

# 超撥水処理による木材の耐水性向上（第3報） 深さ方向分析

三井勝也\*

## Improvement of Water Resistance of Wood by Superhydrophobic Treatment (III) Depth Profiling

Katsuya MITSUI\*

本研究ではトリメトキシ（1H, 1H, 2H, 2H-ヘプタデカフルオロデシル）シランを用いてブナ材を気相処理し、試験体の深さ方向（厚さ方向）への処理の程度を接触角測定で評価した。表層においては、木口から25mmおよび75mmとも、接触角が120°以上で高撥水性を示した。表層を1mm研削したとき、木口から25mmの箇所では接触角が111.4°、75mmの箇所では87.9°であった。表層から深くなるにつれ、また、木口から離れるにつれ、接触角は小さくなった。これは試薬の木材中での拡散に影響するものと考えられるが、深さ1mmにおいても接触角が高いことから、使用上、摩耗等が発生しても十分撥水効果は得られると考えられる。

### 1. 緒言

近年、木材の良さが再認識され、木材の屋外利用が盛んになっている。木材を屋外で利用するには、耐候性や耐水性などを向上させる必要がある。これまでに、当研究所ではエステル化<sup>1-3)</sup>や日本の伝統的素材である柿渋やベンガラなど<sup>4-6)</sup>による耐水性向上を図ってきた。しかし、それぞれの手法にはメリット・デメリットが存在する。木材のエステル化の代表的なものとして、アセチル化が挙げられる。木材のアセチル化については古くから研究されており、寸法安定性が向上すること<sup>7)</sup>や、処理による材色変化が小さいこと<sup>8)</sup>、また、その後の光照射によっても黄変がしないこと<sup>9)</sup>などの利点がある一方、処理の設備や廃液処理などにコストがかかること、処理後に、反応が適切に進んだかどうかを簡単に確認することが出来ないなどのデメリットがある。柿渋やベンガラについては、従来から塗料として利用されているため、取り扱いなどは化学修飾に比べて容易ではあるが、木材そのものの材色が失われるという欠点がある。これらの欠点を解消する方法として、シランカップリング剤による処理法を採用した。これまでに、12種のシランカップリング剤をセルローズろ紙に適用し、接触角測定を行い、その撥水性を評価し<sup>10)</sup>、その結果か

ら効果の高かった10種のシランカップリング剤を木材に適用し、耐候試験による撥水性の変化等を検討した<sup>11)</sup>。処理木材は無処理材同様に耐候試験により、材色変化を引き起こすものの、撥水性は保たれていたことから、屋外での利用の可能性が示された。

これら処理木材を屋外で利用するには、耐候性のみならず、ヒトが触れたり、モノとの摩擦などにより、表層の摩耗が起こる。その際に、材料の内部までシランカップリング剤が反応し、撥水性を有しているかどうか問題になる。そこで、今年度は、材料の内部の撥水性を確認するため、表層から順次スライスし、接触角を測定することにより、内部評価を行うことを目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2.1 供試材料

本研究にはブナ (*Fagus crenata*) を用いた。試験片サイズは70mm(T)×10mm(R)×150mm(L)とした。

#### 2.2 シランカップリング

シランカップリングは気相処理により実施した。図1に示すように、2Lビーカー底部にシランカップリング剤を入れたシャーレを静置し、試験片を入

\* 試験研究部

れたのち、ビーカー上部をラップで軽く密閉し、乾燥機を用い80℃で4日間加熱した。シランカップリング剤には、トリメトキシ(1H,1H,2H,2H-ヘプタデカフルオロデシル)シラン(東京化成工業株式会社)を用いた。



図1. 気相法によるシランカップリング処理

### 2.3 接触角測定

接触角測定には、自動接触角計(DMS-200:協和界面科学株式会社)を用いた。試験体表面に蒸留水2.0μLを滴下し、θ/2法で測定した(図2)。

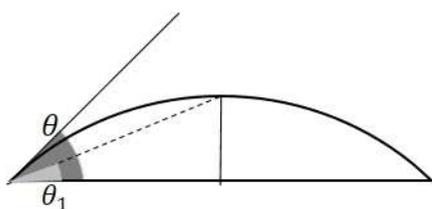


図2. θ/2法による接触角測定 (θ:接触角)

接触角の測定箇所は図3に示すように、試験体の幅方向(T方向)中央、木口面から25mmおよび75mmの箇所、表層、表層から1mm、3mm、および5mmの深さの位置を測定した。研削は自動一面かんな盤を用い所定の厚みになるよう設定した。

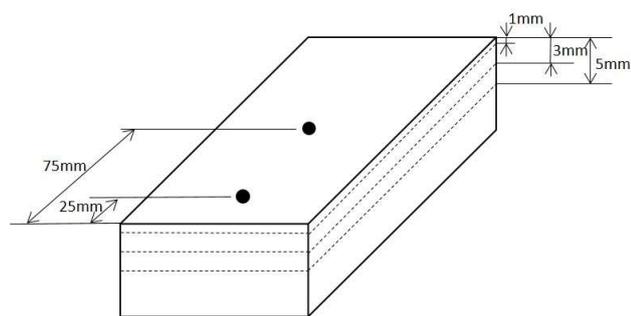


図3. 深さ方向分析の測定箇所

### 3. 結果と考察

図4に表層からの深さと接触角の関係を示す。なお、○印は木口から25mm、□印は木口から75mmの位置を示す。表層において接触角は木口から25mmでは121.4°、75mmでは129.9°であり、いずれも高撥

水性を示した。表層から1mm離れた深さにおいては、木口から25mmの位置においては111.4°、木口から75mmの位置においては87.9°であった。表層から3mmの深さにおいては、それぞれ、100.2°および71.0°、表層から5mmの位置においては、それぞれ、79.8°および52.8°であった。

これらの結果から、材内へのシランカップリング剤の拡散は、水分拡散同様、半径方向への拡散に比べ、繊維方向への拡散が大きいことが明らかになった。また、表層から5mm、木口から75mmの位置は、試験に用いた材料の中心に位置するが、ブナ無処理材の平均接触角が50.6°であることから<sup>11)</sup>、ほとんど反応していないことが明らかとなった。

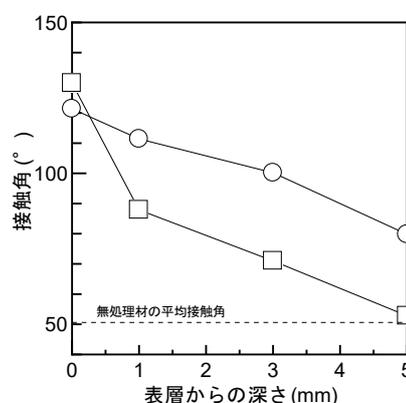


図4. 表層からの深さと接触角の関係

○: 木口からの距離25mm, □: 木口からの距離75mm

屋内外にかかわらず、木材を利用する場合は、表面の摩耗性が課題になる。特に、塗装などを含め、化学修飾などが施されている場合、摩耗により、その化学修飾の利点が失われてしまう場合がある。本研究では深さ1mmにおいて、撥水性が概ね保持されていることを確認した。一般的な木材利用では摩耗による表層減少が1mmに達することはまれであることから、十分に耐えうるものであると考えられる。

また、本研究では、T方向の分布、さらに、処理時間の影響を考慮しなかったが、それらを考慮し、拡散方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c^2 \nabla^2 u$$

$u$ : 拡散物質の濃度 ≡ 接触角

$c^2$ : 拡散係数

$t$ : 時間

$$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

を検討することにより、最適な処理時間が導出で

きることから、それらは今後の課題である。

また、緒言でも述べたように、他の化学修飾や含浸処理と比較した場合、性能や処理方法の簡便さはかなり良いが、コスト面の問題がある。コストの問題をクリアするために、必要最小限の薬品量の計算も今後の問題として検討する必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、シランカップリング剤を用いた撥水処理木材について深さ方向にどの程度まで反応し、撥水処理能力を有しているかを確認した。その結果、材料の半径方向に比べ、繊維方向の方が浸透が早く、深さ1mmにおいてもおおむね撥水性があることが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 三井勝也, 伊藤国億, 石原智佳: 気相エステル化による木製エクステリア家具の開発, 岐阜県生活技術研究所研究報告, No.17, pp.20-22, 2015.
- 2) 三井勝也, 伊藤国億, 石原智佳: 気相エステル化による木製エクステリア家具の開発(第2報) レッドオーク材のアセチル化, 岐阜県生活技術研究所研究報告, No.18, pp.14-16, 2016.
- 3) 三井勝也, 伊藤国億, 石原智佳, 稲垣哲也, 土川寛: 気相エステル化による木製エクステリア家具の開発(第3報) 近赤外ハイパースペクトラルイメージング法によるアセチル化度の可視化, 岐阜県生活技術研究所報告, No.19, pp.9-11, 2017.
- 4) 三井勝也, 伊藤国億: 日本の伝統的素材を用いた木材の耐久性向上技術の開発(第1報) 柿渋とベンガラとの混合比と接触角の関係, 岐阜県生活技術研究所報告, No.20, pp.31-33, 2018.
- 5) 三井勝也, 伊藤国億: 日本の伝統的素材を用いた木材の耐久性向上技術の開発(第2報) 圧縮回復を利用した柿渋の含浸, 岐阜県生活技術研究所報告, No.21, pp.23-25, 2019.
- 6) 三井勝也, 伊藤国億: 日本の伝統的素材を用いた木材の耐久性向上技術の開発(第3報) 圧縮回復量の予測, 岐阜県生活技術研究所報告, No.22, pp.19-20, 2020.
- 7) Hill, C.A.S., Jones, D. : The dimensional stabilization of Corsican pine sapwood by reaction with carboxylic acid anhydrides. *Holzforschung*, Vol.50(5), pp.457-462, 1996.
- 8) Ohkoshi, M : FTIR-PAS study of light-induced changes in the surface of acetylated or polyethylene glycol-impregnated wood, *Journal of Wood Science*, Vol.48(5), pp.394-401, 2002.
- 9) Mitsui, K. : Acetylation of wood causes photobleaching. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Vol.101, pp.210-214, 2010.
- 10) 三井勝也, 伊藤国億: 超撥水処理による木材の耐水性向上(第1報) シランカップリングによるセルロースの撥水処理, 岐阜県生活技術研究所報告, No.23, pp.43-45, 2021.
- 11) 三井勝也: 超撥水処理による木材の耐水性向上(第2報) シランカップリング処理木材の耐候性, 岐阜県生活技術研究所報告, No.24, pp.61-64, 2022.