

樹脂含浸と熱圧成形による木材の高耐久化

Improving durability of resin impregnation and thermo-compression molding wood

会津若松技術支援センター 産業工芸科 齋藤勇人

本研究では、熱硬化性樹脂溶液を木材へ含浸後に熱圧で成形を行い試験片を製作した。試験片を蒸留水等に24時間浸漬させた後の重量変化率は約15%以内、体積膨張率も約15%以内となり、無垢木材と比較して優れた寸法安定性が得られた。また、溶液浸漬により、熱圧で単板が圧縮された方向での復元が認められ、無垢木材とは異なる機構による寸法変化が生じていることが明らかになった。また、溶液浸漬乾燥後の曲げ強さは、溶液浸漬前に比較して、大きな減少はなかった。

Key words: 木材 樹脂含浸 熱圧成形

1. 緒言

木材は他素材と比較して強度が小さいことから凹みややすく、水分を含みやすいことから寸法が狂いやすいことなどが欠点とされ、プラスチック等の材料へ置き換わってきた背景がある。一方で近年は環境配慮の観点から持続的に利用でき、CO₂の固定化に寄与するとして木材を活用したいという企業ニーズが高まっている。

当所では過去に産総研から技術移転を受け木質流動成形による試験板の製作に取り組んだ^{1) 2)}。水溶性の樹脂を含浸させた木材を熱圧成形し、形状を付与する方法であるが、このとき木材への樹脂含浸は組織の軟化を図るとともに成形時の形状保持に寄与している。この技術を活用したい企業ニーズはあるものの、どのような性能を有しているのか明らかでないため、製品例が少ない。本研究では木質流動成形技術のように樹脂含浸、熱圧成形により形状付与した木材がどのような性能を有しているのか明らかにするために以下の実験を行った。

2. 実験及び結果

2. 1. 供試材

実験に使用する供試木材は、予備実験により溶液含浸が比較的容易であることが分かったサワグルミを選定した。木材は105[°C]に設定した乾燥器で恒量にし、全乾比重を測定した。以降の実験で使用する供試材の樹種及び全乾比重を表1に示す。また、樹脂水溶液はアミディア M-3 (メラミン/ホルムアルデヒド系の熱硬化性樹脂溶液、DIC(株))を使用した。

表1 供試木材の全乾比重

樹種	全乾比重	標準偏差
サワグルミ	0.40	0.02

2. 2. 供試材単板への樹脂溶液の含浸

木材への樹脂含浸は、樹脂で木材を膨潤させて軟化

させるとともに、形状付与した時に成形体に強度を付与する目的がある³⁾。

樹脂含浸の方法は、これまで弊所で実施してきた方法と同様に、図1に示す真空加圧による方法で行った¹⁾。木材に含浸する水溶液は、アミディア M-3 を樹脂成分の割合が30[wt%]となるように蒸留水で希釈したものを使用した。また、供試材のサワグルミは繊維方向150[mm]、幅方向46[mm]、厚さ4[mm]及び6[mm]の単板に加工した。

この樹脂含浸による供試材の重量増加率 [%]、素材に占める樹脂割合 [%]、体積膨張率 [%] を以下の式により計算した結果を表2に示す。

$$\text{重量増加率}[\%] = (w_1 - w_0) / w_0 \times 100$$

$$\text{樹脂割合}[\%] = (w_1 - w_0) / w_1 \times 100$$

$$\text{体積膨張率}[\%] = [(D_1 \times L_1 \times t_1) - (D_0 \times L_0 \times t_0)] / (D_0 \times L_0 \times t_0) \times 100$$

w₀: 全乾状態の試料の重量 [g]

w₁: 樹脂含浸後の試料の重量 [g]

D₀: 全乾状態の試料の幅寸法 [mm]

D₁: 樹脂含浸後の試料の幅寸法 [mm]

L₀: 全乾状態の試料の長さ寸法 [mm]

L₁: 樹脂含浸後の試料の長さ寸法 [mm]

t₀: 全乾状態の試料の厚さ寸法 [mm]

t₁: 樹脂含浸後の試料の厚さ寸法 [mm]

厚さ6[mm]と厚さ4[mm]を比較し、重量増加率の平均値は厚さ6[mm]が厚さ4[mm]を上回ったが、標準偏差に見られるように値のばらつきが大きく、また図2に見られるように素材の形状が大きく狂った。一方で厚さ4[mm]の試料では比較的狂いが小さかった。また表2に示すように体積膨張が生じており、木材に樹脂成分を取り込んでいると推察されるため良好な結果であった。なお、樹脂含浸により狂いの生じた厚さ6[mm]のサワグルミ単板の断面では、図3のように細胞壁の陥没が観察された。細胞壁の陥没は、乾燥により細胞壁

内の圧力が低下したことが理由として考えられるが、図4のように木材表面と内部の状態が異なることが目視で容易に判別されることから木材表面と内部で樹脂溶液の浸透状態が異なることも要因として考えられた。

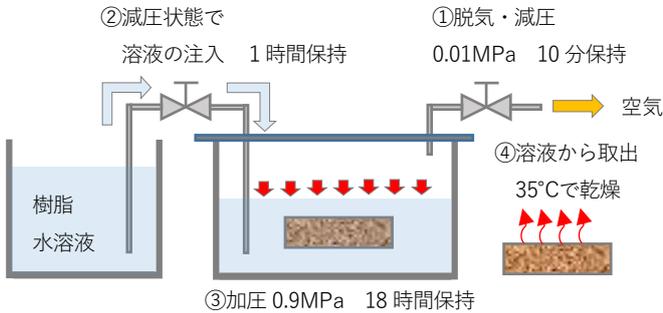


図1 樹脂含浸の方法

表2 各樹種の試料に対する樹脂含浸の結果

素材 (樹種、厚さ)	重量増加率 [%]	樹脂割合 [%]	体積膨張率 [%]
サワグルミ 厚さ 6mm	83.5 (10.65)	45.32 (3.18)	※2
サワグルミ 厚さ 4mm	73.7 (5.24)	42.39 (1.70)	中央部：4.7 (3.37) 端部：8.3 (3.77)

※1 () 内の数値は標準偏差

※2 狂いが大きく測定不能



図2 サワグルミ材の樹脂溶液含浸乾燥後の状態
上：厚さ6mm 下：厚さ4mm

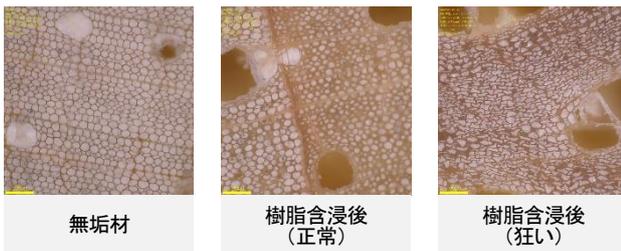


図3 樹脂含浸後のサワグルミ材の断面



図4 サワグルミ材の樹脂溶液含浸乾燥後の断面

2. 3. 熱圧成形

試験試料採取のために、平板形の成形体を製作した。製作には図5の成形型及びホットプレス装置を使用した。この成形型により50[mm]×50[mm]の平面寸法の平板を成形できる。

155[°C]に設定したホットプレス上で成形型を135[°C]以上に予熱、離形剤のキュアコートEP1300(中京化成工業(株))を塗布したのちに、繊維方向を図6のように樹脂含浸した単板3枚(寸法は長さ方向49[mm]、幅方向39[mm]に調整、厚さ約4[mm])を配向して素材を投入した。ホットプレスにより約100[kN]の荷重で成形を行い、温度と圧力を10分保持した後、成形型を80[°C]以下に冷却してから、成形体(図7)を取り出した。単板厚さ6[mm]の成形体は端部が白く充填が不十分であったが、単板厚さ4[mm]では均質な外観の成形体が得られた。そこで、単板厚さ4[mm]により製作した成形体を試験に供することとした。



図5 平板形の試験片製作の成形型

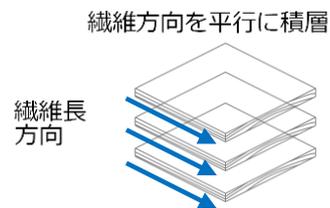


図6 繊維方向の配向

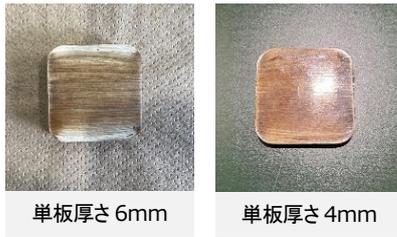


図7 平板の成形体

2. 4. 試験片の採取

製作した成形体から試験片を図8の要領で採取した。また、試験結果の比較用に無垢木材（サワグルミ）とフェノール樹脂材の試験片を採取した（図9）。成形体から採取した試験片の密度は平均で $1.35[\text{g}/\text{cm}^3]$ であった。

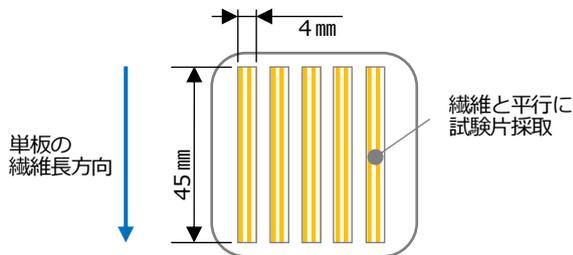


図8 試料採取の方向



図9 製作した試験片

(左から無垢材、樹脂含浸後熱圧成形、フェノール樹脂)

2. 5. 試験片の溶液への浸漬試験及び曲げ試験

樹脂含浸後熱圧成形により得られた試験片について、溶液に晒されたときの溶液吸収に伴う寸法変化の挙動及び曲げ強さの変化を確かめるために、図10のように各種溶液へ試験片を浸漬し、浸漬24時間後の重量変化率、体積膨張率、浸漬24時間後に試験片を $20[\text{C}]$ で乾燥させた後の3点曲げによる曲げ強さの測定を行った。試験片を浸漬した溶液は表3に示す5種類を選定した。また、重量変化率及び体積膨張率は2.2に示した式により計算した。

各試験片の重量変化率と体積膨張率の関係を図11

に示す。まず比較のフェノール樹脂材の区分ではすべての溶液で重量変化率及び体積膨張率がほとんど変化しなかった。この数値が一般的な樹脂製品が持っている基準と考えることとした。また、無垢木材の区分では食用菜種油を除く4種類の溶液で約 $50[\%] \sim 110[\%]$ の重量変化率となり、約 $12[\%] \sim 20[\%]$ の体積膨張が生じたことが分かった。対して、樹脂含浸後熱圧成形した区分では、溶液浸漬による重量変化率が最大で約 $15[\%]$ となり、無垢木材の約 $1/7$ にまで低下し、溶液吸収を低下させることができた。また、体積膨張率は $10[\%]$ 以下に集中し、最大で約 $15[\%]$ であり、無垢木材よりも体積膨張が小さくなり、寸法の安定性能上好ましい結果が得られた。さらに、一例として蒸留水浸漬後の試験片の各部の寸法変化率を図12に示す。樹脂含浸後熱圧成形の区分について、断面寸法2における寸法変化率が大きいことが分かる。断面寸法2の方向は熱圧成形により単板が圧縮された方向であり、溶液浸漬により圧縮された単板が還元される方向に試験片の寸法が変化していると考えられた。つまり無垢木材の区分では木材の細胞壁の膨潤による寸法変化が生じている一方で、樹脂含浸後熱圧成形の区分では圧縮された木質部が還元する機構で寸法変化が生じていることが予想された。

図13は溶液浸漬後24時間経過の試験片を $20[\text{C}]$ で乾燥させたのちに3点曲げ試験に供した結果である。樹脂含浸後圧縮成形、無垢木材、フェノール樹脂材の3つの区分において、ブランク（浸漬なし）の試験結果と比較して曲げ強さの差は生じなかった。また、無垢木材の区分に対して樹脂含浸熱圧成形の区分は、曲げ強さが約2～3倍となり物理的な強度の向上も確認できた。



図10 溶液へ試験片を浸漬

表3 試験片を浸漬した溶液の種類

No.	種類
1	蒸留水
2	食用菜種油
3	食酢
4	塩素系漂白剤1%水溶液
5	食器用中性洗剤10%水溶液

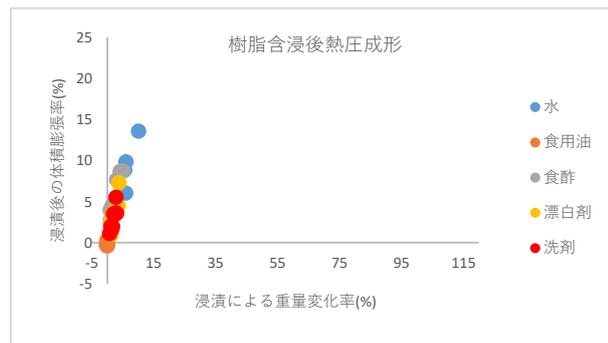
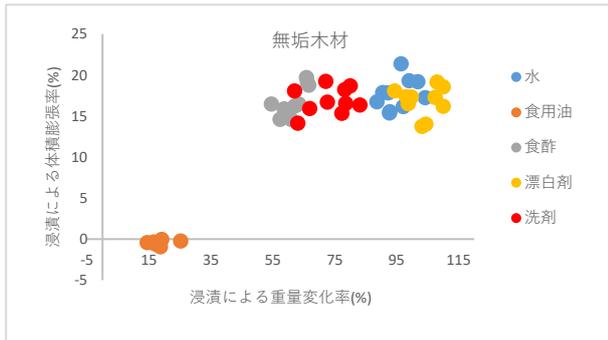
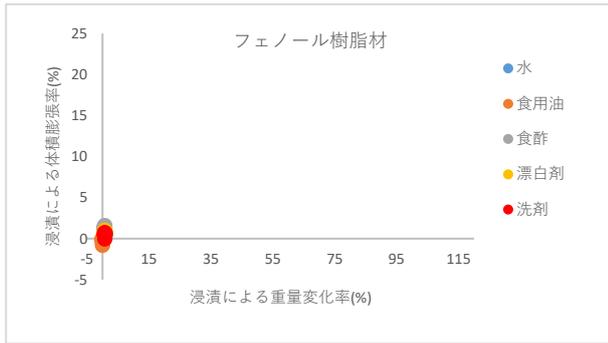


図 1 1 各種溶液浸漬による重量変化率と体積膨張率
(上：フェノール樹脂材 中：無垢木材 下：樹脂含浸後熱圧成形)

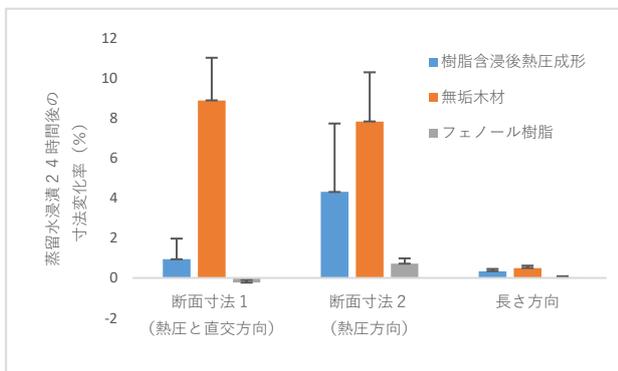


図 1 2 蒸留水浸漬 2.4 時間後の試験片の寸法変化率

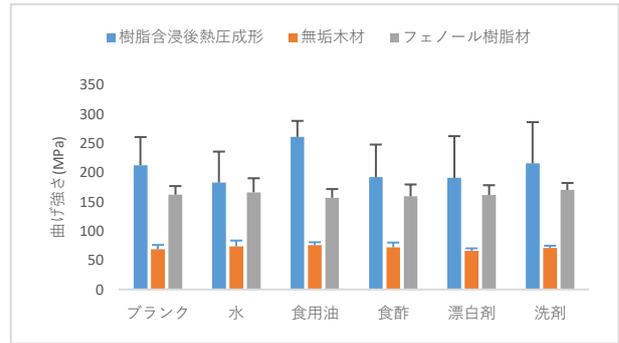


図 1 3 各種溶液浸漬乾燥後の曲げ強さ

3. まとめ

本研究では、サワグルミ材に熱硬化性樹脂溶液を含浸させ、熱圧成形を行った。その後各種溶液に浸漬させた時の変化を確認することで以下の成果を得た。

- ①サワグルミ単板厚 6[mm]を使用した成形体は充填が不十分であったが、単板厚さ 4[mm]を使用した成形体では均質な外観の成形体が得られた。単板への樹脂含浸状態の違いが原因と考えられた。
- ②樹脂含浸熱圧成形の区分の試験片が溶液浸漬されたときの重量変化率と体積膨張率は、無垢木材、フェノール樹脂材と比較して小さく、体積膨張率及び重量変化率共に 15%以内であった。
- ③樹脂含浸熱圧成形の区分では溶液浸漬により、熱圧成形で単板が圧縮された方向への復元が認められた。
- ④樹脂含浸熱圧成形の区分の溶液浸漬乾燥後の曲げ強さは、溶液浸漬前に比較して大きな減少はなかった。

以上により、試験に供した樹脂含浸熱圧成形の区分の性質が明らかになり、今後の企業支援に利用可能な有益なデータが得られた。

参考文献

- 1) 齋藤勇人, 出羽重遠. 木質流動成形技術による県産木質資源の用途開発 (第 1 報). 令和 2 年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, (2020), p106-111.
- 2) 齋藤勇人. 木質流動成形技術による県産木質資源の用途開発 (第 2 報). 令和 3 年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, (2021).
- 3) 三木恒久, 杉本宏之, 重松一典, 金山公三. 木質材料の流動成形に関する研究 (素材の変形挙動に及ぼすバインダの影響). 日本材料学会学術講演会講演論文集, (2012), p. 285-259.