

行政院農業委員會林務局新竹林區管理處委託研究計畫

常見國產木材性質分析暨
「國產木材利用手冊」
協力出版計畫

成果報告書

執行單位：國立中興大學

中華民國 111 年 5 月

目錄

目錄.....	1
第一章 前言.....	1
一、計畫緣起.....	1
二、計畫目標.....	4
第二章 工作項目與內容.....	5
一、工作項目及內容.....	5
二、計畫期程.....	6
三、計畫進度表.....	7
四、工作進度檢核表.....	7
第三章 工作計畫及實施方式.....	9
第四章 國產木材之組織特徵與性質分析.....	15
一、臺灣二葉松 (<i>Pinus taiwanensis</i>)	15
二、臺灣五葉松 (<i>Pinus morrisonicola</i>)	23
三、臺灣雲杉 (<i>Picea morrisonicola</i>)	28
四、紅檜 (<i>Chamaecyparis formosensis</i>)	33
五、臺灣扁柏 (<i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i>)	39
六、長尾尖櫨 (<i>Castanopsis carlesii</i>)	44
七、三斗石櫨 (<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>)	51
八、香楠 (<i>Machilus zuihoensis</i>)	56
九、光蠟樹 (<i>Fraxinus griffithii</i>)	61
十、木荷 (<i>Schima superba</i>)	66
第五章 結論與建議.....	72
審查意見回應表.....	73
審查意見回應表.....	75
參考文獻.....	79
附錄一 木材組織之專有名詞介紹.....	81
附錄二 國產木材製材品之等級區分法介紹.....	86
一、製材品材積、含水率及尺度量測之重點與注意事項.....	86
二、製材品等級區分之法與注意事項.....	88
三、常見針葉樹製材等級區分之重點與注意事項.....	92
四、常見闊葉樹製材等級區分之重點與注意事項.....	104

第一章 前言

一、計畫緣起

近年來，全球暖化、非法木材等問題已成為國際間在氣候變遷、經濟貿易上備受重視之議題，為響應世界各國之趨勢，林務局於 106 年起宣示將該年訂為國產材元年，透過使用國產材，提倡節能減碳、碳足跡、地產地消等理念，並強調林業的友善經營與木材永續利用的綠色經濟效益，並期望藉由使用國產材重啟林業，促進林業上中下游產業鏈之健全發展。國內這幾年亦著手進行相關木材驗證之制度，並期能透過合法木材之驗證，推動臺灣優良農產品林產品以及台灣木材標章之施行。

根據第四次森林資源調查結果，我國之森林覆蓋率達 60.71%，總森林面積為 2,197,090 公頃，全國人均森林面積為 0.092 公頃/人，平均每公頃蓄積量為 228 m³，總森林蓄積量更達 50,203 萬 m³，較第三次森林資源調查結果增加約 1.5 億 m³，充分顯示我國豐富之森林資源，其中又以人工林之蓄積量增加率最高，逾 85%。目前我國人工林之各林型中，針葉林之主要樹種，根據蓄積量由高至低依序為柳杉、松類、檜木、杉木、臺灣杉、肖楠等；闊葉林之主要樹種，則為相思樹、光蠟樹、櫟木等，樹種具有相當之多樣性，尤其我國生產性人工林共計有 270,606 公頃，造林迄今已屆成熟齡級，如何有效利用上述之森林資源，並正確的認識國產木材種類及其各項物理與力學性質，以滿足國內工程建材、木構造建築、室內外裝修材、家具與文創商品設計等需求，進而取得建築師、室內設計師與消費者之認同與共鳴，實為現時推廣國產木材有待突破之必要課題。

木材係一種天然的有機材料，其具有高比強度、良好之音學性質、美觀紋理、色澤與氣味、加工耗能少等諸多優點，此外，亦因其屬具備環保 5R 資源循環概念之材料，獨特之再生產（Renew）特性，使其在工業與科學技術迅速發展之現代社會，並未隨其他材料之興起而被取代，反而更為凸顯其重要性之存在。依據台灣區合板製造輸出同業公會（2020）統計資料顯示，我國於 2010 至 2019

年間，木材與木質材料相關製品中，年均進口量以製材為最高(1,249,374 m³)，其次為合板(624,721 m³)及原木(598,467 m³)，平均國內每年之木材消費量計有 500~600 萬 m³，可見我國對於木質材料之需求量極大，民眾對木材與木質材料存在一定之依賴性。惟現行台灣之木材自給率仍僅約 0.6%，仍有極大部分之木材來源仰賴進口，此現況可能存在因國際貿易政策之改變而衝擊國內木材產業之潛在隱憂，且進口木材來源之合法性亦為國際間迫切重視之議題。

為促進國產木材之發展，林務局曾分別於 103 與 105 年時委託辦理兩次國產木竹材產地證明制度之示範驗證，107 年起正式公告「國產木竹材之臺灣良好農業規範(TGAP)」，並增訂「優良農產品林產品項目驗證基準」木製材品品項，透過「產銷履歷農產品驗證(TAP)」、「優良農產品驗證(CAS)」、「台灣林產品生產追溯條碼(QR code)」等相關驗證標章，以落實國產木竹材之產地證明，並擴大銜接綠建材、MIT 臺灣製微笑標章等驗證制度，藉以保障我國林農與木材相關產業，將國產木材大力推向市場平台。截至今日，已有 120 餘家國內業者取得台灣林產品生產追溯(QR code)之驗證，並有 5 家國內業者已取得 CAS 國產木材規格品之驗證申請，可明確獲悉林業行政機關與國內林產業者對國產木材之重視程度。然當前之建築與設計等下游端產業對於國產木材分類仍尚嫌陌生，較少之應用案例以及各項物理及機械性質未被充分探究之現況下，對於國產木材之接受度尚屬不足，進而導致國產木材在市場上之普及度仍有待提升，且國內消費者對於木材之相關基礎知識亦普遍不足，故在若能正確建構與推廣、宣導國產木材之各項性質與可能之應用面，乃有助於國產木材在市場流通性上之推動。

而新竹林區管理處轄管人工林資源豐富，主要樹種包括柳杉、臺灣杉、香杉、杉木、紅檜等針葉樹人工林，以及臺灣櫟、樟樹、相思樹等闊葉樹人工林，樹種具有多樣性，同時亦使推廣相關產業之利用與發展更具挑戰性。

因此建立市場上常見之國產木材資訊，進而編撰「國產木材利用手冊」，對於宣導國產木材及其應用之相關知識，正是鏈結產業與消費端之重要媒介，這類

國產木材資訊具有其必要性與重要性。本團隊曾於 108 年度執行由新竹林區管理處委辦之「常見國產木材性質暨『國產木材利用手冊』編撰計畫」，已完成常見 10 種國產木材之外觀及組織特徵介紹、材面外觀攝影、立體及光學顯微切片影像拍攝、物理性質與力學性質分析，並整合分析現行各種製材用途所適用之分級標準差異，以及木材保存相關之國家標準規範，完成「國產木材利用手冊」內容之初步編撰，惟當時手冊內之樹種數較為有限，除缺乏目前人工林蓄積量次多之松類的相關性質資料外，其他珍貴樹種如天然林之臺灣扁柏、紅檜以及其他市場流通之闊葉樹等，亦因計畫時程與取得來源尚未編定於手冊中。因此，本年度計畫為擴充更多國產木材之介紹，使國產木材之推廣應用得以更多元化、更臻完備，擬再新增 10 種常見之國產木材，包含但不限於臺灣二葉松、臺灣扁柏等針葉樹種，及光蠟樹、殼斗科類等闊葉樹種，並針對其進行物理及機械性質試驗，建立相關應用時之基礎性質，以供建築、設計、應用人員與消費者參考。

同時，為求新竹林區管理處欲出版之「國產木材利用手冊」之內容能深入淺出，讓給得以閱讀，並兼顧專業與知識內容之正確性，本計畫團隊將以既有成果以及專業知識傳達，協力「國產木材利用手冊」出版計畫之圖文內容審訂與提供諮詢意見。

二、計畫目標

本計畫為針對行政院農委會林務局新竹林區管理處所轄造林地產出國產木材進行一系列之物理與力學性質評估，同時進行材面與光學顯微切片影像攝影，將樹種、辨識特徵、木材物理與力學性質以及應用資訊等，協力提供「國產木材利用手冊」出版計畫之圖文內容審訂與提供諮詢意見。此外計畫完成時，亦提供 20 套木材標本供新竹林區管理處作為教育與推廣應用，並配合「國產木材利用手冊」之行銷進行設計。

預期完成之目標如次：

- (一) 完成常見國產木材至少 10 種之材面攝影與光學顯微切片影像拍攝。
- (二) 完成常見國產木材（同上樹種）至少 10 種之物理性質與力學性質分析。
- (三) 協力「國產木材利用手冊」出版計畫之圖文內容審訂與提供諮詢意見。
- (四) 製作提供國產木材至少 20 種（含前期 10 種及本期 10 種）之木材樣本，共計 20 套。

第二章 工作項目與內容

一、工作項目及內容

- (一) 完成常見國產木材至少 10 種之材面攝影與光學顯微切片影像拍攝，將目前常見國產木材之材面特徵，心邊材差異與顯微辨識特性，以直觀性之圖像化方式，按前期「國產木材利用手冊」初稿之編輯格式編撰並撰寫輔助說明。
- (二) 完成常見國產木材（同上樹種）至少 10 種之物理性質與力學性質分析，包括：密度、含水率、尺寸收縮率、抗彎彈性模數、抗彎強度、平行木理方向抗壓強度、平行木理方向抗剪強度、勃氏硬度等。並將相關資料以表列方式按前期「國產木材利用手冊」初稿之編輯格式編撰並撰寫輔助說明。
- (三) 協力「國產木材利用手冊」出版計畫之圖文內容審訂與提供諮詢意見：本團隊將全力配合參與「國產木材利用手冊」出版計畫之審查會議並提供審查意見。於「國產木材利用手冊」出版計畫之初稿完成時，進行初稿全篇內容審訂與提供修訂意見，及於完稿前進行最後一次稿件全篇內容審訂校正。
- (四) 製作提供國產木材至少 20 種（含前期 10 種及本期 10 種，共 20 種）之木材樣本，共計 20 套。每套木材樣本應包含各種木材各 1 片，每片樣本尺寸不限，但需足以辨識木材縱切面（含弦切面或徑切面）、橫切面等辨識特徵，及以黏貼或雷雕等方式標註木材種類之標準中文名稱、學名、標準英文名稱；20 種木材樣本需以「套」為單位，盛裝於完整包裝之容器內。前述容器材質不拘，需以未來可供搭配「國產木材利用手冊」一同行銷或銷售為原則進行包裝設計。

二、計畫期程

本計畫除上列具體工作內容外，實際之試驗操作、內容編撰、刊物出版及計畫研擬等範圍得由計畫主持人自訂。計畫期程自決標次日起至民國 111 年 5 月 31 日止。工作執行期間，依雙方契約之規定提送各項報告初稿，並舉行審查會議。另雙方得視實際需求，召開工作會報。

1. 年度報告繳交期程

- (1) 110 年 08 月 02 日前提送期初計畫書。
- (2) 110 年 10 月 31 日前提送期中報告書。
- (3) 111 年 04 月 30 日前提送期末報告書。
- (4) 111 年 05 月 31 日前提送成果報告書。

2. 於工作執行期間，受託單位需依雙方契約之規定提送各項報告初稿各 10 份，並分期辦理審查；除期初計畫書得採書面審查外，其餘各期報告書原則採會議審查；另雙方得視實際需求，召開工作會議。

3. 本計畫於期末報告審查完畢後應提送本計畫成果，包括成果報告書（10 份）、國產木材利用手冊（10 份）、光碟檔（6 份）、20 種國產木材之木材樣本（20 套）。光碟內容應包含各項報告之文字檔、簡報檔與工作照片或影像紀錄至少 30 張。

三、計畫進度表

本計畫工作期限為自決標日起至民國 111 年 5 月 31 日止，其工作進度與項目如次：

工作內容項目	年別	110				111		
	月份	4-5	6-7	8-9	10-12	1-2	3-4	5
國產木材與相關資料收集		■	■	■	■	■	■	
國產木材之材面攝影與光學顯微切片影像拍攝			■	■	■	■		
國產木材之物理性質分析			■	■	■	■	■	
國產木材之力學性質分析			■	■	■	■	■	
國產木材之標準樣本製作				■	■	■	■	
協力編審「國產木材利用手冊」一冊				■	■	■	■	
報告撰寫		■			■		■	■
預定進度累積百分比 (%)		5	20	40	60	80	95	100
工作成果	預定期程	各項工作成果內容說明						
期初計畫書	110 年 5 月 31 日前	提交期初計畫書，內容包含執行內容及各階段規劃等。						
期中報告	110 年 10 月 31 日前	提送期中報告並審查						
期末報告	111 年 4 月 30 日前	提送期末報告並審查						
成果報告	111 年 5 月 31 日前	包括研究報告 10 份、光碟檔 6 份及國產木材樣本 20 套。其中光碟內應含各項報告之文字檔(分別以 PDF 格式及相容 word 2003 格式儲存)、簡報檔(包括 PowerPoint 或 Keynote、PDF 兩類格式，含各期簡報)及工作照片或影像紀錄至少 30 張。						

四、工作進度檢核表

期程	工作項目	說明
第一期	提交期初計畫書，內容包含執行內容(需提出計畫預計執行 10 種常見國產木材之種類)及各階段時程與內容規劃等。	已依照採購說明書及契約規定，於期限內提交期初計畫書一式 10 份（內容包含各階段執行內容與規畫表 1 式）
第二期	提交期中報告書，並完成以下項目：	已依照採購說明書及契約規定，於期限內提交期初計畫書一式 10 份

期	1. 完成常見國產木材至少 4 種之材面攝影與光學顯微切片影像拍攝。	已完成臺灣二葉松、臺灣五葉松 2 種針葉樹種及長尾尖櫨、三斗石櫟、香楠 3 種闊葉樹種，共 5 樹種之材面攝影及光學顯微切片影像。
	2. 完成常見國產木材至少 4 種之物理性質與力學性質分析。	已完成臺灣二葉松、臺灣五葉松 2 種針葉樹種及長尾尖櫨、三斗石櫟、香楠 3 種闊葉樹種，共 5 樹種之物理性質與力學性質分析。
	3. 參與「國產木材利用手冊」出版計畫之審查與初稿審訂。	已完成「國產木材利用手冊」出版計畫之審查與初稿審訂。
	4. 提交本處前期計畫內 6 種國產木材之木材樣本各 20 片(尚無需包含外包裝容器)。	已完成臺灣杉、柳杉、巒大杉、杉木、臺灣二葉松、臺灣五葉松共 6 種針葉樹種之標準樣本製作。
第三期	提交期末報告書，並完成以下項目：	已依照採購說明書及契約規定，於期限內提交期初計畫書一式 10 份
	1. 完成常見國產木材至少 6 種(累計 10 種)之材面攝影與光學顯微切片影像拍攝。	已完成臺灣二葉松、臺灣五葉松、臺灣雲杉、紅檜、臺灣扁柏等 5 種針葉樹種，及長尾尖櫨、三斗石櫟、香楠、光蠟樹、木荷等 5 種闊葉樹種，共計 10 種樹種之材面攝影及光學顯微切片影像。
	2. 完成常見國產木材至少 6 種(累計 10 種)之物理性質與力學性質分析。	已完成臺灣二葉松、臺灣五葉松、臺灣雲杉、紅檜、臺灣扁柏等 5 種針葉樹種，及長尾尖櫨、三斗石櫟、香楠、光蠟樹、木荷等 5 種闊葉樹種，共計 10 種樹種之物理性質與力學性質分析。
	3. 參與「國產木材利用手冊」出版計畫之審查與完稿前審訂及校對。	已完成「國產木材利用手冊」出版計畫之審查與初稿審訂。
	4. 提交本處前期計畫內 14 種國產木材之木材樣本各 20 片(尚無需包含外包裝容器)	已完成臺灣杉、柳杉、巒大杉、杉木、臺灣二葉松、臺灣五葉松、臺灣雲杉、紅檜(天然林、人工林)、臺灣扁柏等 10 種針葉樹種，及相思樹、欖木、棟樹、樟樹、大葉桃花心木、長尾尖櫨、三斗石櫟、香楠、光蠟樹、木荷等 10 種闊葉樹種，共計 20 種樹種之標準樣本製作。
	5. 國產木材樣本盒包裝設計。	已完成國產木材樣本盒包裝設計。

第三章 工作計畫及實施方式

一、完成常見國產木材至少 10 種（規劃本期擴增樹種為臺灣二葉松、臺灣五葉松、臺灣雲杉、紅檜、臺灣扁柏；長尾尖櫨、石櫟類、楠木類、光蠟樹、木荷）之材面攝影與光學顯微切片影像拍攝，其中石櫟類木材規劃以三斗石櫟作為代表，楠木類木材則規劃以香楠作為代表。將常見國產木材之材面特徵，心邊材差異與顯微辨識特性，以直觀性之圖像化方式進行輔助說明。

（一）材面照片之拍攝

以附微焦鏡之攝影裝置，進行國產木材之三切面特徵拍攝（圖 1），提供圖片說明各材種之辨識特徵，作為辨識依據。

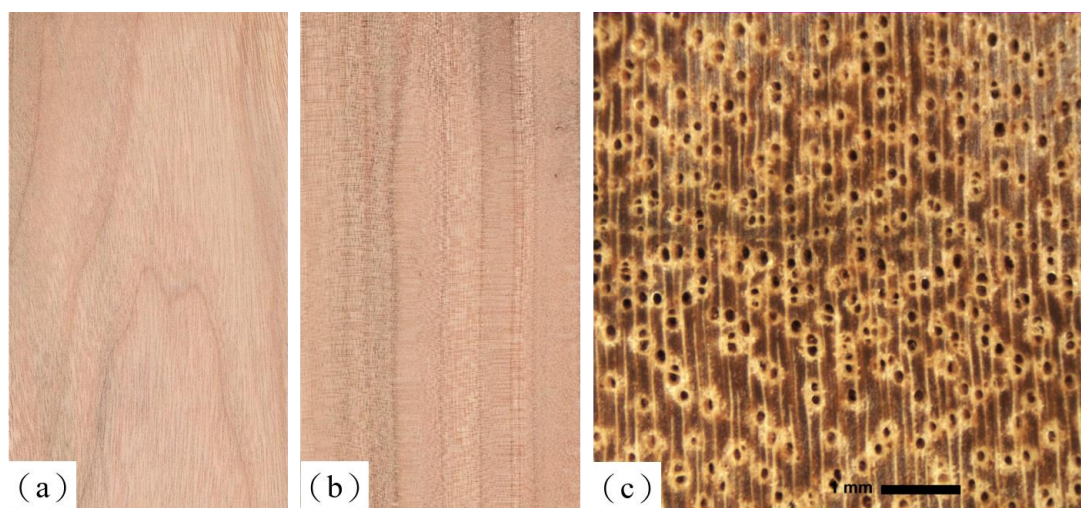


圖 1、國產木材三切面特徵之影像拍攝照片。

（a）弦切面（b）徑切面（c）橫切面。

（二）顯微切片影像拍攝

採用甘油-酒精軟化法進行木材軟化，以甘油與濃度 30-50%之酒精溶液各一半之混合液，將試樣浸入混合液中放置數日或加熱軟化至可進行切片為止，較硬之木材則使用氫氟酸（HF, hydrofluoric acid）浸泡使之軟化。軟化後之木塊再使用滑動式切片機（Sliding microtome, MH400R）（圖 2）進行木材切片，切片應具有適當的厚度，一般介於 10-20 μm 之間，且無波狀

起伏或局部厚薄不均之現象。針對不同材色及組織以 Safranin、Hematoxylin、Fast Green 及 Bismarck Brown 等染劑進行染色。之後使用乙醇作為脫水劑 (Dehydration) 進行脫水。於封片前將蓋玻片與載玻片洗滌乾淨，再以加拿大樹膠 (Canada balsam) 作為封片膠滴於玻片間即完成封片。最後使用顯微攝影裝置 (Microscope camera, DC500) 搭配 ZAK Image 2017 軟體 (圖 3) 進行光學顯微攝影。



圖 2、滑動式切片機 (Sliding microtome, MH400R) 之外觀。

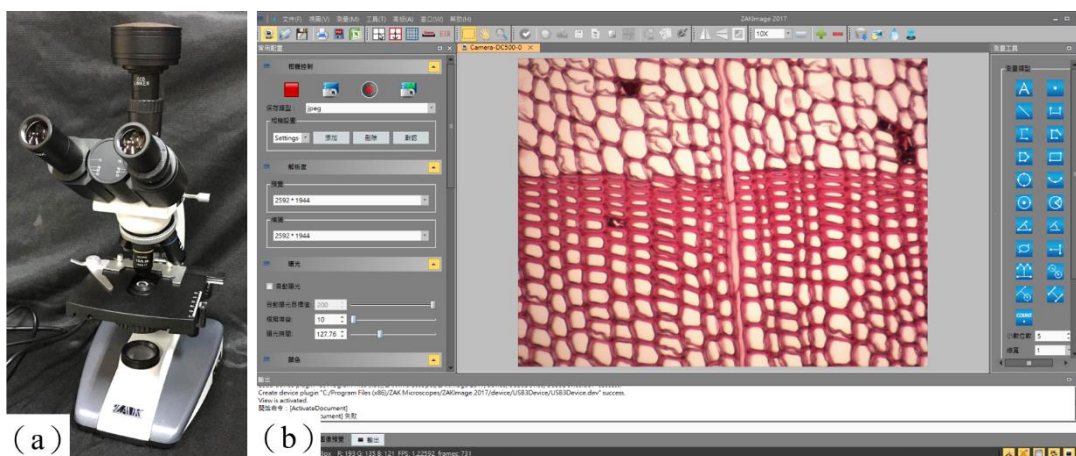


圖 3、顯微攝影設備。

(a) 附有顯微攝影裝置 (Microscope camera, DC500) 之解剖顯微鏡。

(b) ZAK Image 2017 軟體介面。

二、完成常見國產木材至少 10 種 (樹種同上述規劃) 之物理性質與力學性質分析，包括：密度、含水率、尺寸收縮率、抗彎彈性模數、抗彎強度、平行木

理方向抗壓強度、平行木理方向抗剪強度(弦切面、徑切面)、勃氏硬度(橫切面、弦切面、徑切面)等。並將相關資料參考前期「國產木材利用手冊」之表列方式編撰，以利後續應用。

(一) 含水率

含水率 (Moisture content, MC) 之量測，係將各強度試驗之試材置於溫度 20°C、相對溼度 65% 之恆溫恆濕箱(室)中，進行調濕處理約 3 星期，達平衡狀態後取出，並依 CNS 452 木材含水率試驗法進行量測。

(二) 密度

木材密度值之量測係依 CNS 451 木材密度試驗法進行，試材之尺寸大小為 20 mm (T) × 20 mm (R) × 40 mm (L)，將調濕(溫度 20°C、相對溼度 65%) 後之試材，量測其質量 (kg) 及體積 (m³)，並計算其於含水率時的密度 (ρ)。

(三) 全收縮率試驗

木材之全收縮率係依照 CNS 459 之標準，將材料裁切為 20 mm (T) × 20 mm (R) × 5 mm (L) 之正直立方體，並量測其徑向與弦向之尺度變化。試驗係先將各試樣置於室溫水內，直至各試樣含水率高於纖維飽和點(Fiber saturation point, FSP) 後，量測其弦向與徑向之尺度變化 (r_{max}、t_{max})。再將試樣置於 103 ± 2°C 之烘箱中，待絕乾後量測其徑向 (r₀)、弦向 (t₀) 之絕乾尺度，並計算其全收縮率。

(四) 抗彎強度與抗彎彈性模數

木材之抗彎性質量測係依據 CNS 454 標準進行，將試材置於 20°C、相對溼度 65% 之恆溫恆濕箱(室)中進行調濕 3 星期，試驗之配置如圖 4 所示。試材之尺寸大小為 30 mm (T) × 30 mm (R) × 500 mm (L)，調濕後取出量測其各向之尺寸，並將跨距設定為試片厚度之 14 倍以上，於載重速度為 5 mm/min 下進行抗彎性質之測定，並計算抗彎強度 (Modulus of rupture, MOR) 及抗彎彈性模數 (Modulus of elasticity, MOE)。



圖 4、木材抗彎試驗之配置。

(五) 平行木理方向之抗壓強度

木材之抗壓性質測係依據 CNS 453 標準進行，將試材置於 20°C、相對溼度 65% 之恆溫恆濕箱中進行調濕 3 星期後，進行平行木理方向之抗壓試驗。試驗之配置如圖 5 所示，試材之尺寸大小為 20 mm (T) × 20 mm (R) × 40 mm (L)，以載重方向與纖維方向平行之方式於載重速度為 5 mm/min 下進行抗壓強度 (σ_c) 測定。



圖 5、木材抗壓試驗之配置。

(六) 平行木理方向之抗剪強度

木材之抗剪性質測係依據 CNS 455 標準進行，將試材置於 20°C、相

對溼度 65%之恆溫恆濕箱中進行調濕 3 星期後，進行平行木理方向之抗剪試驗。試驗之配置如圖 6 所示，試體之橫切面大小為 20 mm (T) × 20 mm (R)，測試之剪斷面係弦切面及徑切面，剪斷面長度為 20 mm，以載重方向與纖維方向平行之方式於載重速度為 5 mm/min 下進行抗剪強度 (τ_s) 測定。



圖 6、木材抗剪試驗之配置。

(七) 勃氏硬度試驗

木材硬度之量測係依據 CNS 460 標準，將試材置於 20°C、相對溼度 65% 之恆溫恆濕箱中進行調濕 3 星期後，進行勃氏硬度試驗。試驗之配置如圖 7 所示，試材之尺寸大小為 20 mm (T) × 20 mm (R) × 40 mm (L)，於載重方向與測定切面呈垂直之方式，以一直徑 10 mm 之鋼球壓入試樣材面深度約 0.32 mm 處，平均壓入速度為 0.5 mm/min，並計算其硬度。



圖 7、木材勃氏硬度試驗之配置。

三、協力「國產木材利用手冊」出版計畫之圖文內容審訂與提供諮詢意見，並於「國產木材利用手冊」出版計畫之初稿完成時，進行初稿全篇內容審訂與提供修訂意見，及於完稿前進行最後一次稿件全篇內容審訂校正。

四、完成國產木材至少 20 種（含前期 10 種及本期 10 種，共 20 種）標準樣本之製備，共計 20 套，每套包含上述 20 種木材樣本各一片。標準樣本之大小為 15 mm × 70 mm × 120 mm，標準木材樣本另規劃以雷雕方式於標準樣本之縱切面上標註木材之標準中文名稱、學名、標準英文名稱，並以「套」為單位，併同國產木材利用手冊之風格，進行包裝設計（圖 8）。

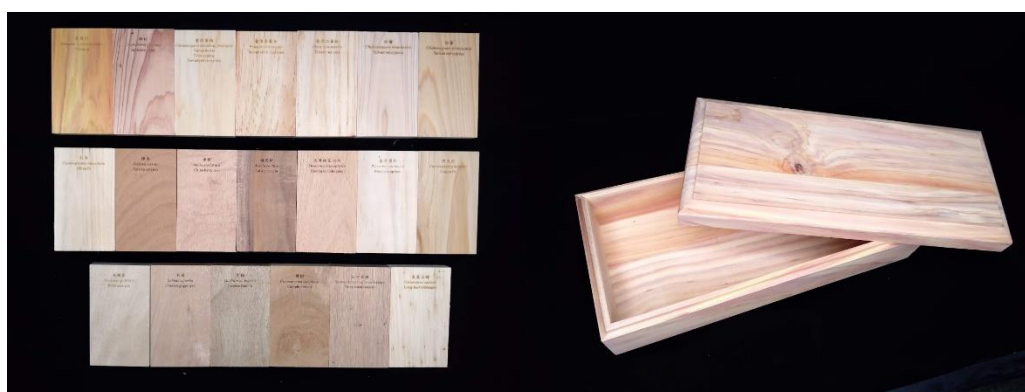


圖 8、國產木材之標準樣本及其包裝外盒之外觀。

第四章 國產木材之組織特徵與性質分析

一、臺灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*)

臺灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*)，英文名 Taiwan red pine，又稱松柏、臺灣赤松，為松科松屬之常綠大喬木，屬臺灣特有種，與琉球松 (*Pinus luchuensis*) 同為國產硬木松類（複維管束亞屬）之代表樹種，歸類為臺灣二級針葉木，乃臺灣重要之造林樹種之一，其主要分布於臺灣海拔高度 650-2800 m 之山區，生長於氣候乾燥之向陽坡地，為火燒適存樹種，具有火燒趨向（呂金城，1990）及輕度毬果延遲性，種子成熟後保存於毬果之中，一段時間後果鱗鱗片才會緩慢釋放出種子，其飄散期可長達半年（陳明義等，2000），故臺灣二葉松常成為演替前期之陽性物種。

臺灣二葉松樹幹通直，樹高可達 30 m，其幹皮為灰褐色，縱向深溝裂，呈雲片狀剝落；外皮斷面為深褐色，具層次，層紋為灰白色；內皮細緻纖維質，為淡紅白色。葉通常為兩針一束，罕三針一束，長 8-11 cm，質地較硬，脂溝 4-7，外生及中生。雄花無梗，腋生，花粉囊縱裂，藥隔鱗片狀，花粉有二翅；雌花側生或略頂生，苞鱗較珠鱗小。毬果長 6-7 cm，具有短柄，著果堅牢，果鱗肥厚，長橢圓狀矩形，橫脊明顯，基部果鱗之鱗臍亦無刺，常具凸起（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之臺灣二葉松係取材自南投林區管理處巒大事業區第 119 林班，圖 9-圖 11 為臺灣二葉松木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 12-圖 14 則為臺灣二葉松木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，臺灣二葉松木材之邊心材分界明顯，邊材為黃白色，心材為黃褐色，於材面上可見顯著樹脂溝紋路（圖 9、圖 10）。由橫切面觀察可見其年輪明顯，稍狹而整齊，秋材帶寬，且可見顯著之縱向樹脂溝，主要為單獨存在，大且數量甚多，於春秋材均有分布（圖 11）。在其他巨觀特徵方面，臺灣二葉松之木材木理通直而均勻，木肌稍細緻，木材帶有松脂之氣味。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見春秋材之移行急變，縱向薄壁細胞

鮮少（圖 12）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列，並具有橫向樹脂溝而使木質線呈紡錘狀（圖 13）。徑切面之顯微切片影像可見，木質線管胞細胞壁具鋸齒狀加厚；重緣壁孔主要為單列；交叉區分野壁孔為窗型及松型（圖 14）。



圖 9、臺灣二葉松弦切面之材面照片。(a) 樹脂溝紋路。



圖 10、臺灣二葉松徑切面之材面照片。(a) 樹脂溝紋路。

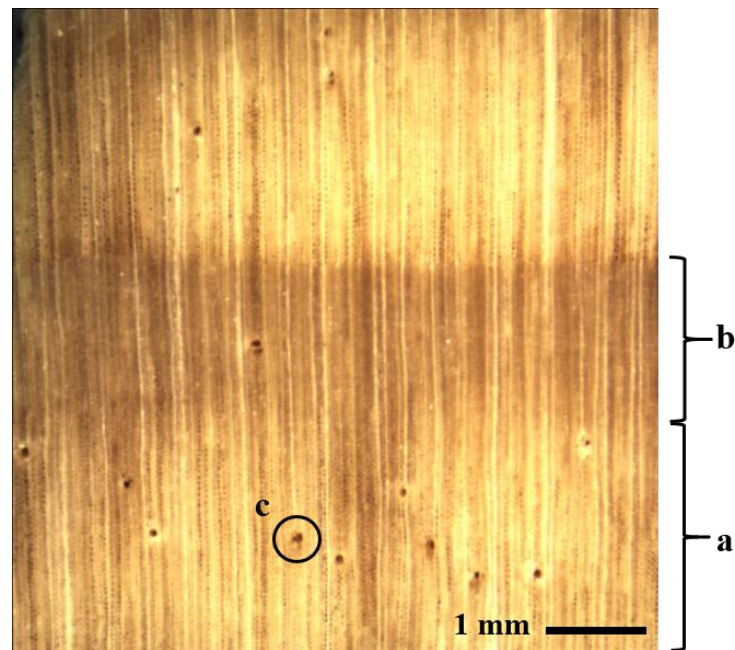


圖 11、臺灣二葉松橫切面之材面照片。(a) 春材帶 (b) 秋材帶 (c) 縱向樹脂溝。

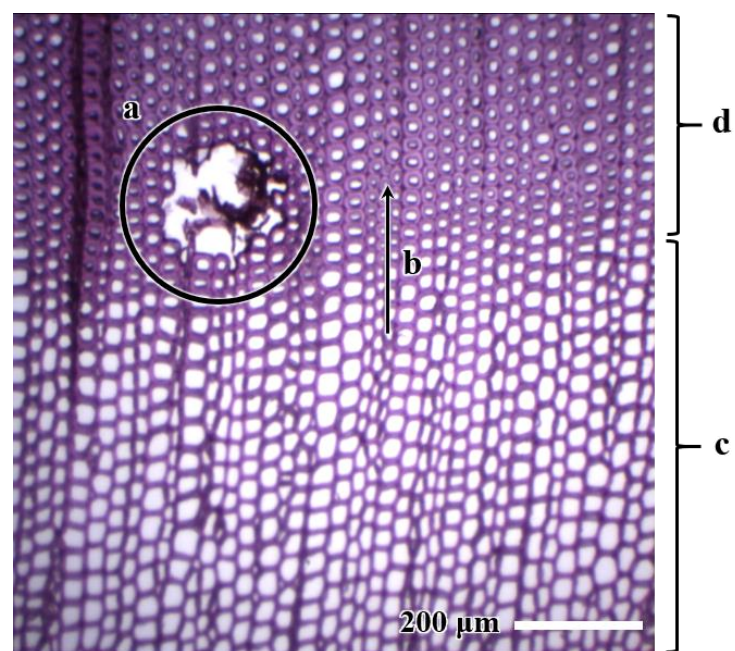


圖 12、臺灣二葉松橫切面之組織顯微切片影像。(a) 縱向樹脂溝 (b) 春秋材移行急變 (c) 春材帶 (d) 秋材帶。

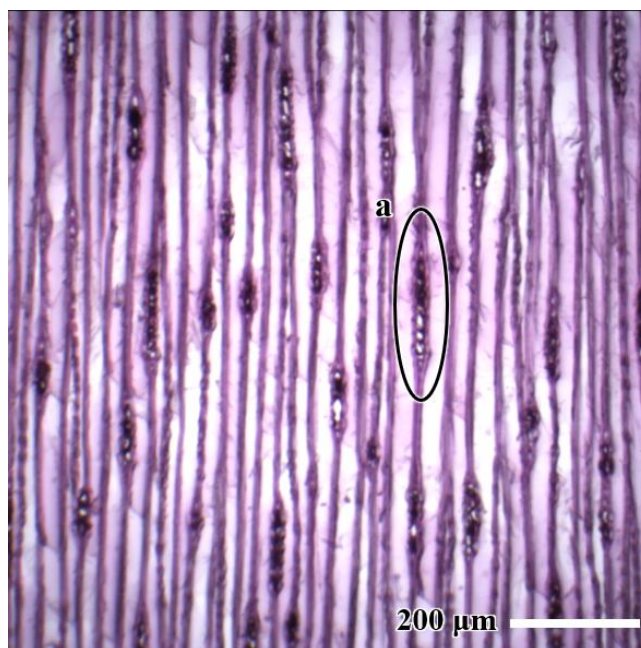


圖 13、臺灣二葉松弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列木質線。

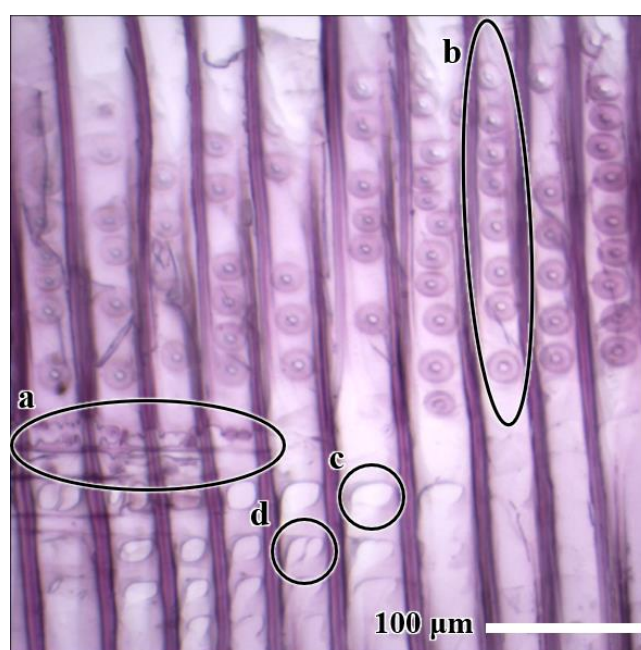


圖 14、臺灣二葉松徑切面之組織顯微切片影像。(a) 木質線管胞細胞壁之鋸齒狀加厚 (b) 單列重緣壁孔 (c) 窗型分野壁孔 (d) 松型分野壁孔。

(二) 木材之物理與力學性質

表 1 為臺灣二葉松木材之物理性質，結果顯示，本案之臺灣二葉松木材於調濕後，平均含水率為 13.0%，其平均氣乾密度為 519 kg/m^3 ，顯著較早期臺灣二葉

松之密度 (662 kg/m^3) 為低 (馬子斌等, 1979)。而在全收縮率方面, 本案臺灣二葉松之弦向與徑向全收縮率則分別係 6.81% 與 3.58%, 其中, 弦向全收縮率較早期臺灣二葉松者高, 徑向全收縮率則性質相似。

表 1、臺灣二葉松木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	519	13.0	6.81	3.58
	(55) ²	(0.9)	(1.68)	(1.23)
馬子斌等 (1974)	662	12.0	5.35	3.56
王松永 (2002)	-	12.0	6.15	3.70

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後, 進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 1000 以上)。

² () 內為標準差。

表 2 為臺灣二葉松木材之力學性質, 結果顯示, 本案臺灣二葉松木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 37.5 MPa、7.9 GPa、70.1 MPa, 弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 12.2 MPa 及 9.3 MPa, 橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 30.4 N、9.0 N 及 10.8 N。與早期之性質資料相比, 本案之臺灣二葉松木材相較於馬子斌等 (1979) 之結果, 抗彎彈性模數、抗彎強度值均具有顯著之下降, 分別降低 44.0% 及 33.0%; 抗壓強度及勃氏硬度值雖略有下降之趨勢, 但其幅度較不顯著; 抗剪強度值則略有提高之趨勢。而相較於王松永 (2002) 之結果, 與本案之臺灣二葉松木材性質則較為相似, 在抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度方面僅略有下降之趨勢。

本團隊於 109 年度執行前期計畫「常見國產木材性質暨國產木材利用手冊編撰計畫」, 針對國產人工林針葉樹木材基礎性質調查與建置之成果如表 3 所示, 臺灣杉、巒大杉、杉木、柳杉、紅檜等五種樹種之密度介於 358-458 kg/m^3 , 抗壓強度介於 30.3-41.9 MPa, 抗彎彈性模數介於 7.1-7.9 GPa, 抗彎強度介於 57.3-69.5

MPa，抗剪強度介於 8.6-11.9 MPa，橫切面勃氏硬度介於 18.6-29.0 N。相較於表 1 與表 2，可見臺灣二葉松在密度與勃氏硬度上顯著較高，屬針葉樹種中反應表面材質較為適中，木材表面相較不易受損者，並且在各項強度之表現上較臺灣杉、巒大杉、杉木、柳杉有略高之趨勢，顯示國產臺灣二葉松木材應用於結構用途之可行性，在利用上，除可供建材之用途使用，如柱、樑、桁、地板、樓板、門窗等用材使用，亦可供採取松脂。此外，根據馬子斌等（1979）之結果顯示，南方松類之樹種中，與臺灣二葉松同屬硬松類之大王松（*Pinus palustris*, Long leaf pine）與溼地松（*Pinus elliotii*, Slash pine），前者之抗彎彈性模數介於 11.0-13.7 GPa、抗彎強度介於 58.7-100.2 MPa；後者之抗彎彈性模數介於 10.6-13.7 GPa、抗彎強度介於 60.1-112.6 MPa，相較之下，臺灣二葉松除抗彎彈性模數較低外，抗彎強度與南方松具有相當接近之趨勢，此結果顯示國產之臺灣二葉松在市場應用上，具有取代進口南方松製品之潛力。另一方面，在加工性能方面，其切削性中庸，乾燥容易，但處理不當略呈反翹（王松永，2002）。此外，臺灣二葉松心材之耐腐朽性佳，其對於白腐菌與褐腐菌之天然耐久性均為 1 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 90-100%）（王松永，2002），惟臺灣二葉松之邊材對真菌之抵抗性仍較差，故當欲應用於戶外場域時，如木材會頻繁接觸水、土壤及其他生物性危害因子之情況下，仍建議應依照 CNS 3000（2015）加壓注入防腐處理木材所規範之危害分級標示施以對應之防腐處理。

表 2、臺灣二葉松木材之力學性質

資料來源	抗壓 強度	抗彎 彈性模數	抗彎 強度	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案 執行結果 ¹	37.5 (6.7) ²	7.9 (2.3)	70.1 (12.8)	12.2 (2.7)	9.3 (1.6)	30.4 (6.0)	9.0 (3.6)	10.8 (5.2)
馬子斌等 (1979)	41.7	14.1	104.6	9.4 ³		35.3	-	-
王松永 (2002)	42.1	8.8	76.0	-		-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

表 3、國產人工林針葉樹種之物理與力學性質（前期計畫「常見國產木材性質暨『國產木材利用手冊』編撰計畫」執行成果）

樹種	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	全收縮率(%)		抗壓 強度 (MPa)	抗彎 彈性模數 (GPa)	抗彎 強度 (MPa)	抗剪強度(MPa)			勃氏硬度(N)	
			弦向	徑向				弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
臺灣杉	358 (42) ¹	12.2 (1.7)	6.0 (1.1)	2.2 (0.9)	34.8 (4.4)	7.1 (1.4)	63.6 (9.2)	9.6 (2.7)	8.6 (2.6)	18.6 (8.3)	6.5 (3.0)	5.4 (2.4)
巒大杉	362 (39)	12.9 (1.7)	6.4 (1.3)	3.7 (1.7)	30.3 (5.8)	7.1 (2.6)	57.3 (11.8)	8.6 (2.7)	7.2 (2.6)	15.4 (7.0)	6.3 (2.4)	4.9 (1.8)
杉木	458 (42)	13.3 (0.8)	7.1 (1.5)	3.9 (1.0)	34.3 (7.6)	7.9 (1.5)	62.7 (5.2)	8.4 (1.5)	6.9 (1.2)	24.8 (4.4)	7.0 (2.3)	6.4 (2.1)
柳杉	450 (59)	13.0 (0.6)	6.5 (1.1)	3.6 (0.9)	37.4 (5.9)	7.8 (1.5)	65.5 (12.5)	10.6 (2.5)	8.8 (1.3)	26.6 (5.2)	9.0 (3.8)	8.2 (2.3)
紅檜	430 (45)	11.3 (0.5)	5.1 (1.0)	2.2 (0.5)	41.9 (5.6)	7.9 (1.7)	69.5 (12.3)	11.9 (2.7)	11.9 (2.0)	29.0 (6.4)	9.5 (3.5)	9.2 (3.1)

¹ ()內為標準差。

二、臺灣五葉松 (*Pinus morrisonicola*)

臺灣五葉松 (*Pinus morrisonicola*)，英文名 Taiwan short-leaf pine，又稱山松柏、臺灣白松，為松科松屬之常綠大喬木，屬台灣特有種，與華山松 (*Pinus armandii*) 同為國產軟木松類（單維管束亞屬）之代表樹種，歸類為臺灣二級針葉木，主要分布於臺灣海拔高度 300-2300 m 之山區，常見生長於山坡崩塌地、峭壁或土質乾燥處，與臺灣二葉松相同，被認為是火燒適存樹種，具有火燒趨向（呂金城，1990）。

臺灣五葉松樹幹易呈彎曲貌，常作為景觀樹種，樹高可達 30 m，其幹皮灰褐色至黑褐色，有淺龜甲狀分裂或不規則淺溝裂，裂口參差不齊，呈薄片狀剝落，幼樹皮則為灰褐色且光滑；外皮斷面為暗紅褐色，略具層次；內皮為淡紅白色，纖維質；芽鱗先端為漸尖形。葉為五針一束，長 6-8 cm，脂溝 2，接近底邊，外生；如有副脂溝（1 或 2），則接近三角形之頂端兩邊。雄花無梗，腋生；花粉囊縱裂，藥隔鱗片狀，花粉有二翅；雌花側生或略頂生，苞鱗較珠鱗小。毬果卵狀為卵狀橢圓形，長約 10 cm，徑 4 cm；種子有長翅（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案計畫之臺灣五葉松係取材自南投林區管理處埔里事業區第 33 林班，圖 15-圖 17 為臺灣五葉松木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 18-圖 20 則為臺灣五葉松木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，臺灣五葉松木材之邊心材分界明顯，邊材為淡黃色至淡紅黃色，心材為黃褐色，經久變成黑褐色，於材面上可見顯著樹脂溝紋路（圖 15、圖 16）。由橫切面觀察可見其年輪整齊而均勻，秋材帶狹而顯著，且縱向樹脂溝大而多數，於春秋材均有分布（圖 17）。在其他巨觀特徵方面，臺灣五葉松之木材木理通直而均勻，木肌中庸，木材帶有松脂之氣味。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見春秋材之移行緩變，縱向薄壁細胞鮮少（圖 18）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列，罕雙列，並常可見橫向樹脂溝而使木質線呈紡錘狀（圖 19）。徑切面之顯微切片影像可見，木質線

管胞細胞壁平滑，不具鋸齒狀加厚；重緣壁孔主要為單列，罕雙列；交叉區分野壁孔為窗型及松型（圖 20）。



圖 15、臺灣五葉松弦切面之材面照片。(a) 樹脂溝紋路。



圖 16、臺灣五葉松徑切面之材面照片。(a) 樹脂溝紋路。

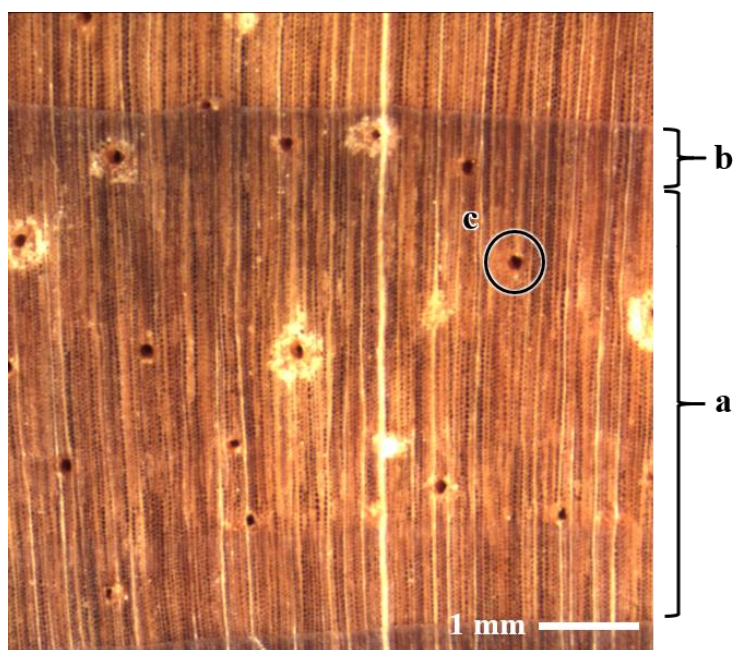


圖 17、臺灣五葉松橫切面之材面照片。(a) 春材帶 (b) 秋材帶 (c) 縱向樹脂溝。

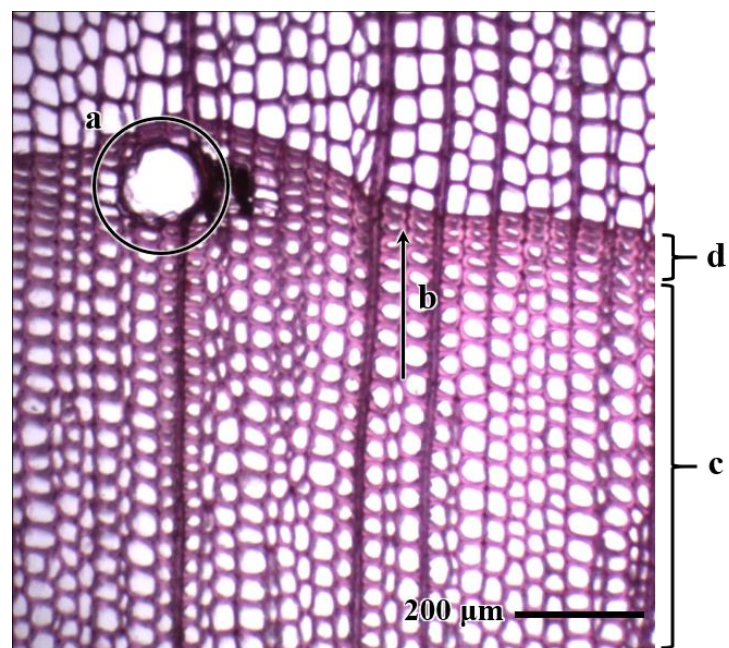


圖 18、臺灣五葉松橫切面之組織顯微切片影像。(a)縱向樹脂溝(b)春秋材移行緩變(c)春材帶(d)秋材帶。

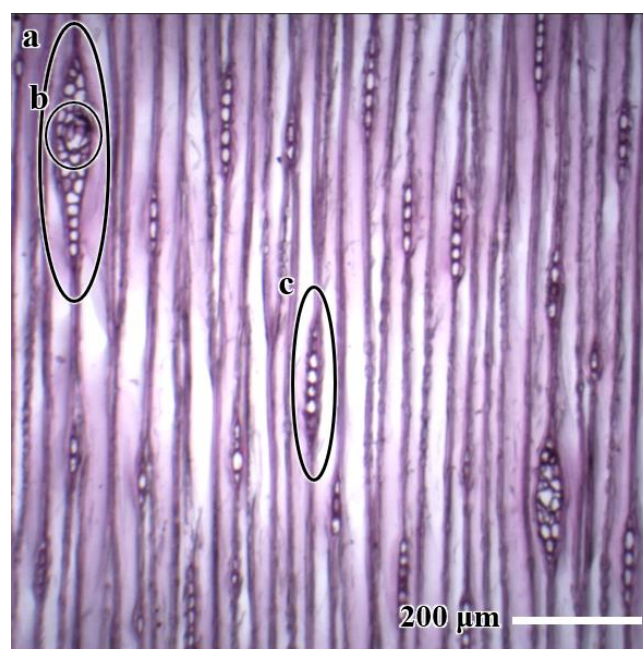


圖 19、臺灣五葉松弦切面之組織顯微切片影像。(a)紡錘狀木質線(b)橫向樹脂溝(c)單列木質線。

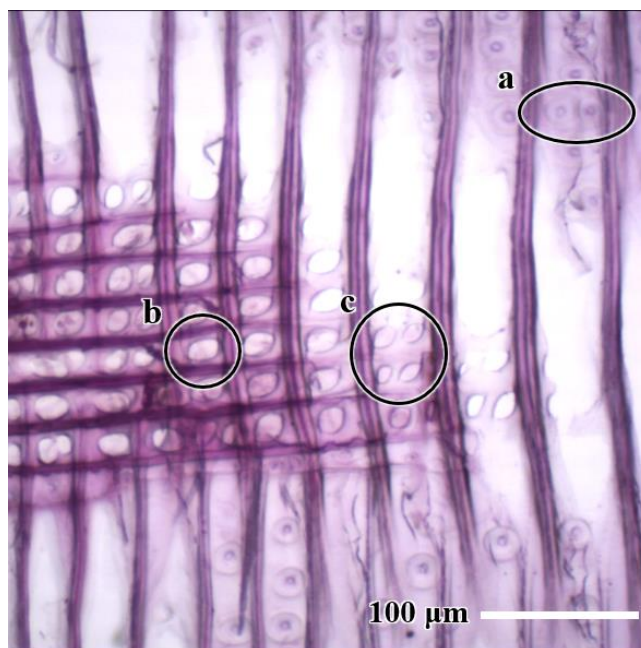


圖 20、臺灣五葉松徑切面之組織顯微切片影像。(a) 雙列重緣壁孔 (b) 窗型分野壁孔 (c) 松型分野壁孔。

(二) 木材之物理與力學性質

表 4 為臺灣五葉松木材之物理性質，結果顯示，本案之臺灣五葉松木材於調濕後，平均含水率為 12.0%，其平均氣乾密度為 527 kg/m^3 ，顯著較早期臺灣五葉松之密度 (678 kg/m^3) 為低 (馬子斌等, 1979)。而在全收縮率方面，本案臺灣五葉松之弦向與徑向全收縮率則分別係 4.44% 與 2.28%，兩者均較早期臺灣五葉松者低。

表 4、臺灣五葉松木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	527	12.0	4.44	2.28
	(62) ²	(1.3)	(1.13)	(0.68)
馬子斌等 (1979)	678	12.0	5.48	3.36

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 1000 以上)。

² () 內為標準差。

表 5 為臺灣五葉松木材之力學性質，結果顯示，本案臺灣五葉松木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 39.5 MPa、7.0 GPa、70.5 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 11.1 MPa 及 10.5 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 34.0 N、12.8 N 及 12.1 N。然相較於早期之臺灣五葉松木材（馬子斌等，1979），本案臺灣五葉松之抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度、勃氏硬度值均具有顯著之下降，四項基礎力學性質分別降低 36.1%、50.7%、40.1% 及 20.6%。

根據上述試驗結果可發現，本案取材自巒大事業區第 119 林班與埔里事業區第 33 林班之臺灣二葉松及臺灣五葉松，在密度及各項力學性質上，兩者均未有明顯之差異，且在馬子斌等（1979）之文獻紀錄中，亦可見相似之趨勢，顯示雖臺灣五葉松在分類上屬軟松類之木材，但其木材亦具高強度之優點，在利用上適合作為家具、橋樑、車輛、枕木等用材使用，或供採取松脂之用途。而在加工性能方面，臺灣五葉松木材易乾燥，且乾燥後狀況良好，鉋削加工性容易，適於細割加工。此外，其木材亦能耐摩擦衝擊，惟耐蟻性甚低，建議使用於可能遭受蟲蟻危害之場域（危害分級 K2 以上）時，應進行適當之防腐處理（王松永，2002）。

表 5、臺灣五葉松木材之力學性質

資料來源	抗壓 強度	抗彎 彈性模數	抗彎 強度	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案 執行結果 ¹	39.5 (5.5)	7.0 (1.3)	70.5 (12.4)	11.2 (2.6)	10.5 (1.8)	34.0 (6.9)	12.8 (4.1)	12.1 (3.4)
馬子斌等 (1979)	61.8	14.2	117.7	-	-	42.8	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

三、臺灣雲杉 (*Picea morrisonicola*)

臺灣雲杉 (*Picea morrisonicola*)，英文名 Morrison spruce，又名松蘿杜、白松柏，為松科雲杉屬之常綠大喬木，屬臺灣特有種，特產臺灣中央山脈海拔 2,300-3,000 m 之間。臺灣雲杉樹幹通直，樹高最高可達 50 m，徑級可達 2 m，其幹皮灰色或灰紅褐色，不規則龜裂，鱗片狀剝落，鱗片呈圓形，後約 3 mm；皮孔不明顯；外皮後約 5 mm，質硬而斷面呈深褐色，層紋灰黃色；內皮厚約 1.0-1.5 cm，紅褐色，纖維質。小枝平滑。葉著生於葉枕，乾燥後易脫落，線形，橫斷面為四角形，偶為 3-5 之不等邊多角形。雄花腋生，藥隔伸出，花粉囊直裂，花粉有翅；雌花頂生，珠鱗圓形較苞鱗大。毬果下垂，果鱗宿存，倒卵形，基部楔形，苞鱗極小；種子有翅，子葉 4-15 (劉業經等，1994)。

(一) 木材外觀及組織特徵

本案之臺灣雲杉係取材自東勢林區管理處八仙山事業區第 148 林班，圖 21-圖 23 為臺灣雲杉木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 24-圖 26 則為臺灣雲杉木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，臺灣雲杉木材之邊心材分界不明顯，木材顏色為黃白色，經久帶黃褐色，於材面上可見樹脂溝紋路 (圖 21、圖 22)。由橫切面觀察可見其年輪明顯而均勻，且可見縱向樹脂溝，單獨或沿弦向呈 2-4 個聚集，相較於松屬木材，其樹脂溝型態較小且數量較少 (圖 23)。在其他巨觀特徵方面，臺灣雲杉之木材木理通直，木肌細緻，木材略帶有松脂之氣味。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見春秋材之移行緩變，縱向薄壁細胞鮮少至無 (圖 24)。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列，並具有橫向樹脂溝而使木質線呈紡錘狀 (圖 25)。徑切面之顯微切片影像可見，交叉區分野壁孔為雲杉型 (圖 26)；此外，重緣壁孔為單列或雙列。



圖 21、臺灣雲杉弦切面之材面照片。

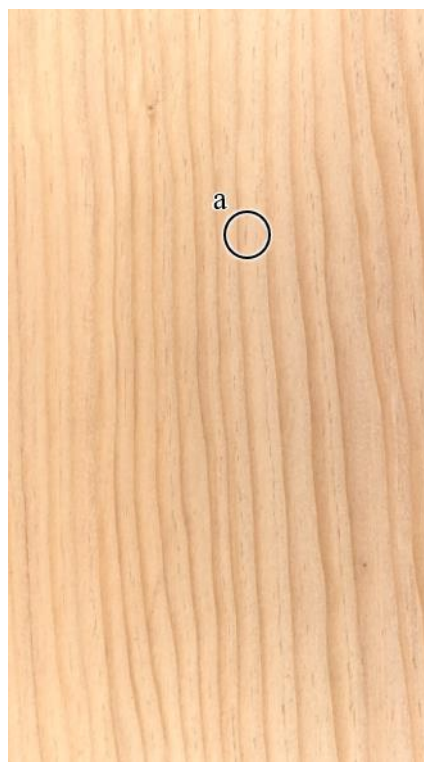


圖 22、臺灣雲杉徑切面之材面照片。(a) 樹脂溝紋路。

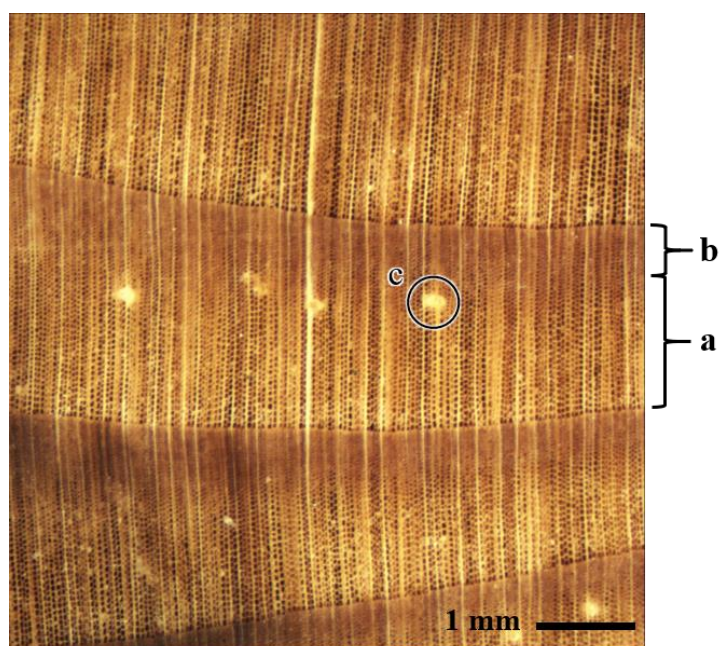


圖 23、臺灣雲杉橫切面之材面照片。(a) 春材帶 (b) 秋材帶 (c) 縱向樹脂溝。

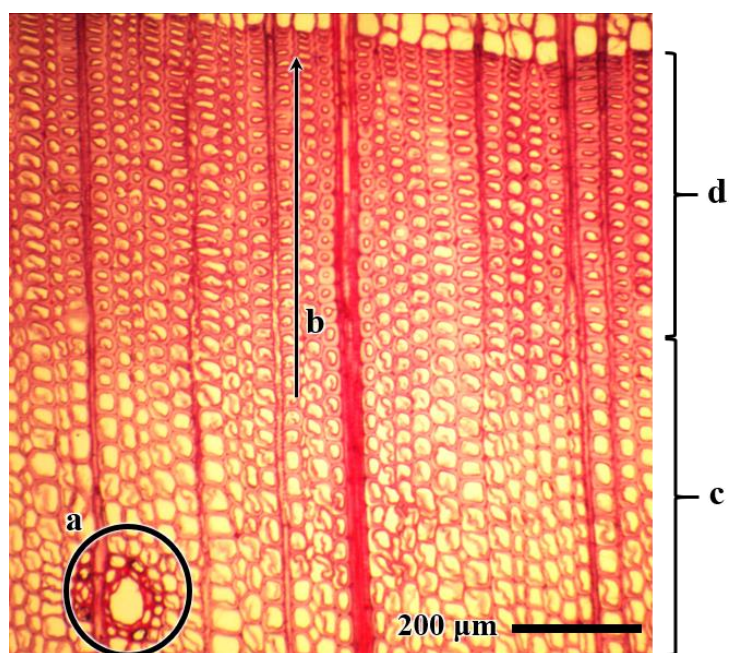


圖 24、臺灣雲杉橫切面之組織顯微切片影像。(a) 縱向樹脂溝 (b) 春秋材移行緩變 (c) 春材帶 (d) 秋材帶。

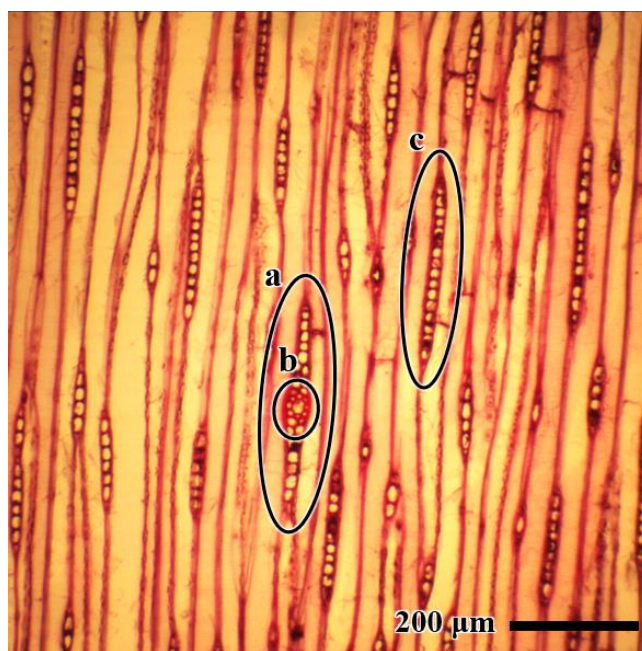


圖 25、臺灣雲杉弦切面之組織顯微切片影像。(a) 紡錘狀木質線 (b) 橫向樹脂溝 (c) 單列木質線。

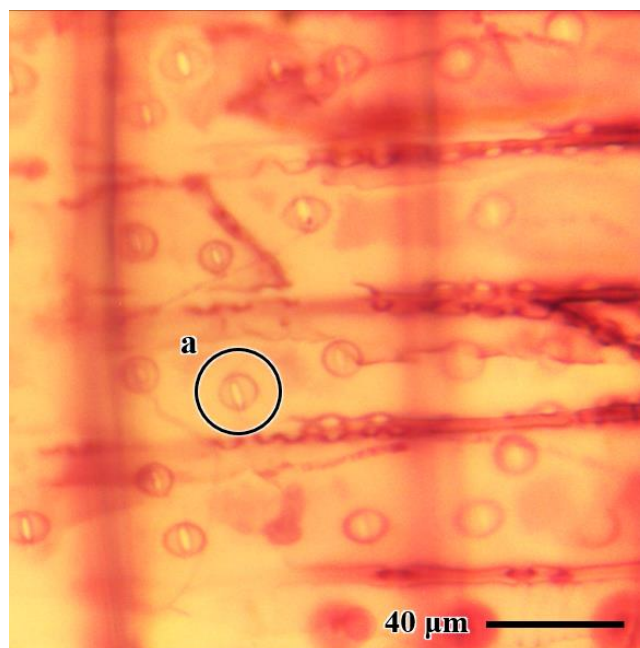


圖 26、臺灣雲杉徑切面之組織顯微切片影像。(a) 雲杉型分野壁孔。

(二) 木材之物理與力學性質

表 6 為臺灣雲杉木材之物理性質，結果顯示，本案之臺灣雲杉木材於調濕後，平均含水率為 11.4%，其平均氣乾密度為 486 kg/m^3 ，顯著較早期臺灣雲杉之密度 (517 kg/m^3) 為低 (馬子斌等，1979)。而在全收縮率方面，本案臺灣雲杉之弦向與徑向全收縮率則分別係 6.01% 與 2.76%，其中，弦向全收縮率較早期臺灣雲杉者高，徑向全收縮率則較低 (馬子斌等，1979)。

表 6、臺灣雲杉木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	486	11.4	6.01	2.76
	(29) ²	(0.4)	(1.16)	(0.91)
馬子斌等 (1974)	517	12.0	4.60	3.33

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 1000 以上)。

² () 內為標準差。

表 7 為臺灣雲杉木材之力學性質，結果顯示，本案臺灣雲杉木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 44.2 MPa、9.6 GPa、71.6 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 11.0 MPa 及 10.1 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 28.6 N、13.1 N 及 10.9 N。與早期之性質資料相比，本案之臺灣雲杉木材相較於馬子斌等（1979）與王松永（2002）之結果，抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度、抗剪強度值均有顯著下降之趨勢，四項基礎力學性質分別降低 14.8-27.1%、22.6-26.2%、34.9-36.1%及 39.9-44.8%，但整體而言，與臺灣二葉松、臺灣五葉松及前期計畫中人工林樹種（臺灣杉、巒大杉、杉木、柳杉、紅檜）之調查結果相比（表 3），在各項力學性質之表現均為臺灣雲杉最佳，且尤以抗彎彈性模數最為突出。另一方面，黃彥三與陳欣欣（1997）曾指出，木材作為弦樂器響板之用途時，需具有較高之比動彈性模數值（ E/γ ），考量到木材之動彈性模數與彈性模數間通常具有良好之相關性，並就上述樹種之性質調查結果進行分析可發現，臺灣雲杉之比彈性模數值為 19.8 GPa，臺灣二葉松、臺灣五葉松與其餘人工林針葉樹種則介於 13.3-19.8 GPa，顯示國產臺灣雲杉在利用上不僅是在結構用建材領域之具有發展潛力，若在未來臺灣雲杉之音響性質被充分究明時，可寄望其作為樂器用材之開發性。

此外，在木材利用上，早期亦常供裝修用建材（門窗、壁板、天花板、屋頂板）、家具、合板、樽桶、棺木、造紙等用材使用（王松永，2002）。而在加工性能方面，臺灣雲杉木材乾燥狀況良好，鉋削及其他加工均容易，鉋面光滑，塗裝性良好。另一方面，臺灣雲杉木材之耐腐朽性中庸，其對於白腐菌與褐腐菌之天然耐久性均為 2 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 76-89%）（王松永，2002）。

表 7、臺灣雲杉木材之力學性質

資料來源	抗壓	抗彎	抗彎	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	強度 (MPa)	彈性模數 (GPa)	強度 (MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案	44.2	9.6	71.6	11.0	10.1	28.6	13.1	10.9
執行結果 ¹	(4.3) ²	(2.1)	(15.7)	(2.5)	(1.7)	(5.9)	(3.8)	(2.4)
馬子斌等 (1979)	60.6	13.0	110.0	18.3 ³		29.5	-	-
王松永 (2002)	51.9	12.4	112.1	-		-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

四、紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*)

紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*)，英文名 Taiwan red cypress，又名薄皮，為柏科扁柏屬之常綠大喬木，屬臺灣特有種，與臺灣扁柏合稱為臺灣檜木，亦為臺灣針一級木之一。特產於臺灣中高海拔約 1500-2150 m 之山地，分布最低處為海拔 1050 m 之北插天山，樹性偏陽，常與臺灣扁柏形成混交林。國內多處神木之樹種均屬紅檜，目前已知我國最高齡之紅檜為樹齡逾 4100 年的眠月神木，其餘包含阿里山神木、鹿林神木、赫威神木、溪頭神木、檜山神木、北大武山神木、司馬庫斯神木與鎮西堡神木等，近年更為臺灣重要之造林樹種之一，截至第四次森林資源調查（邱立文等，2015）之資料結果統計，人工林檜木類之種植面積達 17,915 ha，位居人工針葉林中第三高者，占整體之 19.3%。

紅檜樹高可達 60 m，徑級可達 6 m 以上，其幹皮灰紅色至紅褐色，縱向淺溝裂，長片條狀剝落，有時具方形鱗片；外皮纖維質，斷面深紅褐色；新生周皮極顯著，鮮紫紅色；內皮纖維質，淡紅色，刀削後漸變為橘黃色。葉先端漸尖或銳形，中葉橫斷面船形，中肋兩面凸起，側葉則為 V 形。雄花圓卵形至長橢圓

形，雄蕊具 2-4 花粉囊。毬果橢圓形，長 7-9 mm，鱗片 10-13；每一果鱗有種子 1-2（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之紅檜係取材自新竹林區管理處轄區之天然林漂流木，圖 27-圖 29 為紅檜木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 30-圖 32 則為紅檜木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，紅檜木材之邊心材分界明顯，邊材為黃灰色，天然林者之邊材狹小，心材紅黃至褐色（圖 27、圖 28）；人工林者之心材則為淡紅色至粉紅色。此外，紅檜之弦切面常可見美麗之波浪紋理，密而細鋸齒狀紋理則較少見，並且材面上肉眼可見由縱向薄壁細胞形成之淡藍紫色紋理（圖 27）。在其他巨觀特徵方面，紅檜之木材木理通直，木肌細緻，木材帶有強烈之柔和芳香氣味，但不具辛辣味；此外，天然林者之心材常可見腐朽之現象。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見春秋材之移行緩變；不具正常樹脂溝；縱向薄壁細胞發達，主要分布於秋材帶，其排列呈散生狀或沿弦向呈短切線至帶狀分布（圖 30）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列（圖 31）。徑切面之顯微切片影像可見，重緣壁孔為單列或雙列；交叉區分野壁孔為柏木型（圖 32）。

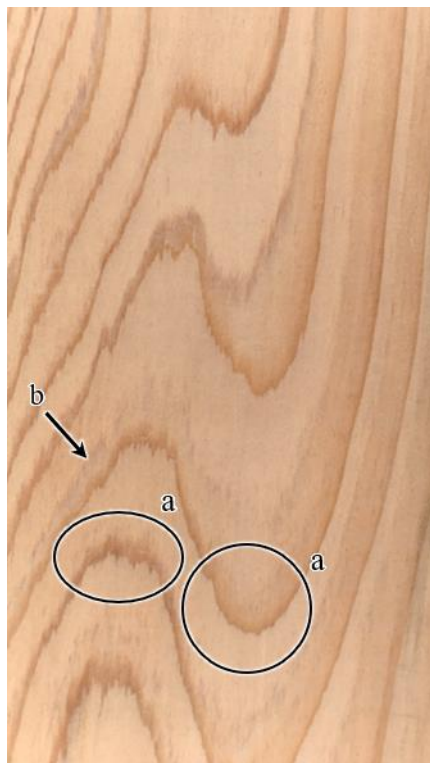


圖 27、紅檜弦切面之材面照片。 圖 28、紅檜徑切面之材面照片。
(a) 波浪紋理。(b) 縱向薄壁細胞形成之淡藍紫色紋理。

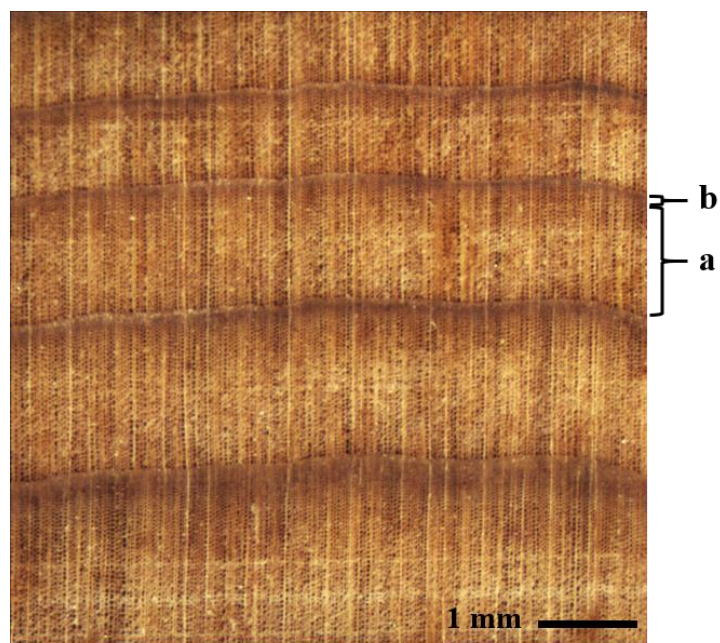


圖 29、紅檜橫切面之材面照片。(a) 春材帶 (b) 秋材帶。

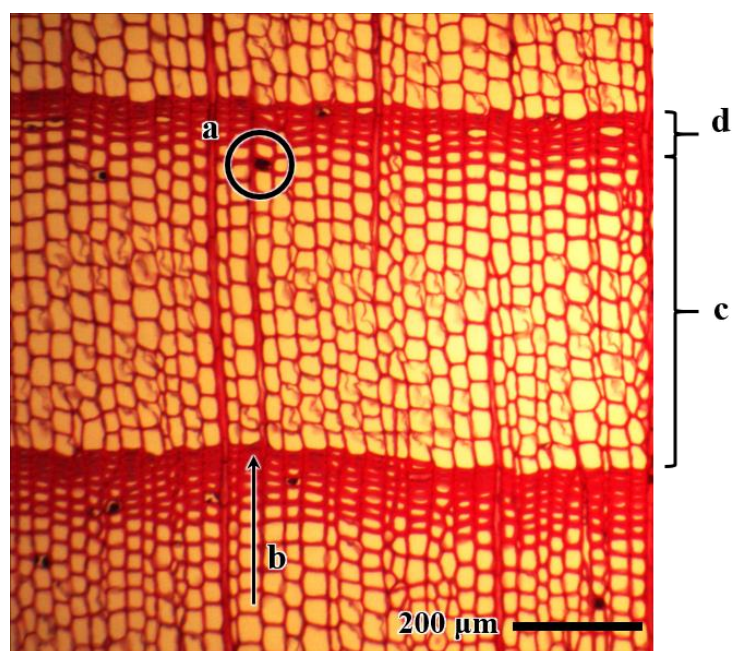


圖 30、紅檜橫切面之組織顯微切片影像。(a) 縱向薄壁細胞 (b) 春秋材移行緩變 (c) 春材帶 (d) 秋材帶。

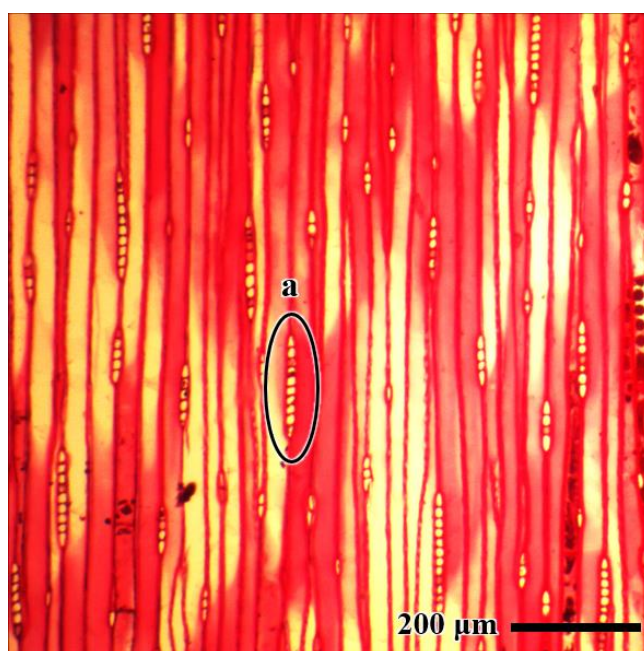


圖 31、紅檜弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列木質線。

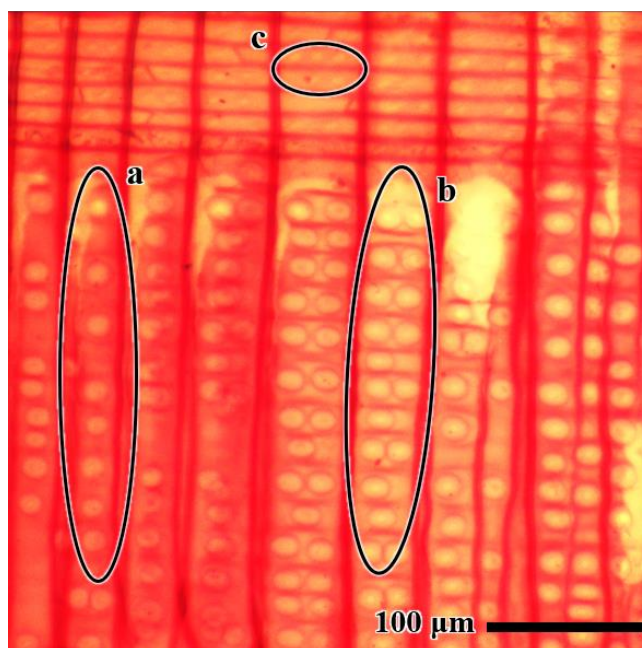


圖 32、紅檜徑切面之組織顯微切片影像。(a) 單列重緣壁孔 (b) 雙列重緣壁孔 (c) 柏木型分野壁孔。

(二) 木材之物理與力學性質

表 8 為紅檜木材之物理性質，結果顯示，本案之紅檜木材於調濕後，平均含水率為 14.8%，其平均氣乾密度為 441 kg/m^3 ，較早期紅檜之密度 (371 kg/m^3) 為高 (馬子斌等，1979)。而在全收縮率方面，本案紅檜木材之弦向與徑向全收縮率則分別係 4.41% 與 1.89%，其中，弦向全收縮率介於早期紅檜木材之間，徑向全收縮率則均較兩者低 (馬子斌等，1979；王松永，2002)。

表 8、天然林紅檜木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	441	14.8	4.41	1.89
	(23) ²	(0.6)	(0.51)	(0.37)
馬子斌等 (1974)	371	12.0	3.90	2.26
王松永 (2002)	-	12.0	6.25	3.47

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 200 以上)。

² () 內為標準差。

表 9 為天然林紅檜木材之力學性質，結果顯示，本案紅檜木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 35.6 MPa、7.5 GPa、70.1 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 12.1 MPa 及 11.6 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 20.0 N、6.7 N 及 7.8 N。與早期之性質資料相比，本案之紅檜相較於馬子斌等 (1979) 之結果，抗彎彈性模數、抗彎強度值均有較低之趨勢，分別降低 34.2% 及 20.3%；抗壓強度及勃氏硬度值則較為接近；抗剪強度值略有提高之趨勢。而相較於王松永 (2002) 之結果，本案之天然林紅檜木材性質均有較高之趨勢。

在利用上，紅檜可作為建築物之結構材、建具、車輛、橋樑、船舶、家具、器具、棺木、樽桶、雕刻、單板及合板等用材使用；在加工性能方面，其木材乾燥容易，且乾燥狀況良好，少出現反翹與變形之缺點，鉋削及其他加工均容易，鉋削面光滑，釘著性良好，塗裝與膠合性質亦佳。另一方面，紅檜木材之耐腐朽性較佳，其對於白腐菌之天然耐久性為 2 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 76-89%），褐腐菌為 1 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 90-100%），且較臺灣扁柏更具有耐蟻性（王松永，2002）。

表 9、天然林紅檜木材之力學性質

資料來源	抗壓 強度 (MPa)	抗彎 彈性模數 (GPa)	抗彎 強度 (MPa)	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
				弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案	35.6	7.5	70.1	12.1	11.6	20.0	6.7	7.8
執行結果 ¹	(3.9) ²	(1.3)	(5.1)	(1.1)	(1.1)	(3.3)	(1.3)	(1.7)
馬子斌等 (1979)	35.8	11.4	88.0	10.0 ³		23.4	-	-
王松永 (2002)	23.5-28.3	5.7	56.7	-	-	-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 200 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

五、臺灣扁柏 (*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)

臺灣扁柏 (*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)，英文名 Taiwan hinoki、False-cypress、Taiwan yellow cypress，又名厚殼、黃檜、松蘿，為柏科扁柏屬之常綠大喬木，屬臺灣特有種，與紅檜合稱為臺灣檜木，亦為臺灣針一級木之一。特產於臺灣中央山脈海拔 1300-2800 m 間，純林或與紅檜形成混交林。

臺灣扁柏樹幹通直，樹高可達 50 m 以上，徑級約 3.5 m，其幹皮灰紅色，縱淺裂，長片條狀剝落，有時具方形鱗片；外皮纖維質，斷面深紅褐色；新生周皮略顯著，紫紅色；內皮纖維質，淡紅色，刀削後漸變為淡橘黃色。葉先端略鈍形（約 30 度），黃綠色，向地一側之葉間白粉甚少，中葉橫斷面盤形，中肋表面凸起，背面凹下，側葉鈍三角形，表面中肋稍隆起。雄花圓卵形至長橢圓形，雄蕊具 2-4 花粉囊。毬果球形，徑 9-10 mm，果鱗數 8-10（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之臺灣扁柏係取材自新竹林區管理處轄區之天然林漂流木，圖 33-圖 35 為臺灣扁柏木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 36-圖 38 則為臺灣扁柏木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，臺灣扁柏木材之邊心材分界不明顯，邊材為淡紅黃白色至黃褐色，心材則為淡黃褐色（圖 33、圖 34）。此外，臺灣扁柏之弦切面常可見密而細鋸齒狀之紋理，並且材面上肉眼可見由縱向薄壁細胞形成之淡藍紫色紋理（圖 33）。由橫切面觀察可見其年輪明顯且極狹（圖 35），並常可以肉眼察覺小龜裂狀紋路（紅檜無）。在其他巨觀特徵方面，臺灣扁柏之木材木理通直而均勻，木肌細緻，木材帶有強烈之辛辣芳香氣味。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見春秋材之移行急變；不具正常樹脂溝；縱向薄壁細胞發達，主要分布於春材帶，其排列呈散生狀或沿弦向呈短切線至帶狀分布（圖 36）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列（圖 37）。徑切面之顯微切片影像可見，重緣壁孔主要為單列（圖 38）；交叉區分野壁孔為柏木型。



圖 33、臺灣扁柏弦切面之材面照片。(a) 密而細鋸齒狀紋理 (b) 縱向薄壁細胞形成之淡藍紫色紋理。



圖 34、臺灣扁柏徑切面之材面照片。

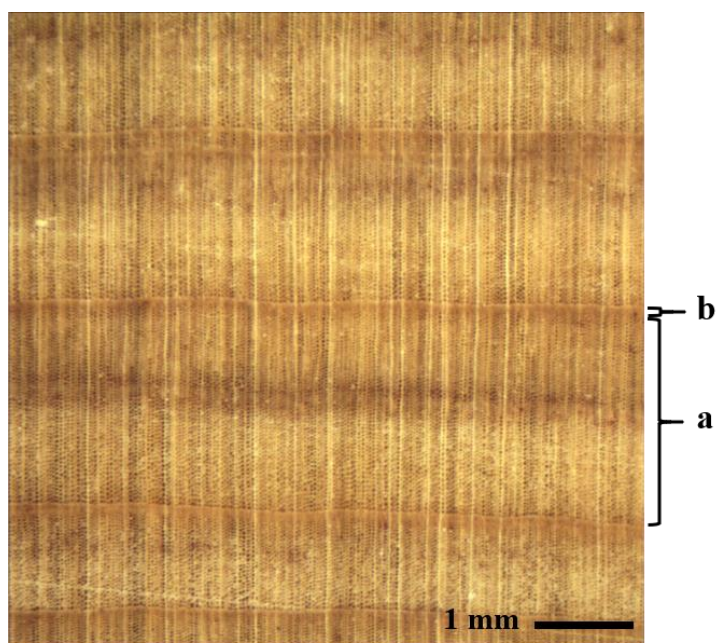


圖 35、臺灣扁柏橫切面之材面照片。(a) 春材帶 (b) 秋材帶。

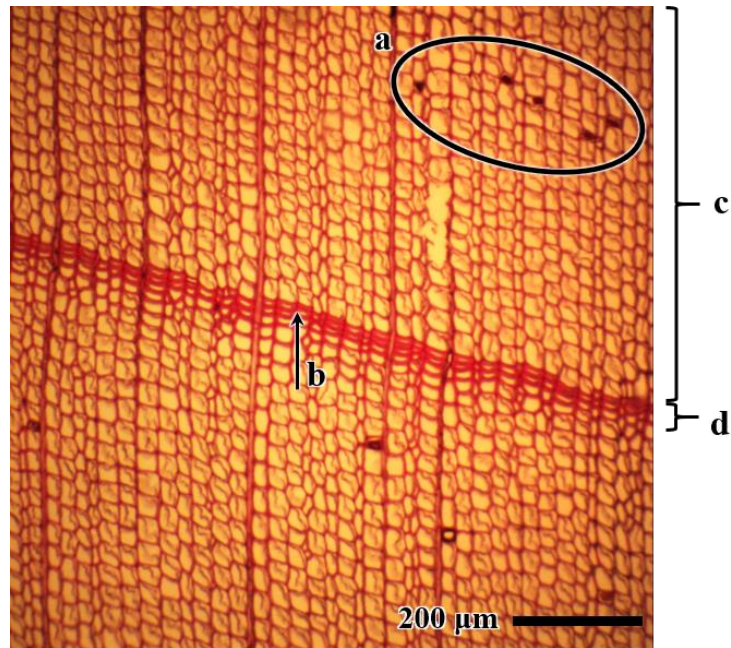


圖 36、臺灣扁柏橫切面之組織顯微切片影像。(a) 縱向薄壁細胞 (b) 春秋材移行急變 (c) 春材帶 (d) 秋材帶。

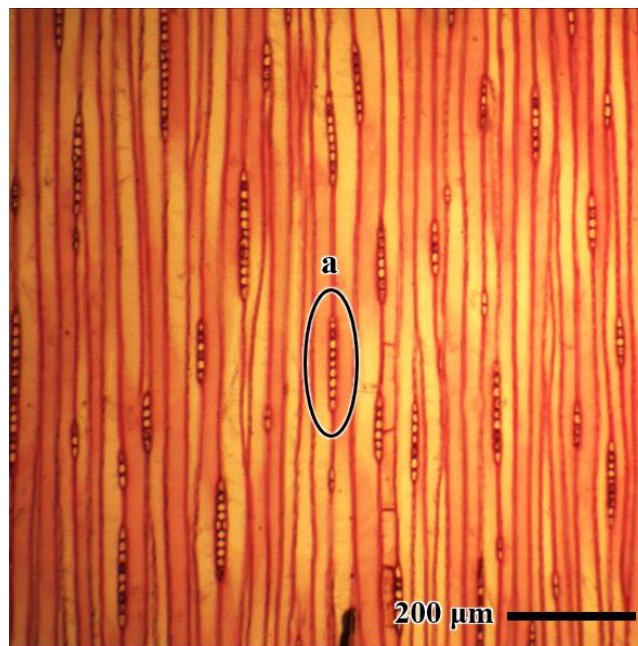


圖 37、臺灣扁柏弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列木質線。

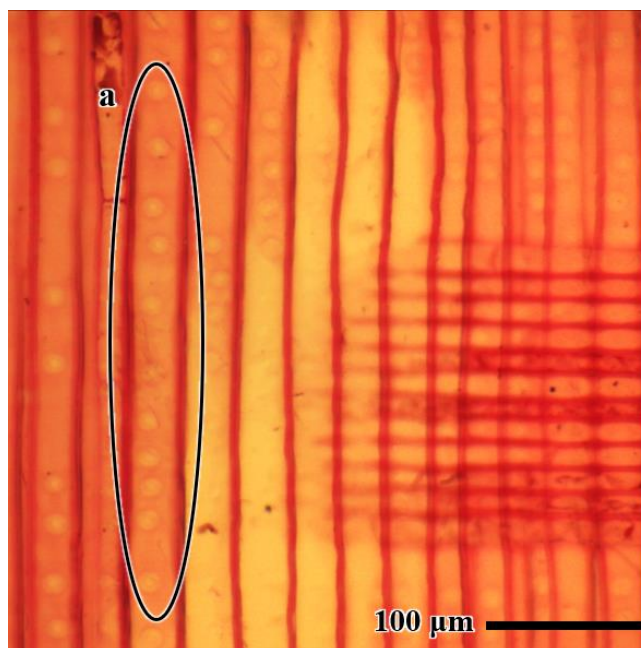


圖 38、臺灣扁柏徑切面之組織顯微切片影像。(a) 單列重緣壁孔。

(二) 木材之物理與力學性質

表 10 為天然林臺灣扁柏木材之物理性質，結果顯示，本案之臺灣扁柏木材於調濕後，平均含水率為 13.7%，其平均氣乾密度為 551 kg/m^3 ，顯著較早期臺灣扁柏之密度 (484 kg/m^3) 為高 (馬子斌等，1979)。而在全收縮率方面，本案臺灣扁柏之弦向與徑向全收縮率則分別係 4.28% 與 2.30%，較早期臺灣扁柏者相近或較低 (馬子斌等，1979；王松永，2002)。

表 10、天然林臺灣扁柏木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	551	13.7	4.28	2.30
	(26) ²	(0.4)	(0.55)	(0.27)
馬子斌等 (1974)	484	12.0	4.15	2.89
王松永 (2002)	-	12.0	6.45	2.89

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 300 以上)。

² () 內為標準差。

表 11 為天然林臺灣扁柏木材之力學性質，結果顯示，本案臺灣扁柏木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 43.1 MPa、7.0 GPa、91.2 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 9.6 MPa 及 9.2 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 26.1 N、10.2 N 及 9.1 N。與早期之性質資料相比，本案之臺灣扁柏木材相較於馬子斌等（1979）與王松永（2002）之結果，抗彎彈性模數、抗剪強度有顯著具有較低之趨勢，分別降低 28.6-42.1%及 19.3-22.7%；抗壓強度、抗彎強度與勃氏硬度值則較為接近。

在利用上，臺灣扁柏可供建築物之一般結構，房屋建築、船艦、橋樑、車輛、家具、器具、農具、雕刻、棺木、枕木、橫擔木、單板及合板等用材；在加工性能方面，與紅檜之特性相似。另一方面，臺灣扁柏木材之耐腐朽性較佳，其對於白腐菌之天然耐久性為 2 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 76-89%），褐腐菌為 1 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 90-100%）（王松永，2002）。

表 11、天然林臺灣扁柏木材之力學性質

資料來源	抗壓 強度 (MPa)	抗彎 彈性模數 (GPa)	抗彎 強度 (MPa)	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
				弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案	43.1	7.0	91.2	9.6	9.2	26.1	10.2	9.1
執行結果 ¹	(3.2) ²	(0.6)	(13.4)	(1.3)	(1.6)	(0.4)	(2.5)	(1.8)
馬子斌等 (1979)	44.3	12.1	101.8	11.9 ³		30.1	-	-
王松永 (2002)	46.6-51.6	9.8	91.2	-	-	-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 300 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

六、長尾尖櫨 (*Castanopsis carlesii*)

長尾尖櫨 (*Castanopsis carlesii*)，英文名 Long-leaf chinkapin，又稱長尾柯、椎木、長尾櫨、卡氏櫨，為殼斗科苦櫨屬之常綠喬木，產海南、兩廣、福建及臺灣，主要分布於臺灣海拔高度 300-2000 m 處。長尾尖櫨樹高可達 25 m，其幹皮灰褐色或灰白色，有縱向淺溝裂，外皮薄，斷面為紅褐色；內皮厚度 0.8-2.4 cm，質地粗糙，為淡黃褐色。葉為長橢圓形，先端長尾狀漸尖，長 4-10 cm，寬 1.5-4.5 cm，側脈 6-9 對，全緣或葉端具 1-5 鋸齒，表面光滑為暗綠色，背面具疏生短毛，為銀灰色。雄花為單獨直立或分支之穗狀花序，萼 5-6 裂，雄蕊常 10 或 12；雌花常另為短穗狀花序，罕著生於雄花序基部，每 1-3 朵在一個總苞內，子房 3 室，花柱 3，頂有小柱頭，總苞略呈球形，具短柄，完全包被堅果，外被三角形不整齊短刺，熟時開裂。堅果為圓錐形，全為總苞所包（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之長尾尖櫨係取材自南投林區管理處巒大事業區第 59 林班，圖 39-圖 41 為長尾尖櫨木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 42-圖 44 則為長尾尖櫨木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，長尾尖櫨木材之邊心材分界不明，邊材為白色，心材為淡黃白色（圖 39、圖 40）。由橫切面觀察可見，長尾尖櫨木材屬輻射狀環孔材，年輪明顯呈波浪狀，導管主要為單管孔，並沿徑向呈火焰狀排列；縱向薄壁細胞發達，其排列呈散生狀或短切線狀；木質線細小（圖 41）。在其他巨觀特徵方面，長尾尖櫨之木材木理通直，木肌細緻具光澤性。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見春材導管之弦向直徑約為 120-150 μm ，秋材導管之弦向直徑約為 30-40 μm （圖 42）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列，罕雙列，不具有聚合木質線（圖 43）。徑切面之顯微切片影像可見其木質線為同性（圖 44）。



圖 39、長尾尖櫨弦切面之材面照片。



圖 40、長尾尖櫨徑切面之材面照片。

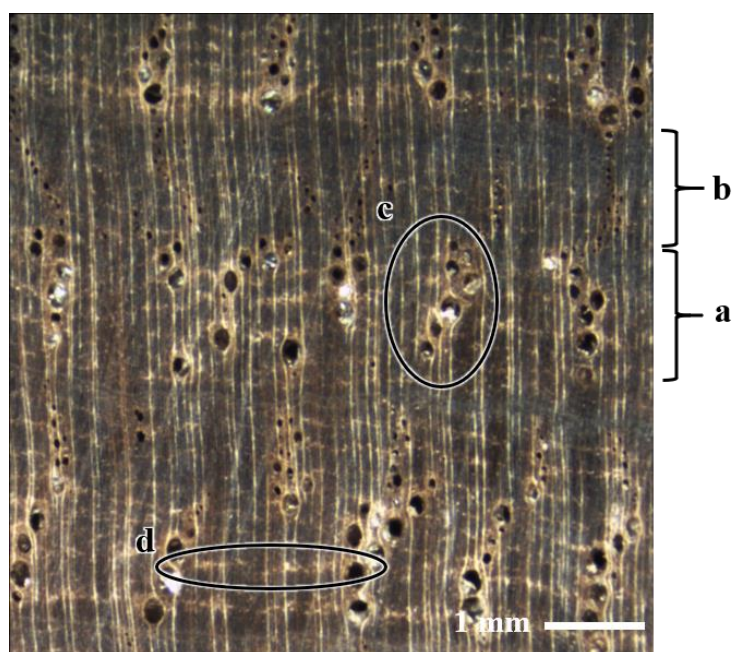


圖 41、長尾尖櫨橫切面之材面照片。(a) 春材帶 (b) 秋材帶 (c) 輻射狀排列之導管 (d) 短切線狀薄壁組織。

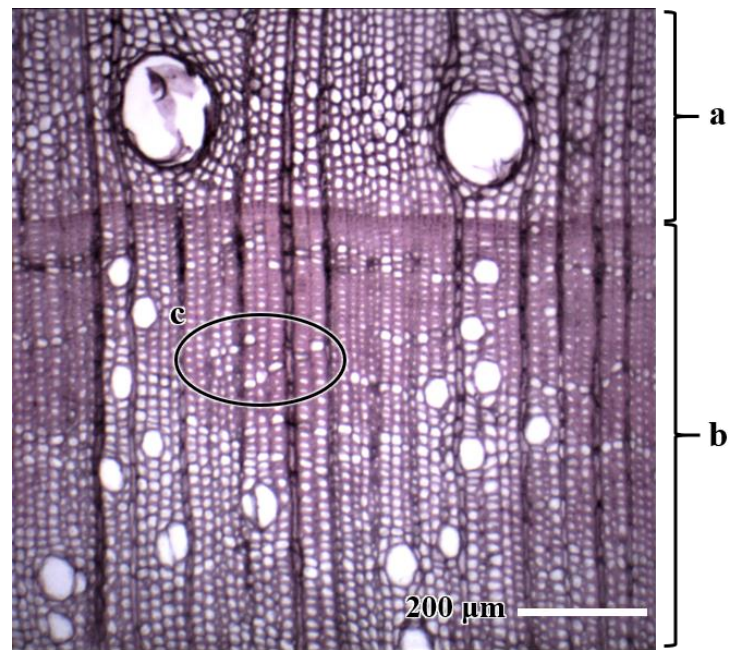


圖 42、長尾尖櫨橫切面之組織顯微切片影像。(a) 春材帶 (b) 秋材帶 (c) 短切線狀薄壁組織

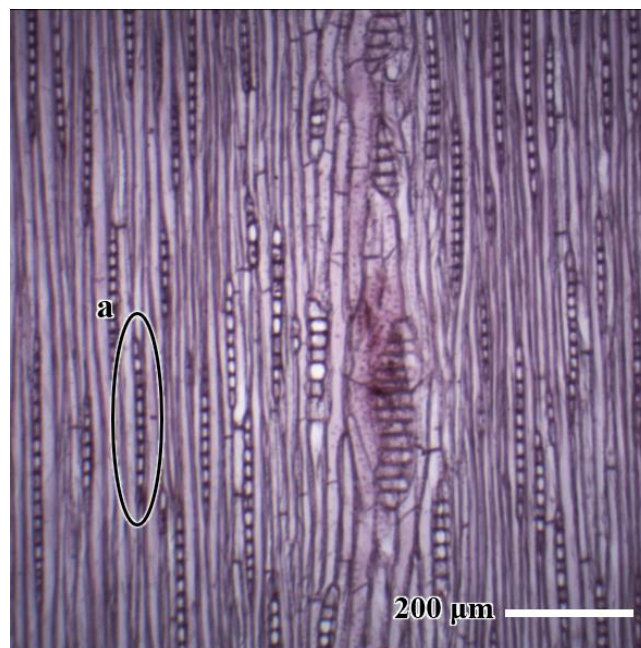


圖 43、長尾尖櫨弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列木質線。

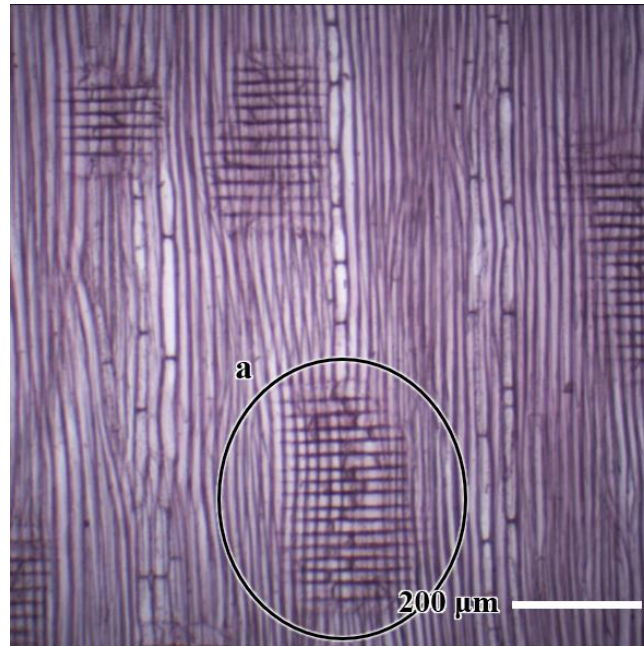


圖 44、長尾尖櫨徑切面之組織顯微切片影像。(a) 同性木質線。

(二) 木材之物理與力學性質

表 12 為長尾尖櫨木材之物理性質，結果顯示，本案之長尾尖櫨木材於調濕後，平均含水率為 11.5%，其平均氣乾密度為 465 kg/m^3 ，顯著較早期長尾尖櫨之密度 (759 kg/m^3) 為低 (馬子斌等，1979)，降低幅度為 38.7%，但與王松永等 (1990) 之研究結果 (540 kg/m^3) 則有較為相近之趨勢，降低幅度僅 13.9%。而在全收縮率方面，本案長尾尖櫨木材之弦向與徑向全收縮率分別為 7.60% 與 3.36%，與王松永、夏榮生 (1990) 之結果相似。

表 12、長尾尖櫨木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	465	11.5	7.60	3.36
	(94) ²	(0.6)	(1.32)	(0.41)
馬子斌等 (1979)	759	12.0	8.50	6.25
王松永 (2002)	-	12.0	13.19	3.82
王松永、夏榮生 (1990)	540 (20)	氣乾狀態	7.38 (0.45)	3.45 (0.13)

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

表 13 為長尾尖櫨木材之力學性質，結果顯示，本案長尾尖櫨木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 32.6 MPa、7.0 GPa、57.0 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 11.5 MPa 及 10.1 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 24.8 N、10.8 N 及 8.2 N。然相較於早期之長尾尖櫨木材（馬子斌等，1979；王松永，2002），本案長尾尖櫨之抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度、抗剪強度、勃氏硬度值均具有顯著之下降，五種力學性質相對於馬子斌等（1979）之結果分別降低 45.4%、51.0%、52.9%、53.6%及 35.8%；抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度相較於王松永（2002）之結果分別降低 40.4-45.5%、40.7%及 46.0%。

本團隊於去年度（109）執行前期計畫「常見國產木材性質暨國產木材利用手冊編撰計畫」，針對國產人工林闊葉樹木材基礎性質調查與建置之成果如表 14 所示，樟樹、櫟木、相思樹、棟樹、大葉桃花心木等五種樹種之密度介於 485-901 kg/m³，抗壓強度介於 31.2-71.4 MPa，抗彎彈性模數介於 5.4-12.6 GPa，抗彎強度介於 43.0-123.1 MPa，抗剪強度介於 10.0-29.6 MPa，橫切面勃氏硬度介於 21.9-55.2 N。相較於表 6 與表 7，長尾尖櫨之密度及力學性質在國產闊葉樹中屬較低

者，雖早期在利用上曾作為柱、桁、桶、地板、樓梯、門窗等建築用材及其他內部裝飾用材使用，或供車輛、農具、家具、橋樑、樽桶、水槽、枕木、船具、鑲嵌等用材使用（王松永，2002），但就目前之調查結果及耐久性考量，現階段人工林所生產之長尾尖櫨建議使用於高承載強度以外之場合較為適宜。

而在加工性質方面，長尾尖櫨木材進行人工乾燥容易，乾燥後少發生翹曲及乾裂等缺點，鉋削及其他加工性亦優異，惟因其收縮率較高，若乾燥進行過快時，容易引發蜂巢裂之問題，加工時應當特別注意（王松永，2002）。

表 13、長尾尖櫨木材之力學性質

資料來源	抗壓 強度	抗彎 彈性模數	抗彎 強度	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案 執行結果 ¹	32.6 (7.8) ²	7.0 (2.3)	57.0 (17.3)	11.5 (1.9)	10.1 (1.9)	24.8 (8.3)	10.8 (3.2)	8.2 (2.9)
馬子斌等 (1979)	59.7	14.3	121.1	24.8 ³		38.6	-	-
王松永 (2002)	54.7-59.8	11.8	105.6	-		-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20℃、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

表 14、國產人工林闊葉樹種之物理與力學性質（前期計畫「常見國產木材性質暨『國產木材利用手冊』編撰計畫」執行成果）

樹種	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	全收縮率(%)		抗壓 強度 (MPa)	抗彎 彈性模數 (GPa)	抗彎 強度 (MPa)	抗剪強度(MPa)			勃氏硬度(N)	
			弦向	徑向				弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
樟樹	485 (43) ¹	11.8 (1.7)	5.6 (1.3)	2.9 (0.8)	31.2 (4.1)	5.4 (1.1)	43.0 (11.1)	12.1 (2.0)	10.0 (1.4)	21.9 (5.1)	7.4 (2.2)	6.9 (2.3)
櫟木	847 (60)	10.6 (0.8)	6.0 (1.1)	3.3 (0.5)	66.1 (5.9)	10.9 (1.6)	103.3 (18.2)	18.2 (2.9)	20.0 (2.5)	46.0 (9.8)	30.4 (7.2)	25.3 (4.9)
相思樹	901 (63)	11.2 (1.9)	10.0 (1.2)	5.0 (2.4)	71.4 (5.7)	12.6 (2.3)	123.1 (22.8)	29.6 (6.1)	24.3 (5.2)	55.2 (16.3)	30.8 (8.8)	25.1 (8.0)
棟樹	630 (20)	14.5 (0.2)	8.3 (0.6)	5.0 (0.6)	39.9 (3.5)	9.2 (1.2)	85.9 (11.2)	17.9 (2.9)	17.9 (1.0)	35.2 (5.6)	15.1 (2.6)	12.3 (2.2)
大葉 桃花心木	596 (56)	12.8 (0.8)	4.9 (0.7)	3.1 (0.5)	45.5 (7.8)	6.6 (1.5)	69.5 (16.2)	20.1 (4.2)	17.7 (4.7)	35.4 (7.1)	18.4 (5.4)	14.5 (4.6)

¹ ()內為標準差。

七、三斗石櫟 (*Pasania hancei* var. *ternaticupula*)

三斗石櫟 (*Pasania hancei* var. *ternaticupula*)，英文名 Three-cupule tanoak，又稱赤皮杜仔，為殼斗科石櫟屬之常綠喬木，產大陸長江以南及臺灣，主要分布於臺灣海拔高度 800-2600 m 處之山區，對於氣候及土壤適應性強，為我國常綠闊葉林中常見樹種之一，其樹形優美，故亦可供庭園景觀樹種之用途。根據 CNS 11667 (2016) 商用木材名稱標準，因與校力、短尾葉石櫟 (杜仔)、川上氏石櫟 (大葉校櫟) 等樹種在木材組織辨識上不易鑑定至種別，故將上述樹種歸類為石櫟類 (*Lithocarpus* spp.; *Pasania* spp.) 木材。

三斗石櫟樹高可達約 10 m，其幹皮為青灰色至灰褐色，有縱向細溝裂，皮孔為土黃色，散生或縱向排裂。葉革質，為長橢圓狀披針形，長 9-15 cm，寬 2.0-3.5 cm，先端圓鈍為短尾狀，基部楔形且兩側略下延，中肋於葉面隆起，全緣略反捲，表面為深綠色，背面為蒼綠色，兩面光滑，側脈網狀。雄花為直立單一或分支之穗狀花序，具退化子房，萼 4-5 裂；雄蕊常 10-12，較萼為長；雌花生於雄花穗基部，或另成一花序，子房 3 室，花柱 3，圓筒形，頂端為柱頭狀。總苞為杯狀，三個成叢，先端連鎖；苞片細小，合生，略成環狀，被灰色絨毛。堅果為橢圓形，長約 2 cm，徑約 1.5 cm，先端尖銳 (劉業經等，1994)。

(一) 木材外觀及組織特徵

本案之三斗石櫟係取材自南投林區管理處巒大事業區第 59 林班，圖 45-圖 47 為三斗石櫟木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 48-圖 50 則為三斗石櫟木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，三斗石櫟木材之邊心材分界不明，木材顏色為暗褐色 (圖 45、圖 46)，由橫切面觀察可見，三斗石櫟木材屬輻射孔材，年輪不明或略明晰，導管主要為單管孔，並沿徑向呈火焰狀排列；肉眼可見粗大之木質線 (圖 47)。而在其他巨觀特徵方面，三斗石櫟之木材木理通直，木肌略粗而不均勻。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見導管之弦向直徑約為 110-160 μm ；縱向薄壁細胞發達，其排列呈散生狀、周圍狀、帶狀 (圖 48)。弦切面

之顯微切片影像可見，木質線主要為單列，並具有聚合木質線（圖 49）。徑切面之顯微切片影像可見其木質線為同性（圖 50）。



圖 45、三斗石櫟弦切面之材面照片。



圖 46、三斗石櫟徑切面之材面照片。(a) 聚合木質線

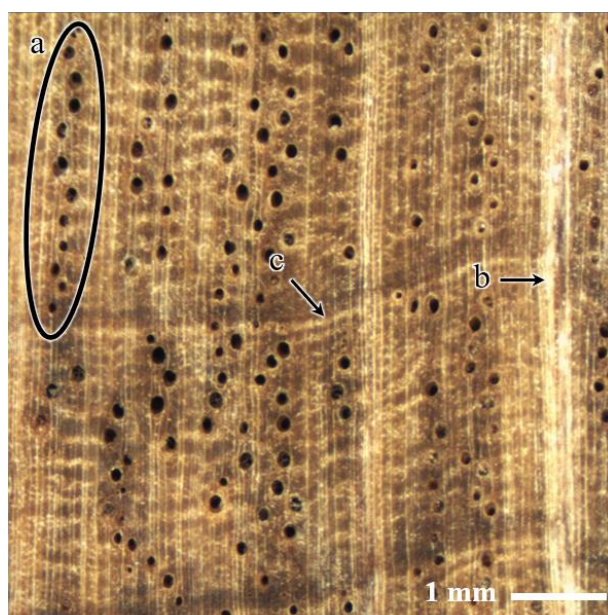


圖 47、三斗石櫟橫切面之材面照片。(a) 輻射狀排列之導管 (b) 聚合木質線 (c) 帶狀薄壁組織。

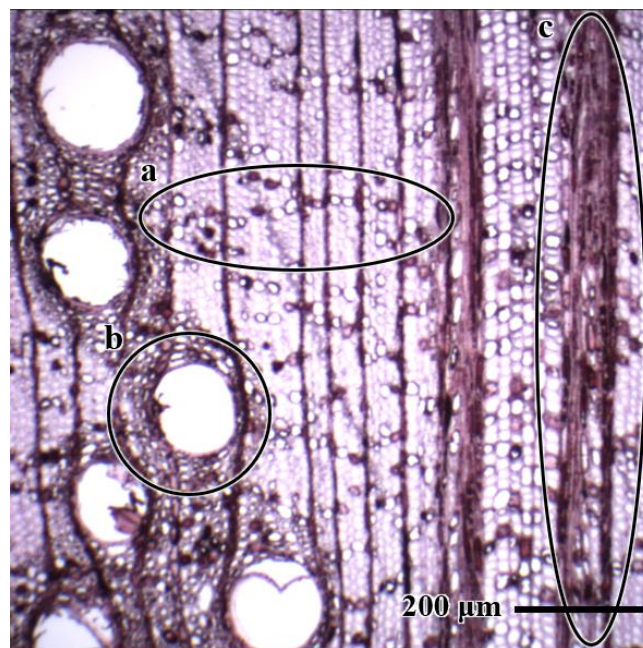


圖 48、三斗石櫟橫切面之組織顯微切片影像。(a) 帶狀薄壁組織 (b) 周圍狀薄壁組織 (c) 聚合木質線。

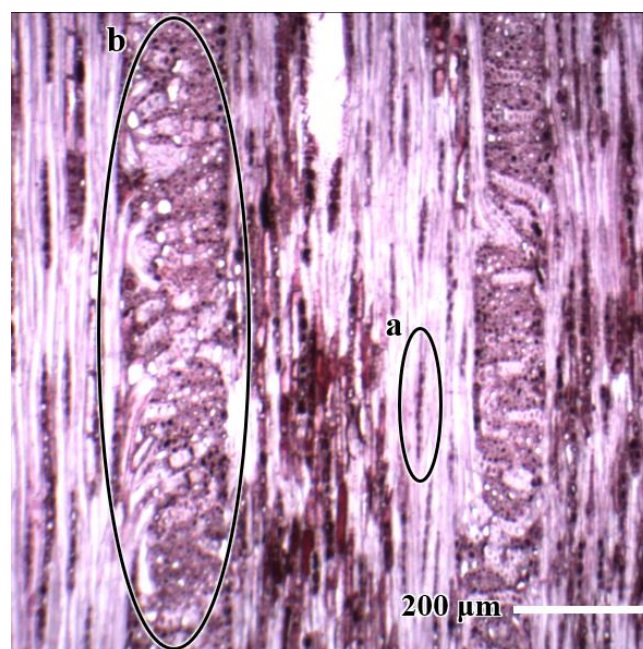


圖 49、三斗石櫟弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列木質線 (b) 聚合木質線。

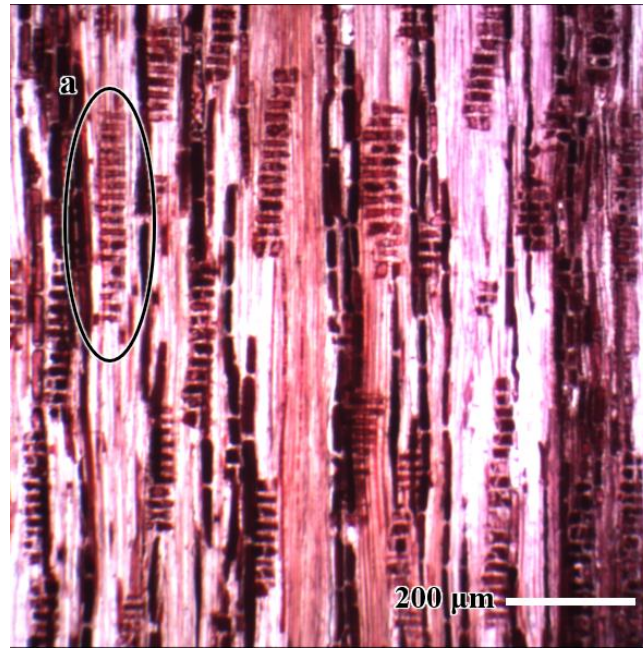


圖 50、三斗石櫟徑切面之組織顯微切片影像。(a) 同性木質線。

(二) 木材之物理與力學性質

表 15 為三斗石櫟木材之物理性質，結果顯示，本案之三斗石櫟木材於調濕後，平均含水率為 13.9%，其平均氣乾密度為 819 kg/m^3 ，較早期三斗石櫟木材之密度 (759 kg/m^3) 有較高之趨勢 (馬子斌等, 1979)。而在全收縮率方面，本案三斗石櫟木材之弦向與徑向全收縮率則分別係 9.54% 與 3.78%，兩者均較早期長尾尖櫟木材者有偏高之結果。另可發現本案之弦向與徑向之全收縮率比值 (α_t/α_r) 有較高之趨勢 (2.52)，可能為三斗石櫟具有聚合木質線之特徵，限制其木材在徑向方向上之尺度變化所致。

表 15、三斗石櫟木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	819	13.9	9.54	3.78
	(116) ²	(1.6)	(1.23)	(0.88)
馬子斌等(1979)	759	12.0	6.01	3.27

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

表 16 為三斗石櫟木材之力學性質，結果顯示，本案三斗石櫟木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 57.2 MPa、13.6 GPa、111.3 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 24.5 MPa 及 19.1 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 50.6 N、26.0 N 及 19.2 N。相較於早期馬子斌等(1979)之結果，本案三斗石櫟之抗彎彈性模數、抗彎強度值有偏低之趨勢，分別降低 12.8%及 20.0%，抗壓強度、抗剪強度及勃氏硬度值則無明顯之差別。而相較於王松永(2002)之結果，抗壓強度、抗彎強度亦有偏低之趨勢，分別降低 10.2%及 11.7%，但抗彎彈性模數反而有增加之趨勢，增加幅度為 20.4%。

上述試驗結果與前期計畫之研究成果(表 8)比較後可發現，三斗石櫟之密度雖然較櫟木及相思樹低，但其各項力學性質卻能達與櫟木及相思樹相當之程度，其中尤以抗彎彈性模數最佳，較相思樹高 7.9%，顯示三斗石櫟材質堅重，且富彈性及剛性之特性，在利用上可做為建材、家具、工具柄及農具等用材使用。然而，在加工性質方面，因其硬度甚高，導致鋸切等各項加工困難，且因木材收縮率甚大，乾燥不易且並常伴隨乾裂、反翹及表面僵化等問題(王松永，2002)。另一方面，三斗石櫟木材之耐腐朽性較差，其對於白腐菌與褐腐菌之天然耐久性均為 3 級(耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 56-75%)(王松永，2002)。

表 16、三斗石櫟木材之力學性質

資料來源	抗壓	抗彎	抗彎	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	強度	彈性模數	強度	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
	(MPa)	(GPa)	(MPa)					
本案	57.2	13.6	111.3	24.5	19.1	50.6	26.0	19.2
執行結果 ¹	(4.9) ²	(2.1)	(16.7)	(2.7)	(2.3)	(4.5)	(4.8)	(3.6)
馬子斌等 (1979)	56.2	15.6	139.1	19.7 ³		46.9	-	-
王松永 (2002)	63.7	11.3	126.1	-		-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

八、香楠 (*Machilus zuihoensis*)

香楠 (*Machilus zuihoensis*)，英文名 Incense Nanmu，為樟科楨楠屬之常綠喬木，此樹種於 1911 年由日本學者早田文藏採自臺灣北部瑞芳之標本，作為模式標本而發表之新種，故又稱瑞芳楠。特產臺灣全島闊葉林下部，海拔高度 200-1800 m 之地區，為海拔高度 500 m 以下之優勢樹種。根據 CNS 11667 (2016) 商用木材名稱標準，因與日本楨楠（細葉楠、臭屎楠、假長葉楠）、豬腳楠（紅楠）、大葉楠等樹種在木材組織辨識上不易鑑定至種別，故將上述樹種歸類為楠木類 (*Machilus* spp.) 木材。

香楠樹高可達約 20 m，其幹皮為暗灰褐色，質地粗糙。單葉互生，葉厚紙質，為披針形或倒卵形，尖頭楔基，長 10-14 cm，表面為暗綠色，背面為蒼綠色，並有短伏毛；葉全緣，羽狀脈，側脈 7-12 對，無托葉，葉柄黑紫色。花兩性，聚繖狀圓錐花序頂生或近頂生，花被筒短，裂片 6，硬革質，排成二輪，略相等或外 3 片較小；完全雄蕊 9；第一、第二輪不具腺體、藥內向，第三輪具一對心形有柄腺體於花絲基部、藥外向，均 4 室，第四輪退化，心形無柄；柱頭小。核果

肉質，為球形，徑約 7 mm，總梗深紅色，基部具宿存反捲之花被片（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之香楠係取材自臺東縣所產之私有林原木，圖 51-圖 53 為香楠木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 54-圖 56 則為香楠木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，香楠木材之邊心材分界不明，木材顏色為淡黃灰色，弦切面稍可見年輪所形成之環狀紋理（圖 51、圖 52）。由橫切面觀察可見，香楠木材屬散孔材，年輪稍明顯，導管主要為單管孔，偶有 2-3 個徑向複合，並可見部分導管內含有填充體（圖 53）。在其他巨觀特徵方面，香楠之木材木理通直，木肌略粗；因通常具有油細胞而使材面具有油質感。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見導管之弦向直徑約為 60-130 μm ；縱向薄壁細胞排列呈散生狀及周圍狀（圖 54）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為雙列或三列，不具聚合木質線（圖 55）。徑切面之顯微切片影像可見其木質線主要為異性（圖 56）。

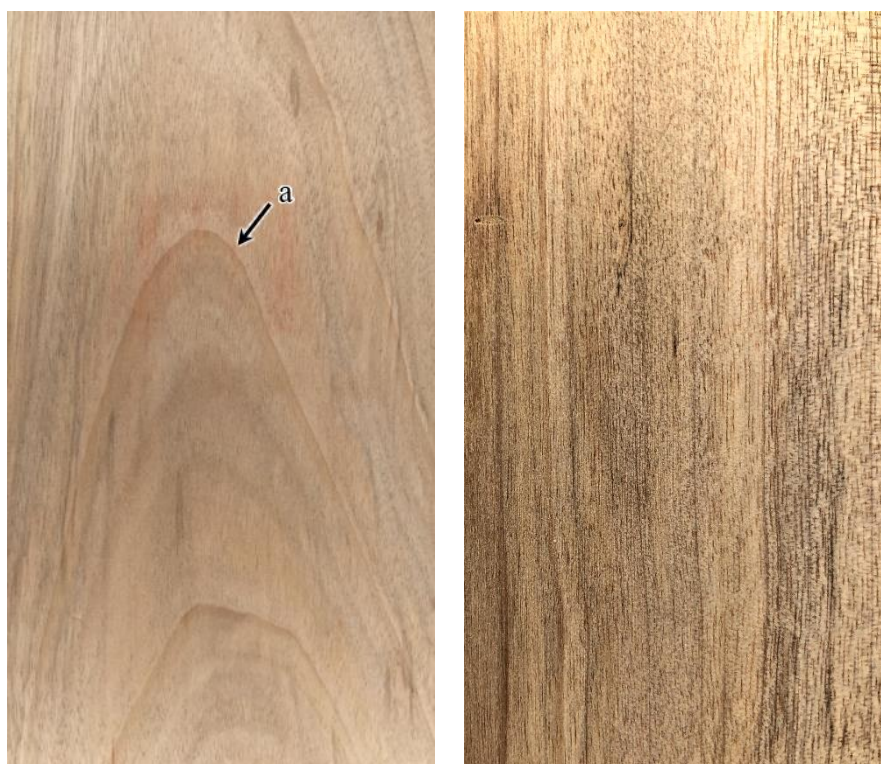


圖 51、香楠弦切面之材面照片。 圖 52、香楠徑切面之材面照片。

（a）年輪形成之環狀紋理。

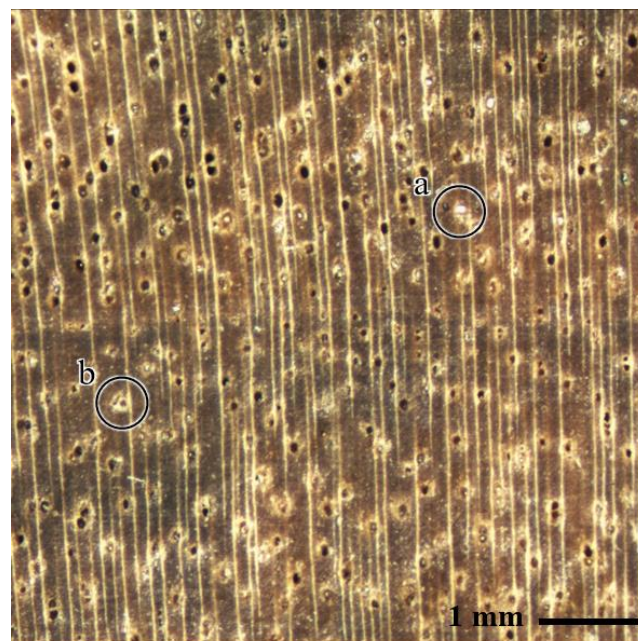


圖 53、香楠橫切面之材面照片。(a) 填充體 (b) 周圍狀薄壁組織。

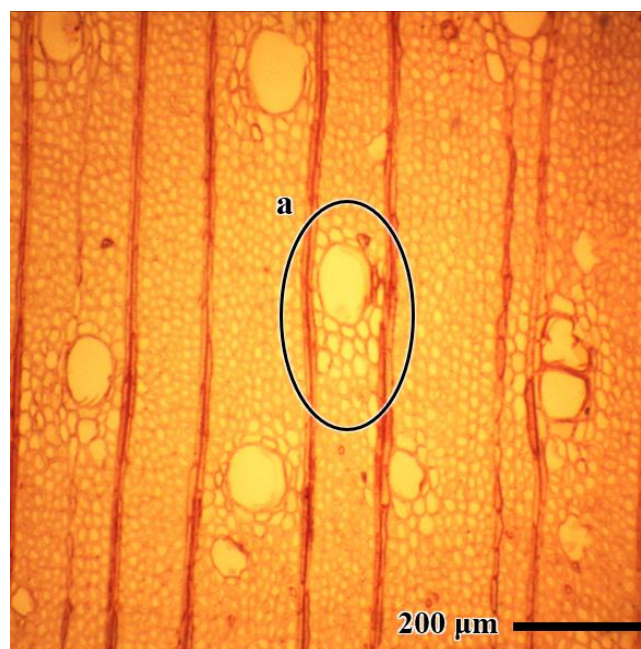


圖 54、香楠橫切面之組織顯微切片影像。(a) 周圍狀薄壁組織。

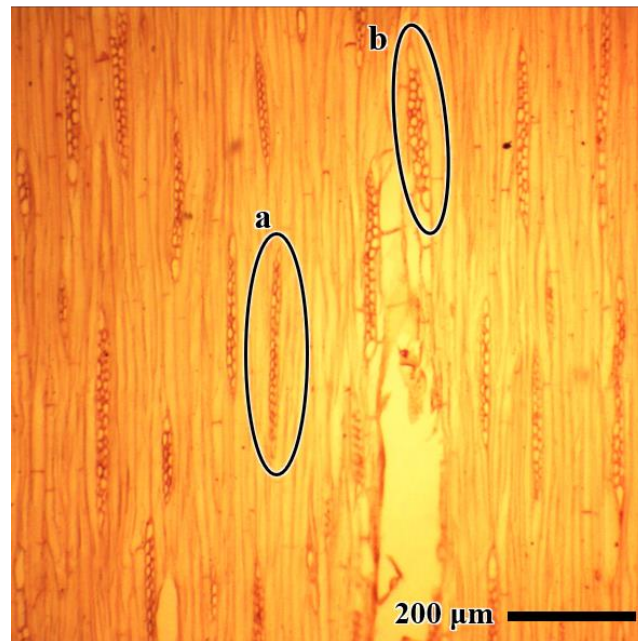


圖 55、香楠弦切面之組織顯微切片影像。(a) 雙列木質線 (b) 雙列/三列木質線。

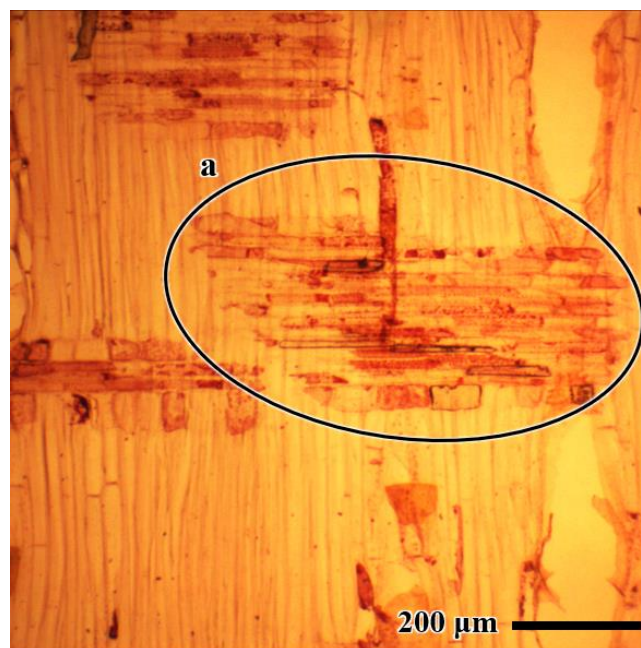


圖 56、香楠徑切面之組織顯微切片影像。(a) 異性木質線。

(二) 木材之物理與力學性質

表 17 為香楠木材之物理性質，結果顯示，本案之香楠木材於調濕後，平均含水率為 11.8%，其平均氣乾密度為 658 kg/m^3 ，較早期香楠之密度 (546 kg/m^3) 有較高之趨勢 (馬子斌等, 1979)。而在全收縮率方面，本案香楠木材之弦向與徑向全收縮率則分別係 5.98% 與 3.08%，其中，弦向全收縮率較早期香楠木材者有較高之趨勢，徑向全收縮率則較為相似 (馬子斌等, 1979)。

表 17、香楠木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	658	11.8	5.98	3.08
	(30) ²	(0.4)	(0.37)	(0.44)
馬子斌等 (1979)	546	12.0	5.15	2.95

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 1000 以上)。

² () 內為標準差。

表 18 為香楠木材之力學性質，結果顯示，本案香楠木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 41.9 MPa、7.0 GPa、80.3 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 13.9 MPa 及 12.6 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 31.0 N、15.3 N 及 12.1 N。相較於早期之香楠木材 (馬子斌等, 1979)，本案香楠之抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度有偏低之趨勢，分別降低 28.9%、51.4% 及 20.0%，抗剪強度則略有提高之趨勢。在利用上，其木材可做為建材、家具、橋樑、船隻及箱板等用材使用 (呂福原等, 1998)，其樹皮亦可供製造線香黏著料之原料使用 (劉業經等, 1994)。

表 18、香楠木材之力學性質

資料來源	抗壓強度	抗彎 彈性模數	抗彎強度	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案	41.9	7.0	80.3	13.9	12.6	31.0	15.3	12.1
執行結果 ¹	(4.1) ²	(0.7)	(9.5)	(0.2)	(1.2)	(6.5)	(2.8)	(2.3)
馬子斌等 (1979)	58.9	14.4	100.4	10.7 ³		34.9	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

九、光蠟樹 (*Fraxinus griffithii*)

光蠟樹 (*Fraxinus griffithii*)，英文名 Formosan ash，為木犀科白蠟樹屬之半落葉喬木，又名臺灣白蠟樹、山苦楝，為臺灣特有種，因材質強韌堅硬，性質與櫟木（雞油）相近，但材面色澤偏向為白色，故又稱為白雞油。特產臺灣全島低海拔之闊葉樹林中，截至第四次森林資源調查（邱立文等，2015）之統計結果，光蠟樹之種植面積為 911 ha，僅次於相思樹而位居第二。光蠟樹樹型優美，抗風耐旱，係優秀之行道樹及造景樹種選擇，更為平地造林之主要樹種之一，此外，光蠟樹之樹液為獨角仙等昆蟲所嗜食，故樹皮上常可見獨角仙成蟲留下之食痕。

光蠟樹之幹皮灰紅褐色或灰綠色，小薄片狀剝落，留有雲形剝落痕；外皮薄，膜質；內皮淡橘黃色或土黃色。葉對生，奇數羽狀複葉；小葉 5-10 枚，全緣，長橢圓形，長 5-6 cm，兩端漸尖。總狀花序，花灰白色，萼截形；花瓣 4，橢圓形；雄蕊常 2 或 3-4；子房 2 室，柱頭顯著分歧；堅果先端伸長呈翅果狀，具 1 種子（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之光蠟樹係取材自臺東縣所產之私有林原木，圖 57-圖 59 為光蠟樹木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 60-圖 62 則為光蠟樹木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，光蠟樹木材之邊心材分界不明顯，木材顏色為淡黃白色，弦切面可見輪緣狀薄壁組織所形成之環狀紋理(圖 57、圖 58)。由橫切面觀察可見，光蠟樹木材屬散孔材，導管主要為 2-3 個徑向複合管孔，偶可見導管內含有填充體(圖 59)。在其他巨觀特徵方面，光蠟樹之木材木理通直或略斜行，木肌細緻。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見導管之弦向直徑約為 35-70 μm ；縱向薄壁細胞排列呈輪緣狀、周圍狀、翼狀、聯合翼狀，極端者呈現細線帶狀分布(圖 60)。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列至四列，不具聚合木質線(圖 61)。徑切面之顯微切片影像可見其木質線為同性或異性(圖 62)。



圖 57、光蠟樹弦切面之材面照片。(a) 輪緣狀薄壁組織形成之環狀紋理。



圖 58、光蠟樹徑切面之材面照片。

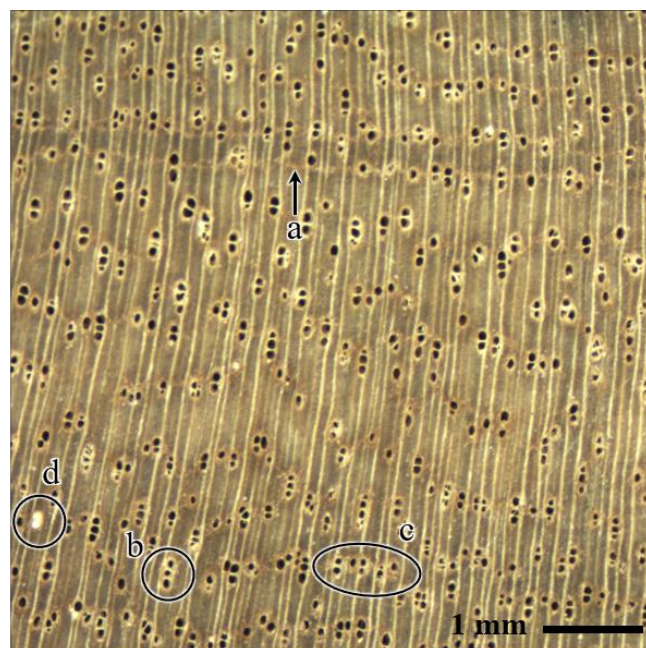


圖 59、光蠟樹橫切面之材面照片。(a) 輪緣狀薄壁組織 (b) 周圍狀薄壁組織。
(c) 聯合翼狀薄壁組織 (d) 填充體。

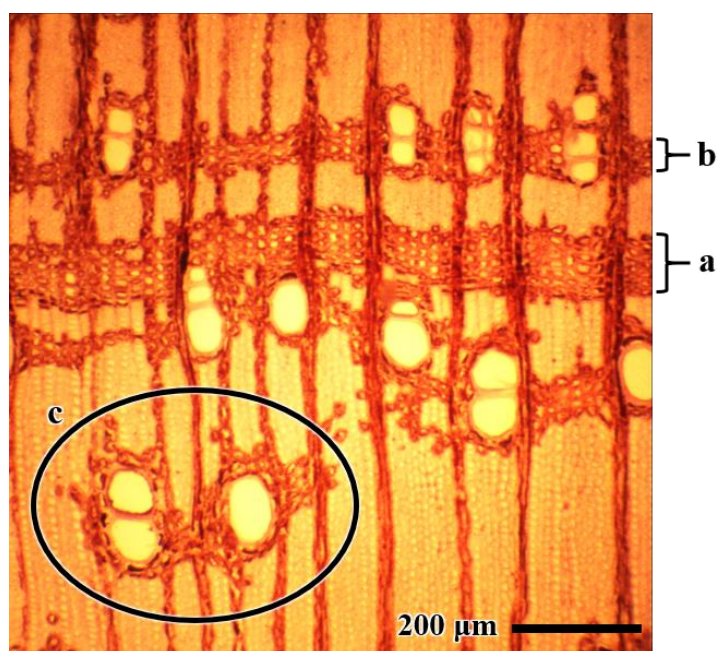


圖 60、光蠟樹橫切面之組織顯微切片影像。(a) 輪緣狀薄壁細胞 (b) 聯合翼狀至
帶狀薄壁細胞 (c) 聯合翼狀薄壁細胞。

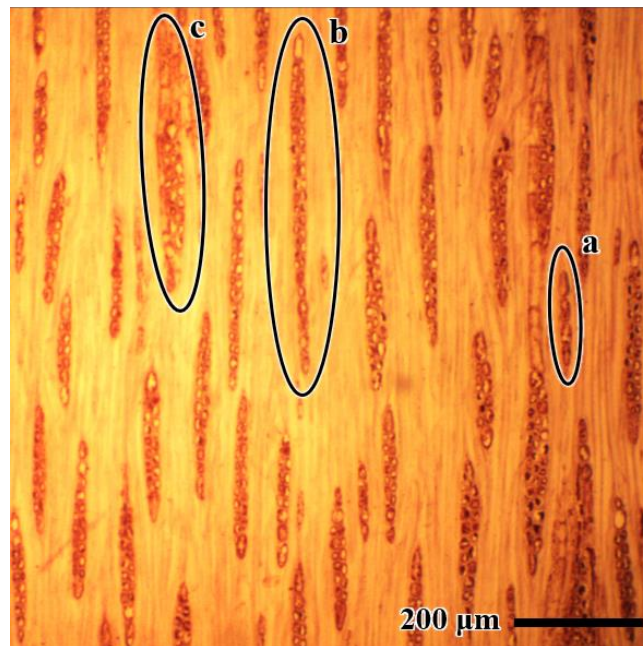


圖 61、光蠟樹弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列木質線 (b) 雙列木質線 (c) 雙/三列木質線。

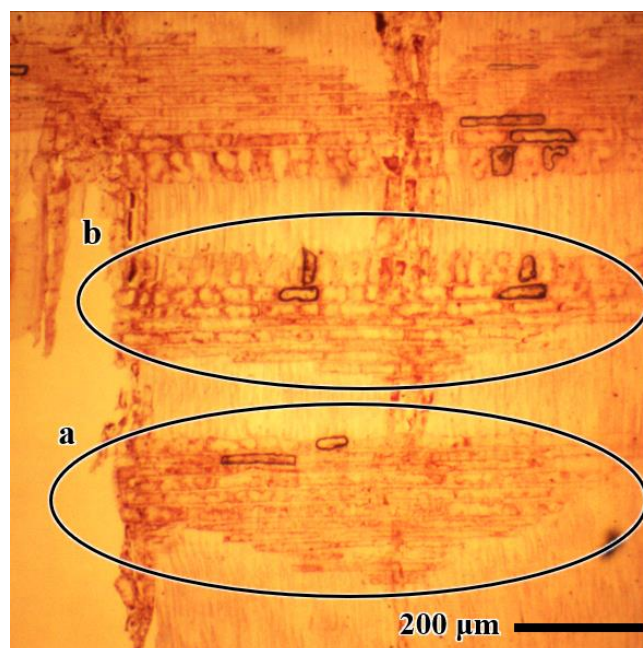


圖 62、光蠟樹徑切面之組織顯微切片影像。(a) 同性木質線 (b) 異性木質線。

(二) 木材之物理與力學性質

表 19 為光蠟樹木材之物理性質，結果顯示，本案之光蠟樹木材於調濕後，平均含水率為 14.3%，其平均氣乾密度為 778 kg/m^3 。而在全收縮率方面，本案光蠟樹木材之弦向與徑向全收縮率則分別係 7.11% 與 4.58%，兩者均比早期光蠟樹者之結果有較高之趨勢（馬子斌等，1979）。

表 19、光蠟樹木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	778	14.3	7.11	4.58
	(41) ²	(0.1)	(0.88)	(0.44)
馬子斌等（1979）	-	12.0	5.43	4.26

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

表 20 為光蠟樹木材之力學性質，結果顯示，本案光蠟樹木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 50.1 MPa、9.8 GPa、96.6 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 23.1 MPa 及 22.2 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 42.2 N、21.9 N 及 18.6 N。相較於早期之光蠟樹木材（馬子斌等，1979），本案光蠟樹在各項性質方面均有相似之結果，而與王松永（2002）之結果相比，抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度值均有略為偏低之趨勢，分別降低 3.8-17.5%、20.3% 及 19.9%。

在利用上，其木材可供建築、農具、車輛、家具、合釘、運動器材等用材使用；而在加工性質方面，鉋削及其他加工性中庸，表面施工性良好。另一方面，光蠟樹木材之耐腐朽性甚差，其對於白腐菌之天然耐久性為 4 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率為 55% 以下），褐腐菌為 3 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 56-75%）（王松永，2002）。

表 20、光蠟樹木材之力學性質

資料來源	抗壓強度	抗彎 彈性模數	抗彎強度	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案	50.1	9.8	96.6	23.1	22.2	42.2	21.9	18.6
執行結果 ¹	(5.9) ²	(1.9)	(15.9)	(3.8)	(1.4)	(6.4)	(4.6)	(3.5)
馬子斌等 (1979)	44.7	10.8	103.3	-	-	38.2	-	-
王松永 (2002)	52.1-60.7	12.3	120.6	-	-	-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 1000 以上）。

² () 內為標準差。

十、木荷 (*Schima superba*)

木荷 (*Schima superba*)，英文名 Chinese guger tree，為山茶科木荷屬之常綠大喬木，又名荷木、椿木、荷樹。產自浙江、福建、兩廣、安徽、四川、臺灣等地，在臺灣主要分布於新竹以南，中央山脈海拔 300-2300 m 山區，為造林樹種之一。

木荷樹高可達約 20 m 以上，其幹皮帶有褐色色澤，樹皮含有植物鹼的白色結晶體，對魚類具有毒性，與人體皮膚接觸則可能誘發過敏反應。芽被短柔毛，無芽鱗。葉叢生枝端，卵形以至長橢圓形，先端銳形或漸尖，邊緣具鋸齒或鈍鋸齒，基部楔形，長 10 cm。花徑 3 cm，淡紅白色，有芳香，萼片 5，等大；花瓣 5，基部癒合，最外層花瓣馬蹄狀；雄蕊多數，花絲附於花瓣基部；子房 5 室，胚珠每室 2-6；花柱單一，直生或頭部開裂為開闊之柱頭。蒴果木質，壓縮球形，徑達 2 cm。種子扁平腎臟形，背面有翅，長 8 mm（劉業經等，1994）。

（一）木材外觀及組織特徵

本案之木荷係取材自新竹林區管理處轄區內之障礙木，圖 63-圖 65 為木荷

木材實體三切面外觀之拍攝照片，而圖 66-圖 68 則為木荷木材之顯微組織切片影像，由圖中可見，木荷木材之邊心材分界不明顯，木材顏色為淡紅色至淡黃褐色，材面上常可見充滿膠質填充體之白色導管線紋理（圖 63、圖 64）。由橫切面觀察可見，木荷木材屬散孔材，年輪不明顯但偽年輪分明；導管分布均勻，主要為單管孔，偶有 2-3 個徑向複合，並可見多數導管內含有膠質填充體（圖 65）。在其他巨觀特徵方面，木荷之木材木理通直，木肌細緻。另一方面，由橫切面之顯微切片影像可見導管之弦向直徑約為 $70\mu\text{m}$ ；縱向薄壁細胞稀疏，其排列呈散生狀（圖 66）。弦切面之顯微切片影像可見，木質線主要為單列或雙列，不具聚合木質線（圖 67）。徑切面之顯微切片影像可見其木質線主要為異性（圖 68）。



圖 63、木荷弦切面之材面照片。



圖 64、木荷徑切面之材面照片。

（a）富含填充體之導管線形成之紋理。

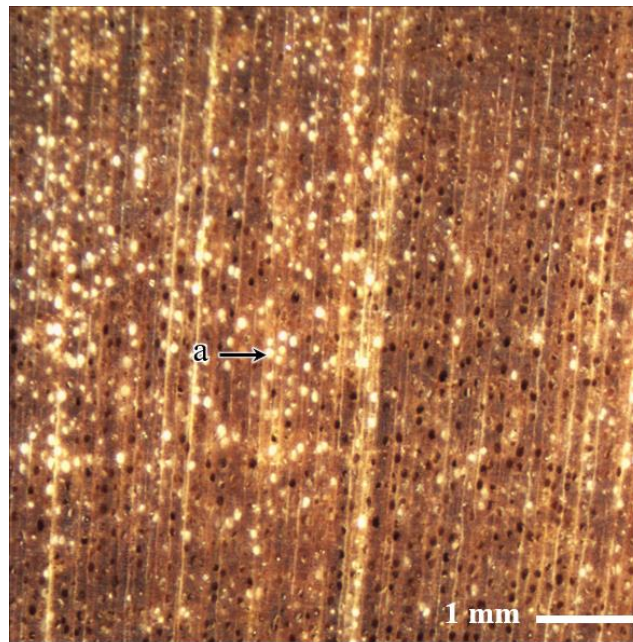


圖 65、木荷橫切面之材面照片。(a) 填充體。

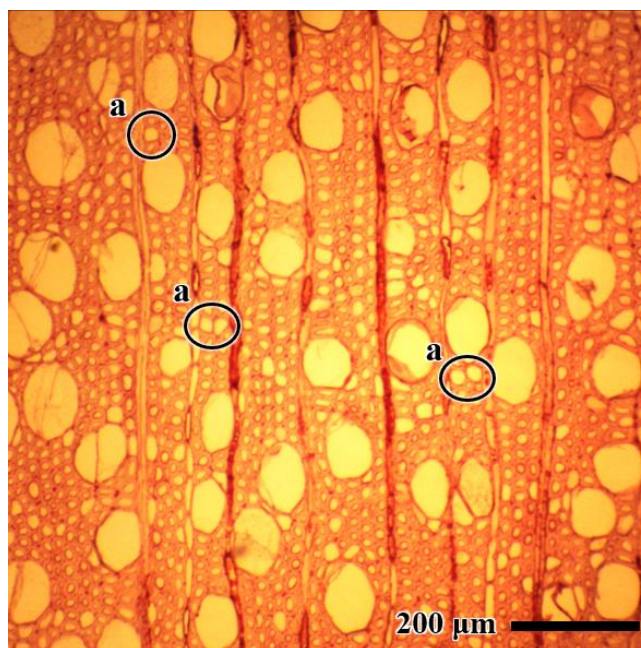


圖 66、木荷橫切面之組織顯微切片影像。(a) 散生狀薄壁細胞。

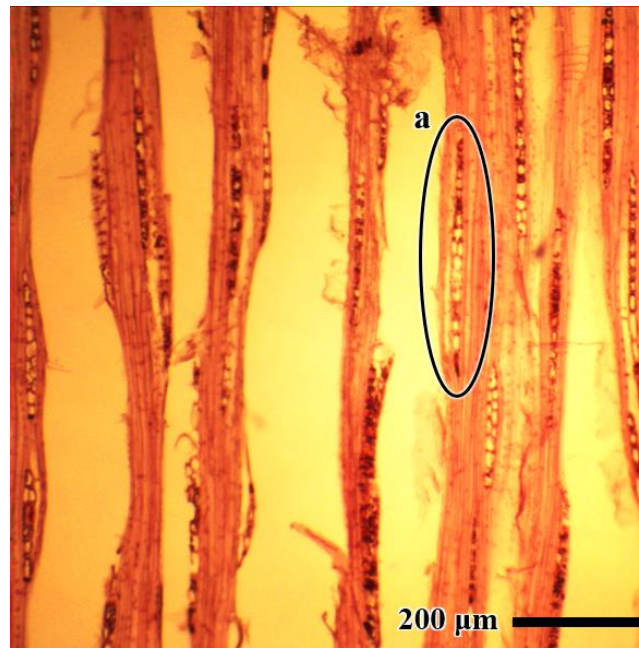


圖 67、木荷弦切面之組織顯微切片影像。(a) 單列/雙列木質線。

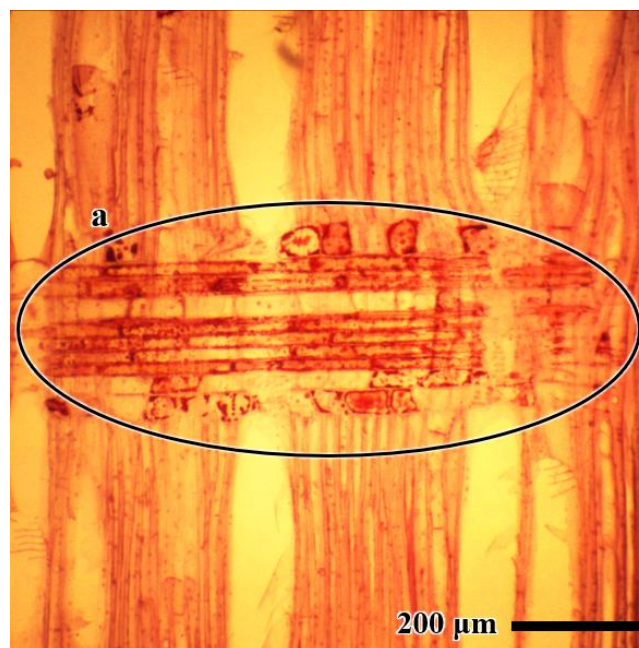


圖 68、木荷徑切面之組織顯微切片影像。(a) 異性木質線。

(二) 木材之物理與力學性質

表 21 為木荷木材之物理性質，結果顯示，本案之木荷木材於調濕後，平均含水率為 13.3%，其平均氣乾密度為 609 kg/m^3 ，較早期木荷木材之密度 (710 kg/m^3) 有較低之趨勢 (馬子斌等, 1979)。而在全收縮率方面，本案木荷之弦向與徑向全收縮率則分別係 8.55% 與 4.53%，其中弦向全收縮率顯著較早期木荷者高，徑向全收縮率則較為相似 (馬子斌等, 1979；王松永, 2002)。

表 21、木荷木材之物理性質

資料來源	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	全收縮率(%)	
			弦向	徑向
本案執行結果 ¹	609	13.3	8.55	4.53
	(26) ²	(0.5)	(0.65)	(0.65)
馬子斌等 (1979)	710	12.0	6.65	4.50
王松永 (2002)	-	12.0	6.74	4.15

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得 (各試驗之重複數為 300 以上)。

² () 內為標準差。

表 22 為木荷木材之力學性質，結果顯示，本案木荷木材之平均抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度分別為 38.3 MPa、10.7 GPa、80.4 MPa，弦切面與徑切面之平均抗剪強度分別為 14.6 MPa 及 13.0 MPa，橫切面、弦切面與徑切面之平均勃氏硬度分別為 34.4 N、13.8 N 及 10.2 N。相較於早期之木荷木材 (馬子斌等, 1979；王松永, 2002)，本案木荷之抗壓強度、抗彎彈性模數、抗彎強度值有偏低之趨勢，分別降低 11.3-28.9%、21.9% 及 18.6-22.8%，勃氏硬度無明顯之差異，抗剪強度則略有提高之趨勢。

在利用上，其木材可做為建材 (柱、桁、樓梯、地板、壁板)、家具、車輛、樂器、枕木、合板及造紙等用材使用；而在加工性質方面，因其木材收縮率較大，如乾燥不當時容易發生瓦狀翹曲 (Cup)、扭轉翹曲 (Twist)、潰陷等乾燥缺點，

且人工乾燥進行過劇易發生蜂巢裂；此外，鉋削加工容易，鉋面光滑，研磨後光澤性顯著。另一方面，木荷木材之耐腐朽性較差，其對於白腐菌之天然耐久性為 3 級（耐腐朽性試驗後之質量保留率介於 56-75%）（王松永，2002）。

表 22、木荷木材之力學性質

資料來源	抗壓強度	抗彎 彈性模數	抗彎強度	抗剪強度(MPa)		勃氏硬度(N)		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	弦切面	徑切面	橫切面	弦切面	徑切面
本案	38.3	10.7	80.4	14.6	13.0	34.4	13.8	10.2
執行結果 ¹	(6.4) ²	(2.5)	(13.1)	(1.4)	(2.4)	(7.0)	(1.9)	(1.0)
馬子斌等 (1979)	43.2	13.7	104.1	12.3 ³		36.8	-	-
王松永 (2002)	53.9	10.3	98.8	-		-	-	-

¹ 試驗之結果係將試材置於 20°C、65%RH 環境中調濕 3 週後，進行各項基礎性質試驗所得（各試驗之重複數為 300 以上）。

² () 內為標準差。

³ 未區分弦切面或徑切面。

第五章 結論與建議

本案已完成 10 種擴手冊增樹種之物理及力學性質，針葉樹木材包含臺灣二葉松、臺灣五葉松、臺灣雲杉、天然林之紅檜與臺灣扁柏，闊葉樹木材則包含長尾尖楮、三斗石櫟（石櫟類）、香楠（楠木類）、光蠟樹、木荷。透過物理與力學性質試驗之結果之可發現，雖本案取得之多數樹種的各項力學性質均有較以往研究為低之趨勢，但國產之臺灣二葉松與臺灣雲杉木材仍具有優秀之發展性，前者因與進口南方松之強度性質相近，具有取代南方松市場應用之潛力；後者之高比彈性模數特性亦具有開發樂器用材之可行性。

本試驗所取得之原木主要以可利用徑級並根據 CNS 442(2012)之檢尺規定，主要以大原木（末徑 30 cm 以上者）為主，但對於齡級則較無法確認，因此前述部分木材材質較以往研究為低者之原因，可能與其齡級較低有關，此與密度試驗之結果可見，惟大原木以為目前市場中多行利用之徑級，試驗結果可反映目前市場木材性質。此外，根據過去國內學者之研究指出，我國國產樹種（柳杉、大葉桃花心木）之未成熟材與成熟材之境界約為 19-20 年（陳勁豪，2009；卓志隆與張婕瑜，2014），可見現階段取得之低齡級人工林原木仍可能具有高比例之未成熟材，進而導致其力學性質降低。相較之下，早期文獻紀錄之調查對象，則主要為天然生之熟齡級木材，故其密度均普遍有較高之趨勢，成熟材比例亦較高。

綜合上述，為究明我國目前人工林木材性質，並提供工程單位或結構設計、商品設計應用參考時，對現階段國產木材之性質重新建立基礎資訊，在促進國產材之推動上具有其必要性。本期計畫承接前期計畫之成果，透過重新調查國內主要商用樹種之物理及力學性質，在建置過去少有紀錄之樹種性質資料庫的同時，亦針對既有樹種之數據進行滾動式更新，並將調查結果提供林務機關方作為出版「國產木材利用手冊」之資料來源，期能供國人進一步知悉國產木材之外觀及特性，並讓建築師能有更佳準確之科學數據進行結構設計，藉此使國產木材資源能被更有效地利用。

行政院農業委員會林務局新竹林區管理處委託研究計畫

審查意見回應表

☐ 計畫研提 ☒ 期中審查 ☐ 期末審查

計畫名稱：常見國產木材性質分析暨「國產木材利用手冊」協力出版計畫

執行單位：國立中興大學

計畫主持人：楊德新

項次	審查意見	回應及辦理(修正)情形	修正頁次
1	報告書中錯字、漏字，如第5、6、18、30等頁內，請統一檢視後修正。	感謝委員建議。 已檢視期中報告書全文，並修改其中之漏字及錯字。	期中報告書 (會後修正版) p.5、11-12、 18、28、35
2	各項試驗之實驗材料規格、試材來源、試驗數量與方法等，請補充敘明。	感謝委員建議。 已補充說明實驗材料規格、試材來源、試驗數量與方法等資訊。	期末報告書 p.11-13、15、 19-20、22、 25-27、30、 32-33、36- 38、41-43、 47-48、50、 54-56、59- 61、64-65、 69-70
3	實驗結果部分材料之力學性質與前人研究有明顯差異部分，請推測可能原因列入報告書內。	感謝委員建議。 針對於力學性質試驗結果與前人文獻結果有顯著差異之部分，已進行相關論述，主要推論係因人工林齡級較為年輕，木材密度較低及可能具有較高之未成熟材比例所致。	期末報告書 p.71
4	實驗結果各材料之物理性質表內含水率及密度等欄位，將可能引起讀者誤會木材之「含水率」及「密度」屬固	感謝委員建議。	期末報告書 p.19-20、25- 26、30、32、

	定值，請於表格備註試驗環境條件之說明。	已於各樹種之各項物理與力學性質表內備註試驗試體之調濕環境，以避免讀者對試驗數據產生誤解。	36-37、41-42、47-48、54-55、59-60、64-65、69-70
5	報告書內引用前人文獻針對各材種的質性描述，例如第15頁描述臺灣二葉松「材質強韌堅重」、「強度大」等，基於本案已以科學方法完成相關力學性質之測定，請針對實驗結果數據進行相關描述。	感謝委員建議，遵照辦理。	-
6	報告書內各材種之材面照片及組織顯微切片影像，請於圖片上圈化或標註其辨識特徵(如現場簡報檔)，以利非木材科學專業人員閱讀理解。	感謝委員建議，遵照辦理。	期末報告書 p.16-18、23-25、28-30、34-36、39-41、44-46、51-53、56-58、61-63、66-68
7	本計畫書研究成果將為後續出版木材利用手冊之編撰原稿，為利手冊受眾將涵蓋非木材專業領域者，建請整理編輯相關木材科學專有名詞(尤其於手冊內頻繁出現之木材組織、木材力學及木材加工等領域專有名詞)。	感謝委員建議。 相關木材科學專有名詞之彙整與編輯結果，擬於期末報告時提出。	期末報告書 p. 76-80
8	同上，為增進未來手冊能更務實且廣泛運用，建議後續報告書，針對各材種之加工特性、乾燥特性、天然耐腐性、材料等級之分辨等多加描述與說明。	感謝委員建議。 將於期末報告中一併補充。	期末報告書 p. 20、26、31、37、42、48、54、64、81-102

行政院農業委員會林務局新竹林區管理處委託研究計畫

審查意見回應表

☐ 計畫研提 ☐ 期中審查 ☒ 期末審查

計畫名稱：常見國產木材性質分析暨「國產木材利用手冊」協力出版計畫

執行單位：國立中興大學

計畫主持人：楊德新

委員	項次	審查意見	回應及辦理(修正)情形	修正頁次
李委員 炎壽	1	報告書中錯字、多字，如 p.2、31、38等頁內，請統一檢視後修正。	感謝委員建議。 已檢視期末報告書全文，並修改其中之多字及錯字。惟 p.2之「木製材品品項」為法規條文敘述，故維持原狀。	成果報告書 p.2、32、39
	2	建議加入本次試材來源：如天然林、次生林或是人工林等；及試材相關樹齡及徑級等相關木材基礎資料，以利與文獻資料做對比。	感謝委員建議。 本案選取之試驗對象均取材自大原木（末徑30 cm 以上），並已於結論處進行描述，惟木材無法由來源端得知確切之樹齡資訊，且臺灣二葉松與臺灣五葉松亦不易界定其為天然林或人工林原木，故未陳列於成果報告書中。	成果報告書 p.72
	3	報告書中 p.69木荷乾燥不當時容易發生報告書上所提反翹及潰陷等缺點，建議增加木荷常見的瓦狀翹曲（cup）、扭轉趨曲（twist）缺點之區別。	感謝委員建議，遵照辦理。	成果報告書 p.70

黃委員 俊傑	1	報告書附錄整理資料完整豐富，予以肯定。建議可以增加木材缺點、製材分等方法、如何保存等相關資料，以利完整手冊資料。	感謝委員建議。 針對於木材缺點、製材分等方法、如何保存等相關知識，本團隊已於109年度前期計畫成果中進行完整之彙整，可作為後續手冊之編撰內容參考依據。	-
	2	本計畫研究成果係為後續出版木材利用手冊之編撰原稿，因手冊受眾將涵蓋非木材專業領域者，建請手冊出版時可以更圖文並茂，例如：本案內有以表格方式呈現本次試驗與前人研究中得知的力學、物理性質等資料比較，建議考慮以柱狀圖等形式將資訊圖像化，增加可讀性，能使資訊一目了然。	感謝委員建議。 本計畫工作項目旨在針對國產樹種之木材性質進行調查與分析，關於手冊內容之內容編排及資訊圖像化設計，新竹處已委由其他專業團隊進行作業，其成果應可符合委員之建議。	-
	3	建請增加現今各樹種人工林分布範圍，提供木材產地，可以讓未來木材使用者或閱讀者代入地方情感，增加土地及木材的連結性。	感謝委員建議。	-
簡委員 志明	1	報告書中 p.19 誤植年度，建議修正為年度（109 年），請統一檢視後修正。	感謝委員建議，遵照辦理。	成果報告書 p.19
	2	第 20、26、37 頁等，新增了物理性質、力學性質對應至生活用途上的描述，淺顯清晰易懂。但對木材初學者、準專業者而言，仍受限於自身木材處理知識與經驗的缺乏。建議手冊內可有簡單的、基本的處理介紹，以補足初學者對木材的片段知識。例如：對現行市場上防腐處理的類型介紹（浸泡、表面塗佈、熱處理等）。	感謝委員建議。 針對於現行市場上防腐處理的類型介紹等相關知識，本團隊已於109年度前期計畫成果中進行完整之彙整，可作為後續手冊之編撰內容參考依據。	-

3	集成材（CLT，GLT 等）是未來建築使用的趨勢之一。建議手冊可新增和 CLT 之間的關係，例如：材料密度高低對集成材運用上的影響，藉由研究成果的物理性來指引集成材的性質與最佳化。	感謝委員建議。 新竹處預計出版之「國產木材利用手冊」內容應旨在使木材產業鏈末端之消費族群對於木材的一般用途上得以獲悉相關之專業知識，並將現階段臺灣國產木材之正確性質資訊進行滾動式更新，以作為結構應力設計之參考依據。本團隊擬建議新竹處委辦手冊設計單位，將國家林產技術平臺網址以 QR-code 方式呈現於手冊中，使手冊使用者可藉由該平台自行汲取其他木材相關知識。	
4	木材作為建築，常有三個迷思：結構安全、防火、防腐。本手冊提供了結構計算的安全渠道，然而，民眾亦關心防蟲耐久性、建管單位仍聚焦於防火時效。建議手冊後面可露出有關於木材防火與防腐的教育知識，可更圓滿發揮手冊的利用性和完備工具書的實用價值	感謝委員建議。 針對於木材劣化、保存處理之相關知識，本團隊已於109年度前期計畫成果中進行完整之彙整，可作為後續手冊之編撰內容參考依據。 惟關於結構安全與木質建築之防火時效設計之相關知識，與「國產木材利用手冊」之編撰宗旨偏離較遠，本團隊擬建議新竹處委辦手冊設計單位，將國家林產技術平臺網址以 QR-code 方式呈現於手冊中，使手冊使用者可藉由該平台自行汲取其他木材相關知識。	

	5	第 71 頁，力學性質的試驗結果較以往研究低，而現階段取得之低齡級人工林原木仍有高比例未成熟。在材料的過渡時期中，建議可於手冊放入可提高力學性質的幾種工法介紹（例如 CLT、GLT 等），並整理國家現有的幾個林產技術平台網址（國家林產技術平臺）於手冊中，供讀者做延伸閱讀、取得工法資訊。	感謝委員建議。 本案調查樹種之木材力學性質較以往研究低，可反映目前市場木材之性質，並提供正確之資訊給林產技術平臺進行資料庫之滾動式更新，以使結構設計單位可更精確進行斷面設計，讓國產木材得以更有效利用。此外，本團隊亦會建議新竹處委辦手冊設計單位，將國家林產技術平臺網址以 QR-code 方式呈現於手冊中，使手冊使用者可藉由該平台汲取其他木材相關知識。	-
吳委員 學平	1	結論部分加入本案 10 種木材有無其獨特性、發展潛力或運用上有何需特別注意的部分，例如：臺灣二葉松硬度高，材質不亞於南方松，未來市場是否有取代的趨勢；木荷施以乾燥處理時應特別注意扭轉翹曲及潰陷等缺點..等，俾利木材使用者或是閱讀者運用及認識。	感謝委員建議，遵照辦理。	成果報告書 p.72
	2	本計畫研究成果將為後續出版木材利用手冊之編撰原稿，建請加入本案協力出版手冊編寫之重要篇章及風格設計意見，以利清楚表現差異性，並強調以讀者（社會大眾）觀點編寫的特殊性。	感謝委員建議，遵照辦理。	-
林委員 純徵	1	本案執行團隊相當用心，報告書內容也依照期中審查意見加以修正，整體編排完整，予以肯定。	感謝委員肯定。	-

參考文獻

王松永（2002）商用木材。中華林產事業協會，臺北。

王松永、夏榮生（1990）台灣主要經濟樹種材質之基礎研究（VII）長尾尖櫨、光
臘樹及台灣櫟之比重、收縮率、纖維飽和點之變異性。林產工業 9(2)：1-
22。

中華民國國家標準 CNS 442（2012）木材之分類。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 444（2012）製材之分等。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 451（2013）木材密度試驗法。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 452（2013）木材含水率試驗法。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 453（2013）木材抗壓試驗法。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 454（2013）木材抗彎試驗法。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 455（2013）木材平行纖維方向剪力強度試驗法。經濟部
標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 459(2012)木材尺度收縮率試驗法。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 460（2013）木材硬度試驗法。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 11667（2016）商用木材名稱。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 14630（2017）針葉樹結構用製材。經濟部標準檢驗
局。

中華民國國家標準 CNS 14631（2019）框組壁工法結構用製材。經濟部標準檢
驗局。

中華民國國家標準 CNS 15563（2012）針葉樹裝修用製材分等。經濟部標準檢驗
局。

中華民國國家標準 CNS 15581（2012）闊葉樹製材分等。經濟部標準檢驗局。

中華民國國家標準 CNS 15582（2012）針葉樹底材用製材分等。經濟部標準檢驗
局。

台灣區合板製造輸出同業公會(2020)台灣合板工業。台灣區合板製造輸出同業公會。

呂金城(1990)野火對台灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物研究所博士論文。

吳順昭(1991)木材解剖名詞圖解釋義。中華林產事業協會，臺北。

邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬(2015)第4次全國森林資源調查成果概要。台灣林業 41(4): 3-13。

卓志隆、張婕瑜(2014)30年生國產大葉桃花心木造林木之生長輪特徵及木纖維長度變異。林產工業 33(2): 71-78。

馬子斌、陳政靜、熊如珍、黃清吟、陳欣欣、翟思湧(1979)重要商用木材之一般性質(增訂本)。臺灣省林業試驗所。

陳明義、梁立明(2000)關刀溪森林系台灣二葉松與台灣五葉松在干擾地之天然更新。林業研究季刊 22(4): 13-22。

陳勁豪(2009)柳杉在不同生育地及疏伐作業之材質探討。國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所博士論文。

黃彥三、陳欣欣(1997)木理傾斜角與含水率對樂器用材音響性質之影響。台灣林業科學 12(3): 335-361。

劉業經、呂福原、歐辰雄(1994)臺灣樹木誌。國立中興大學農學院出版委員會，臺中。

附錄一 木材組織之專有名詞介紹

本章節係針對在木材樹種鑑別實務上，常作為判定樹種依據的組織特徵，其名詞之定義與巨觀、微觀下型態進行說明與介紹，以利後續國產木材利用手冊內容之編撰，並確保未來手冊使用者即使非具有木材科學之專業知識者，亦能迅速掌握章節內容中所提及之各項組織特徵。以下內容係節錄自吳順昭（1991）「木材解剖名詞圖解釋義」之部分內容。

一、木材（Wood）：即木質部（Xylem），根與莖中具有支持和水分疏導作用之組織，其特徵為管束細胞之存在。

（一）邊材（Sapwood）：生立木中外層木質部，含有活細胞和貯藏物質（澱粉）之木材部份。

（二）心材（Heartwood）：生立木內層之木質部，細胞已死亡，澱粉等儲藏物質已消失或轉化為心材物質。通常其色澤較邊材者深，惟仍有例外情況。

二、年輪（Annual ring）：正常情況下，在木材與樹皮之橫切面可見之一年的生長層。

（一）生長輪（Growth ring）：在木材與樹皮之橫切面上所見之生長層。早期咸認為一般樹木在一年之中會有春材與秋材而形成一明顯輪環，而逕以年輪稱之，但生長於熱帶地區之樹木常無春秋材之分，或因氣候異常而造成一年內具兩個以上之輪環，為避免混淆，故近來多改以使用生長輪（Growth ring）稱之。

（二）偽年輪（False annual ring）：雙（重）生長輪中之不正常的生長輪。

（三）春材（Early wood）：又稱早材，係生長輪中密度較小、細胞較大，於生長季節中最先形成之部份。

（四）秋材（Late wood）：又稱晚材，係生長輪中密度較大、細胞較小，於生長季節中較晚形成之部分。

三、細胞（Cell）：植物體之基本單位，於某一時段內，該單位內含植物組織之構造單位原生質體。

- (一) 管胞 (Tracheid)：不具穿孔、兩端封閉之纖維狀木質化的木質部細胞，同類細胞之間以重緣壁孔相通，為構成針葉樹木材最主要之組織構造，所佔比例達 90-95%。
- (二) 薄壁細胞 (Parenchyma)：由長方形或方形具有單壁孔之細胞組成之組織。源自形成層紡錘形始原細胞經平周(弦切面)分裂之子細胞(縱向薄壁細胞)，或木質線始原細胞，形成木質線或橫向薄壁細胞，此等細胞與養分之貯存與分布有關。
- (三) 油細胞 (Oil cell)：木質線或縱向薄壁細胞中之特化細胞，含有油脂，外形為圓形。
- (四) 導管 (Vessel)：縱向連續的細胞相接而成之有分節而無一定長度之管狀構造，同類細胞間以重緣壁孔相通。
- (五) 獨立管孔 (Solitary pore)：導管完全被其他種類之細胞所包圍者。
- (六) 複合管孔 (Pore multiple)：二個或以上之管孔聚集成群，其接觸面因擠壓而成線形，外觀上似由單一管孔分裂而來。最常見之型態為徑向複合管孔，其管孔徑向排列且彼此間之弦向壁扁平化。另一型為集生管孔，屬不規則之群狀。
- (七) 無孔材 (Non-pored wood)：不具導管之木材，一般泛指針葉樹材。
- (八) 有孔材 (Pored wood)：具有導管之木材，特指闊葉樹材，與針葉樹材相對。
- (九) 散孔材 (Diffuse-porous wood)：木材中導管大小均一或僅稍有變化，且平均分佈遍及整個生長輪中者。
- (十) 環孔材 (Ring-porous wood)：木材中春材導管孔徑明顯較秋材者為大，且形成顯著之帶狀或環狀者。

四、縱向薄壁細胞 (Axial parenchyma、Vertical parenchyma)：源自紡錘形形成層始原細胞之薄壁細胞，與木質線薄壁細胞相對。

- (一) 離孔型薄壁細胞 (Apotracheal parenchyma)：典型之縱向薄壁細胞，未依附導管孔而排列。離孔散生狀、離孔輪緣狀、離孔帶狀薄壁細胞通常歸為此類。

1. 散生薄壁細胞 (Diffuse parenchyma)：單獨之離孔薄壁細胞不規則地隨機分布於纖維細胞之間，通常於放大鏡下不易察覺。
2. 短切線狀薄壁細胞 (Diffuse-in-aggregates parenchyma)：於橫切面觀察，離孔薄壁細胞於木質線間集成短切線狀。此種排列方式常與木質線交隔成網狀，故亦稱為網狀薄壁細胞 (Reticulate Parenchyma)。
3. 帶狀薄壁細胞 (Banded parenchyma)：縱向薄壁細胞在闊葉樹橫切面上排列的方式之一，呈現線狀或帶狀者。若其未依附導管四周，則稱為離孔 (型) 帶狀；若位於導管周圍者稱為圍孔帶狀，通常聯合翼狀薄壁細胞發達之樹種可見此排列方式。

(二) 伴隨型薄壁細胞 (Paratracheal parenchyma)：典型之縱向薄壁細胞，與導管或管胞相連接者。圍孔散生狀、周圍狀、翼狀及聯合翼狀通常歸為此類。

1. 圍孔散生狀薄壁細胞 (Scanty paratracheal parenchyma)：依附於導管周圍，形成不完全包圍之薄壁細胞。
2. 周圍狀薄壁細胞 (Vasicentric Parenchyma)：又稱為圍孔狀薄壁細胞，其型態為環圍導管，形成一完整之鞘狀貌者，橫切面上觀察可見呈現圓形或橢圓形，環圍寬度根據樹種而有不同變化。
3. 翼狀薄壁細胞 (Aliform parenchyma)：縱向薄壁細胞排列型態為環圍導管，且具有翼狀之側向 (通常沿弦向) 延伸。
4. 聯合翼狀薄壁細胞 (Confluent parenchyma)：縱向薄壁細胞排列成不規則翼狀，且側向延伸而與數個導管互相接觸者，極端者可見形成弦向或對角線之帶狀排列。

五、細胞間溝 (Intercellular canal)：為長度不定之管狀細胞間隙，提供周邊細胞所分泌樹脂、橡膠等物質之儲藏用。有縱向與橫向 (徑向) 之分。

(一) 樹脂溝 (Resin canal)：含有樹脂之細胞間溝。針葉樹中僅松屬、雲杉屬、冷杉屬、落葉松屬木材具有正常樹脂溝之組織。

(二) 傷癒樹脂溝 (Traumatic intercellular canal)：生立木受到傷害時所反應生成之

細胞間溝，僅鐵杉屬、冷杉屬木材可能存在此特徵。

六、木質線 (Ray)：為帶狀集合細胞，在木質部與韌皮部中由髓心向四周呈幅射狀排列，有些木質線並不直接連到髓心處。

(一) 木質線薄壁細胞 (Ray parenchyma)：構成木質線或部分木質線之薄壁細胞。

(二) 木質線管胞 (Ray tracheid)：構成木質線部份之管胞，具重緣壁孔，不含細胞內含物，通常存在於木質線上下邊緣。

(三) 單列木質線 (Uniseriate ray)：在弦切面上觀察，僅具 1 個細胞寬之木質線者。

(四) 多列木質線 (Multiseriate ray)：在弦切面上觀察，具二個或多數個細胞寬度之木質線者。

(五) 紡錘狀木質線 (Fusiform ray)：針葉樹材中，在弦切面上觀察，木質線中含有橫向樹脂溝而使木質線呈現紡錘形者。

(六) 異性木質線 (Heterogeneous ray tissue)：特指闊葉樹組織中，木質線組織之某些部份是由直立細胞所組成者。

(七) 同性木質線 (Homogeneous ray tissue)：特指闊葉樹組織中，木質線組織皆由橫臥細胞所組成者。

(八) 直立木質線細胞 (Upright ray cell)：長軸為縱向之木質線細胞。此類細胞組成單列木質線以及部份多列木質線之外緣。

(九) 橫臥木質線細胞 (Procumbent ray cell)：長軸為徑向之木質線細胞。

(十) 波痕 (Ripple marks)：又稱為漣紋，部分樹種之木材在弦切面上可見之細小水平條紋者，此係木質線、或縱向細胞、或兩者呈層階狀排列所致。

七、壁孔 (Pit)：細胞次生壁上之凹陷部位，外覆此一部位之細胞膜，而開口於細胞腔內側。主要部分有壁孔室與壁孔膜。

(一) 重緣壁孔 (Bordered)：壁孔膜因次生壁之生長而成拱形者，為縱向管胞彼此間在弦向方向上之連結通路。

(二) 交叉區壁孔 (Cross-field pitting)：又稱為分野壁孔，徑切面上，木質線細胞

與縱向管胞交叉時所形成矩形區域（Cross-field）上之壁孔。

1. 窗型（Fenestriiform、Window-like）：松型（Pinoid）壁孔之一種，在春材交叉區可見之較大窗型壁孔，孔口極寬，幾乎看不到壁孔緣，主要出現於松屬及日本金松屬（*Sciadopitys*）木材。
2. 松型（Pinoid）：松屬木材中有數種木材，其春材交叉區之較小壁孔，惟不包含白松類等可見之較大窗型壁孔。
3. 雲杉型（Piceoid）：雲杉屬木材中，其春材交叉區之壁孔，具有狹形且微伸出孔緣之壁孔口。
4. 柏木型（Cupressoid）：春材交叉區之壁孔，孔口橢圓形，可見於柏木屬（*Cupressus*）之木材中。
5. 柳杉型（Taxodioid）：常見於長葉世界爺屬中，春材交叉區之壁孔，具有大型橢圓至圓形孔口，然其長度較壁孔直徑為小，其寬度較孔口與孔緣間距為寬。

八、其他特徵

- (一) 螺旋狀加厚（Spiral thickening）：在細胞次生壁內側腔面上所呈現之螺旋狀隆起，為次生壁之一部分。
- (二) 填充體（Tylosis）：從與導管鄰接之木質線或縱向薄壁細胞中之細胞內含物經由導管細胞壁上之壁孔向內生長而將導管腔內之部份或全部阻塞之物質。

附錄二 國產木材製材品之等級區分法介紹

一、製材品材積、含水率及尺度量測之重點與注意事項

(一) 製材之檢尺與材積之計算方式

製材之檢尺與材積計算方式為要求一致性，應符合中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準所規定進行。製材之寬度、厚度以公分為單位，計至單位下一位為止，餘數無條件去除；製材之長度則以公尺為單位，計至單位下一位為止，餘數無條件去除。

製材材積依照下式計算，以立方公尺為單位，計至單位下三位為止，餘數四捨五入，如出現四捨五入至單位以下三位均為零者之情況，則計至單位以下四位為止，餘數四捨五入，依此類推。

$$\text{製材材積(m}^3\text{)} = \text{寬度(cm)} \times \text{厚度(cm)} \times \text{長度(m)} / 10000$$

舉例而言，若製材之寬度、厚度、長度之量測值分別為 89.55 mm、38.35 mm、427 cm，則檢尺上應記為寬度 8.9 cm、厚度 3.8 cm、長度 4.2 m，而製材材積經計算後為 0.0142044 m³，計為 0.014 m³。

(二) 製材之含水率量測方式

製材之含水率以爐乾法進行測定，並自每批量製材中隨機抽樣進行，一般採取 5 支試樣製材，進行再試驗時則採取 2 倍之支數，惟中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準中特別規定施以天然乾燥處理之場合，係採樣 10 支。試片取自製材品長度方向之兩端部向內側約 30 cm 處，以缺點影響最小之部分，切取質量約 20 g 以上各 1 片，惟中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準中特別規定施以天然乾燥處理之場合，額外自長度方向中央處多取 1 片。

將試片進行爐乾法前，先進行乾燥前之質量測定，隨後放入 100°C 至 105°C 之烘箱中進行乾燥，當每隔 6 hr 間隔測定之質量差在 0.1% 以下時，即達恆重狀態，並得試片之絕乾質量，再依下式計算試片含水率，計至 0.1% 為止，並將自同一試樣製材所切取之試片的平均值，計至 0.5% 單位為止。

$$\text{含水率(\%)} = \frac{\text{乾燥前質量(g)} - \text{絕乾質量(g)}}{\text{絕乾質量(g)}} \times 100$$

試驗後之結果應符合標準規定之含水率基準，如標示 SD 15 者，其含水率應小於 15% 才屬合格，並且合格數為全數之 90% 以上，該批量製材品才視為符合含水率基準之製材，反之若合格數未達全數之 70% 者，則該批製材品視為不符合含水率基準之製材。如出現達全數 70%，未滿全數 90% 之情況，則自相同批量製材中採取 2 倍之試樣進行再試驗，再試驗合格數未滿 90% 者，則視為不符合含水率基準之製材。

（三）尺度許可差

製材之各向尺度應符合適用製材標準中所規範之尺度許可差之範圍才屬合格，一般標準中許可差以「+a~-b」之表示法表示，代表測定尺度容許在「標示尺度+a」至「標示尺度-b」之範圍內，以中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準為例，橫斷面長邊、短邊及材長以公釐（mm）為單位表示，施以人工乾燥處理者之修整材之場合，橫斷面短邊或長邊未滿 75 mm 者，許可差為 +1.5~0 mm；橫斷面短邊或長邊以上 75 mm 者，許可差為 +2.0~0 mm。舉例而言，若製材之標示尺度為橫斷面短邊 38 mm 及長邊 89 mm，則製材之測定尺寸，橫斷面短邊及長邊若分別大於 39.5 mm 及 91 mm 者，或小於 38 mm 及 89 mm，則表示不符合尺度許可差之規定。

二、製材品等級區分方法與注意事項

(一) 製材品等級區分方法

主要可依照原理之差異分為目視等級區分法(圖 69)與機械等級區分法(如圖 70)。目視等級區分法，主要是透過製材品表面存在之缺點進行目視上之快速評估，常見之木材表面缺點包含節、弧邊、貫通割裂、環裂、腐朽、蟲蛀、樹皮捲入、脂囊、彎曲等特徵，或是以平均年輪寬、纖維方向之傾斜比大小作為評估依據。而機械等級區分法，主要應用於結構用途之製材，其是透過靜態抗彎試驗法，測定比例限界內之靜態彈性模數(Static modulus of elasticity, MOE_s)，作為機械等級區分之依據，也因為木材之彈性模數與強度具有良好之相關性，故相較目視等級區分法，可以更準確區分木材之強度性質。



圖 69、依照中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準，進行製材品目視等級區分之節徑量測。



圖 70、依照中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準，進行製材品機械等

（二）目視等級區分法之注意事項

目視分等法之標準程序，即「查詢正確之分等標準」、「對應正確之製材材種」、「查詢標準之量測方式」、「進行製材之等級區分」四個步驟。

需要查詢正確之分等標準的原因，係因根據製材用途之差異，量測之方式、缺陷之定義、分級之標準亦不盡相同，舉例而言，節之節徑一詞，中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等中之板材類、中華民國國家標準總號 CNS 15563 針葉樹裝修用製材分等標準是代表節之長徑。在中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等中之角材類、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材、中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等、中華民國國家標準總號 CNS 15582 針葉樹底材用製材分等標準中是均指與製材材緣之稜線相平行且與節相切之兩切線間之距離，在中華民國國家標準總號 CNS 14631 框組壁工法結構用製材標準中則是指節在橫斷面投影面積對橫斷面厚度之比。除此之外，其他缺點之量測方式上意有所差異，造成上述定義之差異與製材適用範圍及分級嚴謹程度有關。

此外，需要對應正確之製材材種的原因，乃因即使使用相同之標準，亦會針對不同尺寸規格之製材，而有不同之等級區分規範，舉例而言，中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準，將製材材種分為板材類、角材類共兩種，前者

為橫斷面短邊未滿 75 mm，且橫斷面長邊為短邊之 4 倍以上者；後者則為橫斷面短邊為 75 mm 以上者，以及橫斷面短邊未滿 75 mm，且橫斷面長邊未滿短邊之 4 倍以上者。其中板材類與角材類在節、弧邊之量測及等級區分規範均不同。

而中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材中，則是將製材材種分為甲種結構用製材 I 類、甲種結構用製材 II 類、乙種結構用製材共三種，其中甲種與乙種之差異在於前者為主要使用於高抗彎性能場合之製材，後者則為使用在抗壓性能為必要之部分者，而 I 類係指橫斷面短邊未滿 36 mm 者，以及橫斷面短邊為 36 mm 以上，且橫斷面長邊未滿 90 mm 者；II 類則為橫斷面短邊為 36 mm 以上，且橫斷面長邊為 90 mm 以上者。其中甲種結構用製材 I 類與 II 類相較之下，I 類在節之規範上較為寬鬆，僅針對製材寬面之節徑比程度進行區分，但 II 類則額外需針對窄面之節徑比程度進行區分，且寬面更區分為材緣部與中央部進行不同程度的規範，因此在查詢製材等級區分之適用標準後，確認製材之材種亦是十分重要之操作環節，確認完成後，便可依各標準所規定之表面缺點量測方式進行製材目視等級之評估。

（三）機械等級區分法之適用標準

在我國現行之國家標準中，關於製材之機械等級區分之標準，包含 CNS 14630 (2017) 針葉樹結構用製材標準，其是透過進行三分等載重抗彎（如圖 71 所示）試驗測定該製材品之載重-撓曲圖中比例限度內之初始載重及最終載重之撓曲差，以計算其抗彎彈性模數。試驗時，跨距應設定為製材品橫斷面短邊之 18 倍以上，並依照下列公式計算抗彎彈性模數，再根據表 24 之規範值將製材品等級區分為 E50、E70、E90、E110、E130 及 E150 級。

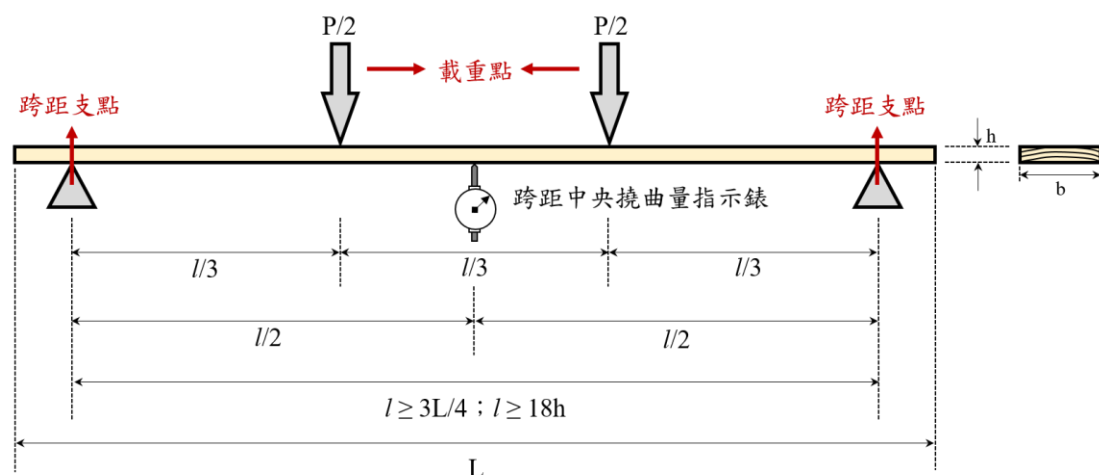


圖 71、CNS 14630 (2017) 針葉樹結構用製材標準中，三分等載重抗彎試驗示意圖。

$$\text{MOE (GPa)} = \frac{23 \times \Delta P \times l^3}{1,296 \times \Delta y \times I} \times 10^{-3}$$

其中， ΔP ：比例限度內初始載重及最終載重之差 (N)， l ：跨距 (mm)， Δy ：與 ΔP 相對應之跨距中央撓曲差 (mm)， I ：斷面慣性矩， $I(\text{mm}^4) = \frac{bh^3}{12}$ (製材品為板材類或角材類時)， $I(\text{mm}^4) = \frac{\pi}{64} \times d^4$ (製材品為圓柱類時)，其中， b ：製材品橫斷面長邊 (mm)， h ：製材品橫斷面短邊 (mm)， π ：圓周率 ($=3.14$)， d ：製材品之直徑 (mm)。

表 24、CNS 14630 (2017) 針葉樹結構用製材標準中，各等級之抗彎彈性模數基準表。

等級	抗彎彈性模數 (GPa)
E50	3.9 以上，未滿 5.9
E70	5.9 以上，未滿 7.8
E90	7.8 以上，未滿 9.8
E110	9.8 以上，未滿 11.8
E130	11.8 以上，未滿 13.7
E150	13.7 以上

三、常見針葉樹製材等級區分之重點與注意事項

我國現行有關針葉樹製材分等之標準，中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材、中華民國國家標準總號 CNS 14631 框組壁工法結構用製材、中華民國國家標準總號 CNS 15563 針葉樹裝修用製材分等及中華民國國家標準總號 CNS 15582 針葉樹底材用製材分等共 5 種，而即使是針對相同之缺點，於各標準中之量測方式上亦不盡相同，故以下將分述各標準在缺點量測上之差異、操作重點與注意事項。

（一）中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等重點與注意事項

在中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準中，適用於一般用途之天然生針、闊葉製材之等級區分，以「節」、「弧邊」、「橫斷面縱裂及環裂」、「扭曲及反翹」、「腐朽」、「腐朽及未貫通材面之其他缺點（如蟲蛀、捲皮、脂囊等）」等指標進行等級區分，將天然生針葉樹分為 5 種等級，天然生闊葉樹分為 3 種等級。

節之測定，板材類之測定方式係以長徑與數量表示，長徑係指節之長軸長度（圖 72），長徑未滿 0.6 cm 者並不視為缺點，但長徑若為短徑之 2.5 倍以上，則必須將長徑長度視為量測值之 1/2 倍，拔節、腐節或易拔節之長徑，則必須將長徑視為量測值之 2 倍，如貫通其他材面之節，則長徑視為量測值之 4 倍。另一方面，角材類在節之量測上，其方式與板材類不同，是以節之節徑比大小進行等級區分，節徑係指最大節存在之材面，沿材長方向之稜線相平行之兩切線間之距離表示（圖 72），而節徑比為節徑相對於節所在之材面寬度之比率。

弧邊之測定，板材類之測定方法依其於橫斷面短邊之缺對其補足短邊之長之比率，以及其長邊之缺對其補足之長邊之長比率而定；角材類之測定方法則依其最小橫斷面方形四邊缺之和對其補足方形四邊之和之比率而定（圖 73）。

橫斷面縱裂之測定，是以兩端最大縱裂之合計對材長之比率表示，當同一端

有兩處以上時以最長者為其裂痕長。而在材面上之割裂，在板材類上，貫通之割裂視為同長之橫斷面縱裂，未貫通者視為 1/3 長之橫斷面縱裂；在角材類上，貫通之割裂視為 1/3 長之橫斷面縱裂，未貫通者則不視為缺點（圖 74）。另一方面，橫斷面環裂之測定，是以弧長對其橫斷面圍長比率而定，在板材類上，當同一端有二處以上時，以其中之最長者表示，如在兩端均存在時則以各端之最長者表示；在角材類上，在同一端有二處以上時，以合計表示，如在兩端均存在時則以各端之長者表示。

扭曲及反翹之測定，一般根據目視人員依有無、輕重、顯著與否等情形自行判斷即可，惟闊葉樹之長向反翹，是依長向內曲面最大弦高對材長之比率而定（圖 75）。

腐朽之測定，主要針對天然生針葉樹之板材類與角材類進行，在板材類上，依材面上缺點面積之大小及其數目而定；在角材類上，依材面上缺點面積之大小，或腐朽面積之合計對橫斷面面積之比率而定，當兩端均存在者，以兩端比率之合計表示。

腐朽及未貫通材面之其他缺點（如蟲蛀、捲皮、脂囊等）之測定，如為線狀（寬 0.3 cm 以下）者，視為長徑或節徑等同其長度 1/20 的節。

其餘缺點若在於標準中，未明確提及或說明量測之方式及區分依據者，可依目視人員自行判斷缺陷之顯著程度即可。

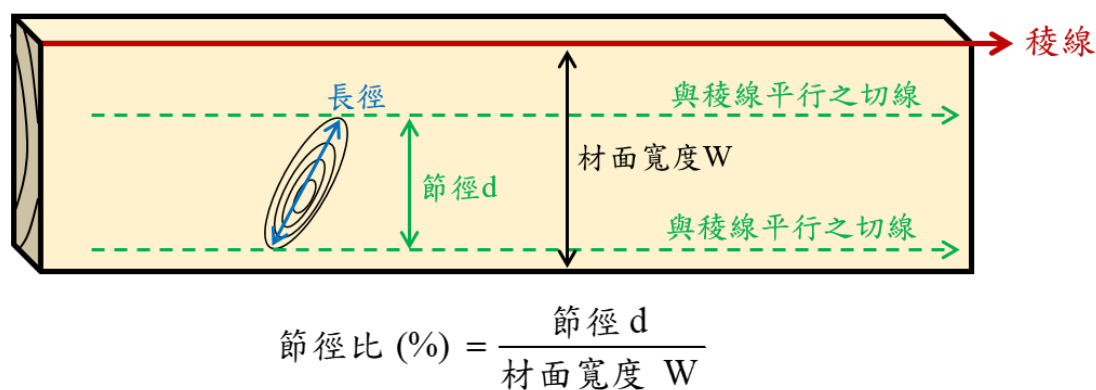


圖 72、中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準之長徑與節徑示意圖。

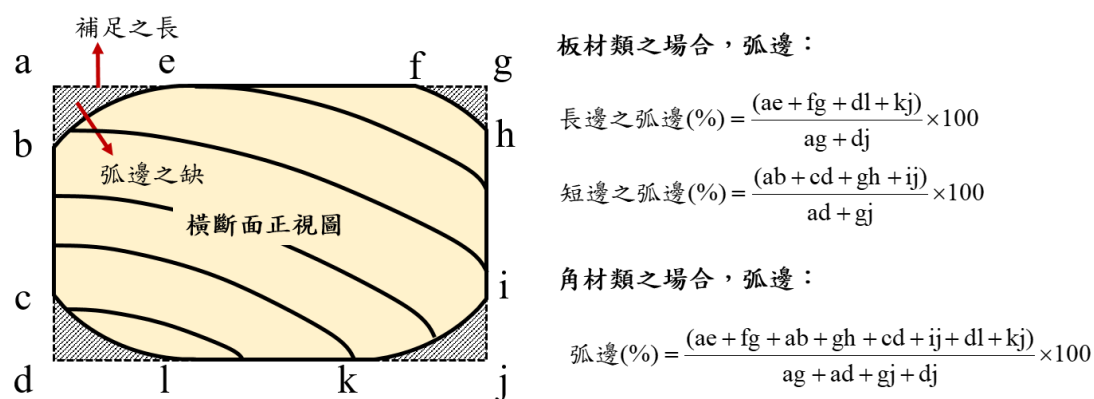
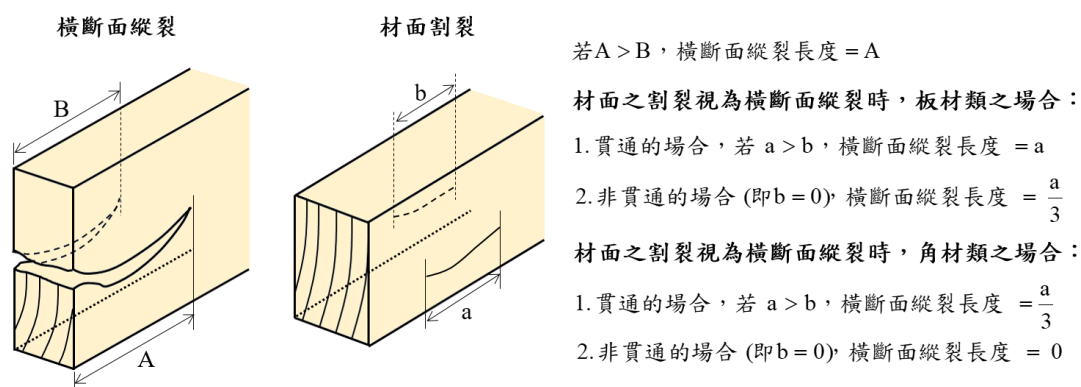


圖 73、中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準之弧邊示意圖。



$$\text{橫斷面縱裂}(\%) = \frac{\text{兩端最大縱裂長度之合計} + \text{視為橫斷面縱裂之材面割裂長度}}{\text{材長}} \times 100$$

圖 74、中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準之縱裂示意圖。

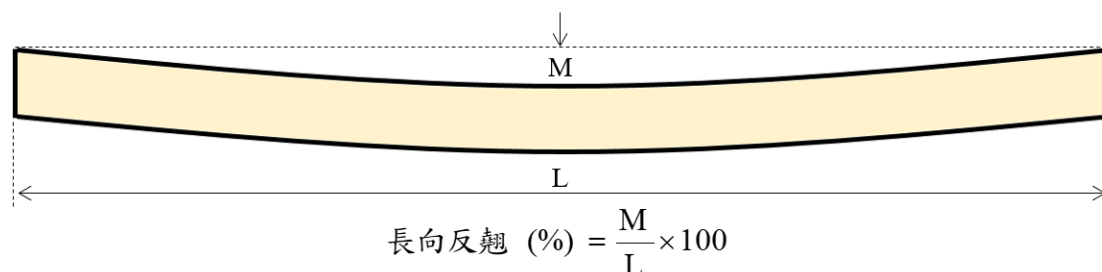


圖 75、中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準中，闊葉樹之長向反翹是意圖。

（二）中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材之分等重點與注意事項

在中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準中，適用於針葉樹結構用製材之等級區分，等級區分之指標項目相較於中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準複雜許多，包含「節」、「弧邊」、「貫通割裂及環裂」、「纖維方向之傾斜比」、「平均年輪寬」、「腐朽」、「彎曲、翹曲等其他缺點」等，其中「節」在本標準內，針對甲種結構用製材 II 類者，根據節之分布情況細分為一般節、集中節、群生節、材緣部之節、中央部之節。一般節係指集中節之場合以外，成單一存在者，而集中節表示在材長方向 15 cm 之距離內所存在之節，群生節則特指集中節成群生狀態者。材緣部與中央部之節，依節之中心存在之位置於材緣部或中央部而定，材緣部指稜線至材寬方向寬度 1/4 距離範圍內，其餘部分則為中央部（圖 76）。

節之測定，均以節徑比表示，測定方式與中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準之節徑相同，不同之處在於當節徑為短徑（指節之短軸長度）之 2.5 倍以上者，視為其實際量測節徑之 1/2，且當節貫通兩材面時，以兩面中最大之節徑比表示。此外，集中節之場合，其節徑比是以材長方向 15 cm 以內之所有節之節徑合計表示，而群生節之場合，則是將整體視為單一節之節徑比（圖 76）。另一方面，特殊形狀之製材者，節徑之測定方式亦有所不同。圓柱類之節徑比量測，事先在圓周方向決定 4 等分線，並沿材長方向延伸為 4 條假想之稜線，以使節徑合計為最大者包含在 1 個 4 等分之材面上，節徑比以各等分之節徑合計最大者對圓材直徑之比率表示（圖 77）。股形材之節徑比量測，節徑係以與通過長邊之中央部直線平行之節的兩切線間距離表示，位於平面之材面之節的節徑比，指節徑對於節存在位置之材寬的比率；位於平面外之材面之節的節徑比，指節徑對於短邊之比率（圖 78）。

弧邊之測定，與中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準中之板材類量測之方式相同，但額外考慮材長之弧邊。材長之弧邊，即沿於材長稜線上之

材面缺損，以弧邊之長度對於材長之比率表示，若在材面之一緣有 2 個以上之弧邊時，其長度之合計；而在材面之兩緣均存在時，係以各緣合計之中較大者表示（圖 79）。

貫通割裂之測定，分為橫斷面與材面兩種，橫斷面之貫通割裂長度是以兩材面材端之貫通割裂長度之平均值表示，若在各端橫端面均有貫通割裂時，以最長者之長度表示；材面之貫通割裂長度，則是以兩材面之貫通割裂長度平均值表示，在同一材面有 2 個以上之貫通割裂時，以最長者之長度表示（圖 80）。此外，圓柱類之貫通割裂係以多個材面割裂與製材之內部相連接，其割裂係以包含有最大割裂之材面決定之，而材面之割裂並非貫通割裂之場合，不當作缺點處理（圖 81）。另一方面，環裂則是以環裂深度對於橫斷面短邊長度之比表示，而環裂深度係指與橫斷面長邊平行之環裂兩切線間的長度，若橫斷面為正方形時，以兩切線間之長度中較長者表示（圖 82），當同一橫斷面存在有 2 個以上環裂時，以最深者表示，若於兩橫斷面均存在環裂時，以各橫斷面最深者之合計表示。

其他缺點之測定，纖維方向傾斜比是以每 1 m 材長方向，纖維方向之傾斜高度比表示（圖 83）。橫斷面上之平均年輪寬，是以與年輪大約呈垂直方向之同一直線上，年輪寬為完整者之全部平均值表示（圖 84）。腐朽之測定，以腐朽面積對腐朽存在之材面面積之比率表示。彎曲之測定，與中華民國國家標準總號 CNS 444 木材之分類標準之方式相同。其餘缺點若在於標準中，未明確提及或說明量測之方式及區分依據者，可依目視人員自行判斷缺陷之顯著程度即可。

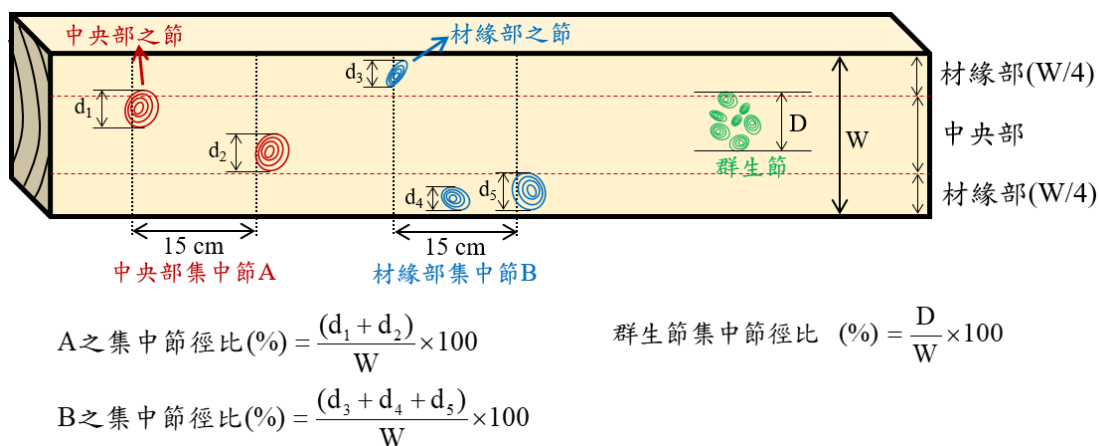


圖 76、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材不同型態之節示意圖。

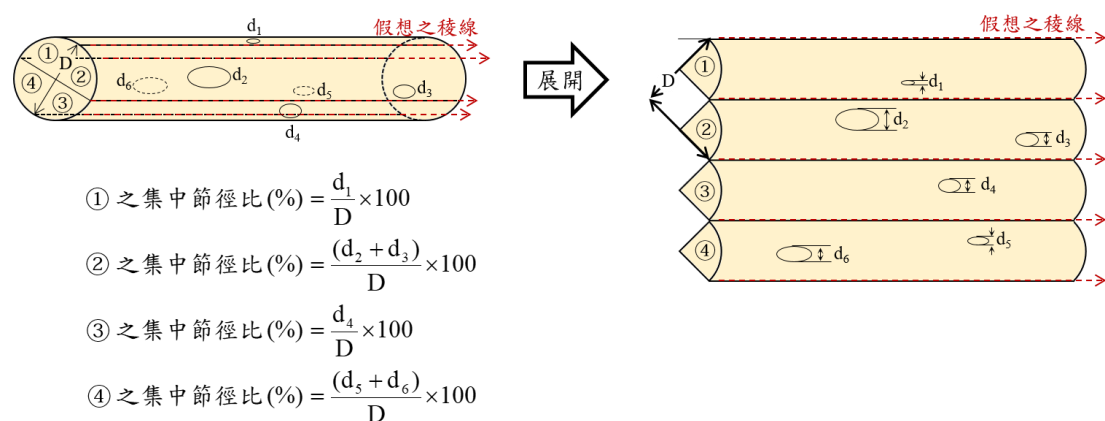


圖 77、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材圓柱類節徑比量測法之示意圖。

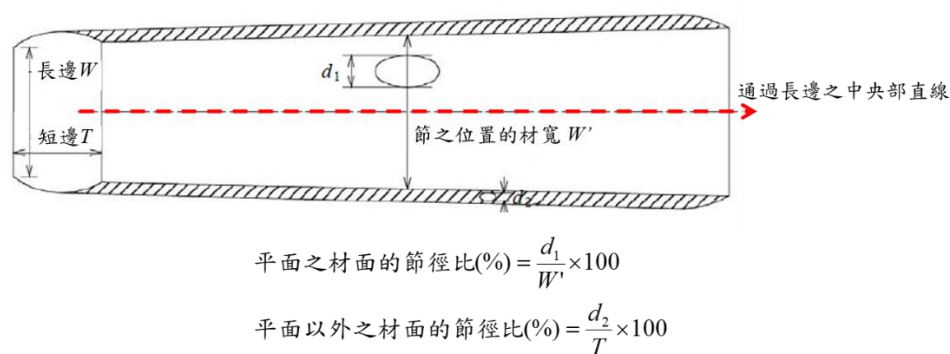


圖 78、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材鼓形材節徑比量測法之示意圖。

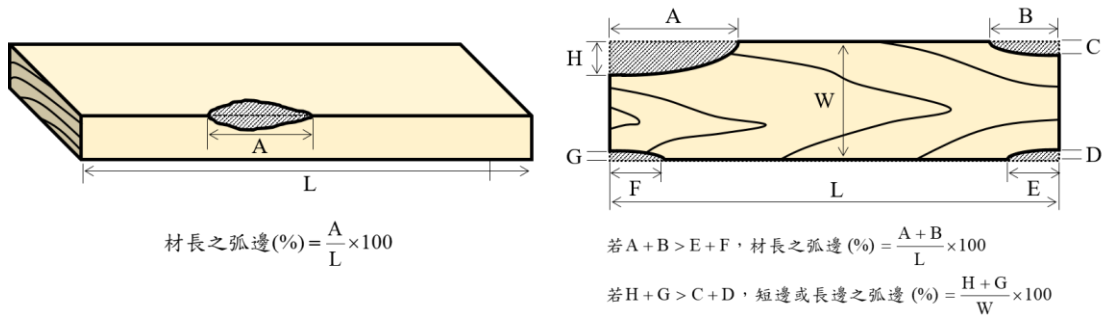


圖 79、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材材長之弧邊量測法之示意圖。

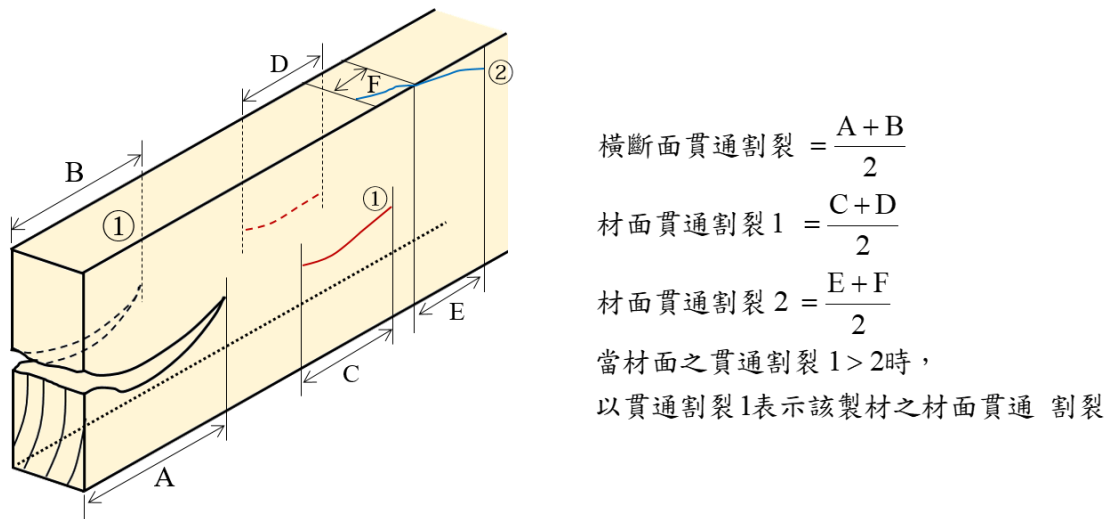
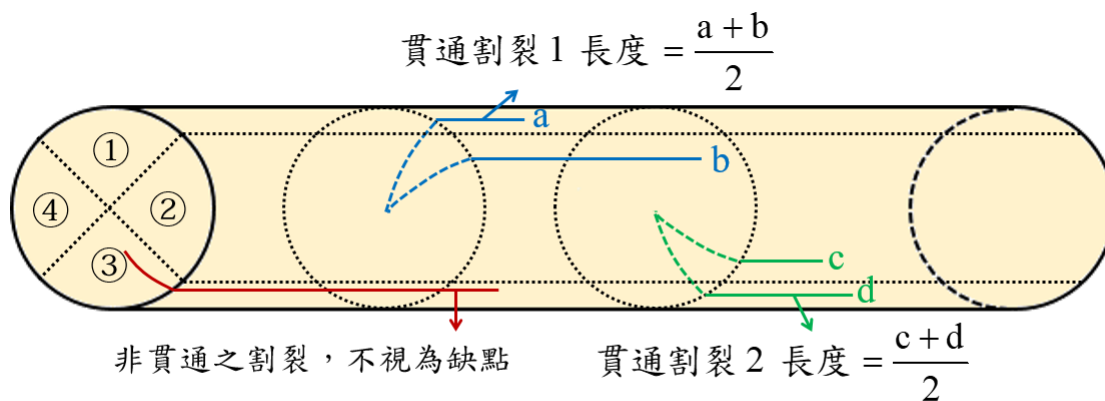


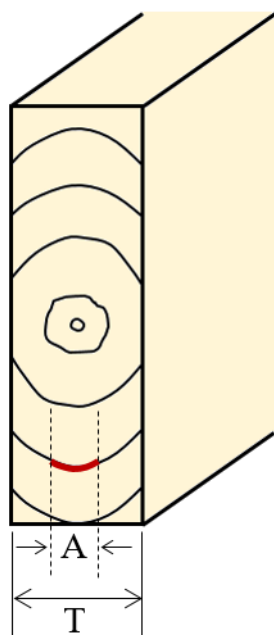
圖 80、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材貫通割裂量測法之示意圖。



若貫通割裂1 > 貫通割裂2者，以貫通割裂1表示。

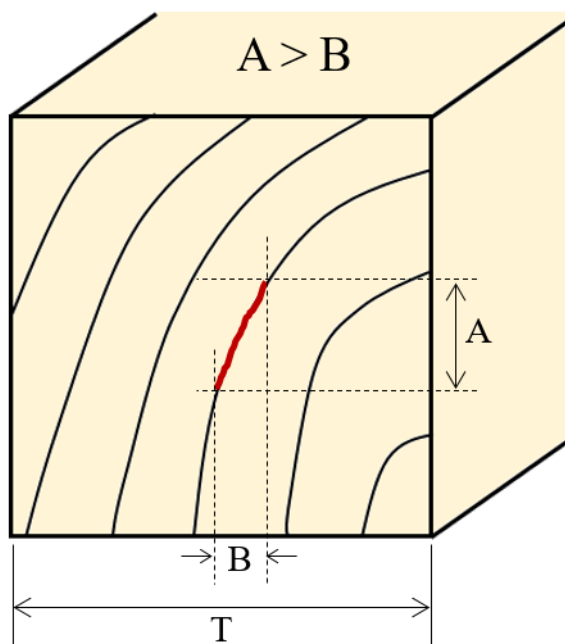
圖 81、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材圓柱類貫通割裂量測法之示意圖。

橫斷面長方形者



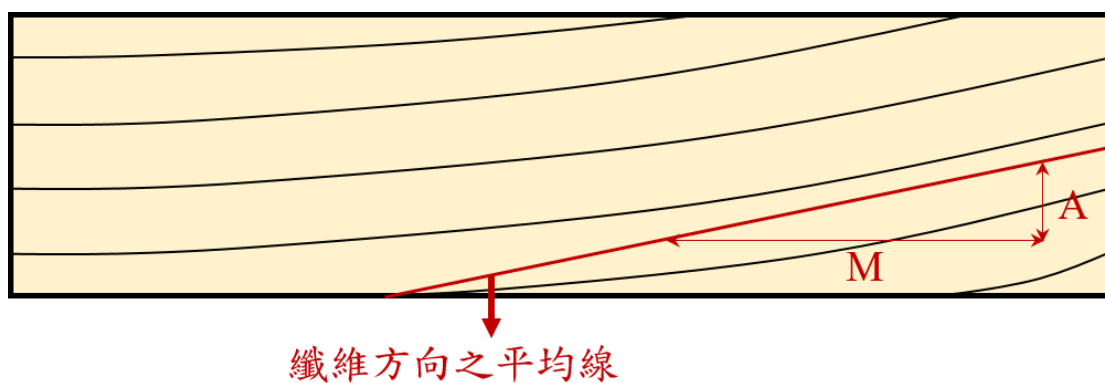
T = 橫斷面短邊
 A = 環裂之深度

橫斷面正方形者



環裂 = $\frac{A}{T}$

圖 82、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材環裂量測法之示意圖。



$$\text{纖維方向之傾斜高度比} = \frac{A}{M}$$

圖 83、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材纖維方向傾斜比量測法之示意圖。

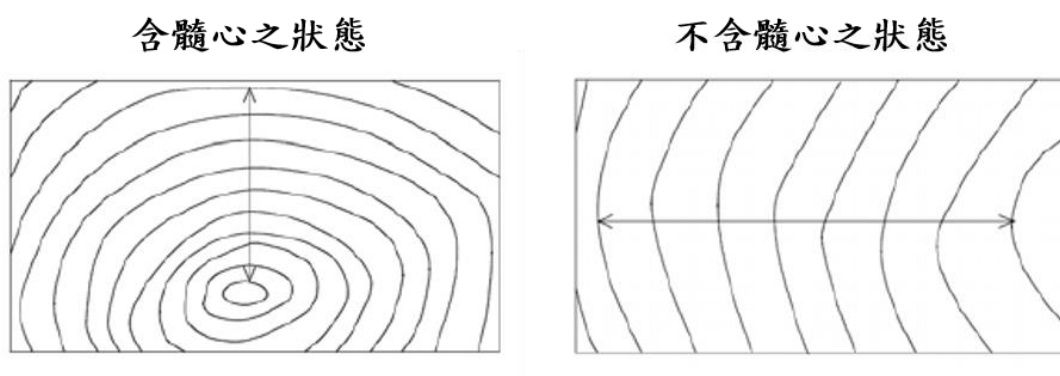


圖 84、中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材平均年輪寬量測法之示意圖。

(三) 中華民國國家標準總號 CNS 14631 框組壁工法結構用製材之分等重點與注意事項

在中華民國國家標準總號 CNS 14631 框組壁工法結構用製材標準中，適用於框組壁工法結構用製材之等級區分，以「節」、「弧邊」、「割裂」、「彎曲」、「平均年輪寬」、「纖維方向之傾斜比」等指標進行等級區分。

上述「弧邊」、「彎曲」、「平均年輪寬」、「纖維方向之傾斜比」之量測方式

均與中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準相同，但節之表示法則差異甚大，節徑係以節在橫斷面投影面積對橫斷面厚度之比表示，節徑比則同樣為節徑相對於節所在之材面寬度之比率（圖 85）。

割裂之量測，包含貫通割裂、非貫通割裂、環裂及其他割裂等，貫通割裂之量測方法與中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準相同，其餘割裂形式則以割裂之深度在其割裂部位之投影長度表示，例如割裂（包含非貫通割裂、環裂及其他割裂者）發生於橫斷面者，以其在製材厚度之投影長度表示；發生於橫斷面以外者，以其在製材長度之投影長度表示（圖 86）。此外，在同一材面上有兩個以上之其他割裂者，以最大割裂尺度者表示，且乾燥材之其他割裂深度與長度以實測值之 $\frac{2}{3}$ 表示。

其餘缺點如腐朽、反翹與扭曲，或於標準中未明確提及並說明量測之方式及區分依據者，可依目視人員自行判斷缺陷之顯著程度即可。

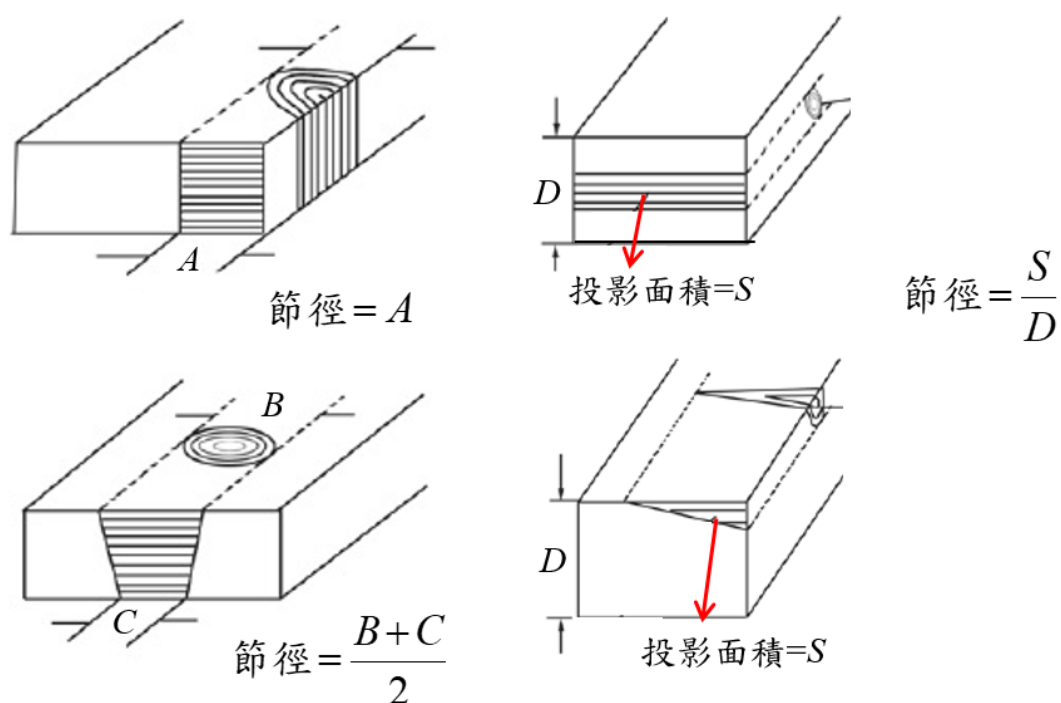


圖 85、中華民國國家標準總號 CNS 14631 框組壁工法結構用製材節徑量測法之示意圖。

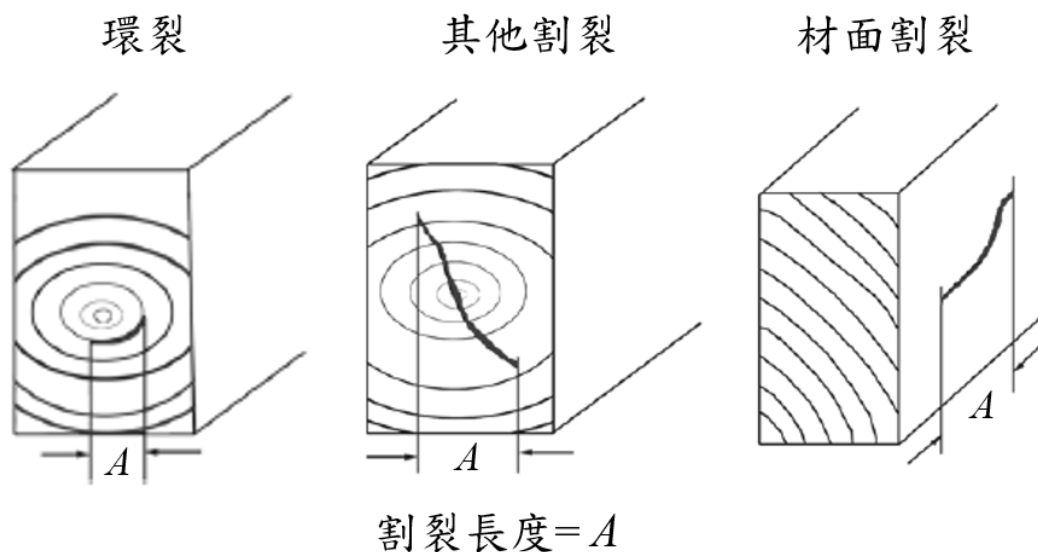


圖 86、中華民國國家標準總號 CNS 14631 框組壁工法結構用製材割裂量測法之示意圖。

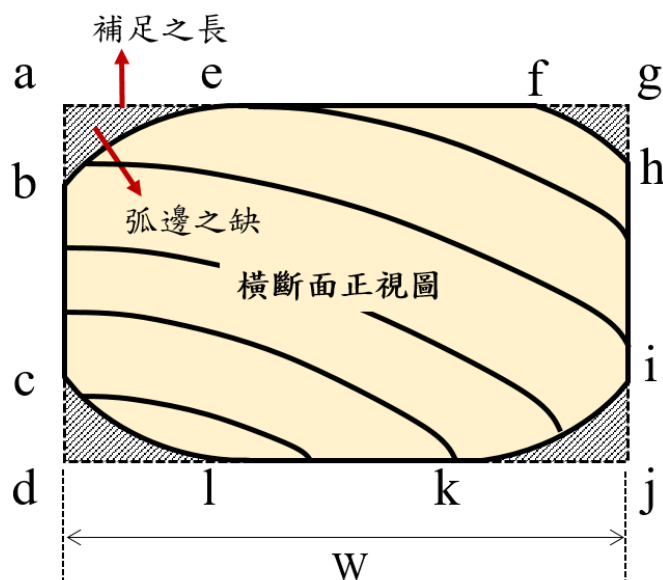
(四) 中華民國國家標準總號 CNS 15563 針葉樹裝修用製材分等之分等重點與注意事項

在中華民國國家標準總號 CNS 15563 針葉樹裝修用製材分等標準中，適用於針葉樹裝修用製材（門檻、門楣、牆壁及其他建築物之裝修所使用之製材）之等級區分，以「節」、「弧邊」、「割裂」、「彎曲」、「腐朽」、「反翹與扭曲」、「變色、發黴及其他缺點」等指標進行等級區分。

節之量測方法，與中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等標準中之板材類量測方式相同，是以節之長徑及數量表示，惟無需針對特殊情況下調整長徑之量測值（如長徑為短徑之 2.5 倍時，需將量測值視為 1/2）。

弧邊之測定方式，與其餘標準之方式有些許差異，僅以弧邊寬度之部分對其材面寬度之比率表示，即橫斷面長邊之弧邊（圖 87）。割裂、彎曲之測定，與中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準相同，惟非貫通材面之短小割裂，直接以其割裂長度表示即可。其餘缺點如腐朽、反翹與扭曲、變色等，

或於標準中未明確提及並說明量測之方式及區分依據者，可依目視人員自行判斷缺陷之顯著程度即可。



$$\text{弧邊}(\%) = \frac{(ae + fg + dl + kj)}{2W} \times 100$$

圖 87、中華民國國家標準總號 CNS 15563 針葉樹裝修用製材分等弧邊量測法之示意圖。

(五) 中華民國國家標準總號 CNS 15582 針葉樹底材用製材分等之分等重點與注意事項

在中華民國國家標準總號 CNS 15582 針葉樹底材用製材分等標準中，適用於適用於針葉樹製材中，供作建築物之屋頂、地板、牆壁等之底材（從外部看不到之部分）使用為主要目的之製材之等級區分，以「節」、「弧邊」、「貫通割裂」、「彎曲」、「反翹與扭曲」、「腐朽、變色、捲皮、發黴及其他缺點」等指標進行等級區分。

節、貫通割裂、彎曲之測定方式與中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材標準相同，弧邊之測定方式與中華民國國家標準總號 CNS 15563 針

葉樹裝修用製材分等標準相同，其餘缺點如反翹與扭曲、腐朽、變色、捲皮、發黴及其他缺點等，或於標準中未明確提及並說明量測之方式及區分依據者，可依目視人員自行判斷缺陷之顯著程度即可。

四、常見闊葉樹製材等級區分之重點與注意事項

我國現行有關闊葉樹製材分等之標準，不像針葉樹根據各種用途區分為樹種標準，僅分為臺灣產天然生闊葉樹及其餘之一般闊葉樹製材，分別對應至中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等與中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等，其中中華民國國家標準總號 CNS 444 製材之分等中之方式與針葉樹相同，故不再贅述，本篇針對中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等標準之操作重點與注意事項進行說明。

中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等標準除將製材分為板材類與角材類外，更依據樹種分為兩群，分別對應不同之等級區分規範，第一群樹種包含楊柳科 (*Salicaceae*)、冬青科 (*Aquifoliaceae*)、楊梅科 (*Myricaceae*)、槭樹科 (*Aceraceae*)、胡桃科 (*Juglandaceae*)、木犀科 (*Oleaceae*)、樺木科 (*Betulaceae*)、無患子科 (*Sapindaceae*)、殼斗科 (*Fagaceae*)、田麻科 (*Tiliaceae*)、榆科 (*Ulmaceae*)、山茶科 (*Theaceae*)、桑科 (*Moraceae*)、五加科 (*Araliaceae*)、桂樹科 (*Cercidiphyllaceae*)、山茱萸科 (*Cornaceae*)、木蘭科 (*Magnoliaceae*)、柿樹科 (*Ebenaceae*)、樟科 (*Lauraceae*)、薔薇科 (*Rosaceae*)、金縷梅科 (*Hamamelidaceae*)、芸香科 (*Rutaceae*)，第二群樹種包含龍腦香科 (*Dipterocarpaceae*)、野牡丹科 (*Melastomataceae*)，因此進行等級區分作業前，可查詢中華民國國家標準總號 CNS 11667 商用木材名稱標準，以對應正確之等級區分規範。

等級區分之指標，主要以「節」、「無缺點截斷面」、「弧邊」、「橫斷面縱裂及環裂」、「彎曲」、「邊材」等進行區分，其中「節」以其長徑、數量及節徑比大小表示，並且長徑在 3 mm 以上者才視為缺點，此外與中華民國國家標準總號 CNS

444 製材之分等標準相同，規定長徑為短徑之 2.5 倍者，應將長徑量測值視為 1/2。此外，鉋痕或捲皮，若寬度在 3 mm 以下並呈線狀者，其長度之 1/2 倍可視為等同實測長徑之節。

無缺點截斷面之測定，為此標準特有之等級區分指標，即指材面上無缺點之部分，並以其面積對材面總面積之比例及數量表示，此處之缺點係指節、反翹、寬度翹曲、波狀翹曲、重彎、扭曲、弧邊、橫斷面割裂、橫斷面環裂、乾裂、蟲穴、木理傾斜、腐朽等。在材面上依照下述規定之寬度及長度，或面積為方形者進行測定，其中，寬度與長度方向呈垂直，而長度與材長方向成平行（圖 88）。1 等及 2 等材者，其指寬度為 100 mm 以上，寬度方向間隔以 10 mm，長度為 60 cm 以上，長度方向間隔以 10 cm 之無缺點區域；或寬度為 80 mm 以上，寬度方向間隔以 10 mm，長度為 90 cm 以上，長度方向間隔以 10 cm 之無缺點區域。3 等材者，其指寬度為 80 mm 以上，面積為 480 cm² 以上之無缺點區域。

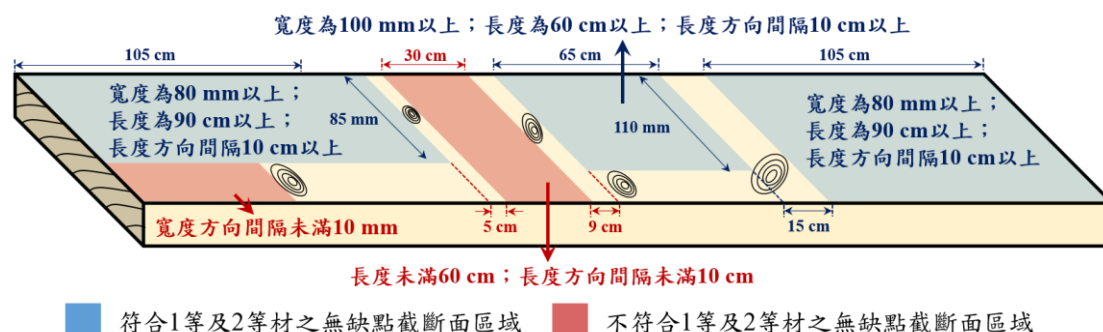
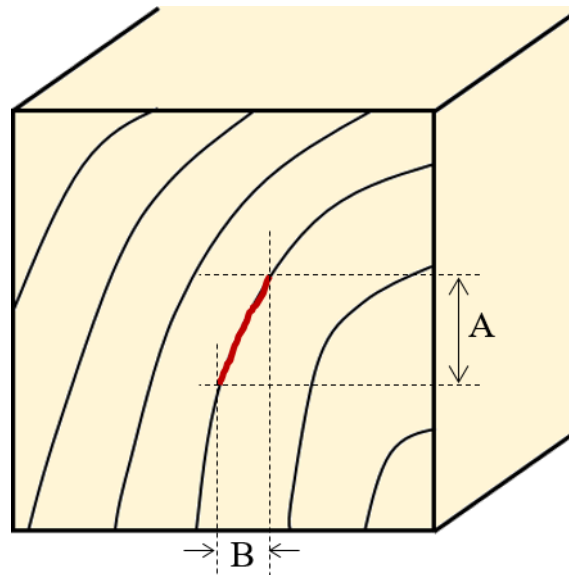


圖 88、中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等無缺點截斷面示意圖。

橫斷面割裂之測定，是以橫斷面割裂長度對材長之比率表示，且當同一橫斷面有 2 個以上之橫斷面割裂時，以最長者為其長，若兩橫斷面均存在時，以各橫斷面之最長者合計表示。此外，在材面之橫斷面割裂，若貫通者則是為等長之橫斷面割裂，未貫通者則是為其長度之 1/2 倍之橫斷面割裂。另一方面，橫斷面環劣之測定，是以其弧長對其邊之缺角所補足成方形之 4 邊合計的比例表示（圖

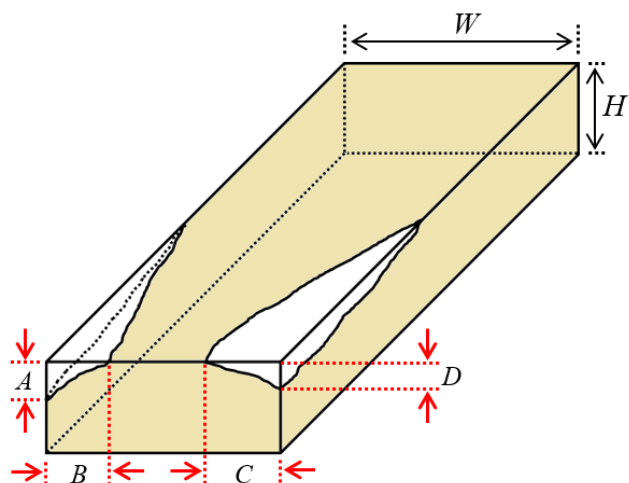
89)，且當同一橫斷面有 2 個以上之橫斷面環裂時，以最長者為其弧長，若兩橫斷面均存在時，以各橫斷面之最長弧長之合計表示。



$$\text{環裂}(\%) = \frac{\text{弧邊之弧長}}{2(A+B)}$$

圖 89、中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等環裂示意圖。

邊材之測定，僅針對第一樹種群中之櫟木，以及第二樹種群中之龍腦香科之製材進行規範。板材類者，分為材面之面積比率、橫斷面長邊之長度比率，前者指邊材之面積對其材面之面積的比率，後者則指在各材面之邊材部分的寬度合計對其橫斷面之長邊之比率中之最大者。角材類者，以在各材面之邊材部分之寬度的合計對其橫斷面之 4 邊合計的比之中，最大者而定（圖 90）。若製材為標示施以危害分級 K1 處理者，則不計邊材之存在。



板材類之場合：

$$\frac{B+C}{W} > \frac{A+D}{W}$$

$$\text{橫斷面長邊之比率} = \frac{B+C}{W}$$

角材類之場合：

$$\text{邊材之比率} = \frac{A+B+C+D}{2(W+H)}$$

圖 90、中華民國國家標準總號 CNS 15581 闊葉樹製材分等邊材示意圖。

弧邊、彎曲之測定，與中華民國國家標準總號 CNS 14630 針葉樹結構用製材之方法相同，其餘缺點若在於標準中，未明確提及或說明量測之方式及區分依據者，可依目視人員自行判斷缺陷之顯著程度即可。