

植群叢書 10

Vegetation Mapping Series Vol.10

第六屆台灣植群多樣性 研討會論文集

Proceedings of the Sixth Symposium of Vegetation Diversity in Taiwan



行政院農業委員會林務局 主辦
台灣生物多樣性保育學會 編印

九 十 七 年 十 一 月 十 三 日

第六屆台灣植群多樣性研討會議程表

十一月十三日（星期四）			
08:30～09:00	報 到		
09:00～09:20	開幕及貴賓致詞		
時 間	主講人	講 題	主持人
09:20～09:50	邱祈榮	國家植群圖繪製成果與展望	管立豪
09:50～10:10	李靜峯	從植群資料庫的結構來看台灣的植群分類系統	
10:10～10:30	茶敘與成果海報展示		
10:30～11:00	David Zelený	Relationship between species richness and landscape heterogeneity: case study from middle elevation of the Czech Republic	謝長富
11:00～11:20	馬志聰	台灣東部豐坪溪流域之森林植群分析	
11:20～11:40	張鈺敏	最大熵物種分布模式應用於台灣東北山地闊葉林樹種之探討	
11:40～12:00	陳文民	大甲溪中上游植群分類與製圖	
12:00～13:30	午餐與成果海報展示		
13:30～13:50	林哲榮	台灣東北部蘭陽溪流域物種多樣性及物種群沿海拔梯度之分布	夏禹九
13:50～14:20	Zdenka Otýpková	What is plot size responsible for in vegetation data analysis?	
14:20～14:40	宋梧魁	南台東北區河系植群分析	
14:40～15:00	茶敘與成果海報展示		
15:00～15:20	徐家雯	荖濃溪流域植群分類與製圖	葉慶龍
15:20～15:50	李玲玲	植群圖與野生動物研究	
15:50～16:30	綜合討論	管立豪、謝長富、陳明義、夏禹九、李玲玲、王震哲、陳子英、劉和義、葉慶龍、邱祈榮、李靜峯、David Zelený、Zdenka Otýpková	

序

臺灣為亞熱帶島嶼，地形複雜且受大陸及海洋性氣候影響，因此同時具備熱帶、亞熱帶、溫帶及亞寒帶之生物資源，屬生物地理區域相當奇特的地方。植群圖正是植群多樣性的具體呈現，因此進行植群多樣性的調查與製圖實是迫切需要的。林務局推動「國家植群多樣性調查及製圖計畫」即針對生態系多樣性的層次，進行全台植物及植群類型的調查及製圖，是全國第一個整合性、全面性的調查計畫，而全國植群基本資料的建立，可作為森林經營的基礎，提供國土規劃、景觀設計、生態系統維護與規劃、野生動物棲地配置、族群動態變遷監測等不同經營管理目的及決策支援之使用。

「國家植群多樣性調查及製圖計畫」於 92 年執行迄今計畫執行已近尾聲，整個計畫執行也都按照既定進度順利進行。在計畫執行方面從樣區的設置、野外調繪的進行、製圖方法的擬定、植群分類系統的訂定、稿圖的描繪與最後接圖與檢核，雖過程中也有些障礙，但透過工作團隊合作的力量與本局保育組工作溝通協調，終究都已克服，讓整個計畫工作得以順利完成。

過去每年舉辦之「台灣植群多樣性研討會」，參加人數的熱烈與論文集的供不應求，表示植群多樣性的保育及植群圖的繪製已廣受大眾的支持與肯定。在本年度計畫即將結束之際，本局特委託台灣生物多樣性保育學會編印此研討會論文集，彙集過去各團隊的執行成果，並包含植群圖完成後未來之應用與展望。我們期望能藉由此研討會之平台，讓更多台灣植群研究的相關專家學者及各界人士分享植群圖研究的成果，並提供經驗交流及討論的機會。同時也藉此機會向所有參與本計畫及辛勤付出的研究團隊人員致以誠摯的感激之意。

行政院農業委員會林務局 局長

顏仁德

謹識

第六屆台灣植群多樣性研討會論文集目錄

一、國家植群圖繪製成果與展望(邱祈榮、邱雅琦).....	1
二、從植群資料庫的結構來看台灣的植群分類系統(李靜峯).....	19
三、Relationship between species richness and landscape heterogeneity: A case study from middle elevation of the Czech Republic (David Zelený, Ching-Feng Li, Irena Veselá & Milan Chytrý)	21
四、台灣東部豐坪溪流域之森林植群分析(馬志聰、林仕杰、王震哲).....	23
五、最大熵物種分布模式應用於台灣東北山地闊葉林樹種之探討(張鈺敏、夏禹九)	41
六、大甲溪中上游植群分類與製圖(陳文民、陳恩倫、蔡佳育、陳志豪、林聖峰、周文邨、陳明義).....	57
七、台灣東北部蘭陽溪流域物種多樣性及物種群沿海拔梯度之分布(陳子英、吳欣玲、劉啟斌、葉清旺、林哲榮)	78
八、What is plot size responsible for in vegetation data analysis? (Zdenka Otýpková & Milan Chytrý)	100
九、南台東北區河系植群分析(程宗德、宋梧魁、葉慶龍、楊勝任、廖春芬)	101
十、荖濃溪流域植群分類與製圖(徐家雯、李奕迪、劉和義).....	119
十一、植群圖與野生動物研究(李玲玲)	137

國家植群圖繪製成果與展望

邱祈榮¹ 邱雅琦²

1. 國立台灣大學森林環境暨資源學系助理教授

2. 國立台灣大學森林環境暨資源學系研究助理通訊作者。E-mail: qmykiki@yahoo.com.tw

摘要

植群圖是一個國家植群多樣性的基本圖籍，也是許多生物資源地查的基礎，因此各國皆有植群圖的繪製。台灣地區長期以來，缺乏系統性的植群分類系統，致使一直缺乏國家機構繪製的植群圖。行政院農委會自 2003 年推動『國家植群多樣性調查及製圖計畫』以來，經多年努力，除發展出適用於台灣的植群圖繪製方法之外，亦依據該方法順利完成群系圖的繪製工作。繪製完成的範圍包括國有林班地及台大實驗林，面積有 159 萬多公頃，約佔台灣全島的 44.26%。若以圖幅計算，共計完成 3,247 幅 1/5000 植群群系圖。同時在進行野外調繪過程，亦記錄有 10,696 個野外調繪點，做為正確性檢核的重要依據。

在所繪製的群系型中，以下部山地常綠闊葉林 27 萬多公頃為最多，約佔 17.45%，其次為人工林面積有 24 萬多公頃，約佔 15.57%，接著為山地針闊混淆林面積有 23 萬多公頃，約佔 15.07%。

最後為提昇植群圖的應用價值，針對植群圖未來的發展，提出兩大方向：植群圖繪製及應用。在植群圖繪製方面有：擴大製圖範圍、提昇製圖正確性及建立植群圖更新機制。在植群圖的應用方面則有：整合林班基本圖、建構植群分類系統的群團架構、保護區評估、其他資源調查依據及長期生態監測等。

關鍵字：植群圖繪製、群系

Results and Prospects of National Vegetation Mapping

Chyi-Rong Chiou¹ Ya-Chi Chiou²

Abstract

Vegetation map is the basic map of vegetation diversity at national level, and also is the basis for other biological inventory works. We do not have vegetation maps developed by government agencies due to the lack of standard vegetation classification system. Therefore, The national vegetation diversity inventory and mapping project was launched in 2003 by the Council of Agriculture, COA. After working diligently for five years, the suitable mapping approach was developed and implemented on the real work to finish the vegetation mapping. The mapping area, including the national forest lands and experimental forest of the National Taiwan University, was around 1,590,000 ha and covered 44.26% of Taiwan island. A total of 3,247 vegetation maps at formation-level were generated from the 1:5,000 scale ortho-photo maps. In prospect, three issues in further possible improvement of the vegetation mapping and five issues in the application of vegetation maps were discussed in order to take full advantage of these new vegetation maps.

【Key words】 vegetation mapping 、 formation

一、前言

台灣地區位處亞熱帶，氣候溫潤多雨，加上地形起伏變化，中央山脈貫穿全島，垂直高度幾近四千公尺，孕育豐富的動植物相，因此自古即有美麗寶島的美名。其中陸域生態系中，雖近百年來人類活動頻繁，開發迅速造成生態環境上極大的衝擊，但森林覆蓋面積仍維持百分之六十左右，尚保留有許多天然原始之處。於二十世紀中葉，當人們開發破壞自然生態環境過劇之時，人們也開始思考對其生命所繫的自然環境加以維護保育。直至本世紀，隨著保育思潮的演進，對於自然資源保育的觀念也由狹隘的物種保育演變至視野更為寬廣的生物多樣性議題上，生物多樣性其範圍涵蓋基因、物種與生態多樣性三個層次，在台灣由於生物資源調查的工作有著長期的調查歷史，因此在物種多樣性的部分，至少在某些生物物種方面已有基本的物種名錄，例如植物誌等。至於基因多樣性方面，因近年來分子生物科技的快速發展，亦有不少專家學者投入研究，成績相當可觀。然而，在生態系多樣性方面，由於缺乏專責機構的推動與整合，致使一直缺乏有系統的調查。

如前所述，台灣有將近百分之六十面積為森林植被所覆蓋，陸域生態系中以植物為最優勢的生態系應是殆無疑義。過去有幾次大規模的森林資源及土地利用調查，但其僅侷限於林木生產的觀點，未能從植群生態系的觀點加以考量。因此在分區上僅及於植物形相上的區分，欠缺其植物組成、結構的資料，致使其生態意義未能彰顯。另外也由於欠缺具有生態意義的植群生態系的資料，致使目前台灣雖設置有許多的保護、保留區，但缺乏堅實的基礎資訊來評估其設置之代表性，及是否對於稀少或瀕危的生態系加以保護。隨著監測觀念的提倡，對於自然環境監測之進行已是先進國家於永續經營體系中不可缺少的一環。況且植物的反應可以做為整體環境變化的重要生態指標，更是具有環境惡化預警之功用。所以我們若能掌握植群多樣性的資訊，便能瞭解其變化的趨向及速度，可做為評量生態環境變化之依據。當然，植群為最基本的自然背景，當進行國土規劃或開發案環境影響評估時，完整的植群資訊是最基礎的生物資訊。有鑑於此，國家推動國家永續發展時，特別將植群圖製作計畫納入行動計畫中，預計於 2008 年完成。

植群圖正是植群多樣性的具體呈現，如何進行植群多樣性的調查與製圖實是迫切需要的。農委會為推動國家植群多樣性的調查與製圖，特於 2003 年度專案執行『國家植群多樣性調查及製圖計畫』，分由不同的學校進行調查與製圖工作。由於此計畫係國內第一項全島性有規劃的植群調查工作，在實務上不但需要建立各個調查團隊的共識，更要建立起共同的調查方法與資料收集規範，因此有許多規範性的作業準則均需訂定，方能確保計畫之整合（邱祈榮等，2005）。截至 2008 年為止，計畫執行已近尾聲，整個計畫執行也都能按照既定進度順利進行。在植群圖繪製方面從製圖方法的擬定、植群分類系統的訂定、稿圖的描繪、野外調繪的進行與最後接圖與檢核，雖在過程中有些許障礙，但終究都能一一克服，讓整個製圖工作得以順利完成。本文乃針對國家植群多樣性製圖作業的製圖方法與製圖成果加以說明，讓大家對於製圖計畫能有更清楚的概念，更能幫助大家瞭解如何運用此一成果。

二、國家植群多樣性調查與製圖計畫目標

單就『國家植群多樣性調查及製圖計畫』的目標而言，可以說是非常單純，即在於針對全國天然現生植群，進行植群多樣性調查與製圖，最終成果則有調查樣區資料與植群圖。然而，要達成調查與製圖的雙重要求，事實上有許多工作要去完成，例如至少需要有國家植群分類標準做為植群類型分類及製圖依據，良好的植群資訊系統來儲存、管理與分析樣區資料，最後方能繪製出特定比例尺的植群圖。因此，計畫目標主要可分為訂定國家植群分類標準、完成五千分之一現生天然植群圖與建立台灣植群資訊系統等三項（邱祈榮等，2005），各目標分別說明於下：

（一）、訂定國家植群分類標準

長期以來國內雖有許多植群學者從事植群調查與分析的工作，然而由於欠缺全國一致性的植群分類標準，致使不同的學者依據不同的植群分類原則，各自為其所調查的植群命名，致使彼此間很難加以比較，更無從加以整合，因此亟需訂定國家植群分類標準，對內做為國內植群分類的依據，讓未來的植群命名能有一個標準的規範；此外，則可做為國際接軌的基準，便於國內外植群的比較。

（二）、完成五千分之一現生天然植群圖

國內近十年來在圖籍資料的使用上，不論在都市地區或森林地區，主要都以五千分之一相片基本圖為主，尤其在涵蓋大部分天然植群分布的森林經營管理單位如林務局，已幾乎全面以五千分之一基本圖為其調查與管理常用的圖籍資料，因此，計畫所繪製的植群圖亦將以五繪製千分之一的製圖標準來繪製。

此外於植群圖的繪製方面，可分為潛在與現生植群兩大類，潛在植群主要依據各地區的氣候、地質等環境條件來推估該區應該有哪些植群存在，可做為瞭解未遭人為干擾時，植群自然分布的情形，可為植生復育之重要參考。現生植群則是以現有存在於地表的植群為調查對象，主要在於掌握現有植群的狀態。兩者在調查的方法上有相當程度的出入，但又有相互對應的情形。在考量實際需要與工作負荷，計畫以現生植群調查與製圖為主，潛在植群則將在未來俟植群資料更完整時，再進行調查。

（三）、建立台灣植群資訊系統

國內長期以來的植群調查資料，由於缺乏適當的資料庫來存放與管理，因此雖有許多學者的調查資料，但多屬於個人所擁有，不但資料儲存方式各有不同，彼此間資料流通更是難見，因此很難達成資料的互享及互惠，讓調查的資料無法發揮最大的功效。本計畫所規劃及完成的目標為每年至少調查 700 個地面樣區，為讓所有的樣區資料，能有專屬的資料庫系統來儲放與管理，以便提高樣區的使用與分析效率，因此在繪製植群圖的同時，也將建立台灣植群資訊系統，來管理樣區資料。台灣植群資訊系統對計畫本身而言，可做為植群計畫資料管理之需，對外則做為全國植群調查資料的管理中心，透過適當的管理機制，整合不同人員所調查的資料，讓資料能達到互享互惠的目標。

三、植群圖繪製方法

在製圖作業中有些基本的作業規範，例如座標系統、製圖比例尺、主題層級系統、與基本繪圖單元等，需先針對製圖目的對象加以訂定，以便確立製圖過程中的檢核標準（邱祈榮等，2004）。此外，近代整個植群製圖的發展趨勢，以衛星或正射航照影像為底圖，GIS 為工具的製圖技術快速的發展，已成為主流技術（Millington and Alexander, 2000；Welch *et al.*, 2002；Brown *et al.*, 2003），因此在植群製圖上，大量應用此兩項技術。基於此，國內植群圖的繪製工作勢必要選擇適於製作大比例尺的高解析航照影像及 GIS 為資料整合平台，成為植群圖繪製的重要基礎工具，方能符合目前的世界趨勢。然而，傳統的植群調查人員對於如何應用航照影像及 GIS 來繪製植群圖並沒有概念，所以有必要發展出明確可資依循的作業流程，方便植群調查人員按照流程作業。

針對本次國家植群圖繪製的方法，依據其先後程序可以分為五個階段：製圖規範訂定、植群分類系統訂定、群系稿圖繪製、野外調繪、接圖與檢核來說明：

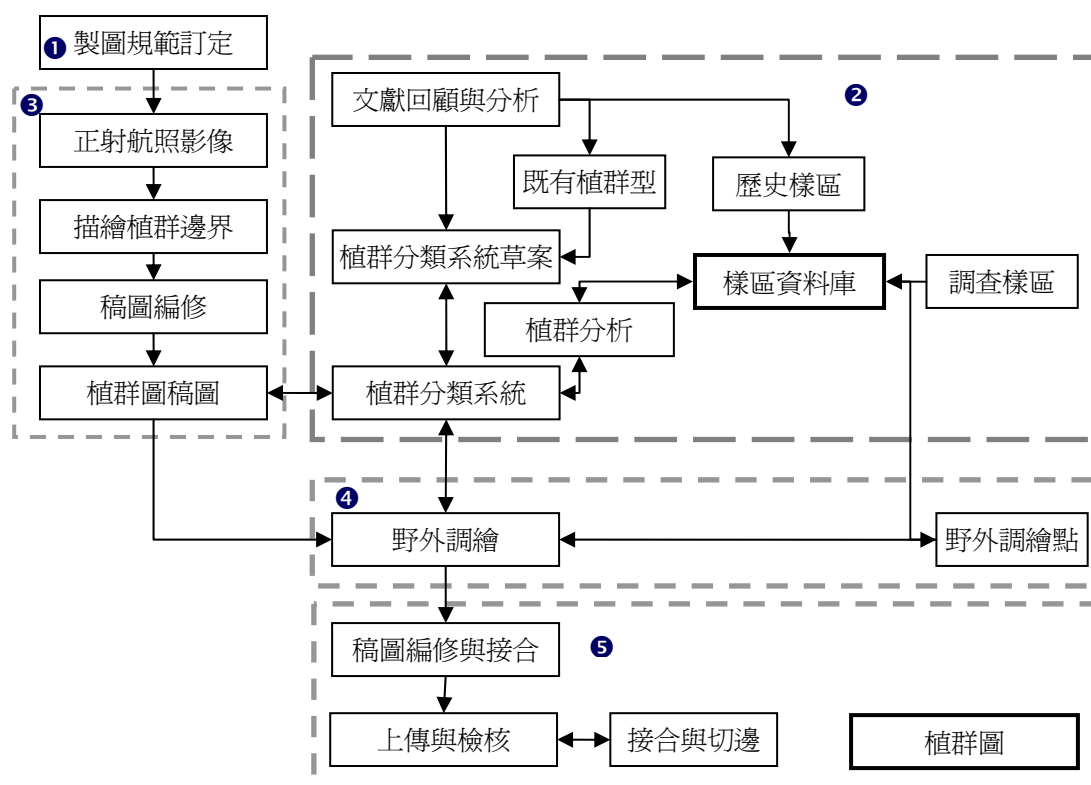


圖 1. 植群圖繪製方法

(一)、製圖規範訂定

於本次植群圖繪製方面，比例尺已在計畫目標中明白地揭示要繪製五千分之一的圖，因此在製圖上需符合臺灣地區基本圖測製管理規則之規定。目前臺灣地區所使用的基本圖系統，其控制點平面移位誤差應小於 0.2 公厘；碎部地物平面移位誤差應小於 0.5 公厘。亦即 1:5000 的基本圖其控制點平面移位誤差小於 1 公尺，碎部地物平面移位誤差

應小於 2.5 公尺。

至於座標系統方面，由於在台灣地區 TWD97 已經被公佈作為新的國家座標系統，所以將來植群圖繪製亦將以 TWD97 為主。至於未來若欲將以往已建立的各種 GIS 圖籍資料與植群圖套合時，若套合有出入時，應特別注意是否因座標系統差異所造成，最好應將所有圖層均轉至 TWD97 座標系統，方便進行各種分析。

就植群圖的繪製而言，首先需要先訂定『植群分類系統』，來規範不同植群層級的分類基準，方能在既定的經費之下，據此去確定製圖的目的在於何種層級。於植群分類系統方面，可分為依植物外表形相與植相組成所建立兩大層次。植物外表形相係指依植物從航空照片或地面所觀察的外在形相特徵，所建立的分類層級，例如從森林、針或闊葉林、天然或人工等，一般最低為群系 (Formation) 層級；植相組成則是依地面調查植物組成內容差異，所區分出不同的植群層級類型，一般常以該樣區或林份的優勢或特徵物種加以命名，常見的分類層級為群團 (Alliance) 或群叢 (Association) (Grossman *et al.* 1998、Maybury 1999)。對本次所繪製的植群圖而言，由於多屬大面積的製圖工作，多需要仰賴航空照片或高解析衛星影像的協助，因此多是以植物外表形相判釋為主的群系圖為最低層級製圖目標。於斟酌實務的可行性，計畫以群系 (Formation) 圖的繪製為目標。

(二)、訂定植群分類系統

訂定一個新的分類系統有相當多的工作需要進行，首先需要回顧國內外相關文獻，提出一個初步的草案架構。同時需再配合過去調查文獻及新近調查的樣區資料，進行初步的植群分析工作。最後將分析結果與草案進行比較，即可探討出較為合適的植群分類系統。

(三)、群系稿圖繪製

植群圖繪製，主要是以五千分之一的正射影像圖為底圖，參考造林台帳、河川水系與等高線等環境資料，並參考第三次森林資源調查土地利用圖層及林務局林班基本圖小班圖層，以最小繪圖面積 0.5 公頃為前提，依不同植群形相畫出林分邊界，以得到群系圖稿圖。在稿圖繪製的過程當中，很重要的一個步驟，就是依據航照判釋的結果，配合植群分類系統的群系類別，標註植群單元 (林分) 的群系型屬性，最後成為群系稿圖。

(四)、野外調繪

野外植群型調繪，是將所繪製的稿圖帶至野外，對應稿圖的植群型與現場目視的植群型做比較，確定室內依正射影像或航照所判釋的植群群系是否正確。透過野外調繪的工作，可以讓室內的判釋結果到野外得到驗證，不但可以確保植群群系型的正確性，亦可經由野外室內的互動，提昇室內判釋能力。在調繪的工具上，除傳統調繪所攜帶的稿圖與航空照片外，亦可將植群圖稿圖的檔案存放於 PDA，應用輔以 GPS 的野外調繪系統，可以輕易地協助野外定位、判斷林分位置與更新植群型資料。在調繪方法上，除辨識與確認稿圖上的植群單元所屬之植群型外，另外亦要求紀錄野外植群型參考點：野外

調繪點。此種野外調繪點不似樣區調查，需要花費相當的人力與時間，只要能利用優勢種或特徵種辨識出特定的植群型，利用判圖或 GPS 等其他輔助工具標定出其空間位置，即可紀錄該點的位置與植群型。當回到室內分析或進行植群圖的檢核時，此種野外調繪點越多，則越有助於植群單元邊界及判斷該植群單元應為何種植群型。因此野外調繪點是植群圖野外調繪時，相當重要的資訊收集。

(五)、接圖與檢核

最後當所有的稿圖都經野外調繪之後，需要開始進行必要的接圖與檢核工作。在接圖部分有圖幅接邊及屬性更新兩部分：圖幅接邊係指有兩張稿圖間植群單元邊界需要能正確契合及屬性應一致；屬性更新則是需要配合野外調繪的結果進行植群型屬性的更新。在檢核部分則需要針對製圖的範圍內是否有缺漏、圖幅接邊是否正確、植群群系屬性是否一致與缺漏等進行檢核，以確保最後成圖的正確性。

四、製圖成果

(一)、植群分類系統

計畫團隊參考美國、歐洲、日本與大陸的植群分類系統，提出適用於台灣環境的植群分類系統草案後，依群系綱、群系亞綱、群系與群團範例的四層層級結構為基本分類架構，再配合歷史樣區（9,284 個樣區）、調查樣區（傳統樣區 3,080 個及 BBQ 樣區 484 個），以及植群分析結果，最後訂定出植群分類系統（附表 1）。

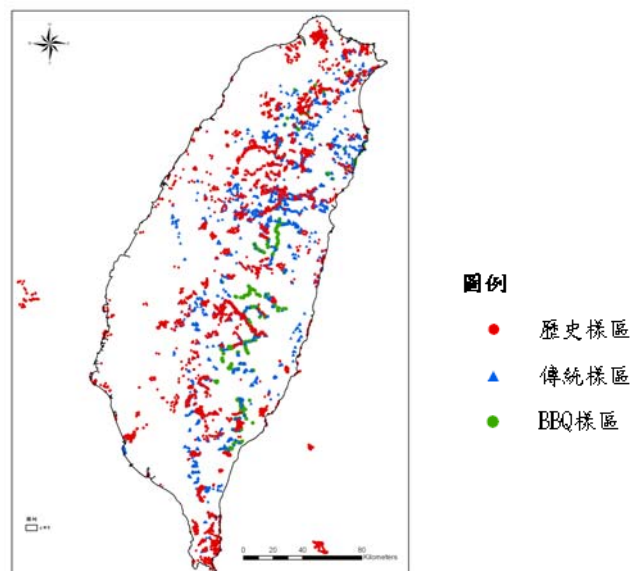


圖 2 歷史樣區與調查樣區分布圖

(二)、群系稿圖繪製

以 1/5000 圖幅為主，配合正射航照影像可以描繪出不同植群型的邊界線，做成群系圖的稿圖，並依據影像判釋結果可以訂定出每個植群型的群系型（圖 3）。



圖 3 植群圖群系稿圖範例

經由不同的工作團隊共同努力，截至 2008 年 9 月底共完成國有林班地範圍（含台大實驗林）3,247 幅圖（圖 4）。

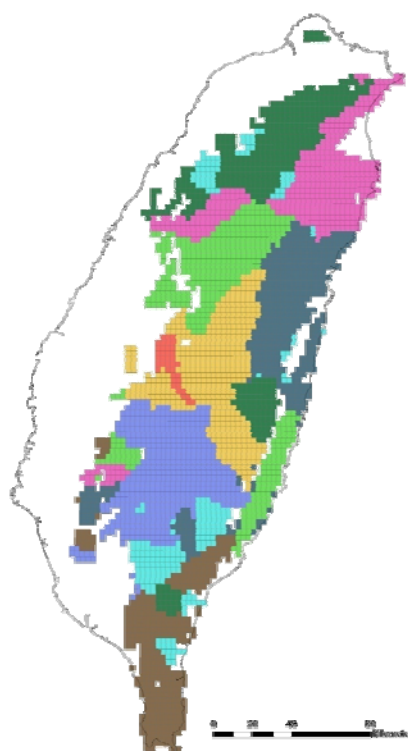


圖 4 已完成繪圖 1/5000 圖幅範圍

(三)、野外調繪

自 2006 年開始進行野外調繪的工作，截至 2008 年 9 月底除完成所有稿圖的野外核對之外，並紀錄 12857 個野外調繪點（圖 5）。

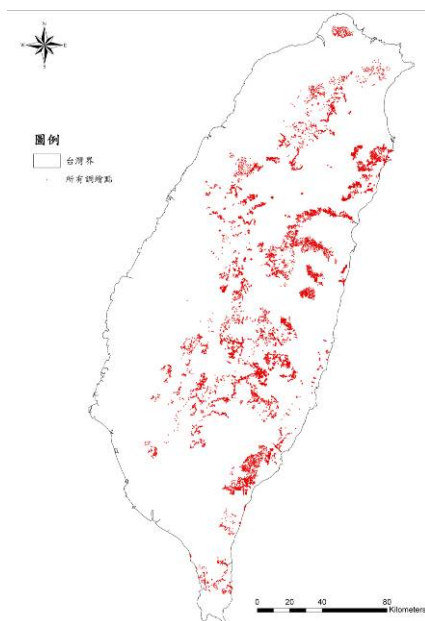


圖 5 野外調繪點分布圖

(四)、接圖與檢核

經逐一核對及檢查兩兩圖幅間的接邊，以及區域的接邊部分，讓所有的圖均能順利地接合在一起，再經相同屬性的融合（Dissolve）處理，即可將同植群型的相鄰區域合併成為單一區域，完成最後的接合處理。最後再利用國有林班地圖層來切取林班地範圍內的區域（圖 6）。

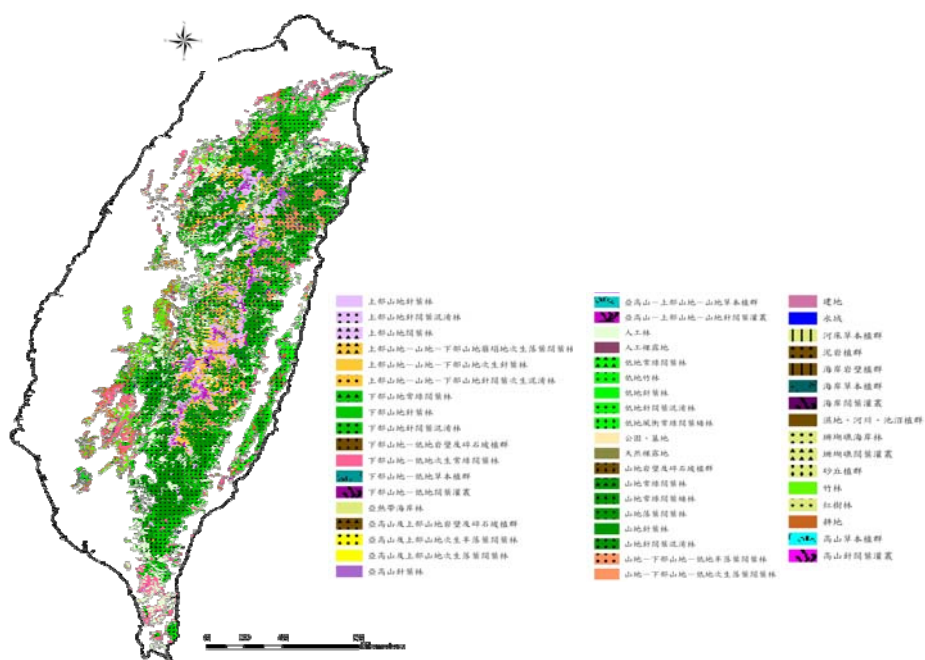


圖 6 植群群系全圖

所完成的繪圖範圍共有 15902 平方公里，約為台灣陸地面積的 44.26%，其中各群系的面積分布如表所示：

表 1 不同群系面積一覽表

形相名稱	面積(ha)	百分率 (%)
高山針闊葉灌叢	1,271	0.08%
高山草本植群	205	0.01%
亞高山針葉林	15,305	0.96%
亞高山及上部山地次生半落葉闊葉林	18	0.00%
亞高山及上部山地次生落葉闊葉林	9	0.00%
亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢	25,229	1.59%
亞高山—上部山地—山地草本植群	3,829	0.24%
亞高山及上部山地岩壁及碎石坡植群	305	0.02%
上部山地—山地—下部山地次生針葉林	70,155	4.41%
上部山地針葉林	84,604	5.32%
上部山地—山地—下部山地針闊葉次生混淆林	26,710	1.68%
上部山地針闊葉混淆林	3,247	0.20%
上部山地闊葉林	102	0.01%
上部山地—山地—下部山地崩塌地次生落葉闊葉林	6,654	0.42%
山地針葉林	52,245	3.28%
山地針闊葉混淆林	239,289	15.03%
山地常綠闊葉林	177,345	11.14%
山地常綠闊葉矮林	1,750	0.11%
山地—下部山地—低地半落葉闊葉林	40,669	2.56%
山地—下部山地—低地次生落葉闊葉林	4,501	0.28%
山地落葉闊葉林	1,140	0.07%
山地岩壁及碎石坡植群	3,595	0.23%
下部山地針葉林	1,285	0.08%
下部山地針闊葉混淆林	11,614	0.73%
下部山地—低地次生常綠闊葉林	91,705	5.76%
低地竹林	2,443	0.15%
下部山地常綠闊葉林	277,730	17.45%
下部山地—低地闊葉灌叢	2,846	0.18%
下部山地—低地草本植群	10,929	0.69%
下部山地—低地岩壁及碎石坡植群	1,624	0.10%
低地常綠闊葉林	29,938	1.88%
亞熱帶海岸林	211	0.01%
珊瑚礁海岸林	0.12	0.00%
低地風衝常綠闊葉矮林	2,680	0.17%
海岸闊葉灌叢	132	0.01%
海岸草本植群	15	0.00%
泥岩植群	48	0.00%
海岸岩壁植群	327	0.02%
濕地、河川、池沼植群	29	0.00%
人工林	247,746	15.57%
竹林	49,422	3.11%
耕地	39,802	2.50%
人工裸露地	1,478	0.09%
公園、墓地	29	0.00%
天然裸露地	42,746	2.69%
水域	17,309	1.09%
建地	1,289	0.08%
總計	1,590,264	100%

其中以下部山地常綠闊葉林（楠櫟林帶）面積約有 27 萬多公頃為最多，約佔 17.45%，其次為人工林面積約有 24 萬多公頃，約佔 15.57%，接著為山地針闊混淆林（檜木鐵杉與闊葉樹混生）面積約有 23 萬多公頃，約佔 15.07%。另外超過 5 萬公頃的群系型還有山地常綠闊葉林（上部櫟林帶）面積約有 17 萬多公頃，下部山地—低地次生常綠闊葉林

(相思樹、血桐、構樹、白匏子與紅楠等)面積約有 9 萬多公頃，上部山地針葉林(例如鐵杉雲杉群團)約有 8 萬多公頃，及上部山地—山地—下部山地次生針葉林(二葉松、華山松等)約有 7 萬多公頃。

五、未來展望

目前雖已完成初步的群系圖繪製工作，但展望未來仍有許多尚待加強努力的地方，有待大家共同努力。在未來諸多的工作中大致可以分為兩大部分：植群圖繪製及應用。在植群圖繪製方面有：擴大製圖範圍、提昇製圖正確性及建立植群圖更新機制。在植群圖的應用方面則有：整合林班基本圖、建構植群分類系統的群團架構、保護區評估、其他資源調查依據及長期生態監測等。以下僅分別探討如下：

(一) 植群圖繪製未來展望

1. 擴大製圖範圍

由於目前製作的植群圖，為國內初次依據分類系統，採逐圖檢核的方式來進行，帶有嘗試的意味，因此在計畫之初所預定的涵蓋範圍僅限於國有林班地及台大實驗林部分，面積僅約為全島面積的 44.26%。憑心而論，如此涵蓋面確有不足之處，其他尚有許多地區有待完成，例如山地保留地、山坡地、平地、海岸及離島等地區。當然，就台灣的地形而論，國有林班地的區域是地形最為惡劣的，也是最難以到達的區域，如今已經全部完成，其他區域應是較易完成的區域。同時近年來內政部土地測量局積極推動土地利用的調查，加上林務局亦積極推動公私有林調查(台灣生物多樣性保育學會，2008)，都讓國有林班地以外的土地利用調查資料逐漸建立，也讓完整植群圖的繪製有較多資料可供參考。當然，林務局目前主管全國保育事項，應有責任利用目前植群圖繪製架構，逐一推廣至全國各地，以期早日完成全國的植群圖，將更能彰顯植群圖的功效。

2. 提昇製圖正確性

目前的植群圖繪製工作，主要仰賴正射航照影像為底圖製作稿圖，及野外調繪來確定群系型。但在實際作業上，常常因航照影像品質不佳，難以判釋植群型，同時野外調繪也常因地形限制，有些地區難以到達，致使某些地區植群群系的正確性有待加強，因此未來應加強製圖技術的研發，來提昇群系圖的正確性。至於如何加強製圖技術，則可以從高解析多光譜的航照或衛星影像應用著手。目前繪製植群圖所用正射航照影像，多為繪製相片基本圖所拍攝的航照製作而來，其原始航照比例尺多在 2 萬左右，並不適合進行植群判釋的工作，直接影響整個製圖作業的正確性，因此需要大量的野外調繪工作來彌補此項資料的缺憾。所以，未來應可測試不同比例尺的原始影像，透過原始影像比例尺的調整，應可找到最適合植群判釋的比例尺。此外，在影像判釋上，具有紅外光光譜的航攝影像、高光譜影像或衛星影像，對於植群判釋都能提供比全色態影像更好的判釋能力。因此，若能有高解析的多光譜影像，提昇植群類別的判釋能力，將更能正確

地判釋植群類型，同時也能減少地面調繪的需求，對於難以到達地區的植群正確性的提昇將有莫大的助益。

3. 建立植群圖更新機制

眾所周知植群隨時間不斷地演替變化，加上自然界中各種干擾的影響，例如颱風、地震、林火及病蟲害等，都使現生植群不斷地變動，當然，也讓植群圖需要不斷地更新，方能隨時正確地反映出現生植群的狀態。由於初始繪製植群圖是由零開始，可供參考的資料非常缺乏，一切是都需要從頭開始發展，是非常艱辛的過程。反之，當進行植群圖的更新工作時，已經有相當多既有的資料，例如既有植群圖等，其作法當然應該跟現有的製圖作業有所不同。因此，如何有效快速且正確地更新植群圖，確實是需要另外發展一套適用於植群圖更新的作業機制。透過此種機制的建立，讓我們能夠定期更新植群圖，讓植群圖能夠忠實地呈現出現生植群的狀態，同時也能利用不同時期的植群圖，來探討植群動態的變化情形，讓植群圖的繪製不單單能呈現特定時期的植群狀態之外，也能反映出植群動態變化。

（二）植群圖應用未來展望

1. 整合林班基本圖

台灣國有林的經營上在林地區分為事業區、林班，在林木區分方面為作業級與小班，尤其小班可說是最小的經營單位。在林業經營上，小班的定位近似於植群的林分，都是一個能夠與其他區域區分的均勻林相範圍，其範圍內應有較一致的經營作業方式（邱祈榮、葉名容，2002）。所以植群圖的每一個繪圖單元，某種程度應該都與森林經營的小班有類似的概念。另外，當植群圖在繪製過程中，亦會參考林班基本圖中的小班界，若有不同植群時，常常會參照小班界線來繪製植群單元的界線。同時，在檢訂調查過程中，調查人員亦需要調查與填寫小班的林型資料，而此種林型資料就正是今日植群圖所呈現的植群資料。因此，植群圖應可與現有小班進行整合，讓代表每個小班的植群資料，可以直接由植群圖提供。這樣不但可以讓檢訂調查系統與植群圖繪製系統整合，同時，可以透過植群圖更新機制的運作，隨時可以提供最新的植群資訊，讓經營人員可以隨時瞭解最新植群動態。

2. 建構植群分類系統的群團架構

目前植群分類系統僅發展依據形相所界定的群系型，對於以植相為主的植群群團則僅有大致的架構，但仍缺乏細部的架構。所以未來應透過群系型的分布特性分析，配合已調查的樣區資料，進行以群系型為主的植群分析工作，讓每個群系型內的群團能夠被明確地分析出來。透過此分析過程，不但可以發展出植群分類系統更細部的群團架構，也更能夠配合地面樣區調查成果，分析植群多樣性的意義。

3. 保護區評估

保護區設置原本就為保護較稀有、珍貴或瀕危的植群或動物，因此當有植群圖時，可以先分析既有保護區內的植群群系型的多樣性，掌握既有保護區的保護對象 (Thomas, 1987)。同時，亦可藉由保護區的套疊，分析出每個植群群系型受到保護的比例，做為既有保護區是否足夠的依據 (邱祈榮、葉名容，2003)。

4. 其他資源調查依據

由於植群與其他生物資源是息息相關的，不同植群類型常常代表不同的棲地類型，因此常做為不同資源調查作業上的規劃依據 (Wang *et al.*, 2002; Jerzy *et al.*, 2007)。例如，動物調查時可以藉由不同植群型與動物的相關連，做為分層取樣調查的分層依據。此種分層取樣的結果，常常更能說明動物與棲地的關連。此外，在動物棲息環境的推估方面，也常常藉由建立與植群類型的關連之後，再藉由植群的分布情形，來推估動物的分布情形。所以，植群圖是可以做為在調查其他生物資源時的重要參考，也可以做為後續分布上的推估依據。

5. 長期生態監測

本次製圖計畫是台灣地區第一次有系統的植群繪圖計畫，且所有製圖標圖都依據 1/5000 製圖標準進行，這在長期生態監測的是非常重要的。因為在監測工作中，最重要的就是要建立可做為後續監測調查比較的基線資訊，有此基線時，即可比較出隨時間的變化情形 (Antoni and Lovri, 1996; Peterson, 1997; Garman, 2003; White and Hood, 2004)。而此次植群圖的完成，正可做為未來植群變遷監測的基線資訊，也讓植群生態的長期監測工作有一個比較起始點，將來應可進行一系列的長期植群生態監測工作。

此外，近年來，由於氣候變遷的影響，讓透過植群變遷的分析，掌握變遷的趨勢成為長期生態監測的重要項目 (Hansen *et al.*, 2001)。所以目前這方面的研究已益形重要，未來應可依據現有的基線資訊，來進行氣候變遷的相關分析。

六、結論

自從 2003 年以來所推動的『國家植群多樣性調查及製圖計畫』，其三個目標之一在於繪製以形相為主的群系圖。經多年努力，除發展出適用於台灣的植群圖繪製方法之外，亦依據該方法順利完成群系圖的繪製工作。依據製圖先後程序，群系圖繪製方法可分為五個階段：製圖規範訂定、植群分類系統訂定、群系稿圖繪製、野外調繪與接圖與檢核等。經過多年的磨合，證實此植群圖繪製方法，確能在多個不同團隊中取得一致的作業方法，讓整個繪製作業能夠順利完成。所繪製完成的完成國有林班地及台大實驗林範圍，面積約有 159 萬公頃，約佔台灣全島的 44.26%；若以圖幅計算，共計完成 3,247 幅 1/5000 植群群系圖。同時在進行野外調繪過程，亦記錄有 12,857 個野外調繪點，做為正確性檢核的重要依據。

在所繪製的群系型中，以下部山地常綠闊葉林（楠櫨林帶）面積約有 27 萬多公頃為最多，約佔所有繪製面積的 17.45%，其次為人工林面積約有 24 萬多公頃，約佔 15.57%，接著為山地針闊混淆林（檜木鐵杉與闊葉樹混生）面積約有 23 萬多公頃，約佔 15.07%。另外超過 5 萬公頃的群系型還有山地常綠闊葉林（上部櫟林帶）面積約有 17 萬多公頃，下部山地—低地次生常綠闊葉林（相思樹、血桐、構樹、白匏子與紅楠等）面積約有 9 萬多公頃，上部山地針葉林（例如鐵杉雲杉群團）約有 8 萬多公頃，及上部山地—山地—下部山地次生針葉林（二葉松、華山松等）約有 7 萬多公頃。

最後，針對植群圖未來的發展，提出兩大方向：植群圖繪製及應用。在植群圖繪製方面有：擴大製圖範圍、提昇製圖正確性及建立植群圖更新機制。在植群圖的應用方面則有：整合林班基本圖、建構植群分類系統的群團架構、保護區評估、其他資源調查依據及長期生態監測等。

七、參考文獻

1. 台灣生物多樣性保育學會 (2008) 公、私有林林地分區(北部地區)監審計畫成果報告書。行政院農業委員會林務局。Pp275。
2. 邱祈榮、俞秋豐、李靜峰 (2005) 台灣植群資訊系統規劃與現況。第三屆植群多樣性研討會論文集。行政院農業委員會林務局。p202-215。
3. 邱祈榮、葉名容 (2003) 中央山脈保護區系統評估研究。中華林學季刊 36(4): 371-387。
4. 邱祈榮、葉名容 (2002) 林業圖籍整合之探討。台灣林業 28(5): 6-9。
5. Brown, E.C., Colstoun, D., Story, M.H., Thmpson, C., Commisso K., Timothy G. S. and James, R. I. (2003) National park vegetation mapping using multitemporal Landsat 7 data and a decision tree classifier. Remote Sensing of Environment 82: P316-327.
6. Hansen, A. J., Neilson, R. P., Dale, V.A., Flather, C.H., Iverson, L.R., Currie, D.J., Shafer, S., Cook, R. and Bartlein, P.J. (2001) Global change in forest: Responses of species, communities, and biomes. Bioscience 51(9):765.
7. Peterson, D.L., Schreiner, E.G. and Buckingham, N.M. (1997) Gradients, vegetation and climate: Spatial and temporal dynamics in the Olympic Mountains, U.S.A. Global ecology and Biogeography letters 6(1):7-17.
8. Solon, J., Degórski, M., and Ewa Roo-Zielińska (2007) Vegetation response to a topographical-soil gradient. Catena 7 (1): 309–320.
9. Millington, A. C. and Alexander, R. W. (2000) Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century. Vegetation Mapping: from Patch to Planet. Roy Alexander and Andrew c. Millington (ed.) John Wiley & Sons Ltd. P321-331.
10. Antoni, O. and Lovri, A. Z. (1996) Numerical analysis of vegetation complexes and community diversity of Major Coastal Dinaric Mountains. Journal of vegetation science 7 (1): 73-80.
11. Garman, S.L. (2004) Design and evaluation of a forest landscape change model for western Oregon. Ecological Modelling 175: 319-337.
12. Vale, T.R. (1987) Vegetation change and park purpose in the high elevations of Yosemite National Park, Californin. Annals of association of American Geographers. 77 (1): 1-18.
13. Wang, W., Naoki, M., Uu, B.W., Hileto, M. and Gao, Z.X. (2002) Relationships between bird communities and vegetation structure in Honghua'erji, northern Inner Mongolia. Journal of Forestry research, 13 (4): 294-298.
14. Welch, R., Madden, M., and Jordan, T. 2002. Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation databases of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 57: 53-68.
15. White, D.A. and Hood, C.S. (2004) Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. Journal of vegetation science 15: 115-160.

附表一、台灣植被之分類方案（依照植被帶之高低海拔排列）

群系綱	群系亞綱	群系	群團範例
灌叢	針闊葉灌叢	高山針闊葉灌叢	香青群團 玉山杜鵑群團 玉山圓柏—玉山杜鵑群團 南湖杜鵑群團
草本植群		高山草本植群 （岩屑地草本植群）	山蘿蔔群團 南湖柳葉菜群團
森林	針葉林	亞高山針葉林 （冷杉林帶）	玉山圓柏群團 台灣冷杉群團
森林	半落葉闊葉林	亞高山及上部山地次生半落葉闊葉林	紅毛杜鵑—厚葉衛矛群團
森林	落葉闊葉林	亞高山及上部山地次生落葉闊葉林	褐毛柳群團 南燭群團
灌叢	針闊葉灌叢	亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢 （上部山地針葉灌叢、上部山地闊葉灌叢）	刺柏群團 紅毛杜鵑群團 玉山箭竹群團
草本植群		亞高山—上部山地—山地草本植群	高山芒群團
特殊棲地植群		亞高山及上部山地岩壁及碎石坡植群	
森林	針葉林	上部山地—山地—下部山地 次生針葉林	台灣二葉松群團 台灣華山松群團
森林	針葉林	上部山地針葉林 （鐵杉林帶）	台灣鐵杉群團 台灣雲杉群團 台灣鐵杉—雲杉群團
森林	針闊葉混淆林	上部山地—山地—下部山地 針闊葉次生混淆林	台灣華山松—台灣杜鵑群團 台灣二葉松—台灣赤楊群團 台灣二葉松—台灣赤楊—台灣紅榨槭混淆群團 台灣二葉松—栓皮櫟群團
森林	針闊葉混淆林	上部山地針闊葉混淆林	台灣華山松—台灣杜鵑群團
森林	硬葉闊葉林	上部山地闊葉林（硬葉林）	高山櫟群團
森林	落葉闊葉林	上部山地—山地—下部山地 崩塌地次生落葉闊葉林	台灣赤楊群團
森林	針葉林	山地針葉林（山地針葉混淆林）	台灣扁柏群團 紅檜群團 台灣杉群團 巒大杉群團 紅檜—台灣扁柏群團
森林	針闊葉混淆林	山地針闊葉混淆林	紅檜—長尾柯—高山新木薑子群團 台灣鐵杉—昆欄樹群團 台灣鐵杉—長尾栲群團 台灣扁柏—長尾栲群團 紅檜—假長葉楠群團 台灣雲杉—高山新木薑子群團 紅檜—狹葉櫟—細葉三斗石櫟群團 紅檜—長葉木薑子群團 台灣扁柏—台灣杜鵑群團

續附表一、台灣植被之分類方案

群系綱	群系亞綱	群系	群團範例
森林	常綠闊葉林	山地常綠闊葉林 (上部櫟林帶) (下部櫟林帶)	長尾栲—高山新木薑子群團 木荷群團 紅楠—錐果櫟群團 大葉校櫟群團 鍵子櫟群團
森林	常綠闊葉林	山地常綠闊葉矮林 (櫟林帶)	台灣杜鵑群團
森林	半落葉闊葉林	山地—下部山地—低地 半落葉闊葉林	台灣櫟—青剛櫟群團
森林	落葉闊葉林	山地—下部山地—低地 次生落葉闊葉林	阿里山千金榆—狹葉櫟群團 白雞油群團 楓香群團 台灣櫟—黃連木群團
森林	落葉闊葉林	山地落葉闊葉林 (櫟林帶)	台灣山毛櫟群團
特殊棲地植群		山地岩壁及碎石坡植群	
森林	針葉林	下部山地針葉林	台灣穗花杉群團 台灣油杉群團 台灣肖楠群團
森林	針闊葉混淆林	下部山地針闊葉混淆林 (楠櫟林帶)	
森林	常綠闊葉林	下部山地—低地 次生常綠闊葉林	相思樹群團 血桐—構樹群團 白匏子—紅楠群團
森林	竹林	低地竹林	刺竹群團 八芝蘭竹群團
森林	常綠闊葉林	下部山地常綠闊葉林 (楠櫟林帶)	大葉楠群團 (溪谷) 火燒柯—紅楠群團 (上坡)
灌叢	闊葉灌叢	下部山地—低地闊葉灌叢	車桑子群團 包籜矢竹群團 山林投群團 黃荊群團 銀合歡群團 筆筒樹群團
草本植群		下部山地—低地草本植群	芒群團
特殊棲地植群		下部山地—低地岩壁及碎石坡植群	
森林	針葉林	低地針葉林	馬尾松群團
森林	針闊葉混淆林	低地針闊葉混淆林	台東蘇鐵群團
森林	常綠闊葉林	低地常綠闊葉林 (榕楠林帶)	茄冬—白榕群團 大葉楠—稜果榕群團 太魯閣櫟群團
森林	常綠闊葉林	亞熱帶海岸林	黃槿—朴樹—林投—海桐群團 (中部、北部、東部) 穗花棋盤腳—海芒果—黃槿群團 (東北角) 台灣海棗群團
森林	常綠闊葉林	珊瑚礁海岸林 (熱帶海岸林)	毛柿—黃心柿—欖仁樹群團 (墾丁) 棋盤腳—蓮葉桐—稜果榕群團 (墾丁)
森林	常綠闊葉林	紅樹林	水筆仔群團 紅海欖群團 海茄冬群團

續附表一、台灣植被之分類方案

群系綱	群系亞綱	群系	群團範例
森林	常綠闊葉林	低地風衝常綠闊葉矮林 (楠櫟林帶)	紅楠—森氏紅淡比—細葉鰐 頭果群團(東北角) 嶺南桐—長尾栲群團(南仁 山) 大頭茶群團
灌叢	闊葉灌叢	珊瑚礁闊葉灌叢	水芫花群團
灌叢	闊葉灌叢	海岸闊葉灌叢	林投—草海桐群團
草本植群		砂丘植群	馬鞍藤—蔓荊—雙花蜆蜞菊 群團
草本植群		河床草本植群	甜根子草群團
草本植群		海岸草本植群	
特殊棲地植群		泥岩植群	
特殊棲地植群		海岸岩壁植群	石板菜—防葵—茅毛珍珠菜 群團(東北角) 台灣蘆竹群團(蘇花海岸)
特殊棲地植群		濕地、河川、池沼植群	
人工植群		人工林	
人工植群		竹林	
人工植群		耕地	
其他		人工裸露地(礦場、採石場、鹽田)	
其他		公園、墓地	
其他		天然裸露地	
其他		水域	
其他		建地	

從植群資料庫的結構來看台灣的森林植群分類系統

李靜峯¹，謝長富²，陳明義³，陳子英⁴，邱祈榮⁵，夏禹九⁶，劉和義⁷，楊勝任⁸，葉慶龍⁸，王震哲⁹，俞秋豐¹⁰，David Zelený¹，Milan Chytrý¹

¹Department of Botany and Zoology, Masaryk University, Brno, Czech Republic; ²國立台灣大學生命科學系; ³國立中興大學生命科學系; ⁴國立宜蘭大學森林暨自然資源學系; ⁵國立台灣大學森林環境暨資源學系; ⁶國立東華大學自然資源管理研究所; ⁷國立中山大學生物科學系; ⁸國立屏東科技大學森林系; ⁹國立台灣師範大學生命科學系; ¹⁰農委會科技處

一、目的

- (一)、以台灣植群資料庫的結構來探討影響台灣森林植群形相變化的主要因子。
- (二)、評斷造成台灣植群形相變化的主要因子並將台灣的森林歸類到有生態意義的形相單元。

二、方法

將植群資料庫的樣區資料匯入 JUICE 軟體，刪除出現頻率少於 2 個樣區之物種，以及出現物種數少於 2 種的樣區。再利用 DCA 進行界外樣區之篩選剔除後，其物種 × 樣區矩陣共計包含 7250 個樣區以及 794 個木本植物物種，再以此物種 × 樣區矩陣進行下述分析：

- (一)、根據 Co-occurring species 找出物種的特性，並以物種在 DCA 分布圖上的位置及該種在文獻中之描述，來判斷其所生長之環境因子屬性，最後再以此屬性來評斷影響台灣森林植群形相變化的主因。
- (二)、進行群團分析，以 Sørensen 指數計算樣區彼此間的距離，Flexible beta 係數設定為-0.25。如此將樣區分為 600 群後，再依據群內物種之生長環境因子屬性作為整合的依據，輔以樣區之環境因子資料及其在 DCA 上之分布圖，將這 600 群歸入適當之形相群系當中。並將歸納後的結果寫成 JUICE 內建之專家系統程式，以供未來判斷各樣區屬於何種形相群系之依據。專家系統程式中，物種介量之計算方式為：以各植相群系內樣區數目的多寡，進行標準化後之 phi coefficient 忠誠度，為物種介量之計算方式。

三、結果

- (一)、影響台灣森林植群形相之環境因子包含：
 - (1) 海拔：海拔愈高則針葉樹愈占優勢，反之則為闊葉樹占優勢。
 - (2) 土壤水份：土壤水份愈乾燥者，落葉闊葉樹愈占優勢，土壤水份愈充足者，常綠闊葉樹愈占優勢。通常演替早期及土壤淺薄生育地之土壤水份較為乾燥；另外台灣生態氣候區中之中西區及西南區也因乾季較長，而有較多適合落葉闊葉樹生長之生育地。

(3) 特殊干擾：火災後或邊坡崩塌後常形成適合針葉樹及落葉闊葉樹共同生長之生育地。

(4) 其他：如特殊的演化歷史等或可解釋台灣油杉、台灣穗花杉及台東蘇鐵等針闊混淆林之分布。

(二)、依據資料庫之植相結構可區分出 16 種台灣森林形相群系：

(1) 亞高山針葉林：海拔 3300m 以上以香青為主之針葉林及矮盤灌叢。

(2) 山地針葉林：海拔 2600m 以上以台灣冷杉及台灣鐵杉為主之針葉樹林。

(3) 山地針闊混淆林：海拔 1400m 至 2800m 間之針闊混淆林，主要之鑑別種群為：台灣紅檜，台灣扁柏，台灣鐵杉，台灣杉，巒大杉等針葉樹。

(4) 山地常綠闊葉櫟林：海拔 1200m 至 2600m 間，土壤深厚生育地之常綠闊葉樹林。

(5) 山地落葉闊葉林：東北部海拔 1600m 至 2200m 間，以台灣水青岡為主之落葉闊葉樹林。

(6) 亞熱帶闊葉楠櫟林：平地至海拔 1600m 間，土壤深厚生育地之常綠或半常綠闊葉樹林。

(7) 亞熱帶針闊混淆林：海拔 100m 至 1600m 間，土壤生育地深厚或淺薄之針闊葉混淆林；以台灣穗花杉，台灣油杉，台東蘇鐵，肖楠以及台灣黃杉等為主要之鑑別種群。

(8) 熱帶闊葉楠櫟林：台灣南部及蘭嶼綠島等海拔 300m 以上，土壤深厚生育地之常綠或半常綠闊葉林。

(10) 熱帶闊葉榕櫟林：台灣南部及蘭嶼綠島等海拔 700m 以下，土壤深厚生育地之常綠或半常綠闊葉林。

(11) 中低海拔石礫地闊葉林：海拔 1500m 以下，生育地土壤淺薄或土壤含石率高之半常綠闊葉樹林至落葉闊葉樹林。

(12) 中高石礫地闊葉林：海拔 1000m 至 2500m，生育地土壤淺薄或土壤含石率高之常綠闊葉樹林至半常綠闊葉樹林

(13) 中高海拔演替早期落葉闊葉樹林：海拔 1000m 至 2500m 之演替早期落葉闊葉樹林，以台灣赤楊為本林型之代表物種。

(14) 中低海拔演替早期森林：平地至海拔 1700m 間之演替早期半常綠闊葉樹林及落葉闊葉樹林，特殊生育地如惡地地形則還會出現針葉林及針闊混淆林，馬尾松、血桐、構樹、白匏子、山黃麻等為本林型之代表物種。

(15) 山地火災次生灌叢：海拔 2600m 上火災發生後之生育地上，以刺柏、馬醉木及高山白珠樹為主要鑑別種群之針葉、針闊混淆至闊葉灌叢。

(16) 火災次生松林：火災發生後之生育地上，以台灣二葉松為主之森林。

(17) 海岸林：受海風影響之海岸砂地或近海珊瑚礁上的常綠闊葉林。

Relationship between species richness and landscape heterogeneity: A case study from middle elevation of the Czech Republic

David Zelený, Ching-Feng Li, Irena Veselá & Milan Chytrý

Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University Brno, Czech Republic; email: zeleny@sci.muni.cz.

Will microsite species richness be higher in more heterogeneous landscape? There are several mechanisms possibly responsible for the suggested link between species richness of microsite and heterogeneity of surrounding landscape. One of them is *spatial mass effect*: ecologically unfavorable habitat for a given species may support small population of this species due to continuous dispersal link with persistent population on nearby favorable habitat. If this effect exists, target habitat in heterogeneous landscape, surrounded by wide variety of different habitats, may be enriched for species from surrounding habitats via spatial mass effect and therefore be more species rich than analogous vegetation type in homogeneous landscape. Another mechanism possibly playing a role is *habitat fragmentation*: higher landscape heterogeneity will result into habitats being more fragmented and isolated, in turn resulting into higher species extinction rate and therefore lower species richness. The whole situation gets more complicated as various vegetation types show different ‘openness’ to spatial mass effect, with nutrient poor habitats being more open than nutrient rich ones due to a lower pressure from inter-specific competition.

In order to show the evidence of described mechanisms in real situation, we collected the set of data stratified along two main environmental gradients: productivity and landscape heterogeneity. Data were collected in an oak dominated forest in large area of middle elevation (range of 250–450 m a.s.l.) in south-east part of the Czech Republic. In the first step, the whole area was stratified into 6 categories according to the gradient of landscape topographical heterogeneity and forest productivity (2 levels of productivity and 3 levels of

landscape heterogeneity), and further overlaid with a high accuracy biotope map in order to filter out only oak dominated forests. Within each category, set of random points was generated; these plots were consequently visited during the field work during the years 2007–2008. Using GPS with high accuracy, we tried to localize each sampling plot in the field; if the localized place fits to the set of requirements (i.e. the forest is sufficiently old, dominated by oak, without recent management and without signs of significant disturbances), we set up a permanent plot 10×10 m. Within each plot, we collected data about vegetation of woody and herb species, recorded basic topographical and soil parameters, measured canopy openness and took soil samples for detailed chemical analysis. One of the challenges of this project is to estimate the habitat productivity, which may be not well reflected by measured nutrient content in the soil, as not all these nutrients are accessible for plants. To account for this, we conducted greenhouse bioassay experiment: seedlings of radish were planted under the condition of unlimited water supply in the pots with the soil taken from the sampled plots. After harvest, the radish biomass was weighted and analyzed for nutrient content and the results were taken as a surrogate for potential stand productivity. Additionally, the soil moisture of the sampled plots was measured during the long dry period in the end of the season 2008. Altogether, 100 plots were sampled.

As all data collected during the season 2008 are still not available, in our presentation we will focus on thorough methodology description and some preliminary results.

台灣東部豐坪溪流域之森林植群分析

馬志聰、林仕杰、王震哲

國立台灣師範大學生命科學系

摘要

豐坪溪流域位居台灣東部，為秀姑巒溪第二大支流，流域面積約 28,680 公頃，海拔高度由 87 至 3,443 m (馬西山)，跨越了低海拔至高海拔的各種森林植群帶。本研究共設立了 64 個 20×20 m²之計數樣區及抽取樣區進行植群調查，並觀測樣區 8 項環境因子，利用雙向指標種分析 (TWINSpan) 及降趨對應分析 (DCA) 進行植群分析。調查結果共記錄維管束植物 116 科 289 屬 527 種，降趨對應分析結果則顯示海拔高度為影響植群分化的最重要因素。依據雙向指標種分析之結果，可將本流域之森林植群分成 7 個林型及 6 個亞型，分別為：台灣冷杉林型、台灣二葉松林型(又可分為台灣二葉松亞型、台灣二葉松-紅毛杜鵑亞型及紅檜-台灣二葉松亞型)、台灣鐵杉林型(又可分為台灣鐵杉-台灣冷杉亞型、台灣鐵杉亞型及紅檜-台灣鐵杉亞型)、台灣杜鵑林型、紅檜-槭子櫟林型、假長葉楠-長葉木薑子林型、長尾尖葉櫟林型。

關鍵字：植群分析、降趨對應分析、雙向指標種分析、豐坪溪流域

Forest Vegetation Analysis in the Feng-Ping River Watershed, Eastern Taiwan

Zhi-Cong Ma, Shih-Jieh Lin, Jenn-Che Wang

Department of Life Science, National Taiwan Normal University

Abstract

Feng-Ping River is the second branch of Xiugulan River in eastern Taiwan. The watershed is 28,680 ha in area and ranges from 87 to 3,443 m (Mt. Ma-Xi-Shan) in elevation. This study sampled 64 plots of 20×20 m² with 8 environmental factors and used the methods of detrended correspondence analysis (DCA) and two-way indicator species analysis (TWINSpan) to analyze the vegetation composition of the Feng-Ping River watershed. A total of 527 species of vascular plants in 289 genera and 116 families were recorded. According to the results of DCA, altitude is the most important factor influencing the distribution of vegetation types. By using TWINSpan the forest vegetation can be classified into 7 types and 6 subtypes as follows:

1. *Abies kawakamii* vegetation type.
2. *Pinus taiwanensis* vegetation type.
 - (1) *Pinus taiwanensis* subtype.
 - (2) *Pinus taiwanensis* - *Rhododendron rubropilosum* subtype.
 - (3) *Chamaecyparis formosensis* - *Pinus taiwanensis* subtype.
3. *Tsuga chinensis* var. *formosana* vegetation type.
 - (1) *Tsuga chinensis* var. *formosana* - *Abies kawakamii* subtype.
 - (2) *Tsuga chinensis* var. *formosana* subtype.
 - (3) *Chamaecyparis formosensis* - *Tsuga chinensis* var. *formosana* subtype.
4. *Rhododendron formosanum* vegetation type.
5. *Chamaecyparis formosensis* - *Cyclobalanopsis sessilifolia* vegetation type.
6. *Machilus japonica* - *Litsea acuminata* vegetation type.

7. *Castanopsis cuspidate* var. *carlesii* vegetation type.

Keywords: Detrended correspondence analysis, Feng-Ping River Watershed, two-way indicator species analysis, vegetation analysis.

一、前言

生物資源調查為生物學與生態學之基本研究，且為生物保育、保護區規劃、經營與管理措施之重要依據(Usher, 1986)。植群調查則為生物資源調查重要的一環，此乃由於植群是一區域中生活在同一環境下的植物集合體，同時與環境有某種程度的相關性，在一地理區域中，植群類型可以當作生態系類型的代表(Whittaker 1962; Mueller-Dombois & Ellenberg 1974)，為生態系經營管理之重要基礎。是以生物多樣性行動方案將完成台灣地區植群圖列為重要工作項目之一。

豐坪溪又名太平溪，為台灣東部秀姑巒溪支流之一，發源自丹大山及馬博拉斯山間，流經花蓮卓溪鄉，再經玉里鎮注入秀姑巒溪，流域面積約 28,680 公頃，全區最高者為西邊之馬西山，海拔高達 3,443 m，上游扇形集水區上游區域不僅高山溪谷多，地形變化豐富且多為干擾少並保存良好的森林，除稜線山頂附近坡度稍平緩外，地形陡峭複雜，不易到達(呂福原等，1994)。林務局於民國 89 年 1 月設立「玉里野生動物保護區」，顯示豐坪溪流域生態環境之豐富多樣性及其重要性。

本流域之相關研究甚少，除呂福原等(1994a) 針對玉里野生動物自然保護區之調查研究及呂福原等(1994b) 針對玉里事業區第二十五林班濕地植物相之調查研究之外，尚未有完整之植群研究報告，本研究之目的即在對整個豐坪溪流域進行植群分析，以建立本流域植群之基本資料及區分植群型，並進一步探討植群型與環境因子之相關性。

二、材料與方法

(一) 研究區域環境概況

豐坪溪位於中央山脈主脊東側，為秀姑巒溪第二大支流，由花蓮林管處管轄屬玉里事業區。流域範圍介於北緯 23°24'至 23°37'，東經 121°09'至 121°20'之間，北起丹大山及馬博拉斯山間，南鄰秀姑巒溪，西起馬利加南山，東至座主坂山，溪流大致呈南北走向，地勢西高東低(圖 1)。本流域西鄰玉山國家公園，北鄰丹大野生動物重要棲息環境，再加上地處偏遠，地形崎嶇，故自然環境保存良好。

本區的地質以屬於古生代晚期大南澳片岩的黑色片岩、綠色片岩及大理岩為主，座主坂山一帶則為小面積之超基性及基性火成岩，於匯流入秀姑巒溪處則有小面積之沖積層及階地堆積(資料來源：經濟部中央地質調查所 <http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>)，坡度陡峭處之土壤發育淺薄，其餘地方則為肥沃的棕色林土。

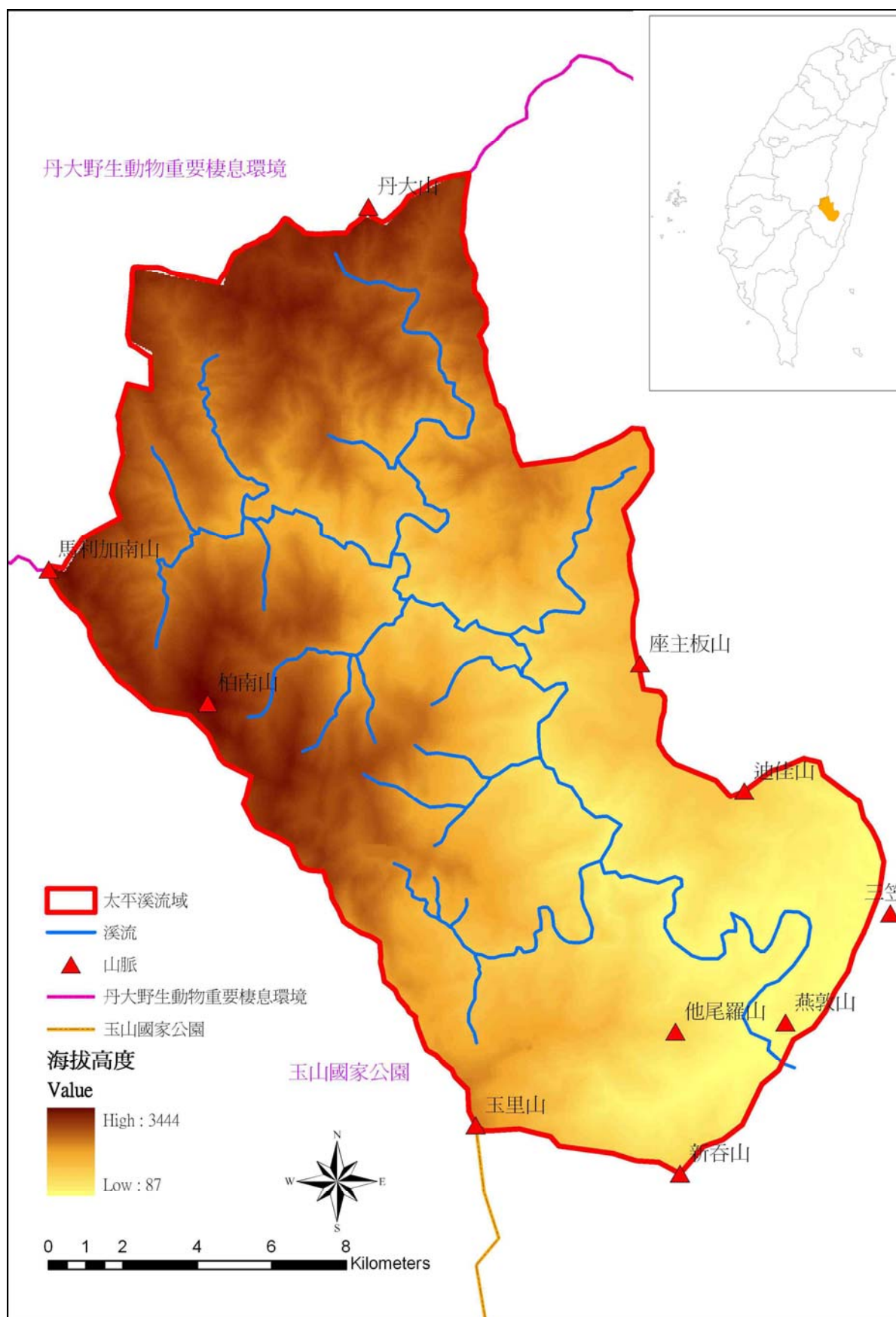


圖 1、豐坪溪流域位置示意圖

本流域並無氣象監測站，故氣候僅能參照中央氣象局網站(<http://www.cwb.gov.tw/>)花蓮及玉山的氣象站資料(表 1)，統計期間為 1971 至 2000 年，年雨量約 2,157-3,054.4 公厘，兩地降雨均集中在夏季，降雨日數 162 日以上，年均溫度 3.9-23.3℃，一月為最冷月，七月則是最暖月，冬夏溫差 9.2-10.6℃，平均相對溼度 77%以上，屬於夏雨型氣候。

表 1 花蓮及玉山氣象站氣候統計表(資料來源：中央氣象局網站，統計時間 1971-2000)

花蓮氣象站氣候資料統計表					玉山氣象站氣候資料統計表				
項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度	項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度
單位	毫米	天	攝氏度	百分比	單位	毫米	天	攝氏度	百分比
1 月	71.9	15	17.8	77	1 月	116	8	-1.5	69
2 月	99.9	16	18	79	2 月	148.9	8	-1.1	78
3 月	86.6	16	20.1	80	3 月	138.9	8	1	80
4 月	96.1	16	22.7	80	4 月	248.9	14	3.3	82
5 月	195	18	24.9	82	5 月	454.2	21	5.5	85
6 月	219.6	13	27.1	82	6 月	513.3	19	7	83
7 月	177.3	8	28.4	79	7 月	361.5	18	7.7	79
8 月	260.6	11	28	79	8 月	499.4	21	7.5	84
9 月	344.3	13	26.7	79	9 月	257.2	17	7	80
10 月	367.4	14	24.6	78	10 月	152.7	13	6.3	74
11 月	170.6	13	21.9	76	11 月	77.8	9	3.9	68
12 月	67.7	12	19.2	75	12 月	85.6	6	0.7	66
合計	2157	165	23.3	78	合計	3054.4	162	3.9	77

(二) 樣區設置及環境因子量測

計數樣區法雖然可以獲得詳細的樣本資料，進一步得知森林之多樣性與演替順序，但調查時間較久，往往無法在短時間內獲得大量樣區，而且在地形陡峭的地點設置計數樣區也有實質上的困難（陳保元等，2006）；抽取樣區法是當林相組成簡單，或因地形因素無法進入該區，但可以目視調查時所採用的方法，此方法與計數樣區法最大的不同，在於抽取樣區法不論木本或地被植物均以覆蓋度取代 DBH 之測量（古心蘭等，2007）；但二者所得的植群資料基本上是同質的，可以混合使用（楊惠如等，2006），都可以得到相同（或近乎相同的）的植群分類系統，由計數樣區法所得到的分類系統也可作為日後區域或特定植群帶大規模抽取樣區法調查時的基礎參考。

本研究於 2006 年在豐坪溪流域進行野外調查，一共設置了 64 個 $20 \times 20 \text{ m}^2$ 樣區（圖 2），包括 33 個計數樣區及 31 個抽取樣區，每一樣區面積均為 400 m^2 ，又可劃分為 4 個 $10 \times 10 \text{ m}^2$ 之小區。由於豐坪溪流域地形崎嶇高低落差大，大多數區域為峭壁或是難以行走之區域，故樣區之設立難以均勻遍布全區，本研究調查的 64 個樣區，其分布範圍為海拔 1,343~3,440 m，且其中有 30 個樣區是位在較易到達的稜線上。

計數樣區法紀錄樣區中胸高直徑大於 1 cm 的木本植物，紀錄其名稱、胸高直徑及株數，其餘胸徑小於 1 cm 的木本植物、草本及蕨類視為地被，紀錄其名稱及在每個小區的覆蓋百分比；抽取樣區法則依植株高度及生活型將其分為 6 層，分別為草本、灌木、喬木、大喬木、藤本及附生植物，各樣區均紀錄海拔、地形、坡度、坡向、地表裸露、土壤含石率、岩石地比例、樹冠覆蓋度等共 8 項環境參數。

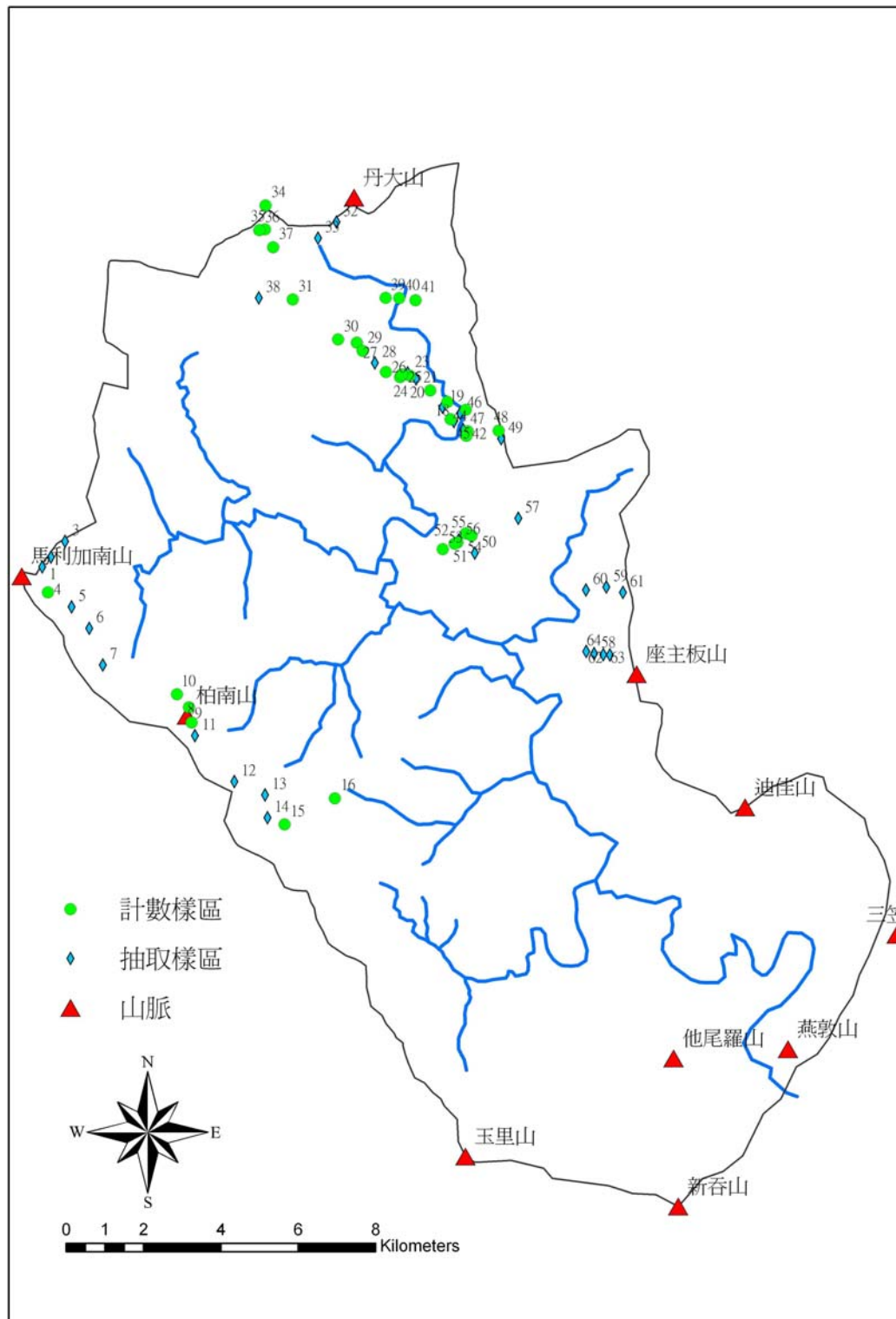


圖 2、豐坪溪流域樣區位置分佈圖

(三) 資料分析

資料分析以 PC-ORD for windows (Minchin, 1987; McCune and Mefford, 1999) 套裝軟體，進行植群分類與分布序列的分析，計數樣區之植物介量為先計算每一物種在該樣區之相對胸高斷面積，再轉換成八分級值資料(0~9) (Gauch, 1977)。抽取樣區僅取灌木、

喬木、大喬木三個層次列入分析，先計算每一樣區木本層(灌木+喬木+大喬木)之覆蓋度，之後算出每一物種在該樣區之相對覆蓋度，再轉換為八分級值資料，將所有資料合併為同一資料矩陣進行雙向指標種分析(Two-Way Indicator Species Analysis, TWINSpan)，採 0，2，5 之標準切分擬種 (pseudospecies)，之後將 TWINSpan 分析結果套疊於降趨對應分析 (Detrended Correspondence Analysis, DCA)的樣區及物種的序列圖上以檢視分群之結果(葉定宏等，2007)。

三、結果與討論

(一) 物種組成

本研究區域內共調查到維管束植物種類 116 科 289 屬 527 種(表 2)，分屬蕨類 131 種、裸子植物 13 種、雙子葉植物 314 種、單子葉植物 69 種。其中蕨類植物以鱗毛蕨科 23 種最多；裸子植物以松科 7 種最多；雙子葉植物以薔薇科 27 種最多，茜草科 16 種及蓴麻科 16 種次之；單子葉植物以蘭科 30 種最多。

表 2 豐坪溪流域為管束植物種類統計表

分類群	科	屬	種
蕨類植物	24	59	131
裸子植物	5	9	13
雙子葉植物	77	180	314
單子葉植物	10	41	69
總計	116	289	527

(二) 降趨對應分析(DCA)結果

以 64 個樣區之木本層資料以雙向指標種分析(TWINSpan)與 8 項環境因子進行降趨對應分析(DCA)，計算出各序列軸之軸長分別為 8.201、4.89、3.365(表 3)，特根性大小代表各軸解釋變異之能力，其值越大代表解釋變異能力越大；環境因子與 DCA 第一軸呈現相關的僅海拔因子呈極顯著負相關($p < 0.01$)，顯示海拔為影響植群分化最重要的因素，第二軸與樹冠高度呈顯著相關($p < 0.05$)，其餘環境因子則不顯著。降趨對應分析在第一軸及第二軸之樣區分布空間位置(圖 3)，顯示出植物社會在空間上的分布有呈現集團式群落分布的跡象。

表 3 DCA 前三軸之軸長、特性根、可解釋變異百分率統計表與環境因子的相關表

	第一軸	第二軸	第三軸
可解釋變異百分比	30.80%	11.80%	3.10%
累積可解釋變異百分比	30.80%	42.60%	45.80%

軸長	8.201	4.89	3.365			
特性根	0.943	0.736	0.5412			
	r	r ²	r	r ²	r	r ²
海拔	-0.944**	0.892	-0.358	0.128	0.085	0.007
地形	0.271	0.074	0.199	0.040	-0.284	0.081
坡度	-0.040	0.002	0.100	0.010	-0.194	0.038
方位角	0.255	0.065	0.088	0.008	0.018	0.000
地表裸露	0.049	0.002	0.182	0.033	0.070	0.005
土壤含石率	-0.030	0.001	-0.058	0.003	-0.259	0.067
岩石地比例	-0.088	0.008	-0.039	0.002	-0.026	0.001
樹冠高度	0.275	0.076	0.634*	0.402	0.028	0.001

*達顯著水準($p < 0.05$)，**達極顯著水準($p < 0.01$)，(r：複相關係數，r²：決定係數)

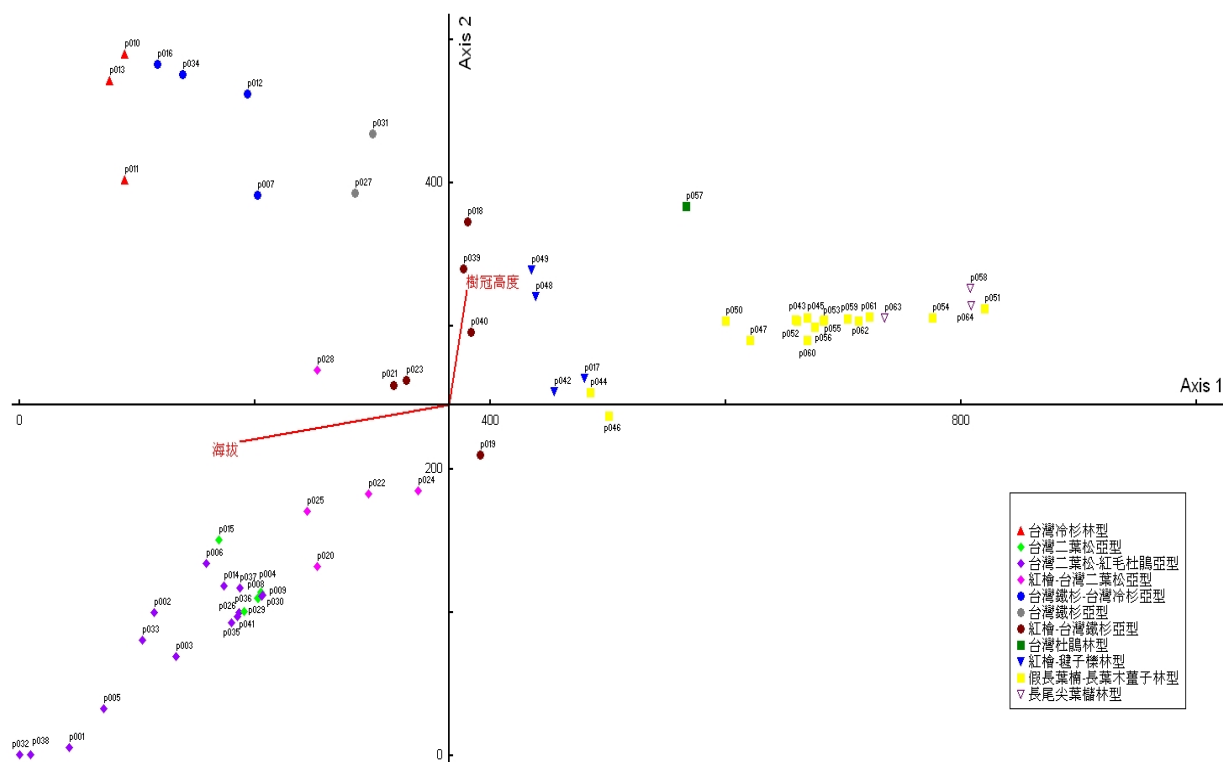


圖 3、樣區在 DCA 分布序列第一軸與第二軸上之空間分布

(三) 植群型分類

樣區之原始資料經 TWINSpan 切分後，可分成 7 種林型及 6 種亞型，各林型描述如下：

1. 台灣冷杉林型

本林型樣區共 3 個，編號為 10、11、13，分佈於馬西山至喀西帕南山北坡，海拔為 3,250~3,392 m，地形為稜線，坡度 19~35°，地表裸露 3~10%，土壤含石率 1~3%，岩石地比例 0~15%，樹冠高 15~20m。上層以台灣冷杉 (*Abies kawakamii*) 為最優勢種；下層則以香青 (*Juniperus squamata*)、台灣馬醉木 (*Pieris taiwanensis*) 及紅毛杜鵑 (*Rhododendron rubropilosum*) 等樹種較為優勢；地被植物以玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis*) 最為優勢，其他尚有山酢漿草 (*Oxalis acetocella*)、高山白珠樹 (*Gaultheria itoana*)、玉山金絲桃 (*Hypericum nagasawai*) 及臺灣鬼督郵 (*Ainsliaea latifolia*) 等物種。

此林型與呂福原等(1994a) 針對玉里野生動物自然保護區之調查研究之分型相同，其上層優勢種均為冷杉，而下層及地被主要物種為紅毛杜鵑、台灣馬醉木、玉山箭竹及高山白珠樹。

2. 台灣二葉松林型

本林型之樣區共 25 個，編號為 1、2、3、4、5、6、8、9、14、15、20、22、24、25、26、28、29、30、32、33、35、36、37、38、41，主要分布於海拔 2,167~3,362 m，地形為稜線至中坡。上層以台灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*) 為最優勢，其餘尚有刺柏 (*Juniperus formosana*)、台灣華山松 (*Pinus armandii*)、紅毛杜鵑及紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*) 等；地被植物以玉山箭竹及芒 (*Miscanthus sinensis*) 為優勢物種。按照主要優勢種的差異，可區分為三個亞型：

(1) 台灣二葉松亞型

本林型之樣區共 5 個，編號為 4、8、9、41、15，主要分布於海拔 2,740~3,362 m，地形為稜線或中坡，坡度 11~37°，地表裸露 0~20%，土壤含石率 0~30%，岩石地比例 0~50%，樹冠高度於中坡地形時較高(8~18 m)，在稜線時則偏低(2~4 m)。上層以台灣二葉松為最優勢，其次則為刺柏及台灣華山松；下層則以薄葉柃木 (*Eurya leptophylla*)、樺葉英蓀 (*Viburnum betulifolium*) 較為優勢；地被植物以紅毛杜鵑、玉山箭竹及芒為優勢物種。

(2) 台灣二葉松-紅毛杜鵑亞型

本型樣區共 15 個，編號為 1、2、3、5、6、14、26、29、30、32、33、35、36、37、38，分布於馬利加南山至喀西帕南山、食祿間山及盧利駱山至丹大山間，其海拔高度為 2,741~3,318 m，主要生長於稜線及上坡地形，坡度 5~40°，坡向多為南向，地表裸露 0~7%，土壤含石率為 0~20%，岩石地比例 0~5%，樹冠高 1~16 m。上層優勢種為台灣二葉松、紅毛杜鵑、台灣華山松及台灣馬醉木等；下層則以刺柏、台灣馬醉木為優勢；地被植物以玉山箭竹為最優勢，其次為玉山翦股穎 (*Agrostis infirma*)、紅毛杜鵑。

(3)紅檜-台灣二葉松亞型

本林型樣區共有 5 個，編號為 20、22、24、25、28，主要分布於海拔 2,167~2,696 m 之稜線，坡度 3~40°，土壤含石率 1~5%，岩石地比例 0~5%，樹冠高為 16~22 m。上層以紅檜及台灣二葉松最為優勢種；下層則以南燭 (*Lyonia ovalifolia*) 較最為優勢；地被植物以芒及玉山箭竹最為優勢。

3.台灣鐵杉林型

本林型樣區共有 12 個，編號為 7、12、16、18、19、21、23、27、31、34、39、40，主要分布於海拔 1,970~3,179 m，樹冠高大多為 23 m 以上之大喬木，僅少部分樹冠高為 11~15 m。上層主要優勢物種為台灣鐵杉 (*Tsuga chinensis* var. *formosana*)，其他尚有台灣冷杉、紅檜及昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)等，地被植物幾乎全為玉山箭竹，其餘物種則少量散佈其中。按照主要優勢種的差異，可再區分為三個亞型：

(1)台灣鐵杉-台灣冷杉亞型

本林型樣區共有 4 個，編號為 7、12、16、34，主要分布於海拔 2,590~3,179 m 之稜線、上坡及溪谷，坡度 10~38°，地表裸露 0~30%，土壤含石率 0~10%，岩石地比例為 0~1%，於海拔 3,111~3,179 m 時樹冠高為 11~15 m，海拔 2,590~2,941 m 時樹冠高 30~32 m。上層以台灣冷杉及台灣鐵杉為優勢種；下層則以厚葉柃木 (*Eurya glaberrima*) 及高山櫟 (*Quercus spinosa*) 為優勢；地被植物幾乎全為玉山箭竹，其餘物種則少量散佈其中。

(2)台灣鐵杉亞型

本林型樣區共有 2 個，編號為 27、31，主要分布於海拔 2,808~2,824 m 之上坡及下坡，坡度 31~45°，地表裸露 0~3%，岩石地比例為 0%，樹冠高為 26.5~30.5 m。上層以台灣鐵杉為最優勢種；下層則以厚葉柃木為優勢；地被植物幾乎全為玉山箭竹。

(3)紅檜-台灣鐵杉亞型

本林型樣區共有 6 個，編號為 19、21、23、18、39、40，主要分布於海拔 1,970~2,550 m 之稜線至上坡及下坡，坡度 3~38%，地表裸露 1~45%，土壤含石率 1~50%，岩石地比例 0~40%，樹冠高 23~35 m。上層以紅檜、台灣鐵杉及昆欄樹為優勢種；下層則以狹葉櫟 (*Cyclobalanopsis stenophylloides*) 及薄葉虎皮楠 (*Daphniphyllum himalaense*) 較為優勢；地被植物玉山箭竹為主，其次為台灣瘤足蕨 (*Plagiogyria formosana*) 及玉山卷柏 (*Selaginella labordei*)。

4.台灣杜鵑林型

本林型樣區僅有 1 個，編號為 57，分布於海拔 1,964 m，地形為中坡，坡度 47°，地表裸露 10%，土壤含石率 1%，岩石地比例 0%，樹冠高 17 m。上層幾乎全為台灣杜鵑 (*Rhododendron formosanum*)，其他則為太平紅淡比 (*Cleyera japonica* var.

taipinensis)、紅檜、薯豆 (*Elaeocarpus japonicus*) 零星分布其中；下層則以台灣杜鵑及太平紅淡比較為優勢；地被植物以台灣瘤足蕨、台灣杜鵑及大孢魚鱗蕨 (*Acrophorus macrocarpus*) 等物種較為優勢。

此林型與呂福原等(1994b) 針對玉里事業區第二十五林班濕地植物相之調查研究之分型相同，上層主要物種為台灣杜鵑，其餘物種則零星散生。

5. 紅檜-毬子櫟林型

本林型樣區共有 4 個，編號分別為 17、42、48、49，主要分布於海拔 1,862~2,150 m，地形為稜線及中坡，坡度 9~29°，地表裸露 1~5%，土壤含石率 1~3%，岩石地比例 0~1%，樹冠高 15~29 m。上層以紅檜、毬子櫟 (*Cyclobalanopsis sessilifolia*) 及薄葉虎皮楠為優勢種，其中共有 5 株胸徑 100 cm 以上之紅檜分佈於 4 個樣區中；下層則以玉山灰木 (*Symplocos morrisonicola*) 及高山新木薑子 (*Neolitsea acuminatissima*) 為優勢種；地被植物以台灣瘤足蕨為主，其次為蛇根草 (*Ophiorrhiza japonica*) 及蘭炭馬藍 (*Strobilanthes rankanensis*)。

6. 假長葉楠-長葉木薑子林型

本林型樣區共有 16 個，編號分別為 46、43、44、47、45、50、51、52、53、54、55、56、59、60、61、62，主要分布於海拔 1,343~1,890 m 之稜線至下坡，以中坡居多，坡度 8~42°，地表裸露 0~11%，土壤含石率多在 1~15% 間，僅第 43 樣區土壤含石率在 50%，岩石地比例 0~20%，樹冠高 8~30 m。上層以假長葉楠 (*Machilus japonica*)、長葉木薑子 (*Litsea acuminata*) 及墨點櫻桃 (*Prunus phaeosticta*) 為最優勢，其他尚有大葉石櫟 (*Pasania kawakamii*) 及錐果櫟 (*Cyclobalanopsis longinux*) 等；下層則以墨點櫻桃、長葉木薑子及阿里山灰木 (*Symplocos arisanensis*) 等樹種較為優勢；地被植物以赤車使者 (*Pellionia radicans*)、台灣瘤足蕨、圓果冷水麻 (*Pilea rotundinucula*)、刺柄雙蓋蕨 (*Diplazium virescens*) 及冷清草 (*Elatostema lineolatum* var. *majus*) 等耐陰物種較為優勢。

7. 長尾尖葉槲林型

本林型樣區共有 3 個，編號分別為 58、63、64，主要分布於海拔 1,345~1,381 m 之稜線，坡度 4~28°，地表裸露 5~15%，土壤含石率 1~3%，岩石地比例 0，樹冠高 10~16.5 m。上層以長尾尖葉槲 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii*)、薯豆、豬腳楠 (*Machilus thunbergii*) 及長葉木薑子最為優勢；下層則以薯豆、墨點櫻桃及長葉木薑子等樹種較為優勢；地被植物以廣葉鋸齒雙蓋蕨 (*Diplazium dilatatum*) 及裏白 (*Diplopterygium glaucum*) 為主。

四、結論

本研究於豐坪溪流域共調查到維管束植物 116 科 289 屬 527 種，其中蕨類共 131

種，以鱗毛蕨科 23 種最多；裸子植物 13 種，以松科 7 種最多；雙子葉植物 314 種，以薔薇科 27 種最多、單子葉植物 69 種，以蘭科 30 種最多。

由降趨對應分析所得之結果與樣區分布空間位置，可得知海拔為影響本流域植群分化最重要的因素，其次為樹冠高度。

本流域的植群可分成 7 個林型及 6 個亞型，分別為：(1) 台灣冷杉林型、(2) 台灣二葉松林型(又可分為台灣二葉松亞型、台灣二葉松-紅毛杜鵑亞型及紅檜-台灣二葉松亞型)、(3) 台灣鐵杉林型(又可分為台灣鐵杉-台灣冷杉亞型、台灣鐵杉亞型及紅檜-台灣鐵杉亞型)、(4) 台灣杜鵑林型、(5) 紅檜-毬子櫟林型、(6) 假長葉楠-長葉木薑子林型及 (7) 長尾尖葉槲林型。

本研究結果僅台灣冷杉林型及台灣杜鵑林型 2 種林型與前人之調查結果相同，若干林型與前人不同，但組成之優勢物種有部分相似，其原因為取樣及分析方法不同及樣區數量不足所致。此外，本流域中仍有許多尚未到達或難以到達區域，致部份林型樣區數量過少，未來可再適度增加樣區數量，將有助於提升研究的正確性。

五、致謝

本報告承蒙行政院農委會林務局提供研究經費，歷年植群助理及國立台灣師範大學生命科學系植物分類研究室伙伴之協助野外調查，資料分析承蒙葉定宏、郭福麟及陳文明提供協助，本研究方得以完成，謹此致謝。

六、引用文獻

- 古心蘭、陳添財、賴正偉、夏禹九 (2007) 利用 Generalized Additive Models 繪製慈恩溪流域之植群分布圖。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集。96-119 頁。
- 呂福原、歐辰雄、呂金誠 (1994a) 玉里野生動物自然保護區植群生態之調查研究。台灣省農林廳林務局保育研究系列 85-17 號。
- 呂福原、歐辰雄、呂金誠 (1994b) 玉里事業區第二十五林班濕地植物相之調查研究。台灣省農林廳林務局保育研究系列 83-18 號。
- 陳保元、林均雅、謝長富 (2006) 台灣東部拉庫拉庫河流域之植群分析。第四屆台灣植群多樣性研討會論文集。100-133 頁
- 葉定宏、林均雅、謝長富 (2007) 濁水溪及拉庫拉庫河流域植群分析。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集。224-243 頁。
- 楊惠如、王仁義、林逸盈、劉和義 (2006) 濁口河流域之植群分類評估。第四屆台灣植群多樣性研討會論文集。259-279 頁。

Gauch, H.G. (1977) Ordiflex – A flexible computer program for four ordination techniques: weighted averages, polar ordination, principal components analysis, and reciprocal averaging, Release B. Ecology and Systematics, Ithaca, Cornell Univ, Ithaca, New York,

USA.

McCune, B. and M. J. Mefford (1999) Multivariate analysis of ecological data ver. 4.14. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

Minchin, P. R. (1987) An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* 69: 89-107

Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. (1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York, USA.

Usher, M. B. (ed.) (1986) Wildlife Conservation Evaluation. Chapman & Hall, London. 394 pp.

Whittaker, R. H. (1962). Classification of natural communities. *Bot. Rev.* 28: 1-239.

附錄一、豐坪溪流域樣區 TWINSpan 分析結果

	1 1 1	4 1	1	3 3 3 2 3 3 2 3	1 1 3	2 3	1 2 2 1 3 4	2 2 2 2 2	5	1 4 4 4	4 5 6 6 4 4 4 5 4 5 5 5 5 5 6	566
	0 1 3	4 8 1 9 5	6 4 1 2 3 5 2 3 8 9 0 6 7 6 5	7 2 6 4	7 1	9 1 3 8 9 0	0 2 4 5 8	7	7	2 8 9	6 9 1 2 3 4 7 3 5 0 1 2 4 5 6 0	834
台灣冷杉	5 5 5	- - - - 1	2 - - 2 - - - 2 - - - 2 - -	5 5 5 5	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣二葉松	- - -	5 5 5 5 -	5 5 - 4 5 5 - 2 3 5 5 5 5 5 -	- - - - -	- -	3 4 3 - - -	5 5 5 5 5	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣小葉	- 2 -	- - - - -	- 3 - - 2 1 2 1 - - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
玉山假沙梨	- - -	- - - - 1	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
刺柏	- - 1	1 2 - 2 -	3 3 4 2 2 5 5 4 5 - - 1 2 - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
紅毛杜鵑	- 3 -	- - 1 - -	3 3 5 4 5 5 5 5 5 1 1 1 2 1 -	- - - - -	- -	- - - 2 - -	- 1 1 1 2 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
香青	1 2 4	1 - - - -	- - - 1 - - 2 1 - - - 1 - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
高山櫟	- - -	1 - - - -	5 3 - - - - - - - - - - - -	4 - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣鐵杉	- - -	- - - - 1	- 2 - - - - - - - 1 - 1 1 - -	5 5 3 5	5 5	5 5 5 5 5 5	- 3 - 4 5 -	- - - - -	- - - - -	- - - 4 -	- - - - -	- -
鈍齒鼠李	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
鄧氏胡頹子	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
薄葉柳	- - -	- - - - -	- 2 - - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
紅檜	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	3 4 3 2 5 5	3 4 5 4 1 2	5 5 4 4	- - - - -	- - - 5 4 - - 2 - - - -	- - - - -	- -
台灣馬醉木	- 2 1	- - - - -	2 1 3 5 1 3 - 2 - 1 1 1 1 1 -	3 - - - -	- -	- - - 1 1 -	- - 1 1 2 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣華山松	- - -	- - 5 - -	- - 4 2 3 - - 5 - 2 1 5 3 5 5	- - - - 4 -	- -	- 4 3 - - -	- - 3 5 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣杜鵑	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	5 - - 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	4-2
南湖杜鵑	- 2 -	- - - - -	- 2 2 1 - - 2 1 - - - - -	- - - 1 -	- -	3 3 - - -	1 1 - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
苗栗冬青	- - -	- - - - 1	- - - - -	1 - - - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
槲子櫟	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	1 3 4 4	- - - - -	- - - 1 - - - -	- - - - -	- -
樟葉莢迷	- - -	- - 1 - 1	- - - - -	- - 1 - -	- -	- - - - 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣雲杉	- - -	- - 1 - -	- 2 - - - - 1 - - - - -	- - - - -	- -	- - 5 - 4 -	4 1 - - -	- - - - -	- - - - -	2 - - - - -	- - - - -	- -
山枇杷	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣五葉參	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	5 - - - 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台灣黃杉	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	4 - - 2 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
南洋紅豆杉	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	2 - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
珍珠花	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - 2 - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
華參	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	1 - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
銳葉高山櫟	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	1 - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
雲南冬青	- - -	- - - - -	- - - - -	- - 1 - -	- -	- - - 1 -	- - 1 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
台東石楠	- - -	- - - - -	- - - - -	- - 1 - -	- -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
厚葉柃木	- - -	- - - - -	- - - - 1 - -	4 - 2 1	1 1	- 1 1 1 1	- 1 1 2 -	- - 2 - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
太平山冬青	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	1 - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
阿里山千金榆	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	1 1 - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
南燭	- - -	- - 1 - -	- - - - -	- - - - -	- -	2 - 1 1 -	3 1 2 2 3 1	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
褐毛柳	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - - -	1 - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
山櫻花	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
布氏稠李	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- 1 - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -
玉山女貞	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -	- - - 1 -	1 - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- -

續表一

	1 1 1	4 1	1	3 3 3 2 3 3 3 2 3	1 1 3	2 3	1 2 2 1 3 4	2 2 2 2 2	5	1 4 4 4	4 5 6 6 4 4 4 5 4 5 5 5 5 5 6	56 6
	0 1 3	4 8 1 9 5	6 4 1 2 3 5	2 3 8 9 0 6 7 6 5	7 2 6 4	7 1	9 1 3 8 9 0	0 2 4 5 8	7	7 2 8 9	6 9 1 2 3 4 7 3 5 0 1 2 4 5 6 0	83 4
慈恩胡頹子	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- 1 - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - -	---
藤胡頹子	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - 1	- - - - -	-	- - - -	- - - - -	---
狹葉櫟	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	3 4 4 - 1 1	- 3 - - -	-	1 1 - -	1 - - - 1 - - - -	---
大葉漚疏	- - -	- - - -	- 1 - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	1 1 - - -	-	- 1 - -	- - - - -	---
玉山杜鵑	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	2 - - 5 - -	- - - - -	-	- 2 - -	- - - - -	---
台灣肉桂	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	1 1 - - -	1 - - - -	-	- 1 - -	2 - - - -	---
石楠	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- 2 - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - -	---
阿里山茵芋	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	-	- - - -	- - - - -	---
疏果海桐	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- 1 1 - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - -	---
台灣赤楊	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	2 - - - -	3 2 - - -	-	- - - -	- - - - -	3---
台灣紅榨槭	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 2 - -	- - - - -	-	- - - -	- - - 1 - - - -	---
高山莢迷	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	1 1 - - 3	2 2 - - -	-	- 1 - -	3 - - - 1 - - -	---
昆欄樹	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- 1 - -	- -	4 3 3 2 3 -	- - - - -	-	1 - 1 4	- - - - 4 - - -	---
異葉木犀	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- 1 - -	- -	- - - - 1	- - - - -	-	- 1 - -	- - - - -	---
薄葉鈴木	- - -	- 1 - -	- - - - -	- - - - -	- 1 - -	- -	- 2 - 1 2	- 1 - 1 -	1	1 1 1 -	- - - 1 - - - -	---
台灣掌葉槭	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - 2	- - - - -	-	- 2 - -	- - - - -	---
狹葉莢迷	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- 1 - - -	- - - - -	-	- 1 - -	- - - - -	---
薄葉虎皮楠	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	2 - 4 - -	- - - - -	-	1 1 2 2	- - - - -	---
玉山木薑子	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- 1 - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	-	- 1 - -	- - - 1 - - -	---
太平紅淡比	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 4 - -	- - - - -	3	1 - - 1	- - - 1 - - -	---
高山新木薑子	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- 1 1 3 1 1	- - - - -	1	1 1 2 3	- - - - -	-- 1
台東莢迷	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	1 - - - -	- - - - -	-	- 1 - -	- - - 1 - - -	---
圓葉冬青	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 3 1 -	- - - - -	-	2 - 2 1	- - - - 2 - - 1 - -	2--
福建賽衛矛	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	-	- - 1 -	- - - - -	1---
玉山灰木	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - 1 2 2 -	- - - - -	1	1 1 2 4	- - - 1 - - - 1 - -	---
西施花	- - -	- - - -	- - - 1 -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	-	1 - - 2	- - - - -	---
枇杷葉灰木	- - -	- - - -	- - - 1 -	- - - - -	- - - -	- -	- - - 1 -	- - - - -	-	- 1 2	- - - - -	---
厚皮香	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	1 - - - -	- - - - -	-	- 1 1	- - - - -	-- 1
日本女貞	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	- 1 -	- - - - -	---
台灣杉	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	- 5 1	- - - - -	---
台灣青莢葉	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	1 1 -	- - - - -	---
台灣鵝掌柴	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	1	- 1 -	- - - - -	---
白花八角	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	- 1 -	- - - - -	---
壺花莢迷	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	- 1 -	- - - - -	---
擬日本灰木	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	- 2 2	- - - - -	---
賽山椒	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	- 1 -	- - - - -	---
台灣八角金盤	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	1 - - - -	- - - - -	-	- 1 -	- - - 1 - - - 1	---
著生珊瑚樹	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	1 - - - -	- - - - -	-	1 1 -	- - - 1 1 - 1 - -	---
台灣老葉兒樹	- - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - -	- -	- - - - -	- - - - -	-	1 1 -	- - - 1 - - 1 - -	1--

	1 1 1 0 1 3	4 1 4 8 1 9 5	1 6 4 1 2 3 5	3 3 3 2 3 3 3 2 3 2 3 8 9 0 6 7 6 5	1 1 3 7 2 6 4	2 3 7 1	1 2 2 1 3 4 9 1 3 8 9 0	2 2 2 2 2 0 2 4 5 8	5 7	1 4 4 4 7 2 8 9	4 5 6 6 4 4 4 5 4 5 5 5 5 5 6 6 9 1 2 3 4 7 3 5 0 1 2 4 5 6 0	56 6 83 4
細枝桧木	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - 1 -	- - - - -	-	1 - 1 1	- - - - - 1 - - - 1 - - 1	-1 1
阿里山灰木	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	1 - 1 1	- - - - 1 - - - 2 1 - 1 1 1 1 -	--
豬腳楠	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	4 - - -	- - - - - - - - - 1 - 5 -	--1
蘭邯千金榆	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- 1 - - -	- - - - -	-	- 3 - -	5 - - - - - - - - - - - - -	--
大葉石櫟	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	3 1 1 -	2 - - 3 - - - - 1 3 1 5 1 1 1 -	-1-
台灣樹參	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - 2	- - - - - - - 2 - - - - 3	--
霧社木薑子	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	1 - - -	- - - - 1 - - - 5 - - - - - -	--
小花鼠刺	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - 1 - - - - 2 1 2 - 1 - -	--3
毛玉葉金花	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - - 1	--
毛柱楊桐	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	1	- - - -	- - - - - - - 3 - - 1 3 2 -	--
水冬瓜	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - - 1	--
杏葉石櫟	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - 4 - - 1 1 -	--
赤柯	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - 1 - - - - - -	--
青葉楠	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - 5 - - - -	--
狹瓣八仙花	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	1 1 - -	- - 1 - 1 - - - 1 3 - 1 1 1 3 -	--
細葉山茶	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - 1 2 1 1 2 1 -	--
墨點櫻桃	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	1 - - -	- - - - - 2 1 3 3 3 5 5	-4-
錐果櫟	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - 3 5 1 3 3	3-3
轆大紫珠	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - 1 - - - - - -	--
毛果桧木	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - 1 - - - 1 1 1 - -	--
烏皮九芎	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - 2 - - - - 3 1 -	--
大香葉樹	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	2 - - - - - - - - - - -	--
小葉白筆	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - 1 4 1 1 - 1 1 - - -	--
水雞油	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	1 - - - - - - - - - - -	--
牛奶榕	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - 2 - - - - - - - - -	--
佩羅特木	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - 1 1 - - - - 1 - -	--
長梗紫麻	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	5 4 4 - - - - - - - - -	--
長葉木薑子	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	1 1 1 -	1 - 3 1 - 1 3 5 2 1 3 2 2 4 4 4	25 1
星刺栲	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - 5 - - - - - - - - -	4--
海州常山	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - 1 - - - - 1 - - - - -	--
假長葉楠	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- 1 - -	3 5 5 5 5 4 5 5 5 5 4 1 2 5 2 4	-43
裡白蔥木	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	2 - - - - - - - - - - -	--
台灣厚距花	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- 1 - - - - - - - - - -	1--
平遮那灰木	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - 1 - - - - -	--1
薯豆	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	2	- - - -	- 4 - - - - - 5 3 - 1 1 -	51 5
大頭茶	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - -	--1
山胡椒	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - -	--1
台灣赤楠	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - -	2--
台灣糊樗	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - -	-2-
狗骨仔	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - -	22-
長尾尖葉櫟	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - -	- - - - -	- - - - -	-	- - - -	- - - - - - - - - - -	44 5

	1 1 1	4 1	1	3 3 3 2 3 3 3 2 3	1 1 3	2 3	1 2 2 1 3 4	2 2 2 2 2	5	1 4 4 4	4 5 6 6 4 4 4 5 4 5 5 5 5 5 6	56 6
	0 1 3	4 8 1 9 5	6 4 1 2 3 5	2 3 8 9 0 6 7 6 5	7 2 6 4	7 1	9 1 3 8 9 0	0 2 4 5 8	7	7 2 8 9	6 9 1 2 3 4 7 3 5 0 1 2 4 5 6 0	83 4
厚殼桂	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	-4 -
細葉鰻頭果	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	-1 -
森氏紅淡比	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	-- 2
黃杞	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - 1	3- 3
奧氏虎皮楠	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	1--
巒大越橘	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	1--
變葉新木薑子	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	1- 2
短尾葉石櫟	- - -	- - - - -	- - - - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	- -	- - - - - - -	- - - - -	-	1 - - -	- - - - - - - - - - - - -	1 3--

最大熵物種分布模式應用於台灣東北山地闊葉林樹種之探討

張鈺敏、夏禹九

國立東華大學自然資源管理研究所

摘要

物種分布模式是依「棲位」概念以統計方法或電腦演算法，量化物種已知分布位置與其周遭環境因子之關連性，並將此關連性投射於地表空間以顯現物種地理分布的經驗模式。「國家植群多樣性調查及製圖計畫」執行迄今已提供了相當多植被物種分布的基礎資訊，然而受限於台灣崎嶇多山的可及性，全面設置樣區調查非常的困難，以模式來預測物種的分布似乎是一個解決的方法。

在僅有不完整資訊下要進行預測的條件下，本研究使依最大熵原則所發展出來的最大熵物種分布模式，針對台灣東北山地闊葉林中兩種樹種—台灣赤楊與烏心石進行測試。在目前我們取自植群中心的環境變數，還不足以完全反映山地闊葉林生長環境的限制下，模式測試結果主要在評量各個變數對模式的貢獻度。在 14 個環境變數中，以海拔高及溫濕指數提供最多資訊。坡度與水分指數是另兩個有較高貢獻度的環境變數。兩個樹種間，水分指數對烏心石有較大的貢獻。方位及其它與光空域有關的變數（全天光空域、各方向的開闊度），則貢獻度很低。而由 40x40 m 解析度的 DTM 所演算而來的水分指數，並無法呈現台灣山地的地形變化。如果能夠取得更細緻的 DTM 應可得到更能反應土壤水分分布的地形水分指數。此外即將完成的植被帶植群型分布圖、遙測影相資料、應該可以納入環境因子之中以反應目標物種的群落特性。

關鍵詞：最大熵物種分布模式、棲位、環境變數

Applying Maximum Entropy Species Distribution Model on two tree species from the Mountain Hardwood Forest, NE Taiwan

Yu-Min Chang and Yue-Joe Hsia

Graduate Institute of Nature Resources, National Donghwa University

Abstract

Niche-based species distribution models rely on detailed environmental information to approximate the ecological niche. Among various distribution models, Maxent is developed based on the maximum-entropy principle such that approximation can be on unknown distribution subject to given environmental constraints. Maxent was applied on two hardwood tree species (*Michelia compressa* and *Alnus formosana*) in the mountain area of NE Taiwan. At the present time, the available environmental variables obtained from the Taiwan Information Vegetation System species distribution is far from adequate to ensure a plausible outcome of the species distribution modeling. Although there are doubts on the prediction power of modeling outcomes on these two tree species Maxent and its associated Jackknife analysis were used to evaluate the contribution (training gain) of 14 environmental variables. Altitude and warmth index stand out as the two most important variables to the estimated distribution. As the warmth index was actually derived mainly from the altitude data, there is hardly any gain when both variables were presented in the model. Slope and moisture gradient were the next two influencing factors. In addition to that, contribution of moisture gradient on *Michelia compressa* was higher than that on *Alnus formosana*. All of the rest environmental variables including those associated with canopy openness and aspect contributed very low to the overall training gain. In order to improvement the performance of species distribution modeling, additional relevant environmental variables such as the forthcoming vegetation-type and NDVI maps should be included. Topography Moisture Index which gives a better indication of soil moisture than the moisture gradient can also be implemented if the finer resolution DTM is released.

Keywords: Maxent, Maximum Entropy species distribution model, niche, environmental variables

一、緒言

物種分布模式又名生態棲位模式(ecological niche modelling)，以「棲位」概念強調反映影響物種分布過程的環境因子（包括生物及非生物因子）。模式以統計方法或電腦演算法，量化物種已知分布位置與其周遭環境之關連性，並藉地理資訊系統將此關連性投射於地表，以顯現物種空間分布的經驗模式(Guisan and Zimmermann 2000, Guisan and Thuiller 2005)。「國家植群多樣性調查及製圖計畫」執行迄今已提供了廣及全台的植被物種分布的基礎資訊，然而受限於台灣崎嶇多山地貌，全面的設置樣區調查是非常的困難，以模式來預測物種的分布似乎是一個解決的方法。

「國家植群多樣性調查及製圖計畫」進行中，已開始嘗試應用物種分布模式或空間統計方法，來解決調查樣區分布不足的困擾（古心蘭等、2007，李奕迪等、2007，陳子英等、2007）。Song（2007）則更進一步以台灣鐵杉為例，比較了幾種常用的物種分布模式，包括廣義加法模式(GAMs, generalized additive models)、預設預測規則遺傳演算模式（GARP, genetic algorithm for rule-set prediction）及最大熵模式（Maxent, maximum entropy method），指出以 GARP 模式中的 Range 規則及最大熵模式最能準確的預測鐵杉的分布。

以模式來預測物種的分布多半需要範圍連續的環境因子圖層資訊，這些圖層尚需具備同樣的幅度與解析度，雖不同尺度下影響物種分布的控制因子可能不同，但物種分布模式往往只能反映選定解析度以上的環境因子。受限於不同尺度下控制因子可能會改變的問題，所以除了由 DTM 所衍生運算的一些環境因子，可能隨其解析度提高而提高外，其他反應較細尺度的環境因子恐怕很難獲取。

物種分布模式所依據的已知的物種調查或記錄資料，屬性上是實際棲位（realized niche），且隱涵了瞬時（snapshot）的資料代表穩定存在的假設。影響真實棲位的自然或人為的干擾、生物間的競爭、播遷等其它因子，通常很難納入模式的運作過程。換句話說物種分布模式的預測所呈顯的是實際棲位的近似值，卻可能是潛在的（potential）物種分布，屬性上近於基礎棲位（fundamental niche）。基礎棲位與實際棲位不相吻合的問題，源自物種調查資料點並未能代表所有構成基礎棲位的環境因子。若調查點太少及分布的地理區域太侷限，此一問題會更嚴重。因此物種分布模式多半應用在較大區域的研究，當然取樣的數目與代表性仍是關鍵。因此文獻中目前物種分布模式主要應用的尺度均在地景尺度，前述宋國彰等所使用的網格圖層的解析度亦為 1 x 1km，亦屬地景尺度，對台灣中、低海拔的闊葉林樹種的分布預測仍是無法解決的。

物種分布模式最終的投影可以發生在現生或重建的過去地表空間(Martínez-Meyer et al. 2004, Martínez-Meyer and Peterson 2006)，甚或未來的氣候變遷方案(scenarios of future climate change)(Araújo et al. 2005b)；不論是對於現今尚未被調查地區的投射，或者未來改變後之環境的投射，其產出的物種潛在分布圖因而富有廣泛的應用價值，不僅是實際解決問題的實用工具，同時亦與基礎科學理論的探究密切相關(Boston and Stockwell 1995, Guisan and Thuiller 2005)。所以物種分布模式應用在小區域且異質性高的台灣，目前雖然可行性不高，但著眼於探究影響植物分布的因子，和模式有關的研究仍是值得嘗試的。在幾種模式中，考慮

GARP 的運算方法會限制了解析 GARP 的預測結果與其使用的各個環境因子的關聯性，本研究選擇最大熵模式 (Maxent, maximum entropy method)，以「國家植群多樣性調查及製圖計畫」所調查的樣區中出現的植物物種資料進行測試。主要目的並不在預測的物種分布是否準確？討論的重點是現有可取得的環境因子對模式結果的貢獻度。此外亦嘗試對 Maxent 以不同的模式的訓練範圍(training extent)，檢測模式的適用性是否會改變。

二、材料與方法

最大熵模式(Maxent)顧名思義乃基於最大熵(maximum entropy)演算法的一種通用之物種分布模式。最大熵演算之原則 (maximum-entropy principle) ——「在求取一未知的機率分布的近似值時，是確定此一近似分布能滿足所有此一未知分布的限制，而在這些限制下，此一分布應具有最大的亂度 (最分散或最均勻)」(Phillips et al. 2006)。因此可藉由反映目標分布(target distribution)的不完整資訊進行預測或推論，以求得符合最大亂度的標的物之機率分布(probability distribution)。

最大熵演算法自 2004 年被引進於物種分布之模擬，在使用最大熵模式進行物種分布模擬時，最大熵機率分配空間是由研究區內所有的網格所構成，而樣點(sample locations)則是已知有目標物種出現的網格點。假設研究樣區中樣點(x)之組合為 X，其機率分布以 π 表示。樣點組 X 中的每個樣點 x 皆有一個非負值(≥ 0)的機率 $\pi(x)$ ，且所有樣點的 $\pi(x)$ 總和為 1。物種出現位置相對應的氣候因子、海拔、土壤類型、植被類型等環境因子決定此一未知的機率分布。這些因子所構成的簡易函數 (如線性、二次方、乘積、門閥值及以二位元來處理類別型變數等函數) 稱為要素(features) 即為機率分布 π 的限制(constraints)。我們所要求取的 π 的近似機率分布為 P，其亂度是： $H(P) = - \sum p(x) \ln(p(x))$ ，源自資訊理論 (information theory)，用來量化選定某一事件有多少選項。具有愈大亂度的機率分布，其受到的限制愈低。因此前述的最大熵原則所表示的原則為近似機率分布 (P) 只應受限於已知的限制，而沒有其他任何的限制。因為僅僅受已知的限制，所以此一具最大熵的機率分布可以視為是依不完整資訊所求取的物種分布機率 (Phillips et al., 2006)。Maxent 模式可以應用於僅有出現資料的物種資料，且因根基於機率統計分布的理論，在實際應用上，此一分布機率反應了研究區內各網格的目標物種對環境適應度(environmental suitability)的相對指數。所以可以如 GLM 及 GAMs 一樣，進一步闡釋預測結果與所使用的環境因子的關聯性。Maxent 的介紹可參考 Song (2007)，而更詳細的理論與演算法說明可由下述網址 <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent> 取得，本文不再詳述。Maxent 算出來的環境適應度的相對指數數值通常極小，所以亦可以累積的值來表示。環境適應度相對指數此一累積值是網格點之指數與所有其它較低值網格點的總和乘以 100。在 Maxent 3.0 以後的版本則新增了將此指數做邏輯斯(logistic)轉換，亦即為機率分布的亂度的指數值，以易於進行後續之評量。

本研究選定台灣中央山脈以東，北段之 18 個集水區為研究區 (模式預測的目標區)，總面積 5275 km²，地勢西高東低且陡峻，在東西寬約 50 km 的範圍內有近 4000m 的海拔高差。受東北季風影響區內中高海拔山區形成多雲霧之霧林帶，本研究稱之為台灣島東北區塊 (NE，面積 5275 km²)。於此區中再縮小至立霧河流域 (LW，面積 621 km²) 作為次一級研究區(表)。環境變數圖層則來自植群中心所提供之 14 個由數值高程模型(DEM, 40 m × 40 m 解析度)產生所得之環境變數圖層(表

2)。物種分布資料取自林務局「國家植群多樣性調查及製圖計畫」，該「植群多樣性資料庫」中大甲溪上游德基水庫集水區、蘭陽溪、南澳沿海河系、太魯閣河系、花蓮溪及豐濱沿海河系等流域之植群樣區紀錄，調查時間為 2003 至 2007 年。目標物種之以研究區中各植群型的優勢樹種為主，挑選其中 10 種廣布於台灣東北部山區霧林帶的原生闊葉樹種，依物種之普及率(prevalence，物種出現點位佔總記錄樣點之比率)由高至低分別為長葉木薑子(*Litsea acuminata*)、烏心石(*Michelia compressa*)、狹葉欒(*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、錐果欒(*Cyclobalanopsis longinux*)、假長葉楠(*Machilus japonica*)、大葉楠(*Machilus japonica* var. *kusanoi*)、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、九芎(*Lagerstroemia subcostata* Koehne)、森氏欒(*Cyclobalanopsis morii*，又名赤柯)、台灣赤楊(*Alnus formosana*)、等。這些目標物種的分布大抵涵蓋了本區由低至高的海拔範圍。台灣植群資料庫中共有 1002 個樣點隸屬於研究區之範圍，將這些樣點與環境因子圖層疊圖分析後，剔除 8 個位置有誤或重疊於同一網格之樣點，因此整個區域共有 994 個調查樣點。

Maxent 模式之測試則包括了兩個不同的方式，以檢視模式訓練區面積變動的反應：

- 1、以立霧河流域(LW)為建模之訓練範圍(稱為立霧溪訓練組)，預測物種分布區域為東北區塊(NE)。
- 2、以整個東北區塊(NE)為建模之訓練範圍(稱為東北區訓練組)，預測物種分布區域亦為東北區塊(NE)。

在操作 Maxent 軟體時，收斂臨界值依軟體預設值設定為 0.00001，重複次數上限為 500 次，擬未出現的背景值在每一實驗組皆為隨機抽取的 10000 個網格，要素之規則則依軟體之預設值，隨目標物種分布點數不同而異，最後再利用 Maxent 的擴充功能產生一張目標物種之機率分布圖。因為物種數過多，要評量各環境因子的效應的非常繁複，本報告僅聚焦於台灣赤楊與烏心石二種分布較廣的目標物種，闡釋應用 Maxent 模式的結果。整個區域 994 個樣點中，台灣赤楊出現在 103 點，烏心石則有 237 個樣點。而在立霧河流域中，台灣赤楊出現在 40 個樣點，烏心石則是出現在 58 個樣點(表 3)。

Maxent 所產出的結果均為物種分布機率，模式內建輸出包括獨立於臨界值(threshold-independent)的受方操作特徵曲線(ROC, receiver operating characteristic curve)曲線其曲線下面積曲線(AUC)來評量模式預測之結果。針對各環境變數，最大熵模式另計算不同環境變數對最終預測結果之貢獻(contribution)百分比，及以 jackknife 方法分析各環境變數單獨對物種分布的影響程度(包括各環境變數單獨對預測獲益(gain)之影響、排除單一變數後對預測獲益之影響)。不過 Maxent 軟體估算 AUC 值時，是以隨機選取 10000 個背景值與用以訓練的物種分布點進行比較，所以每一選取的點位並不一樣，且因植群調查並非普查，所以我們並無法確定核背景值是否對目標物種來說真的為空缺。因此本研究在模式評量方面，另外針對每一物種其 2 次不同訓練組預測結果以研究區中 994 個樣點所記錄到的物種分布出現/空缺資料，及相對應網格點的預測的物種分布機率值，另計算 ROC 值及 AUC 值，做一比較。

表 1 研究區各集水區及其面積

流域	子集水區	流域面積(km ²)	NE	LW
大甲溪	德基水庫集水區	512	o	
蘭陽溪流域	宜蘭河集水區	147	o	
	蘭陽溪集水區	846	o	
	冬山河集水區	99	o	
	新城溪集水區	99	o	
	南澳溪集水區	393	o	
南澳沿海河系	和平溪集水區	566	o	
	立霧溪集水區	621	o	o
太魯閣河系	卡那岸沿海集水區	90	o	
	三棧溪集水區	130	o	
	木瓜溪集水區	419	o	
花蓮溪流域	美崙溪集水區	101	o	
	吉安溪集水區	54	o	
	花蓮溪沿岸集水區	541	o	
	壽豐溪集水區	212	o	
	萬里溪集水區	223	o	
	馬鞍溪集水區	116	o	
	水璉溪集水區	106	o	
豐濱沿海河系	水璉溪集水區	106	o	
		面積(km ²):	5275	621

表 2 環境因子圖層之梯度範圍

代碼	變數中文名	NE	LW
acu	水分指數	0-100	0-100
asp	坡向	0-361	0-361
elev	海拔	0-3882	0-3680
slope	坡度	0-80	0-80
spE	東向開闊度	0-100	0-100
spN	北向開闊度	0-100	0-100
spNE	東北向開闊度	0-100	0-100
spNW	西北向開闊度	0-100	0-100
spS	南向開闊度	0-100	0-100
spSE	東南向開闊度	0-100	0-100
spSW	西南向開闊度	0-100	0-100
spW	西向開闊度	0-100	0-100
svf	全天光空域	0-100	0-100
wi	溫量指數	16-218	27-214

表 3 目標物種之分布點數與普及率

物種學名	物種代碼	物種中文名	樣點數			
			NE		LW	
<i>Alnus formosana</i>	Af	台灣赤楊	103	0.10	40	0.16
<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	Cl	錐果櫟	218	0.22	62	0.25
<i>Cyclobalanopsis morii</i>	Cm	森氏櫟	106	0.11	50	0.20
<i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>	Cs	狹葉櫟	231	0.23	83	0.33
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	Ej	薯豆	177	0.18	54	0.21
<i>Lagerstroemia subcostata</i>	Ls	九芎	170	0.17	24	0.09
<i>Litsea acuminata</i>	La	長葉木薑子	316	0.32	91	0.36
<i>Machilus japonica</i>	Mj	假長葉楠	200	0.20	70	0.28
<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>	Mjv	大葉楠	180	0.18	24	0.09
<i>Michelia compressa</i>	Mc	烏心石	237	0.24	58	0.23
總記錄網格數：			994		253	

三、結果與討論

以 Jackknife 分析方法解析模式所使用的環境變數的貢獻度，藉以評量每一環境因子對模式的重要程度。就本研究所使用的 14 個環境變數中，以海拔高 (elev) 及溫量指數 (wi) 對選取的兩個目標物種物種及其兩個訓練組均提供最多資訊，最終預測結果之貢獻比例亦符合此趨勢(於台灣赤楊-立霧溪、台灣赤楊-東北全區、烏心石-立霧溪、烏心石-東北全區分別為 31.8、55.3、22.6、41.7%) (圖 1、2、3、4)。其他的環境因子，坡度 (slope) 與水分指數 (acu) 是另兩個與海拔高及溫量指數有一些相若貢獻度的因子。水分指數 (acu) 則對烏心石有較大的貢獻，而對赤楊則較低。方位及其它與光空域有關的變數 (全天光空域、各方向的開闊度)，則影響都很小。

以 Jackknife 分析解析剔除各個因子後對模式的影響，顯示在這 14 個環境因子中有非常高的可替代性。海拔高通常被視為反映溫度梯度的重要指標，本研究所採用之溫量指數即為海拔高與緯度的經驗公式 (邱，2004)，然因本研究區緯度跨幅不大，因此溫量指數與海拔高兩變數對預測結果之差異很小。同時使用這兩個高度相關的因子，剔除其中任一個，並沒有損失任何知訊。在所有因子中，水分指數對模式的貢獻是替代性較低的一個因子，可能是因為此一水分指數是由 DTM 模擬累積水流路徑而得到的，與其他因子的相關性較低所致。不過此一水分指數是由 40x40 m 解析度的 DTM 所演算而來的，此一解析度並無法台灣山地的地形變化 (如坡型)。坡地水文學亦早已發展出更能反應土壤水分分布的地形水分指數 (Topographic Moisture Index) (Beven and Kirkby, 1979)，亦已應用於植物分布之研究 (Franjlin et al., 2000, Moody and Meentmeyer, 2001)。因此如果能夠取得更細緻的 DTM 資料，應該可以導出更能反應微地形變化的水分指數。

在物種分布研究中，欲探究影響物種分布之因子，通常建議採用直接性因子而非間接性因子以反映其實際作用機制，且為避免高度相關因子對迴歸分析產生多元共線性之影響，對模式最終結果造成過度預測，在兩高度相關變數中宜擇一即可。邱祈榮等 (2005) 亦已建議使用溫量指數代替海拔高是較佳的選擇。由物種分布模式應用於預測物種現生分布以外的領域著眼，有些學者 (Peterson, 2006) 將物種分布模式 (尺度較小) 與生態棲位模式 (尺度較大) 區分，物種分布模式主要著眼於預測物種現生分布，而後者則可應用在氣候變遷、入侵種等的研究。海拔高即非物種分布的直接因子，其與溫量指數的經驗關係亦無法延伸 (海拔高不會隨氣候變遷而改變)，因此如何估算台灣更能反應物種分布的溫量指數應該是一重要的研究課題。

以東北區 (面積 5275 km²) 與立霧溪 (面積 621 km²) 兩組不同訓練區所得的結果比較，訓練區縮小最明顯的差異在海拔高與溫量指數對模式的貢獻度降低，而其它的因子的貢獻度相對的提高了不少。不過比重增加並不一定表示 Maxent 模式的預測更準確，只表示在模式對所使用的樣點所對應的環境因子中，會分配更重於海拔高。以 Maxent 兩組不同訓練區所預測的物種環境適應度指數圖結果 (圖 5、6) 比較，以立霧溪訓練組預測的物種分布較以全區訓練組所預測的分布為窄。這個結果顯示當模式所使用的樣點資料幅度較小 (圖 5A 及圖 6A)，可能並未能涵蓋物種所有可能的環境變數，其所預測的可能分布範圍亦會較窄。而擴大使用的樣點資料幅度至全區 (圖 5B 及圖 6B)，所包含的樣點的環境變數梯度增加，其相

應的預測的分布範圍亦隨之增加，因此以較小的訓練區外延至更大的地理區域的環境適應度指數圖解讀時需更謹慎。此一結果也顯示出物種調查樣點的資料點並未能代表所有構成此一物種基礎棲位的環境因子的問題。Maxent 雖然是在針對有限的資訊條件下，所發展出來的運算法的模式，但是若這些環境因子確實是不能充分反應台灣山地闊葉林的關鍵因子，將模式的訓練範圍(training extent) 擴大，納入更多的調查樣點並不會改善模式的適用問題。

本研究所使用的環境變數中如溫量指數、水分指數、坡度均屬非生物因子(水文、氣象)，而其它隱含了一些生理屬性的環境變數，其與物種分布的關聯性大多不高，尋求其它能代表生物性因子的一些環境變數，因此亦應是未來研究的重要課題。若僅著眼於預測物種現生分布，「國家植群多樣性調查及製圖計畫」即將完成的植被帶植群型分布圖，應該可以納入環境因子之中。或許此一建議有些弔詭，不過對植物種的分布而言，需在植物社會(phytosociology)，亦即群落的脈絡下討論個別族群的存在與否(蘇 1987)。植被的大致特徵(植群型)亦反應了許多偶發的歷史事件，如火災、地震、山崩、地滑等干擾，目前我們要建立火災、崩塌地等歷史性的圖層相當困難。植群型反應了物種棲地的群落特性(競爭、播遷、共生等關係)與干擾歷史，是物種分布的上一層控制因子，將之納入模式的環境因子中，最少能進一步釐清較小尺度一些微地形與微氣候等非生物環境因子對物種分布的影響機制。除了植群型以外，遙測影相資料(如 NDVI)亦可以反應部分群落特性，未來亦應該納入為環境因子之中。

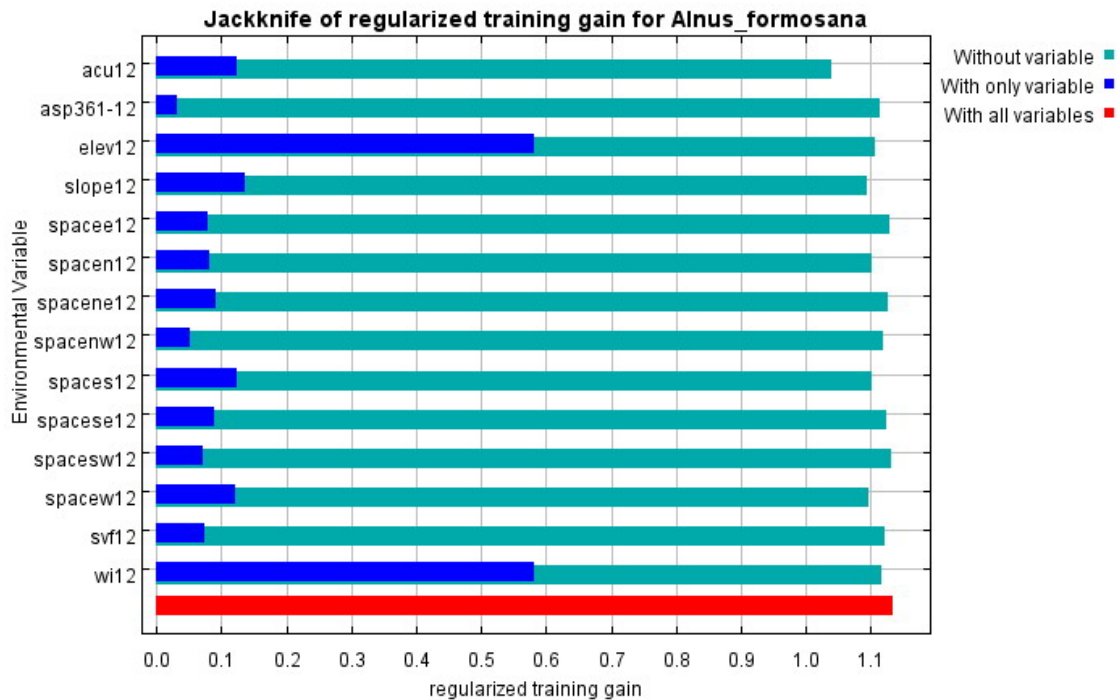
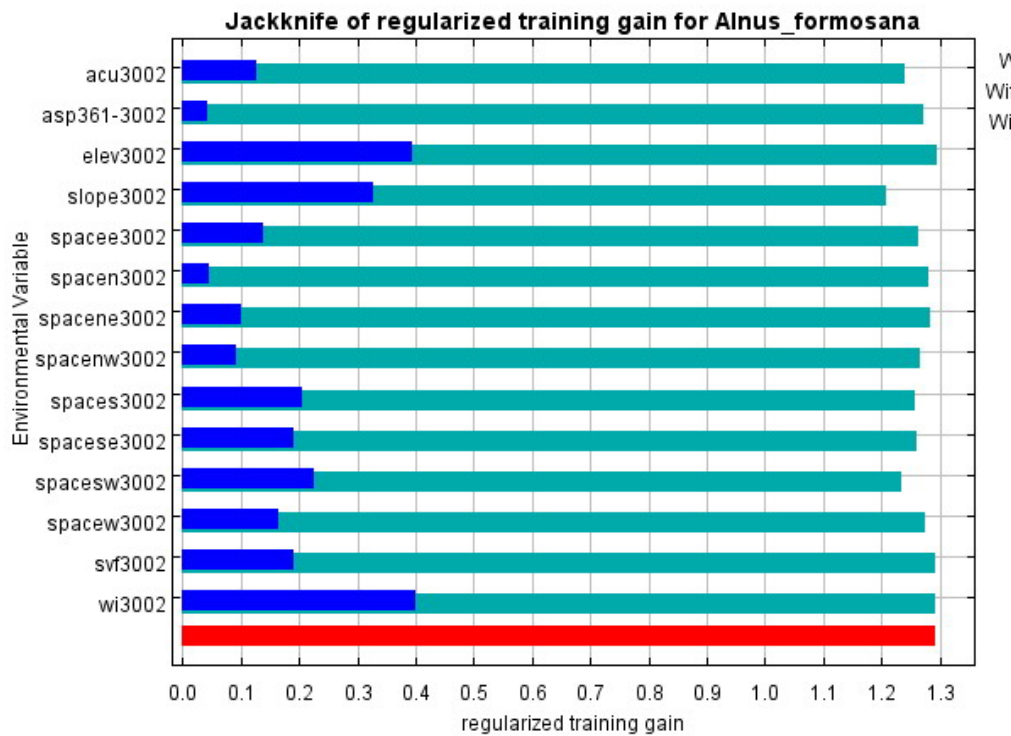


圖 1、Jackknife 分析評量各環境變數對算式的貢獻度（赤楊—東北區訓練組）。紅色長條是所有變數對模式的貢獻。藍色長條表示的是單一變數的貢獻度。而青色長條則是剔除此一變數後其餘的變數的貢獻度，因此其與紅色長條短差愈多表示此一變數包



含最多其它變數所沒有的訊息。變數代號所代表的環境變數列於表 2。

圖 2、Jackknife 分析評量各環境變數對算式的貢獻度（赤楊—立霧溪訓練組）。說明參見圖 1。

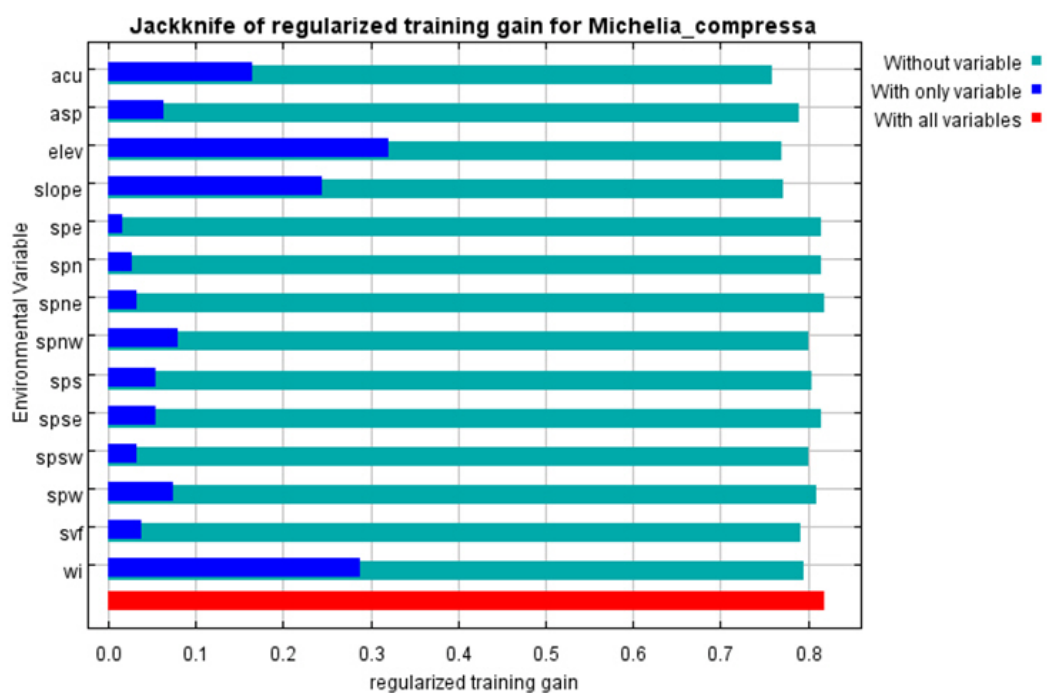


圖 3、Jackknife 分析評量各環境變數對算式的貢獻度（烏心石—東北區訓練組）。說明參見圖 1。

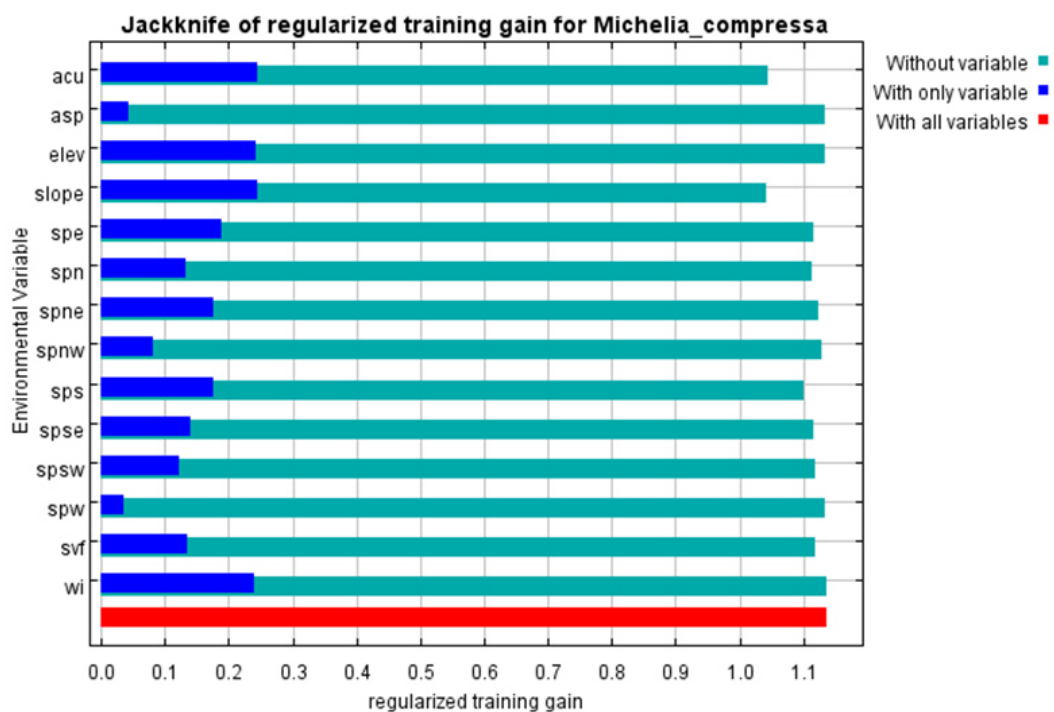


圖 4、Jackknife 分析評量各環境變數對算式的貢獻度（烏心石—立霧溪訓練組）。說明參見圖 1。

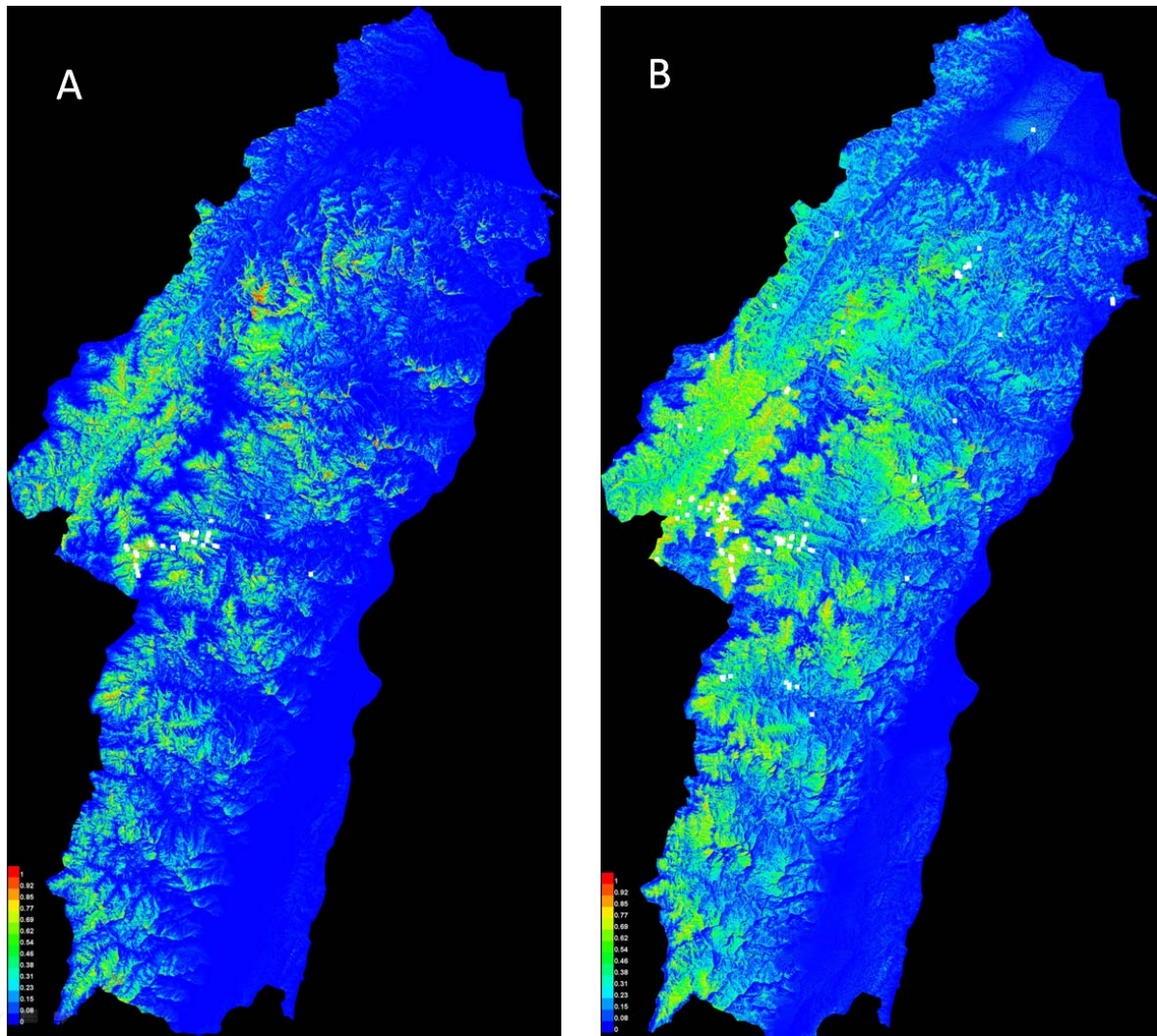


圖 5、Maxent 模式輸出的台灣赤楊的環境適應度指數（經數邏輯斯轉換）圖。
 (A)訓練樣點僅取自立霧河流域。訓練樣點包含全部的東北區塊。圖中白色的方塊為訓練樣點，偏溫暖的色系（紅、橘、黃表示預測出現機率高，綠色的地區次之，而淡藍色以下是出現機率很低的區域。

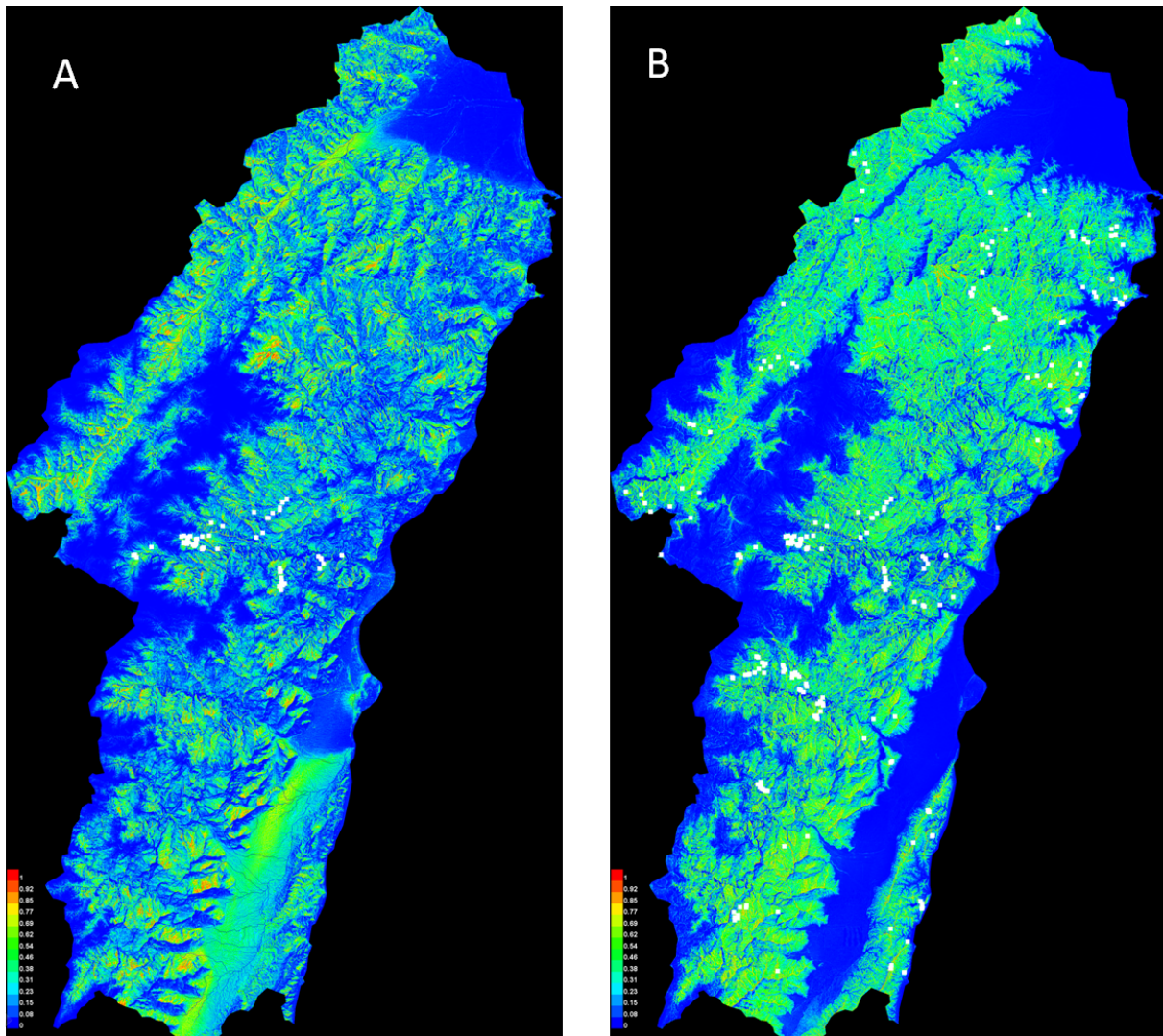


圖 6、Maxent 模式輸出的烏心石的環境適應度指數（經數邏輯斯轉換）圖。

(A)訓練樣點僅取自立霧溪流域。訓練樣點包含全部的東北區塊。圖中白色的方塊為訓練樣點，偏溫暖的色系（紅、橘、黃表示預測出現機率高，綠色的地區次之，而淡藍色以下是出現機率很低的區域。

四、結論

本研究目的是以植物的物種分布模式 Maxent 為工具，以瞭解物種分布模式應用於台灣崎嶇之山地是否具有可行性。其中牽涉的問題包括：「國家植群多樣性調查及製圖計畫」目前的取樣是否足以供機器學習式模式的物種分布模擬之用、現有的環境因子圖層，其解析度及環境變數是否足以反映影響樹種分布之因子等問題。

不過模式是真實世界的簡化，生態模式的另一個重要目的是測試已知的機制與已有的資訊是否足以解釋觀察的現象。藉著模式的操作，做為未來植群研究與調查(包括環境因子)工作的參考，仍是值得研究的。同時若著眼於擴展「國家植群多樣性調查及製圖計畫」的應用價值(入侵種、保育規劃及氣候變遷的影響等)，我們更應加強物種分布模式的研究。

引用文獻

- 古心蘭、陳添財、賴正偉、夏禹九(2007) 利用 Generalized Additive Models 繪製慈恩溪流域之植群。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集，第 96~119 頁。行政院農業委員會林務局。277 頁。
- 李奕迪、徐家雯、劉和義(2007) 以指標克利金法預測荖濃溪流域之植群空間分布。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集，第 120~135 頁。行政院農業委員會林務局。277 頁。
- 邱祈榮、梁玉琦、賴彥任、李靜峰、黃名媛(2004) 台灣地區溫量指數推估與應用。2004 年台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。台灣地理資訊學會。
- 邱祈榮、許迺翎、李靜峰(2005) 台灣不同地區溫度與植物分布關係之探討。第三屆台灣植群多樣性研討會論文集，第 216~229 頁。行政院農業委員會林務局。265 頁。
- 陳子英、邱宗儀、李智群、吳欣玲(2007) 南澳溪流域植群分析與製圖。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集，第 138~174 頁。行政院農業委員會林務局。277 頁。
- 蘇鴻傑(1987) 森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20(1):1~14。
- Araújo, M. B., R. J. Whittaker, R. J. Ladle and M. Erhard (2005) Reducing uncertainty in projections of extinction risk from climate change. *Global Ecology and Biogeography* 14:529-538.
- Beaven, K.J. and M.J. Kirkby (1979) A physical based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull* 24: 43-69.
- Boston, A. and D. Stockwell (1995) Interactive species distribution reporting, mapping and modelling using the World Wide Web. *Computer Networks and ISDN Systems* 28:231-238.
- Franklin, J., P. McCullough and C. Gray (2000) Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in Southern California. In: Wilson J.P. and J. C. Gallant, eds. *Terrain Analysis*. John Wiley & Sons, USA. 479pp.
- Guisan, A. and N. E. Zimmermann (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135:147-186.
- Guisan, A. and W. Thuiller (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993-1009.
- Martínez-Meyer, E. and A. T. Peterson (2006) Conservatism of ecological niche characteristics in North American plant species over the Pleistocene-to-Recent transition. *Journal of Biogeography* 33:1779-1789.
- Martínez-Meyer, E., A. Townsend Peterson and W. W. Hargrove (2004) Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change projections for biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 13:305-314.

- Moody, A. and R.K. Meentemeyer (2001) Environmental factors influencing spatial patterns of shrub diversity in chaparral, Santa Ynez Mountains, California. *J. of Vegetation Sci.* 12:41-52.
- Peterson A.T. (2006) Use and requirements of ecological niche models and related distributional model. *Biodiversity Informatics*, 3:59-72.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Song, G.-Z., C-T. Lin, C-R. Chiou and Y.-C. Lu (2007) Comparing three species distribution model – Applied in *Tsuga chinensis* distribution pp. 49-65. In: Taiwan. In Proceedings of the 5th Symposium of Vegetation Diversity in Taiwan. TFB, COA, Taipei, Taiwan. 277.

大甲溪中上游植群分類與製圖

陳文民¹ 陳恩倫¹ 蔡佳育² 陳志豪² 林聖峰² 周文邛² 陳明義^{3*}

1. 國立中興大學研究助理
 2. 國立中興大學生命科學系研究生
 3. 國立中興大學生命科學系教授
- * 通訊作者

摘要

本研究之範圍為大甲溪中上游之天然林，由橫流溪以東至南湖大山、中央尖山為界，以眉原山、合歡山為南界，以雪山、武陵四秀為北界，共設置 287 個樣區（每個 400m²），共記錄 35,566 筆樣木資訊。區內共記錄維管束植物 956 種，分屬 142 科 468 屬，147 種為稀有植物。樣區資料採階層式的群集分析，配合降趨對應分析(DCA)進行整理，就 228 個森林樣區 162 種上木進行群集分析，採訊息維持度 30%進行切分，可區分出 22 個群團；就 59 個無上木樣區共 185 種地被物種進行群集分析，採訊息維持度 50%切分出 6 個群團。依據降趨對應分析結果，顯示海拔高為影響植群分布的主要環境因子。

大甲溪中上游植群所分出之 28 個群團，分別為：台灣二葉松群團、黃杞群團、長葉木薑子群團、狹葉櫟群團、豬腳楠群團、台灣鐵杉群團、台灣冷杉群團、赤柯群團、阿里山千金榆群團、台灣赤楊群團、台灣雲杉群團、香青群團、高山櫟群團、台灣杜鵑群團、長尾尖葉槲群團、木荷群團、杏葉石櫟群團、台灣華山松群團、栓皮櫟群團、台灣黃杉群團、假長葉楠群團、野核桃群團、玉山箭竹群團、刺柏群團、香青—玉山杜鵑群團、芒群團、紅毛杜鵑群團、五節芒群團。

本研究依據樣區分群結果，配合野外調繪樣點、第三次森林資源調查資料以及植群分類文獻，參酌「國家植群多樣性調查及製圖計畫」所建構之「台灣植群群系之分類架構」繪製植群圖，以供保育與經營之參考。

關鍵詞：大甲溪流域、群集分析、植群分類、降趨對應分析、植群製圖

本研究由林務局「國家植群多樣性調查及製圖計畫」補助，特此致謝。

Vegetation classification and mapping of the middle and upper streams of the Tachia watershed

Wen-Min Chen¹ En-Lun Chen¹ Chia-Yu Tsai² Zhi-hao Chen² Sheng-Feng Lin²
Wen-Chih Chou² Ming-Yih Chen³ *

1. Research assistant, NCHU.

2. Graduate student, Department of Life Sciences, NCHU.

3. Professor, Department of Life Sciences, NCHU.

* Corresponding author

Abstract

Vegetation classification and mapping were conducted in the middle and upper streams of the Tachia watershed. 287 study plots (400m² each) were established. Totally 956 taxa of vascular plants, belonging to 142 families and 468 genera, were recorded. There are 147 rare species in this region. Based on hierarchical cluster analysis and detrended correspondence analysis (DCA), there are 22 alliances of forest vegetation at 30% information remaining, and 6 alliances of grassland vegetation at 50% information remaining. According to DCA, the most important environmental factor which influences distribution of vegetation is altitude.

The 28 alliances classified are : *Pinus taiwanensis* ALL., *Engelhardia roxburghiana* ALL., *Litsea acuminata* ALL., *Cyclobalanopsis stenophylloides* ALL., *Machilus thunbergii* ALL., *Tsuga chinensis* var. *formosana* ALL., *Abies kawakamii* ALL., *Cyclobalanopsis morii* ALL., *Carpinus kawakamii* ALL., *Alnus formosana* ALL., *Picea morrisonicola* ALL., *Juniperus squamata* ALL., *Quercus spinosa* ALL., *Rhododendron formosanum* ALL., *Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* ALL., *Schima superba* ALL., *Lithocarpus amygdalifolius* ALL., *Pinus armandii* var. *masteriana* ALL., *Quercus variabilis* ALL., *Pseudotsuga wilsoniana* ALL., *Machilus japonica* ALL., *Juglans cathayensis* ALL., *Yushania niitakayamensis* ALL., *Juniperus formosana* ALL., *Juniperus squamata* -*Rhododendron pseudochrysanthum* ALL., *Miscanthus sinensis* ALL., *Rhododendron rubropilosum* ALL., and *Miscanthus floridulus* ALL.

Based on survey data, check and recorded points in the field, reference data and the 3rd forest inventory data, the vegetation mapping of middle and upper streams of Tachia watershed was made following vegetation classification system at the formation levels for Taiwan.

Keywords: Tachia watershed, cluster, vegetation classification, DCA, vegetation mapping

一、前言

植群調查與分類主要是為呈現植物社會的組成、構造、分布與生態特徵，受限於研究區域、取樣數目與大小、植群受干擾及演替階段等條件的影響，加上研究者分析及命名方式的不同，故產生分歧的植群分類結果。然詳加比對其間物種組成資料，不少相似物種組成之植群類型卻賦予不同名稱，分歧之植群類型命名也造成辨識與後續研究、應用的困擾。歷來有不少學者對台灣地區的植被類型或植物群系進行分類研究，Wang(1962)、柳楮(1968, 1970, 1971)、吳征鎰(1998)、曾昭璇(1993)、劉崇瑞(1959)、劉業經(1972)、Takhtajan(1978)、蘇鴻傑(1985, 1992)、黃威廉(1999)、沈中桴(2000)、梁玉琦(2004)、邱清安(2005)等都曾進行台灣植被區的劃分。近年區域性整合研究有俞秋豐(2003)、劉靜榆(2003)、林鴻志(2005)等。

整理大甲溪歷來植群研究報告計有：王守民(1991)、黃朝慶(1998)對河口植物進行調查；王仁禮(1970)對松鶴及青山地區台灣二葉松植群調查；陳昭明等(1978)調查中部橫貫公路沿線生態；謝長富等(1990)針對中橫公路沿線臺灣赤楊植群進行探討；章樂民(1962)、吳宗穎(1993)對大甲溪中游肖楠群落進行調查；張森源(1997)調查中橫公路青山段之森林植群。上游區域計有劉崇瑞與蘇鴻傑(1978)針對大甲溪上游台灣二葉松群落組成及相關環境因子進行研究；楊遠波與徐國士(2004)就太魯閣國家公園進行植群調查；張惠珠與古心蘭(2000)以及黃群修(1994)於雪山北坡、合歡山研究臺灣冷杉的族群；蘇鴻傑(1974, 1988)對雪山區域香柏的植群進行調查；柳楮(1963)對於小雪山高山草原生態進行調查；陳玉峰(1994)對於太魯閣國家公園高山草原進行調查；賴國祥與陳明義(1995)於大雪山、雪山、合歡山間針對臺灣亞高山針葉樹林與草生地間推移帶之植群結構進行研究。植群調查方面則有徐自恆(1987)、呂勝由與林則桐(1990)調查南湖大山圈谷植群；黃增泉等(1987)於雪山與大霸尖山間調查植群組成並做簡單分型；應紹舜(1976)調查雪山地區高山植群組成並分型；許俊凱等(2000)調查雪山主峰線；歐辰雄等(2003)調查大雪山區域；歐辰雄等(2004)調查大小劍地區；劉業經等(1981)、蔡佳育(2006)調查畢祿河流域植群；陳志豪(2008)進行合歡溪植群調查與製圖；林聖峰(2008)調查七家灣河流域植群並加以繪製植群圖。

中興大學團隊於 2003 年開始參與「國家植群多樣性調查與製圖計畫」，工作範圍包含大甲溪與烏河流域。本研究就大甲溪中上游現生天然植群所進行之樣區調查資料，共 287 個樣區進行分析，期能建立地區性的植群分類系統，並探討植群與環境關係，亦參照「國家植群分類架構」繪製植群圖，提供各方面之參考。

二、研究地區概況

大甲溪為台灣第三大河流，主流源於中央山脈之匹亞南鞍部，與七家灣溪、司界蘭溪、南湖溪及合歡溪匯流後，始稱大甲溪。沿途納入志樂溪、匹亞桑溪、小雪溪、鞍馬溪、馬崙溪、稍來溪、良屏溪及十文溪。上游溪段為峽谷地形，經谷關後溪床漸趨開闊，並有裡冷溪、東卯溪、橫流溪、阿寸溪、麻竹坑溪等支流匯入。流域總面積為 129,197 ha。

蘇鴻傑(1985, 1992)將台灣區分出 11 個地理氣候區，大甲溪上游部份屬西北內陸區，中下游部份屬中西部內陸區。本研究範圍為大甲溪中上游之天然林，由橫流溪以東至南湖大山、中央尖山為界，以梅原山、合歡山為南界，以雪山、四秀為北界，多隸屬於大甲溪事業區與八仙山事業區，少部份區域屬埔里事業區，總面積為 92,744 ha(圖 1)。氣候帶依蘇鴻傑(1985, 1992)之區分，包含亞熱帶、暖溫帶、溫帶、涼溫帶、冷溫帶、亞寒帶。

依據 1963-2004 年間林務局之林火記錄，大甲溪及八仙山事業區共發生 220 次森林火災(黃清吟與林朝欽，2005)。由歷年火燒區域植群調查與監測文獻(呂金誠，1990、

2002；洪泉旭，1993；賴靖融，2003；林永發與邱清安，2002；陳明義與施纓煜，1998、1999；陳明義等，1986；劉思謙，2003)，顯示大甲溪流域部份現生植群受到林火的影響。

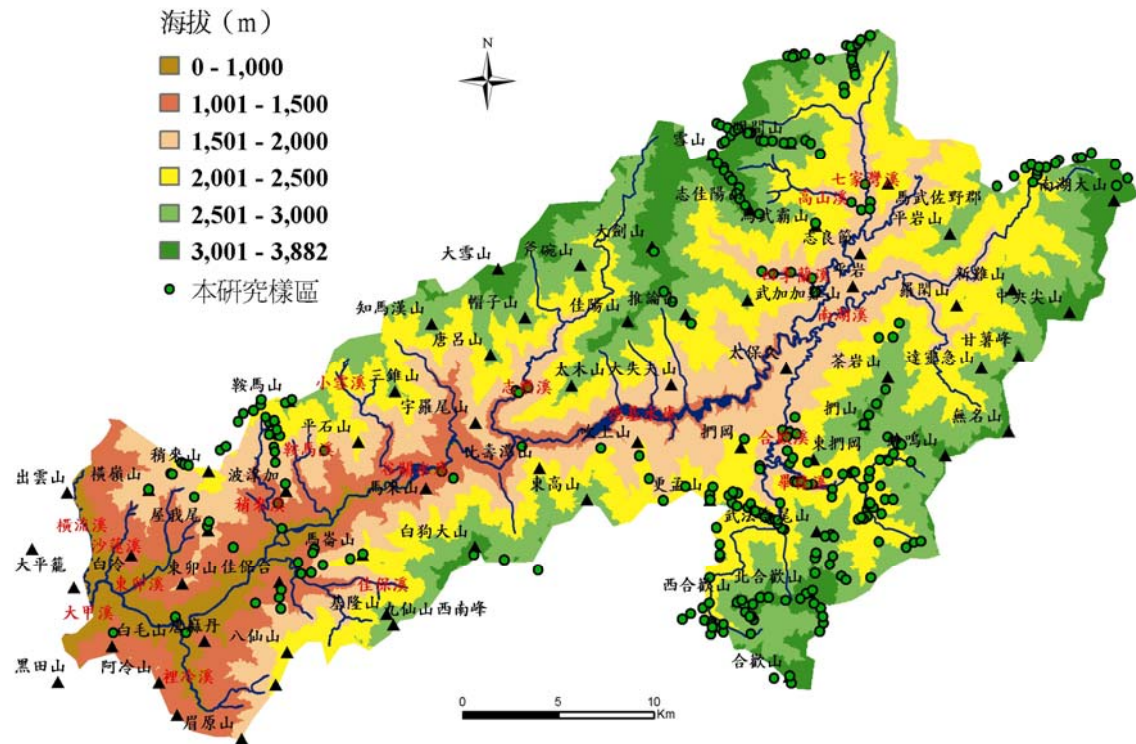


圖 1. 大甲溪中上游 287 個樣區分布圖

Fig. 1. Locations of 287 sample plots in the middle and upper streams of the Tachia watershed.

三、研究項目與方法

(一) 樣區設置：本研究自 2003 年 4 月起，收集研究區相關地圖與資料，整理歷年來植群型相關研究報告。經全面探勘，選定均勻天然林分，進行樣區設置。本研究以多樣區法(multiple plot method) 進行取樣，樣區大小為 400m^2 ($20\text{m} \times 20\text{m}$ 或 $10\text{m} \times 40\text{m}$)，共設置 287 個樣區，包含 228 個森林樣區及 59 個草原樣區(圖 1)。各樣區記錄坐標位置、海拔高、坡度、坡向、土壤含石率、土壤裸露度、岩石地比例、樹高、上木覆蓋度、地被覆蓋度等環境因子。植群調查分為喬木層與地被層，凡植物胸高直徑大於 1cm 者列入喬木層，逐株予以記錄種類及量測其胸高直徑。其餘胸高直徑小於 1cm 者列為地被層，覆蓋度大於 1% 者，記錄其物種及覆蓋面積；覆蓋度小於 1% 者，則僅記錄其物種。

(二) 植群分析：以樣區物種之重要值(importance value index, IVI) 為介量，採用階層式的群集分析法(hierarchical cluster analysis) (Wishart, 1969; McCune & Grace, 2002) 進行植群分類，連結方式採用無加權配對法(unweighted pair-group method, UPGMA)，樣區與樣區間之距離計算採用 Sørensen 距離 (Sokal & Michener, 1958)，以樣本距離的算數平均值作為兩群集間的相似程度，連結最接近的群集(或樣本)，反覆進行連結所有樣本，形成樣本於空間中的新座標，最後以樹形圖呈現，群團劃分的臨界值水準以 Wishart 客觀函數 (Wishart, 1969) 轉換為訊息

維持度表示。群團以下位階採列表比較法分群，命名參照前人文獻及「台灣植被之分類方案」所整理之分類群(謝長富，2007)，群團以優勢種或共優勢種為命名方式，群叢採特徵種在前，優勢種在後，複合命名。

(三) 環境因子分析：採用降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA) 進行樣區排序，間接推估植群型與環境間的關係，DCA 序列分布圖之梯度軸長(length of gradient)可做為 β 多樣性之度量(Gauch,1982)，梯度軸愈長，代表 β 多樣性愈高，即物種轉換 (species turnover) 程度，兩端的樣點共有的物種較少；單位為標準偏差(standard deviation, SD)，若差距在 4SD 以上，代表兩樣點之間沒有共同的種類(劉和義，2004)。

(四) 植群圖繪製：植群圖為植群分類的一種應用，選擇植群分類的階層與植群圖的呈現方式，以色塊或圖象表現植群資訊，可記錄現生植群的狀況。本研究根據以下資訊繪製植群圖：(1) 樣區分群結果、(2) 野外調繪樣點、(3) 前人文獻植群分類資料、(4) 1990-1993 年間林務局第三次森林資源調查及林地分類所建立之台灣林地地理資訊系統及數位化林型圖資料 (林務局，1995)。

四、結果與討論

(一) 物種組成

本研究共設置 287 個樣區，包含 228 個上木樣區及 59 個地被樣區，共記錄 35,566 筆樣木資訊，維管束植物共發現 956 種，分屬 142 科 468 屬，其中蕨類植物 23 科 63 屬 173 種；裸子植物 6 科 14 屬 19 種；雙子葉植物 102 科 311 屬 625 種；單子葉植物 11 科 80 屬 139 種(表 1)。以薔薇科(57 種)、菊科(52 種)與蘭科(44 種)的種數較多。流域內共調查到 147 種稀有植物(表 2)。

表 1. 大甲溪中上游樣區維管束植物統計

Table 1. Taxa of vascular plants in the middle and upper streams of the Tachia watershed.

	科	屬	種
蕨類植物	23	63	173
裸子植物	6	14	19
雙子葉植物	102	311	625
單子葉植物	11	80	139
總計	142	468	956

表 2. 大甲溪中上游之稀有植物

Table 2. Rare species in the middle and upper streams of the Tachia watershed.

科 種		物 種
蕨類	11 30	台灣高山鐵線蕨、石長生、灰背鐵線蕨、深山鐵線蕨、姬鐵角蕨、綠柄剪葉鐵角蕨、線葉鐵角蕨、羽節蕨、長苞雙蓋蕨、蘇鐵蕨、二型鱗毛蕨、台灣貫眾蕨、外山氏鱗毛蕨、尖葉貫眾蕨、針葉耳蕨、馬祖耳蕨、頂羽鱗毛蕨、藏布鱗毛蕨、小杉葉石松、反捲葉石松、杉葉蔓石松、垂枝石松、扇羽陰地蕨、高山瓶爾小草、絨假紫萁、二條線蕨、掌葉蕨、二形鳳尾蕨、城戶氏鳳尾蕨、刺柄金星蕨。
裸子植物	6 9	台灣粗榧、台灣肖楠、台灣扁柏、台灣雲杉、台灣黃杉、叢花百日青、南洋紅豆杉、台灣杉、巒大杉。
雙子葉植物	38 85	朱紅水木、忍冬葉冬青、刻脈冬青、苗栗冬青、假黃楊、雪山冬青、雲南冬青、台灣五葉參、食用土當歸、華參、阿里山十大功勞、南湖附地草、川上氏忍冬、追分忍冬、無梗忍冬、網脈繁縷、台灣稻槎菜、能高刀傷草、能高籜簫、高山青木香、高山破傘菊、黃山蟹甲草、台灣青莢葉、穗花八寶、台灣山薺、南澳杜鵑、馬銀花、細葉杜鵑、思茅槲櫟、柞木、伊澤山龍膽、高山當藥、翼萼蔓、小葉瑞木、水絲梨、秀柱花、化香樹、天台烏藥、台灣檫樹、橢圓葉木薑子、台灣土圞兒、台灣紅豆樹、小葉鐵仔、無脈木犀、南湖柳葉菜、大霸尖山酢漿草、細葉疏果海桐、錫杖花、台灣烏頭、高山鐵線蓮、小葉鼠李、畢祿山鼠李、毛瓣石楠、台灣野梨、台灣稠李、台灣蘋果、布氏稠李、平枝鋪地蜈蚣、刺葉桂櫻、阿里山櫻花、柳氏懸鉤子、高山枸子、雪山翻白草、黃土樹、樂山鋪地蜈蚣、霧社山櫻花、阿里山清風藤、台灣山柳、高山柳、關山嶺柳、大武貓兒眼睛草、阿里山落新婦、青貓兒眼睛草、日本松蒿、台灣泡桐、南湖碎雪草、臭椿、能高山灰木、瑞岩灰木、日本山茶、台灣纖花草、臭根、三萼花草、高山纈草、雙黃花堇菜。
單子葉植物	4 23	小野臭草、延齡草、雪山黎蘆、九華蘭、小葉豆蘭、台灣金線蓮、台灣喜普鞋蘭、台灣鈴蘭、玉山雙葉蘭、印度山蘭、奇萊喜普鞋蘭、金草、金釵蘭、長葉蜻蜓蘭、梅峰雙葉蘭、細葉春蘭、鹿角蘭、蜘蛛蘭、寬唇松蘭、撬唇蘭、鸛冠蘭、宜蘭菝葜、南投菝葜。

(二) 植群分類

植群分析採階層式的群集分析配合降趨對應分析(DCA)進行處理，就 228 個森林樣區 162 種上木資料之群集分析，採訊息維持度 30%進行樣區及物種切分，可區分出 22 個群集，參考謝長富(2007)、林鴻志(2005)、蔡佳育(2006)、陳志豪(2008)、林聖峰(2008)等文獻資料，授以群團位階如圖 2；另就 59 個草原樣區共 185 種地被物種進行群集分析，採訊息維持度 50%切分樣區，可區分出 6 個群團如圖 3，各群團之海拔範圍分布整理如圖 4。

大甲溪中上游共 28 個群團分別描述如下：

1. 台灣二葉松群團 (*Pinus taiwanensis* ALL.)

分布於大甲溪中游兩側及上游合歡溪、畢祿溪沿岸以及雪山、南湖大山稜線等 44 個樣區，海拔分布於 700-2,909m，廣泛分布於稜線、上坡至溪谷等地形。上層以台灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*) 為優勢，上層次優勢及中層優勢樹種有台灣雲杉 (*Picea morrisonicola*)、台灣華山松 (*Pinus armandii* var. *masteriana*)、台灣黃杉 (*Pseudotsuga wilsoniana*)、台灣赤楊 (*Alnus formosana*)、狹葉欒 (*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、赤柯 (*Cyclobalanopsis morii*)、長尾尖葉櫟 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii*)。本群團依據列表比較法，又可區分出：台灣冷杉—台灣二葉松群叢群叢、台灣華山松—台灣二葉松群叢、台灣二葉松群叢、台灣雲杉—台灣二葉松群叢、台灣黃杉—台灣二葉松群叢、狹葉欒—台灣二葉松群叢、栓皮欒—台灣二葉松群叢、台灣赤楊—台灣二葉松群叢、山紅柿—台灣二葉松群叢。依 1963-2004 年間之林火記錄，大甲溪及八仙山事業區共發生 220 次森林火災(黃清吟與林朝欽，2005)，劉崇瑞與蘇鴻傑(1978)提出二葉松的純林或疏林受連續性的火燒所影響，所形成之次極盛相，可天然更新，屬於火災適存植群。參照「台灣植被之分類方案」(謝長富，2007)，本群團包含上部山地—山地—下部山地針闊葉次生混淆林群系、上部山地—山地—下部山地次生針葉林群系。

2. 黃杞群團 (*Engelhardia roxburghiana* ALL.)

位於馬崙山、佳保溪沿岸及志樂溪等 7 個樣區，海拔分布於 1,080-1,540m，分布於中下坡的地形位置。樹冠層覆蓋度 85-95%間，覆蓋良好，上層以黃杞 (*Engelhardia roxburghiana*)、木荷 (*Schima superba*) 為優勢，次優勢樹種為長葉木薑子 (*Litsea acuminata*)、杜英 (*Elaeocarpus sylvestris*)、火燒柯 (*Castanopsis fargesii*)、錐果欒 (*Cyclobalanopsis longinux*)、大葉苦櫟 (*Castanopsis kawakamii*)、山紅柿 (*Diospyros morrisiana*)、香桂 (*Cinnamomum subavenium*)。本群團屬於下部山地常綠闊葉林群系。

3. 長葉木薑子群團 (*Litsea acuminata* ALL.)

散布於阿冷山、屋我尾山、佳保溪、稍來溪、更孟山、合歡溪、四季蘭溪等 11 個樣區，海拔分布為 1,280-2,167m，分布於中坡及中坡谷地。覆蓋度 65-95%，上層以長葉木薑子、短尾葉石欒 (*Pasania harlandii*) 為優勢；次優勢樹種為變葉新木薑子 (*Neolitsea aciculata* var. *variabilissima*)、烏心石 (*Michelia compressa*)。本群團屬於山地常綠闊葉林群系 (下部欒林帶)。

4. 狹葉欒群團 (*Cyclobalanopsis stenophylloides* ALL.)

分布於志樂溪、七家灣溪、畢祿溪、合歡溪、南湖溪等 10 個樣區，海拔介於 1,598-2,742m，地形從下坡至稜線及谷地。上層樹種以狹葉欒為優勢，次優勢種為三斗石欒 (*Pasania hancei* var. *ternaticupula*)、高山新木薑子 (*Neolitsea acuminatissima*)、台灣肉桂 (*Cinnamomum insularimontanum*)、台灣黃杉。本群團中又可區分出台灣黃杉—狹葉欒群叢、高山新木薑子—狹葉欒群叢，前者分布於下坡及溪谷地形，覆蓋度較低；後者分布於稜線、上坡，覆蓋度較高。本群團屬於山地常綠闊葉林群系。

5. 豬腳楠群團 (*Machilus thunbergii* ALL.)

包含青山、志樂溪 2 個樣區，海拔為 979m 與 1,404m，位於下坡地形。樹冠層覆蓋度 75-95%，以豬腳楠 (*Machilus thunbergii*)、長葉木薑子、台灣赤楊為優勢，三斗石欒、瓊楠 (*Beilschmiedia erythrophloia*)、山香圓 (*Turpinia formosana*)、杜英為次優勢。屬於下部山地常綠闊葉林群系。

6. 台灣鐵杉群團 (*Tsuga chinensis* var. *formosana* ALL.)

包含鞍馬山、白姑大山、合歡山、武法奈尾山、推論山、南湖大山及畢祿溪上游門山、鈴鳴山共 21 個樣區，海拔分布為 2,126-3,112m，廣泛分布於各種地形，包含稜線、上坡、中坡下坡至谷地。上層以台灣鐵杉 (*Tsuga chinensis* var. *formosana*) 為優勢，台灣華山松、紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*)、狹葉櫟、高山新木薑子為次優勢；中層以台灣杜鵑 (*Rhododendron formosanum*)、南燭 (*Lyonia ovalifolia*)、三斗石櫟、玉山杜鵑 (*Rhododendron pseudochrysanthum*)、玉山假沙梨 (*Photinia niitakayamensis*) 為優勢。可區分為：台灣冷杉—台灣鐵杉群叢、台灣華山松—台灣鐵杉群叢、台灣杜鵑—台灣鐵杉群叢、狹葉櫟—台灣鐵杉群叢。前兩群叢屬於上部山地針葉林；後兩群叢屬於山地針闊葉混淆林群系。

7. 台灣冷杉群團 (*Abies kawakamii* ALL.)

分布於合歡山、門山、雪山、大劍山、南湖大山山頂稜線等 37 個樣區，海拔分布於 2,750-3,562m。物種數少，上層優勢主要以台灣冷杉 (*Abies kawakamii*) 為優勢，台灣鐵杉、香青 (*Juniperus squamata*) 為次優勢；中層以玉山杜鵑、巒大花楸 (*Sorbus randaiensis*) 為優勢。可區分為：台灣冷杉群叢、香青—台灣冷杉群叢、巒大花楸—台灣冷杉群叢、台灣鐵杉—台灣冷杉群叢。前三者屬於亞高山針葉林、後者則橫跨亞高山針葉林與上部山地針葉林群系。

8. 赤柯群團 (*Cyclobalanopsis morii* ALL.)

包括鞍馬山、馬武霸山、合歡山、更孟山共 5 個樣區，海拔分布於 2,200-2,490m，位於中坡，覆蓋良好 85-95%。上層以赤柯、高山新木薑子為優勢，昆欄樹 (*Trochodendron aralioides*)、白花八角 (*Illicium anisatum*)、霧社木薑子 (*Litsea elongata* var. *mushaensis*)、三斗石櫟為次優勢。屬於山地常綠闊葉林群系。

9. 阿里山千金榆群團 (*Carpinus kawakamii* ALL.)

分布於佳保溪、稍來溪、四季蘭溪與合歡溪共 5 個樣區，海拔介於 840-2,115m，位於中坡、下坡與溪谷地形。覆蓋變化大，介於 60-95%，上層物種以阿里山千金榆 (*Carpinus kawakamii*) 為優勢，台灣二葉松、野桐 (*Mallotus japonicus*)、青剛櫟 (*Cyclobalanopsis glauca*)、木蠟樹 (*Rhus succedanea*)、長葉木薑子為次優勢樹種。屬於山地一下部山地—低地次生落葉闊葉林群系。

10. 台灣赤楊群團 (*Alnus formosana* ALL.)

分布於鞍馬山、南湖溪上游、畢祿河流域共 9 個樣區，海拔分布於 1,850-2,605m，多位於下坡與溪谷之中。上層以台灣赤楊為主要優勢，阿里山千金榆、台灣雲杉、阿里山榆 (*Ulmus uyematsui*)、刺葉桂櫻 (*Prunus spinulosa*)、台灣紅榨槭 (*Acer morrisonense*)、台灣二葉松為次優勢樹種。屬於上部山地—山地一下部山地崩塌地次生落葉闊葉林群系。

11. 台灣雲杉群團 (*Picea morrisonicola* ALL.)

包含合歡山、武法奈尾山、鈴鳴山、南湖大山等 13 個樣區，海拔在 2,130-2,648m 間，分布從稜線上坡、中坡至溪谷。上層優勢以台灣雲杉、高山新木薑子為優勢，狹葉櫟、三斗石櫟、刺葉桂櫻、台灣華山松、台灣赤楊為次優勢樹種。屬於山地針闊葉混淆林群系。

12. 香青群團 (*Juniperus squamata* ALL.)

包含雪山、南湖大山共 3 個樣區，海拔在 3,457-3,587m 間，樣區分布於上坡與稜線。物種以香青為主要優勢物種，常形成純林，或與台灣冷杉混生，當台灣冷杉優勢大於香青，則形成台灣冷杉群團中之香青—台灣冷杉群叢。屬於亞高山針葉林群系。

13. 高山櫟群團 (*Quercus spinosa* ALL.)

包含鈴鳴山、桃山 2 個樣區，海拔高度為 2,423 與 3,097m，位於上坡與稜線。以高山櫟 (*Quercus spinosa*) 為主要組成，次要優勢物種有台灣冷杉、台灣二葉松、三斗石櫟、高山新木薑子、狹葉櫟，須增加樣區數資料，進一步確認之。屬於上部山地闊葉林。

14. 台灣杜鵑群團 (*Rhododendron formosanum* ALL.)

包含橫嶺山、稍來山、鳶嘴山、屋我尾山、鞍馬山、馬崙山等 9 個樣區，樹冠覆蓋 80-100%，海拔分布於 1,760-2,270m，位於稜線、上坡、中坡等地。群團主要以台灣杜鵑為優勢物種，部份樣區包含台灣二葉松、台灣華山松、紅淡比 (*Cleyera japonica*)、厚皮香 (*Ternstroemia gymnanthera*)、南燭等次優勢樹種。本群團又可區分出台灣杜鵑群叢、大葉越橘—台灣杜鵑群叢。本群團屬於山地常綠闊葉矮林群系。

15. 長尾尖葉槲群團 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* ALL.)

分布於稍來山、鳶嘴山、鞍馬山與波津加山間、青山、武法奈尾山一帶，共 20 個樣區，海拔介於 1,790-2,415m，主要分布於上坡與中坡。林相鬱蔽良好，覆蓋度 75-95%。上層以長尾尖葉槲為優勢，烏心石、高山新木薑子、長葉木薑子、狹葉櫟、赤柯為次優勢樹種。本群團屬於山地常綠闊葉林群系。

16. 木荷群團 (*Schima superba* ALL.)

包含唐麻丹山、馬崙山、西合歡山及更孟山共 5 個樣區，海拔介於 810-2,160m，分布於中坡地形。林相覆蓋良好 85-95%，上層以木荷為優勢，長尾尖葉槲、香楠 (*Machilus zuihoensis*)、假長葉楠 (*Machilus japonica*)、長葉木薑子、烏心石為次優勢樹種。本群團屬於山地常綠闊葉林群系。

17. 杏葉石櫟群團 (*Lithocarpus amygdalifolius* ALL.)

分布於稍來山與鞍馬山間共 5 個樣區，海拔分布於 1,889-2,240m，分布於中坡地形。林相覆蓋良好 85-95%，上層以杏葉石櫟 (*Lithocarpus amygdalifolius*) 為優勢，次優勢為台灣鐵杉、白花八角、薯豆 (*Elaeocarpus japonicus*)、高山新木薑子、長尾尖葉槲、赤柯、烏心石。本群團屬於山地常綠闊葉林群系。

18. 台灣華山松群團 (*Pinus armandii* var. *masteriana* ALL.)

包含鞍馬山與武法內尾山共 3 個樣區，海拔介於 2,384-2,640m，位於上坡與稜線地形。林相覆蓋度 40-90%，上層以台灣華山松為優勢，台灣二葉松、台灣鐵杉、台灣赤楊、狹葉櫟為次優勢，地被以五節芒 (*Miscanthus floridulus*) 為主。本群團屬於上部山地—山地一下部山地次生針葉林群系。

19. 栓皮櫟群團 (*Quercus variabilis* ALL.)

包含合歡溪、七家灣溪共 7 個樣區，海拔介於 1,717-2,050m，主要位於中坡至谷地地形。樹冠層覆蓋 70-90%，上層以栓皮櫟 (*Quercus variabilis*)、化香樹 (*Platycarya strobilacea*) 為優勢，次優勢樹種為櫟 (*Quercus variabilis*)、台灣二葉松、銳葉高山櫟 (*Quercus tatakaensis*)、木蠟樹、野核桃 (*Juglans cathayensis*)；下層以大葉溲疏 (*Deutzia pulchra*)、疏果海桐 (*Pittosporum illicioides*)、細葉杜鵑 (*Rhododendron*

noriakianum)、米飯花 (*Vaccinium bracteatum*) 為優勢種。依物種組成，本群團屬於山地一下部山地—低地次生落葉闊葉林群系。

20. 台灣黃杉群團 (*Pseudotsuga wilsoniana* ALL.)

包含東門崗山、畢祿山共 3 個樣區，海拔分布於 1,720-2,563m，位於於稜線與中坡，上層以台灣黃杉為優勢，台灣鐵杉、台灣華山松、栓皮櫟、化香樹、台灣赤楊、台灣二葉松為次優勢樹種。屬於山地針闊葉混淆林群系。

21. 假長葉楠群團 (*Machilus japonica* ALL.)

包含畢祿溪 4 個樣區，海拔分布於 1,860-2,020m，位於中坡至溪谷地形。上層以假長葉楠、大葉石櫟 (*Pasania kawakamii*) 為優勢，狹葉櫟、台灣肉桂、阿里山千金榆為次優勢；中層以高山新木薑子、紫珠 (*Callicarpa dichotoma*)、疏果海桐、長葉木薑子為優勢。本群團屬於山地常綠闊葉林群系 (下部櫟林帶)。

22. 野核桃群團 (*Juglans cathayensis* ALL.)

包含七家灣溪、合歡溪共 3 個樣區，海拔分布於 1,642-1,780m，位於溪谷地形。上層覆蓋較為稀疏(70-85%)，樹冠層主要以野核桃為優勢，青楓 (*Acer serrulatum*)、阿里山榆、阿里山千金榆、屏東木薑子 (*Litsea akoensis*)、台灣肉桂為次優勢，中層以朴樹 (*Celtis sinensis*)、台灣青英葉 (*Helwingia japonica* subsp. *taiwaniana*) 為優勢。本群團屬於山地一下部山地—低地次生落葉闊葉林群系。

23. 玉山箭竹群團 (*Yushania niitakayamensis* ALL.)

廣布於雪山、志佳陽、推論山、四秀、茶岩山、合歡山、北合歡山、西合歡山、白姑大山、南湖大山等區域共 35 個樣區，海拔分布於 2,767-3,351m，主要分布於稜線、上坡及中坡地形，岩石地比例低於 10%，土壤含石率則由 0-100%不等。物種以玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis*) 為優勢，紅毛杜鵑 (*Rhododendron rubropilosum*)、刺柏 (*Juniperus formosana*)、玉山杜鵑、香青、台灣二葉松散生其中，間雜玉柏 (*Lycopodium obscurum*)、高山白珠樹 (*Gaultheria itoana*)、玉山金絲桃 (*Hypericum nagasawai*)、玉山水苦 (*Veronica morrisonicola*)、台灣馬醉木 (*Pieris taiwanensis*)、中國地楊梅 (*Luzula effusa*)、台灣地楊梅 (*Luzula taiwaniana*)、台灣繡線菊 (*Spiraea formosana*)、芒 (*Miscanthus sinensis*)、大籽當藥 (*Swertia macrosperma*)、一枝黃花 (*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*)、紫羊茅 (*Festuca rubra*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、玉山毛蓮菜 (*Picris hieracioides* subsp. *morrisonensis*)、曲芒髮草 (*Deschampsia flexuosa*)、台灣龍膽 (*Gentiana davidii* var. *formosana*)、阿里山龍膽 (*Gentiana arisanensis*)、石松 (*Lycopodium clavatum*)、台灣粉條兒菜 (*Aletris formosana*)、玉山石松 (*Lycopodium veitchii*)、台灣藜蘆 (*Veratrum formosanum*) 等零星分布。參照列表比較法可區分為：玉山箭竹群叢、紅毛杜鵑—玉山箭竹群叢、聚生穗序薹—玉山箭竹群叢、芒—玉山箭竹群叢。依台灣植被之分類方案屬於亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢群系。

24. 刺柏群團 (*Juniperus formosana* ALL.)

僅大劍山 1 個樣區，海拔位於 3430m，坡度 50 度，岩石地比例 70%，地表裸露度大，以刺柏為優勢，玉山杜鵑與玉山小蘗 (*Berberis morrisonensis*) 為次優勢，樣區內未有玉山箭竹出現，仍須增加樣區資料，了解群團變異程度。本群團屬於亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢群系。

25. 香青—玉山杜鵑群團 (*Juniperus squamata*—*Rhododendron pseudochrysanthum* ALL.)

散布於南湖大山、雪山、合歡山、北合歡山山頂稜線共 9 個樣區，海拔介於 3,334-3,885m，土壤含石率接近 100%，坡度介於 10-70 度間。香青、玉山杜鵑為優勢物種，曲芒髮草、高山白珠樹、玉山薄雪草 (*Leontopodium microphyllum*)、玉山小蘗、川上氏忍冬 (*Lonicera kawakamii*) 為次優勢，間雜一些玉山當歸 (*Angelica morrisonicola*)、高山梯牧草 (*Phleum alpinum*)、雪山翻白草 (*Potentilla tugitakensis*)。本群團屬於高山針闊葉灌叢群系

26. 芒群團 (*Miscanthus sinensis* ALL.)

包含桃山、武法奈尾山、明間山等 4 個樣區，海拔分布於 2,850-3,335m。以芒為主要優勢物種，台灣二葉松、高山懸鉤子 (*Rubus rolfei*)、高山薔薇 (*Rosa transmorrisonensis*)、巒大蕨 (*Pteridium aquilinum* subsp. *wightianum*)、細葉杜鵑為次優勢。本群團多分布於路旁、防火巷或曾發生過火燒之跡地，以大面積尺度觀察，多與玉山箭竹形成鑲嵌的聚落。與玉山箭竹群團中的芒—玉山箭竹群叢，彼此消長。本群團屬於亞高山—上部山地—山地草本植群群系。

27. 紅毛杜鵑群團 (*Rhododendron rubropilosum* ALL.)

分布於西合歡山、北合歡山共 2 個樣區，海拔分別為 3,121、3,123m。以紅毛杜鵑、玉山箭竹、曲芒髮草、高山白珠樹、石松為優勢，刺柏、芒為次優勢。此群團與玉山箭竹群團中的紅毛杜鵑—玉山箭竹群叢物種組成相近，若依物種組成與形相，可將其合併。屬於亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢群系。

28. 五節芒群團 (*Miscanthus floridulus* ALL.)

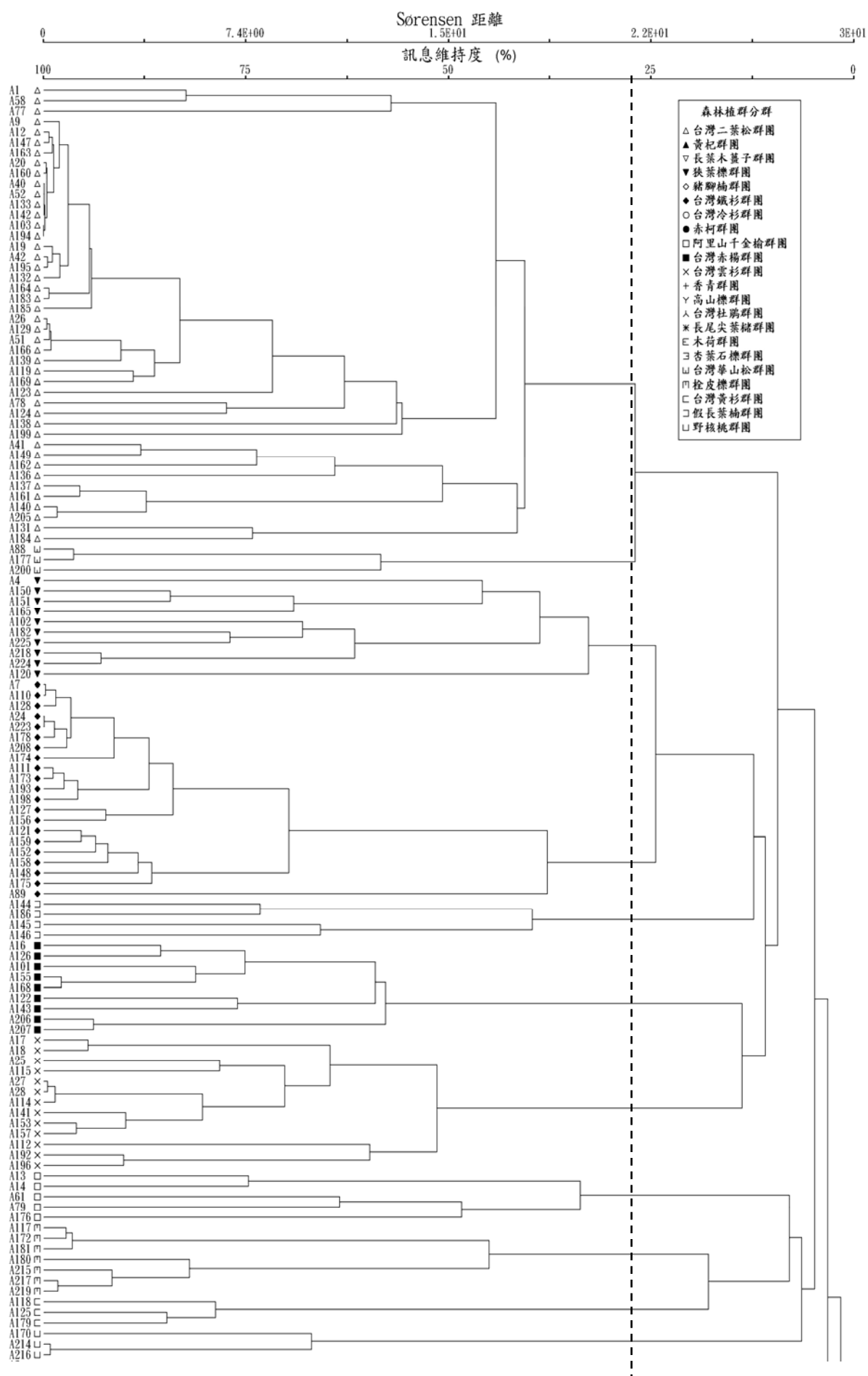
包含更孟山至武法奈尾山間 5 個樣區，海拔分布於 2,093-2,551m，坡度 5-35 度。五節芒為優勢，巒大蕨、台灣二葉松、台灣赤楊為次優勢，間雜阿里山薊 (*Cirsium arisanense*)、地刷子 (*Lycopodium complanatum*)、台灣黃杉、金毛杜鵑 (*Rhododendron oldhamii*)、艾 (*Artemisia indica*)、台灣山白蘭 (*Aster formosanus*)、貓兒菊 (*Hypochaeris radicata*) 等物種。屬於下部山地—低地草本植群群系。

表 3. 大甲溪中上游之植群分群

Table 3. The hierarchical cluster analysis in the middle and upper streams of the Tachia watershed.

群系綱	群系	本文分群
灌叢	高山針闊葉灌叢	香青—玉山杜鵑群團
灌叢	亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢	刺柏群團、紅毛杜鵑群團、玉山箭竹群團
草本植群	亞高山—上部山地—山地草本植群	高山芒群團
草本植群	下部山地—低地草本植群	芒群團
森林	亞高山針葉林 (冷杉林帶)	香青群團、台灣冷杉群團
森林	上部山地針葉林 (鐵杉林帶)	台灣鐵杉群團
森林	上部山地闊葉林 (硬葉林)	高山櫟群團
森林	山地針闊葉混淆林	台灣鐵杉群團、台灣雲杉群團、台灣黃杉群團
森林	山地常綠闊葉林 (上部櫟林帶) (下部櫟林帶)	赤柯群團、狹葉櫟群團、長尾尖葉槲群團、木荷群團、杏葉石櫟群團、假長葉楠群團、長葉木薑子群團
森林	山地常綠闊葉矮林 (櫟林帶)	台灣杜鵑群團

森林	下部山地常綠闊葉林（楠櫟林帶）	黃杞群團、豬腳楠群團
森林	上部山地－山地－下部山地次生針葉林	台灣二葉松群團
森林	上部山地－山地－下部山地針闊葉次生混淆林	台灣二葉松群團
森林	上部山地－山地－下部山地崩塌地次生落葉闊葉林	台灣赤楊群團
森林	山地－下部山地－低地次生落葉闊葉林	阿里山千金榆群團、野核桃群團、栓皮櫟群團



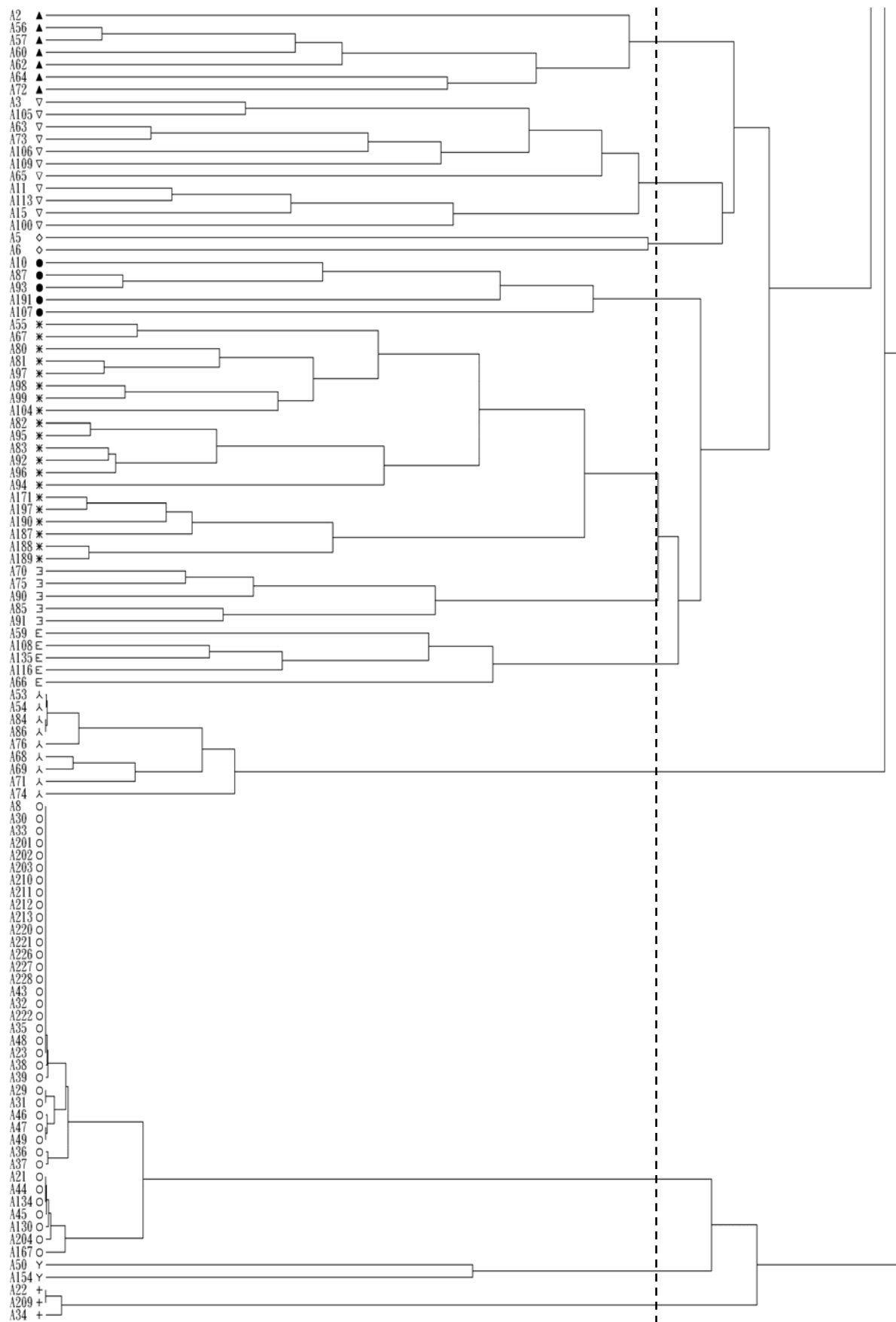


圖 2. 228 個森林樣區群團分析樹狀圖

Fig. 2. Dendrogram of hierarchical cluster analysis for 228 forest plots.

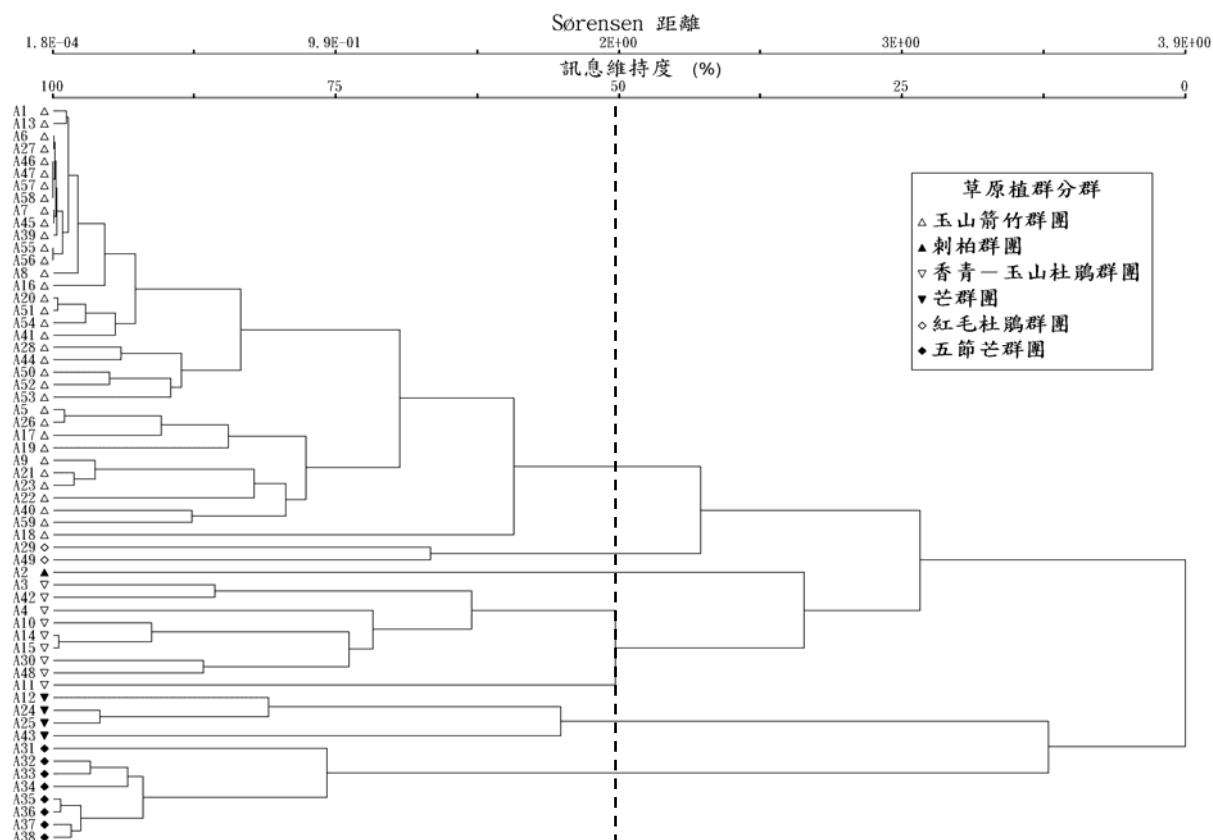


圖 3. 59 個草原樣區群團分析樹狀圖

Fig. 3. Dendrogram of hierarchical cluster analysis for 59 grassland plots.

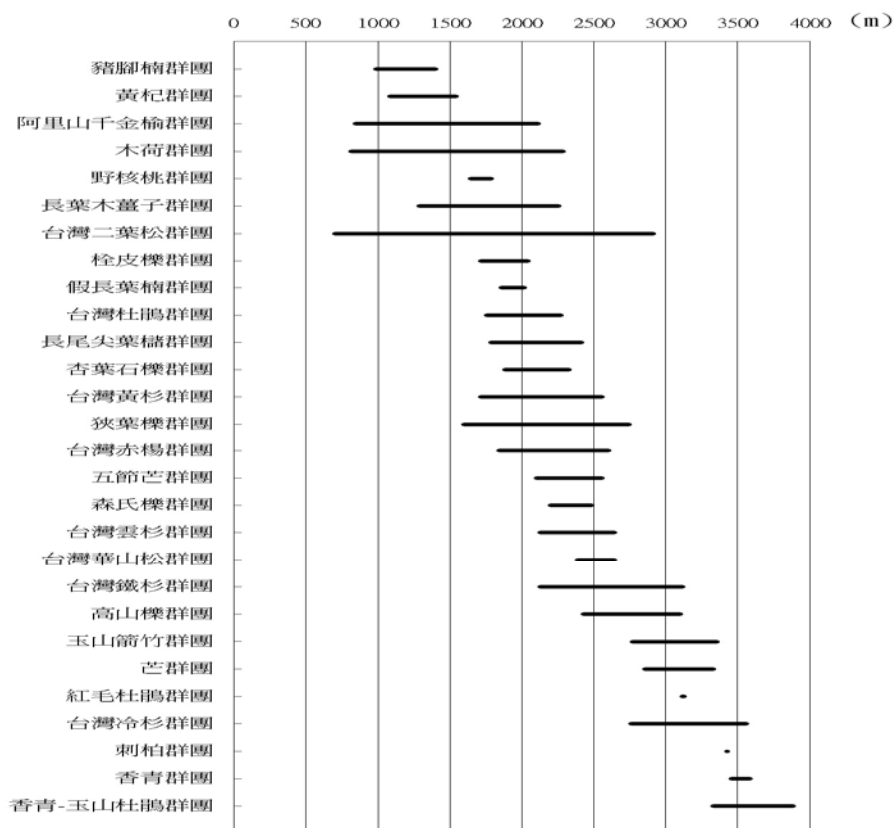


圖 4. 28 個群團之海拔分布

Fig. 4. Distribution of 28 alliances at different altitudes.

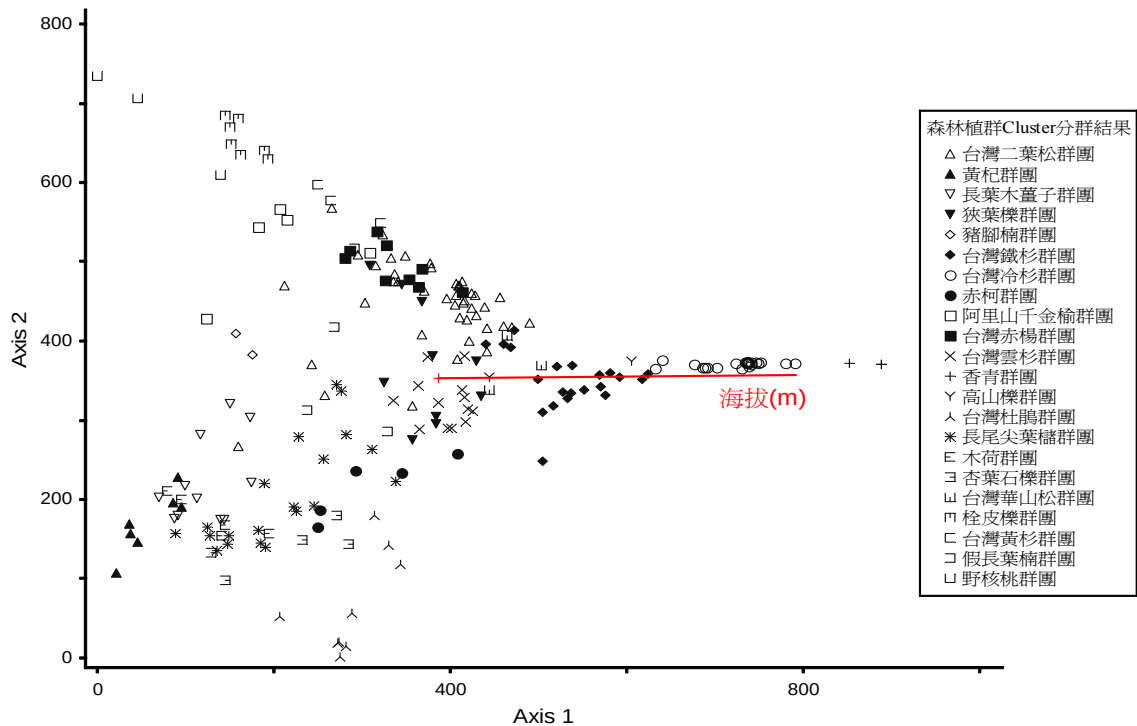


圖 5. 228 個森林樣區在 DCA 序列第一軸與第二軸之分布

Fig. 5. Distribution of 228 forest plots on DCA Axis1 and Axis2.

表 4、DCA 前三軸的軸長、特性根及可解釋百分率(森林樣區)

Table 4. The gradient lengths, eigenvalues, increment and cumulative values of the three DCA axes of 228 forest plots.

	軸長 (Gradient length)	特性根 (Eigenvalue)	可解釋百分比 (Increment)	累積可解釋變異 (Cumulative % variance)
第一軸	8.885	0.934	0.196	0.196
第二軸	7.327	0.750	0.117	0.312
第三軸	4.711	0.537	0.064	0.377

表 5. DCA 前三軸與環境因子的相關係數(森林樣區) (r:複相關係數, r^2 :決定係數)。

Table 5. Correlation coefficients between environmental factors with the three DCA axes of 228 forest plots.

Axis	第一軸		第二軸		第三軸	
	r	r^2	r	r^2	r	r^2
海拔(m)	0.9**	0.81**	0.084	0.007	-0.052	0.003
地形	-0.413	0.17	0.148	0.022	-0.28	0.078
坡度(度)	0.125	0.016	0.032	0.001	0.083	0.007
坡向(度)	-0.049	0.002	-0.026	0.001	-0.02	0
土壤含石率(%)	0.041	0.002	0.061	0.004	-0.154	0.024
地表裸露(%)	-0.288	0.083	-0.2	0.04	0.155	0.024
岩石地比例(%)	0.061	0.004	0	0	-0.053	0.003
樹冠層高度(m)	0.16	0.026	-0.061	0.004	-0.075	0.006
樹冠層覆蓋度(%)	-0.318	0.101	-0.35	0.123	0.014	0

**表示達顯示水準 (* p<0.05, **p<0.01)

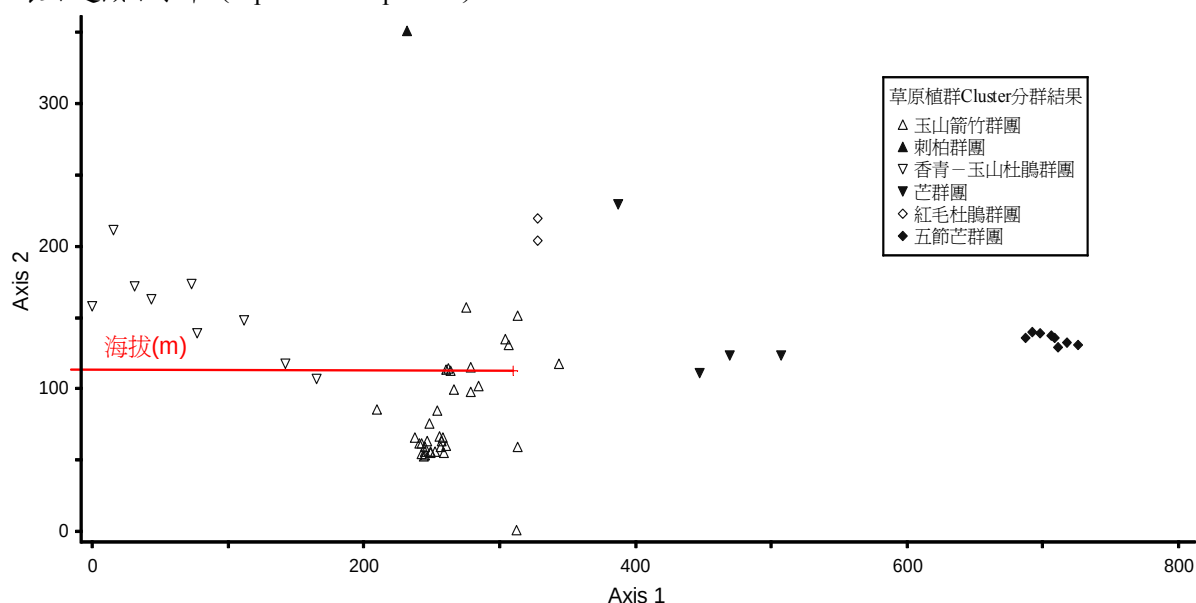


圖 6. 59 個草原樣區群團在 DCA 序列第一軸與第二軸之分布

Fig. 6. Distribution of 59 grassland plots on DCA Axis1 and Axis2.

表 6、DCA 前三軸的軸長、特性根及可解釋百分率(草原樣區)

Table6. The gradient lengths, eigenvalues, increment and cumulative values of the three DCA axes in 59 grassland plots.

軸	軸長 (Gradient length)	特性根 (Eigenvalue)	可解釋百分比 (Increment)	累積可解釋變異 (Cumulative % variance)
第一軸	7.263	0.920	0.590	0.590
第二軸	3.499	0.361	0.088	0.678
第三軸	1.975	0.164	0.008	0.686

表 7、DCA 前三軸與環境因子的相關表 (草原樣區)(r:複相關係數, r^2 : 決定係數)

Table 7. Correlation coefficients between environmental factors with three DCA axes of 59 grassland plots.

Axis	第一軸		第二軸		第三軸	
	r	r^2	r	r^2	r	r^2
海拔(m)	-0.903**	0.815**	0.037	0.001	-0.063	0.004
地形	-0.045	0.002	0.068	0.005	-0.386	0.149
坡度(度)	-0.268	0.072	0.514	0.265	0.248	0.061
坡向(度)	-0.193	0.037	-0.009	0	-0.016	0
土壤含石率(%)	-0.487	0.237	0.369	0.136	0.091	0.008
地表裸露(%)	-0.099	0.01	0.481	0.232	-0.128	0.016
岩石地比例(%)	-0.188	0.035	0.407	0.166	-0.035	0.001

**表示達顯示水準 (* p<0.05, **p<0.01)

(三) 植群分布與環境因子相關性分析

將 22 群團置於 DCA 序列分布圖(圖 5)，DCA 分布圖之梯度第一軸軸長為 8.885，第二軸軸長為 7.327，樣區差距在 4SD 以上，代表兩樣區之間沒有共同的種類。與環境因子的測驗，顯示海拔因子與第一軸呈正相關($p < 0.01$) (表 4, 表 5)。海拔為影響群團分布最主要之因子。依現場調查記錄，樣區海拔分布越高，多位於上坡稜線；高海拔的香青、台灣冷杉、台灣鐵杉群團以大樹為主，每木間距較大，地表植物以玉山箭竹與芒為主，台灣二葉松、台灣赤楊、栓皮櫟、野核桃群團優勢樹種多為稀疏，地表也為芒與五節芒優勢，上層覆蓋度及地表裸露相對於黃杞、長葉木薑子、長尾尖葉槲群團為低，顯示樹冠層覆蓋越密，地表覆蓋則較為稀疏。黃杞群團、木荷群團、杏葉石櫟群團、長葉木薑子群團、長尾尖葉槲群團於 DCA 軸上之分布，各群團於海拔梯度上的排列如圖 4。

將樹冠層覆蓋度低於 10% 的樣區劃分為草原植群，6 群團置於 DCA 序列分布圖(圖 6)，DCA 分布圖之梯度第一軸軸長為 7.263，第二軸軸長為 3.499，海拔與土壤含石率與第一軸呈負相關，坡度、土壤含石率、地表裸露與岩石地比例與第二軸呈正相關($p < 0.01$)，海拔仍是影響此 6 個群團的重要因子，五節芒群團分布於較低海拔，香青—玉山杜鵑群團分布於較高海拔(表 6、表 7、圖 6)，依現場調查記錄，香青—玉山杜鵑群團、刺柏群團分布多位於岩石地比例大，土壤基質較少的環境，多分布於山頂稜線，坡度較陡地表裸露也大；芒與五節芒群團多分布於干擾過後地區，如道路、防火線兩側及火燒跡地等地。

(四) 植群圖繪製

參照謝長富(2007)建構之「台灣植群群系分類架構」，整合現有植群分群、野外調繪樣點、前人文獻植群分類資料、第三次森林資源調查及林地分類數位化林型圖資料，進行植群圖繪製。本次調查大甲溪中上游區域，面積共 92,744 ha，共繪製 23 個天然植群群系，包含：上部山地闊葉林群系(0.0068%)、亞高山及上部山地次生半落葉闊葉林群系(0.0197%)、下部山地針葉林群系(0.0214%)、下部山地—低地岩壁及碎石坡植群群系(0.0219%)、高山草本植群群系(0.0247%)、亞高山及上部山地岩壁及碎石坡植群群系(0.0343%)、下部山地針闊葉混淆林群系(0.0731%)、上部山地—山地—下部山地崩塌地次生落葉闊葉林群系(0.0795%)、上部山地針闊葉混淆林群系(0.1302%)、山地—下部山地—低地次生落葉闊葉林群系(0.2059%)、亞高山—上部山地—山地草本植群群系(0.2542%)、山地岩壁及碎石坡植群群系(0.3014%)、下部山地—低地草本植群群系(0.362%)、下部山地—低地次生常綠闊葉林群系(0.379%)、下部山地常綠闊葉林群系(1.3974%)、亞高山針葉林群系(2.34%)、亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢群系(2.6753%)、上部山地—山地—下部山地針闊葉次生混淆林群系(5.4624%)、上部山地—山地—下部山地次生針葉林群系(6.503%)、山地常綠闊葉林群系(6.6419%)、上部山地針葉林群系(13.49%)、山地針葉林群系(13.867%)、山地針闊葉混淆林群系(19.975%)及 7 個非天然植群群系，包含人工林(17.29%)、竹林(0.1176%)、耕地與建地(5.4327%)、人工裸露地(0.4212%)、天然裸露地(1.1475%)、水域(1.3243%)。

五、結論

本研究範圍含括大甲溪中上游之天然林，共設置 287 個樣區，包含 228 個上木樣區及 59 個地被樣區，維管束植物共記錄到 142 科 468 屬 956 種。樣區資料採階層式的群集分析，配合降趨對應分析(DCA)及列表比較法進行處理，共分出 28 個群團，其中 22 個群團為森林樣區及 6 個群團為草原樣區，各群團採列表比較法細分至群叢。

大甲溪中上游植群之 28 個群團分別為：台灣二葉松群團、黃杞群團、長葉木薑子

群團、狹葉櫟群團、豬腳楠群團、台灣鐵杉群團、台灣冷杉群團、赤柯群團、阿里山千金榆群團、台灣赤楊群團、台灣雲杉群團、香青群團、高山櫟群團、台灣杜鵑群團、長尾尖葉槭群團、木荷群團、杏葉石櫟群團、台灣華山松群團、栓皮櫟群團、台灣黃杉群團、假長葉楠群團、野核桃群團、玉山箭竹群團、刺柏群團、香青—玉山杜鵑群團、芒群團、紅毛杜鵑群團、五節芒群團。

參照謝長富(2007)建構之「台灣植群群系分類架構」，整合 287 個樣區資料分群、野外調繪樣點及前人文獻植群分類資料及第三次森林資源調查，共繪製 23 個天然植群群系，完成大甲溪中上游植群圖的繪製。

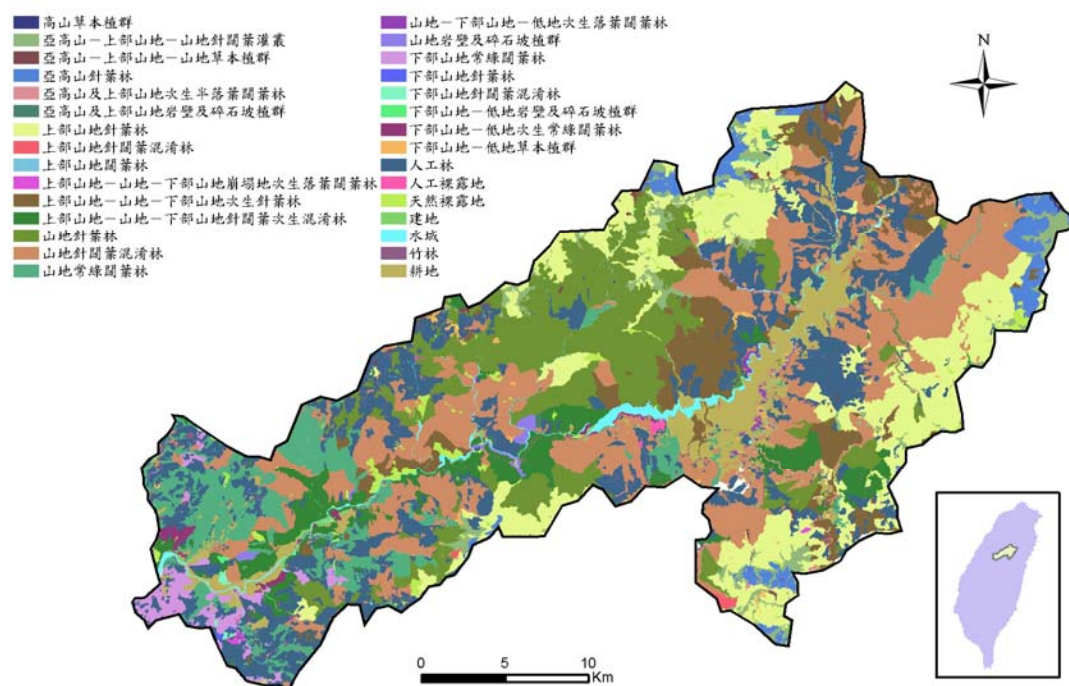


圖 7. 大甲溪中上游植群圖

Fig. 7. Vegetation map of the middle and upper streams of the Tachia watershed.

六、引用文獻

王仁禮(1970)松鶴及青山地區臺灣二葉松天然林之植生。臺灣省林業試驗所所訊 267:3083-3090。

王守民(1991)大甲溪口地區植物資源及植群演替趨勢之研究。國立中興大學植物學系碩士論文。

台灣省林務局(1995)第三次台灣森林資源及土地利用調查報告。

吳宗穎(1993)臺灣中部地區臺灣肖楠族群生態之探討。國立中興大學森林學系碩士論文。

吳征鎰(1998)在新建議的東亞植物區系的背景下台灣植物區系的地位—特論其森林系統分帶的特點和來源。海峽兩岸植物多樣性保育。p. 1-8。

呂金誠(1990)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物學系博士論文。

呂金誠(2002)武陵火燒後植群之變化。內政部營建署雪霸國家公園管理處。

呂勝由、林則桐(1990)南湖大山植群生態之研究。林業試驗所研究報告季刊 5(2):121-133。

沈中桴(2000)台灣島的植物地理。林業研究專訊 34:13-20。

- 林永發、邱清安(2002)環山與雪山東峰火燒後植群之變化。行政院內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 林聖峰(2008)七家灣溪流域植群多樣性分析與製圖。國立中興大學生命科學系碩士論文。
- 林鴻志(2005)雪霸國家公園植群之整合研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 邱祈榮(1998)大甲溪事業區主要林型數量分佈模式建立之研究。中華林學季刊 31(1):25-50。
- 邱清安(2005)台灣植群生態氣候關聯與類型之研究。國立中興大學森林學系博士論文。
- 柳樞(1963)小雪山高山草原生態之研究。行政院農業委員會林業試驗所研究報告 92 號。
- 柳樞(1968)臺灣植物群落分類之研究 I.臺灣植物群系之分類。行政院農業委員會林業試驗所研究報告 166 號。
- 柳樞(1970) 臺灣植物群落之分類 III.台灣闊葉樹林諸群系及熱帶疏林群系之研究。國科會年報 4(2). p.36。
- 柳樞(1971)臺灣植物群落之分類 II.臺灣高山寒原及針葉樹林群系。行政院農業委員會林業試驗所研究報告 203 號。
- 洪泉旭(1993)臺灣二葉松林火燒後植群生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 徐自恆(1987)臺灣東北部南湖大山高山植群分析。國立臺灣大學森林學系碩士論文。
- 張惠珠、古心蘭(2000)合歡山臺灣冷杉永久樣區之植群分析。行政院內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 張森源(1997)中橫公路青山段森林植群之研究。國立臺灣大學森林學系碩士論文。
- 梁玉琦(2004)臺灣生態分區之研究。國立台灣大學森林學系碩士論文。
- 許俊凱、呂金誠、歐辰雄(2000)武陵地區雪山主峰線植群之研究。國家公園學報 10(2):50-72。
- 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。
- 陳志豪(2008)合歡溪流域植群分類與製圖。國立中興大學生命科學系碩士論文。
- 陳明義、施纓煜(1998)野火影響環山地區植群之研究。國家公園學報 8(2):155-165。
- 陳明義、施纓煜(1999)野火影響雪山地區植群之研究。國家公園學報 9(1):1-10。
- 陳明義、劉業經、呂金誠、林昭遠(1986)東卯山臺灣二葉松林火燒後第一年之植群演替。中華林學季刊 19(2):1-15。
- 陳昭明、林曜松、蘇鴻傑(1978)中部橫貫公路沿線生態及遊客資料之調查與分析。國立臺灣大學、交通部觀光局合作研究報告 p.95-181。
- 章樂民(1962)大甲溪肖楠植物群落之研究。行政院農業委員會林業試驗所研究報告 79 號。
- 曾昭璇(1993)台灣自然地理。廣東省地圖出版社。
- 黃威廉(1999)台灣植被。中國環境科學出版社。
- 黃清吟、林朝欽(2005) 臺灣地區國有林森林火之特性分析。中華林學季刊 38(4):449-464。
- 黃朝慶(1998)大甲溪及大肚溪河口植物生態簡介。特有生物專輯。
- 黃群修(1994)雪山北坡臺灣冷杉林森林動態與族群結構之研究。國立臺灣大學森林學系碩士論文。
- 黃增泉、王震哲、楊國禎、黃星凡、湯惟新(1987)雪山—大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告。行政院內政部營建署。
- 楊遠波、徐國士(2004)太魯閣國家公園高山地區植物資源基礎調查之研究。台灣生物多樣性保育學會。
- 劉和義(2004)植群多樣性之分析方法。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集 p.39-54。

- 劉思謙(2003)雪霸國家公園火燒後植被之變化(II)。行政院內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 劉崇瑞(1959)台灣植物分佈論。台大實驗林叢刊第 24 號。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1978)大甲溪上游臺灣二葉松天然林之群落組成及相關環境因子之研究。國立臺灣大學農學院實驗林研究報告第 121 號。
- 劉業經、歐辰雄、童兆雄(1981)畢祿溪集水區森林植群之研究。中華林學季刊 14(1):1-20。
- 劉業經(1972)台灣木本植物誌。國立中興大學農學院出版委員會。
- 劉靜榆(2003)臺灣中西部氣候區森林植群分類系統之研究。國立臺灣大學森林學系博士論文。
- 歐辰雄、呂金誠、林鴻志(2003)大雪山地區植群生態之調查研究。國家公園學報 13(1):33-61。
- 歐辰雄、呂金誠、林鴻志(2004)雪霸國家公園植群生態調查—大小劍地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 蔡佳育(2006)畢祿溪流域之植群分類與製圖。林業研究季刊 28(3):1-16。
- 賴國祥、陳明義(1995)臺灣亞高山針葉樹林與草生地間推移帶之植群結構。中華林學季刊 28(3):13-22。
- 賴靖融(2003)環山火燒跡地植群變化之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 應紹舜(1976)雪山地區高山植群的研究。中華林學季刊 9(3):119-135。
- 謝長富 (2007) 建構台灣植群群系分類架構之探討。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集 p.1-10。行政院農業委員會林務局，臺北。
- 謝長富、楊國楨、謝宗欣、林淑梅(1990)中橫公路沿線植生演進之調查(二)。國科會防災科技研究報告 78-63 號。
- 蘇鴻傑(1974)臺灣高山地區之香柏群落。國立台灣大學農學院實驗林研究報告第 113 號:101-112。
- 蘇鴻傑(1984)臺灣天然林氣候與植群型之研究(二)山地植群帶與溫度梯度之關係。中華林學季刊 17(4): 57-73。
- 蘇鴻傑(1985)臺灣天然林氣候與植群型之研究(III)地理氣候區之劃分。中華林學季刊 18(3): 13-44。
- 蘇鴻傑(1988)臺灣國有林自然保護區植群生態之調查研究—雪山香柏保護區植群生態之研究。行政院農業委員會林務局保育研究系列。
- 蘇鴻傑(1992)臺灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。臺灣生物資源調查及資訊管理研討會論文集。中研院植物所專刊 11 號 39-53。
- Gauch, G. H. (1982) Multivariate Analysis in Community Ecology, Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press. 298 pp.
- Hill, M. O. and H. G. Gauch (1980) Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. Vegetatio 42: 47-58.
- McCune, B. and J. B. Grace (2002) Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 300 pp.
- McCune, B. and M. J. Mefford (1999) PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data (Version 5.0). MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 237 pp.
- Sokal, R.R. and C. D. Michener (1958) A statistical method for evaluation systematic relationships. Univ. Kans. Sci. Bull. 38: 1409-1438.
- Takhtajan, A. (1978) The floristic regions of the world. Academy of Sciences of U.S.S.R. Leningrad 248 pp.
- Wang, C.K.(1962) Some environmental conditions and responses of vegetation on Taiwan. Biological Bulletin of Tunghai University 11:1-19.

Wishart, D. (1969) An algorithm for hierarchical classifications. *Biometrics* 25: 165-170.

台灣東北部蘭陽溪流域物種多樣性及物種群沿海拔梯度之分布

陳子英¹ 吳欣玲¹ 劉啟斌² 葉清旺² 林哲榮¹

¹ 國立宜蘭大學自然資源學系

² 羅東林區管理處

摘要

台灣東北部蘭陽溪流域從海邊沿海拔向上至 3,535 m 共設置有 180 個 500 m² 樣區，共記錄 1,297 種植物。海拔梯度與多樣性的關係有 (1) 物種豐富度 (S) 在木本及草本植物沿海拔梯度呈 S 形，最高都出現在 1,000 m 左右，約相當於低地山地帶與山地帶的推移帶；(2) 物種多樣性 (Hi) 在木本植物及地生草本沿海拔梯度也是呈 S 形，其類型與物種豐富度相似；(3) 均勻度指數在木本與草本植物呈單峰類型，但木本植物比草本植物較集中；(4) 木本植物之物種群以桑科、樟科、殼斗科及裸子植物來看，四種分類群的物種數在各海拔所占之量並不高，但總胸徑斷面積和，桑科在 600 m 以下較高；樟科及殼斗科在 600-2,300 m；裸子植物在 1,800 m 以上呈現較高的比例；(5) 草本植物之物種群以禾本科及莎草科、蘭科、薔薇科、豆部及蕨類來看，物種數在各海拔都佔有一定比例，其中蕨類及蘭科植物仍是物種最多的分類群，但多分布於 600-2,400 m 之間；而禾本科及莎草科及薔薇科則多分布於 300 m 以下及 3,500 m 以上之兩個植群帶；(6) 特有種的物種數一般在中海拔的 900-1,200 m 之間最多；特有率則沿海拔上升而增高，這與台灣其它地區相似。

蘭陽溪多樣性沿海拔梯度的分布不符合擴張的 Rapoport's Rule，形成單峰的原因主要是在中海拔有較高的濕度及降雨量。

關鍵字：蘭陽溪流域、海拔梯度、物種豐富度、物種多樣性、均勻度指數、植群帶、特有種、特有率、Rapoport's Rule

Patterns of Species diversity and plant groups along an altitudinal gradient in Lanyang river watershed, NE Taiwan.

Tze-Ying Chen¹, Shin-Ling Wu¹, Chi-Pin Liu², Qing-Wang Yeh², Zhe-Rong Lin¹

¹Department of Natural Resources, National I-lan University.

²Luodong Forest District Office, Forestry Bureau.

Abstract

We sampled 180 plots 500 m² and recorded a total of 1,297 species in the Lanyan River watershed (northeastern Taiwan). These plots ranged from sea level to 3,535 m in elevation. The pattern of species richness (S) along the altitudinal gradient is hump-shaped with a peak near 1,000 m within the ecotone between lower montane and montane zones. Diversity (Hi) of woody species and ground layer herbs was also hump-shaped along the altitudinal gradient. The evenness of both woody and herbaceous species was unimodel, but the woody species evenness was more hump-shaped compared to that of the herbaceous species.

The species numbers of Moraceae, Lauraceae, Fagaceae and Gymnosperms were not markedly higher in particular altitude zones, but the basal area of these groups did vary with altitude. Basal area was highest for Moraceae below 600 m, for Lauraceae and Fagaceae between 600 and 2,300 m, and for Gymnosperms above 1,800 m. Along the entire altitudinal gradient, herbaceous species maintained a high proportion of total richness, and included Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Fabaceae, Orchidaceae and pteridophytes. However, the highest species numbers were found in pteridophytes and Orchidaceae, mostly distributed between 600 and 2,400 m, while Poaceae, Cyperaceae and Rosaceae were mostly distributed below 300 m and above 3,500 m. The numbers of endemic species were highest between 1,500 and 2,100 m, but the endemic percentage increased with altitude, a pattern similar to patterns found in the other parts of Taiwan.

The diversity patterns along the altitudinal gradient in Lanyang River watershed did not follow Rapoport's Rule. The hump-shape in the middle altitudes might be attributed to higher

humidity and rainfall at that elevation.

Keyword: Lanyan River watershed, altitudinal gradient, species richness, diversity, evenness, endemic species, endemic percentage.

一、前言

生物多樣性在各個生態系的物種隨著緯度與海拔有不同的分布模式，此種分布類型與主要的分布梯度 (gradient) 在世界各地皆有不同，因此有結合不同尺度的生態系，經由不同的海拔高度探討多樣性的變化趨勢 (Su, 1994; 方精雲等, 2004a)，或藉由物種群沿著海拔梯度的增減，特有種分布的特性做為整體保護系統架構之參考，並經由此等不同類型的生物多樣性基礎資料，結合地景生態學的觀念進行空間與時間尺度變化的監測 (monitoring)。

台灣地區多高山，主要的植群生態系在環境梯度上大多以海拔因子為主 (Su, 1984; 俞秋豐, 2003; 陳子英, 2004; 劉靜榆, 2004; 劉啟斌, 2003; 高瑞卿、蘇鴻傑, 2001)，探討沿海拔梯度多樣性變化的報告有蘇鴻傑氏以中西區為例，依海拔的不同將台灣之山地植群帶劃分成六個植群帶，並沿海拔梯度由 1,500-3,500 m 的森林帶進行社會多樣性與梯度多樣性探討，沿著海拔針對不同林帶區域多樣性的比較，最後並對全台灣不同氣候區的楠櫟林帶進行區域多樣性的比較 (蘇鴻傑, 1992; Su, 1984; Su, 1994; 蘇鴻傑, 2002); 近來則有以北大武山或和平溪為例探討低海拔到高海拔的梯度變化 (葉慶龍、廖家宏, 2008; 洪淑華、陳子英, 2007)，或以台灣整體的山地植群探討沿海拔向上的變化 (邱祈榮、孫世鐸, 2007); 至於國外及中國大陸沿著海拔梯度探討的研究報告也為數不少，如中國大陸針對東靈山、天山、祈連山、貢嘎山、友愛山及長白山北坡等地進行生育地內與生育地間的生物多樣性探討，及一系列針對海拔因子之山地多樣性之研究 (馬克平等, 1995; 馬克平等, 1997; 劉燦然、馬克平, 1998; 馬克明等, 1997; 高賢明等, 1998; 葉萬輝等, 1998; 王國宏、楊利民, 2001; Wang *et al.*, 2002; 沈澤昊等, 2001; 郝占慶等, 2002; 于德永等, 2003; Tang and Ohsawa, 1997; 方精雲等, 2004a; 方精雲, 2004b); 國外部份有美國華盛頓州的 Cascade 山脈基於森林資源的調查，進行社會多樣性、梯度多樣性、區域多樣性等不同尺度的生物多樣性研究 (Brockway, 1998); 紐西蘭地區針對草本植物沿海拔的生物多樣性及智利矮灌叢植群的探討 (Ohlemüller and Wilson, 2002; Sax, 2002); 這些生物多樣性的基礎資料，除可做為未來森林永續經營之參考外，亦可作為生態復育的參考。

生物多樣性的定量研究主要以社會多樣性 (α -diversity; alpha diversity)、梯度多樣性 (β -diversity; beta diversity) 及區域多樣性 (γ -diversity; gamma diversity) 三種尺度做為基礎 (Whittaker, 1972; Magurran, 1988; 馬克平, 1994; 蘇鴻傑, 2002)，本文只針對社會多樣性、物種群及特有種與海拔的關係做簡要的論述：

(一) 社會多樣性 (α -diversity)

會受到生育隙區 (niche) 和生物之間的相互作用，一般以單位面積物種的數目、信息指數、相對指數、相對生物量指數、相對的個體數目與整體的均勻度做比較 (Whittaker, 1972; Magurran, 1988; 張金屯, 1995; 馬克平, 1994)，生育地的多樣性依海拔的分布而言，大致可分成三種類型，即 (1) 沿海拔升高而不斷減少 (Vazquez and Givnish, 1998; Whittaker and Niering, 1965; 蘇鴻傑, 2002); (2) 沿海拔升高，先增加後下降，形成單峰的類型 (Wang *et al.*, 2002; Austrheim, 2002; Kitayama, 1992、1996; Tang and Ohsawa,

1997；Md. Nor, 2001)，(3) 沿海拔升高而不斷增加 (Itow, 1991；Baruch, 1984)，然而就變化上以海拔上升後，不斷減少的類型最為常見 (方精雲等，2004a)，至於沿海拔增加，通常是調查的海拔尺度較小或較極端的環境所致。其中形或單峰型的原因多為中海拔地區，氣候適中及水分梯度適中所導致 (唐志曉、方精雲，2004；方精雲等，2004a；Md. Nor, 2001；Kitayama, 1992；Whittaker and Niering, 1965)。

(二) 主要物種群 (plant groups)

是指區域間的組成及結構多樣性變化，影響區域多樣性的因子主要為水分、溫度等氣候的自然條件與物種的分布與演化歷史 (Whittaker *et al.*, 2001)，在區域的海拔梯度討論上多針對大尺度的影響進行論述 (Grytnes and Vetaas, 2002)，一般以所有種類或生活型 (life form) 上差異較大的物種群進行討論 (Md. Nor, 2001；Kessler, 2000；Grytnes and Vetaas, 2002；Kessler, 2001；Schmida and Wilson, 1985)，如玻利維亞安第斯山以附生蕨類、地生蕨類、爵床科 (Acanthaceae)、天南星科 (Araceae)、鳳梨科 (Bromeliaceae)、仙人掌科 (Cactaceae)、野牡丹科 (Melastomataceae) 的樣點多樣性 (point diversity)、生育地內的多樣性及生育地間的多樣性探討海拔分布，主要可分成下降、先下降後上升 (inverse hump-shaped curves) 及先上升後降低 (hump-shaped curves) (Kessler, 2000)。

至於物種上一般而言，區域多樣性在熱帶及亞熱帶地區多呈帶峰分布，主要是中海拔地區有較高的降水量及生產力 (Rahbek, 1995；Rosenzweig, 1995；Grytnes and Vetaas, 2002)，而在緯度較高的寒帶及亞寒帶則呈現海拔升高，物種呈遞減的現象，如挪威的 Aurland 山區及阿爾卑斯山 (Stevens, 1992；Odland and Birks, 1999；Theurillat *et al.*, 2003；Sklénar and Jrgensen, 1999) 主要是高海拔溫度下降，維管束植物的物種多樣性隨之遞減，加上歐洲地區有冰川的作用使得物種的滅絕增加，使得海拔上升，物種反而呈現遞減的現象。

(三) 特有種 (endemic species)

特有種的分布與區域多樣性相似；部份亦列入區域多樣性的分布中一併討論 (唐志曉、方精雲，2004)；一般而言，特有種的物種數多隨海拔升高而遞減；但特有的比例卻隨海拔上升而增加 (Lovett *et al.*, 2001；Kessler, 2002；Vetaas and Grytnes, 2002；Hsieh, 2002)，主要是高海拔生育地面積減少，同時山峰之間隔離，加速了物種的形成。

蘭陽河流域從濱海地區到高海拔 3,535 m 的南湖北山，植群帶的主要分化因子為海拔梯度；植群涵蓋低海拔的海岸植群帶 (海岸闊葉灌叢、海岸森林植群)、烏心石亞群級 (*Michelia compressa* SUBCLASS) (山地常綠闊葉林)、假長葉楠群集 (*Machilus japonica* ORDER) (山地常綠闊葉林)、台灣水青岡群集 (*Fagus hayatae* ORDER) (山地落葉闊葉林)、檜木群集 (*Chamaecyparis* ORDER) (山地針葉混淆林)、台灣鐵杉—台灣雲杉群集 (*Tsuga chinensis* var. *formosana*—*Picea morrisonicola* ORDER) (上部山地針葉林)、台灣二葉松群集 (*Pinus taiwanensis* ORDER) (上部山地—山地—下部山地次生針葉林)、台灣冷杉亞群集 (*Abies kawakamii* ORDER) (亞高山針葉林) 至曲芒髮草群級 (*Deschampsia flexuosa* CLASS) (高山針闊葉灌叢) (陳子英，2004)；本研究是初步

探討植物社會沿著海拔梯度的多樣性之改變，找出生育地內的生物多樣性之分布類型，並試圖探討影響多樣性的因素；同時探討主要木本植物種群及草本植物種群在海拔梯度上的變化，最後並探討特有種沿海拔梯度的分布與比例。

二、研究方法

（一）環境概述

蘭陽溪原名宜蘭濁水溪，因水流含沙量高而得名，為宜蘭縣最長、流域面積最大的河川。發源於南湖北山（3,535 m），其流域邊界由烘爐地山、阿玉山、邊吉岩山、喀拉業山，轉思源啞口經南湖大山、給里洛山、加羅山、三星山至大元山，橫跨蘇鴻傑氏的東北區及西北氣候區之部分（Su, 1985）。其上游匯集重要支流有馬當溪、逸久溪、夫布爾溪、米磨登溪及四重溪；中游重要支流有土場溪、天狗溪、梵梵溪、清水溪及粗坑溪；下游重要支流有羅東溪、宜蘭河及冬山河。蘭陽溪至牛鬥始入平原，河道廣闊，溪流分歧呈網狀流路，於蘭陽大橋前匯集入羅東溪、宜蘭河後，河道於二結附近合而為一，東流至東港附近，注入太平洋，整個區域冬季受東北季風之影響，夏季則多受颱風之影響（圖 1）。

（二）分析方法

將蘭陽溪海邊（5 m）至南湖北山（3,535 m）調查 180 個演替後期的樣區進行分析（陳子英，2004），凡胸高直徑（DBH）超過 1 cm 以上之木本植物，記錄其植物名稱、胸高直徑，樣區內胸徑不足 1 cm 之植物，則以覆蓋度估計之，草本植物則記錄其植物名稱及覆蓋度。在記錄樣區之植物資料時，並同時觀測樣區的環境因子，如：1.海拔高度；2.坡度；3.方位；4.地形位置；5.全天光空域；6.直射光空域；7.含石率（蘇鴻傑，1987）。

植群資料的統計先以木本及草本重要值所得出之矩陣進行分類，並依分布序列所得的主要環境因子進行多樣性之探討（陳子英，2004）；多樣性的資料處理，是將植物分成木本與草本；草本植物包含蕨類及其它地生草本植物、附生植物及草質藤本，在物種豐富度做物種數目的趨勢與比較，並將草本植物依生活型分開計算，至於計算 Shannon-Wiener 多樣性指數與 Pielou 均勻度指數時則只計算木本植物及地生草本植物。

至於分析上，多樣性以社會多樣性（ α -diversity）、主要物種群和特有種進行探討：

1. 社會多樣性（ α -diversity）

- （1）豐富度指數（richness index）：豐富度本文以植物種數在 500m² 的樣區中出現之種數，進行探討，在做法上將樣區在海拔及物種數二軸所形成的平面做迴歸曲線，並以 P 值進行檢測；同時依物種的生活型區分為草本植物、附生草本植物及草質藤本，個別進行分析。

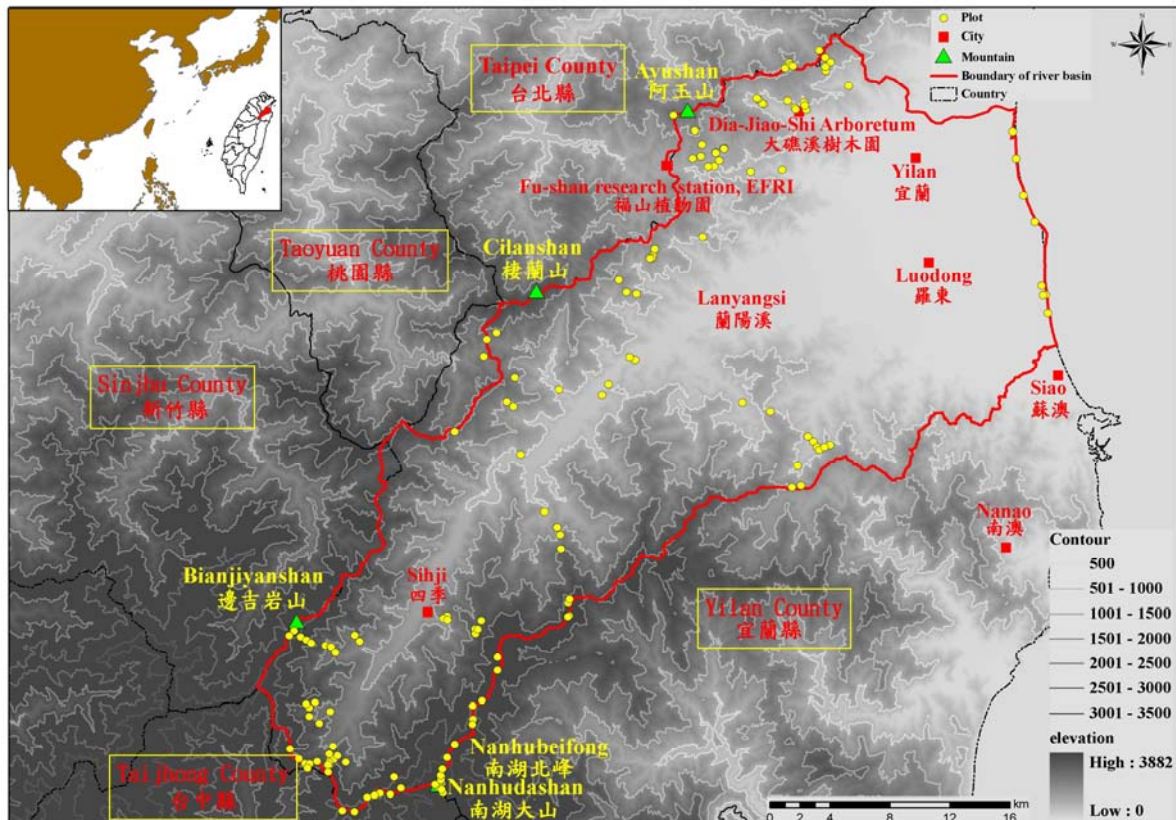


圖 1、台灣東北部蘭陽溪流樣區及地形位置圖

Fig 1. The distribution of the plots and topography of Lanyang River in NE Taiwan.

- (2) 社會多樣性：以 Shannon-Wiener 多樣性指數與 Pielou 均勻度指數進行計算。在比較時依生活型 (life form) 分開統計，因此在本調查中將草本及木本 (含灌木及喬木) 分開計算 (馬克平等, 1995; Su, 1992)。其計算公式如下：

$$\text{Shannon-Wiener 指數 } (H) = -\sum (ni/N) \ln (ni/N) = -\sum P_i \ln P_i$$

ni 為第 i 種之介量； N 為所有物種介量之總和

2. 主要物種群和特有種

蘭陽河流域主要物種群和特有種的選取，以 180 個樣區的主要的草本植物以蕨類 (Pteridophyta)、禾本科 (Poaceae) 與莎草科 (Cyperaceae)、蘭科 (Orchidaceae)、菊科 (Asteraceae) 為主，這與台灣地區的主要物種群的歸類相似 (Hsieh, 2002)，其中蕨類與蘭科並再區分成附生及地生；至於主要的木本植物則以桑科 (Moraceae)、樟科 (Lauraceae)、殼斗科 (Fagaceae) 及裸子植物 (Gymnospermae) 的物種數與胸徑斷面積和沿著海拔向上，每 300 m 為一間隔進行比較與討論在海拔梯度上的趨勢。

迴歸趨勢的分析主要由 SPSS 進行計算，於電腦中加以分析。Pielou 均勻度指數、Shannon-Wiener 多樣性指數則置於 MVSP 程式中進行計算。

三、結果

蘭陽河流域由海邊至南湖北山 (3,535 m) 之自然或近自然的山地森林植群，經調查共有 1,297 種植物，其中在生活型 (life form) 上可區分成 468 種木本植物、829 種草本植物 (附生植物、地生草本、草質藤本)；經降趨對應分析軸長共 17.181，可見植物種類完全轉換 4 次 (圖 2)；在植群的系統分類上可分成 9 群集；14 群團 (陳子英，2004)，本文以 9 個群集沿海拔梯度進行探討進行探討，至於社會多樣性、物種群的結果分述如下：

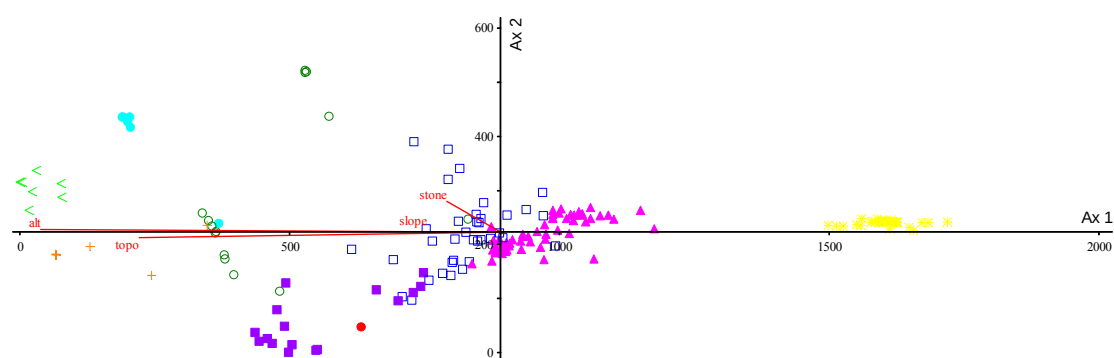


圖 2、蘭陽河流域植群型在降趨對應分析第一軸與第二軸分布圖

註：*：海岸植群；▲：樹杞群集；□：假長葉楠群集；◆：台灣水青岡群集；■：檜木群集；○：台灣鐵杉—台灣雲杉群集；●：台灣二葉松群集；+：台灣冷杉群集；<：高山植群帶

Fig 2. DCA ordination diagram of Lanyang River. *: 1. Coastal vegetation; ▲: 2. *Ardisia sieboldii* ORDER; □: 3. *Machilus japonica* ORDER; ◆: 4. *Fagus hayatae* ORDER; ■: 5. *Chamaecyparis* forest ORDER; ○: 6. *Tsuga chinensis* var. *formosana*—*Picea morrisonicola* ORDER; ●: 7. *Pinus taiwanensis*—ORDER; +: 8. *Abies kawakamii* ORDER; <: 9. *Juniperus squamata* ORDER

(一) 社會多樣性 (community diversity; α -diversity)

所有的植物由海岸及平原植群向上漸漸增加，木本植物及草本植物在 900-1,100 m 左右為蘭陽溪海拔梯度上，物種數目最高的地區，該區域相當於東北內陸區樹杞群集及假長葉楠群集的交接帶；相當於山地下部常綠闊葉林上方及山地常綠闊葉林的下方之間；區域位於山地盛行雲霧帶下方；帶中不乏假長葉楠群集之物種，因此可算是二個帶間之推移帶 (陳子英，2004)，木本植物及草本植物種類極為豐富，尤其在林間的樹幹上有許多附生的蘭科及蕨類植物 (圖 3)；由雲霧帶隨海拔上升，所有之植物種類 (木本、地生草本、附生草本植物及草質藤本) 沿著檜木群集 (山地針葉混淆林) 及台灣鐵杉—台灣雲杉群集 (上部山地針葉林)，物種數量降低，到了台灣冷杉群集 (亞高山針葉林)，屬於蘭陽河流域物種數目最少的地區，在物種組成上木本植物以台灣冷杉為優勢種，下層主要以玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis*) 為主，附生植物及藤本植物也極為稀少，優勢度多集中在冠層及草本層的主要單一優勢種上 (陳子英，2004)；尤其是高約 2-3 m 的玉山箭竹，使得其他草本植物較少進入；海拔往上過了台灣冷杉群集，木本及草本植

物又漸漸增加；在曲芒髮草群集（高山針闊葉灌叢），反而出現數目豐富の木本灌叢及低矮的多年生或一年生高山草本植物。在木本及草本植物等物種豐富度曲線上呈現 S 型（單峰類型）的變化，與擴張的”Rapoport’s 原則”(Extension of rapoport’s Latitudinal Rule) (Stevens, 1992) 所呈現的略有不同，尤其在台灣冷杉群集物種的下降，再上升之現象；由植群的資料是單一且連續的林帶中物種數量較少，而在高山植群帶中木本增加的物種以胸徑 10 cm 以下的小喬木或大灌木為主，尤其是一些杜鵑花屬 (*Rhododendron* spp.) 的植物或香青 (*Juniperus squamata*) 佔了極大的數量及優勢，這與往上至 3,750m 之南湖大山的調查相似 (徐自恆, 1993; 楊遠波等, 1989); 至於小灌木則有許多薔薇科 (Rosaceae) 的植物，這些植物幾乎都屬於特有種。

然而就木本與草本物種豐富度的趨勢，在低海拔與中海拔的樹杞群集、假長葉楠群集及檜木群集的種數，木本皆高於草本植物，而在台灣鐵杉—台灣雲杉、台灣冷杉群集及曲芒髮草群級草本植物的種類反而高於木本植物；就低海拔及中海拔的常綠闊葉林而言，木本多於草本的趨勢與中亞亞熱帶東部地區，如福建、浙江武夷山、天童山、龍棲山、烏岩嶺一帶的常綠闊葉林相類似 (賀金生等, 1998)

物種多樣性的 Shannon-Wiener index 在木本及草本的趨勢與物種豐富度趨勢相似 (圖 4)，也都是隨海拔上升在山地常綠闊葉林 (霧林帶) 的下方達到最高，海拔上升後整個物種多樣性下降，在冷杉林帶或台灣二葉松林，尤其是下層為玉山箭竹的台灣冷杉群集整個物種多樣性最低；綜合而言是在中、低海拔物種數較多，但物種的優勢度較分散在一些主要的冠層物種上，整個群叢形成共優勢種的植物社會，海拔往上到了台灣冷杉群集或台灣二葉松群集反而是物種最少，且優勢度集中在台灣冷杉 (*Abies kawakamii*) 及台灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*) 上。

然而木本植物的 Shannon-Wiener 指數較集中於曲線二側，而地生草本植物則較分散，因此 R 值木本植物遠高於草本植物曲線，由蘭陽溪植群列表的結果 (陳子英, 2004)，主要是地生草本較容易受到水分的影響，曲線的二側代表不同乾濕狀態，也就是一邊代表溪谷，另一邊則為山坡及稜線；草本植物之 Shannon-Wiener 值由於受到地形之影響，因此不似木本植物在高海拔的曲芒髮草群級有向上反翹的現象。

至於台灣二葉松與台灣冷杉林下草本植物較少，或多樣性集中在某些優勢種上，主要是受到台灣二葉松之松葉堆積或台灣冷杉林下玉山箭竹的影響；在高大的玉山箭竹 (2-3 m) 下只有一些草本存在；若比較一些沒有玉山箭竹的台灣冷杉林，如日本愛冬葉—台灣冷杉群叢 (*Chimaphila japonica*—*Abies kawakamii* ASS.) (陳子英, 2004) 則物種數量就增加至 40 多種 (圖 4)；這與長白山等地區某些林下沒有箭竹的冷杉林，反而林下的草本植物的 Shnnon-Weiner 值及物種數是針葉林中最高似乎相同 (郝占慶等, 2002)。

這種玉山箭竹在草本層中形成優勢種，使得物種數下降的現象在台灣雲杉群團 (*Picea morrisonicola* ALL.)，分布在山坡或稜線，海拔較高的苗栗冬青—台灣雲杉群叢 (*Ilex bioritsensis*—*Picea morrisoniana* ASS.) 物種就比中海拔溪溝二側的霧社木薑子—台灣雲杉群叢 (*Litsea elongata* var. *mushanensis*—*Picea morrisonicola* ASS.) 數量低 (圖 4) 至於植物的均勻度在中、低海拔都較高海拔低，在台灣冷杉林帶木本植物集中在少

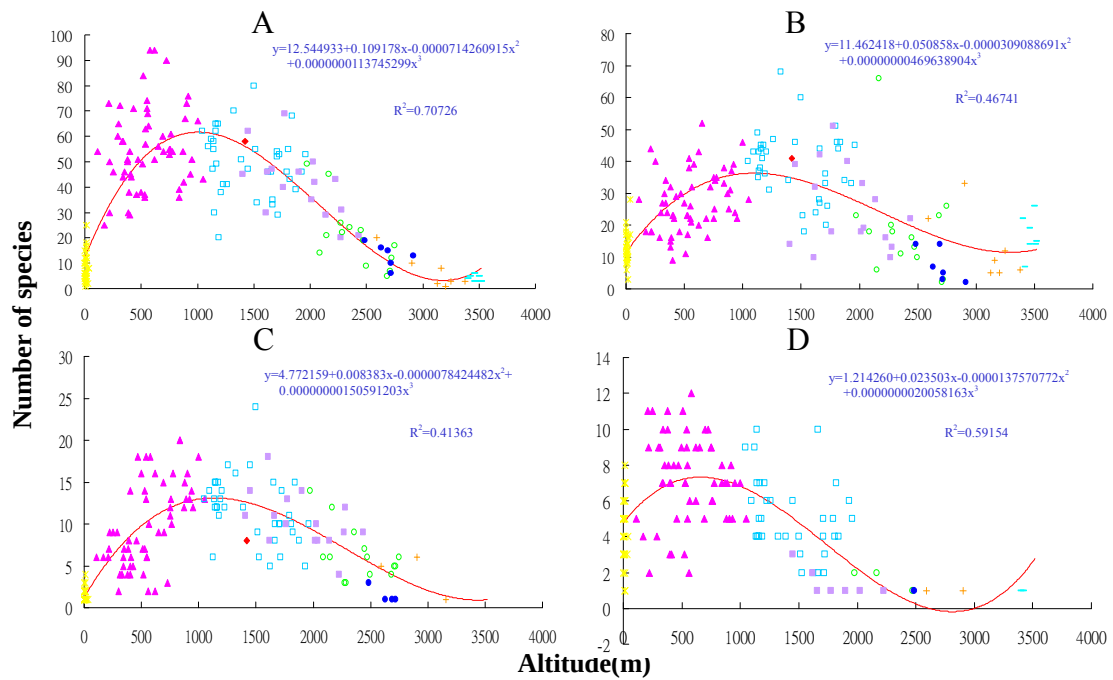


圖 3、台灣東北部蘭陽溪植群型木本植物物種豐富度(A)；地生草本(B)；附生草本(C)；草質藤本(D)在海拔梯度上的變化
Fig 3. Altitudinal pattern of species abundance in the Lanyang River watershed, NE Taiwan.

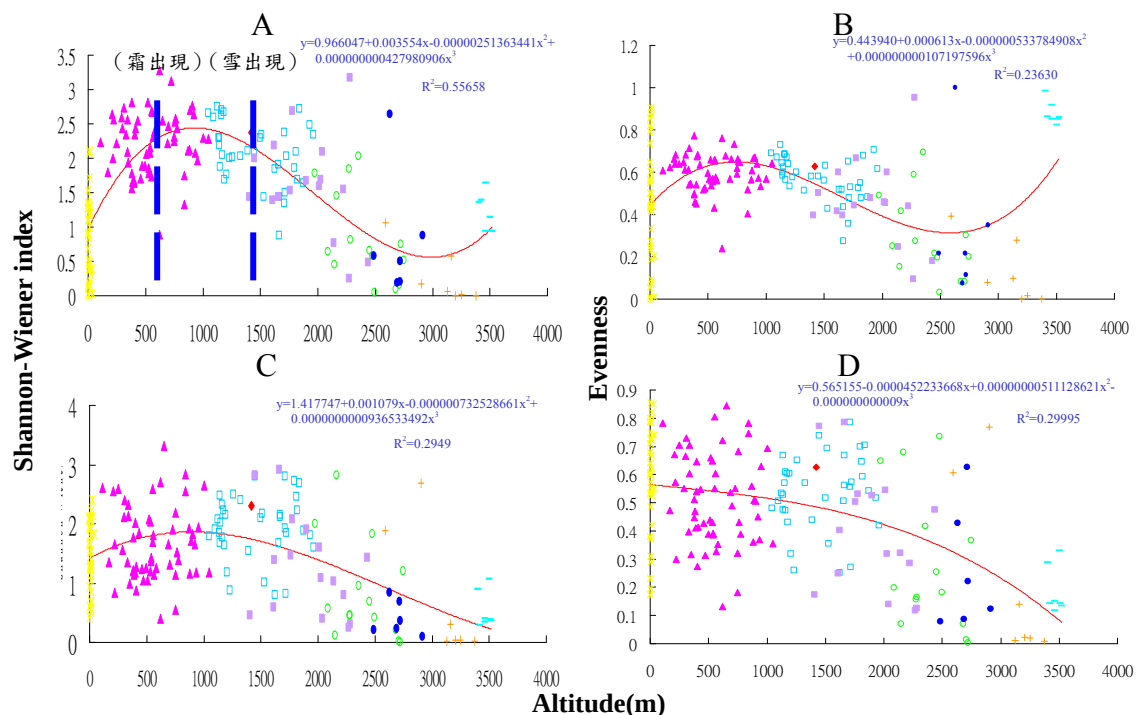


圖 4、台灣東北部蘭陽溪植群型木本植物 Shannon-Wiener 值(A)；木本植物均勻度(B)；地生草本 Shannon-Wiener 值(C)；地生草本均勻度(D)；在海拔梯度上的變化
Fig 4. Altitudinal pattern of species diversity for the woody species. Shannon-Wiener index (A); woody species evenness (B); ground herbs Shannon-Wiener index (C); ground herbs evenness (D) in the Lanyang River watershed, NE Taiwan.

數的物種上，因此均勻度最低；海拔由台灣冷杉林帶向上，由於灌木種類增加，均勻度又再增加；至於草本植物，由於台灣冷杉林帶的物種數有二種不同的類型，如玉山箭竹—台灣冷杉群叢 (*Yushania niitakayamensis*—*Abies kawakamii* ASS.) 物種較少的類型及日本愛冬葉—台灣冷杉群叢物種較多群叢，因此沿海拔梯度向上並未向上反曲（圖 4）。

（二）主要物種群和特有種

蘭陽溪的海拔梯度之主要物種群，依 300 m 為單位，由海邊至高山分成 13 等分，依物種組成、特有種及物種群結構的變化與不同的生活型（life form）與胸高斷面積和進行討論，物種群的選取是依據具有較多的物種數量的科或分類群，能反應沿海拔梯度整體的差異或單位面積中總胸徑斷面積和較高的科別與分類群（Hsieh, 2002）；這種方式與安地斯山地區或墨西哥的 Sierra 山區使用當地主要的物種群沿海拔向上的呈現方式相似（Kessler, 2000；2001；2002；Vazquez and Givnish, 1998），這樣的方式有助於了解木本與草本優勢的物種群在物種多樣性沿海拔向上扮演何種角色及對當地植群型分化的意含。

整體而言，整個趨勢與 α 多樣性所做的物種相關性曲線相似，木本植物沿海拔梯度的變化，物種數由海邊向上增加，物種數在低海拔的樹杞群集呈現最高的數量，隨後沿海拔梯度緩緩下降；到了台灣鐵杉—台灣雲杉群集與台灣扁柏為主的檜木群集；種類急速下降，到了台灣冷杉群集降到最低；海拔再往上到了曲芒髮草群級後反而略有增加。而其中桑科數量較少，只出現於 2,100 m 以下，也就是針葉林帶以下，但大多分布於樹杞群集的 900 m 以下；樟科及殼斗科主要分布於主要分佈於 300-2100 m 之間的森林，也就是樹杞群集到假長葉楠群集；相當於常綠闊葉林的楠櫨林帶到櫟林帶。至於裸子植物數量最少，分布於 900 m 以上，也就是樹杞群集的上方（圖 5），主要出現的區域在 1,200 m 以上。桑科、樟科、殼斗科及裸子植物除了裸子植物在高海拔佔整體數量較高的比例外，其它都只有小部份的數量。

桑科、樟科、殼斗科及裸子植物依 300 m 為單位計算區間內的單位面積總胸徑斷面積和（簡稱斷面積和），桑科在 100-600 m 之間則有最高的總胸徑斷面積和，這一帶相當於楠櫨林帶下層，而樟科及殼斗科在海拔 600-2,400 m 有較高的斷面積和，特別在 600-2,100 m 之間有最高的總胸徑斷面積和，這區域之值近乎相當於其他物種的總和，因此這兩科是這些常綠森林中的上層或冠層的優勢種，而樟科往往又略高於殼斗科。海拔 2,400-3,535 m 之間，則殆以裸子植物為主，尤其在 2,500-3,000 m 之間，屬於台灣鐵杉—台灣雲杉群集、台灣二葉松群集及部份以柏科（Cupressaceae）之台灣扁柏（*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*）為主的檜木群集，更是裸子植物總胸徑斷面積和最高的地方（圖 6）。若以各樣區的胸徑最大值的曲線來看，最大值也出現在 2,500 m 左右（圖 7）；然而依蘭陽溪過去的歷史記錄來看，野外實際最大的胸徑及總胸徑斷面積和應出現在海拔 1,700-2,200 m 左右，相當於霧林帶上層以紅檜（*Chamaecyparis formosensis*）為

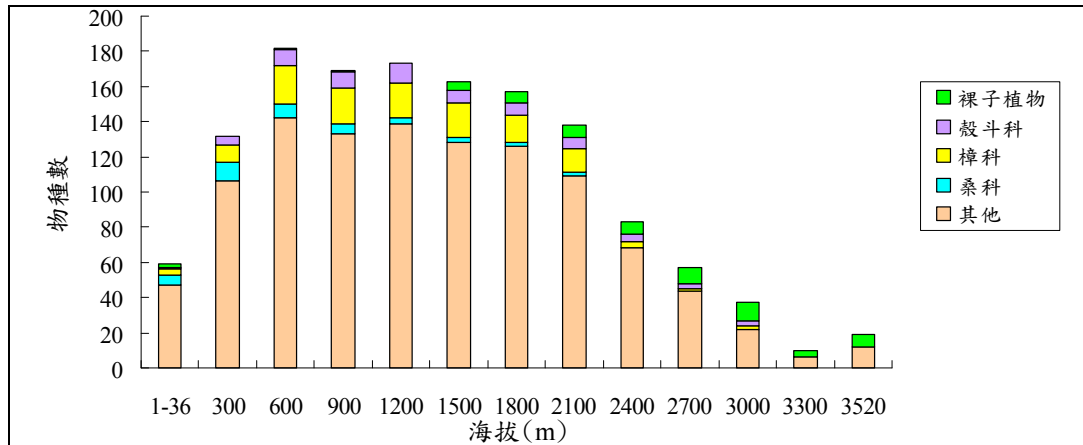


圖 5、台灣東北部蘭陽溪主要木本植物物種群在海拔梯度上的種數分布圖

Fig 5. The altitudinal distribution of basal areas for the woody plants in the Lanyang River watershed, NE Taiwan.

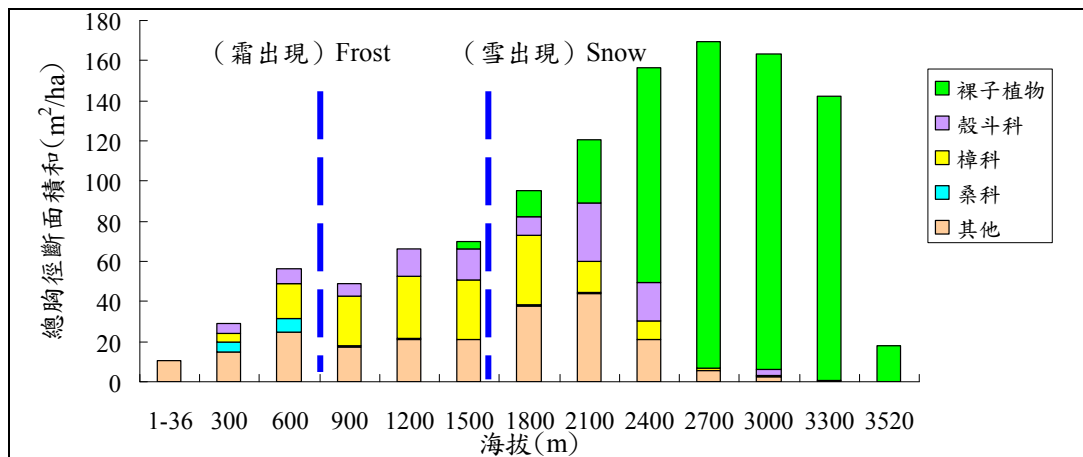


圖 6、台灣東北部蘭陽溪主要木本植物物種群的底面積和在海拔梯度上的分布圖

Fig 6. The altitudinal distribution of the woody plant basal area in the Lanyang river watershed, NE Taiwan.

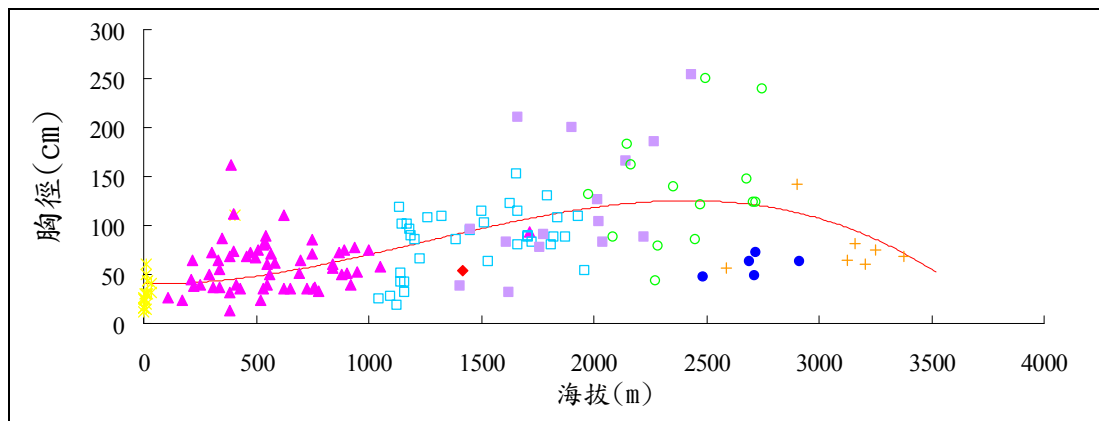


圖 7、台灣東北部蘭陽溪植群最大胸徑在海拔梯度上的分布圖

Fig 7. The altitudinal distribution of the woody plant maximum DBH. in the Lanyang river watershed, NE Taiwan.

主的檜木群集；但由於早期太平山及加羅湖一帶已將大徑級的檜木砍伐，只殘留一些單株巨木在目前的太平山及棲蘭山一帶；例如在棲蘭山歷代神木園區中尚殘存的有一株 4 m 以上的紅檜（陳子英等，2004；林清池，1996；陳玉峰，2001）。草本植物主要物種群的分布，蕨類植物在各海拔所占的種數仍是最高的比例，但是在海拔 300-2,100 m 之間，也就相當於樹杞群集及假長葉楠群集的範圍，仍是物種數最多的區域，尤其是 600-1500m 之間，該範圍屬於楠櫟林帶上層與霧林帶（山地常綠闊葉林；下部櫟林帶）間，由於溼度高且上層有森林覆蓋，適合地生蕨類及樹幹上不同高度的附生蕨類生長；台灣地區物種數最多的蘭科植物之分布模式與蕨類植物相似。至於禾本科及莎草科植物在各海拔都有一定的比例，反而在低海拔的 0-300 m 及高海拔的 3,000 m 以上數量較多，但大多出現在森林之外，陽光較充足的地方；如海邊的裂葉月見草—馬鞍藤群叢（*Oenothera laciniata*—*Ipomoea pes-caprae* subsp. *brasiliensis* ASS.）、茵陳蒿—林投群叢（*Artemisia capillaris*—*Pandanus odoratissimus* ASS.）及高山的曲芒髮草群叢，然而本次未將蘭陽地區溼地的物種加入；若將蘭陽平原的水生植物一併計算，本區的禾本科及莎草科應會更高於其它地區；至於菊科、薔薇科分布類型（distribution pattern）也和禾本科及莎草科相類似。

生活型上，地生草本植物在各海拔的數量皆高於附生草本植物及草質藤本植物。而附生草本植物及草質藤本植物的數量在 300-2,400 m 數量較高，這一範圍也相當於樹杞群集及假長葉楠群集為主的常綠闊葉林帶（圖 8）。

蘭陽溪的特有物種數沿海拔梯度上升至 1,500-1,800 m 最高，數量有 110 種；在 1,200-2,100 m 之間數量都超過 100 種以上，這一個區域相當於櫟林帶（霧林帶），越過此海拔，海拔越高，特有種的物種數漸漸下降（圖 9）；然而以特有率由海拔 2,400 m 以上卻都超過 20% 以上，這一個區域都相當於針葉林的鐵杉—雲杉林帶、台灣二葉松林帶、台灣冷杉林帶及亞高山灌叢。然而若與台灣其他地區的特有率（24.3%）相比較，則本區的特有率亦相近似（圖 10）（Hsieh, 2002；曾彥學，2004）。

四、討論

1. 社會多樣性

生育地多樣性的海拔分布主要受到生態位多樣性及物種之間的相互作用，而生態位與環境能量有密切的關係（Wittaker, 2001），在亞熱帶地區，一般沿海拔向上，溫度呈遞減（Su, 1993）；就全部物種及區分植物社會中各生活型（Life form）物種，世界各地沿海拔梯度有幾種主要類型，但沿著海拔上升後，物種多樣性或不同生活型的木本植物（wood plant）、草本植物（herbaceous plant）大多沿海拔上升，物種多樣性不斷減少（賀金生等，1998）；而蘭陽溪的木本及草本植物之物種豐富度及木本植物、地生草本的 Shannon-Wiener 指數和均勻度，多呈現隨海拔上升先增加，在霧林帶後下降，到了台灣冷杉林帶降到最低，而在亞

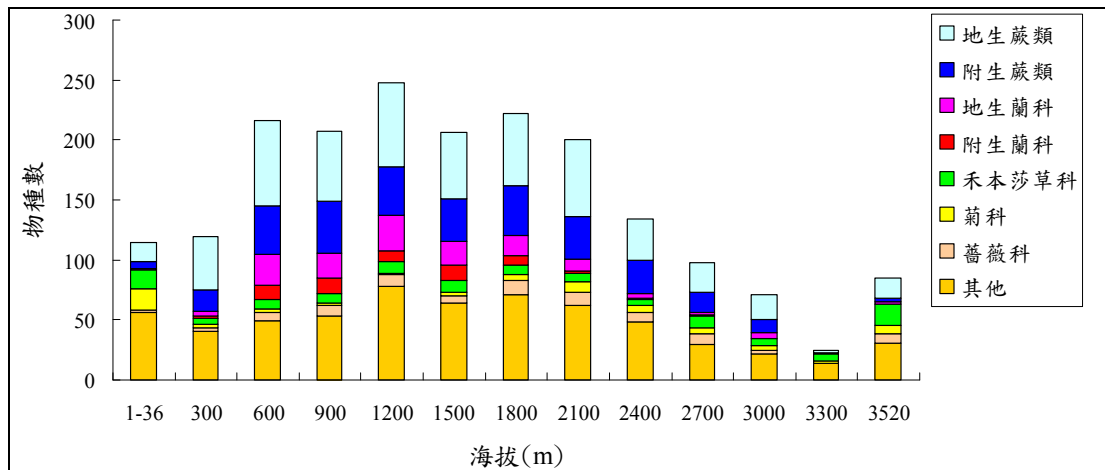


圖 8、台灣東北部蘭陽溪主要草本植物物種群在海拔梯度上的種數分布圖

Fig 8. The altitudinal distribution of the major herbaceous plant groups in the Lanyang River watershed, NE Taiwan

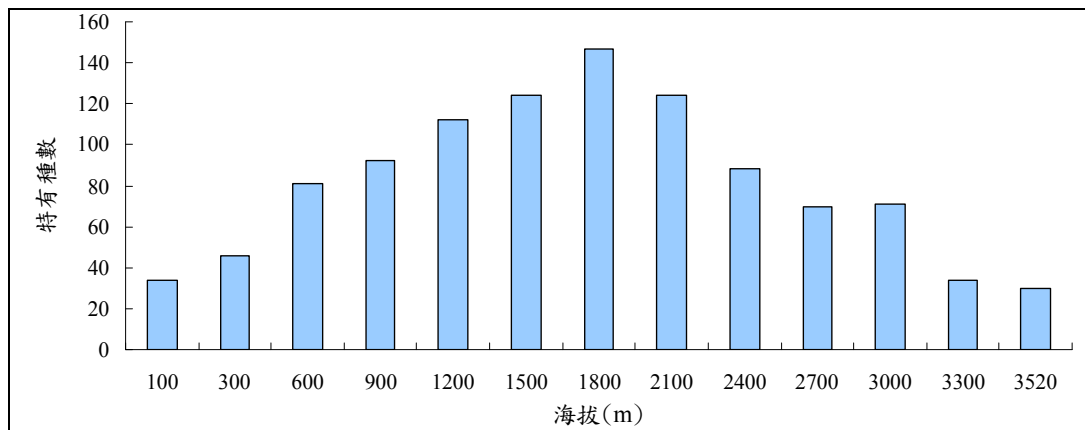


圖 9、台灣東北部蘭陽溪特有種在海拔梯度上的分布圖

Fig 9. The altitudinal distribution of the endemic plants in the Lanyang River watershed, NE Taiwan.

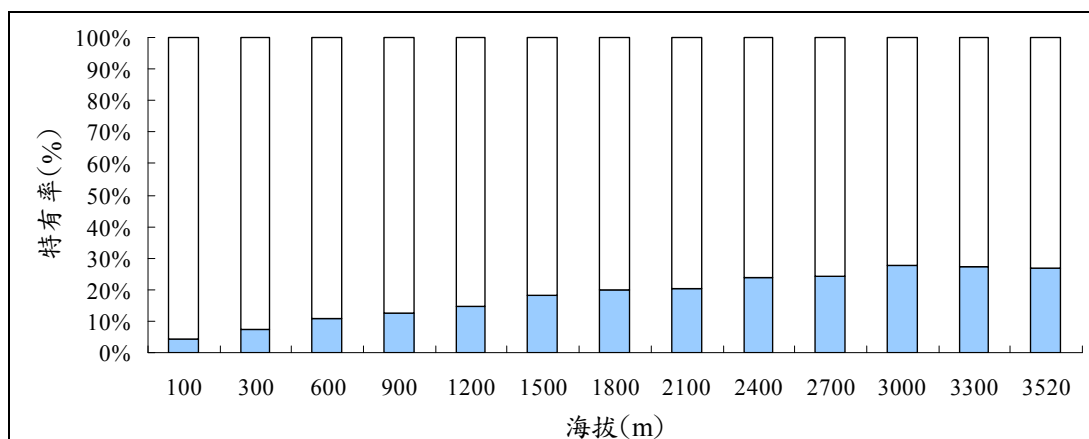


圖 10、台灣東北部蘭陽溪特有率在海拔梯度上的分布圖

Fig 10. The altitudinal distribution of the relative percentages of endemic plants in the Lanyang River watershed, NE Taiwan.

高山灌叢又向上升，類似 S 型的類型；這種現象在國外的例子多出現在如亞利桑納州的 Catalina 山區及祁連山地區低海拔乾旱的地區，由於中海拔地區較潮濕；而到了高海拔物種受到熱量限制，因此形成單峰類型(unimodel)(Whittaker, 1965, 1960)至於台灣地區形成單峰的原因是由於位於海洋邊緣的中海拔有明顯的霧林帶(Su, 1993)，加上地形雨的因素，雨量多集中在低海拔 600 m 至中海拔 1,800 m (張智欽, 1995)，因此物種多樣性多集中於這個區域，這個區域由於森林冠層鬱閉，且多有分層，在樹幹上有許多的附生植物及地生植物，因此形成單峰分布。這種分布明顯偏向中低海拔 1,000m 上下；這和尼泊爾的喜馬拉雅山相似(Grytnes and Vetaas, 2002)；也和一些乾旱地區，如祁連山、美國阿利桑納州的 Catalina 山脈之類型相似(Kessler, 2001；Wang *et al.*, 2002)。

台灣冷杉群集(冷杉林帶)屬於森林的界限，使得靠近邊界的物種較少(Colwell and Lees, 2000)反而過了冷杉林帶之後，在亞高山灌叢有許多小喬木及大灌木。反而使得灌叢物種的數量再次上升，在木本植物上，若依中國山地多樣性的調查，將木本植物區分成 $\geq 5\text{cm}$ 屬於喬木層，小於 5cm 屬於灌木層(方精雲等, 2004a)；則增加的多屬於大灌木至小喬木，在數量上以杜鵑花科(Ericaceae)的植物為主(陳子英, 2004)；至於草本植物在玉山箭竹為主的冷杉林下層，物種較為單純，反而出現了台灣冷杉純林後，玉山箭竹的高度突然由 1-2 m 降成 40 cm-1 m 的低草，陽光增加後，各種高山草本植物迅速增加；因此物種曲線反而上揚，這與一些有高山森林界線地區的物種多樣性趨勢相似。

高海拔的玉山箭竹只分布於台灣、菲律賓及中國的西南地區，在台灣的分佈由海拔 1,300-3,990 m；高度 2-3 m 類似低矮的灌叢；涵蓋範圍包括台灣鐵杉—台灣雲杉群集的上部至台灣冷杉群集之間(Whang *et al.*, 2004)，在地形上相同海拔的溪谷兩側，如日本愛冬葉—台灣冷杉群叢及霧社木薑子—台灣雲杉群叢(陳子英, 2004)及台灣二葉松林下通常玉山箭竹較稀疏，而中坡及稜線則形成緻密而難行的環境；在林下往往較少草本植物；在部份火災或其他干擾演替早期的玉山箭竹草坡反而有較多的物種(陳子英, 2004)，大陸地區把冷杉為主的森林稱為暗葉林；長白山等地的冷杉林下木本種類較少，數量尚不及 10 種，但草本層沒有玉山箭竹反而針葉林帶中物種最豐富之地區(郝占慶等, 2002)。

2. 主要物種群和特有種

蘭陽溪屬於亞熱帶地區，因此豆部(Leguminales)物種數明顯比恆春半島少。至於蕨類及蘭科由低海拔至亞高山都有分布，但主要仍分布於低海拔至中海拔，尤其是樹杞群級的上方及霧林帶中，是增添這個區域物種數量最多的附生植物及鬱閉森林中的地被草本(圖 3、8)；而菊科、禾本科及莎草科則多分布於干擾較多的地區，如海邊、平原區域、開闊溪床或受干擾(disturbance)的地區，反而在海拔、平原及亞高山植群帶中出現最多，尤其禾本科的芒屬(*Miscanthus* spp.)及一些低矮竹類，如玉山箭竹更是開闊地及高海拔的優勢植物。

沿海拔梯度，木本優勢的分類群，如樟科、殼斗科、桑科及裸子植物，在物

種上並未形成高比例，但總斷面積和卻是各分布在某一些帶上，桑科多在低海拔，樟科及殼斗科多在中、低海拔，這一區域屬於東亞樟櫟群叢（楠櫟林帶及櫟林帶）的主要範圍，在中高海拔以上裸子植物的松科、杉科及柏科漸漸增加，但蘭陽溪中並無台灣杉（*Taiwania cryptomeria*）存在，只有少數的巒大杉（*Cunninghamia lanceolata*），主要仍以柏科及松科的植物為優勢，這與過去台灣中部的植群分帶相似（Su, 1984）。蘭陽溪流域在海拔 600 m 開始出現霜，桑科榕屬植物主要生長於 600 m 以下，過了 600 m 以上桑科植物出現的數量較少，若每年有固定的霜期將會使植物無法存活；這也可以由比較蘭陽溪內或邊緣的兩個植物園而看出，例如：在海拔 650 m 的福山植物園園區內栽植的榕屬植物（*Ficus* spp.），早霜時會使幼嫩的榕屬植物的葉子及芽枯萎或漸漸死亡（林則桐，2008；個人通訊），然而在海拔 170 m 的國立宜蘭大學大礁溪樹木標本園則可栽植台灣地區原生的黃毛榕（*Ficus esquiroliana*）、澀葉榕（*Ficus irisana*）、九重吹（*Ficus nervosa*）、大方榕（*Ficus septica*）、蘭嶼落葉榕（*Ficus ruficaulis* var. *antaoensis*）等十多種桑科榕屬之植物，因此 600 m 似乎是楠櫟林帶上層與下層的分界。過了海拔 1500 m 以上則開始出現雪，裸子植物的台灣扁柏數量增加，而這界限似乎是台灣北部上部與下部櫟林帶的分界（圖 3、6）。

全新世結束後台灣地區與中國大陸才以台灣海峽分隔，因此分開的時間只有一萬五千年，低海拔許多目前 900 m 以下的物種是這段時間內才進入者，同時台灣地區不像歐洲地區有冰川的作用使得物種的滅絕增加（Hsieh, 2002），在蘭陽溪特有種的模式也是沿海拔升高，中海拔數量最多，但海拔升高特有率漸漸增加這與台灣地區其它地方相類似（Hsieh, 2002）反而是高海拔生育地面積減少，同時山峰之間隔離，限制物種遷移的隔離效應，加速了物種的形成（Willerlev *et al.*, 2002；Kessler 2002）。特有種的物種數多隨海拔升高而遞減；但特有的比例卻隨海拔上升而增加（Lovett *et al.*, 2001；Kessler, 2002；Vetaas and Grytnes, 2002；Hsieh, 2002），由於石灰岩等特殊生育地等，較小的生境面積在蘭陽溪都不存在，因此特有種及特有率都略低於台灣其他地區的 24.3%（Hsieh, 2002）。

五、結論

探討物種多樣性的研究有使用臨時樣區的取樣法、永久樣區及樣帶法（汪殿蓓等，2001）；本次蘭陽溪流域使用臨時樣區的方式進行取樣，樣點使用自然或近自然的 500 m² 樣區，且海拔相差 3,500 m 進行探討，在 α 多樣性上呈現單峰且近 S 形的曲線，這與多樣性在海拔上升呈負相關的一般趨勢不同，但綜觀緯度相近及海拔落差 4,000 m 以上的喜馬拉雅山之研究，或東亞附近相似的研究，也有相同趨勢；此種不符合 Rapoport's Rule 的分布趨勢，應是東亞附近海拔落差 2,000 m 以上山脈的共同特性。

至於草本植物的蕨類、蘭科、禾本及莎草科、薔薇科及豆部，雖然五種分類群在各海拔仍占有最多種數，然而中海拔仍是這些種群數量多的區域，主要仍以

地生蕨類、附生蕨類、地生蘭科及附生蘭科佔最多數，尤其地生蕨類在覆蓋度及數量更居優勢，而禾本科的芒屬及玉山箭竹，在開闊地及中海拔以上的則是覆蓋度至占有率最高的物種，尤其是高度 2-3 m 的玉山箭竹灌叢下，常使得地生草本難以進入，使得草本層的物種多樣性降低。

木本優勢的樟科、殼斗科、桑科及裸子植物，在物種上並未形成高比例，但總斷面積和卻沿海拔分布在某些區帶上，而霜及雪似乎會影響其分布。

特有種在中海拔的物種數最高，並呈現單峰類型，而特有率則隨海拔增高而增加，在中海拔以上有較高的特有率，同時在 3,500 m 左右最高，這種趨勢與台灣其他地區所出現的類型相似。

本次分析並未加入演替早期之樣區及溪濱或溼地植群，未來可加入這些樣區資料做進一步分析，以完整探討整體的物種多樣性。

六、誌謝

本研究報告執行期間承行政院農業委員會及林務局提供野外調查經費，臺灣大學的謝長富教授與鹿兒陽老師提供意見與修潤英文摘要，宜蘭大學的李智群、邱柏瑩、陳宗煜、廖茂州、楊暄慧、李訓義、吳康正等諸位同學之野外調查與室內整理；荒野協會宜蘭分會邱錦和先生外業鼎力相助使本報告得以順利完成，謹此一併致謝。

七、引用文獻

- 于德永、郝占慶、姬蘭柱、李揚、熊在平、葉吉（2003）長白山北坡植物群落相異性及其海拔梯度變化。生態學雜誌 22（5）：1~5。
- 方精雲、沈澤昊、崔海亭（2004a）試論山地的生態特徵及山地生態學的研究內容。生物多樣性 12（1）：10~19。
- 方精雲、沈澤昊、唐志堯、王志恒（2004b）中國山地植物物種多樣性調查計劃及若干技術規範。生物多樣性 12（1）：5~9。
- 王國宏、楊利民（2001）祁連山北坡中段森林植被梯度分析及環境解釋。生物多樣性 25（6）：733~740。
- 沈澤昊、方精雲、劉增力、伍杰（2001）貢嘎山東坡植被垂直帶譜的物種多樣性格局分析。植物生態學報 25（6）：721~732。
- 汪殿蓓、暨淑儀（2001）植物群落物種多樣性研究綜論。生態學雜誌 20（4）：55~60。
- 邱祈榮、孫世鐸（2007）台灣植群資料整合與應用-以台灣植群資訊系統為例。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 11~34 頁。行政院農業委員會林務局。277 頁。
- 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。34頁。
- 林清池 (1996) 太平山開發史。浮崙小築文化事業有限公司。宜蘭。238 頁。
- 洪淑華、陳子英 (2007) 和平北溪森林植物社會沿海拔梯度之物種多樣性研究。中華林學會 96 年度學術論文發表會論文集。第 275~283 頁。中華林學會。401 頁。
- 俞秋豐 (2003) 台灣東北氣候區植群分類系統之研究。國立台灣大學森林學研究所博士論文。362 頁。
- 唐志堯、方精雲 (2004) 植物物種多樣性的垂直分布格局。生物多樣性 12 (1): 20~28。
- 徐自恆 (1993) 台灣東北部南湖大山高山植群分析。國立台灣大學森林學研究所碩士論文。72 頁。
- 郝占慶、于德永、楊曉明、丁之慧 (2002) 長白山北坡植物群落 α 多樣性及其隨海拔梯度的變化。應用生態學報 13: 785~789。
- 馬克平 (1994) 生物多樣性研究的原理與方法 第十章 生物群落多樣性的測度方法。第 141~165 頁。中國科學技術出版社。北京。
- 馬克平、黃建輝、於順利、陳靈芝 (1995) 北京東靈山地區植物群落多樣性的研究 II. 豐富度、均勻度和物種多樣性指數。生態學報 15 (3): 226~234。
- 馬克平、葉萬輝、于順利 (1997) 北京東靈山植物群落多樣性的研究 VIII. 群落組成隨海拔梯度的變化。生態學報 17 (6): 593-600。
- 馬克明、桑衛國、馬克平 (1997) 北京東靈山地區植物群落多樣性的研究 X. 多樣性及其分形特徵分析。生態學報 17 (6): 626~634。
- 高瑞卿、蘇鴻傑 (2001) 台灣東部立霧河流域森林植群分析。國家公園學報 11 (2): 231~254。
- 高賢明、馬克平、黃建輝、劉燦然 (1998) 東靈山草甸群落 β 多樣性的初步研究。生態學報 18 (1): 24~32。
- 張金屯 (1995) 植被數量生態學方法。中國科學技術出版社。北京。380 頁。
- 張智欽 (1995) 宜蘭縣地區地下水之研究。國立台灣師範大學地理研究所博士論文。259 頁。
- 曾彥學 (2004) 台灣特有植物之分布與保育。國立台灣大學森林學研究所博士論文。141 頁。
- 陳子英 (2004) 蘭陽溪的植群分類系統之研究。國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 18 (3): 171~206。
- 陳子英、張明財、張明洵 (2004) 北橫雙明珠：棲蘭明池神木遊。退除役官兵委員會榮民森林保育處。254 頁。
- 陳玉峰 (2001) 台灣植被誌第四卷 檜木霧林帶。前衛出版社。台北。510 頁。
- 賀金生、陳偉烈、李凌浩 (1998) 中國中亞熱帶東部常綠闊葉林主要類型的群落多樣性特徵。植物生態學報 22 (4): 303~311。
- 葉萬輝、馬克平 (1998) 北京東靈山地區植物群落多樣性研究: IX. 尺度變化對 α

- 多樣性的影響。生態學報 18 (1): 12~16。
- 葉慶龍、廖家宏 (2008) 北大武山區植群多樣性之研究 中華林學季刊。
- 郝占慶、于德永、楊曉明、丁之慧 (2002) 長白山北坡植物群落 α 多樣性及其隨海拔梯度的變化。應用生態學報 13 (7): 785~789。
- 劉啟斌 (2003) 恆春半島山地植群之分類。國立屏東科技大學森林系碩士論文。152 頁。
- 劉靜榆 (2004) 台灣中西部氣候區森林植群分類系統之研究。國立台灣大學森林研究所博士論文。228 頁。
- 劉燦然、馬克平 (1998) 生物群落多樣性的測度方法 VI. 與多樣性測度有關的統計問題。生物多樣性 6 (3): 229~239。
- 蘇鴻傑 (1987) 森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20 (2): 29~46。
- 蘇鴻傑 (1992) 台灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。台灣生物資源調查及資訊管理研習會論文集。第 39~53 頁。中央研究院植物研究所專刊第十一號。中央研究院植物研究所。349 頁。
- 蘇鴻傑 (2002) 物種多樣性之組成與測計：台灣森林植物概觀。生物多樣性保育研討會論文集。第 1~14 頁。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。338 頁。
- 蘇鴻傑 (2004) 植群之多樣性及多樣化之分類。臺大實驗林研究報告 蘇鴻傑教授榮譽退休紀念專刊 18 (3): 207~220。
- Austrheim, G. (2002) Plant diversity patterns in semi-natural grasslands along an elevational gradient in southern Norway. *Plant Ecology* 161: 193-205.
- Baruch, Z. (1984) Ordination and classification of vegetation along an altitudinal gradient in the Venezuelan páramos. *Vegetatio* 55: 115-126.
- Brockway, D. G. (1998) Forest plant diversity at local and landscape scales in the Cascade Mountains of southwestern Washington. *Forest ecology and management* 109(1-3): 323-341.
- Colwell, R. K. and D. C. Lees (2000) The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 70-76.
- Grytnes, J. A. and O. R. Vetaas (2002) Species richness and altitude: a comparison between Null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist* 159: 294-304.
- Hsieh C. F. (2002) Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. *Taiwania* 47(4): 298-310.
- Itow, S. (1991) Species turnover and diversity patterns along an evergreen broad-leaved forest coenocline. *Journal of Vegetation Science* 2: 477-484.
- Kessler, M. (2000) Altitudinal gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. *Plant Ecology* 149: 181-193.

- Kessler, M. (2001) Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity and Conservation* 10: 1897-1920.
- Kessler, M. (2002) The elevational gradient of Andean plant endemism: varying influences of taxon-specific traits and topography at different taxonomic levels. *Journal of Biogeography* 29: 1159-1165.
- Kitayama, K. (1992) An altitudinal transect study of the vegetation of Mount Kinabalu, Borneo. *Vegetatio* 102: 149-171.
- Kitayama, K. (1996) Patterns of species diversity on an oceanic versus a continental island mountain: a hypothesis on species diversification. *Journal of Vegetation Science* 7: 879-888.
- Lovett, J. C., G. P. Clarke, R. Moore and G. Morrey (2001) Elevational distribution of restricted range forest tree taxa in eastern Tanzania. *Biodiversity and Conservation* 10: 541-550.
- Magurran, A. E. (1988) *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton.
- Md. Nor S. (2001) Elevational diversity patterns of small mammals on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Global Ecology and Biogeography* 10: 41-62.
- Odland, A. and H. J. B. Birks (1999) The altitudinal gradient of vascular plant richness in Aurland, western Norway. *Ecography* 22: 548-566.
- Ohlemüller, R. and J. B. Wilson (2002) Vascular plant species richness along latitudinal and altitudinal gradients: a contribution from New Zealand temperate rainforests. *Ecology letters* 3(4): 262-266.
- Ohsawa, M. (1990) An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in South and East Asian mountains. *Journal of Ecology* 78: 326-339.
- Ohsawa, M. (1993) Latitudinal pattern of mountain vegetation zonation in southern and eastern Asia. *Journal of Vegetation Science* 4: 13-18.
- Ohsawa, M. (1995) Latitudinal comparison of altitudinal changes in forest structure, leaf-type, and species richness in humid monsoon Asia. *Vegetatio* 121: 3-10.
- Rahbek, C. (1995) The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205.
- Rosenzweig, M. L. (1995) *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, UK. 436pp.
- Sax, D. F. (2002) Native and naturalized plant diversity are positively correlated in scrub communities of California and Chile. *Diversity and Distributions* 8: 193-210.
- Schmida, A. and M. V. Wilson (1985) Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12: 1-20.

- Sklenar, P. and P. M. Jørgensen (1999) Distribution patterns of páramo plants in Ecuador. *Journal of Biogeography* 26: 681-692.
- Stevens, G. C. (1992) The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist* 140: 893-911.
- 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(4): 57-73. (with Chinese summary)
- Su, H. J. (1985) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(III)A scheme of geographical climatic regions. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 18(3): 33-44. (with Chinese summary)
- Su, H. J. (1994) Species diversity of forest plants in Taiwan. *Institute of Botany Academia Sinica Monograph Series* 14: 87-98.
- Tang, C. Q. and M. Ohsawa (1997) Zonal transition of evergreen, deciduous, and coniferous forests along the altitudinal gradient on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China. *Plant Ecology* 133: 63-78.
- Theurillat, J. P., A. Schluessel, P. Geissler, A. Guisan, C. Velluti and L. Wiget (2003) Plant and bryophyte diversity along elevational gradients in the Alps. In: Nagy L., G. Grabherr, C. Koerner, and D. B. A. Thompson (eds.), *Alpine Biodiversity in Europe*. Springer-Verlag New York. pp.185-193.
- Vazquez, J. A. and T. J. Givnish (1998) Altitudinal gradients in the tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantla'n. *Journal of Ecology* 86: 999-1020.
- Vetaas O. R. and J. A. Grytnes (2002) Distribution of vascular plants species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. *Global Ecology and Biogeography* 11: 291-301.
- Wang, G., G. Zhou, L. Yang, and Z. Li (2002) Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slope of Qilianshan Mountains Gansu China. *Plant Ecology* 165: 169-181.
- Whittaker, R. H. (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Whittaker, R. H. (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30: 279-338.
- Whittaker, R. H. and W. A. Niering (1965) Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope. *Ecology* 46: 429-452.
- Whittaker, R. J., K. J. Willis and R. Field (2001) Scale and species richness: towards a general hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.

Willerlev, E., A. J. Hansen, K. K. Nielsen and H. Andersen (2002) Number of endemic and native plant species in the Galapagos Archipelago in relation to geographical parameters. *Ecography* 25: 109-119.

What is plot size responsible for in vegetation data analysis?

Zdenka Otýpková & Milan Chytrý

Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University Brno, Czech Republic; email: zdenkao@sci.muni.cz

Vegetation samples from plots that are stored in phytosociological databases often differ by one or two orders of magnitude in size, even within a single vegetation type. This fact may influence vegetation analysis, but the extent of this possible influence has not been investigated so far. The effect of sample plot size on ordination results was investigated both in forest and grassland vegetation in Moravia (Czech Republic), using data from nested plots of 49, 100, 225, 400, 625 and 961 m². In both data sets the smallest plot sizes showed the most deviating patterns in ordinations, while samples of larger sizes gave similar results. The transformation of percentage cover also affected the results, more so when samples were collected in homogeneous vegetation. These effects of various plot size on ordination are caused by low species richness and evenness in smaller plots, which are more pronounced in homogeneous data set, and result in a higher β -diversity of the set of smaller plots.

Samples differing in size by one order of magnitude (49 and 961 m²) seem to be inappropriate to combine together in ordination analysis, especially when they were sampled in homogeneous vegetation.

Additionally, an assessment of diagnostic species in given classification is influenced by plot size. Number of diagnostic species increases with enlargement of plot size. By contrast, number of shared diagnostic species decreases much when plot size is rather smaller. The low proportion of diagnostic species shared by corresponding clusters calculated for different plot size indicates high species turnover in diagnostic species across all tested plot sizes.

南台東北區河系植群分析

程宗德¹ 宋梧魁³ 葉慶龍^{1,2} 楊勝任¹ 廖春芬¹

¹ 國立屏東科技大學森林系

² 通訊作者

³ 植群生態研究有限公司

摘要

本研究主要範圍位於南台東北區河系，包括太平溪、大南溪及知本溪流域。研究目的為調查現生植群及影響植群分佈之環境因子，供此區經營管理及保育之參考。共設置 94 個樣區，調查到維管束植物 559 種、323 屬、132 科，其中瀕絕的有 5 種，易受害的有 8 種。依據典型對應分析結果，影響本區植群分佈之環境因子為海拔、土壤含石率、岩石地比例、地形位置、坡度。依據雙向指標種分析和降趨對應分析，將植群型分為 6 個群系、7 個群團與 8 個群叢，以指標種和優勢種命名，或僅用指標種：1. 山地針闊葉混淆林，(1) 台灣鐵杉群團(赤柯—台灣鐵杉群叢)；2. 山地常綠闊葉林(上部櫟林帶)，(2) 赤柯群團(昆欄樹—赤柯群叢)；3. 山地常綠闊葉林(下部櫟林帶)，(3) 錐果櫟群團(黃杞—錐果櫟群叢、大葉石櫟—錐果櫟群叢)；4. 上部山地—山地—下部山地落葉闊葉林，(4) 台灣赤楊群團(台灣赤楊群叢)；5. 山地下部常綠闊葉林，(5) 大葉楠群團(紅果柃木—大葉楠群叢)、(6) 青剛櫟群團(青剛櫟群叢)；6. 低地常綠闊葉林，(7) 白榕群團(白榕群叢)。

關鍵字：植群生態、典型對應分析、雙向指標種分析、降趨對應分析

Vegetation Analysis of the North Area of Southern Taitung River Basin

Tzong-Der Cheng¹ Wu-Kwei Sung³ Ching-Long Yeh^{1,2}
Sheng-Zehn Yang¹ Chun-Fen Liao¹

¹ Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology.

² Corresponding author.

³ Vegetation Ecology Research Company.

Abstract

The study area comprises Taiping, Tanan and Chihben river basins which are in the northern area of southern Taitung. The purposes of the present study are to understand the current vegetation types and the significant environmental factors related to vegetation distribution. These basedata will serve as a reference for the management and conservation policies of the Bureau of Forestry. A total of 94 plots were set up. As a result, a total of 559 species of vascular plants in 323 genera and 132 families are recorded, among them 5 are endangered species and 9 are vulnerable species. Based on Canonical Correspondence Analysis (CCA), the significant environmental factors affecting the distribution of vegetation is the altitudinal gradient, other influential factors are stoniness of soil, ratio of rocky, topography and slope. The results of Two Way Indicator Speies Analysis (TWINSPAN) and Detrended Correspondence Analysis (DCA) recognized 6 Formation, 7 Alliances and 8 Association. The forest types were named using both indicator and dominant species, or indicator species only. 1. Montane mixed coniferous broad-leaved forest: (1) *Tsuga chinensis* var. *formosana* ALL. (*Cyclobalanopsis morii* — *Tsuga chinensis* var. *formosana* ASS.). 2. Montane evergreen broad-leaved forest(Upper Quercus zone): (2) *Cyclobalanopsis morii* ALL. (*Trochodendron aralioides* — *Cyclobalanopsis morii* ASS.). 3. Montane evergreen broad-leaved forest (Lower Quercus zone): (3) *Cyclobalanopsis longinux* ALL. (*Engelhardia roxburghiana* — *Cyclobalanopsis*

longinux ASS.; *Pasania kawakamii*—*Cyclobalanopsis longinux* ASS.). 4. Upper—montane—Submontane deciduous-leaved forest.: (4) *Alnus formosana* ALL.(*Alnus formosana* ASS.). 5. Submontane evergreen broad-leaved forest: (5) *Machilus japonica* var. *kusanoi* ALL. (*Dysoxylum hongkongense*—*Machilus japonica* var. *kusanoi* ASS.); (6) *Cyclobalanopsis glauca* ALL.(*Cyclobalanopsis glauca* ASS.). 6. Lowland evergreen broad-leaved forest: (7) *Ficus benjamina* ALL.(*Ficus benjamina* ASS.).

Keyword: Vegetation Ecology, Canonical Correspondence Analysis, Two Way Indicator Speies Analysis, Detrended Correspondence Analysis

一、前言

以往在台灣雖有許多學者從事植群調查，提供自然資源經營管理的基本資料，但各研究學者採用不同的取樣方法及分類原理，而忽略植群單位整合之重要性(蘇鴻傑，2003)。過去三次的全國森林資源及土地利用調查，多以林木生產及蓄積量為主要調查目的，未能從生態系的觀點加以考量，因此在植群分類上僅以形相加以區分，而欠缺其植物組成、林分結構等資料，致使其生態意義未能彰顯(邱祈榮等，2005)。為了解生態環境的變化及趨勢，進而達到森林自然資源管理之永續性，因而整合植群分類單位，為目前重要的課題之一。

於 2003 年起行政院農委會執行「國家植群多樣性調查及製圖計畫」，著重於整合植群單位，並透過全面性且一致的植群調查模式、分類標準，以完成國家植群分類系統。本研究於台東縣南台東河系流域之太平溪、大南溪、知本溪三個集水區之天然植群進行植群調查，增加植物社會資料，以供植群整合、製作植群圖及森林經營管理參考之用。

二、環境概述與研究方法

(一) 環境概述

本研究的主要範圍位於南台東河系流域，包括太平溪、大南溪及知本溪集水區。西倚中央山脈霧頭山，海拔 2,736 m，東臨太平洋。山勢走向朝東北及東南延伸，主要有松山、境界山、大浦山及盆盆山、斗里斗里山、尖山、唐太蘭北山及太麻里山(圖 1)。水系流向呈由西向東，流域面積 49,520 ha。依據台東氣候站資料，本區域年平均溫度為 24.7 °C，年雨量約為 1,640 mm，雨量主要集中在 7 月至 9 月屬於颱風季節，相對乾燥期則出現在 1-2 月(圖 2)，依地理氣候區區分(蘇鴻傑，1983)，本研究範圍坐落於東部區南段與東南區之間。主要地質組成上游為畢祿山岩，中游為大南澳片岩，下游為廬山層及沖積層。

(二) 植物社會調查

本研究採用計數樣區法(Count-plot method)(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)對植群進行取樣。調查樣區面積為 400 m²，樣區依其天然之均質方向排列。量測樣區內胸徑(DBH)達到 1 cm 以上之木本植物，記錄其樹種名稱及胸徑；草本、小灌木、附生及藤本植物則記錄物種名稱及覆蓋度。並同時觀測樣區內之環境因子。本研究共設置 94 個樣區。

(三) 環境因子之觀測與評估

植群生態(Vegetation ecology)之研究乃在於分析或識別各種植物社會(Plant communities)或林型(Forest type)，並研究植群型在不同生育地之分佈，以環境因子評估其相關性，作為解釋或研判之基礎(蘇鴻傑，1978)，本調查採用之環境因子，經直接觀測或間接評估所得之資料，計有如下 7 項：海拔高度(m)、坡度(°)、方位(依乾溼程度區分為 1-16 級以表示相對水分指標值)(蘇鴻傑，1987)、地形位置(1：主稜、2：上坡、3：中坡、4：下坡、5：谷地)、地表裸露率(%)、土壤含石率(%)、岩石地比率(%)。

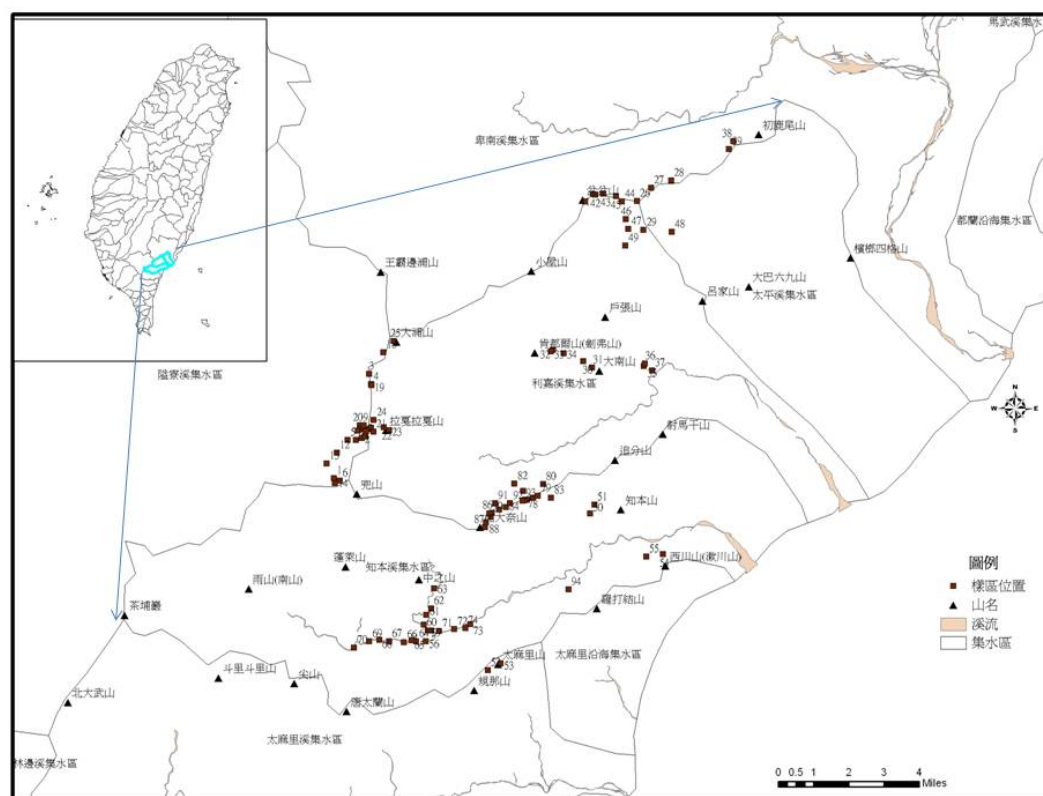


圖 1 南台東河系流域樣區位置圖

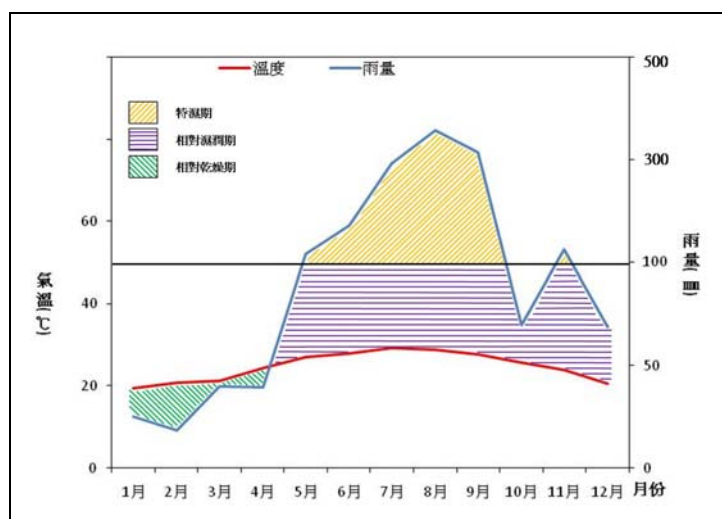


圖 2 南台東河系流域生態氣候圖(資料來源：台東氣象站 2003-2007 年)

(四)資料統計與分析

1.原始資料計算

本調查之樣區內包括木本及草本兩個層次，木本植物胸徑 1 cm 以上者，計算其密度(株數)及優勢度(胸高斷面積之總和)，化為相對值(百分率)後，以 2 項之總和為重要值指數(Important Value Index, IVI) (劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)，經換算以 100 % 為基礎值後，再以 8 分級值(Octave scale)轉化為 10 級以簡化數據及變異 (Gauch, 1981)。草本植物係直接用相對覆蓋度，再化成 8 分級值。樣區資料係用編輯程式 Excel 輸入電腦，環境因子之資料不經任何轉化，直接以觀測或評估值輸入於電腦以備分析之用。

2.植群與環境關係

植群與環境之關係是採用典型對應分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)來進行測試。典型對應分析可結合多個環境因子同時進行分析，使樣區或植物依其在環境梯度上之位置加以排列，能有效反應植群與環境的關係，而找出影響植群分化之主要環境因子。典型對應分析可計算各梯度軸所能解釋物種與環境因子變數間的變異量，以了解各環境因子對於各物種解釋的百分比，並可將物種或是樣區與環境因子變數間的關係以雙序圖(Biplot)表示之，在雙序圖中環境因子是以方向性之線表示，線所在之象限方向表示環境因子與梯度軸之正負關係性，其長度代表環境因子與植群分佈、樣區及樹種分佈之相關程度的大小(張金屯，2004；Kent and Coker, 1992；McCune and Grace, 2002)。

3.植物社會分類

植物社會之分類是採用雙向指標種分析法(Two Way Indicator Species Analysis, TWINSpan)和降趨對應分析法(Detrended Correspondence Analysis, DCA)，利用兩者做為分類之依據以得到符合自然狀態的合理分類。雙向指標種分析法是一種多元切分法，利用各樣區之特徵種群在量的不同來切分，其過程是將樣區中的特徵種群，依出現與不出現或量的多寡，而將相似的樣區排列在一起，相異之樣區切分開(Hill, 1979；蘇鴻傑，1996)。降趨對應分析法是以非線性重新刻劃(Nonlinear rescaling)及降趨(Detrending)的方式修正 CA 的軸端壓縮，以及多餘第二軸的缺點，而使植群的變異梯度能正確的反應在排序軸上，以得知樣區或植物種類在植物社會之變異梯度上之相對位置。同時利用 TWINSpan 分析出之樣區-物種矩陣，並參考樣區於 DCA 三軸空間上之分佈及鑑別種群的分群，調整樣區與樹種之次序(Greimler *et al.*, 2002)，製作出植群型之概要表(Synoptic table)。

4.植物社會之命名

本研究之植物社命名，乃依據美國陸域植群分類系統之層級架構(Grossman *et al.*, 1998)，群系(Formation)以上的高階層級為形相，群叢(Association, ASS.)和群團(Alliance, ALL.)兩個低階層級使用植相，同時並參考國家植群計劃之分類系統(謝長富等，2004)於 2006 年之修改版及 Son and Xu(2003)台灣植被之分類方案，整合出植群分類及名稱。

三、結果與討論

(一)物種組成

本研究調查區域內維管束植物種類共記錄 132 科 323 屬 559 種(表 1)，分屬於蕨類植物 128 種、裸子植物 2 種、種子植物 429 種，其中種子植物門包含雙子葉植物 348 種，單子葉植物 81 種。蕨類植物中以水龍骨科 22 種、鱗毛蕨 13 科、蹄蓋蕨科 10 種、鐵角蕨科 10 種、石松科 7 種、金星蕨科 7 種為單科種數最多之前 6 個科；裸子植物為松科、柏科各一種；雙子葉植物則以樟科 21 種、茜草科 19 種、茶科 15 種、大戟科 15 種、桑科 14 種、蓴麻科 14 種為單科種數最多之前 6 個科；單子葉植物則以蘭科 37 種、禾本科 10 種、菝葜科 6 種、天南星科 6 種、百合科 5 種為單科種數最多之前 5 個科。

表 1 南台東溪流域北段維管束植物種類

	科	屬	種
蕨類植物門	28	62	128
裸子植物門	2	2	2
種子植物門	102	259	429
雙子葉植物	90	209	348
單子葉植物	12	50	81
總計	132	323	559

經文獻(行政院農委會，1996-2001)比對本研究調查 559 種維管束植物中，包含 13 種稀有植物，分別為瀕臨絕滅之小垂枝石松(*Lycopodium salvinoides*)、垂枝石松(*Lycopodium phlegmaria*)、塔塔加龍膽(*Gentiana tatakensis*)、牛樟(*Cinnamomum kanehirae*)、烏心石舅(*Magnolia kachirachirai*)等 5 種；易受害之姬荷包蕨(*Calymmodon cucullatus*)、下花細辛(*Asarum hypogynum*)、著生杜鵑(*Rhododendron kawakamii*)、鐵色(*Drypetes littoralis*)、交力坪鐵色(*Drypetes karapinensis*)、止宮樹(*Allophylus timorensis*)、灰背葉紫珠(*Callicarpa hypoleucophylla*)、呂宋毛蕊木(*Gomphandra luzoniensis*)等 8 種。

(二)典型對應分析(CCA)

將 94 個樣區 209 種木本植物所組成之植群矩陣與 94 個樣區 9 項環境因子所組成之環境矩陣，利用 PCORD 中的 CCA 進行分析。分析結果顯示 CCA 各梯度軸之特徵值分別為 0.857、0.432、0.343(表 2)。第一軸與海拔、土壤含石率、岩石地比例、地形位置、坡度呈顯著相關；第二軸與地表裸露率呈顯著相關；第三軸與地形位置、坡度、地表裸露率、坡向呈顯著相關。經 Monte Carlo 顯著性測驗結果唯有第一軸與環境因子呈顯著相關，是較有解釋效力的。

(三)降趨對應分析(DCA)

將 94 個樣區 209 種木本植物所組成之植群矩陣與 94 個樣區 9 項環境因子所組成之環境矩陣，利用 PCORD 中的 DCA 進行分析。分析結果 DCA 第一軸軸長為 8.483，特徵值為 0.896；第二軸軸長為 5.198，特徵值為 0.620；第三軸軸長為 5.217，特徵值為 0.524(表 3)。由於第一軸與海拔呈負相關，所以第一軸的左側為海拔較高的樣區，右側則為海拔較低的樣區(圖 3、圖 4)。

表 2 環境因子與 CCA 梯度軸之相關係數

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
海拔	0.982*	0.044	-0.083
地形位置	-0.610*	0.160	0.491*
坡度	-0.493*	0.194	-0.417*
坡向	-0.215	-0.122	-0.359*
地表裸露率	-0.189	-0.419*	-0.397*
土壤含石率	-0.715*	0.175	0.190
岩石地比例	-0.696*	0.073	0.084
特徵值	0.857*	0.432	0.343
物種與環境之相關係數	0.977	0.836	0.808
Monte Carlo 顯著性測驗	$P \leq 0.01$		

註：*表示 $P \leq 0.01$

表 3 DCA 梯度軸之特徵值與軸長

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
特徵值	0.896	0.620	0.524
軸長	8.483	5.198	5.217

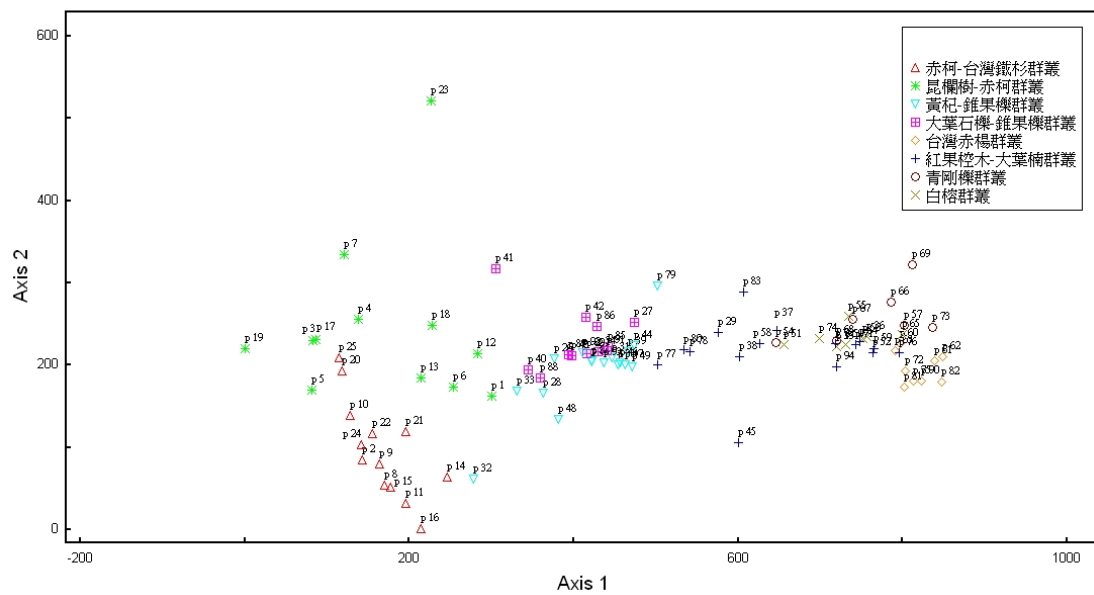


圖 3 DCA 第一軸與第二軸之樣區分佈圖

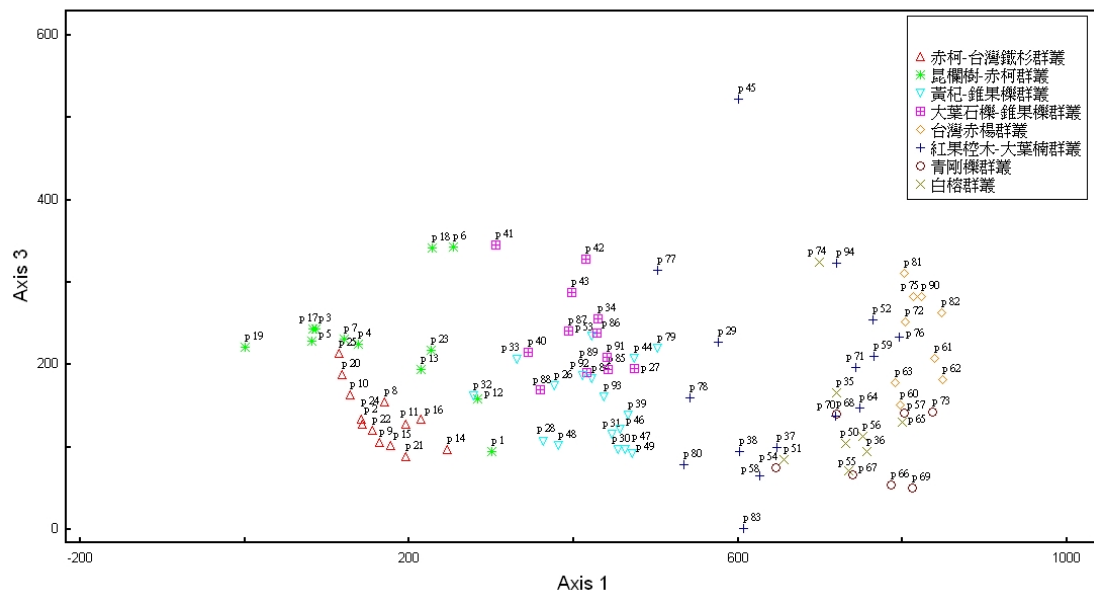


圖 4 DCA 第一軸與第三軸之樣區分佈圖

(四)植物社會分類

將 94 個樣區 209 種木本植物所組成的植群矩陣，利用 PCORD 中的 TWINSpan 及 DCA 進行植物社會分類，共區分為山地針闊葉混淆林(Montane mixed coniferous broad-leaved forest)、山地常綠闊葉林(上部櫟林帶)(Montane evergreen broad-leaved forest (Upper *Quercus* zone))、山地常綠闊葉林(下部櫟林帶)(Montane evergreen broad-leaved forest (Lower *Quercus* zone))、上部山地—山地—

下部山地崩塌地次生落葉闊葉林(Upper – montane – submontane landslide secondary deciduous broad-leaved forest)、山地下部常綠闊葉林(楠櫨林帶)(Submontane evergreen broad-leaved forest (*Machilus-Castanopsis* zone))、低地常綠闊葉林(榕楠林帶)(Lowland evergreen broad-leaved forest (*Ficus-Machilus* zone))等 6 個群系(表 4)。

1 山地針闊葉混淆林群系

此群系包含 1 個群團為台灣鐵杉群團(*Tsuga chinensis* var. *formosana* ALL.)，優勢種為台灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)。主要分佈於中央山脈主脊之小鬼湖至紅鬼湖一帶。此群團下有一群叢，赤柯—台灣鐵杉群叢(*Cyclobalanopsis morii*—*Tsuga chinensis* var. *formosana* ASS.)特徵如下：

(1) 赤柯—台灣鐵杉群叢

此群叢包含 2、8、9、10、11、14、15、16、20、21、22、24、25 號樣區共 13 個樣區，特徵種為赤柯(*Cyclobalanopsis morii*)。樣區分佈於海拔 1910-2362 m；地形位置主稜至中坡；坡度 0-28°；土壤含石率 4-10 %；岩石地比率 0-30 %；樹冠高度約 8-15 m。

上層優勢種：台灣鐵杉、赤柯、台灣楊桐(*Adinandra formosana*)、白花八角(*Illicium anisatum*)等。中層優勢種：台灣杜鵑(*Rhododendron formosanum*)、西施花(*Rhododendron leptosantherum*)、阿里山灰木(*Symplocos arisanensis*)等。下層優勢種：薄葉柃木(*Eurya leptophylla*)、高山新木薑子(*Neolitsea acuminatissima*)等。地被層優勢種：玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)、台灣瘤足蕨(*Plagiogyria formosana*)等。

2 山地常綠闊葉林(上部櫟林帶)群系

此群系包含 1 個群團為赤柯群團(*Cyclobalanopsis morii* ALL.)，優勢種為赤柯等，主要分佈於中央山脈主脊之小鬼湖至紅鬼湖一帶。此群團分佈之海拔位置較台灣鐵杉群團低，此群團下有一群叢為昆欄樹—赤柯群叢(*Trochodendron aralioides*—*Cyclobalanopsis morii* ASS.)

(1) 昆欄樹—赤柯群叢

此群叢包含 1、3、4、5、6、7、12、13、17、18、19、23 號樣區共 12 個樣區，特徵種為昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)。樣區分佈於海拔 1887-2202 m；地形位置主稜至上坡谷地；坡度 6-35°；土壤含石率 0-50 %；岩石地比率 0-20 %；樹冠高度約 2-18 m。

上層優勢種：赤柯、台灣楊桐、昆欄樹、長尾尖葉槲(*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii*)等。中層優勢種：假長葉楠(*Machilus japonica*)、長葉木薑子(*Litsea acuminata*)、阿里山灰木、粗毛柃木(*Eurya strigillosa*)等。下層優勢種：薄葉柃木、高山新木薑子、變葉新木薑子(*Neolitsea aciculata* var. *variabilima*)、台灣老葉兒樹(*Pourthiaea beauverdiana* var. *notabilis*)等。地被層優勢種：玉山箭竹、稀子蕨(*Monachosorum henryi*)等。

3 山地常綠闊葉林(下部櫟林帶)群系

此群系包含 1 個群團為錐果櫟群團(*Cyclobalanopsis longinux* ALL.)，優勢種為錐果櫟。主要分佈於分佈於肯都爾山、盆盆山、加大奈山等地區。於錐果櫟群團下又區分為 2 個群叢，分別為黃杞—錐果櫟群叢(*Engelhardia roxburghiana*—*Cyclobalanopsis longinux* ASS.)，主要分佈於肯都爾山、盆盆山、加大奈山、大南山之支稜及中坡地區；大葉石櫟—錐果櫟群叢(*Pasania kawakamii*—*Cyclobalanopsis longinux* ASS.)，主要分佈於肯都爾山、盆盆山、加大奈山之主稜及上坡地區。

(1) 黃杞—錐果櫟群叢

此群叢包含 26、28、30、31、32、33、39、44、46、47、48、49、53、79、84、92、93 號樣區共 17 個樣區，特徵種為黃杞(*Engelhardia roxburghiana*)。樣區分佈於海拔 852-1740 m；地形位置主稜至中坡；坡度 5-40°；土壤含石率 5-80 %；岩石地比率 5-40 %；樹冠高度約 6-18 m。

上層優勢種：錐果櫟(*Cyclobalanopsis longinux*)、長尾尖葉槲、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、港口木荷(*Schima superba* var. *kankaoensis*)、豬腳楠(*Machilus thunbergii*)、黃杞等。中層優勢種：紅淡比(*Cleyera japonica*)、長葉木薑子、山龍眼(*Helicia formosana*)等。下層優勢種：細枝柃木(*Eurya loquaiana*)、小花鼠刺(*Itea parviflora*)、玉山紫金牛(*Ardisia cornudentata* subsp. *morrisonensis*)等。地被層優勢種：廣葉鋸齒雙蓋蕨(*Diplazium dilatatum*)、台灣鱗毛蕨(*Dryopteris formosana*)、生根卷柏(*Selaginella doederleinii*)、冷清草(*Elatostema lineolatum* var. *majus*)等。

(2) 大葉石櫟—錐果櫟群叢

此群叢包含 27、34、40、41、42、43、85、86、87、88、89、91 號樣區共 12 個樣區，特徵種為大葉石櫟(*Pasania kawakamii*)。樣區分佈於海拔 1450-1876 m；地形位置主稜至中坡；坡度 0-35°；土壤含石率 2-60 %；岩石地比率 0-40 %；樹冠高度約 10-20 m。

上層優勢種：錐果櫟、港口木荷、豬腳楠、大葉石櫟等。中層優勢種：假長葉楠、長葉木薑子、瓊楠(*Beilschmiedia erythrophloia*)、青葉楠(*Machilus zuihoensis* var. *mushaensis*)等。下層優勢種：細枝柃木、狹瓣八仙花(*Hydrangea angustipetala*)、枇杷葉灰木(*Symplocos stellaris*)、小花鼠刺等。地被層優勢種：玉山箭竹、稀子蕨、冷清草等。

4 上部山地—山地—下部山地崩塌地落葉次生林群系

此群系包含 1 個群團為台灣赤楊群團(*Alnus formosana* ALL.)，優勢種為台灣赤楊(*Alnus formosana*)。主要分佈於研究區域中的崩塌地，應屬於崩塌地演替早期之植群。此群團下有一群叢為台灣赤楊群叢(*Alnus formosana* ASS.)。

(1) 台灣赤楊群叢

此群叢包含 60、61、62、63、72、75、81、82、90 號樣區共 9 個樣區，特徵種為台灣赤楊。樣區分佈於海拔 335-1580 m；地形位置中坡至溪谷；坡度 9-45°；土壤含石率 20-90 %；岩石地比率 15-80 %；樹冠高度約 12-20 m。

上層優勢種：台灣赤楊、九芎(*Lagerstroemia subcostata*)、白雞油(*Fraxinus griffithii*)等。下層優勢種：細葉饅頭果(*Glochidion rubrum*)、小梗木薑子(*Litsea hypophaea*)、三葉山香圓(*Turpinia ternata*)、大葉溲疏(*Deutzia pulchra*)等。地被層優勢種：芒(*Miscanthus sinensis*)、全緣卷柏(*Selaginella delicatula*)、腎蕨(*Nephrolepis auriculata*)、蘆竹(*Arundo donax*)、月桃(*Alpinia zerumbet*)等。

5 山地下部常綠闊葉林(楠櫟林帶)群系

此群系包含 2 個群團，分別為大葉楠群團(*Machilus japonica* var. *kusanoi* ALL.)與青剛櫟群團(*Cyclobalanopsis glauca* ALL.)。大葉楠群團之優勢種為大葉楠(*Machilus japonica* var. *kusanoi*)，此群團下有一群叢為紅果柃木—大葉楠群叢(*Dysoxylum hongkongense*—*Machilus japonica* var. *kusanoi* ASS.)，主要分佈於利嘉林道 15-20 km 處、加大奈山、知本林道 12-15 km 地區之中、下坡；青剛櫟群團之優勢種為青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca*)，此群團下有一群叢為青剛櫟群叢(*Cyclobalanopsis glauca* ASS.)，主要分佈於知本溪中、下游地區及大南溪下游地區之臨近溪谷坡面。

(1) 紅果柃木—大葉楠群叢

此群叢包含 29、37、38、45、52、58、59、64、70、71、76、77、78、80、83、94 號樣區共 16 個樣區，特徵種為紅果柃木(*Dysoxylum hongkongense*)。樣區分佈於海拔 235-1392 m；地形位置支稜至溪谷；坡度 10-45°；土壤含石率 5-90 %；

岩石地比率 10-90 %；樹冠高度約 10-23 m。

上層優勢種：大葉楠、茄苳(*Bischofia javanica*)、紅果柃木、港口木荷、長尾尖葉槲等。中層優勢種：鵝掌柴(*Schefflera octophylla*)、九芎、豬母乳(*Ficus fistulosa*)、筆筒樹(*Cyathea lepifera*)、山龍眼等。下層優勢種：九節木(*Psychotria rubra*)、水冬瓜(*Saurauia tristyla* var. *oldhamii*)、長梗紫麻(*Oreocnide pedunculata*)等。地被層優勢種：闊葉樓梯草(*Elatostema platyphylloides*)、冷清草、黃藤(*Calamus quiquetnerius*)、山棕(*Arenga tremula*)等。

(2) 青剛櫟群叢

此群叢包含 54、57、66、67、68、69、73 號樣區共 7 個樣區，特徵種為青剛櫟。樣區分佈於海拔 310-490 m；地形位置上坡及下坡；坡度 3-48°；土壤含石率 5-90 %；岩石地比率 0-95 %；樹冠高度約 12-23 m。

上層優勢種：青剛櫟、白雞油、大葉楠等。中層優勢種：鵝掌柴、九芎、木臘樹(*Rhus succedanea*)、軟毛柿(*Diospyros eriantha*)、無患子(*Sapindus mukorossii*)、三葉山香圓。下層優勢種：小梗木薑子、九節木等。地被層優勢種：山棕、蘆竹、月桃、芒、黃藤等。

6 低地常綠闊葉林(榕楠林帶) 群系

此群系包含 1 個群團為白榕群團(*Ficus benjamina* ALL.)，優勢種為白榕(*Ficus benjamina*)，主要分佈於大南溪下游及知本溪中、下游之溪谷兩側陡坡。此群團下有一群叢為白榕群叢(*Ficus benjamina* ASS.)

(1) 白榕群叢

此群叢包含 35、36、50、51、55、56、65、74 號樣區共 8 個樣區，特徵種為白榕。樣區分佈於海拔 245-606 m；地形位置中坡至溪谷；坡度 7-40°；土壤含石率 10-100 %；岩石地比率 10-90 %；樹冠高度約 12-20m。

上層優勢種：白榕、幹花榕(*Ficus variegata* var. *garciae*)、雀榕(*Ficus superba* var. *japonica*)、澀葉榕(*Ficus irisana*)等。中層優勢種：鵝掌柴、九芎、白雞油、軟毛柿、咬人狗(*Dendrocnide meyeniana*)、三葉山香圓等。下層優勢種：九節木、刺杜密(*Bridelia balansae*)、長梗紫麻、樹杞(*Ardisia sieboldii*)等。地被層優勢種：冷清草、山棕、姑婆芋(*Alocasia odora*)、芒、黃藤。

表4 南台東河系流域北段植群概要表

[illegible]

註：群叢編號：1. 赤柯—台灣鐵杉群叢、2. 昆欄樹—赤柯群叢、3. 黃杞—錐果櫟群叢、4. 大葉石櫟—錐果櫟群叢、5. 台灣赤楊群叢、6. 紅果柃木—大葉楠群叢、7. 青剛櫟群叢、8. 白榕群叢

表 5 本研究植群分類之群團與前人文獻之比較

本研究之群團	前人文獻之林型	優勢種
1.山地針闊葉混淆林群系		
(1)台灣鐵杉群團		台灣鐵杉、赤柯、台灣楊桐、白花八角
2.山地常綠闊葉林 (上部櫟林帶) 群系		
(1)赤柯群團		赤柯、台灣楊桐、昆欄樹、長尾尖葉槲
3.山地常綠闊葉林 (下部櫟林帶) 群系		
(1)錐果櫟群團	狗骨仔—黃杞型、假長葉楠—黃杞型、山枇杷—錐果櫟型(葉慶龍、范貴珠, 1996); 山龍眼植群型、錐果櫟植群型(莊效光, 2002), 應屬錐果櫟群團。	錐果櫟、長尾尖葉槲、薯豆、港口木荷、豬腳楠、黃杞、大葉石櫟
4.上部山地—山地—下部 山地崩落地落葉次生林 群系		
(1)台灣赤楊群團		台灣赤楊、九芎、白雞油
5.山地下部常綠闊葉林 (楠櫟林帶)群系		
(1)大葉楠群團	九芎—江某型(葉慶龍、范貴珠, 1996); 大葉楠、茄苳、紅果柃木、大葉楠植群型(莊效光, 2002), 應屬大葉楠群團。	港口木荷、長尾尖葉槲、紅果柃木
(2)青剛櫟群團		青剛櫟、白雞油、大葉楠
6.低地常綠闊葉林 (榕楠林帶)群系		
(1)白榕群團	澀葉榕植群型(莊效光, 2002), 應屬白榕群團。	白榕、幹花榕、雀榕、澀葉榕
本研究未出現之群團	1.泡桐型(葉慶龍、范貴珠, 1996) 2.森氏紅淡比—台灣杜鵑型 (葉慶龍、范貴珠, 1996)	泡桐、牛奶榕、杪羅 台灣杜鵑、森氏紅淡比

本研究共取得 94 個植群樣區，樣區分佈於海拔 235-2162 m，包含了 6 個群系、7 個群團及 8 個群叢，將本研究之植群分析結果與前人文獻比較(表 5)。台東台灣獼猴自然保護區(葉慶龍、范貴珠, 1996)位於本研究區範圍內利嘉林道 15-19 km 處，利嘉溪北側支流上游，樣區之海拔分佈範圍為 400-1500 m，共區分為 6 種植群型及 4 種亞型；魯凱族 taromak 部落傳統領域位於利嘉溪中、下游(莊效光, 2002)，樣區之海拔分佈範圍為 200-1250 m，共區分為 4 種植群型及 7 種亞型。

由於本研究與 2 篇前人文獻之海拔分佈範圍有差異，所以本研究中分佈於海拔 1887-2362 m 之山地針闊葉混淆林群系台灣鐵杉群團、山地常綠闊葉林(上部櫟林帶)赤柯群團，並未在前人文獻之植群型出現。另外於崩落地演替早期的上部山地-山地-下部山地崩落地落葉次生林群系台灣赤楊群團，亦未在前人文獻之植群型出現。然而，本研究中並沒有區分出台東台灣獼猴自然保護區(葉慶龍、范貴珠, 1997)中的泡桐型(*Paulownia fortunei* type)及森氏紅淡比—台灣杜鵑型(*Cleyera japonica*—*Rhododendron formosanum* type)。泡桐型因屬人工林之林型，本研究未針對人工林進行取樣，所以並無人工林之群

系；本研究中以台灣杜鵑為優勢種之樣區，多為台灣鐵杉群團中下層之伴生種，僅有 2 個樣區是以台灣杜鵑為上層優勢種，故將此 2 個樣區合併於山地常綠闊葉林(下部櫟林帶)群系錐果櫟群團中。

本研究區域範圍之海拔 1000 m 以下地區，因早期開墾及伐採林木而開發為農地、檳榔園或人工造林地，現有的天然林多為陡峭地形或次生林型態。在取樣上，利嘉溪流域及知本溪流域之上游地區樣本數偏少，未來若有後續調查，應著重於此地區之取樣，以增植群分析之樣本數，使整個研究區域之植群分類、現生植群圖、自然保育及經營管理資料更為完備。

四、結論

本研究共設置 94 個樣區，記錄 132 科 323 屬 559 種維管束植物，包含 13 種稀有植物，分別為瀕臨絕滅之小垂枝石松、垂枝石松、塔塔加龍膽、牛樟、烏心石舅等 5 種；易受害之毛蕨、姬荷包蕨、下花細辛、著生杜鵑、鐵色、交力坪鐵色、止宮樹、灰背葉紫珠、呂宋毛蕊木等 8 種。

樣區資料經分析後，在形相上將南台東河系流域北段區分為山地針闊葉混淆林、山地常綠闊葉林(上部櫟林帶)、山地常綠闊葉林(下部櫟林帶)、上部山地-山地-下部山地崩塌地落葉次生林、山地下部常綠闊葉林(楠櫟林帶)、低地常綠闊葉林(榕楠林帶)等 6 個群系；依植相再區分為台灣鐵杉群團(赤柯—台灣鐵杉群叢)、赤柯群團(昆欄樹—赤柯群叢)、錐果櫟群團(黃杞—錐果櫟群叢、大葉石櫟—錐果櫟群叢)、台灣赤楊群團(台灣赤楊群叢)、大葉楠群團(紅果柃木—大葉楠群叢)、青剛櫟群團(青剛櫟群叢)、白榕群團(白榕群叢)等 7 個群團及 8 個群叢。CCA 及 DCA 分析各群團與環境因子之相關性，皆以海拔高為主要影響群團分佈的環境因子。

本研究區域範圍之海拔 1000 m 以下地區，因早期開墾及伐採林木而開發為農地、檳榔園或人工造林地，現有的天然林多為陡峭地型或次生林型態。在取樣上，利嘉溪流域及知本溪流域之上游地區樣本數偏少，未來若有後續調查，應著重於此地區之取樣，以增加植群分析之樣本數，使整個研究區域之植群分類、現生植群圖、自然保育及經營管理資料更為完備。

五、致謝

本研究承蒙行政院農委會林務局提供國家植群多性調查及製圖計畫補助經費，研究期間承農委會俞技正秋豐先生及植群中心魯丁慧小姐、林聖峰先生之關注。感謝野外調查、室內工作承屏東科技大學森林生態研究室成員與廖春芬小姐協助與 PPI 標本館之成員協助標本鑑定，方能完成艱鉅之野外調查工作。室內分析感謝劉啟斌、葉清旺、李智群、卓子佑及邱宗儀提供協助。

六、參考文獻

行政院農業委員會 (1996) 台灣稀有及瀕危植物之分級-彩色圖鑑 (I) 行政院農業委員會。163 頁。

- 行政院農業委員會 (1997) 台灣稀有及瀕危植物之分級-彩色圖鑑 (II) 行政院農業委員會。163 頁。
- 行政院農業委員會 (1998) 台灣稀有及瀕危植物之分級-彩色圖鑑 (III) 行政院農業委員會。163 頁。
- 行政院農業委員會 (1999) 台灣稀有及瀕危植物之分級-彩色圖鑑 (IV) 行政院農業委員會。162 頁。
- 行政院農業委員會 (2000) 台灣稀有及瀕危植物之分級-彩色圖鑑 (V) 行政院農業委員會。166 頁。
- 行政院農業委員會 (2001) 台灣稀有及瀕危植物之分級-彩色圖鑑 (VI) 行政院農業委員會。162 頁。
- 邱祈榮、謝長富、陳明義、魯丁慧 (2005) 「國家植群多樣性調查及製圖計劃」之規畫與現況。第三屆台灣植群多樣性研討會論文集。行政院農業委員會林務局。第 1-22 頁。
- 張金屯 (1995) 植被數量生態學方法。中國科學技術出版社。380 頁。
- 莊效光 (2002) 魯凱族 *taromak* 部落傳統領域內植群生態與植物利用之研究。國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。191 頁。
- 葉慶龍、范貴珠 (1996) 臺東臺灣獼猴自然保護區之植群生態研究。臺灣省農林廳林務局保育研究系列 84-01-3 號。76 頁。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 植物森林生態學。臺灣商務印書館股份有限公司。462 頁。
- 謝長富 (2004) 國家植群分類標準介紹。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集。行政院農業委員會林務局。第 9-21 頁。
- 蘇鴻傑 (1978) 森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20 (1) : 1-14。
- 蘇鴻傑 (1996) 植群生態多變數分析方法之研究 IV. 植群分類法及相關環境因子之分析。台灣博物館年刊 39 : 249-268。
- 蘇鴻傑 (2003) 植群之多樣性及多樣化之分類法。第一屆台灣植群多樣性研討會論文集。行政院農業委員會林務局。第 2-16 頁。
- Gauch, G. H. (1982) Multivariate analysis in Community Ecology, Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press. 298 pp.
- Greimler, F., S. L. Patricio, T. F. Stuessy and T. Dirnböck (2002) The Vegetation of Robinson Crusoe Island (Isla Masatierra), Juan Fernández Archipelago, Chile. Pac. Sci. 56 (3): 263-284
- Grossman, D.H., D. Faber-Langendoen, A. S. Weakley, M. Anderson, P. Bourgeron, R. Crawford, K. Goodin, S. Landaal, K. Metzler, K. Patterson, M. Pyne, M. Reid, and L. Sneddon (1998) Terrestrial vegetation of the United states, volume I. The natural vegetation classification system: development, status and applications. The nature Conservancy. 127 pp.
- Hill, M. O. (1979) TWINSpan: A Fortran Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ. Ithaca, New York. 90 pp.

- Kent, M. and D. Coker (1992) *Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach*. Belhaven press, London. 363pp.
- McCune, B. and J. B. Grace (2002) *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. 300 pp.
- Son, Y. C. and G. S. Xu (2003) A scheme of vegetation classification of Taiwan, China. *Acta Bot. Sin.* 45 (8): 883-895.

荖濃溪流域植群分類與製圖

徐家雯 李奕迪 劉和義

國立中山大學生物科學系

摘要

荖濃溪位於高屏地區，全長 137 公里，流域範圍 1,373 平方公里，為高屏溪三大支流之一。本研究探討荖濃溪流域植群分類，並繪製植群圖。植群分類使用計畫的 195 個樣區資料，歷史樣區 113 個，及新增的 12 個樣區資料，共 320 個樣區資料。應用雙向指標種分析進行分群，並參考前人文獻之分群方式及降趨對應分析的結果，共分為 12 個群系、14 個群團和 31 個群叢。植群繪圖則使用地理資訊系統搭配航空照片正射影像圖，再以植群分類依據之樣區。調繪點資料以及模式預測，協助判別植物社會的群系屬性是否正確；模式預測主要為物種與多環境因子的互動進行模式分析，得到的結果用於檢驗依據航空照片正射影像圖所製作的植群圖之準確性。植群圖製作的結果則顯示此流域包括 32 種群系。

關鍵詞：荖濃溪流域、植群分類、植群圖、雙向指標分析

Vegetation Analysis and Mapping of the Laonong River Basin

Chia-wen Hsu, Yi-Di Li, Ho-Yih Liu

Department of Biological Science, National Sun Yat-sen University

Abstract

Laonong River is one of the main branches of the KaoPing River. It is 137 km long, with its basin area around 1,373 km². This research aims to do a primary vegetation classification and mapping of this area. There are 320 sample plots used in the classification including 195 sample plots from "National Vegetation Inventory and Mapping Program", 113 sample plots extracted from early literatures, and 12 recently surveyed sample plots. The sample plots were classified into 12 formations, 14 alliances, and 31 associations with the aids of TWINSpan, DCA, and the references to the national vegetation classification scheme. The vegetation mapping was made from the aerial photos with the aids of GIS. The sample plots data, checking point data and the predicting models were used to evaluate the accuracy of the map. The nonparametric multiplicative habitat model was the main model used. The relationship between species and environment factors inferred from the model were used to evaluate the accuracy of the vegetation mapping. As the result of vegetation mapping, there are 32 formations in the Laonong River Basin

Keyword: Laonong River Basin, vegetation classification, two-way indicator species analysis, TWINSpan, vegetation mapping

一、前言

「國家植群多樣性調查及製圖計畫」的目的在建立國家植群之分類體系，並將經過標準研究方法後的調查結果以地理資訊系統軟體繪製成植群圖（邱祈榮等，2004；謝長富，2004）。植群分類系統標準化與製圖能提供環境保育、土地利用、自然資源管理方面之應用，對於台灣在生物多樣性及永續發展的政策上，有相當大的助益（陳明義等，2004）。本研究以荖濃溪流域為範圍，依循「國家植群多樣性調查及製圖計畫」的規別，以建立此區域之植群分類系統及繪製植群圖為目的，以供未來森林保育及發展所使用。

荖濃溪為高屏溪三大支流之一，發源於玉山東峰東側及秀姑巒山西南側，流經高雄縣梅山、桃源、寶來、美濃、六龜等鄉，在嶺口與旗山溪匯流而成高屏溪，全長 137 公里，流域範圍 1373 平方公里（林靜宜，2004）。本區域中高海拔的森林分布較為完整，低海拔則多為破碎次生林，因此過去植群調查多分布於中高海拔，計有陳明賢（1990）、陳永修（1992）、歐辰雄等（1994；1997）、葉慶龍及范貴珠（2002）、許重州（2002）、林坤益（2003）、王仁義（2006）等小區域之研究報告。易湘玲等（2006）及劉和義（2007）對荖濃溪集水區做過全區的植群初步分群並製圖，但其分析的資料並未包含上述之歷史樣區資料，因此為了增加植群分類的完整性，本研究除將前人研究的所有樣區資料進行分析，並針對低海拔區域以及地形受限難以到達之處增加取樣，期許荖濃溪集水區的植群架構能更為完善。

荖濃溪流域植群圖在過去並未有全流域之製圖；易湘玲等（2006）雖已對荖濃溪集水區部分初步做過植群圖，但有不少空白區域；王仁義（2006）利用 CART 模式分析將環境因子與群團資料分析比對，製作群團的分類樹，可為流域植群分布進行預測；李奕迪（2007）及李奕迪等（2007）也使用模式分析，利用空間分析的指標克力金法，對流域進行植群分布預測。本研究之目的在完成全流域之植群圖；依據航空照片正射影像圖製作初步以群系階層為標準的植群圖；再參考前人的研究結果，並將所有樣區的植群分類結果及分布位置、調繪點資料以及物種模式予以綜合，利用所得到的結果來檢驗並修正依據航空照片正射影像圖所製作的初步植群圖，以提高其準確性。

二、材料與方法

（一）植群分類

本研究中採用的樣區資料包括「國家植群多樣性調查暨製圖計畫」中所進行的調查樣區 195 個，2008 年新設樣區共 12 個，以及過去所有在荖濃溪集水區內曾經設置過的歷史樣區 113 個，共計 320 個樣區（圖 1）。

用來分析的資料為重要值指數（Importance Value Index，IVI），將原始木本資料計算成相對密度與相對優勢度，草本資料計算成相對頻度與相對優勢度，皆乘以 100% 再平均，接著轉換成八分級制，即為本研究所使用的分析資料（劉崇瑞、蘇鴻傑，1983）。

本研究將所有樣區使用套裝軟體 JUICE6.5 版（Tichy, 2002）將荖濃溪集水區的 320 個樣區以雙向指標種分析及降趨對應分析處理（Legendre and Legendre, 1998；蘇鴻傑，

2003)，進行植物社會分型並探討樣區或物種與環境因子之相關性(葉慶龍、錢亦新，2007)，單位依據「國家植群多樣性調查及製圖計畫」所使用的群系層級分群(謝長富，2007)，同時參考前人研究所區分出別的植群型，最後以列表比較法的方式將所有樣區重新排列，以忠誠度及頻度重新組合，分出各群之鑑別種、恆存種及優勢種，並建立概要植物群落表，再以鑑別種與優勢種搭配的方式命名各植群型。

(二) 植群製圖

使用套裝軟體 GIS 搭配航空照片正射影像圖，於荖濃河流域內做初步的判別與繪圖，再以植群分類依據之樣區，調繪點資料以及模式預測，協助判別植物社會的群系屬性是否正確。野外調繪點於海拔 175 m 至 3935 m 的範圍共設置 669 個(圖 2)，紀錄該特定地點的優勢物種，以為群系類別之判斷輔助。

模式預測在檢驗植群製圖的檢驗上有其用途，王仁義(2006)利用 CART 製作群團的分類樹輔助植群圖屬性的判釋，李奕迪(2007)及李奕迪等(2007)利用指標克力金法預測植群範圍的地理分布，用以檢驗植群圖的位置是否正確。本研究除利用此些既有之模式預測結果外，並利用 Nonparametric Multiplicative Habitat Models 對物種與多環境因子的互動進行模式分析(McCune, 2006)，將各植群的鑑別種、樣區環境因子匯入套裝軟體 HyperNiche (McCune and Mefford, 2004)，使用高斯分布曲線圖模式，繪製出各植群鑑別種與環境因子的關係，圖層表現方式為 X、Y 軸為環境因子，Z 軸為物種 IVI 值，曲線圖則代表物種可能出現的分布範圍，藉此得知物種可能出現的位置，做為檢驗植群圖的分布位置。

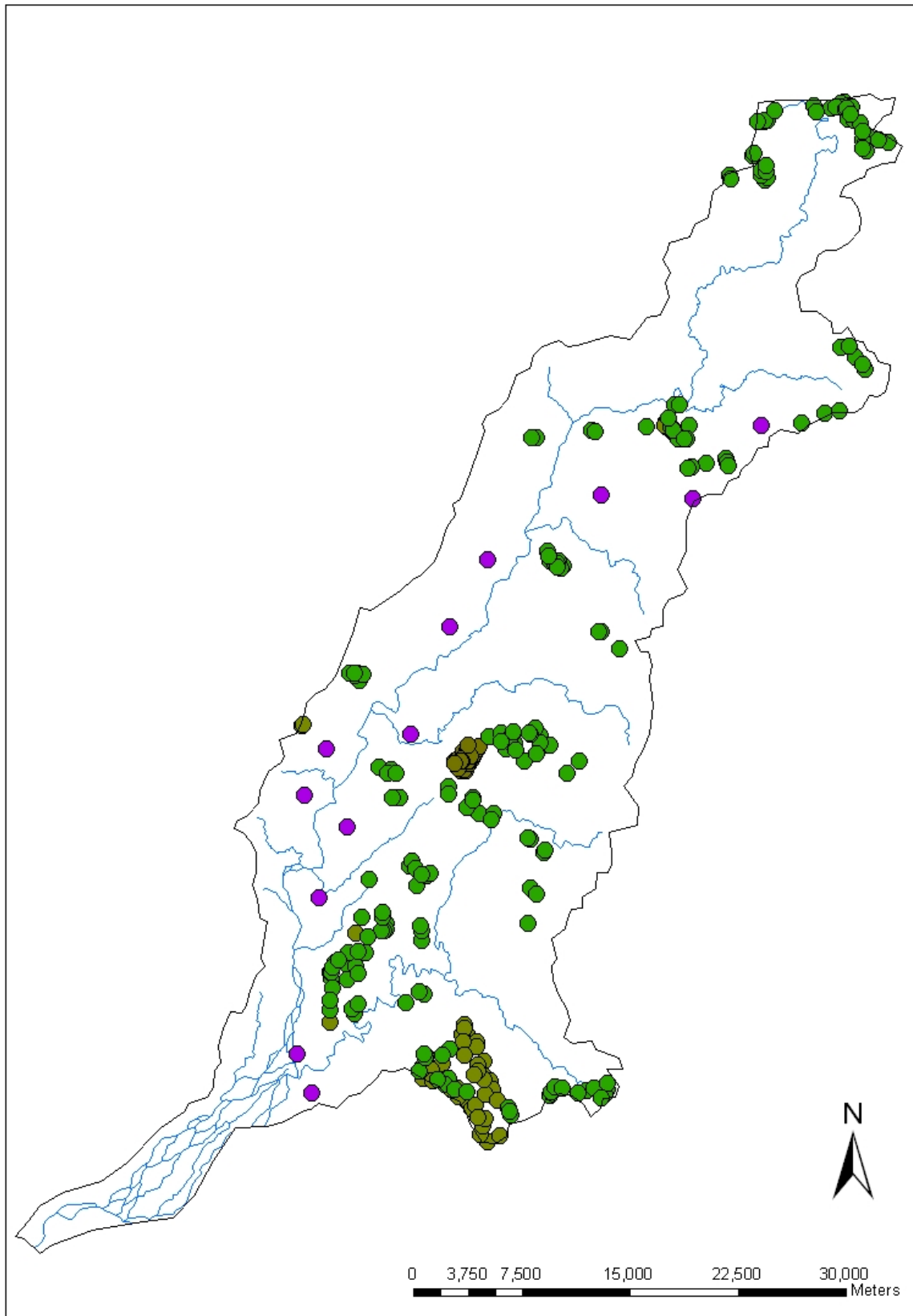


圖 1. 荖濃溪集水區樣點分布位置，綠色為計畫的 195 個樣區，紫色為再取樣的 12 個樣區，土黃色為 113 個歷史樣區。

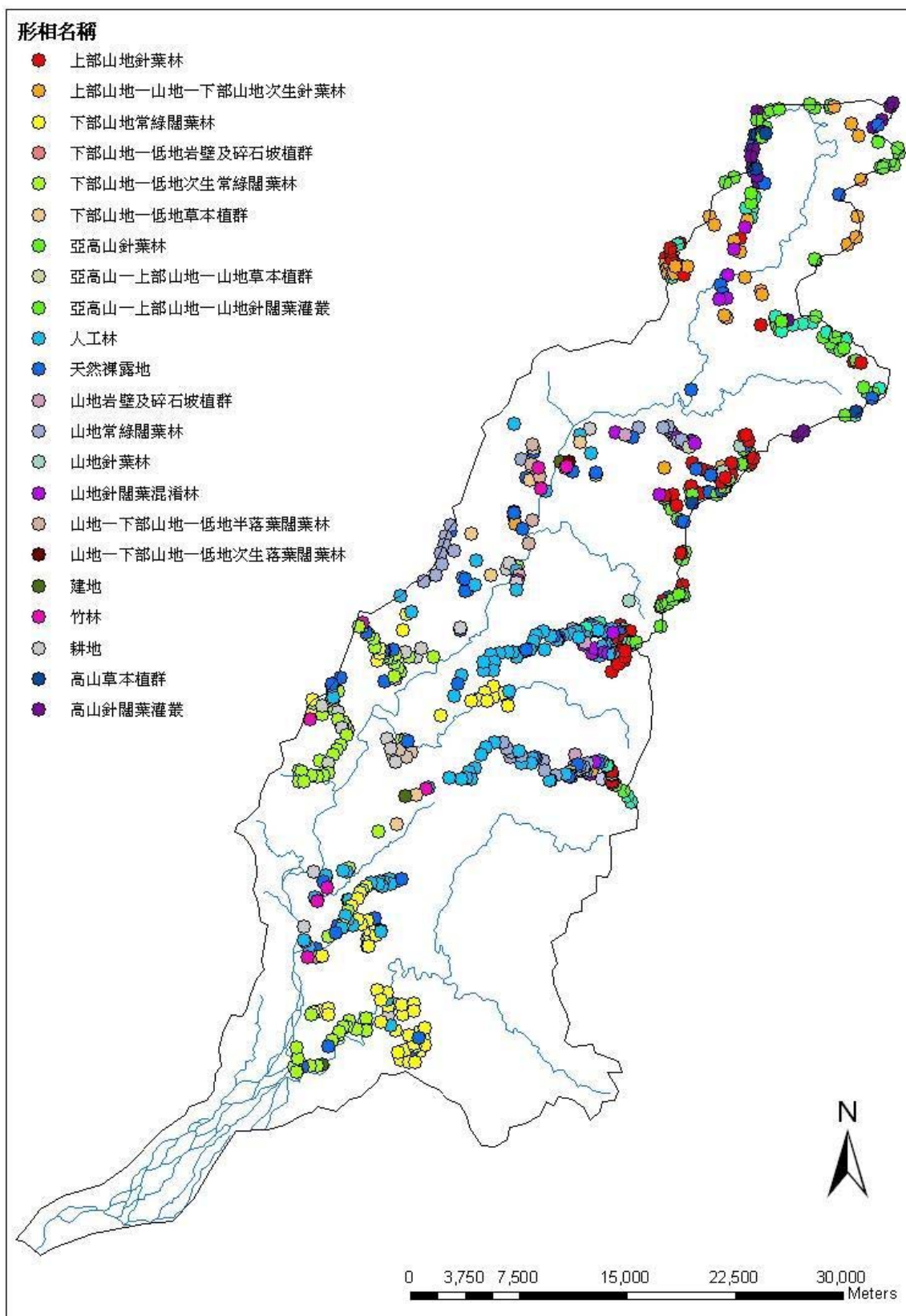


圖 2. 荖濃溪集水區調繪點分布圖

三、結果與討論

(一) 植群分類

全部共 320 個樣區，可分為 12 個群系、14 個群團和 31 個群叢。各植群之名稱、樣區數、海拔高度、二度分帶分布範圍(TMX 為 TWD97 橫坐標，TMY 為 TWD97 縱座標，單位為公尺)、鑑別種及優勢種如下：

1. 高山針闊葉灌叢(海拔高度為 3500 m 左右，TMX 在 240000~250000，TMY 在 2560000~2600000)

(1) 紅毛杜鵑群團

a. 香青—紅毛杜鵑群叢

共 11 個樣區，海拔高度 2829~3205 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為香青(*Juniperus formosana*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、紅毛杜鵑、高山白珠樹(*Gaultheria itoana*)、台灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)，優勢種為芒。

2. 亞高山針葉林(海拔高度為 3000~3500 m 左右，TMX 在 240000~250000，TMY 在 2560000~2600000)

(1) 台灣冷杉群團

a. 玉山箭竹—台灣冷杉群叢

共 8 個樣區，海拔高度 2968~3444 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為台灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山箭竹，地被層為山薰香(*Oreomyrrhis involucrata*)、森氏豬殃殃(*Galium morii*)、曲芒髮草(*Deschampsia flexuosa*)，優勢種為台灣冷杉、玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)。

b. 香青—台灣冷杉群叢

共 7 個樣區，海拔高度 3516~3690 m，鑑別種(忠誠度 7 以上)為香青、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)、高山白珠樹、台灣冷杉，地被層為翦股穎(*Agrostis clavata*)、前原鵝觀草(*Agropyron mayebaratum*)、玉山茴香(*Pimpinella niitaka*)、玉山針蘭(*Trichophorum subcapitatum*)，優勢種為台灣冷杉、香青、玉山杜鵑、高山白珠樹。

c. 台灣冷杉群叢

共 3 個樣區，海拔高度 3273~3519 m，鑑別種(忠誠度 7 以上)為台灣冷杉，地被層為密毛鱗毛蕨(*Dryopteris barbigera*)、山酢漿草(*Oxalis acetocella* s. *griffithii*)、一枝黃花(*Solidago virgaurea* v. *leiocarpa*)，優勢種為密毛鱗毛蕨、山酢漿草、台灣冷杉、玉山杜鵑。

3. 亞高山—上部山地—山地針闊葉灌叢(海拔高度為 3000~3500 m 左右，TMX 在 230000~250000，TMY 在 2560000~2600000)

(1) 紅毛杜鵑群團

a. 玉山箭竹—紅毛杜鵑群叢

共 19 個樣區，海拔高度 2618~3459 m，鑑別種(忠誠度 3 以上)為玉山箭竹、紅毛杜鵑(*Rhododendron rubropilosum*)，優勢種玉山箭竹。

4. 上部山地針葉林(海拔高度為 2500~3500 m 左右，TMX 在 230000~250000，TMY 在 2560000~2600000)

- (1) 厚葉柃木—台灣鐵杉群團
- a. 玉山針蘭—台灣鐵杉群叢
- 共 3 個樣區，海拔高度 2756~2981 m，鑑別種(忠誠度 7 以上)為毛刺懸鉤子(*Rubus pungens* v. *oldhamii*)、玉山針蘭(*Trichophorum subcapitatum*)、厚葉柃木、台灣鐵杉，地被層為逆葉蹄蓋蕨(*Athyrium reflexipinnum*)、台灣瘤足蕨(*Plagiogyria formosana*)、蓬萊蹄蓋蕨(*Athyrium tozanense*)，優勢種為台灣鐵杉、毛刺懸鉤子、玉山針蘭、厚葉柃木、台灣瘤足蕨、蓬萊蹄蓋蕨。
5. 上部山地—山地—下部山地針闊葉次生針葉林(海拔高度為 2000 m 左右，TMX 在 230000~240000，TMY 在 2520000~2640000)
- (1) 台灣二葉松—細葉饅頭果群團
- a. 山桔梗群叢
- 共 1 個樣區，海拔高度 2329 m，鑑別種(忠誠度 12 以上)為山桔梗(*Peracarpa carnosa*)，地被層為青苧麻(*Boehmeria nivea* v. *tenacissima*)、排香草(*Lysimachia capillipes*)、台灣肺形草(*Tripterospermum taiwanense*)、高山日本薹(*Carex alopecuroides*)、蕁麻(*Dryopteris atrata*)，優勢種為山桔梗。
6. 山地針闊葉混淆林(海拔高度為 2500 m 左右，TMX 在 210000~240000，TMY 在 2520000~2600000)
- (1) 厚葉柃木—台灣鐵杉群團
- a. 高山新木薑子—台灣鐵杉群叢
- 共 4 個樣區，海拔高度 2303~2639 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為高山新木薑子、厚葉柃木(*Eurya glaberrima*)、台灣鐵杉(*Tsuga chinensis* v. *formosana*)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)、短柱山茶(*Camellia brevistyla*)、馬銀花(*Rhododendron ovatum*)、無脈木犀(*Osmanthus enervius*)，優勢種為高山新木薑子、厚葉柃木、台灣鐵杉、玉山杜鵑。
7. 山地常綠闊葉林(海拔高度為 1500~2500 m 左右，TMX 在 210000~240000，TMY 在 2520000~2560000)
- (1) 瓊楠群團
- a. 豬腳楠—瓊楠群叢
- 共 41 個樣區，海拔高度 1155~2296 m，鑑別種(忠誠度 3 以上)為豬腳楠(*Machilus thunbergii*)、木荷(*Schima superba*)、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、瓊楠、李氏木薑子(*Litsea lii*)，優勢種為瓊楠。
- (2) 伏牛花群團
- a. 伏牛花群叢
- 共 10 個樣區，海拔高度 1516~1897 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為伏牛花(*Damnacanthus indicus*)，藤本為台灣崖爬藤(*Tetrastigma umbellatum*)、虎葛(*Cayratia japonica*)、風藤(*Piper kadsura*)、光滑菝葜(*Smilax glabra*)，地被層為稀子蕨(*Monachosorum henryi*)、海州骨碎補、三角脈鳳尾蕨(*Pteris linearis*)、韓氏耳蕨(*Polystichum hancockii*)、抱樹蕨(*Lemmaphyllum microphyllum*)，優勢種為伏牛花。

(3) 長尾尖葉櫨群團

a. 菱果石櫨—長尾尖葉櫨群叢

共 8 個樣區，海拔高度 1702~1947 m，鑑別種(忠誠度 6 以上)為菱果石櫨(*Pasania synbalanos*)、李氏木薑子、巒大越橘(*Vaccinium randaiense*)、西施花(*Rhododendron leptosanctum*)、錐果櫨、長尾尖葉櫨(*Castanopsis cuspidata* v. *carlesii*)、豬腳楠、台灣樹參(*Dendropanax dentiger*)、黃杞(*Engelhardia roxburghiana*)，優勢種為長尾尖葉櫨。

b. 小葉木犀—狹瓣八仙花群叢

共 56 個樣區，海拔高度 1914~2651 m，鑑別種(忠誠度 4 以上)為長葉小蘗(*Berberis aristatoserrulata*)、小葉木犀(*Osmanthus marginatus*)、高山新木薑子(*Neolitsea acuminatissima*)、狹瓣八仙花(*Hydrangea angustipetala*)、凹葉越橘(*Vaccinium emarginatum*)，地被層為頂囊肋毛蕨(*Ctenitis apiciflora*)、早田氏鼠尾草(*Salvia hayatana*)、台灣小膜蓋蕨(*Araiostegia parvipinnata*)、稀子蕨(*Monachosorum henryi*)，優勢種為小葉木犀。

8. 山地—下部山地—低地次生落葉闊葉林(海拔高度為 500~2000 m 左右，TMX 在 230000~240000，TMY 在 252000~2560000)

(1) 三斗石櫨—山柚群團

a. 賊仔樹群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1513 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為賊仔樹(*Tetradium glabrifolium*)，優勢種為賊仔樹。

b. 山胡椒群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1483 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為山胡椒(*Litsea cubeba*)，優勢種為山胡椒。

c. 山柚—克蘭樹群叢

共 3 個樣區，海拔高度 232~825 m，鑑別種(忠誠度 4 以上)為山柚(*Champereia manillana*)、克蘭樹(*Kleinhovia hospita*)、軟毛柿(*Diospyros eriantha*)、龍眼(*Euphoria longana*)、九芎(*Lagerstroemia subcostata*)、土密樹(*Bridelia tomentosa*)、無患子(*Sapindus mukorossii*)、月橘(*Murraya paniculata*)、小桑樹(*Morus australis*)、廣東油桐(*Aleurites montana*)，優勢種為克蘭樹。

d. 多花油柑群叢

共 3 個樣區，海拔高度 289~537 m，鑑別種(忠誠度 16 以上)為多花油柑(*Phyllanthus multiflorus*)，藤本為扛香藤(*Mallotus repandus*)、絨毛芙蓉蘭(*Marsdenia tinctoria*)、盤龍木(*Malaisia scandens*)，地被層為箭葉鳳尾蕨(*Pteris ensiformis*)、紫花脈葉蘭(*Nervilia plicata*)、王氏鐵線蕨(*Adiantum wangii*)、鴨拓草(*Commelina communis*)、台灣魔芋(*Amorphophallus henryi*)，優勢種為多花油柑。

e. 三斗石櫨—阿里山千金榆群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1137 m，鑑別種(忠誠度 13 以上)為三斗石櫨(*Pasania hancei* v. *ternaticupula*)、阿里山千金榆(*Carpinus kawakamii*)、澀葉榕(*Ficus*

irisana)、銳葉山柑(*Capparis acutifolia*)，地被層為姬蕨(*Hypolepis punctata*)、疏花紫珠(*Callicarpa remotiflora*)、細尾冷水麻(*Pilea matsudai*)，優勢種為三斗石櫟。

f. 栓皮櫟群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1625 m，鑑別種(忠誠度 16 以上)為栓皮櫟(*Quercus variabilis*)、化香樹(*Platycarya strobilacea*)、山胡枝子(*Lespedeza bicolor*)，地被層為短葉水蜈蚣(*Kyllinga brevifolia*)、細梗山螞蝗(*Hylodesmum leptopus*)、薄葉牛皮消(*Cynanchum boudieri*)、大扁雀麥(*Bromus catharticus*)，優勢種為栓皮櫟。

9. 下部山地常綠闊葉林(海拔高度為 1000~2000 m 左右，TMX 在 220000~230000，TMY 在 2520000~2560000)

(1) 瓊楠群團

a. 錐果櫟—瓊楠群叢

共 10 個樣區，海拔高度 1187~1665 m，鑑別種(忠誠度 4 以上)為香葉樹(*Lindera communis*)、銳脈木薑子(*Litsea acutivena*)、台灣雅楠(*Phoebe formosana*)、錐果櫟(*Cyclobalanopsis longinux*)、三葉山香圓(*Turpinia ternata*)、枇杷葉灰木(*Symplocos stellaris*)、瓊楠(*Beilschmiedia erythrophloia*)、台灣梭羅樹(*Reevesia formosana*)，優勢種為瓊楠。

(2) 伏牛花群團

a. 大葉石櫟—伏牛花群叢

共 9 個樣區，海拔高度 1703~2057 m，鑑別種(忠誠度 7 以上)為大葉石櫟(*Pasania kawakamii*)、伏牛花、華八仙(*Hydrangea chinensis*)，藤本為藤花椒(*Zanthoxylum scandens*)、石月(*Stauntonia obovatifoliola*)、台灣常春藤(*Hedera rhombea* v. *formosana*)、台灣崖爬藤、風藤，地被層為小椒草(*Peperomia reflexa*)、西南冷水麻(*Pilea plataniflora*)、波氏星蕨(*Microsorium buergerianum*)，優勢種為伏牛花。

b. 琉球雞屎樹—伏牛花群叢

共 7 個樣區，海拔高度 1481~1855 m，鑑別種(忠誠度 8 以上)為琉球雞屎樹(*Lasianthus fordii*)、伏牛花、細枝柃木(*Eurya loquaiana*)、黃杞，藤本為藤毛木櫟(*Embelia laeta* v. *papilligera*)、燉藥野木瓜(*Stauntonia obovata*)，地被層為生根卷柏(*Selaginella doederleinii*)、廣葉鋸齒雙蓋蕨(*Diplazium dilatatum*)、倒葉瘤足蕨(*Plagiogyria dunnii*)、生芽鐵角蕨，優勢種為伏牛花。

(3) 青剛櫟群團

a. 佩羅特木—食茱萸群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1522 m，鑑別種(忠誠度 16 以上)為佩羅特木(*Perrottetia arisanensis*)、食茱萸(*Zanthoxylum ailanthoides*)，優勢種為佩羅特木、食茱萸。

b. 玉山紫金牛群叢

共 60 個樣區，海拔高度 733~1760 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為玉山紫金牛(*Ardisia cornudentata* s. *morrisonensis*)，藤本為糙莖菝葜(*Smilax bracteata* v.

verruculosa)、黃藤(*Calamus quiquesetinervius*)、風藤(*Piper kadsura*)，地被層為膜葉星蕨(*Microsorium membranaceum*)、大線蕨(*Colysis pothifolia*)、中國穿鞘花(*Amischotolype hispida*)、台灣錐花(*Gomphostemma callicarpoides*)，優勢種為冷清草(*Elatostema lineolatum* v. *majus*)。

c. 鵝掌柴—青剛櫟群叢

共 30 個樣區，海拔高度 674~1690 m，鑑別種(忠誠度 3 以上)為九節木(*Psychotria rubra*)、鵝掌柴(*Schefflera octophylla*)、青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca*)、印度苦槠(*Castanopsis indica*)、山紅柿(*Diospyros morrisiana*)、香楠(*Machilus zuihoensis*)、石苓舅(*Glycosmis citrifolia*)、紅皮(*Styrax suberifolia*)、大葉木犀(*Osmanthus matsumuranus*)，優勢種為九節木、青剛櫟、紅皮。

d. 青葉楠—猴歡喜群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1644 m，鑑別種(忠誠度 13 以上)為青葉楠(*Machilus zuihoensis* v. *mushaensis*)、猴歡喜(*Sloanea formosana*)，優勢種為青葉楠、猴歡喜。

e. 紫珠葉泡花—糊櫨群叢

共 2 個樣區，海拔高度 1893~1908 m，鑑別種(忠誠度 9 以上)為紫珠葉泡花(*Meliosma callicarpifolia*)、糊櫨(*Ilex formosana*)、台灣八角(*Illicium arborescens*)，優勢種為糊櫨。

f. 小葉樹杞—黃杞群叢

共 10 個樣區，海拔高度 1275~1833 m，鑑別種(忠誠度 4 以上)為小葉樹杞(*Ardisia quinqueгона*)、狗骨仔(*Tricalysia dubia*)、楊桐葉灰木(*Symplocos congesta*)、玉山紫金牛(*Ardisia cornudentata* s. *morrisonensis*)、黃杞、變葉新木薑子(*Neolitsea aciculate* v. *variabilissima*)、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)，地被層為崖薑蕨(*Pseudodrynaria coronans*)、生芽鐵角蕨(*Asplenium normale*)、海州骨碎補(*Davallia mariesii*)，優勢種為小葉樹杞。

10. 下部山地—低地闊葉灌叢(海拔高度為 1500 m 左右，TMX 在 210000~230000，TMY 在 2600000~2640000)

(1) 水麻群團

a. 揚波—水麻群叢

共 2 個樣區，海拔高度 1443~1652 m，鑑別種(忠誠度 8 以上)為揚波(*Buddleja asiatica*)、水麻(*Debregeasia orientalis*)，優勢種為水麻。

b. 山鹽青—水麻群叢

共 4 個樣區，海拔高度 1476~1563 m，鑑別種(忠誠度 8 以上)為山鹽青(*Rhus javanica* v. *roxburghiana*)、揚波、山黃麻(*Trema orientalis*)、水麻，優勢種為水麻。

11. 下部山地—低地草本植群(海拔高度為 1500 m 左右，TMX 無特別分布範圍，TMY 在 2600000~2640000)

(1) 五節芒群團

a. 五節芒群叢

共 2 個樣區，海拔高度 2329~2441 m，鑑別種(忠誠度 5 以上)為昭和草(*Crassocephalum crepidioides*)、火炭母草(*Polygonum chinense*)、巒大蕨(*Pteridium aquilinum s. wightianum*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)、紫花地丁(*Viola mandshurica*)、變葉懸鉤子(*Rubus corchorifolius*)，優勢種為昭和草。

12. 低地常綠闊葉林(海拔高度為 1000~1500 m 左右，TMX 在 210000~230000，TMY 在 2520000~2560000)

(1) 稜果榕群團

a. 菲律賓饅頭果—稜果榕群叢

共 1 個樣區，海拔高度 1078 m，鑑別種(忠誠度 15 以上)為冠蕊木(*Stephanandra incisa*)、菲律賓饅頭果(*Glochidion philippicum*)、錫蘭饅頭果(*Glochidion zeylanicum*)、稜果榕(*Ficus septica*)、通條樹(*Stachyurus himalaicus*)、台灣栲(*Fraxinus insularis*)、假黃楊(*Ilex crenata*)，優勢種為稜果榕。

(二) 植群製圖

使用航空照片正射影像圖於荖濃溪流域內做判別與繪圖，再以植群分類依據之 195 個樣區，調繪點資料以及模式預測，協助判別植物社會的群系屬性，依照台灣植被之分類方案命名，共分為上部山地針葉林、上部山地—山地—下部山地崩塌地次生落葉闊葉林、上部山地—山地—下部山地次生針葉林、上部山地—山地—下部山地針闊葉次生混淆林、下部山地常綠闊葉林、下部山地針闊葉混淆林、下部山地—低地岩壁及碎石坡植群、下部山地—低地次生常綠闊葉林、下部山地—低地草本植群、下部山地—低地闊葉灌叢、亞高山及上部山地岩壁及碎石坡植群、亞高山針葉林、亞高山上部山地—山地草本植群、亞高山上部山地—山地針闊葉灌叢、人工林、人工裸露地、低地常綠闊葉林、公園—墓地、天然裸露地、山地岩壁及碎石坡植群、山地常綠闊葉林、山地常綠闊葉矮林、山地針葉林、山地針闊葉混淆林、山地—下部山地—低地半落葉闊葉林、山地—下部山地—低地次生落葉闊葉林、建地、水域、竹林、耕地、高山草本植群以及高山針闊葉灌叢等 32 種群系。

本研究使用各植群的鑑別種、環境因子匯入 HyperNiche，繪製出鑑別種分布模型，呈現各植群鑑別種與環境因子的關係，曲線圖則代表物種可能出現的分布範圍(圖 3~6 為以紅毛杜鵑及克蘭樹做為範例之分布模型圖)，藉此得知物種可能出現的位置，做為檢驗植群圖的分布位置。

(三) 討論

本研究將歷史樣區與計畫樣區共同分析，針對荖濃溪流域做植群分類，分類結果與前人研究大致相同，由於本次分群有新增樣區，但在分群上仍不足以對荖濃溪流域有全面性的植群分類，比對樣區位置與調繪點，仍可找出許多無樣區資料的空白地區，比對「國家植群多樣性調查暨製圖計劃」所繪製的植群圖(圖 7)，可發現有許多植群型並不在研究結果裡面，再加上樣區的分布位置不平均，對於植群模擬預測上準確度會下降，因此若能夠針對這些空白地區行使再取樣，補強荖濃溪流域的樣區資料，有助於未來的植群分類更完善。

再取樣的方法有很多，但是要找到一個能提高資料準確度又能減少人力花費與樣區取樣數的方法並不容易(Manies and Mladenoff, 2000)。在前人研究中(番成正, 2004)均勻隨機取樣與階層式隨機取樣比較，指出階層式隨機取樣比均勻隨機取樣的準確度高，

又能減低地形上的阻礙，所以擬藉由此研究結果應用於植群研究，將此方法與實際野外取樣的方式整合，同時參考逐步高斯模擬法所得到的取樣地點，由此推論一個較好的樣區取樣地點，並進行實地調查及取樣方法，再藉此評估各種再取樣地點的優劣處。

四、結論

- 1、荖濃溪植群分類共使用 320 個樣區資料，包括「國家植群多樣性調查及製圖計畫」調查的 195 個樣區資料，歷史樣區資料 113 個，及新增的 12 個樣區資料。應用雙向指標種分析進行分群，並參考降趨對應分析及前人文獻之分群方式，可分為 12 個群系、14 個群團和 31 個群叢。
- 2、植群繪圖則使用地理資訊系統搭配航空照片正射影像圖，再以植群分類依據之樣區。調繪點資料以及模式預測，協助判別植物社會的群系屬性是否正確；模式預測主要為物種與多環境因子的互動進行模式分析，得到的結果用於檢驗依據航空照片正射影像圖所製作的植群圖之準確性。植群圖製作的結果顯示此流域包括 32 種群系，較樣區所得分類類型（扣除河流及人為地理單位）為多，顯示尚有不少地區需要進一步調查。

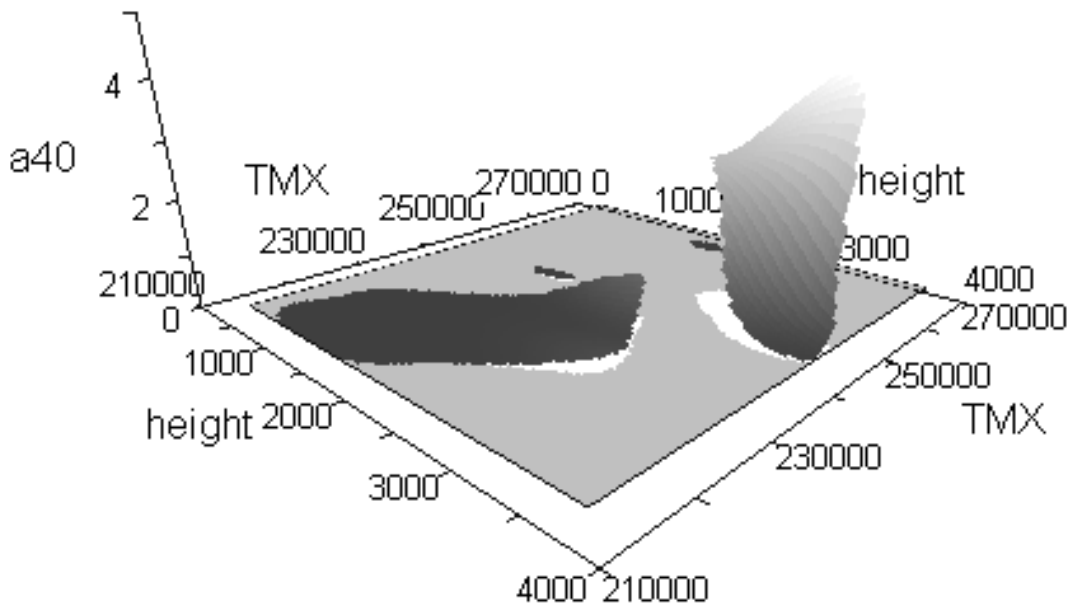


圖 3、紅毛杜鵑分布模型之一。X 軸為海拔高度，Y 軸為 TM2 分帶座標 X，Z 軸為 IVI 值。曲線圖代表紅毛杜鵑可能出現的範圍，曲線較高的白色部分代表紅毛杜鵑出現的機率較高，黑色部分代表出現的機率較低，從曲線較明顯的爬升來算，直到曲線最高處，即為紅毛杜鵑較容易出現範圍，以此來說，此圖可觀察到紅毛杜鵑的海拔高度為 3500 m 左右，TMX 在 240000~250000，IVI 值最大值約為 3。

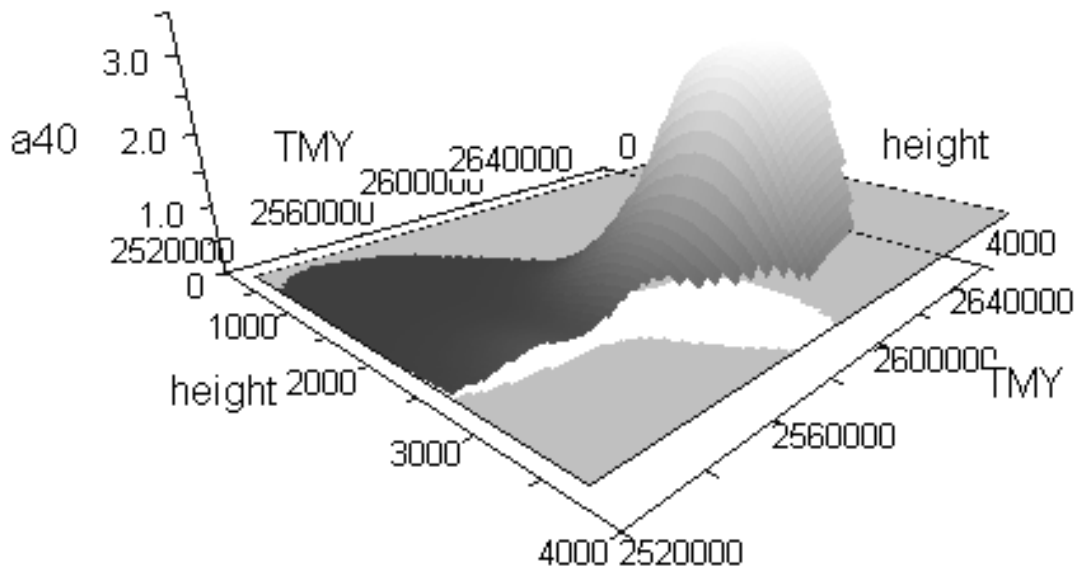


圖 4、紅毛杜鵑分布模型之二。X 軸為海拔高度，Y 軸為 TM2 分帶座標 Y，Z 軸為 IVI 值。依照上述，此圖可觀察到紅毛杜鵑的海拔高度為 3500 m 左右，TMY 在 2560000~2600000，IVI 值最大值約為 3。

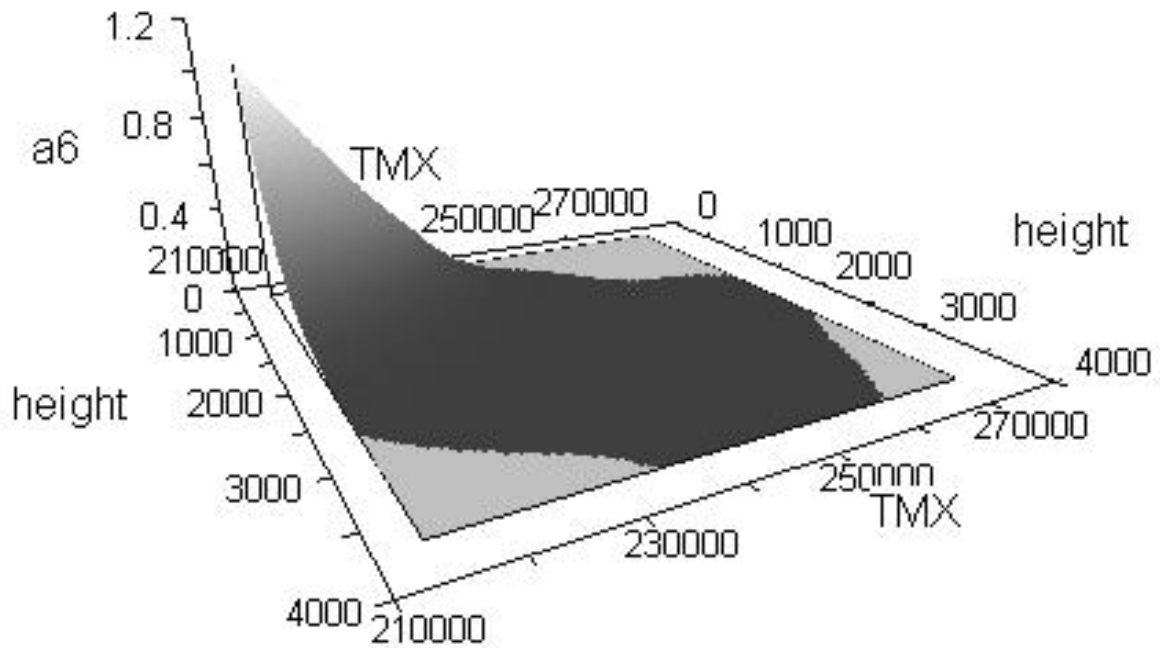


圖 5、 克蘭樹分布模型之一。 X 軸為海拔高度，Y 軸為 TM2 分帶座標 X，Z 軸為 IVI 值。克蘭樹主要生長地區為中低海拔，從圖上可看見曲線明顯向低海拔爬升，以此來說，此圖可觀察到克蘭樹的海拔高度為 500 m 左右，TMX 在 210000~240000，IVI 值最大值約為 1。TMY 在 252000~2560000

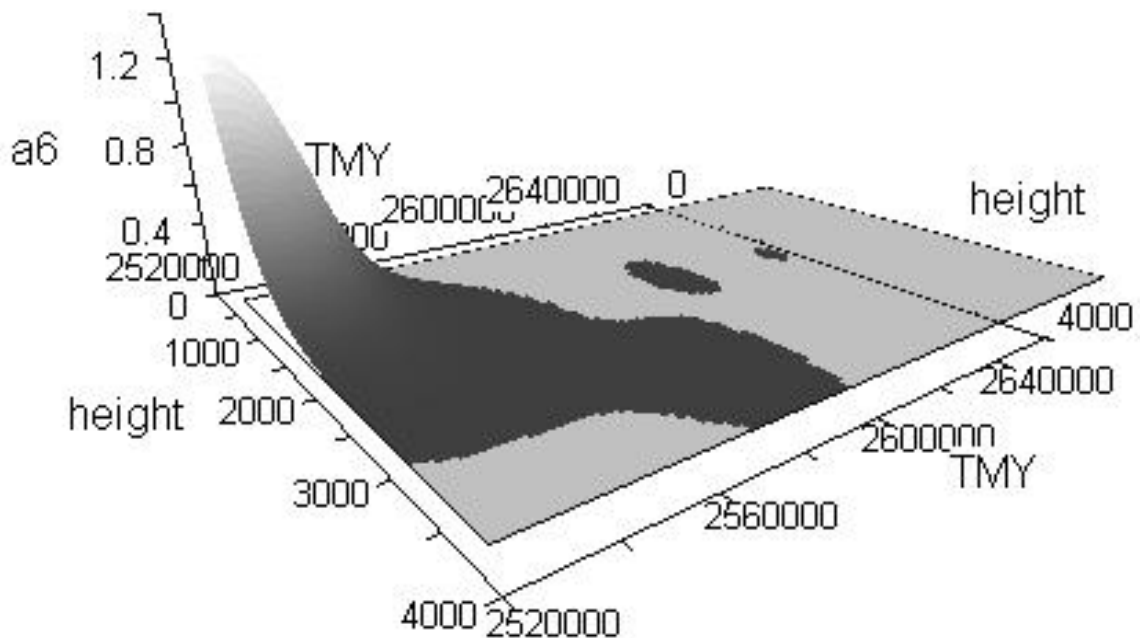


圖 6、 克蘭樹分布模型之二。 X 軸為海拔高度，Y 軸為 TM2 分帶座標 Y，Z 軸為 IVI 值。依照上述，此圖可觀察到克蘭樹的海拔高度為 500 m 左右，TMY 在 252000~2560000，IVI 值最大值約為 1。

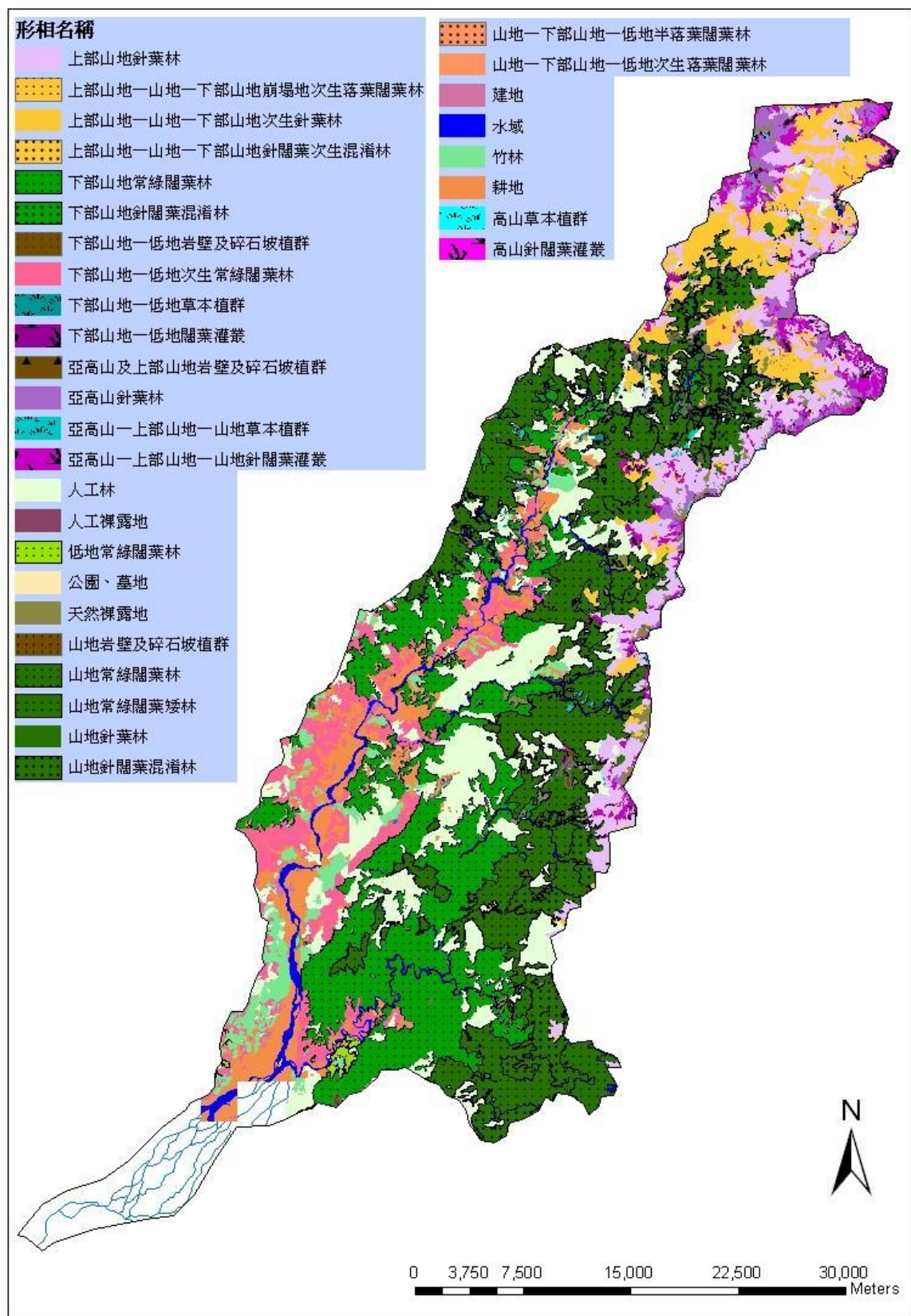


圖 7. 荖濃溪集水區植群圖

五、致謝

感謝行政院農業委員會林務局所提供的經費支援，植群多樣中心在行政業務上提供的幫助，及各團隊在此計畫所付出的心力與時間，最後要感謝中山大學植群生態實驗室全體人員的辛勞，本研究才能有所成果，僅此致謝。

六、引用文獻

- 王仁義(2006) 濁口溪流域植群類型與環境因子之相關性研究。國立中山大學生物科學系碩士學位論文。
- 李奕迪(2007) 以指標克力金法預測荖濃溪流域之植群空間分布。國立中山大學生物科學系碩士學位論文。
- 李奕迪、徐家雯、劉和義(2007) 以指標克力金法預測荖濃溪流域之植群空間分布。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 120~135 頁。
- 邱祈榮、賴彥任、李靜峰(2004) 植群圖繪製之探討。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 22~38 頁。
- 林坤益(2003) 藤枝森林遊樂區植群生態之研究。國立屏東科技大學森林系碩士學位論文。
- 林靜宜(2004) 荖濃溪流域之土壤微生物調查。國立中山大學生物科學系碩士學位論文。
- 林逸盈、劉和義(2005) 濁口溪流域之植群分類。第三屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 112~128 頁。
- 周富三(2006) 臺灣西南部楠梓仙溪中上游集水區常綠闊葉林植群生態之研究。國立中山大學生物科學系博士學位論文。
- 易湘玲、林逸盈、劉和義(2006) 南橫公路沿線之植群多樣性。第四屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 205~229 頁。
- 胡大中(2003) 明德水庫集水區次生林植群分析之研究。國立台灣大學森林系碩士學位論文。
- 陳明賢(1990) 臺灣西南部荖濃溪流域低海拔區域之植群分析。國立台灣大學森林系碩士學位論文。
- 陳永修(1992) 多納溫泉溪上游集水區植群生態之研究。國立台灣大學森林系碩士學位論文。
- 陳明義、方國運、俞秋豐(2004) 台灣植群多樣性調查及製圖計畫之推動。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 1~8 頁。
- 許重州(2002) 玉山國家公園關山越嶺古道中之關段森林植群之研究。國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士學位論文。
- 番呈正(2004) 優勢水流對坡地安定影響之研究—以草嶺為例。國立成功大學資源工程學系碩士論文。
- 葉慶龍、范貴珠(2002) 雙鬼湖自然保護區(臺東林區管理處轄區)之植群生態研究。台灣省林務局保育研究系列 89-7 號。
- 葉慶龍、錢亦新(2007) 隘寮溪流域植群分析。第五屆植群多樣性研討會論文集。第 206~243 頁。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1983) 森林植物生態學。台灣商務印書館。
- 劉和義(2004) 植群多樣性之分析方法。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 39~54 頁。
- 劉和義(2007) 荖濃溪流域植群之支序分類。第五屆植群多樣性研討會論文集。第 40~48 頁。

- 歐辰雄、呂金誠、邱清安、王志強、張瓊美、曾喜育(1994) 雙鬼湖自然保護區植群生態調查。台灣省林務局保育研究系列 83-15 號。
- 歐辰雄(1997) 出雲山自然保留區植群生態監測研究(一)。台灣省林務局保育研究系列 85-9 號(86-8 號)。
- 謝長富(2004) 國家植群分類標準介紹。第二屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 9~21 頁。
- 謝長富(2007) 建構台灣植群群系分類架構之探討。第五屆台灣植群多樣性研討會論文集。第 1~10 頁。
- 蘇鴻傑(2003) 植群之多樣性及多樣化之分類法。台灣植群多樣性研討會論文集。第 2~16 頁。
- Dungan, J. (1998) Spatial prediction of vegetation quantities using ground and image data, *International Journal of Remote Sensing* 19(2): 267 -285.
- Guan, W., R. H. Chamberlain, B. M. Sabol, and P. H. Doering (1999) Mapping submerged aquatic vegetation with GIS in the Caloosahatchee Estuary: Evaluation of different interpolation methods. *Marine Geodesy* 22(2): 69 – 91.
- Kohavi, R. (1995) A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection, *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence* 2 (12): 1137–1143.
- Legendre, P. and L. Legendre (1998) *Numerical Ecology*, second edition. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
- Manies, K. L. and D. J. Mladenoff (2000) Testing methods to produce landscape-scale presettlement vegetation maps from the U.S. public land survey records. *Landscape Ecology* 15: 741–754.
- McCune, B. (2006) Non-parametric habitat models with automatic interactions. *Journal of Vegetation Science* 17: 819-830.
- Mille, J. and Franklin, J. (2002) Modeling the distribution of four vegetation alliances using generalized linear models and classification trees with spatial dependence. *Ecological modelling* 157:227-/247.
- Tichy, L. (2002) JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13: 451-453.

植群圖與野生動物研究

李玲玲

台灣大學生態學與演化生物學研究所

摘要

野生動物的分布與數量受到許多生物與非生物因子共同作用的影響，其中棲地條件能否提供動物食物、水源，以及動物生殖與躲避敵害或惡劣氣候的場所等的影響最巨，因此野生動物的研究常必須考慮棲地的因子。例如調查監測某地區野生動物相的組成與變化，評估野生動物的棲地偏好，甚至預測其他地區野生動物分布與數量的狀況，都必須考量這些地區有哪些棲地類型，以便能規劃適當的調查地點、取樣與研究方式。

在經營管理野生動物方面，也必須先掌握目標動物的分布與數量和棲地類型的關係，以規劃適當的管理策略，包括保護區或是利用區的選擇、必要的棲地改善方式，或是針對危害物種，包括入侵種，進行妥善防除等。

植群是指一群對環境需求相似的植物集合體，不同的植群反映不同的環境條件與植物組成，是定義棲地類型的理想單位。因此某地區植群組成與分布的資料，提供研究野生動物與棲地關聯，以及野生動物管理規劃相當重要的基礎。

然而，植群分類的方式很多，大都以植物與環境因子為分類的依據。但是野生動物對不同棲地或植群的利用會隨功能、季節，以及自然與人為擾動的狀況而有所變化，不但有可能會同時使用多種不同棲地類型或植群，也可能針對同一植群在不同時間有不同的使用程度或方式，因此在植群分類的架構下納入與野生動物關聯的分析，或許能提供植群分類另類的思考。

九十七年度各調查團隊

成果海報展示

植群叢書 10

第六屆台灣植群多樣性研討會論文集

發行人：顏仁德

總策劃：管立豪、謝長富、張弘毅、劉泰成

執行策劃：謝長富、陳明義、夏禹九、王震哲、劉和義、葉慶龍、
陳子英、邱祈榮、魯丁慧

主編：魯丁慧

執行編輯：林聖峰

審查委員：謝長富、陳明義、陳子英、邱祈榮、俞秋豐

出版單位：行政院農業委員會林務局

100 台北市杭州南路一段二號

02-23515441

承辦單位：社團法人台灣生物多樣性保育學會

106 台北市泉州街四之一號四樓

02-23052352

印刷：伯驊印刷有限公司

出版日期：九十七年十一月

Vegetation Mapping Series Vol.10

Proceedings of the Sixth Symposium of Vegetation Diversity in Taiwan

Published by the Forest Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan.

No.2, Sec. 1, Hangzhou S. Rd., Zhongzheng District, Taipei, Taiwan

Tel: +886-2-23515441

Edited by Ting-Hui Lu

October, 2007

I S B N : 978-986-01-6002-4