

## 古建築の外装塗装の物性に関する研究 (Ⅱ)

### ——丹色塗装の屋外曝露試験 (1)——

西浦 忠輝・川野邊 渉・岡部 昌子

#### 1. はじめに

社寺等木造古建築の外装塗装は、漆塗装を除けば、ほとんどの場合天然顔料を膠水で溶いたものが伝統的に用いられてきている。膠は耐水性に劣るものであり、膠による塗装は風雨に曝される屋外条件下では耐久性(耐候性)が低く、環境条件の厳しい地域では頻繁な塗替えが必要である。しかし、伝統材料、伝統技術による塗装を短期間毎に行うのは容易なことではなく、より耐久性に優れた材料がかなり応用されてきている<sup>1)</sup>。そこで筆者らは、これらの塗装材料の物性についてのシステムチックな研究を行うべく、最初に古建築の代表的な外装塗装である丹色塗装の耐久性についての実験的研究を開始した。前報はその第1報として、伝統材料である<膠+鉛丹>と、近年開発された耐久性の高い建築外装用塗料(主に有機顔料で着色された合成樹脂塗料)、およびこれら合成樹脂塗料のクリヤー(顔料を含まない無色塗料)に鉛丹を混ぜたものについて、ウエザオメーターによる人工劣化促進処理試験の結果を報告した<sup>2)</sup>。本報は、前報と同じ種類の試験片について、東京国立文化財研究所屋上(東京都台東区上野公園)で屋外曝露し、その耐久性と劣化形態について検討、考察した結果を報告するものである。

#### 2. 実 験

##### 2-1 実験方法

##### 2-1-1 試験材料

##### 1) 基材(木材)

ヒノキ古材(約100年前)の柁目材を150×65×5mmの手板にカットし、表面をサンドペーパーで平滑にしたものを塗装試験片用の基材とした。木材は平均年齢幅約1.5mmの細密な均質材で、ヤニ等の全く無い良質材である。

##### 2) 塗料

塗料は<膠+鉛丹>の他に、アクリル系、シリコン系、フッ素系、アクリルウレタン系、ポリエステル系の規格品調色合成樹脂塗料、およびこれら合成樹脂塗料のクリヤー(無色塗料)に鉛丹を混ぜたもので、表-1に示す17種類である。これらのうち水性のものは膠とポリエステル系の2種だけでその他はすべて油性(溶剤タイプ)である。

##### 3) プライマー

プライマーは規格品を用いたが、その主成分は表-1に示す通りである。

##### 2-1-2 試験片の作成

塗装は手板の片面にのみ行ったが、図-1に示すように、まず半面にプライマーを刷毛塗り(一回塗)した。そして、プライマーの指触乾燥の後、塗料を刷毛塗りした。

\* 文化財修復家

表-1 塗装試験片一覧

記 号	塗 料	プ ラ イ マ ー
G・T	膠*1+丹	ブタジエンゴム系
A-I	アクリル系調色塗料 (I)	エポキシ系
A-II	アクリル系調色塗料 (II)	アクリル系
A・T-I	アクリル系無色塗料 (I) +丹	エポキシ系
A・T-II	アクリル系無色塗料 (II) +丹	アクリル系
S-I	シリコーン系調色塗料 (I)	シリコーン系
S'-I	シリコーン系調色塗料 (I) <艶消>	な し
S-II	シリコーン系調色塗料 (II)	エポキシ系
S・T-I	シリコーン系無色塗料 (I) +丹	シリコーン系
S・T-II	シリコーン系無色塗料 (II) +丹	エポキシ系
F-I	フッソ系調色塗料 (I)	フッソ系
F'-I	フッソ系調色塗料 (I) <艶消>	な し
F-II	フッソ系調色塗料 (II) *2	ブタジエン・ウレタン系*3
F・T-I	フッソ系無色塗料 (I) +丹	フッソ系
AW	アクリルウレタン系調色塗料	アクリルウレタン系
AW・T	アクリルウレタン系無色塗料+丹	アクリルウレタン系
P・T	ポリエステル系無色塗料<艶消>*1+丹	ポリエステル系

\*1 水性, 他は全て油性

\*2 スプレー塗装

\*3 全面プライマー処理

塗布量は、基材手板の木目が完全に見えなくなり、かつ塗膜面が平滑になるまでとした。したがって、塗布回数は各塗料の粘度などによって異なり、2~5回であった。塗装後は実験室内において常温で1ヶ月以上乾燥させた。尚、F'-I, S'-Iについてはプライマー処理をしていない。また、F-IIの場合は全面プライマー処理で塗料はスプレー塗装である(表-1参照)。

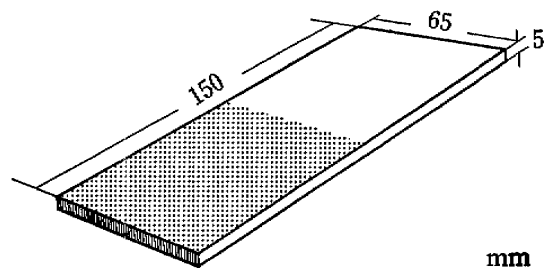


図-1 試験用木材手板とプライマー処理

塗装手板試験片は各塗料について10片ずつ作成し、そのうちの4片ずつを試験に供した。残りの各6片のうち2片はコントロール(無処理・比較対照用)として、冷暗所に保存しており、他の4片はすでにウエザオメーターによる人工劣化促進試験に供した<sup>2)</sup>。

### 2-1-3 屋外曝露試験

1990年2月、試験片を、東京国立文化財研究所(東京都台東区上野公園内)の屋上に設置した曝露台に、針金で固定してセットした(図-2, 3)。曝露台は、<JIS K 5400 塗料一般試験方法: 耐候性>に則って、南向き、塗面と水平面との作る角度を当地の緯度マイナス5度(東京の場合30度)として設置されている<sup>3)</sup>。1991年9月に取り外して詳細に調査し、1992年1月に再び曝露台にセットした。曝露期間は1年7カ月であるが、その間に、雨が多く日射の強い夏季を二回経ている。

## 2-2 実験結果

### 2-2-1 屋外曝露試験結果

曝露1年7カ月後の段階で、各試験片とも表面(塗装面)が煤煙等で汚れ、色変化などの判

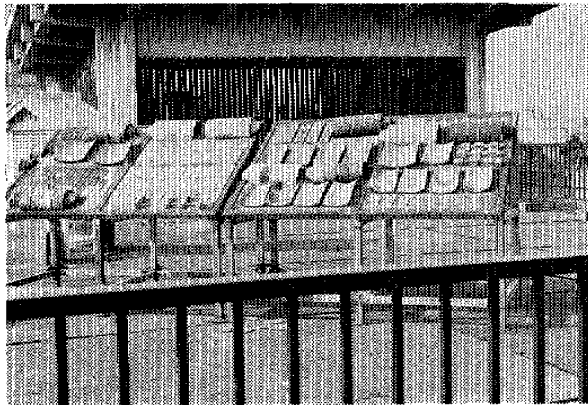


図-2 屋外曝露試験状況

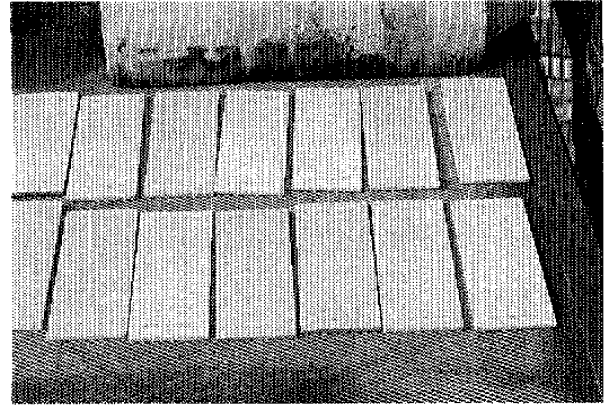


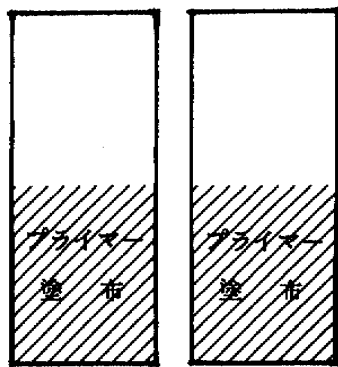
図-3 曝露台上に固定された試験片

表-2 劣化の形態と程度 (屋外曝露1年7ヵ月後)

試験片	剥落	変色	褪色	試験片	剥落	変色	褪色		
G・T	P	×	—	—	F-I	P	◎	△	◎
	C	×	—	—		C	◎	△	◎
A-I	P	◎	◎	◎	F'-I	P			
	C	△	◎	◎		C	◎	△	△
A-II	P	×	◎	×	F-II	P	◎	◎	×
	C	×	◎	×		C			
A・T-I	P	◎	△	◎	F・T-I	P	◎	×	◎
	C	△	△	◎		C	◎	×	◎
A・T-II	P	△	△	◎	AW	P	△	◎	△
	C	×	△	◎		C	△	◎	△
S-I	P	◎	△	◎	AW・T	P	◎	△	◎
	C	◎	△	◎		C	◎	△	◎
S'-I	P				P・T	P	×	—	—
	C	◎	△	◎		C	×	—	—
S-II	P	◎	◎	◎	P : プライマー処理    C : プライマーなし  ◎ : ほとんど変化なし △ : 変化あり × : 大きく変化				
	C	◎	◎	◎					
S・T-I	P	◎	×	◎					
	C	◎	×	◎					
S・T-II	P	◎	△	◎					
	C	◎	△	◎					

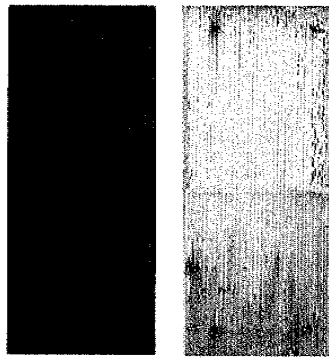
断に若干の困難をきたした。そこで、水で濡らした脱脂綿で塗装面の汚れを軽く拭き取ったが、フッ素系 (F-I, F'-I, F-II) では汚れの付着が強いため、除去しきれなかった。

各試験片の曝露後の状態を表-2, 図-4に示す。尚、同種試験片4片の間での状態のバラツキは小さかった。

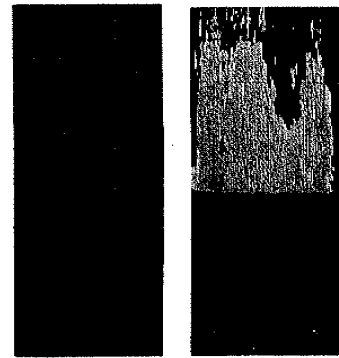


コントロール

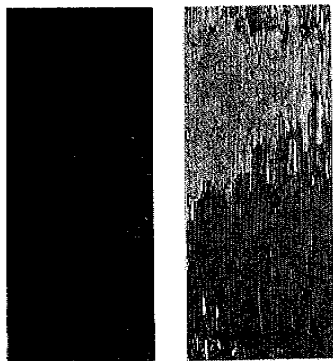
劣化処理後



G・T



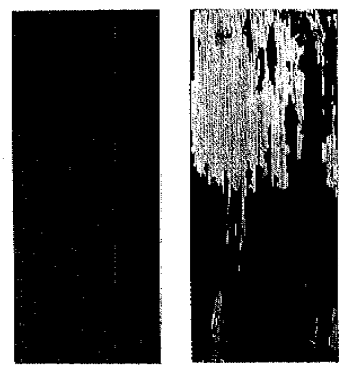
A - I



A - II



A・T - I



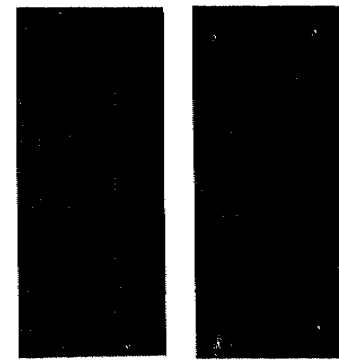
A・T - II



S - I



S' - I  
(プライマーなし)



S - II

図-4(i) 屋外曝露1年7ヵ月後の状態

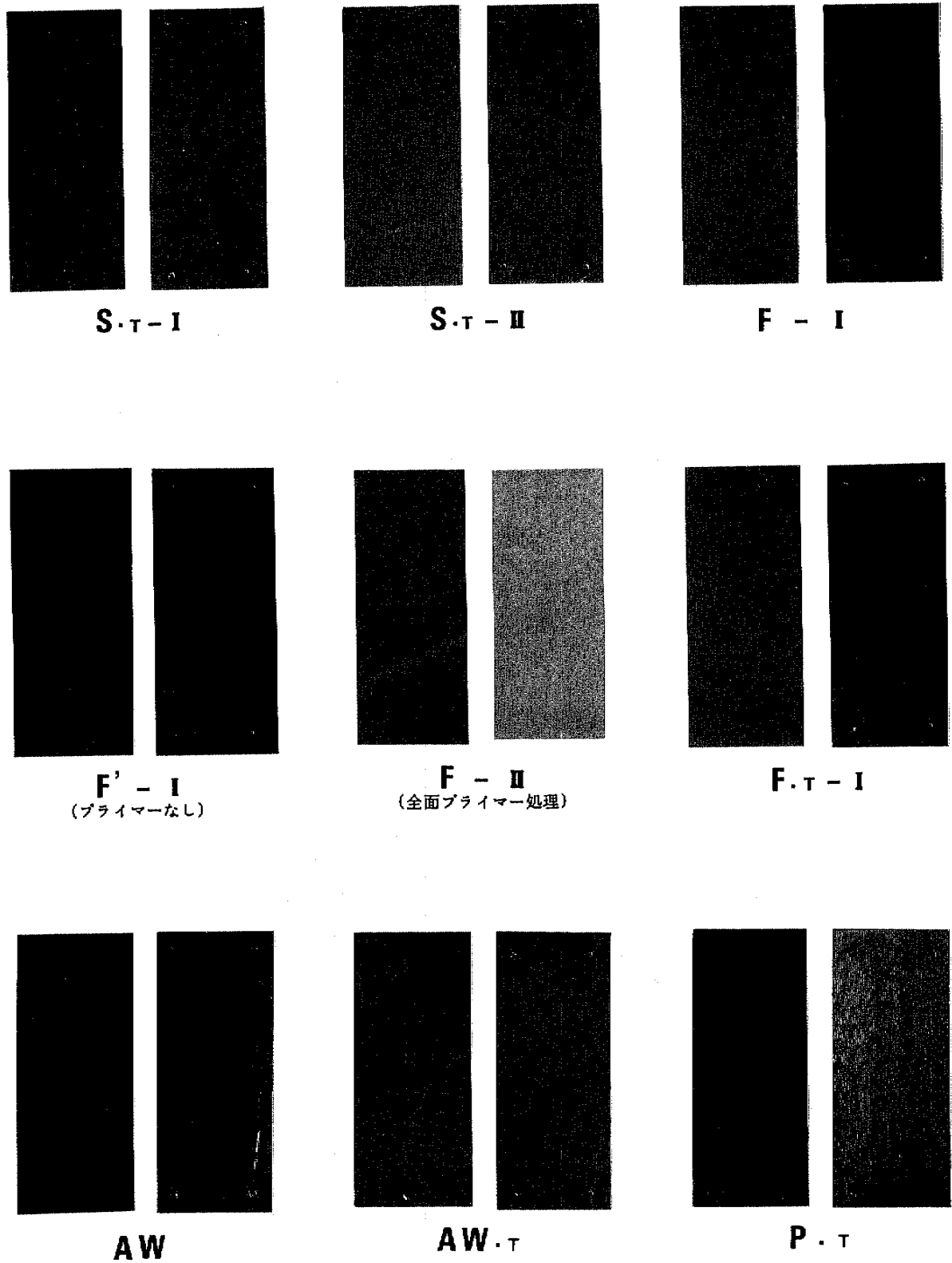


図-4(ii) 屋外曝露1年7ヵ月後の状態

表-2から明らかなように、屋外曝露1年7ヵ月後の段階で、耐候性に最も優れているのはS-IIで、それに次ぐのがS-I, F-Iである。A-Iの場合、特にプライマー処理した部分で良好である。一方、特に耐候性に劣るのがG・T, P・T(この2種のみが水性)で、どちらも完全に剝落した。

劣化形態別にその特徴を挙げれば次の通りである。(表-2, 図-4参照)。

#### (1) 剝落

剝落, 浮離, 亀裂等が全く見られないのはS-I, S'-I, S-II, S・T-I, S・T-II, F-I, F'-I, F-II, F・T-I, AW・Tである。これに対して完全に剝落したのがG・T, P・Tで, A-II, A・T-IIにも大きな剝落, 亀裂が見られ, 特にプライマー処理なしの部分で著しい。A-I, A・T-Iの場合, プライマー処理した部分では若干亀裂が入る程度で剝落は見られないが, プライマー処理なしの部分ではかなりの剝落がある。AWでは全体に亀裂の発生が見られる。

#### (2) 変色

A-I, A-II, S-II, F-II, AWについてはほとんど変化がみとめられない(但しA-II, F-IIは褪色著しい)。A・T-I, A・T-II, S-I, S'-I, S・T-I, S・T-II, F-I, F'-I, F・T-I, AW・Tには不均一な黒変化が見られる。中でもS・T-I, F・T-Iの変色が著しい, 次いでA・T-II, F'-Iであり, その他のものでは比較的軽微な変色である。

変色に関しては, プライマー処理の有無による差は余り認められない。

#### (3) 褪色

A-II, F-IIで褪色著しく, AW, F'-Iでもやや見られるが, その他のものではほとんど変化が認められない。プライマー処理の有無による差異は認められない。

#### (4) 光沢

本来の膠による丹塗(G・T)は光沢のないものであるが, 光沢のある合成樹脂塗料に関しては, 光沢の残存度合も耐候性考察の一つのファクターとなり得る(S'-I, F'-I, P・Tはもともと艶消しの塗料であり除外)。

光沢を良く残しているのはA-I, S-I, S-II, S・T-II, F-I, F-II, AW, AW・Tであり, それに次いでA-II, A・T-I, S・T-I, F・T-Iも比較的良く残しているが, A・T-IIではほとんど失われている。

本曝露試験で, プライマー処理の有無により有意な差が生じたのは, A-I, A-II, A・T-I, A・T-IIにおける剝落現象である。特にA-I, A・T-Iにおいては, プライマー処理なしの部分では剝落著しいが, プライマー処理部分ではほとんど見られず, その差は顕著である。

#### 2-2-2 ウエザオメーター試験結果との比較

前報で3,000時間におたるウエザオメーター処理(温度42°C, 湿度60%, 60分間に12分間のスプレー)試験結果について報告した<sup>2)</sup>。本条件でのウエザオメーター処理216時間が, 日本の標準気候下での屋外曝露1年間に相当するとされている。

そこで, 今回の1年7ヵ月の屋外曝露(夏季を2回含む)と一応比較, 検討し得るデータとして, 前回のウエザオメーター処理試験の450時間後の結果(表-3)を取り上げ, 今回の屋外曝露試験結果(表-2)とを比較してみることにする。

A-II, F-II, AW, P・Tでは屋外曝露の方が劣化が大きく, 特にA-II, P・Tにおける剝落, F-IIにおける褪色が顕著である。その他のものでは, ほぼ近似した結果と見て良い

表-3 ウエザオメーター処理50時間後の劣化度<sup>2)</sup>

G・T	P	×
	C	×
A-I	P	◎
	C	△
A-II	P	◎
	C	◎
A・T-I	P	◎
	C	△
A・T-II	P	◎
	C	×

S-I	P	◎
	C	◎
S'-I	P	
	C	◎
S-II	P	◎
	C	◎
S・T-I	P	△
	C	△
S・T-II	P	◎
	C	◎

F-I	P	◎
	C	◎
F'-I	P	
	C	◎
F-II	P	◎
	C	
F・T-I	P	△
	C	△

AW	P	◎
	C	◎
AW・T	P	◎
	C	◎
P・T	P	△
	C	△

◎：ほとんど変化なし  
△：変化あり  
×：大きく変化

であろう。

### 3. 考 察

近年種々の耐候性に優れた建築物外装用合成樹脂塗料が開発され応用されている。しかし、これらの塗料は専らコンクリートや金属に用いられることを前提につくられており、木材に塗られた場合、実際どの程度の耐久性があるのかについての実験例はほとんどなかった。そこで、ウエザオメーターによる長時間の人工的劣化促進処理試験を行った結果、前報で報告したように、これら塗料は、木材に塗られた場合でも、高い（膠に比べればはるかに高い）耐久性を持っていることが明らかとなった<sup>2)</sup>。しかし、ウエザオメーター処理試験はあくまでもシミュレーション実験であり、実際の耐候性を評価するためには、屋外曝露試験結果の方が正しいことは言うまでもない。しかし、屋外曝露試験は長期間を要するので、ウエザオメーター処理による人工劣化促進試験は実際上極めて有効な手段である。従って、同一サンプルによる両試験結果の比較は貴重なデータであり、屋外曝露一定期間毎の両者の比較を今後も続けて行く予定である。

さて、現在までの二年弱の屋外曝露により、〈膠水+丹〉とくポリエステル系水性塗料+丹〉は完璧に剝落し、また、アクリル系塗料にも著しい剝落現象が見られた（但し、アクリル系塗料についてはプライマー処理により大幅に改善される）。これらが、実際の建物に塗装された場合、通常これ程の剝落が起こるとは考えられず、本曝露試験条件は実際の条件よりもかなり厳しいものといえることができる。これは、試験片が小さな手板に塗装されたものであるために、木口からの水の浸透の影響が大きいこと、また、塗装面が真南を向き、かつ太陽に正対しているために、日射量が多いこと、さらに、雨に垂直に近い状態で曝されていることなどによると考えられる。従って、本試験は、シミュレーションではない実際的な劣化促進比較試験と見るべきで、今後、曝露期間が長くなるに従い、更に新たな知見が得られるものと期待される。

現在、東京国立文化財研究所における屋外曝露試験と並行して、島根県簸川郡大社町日御碕にある重文日御碕神社近くで、12×50×1cmのヒノキ、スギおよびケヤキ手板に塗装したものを試験片として、屋外曝露試験を行っている（1989年12月開始）。当地は岬の先端に位置し、海風が直接吹き付ける自然環境の極めて厳しい特殊な場所であり、東京での曝露試験とはまた異なった結果が得られつつある。この曝露試験結果については、東京の屋外曝露試験結果およ

びウエザオメーター処理試験結果と併せ解析し、次報で報告する予定である。

#### 文 献

- 1) 西川杏太郎, 樋口清治, 西浦忠輝ほか「丹塗り塗装の耐久性」『考古学, 美術史の自然科学的研究』日本学術振興会 568—570 (1980)
- 2) 西浦忠輝, 川野邊渉, 岡部昌子「古建築の外装塗装の物性に関する研究 (I) —丹色塗装の人工劣化促進試験—」『保存科学』第30号 21—30 (1991)
- 3) 色材協会編『色材工学ハンドブック』朝倉書店 751—752 (1967)



Studies on the Characteristics of Exterior Paintings  
on a Historic Wooden Building (II)

—Exposure Test of Minium-color Painting—

Tadateru NISHIURA, Wataru KAWANOBE and Masako OKABE\*

In many cases, the exterior of historic wooden temples and shrines are painted in minium color. Traditionally the paint is a mixture of minium (red lead) and animal glue. Because of low durability of animal glue as a binder, the buildings should be repainted quite often, especially in case of ones which are located in a severe environmental condition. Thus substitutions of a more durable material for animal glue have been considered and are actually done to some extent. However, there are few systematic studies on the characteristics of such new paintings. Therefore, an experimental test was carried out on the durability of minium-color paintings on wood.

Seventeen kinds of paints, which are divided into three types, were tested. Those types are a mixture of animal glue and minium, a mixture of synthetic resin and minium, and a mixture of synthetic resin and pigments other than minium. They were painted on wood pieces (15×6.5×0.5 cm). The test pieces have been exposed on the roof of the Tokyo National Research Institute of Cultural Properties since February, 1990. As of September, 1991, the following findings were obtained by the test.

- Paint layer which consists of animal glue and minium, and one which consists of polyester type resin and minium, exfoliated completely. The solution of the other paints are organic solvents.
- Organo-silicone type resins and fluorine-containing type resin show very high durability as binder of paint.
- Acrylic resin paints show good durability in case they were painted after primal coating; otherwise they show exfoliation to quite a great extent.
- Paintings which consist of synthetic resins and minium show blackening to some extent.

This exposure test will be continued for a long time. Another exposure test is underway using some of the same kinds of test pieces since December, 1989 at the sea side where environmental condition is very serious. Therefore better consideration will be made in the near future after getting the results of these tests.

---

\* Private Restorer