

樹脂含浸及び熱処理による 低比重材の寸法安定化及び表面の強度化

古山安之, 山本 健*¹, 松浦 力*², 築山健一

Resin Impregnation and High Temperature Application for Low-Density Wood

FURUYAMA Yasuyuki, YAMAMOTO Ken*¹, MATSUURA Tsutomu*² and TSUKIYAMA Kenichi

The goal of this study is to harden soft or low-density wood boards without changing their size, form or shape. To accomplish this, resin and heat were used to treat the boards. Several kinds of soft wood boards 12 mm thick were impregnated with an aqueous solution of melamine resin and subsequently subjected to high temperature of about 200 degrees centigrade to dry and cure the resin in the wood. They were evaluated later for any changes in their measurement, form or shape after exposing them to humidity variations. They were also checked, twice, for hardness and strength. Only minimal deviations were noted in their measurements and hardness has improved when Alder was used.

この研究の目的は主として床暖房用フローリング等への利用を目指し、低比重材から寸法安定性がありながら表面の強度を持つ部材をつくることである。樹脂含浸と熱処理の両者を併用することでより寸法安定性の高い部材を開発することを目指した。12mm厚の低比重材を数種類用意し、メラミン樹脂の水溶液を含浸させ、200℃の高温度で乾燥させ、高温度処理をしながら、同時に樹脂を硬化させた。処理された試験片について湿度変化に伴う寸法安定性を測定し、2種類の硬さ試験で表面の硬さを評価した。その結果、樹種としてはオルダーが比較的小さい寸法変化と比較的大きい表面の硬度を持ち、目的の部材として適切であることが明らかになった。

キーワード：樹脂含浸，熱処理，低比重材，床材

1. 緒 言

木材の材料としての利点は多くあるが、反面、欠点もいくつか挙げられる。そのうち、住宅内装材として使用の際に特に問題となるのは第一に吸・放湿に伴う寸法変化であり、次いで弱い、傷つきやすいという強度の問題である。

前者の場合、寸法変化に伴う反り、割れ、狂いなどが問題となる。後者の場合、使用箇所によっては曲げなどの強度が不足する場合もあり、表面材として使用される場合はへこみや傷などの損傷を受けやすいため、表面の硬度が問題となる。

特に、机、カウンター、床、階段の踏み板などの水平面方向に用いる部材は引っ掻き傷、へこみなどによる損傷を受けやすい。このため、これら使用箇所では表面の硬度が求められる。

住宅内装材の中でも寸法安定性と表面の硬度が求められるものに床暖房用フローリングが挙げられる。近年は

床暖房が普及し、床暖房用フローリングが多く出回っている。床暖房用フローリングの部材は床材として表面の硬度が必要であるだけでなく、温度変化が激しく、それに伴い部材が吸・放湿を繰り返す。このため、通常の部材よりも寸法安定性がより求められる。最も避けるべき事態は部材が吸湿し、部材が幅方向に大きく膨張した時に浮き上がることである。幅方向の寸法安定性としては合板が優れており、それを基材として用いれば浮き上がりなどの問題は生じにくい。しかし、近年では高級志向に加え、シックハウス症候群などの諸事情で接着剤が使用された部材を好まず、無垢材を求める傾向が強い。基材が無垢の場合、幅方向の寸法変化は合板に比してかなり大きく、問題を生じる。これを避けるため、通常は無垢フローリングを施工する場合の一例としては0.5mm程度のスペーサを挿入しながら、すなわち、部材間のすき間を開けながら施工することが通常である。このすき間は浮き上がることを避けるため、より安全側、すなわちすき間を大きく設定することも行われる。しかし、このすき間が大きいほど、部材の含水率が減少し、部材が収縮したときにはより大きいすき間となる。この時、このすき間からほこりが入りやすく、かつ、歩行性にも悪影響が起こる。

2008. 6. 30 受理 材料技術研究部

*1 林業技術センター

*2 技術支援部

無垢フローリングを床暖房用として使用する場合はこうした通常の施工程度では補えないほど寸法変化が大きい。従って単に無垢材をそのまま使用するのではなく、寸法安定化を図るための加工が必要となる。最近では床暖房を採用する住宅が増えており、無垢を基材とした寸法変化の小さい床暖房用フローリングを開発することは極めて価値が高い。また、この床暖房という過酷な条件下で使用可能な部材であれば、他の内装材としても当然使用可能であるため、高品質な部材として有用な製品となりえる。

本研究では可能な限り板幅方向の寸法安定性を求めることを試みる。木材の寸法安定性を求める手法としては、熱処理あるいは樹脂や薬剤などの含浸が行われている。過去の研究において、これら手法によりある程度の効果が得られている^{1),2)}。本研究ではこれら両者を併用し、さらなる寸法安定化を試みる。

木材への含浸については基材となる樹種により含浸性に差がある。また、含浸する樹脂や薬剤により含浸性に差がある。含浸により寸法安定性などの性能向上を図る目的の場合、ある程度以上の含浸性が得られるように両者を選定する必要がある。また、今回は単に寸法安定性を求めるだけでなく、床材としての表面の硬度が求められる。このため、樹脂などの表面を硬化させるタイプを用いることが好ましい。また、この手法における最大の問題は加工に伴うコスト高であり、基材となる樹種は含浸性が高い上に、できれば安価な方が良く、樹脂や薬剤も寸法安定性や強度などの向上が得られながら、できるだけ安価なものを選定する必要がある。

以上の観点から、比較的安価な樹脂であり、表面の硬度が向上すると考えられるメラミン樹脂を用いることとした。

当所では過去において熱処理による寸法安定化を試みており、それら結果^{3),4)}とこの研究を始めるにあたっての予備研究においていくらか明らかになっていることがある。第1に比重の大きい樹種は含水率に伴う寸法変化が大きく、これを熱処理しても、寸法安定性は向上するものの、寸法変化の絶対値としてはやはり大きい。比重が小さく、寸法変化が初期値から小さい樹種を加工するほうがより寸法変化が小さくなる。第2に木材の特徴である異方性が影響する。半径方向と接線方向で収縮率に差があるため、幅方向の寸法変化としては板目板より柾目板の方が小さい。第3に熱処理は処理温度が高いほど処理速度が速く、寸法安定化の度合いは処理時間と相関性が高い。特に処理温度が熱処理の進行を大きく左右し、処理温度が高い程短時間で熱処理が可能である。しかし、高温度ではセルロースが損傷を受ける上に、発火の危険性が増す。低温度の場合、短時間での処理では不十分になる。通常の木工場における作業員の勤務時間を考慮すると処理が8時間以内となる設定が好ましい。このことから、セルロースの損傷があまりなく、数時間程度で処

理の効果が出る 200℃で行うことが好ましいと考えられる。

以上のことから、1. 含水率変化に伴う寸法変化が小さい、特に半径方向の寸法変化が小さい樹種を選ぶ。2. 樹脂含浸性の高い樹種を選定する。3. 樹脂含浸後、樹脂が硬化する程度の温度で乾燥させるのではなく、熱処理が同時に行われる 200℃で乾燥させる。という、工程で処理を行い、より寸法安定性の高い製品開発を目指す。

2. 実験方法

2.1 樹種による寸法安定性の比較

試験材として以下の樹種を選定した。気乾比重を併記する。

- (1) オルダー (*Alnus rubra*) 0.47
- (2) スギ (*Cryptomeria japonica*) 0.46
- (3) キリ (*Paulownia tomentosa*) 0.24
- (4) ゴムノキ (*Hevea brasiliensis*) 0.57
- (5) デイゴ (*Erythrophleum indica*) 0.21
- (6) ラジアータパイン (*Pinus radiata*) 0.43

試験材を幅 65mm、長さ 150mm、厚さ 12mm の柾目板に製材し、シリコン系の接着剤で木口をコーティングした。真空ポンプで減圧した後、復圧させることによりメラミン樹脂水溶液を含浸させた。40℃に設定した乾燥機において一昼夜予備乾燥した後、200℃に乾燥機を設定して4時間の乾燥及び熱処理を行った。その後、150-160℃で一昼夜の乾燥を行った。

寸法安定性の評価を行うため、日本フローリング工業会が定める乾湿・膨縮試験を行った。試験材を 40℃、70% の恒温恒湿槽で処理した状態を基準として繊維方向の中央における幅方向の寸法を測定した。その後、試験前の板幅を測定し、60℃の恒温乾燥器に入れて 120 時間放置し、直ちに板幅を測定した。ついで、40℃、90%の恒温恒湿槽内で 120 時間の処理を行った後、板幅を測定した。

2.2 JIS 規格に準拠する硬さ測定

JIS 規格 Z2101 の「硬さ試験」に準拠した。直径 10mm の鋼球を 0.32mm 圧入するのに要した荷重を測定した。圧入速度は毎分 0.5mm とした。含浸及び熱処理を行う前後で比較を行うため、処理前の素材及び処理後の試験材を用いた。試験材はオルダー及びキリの二樹種のみ行った。床材として利用される樹種として、ゴムノキ (気乾比重 0.57)、オーク (気乾比重 0.67) の素材についても測定した。

2.3 キャスター性による硬さの評価

キャスターはハンマーキャスター株式会社製 420G-N (車輪直径 50mm、車幅 21mm、ナイロン製) を用いた。台車にキャスターを 4 個取り付けて、その上に総重量 60kg のおもりを積載した。この台車を試験材の上を往復させて、車輪が通過した部分のへこみをすきまゲージで測定した。測定時期は往復 1000 回後、2000 回後、3000 回後とした。

3. 結果及び考察

3.1 樹種による寸法安定性の比較

乾湿・膨縮試験の結果を図1に示す。最も寸法安定性の高い樹種はキリであり、次いでオルダーである。最も寸法安定性が悪いとみなされるのはゴムであり、これら関係はある程度素材の比重に影響すると思われる。比重が大きい樹種は寸法変化が大きいため、それを処理することにより変化の割合は小さくなるものの絶対値としては比較的大きい。

オルダーはスギやラジアータパインよりも比重が大きい樹種であるものの、含浸後の寸法変化は小さい。このように、処理後の寸法変化が必ずしも比重と相関性がなく、比重の大きい樹種が比重の比較的小さい樹種より寸法安定性が高くなることがある。これは含浸性が高いなどの理由により処理後における寸法安定性の向上が著しい樹種があるからと考えられる。オルダーは含浸性の高い樹種として知られており、他の樹種に比して樹脂の含浸量が大きいと考えられる。

処理後において最も寸法変化が小さい樹種はキリである。この理由は素材そのものが小さな寸法変化であるからと考えられる。寸法変化の観点からは床暖房用フローリングとしての性能をみताす。

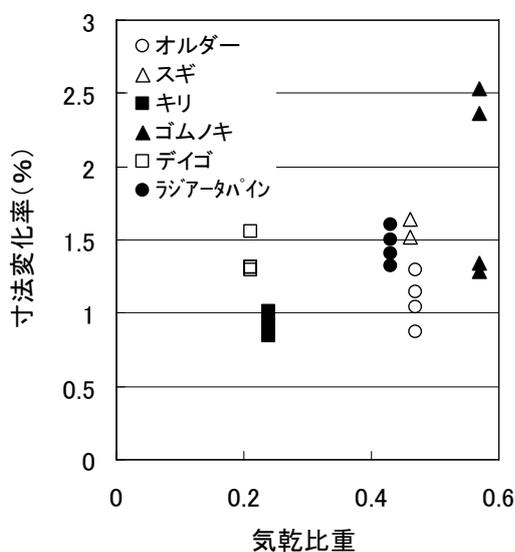
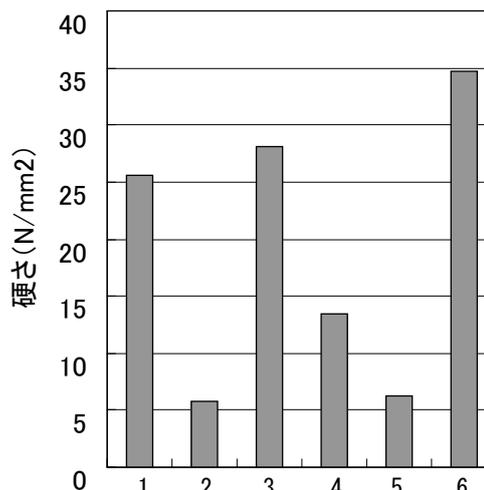


図1 含浸処理材の乾湿・膨縮試験の結果

3.2 JIS規格に準拠する硬さ測定

測定結果を図2に示す。素材間で比較した場合、硬さについても樹種により差があり、比重との相関性が高い。比重の高い樹種ほど硬さは大きい。通常の床材として用いられているオーク、あるいはゴムは素材そのものの硬さが大きく床材として適する。この実験結果から判断する場合、床材として求められる硬さとしては、ゴムと同等の 25N/mm² 程度あれば問題はないと考えられる。それに反し、オルダー、キリ等の比重が小さい樹種は素材と



1: ゴム、2: キリ、3: オーク、4: オルダー
5: キリ含浸後、6: オルダー含浸後

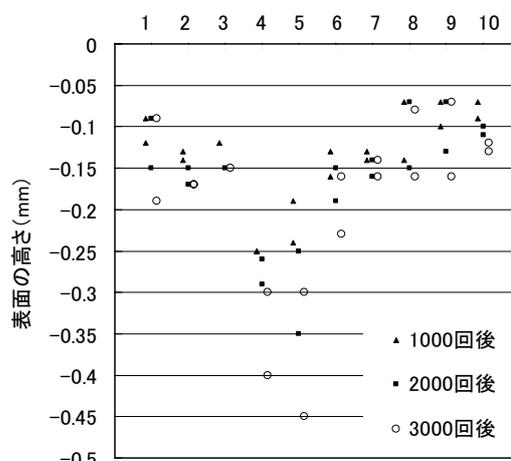
図2 硬さ測定結果

しては硬さが小さいため、へこみやすく、床材としては適当でないと考えられる。

樹脂含浸後のオルダーについては素材の状態と比して硬さが大きく向上している。ゴムやオークなどの素材と比較してもより大きく、硬さとしては十分である。それに対し、キリの場合は硬さが小さいため、床材としての性能を満たさない。処理後のキリについては素材の場合と差はない。すなわち、含浸前後の差はなく、樹脂含浸性に乏しいとみなされる。キリは薄壁の小室を多数含むことが水湿や熱を遮断する効果を高めている⁵⁾とされ、樹脂の含浸性も良くないと考えられる。

3.3 キャスター性による硬さの評価

車輪が通過する部分のへこみについて測定した結果を図3に示す。図3では試験前の表面高さを0(mm)として、



1-3:オルダー含浸後(評価数3)、4-5:オルダー素材(評価数2)、6:ゴムノキ、7-10:オーク(評価数4)

図3 キャスター性測定結果

試験後の表面高さを縦軸にとっているため、値が小さいほどへこみが大きい。絶対値が小さく試験前の 0(mm)に近い数値ほどへこみが小さく、床材としてはへこみにくい、性能の良い材料である。素材間で比較した場合、3.2 に示した硬さ測定の結果とほぼ同じ傾向を示す。最も硬度の大きいオークはキャスト性においても絶対値が小さく、へこみが小さいことを示し、床材としての性能が良い。一方、硬さの低いオルダー（素材）はへこみが大きい結果となった。

この耐キャスト性において数値が 0 に近い、すなわちへこみが小さい場合は往復操作の回数が大きくなっても数値の変化は小さい。それに反して、絶対値が大きい（へこみが大きい）場合は往復操作の回数が増えるほど初期値からの変化が大きい。このことから、強度の大きい場合は往復操作を数多く行っても大きくへこむことはなく、逆に強度の小さい場合は往復操作に伴いへこみが増大していくとみなされる。

含浸処理後のオルダーについては素材の状態から大きく向上している。へこみはゴムとオークの間くらいの値を示しており、このことから耐キャスト性の性能としてはオークとゴムの間くらいとみなされる。3.2 の硬さの測定結果では処理後の硬さはオークより大きいにもかかわらず、キャスト性ではオークよりやや劣る結果となった。この理由は硬さ測定が直径 10mm の鋼球を用いて表面の極めて小さい面積に対し、わずかのへこみ(0.32mm)を与える操作のため、樹脂が含浸されている表面層へ局所的に作用するからと考えられる。それに対し、キャスト性試験は比較的大きな面積を長時間にわたり繰り返す

圧縮させる操作であり、樹脂が含浸されていない中心部分である素材そのものの弱い部分が影響を受けると考えられる。しかし、このオルダーは含浸処理後において、元の素材に比して大きく向上し、ゴムノキ（素材）よりも良い性能を持っているため、床材としては十分な強度であると考えられる。

4. 結 言

低比重材の寸法安定性を高めることと、表面の硬度を大きくすることを目的として、メラミン樹脂含浸と 200℃での熱処理を併用した処理を行った。その結果、オルダーが処理後において寸法安定性が高く、表面の硬度も十分であった。

文 献

- 1) 則元京：木材工業，**49**(12)，588-592 (1994)。
- 2) 大越誠：木材学会誌，**51**(1)，36-38 (2005)。
- 3) 中西文昭：広島県立東部工業技術センター研究報告，**4**，90-95。
- 4) 古山 安之：日本木材学会中国・四国支部第 15 回研究発表要旨集，2003，p42-43。
- 5) 佐伯浩：“木材の構造”，(社)日本林業技術協会，1982，p70-71。