

# 第13回木質ボード・木質複合材料 シンポジウム [ I ]

(社)日本木材加工技術協会関西支部

第13回木質ボード・木質複合材料シンポジウムを平成9年3月13日～14日にかけてメルパルク大阪において開催した。ボード製造、機械および接着剤などのメーカーの技術者を中心に、公的研究機関の研究者や関係者が参加、活発な討論がなされた。討論会の題目ならびに講師の各氏は以下のとおりである。

## 第1日 3月13日(木)

パネル討論会 ( I ) 「ボード工業における作業環境の改善」

司会 近畿大学農学部 岡本 忠氏

1) 接着剤のホルムアルデヒド・エミッションの低減技術

(株)ホーネンコーポレーション 山川 廣之介氏

2) イソシアネート系樹脂接着剤の今後の展開

秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所

田村 靖夫氏

3) 最新の木質ボード原料の乾燥技術および環境問題のガイドライン

Babcock BSH / Buttner 社 Ingo Greabe 氏

住友商事(株) 内田 千博氏

## 第2日 3月14日(金)

パネル討論会 ( II ) 「新製品の開発」

司会 京都府立大学農学部 梶田 熙氏

1) 高粱ボードの開発

光洋産業(株) 桑子 延照氏

2) MDF の用途開発

ホクシン(株)技術開発研究所 澤田 紀年氏

パネル討論会 ( III ) 「新しい技術および機械装置・プラント」

司会 京都大学木質科学研究所 川井 秀一氏

1) 木質ボード類の保存処理 (接着剤混入法)

(株)ケミホルツ 伏木 清行氏

2) 木質セメントボードの迅速硬化技術

ニチハ(株) 永富 辯氏

3) 木質ボード用連続プレスの OSB / PB /  
MDF プラントへの導入

Simpelkamp 社 Claude Lovrinovic 氏

住友商事(株) 内田 千博氏

4) MDF / PB プラントおよび装置の最近の発展

Sunds Defibrator Industries 社 Thomas

Olfsson 氏

スズデファイブレータジャパン(株) 片寄 修氏

本稿では、パネル討論会 ( I ) と ( II ) の概要を掲載する。

## パネル討論会 ( I )

「ボード工業における作業環境の改善」

1. 接着剤のホルムアルデヒド・エミッションの低減技術

(株)ホーネンコーポレーション 山川廣之介氏

ホルムアルデヒド (FA) は、接着剤、プラスチック、農薬、消毒・殺菌・防腐剤として広く使われる。動植物、例えば食品中にもかなりの量含まれ (りんご17, 玉葱13, 肉5～20, 干椎茸100

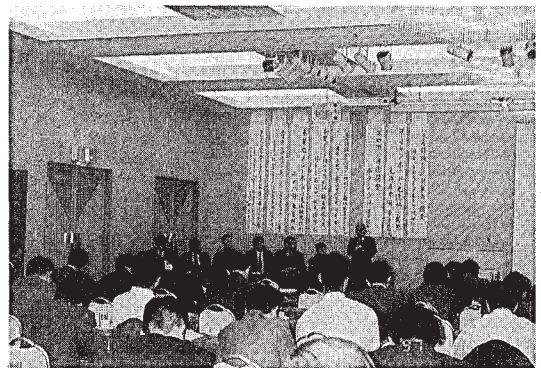


写真1 シンポジウム会場

mg/kgなど), 有機体の燃焼でも生成する(ガソリン燃焼時700mg/l)。血中にも約2.6mg/kg存在する。大気中では酸化して蟻酸となり, 水と炭酸ガスに分解する。残留, 蓄積性はなく, 発生源があっても平衡状態を保ち, 持続的に濃度が上昇し続けることはない。気中FAの人体への影響については, 平均して, 臭気を感じ涙が出る(0.5 ppm), 喉に刺激(5 ppm), 咳が出る(15ppm), 呼吸道の深部に刺激(20ppm~)などの報告がある。急性毒性限界値は経口643mg/kg, 呼吸17 mg/m<sup>3</sup>・30分である。国際癌研究機関(LARC)による発癌性試験は2A(恐らく対人発癌性がある)にランクされるが, 長期間FAに接する職業に従事した2万6千人の疫学的調査では発癌との明確な相関はない。ラット試験で, 14ppmのFAを含む気中に24カ月間曝すという厳しい条件下に置くと, 鼻孔粘膜に扁平癌の発生が認められた。この結果は, 粘膜の損傷と細胞への継続的刺激が発癌に関連することを示す。動物体内では新陳代謝や蛋白質への結合等の防衛力が働くので危険度と濃度との関係は直線的でなく, 低濃度であれば発癌の危険はない。

労働環境の許容濃度基準値は時代とともに低下し, 1970年には日本・米国5 ppm, 英国10ppmであったが, 今日では日本産業衛生学会0.5ppm, 米国産業衛生監督官会議1 ppm(新設の場合0.3 ppm), WHO0.5ppm, スイス0.8ppm, スエーデン0.8ppm, ドイツ1 ppmの値が勧告されている。1970年当時のデシケーター法で10~20mg/lの接着剤を用いた合板製造工場での実測で, 製糊室1.5ppm, スプレッダー1.5ppm, ホットプレス挿入1.0ppm, 仕上げ検査2 ppmのデータがある。現在では適当な換気下でF2合板製造現場でFA濃度が0.5ppmを超えることはほとんどないと推定される。

なお, 樹種によってFA放出量に差があり, 例えば, レッドメランチとイエローメランチの合板ではFA放出量に大差があり, 黄色材は一般的にFA放出量が多い傾向がある。構造的な差があるのではないが, ラジアータパインのボードは, 木材に含まれるホルマリン量が多いのでラワンよりはFA放出量が多い傾向がある。

ボード(PBやMDF)の製造現場では自動化が進み, 作業者が直接接着剤に接触する機会は少ないが, FA発生の機会は合板の場合よりも多く, 適当な換気がないと作業環境が悪化する。製品体積当りの接着剤量は合板よりも多く, プレス温度も高いので多く発生する。MDF工場では, 高温で解繊されたファイバーに接着剤を吹き付け高温ガスで乾燥する工程(ブローイン)で, 接着剤中および木材成分由来のFAが遊離し排出される。

F1の放散量はF1用接着剤の方が当然少ないが, FA接着剤を用いた研究室での測定値(mg/1,000cm<sup>3</sup>製品)によると, 乾燥・フォーミング0.2, ホットプレスで27.7, 冷却2.1であり, 合板ではプレス12.8, 冷却2.9である。これらの値を生産量m<sup>3</sup>/hrに換算すれば, 工場から発生する量が推定される。

除去法としては, 有効な換気とともに水吸収法と燃焼分解法がある。当社では, 吸収法(亜硫酸ソーダまたはカ性ソーダ水溶液)と燃焼法とを併用している。水のみによる吸収でもかなり効率よく除去できる。触媒による酸化分解法はFAの濃度が低いボード工業では効率が悪い。工場でのFA低減法としては, 低FA濃度の接着剤の使用, 換気・吸収(シャワースクラバー)・燃焼による除去無害化, 工程別の除去はやや難しいので集めて除去する方法などが効率的である。

## 2. イソシアネート系樹脂接着剤の今後の展開 秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所

田村 靖夫氏

合板やパーティクルボード(PB)から放散するFAは, 1970年頃世界的に関心が高まり規制が設けられるとともに, 日本やヨーロッパで非FA系木材用接着剤が開発された。 $\alpha$ -オレフィン・無水マレイン酸共重合体や水性高分子イソシアネート系接着剤はその成果である。イソシアネート(IC)系化合物にはTDIとMDIがあるが, 木材用には平衡蒸気圧の低いMDI系を用いる。MDI生産量は年間約200万トン(97年推定で日本は25万トン), その内接着剤用は約8%(1994年)で, 増加の傾向にある。

ICの安全性は, 国際癌研究機関で3(人に対する発癌性の分類ができない)に分類され, FA

より安全である。ラットの吸入毒性 (LC<sub>50</sub>) ではやや危険性が増加 (FA203, MDI は175mg/ℓ) するが、マウスの経口毒性 (LD<sub>50</sub>) ではFAより約50倍毒性が低い。米国産業衛生専門家会議 (ACGIH) による環境許容濃度 (8時間/日, 40時間/週曝されて問題のない濃度) は、FAが0.3ppm, MDIは0.005ppmである。しかし、この値は、ボードバインダーとして使用されるものは分子量の大きいPMDIであり、揮発性が著しく低い点を考慮すると、数字をそのまま安全性の差として受け入れることはできない。

PB製造時の作業環境の安全性は、接着剤調合付近の濃度が許容下限 (0.005ppm) 程度であり、接着剤混合槽やフォーミング付近とともに換気が必要である。なお、その他の作業工程 (仮圧縮、ホットプレス、クーリング装置付近) では検出されていない。PMDI (6%) で接着したPBは、7日間にわたって大気中へのMDIの放散は認められない。MDIで接着したボードの燃焼 (500℃) 時に発生する分解ガスは他の含窒素接着剤と大差なく、低温燃焼時に発生するHCNも他の窒素系接着剤と同等である。

PMDI接着剤を用いたフレイクボード (含脂率5%) のMOR, はく離強度 (IB) および吸水寸法安定性は、UFあるいはPF樹脂ボードよりも優れている。またMDIの反応性はPFより高く、短時間の熱圧で強度が発現する。ボードのIBは、PMDI > UF > PFの順となるが、PMDIの低粘性によるスプレー塗布の均一性の向上、高い浸透性による木材硬度の上昇、水との反応によりCO<sub>2</sub>が発生して体積が増加し接着効率が向上するなどが原因しているとも考えられる。

なお、NCO基が長時間残存するともいわれており、例えば、スギ木口から含浸したMDIについて顕微赤外スペクトルで分析した結果、全乾および気乾いずれの材でも3カ月間室内放置後でもNCOの吸収が認められる。また、湿気硬化型1液タイプのポリウレタン接着剤を用いて常温グボ接合を行い、2日後に引き抜き強度試験をした結果、レゾルシノール樹脂接着剤よりも高い強度を示したが、常温139日放置後の強度は低下した。これは経時的に樹脂の架橋密度が上がり、硬いポ

リマーとなったことが原因しているものとみられ、2日後では完全に反応が終っていない。なお、未反応NCO基の反応の進行によるのか、凝集・結晶化の進行によるのかは不明である。

このように、IC系接着剤は多くの優れた特徴をもつが、問題点として熱板への付着等があり、普及の障害となっている。また、反応機構が複雑であり、不明な点も多い。これらの改善、解決がICの使用量増加につながるであろう。

### 3. 最新の木質ボード原料の乾燥技術および環境問題のガイドライン

Babcock BSH / Buttner 社 Ingo Grebe 氏  
住友商事株式会社 内田 千博氏

火災および爆発に対しての信頼性が高く、処理能力が大きい乾燥システムが開発され (Babcock BSH 社)、市販されている。

チップドライヤー (PB用シングルパスドライヤー) は燃焼効率がよく、スラグ除去等の装置管理が容易な垂直式燃焼チャンバーを採用している。ミキシングチャンバーで燃焼ガスと廃ガスとが混合され、その後S字状のフラッシュチューブへ入り、そこで投入されたチップと出会う。チップ中の金属片や不純物が除かれる。チップは入口温度480℃、出口温度300℃の高温のフラッシュチューブを1~3秒間通過し、ドラムドライヤーに投入され、約25分の滞留でドライヤーから出る。その後チップは高効率サイクロンに入り、ガスと分離され排出される。廃ガスの一部は再循環利用され、それにより燃料費を20~30%削減できる。毎時30~40トンの除水能力をもつプラントの消費熱量は800cal/kgチップである。安全面から、高温のフラッシュチューブ内のチップ滞留時間を短くして火災の危険性を軽減し、事故対策としてフラッシュチューブ内にスパーク検知器を設置している。スパークを検知すると燃焼室の出口部分のシャッターが直ちに閉り、燃焼ガスは別のダクトを抜けて外に排出される、ドラム内の散水システムが作動する。

ファイバーボード用ドライヤーは、PBやOSB用に比べて材料の通過が速いのでドラム式は用いず、フラッシュドライヤーが採用されている。ファイバーをファンによってフラッシュチューブ入

口まで移動させて接着剤を添加，フラッシュチューブで乾燥し，サイクロンに入れる。フラッシュチューブ通過時間は数秒程度であり，含水率は10%以下となる。除水能力は毎時24トンである。

間接加熱型ドライヤーは，ドラム中に水蒸気または熱水を通した細管を多数設け，チップはその管に接触して乾燥される。ドラム入口温度は200℃以下であり，加熱ガスはチップの搬送にのみ使用する。工場の余剰熱源を利用すると消費電力が著しく低減され，廃ガスも約70%低減される。VOCなどの環境汚染物質の排出量はかなり減少し，安全面でも火災の恐れはない。除水能力は毎時20トンである。

環境基準が最も厳しいドイツの粉塵規制は50mg/m<sup>3</sup>以下である。しかし，規制値は密集度合に応じて地域差があり，20mg/m<sup>3</sup>以下が実状である。VOCは1000スメルユニット以下に規制される（1スメルユニットは，清浄空気50%と純粋有機ガス50%の混合物であり，1000スメルユニットはその1000倍希釈の濃度を示す）。換算すると約20mg/m<sup>3</sup>以下となる。現在のドイツの木工関連企業では，全投資額の約10%を環境投資に費やしており，内訳は廃ガス処理82.7，騒音対策10，水処理3.4，ごみ処理3.7%である。米国では，放出有機物質総量（TOC）が規制され，プラント規模に拘らず年間250トン以下が要求される。プラントサイズ等を考慮すると，同様に20mg/m<sup>3</sup>程度となる。これらの規制の解決には，粉塵，木酢ガス（ブルーヘイズ），VOCの対策が必要となり，その方法としては，1：布フィルター，2：湿式集塵機，3：湿式静電集塵機，4：バイオフィルター付き湿式集塵機，5：蓄熱再生方式加熱酸化分解装置（RTO）などがある。1と2は粉塵まで，3はブルーヘイズまで，4と5はVOCまで除去できる。

なお，ドライヤーの安全装置として，ドライヤーを制御する最も重要な点はエア・ロック・プロセスで，空気を入れずに材料のみをシステムに入れる方式である。酸素が最も危険であり，乾燥中の濃度を減らすべきである。普通，ドライヤーのスチーム雰囲気中には酸素はないが，材料の導入に支障があると，水蒸気雰囲気が一部または完全に破れ危険な状態になる。したがって，電気的にも

機械的にも全プロセスを完全に制御する必要がある。その他，インテリジェントな装置であること，危険性のあるときは燃焼室や混合室のような部分を閉じて熱やスパークを防ぎ安全を図ること，間接加熱ドライヤーを使うこと等が挙げられる。

## パネル討論会（Ⅱ）「新製品の開発」

### 1. 高粱ボードの開発

光洋産業(株)

桑子 延照氏

高粱の茎を原料としたボードを高梁ボードといい，中国では光遼板という。高粱の原産国はアフリカあるいはインドとされており，イネ科の一年生の植物である。直径が10～40mm，高さ1.5～4mで品種によって異なり，世界に34,000種ほど存在する。茎にはワックス質に富む非常に硬い表皮があり，内部にはスポンジ状の髓がある。全世界での収穫量は92年で年間7千万トン前後で，その後徐々に収穫量は減っている。収穫直後の茎は緑色であるが，山積みしたり棧積みして2・3カ月乾燥すると含水率が20%以下となって褐色となり，表皮も硬くなる。

高粱ボードの発想は16年前から，研究は10年前から行われ，最近になって中国遼寧省新民市に工場が建設され，96年10月よりボードを生産できるようになった。研究の初期は表皮のみの利用を目指して，表皮の硬い物性を生かした強度のあるボードの生産を試みたが，工程の煩雑さや経済性の点から中止し，現在では自然のままの茎をボード化している。高粱の表皮には竹と同じようにワックス層があり，一般的な接着剤では接着が困難である。そこで水性ビニルウレタンの技術を応用し，ワックス層があっても接着できる配合の接着剤を開発した。このように自然のままの茎を用いてボードを製造した結果，軽量で，表皮の強度をそのまま受け継いだ高い強度を有するボードの生産が可能となり，また蒸気噴射プレスを用いて20mm以上の厚さのものを経済的に製造できるようになった。

高粱ボードの特徴は，製造条件の選択，すなわち，ボード厚さおよび比重により物性をコントロールできることである。ボード厚さはスペーサーを使って茎をどの程度までつぶすかというこ

とで決まり、これによりボード比重もコントロールできる。基本的には合板と同様に直交して積層するが、平行積層を多くしたり、層の構成によって強度もコントロールできる。また、髓の部分にスポンジ状の層が含まれているので大気湿度の変化に対する水分吸収あるいは放出が大きい。欠点としては、スポンジ状の層のために木ネジ保持力が弱いことである。また、木口面に髓の部分が多いため割合が多いので木口処理が問題になる。

高粱の茎を乾燥後、プレスして茎にクラックを入れ、次いでフェノール樹脂の含浸を行う。含脂率（20%）が一定となるようにしぼり工程をいれている。乾燥して一定の含水率としたものをすだれ状に編んで一枚のシートとし、これに接着剤を塗布して合板のように積層して熱圧されたボードとなる。層構成により0.3~0.6まで比重のコントロールが可能である。

高粱ボードの表面に1.8mmのラジアータパインの単板を貼ったものと貼らないものでは、当然前者の強度が大きく、合板に近い値となる。はく離強度は合板の約半分以下で、髓の部分の弱いことによる。また素板の木ネジ保持力はかなり低い。煮沸2時間での厚さ膨張率も合板よりも大きい。OSBよりは小さい。フェノール樹脂の含浸率は性能面から約20%としている。

現在、機械メーカーあるいは関係各社の協力を得てやっと生産体制が整いつつあるという段階である。高粱ボードの用途としては建材をねらっているが、木口のカット面等がデザイン的にも美しいということで表面に木口面を出したボード、ブロックをつくり、装飾的な面やホビー関係などの用途開発も考えている。

なお、製造法などについては、本誌第50巻第8号366-369頁を参考にされたい。

## 2. MDFの用途開発

ホクシン(株)技術開発研究所 澤田 紀年氏

現在世界のMDF工場は180社以上となり、生産能力も1800万 $m^3$ /年を越え、この5年で2倍となった。また、日本国内でも生産能力および輸入量の増加に伴い、需要量は急激に伸びて90年の37万2千 $m^3$ から、95年の72万 $m^3$ で約2倍の伸びとなっている。しかし、木質パネルの供給量のシェア

では、MDFはこの4年間で3.5%から6.8%に増加したが、合板の10%にも満たない。したがって、今後は構造的な面材など大量に使用される用途開発が必要である。

当社でMDFを最初に開発したのは25年前で、当初はPF樹脂でスタートした。しかし、プレス作業が長くて生産性が悪い、できたボードの表面が粗い、ボード密度が高くて重い、吸水寸法安定性が悪いなどの問題があり、現在ではPF樹脂を用いたMDFは生産していない。次いでUF樹脂が開発されたが、この樹脂は生産性がよく、表面が平滑、軽くて強度が高い、切削加工性がよい、安いといった特徴がある。主な用途は家具、住設機器（キャビネットドア、ドア枠、幅木、廻り縁）などの造作用で、主として非構造用に限定されている。ホルムアルデヒドの問題もあるが、最近では、E2あるいはE1グレードが要求されている。

次いで構造用途を目的としたMUF樹脂を開発したが、この場合は生産性がよい、強度が非常に高い、耐水性、耐久性がよい、表面が平滑であるなどの特徴がある。用途としては、窓枠、出窓、住設機器（キッチンキャビネットや洗面化粧台）、耐力壁、フロア、屋外用、主として耐水性の必要とするところおよび構造的な部材である。

さらに最近では、イソシアネート系のMDI樹脂が検討されているが、生産性は並である。特にこの樹脂を用いたボードは耐久性が良好である。またラテックス系接着剤を用いて自由に曲がるフレキシブルボードを開発し、曲面を有する部分に用いるが、柔軟性、面方向の寸法安定性がよいなどの特徴があり、主に家具、円柱の化粧、仏壇の扉、つき板の化粧などに使われ始めている。

現在、MタイプのMDFを床材料および耐力壁としての用途開発研究を行っている。前者はMDF床の曲げ疲労特性を精力的に検討し、歩行や跳躍などの繰り返し荷重によってどのような疲労現象が現れるかを明らかにした。10<sup>6</sup>回の繰り返し荷重に伴うたわみ量は、MDF、合板床ともに4mm以内であり、MDFの床材料としての有効性が示唆された。

また、10年間屋外暴露をした場合のMDFと構

造用1類合板の接着耐久性を検討した結果、MDFは10年間の暴露でもさほど強度は低下しないのに対して、合板の場合は接着層破壊が生じ、表面に亀裂が入り、年を経るごとに徐々に低下することを明らかにしている。ASTM促進劣化試験でもほぼ同様な結果が得られている。

Mタイプの9mmと7mm厚MDFを用いてJIS3号試験体曲げ、面内せん断(LW改良法)、釘側面抵抗、釘頭貫通力、耐水性などの試験を行った。なお、耐水性試験は、常態、飽水、乾湿繰り返し、煮沸の4種の処理を行った。これらの結果

を基にして枠組壁工法(2×4工法)の耐力壁としての個別認定が得られている。なお、壁倍率は各々3.0である。

MDFの耐力壁としての特徴は、様々なサイズの対応が可能で歩留りがよいこと、接着耐久性が優れ、長期間の強度劣化が起こり難いこと、面内せん断が合板の2倍あり、また釘引き抜き耐力が大きいこと、熱伝導率が低いこと、強度のばらつきが小さく安定していることなどである。

(文責：岡本 忠，梶田 熙)

(1997.4.21受理)