

第18回木質ボード・木質複合材料シンポジウム 第2回木質プラスチック複合体研究会(1)

(社)日本木材加工技術協会関西支部

第18回木質ボード・木質複合材料シンポジウム
ならびに第2回木質プラスチック複合体研究会を、
関西支部の主催により、平成14年3月7日、8日
の二日間にわたり京都大学木質科学研究所におい
て開催した。初日は木質プラスチック複合体に関
する講演を3件、二日目は午前中に木質住環境に
おける新技術についての講演を3件、また、午後
から機械装置・プラントに関する講演を3件それ
ぞれ行った。講演会場に隣接する部屋に、展示コ
ーナーが設けられ、木質プラスチック複合体のサ
ンプルや木質複合材料における最近の商品等につ
いて9社から出展があり、休憩時間あるいは昼食
時に多くの人で賑わった。

主な講演内容は以下の通り。

第1日目 3月7日

Session I：木質プラスチック複合体

1. ストランデックス合成木材の特性と用途

永大化工(株) 榊 勝徳氏

講演者の属する永大化工(株)は1949年大阪にその
前身が設立されたプラスチックの異形押し成形品
の製造及び販売も業務の一つとしている会社であ
る。1998年3月米国法人ストランデックス社と
技術実施許諾独占契約を締結し、同社の50年の経
験を加味した製法でストランデックス合成木材を
製造している。

ストランデックス合成木材は、廃木材から作ら
れた木粉と熱可塑性プラスチックを主原料とし混
練混合したものを押し出し成形により製造した材料
で、木材資源の有効利用ひいては、自然環境の保
護も考えた商品である。木粉の他にふすま、トウ
モロコシの芯、ピーナツ殻、コーヒーかす、ケ
ナフなどこれまで焼却されていたものをリサイク
ル材として有効利用できるが、価格面からは木粉

が最も良いという結論が出ているという。それも
国内で調達(100円/kg)するより、米国から木粉
(現地で30円/kg, 日本に運んでも45円/kg)を購
入した方が安価であるという奇妙なことが起こっ
ているということで、この点には日本の人件費の
高さが関係しているという。

その際の木粉含有量は70%まで高めることがで
きるが、強度との関係で現在は51~60%が主流と
なっている。木粉については製材工場の木屑や木
工所の切削クズを微粉碎したもの、あるいは、木
工所などで研磨時に出る集塵粉をふるいにかけた
ものを乾燥して使用している。熱可塑性プラスチ
ックとしては主として廃プラスチックが用いられ
ているが、ユーザーの要望に合わせて高密度ポリ
エチレン、ポリプロピレン、ABSなど、更には
特別な要望がある場合にはポリ塩化ビニルが使わ
れている。

生成物は比重が1.1~1.2で、木材の約2倍と重
くなっているが、中空や異形にすることで軽量化
が図られている。風合いは天然木に近く、腐蝕や
シロアリに食害され難いという点、ささくれ、ひ
び、反り、調色可能といった点で優れている。そ
れらを、例えば、室内やデッキのフローリングな
ど建材として使った場合、裸足で歩行したり、素
手で触れても怪我をする心配がなく、幼稚園でも
採用され始めているということである。また、ベ
ンチをはじめとする屋外施設部材、バルコニー窓
枠など住宅建材、プランター、作業台など園芸用
品などに広く使われるようになってきている。欠
点としては、木材に比べ塗料の剥離が起こりやす
い場合があること、耐温性が一般に悪く、例えば
温度が50°Cになると、もとの2/3まで強度が落ち
るといったことが起こること、高温多湿の条件下
で膨張が起こるといったことが挙げられ、これら
を意識した施行が求められている。

我が国でのこれら人工木材の使用量は米国に比べると随分と少なく、今後増えることが期待できる。人々の身近なところで製品を使ってもらえるよう努力したいと述べていたことが印象に残った。

2. フィラー高充填技術の応用

日本油脂(株)油化学研究所 五百蔵 賢一氏
従来からも合成樹脂の加工性や成形品の物性を高めるために各種の添加剤が使われてきている。樹脂の加工時の熱分解を防止するための安定剤、酸化劣化防止のための酸化防止剤、樹脂の流動性を始めとする成形性向上のための滑剤、成形物の静電気の発生を抑える帯電防止剤、水蒸気による曇り防止のための防曇剤、その他の機能性向上剤といったものである。講演では、合成樹脂へのそれらの付加効果について具体的なデータを数点示した後、合成樹脂、木粉及びそれら添加剤とから成る木粉コンパウンドに話題を転換させた。

木粉コンパウンドとは一般に合成樹脂、木粉、滑剤、熱安定剤、顔料、光安定剤、無機フィラー等を原料として考えて、合成樹脂、コンパウンド化及び成形加工に用いる設備装置に合わせた添加剤の種類及び配合比率を決定してミキサーなどで配合してワンパック化し、ペレット等として得るものである。それらを更に押し出し成形機、射出成形機、プレス成形機を用いて成形加工することにより、最終製品が得られる。その際、日本油脂(株)では顧客ごとにそれぞれが所持している既存設備(押し出し、射出成形機)を使用して、木粉を50%以上添加した製品を使えるコンパウンドを提供することとしている。換言すると、ユーザ設備ごとのカスタマー製品の提供である。その際考えている基本性能は、木粉含有量：50%以上、衝撃強度(アイゾット)：4kJ/m²以上、対象とする成形方法：押し出、異型押し出(一、二軸)、射出成形、生産性(吐出量)：樹脂のみ80%以上、意匠性：カラーペレットによる木目模様付与といったものであるという。

木粉を50%以上入れたときの樹脂/木粉混合系複合材料の長所としては、静電気発生量が少ない、したがって埃が付着しにくい、熱膨張が少ない、成形加工時のひけが少ない、焼却時のたれがない、

木の風合い・香りがする、多彩な形状に加工が可能、水滴が付着し難い、かびが生え難い、塗装性(油性、水性)に優れる、紫外線照射後の物性低下が少ないといったことを挙げ、それらを裏付ける具体的なデータを示し、説明を加えた。

他方、木粉50%以上といった高充填の複合材料を単純混合で調製する場合の問題点としては、加工性と最終製品の強度に難があることが知られている。このフィラー高充填による問題点の解決方法としては、材料に合う設備を用意するというハード技術による改良と、設備(既設)に合う材料を提供するという形でのソフト技術による改良によるものがある。前者の利点は一貫生産が可能になるということであるが、欠点として高額な設備投資が必要であること、成形方法が限定され、しかも生産性が低くなる場合もあるということが挙げられる。それに対し、後者の利点は既存設備が使用できること、成形方法が多彩であること、樹脂、フィラーの種類が変化しても薬剤で対応可能なこと等であり、欠点は樹脂、フィラー別のコンパウンド化処方が必要で、多くの実験を要することである。日本油脂(株)は後者の手法を取ってきていることは前述した。

その場合、フィラー/樹脂系で、フィラーを高充填しても加工性や成形物の強度上で問題を起こさないようにするために、まず考えられるのは滑剤の使用であり、コンパウンディングの具体例としてこの点が説明された。すなわち、滑剤を用いると、フィラー外部表面へそれが付着し、表面は滑剤に被覆されることとなり、フィラーの合成樹脂への相溶化が促され、また、フィラー自身の二次凝集も防止され、それらの効果でフィラー分散性の向上がなされることとなる。滑剤の添加は成形時に金型からの離型も容易にし、合わせて成形物の外観と生産性の向上につながるということが知られている。

その上で、講演では、添加剤を使わずに単に樹脂と高充填量の木粉を混合して得られる成形物と、いろいろ添加してコンパウンド化し、成形したもののについて、外観、押し出し成形時及び射出成形時の性能、物性、成形品の強度及び各種特性、紫外線照射による色調変化といった各種のデータが比

較され、単純混合に比べコンパウンド化したものがいかに優れた成形物を与えるかが具体的に示された。

3. 木質・プラスチック複合体の成形装置について

(株)山本鉄工所 平井 雅人氏

(株)山本鉄工所は木材用プレス、プラスチック用プレス、ゴム、ウレタン用プレス、無機材料用プレスなど広範な油圧プレス及びその周辺装置を製造しているが、グループ企業も含めると、廃棄物中間処理装置、リサイクルプラント、自動機などの製造も行っている。その中で木質・プラスチック複合体の成形装置も射出圧縮成形機を中心に製造している。

講演ではプラスチック成形について、まず、流す、形にする、固めるという過程をとることを示し、熱可塑性プラスチックの場合と熱硬化性プラスチックでのそれを比較した。前者には溶けて固まり、また溶けるという可逆性があり、その分、循環系マテリアルとして評価されるが、反面、加熱溶解と冷却固化の工程が必要であり、装置が複雑になるという。後者は加熱等による化学反応で硬化するもので、一旦作られると不溶不融になるという不可逆性があるが、加熱成形のみで完結し、装置的に簡単ということになる。

その上で、木質と熱可塑性プラスチックの複合化のための製造装置に限定して話が進められた。まず、プラスチックの溶解方法としてプレス加熱、熱風加熱、煮沸外加熱等加熱による方法、剪断による方法及び両者による方法の3種があること、加熱溶解による方法はプラスチックをバインダーとして用いる場合に、剪断溶解による方法は粘度の高い原料に適用できることが示された。

木質をフィラーとして複合化する場合は押出し機がよく使われるが、加熱と剪断による連続溶解が行われている。すなわち、単軸押出し機の場合、ホッパーから材料が入ったのち、最初加熱されるが、後はスクリーが回るときの摩擦熱で支配的に加熱されるということである。樹脂によって違うが、全体の約8割はスクリー回転による摩擦熱によっている。ホッパーから入れられた原料は

バレルとの摩擦で先に進むが、溶解してしまうと摩擦が小さくなるので、ホッパーの下は通常むしろ水を流して温度を下げしておく。次の段階で、バレルに近い部分の温度が高くなると表層だけ溶けて溶解フィルムが形成され、その厚さを増して、溶解プールといった形で複雑な流れを生み出し、しかもその隙間のところに固体のまま残ったソリッドヘッドが存在し、ここに推進力が伝わり、溶解フィルムや溶解プール部分（溶解した部分）より早く前進していく。次にこの固体部分が攪拌されながら段々溶解して行くが、溝の中心部で深さがスクリー表面から約2/3の深さの位置を中心に回転するような運動が起こっており、その2/3の深さの部分が一番早く進むといったことが起こり、全体として均一な混合が起こらなくなってくる。この点は単軸押し機の混練性の弱点となっていると言える。そこで、特に混練性が必要な、木粉を混ぜる等の目的では、ミキシングヘッドというような特殊なスクリーを使ったり、あるいは、混練性を高めるため二軸スクリーで強制的に混練するといったことが行われているという。

いずれにしても木粉が入ると加工性が悪くなるので、その対応が必要となるわけである。まず、流動性の確保という観点からは高流動性樹脂や添加剤が使われている。後者については先の五百蔵氏の講演で詳しく述べられているので、ここでは説明を省く。前者の代表的なものとしては高流動性、高強度の樹脂であるTSOP（トヨタ・スーパーオレフィンポリマー）がある。装置の改良、進歩の速度よりも樹脂のそれが勝った例としても著名である。また、木粉とプラスチックをミキサー処理により事前に混ぜたり、特殊スクリーである高混練スクリーを用いたりすることで、均一混合を図ること、及び、事前に木粉乾燥を行ったり、混練時の水蒸気やガスの発生に備えてのベント式スクリーを用いた水分除去も不可欠である。

また、押出し機を使用した成形にはダイ（押し金型）による連続成形の他に、押し機で溶解だけさせて金型に投入してプレス成形する方法があることが説明された。前者は連続無人生産が可能であり、中空構造など容易にとれ、また遅い成

形であるので木粉の高含有は原理的に可能であり、カラリングペレットの追加で流れによる木目付けも可能といった長所、及び同一断面形状しかとれないという問題点があるということである。後者は多彩な形状に対応でき、大型化が容易であったり射出成形に比べ簡単で安価であるという長所、表面性が悪く、木質性低く、また大型成形ではバリが出やすいという問題点がある。

次に、押し機から派生したインライン式の射出成形機について説明がなされた。それは単軸押し機と同様のスクリー混練性を持っているが、違うのは装置の先端部に樹脂貯留部と逆止弁を持っていることである。溶融した樹脂が逆止弁を通過して貯留部にたまっていくが、その量が計測されて必要量となったときに油圧モータが切り替わり、1000~1500kg/cm²の圧力で堅締めされた金型に射出されるという方式のものである。精密計量で高圧・高速成形がなされるのが特徴であり、プラスチック成形で最も普及した方式である。この射出成形機を木粉フィラープラスチックに適用した場合どうなるかが次に論じられた。前出のように色々の添加剤を用いるなどしてプラスチックと同様の流動性を持たせる場合と異なり、一般には汎用射出成形機では困難であるようだ。特に大型成形では何点かのゲートから射出注入することが多いが、流動性が低いとバランスをとることが困難になり、また、木粉に残留水分があると、そのガス化によって容積で計測しているため計量不良が起これという難点も生じる。

これに対して、低圧射出一圧縮成形という方式がある。射出成形の場合の堅締めではなく少し開いた金型の中に低圧で樹脂を入れ、充填した後、圧縮成形するというもので、流動性に難のある木粉フィラープラスチック成形等、さらには、大型成形にも対応しうる成形法である。低圧で充填することにより末端までの充填を達した後、40~120kg/cm²加圧の全面圧縮を行うという方法であり、表面性の優れた成形物が得られると共に、全面圧縮力負荷により、圧力分布ムラが少なくなり、残留応力の低減もなし得ることとなる。

講演者の所属する(株)山本鉄工所はプレスメーカーであるということもあり、この射出圧縮成形を

大型成形用の装置として考えて装置を開発してきているという。すなわち、溶融機を充填機とし、プレス成形の方がメインとの考えである。前者ではベント式単軸押し機と同様のスクリーを採用、大容量の貯留部を備え、先端に大口徑(30mm)の樹脂通路とゲートバルブを備え低流動樹脂にも対応できるものとしている。通常の射出成形機とのもう一つの根本的な違いは、バレルとスクリーの相対位置が動かず、したがってベント孔の位置も相対的に固定され、効率的なベントをなしつつ理想的に溶融させることが可能となっている。

その成形機で最も独自性がある点は、プレスの傾斜による充填制御によって低圧下で均質な成形を行いうるという点である。すなわち、樹脂が導入通路を通過してゲートバルブが開いた状態で上金型に一気に注入されるが、その際、左右バランス良く充填されるのは困難である。本装置では樹脂の圧力を受けて上金型が上昇するが、その際、その上部で個別に制御されている2個の加圧シリンダーが樹脂の流動充填状況に応じて流動制御する形で上金型を傾け、片寄らずに流動がコントロールされる。続いて上から圧力をかけることとなるが、その時も加圧シリンダーが個別制御により下降し、全面加圧をなし得る。これによって成形品中における残留応力の発生が抑制されることとなる。

次にこれらの成形機による成形品製造について注意点が述べられた。まず、原料が廃材であっても、十分な販路と製品開発力を持たないと実際化は困難であること、廃材利用では原料調質が重要となること、金型生産であるので大量生産が理想的であること、および製品の品質のうち、特に固化収縮による寸法精度と使用条件下における熱変形に留意すべきであることが指摘された。

他方で、熱可塑性樹脂を少量用いて廃材粉末や繊維のバインダーとして使うという行き方もあることが紹介された。その場合大きく分けて、ボード成形と、平板で加熱して金型冷却で立体成形するという二種類のやり方があるが、それらについてまず解説され、次いでバインダーとしてのプラスチックについてバインダー繊維も含めて述べら

れた。さらに、加熱溶融方法について、プレス方式での立体成形について、次いでボード成形の手法としての多段成形（コール板回流式）、単段成形（コンベア式）および単・多段成形（成形を単段、完全固化を多段）について詳しい説明があり、最後にボード成形の問題点が解説された。

講演の最後には、この分野の今後の方向性として、植物由来プラスチックを用いる複合材料の重要性、要求性能が高く、コストの低い複合材料開発（自動車部品開発を通じての製造技術開発）の重要性、廃木材を焼却処分するのではなく、小規模再生設備による活用の重要性がそれぞれ指摘され、持続可能な循環利用の確立の必要性が説かれた。

（文責：京都大学森林科学専攻 吉岡まり子）

Session II：木質住環境における新技術

1. リサイクル対応「接着・分離技術」の開発

松下電工(株) 石川 博之氏

建築廃材のリサイクル推進は、建材業界における大きな課題である。現在の住宅部材・設備は、機能・性能向上のため異種材料の組み合わせ部材からなるものが多く、それらの分離が困難なため、廃棄処理時には処理業者に委託しているのが現状である。しかし、平成12年に施行された循環型社会基本法や今年度の5月から施行が予定されている建設リサイクル法など法規制が厳しくなっており、建設資材メーカーにも循環型社会への対応がますます強く求められている。そこで、コニシ(株)と共同でリサイクル対応の接着・分離技術を開発した。

開発した接着・分離技術は、廃棄時・リサイクル時に複合部材の分離を可能にするものである。その原理は、通常の使用環境では到達しない高温域で膨張する機能材料を接着剤中に分散させ、リサイクル時の高温加熱で機能材料が膨張し、その膨張力により接着力が失われ、分離が可能になるというものである。本機能材料は、通常の使用環境の温度域では膨張しないため、使用中は、従来の接着剤と同等の接着耐久性を発現する。

加熱により分離する方法としては、ホットメルト接着剤の使用が考えられる。実際、我々も、開発当初は、すべてホットメルト接着剤に移行してはという思いもあった。しかし、ホットメルトは、分離に際し、高温で溶融させ、その高温状態を保ったまま、かつ、粘性を有した状態で作業を行う必要がある。また、窓枠部材等の熱が加わる部位では、使用環境ではずれるという欠点もある。これに対して、本技術による接着剤は、いったん高温で膨張し、接着力が失われた後に冷却すると、その膨張状態を維持するため、常温にしてから容易に複合部材を分離できる点に特徴がある。

開発した接着剤は、接着成分（ビニル共重合樹脂、特殊樹脂エマルジョン）と熱膨張型機能材料から構成される。高度の耐熱性を発現するビニル共重合樹脂と極めて優れた接着性、耐久性を発現する特殊樹脂エマルジョンを共存させることで、高度な耐久性を実現した。一方、熱膨張型機能材料は、通常の使用環境温度では全く機能せず、ある特定の高温域に達した段階で、膨張機能が効率よく働くように設計されている。外殻は耐熱性アクリル樹脂を使用したマイクロカプセル状物質で、内部は熱により効率よく膨張する物質で構成されており、数十ミクロン程度の大きさである。特定の高温域において外殻のアクリル樹脂が軟化すると同時に内部の物質が膨張し、機能材料は50から100倍の体積に膨張する。実際には、150°C位で膨張し、1～2分で完全に剝離する。その際、接着剤全体としては5倍くらいに発泡・膨張して、面接着から点接着に移り、その状態が冷却後に保たれ、基材とシートとの結合力が著しく低下し、大面積のものも簡単に分離できるようになる。

応用例として、まず鋼板風呂壁の分離について紹介する。このような鋼板壁はオフィスのパーティションにも使用されているもので、石膏ボードと鋼板を接着剤を介して接着したものである。現状は、廃棄に際し、石膏ボードと鋼板の複合建材は、管理型廃棄物として、トンあたり3万5千円で引き取ってもらっている。つまり、風呂壁一枚では700円。風呂は7枚使うのでお風呂を一つつぶすと5000円の引き取り料を支払うことになる。しかし、分離できれば、鋼板は一枚につき100円

程度、石膏ボードも一枚につき50円程度、それぞれ引き取りに際し受け取ることができる。つまり、マテリアルリサイクルが可能となるとともに、700円支払っていたものが、逆に150円の収益があることになり、差し引き850円の収支改善になる。

本接着剤を用いて製造した鋼板バス壁について当社独自の規格でいくつかの試験を行ったところ、30日までの65°Cでの耐熱試験、60°C、95%での耐湿試験あるいは寒熱、乾湿繰り返し試験では、いずれも剥がれがなく、浴室環境での使用において問題はないといえる。試験後は、いずれの材料も、遠赤外加熱で容易に分離できた。

次に化粧シート貼り木質建材における分離であ

るが、PPやPETで表面を化粧した木質建材をそのまま粉砕して、木質ボードの原料にしようとすると、PPやPETが接着を阻害するのでボードとしての要求性能を得られない。このような建材も、この接着・分離技術によって、簡単に分けることができる。メラミン化粧木質建材も同様である。

本技術によるメリットは、最も大きなものはリフォーム時、解体時であるが、当面は、製造時の端材、工場不良、クレーム品等においてすぐに得られる。

(文責：京都大学木質科学研究所 矢野浩之)

(2002.4.12受理)

書評

「木と森の快適さを科学する」

■著者：宮崎良文（独立行政法人森林総合研究所生理活性チーム長）

■定価：969円（本体価格923円・税46円，送料別）

■体裁：新書判196頁

■発行：全国林業改良普及協会（〒107-0052東京都港区赤坂1-9-13三会堂ビル7階）

■電話：03-3583-8461 FAX：03-3583-8465

著者の宮崎良文氏（医学博士）は、永年、人の感性にかかわる研究に携わってきたこの分野の第一人者である。本書では多くの研究成果のうち、たとえば、木や森の快適性を①中枢神経系（脳血流量、脳波）、②自律神経系（血圧、脈拍数等）、③主観評価、の3方向から測定を行い、人の感情を科学的かつ総合的に評価した結果を紹介している。この中で解ってきた特徴的なことは、木の香りを嗅いだり、木材に接触した場合に、主観評価で〈嫌い、不快〉と答えた被験者であっても、生理学的にはストレス低下の反応を示すことがあることである。著者は、「これが自然由来の刺激の大きな優位性で、人の身体は自然対応用にてできているため、不快ではあるが、ストレス状態に移行しなかったと考えている」と述べている。このように主観評価による判断に加えて、さらに詳細な解析が生理応答指標により把握できるようになってきたことの意義を強調している。

生理人類学の立場からのこうした研究は、日常生活のあらゆる場面での適用が可能であり、感性や快適性に関する新しい知見へと発展していく。快適性・感性という面から「木材をどのように使うことが良いのか」というモノサシを考える意味でも優れた書物であり、木材工業誌の読者にも是非一読をお勧めしたい書物のひとつである。

東京大学大学院農学生命科学研究科

信田 聡