

木粉を活用したバインダーレス成型体の製造と特性

Manufacture and properties of binderless moulding products made of wood flour

岸 久雄¹⁾, 中山 伸吾¹⁾

Hisao Kishi, Shingo Nakayama

要旨：木質残材の有効活用を図るとともに、環境に負荷を与えない材料を製造することを目的として、木粉を使用したプラスチック様バインダーレス成型体の製造方法について、成型温度や木粉粒度の面から、その成型体の曲げ性能や耐水性能を調査した。また、成型温度や成型圧力の低減を目的として、爆砕処理や生分解性樹脂の添加を検討した結果、次の結論を得た。

- 1) 加熱温度が高くなるほど、木粉成型体の曲げ強度は強くなるが、加熱時間 9 分では、200 °C 辺りにピークがあり、220 °C まで高くなると材の劣化が生じ、曲げ強度は低下した。
- 2) サンダー粉のようなものを使用した場合には、曲げ強度はかなり強くなり、100MPa を超えるような木粉成型体の製造が可能であった。
- 3) 爆砕処理やポリ乳酸エマルジョンなどを添加することにより、木粉の流動性はかなり向上し、その成型圧力を 1 / 3 程度まで低減できた。
- 4) 流動性を高めた木粉を使用し、また金型を用いることにより、プラスチック様な木粉曲面成型体の製造が可能となった。

はじめに

木質資源は、地球に多量に存在する再生可能材料として、社会が持続可能な循環型にシフトするための一翼を担う重要な材料と考えられている。この貴重な材料の一つである木質残材についても、従来は、その多くが焼却処分されることが一般的であったが、最近では、建設リサイクル法やダイオキシン問題にともなう焼却炉の規制から、残材産出企業も、有効活用を考えないと生き残れない時代になってきている。さらに、この活用方法においても、環境に配慮した製品づくりが切望される状況にある。

この木質残材をより有効活用するため、また環境に負荷を与えない材料として供給することを目指して、接着剤を使用しないで新たな木粉成型体(バインダーレス木粉成型体)を製造することを検討した。

バインダーレス成型体を製造するには、現状では、高温処理や高圧処理が必要であり(矢野ら 1998 a), その実用化を考えた場合、成型温度や成型圧力の低減を図る等の成型性や経済性の改善も必要と考えられる。そこで、この成型性を改良するために、爆砕処理やオゾン酸化処理を行った木粉を使って、その成型性(流動性)について検討した。また、天然材料である米糠の添加や生分解性樹脂

¹⁾三重県科学技術振興センター林業研究部

Forestry Research Division, Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center
E-mail: kishih00@pref.mie.jp

であるポリ乳酸エマルジョンの添加による流動性の向上効果についても実験を行った。

実験方法

1 供試材料

1.1 木粉

木粉は、ヒノキ材の製材オガ粉を篩により篩い分け、100メッシュの篩を通過したものを主に使用したが、比較のために、篩い分けしなかった製材オガ粉、サンダー粉も使用した。それらの木粉含水率は、気乾状態(約10%前後)と乾燥状態(約2%前後)の2種類に調整した。オゾン酸化処理は、この気乾状態のものを用いた。

また、爆砕木粉については、ヒノキ材、スギ材、ナラ材、タモ材のプレーナー屑を、2.2MPa・2分間という条件で爆砕処理を行い、その32メッシュの篩を通過したものを使用した。なお、スギ材については、爆砕条件による違いを検討するために、製紙用チップを使用して、1.9MPa、2.2MPa、2.4MPaの3条件を30分間行う爆砕処理を実施したが、その32メッシュパスの木粉も使用した。

1.2 添加材

木粉の成型性を向上させるために使用した添加材には、生分解性樹脂であるポリ乳酸エマルジョン(ミヨシ油脂株式会社:ランディ PL1000)と米糠を使用した。米糠は気乾状態のものを使用した。

2 木粉成型体の製造方法

バインダーレスによる木粉成型体は、図-1の製造方法に示したように木粉を常温のステンレス製金型内にフォーミングした後、金型内の木粉を高压(60~120MPa)・高温(140~220℃)のホットプレスで成型圧縮してから、加圧状態で冷却することにより製造した。なお、ステンレス製金型は、内径60mmの大きさの円筒状のものを使用し、成型体の厚みが、ほぼ1.5mmとなるように木粉量を調節してフォーミングした。

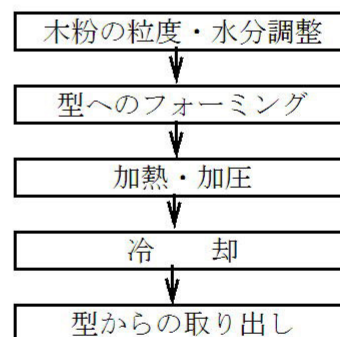


図-1. 成型体の製造方法

3 性能試験方法

3.1 曲げ強度試験

この木粉成型体の強度特性を調べるために、中央集中荷重方式の曲げ強度試験を行い、その曲げ性能を測定した。試験片の寸法は、長さ約60mm×巾20mm×厚さ1.5mmとし、スパン長は、50mmで、その曲げ試験時の荷重速度は、2mm/minの定速度とした。

なお、この試験片は、20℃、65%RHの恒温恒湿室で養生したものを使った。

3.2 吸水試験

木粉成型体の吸水性能は、パーティクルボードやファイバーボードの品質試験に用いられる吸水厚さ膨張率試験(JIS A5908, JIS A5905)に準じた、常温24時間吸水試験により調べた。

3.3 流動性試験

木粉の流動性は、加圧・加熱状態の金型内部の2～3gの木粉が、金型上部の中心部に開けられた2mmの穴から流出できるように工夫したステンレス製の特種円筒状金型(内径30mm)を使用し、設定時間加圧・加熱後に2mmの穴から流出した木粉量(噴出量)を測定することで比較した。この場合、金型の初期温度は室温とした。

3.4 光の透過性試験

1～2mm厚みの木粉成型体に強い光をあてた場合に、光が成型体裏面まで透過する現象が生じた。この光の透過現象を、デジタル照度計(アズワン株式会社製)を使用して調べた。

結果及び考察

1 木粉成型体の製造温度がその性能に及ぼす影響

図-2に、ヒノキ木粉を使用した場合の成型温度と曲げ性能との関係を示したが、温度が高くなるに従い明らかに曲げ強度が増加した。しかし、その増加も200℃程度がピークのように、220℃まで成型温度が高くなると、木材の劣化が進行してか(矢野ら1998b)、強度が低下することが分かった。成型温度が高くなるに従い、木粉の流動性が図-3のように飛躍的に良くなり、成型木粉同士の密着性も向上することから、このような強度増加が見られたと考えられた。なお、この場合の成型圧力は120MPaとした。

この200℃で成型した木粉成型体の曲げ強度は、約65MPaとなり、ヒノキ木材と同程度の曲げ強度値を示した。また汎用プラスチックとして多く使用されているポリプロピレン合成樹脂の曲げ強度(30MPa～60MPa程度)を若干上回るものとなった。

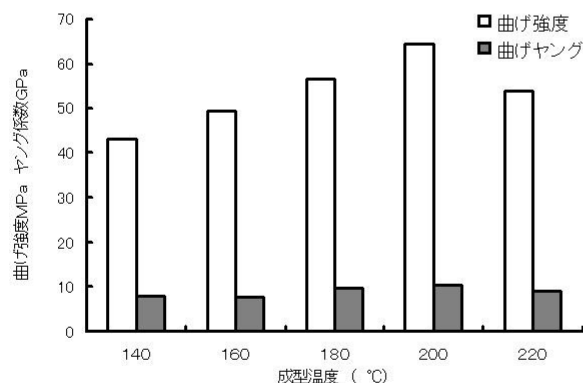


図-2. 成型温度と曲げ性能

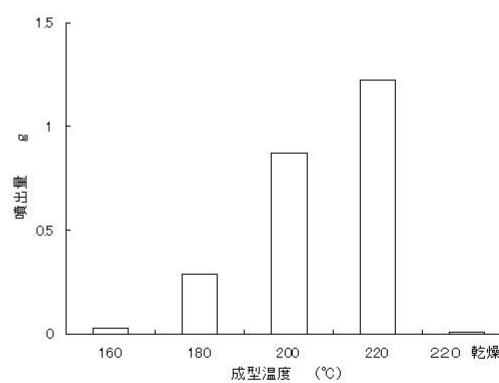


図-3. 成型温度と流動性 (ヒノキ100pass150MPa12分)

この木粉の流動性は、木粉粒度によっても変化した(図-4)。一般的には、木粉粒度が細かいほど流動性が良くなり、曲げ性能も向上する傾向にあった。事実、かなり細かい粒度の木粉を選び、成型条件も強度が発現する木粉含水率や温度・圧力を選択して作成した成型体は、図-5のように100MPaを超える曲げ強度を示した。ここで、無処理の製材オガ粉の粒度は、8割程度が100メッシュの篩を通過しないものであった。曲げ強度が100MPaを超えたサンダー粉の粒度は、その50%程度が200メッシュの篩を通過するもので、40%が100～200メッシュに入るものであった。また、綿状の織

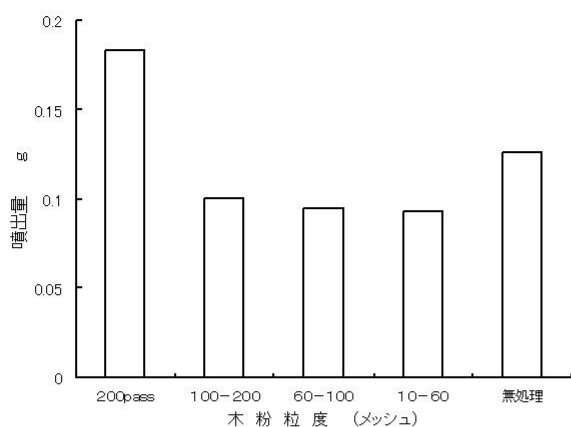


図-4. 木粉粒度と流動性 (ヒノキ150MPa180°C9分)

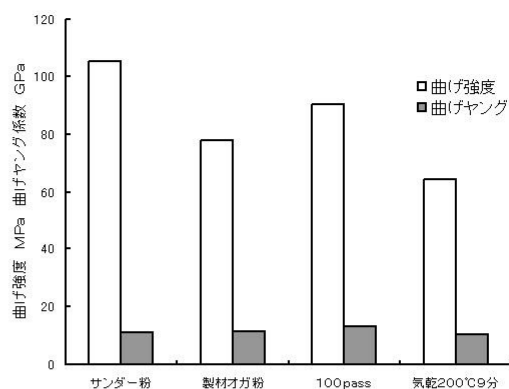


図-5. 乾燥木粉の種類と曲げ性能 (220°C9分)

維長の長いものも含まれていた。この綿状なものが強度の発現に寄与しているとも考えられた。ただ、あまりにも細かい粒度で成型する場合には、水分管理等をうまく実施しないと、部分的なパンクやふくれ現象が多く発生することが分かった。

光の透過性と成型温度の関係を図-6に示した。この材料には、100メッシュを通過したヒノキ木粉を用いたが、成型温度が180°Cで成型したものがよく光を透過させた。成型温度が200°Cになると、熱による木粉の変色が進み、木材色の茶系統から茶褐色へと、黒っぽさが増す傾向にあった。このため、透過性も悪くなったと考えられた。

この材料を使用した成型体について、常温24時間吸水試験を行った。図-7に吸水試験後の吸水率、厚さ膨張率、光透過率の変化割合(吸水前と吸水後の透過率の減少割合)を示した。光の透過率は、成型温度が200°C以上で成型すれば減少しないことが分かった。また、吸水率、厚さ膨張率も、成型温度200°C以上で成型すれば、両者とも10%以下の値となり、パーティクルボードやファイバーボードのJIS規格に合格する水準にあることが分かった。

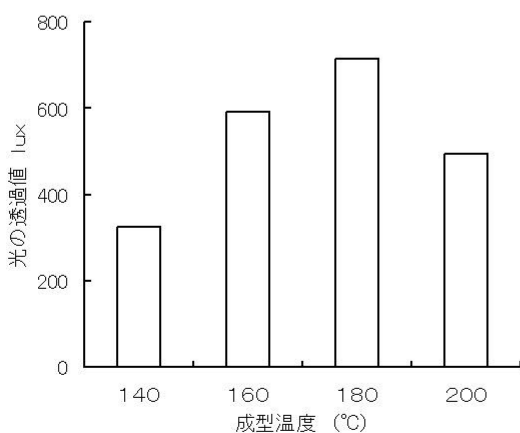


図-6. 成型温度と光の透過性

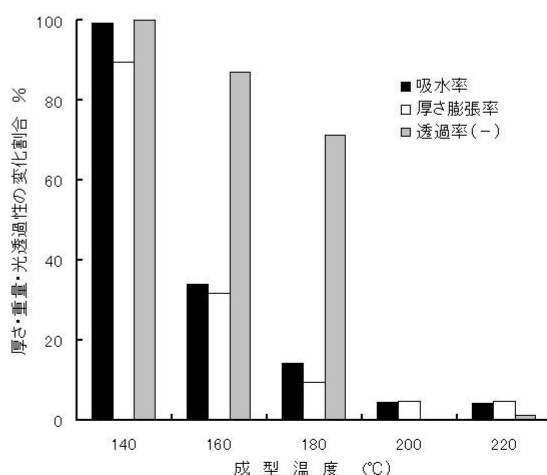


図-7. 成型温度と常温24時間吸水性能 (ヒノキ100pass120MPa)

2 木粉の流動性と爆砕・オゾン処理及び糠・ポリ乳酸エマルジョンの添加

木粉の流動性を改善するために、爆砕処理(2.2MPa, 2分間)、オゾン処理、糠添加処理及びポリ乳酸添加処理を行い、その効果を調べた。この場合、2～3gの木粉を9分間簡易成型した場合に、上側の金型成型板の中心にあけられた2mmの小径から流れ出た噴出量を測定することで行った。

また、木粉の成型は、図-1に示した成型方法により行った。なお、プレス温度は180℃、成型圧力は40MPaで9分間圧縮した後、冷却するという条件で実施し、処理の改善の善し悪しは、その成型性の是非や曲げ強度の強さを比較検討することで行なった。木粉は気乾状態(約10%前後)のものを使用した。

図-8、図-9に示したように、オゾン処理、糠添加により、木粉の流動性はかなり向上することが認められた。この場合、低温度領域では木粉の噴出量が少ないものの、160℃から180℃位になると、無処理比べて、処理や添加による噴出量の多さが顕著に認められ、処理や添加による流動性の向上が図られていると考えられた。このことから、処理や添加を行うことにより、かなり成型圧力を減少させることが可能と考えられた。

図-10に示したように、樹種別爆砕処理の流動性比較でも、ナラ材、タモ材、ヒノキ材では多量の噴出量があり、その効果が認められた。ただ、樹皮ではその効果が小さく、スギ材でも、ナラ材等に比べて効果が小さかった。これは、樹種に含まれている成分の違いから生じたものと考えられるが、一般にいわれるように、広葉樹の方が流動性は高い傾向にあった。

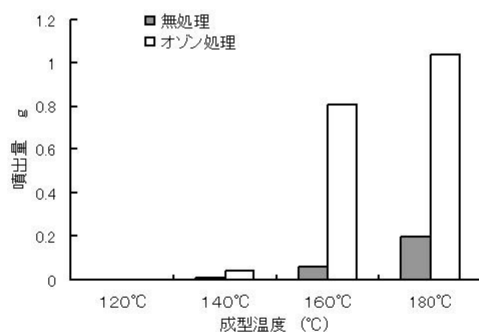


図-8. オゾン処理と流動性(ヒノキ木粉 2g)

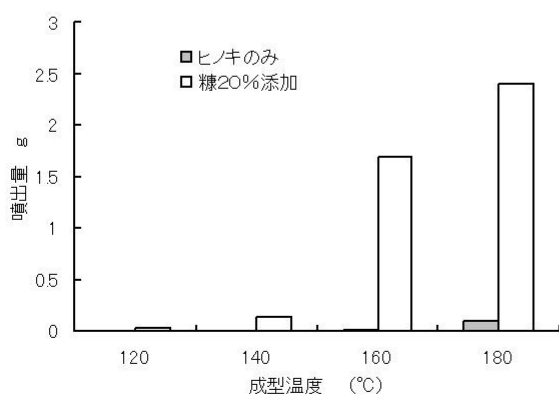


図-9. 糠添加と流動性(ヒノキ木粉 3g)

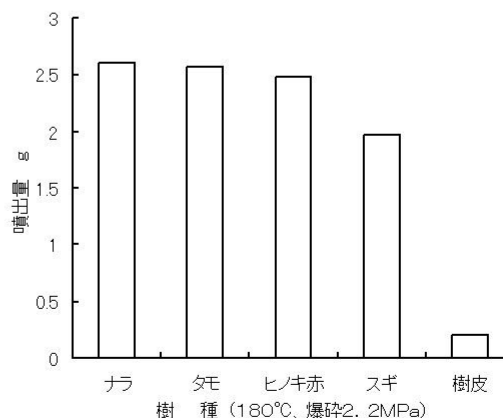


図-10. 爆砕処理樹種と流動性(木粉 3g)

実際に成型圧力を下げて成型を試みた。無処理のものは、120MPaの圧力で成型実験を実施したが、処理木粉では、その3分の1である40MPaの圧力で成型実験を行った。この結果を図-11に示した。オゾン処理、爆砕処理により流動性が良好となり、成型圧力を低下させた状態でも成型が可能であったが、オゾン処理では、成型体自体も軟らかくなり、曲げ強度もかなり低下した。

ポリ乳酸エマルジョンの添加(固形分で10%程度)では、流動性も良くなり、曲げ強度も高い値を示した。この程度の添加で成型性が良くなるのであれば、今後そのエマルジョンの価格低下が顕著になれば、実用への可能性も高いと考えられた。

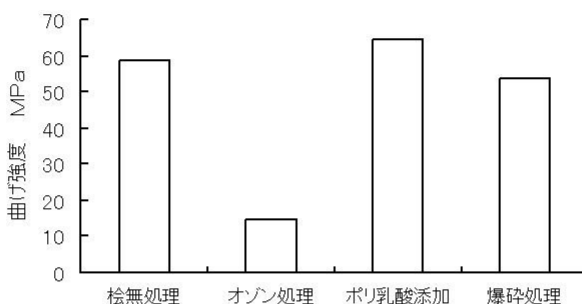


図-11. 各種処理と曲げ強度(ヒノキ木粉)

3 爆砕処理条件がバインダーレス成型体の接着性能に及ぼす影響

スギ材チップ(製紙用チップ)とプレーナー屑を材料に用いて、爆砕処理木粉を製造することにより、その爆砕処理条件がバインダーレス成型体の曲げ強度に与える影響度合いについて調査した。また成型体の耐水性能については、常温24時間吸水試験を行うことで調べたが、この場合には、各樹種のプレーナー屑を2.2MPaの圧力で2分間という処理条件で爆砕し、その爆砕木粉を使って製造したバインダーレス成型体について比較検討した。

スギ材チップを1.9MPa, 2.2MPa, 2.4MPaの高圧水蒸気で30分間処理した後、瞬時に開放する爆砕処理したものから、32メッシュの篩を通過した木粉を使い、180℃, 40MPaのホットプレスで9分間

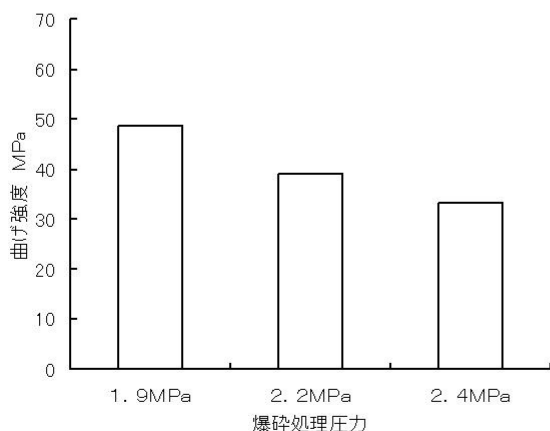


図-12. 爆砕処理の違いと曲げ強度(スギ)

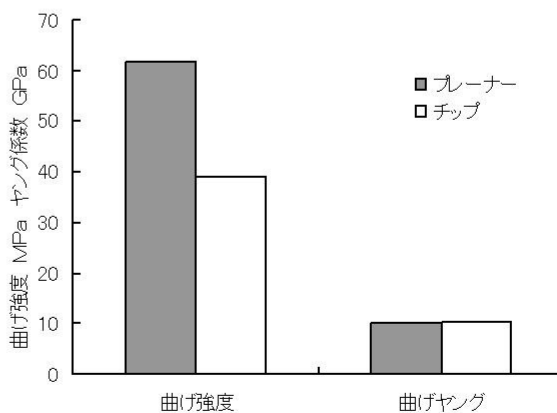


図-13. 爆砕処理木材と曲げ強度(スギ)

という条件でバインダーレス成型体を試作し、その曲げ強度比較を行った。その結果を図-12 に示した。爆砕圧力が高いほど曲げ強度は低い値となった。これは、高圧ほどヘミセルロース等の低分子化が進むものの、処理時間も長く、劣化が進んだことに起因していると考えられた。このため、過度の爆砕処理は、成型体強度に悪影響となることが分かった。

1.2MPa の圧力でスギ材チップを 30 分間、スギ材プレーナー屑を 2 分間の条件で爆砕処理した後、それぞれの 32 メッシュの篩を通過した木粉を用いてバインダーレス成型したが、その成型体の曲げ強度の比較結果を図-13 に示した。曲げ強度は、短時間爆砕処理であるプレーナー屑を使用した成型体の方が、明らかに高い値を示した。ただ、曲げヤング係数はさほど変わらなかった。

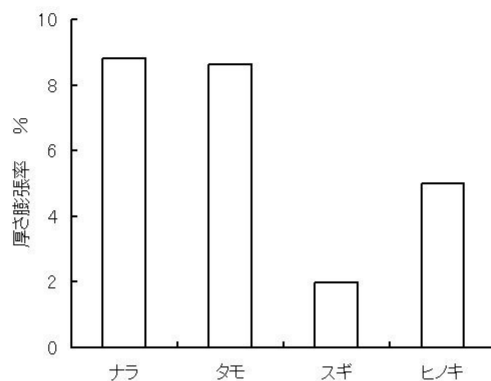


図-14. 樹種と吸水厚さ膨張率(爆砕処理)

図-14 には、各樹種のプレーナー屑を爆砕処理(2.2MPa, 2分間)した木粉(32メッシュパス)を使用することにより製造した、バインダーレス成型体の耐水性能を示した。どの樹種も10%以下の厚さ膨張率であり、パーティクルボードやファイバーボード等の規格に合格する水準にあった。ただ、樹種間で耐水性能に差が生じ、スギ材、ヒノキ材の針葉樹から製造した成型体に比べて、ナラ材、タモ材の広葉樹からの成型体は、膨張率が9%に近い値を示し、若干劣るものであった。

4 木粉成型体の製造について

木粉成型体を製造する場合、図-1のように①木粉の粒度等の調整、②金型への均一フォーミング、③加熱加圧処理、④冷却処理、⑤金型から成型体の取出し、⑥成型体の完成という工程で行って

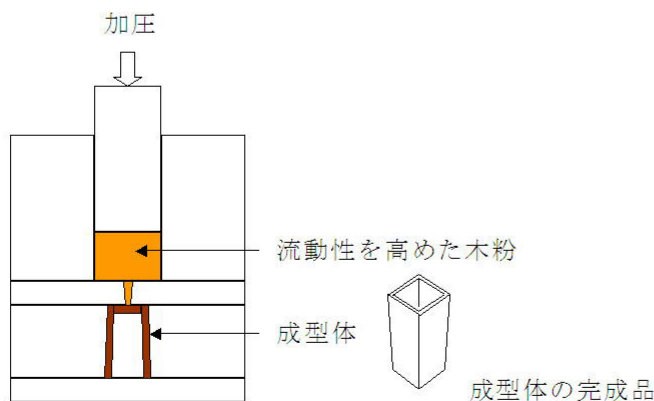


図-15. 成型体の製造方法と完成予想図



図-16. 成型体の試作品

いるが、この工程では一品生産となり、連続生産を行うことはかなり困難を生ずる。このため、押出し成型や射出成型のように連続的に加熱加圧を行い、冷却工程もその加熱成型後に連続的に実施するのがよいと考えられる。そこで、流動性を高めた木粉(糠添加、爆砕処理木粉)を使用し、直径 4mm の孔から押出すことにより、成型体が製造可能かどうかを検討した(図-15)。これが可能であれば、連続的に木粉を投入できることから、連続生産に近づくと考えられた。この結果、木粉を投入した加熱金型に、圧力を加えることにより、4mm の孔から木粉が押出され、特定の形状の成型体ができることが分かった。この試作品を図-16 に示した。

図-17 には、爆砕処理木粉から成型した容器を示した。



図-17. 成型体の試作品

まとめ

木粉成型体を製造する実験を行い、次のようなことが分かった。

- ・加熱温度が高くなるほど、その成型体の曲げ強度は強くなるが、加熱時間にもよるが 9 分加熱では、200 °C 辺りにピークがあり、220 °C では材の劣化が生じるのか、曲げ強度は低下した。
- ・サンダー粉のようなものを使用した場合には、曲げ強度はかなり強くなり、100MPa を超えるような値を示した。
- ・爆砕処理やポリ乳酸エマルジョンなどを添加することにより、木粉の流動性はかなり向上し、その成型圧力をかなり低減できた。
- ・流動性を高めた木粉を使用することにより、木粉曲面成型体を作製できた。

謝 辞

本研究の実施に当たり、多大なご協力を賜りましたミヨシ油脂株式会社名古屋支店、株式会社西村木材店、有限会社レイガイアジャパンの皆様に対して、心より感謝いたします。

文 献

- 矢野浩之・P.J.Collins・Y.Yazaki. 1998 a. 木粉のみで製造した成型材料. 第 48 回日本木材学会大会研究要旨集, 315.
- 矢野浩之・P.J.Collins・Y.Yazaki・土居修一. 1998 b. 木粉あるいはタンニン为原料としたプラスチック様成型物. 第 28 回木材の化学加工研究会シンポジウム講演集, 27-34.