

蒸気処理した竹材の解繊と成形物の調製

高須恭夫^{*1}、高橋勤子^{*2}、来川保紀^{*3}、太田幸伸^{*3}、福田聡史^{*3}

Fiberization and Preparation of Moldings Using Steam-Treated Bamboo

Yasuo TAKASU^{*1}, Iso ko TAKAHASHI^{*2}, Yasunori KITAGAWA^{*3}
Yukinobu OHTA^{*3} and Satoshi FUKUTA^{*3}

Research and Development Division, AITEC^{*1*2} Industrial Technology Division, AITEC^{*3}

蒸気処理した竹材を、ゼファー化装置により繊維（維管束梢）と粉体（柔細胞）に分離した。200℃、20分の蒸気処理が分離に適していた。分離した繊維、粉体および両者を分離しないものを試料として細管式レオメータにより流出開始温度を測定した。粉体は最も流出開始温度が低く、極めて熱流動しやすい材料であることが分かった。一方、繊維の流出開始温度は比較的高かった。これらを原料として加熱加圧により成形物の調製を試みた。その結果、繊維、粉体および両者を分離しないものすべてから樹脂状の黒色化した成形物が調製できた。繊維を原料とした成形物は耐衝撃性が大きいこと、粉体は流動しやすいことから3次元成形物の調製が容易であること等が特徴的であった。

1. はじめに

竹材は成長が早く、再生可能な資源として利用できる可能性が高い。しかしこれまでその利用は、工芸品など、特定の分野に限られていた。筆者らはこれまでに、蒸気処理した木質材料を加熱加圧成形して調製する自己接着成形体（木質成形体）の開発を進めてきた^{1~3)}。ここでは、この手法を竹材に応用し、新しい利用技術の開発を目指して、成形物の製造に適した調製条件を見出すための試験を行った。具体的には、①蒸気処理による繊維と粉体の分離条件の把握、②蒸気処理竹材の熱流動性の把握、③蒸気処理竹材を原料とした自己接着プラスチック状成形物の作製と物性評価を行った。

2. 実験方法

2.1 竹材の蒸気処理

供試材料としては、3~5年生のマダケおよびモウソウチクを用いた。解繊試験については、比較のために1年生の材も使用した。長さ90cmに切断した竹材を4つ割りにし、160~220℃で20分（一部試料については180℃で60分）蒸気処理を行った。

2.2 解繊試験

蒸気処理した竹材を自然乾燥した後、手揉みおよびゼファー化装置を用いて解繊試験を行い、繊維（維管束梢）と粉体（柔細胞）の分離の程度を調べた。図1にゼファー化装置の模式図を示す。使用したゼファー化装置は、2本の溝付きローラの間で試料を圧縮するもので、本実

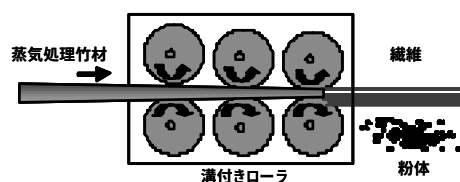


図1 ゼファー化装置の模式図

験では5対のローラを有する試験装置を用いた。

2.3 熱流動性の評価

200℃、20分蒸気処理したマダケおよびモウソウチクから、分離試験により得られた繊維、粉体および分離していない（未分離）竹材それぞれについて、細管式レオメータ（島津製作所製フローテスタ CFT-500型）を用いて熱流動性の評価を行った。用いたノズルは直径1mm、長さ1mmであった。試料粉体1.2gを、断面積1cm²のシリンダ内に充填し、その上にピストンを挿入した。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。繊維および未分離の竹材は粉碎して90~250μmに分級し、粉体はそのまま熱流動性試験に用いた。

2.4 成形体の調製

200℃、20分蒸気処理した3~5年生のマダケおよびモウソウチクから、分離試験により得られた繊維、粉体および未分離の竹材それぞれを原料として自己接着成形物を調製した。繊維は、ウィレー式ミルで粗粉碎したもの（0.5mm目の受け網を通過したもの）および未粉碎で

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

2cm 程度に切断したものをを用いた。未分離の竹材は、ウィレー式ミルで粗粉碎したものをを用いた。さらに、4つ割りして蒸気処理したままの竹材を積層して成形した。気乾状態（含水率 6～8%）にしたこれらの試料を 100×100 mm の型押し成形容器内に充填し、熱プレスで加熱・加圧（160℃、30MPa、10 分）し、厚さ約 4mm の成形物を調製した。この成形物から物性試験片を採取し、各試験に供した。また、モウソウチクの粉体を用いて、丸カップ型の成形を行った。図 2 に型押し成形および丸カップ型成形の模式図を示す。

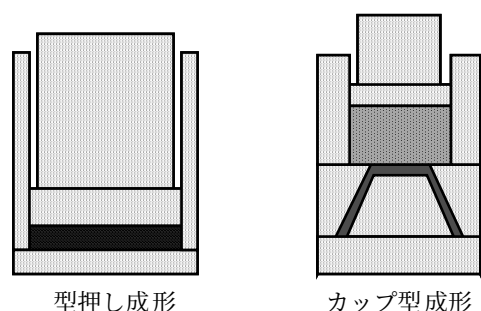


図 2 型押し成形およびカップ型成形の模式図

2.5 物性試験

曲げ試験は JIS K 7171 プラスチックー曲げ特性の試験方法に拠って行った。アイゾット衝撃値の測定は JIS K 7110 プラスチックーアイゾット衝撃強さの試験方法に拠って行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 蒸気処理竹材の解繊試験

竹材は爆砕処理により、竹繊維を取り出せることが知られている⁴⁾。ここでは、竹繊維と共に粉体の成形性を調べる目的で、蒸気処理した竹材を手やゼファー化装置などでほぐすことにより、繊維と粉体を分離し採取した。

表 1 に各条件で蒸気処理したマダケ 3～5 年生のゼファー化装置による分離試験の結果を示す。処理条件が適切であればゼファー化装置により容易に分離できることが分かった。160℃または 180℃、20 分蒸気処理した試料は、ノシイカ状の竹材が得られるものの、粉体は採取されず分離できないことが分かった。200℃、20 分蒸気

処理した試料は、ほぼ 90cm のままの繊維と粉体が採取できた。得られたのは、図 3、4 に示すように直径 0.2～0.5mm の繊維（維管束梢）と大きさ 30～60 μm の粉体（柔細胞）であった。220℃、20 分処理した試料では、繊維は脆くなり一部は粉体状となったため分離が困難であった。これは熱による劣化が原因と考えられた。さらに、180℃、1 時間処理した試料では、比較的良好な繊維が得られたが、200℃、20 分処理したものに比べて粉体の割合が低いことから、分離は十分でないと思われた。以上の結果から、繊維と粉体を分離するためには、200℃、20 分の蒸気処理が適切であると結論できる。

表 2 に手揉みにより解繊した結果を示す。マダケ 3～5 年生では、粉体の割合は 16.3%で、この割合は、ゼファー化装置による分離試験の値 15.9%とほぼ一致していた。手もみによる分離は、丁寧に行うことにより繊維と

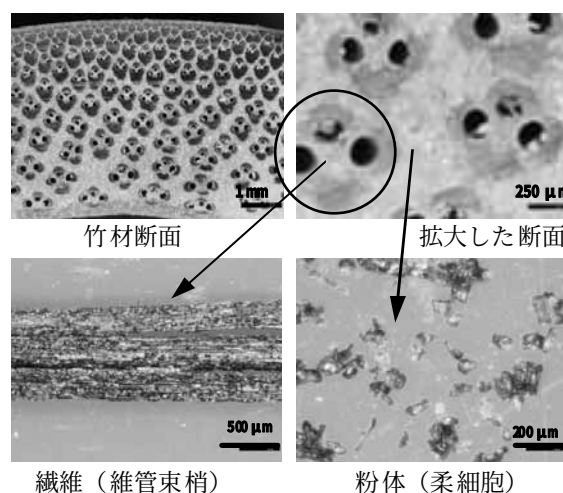


図 3 竹材の断面と得られた繊維および粉体

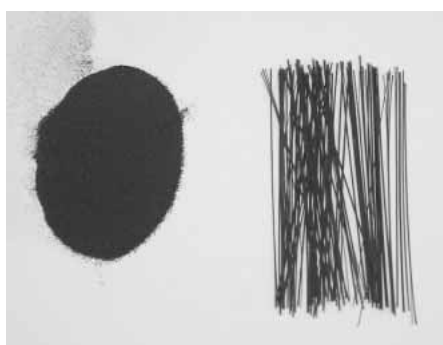


図 4 得られた繊維および粉体

表 1 蒸気処理したマダケ 3～5 年生のゼファー化装置による解繊試験結果

蒸気処理条件	解繊の状態	粉体の割合 (%)
160℃、20分	分離不可	-
180℃、20分	分離不可	-
200℃、20分	分離可	15.9
220℃、20分	分離不可	-
180℃、60分	分離可	7.6

表 2 手揉みによる解繊試験結果（蒸気処理条件 200℃、20 分）

試料	解繊の状態	粉体の割合 (%)
モウソウ1年生	分離可	5.2
モウソウ3～5年生	分離可	13.7
マダケ1年生	分離可	7.3
マダケ3～5年生	分離可	16.3

粉体の十分な分離ができることから、ゼファー化装置によって十分な分離が行われたと考えることができる。この方法は連続的に行うことができ、工業的利用が可能と考えられる。

これらの解繊試験の結果から、モウソウチクとマダケでは、大きな差は無いこと、1年生の竹材は、粉体量が少なくおよそ5～8%であり、3～5年生では粉体量はおよそ13～17%であることが分かった。

3.2 繊維と粉体の熱流動性

細管式レオメータによる測定から、繊維も粉体も熱流動を起こすことが分かった。**表3**に繊維及び粉体の流出開始温度を示す。粉体の流出開始温度は88℃～97℃と極めて低く、同一条件で試験した木材のスギ（流出開始温度185℃）、ブナ（同110℃）、イエローポプラ（同105℃）と比較して、非常に流動しやすい材料であることが分かった。一方、繊維の流出開始温度は156～175℃と比較的高く、未分離の試料では、両者の中間の値となった。

表3 蒸気処理竹材の流出開始温度（蒸気処理条件200℃、20分）

	流出開始温度(℃)		
	未分離	繊維	粉体
マダケ	-	156	97
モウソウチク	166	175	88

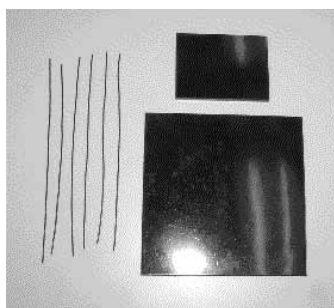


図5 熱流動試験の流出物（左）と調製した成形物（右）

粉体と繊維の流出開始温度の違いは、試験に用いた試料の寸法・形状の違いと構成成分の違いが理由として考えられる。すなわち、繊維は粉碎し90～250 μmに分級したものを試料としたが、アスペクト比が大きく、繊維の形状を残していた。一方、粉体は採取時のままで30～60 μmの粒状であった。この違いが、流出開始温度に影響を及ぼすと考えられる。しかし、流出開始温度の大きな差は、これまでの木材での実験の結果から、試料の寸法・形状の差だけでは説明できないと考えられ、構成成分による影響も大きいことが推定される。この点については、今後より詳細な検討が必要である。

3.3 成形物の調製と物性

加熱・加圧成形により、繊維、粉体および未分離の竹材のいずれの原料からも樹脂状の黒色化した自己接着成形物が調製できた。**図5**に得られた成形物の例を示す。また、**表4**にこれらの成形物の物性試験結果を示す。

未分離の竹材の粉碎物から得られた成形物は、これまでに木材で得られた成形物とはほぼ同等の曲げ強さ、アイゾット衝撃値であった。粉体から調製した成形物は、木材や他の竹原料と比べて曲げ強さは小さな値を示した。繊維の粉碎物から調製した成形物の曲げ強さおよびアイゾット衝撃値は、木材に比べて大きな値を示した。未粉碎の繊維から調製した成形物のアイゾット衝撃値は、28kJ/m²と極めて大きい値であった。さらに、4つ割りして蒸気処理したままの竹材を積層して調製した成形物は、曲げ強さは187N/mm²、アイゾット衝撃値は30kJ/m²



図6 未粉碎繊維から調製した成形物の破断面の様子

表4 各原料から調製した成形体の物性

試料		密度 g/cm ³	曲げ強さ N/mm ²	アイゾット衝撃値 kJ/m ²
マダケ	未分離（粉碎）	1.43	90.0	2.8
	粉体	1.40	42.2	2.3
	繊維（粉碎）	1.45	95.3	3.9
	繊維（未粉碎）	1.43	67.0	>30
モウソウチク	未分離（粉碎）	1.42	77.4	2.1
	粉体	1.39	32.4	2.1
	繊維（粉碎）	1.44	96.3	3.7
	繊維（未粉碎）	1.35	54.1	28.0
	蒸気処理のまま	1.42	187.1	>30
	木材（ブナ） ²⁾	1.45	63.0	3.4



図7 粉体（柔細胞）から調製したカップ型成形物

以上と極めて大きい強度性能を示した。図6に末粉碎の繊維から調製した成形物の破断面を示す。繊維が補強の役目を果たしている様子が観察され、竹自身の繊維とマトリックスからなる天然のFRPとすることができる。

一方で、粉体は上記のように曲げ強さが小さかったが、熱流動しやすいことから、図7に示すような3次元形状の成形物が容易に調製できた。

4. 結び

本研究の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1)蒸気処理により繊維（維管束梢）と粉体（柔細胞）を分離するには、200℃、20分の処理が適切であった。
- (2)分離により得られる粉体の割合は、1年生の竹材で5～8%、3～5年生では13～17%であった。
- (3)繊維、粉体および未分離の竹材のいずれもが熱流動性を示した。
- (4)粉体の流出開始温度は88～97℃と極めて低く、熱流動しやすい材料であった。
- (5)繊維、粉体および未分離の竹材のいずれから、熱圧成形によりプラスチック状の自己接着成形物が調製

できた。

(6)繊維を用いた成形物は、曲げ強さあるいはアイゾット衝撃値が大きく、また、蒸煮竹材をそのまま成形したときも極めて高強度の板材が調製できた。

(7)粉体からは、容易に3次元成形物の調製が可能であった。

これらの結果は、これまで知られていなかった多くの知見を含んでおり、竹材からプラスチック材料の代替材料を調製するための資料となるものと考えている。

なお本稿では、竹材成形物調製に向けた検討の概要を示した。蒸気処理条件や成形条件と成形物の物性の関係など、詳細については今後、別に報告を行う。

本研究の一部は、「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」により行い、参画機関である愛知教育大学、三幸毛糸紡績株式会社、名古屋港木材倉庫株式会社および株式会社タカハシキカンの協力を得て遂行した。ここに記して感謝いたします。

文献

- 1)高須ほか：第53回日本木材学会大会研究発表要旨集，P281(2003)
- 2)高橋ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，3，2(2004)
- 3)高橋ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，4，10(2005)
- 4)藤井透，大窪和也：繊維と工業，59(3)，12(2003)