

漆の密着性に関する研究（第1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 吾子可苗 佐藤佑香
材料技術部 分析・化学科 高木智博 杉原輝俊

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。その結果、木材と漆の剥離強度は 2.00[kN/m]以上であり、PA、PMMA、フェノール樹脂が同等の剥離強度を有する材料であることが分かった。また、樹脂材料においては、研磨によるアンカー効果により剥離強度の増加を確認し、金属材料においては 150[°C]、1[時間]の熱処理により剥離強度が最大になることが明らかとなった。

Key words: 漆、密着性、SAICAS、剥離強度

1. 緒言

漆製品と言えば木材に漆塗りという認識が一般的であるが、近年では木材以外の材質に漆塗りを行う要望も増えてきている。従来の材料である木材以外に漆を塗布する場合、密着性の課題が発生する。これまで、「漆の改質によるガラスへの密着性向上」¹⁾、「大堀相馬焼における陶胎漆器の開発」²⁾といった研究を行ってきており、多種多様な材質と漆の密着性を評価することは、今後の商品開発において重要である。

当所では、令和4年度に表面切削装置（ダイブラ・ウィンテス（株）、SAICAS EN型）（以下SAICASと略す）を導入した。当該機器を用いることで塗膜と材料の剥離強度を定量的に評価することができる。本研究ではSAICASを用いて、漆と各種材料の剥離強度を定量的に評価する。また、密着性の向上に寄与するとされる研磨、熱処理、プライマーが剥離強度に与える影響についても評価を行ったので報告する。

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、そられ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
有機材料	木材（4種） 朴木、錆漆（朴木）、栃、錆漆（栃）
	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、テンパックス（珪酸）、石英（珪酸）

2. 2. 試料作製

2. 2. 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. 2. 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。

2. 2. 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、2.2.2.と同様の操作で漆を塗布し、硬化させた。

2. 2. 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[時間]、②150[°C]、1[時間]、③180[°C]、1[時間]、④200[°C]、1[時間]）で塗膜を硬化させた。

2. 2. 5. プライマー

エタノールで脱脂した各種材料に対して、1液性のプライマーをスプレーで塗布し、45[°C]、5[時間]で硬化させた。その後、2.2.2.と同様の操作で漆を塗布し、硬化させた。

2. 3. 剥離強度の評価

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[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[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]とする。値が大きい程、塗膜の密着性が高い。

試験中の様子を図1に示す。また、試験結果の例を図2、図3に示す。

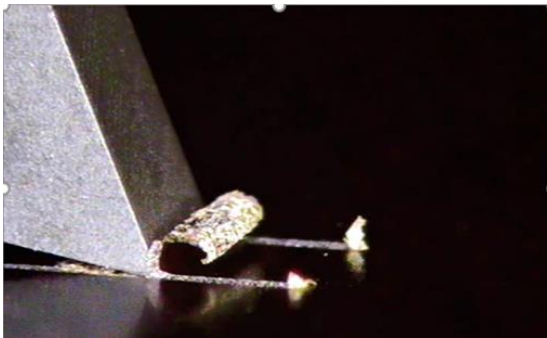


図1 試験の様子

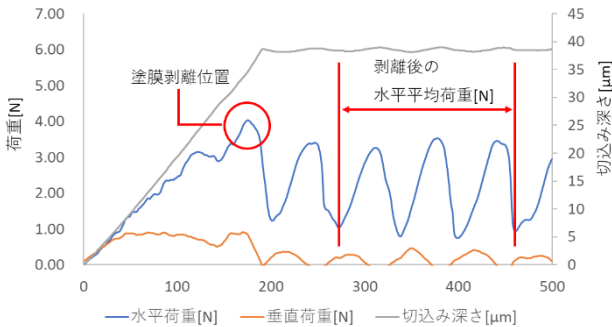


図2 試験結果の例 (剥離強度が高い)

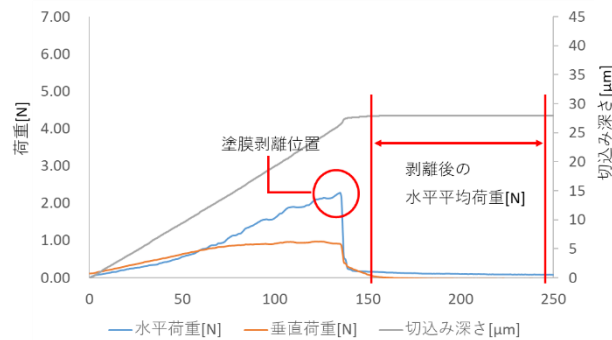


図3 試験結果の例 (剥離強度が低い)

3. 結果及び考察

3. 1. ブランク (各種材料と漆) の剥離強度

各種材料と漆の剥離強度を示す。有機材料と漆の剥離強度を図4に、無機材料との剥離強度を図5に示す。漆の指触乾燥後も硬化反応が進むことが知られていることから、剥離強度の経時変化についても着目し評価を実施した。

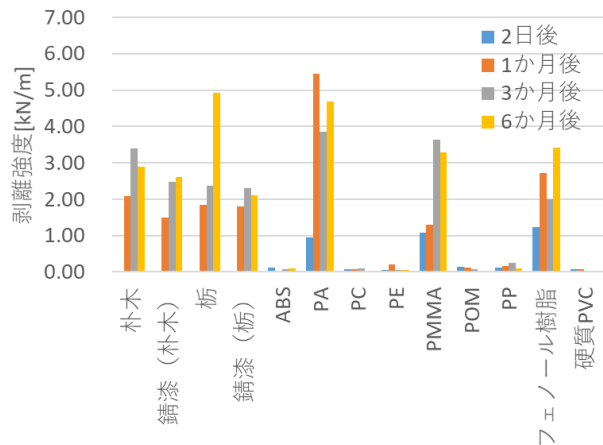


図4 有機材料と漆の剥離強度

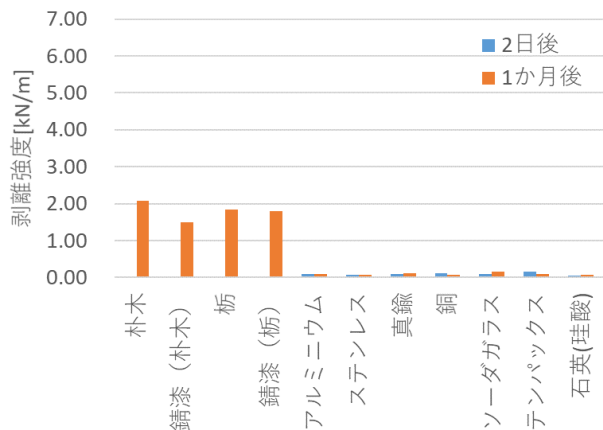


図5 無機材料と漆の剥離強度

図4より、木材の剥離強度は2.00~5.00[kN/m]程度であり、同等の剥離強度を有したのはPA、PMMA、フェノール樹脂の3種の樹脂であった。その他の樹脂の剥離強度は0.20[kN/m]以下であり、10分の1以下という結果であった。この結果から、樹脂によって剥離強度が大きく異なることが分かった。ABSについては密着性の良い材質であるという認識があったことから意外な結果となった。

図5の無機材料については、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。今後、樹脂同様に剥離強度の経時変化を確認していく。

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の剥離強度を図6に、無機材料の剥離強度を図7に示す。

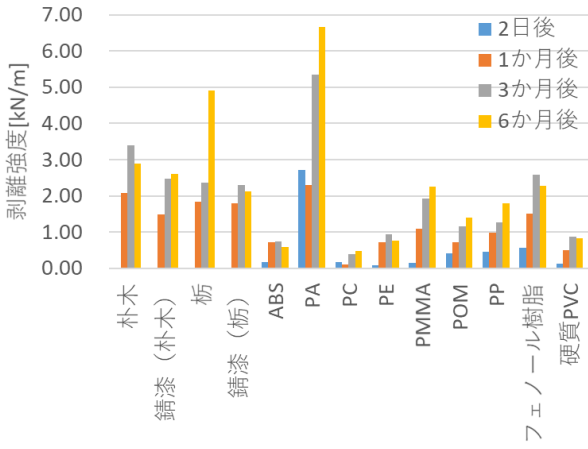


図6 有機材料と漆の剥離強度 (#240 研磨)

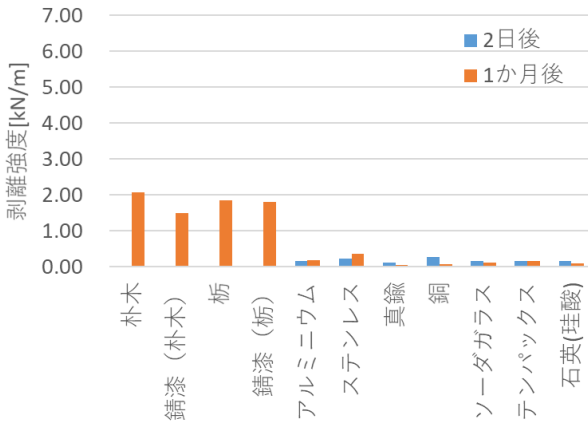


図7 無機材料と漆の剥離強度 (#240 研磨)

図6より、PAが最も高い剥離強度6.65[kN/m]であり、木材よりも高い数値を示した。図4と比較すると、樹脂は全体として剥離強度が増加し、時間経過とともに更に剥離強度が増加する傾向を示した。研磨により、材料表面に発生した凹凸に漆が浸入し製膜することで、アンカー効果が発生したと考えられる。漆は指触乾燥後も硬化が進み、硬度が上がっていくことが知られていることから、日数の経過とともに剥離強度が増加したと考えられる。

図7より、無機材料においては研磨による剥離強度の増加は確認されなかった。無機材料に対する研磨方法として、サンドペーパーによる研磨ではアンカー効果が発生するような凹凸が発生しなかったと考えられる。エッチングなどの化学処理によって表面に凹凸を発生させ剥離強度が増加するか今後検討していく。

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8に示す。

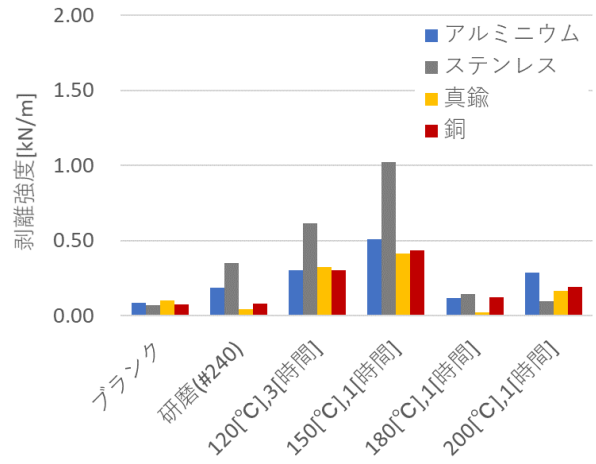


図8 金属材料と漆の剥離強度 (熱処理)

図8より、剥離強度は熱処理条件により影響を受ける傾向を示し、今回の試験ではいずれの金属においても、150[°C]、1[時間]で熱処理を行うことで剥離強度が最大値を示した。ステンレスでは空白の剥離強度が0.07[kN/m]だったのに対し、約15倍の1.02[kN/m]を示した。180[°C]、1[時間]では剥離強度が低下することから、過剰な熱処理は剥離強度の低下を招くと推察する。漆の熱処理による硬化条件は塗布厚等の影響を受けるため、商品開発時には製品状態での条件出しが必要になると考える。

次に各種金属材料を150[°C]、1[時間]で熱処理した場合の剥離強度と木材の剥離強度を比較した結果を図9に示す。

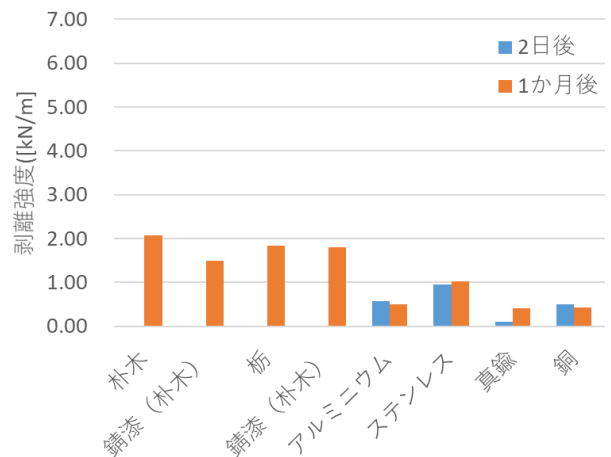


図9 金属材料と漆の剥離強度 (熱処理: 150[°C], 1[時間])

経時変化を確認していく必要はあるが、熱処理だけでは木材同等の剥離強度を達成することは困難であった。

図9とは別のサンプルに対して、150[°C], 1[時間]の熱処理を行い漆を製膜させ、クロスカット法により評価した結果を表3に示す。クロスカット法では分類0が最も密着性が高く、分類5が密着性が低い。

表3 剥離強度とクロスカット法による分類の比較

	剥離強度 [kN/m]		クロスカット法による分類	
	ブランク	熱処理 150[°C],1[時間]	ブランク	熱処理 150[°C],1[時間]
アルミニウム	0.10	0.57	5	3
ステンレス (SUS430)	0.07	0.96	5	1
真鍮	0.09	0.10	5	5
銅	0.11	0.51	1	1

図9より、金属材料に対する熱処理では木材同等の剥離強度は達成しなかったものの、クロスカット法ではステンレス、銅では分類1を達成した。銅については熱処理を行わなくても分類1を達成している。この結果から、剥離強度とクロスカット法における分類が必ずしも一致しないことが分かった。この結果の差異については今後の検討が必要である。

3. 4. 剥離強度に対するプライマーの効果

プライマー塗布後の有機材料の剥離強度を図10に、無機材料の剥離強度を図11に示す。

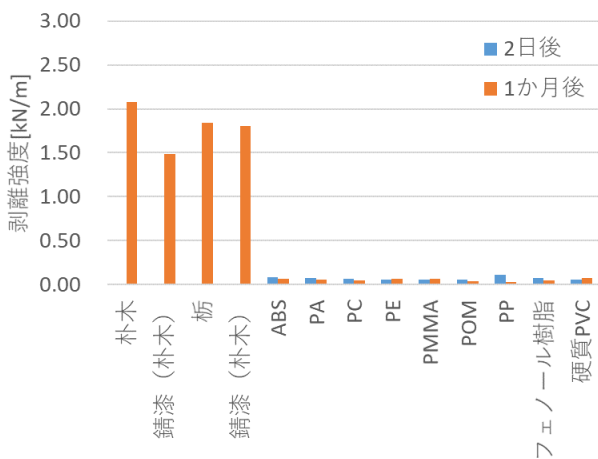


図10 有機材料と漆の剥離強度 (プライマー)

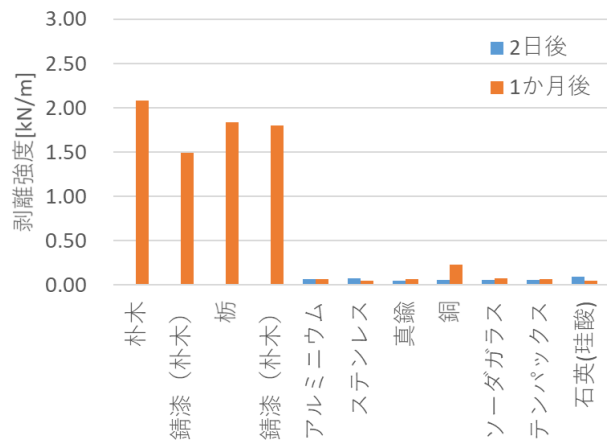


図11 無機材料と漆の剥離強度 (プライマー)

図10と図4の結果を比較すると、PA、PMMA、フェノール樹脂の剥離強度が著しく低下している。いずれの材料も剥離強度に差が無いことから、プライマーと漆界面の剥離強度の測定結果であると推察する。測定結果から、今回使用したプライマーは漆との密着性が良くなかった。今後、漆と密着性の良いプライマーを選定する手法として、SAICASによる剥離強度の測定は有効であると考えます。

図11とは別のサンプルに対して、プライマー塗布後に漆を塗布し、クロスカット法により評価した結果と剥離強度の関係について表4に示す。

表4 剥離強度とクロスカット法による分類の比較

材料	剥離強度 [kN/m]	クロスカット法による分類
ABS	0.11	4
PA	0.11	2
PC	0.03	5
PE	0.08	5
PMMA	0.09	2
POM	0.03	5
PP	0.06	5
フェノール樹脂	0.04	2
硬質PVC	0.01	5
アルミニウム	0.12	5
ステンレス	0.09	5
真鍮	0.04	5
銅	0.05	5
ソーダガラス	0.09	2
テンパックス	0.11	2
石英(珪酸)	0.11	5

金属材料の熱処理と同様に剥離強度とクロスカット法による分類は相関は見られなかった。SAICAS では漆とプライマーの剥離強度を評価しているのに対し、クロスカット法では漆とプライマー、プライマーと材料との密着性を複合的に判断していると考えられる。SAICAS により、漆とプライマーの密着性が無いことが確認されていることから、プライマーと材料との密着性がクロスカット法の結果に影響していると考えられる。

4. 結言

今回の試験では、木材同等の剥離強度を有する有機材料として、PA、PMMA、フェノール樹脂があることが分かった。また、樹脂材料については研磨を行うことで、アンカー効果により剥離強度が増加し、時間の経過とともに剥離強度が増加する傾向を確認した。

金属材料については剥離強度を測定することで、最適な熱処理条件 150[°C], 1[時間]で剥離強度が最大になり、過剰な熱負荷は剥離強度を低下させることが明らかとなった。同じ無機材料であるガラスに対しても同様の効果が期待できる。食品衛生法の一部改正に伴うポジティブリスト制度の適用により、食器に使用できる塗料は限定されてきている。添加剤やプライマーを使用せず、無機材料との密着性を向上させることができるという結果は非常に有意性のあるものであると考える。

今回使用したプライマーは漆との剥離強度が低く、期待した結果は得られなかったが、SAICAS を用いることでプライマーと漆の剥離強度を定量的に評価することができた。SAICAS を用いることで、漆と相性の良いプライマーの選定を行うことができると考える。

クロスカット法との比較においては、必ずしも剥離強度の結果と一致しないことが確認された。これらの結果から、クロスカット法と SAICAS 法のどちらでも評価が必要であることと、差異が発生する要因の検証は今後の課題である。また、これらの差異が品質、機能性に及ぼす影響についても検証していきたい。

これらの結果を踏まえ、次年度は試作品の製作等も行っていく。

参考文献

- 1) 原朋弥, 須藤靖典. 漆の改質によるガラスへの密着性向上. 令和2年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 2021.
- 2) 吾子可苗, 原朋弥, 佐藤佑香. 大堀相馬焼における陶胎漆器の開発. 令和5年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 2024.