

漆の密着性に関する研究（第2報）

Research on the adhesion of urushi

会津若松技術支援センター 産業工芸科 原朋弥 佐藤佑香
材料技術部 分析・化学科 高木智博

本研究で選定した化学塗料を用いることで有機材料6種類(ABS、PA、PC、PMMA、フェノール樹脂、硬質PVC)、無機材料6種類(アルミニウム、ステンレス、銅、ソーダガラス、耐熱ガラス、石英)に対して、木材と漆の剥離強度と同等である2.00[kN/m]を達成することができた。また、漆塗布から熱処理までの時間と剥離強度の関係について評価し、漆の硬化が進むに連れて熱処理の効果が低下することを明らかにした。

Key words: 漆、密着性、剥離強度

1. 緒言

我々は、漆と各種材料の剥離強度を表面切削装置（ダイプラ・ウィンテス（株）、SAICAS EN型）（以下SAICASと略す）を用いて定量的に評価することで、漆と木材の剥離強度は2.00[kN/m]以上であるとともに、金属材料への熱処理条件では、150[°C]、1.0[時間]で最大の剥離強度を示し、過剰な熱負荷は剥離強度を低下させることを明らかにした¹⁾。

本報では、各工法（ブランク、研磨、熱処理、化学塗料）における漆と各種材料の剥離強度の経時変化について評価する。化学塗料については、新たに選定したものを評価対象とした。また、熱処理条件の最適化を目的として、漆塗布から熱処理までの時間と剥離強度の関係について評価を行った。更に、これまでの研究成果を基に試作品の製作を行ったので、これについても報告する。

2. 実験方法

2. 1. 材料

表1に示す20種類の材料を評価対象とした。比較対象となる木材として、会津漆器で一般的に使用されている朴木（ほうのき）と栃（とち）を選択し、それらに錆漆で下地付けしたものについても評価した。

表1 材料一覧

種別		材料
比較対象	木材 (4種)	朴木、錆漆（朴木）、栃、錆漆（栃）
有機材料	樹脂 (9種)	ABS、PA、PC、PE、PMMA、POM、PP、フェノール樹脂、硬質PVC
無機材料	金属 (4種)	アルミニウム、ステンレス（SUS430）、真鍮、銅
	ガラス (3種)	ソーダガラス、耐熱ガラス、石英（珪酸）

事業名「基盤技術開発支援事業」

2. 2. 試料作製

表1に示した材料に対して以降の処理を施し、実験のための試料とした。

(1) 木材

表2に示す工程で木固め、錆付け等の下地処理を行った後に、75[μm]のアプリケーションャーを用いて、透きの無油漆を塗布した。その後、温度25[°C]、湿度70[%]の恒温恒湿器内で2日間静置し、漆を硬化させた。

表2 木材の下地工程

工程	内容
1 研磨	#180 サンドペーパー
2 木固め	1. テレピン油で希釈した生漆を刷毛で塗布 2. 塗布後、紙で拭き上げる (生漆：テレピン油=1：1)
3 錆付け	錆漆をヘラで付ける (錆漆 = 砥の粉：水：漆=100：40：70)
4 研磨	#240サンドペーパー

(2) ブランク

エタノールで脱脂した各種材料に対して、75[μm]のアプリケーションャーを用いて、透きの無油漆を塗布した後、温度25[°C]、湿度70[%]の恒温恒湿器内で2日間静置し、漆を硬化させた。

(3) 研磨

エタノールで脱脂した各種材料に対して、#240のサンドペーパーで各種材料の表面を研磨加工した後、ブランクと同様の操作で漆を塗布、硬化させた。

(4) 熱処理

エタノールで脱脂後、金属材料に対して75[μm]のアプリケーションャーを用いて、透きの無油漆を塗布した後、各熱処理条件（①120[°C]、3.0[時間]、②150[°C]、

1.0[時間]、③180[°C]、1.0[時間]、④200[°C]、1.0[時間])で塗膜を硬化させた。

(5) 熱処理までの有効時間

エタノールで脱脂したステンレス板に対して、75[μm]のアプリケーションャーを用いて、透きの無油漆を塗布した後、温度25[°C]、湿度70[%]の恒温恒湿器内で0.5[時間]から8.0[時間]静置した後、150[°C]、1.0[時間]で熱処理を行い、塗膜を硬化させた。

(6) 化学塗料

エタノールで脱脂した各種材料に対して、プライマーの役割をもつ2液性の化学塗料をスプレーガンで塗布し、45[°C]、5.0[時間]で硬化させた。その後、ブランクと同様の操作で漆を塗布、硬化させた。

2. 3. 剥離強度の評価

上記に示した試料78通りについて、SAICASを用いて剥離強度を評価した。1[mm]幅のBN(窒化ホウ素)刃が、水平方向2.0[μm/s]、垂直方向0.2[μm/s]の速度で移動し塗膜を剥離させ、塗膜剥離後に水平方向にのみ2.0[μm/s]で移動させた。塗膜剥離後にBN刃が受ける水平荷重平均値[N]を刃幅[mm]で除したものを剥離強度[kN/m]とし式(1)に示す。

$$\text{剥離強度[kN/m]} = \frac{\text{剥離後の水平荷重[N]}}{\text{刃幅[mm]}} \quad (1)$$

3. 結果及び考察

3. 1. ブランク(各種材料と漆)の剥離強度

有機材料と漆の剥離強度を図1に、無機材料と漆の剥離強度を図2に示す。

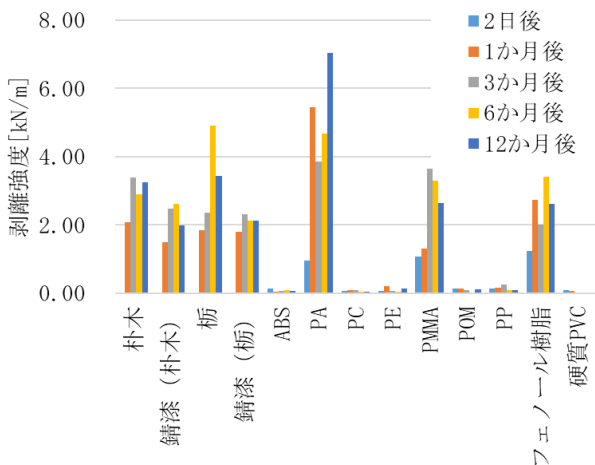


図1 有機材料と漆の剥離強度

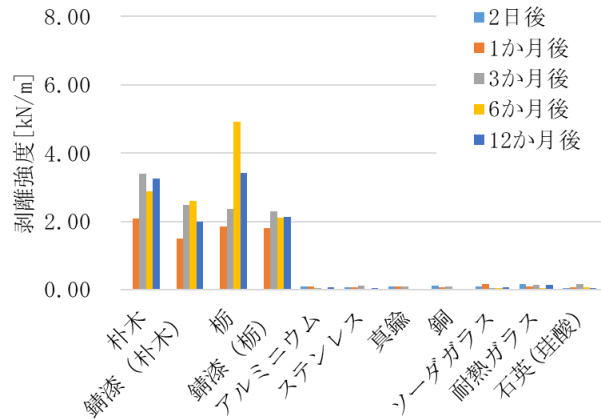


図2 無機材料と漆の剥離強度

図1より、木材と漆の剥離強度は2.00[kN/m]以上であることが示された。また、錆漆よりも木固めた木材に漆を塗布したほうが剥離強度が高い結果が得られた。木材と同等の剥離強度を有したのはPA、PMMA、フェノール樹脂の3種類の樹脂であった。図2の無機材料では、いずれも剥離強度は0.20[kN/m]以下であり、密着している様子は確認できなかった。これらの結果から、ブランクの場合、塗布2日後時点で剥離強度が0.20[kN/m]以下の材料は、時間経過に伴って剥離強度が増加することはないと判断できる。

3. 2. 剥離強度に対する研磨の効果

#240のサンドペーパーで研磨した有機材料と漆の剥離強度を図3に、無機材料と漆の剥離強度を図4に示す。研磨は塗装工程において密着性を向上させるための手段として一般的に用いられている。各材料に対して、経時変化も踏まえた結果を評価した。

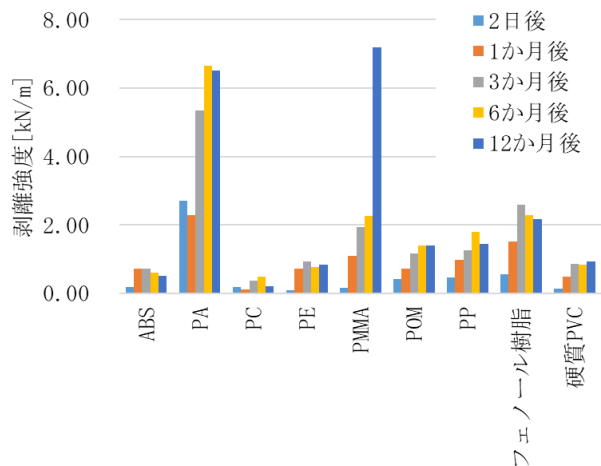


図3 有機材料と漆の剥離強度(#240研磨)

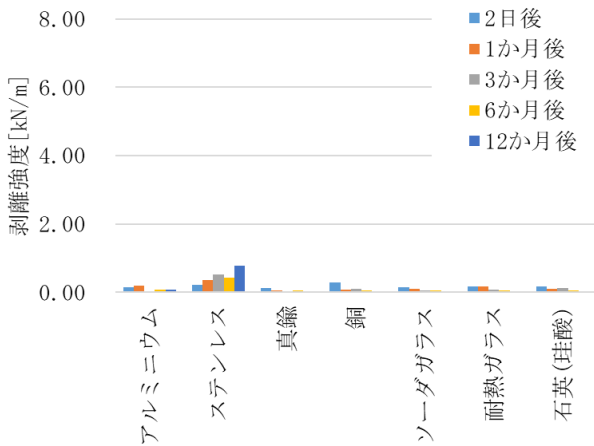


図4 無機材料と漆の剥離強度 (#240 研磨)

図3より、PA、PMMA、フェノール樹脂は研磨した試験体でも高い剥離強度を示した。また、ブランクでは剥離強度が0.20[kN/m]以下であったABS、PE、POM、PPで剥離強度の増加を確認した。これは研磨によって発生したアンカー効果によるものと考えられる。図4では、ステンレスで剥離強度の増加が確認され、12か月後の剥離強度は0.78[kN/m]を示したが、木材同等の剥離強度には至らなかった。その他の無機材料では剥離強度の増加は確認されなかった。

研磨では、漆塗布2日後の剥離強度が0.20[kN/m]以下であっても、漆の硬化が進むことで塗膜が硬くなり、アンカー効果が強く作用することで剥離強度が増加する傾向を示した。一方で、剥離強度の増加しなかった材料は、今回の研磨方法ではアンカー効果が発生しなかった。アンカー効果を生じさせるためには材料ごとに適切な研磨方法を選択することが必要となる。

3. 3. 剥離強度に対する熱処理の効果

各種金属材料に対して、各熱処理条件で漆を硬化させた際の剥離強度を図5から図8に示す。

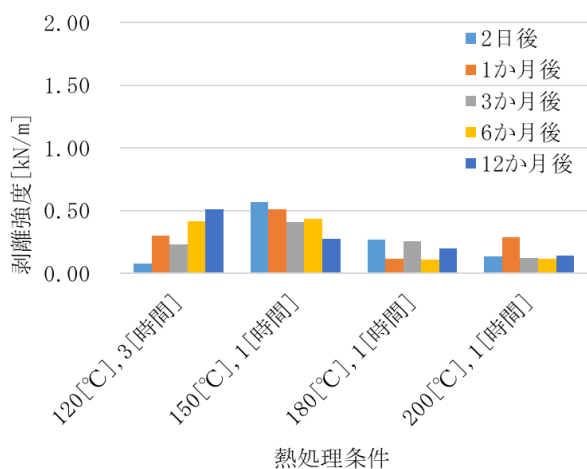


図5 アルミニウムと漆の剥離強度 (熱処理)

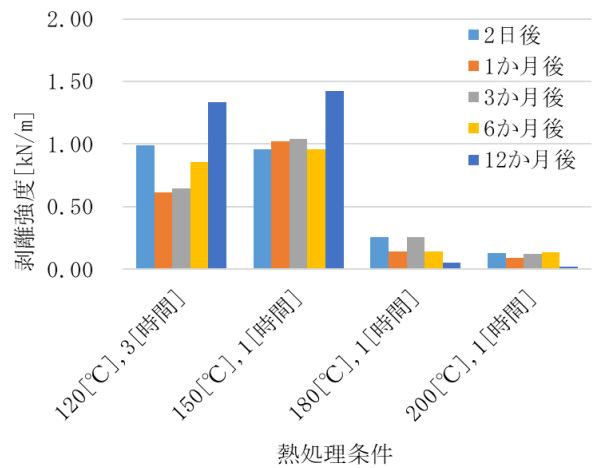


図6 ステンレスと漆の剥離強度 (熱処理)

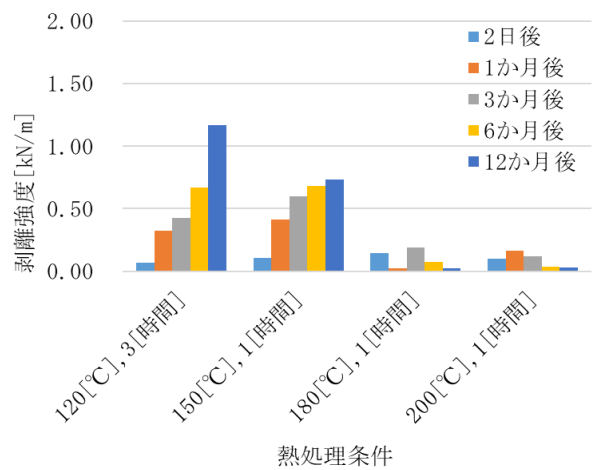


図7 真鍮と漆の剥離強度 (熱処理)

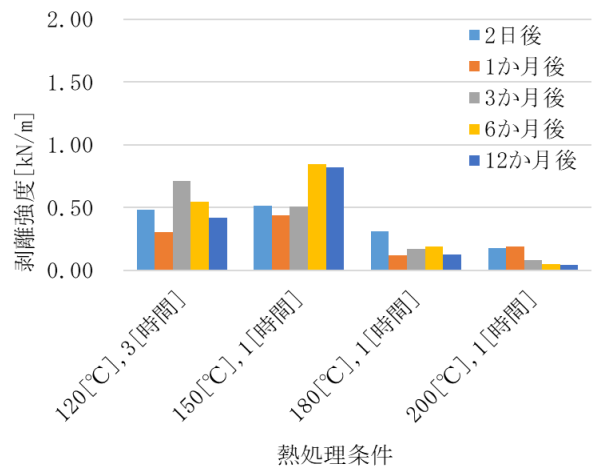


図8 銅と漆の剥離強度 (熱処理)

図5から図8より、いずれの金属材料でも熱処理では木材同等の剥離強度を示す2.00[kN/m]を達成することはできなかった。ただし、熱処理を行うことで剥離強度が増加することが明らかとなった。コストや品

質基準を考慮した上で熱処理を選択することは有効であると考えられる。

3. 4. 熱処理の有効時間

漆を塗布した後、熱処理を行うまでの時間が剥離強度にどのような影響を与えるのか確認することを目的として評価を行った。

ステンレスに漆を塗布し、温度 25[°C]、湿度 70[%]の恒温恒湿器内で 0.5[時間]から 8.0[時間]静置した後、150[°C]、1[時間]で熱処理し、漆を硬化させた。それぞれの剥離強度の結果を図 9 に示す。

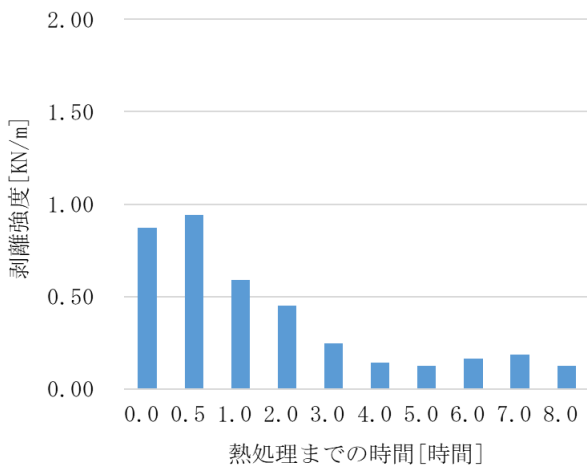


図 9 ステンレスにおける漆塗布後の熱処理までの時間と剥離強度の関係（熱処理：150[°C]、1[時間]）

図 9 より、漆を塗布した後、0.5[時間]をピークとして剥離強度が減少する傾向を示し、4.0[時間]以降は一定の値を示した。この漆は塗膜乾燥時間測定器により、温度 25[°C]、湿度 70[%]の環境下で約 4 時間で硬化することが確認されたことから、漆が硬化した後に熱処理を行っても剥離強度の増加は期待できないこと、漆の硬化が進むに連れて熱処理の効果が低下していくことが明らかとなった。

3. 5. 剥離強度に対する化学塗料の効果

漆と各種材料の剥離強度を評価してきたが、PA、PMMA、フェノール樹脂以外の材料では研磨や熱処理を行っても木材同等の剥離強度を達成することはできなかった。そこで、プライマーの役割をもつ 2 液性の化学塗料を各種材料に塗布した後、漆を塗布することで木材同等の剥離強度を達成できるか評価した。今回報告する化学塗料は第一報で報告したプライマーとは異なる塗料である。化学塗料を塗布した有機材料と漆の剥離強度を図 1 0 に、無機材料と漆の剥離強度を図 1 1 に示す。

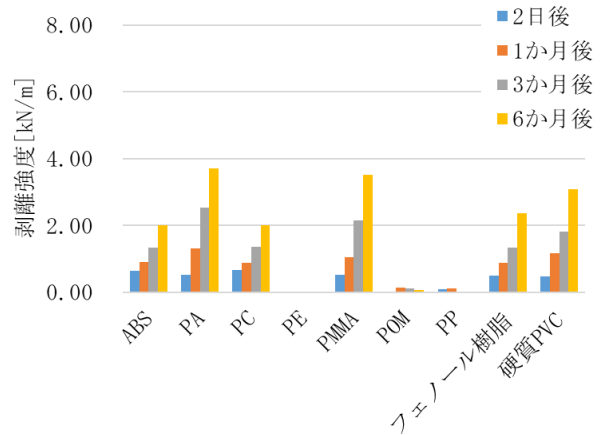


図 1 0 有機材料と漆の剥離強度（化学塗料）

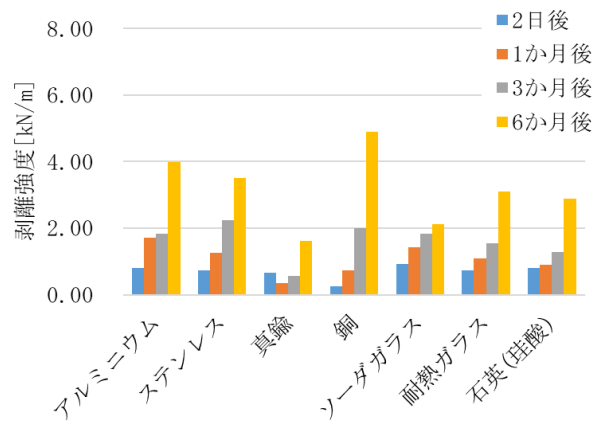


図 1 1 無機材料と漆の剥離強度（化学塗料）

図 1 0 と図 1 1 より、有機材料 6 種類 (ABS、PA、PC、PMMA、フェノール樹脂、硬質 PVC)、無機材料 6 種類 (アルミニウム、ステンレス、銅、ソーダガラス、耐熱ガラス、石英 (珪酸)) で剥離強度 2.00[kN/m] を達成した。PE、POM、PP については、選定した化学塗料では剥離強度の増加は確認できなかった。真鍮については剥離強度の増加は確認できたものの、目標とした 2.00[kN/m] を達成することはできなかった。選定した化学塗料は、多くの材料と漆の剥離強度を増加させることが期待できる汎用性の高い塗料であるという結果が得られた。

4. 試作品

これまでの研究成果から、試作品を製作した。図 1 2 から図 1 5 に示す。

図 1 2 は陶器に化学塗料を塗布した後、会津絵（漆絵、箔絵、消時絵）を施した。図 1 3 は磁器に化学塗料を塗布した後、漆で加飾した。図 1 4 は真鍮製のクマ鈴に化学塗料を塗布した後、漆塗りした。図 1 5 は真鍮製の煙管に化学塗料を塗布した後、漆で加飾した。



図 1 2 陶器に漆で加飾



図 1 3 磁器に漆で加飾



図 1 4 真鍮製のクマ鈴への漆塗り



図 1 5 真鍮製の煙管に漆で加飾

5. 結言

本研究では、漆と各種材料の密着性について、SAICASを用いて剥離強度を定量的に評価した。漆と木材の剥離強度は2.00[kN/m]を閾値とし、各工法で閾値に対してどの程度の剥離強度を有しているのか確認することができた。また、漆は指触乾燥後も硬化反応が進み、その塗膜硬度が増加することが知られている。その特性が剥離強度に対してどのような影響を及ぼすのか評価を行い、研磨によって発生するアンカー効果に対して、剥離強度の増加に寄与するという知見が得られた。

今回の結果から、研磨や熱処理を行ったとしても漆だけでは多くの材料と木材同等の剥離強度を達成することは難しいことが明らかとなり、選定した化学塗料を塗布することで多くの材料と木材同等の剥離強度を達成することができた。ただし、研磨や熱処理であっても剥離強度が増加することが確認されたことから、コストや保有設備、製品における品質条件を満たすことができればこれらの工法を選択することは有効である。また、熱処理条件は、処理温度、時間、熱処理までの時間が剥離強度に影響を及ぼすことを定量的に示すことができた。これらの結果から、工程設計を行う上で、SAICASによる剥離強度の評価は非常に有効な手段であると考えられる。製品化にあたっては、剥離強度と耐久性の関係性を明らかにすることで、より具体的な議論が可能となる。

参考文献

- 1) 原朋弥, 吾子可苗, 佐藤佑香, 高木智博, 杉原輝俊. 漆の密着性に関する研究(第1報). 令和6年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 2024.