

論文

現状の施設で製造可能なヒノキ材副製品としての 床暖房用フローリングの開発¹

富田 守泰・土肥 基生

Development of flooring material for floor heating by side lumber of Hinoki pillar
which can be manufactured at the current facility

Moriyasu Tomita, Motoo Dohi

ヒノキ構造材製材工場の経営安定化のため、副製品としての側板を、より付加価値の高い床暖房用フローリングに用いるべく開発した。床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準に適合すべく、寸法安定性を向上させ、①工場で利用されている高温乾燥機の活用、②板目板から安定化した柃目幅はぎ板の生産方法、③最適製品幅、④単層フローリングの欠点を補うとされる下貼り合板の利用の是非、等について検討した。構造材の120℃ドライイングセット乾燥時に、副製品である板材を一緒に乾燥し、交互に積層して直交に挽き直した柃目幅はぎ板から有効幅 75mm のフローリングを製造した。そのフローリングを根太に直貼りすることで、塗装の如何を問わず床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準に適合し得る製品が可能になった。今後は施工仕様を完備し、それに準じた施工をすることで、中小製材工場であっても日本フローリング工業会の「床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準」以外のガス会社の規格等にも応用が可能となり得た。

キーワード：ヒノキ、床暖房、高温乾燥、柃目幅はぎ、フローリング、幅寸法、下貼り合板、隙間、反り、段差

I はじめに

岐阜県の東濃地域は中小製材工場によるヒノキ柱材生産が盛んである。しかし構造材価格が低迷したため、側板から様々な副製品を作って全体の付加価値を上げることで経営を支えてきた。一方、ヒノキ構造材の乾燥にも高温乾燥装置が普及し、高温ドライイングセット材を出荷している事例が増えてきた。そこでこれらの設備を利用して、側板をより付加価値の高い床暖房用フローリングを開発する手法の確立を目指した。

床暖房用フローリングは現時点で公的機関による統一された規格は存在しない。フローリングには単層フローリングと複合フローリングが存在し（農林水産省, 2013）、業界も分かれている。単層フローリングについては、大手ガス会社が独自で実施している規格（未公開）に準じて、「床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準」（日本フローリング工業会, 2005）（以下基準という）が業界として設定され、判定基準も公開されている。一方、複合フローリングについてもガス会社の規格に準じて、「複合フローリングの床暖房への適合性試験規格」（日本複合・防音床材工業会, 2019）

が公開されているが、判定基準は複合フローリング協会会員以外には公開されていない。木製フローリングに限定されない（コルクなど収縮異方性のない素材も含める）床暖房用としてのガス会社の規格は収縮異方性の性能に差をつけることなく設定されている。複合フローリングの判定基準が不明のため断定できないが、収縮の異方性を緩和した複合フローリングに対して、素材そのものである単層フローリングにとっては、複合フローリングと同じくガス会社の規格に準じたフローリング工業会の基準は、かなりハードルの高い規格になっていると想定される。結果的に、単層フローリングでの開発成功事例が少ない理由でもあろう。

本研究では、この基準に基づき、規格を満たす単層フローリングの開発を行った。研究の目的はヒノキ柱材製材工場の副製品である側板を用いて、現状の施設で製造可能で、且つ、付加価値の高い床暖房用フローリングを開発することである。その技術要素として①現状の施設として構造材乾燥で普及している高温乾燥機での乾燥処理（最大温度 120℃）②幅方向の収縮を低減すべく、板幅方向を半径方向にすべく副製品である板目板を積層

¹ 本研究の一部は、第 69 回日本木材学会大会および第 29 回日本木材学会中部支部大会で発表した。

接着し、直交方向に挽き直す幅はぎ板の製造 ③規格は隙間の絶対量が問われるので、製品幅で対応し得る製品最大幅の設定 ④現行の床暖房用無垢フローリングのガス会社規格適用への対処方法を考慮し、施工仕様にて下貼り合板施工の是非について検討した。

Ⅱ 試験方法

1. 試験片の作成

対象としたヒノキは芯持ち柱材を製材した際に生じる側板を、厚さ20mm幅135(85)mmに製材して試験に用いた。材料別には、表-1および以下に示す3つの仕様に分類した。

① 乾燥温湿度別

乾燥温度別に高温乾燥機温度最大の130℃湿球温度30℃差（以下130℃30℃差）、一般の高温乾燥機を想定した120℃30℃差、中温乾燥の60℃及び80℃10～30℃差、天然乾燥とした。

② 塗装別

各乾燥材を5種に分け、4種は施工後の現地塗装を想定して無垢材で需要の高い浸透性塗装（桐油、水系ウレタン塗装）を施した。この内表-1の+印は塗装を浸透させる目的で、塗装前40℃で24時間乾燥した直後に塗装した（表-1）。

③ 板柃別

通常の板目板に加え、120℃30℃差及び80℃10～30℃差については、図-1に示すよう積層接着し、直角方向に再鋸断して幅はぎ状態の柃目板（以下、幅はぎ柃目板という）とし、図-2に示す断面に加工した。なお幅はぎ柃目板は無塗装とした。

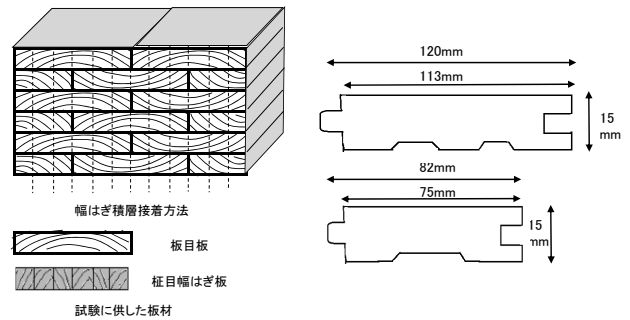


図-1 板目板の幅はぎ柃目板化

図-2 試験に供したフローリング断面

2. 試験片による試験

表-2に基準の項目一覧と本試験で実施した項目を示した。基準は大別してフローリング試験片による試験と、根太間に床暖房放熱板を設置し、上部にフローリングを設置した施工面試験に分かれる。試験片による試験は集成材の接着試験、塗面試験、耐熱試験に分かれている。このうち接着試験はフィンガージョイントも含めてJASの浸漬剥離試験（70℃2時間浸漬、60℃3時間乾燥時の剥離）に準じた規格であり、通常の幅はぎ接着では十分耐えられる基準である。塗面試験は塗面のある製品であり、目標フローリングは無塗装品を含むので試験対象とならないと推察される。

このため、今回は耐熱試験のみ実施した。試験は乾燥、寸法調整、調湿、試験の順に実施した（図-3）。処理終了後すべての試験材について両端木口から30cm以内で含水率サンプルを採取して平均含水率を中央含水率として、随時重量から各段階の含水率を算出した。その後15×120×600mmに寸法調整して試験片を作成した後、同一条件とすべく、送風型恒温恒湿器で40℃関係湿度60%条件（平衡含水率10%）にて120時間調湿した。

耐熱試験は試験片を60℃±2℃の恒温器に120時間放置して中央幅、中央厚さを測定し、続いて温度40℃±1℃、関係湿度90%±3%の恒温恒湿器に120時間放置して同様に測定した。各測定値から40℃関係湿度60%条件からの収縮・膨張率を算出した。

表-1 試験片試験に用いた各試験片の分類と表示

事前処理	表示	加工	塗装	表示	個体数(枚)
天然乾燥	天	板目	桐油塗装	桐油	18
60℃乾燥	60	板目	乾燥+桐油塗装	桐油+	18
120℃30℃差	120	板目	無塗装	無塗装	18
130℃30℃差	130	板目	水系ウレタン塗装	水系ウレタン	18
			乾燥+水系ウレタン塗装	水系ウレタン+	18
80℃乾燥	80柃	柃目幅はぎ	無塗装	無塗装	12
120℃30℃差	120柃	柃目幅はぎ	無塗装	無塗装	12

表-2 単層フローリングの試験基準項目と試験した項目

各項目	実施	摘要
試験片による試験	○	60℃120h収縮 40℃90%120h膨張
耐熱試験	○	フローリングJASに準ずる
接着強度試験	×	
塗面試験	×	
試験体の作成	△	試験室 15m ³
	△	暖房機器 5m ² 以上 放熱体80℃
	△	フローリング 6m ² 以上 根太、合板各仕様
熱性能試験	△	表面温度試験 室温-床温差10℃以上
環境試験	○	室温+15℃上昇60分以内
耐熱ランニング試験	○	稼働8h停止4h 100サイクル +300h
環境及び測定条件	○	試験観測点 普通、境界、被覆、湿潤箇所
適合基準	○	観測点別 隙間、反り、段差
耐湿ランニング試験	○	10～20℃85%18h45%6h 4サイクル
（梅雨期試験）	○	反り、750mm間床面起伏
製品含水率安定試験	△	フローリングJASに準ずる

○ 試験基準に基づき実施した
△ 規模が異なるが準じて実施した。あるいは別項で実施した
× 実施していない

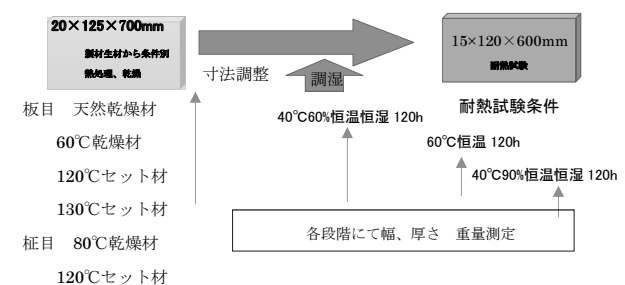


図-3 試験片による耐熱試験の流れ

3. 施工面試験

施工面試験は熱性能試験、耐熱ランニング試験、耐湿ランニング試験に分かれている（表-2）。

3.1 熱性能試験

放熱体は3.2で説明するホットプレート上にアルミ角材を放熱体として載せて使用した。室内面積の基準は15m²程度としており、試験では1/10程度として1.43m²とし、放熱体は（同）5m²以上を、試験では1/10としてアルミ角材0.48m²とした（図-4）。周囲と上部（1.5m高さ）は厚さ50mmの発砲スチロールにて囲った。

本項試験には、表面温度試験と環境試験とがある。表面温度試験は室温と床面温度差が一定以上あることを調べる。環境試験は試験体の立ち上げ能力を規定している。具体的には、放熱体に入る湯温が80℃で、室温と床温度の差が10℃以上（表面温度試験）の条件の下で、立ち上がり時間（室温が+15℃になる時間）が60分以内（環境試験）となることを規定している。環境試験は、このように暖房機能の立ち上がり性能を求めるもので、稼働当初は設備の性能が大きく左右する。温水循環による場合は熱源機の火力と温水循環能力差により、電熱であればヒーターのKW数の差による。放熱体が設定温度に到達すれば、以後は放熱体から床表面までの熱貫流抵抗に左右される。従って、材料・施工面の視点から本試験により得られるのは、下貼り合板の有無が影響する立ち上がり性能差である。次項の耐熱ランニング試験では下貼り合板の是非が問われるので、本項試験では直貼りと下貼り合板の差を比較することとした。

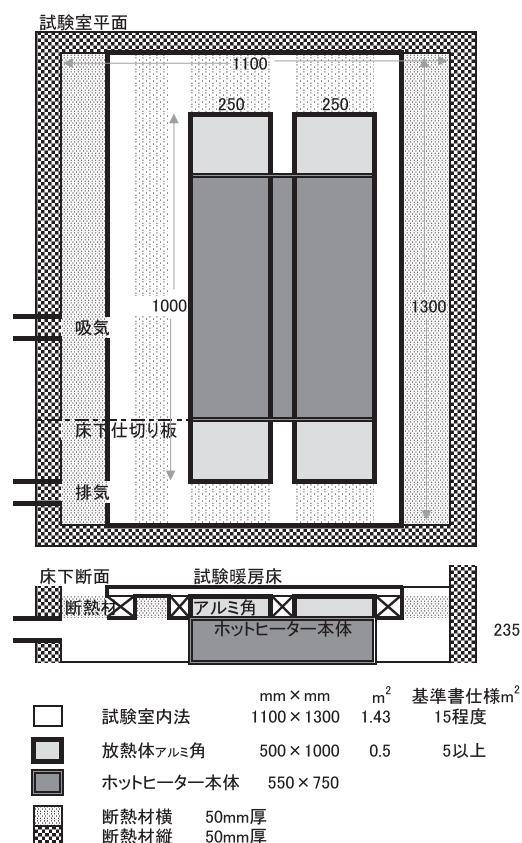


図-4 施工面 - 熱性能 - 環境試験の試験平面、断面図

加えて、環境試験は放熱体からの放熱量が結果に大きく左右するので、放熱体の温度を基準に床暖房設備を想定してホットプレートの設定温度を設定した。つまり放熱体温度が80℃となるよう、ホットプレートの設定温度を事前に測定しておき、設定した。なお、床下はホットプレートの本体熱源により加熱されるので、床下は別途高さ235mmの空間を空けて放熱体以外からの部屋への伝熱を防ぐため、外部への強制排熱ファンを設置した（図-4）。

別途、直貼りと下貼り合板の2種と下面の断面形状を平にした計3種（200mm × 200mm）のサンプルを用いて平板熱流計法（一枚熱流計方式）（JISA1412）に基づき熱伝導率を求めた。

3.2 耐熱ランニング試験

試験片による試験は収縮率で基準化されているが、施工面試験では隙間量（絶対値）で規定されている。そこで、規格適合にはフローリング幅の考慮が必要になる。そこで耐熱ランニング試験材は有効幅113mmに加え75mm幅フローリングを加えた。なお試験片試験の結果、寸法効果の低い天然乾燥材と実務上可能性のない130℃乾燥については除外し、80℃と120℃乾燥材のみとした。同じく試験片による試験で効果の薄かった塗装については無塗装材とした。

施工は根太間熱源タイプとし、図-5上部に示す根太直貼り工法と合板（t=9mm）下貼り工法とした。熱源は700mm × 500mmの熱板を有する実験用大型ホットプレート（メガホットプレート EC-7050 アズワン（株））（野上英孝他，2004）とし、ヒーター本体に載せたアルミ角材40mm × 60mm × 1000mm（t=3mm）、12本を介して施工材を加熱した。施工パネルは750mm × 1300mmで、図-5下部に示した。

測定は基準（日本フローリング工業会，2005）の耐熱ランニング試験に準拠させた。すなわち、普通面、境界面、乾燥被覆面、散水面を設定し、図-5下部に示す位置で隙間、段差、そりを各最小単位0.05、0.01、0.01mmで測定した。ヒーターの温度80℃8時間、停止4時間を100サイクル実施し、その後300時間連続通電した。散水面は通電停止2サイクルに一度30ccの水を滴下した。測定は7日（14サイクル）（以下同）、14日（28）、28日（56）、50日（100）とし、終了時64日目と終了3カ月後の計6回実施した。温度についてはホットプレートの温度調節により設定した。なお各箇所と測定内容と適合基準の関係を表-3に示した。

表-3 施工面 - 耐熱ランニング試験の測定面と内容、基準

(mm)			
面	内容	隙間	反り 段差
普通面			◎
境界面			●
適合基準		0.7	±0.2 ±0.1
被覆面			○
散水面			●
適合基準		1.0	±0.3 ±0.3

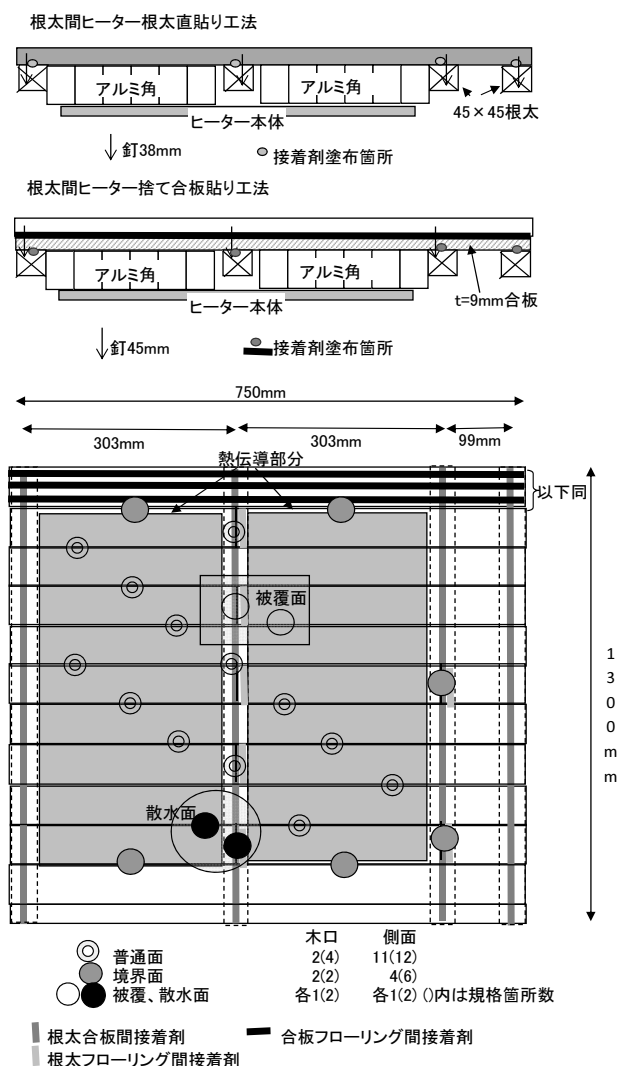


図-5 施工面 - 耐熱ランニング試験の工法別断面と測定箇所

3.3 耐湿ランニング試験

本試験は別名「梅雨期試験」と称されるとおり、加湿にともなうフローリングのむくれの有無を確認するもので、室温 10 ～ 20℃で室内関係湿度 85% ± 5%(平衡含水率 18.5%)18 時間、同 45% ± 5%(同 9%)6 時間を 4 サイクル実施して、フローリング単体の反り 0.3mm 以下、ストレートエッジ750mmでの床面起伏を3mm以内としている。幅 750mm(長さ方向)長さ 1300mm(幅方向)のフローリング施工した試験材を、チャンバー式環境試験室にてまとめて、2 回に分け実施した。

III 結果と考察

1. 試験片による試験

1.1 耐熱試験

結果については既報(富田ら, 2016, 2018)に基づき

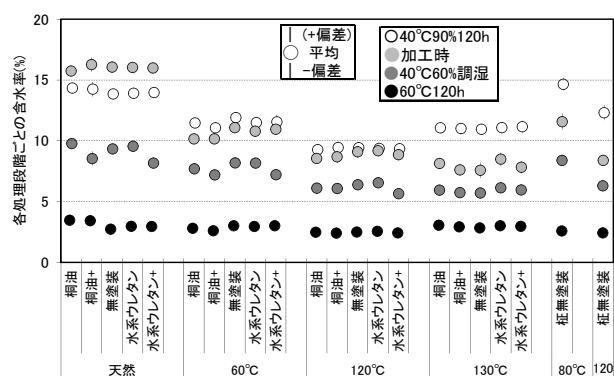


図-6 乾燥別塗装別処理段階ごとの含水率

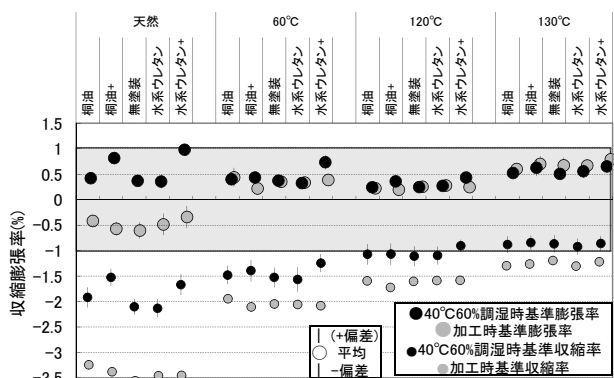


図-7 乾燥別塗装別処理段階ごとの収縮膨張率

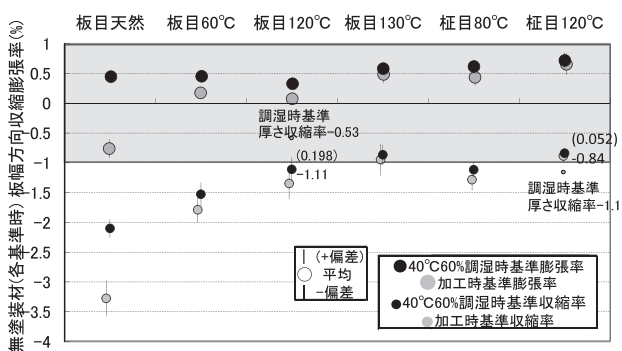


図-8 乾燥別無塗装の収縮膨張率

下記に示す。

基準による適合は板幅収縮量が直前の幅に比して±1%以内とされている。その結果、以下の3点に集約される。

- ① 含水率や寸法安定性に関しては、全般的に熱処理による効果が大きく、塗装や塗装前40℃24時間乾燥(+表示)による効果は限定的であった(図-6, 7)。
- ② 40℃60%の調湿後を基準とした場合、床暖房フローリング基準である幅膨張率は1%以内にほぼ該当した(図-7)。なお幅収縮率1%以内には130℃熱処理のみが該当した。加工時を基準とした場合、収縮膨

張率は収縮側（一侧）に移行する。40℃ 60%の調湿により 120℃処理材では含水率が9%から7%へ低下していることから、この差が基準合否を決める。加工後の調湿管理が重要な因子になろう。

- ③ 無塗装柃目幅はぎ板の幅収縮率は板目板のそれに比べ低くなった（図-8）。ただ、120℃の事例によれば幅収縮率が平均で-1.11%に対し厚さ収縮率は-0.53%であったものの、柃目板の厚さ収縮率が同じく-1.11%に対し幅収縮率は-0.53ほど低くなく、-0.84%になった（図-8）。本製造法による柃目幅はぎ板は板目板の収縮率に対し1/4程度の減少が期待できた。

その結果、製材品は130℃熱処理でないと幅収縮率は1%以内に該当しない。それでも加工時基準ではばらつきにより1%越えもある。一方、柃目幅はぎ板は市販の乾燥室対応可能な120℃熱処理で幅収縮膨張とも1%以内にし得た。

2. 施工面試験

規格では実際に使用する温水循環タイプ等の設備で施工して施工面試験をすることになっているが、本研究ではフローリング素材の開発を目指しており、複数回実施できるよう、小規模な伝熱ホットプレートを使用した。両者とも放熱板が同一温度でコントロールされておれば、加熱当初を除き、基本的には差はない。ただ、詳細で規格と本試験内容に2点相違が想定される。

一つは、設定温度と実際にフローリングに影響する温度の相違である。規格の80℃は放熱体流入時湯温であり、フローリングに接する放熱板の温度とは異なることもあり得る。また、ホットプレートであってもフローリングが直に接するような試験であればプレートの設定温度でも大差はないと想定されるが、根太間の熱源とするべくアルミ角材を介して伝熱させていることから、その放熱板の温度を把握する必要があるだろう。ガス会社規格に基づく公的試験結果（IOC japan HP）によると、湯温80℃の循環で15mm複層フローリングを介したフローリング表面温度は結果的に38度～45度とされており、表面温度がその範囲であれば、温水循環タイプの設備と同等の条件とされよう。

もう一つはヒーターによる温度の均質性である。ヒーターの場合は周辺で温度が低下することが想定される。循環タイプであっても温水の入出部位により、均質ではないことから、測定点を複数として測定することで対応した。

2.1 熱性能試験

熱性能試験結果を図-9に示す。放熱体温度を80℃一定にした比較では、床表面温度上昇は直貼りに対し下貼り合板の方が遅く、熱源温度が設定値に達した後もその差は一定で推移した。室温温度上昇は床表面温度と同様に、直貼りに対し下貼り合板の方が遅く、熱源温度が設定値に達した後もその差は開いたままである。つまり、直貼り施工に比較し、下貼り合板施工は床の熱感触や室温上昇の立ち上がりが遅くなるといえる。

表-4 フローリング加工別、仕様別熱伝導率

200×200mm平板		
フローリング種別	厚さ mm	熱伝導率 W/mK
裏面、溝あり	15	0.1036
裏面、溝なし	15	0.1132
合板+溝あり	24	0.1208

平板熱流計法(JISA1412)

表-5 フローリング仕様別熱貫流算出

各項目	単位	裏面、溝あり	合板+溝あり
表面 A	℃	40.5	33
裏面 B		76	76
放熱部		80	80
B-A (C)		35.5	43
厚さ D	mm	15	24
熱伝導率* E	W/mk	0.1036	0.1208
熱貫流 E×C/D	W/m ²	245.2	216.4
比率		1.0	0.88

* 伝導率測定値

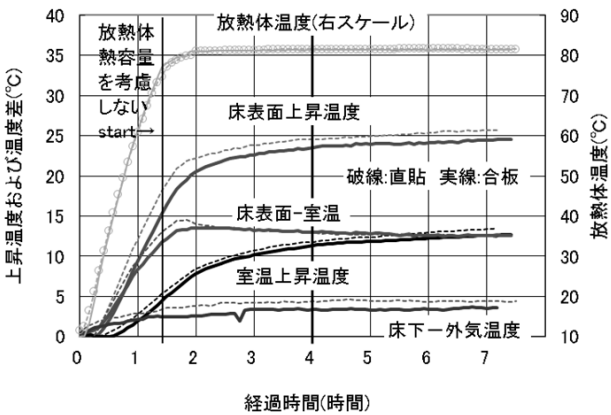


図-9 熱性能環境試験における下貼り有無の温度差

規格との適合性については、表面温度試験では床表面温度と室温との差はどちらも同程度に推移し、4時間後温度差は規格の10℃以上に対して13℃であり、同じく床下温度と外気温との差はほぼ3℃程度で、ほぼ基準内であった。一方で、環境試験は直貼り試験体であっても、7時間が経過しても室温は+14℃で、規格の+15℃に1時間以内での到達には程遠い結果であった。

ホットプレート本体アルミの熱容量に加えホットプレート上に設置したアルミ放熱体の熱容量（計51Kg/放熱体1m²）の大きさが初期温度上昇を阻んでいると考えられる。通常の床暖房機器の放熱体はアルミ箔で、0.3mm厚として、0.8Kg/放熱体1m²と想定すれば熱量は0.8/51=1/64に相当する。プレート温度が最大に到達し始め、温度上昇速度が低下する（測定点間隔が狭くなる）までの時間（90分）を1/64の比で算出すると1.5分になる。そこで放熱体自体の立ち上がり時間は考慮せずに、ほぼ90分以後の時間を規定時間とした。1時間経過した2.5時間後の室温上昇は10℃であり、それでも規定には到達していない。プレート温度が最大になった後の室温上昇が規定以下ということになる。

さらに考察を加えるため、直貼りと下貼り合板の熱伝導率を別途測定した（表-4）。各熱伝導率と20cm四方で作成したフローリング（+合板）の上下端の温度差と厚さから熱貫流量を算出し、直貼りに対する下貼り合板の貫流比を算出した（表-5）。環境試験とは装置は別で、規模も違うので数値は異なる。下貼り合板は放熱体との接面が広く、合板とフローリング間も全面接着により、溝も溢れた接着剤で一部塞がれるので（9mm合板厚分低くなくても）距離あたりの熱伝導は高くなる。フローリング下の形状溝を無くした事例を追記した。

環境試験の図-9では両者とも放熱体温度はほぼ同一で推移するが、下貼り合板の方が熱伝導率は高いにもかかわらず、床表面温度は合板の厚さが厚くなった分低くなった。下貼り合板の直貼りに対する貫流比0.88はその差に相当し、下貼合板の方が放熱の効率面から有利になる。室温上昇の差の比較4時間後の11.6/12.4=0.93に相当する。

ここまで考察した上で、1時間以内に室温+15℃にするための対策を再度考察する。まずは熱貫流式のCの上昇が考えられる。それは裏面Bつまり放熱板温度の上昇に転嫁できる。これは80℃の規定があり変更できない。次に、放熱板温度をそのままに床表面温度（現行36℃）を上昇させるためには熱貫流式の板厚（D）を薄くする対策が必要である。12mm厚とすることも必要である。表-4による裏面を溝無しとすれば、熱伝導率は10%上昇する。ただ床表面温度が上昇すれば、その一方で低温火傷の危険性を孕み、規格の性能は確保しても実用的な性能とは言えないともいえる。環境試験の基準は過去に設置された密度の高い広葉樹フローリングの経験的な結果に基づき、消費者からの要求に応えるべく規定されたと思われる。熱伝導率Eについては、接着や基材の選択で（わずかであろうが）

上げることのできる複合フローリングに対し、低密度針葉樹で低い熱伝導率の無垢フローリングでは、限界があるかもしれない。

この結果については不明な点が多い。規定には部屋を構成する断熱素材や部屋の性能自体の規定はなく、部屋の規定を設定してから機器の性能を規定すべきであろう。また、60分以内に室温+15℃に上昇することは、暖房前に10℃の部屋では25℃になり、実際には室温が高すぎると思われる。暖房前温度の規定を設けるなど、規定そのものを再考する必要がある。

2.2 耐熱ランニング試験

結果については既報（富田ら,2019）に基づき下記に示す。

開発にあたって、乾燥温度因子と板目・柃目別、直接貼り・合板下貼り別の因子は隙間・反り・段差に影響すると想定されたので、これらの因子を共通の比較項目として決定した。次に、最も関心の高い隙間を規格に適合させることから始め、フローリング幅の変更に及んだ。隙間の基準適合に目途が付いた後、反り・段差の基準適合因子として、下貼り合板と直貼りの比較を実施した。

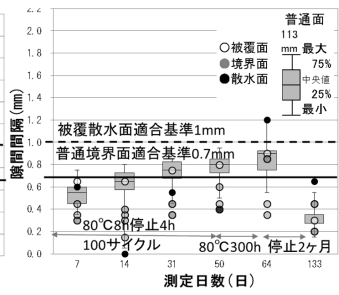
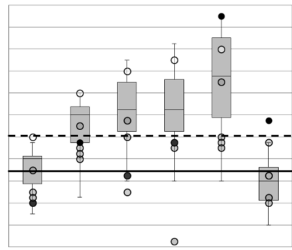
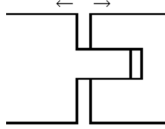
2.2.1 フローリング幅113mmによる隙間の適合可能性

図-10～12に乾燥時温度（80℃、120℃、130℃）別（縦）と、直貼り板目板・合板下貼り板目板・合板下貼り幅はぎ柃目板別（横）の仕様を比較項目とし、フローリング幅を113mmとした結果を示す。図中の丸印の濃淡で被覆面、境界面、散水面の分布を示し、四分位で普通面の分布を表している。普通面、境界面の適合基準を太線で、被覆、散水面の適合基準を破線で示し、分布との比較で適合判断した。

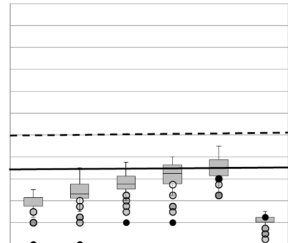
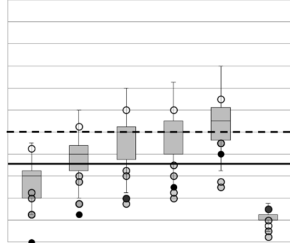
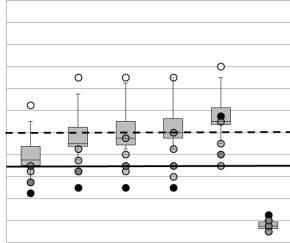
隙間（図-10）は隣接する材の両者の収縮により生じるため、被覆は含水率を下げ、散水は上げることから被覆面>普通面>境界面>散水面の順に大きい傾向にある。中央合板下貼りでは処理温度により隙間は80℃>120℃>130℃であり、合板下貼りによる効果は130℃で最大になった。しかし、130℃であっても板目板では普通面の平均値で0.7mmであるが最大値は1.0mmを超えた。一方、幅はぎ柃目板は120℃であっても普通面の平均値で0.7mm、最大値は0.9mmになった。

反り（図-11）は幅はぎであっても板目板と同様一側に推移し、凹側変化を呈した。130℃処理では基準内になるが、120℃処理では幅はぎ加工をしなければ基準値の±0.2mmに収まらない。直貼りは凸側変化が生じ、後に検討することにした。段差（図-12）でも130℃処理の効果がみられた。段差は厚み収縮の隣接材との差であり、柃目に幅はぎすると厚みは接線方向の収縮で大きくなり、境界面の基準値は普通面と同じ0.1mmに関わらず、値は普通面より大きい傾向がみられた。その一方直貼りの境界面は普通面より低めに推移している。

80℃



120℃



130℃

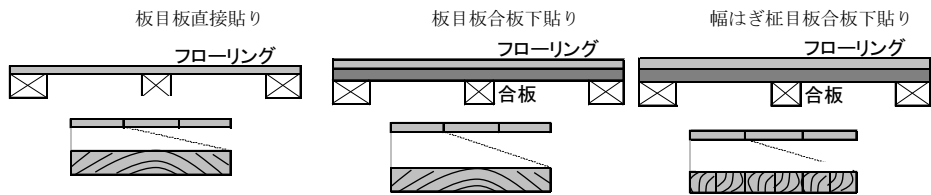
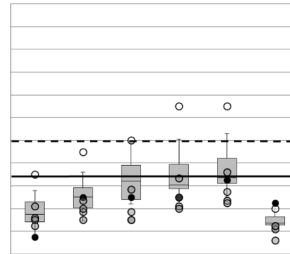
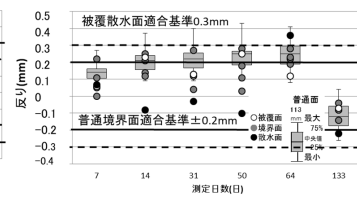
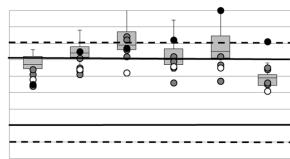
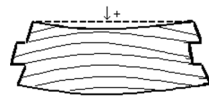


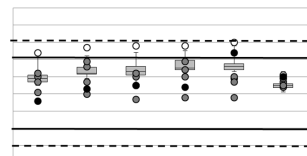
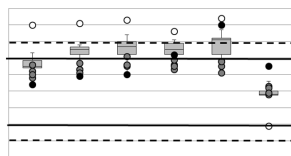
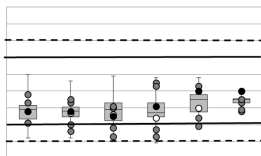
図-10 フローリング幅 113mm の各仕様別隙間変化

80℃

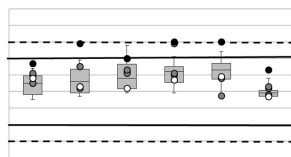
下に凹形を正の値とした。



120℃



130℃



板目板直貼り施工

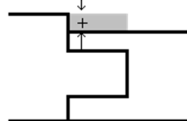
板目板合板下貼り施工

幅はぎ柾目板合板下貼り施工

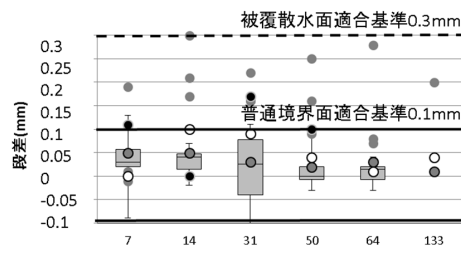
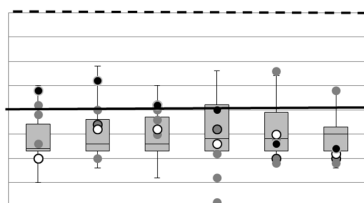
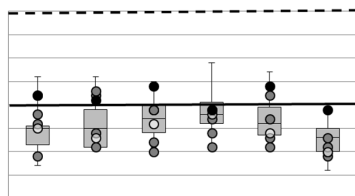
図-11 フローリング幅 113mm の各仕様別反り変化

一定方向(左→右)移動の下が
りを正の値とした。

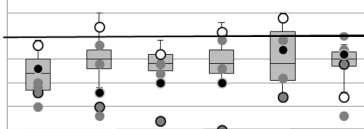
80℃



120℃



130℃



板目板直貼り施工

板目板合板下貼り施工

幅はぎ柃目板合板下貼り施工

図-12 フローリング幅 113mm の各仕様別段差変化

2.2.2 製品幅が基準適合に及ぼす影響

試験片による試験結果は、有効幅 113mm フローリングで、板目板の最大収縮率は 130℃処理材でも基準の収縮率 1% 以下には達しなかったが、幅はぎ柃目板の 120℃処理材では達した。そこで普及している 120℃処理可能な乾燥機での製造可能性を得るため、有効幅を 75mm としたフローリングでの試算をした。幅はぎ柃目板を下貼り合板施工した場合、120℃処理で最大隙間 0.9mm であり、有効幅 75mm の試算をすると、最大隙間は $0.9 \times 75/113 = 0.6\text{mm}$ で、計算上では適合基準の 0.7mm 以下になった。そこで 113mm 幅の結果に 75mm 幅とした事例を追記して図-13～15 に示した。

合板下貼りの上に接着施工されたフローリングの隙間(図-13)は、120℃乾燥・柃目幅はぎ・幅 75mm の対策に応じて減少する方向性が認められ、すべての対策で基準内に収まった。反り(図-14)と段差(図-15)は一部に方向性が明確でなく、下面の拘束や下面からの水分減少に伴う変動と推測される。施工方法が及ぼす関係を明らかにし、改善する必要がある。

2.2.3 合板下貼り施工と根太直貼り施工の比較

以上の結果、幅 113mm の製造可能性が薄くなった。また 75mm 幅のフローリングであっても、反りや段差で規定外になった。その一方 113mm 幅であっても、直貼りでは、反りや段差が合板下貼りよりも小さく、75mm 幅材の合板下貼りと直貼り工法の比較が必要になった。そこで 75mm 幅について、直貼りを追加して、合板下貼り工法と直貼り工法別に図-16～18 にまとめた。

隙間について、柃目板は、合板下貼りよりも根太直

貼りの方が隙間は少ない傾向(図-16 右上下)にあり、120℃処理後の柃目板(同右下)は明らかに基準より低い結果であった。

反りについては、板目板・柃目板ともに合板下貼りは+側に反り基準を超えたが、根太直貼りは一側で基準内に推移した(図-17)。

段差については、120℃処理であっても柃目板の合板下貼りで一部ばらつきが大きかったが、根太直貼りはほぼ基準内に収まっていた(図-18)。

合板下貼りと根太直貼りの違いが及ぼす反りと段差への影響の因果関係について図-19 に示した。根太直貼りの幅方向の拘束は根太部分の接着のみで、下からの加熱により、裏面は表面より収縮が大きく、表裏収縮差により表面で凸の傾向がある。一方合板下貼りは全面接着で裏面が拘束されて、下からの加熱であっても表面のみが収縮して表面で凹の傾向になる。段差についても裏面の接着力の差が合板下貼りで表面からの収縮量増大に影響するのであろう。

本項 2.2 耐熱ランニング試験は 2.1 熱性能試験以前に実施しており、湯温に相当する温度 80℃をホットプレート本体の設定温度とした結果である。2.1 熱性能試験ではプレート設定温度 85℃程度でアルミ角材放熱温度は 80℃に保たれており、本項の結果は余裕を見て個々の製品開発に臨む必要がある。その意味で、120℃乾燥、幅はぎフローリングの直貼り施工は、隙間で最大でも 0.4mm 以下で、0.7mm 規定にも余裕があり、この仕様での規格への実現可能性は高い。

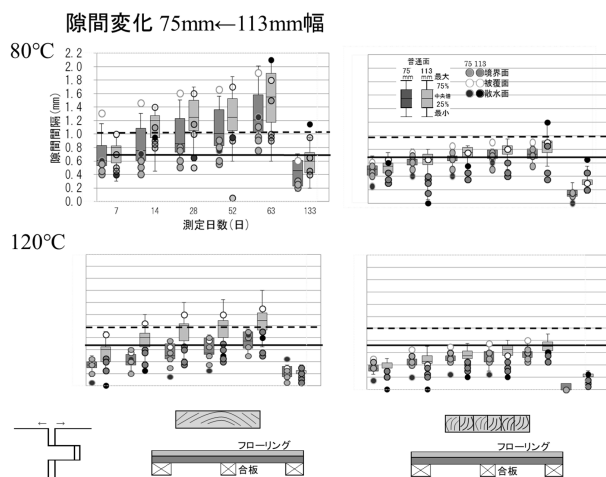


図-13 フローリング幅 113mm から 75mm の各仕様別隙間変化

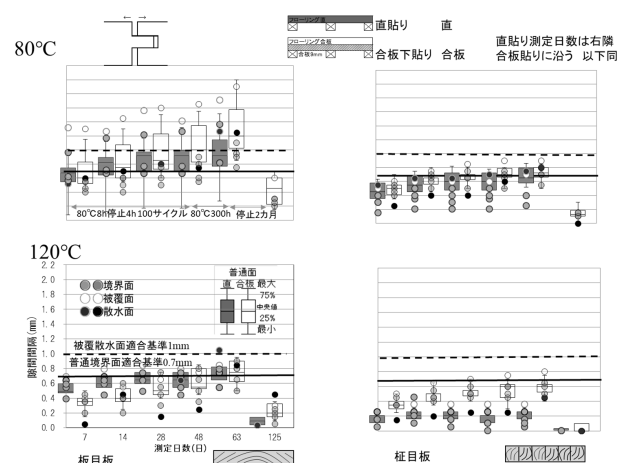


図-16 合板下貼り施工と直貼り施工の各仕様別隙間変化

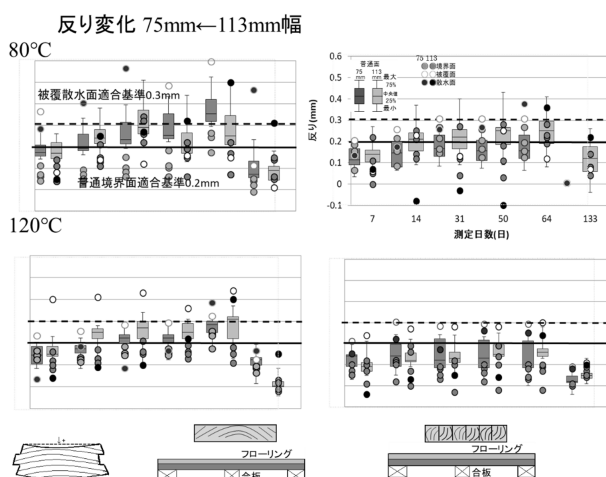


図-14 フローリング幅 113mm から 75mm の各仕様別反り変化

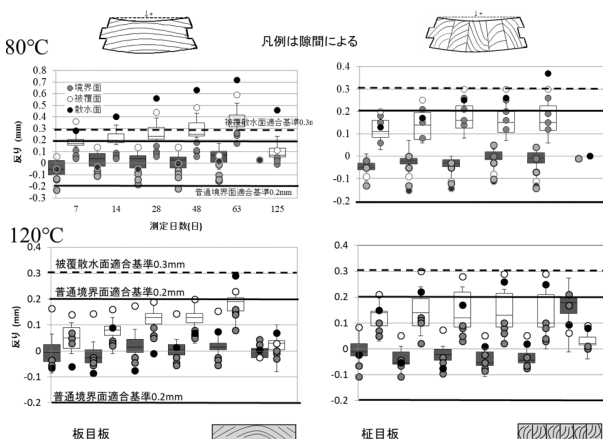


図-17 合板下貼り施工と直貼り施工の各仕様別反り変化

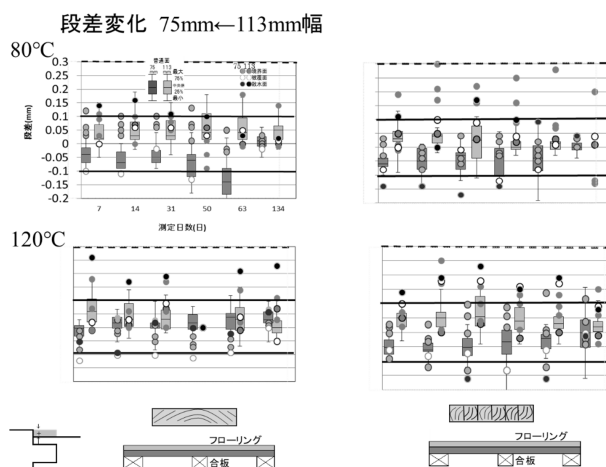


図-15 フローリング幅 113mm から 75mm の各仕様別段差変化

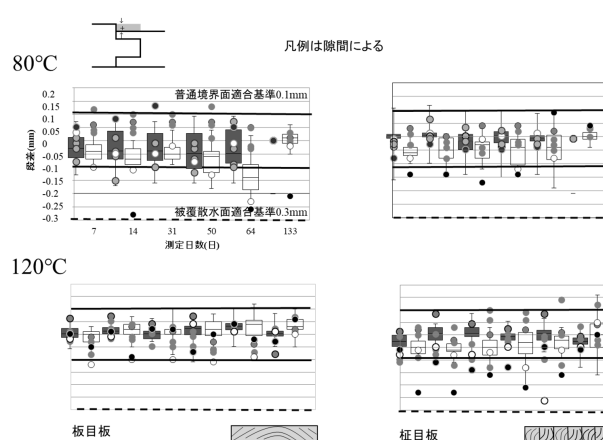


図-18 合板下貼り施工と直貼り施工の各仕様別段差変化

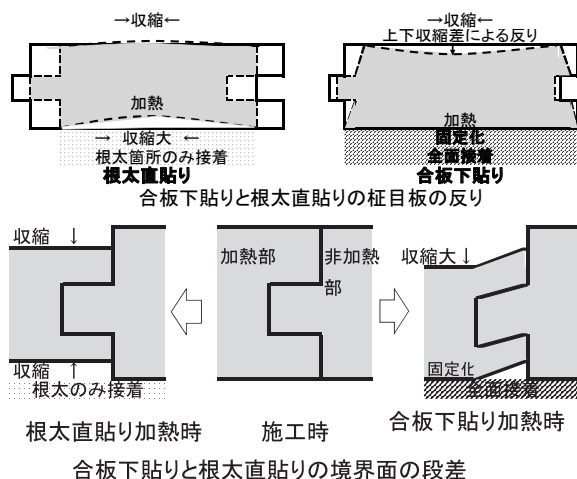


図-19 想定される下貼り施工と反り・段差

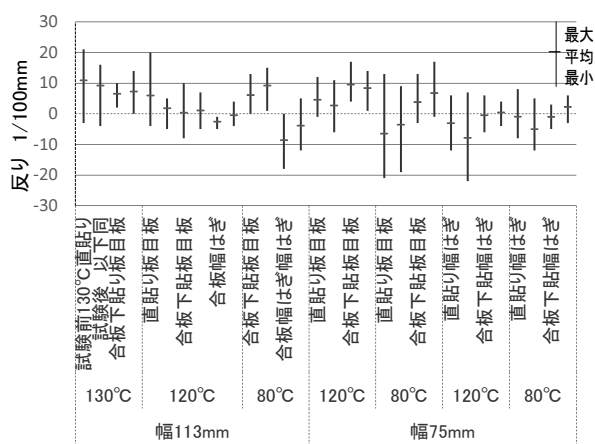


図-20 耐湿ランニング試験前後の反り(7か所)

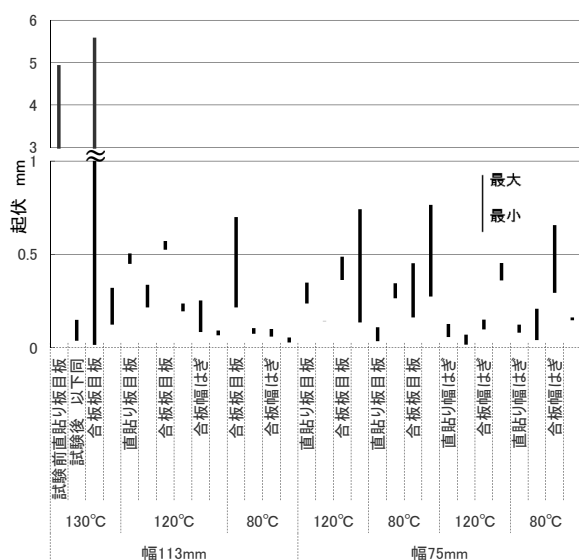


図-21 耐湿ランニング試験前後の起伏(2か所)

2.3 耐湿ランニング試験

隙間測定はしていないが、ほとんどの隙間が閉じており、横圧がかかっていると想像される。単体の反りは基準の±0.3mm以下であった。個々に確認すると、直貼りで試験によりわずかに減少する一方、合板下貼りはわずかに大きくなっている(図-20)。全体の起伏については、試験前に基準の3mmを超える個体があったものの加湿により基準内に収まった。膨張による起伏よりも、加湿試験によって乾燥変形起伏が補正された結果と推察される(図-21)。

750mmスケール(弦長)の起伏基準3mmは、根太や合板に拘束されていない幅では750.03mm(弧長)で、0.03mmの膨張の影響になり、75mm幅フローリングの間隔では0.003mmに相当する。隙間+0.003mmの膨張を許容する施工を意味する。施工時環境に応じて仕様ではハガキ厚の0.2mmか、荷造りテープ厚の0.5mmスペーサー設置の明記となっている事例が多いが、板目板幅1%の膨張0.75mmを基準とすればほぼ妥当な隙間設定であろう。

IV まとめ

県内でもヒノキ構造材の乾燥法が除湿乾燥から高温ドラインセットを利用した乾燥に移行している。この設備導入は、高温条件を生かして副製品としての造作材の用途をより高付加価値化させてゆくチャンスでもある。付加価値の高い製品である床暖房用フローリングは寸法安定性能要求が高く、今まで中小製材工場単独では製品化できなかった。地域で住宅づくりをしている建築設計士(横濱ら(2007)(2008))は、スギ・ヒノキの無垢フローリングの床暖房への活用に対する期待と通常の製材フローリング性能の実態との格差を提示している。

現在、床暖房用のフローリングの大半は、施工性で有利な合板を基材とした複合フローリングである。その一方で上記設計士に代表されるように、複合フローリングの施工性の有利性よりも国産材の無垢フローリング(製品区分では単層フローリング)への関心の高い消費者に向けて、床暖房フローリングへの要求基準に対する無垢材の技術的対応が必要とされてきた。

素材の差に影響することなく同一環境条件の下でフローリングの要求基準がほぼ決まっているため、それに対応できる現状の処理と形状を試行錯誤して設定した。その一つを高温処理による寸法安定性とし、もう一つを収縮の異方性を安定化させるための集成化技術とした。まずは、現行の高温乾燥温度の制約120℃と製品幅の設定75mmを実現化可能な数値として設定し得た。次に、規格に余裕のある性能を得る方法として幅はぎを考案した。副製品としての側板は板目板であり、半径方向の収縮は接線方向に対してほぼ1/2であることから、板目板の柁目板化としての幅はぎの利用である。個々のフローリング間の収縮量のばらつきを少なくすることが求められるので、更には積層時にずらすことで追柁と柁目を均等に幅はぎして対処した。

引用文献

消費者の無垢材の床暖房用フローリング志向に対応すべく、無垢材フローリングメーカーは合板を下貼りした上に施工する方法を仕様として提示している（例えばマルホン（2019））。しかしながら高温乾燥して幅はぎしたフローリングは下面で合板と固定化されることで上下面が均等な収縮ではなく、最も隙間の少ない試験体であっても反りが生じやすく、一部で基準を越えた。メーカー仕様との違いは、広葉樹フローリングと針葉樹フローリングの違いや塗装の有無により影響していることも考えられる。ただ、塗装した製品となれば中小製材工場の製造範疇では無くなる。地域工務店に向けて幅広い対応ができる建材として、施工後の塗装（塗装、オイル等消費者の要求に対応）を可能とする無塗装品で基準内とさせることが重要である。そこで、従来通りの根太直貼りの試験体を追加して測定した結果、120℃で高温乾燥し、製品幅 75mm の幅はぎ柃目フローリングは、無塗装であっても隙間・反り・段差すべてで基準内に収まった。製造の効率性を考えた場合、幅はぎ条件以外を同じとした板目板は隙間のみ規格外になるため、副製品とせず、材料と木取りと他の副製品利用で工夫すれば、柃目板のみで製造することも考えられる。

今後製材工場側で個々に必要とされる仕様を追加し、床暖房用フローリングとして既述のガス会社の試験への申請が期待される。本試験は無塗装での結果であり、塗装品であれば僅かではあっても安定すると期待される。他の樹種についても期待されるが、本試験の予備試験として実施したスギの試験片による試験の収縮率の判定（富田ら（2016））ではヒノキより大きく、その結果、施工試験ではヒノキより隙間が大きいと推察される。更なる処理が必要かもしれない。

一部環境試験において、立ち上がり温度性能が規定に満たないことになった。しかし、熱源温度上限 80℃の規定がある状態で、室温を上げるには、フローリング表面温度を上げなければならず、直貼りは合板下貼りに対し有利に働く。更なる方策としては裏面の溝を無くして伝導率を向上させるかフローリング厚を薄くするしか方法はない。密度の低い針葉樹無垢フローリングではこの規定内の性能には限界があるかもしれない。一般的に消費者側の床暖房性能に対する不満はこの立ち上がり性能にあるとも言われている。床暖房のみで早急な加温要求に応えるには、床面のみを放熱体とするのではなく、放熱体温度を上げられる壁面ヒーターなどとの併用や加熱媒体の違う空調機器との運用を推奨するなど消費者教育を行うべきと思われる。

本研究は 2020 清流の国ブランド開発プロジェクト：東濃桧の色艶香りが際立つ無背割り乾燥材を受けて実施したものである。本課題に賛同しフローリング加工の協力をしていただいた株式会社丸七ヒダ川ウッド、ならびに耐湿ランニング試験としてチャンバー式環境試験室を借用させていただいた生活技術研究所に厚くお礼申し上げます。

IOCjapan HP https://www.iocjapan.biz/technical/_DATA/_Floor_Heating_Heat_Run_Result.pdf, 参照 (2020-01-20)

株式会社マルホン 施工説明書 (2019)

https://www.mokuzai.com/user_data/pdf/pdf_sekou.pdf 20190416 参照 (2020-01-20)

日本複合・防音床材工業会 (2019) 複合フローリングの床暖房への適合性試験規格 平成 31 年 2 月 18 日

日本フローリング工業会 (2005)：床暖房用として使用する単層フローリングの試験基準 木材工業 2005 年 60:451-455

野上英孝他 (2004)：県産針葉樹を利用した住環境構成部材の開発 岡山県農林水産総合センター森林研究所

農林水産省 (2013) フローリングの日本農林規格 平成 25 年 11 月 28 日農林水産省告示第 2903 号

富田守泰・土肥基生 (2016)：スギ・ヒノキ板材の高温乾燥による寸法安定性能試験 日本木材学会中部支部大会講演要旨集 2016 年 26:30-31

富田守泰・土肥基生 (2018)：熱処理を施した床暖房単層フローリング用材の耐熱効果 木材加工技術協会 第 36 回年次大会研究発表要旨集 (CD 版)

富田守泰・土肥基生 (2019)：現状の施設で製造可能なヒノキ材副製品としての床暖房用フローリングの開発 第 69 回木材学会研究発表要旨集 (CD 版)

富田守泰・土肥基生 (2019)：床暖房用単層ヒノキフローリングの合板下貼り施工有無による性能比較 日本木材学会中部支部大会講演要旨集 2019 年 29:-31

横濱金平 (2007)：床暖房と地域材スギ・ヒノキ無垢フローリング (1) 住宅と木材 2007 年 12 月

横濱金平 (2008)：床暖房と地域材スギ・ヒノキ無垢フローリング (2) 住宅と木材 2008 年 1 月