

令和 6 年 5 月 25 日現在

機関番号：32682

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K13143

研究課題名（和文）桐油を結合材とした線刻を施せるほど堅固な塗料の製造技術の解明

研究課題名（英文）Elucidation of manufacturing technology for paints using tung oil as a binder that are strong enough to engrave line pattern

研究代表者

永井 義隆（NAGAI, YOSHITAKA）

明治大学・研究・知財戦略機構（生田）・研究推進員（客員研究員）

研究者番号：40880620

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：伝世資料に使用されたと推測される桐油と豚血を混合した塗料のモデル試料を作製し、各種物性測定および分析を行った。豚血を加えることによって、塗料の乾燥時間の短縮や塗膜硬度の上昇などの効果が確認された。また、塗膜硬度に関しては漆塗膜と同程度の硬度を有するモデル試料が確認されたため、漆器にもみられる技法である線刻を施すことが可能であると推測された。一部の物性において塗料として用いられる漆塗膜と同等な物性を有するモデル試料を作製することが可能であり、伝世資料に使用されたと推測される桐油と豚血を混合した塗料の製造方法解明に近づいたといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの研究では桐油と豚血を混ぜ合わせた材料は下地材として、琉球王国や中国、台湾において使われてきたとされている。本研究では類例の少ない桐油と豚血を含む塗料が使用されたと推測される伝世資料を対象としている。伝世資料の分析結果をもとにモデル試料を作製し、伝世資料とモデル試料の分析結果を比較した。一部の物性測定や分析において伝世資料とモデル試料の結果が類似しており、桐油と豚血を混合した材料が塗料として使用された可能性を示すことができた。また、現存する伝世資料の保存修復および復元の足掛かりになったといえる。

研究成果の概要（英文）：Model paints containing tung oil and pig's blood, which are presumed to have been used for the historical material, were prepared. The model paints were measured for several physical properties, and were analyzed by several methods. The addition of pig's blood to the model paints shortened drying time and increased hardness of the paint films. Some of the model paints had the same hardness as lacquer coating. Therefore, it was inferred that the model paints could be used for line engraving, a technique also found in lacquerware. It was possible to produce model paints with several physical properties equivalent to lacquer coating used. These results may help to clarify the manufacturing process of the paints that are assumed to have been used for the historical material.

研究分野：有機分析

キーワード：文化財科学 乾性油 桐油 豚血 塗料 伝世資料

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

桐油とは共役二重結合を含むトリグリセリドの混合物からなる植物油であり、高い疎水性、硬度、優れた耐薬品腐食性を持つ塗膜が得られる。桐油を主たる材料として用いた塗料や下地材の利用技術はいくつか挙げられる。絵画技法のひとつである密陀絵は桐油のような乾性油に顔料を混ぜた材料で文様を描く技法であり、乾燥材として一酸化鉛（密陀僧）が用いられる。また、琉球王国における漆工芸の技法のひとつである桐油塗は、桐油を主に用いた技法であったと考えられている。桐油と豚血を混合した材料の下地材としての利用は、琉球王国や台湾において用いられたとされており、両方とも共通して漆塗りや彩色の下地として使用される。しかし、我々の研究グループの分析事例の中で最表面の塗りに用いられる漆が含まれず、桐油と血液に特徴的な成分が含まれる堅固な朱塗膜を有する伝世資料が二点ほど確認されている。つまり、下地ではない用途で桐油と血液を混ぜた材料が使用されたと推測できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、伝世資料に使用されたと考えられる桐油を主たる結合材とした血液を含む堅固な塗料の製造技術を明らかにすることである。桐油と血液（おそらく豚血）を含む塗料が使用された伝世資料の分析結果をもとにモデル試料を作製し、伝世資料とモデル試料の分析結果を比較することで伝世資料の製作工程の推定を行う。伝世資料の熱分解-ガスクロマトグラフィ-質量分析法 (Py-GC/MS) の結果では、乾性油、特に煮桐油に特徴的な成分と同時に血液に特徴的な成分も検出された。また、蛍光 X 線分析法 (XRF) による分析において水銀と鉛が検出されており、顔料としての硫化水銀（水銀朱）および乾燥材としての酸化鉛の存在が推定された。したがって、伝世資料の朱塗膜の形成方法としては乾燥材を添加した煮桐油と豚血を混ぜた材料を結合材、水銀朱を顔料とした塗料の利用が推測された。

3. 研究の方法

本研究では、これまでの伝世資料の分析結果をもとにモデル試料の作製および各種分析による評価を行い、伝世資料とモデル試料の分析結果を比較することで伝世資料に使用された塗料の製造方法の推定を試みた。本研究で使用した測定、分析手法は、色差・光沢度測定、鉛筆硬度試験、引っかき硬度試験、乾燥試験、クロスセクション分析、エネルギー分散型蛍光 X 線分析 (ED-XRF)、Py-GC/MS、赤外分光法 (ATR-FT/IR) である。また、実験はモデル塗膜の作製と物性測定、豚血が塗膜の物性に与える影響についての調査、塗膜の乾燥時間を早める豚血の有効成分調査、桐油と豚血を用いた複層モデル試料の科学分析の 4 項目に分けた。

4. 研究成果

(1) 塗膜の作製と物性測定

煮桐油 (BT0)、酸化鉛 (L0)、水銀朱 (MS)、豚血 (PB) を混合したモデル試料や漆液を鋼鉄板にアプリケーションで塗布し、塗膜をそれぞれ数回ずつ成膜した。また、塗膜の物性調査として色差・光沢度測定、引っかき硬度試験を行った。結果としては同種のモデル塗膜においても成膜のタイミングにより、色差や光沢度、硬度にばらつきが生じることがわかった。これはモデル試料の混練の程度が異なることや乾燥条件、豚血の鮮度の違い等が原因であると考えられる。

(2) 豚血が塗膜の物性に与える影響についての調査

BT0、L0、MS、PB を混練した塗膜や PB の混合比を変化させたモデル試料を作製し、塗膜の物性を調査した。色差測定の結果より、MS を加えると赤みが強くなることや L0 を加えると黄色みが強くなること、PB を加えると明度、黄色みが弱くなることがわかった。鉛筆硬度試験と引っかき硬度試験の結果より、PB を加えると硬度が高くなることが確認された。また、漆塗膜と同程度の硬度を有するモデル試料が確認されたため、漆器にもみられる技法である線刻を施すことが可能であると推測された。乾燥試験の結果より、乾燥剤である L0 を加えている塗膜や PB を加えている塗膜において乾燥時間が短いことや、PB の混合比が多いほど乾燥時間が短かったことから、PB には乾燥時間を早める効果があると考えられた。

(3) 塗膜の乾燥時間を早める豚血の有効成分調査

塗膜の乾燥時間を早める PB の有効成分の調査では PB を遠心分離し上澄み液と固形物に分けて乾燥時間の調査を行った。また、Py-GC/MS を用いて BT0、L0、MS、PB を混練した塗膜や、PB の上澄み液と固形物の成分調査をした。PB の上澄み液を加えた塗膜と固形物を加えた塗膜の乾燥時間を比較すると固形物の方が、乾燥時間が早かった。また、Py-GC/MS の結果では PB の上澄み液よりも固形物を加えた塗膜から、タンパク質の熱分解により生成するジケトピペラジン類や、コレステロール誘導体を多く検出した。したがって、PB の固形物部分に多く含まれるタンパク質やコレステロール類が塗膜の乾燥時間を早める有効成分であることが示唆

された。さらに、PBの固形物のみよりも遠心分離前のPBを加えた塗膜のほうが乾燥時間が短いことが確認された。したがって、タンパク質やコレステロール類が塗膜の乾燥時間を早める有効成分であることに加え、上澄み液に含まれる化合物が相互作用を起こし乾燥時間が早くなったと考えられる。

(4) 桐油と豚血を用いた複層モデル試料の科学分析

木板に豚血下地と塗料を塗布した2層モデル試料と木板に豚血下地と塗料を2層重ね塗りした3層モデル試料を作製し、種々の分析を行った。Py-GC/MSの結果より、モデル試料と伝世資料において同様の脂肪酸やジケトピペラジン類が検出されたことから、伝世資料には桐油と豚血が使用されたと考えられる。クロスセクション分析の結果より、モデル試料は伝世資料と比較すると粒子の大きさや下地層の色相や厚さが異なっていた。また、ED-XRFの結果より、モデル試料の豚血下地と伝世資料の下地から検出された元素が異なっていた。分析結果を合わせると伝世資料の下地には炭酸カルシウムを主成分とする貝殻や珊瑚末などのカルシウムが豊富な材料が混練された可能性が示された。豚血下地のモデル試料との分析結果の比較によって伝世資料はモデル豚血下地とは異なる製造方法で製作された可能性が高いことが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------