

景観に配慮した高性能外構部材の開発

Development of high quality exterior materials which considered environment

—— 防腐処理材の着色方法と性能評価 ——

An efficiency evaluate for coloring of preservative treatment on wood

小黒正次・町田初男

県内で最も多く使用されている２種類の加圧用防腐薬剤をベースに、木製外構部材の耐久性向上と低コスト化、及び美観を長期間保持するため、防腐処理後の再乾燥を省略して水系木材保護塗料を塗布する方法を提案した。さらに塗装工程を省略する試みとして、防腐薬剤に顔料又は水系木材保護塗料用顔料を混合して含浸する方法を検討した。主な結果は次のとおり。

- 1 CuAz 2 処理材の表面処理は、これまで含浸処理後の再乾燥が必要とされていたが、未乾燥材にも塗布できる水系木材保護塗料が判明した。
- 2 防腐薬剤に超微粒子顔料を混合すると、薬液の注入量は 18 ～ 30 % 減少するが、材の内部まで均一に着色しており、防腐薬剤は 80 % 以上浸潤している。
- 3 表面劣化の著しい AAC-1 に黄色の超微粒子顔料を混合することで、ウエザリング 1,000 時間後の劣化の深さは減少するうえ、表面を研削することで設置当初の美観を再現することが可能である。
- 4 防腐薬剤に水系木材保護塗料用の有機顔料を混合すると、内部全体には着色されないものの、防腐薬剤は 80 % 浸潤していることから、防腐処理後の塗装工程を省略できる可能性が示唆された。

キーワード：外構材、景観、顔料、スギ材、アカマツ材

I はじめに

北関東自動車道に設置されている木製遮音壁をはじめ、県内の木製道路施設は、防腐薬剤を加圧注入したスギ材が主流となっている。設置当初は自然な木の風合いで親しみやすいものの、時間の経過と共に表面が劣化し、好ましいとは言い難い状態になる。

さらに、遮音壁をはじめ木製の柵は、最上部や水平部材の劣化が著しく、適正な注入処理と維持管理が重要である。そこで、木柵やガードレールなど丸棒加工材を、防腐処理直後に表面処理することで工程の省力化を行い製品の耐久性を評価するとともに、防腐薬剤に顔料又は木材保護塗料を混合し、防腐と着色を同時に処理した部材の性能を検討した。

II 方 法

- 1 スギ材の防腐処理

屋外暴露用として、 $\phi 90 \times L 1,000$ mmの丸棒加工材80本を乾燥材と未乾燥材に分け、さらに背割り材と無背割り材に分けて、AAC-1とCuAz2を吾妻森林組合に依頼して加圧注入した(表-1)。得られた防腐処理材は、本県の防腐処理材の品質管理基準に準じて抜き取り、中央を切断して防腐薬剤の浸潤度と、全乾法による含水率を測定した。

また、促進耐候性試験用として $t 12 \times w 65 \times L 150$ mmのスギ辺材に性能区分K4を目標にAAC-1とCuAz2を加圧注入した。

2 防腐処理材の表面処理

1の材料について、未乾燥材は直ちに3種類の茶色の水系塗料をハケにより着色し(1本は無塗装)、付着量を各2本ずつ測定した。一方、乾燥材は積積し、含水率20%以下に乾燥させてから同様に着色した。

丸棒材は、林業試験場の屋上で水平に暴露し、板材は28枚を丸棒材と同様に着色し、 $20^{\circ}\text{C}65\%\text{RH}$ で7日間養生して(株)スガ試験機製ウエザーメータWEL-75XS-LHP-BECにより、キセノンアークによる耐候性試験(ウエザリング)2,000時間における色差を、ミノルタ(株)製C-580dにより、 L^* 、 a^* 、 b^* 、 ΔE^*_{ab} を測定した。なお、水系塗料は、2種類(AQ、ER)を防腐・防蟻剤を含む木材保護塗料とし、残りの1種類(AS)は外部用ペイントを使用した。また、背割りの効果を検証するため、24ヵ月経過後、次式により表面割れ面積を求めた²⁾。

$$\text{表面割れ面積 (cm}^2\text{)} = \text{最大幅 (mm)} \times \text{長さ (cm)} \times 1/2 \times 1/10$$

表-1 スギ丸棒材の割り付け (単位:本)

乾燥の有無	背割りの有無	防腐薬剤	塗料
乾燥材 (40)	無背割り (20)	AAC-1 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
		CuAz2 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
	背割り (20)	AAC-1 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
		CuAz2 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
未乾燥材 (40)	無背割り (20)	AAC-1 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
		CuAz2 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
	背割り (20)	AAC-1 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)
		CuAz2 (10)	AQ、ER、AS (各3) 無塗装 (1)

3 防腐薬剤と顔料混合液の注入性

注入性の予備試験として、防腐薬剤(AAC-1, CuAz2)に家具の表面処理剤であるポアステイン(顔料)を重量比10%、20%、超微粒子顔料(顔料分散体、エマコール)を重量比10%混合し、含水率12%のスギ辺材 $t 12 \times w 65 \times L 150$ mm各2枚に、ベセル法で含浸して注入性を調べた。

なお、参考にCuAz2の着色用染料であるカヤステイン5%の注入性も調べた。また、表面の状態を目視で観察するとともに中央を切断して、着色不可、部分的着色及び内部まで均一に着色の3段階で評価した。これらの注入量と内部の着色状態から、注入性を検討した。

4 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液処理材の性能

(1) 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液処理材の耐候性

含水率12%のスギとアカマツ辺材 $t 12 \times w 65 \times L 150$ mm各2枚に、AAC-1、CuAz2にエマコールR(赤)とY(黄)10%を混合し、ベセル法で含浸した後再乾燥して1,000時間ウエザリングを

行った。なお、内部の着色と防腐薬剤の浸潤状態を把握するため、幅 30mm に鋸断して薬剤の呈色反応から浸潤度を計測した。

(2) 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液処理材の再現性

表面の再現性を評価するためウエザリング 1,000 時間後、劣化した Y の表面をウエザリング前の色が再現されるまで # 80 のサンドペーパーで研削し、サンディング前の厚さと再現された厚さの差をデジタルノギスで測定した。なお、スギは表面の劣化が深部に及んでいるため、鉋で切削した。

また、景観計画における色彩の景観計画基準³⁾ に準じてウエザリング前後における明度と彩度の変化をマンセル色票により評価した。

(3) 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液処理材の耐朽性

AAC-1 と CuAz 2 に超微粒子顔料 R、Y の 10% 混合液で含浸処理したスギ板目辺材 (t 12 × w 30 × L 150mm) を、27°C 90%RH の環境下でファンガスセラー試験 (強制腐朽槽試験) を行った⁴⁾。試験体は各 2 体で、長さの中央まで埋設し 12ヶ月後に土や汚れを水洗し、20°C 65%RH で恒量になるまで養生し、次式により質量減少率を求めた。

$$\text{質量減少率 (\%)} = (\text{試験前の質量 (g)} - \text{試験後の質量 (g)}) / \text{試験前の質量 (g)} \times 100$$

また、腐朽の状態は雨宮¹⁾ の 6 段階評価法に準拠して、目視被害度を求めた (表-2)。

表-2 被害度の評価

被害度	状態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽
2	全面的に軽度の虫害または腐朽
3	2の状態のうえ部分的に激しい虫害又は腐朽
4	全面的に激しい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形が崩れる

5 防腐薬剤と水系木材保護塗料混合液処理材の性能

超微粒子顔料よりも粒径は大きいのが、安価な水系木材保護塗料 (以下、G L L X) をベースに、顔料の種類と添加量及び色彩を変えた 16 種類の塗料を、AAC-1 よりも安価な CuAz 2 に 10% 添加した。これを比重 0.38 ~ 0.42、含水率 10% のスギ板目辺材 (t 12 × w 65 × L 150mm) 各 2 体に、ベセル法で含浸した。なお、含浸操作は、市販品の顔料濃度を 1 として、顔料の添加量 (1 ~ 4 倍) ごとに 4 回に分けて行った。また、AAC-1 に顔料 4 倍の塗料を 10% 添加し、スギよりも密度の高いアカマツ材に含浸した。評価は、幅 30mm に鋸断し、内部の着色具合を目視で観察すると共に、CuAz 2 の呈色反応から浸潤度を計測した。

III 結果及び考察

1 スギ材の防腐処理

防腐処理丸棒材の浸潤度を表-3 に示す。スギ丸棒材に要求される浸潤度判定基準は、辺材の 80% 以上、及び表面から 10 mm 以内に存在する心材の 80% 以上であることから、AAC-1、CuAz 2 ともに基準を満たしており、日本木材防腐工業組合の屋外製品部材の基準を満たしていた。

2 防腐処理材の表面処理

ハケ塗りによる丸棒材の塗布量を表-4に示す。薬剤別の塗布量は、AAC-1よりもCuAz 2が多い傾向であり、塗料別の塗布量は背割りの有無に関係なくAQ、AS > ERであり、乾燥の有無による塗布量はそれぞれ118 g/m²と、ほとんど変化がなかった。しかし、丸太の塗布量は、塗料の種類よりも表面の粗さに左右され、切削加工当初の平滑な表面と刃先の摩耗によるむしれ状態(最大0.3 mm)では2倍以上の塗布量となるため、製造にあたっては切削加工距離と表面粗さの関係を管理する必要がある。

表-3 防腐処理丸棒材の浸潤度 (n=3)

		辺材浸潤度	心材浸潤度	判定
		%	%	
AAC-1	無背割	98	—	合格
	背割	100	86	合格
CuAz 2	無背割	99	100	合格
	背割	99	100	合格

表-4 ハケ塗りによる丸棒材の塗布量 (n=2, 単位 g/m²)

	乾燥材 (含水率 16%)						未乾燥材 (含水率 115%)					
	無背割			背割			無背割			背割		
	AQ	ER	AS	AQ	ER	AS	AQ	ER	AS	AQ	ER	AS
AAC-1	116	99	120	113	99	112	126	76	110	139	83	104
CuAz 2	131	115	156	112	123	118	127	118	136	151	130	121
平均	117.8						118.4					

次に、防腐処理材(丸棒、板材)の着色について、AAC-1にAQはハジキを生じたため除外したが、その他の組み合わせは良好であった。また、ウエザリング2,000時間後の塗膜の付着状態から、乾燥の有無による塗膜の影響はないものと考えられる。乾燥材、未乾燥材のウエザリング時間と色差の関係を図-1に示す。

無色のAAC-1に浸透性の高いERを塗布しても退色を防止できないが、AAC-1とAS及びCuAz 2にAQ、ASの組み合わせは、高い効果が認められた。しかし、24ヵ月後の屋外暴露試験の結果、ASに剥離が認められたことから、AQが適当であると考えられる。

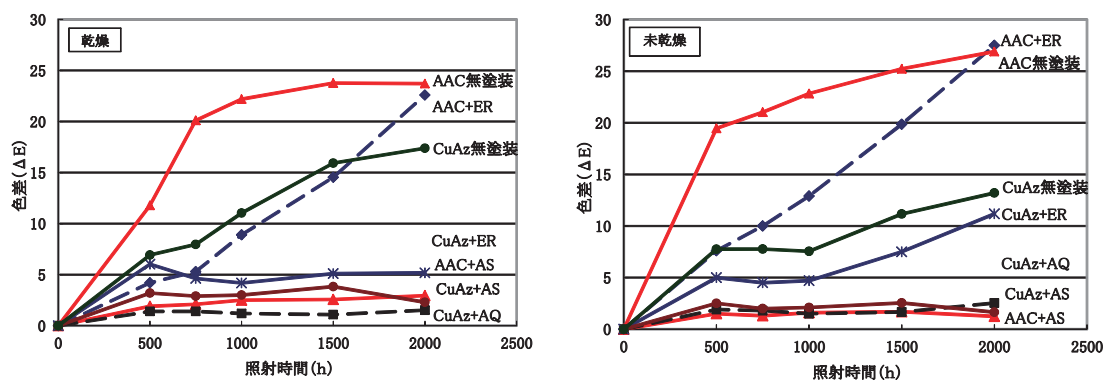


図-1 乾燥材、未乾燥材のウエザリング時間と色差

次に、屋外暴露後の表面割れ面積を表－５に示す。背割り材の、背割り部分の他に発生する割れ面積は、平均0.78cm²であり、無背割り材の1/10以下であった。したがって、背割りの効果は認められる。

表－５ 屋外暴露後の割れ面積 (n = 20, 単位 : cm²)

着色方法	背割り材	無背割り材
塗布	0.9	12.1

3 防腐薬剤と顔料混合液の注入性

注入性の結果を表－６に示す。防腐薬剤にポアステインを 10 %混合すると、注入量は水溶液の 525kg/m³ から 230kg/m³ へと半減し、ポアステインの濃度を 20 %に高めると注入量はさらに 75kg/m³ まで減少した。これは、顔料の粒子が仮道管の内腔 (約 30 μm) よりも大きいためと考えられる。なお、CuAz 2用の染料であるカヤステインは、注入量も良好であり、内部まで着色されていた。

一方、超微粒子顔料はポアステイン同様水溶液よりも半減したが、粒径が 65 ~ 108 nmと、内腔よりも小さいため、内部まで着色できたものと考えられる。そこで、この顔料について含浸条件を変えて検討した。

表－６ 顔料混合液の注入性

顔料混合液	注入量(kg / m ³)	内部の着色
カヤステイン 5 % CuAz 2	510	○
ポアステイン 10 %水溶液	525	×
ポアステイン 10 % AAC-1	230	×
ポアステイン 20 % AAC-1	75	×
ポアステイン 10 % CuAz 2	235	×
ポアステイン 20 % CuAz 2	115	×
超微粒子顔料 10 %水溶液	660	○
超微粒子顔料 10 % AAC-1	260	○
超微粒子顔料 10 % CuAz 2	340	○

× : 着色不可 △ : 部分的着色 ○ : 内部まで均一に着色

4 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液処理材の性能

(1) 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液処理材の耐候性

混合液処理の結果を表－７に示す。防腐薬剤に超微粒子顔料を混合することで、スギ材の注入量は AAC-1 が 18 (Y)、22 (R) %、CuAz 2 が 23 (Y)、30 (R) %減少した。また、スギとアカマツの注入量は防腐薬剤、薬剤混合共に同様であった。注入量は減少したものの、防腐薬剤は 80 %以上浸潤しており、内部まで着色している。耐候性試験 1,000 時間後の色差は、スギ、アカマツ共に AAC-1 が ΔE = 23 (R)、40 (Y) と著しく退色したが、CuAz 2 は 9 (R)、12 (Y) と安定している。

(2) 防腐薬剤と超微粒子顔料の混合液処理材の再現性

ウエザリング1,000時間後の研削深さを表－８に示す。スギとアカマツを比較すると、無処理スギ材が 0.82 mm、AAC-1 が0.95mm、CuAz 2 が0.29mmに対して、アカマツ材はそれぞれ0.52mm、

0.27mm及び0.09mmであり、すべての処理材でスギの劣化が深部に及んでいる。

薬剤別では、CuAz 2 処理材の方がAAC-1 よりも劣化が浅い。劣化の著しいAAC-1 に超微粒子顔料を混合することで研削深さが減少することから、長期に渡る耐久性と美観保持が示唆される。

表-7 防腐薬剤と超微粒子顔料混合液の注入性

薬剤	顔料	スギ			アカマツ		
		注入量 (kg/m ³)	内部着色	薬剤浸潤	注入量 (kg/m ³)	内部着色	薬剤浸潤
AAC-1	—	695	—	○	718	—	○
	Y	570	○	○	514	○	○
	R	545	○	○	538	○	○
CuAz 2	—	759	—	○	753	○	○
	Y	584	○	○	566	○	○
	R	533	○	○	569	○	○

×：着色不可 △：部分的着色 ○：内部まで均一に着色

表-8 研削深さ (単位：mm n=3)

樹種	無処理	AAC-1	AAC-1 + Y	CuAz2	CuAz2 + Y
スギ	0.82	0.95	0.69	0.29	0.26
アカマツ	0.52	0.27	0.09	0.09	0.12

一方、ウェザリング1,000時間後の色相2.5Y(黄)における明度と彩度の変化を図-3に示す。試験機内ではスギ、アカマツともに無処理材とAAC-1 処理材は銀白色に変化するが、屋外ではカビや排気ガスが付着して黒褐色に変化するため、短期間で美観を損なう結果になるものと考えられる。

スギCuAz 2 処理材は2.5 Y 6/4(色相、明度/彩度)から2.5 Y 9/2に、アカマツCuAz 2 も同様に2.5 Y 6/6から8/2に変化した。また、黄色の顔料を混合したAAC-1、CuAz 2 のスギ、アカマツすべてが同じ色相で、明度が高く彩度が低くなることが判明した。

(3) 防腐薬剤と超微粒子顔料の混合液処理材の耐朽性

フアンガスセラー試験 12 ヶ月後の目視被害度と質量減少率を表-9に、劣化の様子を図-4に示す。質量減少率は、無処理スギ材がY、Rの水溶液を含めて35%~40%に対して、防腐薬剤と超微粒子顔料の混合液処理材は0.3~1.3%であり、劣化の目安となる3%を下回っている。

しかし、AAC-1、CuAz 2 単独よりも顔料を混合した試験片の質量減少率が高い値を示すことから、土壌中の腐朽性能は、さらに検討する必要があるものと思われる。

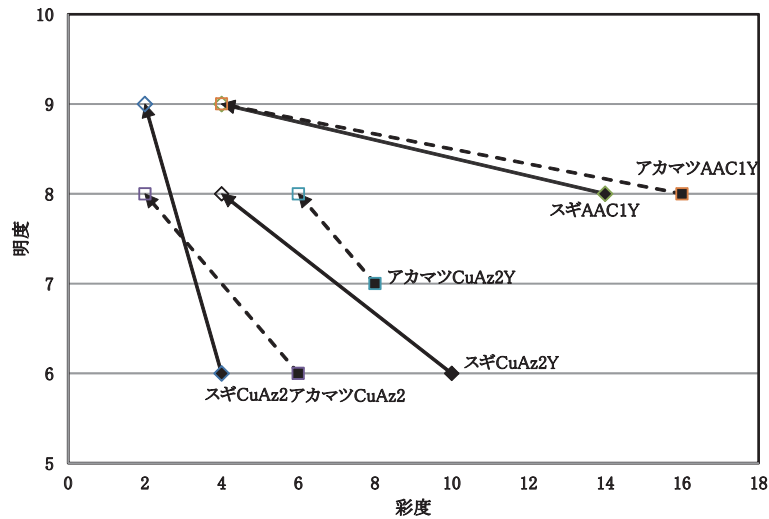


図-3 ウェザリング後の明度、彩度の変化

表-9 12ヵ月後の質量減少率

薬 剤	顔 料	目視被害度	質量減少率 (%)
AAC-1	—	0	0.31
	Y	0	1.01
	R	0	1.05
CuAz 2	—	0	0.33
	Y	0	0.60
	R	0	1.25
無処理	—	5	34.8
	Y	5	39.8
	R	5	35.0

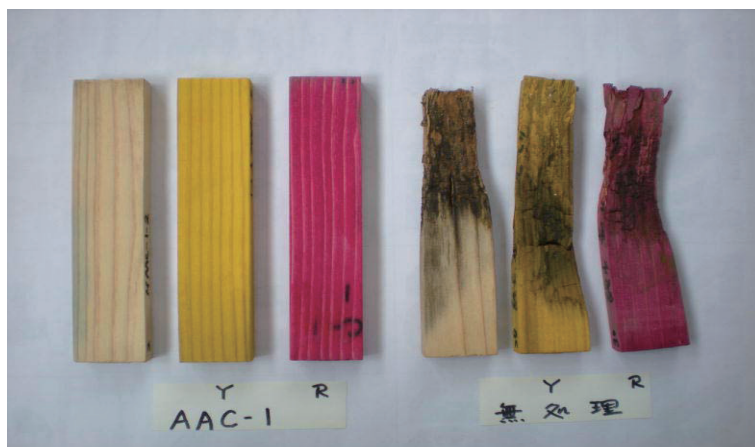


図-4 ファンガスセラー 12ヵ月

5 防腐薬剤と水系木材保護塗料混合液処理材の性能

顔料の種類と添加量の結果を表-10、図-5に示す。顔料の添加量が、1～4倍と増えるに従い表

面は濃く着色されるが、CuAz 2 の薬液が青色を呈しているため、混合すると彩度が低くくすんだ色になる。内部の着色状態は、顔料の粒子が大きいいためか全体に着色されてはいないものの、有機顔料系は部分的に着色されており、中でもハニーメープル（図中 2）は薬剤の浸潤度も 70 ~ 100 % と高かった。一方、無機系は沈殿する傾向があり、含浸後の表面にこびりついてウエスで拭き取る必要があるうえ、内部への着色はされず浸潤度も低かった。

表-10 CuAz 2 と G L L X の混合 (供試体：スギ)

NO.	色	顔料の添 加量 (倍)	顔料の 種 類	注入量 (kg/cm ³)	内部の 着 色	浸潤度 (%)
001		1		655	×	50
002	マーロン	2	有 機	561	×	30
003		3		659	△	90
004		4		575	△	90
005		1		611	×	70
006	ハニー メープル	2	有 機	521	△	95
007		3		537	△	100
008		4		554	×	70
009		1		696	×	90
010	ブラウン	2	無 機	634	×	95
011		3		449	×	40
012		4		362	×	80
013		1		567	×	50
014	メープル	2	無 機	602	×	70
015		3		550	×	30
016		4		443	×	30
CuAz 2 溶液		—		—	806	—

×：着色不可 △：部分的着色 ○：内部まで均一に着色

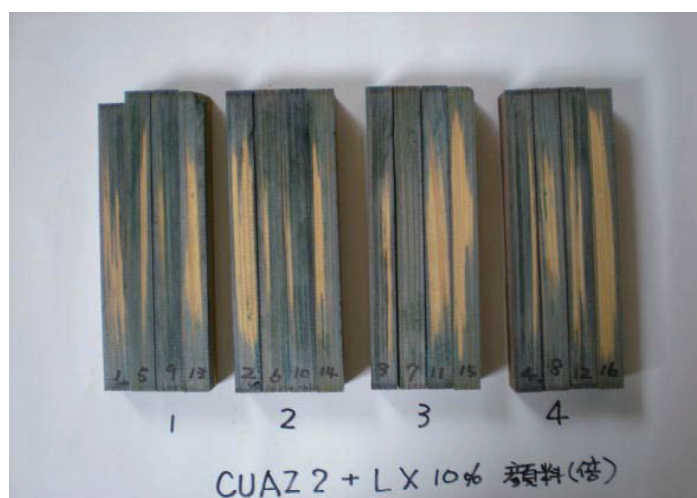


図-5 CuAz 2 と G L L X の混合

また、AAC-1に4倍の顔料を混合しアカマツ材に含浸したところ、有機顔料のハニーメープルは内部まで着色されており（NO.8）、AAC-1の浸潤度は100%であった（表-11、図-6）。このことから、表面への着色には十分使用できるうえ、含浸条件を変えることで安定して内部への着色も可能と考える。

表-11 AAC-1とGLLXの混合（供試体：アカマツ）

NO.	色相	顔料の添加量(倍)	顔料の種類	注入量(kg/m ³)	内部の着色	浸潤度(%)
004	マーロン	4	有機	702	○	80
008	ハニーメープル	4	有機	693	○	100
012	ブラウン	4	無機	734	○	100
016	メープル	4	無機	607	○	70

×：着色不可 △：部分的着色 ○：内部まで均一に着色

以上の結果から、AAC-1に比べて安価なCuAz2とGLLXを混合し、スギに含浸することで、塗装工程が省略できるため、木製ガードレールや木造公共建築物のはめ殺し窓等、外構部材への利用が可能と考える。今後、耐候性試験等で性能を評価したい。また、AAC-1とGLLX系を混合しアカマツ材に含浸することで、発色が鮮明のうえ、スギよりも堅いことから仕口加工がより有効となり（図-7）、付加価値の高い木製サッシ等、開口部材への利用が考えられる。

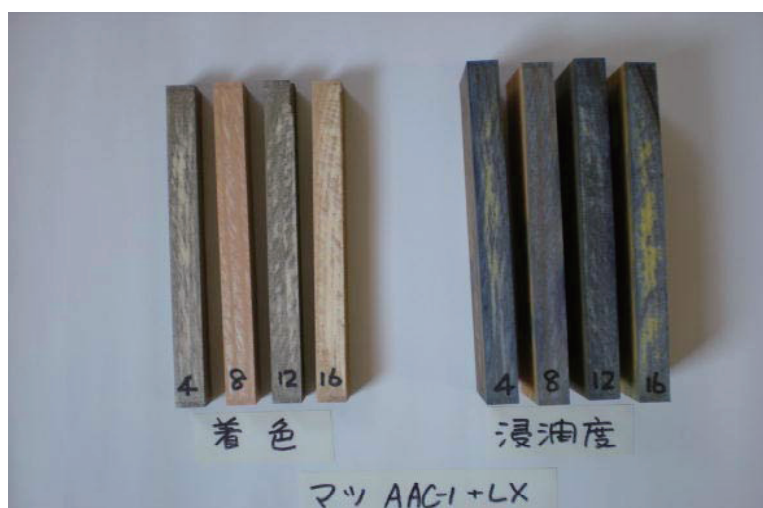


図-6 AAC-1と水系木材保護塗料の混合



図－7 アカマツ処理材の仕口加工

IV おわりに

県内で最も多く使用されている2種類の加圧用防腐薬剤をベースに、耐久性の向上と低コスト化、及び美観を長期間保持することを目標に、防腐処理後の再乾燥を省略して水系木材保護塗料を塗布する方法を提案した。さらに塗装工程を省略する試みとして、防腐薬剤に水系木材保護塗料を混合して含浸する方法を検討した。後者の場合は、混合液専用の真空加圧含浸装置かコンテナが必要となるが、塗装工程を省略できる可能性はあるものと考えられる。

2010年10月に公共建築物等木材利用促進法が施行され、森林・林業再生プランでは木材自給率50%を目標に掲げるなど、県産材の利用が増加するであろう。しかし、木材を外構部材として使用するためには、メンテナンスが重要である。劣化した表面の研削には、大量に発生するホタテの貝殻をプラスチック材に使用したソフトシェルブラスト工法や、植物材料を研磨剤に使用したグリーンブラスト処理が提案されている。両者ともに使用済みの研磨剤はそのまま放置が可能とのことで、木製ガードレールや公共木造建築物の外装のメンテナンスに使用できるものと思われるので、新技術を視野に入れたトータルな利用が望まれる。

謝 辞

本研究に当たり、染色の基本を指導いただいた群馬県繊維工業試験場の山田徹郎独立研究員、超微粒子顔料を提供していただいた山陽色素(株)の青木善彦氏、水系木材保護塗料GLを提供していただいた和信化学工業(株)の小野田了氏ならびに西川裕之氏に深く感謝します。

引用文献

- 1) 雨宮昭二：浅川実験林苗畑の杭試験（1）杭の被害程度を評価する方法：林業試験場研究報告150, 143-156, (1963)
- 2) 工藤康夫、小黒正次、町田初男、後藤義臣：乾燥材生産現場における効率的乾燥の実証試験：群馬県林業試験場研究報告第13号, 26, (2008)
- 3) 高崎市都市計画課：高崎市景観色彩ガイドライン, 10, (2010)
- 4) 谷川充：高耐久性樹種のファンガスセラー試験による耐朽性評価：木材保存32, (2)55, (2006)