

体育館におけるフローリングの損傷発生要因の検討（第1報） 温湿度と床材の含水率および伸縮挙動

高山 光子，近藤 佳秀

A study on factors causing damage to wooden flooring in a gymnasium (I)

Some of these factors were as follows: temperature and humidity in the room and under the floor, moisture content and shrinkage and expansion of wooden flooring, and the floor base plywood

Mitsuko TAKAYAMA, Yoshihide KONDO

キーワード： 下地合板，温湿度，含水率変化，吸湿膨潤，乾燥収縮

1. はじめに

体育館の床仕上げ材には、木質フローリング（以下、フローリングとする）が広く一般的に使用されているが、近年、フローリングから剥離した木片による利用者の負傷事故が相次いで発生し、問題となっている。消費者庁の消費者安全調査委員会の事故調査報告書では、木片剥離の発生要因として、フローリングの経年劣化や過度な吸放湿などによる割れや段差などの不具合の発生が挙げられ、再発防止策が提示されているが、さらに具体的な防止策を検討するためには負傷事故に関する情報の集約が必要であるとしている¹⁾。また、民間の建設会社やフローリングメーカーでは、フローリングの割れの発生防止に向けた検討²⁻⁴⁾がすすめられ、ささくれ（フローリングの繊維に沿った鋭利な割れ）を防止するフローリングも開発されている。しかし、負傷事故の発生が現在でも続いていることから⁵⁾、割れ等の発生実態の把握と発生原因の解明、効果的な防止策の早急な検討が求められている。

林産試験場ではこれまで、体育館床の調査や試験体による加湿および乾燥試験を行い、フローリングの割れの発生過程の解明に取り組んできた。その中で、フローリングの目地の開閉に、下地合板の吸放

湿に伴う膨潤収縮が関与している可能性が示唆された^{6,7)}。さらに、フローリングと下地合板（あわせて「床材」と呼ぶ）の膨潤収縮の挙動の関係を把握し割れの発生に繋がる要因を明らかにするためには、体育館内の温湿度環境や床材の含水率の推移と膨潤収縮の挙動、フローリングの割れ等の発生状況などを数シーズン継続して観測する必要があると考えた。

そこで、複数の体育館を対象に、床上、床下の温湿度と床材の含水率、膨潤収縮、及びフローリングの損傷等の発生状況を複数年にわたり観測し、損傷等の発生に繋がる要因を検討した。本報告では床上・床下の温湿度と床材の含水率および膨潤収縮について報告する。

2. 調査方法

築年数、冷暖房方式、フローリング種類等が異なる北海道内の4施設を対象に調査を実施した（第1表）。主な測定項目を第2表に示す。フローリングおよび下地合板の膨潤収縮については、施工された状態で正確に測定することが困難であることから、隣接するフローリング間、下地合板間の隙間の幅（以下、目地幅とする）を測定することで、膨潤収縮を間接的に把握することとした。第1図に各体育館における温

A study on factors causing damage to wooden flooring in a gymnasium (I)
 Some of these factors were as follows: temperature and humidity in the room and under the floor,
 moisture content and shrinkage and expansion of wooden flooring, and the floor base plywood

第1表 調査対象施設の概要

	施設A	施設B	施設C	施設D
築年数*1	4年	27年 (2019年に床補修)	33年	23年 (2017年に床補修)
床面積*2	1115m ²	1293m ²	144m ²	1845m ²
冷暖房方式	送風冷暖房 (全館) 設定時間: 8:00~21:00 設定温度: 冷房28°C 暖房17°C 送風口: 天井	パネル暖房 放熱器: 窓下と四隅	パネル暖房 体育館使用時のみ運転 放熱器: 長手壁面2面	温水式床暖房 設定時間: 6:00~11:00 15:00~18:00 設定温度: 23°C
フローリングの仕様	単層フローリング カエデ 厚さ18×幅75mm 長さ乱尺	単層フローリング ナラ 厚さ18×幅78mm 長さ乱尺	単層フローリング カバ 厚さ18×幅78mm 長さ乱尺	複合フローリング (大型積層タイプ) 表面材: カバ 6mm厚 台板: ラワン合板12mm厚 厚さ18×幅450×長さ1800mm
下地合板の仕様*3	ラワン構造用合板 厚さ12mm 幅方向千鳥張り	ラワン構造用合板 厚さ15mm 長さ方向千鳥張り	ラワン構造用合板 厚さ12mm 長さ方向千鳥張り	ラワン構造用合板 厚さ15mm 幅方向千鳥張り
床下高*4	220mm	567mm	770mm	745mm
利用状況	武道場, 裸足で使用 利用者: 41千人 (2022年度)	一般利用(個人)主体 利用者: 30千人 (2022年)	研修施設付属体育館 研修実施時のみ使用 研修施設利用者 : 0.6千人(2022年度)*5	一般利用(個人), 合宿・大会 利用者: 37千人(2022年度)

*1 2023年時点の築年数

*2 アリーナ床面の実測値から計算した床面積

*3 幅方向千鳥張り: 隣接する短辺を幅半分ずつずらす、長さ方向千鳥張り: 隣接する長辺を長さ半分ずつずらす

*4 コンクリートスラブから下地合板下面までの高さの実測値

*5 新型コロナウイルス感染症対策のため体育館は利用中止。

湿度, 含水率, 目地幅の測定位置を示す。フローリングおよび下地合板は, 長辺が図中のY方向と平行になるように施工されている。

温湿度は温湿度データロガーを床上と床下に設置し (第1図 床上◆, 床下◇), 測定間隔1時間で通年計測した。床上は床面から10cm前後の高さに, 床下は下地合板 (施設Dは断熱材) から15~25cm下にセンサーを固定した (第2図)。

フローリングの含水率は, 第1図の測定線に沿って, 高周波木材水分計 (MERLIN HM8 WS-5) を用いて測定した。体育館X方向については全フローリングを, Y方向については1m毎に測定した。フローリングの目地幅は, X方向の測定線に沿って, 全フローリングの長辺間の目地 (第3図) をデジタル顕微鏡カメラ (3R ViewTer500) で撮影し, 撮影画像から計測した。なお, 施設Dにおいては, Y方向の測定線Dで, フローリング短辺間の目地幅についても長辺と同様の手法で測定した。

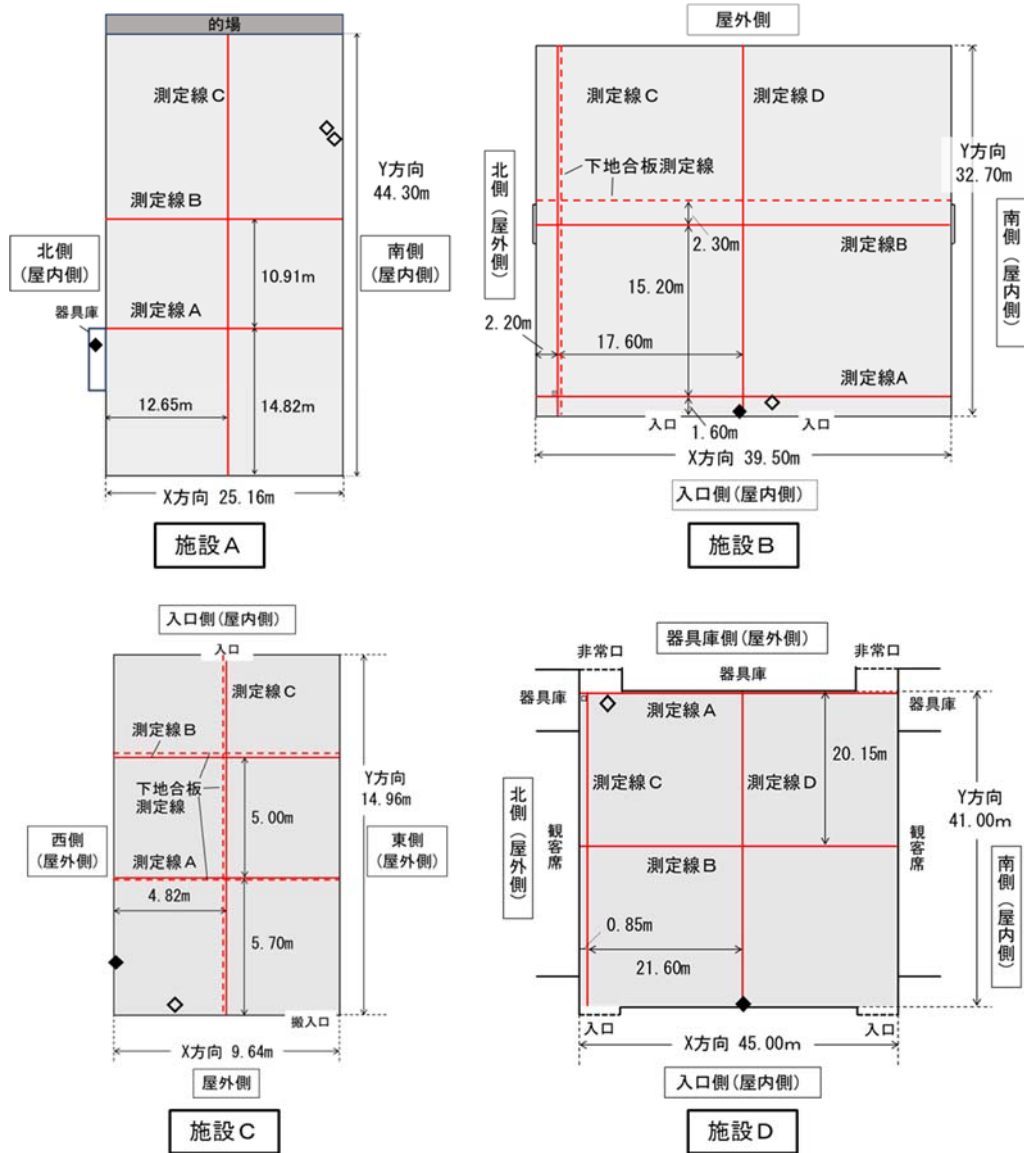
第2表 主な測定項目

	調査項目	測定方法	測定時期
床上	温度・相対湿度	温湿度データロガー	通年計測
	含水率	高周波木材水分計	夏期・冬期
	目地幅	デジタル顕微鏡カメラの撮影画像から測定	夏期・冬期
	損傷等の発生状況*	目視調査、位置・寸法の測定	夏期・冬期
床下	温度・相対湿度	温湿度データロガー	通年計測
	含水率	高周波木材水分計	夏期・冬期
	目地幅	隙間ゲージ	夏期・冬期

* 損傷等の発生状況については次報で報告する。

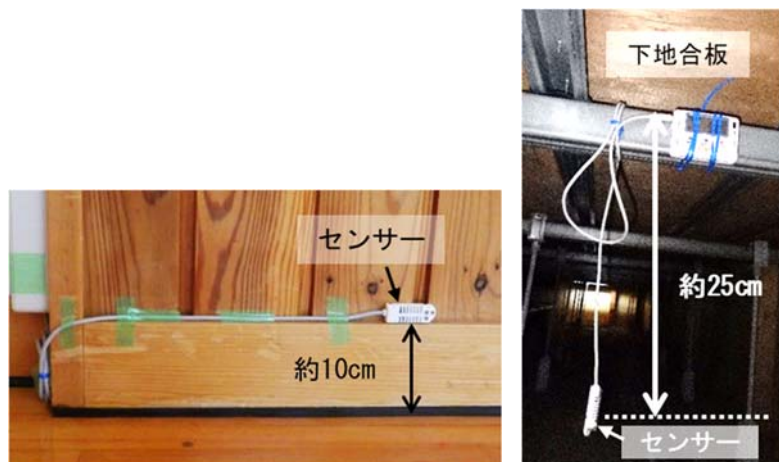
下地合板の含水率と目地幅の測定については, 床下側から下地合板の測定が可能であった施設Bと施設Cにおいて実施した。含水率については, 高周波木材水分計 (MERLIN HM9) でX方向, Y方向の測定線に沿って全合板を測定し, 目地幅については, X方向の測定線に沿って隙間ゲージで測定した。各施設の床断面の概略を第4図に示す。

体育館におけるフローリングの損傷発生要因の検討（第1報）
 温湿度と床材の含水率および伸縮挙動



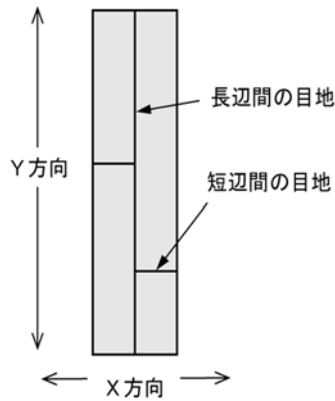
第1図 測定箇所の概略図

(— フローリング測定線, - - - 下地合板測定線, ◆ 床上温湿度計, ◇ 床下温湿度計)

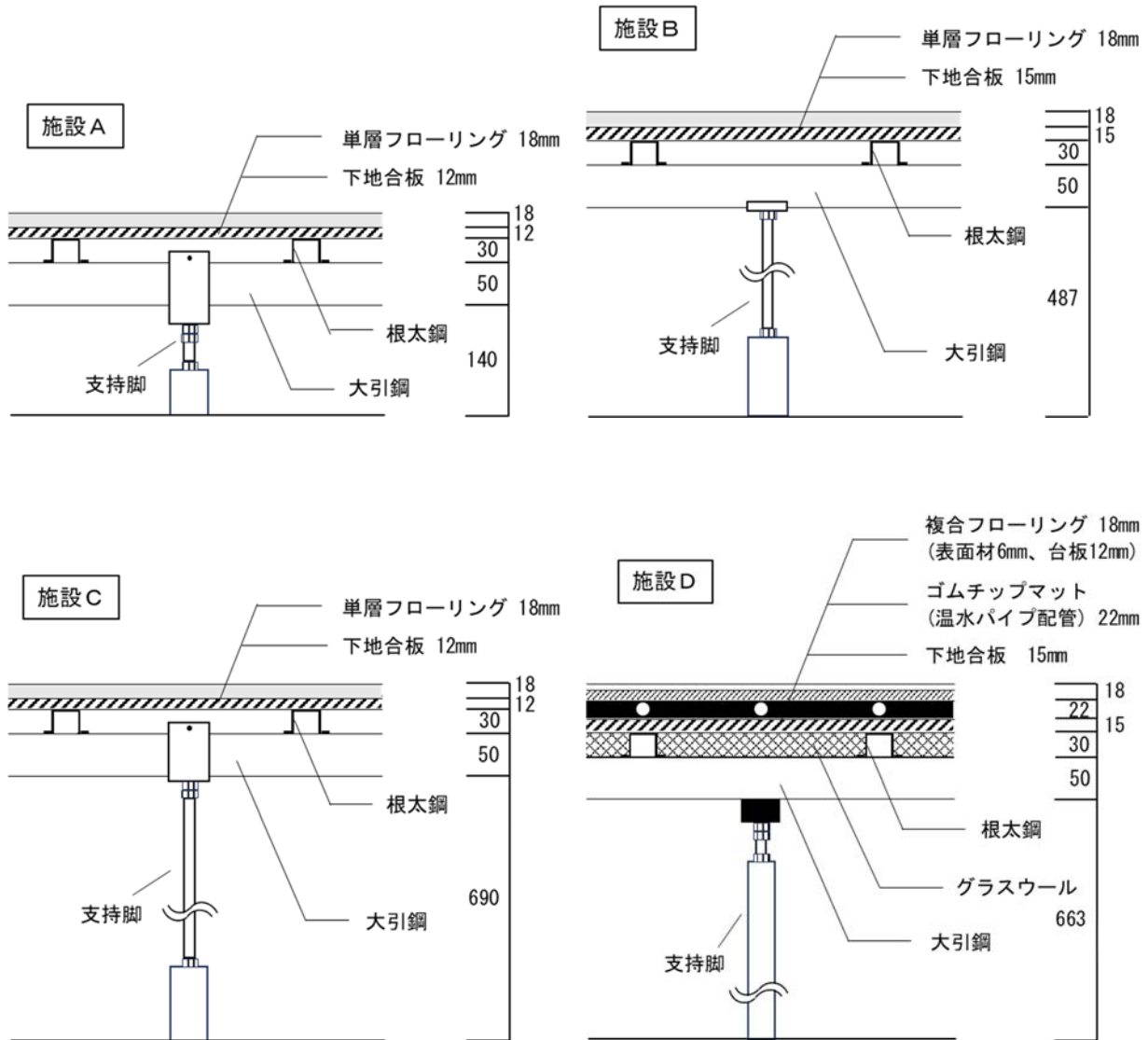


第2図 温湿度計の設置状況の事例（施設C 左：床上，右：床下）

A study on factors causing damage to wooden flooring in a gymnasium (I)
 Some of these factors were as follows: temperature and humidity in the room and under the floor,
 moisture content and shrinkage and expansion of wooden flooring, and the floor base plywood



第3図 フローリングの長辺間、短辺間の目地



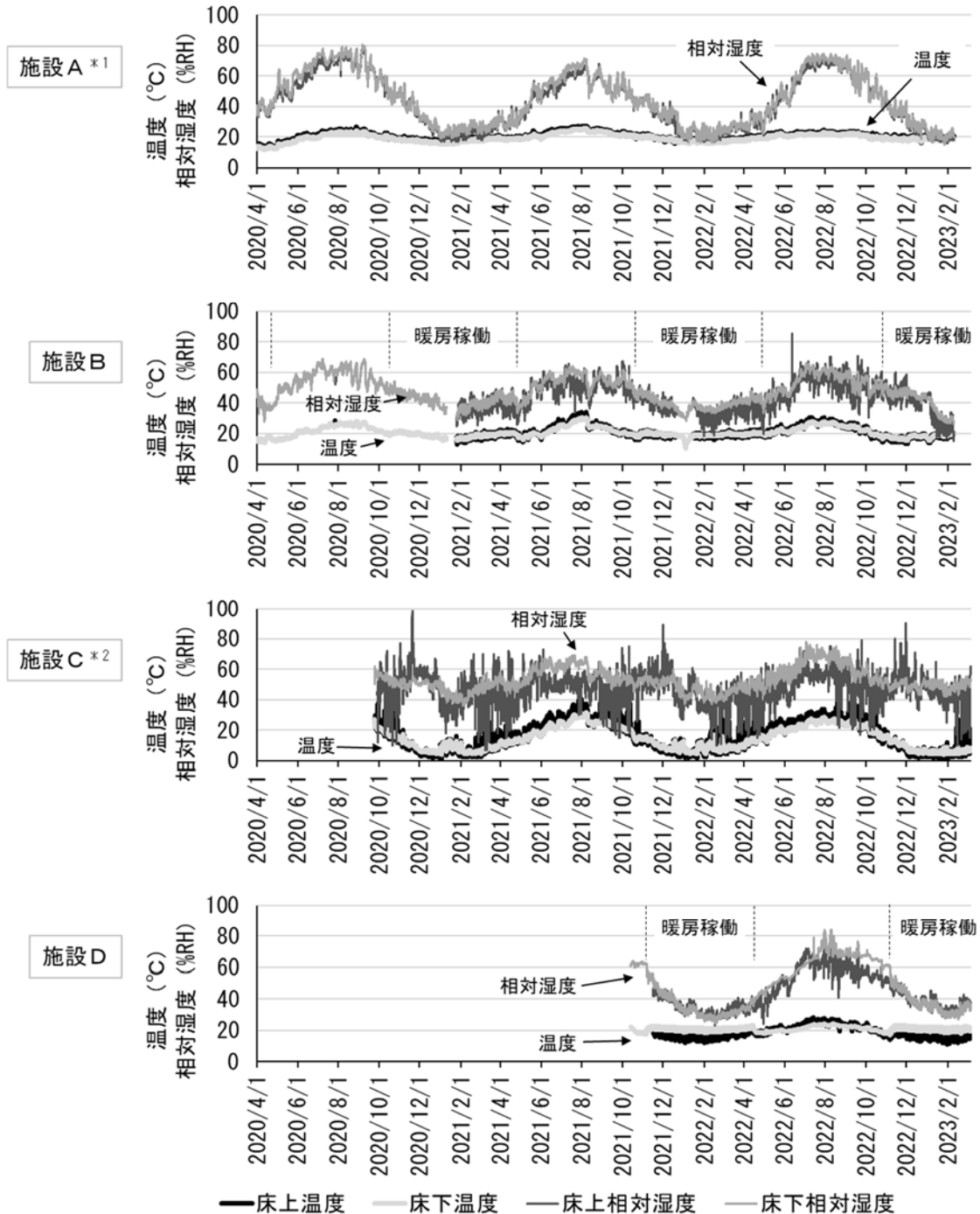
第4図 床断面の概略図

3. 調査結果と考察

3.1 体育館内の温湿度

体育館内の温湿度の測定値を第5図に、測定値の月毎の平均値を第6図に示す。また参考値として第7

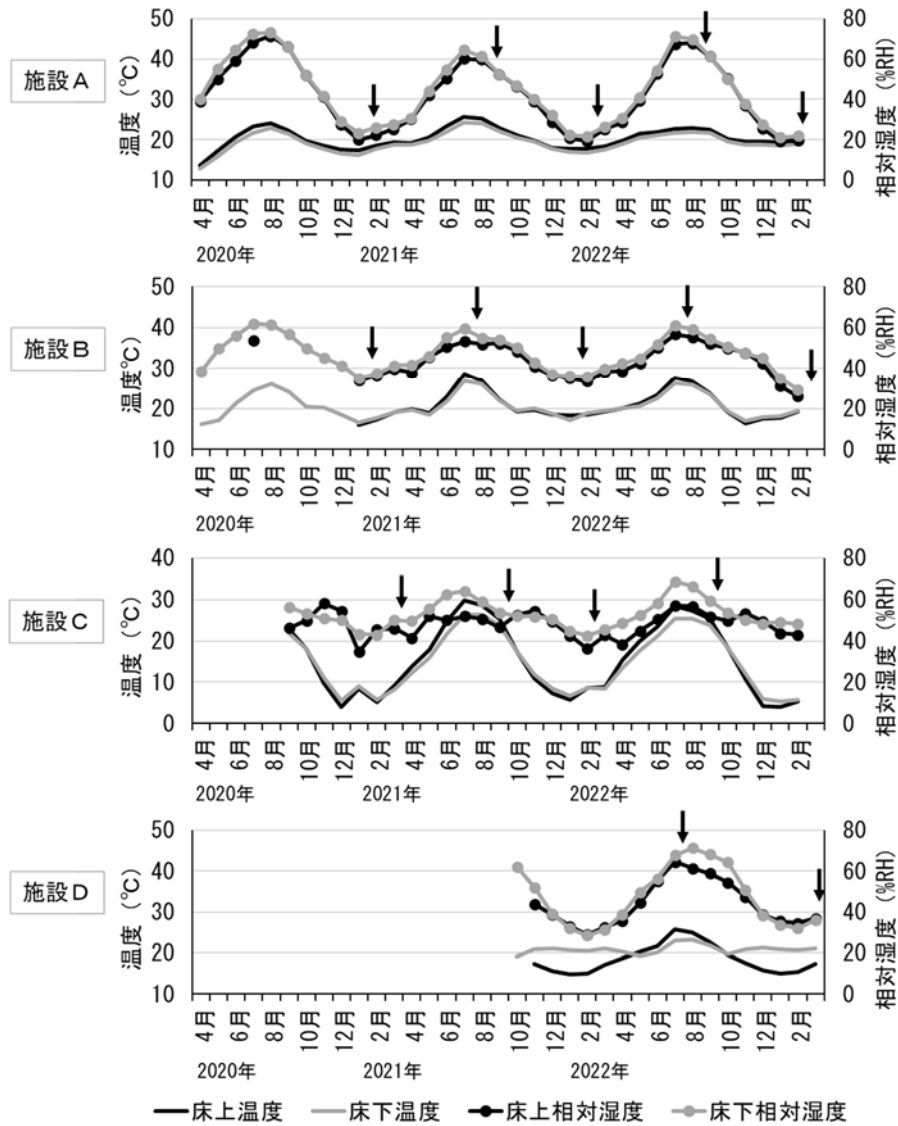
図に、施設A, Bの最寄りの観測地点の旭川とC, Dの最寄りの観測地点の岩見沢の屋外の温湿度データを、気象庁ホームページの過去の気象データ検索⁸⁾により抽出して示した。



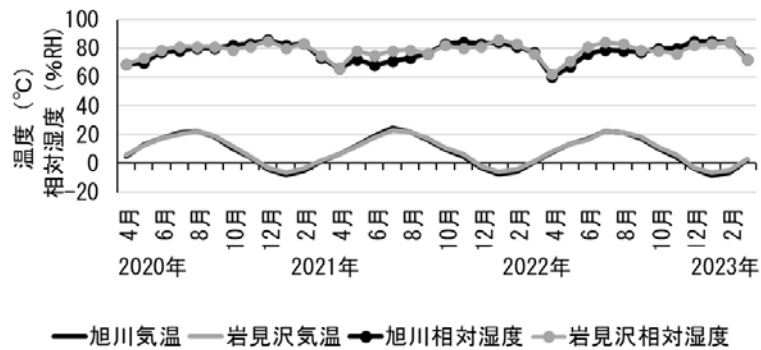
第5図 体育館内の温湿度の計測値

- *1 施設Aは17℃以下で暖房が（11月頃）、28℃以上で冷房が入る（6月頃）。
- *2 施設Cは体育館使用時のみ暖房を使用する。2022年度は体育館の使用無し。

A study on factors causing damage to wooden flooring in a gymnasium (I)
 Some of these factors were as follows: temperature and humidity in the room and under the floor,
 moisture content and shrinkage and expansion of wooden flooring, and the floor base plywood



第6図 体育館内の月平均温湿度（矢印は調査の実施日）



第7図 調査施設の最寄りの観測地点の屋外の温湿度*

*気象庁の過去の気象データ検索⁸⁾から作成。

体育館内の温湿度は屋外の温湿度とは異なり、施設ごとに異なる変動傾向を示した。これは、冷暖房や換気、利用状況、立地など諸々の条件が施設により異なるためと考えられた。

施設Aでは、送風冷暖房が設定温度になると稼働するため、温度の変化が床上、床下とも小さい一方で、相対湿度は制御されないため季節変動が大きく、特に冬季は20%RH程度まで低下した。月平均相対湿度は夏季、冬季間で床上、床下とも40~50%RH程度変化した。広い空間を天井からの温風で暖める暖房方式のため乾燥しやすいと考えられる。これに対し、パネル暖房を採用している施設Bの月平均相対湿度の季節変動幅は、床上19~31%RH、床下24~32%RHで、所在地が同じ市町村である施設Aより小さかった。パネル暖房を採用しているが所在地の異なる施設Cは、他の3施設と比較して温度の季節変動幅が大きく、変動傾向は屋外気温の変動に近かった。施設Cは人の出入りが少なく、暖房はほぼ使用されていないことなどから、他施設よりも屋外の影響を受けやすいと推測される。また、床上の相対湿度の一日の変動幅が非常に大きい期間があり、この期間には、連日同様な時刻に温度の上昇と相対湿度の低下が見られた。原因は壁面の暖房放熱器（第8図）からの放熱と考えられ、暖房を使用しない日でも暖房パネルに通湯されていた可能性がある。床暖房を採用している施設Dでは、温湿度の季節変動に床暖房の影響が見られた。床下では床暖房稼働期間中は温度がほぼ一定となるとともに、月平均温度の年間変動幅が4°Cと、床上の変動幅15°Cと比較して小さかった。相対湿度については、床暖房稼働期間中は床上、床下ともほぼ同じ値であったが、床暖房停止後から床下の相対湿度が高くなった。8~10月は床上より10%RHほど高くなっていたが、床暖房稼働後に一気

に低下した。月平均相対湿度の季節変動幅は、床上が平均33%RH、床下が平均41%RHであった。また、施設B、C、Dでは夏季に床下の相対湿度が床上より高くなり、相対湿度の季節変動が床上より大きくなる傾向があったが、施設Aでは調査期間を通して床上と床下の相対湿度はほぼ同様であった。施設Aでは夏季に冷房が稼働することや、床下高が20cm程度であるため、床下空間が狭く、床上換気口との通気により床上に近い温湿度環境になりやすいことなどが理由として考えられる。

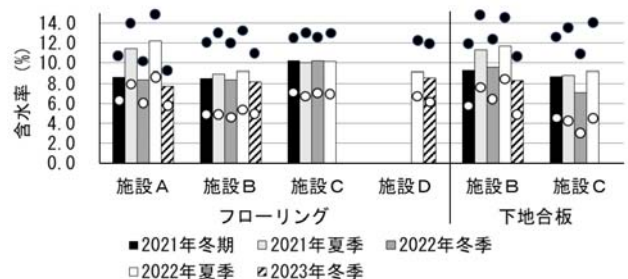
測定結果から、体育館内の床上と床下とで温湿度の変動傾向が異なることが確認された。施設の条件が異なれば、今回の測定結果以上に床上と床下との温湿度の違いが大きくなることも想定される。床下の温湿度環境は下地合板やフローリングの寸法変化に影響を与えると考えられることから、体育館内の温湿度環境を把握するためには、床下の温湿度についても定期的に確認する必要があることがわかった。なお、調査の実施期間中は新型コロナウイルス（COV-19）感染症対策のため、施設A、B、Dでは、一日に数回窓や扉を開放するなどして通常より積極的に換気されていた。

3.2 フローリングと下地合板の含水率変化

フローリングと下地合板の含水率の測定結果を第9図に示す。フローリングの平均含水率は、各施設の床上相対湿度の季節変動に応じて変化する傾向が見られた。相対湿度の季節変動幅が大きい施設Aでは、夏季、冬季間でフローリングの平均含水率は3~5%変化し、冬季の含水率は8%前後まで低下した。床上相対湿度の季節変動幅が比較的小さい施設B、Dでは、含水率の季節変化は1%弱と小さかった。施設Cでは含水率の変化はほとんど見られなかった。施設Cでは床上相対湿度の年間変動において夏季と冬



第8図 施設Cの壁面の暖房放熱器（白色のパネル）



第9図 フローリングと下地合板の平均含水率 (●最大値, ○最小値)

季の明確な違いが見られなかったことに加え、測定実施日が床上相対湿度の最低、最高月から外れていたことが原因と考えられる(第4図)。また、面積の広い体育館床では、暖房器具の放熱による乾燥や出入り口付近での外気の影響などにより、床の特定の箇所でフローリングの含水率の低下や上昇がおきていることが考えられる。部分的な乾燥収縮や吸湿膨潤は割れ等の損傷に繋がる可能性が考えられることから、体育館内の位置によるフローリングの含水率の差異を確認した結果、施設B, Dにおいては、入口側と中央、屋内側と屋外側などでやや差異が見られたものの、4施設とも位置による大きな偏りは見られなかった。パネル暖房の放熱により、床上相対湿度の一日の変動幅が大きくなっていると考えられた施設Cにおいても、パネル暖房の放熱器の付近とそれ以外とで含水率に特に違いは見られなかった。

一方、下地合板の平均含水率は床下の相対湿度の季節変動に応じて変化する傾向が見られ、夏季と冬季の間の含水率変化がフローリングより大きかった。これは、未塗装の下地合板は塗装されたフローリングより吸放湿しやすく湿度変化の影響を受けやすいことに加え、施設B, Cの床下相対湿度の季節変動が床上よりやや大きかったことが原因と考えられる。なお、施設Cでは測定線Bの辺りで下地合板の含水率が低い箇所があったことから(第10図)、床下の相対湿度については、床上とは異なり場所による偏りがある可能性が示唆された。

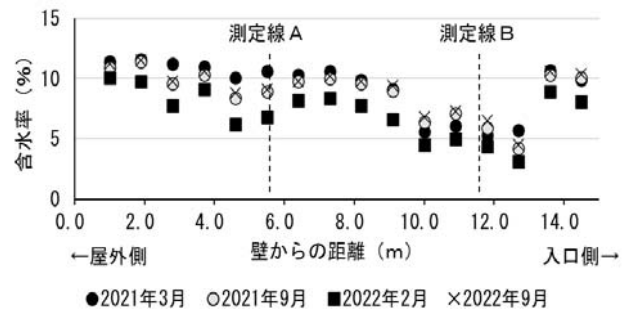
3.3 フローリングと下地合板の伸縮挙動

3.3.1 フローリングと下地合板の長辺間の目地

フローリングと下地合板の長辺間の目地幅の平均値(以下、平均目地幅とする)を第11図に示す。

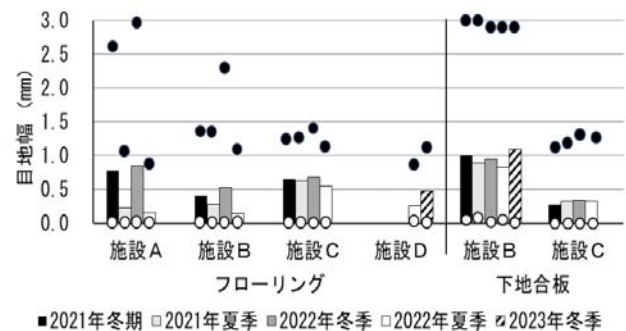
フローリングの長辺間の平均目地幅は平均含水率の季節変化に応じて変化する傾向が見られた。含水率の季節変化が大きい施設Aでは、平均目地幅の変化も大きく、夏季、冬季間で平均0.6mm、最大2.6mm変化した。冬季の平均目地幅は最大3.0mm程度になったが、夏季には境界が判別できないほど密着する目地が多く見られた。含水率変化の小さい施設Cでは、平均目地幅の変化も小さく、その季節変化は平均0.08mmであった。

一方、下地合板については、含水率の季節変化がフローリングよりも大きかったにもかかわらず、平均目地幅の季節変化はフローリングよりも小さかつ



第10図 施設Cの測定線Cにおける下地合板の含水率分布

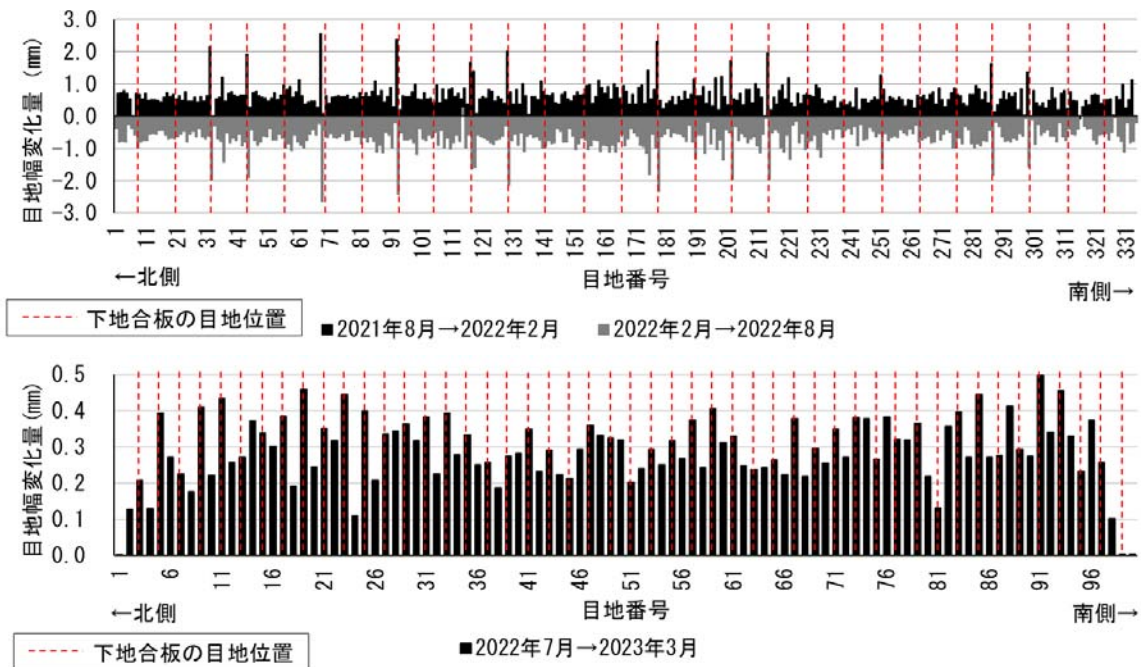
- *1 測定線A：平均含水率8～10%
- *2 測定線B：平均含水率7～9%



第11図 フローリングと下地合板の長辺間の平均目地幅(●最大値, ○最小値)

た。これは、下地合板(ラワン合板)の収縮率が、単層フローリングに使用されている木材の収縮率より小さい⁹⁾ことによると推察される。測定結果から、施工されている状態でも下地合板とフローリングとは異なる伸縮挙動をしていることが確認できた。

第12図に施設A(単層フローリング)と施設D(複合フローリング)における、フローリングの目地ごとの夏季、冬季間の目地幅の変化量を示す。図中の点線はフローリングを留めつけている下地合板の目地の位置を示している。どちらの施設でも、下地合板の目地近傍のフローリングの目地で目地幅の変化量が大きくなる傾向が見られる。施設A, B, Dの冬季の床面では、下地合板の目地位置と推測される間隔でフローリングの目地が大きく開いている箇所が散見された(第13図)。次に、第14図に施設Bにおけるフローリングと下地合板の目地幅の変化量の関係を示す。図中の変化量はフローリング、下地合板とも目地幅の増加量及び減少量の絶対値の測定期

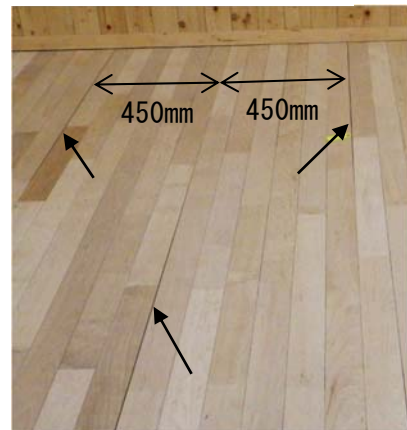


第12図 フローリングの目地幅変化量
 (上：施設A（単層フローリング）測定線B，下：施設D（複合フローリング）測定線B)

間を通した平均値で、棒グラフの棒の位置関係はフローリングと下地合板の目地の位置関係と同じである。下地合板の目地（黒棒）近傍のフローリングの目地で目地幅の変化量が大きくなる傾向が見られるが、フローリングの目地幅の変化量が大きい箇所でも必ずしも下地合板の目地幅の変化量が大きいとは限らなかった。これらの測定結果から、下地合板の膨潤収縮に伴う目地近傍の挙動がフローリングの目地の開閉を大きくすることが確認できたが、下地合板の挙動がどのようにフローリング目地の挙動に作用するかを明らかにするには、より詳細な調査が必要である。なお、施設Aではフローリングの目地幅の変化量が大きな目地で、フローリング間に段差の発生が多く見られた。

3.3.2 フローリング短辺間の目地

第15図に施設Dのフローリング短辺間の目地幅の測定結果を示す。短辺間の目地幅は長辺間に比べて非常に狭く、夏季の目地幅は平均0.02mmで、一部を除きほぼ密着した状態であった。冬季は平均0.12mm、最大0.3mmであったが、冬季でも密着している目地が多く見られた。他の単層フローリングの施設においても、短辺の接合部の多くが冬季でも密着し、圧縮変形を伴う箇所も見られた。なお、夏季にはいずれの施設においても、密着しているだけで



第13図 下地合板の目地位置で発生する目地の隙間の一例
 (施設A：下地合板は隣接する短辺を450mmずつずらして施工されている)

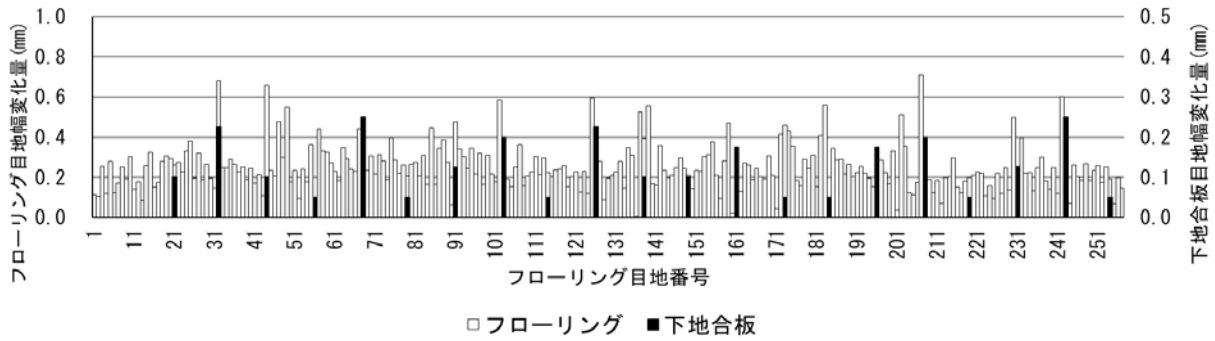
なく、さらに接合部が圧迫されて大きく変形しているフローリングが散見された。

4. まとめ

各施設の測定結果を第3表にまとめる。数値は調査期間を通した平均値で、括弧内は最小値と最大値である。

北海道内の体育館4施設を対象に体育館内の温湿度と床材の含水率および目地幅を測定し季節変動を

A study on factors causing damage to wooden flooring in a gymnasium (I)
 Some of these factors were as follows: temperature and humidity in the room and under the floor,
 moisture content and shrinkage and expansion of wooden flooring, and the floor base plywood



第14図 フローリングと下地合板の目地幅変化量の比較（施設B）

把握した。その結果、体育館内の温湿度は冷暖房等の各施設固有の条件によって施設ごとに異なる変動傾向を示すとともに、床上と床下とでも異なること、各施設の床上と床下の温湿度の変動に応じてフローリングと下地合板が各々膨潤収縮することが確認された。また、フローリングと下地合板とは異なる伸縮挙動をしていることも確認された。現状では室温の管理はされているが相対湿度を把握している施設は少なく、さらに、床下の状況の確認はほとんどされていない。このため、体育館床の維持管理においては床上、床下双方の温湿度を管理することが重要であると考えられる。

次に、フローリングと下地合板の目地の関係について、フローリングの目地の開閉に下地合板の目地近傍の挙動が関与することが確認できた。しかし、下地合板とフローリング目地の挙動の関係を明らかにするためには、より詳細な調査が必要である。

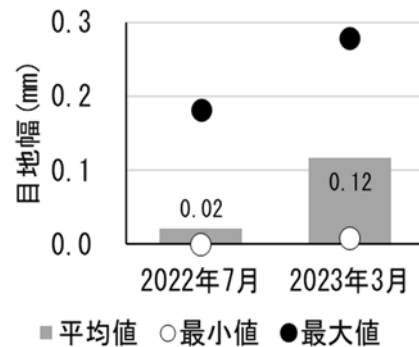
次報では本報を踏まえ、フローリングの損傷等の発生状況について報告する。

謝辞

調査の実施にあたり、調査対象施設の管理者の方々に多くのご協力をいただいた。また、元林産試験場職員の澤田哲則氏には調査の実施および取りまとめに多くのご協力とご助言をいただいた。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 消費者安全調査委員会：事故等原因調査報告書 体育館の床板の剝離による負傷事故（2017）
- 2) 佐々木晴夫，久保田浩，加賀洋行，坂井勝也，櫻田将至：各種塗装仕様によるフローリング表



第15図 フローリングの短辺間の目地幅（施設D）

面のひび割れリスク評価 その1 試験概要，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），1317-1318（2018）

- 3) 久保田浩，佐々木晴夫，加賀洋行，坂井勝也，櫻田将至：各種塗装仕様によるフローリング表面のひび割れリスク評価 その2 試験結果，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），1319-1320（2018）
- 4) 和田環，権藤 尚，澤田瑞恵，佐々木正治：加湿・乾燥環境下での複合フローリングの伸縮挙動の基礎的検討，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），681-682（2022）
- 5) 福岡県春日市：<https://www.city.Kasuga.Fukuoka.jp/shisei/info/press/1008826/1008842.html>，2024年11月12日参照
- 6) 高山光子，澤田哲則，近藤佳秀，平林靖，伊佐治信一，北橋善範，戸田正彦，浦弘達，小野昭則：運動施設床における木質フローリングの表面劣化・損傷の発生実態，第69回日本木材学会大会研究発表要旨集（CD-ROM），G15-P-04（2019）

第3表 測定結果のまとめ

		施設 A	施設 B	施設 C	施設 D
床 上	月平均温度 (°C) 最高月 ^{*1}	24.2 (22.8~25.7)	28.1 (27.6~28.6)	29.2 (28.5~29.8)	25.7 (測定年1年)
	最低月 ^{*1}	18.2 (17.4~19.4)	16.3 (16.0~16.7)	4.5 (4.1~5.1)	14.9 (14.8~15.0)
	夏季・冬季間変動幅 ^{*2}	6.2 (3.5~8.3)	10.9 (9.3~12.6)	24.2 (22.8~25.7)	10.8 (10.7~10.8)
床 下	月平均温度 (°C) 最高月 ^{*1}	23.0 (21.9~24.3)	26.4 (26.0~26.9)	26.0 (25.5~26.4)	23.2 (測定年1年)
	最低月 ^{*1}	17.3 (16.2~18.6)	17.2 (16.5~18.1)	5.7 (5.4~6.0)	19.2 (19.1~19.3)
	夏季・冬季間変動幅 ^{*2}	6.0 (3.3~8.1)	9.6 (9.1~10.4)	19.7 (18.7~20.8)	3.7 (3.4~4.0)
フ ロ ー リ ン グ	含水率 (%) 夏季 ^{*3}	11.8 (11.4~12.2)	9.1 (8.9~9.2)	10.1 (10.0~10.2)	9.1 (調査回数1回)
	冬季 ^{*3}	8.2 (7.7~8.7)	8.3 (8.2~8.5)	10.2 (10.2~10.2)	8.6 (調査回数1回)
	長辺目地幅 (mm) 夏季 ^{*3}	0.19 (0.16~0.23)	0.22 (0.15~0.28)	0.58 (0.54~0.62)	0.26 (調査回数1回)
下 地 合 板	含水率 (%) 夏季 ^{*3}		11.5 (11.3~11.7)	9.0 (8.8~9.2)	
	冬季 ^{*3}		9.1 (8.3~9.6)	7.9 (7.1~8.7)	
	長辺目地幅 (mm) 夏季 ^{*3}		0.86 (0.83~0.89)	0.32 (0.32~0.32)	
	冬季 ^{*3}		1.01 (0.95~1.09)	0.31 (0.28~0.34)	

*1 最高月、最低月：1~12月までの1年間のうち、最も高い月、最も低い月の値。年により月は異なる。

*2 夏季・冬季間変動幅：夏季の最高月と冬季（年をまたぐ場合もある）の最低月との差

*3 夏季：夏季調査の調査日ごとの全測定値の平均値、冬季：冬期調査の調査日ごとの全測定値の平均値

7) 高山光子, 近藤佳秀, 澤田哲則: 実大床モデル
 における床下の加湿・乾燥に伴う床構成材の挙
 動, 第 70 回日本木材学会大会研究発表要旨集
 (CD-ROM), G17-P2-03 (2020)

8) 気象庁: [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/
 index.php](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php), 2024年6月3日参照

9) 中寫厚: フローリングの伸縮を抑えるために一
 寸法安定性向上のための取り組みー, 林産試だ
 より, 1997年10月号, 2-5 (1997)

ー技術部 製品開発グループー
 (原稿受理: 24.11.20)