

第20回木質ボード・木質複合材料シンポジウム 第6回木質プラスチック複合体研究会公開講演会 (社)日本木材加工技術協会関西支部

澤田 豊*

第20回木質ボード・木質複合材料シンポジウムならびに第6回木質プラスチック複合体研究会公開講演会を、関西支部の主催により平成16年3月18日、19日の2日間にわたって京都大学木質科学研究所（現京都大学生存圏研究所）において開催した。初日午後は木質プラスチック複合体に関する3件の講演が行われた。初日の講演終了後には第20回の記念として、「木質ボードシンポジウム特別功労賞」授賞式が行われ、本シンポジウムの創設に貢献された故浜田良三氏、海堀寅一氏、佐々木光氏の3氏に賞状と記念品が授与された。2日目は午前中に新材料・新技術に関する3件の講演が、午後は第20回の特別企画として「21世紀の材料開発の方向を探る」と題し3件の講演が行われた。また、会場に隣接する部屋では関西支部企業の新製品や講演に関するサンプルの展示が行われ、多くの人で賑わっていた。各講演の主な内容を以下にまとめる。

(文責：澤田豊（京都大学大学院農学研究科）)

1. セッションI 木質プラスチック複合体 (3月18日午後)

1.1 デンプン添加新規高木質含量プラスチック複合体の製造

Fasalex社 Harald Zodi氏
オーストリアに本拠地のあるFasalex社は、新進のベンチャー企業である。“Fasalex”は社名であるとともにプロセスの商標でもある。2004年現在、売り上げ130万ユーロ（約1.7億円）、年間のコンパウンド製造能力3000トンである。Cincinnati Extrusion社の押出成形機を設置し、ペレットから様々な異形成品までの生産を行っ

ている。顧客に応じたプロセスや製品を提供することにより、初期投資コストの低減を可能としている。押出成形による製品コストは1ユーロ/kgとしている。

Fasalex社の販売しているコンパウンドの特徴は木質原料とともにデンプンを含有していることにある。顧客が手持ちの木質原料やデンプンを添加して製品化（直接成形、コンパウンド化）できる“One-Pack”と言う製品もある。これらの利用に当たっては、特別なライセンス料は発生しない。Fasalex社のシステムでは、木質含量は80%以上が可能で、デンプンは木質の水分を活用して可塑剤および水保持剤として作用し、従来のPP系木質プラスチックと比較して高い平衡含水率状態（8～12%）になり、吸湿性が低く押出成形後の形状安定性が高い特徴がある。

コンパウンドの押出速度については、シングルストランドで6m/分である。Y-ブロックを用いたダブルストランドも可能である。小型単純形状では4本取りも出来る。水分が均一分散しているため高生産性で、吐出量は400kg/時間、1.5mmの薄い製品から750mm幅の製品まで可能である。また、共押出も可能である。

“One-Pack”では、手持ちの木質およびデンプン原料を時間当たり500kg利用出来る。直接成形も可能である。シングルストランドでは4m/分、単純形状ではダブルストランドも可能である。吐出量は300kg/時間、2.5mmの薄い製品から500mm幅の製品が可能である。

コンパウンドの種類：LEX452（70%木質，20%デンプン，10%接着性樹脂+添加剤，水性塗料，ポリオレフィン・ウレタンによるラミネート，ドア枠，家具，床材），LEX468（75%木質，10%デンプン，15%PP+添加剤，窓レール，工業製品），

* 京都大学大学院農学研究科

LEX382 (70%木質, 30%デンプン+添加剤, 生分解性, 額, 工業製品)

1.2 押出成形木材製造技術の最近の進歩

Cincinnati Extrusion 社 Erik Sehnal 氏
オーストリア・ウィーンに本拠地を置く Cincinnati Extrusion 社は、パイプ、成形品、シート等の押出成形分野で躍進している。目的別に5種類の押出成形機を開発している。木質プラスチック(WPC)専用としては2軸コンカル型スクリュウのFiberexTがある。現在、世界で80台が稼働している。

WPCの成形技術としては大きく分けて、(A)直接成形技術、(B)70~90%木質高含有成形技術、(C)50~60%木質中含量成形技術、(D)複合成形・複雑形状成形技術がある。(A)直接成形技術では、原材料の計量後に滞留させることなくスクリュウ部分に供給するシステムにより、形状、サイズあるいは比重が異なる木粉と樹脂ペレットを同時に投入しても、お互いが分離することなく、連続的に成形可能である。長所として、ワンステップ成形、コスト削減、手元原料の利用、木質繊維への低ダメージ等がある。短所はシステムが複雑でありハンドリングに難点がある点や原料木粉の影響が大きく流動特性により製品が限定されるなどがある。(B)木質高含有成形技術(組成:70~90%木質, PPまたはLEX452-468)では、対象製品はインテリア用途や家具等でラミネート加工や塗装が可能である。ラインスピード3~5m/分、吐出量500kg/時間である。高充填を可能にするためにスクリュウ形状やベント、フィーダーを新たに設計している。新システムとして、真空系を用いた水冷システムを備えている。(C)木質中含量(組成:50~60%木質, ポリオレフィンベース)。エクステリア用途としてデッキ、羽目板、園芸用品、インテリア用途としてドアや家具(ラミネート・化粧なし)がある。原料には、低水分含量のコンパウンドやアグロメレートを用いる。ラインスピード1.5~3m/分、吐出量400kg/時間である。スクリュウは50~60%木質含有用の専用設計である。溶融体の性質が製品の品質や特性に大きく影響する。金型耐圧は350気圧。真空・水冷システムを用いることにより、成形後

のひび割れや剥離が低減でき、非対称形製品の成形も可能である。(D)複合成形・複雑形状成形技術では、従来の木質-PVC系でのPVCとの共押出以外に、木質-PP系での共押出が可能となった。種々の形状や2mm厚の製品成形が可能であり、また真空金型による発泡成形により軽量化と釘打ち性も向上している。

1.3 米国における木質プラスチックの工業規格

ワシントン州立大学 Robert J. Tichy 氏

この10年間、米国では建築分野における木質プラスチック(WPC)の利用が急速に広まり、WPC市場は毎年100%以上の成長率にある。これらの大部分は、デスクボードや柵などのエクステリア用材であり、その耐久性やメンテナンスフリー性が消費者に認められた結果と考えられる。

WPCの普及には、米国の建築基準法におけるWPCの位置づけが大きく影響している。長い歴史を持つ建築基準法は、公共の安全、健康、快適性の保護を目的とし、建築時の最低限の規格を提供するものとして民間主導で発展してきた。その基本基準は、ASTMやANSIのような国家規格に基づいている。

米国における建築基準法は新製品や新技術に対応して常に更新されている。製品の製造や使用条件は様々であるが、建築基準法では最も単純な使用状況での一般的指針を示すに過ぎず、あらゆる場面での製品性能を保証するものではない。性能保証は、製品規格によってなされており、米国では、多くの団体から多種多様な製品規格が公表されている。規格策定は年間10億ドルのビックビジネスとなっている。歴史的に製品規格は工業界の自主規格として発展してきたが、基となっているASTMは、工業界、政府、専門家および消費者の代表からなる組織によって作成された真の統一見解を基盤とした基準であり、広く技術的再調査が保証されている。製品やシステムの性能評価の基となっているのは製品評価基準である。製品評価基準では工業デザインの評価や近年の製品性能を基盤とする建築基準法への適合が重要となっている。

現在、WPC製品の最も大きな用途であるデッキボードと柵についてはICC ESによる暫定承認

基準により扱われている。様々な原料から製造され、これまでにない特性を持つ WPC に合わせてこれらの基準は改良され続けている。製品基準は気候等の条件により国によって異なる場合があるが、世界共通の基本的製品評価基準は必要である。

WPC 製品はデッキや柵などの構造材以外に、成形品等工業材料として発展しており、建築基準や製品評価基準に取り入れられることにより、市場での更なる発展が期待できる。

(文責：遠藤貴士 (産業技術総合研究所))

2. セッションⅡ 新材料・新技術 (3月19日午前)

2.1 スギ樹皮の利用：ボード化とバイオマスエネルギー

アキモクボード(株) 赤塚康男氏

(1) スギ樹皮ボード

秋田県におけるスギ素材の生産量は年間約80万 m^3 、発生する樹皮は10%として8万 m^3 、2.4トンと推定されている。

平成7年、能代市に秋田県立大学木材高度加工研究所(木高研)が開設され、田村教授を中心にスギ樹皮の基礎研究が進められていた。平成9年、木高研とスギ樹皮ボードの共同開発をスタートし、樹皮原料の集荷ルートもある新秋木工業(株)のパーティクルボード工場の生産設備を使い、低密度の厚物ボードの製造実験を行った。

当初は厚さ100mm、密度0.3~0.4g/cm³で設計したが、実験の結果、原料の特性、設備の制約などから厚さは約50mm以下、密度0.5~0.6g/cm³で試作した。樹皮はハンマーミルで前破碎したものをリングフレイカーにかけたが、詰まって破碎できず、再度ハンマーミルで処理してボード原料とした。後工程もスギ樹皮は嵩密度が小さく、また、細くなりすぎるためラインに適應せず、結局は人海戦術による製造となった。接着剤はイソシアネートを使用した。

試作したボードは中学校の掲示板、天井材、歩道敷に試用。木高研で各種用途開発を進めており、腐朽菌、シロアリの害を受けにくい、臭気、アンモニア、ホルムアルデヒドなどをよく吸着する、燃えにくいなどの特徴が明らかにされてきた。

その後、建設会社や設計事務所からの提言もあって断熱材への展開を試みることになり、同社の湿式繊維板の生産設備を使用して、パルプにスギ樹皮を混入し、接着剤にコーンスターチを使用したインシュレーションボードを開発し、「フォレストボード」の名前で販売している。断熱性はグラスウールとほぼ同等、熱容量は30倍以上である。価格は今のところ同重量で3倍程度になるが、自然素材としての需要に期待している。

(2) 木質バイオマス発電

従来から、木材を扱う工場は何らかの形で廃木材をエネルギー源として使ってきたが廃棄物処理に関する法律の改正、電気小売事業者への新エネルギー等から得られる電気の利用の義務付け(RPS制度)、林野庁やNEDOの助成などによってバイオマス発電事業がクローズアップされ、協同組合を設立してこの事業に取り組んだ。総事業費14.43億円、7割弱が林野庁、秋田県、能代市からの補助金である。現状では発電コストが売電する場合の価格の1.5倍になっている。現在、社会的な動きとしては木質系廃材のエネルギー利用が注目されているが、木材業界の立場から言えばまず材料として利用し、使えないものをエネルギー利用するのが本来の姿と考える。

2.2 アカシア樹皮タンニンの利用

越井木材工業(株) 本馬洋子氏

アカシアマンギウム(A. mangium)は東南アジア一帯で大量に植林され、素材、パルプ用チップなどとして利用されている。樹皮は一部熱源用以外はほとんどが廃棄され、処理が問題となっている。この樹皮には重量割合で約40%の縮合型タンニンが含まれ、粉碎によって60%以上のタンニンを含む微粉が50%の高い収率で得られ、メタノール抽出物は50%、pHは6.5であった。この縮合型タンニンはレゾルシノールと類似しており、ホルムアルデヒドと反応して高分子化する。反応性はカテキンよりやや大きい。樹皮は伐採時には容易に剥皮、回収することができる。

このアカシア樹皮粉末をフェノール樹脂接着剤固形分に対して12.5部添加して合板を製造し、製造時の熱圧条件、製品の性能に与える添加効果を評価した。

まず、3プライ合板を試作し、性能を維持してプレス温度を約10℃下げ得ることが分かった。次に、宮崎県産のスギ単板（厚さ3.2mm、密度0.36g/cm³、含水率7.5%）を用いて11プライ、厚さ35.2mm、大きさ1000×1000mmの合板を製造した。接着剤の塗布量は210~230g/m²、熱圧温度は130℃、プレス圧力は0.5、0.7、1.0MPaの3水準とした。接着剤はpH11.8（25℃）、密度1.20g/cm³（25℃）、ゲル化時間12分（130℃）、不揮発分44%（135℃/1h）で、ロール適性、塗布適性は良好であった。樹皮粉末を添加した接着剤は熱圧時の温度上昇が早いことが確認され、熱圧条件は0.5~0.7MPa、130℃、15~20分とした。

製造した合板の接着力試験時の木破率は減圧加圧処理、72時間連続煮沸処理ともに樹皮粉末を添加したものはほぼ100%、無添加のものが10%以下であった。曲げ強さ、曲げヤング係数は添加の影響は見られなかった。

デシケーター法によるホルムアルデヒド放散量はスギ単板が0.05mg/l、無添加が0.14、添加が0.10と効果が見とめられた。

イエローメランティ、ラーチを用いた量産テストでも熱圧時間を短縮、温度を下げる事が可能であり、仮接着もよく、製品からの滲み出しの解消など作業性、品質が良好での効果を得ている。

2.3 メカニカルブレンダーによる MDF 最新グルーイング技術

(株)兼松 KGK 加藤正人氏

MDF 製造における接着剤塗布は、古くは、乾燥したファイバーに接着剤を塗布するブレンダー方式であったが塗布ムラ、レジンスポット、メンテナンスに手間がかかることなどから、近年はブローライン方式が一般的である。この方式は原料の繊維に接着剤を塗布した後、100~140℃の熱風で乾燥する方法で、圧力容器内で解繊された湿潤繊維が大気に開放されるときに熱風で搬送しながら接着剤を塗布し、分散、乾燥するため、均一な塗布ができるとされている。しかし、熱による接着剤の前硬化と排気中に接着剤が逃げ出すことで接着剤のロスが3割を超えるとされている。旧式ブレンダーの欠点を補いながら、このロスを低減する方式として開発されたのがここに紹介する

メカニカルブレンダーである。

現在、メカニカルブレンダーは世界で6工場稼働しており、いずれもブレンダー方式の工場に追加して設置され、併用されている。接着剤の配合設備も別になっており、必要に応じて異なった配合、濃度、温度の接着剤を併用することも可能である。それぞれの接着剤の仕様は個々の工場で異なるが、例えば、ブローラインでは30~40℃、濃度約30%、メカニカルブレンダーでは約20℃、45~50%である。

ドライヤーを出たファイバーはベルトスケールを通過して横置きした円筒形のブレンダーの端部に入り、重量に応じた量の接着剤がエアスプレーで吹き付けられ、温風でブレンダー内へ吹き込まれ、回転するパドルで攪拌、排出され、フォーマーへ送られる。ブレンダー周辺は温度管理され、搬送パイプ内は気流調整でファイバーの付着を防いでいる。ブローラインにブレンダーを併設したブラジル、タフィーサ MDF 工場での実績によるとブローライン単独時に比べて1:1で使用した場合、品質を維持した上で接着剤を30~40%節約できている。ブレンダー割合を上げて単独使用すればほぼ半減することも可能とされている。

(文責：木谷良明 (永大産業株式会社))

3. セッションⅢ 特別企画「21世紀の材料開発の方向を探る」(3月19日午後)

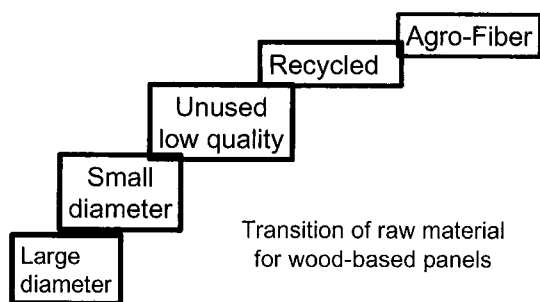
3.1 木質ボードのこれまでの発展と展望

静岡大学農学部 鈴木滋彦氏

本講演では、木質ボードのこれまでの変化を生産量と原料の視点から概観したい。木質パネルの生産状況は、とくに原料を中心に大きく変化してきた。1980年代前半、国内の木質パネルの需要は1000万 m³程度で、合板が800万 m³、パーティクルボードと繊維板がそれぞれ100万 m³となっていた。当時の木質パネルの世界総生産は1億 m³なので、その1割を日本が消費していたことになる。その後、木質パネルの総生産量はほぼ直線的に増加してきており、現在は2億 m³に近づこうとしている。中でもアジアの変化が著しく、1965年当時、500万 m³で世界の1割にすぎなかったものが、今や5000万 m³を超え、世界の1/3を占

めるに至っている。

パネル生産量の増加と優良な資源の減少の両者が相まって、第1図に示すように木質パネルの原料は優良大径材から中小径材、未利用材へと変化してきた。未利用低質材の次にはリサイクル材や農産廃材由来のリグノセルロースが原料として加わってくる可能性が高い。さらに、アグロファイバーは次の原料として期待が高まっている。生産量の増加が続く限り、そこでは新たな原料の模索が行われ、新しい原料を使いこなすためには、関連した技術的課題が発生する。今後は、均一で大量な原料に対応する技術に加えて、小規模で多様な原料に対応することが求められる様になるのではないと思われる。



第1図 木質パネル原料の推移

マット成型タイプの木質パネルとして、MDF、パーティクルボード、OSBに着目する。北米ではOSBの製造能力が急増している。OSBは1982年に登場し、20年間で2000万m³を生産するに至った。これは、急増よりも爆発と言った方がよいかもしれない。欧州は圧倒的にパーティクルボードが多く、それを追う形でMDFが成長し、最近になってOSBが伸びてきている。北米、欧州といったいわゆるパーティクルボード先進地域では、単段式ホットプレスよりも多段式ホットプレスや連続プレスが多いことが特徴である。とくに、連続プレスは生産能力を飛躍的に増大させ、将来は、パーティクルボードの生産能力は50万m³が標準になるのではないかとの声もある。

木質パネルの研究については、軸材料、面材料共に、原料となる木質資源の質の変化と対応してエレメントのサイズが小さくなってきた。また、木質エレメントのみを用いた強化方法に加えて、無機質との複合化、あるいは化学修飾やプラスチッ

クとの複合化などの研究が精力的に行われている。また、プレス時の挙動解明も重要な研究である。

(誌面の関係で、演者の研究を中心に紹介した「建設リサイクルの中のボード」、「解体材を用いたボードの可能性」は省略する。)

3.2 木質プラスチック複合体への展開

近畿大学農学部 岡本忠氏

木質プラスチック複合体は、「資源・環境」という視点に立つと、木材のリユース、リサイクルによる木質材料の利用期間の延長、端材、低品位材、草本類等未利用資源の利用といった点から重要である。「性能・技術」の点から考察すると、木質材料の成型には従来から圧縮成型法が使われ、押出成型や射出成型は木材とは無縁のものとの印象が強かったが、21世紀に入り、熱可塑性樹脂、すなわちプラスチックを糊剤に用いて、従来の木質系材料に匹敵する木質系原料と糊剤の比率で押出成型する技術が開発され、新しい展開が見られようとしている。廃棄される諸材料の処理という環境ベースから生まれたニーズの大きさを考慮するとき、新しい産業発展の潜在的可能性は大きい。

「産業・経済」の視点に立つと、この木質系材料とプラスチックからなる成型材料は、大規模プラント産業としての発展も期待出来るが、初期投資が比較的小さいので、小規模の従来のプラスチック成型業がもつ事業形態が発展する可能性も大きい。

木質プラスチック複合体の材料としての位置づけであるが、プラスチックは疎水性が強く、木質材料は親水性が強い。さらに、両者は、熱膨張性と湿潤膨潤性、柔軟性と硬さ、耐水性と生分解性など、多くの相反する性質を有している。複合体では、一般的に量的に多くを占める成分の性質が優先し、成分の比率に応じて広く性質を変えることが出来るが、本複合体の場合も、疎水性から親水性へ、表面柔軟性に富むものから硬度に富むものへと、広く任意の物性を与えられる。

木質プラスチック複合体の製造形態は、木質系材料の含有率が30%未満の低木質含量複合体は、現行のプラスチック押出・射出成型ラインで採用されているコンパウンド業者を経由するルートが中心となっている。このルートは小規模生産にも

適する。一方、高木質含量複合体は、原材料を自前で混合して成型する製造形態が多くなると考えられる。この形態は大規模製造形態に適する。小規模生産での高付加価値製品への展開を進めることにより、プラスチックに置き換えられた木質材料製品のシェアの約 1/3 を逆に木質プラスチック複合体で代替できるのではないだろうか。

製造レベルでの課題は、原材料については、木質系材料、プラスチック糊剤、添加剤、表面処理剤それぞれに、また、製造装置についても、前混合装置、押出成型機、押出成型器の金型、後処理装置それぞれにあるが、今後、木質複合プラスチックが飛躍的発展を見るための重要な課題は、これらの材料および装置に対応した、ベンチスケール試験法の確立（成型条件設定のための予備試験を迅速簡便に行う方法）である。

産業の状況としては、米国が著しく先行しており、ヨーロッパおよび日本ははるかに遅れている。現行の用途分類を見ると、米国では屋外用途が95%であるのに対し、ヨーロッパは75%が屋内用途である。日本もヨーロッパに近い数字になると思われる。この新しい材料が産業の中で確かな位置を占めることは世界中で確認され始めており、日本市場もターニングポイントにさしかかっていると感じられる。

3.3 セルロースマイクロフィブリル材料の可能性 —地上で最も豊富なナノファイバーを用いたナノコンポジット—

京都大学生存圏研究所 矢野浩之氏

セルロースマイクロフィブリルは、伸びきり鎖結晶からなる幅 4 nm のバイオナノファイバーである。すべての植物細胞壁の基本骨格で、その弾性率、強度はそれぞれ140GPa および 3 GPa に達する。このことから、われわれは、セルロースマイクロフィブリルを基本構成要素としたナノコンポジットについて研究を進めている。本講演では、現在進めている材料開発の中から、マイクロフィブリル化繊維をエレメントとした高強度材料について紹

介する。

マイクロフィブリル化繊維 (MFC) は、パルプをマイクロフィブリルのオーダーまで解繊したもので、解繊が主にせん断力と圧力差により進められるため、伸びきり鎖の束が連続して形成するナノレベルでの「クモの巣状ネットワーク」が特徴である。フェノール樹脂をバインダーに用いた MFC 成型物は、ヤング率は比較的用いたパルプ成型物のそれとほぼ等しいが、破壊までのひずみが飛躍的に増大し、その結果、曲げヤング率は20 GPa に、曲げ強度は400MPa 近くにまで達する。これは、チョップドファイバーの GFRP、ポリカーボネートの 3~5 倍のヤング率、強度で、鋼鉄や携帯電話やノート型パソコンの躯体等に使用されているマグネシウム合金に匹敵する強度である。

さらに、接着剤を用いなくて、MFC のみで成形材料を製造しても、成型物の曲げヤング率は16 GPa に、曲げ強度は250MPa に達する。マイクロフィブリルのオーダー近くにまで解繊されたパルプ繊維同士が、クモの巣状のネットワーク構造を保ちながら水分除去されることで、多数の点において水素結合が形成され、接着剤等を添加しなくても繊維間に強い相互作用が働くようになるためと考えられる。酸化デンプンを添加した成型物や熱可塑性を付与するために生分解性の熱可塑性樹脂 (ポリ乳酸) と複合した成型物においても高い曲げヤング率、曲げ強度が得られる。

セルロースマイクロフィブリルは、植物資源の約 5 割を占める高強度ナノファイバーであり、それを基材とした高機能・高性能のナノコンポジットは、人類の未来に大きく貢献する可能性を秘めている。これまでに蓄積された木材科学、セルロース科学を、この地上で最も豊富なナノファイバーに注げば、木材産業、紙・パルプ産業、リグノケミカル産業に次ぐ第 4 の木質系新産業が開拓されると考えている。

(文責：矢野浩之 (京都大学生存圏研究所))

(2004. 5. 6 受理)