

〔報告〕 ルーマニアにおける板絵の伝統的予防処理方法とその効果

林 美木子・ニコラ マッキオーニ*・ピエロ ティアノ*²・吉田 直人・
佐野 千絵・イオン サンツ*³

1. はじめに

ルーマニアでは多くのテンペラ技法によって描かれた板絵（イコン）が温湿度の制御されていない環境、もしくはそういった環境制御システムがあっても、教会、修道院、美術館など、環境制御の難しい歴史的建造物の中におかれていることが多い¹⁾。より長く板絵を保存するため、また、より耐久性をもたせるために、板絵に予防的な処理が施されていることが多い²⁾。

伝統的にルーマニアでは、赤油（Red Petroleum）とプロポリスが板絵の予防的処理剤に使われている。これらの有利な点は、天然資源であり、低価格、人体に対する危険がないことだと考えられている³⁾。この伝統的な溶剤の塗布は、現在でも広く使われている予防的処理方法である。しかし、科学的な根拠をもった、赤油やプロポリスの効果というものは未だ明らかになっていない。処理をした後の状態を把握するだけでなく、将来の追加的な保存・修復処理を加える場合にも、より多くの科学的データの蓄積は重要である。本稿では防カビ、殺幼虫効果、また処理による木材の物性値を報告する。

2. 研究の目的

本研究で使用した予防的処理剤は、赤油、プロポリス、ピオチンRである。赤油やプロポリスの効果を比較するために市販薬品のピオチンRを用いた。赤油は、ルーマニアのバカウ県のCâmpeniで採掘した芳香族基原油で、プロポリスもルーマニアで採取したものである。ピオチンRはイタリアでよく知られている、防カビ効果のあるC.T.S.社の薬品（主成分：IPBCとOIT）である。実際のテンペラ板絵の縮小版として自作したテンペラの試料にブラシによるブラッシング処理をし、その防カビ・殺幼虫効果を評価すること、またその物理学的特性（密度、収縮率、含水率）のデータ、また顔料の化学分析データを蓄積することが本研究の目的である。

3. 材料と方法

2種類の試料を準備した。試料Aでは、それぞれの予防処理剤による、防カビ効果の評価と絵画層の色変化、物性についてのデータを出した。また、顔料の材料分析を行なった。試料Bでは、欧州試験規格EN46-1（木材防腐剤-カミキリムシの対する予防処理の決定Part 1 殺幼虫効果）⁴⁾に従い試験を行い、殺幼虫効果の評価をした。

3-1. 試料A

試料Aは実際のテンペラ技法による板絵の縮小版としての試料をフィレンツェのOPD

* IVALSА-CNR

*² ICVBC-CNR

*³ "Al.I.Cuza" 大学

(Opificio delle Pietre Dure: フィレンツェ国立修復研究所)にて制作した(図1)。下地の石膏層を2回(2層)塗り、その上に顔料を塗った。支持体はルーマニアの板絵で主に使われている、ポプラ(*Populus* sp.), ボダイジュ(*Tilia* sp.), オーク(*Quercus petraea* L.)の3種類を用い、絵画層の部分は3色で塗った(赤:赤土 Terra Rossa, 黄色:黄土 Giallo Ocra, 白:酸化チタン Bianco Titano)。半数の試料には絵画層の上にワニスを施した。処理溶液は、赤油, プロポリス(アルコール溶液20%), ピオチンR(ベンジン溶液1.5%)の3種類をブラッシングにより塗布をした。背面のみ, 背面と側面, 全ての側面を処理したもの, また処理を施さないものと支持体だけの試料(木片)を比較のために使用した。

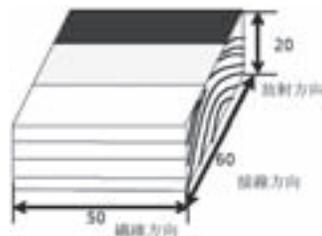


図1 試料 A

処理をした後, 試料 A を気温 25°C で相対湿度 (RH) 100% から 65% に変化させ, それぞれの湿度の平衡状態で重量等を測定し, その後試料を絶乾状態にして, 含水率, 収縮率を計算した。気温 25°C, RH65% は, 木材の水分が出入りしない平衡状態に安定する環境であり, 板絵の適した保存環境とされている⁵⁾。試料数はポプラ, ボダイジュ, オーク, それぞれ63個, 計189個, 用意した。

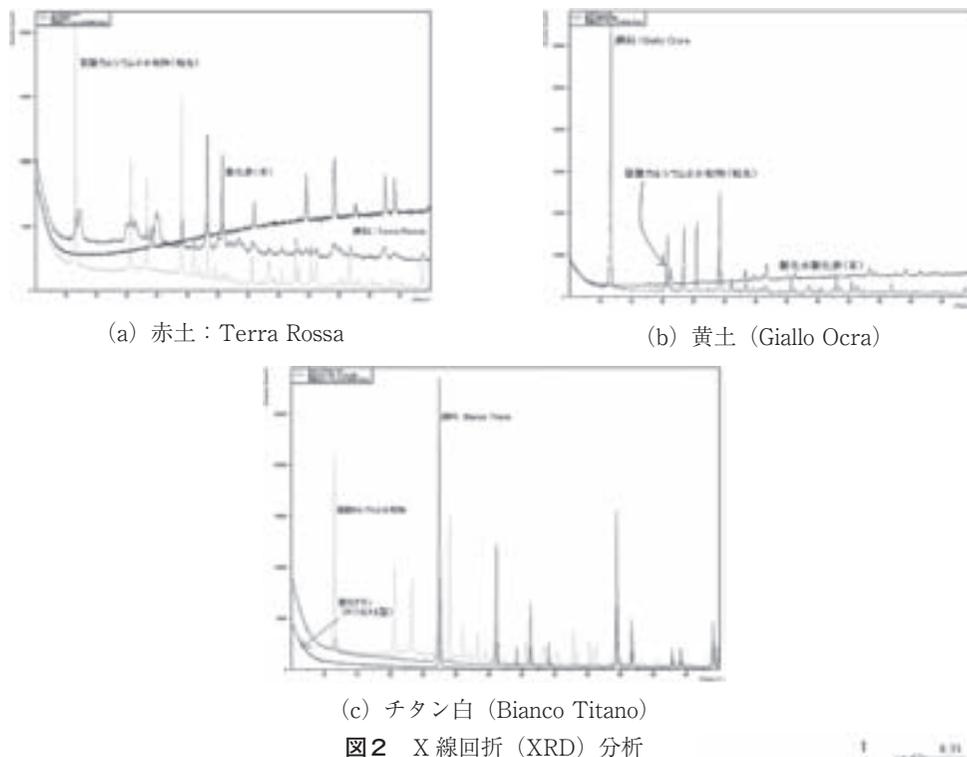
防カビ効果は目視で, 欧州規格 (EN927-3:2003) により評価を実施した⁶⁾。絵画層の色変化については色差計 (Minolta Chroma Meters CR-200) を用いて測定をした。物性値 (含水率・密度・収縮率・空隙率) については以下の式を用いて計算した。

$$\text{含水率 (\%)} = \frac{\text{木材の乾燥前の重量 (g)} - \text{絶乾重量 (g)}}{\text{絶乾重量 (g)}} \times 100 \quad (\text{式 1})$$

$$\text{密度 } (\rho) = \frac{\text{質量 (g)}}{\text{体積 (cm}^3\text{)}} \quad (\text{式 2})$$

$$\text{収縮率} = \frac{\text{収縮後の長さ} - \text{収縮前の長さ}}{\text{収縮前の長さ}} \times 100 \quad (\text{式 3})$$

顔料の材料を特定するために, X 線回折法 (XRD) (装置: PANalytical 社 X'Pert PRO MPD) により行った。赤色:赤土 Terra Rossa, 黄色:黄土 Giallo Ocra, 白:チタン白 Bianco Titano の主成分はそれぞれ, 酸化鉄 (III), 酸化水酸化鉄 (III), 酸化チタン (ルチル型)であることを確認した(図2)。

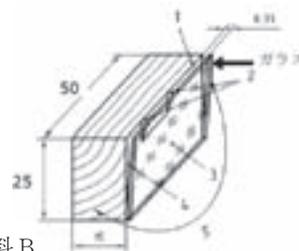


3-2. 試料 B

試料 B については欧州試験規格 EN46-1 (木材の予防的処理における効果についての試験規格)⁶⁾ に従い試料の準備 (図3) と試験を行った。

樹種はブナ (*fagus sylvatica* L.) を使い、蟻で小口面を閉じ、幼虫を設置しやすくするために、ガラスプレートで試料を覆い固定した。赤油、プロポリス (アルコール溶液 20%)、ピオチン R (ペンジン溶液 1.5%) の3種類をブラッシングにより塗布をした試料と処理を施さない試料を比較のために準備した。4種類の試料をそれぞれ3個、計12個、用意した。

孵化したばかりの木材を加害するカミキリムシ科の幼虫 (*Trichoferus holosericeus* Rossi = *Hesperophanes cinereus* Villiers (Linnaeus)) をひとつの試料に10匹ずつ試料とプレートガラスの間に配置した。幼虫の配置後、試料は温度 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 、RH $70 \pm 5\%$ の試験チャンバー内に設置した。設置4週間後と12週間後に観察をした。この幼虫の成虫の姿を図4に示す。



4週間後には、虫孔が表面にいくつできているか、死んでいる幼虫が試料の上、または周辺にいるか、虫粉があるかを目視によって確認をした。さらにX線透過写真の撮影もした。12週間後も同様に目視によって確認をし、さらに実態顕微鏡、X線透過写真を撮影し観察をした。X線撮影後に、マイクロームを用いて試料を薄くスライスし中で生きている幼虫と死んでいる幼虫を確認し、殺幼虫効果を評価した。

4. 結果と考察

4-1. 目視によるカビ評価

カビの生育を0（カビの発育なし）から7（過度な生息）まで、欧州規格に従い、目視によってカビの発生程度を評価した⁴⁾。RH100%においた後の試料の写真を図5（a）-（c）に示す。試料番号の略称については表1に示す。

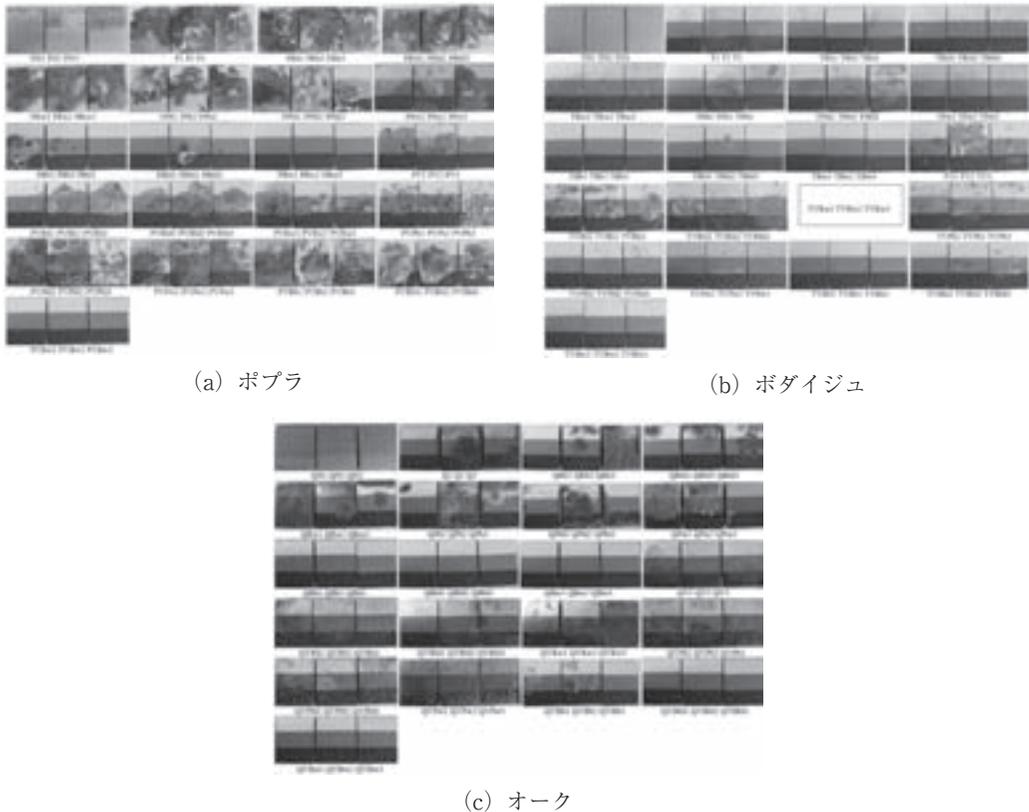


図5 RH100%後の試料

表1 図5における略称

略称	名称	
T	<i>Tilia</i> sp. (ボダイジュ)	} 樹種
P	<i>Populus</i> sp. (ポプラ)	
Q	<i>Quercus petraea</i> Liebl (オーク)	
N	木片 (絵画なし)	
V	ワニスあり	
R	赤油	} 処理溶剤
P	プロポリス	
B	ビオチン R	
b	裏面のみの処理 (1面)	} ブラッシング面
bl	裏面と側面の処理 (4面)	
w	全ての面で処理 (6面)	

RH100%の後、ビオチンRは防カビに優れた溶剤であり、ビオチンRで処理をした試料にカビの発育はみられなかった。支持体だけの試料(木片)がすべての樹種において、より低いカビの発育程度を示した。カビの発生程度(0-7の評価)は、ポプラでは4.5-5.5、ボダイジュでは2.0-3.7、オークでは3.2-5.0で、ボダイジュ<オーク<ポプラであった。ボダイジュでカビの発育が少なかったが、ボダイジュ樹種独特な微量成分がカビの抑制に影響している可能性が考えられる。

図6はRH100%後に、黄色と白色の部分には十分にカビが発育し、赤色の部分では、ほぼカビの発育がみられない。顔料により、カビの発育に差があった。

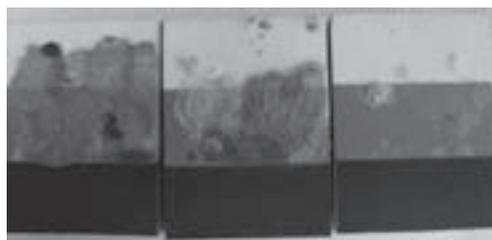


図6 RH100%後の試料(顔料による差)

4-2. 絵画層

4-2-1. 溶液処理による色変化

図7は溶剤処理後の色変化である。明らかにプロポリス溶剤での処理をすると、色は変化し、処理後に黄色味がかかる。色空間の中で黄色と青の間の位置を表す b^* の値がプロポリスでの処理後に著しく増加した。特に白色の絵画層でそれが顕著であった。全ての処理の後に明るさは減った (L^* 値の減少)。赤油やビオチンRの色変化は目に見えて顕著ではなかった。

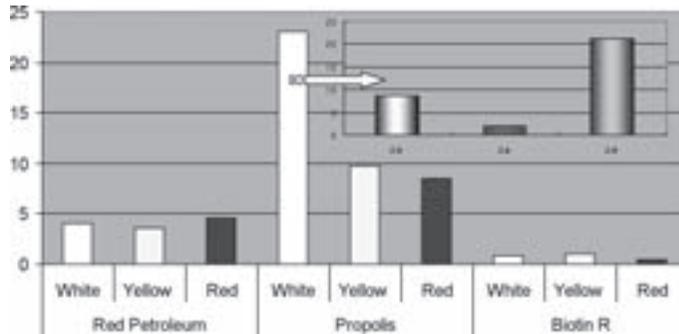


図7 溶剤処理による色変化

4-2-2. カビによる色変化と絵画層の剥離

RH100%の後、カビの発育がみられなかったビオチンRを塗布した試料以外、明らかに絵画層の色は変化した。カビの発育程度が少ないと、色の変化も少なかった。RH100%の後、発育したカビは筆で絵画層にダメージを与えないように落とした。RH65%ではカビの発育もなく、色変化もなかった。

絶乾後に、いくつかの試料においては絵画層が粉々になったり、剥離がみられた。こういったダメージのおきた試料はカビが大量に発育していた試料であった。図8はポプラの試料で(a)は絵画層が粉々になり、(b)は完全に剥離した。これはカビの菌糸が表面的ではないこと、急に乾燥状態(絶乾状態)になったためだと考えられるが、理由は明らかではない。

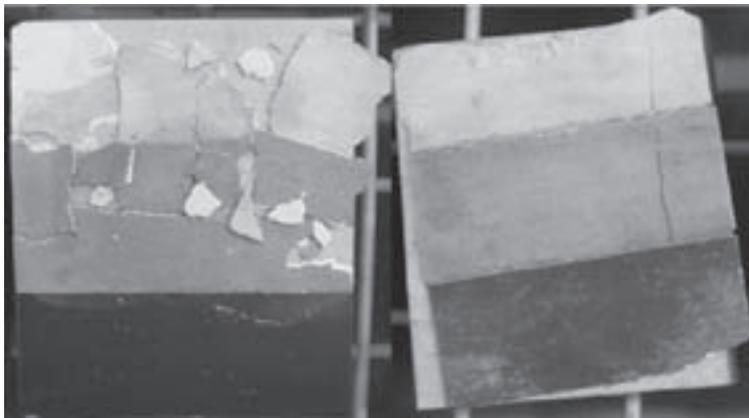


図8 絶乾後のポプラの試料(左:絵画層が粉々,右:絵画層の剥離)

4-3. 物性値

表2にそれぞれの物性値を示す。含水率、密度、収縮率は処理溶剂による差はみられなかった。ブラッシングによる処理は表面的であり、処理に使う溶剂の量は微量であるために、木材の物性値はほとんど影響しないと考えられる。

4-4. 殺幼虫評価

表3に試験結果を示す。処理をしていない試料での幼虫が73%生きていたことから、この試験結果は有効である（EN46-1には70%以上と規定）。ピオチンRで処理した試料では生きている幼虫はおらず、生存率は0%であった、赤油では13%、プロボリスでは43%、処理をしていないもので73%であった。一方、致死率はピオチンRで90%、赤油で40%、処理していない試料で10%であった。「生存率」と「致死率」の不整合の原因は、行方不明の幼虫や共食いをしてしまった幼虫がいる可能性が考えられる。

表3 EN46-1の試験結果

テスト期間	試料番号	溶剤の残留量(Kg/m ³)	幼虫数	見つかった幼虫数			見つからなかった幼虫数	虫孔の数	X線撮影で見つかった幼虫数
				死んだ幼虫		生きている			
				虫孔作らない	虫孔作る				
赤油									
15 weeks	R1	57.9	10	9	0	0	1	0	-
	R2	50.6	10	4	2	1	3	4	3
	R5	51.6	10	3	1	3	3	6	0
プロボリス									
16 weeks	P1	95.5	10	2	2	5	1	8	4
	P4	96.2	10	3	0	4	3	6	2
	P5	96.9	10	2	3	4	1	7	4
ピオチンR									
15 weeks	B3	67	10	4	4	0	2	6	3
	B4	64.1	10	9	0	0	1	0	-
	B5	63.7	10	10	0	0	0	0	-
参照試料									
14 weeks	C1	-	10	0	0	8	2	9	8
	C2	-	10	1	0	6	3	9	7
	C3	-	10	0	2	8	0	10	6

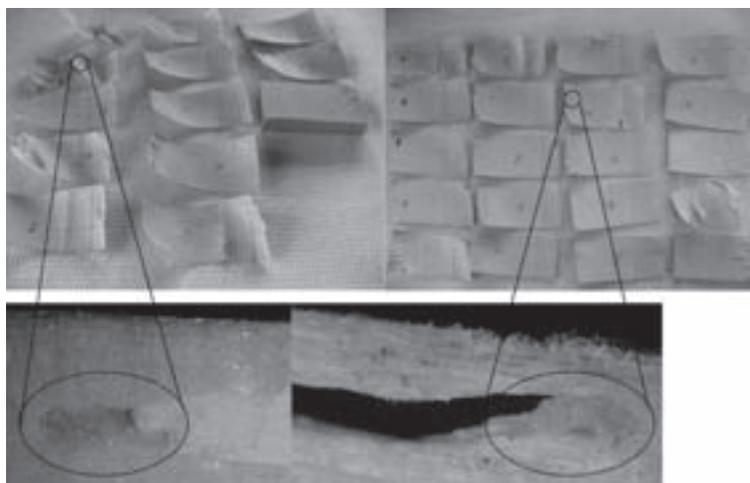


図9 ミクロトームでスライスして見つかった幼虫

X線透過写真の撮影後に、試料をマイクロームで薄くカットした(図9)が、X線透過写真で確認できた数とマイクロームでカットした後に発見された幼虫の数には差があった。X線透過写真の場合、幼虫はごく小さいために年輪などのノイズで隠れてしまっていたと考えられる。

5. まとめ

赤油とプロポリスについて防カビ効果はみられなかったが、赤油は殺幼虫効果がみられた。カビは主に絵画層に発育したので、テンペラ絵画層に含まれている、糊や卵などが栄養分となっていると考えられる。また、カビの発育については顔料や樹種による差があった。顔料の主成分は、XRDの分析で明らかにすることができた。顔料や樹種による差が出た原因は、今後化学的な側面からも明らかにしたい。支持体の木材の材種による差は、樹種によって異なる微量成分によると考えられる。本研究を通じて伝統的な予防的処理方法の効果について、科学的なデータを示すことができた。人体に対する毒性なども含め、今後処理剤の選択に役立てられればと考える。

謝辞 本稿は欧州連合科学技術フェローシッププログラム EPISCON (MEST-CT -2005-020559 - European PhD in Science for Conservation) での成果が含まれ、プログラムのコーディネーターであるポローニヤ大学 Rocco Mazzeo 教授に深く感謝いたします。また、原稿についてご助言をいただきました木川りか生物科学研究室長に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Hayashi, M., Vasilache, V., Macchioni, N., Capretti, C., Sandu, I. ; Impact of moisture conditioning on polychrome wood with artificial tempera. Proceeding of CHRESP: 8th EC Conference on Sustaining Europe's Cultural Heritage, Ljubljana, Slovenia, 94-95 (2008)
- 2) Hayashi, M. ; The Effect of Preservative Interventions on the Chemical-Physical and Structural Characteristics of Panel Painting, Ph.D. thesis, University of Bologna (Italy) (2009)
- 3) Sandu, I., Lupascu, T., Sandu, I.C.A, Luca, C., Sandu, I.G., Vasilache, V., Hayashi, M., 2008. Ecologic organic solution for the treatment against insects and fungal attack of the old wood-made artifacts, Proceedings of the International Conference ECOMAT 2008, 25 - 26 Sept., Bucharest, Romania (2008)
- 4) EN 46-1, 2005. European Committee for Standardization (CEN) EN 46-1 Wood preservatives - Determination of the preventive action against *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus). Part 1: Larvicidal effect (Laboratory method).
- 5) Dardes, K., Rothe, A., (ed.) The Structural Conservation of Panel Paintings: Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum 24-28 April (1995)
- 6) EN 927-3 1995 (draft version). Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 3: Natural weathering test

キーワード：テンペラ (tempera)；ルーマニア (Romania)；板絵 (panel painting)；予防的処理 (preservative interventions)；赤油 (Red Petroleum)；プロポリス (Propolis)

The Effect of Traditional Preservative Interventions for Panel Painting in Romania

Mikiko HAYASHI, Nicola MACCHIONI*, Piero TIANO*², Naoto YOSHIDA,
Chie SANO and Ion SANDU*³

In this paper the impact of two traditional Romanian treatments using “red petroleum” and propolis solution, respectively, are studied in terms of actual efficiency and consequence on wooden artifacts are studied. The application of red petroleum and that of propolis solutions are still widely adopted and popular techniques in preservative conservation in Romania but the impact of these solutions is not well known. It is important to know the effect of treatments on the physical and structural characteristics of artifacts, not only for understanding the influence on the present conditions of art but also for foreseeing future behavior. These treatments using traditional Romanian products are compared with one using a commercial antifungal product, Biotin R, which is utilized as reference to control the effectiveness of “red petroleum” and propolis.

* IVALSA-CNR, Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree, Italy

*² ICVBC-CNR, Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali, Italy

*³ “Al. I. Cuza” University, Romania