本研究發現山紅頭（*Stachyris ruficeps*）和粉紅鸚嘴（*Paradoxornis webbianus*）都是在灌叢中活動的鳥類，二者雖然在近海平面至2660的山區都有採獲記錄，但山紅頭偏好森林邊緣的灌叢，在大多數採集點都有捕獲，而粉紅鸚嘴則主要在較大面積的草叢，其分佈較不連續，在太魯閣山區的採集點中只有在蓮花池和合歡農場有捕獲。型態測量分析結果顯示二種鳥在外型上都有雌雄分化的現象，雄鳥體型顯著大於雌鳥。不同海拔地點所採得的個體在型態的不同形值中都有差異，唯差異的項目在不同鳥種中各有不同，且沒有隨海拔梯度變化而增減的現象。山紅頭聲音結構的差異則反映在頻率相關的參數，高海拔地區鳴唱聲的各項頻率參數都低於中海拔和低海拔山紅頭的鳴唱聲。遺傳標

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

記的開發則成功地篩選出分別適用於山紅頭和粉紅鸚嘴的多型性微衛星基因座，初步分析顯示山紅頭樣本間沒有遺傳分化的現象，而粉紅鸚嘴則有較高的遺傳分化現象。

三、主要建議事項

根據本年度研究成果及研究過程中的發現和心得，提出以下事項，建議由太魯閣國家公園管理處主辦、國立東華大學協辦：(一)進行蓮花池地區生物相變遷的長期監測、(二)進行太魯閣國家公園園區內其他動物海拔適應的研究、(三)進行太魯閣國家公園園區內猛禽調查。

Abstract

Keywords: *Stachyris ruficeps*, *Paradoxornis webbianus*, bird banding, morphology, acoustics

The mountainous topology and large elevation gradient of the Taroko National Park provides various opportunities for birds to explore and adapt. In this study, we collected morphological, acoustic and genetic data from Red-headed Tree Babbler (*Stachyris ruficeps*) and Vinous-throated Parrotbill (*Paradoxornis webbianus*) with the aim to examine the differentiation of these characters along elevation gradient. By combining molecular sexing and morphological measurements, we found significant size dimorphism in both species, with male significant larger than female. Though widely distributed in elevation of the two species, significant differentiation of some morphological traits have been identified. But the pattern differs depending on the sex and species. The causes of these differences are still not clear. Acoustic characters also differed, with lower frequency for the Red-headed Tree Babbler in higher elevation. In addition, we developed sets of polymorphic microsatellites for the Red-headed Tree Babbler and Vinous-throated Parrotbill respectively. Preliminary tests revealed population differentiation of the Vinous-throated Parrotbill in two populations of different elevation, but not in the Red-headed Tree Babbler.

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

為因應全球暖化及環境變遷等趨勢，暨爭取太魯閣國家公園加入世界襲產，提升國家國際地位等目的，藉由長期生態研究及群體整合型研究，調查釐清衝擊對象與程度，並協助建立標準資料格式之資料庫平台，以連結國際保護區網路及強化國際研究伙伴關係，期共同保護台灣珍貴稀有物種襲產等，爰辦理「高海拔生態系及焦點物種保育監測建置」及「代表性生態系經營管理」等計畫。

鳥類因為具有飛行能力而被認為具有較佳的擴張能力，但對於分佈範圍廣且終年留居山區的鳥種而言，高海拔的低溫環境對於居住於此的族群，應是一和低海拔環境極為不同的選汰壓力。霧林帶特殊的生態環境也可能對鳥類的生存不同的選汰壓力。太魯閣國家公園轄區多位於花蓮縣秀林鄉境，由平地至最高的南湖大山有高達 3700 公尺的落差，區內中海拔地區的霧林帶更有特殊的氣候環境，正是研究生物生態適應（ecological adaptation）的極佳場所。本計畫旨在研究此區鳥類的遺傳多樣性和變異，藉由鳥類繫放和鳴唱聲的錄製，收集海拔分佈較廣鳥種的形值和聲音資料，並採集遺傳樣本，建立遺傳多樣性的基本資料，以探討在不同海拔地區生活的個體，是否在聲音、型態和遺傳上有所分化。

第二節 蒐集之資料、文獻分析

台灣地處熱帶亞熱帶交會處，本島多山地，一千公尺以上的山地佔全島面積約 32%。大氣自海洋攜來充沛的水氣，在迎風面的山區極易形成雲霧，而

形成山區的霧林帶。山地霧林帶的最大特徵，在於其水文循環的獨特性。藉由大量的雲霧沈降輸入（Chang *et al.* 2006），以及減低的蒸發散量，使得生態系內的水文循環流量，大於其他的生態系。溪流水與雨水流量的比值，也因此較其他熱帶地區的生態系為高（Bruijnzeel and Proctor 1994）。為此，雲霧森林對下游地區人類社會及生態系統水資源的提供，扮演著重要的角色。

與低海拔生態系相較，霧林帶的另一個重要的非生物環境特性，是較低的太陽輻射量。雲霧的頻繁出現，大量阻擋太陽輻射的直射光，使環境中只剩較為微弱的散射光。這些輻射特性使得植物光合作用降低（Beiderwieden *et al.* 2007），因而降低了生態系的初級生產力。

太魯閣國家公園轄區多位於花蓮縣秀林鄉境，內有中橫公路貫穿，由平地至最高的南湖大山約有3700公尺的落差。全區除中央山脈主稜西側少部分地區外，主要是由立霧溪、砂卡礑溪及三棧溪三個在地形上有明顯區隔的流域所構成。區內有相當大面積的生態系位於霧林帶內。本區霧林帶的植被類型同時包含了常綠闊葉林和針葉林二大部分。常綠闊葉林為台灣地區分佈最廣的植群型，但台灣平原及低海拔山區的原始常綠闊葉林幾已破壞殆盡，所剩者多位於中海拔山區。立霧溪流域的低海拔地區地形陡峭，植群多為受地形、土壤及水分限制而處於演替較前期或耐旱的類型，保存較好且處於演替後期的常綠闊葉林，於中橫公路西寶（海拔約 900 公尺）以後才陸續出現，且多位於公路上方的坡面至稜線之間。櫟林帶為常綠闊葉樹林，常混入各類針葉樹，其上部亦常與針葉林之海拔分佈重疊，代表台灣盛行雲霧帶的大略範圍（Su 1984）。立霧溪上游的慈恩溪流域（海拔 1200至 3300 公尺），除中橫公路及少數登山步道外，無伐木及造林的痕跡，主要的植群為常綠闊葉林和針闊葉混淆林，是東部地區最易到達且擁有相當完整原始林相的集水區之一，為國家公園櫟林帶常綠闊葉林的代表區域，是研究雲霧帶森林生態系的適當場域。

在脊椎動物中，鳥類因為具有飛行能力而被認為具有較佳的擴張能力，但是當鳥類進入一個新的環境中，為適應當地特殊的環境，在行為或生理上可能會產生一些變化。例如在高海拔地區的蜂鳥，為適應山區夜間寒冷的氣候，而發展出蟄伏（*torpor*）的行為，藉著降低體溫，減少夜間熱量消失，而得以在寒

冷的山區存活 (Evans and Heiser 2004)。氣候也可能會影響食物資源，進而影響鳥類的繁殖。台灣地區多山，海拔高度最高將近4000 公尺，不同海拔地區的溫度變化相差甚大。例如2009年一月花蓮地區的平均氣溫為17.8 °C，海拔3000公尺以上的合歡山平均氣溫僅為9.3 °C；2008年八月花蓮地區的平均氣溫為28.3 °C，而合歡山平均氣溫僅為19.4 °C（資料來源：整理自中央氣象局網站、特有生物保育研究中心高海拔試驗站）。山區鳥類為了因應溫度變化的影響，有些種類會有降遷 (altitudinal migration) 行為，即在冬季會移動到海拔較低的地區度冬，俟春季回暖後再回到較高海拔地區。在台灣，有許多於山區活動的鳥類也都有降遷的行為 (許皓捷 2003)。但對於分佈範圍廣且終年留居山區的鳥種而言，高海拔的低溫環境對於居住於此的族群，應是一和低海拔環境極為不同的選汰壓力；霧林帶特殊的生態環境可能影響鳥類的視覺溝通，雲霧對於聲音穿透能力的限制也可能會影響鳥類鳴唱聲的特性。因此，太魯閣國家公園正提供了研究生物生態適應 (ecological adaptation) 的極佳場所。根據許皓捷 (2006, 2007) 在太魯閣國家公園的調查結果顯示，霧林帶地區鳥類的物種多樣性高於其他地區：繁殖季鳥類物種多樣性於2000公尺地區最高，非繁殖季則以1000公尺地區最高。相對於生長在其他環境的鳥類，霧林帶中的鳥類長時間處於高濕度和低能見度的環境中，可能需要發展出特殊的適應和溝通方式。最近的研究也顯示因環境不同造成的選汰壓力，會驅使物種在型態或遺傳上產生變異，甚至可能是造成生物種化的重要原因，亦即所謂的生態種化 (ecological speciation) (Schluter 2009)。例如：Badyaev 等人 (2008) 發現居住在相鄰地區、但食物種類完全不同的家朱雀 (*Carpodacus mexicanus*)，為適應食物種類的不同，不但在喙的型態產生分化，連帶地在鳴唱聲和求偶行為等都已经出現分化。在非洲的小綠鵯 (*Andropadus virens*) 研究則發現環境差異對於型態和聲音分化的影響，要大於地理屏障所造成的隔離效應 (Slabbekoorn and Smith 2002, Smith et al. 2005)。太魯閣國家公園的園區海拔高度自海平面至3600 公尺以上，是研究生物海拔適應演化的極佳地區。此外，園區內中橫公路貫穿各海拔高度，使得野外的調查和採集工作相較其他地區更容易進行。本計畫擬以中海拔霧林帶地區為核心，探討連續分佈於中海拔和低海拔的鳥類在鳴唱、型

態和遺傳上是否已經產生變異。

在陸生野生動物中，鳥類是相對容易被觀察的生物類群。過去太魯閣國家公園曾經進行過58件和動物相關的研究案，其中12件是以鳥類為研究對象，另有12件研究案則是包括鳥類和其他類群的生物（資料來源：整理自太魯閣國家公園網站）。這些研究成果提供了此區鳥類物種多樣性的重要資料，然而對於生物多樣性最基礎的一個階層－遺傳多樣性，則極少進行研究。顯示這方面的研究仍有值得加強的空間。維持物種的遺傳多樣性，可增加物種在環境變動時的存活率，對於維持物種的存續至為重要（Reed and Frankham 2003）。此外，建立物種的遺傳多樣性時、空監測資料，還可用來估算一物種的有效族群量（Ramakrishnan *et al.* 2004, Leberg 2005）、監測族群變動情況（Bos *et al.* 2008）以及探討物種的族群結構（Barr *et al.* 2008）等，對於生物的保育和棲地的經營管理可提供許多助益。

本研究擬以核DNA中微衛星（或稱微隨體microsatellite）基因座為遺傳標記，建立園區內鳥類的遺傳多樣性資料。微衛星是以2-10個鹼基為單元，重複出現的DNA片段，廣泛分布在真核生物的細胞核中，為近年來在族群遺傳研究中廣被使用的一種遺傳標記。由於微衛星基因座的突變速率快，在族群內變異高，且遺傳形式符合孟德爾的遺傳定律，因此非常適合用來作為親子鑑定、親屬關係和族群分化等研究的遺傳標記（例如：Zhang and Hewitt 2003, Selkoe and Toonen 2006）。但在使用微衛星進行研究的最大限制之一是其跨種應用的可行性低，常無法借用自其他物種篩選出的微衛星基因座，因此在研究之初，必須花費許多時間和經費，針對研究的物種進行分子選殖（molecular cloning），篩選適用於特定物種的微衛星基因座。然而，隨著越來越多物種的微衛星基因座被發表，提供我們許多跨種測試微衛星基因座多型性的引子。本研究團隊在過去已針對台灣地區多種鳥類開發出具有多型性的微衛星基因座，包括蘭嶼角鴉（*Otus elegans*）（Hsu *et al.* 2003, 2006）、黃胸薮眉（薮鳥，*Liocichla steerii*）（Yeung *et al.* 2004）、台灣畫眉（*Garrulax taewanus*）（Huang *et al.* 2004）、青背山雀（*Parus monticolus*）（Wang *et al.* 2005）、黑面琵鷺（*Platalea minor*）

(Yeung *et al.* 2008)、繡眼畫眉 (*Alcippe morrisonia*) (Molecular Ecology Resources Primer Development Consortium 2009)、戴勝 (*Upupa epops*) (Hsu *et al.* 2009) 等。若能利用這些已發展出的引子進行其他鳥種的跨種測試，將可減少進行分子選殖所需的大量費用和時間。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

第二章 研究方法及過程

第一節 鳥類繫放與形值測量

本年度研究對象為繁殖季期間廣佈於中、低海拔地區的非保育類鳥種。繫放地點自海拔 20 公尺蘇花公路崇德礦道，至海拔約 2700 公尺合歡農場等地，各採集地點位置見圖 1。繫放以霧網捕捉，捕獲的個體分別進行以下操作：(1)記錄捕獲日期和地點；(2)在跗蹠骨套上有編號的金屬環或彩色腳環；(3)進行各項形值測量，包括體重、喙長、喙深、喙高、全頭長、最大翼長、尾長、跗蹠骨長、跗蹠骨寬、中趾長等形值；(4)於腋下靜脈採集約 20 μ l 的血液，置於 600 μ l 的 100 %酒精中保存，供後續 DNA 萃取與遺傳分析用。完成前述各項操作的個體立即於原地野放。此外，為增加低海拔地區的樣本數，我們另外加入 22 隻花蓮縣壽豐鄉東華大學校園內(海拔 40 公尺)繫放的粉紅鸚嘴資料。完成上述作業後的個體，立刻於原地野放。

根據繫放結果，我們選擇採得樣本數較多、且分佈範圍較廣的山紅頭 (*Stachyris ruficeps*) 和粉紅鸚嘴 (*Paradoxornis webbianus*) 進行形值變異的分析。首先根據分子性別鑑定的結果，將所有樣本分成雌、雄二組，再依採集地點分成高、中、低海拔三個族群，計算各性別的鳥在各地點形值的平均值和標準差，再進行變方分析 (analysis of variance, AVOVA)，比較各群之間是否具有顯著差異，對於差異顯著的形值 ($P < 0.05$)，則以 Turkey's HSD 法進行事後檢定。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

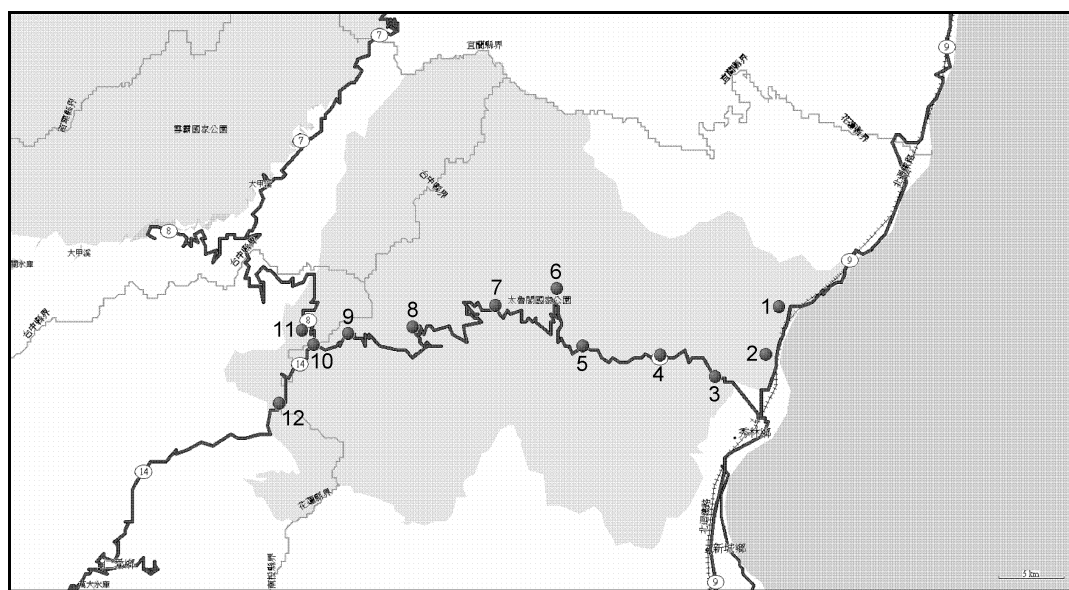


圖 1. 本研究於太魯閣國家公園內各繫放點的位置圖

說明：1. 匯德礦道（海拔 100 m），2. 崇德礦道（海拔 20 m），3. 太魯閣閣口（海拔 50 m），4. 溪畔隧道（海拔 210 m），5. 合流（海拔 470 m），6. 蓮花池（海拔 1100 m），7. 洛韶（海拔 1140 m），8. 慈恩（海拔 1990 m），9. 大禹嶺前廢耕地（海拔 2480 m），10. 大禹嶺（海拔 2500 m），11. 松泉崗（海拔 2590 m），12. 合歡農場（海拔 2660 m）
（資料來源：本研究）

第二節 不同海拔地區鳥類鳴唱聲的錄製與分析

本研究依據許皓捷（2007）在太魯閣進行的鳥類分佈調查結果，選定於繁殖季分佈範圍最廣的山紅頭為對象，進行鳴唱聲變異的相關研究。山紅頭主要生活森林下層及灌木叢中，常小群在森林底層的濃密草叢及蔓藤間活動。飛行高度很低，不超過樹中層，僅做短距離飛行，繁殖期為四月至七月（方偉宏 2008）。配合繫放工作，於春、夏季繁殖期間在國家公園區內低（匯德礦道，海拔 100 公尺）、中（蓮花池，海拔 1100 公尺）、高（慈恩，海拔 1990 公尺）等不同海拔地區錄製山紅頭的鳴唱聲。利用 Marantz PMD 671 數位錄音機搭配

Sennheiser ME 66 指向性麥克風在各樣區進行收音。取樣頻率為96 kHz，24 位元，檔案儲存為WAV 格式。所有錄音均在非雨天的天氣下進行。錄音時間為日出後兩小時及日落前三小時，錄音方式為在樣區沿道路行進，發現山紅頭鳴唱聲後於距離約20 公尺內進行錄音，每隻個體的鳴聲均錄至鳴聲停止或錄製時間滿1.5 分鐘。同一路線收取過聲音樣本後，即不再重覆行走，以避免收錄到相同個體的鳴唱聲，每隻用於分析的個體至少都錄得五段連續的鳴唱聲。

我們由每隻個體所錄得的山紅頭鳴唱聲中隨機抽取一首曲目，做為該個體鳴唱聲的代表。以聲音分析軟體 Raven Pro 1.4 (Cornell Lab of Ornithology) 繪製該段鳴唱聲的頻譜圖，並測量鳴唱聲的各項參數，包括歌曲長度 (duration, DU)、歌曲間的時間間隔 (time interval, IT)、起始頻率 (peak frequency of start, PFS)、結束頻率 (peak frequency of end, PFE)、最高頻率 (highest frequency, HF)、最低頻率 (lowest frequency, LF)、頻寬 (bandwidth, BW)、音節眾數 (note mode, NM) 等八項參數。圖 2 為各項參數在頻譜圖上的相對位置，音節眾數則是指每隻個體所錄到的曲目中，出現最多次的音節數。量測所得的各項鳴唱聲參數，利用變方分析檢測各地點的聲音樣本間是否有差異，對於差異顯著 ($P < 0.05$) 的聲音參數則進一步以 Turkey's HSD 法進行事後檢定。

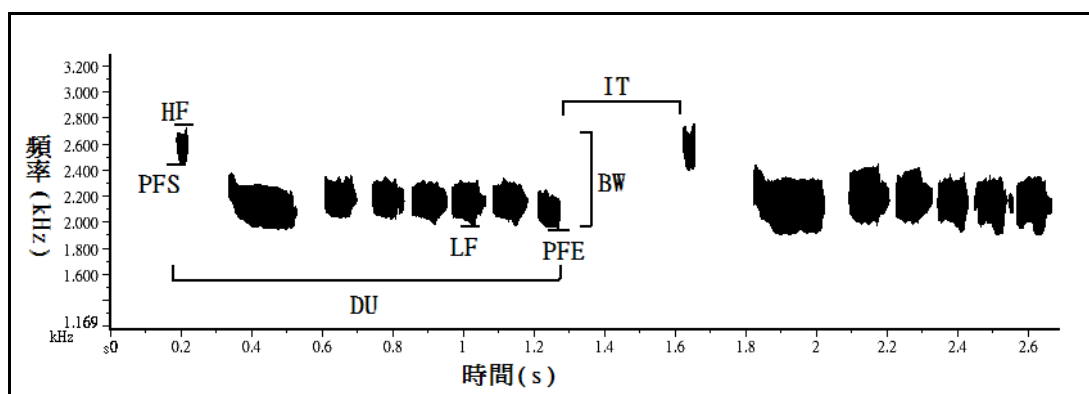


圖 2. 山紅頭鳴唱聲的頻譜圖與本研究測量的各項參數

說明：DU：音節週期、IT：音節間的中止週期、PFS：鳴聲的起始頻率、PFE：結束頻率、
HF：最高音頻率、LF：最低音頻率、BW：頻寬、NM：音節眾數
(資料來源：本研究)

第三節 分子性別鑑定與遺傳多樣性檢測

一、分子性別鑑定

從採集的血液樣本萃取 DNA 後，利用 Hörnfeldt 等人 (2000) 所設計的一對引子 (2550F/ 2718R)，以聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR) 增幅一段性染色體上的 chromo-helicase-DNA-binding protein 基因 (CHD) 片段。每一 PCR 的反應體積為 20 μ l，其中包含約 60 ng DNA、各 0.3 mM 的一對引子、0.5 mM dNTP、10 mM Tris-HCL, pH 9.0、50 mM KCL、0.01% (w/V) gelatin、0.1% Triton X-100、0.4 U 的聚合酶 (Pro Taq DNA polymerase, Protech)。PCR 的作用溫度如下：首先在 95°C 中反應 3 分鐘使雙股 DNA 的兩股變性解開 (denaturing)，接著進行 34 次增幅循環，每一循環包括：95°C 中 30 秒解開雙股 DNA、46°C 中作用 30 秒使模版 DNA 與引子鏈合 (annealing)、72°C 中作用 40 秒進行 DNA 之複製延伸反應 (extension)，

最後再於 72 °C 中反應 3 分鐘進行最後延伸反應。本研究所有的增幅反應均以 iCycler (BioRad) 溫度循環加熱儀進行。PCR 所增幅的 DNA 片段以 1.5 % 的瓊脂糖凝膠 (agarose gel) 進行電泳 (electrophoresis) (電壓: 100 V, 時間: 30 分鐘), 電泳後的膠片再以溴化乙菲錠 (ethidium bromide) 染色, 最後於紫外光下進行顯像與拍照。瓊脂糖凝膠電泳的結果若顯示在約 700 bp 和 500 bp 處都出現 PCR 產物者則為雌性, 若只有約 700 bp 片段產物者則為雄性。利用此法, 我們可以準確地鑑定在外型上不易區分雌雄的鳥類性別。

二、微衛星基因座的篩選

以本研究採集樣本數量較多的山紅頭與粉紅鸚嘴為對象, 進行微衛星基因座的篩選與基因型多型性 (polymorphism) 的判定。利用本團隊在過去研究中所發展的微衛星基因座引子, 進行適用性的測試。測試的引子共有 66 組, 其中 18 組來自青背山雀 (Wang *et al.* 2005)、七組來自黃胸薺眉 (Yeung *et al.* 2004)、八組來自大陸畫眉 (*Garrulax canorus*) (Huang *et al.* 2004)、21 組來自繡眼畫眉 (Molecular Ecology Resources Primer Development Consortium 2009)、12 組來自粉紅鸚嘴 (李壽先, 未發表)。

從採集到的血液樣本中萃取 DNA 後, 分別先使用一隻山紅頭和粉紅鸚嘴的 DNA 樣本, 以 PCR 測試上述引子在這二種鳥中是否能增幅出 DNA 片段。PCR 的體積為 10 µl, 包含 0.2 µM 的一對引子, 0.5 mM 的 dNTP, 10 mM 的 Tris-HCl, 50 mM KCl, 0.25 U 的 *Taq* DNA polymerase, PCR 的條件: 先在 95°C 下反應 1 分鐘之後, 以 35 個循環在 95°C 下反應 30 秒, 適合引子溫度 (65-50°C 不等) 下反應 30 秒, 聚合延長反應為 72°C 30 秒, 最後在溫度 72°C 下延長反應 1 分鐘。對於能夠增幅出預期長度的 PCR 產物的引子, 再分別以 21 隻山紅頭 (11 隻來自蓮花池、10 隻來自崇德礦道) 和 48 隻粉紅鸚嘴 (24

隻來自花蓮壽豐東華大學、24 隻來自蓮花池) 的 DNA 樣本進行 PCR 增幅，以檢測該基因座在這些鳥類中的多型性。所有 PCR 的產物以 MegaBACE 1000 自動定序儀 (Amersham Biosciences) 進行毛細管電泳，再以 Genetic Profiler 2.0 (Amersham Biosciences) 軟體進行基因型的判定。所得的基因型資料以 FSTAT 2.9.3.2 (Goudet 2001) 和 Arlequin (Excoffier *et al.* 2005) 等軟體估算每一基因座在各地樣本的對偶基因數目、對偶基因豐富度 (allelic richness)、雜合度 (heterozygosity) 的觀測值和期望值，以及是否符合哈地－溫伯格平衡 (Hardy-Weinberg equilibrium) 等參數，並計算二地樣本間的族群分化程度 (F_{ST}) 及兩組間基因座是否有連鎖不平衡 (linkage disequilibrium) 等。再以 STRUCTURE V2.2 軟體 (Pritchard *et al.* 2000) 進行分群測試，判斷所分析的樣本在遺傳上是否已產生明顯的分化現象。

第四節 霧林帶非生物環境因子

一、氣象因子

本研究於研究期間並未自行架設氣象站，因此氣象資料必須自中央氣象局獲取。中央氣象局於太魯閣國家公園中海拔地區設置的唯一氣象站為慈恩站 (中央氣象局編號 C1T810)，位於秀林鄉富世村關原路 3 號 (救國團慈恩山莊) (海拔 2049 m，121° 22' 49" E，24° 11' 38" N)。此站為遙測自動站，收集項目只有雨量一項。本研究分析的原始氣象資料範圍為 2009 年 1 月 1 日至 2009 年 11 月 11 日，雨量為每小時的累積值。

二、大氣沉降

本研究的大氣沈降為包括乾、濕沈降在內的總沈降量 (bulk precipitation)。總沈降的收集是以開口向上的收集桶放置於樣區進行連續採樣，收集桶為容量 20 L 的 PE 桶，上方設置一個直徑 20 cm 的 PP 材質漏斗，漏斗中放置尼龍紗網以防止雜物落入桶中，同時也減少桶中雨水蒸發。收集桶於 2009 年 9 月 30 日架設，地點位於碧綠神木旁產業道路終點處（海拔 2131 m，121° 24' 33" E，24° 10' 42" N），仰角 45° 內無遮蔽物（圖 3）。

大氣沈降的分析每二星期進行一次。研究人員至樣區進行的工作包括測量收集桶水樣體積，採取 100 ml 樣品二瓶，最後並以去離子水清洗收集器。水樣放置於冰桶內，攜回實驗室後立即測量酸鹼值 (pH, WTW pH 340i, Germany) 與導電度 (Electric conductivity, WTW Con 340i, Germany)。水樣以醋酸纖維濾紙 (cellulose acetate, 0.45 μ m, Millipore, USA) 過濾後，放置於 4 °C 冰箱中等待化學分析。化學分析項目包括主要的陰離子 (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) 與陽離子 (Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})，分析儀器為離子色層分析儀 (ion chromatograph, ICA-5000, DKK-TOA, Japan)。



圖 3. 大氣沉降收集裝置

說明：設置地點為太魯閣國家公園碧綠神木旁產業道路終點處。

（資料來源：本研究）

第五節 稀有及瀕危植物

一、太魯閣國家公園稀有植物名單

根據國家公園歷年研究報告、相關文獻及標本館採集記錄，整理國家公園境內出現在「台灣植物紅皮書」(台灣植物分類學會 2008)裡的稀有植物名單，針對該名錄做資料收集與調查；植物學名主要依據 Flora of Taiwan VI 第二版 (Boufford *et al.* 2003)，部分學名變更則依據台灣種子植物要覽 (楊遠波等 2008) 修改。

二、標本館資料整理

整理國內各標本館有關太魯閣國家公園境內之採集紀錄，據此規劃適當的調查路線，以利收集稀有植物的分佈及相關資訊。

三、野外調查

沿登山步道或自行規劃的調查路線（李瑞宗 2003。高琇瑩等 2000。張坤城等 2007。楊智凱等 2009），記錄稀有植物出現的種類、位置（經緯度座標）、海拔高度、物候、覆蓋面積（草本植物）或個體數量（木本或單株草本）及其他相關環境因子（Cody 1997；Gentey 1997；Hubbell *et al.* 1997；Rabinowitz *et al.* 1997），視需要採集標本並拍照為證，做為描述生態習性及分佈之依據。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

第三章 研究成果

第一節 鳥類繫放成果與形值的地理變異

本年度一共在太魯閣國家公園園區內繫放38種、516隻鳥，各繫放地點的位置如圖1所示。附錄一為繫放鳥種名錄和數量。在繫放的鳥種中，以粉紅鸚嘴和山紅頭的數量最多、涵蓋的海拔範圍也最廣，故後續的形值相關研究均以此二種鳥類為對象進行分析。

一、鳥類形值的性別差異

藉由分子技術進行性別鑑定，我們可以準確判定捕獲個體的性別，進而探討雌雄同型性的鳥種在體型上的細微差異。以本研究繫放數量最多的粉紅鸚嘴為例，在已確定性別、且有測量值的113隻個體中（55隻雌鳥、58隻雄鳥，含採自東華大學的22隻樣本），雄鳥在各項形值都大於雌鳥，除體重和跗蹠寬外，其他形值的差異均達統計上的顯著差異（ t -test, $P < 0.05$ ）（表1a）。繫放數量次多的山紅頭（共82隻，35隻雌鳥，47隻雄鳥）也有類似的結果，雄性在各項形值都大於雌鳥，除喙寬、中趾和尾長外，其他形值的差異均達統計上的顯著差異（ t -test, $P < 0.05$ ）（表1b）。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

表1. 粉紅鸚嘴與山紅頭的各项外型測量值 (平均數 ± 標準差)

a. 粉紅鸚嘴											
性 別	樣本 數	體重 (g)	喙長 (mm)	全頭長 (mm)	喙寬 (mm)	喙深 (mm)	跗蹠長 (mm)	跗蹠寬 (mm)	中趾長 (mm)	最大翼 長 (mm)	尾長 (mm)
雌	55	10.30 ± 1.10	6.66 ± 0.43	24.20 ± 0.60	4.69 ± 0.19	5.96 ± 0.30	20.78 ± 0.81	1.13 ± 0.08	10.15 ± 0.87	51.01 ± 2.40	55.15 ± 4.98
雄	58	10.68 ± 1.02	6.97 ± 0.34	24.90 ± 0.51	4.89 ± 0.24	6.28 ± 0.23	21.33 ± 0.64	1.16 ± 0.09	10.68 ± 0.67	52.70 ± 2.29	57.05 ± 4.91
t-test		1.87	4.33	6.59	4.79	6.53	4.03	1.88	3.69	3.83	1.99
P		0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.05
b. 山紅頭											
性 別	樣本 數	體重 (g)	喙長 (mm)	全頭長 (mm)	喙寬 (mm)	喙深 (mm)	跗蹠長 (mm)	跗蹠寬 (mm)	中趾長 (mm)	最大翼 長 (mm)	尾長 (mm)
雌	35	9.90 ± 0.94	10.26 ± 0.58	29.21 ± 0.61	3.70 ± 0.22	4.14 ± 0.27	19.15 ± 0.58	1.17 ± 0.10	8.56 ± 0.70	50.24 ± 1.68	43.00 ± 2.35
雄	47	10.52 ± 0.63	10.74 ± 0.47	30.28 ± 0.73	3.72 ± 0.19	4.37 ± 0.27	19.70 ± 0.59	1.22 ± 0.09	8.64 ± 0.70	52.20 ± 2.10	43.96 ± 2.84
t-test		3.56	4.01	6.99	0.59	3.74	4.17	2.61	0.52	4.54	1.53
P		0.01	<0.01	<0.01	0.55	<0.01	<0.01	0.01	0.61	<0.01	0.13

說明：形值以粗體字標示者，表示雌鳥和雄鳥間具有顯著的差異。

(資料來源：本研究)

二、鳥類形值的海拔差異

(一) 山紅頭形值的海拔差異

山紅頭是本研究繫放地點分佈範圍最廣的物種，自海拔20 公尺的匯源礦道至海拔2660 公尺的合歡農場等各地點都有採集記錄。由於雌、雄鳥在體型上有顯著的差異，因此我們將二性別的資料分開處理，並將樣本依採集地點分成低（< 500公尺）、中（1000至1200公尺）、高海拔（> 1900公尺）三組。變方分析分析的結果顯示雌鳥各形值在不同海拔的樣本間都均沒有顯著差異（表2a），而雄鳥則在中趾長和最大翼長有顯著的樣本間差異（表2b）。以Turkey's HSD法進行事後檢定顯示中海拔樣本的中趾長顯著低於低海拔樣本，高海拔樣本的最大翼長顯著大於中、低海拔的樣本（圖4）。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

表2. 不同海拔地區山紅頭的各项形值

a. 雌鳥											
採集地點 海拔高度*	樣 本 數	體重 (g)	喙長 (mm)	全頭長 (mm)	喙寬 (mm)	喙深 (mm)	跗蹠長 (mm)	附蹠寬 (mm)	中趾長 (mm)	最大翼 長 (mm)	尾長 (mm)
低	9	9.56 ± 0.68	10.24 ± 0.48	29.42 ± 0.58	3.61 ± 0.13	4.10 ± 0.23	19.11 ± 0.63	1.18 ± 0.10	8.22a ± 0.71	49.67 ± 1.71	42.50 ± 1.63
中	15	10.15 ± 0.99	10.33 ± 0.74	29.30 ± 0.73	3.74 ± 0.27	4.11 ± 0.31	19.19 ± 0.57	1.16 ± 0.09	8.70b ± 0.62	52.23 ± 1.41	42.50 ± 2.47
高	11	9.78 ± 1.00	10.19 ± 0.44	28.94 ± 0.34	3.71 ± 0.18	4.23 ± 0.26	19.12 ± 0.60	1.17 ± 0.11	8.63 ± 0.78	50.73 ± 1.97	44.22 ± 2.45
<i>F</i> 檢定		1.17	0.16	1.90	1.08	0.86	0.67	0.17	1.43	0.99	1.82
<i>P</i>		0.32	0.85	0.17	0.35	0.43	0.94	0.84	0.25	0.38	0.18
b. 雄鳥											
採集地點 海拔高度	樣 本 數	體重 (g)	喙長 (mm)	全頭長 (mm)	喙寬 (mm)	喙深 (mm)	跗蹠長 (mm)	附蹠寬 (mm)	中趾長 (mm)	最大翼 長 (mm)	尾長 (mm)
低	17	10.63 ± 0.60	10.80 ± 0.63	30.56 ± 0.66	3.77 ± 0.19	4.40 ± 0.33	19.71 ± 0.49	1.21 ± 0.10	8.97 ^a ± 0.70	51.79 ^a ± 1.98	44.39 ± 2.77
中	16	10.57 ± 0.74	10.73 ± 0.33	30.21 ± 0.75	3.68 ± 0.18	4.33 ± 0.18	19.63 ± 0.70	1.20 ± 0.05	8.22 ^b ± 0.66	51.53 ^a ± 2.08	43.33 ± 2.76
高	14	10.34 ± 0.54	10.66 ± 0.40	30.01 ± 0.72	3.72 ± 0.20	4.40 ± 0.30	19.76 ± 0.62	1.25 ± 0.09	8.71 ^{ab} ± 0.54	53.46 ^b ± 1.82	44.25 ± 3.12
<i>F</i> 檢定		0.88	0.31	2.41	0.83	0.36	0.17	1.68	5.81	4.16	0.58
<i>P</i>		0.42	0.74	0.10	0.44	0.70	0.84	0.20	0.01	0.02	0.57

說明：1.* 低海拔 (< 500 m) 包括匯德礦道、崇德礦道、閣口等地；中海拔 (1000-1200 m) 包括蓮花池和洛韶；高海拔 (> 1900 m) 包括慈恩、大禹嶺、松泉崗、合歡農場等地。

2. 形值以粗體字標示者，表示在不同海拔間具有顯著的差異。對於差異達顯著水準的形值，以Turkey's HSD法進行事後檢定。各分組的差異性以英文字母顯示，具有相同字母者表示彼此間的差異不顯著 ($P > 0.05$)。

(資料來源：本研究)

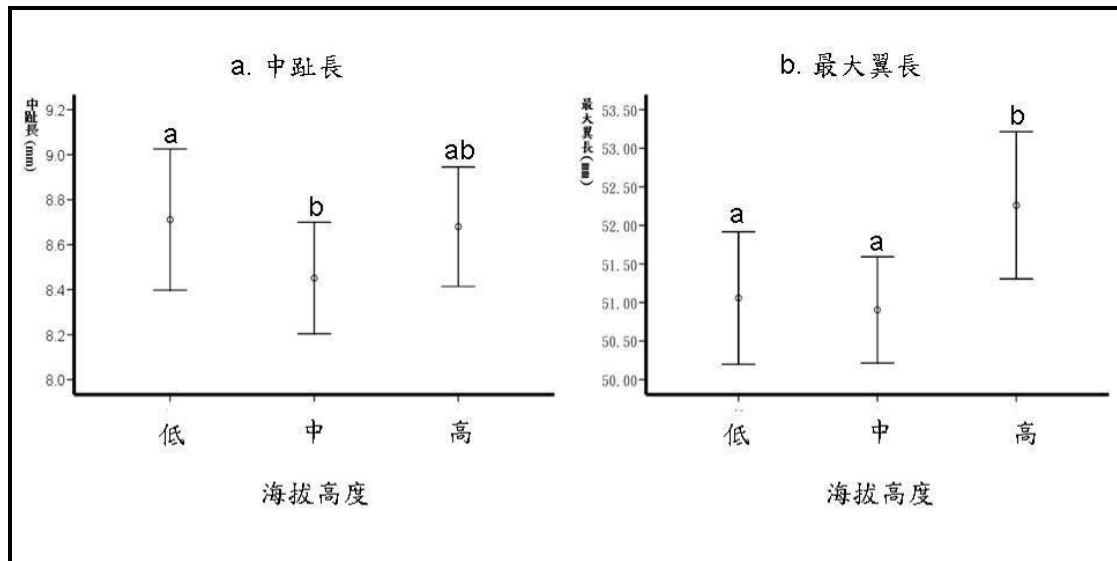


圖4. 不同海拔地點山紅頭雄鳥中趾長與最大翼長（平均值與95 %信賴區間）

說明：1. 各海拔的採集地點見表2說明。

2. 各分組的差異性以英文字母顯示，具有相同字母者表示彼此間有顯著差異 ($P < 0.05$)。
(資料來源：本研究)

(二) 粉紅鸚嘴形值的海拔差異

本研究在國家公園園區繫放的粉紅鸚嘴海拔分佈範圍雖然很廣，但僅出現在低海拔的崇德礦道（海拔20 公尺）、中海拔蓮花池（海拔1100 公尺）和高海拔合歡農場（海拔2660 公尺）等三處。為增加樣本數，另增加22隻於東華大學校園內繫放的樣本（7雌15雄）於低海拔的樣本中。ANOVA分析的結果顯示不同海拔間的雌、雄鳥樣本在體重和尾長都有顯著的差異，另外雌鳥在喙深有顯著的族群間差異，雄鳥則另在跗蹠寬和最大翼長上有族群間的差異（表3）。以Turkey's HSD法進行事後檢定顯示：1.中海拔雌鳥體重高於低海拔雌鳥、2.高海拔雌鳥的喙深大於中海拔雌鳥、3.中海拔雌鳥尾長大於高海拔雌鳥、4.中海拔雄鳥體重、最大翼長和尾長都大於低海拔雄鳥、5.高海拔雄鳥的跗蹠寬大於低海拔雄鳥（表3、圖5）。不論雌鳥或雄鳥，中海拔地區的樣本在大多數的形值都和低、高海拔地區的樣本有較大的差異。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

表3. 不同海拔地區粉紅鸚嘴的各項形值

a. 雌鳥											
採集地點 海拔高度*	樣 本 數	體重 (g)	喙長 (mm)	全頭長 (mm)	喙寬 (mm)	喙深 (mm)	跗蹠長 (mm)	附蹠寬 (mm)	中趾長 (mm)	最大翼 長 (mm)	尾長 (mm)
低	9	9.22 ^a ± 0.94	6.40 ± 0.59	24.02 ± 0.63	4.76 ± 0.21	6.07 ^{ab} ± 0.17	20.84 ± 0.69	1.11 ± 0.12	10.28 ± 0.67	50.33 ± 2.98	53.28 ^{ab} ± 4.68
中	41	10.53 ^b ± 1.04	6.72 ± 0.39	24.31 ± 0.58	4.68 ± 0.20	5.90 ^a ± 0.31	20.73 ± 0.84	1.13 ± 0.07	10.15 ± 0.93	51.20 ± 2.39	56.17 ^a ± 4.86
高	5	10.40 ^{ab} ± 0.68	6.65 ± 0.22	23.72 ± 0.44	4.68 ± 0.87	6.22 ^b ± 0.18	21.03 ± 0.79	1.17 ± 0.12	9.90 ± 0.74	50.70 ± 1.30	50.60 ^b ± 3.29
<i>F</i> 檢定		6.28	2.09	2.85	0.65	3.83	0.32	1.71	0.30	0.51	3.93
<i>P</i>		< 0.01	0.14	0.07	0.53	0.03	0.73	0.19	0.75	0.60	0.03
b. 雄鳥											
採集地點 海拔高度	樣 本 數	體重 (g)	喙長 (mm)	全頭長 (mm)	喙寬 (mm)	喙深 (mm)	跗蹠長 (mm)	附蹠寬 (mm)	中趾長 (mm)	最大翼 長 (mm)	尾長 (mm)
低	17	9.82 ^a ± 0.78	6.96 ± 0.23	24.73 ± 0.57	4.91 ± 0.26	6.33 ± 0.31	21.49 ± 0.62	1.14 ^a ± 0.07	10.56 ± 0.66	51.03 ^a ± 1.70	54.86 ^a ± 5.00
中	36	11.14 ^b ± 0.87	6.98 ± 0.35	25.02 ± 0.43	4.88 ± 0.24	6.28 ± 0.20	21.32 ± 0.60	1.16 ^{ab} ± 0.09	10.78 ± 0.69	53.56 ^b ± 2.13	58.35 ^b ± 4.68
高	5	10.20 ^{ab} ± 0.74	6.94 ± 0.59	24.59 ± 0.60	4.89 ± 0.15	6.16 ± 0.08	20.78 ± 0.73	1.26 ^b ± 0.11	10.40 ± 0.42	52.20 ^{ab} ± 2.17	53.80 ^{ab} ± 2.66
<i>F</i> 檢定		15.32	0.33	3.02	0.10	1.01	2.58	3.41	1.11	9.22	4.20
<i>P</i>		< 0.01	0.97	0.06	0.90	0.37	0.09	0.04	0.34	< 0.01	0.02

說明：1.* 低海拔包括崇德礦道和東華大學；中海拔包括蓮花池；高海拔包括合歡農場。

2. 形值以粗體字標示者，表示在不同海拔間具有顯著的差異。對於差異達顯著水準的形值，以Turkey's HSD法進行事後檢定。各分組的差異性以英文字母顯示，具有相同字母者表示彼此間的差異不顯著（ $P > 0.05$ ）。

（資料來源：本研究）

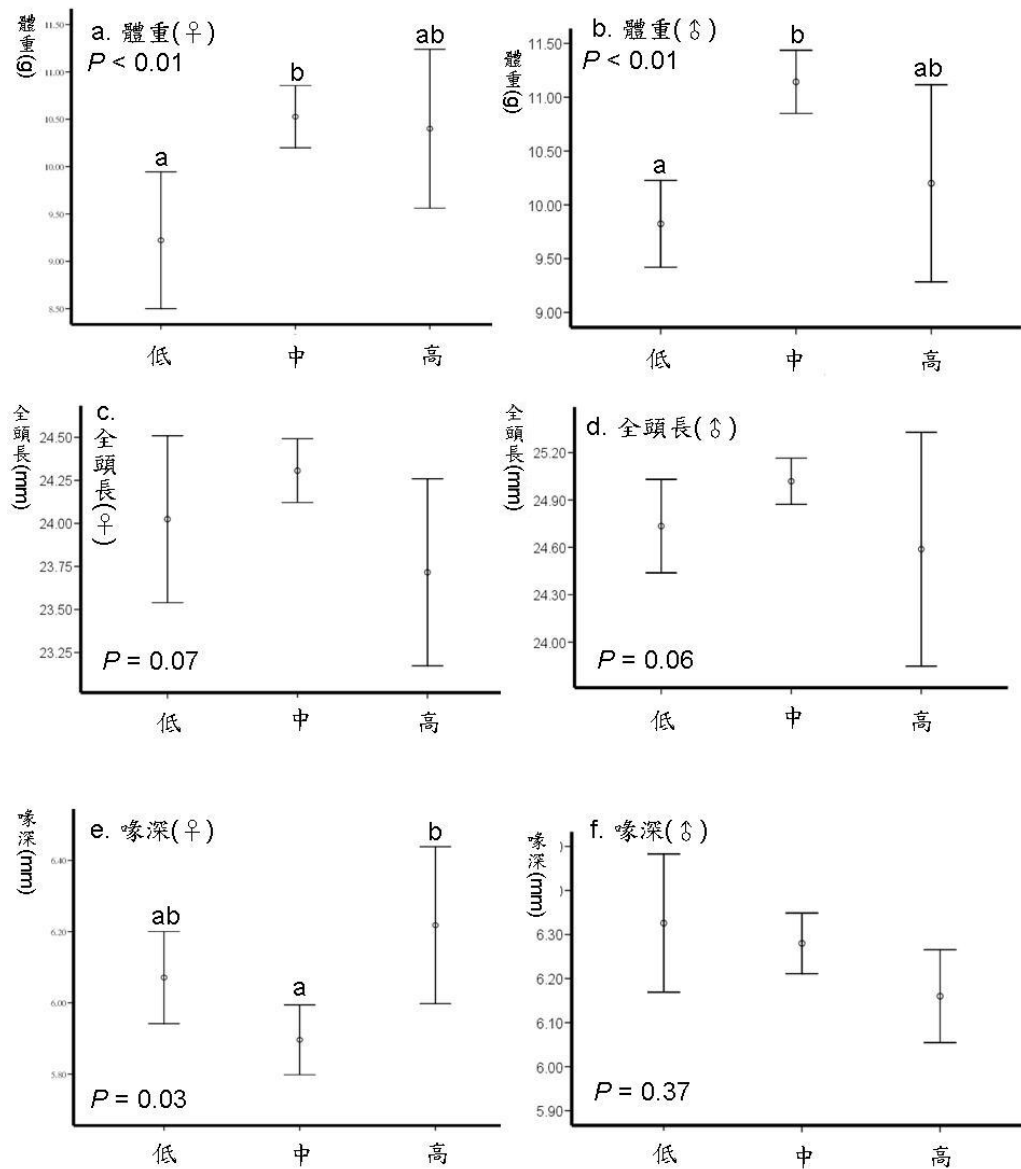


圖5. 粉紅鸚嘴雌、雄鳥在不同海拔地點的形值差異（平均值與95 %信賴區間）

說明：1. 橫軸表示採集地點的海拔位置，各海拔的採集地點見表3說明。

2. 各分組的差異性以英文字母顯示，具有相同字母者表示彼此間有顯著差異（ $P < 0.05$ ）。

（資料來源：本研究）

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

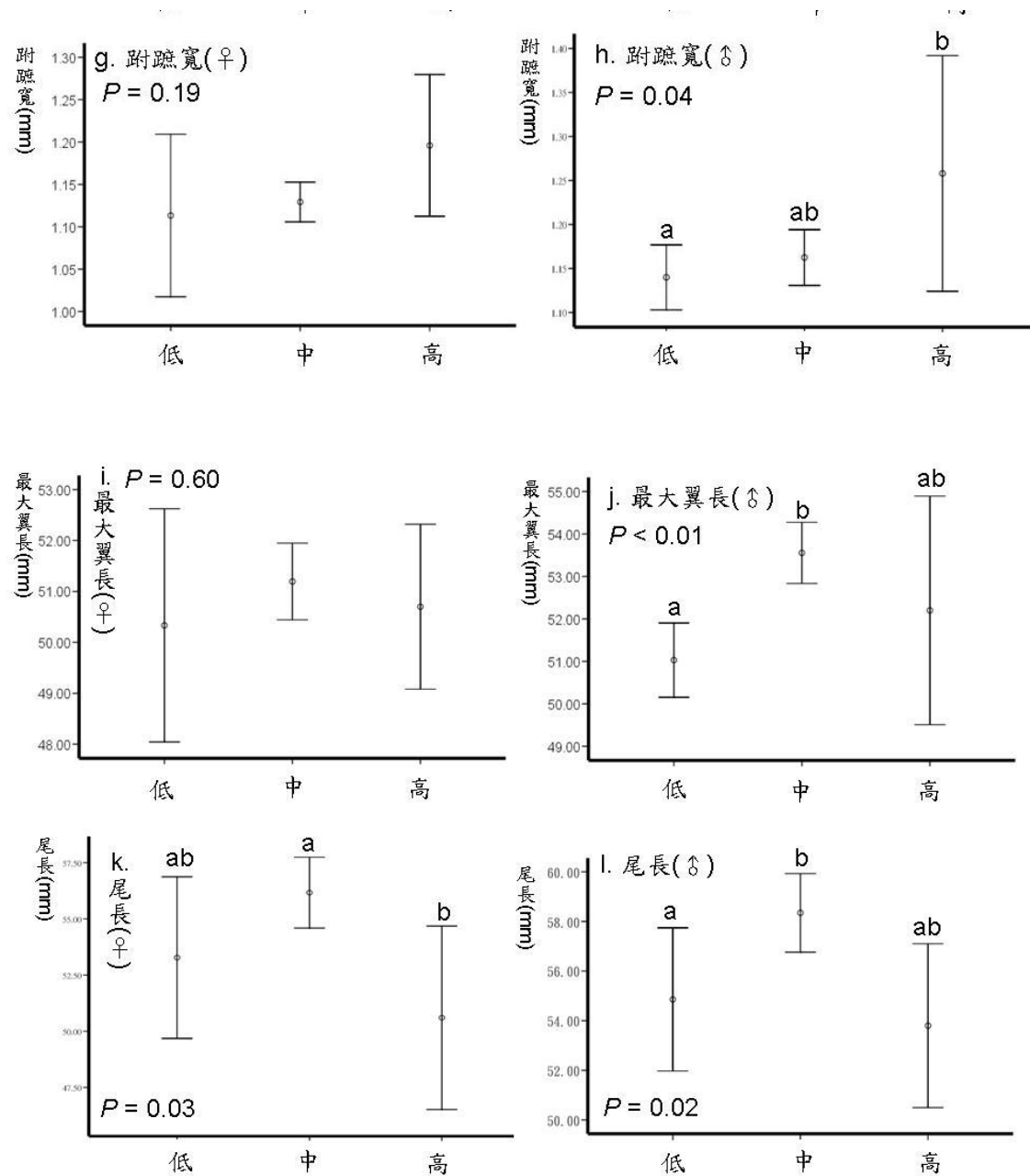


圖5. (續) 粉紅鸚嘴雌、雄鳥在不同海拔地點的形值差異 (平均值與95%信賴區間)

(資料來源：本研究)

第二節 鳥類鳴唱聲的地理變異

鳴聲參數的分析結果顯示：不同海拔地區山紅頭鳴唱聲的差異都是出現在與頻率有關的參數，包括頻寬、結束頻率、最高頻率、最低頻率等四項參數，而時間參數和音節數則沒有顯著差異（表4）。山紅頭鳴唱聲頻率有隨海拔高度增加而降低的現象，在高海拔慈恩地區山紅頭鳴唱聲的最高頻率、最低頻率和結束頻率均是三地最低者（圖6）。

。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

表4. 山紅頭鳴唱聲的各項參數（平均數±標準差）

地點 (高度)	匯德 (100 m)	蓮花池 (1100 m)	慈恩 (1990 m)	<i>F</i> 檢定	<i>P</i>
樣本數	8	16	17		
歌曲長度 (秒)	1.13 ±0.12	1.07 ±0.16	1.12 ±0.22	0.41	0.66
歌曲間隔時間 (秒)	9.85 ±2.67	11.87 ±2.65	9.76 ±5.59	1.22	0.31
頻寬 (Hz)	383.27 ^a ±139.10	547.61 ^b ±194.11	376.54 ^a ±86.88	6.45	< 0.01
起始頻率 (Hz)	2210.00 ±306.98	2213.89 ±256.05	2051.34 ±127.24	2.59	0.09
結束頻率 (Hz)	2173.25 ^a ±74.17	2090.17 ^b ±86.48	2016.63 ^c ±59.76	12.69	< 0.01
最高頻率 (Hz)	2372.45 ^a ±152.45	2473.87 ^a ±184.07	2236.78 ^b ±105.15	9.79	< 0.01
最低頻率 (Hz)	1989.19 ^a ±84.603	1926.26 ^a ±68.80	1860.24 ^b ±52.58	11.08	< 0.01
音節眾數 (個)	7.38 ±2.77	6.75 ±1.53	6.59 ±1.42	0.44	0.65

說明：形值以粗體字標示者，表示在不同海拔間具有顯著的差異。對於差異達顯著水準的形值，以Turkey's HSD法進行事後檢定。各分組的差異性以英文字母顯示，具有相同字母者表示彼此間的差異不顯著（ $P > 0.05$ ）。

（資料來源：本研究）

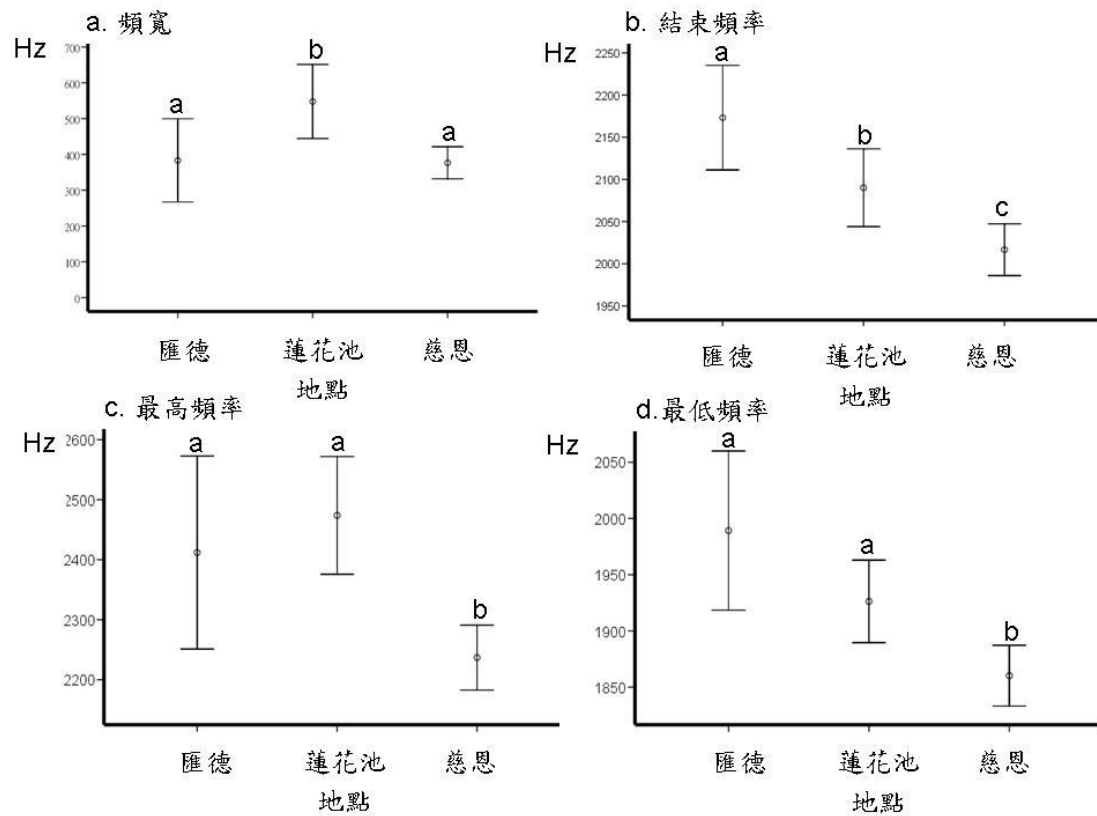


圖6. 不同地點山紅頭鳴唱聲的變異（平均值與95%信賴區間）

說明：各分組的差異性以英文字母顯示，具有相同字母者表示彼此間有顯著差異。(P < 0.01)。

(資料來源：本研究)

第三節 分子性別鑑定與遺傳多樣性資料建立

一、鳥類的性別鑑定

利用 Hörnfeldt 等人 (2000) 所設計的這段引子，我們成功地應用 PCR 鑑定出所繫放鳥類的性別。在所繫放的 38 種鳥（見附錄一）中除金背鳩、白環鸚嘴鵡和褐頭鷓鴣因為樣本較少，未進行性別鑑定外，其餘 35 種鳥都可以用此法成功區分出性別。圖 7 為部分樣本性別鑑定結果的電泳圖。

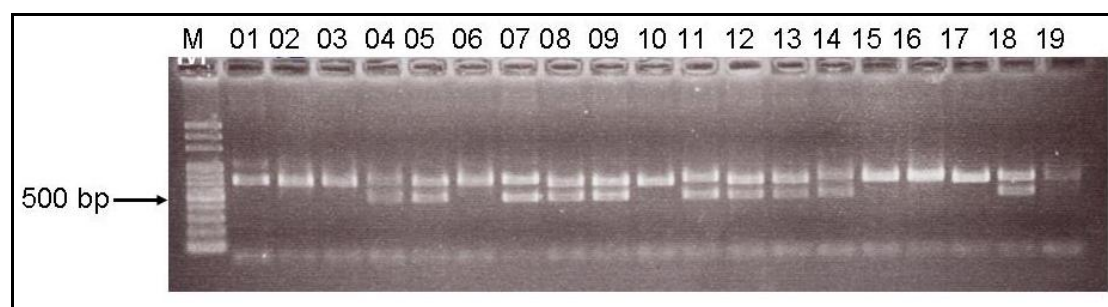


圖 7. 鳥類分子性別鑑定結果的電泳圖（電壓：100V，時間：30 分鐘）

說明：1. 每一欄位代表一隻樣本的電泳結果，電泳結果在約 700 bp 和 500 bp 處都出現 PCR 產物者則為雌性，若只在約 700 bp 有 PCR 產物者則為雄性。
2. 最左邊為 Bio100 size ladder。
3. 各編號所代表的鳥種和性別如下：01, 02, 03, 06, 15, 16：粉紅鸚嘴雄鳥；04, 05, 07, 09, 11, 14, 18：粉紅鸚嘴雌鳥；08：山紅頭雌鳥；10, 17：山紅頭雄鳥；12, 13：黑臉鵡雌鳥；19：黑臉鵡雄鳥。

（資料來源：本研究）

二、微衛星基因座的篩選

（一）山紅頭的微衛星基因座多型性

本研究所檢測的 66 組引子中，有 11 組可在山紅頭中增幅出預期的 PCR 片段、18 組在粉紅鸚嘴中增幅出預期的 PCR 片段。基因型多型性檢測的結果顯示其中有八個微衛星基因座在山紅頭中具有多型性、六個基因座在粉紅鸚嘴中具有多型性。山紅頭各基因座對偶基因數自二至八個不等，粉紅鸚嘴各基因座的

對偶基因數則自四至八個不等，二種鳥在各地的樣本中都有不符合哈地－溫伯格平衡的現象。二地山紅頭樣本間的分化程度很低 ($F_{ST}=0.04$, $P < 0.05$)，以STRUCTURE軟體進行分群測驗也顯示二者為同一組群 ($K=1$)。粉紅鸚嘴的分析結果則顯示二地樣本間的分化程度稍高 ($F_{ST}=0.08$, $P < 0.05$)。STRUCTURE軟體進行分群測驗則可區分成二個族群 ($K=2$)，將每一個體進行群族來源指派 (population assignment) 則可將大部分蓮花池的樣本歸為一群，東華大學的樣本則另成一群 (圖8)，但有一隻蓮花池樣本被歸為東華族群，有四隻東華樣本被歸為蓮花池族群，一隻東華樣本的基因型則介於二地樣本之間。顯示二地間已產生遺傳分化，但仍保有若干程度的基因交流。

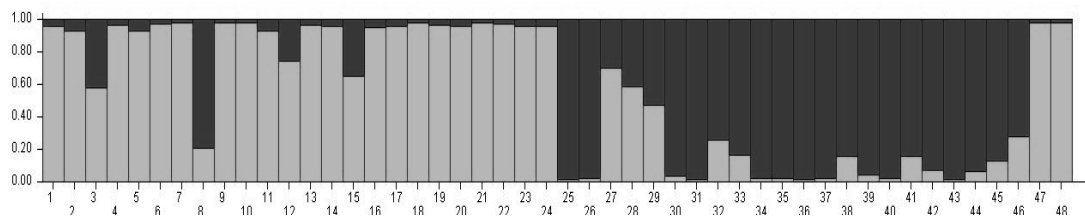


圖8. 以STRUCTURE進行粉紅鸚嘴分群測試的結果

說明：每一欄代表一隻個體的分群結果，縱軸為分群的機率。樣本編號1-24為來自蓮花池的樣本、25-48為來自東華大學的樣本。大部分蓮花池樣本可被歸為一群（灰色部分），東華大學樣本則歸為另一群（黑色部分），但編號8樣本的基因型較接近東華大學樣本的基因型，編號27、28、47、48樣本的基因型較接近蓮花池樣本的基因型，編號29的基因型則介於二族群之間。

（資料來源：本研究）

表5. 山紅頭與粉紅鸚嘴微衛星基因座多型性測試結果

a. 山紅頭

基因座名 稱	來源物種	樣本數		對偶基因數		對偶基因豐富度		雜合度觀測值		雜合度期望值		哈地－溫伯格平衡檢測 P-value	
		蓮花池	崇德	蓮花池	崇德	蓮花池	崇德	蓮花池	崇德	蓮花池	崇德	蓮花池	崇德
LS24	黃胸薺眉	10	10	5	6	4.80	5.73	0.80	0.70	0.80	0.79	0.89	0.44
LS21	黃胸薺眉	10	10	8	6	7.33	5.57	0.90	0.90	0.87	0.79	0.47	0.17
GC23	大陸畫眉	11	10	7	5	6.17	4.80	0.82	0.60	0.83	0.79	0.73	0.22
AM58	繡眼畫眉	11	9	2	2	2.00	2.00	0.45	0.67	0.45	0.47	1.00	0.46
AM111	繡眼畫眉	8	10	4	6	4.00	5.76	0.25	0.60	0.76	0.82	0.01**	0.11
GC15	大陸畫眉	9	9	8	6	7.55	5.67	0.78	0.78	0.88	0.80	0.71	0.57
LS33	黃胸薺眉	10	10	2	2	2.00	2.00	0.40	0.40	0.50	0.34	0.57	1.00
AM122	繡眼畫眉	9	10	3	4	2.89	3.60	0.44	0.20	0.50	0.49	1.00	< 0.01**

b. 粉紅鸚嘴

基因座名 稱	來源物種	樣本數		對偶基因數		對偶基因豐富度		雜合度觀測值		雜合度期望值		哈地－溫伯格平衡檢測 P-value	
		蓮花池	東華大學	蓮花池	東華大學	蓮花池	東華大學	蓮花池	東華大學	蓮花池	東華大學	蓮花池	東華大學
PW4	粉紅鸚嘴	24	24	5	7	4.88	6.75	0.79	0.79	0.69	0.81	0.04*	0.24
PW1	粉紅鸚嘴	24	21	6	7	5.98	7.00	0.75	0.67	0.67	0.76	0.42	0.10
PW10	粉紅鸚嘴	23	22	6	9	6.00	8.86	0.57	0.77	0.78	0.80	0.02*	0.65
GC22	大陸畫眉	24	24	7	7	6.88	6.75	0.92	0.92	0.82	0.80	0.80	0.19
AM64	繡眼畫眉	24	23	8	8	7.74	7.73	0.58	0.70	0.79	0.77	< 0.01**	0.21
PW35	粉紅鸚嘴	23	23	4	5	3.99	4.91	0.43	0.35	0.51	0.43	0.08	0.06

(資料來源：本研究)

第四節 非生物環境因子監測

非生物環境因子的研究項目包括氣象因子及大氣沉降化學，其中氣象因子僅有雨量，而大氣沉降則是指雨水的化學組成以及沉降量。

一、氣象因子

中央氣象局慈恩遙測自動雨量站的雨量紀錄顯示，自年初至 11 月 11 日，總累積雨量為 2210 mm。雨量的季節變化十分明顯（圖 9），冬季的 1、2 兩個月份累積雨量分別只有 17.5 mm 和 19 mm。而夏季的颱風降雨則可在短期內因極大的降雨強度而迅速累積，以 8 月 7 日至 12 日的 6 天為例，莫拉克(MORAKOT)颱風降雨累積 587 mm，使得 8 月份的累積雨量達到 600 mm，為研究期間月降雨量最大的月份。研究期間的最大日降雨紀錄為 10 月 5 日的 255.5 mm，此最大日降雨量也是由颱風引起（芭瑪，PARMA）。由將近一年的資料推測，太魯閣國家公園中海拔山區的降雨季節變化大，乾濕期間交替明顯，生態系可能會有局部時間因土壤水分不足而有水分限制。

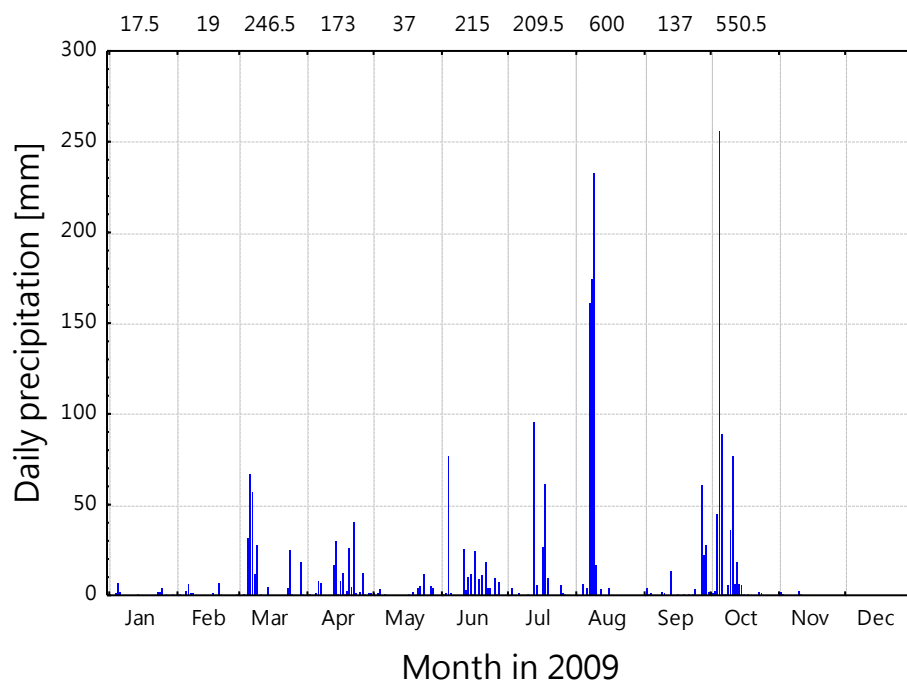


圖 9.太魯閣國家公園慈恩地區 2009 年日累積雨量。

說明：原始資料為 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日之逐時累積值
(資料來源：中央氣象局花蓮氣象站)

二、大氣沉降

本研究於 2009 年 8 月份探勘氣象站設置地點，確認氣象站將設至於碧綠神木旁產業道路終點處工寮旁。隨後大氣沈降收集器也確認設置於此處，並於 9 月 30 日先行設置二個收集器。10 月 9 日第一次上山收集水樣，因天祥附近道路（台 8 線 168K+700）坍方封閉而取消。此次水樣也因野外放置時間過久，而必須於 11 月 2 日傾倒棄置。11 月 12 日再次上山收集水樣，2 個收集器之中，一個遭人惡意破壞，只能收集一份水樣進行化學分析。表 6 顯示，此次水樣為 7 mm 降雨樣品，樣品具有極高的 pH 值，另外 NO_3^- ， NH_4^+ ，以及 SO_4^{2-} 均高於一般雨水濃度。此份水樣可能也遭受蓄意，或是樣點旁流籠機具操作或車輛排放廢氣污染。另外樣點旁工寮的生活廢氣以及菜園的肥料施放，也可能造成水樣的污染。

表 6. 合歡山區大氣沉降中的主要離子濃度

Sampling date	Precipitation	Elec. Cond.	pH	Cl	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
	[mm]	[$\mu\text{S cm}^{-1}$]					[mg Γ^{-1}]				
2009/11/12	7	40.8	7.16	0.83	2.58	2.09	0.57	2.28	0.76	0.17	3.07

（資料來源：本研究）

第五節 稀有及瀕危植物

一、太魯閣國家公園稀有植物名錄

經蒐集歷年研究報告、相關文獻，整理文獻中紀錄分布於太魯閣國家公園境內之植物種類（內政部營建署太魯閣國家公園管理處 1989。內政部營建署太魯閣國家公園管理處 1994。王忠魁等 1990。李瑞宗 1996。周富三等 2006。柳楷等 1971。徐國士 1984。徐國士等 1983。張坤城等 2007。章樂民等 1988。郭城孟等 1990。郭城孟等 2000。陳慧芬 2000。楊智凱 2009。楊遠坡等 1989。楊遠坡等 1990。楊遠坡等 1991。楊遠波 2004。楊遠波 2006）以及本年度的野

外調查結果，對照「台灣植物紅皮書」(台灣植物分類學會 2008)的稀有植物名單，統計結果如表 7。共計 84 科 175 屬 263 種。

表 7.太魯閣國家公園境內稀有維管束植物組成

分類群 \ 位階	科	屬	種
蕨類植物	14	21	33
裸子植物	6	11	12
雙子葉植物	56	108	149
單子葉植物	8	40	69
總 和	84	175	263

(資料來源：內政部營建署太魯閣國家公園管理處 1989。內政部營建署太魯閣國家公園管理處 1994。王忠魁等 1990。台灣植物分類學會 2008。李瑞宗 1996。周富三等 2006。柳楮等 1971。徐國士 1984。徐國士等 1983。張坤城等 2007。章樂民等 1988。郭城孟等 1990。郭城孟等 2000。陳慧芬 2000。楊智凱 2009。楊遠坡等 1989。楊遠坡等 1990。楊遠坡等 1991。楊遠波 2004。楊遠波 2006。本研究)

二、野外調查

4 月初至 9 月 31 日間，至清水山及其鄰近山區進行八次野外調查，共記錄到 82 種稀有植物。其中 7 月 25 至 29 日、由洛韶起沿登山步道登權巴宇山稜線之調查路線，與鳥類研究及非生物環境因子監測的樣區範圍最接近，該次調查記錄到 12 種稀有植物(表 8)。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

表 8. 太魯閣國家公園境內稀有及瀕危植物調查紀錄

日期	科名	中文名	學名	海拔 (M)	特有 種	紅皮書 編號
07/26/2009	唇形科	鈴木草	<i>Suzukia shikikunensis</i> Kudo	1118		
07/26/2009	胡桃科	臺灣胡桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode	1318		
07/26/2009	八角楓科	華八角楓	<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Rehder	1318		
07/27/2009	苦木科	臭椿	<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle var. <i>tanakai</i> (Hayata) Sasaki	1794	Y	617
07/27/2009	粗榧科	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	1854	Y	106
07/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	衛星接 收不良	Y	106
07/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	衛星接 收不良	Y	106
07/28/2009	苦木科	臭椿	<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle var. <i>tanakai</i> (Hayata) Sasaki	衛星接 收不良	Y	617
07/28/2009	胡桃科	臺灣胡桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode	衛星接 收不良		
07/28/2009	榆科	阿里山榆	<i>Ulmus uyematsui</i> Hayata	衛星接 收不良		
07/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	1846	Y	106
07/28/2009	柏科	紅檜	<i>Chamaecyparis formosensis</i> Matsum.	1846	Y	108
07/28/2009	胡桃科	臺灣胡桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode	1846		
07/28/2009	樟科	胡氏肉桂	<i>Cinnamomum macrostemon</i> Hayata	衛星接 收不良	Y	393
07/29/2009	粗榧科	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	2181	Y	106
07/29/2009	薔薇科	霧社山櫻花	<i>Prunus taiwaniana</i> Hayata	2050		
07/29/2009	海桐科	大葉海桐	<i>Pittosporum daphniphyllodes</i> Hayata	1919		
07/29/2009	胡桃科	臺灣胡桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode	1955		
07/29/2009	薔薇科	布氏稠李	<i>Prunus buergeriana</i> Miq.	2050		
07/29/2009	粗榧科	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	衛星接 收不良	Y	106
07/29/2009	毛茛科	蔓烏頭	<i>Aconitum fukutomei</i> Hayata var. <i>formosanum</i> (Tamura) Yang & Huang	衛星接 收不良	Y	525

(資料來源：本研究)

第四章 結論與建議

第一節 討論與結論

雖然本研究涵蓋的距離僅數十公里，但我們已發現同一種鳥在不同海拔高度地區的個體，在型態和聲音上都已經產生顯著的變異。此類因海拔所產生的鳥類型態和生活史的差異，近來已在陸續在鳥類研究中被報導。例如：Snell-Rood and Badyaev (2008)發現Cardueline亞科的雀(finch)中，居住在低海拔地區的種類鳴唱聲音較多樣，且鳴唱的音量較大，但聲音的頻率則沒有隨海拔變動而有差異。Kirschel *et al.* (2009)的研究則發現高海拔地區的綠鶯(*Hylia prasina*)鳴唱聲的頻率較低，原因可能是為了與環境中的蟲鳴聲有所區隔，增加聲音的傳送效率。高海拔地區繁殖的暗眼燈草鴉(*Junco hyemalis*)生殖器官的發育較晚，每年繁殖季的時間較短、繁殖成功率較低、但幼鳥的年存活率較高(Bears *et al.* 2009)。楔嘴鷺雀(*Glyphorhynchus spirurus*)的研究則發現山脈會限制鳥類的基因交流，造成山脈二側鳥類的遺傳分化，但山脈二側中海拔地區的個體，跗蹠骨的長度都較山脈二側低地族群的跗蹠骨長，原因是中海拔地區特殊的覓食環境，驅使牠們演化出較長的跗蹠骨，顯示地理屏障雖然會造成遺傳的分化，但生態因子會使鳥類在型態上產生趨同演化(Milá *et al.* 2009)。Rundell and Price (2009)認為對地理隔離和對不同環境所產生的適應性演化，都是物種產生分化的重要機制。本研究發現高海拔山紅頭鳴唱聲的頻率較低，高海拔地區雄鳥的翼長較長，中海拔雄鳥的中趾長最短。在粉紅鸚嘴則發現中海拔地區地區的個體型態上有多項特徵不同於低、高海拔的個體。造成這些差異的目前仍不明瞭，由於並沒有發現任何隨海拔變化而改變的特徵，顯示造成這些變異的原因應不是如溫度等隨海拔梯度而改變的因子。

山紅頭和粉紅鸚嘴都是在灌叢中活動的鳥類，本研究中雖然在近海平面至2660公尺的山區都有採獲記錄，但山紅頭偏好森林邊緣的灌叢，在大多數採集點都有捕獲，而粉紅鸚嘴則主要在較大面積的草叢，其分佈較不連續，在太魯閣山區的採集點中只有在蓮花池和合歡農場有捕獲。分佈連續性的差異可能是造成

二者遺傳結構不同的原因：山紅頭在微衛星基因座中沒有顯示出明顯的分化，而在粉紅鸚嘴則有較明顯的地理區隔。因本年度研究的目的是在於發展出具多型性的遺傳標記，尚未能針對所有樣本進行基因型鑑定和遺傳分析。日後我們將持續設法在園區內的耕地環境採集粉紅鸚嘴的樣本，以偵測園區內粉紅鸚嘴的族群是否都有遺傳分化的現象。

第二節 建議

綜合本年度研究成果及研究過程中的發現和心得，提出以下建議事項：

一、進行蓮花池地區生物相變遷的長期監測。立即可行且中長期建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

蓮花池早年曾經經歷過一段長時間的農業活動，目前已停止所有的農業活動，原種植於此區的果樹等作物也逐漸為各種當地植物所取代。是研究復育生態學、植被演替、生物相變動的極佳樣區。加上距離公路不遠，交通尚稱便利，原有房舍仍能使用，非常適合進行長期生態監測或研究。過去此區的鳥類調查記錄多涵蓋周遭森林的鳥種，本研究在此繫放許多草原性鳥類，已建立此區草原階段的鳥種組成，隨著演替過程的進行，預期森林性鳥類將逐漸進駐原本的果園區，若能定期進行此區鳥類相的調查或繫放，將可提供瞭解台灣森林鳥類相演替的重要資訊。

二、進行太魯閣國家公園園區內其他動物海拔適應的研究。立即可行。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

本研究發現即使是數量多且分佈廣的鳥種，在園區內不同地點都已在型態、聲音和遺傳上有可偵測到的差異，顯示園區內多變的環境可能對生物造成不同程度的選汰壓力。隨著未來國家公園更多長期生態研究的進行，可能使我們有

機會能夠發現造成這些分化現象的環境因子。另一方面，若能在更多物種中也發現相同的分化現象，將更能突顯出此區生態環境的特殊性和重要性。

三、進行太魯閣國家公園園區內的猛禽調查。立即可行。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

猛禽為肉食性鳥類，在生態系中位居食物鏈的頂端消費者，對於環境中農藥和化學肥料等污染的影響，已在國外許多研究中被證實。本研究在計畫初曾整理太魯閣國家公園歷年的委託研究報告，發現其中有 24 篇是與鳥類相關的研究，（包括單一鳥種的研究、園區內的鳥類調查、以及鳥類調查文獻的整理等），但僅 14 篇有猛禽的記錄。這些報告共記錄了 23 種猛禽，其中日行性猛禽 15 種，夜行性猛禽八種，大致涵蓋了台灣地區出現的猛禽種類。但若仔細分析每篇調查報告所記錄的種類，在 10 篇有進行野外調查的研究中，每份研究調查到的猛禽種類最少一種，最多也只有九種。由於猛禽數量較少且生活習性特殊，較不易藉由一般的鳥類調查方法獲得詳細的資料，此結果顯示有必要對園區內猛禽的數量和種類進行更深入的分佈調查。

國家公園園區內雖已經進行過不少鳥類相關的研究，但尚未針對園區內猛禽的數量和種類進行完整的調查。瞭解園區內的猛禽相現況，並和鄰近山區的猛禽相比較，將有助於瞭解中橫中海拔地區的農業活動是否已對猛禽的族群產生影響。日後若欲進行猛禽體內各項化學污染物的分析監測等研究，也才能提出較具體可行的採樣方法。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

致謝

本研究承太魯閣國家公園補助研究經費。徐中琪協助大部分的野外繫放作業及分子性別鑑定工作。施佩君協助鳥類鳴聲錄製與分析，鄭勝文協助繫放、形值測量與分析，葉佳芬協助進行微衛星基因座的測試和基因型鑑定，涂志昀協助各項行政事宜，是本研究能順利完成的最重要助力。感謝太魯閣國家公園管理處保育課朱何宗先生和林佩蓉小姐在各行政作業的支援。鳥類繫放作業則感謝施佩君、鄭勝文、葉佳芬、鍾坤燕、涂志昀、王維辰、楊宗運、鄭舜仁、邱智迦、沈恕忻、施金德、陳皇奇、金官嫻、翁瑞鴻、蔣廉君、嚴國恩、林祐竹、麥館碩、涂哲豪、洪子喬等諸位的協助。非生物環境因子監測由東華大學張世杰老師研究團隊完成。植物調查感謝中山大學楊遠波老師研究團隊提供資料。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

附錄一. 本年度所繫放的鳥類名錄

中文名*	學名*	<500m ¹			1100~1200m ²			1980~1990m ³			>2500m ⁴			小計
		雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	
三趾鶉科	TURNICIDAE													
棕三趾鶉	<i>Turnix suscitator</i>	1												1
鳩鵲科	COLUMBIDAE													
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>						1							1
翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>	1												1
啄木鳥科	PICIDAE													
小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>			1										1
卷尾科	DICRURIDAE													
小卷尾	<i>Dicrurus aeneus</i>		2		1									3
王鵓科	MONARCHIDAE													
黑枕藍鵓	<i>Hypothymis azurea</i>	2	12		1									15
長尾山雀科	AEGITHALIDAE													
紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>				1	2	1	1	2	1	8	7	5	28
扇尾鶯科	CISTICOLIDAE													
灰頭鷓鴣	<i>Prinia flaviventris</i>	3	2											5
褐頭鷓鴣	<i>Prinia inornata</i>			1										1
鶇科	PYCNONOTIDAE													
白環鸚嘴鶇	<i>Spizixos semitorques</i>						2							2
紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	1												1

中文名*	學名*	<500m ¹			1100~1200m ²			1980~1990m ³			>2500m ⁴			小計
		雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	
鶯科	SYLVIIDAE													
小鶯	<i>Cettia fortipes</i>				2		1							3
深山鶯	<i>Cettia acanthizoides</i>										6	11	13	30
台灣叢樹鶯 (褐色叢樹鶯)	<i>Bradypterus alishanensis</i>										1			1
棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>				2			1						3
畫眉科	TIMALIIDAE													
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	4	8	1	3	2	2							20
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	9	17	1	15	16	2	5	8	2	6	6	1	88
台灣噪眉 (金翼白眉)	<i>Garrulax morrisonianus</i>										2	2	2	6
黃胸藪眉 (藪鳥)	<i>Liocichla steerii</i>		1					4	2	1	10	10	6	34
灰頭花翼	<i>Alcippe cinereiceps</i>										8	10	1	19
頭烏線	<i>Alcippe brunnea</i>				2	2	1							5
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	5	12	1	8	19								45
白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>							3					1	4
冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>				2	2		3	5		6	6		24
綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca</i>	2	2		1									5
粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	2	2		41	36	1				5	5		92
黃羽鸚嘴	<i>Paradoxornis verreauxi</i>										1			1

中文名*	學名*	<500m ¹			1100~1200m ²			1980~1990m ³			>2500m ⁴			小計
		雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	雌	雄	未確定 ⁵	
繡眼科	ZOSTEROPIDAE													
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	4	2		4	9	1							20
鶇科	TURDIDAE													
台灣紫嘯鶇 (紫嘯鶇)	<i>Myophonus insularis</i>	1	1		1		1							4
鶇科	MUSCICAPIDAE													
野鶇	<i>Luscinia calliope</i>				1									1
栗背林鶇	<i>Luscinia johnstoniae</i>										4	9		13
紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>							1	1				1	3
麻雀科	PASSERIDAE													
麻雀	<i>Passer montanus</i>	1	1											2
梅花雀科	ESTRILDIDAE													
白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>				1	1	12							14
雀科	FRINGILLIDAE													
酒紅朱雀	<i>Carpodacus vinaceus</i>										4	2	1	7
褐鶯	<i>Pyrrhula nipalensis</i>							1						1
鵙科	EMBERIZIDAE													
黑臉鵙	<i>Emberiza spodocephala</i>				10	2								12
合計														516

* 分類、學名及中文名參考「中華民國野鳥學會 2008 年版台灣鳥類名錄」

1. 包括崇德、閣口、匯德、溪畔隧道、及合流；2. 包括蓮花池及洛韶；3. 慈恩；4. 包括大禹嶺、合歡古道、松泉岡、合歡農場；5. 包括外型 and 分子技術無法區分性別，以及尚未進行分子性別鑑定者。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

附錄二、太魯閣國家公園 98 年度委託辦理「代表性生態系 經營管理計畫」期中報告會議紀錄

一、計畫名稱：

「代表性生態系經營管理－合歡山高海拔生態系長期研究
計畫第一期」

「代表性生態系經營管理－霧林帶指標物種棲地問題計畫
第一期」

「代表性生態系經營管理－峽谷生態系長期研究網計畫第
一期」

「代表性生態系經營管理－蘇花海岸生態系長期研究網計
畫第一期」

「太魯閣國家公園珍稀及指標物種研究與復育計畫第一期
－兩棲爬蟲類基因條碼建立及多樣性分析」

「代表性生態系經營管理－環境敏感區域持久性環境污染
物類調查第一期」

二、會議時間：98 年 6 月 5 日

三、會議地點：本處遊客中心第一簡報室

四、主持人：游處長登良 紀錄：朱何宗

五、出席人員：如簽到簿

六、發言要點：

- (一) 夏禹九教授：在國家公園的研究案來說這是一個實驗性的方式，主要希望各領域之間彼此多增加些關聯。建議一開頭要有個 overview 的介紹，由於此案和以前的計畫都不一樣，希望從生態系的角度來看，所以期末時要花些功夫來串聯，建議

期末報告時大家都能在同一天。

- (二) 趙榮台教授：因為題目是代表性生態系經營管理，這不只是一般的研究案，對於生態系的話，應該是 system approach, 如何整合個別作生物地理或物種取向的研究方法，這樣的研究要如何配合國家公園經營管理的目標？需加強思考。另外要提醒大家要注意契約的要求，例如 database 的提供等。
- (三) 金恆鑣教授：1. 太魯閣在 metadata 這方面要起國家公園的帶頭作用，所以一開始希望就能成功。不能限於現實的狀況，要作一些前瞻性的研究，再來可能的話就是社會問題要納進來。2. 生物物候學應該要作，尤其可以反應 global change。3. 整體的 ecosystem approach 要如何成功，目前方向至少是對的，做了才知道如何去修正。4. 希望能夠發表報告，資料共享
- (四) 陳進益委員：雨量站的設計好像太魯閣最少，可否擬出幾個長久站點？因為此案不同於研究計畫，建議先顧好最基礎的資料。像是動物生態的變遷、風害的部份、能否比對火力電廠附近的監測或是和平地區的環境品質等等。
- (五) 高樹基副研究員：雨量站最好是陸地測站（1 個 / 50km²）和氣象雷達配合，作研究當然密度越高越好，不過那就是經費的問題了。建議可以發文請氣象局或台電單位多設置幾個，並配合落石監測計畫。
- (六) 鍾寶珠小姐：太管處近年有那麼多基礎研究，卻

一直無針對大型工廠（例如和平電廠）作長期監測，期待未來研究可以多和經營管理配合，及加強跨領域的整合，例如人類的行為對生態系的影響等。

- （七）柯風溪教授：OCP 絕大部分國家已經禁用，但因其持久性又不易分解，所以目前仍有殘留，也許是以前用的量過大。安檢所也許會有些資料。我們目前做出來的結果含量已算不低，高階消費者體內也許更多，會在未來多增加採樣資料。

七、結論：

- （一）期末報告時希望各受託單位計劃主持人先以轉譯過的文字介紹計畫的目的、執行計畫的方法及預期目標，以讓其他研究團隊、管理處及一般大眾能迅速理解溝通。各案並應製作海報一份呈現研究結果。
- （二）基礎研究及保育研究的深化是管理處的目標，期待國家公園可以自己拿出資料來。國家公園要想百年的長期的，當然也得因應落實等問題，不要只為了作什麼而作，而是要累積長期的可留作十年後比對的資料，調查方法改變後也許會有不同的結果。最後也希望生態部份能和人文的領域人對話，共同合作。
- （三）本期中報告通過，准予備查。請受託單位依合約規定備妥相關資料請領第二期款。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

附錄三、太魯閣國家公園 98 年度委託辦理「代表性生態系 經營管理計畫」期末報告會議紀錄

一、計畫名稱：

「代表性生態系經營管理－合歡山高海拔生態系長期研究
計畫第一期」

「代表性生態系經營管理－霧林帶指標物種棲地問題計畫
第一期」

「代表性生態系經營管理－峽谷生態系長期研究網計畫第
一期」

「代表性生態系經營管理－蘇花海岸生態系長期研究網計
畫第一期」

「太魯閣國家公園珍稀及指標物種研究與復育計畫第一期
－兩棲爬蟲類基因條碼建立及多樣性分析」

「代表性生態系經營管理－環境敏感區域持久性環境污染
物類調查第一期」

二、會議時間：98 年 11 月 27 日

三、會議地點：本處遊客中心第二簡報室

四、主持人：游處長登良 紀錄：朱何宗

五、出席人員：如簽到簿

六、發言要點：

- (一) 夏禹九教授：目前看起來幾個計畫的方向有點分散，一兩個月內要整合出整體規劃是不容易的一件事。美國長期生態 25 年檢討，花了兩年才訂出目標，我們要定義長期短期的目的為何。每一門學科背景的理论不一樣，不見得兩門科學可以整合，兩個領域的範圍要非常清楚，要把兩個東西結合，必

須要對各學科的背景非常了解，不是一件簡單的事情。希望有這麼好的機會，可以在初期談一點東西，重點是充實解說部分。是不是有一些要增加，能有這麼精采的故事，感謝管理處支持。希望下一步能有一兩個焦點，不過七個要整合在一起有困難。希望在三年裡面，大家能有一點聚焦。

- (二)金恆鑣委員：長期生態研究的目的是要找出真相，為了發掘真相首先要決定調查哪些觀測值，因為時間經費有限，所以要決定哪些才是真正代表真相的調查目標。因此找出焦點 Ecosystem 是我們的重點，範圍先訂出來，再來談詳細內容，目前每個人的想法很確定，像林老師蛙類，和平溪與立霧溪兩邊不一樣，之間有立霧山阻隔，不要山的兩邊都做，找一個地方來做就好，海拔也是一樣，不要什麼都要做。希望在有限的資源內，做最好的利用，於環境污染方面，只要做指標性的污染物就好，不要什麼都做。動物方面也是一樣，確定哪幾種是指標性物種，就只針對他下去做研究，把真相找出來。而不是東一個點，西一個點，只能知道片面的東西，而且顯得很雜。真相很多，只要選擇重要的下去做就好了，但是務必要把重要的真相找出來。要告訴別人，這一區有什麼問題存在。

- (三)蘇銘千委員：今年是普查性的報告，可以感受到框架的範圍越來越明確，接下來可以思考幾個計畫的架構該如何連貫。如將張世杰老師從化學環境因子的比較，能提供數個計畫作背景資料。可以作為未來幾年計畫的著眼點，提供非生物的化學觀點給作

生物的老師資訊。同一條溪的南北岸加入非生物之間的觀點。可以是一個討論的方向。

- (四) 高樹基副研究員：有些事情可以用別的觀點來看，而不一定是科學的觀點，目前現有能力，將來有機會，應該可以如夏老師所說的，從基礎做起，到最後可以將所有的東西連結起來。
- (五) 鍾寶珠理事長：今天算是三年的期初，上次期中簡報，感覺很模糊曖昧的，不過這次覺得很好，有看到雛形出來了。太魯閣國家公園比鄰水泥廠、工業區等大型污染產業，在生態系的經營管理上，希望有系統的、長期的去監測這些大型污染產業。第二年的期初希望可了解更多東西。希望透過這樣跨領域的整合，太管處扮演很重要的幕僚單位。今年看到雛形了，希望明年可以看到更完整的成果。
- (六) 游登良處長：今年我們委託亞熱帶生態學會做了一個整合資料庫，將每一個實驗的點、每一資料筆都登入後置資料庫系統，以後就可以做每一筆資料比對。除此之外本年度還辦理了許多其他的計畫，例如水鹿、民謠文化、國際接軌、立霧溪地質、世界遺產等，希望這次在生態方面做的比較完善。可以就由這些面相整合，希望最後能做到人文跟自然的對話。讓大家去了解，去認識對未來的發展。

七、決議：本期中報告通過，准予備查。請受託單位依合約規定備妥相關資料辦理驗收請款事宜。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

參考書目

- 內政部營建署太魯閣國家公園管理處。1989。太魯閣國家公園高山草原生態體系調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。120頁。
- 內政部營建署太魯閣國家公園管理處。1994。太魯閣國家公園高山植物群落之調查研究-高山草原。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。80頁。
- 方偉宏。2008。台灣鳥類全圖鑑。貓頭鷹出版社。台北。
- 王忠魁、陳玉峰。1990。綠水-文山及綠水-合流植物相細部調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。46頁。
- 台灣植物分類學會。2008。台灣植物紅皮書。<http://www.tsps.org.tw/redbook.htm>
- 李瑞宗。1996。太魯閣國家公園植物暨人文文獻蒐集整理研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。109頁。
- 李瑞宗。2003。蘇花道今昔。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。263頁。花蓮。
- 周富三、楊智凱、廖俊奎、陳添財、楊遠波。2006。太魯閣國家公園三棧溪流域常綠闊葉林植群生態之研究。國家公園學報。16(2): 113-129。
- 柳楮、徐國士。1971。臺灣稀有及有滅絕危機之動植物種類。中華林學季刊。4(4): 89-96。
- 徐國士、林則桐、陳玉峰、呂勝由。1983。太魯閣國家公園預定區域植物生態調查報告。臺灣省林業試驗所。151頁。
- 徐國士。1984。太魯閣國家公園植物生態資源調查報告。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。151頁。
- 高琇瑩、賴美麗、簡碧蓮。2000。山徑百年。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。230頁。花蓮。
- 張坤城、羅昱超、王俊閔、呂碧鳳、王志強。2007。清水山地區稀有植物調查初探。自然保育季刊。60(4): 45-54。
- 章樂民、楊遠波、林則桐、呂勝由。1988。太魯閣國家公園峽谷石灰岩壁植物群落生態之調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。99頁。

代表性生態系經營管理－霧林帶
指標物種棲地問題計畫第一期

- 許皓捷。2003。台灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。國立台灣大學動物學研究所博士論文。台北。
- 許皓捷。2006。太魯閣國家公園鳥類群聚之研究（一）。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。102頁。
- 許皓捷。2007。太魯閣國家公園鳥類群聚之研究（二）。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。133頁。
- 郭城孟、陳應欽。1990。太魯閣國家公園蕨類植物之研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。135頁。
- 郭城孟、翁茂倫。2000。太魯閣國家公園石灰岩環境蕨類植物資源調查研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。44頁。
- 陳慧芬。2000。中橫公路沿線太魯閣檫族群生態之研究。國立東華大學自然資源管理所碩士論文。70頁。花蓮。
- 楊智凱、胡嘉穎、游旨价、彭鏡毅。2009。錐麓古道的明珠-大斷崖地區之稀有植物資源。自然保育季刊。65: 45-51。
- 楊遠波、林則桐、呂勝由。1989。南湖大山圈谷及其附近植被之調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。41頁。
- 楊遠波、呂勝由、林則桐。1990。太魯閣國家公園石灰岩地區花蓮植被之調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。115頁。
- 楊遠波、趙榮台、林則桐、呂勝由。1991。太魯閣國家公園蜜源植物之調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。62頁。
- 楊遠波。2004。太魯閣國家公園高山地區植物資源基礎調查之研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。116頁。
- 楊遠波。2006。太魯閣國家公園陶塞溪流域植物資源基礎調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。64頁。
- 楊遠波、廖俊奎、唐默詩、楊智凱。2008。台灣種子植物要覽。行政院農業委員會林務局。278頁。台北。
- Badyaev, A. V., R. L. Young, K. P. Oh and C. Addison 2008. Evolution on a local scale: developmental, functional, and genetic bases of divergence in

- bill form and associated changes in song structure between adjacent habitats. *Evolution* 62: 1951-1964.
- Barr, K. R., D. L. Lindsay, G. Athrey, R. F. Lance T. J. Hayden, S. A. Tweddale and P. L. Leberg 2008. Population structure in an endangered songbird: maintenance of genetic differentiation despite high vagility and significant population recovery. *Molecular Ecology* 17: 3628-3639.
- Bears, H., K. Martin and G. C. White 2009. Breeding in high-elevation habitat results in shift to slower life-history strategy within a single species. *Journal of Animal Ecology* 78: 365-378.
- Beiderwieden, E., A. Schmidt, Y. J. Hsia, S. C. Chang, T. Wrzesinsky and O. Klemm 2007. Nutrient input through occult and wet deposition into a subtropical montane cloud forest. *Water Air and Soil Pollution* 186: 273-288.
- Bos, D. H., D. Gopurenko, R. N. Williams and J. A. DeWoody 2008. Inferring population history and demography using microsatellites, mitochondrial DNA, and major histocompatibility complex (MHC) genes. *Evolution* 62: 1458-1468.
- Boufford, D. E., H. Ohashi, T. C. Huang, C. F. Hsieh, J.L. Tsai, K.C. Yang, C. I. Peng, C. K. Kuoh and A. Hsiao 2003. A checklist of the vascular plants of Taiwan, *Flora of Taiwan*. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, National Taiwan University. 6: 15-139. Taipei.
- Brujinzeel, L. A. and J. Proctor 1994. Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: What do we really know? *In: Tropical montane cloud forests* (L. S. Hamilton, J. O. Juvik and F. N. Scatena eds), pp. 38-78. Springer Verlag, New York.
- Chang, S. C., C. F. Yeh, M. J. Wu, Y. J. Hsia and J. T. Wu 2006. Quantifying fog water deposition by in situ exposure experiments in a mountainous coniferous forest in Taiwan. *Forest Ecology and Management* 224: 11-18.
- Cody, M. L. 。1997。地中海型氣候區的多樣性、稀有性及保育。保育生物學：探討稀有性和多樣性的科學。M. E. Soulé編。趙榮台譯。國立編譯館。115-144頁。台北。

- Evans, H. and J. B. Heiser 2004. What's inside: anatomy and physiology. *In*: Handbook of Bird Biology (S., R. Podulka, W. Rohrbaugh, Jr., and R. Booney eds.), pp. 4.1-4.162. The Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, New York.
- Excoffier, L., G. Laval and S. Schneider 2005. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1:47-50
- Gentry, A. H. 。1997 。熱帶與溫帶植物群集的特有性。保育生物學：探討稀有性和多樣性的科學。M. E. Soulé編。趙榮台譯。國立編譯館。145-172頁。台北。
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3.2). Available from:
<http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>.
- Hörnfeldt, B., T. Hipkiss, A.-K. Fridolfsson, U. Eklund and H. Ellegren 2000. Sex ratio and fledging success of supplementary-fed Tengmalm's owl broods. *Molecular Ecology* 7: 1071-1075.
- Hsu, Y.-C., L. L. Severinghaus, Y.-S. Lin and S.-H. Li 2003. Isolation and characterization of microsatellite DNA markers from the Lanyu Scops Owl (*Otus elegans botelensis*). *Molecular Ecology Notes* 3: 595-597.
- Hsu, Y.-C., S.-H. Li, Y.-S. Lin and L. L. Severinghaus 2006. Microsatellite loci from Lanyu Scops Owl (*Otus elegans botelensis*) and their cross-species application in four species of strigidae. *Conservation Genetics* 7: 161-165.
- Hsu, Y.-C., C.-C. Huang and L. L. Severinghaus 2009. Microsatellites for the Hoopoe (*Upopa epops*) and their application to the parentage analysis. *Conservation Genetics* (Accepted) DOI 10.1007/s12686-009-9128-2.
- Huang, Y.-J., C. Chen and S.-H. Li. 2004. Polymorphic tetranucleotide microsatellite loci in the Hwamei (*Garrulax canorus canorus*) (Timaliidae). *Molecular Ecology Notes* 4:170-172.
- Hubbell, S. P. 、R. B. Foster 。1997 。新熱帶區森林中的普遍性和稀有性：其在熱帶樹木保育之啟示。保育生物學：探討稀有性和多樣性的科學。M. E. Soulé

- 編。趙榮台譯。國立編譯館。國立編譯館。197-222頁。台北。
- IUCN 2001. Red list categories and criteria: version 3.1. IUCN, IUCN Species Survival commission. Gland, Switzerland and Cambridge, U.K.
- Kirschel, A. N. G., D. T. Blumstein, R. E. Cohem, W. Buermann, T. B. Smith and H. Slabbekoorn 2009. Birdsong tuned to the environment: green hylia song varies with elevation, tree cover, and noise. *Behavioral Ecology* 20: 1089-1095.
- Leberg, P. 2005. Genetic approaches for estimating the effective size of populations. *Journal of Wildlife Management* 69: 1385-1399.
- Milá, B., R. K. Wayne, P. Fitze and T. B. Smith 2009. Divergence with gene flow and fine-scale phylogeographical structure in the wedge-billed woodcreeper, *Glyphorhynchus spirurus*, a Neotropical rainforest bird. *Molecular Ecology* 18: 2979-2995.
- Molecular Ecology Resources Primer Development Consortium 2009
Permanent Genetic Resources added to Molecular Ecology Resources Database 1 May 2009–31 July 2009. *Molecular Ecology Resources* 9: 1460–1559.
- Pritchard, J. K., M. Stephens and P. Donnelly 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945–959.
- Rabinowitz, D. S.、S. Cairns、T. Dillon。1997。稀有性的七種型式以及它們在不列顛群島植物相的頻率。保育生物學：探討稀有性和多樣性的科學。M. E. Soulé編。趙榮台譯。國立編譯館。國立編譯館。173-196頁。台北。
- Ramakrishnan, U., J. F. Storz, B. L. Taylor and R. Lande 2004. Estimation of genetically effective breeding numbers using a rejection algorithm approach. *Molecular Ecology* 13: 3283-3292.
- Reed, D. H. and R. Frankham 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology* 14: 230-237.
- Rundell, R. J. and T. D. Price 2009. Adaptive radiation, nonadaptive radiation, ecological speciation and nonecological speciation. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 394-399.
- Schluter, D. 2009. Evidence for ecological speciation and its alternative.

- Science 323: 737-741.
- Selkoe, K. A., R. J. Toonen 2006. Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters* 9: 615-629.
- Slabbekoorn, H. and T. B. Smith 2002. Habitat-dependent song divergence in the little greenbul: an analysis of environmental selection pressures on acoustic signals. *Evolution* 56: 1849-1858.
- Snell-Rood, E. C. and A. V. Badyaev 2008. Ecological gradient of sexual selection: elevation and song elaboration in finches. *Oecologia* 157: 545-551.
- Smith, T. B., R. Calsbeek, R. K. Wayne, K. H. Holder, D. Pires and C. Bardeleben 2005. Testing alternative mechanisms of evolutionary divergence in an African rain forest passerine bird. *Journal of Evolutionary Biology* 18: 257-268.
- Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17: 57-73.
- Wang, M.-T., Y.-C. Hsu, C.-T. Yao and S.-H. Li. 2005. Isolation and characterization of 12 tetranucleotide repeat microsatellite from the green-backed tit (*Parus monticolus*). *Molecular Ecology Notes* 5:439-442.
- Yeung, C. K. L., Y.-C. Hsu, C.-T. Yao and S.-H. Li 2008. Isolation and characterization of 23 microsatellite loci in the black-faced spoonbill (*Platalea minor*) and amplification in other Ciconiiformes waterbirds. *Conservation Genetics* (Accepted and published online DOI 10.1007/s10592-008-9714-y).
- Yeung, C., Y.-J. Huang and S.-H. Li. 2004.. Development of polymorphic microsatellite markers for the Steere's Liocichla (*Liocichla steerii*). *Molecular Ecology Notes* 4:420-422.
- Zhang, D.X., G. M. Hewit 2003. Nuclear DNA analyses in genetic studies of populations: practice, problems and prospects. *Molecular Ecology* 12: 563-584.