

# 〔報告〕 含浸強化処置に用いる漆・有機溶媒の選択が作業性と塗膜の表面状態に与える影響

倉島 玲央・玉川 みほの・早川 典子

## 1. はじめに

漆芸品の修復では、クリーニング処置の後に漆塗膜の強化処置が施される。漆塗膜に液状の接着成分を浸透、乾燥させることで強化する処置であり、海外では合成樹脂を使用する修復が現在でも多く見られる。一方で漆芸が根差した文化圏、特に東アジア圏では、漆の扱いを熟知した職人が制作の傍らで漆芸品修復の依頼をこなしてきた時代的背景があり、強化処置には漆の使用が一般的である。漆は一度硬化するとあらゆる有機溶媒（以降、溶媒と略す）に不溶であり可逆性のない接着剤ではあるが、同質材料である漆塗膜になじみやすく十分な強度を有すること、修復材料としてどのように劣化していくのか熟知されているため、漆芸修復現場での基本的な接着剤である<sup>1)</sup>。

漆塗膜の強化をする際には、溶媒で希釈した生漆や麦漆（生漆に小麦粉を加え接着強度を上げた漆）を漆塗膜に含浸させる「摺り漆」を何度か繰り返す。「摺り漆」では塗膜に光沢が生じやすいため、光沢を抑えたい場合には余分な漆を徹底的に除去するために「摺り漆」工程の後に溶媒拭取りも行なう<sup>2)</sup>。この一連の工程を「漆固め」とよぶ。摺り込み時の作業性や浸透性の向上を目的として、漆の希釈には溶媒を使用しており、使用する溶媒は、ベンジン類であるリグロインや、ホワイトガソリン等が漆芸制作や修復現場で広く用いられてきたが、特にリグロインは人体に有害な芳香族炭化水素であるキシレンやトルエンを含有していることから、教育現場などでは使用が避けられる傾向がある。近年では、松脂の水蒸気蒸留で得られる精油、テレピン油（別名：ターペンタイン）や、リグロインの代替品として開発、販売されるようになったオールクリーンJ等を使用する工房が増えている<sup>3)</sup>。

これらの溶媒はいずれも常温常圧で揮発性を有するが、溶解性や揮発速度が異なるため、その差異が含浸強化後の塗膜の外観や強度にも反映される可能性が考えられる。溶媒ごとに期待できる結果が異なれば、状況に応じて修復時に使用する溶媒を変更するなど、修復の選択肢を増やすことができるが、溶媒ごとの特徴をまとめた先行研究の事例はほとんどない。

そこで本研究では、溶媒ごとに強化後の塗膜の状態に差が生じるのか検証を行なった。リグロイン、テレピン油、オールクリーンJを溶媒として、生漆や麦漆を用いた「摺り漆」、「漆固め」を行なった漆塗膜の観察や物性の比較を通して、摺り漆、漆固めの意義について論考した。

## 2. 試料と作製条件

### 2-1. 材料

摺り漆、漆固めに使用する漆として、生漆と麦漆を用意した。生漆は2022年に藤井漆工株式会社から購入したものを使用した。また、5:3の質量比で水練りした小麦粉に対して先述の生漆を1:1の質量比で混ぜたものを麦漆として使用した。希釈溶媒にはオールクリーンJ（以降、溶媒A）、リグロイン（以降、溶媒L）、テレピン油（以降、溶媒T）を使用した。販売元および対応する安全データシート（SDS）から含有成分や沸点等をまとめて表1に示す。

表1 使用した溶媒の性状

名称	販売元 (販売名)	外観・匂い	成分および含有量	沸点又は初留点 及び沸騰範囲 (°C)
オールクリーンJ (以降、溶媒A)	株式会社松沢漆工房	無色透明液体 わずかな臭気	ナフテン系合成炭化水素 100wt% <i>n</i> -ノナン 6.9wt%  石油系炭化水素100wt% <sup>1)</sup> 、 <i>n</i> -ヘキサン3.0wt%、シクロヘキサン14wt%、メチルシクロヘキサン7-9wt%、 <i>n</i> -ヘプタン9.3wt%、3-メチルヘキサン2-4wt%、 <i>n</i> -オクタン3-5wt%、ヘプテン-3( <i>cis</i> , <i>trans</i> 異性体混合物) 3-5wt%	160-180
リグロイン (以降、溶媒L)	ENEOS株式会社 (試薬リグロイン特級)	無色透明液体 わずかな臭気	メチルシクロヘキサン7-9wt%、 <i>n</i> -ヘプタン9.3wt%、3-メチルヘキサン2-4wt%、 <i>n</i> -オクタン3-5wt%、ヘプテン-3( <i>cis</i> , <i>trans</i> 異性体混合物) 3-5wt%	90-130
テレピン油 (以降、溶媒T)	堤浅吉商店	無色透明液体 わずかな臭気	$\alpha$ -ピネン85%、他のテレピン類15%	150-170

1) 試験方法JIS K2536に則り、含有量がベンゼン0.1wt%未満、トルエン1wt%未満、キシレン1wt%未満の場合は、SDSの記載が免除される。

## 2-2. 試料

劣化試料、摺り漆試料、漆固め試料を以下の通り作製した。

### ・劣化試料

株式会社箕輪漆行で購入した黒漆手板にキセノン光照射することで、疑似的に経年劣化した漆塗膜試料を作製した。Q-SUN 社 Xenon Test Chamber Xe-3-S に光学フィルタ DAYLIGHT-Q を装着し、照射強度75 W/m<sup>2</sup>(300-400 nm)、ブラックパネル温度70°C、庫内温度約50°Cの条件で合計240時間照射することで、修復現場であれば含浸強化処置を選択する程度の劣化漆塗膜を得た。

### ・摺り漆試料

生漆あるいは麦漆1 g に対して溶媒0.5 mL の割合で混合させた混合液を先述の劣化塗膜試料に含浸した後、目視で付着しないことが確認できるまで不織布を用いて余分な漆を拭取った。23°C、60% r.h.の条件で3日程度静置することで漆を硬化させ、ここまでの処置を1回とし、2回目、3回目は各漆1 g に対して溶媒0.3 mL の希釈に変更し同様の操作を行なうことで試料を作製した。2回目以降の希釈率の変更は、1回目の処置で塗膜への漆液の浸透がある程度見込まれたため、漆液が塗膜表面に留まりやすいようにするためである。

### ・漆固め試料

摺り漆試料における漆の拭取り工程までは同一の操作とし、さらに希釈用溶媒を不織布に染込ませて拭取りを行う操作を追加することで試料を作製した。

作製した試料画像を図1に示す。また、試料作製時に観察された外観の変化や溶媒の揮発速度の差異についても記しておく。溶媒Lを用いた場合、揮発が速く、摺り込んでいる間に漆液の展延性が低下していき、均一に摺り込むのが困難であり、回数が増えるごとにムラが目立つようになった。一方で接触時間が短いため、輪染みは生じづらいように見え、最終仕上がりは黒色であった。溶媒Tを用いた場合、揮発が遅く、漆固めをした後も塗膜表面が5分以上濡れた状態になる。試料の作製開始から終了まで半年を要したが、終了時には溶媒T自体の粘度が上昇しているようであった。最終仕上がりは黒色であるが少し白っぽい。溶媒Aは揮発速度が溶媒Lと溶媒Tの中間程度であり、摺り漆の場合、最もムラなく均一に摺り込めた外

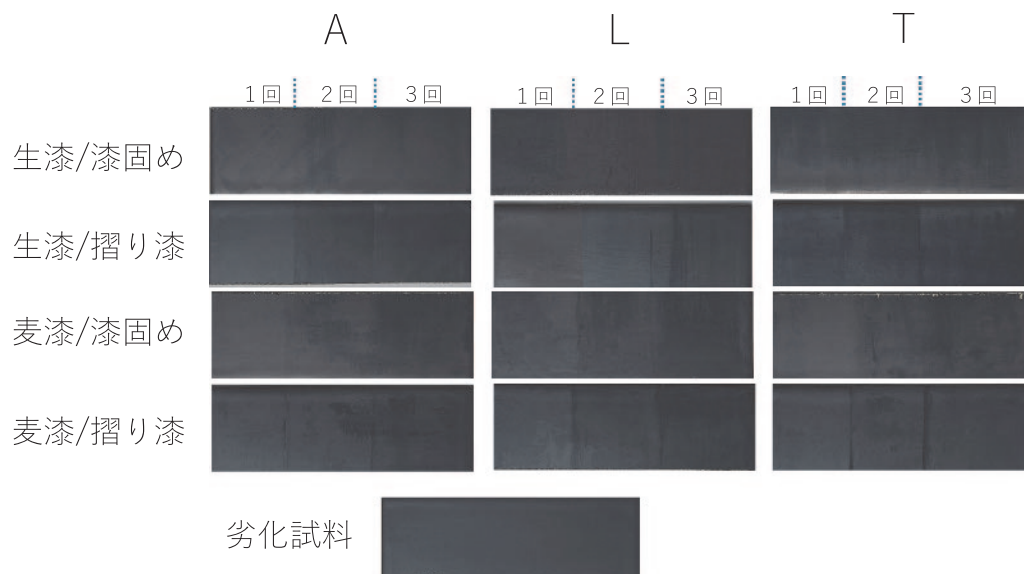


図1 作製した漆塗膜試料

観であった。最終仕上がりは溶媒Lに近く、黒色であるが少し茶色味を帯びている。

### 3. 分析方法

#### 3-1. 溶解性

バイアル瓶に入れた5 mL程度の各溶媒に対して、漆液をスパチュラー一杯分滴下、蓋をして振とうし、溶解性を目視で確認した。

#### 3-2. 乾燥性

ドラインタイムレコーダ (BEVS 1813、BEVS製) に生漆および溶媒希釈した生漆 (生漆 1 g に対して溶媒0.3 mL) を塗布したガラス板を静置し、針が漆液あるいは漆塗膜に触れるように調整した。15 cm/日の一定速度で針を2日間動かし、乾燥後の塗膜を観察することで、溶媒希釈した漆の乾燥性を調べた。

#### 3-3. 表面張力

溶媒、生漆、溶媒希釈した混合液について、Wilhelmy Plate 法による表面張力の測定を行った。表面張力計 (協和界面科学株式会社製、DY-700) に白金プレートを装着し、大気雰囲気下、連続測定回数10回、接液感度10 mN/m、積算時間5秒、安定判断標準偏差0.5 mN/mの条件とした。測定中の試料温度は恒温槽を使用することで $23.8 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ に保持した。解析には同社製のソフトウェア DYNALIZER (同社製) を使用した。

#### 3-4. 表面粗さ

三次元測定レーザー顕微鏡 (株式会社エビデント、LEXT OLS5100) に明視野用対物レンズ (50倍・開口数0.6:同社製、LEXT OLS5100) に装着し、サンプリング間隔/解像度0.2  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ 、垂直解像度10 nm、走査範囲は500  $\mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$  以上で測定を行った。解析には

同社製のソフトウェア OLS50-S-AA を使用し、評価領域は走査範囲と同範囲（必要に応じて異常値箇所を除いた）、フィルタリングには S フィルター（0.8  $\mu\text{m}$ ）、L フィルター（5  $\mu\text{m}$ 、ガウシアンフィルター）を用い、フィルター演算（F 演算）には「形状除去」設定を選択した。測定対象領域における平均面からの高低差を示す、算術平均高さ（Sa）を算出し、生漆の摺り漆・漆固め試料については3か所、麦漆の摺り漆試料については2か所の測定値の平均を表面粗さの指標とした。

### 3-5. 光沢度

グロスメータ（GM-1、スガ試験機製）を用いて、各試料表面の無作為に選んだ3か所の60°鏡面光沢を測定し、その平均値を光沢度とした。測定開始前には、光沢校正標準板を連続30回自動測定し標準偏差が0.5以内を示すように調整した。

### 3-6. 測色

測色計（コニカミノルタ製、CM-2600d）を用いて、標準光源（D65）、10°視野、測定径7 mm、5回測定平均条件のもと、正反射光除去（SCE）方式で、各試料表面の無作為に選んだ3か所の  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  値を取得、各値の平均をとった。劣化塗膜試料を基準として、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  値の差（ $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ ）を算出し、摺り漆、漆固め試料の色変化の指標となる色差  $\Delta E^*_{ab} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$  を求めた。

### 3-7. 表面・断面観察

各試料の表面微細構造の確認には、3-4で上述した装置を使用した。また、紫外線硬化樹脂を用いてスライドガラスに塗膜試料を接着し研磨することで、薄膜片を作成し、デジタルマイクロスコープ（KEYENCE 製、VHX-8000）にレンズ（同社製、VHX-E2500）を装着して断面観察を行った。

## 4. 結果

### 4-1. 溶解性

溶解性の結果として、振とう後1時間以内に撮影した画像を図2に示す。生漆の場合、溶媒 T には完全に溶解し褐色透明の溶液であった。一方で、溶媒 A と L の場合は茶褐色不透明の分散液であり、一晩静置するとバイアルの底に沈殿が生じた。溶媒 L に比べ A の方は沈殿が若干多く見られた。麦漆については、いずれの溶媒においても瞬時に不溶の沈殿物が生じていたが、溶媒 T では透明溶液であり、溶媒 A、L は不透明分散液であった。

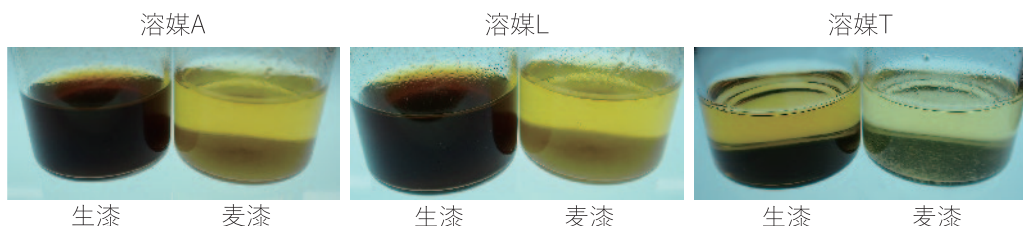


図2 溶媒に対する漆の溶解性

## 4-2. 硬化乾燥性

ドラインタイムレコーダに試料を静置した直後は、漆液は液状を保っているため、針が通過した跡に漆液が流入する。硬化が始まり漆液の流動性が失われると漆液が流入しなくなるため跡がつき始め、硬化が進行（いわゆる硬化乾燥）すると針は塗膜表面をなぞるだけで跡がつかなくなる。塗膜上の傷の発生、消失時点をそれぞれ、漆液の流動性の消失、硬化乾燥するのに要した時間としてとらえ、表2にまとめた。基準となる生漆塗膜は半日以内で漆液の流動性の消失、1日以内で硬化乾燥したのに対し、溶媒Lでの希釈では流動性の消失は生漆と同程度、硬化乾燥に1.5日要した。溶媒Aではさらにそれぞれの状態に達するまでに時間を要し、硬化反応が遅延していることが確認された。溶媒Tの場合、溶媒Aと同程度の乾燥性であった。生漆と麦漆で摺り漆、漆固めした場合、溶媒A、Lでは大きな違いは確認されなかった。

## 4-3. 表面張力

測定した溶媒および希釈した生漆の表面張力の結果を図3に示す。表面張力の大きさは生漆で35 mN/m、希釈に使用した溶媒は22-27 mN/m程度で、溶媒L < A < Tの順であった。溶媒希釈した漆の表面張力は、溶媒L < T < Aの順の結果が得られたが、溶媒Lは測定回数が増えるごとに表面張力が上昇する傾向にあったこと、標準偏差も0.15であり他に比べ10倍程度大きかったことから。溶媒Lと漆の混合液の準備時および測定時に揮発が進行していたことが推測された。溶媒L混合液は混合直後であれば表面張力が小さく浸透性の高い液性である一方で、短時間で表面張力が元の生漆程度まで上昇する可能性が考えられる。

## 4-4. 表面粗さ

生漆および麦漆の摺り漆回数に応じた漆塗膜の表面粗さの変化を図4に示す。摺り漆していない漆塗膜の表面粗さは0.31  $\mu\text{m}$ 程度であった。この塗膜に生漆で漆固めすると、溶媒T使

表2 溶媒希釈による硬化乾燥性の違い

溶媒希釈	漆液の流動性の消失（時間）	硬化乾燥（時間）
なし	8	20
A	17	48以上
L	8	36
T	18	48以上

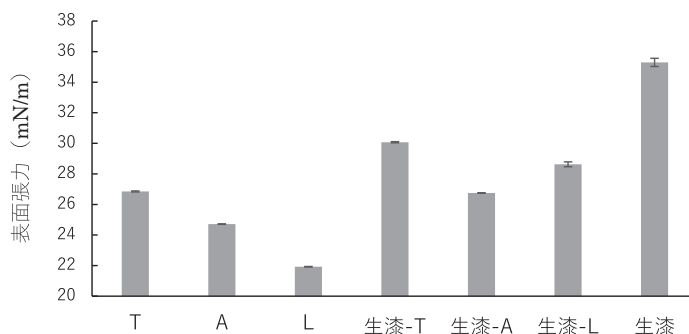


図3 溶媒および希釈した生漆の表面張力

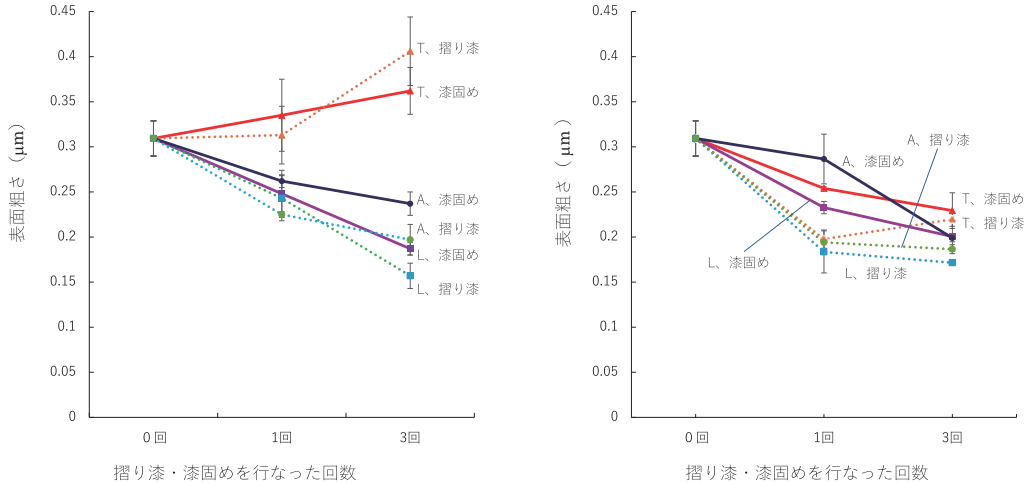


図4 各工程における表面粗さの変化  
(左：生漆、右：麦漆)

用時には表面粗さが増大、溶媒 A、L 使用時には表面粗さが減少し、摺り漆の場合はその傾向が強まる結果となった。一方で、麦漆で漆固めをすると、どの溶媒を使用しても表面粗さは減少し、摺り漆の場合はその傾向が強まる結果となった。

#### 4-5. 光沢度

生漆および麦漆の処置回数に応じた漆塗膜の光沢度の変化を図5に示す。処置していない漆塗膜の光沢度が20%程度であり、漆、希釈溶媒の種類によらず、処置回数が増えるごとに光沢度が増加した。その増加率は処置0回から1回で最大となる傾向が強く、特に、溶媒L使用時の摺り漆試料で顕著であった。また、摺り漆に比べ漆固めでは光沢度の増加が抑えられていることが確認された。処置3回時点で、光沢度の大きさは  $T < A < L$  の順であり、その大小関係は漆の種類や処置方法で変化しなかった。生漆と麦漆の違いとしては、麦漆の方が処置方法の影響を受けづらい点が挙げられた。

#### 4-6. 測色

摺り漆試料の測色の結果を表3に示す。使用した溶媒、漆の種類、摺り漆の回数および方法によらず  $\Delta E^*_{ab}$  は最大でも1.8程度であり、異なる色だと認識する最小値 (2.3程度) を超えなかった<sup>4)</sup>。

#### 4-7. 表面・断面観察

レーザー顕微鏡による摺り漆前後の塗膜の観察結果を図6にまとめた。摺り漆前の劣化塗膜には、不規則に細かい亀裂が生じていることが確認された。摺り漆、漆固めを行なうと、漆、溶媒の種類に関わらず、処置1回の時点で亀裂はほとんど目立たなくなっている。生漆での摺り漆では、溶媒 A では溶媒 T、L の使用時に比べて、5 μm 程度の空隙のような跡が多く観察された。また、テレピン油使用時には刷毛痕のようなものが確認された。麦漆での摺り漆では、生漆での摺り漆に比べ表面の凹凸が生じていることが確認された。

次に、摺り漆、漆固め前後の断面観察を行なったところ、ほとんど差異が見いだせなかった。

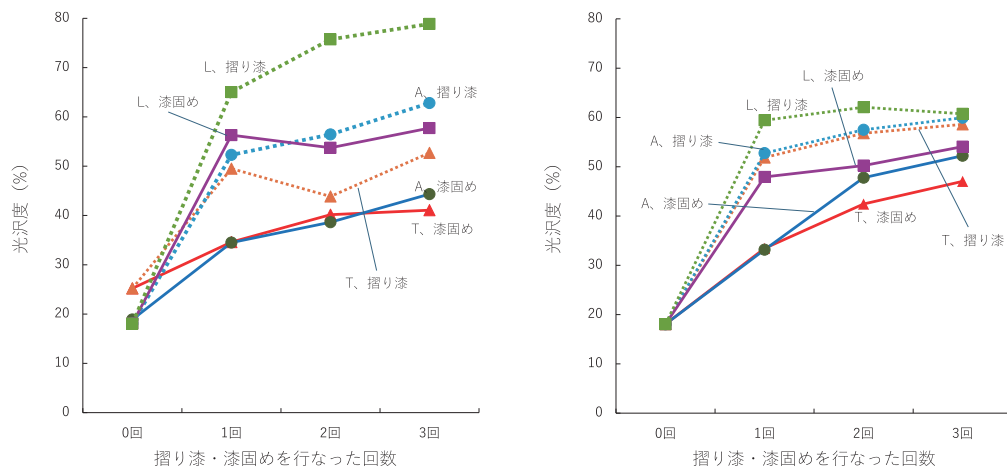


図5 各工程における光沢度の変化  
(左：生漆、右：麦漆)

表3 各工程における色差

溶媒	処置方法	処置回数	$\Delta E^*_{ab}$	
			生漆	麦漆
A	漆固め	1回	1.5	1.3
		2回	1.2	0.9
		3回	1.6	1.1
	摺り漆	1回	1.7	1.3
		2回	1.1	0.7
		3回	1.1	1.2
L	漆固め	1回	0.8	1.0
		2回	0.8	1.0
		3回	1.0	1.0
	摺り漆	1回	1.7	1.2
		2回	1.1	1.1
		3回	1.1	1.3
T	漆固め	1回	0.6	1.0
		2回	0.8	0.9
		3回	0.6	1.1
	摺り漆	1回	1.2	1.1
		2回	1.0	0.8
		3回	1.1	1.0

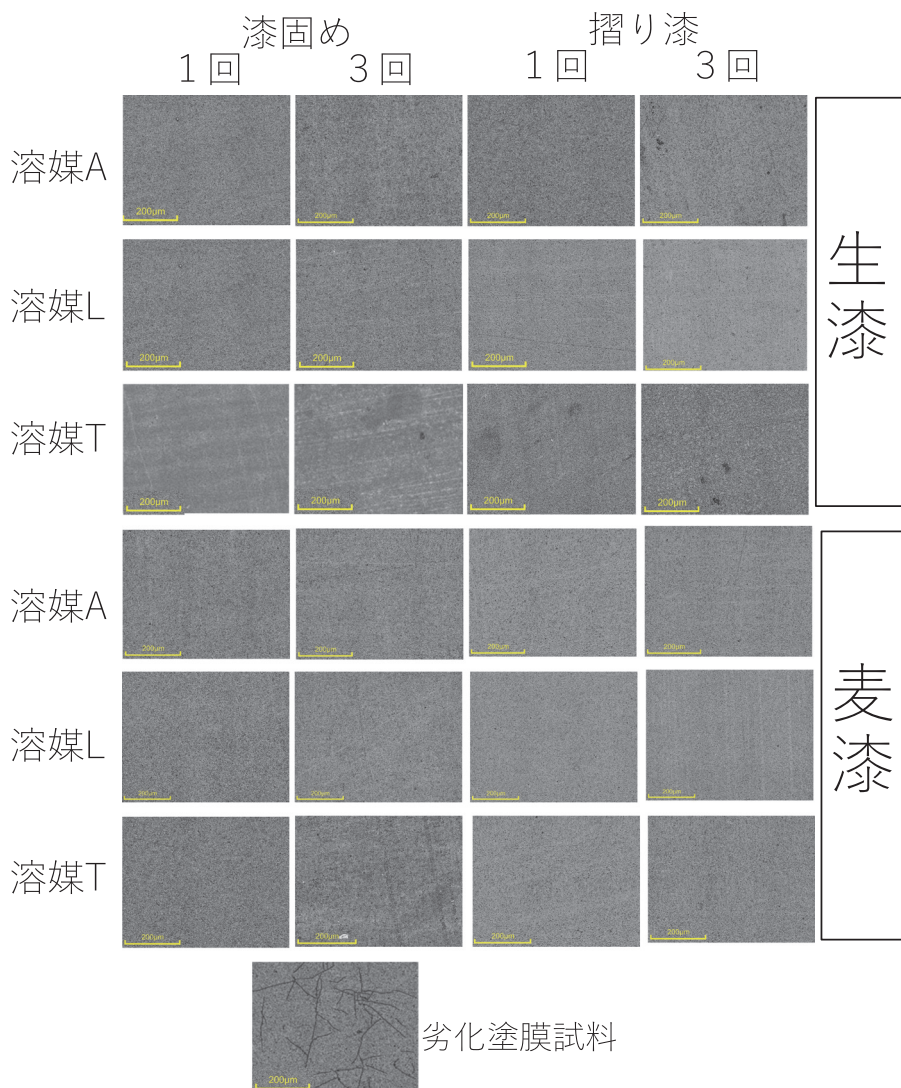


図6 塗膜表面画像

劣化塗膜試料と溶媒Lを用いて3回生漆の摺り漆を行なった塗膜試料を例に図7に示す。紫外線劣化塗膜は塗膜表面に細かい亀裂が生じていたが、深さ方向への亀裂を確認することはできなかった。摺り漆を行なった試料においても、漆が内部に含浸した痕や表面に堆積した痕を確認することはできなかった。

## 5. 考察

はじめに、溶解性と硬化乾燥性について議論する。生漆は w/o エマルションの形態をとり親油性成分としてカテコール骨格に不飽和炭化水素鎖を有するウルシオール（硬化成分）、親水性成分として水と多糖類、硬化性に関与する酵素、分散媒として糖タンパクを有する。溶解性試験ではテレピン油に少量の生漆が完全に溶解したことから、テレピン油中でも糖タンパクが分散媒として機能し、微小の水滴粒子径に多糖類や酵素が溶解していた可能性が考えられる。

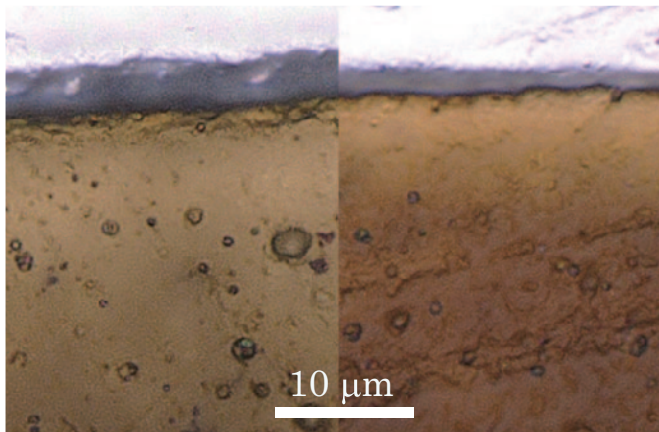


図7 断面観察画像  
(左：劣化塗膜試料、右：摺り漆塗膜試料（漆・溶媒 T））

溶解性の高いテレピン油での希釈では、生漆の硬化乾燥性と同程かそれ以上に速い結果からもこの推測は妥当であると考えている。一方でリグロインやオールクリーンJは疎水性炭化水素から構成される。ウルシオール的大部分が溶媒に溶解し他の成分は相分離したことで、混ぜた直後は分散液、しばらくすると沈殿が生じたのだと考えられる。沈殿量が異なって見えたのは、リグロインの成分が石油系炭化水素で、ウルシオールの基本骨格と類似した芳香族炭化水素も微量ながら含んでいるのに対して、オールクリーンJの成分がナフテン系合成炭化水素であり、ウルシオールの基本骨格と異なる飽和炭化水素であったことも関連している可能性がある。ただし、溶解性の低さと硬化乾燥性は相関しないようであり、溶媒が揮発した後に相分離していた親水性成分がウルシオールとある程度の密度で再接触することによって、硬化反応が進行するのだと推測される。リグロインはオールクリーンJに比べ沸点が低く、使用していても揮発しやすさを実感する溶媒であり、揮発性の違いが漆液の流動性消失に要する時間差の原因となっている可能性が高い。硬化乾燥に要する時間が変化するのは、形成する塗膜の密度および塗膜硬さの低下、酵素活性の低下などが原因として挙げられる。また、興味深いのは開封から時間の経過したテレピン油の希釈では、揮発するのが遅く粘度が上がっているように感じられた点である。テレピン油の主成分はピネンであり、六員環と四員環、二重結合を有する炭化水素である。酸化によってエポキシ環を生成すること<sup>5)</sup>、主成分の他にモノテルペノイドを含有していることが考えられるため、付加反応生成物が生じる可能性は十分にあり得る。開封してからしばらく経ったテレピン油の瓶底に析出物が生じているのを確認したこともあることから、ピネンを中心とした付加反応生成物が発生し、揮発性の低下、粘度の上昇が引き起こされている可能性が考えられる。

次に、表面張力と試料作製時の所感に注目する。漆液を溶媒希釈した場合、どの溶液を用いても表面張力の低下が確認されたことから、劣化した漆塗膜を強化するにはどの溶媒を用いても生漆よりは含浸しやすく、塗り広げやすいことが推測された。リグロインの場合、測定の段階で溶媒の揮発が進行していたと推測され、試料作製時にも塗りムラができてしまうことを懸念していた。実際に漆芸品の漆固め、摺り漆を行なう場合は希釈率を上げて、ある程度揮発しても表面張力が変わらない程度の濃度に設定しないと塗りムラが生じてしまうことが予想される。一方で、オールクリーンJを使用した摺り漆は最もムラなく均一に作製できたことから、

表面張力の低さと安定性は作業性に影響を及ぼしていることが明らかになった。

漆固めは、余分な漆を溶媒で拭取り光沢を抑える効果を期待して修復現場では採用されており、今回の光沢度の変化からもそれを支持する結果が得られた。光沢度の大きさはテレピン油<オールクリーンJ<リグロインの順であり、漆の硬化乾燥性およびテレピン油の残留物に起因していると考えられる。どの溶媒を用いても麦漆の摺り漆で光沢が出づらいのは、麦漆に含まれる不溶なたんぱく質成分を物理的に拭取り切れないため、表面に残存し光沢が出づらいのだと推測される。結果的に麦漆の摺り漆、漆固め試料の光沢の差は、生漆に比べ小さくなっている。また、光沢度の上昇率は劣化試料に初めて摺り漆、漆固めを行なった際が最も高くなっていることから、強化処置1回の時点で相当に表面の凹凸に生漆、麦漆が摺りこまれていることが推測される。表面の粗さは、リグロイン使用時が最も平滑な塗膜であり、次いでオールクリーンJ、テレピン油であった。テレピン油のみ処置回数が増えるごとに表面粗さが増加しているのは、白っぽくマットになっていく現象と一致する。油彩画修復ではマットな印象を与えたい時に、あえて粘度が上昇しているテレピン油を使用するという話があることから、おそらく今回作製した試料の表面粗さ上昇の要因は、硬化した漆より屈折率の低いテレピン油成分の付加反応生成物が表面に残留したためではないかと推測している。

測色結果について、摺り漆前後での色差は1.6程度であった。 $\Delta E^*_{ab}$ の値自体は小さいが、無彩色の場合、 $\Delta E^*_{ab}$ と色彩感覚がずれるため、実際に試料を並べると色差を知覚できる試料も存在した。ただし、溶媒や漆の種類、拭取り方法に起因した傾向は認められなかった。少なくとも今回のような条件で、黒漆塗膜に対して摺り漆や漆固めを行う場合は、ほとんど加色の影響を心配する必要はないのではないかと考える。一方で、彩漆の場合は、生漆の茶褐色の色味が影響を与える可能性が高いため、現在、修復現場で行なっているように、残さない漆固めを選択した方が加色の影響は小さいと考えられる。

表面・断面観察の結果から摺り漆、漆固めを1回行った時点で、使用する溶媒や漆の種類によらず、ミクロンオーダーの亀裂がほとんど目立たなくなることを確認した。その後回数を重ねても、断面観察では差異を見いだせず、今回のような紫外線で劣化したのみの漆塗膜の場合、深さ方向における亀裂は生じていたとしても、その幅はマイクロオーダーである可能性が示唆されたことから、含浸強化の効果を確認するには、処置によって硬度が上昇するか硬度試験での評価が必要であり、今後の検討課題としたい。

## 6. まとめ

本研究では、劣化した漆塗膜の強化処置における有機溶媒（リグロイン、オールクリーンJ、テレピン油）と漆（生漆、麦漆）の選択が、使用時の作業性と処置後の塗膜の表面状態に与える影響を検証した。

溶媒使用時の作業性の良さとしてはオールクリーンJが表面張力の安定性と低さから最も均一に摺り込める溶媒であった。一方、揮発性の高いリグロインはムラが生じやすく、テレピン油は酸化に伴う使用感が変わることが確認された。

漆塗膜の表面特性については、溶媒の種類が大きく影響した。光沢度はテレピン油<オールクリーンJ<リグロインの順で、テレピン油は残留物により表面粗さが増加し、マットな印象を与えていることが推測された。また、麦漆についても不溶性タンパク質の影響で光沢が出にくい傾向であった。今回の測色結果からは、黒漆塗膜への加色の影響は小さいと判断したが、彩漆の処置においては生漆による加色を避けるため漆固めが推奨される。亀裂修復と含浸効果に関しては、摺り漆・漆固めを1回行うだけで、ミクロンオーダーの亀裂は解消し、塗膜表面

の凹凸が効果的に充填されることが示された。しかし、深さ方向への含浸効果の定量的確認には至らず、今後の硬度試験等の物性評価が不可欠である。

以上の結果から、強化処置の目的（作業性、硬化速度、光沢抑制）に応じて有機溶媒を選択することが、修復の質を高める鍵となる。

最後に、今回使用した有機溶媒はロットやメーカーが異なれば、当然性状も変わることが予想され、使用する漆や塗膜の劣化状況、施工する技術者によっても当然得られる結果は変わってくるため、本稿についてはあくまでも傾向を把握するための材料としてとらえていただきたい。また、製造元での仕様変更は予告なく行なわれることから、常に使用する有機溶媒の情報については SDS などを確認しておくことが望ましい。今回のテレピン油に限らず、経年による有機材料の構成成分の変化についても常に頭に入れておく必要がある。

## 謝辞

東京文化財研究所・保存科学研究センターの千葉毅氏に塗膜試料の撮影を行なっていただきました。心より感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 北村繁、海外における漆工芸品修復の現状 ～ドイツでの事例を中心に～、文化財情報学研究、第8号、pp.83-89 (2011)
- 2) 神谷嘉美、加藤寛、劣化漆塗膜に対する強化手法の外観への影響、保存科学、45号、pp.251-258 (2006)
- 3) 倉島玲央、漆芸品修理と必要な用具・原材料の現状、月刊文化財、722号、p.37 (2023)
- 4) Sharma, G., Digital Color Imaging Handbook, CRC Press, (2003)
- 5) Liu, P., Liu, X., Saburi, T., Kubota, S., Huang, P. and Wada, Y., Thermal stability and oxidation characteristics of  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene and  $\alpha$ -pinene/ $\beta$ -pinene mixture, *RSC Adv.*, 11, pp.20529-20540 (2021)

キーワード：漆 (urushi, oriental lacquer)；摺り漆 (*suri-urushi*, lacquer rubbing)；漆固め (*urushi-gatame*, lacquer setting/wipe-off)；含浸強化 (consolidation)

## Influence of Urushi and Solvent Selection on Workability and Surface Properties in Consolidation Treatment

KURASHIMA Reo, TAMAGAWA Mihono and HAYAKAWA Noriko

This study investigates the effect of the selection of urushi (Japanese lacquer) type and diluted solvent on the workability and the resultant surface characteristics of the lacquer film during consolidation treatments for degraded urushi artifacts. Raw urushi and *mugi-urushi* (wheat flour-mixed urushi) were diluted with three commonly used solvents: Ligroin (L), All Clean J (A), and Turpentine oil (T). These mixtures were applied to artificially aged *kuro-urushi* (black lacquer) films using both the *suri-urushi* (lacquer rubbing) and *urushi-gatame* (lacquer setting/wipe-off) procedures. The solvents were evaluated based on solubility, curing time, and surface tension, and the treated films were also evaluated based on glossmeter (60° mirror gloss), surface roughness, and micromorphology.

Results showed that solvent choice significantly impacted workability. Solvent A provided the most stable and lowest surface tension, resulting in the most uniform application but causing slight curing retardation. Highly volatile Solvent L led to rapid loss of fluidity and potential unevenness, although it produced the highest gloss. Solvent T exhibited unpredictable curing behavior dependent on its storage age, likely due to the formation of non-volatile addition products. In terms of surface finish, the gloss increased in the order  $T < A < L$ , and the *urushi-gatame* procedure effectively suppressed gloss compared to *suri-urushi*. Solvent T increased surface roughness, resulting in a matte appearance, which is attributed to the surface residue of non-volatile compounds. Morphological observation confirmed that one application of the treatment successfully filled micro-order surface cracks, irrespective of the solvent or urushi type. The color difference  $\Delta E^*_{ab}$  for *kuro-urushi* was negligible.

In conclusion, the selection of the solvent should be tailored to the specific conservation objective: Solvent A for uniform workability, Solvent L for maximum smoothness and gloss, and Solvent T for a matte finish. Further quantitative evaluation, such as hardness testing, is necessary to fully assess the depth of penetration and the mechanical reinforcement effect.