

軟質木材の高度利用研究（第3報） ロール圧密による表層圧密木材の実用化

長谷川 良一^{*1}、児玉 順一^{*2}

The Study of High Utilization for Soft Wood (III) Practical use of Surface Compressed Wood on Roll Press System

Ryoichi HASEGAWA^{*1}, Junichi KODAMA^{*2}

圧密木材の実用化を目的に、長さ1 mのフローリング用板材と木製ドア用の框材の2種類の製造条件を明らかにすると共に、木製ドアの框材への利用について検討を行った。その結果、

- 1) ロールにより圧縮された表層部の固定には、シリコン樹脂を使用した。樹脂の硬化は、小試験体時の温度条件では、パンクを起こす確率が高かった。その改善策として、圧縮時間の延長や材側面に孔をあけによる蒸気抜きが有効であった。
- 2) 表層をシリコン樹脂で固定した圧密木材は、板材の場合、無処理スギと吸放湿性能は変わらなかったが、熱圧縮時間が長い框材では、表面からの水分の吸放湿が少なくなっていた。また、一部框材は吸放湿を繰り返すうちに、早材と晩材の境界層において若干はく離が発生し、加熱処理の影響が見られた。
- 3) 長さ1 mの圧密木材を製造し、框材に利用し実際の2分の1サイズのスギ無垢ドアを試作した。乾湿に伴う縦框の変形が少なくかつ、パネル部分の反り狂いも少なく、圧密木材を框材に使用することは有効であった。

1. 緒言

一般的に国産のスギ、ヒノキ、アカマツ等の針葉樹材は、広葉樹材に比べ軟質であるため表面に傷がつきやすく、また曲げやせん断力に対する強度が小さいため、これまで高品質なフローリング材や家具としての利用は少ない状況にある。しかし、近年、外材の価格高騰、優良材の資源不足、環境問題から、国内産の木材を利用することが見直されている。そこで我々は、広葉樹材に比べ軟質なスギ、ヒノキ、アカマツの高度利用を目指すため、①接合部の強度増加 ②表面の硬さ向上 ③環境負荷の少ない新たな表面処理（塗装）を本研究の課題として、種々の手法を検討してきた。1年目には、①に関して積層圧縮技術を利用し、強度性能を増したL型もしくはT型部材を提案した。2年目には、②に関して、ロール圧密による表層圧

度である今回は、②の実用化を図るため、スギ材密木材の製造手法を明らかにした。そこで最終年の実大材を圧密化する機械の設計とその製造条件を確立すると共に、その使用例として特にドア框材への利用の可能性を検討した。

2. 実大材の表層圧密木材

実大材の表層圧密木材を製造する場合、表層圧縮と樹脂含浸、樹脂硬化と再圧縮の2工程に分離するシステムを提案した。第1工程としてロール圧縮と樹脂含浸工程を連続で処理する機械を製作した。第2工程は、含浸した樹脂の硬化と表層を圧密化するため高周波発信器を備えたホットプレスを使用した。ロール部分は3連式とし、1回のロールにより0.5 mm圧縮し、目標とする圧縮量に到達するまで、ロール間を往復する。所定の圧縮が施された材は樹脂槽に投入され、一定時間樹脂液中に浸漬される。圧縮履歴を受けた木材は、表層が元に戻ろうとする回復力を利用し、木材表層に樹脂液が

^{*1} 岐阜県生活技術研究所

^{*2} 山本ビニター（株）

含浸される。その後木材表面に余剰に付着した樹脂を搾り取られながら材が戻ってくる。次に材を高周波発信を内蔵したホットプレスの熱盤間に材を入れ、ディスタンスバーにより目標とする厚さに圧縮しながら加熱し、表層圧密木材が完成する。

2.1 供試木材

実大材の板材として、吉野産のスギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) 板目材を用いた。平均含水率は、12%であった。寸法は、120 (接線方向:W) × 20 (半径方向:T) × 1000 mm (繊維方向:L) とした。辺心材の割合は選別しなかった。

またドアの框部材は、親和木材工業 (株) が製造した県産材のスギ集成材を使用した。集成材は、3層構成であり、接着剤は、水溶性ビニルウレタンが使用されていた。この集成材は、製材側板を利用しているため、辺材部が多く占めている材料である。寸法は、120 (接線方向:W) × 36 (半径方向:T) × 1000 mm (繊維方向:L) とした。

2.2 表層圧密木材の製造条件

圧密木材は、ブナ、ナラの汎用広葉樹並みの性能を目標とした。デュポン衝撃が落下高さ 300 mm でへこみ量 0.6 mm 以下、ブリネル硬さが 1.0 kgf/mm² 以上、テーバー摩耗は厚さ減少量が 0.1 mm 以下とし、ホルムアルデヒド放散量は F_{☆☆☆☆} の 0.4 mg/L 以下に設定した。このための製造条件を、圧縮量 4mm、樹脂液中の浸漬時間は 30 秒とし、圧縮層を固定する樹脂として、シリコン樹脂 (信越化学製) を使用した。

板材での樹脂固定条件は、熱盤温度を 180℃ とし、5 分間圧縮した。その間 1 分間高周波を印加したが、小試験体では見られなかったパンクの発生や材表面の膨れが頻繁に発生したため、材の側面に微小な孔を開け蒸気抜きをする軌道を確保する手法を試みた。

また、框材に対しては、圧縮量や樹脂浸漬時間は板材と同様としたが、樹脂硬化の条件を、熱盤温度 180℃ とし 20 分間圧縮した。当初積層部分における破壊が発生したが、接着剤の塗布管理を厳格に実施することで解決された。なお、圧密木材の製造は山本ビニター (株) 八尾工場において行った。

2.3 評価試験

板材の圧密木材については、前年同様、表面性能を中心に、耐衝撃性 (デュポン衝撃試験)、硬度 (ブリネル硬さ試験)、耐摩耗性 (テーバー摩耗試験)、鉛筆硬度試験、接着せん断試験、ホルムアルデヒド放散量について測定した。この他に表層からの吸放湿性能を確認するための乾湿繰り返し

返しによる環境試験を実施した。詳細条件を以下に示す。

2.3.1 乾湿繰り返し試験

長さ 1 m の試験体を恒温恒湿内に栈積みし、40℃・93%RH 下 24 時間 ⇄ 40℃・30%RH 下 24 時間を交互に 7 サイクル繰り返した。試験体の両木口面及び側面をアルミテープでシールし両表面からの吸放湿に限定し、重量測定を追跡した。

2.4 圧密木材の利用

圧密木材を框部分に使用し、実際の 2 分の 1 サイズの木製ドアを試作した (写真)。ドアのパネル部分は、無処理のスギ材の幅はぎ板を使用した。このドアを用い環境試験を実施しドアの変形を測定した。30℃・90%RH 下 24 時間 ⇄ 30℃・30%RH 下 24 時間を交互に繰り返し、ドア全体の変形をレーザー変歪測定装置 (メカトロニクス製) を用い 30 mm ピッチで測定した。



3. 結果と考察

長さ 1 m の実大サイズのスギ圧密木材を製造した結果、前年度までの硬化条件では、パンク、膨れが発生するケースが多かった。これは、長尺材になることにより、木口からの蒸気の抜けが悪くなるのが原因である。このため、板材では、材の側面に微小な孔を開け蒸気抜きをする軌道を確保した結果、平滑な圧密表面を調整することが出来た。

また、ドア框材では、材の側面に孔を開けることは、意匠的にも好ましくないため、圧縮時間を長くする手法をとった。しかし、熱盤の圧縮時間を長くすることにより、木材表面の熱に対するダメージが、乾湿繰り返しをすることにより発生することが判った。

3.1 板材の性能

図 1 にデュポン衝撃試験による耐衝撃性結果を示す。両高さからの衝撃による材表面のへこみは、圧密することにより約 1/2 に減少しており、耐衝撃性は改善された。

図 2 にブリネル硬さを示す。圧密表面は、無処理のスギに比べ、平均値で 2 倍以上増加していた。

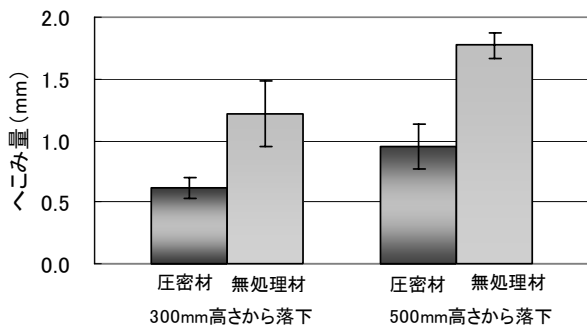


図1 耐衝撃性

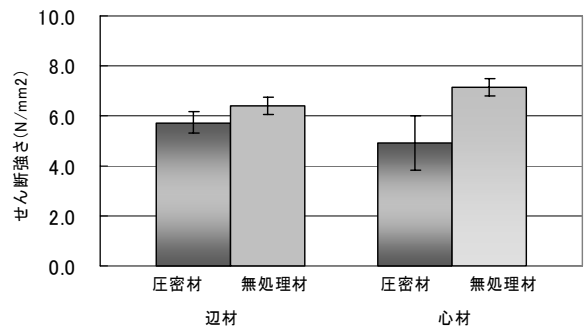


図4 接着性 (PI)

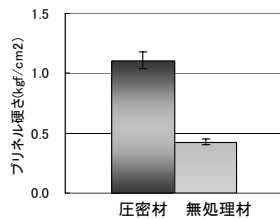


図2 表面硬さ

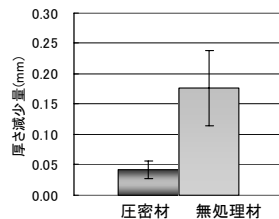


図3 耐摩耗性

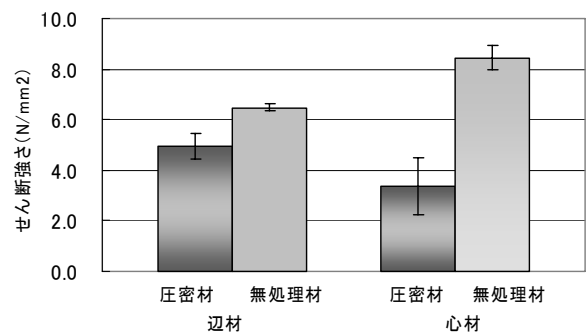


図5 接着性 (CH)

圧密表面の方がブリネル硬さにバラツキが大きいのは、ブリネル硬さの測定が、材表面の局所的な部分を測定するため、樹脂の含浸ムラが影響されているものと考えられる。

図3にテーバー試験による耐摩耗結果を示す。圧密表面は、厚さ減少量が大幅に減少し、バラツキも小さい状態となった。圧密木材は摩耗性に対する効果は高かった。

図4,5圧密表面の接着せん断強度を示す。

圧密木材の接着性を確認するために、圧密表面同士を接着し、せん断強度を測定した。接着剤は、木工用ボンド（酢酸ビニル樹脂エマルジョン コニシCH18タイプ 以下CH）と、ピーアイボンド（水性高分子-イソシアネート系木材接着剤、(株)オーシカ、TP-111タイプ 以下PI）を使用した。両接着剤のせん断強度は、CHでは、44%低下、PIでは、21%低下しており、圧密表面の接着性は低下した。特にCHにおける心材部のせん断強度の低下が著しく、木部破断率がほとんど得られない状況であった。これは、シリコン樹脂による濡れ性の低下が原因であるため、接着時には、プライマーやサンディングが必要である。

図6に板材の高湿又は低湿環境下における吸放湿性能を示す。1 mの板材では、40℃・93%RH（EMC22%）⇔40℃・30%RH（EMC5.5%）における吸湿量は、無処理スギ材が平均34.91 gに対して、

圧密材が33.00 gであった。樹脂硬化時間が短いため、熱処理の影響は小さく、板材表面からの吸放湿性能は大きく変わっていなかった。圧密木材をフローリングや腰板として利用する場合、木材としての吸放湿性能は保たれると思われる。

ホルムアルデヒド放散量は、平均0.09 mg/L、最大0.11 mg/Lのホルムアルデヒドが検出されたが、F☆☆☆☆の範囲内であった。これらのことから、内装材としての利用は適すると考える。

鉛筆硬度に関しては、圧密表面にブラウン着色したウレタン塗装を施し、引っかかり硬度を調べた。その結果、一番軟らかい6 Bにおいて傷が確認された。圧密表面のシリコン樹脂が塗装の密着性を阻害していると考えられるため、圧密表面に軽くサンダーをかけ、その後塗装した表面を評価した結果、6 Bで傷が確認されたものの、その傷の程度は小さくなっており、圧密処理表面に対しては、塗装の密着性を向上するためには、表面にサンダーをかける必要がある。

3.2 ドア枠材としての性能

圧密木材の利用方法として、木製ドアの枠部分に利用することを提案した。そこで、親和木材

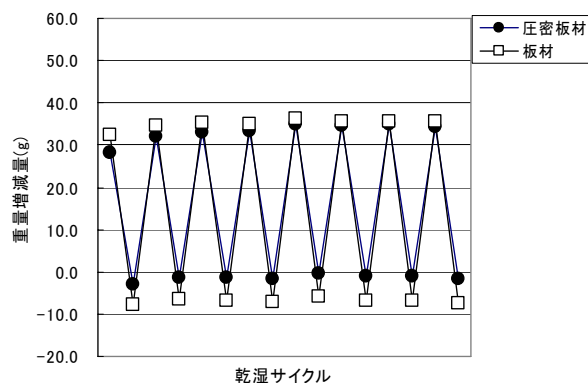


図6 板材の吸放湿
(W120×t15×L1000mm)

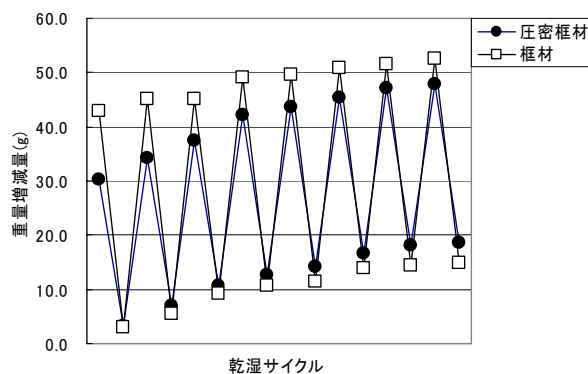


図8 ドア框材の吸放湿
(W90×T32×L1000mm)

工業（株）の協力の下、実際の2分の1サイズのドアを4枚試作し、環境試験によるドアの重量、変形について経時測定を行った。

図7に試作ドアの乾湿に伴う重量変化を示す。試作ドアは2分1のサイズであるにもかかわらず、環境が30℃30% (EMC6%)→30℃90% (EMC20%)に変化することにより、無塗装状態であるが、24時間で約200gの水蒸気を吸収するのに対して、框材に圧密木材を使用することにより、約160gになり吸湿量が2割減少した。木製の無垢ドアは、重量変動も狂いに影響を与えると推察される。

框材のみの部材の吸放湿を図8に示す。無処理に比べ、圧密框材は吸放湿量が減少していた。両タイプの框材ともヒステシスの影響から乾湿サイクルを繰り返すに従い、右上がりのグラフとなった。これは、厚さ約30mmの材に対しては、24時間の放湿では短いためである。

ドアの框材部分の変形挙動を図9,10に示す。無処理框材は、中央部に凸の発生するのに対して、圧密框材は温湿度環境が変化しても、フラットな形状を保っていた。圧密木材を框材に使用することにより、ドアの枠材の形状が安定すると考えられる。

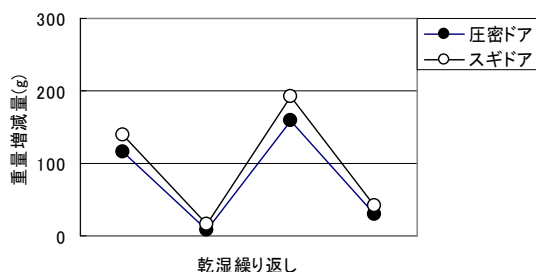


図7 ドア全体の重量変化

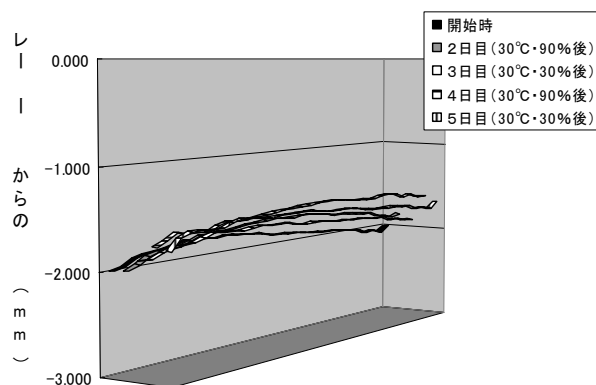


図9 圧密縦框材の変形挙動

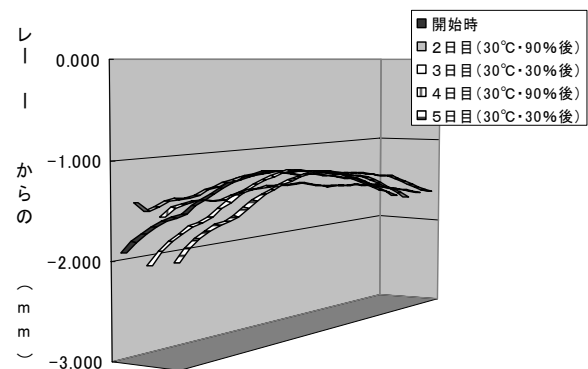


図10 無処理スギ縦框材の変形挙動

図11,12にドアパネル部分の面全体の凹凸を示す。無処理のスギ框を使用したドアのパネル部分は、乾燥時に中央部が凸に変形するのに対して、圧密框のパネル部分は、高湿から低湿に環境が変化しても、変形は少なくフラットな状態を保っていた。これらにより、ドアの框部分に圧密木材を使用することは、ドア全体の変形を抑制することに役立つと考えられる。

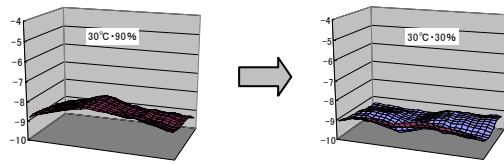


図 11 ドアパネル部分の変形（框材は、圧密材）

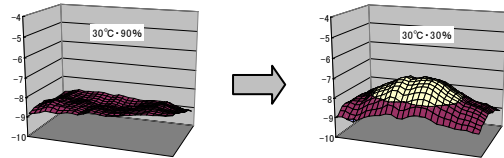


図 12 ドアパネル部分の変形（框材は、無処理スギ材）

4. まとめ

今回の研究では、ロールにより表層細胞を選択的に圧縮し、その後樹脂により圧縮層を固定化する表層圧密木材の実用化について検討した結果、次の知見を得た。

- 1) 圧密木材の製造システムとして、表層圧縮と樹脂含浸、樹脂硬化と再圧縮の2工程に分離するシステムを提案した。
- 2) フローリングを想定した板材と木製ドアの框部材を圧密化する製造条件は、圧縮量は4 mm、樹脂液中の浸漬時間は30秒とした。圧縮層を固定する樹脂は、シリコン樹脂（信越化学製）を使用した。

- 3) 板材の樹脂硬化条件は、熱盤温度を180℃とし、5分間圧縮、その間1分間高周波を印加した。パンクの発生や材表面の膨れ防止のため、材の側面に微小な孔を開け蒸気抜きをする軌道を確認する手法が有効であった。一方框部材に対しては、圧縮量や樹脂浸漬時間は板材と同様としたが、樹脂の硬化については、熱盤温度を180℃として20分間圧縮した。
- 4) 圧密木材は、板材の場合、耐衝撃性、表面硬さ、耐摩耗性などの表面性能が向上しながら、吸放湿性能が無垢材と同程度に維持されているため、内装材としての利用に適する。また、圧密框部材は、乾湿に伴う変形が少なく、木製ドアの課題である反り、狂いの防止に貢献する部材であった。
- 5) 今後、圧密木材の課題として、接着性能、塗膜の密着性、早材晩材の境界のはく離について原因と改善策を探索する必要がある。

謝辞

本研究は、東京大学アジア生物資源循環環境センター 井上雅文及び、山本ビニター（株）との共同・協力により行われたものである。ここに感謝の意を表します。

文献

- 1) 長谷川良一，児玉順一，井上雅文：日本木材学会中部支部大会研究発表要旨集，p73-74，2004.
- 2) 長谷川良一，児玉順一：岐阜県生活技術研究所研究報告，No.9，50-57，2007.