

1. はじめに

近年、小径木や残廃材などの木材資源の有効利用やプラスチックなどの産業廃棄物の再利用等の課題が社会的な要請になっている。廃材から得られる木粉と廃プラスチック粉を原料として新しいタイプの木材—高分子複合体を開発することができれば、環境や資源の面からも時代の要請に沿うことができると考えられる。

ここでは、WPCと異なるタイプの低コストで汎用性のある木材—ポリマー複合体の開発を目的とし、熱可塑性汎用ポリマーと木粉との混合物を熱プレスして成型体を作る方法に着目し、種々の条件が成型板の性質に及ぼす影響について検討を行った。また、一部押し出し成型による木材—ポリマー複合体についても検討を行った。

2. 実験方法

木粉は、レッドラワンをふるい分けして用いた。熱可塑性汎用ポリマーには、ポリスチレン(PST)・ベンゼン溶液を主として用い、ポリメチルメタクリレート(PMMA)・アセトン溶液、ポリ塩化ビニル(PVC)・THF溶液、ポリエチレングリコール(PEG)等について尿素—ホルマリン樹脂接着剤(UF)と比較した。複合ボードの作製は、ポリマー溶液と木粉を混合し、ドラフト内で溶媒を蒸発乾固し、得られた混合物を粉碎した後、8 cm×10 cmの金型の中に入れてホットプレスにより熱圧成型した。熱圧成型は、130℃、10分、90 kgf/cm²の条件を基準として行った。また、加熱処理やアセチル化等の木粉処理の影響についても調べた。なお、成型体の評価は、中央集中荷重型三点曲げ試験および25℃の水中での吸水膨潤試験で行った。

3. 結果

(1) 木粉とプラスチックの複合ボード

木粉サイズ 7～10、10～20、20～42メッシュおよび微細木粉を用い、木粉に5～30%のPSTを混合して複合体を作製した。曲げ試験の結果、木粉／ポリマー組成は、総てのサイズの木粉について8/2の比のものが最も強度に富み、曲げヤング率も高かった。木粉サイズが成型板強度に及ぼす影響は明らかにできなかったが、微細木粉（平均粒径約50～100 μm×数 μm）が最も強度に富むことは明らかであった。吸水膨潤性はPST量の増加に比例して減少した。微細木粉との複合体は特に耐水性の著

しい向上が認められ、常温付近では120時間経過後も同様であった。この結果は、後述のアセチル化木粉の耐水性の向上が、時間の経過とともにやや低下してくる結果と好対照をなしている。

成型圧力 温度、およびプレス時間を130℃、10分、と一定に保ち、圧力を30、60、90 kgf/cm²と変化させた影響を各組成比について調べた。その結果、30～60 kgf/cm²の成型圧力では、10～20メッシュ木粉／PST比が19/1から7/3に至るまで、PST量の増加とともに成型板強度の向上が認められ、90 kgf/cm²では8/2で最大値を示した。実用性を考慮すると、7/3の組成比のものが、多少の成型圧力の変動に対して最も安定した強度の成型体を与えることを示している。しかし、強度を上げたい時には、組成・成型条件の最適値を選ぶ必要がある。なお、比重は90 kgf/cm²で0.8～0.9、60 kgf/cm²で0.7～0.9、30 kgf/cm²で0.5～0.8であった。

木粉処理の影響 10～20メッシュ木粉に160℃、1時間の加熱処理、アセチル化、またはPEG処理等の変性を行い、木粉/PST成型板に及ぼす影響を調べた。その結果、測定した組成の範囲内では、加熱処理、アセチル化、PEG処理とともに強度の向上に対しての寄与は認められず、むしろ低下した。未処理木粉以外の成型板強度は、ポリマー組成の増加とともに漸増の傾向を示しているので速断はできないが、少なくとも木粉/PST=19/1～7/3の範囲内では未処理木粉強度が最も良好であった。また、耐吸水膨潤性についてもアセチル化木粉では、経時的に序々に吸水する傾向が認められるものの向上が認められたが、加熱処理した木粉を用いたものでは耐水性が低下した。

ポリマーの影響 熱可塑性ポリマーの種類を変えて作製した成型板の強度は、UF樹脂を同量使用したものと比較すると、劣っていた。熱可塑性ポリマー間の強度を比較すると、PMMA>PST>PVCの順になった。組成については、いずれの樹脂でも木粉／ポリマー比が8/2で最も良好な強度を示す点と同じであった。これらの結果より、樹脂自体の強度が期待できない熱可塑性樹脂との複合体では、木粉／ポリマー比が8/2という比較的樹脂量が少ない組成で最も強度に富む成型体をあたえること（最適組成比は樹種、木粉サイズ等に依存して変化すると予想される）および、バインダー層また

はプライマー等を使用しなくても、ラワン木粉は熱可塑性ポリマーと実用性のある界面接着強度を示すことが明らかになった。耐吸水膨潤性については、UF比約2倍以上の耐水性向上が認められた。しかし、PSTとPMMAでは、組成によって寄与に微妙な差が認められており、一概に論ずることができない可能性もある。

(2) 木粉／爆砕木粉／プラスチック複合ボード

前項の熱可塑性ポリマー（PST、PMMA、PVC）溶液、木粉、および爆砕木粉の混合物を用いて130℃、10分、90 kgf/cm²の条件で熱圧成型することによって複合体を作製し、爆砕木粉(SE)およびその樹種のちがい等が複合体の物性に及ぼす影響を調べた。複合体の比重は、1.09～1.30であった。爆砕木粉は、木材チップを20～28kgf/cm²、210～230℃、3～10分の水蒸気爆砕条件で処理した後、60℃で乾燥し粉碎したもの（42～80メッシュ）を用いた。

まず、木粉に20メッシュパスの針葉樹材の混合物と比較用として120メッシュパスのウエスタンヘムロックを用い、爆砕木粉に42メッシュパスのブナ、スギ、およびレッドメランチを用い複合体を作製し物性を調べた。その結果、複合ボードの物性（強度、弾性率、耐水性）は、プラスチックポリマーを混合物全体の30%一定にした時、爆砕木粉の量の増加とともに優れた。しかし、最も良い性能のボードが得られる組成は、プラスチックポリマーの種類に依存しており、爆砕木粉の種類にはあまり依存しなかった。PST複合ボードでは、木粉／爆砕木粉の比5/2で良好な性能を示し、PSTのみのボードとほぼ同じ強度を示した。PMMA複合ボードでは、同様に木粉／爆砕木粉の比5/2または6/1で良好な強度となった。一方PVCでは、ブナとスギの爆砕木粉について木粉／爆砕木粉の比率4/3で良好な強度性能を示した。また、PSTとPMMA複合ボードの弾性率は、爆砕木粉の種類と量に関係なく、PSTまたはPMMAだけのボードよりも優れた。一方、PVC複合ボードの弾性率は、爆砕木粉の種類に関係なく木粉／爆砕木粉の比率4/3で最大値を示し、PVCだけのボードよりも優れた。耐水性については、プラスチックポリマーの種類に関係なく爆砕木粉を含む複合ボードは全て爆砕木粉を含まない複合ボードよりも優れた。特に優れた耐水性は、PST、PMMA、およびPVCにおいて木粉／爆砕木粉の比率が各々5/2、4/3および4/3である時に得られた。

木粉または爆砕木粉／ポリマー複合体の特性に及ぼす二成分の影響をみると、爆砕木粉／PVCま

たはPSTの二成分複合ボードにおいて木粉／PVCまたはPST複合ボードよりも著しい効果があり、いずれの混合比率においても爆砕木粉を含む方がボードの性能が優れ、爆砕木粉の量が多い程その効果は顕著であった。

ボード特性に及ぼす木粉のサイズの影響をみると、木粉サイズが小さくなると強度、耐水性、およびボード密度が増加した。木粉／爆砕木粉／PST複合体において、爆砕木粉が無添加では120メッシュ木粉の方が20メッシュ木粉よりもボードの強度と耐水性において優れる結果都なった。爆砕木粉無添加では、120メッシュ木粉の小さなパーティクルの方が20メッシュ木粉よりも密着性が優れるので、より優れた性能のボードが出来ると考えられる。しかし、爆砕木粉を添加すると爆砕木粉による良好な流動性、空隙充填性のため、結果として成分間の親密な相互作用を生じ、20メッシュ木粉がプラスチックポリマーと良好な密着性、空隙充填性になるため優れた強度のボードが出来ると考えられる。

さらにまた、スギ木粉と爆砕スギ木粉、爆砕アスペン木粉（いずれも42～80メッシュ）の組み合わせを用い、プラスチック複合ボードを作製し、物性を調べた。混合比率は、木粉／爆砕木粉／ポリマー＝6/1/3、3/4/3、0/7/3の3種類であった。その結果、アスペンとスギの爆砕木粉において曲げ強度と弾性率の両方とも、ポリマーではPSTで最大値となり、爆砕木粉の添加量に比例して大きくなった。耐水性については、PSTが優れ、また爆砕木粉の添加量に比例して優れた。アスペンとスギの爆砕木粉による強度と耐水性の差は認められなかった。

以上の結果より、木粉／プラスチックに爆砕木粉を添加するとプラスチックの種類に依存して複合ボードの破壊強度と耐水性は増加した。樹種の影響はあまり顕著でなかった。

(3) 押出し成型法による複合体

木粉、爆砕木粉、およびポリプロピレン(PP)を成型機内で混合し、6 x 7 cmの口金を通じて高温高圧下（温度180℃、圧力70～150MPa）で連続成型し、速度0.1～0.5m/minで比重1.1～1.2の成型板を得た。曲げ試験の結果、爆砕木粉の添加による強度の向上は認められなかった。しかし、押出し成型によるボードの強度は、熱圧成型によるものより大きくなった。耐水性試験の結果、爆砕木粉の添加による耐水性の向上が若干認められた。