

我們只有一個地球—資源有限 循環善用

張彬¹、徐健國²

資源再生利用—古今皆然

英國艾倫麥克亞瑟基金會(Elle n Mac Arthur Foundation, EMF)對於「循環經濟」所提出之定義：「循環經濟為一個資源具有可回復及可再生性的經濟和產業系統，透過事前完整的規劃與設計，使資源能有效一再被重複利用，並保有其最高效用與價值，以建立資源循環圈。」由以上可知：循環經濟之重點在於「再生與恢復」，其為以「恢復」取代「生命週期結束」之概念，轉換為使用再生能源、拒絕有毒化學物質之使用，以提升再使用性。因此，透過原料、產品、系統及商業模式等精心規劃、設計與整合，以減少廢棄物。森林是人類生存與發展的物質基礎，林業所提供之各級產業產品亦與人類生活及經濟活動息息相關，故森林為許多國家經濟生產基礎，且涉及生態、生活及生產等議題。為促使現今的林業融合於循環經濟概念中，必須透過產品、元件和原料的設計，以使產出最佳化，並運用再生資源，保護和強化天然資源，以達資源效率極大化、環境衝擊極小化，邁向永續發展，維持生態平衡、提升經濟價值及促進就業等目標。而循環再生利用的觀念及實踐，在東方並非現在才出現，早在我國明代古籍中即有記載。明末宋應星在《天工開物》中寫道：「廢紙洗去朱墨汗穢，浸爛入槽再造，全省從前煮浸之力，依然成紙……名曰『還魂紙』。」古人為了降低生產成本，採用故紙回槽的方法，

先洗去廢紙的墨跡、汗漬，然後將其摻入新紙漿中重新造紙。古代的「還魂紙」就是現代的「回收紙」，讓人不得不佩服先人的智慧及珍惜資源、再生利用的環保觀念。除了紙張，古代損壞的舊有家具也是如此的處理方式，東西壞了不是丟棄，而是想辦法再修、再利用，延續生命或是再創新價值。

竹材—速生資源

竹子生長快速，繁殖力強，生育期短，臺灣竹資源豐富，根據2015年林務局公布最新的森林資源調查結果，統計全臺竹林面積約18.3萬公頃，占總林地面積8.3%，相較上一次公布的調查結果，臺灣竹林面積有小幅成長。於過去，竹子曾經在臺灣經濟發展上扮演重要角色，亦為臺灣早期民眾於生活上食、衣、住、行均可見運用，屬多功能用途之天然森林資材。竹纖維是一種新型天然纖維，為當前竹材加工、新材料、紡織領域研究的熱點之一。然而，現今臺灣竹材利用率低，且竹纖維生產技術，普遍存在生產成本偏高、產品品質不穩定、汙染及竹產業所衍生竹材廢棄物處理為近年來國內面臨的問題，因此如何開發竹材及竹材廢棄物的新用途是可以研究的課題。但目前臺灣對於竹纖維生產技術研究相對於木材研究缺乏很多，故開發高價值竹纖維產製技術於臺灣為可以努力的方向。因此，可以研發高效率竹纖維產製技術，實現高附加價值的竹纖維產品生產，如：書畫、裝裱等特種文

林業試驗所·¹所長、²木材纖維組



畫在利用竹廢料製成粉彩畫用紙的作品。(袁黃駿 攝)



利用舊檜木裁剩廢料加工成筆筒，並繪上圖畫，增值數千倍。(徐健國 攝)

化用紙，不僅可拓寬臺灣竹材的利用範圍，提高竹資源附加價值，還可活絡竹材經濟發展、提高竹農收入及就業機會等。於環境保護方面，具有減緩溫室效應及可再生循環利用之效益，為具有廣闊前景的纖維原料。

循環經濟使用再生能源、拒絕使用無法再利用的有毒化學物質，藉由重新設計材料、產品、製程及商業模式，消除廢棄物。重視資源使用效率(resource efficiency)，讓資源在生產線與消費者間流動，達到「零廢棄」的目標，亦即設法以更少的資源來創造更多的價值，又能提升生產效率，確保地球有限的資源能以循環再生、永續方式被使用。

資源再利用

由於「資源循環經濟」係跳脫以往僅符合環保與綠色消費等概念而已，應再透過“4R”原則，即減量化(Reduce)、再利用(Reuse)、再循環(Recycle)、再思考(Rethink)的行為原則，創新產品商業價值，並做到生產和消費「污染排放最小化、廢棄物資源化和無害化」，以最小成本獲得最大的經濟效益和環境效益。因林木資材本身就具再生特質，已具備「綠色循環利用」的基本應用概念。

以森林為基地，以林木生產為主要產品

的林業，與生就具備「資源循環經濟」基因，概以從林木生長至林木伐採期間與加工利用過程，所有的原料與產品皆可被納入生物循環與工業循環兩個循環中。只要森林環境不被

改變，透過再造林與良善之經營管理，具備絕對的再生性，可永續循環生產與利用，永生不息。本所利用三組即在遵循資源循環經濟的精神，透過再思考、再循環、再利用及減量化的4R原則，發揮在木材物理與化學研究所累積的深厚基礎，運用精進創新技術將林業廢棄資材，製作成具生產性的生活用品。此外，木材加工業廠經常性產生之廢棄木質材料，木構房屋整建產生舊木料，一般家庭產生舊家具等資材，也可進行木藝品之加值利用研發。而生活中使用的樹木精油，如山胡椒、樟樹、土肉桂、白千層、真柏、澳洲茶樹等樹種，包括樹幹、枝條、葉子等，可利用其精油化學成分萃製不同的精油配方產品，應用於生活用品之產業開發，例如防蚊產品，具有不同型式及效果。精油亦可置入紙張中，作為抗菌精油紙，為具有芳香除臭、提精作用等不同配方產品。

廢材變科技—3D列印線材

此外，使用木質廢棄物回收再利用技術，結合高分子材料混煉加工與抽絲技術，把木質廢棄資材回收加工而成的木粉纖維與聚乳酸塑膠材料混煉變成3D數位列印使用的複合環保線材，讓這些木質廢棄資材透過3D成型技術重新回到人們的日常生活中創造新的價值。

我們的地球只有一個，資源有限，願大家能夠珍惜資源，循環善用，再創新價值。♻️