國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處

110 年度委託調查研究案

(計畫編號：fcea 110-01)

應用遙測技術分析棲蘭山 100、160、170 線林道人工林資源成果報告書

執行機關：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

計畫主持人：鍾智昕 助理教授

中華民國 110 年 10 月

目錄

圖次

表次

摘要

本研究計畫以森林保育處 109 年的航拍區域為研究區，利用遙測技術分析所蒐集光達資料，配合現地林地調查資料與台帳資料，分析棲蘭山 100、160、170 線林道人工林資源，繪製航拍區域人工林資源分布地圖。本研究完成的 20 個現地調查資料顯示，各樣區之平均胸高直徑差距相當大自 12.5 cm 至 48.5cm；平均樹高自 6.7 公尺至 23.5 公尺；平均枝下高自 2.2 公尺至 8.5 公尺；樹冠幅自 2.9 至 10.0 公尺。在透過保育更新的林地第 2、4、5、7、9、10、12、13、14 與 17 樣區皆有巨大的原生林木，因此使樣區的平均值胸高直徑與樹高較大，標準差也呈現較大的情形，亦導致蓄積量範圍有較大變異自 25.5 至 1619.7 m^3/ha。應用點雲分類技術，萃取不同年度更新保育造林地的林木樹冠的 8 種點雲特徵資訊，分析光達點雲資料結果顯示本研究區域內之造林地的樹高變異係數值相當大，範圍自 23.1%至 92.9%，顯示樹冠層高度的離散程度相當大，即表示樹冠的高低起伏大。自民國 79 年以來所進行的保育更新作業，透過整治林地，並以紅檜與臺灣扁柏苗木進行栽植造林，因此除了栽植林木外，亦保留林地之原生林木，使本區的林分結構特徵與蓄積量具有高度的變異性。對於重要的巨木資源樹冠層形態，結合彩色點雲技術，可以充分發揮精確的三維點雲資料的特性，將林木外觀完整的描繪，其各種的外觀判視特徵與

傳統航測判釋特徵相符。本研究區各造林地的林齡約自 25-60 年生，平均造林地年齡約 40.2(sd=7.7)年生，包含林地之巨木平均蓄積量約為 483.4m3/ha (sd=310.1)。應用科學方法與新科技結合現地調查資料，發展精確且有效率的跨尺度監測工具，可提供瞭解森林生長的現象，可以有助於瞭解大尺度森林區域的冠層高度動態與蓄積量分布，相對於透過人力調查具有較低成本和高效率的優勢。新的技術與方法所獲得林分資訊，可作為未來人工林經營管理調適與減緩全球變遷的影響的重要基礎資訊，並可提供其他單位在森林經營管理作為參考依據。

壹、計畫緣起

森林保育事業管理處所轄之棲蘭山幅員遼闊，包含棲蘭山林區、及大甲溪林區，面積達87,889.3公頃，為臺灣重要的霧林帶生態系統，蘊藏豐富的巨木資源與重要的林木資源。森林保育事業管理處，早期於棲蘭山所轄範圍，建造面積約為2760公頃柳杉人工林。森林保育事業管理處對於人工林之營造除了柳杉人工林外，亦選擇以棲蘭山原生樹種，像是紅檜與臺灣扁柏等作為主要造林樹種，以符合適地適木原則厚植棲蘭山人工林資源。森林資源的永續經營，建立在施行適當的經營策略，維持穩定的生態系統功能與生物多樣性基礎上。傳統上，森林資源調查必須透過現地的調查，但這樣的方法昂貴、耗時且不適用於大尺度或人員難以到達的山區，是森林資源調查必須面對的挑戰。應用航遙測技術方法，可取得林分資訊與細節，包含航空測量、衛星影像與無人機技術，是大尺度空間森林資源調查的重要技術。

森林保育事業管理處為瞭解棲蘭山林木資源現況，透過與學術單位合作逐年完成自然環境、植物與動物資源的調查計畫，由計畫累積豐厚的調查資料與成果，成為森林生態系經營重要立基。除了實務的地面調查工作，積極且持續的推動森林生物多樣性的保育工作，並採用高解析度空載光達(airborne laser scanning ,ALS)資料瞭解轄區內之森林資源概況。自民國105年至109年採用高解析度空載光達

(airborne laser scanning ,ALS)資料，陸續完成棲蘭山地區內 100 線、160 線與 170 線資料，近 8000 餘公頃之光達掃描。105 年委託自強工程顧問有限公司完成蒐集鴛鴦湖、神木園區及鄰近區域的光達資料，106 年利用光達完成鴛鴦湖之地形、森林覆蓋、結構及孔隙等基礎分析。108 年度應用遙測技術探索鴛鴦湖及神木園鄰近區地區人工林資源，結合地面資料調查與光達資料完成人工林空間分布特徵分析、林分冠層結構多樣性分析與人工林蓄積量與資源分布地圖繪製。對於掌握棲蘭山地區珍稀貴重天然植物資源，如紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)、臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)、香杉(*Cunninghamia konishii*) 、鐵杉(*Tsuga chinensis*)、原生櫻屬植物、臺灣檫樹(*Sassafras randaiense*)與人工林資源有不錯的成果，是為國內大面積森林資源調查，提供一個遙測新模式之參考。

森林保育事業管理處於 109 年持續利用空載光達，自鴛鴦湖開始，蒐集 100 線至 160 線與 170 線的光達資料，希冀透過光達遙測評估人工林現況、分析林分結構與繪製生產力地圖，提供森林保育處所轄林區作為製訂森林經營計畫、人工造林地中後期撫育、收穫策略調整、作業道規劃與經營方針制定的重要參考依據。

貳、本年度目標

本研究計畫以森保處109年的空載光達航拍區域為研究區，利用遙測技術分析所蒐集光達資料，配合現地林地調查資料與台帳資料，加值活化光達資料，大尺度量化100線、160線與170線鄰近區域人工林林分特徵，繪製航拍區域人工林資源分布地圖，研究目標為：

一、分析研究區域人工林林分與重要樹種點雲特徵

二、估計人工林蓄積量

三、人工林資源分布地圖繪製

參、重要工作項目

本委託調查研究案計畫執行期間由110年3月2日至110年11月19日止，主要工作項目如下：

一、光達資料處理與分析

1.點雲資料分類處理

2.樹冠高程模型計算

3.分析人工林林分與重要樹種點雲特徵

二、現地調查作業

三、人工林空間分布特徵分析

1.林分冠層結構多樣性分析

2.空間分布特徵分析

四、人工林蓄積量與資源分布地圖繪製

肆、前人研究

森林是大自然提供的寶貴資源,也是許多生物賴以為生的棲息地,政府、科學家與民眾越來越關注森林在全球環境變遷所扮演的重要角色。森林可以透過光合作用的過程,釋放氧氣並消耗二氧化碳,並維持大氣溫度,減緩溫室效應,對於維護生物多樣性和減緩氣候暖化具有重要意義(Cabo et al., 2018)。森林植被的根系能防止水土流失,減少土壤層受到地表逕流的侵蝕,對生態系統提供重要生態系統服務功能。高效率、即時性、高精確性評估林分特徵(如林分高、樹冠幅、鬱閉度等資訊),是制定森林經營管理策略與瞭解植物與生物資源的重要基礎工作(Keenan et al., 2015; MacDicken, 2015)。氣候變遷對全球的生態系統產生各種不同的衝擊與影響,評估地區、區域或全球森林蓄積,對於瞭解森林生物量、生產力和碳儲量,是相當重要的關鍵參數。

森林經營者必須充分的瞭解營林區內的樹種、林木尺寸(如:胸高直徑、樹高)與蓄積量等森林特徵值的現況與動態趨勢。傳統以地面調查方法雖然提供最貼近實際情況的資訊,但對於測量大尺度範圍的森林結構特徵,難以詳實提供連續的資料,但所耗費的時間與人力成本相當高。地面調查地面樣區設置且遙遠與人力難以到達的困難地形,樣區設置的可及性和成本,通常會對林地資料形成蒐集上的困難,和

甚至產生缺漏(Wulder et al., 2012)。傳統上，森林調查透過簡單隨機抽樣、系統抽樣、分層抽樣，及建立統計模型的輔助來推估林木蓄積量（McRoberts, 2006）。遙測為現代化森林經營管理的重要工具，應用於森林資源調查中具涵蓋大空間尺度、高效率及精確等優勢。遙測或航空照片資料，提供描述環境變遷與自然過程的重要訊息(Whitehead and Hugenholtz, 2014)。

遙測是利用感測器獲取地表物的電磁波資訊，可依感測器特性不同分為主動式(active)與被動式(passive)，其中感測器以接收反射光為主的照相機，像是航照影像、衛星影像與無人機影像即屬於被動式遙測，光達即為主動式的遙測資料。光達系統的原理是基於透過光線來測量距離，由感測器發射與接收反射的光線，其所經過的時間的一半來測量感測器與目標之間的距離（Baltsavias，1999）。每一個光線返回到感測器後，光達系統會記錄其空間位置點的三維座標，並集合形成地貌特徵的點雲。近年來，林分結構特徵的測量方法，隨著遙測與光達遙測技術所提供的高解析度 3D 點雲資料，已可高效率且精確掌握詳細的樹冠垂直結構細節(Andersen et al., 2006)。空載光達是一種主動遙感技術，可測量森林植被的 3 維（3-D）數據(Runkle, 1992; Lefsky et al., 1999)，已被廣泛的應用於繪製區域或國家的森林資源地圖(Rahlf et al., 2021)。光達資料對於林分特徵資訊的再現性高，可提

供森林資源的盤點、定量生物量、林分高度，以及基礎面積估計（Nelson et al., 1988; Lefsky et al., 1999; Means et al, 2000）。光達已被認為具備高效率與可詳細描述森林特徵的遙測技術，且多期的光達資料成為監測大尺度空間範圍（包括國家層級）森林資源的重要工具(Wulder et al., 2012)。光達遙測技術能夠捕獲三維森林結構，用來測量林木的三維結構具有良好的能力(Gates，1980)，成為森林測繪的關鍵數據資料。光達具有高度的精確性，可同時提供水平方向大面積的林分空間資訊與垂直方向的高度資訊，廣泛的被作為評估林分樹高、蓄積量與林木空間分布。地景的多樣化是可增加整體野生動物之生物歧異度重要的基礎(袁孝維等，2004)，光達可應用於於評估大尺度空間的林分結構多樣性，提供重要的空間資訊(Rahlf et al., 2021)。國際上許多林業先進國家的研究(Naesset, 1997; Hollaus et al.,2007; Rahlf et al., 2021)，顯示高解析度的光達(Light Detection And Ranging, LiDAR)點雲(cloud point)資料是評估大尺度空間林木資源與森林蓄積量的重要基礎資料(詹進發, 2005; 魏浚紘等,2012a,b; 魏浚紘與陳朝圳, 2016)，對於製定森林生態系經營與管理策略，調適全球暖化現象所造成的衝擊影響，提供高效率的資訊。棲蘭山具有豐富的巨木資源，這些大型巨木是生態系統中外觀型態最大和壽命最長的林木，其空間分佈和豐富度，對於生態系統中的生物(動物、植物與微生物)與非生

物(包括土壤、水資源和營養物質)，具有顯著影響力。除了生態的價值，對於人類的文化與景觀美學(Blicharska and Mikusinski, 2014)，巨木在人類心靈具有高度象徵意義（Lester, 2010）。巨木的空間分佈是長期環境變化 (Phillips et al., 2008)、干擾歷史（D'Amato and Orwig，2008 年）與生態過程與機制 (Tng et al., 2012)的重要基礎資料。巨木的生態價值，他可以提供原生樹種更新材料，壯大的樹冠提供保護小樹苗的最佳場域，也是許多野生動物的棲息地，強健的根系更保護大地的安定。林業經營區造林木或是巨木的空間資料，可以提供生態研究上的探討，對於林業單位可以增進管理的效率，也是不可或缺的重要資料，透過新的科技以最小的成本，有效率的獲取數據資料是林業經營者迫切需要的技術。

伍、材料與方法

一、研究地點

本研究試驗地位於森林保育處所轄之棲蘭山林區，年平均降雨量為 3600mm 與年平均溫度為 13.3℃，其中包括太平山事業區與大溪事業區，樣區範圍約自棲蘭山鴛鴦湖鄰近區域，沿 100 線林道至 160 線與 170 線(圖 1)鄰近的人工林造林為對象，海拔自 704 至 2422 公尺，主要樹種包括臺灣扁柏、紅檜、香杉、臺灣杉等。

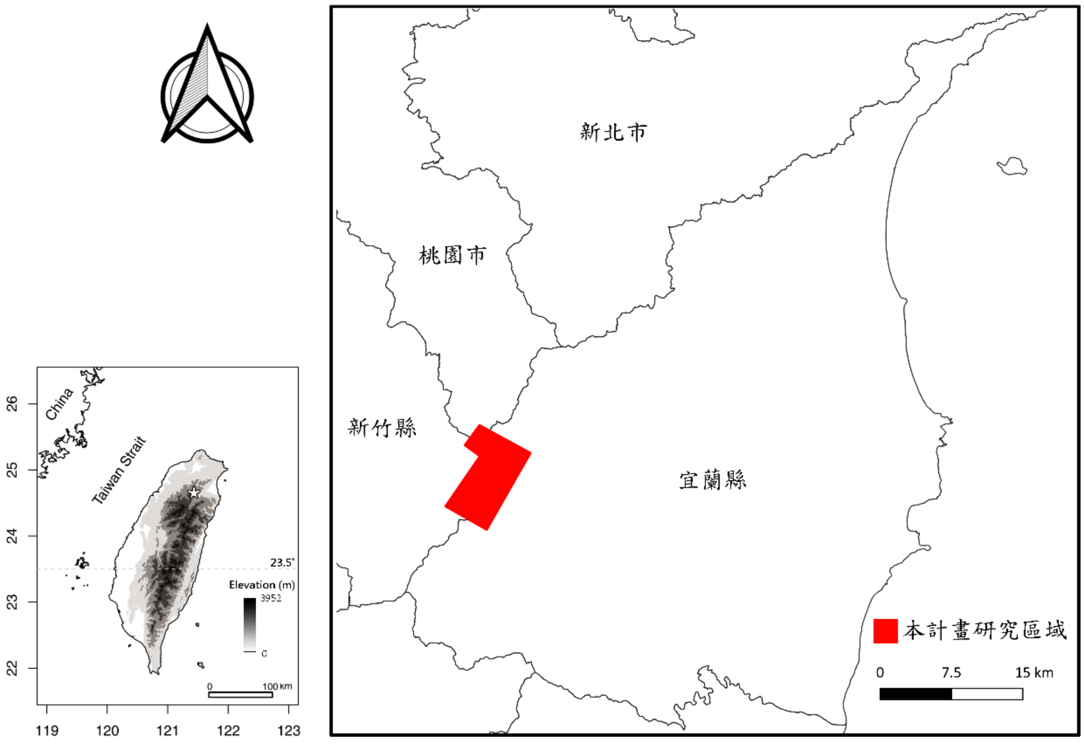


圖 1、本計畫研究試驗地位於森林保育處所轄之棲蘭山林區 (121.40194 E, 24.541111 N)

二、光達資料處理與分析

1.點雲資料分類處理

本計畫以結合光達點雲及台帳資料，評估研究區域範圍地區之人工林資源與重要造林樹種之點雲特徵及估計蓄積量為目的，研究方法與重要工作項目如圖 2。研究資料為 109 年由森林保育處委託自強公司所拍攝的光達資料，包含數值表面高程模型(digital surface model, DSM)、數值高程模型(digital elevation model, DTM)與樹冠高程模型(canopy height model, CHM)，以及正射影像資料。光達資料是使用航測飛機 P68-TC 搭載空載光達 Riegl LMS-Q780 與專業航拍像機 PhaseONE 於 109 年期間完成掃描與拍攝，並產製最為完整之 10cm 彩色正射影像與 1m 網格解析度之數值高程，光達航拍相關基本規格如表 1。本研究中的光達點雲資料、網格式影像資料處理、分析與圖形輸出，使用 R(v.4.1.0)與 QGIS(v. 3.18.3)軟體。

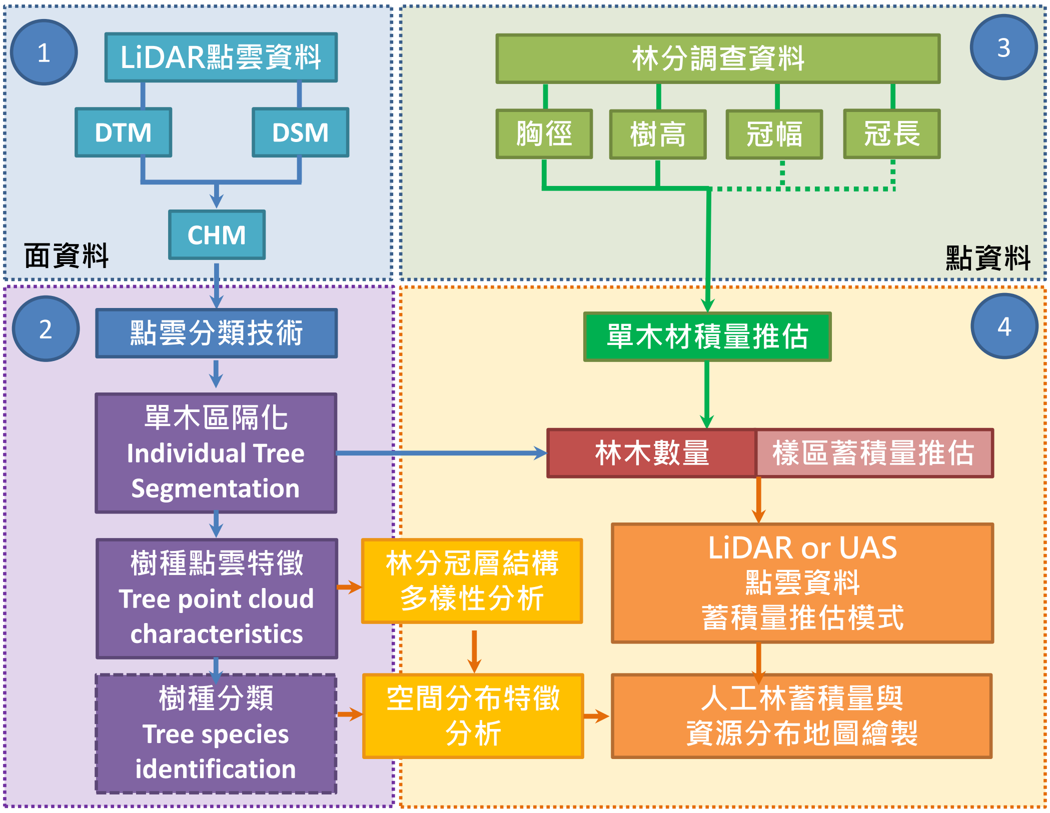


圖 2、研究方法與重要工作項目。

表 1、光達資料基本規格

	109 年
面積 (ha)	4982.1
飛行高度 (m a.s.l.)	3000
光達掃瞄頻率 (kHz)	240
飛行速度 ($m\ s^{-1}$)	50 $m\ s^{-1}$
光達設備	Riegl LMS-Q780
點雲密度 (pulse m^{-2})	6-10
地面解析度 (m)	0.1-0.15
FOV (°)	60.0

2.樹冠高程模型計算

光達透過主動發射光線與接收反射回來的光線，利用光線往返時飛行時間差，透過計算距離。光達是利用光的運動特性，因此具有部分穿透特性，除了地貌表層資訊外，亦可穿透獲取樹冠下的地表資訊，故光達資料通常包含數值表面模型(digital surface model, DSM)與數值高程模型(digital elevation model, DEM) 2 種資訊。數值表面模型包含植被、建物等地貌表面的三度空間數值模型，亦即向下所看到之物體表面之高度；數值高程模型，則描述不含植被及人工構造物之地表起伏，為地球自然面高程起伏的數值模型。在森林的應用常將數值表面模型和數值高程模型 (DEM)兩種模型所相減求取樹冠高程模型(Canopy Height Model, CHM, 圖 3)，用於描述森林區域樹木的形狀和範圍，林木高度、樹體積位置等。本計畫前一小節重新將光達進行分類處理後的計算成樹冠高程模型，以提供後續分析使用。

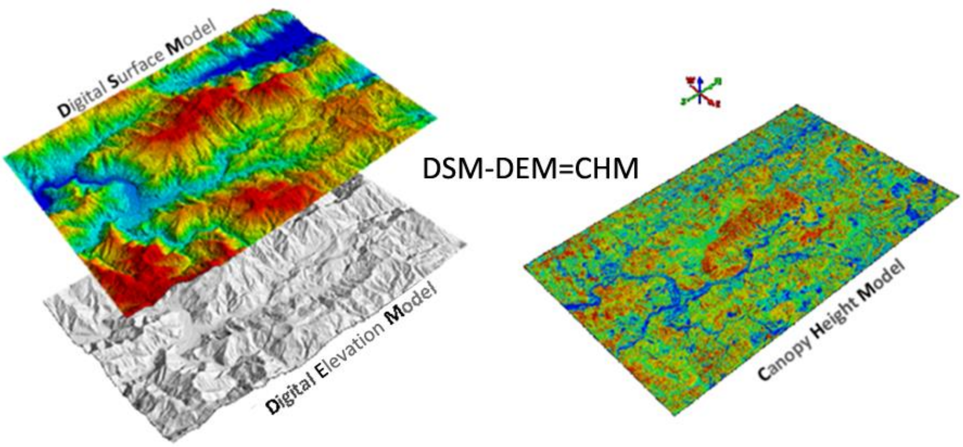


圖 3、樹冠高程模型(CHM)之計算。

3.分析人工林林分與重要樹種點雲特徵

本研究透過分析點雲資料獲取 8 種點雲特徵資訊，包含高程最小值 (Height minimum, Hmin)、高程最大值 (Height maximum, Hmax)、高程平均值(Height mean, Hmean)、高程中位數(Height mode, Hmode)、高程標準差(Height standard deviation, Hsd)、高程變異係數(Height coefficient of variation, Hcv) 、高程分布偏度(Height skewness, Hske)與高程峰度(Height kurtosis, Hkur)。

4.重要樹種之天然林巨木點雲特徵

(1)航照影像巨木樹種判釋

本年度計畫為瞭解棲蘭山林區重要樹種之天然林巨木點雲特徵，在進行點雲特徵剖面前，必須透過地面調查樹種與結合航照判釋，於光達點雲上確認目標巨木樹種，依據林務局農林航空測量所叢刊第 125 號「航照術語:臺灣地區常見樹種立體相片對判釋」之方法進行識別。本次研究所研究的目標樹種分別為紅檜、臺灣扁柏、香杉、臺灣杉與鐵杉，依照航照術語一書內部對於此五種樹種天然老齡林之林木的判釋依據分述如下：

紅檜：樹冠不規則圓形，樹冠頂部雲狀，少有尖塔狀，質地絨團狀粗糙，側視圓錐形，少有側枝。

臺灣扁柏：樹冠不規則圓形，樹冠尖塔狀，質地絨團狀細緻，側

視圓錐形，無側枝。

香杉：樹冠不規則圓形，樹冠頂圓角或雲狀，質地略粗糙，側視圓錐形，具絨狀側枝。

臺灣杉：樹冠不規則圓形，樹冠頂部雲狀，質地絨團狀細緻，側視圓錐形，具絨狀側枝。

鐵杉：樹冠不規則橢圓形，樹冠頂部雲狀，質地分層粗糙，側視絨團狀，具絨狀側枝。

(2)天然林巨木點雲特徵

光達點雲的水平連續性與具有一定的垂直深度，對於描繪森林的垂直剖面是相當良好的工具，可有效的掌握天然林與人工林分的樹冠狀態。點雲(Point Clouds)是由光達設備可在短時間內準確獲取數百萬個 至數十億個 3D 座標點，快速記錄物體精確的三維數位座標資料，數據資料可提供測量高度、面積、體積等幾何特徵。點雲資料除了記錄三維的空間座標外，並由記錄接受裝置所接收的回波強度，回波強度值與目標的表面材質、粗糙度、入射角方向，這些資訊目標物的紋理信息有關。然而以上的點雲資料，一般是以黑白的方式呈現，或透過渲染的方式，給予點雲在不同高度與強度具有不同的色階表現。現行的技術可以透過結合彩色影像的方式，利用點雲的三維空間座標配適對應的相機影像或正射影像的彩色資訊，賦予點雲顏色(RGB 值)，

可以呈現彩色點雲資訊，對於目標物識別、外觀分類和特徵提取，提供更豐富的圖像資訊。

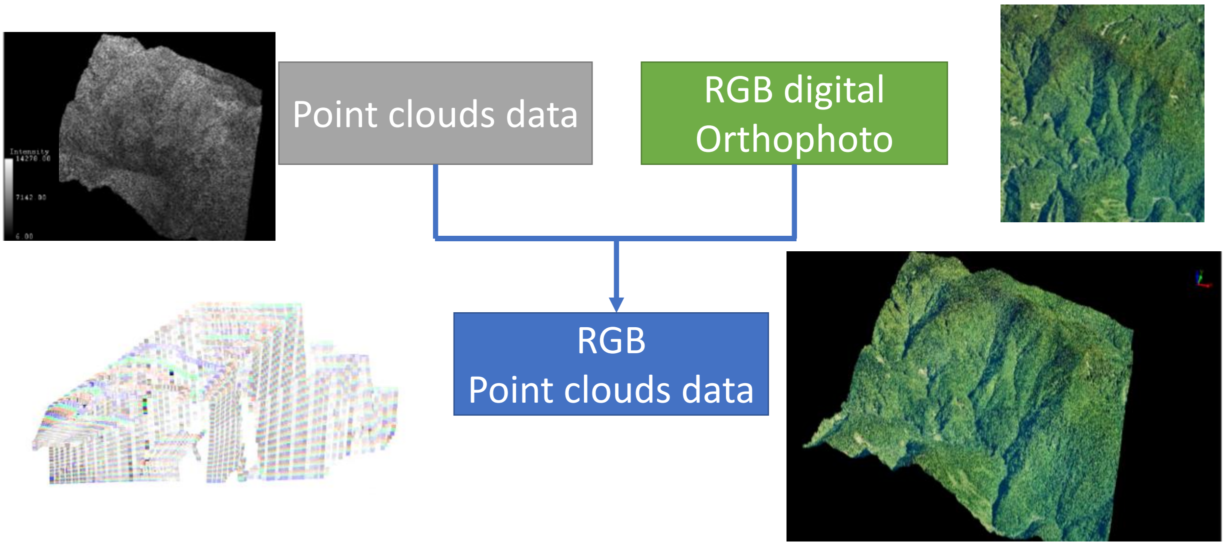


圖 4、光達點雲資料利用正射影像彩色資訊渲染成為彩色光達點雲

三、現地調查作業

1. 系統取樣與樣區設置

本研究之樣區設置，採用系統取樣(systematic sampling)，先使用地理資訊系統在光達掃描範圍內，以 200m x 200m 的佈設取樣網格點(圖 5)，再進一步與造林實測圖疊合，選出候選樣區 GPS 位置。依候選樣區 GPS 位置至現地勘查，評估樣區設置可行性。本研究規劃設置 20 個 20m x 25m 樣區，並於 2021 年 9 月 4 日份完成 20 個樣區之設置與調查工作(圖 6)。

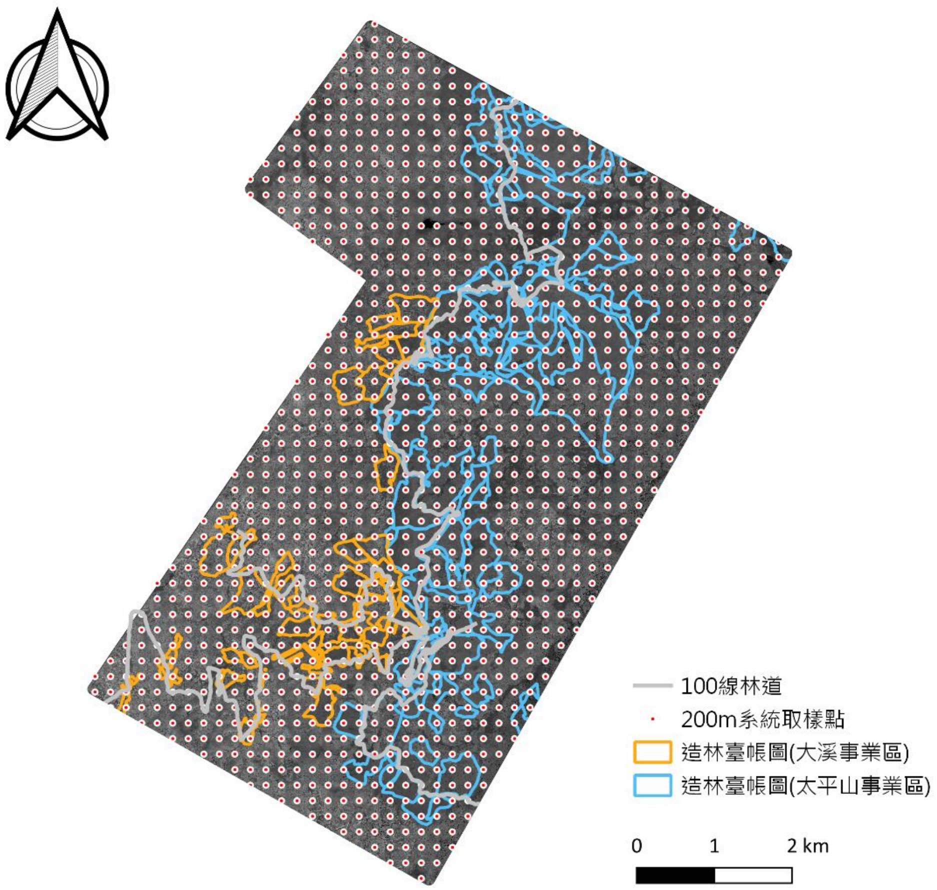


圖 5、本研究之樣區設置，於地理資訊系統上以 200m x 200m 的佈設

取樣網格點，採用系統取樣。

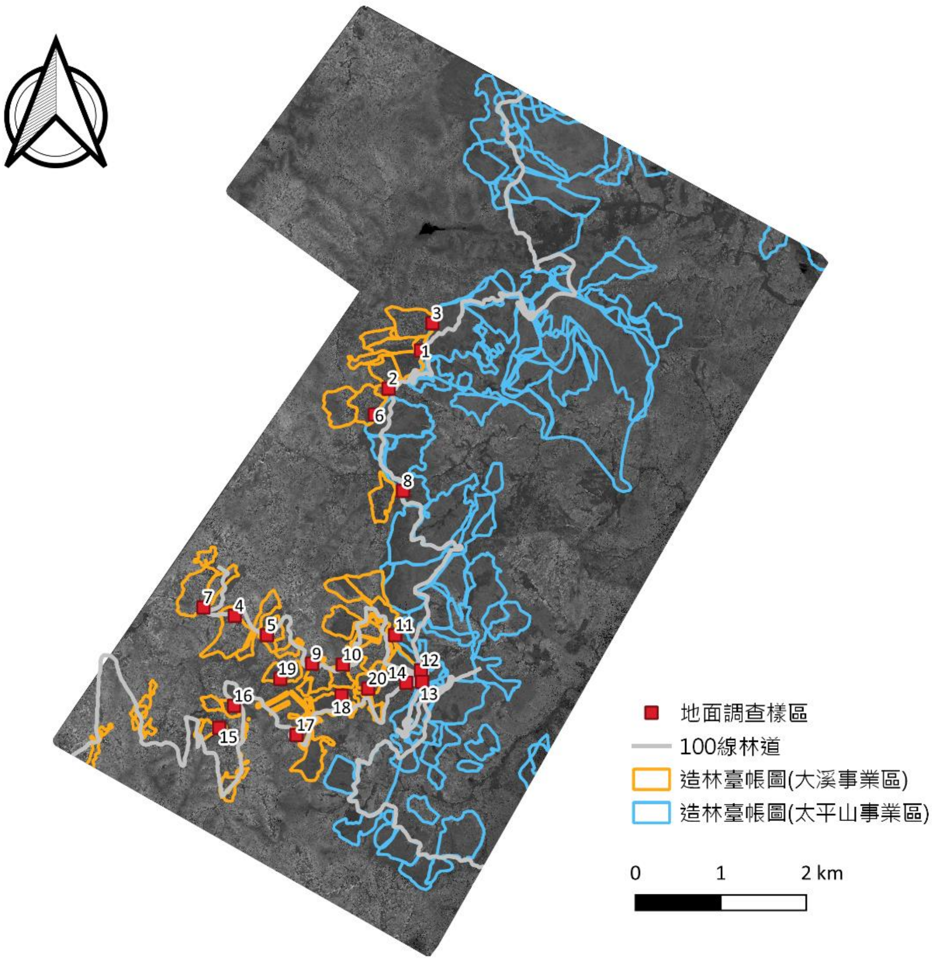


圖 6、地面樣區設置位置。

2.樣區調查

(1)調查對象

本計畫的主要目標之一，係為估計人工林蓄積量。因此，依前一小節所設置樣區，在光達掃描範圍內之造林地，進行地面調查工作。

(2)調查方式

在本研究規劃設置 20 個 20m x 25m 樣區，以胸高直徑級大於 5cm

之林木為主要調查目標對象，並蒐集樣區 GPS、樹種(Species)、胸徑(DBH)、樹高(tree height, TH)、枝下高(crown base height, CBH)、冠幅(crown diameter, CD)等資料。

(3)統計分析方法

透過地面樣區的調查工作，可瞭解林分的實際的現況外，亦為後續林分蓄積量地圖的繪製的重要基礎工作。地面調查工作相當耗費人力、時間與金錢，特別是樹高量測相當耗費時間，所以通常藉由現地調查胸高直徑資料與樹高資料建立樹高-直徑模式，即由直徑推算樹高。樹高-胸高直徑模式是森林經營過程中，評估林分生長、地位與收穫相當重要的工具。然而，樹高-胸高直徑關係會隨著林分的生長而產生變化，可能引起對生長、收穫的低估，所以需定期做修正。本計畫依據造林台帳內，造林面積最多的紅檜、臺灣扁柏與柳杉三種主要造林樹種，將本次調查的胸高直徑與樹高資料，以迴歸模型分析方法，建立其樹高曲線式，提供後續之林分生長資訊之應用。迴歸模型精確度，主要建立在預測值與觀測值之間所產生的誤差。一般的線性迴歸模型可以使用決定係數(coefficient of determination，R^2)，以此來判斷統計模型的解釋力，但這必須是迴歸模型的依變數和自變數之間的關係是在線性的前提假設下。通常，樹高-胸高直徑關係會受到樹種、林齡與生長，以及環境氣候等諸多因子的影響，而成非線性變化。

在建構樹高-胸高直徑關係常使用非線性的迴歸模型，即依變數與自變數間的關係呈現非線性，因此無法使用決定係數來評估模式的精確性。當所建構的非線性模型無法使用決定係數來評估模型的精確度時，可使用其他替代的方法(例如：Pseudo R^2)來類比決定係數，像是觀測值與預測值間的相關性(r)、平均絕對偏差 (mean absolute deviation, MAD)、均方誤差 (mean squared error, MSE)、平均絕對百分比誤差 (mean absolute percent error, MAPE)等。其中 MAPE 以百分誤差呈現，具備直觀與容易計算的優點，因此常常被用來比較不同資料之間的預測性能。MAPE 數值越小表示模式預測的準確性越高，MAPE 越接近 0 表示推估效果最佳。Lewis(1982)時提出了 MAPE 數值對於模式精度之評估準則，可提供作為本計畫迴歸模型精度評估之參考(表 2)。

表 2、MAPE 數值對於模式精度之評估準則(Lewis,1982)

MAPE	值預測能力
＜10％	高精確度
10-20％	良好
20-50％	合理
＞50％	不正確

本研究選用觀測值與預測值間的相關性(r)與 MAPE 來做為評估

本研究中所建立的非線性迴歸模型精度，MAPE 的公式如下：

$$\text{MAPE}=\frac{\sum_{i=1}^{n}100\times|(yoi-ypi)/yoi|}{n} \qquad (1)$$

y_{oi} 為觀測值; y_{pi} 為預測值;n 為樣本數

研究中的樣區資料處理、統計分析與圖形輸出，使用 R(v.3.6.1)軟體。

3.人工林蓄積量

將造林實測圖與光達資料疊合，本區域造林面積共計約 972.6 公頃，人工林之蓄積量(volume stock)推估，就已完成之 20 個樣區調查資料進行估計，蓄積量之推估式使用第三次森林資源調查之樹種材積式，依主要造林樹種類別採用之材積式如下(林務局，1995)：

臺灣扁柏、紅檜與臺灣杉， $V=0.0000944 * DBH^{1.9947405} * TH^{0.659691}$ (2)

柳杉， $V=0.00009015 * DBH^{1.98858} * TH^{0.68785}$ (3)

香杉與鐵杉， $V=0.0000728 * DBH^{1.944924} * TH^{0.8002212}$ (4)

其他闊葉樹種， $V=0.0000646 * DBH^{1.53573} * TH^{1.05657}$ (5)

由於遙測光達對林分的觀測是呈現整體性的空間範圍資訊，不像地面資料容易透過資料屬性進行分類(例如樹種)，因此本研究為配合光達資料的特性，蓄積量是包含樣區內的所有林木做為估算基礎。

四、人工林空間分布特徵分析

1.林分冠層結構多樣性分析

(1)林分胸高直徑級分佈

本研究為瞭解各個造林地林木徑級的分布情況，將各樣區調查的胸高直徑繪製成直徑級分布圖。

(2)樹高結構多樣性

一般認為林分冠層結構為決定棲息地和物種歧異度一重要因子，隨著林分冠層水平或垂直結構歧異度的提升，林分內物種種類之增加和生態穩定度之提高。樹高平方根差總和(sum of the square root of the difference，SQRI) ，是由 Barbeito et al.(2009)研究發展出的指標，以類似量度歧異度的計算，描述林分垂直結構特徵，瞭解林分樹高的變異大小，作為描述垂直結構現況依據。公式如下：

$$\mathrm{SQRI}=\sum_{i=1}^{n} \mathrm{P}_j \sqrt{\left|\mathrm{O_j}-\mathrm{O_m}\right|} \tag{6}$$

P_j=第 j 個樹高層級的樹高總和與每公頃樹高總和的比例， O_j=第 j 棵林木樹高，O_m=平均樹高

2.空間分布特徵

林木的空間分布特徵，係指林木在空間上的配置情形和分佈特徵，是林木生長特性、種內與種間作用、氣候環境等綜合因子作用的結果。

瞭解林木的空間分布特徵，可幫助理解森林的建立、更新和發展歷程，亦為森林經營者掌握森林現況的重要資訊。本計畫應用光達點雲分類技術，將樹冠表面高程模型將單木區隔化後，取得研究區域單木的空間資訊。亦針對鴛鴦湖、神木園區及鄰近區域，依林木個體間的距離，進行林木的空間分布特徵的量化分析。

依據光達點雲分類技術，將樹冠高層模型資料進行樹冠分割(tree crown segmentation)，獲取單木的空間位置資訊，以提供計算林木間的最近鄰近距離計算及以 G function 分析點空間型態 (群聚、隨機與規則)。本研究的最近鄰近距離分析，係將林木先依樹冠高程進行分類，每 10 公尺一級，分別為 0-10 公尺、10-20 公尺、20-30 公尺、30-40 公尺、40-50 公尺與大於 50 公尺以上，共 6 級。藉以瞭解林木在空間上分布形成各種距離下的不同植物群落空間分布、不同樹種間或與氣候環境間的關係之依據。

G function 在點空間分布特徵的分析中，常被用來作為探索性的資料分析工具，確定研究目標是否具有空間群聚特性。定義個體-個體最近鄰居距離，即任意一個個體到最鄰近個體之間的距離。估算公式如下：

$$G(r)=\frac{\sum_{i=1}^{n} I(ri\leq r)}{n} \tag{7}$$

n 為個體總數，ri 為個體 i 到其他個體間最鄰近的距離，r 為特定距離，

I 為指標函數，當 ri≦r 時 I=1,當 ri≧r 時 I=0。

陸、人工林蓄積量與資源分布地圖繪製

本計畫將透過前述的林分特徵量化、林分冠層結構多樣性與樣區調查結果，藉由統計方法建立遙測造林地蓄積量推估模式。透過建立遙測模式，量化大空間尺度造林地蓄積量與結構特徵，並透過地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)繪製人工林資源分布地圖，產製棲蘭山 100、160、170 線林道人工林蓄積量分布圖、樹種空間分布現況圖、林分冠層結構多樣性分布圖等 GIS 圖資，提供森林經營規劃之應用。

一、樹種空間分布現況圖

本研究自森林保育處取得大溪事業區及太平山事業區之造林實測圖資料，造林實測圖內記載造林樹種、年代、造林方法與空間位置，係將台帳資料的造林樹種輸入至台帳圖的 SHP 檔案，並以地理資訊系統繪製人工造林地樹種空間分布現況圖。

二、遙測造林地蓄積量推估模式

本研究的重要工作目標之一，即是結合地面樣區調查資料與光達資料，以遙測技術推估光達資料涵蓋區域造林地蓄積量。為掌握大尺度範圍的自然資源分布情形，地面樣區資料，為檢核與校正光達林分

特徵分析的重要關鍵，光達的林分點雲特徵必須結合地面調查資料，透過建立迴歸模式，方可對大尺度空間進行蓄積量之推估。

將地面樣區調查時所記錄的 GPS 位置，與光達資料做疊合，並依樣區設置之大小(20m x 25m)取出該區域的光達點雲特徵值，透過迴歸分析方法建立迴歸模式，作為推估樣區以外大尺度空間造林地蓄積量的依據。所繪製之地圖，與台帳資料配合，藉以解各樣區的造林樹種、方法與撫育作業對林木資源分布之影響。

柒、執行成果

一、光達資料處理與分析

1.點雲資料分類處理

109 年度由自強公司所拍攝的光達資料，包含 DEM 與 DSM 網格式資料，與點雲資料格式(point cloud data)，而本研究後續所使用的 CHM 資料是透過 DSM 與 DEM 相減所得到的網格式資料。為有效與充分運用光達所拍攝到全部區域的資料，將點雲資料重新進行分類處理，並產製 109 年樹冠高程模型(圖 7)。結果如圖 7 所示， 109 年掃描區域為 4982.1 公頃(圖 8)。

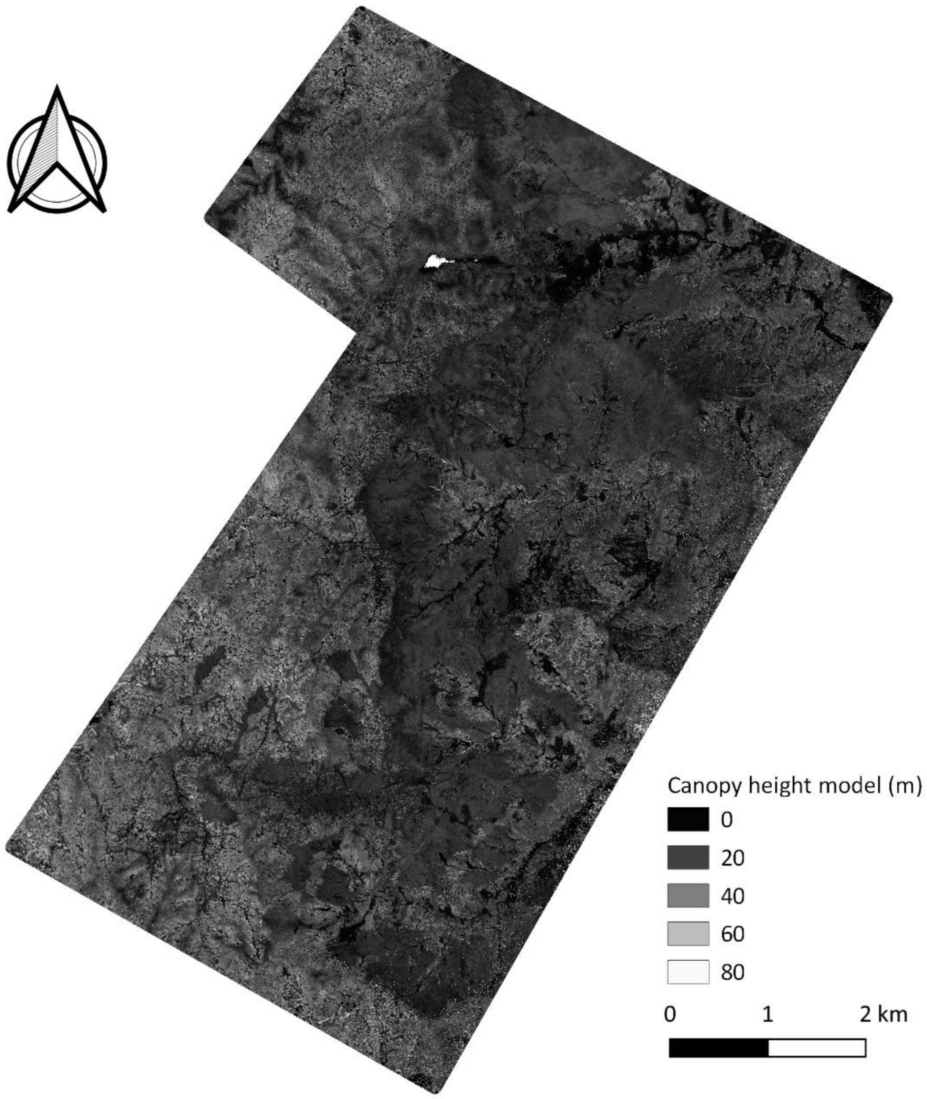


圖 7、109 年光達空拍範圍樹冠高程模型(CHM)。

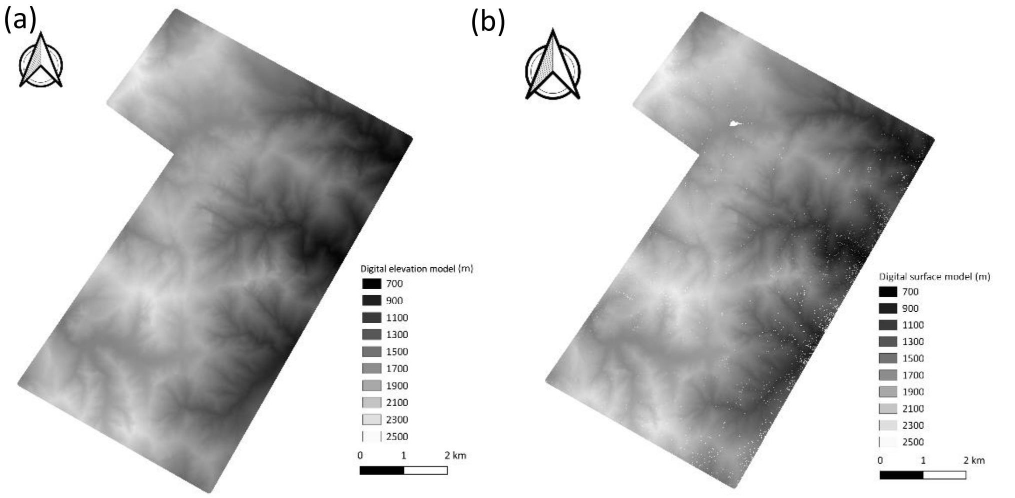


圖 8、109 年光達空拍範圍(a)數值高程模型(DEM)。、(b) 數值表面高程模型(DSM)

2.分析人工林林分與重要樹種點雲特徵

光達是以點的型式紀錄空間中物件的三維座標點資訊，觀測數據可達到數千點至數萬點，這些大量的點雲分佈幾何隱含豐富的物件資訊。以森林中的林木為例，其可透過點雲的座標位置描述林木的空間位置、高度資訊、樹冠特徵等。

分析結果如表 3 所示，最大值是 DASI_06 的 Hmean 為 27.1m，主要造林木樹種為 31 年生的紅檜、臺灣扁柏造林地；最小值是 DASI(TPS112)的 Hmean 為 10.1m，主要造林木樹種為 43 年生的香杉造林地。各區的 Hmax 自 40.4 至 69.5 公尺，顯示各林分內皆有分布冠層 40 公尺以上之巨木。光達點雲特徵，與林地的現況有密切的關係，當林地有施行不同的經營管理或育林作業，會實際的反應在光達

的變異程度，可以實際的呈現反應林分冠層的狀況。各樣區的標準差(Standard Deviation)自 5.8 至 13.4，變異係數（coefficient of variation）顯示樹冠層高度的離散程度自 42.4%至 80.6%，即表示樹冠的高低起伏大。依據台帳資料，整理各樣區所在的造林地基本屬性，如表 3。本計畫所包含的造林地，多採密植的方式造林，大溪事業區每公頃 2515 株至 4700 株(表 3)，平均林分密度為每公頃 3315 株；太平山事業區栽植密度從每公頃 1360 株至 3275 株(表 4)，平均林分密度為每公頃 2902 株。各更新保育林地的樹冠高程模型的分布形狀統計量(measures of shape)可以以偏度(skewness, Hske)與峰度(kurtosis, Hkur)量化表示，偏度分布於-0.1~1.7 之間，僅有 DASI_02 的偏度為-0.1，顯表示左側的尾巴較長，顯示分配集中在平均數以上，樹冠層較高的林木個體較多。其餘的皆為正值，顯示分配集中在平均數以下，樹冠層較低矮的林木個體較多。峰度的值自 1.9~6.7，其中 DASI (TPS99)、DASI_02、DASI_03 、DASI_06、DASI_07、DASI_10、DASI_11 與 DASI_12 的峰度值低於 3，其相較於常態分佈，呈現較為低而闊的低闊峰分佈；其餘峰度值大於 3，表示分佈曲線為尖頂峰度的高狹峰，亦即表示樹冠層高度集中，密集地分佈在眾數的周圍。

表 3、大溪事業區台帳造林範圍樹冠高程模型點雲特徵資訊

林班	台帳編號	造林樹種	造林年度	區塊數	台帳林分密度 (n./ha)	Hmean (m)	Hsd (m)	Hmin (m)	Hmax (m)	Hmode (m)	Hcv (%)	Hske	Hkur
94	DASI(TPS81)	紅檜、臺灣扁柏	64	4	2515	16.8	7.2	0	51.6	15.6	41.0	0.9	6.0
94	DASI(TPS93)	紅檜、臺灣扁柏	65	1	2916	15.6	6	0	46.7	14.5	43.2	1.3	5.6
94	DASI (TPS99)	紅檜、臺灣扁柏	66	3	-*	24.2	13.4	0	67.4	21.6	55.3	0.3	1.9
94、95	DASI (TPS100)	紅檜	66	7	2960	16.6	7.4	0	46.9	15.1	44.5	0.9	4.7
95	DASI (TPS112)	香杉	67	1	3112	10.1	5.8	0.1	40.4	8.9	57.4	1.7	6.7
94、95	DASI (TPS147)	紅檜、臺灣扁柏	73	26	3400	18.3	8.9	0	44.7	16.2	48.6	0.6	3.3
95、96	DASI_02	紅檜	75	6	3480	24.8	11.9	0	55.8	25.9	47.9	-0.1	2.2
94、95	DASI_03[a]	紅檜	76	2	2560	19.3	9.8	0.1	42.8	18.3	50.8	0.2	2.1
94、95	DASI_04[a]	紅檜、臺灣扁柏	77	3	-*	16.8	10.3	0	49.5	14.8	61.3	0.8	3.1
94	DASI_05[a]	紅檜、臺灣扁柏	78	8	3186	20.4	9.4	0	52.3	19.4	46.1	0.5	3.7
94	DASI_06[a]	紅檜、臺灣扁柏	79	3	3460	27.1	13.1	0	68.3	28.8	48.3	0	2.1
94	DASI_07[a]	紅檜、臺灣扁柏	80	1	3720	25.4	12.3	0	69.5	25.9	48.4	0.2	2.4
94、95	DASI_08[a]	紅檜、臺灣扁柏	81	3	3435	16	7.4	0	40.5	15.3	46.3	0.2	3.7
92	DASI_09[a]	紅檜、臺灣扁柏	82	1	4700	12.5	9	0.1	49.6	9.3	72.0	1.2	3.6
91、92	DASI_10[a]	紅檜、臺灣扁柏	83	4	3400	16.4	10.2	0	53.2	14.5	62.2	0.4	2.3
91、92	DASI_11[a]	紅檜、臺灣扁柏	84	4	3490	18.5	9.8	0	48.7	17.8	52.9	0.2	2.4
53、92	DASI_12[a]	紅檜、臺灣扁柏	85	3	3390	12.4	10	0	67.2	8.8	80.6	0.8	2.6

造林樹種為台帳資料登錄之造林樹種; Hmin 為高程最小值 (Height minimum)；Hmax 為高程最大值 (Height maximum,)；Hmean 為高程平均值(Height mean)；Hmode 為高程中位數(Height mode)；Hsd 為高程標準差(Height standard deviation)；Hcv 為高程變異係數(Height coefficient of variation) ；Hske 為高程分布偏度(Height skewness)；Hkur 為高程峰度(Height kurtosis) ；*為天然下種更新，所以為記載栽植密度; a 為保育更新作業之林分。

表 4、太平山事業區台帳造林範圍樹冠高程模型點雲特徵資訊

林班	台帳編號	造林樹種	造林年度	區塊數	台帳林分密度 (n./ha)	Hmean (m)	Hsd (m)	Hmin (m)	Hmax (m)	Hmode (m)	Hcv (%)	Hske	Hkur
31、32	TPS006	紅檜、臺灣扁柏	50	4	-*	15.0	3.5	0.0	29.4	14.9	23.1	-0.3	5.4
32、33	TPS021	柳杉	53	2	2929	17.0	6.2	0.0	40.4	17.7	36.5	-0.5	3.1
31、32、33	TPS028 [a]	臺灣扁柏、柳杉	55	5	2600	16.1	5.5	0.0	48.4	15.9	34.6	0.3	4.7
33、34	TPS036 [b]	柳杉	57	2	2500	12.6	4.8	0.0	24.9	13.0	39.7	-0.4	3.3
32	TPS053	紅檜、臺灣扁柏	61	2	-*	15.8	4.1	0.1	42.9	15.8	26.2	0.1	5.6
33、34、36、37	TPS070 [a]	臺灣扁柏、柳杉、臺灣杉	63	2	3232	15.8	4.5	0.0	53.6	15.7	28.2	0.1	4.8
32、33、37	TPS075 [a]	紅檜、柳杉	64	3	3160	12.7	4.6	0.0	41.0	12.7	37.0	0.5	5.4
44	TPS077 [a]	紅檜、柳杉	64	2	3005	10.9	4.4	0.0	37.8	10.8	42.6	0.5	4.2
37、38	TPS078 [a]	臺灣扁柏、柳杉	64	11	2150	13.5	5.3	0.0	40.4	13.4	40.4	0.2	4.4
44	TPS080	紅檜、肖楠	64	5	2658	14.4	4.9	0.0	38.3	14.9	34.0	-0.3	3.9
38、39	TPS082 [a]	紅檜、柳杉	64	5	2608	12.5	4.6	0.1	31.7	12.9	38.1	-0.5	3.1
32、33、34	TPS089	紅檜、柳杉	65	3	3020	15.6	4.6	0.0	40.5	15.7	29.4	0.4	6.6
39	TPS090	紅檜、柳杉	65	2	2934	12.0	4.5	0.0	32.9	12.3	38.3	-0.2	4.0
43、44	TPS091	柳杉、櫸樹	65	2	2920	16.3	8.1	0.0	67.8	16.2	50.2	0.8	5.1
36、37	TPS107 [a]	紅檜、柳杉、香杉	67	1	3060	16.2	4.9	0.0	49.3	16.5	30.4	-0.3	5.1
38	TPS108 [a]	紅檜、柳杉	67	1	3030	11.5	4.7	0.0	53.4	11.3	40.6	0.6	5.8
44	TPS109	紅檜、柳杉	67	1	2500	9.7	2.8	0.0	30.6	9.5	29.2	0.8	6.2
44	TPS110 [a]	紅檜	67	2	2847	15.6	5.1	0.0	46.5	16.1	33.2	0.0	4.4
44	TPS111	柳杉	67	1	3053	17.6	5.2	0.0	53.5	17.6	29.7	0.3	6.2
38	TPS119	紅檜	68	1	2500	11.5	4.9	0.0	53.0	11.8	42.8	-0.2	3.8
37、44、48	TPS125	紅檜、鐵杉、闊葉樹	68	1	1360	16.2	9.4	0.0	56.3	15.0	58.0	0.6	3.1
30	TPS126	紅檜	69	2	3016	20.1	10.9	0.0	59.4	21.3	54.2	0.0	2.6
44	TPS127	紅檜	69	1	3120	18.9	9.0	0.0	65.1	17.8	47.6	0.9	4.6
36	TPS133	紅檜	71	1	3150	16.8	4.5	0.0	30.2	17.4	26.8	-1.5	6.6

造林樹種為台帳資料登錄之造林樹種; Hmin 為高程最小值 (Height minimum)；Hmax 為高程最大值 (Height maximum,)；Hmean 為高程平均值(Height mean)；Hmode 為高程中位數(Height mode)；Hsd 為高程標準差(Height standard deviation)；Hcv 為高程變異係數(Height coefficient of variation) ；Hske 為高程分布偏度(Height skewness)；Hkur 為高程峰度(Height kurtosis) ；*為天然下種更新，所以為記載栽植密度; a 為有修枝撫育之林分; b 為有輕度疏伐之林分。

表 4(續)、太平山事業區台帳造林範圍樹冠高程模型點雲特徵資訊

林班	台帳編號	造林樹種	造林年度	區塊數	台帳林分密度 (n./ha)	Hmean (m)	Hsd (m)	Hmin (m)	Hmax (m)	Hmode (m)	Hcv (%)	Hske	Hkur
44	TPS134	紅檜、臺灣扁柏、柳杉	71	3	2960	14.9	4.0	0.0	28.1	15.3	27.3	-0.9	4.9
45、46	TPS138	紅檜、臺灣杉	72	1	3260	14.1	6.3	0.0	60.0	14.2	44.6	0.4	5.0
45	TPS139	紅檜、臺灣杉	72	1	3140	9.3	4.0	0.0	37.8	9.5	42.8	0.3	4.9
45	TPS140	紅檜	72	1	3160	12.7	3.9	0.0	38.2	12.8	31.0	0.7	6.4
45	TPS144	紅檜、臺灣扁柏	72	1	2540	19.2	10.7	0.0	55.9	19.1	55.6	0.1	2.6
46	TPS146	紅檜、臺灣扁柏	73	1	3145	7.3	6.8	0.0	45.3	6.3	92.9	1.1	4.5
45	TPS149	紅檜、臺灣扁柏	74	2	3140	18.3	8.0	0.0	58.1	18.4	43.0	0.5	5.1
46	TPS150	紅檜、臺灣扁柏	74	1	3160	6.3	5.9	0.0	49.2	3.4	93.1	1.4	4.9
45	TPS151	紅檜、臺灣扁柏	75	1	3150	11.3	4.8	0.0	51.8	11.0	42.3	1.7	11.2
44、45	TPS154	紅檜	76	1	3275	13.6	3.8	0.0	44.9	13.5	27.7	1.1	11.4
45	TPS155 [a]	紅檜	77	2	3145	9.6	4.8	0.0	46.6	9.3	50.1	1.6	10.1
31、32、34	TPS156	紅檜	78	1	3270	24.2	11.0	0.0	55.5	24.6	45.5	0.0	2.3

造林樹種為台帳資料登錄之造林樹種; Hmin 為高程最小值 (Height minimum)；Hmax 為高程最大值 (Height maximum,)；Hmean 為高程平均值(Height mean)；Hmode 為高程中位數(Height mode)；Hsd 為高程標準差(Height standard deviation)；Hcv 為高程變異係數(Height coefficient of variation) ；Hske 為高程分布偏度(Height skewness)；Hkur 為高程峰度(Height kurtosis) ；*為天然下種更新，所以為記載栽植密度; a 為有修枝撫育之林分; b 為有輕度疏伐之林分。

就地面調查所蒐集到的資料，現存的造林地密度從每公頃 360 株至 2300 株(表 5)，各造林地的密度具有明顯的不同。其中造林台帳編號 DASI_06 的林分密度現況密度在個別的 2 塊造林地，密度分別為每公頃 1080 株與每公頃 460 株；DASI_10 的林分密度現況密度在個別的 2 塊造林地，密度分別為每公頃 460 株與每公頃 2180 株；造林台帳編號 DASI_05 的林分密度現況密度在個別的 2 塊造林地，密度分別為每公頃 2300 株與每公頃 620 株。顯示每一塊保育更新造林地之間具有顯著的差異性，若透過地面調查方法，必須設置更多的樣區，

方可掌握各造林地的實際狀態，但受限於人力與經費，可利用光達資料充分瞭解各保育更新造林地的現況。也有林分密度較為相似的林分，像是 DASI_08，在個別的 2 塊造林地，密度分別為每公頃 1140 株與每公頃 1000 株。

表 5、本研究樣區調查之林分 GPS 位置與造林地基本屬性

樣區	造林年度	X (TWD97)	Y (TWD97)	台帳編號	樣區調查推估之林分密度 (n./ha)	林班
1	79	290660	2717537	DASI_06	1080	94
2	79	290281	2717090	DASI_06	460	94
3	80	290795	2717856	DASI_07	1460	94
4	82	288480	2714430	DASI_09	440	92
5	83	288856	2714204	DASI_10	460	91
6	83	290120	2716786	DASI_10	2180	91
7	84	288114	2714529	DASI_11	380	91
8	64	290451	2715893	TPS_082	360	38
9	81	289386	2713869	DASI_08	1000	94
10	78	289745	2713858	DASI_05	620	94
11	78	290358	2714204	DASI_05	2300	94
12	64	290659	2713792	TPS_081	1100	94
13	73	290401	2713539	TPS_080	1880	44
14	73	290355	2713582	TPS_147	560	94
15	75	288299	2713119	DASI_02	1040	95
16	66	288472	2713376	TPS_100	920	94
17	73	289202	2713035	TPS_147	800	94
18	81	289731	2713496	DASI_08	1140	94
19	65	289013	2713692	TPS_093	1000	94
20	64	290042	2713579	TPS_081	820	94

3.光達點雲垂直剖面分析

本研究透過點雲與結合彩色正射影像的點雲，分析棲蘭山林分光

達點雲垂直剖面，可初步掌握重要天然林樹種的樹冠狀態(圖 9)。要針對天然林巨木進行點雲的剖面，必須尋找較為獨立或是在林分中會出現突出平均樹冠層的突出樹(Emergent Tree)，會較容易掌握巨木的點雲特徵。

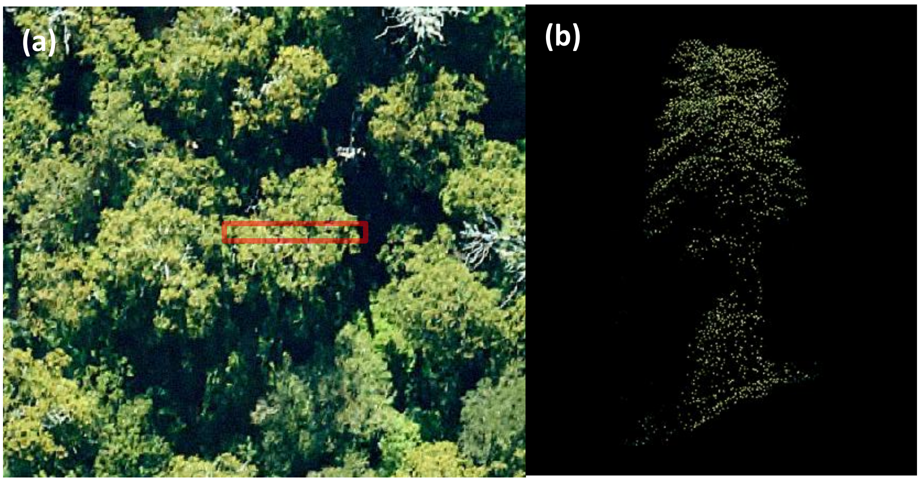


圖 9、(a)正射影像中的紅檜巨木，質地絨團狀粗糙，(b)紅檜巨木點雲特徵，樹冠不規則圓形，側視圓錐狀，少有側枝。(紅框為切片方向,GPS：288124,2714522,TWD97)

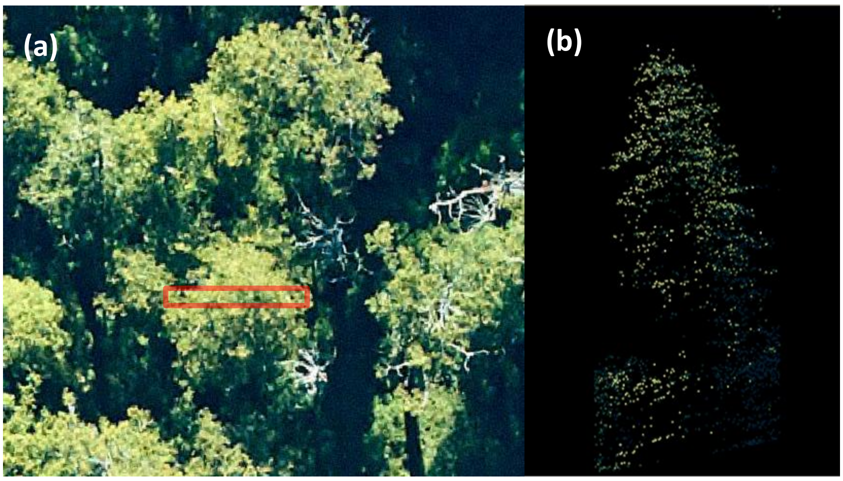


圖 10、(a)正射影像中的臺灣扁柏巨木，質地絨團狀細緻，(b) 臺灣扁柏巨木點雲特徵，樹冠不規則圓形，樹冠尖塔狀，無側枝。(紅框為切片方向,GPS：290255,2719538,TWD97)

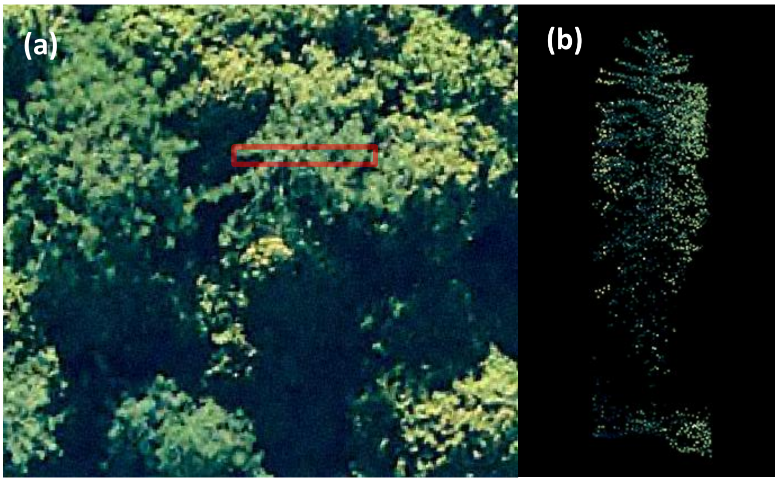


圖 11、(a)正射影像中的香杉巨木，質地略粗糙，(b) 香杉巨木點雲特徵，樹冠頂圓角或雲狀，側視圓錐形，有束狀側枝。(紅框為切片方向,GPS：286951,2712994,TWD97)

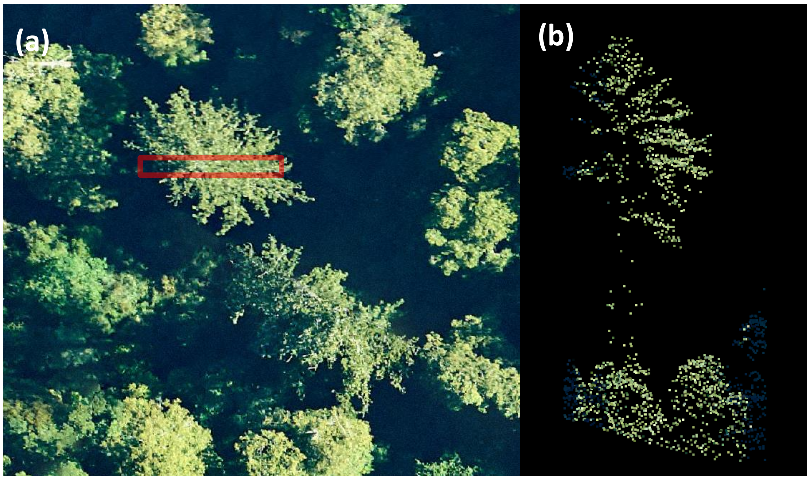


圖 12、(a)正射影像中的臺灣杉巨木，質地絨團狀細緻，(b) 臺灣杉巨木點雲特徵，樹冠不規則圓形，樹冠尖塔狀，無側枝。(紅框為切片方向,GPS：290307,2715845,TWD97)

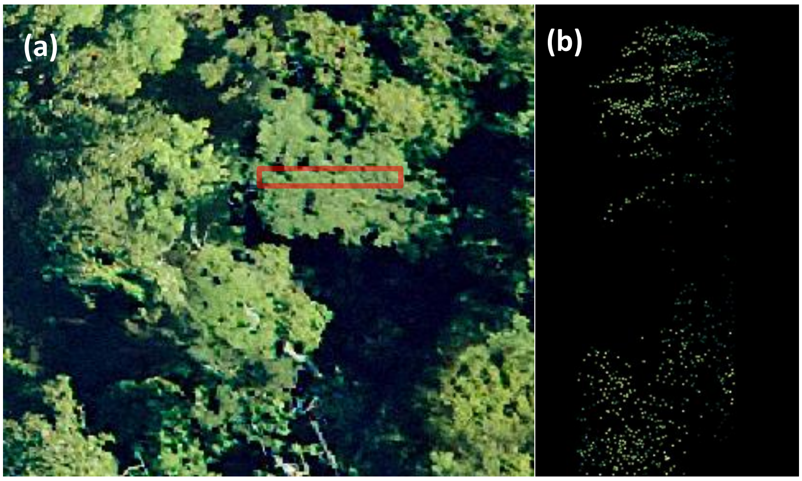


圖 13、(a)正射影像中的鐵杉巨木，質地分層粗糙，(b) 鐵杉巨木點雲特徵，樹冠不規則橢圓形，樹冠頂部雲狀，有絨狀側枝。(紅框為切片方向)

二、現地調查作業

1.系統取樣與樣區設置

本研究區域的森林面積遼闊，難以藉由人力達到全盤掌握森林資源現況，因此必須透過取樣方法，依統計方法原理，達成評估大尺度空間森林資源的質與量的目的。本研究透過系統取樣方法，截至 6 月份已完成 8 個 20m x 25m 樣區劃設與調查工作，依據地面調查蒐集樣區資料分析各樣區之樹種組成，及針對胸徑(DBH)、樹高(tree height, TH)、枝下高(crown base height, CBH)、冠幅(crown diameter, CD)等資料進行敘述性統計，各項林分特徵平均值與標準差如表 6。

表 6、本研究區人工林地面樣區調查資料平均值及標準差摘要表

plot	Plantation* Species	Age (yr)	DBH(sd) (cm)	TH(sd) (m)	CBH(sd) (m)	CD(sd) (m)	Density** (n./ha)	Volume (m^3/ha)	M.A.I (m^3/yr/ha)
1	紅檜、臺灣扁柏	31	17.7(6.1)	12.2(3.0)	5.0(1.9)	4.2(1.6)	1080	120.3	3.88
2	紅檜、臺灣扁柏	30	33.8(22.8)	18.4(8.9)	4.1(2.8)	7.4(4.4)	460	242.9	8.10
3	紅檜、臺灣扁柏	31	18.2(5.9)	10.9(3.5)	4.4(1.4)	3.3(1.3)	1460	465.4	15.01
4***	紅檜、臺灣扁柏	25	24.0(39.8)	12.6(11.6)	5.1(6.0)	4.7(3.8)	440	25.6	1.02
5	紅檜、臺灣扁柏	27	48.5(26.8)	23.1(11.8)	8.5(3.0)	10.0(3.9)	460	281.9	10.44
6	紅檜、臺灣扁柏	26	16.5(4.9)	10.9(2.6)	4.9(1.7)	2.3(0.7)	2180	707.	27.22
7	紅檜、臺灣扁柏	28	36.5(50.4)	17.5(12.1)	5.9(3.3)	5.0(3.7)	380	989.6	35.35
8	紅檜、柳杉	46	12.5(6.3)	6.7(1.4)	2.2(0.5)	2.9(1.6)	360	1197.9	26.00
9	紅檜、臺灣扁柏	29	27.5(32.7)	17.8(13.4)	4.0(3.1)	5.9(3.4)	1000	811.6	27.99
10	紅檜、臺灣扁柏	32	38.7(38)	23.3(12.9)	7.0(5.2)	7.7(3.8)	620	1619.7	50.62
11	紅檜、臺灣扁柏	32	14.8(6.5)	14.4(5)	4.4(1.7)	2.7(1.7)	2300	283.2	8.85
12	紅檜、臺灣扁柏	46	19.4(16.1)	16.5(10.7)	3.7(2.6)	3.9(1.7)	1100	500.0	10.87
13	紅檜、肖楠	37	15.0(7.5)	14.6(8.4)	6.2(1.4)	2.3(1.2)	1880	294.6	7.96
14	紅檜、臺灣扁柏	37	26.0(22.7)	17.3(10.8)	5.8(2.5)	4.9(4.6)	560	501.6	13.56
15	紅檜	35	19.4(7.6)	14.8(4.9)	4.7(2.3)	5.1(2.3)	1040	194.8	5.57
16	紅檜、柳杉	44	27.4(9.2)	19.2(6.1)	7.5(2.9)	5.2(1.5)	920	498.9	11.34
17	紅檜、臺灣扁柏	37	20.1(18.1)	15.7(8.2)	4.9(2.1)	4.7(2.5)	800	436.9	11.81
18	紅檜、臺灣扁柏	29	14.7(7.9)	13.2(5.7)	4.4(1.7)	5.1(1.6)	1140	169.5	5.85
19	紅檜、臺灣扁柏、柳杉	45	24.1(16.1)	23.5(3.2)	6.1(2.3)	5.9(2.7)	1000	608.3	13.52
20	紅檜、臺灣扁柏	46	24.5(7.7)	19.7(4.8)	7.8(3.1)	5.3(1.9)	820	305.7	6.65

* Plantation Species 為台帳資料之造林樹種;**樣區位於崩塌地旁; ***Density 為樣區調查林木株數換算為每公頃密度;DBH,為胸高直徑;TH 為樹高;CBH 為枝下高;CD 為冠幅; Volume 為每公頃蓄積量; M.A.I 為每公頃蓄積年平均生長量(包含上木原生巨木)。

由表 6，可以瞭解目前的 20 個樣區胸高直徑、樹高、枝下高、冠幅、林分密度、蓄積量與蓄積年平均生長量受到林分樹種組成、齡級與密度影響，有明顯的差異。各樣區之平均胸高直徑差距相當大自 12.5 cm 至 48.5cm，平均樹高自 6.7 公尺至 23.5 公尺，平均枝下高自 2.2 公尺至 8.5 公尺，樹冠幅自 2.9 至 10.0 公尺。在第 2、4、5、7、9、

10、12、13、14 與 17 樣區皆有巨大的原生林木，因此使樣區的平均值胸高直徑與樹高較大，標準差也呈現較大的情形。地面調調查樣區蓄積量推估，以目前的樣區調查資料，依各樣區之調查之每木資料推估樣區蓄積量，進一步換算成每公頃之蓄積量，如表 6 所示。蓄積量範圍自 25.6 至 1619.7 m^3/ha。蓄積量的變化與胸高直徑容易受到樹種、齡級與密度影響(林世宗，2003)，且樣區內包含許多的原生巨木，致使蓄積量大幅增加，不容易進行客觀的比較。在本研究區內的 20 塊人工造林地的平均蓄積量為 512.8 m^3/ha，最低平均蓄積量的出現於第 8 樣區的 TPS_082 造林地號為 25.6 m^3/ha，本樣區於系統取樣時，選點位於造林地區之崩塌地範圍內，致使蓄積量偏低。

本次調查的區域為森林保育處自民國 64 至 85 年間針對檜木林分所做的保育更新作業，透過整治林地，並以紅檜與臺灣扁柏苗木進行栽植造林，因此除了栽植林木外，亦保留林地之原生林木，使本區的林分結構特徵與蓄積量具有高度的變異性，反映以光達資料所分析的樹冠高程模型點雲特徵，其中樹冠高程模型變異係數自 48.3~80.6%(表 3)，顯示光達資料可以詳實的描繪林地的林分冠層結構變異性。

本研究有部分的樣區內具有原生巨大母樹，為瞭解各樣區中造林木的實際蓄積量，依據沒有巨木存在的樣區胸徑大小最大值與林齡，

以大於 50 公分以上的林木視為原生的巨木，並將其材積扣除，單純計算造林木的蓄積量平均為 171.8 m^3/ha，年平均生長量（mean annual increment，M.A.I.）為 5.1 m^3/yr/ha。在各樣區巨木所包含的蓄積量占比從 0-97.6%，平均為 47.7%，顯示本區域的造林地內含有許多的原生巨木，這部分與許多林地是採行保育更新方式，保留適當的上木，而進行造林的實際情況相符合。本研究區的年平均生長量與劉知妤與王兆桓(2008)年利用林務局第三次臺灣森林資源調查及林務局森林永久樣區初設的資料，所進行柳杉及檜木人工林分析結果相近，但本區年平均生長量，是略低於在東、北區檜木與柳杉年平均生長量，分別為 6.9 m^3/yr/ha 與 6.2 m^3/yr/ha。與陳湞婷與顏添明(2018)針對中部的約 33-40 年生柳杉所進行的研究，則是明顯的低於其未疏伐處理的年平均生長量(17.5 m^3/yr/ha)。與汪大雄等(2011)針對中部的 35 年生柳杉所進行的研究，則是明顯的低於其未疏伐處理的年平均生長量(14.2 m^3/yr/ha)。與羅卓振南等(1997) 針對阿里山的 14 與 19 年生紅檜所進行的研究，則是明顯的低於其未疏伐處理的年平均生長量(9.9 m^3/yr/ha)。與李隆恩與顏添明(2019)針對中部的 29 年生紅檜所進行的研究，則是明顯的低於其未疏伐處理的年平均生長量(11.8 m^3/yr/ha)。

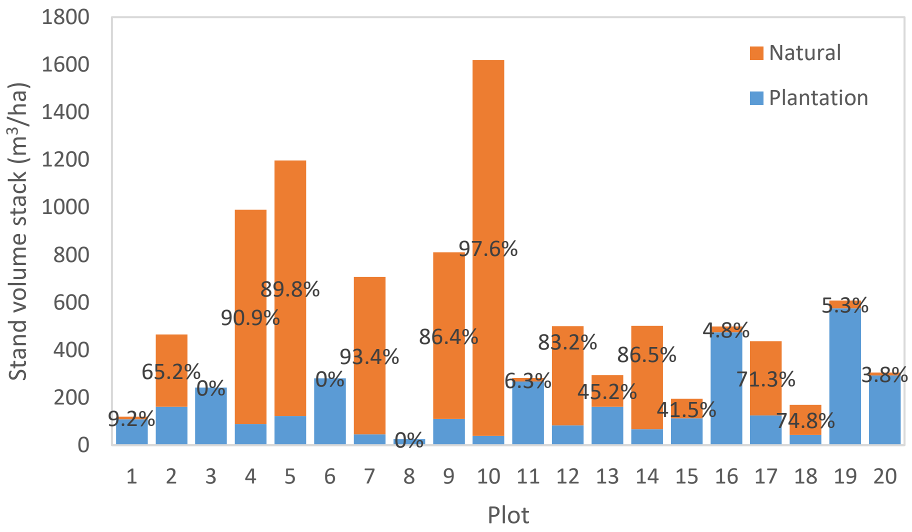


圖 14、各樣區推估林分蓄積量變化

2.重要造林樹種樹高曲線

樹高是林地生產力指標、估算林分蓄積量的重要林分特徵之一，但測量樹高的工作是相當花費時間，難以通過測量獲得林分的樹高資料，因此會藉由建立樹高曲線模式達到間接預測。本研究由地面調查資料建立紅檜、臺灣扁柏、柳杉三種主要造林樹種的胸高直徑-樹高曲線式，以及原生之鐵杉、香杉與臺灣杉三樹種之胸高直徑-樹高曲線式，以非線性迴歸模型配適，依據觀測值與預測值的相關性(r)與平均絕對百分比誤差(MAPE)，紅檜 r=0.93,MAPE=12.4%(圖 15)；臺灣扁柏 r=0.91,MAPE=18.6%(圖 16)；柳杉 r=0.85,MAPE=21.1%(圖 17)；本區域具有許多的原生鐵杉、香杉與臺灣杉，然而林木的株數相對較少，因此本計畫將鐵杉、香杉與臺灣杉資料合併進行胸高直徑-樹高曲線式配適，迴歸式 r=0.90,MAPE=19.1%(圖 18)，顯示所建立的非線

性迴規模具有良好的配適度，後續將配合後續樣區調查資料，以更多資料建立迴規模型，提供相關調查與研究使用。

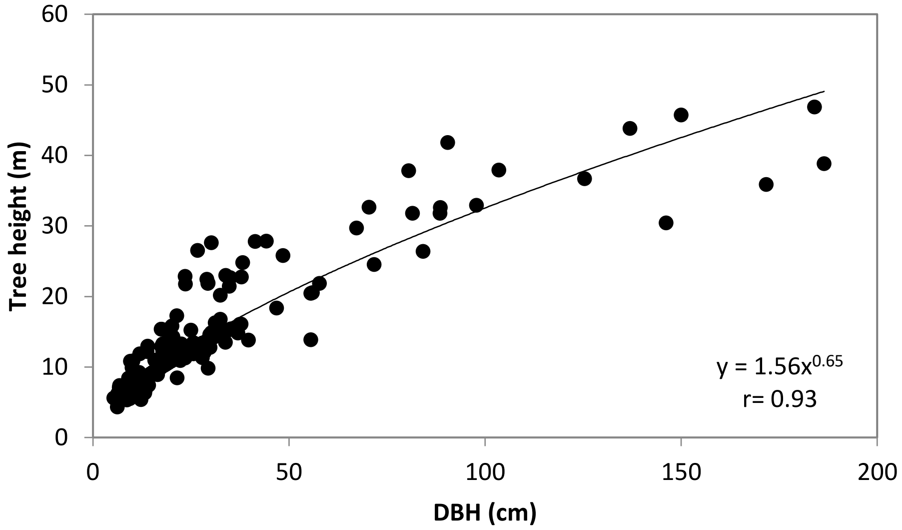


圖 15、紅檜胸高直徑-樹高曲線式

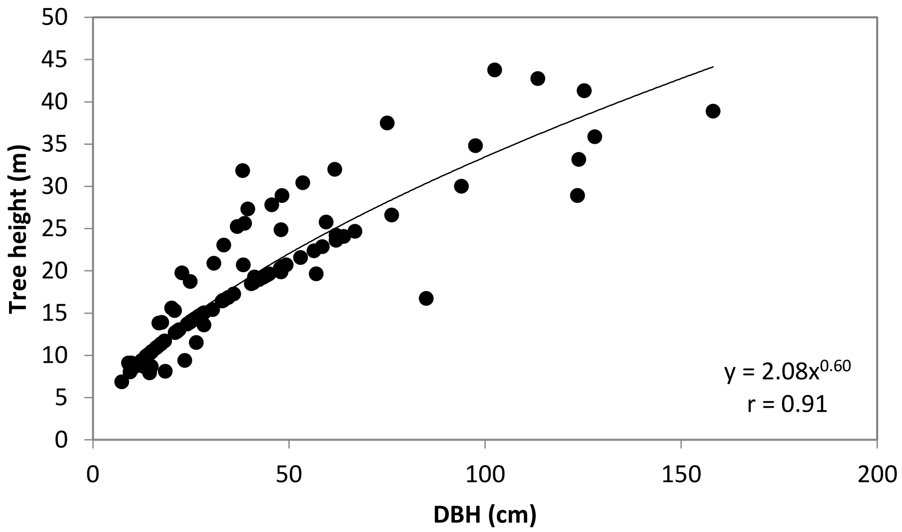


圖 16、臺灣扁柏胸高直徑-樹高曲線式

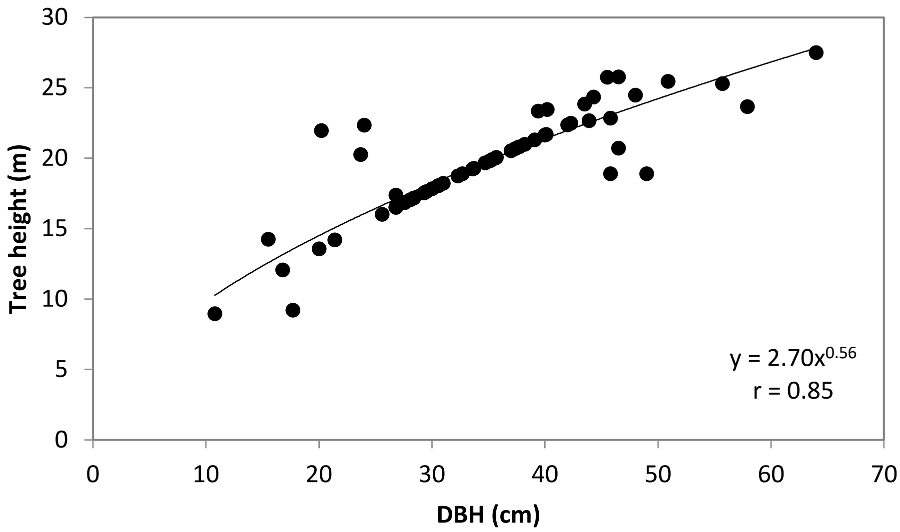


圖 17、柳杉胸高直徑-樹高曲線式

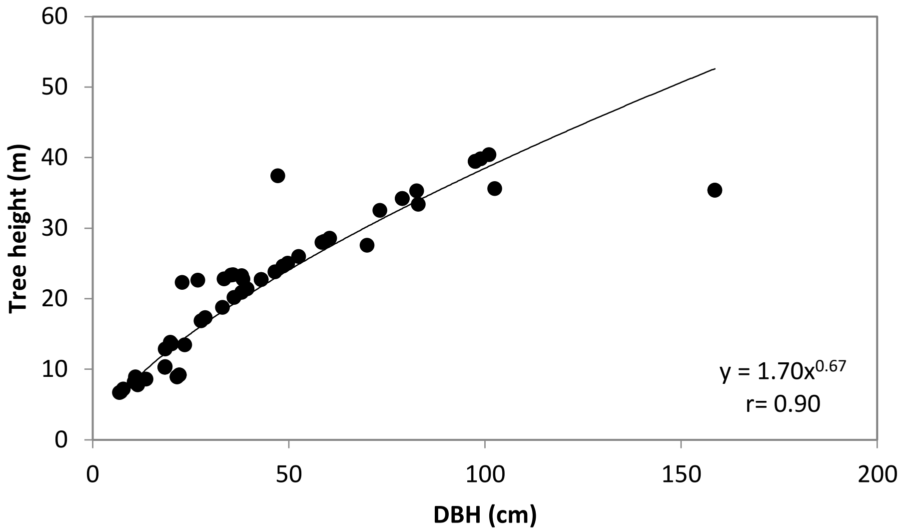


圖 18、原生之鐵杉、香杉與臺灣杉三樹種之胸高直徑-樹高曲線式

3.各樣區樹種組成

樣區調查的主要造林樹種包括紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa var. formosana*)、香杉(*Cunninghamia konishii*)，與原生針葉樹鐵杉(*Tsuga chinensis*)、臺灣二葉松(*Pinus* *taiwanensis)*、臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)，原生闊葉樹種有山櫻花(*Prunus campanulata*)、臺灣杜鵑(*Rhododendron formosanum*)、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)、臺灣紅榨槭(*Acer morrisonense*) 、玉山木薑子(*Litsea morrisonensis*)、玉山灰木(*Symplocos morrisonicola*)、白花八角(*Illicium philippinense*)、尖葉槭(*Acer kawakamii*)、西施花(*Rhododendron ellipticum*)、昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)、阿里山灰木(*Symplocos arisanensis*)、南燭(*Vaccinium bracteatum*)、厚皮香(*Ternstroemia gymnanthera*)、厚葉柃木(*Eurya glaberrima*)、香桂(*Cinnamomum subavenium*)、烏心石(*Magnolia compressa*)、烏皮九芎(*Styrax formosana*)、狹葉櫟(*Quercus stenophylla*)、粗毛柃木(*Eurya strigillosa*)、雪山冬青(*Ilex tugitakayamensis*)、掌葉槭(*Acer palmatum*)、森氏櫟(*Cyclobalanopsis morri*)、毽子櫟(*Cyclobalanopsis sessilifolia*)、錐果櫟(*Quercus longinux*) 、琵琶葉灰木(*Symplocos stellaris*) 、雅楠(*Phoebe formosana*)、圓葉冬青(*Ilex goshiensis*)、楊桐(*Adinandra formosana*)、裏白刺楤(*Aralia bipinnata*)、糊樗(*Ilex ficoidea*)、樹參(*Dendropanax dentiger*)、薄葉虎皮楠(*Daphniphyllum himalaense*)、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、霧社木薑子(*Litsea elongata*)、鐵釘樹(*Lindera erythrocarpa*)、木荷(*Schima superba*)等。

將地面樣區調查的資料，依樹種進行分析，瞭解各樣區的樹種組成，結果分述如次(圖 19)。樣區 1，顯示其組成包含臺灣扁柏為主造林樹種，所佔比例為 91.3%，另有薄葉虎皮楠、臺灣赤楊與裏白刺楤；樣區 2，樹種組成主要以紅檜與臺灣扁柏為主造林樹種，所佔比例分別為 47.8%與 43.5%，另有鐵杉，約佔 8.7%；樣區 3，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 100%；樣區 4，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 72.7%，亦有少數臺灣扁柏約佔 18.2%與鐵杉約佔 9.1%；樣區 5，樹種組成主要以臺灣扁柏與鐵杉為主，所佔比例分別為 47.8%與 43.5%，亦有少數紅檜約佔 8.7%；樣區 6，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 100%；樣區 7，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 94.7%，亦有少數臺灣扁柏約佔 5.3%；樣區 8，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 94.4%，亦有少數臺灣扁柏約佔 5.6%；樣區 9，樹種組成主要以臺灣扁柏與鐵杉為主要針葉樹，所佔比例分別為 16.0%與 14.0%，其中臺灣杜鵑佔比最高為 54.0%，亦有少數其他的闊葉樹種約佔 16.0%；樣區 10，樹種組成主要以紅檜與鐵杉為主，所佔比例分別為 45.2%與 25.8%，亦有少數其他的闊葉樹種約佔 29.0%；樣區 11，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 92.0%，亦有少數臺灣扁柏約佔 8.0%；樣區 12，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 63.8%，亦有少數鐵杉約佔 3.6%，

其他的闊葉樹種約佔 32.6%；樣區 13，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 98.9%，以及木荷佔 1.1%；樣區 14，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 100%； 樣區 15，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 69.2%，其他的闊葉樹種約佔 30.8%；樣區 16，樹種組成主要以柳杉為主，所佔比例分別為 64.5%，亦有少數紅檜約佔 8.9%，其他的闊葉樹種約佔 26.6%(圖 20)；樣區 17，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 100%；樣區 18，樹種組成主要以闊葉樹為主，所佔比例分別為 82.5%，以紅檜與香杉分別佔 10.5%及 7.0%；樣區 19，樹種組成主要以柳杉為主，所佔比例分別為 50.0%，其他的闊葉樹種約佔 50.0%；樣區 20，樹種組成主要以紅檜為主，所佔比例分別為 85.4%，其他的闊葉樹種約佔 14.6%(圖 21)

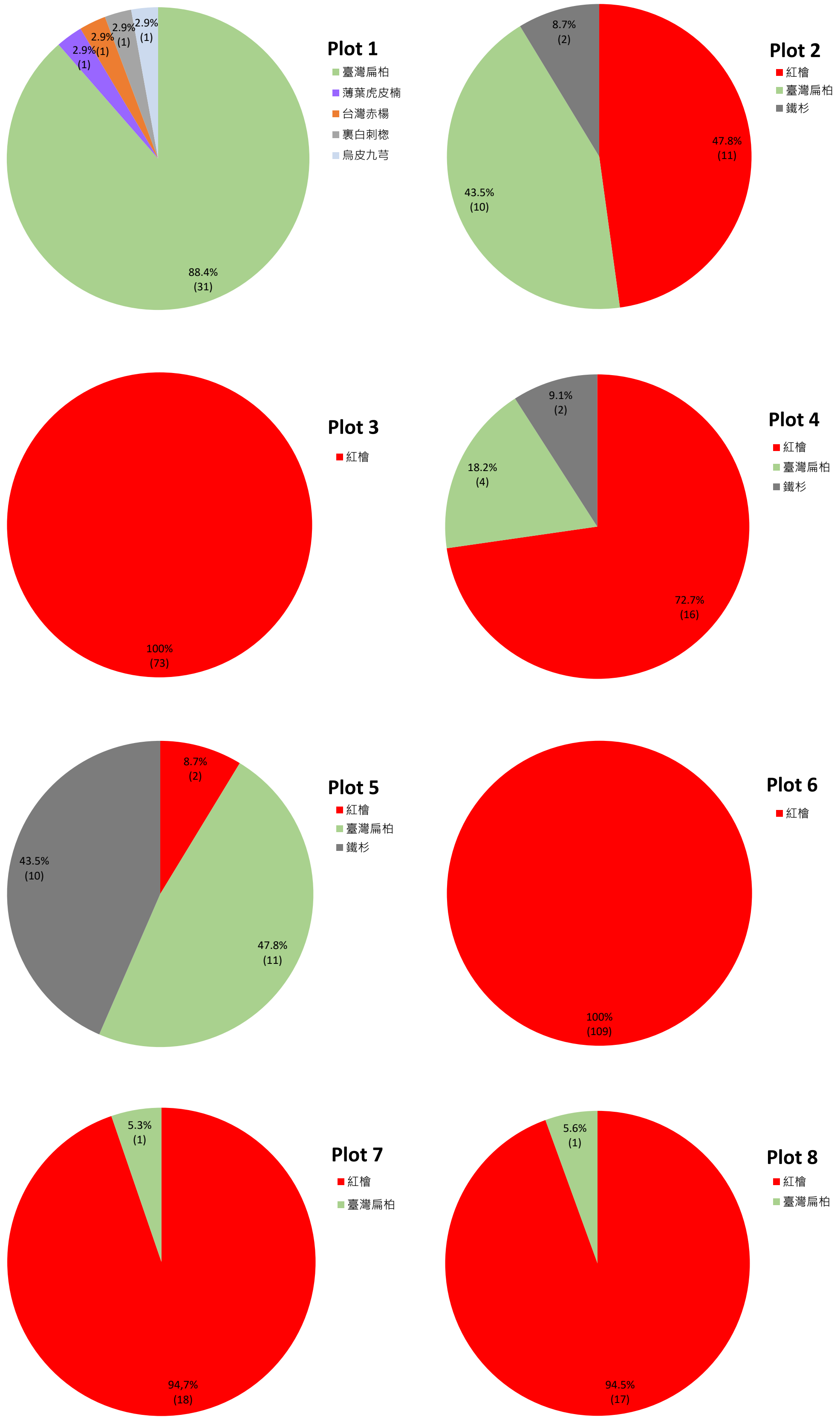


圖 19、樣區 1 至 8 的樹種組成。

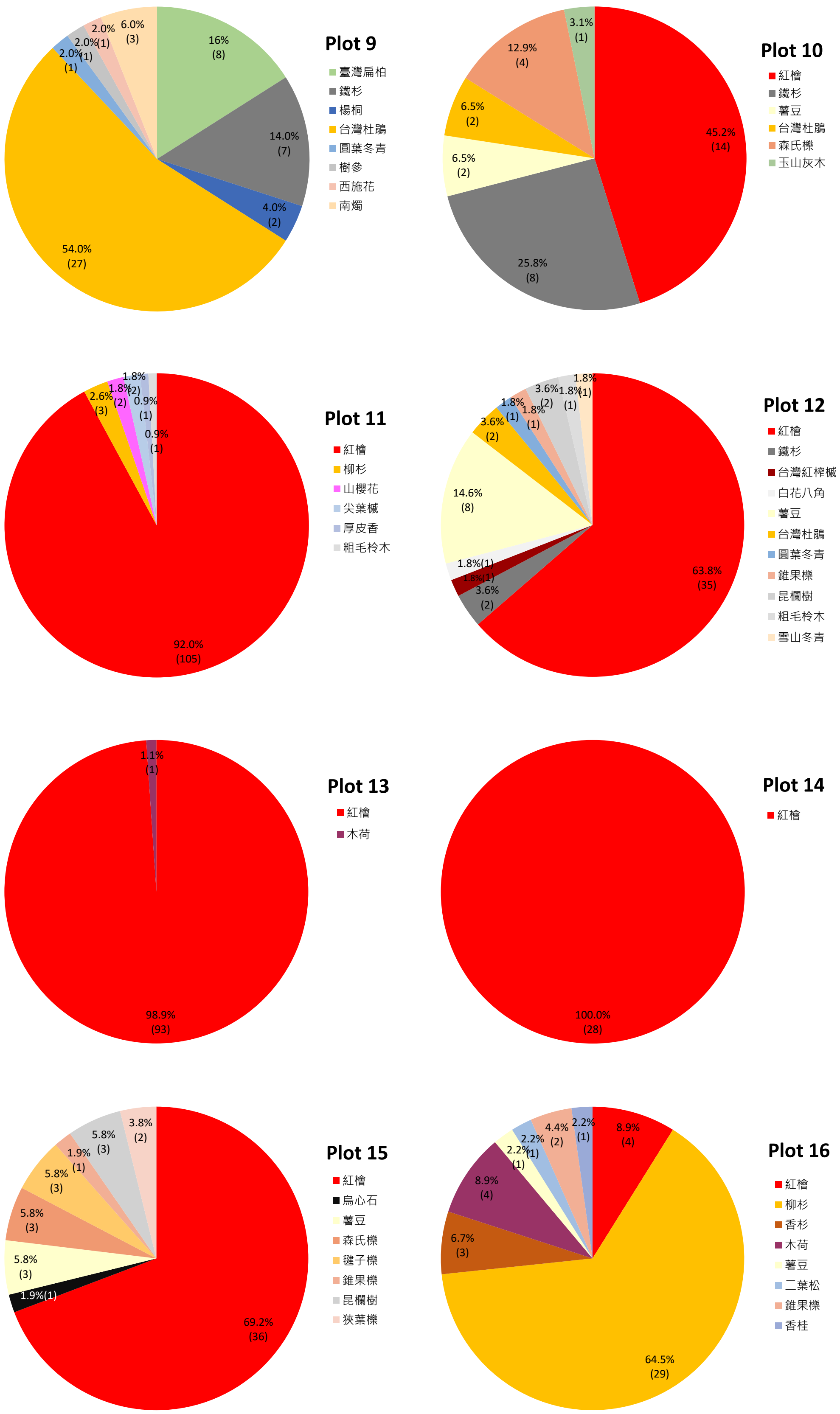


圖 20、樣區 9 至 16 的樹種組成。

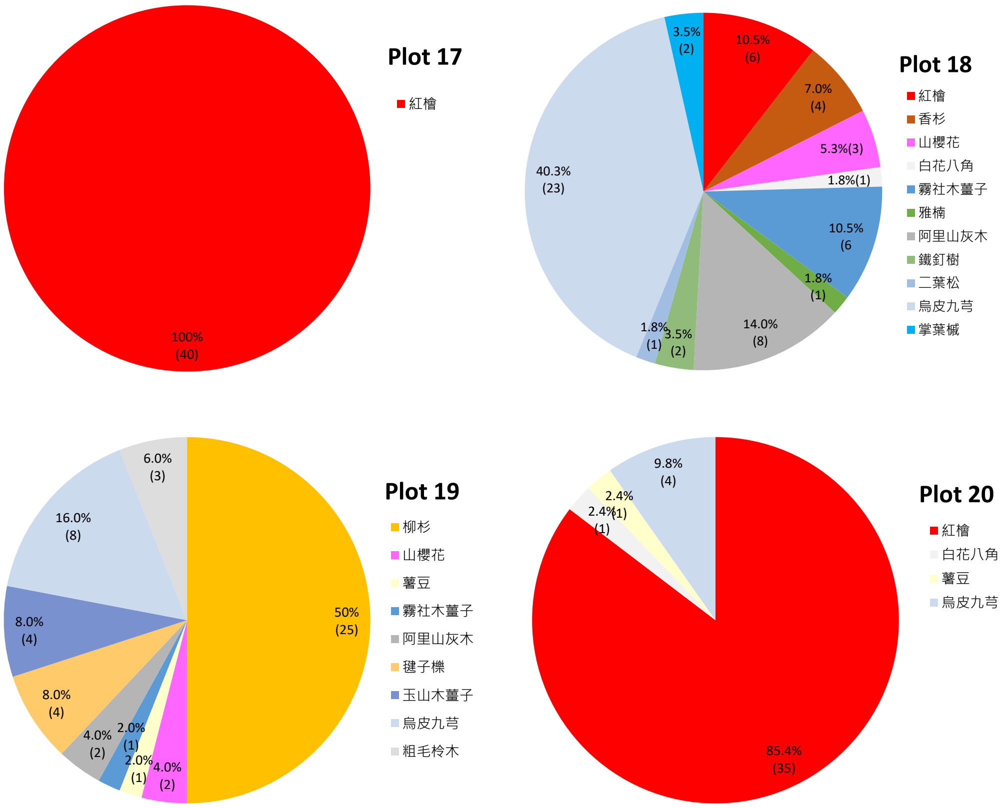


圖 21、樣區 17 至 20 的樹種組成。

三、人工林空間分布特徵分析

1.林分冠層結構多樣性分析

(1)林分胸高直徑級分佈

各樣區林木徑級的分布情況，將調查的胸高直徑繪製成直徑級分布圖(圖 22)，一般同齡林(even-aged stand)人工林之直徑級呈鐘形常態分佈。本研究透過 Shapiro-Wilk 常態性檢定(normality test)，判斷胸高直徑資料是否為常態分佈。依據 Shapiro-Wilk 常態性檢定的結果，符合常態分佈的樣區為樣區 1 (W = 0.95, p = 0.096)、樣區 5 (W= 0.90,

p= 0.097)、樣區 16(W = 0.96, p = 0.200)、樣區 20(W= 0.95, p= 0.051)。其他樣區皆偏離常態分佈，包括樣區 2 (W=0.87, p = 0.009)、樣區 3 (W= 0.90, p<0.001)、樣區 4 (W=0.50, p<0.001)、樣區 6 (W = 0.95, p <0.001)、樣區 7 (W = 0.58, p < 0.001)、樣區 8 (W = 0.84, p = 0.007)、樣區 9 (W= 0.54, p<0.001)、樣區 10(W=0.75, p<0.001)、樣區 11 (W = 0.69, p <0.001)、樣區 12 (W = 0.50, p < 0.001)、樣區 13 (W = 0.39, p = 0.007)、樣區 14 (W= 0.69, p<0.001)、樣區 15(W=0.86, p<0.001)、樣區 17(W = 0.42, p <0.001)、樣區 18 (W = 0.60, p < 0.001)、樣區 19 (W = 0.83, p <0.001)。

依據胸高直徑級的分布圖，對本次調查樣區林分之胸高直徑分布現況討論。第 6 與 8 樣區，的林木集中分布於 11~20 公分，第 6 樣區的小徑級林木較少，成現左偏的分佈，而第 8 樣區，則是小徑級林木的數量眾多，使分布呈現右偏，而使其資料不符合常態分佈。在第 2、4、5、7、9、10、12、13、14 與 17 樣區皆有巨大的原生林木，第 2 樣區，有 7 株臺灣扁柏，胸徑自 40.4~85.0 公分，以及 1 株鐵杉，胸徑 70 公分；第 4 樣區，有 1 株臺灣扁柏，胸徑 75.1 公分，以及 4 株紅檜胸徑自 32.5~184.0 公分；第 5 樣區，有 7 株臺灣扁柏，胸徑自 30.9~97.6 公分，1 株紅檜胸徑 90.5 公分，以及 10 株鐵杉，胸徑自 19.8~83.0 公分；第 7 樣區，有 1 株臺灣扁柏，胸徑 123.9 公分，2 株

紅檜胸徑 146.2 與 171.7 公分;第 9 樣區,有 2 株臺灣扁柏,胸徑 123.6 公分與 125.3 公分,株鐵杉胸徑 158.6 公分;第 10 樣區,有 2 株紅檜,胸徑 103.5 公分與 186.5 公分；第 12 樣區，有 1 株鐵杉，胸徑 102.5 公分；第 14 樣區，有 2 株紅檜，胸徑 88.5 公分；第 17 樣區，有 1 株紅檜，胸徑 125.4 公分。由於樣區內具有原生巨木，致使部分樣區多成雙峰分布至多峰分布(樣區 2、5、7)，或是林木的胸高直徑分佈範圍廣而造成較大變異(圖 22)。

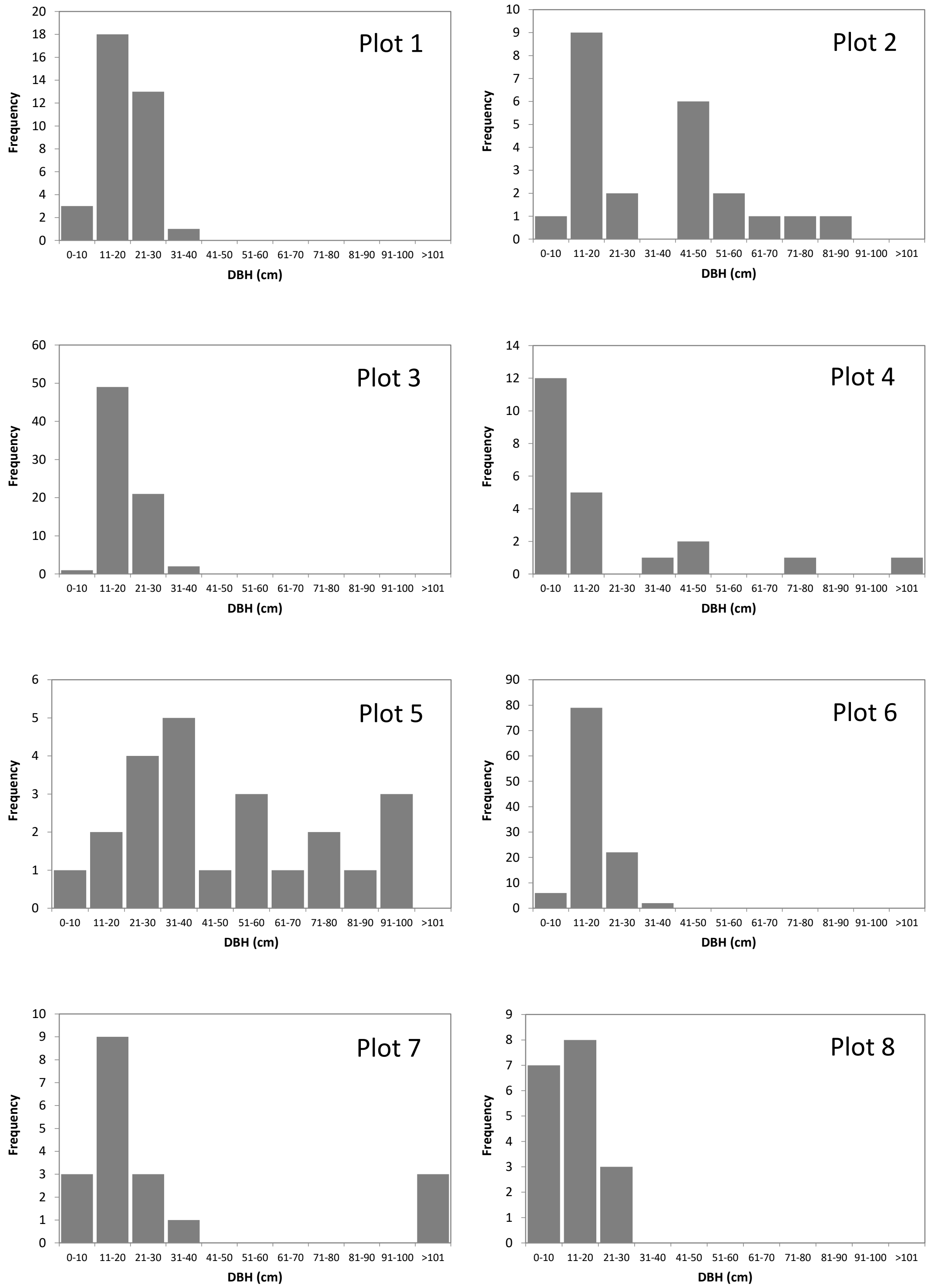


圖 22、樣區 1 至 8 的胸高直徑級分布圖。

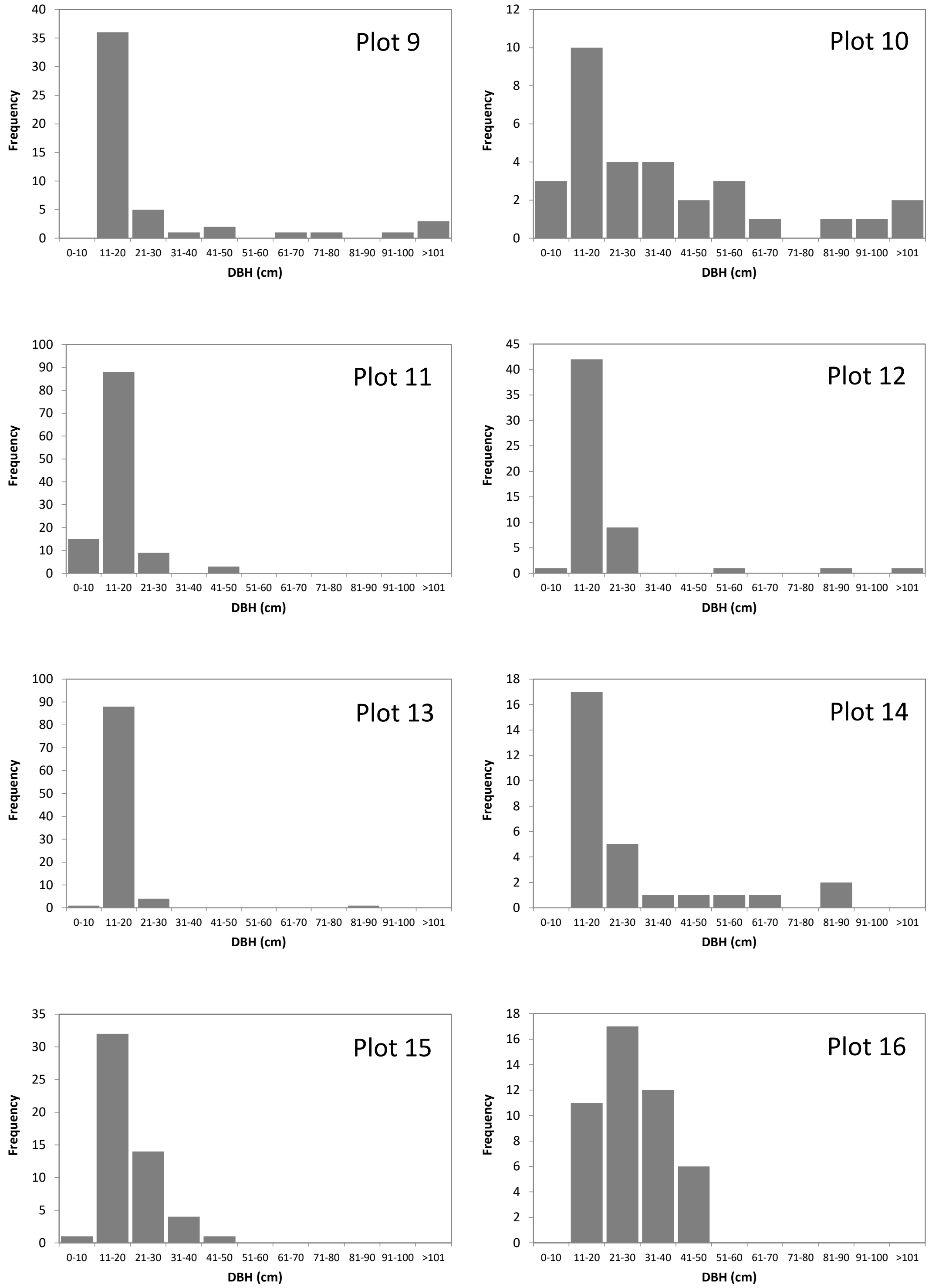


圖 23、樣區 9 至 12 的胸高直徑級分布圖。

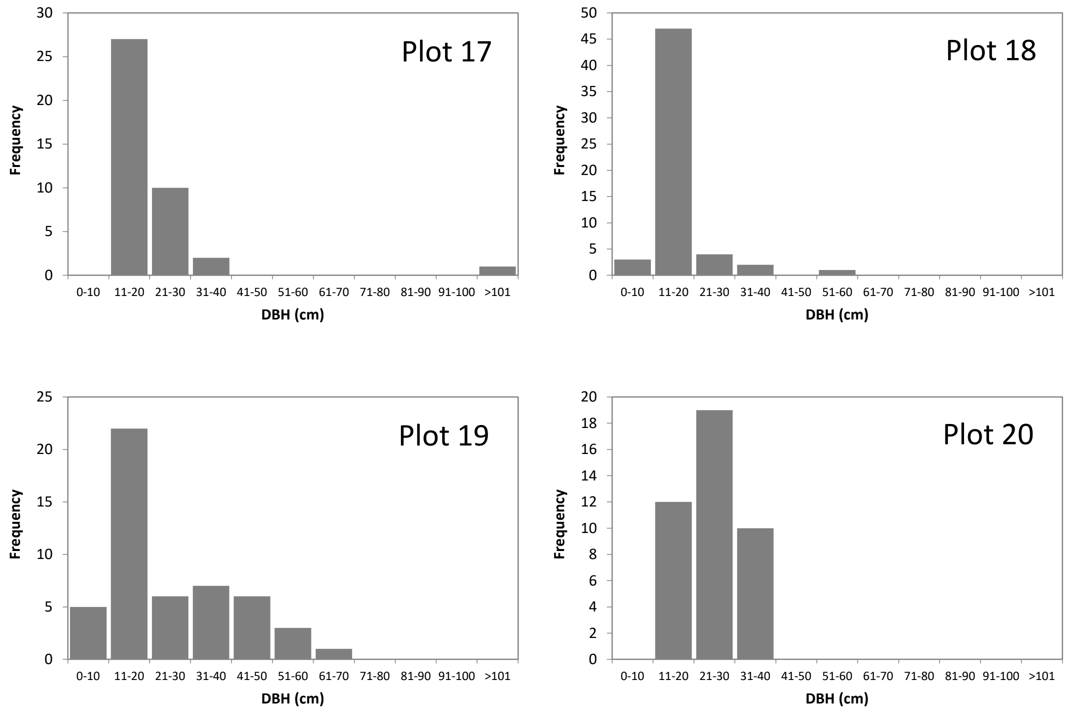


圖 24、樣區 17 至 20 的胸高直徑級分布圖。

(2)樹高結構多樣性

SQRI 指標可以適當地指示林分的垂直結構狀態，可作為監測林分冠層垂直發展的依據。將各樣區的樹高資料進行分析，目前在範圍內的 20 塊造林地，林分冠層結構多樣性 SQRI 指標自 1.0-2.6，平均為 1. 9(表 7)。林分冠層結構多樣性 SQRI 指標值高於 2.0 的出現於第 2、4、5、7、9、10、12、13、14 與 17 樣區，相對較高的林分冠層結構多樣性 SQRI 指標值，主要為樣區內具有胸高直徑級較大的巨木，這些巨木通常為該林分的突出樹冠，致使樹冠高度變異程度較大。

表 7、樣區調查之樹種組成各樣區以樹高與胸高直徑級計算平方根差總和摘要表

Plot	Plantation Species	Plot species	Age (yr)	TH SQRI	DBH SQRI
1	紅檜、臺灣扁柏	臺灣扁柏	31	1.7	2.1
2	紅檜、臺灣扁柏	紅檜、臺灣扁柏	30	2.6	4.6
3	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	31	1.2	2.0
4	紅檜、柳杉	紅檜、柳杉	25	2.1	6.1
5	紅檜、臺灣扁柏	紅檜、臺灣扁柏	27	2.4	6.8
6	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	26	1.2	1.8
7	紅檜、臺灣扁柏	紅檜、臺灣扁柏	28	2.6	7.4
8	紅檜、臺灣扁柏	紅檜、臺灣扁柏	27	1.3	4.7
9	紅檜、臺灣扁柏	臺灣扁柏(臺灣杜鵑)	29	2.1	6.1
10	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	32	2.0	5.9
11	紅檜、臺灣扁柏	紅檜、臺灣扁柏	32	1.5	2.0
12	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	46	2.6	3.4
13	紅檜、肖楠	紅檜	37	2.2	1.8
14	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	37	2.5	4.7
15	紅檜	紅檜	35	2.4	2.3
16	紅檜、柳杉	紅檜、柳杉	44	1.6	2.5
17	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	37	2.1	3.4
18	紅檜、臺灣扁柏	紅檜(闊葉樹多)	29	1.5	2.3
19	紅檜、臺灣扁柏、柳杉	柳杉	45	1.0	3.9
20	紅檜、臺灣扁柏	紅檜	46	1.9	2.4
	平均		33.7	1.9	3.6

(3)林分冠層結構多樣性分布圖

LiDAR 資料提供詳細的樹冠高程變化訊息，結合 SQRI 指標可以林分樹高的變異大小與空間分布情形，作為描述垂直結構現況依據。將 LiDAR 資料的樹高資料，依照樹高平方根差總和(SQRI)進行計算，可繪製大尺度空間範圍的林分垂直結構特徵(圖 25)，從本年度全區的

SQRI 圖，可以發現大部分造林地內的 SQRI 相對低於天然林的區域。

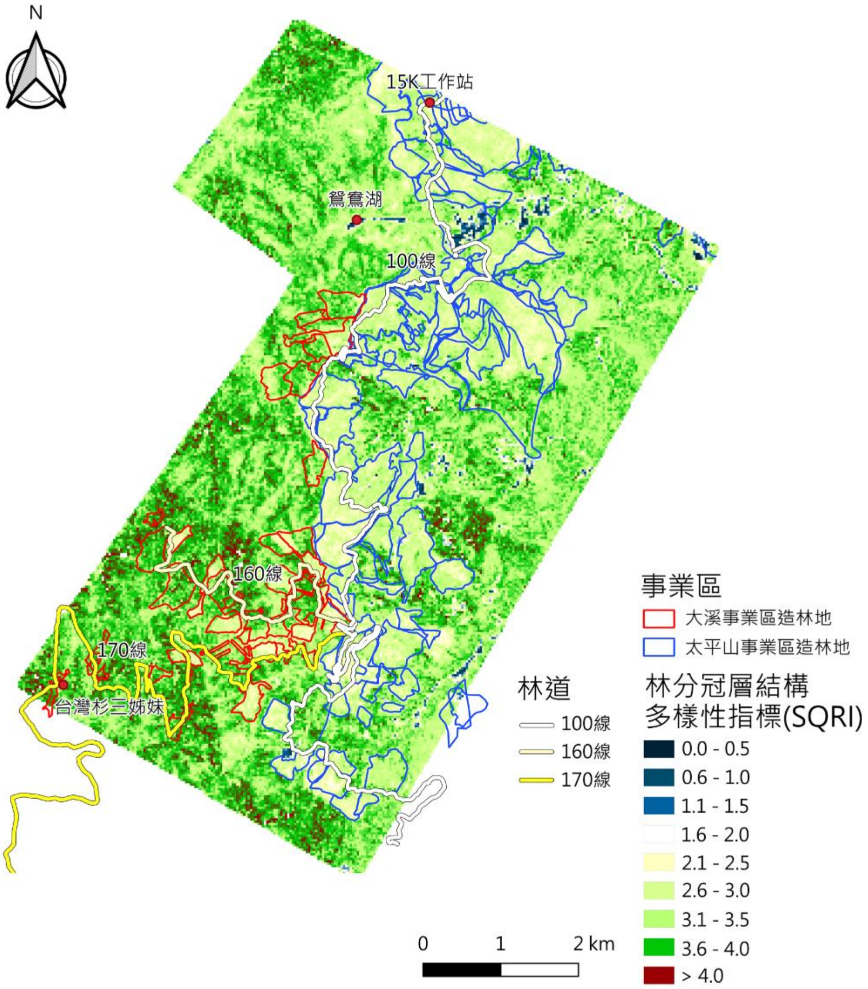


圖 25、林分冠層結構多樣性分布圖。

2.空間分布特徵分析

LiDAR 資料所提供大量具空間位置的點資料，應用點雲冠層分割技術，透過林木樹冠的形狀特徵，將林木單木化，提供單木的樹高、冠幅與空間位置(圖 26)。所獲得之單木資料，可作為進行空間分布特徵分析所需要的點資料。接續的分析及針對，透過 LiDAR 資料所萃

取的單木資訊，進行大尺度範圍的林木空間分布特徵分析。

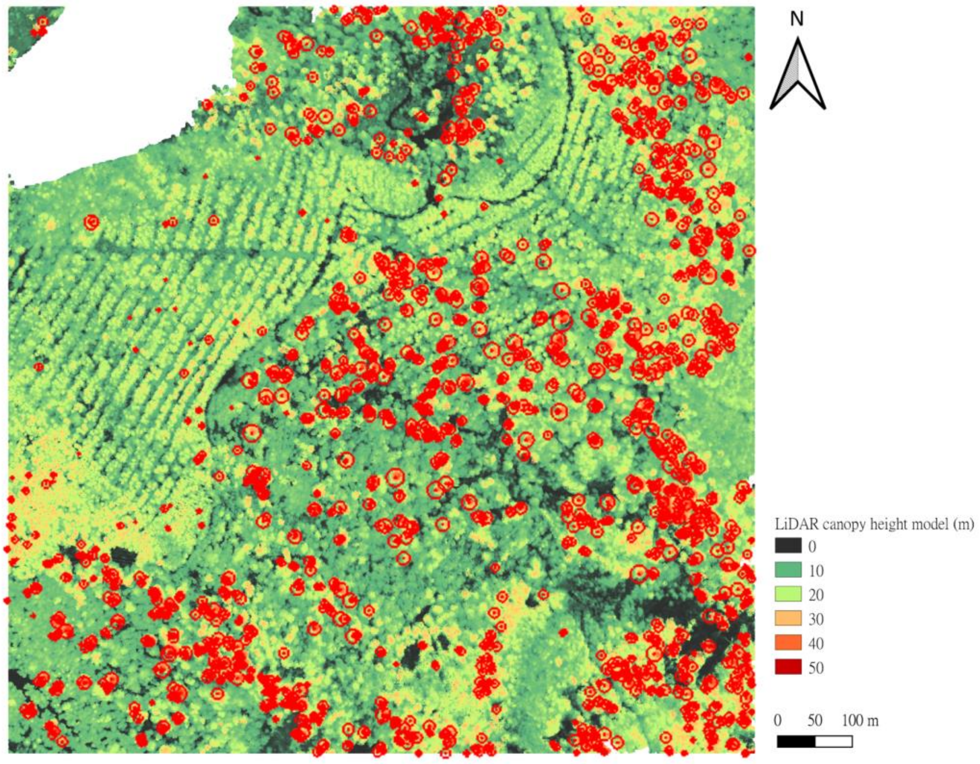


圖 26、應用點雲冠層分割技術，將林木樹冠分割後，可依不同高度掌握林木空間分布情形。

為掌握林木在棲蘭山地區的空間分布特徵，瞭解林木彼此間的距離，依據 LiDAR 點雲分類技術，將樹冠分割所獲取單木的空間位置資訊，進行計算林木間的最近鄰近距離計算及以 G function 分析點空間型態 (群聚、隨機與規則)。林木先依樹冠高度，每 10 公尺一級，總共分為 6 級。分析結果顯示，就平均而言，全研究區的林木不分層級的最近鄰近距離為 6.1 公尺;不同樹冠高度層級的林木的最近鄰近距離，0-10 公尺的為 4.2 公尺、10-20 公尺的為 6.5 公尺、20-30 公尺的為 7.6 公尺、30-40 公尺的為 9.5 公尺、40-50 公尺的為 11.5 公尺、

50 公尺以上的為 18.7 公尺，以及 60 公尺以上的為 35.2 公尺 (圖 27)。

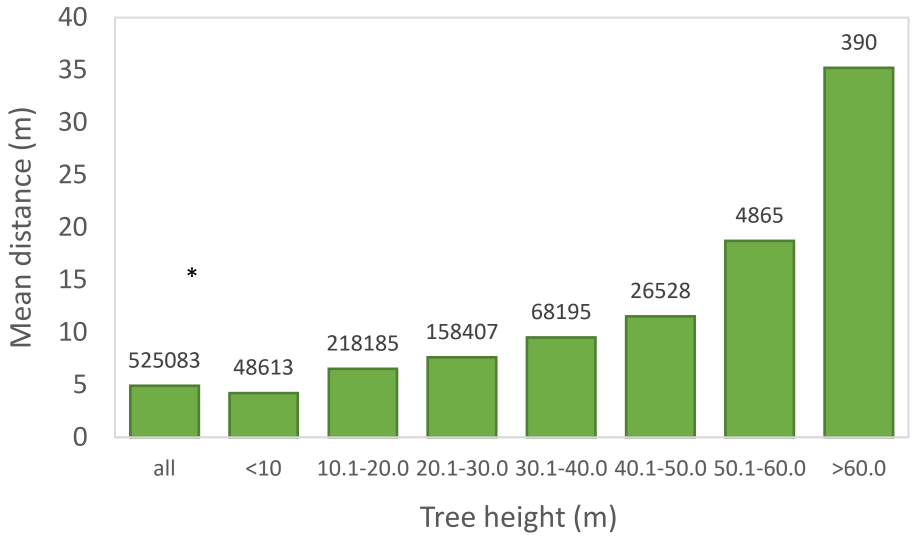


圖 27、 不同樹高層級之林木株數數量與最鄰近距離。

*數字為由 LiDAR 點雲資料所分割的單木數量

以 G function 分析點空間型態 (群聚、隨機與規則)，結果當最鄰近距離約小於 4.9 公尺時，點空間的分布型態是呈現規則分布(regular pattern)，而在大於 4.9 公尺時，點空間的分布型態是呈現群聚分布(cluster pattern)(圖 28)。本次調查樣區林分平均密度約自 440-2300 n/ha，將最低的平均密度每株林木之間的距離進行換算約為 4.7 公尺的行株距，由 G function 分析點空間型態的結果與研究區現狀進行比較，當每木的距離小於 4.9 公尺，一般是透過規則栽種的人工林，當最鄰近距離逐漸增加至大於 4.9 公尺後成群聚分布，則是本研究區天然林巨木的空間分布特徵，此與天然的檜木，大致成不規則的群聚狀特徵相符。

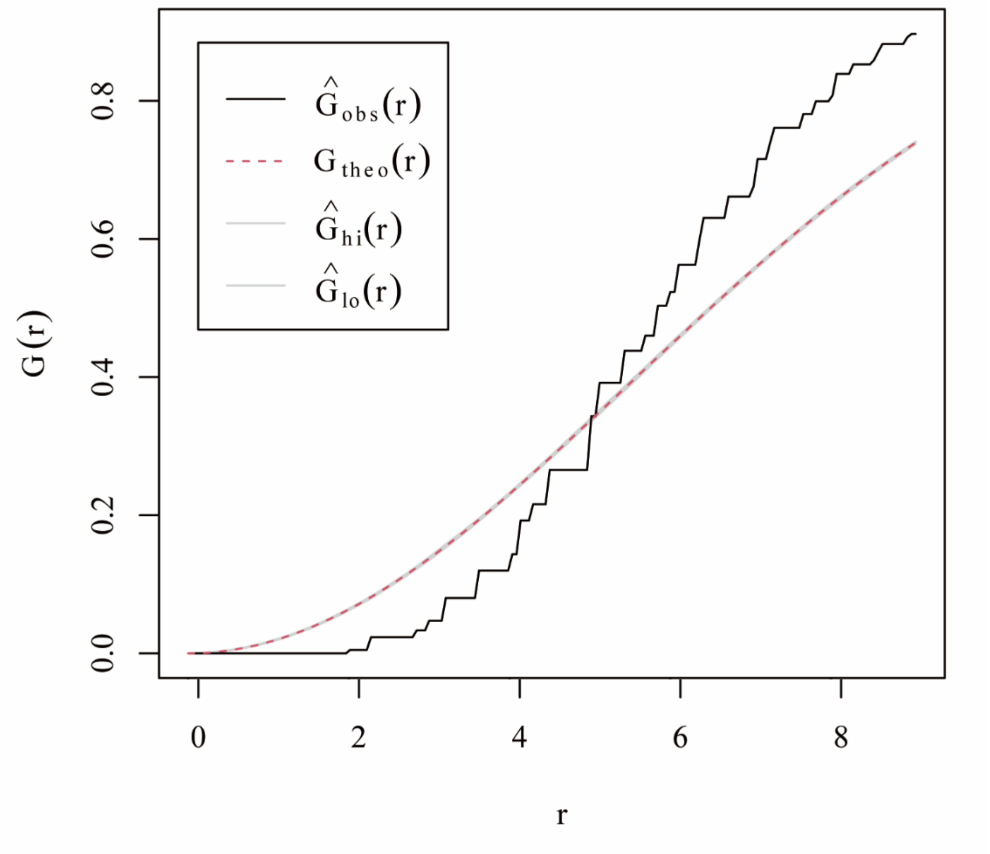


圖 28、全研究區林木點空間型態的 G function 分析。Ĝobs(r)為觀測值；Ĝtheo(r)為逢機分布之理論值；Ĝhi(r) 為逢機分布之理論值上限；Ĝlo(r) 為逢機分布之理論值下限，當觀測值曲線落於逢機理論值上下限範圍內，則表示為點資料為逢機分布。

四、人工林蓄積量與資源分布地圖繪製

1.樹種空間分布現況圖

依據森林保育處提供之大溪事業區及太平山事業區之造林實測圖資料，造林實測圖內記載造林樹種、年代、造林方法與空間位置，係將台帳資料(表 8)的造林樹種輸入至造林實測圖 SHP 檔案，並以地

理資訊系統繪製人工造林地樹種空間分布現況圖(圖 29)。

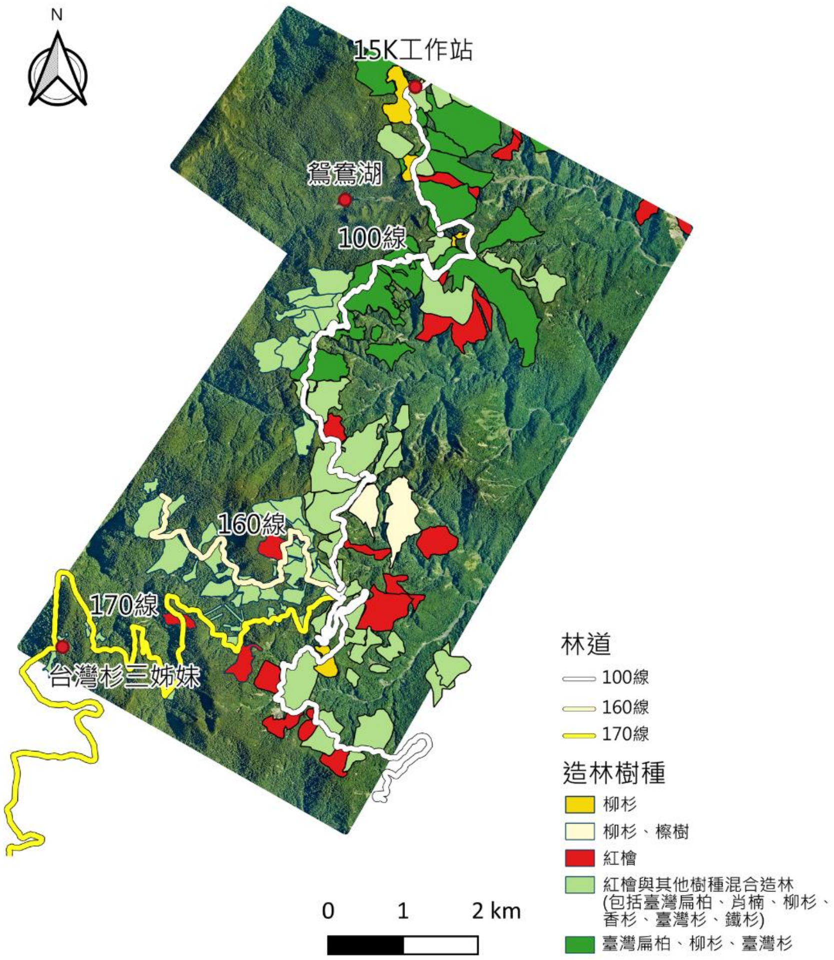


圖 29、造林木樹種空間分布圖。

2.遙測造林地蓄積量推估模式

(1)地面調查樹高資料與 LiDAR 資料

本研究應用 LiDAR 資料，針對棲蘭山地區大空間尺度的森林資源分布進行分析與評估，為確實瞭解 LiDAR 與地面實際情況所具有的差異性，可提供作為未來經營管理使用與相關研究的參考依據。依 LiDAR 資料分析全研究區樹冠高層平均值為 18.5 公尺(sd=10.8);樣區調查的樹木高度平均值為 14.9 公尺(sd=7.4)。地面樣區的樹高資料為校正與檢核 LiDAR 資料的重要依據，將地面調查所蒐集的樹高資料與樣區範圍內的 LiDAR 樹冠高層模型資料平均值，進行迴歸分析，迴規模式為 $y=0.62x+6.48$($R^2=0.73$, $p<0.001$)(圖 30)。模式的誤差來源，主要可能係因為地面調查樣區的資料，包含許多樹冠下層的林木，而 LiDAR 資料所獲取的樹冠高程模型(CHM)，在緻密的冠層林分中，仍以呈現上方冠層林木的樹高資料為主，則無法完全地反映所有林木的資訊所造成。

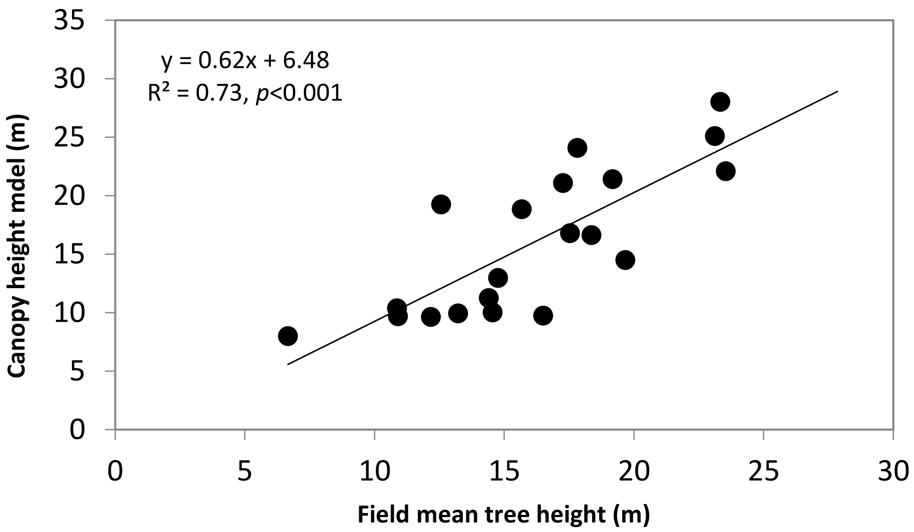


圖 30、地面調查樹高資料與 LiDAR CHM 資料迴歸模式。

(2)遙測林分蓄積量推估模式

為推估研究區域 LiDAR 資料範圍內人工造林地的蓄積量，將地面樣區所調查的胸高直徑與樹高資料，依據第三次森林資源調查之樹種材積式所推估蓄積量(y)，並與 LiDAR 的樹冠高層模型(CHM, x)進行迴歸分析，並建立遙測林分蓄積量推估模式(圖 31)。迴歸模型為非線性模式，$y=0.97x^{2.14}$(r=0.74,MAPE=42.4%)，依據 Lewis(1982)時提出了 MAPE 數值對於模式精度之評估準則，本研究所建立的遙測林分蓄積量推估模式上在合理精度範圍，可提供後續人工林蓄積量分布圖之製作使用。就平均而言，與地面資料所推估的蓄積量相比 LiDAR 高估約 83.7 m^3/ha，將地面樣區資料所計算的蓄積量與 LiDAR 所推估的蓄積量進行 T-test，以瞭解 2 者之差異，結果顯示 2 者間並無顯著性差異(t = 1.98, df = 19, p-value = 0.062，圖 32)。

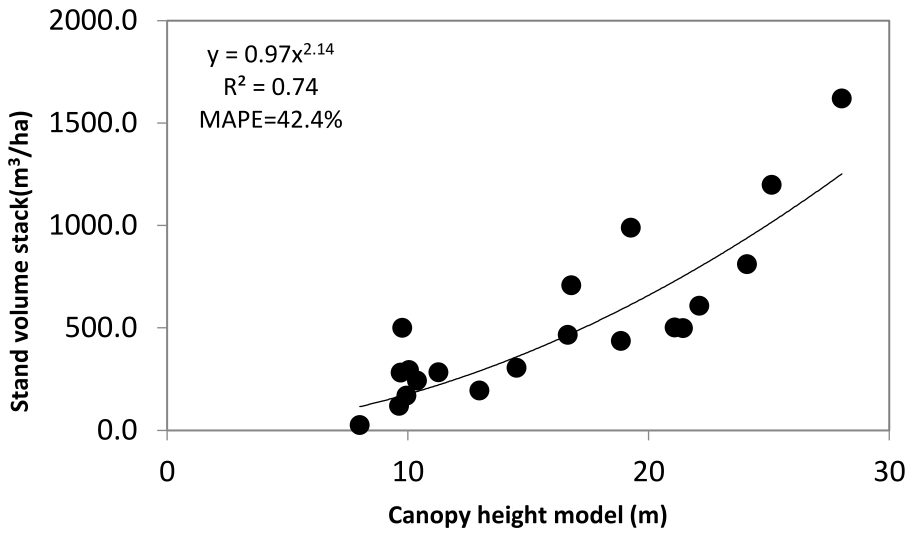


圖 31、遙測林分蓄積量推估模式。

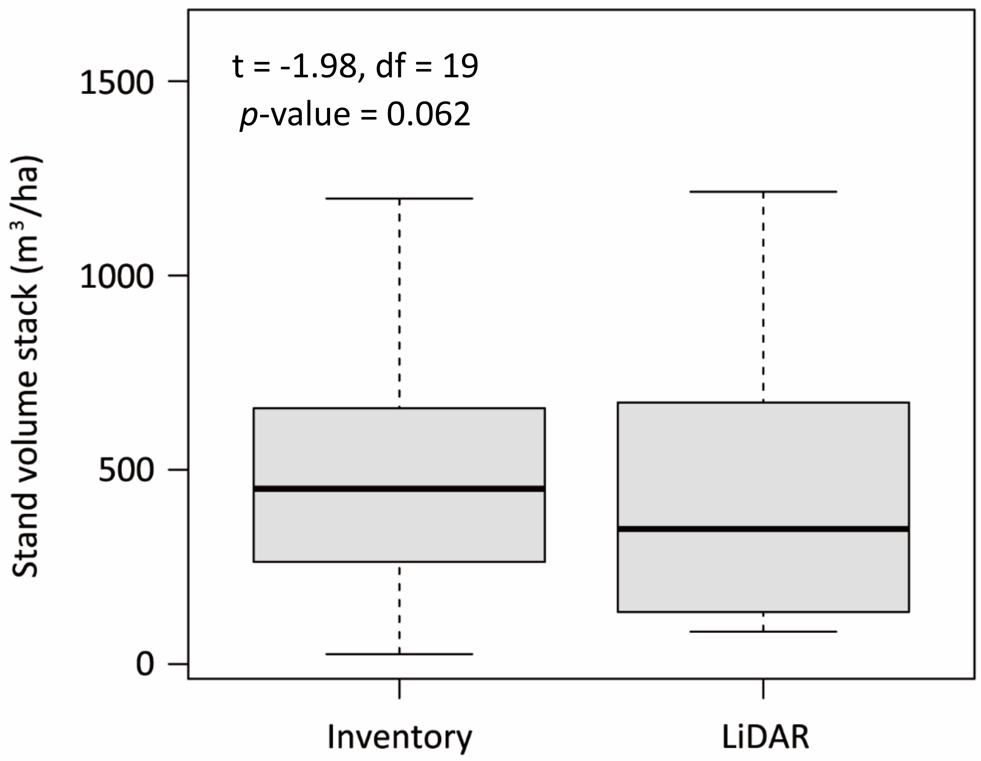


圖 32、地面樣區資料所計算的蓄積量與 LiDAR 所推估的蓄積量，及

T-test 結果。

(3) 人工林蓄積量分布圖

依據前一小節所建立的遙測林分蓄積量推估模式，使用 LiDAR 的樹冠高層模型進行人工林蓄積量分布圖之繪製(如圖 33)。透過遙測資料與地面資料的結合，可以有效率的產製本研究區人工造林地約 1,917 公頃的蓄積量分布圖。本研究的地面樣區設置大小為 20m x 25m，因此 LiDAR 資料同樣也必須配合降解析度為 20m x 25m，以符合迴歸模型應用之合理性。

以本次研究區域約 4982.1 公頃，透過所建立的迴歸式進行蓄積量的推估結果。故就平均而言，有約 17.9%的林地，蓄積量是大於 1000m^3/ha，這些高蓄積量的林分相當多高蓄積量的區位是為於天然林中(圖 34)，其他蓄積量在<100 m^3/ha 的部分約佔 8.0%，100.1-200.0 m^3/ha 的部分約佔 8.0%，200.1-300.0 m^3/ha 的部分約佔 11.3%，300.1-400.0 m^3/ha 的部分約佔 13.1%，400.1-500.0 m^3/ha 的部分約佔 12.4%，500.1-600.0 m^3/ha 的部分約佔 9.8%，600.1-700.0 m^3/ha 的部分約佔 7.7%，700.1-800.0 m^3/ha 的部分約佔 6.6%，800.1-900.0 m^3/ha 的部分約佔 4.4%，900.1-1000.0 m^3/ha 的部分約佔 3.5%，就整體而言約有 55.2%的林地的蓄積量是在 400m^3/ha 以上。本研究區各造林地的林齡約自 25-60 年生，平均造林地年齡約 40.2(sd=7.7)年生，包含林地之巨木平均蓄積量約為 483.4m^3/ha (sd=310.1)(表 8)。

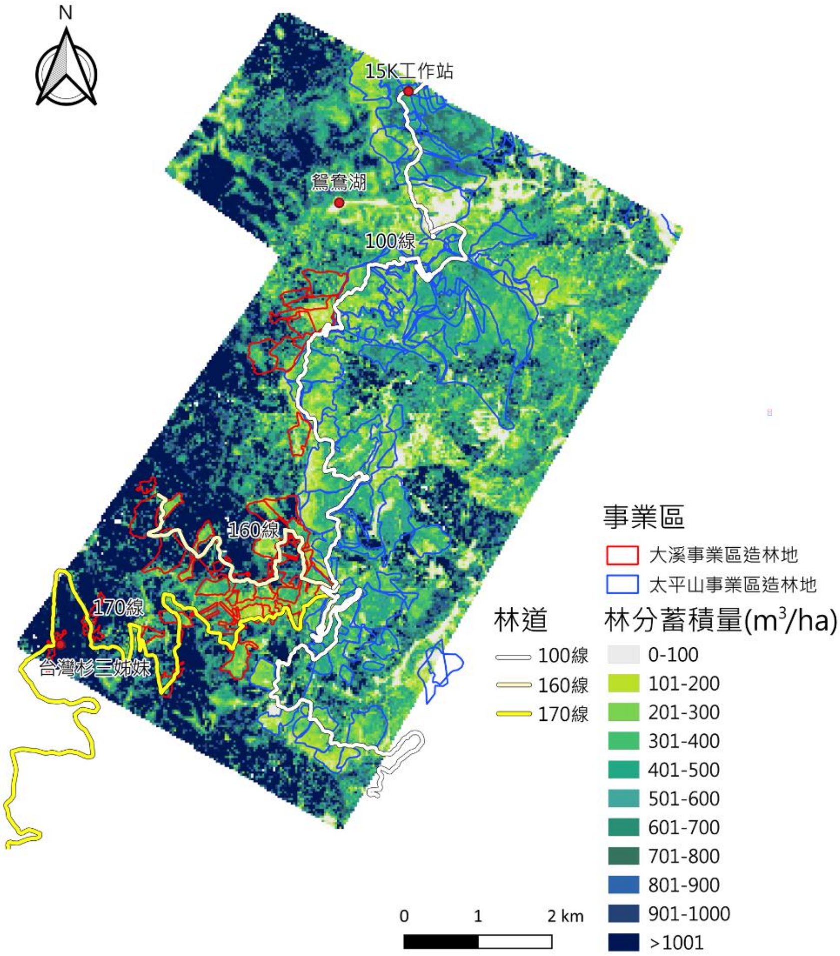


圖 33、本研究區域人工林蓄積量分布圖。

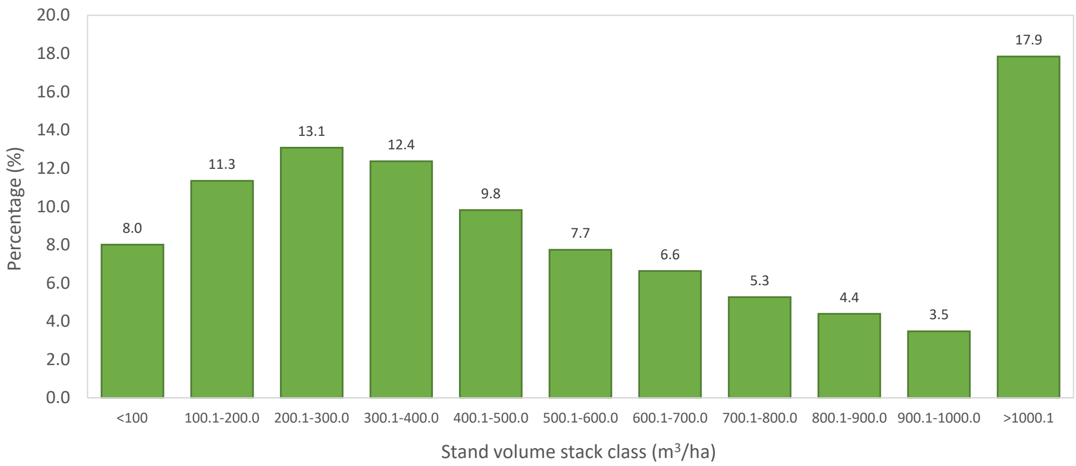


圖 34、本研究區域不同級距林分蓄積量分布百分比

表 8、本研究區域人工林造林地台帳蓄積量推估摘要表

造林地編號	樹種	林齡 (yr)	蓄積量 (m^3/ha)	MAI* (m^3/yr/ha)	造林時林分密度 (n/ha)	造林方法	撫育作業
TPS006	天然更新	60	343.3	5.7	-	天然下種	例行撫育
TPS021	柳杉	57	486.3	8.5	2929	栽植造林	例行撫育
TPS028	臺灣扁柏、柳杉	55	428.9	7.8	2600	栽植造林	例行撫育
TPS036	柳杉	53	267.1	5.0	2500	栽植造林	例行撫育
TPS053	天然更新	49	386.0	7.9	-	天然下種	例行撫育
TPS070	臺灣扁柏、臺灣杉、香杉、柳杉	47	329.8	7.0	3232	栽植造林	修枝撫育
TPS075	紅檜、柳杉	46	262.8	5.7	3160	栽植造林	修枝撫育
TPS077	紅檜、柳杉	46	205.4	4.5	3005	栽植造林	修枝撫育
TPS078	臺灣扁柏、柳杉	46	310.5	6.8	2510	栽植造林	修枝撫育
TPS080	紅檜、肖楠	46	333.5	7.2	2658	栽植造林	修枝撫育
TPS082	紅檜、柳杉	46	265.6	5.8	2608	栽植造林	修枝撫育
TPS089	檜木、柳杉	45	334.3	7.4	3020	栽植造林	例行撫育
TPS090	紅檜、柳杉	45	237.7	5.3	2934	栽植造林	例行撫育
TPS091	柳杉、檫樹	45	502.2	11.2	2920	栽植造林	例行撫育
TPS107	紅檜、香杉、柳杉	43	420.0	9.7	3060	栽植造林	修枝撫育
TPS108	紅檜、柳杉	43	220.0	5.1	3030	栽植造林	修枝撫育
TPS109	紅檜、柳杉	43	138.5	3.2	2500	栽植造林	例行撫育
TPS110	紅檜	43	397.3	9.2	2847	栽植造林	修枝撫育
TPS111	柳杉	43	497.6	11.6	3053	栽植造林	例行撫育
TPS119	紅檜	42	225.2	5.4	2500	栽植造林	例行撫育
TPS125	紅檜、鐵杉、闊葉樹	42	532.0	12.7	1360	栽植造林	例行撫育
TPS126	紅檜	41	501.8	12.2	3016	栽植造林	例行撫育
TPS127	紅檜	41	669.7	16.3	3120	栽植造林	例行撫育
TPS133	紅檜	39	441.9	11.3	3150	栽植造林	例行撫育
TPS134	紅檜、臺灣扁柏、柳杉	39	329.5	8.4	2960	栽植造林	例行撫育
TPS138	紅檜、臺灣杉	38	348.7	9.2	3260	栽植造林	例行撫育
TPS139	紅檜、臺灣杉	38	142.2	3.7	3140	栽植造林	例行撫育
TPS140	紅檜	38	247.8	6.5	3160	栽植造林	例行撫育

*包含原生巨木

表 8(續)、本研究區域人工林造林地台帳蓄積量推估摘要表

造林地編號	樹種	林齡 (yr)	蓄積量 (m^3/ha)	MAI* (m^3/yr/ha)	造林時林分密度 (n/ha)	造林方法	撫育作業
TPS144	紅檜、臺灣扁柏	38	758.1	19.9	2540	栽植造林	例行撫育
TPS146	紅檜、臺灣扁柏	37	148.8	4.0	3145	栽植造林	例行撫育
TPS149	紅檜、臺灣扁柏	36	628.3	17.4	3140	栽植造林	例行撫育
TPS150	紅檜、臺灣扁柏	36	142.4	3.9	3160	栽植造林	例行撫育
TPS151	紅檜、臺灣扁柏	35	216.0	6.2	3150	栽植造林	例行撫育
TPS154	紅檜	34	283.0	8.3	3275	栽植造林	例行撫育
TPS155	紅檜	33	197.2	5.9	3145	栽植造林	修枝撫育
TPS156	紅檜	32	1116.4	34.9	3270	栽植造林	例行撫育
TPS081	紅檜、臺灣扁柏	46	528.0	11.5	2515	栽植造林	例行撫育
TPS093	紅檜、臺灣扁柏	45	409.7	9.1	2916	栽植造林	例行撫育
TPS099	天然下種更新	44	1231.5	27.9	-	天然下種	例行撫育
TPS100	紅檜	44	529.7	12.0	2960	栽植造林	例行撫育
TPS112	香杉	43	194.1	4.5	3112	栽植造林	例行撫育
TPS147	紅檜,臺灣扁柏	37	718.0	19.4	3400	栽植造林	例行撫育
DASI_02	紅檜	35	1223.1	34.9	3480	栽植造林	例行撫育
DASI_03	紅檜	34	719.2	21.2	2560	保育更新	例行撫育
DASI_04	天然下種更新	33	637.8	19.3	-	保育更新	例行撫育
DASI_05	紅檜、臺灣扁柏	32	855.1	26.7	3186	保育更新	例行撫育
DASI_06	紅檜、臺灣扁柏	31	1474.2	47.6	3460	保育更新	例行撫育
DASI_07	紅檜、臺灣扁柏	30	1271.0	42.4	3720	保育更新	例行撫育
DASI_08	紅檜、臺灣扁柏	29	530.8	18.3	3435	保育更新	例行撫育
DASI_09	紅檜、臺灣扁柏	28	355.4	12.7	4700	保育更新	例行撫育
DASI_10	紅檜、臺灣扁柏	27	579.4	21.5	3400	保育更新	例行撫育
DASI_11	紅檜、臺灣扁柏	26	680.4	26.2	3390	保育更新	例行撫育
DASI_12	紅檜、臺灣扁柏	25	387.0	15.5	3390	保育更新	例行撫育

*包含原生巨木

(4)比較不同經營方式之蓄積量

棲蘭山林的林分經營模式相當多元，為瞭解經營管理措施之成效，藉由本研究所繪製的蓄積量分布圖，並與台帳資料中所記載的經營模

式進行蓄積量比較，經營模式選定以天然下種更新作業、保育更新作業與人工栽植作業，比較林分蓄積量的差異(圖 35)。在人工林栽植的部分蓄積量是三種經營模式中最低，約為 404.2m^3/ha(sd=241.0)，最高者為保育更新作業方式 749.0 m^3/ha (sd=363.2)，天然更新作業林地次之為 653.6 m^3/ha (sd=500.9)。不同經營模式中，在保育更新與天然更新作業，通常會保留林地上的原生母樹，作為更新林木之種子來源，因此林地的蓄積量主要來自於這些留存的巨大林木。雖然大部分的蓄積量來自於巨大的原生母樹，但天然更新與保育更新作業的方式，可充分利用原生母樹高大的樹高優勢，透過天然下種或人工栽植方式，於這些母樹冠層下方建立新一代人工林，可收立體經營之功效。就栽植造林方法，自造林台帳資料顯示本區域的平均造林年齡 40.2 年生，進一步計算總年平均生長量約可以達到 10.1 m^3/yr/ha (由空載光達資料所推估的林分蓄積量有包含巨木材積，固有較高的年平均生長量)。可以透過前述樣區所調查的平均巨木百分比，將年平均生長量進行換算，本區的林地年平均生長量應為 5.28 m^3/yr/ha。人工林若經由妥善的經營規劃，與落實各項育林撫育措施，可達到生態、經濟或社會等各項目標（顏添明等, 2004）。

森林之建造，在經營期間有必須對人工造林地施行撫育作業，以確保造林成功率與提升林木形質(王子定，1974)。一般造林初期會進

行例行性除草、除蔓撫育工作，當林冠達到鬱閉時須適度的進行中後期育林撫育作業，運用不同間伐作業調整林分空間，及修枝提高林分枝下高，以期產生無節良材，並改善林分生長環境，促進林木之生長。森林保育處自 90 年度以來，針對人工林進行修枝撫育作業，本研究藉由光達資料，嘗試瞭解林分進行修枝撫育所產生之蓄積量變化，由於本研究區域的林分組成複雜，因此挑選相似的造林年度與樹種，做為比較的對象。林分選擇以紅檜、柳杉為主，林齡為 38-45 年生的造林地各 3 處，進行修枝撫育林分的平均蓄積量與僅進行例行性撫育的蓄積量比較，林分平均蓄積量分別為 274.8 m^3/ha (sd=85.3)與 263.6 m^3/ha (sd=96.5)，結果二者顯示相似。修剪林分枝條的撫育工作主要目的是促使造林木在到達輪伐期前，避免死節、腐節之產生，生產無節良材，提升林木利用價值，此外，對於林分內枝條的整理，改善林下空間對生態環境之影響亦有許多正面效果。

森林保育處自 73 年開始至 85 年間針對大溪事業區的紅檜與臺灣扁柏森林，進保育更新作業，透過光達資料的蓄積量推估可以瞭解不同年代保育更新作業林地的林分蓄積量現況。由圖 37 的分析結果顯示，民國 73-75 年所執行的保育更新作業林地，平均蓄積量為 718.1 m^3/ha (sd=291.3)，民國 76-80 年的林分平均蓄積量為 991.5 m^3/ha (sd=363.6)，民國 71-85 年的林分平均蓄積量為 506.6(sd=135.3)。本研

究推估蓄積量資料範圍，與羅卓振南等(1989)針對天然檜木林擇伐研究時，調查52林班與94林班的對照組蓄積量分別為474 m^3/ha 與644 m^3/ha，有相對較高的情形。目前透過光達所推估的蓄積量表現，目前保育更新作業林分的平均蓄積量已經比民國78年時的蓄積量還多。除了林分蓄積量會隨著時間增加而逐漸地增加外，造林木的蓄積量也逐漸補充於林分中，根據調查造林木的平均約為171.8 m^3/ha，顯示保育更新作業林下造林，除可增加林分結構的層次多樣性，亦可增加林分蓄積量。

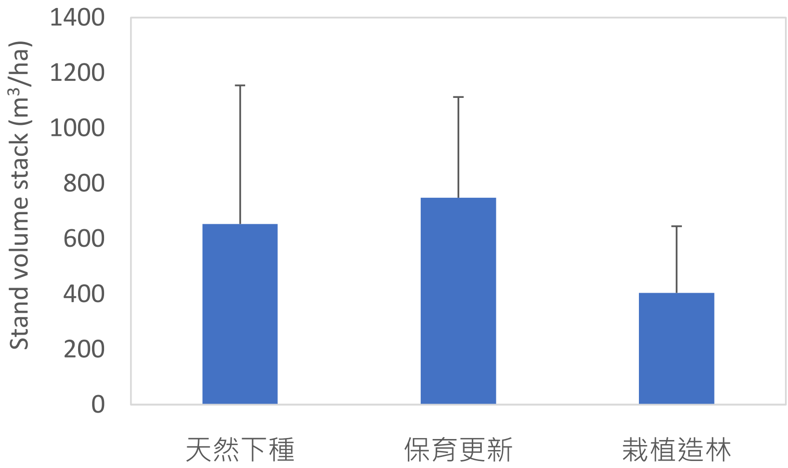


圖35、不同經營模式之蓄積量

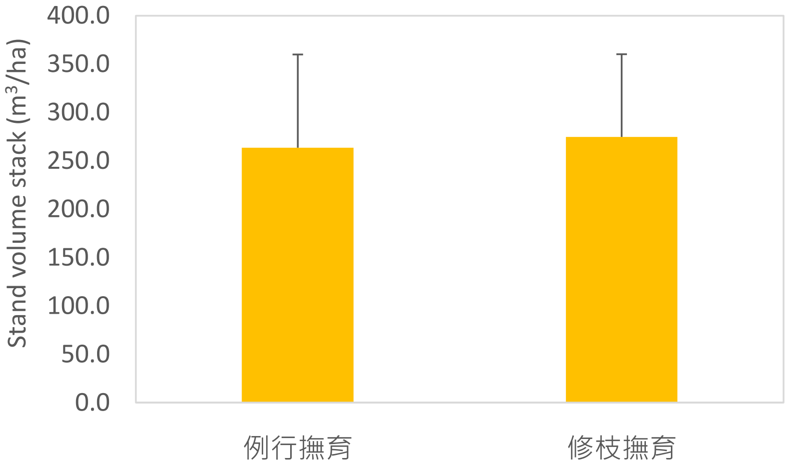


圖 36、不同撫育方法林分蓄積量

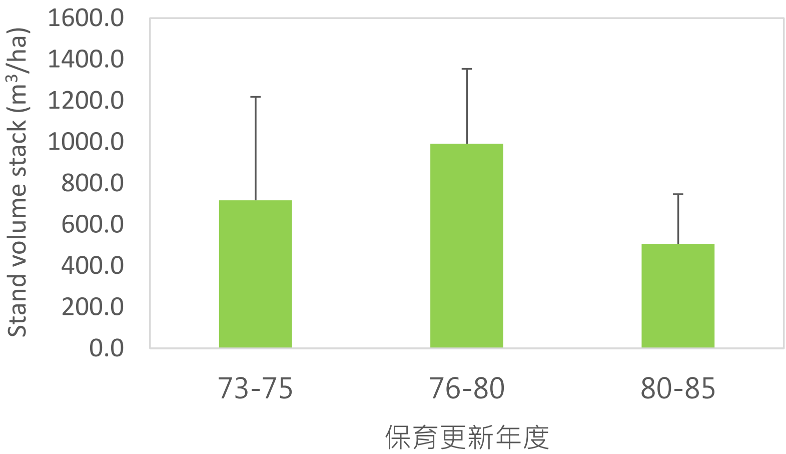


圖 37、不同年度經保育更新作業方法之林分蓄積量

捌、結論

光達是一種主動式遙感探測技術，透過光發射與接受，掌握目標物位置及距離，將每一次反射的資料彙集成為具高空間解析度與精度三維的空間資訊。光達精確的三維資訊可以詳實的描述重要巨木的樹冠形狀特徵，所提供的資訊，可用來測量森林冠層垂直結構及繪製各種森林資源圖資。就目前的階段性研究結果顯示，可提供快速與精確的瞭解大尺度各更新保育作業，在歷經 24~35 年後森林樹冠高程的現況，提供經營者掌握所與瞭解複雜的森林結構。

光達遙測技術，可有效率地掌握數千餘公頃的人工造林地概況，透過適當的統計分析技術，可以通盤的瞭解不同樹種組成與經營管理下林分蓄積量在大尺度空間的分布情況。本研究區的蓄積量，以栽植方式所建立的人工林蓄積量平均約為 404.2m^3/ha(sd=241.0)，天然更新作業林地為 653.6 m^3/ha (sd=500.9)，保育更新作業方式 749.0 m^3/ha (sd=363.2)。天然更新與保育更新作業的方式，可充分利用原生母樹高大的樹高優勢，透過天然下種或人工栽植方式，於這些母樹冠層下方建立新一代人工林，可收立體經營之功效。本研究區人工林有許多林分之密度仍在每公頃 1000 株以上，對於已成熟人工林分，林分密度相對較高，雖然林分具有不錯的蓄積量表現，但過多的林木樹量會因林分密度效應產生樹幹細小的林木，使單木的材積量較低，對於林

分健康與木材利用稍嫌不足,建議可以進行疏伐作業,調整林分密度,以促進林木生長、改善林分環境與增加林分蓄積量。

森林保育處自 105、106 與 109 年度已完成棲蘭山林區近 9000 公頃的光達資料蒐集,已建立良好的基線資料,未來建議可參照森林資源調查工作期程規劃 5 年或 10 年進行一次光達資料蒐集。運用光達的樹冠高程模型與地面調查資料,相對於透過人力調查具有較低成本和高效率的優勢,可以更高效率的瞭解大尺度森林區域的冠層高度動態與蓄積量分布。林分的經營管理,仰賴對於林分整體情況的掌握,長期性的監測資料,對於林分發展的動態具有重要的意義。

應用光達彩色點雲技術,對於重要的巨木資源樹冠層形態,可以充分發揮精確的三維點雲資料的特性,將林木外觀完整的描繪,其各種的外觀判視特徵與傳統航測判釋特徵相符,未來可以嘗試結合影像資料與光達點雲進行樹種自動判釋技術研究。棲蘭山地區擁有相當豐富的巨木資源,這些巨木資源可透過光達的分析技術,盤點現有的林木資源,詳實地掌握每一棵林木的空間位置,達到永續資源監測與管理的目標。

應用科學方法與新科技結合現地調查資料,發展精確且有效率的跨尺度監測工具,可提供瞭解森林生長的現象,亦可作為未來人工林經營管理調適與減緩全球變遷的影響的參考資訊,並可提供其他相似

的林分在經營管理上作為參考。

玖、參考文獻

臺灣省農林廳林務局 (1995) 。第三次臺灣森林資源及土地利用調查。

王子定(1974) 理論育林學(上)。國立編譯館。

汪大雄、鍾智昕、謝漢欽、湯適謙、陳財輝(2011)人倫地區柳杉疏伐前後林分木本植物組成和結構之調查。臺灣林業學。26(3): 295-303。

李隆恩、顏添明(2019)紅檜人工林疏伐後不同期間之疏伐效益分析。林業研究季刊 41(4)：273-283。

林世宗 (2003)。棲蘭山林區天然檜木生態系經營計畫九十二年期末報告 。 (檜木保育更新作業成效調查)。

陳湞婷、顏添明 (2018) 柳杉人工林疏伐後 7 年之林分生長、林分結構及森林健康探討。林業研究季刊。40(2)：161-178。

劉知妤 、王兆桓 (2008) 以林齡－蓄積量模式估算柳杉及檜木人工林的碳吸存量。宜蘭大學生物資源學刊。4(1): 35-45。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明 (1997) 疏伐與修枝對紅檜人工林生長之效應。臺灣林業學。12(2): 145-153。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明、周朝富、羅新興 (1989) 天然檜木林擇伐更新研究。林業試驗所研究報告季刊。4(4): 197-217。

魏浚紘、吳守從、黃冠理、陳朝圳、陳建璋 (2012a) 以空載光達資料推估柳杉人工林地上部生物量。臺灣大學實驗林研究報告 26(2): 23-33。

魏浚紘、吳守從、黃韋傑、謝依達、鍾玉龍、陳朝圳 (2012b) 影像二值化在空載光達影像樹冠孔隙分類上之應用。地理學報 66:53-66。

魏浚紘、陳朝圳 (2016) 光達技術應用於人工林之經營與監測。航測及遙測學刊 20(4)：231-250。

Andersen, H.E., Reutebuch, S.E., McGaughey, R.J., 2006. A rigorous assessment of tree height measurements obtained using airborne LiDAR and conventional field methods. Can. J. Remote. Sens. 32, 355–366.

Baltsavias, E. P. 1999. Airborne laser scanning: Basic relations and formulas. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, 199–214.

Blicharska, M., Mikusinski, G. (2014). Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. Conservation Biology 28, 1558–1567.

Barbeito, I,Ca˜nellas1 I.,Montes F.(2009)Evaluating the behaviour of vertical structure indices in Scots pine forests.Ann. For. Sci. 66:710

Cabo C., Ordó-ez C., López-Sánchez C.A., Armesto J., 2018. Automatic dendrometry: Tree detection, tree height and diameter estimation using terrestrial laser scanning. International Journal of Applied

Earth Observation and Geoinformation 69: 164-174. DOI: 10.1016/j.jag.2018.01.011

D’Amato, A. W., Orwig, D. A. (2008). Stand and landscape-level disturbance dynamics in old-growth forests in western Massachusetts. Ecological Monographs 78, 507–522.

Gates, D. M., 1980. Biophysical Ecology, Springer-Verlag. New York. Lewis. (1982). “Control of body segment differentiation in drosophila by the bithorax gene complex”. Embryonic development, Vol.1, pp. 269-288.

Hollaus, M., Wagner, W., Maier, B., & Schadauer, K. (2007). Airborne laser scanning of forest stem volume in a mountainous environment. Sensors, 7(8), 1559-1577.

Keenan R.J., Reams G.A., Achard F., de Freitas J.V., Grainger A., Lindquist E., 2015. Dynamics of global forest area: results from the FAO global forest resourc- es assessment 2015. Forest Ecology and Management 352: 9–20. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.014

Lefsky, M.A., W.B. Cohen, S.A. Acker, G. Parker, T.A. Spies, and D. Harding. 1999. LiDAR remote sensing of the canopy structure and biophysical properties of Douglas-fir westen hemlock forest. Remote Sensing of Environ. 70(3):339-361.

Lester, L. (2010). Big tree, small news: media access, symbolic power and strategic intervention. Journalism 11, 589–606.

MacDicken K.G., 2015. Global forest resources as- sessment 2015: What, why and how? Forest Ecology and Management 352: 3–8. DOI: 10.1016/j.fore- co.2015.02.006

Means, J.E., S.A. Acker, J.B. Fitts, M. Renslow, L. Emerson, and C.J. Hendrix. 2000. Predicting forest stand characteristics with airborne scanning LiDAR. Photo. Eng. and Remote Sensing 66(11):1367-1371.

Nelson, R., W. Krabill, and J. Tonelli. 1988. Estimating forest biomass and volume using airborne laser data. Remote Sensing of Environ. 24(2):247-267.

Naesset, E. (1997). Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data. Remote Sensing of Environment, 61(2), 246-253.

Phillips, N. G., Buckley, T. N., Tissue, D. T. (2008). Capacity of old trees to respond to environmental change. Journal of Integrative Plant Biology 50, 1355–1364.

Rahlf, J., Hauglin, M., Astrup, R., & Breidenbach, J. (2021). Timber volume estimation based on airborne laser scanning—comparing the use of national forest inventory and forest management inventory data. Annals of Forest Science, 78(2), 1-14.

Runkle, J.R., 1992. Guidelines and sample protocol for sampling forest gaps. In: United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-GTR-283, Available online. https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr283.pdf

Tng, D. Y. P., Williamson, G. J., Jordan, G. J., Bowman, D. M. J. S. (2012). Giant eucalypts–globally unique fire-adapted rain-forest trees? New Phytologist 196, 1001–1014.

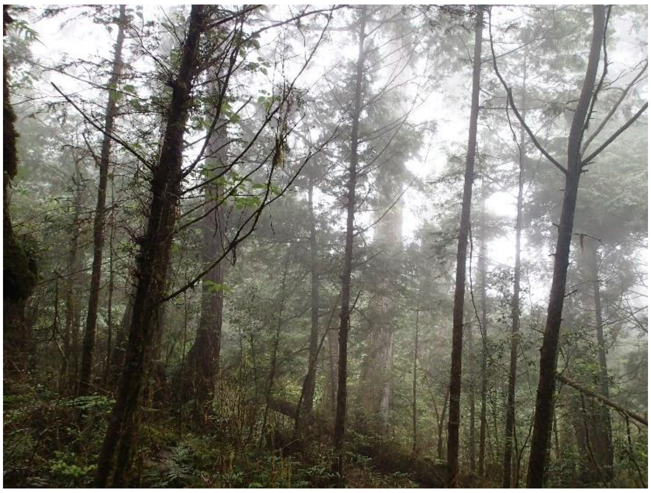
Whitehead, K., Hugenholtz, C.H. 2014 . Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UAV), part 1: a review of progress and challenges. J. Unmanned Veh. Syst. 2: 69–85.

Wulder M. A., White J. C., Nelson R. F., Næsset E., Ørka H. O., Coops N. C., Hilker T., Bater C. W., Gobakken T. 2012 Lidar sampling for large-area forest characterization: A review. Remote Sensing of Environment 121 (2012) 196–209.

附錄

附錄一、樣區調查照片

附圖 1、第 1 樣區林相



附圖 2、第 2 樣區林相

附圖 3、第 3 樣區林相

附圖 4、第 4 樣區林相

附圖 5、第 5 樣區林相

附圖 6、第 6 樣區林相

附圖 7、第 7 樣區林相

附圖 8、第 8 樣區林相

附圖 9、第 9 樣區林相

附圖 10、第 10 樣區林相

附圖 11、第 11 樣區林相

附圖 12、第 12 樣區林相

附圖 13、第 13 樣區林相

附圖 14、第 14 樣區林相

附圖 15、第 15 樣區林相

附圖 16、第 16 樣區林相

附圖 17、第 17 樣區林相

附圖 18、第 18 樣區林相

附圖 19、第 19 樣區林相

附圖 20、第 20 樣區林相

附錄二、期中報告審查意見回覆報告審查意見回覆

審查意見	執行單位回覆
陳駿銘委員	
(一)建議標示樣區點位，P17 之圖 6 樣區彩色標示不夠清楚。	感謝委員建議，已將樣區重新繪製。
(二)建議於表 3 點雲特徵資訊及表 4 樣區基本屬性 2 表加上林班，以利理解。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
三)報告書中所顯示調查區域林分很純，請說明是否有雜木，口頭說明調查對象為胸高直徑 5 公分以上林木，則於報告書中敘明較為妥適。	已依據委員建議修正。
于幼新委員	
(一)因服務建議書列有工作進度表，簡報亦列作業進度表，期中報告書未列，建議於期末報告亦應列出各項工作之進度表。	感謝委員建議，已依委員建議修正，各項工作項目依工作進度完成。
(二)多數報告常將 DTM 與 DEM 混淆，建議參照去年自強工程顧問有限公司的做法，統一森保處報告所用的名詞，請於期末報告中將本報告書內之 DTM 更正為 DEM，以資明確。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
(三)天然巨木點雲垂直剖面分析，左側巨木正射影像可旋轉讓黑色陰影向下，更能呈現出立體感。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
(四)請於期末報告中增加敘述巨木分布的生態價值，與森保處保育成效之展現。	感謝委員建議，已補充有關巨木分布的生態價值之相關研究資料(p65)。
(五)在報告之前人研究中，僅偏重點雲技術分析應用之面向，請增加人工林造林撫育與生物量及蓄積量等研究，俾利於後面章節與本區造林地之比較分析。	感謝委員建議，已依委員補充相關論述說明(p67)。
(六)有關人工林蓄積量的變化，建議於期末報告分析變化的趨勢，並提出與其他地區人工林蓄積量做為比對，以評估本區人工林生長情況、蓄積量大小的可能原因、造林成功與否或是需進行相關撫育作業。	感謝委員建議，已依委員補充相關論述說明(p67)。

林進龍主席	
(一) P.3 計畫緣起所述棲蘭山所轄大溪事業區及太平山事業區，面積應不止 2 萬 7,821 公頃，請再查明。	感謝委員建議，已修正。
(二)因本次樣區多為保育更新林，有前生樹和人工林共存，為求客觀請列出前生樹蓄積量，並將人工林蓄積量扣除前生樹之蓄積以資對照。	感謝委員建議，已依委員補充相關論述說明(p38)。
(三)資料顯示部份人工林枝下高很高，應為早年辦理修枝區域，建議將修枝與未修枝資料比對其林木經營成效。	感謝委員建議，已依委員補充相關論述說明(p67)
(四) P.9 研究地點所述主要樹種不應包含香杉，香杉非主要造林樹種；表 5 及 P.33 文字敘述均將鐵杉誤列為造林樹種，P.35 亦將薄葉虎皮楠等闊葉樹誤列為造林樹種。	感謝委員建議，已修正，期末報告中表 5 因表號更新改成表 6。
(五) 表 3 點雲特徵資訊，是否有柳杉人工林請查明、有 2 筆台帳未列栽植密度亦請查明、另有 2 筆高程變異係數過低亦請確認原由。	感謝委員建議，已補充太平山事業區資料，有柳杉造林地；有 2 筆台帳資料未列栽植密度視為天然更新造林法;2 筆樹冠高程變異數過低已確認並完成修正。
(六)其餘誤字於期末報告中均應更正。	已依委員建議修正。

附錄三、期末報告審查意見回覆報告審查意見回覆

審查意見	執行單位回覆
蔡宗穎委員	
本研究很有意義，報告書內有少數錯漏字，會後提供宜蘭大學修正。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
郭孟斯委員	
簡報結論所述 30 年生以上成熟林木乙節，對紅檜、臺灣扁柏等檜木仍未成熟。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
于幼新委員	
(一) 報告中所引用材積公式為第三次森林資源調查資料，但林務局已完成第四次森林資源調查，請說明為何不用最新資料？	感謝委員建議，已依委員建議修正。
(二) 圖 8 之 DTM 及 DSM 請修正。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
(三) 表 3 及表 4 之林分密度為原栽植密度或現存密度，請敘明。	感謝委員建議，已補充表 3 林分密度為台帳原始造林密度及表 4 為樣區調查林分密度現況。
林進龍主席	
(一) 大溪事業區造林代號為 DASI 或 DS，請統一。	感謝委員建議，已將報告中 DASI 或 DS 統一為 DASI。
(二) 保育更新始於 73 年，表 4 資料含括 64-66 造林資料，請將表頭文字更正以免誤會。	感謝委員建議，已依委員建議修正。
(三) 表 5 樣區 8 胸高直徑 48.5 公分，而內文又敘述該樣區為崩塌地，似有矛盾，請再確認該數值是否有前生樹。	感謝委員建議，已確認，期末報告中表 5 因表號更新改成表 6。
(四) 結論論述請加強，以利本處未來規劃撫育作業。	感謝委員建議，會提供林分撫育作業相關建議。
(五) 本次期中審查原則通過，請依各委員意見修正。	感謝委員。
(六)加值服務項目 GIS 圖資 3 幅加印 2 組，除本年度分析成果資料 3 幅，另 2 組為 106 年航拍區域 3 幅及本年度加 106 年範圍之 3 幅。	依委員建議，印製相關圖資。

附錄四、樣區調查資料

Plot	No	Species	DBH (cm)	CBH (m)	TH (m)	CW (m)
1	1	臺灣赤楊	20.8	4.3	22.2	7.0
1	2	薄葉虎皮楠	17.8	1.8	21.9	8.0
1	3	裏白刺楤	10.5	6.2	21.0	5.0
1	4	臺灣扁柏	11.5	2.4	8.9	5.1
1	5	臺灣扁柏	12.5	4.2	9.4	2.0
1	6	臺灣扁柏	30.5	5.3	15.4	9.1
1	7	臺灣扁柏	24.1	4.2	13.7	3.0
1	8	臺灣扁柏	25.0	5.2	14.0	3.8
1	9	臺灣扁柏	27.0	5.8	14.6	4.0
1	10	臺灣扁柏	14.1	4.6	10.1	3.1
1	11	臺灣扁柏	11.2	3.5	8.8	2.4
1	12	臺灣扁柏	13.6	4.5	9.9	3.8
1	13	臺灣扁柏	9.5	3.8	8.0	2.8
1	14	臺灣扁柏	16.1	7.5	10.9	2.8
1	15	臺灣扁柏	21.0	7.5	12.7	4.4
1	16	臺灣扁柏	24.8	4.1	13.9	4.8
1	17	臺灣扁柏	20.1	10.5	15.6	4.2
1	18	臺灣扁柏	10.0	4.3	8.4	3.1
1	19	臺灣扁柏	17.6	6.5	13.9	3.4
1	20	臺灣扁柏	14.6	7.2	10.3	3.6
1	21	臺灣扁柏	16.8	4.0	13.8	4.3
1	22	臺灣扁柏	21.5	6.2	12.8	3.8
1	23	臺灣扁柏	9.6	4.8	8.2	3.8
1	24	臺灣扁柏	9.1	5.9	9.1	2.4
1	25	臺灣扁柏	15.0	6.0	10.4	3.4
1	26	臺灣扁柏	16.5	6.2	11.0	4.1
1	27	臺灣扁柏	12.5	7.5	9.4	2.1
1	28	臺灣扁柏	21.5	6.4	12.8	4.4
1	29	臺灣扁柏	18.3	6.6	11.7	3.6
1	30	臺灣扁柏	26.2	4.8	14.4	5.2
1	31	臺灣扁柏	13.6	2.0	9.9	4.0
1	32	臺灣扁柏	11.8	2.0	9.1	3.2
1	33	烏皮九芎	20.2	1.4	22.1	6.0
1	34	臺灣扁柏	26.4	3.0	11.5	6.6
1	35	臺灣扁柏	28.3	5.4	13.6	5.6

3	1	紅檜	17.0	5.0	9.8	2.2
3	2	紅檜	13.5	5.0	8.5	2.8
3	3	紅檜	11.6	3.2	7.8	3.2
3	4	紅檜	13.5	3.8	8.5	4.2
3	5	紅檜	19.8	5.4	10.8	2.2
3	6	紅檜	13.5	2.8	8.5	3.0
3	7	紅檜	18.5	3.8	10.4	3.2
3	8	紅檜	21.0	3.4	11.2	2.6
3	9	紅檜	19.0	4.2	10.5	4.0
3	10	紅檜	12.5	4.4	8.1	1.8
3	11	紅檜	19.2	5.4	10.6	2.0
3	12	紅檜	18.6	4.1	10.4	2.2
3	13	紅檜	22.5	5.1	11.7	4.4
3	14	紅檜	17.8	5.0	10.1	3.8
3	15	紅檜	13.5	3.6	8.5	1.8
3	16	紅檜	14.5	3.1	8.9	2.2
3	17	紅檜	13.0	6.0	8.3	1.6
3	18	紅檜	13.6	5.6	8.6	1.4
3	19	紅檜	20.5	6.6	11.0	3.8
3	20	紅檜	13.5	4.0	8.5	2.1
3	21	紅檜	20.0	4.7	10.9	3.5
3	22	紅檜	12.2	3.0	8.0	1.6
3	23	紅檜	23.5	3.2	11.3	5.4
3	24	紅檜	11.1	2.8	7.6	2.2
3	25	紅檜	11.0	4.3	6.5	1.8
3	26	紅檜	13.5	4.0	8.5	2.4
3	27	紅檜	18.8	4.1	10.5	2.8
3	28	紅檜	13.8	4.3	8.6	5.6
3	29	紅檜	14.5	4.5	8.9	4.0
3	30	紅檜	11.8	5.0	7.8	4.2
3	31	紅檜	14.3	2.4	8.8	2.2
3	32	紅檜	10.5	3.4	6.3	2.0
3	33	紅檜	9.2	3.2	6.5	1.8
3	34	紅檜	18.6	2.4	10.4	3.8
3	35	紅檜	12.5	2.1	8.1	2.7
3	36	紅檜	25.2	5.2	12.2	3.8
3	37	紅檜	14.4	2.0	8.9	3.6
3	38	紅檜	20.2	3.8	10.9	4.0

3	39	紅檜	21.5	3.8	11.4	4.0
3	40	紅檜	20.0	2.4	10.9	4.2
3	41	紅檜	14.5	2.6	8.9	1.9
3	42	紅檜	21.6	4.1	11.4	4.6
3	43	紅檜	17.3	3.9	9.9	4.2
3	44	紅檜	25.6	4.3	11.9	4.8
3	45	紅檜	15.5	4.4	9.3	3.2
3	46	紅檜	16.0	6.0	9.5	1.4
3	47	紅檜	39.7	4.6	13.8	5.4
3	48	紅檜	29.8	6.8	14.6	6.7
3	49	紅檜	18.0	7.6	10.2	2.8
3	50	紅檜	17.2	7.4	9.9	2.7
3	51	紅檜	23.7	4.5	12.1	3.8
3	52	紅檜	13.5	6.5	8.5	2.1
3	53	紅檜	25.5	3.8	12.6	5.0
3	54	紅檜	28.1	6.8	13.4	4.6
3	55	紅檜	19.5	5.9	10.7	4.3
3	56	紅檜	29.0	6.4	13.7	6.0
3	57	紅檜	16.8	7.4	9.8	5.2
3	58	紅檜	21.5	5.2	11.4	4.8
3	59	紅檜	17.0	2.6	9.8	3.0
3	60	紅檜	22.5	4.5	11.7	3.2
3	61	紅檜	13.0	2.8	8.3	2.2
3	62	紅檜	17.5	2.8	10.0	2.3
3	63	紅檜	16.5	5.1	9.7	2.4
3	64	紅檜	11.8	4.9	7.8	1.8
3	65	紅檜	17.6	4.6	10.0	3.9
3	66	紅檜	16.5	3.7	9.7	1.2
3	67	紅檜	16.1	3.3	9.5	2.4
3	68	紅檜	26.7	4.3	13.0	6.2
3	69	紅檜	23.0	5.2	11.8	4.3
3	70	紅檜	37.0	2.8	14.8	5.2
3	71	紅檜	26.2	6.2	12.8	5.4
3	72	紅檜	17.2	2.8	9.9	2.4
3	73	紅檜	13.0	5.8	8.3	2.4
2	1	臺灣扁柏	61.7	3.6	32.0	11.0
2	2	紅檜	9.1	1.8	6.8	4.0
2	3	鐵杉	18.5	2.5	10.4	12.0

2	4	臺灣扁柏	49.3	12.5	20.7	5.2
2	5	臺灣扁柏	40.4	8.4	18.4	5.6
2	6	臺灣扁柏	85.0	6.8	16.7	18.0
2	7	紅檜	22.3	2.0	10.9	5.6
2	8	紅檜	20.5	2.4	11.0	5.1
2	9	臺灣扁柏	57.0	3.1	19.7	12.0
2	10	紅檜	10.0	3.2	6.9	3.6
2	11	紅檜	11.5	3.6	7.7	2.8
2	12	紅檜	11.0	3.8	7.5	4.6
2	13	紅檜	11.0	2.4	7.5	3.5
2	14	紅檜	12.0	2.2	7.9	1.8
2	15	臺灣扁柏	45.0	3.2	19.6	10.8
2	16	紅檜	17.8	1.8	10.1	7.5
2	17	紅檜	10.5	2.2	7.3	4.2
2	18	鐵杉	70.0	9.3	27.6	13.0
2	19	臺灣扁柏	48.0	3.4	24.9	9.6
2	20	臺灣扁柏	48.5	5.2	20.5	1.4
2	21	臺灣扁柏	48.0	6.4	19.9	9.2
2	22	紅檜	16.5	2.4	9.7	6.8
2	23	臺灣扁柏	53.0	1.5	21.6	13.8
8	1	臺灣扁柏	23.4	3.2	9.4	7.0
8	2	紅檜	7.9	1.8	5.7	2.4
8	3	紅檜	9.4	3.5	5.5	2.8
8	4	紅檜	8.7	2.2	5.3	2.4
8	5	紅檜	12.3	1.8	6.3	3.2
8	6	紅檜	8.2	2.0	5.7	1.8
8	7	紅檜	12.5	2.1	6.8	3.2
8	8	紅檜	6.2	1.8	4.3	1.9
8	9	紅檜	11.2	1.5	6.5	2.8
8	10	紅檜	11.0	1.7	6.3	2.1
8	11	紅檜	6.8	1.8	5.8	2.0
8	12	紅檜	5.3	2.4	5.6	1.8
8	13	紅檜	13.2	1.8	6.3	2.3
8	14	紅檜	21.5	2.6	8.5	3.1
8	15	紅檜	14.2	1.9	7.4	2.4
8	16	紅檜	10.9	1.9	7.3	2.1
8	17	紅檜	13.2	2.4	7.5	2.4
8	18	紅檜	29.4	2.5	9.8	7.2

6	1	紅檜	18.5	4.6	11.0	1.4
6	2	紅檜	18.0	4.1	10.2	1.6
6	3	紅檜	22.0	4.3	11.5	2.2
6	4	紅檜	24.5	3.1	12.3	3.1
6	5	紅檜	28.4	3.0	12.1	2.4
6	6	紅檜	19.2	2.8	11.1	2.8
6	7	紅檜	33.8	3.2	13.5	4.1
6	8	紅檜	20.0	2.5	12.0	2.4
6	9	紅檜	15.7	5.8	9.4	1.9
6	10	紅檜	11.8	6.0	7.8	1.4
6	11	紅檜	19.8	5.2	10.8	2.0
6	12	紅檜	10.0	5.2	7.1	1.4
6	13	紅檜	17.5	5.4	10.0	2.3
6	14	紅檜	22.1	5.8	11.6	2.4
6	15	紅檜	12.8	4.9	8.3	1.8
6	16	紅檜	16.3	2.5	9.6	2.6
6	17	紅檜	17.2	3.8	9.9	2.0
6	18	紅檜	17.2	5.2	9.9	1.9
6	19	紅檜	20.0	4.0	10.9	2.1
6	20	紅檜	17.3	2.8	9.9	2.1
6	21	紅檜	16.5	5.4	9.7	1.8
6	22	紅檜	16.1	4.6	9.5	1.8
6	23	紅檜	16.7	6.8	9.7	1.4
6	24	紅檜	22.1	7.2	11.6	1.8
6	25	紅檜	17.1	2.0	9.9	2.8
6	26	紅檜	23.9	6.4	12.1	2.4
6	27	紅檜	11.2	3.0	7.6	1.4
6	28	紅檜	22.8	4.5	11.8	3.4
6	29	紅檜	16.2	2.5	9.5	1.8
6	30	紅檜	13.0	5.2	8.3	1.6
6	31	紅檜	18.0	3.3	10.2	1.3
6	32	紅檜	17.2	3.8	9.9	2.0
6	33	紅檜	14.5	6.2	8.9	1.4
6	34	紅檜	12.7	6.2	8.2	1.8
6	35	紅檜	10.8	6.4	7.4	1.2
6	36	紅檜	12.3	6.9	8.1	1.8
6	37	紅檜	10.5	6.6	7.3	1.4
6	38	紅檜	15.0	5.8	9.1	1.8

6	39	紅檜	10.0	6.1	7.1	1.3
6	40	紅檜	11.5	6.4	7.7	1.4
6	41	紅檜	11.0	6.8	7.5	1.2
6	42	紅檜	19.5	5.2	10.7	2.1
6	43	紅檜	20.1	4.9	10.9	2.2
6	44	紅檜	21.8	6.4	11.5	3.6
6	45	紅檜	21.2	3.8	11.3	2.6
6	46	紅檜	18.5	2.8	10.4	3.8
6	47	紅檜	21.0	4.3	11.2	3.2
6	48	紅檜	22.6	5.8	11.7	3.6
6	49	紅檜	21.7	3.2	11.4	3.4
6	50	紅檜	19.2	5.9	10.6	2.8
6	51	紅檜	16.8	5.9	9.8	2.6
6	52	紅檜	11.0	5.4	7.5	2.5
6	53	紅檜	13.5	5.8	8.5	2.4
6	54	紅檜	20.8	3.5	11.1	3.6
6	55	紅檜	22.8	5.3	11.8	2.4
6	56	紅檜	17.5	2.0	10.0	2.6
6	57	紅檜	16.5	4.5	9.7	2.8
6	58	紅檜	17.0	3.8	9.8	2.2
6	59	紅檜	11.5	5.6	7.7	1.8
6	60	紅檜	12.0	3.2	7.9	1.8
6	61	紅檜	14.5	4.0	8.9	2.2
6	62	紅檜	11.5	3.2	7.7	3.4
6	63	紅檜	16.8	6.2	9.8	2.4
6	64	紅檜	11.5	2.6	7.7	2.3
6	65	紅檜	12.5	4.8	8.1	1.6
6	66	紅檜	12.2	4.8	8.0	2.6
6	67	紅檜	10.5	4.3	7.3	2.4
6	68	紅檜	15.9	3.4	9.4	2.8
6	69	紅檜	11.6	4.3	7.8	2.4
6	70	紅檜	9.5	4.0	8.2	2.4
6	71	紅檜	13.0	4.4	8.3	1.6
6	72	紅檜	19.5	4.3	10.7	2.4
6	73	紅檜	24.2	4.0	12.2	4.3
6	74	紅檜	10.5	7.3	7.3	1.2
6	75	紅檜	9.4	6.8	6.8	1.0
6	76	紅檜	9.5	8.0	6.9	1.2

6	77	紅檜	16.7	4.4	9.7	1.8
6	78	紅檜	13.2	4.3	8.4	2.1
6	79	紅檜	16.9	6.2	9.8	3.8
6	80	紅檜	9.3	7.2	8.4	1.2
6	81	紅檜	12.0	6.4	7.9	2.0
6	82	紅檜	11.6	7.2	7.8	1.4
6	83	紅檜	26.6	6.8	13.0	3.0
6	84	紅檜	16.2	8.0	9.5	3.2
6	85	紅檜	20.7	7.9	11.1	3.4
6	86	紅檜	16.8	7.8	9.8	2.4
6	87	紅檜	30.2	7.4	14.9	3.8
6	88	紅檜	14.8	8.2	9.0	2.6
6	89	紅檜	14.5	2.9	8.9	2.6
6	90	紅檜	13.0	5.2	8.3	1.7
6	91	紅檜	9.8	3.5	7.0	1.8
6	92	紅檜	14.5	2.8	8.9	3.6
6	93	紅檜	18.2	3.2	10.3	3.1
6	94	紅檜	15.7	3.6	9.4	3.0
6	95	紅檜	20.9	7.5	11.2	2.4
6	96	紅檜	17.4	7.8	10.0	2.1
6	97	紅檜	15.2	2.7	9.2	2.8
6	98	紅檜	18.0	3.8	10.2	2.3
6	99	紅檜	10.6	6.0	7.3	1.8
6	100	紅檜	19.5	6.4	10.7	3.6
6	101	紅檜	18.5	4.2	10.4	2.1
6	102	紅檜	11.0	2.3	7.5	2.2
6	103	紅檜	16.0	3.0	9.5	2.4
6	104	紅檜	16.2	4.5	9.5	2.8
6	105	紅檜	16.4	7.2	9.6	2.6
6	106	紅檜	14.5	9.8	8.9	2.2
6	107	紅檜	8.8	5.2	7.1	1.4
6	108	紅檜	18.4	2.1	10.3	3.2
6	109	紅檜	26.4	3.2	12.9	2.8
7	1	紅檜	8.4	3.2	5.8	1.3
7	2	紅檜	11.5	4.2	8.3	2.3
7	3	紅檜	18.5	1.7	11.6	3.2
7	4	紅檜	8.9	4.1	6.4	2.2
7	5	紅檜	25.6	5.2	13.5	5.6

7	6	紅檜	10.3	5.8	7.2	2.1
7	7	紅檜	8.5	4.8	6.4	1.4
7	8	紅檜	146.2	10.4	30.4	10.8
7	9	紅檜	10.8	5.2	7.4	2.4
7	10	臺灣扁柏	123.9	13.4	33.2	9.8
7	11	紅檜	20.1	1.4	12.9	4.5
7	12	紅檜	10.2	3.9	7.2	4.2
7	13	紅檜	37.8	7.8	16.1	8.2
7	14	紅檜	17.1	3.4	9.9	5.2
7	15	紅檜	12.0	6.2	7.9	2.5
7	16	紅檜	22.0	5.8	11.5	6.8
7	17	紅檜	15.0	5.1	9.1	4.2
7	18	紅檜	14.8	3.9	9.0	4.6
7	19	紅檜	16.4	5.8	9.6	4.0
4	1	鐵杉	11.5	1.6	7.8	3.8
4	2	紅檜	6.8	3.2	7.4	1.8
4	3	紅檜	7.5	2.4	7.1	2.3
4	4	紅檜	6.8	3.1	6.8	2.1
4	5	紅檜	6.7	3.4	7.1	3.8
4	6	紅檜	6.5	2.8	6.3	3.1
4	7	紅檜	41.4	15.6	27.8	9.6
4	8	紅檜	32.5	6.2	20.2	9.4
4	9	紅檜	12.3	1.8	5.4	4.5
4	10	紅檜	48.5	6.9	25.8	10.7
4	11	紅檜	6.8	1.5	6.1	2.6
4	12	紅檜	11.5	3.7	8.1	1.8
4	13	紅檜	7.6	4.0	7.3	1.8
4	14	紅檜	7.5	3.1	6.5	1.6
4	15	紅檜	7.0	2.2	6.3	2.2
4	16	紅檜	6.3	3.0	6.2	2.2
4	17	臺灣扁柏	75.1	9.8	37.5	10.2
4	18	臺灣扁柏	7.4	1.7	6.9	1.8
4	19	臺灣扁柏	14.5	1.7	7.9	5.6
4	20	臺灣扁柏	13.0	3.0	8.7	3.8
4	21	鐵杉	6.8	3.2	6.7	2.8
4	22	紅檜	184.0	27.9	46.9	15.0
5	1	鐵杉	22.8	11.4	22.3	6.9
5	2	鐵杉	38.0	4.6	23.3	10.4

5	3	臺灣扁柏	64.0	11.9	24.0	8.4
5	4	臺灣扁柏	94.0	10.8	30.0	9.2
5	5	臺灣扁柏	22.0	10.2	13.0	7.8
5	6	鐵杉	49.7	10.7	25.1	16.5
5	7	臺灣扁柏	76.2	8.7	26.6	10.8
5	8	鐵杉	38.0	3.6	20.9	10.4
5	9	臺灣扁柏	56.4	12.5	22.4	8.6
5	10	臺灣扁柏	25.5	6.5	14.2	7.9
5	11	鐵杉	35.8	10.2	23.4	9.4
5	12	臺灣扁柏	58.5	6.3	22.8	10.6
5	13	鐵杉	33.5	6.5	22.8	10.2
5	14	鐵杉	83.0	10.1	33.4	18.0
5	15	臺灣扁柏	30.9	7.4	20.9	5.6
5	16	紅檜	90.5	14.8	41.8	12.1
5	17	臺灣扁柏	18.5	4.2	8.1	5.1
5	18	鐵杉	73.2	8.5	32.5	18.4
5	19	臺灣扁柏	97.6	5.2	34.8	13.5
5	20	鐵杉	19.8	7.5	13.8	8.4
5	21	鐵杉	52.5	10.5	26.0	12.8
5	22	臺灣扁柏	9.8	5.6	9.1	3.8
5	23	紅檜	24.2	7.1	12.2	4.8
9	1	鐵杉	43.0	5.8	22.7	8.2
9	2	臺灣扁柏	10.8	2.0	8.9	3.3
9	3	臺灣杜鵑	26.8	1.5	22.6	8.5
9	4	臺灣扁柏	123.6	8.7	28.9	9.8
9	5	臺灣杜鵑	43.0	1.5	23.5	10.3
9	6	臺灣扁柏	11.8	4.4	8.8	2.3
9	7	臺灣扁柏	14.9	2.3	8.7	6.4
9	8	鐵杉	78.9	8.7	34.2	13.5
9	9	西施花	15.8	2.7	21.7	7.2
9	10	楊桐	12.1	8.6	21.2	5.4
9	11	楊桐	21.3	3.2	22.2	6.7
9	12	臺灣杜鵑	15.0	1.4	21.6	6.4
9	13	臺灣杜鵑	13.4	2.5	21.4	4.8
9	14	南燭	11.5	2.8	21.1	4.3
9	15	南燭	14.3	1.5	21.5	4.8
9	16	南燭	17.8	4.2	21.9	7.5
9	17	臺灣杜鵑	16.3	2.7	21.7	4.1

9	18	樹参	16.3	2.2	21.7	4.3
9	19	臺灣杜鵑	10.2	2.5	20.9	4.5
9	20	臺灣扁柏	125.3	10.2	41.3	11.5
9	21	臺灣杜鵑	10.8	3.3	21.0	4.3
9	22	臺灣杜鵑	12.4	3.3	21.3	5.2
9	23	臺灣杜鵑	13.8	2.8	21.4	4.3
9	24	臺灣杜鵑	12.0	1.9	21.2	2.8
9	25	臺灣杜鵑	15.2	3.2	21.6	5.3
9	26	臺灣杜鵑	11.2	2.8	21.1	5.8
9	27	臺灣杜鵑	16.3	2.5	21.7	5.1
9	28	鐵杉	21.5	2.6	8.9	4.3
9	29	臺灣扁柏	17.4	2.2	11.4	4.8
9	30	鐵杉	97.5	18.3	39.5	11.5
9	31	臺灣杜鵑	20.5	1.4	22.1	3.7
9	32	臺灣杜鵑	12.5	4.3	21.3	4.3
9	33	臺灣杜鵑	10.4	3.6	21.0	4.8
9	34	臺灣杜鵑	16.8	4.5	21.8	5.3
9	35	臺灣杜鵑	10.2	1.8	20.9	4.2
9	36	臺灣杜鵑	17.5	3.1	21.9	4.3
9	37	臺灣杜鵑	18.0	2.9	21.9	4.4
9	38	臺灣杜鵑	13.1	3.7	21.3	2.3
9	39	鐵杉	158.6	9.0	35.4	22.4
9	40	臺灣扁柏	33.4	7.5	23.0	5.8
9	41	臺灣杜鵑	12.5	1.9	21.3	3.8
9	42	臺灣扁柏	62.0	8.6	24.2	7.5
9	43	臺灣杜鵑	10.2	1.7	20.9	4.2
9	44	圓葉冬青	14.6	5.8	21.5	2.8
9	45	鐵杉	18.4	3.8	10.3	6.4
9	46	臺灣杜鵑	16.3	1.4	21.7	5.4
9	47	臺灣杜鵑	11.5	3.1	21.1	5.2
9	48	臺灣杜鵑	12.8	3.6	21.3	3.1
9	49	臺灣杜鵑	14.3	2.4	21.5	2.2
9	50	鐵杉	22.1	4.8	9.2	3.8
9	1	鐵杉	43.0	5.8	22.7	8.2
9	2	臺灣扁柏	10.8	2.0	8.9	3.3
9	3	臺灣杜鵑	26.8	1.5	22.6	8.5
9	4	臺灣扁柏	123.6	8.7	28.9	9.8
9	5	臺灣杜鵑	43.0	1.5	23.5	10.3

9	6	臺灣扁柏	11.8	4.4	8.8	2.3
9	7	臺灣扁柏	14.9	2.3	8.7	6.4
9	8	鐵杉	78.9	8.7	34.2	13.5
9	9	西施花	15.8	2.7	21.7	7.2
9	10	楊桐	12.1	8.6	21.2	5.4
9	11	楊桐	21.3	3.2	22.2	6.7
9	12	臺灣杜鵑	15.0	1.4	21.6	6.4
9	13	臺灣杜鵑	13.4	2.5	21.4	4.8
9	14	南燭	11.5	2.8	21.1	4.3
9	15	南燭	14.3	1.5	21.5	4.8
9	16	南燭	17.8	4.2	21.9	7.5
9	17	臺灣杜鵑	16.3	2.7	21.7	4.1
9	18	樹參	16.3	2.2	21.7	4.3
9	19	臺灣杜鵑	10.2	2.5	20.9	4.5
9	20	臺灣扁柏	125.3	10.2	41.3	11.5
9	21	臺灣杜鵑	10.8	3.3	21.0	4.3
9	22	臺灣杜鵑	12.4	3.3	21.3	5.2
9	23	臺灣杜鵑	13.8	2.8	21.4	4.3
9	24	臺灣杜鵑	12.0	1.9	21.2	2.8
9	25	臺灣杜鵑	15.2	3.2	21.6	5.3
9	26	臺灣杜鵑	11.2	2.8	21.1	5.8
9	27	臺灣杜鵑	16.3	2.5	21.7	5.1
9	28	鐵杉	21.5	2.6	8.9	4.3
9	29	臺灣扁柏	17.4	2.2	11.4	4.8
9	30	鐵杉	97.5	18.3	39.5	11.5
9	31	臺灣杜鵑	20.5	1.4	22.1	3.7
9	32	臺灣杜鵑	12.5	4.3	21.3	4.3
9	33	臺灣杜鵑	10.4	3.6	21.0	4.8
9	34	臺灣杜鵑	16.8	4.5	21.8	5.3
9	35	臺灣杜鵑	10.2	1.8	20.9	4.2
9	36	臺灣杜鵑	17.5	3.1	21.9	4.3
9	37	臺灣杜鵑	18.0	2.9	21.9	4.4
9	38	臺灣杜鵑	13.1	3.7	21.3	2.3
9	39	鐵杉	158.6	9.0	35.4	22.4
9	40	臺灣扁柏	33.4	7.5	16.5	5.8
9	41	臺灣杜鵑	12.5	1.9	21.3	3.8
9	42	臺灣扁柏	62.0	8.6	23.6	7.5
9	43	臺灣杜鵑	10.2	1.7	20.9	4.2

9	44	圓葉冬青	14.6	5.8	21.5	2.8
9	45	鐵杉	18.4	3.8	10.3	6.4
9	46	臺灣杜鵑	16.3	1.4	21.7	5.4
9	47	臺灣杜鵑	11.5	3.1	21.1	5.2
9	48	臺灣杜鵑	12.8	3.6	21.3	3.1
9	49	臺灣杜鵑	14.3	2.4	21.5	2.2
9	50	鐵杉	22.1	4.8	9.2	3.8
10	1	紅檜	55.6	7.6	20.4	9.4
10	2	紅檜	9.2	2.6	7.2	3.8
10	3	紅檜	11.5	3.1	7.7	6.4
10	4	紅檜	10.2	5.2	7.9	3.4
10	5	森氏櫟	18.5	3.4	22.0	7.5
10	6	紅檜	11.5	2.4	7.7	3.8
10	7	紅檜	13.0	1.7	8.3	3.6
10	8	鐵杉	46.5	10.3	23.8	8.6
10	9	鐵杉	28.7	15.4	17.3	2.0
10	10	森氏櫟	10.3	3.0	20.9	5.4
10	11	臺灣杜鵑	17.4	1.5	21.8	5.8
10	12	紅檜	84.2	17.1	26.4	12.6
10	13	紅檜	27.6	2.3	13.3	6.2
10	14	森氏櫟	9.8	2.4	20.9	3.4
10	15	薯豆	15.2	4.0	21.6	3.8
10	16	紅檜	97.8	4.3	32.9	14.8
10	17	鐵杉	39.4	5.8	21.4	9.6
10	18	鐵杉	36.0	10.2	20.2	8.6
10	19	臺灣杜鵑	31.5	1.8	22.9	7.4
10	20	鐵杉	59.0	12.5	28.1	10.4
10	21	森氏櫟	11.4	1.8	21.1	5.4
10	22	鐵杉	58.5	13.4	28.0	16.8
10	23	薯豆	12.5	3.2	21.3	3.2
10	24	鐵杉	60.4	18.9	28.6	10.3
10	25	紅檜	186.5	6.3	38.8	10.2
10	26	鐵杉	48.5	11.4	24.6	11.5
10	27	玉山灰木	20.3	2.6	22.1	8.5
10	28	紅檜	26.7	12.8	26.5	8.2
10	29	紅檜	30.2	12.9	27.6	8.9
10	30	紅檜	103.5	12.5	37.9	14.5
10	31	紅檜	8.9	5.3	7.4	3.9

11	1	紅檜	22.0	2.3	11.5	2.3
11	2	紅檜	9.3	2.5	6.8	1.9
11	3	紅檜	14.9	3.8	9.1	1.6
11	4	紅檜	10.3	1.5	7.2	1.4
11	5	紅檜	21.3	4.8	11.3	2.4
11	6	紅檜	9.7	3.1	7.0	1.2
11	7	紅檜	10.6	4.5	7.3	1.8
11	8	紅檜	12.3	6.3	8.1	1.4
11	9	紅檜	10.4	4.8	7.3	2.2
11	10	紅檜	10.6	3.9	7.3	1.2
11	11	紅檜	15.1	2.5	9.1	1.8
11	12	紅檜	20.4	2.8	11.0	2.5
11	13	紅檜	22.4	1.5	11.7	2.2
11	14	紅檜	9.3	2.8	6.8	1.3
11	15	紅檜	8.4	1.8	6.4	1.3
11	16	紅檜	15.6	3.8	9.3	2.1
11	17	紅檜	16.0	4.8	9.5	2.0
11	18	紅檜	9.4	3.8	6.8	1.5
11	19	粗毛柃木	9.2	2.7	20.7	5.4
11	20	尖葉槭	16.3	2.3	21.7	4.5
11	21	尖葉槭	19.4	2.1	22.0	7.5
11	22	厚皮香	8.9	3.8	20.7	6.3
11	23	紅檜	9.7	6.7	7.0	1.4
11	24	紅檜	12.8	1.4	8.3	1.4
11	25	紅檜	9.3	1.6	6.8	1.9
11	26	紅檜	9.9	3.5	7.0	1.4
11	27	紅檜	18.3	4.5	10.3	2.4
11	28	紅檜	17.0	4.0	9.8	2.2
11	29	紅檜	19.4	4.3	10.7	3.4
11	30	紅檜	12.5	5.8	8.1	1.6
11	31	紅檜	19.5	5.6	14.3	2.0
11	32	紅檜	14.7	7.3	9.0	1.8
11	33	紅檜	16.0	6.4	9.5	3.0
11	34	紅檜	10.1	3.8	7.1	1.7
11	35	紅檜	10.4	6.2	7.3	1.8
11	36	柳杉	46.5	4.3	20.7	10.5
11	37	柳杉	49.0	3.8	18.9	8.7
11	38	紅檜	16.0	2.7	9.5	4.7

11	39	紅檜	10.9	4.1	7.5	1.4
11	40	紅檜	20.2	7.8	15.8	2.4
11	41	紅檜	11.4	4.8	7.7	2.3
11	42	紅檜	12.5	4.8	8.1	2.2
11	43	紅檜	10.7	6.4	7.4	2.4
11	44	紅檜	18.8	3.1	10.5	3.8
11	45	紅檜	16.5	3.6	9.7	2.7
11	46	紅檜	11.3	2.8	7.6	1.4
11	47	紅檜	16.5	6.8	9.7	1.8
11	48	紅檜	11.4	7.8	7.7	1.8
11	49	紅檜	9.6	4.4	10.8	1.7
11	50	紅檜	10.0	7.4	7.1	1.2
11	51	紅檜	23.5	4.3	12.0	4.8
11	52	紅檜	9.1	1.9	8.4	4.3
11	53	紅檜	17.0	4.2	9.8	3.2
11	54	紅檜	11.4	7.5	7.7	1.8
11	55	紅檜	13.9	2.3	8.7	2.3
11	56	紅檜	21.1	3.2	11.2	2.4
11	57	紅檜	11.6	8.3	7.8	1.8
11	58	紅檜	13.7	7.9	8.6	2.2
11	59	柳杉	45.8	4.7	18.9	7.8
11	60	紅檜	13.8	4.7	8.6	2.5
11	61	紅檜	12.7	7.4	8.2	2.7
11	62	紅檜	15.8	4.2	9.4	2.4
11	63	紅檜	11.3	6.8	7.6	2.7
11	64	紅檜	13.3	8.6	8.4	2.2
11	65	紅檜	11.8	4.4	7.8	2.2
11	66	紅檜	10.7	4.9	7.4	2.0
11	67	紅檜	16.4	4.2	9.6	2.8
11	68	紅檜	15.3	6.1	9.2	2.8
11	69	紅檜	16.3	4.8	9.6	2.4
11	70	紅檜	16.3	5.8	9.6	2.2
11	71	紅檜	19.8	4.3	10.8	3.7
11	72	紅檜	16.5	4.3	9.7	4.4
11	73	紅檜	19.2	4.0	10.6	2.8
11	74	紅檜	15.4	2.2	9.2	2.6
11	75	紅檜	11.4	4.3	7.7	1.9
11	76	紅檜	10.8	2.8	7.4	2.0

11	77	紅檜	11.6	4.3	7.8	1.9
11	78	紅檜	13.7	5.8	8.6	2.4
11	79	紅檜	16.6	5.8	9.7	2.4
11	80	紅檜	11.5	4.3	7.7	2.3
11	81	紅檜	11.8	3.7	7.8	2.0
11	82	紅檜	13.8	6.7	8.6	1.8
11	83	紅檜	10.5	3.9	7.3	1.7
11	84	紅檜	9.7	4.2	7.0	2.2
11	85	紅檜	9.9	4.0	7.0	2.4
11	86	紅檜	11.9	3.6	7.9	2.8
11	87	臺灣杉	7.2	1.6	6.8	1.6
11	88	紅檜	18.3	4.8	10.3	2.7
11	89	紅檜	16.0	4.2	9.5	1.8
11	90	紅檜	13.4	5.3	8.5	2.5
11	91	紅檜	15.2	6.3	9.2	2.5
11	92	紅檜	16.3	3.8	9.6	2.2
11	93	紅檜	19.8	2.8	15.4	3.8
11	94	紅檜	14.8	2.5	9.0	2.2
11	95	紅檜	13.5	4.3	8.5	2.3
11	96	紅檜	13.2	6.2	8.4	1.9
11	97	山櫻花	14.3	3.0	21.5	6.3
11	98	山櫻花	26.0	1.3	22.6	10.5
11	99	紅檜	21.0	4.9	11.2	3.4
11	100	紅檜	12.9	5.8	8.3	2.3
11	101	紅檜	10.9	4.2	7.5	2.3
11	102	紅檜	10.0	4.8	7.1	2.3
11	103	紅檜	16.5	2.8	9.7	2.4
11	104	紅檜	14.8	3.8	9.0	4.3
11	105	紅檜	14.3	6.2	8.8	2.7
11	106	紅檜	12.1	2.6	8.0	2.1
11	107	紅檜	14.6	6.2	8.9	2.8
11	108	紅檜	16.3	2.8	9.6	4.0
11	109	紅檜	13.5	2.6	8.5	2.4
11	110	紅檜	10.7	2.5	7.4	1.4
11	111	紅檜	10.0	5.8	7.1	2.3
11	112	紅檜	14.4	6.6	8.9	2.6
11	113	紅檜	11.6	4.3	7.8	2.2
11	114	紅檜	18.1	6.4	10.2	2.6

11	115	紅檜	10.1	4.3	7.1	2.1
12	1	昆欄樹	16.2	3.1	21.7	5.4
12	2	昆欄樹	11.5	1.5	21.1	4.8
12	3	薯豆	12.3	1.7	21.2	4.3
12	4	紅檜	57.8	10.4	21.9	8.6
12	5	紅檜	12.8	6.7	8.3	3.4
12	6	薯豆	16.5	3.1	21.8	6.3
12	7	紅檜	20.8	2.9	12.4	4.2
12	8	紅檜	15.3	4.2	9.2	2.5
12	9	薯豆	27.0	3.8	22.6	6.3
12	10	錐果櫟	16.2	3.4	21.7	3.2
12	11	紅檜	17.0	1.7	9.8	3.8
12	12	粗毛柃木	13.5	1.4	21.4	3.2
12	13	鐵杉	27.6	2.2	16.8	6.5
12	14	紅檜	24.3	3.4	12.3	3.2
12	15	紅檜	81.5	12.3	31.8	8.4
12	16	紅檜	14.7	1.5	9.0	3.6
12	17	臺灣紅榨槭	16.5	2.8	21.8	5.6
12	18	紅檜	13.5	3.3	8.5	3.2
12	19	紅檜	12.5	4.3	8.1	2.8
12	20	紅檜	13.2	3.6	8.4	2.6
12	21	紅檜	15.3	2.4	9.2	2.2
12	22	紅檜	13.3	2.7	8.4	2.7
12	23	紅檜	13.2	5.3	8.4	2.8
12	24	鐵杉	102.5	15.7	35.6	8.4
12	25	薯豆	10.0	3.4	20.9	3.4
12	26	薯豆	16.8	3.5	21.8	4.2
12	27	薯豆	18.2	1.7	21.9	6.2
12	28	紅檜	11.2	5.3	7.6	2.0
12	29	紅檜	18.8	4.2	10.5	2.8
12	30	薯豆	13.4	3.0	21.4	3.1
12	31	紅檜	10.8	4.1	7.4	2.6
12	32	臺灣杜鵑	18.7	2.2	22.0	5.3
12	33	臺灣杜鵑	17.6	1.4	21.9	3.4
12	34	紅檜	18.7	2.8	10.4	3.1
12	35	紅檜	10.2	2.5	7.2	2.6
12	36	紅檜	25.6	1.4	12.7	3.4
12	37	白花八角	11.2	1.6	21.1	2.5

12	38	紅檜	14.3	3.1	8.8	2.5
12	39	紅檜	25.1	1.8	12.5	4.7
12	40	紅檜	11.0	3.4	7.5	2.8
12	41	紅檜	10.0	5.4	7.8	2.2
12	42	紅檜	9.0	4.2	7.4	1.8
12	43	紅檜	20.2	6.2	11.3	3.4
12	44	紅檜	26.3	2.4	12.9	3.2
12	45	圓葉冬青	17.5	1.4	21.9	6.2
12	46	薯豆	16.5	2.3	21.8	5.2
12	47	雪山冬青	14.5	2.6	21.5	4.8
12	48	紅檜	10.0	2.1	8.6	1.4
12	49	紅檜	21.0	5.4	11.9	4.2
12	50	紅檜	14.2	3.8	8.8	4.8
12	51	紅檜	13.0	3.4	8.3	2.2
12	52	紅檜	15.4	5.2	9.2	2.9
12	53	紅檜	10.4	2.5	7.3	2.4
12	54	紅檜	12.9	3.8	8.3	2.8
12	55	紅檜	17.3	4.8	9.9	3.4
13	1	紅檜	10.6	3.5	7.3	1.8
13	2	紅檜	11.3	3.8	7.6	2.2
13	3	紅檜	9.7	6.8	8.4	1.6
13	4	紅檜	11.4	5.8	7.7	2.2
13	5	紅檜	15.3	6.2	9.2	2.6
13	6	紅檜	17.4	4.3	10.0	2.6
13	7	紅檜	12.7	4.1	8.2	2.0
13	8	紅檜	12.5	6.8	8.1	2.1
13	9	紅檜	16.0	4.5	9.5	1.8
13	10	紅檜	14.9	4.3	9.1	2.1
13	11	紅檜	18.3	4.5	10.3	3.4
13	12	紅檜	14.6	4.6	8.9	2.0
13	13	紅檜	16.4	4.5	9.6	2.0
13	14	紅檜	14.0	6.2	8.7	1.8
13	15	紅檜	15.8	6.3	9.4	2.0
13	16	紅檜	14.5	6.4	8.9	2.5
13	17	紅檜	20.5	7.4	13.9	2.4
13	18	紅檜	10.9	6.5	7.5	1.8
13	19	紅檜	20.9	5.5	11.2	2.1
13	20	紅檜	11.3	5.3	7.6	2.1

13	21	紅檜	13.4	6.5	8.5	2.0
13	22	紅檜	12.7	5.1	8.2	1.8
13	23	紅檜	11.0	7.2	7.5	1.0
13	24	紅檜	13.8	3.8	8.6	2.3
13	25	紅檜	14.0	6.8	8.7	2.3
13	26	紅檜	13.5	7.2	8.5	2.1
13	27	紅檜	12.2	5.8	8.0	0.5
13	28	紅檜	14.2	4.3	8.8	1.8
13	29	紅檜	11.7	4.5	7.8	1.7
13	30	紅檜	11.1	5.6	7.6	1.8
13	31	紅檜	18.0	6.4	10.2	2.2
13	32	紅檜	15.2	6.4	9.2	1.6
13	33	紅檜	11.8	7.4	7.8	2.0
13	34	木荷	13.5	6.8	21.4	2.6
13	35	紅檜	11.8	5.2	7.8	1.8
13	36	紅檜	16.0	5.7	9.5	1.6
13	37	紅檜	17.0	6.2	9.8	2.8
13	38	紅檜	10.2	6.5	10.9	1.4
13	39	紅檜	14.0	6.5	8.7	1.8
13	40	紅檜	14.1	6.8	8.8	1.6
13	41	紅檜	12.0	6.0	7.9	2.3
13	42	紅檜	18.0	6.3	10.2	2.8
13	43	紅檜	14.1	7.0	8.8	1.8
13	44	紅檜	12.2	7.3	8.0	1.5
13	45	紅檜	13.9	6.8	8.7	1.4
13	46	紅檜	11.5	6.2	7.7	1.6
13	47	紅檜	15.2	6.8	9.2	2.6
13	48	紅檜	10.2	6.3	8.7	1.6
13	49	紅檜	11.5	7.4	7.7	1.5
13	50	紅檜	12.0	6.7	7.9	2.2
13	51	紅檜	10.7	6.3	7.4	2.3
13	52	紅檜	12.3	5.1	8.1	2.0
13	53	紅檜	17.5	6.4	12.9	2.2
13	54	紅檜	12.3	6.7	8.1	2.6
13	55	紅檜	16.5	5.2	9.7	2.6
13	56	紅檜	13.6	6.4	8.6	2.3
13	57	紅檜	11.7	7.2	7.8	2.6
13	58	紅檜	14.5	7.0	8.9	1.8

13	59	紅檜	12.0	8.3	7.9	1.8
13	60	紅檜	19.3	6.2	10.6	3.0
13	61	紅檜	11.8	6.3	7.8	2.5
13	62	紅檜	16.8	6.9	9.8	2.6
13	63	紅檜	17.8	7.5	13.3	2.2
13	64	紅檜	13.2	7.2	8.4	2.1
13	65	紅檜	18.5	7.4	10.4	2.6
13	66	紅檜	18.8	6.9	10.5	2.5
13	67	紅檜	11.3	6.4	7.6	2.6
13	68	紅檜	10.4	7.9	7.3	2.7
13	69	紅檜	15.0	8.0	9.1	2.6
13	70	紅檜	15.5	7.8	9.3	2.5
13	71	紅檜	17.8	8.2	12.2	2.6
13	72	紅檜	25.0	6.8	15.2	3.2
13	73	紅檜	18.3	6.5	10.3	2.4
13	74	紅檜	11.2	4.8	7.6	2.4
13	75	紅檜	10.5	3.8	7.3	1.8
13	76	紅檜	14.9	3.8	9.1	3.4
13	77	紅檜	15.3	6.8	9.2	2.3
13	78	紅檜	15.2	5.8	9.2	2.7
13	79	紅檜	16.0	7.5	9.5	2.4
13	80	紅檜	15.2	8.6	9.2	2.6
13	81	紅檜	11.7	7.5	7.8	2.0
13	82	紅檜	17.2	8.6	9.9	1.8
13	83	紅檜	17.3	6.2	9.9	2.5
13	84	紅檜	20.2	5.2	12.4	2.4
13	85	紅檜	12.4	6.2	8.1	1.6
13	86	紅檜	19.1	4.2	10.6	3.0
13	87	紅檜	10.8	5.0	7.4	1.5
13	88	紅檜	10.2	3.8	7.2	1.2
13	89	紅檜	15.8	5.8	9.4	2.1
13	90	紅檜	15.8	6.4	9.4	1.8
13	91	紅檜	11.3	8.0	7.6	1.5
13	92	紅檜	11.6	6.4	7.8	1.8
13	93	紅檜	16.2	5.1	9.5	3.8
13	94	紅檜	80.5	12.5	37.8	12.6
14	1	紅檜	10.8	3.8	7.4	2.4
14	2	紅檜	37.5	4.3	16.0	8.2

14	3	紅檜	12.8	4.7	8.3	1.8
14	4	紅檜	22.1	5.9	12.9	4.3
14	5	紅檜	12.3	3.8	8.1	3.6
14	6	紅檜	17.2	4.1	9.9	3.7
14	7	紅檜	11.2	4.8	8.1	1.4
14	8	紅檜	10.0	3.8	8.0	1.4
14	9	紅檜	11.0	4.8	8.7	1.7
14	10	紅檜	26.4	4.8	12.3	2.8
14	11	紅檜	13.5	3.6	8.5	3.2
14	12	紅檜	12.6	2.8	8.2	1.9
14	13	紅檜	88.6	11.4	32.6	14.5
14	14	紅檜	46.8	7.8	18.4	9.8
14	15	紅檜	13.3	6.2	8.4	2.0
14	16	紅檜	56.0	6.2	20.5	10.3
14	17	紅檜	15.5	5.4	9.3	3.4
14	18	紅檜	11.7	3.5	7.8	3.5
14	19	紅檜	88.5	10.8	31.8	16.0
14	20	紅檜	67.2	13.4	29.7	18.2
14	21	紅檜	12.0	5.8	7.9	1.7
14	22	紅檜	17.1	7.1	9.9	2.7
14	23	紅檜	18.5	7.8	10.4	2.2
14	24	紅檜	13.0	6.4	8.3	1.8
14	25	紅檜	13.1	6.3	8.4	2.0
14	26	紅檜	21.4	4.2	11.3	4.2
14	27	紅檜	27.9	4.6	11.3	4.4
14	28	紅檜	21.3	4.5	11.3	3.1
15	1	紅檜	9.9	4.3	7.0	2.7
15	2	紅檜	20.5	3.2	13.5	3.4
15	3	紅檜	20.4	2.1	14.3	6.8
15	4	紅檜	17.5	3.6	10.0	5.8
15	5	紅檜	16.3	8.7	9.6	3.7
15	6	紅檜	13.3	7.4	8.4	3.8
15	7	紅檜	13.2	3.5	8.4	3.5
15	8	紅檜	14.1	3.5	8.8	2.8
15	9	紅檜	13.9	2.3	8.7	4.7
15	10	紅檜	19.0	1.5	10.5	4.8
15	11	紅檜	25.1	3.2	12.5	3.7
15	12	紅檜	11.8	3.6	9.2	4.2

15	13	紅檜	14.4	6.8	8.9	3.2
15	14	紅檜	17.3	7.3	9.9	4.2
15	15	紅檜	14.6	6.2	8.9	2.8
15	16	紅檜	16.2	5.2	9.5	4.4
15	17	紅檜	20.5	4.1	13.9	4.2
15	18	紅檜	19.5	4.5	10.7	4.5
15	19	紅檜	12.0	5.2	7.9	3.5
15	20	紅檜	15.0	6.1	9.1	3.2
15	21	紅檜	17.2	2.1	9.9	4.3
15	22	紅檜	11.9	4.8	7.9	2.4
15	23	紅檜	12.2	6.3	8.0	3.6
15	24	紅檜	11.9	3.1	11.9	3.4
15	25	紅檜	10.3	3.1	8.8	2.4
15	26	紅檜	13.0	4.8	8.3	3.5
15	27	紅檜	18.0	3.8	10.2	4.2
15	28	紅檜	15.0	5.8	9.1	4.3
15	29	狹葉櫟	19.4	2.5	22.0	6.5
15	30	薯豆	26.3	6.8	22.6	8.5
15	31	薯豆	25.1	8.6	22.5	7.4
15	32	烏心石	28.0	8.5	22.7	6.4
15	33	紅檜	20.0	7.4	10.9	4.2
15	34	狹葉櫟	19.0	2.4	22.0	10.2
15	35	薯豆	32.3	2.8	23.0	8.4
15	36	紅檜	15.8	3.2	9.4	4.3
15	37	森氏櫟	23.8	6.2	22.4	6.8
15	38	紅檜	15.6	6.8	9.3	3.9
15	39	紅檜	34.8	6.8	21.5	7.6
15	40	紅檜	19.0	7.8	10.5	6.4
15	41	毽子櫟	20.3	2.3	22.1	6.4
15	42	毽子櫟	15.6	1.8	21.7	6.4
15	43	毽子櫟	22.0	2.6	22.3	6.1
15	44	紅檜	37.9	10.8	22.8	6.5
15	45	昆欄樹	30.8	8.2	17.3	10.0
15	46	昆欄樹	15.1	2.0	21.6	1.0
15	47	昆欄樹	22.5	5.6	22.3	9.5
15	48	錐果櫟	48.9	2.1	23.8	11.5
15	49	森氏櫟	28.2	2.8	22.7	6.7
15	50	森氏櫟	27.0	6.3	22.6	7.4

15	51	紅檜	16.5	3.2	9.7	3.0
15	52	紅檜	12.5	3.1	8.1	4.0
16	1	柳杉	27.6	10.3	16.8	3.8
16	2	柳杉	25.6	10.7	16.0	3.8
16	3	柳杉	33.6	8.1	19.2	3.6
16	4	薯豆	16.2	7.5	21.7	5.6
16	5	柳杉	37.7	8.3	20.8	5.2
16	6	柳杉	17.7	3.3	9.2	4.3
16	7	錐果櫟	20.4	3.8	22.1	6.7
16	8	紅檜	28.0	10.9	13.4	3.6
16	9	柳杉	32.3	10.2	18.7	4.9
16	10	紅檜	23.5	2.1	22.9	4.3
16	11	紅檜	23.0	8.6	11.8	1.8
16	12	柳杉	33.7	3.2	19.3	4.5
16	13	柳杉	27.6	9.6	16.8	4.5
16	14	柳杉	29.3	3.9	17.5	4.2
16	15	木荷	12.5	7.2	21.3	5.6
16	16	木荷	16.5	6.9	21.8	6.3
16	17	紅檜	23.6	8.3	21.8	4.2
16	18	柳杉	40.2	3.9	23.5	6.3
16	19	柳杉	43.5	1.6	23.9	7.4
16	20	柳杉	34.7	8.6	19.7	4.1
16	21	柳杉	26.8	8.7	16.5	3.8
16	22	柳杉	30.5	6.8	18.0	5.2
16	23	柳杉	20.0	4.2	13.6	4.3
16	24	臺灣紅榨槭	13.5	5.4	21.4	6.2
16	25	柳杉	21.4	6.2	14.2	3.4
16	26	柳杉	30.0	7.9	17.8	4.3
16	27	香杉	13.6	2.9	8.6	4.3
16	28	二葉松	26.8	10.8	22.6	5.3
16	29	香杉	20.1	11.3	13.6	4.8
16	30	柳杉	31.0	10.4	18.2	5.4
16	31	柳杉	40.0	9.6	21.6	8.4
16	32	香杉	18.5	4.8	12.9	4.0
16	33	柳杉	15.5	10.7	14.3	3.7
16	34	柳杉	35.6	10.7	20.0	5.6
16	35	柳杉	38.2	13.4	21.0	6.7
16	36	柳杉	24.0	5.8	22.4	4.8

16	37	柳杉	40.1	7.8	21.7	5.2
16	38	柳杉	45.8	7.6	22.9	6.8
16	39	木荷	17.6	7.2	21.9	4.3
16	40	木荷	19.2	7.8	22.0	5.2
16	41	香桂	14.6	8.6	21.5	5.8
16	42	錐果櫟	23.1	2.2	22.4	8.6
16	43	柳杉	43.9	8.9	22.7	6.8
16	44	柳杉	28.4	10.7	17.2	3.6
16	45	柳杉	35.7	12.1	20.0	8.9
16	46	柳杉	37.4	7.7	20.7	6.9
17	1	紅檜	32.5	3.2	16.8	6.2
17	2	紅檜	17.4	8.3	15.4	4.2
17	3	紅檜	22.5	8.1	11.7	5.5
17	4	紅檜	12.4	6.2	8.1	3.4
17	5	紅檜	13.7	5.9	8.6	3.4
17	6	紅檜	15.0	5.8	9.1	4.3
17	7	紅檜	10.8	9.6	7.4	3.2
17	8	紅檜	12.3	3.8	8.1	4.2
17	9	紅檜	31.2	2.4	16.3	6.3
17	10	紅檜	19.3	4.5	15.4	4.2
17	11	紅檜	16.0	5.1	9.5	4.7
17	12	紅檜	13.0	6.3	8.3	4.8
17	13	紅檜	14.9	5.8	9.1	3.6
17	14	紅檜	13.0	3.8	8.3	5.2
17	15	紅檜	21.0	3.8	11.2	4.8
17	16	紅檜	29.9	5.8	12.8	6.8
17	17	紅檜	21.4	10.2	17.3	6.3
17	18	紅檜	18.4	3.9	10.3	3.6
17	19	紅檜	22.1	1.5	11.6	3.8
17	20	紅檜	11.3	1.7	7.6	3.8
17	21	紅檜	12.9	3.8	8.3	2.7
17	22	紅檜	21.6	3.8	11.4	7.3
17	23	紅檜	15.7	2.8	9.4	6.2
17	24	紅檜	16.5	2.0	9.7	4.2
17	25	紅檜	26.0	1.5	12.8	4.6
17	26	紅檜	16.2	3.7	9.5	4.2
17	27	紅檜	25.0	3.3	12.5	4.3
17	28	紅檜	10.5	4.7	8.6	2.3

17	29	紅檜	11.8	5.6	7.8	3.4
17	30	紅檜	22.4	6.2	11.7	6.2
17	31	紅檜	12.1	4.3	8.0	2.9
17	32	紅檜	19.0	7.6	10.5	5.8
17	33	紅檜	12.6	2.8	8.2	4.3
17	34	紅檜	125.4	8.3	36.7	18.0
17	35	紅檜	10.9	4.2	7.8	2.1
17	36	紅檜	14.1	6.2	8.8	3.1
17	37	紅檜	10.0	4.7	9.9	2.3
17	38	紅檜	24.8	5.7	12.4	6.2
17	39	紅檜	16.7	4.3	9.7	3.8
17	40	紅檜	11.1	3.8	7.6	3.6
18	1	烏皮九芎	21.8	5.2	22.2	6.4
18	2	霧社木薑子	11.5	4.8	21.1	3.6
18	3	紅檜	16.5	3.1	8.9	4.8
18	4	紅檜	55.6	2.1	13.9	8.6
18	5	烏皮九芎	11.8	4.2	21.2	6.4
18	6	白花八角	12.3	2.2	21.2	3.2
18	7	紅檜	10.2	1.9	8.4	3.8
18	8	香杉	38.3	6.6	22.8	6.4
18	9	香杉	23.5	6.4	13.5	5.8
18	10	烏皮九芎	11.9	5.2	21.2	4.7
18	11	霧社木薑子	11.1	4.1	21.1	6.3
18	12	烏皮九芎	11.1	3.6	21.1	3.6
18	13	烏皮九芎	11.9	5.2	21.2	4.6
18	14	烏皮九芎	9.9	4.8	20.9	2.8
18	15	烏皮九芎	10.2	5.4	20.9	3.6
18	16	烏皮九芎	11.4	5.2	21.1	3.8
18	17	烏皮九芎	14.7	5.3	21.5	5.6
18	18	烏皮九芎	12.0	4.6	21.2	4.7
18	19	烏皮九芎	10.1	2.0	20.9	5.2
18	20	紅檜	23.0	6.3	12.5	5.4
18	21	香杉	35.3	6.0	23.4	8.2
18	22	烏皮九芎	16.8	1.8	21.8	6.1
18	23	烏皮九芎	10.2	6.4	20.9	3.7
18	24	烏皮九芎	11.5	1.9	21.1	7.3
18	25	烏皮九芎	10.0	6.3	20.9	3.2
18	26	烏皮九芎	11.0	5.3	21.0	6.4

18	27	紅檜	13.4	2.4	6.8	4.1
18	28	掌葉槭	10.1	2.8	20.9	4.5
18	29	掌葉槭	11.1	6.4	21.1	4.5
18	30	二葉松	7.8	1.9	7.2	3.4
18	31	烏皮九芎	10.6	7.3	21.0	5.6
18	32	阿里山灰木	10.1	3.4	20.9	6.4
18	33	阿里山灰木	14.8	4.3	21.6	6.3
18	34	阿里山灰木	13.6	4.8	21.4	5.2
18	35	阿里山灰木	13.5	3.8	21.4	5.2
18	36	阿里山灰木	12.3	2.8	21.2	1.5
18	37	霧社木薑子	13.7	6.1	21.4	3.4
18	38	霧社木薑子	13.5	6.3	21.4	6.2
18	39	山櫻花	18.5	4.8	22.0	4.8
18	40	山櫻花	17.5	2.3	21.9	6.2
18	41	山櫻花	16.2	3.8	21.7	7.2
18	42	香杉	10.9	2.8	8.9	3.4
18	43	烏皮九芎	11.6	7.8	21.1	6.3
18	44	阿里山灰木	9.9	2.0	20.9	4.5
18	45	阿里山灰木	13.1	3.8	21.3	6.7
18	46	鐵釘樹	13.0	3.3	21.3	6.3
18	47	鐵釘樹	13.3	2.3	21.4	3.8
18	48	烏皮九芎	14.8	4.2	21.6	6.4
18	49	烏皮九芎	14.5	6.3	21.5	6.7
18	50	雅楠	11.0	6.3	21.0	4.2
18	51	烏皮九芎	11.6	4.7	21.1	4.2
18	52	紅檜	22.5	3.1	13.3	7.2
18	53	烏皮九芎	10.0	3.8	20.9	3.7
18	54	阿里山灰木	12.2	2.8	21.2	3.8
18	55	霧社木薑子	11.5	5.8	21.1	2.8
18	56	烏皮九芎	10.4	6.4	21.0	3.7
18	57	霧社木薑子	19.8	6.3	22.1	8.6
19	1	粗毛柃木	9.8	8.6	20.9	2.1
19	2	柳杉	28.1	3.8	17.1	4.8
19	3	柳杉	26.8	4.1	16.5	4.5
19	4	柳杉	10.8	3.3	8.9	2.8
19	5	柳杉	26.8	5.8	17.4	4.3
19	6	柳杉	16.8	6.1	12.1	4.5
19	7	毽子櫟	10.2	2.5	20.9	4.2

19	8	山櫻花	10.0	1.8	20.9	3.4
19	9	粗毛柃木	10.7	7.6	21.0	2.8
19	10	粗毛柃木	11.5	7.8	21.1	3.4
19	11	玉山木薑子	10.0	2.8	20.9	3.4
19	12	柳杉	35.3	7.5	19.9	5.4
19	13	柳杉	50.9	8.6	25.5	8.6
19	14	烏皮九芎	11.0	9.7	21.0	3.8
19	15	烏皮九芎	11.1	7.8	21.1	3.2
19	16	柳杉	45.5	5.4	25.8	11.3
19	17	柳杉	46.5	5.2	25.8	10.3
19	18	柳杉	57.9	6.6	23.7	8.9
19	19	柳杉	35.1	5.5	19.8	10.3
19	20	烏皮九芎	11.5	4.3	21.1	3.2
19	21	阿里山灰木	9.0	7.4	20.7	3.2
19	22	阿里山灰木	12.3	3.7	21.2	6.8
19	23	柳杉	39.4	7.1	23.3	8.4
19	24	毽子櫟	13.2	4.3	21.4	9.4
19	25	柳杉	48.0	7.5	24.5	8.9
19	26	柳杉	64.0	4.3	27.5	10.3
19	27	山櫻花	12.6	4.8	21.3	4.5
19	28	柳杉	23.7	6.1	20.3	5.8
19	29	柳杉	55.7	2.0	25.3	9.6
19	30	玉山木薑子	11.0	1.8	21.0	3.8
19	31	烏皮九芎	12.5	7.1	21.3	3.8
19	32	烏皮九芎	10.4	8.6	21.0	4.3
19	33	玉山木薑子	12.8	5.8	21.3	4.7
19	34	玉山木薑子	9.4	5.7	20.8	3.4
19	35	烏皮九芎	12.0	7.9	21.2	2.1
19	36	烏皮九芎	9.4	7.8	20.8	3.4
19	37	柳杉	42.0	6.2	22.4	7.6
19	38	柳杉	37.0	8.5	20.5	10.5
19	39	柳杉	29.5	4.7	17.6	6.4
19	40	柳杉	30.6	7.8	18.1	8.4
19	41	柳杉	44.3	8.2	24.3	6.4
19	42	烏皮九芎	10.6	8.2	21.0	3.8
19	43	柳杉	39.1	8.1	21.3	10.6
19	44	薯豆	12.1	4.8	21.2	3.8
19	45	柳杉	20.2	7.8	22.0	5.8

19	46	柳杉	42.3	10.8	22.5	9.6
19	47	柳杉	32.7	9.8	18.9	8.2
19	48	霧社木薑子	13.4	8.1	21.4	6.7
19	49	毽子櫟	9.3	3.6	20.8	4.2
19	50	毽子櫟	10.3	1.9	20.9	6.7
20	1	紅檜	27.0	6.4	13.1	4.1
20	2	紅檜	26.8	5.8	13.0	3.8
20	3	紅檜	34.5	5.2	15.2	4.4
20	4	紅檜	19.1	5.3	10.6	3.2
20	5	紅檜	12.9	7.8	8.3	1.8
20	6	紅檜	21.7	7.4	11.4	3.6
20	7	白花八角	14.2	7.2	21.5	1.2
20	8	紅檜	23.2	8.6	11.9	4.3
20	9	紅檜	18.8	7.4	10.5	4.3
20	10	紅檜	21.7	9.2	11.4	3.8
20	11	紅檜	23.5	8.5	12.0	3.8
20	12	紅檜	13.8	8.9	12.2	3.4
20	13	烏皮九芎	13.0	6.1	21.3	2.8
20	14	紅檜	29.8	7.8	13.9	5.6
20	15	紅檜	35.2	2.3	15.4	7.5
20	16	紅檜	29.4	6.8	21.9	7.2
20	17	紅檜	29.3	10.4	21.9	6.3
20	18	紅檜	37.5	1.5	16.0	4.7
20	19	紅檜	30.7	7.9	14.2	7.6
20	20	紅檜	29.1	13.4	22.5	6.4
20	21	紅檜	17.5	7.4	15.4	4.8
20	22	紅檜	25.5	13.3	12.6	7.2
20	23	紅檜	14.0	8.7	13.0	2.1
20	24	烏皮九芎	18.0	1.5	21.9	5.6
20	25	紅檜	23.1	9.6	11.9	4.8
20	26	紅檜	38.2	7.4	24.8	7.6
20	27	烏皮九芎	13.8	8.6	21.4	6.4
20	28	烏皮九芎	13.1	2.1	21.3	5.8
20	29	紅檜	31.7	8.1	14.4	7.2
20	30	紅檜	21.3	9.2	11.3	4.3
20	31	紅檜	32.2	6.9	14.6	6.2
20	32	紅檜	35.0	3.8	22.6	8.0
20	33	紅檜	21.2	11.4	11.3	4.8

20	34	紅檜	21.2	14.9	11.3	3.7
20	35	紅檜	29.5	9.8	13.8	8.3
20	36	紅檜	33.9	8.4	23.0	6.4
20	37	紅檜	33.8	8.4	15.0	8.2
20	38	紅檜	29.6	7.4	13.8	7.4
20	39	紅檜	22.2	10.2	11.6	6.2
20	40	薯豆	13.5	4.3	21.4	4.3
20	41	紅檜	26.5	14.4	12.9	7.4