

雪霸自然保護區翠池地區玉山圓柏林族群結構調查

Study on Population Structure of *Juniperus squamata* Buch.-
Ham. at Cuei-chih Area of Syueba Nature Reserve.



主辦單位：行政院農業委員會林務局東勢林區管理處

執行單位：國立中興大學森林學系

森林植物分類暨生態研究室

中華民國九十五年十二月

雪霸自然保護區翠池地區玉山圓柏林族群結構調查

Study on Population Structure of *Juniperus squamata* Buch.-
Ham. at Cuei-chih Area of Syueba Nature Reserve.

主辦單位：行政院農業委員會林務局東勢林區管理處

執行單位：國立中興大學森林學系

森林植物分類暨生態研究室

計畫主持人：呂金誠 教授

協同主持人：王志強 助理教授

研究人員：歐辰雄、曾彥學、劉思謙、蔡尚蕙、林鴻志、陳韋志
張坤城、曾月華、張芷熒、廖冠茵、黃立彥、朱恩良
楊迪嵐、王俊閔、梁耀竹、郭礎嘉、羅昱超、黃信源

中華民國九十五年十二月

謝 誌

本計畫承行政院農業委員會林務局東勢林區管理處委託及經費支援得以順利完成，研究調查期間復蒙東勢林區管理處陳處長奕煌、賴副處長聰明、陳秘書耀榮、吳課長貞純大力支持，以及育樂課廖技士敏君、楊技士美珠協助公文書行政作業，誠致由衷之謝忱。

野外調查工作幸賴國立中興大學森林學系森林植物分類暨生態研究室林鴻志、陳韋志、張坤城、曾月華、張芷熒、廖冠茵、黃立彥、朱恩良、楊迪嵐、王俊閔、梁耀竹、郭礎嘉、羅昱超、黃信源等同學大力協助，並感謝黃玲玉女士及李碧翎協助資料處理與分析、報告之文稿排版等工作。

本次調查玉山圓柏族群結構之結果，期能為東勢林區管理處提供植物資源保育及經營管理措施之參考。

目次

表次.....	3
圖次.....	4
摘要.....	5
英文摘要.....	6
壹、前言.....	8
貳、前人研究.....	9
一、分類地位.....	9
二、地理分布.....	11
三、植群研究.....	12
四、森林結構.....	17
參、研究地區概況.....	31
一、地理位置.....	31
二、地形.....	32
三、氣候.....	32
四、地質與土壤.....	33
五、植群概況.....	33
肆、研究方法.....	34
一、樣區設置及調查.....	34
(一)樣區設置.....	34
(二)植群調查.....	34
(三)族群結構調查.....	36
(四)環境因子調查.....	37
(五)物候調查.....	38
二、資料分析.....	39
(一)植群分析.....	39
(二)森林結構分析.....	41
(三)物候調查.....	41
伍、結果與討論.....	43
一、植群調查分析.....	43
(一)植物組成.....	43

(二)歸群分析.....	44
二、森林結構分析.....	46
(一)森林垂直分層.....	46
(二)林木性態值.....	47
(三)空間分布.....	49
(四)族群結構.....	52
三、物候調查.....	55
陸、結論與建議.....	58
柒、引用文獻.....	60
捌、附錄.....	66

表次

表1. 臺灣中部山地植群之帶狀分化及溫度範圍.....	13
表2. 南亞熱帶森林演替過程之垂直空間結構變化.....	20
表3. 聚集強度指數與族群空間分布之關係表.....	25
表4. 影響物種空間分布的因子.....	26
表5. 南亞熱帶森林演替過程森林空間分布變化.....	26
表6. 樹冠性態值定義.....	36
表7. 玉山圓柏林植物名錄各分類群統計表.....	43
表8. 玉山圓柏林植群調查樣區.....	44
表9. 玉山圓柏型之植物相主要組成.....	45
表10. 臺灣冷杉型之植物相主要組成.....	45
表11. 玉山圓柏林不同垂直分層族群結構屬性表.....	47
表12. 玉山圓柏林木性態值.....	48
表13. 玉山圓柏林木性態值之相關矩陣.....	48
表14. 玉山圓柏不同面積變異數均值比分析.....	50
表15. 玉山圓柏不同面積負二項參數K值.....	50
表16. 玉山圓柏不同面積Morisita指數.....	50
表17. 玉山圓柏不同面積集落指數(Ic).....	50
表18. 玉山圓柏不同面積擁擠指數(m^*).....	51
表19. 玉山圓柏不同面積塊集指數(m^*/m).....	51
表20. 玉山圓柏不同面積Cassie指標(C_A).....	51
表21. 百分位數法求解Weibull參數.....	53
表22. 玉山圓柏物候調查樣枝資料表.....	56

圖次

圖1. 玉山圓柏形態圖.....	10
圖2. 美洲熱帶雨林樹冠剖面圖.....	18
圖3. 利用樹冠剖面圖分析森林冠層.....	18
圖4. 林冠分層圖示意圖.....	19
圖5. 空間分布型態.....	21
圖6. 玉山圓柏喬木林胸高直徑與年齡之關係.....	27
圖7. 百分位數求解 Weibull 函數參數之流程.....	30
圖8. 雪霸自然保護區範圍圖.....	31
圖9. 研究區域圖.....	32
圖10. 玉山圓柏1 ha 永久樣區之小區配置圖.....	35
圖11. 玉山圓柏交會帶0.1 ha(40 m× 25 m)永久樣區圖.....	35
圖12. 玉山圓柏樹高、枝下高級樹冠幅量測示意圖.....	36
圖13. 以方位表示之水分梯度級.....	37
圖 14. 樣區之全天光空域與直射光空域.....	38
圖 15. 矩陣群團分析流程.....	40
圖16. 玉山圓柏林植群調查樣區位置圖.....	43
圖17. 雪山翠池地區玉山圓柏林喬木層之矩陣群團分析連結樹形圖...44	
圖18. 玉山圓柏永久樣區位置圖.....	46
圖19. 玉山圓柏林木位置圖.....	49
圖20. 玉山圓柏胸高直徑分布圖.....	52
圖21. 1ah永久樣區玉山圓柏直徑分布圖.....	53
圖22. 玉山圓柏及臺灣冷杉交會帶之直徑分布.....	54
圖23. 玉山圓柏物候調查樣木位置圖.....	55
圖24. 翠池地區2006年3~11月玉山圓柏物候期.....	55
圖25. 玉山圓柏之花果比.....	57

摘要

本研究針對翠池地區之玉山圓柏林進行植群生態、族群結構及物候調查。植群生態調查採用多樣區法之集落樣區設置法，結果顯示植物組成計有 36 科 69 屬 85 種(含種以下分類群)植物，分別歸屬為玉山圓柏林型及臺灣冷杉林型。依據 TSTRAT 模式的標準，於 1ha 永久樣區內針對玉山圓柏樹冠層加以分析，結果計分為九個層次，總株數為 2,544 株/ha，其中上層喬木總株數為 1,931 株/ha，最高樹高為 23.06 m，最低樹高 0.50 m，平均樹高 5.04 m，最大胸徑 162.0 cm，最小胸徑 1.0 cm，平均胸徑 28.3 cm，最高枝下高 12.24 m，最低枝下高 0.05 m，平均枝下高為 2.54 m；而玉山圓柏地被層株數為 612 株/ha。在 1ha 永久樣區內以不同面積級和各層級的交叉運算，由變異數/均值比率、負二項參數(k)、Morisita 分散指數(I_s)、集落指數(I_C)、擁擠指數(m^*)、塊集指數(m^*/m)以及 Cassie 指標(C_A) 的分析結果，顯示玉山圓柏在不同尺度及不同森林層次上之空間分布均為聚集分布。以 TSTRAT 模式分層所界定之林分不同發育階段，除了第 9 層歸屬於被壓木，多呈現不正常之倒伏現象外，其餘 8 個森林層次中，第 1~6 層之林分發育各階段，百分位數法求解 Weibull 參數，結果顯示 C 值介 0~1 之間，於其結構均屬穩定之倒 J 型，而第 7~8 層則介於 1~3.6 之間，屬於正偏歪分布，顯示幼苗時期林分仍處於相互競爭階段，林分結構較不穩定。

玉山圓柏與臺灣冷杉於研究區內海拔高 3,300~3,450 m 有明顯混生情形，植群型中以玉山圓柏與臺灣冷杉為優勢之族群，在交會帶樣區中，兩者之 Weibull 函數參數 C 值均小於 1，故兩者之直徑分布曲線呈現出倒 J 型分布，而臺灣冷杉之 Weibull 函數參數 B 值均大於玉山圓柏之 Weibull 函數參數 B 值，顯示臺灣冷杉有較高的胸高直徑平均值，在同為倒 J 型分布曲線下，該地區臺灣冷杉可能處於較為優勢之地位。

在物候調查方面，翠池地區之玉山圓柏，於 2006 年 3~4 月間展葉，花期：雌、雄花分別於 3~6 月間開花，並隨即進入果實生長期，8~9 月初出現花苞。果實成熟期為 6~11 月(12 月份未調查)，其中 6 月上旬起至 11 月玉山圓柏去年完成授粉之毬果陸續成熟，10 月上旬起開始有今年完成授粉之毬果成熟。

【關鍵字】：玉山圓柏、植群生態、族群結構、物候、TSTRAT 模式

Summary

The Research is involved in investigations of vegetation ecology, population structure and Phenology of *Juniperus squamata* Buch.-Ham. at Cuei-chih Area. The investigation of vegetation ecology has been done by applying the way of contagious quadrat method of multiple plot method and appears that plants can be classified as 36 families 、 69 genus 、 85 species (including following categorized groups, respectively referred to the type either *J. squamata* type or *A. kawakamii* type.

According to the standard of TSTRAT model, we have analyzed canopy layer of *J. squamata* Buch.-Ham. at 1ha permanent plot and found that there were 9 layers for total 2,544 trees per ha. The number of arbores at overstory was 1,931. The tallest one was 23.06 m, the shortest was 0.50 m and the average height of trees was 5.04 m. The largest DBH (diameter at breast height) was 162.0 cm, the smallest DBH was 1.0 cm, the average was 28.3 cm. The highest clear-length of tree was 12.24 m, the lowest 0.05 m, the average 2.54 m.

The count of *J. squamata* Buch.-Ham. at understory was 612. We has also examined different sizes of region and various layers in the 1ha permanent sampling area in order to do cross operational analyses. From checking the variance-to-mean ratio, the k-parameter of negative binomial distribution (k), Morisita's index of dispersion(I_{δ}), Index of clumping(I_C), Index of crowding(m^*), Index of patchiness(m^*/m) and Cassie's index (C_A), the outcome of our analyses has revealed that *J. squamata* Buch.-Ham. was spreading by the pattern of aggregative distribution if over such areas as different scales and different forest layers as we mentioned above.

Applying the inventory of layer-segmenting of the TSTRAT model to define deferent growth steps of forest divisions, we would like to neglect the ninth layer that were committed to be victim woods and almost all were laid down abnormally. Among rest of other 8 layers, forests at 1~6 layers were sorted by growing steps, and converted into percentile to solve their Weibull parameters. Then we can find the value C was between the interval 0~1.

Structures were all stable reversed-J type. Besides, 7~8 layers were valued among 1~3.6 and presented figures as uptrend but positively skewed distribution. It is said that spears were under the stage of competition and structure of forests was unstable.

It's revealed that *J. squamata* Buch.-Ham. & *A. kawakamii* (Hay.) Ito distinctly showed an obvious scenario of mixed living together at the observed territory from attitude 3,300 to 3,450 m. Within the type of vegetal grouping, *J. squamata* Buch.-Ham. & *A. kawakamii* (Hay.) Ito were superiority groups, both parameters of Weibull function were small than 1. So both distributing curves of diameters displayed reversed-J type. Additional, the parameter B of Weibull function of *A. kawakamii* (Hay.) Ito was larger than *J. squamata* Buch.-Ham.. It means that the average diameter of *A. kawakamii* (Hay.) Ito was larger ; while under the same J type distribution, *A. kawakamii* (Hay.) Ito would be probably in a dominant position.

Regarding to the investigation on Phenology, trees of *J. squamata* Buch.-Ham at Cui-chih Area foliated around the season from March to April in 2006 and the florescence period: both male and female flowers came out during the period from March to June, and then turned into fruit period. In August and early September, the bud stage happened. The mature period of fruit was from June to November (lack of survey in December). Meanwhile, we have found that strobiles that pollinated last year continuously started getting mature in the period from early June to November, and pollinated this year started in the beginning of October.

【Keywords】 : *Juniperus squamata* , Vegetation ecology, Population structure, Phenology, TSTRAT model

壹、前言

雪霸自然保護區範圍橫跨新竹、苗栗、臺中三縣，位於雪山與大霸尖山主稜以西之大面積林地，海拔高度在1,100~3,886 m之間，是臺灣地區海拔位置最高之自然生態保護區。區內超過三千公尺的山峰，多達數十座，其間並多有圈谷，是為臺灣冰河遺跡最多的地方，而且山谷雜錯，地形複雜，孕育著許許多多的珍貴動植物，為了要保護其間的玉山圓柏(*Juniperus squamata* Buch.-Ham.)原生林、針闊葉原生林、特殊地形景觀、冰河遺跡及野生動物，故而劃定此地為「雪霸自然保護區」。區內翠池地區之玉山圓柏為國內少見之大面積純林，又位居海拔3,000 m以上之地區，其形態有直立之喬木森林及樹形低矮之矮盤灌叢，此一特性可藉以探討臺灣高山環境變化與植物生長的關係，並可進一步了解此珍貴樹種之族群結構及演替特性，因此基於自然保護區之設置目的，擬針對保護區內翠池地區之玉山圓柏進行林植群調查及監測之研究，調查其族群結構、伴生植物、生態環境資源、生長特性與環境之關係，並設立長期監測樣區，探討此區玉山圓柏族群動態及其森林更新趨勢，以及人為干擾可能造成的影響，提供管理單位擬訂各項經營管理措施之參考。

貳、前人研究

一、分類地位

柏科(Cupressaceae)植物分為 3 亞科，15 屬，約 130 種，分布於南北兩半球(劉業經等，1994)；為一個分布區域不斷縮小的植物類群，單種屬及寡種屬占很高的比例，其明顯的早生型態，與中生代時對乾旱氣候的適應以及後來對寒冷氣候或高山氣候的適應有關，但在第三紀時期種類數目及分佈區域均較現在廣泛。圓柏屬(*Juniperus* L.)植物，全世界約有 60 種，是裸子植物中一個多樣性相當高的分類群(Šoljan, 1991)，而玉山圓柏或稱作香柏(圖 1)，葉為針刺狀，長 3~5 mm，寬約 1 mm，先端尖銳，嫩葉內側稍粉白，三葉交叉輪生，毬果卵圓形，成熟時呈紫黑色，毬果單一，長 6~8 mm(Li and Keng, 1994)

臺灣地區之圓柏屬植物，自二十世紀初之分類研究以來，計有玉山圓柏、清水圓柏(*J. chinensis* L. var. *tsukusiensis* Masamune)及刺柏(*J. formosana* Hay.)等 3 種(Li and Keng, 1994)。早田文藏 (Hayata)在 1908 年將玉山圓柏命名為 *J. morrisonicola* Hay.，也就是以採集地玉山作為種小名所命名之新種(陳玉峰，1997)。金平亮三(1936)在其所著之臺灣樹木志一書中，認為玉山圓柏與喜馬拉亞山系及中國大陸的香柏 *J. squamata* Buch.-Ham.是同一種植物。另外 Li 和 Keng 在 1954 年認為玉山圓柏應視為香柏之一變種，故而將其植物學名重新組合為玉山變種 *J. squamata* var. *morrisonicola* (Hay.) Li&Keng，在 1975 年第一版臺灣植物誌(Flora of Taiwan)中，即引用其所發表之學名，將玉山圓柏視為香柏之一變種(Li and Keng, 1975)。柳楮(1961a)以玉山圓柏存在之生育地環境單純，屬於高山之極地，分布地區環境因子變異極小，亦即其適應性較弱，因其對生育地環境要求之嚴格，極少有變異之可能，故而認定玉山圓柏與大陸地區之香柏為同種植物。而在 1994 年第二版臺灣植物誌中又將其恢復為香柏之原種名 *J. squamata* (Li and Keng, 1994)，並未說明確實之原由。

Adams(2000)利用葉內揮發性精油 (leaf essential oils) 和 RAPD(Random Amplified Polymorphic DNAs)針對北半球單一種子的圓柏屬植物系統分類的研究報告中，發現以葉的形態及其所含之精油分析以及在 DNA 結構方面都顯示，臺灣地區之玉山圓柏與大陸地區之香柏(*J.*

squamata)有所區別，充分顯示出其地理與生殖隔離，故而將其獨立成一種，進而恢復由早田文藏在 1908 年所命名之植物學名 *J. morrisonicola* Hay.。據此，玉山圓柏是否為臺灣特有種(endemic species)或特有亞種(endemic subspecies)之疑義，仍有待研議。

玉山圓柏之植株形態概分為喬木型及灌木型(金平亮三，1936；劉業經等，1994；Li and Keng, 1975、1994)，其植株形態之差異亦為玉山圓柏分類地位之爭論點。隨著分子生物技術的演進，應用 ISSR 研究臺灣地區玉山圓柏之遺傳變異，以 AMOVA(Analysis of Molecular Variance)分析結果發現：玉山圓柏族群之外部形態上無明顯之差異，在臺灣雪山等 8 個地區間遺傳變異並無顯著差異，喬木及灌木間之遺傳分化上無明顯之差異，若要更進一步瞭解喬木及灌木族群間的 DNA 訊息，可以 DNA 定序來加以研究(傅慧雯，2002)。



圖 1. 玉山圓柏形態圖(Li and Keng, 1994)。

二、地理分布

圓柏屬植物廣泛分布於非洲、歐洲、亞洲及北美洲(江澤平、王豁然, 1997), 玉山圓柏若姑且以第二版臺灣植物誌中之分類處理來定其分類上之位階, 則廣泛分布於中國大陸四川、湖北、陝西及康藏一帶, 其中植株形態為矮盤灌叢(krummholz)族群, 廣泛分布於大陸地區海拔 2,000~4,600 m 之間, 喬木型族群僅見於海拔 1,600~2,500 m 之間(柳楮, 1961a)。

蘇鴻傑(1974)綜述臺灣地區玉山圓柏林之分布狀況, 以中央山系為主軸, 而此山系主要由雪山山脈、玉山山脈及中央山脈所組成, 分布在主脊海拔高 3,000 m 以上之區域, 惟中央山脈南端之北大武山(3,092 m)雖已達海拔高 3,000 m 以上, 但未見有玉山圓柏之群落。在玉山山脈地區之分布, 北自巒大山(3,468 m)起、經郡大山(3,619 m)、玉山北峰(3,858 m)、玉山主峰(3,952 m), 南至玉山南峰(3,844 m); 中央山脈為東北至西南走向, 北端分布始自南湖北山(3,536 m)、中央尖山(3,705 m)、無名山(3,451 m)、畢祿山(3,371 m)、合歡主峰(3,417 m)群峰、轉入奇萊山(3,560 m), 接著經能高山(3,262 m)、閃山(3,668 m)、秀姑巒山(3,825 m)、大水窟山(3,642 m)、達芬尖山(3,208 m), 南下經南部橫貫公路轉上關山(3,668 m), 止於卑南主山(3,295 m)。

玉山圓柏於雪山山脈地區主要分布於 3,000 m 以上之稜脊(歐辰雄等, 1997; 呂金誠, 1999; 歐辰雄, 2002、2004), 雪山山脈東稜由雪山主峰(3,886 m)至雪山東峰(3,201 m)一帶(呂金誠, 1999), 雪山西稜由雪山主峰經翠池, 往博可爾山(3,265 m)、火石山(3,310 m)、頭鷹山(3,510 m)、奇峻山(3,519 m)至大雪山(3,530 m)一帶(歐辰雄, 2002); 雪山北稜(含武陵四秀)自大霸尖山(3,492 m)開始, 包括喀拉業山(3,133 m)、桃山(3,325 m)、池有山(3,303 m)及品田山(3,524 m), 再由素密達山(3,517 m), 經雪山北峰(3,703m)、凱蘭特崑山(3,713 m)抵雪山主峰, 其中以雪山北峰至雪山主峰為主要分布帶(歐辰雄等, 1997; 呂金誠, 1999), 以及雪山南稜由雪山主峰往翠池及翠池三叉山(3,565 m)後轉為向南延伸, 再經雪山西南峰(3,471 m)至大劍山(3,594 m)等地區(歐辰雄, 2004)。

玉山圓柏以不同植株形態出現於海拔高 3,000 m 之山脊(蘇鴻傑,

1974、1988；楊國禎，1988)，至海拔 3,500 m 以上可見大面積之玉山圓柏灌叢，例如雪山圈谷、南湖大山，而大面積喬木型森林，僅出現於雪山北峰、翠池至下翠池地區、南湖大山東南稜、南湖池畔、秀姑巒山至馬博拉斯之間鞍部以及玉山北峰東側鞍部，另外歐辰雄等(2002)對大雪山地區植群生態調查研究中指出奇峻山附近亦有一處大面積玉山圓柏喬木純林。

從島嶼生物學(Island biogeography)的觀點，高山山頂因空間的隔離，可視為高山棲地島嶼(Mountain habitat island)(邱祈榮，2001)，而玉山圓柏的分布範圍實際上就是臺灣高山稜脊之分布，研究玉山圓柏之生態學特性，佐以島嶼生態學的理論，應有助於釐清山脊間周遭環境之不同，是否導致猶如海洋般的隔絕效應呢?有待進一步研究。

三、植群研究

(一)臺灣植群帶

依據 Su (1984)對於臺灣中部地區山地植群帶分布的劃分看法，認為氣候上主要與年均溫及溫量指數有顯著的相關性，可大致以海拔、年均溫、溫量指數對植群帶作初步的劃分(表 1)，藉此可用以了解本研究區及玉山圓柏族群目前可能的植群分布，大致上可區分為：高山植群帶(Alpine vegetation)和冷杉林帶(*Abies zone*)，其植物社會特徵分述如下：

1. 亞寒帶—高山植群帶

位於海拔 3,600 m 林木界限以上，年雨量約 2,800 mm，年均溫概在 5°C 以下，生育地多為不良之裸岩或岩床，土壤乾燥、風力強大、日照強烈，冬季有積雪，在此惡劣環境之下，已無喬木生長，僅有矮性之灌木或草甸，灌木以玉山圓柏、玉山小檗(*Berberis morrisonensis* Hayata)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata)最常見。其餘偶見的木本植物尚有刺柏、玉山薔薇(*Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam.)、臺灣茶藨子(*Ribes formosanum* Hay.)、巒大花楸等(*Sorbus randaiensis*(Hay.)Kidzumi)；地被層植物除由玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng)所組成的小面積草甸外，以阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis* Hayata)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense* Hayata)、玉山薄雪草(*Leontopodium microphyllum* Hayata)等最具代表性。

2.冷溫帶—冷杉植群帶

分布於海拔 3,100~3,600m 之間，冬季乾燥而寒冷，年均溫在 5~8°C 之間，多為向陽之乾燥山坡或岩礫密布之處，土壤化育仍不完整。代表性植物以臺灣冷杉(*Abies kawakamii* (Hayata) Ito)、玉山圓柏及玉山箭竹最具特色，其中臺灣冷杉偏向北向背陽的谷地，玉山箭竹則在陽光極強的南向山坡或山頂形成草甸。

表 1. 臺灣中部山地植群之帶狀分化及溫度範圍(Su, 1984)

Altitude zone 高度帶	Vegetation zone 植群帶	Alt.(m) 海拔高度	Tm(°C) 年均溫	WI(°C) 溫量指數	Equivalent Climate 相當氣候帶
Alpine 高山帶	Alpine vegetation 高山植群帶	>3600	<5	<12	Subarctic 亞寒帶
Subalpine 亞高山帶	Abies zone 冷杉林帶	3100~3600	5~8	12~36	Cold-temperate 冷溫帶
Upper montane 山地上層帶	Tsuga-Picea zone 鐵杉冷杉林帶	2500~3100	8~11	36~72	Cool-temperate 涼溫帶
Montane 山地帶	Quercus (upper) zone 櫟林帶(上層)	2000~2500	11~14	72~108	Temperate 溫帶
	Quercus (lower) zone 櫟林帶(下層)	1500~2000	14~17	108~144	Warm-temperate 暖溫帶
Submontane 山地下層帶	Machilus-Castanopsis zone 楠櫟林帶	500~1500	17~23	144~216	Subtropical 亞熱帶
Foothill 山麓帶	Ficus-Machilus zone 榕楠林帶	<500	>23	>216	Tropical 熱帶

(二)植群研究

臺灣地區源自十九世紀末日本學者本多靜六揭開臺灣(高山)植群研究的序幕，日治時期日本學者不斷湧入臺灣地區進行植物資源的調查研究(陳玉峰，1997)，例如為臺灣過半數植物命名的植物分類學者早田文藏、為臺灣農林奉獻一生的佐佐木舜一及島田彌市、主持臺灣植物調查事業的川上瀧彌、奠定臺灣樹木分類基礎的金平亮三等諸位學者。臺灣光復後初期，百廢待興，積極針對臺灣地區之植物資源進行調查，例如柳楮(1961b)於南坑河流域進行森林植物生態之調查。柳楮、章樂民(1962)針對鹿場大山地區進行森林植物生態之調查。其目的是以森林植物生態調查作為林業經營方針之依據，希望能在森林施業前以生態調查的方法找出所謂的「適地適種」。

(三)高山植群

劉崇瑞(1948)針對臺灣玉山之高山植物所發表的的研究報告，以及斯煒(1948)對玉山之植物社會的研究報告。此二位學者可以說是臺灣光復後對臺灣高山植群研究的先趨。其後有對小雪山高山草原生態之研究(柳楮，1963)。臺灣植物群落之分類Ⅱ--高山寒原及針葉樹林群系(柳楮，1971)。臺灣高山地區之香柏群落(蘇鴻傑，1974)。大霸尖山高山植群的研究(應紹舜，1976a)；臺灣高山植物形態的研究(應紹舜，1976b)；應紹舜(1976c)雪山地區高山植群的研究。臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制(劉業經等，1984)。雪山—大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告(黃增泉等，1988)。南湖大山圈谷及其附近植被之調查(楊遠波等，1989)。雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動植物資源、植被及其景觀調查研究(李瑞宗等，1994)。楊遠波等(2004)太魯閣國家公園高山地區植物資源基礎調查之研究(楊遠波等，2004)。自1997年起歐辰雄、呂福原和呂金誠等教授針對雪山山脈地區作較為詳盡之植群取樣及調查，諸如觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究(歐辰雄等，1997)、武陵地區雪山主峰線植群與植栽應用之研究(呂金誠，1999)、雪霸國家公園植群生態調查—大雪山地區(歐辰雄，2002)、雪霸國家公園植群生態調查-尖石地區(歐辰雄、呂金誠，2003)，及雪霸國家公園植群生態調查-大小劍地區(歐辰雄，2004)等，因而藉以充實臺灣地區之植群生態資訊。

(四)玉山圓柏群落

自1908年早田文藏發表玉山圓柏以後，即陸續有日本學者對其分類地位及其群落特徵作描述或論見。有關玉山圓柏群落的報告，早由日本學者鈴木時夫於1935~36年在秀姑巒山之東南鞍部發現有關玉山圓柏之4種群落(蘇鴻傑，1974)，在柳楮(1968)論述臺灣植物群落時，將玉山圓柏劃入寒原(tundra)及針葉樹林(coniferous forest)兩種群系(formation)。在臺灣植物群落之分類研究中，探討高山寒原及針葉樹林群系，論及雪山主峰翠池地區玉山圓柏純林，調查結果顯示：胸高直徑在25~60 cm之間，平均樹高約12 m，樹冠密度約40%，平均每公頃約250株，最大胸高直徑有180 cm，惟大部分大徑木之老樹幹多呈空洞，由於此等空洞老木枯死後，林下常有幼苗出現，故此一植物群落將為安

定之植物群落(柳楮，1971)。

國內學者對於臺灣高山地區玉山圓柏群落的專論研究報告，始自1974年國立臺灣大學森林系蘇鴻傑教授針對臺灣高山地區之玉山圓柏群落詳盡的論述。林務局亦曾於1988年委託蘇鴻傑教授執行玉山圓柏林植群生態調查，而距調查時間已將近20年，其間歐辰雄等(1997)在觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究中，論及玉山圓柏主要以灌木型態分布於大霸尖山附近。呂金誠(1999)武陵地區雪山主峰線植群與植栽應用之研究中，其研究結果顯示雪山主峰至下翠池地區為雪山地區玉山圓柏林之最大宗，主要林型有玉山圓柏植群型，分布於翠池至下翠池沿線區域、黑森林上部近圈谷附近以及雪北山屋附近，海拔約3,400~3,600 m，此植群型以玉山圓柏占絕對優勢，為玉山圓柏純林。玉山圓柏林冠下尚有玉山圓柏與臺灣冷杉之幼齡木、玉山杜鵑及玉山小蘗等；地被層有高山珠蕨(*Cryptogramma brunoniana* Wall.)、雪山翻白草(*Potentilla tugitakensis* Masamune)、玉山卷耳(*Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* Hayata)、冷蕨(*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.)、傅氏唐松草(*Thalictrum urbaini* Hayata var. *urbaini*)等植物為其主要組成。另一植群型為臺灣冷杉—玉山圓柏型，分布於翠池至下翠池，海拔約為3,400 m~3,500 m，此植群型以臺灣冷杉為最優勢樹種，在重要值所占的比率約為75%，其次為玉山圓柏，約為25%。除了臺灣冷杉與玉山圓柏在上層林冠占盡絕對優勢外，林下的植物在木本植物方面包括了臺灣冷杉與玉山圓柏的幼齡木、玉山杜鵑及高山白珠樹等，地被層植物因各樣區之地理環境及微氣候等之差異，其組成有所不同，草本植物包含了玉山鬼督郵(*Ainsliaea reflexa* Merr. var. *nimborum* Hand.-Mazz.)、大霸尖山酢醬草(*Oxalis acetocella* L. ssp. *taimoni* (Yamamoto) Huang & Huang)、曲芒髮草(*Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.)、臺灣鹿藥(*Smilacina formosana* Hayata)等。歐辰雄(2002)於大雪山地區執行植群生態調查研究中，發現奇峻山附近尚有一處大面積玉山圓柏純林。歐辰雄、呂金誠(2003)於尖石地區執行植群生態調查研究中，其研究結果顯示：該區域之玉山圓柏林主要散布於臺灣冷杉及臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng)林型內，主要以灌木狀態生長。歐辰雄(2004)於大小劍地區執行植群生態調查研究，其研究結果顯示上

開區域玉山圓柏林之天然更新情形不佳。

臺灣地區以玉山圓柏為優勢的植物社會，其形相(Physiognomy)上概分為兩種，一為森林，一為灌叢，分屬不同的群系級(formation class)，皆分布於海拔 3,000 m 冷溫帶以上的高山，以灌叢較為常見。玉山圓柏群團隸屬亞高山冷溫帶針葉林群系，其群團林相極為單純，主要由玉山圓柏形成純林，個體間間距較大，多留有孔隙，唯多數樹種已達生長界限而難與其競爭，下層幼苗仍以玉山圓柏為主，玉山圓柏既是優勢種亦為特徵種，而玉山圓柏於迎風面土壤貧瘠的岩屑地，形成低矮匍匐的灌叢，其形相迥異於森林，故兩者分屬不同的群系級，應自成一玉山圓柏灌叢群團(林鴻志，2005)。在海拔 3,300~3,500 m 之間，部分谷地土壤化育較完全處，玉山圓柏常與臺灣冷杉形成交會帶，此狹小之推移帶(ecotone)，視為臺灣冷杉—玉山圓柏群叢(蘇鴻傑，1974)，唯玉山圓柏其生長競爭不若臺灣冷杉，故以臺灣冷杉形成優勢，交會帶植群大致易歸併於臺灣冷杉群團中。

四、森林結構

森林植被結構分成三個部分：垂直結構、水平結構及數量結構，垂直結構指的是森林層次構造；水平結構指的是族群和個體的空間結構；數量結構指的是植物社會每中各樹種的豐富度。如要在短期內了解一植物社會之演替程度及未來可能之發展趨向，利用森林族群結構特徵不失為一良好的方法。族群結構可為一植物族群之齡級分布頻度，若森林中某一族群之齡級分布自幼齡林木以至老齡林木呈遞減之狀態，則可推測此種植物有大量的更新幼苗及小樹，將來可能會取代老樹的演替方向，本研究探究森林結構中之垂直結構及水平結構在演替過程中所蘊含之生態意義。

(一)森林垂直結構

依據森林具有之垂直結構屬性，為了解植物社會之演替脈絡，遂而將林木依其樹高及其樹冠結構之差異加以分層，而層次之劃分方法甚多，各地區之森林冠層因物種組成及環境差異，所展現之森林冠層垂直結構亦有所差異。早在Beard(1946)利用樹冠剖面圖(profile diagram)來描述美洲熱帶雨林的結構特徵(圖2)。Baker and Wilson(2000)彙整前人所發表之文獻中，亦利用樹冠剖面圖(圖3)，來探討熱帶和溫帶森林冠層，結果顯示熱帶森林樹冠層次數目多於溫帶森林冠層。Miyadokoro *et al.* (2003) 對日本中部亞高山原始針葉林主要樹種之族群結構及空間分布型的研究中，將森林垂直高度主觀概分為三個層次，分別為上層：樹高 $> 8\text{ m}$ 、中層： $8\text{ m} \geq \text{樹高} \geq 5\text{ m}$ 、下層：樹高 $< 5\text{ m}$ ，來探討日本中部亞高山原始針葉林森林中共存優勢物種的林分結構。張瑋尹(2003)調查南仁山次生林林分樹高，將冠層垂直劃分為上、中、下層，分別為上層：樹高 $> 8\text{ m}$ ，中層：樹高 $4 \sim 8\text{ m}$ ，下層：樹高 $< 4\text{ m}$ ，探討不同冠層間林分結構之空間異質性，結果顯示：上層樹冠結構有明顯破碎現象，而中層與下層植物樹冠覆蓋度之空間變異，因東北季風影響差異極為顯著，顯示出森林垂直結構之差異性存在。



圖2. 美洲熱帶雨林樹冠剖面圖(Beard, 1946)。

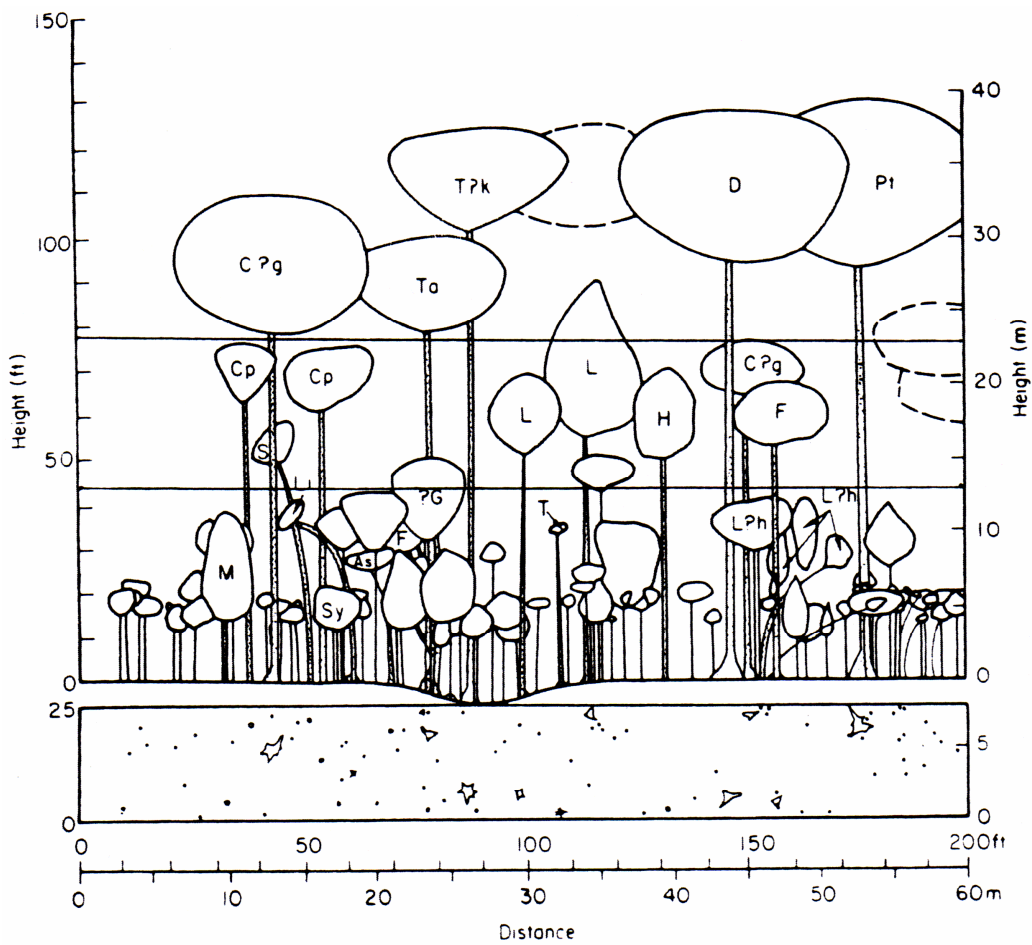


圖3. 利用樹冠剖面圖分析森林冠層(Baker and Wilson, 2000)。

Latham等(1998)提出的TSTRAT模式來界定森林層次，其所採用標準(圖4)：選擇植株高度最高(如同高則選擇樹冠長度最長者)之林木，將其【樹冠長度×40%+樹冠基部的高度(枝下高)】為「分層的切割點(cut-off height)」，切割點以上林木係屬同一層(S1)，緊接第二層(S2)劃分在將其餘林木中再挑其最高者，續依照以上方式劃分，直到上層所有所有植株都納入各層為止，試圖利用森林特有之垂直結構加以分層，依照林分內不同垂直樹冠之層次，來定義林分不同之「發展階段」。

許俊凱(2006)利用TSTRAT模式的森林分層方法，在臺灣中部北東眼山天然闊葉樹森林植群垂直分層結構的研究中，結果顯示上層喬木於該地區分為13層，表示此闊葉樹森林層喬木蘊含了13個林分發展階段，在演替過程中森林垂直空間結構變化會有所差異，諸如冠層、徑級、高度級及林間層分化(表2)，在南亞熱帶森林演替的過程中，群落垂直結構的變化是由單層次向層次複雜的方向發展，直到上層高大的樹冠形成才逐漸趨於穩定(彭少麟，1996)。

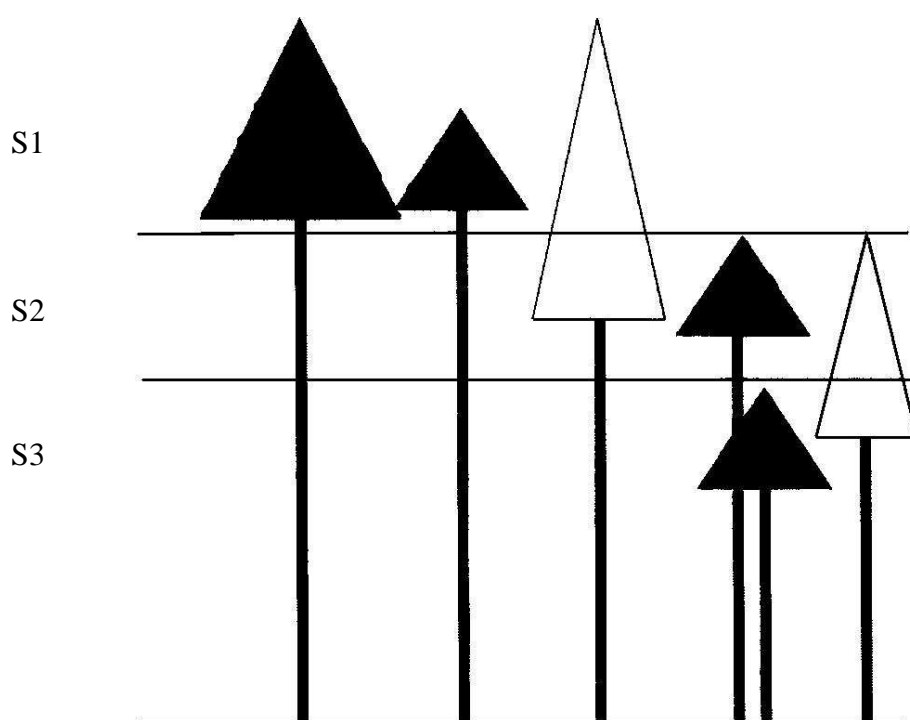


圖4. 林冠分層圖示意圖(Latham *et al.*,1998)。

表2. 南亞熱帶森林演替過程之垂直空間結構變化(彭少麟，1996)

垂直空間結構	演替初期	演替中期	演替後期
冠層分化	不明顯	較明顯、層次少	明顯、層次多
徑級分化	不明顯	較明顯	明顯
高度級分化	不明顯	較明顯	明顯
林間層分化	不明顯	較明顯	明顯

(二)森林水平結構

1.空間分布型態

不同植物群落的空間分布型態展現森林水平結構的多型性，而植物族群在空間分布上主要有三種類型(Ludwig and Renolds, 1988)，分別為隨機分布 (Random distribution)、均勻分布 (Regular ditribution) 及集落分布 (Clumped distribution) (圖 5)。

(1)隨機分布

該類型係指族群個體的分布間互無關係，每個個體的出現都有同等機會，與其他個體是否已經存在無關。其位置是由與確定其他個體的位置無關的那些因素所決定。現有的研究說明了隨機分布很少出現現實森林之中。這是因為生育地環境條件的均勻一致，很少能在較大的空間範圍內出現。只有在環境因子在水平空間的分配位於許多種的生態幅之內，但對它們的作用程度都近似相等時，又環境極端惡劣時，或者某一主導因素成隨機分布時，才會引起族群的隨機分布。然而，較大的空間範圍，生育地環境的異質性較顯著，而在小面積上生育地環境因子的均勻性較易滿足。隨機分布的數學模型是卜瓦松分布 (Poisson distribution)。

$$p(x) = e - m \frac{m^x}{x!} \text{-----}(1)$$

($x=1,2,3,\dots$)，式中 $p(x)$ 為含有 x 個樣區數的概率， m 為每個樣區中的平均個體數， $!$ 為階乘符號。

(2)均勻分布

又稱低常態分布 (hypodispersion、underdistribution) 或負集群分布 (negative contagious distribution)，該類型係指族群個體在水平空間內的分布是均勻等距的。所有取樣單元中接近平均株數的單元最多，密度極

大和極小的情形很少。絕大多數研究結果顯示，在自然族群中均勻分布極為少見。但由於種內個體對某一有限環境資源的競爭、毒他作用 (allelopathy)，以及自毒現象 (autotoxin) 等原因，也會引起某一族群的均勻分布。均勻分布的數學模型是正二項分布 (positive binomial distribution)。

$$p(k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} \text{-----} (2)$$

其中 $q=1-p$ ，式中 n 為單個樣區中可能出現的最大個體數， k 為個體間的聚集度。

$$k = \frac{m^2}{V-m} \text{-----} (3)$$

式中 m 每個樣區中的平均個體數， V 為變異數 (variance)。

(a) 隨機分布

(b) 集落分布

(c) 均勻分布

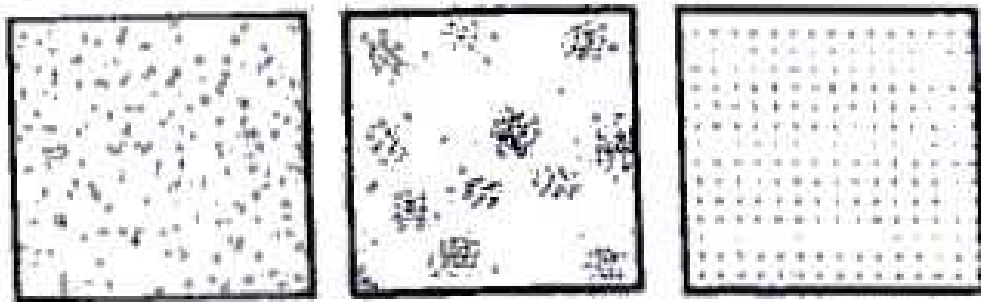


圖5. 空間分布型態 (Ludwig and Renolds, 1988)。

(3) 集落分布

又稱集群分布 (contagious distribution)，聚集分布 (aggregated distribution) 或超常態分布 (hyperdistribution, verydispersion)。其特徵是族群個體成群、成簇，成塊地密集分布，各群的大小，群間的距離，群內個體的密度都不相等，但各群內部多是隨機分布。自然情況下，植物族群個體常為集群分布。集群分布型態的成因主要為：種子傳播距離的有限性，由於重力作用，降落在母樹周圍的種子萌發後產生簇生的幼株群；再者營養繁殖的植物通過根莖從母株蔓延開去，形成植叢的簇生現象，此種類分布形態實為「形態的分布」 (Morphological pattern)

(Ludwig and Renolds, 1988)。集落分布之數學模型是負二項分布(negative binomial distribution)。

$$p(x) = \left(1 + \frac{m}{k}\right)^{-k} \frac{(k+x-1)!}{x!(k-1)!} \left(\frac{m}{m+k}\right)^x \text{-----(4)}$$

($x=1,2,3,\dots$)，式中 $p(x)$ 為含有 x 個樣區數的概率， m 為每個樣區中的平均個體數，! 為階乘符號， k 為個體間的聚集度。

2. 分布類型的檢驗

卜瓦松分布的假定是隨機的，首先假定某個物種的分布符合卜瓦松分布，進而檢驗觀測值對卜瓦松分布的偏離程度，如果假設成立則個體分布是屬於隨機分布；如果假設被推翻，該族群之個體分布是屬於非隨機，則可能為集落分布或均勻分布。

(1) 變異數/均值比率

其統計學基礎是 Poisson 分布中變異數 V 等於均值 m ，族群若為均勻分布，大多數樣區中個體數將接近於均值，則變異數小於均值。如為集落分布，多數樣區中個體數會出現比均值很大和很小的值，變異數將大於均值。 $I=V/m$ 對預期值 1 的偏離可用 t 檢驗(T-test)來檢測。

(2) 負二項參數(k)

Waters(1959)提出負二項參數(k)，當一個單元內的個體數呈負二項分布時，常以參數值 k 來度量植群的聚集程度，其特點為其值不因族群密度變化而改變，亦即族群之個體若是逢機的死亡而使族群量減少， k 值不會因此而改變，而 k 值若越小，表示個體有明顯聚集情形，若 k 值越大，表示個體聚集情形不明顯，其公式為：

$$k = \frac{m^2}{V - m} \text{-----(5)}$$

(3) Moore 指數

Moore(1953)年提出了該法：只統計出現 0, 1, 2 個個體的樣區數，代入公式 $\Phi = \frac{2n_0n_2}{n_1^2} \text{-----(6)}$

式中 n_0 、 n_1 、 n_2 分別出現 0、1、2 個個體的樣區數，當 $\Phi=1$ 則為隨機分

布； $\Phi > 1$ 則為集群分布，有時均勻分布也表現為 $\Phi > 1$ ，顯著性檢驗可用 t 檢驗。

(4) Morisita 分散指數(Index of dispersion, I_δ)

Morisita(1959)該指標不受均值(\bar{x})和樣區中個體總數 $\sum x$ 的影響，但取決於取樣單位的最大和最小個體數目，用以比較取樣數目(n)相等的不同次數取樣。其公式為

$$I_\delta = \frac{n \sum x(x-1)}{\sum x \sum (x-1)} \text{-----}(7)$$

當 $I_\delta = 1$ 時為隨機分布， $I_\delta > 1$ 時為集群分布， $I_\delta < 1$ 時為均勻分布。偏差的顯著性檢驗可用與自由度為 n-1 的 X^2 值比較。

(5) 集落指數(Index of clumping, I_C)

David and Moore(1954)為了客觀地反應族群集聚程度，提出集落指數：

$$I_C = \left(\frac{V}{m}\right) - 1 \text{-----}(8)$$

I 作為集聚性的度量，(式中 v 為方差， m 為均值)，當 $I_C = 0$ 時，表示隨機分布， $I_C < 0$ 時，表示均勻分布， $I_C > 0$ 時，則為集落分布。

該指標的優點是可用以比較兩個族群的集聚程度，對於兩個取樣數

均為 n 、方差及均值各為 v_1, m_1 及 v_2, m_2 的族群 $I = \frac{V_j}{m_j}$ $I_C = (v_j/m_j) -$

1, ($j=1, 2$)

$$\text{計算 } \omega = -\frac{1}{2} \ln\left(\frac{v_1/m_1}{v_2/m_2}\right) \text{-----}(9)$$

(v, m 分別為方差、均值)。

David and Moore(1954)指出：如果 ω 在 $(-\frac{2.5}{\sqrt{n-1}}, \frac{2.5}{\sqrt{n-1}})$ 區間之外，

則以 0.05 顯著性水平， I_{C1} 與 I_{C2} 顯著不同，表示兩族群的集聚程度有顯著差別。

(6)擁擠指數(Index of crowding, m^*)

Lloyd(1967)提出的擁擠指數，定義植群的平均擁擠度為每個個體共同存在同一單元內的個體數之平均數，其指數公式：

$$m^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \text{-----(10)}$$

式中 X_i 為與第 i 個個體在同一單元的個體數。

m^* 的特點是隨著樣區大小而改變，因其係指每個個體所感受到的擁擠程度，與個體總數有關，可較真實反映種內競爭與生物因素的作用(劉淑芬，1998)。上式亦可寫成：

$$m^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n X_j (X_j - 1) = \frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{\sum_{j=1}^n X_j} - 1 \text{-----(11)}$$

式中 N 為總單元數， $X_j=1,2,3,\dots,n$ 為第 i 個單元的個體數。擁擠指數亦可為平均密度與集落強度指數 I_c 的和。

$$m^* = m + \left(\frac{V}{m} - 1\right) = m + I_c \text{-----(12)}$$

(7)塊集指數(Index of patchness, C)

Lloyd(1967)平均擁擠度 m^* 和平均密度的比值 $\frac{m^*}{m}$ 為塊集指數，用來分析族群中個體的聚集或分散趨勢。

$$C = \frac{m^*}{m} = 1 + \frac{I_c}{m} = 1 + \frac{1}{k} \text{-----(13)}$$

式中 m 為族群平均數， k 為負二項分布參數值。

$m^* = m + \left(\frac{V}{m} - 1\right)$ (V 為方差， m 為均值)，當 $(m^*/m)=1$ 時，為隨機分布； $(m^*/m)<1$ 時，為均勻分布； $(m^*/m)>1$ 時，為集群分布， C 稱為聚塊性指標，其特性則是與密度無關的空間型態，因為不同密度的兩個族群都有可能具有相同的塊集指數(劉淑芬，1988)，可用於集群程度的度量，以客觀反應聚集強度。

(8)Cassie 指標(C_A)

Cassie 指標是 Cassie(1962)提出，

$$C_A = \frac{1}{k} \text{-----(14)}$$

k 為負二項分布的參數，當 $C_A=0$ 時為隨機分布， $C_A>0$ 時為集落分布， $C_A<0$ 時為均勻分布。

上述統計分析方法，檢測了空間分布的類型及強度(表 3)，均依賴於單一尺度的隨機取樣，但這種空間分布測定及分析的結果，明顯地受到取樣時所採用的樣區大小的限制，尤其對集群分布的族群，不同的樣區大小可能會得到完全不同的結果(王本洋、余世孝，2005)。

表 3. 聚集強度指數與族群空間分布之關係表(劉淑芬，1988)

聚集強度指數	隨機分布	集落分布	均勻分布
集落指數(I_C)	=0	>0	
Moore 指數(Φ)	=1	>1(非隨機)	
Morisita 分散指數(I_δ)	=1	>1	<1
負二項參數(k)	一般在 8 以上	其值越小集落度越強	
擁擠指數($m*m$)	=0	>0	<0
塊集指數(C)	=1	>1	<1
Cassie 指標(C_A)	=0	>1	<1
格林指數(GI)	=0	>0	<0

3. 影響空間分布的因素

生物族群空間分布是指生物族群與環境之間的相互影響、互相作用而形成的時空配置，包括族群的生長過程、分布形式、族群大小及其伴生物種等。分析一物種為什麼在一些地方出現，而在另一個地方則不出現？這包含了許多因素存在。一般的空間分布概分為隨機分布、均勻分布及集落分布等三個類型，一個物種是隨機分布，表示環境的同質性或非選擇性的行為分布；而非隨機性的分布意味著一些因素迫使物種以某種方式存在。集落分布指個體聚集於生育地環境相對適宜的部分，均勻分布是個體之間負的相互作用。主要原因如表 4，族群分布的型態不僅在規模上不同，而且在強度上、地理區域上也有不同，其為物種族群內在和外部因素長期相互作用的結果。

表 4. 影響物種空間分布的因子(孫洪志，1997)

因素	例子
非生物因	
物理因子	光、火、溫度、風等
化學因子	水、土壤養分等
生物因素	
自身因子	生態職位、擴散等
其他物種	競爭、捕食、疾病等

4. 演替過程空間分布

一般而言，演替的過程從初期到後期，植物群落的空間分布型態，會由集落分布趨於隨機分布的發展方向(表5)(彭少麟，1996)。在臺灣雲杉(*Picea morrisonicola* Hay.)不同發育階段族群空間分布之聚集強度的研究中，顯示小徑木的空間分布呈現聚集狀態，聚集程度較高，其次為中徑木之空間分布依然是集落分布，小徑木之聚集強度>中徑木之聚集強度，而大徑木之聚集強度很小，較接近隨機分布(劉淑芬，1988)。

表5. 南亞熱帶森林演替過程森林空間分布變化(彭少麟，1996)

群落特徵	演替初期	演替中期	演替後期
群落發生種	集落	趨於隨機	隨機
極盛相先鋒種	趨於集落	集落	隨機
極盛相優勢種	隨機	趨於集落	集落

蘇小青(2000)以集落指數、塊集指數及Morisita分散指數分析不同演替階段中鰲蕨栲(*Castanopsis fissa* (Champ.ex Benth.) Rehd.)族群的大小結構及空間分布型態有所不同，在皆伐後自然演替的鰲蕨栲幼年純林中，鰲蕨栲族群的大小結構均呈集落分布，從聚集強度來看，呈現出幼苗>小幼樹>大樹>大幼樹；在以鰲蕨栲為優勢的混交林中，只有幼苗呈現集落分布，但聚集強度均小於前二者，其幼樹、大幼樹及大樹均呈現隨機分布。胡喜生等(2006)針對不同演替階段木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)幼苗之空間分布，發現均呈現集落分布，Moeur(1997)發現物種間的競爭及孔隙的動態足以影響幼苗的聚集強度。Wolf (2005)在丹麥

日德蘭半島西南方自1948年起至2005年，觀察50年期間混生落葉林之樹種空間分布，發現分布的型態會隨時間依密度不同而改變，即隨著林分內樹種的死亡及幼苗的補充，會有所波動，可能由集落分布轉成隨機分布的型態，亦有可能由隨機分布轉成集落分布的型態。

(三) 林分結構

林分結構和生長之關係，主要區別是林分生長為動態之變化，即生長量為時間之函數，而林分結構則為某特定時間林木性態值之分布狀態，可顯示林分蓄積為某一特定時間的量，為靜態之意義，可由直徑分布配合特定之材積式推估直徑階之蓄積量，而林分結構變化和林分生長實為一體之兩面，為動態之意義，且二者具可逆性(顏添明，1997)。蘇鴻傑(1988)測定玉山圓柏胸高直徑與年齡之關係，得知中小徑木之胸高直徑與年齡呈直線關係，迴歸係數已達顯著水準($r=0.867$)(圖 6)。

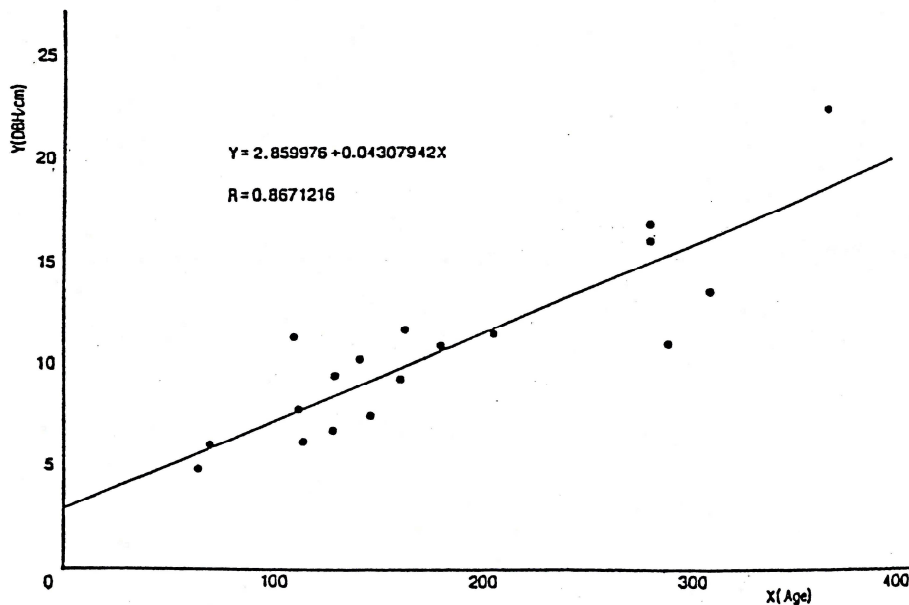


圖 6.玉山圓柏喬木林胸高直徑與年齡之關係(蘇鴻傑，1988)。

Weibull 機率密度函數係利用三個介量，分別以小樣區為單位進行樣區直徑分布之模擬，另為探討主要樹種之徑級分布情形。模擬效果以 K-S 適合度測驗檢測之。此三個介量之 Weibull 機率密度函數之定義如下(Bailey and Dell, 1973)：

$$F(X) = \frac{c}{b} \left[\left(\frac{X-a}{b} \right) \right]^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{X-a}{b} \right)^c \right] \text{-----} (15)$$

式中 $x > 0$, $b > 0$, $c > 0$; x : 胸高直徑 ; a : 位置參數(location parameter) ; b : 尺度係數(scale parameter) ; c : 形狀係數(shape parameter) 。

有關Weibull機率密度函數參數求解方法有很多，諸如最大概似法 (Maximum likelihood estimation) 、百分位數法 (percentile estimation) 、修正動差法 (modified moments estimation) 等(顏添明，1997)。而Weibull機率密度函數已廣泛應用於林分結構的探討(Maltamo *et al.*, 2000 ; Nanos and Montero, 2002 ; Newton *et al.*, 2005 ; SaKari *et al.*, 2005)。Abernethy (1981) 發展特定的百分位數 ($X_{.24}$ 、 $X_{.63}$ 、 $X_{.93}$) 求解Weibull函數參數。胸高直徑的分布和其累積頻度間具有特定的關係，已累積頻度 (P) 所對應之胸高直徑值(X_p)表示此百分位數的關係，如 (16、17) 式所示。

$$P=1-\exp\{[(X_p-a)/b]^c\} \text{-----} (16)$$

$$X_p=a+b[-\ln(1-p)]^{1/c} \text{-----} (17)$$

利用Abernethy (1981) 發展之三個百分位數 ($X_{.24}$ 、 $X_{.63}$ 、 $X_{.93}$) 為例求解Weibull函數參數：

$$X_{.24}=a+b[-\ln(0.76)]^{1/c} \text{-----} (18)$$

$$X_{.93}=a+b[-\ln(0.07)]^{1/c} \text{-----} (19)$$

$$X_{.63}=a+b \text{-----} (20)$$

由以上三式求解

$$(X_{.24} - X_{.63}) / (X_{.93} - X_{.63}) = \{-[\ln(.076)]^{1/c} - 1\} / \{-[\ln(0.07)]^{1/c} - 1\} \text{-----} (21)$$

$$b = (X_{.24} - X_{.63}) / \{-[\ln(.076)]^{1/c} - 1\} \text{-----} (22)$$

$$a = X_{.63} - b$$

法百分位數法求解Weibull函數參數之方法以圖7表示之。Weibull機率密度函數的累計分布函數如 (23) 式，

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right] \text{-----} (23)$$

其中 $b > 0$, $c > 0$, 而某一段之分布函數求法為：假設 $L < x < U$, 則(L , U)區間之機率如 (24) 式所示，其可有效區分直徑階，以作為直徑階劃

分之基礎。

$$P(L < x < U) = \exp\{-[(L-a)/b]^c\} - \exp\{-[(U-a)/b]^c\} \text{-----} (24)$$

適合度檢定：在統計上有許多檢測適合度之方法，如卡方檢定，K-S (Kolmogorov-Smirnov) 檢定等，而Bailey and Dell (1973) 證實以最大概似法求解之Weibull機率密度函數以K-S檢定較為合理，K-S檢定因較其他檢定方法具有一致無偏性，尤以有限樣本而言，可以不考慮直徑分布之型態而可定出測驗之臨界值，因此不論在天然林及人工林之研究上，多採K-S檢定以檢測Weibull機率密度函數之模擬效果 (李久先等，1997a、1997b；余蘭君，2002)。故本文以K-S檢定，檢測Weibull機率密度函數之模擬效果，以探討Weibull機率密度函數在玉山圓柏林林分直徑分布之模擬效果。

檢測方法如下，虛無假說 (H_0)：試驗樣區株數之分布與模擬所得之株數分布間不顯著差異，則虛無假說成立。對立假說 (H')：當 $D_n > D_n(\alpha)$ ，則虛無假說不成立。

D_n ：各組間估測值與觀測值之差取絕對值後之最大值，再除以觀測值之總數，如(25)式所示。

$$D_n = \text{Max}(x) \frac{|F(x) - F_n(x)|}{n} \text{-----} (25)$$

$F(x)$ ：模擬所得之Weibull累積分布函數

$F_n(x)$ ：測值之累積分布頻度

$D_n(\alpha)$ 之定義如(26)式所示：

$$D_n(\alpha) = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{1}{2}\alpha\right)}{2n}} \text{-----} (26)$$

α ：顯著水準

n ：試驗樣區株數

Bailey and Dell(1973)研究 Weibull 函數指出，當 $c \leq 1$ 時為倒 J 型曲

線，應用於直徑分布時異齡天然林之直徑分布，一般同齡林人工林之 c 值大於 1，當 $1 < c < 3.6$ 時為鐘形正偏歪(positive skewed)分布， $c=3.6$ 時為常態分布， $c > 3.6$ 時則為負偏歪(negative skewed)分布。由於 Weibull 機率密度函數之曲線形態，可由反 J 型(inverse J-shaped)到常態分布等不同的曲線，故可運用於天然林之直徑分布的模擬。

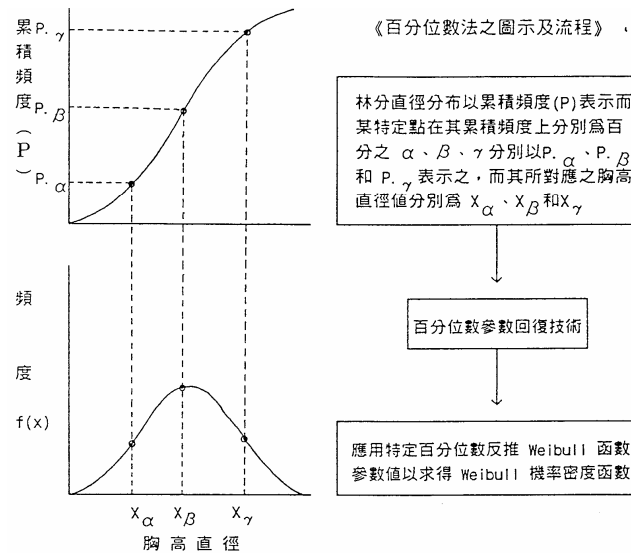


圖7. 百分位數求解Weibull函數參數之流程（顏添明，1997）。

參、研究地區概況

一、地理位置

雪霸自然保護區範圍(圖8)橫跨新竹、苗栗、臺中三縣，為雪山與大霸尖山之主稜以西之大面積林地，在林業經營區分上屬林務局新竹與東勢林區管理處，大安溪事業區第53~54，56~64林班，及八仙山事業區第76~84林班，總面積約21,254.09 ha，海拔高度在1,100~3,886 m之間，是臺灣地區海拔位置最高之自然生態保護區。區內超過三千公尺的山峰，多達數十座，其間並多有圈谷，是為臺灣冰河遺跡最多的地方。雪山位於台中市東北方60 km，是雪山山脈的最高峰，主峰海拔3,886 m，是臺灣的第二高山。日治時代稱雪山為次高山。附近山區3,000m上的高峰林立，以大霸尖山最著名，均已畫入雪霸國家公園範圍內。雪山主峰圈谷群圍繞在雪山周圍，行政區分屬台中縣和平鄉平等村，以及苗栗縣泰安鄉梅園村。

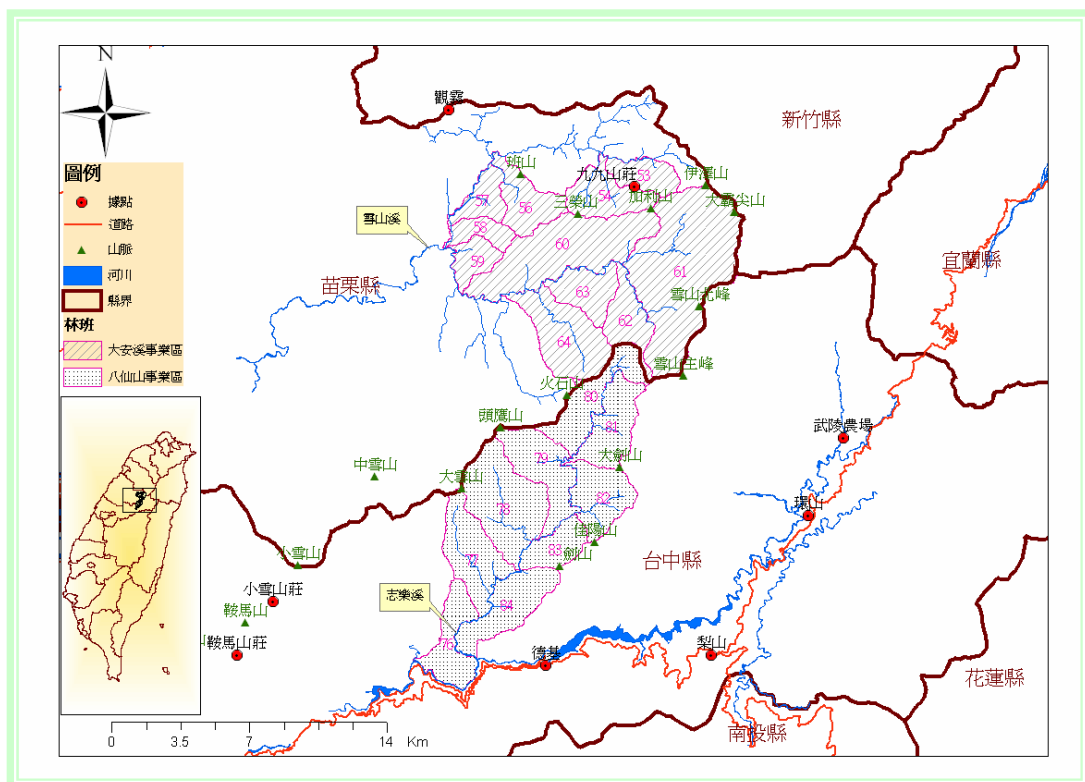


圖 8. 雪霸自然保護區範圍圖。

本研究主要針對林務局雪霸自然保護區之雪山主峰及翠池地區(圖 9) 為主要研究區域，範圍由雪山主峰(3,886 m)至北稜角(3,880 m)，下切至翠池谷地，西至下翠池，西南至翠池三叉山(3,565 m)，面積約 300 ha 進行玉山圓柏林族群結構調查。

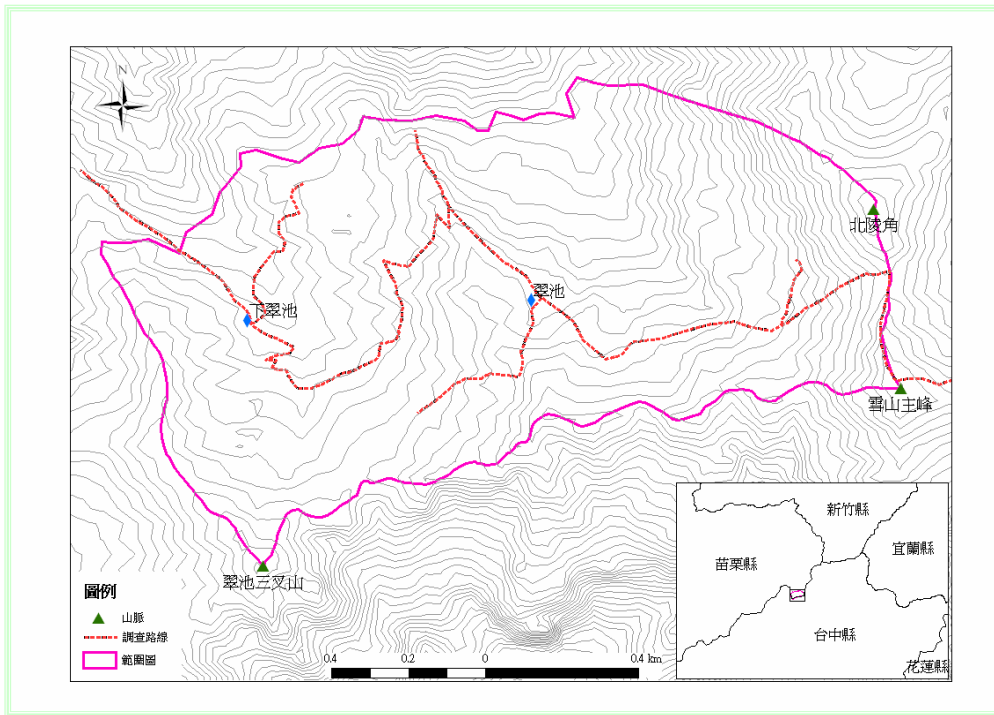


圖 9. 研究區域圖。

二、地形

雪山主峰附近高山林立，許多山峰和稜脈高於3500 m，高度上是臺灣次高的山塊，稱為雪山地壘，而雪山地壘原本與其東北方的南湖大山相連，屬同一個山塊，後受地塊運動形成地壘狀山地，之後兩山塊之間發生斷裂，形成匹亞南構造線(梨山斷層)，將兩山塊分成東西兩側(林朝榮，1957)。雪山主峰附近的稜脈有聖稜線、雪山東稜、雪山東南稜，雪山南稜和雪山西稜等五大稜脈。聖稜線即雪山北稜，與西稜同是雪山山脈主脊上的一段稜脈。雪山與大霸尖山間的聖稜線，是臺灣四條主要河川的分水嶺。由於比降很大，這些河流的向下和向源侵蝕力相當強大，在雪山山區形成不少峽谷和崩谷(楊建夫，2000)。

三、氣候

雪山主峰半徑30 km內隸屬中央氣象局的氣象雨量站有三個，分別

是觀霧、梨山和合歡山，合歡山測站(標高3370 m)位雪山主峰南方約24 km的合歡山主峰頂，高度相當接近本研究區域，年均溫 5.3°C ，年降雨量3420.6 mm，若按溫度垂直高度遞減率 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 計算，雪山圈谷群的年均溫比合歡山低了 $0.8\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ ，約在 $3.3\sim 4.5^{\circ}\text{C}$ 之間。雪山主峰高3886 m，比合歡山測站高出516 m，依上述方式計算，年均溫低了 3.1°C ，為 2.2°C 。在冬夏氣溫上，雪山主峰圈谷群的一月均溫約為 -0.1°C 至 -2.2°C 之間，而七月均溫則為 $7.6\sim 8.8^{\circ}\text{C}$ 之間(楊建夫，2000)。

四、地質與土壤

雪山主峰附近山區出露的岩層以變質砂岩為主，石英含量高，相當堅硬。這個以石英為主的變質砂岩。依據劉桓吉(1996)等人的研究，雪山山塊的構造，可能以箱型褶皺為主，軸部通過雪山北峰，再往北通過大、小霸尖山。這個箱型褶皺軸部通過的地方，大致與雪山至大霸尖山的稜線一致。

五、植群概況

主要林型有玉山圓柏植群型，分布於翠池至下翠池沿線區域、黑森林終點近圈谷附近以及雪北山屋附近，海拔約3,400~3,600 m，此植群型以玉山圓柏占絕對優勢，為玉山圓柏純林。玉山圓柏林冠下尚有玉山圓柏與臺灣冷杉之幼齡木、玉山杜鵑及玉山小蘗等；地被層有高山珠蕨、雪山翻白草、玉山卷耳、冷蕨、傅氏唐松草等植物為其主要組成。另一植群型為臺灣冷杉—玉山圓柏型，分布於翠池至下翠池，海拔約為3,400 m~3,500 m，此植群型以臺灣冷杉為最優勢樹種，在重要值所佔的比率約為75%，其次為玉山圓柏，約為25%。除了臺灣冷杉與玉山圓柏在上層林冠占盡絕對優勢外，林下的植物在木本植物方面包括了臺灣冷杉與玉山圓柏的幼齡木、玉山杜鵑及玉山薔薇等，地被層植物因各樣區之地理環境及微氣候等之差異，其組成有所不同，草本植物包含了玉山鬼督郵、大霸尖山酢醬草、曲芒髮草、臺灣鹿藥等。

肆、研究方法

本研究主要分為三大項，分別為植群生態調查、族群結構調查、物候調查等。首先收集研究區有關之基本環境資料，包括地理位置、地形、氣候、地質、土壤、交通概況、人文活動、五千分之一相片基本圖與二萬五千分之一地形圖等資料，以初步了解研究區之環境概況，此外對前人的研究文獻亦加以蒐集、整理。隨後進行路線勘查與預定調查路線，經由確定地圖上研究範圍並研擬調查路線後，隨即進行區域內之踏勘，了解環境狀況及概略植群類型，以決定樣區設置地點及數目。自2006年4~11月，進行現場踏勘、樣區設置、土樣採集、幻燈片拍攝、植物標本採集、製作及名錄建立等工作。

一、樣區設置及調查

針對本區域之植群生態調查研究及現場觀察，初步將雪山主峰地區之玉山圓柏林型概分為三種林型：喬木型、灌木型及玉山圓柏與臺灣冷杉之交會帶列入植群生態調查之範圍。

1. 喬木型：分布於翠池。
2. 灌木型：分布於翠池碎石坡。
3. 交會帶：分布於翠池至下翠池

(一)樣區設置

本研究採用多樣區法(multiple plot method)之集落樣區設置法(contagious quadrat method)，樣區之設置主要考慮海拔、地形等環境變化與植物組成，盡量於環境及林相均勻之地點取樣，在研究區域內共設置12個10 m × 25 m臨時植群樣區(含2個灌木型樣區)。另外於翠池旁設置1個1 ha樣區(100 m×100 m)，計有100個10 m × 10 m小區(圖10)之永久樣區，以及於翠池至下翠池周圍與臺灣冷杉之交會帶，設置3個0.1ha樣區(40 m×25m)，計各有40個5 m × 5 m小區(圖11)之永久樣區。

(二)植群調查

將12個10 m × 25 m臨時植群樣區(含2個灌木型樣區)樣區大小為

10 個 5 m × 5 m 之小區組成，調查時將植物區分為喬木層(overstory)及地被層(understory)。凡胸徑大於 1 cm 者，列入喬木層，記錄植物種類、胸高直徑(diameter at breast height, DBH)；胸徑小於 1 cm 之樹種、草本及蕨類，記錄植物種類及覆蓋度。蒐集該區域相關文獻，參考植物分布狀況，進行勘查，記錄植物種類、分布及相關生態資料，同時參考文獻建立植物名錄及植物註解說明，若遇特有、稀有植物，除上述資料外，並建立衛星定位資料，供後續研究之用。

1-10	2-10	3-10	4-10	5-10	6-10	7-10	8-10	9-10	10-10
1-9	2-9	3-9	4-9	5-9	6-9	7-9	8-9	9-9	10-9
1-8	2-8	3-8	4-8	5-8	6-8	7-8	8-8-	9-8	10-8
1-7	2-7	3-7	4-7	5-7	6-7	8-7	8-7	9-7	10-7
1-6	2-6	3-6	4-6	5-6	6-6	7-6	8-6	9-6	10-6
1-5	2-5	3-5	4-5	5-5	6-5	7-5	8-5	9-5	10-5
1-4	2-4	3-4	4-4	5-4	6-4	7-4	8-4	9-4	10-4
1-3	2-3	3-3	4-3	5-3	6-3	7-3	8-3	9-3	10-3
1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2	10-2
1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1

圖10. 玉山圓柏1 ha永久樣區之小區配置圖(每小區10 m×10 m)。

1-8	2-8	3-8	4-8	5-8
1-7	2-7	3-7	4-7	5-7
1-6	2-6	3-6	4-6	5-6
1-5	2-5	3-5	4-5	5-5
1-4	2-4	3-4	4-4	5-4
1-3	2-3	3-3	4-3	5-3
1-2	2-2	3-2	4-2	5-2
1-1	2-1	3-1	4-1	5-1

圖11. 玉山圓柏交會帶0.1 ha永久樣區小區配置圖(每小區5 m×5 m)。

(三) 族群結構調查

1. 植群樣區：將10個喬木型臨時植群樣區，記錄植株之胸高直徑，加以分析。

2. 永久樣區

(1) 喬木型：分布於翠池旁設置1個1 ha樣區(100 m×100 m)，計有100個10 m×10 m小區，在樣區內針對木本植物進行調查，凡植株高於1.3 m及胸高直徑>1 cm者，視為上層調查項目(表6)包括：植物種類、胸徑、植株高度、枝下高、植株相對位置，另外胸徑大於10 cm者記錄樹冠幅(以8個方位記錄之)，如圖12所示，並進行資料分析。

(2) 交會帶：利用翠池至下翠池周圍與臺灣冷杉之交會帶，所設置3個0.1 ha樣區(25 m×40 m)。計有40個5 m×5 m小區)，凡植株高於1.3 m及胸高直徑大於1 cm者，視為上層調查項目包括：植物種類、胸高直徑、植株高度、枝下高、植株相對位置，另胸高直徑大於5 cm者記錄樹冠幅(以8個方位記錄之)，如圖12所示，並進行資料分析。

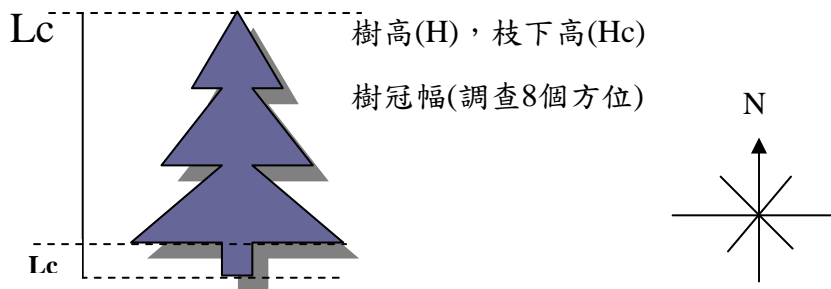


圖12. 玉山圓柏樹高、枝下高及樹冠幅量測示意圖。

表6. 樹冠型態值定義

項目	代號	定義	備註
樹高(Height)	H		
枝下高(clear-length)	Hc	$Hc=H-Lc$	
樹冠長(crown-length, Lc)	Lc	$Lc=H-Hc$	
樹冠比(live-crown ratio)	Cr	$Cr=Lc/H$	
枝下比(clear-length ratio)	Hr	$Hr=Hc/H$	
枝下形狀比(clear length to diameter ratio)	Sr	$Sr=Hc/DBH^*$	
形狀比(stem height to diameter ratio)	S	$S=H/DBH$	

*DBH 為胸高直徑

(四)環境因子調查

本研究針對下列環境因子加以直接觀測或以間接方式評估，其中將坡向之方位轉換成水分梯度，並採取土壤樣品，攜回實驗室進行分析：

(1)海拔高(altitude, Alt.)

海拔高度係以全球衛星定位系統(global position system, GPS)及氣壓式高度計測定樣區所在之海拔高度，並記錄 TM 二度分帶座標值，以標定樣區在圖面之位置。

(2)坡度(slope, Slo.)

以羅盤儀或手提水準儀測出樣區所在坡面之仰角或俯角，若林分樣區為傾斜率不均一的生育地，則取多次測值的平均。

(3)方位(aspect, Asp.)與水分梯度(moisture gradient, Mois.)

現場以羅盤儀測得樣區或生育地最大坡度所面臨的方向。本研究將方位視為水分梯度之對應值，通常以北半球而言，西南向最乾燥，東北向最陰濕，故給予 1(最乾)至 16(最濕)之相對值(圖 13)。

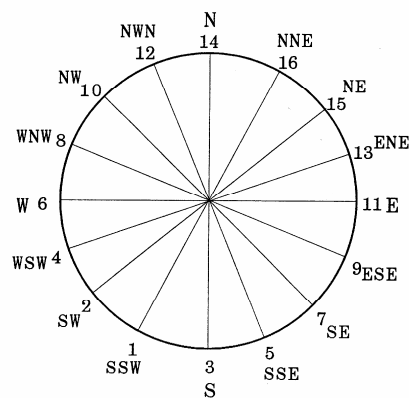


圖 13. 以方位表示之水分梯度級。

(4)全天光空域(whole light sky, WLS)

觀察樣區四周之十二個固定的方位角，測出遮蔽物之高度角(altitude angle)，然後於研究室以製圖方式，求出未受遮蔽之天空範圍百分率，作為全天光空域(圖 14)。

(5)直射光空域(direct light sky, DLS)

直射光空域係於樣區林分中直接看到太陽在空中運行天域之大小，其大小相當於太陽夏至與冬至軌跡之範圍，再扣除直射光被稜線所遮蔽之部分(圖 14)。

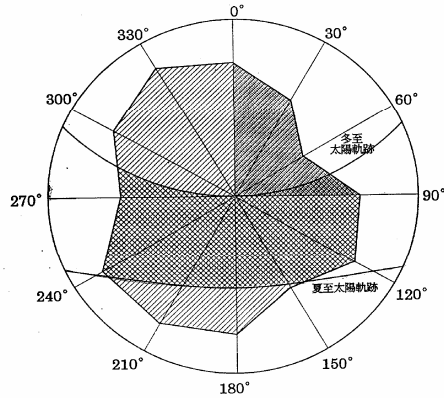


圖 14. 樣區之全天光空域(單斜線部分)與直射光空域(雙斜線部分)。

(6) 土壤性質

本研究進行各樣區之土壤 pH 值測定。

(五) 物候調查

1. 調查時間

自 2006 年 4 月至 2006 年 11 月，每月記錄 1 次。

2. 物候特徵的判斷

葉候：展葉期，為抽芽到展葉期間。

花候：記錄雄花、雌花花芽出現及花開之時間及數量。

果候：果實最早成熟到所有果實最晚成熟為果實成熟期。

二、資料分析

(一) 植群分析

1. 重要值計算

首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區、植物種類代碼、各株之胸徑或覆蓋度後，再轉換成資料庫格式。樣區之植物社會介量以重要值指數值(important value index, IVI)表示。將植物社會分成上下兩層(喬木層和地被層)，計算各種植物在各樣區中之密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值，上層植物社會重要值即三者相對值之總和，下層植物社會重要值即相對頻度和相對優勢度之總和，其意義代表某植物在林分樣區中所占有之重要性。各計算公式如下：

$$\text{密度(density)} = \frac{\text{某種植物株數之總和}}{\text{總樣區面積}}$$

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

$$\text{喬木層優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物胸高斷面積之總和}}{\text{總樣區面積}}$$

$$\text{地被層優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查調查樣區面積}}$$

$$\text{相對密度(relative density)\%} = \frac{\text{某種植物之密度}}{\text{所有植物密度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對頻度(relative frequency)\%} = \frac{\text{某種植物之頻度}}{\text{所有植物頻度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度(relative dominance)\%} = \frac{\text{某種植物之優勢度}}{\text{所有植物優勢度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{喬木層 IVI} = \text{相對密度} + \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 300$$

$$\text{地被層 IVI} = \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 200$$

2. 植群分類—矩陣群團分析

矩陣群團分析法(matrix cluster analysis, MCA)係以各植物於各樣區中之 IVI 為計算基礎，首先計算兩兩樣區間之相似性指數(index of similarity, IS)，將相似性最高之兩樣區合併為一合成樣區，再計算合併

後之合成樣區與其他樣區間之相似性指數，如此依次合併，直到所有樣區合併至一合成樣區為止。有關矩陣群團分析之流程如圖 15。

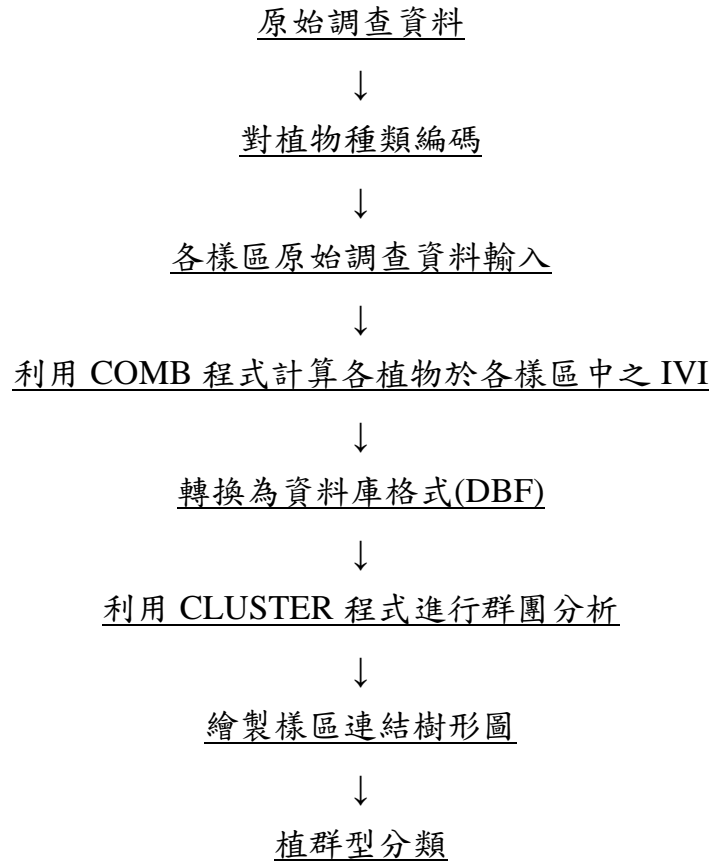


圖 15. 矩陣群團分析流程。

相似性指數(IS)之計算係採用 Motyka 相似性指之公式：

$$IS\% = \frac{2M_w}{M_a + M_b} \times 100\%$$

式中 M_a 為 a 樣區中所有植物介量之總和

M_b 為 b 樣區中所有植物介量之總和

M_w 為兩樣區中共同出現植物之較小介量的總和

以上計算使用呂金誠氏以 BASIC 及 CLIPPER 語言所設計之 COMB 及 CLUSTER 程式(未發表)運算，最後再利用計算所得之樣區連結相似性百分率繪製樹形圖(dendrogram)，對植物社會進行分類。

(二)森林結構分析

1.森林垂直結構

依據森林具有之垂直結構屬性，層次的劃分有其必要性，以了解植物社會之演替脈絡，本研究利用TSTRAT模式的森林分層方法所採用之標準：選擇植株高度最高(如同高則選擇樹冠長度最長者)之林木，其【 $0.4 \times \text{樹冠長度} + \text{樹冠基部的高度(枝下高)}$ 】為「分層的切割點」，切割點以上林木係屬同一層，緊接第二層劃分在將其於林木中在挑其其最高者，續依照以上方式劃分，直到上層所有所有植株都納入各層為止。本研究係主要依據上述分層為架構，試圖利用森林特有之垂直結構探討林分內不同發展階段之林分結構及空間分布型態。

2.森林水平結構

1.空間分布型態

為了解群落內物種空間分布格局與種多樣性之關係，茲進行格局分布類型檢測。檢測方法係透過檢驗觀測值對卜瓦松分布(poisson distribution)的偏離程度來進行，卜瓦松分布假定個體分布是隨機的，透過分析檢驗結果如假設成立，個體分布是隨機的，如假設被推翻，則是非隨機的—聚集分布(aggregated distribution)或均勻分布(regular distribution)(張金屯，2004)。

首先計算並統計小樣區(如 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$)內不同株數的頻度分布以進行以下空間分布類型指數檢測：

- (1)變異數/均值比率
- (2)負二項參數(k)
- (3)Morisita 分散指數(Index of dispersion, I_{δ})
- (4)集落指數(Index of clumping, I_C)
- (5)擁擠指數(Index of crowding, m^*)
- (6)塊集指數(Index of patchness, m^*/m)
- (7)Cassie 指標(C_A)

3.林分結構

以 Bailey and Dell (1973) Weibull 機率密度函數係利用三個介量之參數，分別以小樣區為單位進行樣區直徑分布之模擬，另為探討主要樹種之徑級分布情形。模擬效果以 K-S 適合度測驗檢測之。此三個介量之 Weibull 機率密度函數之定義如下：

$$F(X) = \frac{c}{b} \left[\left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right] \right] \text{-----} \quad (4)$$

式中 $x > 0$ ， $b > 0$ ， $c > 0$

x：胸高直徑

a：位置參數(location parameter)

b：尺度係數(scale parameter)

c：形狀係數(shape parameter)

Abernethy (1981) 發展特定的百分位數 ($X_{.24}$ 、 $X_{.63}$ 、 $X_{.93}$) 求解 Weibull 函數參數，並以 K-S (Kolmogorov-Smirnov) 檢定作為直徑分布模擬效果之適合度檢定。

(三)物候調查

(1)物候週期的繪製：將翠池地區之玉山圓柏自 2006 年 4 月至 2006 年 11 調查所得的物候資料繪製成物候週期表。

(2)結實率(P)的計算

記錄花芽量(B)、開花數(FL)、果實數(FR)、落芽量(DB)和落果量(DF)。

$$P(\%) = (FR/FL) \times 100\%$$

伍、結果與討論

一、植群調查分析

(一)植物組成

於雪山主峰及翠池地區調查玉山圓柏林之植群現況，共計調查本區域內12樣區。結果顯示，植物組成計有36科69屬85種(含種以下分類群)植物(附錄一)，植物名錄各分類群統計表如表7。調查路線沿雪山主峰與北稜角鞍部經碎石坡，往上翠池、翠池、下翠池及翠池三叉山等地區執行植群調查工作，樣區位置如圖9所示，位在海拔高度3,385 m至3,886 m之間，樣區資料如表8所示。

表7. 玉山圓柏林植物名錄各分類群統計表

類 別	科數	屬數	種數 (含種以下分類群)
蕨類植物	5	7	12
裸子植物	2	2	2
雙子葉植物	24	47	58
單子葉植物	5	13	13
總 計	36	69	85

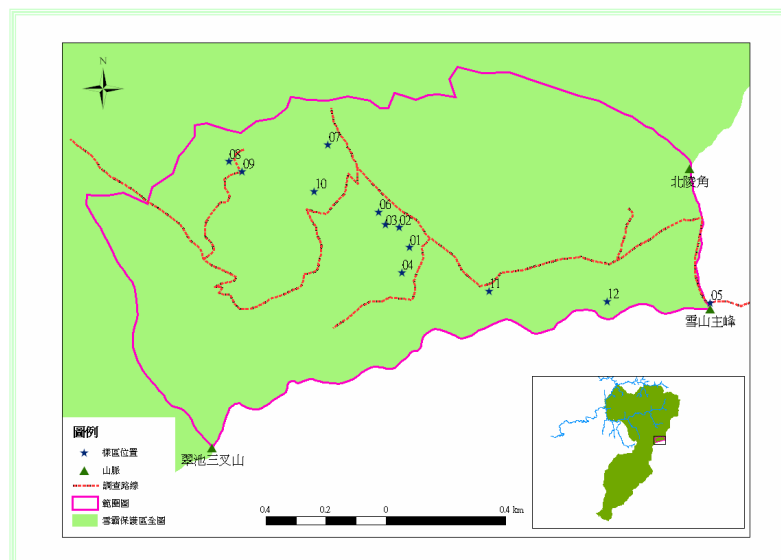


圖 16. 玉山圓柏林植群調查樣區位置圖。

表8. 玉山圓柏林植群調查樣區

樣區 編碼	林 型	IVI 值	胸高斷 面積 (m ² /ha)	座標(TWD67)		海拔 高(m)	坡 度	坡 向	水分 梯度	全 天 光 空 域	直 射 光 空 域	pH 值
				X	Y							
CC_01	玉山 圓柏	263.32	17.89	271677	2697918	3,530	11	97	11	0.77	0.77	4.2
CC_03	玉山 圓柏	300	42.19	271597	2697995	3,535	13	45	15	0.83	0.86	4.21
CC_04	玉山 圓柏	300	28.32	271652	2697834	3,555	8	55	15	0.83	0.88	4.16
CC_06	玉山 圓柏	230.73	13.85	271575	2698036	3,535	25	265	6	0.73	0.88	4.13
CC_09	玉山 圓柏	300	33.17	271118	2698171	3,385	12	320	10	0.71	0.73	4.57
CC_10	玉山 圓柏	300	37.49	271359	2698104	3,420	14	315	10	0.72	0.82	4.15
CC_11	玉山 圓柏	300	26.14	271943	2697772	3,575	14	85	11	0.66	0.71	4.43
CC_02	臺灣 冷杉	68.65	4.22	271643	2697984	3,520	11	100	11	0.94	0.99	4.65
CC_07	臺灣 冷杉	84.55	4.97	271405	2698260	3,450	30	245	4	0.75	0.85	4.57
CC_08	臺灣 冷杉	57.69	2.25	271074	2698204	3,380	29	75	13	0.70	0.88	4.015
CC_05	矮盤 灌叢	12.6	0	272683	2697733	3,886	27	160	5	1	1	3.95
CC_12	矮盤 灌叢	9.6	0	272338	2697737	3,670	30	350	14	0.73	0.82	4.06

本研究選取12個樣區(含2個矮盤灌叢)，海拔高度在3,380- 3,886 m，水分梯度除了樣區CC_05、06、07等3個樣區外，其餘樣區水分梯度介於10-14之間，是屬於濕潤之地區，在全天光空域及直射光空域，約介於0.7-1之間，其中CC_05樣區位於雪山主峰頂，其四週環境山脈無遮蔽之作用，故在全天光空域及直射光空域的值均為1，顯示具有較高之受光環境。在土壤pH值方面，平均值為4.12，屬於偏酸性之土壤。

(二)歸群分析

將所調查玉山圓柏12個樣區，除了CC_05及CC_12分別位於雪山主峰及上翠池之矮盤灌叢樣區，並無喬木，故不列入喬木層之分析外，其餘10區概分為兩型，分別為玉山圓柏林型及臺灣冷杉林型(圖17)。

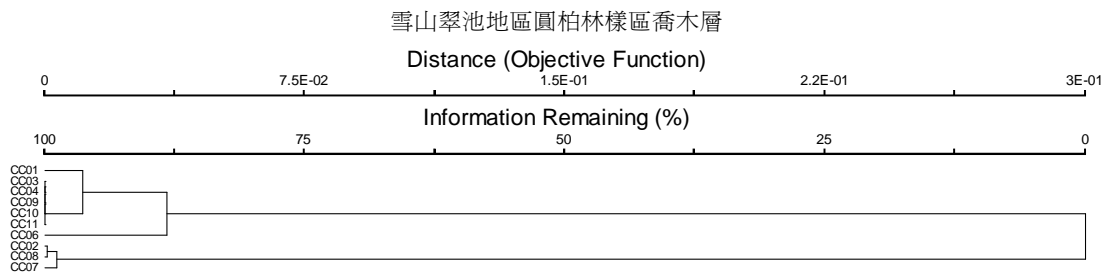


圖17. 雪山翠池地區玉山圓柏林10個樣區喬木層之矩陣群團分析連結樹形圖。

1. 玉山圓柏型

玉山圓柏植群型(表 9)分布於翠池至下翠池沿線區域，海拔約 3,400~3,600 m。本植群型以玉山圓柏占絕對優勢，幾近為玉山圓柏純林。林冠下尚有玉山圓柏與臺灣冷杉幼齡木、玉山杜鵑及玉山小蘗，地被尚有高山珠蕨、玉山金梅、玉山卷耳、冷蕨、傅氏唐松草及玉山箭竹等植物為其主要組成。

表 9. 玉山圓柏型之植物相主要組成

植群型	玉山圓柏型						
代表樣區	CC_01	CC_03	CC_04	CC_06	CC_09	CC_10	CC_11
林冠	玉山圓柏						
低層林冠 灌木層	玉山圓柏、臺灣冷杉、玉山杜鵑、玉山小蘗						
草本層	曲芒髮草、臺灣鵝觀草、高山珠蕨、宿蹄蓋蕨、玉山金梅、玉山卷耳、冷蕨、傅氏唐松草、能高鱗毛蕨、高山烏頭、瓦氏鱗毛蕨、早田氏香葉草						

2. 臺灣冷杉型

臺灣冷杉型(表 10)分布於翠池至下翠池沿線，海拔約為 3,400~3,500 m。本植群型以臺灣冷杉為最優勢樹種，在重要值所占的比率約為 75%，其次為玉山圓柏，約為 25%。除了臺灣冷杉與玉山圓柏在上層林冠佔盡絕對優勢外，林下的植物在木本植物方面包括了臺灣冷杉與玉山圓柏的幼齡木或其萌蘗、玉山杜鵑及高山白珠樹等，地被植物因各樣區之地理環境及微氣候等之差異，其組成有所不同，草本植物包含了臺灣鬼督郵、大霸尖山酢醬草、曲芒髮草、早田氏香葉草、臺灣鹿藥等。

表 10. 臺灣冷杉型之植物相主要組成

植群型	臺灣冷杉型		
代表樣區	CC_02	CC_07	CC_08
林冠	臺灣冷杉、玉山圓柏		
低層林冠 灌木層	玉山杜鵑、玉山圓柏、高山白珠樹、臺灣冷杉、玉山小蘗		
草本層	臺灣鬼督郵、宿蹄蓋蕨、曲芒髮草、大霸尖山酢醬草、矮菊、臺灣鹿藥、高山珠蕨		

二、森林結構分析

(一)森林垂直分層

本研究於翠池西南方設置之1 ha之永久樣區(圖18)，依據森林具有之垂直結構屬性，層次的劃分有其必要性，以了解植物社會之演替的脈絡，本研究森林垂直分層依據TSTRAT模式的標準(Latham *et al.*, 1998)，共計分為9層(表11)，視為森林林分內不同發展階段，玉山圓柏樹高14.84 m以上之植株，於該森林群落中居於優勢之地位，僅占上層喬木之3.72%(72株)，以第8層計有737株為最多，占上層喬木之38.01%，而第9層計有43株，其中有62.8%之植株屬於倒伏喬木，於該群落中屬於相對上較為弱勢之植株。許俊凱(2006)利用TSTRAT模式的森林分層方法，在臺灣中部北東眼山天然闊葉樹森林植群垂直分層結構的研究中，結果顯示上層喬木於該地區分為13層，表示此闊葉樹森林層喬木蘊含了13個林分發展階段，顯示複雜天然闊葉樹森林與亞高山植群帶單純林分在垂直分層結構上有所差異。在Baker and Wilson(2000)彙整前人所發表之文獻中，亦利用樹冠剖面圖，來探討熱帶及溫帶森林冠層，結果顯示熱帶森林樹冠層次數目多於溫帶森林冠層，且在演替過程森林垂直空間結構變化會有所差異，諸如冠層、徑級、高度級及林間層分化均有所差異。

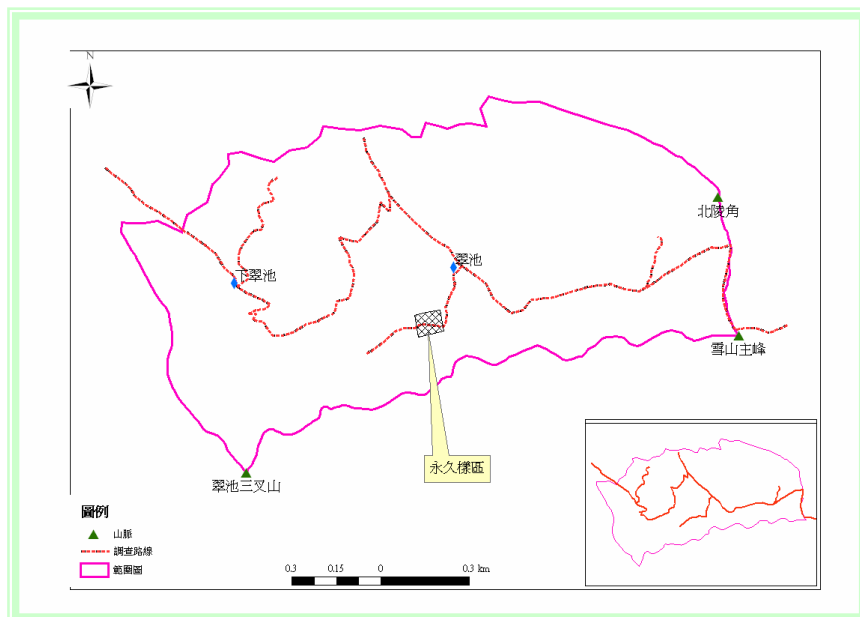


圖18. 玉山圓柏永久樣區位置圖。
(樣區中心座標TWD67 X:271573 Y:2697706)

表11. 玉山圓柏林不同垂直分層族群結構屬性表

層次	分層高度 (m)	代表 樣區	代表樹高 (m)	代表枝下高 (m)	分層平均 胸徑(cm)	分層平均 樹高(m)	平均枝下高 (m)	株數 (棵)
1	14.84	5-8	23.06	9.36	52.3	16.36	7.99	72
2	10.20	4-7	14.84	7.12	47.3	12.43	6.14	331
3	7.45	8-5	10.14	5.66	45.2	8.99	4.27	113
4	5.50	6-1	7.44	4.22	36.4	6.46	3.40	29
5	4.00	8-8	5.50	3.00	12.0	4.51	2.06	92
6	2.80	7-10	4.00	2.00	7.8	3.56	1.64	217
7	2.26	10-10	2.80	1.90	5.8	2.72	1.46	300
8	1.38	3-9	2.26	0.80	4.3	1.83	0.90	734
9	0.90	10-3	1.35	0.60	5.0	0.75	0.28	143

(二)林木性態值

玉山圓柏於1ha永久樣區內之總株樹為2,544株，其中上層喬木總株數為1,931株，最高樹高為23.06 m，最低樹高0.50 m，平均樹高5.04 m，最大胸徑162.0 cm，最小胸徑1.0 cm，平均胸徑28.3 cm，最高枝下高12.24 m，最低枝下高0.05 m，平均枝下高為2.54 m；而玉山圓柏地被層株數為612株。森林冠層各層次之胸高直徑由第1層至第8層，依層次遞減，而第9層因多半屬倒伏喬木，其平均之胸徑反而大於第8層。

蘇鴻傑(1988)測定玉山圓柏胸高直徑與年齡之關係，得知中小徑木之胸高直徑與年齡呈直線關係，迴歸係數已達顯著水準($r=0.867$)，結果顯示胸高直徑生長1 cm需22.8年，顯示本區之玉山圓柏平均年齡約為645年，又胸高直徑生長在晚年逐漸為漸下降之曲線，因而推估本林分之玉山圓柏林，最高樹齡可能超過3,000年，其胸高直徑由第1層(最上層)至第8層依序遞減，亦可由此看出第5層的平均胸徑12 cm至第4層36.36 cm，其間有達24.36 cm落差，推估該時期具有競爭或某種干擾的效應發生，其他相關之林木性態值如表12所示。

表12. 玉山圓柏林木性態值

林木性態值	最大值	平均值	最小值	標準差	變異數
胸高直徑(cm)	162.00	28.30	1.00	22.49	505.73
樹高(m)	23.06	5.10	0.50	4.63	21.47
枝下高(m)	12.24	2.55	0.05	2.42	5.86
樹冠長(m)	14.97	2.55	0.10	2.61	6.79
枝下比	0.96	0.52	0.02	0.18	0.03
枝下形狀比	1.70	0.28	0.005	0.20	0.04
形狀比	5.20	0.47	0.03	0.32	0.10

林木之性態值間可能存在著密切的相關性(Zeide, 1991)，本研究為瞭解玉山圓柏各性態值間之相關性以及期間之變異情形，而利用SPSS統計軟體進行多元迴歸，建立其間之相關矩陣(表13)，結果發現各性態值間多具顯著性相關，以胸高直徑為例，其與枝下高、樹高及樹冠長有著顯著的正相關。

表13. 玉山圓柏林木性態值之相關矩陣

	胸徑	枝下高	樹高	樹冠長	枝下比	枝下形狀比	形狀比
胸徑(cm)	1						
枝下高(m)	.701**	1					
樹高(m)	.809**	.916**	1				
樹冠長(m)	.788**	.699**	.927**	1			
枝下比	-.127**	.189**	-.102**	-.357**	1		
枝下形狀比	-.275**	-.021	-.159**	-.263**	.475**	1	
形狀比	-.438**	-.255**	-.290**	-.278**	.019	.670**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

(三)空間分布

玉山圓柏 1 ha 永久樣區調查結果之林木位詳如圖 19，於各層次中，將樣區各以 $4 \text{ m}^2(2\text{m}\times 2\text{m})$ 、 $16 \text{ m}^2(4\text{m}\times 4\text{m})$ 、 $25 \text{ m}^2(5\text{m}\times 5\text{m})$ 、 $100 \text{ m}^2(10\text{m}\times 10\text{m})$ 、 $400 \text{ m}^2(20\text{m}\times 20\text{m})$ 、 $625 \text{ m}^2(25\text{m}\times 25\text{m})$ 、 $2,500 \text{ m}^2(50\text{m}\times 50\text{m})$ 為單位分別劃分 2,500 個、625 個、400 個、100 個、25 個、4 個小樣區，在各樣區面積級和各層級的交叉運算，由變異數/均值比率、負二項參數(k)、Morisita 分散指數(I_δ)、集落指數(I_C)、擁擠指數(m^*)、塊集指數(m^*/m)以及 Cassie 指標(C_A) 的分析結果(表 14~20)，顯示玉山圓柏在上述不同尺度及不同森林層次上之空間分布均為聚集分布。就林分不同的發育階段而言，玉山圓柏空間分布之聚集強度第 1~4 層之聚集強度小於第 5~8 層之聚集強度，呈現出幼樹之聚集強度大於大(老)樹之聚集強度，也顯示玉山圓柏在其發育的過程，從幼樹至大樹之聚集強度逐漸減小。陳文年等(2003)研究岷江上游祁連山圓柏(*Sabina przewalskii*)空間分布型態中，發現祁連山圓柏在幼苗及小樹階段聚集分布，到大樹階段即轉變為隨機分布或均勻分布，與本區玉山圓柏之空間分布狀態有相似之處。

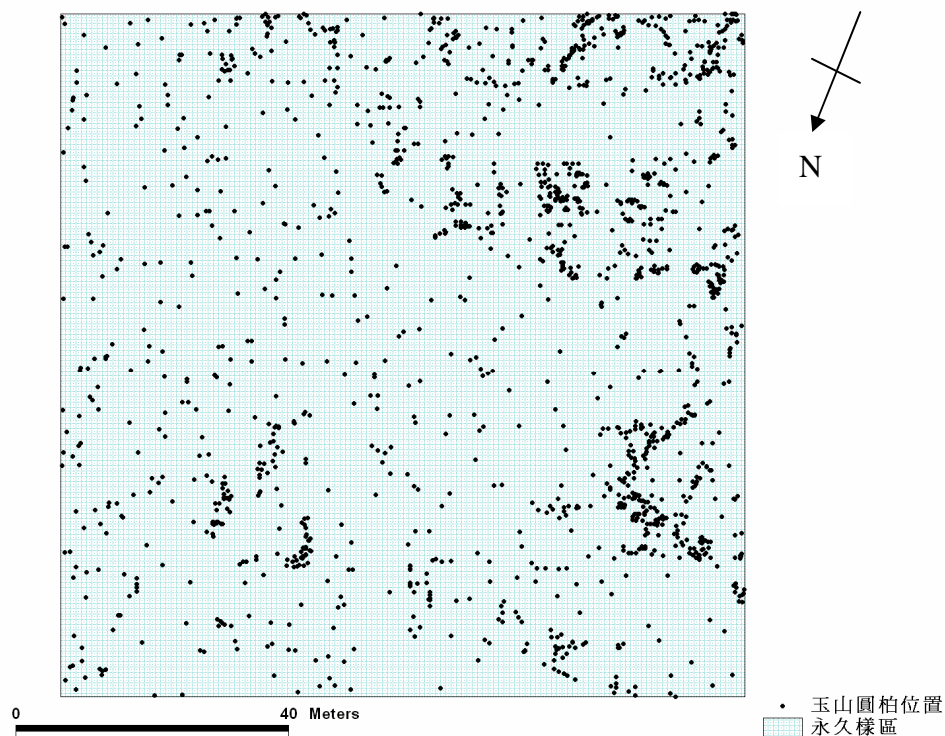


圖19. 玉山圓柏林木位置圖。

表14. 玉山圓柏不同面積變異數均值比分析

面積 m ²	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	4.1547	1.1939	1.3092	1.1164	1.1321	2.4539	3.486	2.9478	3.4298	1.351
16	7.8442	1.2201	1.4637	1.1798	1.386	3.7286	4.7618	5.3486	6.0232	1.7379
25	10.6445	1.4347	1.3784	1.42	1.4336	4.6756	5.5959	6.3258	8.6171	1.7704
100	25.3354	2.0505	1.8963	1.8268	1.4488	6.9697	11.4421	12.7138	18.3888	3.6765
400	53.5196	4.2627	3.3061	4.0201	2.7024	10.8565	17.9121	31.9514	41.6975	4.5278
625	45.0162	4.9481	5.2703	4.8762	1.7143	13.3422	19.4455	23.3778	40.3441	4.297
2500	162.2722	11.7037	12.7724	1.4048	1.8095	45.4667	71.9677	59.519	125.1281	6.4141

表15. 玉山圓柏不同面積負二項參數K值

面積 m ²	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	0.245	0.149	0.428	0.385	0.085	0.025	0.035	0.062	0.121	0.038
16	0.451	0.523	1.142	0.996	0.116	0.053	0.092	0.11	0.234	0.072
25	0.501	0.414	2.187	0.667	0.161	0.061	0.118	0.141	0.241	0.107
100	0.793	0.685	3.693	1.355	0.624	0.151	0.208	0.256	0.422	0.123
400	1.471	0.883	5.741	1.483	0.658	0.365	0.513	0.388	0.721	0.374
625	2.742	1.14	4.845	1.806	2.45	0.456	0.735	0.838	1.166	0.626
2500	2.993	1.682	7.029	69.176	8.647	0.506	0.764	1.304	1.478	1.524

表16. 玉山圓柏不同面積Morisita指數

面積 m ²	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	5.107	7.825	3.342	3.62	13.228	41.823	29.762	17.106	9.134	28.45
16	3.243	2.934	1.877	2.011	9.921	20.131	11.867	9.983	5.249	13.336
25	3.006	3.443	1.457	2.51	7.407	17.478	9.49	8.026	5.102	11.949
100	2.269	2.465	1.269	1.737	2.646	7.64	5.786	4.84	3.354	11.238
400	1.662	2.103	1.168	1.653	2.513	3.658	2.879	3.474	2.328	3.947

表17. 玉山圓柏不同面積集落指數(Ic)

面積 m ²	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	3.1547	0.1939	0.309	0.116	0.132	1.4539	2.486	1.95	2.43	0.351
16	6.8442	0.2201	0.464	0.18	0.386	2.7286	3.762	4.35	5.023	0.7379
25	9.6445	0.4347	0.378	0.42	0.434	3.6756	4.596	5.33	7.617	0.7704
100	24.335	1.0505	0.896	0.827	0.449	5.9697	10.44	11.7	17.39	2.6765
400	52.52	3.2627	2.306	3.02	1.702	9.8565	16.91	31	40.7	3.5278
625	44.016	3.9481	4.27	3.876	0.714	12.342	18.45	22.4	39.34	3.297
2500	161.27	10.704	11.77	0.405	0.81	44.467	70.97	58.5	124.1	5.4141

表18. 玉山圓柏不同面積擁擠指數(m*)

面積	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	3.9267	0.2229	0.441	0.161	0.143	1.4899	2.573	2.07	2.724	0.364
16	9.9342	0.3351	0.994	0.359	0.431	2.8726	4.109	4.83	6.197	0.7909
25	14.473	0.6147	1.206	0.7	0.504	3.9006	5.139	6.08	9.452	0.8534
100	43.645	1.7705	4.206	1.947	0.729	6.8697	12.61	14.7	24.73	3.0065
400	129.76	6.1427	15.55	7.5	2.822	13.457	25.59	43	70.06	4.8478
625	164.7	8.4481	24.96	10.88	2.464	17.967	32.01	41.1	85.22	5.36
2500	644.02	28.704	94.52	28.4	7.81	66.967	125.2	134	307.6	13.664

表19. 玉山圓柏不同面積塊集指數(m*/m)

面積 m ²	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	5.0816	7.7114	3.336	3.597	12.76	41	29.57	17.1	9.264	27.316
16	3.2173	2.912	1.876	2.004	9.621	19.868	11.87	10.1	5.274	14.889
25	2.996	3.4155	1.457	2.499	7.211	17.393	9.475	8.09	5.149	10.346
100	2.261	2.4599	1.271	1.738	2.603	7.6225	5.808	4.91	3.37	9.1301
400	1.6798	2.1325	1.174	1.674	2.52	3.7397	2.949	3.58	2.387	3.6738
625	1.3647	1.8772	1.206	1.554	1.408	3.193	2.361	2.19	1.858	2.5974
2500	1.3341	1.5945	1.142	1.014	1.116	2.9763	2.309	1.77	1.677	1.6562

表20. 玉山圓柏不同面積Cassie指標(C_A)

面積 m ²	全區	1層	2層	3層	4層	5層	6層	7層	8層	9層
4	4.0816	6.7114	2.336	2.597	11.76	40	28.57	16.1	8.264	26.316
16	2.2173	1.912	0.876	1.004	8.621	18.868	10.87	9.09	4.274	13.889
25	1.996	2.4155	0.457	1.499	6.211	16.393	8.475	7.09	4.149	9.3458
100	1.261	1.4599	0.271	0.738	1.603	6.6225	4.808	3.91	2.37	8.1301
400	0.6798	1.1325	0.174	0.674	1.52	2.7397	1.949	2.58	1.387	2.6738
625	0.3647	0.8772	0.206	0.554	0.408	2.193	1.361	1.19	0.858	1.5974
2500	0.3341	0.5945	0.142	0.014	0.116	1.9763	1.309	0.77	0.677	0.6562

物種族群之空間分布型態是指族群個體在水平空間的配置狀況，是物種本身在自然界的一種表現形式，而此種表現形式取決於物種本身之生物特性以及生育地環境之條件。探究玉山圓柏空間分布型態屬聚集分布之原因，可能與玉山圓柏種子散佈有關，玉山圓柏毬果卵圓形，成熟時呈紫黑色，毬果單一，長 6~8 mm，果實較大，主要散落於母樹周圍，形成種子庫，種子庫中之種子是呈現聚集於母樹周圍之型態，導致

發育出來之幼苗、幼樹呈現聚集分布，而隨著幼苗的發育，種內的資源競爭加劇，而產生自我疏伐現象，導致幼苗、幼樹的隨機死亡。而自我疏伐現象推測從第 8 層開始發生至第 5 層，從第 4 層起幼樹(被壓木)開始獲取足夠的資源，進而往冠層發展，此一推測亦可從玉山圓柏直徑分布圖中加以推論(圖 20、21)，直徑生長至 15~30 cm 時植株數急速下降，此時若無大型之干擾下，即為種內之競爭使個體隨機死亡。此外由於玉山圓柏老樹死亡後倒下形成之森林孔隙(forest gap)，有利於玉山圓柏更新，導致玉山圓柏之聚集分布。

(四)族群結構

植群分析樣區中，玉山圓柏植群型以玉山圓柏占絕對優勢，經合併 10 個喬木型植群樣區，繪製玉山圓柏直徑分布圖(圖 20)，胸高直徑分布顯現其更新良好，為一穩定之族群，在研究區內仍以玉山圓柏占絕對優勢。

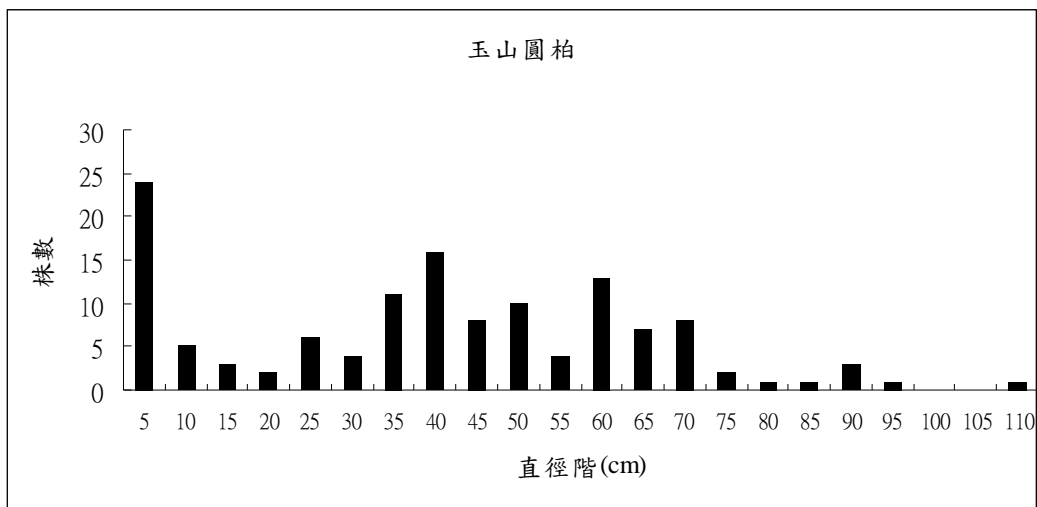


圖20. 玉山圓柏胸高直徑分布圖。

百分位數法中之三個百分位，大致能看出林分結構之狀態，以整理林分而言，在 1ha 之永久樣區中，直徑分布曲線呈現出倒 J 型分布，齡級分布大略自幼齡林木以至老齡林木呈遞減之狀態，則可推測此種植物有大量的更新幼苗及小樹，將來可能會取代老樹，顯示出玉山圓柏林演替階段趨於一穩定狀態，林下之更新良好，在此玉山圓柏群落中，未來仍是玉山圓柏為主要植群組成。以 TSTRAT 模式分層所界定之林分不同發育階段，除了第 9 層歸屬於被害木，其中之喬木多呈現不正常之倒

伏現象，姑且而將之忽略，其餘 8 個森林層次中，第 1~6 層之林分發育各階段，百分位數法求解其 Weibull 參數，結果顯示 C 值介 0~1 之間，於其結構均屬穩定之倒 J 型，而第 7~8 層則介於 1~3.6 之間，屬於正偏歪分布，顯示幼苗時期林分仍處於相互競爭階段，林分結構較不穩定。

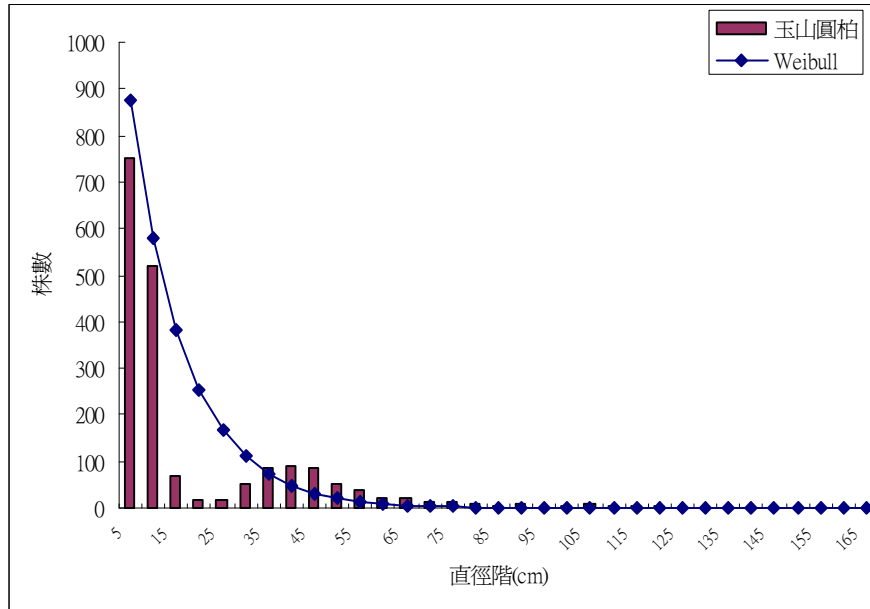


圖21. 1ah永久樣區玉山圓柏直徑分布圖。

表21. 百分位數法求解Weibull參數

	X _{.24}	X _{.63}	X _{.93}	A 值	B 值	C 值	備註
全區	4	9	53.2	3.72662	5.27338	0.4369	
1 層	40	51.2	88	37.58959	13.61041	0.74697	
2 層	34.2	46	83.5	31.53151	14.46849	0.7649	
3 層	32	44	92	30.05845	13.94155	0.6559	
4 層	13	34.1	102	8.316518	25.78348	0.75807	
5 層	8	10.5	30	7.838474	2.661526	0.46147	
6 層	7	9	17	6.676409	2.323591	0.6559	
7 層	4.7	7	9.9	1.831975	5.168025	2.1958	
8 層	3	5	8	1.34484	3.65516	1.63212	
9 層	2	5.5	9	-7.28139	12.78139	4.041	忽略

玉山圓柏與臺灣冷杉於研究區內海拔高 3,300~3,450 m 有明顯混生情形，植群型中以玉山圓柏與臺灣冷杉為優勢之族群。在交會帶 A、B、C 樣區中，兩者之 Weibull 函數參數 C 值均小於 1，故兩者之直徑分布曲線呈現出倒 J 型分布，而臺灣冷杉之 Weibull 函數參數 B 值均大於玉山圓柏之 Weibull 函數參數 B 值，顯示臺灣冷杉有較高的直徑平均值。於同為倒 J 型分布曲線下，於該地區臺灣冷杉處於較為優勢之地位。

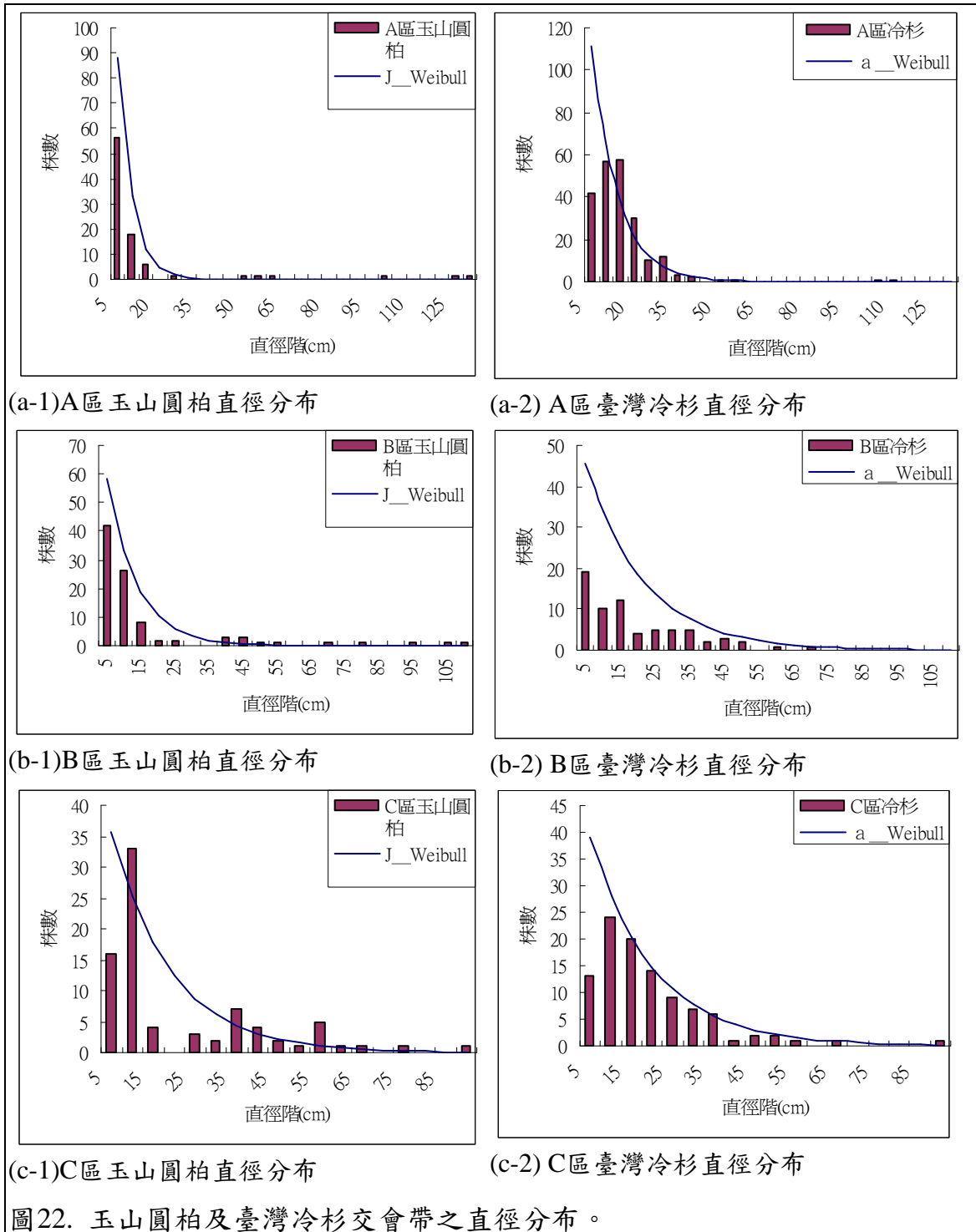


圖22. 玉山圓柏及臺灣冷杉交會帶之直徑分布。

三、物候調查

本研究在翠池地區(圖23)選定19株(22樣枝)(表10)，其中9雌株、8雄株及2株雌雄同株，作為觀測玉山圓柏之物候現象之樣木。截至2006年11月止調查結果。翠池地區之玉山圓柏，於2006年3~4月間展葉，花期：雌、雄花別於3~6月間開花，並隨即進入果實生長期，8~9月初出現第2期花苞(至11月底尚未開花)。果實成熟期為6~11月(12月份未調查)，其中6月上旬起至11月陸續去年完成授粉之毬果成熟，10月上旬起開始有今年完成授粉之毬果成熟(圖24)。

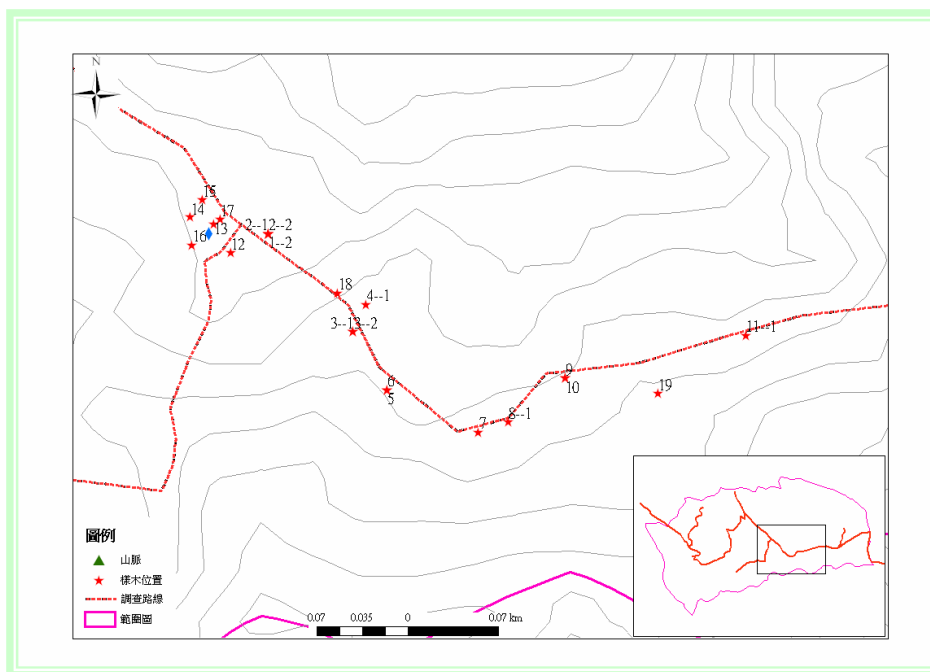
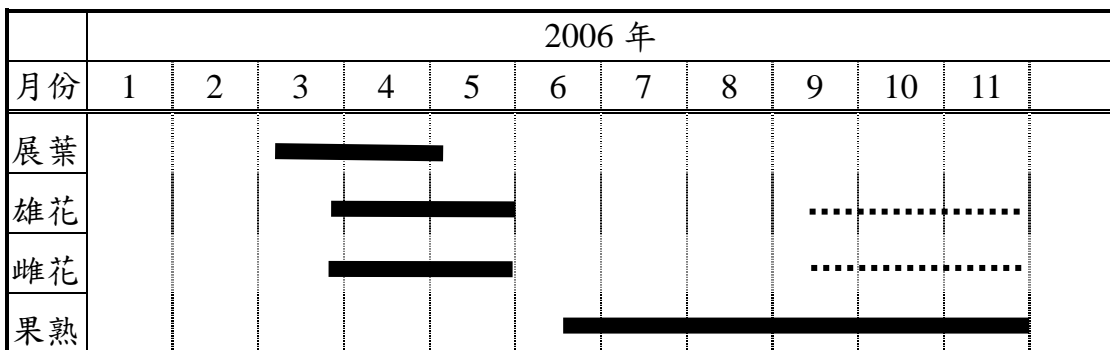


圖23. 玉山圓柏物候調查樣木位置圖。



註：.....表示花苞

圖 24. 翠池地區 2006 年 3~11 月玉山圓柏物候期。

表 22. 玉山圓柏物候調查樣枝資料表

編號	座標(TWD67)			樹型	胸徑 cm	樣枝徑 (cm)	樣枝長 (cm)	性別	備註
	X	Y	Alt.(m)						
1-1	271766	2697941	3510	喬木	42	2	70	雄株	
1-2	271766	2697941	3510	喬木	42	2	70	雄株	
2-1	271766	2697941	3510	喬木		2.4	50	雌株	
2-2	271766	2697941	3510	喬木		1.3	60	雌株	
3-1	271832	2697865	3560	灌木		0.7	30	雌株	
3-2	271832	2697865	3560	灌木		1.3	60	雌株	
4-1	271842	2697886	3578	喬木	40	1.2	40	雌株	
5	271858	2697820	3577	喬木	6	1	35	雄株	
6	271858	2697820	3577	灌木		1.2	40	雌株	
7	271929	2697787	3585	喬木	50	2	40	雄株	
8-1	271952	2697795	3588	喬木	50	1	40	雌株	
9	271996	2697829	3583	灌木		2	38	雄株	
10	271996	2697829	3583	灌木		1.5	39	雌株	
11-1	272136	2697862	3597	灌木		1.4	52	雌雄同株	本年度 無雌花
12	271737	2697926	3497	喬木	3	1	30	雄株	
13	271724	2697948	3510	喬木	10	2	34	雄株	
14	271706	2697954	3509	喬木	47	2	39	雄株	
15	271715	2697967	3514	喬木	39	2	42	雌株	
16	271707	2697932	3517	喬木	32	2	40	雄株	
17	271729	2697952	3513	喬木	3	2	40	雌株	
18	271820	2697895	3518	喬木	40	2	42	雌株	
19	272068	2697817	3591	灌木		1.5	41	雌雄同株	

臺灣地區大部分的植物會在3~4月氣溫回暖之後，進行抽芽展葉。植物葉子的生長模式大略可分成兩型，第一為連續性(succesive)，是一個接著一個的展葉，例如赤楊屬(*Alnus*)、樺木屬(*Betula*)；第二為同步性(simultance)，即短時間內同時展葉(Kikuzawa, 1983)，例如青楓(*Acer oliverianum* var. *nakaharai*)、川上氏鵝耳櫪(*Carpinus kawakamii*)等，玉山圓柏之展葉型式屬於連續性展葉，玉山圓柏生長於位高海拔地區，雖然於3~4月間有較為明顯之展葉現象，但在其他時間會有零星植株進行展葉。

Bawa(1983)將花候的開花形式分成兩型，一種為同時集中開花(同步性)；另一種為花期拉長(連續性)，在此期間零星開花。玉山圓柏應屬於同步型，雌、雄花別於集中於3~6月間開花。玉山圓柏於8月下旬

至9月上旬出現花苞，是否能本年度完成開花，仍有待觀察。NO.19號樣木，於3~6月間所開的花為雌花，在第8~9月長出的花苞轉發育出現雄花苞，而未見雌花苞出現，據此推定玉山圓柏所發育出之花，會有植株「花性別轉換」之現象，其間之機制為何?有待進一步研究。

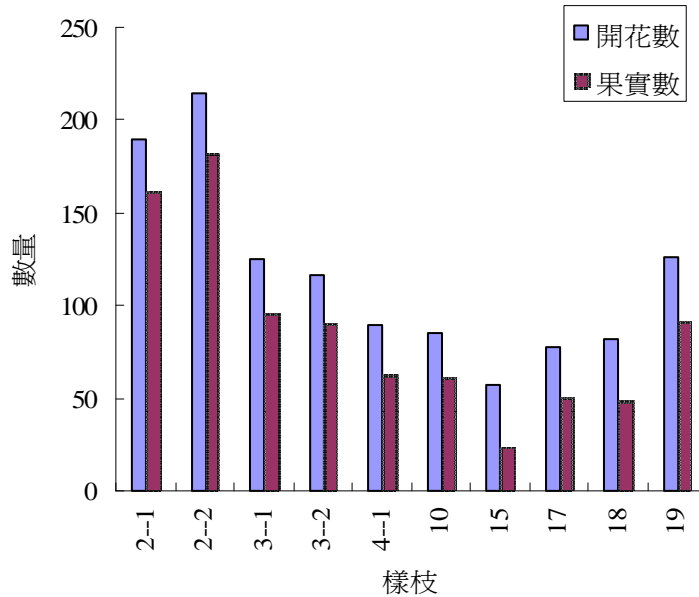


圖25. 玉山圓柏之花果比。

在果實成熟方面，一般的針葉樹果實成熟大都是翌年成熟(王子定等，1969a、b；楊金昌等，1998)。而闊葉樹大約3~6個月或更長的時間來進行果實發育，果實成熟後，種子會很快的飄散，但有的則會留在母樹長達數個月到1年(李明佳、王鑄豪，1984)。經調查結果顯示，玉山圓柏當年3~6月所開的花會於當年10月即開始果熟，平均結實率為70.6%，雌花枝花果比如圖25所示，至於玉山圓柏1年是否有2期花？，亦或8~9月出現之花苞將延至翌年春天再開花？，仍需繼續加以觀察研究。

陸、結論與建議

- 一、雪山主峰及翠池地區玉山圓柏林之植群現況，共計調查本區域內 12 樣區，初步結果顯示，植物組成計有 36 科 69 屬 85 種(含以下分類群)植物，植群型概可區分為以玉山圓柏及臺灣冷杉林占優勢之林型。
- 二、本研究森林垂直分層依據 TSTRAT 模式劃分，玉山圓柏林之垂直結構共計區分為 9 層。
- 三、在各樣區面積級和各層級的交叉運算，由變異數/均值比率、負二項參數(k)、Morisita 分散指數(I_d)、集落指數(I_C)、擁擠指數(m^*)、塊集指數(m^*/m)以及 Cassie 指標(C_A) 的分析結果(表 14~20)，顯示玉山圓柏在上述不同尺度及不同森林層次上之空間分布均為聚集分布。就林分不同的發育階段而言，玉山圓柏空間分布之聚集強度在第 1~4 層之聚集強度小於第 5~8 層之聚集強度，呈現出幼樹之聚集強度大於大(老)樹之聚集強度，也顯示玉山圓柏在其發育的過程，從幼樹至大樹的其聚集強度有逐漸減小之現象。
- 四、以 TSTRAT 模式分層所界定之林分不同發育階段，除了第 9 層歸屬於被害木，其中之喬木多呈現不正常之倒伏現象，姑且將之忽略外，其餘 8 個森林層次中，第 1~6 層之林分發育各階段，百分位數法求解其 Weibull 參數，結果顯示 C 值介 0~1 之間，其結構均屬穩定之倒 J 型，而第 7~8 層之 C 值則介於 1~3.6 之間，屬於正偏歪分布，顯示林分仍處於相互競爭階段，幼苗時期林分結構較不穩定。
- 五、玉山圓柏與臺灣冷杉於研究區內海拔高 3,300~3,450 m 有明顯混生情形，植群型中以玉山圓柏與臺灣冷杉為優勢之族群。在交會帶 A、B、C 樣區中，兩者之 Weibull 函數參數 C 值均小於 1，故兩者之直徑分布曲線呈現出倒 J 型分布，而臺灣冷杉之 Weibull 函數參數 B 值均大於玉山圓柏之 Weibull 函數參數 B 值，顯示臺灣冷杉有較高的直徑平均值。於同為倒 J 型分布曲線下，於該地區臺灣冷杉處於較為優勢之地位，對玉山圓柏與臺灣冷杉植群之消長與演替，應持續予與監測。
- 六、玉山圓柏雌、雄花別於 3~6 月間開花，8~9 月出現花苞；其中 NO.19 號樣木，於 3~4 月間所開的花為雌花，在 8~9 月生長出的花

苞轉發育出雄花苞，而未見雌花苞出現，據此推定玉山圓柏不同花期所發育出之花，會有植株「花性別轉換」之現象，其間之生理生態上之機制為何?有待進一步研究。

- 七、玉山圓柏是一種能在亞高山構成森林界線之林木，生長於極端環境有其特殊之適應機制，無論是在水源涵養上亦或生態保育上均有重要之意義存在，除了需加以保護外，應針對其物理環境及樹木生理機制加以研究。
- 八、玉山圓柏為適應高地寒冷環境之物種，其生育地環境及植群分布對氣候與環境具指標之作用，因此調查研究及了解其族群之動態對環境變遷可以提供重要的參考資料。
- 九、關於玉山圓柏之分類地位，不同學者依據其所擁有之不同資訊及分類學上的主張，有不同的看法，在第一版台灣植物誌(Flora of Taiwan)中，主張應為台灣特有變種(*J. squamata* var. *morrisonicola* (Hay.) Li & Keng)，於第二版台灣植物誌中，則認為與大陸地區之香柏(*Juniperus squamata* Buch.-Ham.)相同，而最近研究則見於Adams 在 2000 年之研究中，其確切指出台灣產之玉山圓柏明確與其他地區產的種類不同，應為獨立的種，Adams 係研究全世界圓柏屬植物之權威，以其全球大尺度角度之分類主張，概較研究區域性植物分類之學者，對於種之定義有較廣泛之看法，因此其主張應具有可靠之參考價值。在保育生物學之觀點，不僅著重於生物種的水平，尚關切種內的亞族群，尤其受到地理隔離的族群，其重要性等同於獨立之物種。因此本研究主張玉山圓柏宜視為特產於台灣的樹種，採用早田文藏氏發表之學名(*J. morrisonicola* Hay.)為宜，而關於玉山圓柏在台灣於族群分化及其保育生物學方面之研究，尚有許多的資料(基因分化、族群動態、生理生態學)，待積極之調查與研究。

柒、引用文獻

- 王子定、孔繁膝、龔政敏 (1969a) 臺灣杉毬花之發育及構造之研究。臺大實驗林研究報告 68 號，第 1-20 頁。
- 王子定、劉家昌、龔政敏 (1969b) 巒大杉毬花之研究。臺大實驗林研究報告 71 號，第 1-33 頁。
- 王本洋、余世孝 (2005) 種群分布格局的多尺度分析。植物生態學報 29(2):235-241。
- 江澤平、王豁然 (1997) 柏科分類和分布：亞科、族和屬。植物分類學報 35(3): 236-248。
- 余蘭君 (2002) 南仁山次生林林分結構之空間變異。國立屏東科技大學森林系碩士班碩士論文。
- 呂金誠 (1999) 武陵地區雪山主峰線植群與植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十八年度研究報告。
- 李久先、顏添明、陳朝圳 (1997a) 間接推估模式在紅檜人工林林分結構適用性之探討。中華林學季刊 30 (2): 87-96。
- 李久先、顏添明、鐘昇興、江菊美、羅義嵩 (1997b) 紅檜人工林林分密度管理之研究—疏伐林分之基礎分析。中興大學實驗林研究彙刊 19 (1): 95-105。
- 李瑞宗、姚淑芬、林煥堂、陳秀春、魏文雋 (1994) 雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動植物資源、植被及其景觀調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 李明佳、王鑄豪 (1984) 鼎湖山常見植物的物候--熱帶亞熱帶森林生態系統研究。中國科學院鼎湖山森林生態系統定位研究站編。科學普及出版社廣州分社，第 1-10 頁。
- 林志銓 (1999) 惠蓀林場木荷及大頭茶開花物候之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 林朝槩 (1957) 台灣地形。台灣省文獻委員會出版。
- 林鴻志 (2005) 雪霸國家公園植群之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 邱祈榮 (2001) 臺灣高山棲地島嶼之研究。中華林學季刊 34(3): 351-361。

- 金平亮三 (1936) 臺灣樹木誌。臺灣總督府中央研究所。
- 柳楮 (1961a) 本省最新發現之一種寒帶林-香柏林 林試所通訊109：859-862。
- 柳楮 (1971) 臺灣植物群落之分類Ⅱ--高山寒原及針葉樹林群系。林試所報告 203：1-24。
- 柳楮 (1961b) 南坑河流域森林植物生態之調查。臺灣大雪山林業公司。
- 柳楮 (1963) 小雪山高山草原生態之研究。臺灣省林業試驗所報告第 92 號。
- 柳楮 (1968) 臺灣植物群系之分類。臺灣省林業試驗所報告第 166 號。
- 柳楮、章樂民 (1962) 鹿場大山森林植物生態之調查。臺灣省林業試驗所報告第 85 號。52 頁。
- 胡喜生、洪滔、范海蘭、洪偉、吳承禎、宋萍 (2006) 不同演替階段木荷林幼苗分布格局的研究。福建林業科技 33(2):100-104。
- 孫洪志 (1997) 生物種群動態模型。東北林業大學出版社。
- 張金屯 (2004) 數量生態學 科學出版社 北京。
- 張瑋尹 (2003) 南仁山次生林不同冠層間林分結構之空間異質性。國立屏東科技大學森林系碩士班碩士論文。
- 許俊凱 (2006) 臺灣中部北東眼山天然林群落結構與種豐富度模式之研究。國立中興大學森林學系博士論文。
- 陳文年、吳寧、羅鵬、晏兆莉 (2003) 岷江上游林草交錯帶祁連山圓柏群落的物種多樣性及喬木種群的分布格局。應用與環境生物學報 9(3): 221-225。
- 陳玉峰 (1997) 臺灣植被誌。晨星出版社 第 208-319 頁。
- 傅慧雯 (2002) 應用 ISSR 研究玉山圓柏之遺傳變異。國立中興大學植物學系碩士論文。共 82 頁。
- 彭少麟 (1996) 亞熱帶森林群落動態學。科學出版社。
- 斯煒 (1948) 玉山之植物社會。中央氣象局。
- 黃增泉、王震哲、楊國禎、黃星凡、湯惟新 (1988) 雪山—大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告。內政部營建署。
- 楊金昌、王亞男、姜家華、賴裕芳 (1998) 塔塔加地區臺灣雲杉、臺灣

- 鐵杉及玉山箭竹物候學之初步研究。中華林學季刊 31(3): 251-263。
- 楊建夫 (2000) 雪山主峰圈谷群次冰河期的冰河遺跡研究。國立臺灣大學地理學研究所博士論文。
- 楊國禎 (1988) 臺灣冷杉、玉山圓柏—兩種臺灣高海拔優勢植物。科學月刊 19(12): 894-899。
- 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。
- 楊遠波、徐國士、周富三、柯智仁、楊智凱、趙淑枝 (2004) 太魯閣國家公園高山地區植物資源基礎調查之研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 劉桓吉 (1996) 雪山至大霸尖山地區地質構造之初探，中國地質學會八十五年年會暨學術研討會大會手冊及論文摘要 第 479-483 頁。
- 劉淑芬 (1988) 塔塔加地區臺灣雲杉天然林林分空間結構與生長動態之研究。國立臺灣大學森林學系碩士論文。
- 劉崇瑞 (1948) 臺灣玉山之高山植物。臺灣省立博物館季刊 1(2): 46-60。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 臺灣樹木誌。國立中興大學農學院叢書 第 70-80 頁。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥 (1984) 臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制。中華林學季刊 17(1): 1-32。
- 歐辰雄 (2002) 雪霸國家公園植群生態調查—大雪山地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 歐辰雄 (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委託研究報告。
- 歐辰雄、呂金誠 (2003) 雪霸國家公園植群生態調查-尖石地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 歐辰雄、呂福原、呂金誠 (1997) 觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處八十六年度研究報告。
- 應紹舜 (1976a) 大霸尖山高山植群的研究。臺大實驗林研究報告 118: 217-238。

- 應紹舜 (1976b) 臺灣高山植物形態的研究。中華林學季刊 9(1)：59-71。
- 應紹舜 (1976c) 雪山地區高山植群的研究。中華林學季刊 9(3)：119-135。
- 顏添明 (1997) 臺灣大雪山地區紅檜人工林生長收穫系統之研究。國立中興大學森林學系博士論文，第 24-38 頁。
- 蘇小青 (2000) 不同演替階段中蘘蒴種群的大小結構與分布格局。應用與環境生物學報 6(6): 499-504。
- 蘇鴻傑 (1974) 臺灣高山地區之香柏群落。台大實驗林研究報告 113：101-112。
- 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。
- 蘇鴻傑 (1988) 雪山香柏保護區植群生態之研究。林務局保育研究系列。
- Abernethy, N. C. (1981) Predicted and projected diameter distribution of thinned old-field slash pine plantations. Masters thesis, School of forest Res., Univ. of Georgia.(引自顏添明，1997).
- Adams, R. P. (2000) Systematics of the one seeded *Juniperus* of the eastern hemisphere based on leaf essential oils and random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). *Biochem. Syst. Ecol.* 28: 529-543.
- Bailey, R. L., and T. R. Dell. (1973) Quantifying diameter distribution with the Weibull function, *Forest Science* 19: 97-104.
- Baker, P. J. and J. S. Wilson (2000) A quantitative technique for the identification of canopy stratification in tropical and temperate forests. *Forest Ecology and Management* 127: 77-86.
- Bawa, K. S. (1983) Patterns of flowering in tropical plant. In Jones C. E., and R. J. Little (eds) *Handbook of Pollination Biology*. Van Nostrand Reinhold Company. pp. 394-410.
- Beard, J. S. (1946) The Mora Forests of Trinidad, British West Indies. *Journal of Ecology* 33(2): 173-192.
- Cassie, R. M. (1962) Frequency distribution models in the ecology of

- Plankton and other organisms. *Journal of Animal Ecology* 31(1): 63-95.
- David, F. N. and P. G. Moore (1954) Notes on contagious in plant population. *Annals of Botany* 18: 47-53.
- Green, R. H. (1966) Measurement of non-randomness in spatial distributions researches. *Population Ecology* 8: 1-7.
- Kikuzawa, K. (1983) Leaf survival of woody plants in deciduous broad - leaved forest 1. Tall trees. *Canadian Journal of Botany* 61: 2133-2139.
- Latham, P. A., H. R. Zuuring, and D. W. Coble, (1998) A method for quantifying vertical forest structure. *Forest Ecology and Management* 104: 157-170.
- Li, H. L., and H. Keng (1975) Cupressaceae in Huang, T. C. *et al.* *Flora of Taiwan*^{1st} ed. Vol. I p.534-544.
- Li, H. L., and H. Keng (1994) Cupressaceae in Huang, T. C. *et al.* *Flora of Taiwan*^{2nd} ed. Vol. I p.586-595.
- Lloyd, M. (1967) Mean crowding. *Journal of Animal Ecology* 36(1): 1-30.
- Ludwig, J. A. and J. F. Renolds (1988) *Statistical Ecology- A primer on methods and computing.* John Wiley & Sons, New York.
- Maltamo, M., Kangas, A., Uuttera, J., Torniainen, T., and J. Saramaki (2000) Comparison of percentile based prediction methods and the Weibull distribution in describing the diameter distribution of heterogeneous Scot pine stands. *Forest Ecology and Management* 133: 263-274.
- Miyadokoro, T., N. Nishimura, and S. Yamamoto (2003) Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old- growth coniferous forest, central Japan. *Forest Ecology and Management* 182: 259-272.
- Moer, M. (1997) Spatial models of competition and gap dynamics in old-growth *Tsuga heterophylla/ Thuja plicata* forests. *Forest Ecology and Management* 94: 175-186.
- Moore, P. G. (1953) A test for non-randomness in plant populations. *Annals of Botany* 17: 183-187.
- Morisita, M. (1959) Measuring dispersion of individuals and analysis of the

- distribution patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu U. Series E(Biol.)* 2: 215-235.
- Nanos, N., and G. Montero (2002) Spatial prediction of diameter distribution models. *Forest Ecology and Management* 161: 147-158.
- Newton, P. F., Lei, Y., and S. Y. Zhang (2005) Stand-level diameter distribution yield model for black spruce plantations. *Forest Ecology and Management* 209: 191-192.
- Sakari, S., Hokka, H., Laiho, R., Paivanen, J., and T. Penttila (2005) Stand structural dynamics on drained peat lands dominated by Scots pine. *For. Ecol. Manage.* 206: 135-152.
- Šoljan, M. (1991) Conifers Morphology and Variation. *Grafickizavod Hrvatske*.
- 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.
- Waters, W. E. (1959) A quantitative measure of aggregation in insects. *Journal of Econtomology Ent.* 52: 1180-1184.
- Wolf, A. (2005) Fifty year record of change in tree spatial patterns within a mixed deciduous forest. *Forest Ecology and Management* 215: 212-223.
- Zeide, B. (1991) Self-thinning and stand density. *Forest Science* 37(2): 517-523.

捌、附錄

附錄一 雪山主峰及翠池地區玉山圓柏林植物名錄

* 蕨類植物

1. SELAGINELLACEAE 卷柏科

1. *Selaginella labordei* Hieron. ex Christ 玉山卷柏

2. PTERIDACEAE 鳳尾蕨科

2. *Cryptogramma brunoniana* Wall. ex Hook. Et Grev. 高山珠蕨

3. ASPIDIACEAE 三叉蕨科

3. *Ctenitis transmorrisonensis* (Hayata) Tagawa 玉山肋毛蕨

4. DRYOPTERIDACEAE 鱗毛蕨科

4. *Dryopteris costalisora* Tagawa 能高鱗毛蕨

5. *Dryopteris hendersonii* (Bedd.) C. Chr. 小苞鱗毛蕨

6. *Dryopteris serrato-dentata* (Bedd.) Hayata 鋸齒葉鱗毛蕨

7. *Polystichum hecatopterum* Diels 鋸齒葉耳蕨

8. *Polystichum morii* Hayata 玉山耳蕨

9. *Polystichum wilsonii* H. Christ 福山氏耳蕨

5. ATHYRIACEAE 蹄蓋蕨科

10. *Athyrium anisopterum* Christ 宿蹄蓋蕨

11. *Athyrium reflexipinnum* Hayata 逆葉蹄蓋蕨

12. *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. 冷蕨

* 裸子植物

6. PINACEAE 松科

13. *Abies kawakamii* (Hayata) Ito 臺灣冷杉

7. CUPRESSACEAE 柏科

14. *Juniperus squamata* Buch.-Ham. apud Lamb. 玉山圓柏

* 雙子葉植物

8. POLYGONACEAE 蓼科

15. *Polygonum filicaule* Wall. ex Meisn. 高山蓼

9. CARYOPHYLLACEAE 石竹科

16. *Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* (Hayata) Hayata 玉山卷耳

17. *Dianthus pygmaeus* Hayata 玉山石竹

18. *Stellaria saxatilis* Buch.-Ham. 疏花繁縷

10. RANUNCULACEAE 毛茛科

19. *Aconitum fukutomei* Hayata 臺灣烏頭

20. *Clematis grata* Wall. 串鼻龍
21. *Ranunculus junipericola* Ohwi 高山毛茛
22. *Thalictrum myriophyllum* Ohwi 密葉唐松草
23. *Thalictrum urbaini* Hayata var. *majus* T. Shimizu 大花傅氏唐松草
11. BERBERIDACEAE 小檗科
24. *Berberis morrisonensis* Hayata 玉山小檗
12. CRUCIFERAE=BRASSICACEAE 十字花科
25. *Arabis lyrata* L. ssp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥
26. *Barbarea taiwaniana* Ohwi 高山山芥菜
13. CRASSULACEAE 景天科
27. *Sedum erythrospermum* Hayata 紅子佛甲草
28. *Sedum morrisonense* Hayata 玉山佛甲草
14. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科
29. *Hydrangea anomala* D. Don 藤繡球
30. *Parnassia palustris* L. 梅花草
15. ROSACEAE 薔薇科
31. *Potentilla leuconota* D. Don 玉山金梅
32. *Potentilla tugitakensis* Masam. 雪山翻白草
33. *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam. 玉山薔薇
34. *Sibbaldia procumbens* L. 五蕊莓
16. OXALIDACEAE 酢漿草科
35. *Oxalis acetocella* L. ssp. *griffithii* (Edgew. & Hook. f.) Hara 山酢醬草
36. *Oxalis acetocella* L. ssp. *taemoni* (Yamamoto) Huang & Huang 大霸
尖山酢醬草
17. GERANIACEAE 牻牛兒苗科
37. *Geranium hayatanum* Ohwi 早田氏香葉草
18. ONAGRACEAE 柳葉菜科
38. *Epilobium amurense* Hausskn. 黑龍江柳葉菜
39. *Epilobium nankotaizanense* Yamamoto 南湖柳葉菜
19. UMBELLIFERAE=APIACEAE 繖形科
40. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸
41. *Oreomyrrhis involucrata* Hayata 山薰香
20. PYROLACEAE 鹿蹄草科
42. *Pyrola morrisonensis* (Hayata) Hayata 玉山鹿蹄草
21. ERICACEAE 杜鵑花科
43. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹
44. *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata 玉山杜鵑

22. PRIMULACEAE 報春花科
 45. *Primula miyabeana* Ito & Kawakami 玉山櫻草
23. OLEACEAE 木犀科
 46. *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki 玉山女貞
24. GENTIANACEAE 龍膽科
 47. *Gentiana arisanensis* Hayata 阿里山龍膽
 48. *Gentiana davidii* Franch. var. *formosana* (Hayata) T. N. Ho 臺灣龍膽
 49. *Tripterospermum lanceolatum* (Hayata) Hara ex Satake 披針葉肺形草
25. RUBIACEAE 茜草科
 50. *Galium echinocarpum* Hayata 刺果豬殃殃
26. BORAGINACEAE 紫草科
 51. *Cynoglossum alpestre* Ohwi 高山倒提壺
27. SCROPHULARIACEAE 玄參科
 52. *Ellisiophyllum pinnatum* (Wall. ex Benth.) Makino 海螺菊
 53. *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto 南湖碎雪草
 54. *Hemiphragma heterophyllum* Wall. 腰只花
 55. *Pedicularis ikomai* Sasaki 南湖大山蒿草
 56. *Pedicularis verticillata* L. 玉山蒿草
 57. *Veronica morrisonicola* Hayata 玉山水苦蕒
 58. *Veronica oligosperma* Hayata 貧子水苦蕒
28. OROBANCHACEAE 列當科
 59. *Boschniakia himalaica* Hooker & Thomson 川上氏肉蓯蓉
29. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科
 60. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬
30. DIPSACACEAE 續斷科
 61. *Scabiosa lacerifolia* Hayata 玉山山蘿蔔
31. COMPOSITAE=ASTERACEAE 菊科
 62. *Ainsliaea macroclinidioides* Hayata 阿里山鬼督郵
 63. *Ainsliaea latifolia* (D. Don) Sch. Bip. subsp. *henryi* (Diels) H. Koyama
 玉山鬼督郵
 64. *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz. 尼泊爾籟簫
 65. *Artemisia oligocarpa* Hayata 高山艾
 66. *Cirsium arisanense* Kitam. 阿里山薊
 67. *Cirsium kawakamii* Hayata 川上氏薊
 68. *Leontopodium microphyllum* Hayata 玉山薄雪草
 69. *Myriactis humilis* Merr. 矮菊
 70. *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam. 玉山毛蓮菜
 71. *Senecio morrisonensis* Hayata 玉山黃菀

72. *Senecio nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama 黃菀

* 單子葉植物

32. LILIACEAE 百合科

73. *Aletris formosana* (Hayata) Sasaki 臺灣粉條兒菜

74. *Maianthemum formosanum* (Hayata) LaFrankie 臺灣鹿藥

33. JUNCACEAE 燈心草科

75. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅

34. CYPERACEAE 莎草科

76. *Trichophorum subcapitatum* (Thwaites & Hook.) D. A. Simpson 玉山針

蘭

35. GRAMINEAE=POACEAE 禾本科

77. *Agropyron formosanum* Honda 臺灣鵝觀草

78. *Aniselytron agrostoides* Merr. 小穎溝稈草

79. *Brachypodium kawakamii* Hayata 川上氏短柄草

80. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. 曲芒髮草

81. *Festuca ovina* L. 羊茅

82. *Phleum alpinum* L. 高山梯牧草

83. *Trisetum spicatum* (L.) Rich. var. *formosanum* (Honda) Ohwi 臺灣三毛草

84. *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹

36. ORCHIDACEAE 蘭科

85. *Platanthera brevicarata* Hayata 短距粉蝶蘭

附錄二 雪山翠池地區玉山圓柏林植群分析

雪山翠池地區玉山圓柏林喬木層各樣區植物之重要值(%)

物種\ 樣區	cc 05	cc06	cc 07	cc 04	cc 08	cc 10	cc 12	cc 11	cc 09	cc 03
玉山圓柏	263.3	68.7	300	300	230.7	84.6	57.7	300	300	300
臺灣冷杉	24.4	231.4	0.0	0.0	69.3	215.5	242.3	0.0	0.0	0.0
玉山杜鵑	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
總 計	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

雪山翠池地區玉山圓柏林喬木層根據 MOTYKA 公式所計算
各樣區間之相似性指數矩陣(%)：

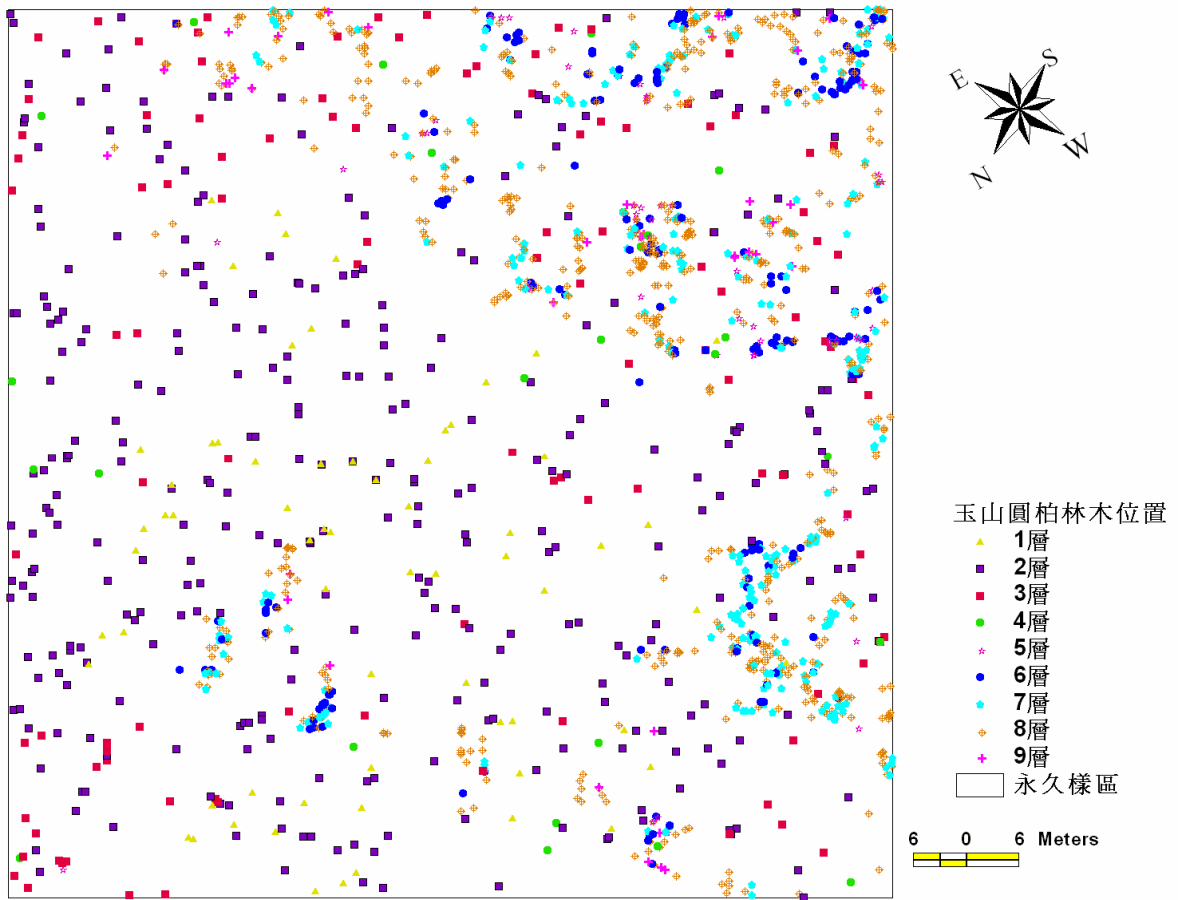
樣區 cc 05	100.0										
樣區 cc06	31.0	100.0									
樣區 cc 07	87.8	22.9	100.0								
樣區 cc 04	87.8	22.9	100.0	100.0							
樣區 cc 08	85.0	46.0	76.9	76.9	100.0						
樣區 cc 10	36.3	94.7	28.2	28.2	51.3	100.0					
樣區 cc 12	27.4	96.3	19.2	19.2	42.3	91.0	100.0				
樣區 cc 11	87.8	22.9	100.0	100.0	76.9	28.2	19.2	100.0			
樣區 cc 09	87.8	22.9	100.0	100.0	76.9	28.2	19.2	100.0	100.0		
樣區 cc 03	87.8	22.9	100.0	100.0	76.9	28.2	19.2	100.0	100.0	100.0	
樣區 cc 05	cc06	cc 07	cc 04	cc 08	cc 10	cc 12	cc 11	cc 09	cc 03		

雪山翠池地區玉山圓柏林地被層各樣區【地被植物】之重要值(%)

植物種類	cc 05	cc06	cc 07	cc 04	cc01	cc08	cc10	cc12	cc11	cc09	cc03	cc02
高山白珠樹	5.6	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
刺果豬殃殃	3.1	0.0	6.3	8.6	0.0	10.4	0.0	6.4	4.7	8.2	8.4	0.9
大霸尖山酢醬草	3.5	0.9	6.0	6.6	0.0	7.4	5.8	12.7	8.5	6.7	4.2	3.7
臺灣鹿藥	9.9	2.6	8.4	6.9	0.0	0.7	0.0	10.9	4.7	4.3	2.2	0.0
玉山佛甲草	1.4	0.0	1.6	2.7	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
玉山耳蕨	7.3	1.7	4.8	2.6	2.1	0.0	1.7	10.3	0.0	0.0	14.8	2.9
玉山圓柏	12.6	17.4	3.2	0.0	72.0	9.6	22.4	11.3	0.7	2.3	45.1	35.1
川上氏忍冬	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
曲芒髮草	62.4	16.7	67.6	4.0	6.7	11.3	35.9	8.8	5.4	4.8	17.9	29.5
玉山黃芩	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
阿里山鬼督郵	4.5	18.1	7.7	2.3	0.0	5.6	15.4	19.2	2.6	5.7	1.3	0.0
福山氏耳蕨	2.5	0.0	1.8	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
腰只花	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	6.7	8.4	2.2	0.0	0.0
臺灣冷杉	4.2	14.4	0.0	0.0	0.0	5.2	8.9	45.6	0.0	0.0	0.0	0.0
矮菊	5.6	8.2	0.7	4.5	0.0	11.4	23.6	0.0	4.6	3.2	2.1	0.0
玉山杜鵑	10.8	57.3	4.9	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	46.2
阿里山薊	2.1	1.8	5.5	8.5	2.1	2.0	0.0	0.0	1.4	0.6	1.3	1.9
玉山卷耳	0.7	0.0	8.0	9.5	1.8	12.8	0.0	3.0	4.7	7.2	6.8	0.0
疏花繁縷	0.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
短距粉蝶蘭	5.0	4.5	2.1	1.5	0.0	4.1	6.1	0.0	1.8	1.2	0.6	0.0
玉山薔薇	1.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
阿里山龍膽	4.1	0.9	0.8	0.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.9
雪山翻白草	6.6	2.6	0.8	0.0	5.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	4.8
臺灣龍膽	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
高山珠蕨	4.2	0.9	16.5	43.6	0.0	11.0	1.5	12.0	11.6	12.0	5.7	0.0
玉山小蘗	12.2	5.9	15.1	27.7	8.1	42.3	5.0	4.6	22.0	21.7	10.1	11.2
臺灣三毛草	7.1	1.9	0.0	2.5	5.1	0.0	2.6	0.0	4.4	0.0	0.0	1.4
臺灣鵝觀草	10.5	2.6	0.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
宿蹄蓋蕨	0.7	10.5	11.8	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣地楊梅	2.7	7.3	0.7	0.0	6.4	1.3	3.7	0.0	0.0	0.0	1.3	1.8
黃芩	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	3.9	0.0	4.4	0.0	0.0
玉山水苦蕒	0.7	1.7	0.0	0.0	5.0	0.0	3.1	1.0	1.7	0.0	0.0	9.9
玉山卷柏	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山女貞	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
串鼻龍	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山鹿蹄草	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山箭竹	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
山薰香	0.0	0.0	5.4	5.5	1.3	5.7	9.5	5.6	5.6	5.0	1.9	0.0
大花傅氏唐松草	0.0	0.0	5.1	12.0	0.0	3.1	0.0	0.0	14.9	11.8	0.0	0.0
高山蓼	0.0	0.0	5.6	8.1	0.0	0.0	0.0	0.9	4.0	8.0	3.3	0.0
南湖柳葉菜	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山蒿草	0.0	0.0	5.2	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
紅子佛甲草	0.0	0.0	3.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	6.4	1.4	0.0
黑龍江柳葉菜	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.7	1.3	0.0
玉山櫻草	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
高山毛茛	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山當歸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
高山梯牧草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

貧子水苦蕒	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
鋸齒葉耳蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
玉山毛蓮菜	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
玉山石竹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣粉條兒菜	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	4.4	1.9	0.0	0.0
山酢醬草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.3	2.7	2.8
川上氏短柄草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	7.9	0.0	0.0	2.8	7.3	0.0	0.0
披針葉肺形草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
藤繡球	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
川上氏薊	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1.3	0.0	3.5	3.9	3.5	7.2	8.9
玉山筷子芥	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山金梅	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.6	2.8
川上氏肉蓯蓉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
高山艾	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山鬼督郵	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6	17.0	1.8	1.0	2.8	0.0
小穎溝稈草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.6	1.7	0.0	0.0
羊茅	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9
逆葉蹄蓋蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.7	2.2	0.0
梅花草	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山薄雪草	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
五蕊莓	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
南湖大山蒿草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	3.1	2.0	4.4	0.0
尼泊爾籜簫	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
玉山山蘿蔔	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
早田氏香葉草	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	7.1	10.6	0.0	0.0
南湖碎雪草	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
密葉唐松草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	2.8	2.2	0.0	0.0
鋸齒葉鱗毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	5.3	3.9	8.4	5.1	11.4	0.0
高山倒提壺	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	2.3	5.1	1.5	0.0
玉山針蘭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0
小苞鱗毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	1.3	7.7	4.1	0.0
冷蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	2.4	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0
能高鱗毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.1	0.0	0.0	0.0
臺灣烏頭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.7	0.0	0.0
玉山肋毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	3.9
高山山芥菜	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
海螺菊	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0

總計	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



玉山圓柏永久樣區林木分層位置圖

照片說明



雪霸自然保護區位於雪山與大霸尖山之主稜以西之大面積林地，海拔高度在 1,100~3,886m 之間，是臺灣地區海拔位置最高之自然生態保護區主要保護對象為玉山圓柏原生林、針闊葉原生林、特殊地形景觀、冰河遺跡及野生動物。



翠池地區玉山圓柏純林分布面積約達 100 餘公頃，為本調查研究的主要範圍。



玉山圓柏的植株型態有直立之喬木型及矮盤灌叢。



翠池是台灣之高山湖泊，其周圍即為玉山圓柏之生育環境。



永久樣區面積達 1ha，樣區內之玉山圓柏概屬喬木型態，樹冠層依 TSTRAT 模式可劃分為 9 層。



玉山圓柏喬木林更新為孔隙更新方式，在林分空曠處有多量之幼齡木簇生。



玉山圓柏幼苗可見苗發於林下及空曠處。



在此處可見玉山圓柏與臺灣冷杉之交會處。



玉山圓柏之結實率可達 70%，圖中為玉山圓柏之毬果。



玉山圓柏雄毬果。



玉山圓柏樣珠 19 之雌雄花同株現象。



玉山圓柏林下常見植物：玉山蒿草。



玉山圓柏林下常見植物：玉山小薔。



玉山圓柏林下常見植物：玉山櫻草。



玉山圓柏林下常見植物：玉山薔薇。





玉山圓柏林下常見植物：玉山佛甲草。



玉山圓柏林下常見植物：台灣屋頭。



玉山圓柏林下常見植物：川上氏薊。



玉山圓柏林下常見植物：短距粉蝶蘭。



雪山及翠池地區 1 月至 4 月為雪季。