

木材資源の有効利用技術と新用途開発

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	海老原, 徹
巻/号	24巻11号
掲載ページ	p. 5-8
発行年月	2001年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



木材資源の有効利用技術と新用途開発

海老原 徹

独立行政法人 森林総合研究所

木材は再生産可能な持続的資源であり、循環型社会の構築に向け木材資源の合理的な利用法の確立が重要になってきている。

最近、木材資源の多様な利用法、例えば、新しい木質材料の製造法、プラズマ処理、表面プラスチック化、表面圧密化などによる表面処理技術、WPC化、木材・無機質複合化、木紛・プラスチック複合化によるハイブリッド化、木材を可塑化・可溶化してプラスチックに変換する技術、木材を液化し接着剤や発泡体として利用する技術、さらには、木材由来の化学成分から機能性素材を創製する等の技術開発が急速に進んできたが、実用化に向け研究の一層の進展が求められている。

1. はじめに

生物の中でも木材となる樹木は、地球生態系の中で、炭酸ガスの固定、水資源の確保、土壌の保全等の重要な役割を果たしている。

現在、われわれの生活に関わる諸々の資材は、原料としてその多くを有限の地下資源に負っているが、その採取から、製造、使用、廃棄の全過程を通じて多量のエネルギーを消費し、かつ深刻な環境汚染をも惹き起こしている。

一方、木材資源から誘導できる各種の素材は、採取・製造に要するエネルギーが少なく、使用にあたっては人に優しく、廃棄の段階でも環境負荷が小さいという特徴をもっている。さらに原材料は、適切に管理された森林からは持続的に再生産され、資源が枯渇することはない。

最近このような事情を背景に、木材資源の多様な利用法、例えば、新しい木質材料の製造法、木材の高度な表面処理や複合化技術、化学修飾による木質材料の高性能化、高機能化技術、木

材を可塑化・可溶化してプラスチックに変換する技術、木材を液化し接着剤や発泡体として利用する技術、さらには、木材由来の化学成分から機能性素材を創製する等の技術開発が急速に進んできた。ここでは、これらの諸技術のうち主要なものの概要を紹介することとする。

2. 新しい木質材料

木質材料とは、原料である木材を単板、小片、繊維などに細分化したもの（エレメント）を、改めてこれを接着剤で再構成したものである。代表的な木質材料には、合板、パーティクルボード、ファイバーボード、集成材、単板積層材（LVL）などがある。原料を細分化して利用するので原料選択の幅が広く、小径材、各種廃材などの利用を可能とした。木材資源の質の低下は今後ますます進むものと考えられ、これらに対処するため低質材、未利用材、各種廃材等の合理的な木材利用を促進することが重要となってきた。木質材料を開発し、製造することは、この問題に寄与するところが大きい。最近では、ヤナギのような小径木や製材端材から高強

度の梁材などを製造する技術が開発されている。また、構成エレメントの形状、寸法の選択や配列により従来製品より高性能な材料が開発されたり、あるいは他材料との複合化により木材が本来もっていない性能を付与したりする試みが進んでいる。

3. 木材の高性能化

木材は、天然材料であり、燃える、寸法変化や変形が大きい(狂う)、腐るといった欠点を持っている。高性能化とは、広範な技術によって木材の短所を補うとともに、本来木材になかった性能、機能を付与することをいう。その主なものを以下に述べる。

1) 表面処理

木材の表面は、美観のうえからも、硬度、耐摩耗性、撥水性のように表面にかかわる力学的・物理的特性改善のうえからも重要である。

(1) プラズマ処理

プラズマ装置へ酸素、窒素等を導入して放電し、生成した酸素とか窒素のプラズマを木材に高速噴射すると、電子、イオン、ラジカルなどの活性種が木材表面と種々の反応を引き起こす。例えば酸素プラズマでは、木材表面層に酸素原子が結合して水酸基やカルボキシル基を生成し、親水性が増すことによって塗膜付着性が向上する。フッ素やケイ素のプラズマでは、これら原子の重合被膜によって撥水・撥油性が出てくる。また、ピリジンのプラズマ処理では、木材表面にアミノ基を生成して酸性染料の染着性が改善されるなどの例がある。

(2) フッ素処理

フッ素は多くの元素と安定な化合物をつくり、耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性、耐候性等を発現する。そこで、フッ素化合物を用いたセルロースの化学修飾、フッ素含有モノマーの木材へのグラフト共重合などによって各種の機能を付与する試みが行われている。

(3) 木材のめっき

木材のような不導体をめっきするには、溶液中の金属イオンをヒドラジンなどの還元剤によって還元析出させる方法により木材表面に金属被膜を形成させる。

ニッケルめっきした木材小片から作った成形品やニッケルめっき単板は電磁波シールド材料として、銅その他の金属めっき木材は装飾用、インテリア製品として応用の可能性がある。

(4) 表面プラスチック化

後述のエステル化やエーテル化を木材表面あるいは木材ファイバーに施し、自己熱融着性を付与して接着剤を使わない木質材料を作ることができる。ベンジル化やシアノエチル化による表面プラスチック化が行われており、寸法安定性、耐久性の優れたボードが試作されている。熱融着ボードは、成形後の二次加工で曲面成形が可能である。

(5) 表面圧密化

軟質材や熱帯早生樹材を高温水蒸気などで処理後、表層部を圧縮し、変形を永久固定したもので、硬さ、耐摩耗性が向上し、比重の低い材が床、壁の用材や家具用材として使用できるようになる。ローラー方式の連続的に表面圧密化のできる小型装置も試作されている。

2) ハイブリッド化

ここでは広義に、木材に高機能を付与する目的で異種材料と複合化することを、ハイブリッド化と呼ぶことにする。

(1) WPC化

フェノール樹脂、エポキシ樹脂、ビニル系樹脂などのモノマー、オリゴマーなどを木材に含浸し材中で重合させたものである。重合法としては、放射線照射と触媒加熱の2法がある。寸法安定性に優れ、表面硬度、耐圧縮性は木材の数倍に達する。外観も美しく高級感を醸しだし、建築床材等として使用されている。

(2) 木材・無機質複合化

異なった水溶性無機物を別々に木材に浸透させ、アニオン・カチオン反応によって水に不溶で安定な無機物を木材内で生成・沈着させたものを無機質複合化木材という。種々の無機塩の組合せがあるが、塩化バリウムとリン酸水素アンモニウムを二重拡散法で木材に含浸し、リン酸バリウムを生成させたものが開発されており、防火性と生物劣化抵抗性に優れることが明らかになっている。

(3) 木粉・プラスチック複合化

次節の木材の可塑性とも関連するが、無処理の微細木粉に熱可塑性樹脂を混合することによって熱可塑性が行われている。熱可塑性樹脂のポリプロピレン(PP)を加熱して流動状態で無処理木粉と練り合せて複合化される。この複合化によってできた熱可塑性木材の物性をPPと比べると、強度が低下している。しかし、相溶化剤を加えて混練することにより強度低下を防止することができる。PPの場合には、マレイン酸で変性したPPを相溶化剤として少量用いる。変性PPは、木材表面上の水酸基と反応する官能基が木材と結合し、さらにこの変性PPに主剤のPPが凝集して複合体をつくる。これにより、PP単独の2倍の強度の木材・プラスチック複合体が得られている。押し出し成形等により、建築内装部材、外構部材が等が製造されている。

このほか、化学修飾木材と熱可塑性樹脂の複合化も可能である。たとえばベンジル化木材とポリオレフィン樹脂やポリスチレ樹脂の複合化がある。このような複合化によって、特殊な機能や高い付加価値が得られる場合には有用な方法である。

4. 木材の熱可塑性と液化

1) 化学修飾による熱可塑性

ポリ塩化ビニルやポリエチレンのような鎖状

ポリマーは、常温では弾性体である。ところが、加熱すると塑性を現わすようになり、成形加工が可能になる。このように、加熱によって塑性を与えることを熱可塑性という。

木材を構成している主成分(天然高分子であるセルロース、ヘミセルロース、およびリグニン)が共通して持っている水酸基の反応性を利用してエステル化やエーテル化といった形で化学修飾すると、流動性を備えた材料になりうる。これは、内部可塑性により熱可塑性が大きくなることであり、その程度は置換基の種類と置換度などに依存する。すなわち、かさ高く、極性の低い置換基を導入するほど、より容易に熱流動する木材になる。木粉にこのような化学処理を施して熱可塑性物質に変換し、フィルムやトレイなどの種々の形の成形物にすることができる。

2) 木材の液化

上述の化学修飾木粉はクレゾールやフェノール等の溶剤に溶けることが知られている。その延長線上で木材を無処理のまま液化しようことが見出された。この場合、木粉とフェノールを液比0.5として、240~280℃で約30~180分処理すると、液化が進む。あるいは、さらに硫酸など強酸触媒を加え液比を、例えば2として、150℃程度で同時間処理すると、木材を容易に液化することができる。液化溶媒としてはフェノールのほか、m-クレゾールとか、グリセリン、ポリエチレングリコールなども用いられる。

これまでの木材液化反応では触媒の有無にかかわらず、1時間、2時間という長時間を要したが、原料を投入してから8分程度で液化が完了する連続式の液化装置が試作されている。

木粉などをフェノールやポリエチレングリコールを媒体として液化する場合、低分子化された木材成分にそれら媒体が化学的に結合し、このことが液化物の反応性の発現につながる。液化物は、それぞれの反応性に対応した形で、フ

エノール樹脂やエポキシ樹脂, ウレタン樹脂にすることができる。これを利用して, 接着剤, 成形物, 発泡体などが得られている。

5. 木材成分の分別と変換

1) 成分の分別

木材細胞壁を構成するセルロース, ヘミセルロース, リグニンの3成分は相互に結合している。各成分をそれぞれ利用するためには, 何らかの方法で木材細胞壁から分別しなければならない。3成分を無傷のまま分別できることが望ましいが, そのような理想的方法はない。しかし, 蒸煮・爆砕法, 加溶媒分解法, 微粉碎糖化法, 酸加水分解法, 酵素分離法等, それに近い方法が開発され実用化しつつある。

これらによって分別した木材成分の化学的・生化学的変換により極めて多くの物質(ウッドケミカルス)を作ることができる。現在石油や石炭から生産されているほとんどすべてのケミカルスを生産することが理論上可能である。

2) 分別成分の利用技術

(1) ヘミセルロースの利用

木材由来のヘミセルロース中, 量的に多いのはグルコマンナンとグルクロノキシランである。生体の生理を調節する各種オリゴ糖の機能が明らかにされるに及び, これらヘミセルロースからマンノオリゴ糖, キシロオリゴ糖への効率的変換が重視されるようになってきた。この分野では, 分解酵素を作用させる生化学的変換が一般的である。

(2) リグニンの利用

リグニンは水酸基をもつ高分子なので, これを一種のポリオールと考えポリイソシアネートと反応させて, ポリウレタンを合成する試みが

行われている。その結果, クラフトリグニン, 蒸煮・爆砕リグニン, オルガノソルブリグニン, 酸加水分解リグニンから, それぞれポリウレタンフィルム, フォームが作られ, 物性値の評価がなされている。概して, リグニンからのポリウレタンは強度は大きいのが脆いという欠点がある。現在はその欠点も順次克服され, 軟質から硬質フォームに至るポリウレタンが製造でき, さらに, 難燃性ポリウレタンも作られている。

最近リグニンを原料として炭素繊維を製造する技術が開発されており, 今までともすると厄介もの扱いされてきたリグニンが新素材原料として脚光を浴びようとしている。

6. おわりに

このほかにも多くの新技術・新材料があるが, 紙面の都合で割愛した。

化石資源利用による大量生産・大量消費・大量廃棄の工業化社会は大量に廃棄物を放出して地域規模・地球規模でそれぞれに環境を荒廃させてきた。これからは, 再生産可能な資源に支えられた持続可能な社会の建設を人類共通の目標としていかなければならない時代である。環境保全からも, 国産材有効利用からも, ここで取り上げたような研究のより一層の進展を図り, 木材資源の合理的な利用法を確立することが極めて重要になっている。

参考文献

- 木質新素材ハンドブック編集委員会編 (1996) 木質新素材ハンドブック, 技報堂出版, 759pp.
 鈴木正治・徳田迪夫 (1993) 木質資源材料, 海青社, 203pp.
 志水一允 (1992) 森林科学, 第5号: 11-24.
 〒305-8687 茨城県稲敷郡茎崎町松の里1