

漆工伝世品の修復に用いる刻苧漆の物性評価

研究フェロー 大藪 泰
北村昭斎工房 小西 寧子

要 旨

漆工伝世品の修復に用いる刻苧漆の物性評価を行った。刻苧漆のマトリックスとなる生漆の乾燥時間の異なる試料、また生漆と充填剤（薄力粉、刻苧綿、木粉）の配合比を変化させた試料、さらにこれらに黒呂漆の上塗りの有無の試料を作製した。これらの試料について、 -10°C / 8 時間と 45°C 95% RH / 16 時間の繰り返し疲労試験、疲労試験後のセロテープ圧着基盤目付着試験、1 か月後及び 7 か月後の表面粗さ試験を行った。その結果、刻苧漆の疲労試験による耐劣化、疲労試験前後の付着性は良好で刻苧漆の物性の良さやその配合の寛容性が確認できた。一方、表面粗さ測定から刻苧漆のマトリックスの増加に伴い痩せの発生が大きくなった。

本試料に用いた試験片は新たに作成した試験片であり、刻苧近傍の試験個所の漆膜も新しく、従って劣化はほとんどない。この影響も考えられ、刻苧漆のマトリックスの乾燥性の違いや充填剤の濃度の差が試験片の漆膜に影響を及ぼすことはなかった。今後は、刻苧漆のこれらの違いが、劣化した漆膜にどのように影響するかを明らかにする試験方法を検討し、刻苧漆の物性をさらに評価する必要がある。

1. はじめに

漆工伝世品における漆膜の劣化には、艶引け、変色、痩せ、傷、割れ、浮き、捲れ、剥がれ等様々であり、その劣化状態により修復工程は当然異なる。例えば外見上は上塗り漆膜の割れだけのようであるが、X 線 CT で観察すると、割れが下地や素地まで達している場合もある¹⁾。このような場合は修復部分に刻苧漆を埋め補強し、漆下地を施し、拭き漆で固めた後塗り工程を行う場合が多い。しかし、刻苧漆の配合の違いにより、刻苧漆と塗り漆膜の層間での剥離、またいわゆる痩せの発生に違いが生じると考えられる。これまで刻苧漆は修復者の経験と勘に頼ることが大きく、また塗装系としての物性評価はほとんどされていない。そこで本研究では、前述の欠陥が発生しにくい刻苧漆の配合等を明らかにすることを目的とした。

修復される旧漆膜は経年劣化で脆弱になっており、埋められた刻苧漆の硬化に伴う収縮応力によって、旧漆膜の剥離や割れが発生する場合がある。従って、修復に用いる刻苧漆の基本的な考え方として、ゆっくりと乾燥してしっかりと締まることで、旧塗膜の剥離や割れを防止することが望ましい。また美観上痩せが少ないことが望まれる。これらの物性に及ぼす刻苧漆の乾燥性や配合の影響を確認するためのテストサンプルを調製した。

2. 実験

2.1 使用漆及びウルシオール

刻苧漆のマトリックスとなる生漆の乾燥速度を調整するために、2 種の生漆と生漆から分離して得られたウルシオールを用いた。速乾性生漆として日本産初辺漆、乾燥を遅らせるために添加する遅乾性生漆として日本産末辺漆、同じ目的として中国産生漆から分離して得られたウルシオールを用いた。漆の乾燥を遅らせるためには pH の調整等様々な方法があるが²⁾、乾燥時間の調整が比較的容易な方法である遅乾性漆の添加を選択した。また遅乾漆の添加に比べて物性の低下が少ないと考えられるウルシオールの添加³⁾も選択した。これら初辺漆と末辺漆の組成及び乾燥時間を表 1 に示す。

表 1 使用漆の組成及び乾燥時間

		初辺漆	末辺漆
組成(%)	揮発分(水分)	28.9	15.4
	ウルシオール	64.6	76.9
	糖タンパク質(ゴム質)	1.6	1.8
	水溶性多糖類(含窒素物)	6.9	5.9
乾燥時間 20°C/60%RH(時間)		7.5	不乾
乾燥時間 20°C/70%RH(時間)		4.5	36

* 乾燥条件を 20°C / 60% RH と設定したのは、修復品に漆を使用する場合、修復品の劣化を考慮して、修復品を漆風呂の高湿度雰囲気において漆を乾燥させる場合は少なく、一般的に 60°C 程度の雰囲気に置くため。

2.2 刻苧漆の調製

① 刻苧漆用マトリックス（生漆）の乾燥調製

速乾性の生漆を基準とし、これに遅乾性の生漆及びウルシオールを添加して、予備実験の結果を基に乾燥性の異なる5種の刻苧用生漆を準備した。具体的には

- 1系 速乾性の生漆（20℃ /60% RH の乾燥条件において8時間程度で乾燥するもの：初辺漆のみ）
- 2系 速乾性の生漆+遅乾性の生漆（20℃ /60% RH の乾燥条件において24時間程度で乾燥するように調製したもの：初辺漆 / 末辺漆 = 1/4）
- 3系 遅乾性の生漆（20℃ /60% RH の乾燥条件において48時間程度で乾燥するように調製したもの：初辺漆 / 末辺漆 = 1/10）
- 4系 速乾性の生漆+ウルシオール（20℃ /60% RH の乾燥条件において24時間程度で乾燥するように調製したもの：初辺漆 / ウルシオール = 1/2）
- 5系 速乾性の生漆+ウルシオール（20℃ /60% RH の乾燥条件において48時間程度で乾燥するように調製したもの：初辺漆 / ウルシオール = 1/2.4）

② 刻苧漆の充填剤濃度調製

刻苧漆の材料は生漆、ウルシオール、糊（薄力粉+水）、刻苧綿、ヒノキ木粉を混合して作製した。予備実験から、充填剤の最大濃度（刻苧作業ができる粘度範囲で最大混合できる固形分重量比）はおおよそ55%であることが分かったので、充填剤（F：薄力粉、刻苧綿、ヒノキ粉）とマトリックス（M：生漆、ウルシオール）との混合固形分比をA系 F/M=55/45、B系 45/55、C系 35/65 として刻苧漆を作成した。なお、初辺漆の固形分は73.1%、末辺漆の固形分は84.6%である。各配合を表2に示す。また薄力粉と水の量は作業性の面から1:1とし、刻苧漆を作成する最初に混合した。

2.3 試験片の調製

本堅地工程で上塗りまで行った手板(70×150mm)に、実際に3種の刻苧彫りを行い、この刻苧溝を試験個所とした。各溝の大きさは、5×50×2.5、10×50×2.5、15×50×2.5mmである。

これらに刻苧埋めを行い、切り粉地、錆漆を用いて表面を整え、その後漆固めをした。また、上塗りについては刻苧溝の半分について、黒呂漆により上塗りを行った。つまり、マトリックス5種、配合の違い3種、上塗りの

表2 刻苧漆の配合

系	薄力粉	水	初辺漆	末辺漆	ウルシオール	ヒノキ木粉	刻苧綿
A-1	21.23	21.23	41.61			10.62	5.31
A-2	22.37	22.37	7.75	30.81		11.13	5.57
A-3	22.40	22.40	3.49	34.91		11.20	5.60
A-4	23.13	23.13	12.13		24.27	11.56	5.78
A-5	23.23	23.23	10.62		25.50	11.61	5.81
B-1	17.63	17.63	51.52			8.81	4.41
B-2	18.56	18.56	9.65	39.31		9.28	4.64
B-3	18.82	18.82	4.43	43.82		9.41	4.70
B-4	19.64	19.64	15.23		30.76	9.82	4.91
B-5	19.71	19.71	13.46		32.33	9.86	4.93
C-1	13.90	13.90	61.79			6.94	3.47
C-2	14.93	14.93	11.79	47.16		7.46	3.73
C-3	14.97	14.97	5.29	53.54		7.49	3.74
C-4	15.82	15.82	18.83		37.66	7.91	3.96
C-5	15.93	15.93	16.53		39.67	7.96	3.98

有無2種、計30種類の異なる試験片を作製した。刻苧溝及び完成した試験片を写真1に示す。

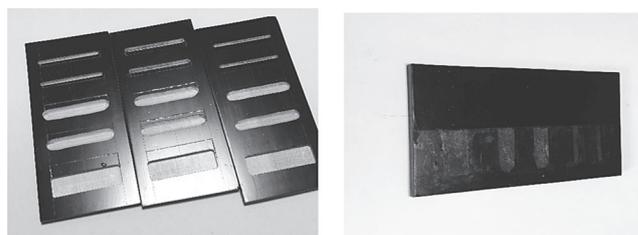


写真1 刻苧溝と試験片（上半分が上塗りあり）

2.4 疲労試験

試験片を-10℃ /8時間と45℃ 95% RH /16時間の雰囲気交互に出し入れし、これを20回繰り返した。繰り返しの度に、痩せ・割れ・剥離等の塗膜欠陥発生の有無を目視により確認した。

2.5 付着試験

疲労試験前後におけるセロテープ圧着基盤目付着試験を行った。刻苧漆と刻苧溝間の剥離、刻苧漆の凝集破壊（刻苧漆膜自身の破壊）、刻苧漆と上塗り黒呂漆膜間の剥離を確認した。

2.6 表面粗さ測定

室内保存試験片の1か月及び7か月後の3次元表面粗さを測定し、表面粗さの変化を痩せの大小として評価した。(株)小坂研究所 Surfcoorder SE600を用い、5mm

× 5mm 面の中心面平均粗さ S_{Ra} で評価した。なお S_{Ra} とは下記の方法により求めている。

S_{Ra} の算出方法

S_{Ra} : 中心面平均粗さ

$$S_{Ra} = \frac{1}{L_x L_y} \int \int f(x, y) dx dy$$

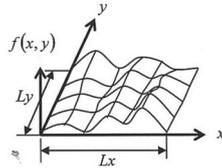
$$S_{Ra} = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{j=1}^{N_y} \sum_{i=1}^{N_x} |Z(X_i, Y_j)|$$

粗さ曲面から、その中心面上に直行座標軸 X, Y 軸をおき中心面に直行する軸を Z 軸とし、粗さ曲面と中心面で囲まれた部分の体積を測定範囲で割ったもの粗さ曲面を f(x, y)、S_{Ra} を求める範囲(測定範囲)を L_x × L_y としたときに、上式で与えられる値

3D パラメータ説明にある数式の記号の意味

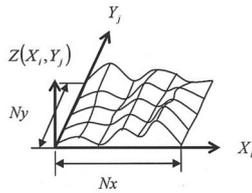
(連続表現)

- x : X 方向の位置
- y : Y 方向の位置
- f(x, y) : 3D 測定データ (高さ)
- L_x : X 方向の測定長さ
- L_y : Y 方向の測定長さ



(離散表現)

- i : X 方向の座標
- j : Y 方向の座標
- Z(X_i, Y_j) : 3D 測定データ (高さ)
- N_x : X 方向サンプリング数
- N_y : Y 方向サンプリング数



3D パラメータ説明にある用語の意味

中心面 パラメータの演算の基準となる面です。高さ方向 0 の位置の XY 平面が中心面です。

3. 実験結果と考察

3.1 疲労試験後の目視評価

-10℃ / 8 時間と 45℃ 95% RH / 24 時間を交互に 20 回繰り返した後に、刻苧漆部の欠陥を目視で確認した。その結果、割れや剥離等は認められなかった。

3.2 付着試験

試験片を約 2 か月室内に放置し、セロテープ圧着基盤目付着試験を行った。また、-10℃ / 8 時間と 45℃ 95% RH / 24 時間を交互に 20 回繰り返した後に同様にセロテープ圧着基盤目付着試験を行った。その結果、疲労試験前では各試験片間に明確な差は認められなかった。一方、疲労試験後では、刻苧漆と上塗り黒呂漆膜の層間でわずかな剥離が認められ、その程度は A 系 > B 系 ≧ C 系となり、C 系がやや良好な付着結果を得た。明確な差ではないが、疲労試験後はマトリックスの増加に伴い、付着が良好である結果となった。しかし総じて良好な結果と考えられる。すべての結果についてはここでは省略

するが、試験片の剥離の様子の一例を写真 2 に示す。

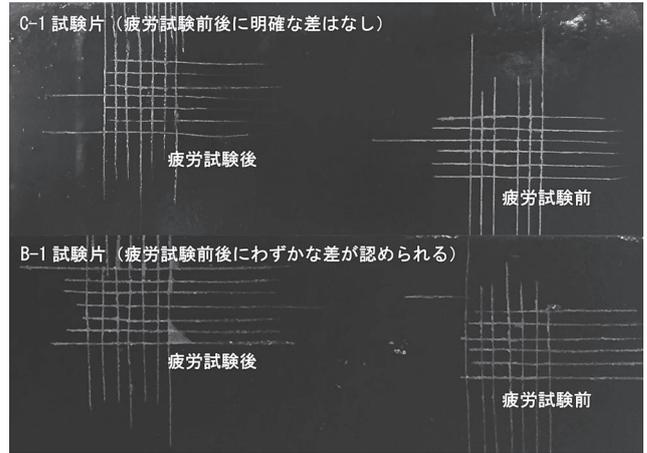


写真 2 セロテープ圧着基盤目付着試験の様子

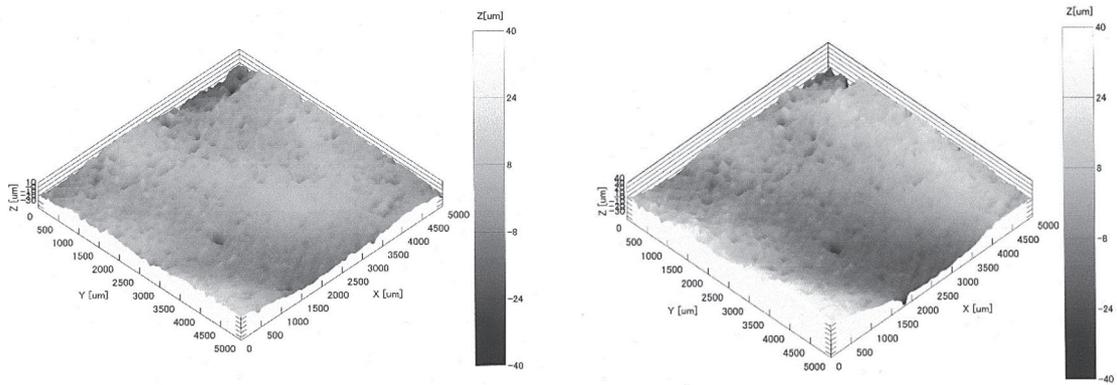
3.3 表面粗さ測定

いずれの試験片においても 1 か月後に比べ 7 か月後の方が表面粗さは大きくなった。測定結果の一例として、高さ分布の鳥瞰図を図 1 ~ 2 に示す。7 か月後は表面の凹凸が大きくなっていることが認められ、痩せが進行している様子が分かった。そこでこれらの痩せの程度を 5mm × 5mm 面の中心面平均粗さ S_{Ra} の変化 (7 か月後 - 1 か月後) で評価した。乾燥の速さの調整やマトリックスの違いによる S_{Ra} の変化の差は明確に認められなかった。一方、充填剤濃度の変化 (A ~ C 系) に伴い S_{Ra} の変化が認められた。結果を図 3 に示す。S_{Ra} の差は、充填剤濃度が低くなるに伴って、A 系 ≦ B 系 < C 系となった。つまり、マトリックスの増加に伴い、硬化による経時的な収縮が増加していることを反映しているものと考えられる。

4. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

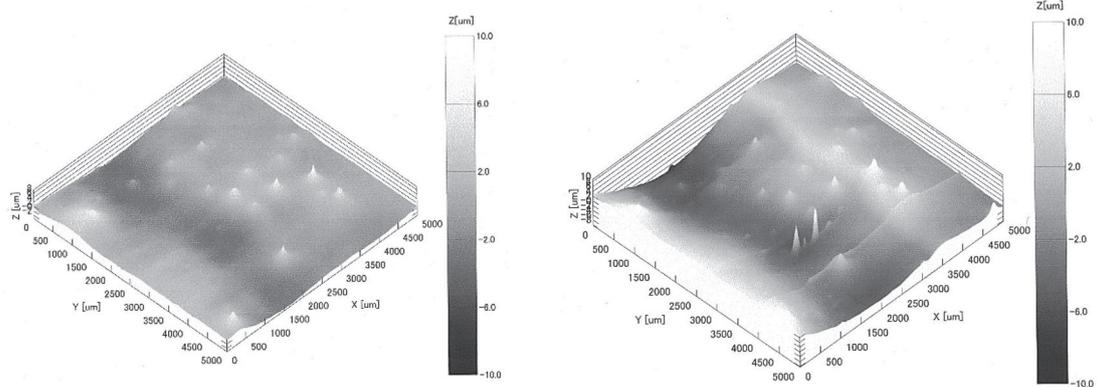
- ① 疲労試験においては刻苧漆の異常は認められず、刻苧の強靱性を明らかにした。
- ② 付着試験の結果は、刻苧漆と上塗り膜の層間で疲労試験後にわずかな差が認められたが、疲労試験前後いずれにおいても良好であり、刻苧漆の付着強さが、またその配合の寛容さが明らかになった。
- ③ 充填剤濃度の変化に伴い S_{Ra} の変化が認められた。つまり充填剤濃度が低くなるに従い、S_{Ra} の差が大きくなり、マトリックスの硬化に伴う経時的な収縮を反映しているものと考えられる。



保存 1 か月

保存 7 か月

図 1 A-1 試験片における刻苧漆面の 3 次元表面粗さ鳥瞰図の変化



保存 1 か月

保存 7 か月

図 2 A-1 試験片における刻苧漆 / 上塗り面の 3 次元表面粗さ鳥瞰図の変化

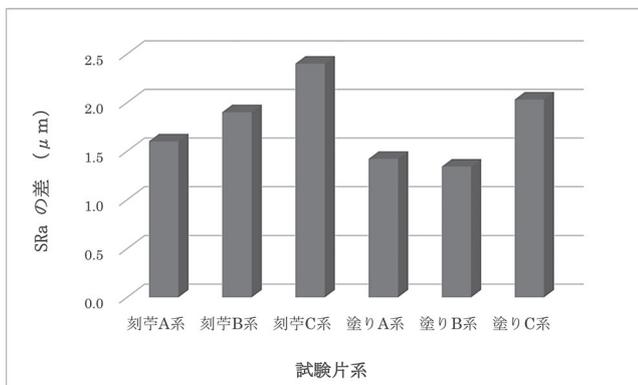


図 3 充填剤濃度変化 (A ~ C 系) に伴う 3 次元表面粗さ SRa の変化

今後はさらに時間が経過した後の表面粗さ測定を継続し、さらなる痩せの変化を追跡する。また、本試料に用いた試験片は新たに作成した試験片であり、刻苧近傍の試験個所の漆膜も新しく、従って劣化はほとんどない。この影響も考えられ、刻苧漆のマトリックスの乾燥性の違いや充填剤の濃度の差が試験片の漆膜に影響を及ぼすことはなかった。実際の修復作業を考えた場合、刻苧漆のこれらの違いが、劣化した漆膜にどのように影響するかを明らかにする試験方法を検討し、さらに刻苧漆の物性を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 大藪泰, 田口肇他: 京都市産業技術研究所研究報告
No.8, p43 (2018)
- 2) 寺田晁, 大藪泰他: “漆～その科学と実技” 理工出版社 p191 (1999)
- 3) 大藪泰, 山本昌之他: 京都市産業技術研究所研究報告 No.2, p123 (2011)