

## 研究論文

## 天然樹脂セラック含浸処理木材の諸性質評価

野村昌樹\*<sup>1</sup>、福田聡史\*<sup>1</sup>、西沢美代子\*<sup>1</sup>

## Evaluation of Several Properties Related to Wood Impregnated with Natural Resin Shellac

Masaki NOMURA\*<sup>1</sup>, Satoshi FUKUTA\*<sup>1</sup> and Miyoko NISHIZAWA\*<sup>1</sup>Industrial Research Center\*<sup>1</sup>

安全性に優れた天然樹脂セラックの含浸処理による木材の改質を試み、諸性質を評価した。吸水試験では、樹脂による重量増加に伴い寸法安定性が向上した。耐朽性試験では、白色腐朽（カワラタケ）に対して特に高い抑制効果を示した。耐候性試験では、樹脂含浸と圧密加工を併用することで表面の撥水度が著しく向上し、表面劣化が大幅に改善された。また、樹脂含浸によりその圧密材には圧縮率に依存しない変形固定能が付与され、同密度の対照材（未含浸圧密材）に比べ優れた表面硬さが得られた。

## 1. はじめに

木材の利用用途を拡大するための一手段として、化学加工による改質が挙げられる。とりわけ、木材に薬液を含浸させる含浸処理法は強度性能、寸法安定性、難燃性、生物劣化抵抗性等を付与する目的で普及しており、有用な化学加工法と言える。一方、用いられる薬液は有効成分が木材に反応あるいは残留して機能を発揮することから、その性質によっては、木材の用途が日常生活に近いほど安全性に配慮する必要がある。そこで、食品添加物としても使用されている安全性の高い天然樹脂セラックに着目し、含浸処理による木材の改質を試みた。

既報<sup>1)</sup>ではセラック含浸材の強度性能を評価し、樹脂による重量増加に伴い表面硬度が向上することを確認した。そこで、本研究では寸法安定性、耐朽性、耐候性について評価を行い、樹脂含浸がこれらの性質に与える影響を調べた。また、樹脂含浸の圧密加工プロセスへの適用を検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料及び樹脂処理

## 2.1.1 樹脂含浸処理

スギ辺材（気乾密度 0.37g/cm<sup>3</sup>）の全乾材を樹脂溶液に浸漬し、40kPa、1 時間の減圧操作後、1.3MPa、20 時間の加圧操作により含浸処理した。その後、風乾、予備乾燥により溶媒を除去し、150℃、3 時間の加熱処理によって材内で樹脂を硬化させて試験片を得た。なお、樹脂溶液は乾燥透明白ラック（日本シェラック工業、以下「白ラック」）を樹脂濃度が 5、10、15、20wt%、液性

が中性から弱アルカリ性となるようアンモニア水で溶解後、変性エタノールを 5wt% 加えて調製した。また、対照材は加熱処理のみを施した。

## 2.1.2 樹脂含浸・圧密加工

スギ辺材及び心材（気乾密度 0.37g/cm<sup>3</sup>）の全乾材を 2.1.1 と同一の減圧加圧条件で含浸処理し、風乾に続く 40℃の低温乾燥により樹脂が予備硬化しないよう溶媒を除去した。続いてホットプレス機により半径方向の圧縮率が 0%、10%、30%、40%、50%となるよう 140℃、2 時間の圧密加工を施した。なお、樹脂溶液濃度は 20wt% とし、対照材は圧密加工のみ同様に実施した。

## 2.2 評価試験

前節で得られた試験片に対し、表 1 に示す各評価試験を実施した。

表 1 評価試験

試験片	試験項目				
	吸水・吸湿	耐朽性	耐候性	変形回復	表面硬さ
樹脂含浸処理	○	○	○		
樹脂含浸・圧密			○	○	○

## 2.2.1 吸水・吸湿試験

30(T)×30(R)×10(L)mm の樹脂含浸材に対し、既報<sup>2)</sup>に従いバルキング率を求めた。ここで、バルキングとは処理に伴う体積膨潤を意味する。

吸水試験はこの試験片を 20℃の水中に平衡状態に達するまで浸漬し、既報<sup>2)</sup>に従い抗膨潤能（以下 ASE）を求めた。吸湿試験は試験片を 20℃、60%RH の雰囲気下で平衡状態に達するまで静置し、次式により抗吸湿能（以下 MEE）求めた。ただし、平衡含水率は処理前の全乾

\*<sup>1</sup>産業技術センター 環境材料室

重量を基準に算出し、樹脂による見掛けの MEE 増加分を排除した。

$$\text{MEE}(\%) = ((\text{無処理材の平衡含水率} - \text{処理材の平衡含水率}) / \text{無処理材の平衡含水率}) \times 100$$

### 2.2.2 耐朽性試験

JIS K 1571 木材保存剤一性能基準及びその試験方法 5.2 防腐性能 5.2.1 室内試験により、樹脂溶液濃度 20wt% の試験片を用いて評価した。

### 2.2.3 耐候性試験

サンシャインウェザーメータにより、ブラックパネル温度 63℃、水の噴霧時間は 120 分照射中 18 分の条件で 400 時間照射した。なお、樹脂溶液濃度は 20wt%、圧密材の場合圧縮率が 50% の辺材試験片を供試体とした。照射後の試験片は 20℃、60%RH の雰囲気下で養生後、撥水度、表面割れ、材色の評価ならびに FT-IR 分析を行った。

撥水度は木口らの方法<sup>3)</sup>により、試験片中央部に約 1g の蒸留水を滴下し、1 分間静置した後の浸透量から下式により撥水度を求めた。

$$\text{撥水度}(\%) = (1 - \text{浸透量} / \text{滴下量}) \times 100$$

表面割れは木口らの方法<sup>3)</sup>に準じ、一マス 5mm 四方の透明マス目シートを用いて割れを生じたマス目の数を計測し、表面欠陥率として百分率で表した。

材色は分光色差計 NF333 (日本電色工業) を用いて試験前後の分光測色を行い、色差  $\Delta E^*ab$  を求めた。測色条件は、光源 D65、視野角 10°、測色部直径 8mm とした。

赤外吸収スペクトルは ATR 装置 MIRacle A を備えたフーリエ変換赤外分光光度計 IRAffinity-1 (島津製作所) により測定した。分解能 4cm<sup>-1</sup>、積算回数 48 回とし、ATR プリズムはダイヤモンドを用いた。

### 2.2.4 圧密材の変形回復試験

心材圧密材の中央部から 25(T)×10(L)mm の試験片を採取し、20℃、95%RH の雰囲気下に 8 時間静置後、乾燥機で 60℃、16 時間乾燥する乾湿繰り返し操作を 5 サイクル実施した。次に 20℃の水に浸漬させ約 7kPa、2 時間の減圧後、常圧に戻して 5 時間静置し、乾燥機で 60℃、24 時間乾燥する全乾-飽水繰り返し操作を 3 サイクル実施した。各操作後の試験片は厚さを測定し、次式<sup>4)</sup>により回復度を求めた。

$$\text{回復度}(\%) = (\text{各操作後の厚さ} - \text{圧密加工後の全乾厚さ}) / (\text{圧密加工前の全乾厚さ} - \text{圧密加工後の全乾厚さ}) \times 100$$

### 2.2.5 圧密材の表面硬さ試験

心材圧密材を 20℃、60%RH で十分に養生し、JIS Z 2101 木材の試験方法 21 表面硬さ (ブリネル硬さ) の測定により早材部の表面硬さを求めた。

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 バルキング率・抗膨潤能・抗吸湿能

図 1 に樹脂含浸材のバルキング率、ASE、MEE を示す。バルキング率は重量増加率 (以下 WPG) の上昇に伴い直線的に漸増した。この傾向は ASE についても同様であり、樹脂処理により寸法安定性が向上した。また、ASE とバルキング率の相関を調べたところ極めて高い相関係数が得られ、バルキング効果が寸法安定化に大きく寄与していると考えられた。一方、ASE-バルキング率グラフにおいて回帰直線を外挿した y 切片は大きく正に偏ることから、WPG がより低い領域ではバルキング以外の要因が ASE に影響している可能性がある。ここで、疎水化の指標である MEE は概ね一定値を示すが、より低い WPG 領域においては急増し、疎水化している。木材の疎水化は細胞膨潤を抑制する<sup>5)</sup>ため、低 WPG 領域においては、先述したバルキング効果の他、疎水化が ASE に影響を与えているものと推察される。

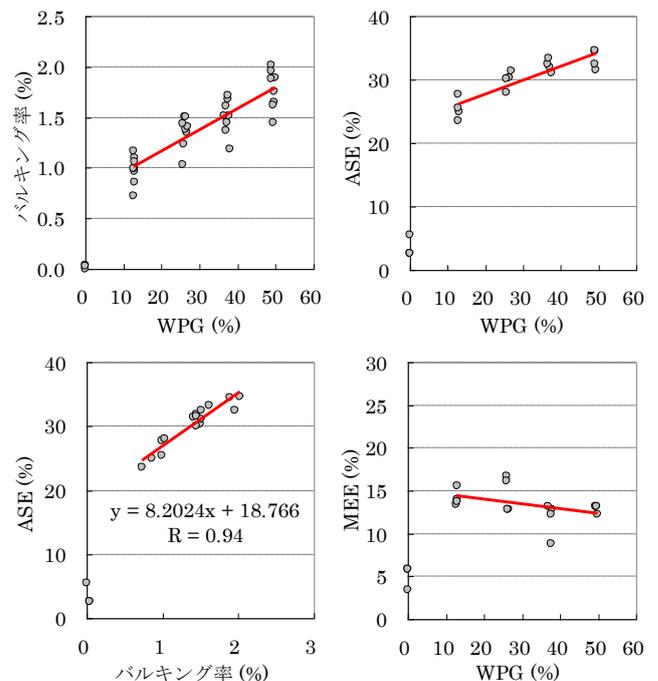


図 1 樹脂処理材のバルキング率・ASE・MEE

### 3.2 耐朽性

試験片の WPG は 44.8% (標準偏差 1.2) であり、耐候操作による重量減少は全く生じないことを確認した。

図 2 に耐朽性試験結果を示す。樹脂含浸により、白色腐朽菌であるカワラタケによる重量減少は阻止された。一方、褐色腐朽菌であるオオウズラタケによる重量減少は完全には抑制されなかったものの、無処理材に比べ 1/3 程度に低下した。

褐色腐朽菌はセルロース・ヘミセルロースを分解し、

白色腐朽菌はリグニンも分解することが知られている。アセチル化木材の場合、リグニンに対して優先的にアセチル化反応が起こるため、白色腐朽は低い WPG で阻止されるが、褐色腐朽を阻止するためには一定の WPG が必要とされる<sup>6)</sup>。白ラック含浸材の場合、これに類似する傾向が見られたことから、アセチル化木材と同様、木材と樹脂間に化学結合が生じることにより耐朽性を発現した可能性が考えられる。

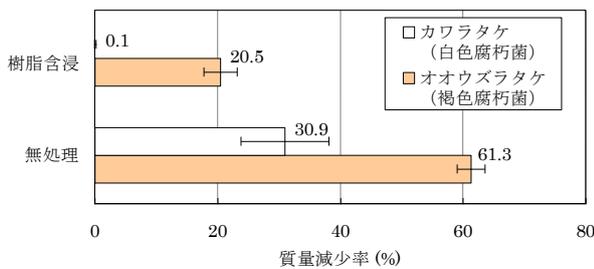


図2 耐朽性試験による質量減少率

### 3.3 耐候性

試験片の WPG は樹脂含浸材で 28.6%、樹脂含浸・圧密材で 28.7%であった。図3に耐候性試験による外観変化を示す。樹脂含浸により材は褐色化するが、照射後は無処理材と同等レベルまで淡色化した。ただし、樹脂による密度増加により早材部の浸食は軽減された。一方、樹脂含浸・圧密材の耐候性試験による淡色化は軽微であった。図4に表面状態の評価試験結果を、図5に FT-IR によるスペクトル変化を示す。樹脂含浸材は無処理材と比べ撥水度の低下は軽減されたが、表面欠陥率および色差の経時変化が大きかった。また、樹脂含浸材の 400 時間照射後の IR スペクトルでは、樹脂由来のカルボニル基に帰属される  $1730\text{cm}^{-1}$  近傍のピークは減少せず、リグニン由来の芳香骨格に帰属される  $1510\text{cm}^{-1}$  のピークが消失した。リグニンは光酸化反応により分解され、分解物の多くは雨水により溶出することが報告されており<sup>7)</sup>、材中のセラックは残留するものの、リグニンについては無処理同様、光酸化反応と噴霧水により分解・溶出することが示唆された。

一方、樹脂含浸・圧密材については、無処理材に比べ表面欠陥率および色差変化が著しく抑制された。また、撥水度については、400 時間照射後も 100%に極めて近い数値を示した。耐候性が著しく向上した原因として、試験前後における  $1510\text{cm}^{-1}$  のピークの減少からリグニン分解の抑制は考えにくく、むしろ圧密加工により表層部における樹脂の見掛け密度が上昇し、これに伴う疎水化によって寸法変化が抑制されたことが主要因と考えられる。



図3 耐候性試験による外観変化

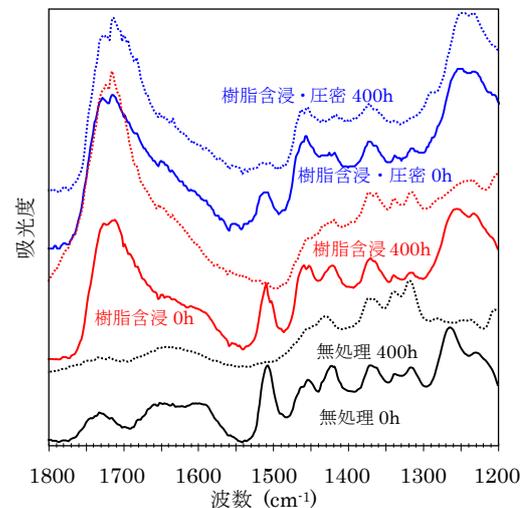


図5 耐候性試験による IR スペクトル変化

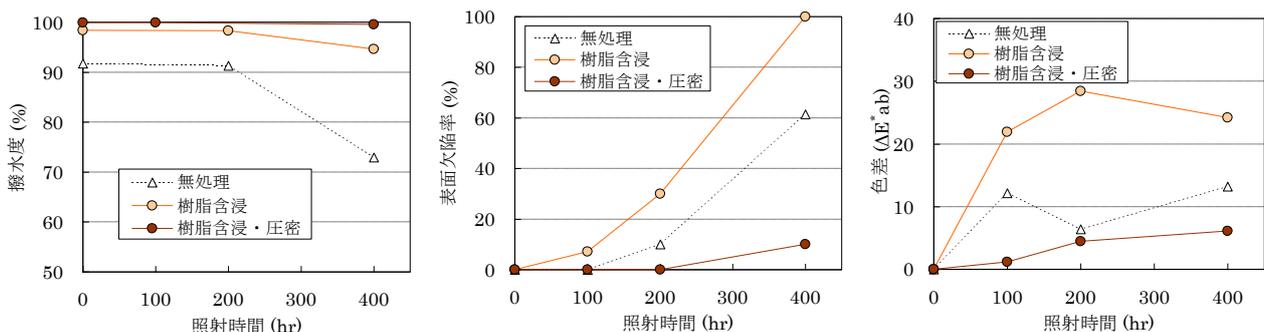


図4 耐候性試験による表面状態の変化

### 3.4 圧密材の変形固定性能

木材の圧密加工においては加工後の変形固定が重要であるため<sup>8)</sup>、変形固定性能を評価した。図6に圧密材の吸湿・吸水操作における厚さ回復度を示す。対照材の場合、圧縮率によらず乾湿繰返し操作によって徐々に変形回復し、全操作により最終的に50-70%の変形回復が生じた。なお、圧縮率が小さいほど回復度は大きい結果となった。一方、樹脂含浸材の場合、乾湿繰返し操作では変形回復は概ね生じず、全乾-飽水繰返し操作においても全乾時の回復度は5%未満に留まり、樹脂含浸により高い変形固定性能が付与されることが示された。また、全乾時の回復度は圧縮率に依存せず、吸湿・吸水時の回復度は圧縮率が大きいほど小さかった。

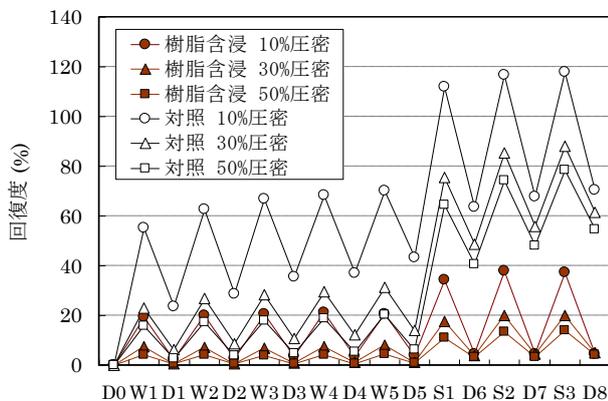


図6 吸湿・吸水操作による圧密材の回復度  
(D: 乾燥、W: 吸湿、S: 吸水)

### 3.5 圧密材の表面硬さ

図7に圧密材の表面硬さを示す。対照材の場合、圧縮により増加した密度に比例して表面硬さが向上した。一方、樹脂含浸材の表面硬さは圧縮率30%程度まで概ね比例的に増加したものの、それ以上の圧縮率では横ばい傾向となった。樹脂含浸材と対照材を比較した場合、同密度であっても樹脂含浸材の表面硬さが優れており、密度0.7g/cm<sup>3</sup>付近における樹脂含浸材の表面硬さは、対照材

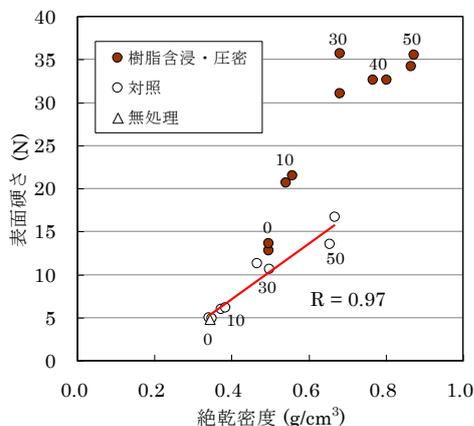


図7 圧密材の表面硬さ (図中の数値は圧縮率を示す)

の2倍であった。そこで、圧密材の表層断面をSEMにより観察したところ、樹脂含浸・圧密材は低い圧縮率であっても表層近傍が選択的に高密度化されている様子が観察された。これは、熱プレス工程において樹脂が軟化することにより表層が優先的に圧縮された可能性を示唆しており、その結果、低い圧縮率であっても飛躍的に表面硬さが向上したと考えられる。

## 4. 結び

食品添加物としても使用される安全性の高い天然樹脂セラックに着目し、樹脂含浸処理による木材の改質を試みた。

樹脂含浸材は樹脂による重量増加に伴い、寸法安定性が向上した。耐朽性試験では、WPG45%程度で白色腐朽菌(カワラタケ)による腐朽は阻止されており、オオウズラタケによる褐色腐朽も無処理材の1/3程度に抑制された。耐候性試験による表面劣化(割れ、変色、撥水度)は樹脂含浸のみでは抑制できなかったが、樹脂含浸と圧密加工を併用することにより、飛躍的に軽減された。

樹脂含浸により、圧密材には圧縮率に依存しない高い変形固定能が付与された。樹脂含浸・圧密材の表面硬さは、同密度であっても対照材に比べて優れた数値を示した。

## 謝辞

本研究にあたり、耐朽性試験にご協力いただいた大日本木材防腐株式会社に厚く御礼申し上げます。

## 文献

- 1) 野村, 福田, 西沢: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **4**, 30(2015)
- 2) 野村, 福田, 西沢, 中田, 真鍋: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 28(2014)
- 3) 木口実, 片岡厚, 土居修一, 森満範, 長谷川益夫, 森田慎一, 金城勝, 嘉手刈幸男, 今村祐嗣: 木材保存, **22**(3), 17-25(1996)
- 4) 日本木材学会: 木質科学実験マニュアル, P216(2010), 文永堂出版株式会社
- 5) 木材活用辞典編集委員会: 木材活用辞典, P454(1994), 株式会社産業調査会
- 6) 土居修一: 林産試だより, **1**, 7-13(1991)
- 7) 片岡厚: 木材学会誌, **54** (4), 165-173(2008)
- 8) 高須, 福田, 小川: 愛知県工業技術センター研究報告, **34**, 43(1998)