

# 第11回木質ボード・木質複合材料 シンポジウム〔II〕

(社) 日本木材加工技術協会関西支部

## 特別講演 木質材料の未来

京都大学木質科学研究所 佐々木 光

### (1) エコマテリアル&インテリジェントマテリアル

木材産業に関連する技術の進歩の多くは、安価に大量生産し、需要を拡大する方向で進められてきた。結果として、森林の乱開発や生態系の破壊を誘起し、資源の枯渇と地球環境の悪化という両面から、今後の在り方が問われている。したがって、消費量の増加を抑えて、成長量に見合う需要を賄い、木質資源の極限の有効利用と耐用年数の向上をはかることが大切である。

これまでの材料開発は、使用目的に合致するような属性や性能をもつ材料を作り出すことが目的であった。しかし、最近では生態の特性を兼ね備えた材料の開発が求められつつある。エコマテリアル及びインテリジェントマテリアルと呼ばれる材料がその例である。

エコマテリアルは、環境を保全する能力、省資源性、省エネルギー性、リサイクル性に富み、生活に高度のアメニティを付与する材料の総称であり、快適材料、フロンティア環境材料および環境調和材料の3つに分類されている。木質材料が快適材料であり、環境調和材料であることは、すでに常識になっている。

インテリジェントマテリアルは、材料自体が知能を持ち、自律的に人間生活を助けてくれる材料で、自ら環境条件を検知し(センサー機能)、それに対して自ら判断し(プロセッサ機能)、さらに自ら司令したり、行動する機能(アクチュエーター機能)を併せもっている材料と定義されている。本格的なインテリジェントマテリアルは、未だ、開発されていないが、反面、木質材料は生来インテリジェンスを備えた材料とも考えられる。

例えば、室内の湿度変化に敏感に反応して、吸放湿操作を自律的に行い、室内気候を安定させる機能などは、インテリジェントマテリアルに相応しいものと言える。

このように、未来の材料開発の視点が、従来の属性や性能から、より高次元の“生態系に優しい”とか“知能を持った”といった新しい概念のものに移っていく兆候が見られることは、木質材料に対する社会的な関心が、今後急速に高まっていくことを示唆するものである。

### (2) 木質の転換

木質の基本であるセルロース・マイクロフィブリルのフィラメントワインディング構造を骨格とする細胞壁構造のフィブリル傾角やリグニン堆積量などを基本的に変え、木質の基質転換を図るには、樹木形成の段階で従来の形質のスクリーニングによるか、遺伝子操作による方法がある。後者は未知の分野で、21世紀の技術開発の焦点の1つである。

一方、成熟した木質の基質転換には、物理的および化学的加工が考えられる。これらは、例えば、熱処理やホルマル化処理などがそれぞれ対応するが、水蒸気存在下での加熱処理などは、木質構造成分、特にリグニンの分解と再結合が同時に起こり、内部応力を緩和して変形の固定や寸法安定化に極めて有効であることが、明らかにされつつある。21世紀に向けて楽しみなシーズである。

木材は一般構造材料の中では重量当りの強度が抜群に高く、熱伝導が低く、比熱が大きい。この特性を損なわないためには、加工や処理によって比重が大きくなる望まれる。

### (3) 要素寸法の減少

木質材料の要素寸法は、今後、次第に小さくな

ろう。原木寸法と質の低下に伴い、低質・小径材から高歩留り生産を行うには要素の寸法を小さくして対応する必要がある。これに伴い、生産工程の自動化、省力化が容易になる。材料面からは、要素寸法の低下に伴い、材質のバラツキが小さくなり、信頼性の高い材料になることが重要である。

このために、21世紀にかけて、徐々に構造材は製材から集成材へ、集成材からLVLへ、さらにPSL (Parallel Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber) へと移行していくと予想される。同様に、板材料は、合板からOSB (Oriented Strand Board) へ、さらにはOSSB (Oriented Semi-Strand Board), OFB (Oriented Fiber Board) に移っていくものと考えられる。いずれの場合も、小さな要素をうまく配向させる技術が重要になる。

#### (4) 木質ボードの2極化

木質ボードは、低比重の厚物ボードと高性能の薄物ボードに2極化される。床材や間仕切壁の基材では、一定重量の原料を出来るだけ低比重に成形して、厚く使用するほうが、撓みを抑え、積載可能限界荷重を飛躍的に高められるので有利である。蒸気噴射プレスやガッシング法など、効率の良い熱圧技術の発展とその連続プレス化が焦点となろう。

厚物基材の表面にオーバーレイするための薄物材料には、木質感や風合いに優れたもの、耐火性に優れたもの、退色しないもの、硬さや寸法安定性、耐久性に優れたもの、耐候性に優れたものといった特性のほかに、電磁波シールド機能、空調機能、照明機能、音響機能、脱臭機能など、より高度の機能を備えた材料が求められる。要素寸法の小さいパーティクルやファイバーを、電気や磁気によって配向する技術の開発が重要である。

#### (5) 複合化・成型

木質繊維をベースに可塑繊維や他の植物繊維を混抄した成形材料、木質の靱性、凍結融解抵抗性と無機質の不燃性、寸法安定性など、互いの長所を活かした複合材料(木質セメントボード、石膏ファイバーボード)が開発されている。21世紀に

向けて、特徴のある機能の複合化技術が盛んになり、各種材料と木質との複合化が試みられる。

#### (6) 前処理技術

乾燥、薬液処理、化学処理などの前処理として、壁孔(ピット)を破る技術が重要になっている。これまでに長期の水中貯木など、微生物の出す酵素で分解する方法、飽水材の低速凍結によってピットを破る方法などが、試みられている。単板要素の処理が重要であり、現状では高圧水蒸気処理が最も有効であると思われる。

#### (7) 省力化・省エネルギーと高歩留り

FA (Factory Automation) のために必要な機械や技術、システムの開発も必要である。厚物ボードやLVLの連続プレスラインなど、自動化が進むことにより、原料選択の幅が広がるので、歩留りが高くなる。

厚物ボード用には蒸気噴射プレスの開発が熱圧時間の飛躍的短縮をもたらし、省エネルギーに貢献している。また、高含水率、低温の条件で良好な接着のできるものが安価に供給されることも大事である。イソシアネート系接着剤は、高圧蒸気下での接着性能が優れているので、蒸気噴射プレスの一般化とともに主要な接着剤になるものと予想される。

#### (8) 極限環境下の加工と Computer Aided Engineering (CAE)

極限環境条件、例えば、無酸素高温、極低温、高気圧、減圧、高電磁波、水蒸気存在など通常の条件とは異なる環境条件下での試みが、新しい材料や加工技術を生み出す可能性を秘めている。この場合、木質の要素寸法は、パーティクルやファイバーが適当である。

CAEは、木材工業にすでに多く取り入れられている。加工機械の分野ではNC機械が多く、ボードのシステム制御の多くはコンピュータを駆使している。しかし、成形における原料の流動状態のシミュレーション、熱や水分の移動や分布、応力や変形の挙動などの追跡によって適正加工条件を見つける等、解析的な分野での実用化が遅れ

ている。21世紀には曲面材料、中空材料、多孔材料、異形断面材料などのニーズに応じて、適正な形の割り出しや適正な成形条件の探索などが、まず、コンピュータシミュレーションによって行われるべきであろう。

## パネル討論 (II) 機械装置とプラント

### 1. Japanese OSB Plant

シェンク社 ギュンター・ナトス  
(通訳 榎兼松 濃沼寛政)

OSBは北米で大成功を収め、現在世界中に拡がりつつある。ここでは、OSBの製造工程を概括し、日本向けマーケットに適合するOSBプラントを提案して、その特徴について説明したい。

OSBの原料については、50mm以上の径をもつ丸太であれば、基本的にどのような樹種でも利用可能である。北米ではアスペン、サザンパイン、ポプラなどが使用されているが、実験的にはニュージーランドやチリ産ユーカリ、タイ産ゴムの木などが試みられている。原料はまず、リングあるいはドラム式デバーカーで剥皮され、60℃の温水浸せきによって含水率を高め(60%以上)、軟化させたのち、長さ75-150mm、幅35mm、厚さ0.5mmのストランドを調製する。従来フレーカーはディスク式が主流であったが、最近ではユニバーサルタイプのリング式が増えている。

ストランドの乾燥は、回転式の3パスドラムドライヤーで行う。回転式スクリーンで、ストランドを分級し、6mmメッシュ pass は燃料あるいはパーティクルボードの原料とする。回転式ブレンダーで粉末あるいは液状フェノール樹脂、場合によってはコアストランドにイソシアネート樹脂接着剤を添加する。北米の場合、添加量は2-3%であり、寸法安定性が問題になることもあるが、要求性能に応じて添加量を増やせば解決できる。

フォーミングは、複数のヘッドにディスクロールタイプのオリエンターとクロスオリエンターを設置し、3層或いは5層の直交配向のストランドマットを形成する。マットは、通常、フレキシプランのスクリーンコールに形成され、多段式プレスに導かれる。圧縮圧力は50kgf/cm<sup>2</sup>、温度はフェノール樹脂接着剤の場合は220℃である。最近、

連続プレスも利用されることがあるが、プレス時間が若干長くなる。

OSBは、合板と同等の曲げ強度を持ち、せん断強度ではこれを上回る。製品の厚さや寸法の自由度も大きい。さらに、生産プロセスが工業的であり、合板に比べると、環境負荷が小さい。価格も安価である等、多くの利点を備えている。

北米では、住宅の構造用パネルとして建材に多く利用されているほか、家具の中棧や天板、コンクリート型枠などに使用されている。欧州では、ドア材など特殊用途に用いられ、徐々に一般用途へ需要が拡大している。

OSBの年間生産量は、北米では1995年実績で1400万m<sup>3</sup>であり、ここ数年で合板の生産量を上回り、2000年には2000万m<sup>3</sup>に達する見込みである。欧州では、現在35万m<sup>3</sup>であるが、西暦2000年には100万m<sup>3</sup>を見込んでいる。一方、日本では現在OSBの生産はないが、2000年には60万m<sup>3</sup>を見込んでいる。

日本型OSBのプラントでは、熱帯広葉樹、合板剥き芯、製材の背板などが原料として考えられる。一方、製品に要求される性能面では、表面平滑性や寸法安定性が優れていることが重要であり、曲げ性能は欧州のclass 4に比べるとやや低くても構わない。このような点を考慮すると、長さ30-40mm、幅15-20mm程度のセミストランドで、比較的薄いものを調製し、接着剤の添加量を多くして、高性能の合板代替パネルを製造することになろう。プラント規模は、60-1300m<sup>3</sup>/日のものが可能であるが、日本では300m<sup>3</sup>/日以下の規模が適当と思われる。この場合のプラント価格は、5000-6000万US\$である。

### 2. Siempelkamp 社の石膏ファイバーボードの製造設備

住友商事(株)

田村一郎

ジムペルクンプ社 ハイニリクス

石膏ファイバーボード(GFB)は、80%の石膏、20%の故紙パルプ、および水を加えて均一に混合・成形した無機系ボードである。

製造法は、ウェットプロセスとセミドライシテムに大別される。前者は、第2次大戦中に開発

されたハチェック方式に始まったが、現在では“Fermacell-Siempelkamp”方式が、市場の95%を占めている。ウェットプロセスでは、リサイクル可能な水を十分に与えて石膏を硬化させるのに対し、セミドライシステムではプラント中のウェットな部分をなくし、サンディングを無くして平滑な表面をもつ3層ボードを製造しようとするもので、最近開発され、現在開発途上である。

Fermacell-Siempelkamp方式では、乾燥した故紙ファイバーマットに石膏を加えて混合し、排水ベルト上に投下される。石膏の硬化に必要な水は、ベルトに落下するところで加えられ、連続ローラー式プレスにより圧縮成形して、石膏を硬化させる。当初、マット含水率は約70%であり、ドライヤーでのエネルギー消費が大きかった。その後、技術的改良が進み、含水率は50-60%まで減少した。一方、ロールプレス方式のため、ボードの最大厚さは12.5mm、幅は1250mmまでが限界であった。

第2世代のFermacell-Siempelkamp方式では、故紙ファイバーと石膏を連続ミキサーで均一に混合し、ボトムバンカー式フォーマーを使用して、マットの成形精度を高めている。マットを削る工程も付加され、より均一なマット重量としたのち、排水ベルトに移される。マットをプリプレスしたのち、一定量の水を添加し、水抜き機構をもつ単段のトラベリングプレスで圧縮される。マット含水率はプレス入口で50%以下、ドライヤー入口では25%以下となり、エネルギー消費も飛躍的に改善されている。ボードサイズは、2540×6100mmまで拡大し、最大18mmの厚さまで製造可能になった。サンディング後のボードの厚さ精度は±0.15mmに改善されている。最大生産能力も3000m<sup>2</sup>/h(10mm厚さ換算)まで向上した。現在、このシステムは世界各地に15プラントが稼働中である。

数年前より、Siempelkamp社を含む数社が、セミドライシステムの開発に取り組んでいる。このシステムのプラントは1988年オランダに建設されている。計量されたファイバーと排脱石膏が連続ドライミキサーで混合され、次にウェットブレンダーで水和水の一部が添加される。残りの水は3台のマットフォーマーの後で各マット層の上にスプレーされる。この時点でのマットの含水率は

約30%である。3層構造のマットは連続プレスに導かれ、加圧成形される。基本的に同じ技術を用いたプラントが米国でも建設されている。ただ、このプラントではコア層に軽量骨材としてパーライトを使えるように設計されている。カナダにおけるセミドライシステムでは、澱粉が添加できる。水は故紙の解繊工程で加えられる。

現在のところ、セミドライシステムをもつ3つのプラントは、いずれも成功していない。例えば、エアがマットから抜けにくい。また、水の添加量とラインスピードが適合せず、スピードが速すぎると水が十分に浸透しないために、硬化不良やはく離を生じる。このため、ラインスピードを当初の設計の約半分に抑えている。ブレンダーで水を加えるために、“塊”が形成されやすく、曲げ強度が低下し、また、サンディングが必要になる。石膏、ファイバー混合物をウェットの状態でハンドリングするので繁雑に洗浄する必要がある。

シリコンエマルジョンをボード表面に注入して撥水性を高めたGFBや、遮音性、釘引抜き抵抗、強度を高めた高比重・高強度GFBなども開発されている。また、北米ではタイル下地用のニーズに応じて、原料の段階でケミカルを添加した耐水性GFBも開発されている。

GFBはドイツの石膏ボード市場では25%を占め、1994年の生産量は3600万m<sup>2</sup>に達している。現在ドイツにおけるGFBの製造コスト(1500万m<sup>2</sup>/年の設備の場合)は1.95DM/m<sup>2</sup>(厚さ10mm)、これに対して市場価格は6.5DM/m<sup>2</sup>(厚さ10mm)である。一方、プラスターボードのそれは、それぞれ1.9DM/m<sup>2</sup>(厚さ10mm)および2.5DM/m<sup>2</sup>(厚さ10mm)であり、GFBの優位性が明らかである。生産量も年率12-20%伸びている。耐火性能は30-120分、遮音性能は最大66デシベル、直接塗装、紙貼り、単板貼り、高圧ラミネーションのいずれもが可能である。また、補強テープを必要とせず、湿度の高い場所での施工適性も優れている。したがって、ドイツ市場では、このようなGFBの特性が認められ、プラスターボードとの価格差を十分吸収して、競合しうる製品になっている。

プラント価格は、年産300万m<sup>2</sup>、1500万m<sup>2</sup>および2000万m<sup>2</sup>の規模で、それぞれ1800万DM、3800

万DMおよび4200万DMである。

### 3. 木質ボード用サンダーとパネルサイザー

(株)菊川鉄工所 永田幸弘

#### 3.1 ワイドベルトサンダー

ベルト研削の特徴を、砥粒とボンドを一体成型した砥石の場合と比べて見ると、1) ドラム硬度、プラテン弾性体を変えることにより種々の研削・研磨が可能である、2) チップポケットが全面的に形成されるので、研削量が大きく、目詰まり、焼けの発生が少ない、3) ベルトの周長を任意に取れる、4) ベルト幅を任意に取れる、5) 研削精度は0.1mmであり、砥石のそれ(0.01mm)に及ばないなどが、挙げられる。

ワイドベルトサンダーには、コンタクトドラム方式、プラテン(パッド)方式あるいはドラム・プラテン組み合わせ方式の3タイプがある。このうち、コンタクトドラム方式が、最も一般的である。ドラム硬度が研削量ならびに仕上げ面に及ぼす影響は大きく、硬度が大きいものほど研削量は大きくなるが、仕上げ面は粗い。ドラムの材質には鉄製および鉄芯の外周にゴムを被覆したものがあ。鉄ロールおよび硬質ゴム(硬度80-95)は、重研削および厚み規正用であり、中質ゴム(同50-75)は中研削用、軟質ゴム(同25-45)は仕上げ研磨用に用いられる。ドラムの外周にはスパイラル状(45度)のミゾ、セーレーションを付けて、チップポケットを形成し、発生した熱を逃がしやすくする。ロールは硬いほど、また径が小さいほど接触面積が小さいので単位面積当りの研削圧力が大きく作用し、研削力が増す。

プラテン方式は、研磨を主とし、ドラム方式に比べて材料へのなじみが良い。プラテンで重研削を行うと、発熱量が大きく、ベルト寿命が短く、仕上り面も悪くなる。

ドラム・プラテン組み合わせ方式のものは、ドラムが昇降して、作業に応じてドラムあるいはプラテンを使い分けたり、その両方が使用できるタイプのものである。

被研削材の送りには、コンベアーとロールによる方式があり、最大送り速度はそれぞれ200m/minおよび120m/minである。合板や木質ボ

ード等比較的平滑度の高いものを、高能率に加工する場合にはロール送りをを用いる。素地研磨の場合の送り速度は、1ヘッドでは60m/min、3ヘッドでは100m/min程度である。

ワイドベルトサンダーのベルトによく使われる番手は、#40~#240である。厚み規正を小さな番手のベルトで行い、スクラッチのみを順次大きな番手のベルトで行うようにすると、仕上りが良く、ベルトの寿命も延びる。砥粒には酸化アルミニウムやシリコンカーバイトが用いられている。

サンダーに係わる代表的なトラブルに、被研削材全面に生じるチャターマークがある。原因としては、1) サンディングの圧力不足、2) 不均一な送り、3) 機械の振動、4) ドラムの振れや変形、5) 研削ベルトの継目などが考えられる。まず、原因を究明して、対応することが必要である。

主として合板・ボードの厚み規正と仕上げ研磨のために、最近開発されたワイドベルトサンダーは、コンタクトドラムの径が順次大きくなる3ヘッド、片面削り形式のものであり、最大200m/minの送り速度をもっている。同様に、両面研削のための6ヘッドコンビネーション型のサンダーも開発されている。高速送り(回転)の場合には、蓄熱によりコンタクトロール中央部が熱膨張するので、精度を維持するには放熱に工夫が必要である。

その他、生産性と精度向上を両立させる方法として、集成材やLVLの研削については、プレーナーとサンダーを組み合わせた省エネルギー型のものも開発されている。窯業系ボードは表面が非常に硬いので、最近では、ダイヤモンド電着ロールで研削することがある。この場合には寿命が200-300倍延びる。

#### 3.2 パネルサイザー

合板の幅方向の切削には、ケビキ付きダブルソーで精度を上げている。送り速度は100~120m/minである。

ボード類のサイザーは、一台で縦・横同時に切断するために、縦挽き丸のこ、横挽き丸のこ、送り機構から成り、切断は被削体の後端をチャッキングして送材し、横挽きではクランプして切断す

ることによって、真直度・直角精度を高くしている。パネルサイズは最大で24'×6'に対応し、12枚程度、多い場合には16枚を重ねてカットする。

高性能を維持し、刃物の取り替え時間を節約するために、従来の超硬チップから次第にダイヤモンドチップをもつ丸のこへと替わりつつある。

上下1ヘッド、80インチ幅のサンダーの価格は約3000万円、パネルサイザー（2号機）の価格は約5000万円である。

#### 4. Raute社の針葉樹合板用のプロセスおよび機械

ラウテ社 ユッカ・シリエネン

(通訳 住友商事(株)柴田昌彦)

日本の合板産業は、これまでの熱帯広葉樹原木からラジアータパイン、スプルー、カラマツ等、小径針葉樹原木への転換を迫られている。例えば、日本における合板生産のうち針葉樹合板の占める割合は、1993年には15%であり、昨年のは18%にまで達している。平均直径700mmの原木からの合板生産量を、同300mmの原木を用いて維持しようとする、6.3倍の個数の原木を処理しなければならない。この転換は、とくに原木の調製、ロータリーレースによる単板切削、単板乾燥の各プロセスに、効率良く生産するための新たな機械装置が必要になる。

針葉樹原木の貯木は、通常皮剥き前に30-40℃の温水タンク内で行う。シングルまたはダブルリングデバーカーで皮剥きした後、玉切りをする。歩留りを最大にするために、最適制御を行うログスキャナーが用いられる。

小径木から単板を高歩留りで得るために、1) レーザーXYチャージャーによる正確なセンタリングをする、2) ラウンドアップ後に直ちに単板を取る、3) 剥き芯径を最小にすること等が、必要である。赤外線レーザーにより丸太の回転中に20万点の測定データから丸太の中の最大円柱を計算し、中心軸を0.05mmの精度でセンタリングを行う。これにより、1分間に12-20本の丸太が処理される。

ロータリーレースには、フラットノーズバーもしくはローラーノーズバーと駆動型バックアップ

ローラーを使用し、品質の優れた単板を剥く必要がある。このため、「コア・マイザー」駆動型バックアップローラーが必要不可欠である。3-4フィート長さの丸太の剥き芯は63mm、6-8フィートでは78mmである。刃物角度は、切削抵抗を低減するために、サーボ制御により最適化される。油圧ナイフ・キャリジ・フィーディングシステムにより2段階の単板厚さの変更、0.01mm毎の単板厚さのセットが可能である。レースはクリッパーと連動している。速度は200m/minに達し、しかも±5mmの高精度である。真空スタッカーおよび真空ダイバータを使用し、単板の品質と含水率によって自動的にグレード分けする。

薄いフェイス単板を剥く場合にはリーリングシステムも設置することができる。したがって、1つのラインで広葉樹および針葉樹単板を剥き、複合合板を製造することもできる。

針葉樹単板は、樹脂を有するために、高温高湿乾燥が必要である。ドライヤーには、効率が良いことはもちろん、低エネルギー消費、掃除やメンテナンスの容易さが要求される。針葉樹単板では、初期含水率が大きくばらつくので、スタッキング段階での含水率のグレード分けが不可欠である。高温乾燥であるために、ドライヤーには高い断熱性が要求され、扉も十分強固な構造が必要である。また、火災の危険を防ぐために、掃除を励行して樹脂を取り除かねばならない。

レイアップシステムは5シートフィーダーと単板をカーテンコートまたはスプレーで接着剤を塗布して、レイアップステーションへ移送するコンベアより構成されている。自動レイアップラインは3人で製造可能である。したがって、大変省力的である。この新しいシステムにより、省力化、グルー節約（従来のレイアップの15%以上）およびパネルの品質の向上が認められている。

針葉樹合板製造ラインの価格は、能力300m<sup>3</sup>/月の規模で500-700万US\$, 3500m<sup>3</sup>/月で、1500-2000万US\$程度である。

(文責 京都大学木質科学研究所：川井秀一)

(1995.6.2受理)