パーティクルボードの寸法安定性に及ぼす製造因子の影響†

高谷政広* 池山道高** 北山 隆**
浜田良三*** 岡本 忠*

Effects of Factors of Board Preparation on Dimensional Stability of Particleboards

by

Masahiro TAKATANI*, Michitaka IKEYAMA**, Takashi KITAYAMA**

Ryozo HAMADA*** and Tadashi OKAMOTO*

The object of this study was to investigate the dimensional stability (DS) for particleboards (PBs) made by changing factors of board preparation, this is, density of boards, resin content, adhesives, particle size and wood species. The measurement of moisture absorption, in-plane linear expansion (LE) and thickness swelling (TS) were done to evaluate DS of PBs.

The results are summarized as follows: It was clear that the values of LE and TS were decreased with decreasing density of boards and increasing resin content. DS of adhesives used was superior in order of phenolic resin (PF) > Isocyanate resin (IC) > Urea resin (UF). The oriented boards prepared from birch and Hinoki showed excellent resistance against moisture absorption, and anti-swelling efficiency on their LE values (L-ASE) in 50% and 35%, respectively.

Key words: Particleboard, Dimensional stability, Moisture content, Density, Wood species, Adhesives, Resin content, Particle size

1 緒 言

資源・エネルギーの持続的な供給が今日、強く求められているが、木材資源においても熱帯林地域での伐採の例にも見られるように、資源の枯渇に伴ない、森林保護と環境保全の面から、未利用木材、木材廃材および他のリグノセルロース等（植物）農産廃棄物の有効利用が増々重要になってきた。ここでは、このような理由から合板の代替品として注目されているパーティクルボードを取り上げ、住宅建築用壁・床材料に利用される際に問題となる水分の吸湿による寸法安定性を検討することにした。パーティクルボードなどの木質ボード類の寸法安定性に関する最近の研究は、市販ボードについて比較的多くなされているが実験室ボードについてはあまりみられない。実験室製パーティクルボードの寸法安定性に関する最近の研究報告として、国内では針葉樹のスギ間伐材^{1)~5)}を原料としたものが多くみられるが、一部トマツ材⁶⁾もある。一方国外では針葉樹⁷⁾および広葉樹⁸⁾同志の混合材、単一樹種のレッドオーク材⁹⁾、およびポプラ材、タマラック材、パイン材など¹⁰⁾を原料として製造したストランドボードおよびフレークボードなどに研究報告がみられる。

本研究では、ラワン材、カバ材およびヒノキ材の3樹種を原料として、接着剤にユリア樹脂、イソシアネート樹脂および水溶性またはアルコール溶性フェノール樹脂の4種類を用いて実験室的に製造したパーティクルボ

ードの寸法安定性について基礎的なデータを得るために、ボードの比重、パーティクルの形状と樹種および接着剤の種類とその添加率（含脂率）などのボードの製造因子が厚さおよび平面方向の寸法安定性に及ぼす影響を吸湿試験によって調べた。

2 材料および実験方法

2.1 供試材料

供試原材料として、主としてレッドラワン材 (*Shorea negrosensis* Foxw. 気乾比重 0.53) を用いた。またパーティクルの形状（ボードのタイプ）のちがいによる寸法安定性を比較するためにカバ材 (*Betula maxi mowicziana* Regel 気乾比重 0.69) とヒノキ材 (*Chamaecyparis obtusa* Endl. 気乾比重 0.41) を用いた。供試した材のパーティクルの形状と寸法およびこれらのパーティクルを用いて製造したボードの種類の関係を以下に示した。

○レッドラワン材

ストランド型（長さ×幅×厚さ：20mm×1.5mm×0.62mm）—ランダムボード

○カバ材

ストランド型（長さ×幅×厚さ：20mm×1.1mm×0.25mm）—ランダムボード

ストランド型（長さ×幅×厚さ：150mm×1.1mm×0.25mm）—配向性ボード

フレーク型（長さ×幅×厚さ：20mm×20mm×0.25mm）—フレークボード

† 原稿受理 平成10年6月9日 Received June 9, 1998

* 正会員 近畿大学農学部農芸化学科 〒631-8505 奈良市中町, Faculty of Agriculture, Kinki Univ., Nakamachi, Nara, 631-8505

** 近畿大学農学部農芸化学科 〒631-8505 奈良市中町, Faculty of Agriculture, Kinki Univ., Nakamachi, Nara, 631-8505

*** 近畿大学農学部農芸化学科（故人）

○ヒノキ材

ストランド型 (長さ×幅×厚さ: 20mm×1.2mm×0.19mm) —ランダムボード

ストランド型 (長さ×幅×厚さ: 150mm×1.2mm×0.19mm) —配向性ボード

フレック型 (長さ×幅×厚さ: 20mm×20mm×0.19mm) —フレックボード

なお, パーティクルの含水率は約 5.2% であった. 供試樹脂は, 主としてユリア樹脂 (不揮発分 60%, トーベック社製, 以後 UF という) を用い, さらにイソシアネート樹脂 (クルード MDI, 不揮発分 100%, 武田薬品工業製, 以後 IC という), および実験室で合成した水溶性フェノール樹脂とアルコール溶性フェノール樹脂 (いずれも不揮発 50%, 以後水溶性 PF とアルコール溶性 PF という) を用いた. 樹脂の PH は, 水溶性 PF では 11.2 であり, アルコール溶性 PF では 7.0 とした.

2.2 ボードの製造方法

ボードの製造は, 所定量の接着剤をスプレイガンでパーティクルに塗布した後, 手まきによりマットを成形して熱圧縮を行ない, 寸法 15cm×15cm×3mm のボードとした. 熱圧縮条件として, 熱圧温度を UF の場合 130℃, IC の場合は 160℃, PF の場合は 150℃とし, 圧縮圧力を 20kgf/cm², 圧縮時間を 5 分間とした. 寸法安定性に関する基礎的な知見を得るために, レッドラウン材のパーティクルと UF を用いて比重を 0.45, 0.6, 0.75 の 3 水準, 含脂率を 7%, 10%, 13% の 3 水準とする単層のランダムボードを製造した. また接着剤の種類とボードのタイプのちがいによる知見を得るために, 前者については, レッドラウン材のパーティクルと UF, IC, 水溶性 PF, アルコール溶性 PF の 4 種類を用いて単層のランダムボード (比重 0.6, 含脂率 10%) を製造し, 後者については, カバ材, ヒノキ材のパーティクルと UF を用いて単層のランダムボードとフレックボード, 三層の配向性ボードの 3 種類 (いずれも比重 0.6, 含脂率 10%) を製造した. なお配向性ボードについては, 表層と心層のパーティクルの構成割合を 1:1 とし, パーティクルをハンドメイドで配列させ, 合板の構成と同じ直交配向の三層ボードを製造した.

2.3 寸法安定性試験

ボード製造後, 実験室で約 1 週間養成した後, 大きさ 12cm×12cm に切断して実験に供した. 試験片は 105℃で全乾後, 28℃飲湿デシケータ中で吸湿試験を行ない, 1 日後およびその後 1 週間毎に吸湿量が平衡になるまで, 重量と厚さおよび平面方向の伸び量を測定した. 吸湿試験に用いた試験体数は, 各ボードとも 4 枚ずつであった. なお, 厚さおよび平面方向の伸びは, あらかじめボードの 4 隅に 10cm の間隔に白ペンキで印を付けた後, マイクロメーターおよび読み取り顕微鏡を用いて各々 4ヶ所測定した. 所定時間に測定した重量と伸び量の平均値を用い, 全乾時の重量と寸法を基準にして, 吸湿率 (含水率) —膨張率の関係, 平衡吸湿時における膨張率を含水率で除した含水率 1% に対する膨張率, 抗膨

潤能 ($ASE = 100 (V_c - V_d) / V_c$, V_c : 基準ボードの平衡吸湿時の膨張率, V_d : 比較対照ボードの平衡吸湿時の膨張率) を求め, ボードの寸法安定性を評価した. なお, 本研究ではボードの比重 0.6, UF の含脂率 10% のストランド型ランダムボードを基準ボードとした. また配向性ボードの平面方向の伸びについては, 平行方向と直交方向の測定値を合わせて平均化した値を伸び量とした.

3 結果と考察

3.1 寸法安定性に及ぼす比重の影響

ボードの含水率と膨張率の関係を厚さおよび平面方向について各々 Fig. 1 と 2 に示した. これらの図より, 含水率の増加に伴い膨張率は増加しており, 含水率と厚さ膨張率 (TS) または平面方向の膨張率 (LE) との関係は S 字曲線となる傾向がある. この一因として, 関野が明らかにしたようにボードの表内層での含水率の差異が考えられる.¹¹⁾ すなわち, ボード厚さは 3mm と薄いものの, 吸湿一日目では表層と内層で含水率の差が大きいため, 特に LE では低含水率の内層部が表層の膨潤を抑制しているものと推測される. またこれらの図より, TS の変化率は含水率 10% ~ 15% を境に異なり, 低含水率域と比較して高含水率域で大きくなっている. 一方, LE の変化率は含水率 10% ~ 15% を境に異なり, 低含水率域と比較して高含水率域で小さくなる傾向がみられる. このような結果は, 後述の結果 (Fig. 3 ~ 10) においても同様に認められる. 平衡時の含水率 (EMC) は, これらの比重 (0.45 ~ 0.75) において 25.5 ~ 27.0% の範囲にあるが, この時 TS は 20.0 ~ 38.0% の範囲であった. 一方, LE の値は, 小さく 0.45 ~ 0.80% の範囲であった. 膨張率は, TS, LE 共に比重の増加と共に増加する傾向になっており, 寸法安定性が悪くなっている. この理由として, ここでは一定の含脂率と厚さ 3mm のボードの比較であるので, 一般に良く言われているように熱圧縮後の吸湿によるスプリングバックが原因であり, その影響は

Fig. 1. Effects of board density and moisture content on thickness swelling (Adhesive: UF, Resin content: 10%, wood: red lauan).

Fig. 2. Effects of board density and moisture content on linear expansion (Adhesive : UF, Resin content : 10%, wood : red lauan).

厚さ方向において比重が大きい程顕著に現れたものと思われる。比重 0.6 を基準として求めた EMC における厚さおよび平面方向の ASE (T-ASE および L-ASE) は、比重 0.45 では、それぞれ 31.5% と 33.3%、同様に比重 0.75 では -3.7% と -18.2% になった。また含水率 1% 当りの TS と LE は、それぞれ 0.76 ~ 1.62% と 0.017 ~ 0.033% であった。

3・2 寸法安定性に及ぼす含脂率の影響

ボードの含水率と膨張率の関係を厚さおよび平面方向について各々 Fig. 3 と 4 に示した。EMC は、24.0 ~ 25.5% の範囲にあるが、膨張率は TS と LE 共に、含脂率の増加と共に減少する傾向を示した。この結果は、朴ら³⁾のスギ間伐材を用いたパーティクルボードの研究結果と同様である。彼らは、このような結果を含脂率の増加によってパーティクル同志の密着性がよくなるため、またボードの比重が一定であるので、含脂率の増加と共にボード 1 枚当りの木材実質量が低下することが原因になって圧縮比 (ボード比重/原料木材の比重) が低下することにより吸水率が低下して、さらに TS が低下するためであると考察している。この事は、LE の場合にも当てはまるが、LE では、前者のパーティクル間の密着性の方に強く支配されるため、また含脂率にあまり大きな差がなかったため TS に比較して顕著でなかった。

EMC において TS の値は、19.4 ~ 31.0% の範囲にあり、一方 LE は 0.52 ~ 0.72% の範囲になった。含水率 1% 当りの TS と LE は、それぞれ 0.75 ~ 1.20% と 0.021 ~ 0.028% であった。また、含脂率 10% を基準にして求めた T-ASE および L-ASE は、含脂率 7% ではそれぞれ -30.0% と -24.1%、含脂率 13% では 19.3% と 12.1% になった。

3・3 寸法安定性に及ぼす接着剤の影響

4 種類の接着剤におけるボードの含水率と膨張率の関係を Fig. 5 と 6 に示した。EMC は、25.0 ~ 32.5% の範囲にあるが、EMC における TS の値は 14.2 ~ 23.0% になり、一方 LE の値は 0.35 ~ 0.56% になった。

一般にアルカリ性 PF は、樹脂自体の吸湿量が大きく、高い吸湿性をボードに与えるといわれているが、ここに

Fig. 3. Effects of resin content and moisture content on thickness swelling (Adhesive : UF, Density : 0.6g/cm³, Wood : red lauan).

Fig. 4. Effects of resin content and moisture content on linear expansion (Adhesive : UF, Density : 0.6g/cm³, Wood : red lauan).

においてもアルカリ性である水溶性 PF にその傾向が見られ、EMC は、PF では IC と UF よりもやや高くなったが、しかし膨張率は逆に PF, IC, UF の順に小さくなった。このような結果を生じた原因として、PF は凝集力が高く、木材との接着性が良好なためと考えられる。

UF を基準として求めた T-ASE および L-ASE は、IC ではそれぞれ 22.0% と 16.1%、水溶性 PF では 32.1% と 37.5%、アルコール溶性 PF では 38.2% と 37.5% であった。また含水率 1% 当りの TS と LE 共、PF が小さくなり、それぞれ 0.48 ~ 0.50% と 0.01% ~ 0.12% であった。

3・4 寸法安定性に及ぼすボードタイプの影響

カバ材とヒノキ材におけるボードの含水率と膨張率の関係をそれぞれ Fig. 7, 8 と Fig. 9, 10 に示した。

カバ材では EMC は 24.0 ~ 24.5% の範囲にあるが、EMC において TS の値はフレックボードが一番小さく 15% であり、次に配向性ボード 19%、ランダムボード 22% の順になった。また含水率 1% 当りの TS の値は、フレックボード 0.63%、配向性ボード 0.78% およびランダムボード 0.91% であった。ランダムボードの値を基準として求めた T-ASE は、配向性ボードでは 9.5%、フレックボードでは 30.1% になった。フレックボードの厚さ方向の寸法

Fig. 5. Effects of adhesive type and moisture content on thickness swelling (Resin content : 10%, Density : $0.6\text{g}/\text{cm}^3$, Wood : red lauan).

Fig. 8. Effects of board type and moisture content on thickness swelling (Adhesive : UF, Resin content : 10%, Wood : birch).

Fig. 6. Effects of adhesive type and moisture content on linear expansion (Resin content : 10%, Density : $0.6\text{g}/\text{cm}^3$, Wood : red lauan).

Fig. 9. Effects of board type and moisture content on thickness swelling (Adhesive : UF, Resin content : 10%, Wood : Hinoki).

Fig. 7. Effects of board type and moisture content on thickness swelling (Adhesive : UF, Resin content : 10%, Wood : birch).

Fig. 10. Effects of board type and moisture content on linear expansion (Adhesive : UF, Resin content : 10%, Wood : Hinoki).

安定性が良好であるのは、他の二者に比較してパーティクルの幅が大きいこと、熱圧縮の際接着剤とパーティクルの密着性が厚さ方向において良好になったと思われる。

一方、EMCにおけるLEの値は配向性ボードが一番小さく0.16%であり、次にランダムボードで0.30%であり、フレークボードでは0.39%であった。平面方向において配向性ボード、ランダムボードおよびフレークボードの順に寸法安定性が良好になった。配向性ボードのパーティクルの長さが150mmと一番長かったために、大きな寸法安定性を発現したものと考えられる。また含水率1%当りのLEは、配向性ボード0.007%、ランダムボード0.012%、フレークボード0.016%であった。ランダムボードの値を基準にして求めたL-ASEは、配向性ボードでは50.0%、フレークボードでは-30%であった。

ヒノキ材ではEMCは21.0～21.5%の範囲であり、低い値になった。このEMCにおいてTSの値は、配向性ボードが小さくなったが、ボード間においてあまり差がなく、22.8～26.0%の範囲であった。含水率1%当りのTSの値は、配向性ボード1.06%、フレークボード1.15%、ランダムボード1.23%であった。またランダムボードを基準として求めたT-ASEは、配向性ボードでは7.65%、フレークボードでは6.58%になった。一方、EMCでのLEの値は、配向性ボードが一番低く0.15%であり、次にランダムボードで0.21%、フレークボードで0.25%の順になった。また含水率1%当りのLEは、配向性ボード0.007%、フレークボード0.012%、ランダムボード0.010%になった。ランダムボードを基準にして求めたL-ASEは、配向性ボードでは34.8%、フレークボードでは-8.7%であった。

4 結 論

パーティクルボードの比重および含脂率、パーティクルの形状と樹種および接着剤の種類などのボードの製造因子が厚さと平面方向の寸法安定性に及ぼす影響を調べた。その結果、吸湿による厚さと平面方向の膨張率は、比重の低下および含脂率の増加と共に低下した。接着剤では、PF、IC、UFの順に膨張率が小さくなった。またカバ材とヒノキ材の配向性ボードでは、膨張率が小さくなり改善効果が認められた。

参 考 文 献

- 1) 梶田 熙, 木材学会誌, **33**, 865 (1987).
- 2) 梶田 熙, 椋代純輔, 材料, **39**, 1218 (1990).
- 3) 朴 厚植, 梶田 熙, 矢野浩之, 京都府立大学学術報告・農学第47号, 32 (1995).
- 4) 施 翔, 梶田 熙, 矢野浩之, 材料, **45**, 369 (1996).
- 5) 宮本康太, 鈴木滋彦, 木材工業, **52**, 342 (1997).
- 6) 吹野 信, 堀江秀夫, 佐藤 司, 北海道立林業試験場報, **10**, 1 (1996).
- 7) S. Avramidis and L. A. Smith, *Holzforschung*, **43**, 13 (1989).
- 8) P. M. Winistorfer and D. Dicarlo, *Forest Prod. J.*, **38**, 57 (1988).
- 9) D. L. Nicholls, P. R. Blankenhorn and P. Labosky Jr., *Wood and Fiber Sci.*, **23**, 143 (1991).
- 10) R. L. Geiner, *Forest Prod. J.*, **36**, 43 (1986).
- 11) 関野 登, 木材学会誌, **40**, 519 (1994).