

## 奈良県産スギ材を用いた直張り用無垢防音フローリング材の開発 (第2報)

矢杉瑠美・岩本頼子・酒井温子

前報<sup>1)</sup>で報告した防音フローリング材にウレタン塗装および植物系オイル塗装を施し、生活環境を想定した3条件の温湿度下(25°C相対湿度40%、22°C相対湿度80%、25°C相対湿度90%)で調湿した際の寸法安定性、および試験体上に180kgの重量物を設置した際の影響を評価した。

調湿によって、含水率はウレタン塗装では8.4~17.1%、植物系オイル塗装では8.3~17.5%の範囲で変動した。含水率の変化に伴い、20°C相対湿度65%の寸法約110mmを基準として、接線方向の寸法は、ウレタン塗装では-1.22~0.71mm、植物系オイル塗装では-1.57~0.81mm 変化した。使用環境によっては、施工時にスパーサーを用いるほか、木材の含水率の適切な管理が必要である。また、ウレタン塗装は植物系オイル塗装よりも含水率や寸法変化が緩やかに推移する一方で、反りが発生しやすく、接線方向における最大の反り矢高は0.68mmであった。

重量物設置による変化は微小な凹みのみで、割れや破壊は全く生じなかった。重量物を実付近に設置した際、隣接する試験体の浮き上がりが確認された。使用時のトラブルを未然に防ぐため、製品の販売時には消費者に取り扱いについて十分に説明する必要がある。

### 1. はじめに

日常生活では様々な生活音、例えば子供の走り回りや飛びはね時には重量床衝撃音と呼ばれる低い周波数の音、椅子やテーブルの移動や物品の落下時には軽量床衝撃音と呼ばれる高い周波数の音が発生する。これらは集合住宅等で上下階の住人の深刻なトラブルに発展する可能性があるため、床材料には高い防音性能が求められる。内装材として県産材の利活用が広がる中、特に集合住宅等で無垢のフローリング材が普及しない要因の一つに、防音性能の低さが考えられる。前報<sup>1)</sup>では、直張り工法向けに、県産スギ材を用いた無垢の防音フローリング材の開発を試み、ALL-4<sup>2)</sup>を満たす最適条件を見いだした。

しかしながら、施工後の生活環境において無垢のフローリング材は、夏季の湿潤な環境では膨潤し、冬季の乾燥した環境では収縮することや、冷蔵庫や大型家具などの重量物を設置した際に凹みの発生が懸念される。そのため、防音フローリング材の開発の一環として、これらの挙動を明らかにしておく必要がある。

本報では、前報で報告した防音フローリング材に対し、2種類の表面仕上げ塗装を行った後、様々な温湿度環境下において調湿した際の寸法安定性、および重量物を設置した際の影響を評価したので報告する。

### 2. 材料および方法

#### 2.1 材料

##### 2.1.1 寸法安定性の評価

長手方向に本実(ほんざね)加工を施したスギの板目板(接線方向(T)110mm×放射方向(R)10mm×繊維方向(L)1,000mm)を20枚使用した。各10枚の木表にウレタン塗装および植物系オイル塗装を施し、続いて木裏全面に、繊維方向に直交させて溝加工(深さ5.8mm、間隔15mm、のこ幅1mm)を施した。以下、接線方向をT方向、放射方向をR方向、繊維方向をL方向と記す。

図1に示すように、板材1枚より寸法安定性評価用の試験体a(L方向700mm)およびb(L方向100mm)を1枚ずつ採取し、木口面をエポキシ樹脂で封じた。さらに試験体aには、木裏面に、110mm×700mmの大きさに裁断した厚さ4.5mmの緩衝材(ポリエステル製、目付258g/m<sup>2</sup>)を接着させた。接着には両面テープ(幅20mm、厚さ0.072mm)を使用し、繊維方向と平行に、板の両端に貼り付けた。また、併せて採取したL方向20mmの試験体各2体を、105°Cで約48時間乾燥させ、全乾法により含水率を求め、それらの値から試験体aの調湿前の含水率を推定した。

##### 2.1.2 重量物設置による影響

長手方向に本実加工を施したスギの板目板(110mm(T)×10mm(R)×1,000mm(L))を12枚使用した。各6枚の木表にウレタン塗装および植物系オイル塗装を施し、続いて木裏全面に、繊維方向に直交させて溝加工(深さ8.2mm、間隔15mm、のこ幅1mm)を施した。さらに木裏面に、110mm×1,000mmの大きさに裁断した厚さ4.5mmの緩衝材(ポリエステル製、目付258g/m<sup>2</sup>)を2.1.1と同様に両面テープで接着させ、試験に供した。

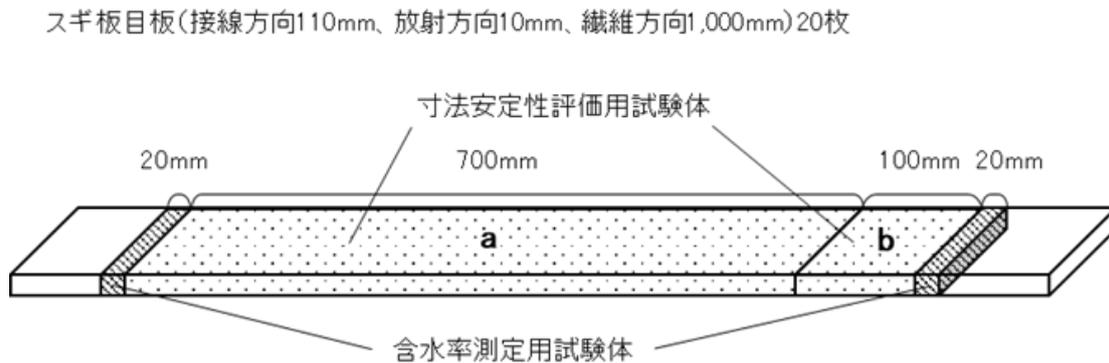


図1 試験体の採取方法

## 2.2 方法

### 2.2.1 寸法安定性の評価

日本における通常の生活環境を想定し、調湿条件として25°C相対湿度40% (①)、22°C相対湿度80% (②)、25°C相対湿度90% (③)を設定した。

試験体aおよびbを、20°C相対湿度65%雰囲気下の恒温恒湿室に平衡状態になるまで静置(以下、気乾時と呼ぶ)した後、重量、寸法および反り矢高を測定し、恒温恒湿器(株エスペック製PR-4J)により上記の調湿条件①→②→③の順に、それぞれ平衡状態になるまで静置した。実使用における温湿度変化は、主に木表側からその影響を受けると推測されるが、今回は試験体全面が吸放湿する環境とした。

調湿中、試験体aは重量、TおよびL方向の寸法、TおよびL方向の反り矢高を、試験体bはR方向の寸法を、経過観察のうえ適時測定した。また、調湿中の含水率を、木材部分の重量と2.1.1で求めた調湿前の含水率より算出した。さらにT、RおよびL方向の寸法変化率を次式により算出した。

$$S(\%) = (d - d_0) / d_0 \times 100$$

S: T、RおよびL方向の寸法変化率

d: 調湿期間中の測定時の寸法(mm)、

d<sub>0</sub>: 20°C相対湿度65%調湿後の寸法(mm)

TおよびL方向の寸法はデジタルノギス(T方向: 株ミットヨ製CD-15PMX、L方向: 株A&D製AD-5763-300)を用いて0.01mm単位まで、R方向寸法はマイクロメータ(株ミットヨ製No.293-421-20)を用いて0.001mm単位まで測定した。またL方向は、2点の距離が約300mmとなる位置に釘を打ち込み、釘間の距離を測定した。TおよびL方向の反り矢高は、測定時点でいわゆる

カップ状態(凹型)となった試験体(T方向: ウレタン塗装n=10、植物系オイル塗装n=5~10、L方向: ウレタン塗装n=7~10、植物系オイル塗装n=3~10)について、試験体表面にステンレス製の剛直な定規をあて、生じた隙間の大きさを隙間ゲージまたはテーパゲージを用いて測定した。反り矢高が0~0.50mmの範囲の場合は0.05mm単位まで、それ以上の場合は0.1mm単位まで測定した。

### 2.2.2 重量物設置による影響

生活の中で長期荷重を行う重量物として、大型冷蔵庫の設置を想定し、180kg分のコンクリートブロックを直径25mmのプラスチック製の支持脚4本で支え、試験体上に設置することとした。すなわち、水準器で水平を確認した床上において、試験体を実で連結させ、ウレタン系接着剤(コニシ株製KU928RW)を用いて床に固定させた。接着剤の硬化を確認した後、支持脚を取り付けた合板の上にコンクリートブロックを載せ、試験体上に設置して30日間放置した(図2)。この時、支持脚の2本を実付近(雄実(凸型)加工側)に、2本をT方向の中央に設置した。

設置前後において、各支持脚の設置箇所に、ステンレス製の剛直な定規を繊維方向にあて、生じた隙間の大きさを隙間ゲージまたはテーパゲージを用いて測定した。0~0.50mmの範囲の場合は0.05mm単位まで、それ以上の場合は0.1mm単位まで測定した。このほか、設置前後の様子を目視で観察した。



図2 重量物設置の様子

### 3. 結果および考察

#### 3.1 寸法安定性の評価

##### 3.1.1 含水率

図3に各調湿時における経過日数ごとの含水率を示す。各調湿後の平衡含水率は、脱湿時は植物系オイルの方がやや低く、吸湿時は植物系オイル塗装の方が高くなった。また、ウレタン塗装において、含水率の推移は、脱湿時、吸湿時ともに緩やかであったが、これは、ウレタン塗装は厚く塗膜を形成する塗装であり、木表側からの脱湿や吸湿が抑制されるためと考えられる。図4に各調湿条件における調湿終了時の含水率を示す。25°C相対湿度40%恒量から25°C相対湿度90%恒量にかけて、ウレタン塗装では含水率は8.4%から17.1%となり8.7%変動し、植物系オイル塗装では8.3%から17.5%となり9.2%変動した。

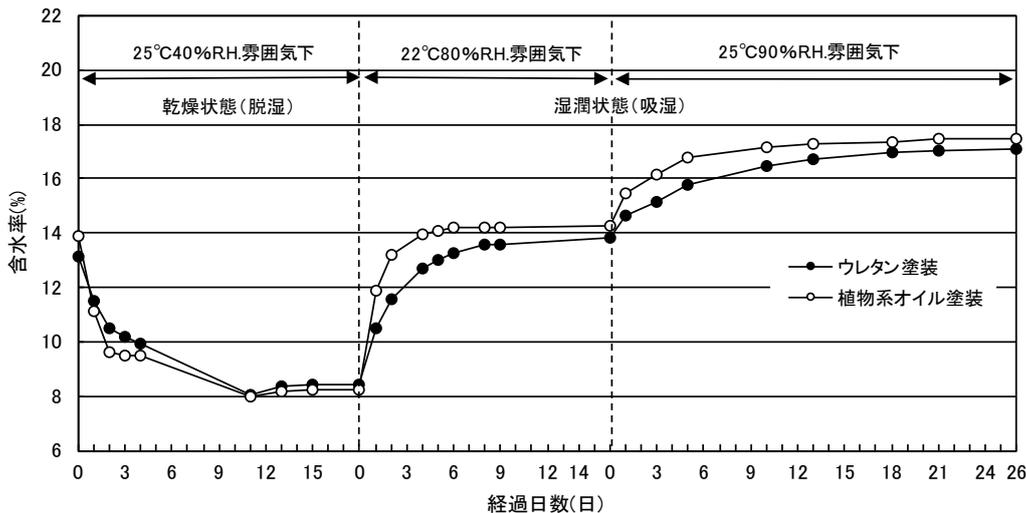


図3 各調湿時における経過日数ごとの含水率

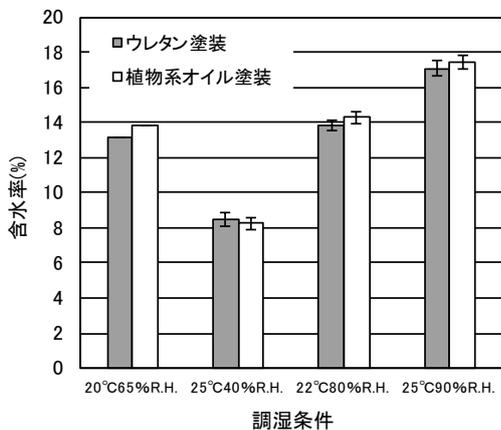


図4 各調湿条件における調湿終了時の含水率  
注：平均値 (n=10)、エラーバーは標準偏差

##### 3.1.2 T方向の寸法および反り

図5に各調湿時における経過日数ごとのT方向の寸法変化率を示す。植物系オイル塗装の方がウレタン塗装よりも変化量が大きく、乾燥時にはより収縮し、湿潤時にはより膨潤した。また、前項の含水率の推移と同様に、T方向の寸法変化率の推移はウレタン塗装の方が緩やかであった。

図6に含水率とT方向の寸法変化率の関係を示す。含水率とT方向の寸法変化率の間には、直線関係が認められた。また、寸法変化率の最大値と最小値の差はウレタン塗装で1.73%、植物系オイル塗装で2.14%であった。

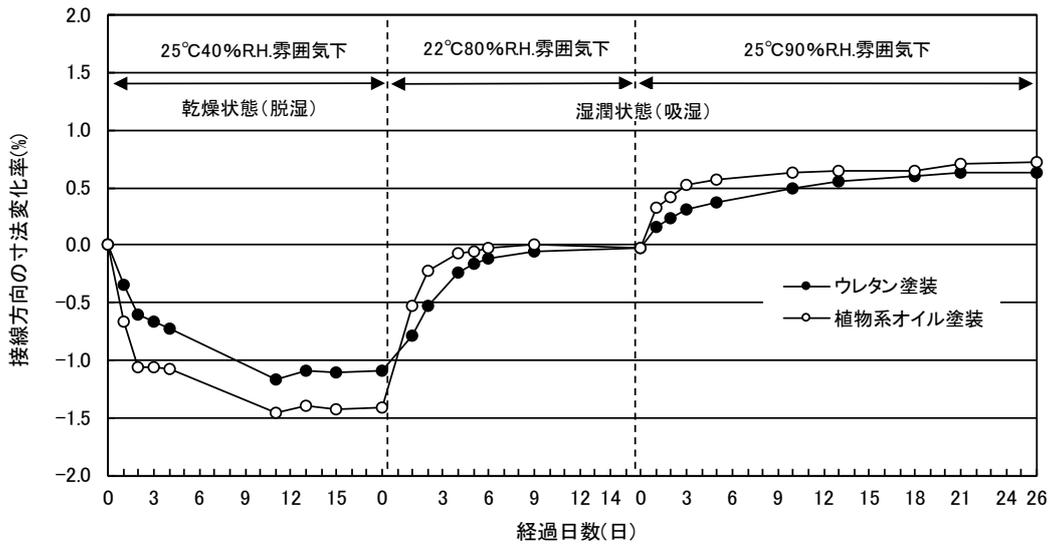


図5 各調湿時における経過日数ごとの接線方向の寸法変化率

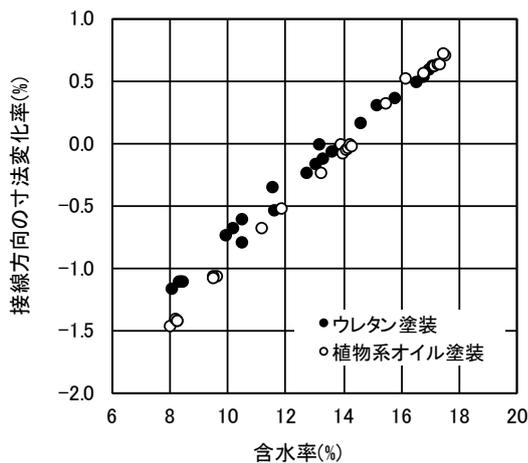


図6 含水率と接線方向の寸法変化率の関係

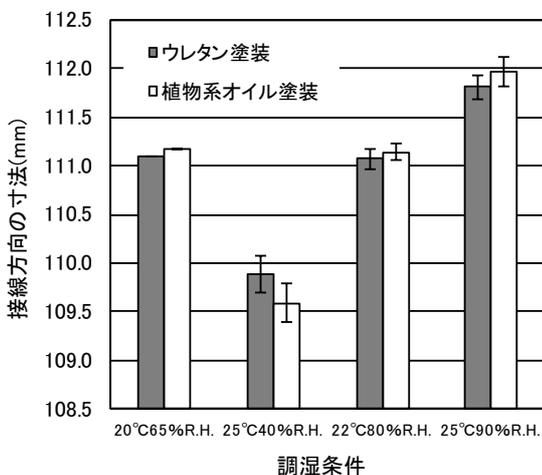


図7 各調湿後における接線方向の寸法  
注：平均値 (n=10)、エラーバーは標準偏差

図7に各調湿後におけるT方向の寸法を示す。最大値と最小値の差は、ウレタン塗装で1.90mm、植物系オイル塗装で2.36mmであった。また、20°C相対湿度65%と25°C相対湿度90%の寸法の差は2種の塗装で0.71、0.81mmであったことから、実際の施工にあたり、気乾(含水率約14%)の幅110mmのフローリング材を、仮に短手方向が5mの居室に施工し、その後25°C相対湿度90%で湿潤(含水率約17%)となった場合、寸法は合計32~37mm伸びることになる。また同様に、25°C相対湿度40%で乾燥(含水率約8%)した場合、寸法は合計55~71mm縮むことになる。今回は、試験体が平衡状態になるまでの長期間温湿度を維持した。よって実環境では、寸法変化は今回よりも小さいと推測されるが、膨潤による突き上げを避けるため、施工時にスペーサーを使用するなど、寸法変化への配慮が必要である。

図8に各調湿時における経過日数ごとのT方向の反り矢高を示す。反り矢高は、脱湿時では植物系オイル塗装の方が大きく、吸湿に転じるとウレタン塗装の方が大きくなった。吸湿時にウレタン塗装の反り矢高が大きくなったのは、塗膜により木表側からの吸湿が抑制されるとともに、塗膜自体が硬く伸縮性が小さいためと考えられる。また、ウレタン塗装において、22°C相対湿度80%の開始直後、反り矢高が約0.7~0.8mmと急激に増加した。これは、試験の設定上、25°C相対湿度40%の乾燥状態から22°C相対湿度80%の湿潤状態に転じたことで、木表側は塗膜により吸湿が抑制されるのに対し、木裏側は塗装なしで、かつ溝加工により表面積が増加し吸湿が促進されて木表と木裏の含水率が不均衡になるため、顕著な反

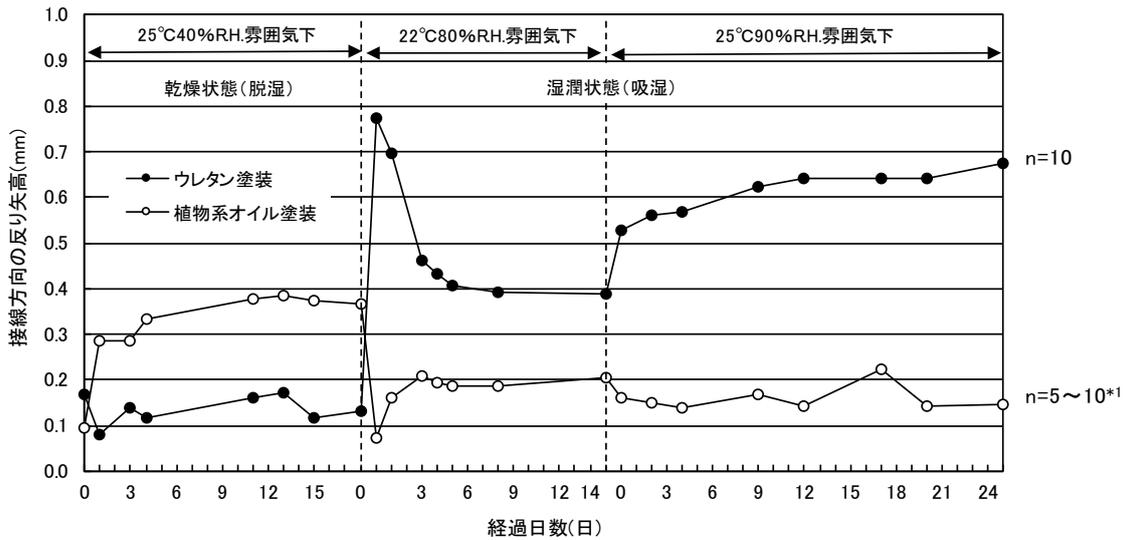


図8 各調湿時における経過日数ごとの接線方向の反り矢高  
\* 1 : 反りがカップ状態となった試験体のみ測定

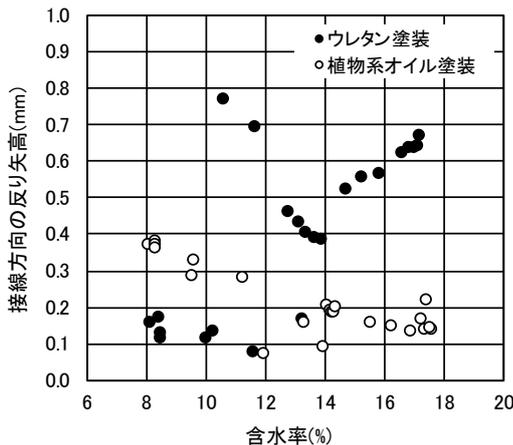


図9 含水率と接線方向の反り矢高の関係

りが発生したと考えられる。この反りを例外として、今回の試験における最大の反り矢高は、ウレタン塗装で0.68mm、植物系オイル塗装で0.38mmとなった。

図9に含水率とT方向の反り矢高の関係を示す。含水率の増加に伴い、植物系オイル塗装では反り矢高が小さくなる傾向が、ウレタン塗装では反り矢高が大きくなる傾向が見られた。今回の試験では、カップ状態(凹型)の反りはつまづきや転倒につながる恐れがあるため反り矢高を測定した。その結果、反り矢高は最大でも1mmに満たず生活上支障がないと考えられたが、この反りを軽減したい場合には、木裏面において繊維方向に溝を入れる等の工夫が必要となる。また、逆方向の反り(凸型)が発生した試験体もあったが、木裏には緩衝材を貼り付けたため精確に測定することができなかった。しかし簡

易的に測定したところ、逆方向の反りの大きさはカップ状態の反りに比べて概ね同等かそれ以下であった。

### 3.1.3 L方向の寸法および反り

図10に各調湿時における経過日数ごとのL方向の反り矢高を示す。2種の塗装は類似した変動をみせたが、いずれの調湿時でもウレタン塗装の方が反り矢高は大きかった。また、特にウレタン塗装において、各調湿の開始直後に大きな反りの変動が認められた。図11に含水率とL方向の反り矢高の関係を示す。植物系オイル塗装において、含水率の増加に伴い、反り矢高が大きくなる傾向がみられた。

図12に各調湿後におけるL方向の寸法を示す。ここでは、L方向寸法の実測値(約300mm)での寸法変化率から、製品の寸法である950mmに換算した。気乾時と湿潤時の最大寸法の差は、ウレタン塗装で0.22mm、植物系オイル塗装で-0.10mmであり、変化量はごくわずかであった。一方、乾燥時はウレタン塗装で-0.59mm、植物系オイル塗装で-1.01mmの収縮が生じることがわかった。L方向の寸法変化は、T方向と比較すると小さいものの、寸法の大きい居室に施工する場合、T方向と同様に寸法変化への配慮が必要と思われる。

### 3.1.4 R方向の寸法

図13に含水率とR方向の寸法変化率の関係を、図14に各調湿後におけるR方向の寸法を示す。含水率とR方向の寸法変化率の間には直線関係が認められた。また、寸法変化は最大値と最小値の差でもウレタン塗装で0.22mm、植物系オイル塗装で0.20mmであり、生活上支障がないと考えられる。

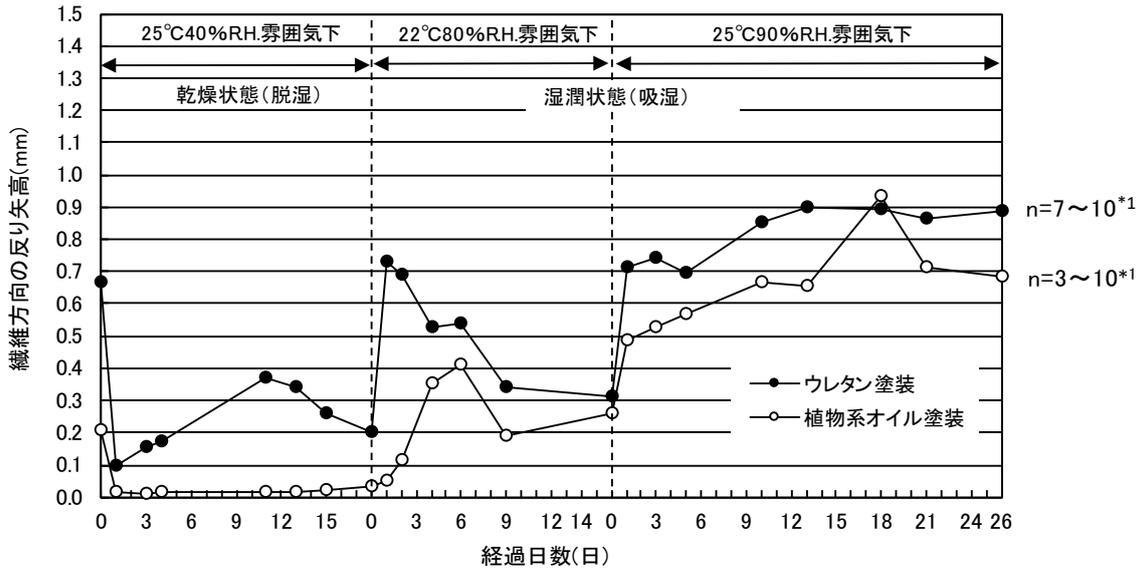


図10 各調湿時における経過日数ごとの繊維方向の反り矢高  
\* 1 : 反りがカップ状態となった試験体のみ測定

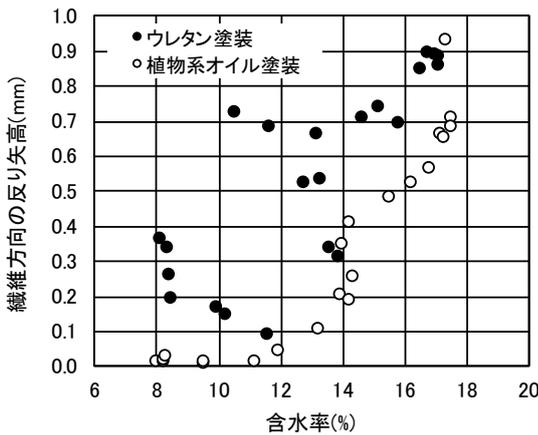


図11 含水率と繊維方向の反り矢高の関係

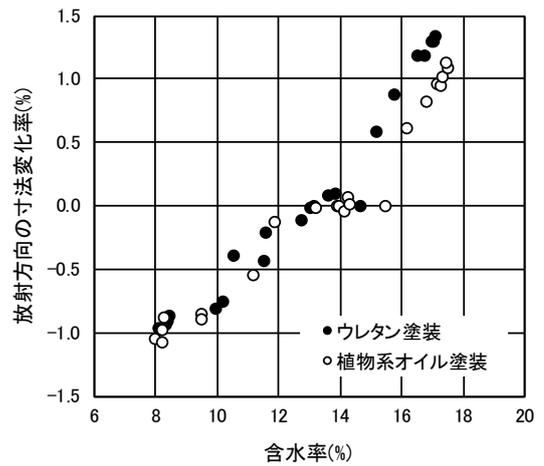


図13 含水率と放射方向の寸法変化率の関係

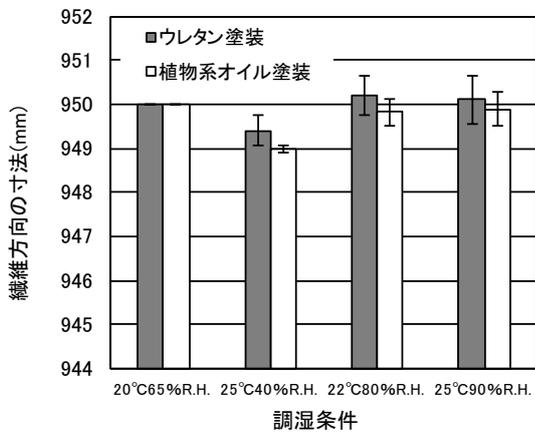


図12 各調湿後における繊維方向の寸法  
(繊維方向の寸法変化率より換算)  
注: 平均値 (n=10)、エラーバーは標準偏差

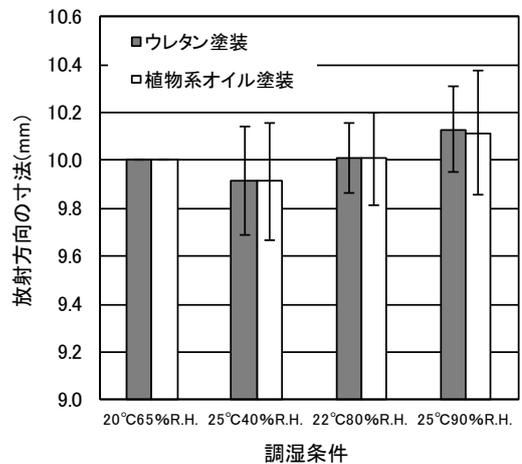


図14 各調湿後における放射方向の寸法  
(放射方向の寸法変化率より換算)  
注: 平均値 (n=10)、エラーバーは標準偏差

### 3.2 重量物設置による影響評価

重量物設置による表面的な変化は凹みのみで、割れや破壊は全く生じなかった。図 15 に重量物設置による凹みの様子を示す。支持脚の直下における凹み ((a) 矢印)、また支持脚の周囲を含んだ緩やかな凹み ((b) 矢印) が確認された。前者の凹みは植物系オイル塗装において確認され、ウレタン塗装では目立った凹みはみられなかった。また、後者の緩やかな凹みについて、支持脚設置箇所 4 点の平均深さはウレタン塗装では 0.6mm、植物系オイル塗装では 0.7mm であった。これらの凹みは、目視においては微小な変化であった。

また塗装の種類にかかわらず、図 16 に示すような材の

浮き上がりが生じた。図 16 に示す位置での浮き上がりは、床から試験体上面までの高さが最も低かった連結部分 A および D を基準 (0mm) とすると、B で 6mm、C で 4mm であった。これは、重量物を実付近に置いた時に、A の雄実が沈み込み、隣接する B、さらに C が浮き上がったと思われる。また今回、浮き上がりに伴い木材と緩衝材が剥離していた。直張り工法では、最上面の木材は緩衝材との接着力のみで固定される。仮に木材と緩衝材が強固に一体化したとしても、緩衝材自体が容易に伸張するため、浮き上がりの発生は避けられない。よって製品の販売時に、消費者に取り扱いを十分に説明して理解を得る必要がある。

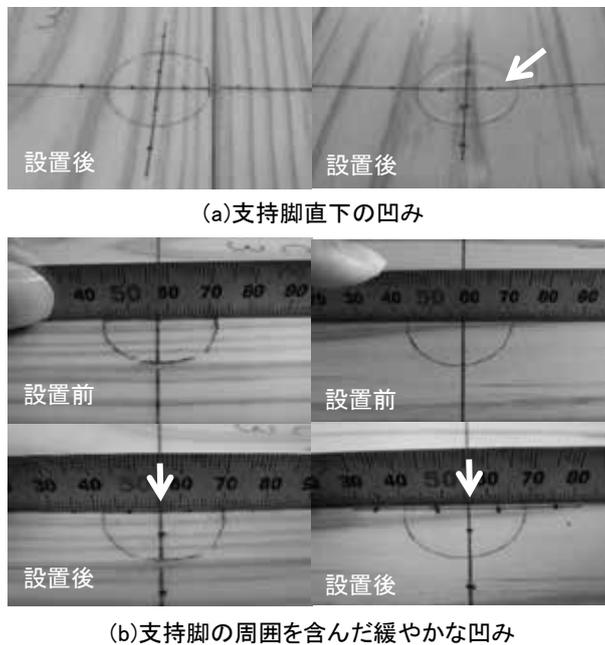


図 15 重量物設置による凹みの様子 (左：ウレタン塗装、右：植物系オイル塗装)

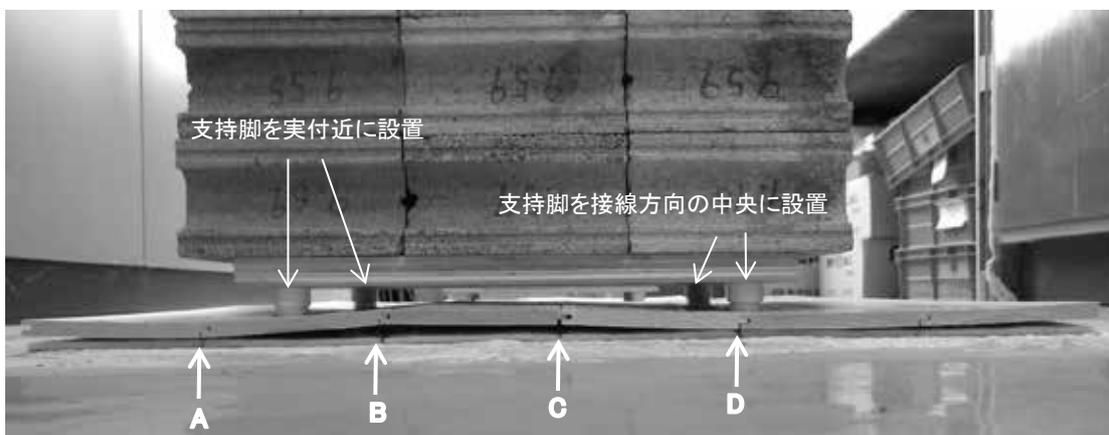


図 16 重量物設置による試験体の変化

#### 4. まとめ

(2020年4月6日 受理)

前報で報告した防音フローリング材に、ウレタン塗装および植物系オイル塗装を施し、生活環境を想定した3条件の温湿度下で調湿した際の寸法安定性、および重量物を設置した際の影響を評価した。得られた結果は以下のとおりである。

- ①今回設定した温湿度条件において、木材の含水率はウレタン塗装では8.4~17.1%、植物系オイル塗装では8.3~17.5%の範囲で変動した。これに伴い、ウレタン塗装は、20°C相対湿度65%の寸法（接線方向約110mm、繊維方向約950mm）を基準とすると、接線方向では-1.22~0.71mm、繊維方向では-0.59~0.11mmの寸法変化が見込まれることがわかった。同様に植物系オイル塗装は、接線方向では-1.57~0.81mm、繊維方向では-1.01~0.10mmの寸法変化が見込まれることがわかった。施工にあたって、特に接線方向については寸法変化が大きいことから、居室の寸法や温湿度環境によってはスペーサーを使用するほか、塗装時、納品時における木材の含水率の適切な管理が必要である。さらに、ウレタン塗装は、植物系オイル塗装よりも含水率や接線方向の寸法変化率が緩やかに推移する一方で、反りが発生しやすく、接線方向における最大反り矢高は0.68mmであった。また接線方向の反りについて、ウレタン塗装は湿潤時に、植物系オイル塗装は乾燥時にカップ状態の反りが発生する傾向が確認された。
- ②重量物の設置前後で、支持脚直下の凹み、また支持脚周囲を含んだ緩やかな凹みがわずかに確認されたが、割れや破壊は全く生じなかった。また、直張り工法ならではの現象として、支持脚を実付近に設置した際、実に負荷が集中し、隣接する試験体の浮き上りが確認された。このような使用時のトラブルを未然に防ぐため、製品の販売時には消費者に取り扱いを十分に説明する必要がある。

#### 引用文献

- 1) 矢杉瑠美, 室垣内清明, 岩本頼子, 酒井温子, 森田陽亮: 奈良県産スギ材を用いた直張り用無垢防音フローリング材の開発(第1報). 奈良県森技セ研報. 49, 25-34(2020)
- 2) 財団法人日本建築総合試験所: 「床材の床衝撃音低減性能の表現方法に関する検討委員会」報告書, 9-10 (2008)