

## 自然素材を用いた保護処理木材の性能評価

小倉光貴、木村保典\*

**要旨：**揮発性有機化合物を含む塗料や接着剤に起因する健康障害（いわゆるシックハウス症候群）が社会問題となり、環境や身体への負荷が少ない天然物由来の材料が見直される傾向にある。

一方で建築に使用される材料について、その性能の明示が求められる。そこで、漆、柿渋、ベンガラ、蠟など天然物由来の塗料について、その塗装面の物理的性能を評価した結果、市販の木材保護塗料と比較して、表面性能については概ね遜色ない性能を有し、屋外耐候性能については顔料の添加により、2年程度の耐候性能が認められた。

### I 緒言

日本在来の漆、柿渋、木材精油等は伝統的、経験的に利用されてきたが、定量的にその性能を評価し、まとめた事例は少ない。このため、市販の保護塗料との性能比較試験等を通して、施工の参考のためのデータ提供を目的とした。

本試験においては、日本在来の漆、柿渋、木蠟、蜜蝋、ベンガラ等の天然物由来の塗料（以下「在来塗料」と略記）と内外の塗料メーカーから発売されている天然油脂由来のいわゆるエコ塗料や合成塗料（以下「保護塗料」と略記）による塗膜を比較し、内装および外構における耐久性について検討するため、JIS K 5600 に基づき耐摩耗性、引っかかり硬度、屋外曝露耐候性、促進耐候性の試験を行なった。

### II 試験方法

#### 1 耐摩耗性試験 (JIS K 5600-5-9)

##### 1) 試験体

スギ心材の板目板を 100×100mm、厚さ 10mm に調整し、表 1 の 12 種類の塗料を塗布したものを各 6 体作製した。塗布は刷毛により行ない、吸湿を防止するため、乾燥後に両端の木口面をシリコンにより目留めした。

##### 2) 試験概要

1) の試験体の表裏、各塗装面 12 面について 2003 年 3~5 月に富山県林業技術センター木材試験場において、同センター保有の TABER 型摩耗試験機に TABER 社製摩耗輪 CS-10 を装着し、60r. p. m. で 500 回転させた。

操作の前後に試験体の重量を計測し、重量減少量を求めた。

表-1 耐摩耗性試験体

塗装種別	塗装回数	備考
柿渋	2回	
木蠟	1回	亜麻仁油で溶解
蜜蝋	1回	"
漆	6回	
柿渋+漆	1+6回	
ベンガラ・柿渋+漆	1+6回	柿渋3:ベンガラ1に混合
A-1	2回	ウレタン・アルキド樹脂合成
A-2	2回	アルキド樹脂
A-3	2回	"
B-1	2回	植物油系オイルフィニッシュ
B-2	2回	"
C-1	3回	"

#### 2 引っかかり硬度試験 (JIS K 5600-5-4)

##### 1) 試験体

スギ心材の板目板を 300×100mm、厚さ 10mm に調整し、前項と同様に表 1 の塗料を各 6 枚に塗布し、木口面をシールした。

鉛筆は三菱鉛筆製の Hi-uni シリーズの B~6B、H~6H、HB、F の 14 種類を各 1 本用いた。

##### 2) 試験概要

鉛筆のホルダーは JIS (図 1) を参考にして合板で自作し、鉛筆の先端部に 750gr の荷重がかかるようにウエイトを載荷した。

鉛筆の先端は平頭に削ってホルダーにセットし、クランプで固定した。

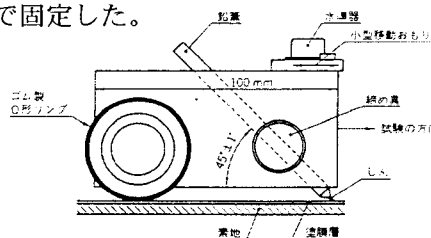


図-1 引っかかり硬度試験装置

\*石川県南加賀農林総合事務所

実験は試験体表面の早材部を選んで、ホルダーを置き、ゴム製の車輪を手動により約1mm/sec.で10mm前方へ押し出した。この際に生ずる圧痕を観察し、凝集破壊が生じなくなった鉛筆の硬度を記録した。

### 3 屋外曝露耐候性試験 (JIS K 5600-7-6)

#### 1) 試験体

スギ心材から木取りした、250×120mm、厚さ10mmの板目板に表2の12種類の塗料を各4枚施し、4枚のうち曝露試験に供する各3枚は塗装乾燥後に両木口面をシリコンにより目留めした。残りの1枚はコントロールとして室内で直射光に当たらないように保管した。

なお、塗装は刷毛塗りで、塗装回数はメーカー等のテクニカルデータに依った。

表-2 屋外曝露試験体

番号	塗 装 種 別	塗 装 回 数	備 考
①	植物油系ステイン	2回	防腐下地1回塗
②	"	1回	"
③	"	2回	
④	アルキド樹脂ステイン	2回	
⑤	"	2回	透明
⑥	植物油系ステイン	2回	
⑦	植物油系オイルフィニッシュ	3回	透明
⑧	アルキド樹脂ステイン	2回	半造膜
⑨	アクリル樹脂エマルジョン	3回	水性、透明、造膜
⑩	アクリル樹脂コーティング	3回	溶剤系、"、"
⑪	柿渋	3回	原液
⑫	柿渋+ベンガラ	3回	重量比10:1

#### 2) 曝露試験地の立地および気象状況

曝露試験は石川県白山市河内町吉岡地内の林業試験場石川ウッドセンター構内で実施した。

現地の標高は180mで、最寄りのアメダス観測点である、白山吉野における年間平均気温は13.8℃、最高気温は36.4℃(7月)、最低気温は-7.6℃(2月)、年間降水量は3,000mm、冬季の最深積雪深は100~110cmである。日照時間は年間1,500時間程度であるが、冬期間(11~2月)は月100時間未満で極端に少ない。年間を通じての主風方向は東南東である。

#### 3) 試験概要

各試験体の重量を株式会社島津製作所製電子天秤EB-620Sにより、また、色相(L\*, a\*, b\*)をスガ試験機製H-CTにより計測した後、各3枚について写真1に示すとおり、2003年11月に曝露台に設置

した。

曝露台は南北方向を向き、下端部の地面からの高さは0.8mとした。

その後、曝露開始1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後、9ヶ月後、13ヶ月後、18ヶ月後、24ヶ月後に試験体重量、色相について計測した。測定は表面の塵埃を除去した後、恒温恒湿器内(エスペック株PH-1S、設定=20℃、60%)で48時間以上調湿し、表裏各3定点で測色(L\*, a\*, b\*)した。

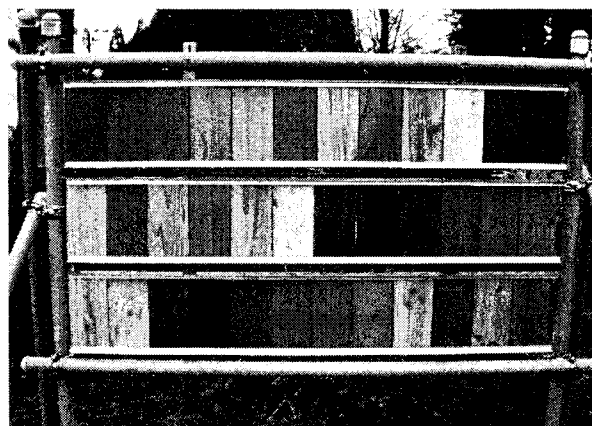


写真-1 曝露試験状況

### 4 促進耐候性試験 (JIS K 5600-7-7)

柿渋塗布面の変色過程を詳細に観察するため、実施した。

#### 1) 試験体

無欠点のスギ辺材と心材の板目板を135×45mm、厚さ4mmに調整し、長さ方向の半分のみ塗装し、残り半分は無塗装のままコントロールとした。

塗装は、柿渋(原液)のみ塗装、柿渋に赤ベンガラを重量比で5%混合したもの、同様に10%混合したものの3種類とし、いずれも3回塗布したものを、辺材、心材各3枚ずつ、全体で18枚作製した。

#### 2) 試験概要

試験は株式会社島津製作所製キセノンテスターXW-150を使用した。

試験体をホルダーの両面に取り付け、試料反転モード(1回転ごとに表裏を反転させる)で、試験槽内の関係湿度を60%に保つよう、水を噴霧した。

照射条件は、ほぼ1年間の日射量に相当する積算照射量=73,400Wh/m<sup>2</sup>として、毎時105W/m<sup>2</sup>の照射モードで延1,398時間とした。

測定は開始前と換算日射量で2、4、7、10、14、21、28、42、60、90、121、152、182、213、243、274、304、335、365日相当の照射時ごとに

試験体を取り外し、各面の塗装部分と無塗装部分各1カ所について、スガ試験機製H-CTにより測色(L\*, a\*, b\*)した。

### III 試験結果

#### 1 耐摩耗性試験 (JIS K 5600-5-9)

耐摩耗性試験の結果は表3のとおりである。重量減少量は各12試験体の平均で0.03~0.13gr(在来塗料では0.07~0.12gr)の範囲であり、無塗装のスギ板目面の重量減少量が約0.24grと推計されること(森林総合研究所2004)と比較して、いずれの塗膜においても、摩耗を抑制する効果が認められた。

表-3 耐摩耗性試験結果

塗 装 種 別	重量減少量 (gr)		
	最大値	最小値	平均値
柿渋	0.15	0.11	0.12
木蠟	0.13	0.06	0.09
蜜蝋	0.14	0.03	0.09
漆	0.08	0.05	0.07
柿渋+漆	0.11	0.07	0.09
ベンガラ+柿渋+漆	0.12	0.09	0.11
A-1*	0.06	0.00	0.03
A-2	0.21	0.08	0.13
A-3	0.12	0.02	0.05
B-1	0.10	0.05	0.07
B-2	0.12	0.08	0.10
C-1	0.13	0.08	0.10
Control**			0.24

\* A-1~は表-1に準拠 \*\* 文献値より試算

表-4 引っかき硬度試験の結果

塗 装 種 別	鉛 筆 硬 度						
	F	H	2H	3H	4H	5H	6H
柿渋	○	○	○	○	○	○	●
木蠟	○	○	○	○	○	●	●
蜜蝋	○	○	○	○	○	●	●
漆	○	○	○	○	○	○	○
柿渋+漆	○	○	○	○	○	○	●
ベンガラ・柿渋+漆	○	○	○	○	○	○	●
A-1	○	○	○	○	○	○	○
A-2	○	○	○	○	○	○	○
A-3	○	○	○	○	○	○	○
B-1	○	○	○	○	○	○	○
B-2	○	○	○	○	○	○	●
C-1	○	○	○	○	○	○	●

○：塑性変形のみ ●：凝集破壊有り 6B-HBは省略

#### 2 引っかき硬度試験 (JIS K 5600-5-4)

引っかき硬度試験の結果は表4に示すとおりである。5H、6Hで凝集破壊が認められたが、4Hより軟質のレベルでは、塑性変形のみであった。

#### 3 屋外曝露耐候性試験 (JIS K 5600-7-6)

屋外曝露試験地最寄りの気象観測点(白山吉野)における降水量、平均気温、積算日照時間の変位を図2に示す。

また、屋外曝露試験体南面の2ヶ年(24ヶ月)経過時までの色相の変化を図3に示す。図中①~⑫は表2に対応する。

透明系塗料の塗装面⑤⑦⑩は、曝露開始直後から褪色し、3ヶ月以内に色差 $\Delta E^*$ が10を超え、18ヶ月までに20を超えている。特に⑩は全面に微細なクラックが発生し、表面の白濁化や部分的な剥離が発生した。2ヶ年経過時の1cmメッシュによる剥離部分の割合は南面で85%であった。

一方、⑨は塗膜に弾力があるため、クラック、剥離等の発生は少なく、色差 $\Delta E^*$ も2ヶ年経過時で11であることから、透明系の塗装面では耐候性が最も良好であった。

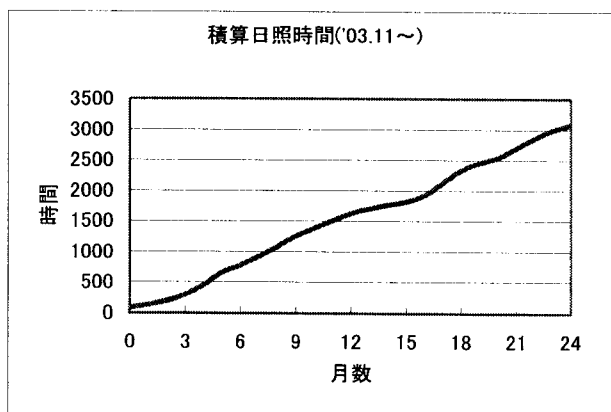
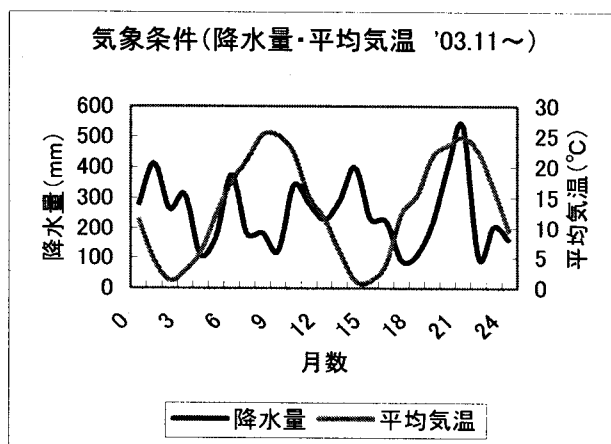


図-2 曝露試験地最寄りの気象観測データ(白山吉野)

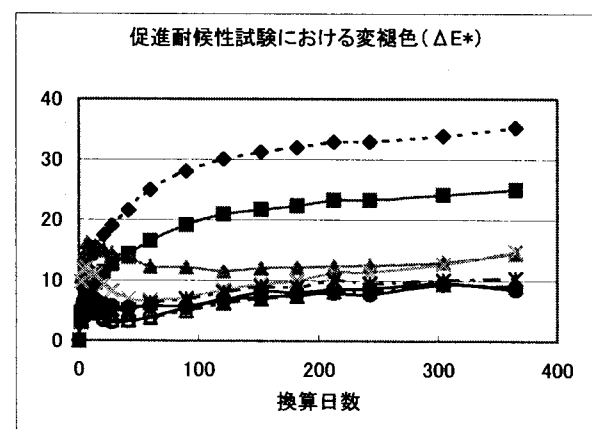
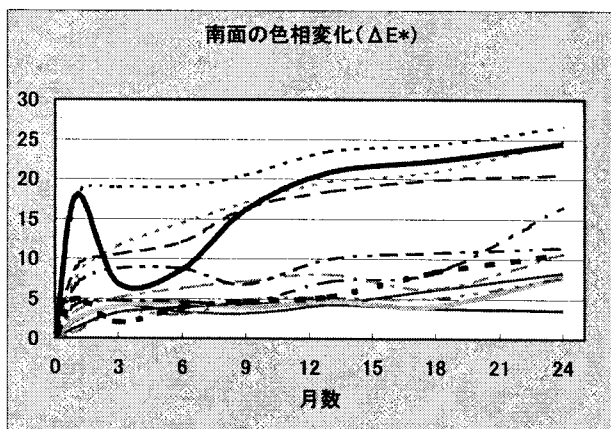
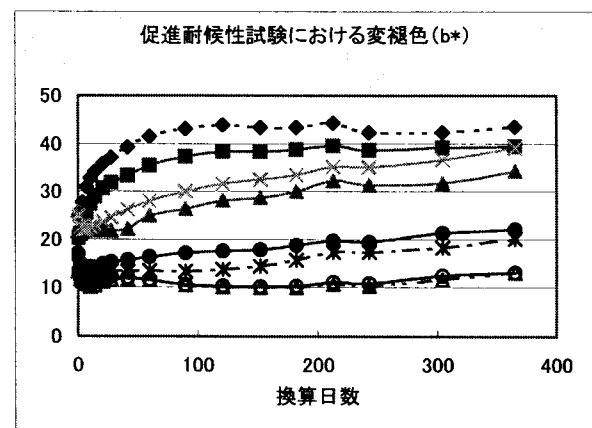
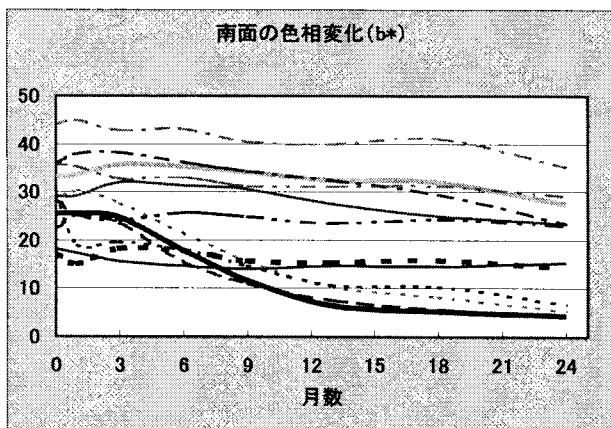
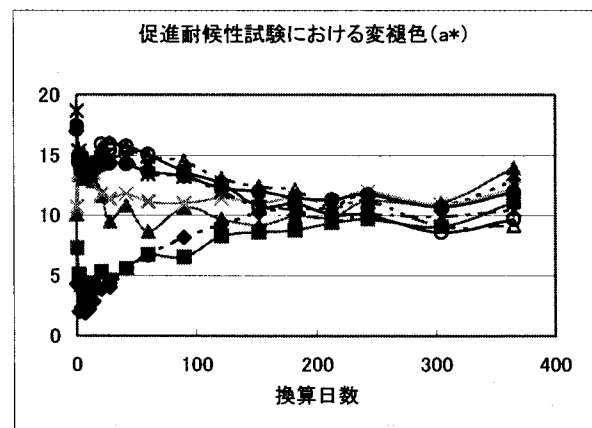
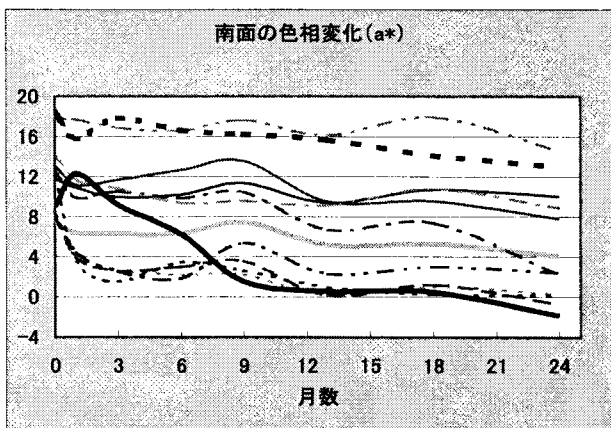
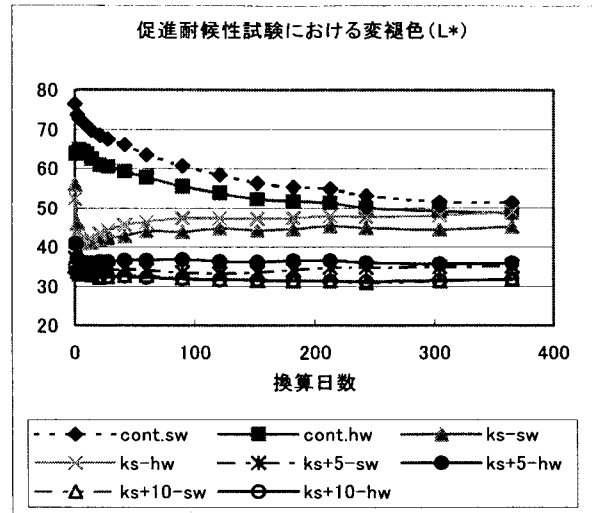
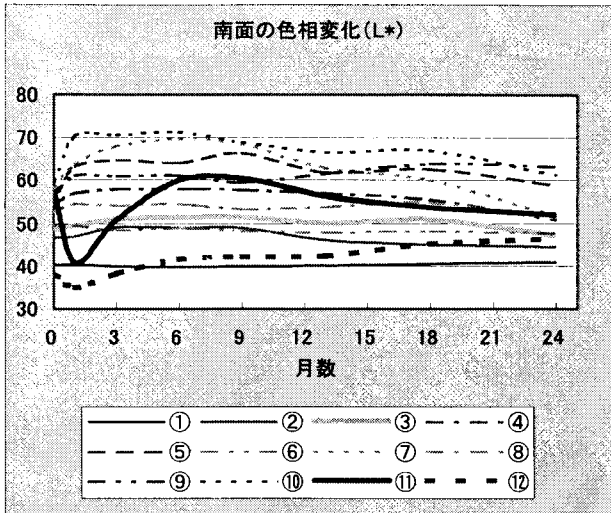


図-3 屋外曝露試験における南面の色相変化

図-4 促進耐候性試験における柿渋塗装面の変褪色

顔料を含有する塗料の塗装面は、安定した耐候性を有し、2ヶ年経過後も一部を除いて色差 $\Delta E^*$ が12以下であり、木口ら(1997)が提案した20を超えたものはなかった。

柿渋の塗装面は初期の1ヶ月間に明度 $L^*$ の著しい低下と赤色度 $a^*$ の上昇が認められる。視覚的には赤褐色化するが、その後は褪色し、9ヶ月経過時点で灰白色になった。この時点で色差 $\Delta E^*$ は15を超えており、1年経過後には20~22、その後の変化は少なく、終了時で約25であった。

柿渋にベンガラを重量比で10%混合して塗布した場合、柿渋のみの場合に比べて赤色度 $a^*$ や黄色度 $b^*$ の変動は小さく、色差 $\Delta E^*$ も期間を通じて12以下に抑えられた。この数値は市販の有色保護塗料(図3中②, ③, ⑥, ⑧)の値と比較して、有意差は認められず、この時点では遜色ない耐候性能を有すると考えられる。

#### 4 促進耐候性試験 (JIS K 5600-7-7)

試験結果を図4に示す。図中 cont. は対照部、sw は辺材、hw は心材を、ks は柿渋を意味し、+5、+10 はベンガラの混合比率(重量%)を表す。

柿渋を塗装した試験体は、7~10日目をピークに、明度 $L^*$ と赤色度 $a^*$ が急激に変化することにより赤褐色に変色し、その後褪色して、50日相当以後の変化は少なく、1年相当時における色差 $\Delta E^*$ は約15であった。ベンガラを混合した場合は褪色が抑制され、1年相当経過時においても色差 $\Delta E^*$ は10以下であった。

## IV 結論

耐摩耗性試験の結果から、重量減少量の平均値について塗料相互間の5%水準で有意差検定を試みた結果、表5に示すように、66の組み合わせのうち有意差が認められたのは5組のみであった。また、柿渋、漆などの在来塗料と保護塗料との比較においても有意差が認められた組み合わせは36中2組であることから、在来塗料の塗装面は保護塗料と比較して耐摩耗性に関して遜色ないと考えられる。

引っかき硬度試験では、漆など比較的硬い膜を形成する塗料でも凝集破壊に至った場合は少なかったが、基材が軟質なスギ早材を用いたことから、このような結果になったと考えられる。

屋外曝露試験の結果、透明系塗料の塗装面は短期間で褪色するケースが多く、木材自体の色相を保全するという目的には不十分であり、塗装の寿命としては半年

表-5 重量減少量の平均値に関する塗料の有意差

	柿	木	蜜	漆	柿漆	弁	A1	A2	A3	B1	B2
C1	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
B2	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
B1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
A1	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
弁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
柿漆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
漆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
蜜	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
木	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

○;有意差あり(5%水準)

柿:柿渋 木:木蠟 蜜:蜜蠟 弁:柿渋・弁柄+漆

以下と判断される。顔料を含む塗料の塗装面は基材表面への紫外線を遮断する効果があるため、クラックの発生が無ければ2年程度の耐候性は有していると考えられ、その時点で色差 $\Delta E^*$ が10以下であればさらに塗装寿命が伸びると考えられる。

柿渋原液のみを塗布した場合の屋外における耐候性、すなわち塗装の寿命は6~9ヶ月と推測される。また、柿渋原液に赤ベンガラを10%混合した場合、約2年間は耐候性能を維持していると認められる。

したがって、柿渋を屋外における木材の保護塗装に用いる場合、ベンガラ等の顔料を混合し、直立状態での使用にあつては、2年以内に再塗装を行なう必要があると考えられる。

## 謝辞

今回の試験にあたり、試験用塗料の提供や試験体への塗装で(株)日本オスモ、(株)イケダコーポレーション、トーマンマテリア(株)、エヌ・エス・カラーテクノ(株)各社にご協力頂いた。また、耐摩耗性試験や屋外曝露試験の実施にあたり、富山県林業技術センターの長谷川益夫副主幹研究員、藤澤泰士主任研究員にご指導をいただいた。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 長谷川益夫 富山県林業技術センター研究成果資料 P.17-20 (2005)
- 木口実ほか「木材工業」vol.52 P.612-617(1997)
- 木材塗装研究会「木材の塗装」海青社 p.57-107(2005)
- 森林総合研究所「木材工業ハンドブック」丸善 p.130(2004)