

未成熟材與成熟材木材性質之探討

林振榮^{1*}、劉一新²、廖和順³

重要性

木材因受到遺傳基因、環境條件、經營管理、樹齡、樹高位置等因子影響而具有多樣性或變異性。因此，在一個樹體內部，木材的性質及品質常有很大的不同，一般可以簡單的區分成兩種木材類型，分為「未成熟材」(Juvenile wood, Immature wood)及「成熟材」(Mature wood)。未成熟材位於接近樹木中央處，而成熟材則接近樹皮側；未成熟材是接近髓心區域具有快速改變性質，而成熟材則具有較均質存在樹皮側的特性。

早期收穫快速生長的樹木通常含有高比例的幼齡未成熟木材，在樹幹的髓心附近形成相對較寬的年輪和低密度的木材。隨著年輪寬度逐漸減小，幼齡木材會隨著生長而增長，變成正常、成熟的木材類型組成。由於這些快速生長的造林木將提供林產業主要量體應用，而未成熟材及成熟材同時存在木材中，將會造成木材加工及利用的困難；此外，幼齡木、疏伐木、樹頂木等造林木的利用素材，皆含有大量的未成熟材，亦會造成利用上的問題，有鑑於此，瞭解未成熟材的性質，以制訂未來相對應的利用策略自然有其重要性。同時，隨著全球氣候變遷、木材生長環境條件改變，其木材性能亦會有所變異，故木材性能也

可作為生態多樣性指標之一。

成因

形成未成熟材的原因包括：生長激素(Auxin)的產生、形成層年齡、樹冠形成的木材、距髓心距離位置、樹輪寬度、支持作用、環境控制等。用以評估未成熟材的特性(特徵)主要是根據木材比重及細胞長度、木材特性從髓心向外樹皮側方向的變化曲線，來決定未成熟材的區域。以針葉樹而言，其樹心部分細胞之形態或性質皆與外周部分之細胞不同。樹心部分細胞長度較短，彈性係數較小，機械強度較差，此樹心部分為未成熟材；其他外周部分，則稱為成熟材。就解剖學角度而言，幼齡材的特點是密度較低、細胞長度較短、晚材百分比較低、細胞壁較薄、徑向細胞尺寸較小且細胞腔較大。一般來說，幼齡木和成熟木在化學成分方面的區別比在組織解剖和物理機械特性方面的區別要小。

變異

就木材比重、細胞長度、強度、細胞壁厚度、橫向收縮、晚材率等各項性質之變異而言，在樹幹橫斷面髓心處之各項性質的變異數值最低，由髓心往樹皮側方向之徑向，初期數值快速增高，接著變異逐漸趨緩，此

¹ 林業試驗所·森林利用組

² 林業試驗所·集水區經營組

³ 林業試驗所·森林經營組

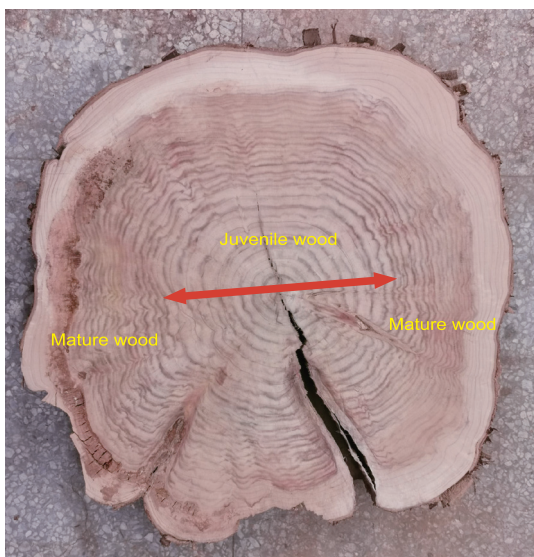
* 通訊作者(zzlin@tfri.gov.tw)

木材區域為未成熟材；最終各項性質的變異數值會逐漸維持一定的常數，此木材區域為成熟材。而微纖維傾斜角、縱向收縮、含水率等各項性質，由髓心開始各項性質的數值最高，逐漸往樹皮側方向，初期數值快速降低，到後來降低速度逐漸變小，此木材區域為未成熟材，到最後各項性質的數值會逐漸維持一定的常數，此木材區域為成熟材。

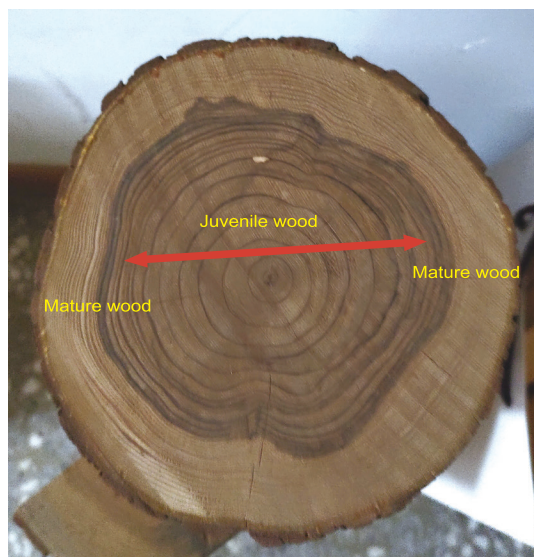
樹幹橫向木材除了區分未成熟材及成熟材之外，未成熟材及成熟材之間有時會出現兩者之間的過渡轉移區域(Transition zone)。未成熟材及成熟材的劃分，通常可使用管胞長度、比重、年輪寬度、強度等作為指標，並以分段回歸法(Segmented modeling)、變異組成分析(Variance component)、目視評估(Visual assessment)、圖形繪製的木材特性的視覺解釋(Visual interpretation of graphically plotted wood properties)等方式決定。

未成熟材與成熟材之劃分

未成熟材是樹木幼齡期分裂的木質部細胞，於幼齡期通常不稱為「樹齡」，而是形成母細胞的年齡，可稱為「形成層年齡」(Cambium age)。幼齡木的寬度通常用年輪數來量化，由髓心往樹皮側方向距離髓心第幾個年輪。目前對於界定幼齡木的年輪數，還未有統一的定論，主要是因為未成熟材和成熟材之間的分界點受到特定樹種、不同基因型、地理起源、經營管理等影響，然一般多數針葉樹的邊界設置約為5–25年(形成層年齡)。至於在臺灣栽植的樹木未成熟材與成熟材之間的位置：臺灣杉造林木約18–23年，臺灣扁柏天然更新木約25–30年，紅檜造林木約26–30年，柳杉造林木20–30年(註：日本栽植柳杉14–37年)，桃花心木造林木10–20年等，更多資料有待陸續探索。



臺灣杉圓盤(廖和順 攝)



柳杉圓盤(林振榮 攝)

表1 針、闊葉樹之未成熟材主要特性(與成熟材相較)

針葉樹	闊葉樹
年輪寬度較寬，比重較低	纖維長度較短
細胞直徑較大、細胞壁厚度較薄	微傾斜角較大
管胞較短，較大的細胞腔	散孔材及環孔材的細胞類型比例有差異
橫向收縮較小，縱向收縮較高	細胞直徑較小
彈性係數較小，機械強度較差	細胞壁厚度較薄，比重較低
木材外觀呈現較呆板黯色	含水率較高
心材出現之前，幼齡木有較高的含水率	全纖維素的量較高
木材容易受到害蟲損害而降低品等品質	物理強度性質較低
木材有低晚材率、有大量的反應木材被壓材	縱向收縮、扭曲、瓦狀彎影響木材加工製造
細胞有條紋，製造過程容易破裂	導管長度較短，往樹皮側方向，導管數量逐漸減少，而導管直徑逐漸增加
纖維素含量低	纖維比例較高
木質素含量比正常木材較高約9%	導管比例較低
微纖維傾斜角大，螺旋木理	常發生引張木材
木材有生長應力相關的缺點	
沒有出現真的晚材(True latewood)，每年產生暗色細胞帶	
製漿率較正常低5-15%(Kraft製漿法)	
紙張性質中，管胞長度較短及強度較低，撕裂強度較低，不透明度較低，製紙率較低，高量木質素，漂白困難	
高量半纖維素(Hemi-cellulose)，高戊聚醣(Pentosan)量	
木材砂光平滑度較差	
木材各方向的強度都較弱	
微纖維傾斜角大、螺旋木理大角度，木材尺寸安定性較差	
乾燥容易產生扭曲、彎曲和變形	
抗腐性及耐久性較差	

特徵

簡單而言，未成熟材各項木材性質的「正面指標」數值較低且性質不穩定，而成熟材數值較高且性質較為穩定，綜合論述歸納摘要針葉樹未成熟材的木材性質，包括細胞組

織、物理強度、化學性質等，在與成熟材的比較之下，有幾項特性(表1)：1.年輪寬度較寬，比重較低，2.細胞直徑較大、細胞壁厚度較薄，3.管胞較短，較大的細胞腔，4.橫向收縮較小，縱向收縮較高，5.彈性係數較小，機械強度較差，6.木材外觀呈現較呆板黯色，7.心



桃花心木圓盤(林振榮 攝)

材出現之前，幼齡木有較高的含水率，8.木材容易受到害蟲損害而降低品質，9.木材有低晚材率、有大量的反應木材被壓材，10.細胞有條紋，製造過程容易破裂，11.纖維素含量低，12.木質素含量比正常木材較高約9%，13.微纖維傾斜角大，螺旋木理，14.木材有生長應力相關的缺點，15.沒有出現真的晚材(True latewood)，每年產生暗色細胞帶，16.製漿率較正常低5–15%(Kraft製漿法)，17.紙張性質中，管胞長度較短及強度較低，撕裂強度較低，不透明度較低，製紙率較低，高量木質素，漂白困難，18.高量半纖維素(Hemi-cellulose)，高戊聚醣(Pentosan)量，19.木材砂光平滑度較差，20.木材各方向的強度都較弱，21.微纖維傾斜角大、螺旋木理大角度，木材尺寸安定性較差，22.乾燥容易產生扭曲、曲和變形，23.抗腐性及耐久性較差。

而闊葉樹未成熟材的木材性質在成熟材的比較之下，有1.纖維長度較短，2.微傾斜角

較大，3.散孔材及環孔材的細胞類型比例有差異，4.細胞直徑較小，5.細胞壁厚度較薄，比重較低，6.含水率較高，7.全纖維素的量較高，8.物理強度性質較低，9.縱向收縮、扭曲、瓦狀彎影響木材加工製造，10.導管長度較短，往樹皮側方向，導管數量逐漸減少，而導管直徑逐漸增加，11.纖維比例較高，12.導管比例較低，13.常發生引張木材。

結語

由於木材存在未成熟材，而影響後續的林產利用量及品質，包括製材、乾燥、膠合、設計、生產等作業。故探究瞭解未成熟材的特性及其相對應加工製造，是相當重要的一環，尤其在推動循環經濟、地方創生、木材自給率、國產材利用等政策，加強對國產材造林木未成熟材質研究，有助於促進永續林產業發展。此外，由於氣候變遷環境條件改變，造成木材性能具有變異性，使得木材性能也可以作為生態多樣性的指標。⚠