

外装用漆塗装法の耐候性向上に関する試み(2)

島津 美子・井口 智子*1・川野邊 渉
加藤 寛・板垣 義郎*2・館川 修*3

1. はじめに

我が国では、伝統的に外装塗装に漆を用いた木造建造物があり、現在においても、その塗り直しには漆が用いられている。しかしながら、漆塗膜は紫外線に弱く、そのため建造物の外壁塗装のような、直射日光に曝される屋外環境での漆塗膜の維持は困難であり、頻繁なメンテナンスが必要とされる。しかし現状では、主に費用の面から、数十年に一度程度の大規模な再塗装がせいぜいである。そこで、修復技術部では、できるだけ長期間にわたり漆塗膜を維持し、メンテナンスの間隔を延長する新材料の採用を検討している。漆塗装に強度を与える伝統的工法としては木地に麻布を貼ることが一般的であるが、本研究では、麻布の代わりに繊維強度のあるカーボンファイバーを採用することとし、さらに塗膜には人工的に漆の耐候性を高めたジス漆（耐候性改善漆；齋藤株式会社）を用いることで、下地および塗膜の双方において強度を高める工法を試みた。前稿（井口ほか，2000）¹⁾では、このジス漆の耐候性試験仕様について報告したが、本稿ではその結果および実際に厳島神社（広島市宮島町）高舞台の塗装に一部応用した例について報告する。

2. 試験方法

2-1 試験仕様

試験手板の作成は、伝統的工法に基づいた手順で行い、使用する材料は伝統材料および新材料をそれぞれ適宜組み合わせることで10仕様の手板を作成した（表1）¹⁾。詳細な手順および手法は前稿を参照されたい。手板は、節の影響を調べるため、それぞれ節のあるヒノキ材を用いた。仕様1, 2は全工程を伝統的な工法および材料を用いて作成し、3, 4では伝統的工法に加え、

表1 手板仕様表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備考
1 素地調整	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
2 刻字かい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3 布着せ	○	○	○	○	★	★	▲	▲	○*	○*	○：麻布，★：カーボンファイバー（短繊維），▲：カーボンファイバー（織物），○*：エポキシクリアを塗布後、麻布をエポキシクリアで接着
4 布目揃え	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	
5 布目擦り	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	
6 地付け	○	○	○	○	○	○	○	○	○*	○*	○*：エポキシバテを塗布
7 研磨	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
8 切粉付け	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	
9 研磨	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	
10 錆付け	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	
11 錆研ぎ	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	
12 下塗り	○	○	○	○	●	◆	◆	◆	●	●	○：黒漆 ●：ジス黒漆 ◆：ジス朱漆
13 研磨	○	○	○	○	-	-	-	-	○	○	
14 中塗り	○	○	○	○	-	-	-	-	●	◆	
15 研磨	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
16 上塗り	○	○	●	◆	◆	◆	◆	◆	●	●	○：黒漆 ○：朱漆 ●：ジス黒漆 ◆：ジス朱漆

（前稿より再掲，井口ら，2000）

*1 名古屋ボストン美術館 *2 共同研究員，明和産業株式会社化学品本部部長・カーボン複合材チーム
*3 共同研究員，齋藤株式会社・常務取締役塗料事業部長

上塗りのみを新材料であるジス漆にて塗装した。仕様5～8では、従来下地として布着せで用いている麻布を強度のあるカーボンファイバーに変更し、更に下塗りおよび上塗りにおいてジス漆を適用した。仕様9および10ではエポキシ樹脂を用いて織物状カーボンファイバーを貼り、さらに上塗りにおいてもジス漆を用いることで、全体に新材料を採用した仕様とした。

2-2 試験期間

試験では前稿に記述したとおり各仕様それぞれ3サンプルを作成し、厳島神社での曝露（以下、厳島曝露）、東京文化財研究所屋上での曝露（以下、東文研曝露）をおこなうとともに、保存用のサンプルとして、各仕様の1サンプルずつを日の当たらない条件で保管した（以下、未曝露）。

厳島曝露では、厳島神社本社内に設置することが理想であったが、曝露台の新設が景観の妨げにならないように、厳島神社本社にほど近い厳島神社工務所内に仮設の曝露台を設け、試験手板を、南方向、傾斜度約45°に設置した。この試験場所は、南中時の日射は確保できるものの、全体の日射量および風のあたり方は、厳島神社本社と比較して軽減されている。

東文研曝露では、東京文化財研究所屋上に設置されているスガ試験器社製、太陽追尾型曝露試験器による屋外曝露を行った。

厳島曝露では平成11年10月から平成13年11月までの期間、東文研曝露では平成11年10月から平成12年2月まで、それぞれ屋外曝露をおこない、未曝露サンプルは平成11年10月から平成13年11月まで保管した。

3. 結 果

3-1 厳島神社における曝露試験の結果

はじめに、全ての工程および材料を伝統的工法に則り作成した仕様1, 2では、全体に艶の減少が著しく、黒漆塗りの仕様1では、部分的に下地が見えるなど、全体に塗膜層が薄くなっていた。朱漆塗りの仕様2では塗膜表面に斑紋が点在していた。次に、上塗りにのみジス漆を用いた仕様3, 4において、全体にやや艶の減少がみられた。また、塗膜面を観察する角度によっては布目が一部に見られるが、後述する塗膜面の波打ちは少なく、塗膜の状態は比較的良好といえる。仕様3では亀裂を生じたが、同仕様であり上塗りのみを朱色のジス漆を用いた仕様4では大きな亀裂は認められなかった。

仕様5の厳島曝露の塗装面を未曝露と比較し側面から観察すると、塗膜面全体が波を打っているような状態となっており、平滑さを失っていた。仕様5ではこの現象がわずかに観察できるが、同仕様の仕様6ではそのような状態は観察されていない。さらに、仕様5および6では艶が減少しており、仕様5では今後亀裂に成長すると思われる筋が見え、朱色のジ



写真1 塗装前厳島曝露仕様6



写真2 試験後厳島曝露仕様6



写真3 塗装前厳島曝露仕様8

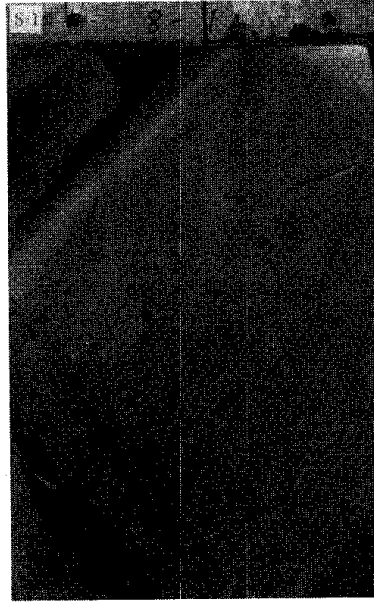


写真4 試験後厳島曝露仕様8

ス漆を塗布した仕様6ではそれらがすでに亀裂を生じていた(写真1, 2および写真3, 4)。この亀裂は明らかに木地の節が影響しており、カーボンファイバーでは木地の節の影響を防止できないといえる。仕様7では、織物状カーボンファイバーより上層の塗膜部分が全て剥離し、塗膜は一部を残して欠損していた。さらに木地と織物状カーボンファイバーを含む下地層が一部剥離した状態であった。板上に一部残存した塗膜を観察するかぎりでは、艶も減少していた。仕様8では塗膜が織物状カーボンファイバーから剥離し、めくれあがるような状態であった(写真3, 4)。さらに織物状カーボンファイバーを含む下地層が木地から完全に剥離していたが、塗膜の光沢はやや残存していた。仕様9, 10ではとくに大きな亀裂および艶の減少は認められなかったが、全体に布目が浮き出していた。

3-2 東京文化財研究所屋上における曝露試験の結果

この曝露試験では、いずれのサンプルもつやが減少し、仕様4, 7, 8では塗膜面の波打ちが確認できた。さらに、仕様4, 7, 8, 10では布目の浮き出しが比較的顕著に観察された。

3-3 未曝露

仕様1および2はジス漆と比較して艶が低い。これは天然漆を使用したため、作成当初の段階で十分な艶が得られておらず、光による影響ではないといえる。仕様3~6は良好の状態を保っており、東文研曝露や厳島曝露のサンプルにおいて観察されたような布目の浮き出しや塗膜面の波打ちは確認できない。しかし、仕様8および7はやや布目が、仕様9および10ではかなり明確に布目が確認できる状態であった。

3-4 色差および光沢度測定

色差測定はスガ試験器株式会社製、多光源分光側色計(MSC-5N-GV5)を用いて、測定径30mmφ, d/8, 反射, C光2°視野にて、各サンプル3回測定を行い、光沢度測定は同器付属の光沢度測定デバイスにより、60°鏡面反射率を1サンプルにつき10回の測定をおこなった。仕様1および9では明度のみが上昇し彩度にはほとんど変化は見られない。また、朱塗りのサンプルでは天然漆、ジス漆ともに彩度の変化が確認できる。

色差a*値b*値を比較すると、黒塗りのサンプルである仕様1, 3, 5, 9(7は塗膜欠損)においてはほとんど差を生じなかった。一方、朱塗りサンプルである仕様2, 4, 6, 8, 10では、仕様2のみが他の仕様とは異なる結果を示した。仕様2は塗装に天然漆を用いたサンプルであるが、他のサンプルはいずれもジス漆による塗装である。このことから、ジス漆塗りの手板では、曝露場所、下地材料および工法の違いに関わらず変褪色の傾向はほぼ同様であるといえる。

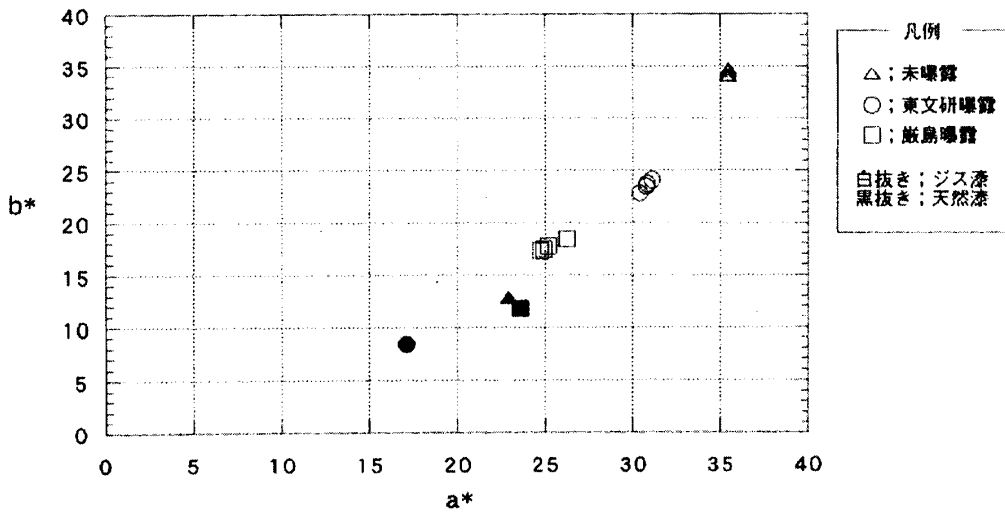


図1 色差測定結果1 a*値b*値

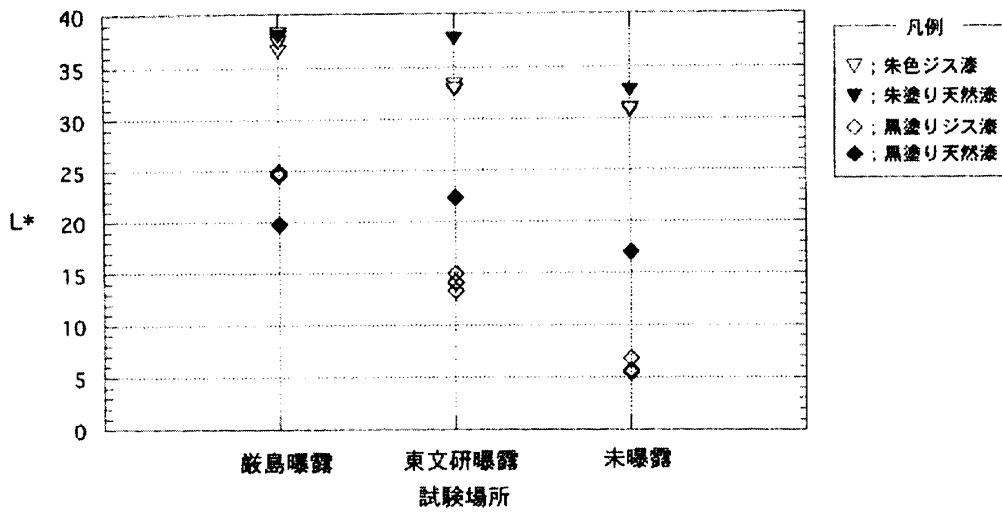


図2 色差測定結果2 L*値

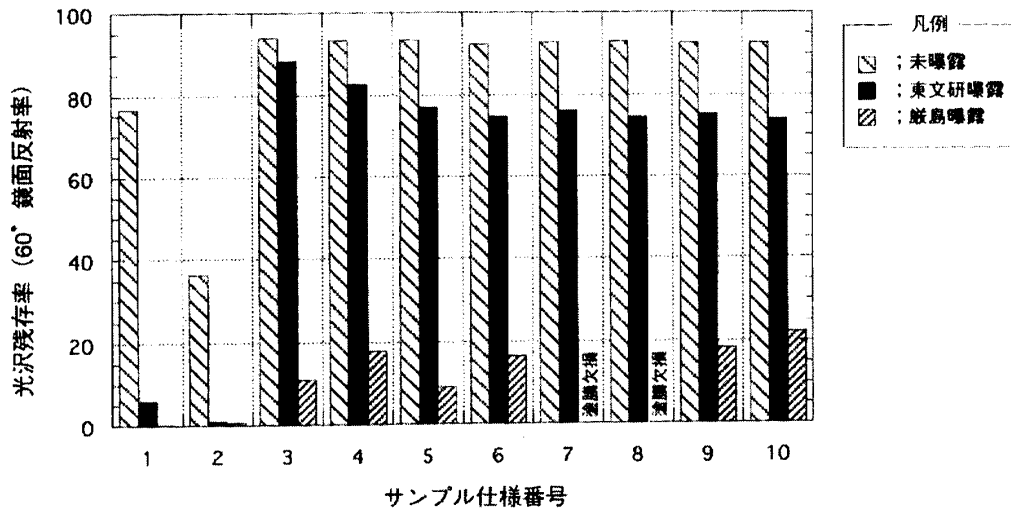


図3 試験後の光沢残存率

色差L*値を比較すると、朱塗り仕様のa*値b*値と同じ傾向がうかがえる。黒塗り、朱塗りともにジス漆塗装のサンプルはいずれの試験状況においてもほとんど同じ値を示し、色差a*値b*値の測定結果と同様に仕様の差異に関わらない。一方、天然漆を用いた仕様1および仕様2はともにジス漆とは傾向が異なり値にばらつきがみえる。

L*値の増加は白味の増加を表し、いずれの仕様も曝露時間の最も長い巖島曝露のサンプルで最も大きなL*値を示しており、時間経過に従って塗膜がチョーキングあるいは褪色傾向にあることがわかる。

光沢度の測定では、太陽光に曝露されていない未曝露の光沢度残存率が高く、ついで曝露期間の短い東文研曝露サンプル、最も曝露期間の長い巖島曝露サンプルと順に光沢度の減少が確認できる。天然漆では、仕様1、2ともに東文研曝露の時点においてすでに光沢度0に近い。一方、ジス漆を塗布した仕様サンプルの光沢度は維持されており、長い曝露期間を経た巖島曝露においても残存している。

4. 考 察

東文研曝露のサンプルは試験期間が短く、未曝露のサンプルでは大きな変化が見られなかったため、本稿では巖島曝露のサンプルについてのみ考察することとした。

ジス漆塗膜がやせた状態になった仕様3, 4, 7, 8, 9, 10のサンプルには布目が現れていた。仕様3, 4では布着せに麻布を、塗装にジス漆を用いている。また、仕様7, 8, 9, 10にはいずれも織物状カーボンファイバーとジス漆を用いている。これらの諸条件から、布目の観察は織物状の布にジス漆を塗布したときに起きており、塗膜の薄さがその原因と考えられる。ジス漆は粘性が低いためにスプレー塗装が可能であり、このことはジス漆の利点でもあるが、それゆえに塗膜が薄くなり布目が見えやすくなるため、今回の仕様のように下地に布を貼る場合には下地層をさらに厚くするか、塗膜層を何層も重ね付けするかの配慮が必要である。また、短繊維状カーボンファイバーを利用した仕様5, 6では、塗膜がジス漆であっても特にカーボンファイバーの影響は現れておらず、布目の浮き出しには布着せの布が織物状態であることが大きく影響しているといえよう。

次に、仕様7, 8についてであるが、この2つのサンプルは全サンプル中最も状態の変化が著しかった。今回の仕様から、塗装の工程を、木地、補強布、下地、塗膜の4種に大別すると、木地と補強布は完全に剥離し、さらに補強布と下地も剥離していた。このことから、織物状カーボンファイバーは木地および下地のいずれとの接着も適切でないといえる。木地が温湿度などの自然環境条件によって伸縮を繰り返すのに対して、カーボンファイバーや塗膜のジス漆はその動きに追従しなかったことが考えられる。カーボンファイバーはそのもの自身の強度が非常に強いため、おそらく接着剤として用いた漆の強度が相対的に弱くなったと推測できる。また、この手板に使用したカーボンファイバーの織密度が高く、上下の層を繋ぐ漆の浸透度合いが不十分であったため、必要な接着強度が得られなかったことも考えられる。カーボンファイバーの強度および漆との相性、さらに自然環境への不対応などが要因となり、顕著な剥離を起こしたものといえるだろう。

5. 厳島神社(広島県宮島町)における高舞台への採用

以上の試験結果から厳島神社高舞台の塗装仕様への適用を試みた。試験の結果、仕様3, 4の状態が比較的良好であったことから、高舞台の高欄部分は仕様3, 4を基調とした工法を採用した。この仕様では、劣化の著しい表面に対してジス漆を使用し、木地から下地までは伝統的工法および天然漆を採用していることが特徴である。一方、基壇部分は、これまでの経験から、強い耐候性が要求されるため、曝露試験後の塗膜が良好でありかつ最も強度がある、全体に新材料を用いた仕様9, 10を応用した工法を採用した。塗膜上に布目が現れる現象については、原因である塗膜の厚み不足を解消するため試験では行わなかった中塗り工程を加え、より厚い塗膜層の形成を試みた。

以上、高舞台高欄部分は伝統的工法に加え、ジス漆の塗装を採り入れ、高舞台基壇部分は全体に新材料を用いた耐候性の高い仕様とした。高舞台の設置は2001年7月に、厳島神社本殿前に設置された。

謝辞

本研究には、厳島神社に御協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 井口智子 他：外装用漆塗装法の耐候性向上に関する試み(1), 保存科学, 39, 51-57 (2000)

キーワード：漆塗り(urushi lacquer coating);カーボンファイバー(carbon fiber);耐候性(weather-resistant)

An Experiment for the Development of Weather-Resistant *Urushi* Lacquer Applied on Wooden Buildings (2)

Yoshiko SHIMADZU, Satoko INOKUCHI*¹, Wataru KAWANOBE, Hiroshi KATO,
Yoshiro ITAGAKI*² and Osamu TATEKAWA*³

Urushi lacquer coating technique has been applied on wooden buildings for centuries. Even now, it is used to restore *urushi* lacquer layers. However, *urushi* lacquer layer is very sensitive to ultra violet rays. Therefore, it is very difficult to conserve *urushi* lacquer layer in an outdoor environment where it is exposed to sunlight. In this case, maintenance by frequent re-coating is required. Our department has aimed to evaluate new materials which last longer than *urushi* lacquer and do not require frequent maintenance.

In this report, we present our attempt trial to strengthen the foundation and the coating film by using different combinations of carbon fiber, JISU-*urushi* (denatured polyurethane paint: Saito Co., Ltd.), and natural *urushi* lacquer. As a result, we found that the adhesion between natural *urushi* and carbon fiber is not so good and that the coating film of JISU-*urushi* is not as thick as that of natural *urushi*. So we trial-applied an improved version of this new coating material to Takabutai, Itsukushima Shrine.

*1 Nagoya Boston Museum

*2 Collaborative Researcher, General Manager, Meiwa Corporation

*3 Collaborative Researcher, Director, Paint Division, Saito & Co., Ltd.