

漆塗料の高機能化とその活用に関する研究（第3報）

Research on high functionality of urushi paint and its application

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 杉原輝俊

業務用食洗機に対する会津漆器の耐久性を評価するため飲食店で約半年間の実証試験を行った。その結果、伝統的な技法で製造された漆器でも1000回以上の洗浄に耐えられるものがあるという知見を得た。また、有機酸金属塩 (Fe, Zn, Mn, Co, Zr) を添加した漆の耐候性試験を実施し、色の経時変化を評価した。その結果、Feで着色した漆よりも、Zn, Mn, Co, Zrで着色した漆の方が色の経時変化が小さいことが分かった。漆に水を添加することで粘度が増加する。その特性を活かした活用事例として、刷毛目塗のパネルを製作した。

Key words: 漆、会津漆器、業務用食洗機、水の添加、漆の着色

1. 緒言

本研究では、漆(漆器)の性能を定量的に評価することで、その特徴と性質を改めて明確化する。また、手軽に入手可能な材料などを使って漆塗料の高機能化を図り、これまでの製造工程を大きく変えることなく、付加価値の高い新しい漆器商品の提案につなげることを目的とする。具体的に、(i)業務用食洗機による会津漆器の耐久性試験、(ii)漆塗料への金属イオンの添加、(iii)漆塗料への水の添加に取り組んだ。

(i)について、これまでの成果では伝統的な工程で製造された会津漆器でも、家庭用食洗機で1000回の洗浄に耐えることが分かった¹⁾。この結果を踏まえ、今年度は飲食店での実証試験を約半年間実施した。会津漆器13種48点を使って、料理の提供と業務用食洗機による洗浄を行った。実証試験前後の漆器の状態について確認した結果を報告する。

(ii)について、前回までの報告¹⁾で漆に金属イオン(Fe, Zn, Co, Zr, Mn, Ca)添加することで、黒色に着色することを示した。今回は有機酸金属塩の添加量と漆の硬化時間の関係性、有機酸金属塩で着色した漆に対して耐候性試験を行い、試験中の塗膜の色変化を評価した結果を報告する。

(iii)について、これまでの研究により、漆へ水を添加することで、硬化時間の短縮と粘度が増加することを報告した^{1),2)}。今年度はその特性を活かし、刷毛目塗のパネル製作を実施した。

2. 実験方法

2. 1. 業務用食洗機に対する耐久性の実証試験

実証試験は会津若松市内の飲食店で実施した。試験内容は料理の提供と業務用食洗機を用いた洗浄である。評価に使用した会津漆器を表1に示す。

表1 試験に使用した会津漆器

項目	内容
漆器	会津漆器 13種類 48点
材質	木製の器物に漆塗り
形状	手塩皿、ぐい呑み
色	溜、朱、洗朱、白、青
塗り	花塗り、変塗り
加飾	会津絵(漆絵、箔)、金虫喰、漆絵、消時絵

次に、実証試験に使用した業務用食洗機と洗浄条件について表2に示す。

表2 業務用食洗機と洗浄条件

項目	内容
機種	食器洗浄機 品番:JWE-680A ホシザキ電機(株)
洗剤	食器洗浄機用洗浄剤 クリアマスター洗浄機用 カプセルM
洗浄時間	53秒 本洗い(41秒)→休止(5秒)→すすぎ(6秒) →休止(1秒)
洗浄温度	66°C
試験期間	約半年間 (令和5年5月中旬～令和5年12月末)
洗浄回数	1000回以上

試験前後の漆器の状態を確認するため、目視による外観確認、色彩色差計(コニカミノルタ(株), CR-200)による色の測色、デジタルマイクロスコープ((株)ハイロックス, RH-2000)を用いた塗膜表面の観察を実施した。

2. 2. 有機酸金属塩を添加した漆の評価

表3に示す有機酸金属塩5種を無油漆(透)に添加し、添加量と硬化時間の関係性、耐候性試験による色の経時変化を評価した。

表3 有機酸金属塩一覧

金属	物質名	分子式
Fe	トリス(2-エチルヘキサン酸)鉄(III)・ミネラルスピリット溶液(Fe:6%)	$\text{Fe}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_3$
Zn	ビス(2-エチルヘキサン酸)亜鉛・ミネラルスピリット溶液(Zn:15%)	$\text{Zn}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_2$
Mn	2-エチルヘキサン酸マンガ(II)・ミネラルスピリット溶液(Mn:8%)	-
Co	ナフテン酸コバルト・ミネラルスピリット溶液(Co:5%)	-
Zr	ビス(2-エチルヘキサン酸)酸化ジルコニウム(IV)・ミネラルスピリット溶液(Zr:12%)	$\text{ZrO}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_2$

2. 2. 1. 有機酸金属塩の添加量と漆の硬化時間

漆2[g]に対して、表3に示した有機酸金属塩を添加し、アクリル板上にアプリケーションを用いて75[μm]で塗布した後、温度25[°C]、湿度70[%]に設定した恒温恒湿器内で硬化時間を測定した。硬化時間の測定には塗膜乾燥時間測定機(BEVS社製, BEVS1815)を使用した。

2. 2. 2. 有機酸金属塩を添加した漆の耐候性試験

漆4[g]に対してMnの有機酸金属塩である2-エチルヘキサンマンガン(II)ミネラルスピリット溶液(Mn:8%)は0.16[g]、その他の有機酸金属塩は0.8[g]添加した。各漆をアクリル板上にアプリケーションを用いて75[μm]で塗布し、温度25[°C]、湿度70[%]の条件で硬化させ作製した試験板に対して、表4に示す条件で耐候性試験を実施した。試験中の塗膜の色の経時変化を色彩色差計(コニカミノルタ(株), CR-200)を用いて24[H]ごとに測定した。

表4 試験条件

項目	試験機
試験機	促進耐候性試験機 DPWL-5R スガ試験機(株)
ランプ	FS-40 ピーク波長:313[nm]
放射照度	30[W/m ²] 波長270~700[nm]
照射時間	288[H]

2. 3. 水を添加した漆の試作品製作

漆に水を添加する方法として、ホモジナイザーを使用していた。しかし、漆に樟脳油を滴下した後、水を添加することで、ホモジナイザーを使用せずヘラを用いて短時間で混合できることが実験的に分かった。今

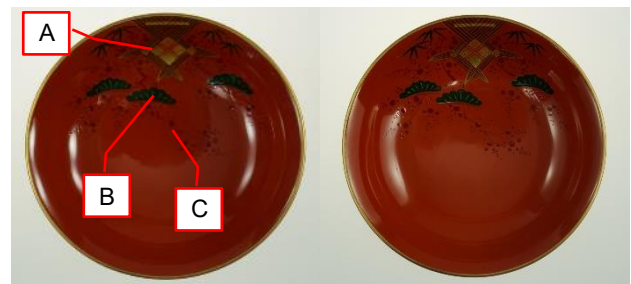
回はこの方法を用いて水を添加した無油漆(透、黒、赤、白)で刷毛目塗のパネルを製作した。刷毛目塗では刷毛目を残すために漆の粘度を増加させる必要がある。水を添加した漆は粘度が増加することから、この技法との相性が良いと考えた。

3. 結果及び考察

3. 1. 業務用食洗機に対する耐久性の実証試験

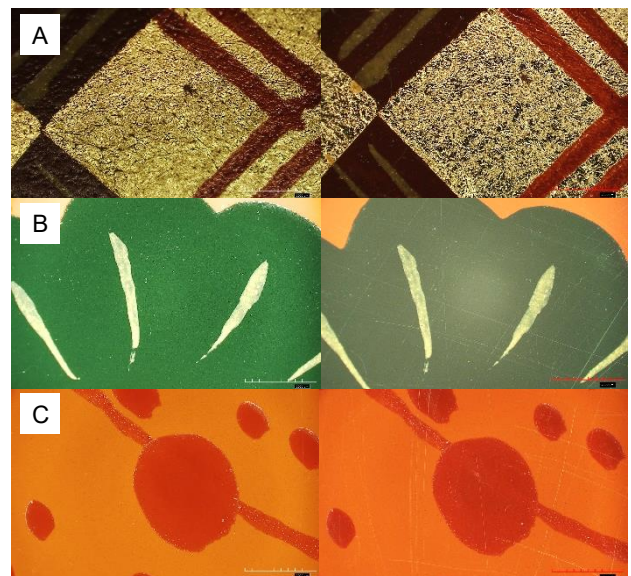
これまで把握されていなかった業務用食洗機に対する会津漆器の耐久性を確認することができた。これまで不具合として想定されていた木地の変形や金属粉、漆絵の剥がれなどは確認されなかった。一方で、家庭用食洗機では見られなかった不具合として、縁部分の塗膜の欠けや打痕、クラックの発生、螺鈿の貝の剥がれなどが確認された。それぞれについて報告する。

図1に伝統的な柄である会津絵が描かれた手塩皿の試験前後の写真を示す。図2ではデジタルマイクロスコブで観察したA、B、Cの位置の写真を示す。



(左：試験前、右：試験後)

図1 実証試験前後の会津絵が描かれた手塩皿



(左：試験前、右：試験後)

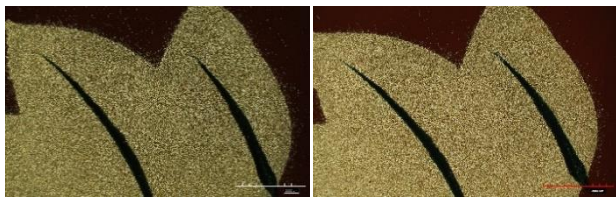
図2 実証試験前後の会津絵が描かれた手塩皿(35倍)

図1、2より、実証試験前後で目視による明らかな劣化は確認されず、デジタルマイクロスコープによる観察でも金箔や色漆の剥がれ、塗膜のクラックの発生などは確認されなかった。

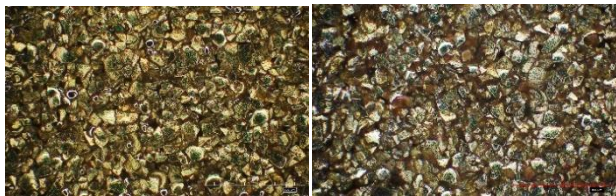
次に、会津の伝統的な技法である消蒔絵で加飾された手塩皿の実証試験前後の写真を図3に示す。また、消蒔絵の加飾部分をデジタルマイクロスコープで観察した写真を図4に示す。



(左：試験前、右：試験後)
図3 消蒔絵が施された実証試験前後の手塩皿



(左：試験前、右：試験後) (35倍)

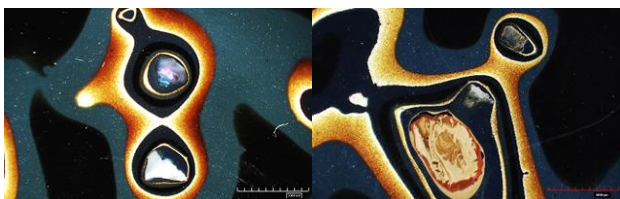


(左：試験前、右：試験後) (1000倍)

図4 実証試験前後の消蒔絵

図3、4より、実証試験前後で目視による明らかな劣化は確認されず、デジタルマイクロスコープによる観察でも消蒔絵に使用される消粉の剥がれは確認されなかった。

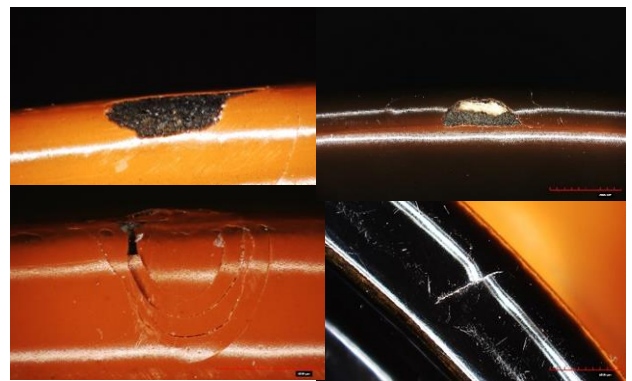
業務用食洗機で新たに確認された不具合について報告する。実証試験前後の螺鈿をデジタルマイクロスコープで観察した写真を図5に示す。



(左：試験前、右：試験後)
図5 実証試験前後の螺鈿 (35倍)

図5より、試験後には貝が剥離していることが確認できる。家庭用食洗機では貝の剥離は確認されなかったものの、貝の角部を起点に漆塗膜にクラックが発生することを報告した¹⁾。業務用食洗機では、家庭用に比べ洗浄力を上げるために水圧が高い、そのため貝の剥離につながったと考えられる。この結果から、螺鈿は業務用、家庭用に問わず食洗機には不向きな技法であると言える。

また、他の不具合として図6に示す塗膜の欠け、打痕、クラックの発生が挙げられる。29点の手塩皿のうち、いずれかの不具合が発生したものは24点に及ぶ。それぞれの発生個数と発生率、発生位置を図7及び表5に示す。



(上段：欠け、下左：打痕、下右：クラック)
図6 塗膜の不具合 (35倍)

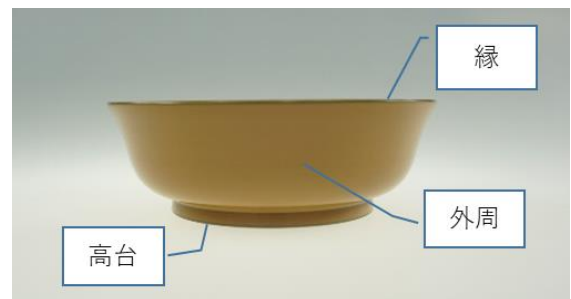


図7 発生位置

表5 欠け、打痕、クラックの発生数と発生位置

	発生個数	発生率	発生位置			
			縁	高台	外周	その他
欠け	14	48%	13	4	0	0
打痕	15	52%	4	6	8	0
クラック	5	17%	1	4	0	2

表5より、欠け、打痕の発生個数が多く、約50%の手塩皿で発生している。また、発生位置については縁、高台、外周に集中しており、欠けの発生位置は縁が多く、打痕は外周が多かった。また外周に発生した不具合は打痕のみであった。

これらの不具合の発生原因は、洗浄時の漆器と保持具との接触によるものと考える。図8に保持具に手塩皿をセットした状況を示す。

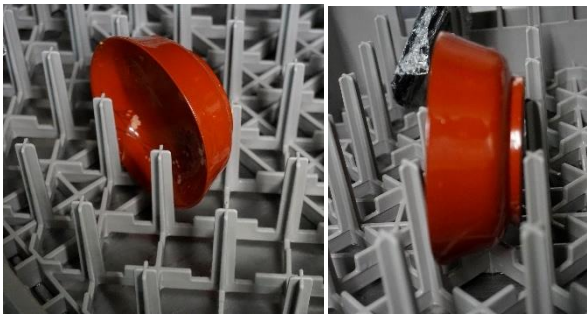


図8 洗浄機保持具にセットされた手塩皿

図8より、保持具と漆器の接する箇所に不具合が集中していることから、洗浄中に物理的な衝撃が加わったことで、高台や縁部分、外周に不具合が多く発生したと考える。

最後に、実証試験前後の漆器の色差（以下、 ΔE ）を漆器の塗りの色別に図9に示す。 ΔE が大きいほど色の变化大きいことを示す。

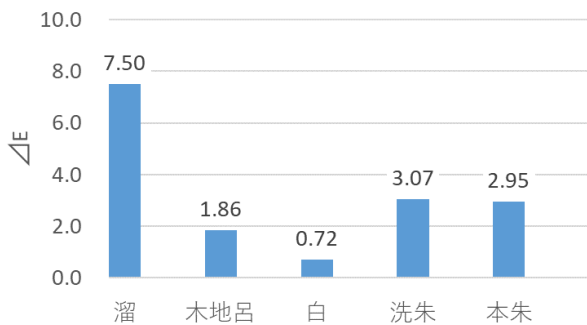


図9 実証試験前後の漆器の ΔE

図9より、 ΔE は溜が最大で、白が最小であった。溜は黄変しており、目視でもはっきり色の劣化を確認することができた。それ以外の色については目視では劣化は確認できなかった。洗朱や本朱は食洗機による色変化が分かりにくい色として報告した²⁾が、今回の試験では白についても変化を起こしにくい色であることが確認できた。

実証試験の結果では、螺鈿を除く加飾技法について業務用食洗機による劣化は確認されなかった。また、不具合が確認された欠け、打痕、クラックについては、保持具の形状等を工夫することで解決できると考える。それらを踏まえることで、業務用食洗機でも漆器を使用することは十分可能であると考えることが分かった。

3. 2. 有機酸金属塩を添加した漆の評価

3. 2. 1. 有機酸金属塩の添加量と漆の硬化時間

漆 2[g]に対する各種有機酸金属塩を添加した無油漆(透)を温度 25[°C]、湿度 70[%]で硬化させたときの硬化時間を図10に示す。

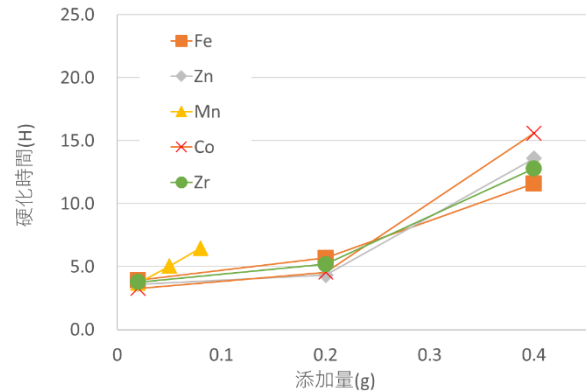


図10 有機酸金属塩の添加量と漆の硬化時間

いずれの有機酸金属塩も添加量の増加とともに漆の硬化時間が長くなる傾向を示した。Mnについては他の金属と比べて、硬化時間が長くなる傾向が強く、漆 2[g]に対して 0.08[g]以上添加した場合、漆が硬化しなくなった。しかし、今回の試験結果だけでは、Mn及び有機酸が漆の硬化を阻害しているのかは明らかになっていない。今後の課題である。

3. 2. 2. 有機酸金属塩を添加した漆の耐候性試験

各種有機酸金属塩を添加した無油漆(透)を温度 25[°C]、湿度 70[%]で硬化させた。その漆塗膜の耐候性試験時間と ΔE との関係を図11に示す。なお、市販の黒呂色漆を比較対象とした。

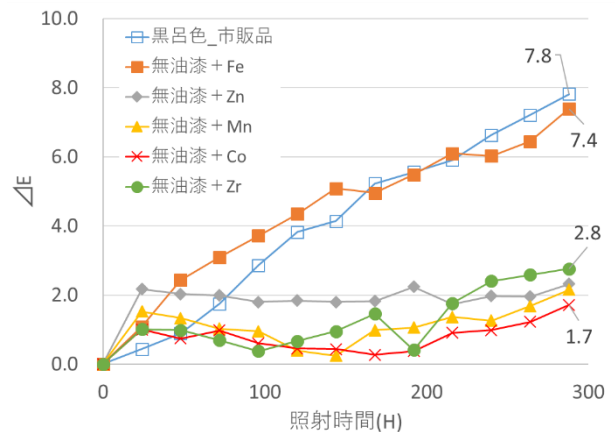


図11 有機酸金属塩を添加した漆塗膜の ΔE の経時変化

いずれの漆塗膜も照射時間の経過とともに ΔE は大きくなる傾向を示した。また、市販品を含むFeにより

着色された漆の ΔE の増加傾向はFe以外の金属で着色された漆よりも大きくなっている。このことから、Feによって着色された漆よりも、Zn, Mn, Co, Zr で着色された漆の方が光による塗膜の色の劣化が小さいことが分かった。

3. 3. 水を添加した漆のパネル製作

水を添加した各種漆を用いて、刷毛目塗のパネルを製作した。製作過程の写真と製作したパネルを図12、13に示す。



図12 パネル製作過程



図13 水添加漆を使用した刷毛目塗のパネル

漆に添加する水は水道水を使用したがる、分離等起こさず混合することができ、硬化不良も起こさなかった。水の添加量によって漆の粘度調整が容易であり、色漆でも使用できることや、刷毛目塗以外の使用方法も考えられることから、非常に汎用性の高い技術であると考ええる。

4. 結言

業務用食洗機に対する会津漆器の耐久性を評価した。今回の試験では、加飾に関する不具合は螺鈿を除いて発生しなかった。一方で、物理的な衝撃により塗膜の

欠けや打痕が発生することが分かった。これまでの評価から、家庭用食洗機と業務用食洗機によって漆器に発生する不具合について知見を得ることができた。また漆器の耐久性の高さについても確認することができた。これらの結果を広く周知し、会津漆器の利用促進につなげていきたい。

有機酸金属塩を漆に添加し、添加量と硬化時間の関係性、漆塗膜の耐候性試験による ΔE の経時変化を評価し、有機酸金属塩の添加量を増やすことで漆の硬化時間が遅くなることが分かった。また、Feで着色した漆よりもZn, Mn, Co, Zrで着色した漆の方が耐候性試験において ΔE の経時変化が小さいことが分かった。今回の研究では漆との相溶性の観点から有機酸金属塩を選択したが、今後、安全面を考慮した試薬を検討する必要があると考える。

水を添加した漆を用いて刷毛目塗のパネルを製作した。今回は漆の粘度調整のために水を添加したが、これまでの研究で漆の硬化時間が短くなることも分かっている。水を添加した分、膜厚が減少するデメリットもあるが、作業時間の短縮というメリットがある。また、漆が硬化しにくい低湿度下(温度 25[$^{\circ}$ C], 湿度 50[%])でも漆の硬化時間を著しく短くすることも分かっており、湿気をかけることができない屋外での作業などにおいても有効な技術であると考ええる。

謝辞

会津漆器の耐食洗機性評価にあたり、漆器の購入や意見交換等ご協力いただきました漆器問屋、蒔絵師、塗師の皆さま、及び実証試験にご賛同いただき、快く引き受けてくださいました田季野の女将 馬場様を始め、ご協力いただいた従業員の皆さまには謝意を表します。

参考文献

- 1) 原朋弥, 吾子可苗, 佐藤佑香, 矢内誠人, 杉原輝俊. 漆塗料の高機能化とその活用に関する研究(第2報). 令和4年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, (2022)
- 2) 原朋弥, 吾子可苗, 関澤良太, 矢内誠人, 杉原輝俊. 漆塗料の高機能化とその活用に関する研究(第1報). 令和3年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告, (2021)