

## 第16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16回木質ボード・木質複合材料シンポジウムを平成12年3月9日～10日にかけて京都大学木質科学研究所において開催した。内容は、非木材リグノセルロース系木質ボードに関する特別講演、木質/プラスチック複合材料、木材用接着剤の開発研究に関するレビュー講演、リサイクルおよび環境対策技術、新しい機械装置・プラント・加工技術に関するパネル討論会である。主な講演内容は以下の通り。

第1日目 3月9日

Session I : 特別講演「非木材リグノセルロース系材料を用いた木質ボード」

京都府立大学 梶田 照 氏

農産廃棄物を用いた木質材料は、リグノセルロースボード アグリファイバーベースドマテリアル、アグロベースドマテリアルなど、色々な言い方をされており、統一されていない。農産廃棄物には、次の様なものがある。まず、バガス。これはサトウキビの絞りかすで、世界的に見て大変量が多い。その他、ジュート、黄麻、ヘンプ、亜麻、ケナフ、綿の茎、笹、アシ、穀物のわら、イネ、トウモロコシの茎、ひまわりの茎、種の殻、ピーナッツの殻、ススキなどが文献としては出てくる。

FAO95年の穀物のデータでは、米はアジア、トウモロコシは北米、中国などで多く、ミレット(きび)、ソルガム(モロコシ、コーリヤン)は、アフリカ、インド、アジア等で多い。バガスは北米から南米、アジア、特に、インドで多く、インドでは、建材としての農産廃棄物の利用が盛んである。ケナフは、中国で見ると、これまで衣料用原料として利用していたため、91-93年の統計では大変多かったが、近年では、合成繊維の台頭により、約半分まで低下している。ジュートは、バングラディッシュ、インドに多い。

農産廃棄物を原料とした木質ボード製造の世界

における動きとして、アメリカでは、2000年までに稼働する工場を含めると7社、カナダでも7社がそれぞれ農産廃棄物を原料としてパーティクルボード(PB)を製造している。木質で足りない分を農産廃棄物で補っていくのが世界の流れの様である。チェコ、スロバキア、ポーランド、ルーマニア、ハンガリー、ロシアなどでも農産廃棄物を原料としたボード工場がある。

アメリカで最も多く利用されているのが、バガスである。バガスは表皮とピス(芯部)に分けられるが、外側の繊維が大変良いので、デピッシン



写真1 シンポジウム風景  
シンポジウム初の試みとして、関連企業の製品展示コーナーを設けたところ、好評であった。

グという工程で、ピスを除いて繊維として使っている。キューバでは1987年にバガスを原料とする三つのPB工場が建設されており、1985年には、タイでMDF工場が造られている。

非木材リグノセルロースの特徴として、稲わら、小麦わらでは、表面のワックスが挙げられ、その除去が重要である。また、ケナフ、麻、大麻などは、外側のじんび繊維が大変長い。麻や大麻類なども同様で、これらは、引張強度が木材に比べ非常に大きく、繊維原料としては大変優れている。一方、リグノセルロース物質は、成分として灰分が多い。特にシリカ。これは廃棄の際に燃えにくくする。

農産廃棄物を原料としたボード類の強度について、ANSI（米国規格）の規格と比べながら見てみると、バガスのじんび繊維を用いた比重0.74のボードでは、PBは規格をクリアしているが、FBは曲げ強度、IBが劣る。トウモロコシの茎は、デピッシングを行って髄を除き、接着剤にUF樹脂を用いた場合、PBは規格をクリアしている。しかし、FBは曲げ強度、IBともに規格より劣る。ケナフでは、接着剤にUF樹脂接着剤を用いた場合、PBはANSIの規格値をクリアしているが、ここでも、FBはANSIを満たしていない。このように、PBはいずれも規格値をクリアしているが、FBは規格値をクリアできておらず、その理由については明確でない。

農産廃棄物の有効利用を目指してヨーロッパで行われたプロジェクトの例では、接着剤にPMDIを用いると、小麦、イネ、亜麻、いずれでも良いボードができています。ユリア樹脂を用いる場合は、スチーム処理、アンモニア処理をすると、強度特性が改善されることも報告されている。いら草（多年草）、亜麻の茎、草あし、アブラナ、小麦、短伐期ポプラ、ススキを原料としてボードを製造し、それをスプルーを原料としたボードの値と比べた例があるが、それによると、100%農産廃棄物では十分な性能は得られないが、農産廃棄物をスプルーに20%程度加えると、それなりの性能が得られている。

次に、これまで我々が行ってきた研究例を紹介する。最初に、もみ殻を表層に用いた3層ボード。

これは芯層にスギPBを用い、もみ殻はユリアメラミン樹脂で接着している。もみ殻は表面にシリカを含み、灰分が大変多い点に特色があり、強度、IBは、表層の量、つまり、粉末のもみがらが増えると多少低下する。しかし、厚さ膨脹等はあまり変わらない。もみ殻ボードの特徴は、シリカに起因して耐摩耗性に優れている点である。

次に、ケナフ芯部の比重が0.14と低いことに着目して、低比重ボードの製造を試みた。芯部をリングフレイカーでチップ化して、イソシアネート系接着剤で接着し、比重0.1~0.4のボードを製造した。成型には蒸気噴射プレスおよび通常の熱盤を用いた。比重、強度ともにプレス方法の違いは見られなかったが、蒸気噴射プレスは、厚さ方向の寸法変化が小さく、これはエレメントの可塑性によるのではないと思われる。注目すべきことは吸音率で、10mm厚で、グラスウール20mmと同等の吸音率、60%が得られた。

さらに、ケナフにヘミセルロースが多いことに着目して、含水率を多少高めに設定し、220℃、240℃で10~15分、35kgf/cm<sup>2</sup>で熱圧したところ、接着剤を用いなくとも、吸水厚さ膨脹率が10%程度と大変低いボードが得られた。煮沸2時間でも形が崩れなかった。このボードはノーバインダーなので、ホルムアルデヒドの出ない、健康建材である。バガスでも、熱圧温度を高めれば、接着剤を用いなくてボードを作ることができる。

最後に、農産廃棄物の特徴についてまとめると、まずは季節的変動である。年間を通じて、原料を確保できるか。少量ずつ産出されるものを集めて



写真2 展示会場

来られるかといった問題もある。次に、原料の品質。これが一定しているか。接着は大丈夫か。貯蔵時の腐朽、変質は大丈夫かといった問題もある。これらの問題を解決するには、農産廃棄物を混合代替品として使っていく方向が良いのではないだろうか。

## Session II : レビュー講演 — 開発研究の動き —

### 1. 「木質/プラスチック複合材料の開発研究の動向」

近畿大学農学部 岡本 忠 氏

木質/プラスチック複合材料の開発の背景には、木質材料におけるエンジニアードウッドの開発の経緯としてのエレメントサイズの減少がある。これは、高品質大径木の枯渇、環境保護の高まりにともなう低品位木材原料の活用の道をきりひろくとともに、木材の生長履歴に起因する反り・歪みや節等の不均一性を低減させたが、そこには、マイナスの要素として寸法安定性、耐水性の低下があった。また、VOCの少ない材料が必要とされる社会的要請もあり、これらの課題に対する解決策の一つとして、ポリマーとのブレンドが検討された。

最初に、ポリマーについて簡単に整理する。ポリマーは大きく分けると熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂に分けられる。前者は、硬化すると、一次結合で3次元のネットワークを作るもので、硬化後は軟化しない。一方、熱可塑性樹脂は鎖状ポリマーで、加熱によって軟らかくなって流動性をもつが、冷やすと再び固くなる。このプロセスは可逆的で、何度も繰り返すことができる。これにはポリエチレン、ポリプロピレン、酢ビ等があり、ABS樹脂なども熱可塑性樹脂として使われる。木質/プラスチック複合材料には、熱可塑性樹脂が用いられる。

次に、木材とプラスチックの特性を比較すると、均一性、再現性という面ではプラスチックが優れている。また、プラスチックは吸湿性も少なく、湿度変化に対して安定している。一方、耐熱性は木材が優れており、燃焼の際の発熱がプラスチックに比べ、比較的小さい。弾性率、比強度は木材が大きく、クリープ性はプラスチックの欠点であ

る。さらに、化学安定性、生分解性、経済性でも木材の方が優れているといえる。

木質材料とプラスチックのブレンド複合において、フィラーとして木質を用いることは、1950年ころからすでに注目されている。これは、プラスチックの強度が十分でないため、その強度を補うために行われたもので、もともとは安いので増量剤として使われてきたが、そのうちに、木質が補強にも役立っていることが知られるようになった。このブレンド物は、木材量が50%以下なので、外観はプラスチックである。今日、ここで述べるブレンド材料は、木材の代替として開発され、5年くらい前から市場に出回りだしたもので、木材率を、文献値では70%、産業的には55%あたりまで高めており、耐水性、ホルムアルデヒドが出ない、VOCが少ないなどの点で優れている。また、加熱すると再成型できるといったリサイクル性を持っている。これらの特性は、現在の木質材料に課せられた問題点を解決する一つの選択肢である。

成型方法には、加熱混練方法と空気フォーミング法（ドライフォーミング）がある。加熱混練成型法には、射出成型、押し出し成型、カレンダー成型（シート成型）、プレス成形がある。いずれも二種類のを混ぜておいて成型するもので、これに対して、空気フォーミングでは、繊維の状態混ぜてマットを作っておいてから成型する。

現在は、加熱混練成型法が多く使われている。複合する木質材料としては、針葉樹、広葉樹、いずれも使用され、それ以外に、パルプ、セルロース、種々の植物繊維がある。アスペクト比は1:1か1:2で、この点が木繊維を用いる空気フォーミング法と違う。木粉はどの様なものでもよいが、実用性からは、混合しやすい0.5~5mm程度のものが好ましい。粒度分布、水分率も物性に大きく影響しており、粒度は小さい方がよい。

ほとんどすべての熱可塑性樹脂がプラスチック材料として使用できる。しかし、混練性の点からの限定があり、例えば、射出成型ではメルトインデックスは10程度必要であり、押し出し成型では0.2程度である。したがって、あまり粘度の高いものは使いにくい。一般には、コストの点で、ポリプロピレン（PP）がよく使われる。ポリエチ

レン (PE) は、高密度のPEも使えるが、低密度の方が使いやすい。塩化ビニル, MMA, PETも使われる。ABSはコストは高いが比較的使いやすい。

木質/プラスチック複合材料では、極性の高いものと低いものを混ぜ合わせることで、上手く混ぜるのが技術のポイントである。疎水性のポリマーマトリックスと親水性の木質繊維間の親和性を増して、分散性を向上させるために、分散剤、カップリング剤の添加が行われる。分散剤としては、パラフィンワックス、長鎖カルボン酸、ミネラルオイル、ポリエチレンワックス、また、カップリング剤としては、イソシアネート、シラン、トリアジン類、ジメチロールメラミン、さらにはマレイン酸-プロピレン共重合体 (MAPP) などが知られている。一般に、分散剤よりカップリング剤の方が効果が著しい。例えば、PPでは、MAPPを1.3%添加するだけで破壊形態が異なってくるというように、わずかなMAPPの添加で強度が向上する。

それ以外に、前処理法として、アセチル化などの化学処理で親和性を向上させたり、オゾン処理、フッ素処理、プラズマ処理などにより表面改質する方法も研究されている。つまり、木質材料は疎水化して、また、ポリマーは親水化して、それぞれ混練性を向上させる。

装置としては、混合物を混練後、押し出して、ひも状のものを得、それを冷却してペレット化する方法が一般的である。その際、材料中の木粉の分散が強度に大きく影響を与えるので、その分布の制御が重要になる。また、木粉を加えていくと、流動性が下がる。つまり、同じ速度で射出しようとする、大きな機械のトルクが必要になる。

得られた材料の性能であるが、PPに木粉を20%および60%入れた場合について、合板、OSB、PB、HB、MDFと比べる。MOEは最低レベルではあるが、MORはPB並になる。引張強度は、20%、60%でOSB、PB並になる。硬度は、PB、HBより勝っている。24時間の吸湿試験では、20%は0、60%でもPB、HB、MDFよりも吸湿量が少ない。吸湿によるTSでもプラスチック複合の方が優れている。熱膨張率は、

ポリマーの方が大きいので、合板、OSBとくらべ飛躍的に大きい。これらの点を理解した上で使わなければいけない。

空気フォーミング法は木繊維と熱可塑性繊維を混合後プレスするもので、90%まで木繊維率を上げることができる。しかし、吸水性は増大する。木材率が高まると、吸放湿性などの居住性が向上するため、自動車用内装ボードに用いられる。

最後に、木材とプラスチックがなぜ接着できるのかについて話をします。木材はやや極性物質、プラスチックは主として非極性物質である。これがなぜくっつくのか。イオン結合力は距離の二乗に反比例。これに対して、二次結合力の分散力は距離の6乗に反比例する。つまり、近距離で働く。この様に考えると、プラスチックでは極性の相互作用は期待できないので、成型物の接着力に対する寄与は分散力である。したがって、密着させることで分散力の寄与が出てきて、強度が出てくる。このため比重はだいたい1であり、この重量の問題は、中空の成型品を作ることでカバーしている。

## 2. 「木材用接着剤の開発研究の動向」

筑波大学農林工学系 富田 文一郎 氏

木質ボード用の接着剤ならびに天然系接着剤の開発研究を主眼におき、最近の文献に基づいてその動向を紹介したい。

まず、木質材料の世界における生産の動向であるが、生産量はアメリカが合板を中心に最も多く、日本は木材国と言われる割にあまり多くない。しかし、インドネシア、マレーシア等の合弁会社での生産量を足すとかなり多くなる。中国も、最近、ポプラ等早生樹を上手く使うようになり、生産量が多くなっている。特に、OSBの工場が増えつつある。ヨーロッパは、各国の生産量をすべて足すとアメリカより多い。

アメリカは構造用合板、LVLが主であるが、OSBも最近増えている。カナダはOSBが最も多い。ヨーロッパは、現時点ではOSBはあまり多くなく、内装用パーティクルボード (PB) とMDFの生産が北米に比較して圧倒的に多い。

接着剤生産量はこれらの動向と対応しており、ヨーロッパでは内装用PBが多いので、ユリア系

(UF), メラミンユリア系 (MUF) が多い。また, アミノ樹脂系とフェノール樹脂 (PF) を混合したMUPFが増え, 20万トンも使用されている。また, イソシアネート系接着剤の使用量は約2.2万トンで, これは主にOSBとPBのコアに用いられている。

北米では, 合板, OSBにフェノール樹脂を使うので, フェノール樹脂の生産が多い。OSBの生産に約32万トンの接着剤 (固形分) が使われているが, その内訳は, 液状フェノール樹脂が18.8万トン, 粉体フェノール樹脂が8.7万トン, イソシアネート系 (PMDI) が4.6万トンである。

日本では, 合板の国内生産は落ち込み, 輸入が増えてきている。しかし, 国内生産の針葉樹合板は今後もさらに増えていくと思われ, それに関連して, フェノール樹脂の利用量も増えると考えられる。LVL, 内装用集成材はあまり伸びていないが, 構造用集成材は急激に伸びており, これは今後も増えるであろう。それに用いられる接着剤としてのレゾルシノールであるが, 推定では, 1000~1300トン程度が現時点での日本での使用量だと思ふ。ユリア樹脂系は, 多いときは年間40万トン以上使われていたが, この一年で, 7~8万トン減少した。おそらく, VOCの関係と思われる。現在は, 22~23万トンである。一方, メラミン樹脂系は全アミノ系樹脂接着剤の1/4~1/3程度で, 10万トン/年の水準を維持している。

次に, 各接着剤について個別に開発動向を紹介する。

**フェノール樹脂系接着剤:** 速硬化性に関する要求が強く, 種々の改良が行われている。固形分を60%まで高めたものは, プレスタイムを半分まで短縮してもボード性能を維持できる。硬化促進剤として, プロピレンカーボネート, 炭酸ナトリウムなどが使われており, プロピレンカーボネートにおいて最も高い硬化促進効果が認められている。その機構はあまり明らかでないが, DSCを用いた研究から, 潜在的自動触媒効果によるものとする考えがある。さらに, 硬化促進については, 2液型タイプの研究やPFとアセトンホルムアルデヒド樹脂の混合の研究などがある。また, 天然系成分を使ったものとして, フェノール樹脂に単離大豆

タンパクを混合すると性能が良くなるといった研究や界面活性剤的にアマニ油を用いるという研究もある。レゾルシノール系ではヒドロキシメチルレゾルシノールがカップリング剤として有効であると報告されている。このカップリング剤は, CCA処理材のボード化に有効である。

**アミノ樹脂系接着剤:** 研究の世界的動向は, ホルムアルデヒド放散の低減とMDFの性能向上である。ラバーウッドについて, 特別に開発したMUF共縮合タイプを用いることで放散ホルムアルデヒド量を低下できることが報告されている。また, 耐湿性MDFの製造に関して, メラミンの添加量を変化させてMUFを合成し, その性能をPMFと比較した結果, 同等の性能を得るにはMUFの方が経済的で, とくにホルムアルデヒドの低減に有効であるとの報告もある。UFを用いたボード製造で, チップをホウ酸やboraxで処理しておく, IBが40~70%も増大することが報告されている。

放散ホルムアルデヒドのキャッチャーについては接着剤の中に入れて, 被着材の処理, 後処理が重要で, 吸着にはカテキン, チャコールも有用である。表面処理では酸化チタンが注目されているが, 木材にダメージを与えずにホルムアルデヒドを分解するのが難しい。なお, 合板について表面と端面からの放散を比較したところ, 端面から出てくる部分が圧倒的に多いことがわかった。

**イソシアネート系接着剤:** PMDIでは, 塗布機において小麦粉, デンプン等の粉体と混ぜて使う方法が開発されている。また, 有機金属触媒を入れると効果速度が速くなることが報告されている。API (水性高分子イソシアネート系接着剤) では合板に使用できる技術が完成した。ここでは多段プレスでテフロン加工して使用している。イソシアネート・ポリウレタン接着剤について, NCO基含量が10%以上ないと, 十分なボード性能が得られないとの報告がある。また, 農産廃棄物等のバイオマス資源から得られるフルフラールを骨格に持つイソシアネート系接着剤が開発されており, これは従来のイソシアネート系接着剤と同じようにボードに使える。

**アグロファイバーの接着:** 農産廃棄物は接着剤

の観点からは、シリカ、ヘミセルロースが多い点が問題となるが、PMDIを使えば大体接着できる。一方、ホルムアルデヒド系接着剤を用いるときは、化学処理、爆砕処理等が必要である。アシ、小麦わらについて、エポキシシラン、アミノ系シラン等のシランカップリング剤を被着材に合わせ選択して使うことで、IB、寸法安定性を向上できるとの報告がある。木材繊維とトウモロコシの茎、switchgrassを原料に、大豆タンパクとPFの混合接着剤を用いて製造した湿式、乾式のHB、MDFボードについて、その性能がUFの結果と比較されている。

天然物の接着への応用では、リグノスルホン酸とフェノール樹脂を共縮合させた接着剤が研究されている。ヨーロッパでは、タンニン樹脂接着剤の研究が多く行われており、OSBでヨーロッパ規格のマリンクラスまで作られている。タンニン

接着剤は、PB、MDF等へも応用されつつある。大豆の接着剤への応用研究も種々行われているが、大豆カゼインは、1kgあたり200円、大豆単離タンパクは780円とPF、UFに比べて圧倒的に高い。また、我々は、最近、液化木材で、木材率を40%まで上げた接着剤を合成している。

最後に：これまで高性能、高耐久の観点から接着剤の開発を行ってきたが、今後は、接着剤原料の優位性、加工の際の環境問題、硬化のエネルギー、労働環境、室内環境、リサイクルユースが可能か、廃棄はどうかといったことに関するLCA的評価の研究が重要である。接着剤については、環境的側面を考慮し、さらに耐久性と強度との重み付けをどうするか。こういったことが将来必要になる。

(文責：京都大学木質科学研究所 矢野浩之)

新刊書紹介

## HANDBOOK OF SOME SARAWAK TIMBERS

Forest Department Sarawak  
Kuching, Sarawak, Malaysia  
1999  
A 6版, 126頁

サラワク州森林局から、同州で産する主要な60商業樹種(59広葉樹, 1針葉樹)についてユーザーのためのハンドブックが出版された。TRTTC(木材研究・訓練センター)のデータが公開されている。手許にある類書をひも解いても見出せない樹種も多数あり大変貴重な情報である。木材貿易・木材工業関係者はもとより木材研究者にとっても重要な文献として見逃すことは出来ない。

A 6版と版は小さいが1樹種について見開き2頁を使い一定のフォーマットで下記の項目が記載されている。

材面のカラー写真, 取引名, 一般名, その他の名前, 学名, 属名, 材色, 木理の性質, 材面の特徴, 容積密度数, 12%, 18%含水率時の密度の値。肉眼的, または10倍のルーペによってできる識別拠点。無欠点小試験体による曲げヤング係数, 曲げ強度, 縦圧縮強度, セン断強度, 硬さの生材時と気乾時(18%含水率)の平均値と標準偏差。乾燥の容易さ割れのあらわれかた, 生材から12%, 気乾状態までの半径方向, 接線方向の収縮率, TRTTC推奨乾燥スケジュール。わが国の森林総合研究所方式の乾燥スケジュールも17樹種については併記している。耐久性能, 防腐処理の容易さ, 防虫, 防蟻性能。製材, 表面切削, 穴あけ, ろくろ, 釘打ちの容易さ, ステイン仕上げおよび表面研磨仕上げについて記載し, 最後に現在の用途あるいは可能性のある用途に関しての記載がなされている。

このハンドブックの入手方法: 直接下記に申し込む。

値段: 一冊当たり40米ドル。

Timber Research and Technical Training Centre  
Forest Department  
10 Km, Old Airport Road  
Kota Sentosa, 93660 Kuching, Sarawak, Malaysia  
Fax: +60-82-612490 Tel: +60-82-612211

(森林総合研究所 木材利用部 中井孝)

