

# 木材保護塗料に含まれる顔料の針葉樹単板への 浸透性向上技術の検討

今井 良

## Method to infiltrate pigments of wood protection coating materials in softwood veneer

Makoto IMAI

キーワード：耐候性，木材保護塗料，顔料，単板

単板への耐候性付与を目的とし，木材保護塗料の顔料の浸透性を向上させる手法と効果を検証した。油性塗料は塗料の浸透量が比較的多い傾向を示したが，顔料の浸透深さに顕著な差は確認できなかった。スリット鋼材を用いた非破壊圧縮処理をした単板は，水性塗料の顔料の浸透性が改善されていた。防腐処理薬剤で前処理した単板は顔料の浸透性が高まる可能性が示唆されたが，深さ方向への浸透性改善の効果は確認できなかった。

### 1. はじめに

住宅外装材や外構部材，木橋や木製防護柵など，屋外で木製品を使用する場合には，腐朽による強度の低下のほか，紫外線や雨水などによる変色が起きやすいため，その対策が求められる。腐朽対策としては防腐薬剤による保存処理が，紫外線等への対策としては木材保護塗料の塗装処理が一般的である。しかしながら，保存処理においては割れに起因する内部腐朽の発生，塗装処理においては塗膜の割れ・剥がれ等による外観の劣化や撥水性の低下のため，数年ごとに再塗装が必要等の課題は解決されていない。

そこで，別の素材で被覆して物理的に外部からの水分を遮蔽する方法を考案した。水分の遮蔽には樹脂系素材が最適だが，紫外線に弱く木製品の見た目や手触りも損なうため，樹脂系素材を水分遮蔽材として用いる場合には“紫外線に強く（外観の劣化が少ない）”“木製品らしさを保つ”素材で遮蔽材の上を覆う必要がある。これらの条件に合致する素材として，混練型WPCなども考えられるが，曲面にフレキシブルに対応できない，木質感が低い等の理由により望ましくないと判断した。そこで，曲面对応

と木質感の視点から薄い針葉樹単板に着目した。また，塗装処理の外観に関する課題解決には耐候性の中でも木材保護塗料に含まれる顔料の定着性が重要であると考えた。薄い単板であれば木材保護塗料を全体に含浸させることができ，含浸した顔料が単板に定着することで外観の劣化抑制が期待できると考え，その含浸手法と効果について検証した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 木材保護塗料の含浸量の比較

浸透タイプの木材保護塗料は，国内製品でも多数あり，成分や性能も異なると考えられる。また，今回の目的である単板への含浸に最適な塗料の要件が不明であることから，一般に入手しやすい5種類の屋外木材用塗料を用意した。内訳は水性塗料1種類，油性塗料4種類（A～D）である。

含浸量の比較のため，1mm厚のスギ単板（100×150mm）をそれぞれの塗料で塗布および浸せきし，乾燥後の重量比較を行なった。塗料に含まれるのは顔料のみではなく樹脂等の成分も多いことから乾燥後の重量がそのまま顔料の含浸量を反映し

\*本研究は，(地独)北海道立総合研究機構の職員研究奨励事業シーズ探索型研究として実施した。

ているわけではないが、ここでは顔料含浸の一つの指標として選抜の判断材料として取扱うこととした。

塗布は2回塗り、浸せき時間は120時間とし、乾燥は室温未調節の屋内環境にて72時間行った。

## 2.2 単板前処理方法の検討

木材保護塗料の含浸を促進させる前処理として、単板の圧縮処理および薬剤処理を行った。

圧縮処理は、金網a (φ0.7mm×5mmメッシュ)、金網b (φ0.45mm×2.5mmメッシュ)、スリット鋼材 (φ3mm×3mm間隔) の3種類の金属 (第1図) を単板に重ね、コールドプレスにより圧縮圧2.0MPaで2分間行った (第2図)。なお、金網aおよびbは微破壊の想定で乾燥単板のまま圧縮し、スリット鋼材は非破壊の想定で圧縮前に1週間水道水に浸せきしてから圧縮し、解放後に屋内環境にて自然乾燥させた。なお、今回は試験体と器具の関係上、一度に2種類の塗料しか実施できなかったため、金網aおよびbの圧縮単板には2.1の結果からより含浸量の多かった油性塗料AおよびDを用い、スリット鋼の圧縮単板には圧縮部の回復効果を期待して水性塗料を用いた。

薬剤処理には、防腐処理薬剤 (CUAZ, ACQ, ナフテン酸銅) を用いた。CUAZ, ナフテン酸銅は原液塗布、CUAZおよびACQは1%水溶液と10%水溶液を用いて減圧注入を行い、室温未調節の屋内環境にて約18日間乾燥させてから試験を行った。

コントロールとしての無処理単板を含め、前処理を行った単板に対して木材保護塗料の塗布、浸せきおよび減圧注入を行い、乾燥後の重量比較により前処理の効果を検証した。

また、滑走式ミクロトーム (大和光機工業株式会社製REM-710) にて木口面の薄片を作成し、光学顕微鏡 (Nikon社製OPTIPHOT-2) により顔料の浸透深さを測定した。

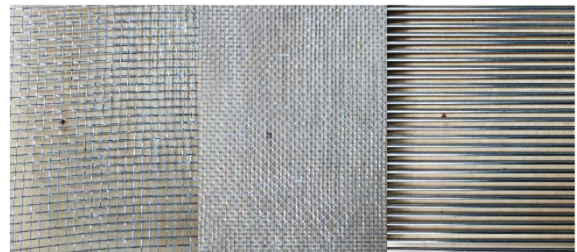
## 2.3 顔料の浸透状況の確認

木材保護塗料を含浸処理した単板を対象に、単板への顔料の浸透性を確認するため摩耗試験を行なった。試験体は、単板をカラマツ基材に接着し、100×100mm、厚さ17mmに調整した。試験は、フローリングの日本農林規格の摩耗試験A方式に準じて実施した。試験体をテーバー式摩耗試験機 (株式会社安田精機製作所製 (第3図)) の回転盤に水平

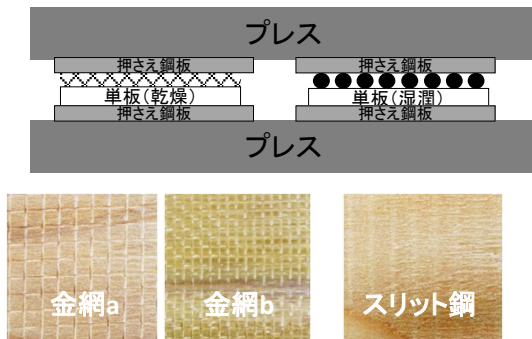
に固定し、研磨紙を巻きつけたゴム製円盤2個を取り付け、50回転ごとに重量を測定し、摩耗深さをレーザー変位計により500回の回転まで測定した。なお、回転盤は60±2rpmの一定速度で回転させ、研磨紙には (財) 日本合板検査会合格品を用い、試験片に加わる総重量はゴム製円盤を含めて1000gとした。

## 2.4 促進耐候性試験

顔料を浸透させた単板の耐候性を調べるため、含浸処理した単板を対象に、スガ試験機株式会社製ウェザーメーターNX75を用い、キセノンランプ法 (JIS K5600-7-7) による促進耐候性試験 (第4図)



第1図 圧縮処理に用いた金属板 (左から金網a, 金網b, スリット鋼材)



第2図 圧縮処理および処理材のイメージ (左側が金網, 右側がスリット鋼材)



第3図 テーバー式摩耗試験機

を実施した。試験は、標準の放射照度（波長300～400nmにおいて60W/m<sup>2</sup>）、サイクルA（各サイクル120分間のうち脱イオン水噴霧は18分間、ランプは常に点灯）、ブラックパネル温度63±2℃、槽内温度38±3℃の条件で、1000時間まで行った。色差計により試験前（0時間）、500時間後および1000時間後に早材部のL\*、a\*、b\*を測定し、(1)式により算出したΔE\*abを、それぞれの時間における色差とした。

$$\Delta E^*ab = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \dots (1)$$

また、試験開始前と1000時間後において、塗膜の剥がれや割れの指標とされる撥水度を測定した。撥水度は、質量(W1)を測定した試験体に純水1mlを滴下し、1分経過後に水分を拭き取り、再び試験体の質量(W2)を測定し、滴下前後の質量差を試験体への水の浸透量とし、(2)式より求めた。

$$\text{撥水度 (\%)} = \{1 - (W_2 - W_1)\} \times 100 \quad \dots (2)$$

### 3. 結果と考察

#### 3.1 木材保護塗料の含浸量

木材保護塗料5種について、塗布および浸せきによる含浸量を、乾燥後の重量で表したものを**第1表**に示す。

塗布・浸せきのいずれも油性Dが最も含浸量が多かった。塗布では水性が次いで多く、残りは3種ともほとんど差は無かった。浸せきでは油性Dの次には油性Bが多く、以下、油性A、水性という順であった。塗布と浸せきで油性Aと油性Bの傾向が逆

転しているのは、浸せき時に油性Aでは攪拌が不十分で顔料の沈殿が発生したためと考えられる。なお、油性Cは塗布試験で含浸量が最も少なかったことから浸せきを実施せず、他の試験にも用いなかった。

#### 3.2 前処理の違いによる含浸量の違い

圧縮処理による浸せき時の木材保護塗料の含浸量の変化を**第2表**に示す。対照として無圧縮単板の含浸量も合わせて示し、圧縮処理の効果を見るためにその比をとった。

微破壊圧縮の金網aおよびbでは含浸量の増加効果が確認できなかった。一方で非破壊圧縮であるスリット鋼材では無圧縮単板に比べて約1.9倍の含浸量増加が認められた。圧縮方法の違いや木材保護塗料の違いもあることからこの結果のみでは比較はできないが、木材は親水性で、圧縮により変形した木材細胞壁への水性塗料の水分浸透により、変形した空隙が回復する際に塗料成分が空隙内に導入されたと推察される。

次に、防腐薬剤処理の有無および薬剤の種類による浸せきおよび減圧注入時の木材保護塗料の含浸量を**第3表**に示す。

防腐薬剤の原液を塗布する場合については、油性塗料Aのデータしかないが、むしろ塗料の浸透を妨げる方向に作用することがわかった。CUAZおよびACQの水溶液で浸せきおよび減圧注入した単板についても、水性・油性を問わず含浸量の増加には効果が認められなかった。油性塗料Dについても、減圧

第1表 木材保護塗料ごとの含浸量比較

含浸方法	塗料	面積あたり含浸量
		乾燥重量(g/m <sup>2</sup> )
塗布	水性	78.9
	油性A	64.2
	油性B	60.5
	油性C	59.8
	植物油系	141.1
浸せき	水性	173.3
	油性A	186.7
	油性B	279.3
	油性C	—
	植物油系	481.3



第4図 ウェザーメーターによる促進耐候性試験

第2表 圧縮処理した単板の木材保護塗料含浸量

塗料	無圧縮	金網a		金網b		スリット鋼材	
		(無圧縮比)		(無圧縮比)		(無圧縮比)	
水性	173.4	-	-	-	-	322.5	(1.86)
油性A	186.9	176.3	(0.94)	161.7	(0.87)	-	-
油性D	481.5	531.6	(1.10)	454.2	(0.94)	-	-

第3表 防腐薬剤処理した単板の木材保護塗料含浸量

塗料	塗布			浸せき				減圧注入					
	無処理	CUAZ	ナフテン酸銅	無処理	CUAZ		ACQ		無処理	CUAZ		ACQ	
					1%	10%	1%	10%		1%	10%		
水性	194.9	-	-	173.4	167.8	131.1	166.4	150.7	281.1	268.3	212.4	278.7	247.3
油性A	128.3	125.5	110.1	186.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
油性B	121.0	-	-	279.6	220.8	293.4	236.1	323.0	313.6	326.6	297.0	317.9	304.1
油性D	380.1	-	-	481.5	-	-	-	-	690.9	692.1	640.8	664.7	609.9

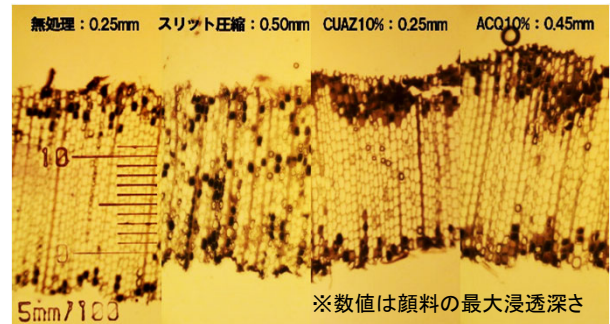
注入しかできなかったが同様の結果であった。

### 3.3 光学顕微鏡による顔料浸透の比較

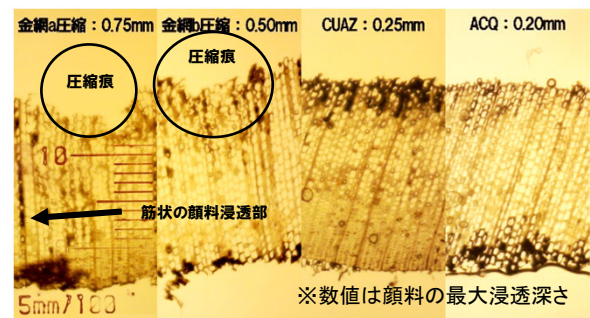
木材保護塗料に浸せきした無処理単板および圧縮処理単板、木材保護塗料を減圧注入した防腐薬剤処理単板の断面を光学顕微鏡で撮影した画像を第5～7図に示す。図中の黒い細胞（黒点部）が顔料である。

画像からスリット鋼材により圧縮した単板で、疎らながら顔料が深くまで浸透していることが確認できる。また、金網で圧縮した単板には圧縮破壊の痕が確認できるが、スリット鋼材で圧縮した単板には圧縮した形跡がほとんど確認できない。このことは前項の考察に記した水性の木材保護塗料により圧縮部が回復したことの裏づけと考えられる。金網による微破壊圧縮では圧縮部への顔料の浸透には影響がほとんど無かった反面、圧縮部の周辺で深くまで顔料が筋状に浸透している形跡がいくつか確認された。これは圧縮の際に周辺へ引張り応力が働き、細胞に何らかの微細なクラックが生じ、そこから顔料が深くまで浸透した可能性が考えられる。本研究の目的が満遍なく顔料を深くまで浸透させることであるため、所々で筋状に浸透しても目的は達成できないが、スリット鋼材による非破壊圧縮では疎らではありながら深くまで浸透していたことから、今後さまざまな圧縮条件を検討することで目的を達成するための最適な条件が見つかる可能性が唆された。

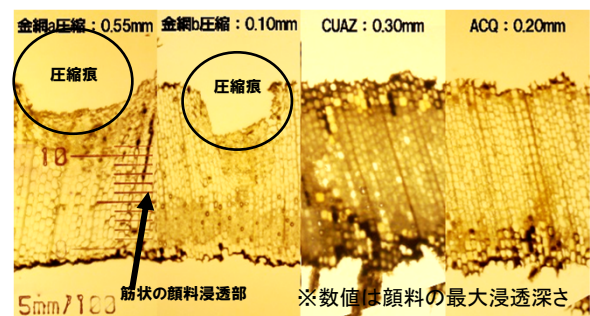
防腐薬剤処理単板については、無処理単板と比べ



第5図 塗料含浸単板の光学顕微鏡画像(水性)



第6図 塗料含浸単板の光学顕微鏡画像(油性B)



第7図 塗料含浸単板の光学顕微鏡画像(油性D)

ると顔料の浸透量には増加傾向が画像から確認されたが、期待していた深さ方向への浸透に対する効果はほとんど認められなかった（第5～7図）。顔料の浸透量が増加した原因としては、防腐薬剤の減圧注入時に細胞に何らかの損傷を受け、そこから顔料が浸透しやすかったのではないかと考えられる。なお、木材保護塗料の種類による差はほとんど認められなかった。

### 3.4 耐摩耗性試験による顔料浸透の比較

無処理および防腐薬剤処理済みの水性塗料、油性塗料B、油性塗料Dを塗布、浸せきおよび減圧注入した単板について、摩耗試験による回転数ごとの摩耗深さを第4表に示す。また、摩耗深さ0.1, 0.2, 0.3mmにおける試験体の外観を第8図に示す。

塗料の種類に応じて摩耗に対する抵抗力に違いが生じた。塗料の含浸方法に関わらず、水性塗料が特に摩耗の影響を受けていた。反対に油性塗料Bは500回転しても摩耗深さが最大でも0.3mm程度と摩耗に対する抵抗力が高いことが明らかとなった。これらは木材保護塗料の含浸量にも影響を受けていると考えられるが、木材保護塗料中に含まれる樹脂等の硬化強度にも関係があると考えられる。

また、第8図より、油性塗料Bおよび油性塗料Dが

比較的内部まで浸透していることが確認できた。水性塗料については、スリット鋼材による非破壊圧縮処理を行った場合は色は薄めではあるが、内部まで満遍なく浸透していることが確認できた。

### 3.5 促進耐候性試験による顔料浸透効果の確認

木材保護塗料を浸せきした各試験体のウェザーメーター500時間後と1000時間後の0時間との色差と、1000時間後の撥水率を第5表に示す。

水性塗料では、塗布では色差が小さく比較的良い結果が得られたが、浸せきや減圧注入による含浸では500時間後の段階で既に「色が著しく異なる」とされる色差3.0以上に達しているものが多かった。

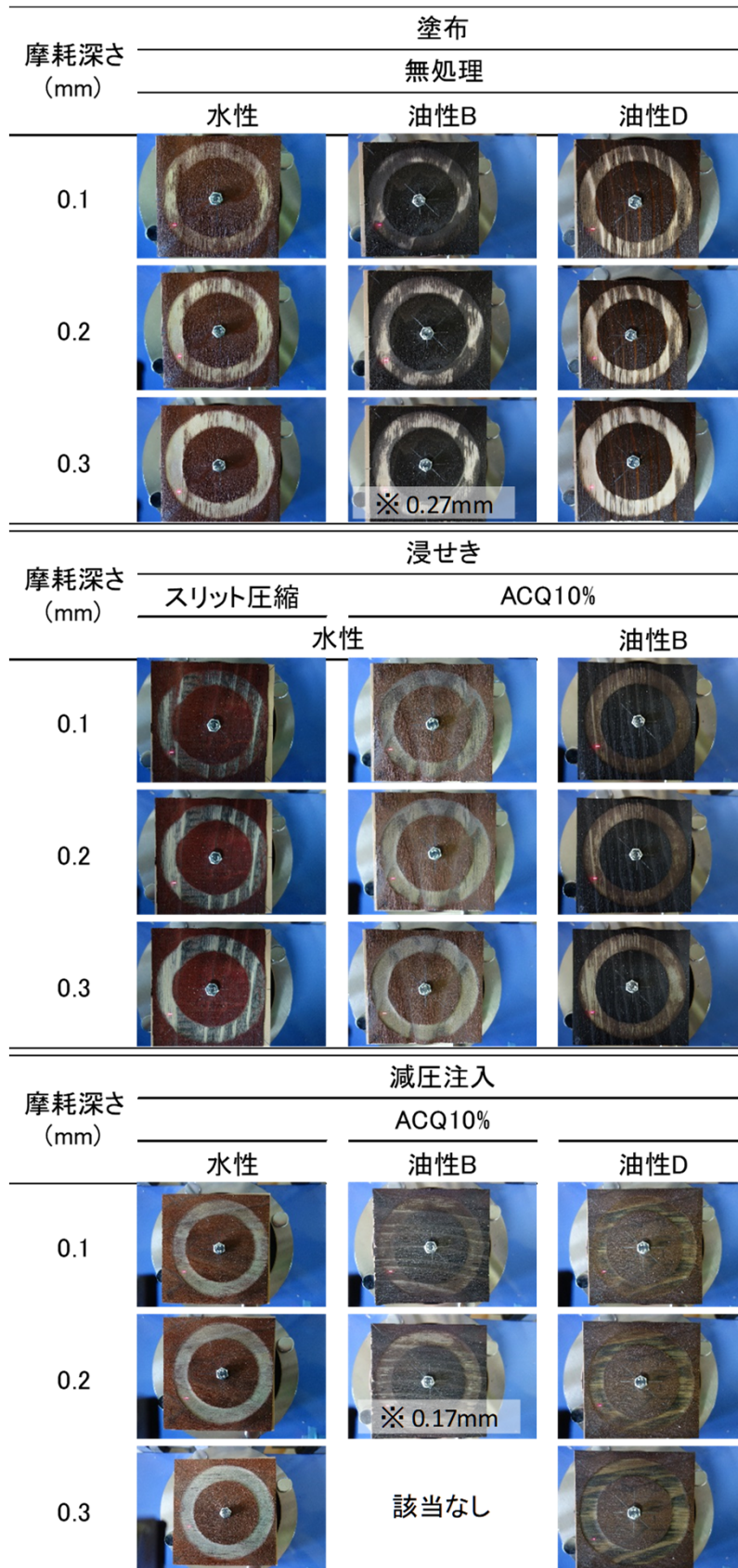
油性塗料Bでは無処理単板では1000時間後でも色差が1.1～2.7程度に留まっていたのに対して、圧縮処理および防腐薬剤処理を行ったものでは、大半が色差3.0以上であった。

油性塗料Dについては、塗布では1000時間後に色差が全て3.0以上となったが、浸せきでは色差が2.0以下と変色への高い抵抗性を示していた。減圧注入では防腐薬剤処理した試験体で色差が大きい傾向を示していた。

しかしながら、いずれの試験体でも撥水率は高く、色だけでは耐候性は判断できないことが示唆された。

第4表 回転数毎の摩耗深さ(mm)

回転数	摩耗深さ(mm)								
	塗布			浸せき			減圧注入		
	無処理			スリット圧縮	ACQ10%		ACQ10%		
	水性	油性B	油性D	水性	油性B	水性	油性B	油性D	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.10	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.03	0.05	0.05
100	0.19	0.07	0.09	0.10	0.13	0.13	0.08	0.09	0.14
150	0.29	0.11	0.22	0.11	0.20	0.16	0.14	0.10	0.21
200	0.40	0.12	0.18	0.17	0.25	0.20	0.18	0.11	0.24
250	0.47	0.16	0.21	0.18	0.30	0.24	0.22	0.12	0.33
300	0.54	0.18	0.26	0.23	0.33	0.28	0.24	0.13	0.39
350	0.57	0.19	0.30	0.26	0.41	0.28	0.27	0.14	0.43
400	0.62	0.21	0.38	0.27	0.44	0.32	0.31	0.14	0.49
450	0.66	0.23	0.40	0.29	0.48	0.34	0.34	0.16	0.53
500	0.71	0.27	0.44	0.32	0.50	0.35	0.37	0.17	0.56



第8図 摩耗深さごとの試験体の外観

第5表 促進耐候性試験後の色差および撥水率

含浸方法	前処理	塗料	色差 ( $\Delta E^*ab$ )		撥水率 (%)	
			500時間	1000時間		
塗布	無	水性	0.9	1.4	98.7	
		油性B	2.9	1.7	98.3	
		油性D	1.0	5.0	99.3	
	CUAZ	水性	1.1	1.4	98.4	
		油性B	4.1	3.0	98.2	
		油性D	4.6	4.6	98.8	
	ACQ	水性	2.0	1.8	99.1	
		油性B	1.5	0.8	98.4	
		油性D	2.9	3.4	98.7	
浸せき	無	水性	4.1	1.8	93.6	
		油性B	1.8	1.1	94.6	
		油性D	1.8	1.3	98.2	
	金網 <sup>a</sup> 圧縮	水性	4.1	1.8	93.6	
		油性B	3.0	4.0	97.8	
		油性D	2.0	1.5	99.7	
	CUAZ	水性	3.9	3.8	96.8	
		油性B	2.6	2.7	98.3	
		油性D	-	-	-	
	ACQ	水性	4.4	3.4	96.5	
		油性B	4.6	4.8	99.1	
		油性D	-	-	-	
	減圧注入	無	水性	2.8	4.8	96.1
			油性B	3.0	2.7	99.2
			油性D	2.7	2.4	98.5
CUAZ		水性	3.1	3.1	97.5	
		油性B	3.1	4.6	99.2	
		油性D	2.6	3.5	98.3	
ACQ		水性	1.1	2.8	95.2	
		油性B	3.6	3.5	99.5	
		油性D	2.3	4.1	96.6	

ただし、試験体の個体差や測定点の誤差などに起因している可能性があり、今後再試験を実施して確認する必要がある。

#### 4. まとめ

本研究は、木材保護塗料に含まれる顔料を単板全体へ浸透させることで、経年変化による色の変化や耐候性の低下に対する高い効果を有する単板の開発を目的として実施した。そのために顔料を深くまで浸透させる手法の検討およびその効果の検証を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・油性塗料は、含浸後の乾燥重量から塗料の浸透量が比較的多い傾向を示したが、顕微鏡による断面写真からは塗料の種類ごとの顔料の浸透深さに顕著な差は確認できなかった。
- ・スリット鋼材を用いた非破壊圧縮処理をした単板への水性塗料の顔料の浸透性が改善された。
- ・防腐処理薬剤で前処理した単板は顔料の浸透量が増加する可能性が示唆されたが、深さ方向への浸透性改善の効果は確認できなかった。
- ・促進耐候性試験の結果から、水性塗料は塗布が、油性塗料では無処理単板への浸せきが、高い耐候性を示していた。
- ・色差が大きい試験体でも撥水率が高いものが見られ、顔料の浸透よりも木材保護塗料に含まれる樹脂等の他の成分が耐候性に大きく寄与している可能性が示された。

#### 5. 参考文献

- 1) 片岡 厚, 石川敦子, 小林正彦, 松永正弘, 松永浩史, 木口 実: 木材保存, Vol.41-2, 62-70 (2015)

—性能部 構造・環境グループ—  
(原稿受理: 16.10.31)