

木質バイオマスを用いた軽量ボードの開発

太田幸伸^{*1}、福田聡史^{*1}、浅田文仁^{*1}

Development of Light Weight Boads Composed of Woody Biomass

Yukinobu OTA^{*1}, Satoshi FUKUTA^{*1} and Fumihito ASADA^{*1}Industrial Technology Division, AITEC ^{*1}

スギオガコに接着成分として蒸気処理竹粉、コーンスターチあるいはポリ乳酸を添加して熱プレス成形による軽量ボードの作製を試みた。比較的成形性が良好であった蒸気処理竹粉を使用して成形条件を検討した。また、熱プレス時の熱伝導特性についてシミュレーションし、必要な加熱時間を求めた。スギオガコに蒸気処理竹粉を 30wt%添加して厚さ 20mm のボードを成形する場合、中心部の温度がプレスの加熱温度にほぼ等しくなるのに約 20min 必要であり、実験結果と一致した。プレス圧力 1.5MPa で作製した熱プレス成形体において、曲げ強度はほぼ極大値を示し、表面状態もきれいなものが成形できた。一方、密度が 0.6g/cm³ 以下の軽量ボードを成形するためには、プレス圧力を 0.6MPa 以下にする必要があった。その場合、曲げ強度は低い値になった。

1. はじめに

最近、森林や都市近郊林は多面的な機能が再認識されつつあることから、保全と活用を図る必要がある。現状では、森林の生産物である木材を加工するときに発生する切れ端や切りくず、また、森林への侵入により山の管理上問題になっている竹を伐採したものについて、カーボンニュートラルだからといって、有効利用されないまま燃料として燃やしてしまうことがほとんどである。しかし、少しでも二酸化炭素の発生を抑制し、地球環境保護を推進するためには、これらの木質バイオマスは固体の状態を保つ必要がある。

筆者らは、木質バイオマスを有効利用する技術の一つとして、これまでに蒸気処理した木質材料がもつ自己接着性を利用し、エンボス状にマット成形する技術の開発を行ってきた¹⁾²⁾。本研究は、これまでの開発で得られた一連の製造技術を応用し、天然接着成分を添加したスギオガコを熱プレス成形して、建築資材として取り扱いが容易な厚さ 20mm、密度 0.6g/cm³ 以下の軽量ボードを作製する技術を検討した。また、熱プレス時の熱の伝わり方をシミュレーションして、熱プレスに必要な時間を求め、実証した。

2. 実験方法

2.1 原材料、接着成分およびプレス条件

厚みのある軽量ボードを容易に形成する可能性を調べるために、原料として厚み 1～1.5mm のチップ状のス

ギオガコを用いた。また、接着成分として蒸気処理竹粉（200℃、20min の蒸気処理）の他にコーンスターチ（とうもろこし澱粉）、ポリ乳酸の粉体（粒径約 2～30 μm）を用いた。プレス条件は、加熱時間 5～30min、プレス圧力 0.5～2.0MPa とした。なお、マット成形時のデータと予備実験から、プレス温度、含水率および各接着成分の添加量を表 1 のように設定した。ここでプレス温度は、マット成形時の温度¹⁾²⁾より 20℃高くした。

表 1 接着成分およびプレス条件

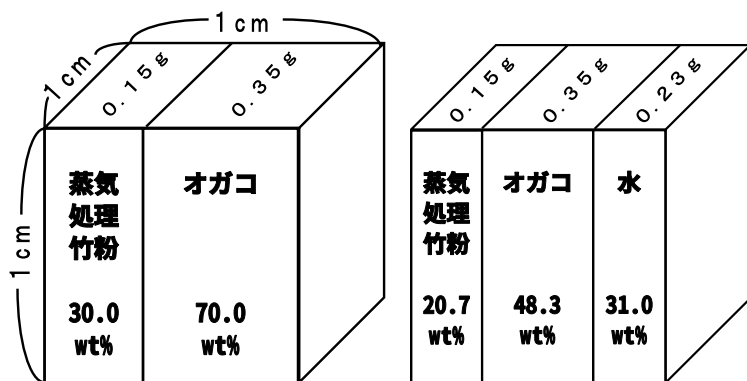
接着成分	プレス温度 (°C)	含水率 (%)	添加量 (wt%)
蒸気処理竹粉	200	45	30
コーンスターチ	180	60	30
ポリ乳酸	160	45	20

2.2 加熱時間シミュレーション

厚みのある木質ボードを熱プレス成形する場合、内部まで均一温度にするためには、木材の熱伝導率が小さいことから加熱時間を長くする必要がある。一方、これまでのマット成形の結果では、接着成分を長時間加熱すると接着力や強度に影響を及ぼしたことから、適正な加熱時間を設定する必要がある。そこで、スギオガコと蒸気処理竹粉を用いたボード成形時の熱の伝わり方をシミュレーションした。

シミュレーションを行う際の各原材料の配合比のイメージを図 1 に示す。図 1 a) は、原材料を密度が

^{*1}工業技術部 応用技術室



a) ボードの密度 0.5g/cm^3 の場合 b) 含水率 45% に調湿した場合

図1 配合比のイメージ

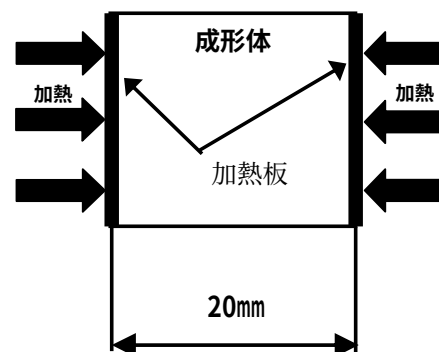


図2 加熱モデル

表2 シミュレーションに用いた物性値

物性等		原材料			合成値
項目	単位	スギ	竹	水	
配合比	wt%	48.3	20.7	31.0	—
比熱	$\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$	1.211	1.758	4.217	2.257
密度	g/cm^3	0.4	0.8	1.0	0.725
熱伝導率	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	0.087	0.140	0.667	0.278

0.5g/cm^3 になるように配合した場合であり、図1 b)は、含水率 45% (原料の全乾質量を 100%とした場合の全乾質量に対する水の割合) に調製した場合である。そして、熱プレス成形体 (以下、成形体という。) が目標の厚さ、密度になるように図1 b) の配合材料の量を調整して金型に入れ、ボード厚 20mm に保ちながら加熱および加圧する場合を想定した。シミュレーションに用いた物性値を表2に示す。各原材料の配合比と物性値を掛けて足したものを合成値とし、計算の簡易化を図った。

これらの値を使用して、図2のようにボードの左右の加熱板を瞬時に所定温度に加熱した場合の過渡温度分布を差分法³⁾により求めた。ただし、材料の加熱開始温度は 20°C とした。また、実際に加熱時間を変えて成形体を作製し、その性状および強度の測定値をシミュレーション結果と比較、検討した。

2.3 ボードの成形

プレス圧力の影響を調べるため、スギオガコと蒸気処理竹粉を用いて、圧力を 0.3 から 2 MPa まで変えてボードを成形した。配合材料の投入量は、成形体の厚さが 20mm の時に密度が 0.5g/cm^3 になるように調整した。なお、プレス温度 200°C 、加熱時間 20min とした。

2.4 評価方法

成形体の物性値の評価は、JIS A 5908 パーティクルボードに規定される試験方法を準用して密度、曲げ強さおよび曲げヤング係数について行った。また、表面状態等

の評価は、成形体の表面や丸鋸切断面を目視検査により行った。

3. 実験結果および考察

3.1 接着成分と成形性

接着成分に用いた蒸気処理竹粉、コーンスターチ、ポリ乳酸のいずれもボード成形が可能であった。しかし、最も期待されたコーンスターチにおいて、予備実験としてマット成形で適正であったプレス温度 160°C 、プレス圧力 0.66MPa 、加熱時間 20min で成形したところ、切断面の中間層で割れが生じ、部分的に湿ったものもあった。そのため、プレス温度を 20°C 高くして乾燥を促進させ、割れ防止のためプレス中に圧抜きを行い、さらに開圧する前に冷却工程を追加したところ、成形状態はかなり改善された。

そこで、ボード成形では表1に示したように、プレス温度をマット成形で最適であった場合よりも 20°C 高く設定 (例えば、ポリ乳酸の場合は、 140°C を 160°C に設定) し、さらに前述の割れ防止対策を図った。その結果、

図3 a) に見られるように蒸気処理竹粉を添加したもの



a) 蒸気処理竹粉



b) コーンスターチ



c) ポリ乳酸

図3 各接着成分を添加して作製した成形体の丸鋸切断面

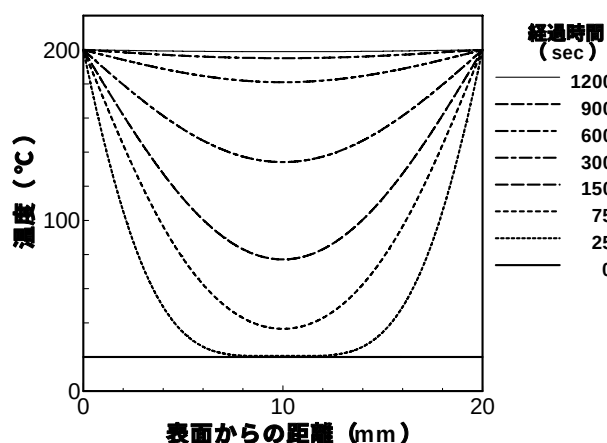


図4 シミュレーション結果（過渡温度分布：加熱温度 200℃）

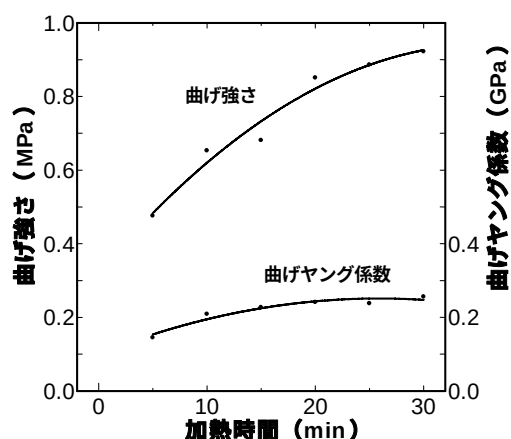


図6 加熱時間が強度に及ぼす影響

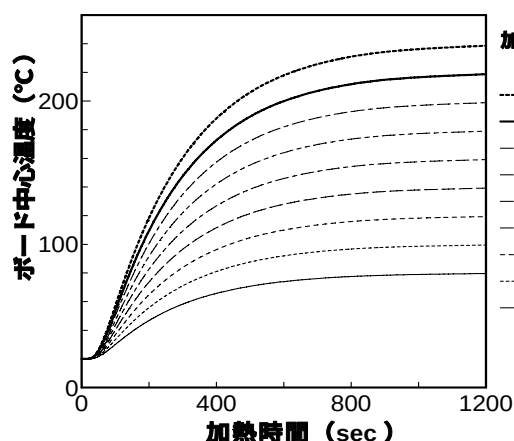


図5 シミュレーション結果（ボード中心部温度の経時変化）

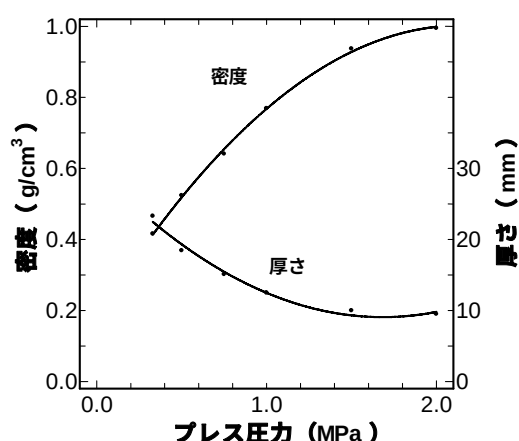


図7 プレス圧力が厚さおよび密度に及ぼす影響

は成形状態が良く、切断面もきれいであった。一方、コーンスターチの場合は、図3 b) に示すように予備実験で見られた割れや湿りなどの現象が依然として認められた。これは含水率の設定が高すぎたものと思われる。また、図3 c) のポリ乳酸の場合は、切断面の中間層に凹みが生じた。これは、ポリ乳酸の融点が約 170℃であり、ボード表面では軟化が進んで、加圧により密度が高くなっているが、中心部では軟化が遅れるため中心の密度が上がらなかったためと考えられる。これらのことから、以後の実験は、プレス条件の許容範囲の広い蒸気処理竹粉を用いて加熱時間とプレス圧力の影響を検討した。

3.2 加熱時間が成形体に及ぼす影響

ボード成形する場合には、ボードの厚さと熱的特性（熱伝導率など）が成形時間に大きく影響する。これまででは比較的薄いマットの成形条件を検討してきた。しかし、厚みのあるボードでは、マット成形で得られた適正条件を満たすために加熱時間をより多く必要とする。例えば、表2のようにスギは熱伝導率が 0.087 W/(m・K)と小さく、水の 0.667 W/(m・K)の約8分の1しかない。このため加熱時間を多く必要とし、また、含水率にも大きく影響される⁴⁾ことになる。そこで、含水率 45%に調湿

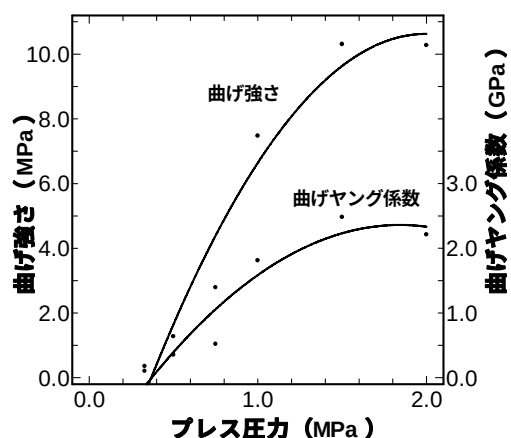


図8 プレス圧力が強度に及ぼす影響

した厚さ 20mm のボードについて、過渡温度分布及び中心温度の経時変化のシミュレーションを行ったところ、図4および図5の結果が得られ、ボードの中心部まで均一加熱するには約 20min を要することが分かった。

また、実際にプレス時間を変化させて熱プレス成形し、その強度を測定したところ、図6に示すように、加熱時間約 20min で曲げ強さおよび曲げヤング係数の増加がほぼ極大値になることが分かった。このことは、シミュレーションが適正であったことを示している。

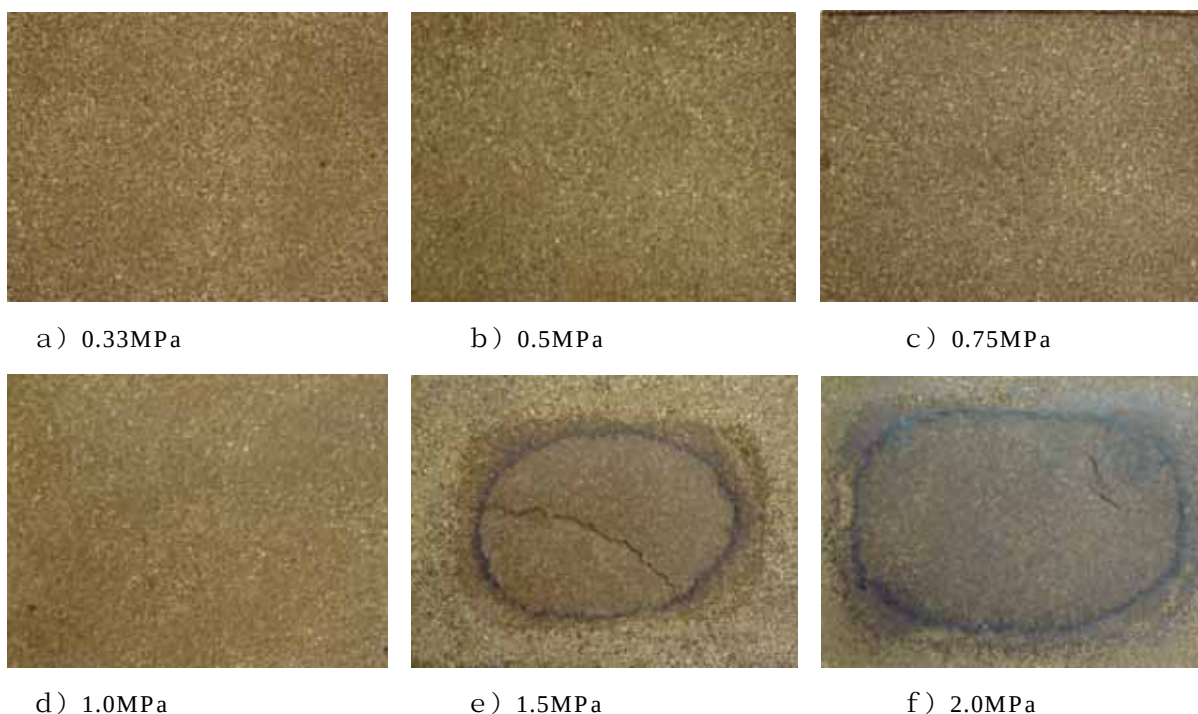


図9 プレス圧力が表面性状に及ぼす影響（加熱温度 200℃）

3.3 プレス圧力が成形体に及ぼす影響

図7および図8にプレス圧力を変えて成形したときのボードの厚さおよび密度並びに強度に及ぼす影響を示す。プレス圧力を増加すると、図7に見られるように、厚さが減少し、密度が高くなった。しかし、厚さはプレス圧力が 1.5MPa を超えると変形量が小さくなり、一定の値になった。また、図8に示す強度についても同様に、プレス圧力の増加に伴い曲げ強さおよび曲げヤング係数が大きくなったが、1.5MPa を超えると増加の割合が少なくなった。この場合の成形体断面を観察したところ、スギオガコの中に蒸気処理竹粉が充満し、空隙はほぼ無くなっていた。このことから、プレス圧力 1.5MPa 以上ではスギオガコ自身が潰れていくものと考えられる。

図9に、プレス圧力を変化させた場合の成形体の外観写真を示す。1.5MPa を越えると成形体の表面中央部にリング状の模様が現れた（(e) 及び (f)）。ここで、水の蒸気圧が 198℃で約 1.5MPa になることを考えると、これらのリング状の模様は気相と液相の境界であり、この境界の内側では液体（水分と原材料から溶け出した成分）のうち水分のみが蒸発し濃縮が起これ、残留物が模様となっているものと考えられる。商品として外観を気にする場合は、1.5MPa 以下にすれば濃縮が防止されてきれいな外観にすることができる。

ところで、プレス圧力の上限值は明らかになったが、図7から分かるように、本研究の目標である厚さ 20mm、密度 0.6g/cm³ 以下の軽量ボードを作製するためには、プレス圧力を 0.6MPa 以下で成形する必要がある。一方、

0.6MPa のプレス圧力で成形した場合、図8から曲げ強さ約 0.3MPa、曲げヤング係数約 0.7GPa となる。これらの値は現状の市販ボード（パーティクルボードの JIS 規格において、曲げ強さ 8 MPa 以上、曲げヤング係数 2 GPa 以上）に比べ小さい。成形体の強度を向上させるためには、今後、接着成分の添加量、プレス温度等の条件を検討する必要がある。

4. 結び

蒸気処理竹粉とスギオガコを混合して厚さ 20mm、密度 0.6g/cm³ 以下の軽量ボードの成形が可能であることが分かった。また、加熱時の温度変化のシミュレーション結果から適正な加熱時間を設定できた。今後、このシミュレーションの活用は熱プレスする場合の指標の一つとして有効と思われる。また、市販品と同等の強度を有する軽量ボードを天然接着成分のみで成形するためには、プレス条件等を再検討する必要がある。

文献

- 1) 太田ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，4，54（2005）
- 2) 太田ほか：愛知県産業技術研究所研究報告，5，54（2006）
- 3) 斎藤，岡田，一宮：例題演習伝熱工学，P44（1989），産業図書出版
- 4) 木材工業ハンドブック編集委員会編：改訂4版木材工業ハンドブック，P118（2004），丸善