

耐久性試験用木製デッキの設置と経過観察

渡辺 浩¹・下妻 達也²・大隣 昭作³

¹正会員 福岡大学教授 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1)
E-mail:mag@fukuoka-u.ac.jp

²正会員 福岡大学助教 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1)
E-mail:shimozuma@fukuoka-u.ac.jp

³正会員 福岡大学助手 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1)
E-mail:ohotonari@fukuoka-u.ac.jp

木製デッキは、憩いの公共空間に多く採用されている。しかしながら直射日光や雨水に晒される設置環境は木材にとっては好ましいものではなく、しばしば耐久性が問題となる。ところが、これら木製デッキの耐久性向上に関する検討はあまりなされておらず、そもそもの仕様に問題があり早期に劣化したであろう事例も見受けられる。また、樹種や仕様と耐久性向上に関する研究はほとんど見られない。そこで本研究では、木製デッキが樹種や防腐処理、使用環境等によってどのように経時変化するかを確認するために、実験用の木製デッキを敷設した。その上で、それらの6ヶ月間の経過を観察し、そこで生じた様々な変化について考察した。

Key Words: wood deck, durability, exposure test, long term observation

1. はじめに

木製デッキは、人や自然に優しい空間を演出する手段として、水辺や公園、遊歩道や建物のテラスなどによく設置されている。石材よりも柔らかく、安価であり、芝生のような煩雑なメンテナンスは不要というメリットがあるが、直射日光や雨水に晒される設置環境は木材にとっては好ましいものではなく、しばしば耐久性が問題となる。

使用されるのは輸入広葉樹材が多い。中でもイペのような高耐久性が期待でき割れやささくれが生じにくい樹種がよく用いられる。均質な見た目により現代風の空間演出が容易であることも好まれている。一方で、地域材利用の観点からスギなどの針葉樹材の利用も多い。見た目の不均質さは好みが分かれるが、適度な弾力性があり熱を蓄えないという好ましい性質がある。

木製デッキの劣化は、デッキ表面の汚損と床下部の腐朽に大別される。前者は、直射日光等による変色や歩行利用による摩耗や塗膜劣化である。危険性は小さいもののユーザーが感じる変化は大きく、利用者からのクレームはこちらが多い。特に、木材本来の不均質性のため表面の変色も均等ではないことが心地悪さを生じさせていることが大きい。後者は、雨水の滞留により生じるもの

で、床桁材の腐朽などが目立たない場所で進行する。通気性が確保できていればある程度は防止できるが、美観上の理由で側面が覆われているなど配慮がなされていない事例も多い。

近年では木材・プラスチック複合材（wood-plastic composites : WPC, 以下 WPC という）の利用が増加している。これは簡単に言えば木粉を混ぜたプラスチックであるが、配合割合により木材らしくもプラスチックらしくもできる。木材にはない均質な材料を作り出せることが好まれており、木造建築物のテラスに WPC が敷かれていることもある。多くの製品が実用化されており、それらは木材よりは腐朽しにくいものの、変色が生じるのはやむを得ないところである。

このような木製デッキではあるが、耐久性向上に関する工夫が不足しているものも少なくなく、早期に劣化した事例では、そもそもの仕様に問題があるものも見受けられる。一方で、樹種や仕様と耐久性向上に関する研究は木製デッキに関するものはほとんど見られない¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。そこで、木製デッキの樹種や防腐処理、仕様や使用環境によってどのように経時変化するかを確認するために実験用の木製デッキを敷設し、その経過を観察することにした。本文は、このうち製作、設置と供用後6ヶ月までの経過について報告するものである。

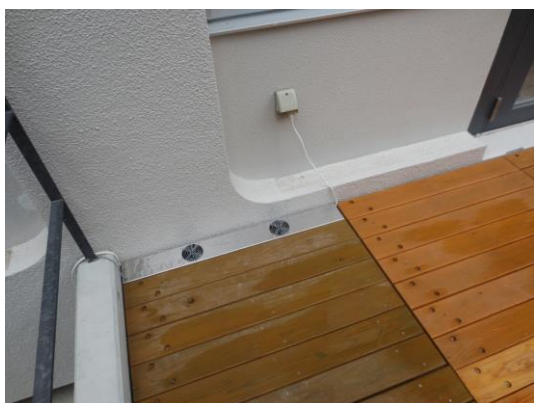


写真-1 換気装置



写真-2 上からゴム, ガリバリウム鋼板, 銅板を挟んだデッキ版



写真-3 床板材の固定



写真-4 設置位置と周囲の状況 (写真は南側から)

2. 試験体について

(1) 木製デッキの仕様

木製デッキの樹種, 防腐処理, 通気性・換気, 部材の接触面の処理, 木ねじ固定部の仕様による長期耐久性の観察を行うため, 様々な仕様を組み合わせた試験体を作製した。

樹種については, 国産材で最も一般的なスギ (*Cryptomeria japonica*) 材を標準とし, 同じく国産材のヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 材とデッキ材によく用いられる輸入材であるイペ (*Tabebuia* spp.) 材, 加えて WPC (イー・トップ(株)・スーパーウッド) の4種類を用いた。

防腐処理については, マイトレック ACQ (株) コシイ プレザービング) を外構材で標準とされる K4 クラスで加圧注入したものを標準とした。スギについてはエコア コール処理 (九州木材工業(株)) と無処理のものも用意した。イペ材, WPCは無処理, 無塗装のまま使用した。

スギとヒノキについては表面保護塗料キシラデコール フォレストエージ HS ピニー (大阪ガスケミカル(株)) を塗布した。ただし, スギについては無塗装のものも用意した。

床板材間の隙間は 3mm を標準としたが, スギ材では 0mm と 6mm のものも用意した。また床板下の換気が良好であれば耐久性の向上が期待できるため, 一部には写真-1 のような換気装置を設置した。

木製デッキの腐朽は, 床板材に上面が接する床桁材で顕著な傾向がある。そこでスギの一部では床板材と床桁材の間に写真-2 のような銅板, ガルバリウム鋼板, ブチルゴムを挟んだものも用意した。

床板材は 3 本の床桁材とコーススレッド (4.2×65mm, 半ネジ) で固定したが, 実構造物ではこのネジ孔や座掘孔の滞水部からの腐朽も多い。そこで写真-3 のようにあえて径 20mm, 深さ 10mm の座掘を行った箇所, 座掘せずに孔に防腐剤 (ザイエンス(株)・サンプルザー OGR クリア) を噴霧した箇所, 何もしない箇所をすべての仕様に設けた。

(2) 設置場所

福岡大学 5 号館では, 2019 年の耐震改修にあわせて玄関に隣接する部分に 2.6m×9.1m の木製デッキを設置するスペースが新設された。

ここは写真-4 のように 4 階建てである 5 号館の東面に接しており, 道路を挟んで東側には 6 階建ての建物もあるため, 直射日光は午前中の一部時間帯に限られる。屋根はなく雨は常時降りかかる。実験用木製デッキを敷き詰めることを想定して写真-5 のようなコンクリートに覆われた区画になっている。ここに, 将来の補修, 交換を

表-1 設置したデッキ版の仕様

	樹種	防腐処理	表面保護 塗装	床板間 隙間	床板 床桁間	床下 強制換気	(参考) 床板 向き	位置 番号	寸法 床板長方向×その幅方向	床板材の 上面
標 準	スギ	ACQ	あり	3mm	なし	なし	南北	81	1,000×858	木裏
								82	1,000×858	木表
								83	1,000×858	木裏
東西								91	1,290×1,057	木裏
								92	1,290×1,057	木表
								43	1,000×858	木裏
南北			53		1,000×858		木表			
			63		1,000×858		木裏			
			73		1,000×858		木表			
			61		1,000×858		木裏			
			71		1,000×858		木表			
			23		1,000×858		木裏			
		33	1,000×858	木表						
		22	1,000×858	木裏						
		32	1,000×858	木表						
		21	1,000×858	木裏						
		31	1,000×858	木表						
		12	1,000×858	木裏						
		11	1,000×840	木裏						
		13	1,000×876	木裏						
41		1,000×858	木裏							
51		1,000×858	木表							
ヒノキ		—	—	3mm	なし	なし	42	1,000×858	(桎目)	
							52	1,000×858	(桎目)	
							62	1,000×861	—	
							72	1,000×861	—	
イペ	—	—	3mm	なし	なし					
WPC	—	—	—	—	—	—				



写真-5 デッキ版を設置したスペース

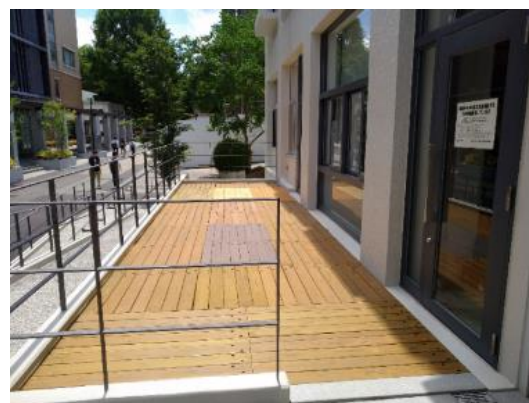


写真-6 設置直後様子（時刻は正午過ぎ）

容易にするため、床板と床桁からなるすのこ状のデッキ版を敷き並べた。なお、実際の木製デッキでは、床桁材は束材等に固定されているが、ここでは置かれただけである。

この部分の側面に通気口が設置されることが望ましいが設置されなかった。このため、床下は換気装置がある区画を除いて閉鎖的な空間である。

(3) デッキ版の製作と設置

2.6m×9.1mの設置スペースに合うよう(1)の諸条件を表-1のように組み合わせたデッキ版を26枚製作し、写真-6のように設置した。床板材の厚さは全て30mm、幅はWPCが90mm、その他は120mmである。床桁材は床板材と同一樹種・仕様とし、幅90または120mm、高さは100または120mmとした。なお、床板材は木裏面を上面に向けるのを標準とし、同一仕様のものが複数ある場合



写真-7 デッキ版の配置

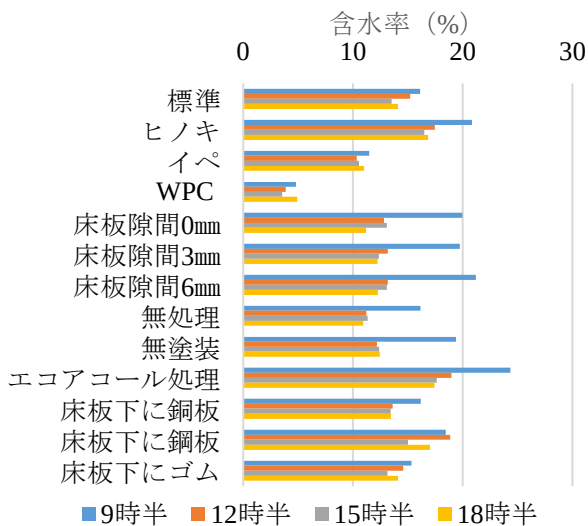


図-2 快晴の日の含水率の日変化

表-2 快晴の日の温湿度

時刻	気温(℃)	湿度(%)
9時半	30.9	43
12時半	32.8	41
15時半	33.8	34
18時半	32.1	50

には半数は木表面を上にした。各デッキ版は、上面が水平になるよう調整した。部材の調達には2019年4月、組み立ては5月、現地への設置は7月に行った。写真-6は正午過ぎに撮影したものであるが、このように全面が日向になるのはわずかな時間である。

3. 設置後の状態

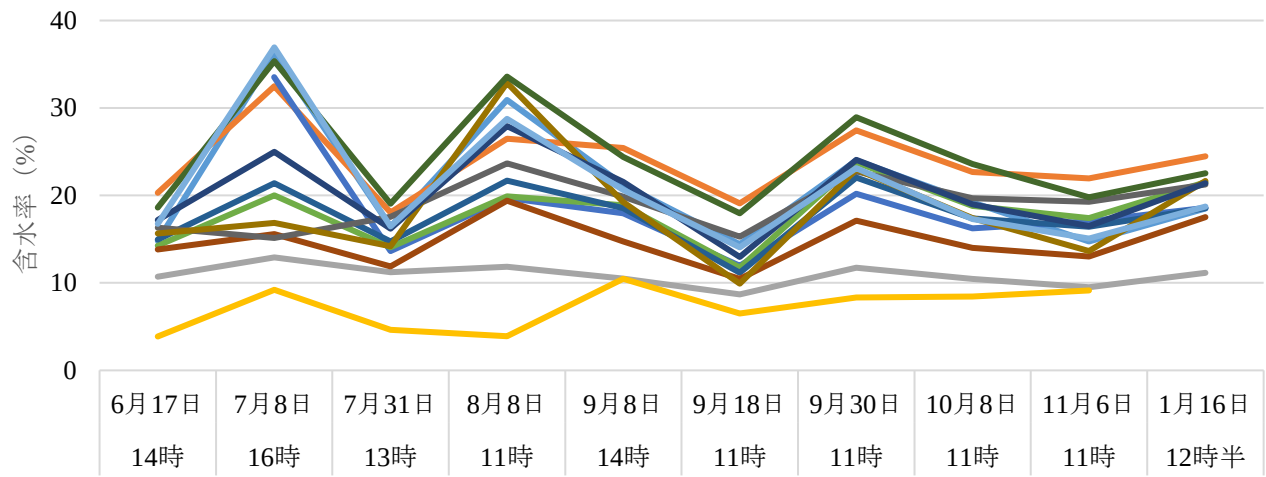
(1) 含水率とその変化

設置前である6月から表面含水率を高周波容量型含水率計（株式会社科学研究所 HM-520）により定期的に測定した。測定箇所は、上面では床桁接触部とその中間部を3箇所ずつ測定してその平均、下面では中間部の平均とし、板厚と密度を設定して測定している。図-1は、床板上面と下面の含水率の変化を示したものである。なお

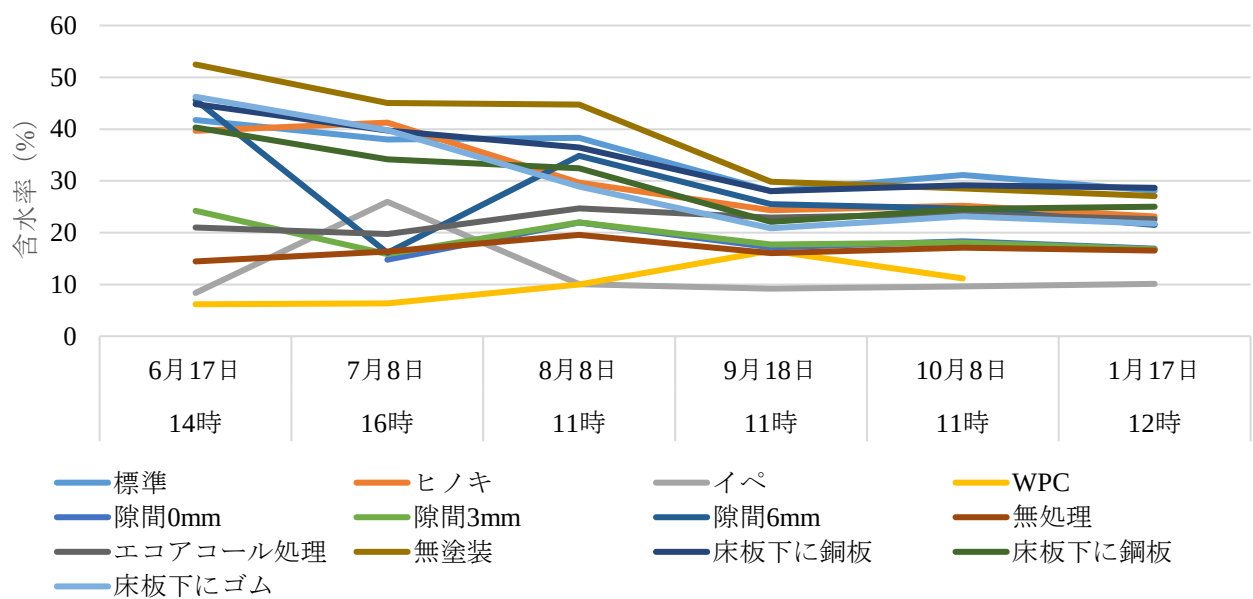
初回6月17日は室内保管時に測定したものである。上面は増減を繰り返しているが、これは当日の状況と直前の天候と日照の影響が含まれていると考えられ、上面は気象の影響を受けやすいと言える。これに対して下面ではそのような変化は小さく、徐々に低くなっている。また上面よりも高めであることもわかる。

図-2は、設置から約1ヶ月が経過した快晴の日における上面含水率の日変化を示したものである。表-2は当日の温湿度である。午前中の含水率がやや高いが、それでも20%程度であり全体的に十分な乾燥状態にあると考えられる。

図-3は、設置から2ヶ月あまりが経過した9月18日における床板上面の含水率の部位による違いを示している。ここで座掘加工部と加工無し部とはそれぞれ写真-3の左側固定部と右側固定部、非接触部とは、床桁接触部



(a) 床板上面



(b) 床板下面

図-1 床板の含水率の変化

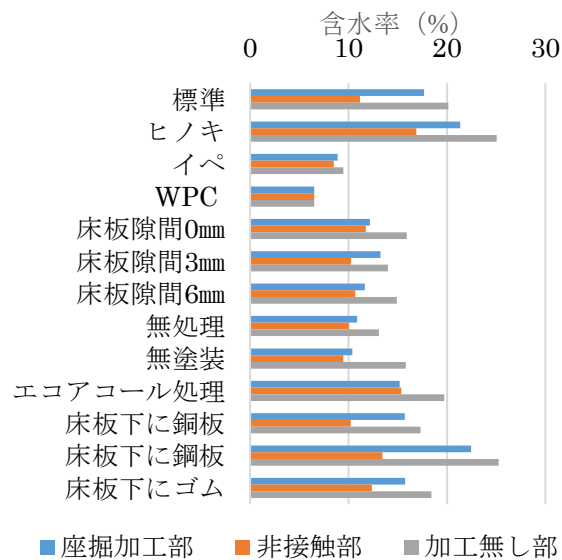


図-3 部位による含水率の違い

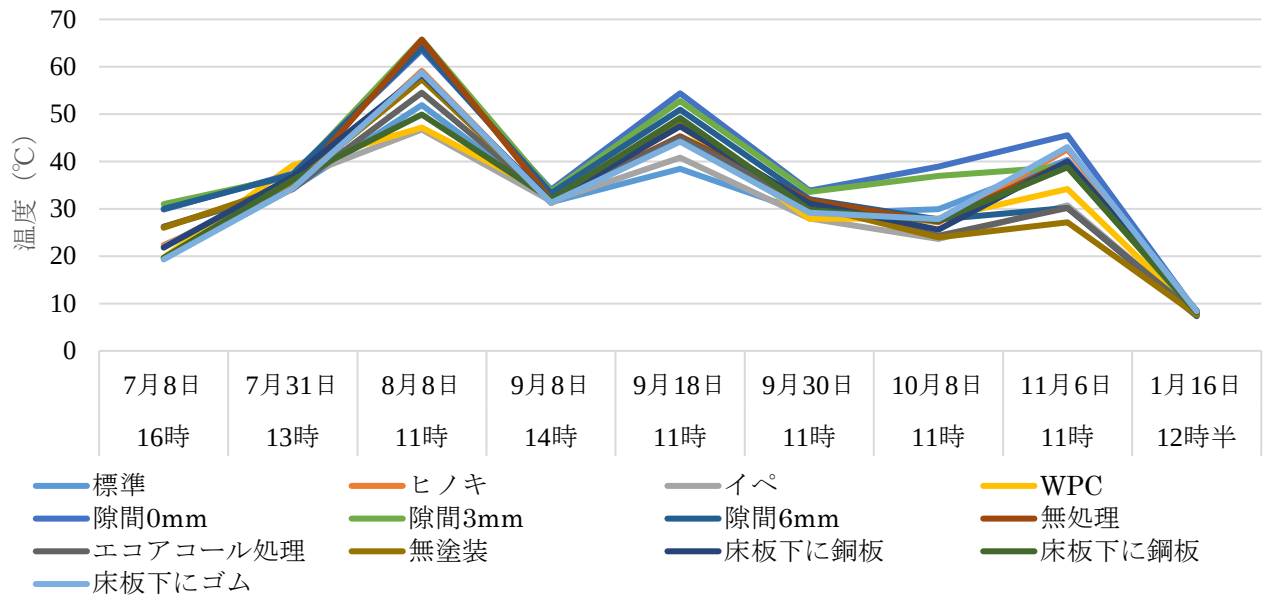


図-4 床板上面の温度の変化

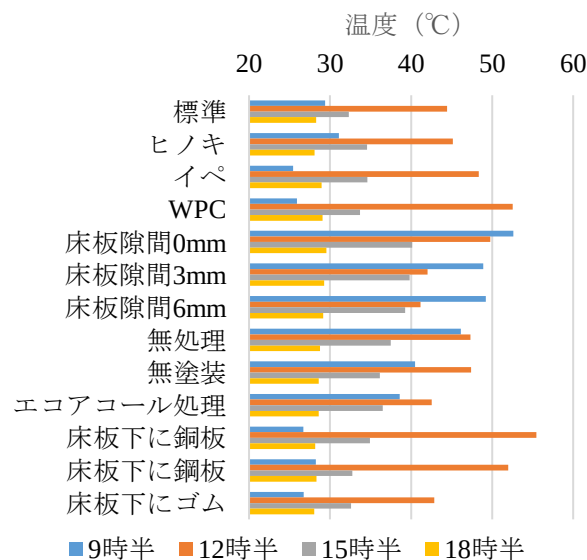


図-5 床板上面の温度の日変化

のちょうど中間で、コーススレッドの影響がないように測定したものである。

床桁との接触部である座掘加工部、加工無し部はともに高く、その影響を受けない部分は低いことがわかる。中でもヒノキと銅板を挟んだデッキの含水率が高めであった一方、座掘加工した箇所は、雨天後に水が溜まっていることが観察されていたものの、加工無し部と比べて含水率はむしろ低かった。

(2) 表面温度とその変化

図-4は、床板上面の温度の変化を示したものである。

床桁の影響を受けない位置 6 箇所 (3つの床板材の2箇所ずつ) について放射温度計 (エー・アンド・ディ AD-5614) で測定し、その平均でまとめている。これによると、条件によっては 60°Cを超えていることがわかる。また図-1と同様に変化が大きい、概ね逆の傾向を示していることもわかる。これは、当日の日照の影響であると考えられる。

図-5は、図-2と同じ快晴の日の床板上面の温度の日変化を示したものである。全体的に正午過ぎの温度が最も高いのは、気温の高さに加えてこの時間帯がいずれも日向であるためである。高比重であるイペと WPC、無処

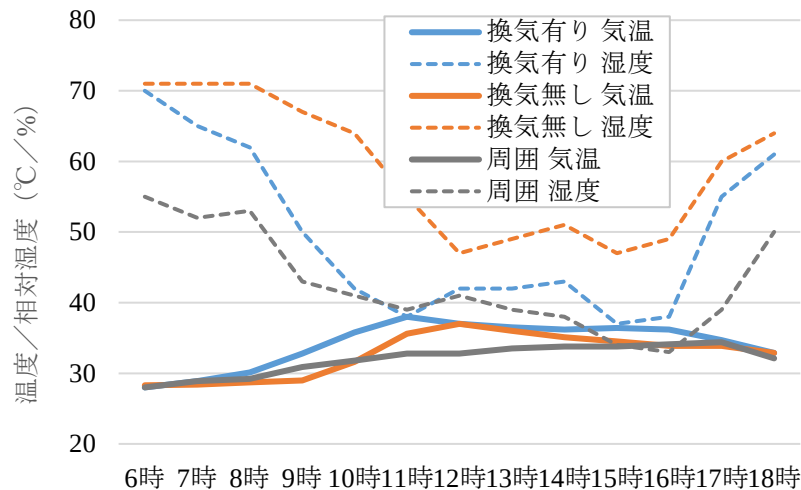


図-6 床下空間と周囲の温湿度の変化

理や無塗装のもの、床版下に銅板や鋼板を挟んだものが高い傾向にあり、一部は 50°C を超えていた。またスギでも直下に金属板を挟むと高温になることがわかる。

床版隙間の 0,3,6mm が朝から高いのは、これらが最も南側に設置されておりこの時刻にはすでに日向であったためである。これらが、正午過ぎになると温度が下がっているのは、床下換気の効果と考えられる。

(3) 床下換気の効果

図-6 は、8 月の快晴の日の日中における換気装置のある床下、ない床下の温湿度、および比較のため付近の日陰部の温湿度を示したものである。写真-8(a)に示すファン F により給気された空気は写真の上に向かい、柵手前の隙間 6mm の部分から排気されるため、換気有りの A と換気無しの N の位置で、温湿度計（エアーノドディ TR-72wb）で測定した。また周囲の温湿度は写真-5 に示すコンクリート面の下の空間で測定した。コンクリートの温度の影響を受ける可能性はあるが通気性のよい日陰である。

温度を見ると、床下部は周囲よりも高温になることがわかる。換気有り部が長期間にわたって高温であるが、これはこの箇所の日照時間の長さの影響と考えられる。湿度についても床下部は周囲より高湿度になることがわかる。ただし、換気有り部では湿度は無し部より明らかに低く、換気により床下の湿度を下げる効果があることがわかる。

(4) 床板の色とその変化

写真-8(a)は設置時と 2,4,6 ヶ月経過時の写真である。まず設置時の色について、写真-7 に示す位置番号の 11,

12, 13, 43, 53, 61, 63, 71, 73, 81, 82, 83, 91, 92 は、スギの ACQ 処理材にキシラデコールを塗布したものである。なお 91 と 92 は全体スペースの関係で床板材の敷設方向が異なっている。23, 33 は ACQ 処理材をそのまま利用したもので、特有の緑っぽい色をしている。21, 31 は防腐処理なしの材を塗布したもので、これが本来のキシラデコールの色である。41, 51 はヒノキの処理材を塗布したもので、色合いはスギとほぼ変わらない。22, 32 はエコアコール処理材である。素材の色がやや濃くなるもののほぼ本来の色のままで光沢もある。42, 52 はイペ、62, 72 は WPC である。両者ともに色が濃く、WPC はグレーに近い。

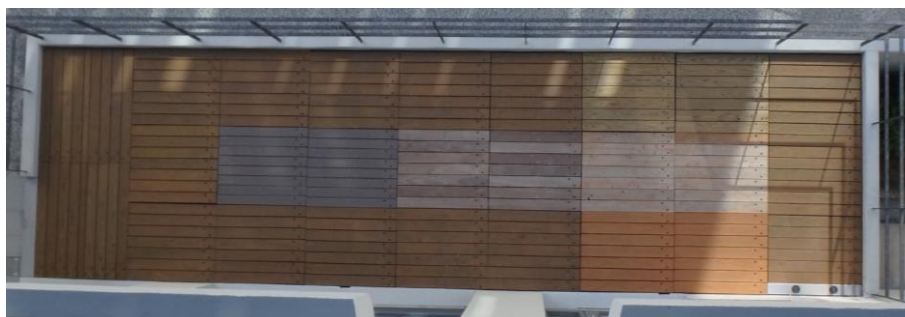
これらについて色の変化を見てみると、処理材に塗装したものはスギ、ヒノキともほとんど変化がない。塗装のみとエコアコール材は光沢がなくなっており、防腐処理のみはやや白くなっているが、いずれも変化は小さい。これに対してイペは白くなり個々の色合いの差が大きくなった。また WPC はほぼ均等に白くなった。ただし、いずれも劣化がうかがわれるのではなく紫外線による表面の変化と推察される。

(5) 反りの変化

床板材はほとんどの場合板目材となる。板目材は乾燥すると木表側が凹になるように反るため、敷設する向きによっては床板上に水が溜まるように反ることがある。そこでそれぞれの床板材の反りについて設置時と 3 ヶ月後に測定した。測定は写真-9 のような測定器を使用して 100mm 間を結んだ直線と床板材幅員中央部の距離を反りとした。表-3 は各仕様毎の平均でまとめた設置時と 3 ヶ月後の反りの大きさである。水が溜まる凹型の変形を



(a) 7月（設置時）（F：ファン,A,N：温湿度測定位置）



(b) 9月（設置後2ヶ月）



(c) 11月（設置後4ヶ月）



(d) 1月（設置後6ヶ月）

写真-8 デッキ上面の色の変化

正としている。なお、全てが柂目または追柂目材であったイペと木目がないWPCは除外している。

これによるとどちらを上にした場合もばらつきは大きいながら反りは大きくなる傾向があること、設置時は木裏が上の場合は凹、木表が上の場合は凸の形状をしていることがわかる。これは十分に乾燥させた後に湿式の防腐注入をしたため木表面が膨張したためと考えられる。

ばらつきは大きい、傾向を探るためにそれぞれ12～16測定の平均値を図化したのが図-7である。これによると、木裏面が上よりも木表面が上の方が変化が大きい、これは乾燥による反りの方向と上面がより乾燥することによる反りの方向が同じであるためと考えられる。一方で木裏を上面にした場合これらの反りが逆方向になるため、結果として反り変形は小さくなると考えられる。



写真-9 反り測定器

表-3 床板材の反りの大きさ

木取り	仕様	位置番号	設置時				3ヶ月後			
			平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
木裏	標準	81,83	0.49	0.30	1.32	-0.04	0.69	0.28	1.37	0.25
	ヒノキ	41	0.20	0.18	0.58	0.00	0.49	0.36	1.11	-0.25
	隙間 0mm	11	0.43	0.40	1.25	-0.22	0.51	0.33	1.00	-0.03
	換気あり	12	0.45	0.31	0.92	-0.12	0.66	0.41	1.61	0.18
	隙間 6mm	13	0.54	0.35	1.18	-0.23	0.24	0.21	0.68	-0.22
	無処理	21	0.46	0.35	1.16	0.04	0.72	0.24	1.22	0.29
	無塗装	23	0.41	0.22	0.90	0.10	0.34	0.15	0.62	0.04
	エコアコール	22	0.12	0.19	0.53	-0.32	0.99	0.47	1.90	0.31
	銅板	43	0.52	0.26	0.90	0.15	0.85	0.44	1.58	0.24
	銅板	63	0.55	0.18	1.00	0.37	0.85	0.49	1.75	-0.03
	ゴム	61	0.53	0.22	0.79	0.07	0.69	0.50	1.66	-0.47
木表	方向	91	0.16	0.06	0.26	0.04	0.36	0.18	0.62	-0.06
	標準	82	-0.17	0.22	0.12	-0.54	0.48	0.26	0.89	-0.03
	ヒノキ	51	-0.01	0.25	0.78	-0.25	0.11	0.16	0.31	-0.12
	無処理	31	0.03	0.25	0.22	-0.70	0.14	0.32	0.64	-0.47
	無塗装	33	-0.09	0.21	0.26	-0.38	0.23	0.23	0.72	-0.05
	エコアコール	32	-0.03	0.14	0.17	-0.25	0.27	0.34	0.78	-0.27
	銅板	53	-0.19	0.27	0.26	-0.67	0.22	0.32	0.57	-0.43
	銅板	73	-0.12	0.23	0.31	-0.42	0.18	0.41	0.92	-0.56
	ゴム	71	-0.14	0.25	0.20	-0.63	0.18	0.29	0.68	-0.24
	方向	92	-0.06	0.12	0.18	-0.24	0.42	0.16	0.69	0.08

凹型の変形が正／単位：mm

(6) その他の観察

デッキ版の重さは、標準型が 22kg で無処理と無塗装のものはそれより軽かった。重いものでは WPC が 53kg、イペが 49kg であった。重さを 6ヶ月間測定したが、ほとんど変化はなかった。

超音波伝播速度について、床板材の長手方向および床桁材の断面方向をプロセク・PUNDIT を用い、尖頭型センサを外側床桁の固定位置に当てて測定した。6ヶ月間で徐々に遅くなり、その割合は 2割程度であったが、仕様の違いによる差は明確ではなかった。

4. まとめ

本稿では、木製デッキの樹種や防腐処理、使用環境等と耐久性能の関係を明らかにするために、実験用の木製デッキを敷設し、経過観察を行った。6ヶ月で明らかになったことは少ないが、それらを列記すると下記のとおりである。

- 含水率は長期的には下がっていたが、変動は大きかった。仕様による違いも見られた。
 - 表面温度は、気温が高く直射日光が当たる場合は 60℃に達することがあることがわかった。また直下に金属板を挟むと高温になりやすい傾向が見られた。
 - 換気扇を設置した区画では、床下の湿度は低かった。
- このように、換気をよくするか強制換気をすることで

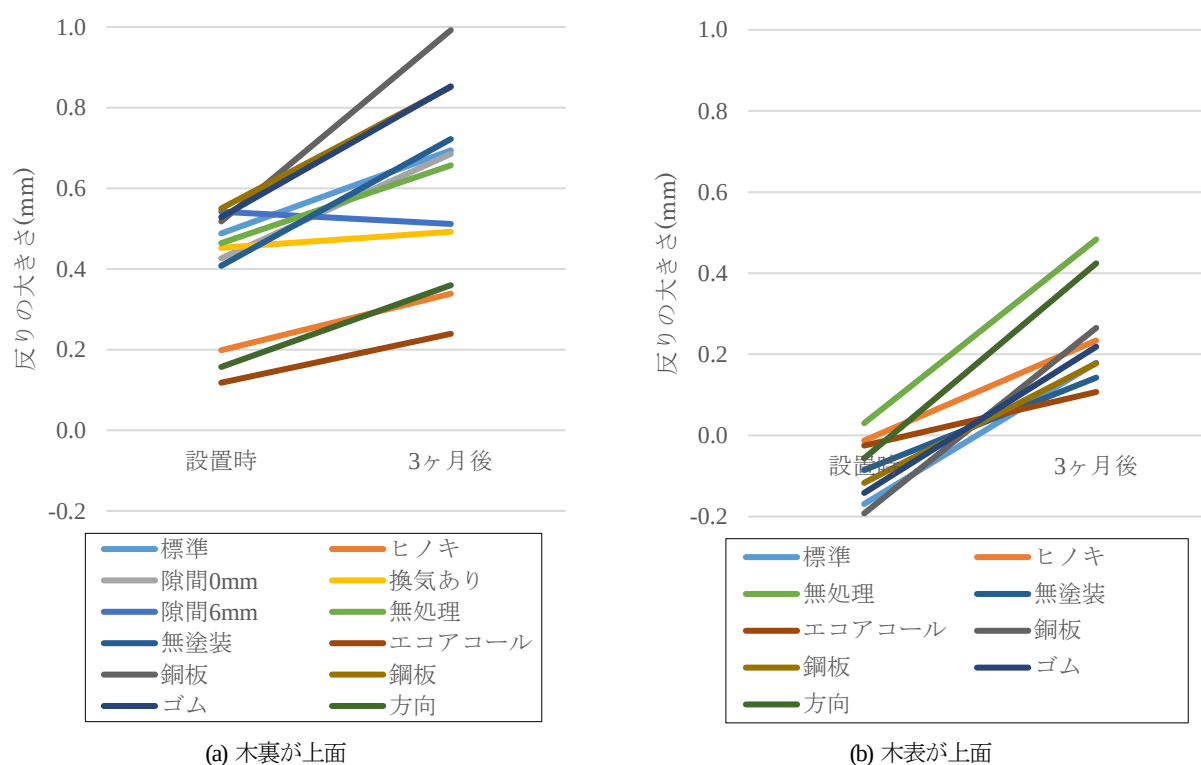


図-7 反りの大きさの変化

劣化を遅らせることができる可能性がある。

○6ヶ月では色の変化は大きくはなかったが、イペとWPCの変化は比較的大きかった。

○木裏を上面にすることで、床板上に水が溜まるような変形を抑えることができる。

今後も継続的に観察することで、より多くの知見が得られることを期待している。

謝辞：本研究は、川崎壺生氏（株不動テトラ）の協力により実施しました。木部材の調達は（株）アリモト工業にご協力いただきました。表面保護塗料は大阪ガスケミカル（株）に提供いただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 今井良, 小林 裕昇, 笠間 聡: 北海道の高規格幹線道路に設置されたカラマツ材製立入防止柵の耐用年数推定, 木材利用研究論文報告集 18, pp.25-33, 2019.
- 2) 篠原己観郎, 本田秀行, 荒木昇吾: 近代木橋に対する耐用年数の推定法, 構造工学論文集 Vol.61A, pp.578-584, 2015.
- 3) 野田 龍, 藤本 登留, 渡辺 浩, 大内 毅, 内倉 清隆, 占部 達也, 片桐 幸彦, 森竹 巧: 用水路整備に向けた木材利用の取り組み, 木材工業 Vol.70/6, pp.182-185, 2015.
- 4) 土木学会木材工学特別委員会: 木橋の耐用年数, 2011.

(Received October 16, 2020)

(Accepted January 31, 2021)

INSTALLATION AND OBSERVATION OF WOODEN DECKS FOR DURABILITY TEST

Hiroshi WATANABE, Tatsuya SHIMOZUMA and Shosaku OHTONARI

Many wooden decks are constructed in public space. However installation environment which are put in direct sunlight and exposed to rainwater is undesirable for wooden elements. There are few discussion for durability of wooden deck, so unfavorable examples have been constructed. In this study, wooden decks for durability test are carried out in order to discuss differences of tree species, preservative treatment, protective coat, ventilating under the deck, gap between deck members and putting sheet between deck members and girder. Changes during six months are observed and considered.