

木質系材料のみからなる自己接着成形体の開発

- 蒸気処理木粉の含水率と熱流動性 -

高橋勤子^{*1}、高須恭夫^{*2}、福田徳生^{*3}

Development of Self-Bonding Molding from Woody Material

Isoko TAKAHASHI^{*1}, Yasuo TAKASU^{*2} and Norio FUKUDA^{*3}

Research and Development Division, AITEC^{*1~3}

蒸気処理木粉の熱流動性に及ぼす水分の影響を調べるため、ブナ、イエローボブラ、スギ心材の蒸気処理木粉の含水率を変化させて流出開始温度を測定した。その結果、含水率が高くなるにつれて流出開始温度は低下し、含水率14%以上で一定になった。同様の木粉で注入成形を試みたところ、含水率の上昇に伴って型内に注入される量は増加したが、割れの増大や表面の光沢の減少が見られ、成形に適した含水率があると考えられた。また、蒸気処理時に薬液を添加することにより、流出開始温度を低下させることができ、緩やかな蒸気処理条件で流動性の高い木粉を得られる可能性のあることが示唆された。

1. はじめに

化石資源の枯渇、地球温暖化などの問題が深刻化する中、再生産可能な循環型資源である木質系材料の活用が強く望まれている。筆者らは、木質系材料の活用を目指して、蒸気処理した木質系材料を用いて、マルチング用マットや自己接着ボードの開発を行ってきた¹⁾²⁾。これらは、木質系材料が蒸気処理により接着性成分を生成し、再加熱で自己接着することを利用している³⁾。

さらに、蒸気処理木粉が熱流動することを細管式レオメータを用いて明らかにし、蒸気処理温度及び樹種の違いによる熱流動性の差を調べてきた。また、蒸気処理木粉を加熱加圧することにより、プラスチック状の強固な自己接着成形体（木質成形体）を調製し、その物性を明らかにした⁴⁾。

木質系材料の成形に関する研究としては、木材をプラスチックと複合化した例⁵⁾や、木材を有機溶媒中で処理し、液化したものをプラスチック原料として利用する例⁶⁾など、多くの研究がなされている。しかしながら、蒸気処理した木材だけを用いて可塑的成形を試みた例は少ない。

これまでの研究の中で、蒸気処理した木粉に含まれる水分が、流動性や成形性、成形体の物性に大きく影響を及ぼすことが分かってきた。そこで、本研究では、蒸気処理木粉の含水率を変化させて熱流動性及び成形性がどのように変化するかを調べた。また、蒸気処理した木粉は、可塑的成形はできるものの流動性に乏しく、熱可塑

性プラスチックと比べ成形性に劣るので、蒸気処理時に種々の薬液を添加することにより、流動性の向上を図った。

2. 実験方法

2.1 試料粉体の調製

2.1.1 含水率を変えた試料粉体

原料として、ブナ、イエローボブラ、スギ心材のプレーナ屑を用いた。原料の全乾質量と同量の水を添加し、オートクレーブで蒸気処理を行った。蒸気処理温度は200℃、時間は20分間とした。これを自然乾燥した後、ウィレー式ミルを用いて粉碎し、振動ふるい機で90~250μmに分級したものを含水率調整した。気乾状態の木粉は約6%の含水率であった。そこで、目標含水率0~4%は、木粉を50℃の乾燥器で乾燥し、6%は気乾状態のまま、8~30%は試料木粉に水添加して調整し、試料粉体とした。

2.1.2 蒸気処理前に薬液を添加した試料粉体

原料として、ブナのプレーナ屑を用いた。原料の全乾質量に対し、表1に示す各種の薬液を同質量（5%過酸化水素水は2倍量）添加、混合し、密封容器中で3日間染み込ませた後、オートクレーブで蒸気処理を行った。蒸気処理温度は200℃、時間は20分間とした。水、4N酢酸及び5%過酸化水素水を添加したものに関しては、さらに160℃、180℃で20分間蒸気処理したものも用意した。これを自然乾燥した後、ウィレー式ミルを用いて粉

*1 基盤技術部（現工業技術部 材料技術室） *2 基盤技術部（現企画連携部） *3 基盤技術部

碎し、振動ふるい機で 90~250 μm に分級したものを含水率約 7% に調整して試料粉体とした。

表 1 添加した薬液

水(対照)
4N 酢酸
5% 過酸化水素水
1/5N 水酸化ナトリウム水溶液
4N 炭酸ナトリウム水溶液

2.2 熱流動性の評価

細管式レオメータ(島津製作所製フローテスト CFT-500 型)を用いて熱流動性の評価を行った。ノズルは直径 1mm、長さ 1mm のものを用いた。試料粉体 1.2g を、断面積 1 cm^2 のシリンダ内に充填し、その上にピストンを挿入する。80 で 5 分間予熱した後、3.92kN の荷重を加え、2 /min の昇温条件下で流出し始める温度を調べた。

2.3 注入成形による成形性の評価

含水率を変えた試料粉体 40g を、図 1 に示す注入成形金型のシリンダ内に充填し、190 に設定したプレス機で 10 分間加圧して、角カップ型の成形体を調製した。

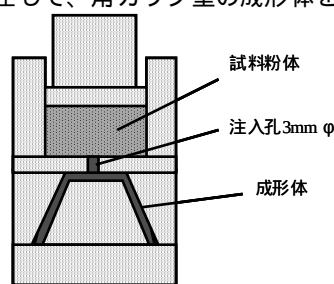


図 1 注入成形金型

3 . 実験結果及び考察

3.1 蒸気処理木粉の含水率と熱流動性

図 2 に蒸気処理木粉の含水率を変えて流出開始温度を測定した結果を示す。ブナでは、含水率 0~14% では、含水率の増加に伴って流出開始温度はほぼ直線的に低下し、含水率が 1% 高くなると流出開始温度は約 6 低下した。それ以上の含水率では、流出開始温度は約 95 で変化しなかった。また、他の樹種でも、含水率 0~14% では、含水率の増加にともなって流出開始温度は低下し、それ以上の含水率では、流出開始温度はほぼ一定となり、どの樹種も同じ傾向であった。

木材成分の熱軟化については、Goring による次のような報告⁷⁾がある。キャピラリー内に試料を入れ、一定荷重の重りの沈降量を測定する方法で、スプルス過ヨウ素酸リグニンの熱軟化挙動に及ぼす水分の影響を調べた結果、含水率 30% までは、含水率の増加に伴い軟化温度は低下し、30% 以上では変わらなくなった。

また、他の樹種または抽出方法の異なる種々のリグニン、ヘミセルロースにおいて、含水率の増加に伴い軟化温度の低下が見られたが、セルロースではその傾向は見られなかったと報告している。

図 2 では、含水率の増加に伴い流出開始温度は低下する傾向は一致しているが、含水率 14% でほぼ低下が止まっている。この差は、蒸気処理木粉には、抽出された過ヨウ素酸リグニンとは異なり、含水率の影響を受けないセルロース成分が 40~45% 含まれているためであると考えられる。いずれにしても、含水率は熱流動性に大きく影響し、水分は可塑剤として働くことが示唆された。

また、樹種間で比較すると、ブナに比べてイエローポプラは各含水率で流出開始温度が約 5 低く、スギ心材では 40~60 高かった。これら樹種間の差は、木材の主要成分であるリグニンやヘミセルロースの量に起因すると思われる⁸⁾。

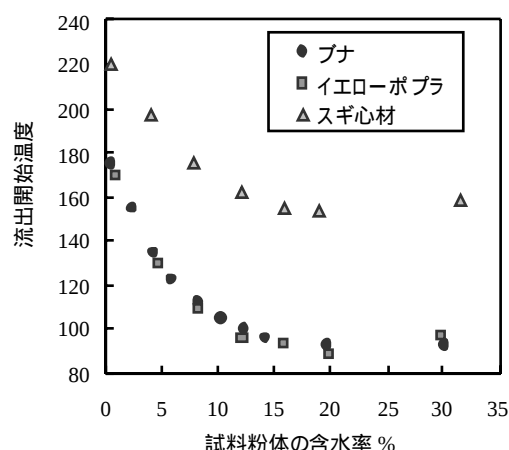
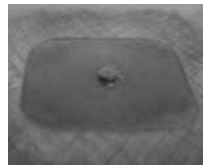


図 2 試料粉体の含水率と流出開始温度

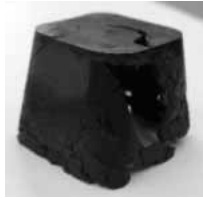
3.2 蒸気処理木粉の含水率と成形性

図 3 にブナの蒸気処理木粉の含水率を変えて注入成形を行った結果を示す。含水率 0% では、注入孔から木粉が少量押し出されたのみで、型の中には全く充填されなかった。含水率 4% では、充填量は大きく増加したが、充分には充填されず、帯状に注入される様子が観察できた。8% では、型の中に充分注入された。16% になると、充填は充分にされるが、表面の光沢が減少し、割れも見られた。30% では、表面に茶色く流動の跡が観察され、大きな割れが見られた。含水率が高くなると、型の中への充填は容易になるが、成形物の状態は悪くなった。

また、イエローポプラ、スギ心材についても、同様の注入成形を行った。その結果を図 4、5 に示す。イエローポプラは、含水率 0% でも底面に注入され、4% で充分に充填され良好な成形物が得られた。12% では表面が荒



0%の時の注入孔
出口の様子



4%



8%



16%



30%

図3 含水率の異なるブナの蒸気処理木粉の注入成形結果



0%



4%



12%

図4 含水率の異なるイエローポプラの蒸気処理木粉の注入成形結果



12%



20%



30%

図5 含水率の異なるスギ心材の蒸気処理木粉の注入成形結果

れ、割れも見られた。ブナと比較して、イエローポプラは低含水率でも成形性が高かった。スギ心材では、含水率12%でも底面にしか注入されず、20%、30%と含水率が高くなるにつれて注入される量は増加したが、成形性は非常に低かった。以上の結果より、成形に適した含水率があり、樹種によってその含水率は異なることが分かった。

3.3 蒸気処理前に薬液を添加した試料木粉の熱流動性

図6に薬液を添加して蒸気処理した木粉の流出開始温度を示す。4N酢酸、5%過酸化水素水の添加により、

流動開始温度が低下した。一方、アルカリ性の水溶液である1/5N水酸化ナトリウム、4N炭酸ナトリウム水溶液の添加により流出開始温度は高くなった。

酢酸による流出開始温度の低下及びアルカリ性水溶液による流出開始温度の上昇は、次のような理由によるものと考えられる。蒸気処理中、ヘミセルロース中のアセチル基の加水分解により酢酸が生成し、これが触媒となってヘミセルロースやリグニンの低分子化が起こる⁹⁾とされており、酢酸を添加することにより、この反応が促進され、流出開始温度が低下する。一方、アルカリ性水溶液の添加により、生成した酢酸が中和され、低分子化反応が起きにくくなり、流出開始温度が上昇する。

また、過酸化水素水はリグニンに選択的に酸化作用する性質があると報告されており¹⁰⁾、過酸化水素水を添加して蒸気処理することにより、リグニンの低分子化が促進されて流出開始温度の低下が起きたものと考えられる。

さらに、流出開始温度の低下が見られた過酸化水素水及び酢酸を添加して、温度を変化させて蒸気処理し、流出開始温度を測定した。その結果を図7に示す。水添加して160で蒸気処理した木粉は流出しなかったが、酢

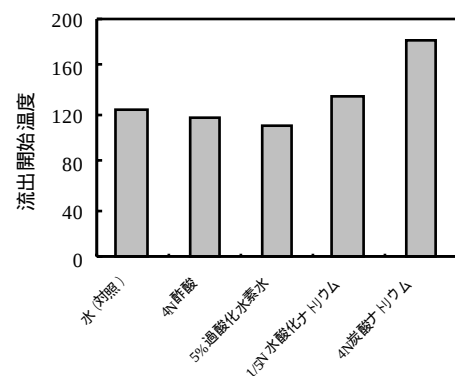


図6 薬液添加して蒸気処理した木粉の流出開始温度 (蒸気処理温度は200、含水率は7%)

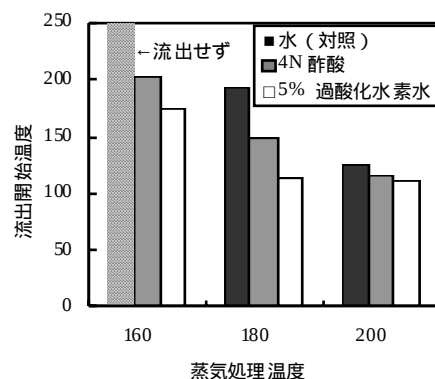


図7 薬液添加して蒸気処理した木粉の流出開始温度 (含水率は7%)

酸または過酸化水素水の添加により流出が見られた。
180 の蒸気処理では薬液添加の効果が著しく見られた。
特に、過酸化水素水を添加して 180 で蒸気処理した木粉は、水添加したものに比べて 80 の流出開始温度の低下が見られ、水添加して 200 で蒸気処理した木粉よりもさらに熱流動性が高くなった。この結果より、蒸気処理時に薬液を添加することにより、蒸気処理条件を緩和できることが示唆された。この材料を工業的に用いる場合、より低い温度、短時間の蒸気処理で流動性のよい材料を得られることは、非常に有効であると考えられる。

4 . 結 び

本研究では、蒸気処理した木粉の含水率を変化させて流出開始温度を調べた。その結果、含水率が高くなるにつれて流出開始温度は低下し、含水率 14%以上で一定になった。また、同様の木粉で注入成形を試みたところ、含水率の上昇に伴って型内への充填は容易になったが、過剰な水分で成形物の状態は悪化したことから、成形に適した含水率のあることが分かった。また、蒸気処理時に薬液を添加することにより、流出開始温度を低下させることができた。

石油資源枯渇や地球温暖化問題に対する解決策として、再生産可能な植物資源の利用は今後ますます重要になる

と考えられる。木質資源を原料としたこの木質成形体は、生産性や物性の向上等、検討すべき点が残されているが、将来、石油由来のプラスチックの代替としての利用が期待される。

文 献

- 1) 高須ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，**1**，47 (2002)
- 2) 酒井ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，**2**，20 (2003)
- 3) K.C.Shen：日本木材加工技術協会第9回年次大会講演要旨集，P97(1991)
- 4) 高橋ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，**3**，2 (2004)
- 5) 岡本忠：木材学会誌，**49**(6)，401(2003)
- 6) 白石信夫：木材学会誌，**32**(10)，755(1986)
- 7) D.A.I.Goring：*Pulp paper Mag. Canada*，**64**，T-517(1963)
- 8) 越島哲夫，坂井克己：木材の化学 P67 及び P111(1990)，文永堂出版
- 9) 棚橋光彦：木材研究・資料，**18**，34(1983)
- 10) 高橋正男：木材工業，**29**(12)，532(1974)