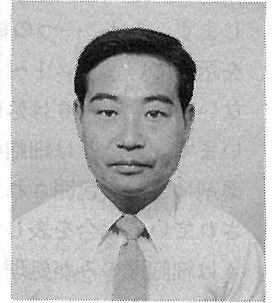


木材の新しい物理・化学加工（続）

— 実用化を目指した最近の研究動向 —

京都大学木質科学研究所教授 則元 京^{みさと}



◎ 化学処理木材

木材は、軽くて強く、見て美しく、また、加工性に優れた材料です。そのため、建築の軸材料、面材料、内装仕上げ材料のほか、家具、楽器、工芸品などの材料として広く利用されています。しかし、木材は、材料として改良を必要とするところも多くありますし、木材の用途を拡大するためには、新しい性能・機能を付与することが必要となります。最近、木材に化学処理を行って、寸法を安定化したり、難燃化したり、耐生物劣化性を向上させたり、さらに、新しい性能・機能を与える試みが活発に展開されています。しかし、木材にむやみに化学処理を行っても、目的とする改良や新しい性能・機能を与えることはできません。木材を化学処理した場合に起こる構造の変化と、その結果現れてくる性質の関係を正しく理解しておくことが重要です。そこで、ここでは、化学処理木材の構造を分類して、構造と性質の関係について概説した後、最近注目されている化学処理木材の主なものについて、紹介します。

図12に、木材の細胞の模式図を示しています。細胞は、細胞の壁とそれによって取り囲まれた空隙（内こう）で構成されています。細胞の壁はいくつかの層よりなる複雑な構造をしています。細胞壁の大半を占め、木材の力学的性質を担っている層（二次壁中層）では、鉄筋コンクリートに似た構造をとっています。鉄筋に当たるのがマイクロフィブリルと呼ばれる結晶した細長い鎖状の分子（セルロース）の束で、コンクリートに当たるのがマトリックスと呼ばれる複雑な構造をした

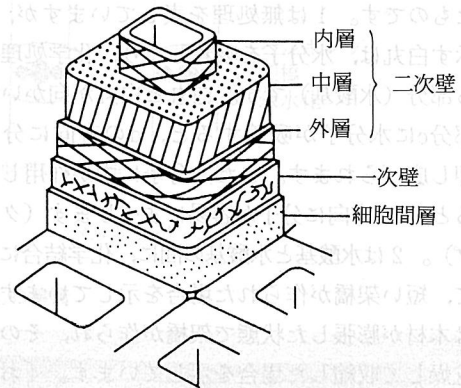


図12 木材の細胞の模式図

無定形の物質（リグニンとヘミセルロース）です。木材が吸湿すると、水分はマイクロフィブリルの表面やマトリックスに吸着され、細胞壁は膨張します。逆に、木材が脱湿すると、吸着していた水分が脱着して細胞壁は収縮します。鉄筋に当たるマイクロフィブリルは、繊維方向に近い方向に整然と配列していて、マイクロフィブリルの内部には、水は入れないので、水分の出入りによって、木材は繊維に直角方向に伸び縮みします。

化学処理によって、マイクロフィブリルの結晶構造が崩れると、木材を特徴づけている性質の大半が失われます。木材のプラスチック化や液化の処理では、マイクロフィブリルの内部に至るまでの化学処理を行います。化学処理をマイクロフィブリルの表面やマトリックス部分に限定して行いますと、木材の優れた力学的性質や美観などを損なうことなしに、木材のもつ性質を変化させることができます。このような目的で化学処理された木材を化学処理木材と呼んでいます。このような化学

処理では、図13に示すような構造変化が木材に生じます。Aは、一つの細胞の横断面に現れる変化を示しています。1～3は細胞壁が処理されていない場合、4～6は処理されている場合を表しています。2、5は細胞の内こうが処理した樹脂や薬剤によって包囲されている場合、3、6は充填されている場合を表しています。1は無処理を、4は細胞壁のみが処理されている場合を示しています。Bは、マイクロフィブリルの表面やマトリックスにおける分子の微小領域をモデル化して示したものです。1は無処理を表していますが、bで示す白丸は、水分子を吸着したり、化学処理される部分(水酸基)です。白丸と白丸が向かい合う部分cに水分子が吸着すると、dの方向に分子が押し広げられます。また、分子に力が作用していると、eの方向に分子が容易にすべります(クリープ)。2は水酸基と水酸基の間に、化学結合によって、短い架橋が作られた場合を示しています。3は木材が膨張した状態で架橋が作られ、その後、乾燥して収縮した場合を示しています。4および5はそれぞれ、水を寄せつけない(疎水性)かさ高い分子(黒丸)および寄せつける(親水性)かさ高い分子で架橋が作られた場合を示しています。6および7はそれぞれ、水酸基が疎水性および親水性のかさ高い分子で置き換わった場合を示しています。8および9はそれぞれ、親水性および疎水性の分子が水酸基と置き換わることなく、単に分子間に入り込んだ場合を示しています。AとBのそれぞれの組み合わせによって、化学処理によって起こる構造の変化のほとんどを表すことができます。

木材は、水分の出入りによって伸び縮みしますが、それを抑えることについて考えてみましょう。図14に木材を寸法安定化させる3つの機構、すなわち、架橋・疎水化、疎水化、バルキングを示すモデルを示しています。図13のBと図14を比べますと、図14のモデルには大きな輪がついています。木材は水を吸っていくと、膨張していきますが、無限に膨張できず、限度(繊維飽和点)があります。図12に示すように、二次壁の外層では、ミク

ロフィブリルが横向きに走行していますので、この層が「タガ」となって膨張が抑えられます。また、細胞間層も疎水性の物質が多いので、「タガ」の働きをするものと考えられます。大きな輪は、この「タガ」をモデル的に示しています。架橋・疎水化は、吸着点間に化学結合を作って、分子が広がらないように固定することで、水酸基がなくなるので、疎水化も同時に起こります。疎水化は、分子を化学変化させたり、吸着点の近くに疎水性の分子を入れて、水が近づけないようにすることです。バルキングは、分子の間にかさ高い分子を入れて、木材が水で膨張できる限度まで膨らまってしまうことです。強度、弾性率、硬さ、耐摩耗性を増大させるには図13のA 2, 3, 5, 6, B 4~6, 9の構造を作ることが有効です。クリープを抑えるにはB 2, 4~6, 9, 促進さ

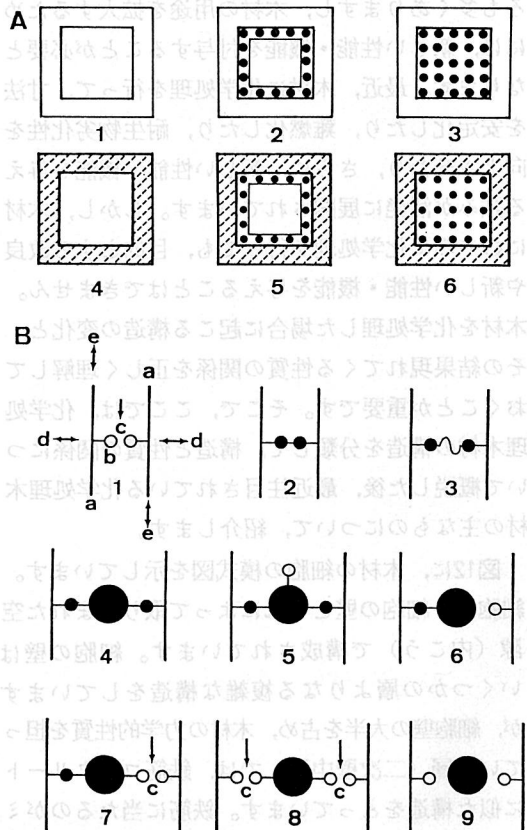


図13 化学処理木材の構造
A: 細胞の横断面モデル
B: 細胞壁の分子モデル

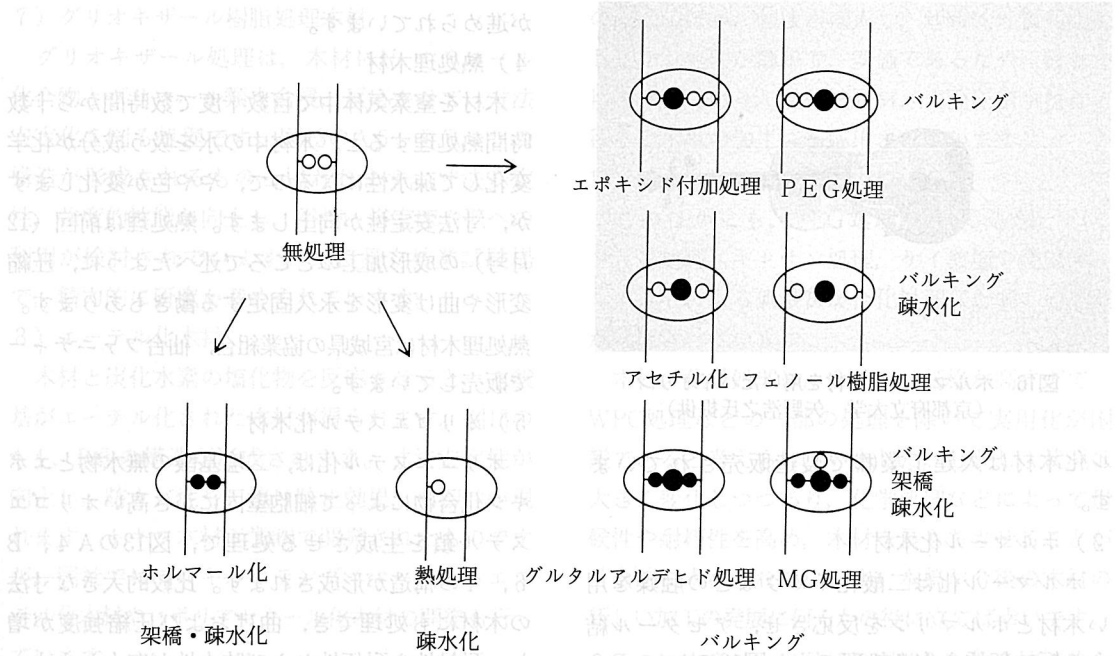


図14 木材の寸法安定化の機構

せるにはB7, 8の構造が有効です。腐朽を防ぐには、腐朽菌の出す酵素が作用できないように分子の形を変え、また、疎水性にすることが有効で、例外はありますがB2~9いずれの構造を作っても効果的です。楽器の響板の音響的性質を向上させるには、A4, B2などの構造が有効です。このように、図13のモデルから化学処理木材の構造と性質の関係を予測することができます。次に、具体的な化学処理木材の主なものについて紹介します。

1) アセチル化木材

アセチル化は、木材と無水酢酸を反応させ、木材の水酸基をかき高い疎水性のアセチル基に置き換える処理で、図13のA4, B6の構造を持ちます。単板をステンレス製の容器に入れて、120℃で数時間加熱します。触媒を使うと、もっと短時間で処理ができます。木材の寸法安定性は、大幅に向上します。アセチル化した削片を用いたパーティクルボードでは、厚さ膨張率が非常に少なくなります。図15に示す写真はアセチル化した木材を振動板に用いたスピーカーと、アセチル化した表板をもつギターです。アセチル化処理によ



図15 アセチル化木材を振動板に用いたスピーカーとギター

て、振動の減衰は少なくなり、良く響くようになり、湿度変化による音色の変化は起こりません。また、薬剤注入による防腐処理と異なり、人体には無毒で、耐朽性やシロアリに対する抵抗性が大幅に向上します。アセチル化では、木材の色調、強度および感触はほとんど変化せず、木材の良さが残されます。反応によって酢酸が生じ、その除去が困難で、製品から酢酸臭が抜けにくいことが難点です。現在、アセチル化木材は風呂場のドアや壁材として、アセチル化処理後WPC処理して床材料として使用されています。アセチ



図16 ホルマール化木材を用いたバイオリン
(京都府立大学 矢野浩之氏提供)

ホルマール化木材は大建工業(株)で製造販売されています。

2) ホルマール化木材

ホルマール化は二酸化イオウなどの触媒を用いた木材とホルマリンを反応させ、アセタール結合の短い架橋を作る処理です。図13のA4, B2の構造を持ちます。重量が余り増加せず、寸法安定性は非常に向上します。しかし、耐摩耗性や強度が若干低下しますし、未反応のホルマリンは毒性が高いので、それを除く処理が必要です。寸法の大きい木材の処理は困難ですが、木材繊維やバイオリンの駒などの小さい寸法のものでは、実用化の可能性が十分にあります。アメリカではダンボールについて、日本ではMDFや楽器部材について、検討が進められています。図16に示す写真はホルマール化した表板、駒、力木および魂柱を使ったバイオリンですが、音色が非常に良くなることが報告されています。

3) 無機質複合化木材

この処理では、木材に塩化バリウムを拡散させた後、リン酸水素アンモニウムを拡散させて、木材中に塩を形成させます。図13のA5, B8の構造を持ちます。この塩は水に溶けにくいので、木材から溶け出すことはありません。比重は増加しますが、準不燃材料になります。外見も変わらず、耐朽性やシロアリに対する抵抗性が向上し、硬さが増します。拡散法を用いているために、大きな寸法のもの処理は困難なようです。ドアなどの用途が検討されています。松下電工(株)で研究

が進められています。

4) 熱処理木材

木材を窒素気体中で百数十度で数時間から十数時間熱処理すると、木材中の水を吸う成分が化学変化して疎水性になるので、やや色が変化しますが、寸法安定性が向上します。熱処理は前回(12月号)の成形加工のところで述べたように、圧縮変形や曲げ変形を永久固定する働きもあります。熱処理木材は宮城県協業組合、仙台ファニチャーで販売しています。

5) オリゴエステル化木材

オリゴエステル化は、二塩基酸の無水物とエポキシ化合物によって細胞壁内にかさ高いオリゴエステル鎖を生成させる処理で、図13のA4, B6, 4の構造が形成されます。比較的大きな寸法の木材にも処理でき、曲げおよび圧縮強度が増し、耐候性や耐朽性および防虫性が向上します。大倉工業(株)で研究が進められています。

6) MG処理木材

MG処理は、木材をマレイン酸・グリセリン混合物を反応させる処理で、図13のA5, B5, 7の構造が形成されます。寸法安定性、耐候性が向上し、塗料との親和性が良く、曲げ木の変形を固定するのに有効です。やや強度が低下し、着色が起こります。処理の操作が簡単で、安価なのが特長です。図17に示す写真はMG処理を用いたベンチやストリートライトの例です。北海道立林産試験場で研究が進められています。

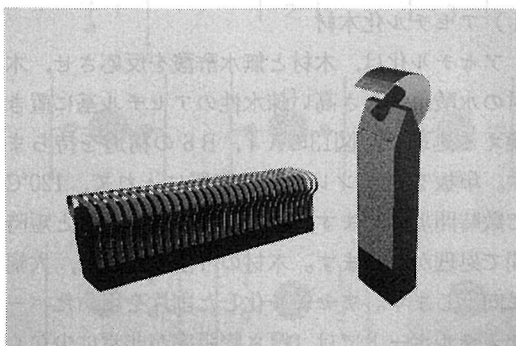


図17 MG処理により可能となる斬新なデザインのベンチとストリートライト
(北海道立林産試験場 藤本英人氏提供)

7) グリオキザール樹脂処理木材

グリオキザール処理は、木材にN-メチロール化合物とグリコール類を含浸、反応させて、寸法安定化を図る処理です。図13のA5, B7, 5の構造が形成されるものと思われます。寸法安定性、強度的性能が向上し、浴槽、浴室床や壁への利用が検討されています。奈良県立林業試験場で、精力的に研究が進められています。

8) エーテル化木材

木材と炭化水素の塩化物を反応させると、水酸基がエーテル化された木材が得られます。図13のA4, B6の構造が形成されます。寸法安定性が向上し、防カビ性や日焼け防止効果、可塑性が現れます。トキワ木材工業(株)で開発されたものですが、同社ではアルキルケテンダイマーによるエステル化木材や、ポリアセタール化木材の開発も行っています。

9) フェノール樹脂処理木材

低分子量のフェノール樹脂の水溶液を木材に含浸し、硬化させると、寸法安定性、防生物劣化性

の向上のほか、強度が増大し、音響的性質が向上します。処理が簡単で、安価であるため、最近注目を集めており、硬化積層材、表面圧密木材など種々の木材の加工にも応用されています。

10) その他

このほかにも、PEG処理、WPC処理、パラフィン処理、キトサン処理、ケイ酸塩や金属アルコキッドによる無機質複合化処理など多くの処理が研究されています。

木材の化学処理は、今までは価格が高すぎて、WPC処理などの一部の処理を除いて実用化が困難であると考えられていました。しかし、状況は大きく変化しつつあり、化学処理などによって耐候性や耐朽性を高め、木材を長もちさせることが社会的に求められています。本稿が今後の木材の新しい加工の発展に何らかの役に立てば幸いです。

この文章は、11月18日開催した林産技術普及協会総会の特別講演の内容を取りまとめたもので、12月号の続編です。

