

植物系新材料之最近進步

花蓮林區管理處副技師 洪榮爵譯

一、前言

可以使用做為材料的植物資源，具有木質纖維素構成物質 (Lignocellulosic component materials)，同時也是細胞合成構造 (Composite structures) 兩項特徵。其中，存在於地球上的所謂植物群集 (Phytomass) 龐大數量中，佔據最大比率的木材、木質 (wood)，為自古以來便被使用，最切近人類身旁的材料。

「木材」是森林內的光合成產物，也可以說它就是樹木遺體，這種材料，說起來它是已完成的形態給與人類使用，而且這種材料還具備有在其他材料看不到的許許多多它本身的原本特有機能。它為了因應保持樹幹適存於空間的力學目的，深深依賴著它為天然所設計的高度組成與構成，也就是說，木材的構成單位，雖然是直徑數微米 (micron 即 100 萬分之 1 公尺) 的細胞，但圍繞它的細胞壁 (cell-walls) 卻有複雜的層 (Lamella) 構造，而且各層的構造為結晶纖維分子鎖束的微纖維 (Microfibril) 與非結晶的木質素 (Lignin) 等細胞間質 (Matrix) 成分所構成。

把木材從材料的觀點來看，它是一種具有「輕」而「強」，高斷熱性，與可以調節溫度、溼度機能的材料，它也是一種在心理上、生理上有優異效果的良好居住環境性材

料，同時它也可以做無公害性加工或廢棄等等特質，可以說這種材料是一種具有木材天生優異本質的機能性材料。

以下擬就植物材料，尤其是木材、木質 (Wood) 材料最近的組合狀態，以森林木質資源利用先端技術推進協議會所做的調查為基礎，稍作介紹。至於纖維素 (cellulose) 半纖維素 (Hemicellulose)，木質素 (Lignin) 以及對於抽出成分之所謂木質的成分分拆等，雖然也有新的技術開發，但在此僅就不至破壞細胞壁程度範圍內之利用，予以提述。

二、不做任何處理地使用

木材、木質 (wood) 的生態資材 (Eco-material) 性利用，最近頗然地被識者所強調，主要理由在於木材是一種可以憑藉太陽能和木材本身的生命力而再生的生物資源，它竭盡著碳素貯藏庫的任務功能，它在材料的加工階段可無公害，並且可以節省能源而且有再使用再利用之可能，更有因具備生分解性而容易廢棄等等許多特點所致。從時下開發一般各種新材料的視點無不重視材料之低產品週期成本 (Low lift cycle cost) 或省能源性，再循環 (Recycle) 性、安全性、環境調和性及知能保有性等趨勢來看，對於可以做為新的產品衡量尺度標準之生涯溫度效應氣體排出量 (LCCO) 或產品週期評估



(LCA) 即 (Life Cycle Assessment) 逐一層被提出檢討以來，木材、木質 (wood) 可以成為未來材料之優位性越發顯著。可以說，木材是一種人間優美典雅的先端性材料以及邁入21世紀關係人類生存的基本生活資材，也並不為過。不過這一點應該以能擁有確保持續性生產的森林資源利用為前提，是不用贅言。

從這些觀點來說，豈不正是在影射直指：木材的終極利用型態以儘可能不加任何處理地使用。不過，起因於水分變動的形狀變化，與尺寸的限制，物性的異方性及不均勻性，以及雖然是廢棄時的優點卻也是屬於材料上之可燃性與生物劣化性等等木材之缺點，從材料的視點來看，卻在在限制著不加任何處理使用用途的開展。

三、工業材料性之使用

以降低材料性能的不均勻並消除尺寸限制為目的所製成的集成材、合板、單板 (LVL)、粒片板、纖維板等木質材料，都是分別以鋸割板、單板、木小片，以及纖維為原料元件，用膠合劑所膠合固定製成的成品，因為成品的強度性能，已經可以保證，並且有設計計算之可能，所以這種木質材料，又可稱為工程木料 (Engineering wood)。

拿已經能夠拓展出廣泛用途的集成材為例，它的工程性就可以有：它具有強度或剛性 (Stiffness) 之安定性、設計之多樣性以及藉由乾燥材之施工精度的提高，形狀與長度的自由度，施工與維護管理之經濟性以及處理與複合化手法導入之容易性等各項特點。

這些木質材料，正如它是所謂的構成材料 (Re-constituted Material)，基本上對於原料元件材料的要求度較低，所以除小徑木的低級材或枝條，住宅解體材或從工廠出來的

廢棄木材等，不用說都可以充當為原料之外，木材以外的木質纖維合成材料 (Lignocellulosic components) 之使用亦屬可能，而對於竹、蔗渣 (Bagasse)、高粱、稻殼、椰子纖維等做為原料利用的可行性，也都在進行研究檢討之中。

四、木材的機能化

把木材做材料性的機能化，就是指：付與未具特別突出性能之木材以較高性能；或克服起因於生物材料的缺點，誘導出新的機能等而言，它的進展，一般來說，大概還停留在中庸階段。

在木材機能化中，把藥液等注入木材，予以複合化的含浸處理，在付與種種機能，提高附加價值、拓展新用途等各點，備受關注。處理的目的，在於強化表面硬度及提高防腐防蟲耐侯性等廣義的耐久性性能以及付與防火抗燃性，提高尺寸安定性及防止材裂等。

關於提高耐久性性能方面，在木材做為外裝 (Exterior) 構材等景觀材料的迫切期待，不斷在提高當中，不僅要求環境需要值得讚許的防腐防蟲性能，還要求要有更高的防止材裂或變色等複合性能。重視環境舒適優雅 (Amenity) 感覺的外裝 (Exterior) 木材，則是以一般無機材料所缺少的「少」的感性為素材選擇的根據而與信賴性較高的耐久性並列為維持表面性狀的重要課題。

又為謀求拓展「柳杉」等造林針葉樹材，用在地板 (Flooring) 等用途，目前採行：於材料表面層範圍予以木塑 (W.P.C) 化或壓密化以提高其外部硬度而於非表面層的內部則仍保留輕軟特質的使其具有梯度 (Gradient) 機能材料特性的手法配合編組。此時大半都是在從來用作軸材料的軟質材





上，付與足可充當面材料所需的機能為其主要目的，雖然從前都採取於壓密的表面層，用樹脂把它固定的方法，但因為最近單憑水分和熱，可付與巨大變形與變形的固定化，成為新的塑性加工技術，已被逐漸開發，而在這方面已有新的邁向實用化的加工編配組合正在推進。

至於以防腐、防蟲性能為基礎，再加上能兼顧尺寸安定性的複合機能付與木材，使它成為安全並適合於環境的材料這一方面，若干化學加工木材已能實用化；以其中較具代表性的醋（Acetyl）化木材為例，它的研究，約在五十年前，肇始於美國，往後為達工業化目標，該國雖然屢作試驗，卻未見具體成果公諸於世，其具體商品化理想，反例在日本實現，該項材料在日本順利移轉至商品化，已約有十年光景。這種材料可以做為利用其耐水性或尺寸安定性的浴室結構材用途以及對於防腐性能或耐久性要求較高的外裝（Exterior）結構材用途和併用 W.P.C. 處理的高性能地板材等用途。

然而就現狀來說，醋化木材，除了用於它與 WPC 合併使用的地板等用途以外的各項用途，則至今尚無法脫離訂貨生產的階段，它的優異性能仍然處在無法充分促現活絡之狀態，之所以如此，最主要之理由在於與做成相同用途的原產品相比較，相對的處理成本偏高所致。這種問題和在在其後所從事的若干化學修飾木材試驗有所共通，因此廣義的「氣相處理」便被提出檢討。另一方面 Formal 化時，雖然具有可以施行氣相處理以及處理後只增加些許重量之長處，但卻有 Formalin 殘留問題以及由觸媒引起的材質劣化課題。

含浸處理關連問題方面，採用水溶性 Gly-oxal 樹脂，酚（Phenol）樹脂或 PEG，以及 PEGMA 之注入硬化處理，對於提高尺寸安定性耐久性、耐候性等目的，已能達成實

用化理想目標。Phenol 樹脂處理等，雖然絕對不是斬新的技術，但由於與接受這種處理的社會狀況或處理程度的最適條件之設定等技術之進步，互為因果循環輪迴而浮現的現象。含浸處理的場合，對浸劑是否能夠浸透到木材細胞壁表面及其對尺寸安定性或耐朽性的關係之發現，比較重要，而對於細胞內腔所存在的性能之奇異效果則較小。

對於這些含浸處理，雖然也有降低成本或提高木材中的成分安性等課題，但就製品化的立場說，則被要求應該建立一種能夠深透到結構材內部並且能夠使處理液體均一浸透的最基本的注入技術。然而受限於欲藉由通常的減壓，加壓注入，而能獲得充分浸透到心材的藥劑浸透性之樹種，目前的狀況，多半屬於：非採取把已經施行含浸處理之薄板做積層不可的情形居多；所以使用針頭或雷射光的新的損傷材面製造人工微小木口面的方法壓縮處理或熱水處理及低壓蒸氣爆炸法等，做為前處理的浸透性改良法，都被提出檢討並朝向實用化目標進行研究工作。

五、調和(Mild)處理之適用

從木材是環境調和型的材料來說，木材處理技術之開發應把處理時不會損傷其特質，不會過度浪費能量，不會牽連到過多成本以及循環回收或廢棄之際，不會給環境太多負荷等，做為開發基礎予以定位之必要。

從這一點說，如何施行更溫和的處理或與自然物相配合等問題頗受注目。例如把製造木炭過程所得到的木醋液，用於木材含浸，而予木材以防腐防蟲性；以及於木質材料含入羅漢柏油等樹木精油，予材料以抗蟲性等，就是具體的實例。而以去除畸變（Distortion）或提高尺寸安定性所施行的加熱處理，也可以說是沿援上述目的所施行者。

然而在此，不得不留意的是，所得到的性能，用現在的標準尺度所做的性能評價，有很多並不適合。例如儘管由於施行加熱處理而尺寸安定性變成更好，卻不能做它不致腐朽的類似錯誤解釋。勿寧說它會因木材成分的解而更容易腐朽，白蟻的誘因性也因而提高的解釋更接近實際事實。對於這些處理，被認為它與自古以來所從事的原木表面之火燒處理或氧化二鐵塗布等有所共通，但這種想法必須在能夠用於性能可以充分發揮的最適用途以及對於柔和耐久方面，能獲致確切保證之下，始能成立。

六、炭的利用

儘管屬於木炭或者木炭副產物的木醋液之利用以及其效用，在科學上的解析未必充分，但一般而言，它已能博得世上好評地被接受歡迎，而且把木質變換成木炭，就等於把炭酸氣等炭素固定。把它做永久性的保持，從地球環境維護觀點來看，對全球溫暖化防止大有幫助。

把最近的木炭之利用，進行大致的區別時，可以分成從古以來一直延續下來的保守的利用型態；以及邁向先端材料方向拓展的新的利用型態兩大類。燃料、土壤改良材、調濕材（地板下等）、消臭材、水質淨化材等用途即屬於前者，係因木炭為多孔質而利用其表面積較大，富於透水性、保水性、吸著性等優異特有性能所開發者居多。而其中有反利用其吸著力不如活性炭之短處為其長處做成能讀吸濕與放濕再三反覆的調濕材，深受注目。而這些木炭的原料，從前所利用的柞目櫟（*Quercus phylliraeoides* A. Gray）等特用樹種，已經被間伐材、枯損木、風倒木、建築解體材，工廠廢棄材所取代，而伴隨這種改變，除了使用平爐以外，流動型或

旋窯（Rotary Kiln）方式的炭化爐遂被採用。

邁向先端材料的木炭利用這一方面，則係採用新的溫度控制或周圍環境狀況等條件之控制，使木質的熱變換或者與其他材料的複合而進行開發者。木材由於熱變換而成為導電性物質，燃燒完成溫度在2400℃以上時，電氣抵抗率會降低至 $10^{-4} \sim 10^{-5} \Omega \text{cm}$ ，而活用這種高導電性和木炭所具低比重性、耐火性、安定性等，在開發成新的電磁波遮蔽材料用途正付諸積極檢討。（請參閱「台灣林業」22卷7期P57～P58拙譯「來自木材的超傳導體素材」一文）。

另外，把含浸酚（Phenol）樹脂之木質施以熱硬化處理者做為材料，在真空燒成爐以「低溫」（400℃以上）燒成，或以「高溫」（2000℃以上）燒成之“wood cellamic”材料，因為具有木質固有的多孔質構造而可以做成高硬度、高強度、高耐熱性、高耐蝕性的新的炭素素材，也備受注目。

七、後語

對於我們生活空間所使用的材料，今後如何使它更具持續性與循環性的高度資源利用，無疑已成為材料開發的一大課題。植物材料存在的意義，或正在於此。思考木材木質材料之開發，對於確立包括由生產至利用至廢棄全程總體體系之建構的寄望和要求，今後勢必日甚一日。

—譯自 Proceedings of '96 MRS-J symposium D “The Latest progress of New plant Materials” P337-340 1996（日文），原文係京都大學木材研究所今村祐嗣教授所撰「特別講演」稿。