

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
太魯閣國家公園管理處委託辦理報告（八十九年度）

『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』

太魯閣國家公園管理處
委託辦理報告

中華民國九十八年十二月

『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』

受委託者：國立東華大學

研究主持人：張世杰

協同主持人：林思民

（國立台灣師範大學）

研究助理：鍾欣民

太魯閣國家公園管理處
委託辦理報告

中華民國九十八年十二月

目次

目次	I
表次	V
圖次	VII
摘要	IX
第一章 緒論	1
第二章 研究緣起與背景	3
第一節 蘇花海岸生態系的重要非生物環境因子	3
壹、氣象因子	3
貳、化學環境因子	4
第二節 蘇花海岸的重要植物相	4
第三節 物種多樣性觀點：蘇花海岸地形劇烈的地理隔離效應	5
第四節 遺傳多樣性觀點：蘇花海岸地區特殊的科學與保育價值	7
壹、物種的界定	7
貳、隱蔽種的發現	8
參、保育單元的界定	8
肆、演化歷史的探討	8
第五節 本研究計畫的具體目標	10
第三章 研究方法	11
第一節 非生物環境因子的監測方法	11
壹、氣象因子的監測	11
貳、物理環境因子：風的影響	11
參、物理環境因子：雲霧覆蓋度分析	11
肆、化學環境因子：鹽沫的離子輸入	12

第二節	稀有植物基本資料庫的建立方法	13
第三節	物種阻隔效應的研究方法	15
壹、	研究範圍與樣區地點	15
貳、	物種調查與分析	15
參、	親緣地理學樣本採集	15
肆、	親緣地理學實驗技術	15
伍、	族群遺傳分析	16
第四章	結果與討論	17
第一節	非生物環境因子	17
壹、	氣象因子	17
貳、	物理環境因子：風的影響	20
參、	物理環境因子：雲霧覆蓋度分析	21
肆、	化學環境因子：鹽沫的離子輸入	23
第二節	蘇花海岸的稀有植物	26
壹、	太魯閣國家公園稀有植物名錄	26
貳、	野外調查	26
參、	分布區域圖	26
肆、	初步調查結果	29
伍、	太魯閣國家公園稀有及瀕危植物與中國大陸及琉球群島相關種群之相關性初探	30
第三節	物種的多樣性	31
壹、	兩棲爬行動物分布調查	31
貳、	流域之間的生物地理與物種組成分析	31
參、	蘇花海岸造成的物種組成差異	31
第四節	遺傳的多樣性	37

壹、	褐樹蛙的族群遺傳與親緣地理學研究.....	37
貳、	短距離造成劇烈的遺傳分化：以褐樹蛙為例.....	38
第五章	結論與建議	45
第一節	結論	45
第二節	建議	45
壹、	立即可行建議	45
貳、	中長期建議	46
附錄一：	太魯閣國家公園稀有及瀕危植物名錄	47
附錄二：	太魯閣國家公園境內稀有及瀕危植物座標表	59
附錄三：	太魯閣國家公園境內稀有植物與中國大陸及琉球地區近緣種群比較表	61
附錄四：	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	71
附錄五：	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	75
參考文獻.....		79

表次

表 1. 陸域或淡水域脊椎動物在台灣島內呈現明顯地理區隔的案例(林思民 整理)。	6
表 2. 有機會以蘇花海岸作為分布界線的兩棲爬行動物(林思民 整理)。	7
表 3. 已經證實或有機會在中央山脈兩側形成遺傳分化的兩棲爬行動物種(林思民 整理)。	9
表 4. 各種主要地球表面類型和其反照率範圍(Henderson-Sellers and Wilson 1983)。	13
表 5. 蘇花海岸大氣沉降化學組成。採樣地點為匯德樣區，表中數字為 3 個收集器的體積加權平均值。	24
表 6. 蘇花海岸 2009 年 6 月至 11 月主要離子大氣沉降通量。	24
表 7. 蘇花海岸森林穿落水化學組成。採樣地點為和仁下海步道海岸天然林，表中數字為 3 個收集器的體積加權平均值。	25
表 8. 蘇花海岸天然林 2009 年 7 月至 9 月穿落水主要離子通量。	25
表 9. 合歡山雨水(BP HHS)、蘇花海岸雨水(BP Coastal)、和蘇花海岸森林穿落水(TF Coastal)的主要離子濃度比較。樣品日期為 2009 年 7 月 16 日至 7 月 30 日的 14 天。	25
表 10. 太魯閣國家公園境內稀有維管束植物組成。	26
表 11. 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物調查路線及日期表。	27
表 12. 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物與中國大陸及琉球地區相關種群比較表。	31
表 13. 動物在蘇花海岸地區各樣點的分布現況(無分布差異的物種未列入本表)。	33
表 14. 海岸地區各樣點之間兩爬動物相的相對距離指數。	34
表 15. 蛙各流域採集點的樣本數量(N)、基因單型數量(N_{hap})、基因型多樣性(H)與核苷酸多樣性(P_i)。	40
表 16. 褐樹蛙各流域採集點之間的遺傳分化指數(F_{st})。	43

圖次

- 圖 1. 太魯閣國家公園地形圖。I 砂卡礑流域；II 立霧溪流域；III 三棧溪流域。 .5
- 圖 2. 分佈區域圖範例(摘自 IUCN)。(A)已知、推斷或預計出現的點位空間分佈。(B)分佈區域的可能邊界，邊界內的面積為分佈區域面積。14
- 圖 3. 中央氣象局和中站與富世站 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日日累積雨量、日平均氣溫、月平均氣溫分布圖。雨量圖上方數字為月累積雨量。18
- 圖 4. 中央氣象局和中站及富世站 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日風速風向分佈圖，資料為逐時平均值，來源為中央氣象局花蓮氣象站。19
- 圖 5. 中央氣象局和中站及富世站逐時盛行風向分佈圖。資料為 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日逐時平均值，資料來源為中央氣象局花蓮氣象站。圖中數字 1 代表每日的第一小時，亦即 0:00-1:00，24 代表每日最後一小時，亦即 23:00-0:00，其餘數字依此類推。19
- 圖 6. 海岸天然林樣點 5 冠層變化。魚眼照片拍攝日期在左圖為 2009 年 5 月 15 日，在右圖則為 8 月 16 日。20
- 圖 7. 蘇花海岸地區的海岸天然林(藍色實線)和人工樟木林(綠色虛線)冠層開闊度變化圖。取樣時間為 2009 年 5 月 15 日、6 月 18 日、7 月 21 日、和 8 月 16 日，每一林份的樣本數為 5。圖示為平均值加減標準誤。下方灰點為每日最大風速。研究期間蓮花(LINFA)、莫拉菲(MOLAVE)、和莫拉克(MORAKOT)颱風的影響時間也標示於圖中。21
- 圖 8. 2009 年 10 月 29 日 Terra 衛星影像。右上圖為太魯閣國家公園(藍線範圍)和蘇花海岸(紅線範圍)的裁切圖。右下圖色點為反照率大於 0.3 的區域。22
- 圖 9. 太魯閣國家公園全區(Whole)和蘇花海岸區域(Coastal)的雲霧覆蓋率比較。Terra 和 Aqua 衛星分別於 10 時和 13 時左右拍攝影像。每一個 Box-Whiskers 圖的樣本數為 46，圖中空心方點代表平均值。23
- 圖 10. 太魯閣國家公園清水山及鄰近地區稀有及瀕危植物調查路線圖。27
- 圖 11. 清水馬蘭、清水石楠、厚葉龍膽及清水山過路黃等四種稀有植物之位置圖。28
- 圖 12. 清水圓柏位置圖。28

圖 13. 清水鼠李之位置圖。	29
圖 14. 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物與中國大陸及琉球地區相關種群比較圖。	30
圖 15. 海岸沿線各流域之間，利用兩爬動物相的相對距離指數建構之 UPGMA 樹。	35
圖 16. 海岸地形各流域之間兩爬物種組成的相對距離指數沿著緯度變化的情形。	36
圖 17. 究所使用褐樹蛙(<i>Buergeria robusta</i>)的採集地點與樣本數量。	39
圖 18. 利用 neighbor-joining 建構 80 個褐樹蛙粒線體 cytochrome <i>b</i> 基因單型之間的 親緣關係樹(unrooted)。	41
圖 19. 褐樹蛙 80 個基因型與地理分布。北部的基因型與東部的基因型完全沒有分布 上的重疊。	42
圖 20. 褐樹蛙流域間的族群分化指數沿著蘇花海岸地區變化的情形(以最北和最南的 四條河川為例)。	44

摘要

關鍵詞：海岸生態系，異域種化，褐樹蛙，親緣地理學，遺傳多樣性

研究緣起

太魯閣國家公園蘇花海岸地區，擁有極為特殊的地質景觀與生態系統。地質景觀的特殊處，在於其緊臨太平洋的陡峭山勢，而生態系統的特殊處，則在於因地形屏障而相對於全世界大多數海岸生態系統，較少遭受人為干擾。蘇花海岸生態系，因而提供了我們一個極佳的海岸生態系研究場域。本研究進行生態系環境因子，親緣地理學，以及焦點珍稀物種的初步探討，以期建立蘇花海岸的長期生態系研究。

蘇花海岸地區特殊的地形地貌不但是世界性的地質景觀，也是影響台灣生物多樣性與遺傳多樣性的重要地形阻隔。這個地形阻隔同時扮演著東西分化與南北分化的界限，無論從單純的物種組成，或藉由近年分子親緣地理學所得到的證據，均顯示這個地理屏障在生物地理學上佔有重要的地位。而在如此小的尺度之內發生如此劇烈的物種與遺傳差異，亦為世界所罕見。因此，本研究將跳脫傳統著眼於台灣全島尺度的生物地理或親緣地理學研究，而進一步針對蘇花海岸，尤其是清水斷崖與立霧溪這段劇烈的地形屏障進行小尺度的探討。

在焦點物種的保育與監測上，太魯閣國家公園稀有植物的種類雖冠於台灣其他國家公園，但稀有植物分佈及瀕危等級的資料尚未完備，遑論物種的族群數量估計、族群成長趨勢、風險評估、潛在分佈範圍的模擬等研究。因此，本研究擬建立蘇花海岸地區稀有植物的基本資料庫，包括物種名錄的建立，稀有及瀕危等級的評估，以及分佈範圍、類型、稀有尺度、瀕危物種的分佈模擬等具體目標。藉此，希望能提供國家公園在面對遊憩、狩獵或開發等壓力時，擬定經營管理策略的參考。

研究方法及過程

本研究以半球面影像分析法，定期拍攝位於和仁海岸的海岸天然林與人工樟木林，據以分析兩個森林的冠層開闊度，並探討風對冠層開闊度的影響。蘇花海岸受雲霧覆蓋的程度，是以 MODIS Terra 和 Aqua 衛星影像進行分析。至於蘇花海岸的化學環境因子，則是以大氣沉降收集裝置，定期收集並分析蘇花海岸地區的大氣沉降，以及海岸森林穿落水，以了解海水和鹽沫對海岸地區大氣沉降化學組成的影響。

本研究於兩棲爬行動物活躍的春季與夏季進行各個樣區的物種調查。日間採用目視與徒手捕捉，而夜間則使用目視與聲音辨識法調查各樣區的物種與相對數量，利用播遷能力較差的兩棲爬行動物為對象，調查蘇花海岸沿線各溪谷的兩棲爬行動物群落差異以及特定物種的遺傳分化情形。

稀有植物名錄是根據相關文獻及標本館採集記錄，針對出現在「台灣植物紅皮書」裡的稀有植物名錄，進行資料收集與調查。各稀有植物之分佈與物候資料，則是整理自國內各標本館之採集紀錄。野外實際調查工作的進行，為沿登山步道或自行規劃的調查路線，記錄稀有植物出現的種類、生物特性、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）及其他環境因子。最後，以採集地點、海拔及經緯度等資訊，繪製各稀有物種在本國家公園境內之分佈區域圖。

重要發現

海岸天然林的冠層開闊度自 2009 年 5 月至 8 月顯著增加，此期間有 3 個颱風侵襲，造成的強風應該是造成冠層機械性傷害，因而增大開闊度的主要因素。蘇花海岸地區不論上午或下午，雲霧的覆蓋比例都高於太魯閣國家公園的整體範圍。顯示蘇花海岸生態系可能面對較低的光環境，對生態系的生產力可能有負面的影響。大氣沉降和森林穿落水的 Na^+ 和 Cl^- 離子，分別在陽離子和陰離子佔最高的比例。海水和鹽沫明顯地影響了海岸地區的化學環境，可能對海岸生態系造成嚴重的鹽分逆境。

花蓮地區與宜蘭地區在兩爬群落的物種組成上確實存在明顯的差異，而其中至少 10 種左右物種分布的北界或南界正好就座落在蘇花海岸地區。另一方面，定序 212 隻採集自 12 條流域的褐樹蛙，結果發現宜蘭地區與花蓮地區的褐樹蛙在遺傳上呈現兩個系群，無論是在宜蘭縣境內或花蓮縣境內，流域與流域之間的遺傳分化均極為有限；但是到了和平溪與立霧溪之間，卻呈現高度的遺傳分化。我們推測和平溪與立霧溪之間的清水斷崖在物種的分化上扮演重要的角色，並且值得在未來針對其他呈現類似分布情形的物種進行深入的研究。

太魯閣國家公園境內共計有 84 科 175 屬 263 種稀有及瀕危植物。與台灣植物紅皮書之種類作比較，約為其 1/3，其中稀有等級未定者有 187 種，特有種有 167 種，易受害者為 22 種，接近威脅者有 43 種，瀕臨滅絕者有 2 種，嚴重瀕臨絕滅者有 11 種。野外調查則記錄到 86 筆稀有及瀕危植物。比較區內之稀有植物名錄與中國及琉球地區之相關種群的相似性，本區之稀有植物組成與中國大陸較相似。

主要建議意見

在短期部份，我們建議太管處持續進行生態系環境因子、隔離效應、物種分化及遺傳分化、以及珍稀物種資料庫的相關研究，以增進蘇花海岸地區的研究價值。並加強教育推廣，讓外界獲悉蘇花海岸地區對生物多樣性的特殊影響。在中長期部份，任何跨越此區的公共工程，均需避免造成野生動物非天然狀況下的族群移動，以避免遺傳入侵與遺傳均質化的危機，造成區域特有性的降低。並建議針對蘇花海岸沿線的各樣區進行長期的監控，以了解全球暖化的衝擊與影響。

第一章 緒論

全球海岸線長度超過 1.6×10^6 km，在海岸線兩側的潮間帶，以下的大陸棚區，以及以上的緊鄰的陸地，統稱為海岸生態系(coastal ecosystems)(Burke *et al.* 2001)。海岸生態系是地球上生產力最豐富的生態系，為人類提供了珍貴的生態系服務(ecosystem services)與生態系財貨(ecosystem goods)。由於其豐富的自然資源與方便的可及性，使其也成為最受人類活動與環境變遷威脅的生態系(Hassan *et al.* 2005)。

太魯閣國家公園範圍內的蘇花海岸，北起和仁溪口，南至崇德隧道，長約 9 km。雖然長度極短，但這個海岸線卻以其緊臨太平洋的陡峭山勢聞名。此海岸最高的清水山(2408 m a.s.l., 24°14'N, 121°39'E)，與海岸之間的平均坡度高達 35°，而局部斷崖地形更幾近垂直。如此特殊的地形條件，使得蘇花海岸生態系的大部分區域，得以不受人類干擾而保有自然的狀態。為了保護這個特殊的生態系統，此區被納入於 1986 年成立的太魯閣國家公園的範圍內，使得此生態系除了沿蘇花海岸開闢的蘇花公路與北迴鐵路路廊之外，絕少有人為的干擾。

面對這個極為珍貴的天然海岸生態系，除了保護措施之外，積極地進行生態系的研究工作，將更能讓我們瞭解此生態系的運作機制，進而能採取更好的經營管理策略，以使其能永續長存。生態系的研究包含面向極廣，根據 Smith(1989)的看法，生態系可以從 3 個面向來定義，分別是：

- 組成份子(components)：包括無機物質(inorganic substances)、有機物質(organic substances)、氣候(climate)、生產者(producers)、消費者(consumers)、與分解者(decomposers)。
- 結構形式(structural patterns)：包括食物網(food web)、多樣性(diversity: species variation in space)、以及演替(succession: species variation in time)。
- 功能(functional processes)：能量流動(energy flow)、以及生物地球化學循環(biogeochemical cycling)。

由上可知，我們對生態系組成動植物的物種調查，僅為認識一個生態系的一部份工作而已。對於生物的物理、化學環境的認識，包括氣候條件與土壤條件等，才算對生態系組成份子有較完整的瞭解。進一步而言，這些組成份子在時間與空間上的結構與變化，以及隱含於其中的能量與物質循環，也就是生態系的結構與功能，是我們深入瞭解生態系運作的必要知識。以這樣的條件來看，我們目前對於蘇花海岸生態系的瞭解，還僅止於組成動植物的初步認識而已。

根據本研究的工作計畫書，研究工作的內容應包括以下各點：(1)文獻蒐集與回顧，(2)

重要非生物環境背景值之調查，(3)蘇花海岸生態系結構研究，(4)蘇花海岸生態系功能研究，(5)焦點物種之保育與監測，以及(6)全球氣候變遷可能衝擊對象與程度初步探討。

這些工作項目已經跳脫物種調查的基本工作，而進入生態系結構與功能的研究，同時企圖進一步探討物種保育以及環境變遷對生態系的衝擊。面對這個龐大的研究計畫，我們擬定了第一年的工作內容如下：

- 持續進行文獻收集，並依 Smith(1989)的定義加以分析，以瞭解目前對蘇花海岸生態系的研究概況。在研究進行當中，也將隨時依文獻收集結果與研究的進展，適度調整研究的項目。
- 針對非生物環境因子的研究，第一年將只進行氣候因子的監測，尤其是我們認為在蘇花海岸生態系較重要的氣候因子，如太陽輻射、風、以及雲霧。生態系組成份子之中的有機物質與無機物質，亦即土壤性質，並未在第一年的研究計畫內。我們將利用文獻探討的機會，瞭解蘇花海岸地區的土壤資料狀態，以供第二年之後的研究工作計畫擬定參考。氣象資料之中的太陽輻射，提供了很重要的生態系能量輸入資訊，能讓我們在第一年針對生態系功能之中的能量循環項目，先有初步的認識。至於生態系功能之中的生物地球化學循環項目，我們將針對大氣沈降的雨水與霧水進行研究。
- 在焦點物種的保育與監測項目內，我們將針對清水山目前已知的珍稀植物，進行分佈的調查以及資料庫的建置。本項研究工作由中山大學楊遠波教授協助執行。
- 生態系結構的研究，在第一年的工作重點將是動物的空間分佈研究。蘇花海岸造成的物種隔離與可能的種化現象，將在共同主持人林思民教授的研究基礎上，進一步作更細緻的研究分析。
- 全球氣候變遷對生態系的衝擊，在第一年並沒有具體的研究工作項目。然而以上各點所完成的工作，將有助於擬定未來的研究可能性。

第二章 研究緣起與背景

第一節 蘇花海岸生態系的重要非生物環境因子

蘇花海岸生態系的非生物環境因子，可以從物理環境因子與化學環境因子兩個面向來探討。

壹、 氣象因子

氣象因子，包括太陽輻射(solar radiation)、風速風向、氣溫、相對濕度、雨量等，形塑了一個生態系的物理環境，影響了生態系內部生物及化學過程。針對蘇花海岸生態系，以下的氣象因子可能是比較重要的：

- **太陽輻射**：由於整個海岸生態系的陡峭地形面向東方，太陽輻射的每日逐時分佈將與平原地區有明顯差異。晴日日出時間開始，生態系會立即接受太陽輻射；但因為山勢的阻擋，太陽輻射在每日午後會迅速降低。綜觀而言，蘇花海岸生態系的太陽輻射量應顯著低於同緯度及海拔高度的其他生態系，因而將降低生態系的初級生產力。除了太陽入射角度的影響，蘇花海岸受雲霧的影響，可能也會大幅降低直射光與散射光(diffuse radiation)的比例。
- **風**：在特定地區的生態系，風可能是非常重要的非生物環境因子(Kramer *et al.* 2001, Zhu *et al.* 2004)。蘇花海岸生態系因為地形與位置的因素，可能具有與其他生態系不同的風場條件(wind regime)。在每日的時間尺度下，海陸風交替的平流風(advection wind)可能遠較內陸地區來得明顯。而在每年的時間尺度下，秋冬季節的東北季風及鋒面系統，可能帶來強風而成為生態系的環境壓力。另外，夏季從東部登陸或是沿太平洋北上的颱風，經常造成大面積的森林樹木受損，是蘇花海岸生態系很重要的干擾(disturbance)因子。Batista and Platt(2003)在美國佛羅里達州的研究發現，1985 年的颶風 Kate 造成了 7% 的海岸原始森林樹木死亡，森林孔隙(gap)面積由 31% 增大至 62%。強風干擾除了造成樹木的受傷死亡之外，也因為孔隙的增加以及風的媒介，可能造成外來樹種的入侵(Bellingham *et al.* 2005)。森林結構和組成受颱風干擾的程度，也會受其他環境條件影響，森林土壤養分狀況的不同，似乎會影響森林的耐風程度(Gleason *et al.* 2008)。
- **雲霧**：海岸以及中海拔山區，是霧林帶較容易出現的地區，雲霧在這些地區也被證實是重要的環境因子(Elias *et al.* 1995, Dawson 1998, Weathers *et al.* 2000)。雲霧顆粒隨著氣流運動，與植物表面碰撞之後，便沈降進入生態系內，成為大氣水分輸入的一部份。雲霧顆粒所含有的各種化學物質濃度，經常高於雨水(Chang *et al.*

2002)，因此雲霧沈降進入生態系的同時，也有相當多的養分隨之進入生態系。以 Azevedo and Morgan(1974)在美國加州海岸森林的研究為例，夏天的雲霧沈降量可以高達 425 mm，而雲霧帶來的養分輸入，也影響了生態系的養分收支。雲霧對生態系的影響除了在水分與養分收支之外，也在於對太陽輻射的降低。太陽輻射的降低，讓光合作用的能量來源減少，也大幅降低了蒸發散所需的熱能(Bruijnzeel and Veneklaas 1998)。由於人類活動造成的空氣污染物質排放，可能造成雲霧物理的改變，因而改變雲霧的光學效應，使能量收支逐漸變化，對生態系造成影響。因此，對雲霧進行大面積且長期的監測，對全球環境及氣候變遷具有重要的意義(Bendix 2002)。

貳、 化學環境因子

與離海岸較遠的生態系相較，蘇花海岸生態系的化學環境可能受海水的影響很大。隨海浪拍打而飛濺起來的細小海水水滴，可能隨風運動而被帶入海岸的生態系。(Clayton 1972)在美國加州海岸的研究指出，海水鹽沫會帶給海岸生態系大量的陽離子輸入量。除了自然的海水鹽沫影響，蘇花海岸可能的化學環境條件還可能受人為影響，包括蘇花公路車輛排氣與砂石車的粉塵，以及位於和仁及和平的水泥廠以及燃煤電廠的廢氣影響。

第二節 蘇花海岸的重要植物相

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 m 落差(徐國士 1984，楊遠波 2004、2006)。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(圖 1)。其中砂卡礑河流域早期雖有伐木的歷史，但清水山區一直是國內研究石灰岩植物和植被的寶庫(楊遠波等人 1990，郭城孟和翁茂倫 2000)。另外，蘇花公路清水斷崖一帶山區，陡峭地形及臨海山崖的植物相也是本國家公園的特色之一。

清水山位於砂卡礑河流域內，稜線東側落差高達 1200 m 以上的臨海峭壁為著名的清水斷崖，是本省具代表性的變質石灰岩地區，受東北季風影響，全年雨量豐沛。清水山及蘇花公路清水斷崖一帶山區，是國內研究石灰岩植物和植被的寶庫，許多稀有植物更以清水山命名，如清水圓柏、清水石楠、清水鼠李、清水山小蘗及清水山過路黃等，其他列名稀有植物的種類更不勝枚舉(楊遠波等人 1990)。另外，許多以恆春半島為主要分佈區的物種，亦出現在砂卡礑溪及清水斷崖的低海拔山區，如欖仁舅、皮孫木、枯里珍、葛塔德木及台灣假黃楊等，是另一特殊的分佈現象。三角錐山及塔山周遭地區，相較於同為變質石灰岩的清水山區，可能因為攀爬不易，研究及採集紀錄明顯不足。就地形、地質及地理位置而言，前二者與清水山區應有密切的關係，本區也許是許多清水山稀有植物的潛在分佈範圍，是值得探討的問題，因此本年

度擬以清水山區及其週遭山區的稀有植物為主要調查對象，藉以填補過去研究及採集紀錄之不足。

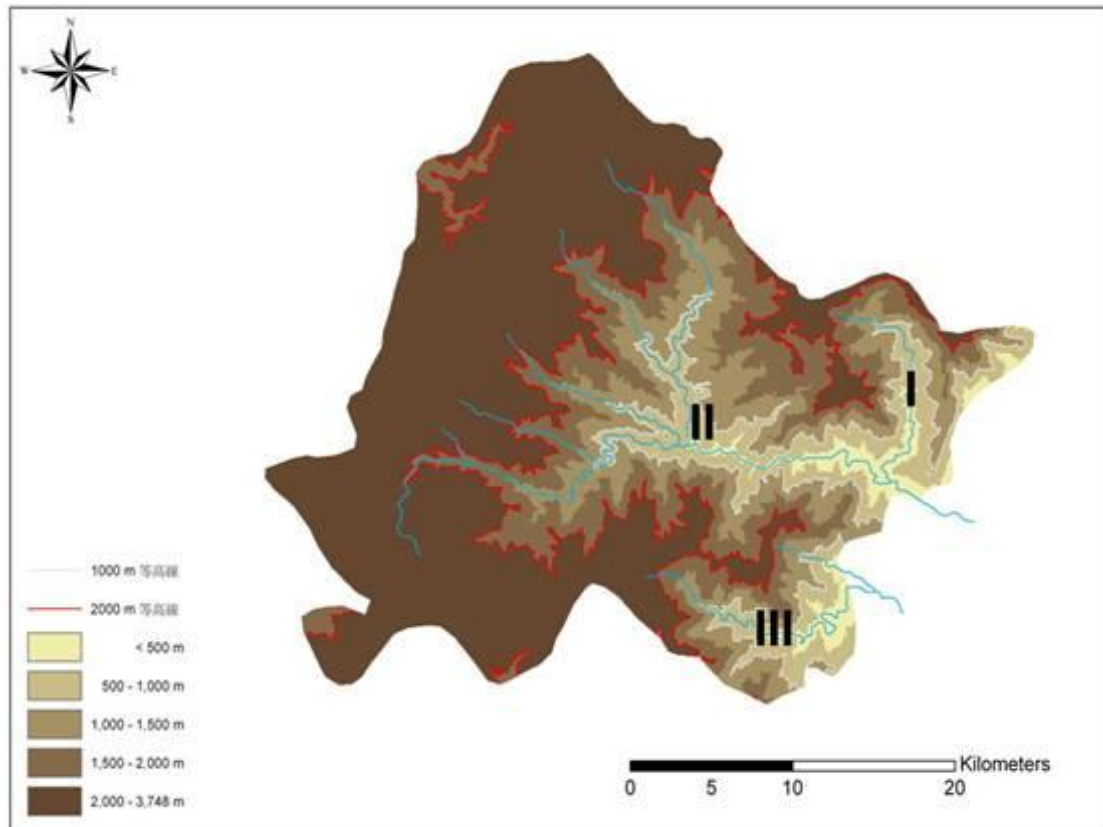


圖 1. 太魯閣國家公園地形圖。I 砂卡礑流域；II 立霧河流域；III 三棧河流域。

第三節 物種多樣性觀點：蘇花海岸地形劇烈的地理隔離效應

物種多樣性(species diversity)的形成來自地球歷史上一系列的種化(speciation)事件。因此，種化的研究工作，在生物多樣性探索領域中扮演著舉足輕重的地位。地理隔離造成的異域種化(allopatric speciation)是傳統種化模型中最為人廣為接受的理論基礎(Mayr 1963, Coyne and Orr 2004)，而島嶼地區的物種多樣性與特有性，受到隔離效應的影響最為顯著(Mayr 1963)。

蘇花海岸地形特殊的地形地貌，是檢視隔離對種化效應的絕佳場所，在台灣特有生物相的形成過程中可能扮演著極為重要的角色(林思民 2003)。在生物多樣性研究的啟蒙年代，大多數的研究著眼於海峽隔離效應對台灣特有物種的影響。而直到甚晚，才注意到台灣本身島內山脈或水系的隔離，亦對物種的特有性造成深遠的影響。曾晴賢(1986)率先針對淡水魚類的島內分布狀況，提出台灣島內的生物地理區劃。而後到了九〇年代，由於分子生物技術的普及，在遺傳學訊息的挹注之下，針對島內地理隔離造成的種化或遺傳分化研究，方如雨後春筍般地

蓬勃發展。

經由過去幾年的研究，針對台灣陸域生物的地理分化模式已經有了初步的瞭解(曾晴賢 1986, Hikida and Ota. 1997, Ota 1997)。在不同類群之中，「東西分化」與「南北分化」各是一個常見的分布模式(表 1)。以兩棲爬行動物而言，在「東西分化」的物種之中，中央山脈是造成物種分布界限最明顯的屏障；而在「南北分化」的模式，這個分布界限在緯度上則常常介於竹苗至宜蘭南部附近(呂光洋等人 1999，向高世 2001)。其中，經由劇烈的板塊碰撞所形成的中央山脈東北稜，也就是本計畫所關注的蘇花海岸沿線地帶，山脈陡峭嚴峻，直深入海，在台灣的生物地理上同時扮演著「東西」與「南北」兼具的分化屏障。受到這個崎嶇地形影響的物種，從保育上著名的烏頭翁(東部特有種)、白頭翁(西部分布)案例(許譽騰 1999，許祐薰等人 2008)；一般民眾所口耳相傳「會叫」的疣尾蝎虎和「不會叫」的無疣蝎虎(呂光洋等人 1999，向高世 2001)；諸多分布僅及西部平原的特有種淡水魚(陳義雄和方力行 1999，陳義雄和張詠青 2005)；行蹤隱密的蓬萊草蜥(最東分布到宜蘭)與南台草蜥(最北分布到花蓮)(Lin *et al.* 2002)；一直到今年度才新發表的翠斑草蜥(分布於台北、宜蘭)與鹿野草蜥(分布於花蓮、台東)(Lue and Lin 2008)等，在在都顯示這個特殊的地理障蔽對物種分化的嚴重影響。此外，受到這個分布界限影響的兩棲爬行動物還包括了樹蛙科(有數種分布在宜蘭以北)，狹口蛙科(有數種分布在花蓮以南)，飛蜥科(黃口攀蜥僅分布於蘇花公路北段)，以及數種赤蛙(台灣東部缺乏分布)(呂光洋等人 1999，向高世 2001，表 2)。

表 1. 陸域或淡水域脊椎動物在台灣島內呈現明顯地理區隔的案例(林思民 整理)。

類型	案例
北部侷限分布	爬行類：翠斑草蜥、黃口攀蜥、無疣蝎虎、唐水蛇 兩棲類：台北樹蛙、翡翠樹蛙 淡水魚類：平領鱾、短吻小鰾、大眼華鯿、原生香魚
西部侷限分布	鳥類：白頭翁 爬行類：蓬萊草蜥 兩棲類：面天樹蛙、古氏赤蛙、長腳赤蛙 淡水魚類：粗首鱾、台灣石賓、台灣馬口魚、台灣間吸鰍
東部侷限分布	鳥類：烏頭翁 爬行類：鹿野草蜥、白斑中國石龍子 淡水魚類：台東間吸鰍
東部與南部	爬行類：南台草蜥、半葉趾虎、鱗趾蝎虎、股鱗蜓蜥、長尾南蜥 兩棲類：史丹吉氏小雨蛙、巴氏小雨蛙 淡水魚類：高身鰻魚、何氏棘魷、南台間吸鰍、南台華吸鰍

表 2. 有機會以蘇花海岸作為分布界線的兩棲爬行動物(林思民 整理)。

類群	物種	宜蘭分布	花蓮分布
狹口蛙科	黑蒙西氏小雨蛙	X	O
樹蛙科	翡翠樹蛙	O	X
	台北樹蛙	O	X
	面天樹蛙	O	X
赤蛙科	長腳赤蛙	O	X
	古氏赤蛙	O	X
飛蜥科	黃口攀蜥	O	X
壁虎科	無疣蝎虎	O	X
	疣尾蝎虎	X	O
	半葉趾蝎虎	X	O
	鱗趾蝎虎	X	O
正蜥科	蓬萊草蜥	O	X
	翠斑草蜥	O	X
	鹿野草蜥	X	O
	南台草蜥	X	O
石龍子科	股鱗蜓蜥	X	O
	長尾南蜥	X	O

第四節 遺傳多樣性觀點：蘇花海岸地區特殊的科學與保育價值

除了物種本身的分布之外，近年關於台灣島內陸域生物的「親緣地理學」的研究，也支持蘇花海岸地區可能在遺傳多樣性的形成過程中扮演重要的角色。所謂親緣地理學(phylogeography)是一門從 1990 年代開始興起的新興學門，強調利用分子生物學的方式，結合族群遺傳學、地理分布與歷史因素，共同探討生物現今的分布模式與族群遺傳結構(Avise *et al.* 1987, Avise 2000)。親緣地理學研究的發展迄今正好接近 20 年，在這 20 年之中，由於分子生物學技術大量引入生態與保育的研究領域，使我們得以使用更快速、更低廉的方式檢視物種在地理上的遺傳差異(Avise 2004)。這樣的研究方向同時兼顧了物種多樣性與遺傳多樣性，為保育政策的制定提供了極為重要的訊息，例如：

壹、物種的界定

利用分子遺傳標記檢視過去分類地位混淆的類群，以釐清其正確的分類地位。近年在國內較有名的案例如提升為獨立種地位的台灣畫眉(Li *et al.* 2006)、五色鳥(Feinstein *et al.* 2008)，改變物種分類名稱的布氏樹蛙(原白領樹蛙)(張天祐 2008)，或者取消分類地位的台灣蛇蜥(Lin *et al.* 2003)等等。

貳、 隱蔽種的發現

利用分子遺傳標記檢視的不同地區的族群，進而發現外觀相似的隱蔽種。國內經由這樣的研究進而發表新種的著名的案例包括去年新發表的南湖山椒魚、觀霧山椒魚(Lai and Luei 2008)，以及翠斑草蜥、鹿野草蜥(Lue and Lin 2008)等等。

參、 保育單元的界定

利用遺傳上的顯著差異決定保育上的管理單元(management units；簡稱 MUs)或演化顯著單元(evolutionarily significant units；簡稱 ESUs)，以避免不適當的基因交流，造成預期之外的遺傳劣化或遺傳均值化。國內利用類似方法評估保育策略的案例包括了蛇類的青竹絲(Creer *et al.* 2001)、龜殼花(林華慶和林思民 2007)、眼鏡蛇(Lin *et al.* 2008a)，稀有魚種例如埔里華吸鯪(Liao *et al.* 2008)、菊池氏細鯽(Lin *et al.* 2008b)，以及烏白頭翁的系列研究(許譽騰 1999，許祐薰等人 2008)。以上述案例來講，青竹絲、龜殼花、眼鏡蛇、菊池氏細鯽等物種均在蘇花海岸的兩端出現明顯的遺傳分化。

肆、 演化歷史的探討

利用親緣地理學資訊，探討過去氣候波動或歷史因素影響物種的族群遺傳，或特殊地質因素導致種化的案例。族群遺傳的研究案例如粗首鱲(Wang *et al.* 1999)、台灣石賓(Wang *et al.* 2000)、台灣鏟頰魚(Wang *et al.* 2004)、大陸畫眉(Li *et al.* 2009)等，而種化研究則有東亞草蜥的島嶼種化(Ota 1997, Lin *et al.* 2002)，以及陸生蝸牛的環形種化等等。

尋找親緣地理學上各層級的一致性(concordance)是生物地理學家努力的目標(Avise 2000)。而根據國內目前累積的研究結果，在在顯示蘇花海岸地區在物種隔離上扮演的一致性角色，其中又以兩棲爬行動物尤為顯著(表 3)。許多研究案例已經明確指出清水斷崖兩側的同一物種存在明顯的遺傳分化。表 3 之中整理了過去發現中央山脈兩側出現遺傳分化的兩棲爬行動物，同時亦評估了數種可能存在著劇烈的遺傳分化、但是尚未有研究證實的案例。這個表單上的諸多物種，部份亦將成為我們本次執行研究計畫的標的物種之一。

表 3. 已經證實或有機會在中央山脈兩側形成遺傳分化的兩棲爬行動物種(林思民 整理)。

類群	物種	參考文獻
樹蟾科	中國樹蟾	缺乏研究
狹口蛙科	小雨蛙	缺乏研究
	黑蒙西氏小雨蛙	林，2009
樹蛙科	莫氏樹蛙	葉，1996
	白領樹蛙	張，2008
	褐樹蛙	缺乏研究
	日本樹蛙	楊懿如等
	艾氏樹蛙	吳書平等，未發表
赤蛙科	澤蛙	Toda et al., 1998
	斯文豪氏赤蛙	周文豪等
	梭德氏赤蛙	周文豪等
	腹斑蛙	缺乏研究
	拉都希氏赤蛙	Jang-Liaw et al., 2008
飛蜥科	斯文豪氏攀蜥	劉，1994；向，1996
壁虎科	鉛山壁虎	蔡，1998
蜥蜴科	古氏草蜥	缺乏研究
石龍子科	中國石龍子	缺乏研究
	麗紋石龍子	缺乏研究
	印度蜓蜥	缺乏研究
盲蛇科	盲蛇	缺乏研究
黃頰蛇科	白腹游蛇	陳，2008
	草花蛇	缺乏研究
蝙蝠蛇科	眼鏡蛇	Lin et al., 2008
蝮蛇科	赤尾青竹絲	Creer et al., 2001
	龜殼花	林等，2007

蘇花海岸地區特殊的地形地貌與特殊的地理位置，正好提供了演化生物學家一個絕佳的機會，來測試隔絕效應對物種遺傳與演化的影響。在如此小的尺度之內發生如此劇烈的物種與遺傳差異，即使以全東亞甚至全球的觀點來看，亦屬難能可貴的研究題材。然而這個難得的研究取向直到甚晚才為人所注意。林思民(2003)藉由研究草蜥的分布與種化模式，認為和平至新城之間的清水斷崖區域在物種的種化過程中扮演極為重的角色。王昭均(2006)則發現立霧溪僅僅一水之隔，即對翠斑草蜥與鹿野草蜥之間造成極為劇烈的遺傳阻隔。除了令人讚嘆的地形景觀之外，太魯閣國家公園的蘇花海岸沿線在演化生物學的研究中扮演著極為關鍵的角色。如何妥善利用這個得天獨厚的地形景觀，進行生物學與演化學上的探討，並將特殊的研究成果推向國際舞台，為本計畫的主要目的之一。

與其他陸域脊椎動物相較之下，兩棲爬行動物的移動能力較差，播遷距離的也較有限，因此成為測試隔離分化效應的絕佳題材。另一方面，由於兩棲爬行動物誤為變溫動物，對氣候條件的影響亦頗為顯著。蘇花海岸沿線迎東北季風，正好阻絕了部份水氣的南下。宜蘭地區與花蓮地區在氣候上的差異，更加深了蘇花海岸沿線地帶對物種隔離的效應。雖然有越來越多的證據支持這些地區對物種或遺傳上的分化所造成的影響，然而大多數的討論均以全島為探討尺度，鮮少針對蘇花海岸，尤其是清水斷崖與立霧溪這段劇烈的地形屏障，進行小尺度的探討。因此，本計畫結合了野外調查與分子生物技術，對本地區出現的各種兩棲爬行動物進行分布上的調查，並詳細探究這些山脈和溪谷對這些物種所造成的遺傳分化。

第五節 本研究計畫的具體目標

- 評估蘇花海岸生態系的非生物環境因子，並評估應長期監測的項目。
- 建立太魯閣國家公園蘇花海岸稀有植物的基本資料庫，希望達成建立該等物種名錄、稀有及瀕危等級評估、分佈範圍及類型(聚集、隨機或均勻)、稀有類型(太魯閣、台灣或全球性尺度)、瀕危物種的分佈模擬等目標，以提供國家公園在面對遊憩、狩獵或開發等壓力時，擬定經營管理策略的參考。
- 在蘇花海岸沿線的各個溪谷進行詳細的兩棲爬行動物調查，以了解每一個物種在本區的實際分布界限。
- 比較清水斷崖南北兩側的兩棲爬行動物群落差異，以具體呈現這個特殊的地形景觀對兩棲爬行動物相的影響。
- 利用分子遺傳標記，探測各個山脈與溪谷對廣佈物種所造成的遺傳分化。本年度首先以褐樹蛙，而未來數年擬逐步加入日本樹蛙與斯文豪氏攀蜥作為比較的對象。
- 未來將結合多物種的親緣地理與分布狀況，比較各物種類群受此區阻隔效應的相同及相異之處。

第三章 研究方法

第一節 非生物環境因子的監測方法

壹、 氣象因子的監測

本研究並未自行於海岸生態系範圍內架設氣象站，所以本年度所需的氣象資料均取自於中央氣象局花蓮氣象站。中央氣象局於蘇花海岸附近的氣象站有兩個，分別是位於秀林鄉和平國小和中分校校園內的和中站(中央氣象局編號 C0T9D0，海拔高 7 m， $121^{\circ}44'00''$ E， $24^{\circ}16'05''$ N)，以及位於秀林鄉富世村富世國小校園內的富世站(中央氣象局編號 C0T9C0，海拔高 109 m， $121^{\circ}37'19''$ E， $24^{\circ}08'59''$ N)。此兩站為中央氣象局的遙測自動站，收集的參數包括逐時平均風速風向、逐時平均氣溫，以及逐時累積雨量。本研究報告分析的資料範圍，為 2009 年 1 月 1 日至 2009 年 11 月 11 日的資料。雖然兩氣象站的位置均位於研究樣區之外，但距離國家公園海岸均在 5 km 之內，應具有相當的代表性。

氣象資料的統計分析使用 Statistica 8.0 版(StatSoft Inc.)軟體，而風速風向的分析則使用 WRPLOT View 5.9 版(Lakes Environmental Software)來繪製風玫瑰圖。

貳、 物理環境因子：風的影響

風對海岸生態系的影響可能是多面向的，本研究第一年先針對強風可能造成的機械性傷害進行觀測。藉由定期的樹冠層開闊度(openness)觀測，瞭解樹冠層樹葉及枝條的覆蓋度變化情形，並與觀測期間的風場資訊進行相關分析。

本研究選擇的樣區是位於和仁海岸區域的兩個林份，一個是海岸天然林，另一個是人工樟木林。天然林位於和仁下海步道北側，屬於亞熱帶常綠闊葉次生林，面積約 0.3 ha。太魯閣國家公園曾在此林份設置永久樣區，進行植物社會的調查研究。而在台九線公路西側的人工樟木林，面積大於 5 ha，樹高約為 10 m，並無相關的植被研究報告。本研究在兩個林份內，各選取一條樣線，每隔 5 m 以鋼管標定固定的照相樣點，每個林份各有 5 個樣點。

本研究使用半球面影像分析法(hemispherical photography)，進行樹冠層的開闊度分析。使用的照相器材為 Nikon Coolpix 990 數位相機，裝置的魚眼鏡頭為 Nikon FC-E8。拍照時將相機架設於腳架上，鏡頭調整水平，並利用指北針將照片上方調向正磁北。相機鏡頭的高度，約為離地面 180 cm。攝得的數位照片攜回實驗室，以 Gap Light Analyzer (GLA)軟體進行分析。

參、 物理環境因子：雲霧覆蓋度分析

本研究以衛星遙測影像技術，進行較大面積的雲霧分佈觀察。使用的衛星遙測資料取自

美國航空及太空總署(NASA)地球觀測系統(EOS)的兩顆衛星，Terra 和 Aqua。這兩顆衛星載有 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)偵測器，提供了 0.62-12.27 μm 的 31 個波段的電磁波資料。因為是太陽同步衛星，所以每天分別可以提供一次衛星資料，有利於較密集的分析工作。

衛星影像的取得，是自 <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html> 網頁中，搜尋並下載 MOD 02 - Level-1B Calibrated Geolocated Radiances，解析度為 250m 的影像資料。檔案以 HDF-EOS to GeoTIFF Conversion Tool(HEG Tool)轉成 GeoTIFF 格式，之後便能以 GRASS GIS 軟體進行分析。本研究以反照率(albedo)作為判斷雲霧的參數。地球表面陸地區域的反照率，除了沙漠和冰雪覆蓋地區，都在 0.3 以下(Henderson-Sellers and Wilson 1983, 表 4)。因此本研究第一年先以反照率大於 0.3，做為判斷是否有雲霧覆蓋的標準。經過計算，若 Aqua 波段 1 的數據 >6000，Terra 波段 1 的數據 >6100，其所代表的反照率皆會超過 0.3。因此本研究初步判定為有雲霧的條件，便是 Aqua 波段 1 >6000，Terra 波段 1 >6100。在 GRASS GIS 軟體中，將分析範圍限制在太魯閣國家公園，以及蘇花海岸地區兩組，分別計算這兩個區域 Aqua 波段 1 >6000，Terra 波段 1 >6100 所佔的像素(pixel)比例，此比例即為雲霧覆蓋率。本研究分析的時間範圍為 2009 年 1 月 1 日至 11 月 12 日，每間隔 6 至 8 天進行一次分析。

肆、 化學環境因子：鹽沫的離子輸入

海岸生態系的化學環境因子，可能因海水鹽沫的影響而有大量離子隨大氣沉降，因而也造成土壤的鹽度增高，使生態系遭受高鹽度的環境逆境。雨水的化學組成，包含了乾沉降(dry deposition)與濕沉降(wet deposition)來源。分析雨水化學組成，可以相當程度地判讀大氣的化學狀況，因而可能可以幫助判斷污染/營養元素的來源。另外，森林樹冠層能攔截許多氣體及固態的懸浮物體，這些攔截沉降物質可因降雨雨水的淋洗滴落至地表，因此森林生態系穿落水的分析有助於探討大氣沉降。

為了探討海岸生態系受鹽沫的影響狀況，本研究在蘇花海岸匯源隧道北口西側，石公溪流域的廢棄採礦場步道上(24° 12' 13" N, 121° 39' 54" E)，架設雨水收集裝置。另外，為了探討鹽沫攔截對大氣沉降的影響，本研究也在和仁下海步道旁的海岸天然林內，架設穿落水收集器，以進行化學分析。雨水收集器與穿落水收集器的結構完全相同，由一個 20 L 的 PE 桶，上接一個直徑 20 cm 的 PP 漏斗構成。收集器架設於角鋼架內，漏斗的收集平面必須維持水平，收集平面離地約 80 cm。收集器設置 3 個重複，3 個收集器之間距離在 5 m 以內。雨水收集器架設於 2009 年 6 月 1 日，穿落水收集器架設於 2009 年 7 月 6 日，之後每兩週進行採樣及化學分析。化學分析項目包括酸鹼值(pH, WTW pH 340i, Germany)、導電度(Electric conductivity, WTW Con 340i, Germany)、以及主要的陰陽離子(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+)濃度。

表 4. 各種主要地球表面類型和其反照率範圍(Henderson-Sellers and Wilson 1983)。

地球表面類型	反照率
水體：緯度 60° - 90°	0.06 – 0.44
水體：緯度 0° - 60°	0.05 – 0.2
熱帶雨林	0.07 – 0.15
天然植被、農耕地、一般土壤、礫石沙漠	0.07 – 0.25
沙漠	0.20 – 0.44
雪地	0.25 – 0.70
冰層	0.75 – 0.89
海冰	0.25 – 0.60

第二節 稀有植物基本資料庫的建立方法

稀有植物的研究首先必須有一套客觀的評定標準，才能制訂出一份具公信力的名單，對於稀有及瀕危物種之評估，以國際自然保育聯盟(IUCN)所發展出來的保育等級最被廣泛接受及使用。目前台灣植物分類學會受特有生物研究保育中心委託辦理「台灣植物紅皮書」之編纂與出版¹，且已整理出一份歷年來各學者所列之稀有植物名單。本研究不重複對該份名單之稀有及瀕危等級做評估，僅針對太魯閣國家公園內出現在該名單中的植物進行調查，記錄其出現點位及相關環境因子，以建立國家公園稀有植物分佈資料庫為目的，並繪製稀有植物分佈區域圖供經營管理之參考。方法如下：

- 太魯閣國家公園稀有植物名錄：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」裡的稀有植物名錄，針對該名錄所列種類進行資料收集與調查，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(楊遠波等人 2008)修改。
- 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，可獲取該稀有植物之分佈資料與物候資料外，亦可據此規劃適當的調查路線，以利進一步收集稀有植物的分佈及相關資訊(Simpson 2006)。

¹台灣植物分類學會. (2008). "台灣植物紅皮書." from <http://www.tsps.org.tw/redbook.htm>.

- 野外調查：由文獻記載以及地形圖判斷，規劃調查路線(楊南郡 1988，高琇瑩等人 2000，李瑞宗 2003，張坤城等人 2007，楊智凱和胡嘉穎 2009)，沿登山步道或自行規劃的調查路線，記錄出現的稀有植物種類、生物特性、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 1986, Gentry 1986, Hubbell and Foster 1986, Rabinowitz *et al.* 1986)，稀有植物若為草本植物或木本植物之喬木，以該植物出現位置附近評估其族群數量，紀錄覆蓋度(m^2)，並以 1-5(1 表示稀少或不常見，5 表示量多或常見)表示其出現頻度；若為木本植物之喬木，除估算族群數量(株數)外，並量取胸高直徑(DBH)；若為蔓藤類則估算其覆蓋度(m^2)，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。。
- 分佈區域圖(Extent of occurrence, EOO)：以野外調查、文獻及標本館收集之物種分佈資訊，以採集地點、海拔及經緯度等資訊，仿照 IUCN. (2001)物種之分佈區域(圖 2)，以地形圖繪製各稀有物種在國家公園境內之分佈區域圖。分布範圍內不連續或跳躍的部份(例如明顯不適合的棲地)，可排除在分布區域圖之外。

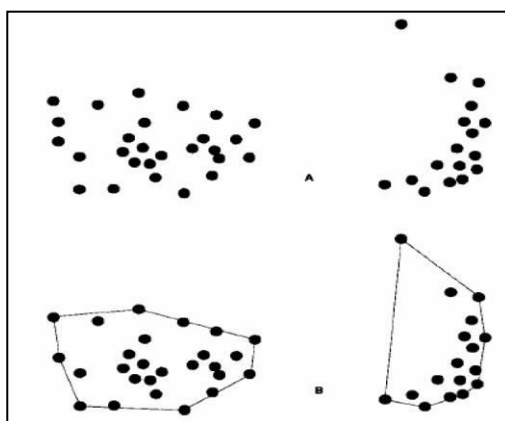


圖 2. 分佈區域圖範例(摘自 IUCN)。(A)已知、推斷或預計出現的點位空間分佈。(B)分佈區域的可能邊界，邊界內的面積為分佈區域面積。

第三節 物種阻隔效應的研究方法

壹、 研究範圍與樣區地點

依據大區域特殊的地形，成立數個不連續的樣區進行兩棲爬行動物的調查。從北到南依序為：

- 蘇澳溪(蘇澳)
- 東澳溪(東澳)
- 南澳溪(南澳)
- 和平溪(和平)
- 良里溪(和仁)
- 立霧溪(崇德、新城)
- 三棧溪(三棧)

其中陸域生物在調查時，再將河谷分為「北岸」與「南岸」兩側分別進行分析，以便同時了解溪流對物種阻隔的效應。

貳、 物種調查與分析

於兩棲爬行動物活躍的春季與夏季進行各個樣區的物種調查。日間採用目視與徒手捕捉，而夜間則使用目視與聲音辨識法調查各樣區的物種與相對數量。數據使用 PRIMER v5.1(Clarke and Warwick 2001)程式做統計分析，計算不同樣區的多樣性指數分析。再以 Bray-Curtis 相似度(Krebs 1989)算出矩陣用於計算 Multidimensional scaling plots(MDS)及 Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic averages(UPGMA)，比較河谷之間的兩棲爬行動物相。

參、 親緣地理學樣本採集

本年度暫定以分布於水域的褐樹蛙作為研究對象。個體捕捉之後，在野外測量吻肛長、體長、體重與性別。利用剪趾標記進行個體的標放，以避免樣本重複採集。標記之後的個體立即於原地釋放，而腳趾則存放於 95%的酒精中保存，留待後續分析。

肆、 親緣地理學實驗技術

採取新鮮腳趾組織進行 DNA 的萃取。利用標準的 Phenol / Chloroform 方法(Gemmell and Akiyama 1996)萃取 crude DNA，經過酒精沈澱與乾燥之後溶於一倍的 TE buffer(Tris-EDTA, pH 8.0)之中，存放於-20°C 冰箱。

利用 PCR(polymerase chain reaction)進行粒線體 DNA 特定片段的增幅。蒐集數種無尾類(Anura)的粒線體 DNA 片段進行排序之後，尋找合適的位置，找出保守區域，設計 PCR 引子(primer)，以增幅粒線體細胞色素基因(cytochrome b)約 1100bp 片段進行分析。根據測試結果，使用於褐樹蛙的引子序列如下：

BueF1：5'-TTTCTGCCAGGRTTYTAACCTAGACC-3'

BueR2：5'-GTCYARTTTGATGAGTTTTRTTTTC-3'

PCR 的反應如下：94°C 下進行變性(denature)30 秒，55°C 下進行鍊合(annealing)40 秒，72°C 下進行延展(extension)80 秒，並重複此三週期之步驟 35 至 40 個循環。增幅後的 DNA 片段以 1.2%的凝膠進行電泳並以 EtBr 進行染色，以確認增幅的片段大小是否符合預期。每一次實驗的進行均進行負反應的控制組(negative control)，以監測並避免實驗中有任何 DNA 的污染(contamination)。

取得的 DNA 直接送入自動定序儀(auto sequencer)進行定序。所有的序列均經過雙股方向的重複定序，並比對其他近緣物種的相同片段，以確認其正確性。

伍、 族群遺傳分析

所有的序列在引用之前均經過雙股方向的定序，並比對其他近緣物種的相同片段，已確認其正確性。使用 Sequencher 4.1(Gene Codes Cooperation)進行 DNA 的排序與輸出，並利用 DnaSP 5.1(Librado and Rozas 2009)與 MEGA 4.1(Kumar *et al.* 2008)進行編輯。使用 MEGA 4.1 重塑各基因型之間的演化樹，以了解各基因型之間的演化關係。最後以族群為單位，利用 DnaSP 計算兩兩族群之間的平均遺傳變異(K_{xy})、平均遺傳距離(D_{xy})、族群分化指數(F_{st})與有效遷移族群量(N_m)等等族群遺傳參數。整個族群的遺傳變異頻度曲線(frequency spectrum)亦使用 DnaSP 計算與描繪。

第四章 結果與討論

第一節 非生物環境因子

壹、 氣象因子

2009 年資料期間，和中站和富世站紀錄的累積雨量分別為 3487 和 2954 mm。兩站的最高月累積雨量都出現在 10 月，分別為 1718 和 1285 mm(圖 3)，主要由芭瑪(PARMA)颱風的降雨造成。由 10 個月的資料看來，基本上海岸生態系並沒有明顯的乾濕季節交替，除了 1 月和 4 月降雨稍少之外，其餘月份的月累積雨量都超過 100 mm。氣溫資料顯示，研究期間兩個氣象站的最低月均溫都出現在 1 月，而最高月均溫則出現在 7 月(和中站)和 8 月(富世站)。值得一提的是 2009 年 2 月的異常高溫，兩站的 2 月平均氣溫都比 1 月高出約 3 °C，比 3 月高出約 0.5 °C。經檢視中央氣象局 1971-2000 年花蓮氣象站的平均 2 月氣溫，可發現 2009 年 2 月的平均氣溫比 30 年平均值高了 2-3 °C。和中站與富世站相比，2009 年 1 至 10 月份的平均氣溫高了 0.6 °C。富世站的海拔高度較和中站高了 102 m，應是造成差異的原因。蘇花海岸生態系從海平面一直到高 2408 m 的清水山，將也因為海拔高度的急速變化，而有很大的溫度梯度。

資料期間的風速風向資料分析結果，顯示兩氣象站個別的盛行風向相當固定：和中站盛行風向為東北風和西南風，而富世站則為東南風和西北風(圖 4)。兩氣象站雖然距離僅 18 km，但盛行風向卻差了約 90°。由地形圖研判，盛行風向與氣象站所在位置的主要山谷走向相同。此外，兩氣象站都有清楚的海陸風交替現象：以和中站為例，每天的 07:00-16:00 主要吹海風，風向為 25°-45°，而從 16:00 至隔日 07:00 吹的則是陸風，風向為 225°-245°(圖 5)。和中站較強的風都來自海面(圖 4)，但富世站可能因東北方向山岳屏蔽，不但沒有東北方向的東北季風吹拂，海陸風的風速也較一致。經逐月分析兩氣象站的風玫瑰圖，顯示蘇花海岸低海拔區域的風場固定，受大區域的季風影響較少。

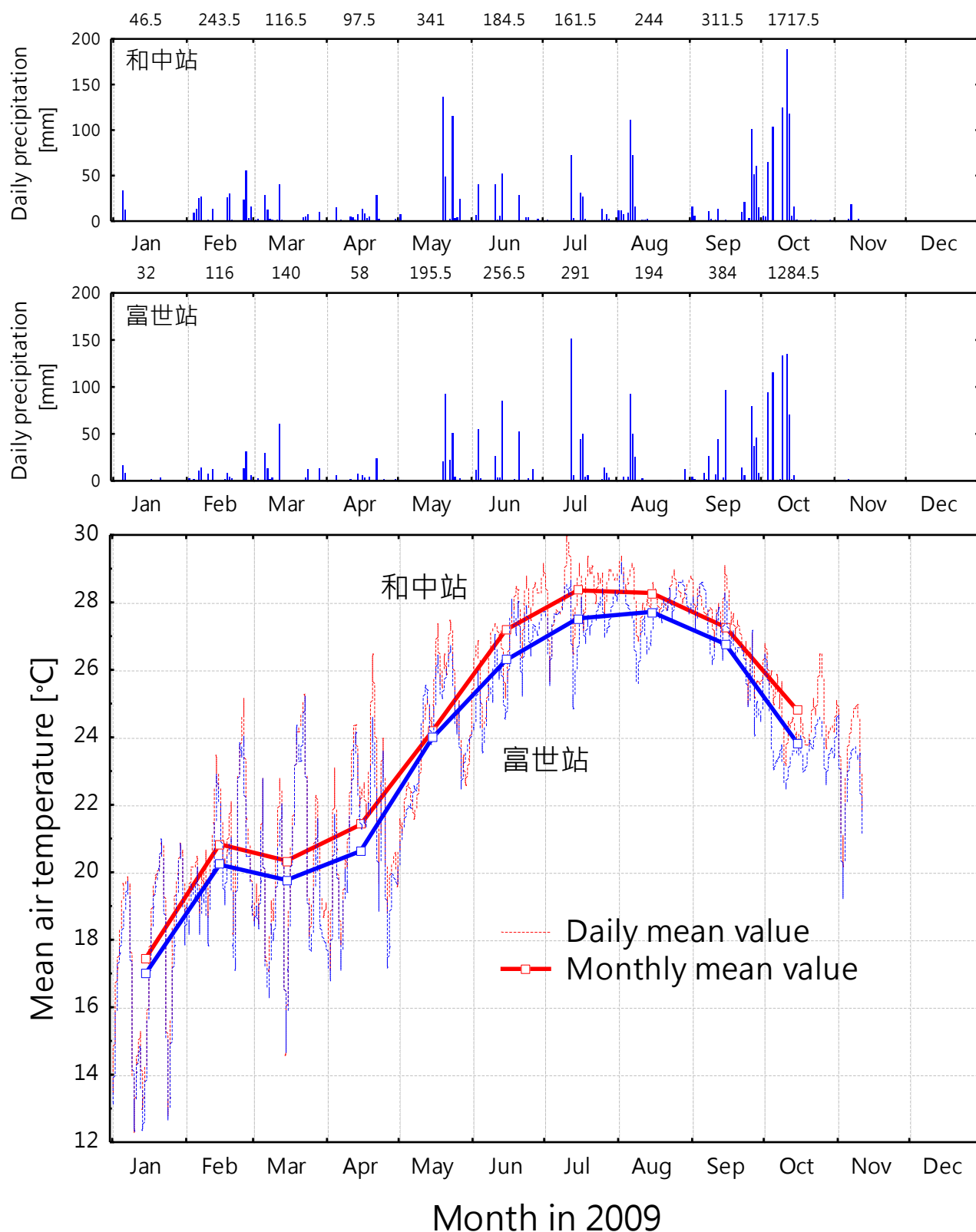


圖 3. 中央氣象局和衷站與富世站 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日日累積雨量、日平均氣溫、月平均氣溫分布圖。雨量圖上方數字為月累積雨量。

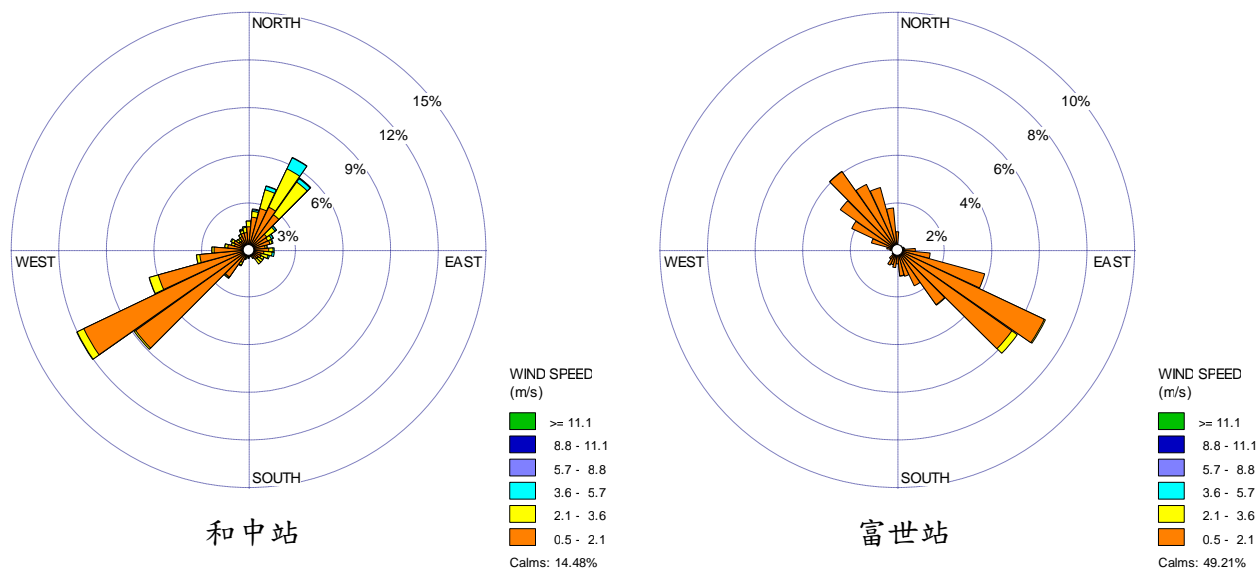


圖 4. 中央氣象局和中站及富世站 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日風速風向分佈圖，資料為逐時平均值，來源為中央氣象局花蓮氣象站。

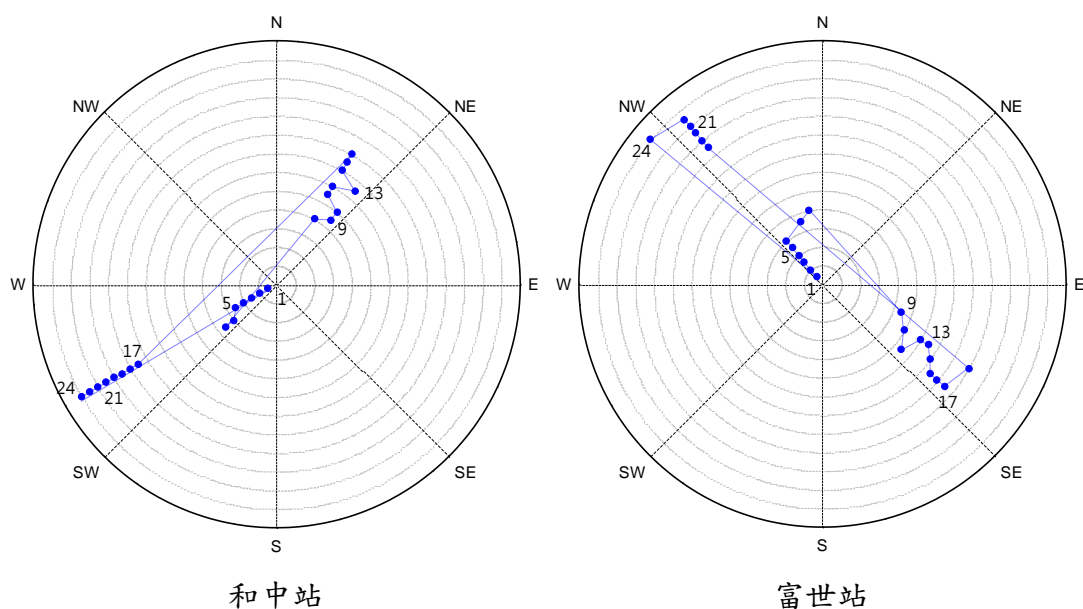


圖 5. 中央氣象局和中站及富世站逐時盛行風向分佈圖。資料為 2009 年 1 月 1 日至 11 月 11 日逐時平均值，資料來源為中央氣象局花蓮氣象站。圖中數字 1 代表每日的第一小時，亦即 0:00-1:00，24 代表每日最後一小時，亦即 23:00-0:00，其餘數字依此類推。

貳、 物理環境因子：風的影響

研究期間共拍攝 4 次半球面影像，從 5 月中至 8 月中，每次間隔約 30 天。圖 6 為 5 月 15 日和 8 月 16 日拍攝於海岸天然林樣點 5 的魚眼照片。相較於 5 月的照片，8 月的魚眼照片明顯有較開闊的樹冠層。結果顯示，同一取樣時間的海岸天然林比起人工樟木林有較低的冠層開闊度，亦即天然林的冠層較為鬱閉(圖 7)。四次拍攝的結果相比，海岸天然林的冠層開闊度從 5 月到 8 月逐漸上升，尤其以 7 月到 8 月的增加量最大。8 月初侵台的莫拉克颱風應是造成冠層破壞的主要原因。颱風的效應在人工樟木林也非常明顯，7 月至 8 月的冠層開闊度和海岸天然林一樣，都增加了約 1.5%。值得注意的是，距離海岸的遠近可能直接影響了強風的效應，海岸天然林離海岸不到 30 m，在 6 月 21 日蓮花(LINFA)颱風和 7 月 17 日莫拉菲(MOLAVE)颱風的作用下，海岸天然林增加了約 1% 的冠層開闊度，但並沒有對距海岸稍遠的人工樟木林造成影響。

由第一年的初步研究結果看來，蘇花海岸生態系極易受強風影響而造成機械性的傷害，使葉面積下降，而可能造成生產力的下降。但由於觀察的時間僅為春末至夏末的四個月分，本研究無法推斷海岸生態系冠層的全年變化，以及強風的機械性破壞對全年葉面積變化的影響程度。除了對冠層開闊度進行持續長期觀察是有必要的之外，從植物生理生態學的角度來進行進一步的探討，例如蒸散作用等，將有助於了解海岸生態系植物面對強風逆境的適應機制。



圖 6. 海岸天然林樣點 5 冠層變化。魚眼照片拍攝日期在左圖為 2009 年 5 月 15 日，在右圖則為 8 月 16 日。

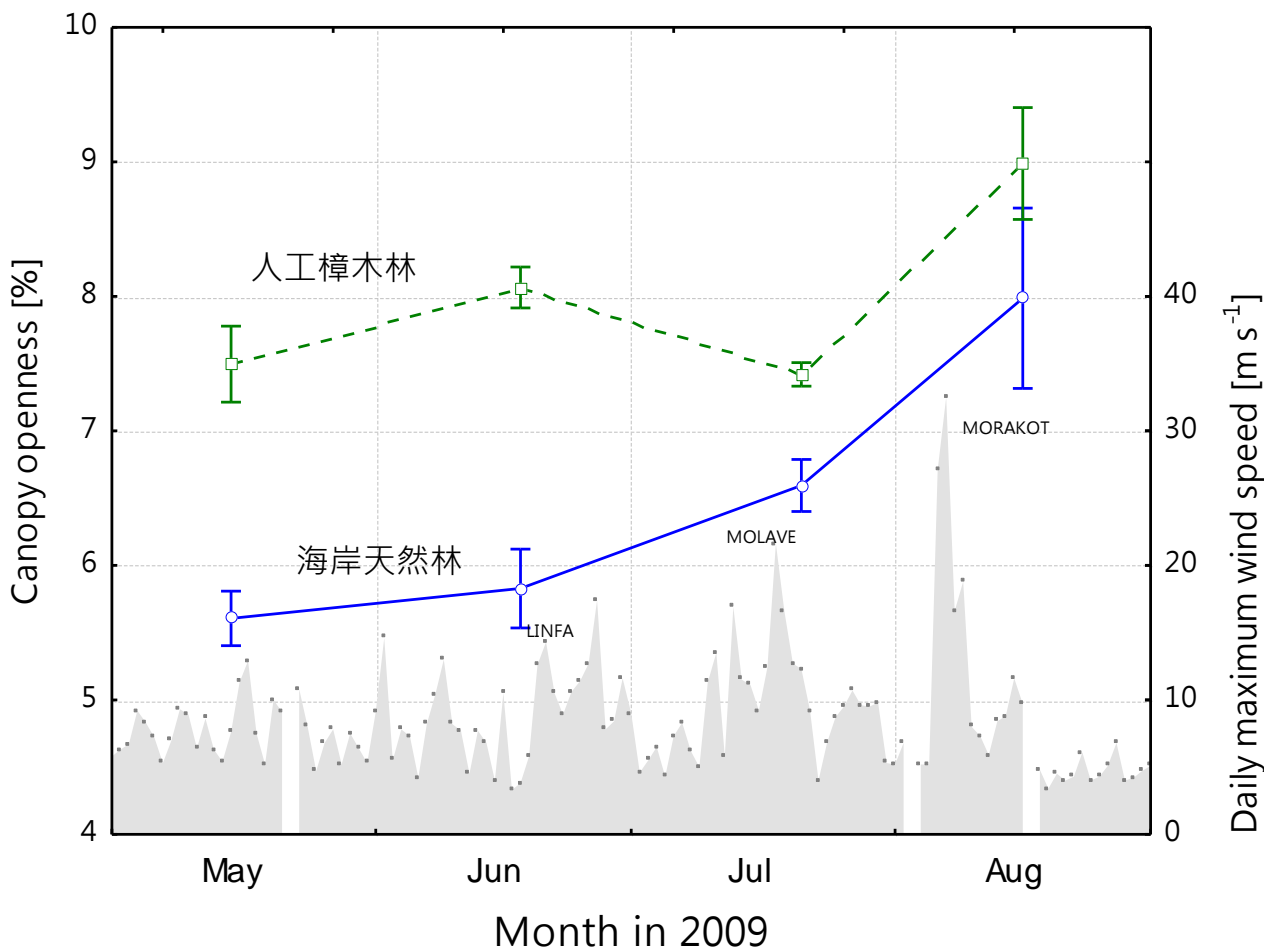


圖 7. 蘇花海岸地區的海岸天然林(藍色實線)和人工樟木林(綠色虛線)冠層開闊度變化圖。取樣時間為 2009 年 5 月 15 日、6 月 18 日、7 月 21 日、和 8 月 16 日，每一林份的樣本數為 5。圖示為平均值加減標準誤。下方灰點為每日最大風速。研究期間蓮花(LINFA)、莫拉菲(MOLAVE)、和莫拉克(MORAKOT)颱風的影響時間也標示於圖中。

參、 物理環境因子：雲霧覆蓋度分析

本研究共分析 92 張衛星影像，其中 Aqua 和 Terra 各 46 張。影像的選取為系統性的取樣，自 2009 年 1 月 1 日起，每 7 天選取 1 天進行分析。第一年的研究僅利用反照率來區分雲霧與陸地，因此目前呈現的分析結果包括了所有的雲種和霧。以 2009 年 10 月 29 日的 Terra 衛星影像為例(圖 8)，本日為晴朗的天氣，整個台灣除了東部山區以及蘭陽溪谷外，並無雲霧壟罩。自 Band 1B 光譜值換算出反照率後，以反照率大於 0.3 做為雲霧判斷的標準。經計算，蘇花海岸區域範圍的雲霧覆蓋比例為 38.9%，而整個太魯閣國家公園的雲霧覆蓋率只有 8.7%。此例顯示，在海風吹拂進入陸地，並受地形抬升作用產生的平流霧(advection fog)壟罩下，太魯閣國家公園範圍內僅有蘇花海岸地區受雲霧影響。因為 Terra 衛星通過台灣的時間為上午 10 時左右，由 2009 年 46 張衛星影像分析結果顯示，上午時間蘇花海岸區域雲霧覆蓋率從 0 到

100%都有，平均值為 41%(圖 9)。若將分析範圍擴大到整個太魯閣國家公園，可發現雲霧覆蓋率較蘇花海岸區域低，平均為 31%。Aqua 衛星通過台灣的時間約為 13 時左右，一般也是山區開始雲霧壟罩的時間。46 張衛星影像的分析結果也的確顯示，海岸區域的雲霧覆蓋率提高到 68%，而整個國家公園範圍的雲霧覆蓋也提高到 53%。蘇花海岸地區的雲霧覆蓋率，還是較整個國家公園的範圍還高。

為了更精確瞭解海岸區域受霧壟罩的情形，日後的研究應進一步利用地形資訊和雲底高度等參數，將雲和霧區分出來(Bendix *et al.* 2005)。由於 MODIS 衛星影像的最高空間解析度為 $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ ，而太魯閣國家公園範圍內的地形起伏劇烈，因此或許可以嚐試以其它較高解析度的衛星影像來進行分析。

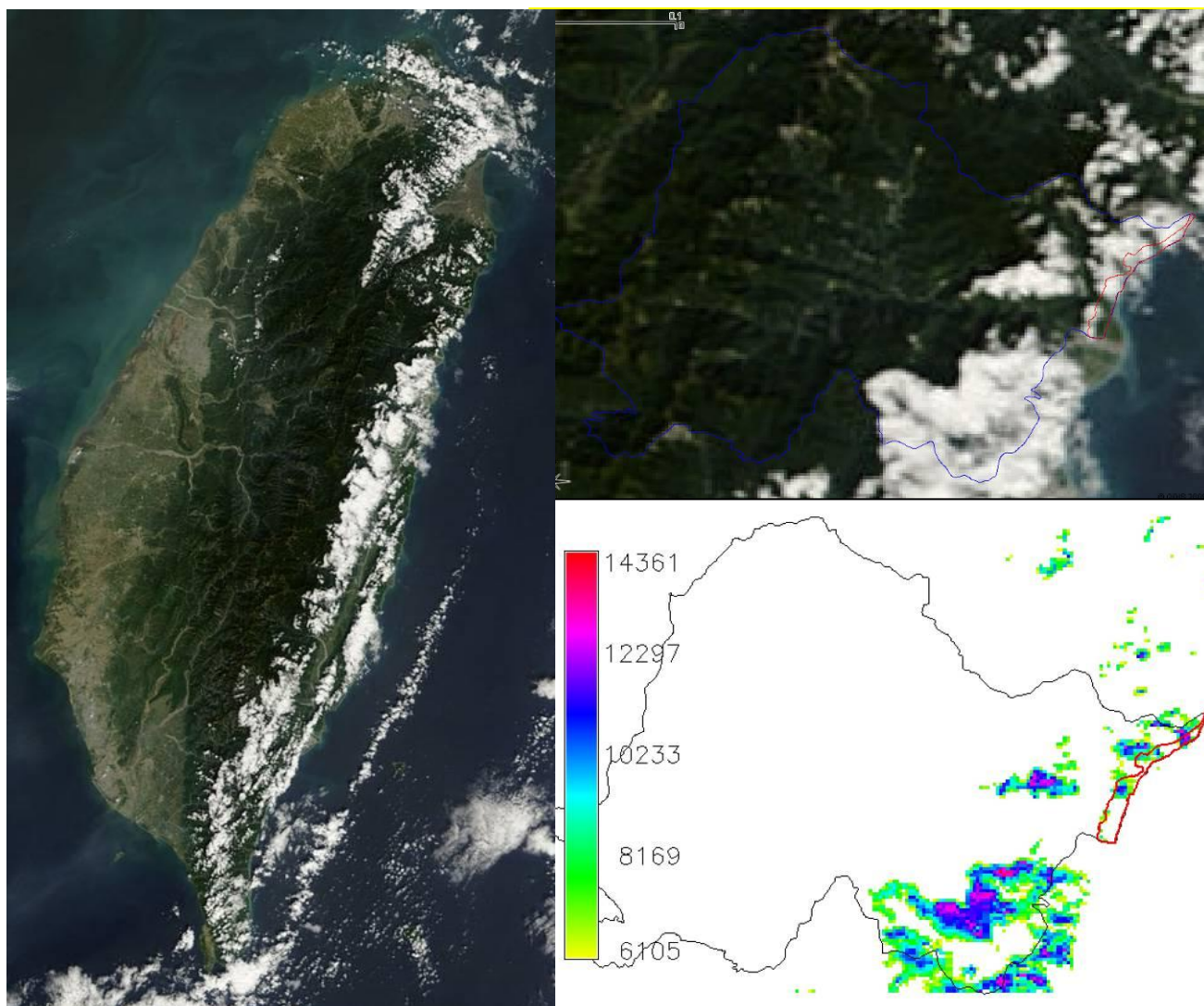


圖 8. 2009 年 10 月 29 日 Terra 衛星影像。右上圖為太魯閣國家公園(藍線範圍)和蘇花海岸(紅線範圍)的裁切圖。右下圖色點為反照率大於 0.3 的區域。

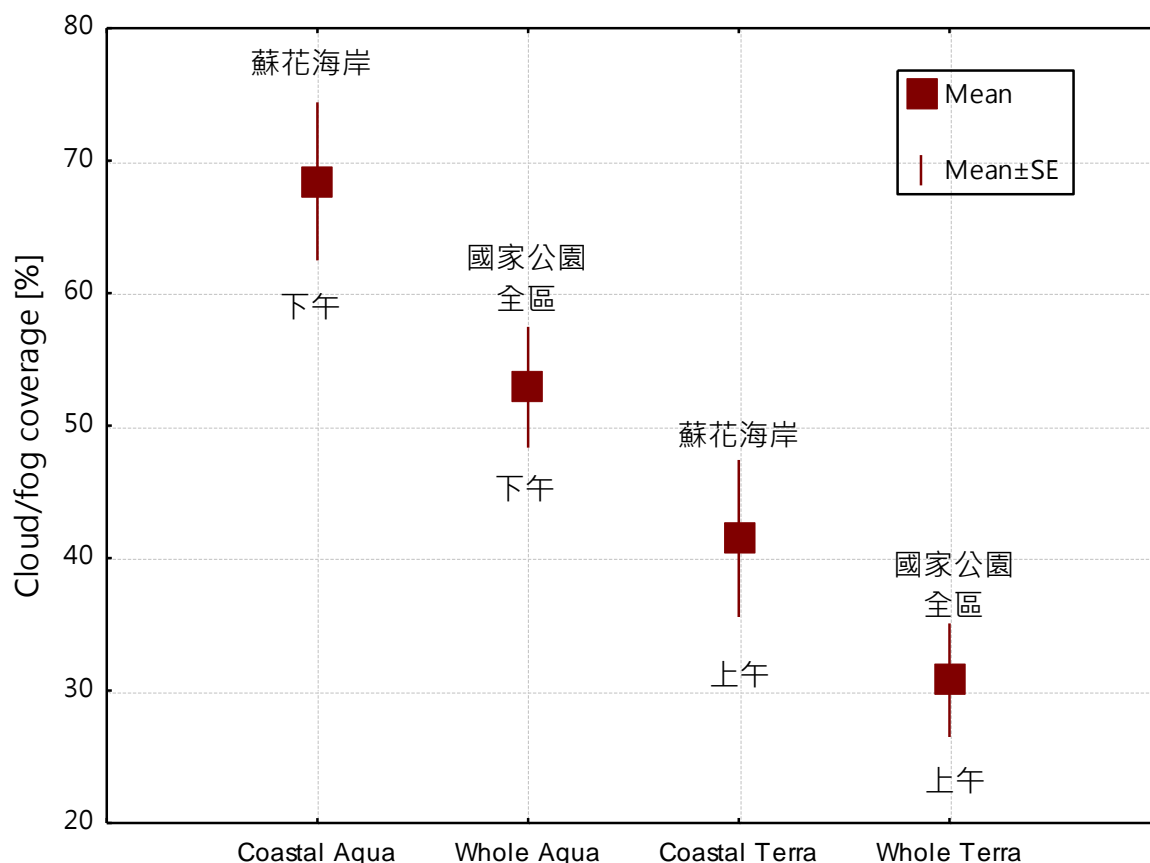


圖 9. 太魯閣國家公園全區(Whole)和蘇花海岸區域(Coastal)的雲霧覆蓋率比較。Terra 和 Aqua 衛星分別於 10 時和 13 時左右拍攝影像。每一個 Box-Whiskers 圖的樣本數為 46，圖中空心方點代表平均值。

肆、 化學環境因子：鹽沫的離子輸入

研究期間共進行匯德樣區 10 次的大氣沈降水樣，以及和仁樣區 6 次的森林穿落水採樣分析工作。和仁樣區於 2009 年 10 月的芭瑪(PARMA)颱風期間遭土石流沖毀，所有穿落水收集設備均損毀，因此只有 7 月至 9 月的 3 個月資料。由於資料期間太短，無法進行有意義的季節變化分析，因此本研究僅比較森林穿落水與雨水的化學資料，同時參考合歡山站的雨水資料，以探討海岸地區的化學環境因子。大氣沉降的陰離子組成，以 Cl^- 最重要，平均佔了 65% 的陰離子當量。相對的，陽離子組成也是以 Na^+ 佔的比例最高，平均為 59% 的總陽離子當量(表 5)。此結果顯示，海岸地區的雨水受海水影響極大。鹽沫的影響在森林穿落水更加明顯， Cl^- 在穿落水陰離子的比例高達 82% (表 7)。 Na^+ 在穿落水陽離子也是佔最高的比例，但因為其他陽離子，尤其是 K^+ 的淋洗作用(leaching)相當明顯，所以還低於在雨水中的比例。表 6 和表 8 顯示的是各離子的沉降通量，由於離子濃度相當高，所以也造成了非常大的各種離子沉降量。將海岸地區的大氣沉降化學組成與遠離海岸的合歡山雨水相比，以 2009 年 7 月 30 日收集的樣品為

例(水樣收集期間為 7 月 16 日至 7 月 30 日)，背景的合歡山雨水各種離子濃度均相當低，但匯德樣區的雨水離子濃度卻顯著高於合歡山的雨水(表 9)。濃度差異最大的 Na^+ 在兩地的差異高達 140 倍，顯示海岸地區雨水遭受鹽沫的影響相當大。另外，和仁樣區森林穿落水的各種離子濃度也都高於匯德樣區的雨水，其中 Na^+ 和 Cl^- 濃度均約為雨水的 3 倍，極可能是由於鹽沫沈降於森林樹冠層所造成(表 9)。

由第一年初步研究結果看來，蘇花海岸生態系的非生物化學環境因子，具有高離子濃度的特性。這個特性有待較長期的持續監測，以瞭解是否具有季節變化。由於大量的離子輸入，海岸生態系的土壤應該也具有很高的離子濃度。這些化學因子是否對海岸生態系的生物造成鹽分逆境，有待進一步的研究證實。

表 5. 蘇花海岸大氣沉降化學組成。採樣地點為匯德樣區，表中數字為 3 個收集器的體積加權平均值。

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 l^{-1}]				
2009/06/18	148	26.6	4.31	5.60	0.99	1.51	2.22	0.01	0.32	0.24	0.42
2009/07/06	48	12.6	5.58	1.66	1.34	1.20	1.04	0.27	0.09	0.13	0.35
2009/07/16	142	7.9	5.91	1.63	0.08	0.35	0.92	N.D.	0.02	0.08	0.02
2009/07/30	169	22.1	5.53	4.14	0.94	1.52	2.24	0.41	0.06	0.27	0.36
2009/08/11	150	80.8	5.98	23.78	0.41	3.40	11.56	0.36	0.26	0.97	0.14
2009/08/26	6	109.0	6.21	7.51	15.94	8.50	10.12	5.90	0.51	0.59	3.99
2009/09/29	328	14.3	5.38	1.28	1.08	1.40	0.77	0.07	0.02	0.11	0.28
2009/10/09	668	3.8	6.44	0.53	0.12	0.21	0.31	0.05	0.07	0.02	0.01
2009/10/29	558	7.2	5.30	0.65	0.20	0.62	0.36	0.04	0.01	0.04	0.01
2009/11/12	11	79.0	6.80	18.96	2.83	6.63	8.59	N.D.	0.40	1.08	4.46

表 6. 蘇花海岸 2009 年 6 月至 11 月主要離子大氣沉降通量。

Sampling date	Sampling period	Precipitation	H^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
	[day]	[mm]	[g ha^{-1}]								
2009/06/18	17	148	71.9	8300	1461	2236	3293	14	479	351	628
2009/07/06	18	48	1.3	799	644	577	498	128	43	61	167
2009/07/16	10	142	1.8	2320	117	502	1302	N.D.	24	110	27
2009/07/30	14	169	5.0	7013	1591	2579	3786	700	105	451	612
2009/08/11	12	150	1.6	35623	617	5094	17312	536	382	1455	211
2009/08/26	15	6	0.0	459	974	519	618	361	31	36	244
2009/09/29	24	328	13.8	4190	3564	4605	2537	216	77	347	904
2009/10/09	10	668	2.4	3525	834	1394	2089	319	437	145	74
2009/10/29	20	558	27.8	3612	1090	3449	1988	228	66	229	82
2009/11/12	14	11	0.0	1992	298	697	903	N.D.	42	113	469
Total	86	2229	126	67831	11190	21652	34326	2501	1685	3297	3419

表 7. 蘇花海岸森林穿落水化學組成。採樣地點為和仁下海步道海岸天然林，表中數字為 3 個收集器的體積加權平均值。

Sampling date	H ₂ O	Elec. Cond.	pH	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	[mm]	[μS cm ⁻¹]					[mg l ⁻¹]				
2009/07/16	136	88.9	6.51	9.2	0.6	2.3	4.1	0.2	5.2	0.7	1.3
2009/07/30	144	89.6	6.39	12.6	1.0	3.3	6.6	1.0	3.2	0.9	1.3
2009/08/11	130	386.3	6.89	141.5	0.6	16.0	54.2	N.D.	7.6	5.7	7.0
2009/08/26	2	515.7	7.11	38.4	13.4	14.1	33.5	59.8	19.8	2.4	4.2
2009/09/05	13	381.0	6.01	63.4	1.9	9.0	19.1	2.1	52.6	4.8	10.6
2009/09/29	327	83.5	6.77	8.3	0.9	2.5	4.0	0.3	7.7	0.8	1.2

表 8. 蘇花海岸天然林 2009 年 7 月至 9 月穿落水主要離子通量。

Sampling date	Sampling period	H ₂ O	H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	[day]	[mm]					[g ha ⁻¹]				
2009/07/16	10	136	0.4	12505	777	3088	5643	247	7016	925	1767
2009/07/30	14	144	0.6	18120	1515	4730	9582	1448	4656	1367	1857
2009/08/11	12	130	0.2	183702	798	20740	70404	N.D.	9871	7377	9076
2009/08/26	15	2	0.0	782	272	288	683	1218	403	49	86
2009/09/05	10	13	0.1	8256	251	1175	2490	278	6860	622	1388
2009/09/29	24	327	0.6	27305	2921	8103	12979	840	25144	2483	3974
Total	85	752	2	250670	6534	38124	101781	4031	53950	12822	18147

表 9. 合歡山雨水(BP HHS)、蘇花海岸雨水(BP Coastal)、和蘇花海岸森林穿落水(TF Coastal)的主要離子濃度比較。樣品日期為 2009 年 7 月 16 日至 7 月 30 日的 14 天。

	H ₂ O	Elec. Cond.	pH	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	[mm]	[μS cm ⁻¹]					[mg l ⁻¹]				
BP HHS	98	36.3	4.01	0.15	0.02	0.07	0.016	0.033	0.003	0.011	0.106
BP Coastal	169	22.1	5.53	4.14	0.94	1.52	2.237	0.414	0.062	0.266	0.362
TF Coastal	144	89.6	6.39	12.56	1.05	3.28	6.641	1.003	3.227	0.947	1.287

第二節 蘇花海岸的稀有植物

壹、 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(柳檜和徐國士 1971, 徐國士等人 1983, 徐國士 1984, 章樂民等人 1988, 林俊義等人 1989, 楊遠波等人 1989, 王忠魁和陳玉峰 1990, 郭城孟和陳應欽 1990, 楊遠波等人 1990, 楊遠波等人 1991, 陳玉峰 1994, 李瑞宗 1996, 郭城孟和翁茂倫 2000, 陳慧芬 2000, 楊遠波 2004, 周富三等人 2006, 楊遠波 2006, 張坤城等人 2007, 楊智凱和胡嘉穎 2009)以及本年度的野外調查結果，對照「台灣植物紅皮書」的稀有植物名單，統計結果如：附錄一及表 10。共計 84 科 175 屬 263 種。與台灣植物紅皮書作比較，約為其 1/3(263/967(27.2%))，其中稀有等級未定者有 187/661(28.3%)種，特有種計有 167/422(39.5%)種，易受害者為 22/98(22.4%)種，接近威脅者有 43/139(30.9%)種，瀕臨滅絕者有 2/18(11.1%)種，嚴重瀕臨絕滅者有 11/45(24.4%)種。

表 10. 太魯閣國家公園境內稀有維管束植物組成。

分類位階	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

貳、 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8次野外調查，各為期6~9日(表 11、圖 10)，沿林道與登山步道兩側或離開步道進入森林進行調查，共記錄到 82 種稀有植物，結果列於附錄二。

參、 分布區域圖

依照野外調查及文獻或標本記載資料，將稀有及瀕危植物座標標示於地形圖上，限於篇幅僅呈現瀕臨滅絕以及嚴重瀕臨滅絕之種類中有詳細座標之資料，如：圖 11 至圖 13。

表 11. 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物調查路線及日期表。

調查期間	前往地區	說明
2009/4/13~19	清水山區	由太管處遊客中心步道起始，經流籠下步道，沿砂卡嚕林道經大同部落至清水山登山步道。
2009/5/18~24	清水山區	由太管處遊客中心步道起始，經階梯步道，沿砂卡嚕林道經大同部落至清水山登山步道。
2009/7/10~17	清水山、千里眼山及立霧山	由太管處遊客中心步道起始，經階梯步道，沿砂卡嚕林道經同禮步道至大同部落至清水山登山步道；由大同部落登千里眼山稜線；由砂卡嚕林道與立霧山登山步道口登立霧山。
2009/7/25~29	權巴宇山	由洛韶起沿登山步道登權巴宇山稜線
2009/8/5~9	南湖大山	因莫拉克颱風由雲稜山屋撤退
2009/8/25~9/2	清水山與馱彌陀山稜線	由神秘谷步道至大同部落，經砂卡嚕林道至清水山登山步道，登稜線後轉溪谷接馱彌陀山稜線。
2009/9/22~27	千里眼山稜線與坡面	宿營於砂卡嚕林道 8 公里營地，沿稜線上登千里眼山稜線與坡面。

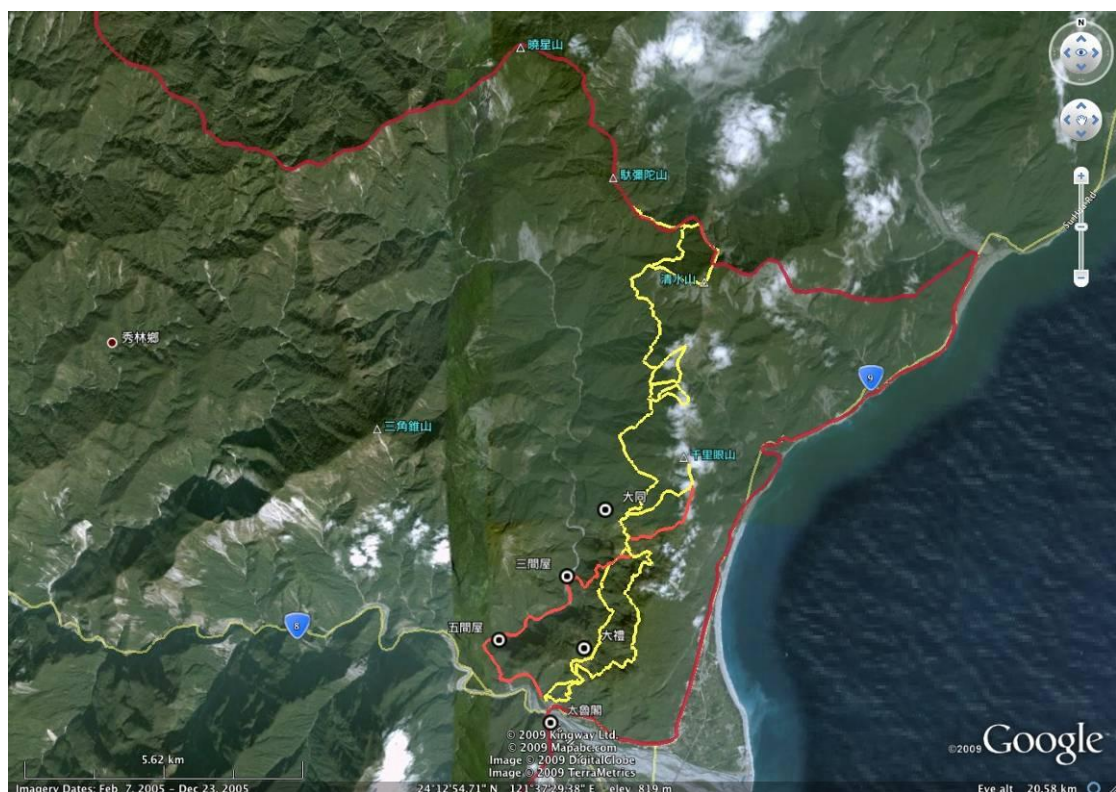


圖 10. 太魯閣國家公園清水山及鄰近地區稀有及瀕危植物調查路線圖。

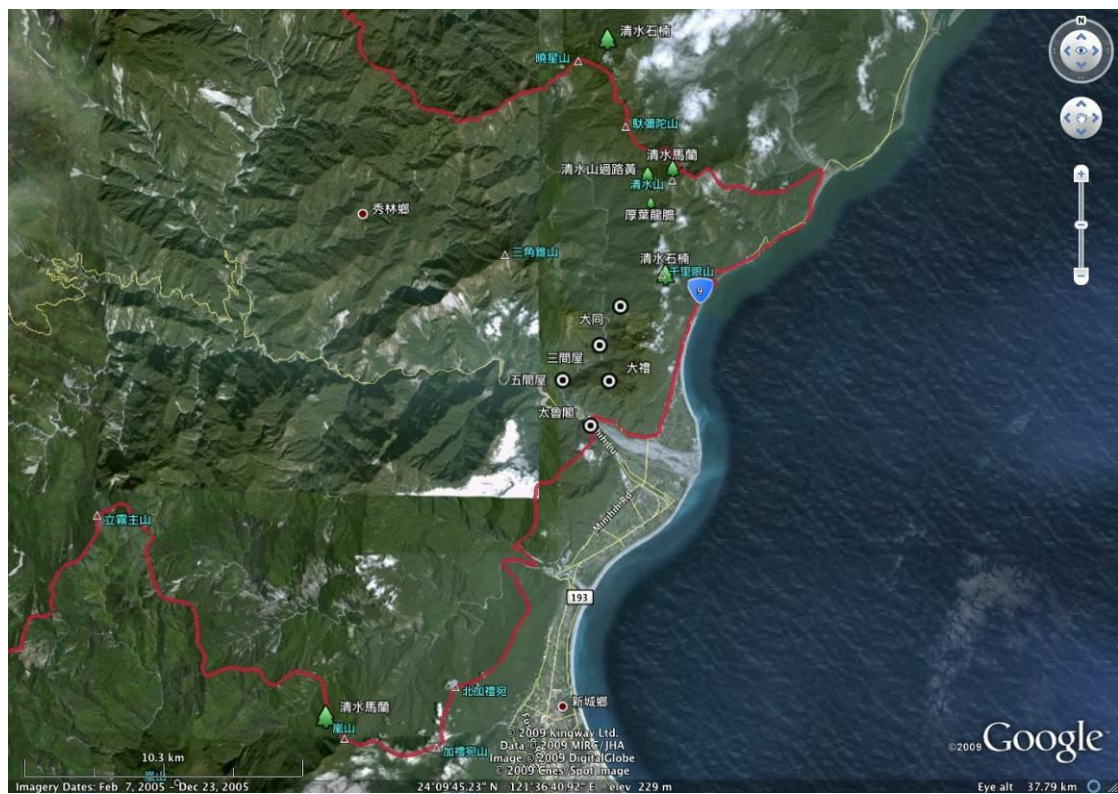


圖 11. 清水馬蘭、清水石楠、厚葉龍膽及清水山過路黃等四種稀有植物之位置圖。



圖 12. 清水圓柏位置圖。

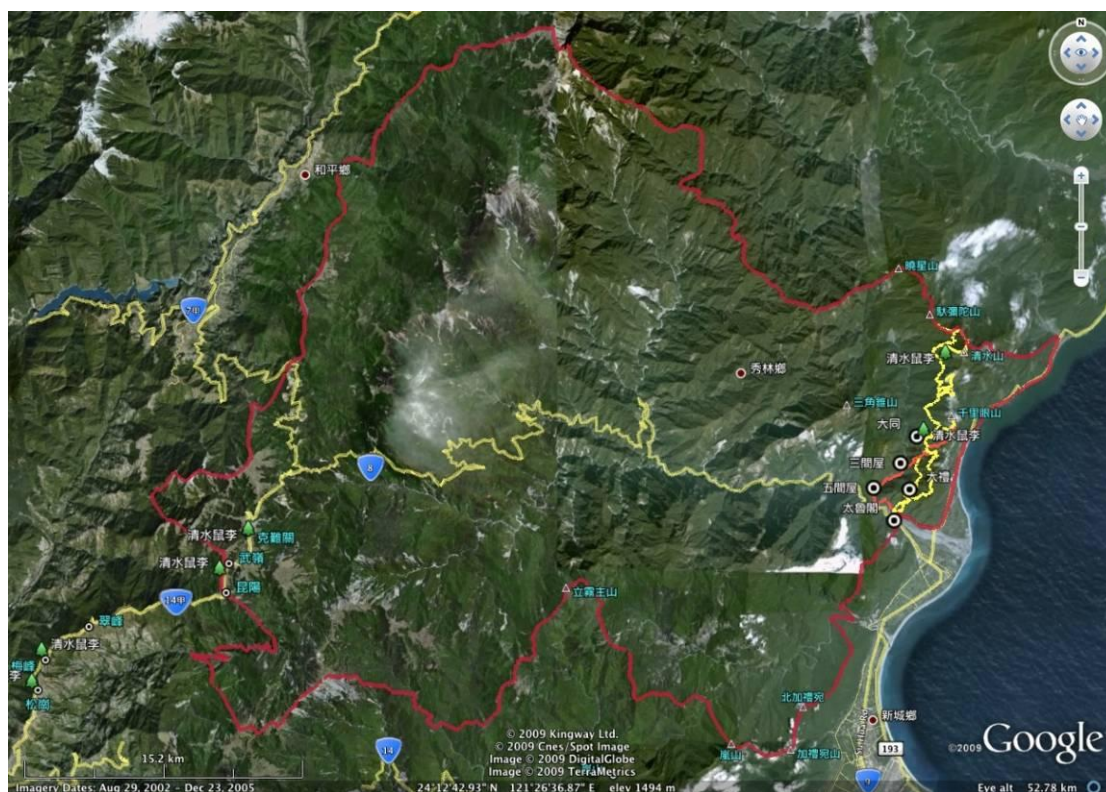


圖 13. 清水鼠李之位置圖。

肆、 初步調查結果

為配合太魯閣高海拔生態系長期研究之進行，特別關注該研究區域內之稀有植物組成與分布，調查結果顯示該區有 20 種稀有植物，其中蕨類 5 種，裸子植物 1 種，雙子葉植物 10 種，單子葉植物 4 種，分別為：杉葉蔓石松(*Lycopodium annotinum* L.)、小杉葉石松(*Lycopodium selago* L. var. *appressum* Desv.)、扇羽陰地蕨(*Botrychium lunaria* (L.) Sw.)、絨假紫萁(*Osmunda claytoniana* L.)、線葉鐵角蕨(*Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm.)、臺灣雲杉(*Picea morrisonicola* Hayata)、十大功勞(*Mahonia japonica* (Thunb. ex Murray) DC.)、臺灣山芥菜(*Barbarea taiwaniana* Ohwi)、穗花八寶(*Sedum subcapitatum* Hayata)、大武貓兒眼睛草(*Chrysosplenium hebetatum* Ohwi)、臺灣蚊子草(*Filipendula kiraishiensis* Hayata)、高山倒提壺(*Cynoglossum alpestre* Ohwi)、臺灣風輪菜(*Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori var. *taiwanianum* T. H. Hsieh & T. C. Huang)、川上氏忍冬(*Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam.)、高山橐吾(*Ligularia kojimae* Kitam.)、高山青木香(*Saussurea glandulosa* Kitam.)、高山金蘭(*Cephalanthera alpicola* Fukuy.)、小喜普鞋蘭(*Cypripedium debile* Reichb. f.)、奇萊喜普鞋蘭(*Cypripedium macranthum* Sw.)及梅峰雙葉蘭(*Listera meifongensis* H. J. Su & C. Y. Hu)，由於調查資料量不足，稀有植物之分布，尚待明年度調查結果加入分析才能得知。

伍、 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物與中國大陸及琉球群島相關種群之相關性初探

將區內之稀有植物名錄與中國及琉球地區之相關種群列表比較其相似性(附錄三)，在 263 種植物中，有 82 種於中國大陸有分布，琉球則出現 37 種，有 165 種不出現於中國大陸及琉球，有 21 種在 3 區皆存在，而產於中國大陸不產於琉球者有 61 種，產於琉球而不產於中國大陸者有 16 種，其關係呈現如圖 14。出現於中國大陸的 82 種植物之組成，被子植物為主(80%)，其餘主要為蕨類植物(20%)；出現於琉球的植物組成蕨類與裸子植物僅占 8.1%，被子植物則為 91.8%，詳如表 12。

由表 12 所示，太魯閣國家公園之稀有植物與中國大陸關係較為密切，探討其中出現於中國大陸，未出現於琉球的種類，多為在太魯閣國家公園內分布海拔較高的物種，如：杉葉蔓石松、扇羽陰地蕨、疏葉珠蕨、合歡山蹄蓋蕨等(附錄三)，因此，溫度因子可能是此現象的因素之一。觀察出現於中國大陸與琉球之稀有植物的組成發現，與中國大陸所共有的植物中蕨類占約 20%，琉球則為 8.1%；與琉球共有的植物中被子植物占其組成的 91.8%，中國大陸則約 80%，顯示與琉球共有的植物主要為被子植物，主要差別的種類多為分布海拔較高的物種，此現象的因素也可能是氣溫因子。兩者共有的 21 種中有 9 種為蘭科植物，或許與蘭科植物多樣性較高分布區域較廣有關。

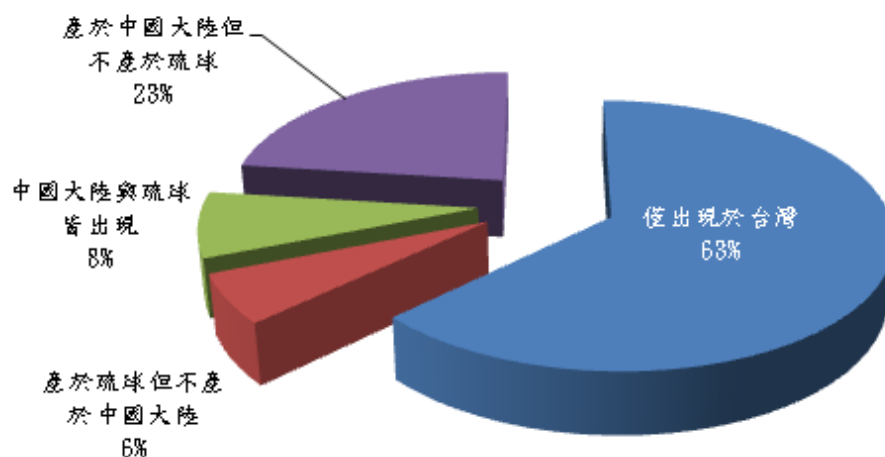


圖 14. 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物與中國大陸及琉球地區相關種群比較圖。

表 12. 太魯閣國家公園稀有及瀕危植物與中國大陸及琉球地區相關種群比較表。

地區	台灣	中國大陸	琉球
蕨類植物	33(12.5)	16(19.5)	2(5.4)
裸子植物	12(4.6)	1(1.2)	1(2.7)
雙子葉植物	149(56.7)	32(39.0)	17(45.9)
單子葉植物	69(26.2)	33(40.2)	17(45.9)
總和	263(100)	82(100)	37(100)

第三節 物種的多樣性

壹、 兩棲爬行動物分布調查

調查結果確實顯示蘇花海岸沿線為兩棲爬行動物重要的分布界限。根據目前的統計，大約有十七種兩棲爬行動物在花蓮縣和宜蘭縣之間出現分布上的改變(表 13)。在這個表中，「O」表示當地確定有穩定的族群；「Δ」表示曾有零星記錄或族群非常少；「X」表示目前未曾記錄，而「？」表示該物種在該區的分布根本尚未有詳細的調查。

貳、 流域之間的生物地理與物種組成分析

利用各流域物種組成可轉換成一兩棲爬行動物相在各樣區之間的差異度指數(表 14)。利用此距離矩陣建構流域之間的 UPGMA 樹，結果如圖 15。詳細探究各樣區之間的相似程度，顯示蘇花海岸本身即可再粗略切割成三大支：(1)東澳地區；(2)南澳、和平、和仁；與(3)立霧溪與三棧溪流域(圖 15)。依從北到南的方向來看，蘇澳地區的物種組成最接近宜蘭，而後隨著緯度逐漸下降，每個樣區的物種組成與宜蘭的差距越來越大，而與花蓮的差距越來越小(圖 16)。

參、 蘇花海岸造成的物種組成差異

宜蘭地區與花東地區的兩棲爬行動物組成本來就有一定程度的差異。雖然並不是每一種動物的分界都與蘇花海岸相關(例如兩種樹蛙、古氏赤蛙、史丹吉氏小雨蛙、史丹吉氏蝟虎與兩種石龍子等)，但是即使在扣除這些物種之後，仍然有十個左右的物種分布的界限直接與蘇花海岸相關。目前已經找到明確分布界限的物種，包括以下幾個特殊案例：

- 翠斑草蜥與鹿野草蜥：這兩個物種是我們目前所知界限最明確的分布案例。翠斑草蜥與鹿野草蜥本身即為姊妹種，其中翠斑草蜥分布於宜蘭縣與台北縣，而鹿野

草蜥分布於花蓮縣與台東縣。目前這兩種蜥蜴以立霧溪為分界，立霧溪的北岸(崇德)全部都是翠斑草蜥，而立霧溪的南岸(新城、三棧)則全部都是鹿野草蜥。

- 蓬萊草蜥與南台草蜥：蓬萊草蜥與南台草蜥彼此並沒有演化上的直接關連，但是分布界限恰巧都與蘇花海岸有關。蓬萊草蜥的近緣種是北草蜥與宮古草蜥，在宜蘭的羅東地帶仍有穩定的族群，但是再往南就缺乏記錄，在蘇花沿線已經完全不見蹤跡。南台草蜥的近緣種是分布在沖繩地區的翡翠草蜥與峨眉草蜥，整個台東花蓮地區均有廣泛但零星的分布。目前最北的記錄出現在和平溪南岸，再北則無本物種的記錄。
- 面天樹蛙：根據目前調查的結果顯示南澳地區仍然有穩定的面天樹蛙族群，但是進入立霧溪流域之後就完全消失。分布的界限可能是介於和平與崇德之間。
- 數種熱帶性壁虎：鱗趾蝎虎與半葉趾蝎虎在花蓮市附近均有記錄，但是進入和平以北的地區就完全消失。預估分布的界限應在崇德與和平之間。

另一方面，依據各流域之間物種組成所建構的 UPGMA 樹，又可將蘇花海岸大致分成三區：(1)立霧溪與三棧溪流域；(2)南澳溪、和平溪與良里溪(和仁)；以及(3)東澳溪流域。根據 UPGMA 樹的分枝順序，顯示最大的物種分布障蔽出現在(1)和仁與立霧溪之間，也就是清水斷崖一帶；以及(2)東澳與南澳之間，也就是烏石鼻海岸地區。這樣的結果基本上與褐樹蛙族群遺傳研究的結果是相吻合的。

表 13. 動物在蘇花海岸地區各樣點的分布現況(無分布差異的物種未列入本表)。

物種	黑蒙西 小雨蛙	史丹吉 小雨蛙	長腳 赤蛙	古氏 赤蛙	面天 樹蛙	翡翠 樹蛙	台北 樹蛙	斯文豪 攀蜥	黃口 攀蜥	無疣 蝎虎	疣尾 蝎虎	史氏吉 氏蝎虎	半葉 趾虎	鱗趾 蝎虎	蓬萊 草蜥	南台 草蜥	翠斑 草蜥	鹿野 草蜥	股鱗 蜥蜴	長尾 南蜥	沿岸 島蜥
宜蘭地區	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	Δ	?	X	X	O	X	O	X	X	X	X
蘇澳河流域	X	X	X	X	O	X	X	O	O	O	Δ	?	X	X	O	X	O	X	X	X	X
東澳溪北岸	X	X	X	X	O	X	X	O	Δ	X	O	?	X	X	X	X	O	X	X	X	X
東澳溪南岸	X	X	X	X	O	X	X	O	Δ	X	C	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X
南澳溪北岸	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X
南澳溪南岸	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	O	X	X	X	X	O	X	X	X	X
和平溪北岸	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	?	X	X	X	X	O	X	X	X	X
和平溪南岸	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	?	X	X	X	O	O	X	X	X	X
良里溪北岸	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	?	X	X	X	?	O	X	X	X	X
良里溪南岸	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	?	X	X	X	?	O	X	X	X	X
立霧溪北岸	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	?	O	X	X	?	O	X	X	X	X
立霧溪南岸	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	?	O	X	X	?	X	O	X	X	X
三棧河流域	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	?	O	X	X	O	X	O	X	X	X
花東地區	O	O	X	X	X	X	X	O	X	X	O	O	O	O	X	O	X	O	O	O	O

表 14. 海岸地區各樣點之間兩爬動物相的相對距離指數。

宜蘭地區	蘇澳溪流域	東澳溪北岸	東澳溪南岸	南澳溪北岸	南澳溪南岸	和平溪北岸	和平溪南岸	良里溪北岸	良里溪南岸	立霧溪北岸	立霧溪南岸	三棧溪流域	花東地區
宜蘭地區	0.2000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4500	0.4737	0.4737	0.5263	0.6316	0.6500	0.9500
蘇澳溪流域		0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2500	0.2632	0.2632	0.3158	0.4211	0.4500	0.7500
東澳溪北岸			0.0000	0.0500	0.0500	0.0500	0.1000	0.1053	0.1053	0.1579	0.2632	0.3000	0.6000
東澳溪南岸				0.0476	0.0476	0.0500	0.1000	0.1053	0.1053	0.1579	0.2632	0.3000	0.5714
南澳溪北岸					0.0000	0.0000	0.0500	0.0526	0.0526	0.1053	0.2105	0.2500	0.5238
南澳溪南岸						0.0000	0.0500	0.0526	0.0526	0.1053	0.2105	0.2500	0.5238
和平溪北岸							0.0500	0.0526	0.0526	0.1053	0.2105	0.2500	0.5238
和平溪南岸								0.0526	0.0526	0.1053	0.2105	0.2000	0.5000
良里溪北岸									0.0000	0.5263	0.1579	0.1579	0.4737
良里溪南岸										0.5263	0.1579	0.1579	0.4737
立霧溪北岸											0.1053	0.1053	0.4211
立霧溪南岸												0.0000	0.3158
三棧溪流域													0.3000
花東地區													

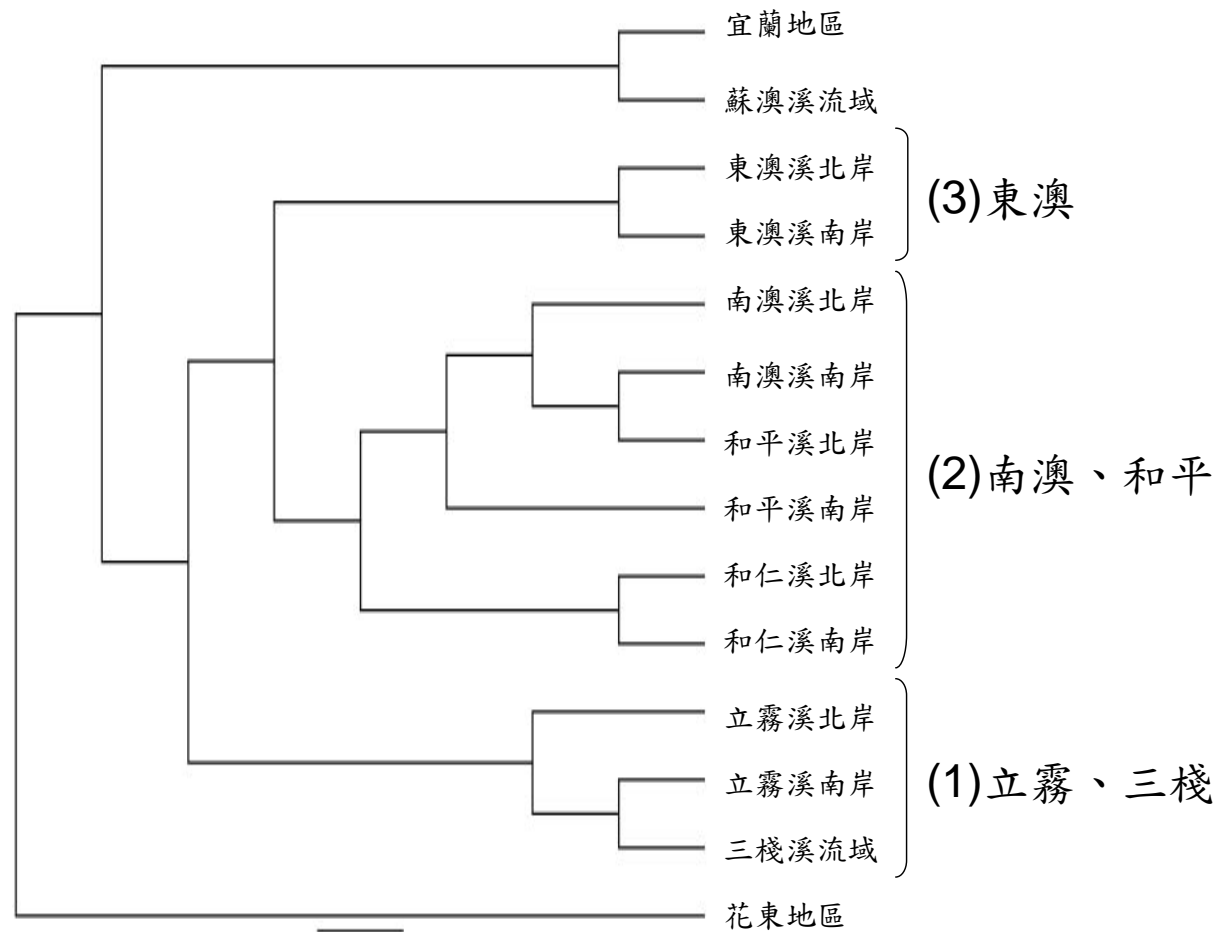


圖 15. 海岸沿線各流域之間，利用兩爬動物相的相對距離指數建構之 UPGMA 樹。

物種組成差異指數

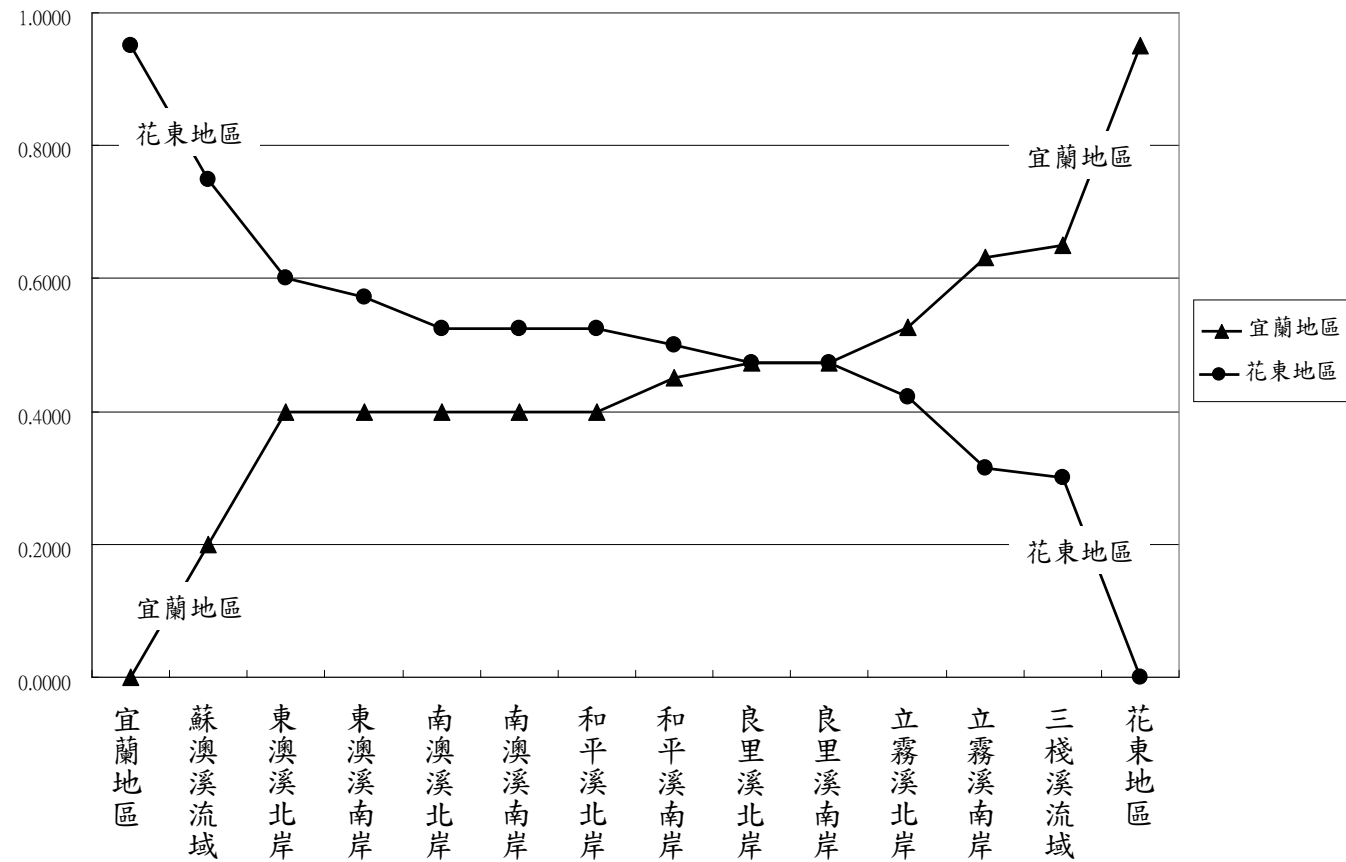


圖 16. 海岸地形各流域之間兩爬物種組成的相對距離指數沿著緯度變化的情形。

第四節 遺傳的多樣性

壹、 褐樹蛙的族群遺傳與親緣地理學研究

蘇花海岸地區採集的褐樹蛙包含了 12 個樣區(圖 17)，總共 212 隻個體。定序之後進行後續分析的區域為粒線體 cytochrome b 的 1080 bp 序列，其中包含了 88 個變異位點，總共獲得 80 個基因單型(haplotype)。單型與單型之間沒有插入(insertion)或缺失(deletion)，而序列之間的點突變(point mutation)則介於 1 到 27 個變異(substitution)之間。若換算成 p-distance 遺傳距離，則單型和單型之間的遺傳距離為 0.0009 到 0.0250 之間。所有樣本的基因型多樣性(haplotype diversity)為 0.9545，核苷酸多樣性(nucleotide diversity)為 0.0118(表 15)。至於各個族群個別的基因型多樣性，最高為 0.9526(木瓜溪)，最低為 0.6550(東澳溪)；核苷酸多樣性最高為 0.0049(蘭陽溪)；最低為 0.0012(三棧溪)。

利用 MEGA 4.0 重塑 80 個基因型之間的演化親緣關係，發現所有的基因型可以區分成明顯的北部與東部兩群(圖 18、圖 19)。兩群之間的平均遺傳距離(p-distance=0.0213)遠遠大於群內的變異(0.0044 與 0.0019)，所以在演化上完全沒有中間個體出現。而在地理分布上，北部群包含了和平溪以北七條流域的 122 隻個體，東部群包含了立霧溪以南五條流域的 90 隻個體，在分布上完全沒有重疊。北部群總共貢獻 48 個基因單型，基因型多樣性為 0.9105，核苷酸多樣性為 0.0044。南部群總共貢獻 48 個基因單型，基因型多樣性為 0.9109，核苷酸多樣性為 0.0019。

利用 DnaSP 計算兩兩族群之間的遺傳分化指數(F_{st})，顯示在同一區域、不同流域之間的 F_{st} 值，遠遠小於區域之間的 F_{st} 值(表 16)。在和平溪以北的所有流域之間， F_{st} 值介於 0.0141(武荖坑溪 vs. 蘇澳溪)與 0.2133(蘇澳溪 vs. 和平溪)之間，屬於低度至中度的遺傳分化。在立霧溪以南的所有流域之間， F_{st} 值介於 0.0011(三棧溪 vs. 美崙溪)至 0.3179(立霧溪 vs. 美崙溪)，大多數為中度的遺傳分化。但是當兩個區域之間的河川進行配對， F_{st} 值就上升到 0.8-0.9 之間，顯著高於群內的遺傳變異。為了表示這樣的變化趨勢，我們選取最北的蘭陽溪、武荖坑溪，以及最南的花蓮溪、木瓜溪，呈現這四條溪流與其他流域之間 F_{st} 值的變化情形(圖 20)。北部這兩條溪流與其他同區域的溪流相較， F_{st} 值皆小於 0.2。但是當成對的比較跨越到立霧溪以南時， F_{st} 值立即升至 0.8 以上。反之亦然，花蓮溪和木瓜溪與同區域的其他溪流之間， F_{st} 值皆小於 0.3，但是當成對比較跨越到和平溪以北時， F_{st} 值也劇烈升到 0.8 以上。這樣的結果顯示立霧溪與和平溪之間的地形地貌，確實造成褐樹蛙非常明顯的遺傳分化。

貳、 短距離造成劇烈的遺傳分化：以褐樹蛙為例

中央山脈兩側生物的生物種差異與遺傳分化直到 1990 年代晚期，才因為親緣地理學的興起而逐漸為人所重視。然而，分化的原因與其詳細的空間分布模式卻鮮少有人深入進行探討。中央山脈在物種分化過程中扮演的角色雖然逐漸為人所認識，但是針對此區峽谷與山脈造成的隔離效應卻鮮少有人特意去關注。

本研究首度針對此區的峽谷與流域進行全面的調查，並針對褐樹蛙進行遺傳分化的研究。結果顯示和平溪以北的北部族群和立霧溪以南的東部族群之間完全沒有共有的基因單型。目前推算兩個系群的遺傳距離(mean distance between groups)大約是 0.0213(p-distance)。若依據大多數脊椎動物的概略估計，以粒線體 DNA 每百萬年分化 2% 的演化速度來估算，則這兩個系群的分化年代大約正好 100 萬年左右。顯然在過去這接近 100 萬年的歷史中，兩個系群雖然在分布上極為接近(出海口平面距離僅 22.1 公里)，但是幾乎完全沒有基因交流的機會。以同樣的尺度，在其他流域之間，基因交流卻是順暢的，為什麼會發生這麼特殊的狀況？我們認為要解決這樣的問題，可能必須從當地的海底地形著手，海底山脈的走向可能扮演關鍵的因素。在過去數次的冰河時期中，海平面下降是必然的趨勢。最有可能的情形是大陸棚的傾斜走向在和平溪之北是往北傾斜，在立霧溪以南是往南傾斜，導致無論海平面如何上升或下降，兩邊的系群都沒有交流的機會。目前這個推論只是一個猜測，我們仍然必須蒐集更多關於海底地形的詳細證據，並配合其他共域物種的遺傳研究，才能更有把握地推導過去發生的狀況。

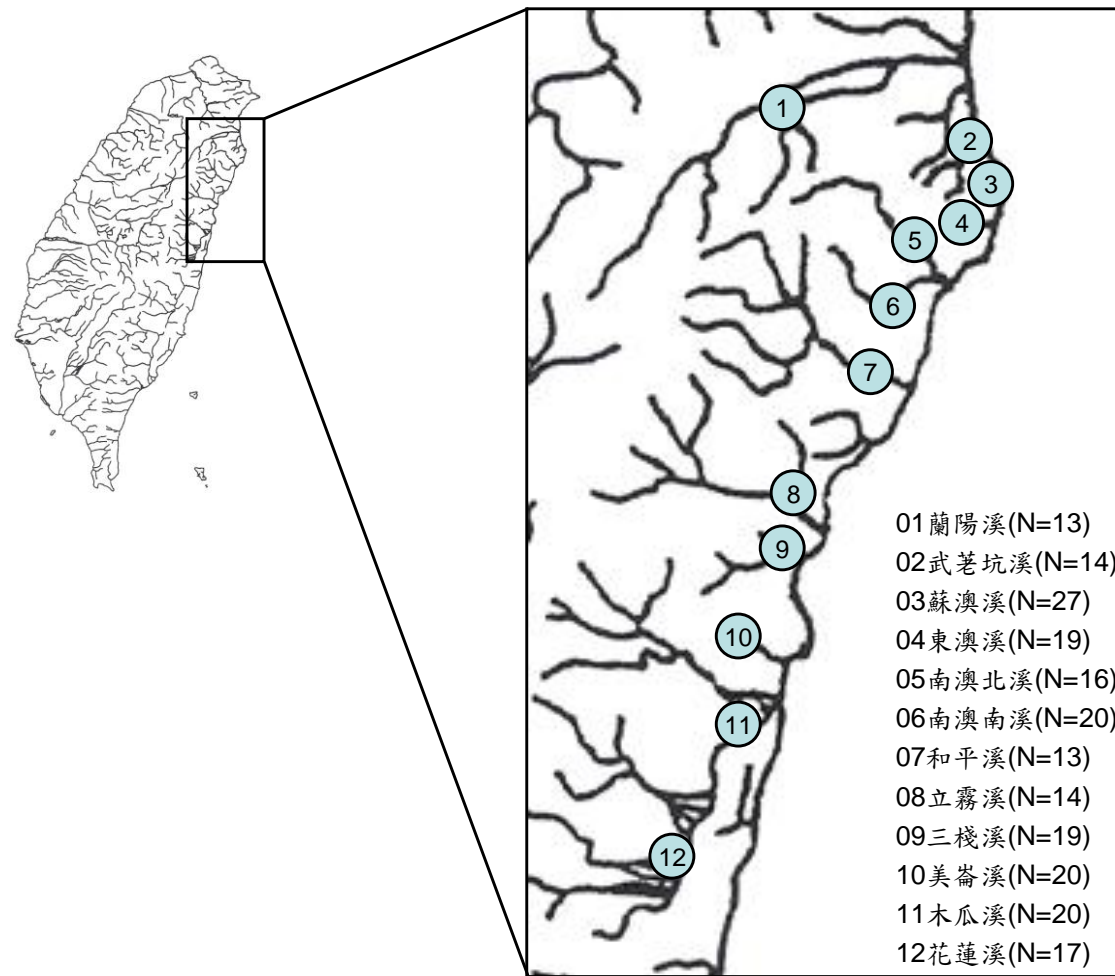


圖 17. 究所使用褐樹蛙(*Buergeria robusta*)的採集地點與樣本數量。

表 15. 蛙各流域採集點的樣本數量(N)、基因單型數量(N_{hap})、基因型多樣性(H)與核苷酸多樣性(Pi)。

(A)

採集點	遺傳分群	N	N_{hap}	H	Pi
蘭陽溪	北部群	13	10	0.9231	0.0049
武荖坑溪	北部群	14	7	0.8242	0.0034
蘇澳溪	北部群	27	13	0.8860	0.0031
東澳溪	北部群	19	6	0.6550	0.0033
南澳北溪	北部群	16	14	0.9833	0.0057
南澳南溪	北部群	20	12	0.9105	0.0042
和平溪	北部群	13	7	0.7949	0.0043
立霧溪	東部群	14	8	0.9011	0.0019
三棧溪	東部群	19	8	0.7953	0.0012
美崙溪	東部群	20	7	0.6895	0.0013
木瓜溪	東部群	20	13	0.9526	0.0023
花蓮溪	東部群	17	7	0.8971	0.0013
合 計		212	80	0.9545	0.0118

(B)

遺傳分群	N	N_{hap}	H	Pi
北部群	122	48	0.9105	0.0043
南部群	90	32	0.9109	0.0019
合 計	212	80	0.9545	0.0118

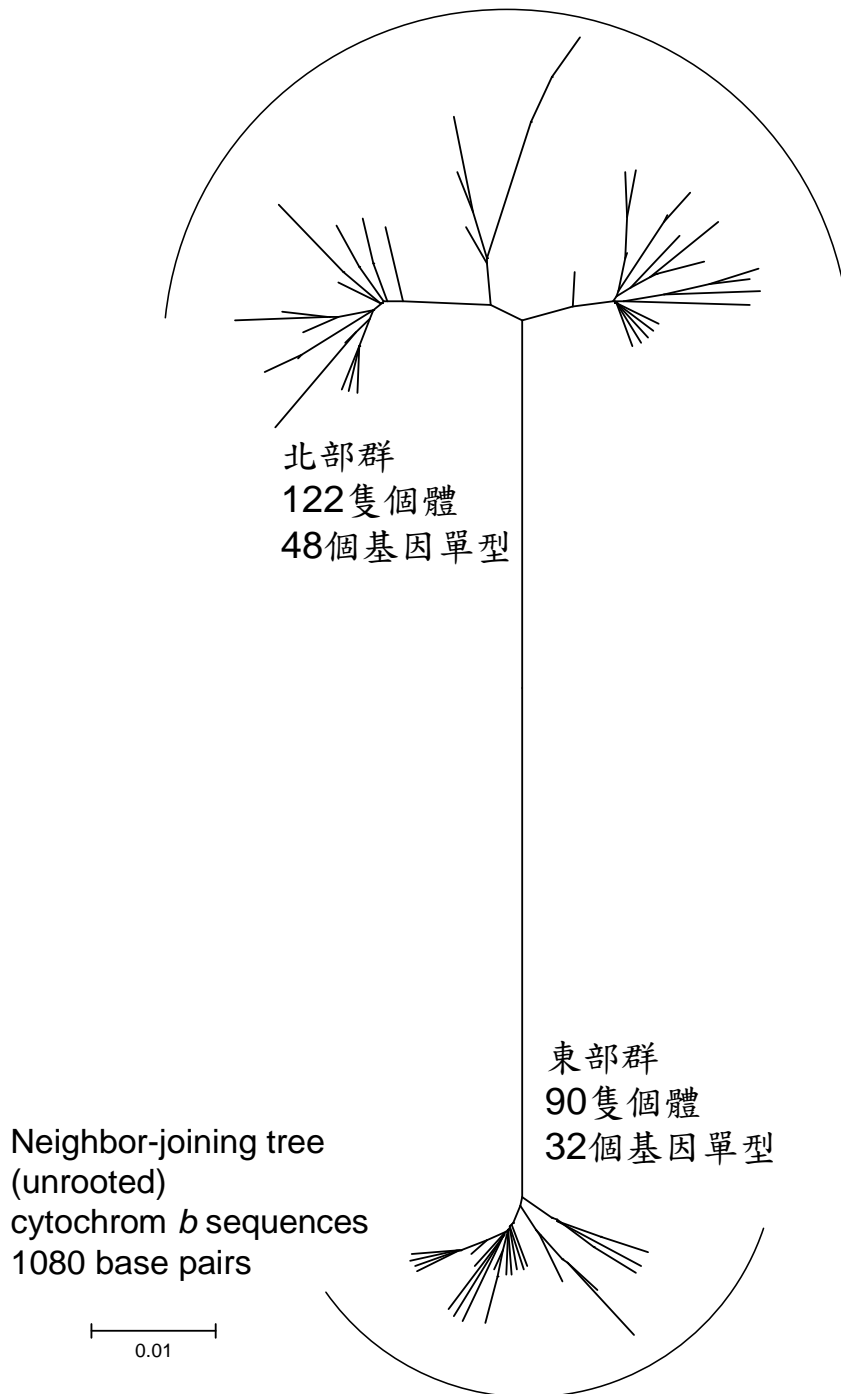


圖 18. 利用 neighbor-joining 建構 80 個褐樹蛙粒線體 cytochrome *b* 基因單型之間的親緣關係樹 (unrooted)。



圖 19. 褐樹蛙 80 個基因型與地理分布。北部的基因型與東部的基因型完全沒有分布上的重疊。

表 16. 褐樹蛙各流域採集點之間的遺傳分化指數(F_{st})。

	蘭陽溪	武荖坑溪	蘇澳溪	東澳溪	南澳北溪	南澳南溪	和平溪	立霧溪	三棧溪	美崙溪	木瓜溪	花蓮溪
蘭陽溪		0.0227	0.0776	0.0940	0.0133	0.0223	0.0547	0.8354	0.8555	0.8493	0.8280	0.8483
武荖坑溪			0.0141	0.0090	0.0245	0.0445	0.1370	0.8694	0.8884	0.8821	0.8594	0.8812
蘇澳溪				0.0311	0.0978	0.1141	0.2133	0.8789	0.8967	0.8904	0.8679	0.8896
東澳溪					0.0827	0.1203	0.2082	0.8717	0.8906	0.8841	0.8611	0.8834
南澳北溪						0.0250	0.0196	0.8170	0.8367	0.8302	0.8095	0.8292
南澳南溪							0.0671	0.8548	0.8740	0.8680	0.8463	0.8670
和平溪								0.8478	0.8686	0.8625	0.8406	0.8615
立霧溪									0.3148	0.3179	0.2291	0.2650
三棧溪										0.0011	0.2342	0.3060
美崙溪											0.1769	0.2517
木瓜溪												0.0649
花蓮溪												

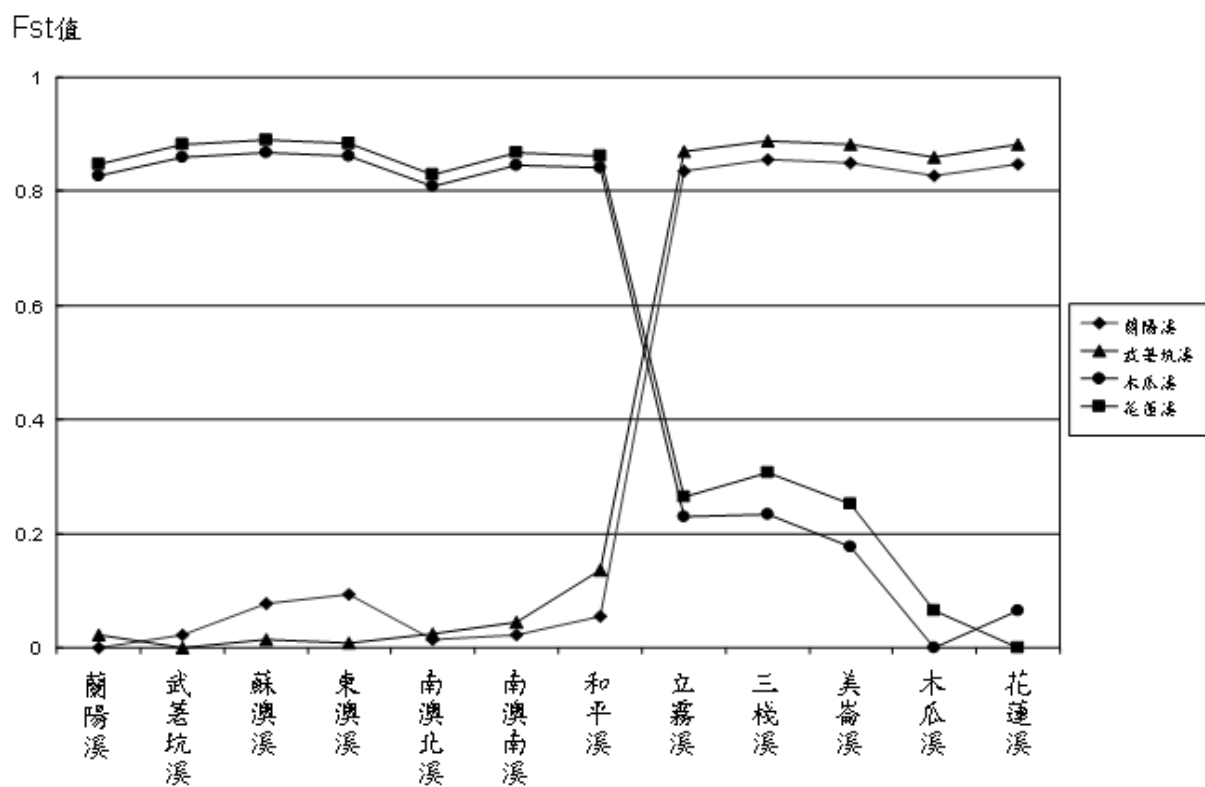


圖 20. 褐樹蛙流域間的族群分化指數沿著蘇花海岸地區變化的情形(以最北和最南的四條河川為例)。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究於計畫撰寫期間所擬定的，幾個對蘇花海岸生態系而言可能重要的非生物環境因子，經過第一年的觀察，均可初步證實是重要的。在物理環境因子中，海岸生態系面臨的強風，顯著地影響了森林冠層結構，劇烈的颱風侵襲之後，冠層開闊度明顯增加。另一項重要的物理環境因子是雲霧的覆蓋，研究期間的海岸地區，顯著地比其他地區有較高的雲霧覆蓋率。在化學環境因子方面，蘇花海岸地區的大氣沉降與森林穿落水化學，很明顯地因為海水及鹽沫的作用，有極高的 Cl^- 和 Na^+ 離子濃度。大量沉降的各種離子，很可能對海岸生態系造成鹽分逆境。

部分物種於文獻記載及本年度調查資料顯示，分布地點侷限或數量稀少，如：赤楊葉梨 (*Aria alnifolia* (Sieb. & Zucc.) Decne.)、玉蘭草 (*Ophiorrhiza michelloides* (Masam.) X. R. Lo) 等，擬於下年度蒐集更多野外資料後，再評估其稀有性。

綜合褐樹蛙的族群遺傳研究，以及面天樹蛙、南台草蜥、翠斑草蜥和鹿野草蜥等相關物種的分布界線，共同顯示和平溪與立霧溪之間，亦即太管處的清水斷崖一帶，確實為造成台灣物種多樣性和遺傳多樣性的重要屏障。明年我們將繼續針對同一區域廣泛分布的日本樹蛙與斯文豪氏攀蜥進行遺傳與地理變異的研究。另一方面，由於這幾個溪谷本身缺乏調查記錄，而且棲地面積較為狹隘，可承載之物種數量較小，因此過去的調查可能有相當比例的誤差，至今記錄尚未臻完整。未來我們將針對其他一些較不易發現的物種(例如台灣滑蜥、古氏草蜥、中國石龍子等)進行持續的調查，以補齊在生物地理上的分析工作。

第二節 建議

壹、立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學環境學院

由本研究所初步證實的重要非生物環境因子，應持續進行研究及觀察，以獲得更可信的科學結論。

持續進行野外調查，下年度預計 2~6 月繼續前往清水山區，避免因物候不同而遺漏之稀有植物物種，另計畫前往其他石灰岩山區(如：三角錐山、太魯閣大山、立霧主山一帶)進行調查以及植物資料較缺乏的地區(李瑞宗 1996)。

至各植物標本館依據「台灣植物紅皮書」名錄，清查分佈於太魯閣國家公園境內的植物標本，記錄植物標本資訊。

持續進行隔離效應、物種分化及遺傳分化的相關研究，以增進蘇花海岸地區在生物多樣性領域的研究價值。

加強教育推廣與學術研究，讓外界獲悉蘇花海岸地區對生物多樣性的特殊影響。

貳、 中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學環境學院

針對蘇花海岸地區重要的生態系，劃設長期研究樣區，以了解海岸生態系面對低光環境、強風、以及高鹽分逆境時，生態系的適應機制。

持續針對合歡山高海拔山區生態系研究區域，進行稀有及瀕危植物調查，以提供資料進行生態系相關分析。

任何跨越蘇花海岸地區的公共工程，均需避免促成野生動物非天然狀況下的族群移動，以避免遺傳入侵與遺傳均質化的危機，並造成區域特有性的降低。

針對蘇花海岸沿線的各樣區進行長期的物種與生態監控，以了解全球暖化對物種組成的衝擊、改變與影響。

附錄 1：太魯閣國家公園稀有及瀕危植物名錄

註：註記格式為：分類群編號. 分類群 中文名 (特有種/台灣植物紅皮書之編號 稀有等級)。

Pteridophyta 蕨類植物門

1. LYCOPODIACEAE 石松科

1. *Lycopodium annotinum* L. 杉葉蔓石松 (/63. 稀有等級未確定)
2. *Lycopodium fargesii* Hert. 銳葉石松 (/64. 稀有等級未確定)
3. *Lycopodium selago* L. var. *appressum* Desv. 小杉葉石松 (/67. 稀有等級未確定)
4. *Lycopodium sieboldii* Miq. 鱗葉石松 (/68. 稀有等級未確定)
5. *Lycopodium squarrosum* Forst. 杉葉石松 (/69. 稀有等級未確定)
6. *Lycopodium taiwanense* Kuo 臺灣石松 (/70. 稀有等級未確定)

2. SELAGINELLACEAE 卷柏科

7. *Selaginella pseudonipponica* Tagawa 擬日本卷柏 (/97. 稀有等級未確定)

3. OPHIOGLOSSACEAE 瓶爾小草科

8. *Botrychium lunaria* (L.) Sw. 扇羽陰地蕨 (/74. 稀有等級未確定)

4. OSMUNDACEAE 紫萁科

9. *Osmunda claytoniana* L. 絨假紫萁 (/77. 稀有等級未確定)

5. HYMENOPHYLLACEAE 膜蕨科

10. *Abrodictyum cumingii* Presl. 長片蕨 (/46. 稀有等級未確定)

6. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科

11. *Cryptogramma stelleri* (Gmel.) Prantl 疏葉珠蕨 (/85. 稀有等級未確定)
12. *Pteris bella* Tagawa 長柄鳳尾蕨 (特有種/88. 稀有等級未確定)
13. *Pteris deltodon* Bak. 岩鳳尾蕨 (/89. 稀有等級未確定)
14. *Pteris venusta* Kunze 爪哇鳳尾蕨 (/91. 稀有等級未確定)
15. *Pteris ryukyuensis* Tagawa 琉球鳳尾蕨 (/90. 稀有等級未確定)

7. ADIANTACEAE 鐵線蕨科

16. *Adiantum capillusjunonis* Rupr. 團羽鐵線蕨 (/2. 稀有等級未確定)
17. *Adiantum roborowskii* Maxim. var. *taiwanianum* (Tagawa) Shieh 臺灣高山鐵線蕨 (特有種/4. 稀有等級未確定)

8. ONOCLEACEAE 球子蕨科

18. *Matteuccia orientalis* (Hook.) Trev. 東方莢果蕨 (/73. 稀有等級未確定)

9. BLECHNACEAE 烏毛蕨科

19. *Struthiopteris eburnea* (Christ) Ching var. *obtusa* (Tagawa) Tagawa 天長羅曼蕨 (特有種/19. 稀有等級未確定)

10. DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科

20. *Acrorumohra yoroii* (Serizawa) Shieh 玉山假複葉耳蕨 (/33. 稀有等級未確定)

21. *Cyrtogonellum fraxinellum* (Christ) Ching 柳葉蕨 (/29. 稀有等級未確定)

22. *Cyrtomium taiwanense* Tagawa 臺灣貫眾蕨 (特有種/30. 易受害(Vulnerable, VU))

23. *Dryopteris enneaphylla* (Bak.) C. Chr. var. *pseudosieboldii* (Hayata) Tagawa & Iwats.
大頂羽鱗毛蕨 (/32. 稀有等級未確定)

11. THELYPTERIDACEAE 金星蕨科

24. *Stegnogramma dictyoclinoides* Ching 溪邊蕨 (/101. 稀有等級未確定)

12. ATHYRIACEAE 蹄蓋蕨科

25. *Athyrium cryptogrammoides* Hayata 合歡山蹄蓋蕨 (特有種/16. 稀有等級未確定)

26. *Woodsia okamotoi* Tagawa 岡本氏岩蕨 (特有種/18. 稀有等級未確定)

13. ASPLENIACEAE 鐵角蕨科

27. *Asplenium pulcherrimum* (Bak.) Ching 細葉鐵角蕨 (/12. 稀有等級未確定)

28. *Asplenium rutamuraria* L. 銀杏葉鐵角蕨 (/13. 稀有等級未確定)

29. *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm. 線葉鐵角蕨 (/15. 稀有等級未確定)

30. *Asplenium pekinense* Hance 北京鐵角蕨 (特有種/11. 稀有等級未確定)

31. *Asplenium scolopendrium* L. 對開蕨 (/14. 稀有等級未確定)

14. POLYPODIACEAE 水龍骨科

32. *Aglaomorpha meyeniana* Schott 連珠蕨 (/78. 稀有等級未確定)

33. *Phymatosorus nigrescens* (Bl.) Pichi-Sermolli 薄葉擬蕨蕨 (/82. 稀有等級未確定)

Spermatophyta 種子植物門

Gymnospermea 裸子植物亞門

1. TAXACEAE 紅豆杉科

1. *Taxus sumatrana* (Miq.) de Laub. 南洋紅豆杉 (/127. 稀有等級未確定)

2. CEPHALOTAXACEAE 粗榧科

2. *Cephalotaxus wilsoniana* Hayata 臺灣粗榧 (特有種/106. 稀有等級未確定)

3. PODOCARPACEAE 羅漢松科

3. *Podocarpus fasciculus* de Laubenfels 叢花百日青 (特有種/121. 稀有等級未確定)

4. *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet 大葉羅漢松 (/123. 稀有等級未確定)

4. PINACEAE 松科

5. *Picea morrissonicola* Hayata 臺灣雲杉 (特有種/114. 稀有等級未確定)

6. *Pinus morrissonicola* Hayata 臺灣五葉松 (特有種/116. 稀有等級未確定)

7. *Pseudotsuga wilsoniana* Hayata 臺灣黃杉 (特有種/117. 稀有等級未確定)

5. TAXODIACEAE 杉科

8. *Cunninghamia konishii* Hayata 巒大杉 (特有種/128. 稀有等級未確定)

9. *Taiwania cryptomerioides* Hayata 臺灣杉 (特有種/129. 稀有等級未確定)

6. CUPRESSACEAE 柏科

10. *Chamaecyparis formosensis* Matsum. 紅檜 (特有種/108. 稀有等級未確定)

11. *Chamaecyparis taiwanensis* Masamu. & Suzuki 臺灣扁柏 (特有種/109. 稀有等級未確定)

12. *Juniperus chinensis* L. var. *taiwanensis* R. P. Adams & C. F. Hsieh 清水圓柏 (特有變種/110. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))

Angiospermae 被子植物亞門

Dicotylendons 雙子葉植物綱

1. SALICACEAE 楊柳科

1. *Salix taiwanalpina* Kimura 臺灣山柳 (特有種/593. 接近威脅(Near Threatened, NT))

2. *Salix taiwanalpina* Kimura var. *morrisonicola* (Kimura) Yang & Huang 玉山柳 (特有變種/594. 接近威脅(Near Threatened, NT))

2. FAGACEAE 殼斗科

3. *Castanopsis fabri* Hayata 細刺苦槠 (特有種/312. 接近威脅(Near Threatened, NT))

4. *Quercus glauca* Thunb. ex Murray var. *kuyuensis* (Liao) Laio 谷園青剛櫟 (特有變種/313. 稀有等級未確定)

3. MORACEAE 桑科

5. *Ficus microcarpa* L. f. var. *crassifolia* (Shieh) Liao 厚葉榕 (/475. 稀有等級未確定)

6. *Ficus pedunculosa* Miq. 蔓榕 (/477. 接近威脅(Near Threatened, NT))

4. URTICACEAE 蕁麻科

7. *Boehmeria hwaliensis* Liu & Lu 花蓮芋麻 (特有種/655. 稀有等級未確定)

8. *Boehmeria pilushanensis* Liu & Lu 畢祿山芋麻 (特有種/657. 稀有等級未確定)

9. *Laportea bulbifera* (Sieb. & Zucc.) Wedd. 珠芽桑葉麻 (/661. 稀有等級未確定)

5. OLACACEAE 鐵青樹科

10. *Schoepfia jasminodora* Sieb. & Zucc. 青皮木 (/500. 接近威脅(Near Threatened, NT))

6. SANTALACEAE 檀香科

11. *Thesium chinense* Turcz. 百蕊草 (/595. 稀有等級未確定)

7. LORANTHACEAE 桑寄生科

12. *Loranthus kaoi* (Chao) Kiu 高氏桑寄生 (特有種/448. 接近威脅(Near Threatened, NT))

13. *Viscum alniformosanae* Hayata 臺灣槲寄生 (特有種/450. 稀有等級未確定)

8. BALANOPHORACEAE 蛇菰科

14. *Balanophora wrightii* Makino 海桐生蛇菰 (/177. 易受害(Vulnerable, VU))

9. CARYOPHYLLACEAE 石竹科

15. *Silene glabella* (Ohwi) Ying 南湖大山蠅子草 (特有種/207. 稀有等級未確定)

10. LAURACEAE 樟科

16. *Cinnamomum insularimontanum* Hayata 臺灣肉桂 (特有種/390. 稀有等級未確定)

17. *Cinnamomum macrostemon* Hayata 胡氏肉桂 (特有種/393. 稀有等級未確定)

18. *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira 土肉桂 (特有種/394. 接近威脅(Near Threatened, NT))

11. RANUNCULACEAE 毛茛科

19. *Aconitum fukutomei* Hayata var. *formosanum* (Tamura) Yang & Huang 蔓烏頭 (特有種/525. 稀有等級未確定)

20. *Calathodes polycarpa* Ohwi 多果雞爪草 (/526. 稀有等級未確定)

21. *Clematis formosana* Kuntz. 臺灣鐵線蓮 (特有種/528. 稀有等級未確定)

22. *Clematis psilandra* Kitagawa 臺灣牡丹藤 (特有種/529. 稀有等級未確定)

23. *Clematis tsugetorum* Ohwi 高山鐵線蓮 (特有種/530. 稀有等級未確定)

24. *Ranunculus morii* (Yamamoto) Ohwi 森氏毛茛 (特有種/531. 稀有等級未確定)

25. *Ranunculus nankotaizanus* Ohwi 南湖毛茛 (特有種/532. 稀有等級未確定)

26. *Thalictrum myriophyllum* Ohwi 密葉唐松草 (特有種/533. 稀有等級未確定)

27. *Thalictrum rubescens* Ohwi 南湖唐松草 (特有種/534. 稀有等級未確定)

28. *Thalictrum sessile* Hayata 玉山唐松草 (特有種/535. 稀有等級未確定)

29. *Thalictrum urbaini* Hayata var. *majus* T. Shimizu 大花傅氏唐松草 (特有種/536. 稀有等級未確定)

30. *Trollius taihasenzanensis* Masam. 臺灣金蓮花 (特有種/537. 稀有等級未確定)

12. BERBERIDACEAE 小蘗科

31. *Berberis aristatoserrulata* Hayata 長葉小蘗 (特有種/184. 易受害(Vulnerable, VU))

32. *Berberis tarokoensis* Lu & Yang 太魯閣小蘗 (特有種/185. 易受害(Vulnerable, VU))

33. *Dysosma pleiantha* (Hance) Woodson 八角蓮 (/186. 接近威脅(Near Threatened, NT))

34. *Mahonia oiwakensis* Hayata 阿里山十大功勞 (特有種/188. 接近威脅(Near Threatened, NT))

13. LARDIZABALACEAE 木通科

35. *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. subsp. *australis* (Diels) T. Shimizu 白木通 (/387. 接近威脅(Near Threatened, NT))

14. RAFFLESACEAE 大花草科

36. *Mitrastemon kawasasakii* Hayata 臺灣奴草 (特有種/523. 易受害(Vulnerable, VU))

15. THEACEAE 茶科

37. *Camellia japonica* L. 日本山茶 (/633. 接近威脅(Near Threatened, NT))

38. *Camellia sinensis* (L.) Ktze. f. *formosensis* Kitam. 臺灣山茶 (特有種/634. 接近威脅(Near Threatened, NT))

39. *Eurya glaberrima* Hayata var. *taitungensis* (Chang) Y. P. Yang & S. Z. Yang 清水山柃木 (特有種/638. 稀有等級未確定)

16. GUTTIFERAE 金絲桃科

40. *Hypericum nakamurai* (Masam.) Robson 清水金絲桃 (特有種/356. 易受害(Vulnerable, VU))

41. *Hypericum nokoense* Ohwi 能高金絲桃 (特有種/357. 稀有等級未確定)

42. *Hypericum subalatum* Hayata 方莖金絲桃 (特有種/358. 易受害(Vulnerable, VU))

17. CRUCIFERAE 十字花科

43. *Barbarea taiwaniana* Ohwi 臺灣山芥菜 (特有種/258. 稀有等級未確定)

18. HAMAMELIDACEAE 金縷梅科

44. *Corylopsis pauciflora* Sieb. & Zucc. 小葉瑞木 (/360. 接近威脅(Near Threatened, NT))

45. *Distylium gracile* Nakai 細葉蚊母樹 (特有種/362. 易受害(Vulnerable, VU))

19. CRASSULACEAE 景天科

46. *Sedum microsepalum* Hayata 小萼佛甲草 (特有種/255. 稀有等級未確定)

47. *Sedum uniflorum* Hook. & Arn. 疏花佛甲草 (/257. 稀有等級未確定)

48. *Sedum subcapitatum* Hayata 穗花八寶 (特有種/254. 稀有等級未確定)

20. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

49. *Chrysosplenium delavayi* Fr. 青貓兒眼睛草 (/598. 易受害(Vulnerable, VU))

50. *Chrysosplenium hebetatum* Ohwi 大武貓兒眼睛草 (特有種/599. 接近威脅(Near Threatened, NT))

21. PITTOSPORACEAE 海桐科

51. *Pittosporum illicioides* Makino var. *angustifolium* Huang ex Lu 細葉疏果海桐 (特有種/514. 易受害(Vulnerable, VU))

22. ROSACEAE 薔薇科

52. *Filipendula kiraishiensis* Hayata 臺灣蚊子草 (特有種/545. 接近威脅(Near Threatened, NT))

53. *Potentilla tugitakensis* Masam. 雪山翻白草 (特有種/549. 接近威脅(Near Threatened, NT))

54. *Pourthiaea chingshuiensis* T. Shimizu 清水石楠 (特有種/968. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))

55. *Prunus obtusata* Koehne 臺灣稠李 (特有種/551. 易受害(Vulnerable, VU))

56. *Prunus transarisanensis* Hayata 阿里山櫻花 (特有種/552. 易受害(Vulnerable, VU))

57. *Pyracantha koidzumii* (Hayata) Rehder 臺灣火刺木 (特有種/553. 瀕臨絕滅(Endangered, EN))

58. *Rosa pricei* Hayata 太魯閣薔薇 (特有種/559. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))

59. *Spiraea tarokoensis* Hayata 太魯閣繡線菊 (特有種/561. 接近威脅(Near Threatened, NT))

60. *Stephanandra incisa* (Thunb. ex Murray) Zabel 冠蕊木 (/563. 接近威脅(Near Threatened, NT))

23. LEGUMINOSAE 豆科

61. *Astragalus nankotaizanensis* Sasaki 南湖大山紫雲英 (特有種/408. 稀有等級未確定)

62. *Indigofera ramulosissima* Hosokawa 太魯閣木藍 (特有種/428. 稀有等級未確定)

63. *Millettia pulchra* Kurz. var. *microphylla* Dunn 小葉魚藤 (特有種/433. 稀有等級未確定)

24. EUPHORBIACEAE 大戟科

64. *Acalypha suirenbiensis* Yamamoto 花蓮鐵莧 (特有種/292. 稀有等級未確定)

65. *Euphorbia tarokoensis* Hayata 太魯閣大戟 (特有種/302. 稀有等級未確定)

66. *Liodendron formosanum* (Kanehira & Sasaki) Keng 臺灣假黃楊 (特有種/307. 稀有等級未確定)

25. RUTACEAE 芸香科

67. *Citrus taiwanica* Tanaka & Shimada 南庄橙 (特有種/581. 瀕臨絕滅(Endangered, EN))

26. SIMAROUBACEAE 苦木科

68. *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle var. *tanakai* (Hayata) Sasaki 臭椿 (特有種/617. 接近威脅(Near Threatened, NT))

69. *Picrasma quassioides* Benn. 苦樹 (/618. 接近威脅(Near Threatened, NT))

27. BALSAMINACEAE 鳳仙花科

70. *Impatiens tayemonii* Hayata 黃花鳳仙花 (特有種/179. 稀有等級未確定)

28. AQUIFOLIACEAE 冬青科

71. *Ilex lonicerifolia* Hayata 忍冬葉冬青 (特有種/157. 接近威脅(Near Threatened, NT))

29. BUXACEAE 黃楊科

72. *Buxus liukiuensis* Makino 琉球黃楊 (/194. 接近威脅(Near Threatened, NT))

73. *Buxus microphylla* Sieb. & Zucc. subsp. *sinica* (Rehd. & Wils.) Hatusima var. *tarokoensis* Lu & Yang 太魯閣黃楊 (特有種/195. 易受害(Vulnerable, VU))

30. RHAMNACEAE 鼠李科

74. *Rhamnus chingshuiensis* Shimizu 清水鼠李 (特有種/540. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))

31. THYMELAEACEAE 瑞香科

75. *Daphne nana* Tagawa 玉山瑞香 (特有種/641. 接近威脅(Near Threatened, NT))

32. ELAEAGNACEAE 胡頹子科

76. *Elaeagnus tarokoensis* Lu & Yang 太魯閣胡頹子 (特有種/274. 易受害(Vulnerable, VU))

33. VIOLACEAE 堇菜科

77. *Viola biflora* L. 雙黃花堇菜 (/672. 稀有等級未確定)

34. ONAGRACEAE 柳葉菜科

78. *Epilobium nankotaizanense* Yamamoto 南湖柳葉菜 (特有種/505. 稀有等級未確定)

79. *Epilobium pengii* Chen, Hoch & Raven 彭氏柳葉菜 (特有種/506. 稀有等級未確定)

80. *Epilobium taiwanianum* Chen, Hoch & Raven 臺灣柳葉菜 (特有種/507. 稀有等級未確定)

35. CORNACEAE 山茱萸科

81. *Swida controversa* (Hemsl.) Sojak 燈台樹 (/253. 接近威脅(Near Threatened, NT))

36. ARALIACEAE 五加科

82. *Pentapanax castanopsisicola* Hayata 臺灣五葉參 (特有種/162. 接近威脅(Near Threatened, NT))

83. *Schefflera arboricola* (Hayata) Kanehira 鵝掌楸 (/163. 易受害(Vulnerable, VU))

84. *Sinopanax formosana* (Hayata) Li 華參 (特有種/164. 接近威脅(Near Threatened, NT))

37. UMBELLIFERAE 繖形科

85. *Angelica tarokoensis* Hayata 太魯閣當歸 (特有種/650. 稀有等級未確定)

86. *Oreomyrrhis nanhuensis* C. H. Chen & J. C. Wang 南湖山薰香 (特有種/653. 稀有等級未確定)

87. *Oreomyrrhis taiwaniana* Masam. 臺灣山薰香 (特有種/654. 稀有等級未確定)

38. DIAPENSIACEAE 岩梅科

88. *Shortia rotundifolia* (Maxim.) Makino 倒卵葉裂緣花 (/261. 接近威脅(Near Threatened, NT))

39. PYROLACEAE 鹿蹄草科

89. *Monotropa hypopithys* L. 錫杖花 (/522. 接近威脅(Near Threatened, NT))

40. ERICACEAE 杜鵑花科

90. *Rhododendron hyperythrum* Hayata 南湖杜鵑 (特有種/280. 稀有等級未確定)

91. *Rhododendron kawakamii* Hayata 著生杜鵑 (特有種/282. 接近威脅(Near Threatened, NT))

41. PRIMULACEAE 報春花科

92. *Lysimachia chingshuiensis* C.-I Peng & C. M. Hu 清水山過路黃 (特有種/520. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))

42. SYMPLOCACEAE 灰木科

93. *Symplocos nokoensis* (Hayata) Kanehira 能高山灰木 (特有種/627. 易受害(Vulnerable, VU))

43. OLEACEAE 木犀科

94. *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki 玉山女貞 (特有種/504. 接近威脅(Near Threatened, NT))

44. LOGANIACEAE 馬錢科

95. *Buddleja curviflora* Hook. & Arn. 彎花醉魚木 (特有種/444. 易受害(Vulnerable, VU))

45. GENTIANACEAE 龍膽科

96. *Gentiana tarokoensis* C. H. Chen & J. C. Wang 太魯閣龍膽 (特有種/330. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))

97. *Gentiana tentyensis* Masam. 厚葉龍膽 (特有種/332. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))
98. *Gentiana tenuissima* Hayata 臺東龍膽 (特有種/333. 接近威脅(Near Threatened, NT))
99. *Pterygocalyx volubilis* Maxim. 翼萼蔓 (/338. 易受害(Vulnerable, VU))
100. *Swertia arisanensis* Hayata 阿里山當藥 (特有種/339. 易受害(Vulnerable, VU))
101. *Swertia tozanensis* Hayata 高山當藥 (特有種/968. 稀有等級未確定)
102. *Tripterospermum cordifolium* (Yamamoto) Satake 高山肺形草 (特有種/341. 易受害(Vulnerable, VU))
103. *Tripterospermum microphyllum* H. Smith 小葉雙蝴蝶 (特有種/342. 接近威脅(Near Threatened, NT))

46. RUBIACEAE 茜草科

104. *Galium fukuyamai* Masam. 福山氏豬殃殃 (特有種/566. 稀有等級未確定)
105. *Galium nankotaizanum* Ohwi 南湖大山豬殃殃 (特有種/568. 稀有等級未確定)
106. *Galium tarokoense* Hayata 太魯閣豬殃殃 (特有種/569. 稀有等級未確定)
107. *Sinoadina racemosa* (Siebold & Zucc.) Ridsdale 梨仔 (/580. 稀有等級未確定)

47. BORAGINACEAE 紫草科

108. *Cynoglossum alpestre* Ohwi 高山倒提壺 (特有種/191. 接近威脅(Near Threatened, NT))
109. *Lithospermum zollingeri* DC. 梓木草 (/192. 易受害(Vulnerable, VU))
110. *Trigonotis nankotaizanensis* (Sasaki) Masam. & Ohwi ex Masam. 南湖附地草 (特有種/193. 接近威脅(Near Threatened, NT))

48. VERBENACEAE 馬鞭草科

111. *Clerodendrum ohwii* Kanehira & Hatusima. 花蓮海州常山 (特有種/667. 稀有等級未確定)

49. LABIATAE 唇形科

112. *Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori var. *taiwanianum* T. H. Hsieh & T. C. Huang 臺灣風輪菜 (/372. 接近威脅(Near Threatened, NT))
113. *Keiskea macrobracteata* Masam. 大苞偏穗花 (特有種/374. 接近威脅(Near Threatened, NT))
114. *Prunella vulgaris* L. var. *nanhutashanensis* S. S. Ying 高山夏枯草 (特有種/378. 接近威脅(Near Threatened, NT))
115. *Scutellaria playfairii* Kudo 布烈氏黃芩 (特有種/382. 接近威脅(Near Threatened, NT))
116. *Scutellaria tashiroi* Hayata 田代氏黃芩 (特有種/384. 接近威脅(Near Threatened, NT))

50. SCROPHULARIACEAE 玄參科

117. *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto 南湖碎雪草 (特有種/602. 稀有等級未確定)
118. *Euphrasia tarokoana* Ohwi 太魯閣小米草 (特有種/603. 稀有等級未確定)
119. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata 玉山小米草 (特有種/604. 稀有等級未確定)
120. *Paulownia kawakamii* Ito 白桐 (/611. 稀有等級未確定)
121. *Pedicularis ikomai* Sasaki 高山馬先蒿 (特有種/612. 稀有等級未確定)
122. *Veronica taiwanica* Yamazaki 臺灣水苦蕒 (特有種/613. 稀有等級未確定)
123. *Veronicastrum formosanum* (Masam.) Yamazaki 臺灣腹水草 (特有種/615. 稀有等級未確定)
124. *Veronicastrum kitamurae* (Ohwi) Yamazaki 高山腹水草 (特有種/616. 稀有等級未確定)
- 51. ACANTHACEAE 爵床科**
125. *Justicia quadrifaria* (Nees) T. Anders. 花蓮爵床 (/139. 稀有等級未確定)
- 52. GESNERIACEAE 苦苣苔科**
126. *Cyrtandra umbellifera* Merr. 雄胞囊草 (/346. 稀有等級未確定)
127. *Whytockia sasakii* (Hayata) Burt 玉鈴花 (特有種/351. 稀有等級未確定)
- 53. OROBANCHACEAE 列當科**
128. *Christisonia hookeri* C. B. Clarke 假野菰 (/510. 稀有等級未確定)
- 54. LENTIBULARIACEAE 狸藻科**
129. *Utricularia bifida* L. 挖耳草 (/440. 稀有等級未確定)
130. *Utricularia striatula* Smith 圓葉挖耳草 (/442. 接近威脅(Near Threatened, NT))
- 55. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科**
131. *Abelia chinensis* R. Br. var. *ionandra* (Hayata) Masam. 臺灣糯米條 (特有種/201. 易受害(Vulnerable, VU))
132. *Lonicera apodantha* Ohwi 無梗忍冬 (特有種/202. 接近威脅(Near Threatened, NT))
133. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬 (特有種/203. 接近威脅(Near Threatened, NT))
134. *Lonicera oiwakensis* Hayata 追分忍冬 (特有種/204. 易受害(Vulnerable, VU))
135. *Viburnum plicatum* Thunb. var. *formosanum* Y. C. Liu & C. H. Ou 臺灣蝴蝶戲珠花 (特有種/205. 接近威脅(Near Threatened, NT))
- 56. COMPOSITAE 菊科**
136. *Aster chingshuiensis* Y. C. Liu & C. H. Ou 清水馬蘭 (特有種/218. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))
137. *Aster morrisonensis* Hayata 玉山鐵桿蒿 (特有種/220. 稀有等級未確定)
138. *Aster takasagomontanus* Sasaki 雪山馬蘭 (特有種/223. 稀有等級未確定)
139. *Cirsium morii* Hayata 森氏薊 (特有種/228. 稀有等級未確定)

140. *Dendranthema morii* (Hayata) Kitam. 森氏菊 (特有種/230. 稀有等級未確定)
141. *Ligularia kojimae* Kitam. 高山橐吾 (特有種/235. 稀有等級未確定)
142. *Parasenecio nokoensis* (Masam. & Suzuki) C.-I Peng & S. W. Chung 能高蟹甲草 (特有種/237. 稀有等級未確定)
143. *Pluchea pteropoda* Hemsl. 光梗闊苞菊 (/239. 稀有等級未確定)
144. *Pterocypsela* \times *mansuensis* (Hayata) C.-I Peng 恆春山苦蕒 (/131. 稀有等級未確定)
145. *Saussurea glandulosa* Kitam. 高山青木香 (特有種/240. 稀有等級未確定)
146. *Saussurea kiraisanensis* Masam. 奇萊青木香 (特有種/242. 稀有等級未確定)
147. *Senecio crataegifolius* Hayata 小蔓黃菀 (特有種/243. 稀有等級未確定)
148. *Senecio tarokoensis* C.-I Peng 太魯閣千里光 (特有種/244. 稀有等級未確定)
149. *Syneilesis subglabrata* (Yamam. & Sasaki) Kitam. 高山破傘菊 (特有種/246. 稀有等級未確定)

Monocotyledons 單子葉植物綱

1. LILIACEAE 百合科

1. *Campylandra chinensis* (Baker) M. N. Tamura 萬年青 (特有種/783. 稀有等級未確定)
2. *Heloniopsis umbellata* Baker 臺灣胡麻花 (特有種/777. 稀有等級未確定)
3. *Polygonatum altelobatum* Hayata 臺灣黃精 (特有種/781. 稀有等級未確定)
4. *Polygonatum chingshuishanianum* S. S. Ying 清水山黃精 (特有種/782. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))
5. *Tricyrtis ravenii* C.-I Peng & C. L. Tiang 高山油點草 (特有種/968. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))
6. *Tricyrtis suzukii* Masam. 鈴木氏油點草 (特有種/786. 稀有等級未確定)

2. AMARYLLIDACEAE 石蒜科

7. *Lycoris aurea* Herb. 龍爪花 (/682. 稀有等級未確定)

3. DIOSCOREACEAE 薯蕷科

8. *Dioscorea collettii* Hook. f. 華南薯蕷 (/735. 稀有等級未確定)
9. *Dioscorea kanoi* Tang S. Liu & T. C. Huang 圓錐花薯蕷 (特有種/737. 稀有等級未確定)

4. CYPERACEAE 莎草科

10. *Carex alterniflora* Franch. 宜蘭宿柱薹 (/704. 稀有等級未確定)
11. *Carex fulvorubescens* Hayata 茶色扁果薹 (特有種/707. 稀有等級未確定)
12. *Carex liuii* T. Koyama & Chuang 劉氏薹 (特有種/708. 稀有等級未確定)
13. *Carex makinoensis* Franch. 牧野氏薹 (特有種/712. 稀有等級未確定)
14. *Carex manca* Boott subsp. *takasagoana* (Akiyama) T. Koyama 夢佳宿柱薹 (特有種/710. 稀有等級未確定)

15. *Carex morii* Hayata 森氏薹 (特有種/712. 稀有等級未確定)
16. *Carex orthostemon* Hayata 直蕊宿柱薹 (特有種/713. 稀有等級未確定)
17. *Carex purpureotincta* Ohwi 太魯閣薹 (特有種/714. 嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR))
18. *Carex rochebrunii* Franch. & Sav. 高山穗序薹 (/715. 易受害(Vulnerable, VU))
19. *Cladium jamaicense* Crantz 克拉莎 (/719. 稀有等級未確定)

5. GRAMINEAE 禾本科

20. *Capillipedium kwashotensis* (Hayata) C. C. Hsu 綠島細柄草 (特有種/746. 稀有等級未確定)
21. *Phaenosperma globosa* Munro ex Benth. 顯子草 (/759. 稀有等級未確定)

6. PALMAE 棕櫚科

22. *Calamus formosanus* Beccari 黃藤 (特有種/946. 稀有等級未確定)

7. ARACEAE 天南星科

23. *Arisaema thunbergii* Blume subsp. *autumnale* J. C. Wang, J. Murata & H. Ohashi 東台天南星 (特有亞種/691. 稀有等級未確定)

8. ORCHIDACEAE 蘭科

24. *Acanthephippium sylhetense* Lindl. 蟬花蘭 (/794. 稀有等級未確定)
25. *Anoectochilus formosanus* Hayata 金線蓮 (特有種/796. 稀有等級未確定)
26. *Anoectochilus koshunensis* Hayata 恆春金線蓮 (特有種/797. 稀有等級未確定)
27. *Ascocentrum pumilum* (Hayata) Schltr. 鹿角蘭 (特有種/801. 稀有等級未確定)
28. *Bulbophyllum aureolabellum* T. P. Lin 小豆蘭 (特有種/803. 稀有等級未確定)
29. *Bulbophyllum insulsum* (Gagnep.) Seidenf. 穗花捲瓣蘭 (/806. 稀有等級未確定)
30. *Calanthe fimbriata* Franch. 羽唇根節蘭 (/814. 稀有等級未確定)
31. *Calanthe tricarinata* Lindl. 紅唇根節蘭 (/817. 稀有等級未確定)
32. *Cheirostylis hungyehensis* T. P. Lin 斑葉指柱蘭 (/820. 稀有等級未確定)
33. *Cheirostylis takeoi* (Hayata) Schltr. 阿里山指柱蘭 (/822. 稀有等級未確定)
34. *Cymbidium ensifolium* (L.) Sw. var. *misericors* (Hayata) T. P. Lin 建蘭 (/828. 稀有等級未確定)
35. *Cymbidium faberi* Rolfe 九華蘭 (/831. 稀有等級未確定)
36. *Cymbidium tortisepalum* Fukuyama 管草蘭 (/834. 稀有等級未確定)
37. *Cymbidium kanran* Makino 臺灣素心蘭 (/835. 稀有等級未確定)
38. *Cymbidium lancifolium* Hook. f. var. *syunitianum* (Fukuy.) S. S. Ying 大竹柏蘭 (特有種/836. 稀有等級未確定)
39. *Cymbidium sinense* (Jacks. ex Andr.) Willd. 報歲蘭 (/837. 稀有等級未確定)
40. *Cypripedium debile* Reichb. f. 小喜普鞋蘭 (/838. 稀有等級未確定)
41. *Cypripedium formosanum* Hayata 臺灣喜普鞋蘭 (/840. 稀有等級未確定)
42. *Cypripedium macranthum* Sw. 奇萊喜普鞋蘭 (/841. 稀有等級未確定)

43. *Dendrobium clavatum* var. *aurantiacum* (Reichb. f.) T. Tang & F. T. Wang 金草
(/843. 稀有等級未確定)
44. *Dendrobium stricklandianum* Reichb. f. 黃花石斛 (/849. 稀有等級未確定)
45. *Eulophia graminea* Lindl. 禾草芋蘭 (/860. 稀有等級未確定)
46. *Flickingeria tairukounia* (S. S. Ying) T. P. Lin 輻射暫花蘭 (特有種/863. 稀有等級未確定)
47. *Gastrochilus hoii* T. P. Lin 何氏松蘭 (特有種/865. 稀有等級未確定)
48. *Goodyera fumata* Thwaites 尾唇斑葉蘭 (/877. 稀有等級未確定)
49. *Goodyera repens* (L.) R. Br. 南投斑葉蘭 (/878. 稀有等級未確定)
50. *Goodyera biflora* (Lindl.) Hook. f. 大花斑葉蘭 (/875. 稀有等級未確定)
51. *Habenaria polytricha* Rolfe 裂瓣玉鳳蘭 (/881. 稀有等級未確定)
52. *Haraella retrocalla* (Hayata) Kudo 香蘭 (/882. 稀有等級未確定)
53. *Hemipilia cordifolia* Lindl. 玉山一葉蘭 (/883. 稀有等級未確定)
54. *Holcoglossum quasipinifolium* (Hayata) Schltr. 撬唇蘭 (/884. 稀有等級未確定)
55. *Liparis cordifolia* Hook. 溪頭羊耳蒜 (/888. 稀有等級未確定)
56. *Listera nankomontana* Fukuy. 南湖雙葉蘭 (特有種/894. 稀有等級未確定)
57. *Listera taizanensis* Fukuy. 大山雙葉蘭 (特有種/896. 稀有等級未確定)
58. *Listera meifongensis* H. J. Su & C. Y. Hu 梅峰雙葉蘭 (特有種/893. 稀有等級未確定)
59. *Nervilia aragoana* Gaudich. 東亞脈葉蘭 (/899. 稀有等級未確定)
60. *Oreorchis micrantha* Lindl. 南湖山蘭 (/908. 稀有等級未確定)
61. *Phreatia taiwaniana* Fukuy. 臺灣芙樂蘭 (特有種/916. 稀有等級未確定)
62. *Platanthera longicalcarate* Hayata 長距粉蝶蘭 (特有種/919. 稀有等級未確定)
63. *Pleione formosana* Hayata 臺灣一葉蘭 (/921. 稀有等級未確定)
64. *Ponerorchis taiwanensis* (Fukuy.) Ohwi 臺灣小蝶蘭 (特有種/923. 稀有等級未確定)
65. *Ponerorchis takasagomontana* (Masam.) Ohwi 高山小蝶蘭 (特有種/924. 稀有等級未確定)
66. *Taeniophyllum complanatum* Fukuy. 扁蜘蛛蘭 (特有種/927. 稀有等級未確定)
67. *Taeniophyllum glandulosum* Bl. 蜘蛛蘭 (/928. 稀有等級未確定)
68. *Thelasis pygmaea* (Griff.) Bl. 閉花八粉蘭 (/930. 稀有等級未確定)
69. *Tipularia odorata* Fukuy. 南湖蠅蘭 (特有種/937. 稀有等級未確定)

附錄 2：太魯閣國家公園境內稀有及瀕危植物座標表

樣點	日期	科名	中文名	學名	緯度	經度	海拔	特 有 種	紅皮書 編號
1	04/14/2009	莎草科	直莖宿柱薹	Carex orthostemon Hayata	24.1679	121.638	941	Y	713
2	04/14/2009	莎草科	川上氏薹	Carex alopecuroides D. Don ex Tilloch & Taylor				Y	713
3	04/15/2009	小蘗科	八角蓮	Dysosma pleiantha (Hance) Woodson	24.2349	121.6394	1490		186
4	04/16/2009	樟科	臺灣肉桂	Cinnamomum insularimontanum Hayata	24.2353	121.651	2409	Y	390
5	04/16/2009	木犀科	玉山女貞	Ligustrum morrisonense Kanehira & Sasaki	24.2353	121.651	2404	Y	504
6	05/19/2009	菊科	太魯閣千里光	Senecio tarokoensis C.-I Peng	24.1894	121.6444	874	Y	244
7	05/19/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	24.1883	121.6369	899	Y	106
8	05/19/2009	莎草科	森氏薹	Carex morii Hayata	24.1882	121.6371	924	Y	712
9	05/19/2009	莎草科	森氏薹	Carex morii Hayata	24.1896	121.6359	899	Y	712
10	05/20/2009	繖形科	太魯閣當歸	Angelica tarokoensis Hayata	24.2269	121.6436	1373	Y	650
11	05/20/2009	玄參科	太魯閣小米草	Euphrasia tarokoana Ohwi	24.2272	121.6439	1380	Y	603
12	05/20/2009	蘭科	臺灣一葉蘭	Pleione bulbocodioides (Franch.) Rolfe	24.2278	121.6439	1357		921
13	05/20/2009	蘭科	臺灣喜普鞋蘭	Cypripedium formosanum Hayata	24.2275	121.6442	1343		840
14	05/20/2009	唇形科	田代氏黃芩	Scutellaria tashiroi Hayata	24.2272	121.6436	1376	Y	384
15	05/20/2009	蕁麻科	花蓮苧麻	Boehmeria hwaliensis Liu & Lu	24.2292	121.6467	1238	Y	655
16	05/20/2009	百合科	萬年青	Rohdea japonica (Thunb.) Roth var. watanabei (Hayata) S. S. Ying	24.2294	121.6433	1388	Y	783
17	05/20/2009	莎草科	牧野氏薹	Carex makinoensis Franch.	24.227	121.6438	1371	Y	712
18	05/20/2009	莎草科	牧野氏薹	Carex makinoensis Franch.	24.233	121.6418	1388	Y	712
19	05/21/2009	柏科	清水圓柏	Juniperus chinensis L. var. taiwanensis R. P. Adams & C. F. Hsieh	24.2361	121.6483	2248	Y	110
20	05/21/2009	龍膽科	厚葉龍膽	Gentiana tentyensis Masam.	24.2333	121.6444	2276	Y	332
21	05/21/2009	金縷梅科	小葉瑞木	Corylopsis pauciflora Sieb. & Zucc.	24.2386	121.6439	2042		360
22	05/21/2009	金縷梅科	小葉瑞木	Corylopsis pauciflora Sieb. & Zucc.	24.2383	121.6447	2058		360
23	05/21/2009	金縷梅科	小葉瑞木	Corylopsis pauciflora Sieb. & Zucc.	24.2378	121.6453	2113		360
24	05/21/2009	金縷梅科	小葉瑞木	Corylopsis pauciflora Sieb. & Zucc.	24.2378	121.6453	2109		360
25	05/21/2009	茜草科	太魯閣豬殃殃	Galium tarokoense Hayata	24.2358	121.6486	2276	Y	569
26	05/21/2009	木犀科	玉山女貞	Ligustrum morrisonense Kanehira & Sasaki	24.2369	121.6469	2205	Y	504
27	05/21/2009	紅豆杉科	南洋紅豆杉	Taxus sumatrana (Miq.) de Laub.	24.2392	121.6419	1924		127
28	05/21/2009	金縷梅科	清水金縷桃	Hypericum nakamura (Masam.) Robson	24.2378	121.6453	2118	Y	356
29	05/21/2009	杜鵑花科	著生杜鵑	Rhododendron kawakamii Hayata	24.2369	121.6469	2202	Y	282
30	05/22/2009	龍膽科	厚葉龍膽	Gentiana tentyensis Masam.	24.2275	121.6442	1350	Y	332
31	05/22/2009	報春花科	清水山過路黃	Lysimachia chingshuiensis C.-I Peng & C. M. Hu	24.2356	121.6489	2285		520
32	05/22/2009	蕁麻科	花蓮苧麻	Boehmeria hwaliensis Liu & Lu	24.2211	121.6428	1215	Y	655
33	05/22/2009	百合科	鈴木氏油點草	Tricyrtis suzukii Masam.	24.2242	121.6417	1350	Y	786
34	05/22/2009	茜草科	福山氏豬殃殃	Galium fukuyamai Masam.	24.2275	121.6439	1363	Y	566
35	05/23/2009	石松科	銳葉石松	Lycopodium fargesii Hert.	24.235	121.6392	1451		64
36	07/12/2009	茶科	清水山柃木	Eurya glaberrima Hayata taitungensis (Chang) Y. P. Yang & S. Z. Yang	24.2089	121.6369	1200	Y	638
37	07/15/2009	樟科	臺灣肉桂	Cinnamomum insularimontanum Hayata	24.2003	121.6502	1346	Y	390
38	07/15/2009	樟科	臺灣肉桂	Cinnamomum insularimontanum Hayata	24.2004	121.6501	1346	Y	390
39	07/15/2009	唇形科	田代氏黃芩	Scutellaria tashiroi Hayata	24.2004	121.6501	1346	Y	384
40	07/26/2009	唇形科	鈴木草	Suzukia shikikunensis Kudo	24.2116	121.4477	1118		
41	07/26/2009	胡桃科	臺灣胡桃	Juglans cathayensis Dode	24.2129	121.4437	1318		
42	07/26/2009	八角楓科	華八角楓	Alangium chinense (Lour.) Rehder	24.2129	121.4437	1318		
43	07/27/2009	苦木科	奧椿	Ailanthus altissima (Miller) Swingle var. tanakai (Hayata) Sasaki	24.2195	121.4367	1794	Y	617

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

44	07/27/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	24.2281	121.4302	1854	Y	106
45	07/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	衛星接收不良			Y	106
樣點	日期	科名	中文名	學名	緯度	經度	海拔 M	特 有 種	紅皮書 編號
46	07/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	衛星接收不良			Y	106
47	07/28/2009	苦木科	臭椿	Ailanthus altissima (Miller) Swingle var. tanakai (Hayata) Sasaki	衛星接收不良			Y	617
48	07/28/2009	胡桃科	臺灣胡桃	Juglans cathayensis Dode	衛星接收不良				
49	07/28/2009	榆科	阿里山榆	Ulmus uyematsui Hayata	衛星接收不良				
50	07/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	24.2332	121.4273	1846	Y	106
51	07/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2332	121.4273	1846	Y	108
52	07/28/2009	胡桃科	臺灣胡桃	Juglans cathayensis Dode	24.2332	121.4273	1846		
53	07/28/2009	樟科	胡氏肉桂	Cinnamomum macrostemon Hayata	衛星接收不良			Y	393
54	07/29/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	24.2403	121.4214	2181	Y	106
55	07/29/2009	薔薇科	霧社山櫻花	Prunus taiwaniana Hayata	衛星接收不良		2050		
56	07/29/2009	海桐科	大葉海桐	Pittosporum daphniphyllodes Hayata	24.237	121.4254	1919		
57	07/29/2009	胡桃科	臺灣胡桃	Juglans cathayensis Dode	24.2393	121.4228	1955		
58	07/29/2009	薔薇科	布氏稠李	Prunus buergeriana Miq.	衛星接收不良		2050		
59	07/29/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	衛星接收不良			Y	106
60	07/29/2009	毛茛科	蔓烏頭	Aconitum fukutomei Hayata var. formosanum (Tamura) Yang & Huang	衛星接收不良			Y	525
61	08/27/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	24.1998	121.6422	985	Y	106
62	08/28/2009	小蘗科	八角蓮	Dysosma pleiantha (Hance) Woodson	24.2426	121.6462	1779		186
63	08/28/2009	紅豆杉科	南洋紅豆杉	Taxus sumatrana (Miq.) de Laub.	24.2424	121.6468	1867		127
64	08/28/2009	紅豆杉科	南洋紅豆杉	Taxus sumatrana (Miq.) de Laub.	24.2423	121.6467	1868		127
65	08/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2423	121.6467	1868	Y	108
66	08/28/2009	小蘗科	八角蓮	Dysosma pleiantha (Hance) Woodson	24.2442	121.6476	1876		186
67	08/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2473	121.6407	2104	Y	108
68	08/28/2009	小蘗科	八角蓮	Dysosma pleiantha (Hance) Woodson	衛星接收不良		2104	Y	186
69	08/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2472	121.6348	2108	Y	108
70	08/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2473	121.6397	2109	Y	108
71	08/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2476	121.6395	2123	Y	108
72	08/28/2009	松科	臺灣五葉松	Pinus morrissonicola Hayata	衛星接收不良			Y	116
73	08/28/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	衛星接收不良			Y	106
74	08/28/2009	菊科	山白蘭	Aster ageratoides Turcz.	衛星接收不良			Y	110
75	08/28/2009	柏科	紅檜	Chamaecyparis formosensis Matsum.	24.2486	121.6386	2204	Y	108
76	08/28/2009	樟科	臺灣肉桂	Cinnamomum insularimontanum Hayata	24.2425	121.6466	1873	Y	390
77	08/29/2009	粗榧科	臺灣粗榧	Cephalotaxus wilsoniana Hayata	24.2471	121.6418	2101	Y	106
78	08/29/2009	杜鵑花科	南湖杜鵑	Rhododendron hyperythrum Hayata	24.2479	121.6391	2200	Y	280
79	08/29/2009	黃楊科	太魯閣黃楊	Buxus microphylla Sieb. & Zucc. subsp. sinica (Rehd. & Wils.) Hatusima var. tarokoensis Lu & Yang	24.2416	121.6536	2243	Y	195
80	08/29/2009	薔薇科	臺灣稠李	Prunus obtusata Koehne	24.248	121.639	2198	Y	551
81	08/30/2009	玄參科	太魯閣小紫草	Euphrasia tarokoana Ohwi	24.2358	121.6513	2401	Y	603
82	09/24/2009	鐵角蕨科	北京鐵角蕨	Asplenium pekinense Hance	24.2243	121.6465	1467	Y	11
83	09/24/2009	玄參科	高山腹水草	Veronicastrum kitamurae (Ohwi) Yamazaki	24.2251	121.6491	1442	Y	616
84	09/24/2009	玄參科	高山腹水草	Veronicastrum kitamurae (Ohwi) Yamazaki	24.2252	121.6491	1442	Y	616
85	09/24/2009	金縷桃科	清水金縷桃	Hypericum nakamurai (Masam.) Robson	24.2244	121.6471	1463	Y	356
86	09/24/2009	茶科	清水山柃木	Eurya glaberrima Hayata taitungensis (Chang) Y. P. Yang & S. Z. Yang	24.2244	121.6471	1463	Y	638

附錄 3：太魯閣國家公園境內稀有植物與中國大陸及琉球地區近緣種群比較表

註：出現者 1；未出現 0。

科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
鳳尾蕨科	岩鳳尾蕨		1	1
羅漢松科	大葉羅漢松		1	1
鐵青樹科	青皮木		1	1
檀香科	百蕊草		1	1
茶科	日本山茶		1	1
苦木科	苦樹		1	1
紫草科	梓木草		1	1
唇形科	田代氏黃芩	Endemic	1	1
狸藻科	挖耳草		1	1
忍冬科	臺灣糯米條	Endemic	1	1
百合科	萬年青	Endemic	1	1
石蒜科	龍爪花		1	1
蘭科	建蘭		1	1
蘭科	臺灣素心蘭		1	1
蘭科	大竹柏蘭	Endemic	1	1
蘭科	報歲蘭		1	1
蘭科	黃花石斛		1	1
蘭科	禾草芋蘭		1	1
蘭科	尾唇斑葉蘭		1	1
蘭科	裂瓣玉鳳蘭		1	1
蘭科	東亞脈葉蘭		1	1
石松科	杉葉蔓石松		1	0
卷柏科	擬日本卷柏		1	0
瓶爾小草科	扇羽陰地蕨		1	0
紫萁科	絨假紫萁		1	0
鳳尾蕨科	疏葉珠蕨		1	0
鳳尾蕨科	爪哇鳳尾蕨		1	0
球子蕨科	東方莢果蕨		1	0

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

烏毛蕨科	天長羅曼蕨	Endemic	1	0
鱗毛蕨科	柳葉蕨		1	0
鱗毛蕨科	大頂羽鱗毛蕨		1	0
金星蕨科	溪邊蕨		1	0
蹄蓋蕨科	合歡山蹄蓋蕨	Endemic	1	0
科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
鐵角蕨科	線葉鐵角蕨		1	0
鐵角蕨科	北京鐵角蕨	Endemic	1	0
水龍骨科	連珠蕨		1	0
蕁麻科	珠芽桑葉麻		1	0
毛茛科	多果雞爪草		1	0
毛茛科	臺灣鐵線蓮	Endemic	1	0
小蘗科	八角蓮		1	0
小蘗科	阿里山十大功勞	Endemic	1	0
木通科	白木通		1	0
茶科	臺灣山茶	Endemic	1	0
金縷梅科	細葉蚊母樹	Endemic	1	0
虎耳草科	青貓兒眼睛草		1	0
海桐科	細葉疏果海桐	Endemic	1	0
薔薇科	冠蕊木		1	0
大戟科	太魯閣大戟	Endemic	1	0
芸香科	南庄橙	Endemic	1	0
堇菜科	雙黃花堇菜		1	0
五加科	鵝掌蘂		1	0
鹿蹄草科	錫杖花		1	0
龍膽科	臺東龍膽	Endemic	1	0
龍膽科	翼萼蔓		1	0
茜草科	梨仔		1	0
玄參科	白桐		1	0
列當科	假野菰		1	0
狸藻科	圓葉挖耳草		1	0
忍冬科	臺灣蝴蝶戲珠花	Endemic	1	0
菊科	光梗闊苞菊		1	0
薯蕷科	華南薯蕷		1	0

薯蓣科	圓錐花薯蓣	Endemic	1	0
禾本科	顯子草		1	0
蘭科	蟬花蘭		1	0
蘭科	小豆蘭	Endemic	1	0
蘭科	穗花捲瓣蘭		1	0
蘭科	紅唇根節蘭		1	0
蘭科	羽唇根節蘭		1	0
蘭科	斑葉指柱蘭		1	0
蘭科	九華蘭		1	0
科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
蘭科	管草蘭		1	0
蘭科	小喜普鞋蘭		1	0
蘭科	金草		1	0
蘭科	南投斑葉蘭		1	0
蘭科	大花斑葉蘭		1	0
蘭科	玉山一葉蘭		1	0
蘭科	溪頭羊耳蒜		1	0
蘭科	南湖山蘭		1	0
蘭科	臺灣一葉蘭		1	0
蘭科	蜘蛛蘭		1	0
蘭科	閉花八粉蘭		1	0
蘭科	輻射暫花蘭	Endemic	1	0
石松科	鱗葉石松		0	1
殼斗科	細刺苦槠	Endemic	0	1
桑科	厚葉榕		0	1
蛇菰科	海桐生蛇菰		0	1
景天科	疏花佛甲草		0	1
大戟科	臺灣假黃楊	Endemic	0	1
黃楊科	琉球黃楊		0	1
黃楊科	太魯閣黃楊	Endemic	0	1
岩梅科	倒卵葉裂緣花		0	1
馬錢科	彎花醉魚木	Endemic	0	1
莎草科	茶色扁果薹	Endemic	0	1

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

莎草科	克拉莎	?	0	1
禾本科	綠島細柄草	Endemic	0	1
天南星科	東台天南星	Endemic	0	1
蘭科	金線蓮	Endemic	0	1
蘭科	阿里山指柱蘭		0	1
石松科	銳葉石松		0	0
石松科	小杉葉石松		0	0
石松科	杉葉石松		0	0
石松科	臺灣石松		0	0
膜蕨科	長片蕨		0	0
鳳尾蕨科	長柄鳳尾蕨	Endemic	0	0
鳳尾蕨科	琉球鳳尾蕨		0	0
鐵線蕨科	團羽鐵線蕨		0	0
鐵線蕨科	臺灣高山鐵線蕨	Endemic	0	0
科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
鱗毛蕨科	玉山假複葉耳蕨		0	0
鱗毛蕨科	臺灣貫眾蕨	Endemic	0	0
蹄蓋蕨科	岡本氏岩蕨	Endemic	0	0
鐵角蕨科	細葉鐵角蕨		0	0
鐵角蕨科	銀杏葉鐵角蕨		0	0
鐵角蕨科	對開蕨		0	0
水龍骨科	薄葉擬蕨蕨		0	0
紅豆杉科	南洋紅豆杉		0	0
粗榧科	臺灣粗榧	Endemic	0	0
羅漢松科	叢花百日青	Endemic	0	0
松科	臺灣雲杉	Endemic	0	0
松科	臺灣五葉松	Endemic	0	0
松科	臺灣黃杉	Endemic	0	0
杉科	巒大杉	Endemic	0	0
杉科	臺灣杉	Endemic	0	0
柏科	紅檜	Endemic	0	0
柏科	臺灣扁柏	Endemic	0	0
柏科	清水圓柏	Endemic	0	0
楊柳科	臺灣山柳	Endemic	0	0

楊柳科	玉山柳	Endemic	0	0
殼斗科	谷園青剛櫟	Endemic	0	0
桑科	蔓榕		0	0
蕁麻科	花蓮芋麻	Endemic	0	0
蕁麻科	畢祿山芋麻	Endemic	0	0
桑寄生科	高氏桑寄生	Endemic	0	0
桑寄生科	臺灣槲寄生	Endemic	0	0
石竹科	南湖大山蠅子草	Endemic	0	0
樟科	臺灣肉桂	Endemic	0	0
樟科	胡氏肉桂	Endemic	0	0
樟科	土肉桂	Endemic	0	0
毛茛科	蔓烏頭	Endemic	0	0
毛茛科	臺灣牡丹藤	Endemic	0	0
毛茛科	高山鐵線蓮	Endemic	0	0
毛茛科	森氏毛茛	Endemic	0	0
毛茛科	南湖毛茛	Endemic	0	0
毛茛科	密葉唐松草	Endemic	0	0
毛茛科	南湖唐松草	Endemic	0	0
科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
毛茛科	玉山唐松草	Endemic	0	0
毛茛科	大花傅氏唐松草	Endemic	0	0
毛茛科	臺灣金蓮花	Endemic	0	0
小蘗科	長葉小蘗	Endemic	0	0
小蘗科	太魯閣小蘗	Endemic	0	0
大花草科	臺灣奴草	Endemic	0	0
茶科	清水山柃木	Endemic	0	0
金絲桃科	清水金絲桃	Endemic	0	0
金絲桃科	能高金絲桃	Endemic	0	0
金絲桃科	方莖金絲桃	Endemic	0	0
十字花科	臺灣山芥菜	Endemic	0	0
金縷梅科	小葉瑞木		0	0
景天科	小萼佛甲草	Endemic	0	0
景天科	穗花八寶	Endemic	0	0

虎耳草科	大武貓兒眼睛草	Endemic	0	0
薔薇科	臺灣蚊子草	Endemic	0	0
薔薇科	雪山翻白草	Endemic	0	0
薔薇科	清水石楠	Endemic	0	0
薔薇科	臺灣稠李	Endemic	0	0
薔薇科	阿里山櫻花	Endemic	0	0
薔薇科	臺灣火刺木	Endemic	0	0
薔薇科	太魯閣薔薇	Endemic	0	0
薔薇科	太魯閣繡線菊	Endemic	0	0
豆科	南湖大山紫雲英	Endemic	0	0
豆科	太魯閣木藍	Endemic	0	0
豆科	小葉魚藤	Endemic	0	0
大戟科	花蓮鐵莧	Endemic	0	0
苦木科	臭椿	Endemic	0	0
鳳仙花科	黃花鳳仙花	Endemic	0	0
冬青科	忍冬葉冬青	Endemic	0	0
鼠李科	清水鼠李	Endemic	0	0
瑞香科	玉山瑞香	Endemic	0	0
胡頹子科	太魯閣胡頹子	Endemic	0	0
柳葉菜科	南湖柳葉菜	Endemic	0	0
柳葉菜科	彭氏柳葉菜	Endemic	0	0
柳葉菜科	臺灣柳葉菜	Endemic	0	0
山茱萸科	燈台樹		0	0

科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
五加科	臺灣五葉參	Endemic	0	0
五加科	華參	Endemic	0	0
繖形科	太魯閣當歸	Endemic	0	0
繖形科	南湖山薰香	Endemic	0	0
繖形科	臺灣山薰香	Endemic	0	0
杜鵑花科	南湖杜鵑	Endemic	0	0
杜鵑花科	著生杜鵑	Endemic	0	0
報春花科	清水山過路黃	Endemic	0	0
灰木科	能高山灰木	Endemic	0	0
木犀科	玉山女貞	Endemic	0	0

龍膽科	厚葉龍膽	Endemic	0	0
龍膽科	太魯閣龍膽	Endemic	0	0
龍膽科	阿里山當藥	Endemic	0	0
龍膽科	高山當藥	Endemic	0	0
龍膽科	高山肺形草	Endemic	0	0
龍膽科	小葉雙蝴蝶	Endemic	0	0
茜草科	福山氏豬殃殃	Endemic	0	0
茜草科	南湖大山豬殃殃	Endemic	0	0
茜草科	太魯閣豬殃殃	Endemic	0	0
紫草科	高山倒提壺	Endemic	0	0
紫草科	南湖附地草	Endemic	0	0
馬鞭草科	花蓮海州常山	Endemic	0	0
唇形科	臺灣風輪菜		0	0
唇形科	大苞偏穗花	Endemic	0	0
唇形科	高山夏枯草	Endemic	0	0
唇形科	布烈氏黃芩	Endemic	0	0
玄參科	南湖碎雪草	Endemic	0	0
玄參科	太魯閣小米草	Endemic	0	0
玄參科	臺灣碎雪草	Endemic	0	0
玄參科	高山馬先蒿	Endemic	0	0
玄參科	臺灣水苦蕒	Endemic	0	0
玄參科	臺灣腹水草	Endemic	0	0
玄參科	高山腹水草	Endemic	0	0
爵床科	花蓮爵床		0	0
苦苣苔科	雄胞囊草		0	0
苦苣苔科	玉鈴花	Endemic	0	0
忍冬科	無梗忍冬	Endemic	0	0
科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
忍冬科	川上氏忍冬	Endemic	0	0
忍冬科	追分忍冬	Endemic	0	0
菊科	玉山鐵桿蒿	Endemic	0	0
菊科	雪山馬蘭	Endemic	0	0
菊科	清水馬蘭	Endemic	0	0

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

菊科	森氏薊	Endemic	0	0
菊科	高山橐吾	Endemic	0	0
菊科	高山青木香	Endemic	0	0
菊科	奇萊青木香	Endemic	0	0
菊科	小蔓黃菀	Endemic	0	0
菊科	太魯閣千里光	Endemic	0	0
菊科	高山破傘菊	Endemic	0	0
菊科	森氏薊	Endemic	0	0
菊科	能高蟹甲草	Endemic	0	0
菊科	恆春山苦蕒		0	0
百合科	臺灣黃精	Endemic	0	0
百合科	清水山黃精	Endemic	0	0
百合科	高山油點草	Endemic	0	0
百合科	鈴木氏油點草	Endemic	0	0
百合科	臺灣胡麻花	Endemic	0	0
莎草科	劉氏薹	Endemic	0	0
莎草科	牧野氏薹	Endemic	0	0
莎草科	夢佳宿柱薹	Endemic	0	0
莎草科	森氏薹	Endemic	0	0
莎草科	直蕊宿柱薹	Endemic	0	0
莎草科	太魯閣薹	Endemic	0	0
莎草科	高山穗序薹		0	0
莎草科	宜蘭宿柱薹		0	0
棕櫚科	黃藤	Endemic	0	0
蘭科	恆春金線蓮	Endemic	0	0
蘭科	鹿角蘭	Endemic	0	0
蘭科	奇萊喜普鞋蘭		0	0
蘭科	臺灣喜普鞋蘭		0	0
蘭科	何氏松蘭	Endemic	0	0
蘭科	香蘭		0	0
蘭科	撬唇蘭		0	0
蘭科	南湖雙葉蘭	Endemic	0	0
科名	中文名	特有種	中國大陸	琉球群島
蘭科	大山雙葉蘭	Endemic	0	0

蘭科	梅峰雙葉蘭	Endemic	0	0
蘭科	臺灣笑樂蘭	Endemic	0	0
蘭科	長距粉蝶蘭	Endemic	0	0
蘭科	臺灣小蝶蘭	Endemic	0	0
蘭科	高山小蝶蘭	Endemic	0	0
蘭科	扁蜘蛛蘭	Endemic	0	0
蘭科	南湖蠅蘭	Endemic	0	0

附錄 4：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。

附錄 5：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

參考文獻

- 王忠魁和陳玉峰。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，花蓮縣。
- 王昭均。2006。台灣東部地區草蜥屬雜交現象之偵測。國立臺灣師範大學，台北，台灣。
- 向高世。2001。台灣蜥蜴自然誌。大樹出版社，台北，台灣。
- 呂光洋，杜銘章，向高世。1999。臺灣兩棲爬行動物圖鑑。中華民國自然生態保育協會，台北，台灣。
- 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，花蓮縣。
- 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，花蓮縣。
- 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 16:113-129。
- 林俊義，林良恭，李奇英。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，花蓮縣。
- 林思民。2003。臺灣及鄰近地區草蜥屬的親緣關係與親緣地理學研究(有鱗目：蜥蜴科)。國立台灣師範大學，台北，台灣。
- 林華慶和林思民。2007。臺灣地區龜殼花遺傳多樣性研究。行政院農業委員會林務局科技計畫期末報告，台北，台灣。
- 柳楮和徐國士。1971。臺灣稀有及有滅絕危機之動植物種類。中華林學季刊 4:89-96。
- 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，花蓮縣。
- 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，台北市。
- 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，花蓮縣。
- 張天祐。2008。台灣區內白領樹蛙複合種群族群遺傳結構與分類地位之探討。國立臺灣師範大學，台北，台灣。
- 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 60:45-54。
- 許祐薰，許育誠，劉小如。2008。使用分子遺傳標記區辨烏頭翁、白頭翁及其雜交子代。第七屆海峽兩岸鳥類學術研討會，台北，台灣。
- 許譽騰。1999。由族群遺傳結構探討白頭翁與烏頭翁之演化關係。國立台灣大學，台北，台灣。
- 郭城孟和翁茂倫。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，花蓮縣。
- 郭城孟和陳應欽。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，花蓮縣。

- 陳玉峰。1994。太魯閣國家公園高山植物群落之調查研究－高地草原。內政部營建署太魯閣國家公園管理處，花蓮縣。
- 陳義雄和方力行。1999。臺灣淡水及河口魚類誌。海洋生物博物館籌備處，屏東，台灣。
- 陳義雄和張詠青。2005。臺灣淡水魚類原色圖鑑。第一卷，鯉形目。水產出版社。
- 陳慧芬。2000。中橫公路沿線太魯閣櫟族群生態之研究。國立東華大學，花蓮縣。
- 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，花蓮縣。
- 曾晴賢。1986。台灣的淡水魚類。臺灣省教育廳，基隆，台灣。
- 楊南郡。1988。太魯閣國家公園合歡越嶺古道調查與整修研究報告。內政部營建署太魯閣國家公園管理處，花蓮縣。
- 楊智凱和胡嘉穎。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 4:45-51。
- 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，花蓮縣。
- 楊遠波。2006。太魯閣國家公園陶塞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，花蓮縣。
- 楊遠波，呂勝由，林則桐。1990。太魯閣國家公園石灰岩地區植被之調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處，花蓮縣。
- 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，花蓮縣。
- 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，台北市。
- 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，花蓮縣。
- Avice, J. C. 2000. Phylogeography: the history and formation of species. 3 edition. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Avice, J. C. 2004. Molecular Markers, Natural History and Evolution. 2nd Revised edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- Avice, J. C., J. Arnold, R. M. Ball, E. Bermingham, T. Lamb, J. E. Neigel, C. A. Reeb and N. C. Saunders. 1987. Intraspecific phylogeography: The mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. Annual Review of Ecology and Systematics 18:489-522.
- Azevedo, J. and D. L. Morgan. 1974. Fog precipitation in coastal California forests. Ecology 55:1135-1141.
- Batista, W. B. and W. J. Platt. 2003. Tree population responses to hurricane disturbance: syndromes in a south-eastern USA old-growth forest. Journal of Ecology 91:197-212.
- Bellingham, P. J., E. V. J. Tanner and J. R. Healey. 2005. Hurricane disturbance accelerates invasion by the alien tree *Pittosporum undulatum* in Jamaican montane rain forests. Journal of Vegetation Science 16:675-684.
- Bendix, J. 2002. A satellite-based climatology of fog and low-level stratus in

- Germany and adjacent areas. *Atmospheric Research* 64:3-18.
- Bendix, J., B. Thies, J. Cermak and T. Nauss. 2005. Ground fog detection from space based on MODIS daytime data - A feasibility study. *Weather and Forecasting* 20:989-1005.
- Boufford, D. E., H. Ohashi, T. C. Huang, C. F. Hsieh, J. L. Tsai, K. C. Yang, C. I. Peng, C. S. Kuoh and A. Hsiao. 2003. A checklist of the vascular plants of Taiwan. Pages 15-139 *Flora of Taiwan*. E. C. o. t. F. o. Taiwan. Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Bruijnzeel, L. A. and E. J. Veneklaas. 1998. Climatic conditions and tropical, montane forest productivity: The fog has not lifted yet. *Ecology* 79:3-9.
- Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding and D. McAllister. 2001. Pilot Assessment of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems. 1569734585, World Resources Institute, Washington, DC, USA.
- Chang, S. C., I. L. Lai and J. T. Wu. 2002. Estimation of fog deposition on epiphytic bryophytes in a subtropical montane forest ecosystem in northeastern Taiwan. *Atmospheric Research* 64:159-167.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *PRIMER-E*, Plymouth, UK.
- Clayton, J. L. 1972. Salt spray and mineral cycling in two California coastal ecosystems. *Ecology* 53:74-81.
- Cody, M. L. 1986. Diversity and rarity in Mediterranean ecosystems. Pages 122-152 *in*: M. E. Soulé (ed.) *Conservation biology : the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Coyne, J. A. and H. A. Orr. 2004. Speciation. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- Creer, S., A. Malhotra, R. S. Thorpe and W. H. Chou. 2001. Multiple causation of phylogeographical pattern as revealed by nested clade analysis of the bamboo viper (*Trimeresurus stejnegeri*) within Taiwan. *Molecular Ecology* 10:1967-1981.
- Dawson, T. E. 1998. Fog in the California redwood forest: ecosystem inputs and use by plants. *Oecologia* 117:476-485.
- Elias, V., M. Tesar and J. Buchtele. 1995. Occult precipitation: sampling, chemical analysis and process modelling in the Sumava Mts. (Czech Republic) and in the Taunus Mts. (Germany). *Journal of Hydrology* 166 409-420.
- Feinstein, J., X. J. Yang and S. H. Li. 2008. Molecular systematics and historical biogeography of the Black-browed Barbet species complex (*Megalaima oorti*). *Ibis* 150:40-49.
- Gemmell, N. J. and S. Akiyama. 1996. An efficient method for the extraction of DNA from vertebrate tissues. *Trends in Genetics* 12:338-339.
- Gentry, A. H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plant communities. Pages 153-181 *in*: M. E. Soulé (ed.) *Conservation biology : the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Gleason, S. M., L. J. Williams, J. Read, D. J. Metcalfe and P. J. Baker. 2008. Cyclone effects on the structure and production of a tropical upland rainforest: implications for life-history tradeoffs. *Ecosystems* 11:1277-1290.

- Hassan, R., R. Scholes and N. Ash, editors. 2005. Ecosystems and human well-being : current state and trends : findings of the Condition and Trends Working Group. edition. Island Press, Washington, DC, USA.
- Henderson-Sellers, A. and M. F. Wilson. 1983. Surface albedo data for climatic modeling. *Reviews of Geophysics and Space Physics* 21:1743-1778.
- Hikida, T. and H. Ota. 1997. Biogeography of reptiles in the subtropical East Asian islands. Pages 11-28 *in* Proceedings of the symposium on the phylogeny, biogeography and conservation of fauna and flora of East Asian region. National Science Council, Taipei, Taiwan.
- Hubbell, S. P. and R. B. Foster. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. Pages 205-231 *in*: M. E. Soulé (ed.) Conservation biology : the science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Page 30 *in* I. S. S. Commission, editor. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kramer, M. G., A. J. Hansen, M. L. Taper and E. J. Kissinger. 2001. Abiotic controls on long-term windthrow disturbance and temperate rain forest dynamics in southeast Alaska. *Ecology* 82:2749-2768.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, New York, USA.
- Kumar, S., M. Nei, J. Dudley and K. Tamura. 2008. MEGA: A biologist-centric software for evolutionary analysis of DNA and protein sequences. *Briefings in Bioinformatics* 9:299-306.
- Lai, J. S. and K. Y. Luei. 2008. Two new *Hynobius* (Caudata : Hynobiidae) salamanders from Taiwan. *Herpetologica* 64:63-80.
- Li, S. H., J. W. Li, L. X. Han, C. T. Yao, H. Shi, F. M. Lei and C. W. Yen. 2006. Species delimitation in the Hwamei *Garrulax canorus*. *Ibis* 148:698-706.
- Li, S. H., C. K. L. Yeung, J. Feinstein, L. X. Han, H. L. Manh, C. X. Wang and P. Ding. 2009. Sailing through the Late Pleistocene: unusual historical demography of an East Asian endemic, the Chinese Hwamei (*Leucodioptron canorum canorum*), during the last glacial period. *Molecular Ecology* 18:622-633.
- Liao, T. Y., T. Y. Wang, H. D. Lin, S. C. Shen and C. S. Tzeng. 2008. Phylogeography of the endangered species, *Sinogastromyzon puliensis* (Cypriniformes : Balitoridae), in southwestern Taiwan based on mtDNA. *Zoological Studies* 47:383-392.
- Librado, P. and J. Rozas. 2009. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25:1451-1452.
- Lin, H. C., S. H. Li, J. Fong and S. M. Lin. 2008a. Ventral coloration differentiation and mitochondrial sequences of the Chinese Cobra (*Naja atra*) in Taiwan. *Conservation Genetics* 9:1089-1097.
- Lin, H. D., K. C. Hsu, K. T. Shao, Y. C. Chang, J. P. Wang, C. J. Lin and T. Y. Chiang. 2008b. Population structure and phylogeography of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima) based on mitochondrial DNA variation. *Journal of Fish Biology* 72:2011-2025.
- Lin, S. M., W. S. Chang, S. L. Chen, G. Shang and K. Y. Lue. 2003. Taxonomic status of the legless lizard *Ophisaurus* (Squamata : Anguidae) in Taiwan:

- Molecular data, morphology, and literature review. *Zoological Studies* 42:411-419.
- Lin, S. M., C. A. Chen and K. Y. Lue. 2002. Molecular phylogeny and biogeography of the grass lizards genus *Takydromus* (Reptilia : Lacertidae) of East Asia. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 22:276-288.
- Lue, K. Y. and S. M. Lin. 2008. Two New Cryptic Species of *Takydromus* (Squamata: Lacertidae) from Taiwan. *Herpetologica* 64:379-395.
- Mayr, E. 1963. *Animal species and evolution*. 5 edition. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Ota, H. 1997. Historical biogeographical implications in the variation and diversity of amphibians and reptiles in Taiwan. *in* Proceedings of the symposium on the phylogeny, biogeography and conservation of fauna and flora of East Asian region. National Science Council, Taipei.
- Rabinowitz, D., S. Cairns and T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. Pages 182-204 *in*: M. E. Soulé (ed.) *Conservation biology : the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Simpson, M. G. 2006. *Herbaria and data information systems*. Plant systematics. Elsevier/Academic Press, Boston.
- Smith, W. H. 1989. Effects of acidic precipitation on forest ecosystems in North America. Pages 165-188 *in*: D. C. Adriano and A. H. Johnson (eds.). *Acidic precipitation, Vol. 2: Biological and ecological effects*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Wang, H. Y., M. P. Tsai, M. J. Yu and S. C. Lee. 1999. Influence of glaciation on divergence patterns of the endemic minnow, *Zacco pachycephalus*, in Taiwan. *Molecular Ecology* 8:1879-1888.
- Wang, J. P., K. C. Hsu and T. Y. Chiang. 2000. Mitochondrial DNA phylogeography of *Acrossocheilus paradoxus* (Cyprinidae) in Taiwan. *Molecular Ecology* 9:1483-1494.
- Wang, J. P., H. D. Lin, S. Huang, C. H. Pan, X. L. Chen and T. Y. Chiang. 2004. Phylogeography of *Varicorhinus barbatulus* (Cyprinidae) in Taiwan based on nucleotide variation of mtDNA and allozymes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31:1143-1156.
- Weathers, K. C., G. M. Lovett, G. E. Likens and N. F. M. Caraco. 2000. Cloudwater inputs of nitrogen to forest ecosystems in southern Chile: Forms, fluxes, and sources. *Ecosystems* 3:590-595.
- Zhu, J. J., Z. G. Liu, X. F. Li, T. Matsuzaki and G. Yutaka. 2004. Review: effects of wind on trees. *Journal of Forestry Research* 15:153-160.