

シルクロード沿線の美術品で用いられた  
ラック絵具について

令和 4 年度

東京藝術大学大学院美術研究科

博士後期課程学位論文

文化財保存学専攻

保存科学研究領域（美術工芸材料学）

1320933 曹 智健

## 目次

### 第一章 諸論

1.1 はじめに	1
1.2 ラックの伝播および絵具としての利用について	1
1.2.1 中央アジアでのラックの記録および利用	1
1.2.2 ヨーロッパでのラックの記録および利用	1
1.2.3 東アジアでのラックの記録および利用	2
1.3 ラック絵具の原料—ラックカイガラムシについて	3
1.3.1 地域におけるラックの名称	3
1.3.2 ラックカイガラムシの生物学に関する知見	4
1.3.3 ラックの構成成分の化学に関する知見	4
1.3.4 ラックの用途および製品について	7
1.4 形態別のラック絵具の製造方法	8
1.5 シルクロード沿線で発見されたラック絵具の従来の研究および未解決の課題	10
1.6 論文の構成	11
1.7 参考文献	13

### 第二章 文献およびラック絵具の調査による製法の検討

2.1 緒言	19
2.2 ラック絵具の製造法	19
2.2.1 ジャイナ教の絵画技法書	19
2.2.2 タンカ技法書	20
2.2.3 外台秘要方—崔氏造燕脂法	22
2.3 ラック製造法の使用材料、抽出条件についての考察	23
2.3.1 植物材料	23
2.3.2 鉱物材料	25
2.3.3 その他	27
2.3.3 抽出条件	28
2.4 結論	28
2.5 参考文献	30

### 第三章 添加剤によるラッカイン酸の呈色変化について

3.1 緒言	33
3.2 実験方法	33
3.2.1 実験方法	33
3.2.2 材料および試薬	33

3.2.3 実験操作	33
3.2.4 pH が変化した際の LA 溶液の色変化	34
3.2.5 $\text{Al}^{3+}$ の濃度による LA の色変化	34
3.2.6 pH が変化した際の $\text{Al}^{3+}$ -LA 溶液の色変化	34
3.2.7 pH 調整剤の添加、熱処理による色変化	34
3.3 結果および考察	34
3.3.1 pH が変化した際の LA 溶液の色変化	34
3.3.2 $\text{Al}^{3+}$ の濃度による LA の色変化	37
3.3.3 pH が変化した際の $\text{Al}^{3+}$ -LA 溶液の色変化	38
3.3.4 pH 調整剤の添加、熱処理による色変化	39
3.4 結論	41
3.5 参考文献	42
3.6 付録	43

#### 第四章 ラック絵具の物性について

4.1 緒言	46
4.2 実験	46
4.2.1 実験方法	46
4.2.2 材料および試薬	46
4.2.3 測定機器および測定条件	46-47
4.2.3.1 音叉式振動型粘度計 (SV)	
4.2.3.2 高速液体クロマトグラム (HPLC/DAD, FLD)	
4.2.3.3 熱分解ガスクロマトグラフィー/質量分析器 (Py-GC/MS)	
4.2.4 実験操作	47-48
4.2.4.1 スティックラックのエタノール可溶成分試料の作製	
4.2.4.2 実抽出試料の作製	
4.2.4.3 試料の HPLC/DAD・FLD 測定	
4.2.4.4 試料の Py-GC/MS 測定	
4.2.4.5 試料の粘度測定	
4.3 結果と考察	48-65
4.3.1 スティックラックのエタノール可溶成分について (HPLC, Py-GC/MS)	48-57
4.3.1.1 高速液体クロマトグラフィーによる呈色分析 (HPLC/DAD 検出器)	
4.3.1.2 熱分解ガスクロマトグラフィーによる分析 (Py-GC/MS)	
4.3.2 抽出条件、抽出材料が及ぼすラック絵具の性状変化	57-65
4.3.2.1 抽出温度および pH 調整剤の添加有無によるラック絵具の流動性変化	
4.3.2.2 各実抽出試料の物性について	

4.4 結論	65
4.5 参考文献	66
4.6 付録	68

## 第五章 ラック絵具の非破壊検出手法

5.1 緒言	72
5.2 実験方法	73
5.2 模擬試料の作成	73
5.4 蛍光、可視光、赤外分光における製造法間の区別について	74
5.4.1 蛍光スペクトルの差異	74-75
5.4.1.1 測定機器および測定条件	
5.4.1.2 結果と考察	
5.4.2 製造法間における可視分光スペクトルの差異	75-78
5.4.2.1 測定機器および測定条件	
5.4.2.2 結果と考察	
5.4.3 製造法間における赤外分光スペクトルの差異	79-82
5.4.3.1 測定機器および測定条件	
5.4.3.2 結果と考察	
5.4.4 実物資料によりラック絵具の使用および製造法に関する検討	83-96
5.4.4.1 分析対象	
5.4.4.2 測定機器および測定条件	
5.4.4.3 結果と考察	
5.5 結論	96
5.6 参考文献	97
5.7 付録	100

## 第六章 総括

6.1 本研究の目的と結果	114
6.2 本研究の保存科学的意義	116
謝辞	117
業績	119

## 第一章 緒論

### 1.1 はじめに

中央アジアを原産・起源とし、東西へ伝わった絵具の中に、スティックラックを原料として作られ、「ラックレーキ」、「ラックレジン」や「臙脂」などと呼ばれる赤紫色絵具(以下本文ではラック絵具と称す)が広域にわたって使われていたことが知られており、各地の文化財から検出されている。現存の発見例において、これらの絵具は地域によって性状が異なり、塗布に用いる展色剤や支持体にも違いが見られる。

### 1.2 ラックの伝播および絵具としての利用について

#### 1.2.1 中央アジアでのラックの記録および利用

ラックに関する最古の記録はインドの医学書『アタルヴァ・ヴェーダ』(BC 1200 年～)であり、その時代にはラックを染料として利用していた記録がある [1]。その第5巻の第5節には「ラックス」という名称で、スティックラックの薬効および染色効果について簡単に説明されている。同書では特に「ラックス」の薬効の説明が多く、関節・骨・筋肉のこわばり・腫れ・痛みなどの症状に lakshadi tail (lac oil) で治療すると記録され、薬用として多用されたことがうかがえる。また、インドでは Lakshagriha (ラックハウス)、つまり、ラックの樹脂、ワックス成分で部屋を作り上げた神話もあり、工芸品および金工品の接着剤としても多用されている。一方、ラックの色素成分(以下ラッカイン酸と称す)で染色された染織品も多数発見されており [2] [3] [4]、絵具としてはアジャンター遺跡(5 世紀)の壁画 [5] で検出されている。このラック絵具は目視により塗膜が形成されていることから、ラックレジンと呼ばれている。

#### 1.2.2 ヨーロッパでのラックの記録および利用

ラックの西洋側への伝播は、ヘレニズム時代と呼ばれる紀元前4世紀に地中海地域でアレクサンダー大王の征服によってインドとの交易路が開通され、ラックカイガラムシのような地中海地域の気候では生息できない染料種が伝播してきたとする、プリニウス博物誌の記録と関連づけられている [6]。しかし、大英博物館所蔵の花瓶 (1846,0925.26.a) の赤色絵具に対する調査報告では、当時のラックは希少だと考えられるため、絵具作成の主成分として使用するよりも、微妙な色彩効果もしくは染織品から色素を再抽出する際の副産物だと推測されている [7]。時代が推移し、古代のインド洋近辺における海洋貿易についてギリシア語で記された航海案内書『エリュトゥラー海案内記』(1 世紀) では、ラックが染料またはラックで染めた染織品として海上交易路によってギリシャに到達したとの記録がある [8]。一方、筆者が調査した限りでは、ヨーロッパでラックを絵具作成の主成分として使用したのは 9 世紀以降であると考えられる。

これは、ラッカイン酸をレーキ化させた顔料(ラックレーキ)の写本での使用が検出された最古の例が 11 世紀であること [9]や最古のラック絵具の製造に関する記録が 9～10 世紀から確認されていることから推定である [10] [11]。それから 17 世紀までヨーロッパで一般的に使用されてきたと言われており [7] [12]、その後コチニールの普及や合成顔料の発明により使われなくなったと言われている。

### 1.2.3 東アジアでのラックの記録および利用

ラックが東アジアで認識もしくは伝播され始めるのは晋代の『呉录』<sup>1</sup>(265-289 年)(原本散逸、唐代『芸文類聚』引用) [13]にラックは九真移風県(現在のベトナム北部)にあるとの記録がある。また、同時代の『交州地志』(約3世紀)(交州は現在のベトナム北部)では、ラックを毎年朝廷へ貢いでいるとの記録があることから、当地の名物として扱われていたと思われる。その後、唐代『酉阳杂俎』<sup>2</sup>(約 860 年) [14]では、ラックはカンボジア、マレーシア、チベット近辺に生息しており、特にチベット近辺で産出するラックはペルシアのものより良品であると記載されている。このようなラックに関する記述は清代まで続いており、時代によって呼び名に違いはあるものの、一般的に知られていたものと考えられる。

また、日本では、記録とともに現存する世界最古のスティックラックが、正倉院に所蔵されており、「盧舎那仏種々薬帳」には「紫鉉六十斤」の記述がある。ラックカイガラムシが気候的に生息できない日本でも、大陸から海を渡って伝わっていたと言える。また、その輸入は江戸時代まで続き、『長崎市史』(1923 年)の記録によると、「せうえんじ」(正延紫)について、寛文十二年(1672 年)に中国から輸入貨物として「生臙脂 一斤に付 代銀 二十目、その下部にせうえんじ 百枚に付 代金 □□目」と重量と枚数の単位の両方が記載されている。用途については、東アジアではインドと類似しており、薬 [15] [16] [17] [18]と接着剤 [15] [16]の用途に関して記録が多く存在すると共に、特に色素成分の利用に関する記録が多い。

唐代『海藥本草』(755 年-786 年) [16]ではラックは胡胭脂の原料であるとし、北宋『本草図経』(1061 年) [19]ではラックの多くは染色に用いられているとの記述がある。

---

<sup>1</sup> 晋代, 张勃, 『呉录』(265-289 年)(簡体《呉录》)

(九真移風县, 有土赤色如胶, 人视土知其有蚁, 因垦发以木插枝其上, 则蚁缘而上, 生漆凝结, 如螳螂蟪蛄子之状。人折漆以染絮物, 其色正赤, 谓之蚁漆、赤胶。)

<sup>2</sup> 唐代, 段成式, 『酉阳杂俎』(860 年)(簡体《酉阳杂俎》)

(紫柳树出真腊国, 彼人呼为勒伊去。亦出波斯国。木高丈许, 枝叶郁茂, 叶似橘柚, 经冬不凋。三月开花, 白色, 不结子。天有雾露及雨, 沾濡其枝条, 即出紫柳。波斯使者所说如此。而真腊使者言: 是蚁运土上于树端作窠, 蚁坏得雨露凝结而成紫柳。昆仑出者善, 波斯次之)

また、北宋『营造法式』(1103 年) [20]ではラックで染めた綿を熱湯に浸して取り出した色素を絵具として使用すると記録されている。

また、東アジアでは、中国の敦煌莫高窟(8 世紀) [21]、キジル石窟(5–8 世紀) [22]、日本の高松塚古墳(7世紀) [23]、正倉院(8 世紀) [24]、薬師寺(8 世紀) [25]の文化財からラックが含有する成分ラック樹脂またはラッカイン酸が検出され、その絵具と思われる綿臙脂が 20 世紀半ばまで作られていたと言われている。

ラック絵具は東西の絵画、彫刻、建造物彩色、染織などの芸術品において、歴史的に重要な色材であり、古典彩色を表現するために不可欠な色材であるといえる。ラック絵具は色素の抽出が簡便で、収率が高いコチニール、安価で入手しやすい合成絵具の出現により淘汰され、現在では製造されなくなっている。

### 1.3 ラック絵具の原料—ラックカイガラムシについて

#### 1.3.1 地域におけるラックの名称

ラックカイガラムシという名称は、ラックというサンスクリット語に由来する言葉と生物種のカイガラムシに由来する言葉に分けられる。古インドの言葉のラックは、「10万」を意味しており、サンスクリット語の Laksha やヒンディー語の Lakh に由来した言葉で、ラックカイガラムシが木に密集している状況を表現していると考えられている [26]。また、ラックについての最古の記述は、紀元前 1200 年頃までに書かれたインドの医学書『アタルヴァ・ヴェーダ』であるが、東洋・西洋に広く伝播した結果、各文化(地域)におけるラックという言葉の表現も異なっている(表1)。そのため、各国の医薬書、絵画技法書などの史料を解読する際には、細心の注意を払い地域および年代の呼び名と合わせて精査する必要がある。

表1 地域別のラックの通称

地域	言語	名前
インド	Sanskrit	Lakslia <sup>1</sup> *, Taruvikara <sup>2</sup> *, Laksha <sup>3</sup> *, Krumi-rasa <sup>4</sup> * [27]
	Bengali	Gala [28]
	Gujarati	Lak [28]
	Hindi	Lakh [28] [29] [30]
	Telugu	Kommolakka, Komburrki, Lakka [28]
イスラム世界	Arabic	Luk [29]
	Persian	Laak [30]
中国	Chinese	紫柳( [13] [14] [16]), 紫胶(昆虫分类学), 紫梗( [18]), 虫胶( [31]), 紫草茸( [32])
	Tibetan	Rgya tshos [33]

日本	Japanese	紫鉱(しこう) [34]、花没薬[61]
ヨーロッパ [35] [36]	English	Lac
	Dutch	Laklak
	French	Gomme Laque(Shellac), Lac lac
	German	Lic-lac
	Italian	Lacca
	Spanish	Laca

1\*: [27] の P3, 2\*: 同 P10, 3\*: 同 P18, 4\*: 同 P18

### 1.3.2 ラックカイガラムシの生物学に関する知見

ラックカイガラムシは、生息地域は熱帯アジアの湿熱環境に好み、インド、ブータン、ネパール、チベット、ビルマ、タイ、インドネシア、中国の南部などに分布し、原生ではなく移植した例として台湾が挙げられる。また、寄生する樹種は14科33属74種にわたり [37]、生息環境によって生成する化学成分の割合にも違いが生じるという報告もある [38]。

ラックカイガラムシの生物学的な分類として *Coccoidea* カイガラムシ上科に属する昆虫のうちの *Kerriidae* ラックカイガラムシ科に属しおり、当該科には *Kerria*, *Paratachardina decorella*, *Paratachardina pseudolobata* 属 [39]の3つの属を包含し、その中に *Kerria* 属(いわゆるラック)のみ養殖され、商業上重要な昆虫とされている。また、インド、タイ、中国、ブータンで飼養するラックカイガラムシ(*Kerria* 属)の生物種に関する調査の報告書によると、インドは *Kerria lacca kusmi*, *K. lacca rengeeni* 種が主に養殖され、それ以外も約 70 種を養殖改良している。中国では *K. yunanensis* を主に養殖し、それ以外にも 8 種の虫の種が確認されているものの、生産量が激減している。それに対しタイおよびブータンでは主に *K. chinensis* 種を養殖しており、より単一の虫の種の養殖に特化したような印象が見受けられる [40]。また、これまでに論述してきたラックと称すものはラックカイガラムシの分泌物であり、一般的にスティックラックと呼ばれるものである。

### 1.3.3 ラックの構成成分の化学に関する知見

ラック(スティックラック)は樹脂、ワックス、色素成分で構成されており、これらの成分の含有比はラックの産地、品種、寄生樹種によって異なることが報告されている [38] [41]、が、一般的に樹脂(70~80%)、ワックス(6~7%)、色素(4~8%)、不純物や水分(15~25%)の割合で構成されていると言われている [42]。

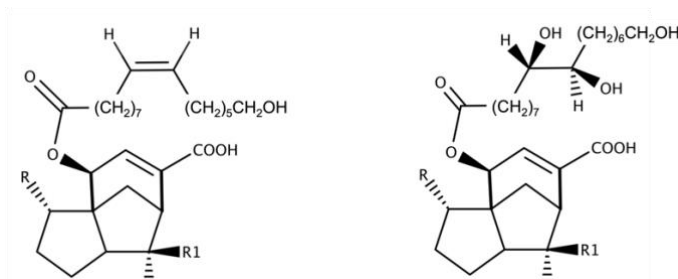
#### 樹脂成分(Lac resin)

樹脂成分は多数の樹脂酸エステル化合物と推定されており、主に水酸基を持つ長鎖脂肪酸とセスキテルペン系の樹脂酸の2つで構成されている [26]。長鎖脂肪酸としてはアレウリチン酸(Aleuritic acid) [43]、セスキテルペン系樹脂酸としてはセドレン骨



格を有するジャラル酸 (Jalaric acid) [44]およびラクシジャラル酸(Laccijalaric acid) [45]が主成分である。Sukh Dev らはラック樹脂の主成分はアレウリチン酸がジャラル酸または、ラクシジャラル酸とエステル結合したものとし、1～5個エステルを結合したものが大部分であろうと述べている [46]。これまでに、ラック樹脂の研究者は、ジエチルエーテルに可溶な分画を軟質樹脂(soft resin)と呼び、それは図1に示す通り、単一のエステルで、おおよそ樹脂成分全体の 30%を占めしている。一方、ジエチルエーテル不溶成分を硬質樹脂(hard resin)と呼び、複数の軟質樹脂構造がエステル結合したポリエステルとして両者を分けている [46] [47] [48](図1)。

軟質樹脂(Soft resin)



硬質樹脂(Hard resin)

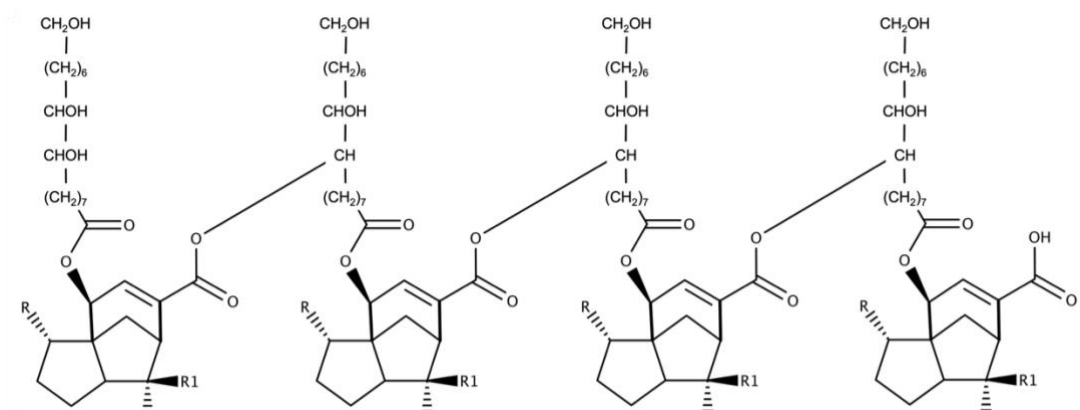


図1 ラック樹脂の軟質樹脂部分および硬質樹脂部分の化学構造 [49]

ラックの樹脂成分を構成するアレウリチン酸、それと類似した長鎖脂肪属アルコールである 6-ヒドロキシテトラデカン酸 (ブトール酸、Butolic acid)、またはテルペン系樹脂酸の骨格を持ち末端が異なるシェロール酸(Shellolic acid)、ジャラル酸(Jalaric acid) およびそれらの異性体について以下で簡単に化学構造を説明する。

#### 1. アレウリチン酸(Aleuritic acid)

スティックラックをアルカリ加水分解させ、ナトリウム塩として単離させた最初の研究は Tschich および Farner によるものである (SenGupta の論文で引用) [50]。彼らは単離させた試料内の最も多い成分が炭素数 16 の高級脂肪酸である threo-9,10,16-トリヒドロキシパルミチン酸(threo-9,10,16-trihydroxypalmitic acid)と特徴づけた。また、

SenGupta [51]は過ヨウ素酸で酸化させたラック樹脂をガスクロマトグラフィー (GLC) で分析してアレウリチン酸の化学構造の検討を厳密に行い、図2で示した構造を推定した。

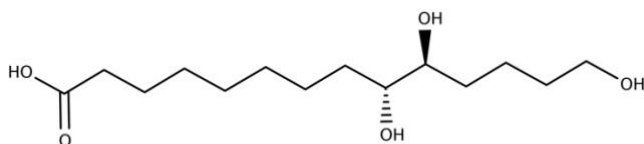


図2 アレウリチン酸

## 2. ブトール酸 (Butolic acid)

ブトール酸は SenGupta と Bose [52]が、シェラックの加水分解物から単離し、ラック宿主の *Butea monosperma* にちなんでブトール酸と名付けた。当時の収率は約 2%で得られ、6 ヒドロキシテトラデカン酸の構造を持つことが明らかになった。また、ブトール酸は前述の樹脂成分の構造に含まれておらず、一般的に遊離酸と考えられている [53]。シェラックを画材とした際の適合性を検討する文献では、ブトール酸はシェラックの中において、可塑剤の役割として存在する可能性があると言及されている [54]。

## 3. シェロール酸 (Shellolic acid), ジャラール酸 (Jalaric acid) およびその他の樹脂酸

テルペン樹脂酸の基本骨格は図3に示す様に、セドレン骨格を持つセスキテルペンの形をとり、その末端の違いによって Shellolic acid、Laksholic acid、Jalaric acid (表2) 等が命名されている。その中で最初に単離されたのはジャラール酸だと言われている。

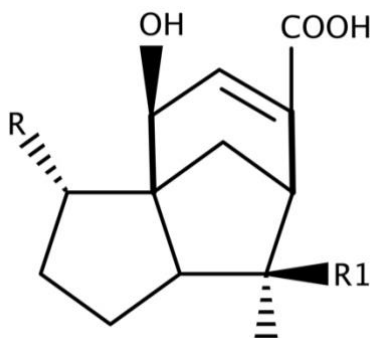


図3 セドレン骨格のセスキテルペン

表2 異なる官能基とその物質名

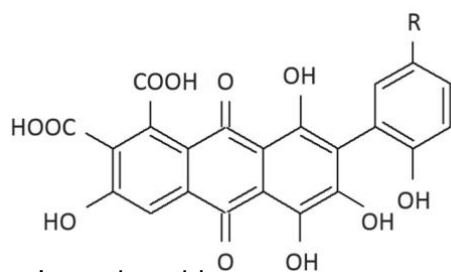
R	R'	物質名
COOH	CH <sub>2</sub> OH	Shellolic acid
CH <sub>2</sub> OH	CH <sub>2</sub> OH	Laksholic acid
CHO	CH <sub>2</sub> OH	Jalaric acid
COOH	CH <sub>3</sub>	Laccishellolic acid
CH <sub>2</sub> OH	CH <sub>3</sub>	Laccilaksholic acid
CHO	CH <sub>3</sub>	Laccijalaric acid

## ワックス成分 (Lac wax)

ラックのワックス成分はラックカイガラムシが樹脂成分とともに分泌するものであり、白く細い繊維状であると言われている [55]。また、一般に、スティックラックに 5～6%、シードラック(スティックラックを粗く粉砕したもの)に 4～5%、シェラック(スティックラックを熱処理により薄片状にしたもの)に 3～5%含まれており、精製の程度もしくは工程によって含有率の違いが生じると考えられる。ワックス成分はスティックラックまたはシェラックを精製する際に単離し、回収される場合が多い。その化学組成は炭素数 26～34 の長鎖高級脂肪族アルコールおよびそのエステルで構成されていると言われている [56]。また、ラックのワックス成分の約 85%は沸騰アルコールに可溶であり、それは炭素数が 25～26 のアルコール( $C_{25}H_{51}OH$ )および酸( $C_{26}H_{52}O_2$ )から構成されている。それに対して、沸騰アルコールに不溶な画分(約 15%)は炭素数 32 の長鎖アルコール( $C_{32}H_{66}OH$ )および飽和脂肪酸( $C_{32}H_{64}O_2$ )のエステル構造をとっている。また、ラックワックスの約 2%は炭素数 25 の炭化水素( $C_{25}H_{52}$ )からなると K.K.Sharma ら [57]が既往研究の結果に基づいて推測している。

### 色素成分(Lac dye)

ラックの色素成分(図4)はアントラキノン骨格を持ち、その末端の違いによりラッカイン酸 A, B, C, E と、誘導体のラッカイン酸 D に分けられている。これらのラッカイン酸はラックの種類、産地、寄生樹や採集する季節によって含有比が異なり、一般的にラッカイン酸 A が大半を占め、ラッカイン酸 B, C, D, E は少量である。



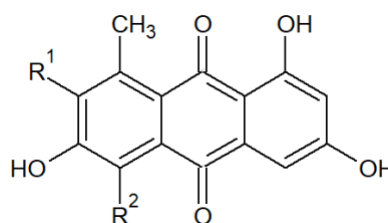
Laccaic acid

A:  $R=CH_2CH_2COCH$

B:  $R=CH_2CH_2OH$

C:  $R=CH_2CH(NH_2)COOH$

E:  $R=CH_2CH_2NH_2$



Laccaic acid D:  $R^1=COOH, R^2=H$

Erythrolaccin:  $R^1=H, R^2=OH$

Deoxyerythrolaccin:  $R^1=R^2=H$

図4 ラックの色素成分の化学構造 [58]

#### 1.3.4 ラックの用途および製品について、

ラックを原料とする製品は多岐にわたるが、精製方法や精製の度合いによって製品の呼び方も異なっている。例えば、生薬としてそのまま木の枝などのゴミを取り除かずに販売するものはスティックラックと呼び、それを水洗い、粉砕、ゴミの除去など荒い処

理を行なったものをシードラックと呼ぶ。さらにそれを加熱して濾過し、封蝋のように成形したものをボタンラックと呼ぶ。また、楽器や家具などの保護層として使用するシェラック(shellac)と呼ばれるものは、貝殻もしくは卵の殻のように薄く引き伸ばし、粉碎したものを指す(ラックカイガラムシの分泌物が貝殻の形状に似ていることに由来するなどの諸説あり [26])。シェラックは、色素分、ワックス分などの成分比によって色が異なる製品があり、シェラック・レモン(Shellac Lemon)、シェラック・オレンジ(Shellac Orange)、シェラック・ルビー(Shellac Ruby)、シェラック・ガーネット(Shellac Garnet)、シェラック・ブロンズ(Shellac Bronze)、漂白シェラック (Shellac Bleached)などに細かく分類され、用途もそれぞれ異なると言われる。これらは熱可塑性、絶縁性、無毒性などの利点を持つことから、工業材料、医薬品、食品素材など様々な分野で接着剤、コーティング材料として使用されている。

#### 1.4 形態別のラック絵具の製造方法

ラック色素を主成分とする絵具の使用が確認された現存の作品では、ラック色素が何らかの媒体に吸着し、顕微鏡の下で明確に粒子が観察される粉体の絵具と、明確に粒子が観察されず、支持体に染着する染料のような絵具に分けることができる。

水に不溶の粉体のラック絵具はいわゆるラックレーキ(Lac Lake)と呼ばれるもので、ラック色素を粘土類に染めつけて不溶性にしたものとして、レーキの語源になったと言われている [59]。また、レーキ顔料の製造は主にアルミニウムやカルシウム塩をアルカリ溶液に加えた際に沈澱する性質を利用して、色素を水不溶性金属塩に吸着・染着させて製造される。この操作は一般的にレーキ化と呼ばれている [60]。ラックレーキの製造は 9 世紀から 18 世紀末の西洋の絵画技法書に記録されている。現在までに既往研究出報告されている製造法は約 10 種類あり、それらは Ms. of ibn Bādīs (1025 年) [61], Ms. Mappae clavicula (12 世紀) [62], Ms. O Libro de komo se fazen as kores (15 世紀) [63], Ms. Le Begue (1431 年) [64], Ms. Bolognese (15 世紀) [65], Ms. Paduan (約 16~17 世紀) [66]の中に記載されているものである。これらの製造法の記述によるとラック(スティクラック)と水以外に、尿(Urine)、木灰(Lye)、生石灰(Quicklime)、ホウ砂(Borax)、炭酸ナトリウム(Sodium carbonate)などアルカリ性の材料が添加され、明礬(Alum)、酒石酸(Tartar)のような色素の媒染・沈殿に用いる材料の添加が見られる。しかし、上記の各製造法によってアルカリ性材料、沈殿剤を添加する順番が異なり、それに基づいて試作した絵具の呈色も異なる結果であったが [9] [11]、その要因には不明な点も多く残っている。

水溶性のラック絵具はいわゆるラックの染液(Lac dye)であり、ラックを染料として使用することは上記の文献にも記録されている。ヨーロッパ地域では、9~10世紀当時イスラム勢力圏で書かれた Ms. of ibn Bādīs [61]や 15 世紀に書かれた Ms. Le Begue [64]に液体の状態で保管、使用すると書かれている。古代中国では、ラックを絵具とす

る最初の記録は唐代の『歴代名画記』<sup>3</sup> [67]である。当時の唐の勢力範囲内で各地の有名な画材を羅列した文章では南海の紫鉉(ラック)と記述しているが、絵具の形態は不明である。一方、同時代にラックを原料として製造された化粧品である綿臙脂の製造法を記録した文献に『外台秘要方—崔氏造臙脂一首』があり、北宋の『营造法式』<sup>4</sup>(1103 年)の記載によるとそれを水溶性の絵具として建築装飾の絵具に使用していたという。また、後世の絵画技法書では綿臙脂を絵画に用いるとする記述も多く残っており、中国明清時代の『青在堂画学浅説』<sup>5</sup> [68]では画用臙脂の調製や福建省産の臙脂を特筆している。同時代の『小山画譜』では綿臙脂から色水を抽出する方法を詳細に説明している。日本の江戸時代の『本草綱目啓蒙』<sup>6</sup> [69]には綿臙脂の原料、産地、綿の染め方や大きさ、画用であることについての記録がある。また、『画本倭比事』<sup>7</sup> [70]と『絵具使用法』(文末を参照<sup>8</sup>) [71]で臙脂は中国から輸入されていることとともに、綿臙脂の大きさおよび色水の抽出方法が記載されている。しかし、これまでの文献調査の中でラックを原料とした綿臙脂の最も詳細な製造法が記載されているものは

---

<sup>3</sup> 唐代, 张彦远, 『歴代名画記』(853 年)(簡体《历代名画记》)  
(武陵水井之丹, 磨嵯之沙, 越嶲之空青, 蔚之曾青, 武昌之扁青, 蜀郡之铅华, 始兴之解锡, 林邑、昆仑之黄, 南海之蚁𧄢, 云中之鹿胶, 吴中之鳔胶, 东阿之牛胶・・・)

<sup>4</sup> 北宋, 李诫, 『营造法式』(1103 年)(簡体《营造法式》)  
(紫礦: 先擘開, 擣去心内綿無色者, 次將綿上色深者以熱湯撚取汁, 入少湯用之。若於華心内幹淡或朱地内壓深用者, 熬令色深淺得所用之。)

<sup>5</sup> 清代, 巢勋, 『青在堂画学浅説』(1887 年)(簡体《青在堂画学浅説》)  
(藤黄莫入口, 胭脂莫上手, 以胭脂上手, 其色在指上经数日不散, 非用醋洗不退, 須用福建胭脂, 以少许滾水略浸, 將兩筆管如染坊絞布法, 絞出濃汁, 溫水頓干用之。)

<sup>6</sup> 江戸時代, 小野蘭山, 『本草綱目啓蒙』(1803-1805 年)  
(一名 尚田丹 紫草茸とあり, 紫鉉ハ木ノ脂ナリ。(中略) 唐山ヨリ交趾ノ産ヲ渡ス。紫梗ト書シ来ルヲ, 長崎ニテ櫃ニ改メテ入時, 花没薬ト名ヲ易テ四方ニ出ス。(中略) 唐山ヨリコノ紫鉉汁ヲ以テ綿ヲ染タルヲ渡ス。コレヲ, シヤウエンジト云。草綿 ヲ七八寸ノ大キサニ薄ク円ニシテ染タルアリ。又三寸許ノ大ナルモアリ。小輪ト云。又微大ナルヲ中輪ト云。皆紫紅色ナリ。湯ニ浸シ汁ヲ絞り器ニ入, 重湯ニテ煎ジ, 乾シ色ヲ濃シテ, 画工紅色ヲ彩スルノ具トス。)

<sup>7</sup> 江戸時代, 西川祐信, 『画本倭比事』(1742 年)  
(生胭脂唐土より来る物なり。綿にしめしあり、大輪小輪とて大小あり、何れも色は紅にてかわる事なし、水にひたし、指にてよくしぼりぬれば赤き汁出る、それをつかうなり、にかわを加えず。)

唐代の『外台秘要方—崔氏造臙脂一首』であり、それに関する歴史的な研究が報告されている [72] [73] [74]。現在、綿臙脂の生産は途切れており、既往研究では試作品を作成しているが、発色に欠陥があるまま実験に供された結論が導き出されている [74]。

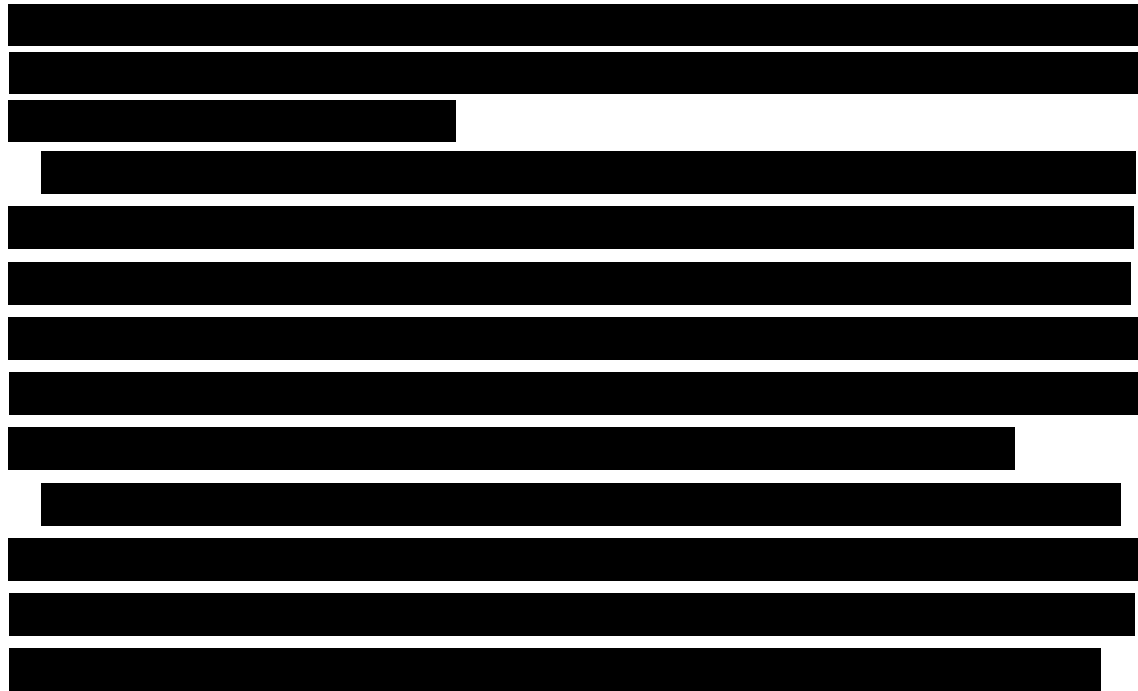
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



8.明治時代，駒井龍仙草案，幸野楳嶺訂正，『絵具使用法』(1890 年) [77]<sup>9</sup>  
(燕脂は和製あり、支那製あり、いずれも綿に染めたる円形のものなり。大輪・中輪・小輪の三種ありて、支那製最良品なり。溶解法は綿(円脂染たる)を皿中に入れ、沸湯を点じ、油気のなきものを以て、軽々に搾り、綿を去り、その皿を沸湯上に置き。酒一滴を点じ、沸湯の蒸気にてその■くを俟ちて用いるなり。最も油気を忌む故に、新しき箸を以て搾るべし。指頭にて搾り、或は、古き箸を用いるときは、油気に感じ色沢を失う。搾ること強ければ滓皿の底に溜りて麗ならず。十分乾燥ならしむれば色沢を害す故に、酒一滴を点じて、常に湯気を帯びしむ。解着けたる皿は伏せおくべからず。雨溼を感じずべし。忽ち解け流る仰向に置き蓋を掩い塵埃を防ぐべし。膠気を忌む。そのまま用いるべし。質沈んで絹紙の類には、深く徹る故に、一度染むれば剥徐すべからず。また水を塗れば、上色散落し易し。故に生紙に用いれば、紙背より明礬水を塗りて色を止むべし。しかせざれば装璜の際に上色散落す。質沈むが故に、隈取りに最も難きものなり。牡丹・芙蓉の花の類に隈取れば、殊になしがたく、色濃ければ(むら)を生じ、淡なるを再三重ね塗るときは、色沢を失う。故に、巧に隈取るものは、少しく太き筆に水を含ませ、その毫端に燕脂をひっかけて。偏筆を用いて隈どる。ただこれは上手の業にして、通々の技の及ぶ所にあらず。ただ燕脂をして、自在に用いんと欲せば、胡粉を極めて少許加うべし。色沢を失わずして、隈取もまた自在なり。ただ胡粉は膠にて溶きたるを交うべし。単に用いる燕脂には、膠を忌むといえども、胡粉、及び他

<sup>9</sup> 本研究は既往研究で旧漢字、旧仮名遣いを現代語に改めたものを引用した。



色に混合する時は、膠を用いて苦しからず。多色混合法は、藍に和して紫色になり、墨に和しては鈍色、或は黒黄色となる。洋紅は用をおなじくすべし。）

## 1.7 参考文献

- [1] Dominique Cardon; *Natural Dyes, sources, tradition, technology and science*. Archtype Publications Ltd. 2007.
- [2] E. H. Warmington; *The commerce between the roman empire and India*. Cambridge University Pres. 1928.
- [3] J. McCrindle; *Ancient India as described by Ktésias the Knidian: being translation of the abridgement of his “Indika” by photios, and the fragments of that preserved writers*. Thacker. Spink & Company. 1882.
- [4] A. Scholfield; *Aelian on the nature of animals*. I. Loeb Class. 1958, p. 266.
- [5] 島津美子, 谷口陽子; アジャンター仏教寺院遺跡第2窟に見られる赤色の有機質色材に関する調査. 文化財保存修復学会第 36 回大会研究発表要旨集. 東京, 2014, pp. 238–239.
- [6] Pliny; *Naturalis Historia*. XXXV.xii.30. Perseus digital library.  
<https://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.02.0137%3Abook%3D35%3Achapter%3D32> (参照 2022.11.13)
- [7] Joanne Dyer; Diego Tamburini; Sophia Sotiropoulou. The identification of lac as a pigment in ancient Greek polychromy – The case of a Hellenistic oinochoe from Canosa di Puglia. *Dyes and Pigments*. 149, 2018, pp. 122–132.
- [8] Eric Herbert Warmington. *The commerce between the roman empire and India*. Cambridge University Press, 1928.
- [9] Rita Castro; Adelaide Miranda; Maria J. Melo. Interpreting lac dye in medieval written sources: new knowledge from the reconstruction of recipes relating to illuminations in Portuguese manuscripts. *Sources on Art Technology*. 2016, pp. 88–99.
- [10] M. Levey. Mediaeval Arabic bookmaking and its relation to early chemistry and pharmacology. *ransactions of the American Philosophical Society*. 52(4), 1962, pp. 5–57.
- [11] Berbers, Sanne V.J; Diego Tamburini; Maarten R. van Bommel; Joanne Dyer. Historical formulations of lake pigments and dyes derived from lac: A study of compositional variability. *Dyes and Pigments*. 170, 2019, pp. 1075–1079.

- [12] A. Lluveras-Tenorio; F. Parlanti; Ilaria Degano; Lorenzetti Giulia; D. Demosthenous; Spectroscopic and mass spectrometric approach to define the Cyprus Orthodox icon tradition – the first known occurrence of Indian lac in Greece/ Europe. *Microchemical Journal*. no.131, 2017.
- [13] (唐)欧陽詢撰.「蚁」. 宋本芸文類聚(全三冊). 上海古籍出版社. 2013.
- [14] (唐)段成式.『酉阳杂俎』. 中国. 中华书局. 2017.
- [15] (唐)李勣 等奉敕撰.『新修本草』 国立国会図書館, 2018.  
<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2557929>. (参照 2021.11.9).
- [16] (唐)李珣著.『海药本草』. 中国本草全書. 北京. 華夏出版社. 1999.
- [17] (明)胡澐.『卫生易简方』. 北京. 人民卫生出版社. 1984.
- [18] (明)李時珍.『本草綱目』. 国立国会図書館, 1596.  
<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1287025>. (参照 2021.7)
- [19] (宋)苏颂著.『本草图经辑校本』. 北京. 学苑出版社. 2017.
- [20] (宋)李誠著.『营造法式』(民国涉园重刻本). 中国. 中华书局. 2015.
- [21] Wong, Lori.; Agnew, Neville. The Conservation of Cave 85 at the Mogao Grottoes, Dunhuang. *J Paul Getty Museum Publications*. 2013, p. 177.
- [22] Zhou, Zhibo.; Shen, Ling.; Wang, Na.; Ren, Xiaoxu.; Yang, Jie.; Shi, Yanchao.; Zhang, Hui. Identification of Organic Materials Used in Gilding Technique in Wall Paintings of Kizil Grottoes. *ChemPubSoc Europe*. 2019, 5, p. 818– 822.
- [23] 赤田昌倫; 田村朋美; 脇谷草一郎; 降幡順子; 高妻洋成; 吉田直人; 早川典子; 朽津信明; 早川泰弘; 岡田健. 高松塚古墳壁画の色料に関する材料調査報告. 奈良文化財研究所紀要. 2014, p. 32– 33.
- [24] 中村力也; 成瀬正和. 正倉院宝物におけるエンジ:可視反射分光分析法による調査. 日本文化財科学会誌. 2015, 68, p. 33– 46.
- [25] 飯田穂野香; 薬師寺所蔵国宝「吉祥天画像」の技法研究. 芳泉文化財団研究報告書. 2017.
- [26] 森大輔. 天然樹脂セラック. ネットワークポリマー. 35(6). 2014, p. 286.

- [27] Kunda B. Patkar; P.V Bole. 『Herbal cosmetics in ancient India with a treatise on planta cosmetica』. World Wide Fund For Nature-India. 1997.
- [28] A. F. BANFIELD. 『The Wealth of India. A dictionary of Indian raw material』. CSIR India publication. 2003.
- [29] Hakim Muhammad Abdul Hakim. 『Bustanul Mufradat』. New Delhi. Idarae kitabul shifa. 2002. pp. 516.
- [30] Ziauddin Abdullah Bin Ahmad Undulsi. Al Jami Li Mufradat Al Advia Wal Aghzia.Vol. IV. No.4. 2003, pp. 253-254.
- [31] 中国医学科学院药物研究所. 『中药志』. 中国. 人民卫生出版社. 1979.
- [32] 韓保昇[著]; 常敏毅[編]. 『日華子本草』. 中國醫藥科技出版社. 2016.
- [33] Jackson, David. P.; Jackson, Janice. A. Tibetan Thangka Painting: Methods and Materials. SHAMBHALA. 1984, p. 114.
- [34] 朝比奈泰彦. 『正倉院薬物』 植物文献刊行会. 1955.
- [35] Nicholas Eastaugh; Valentine Walsh; Tracey Chaplin; Ruth Siddall. 『The pigment compendium(a dictionary of historical pigments)』. Butterworth-Heinemann. 2005, pp. 214.
- [36] Sanne V.J. Berbers; Diego Tamburini; Maarten R. van Bommel; Joanne Dyer. Historical formulations of lac lake pigments and dyes:a study of the compositional variability. Dyes and Pigments, vol.170. 2019, pp. 1075-1079.
- [37] 朝比奈正二郎. 紫鉱の昆虫学的調査. 『正倉院薬物』. 植物文献刊行会. 1955, pp. 189-193.
- [38] 佐々木良子; 深田亮平; 佐々木健. ラックの成分分析を用いた産地特定に関する研究. 文化財保存修復学会第 36 回大会. 東京. 2014, pp. 46-47.
- [39] Takumasa Kondo; Penny J. Gullan. Taxonomic review of the lac insect genus Paratachardina Balachowsky (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae), with a revised key to genera of Kerriidae and description of two new species. ZOOTAXA. Vol.1617. 2007, pp. 8.
- [40] 北川美穂. 昆虫由来素材「ラック」の文化財および美術工芸への利用促進のための調査研究. 科学研究費助成事業 研究成果報告書. 2017.
- [41] Wang, Lili.; Ishida, Yasuyuki.; Ohtani, Hajime.; Tsuge, Shin.; Nakayama, Toshihiro. Characterization of Natural Resin Shellac by Reactive Py-GC in the Presence of Organic Alkali. Analytical Chemistry. 1999, 71, p. 1316- 1322.

- [42] Indian Lac Research Institute. 『Lac a Monograph』. 1962, p. 197.
- [43] Singh, Harbhajan; Madhav, R; Seshadri Thiruvenkata Rajendra; Subramanian Gobichettipalayam B.Venkata. Structural investigations of lac resin: part I—chemical studies on hard resin. Indian Journal of Chemistry(5). 1967, pp. 182.
- [44] M.S, Wadia; V.V, Mhaskar; Sukh, Dev. On the constitution of Jalaric acid. Tetrahedron Letters. Vol.4(8). 1963, pp. 513-517.
- [45] A. N, Singh; A.B, Upadhye; M.S, Wadia; V.V, Mhaskar; Sukh, Dev. Chemistry of lac resin—I: Lac acids (part 1): Butolic, jalaric and laksholic acids Tetrahedron. vol.25(17). 1969, pp.3841-3853.
- [46] Sukh, Dev. Chemical Nature of Lac-Resin. J. Indian Chem. Soc. vol.51, 1974, pp.149.
- [47] Upadhye, A. B; Wadia, Murzban S; V.V, Mhaskar; Sukh, Dev. isolation and quantitative determination of constituent acids. 『Chemistry of lac resin—IV: pure lac resin 1』. Tetrahedron(26), 1970, pp. 4177–4187.
- [48] AN Singh; Upadhye, A. B; V.V, Mhaskar; Sukh, Dev. components of soft resin. Chemistry of lac resin—VI. Tetrahedron, vol.30(7), 1974, pp. 867–874.
- [49] Wang, Lili.; Ishida, Yasuyuki.; Ohtani, Hajime.; Tsuge. Shin.; Nakayama, Toshihiro. Characterization of Natural Resin Shellac by Reactive Py–GC in the Presence of Organic Alkali. Analytical Chemistry. 1999, 71, p. 1316– 1322.
- [50] Bose, P.K.; Y, Sankaranarayanan; SC, SenGupta. Chemistry of lac. Indian Lac Reserch Institute. 1963.
- [51] SC, SenGupta. Constitution of lac resin. Ranchi University. India. 1970.(学位論文)
- [52] SC, SenGupta; Bose, P.K. 『Symp. on Lac and Lac Products, Namkum』. India, Indian Lac Research Institute. 1956, p. 72.
- [53] A. N, Singh; A.B, Upadhye; M.S, Wadia; V.V, Mhaskar; Sukh, Dev. Chemistry of lac resin—I: Lac acids (part 1): Butolic, jalaric and laksholic acids Tetrahedron. vol.25(17). 1969, pp.3841-3853.
- [54] Diego Tamburini; Joanne Dyer; Ilaria Bonaduce. The characterisation of shellac resin by fow injection and liquid chromatography coupled with electrospray ionisation and mass spectrometry. Scientific Reports. Vol.7, 2017.

- [55] 橋本皓, 北岡正三郎. カイガラムシが分泌したロウ質物の走査電子顕微鏡による観察. 日本応用動物昆虫学会誌(応動昆). vol.15(2), 1971, pp. 76–86.
- [56] K.K. Sharma; A. Roy Chowdhury; S. Srivatava. 「Chemistry of Lac dye and wax. In: Baboo B. Goswami DN (eds) Processing」『Chemistry and applications of Lac』 ICAR–Directorate of Information and Publications of Agriculture. 2010, pp. 12–28.
- [57] K.K. Sharma; A. Roy Chowdhury; S. Srivatava. Chemistry and applications of lac and its By-product, Springer Nature Switzerland AG. 2020.
- [58] Montra Chairat; Vichitr Rattanaphani; John B. Bremner; Saowanee Rattanaphani; David F. Perkins. An absorption spectroscopic investigation of the interaction of lac dyes with metal ions. Dyes and pigments. vol.63, 2004, pp. 141–150.
- [59] 熊野勇夫. 顔料総論 顔料講座(第一講). 色材. Vol.55(5), 1982, pp. 328–339.
- [60] 桂宏光. 有機顔料(2)赤色・橙色顔料. 顔料講座(第5講), 色材, 1982, pp. 742–757.
- [61] Levey, Martin. Mediaeval Arabic Bookmaking and Its Relation to Early Chemistry and Pharmacology. The American Philosophical Society. 5(24), 1962, p.23,30.
- [62] Cyril Stanley; Smith John; G. Hawthorne. Mappae clavicula: a little key to the world of medieval techniques. Transactions of the American Philosophical Society. Vol.64(4), 1974, p. 13.
- [63] D. S. Blondheim. An old Portuguese work on manuscript illumination. Jewish Quarterly Review. 1928, pp. 125.
- [64] Mary P. Merrifield. Medieval and Renaissance Treatises on the Arts of Painting. New York. Dover Publications. 1967, p. 62, 294, 296.
- [65] Mary P. Merrifield. Medieval and Renaissance Treatises on the Arts of Painting. New York. Dover Publications. 1967, p. 446, 448, 450, 454, 456,.
- [66] Mary P. Merrifield. Medieval and Renaissance Treatises on the Arts of Painting. New York. Dover Publications. 1967, p. 686, 700, 702.
- [67] (唐)张彦远[著]. 『历代名画记论画体工用搨写・卷二』. 上海. 上海人民美术出版社. 1964, p. 37.

- [68] (清)王概[著]. 『芥子园画传 第一集 山水・青在堂画学浅说设色』. 人民美术出版社. 1960.
- [69] 小野蘭山. 『本草綱目啓蒙』. 平凡社. 1991, p. 119.
- [70] 西川祐信, “絵本和比事,” 1742, p. 11. 早稲田大学図書館古典籍総合データベース.  
[https://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/html/bunko31/bunko31\\_e0454/index.html](https://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/html/bunko31/bunko31_e0454/index.html) (参照 2022.11.22)
- [71] 駒井龍仙, “絵具使用法,” 1890. 技法材料データベース β 版.  
<http://hidden.geidai.ac.jp/index.php> (参照 2022.11.22)
- [72] 王进玉. 中国古代对紫矿的开发应用. 中国科技史料. Vol. 21(3), 2000, pp. 222–227.
- [73] 李华锋. 中国古代胭脂的种类和制作工艺探析. 宁夏农林科技. Vol. 53(7), 2012, pp. 84–86.
- [74] 沓名弘美; 沓名貴彦. 臙脂の再現にむけて. オレオサイエンス. 2018, 18(10), pp. 507–513..
- [75] J. K. David Saunders. Light-induced Colour Changes in Red and Yellow Lake Pigments. National Gallery Technical Bulletin. vol.15, 1994, pp. 79–97.
- [76] Gianna Favaro; Costanza Miliani; Aldo Romani and Manuela Vagnini. Role of protolytic interactions in photo-aging processes of carminic acid and carminic lake in solution and painted layers. J. Chem. Soc, vol. 2, 2002, pp. 192–197.
- [77] 染谷香理[編]. 技法材料データベース β 版.  
[http://hidden.geidai.ac.jp/detail.php?information\\_id=883](http://hidden.geidai.ac.jp/detail.php?information_id=883). [参照 2021.7.3].

## 第二章 文献およびラック絵具の調査による製法の検討

### 2.1 諸言

ラックカイガラムシ(以下ラックと称す)はインド、東南アジア、中国南部等地が原産で、それを原料にして製造された絵具は中央アジアのインド、東アジアの中国および日本、ヨーロッパのローマ、ポルトガル等の文化財で使用された痕跡が発見されている。現存の発見例においては、地域によって性状が異なり、絵具の製造に用いた手法や添加する材料も様々であったと考えられる。各地でのラック絵具の検出に伴い、それとあわせた絵具の試作、当該文化財の想定復元などの先行研究が行われてきたが、試作された絵具の発色が悪く、再現性や実用性が欠けるなどの評価もあり、未解決の課題が多く存在している。

[Redacted text block]

[Redacted text block]

---

注1) 書名は「Book of the Staff of the Scribes and Implements of the Discerning with a Description of the Line, the Pens, Soot Inks, Līq, Gall inks, Dying, and Details of Bookbinding」である。便宜上、著者 Ms. of ibn Bādīs の名前で紹介する場合が多い。

[illegible]



[illegible]



[弘景曰]今东间皆有之，叶如枇杷叶，方用亦稀。

[恭曰]叶似荫草，凌冬不凋。关中者叶细为好。江山以南者，叶长大如枇杷叶，无气味，殊不任用。

[颂曰]今南北皆有之。生于石上，株极有高大者。江湖间出者，叶如枇杷，上有小刺，凌冬不凋。春生白花成簇。秋结细红实。关陇间出者，叶似莽草，青黄色，背有紫点，雨多则并生，长及二三寸。根横，细紫色。无花实，叶至茂密。南北人多移植亭院间，阴翳可爱，不透日气。入药以关中叶细者为良。魏王花木志云：南方石南树野生。二月开花，连着实。实如燕覆子，八月熟。民采取核，和鱼羹尤美。今无用者。

[宗爽曰]石南叶似枇杷叶之小者，而背无毛，光而不皱。正二月间开花。冬有二叶为花苞，苞既开，中有十五余花，大小如椿花，甚细碎。每一苞约弹许大，成一球。一

---

<sup>1</sup>清代，汪昂，『医方集解』（1682年）（简体《医方集解》）

[弘景曰]今东间皆有之，叶如枇杷叶，方用亦稀。

[恭曰]叶似荫草，凌冬不凋。关中者叶细为好。江山以南者，叶长大如枇杷叶，无气味，殊不任用。

[颂曰]今南北皆有之。生于石上，株极有高大者。江湖间出者，叶如枇杷，上有小刺，凌冬不凋。春生白花成簇。秋结细红实。关陇间出者，叶似莽草，青黄色，背有紫点，雨多则并生，长及二三寸。根横，细紫色。无花实，叶至茂密。南北人多移植亭院间，阴翳可爱，不透日气。入药以关中叶细者为良。魏王花木志云：南方石南树野生。二月开花，连着实。实如燕覆子，八月熟。民采取核，和鱼羹尤美。今无用者。

[宗爽曰]石南叶似枇杷叶之小者，而背无毛，光而不皱。正二月间开花。冬有二叶为花苞，苞既开，中有十五余花，大小如椿花，甚细碎。每一苞约弹许大，成一球。一

[REDACTED]

[REDACTED]

---

花六叶，一朵有七八球，淡白绿色，叶末微淡赤色。花既开，蕊满花，但见蕊不见花。花才罢，去年绿叶尽脱落，渐生新叶。京洛、河北、河东、山东颇少，人故少用。湖南北、江西、二浙甚多，故人多用。

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

<sup>2</sup> 宋代，唐慎微，『重刊經史證類大本草』(1577 年)(簡體《重刊经史证类大本草》)修治，采十年以上，向東畔嫩根，銅刀刮去青黃薄皮一重，取里白皮切焙。

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

<sup>3</sup> 唐代，王钦若等編，『册府元龟』，(1013 年) (簡体《册府元龟》)  
三月，可汗回鹘王仁美进野马、独峰驼、玉辔头、大鵬砂、硃砂、膾肭脐、金刚钻、羚羊角、白貂鼠皮、安西丝、白布、牦牛尾、野驼峰等物

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

---

<sup>4</sup> 晋代，嵇含，『南方草木状』，(266～310 年)(簡体《南方草木状》)  
諸蔗，一曰甘蔗，交趾所生者。圍數寸，長丈餘，頗似竹。斷而食之甚甘，竿取其汁，曝數日成飴，入口消釋，彼人謂之石蜜。

<sup>5</sup>唐代，孟诜，『食療本草』，(～720 年)(簡体《食疗本草》)  
石蜜(乳糖)〈寒〉内容：(一)上心腹胀热，口干渴。波斯者良。注少许于目中，除去热膜，明目。蜀川者为次。今东吴亦有，并不如波斯。此皆是煎甘蔗汁及牛乳汁，煎则细白耳。

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]		[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]		[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

## 2.5 引用文献

- [1] H. Sastri. Indian Pictorial Art as Developed in Book-illustrations. Baroda State Press. 1936.
- [2] R. Srivastava. Punjab Painting. Abhinav Publications. 1983, p. 75.
- [3] Mi-pham-rgya-mtsho「著」; Sonam Topgay Kazi「編」. Bzo gnas nyer mkho za ma tog. in his Collected Writings. 1975.
- [4] Jackson, David. P.; Jackson, Janice. A. Tibetan Thangka Painting: Methods and Materials. SHAMBHALA. 1984, p. 114.
- [5] 高文柱. 『跬步集:古医籍整理序例与研究』. 中華書局, 2009.
- [6] 沓名弘美;沓名貴彦.臙脂の再現にむけて.オレオサイエンス.2018, 18(10), p. 507-513.
- [7] 王焘「著」; 程衍道「校」. 外台秘要方.造燕脂法一首 崔氏造燕脂法. 本堂蔵版. 1866, 第 32 卷, p. 57-58.
- [8] Radhika.S.M. Evaluation of lodhra twak for mehaghna activity W.S.R to hyperglycemia. Government College of Pharmacy. 2012, pp. 10-13.
- [9] 宇妥·云丹衮波. 『四部医典』. 西宁 青海民族出版社. 2009.
- [10] 石濱裕美子;西脇正人;福田洋一;谷田伸治.チベット伝統医学の薬材研究.藝華書院.2015, p. 178.
- [11] 汪昂「著」;田中牧斎「訓点」.医方集解.浪華:吉野家博文堂.1727.
- [12] 楊永晶, “蔵薬志,” 青海人民出版社, 1991, p. 692.
- [13] k. chos' phel. bdud rtsi sman gyi ' khrungs dpe legs bshad nor bu' I phreng mdzes. bod ljongs mi dmangs dpe skrun khang. 1993, p. 770.
- [14] rje, dga' ba' I rdo. khrungs dpe dri med shel gyi me long. mi rigs dpe skrun khan. 1995, p. 457.
- [15] B. Clark. The Quintessence Tantras of Tibetan Medicine. Snow Lion Publications. 1995, p. 260.
- [16] P. Y. Arya. Dictionary of Tibetan Materia Medica. Motilal Banarsidass Publishers. 1998, p. 310.
- [17] 国家中医薬管理局中華本草編委会[編]. 『中華本草・蔵薬巻』. 上海科学技術出版社. 2002, p. 478.

- [18] M. T. Khang. The Basic Tantra and The Explanatory Tantra from The Secret Quintessential Instructions on the Eight Branches of the Ambrosia Essence Tantra. men tsee khng publicantions. 2008, p. 375.
- [19] C. H. Thinley Gyatso. Essentials of Tibetan Traditional Medicine. 2009, p. 256.
- [20] 卢复「編」.神農本經.足利屋/勘六/和泉屋庄次.1799, p. 24.
- [21] 胡玉康;毛雅坤.唤醒丝路记忆— 维吾尔族桑皮纸古法技艺传承与开发策略 . 新疆艺术学院学报. 2017, 15(2), p. 11– 20.
- [22] 唐慎微「纂」;王大獻「重刻」.重刊經史證類大本本草.尚義堂重刊.1577, ベルリン国立図書館 データベース [https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN3346157652&PHYSID=PHYS\\_1290&DMDID=DMDLOG\\_0034](https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN3346157652&PHYSID=PHYS_1290&DMDID=DMDLOG_0034)(参照 2022– 10– 28)
- [23] Marco Schmitt; Sven Boras; Aiyen Tjoa; Toshihiro Watanabe; Steven Jansen. Aluminium Accumulation and Intra–Tree Distribution Patterns in Three Arbor aluminosa (Symplocos) Species from Central Sulawesi. PLOS ONE. 2016.
- [24] 相田二三夫; 藤原茂正. 桑品種樹色の類型とその組織学的分析(予報). 日本蚕糸学雑誌. Vol.20(6), 1951, pp. 458–465.
- [25] 山. 齋. 押. 矢彦沢清允, “桑樹のアルミニウム含有率とその意義,” 信州大学繊維学部農場研究報告, 第 15, pp. 33–38, 1994.
- [26] 矢彦沢清允; 山本満寿夫; 齋藤英毅; 押金健吾. 桑樹の生息に及ぼす培養液の水素およびアルミニウムイオン濃度の影響. 日本蚕糸学雑誌. vol.63(5), 1994 pp. 407–414.
- [27] Ko Tahara; Syuntaro Hiradate; Koh Hashida; Kenji Shinohara. An aluminum–resistance mechanism in Eucalyptus camaldulensis: complex– ation between aluminum and oenothien B in pres– ence of organic acids in vitro. Journal of Forest Research. vol.22, 2017, pp. 261–264.
- [28] 渡部敏裕. アルミニウム集積木本植物におけるアルミニウム集積機構および耐性機構の新たな展開. 科学研究費助成事業 研究成果報告書. 2017.
- [29] M. Moeyes. Natural Dyeing in Thailand. White Lotus. 1993, p. 70.
- [30] S.S, Savrikar; B Ravishankar. Introduction to Rasashastra – The Iatrochemistry of Ayurveda. African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines. 2001, pp. 66–82.

- [31] 山岡香子. 蒸発岩型ホウ素鉱床の同位体地球化学. 資源地質. Vol.64(3), 2014, pp. 117-125.
- [32] 王欽若「著」;文翔鳳「校」;黄国琦「注」.冊府元龟.1642, 卷九百七十二(朝贡五).p. 77.国立公文書館デジタルアーカイブ.  
[https://www.digital.archives.go.jp/DAS/meta/listPhoto?LANG=default&BID=F1000000000000102928&ID=M2020061910535265289&TYPE=\(参照 2021- 08-13\)](https://www.digital.archives.go.jp/DAS/meta/listPhoto?LANG=default&BID=F1000000000000102928&ID=M2020061910535265289&TYPE=(参照%2021-08-13))
- [33] 石翠;马瑞丽;马桂芝.胡桐泪与胡桐水中 6 种金属元素含量及小鼠急性毒性的比较研究.中南药学. 2020, 18(5), p. 801- 805.
- [34] 嵇含「著」;平住専庵「訓点」.南方草木状.寶文堂.1726, 卷の上〇八 .
- [35] 佐藤次高.『砂糖のイスラーム生活史』. 岩波書店. 2008.
- [36] (唐)孟詵[著].『食療本草』, 720. 卷上. Chinese Text Project.  
<https://ctext.org/wiki.pl?if=en&chapter=704662#%E7%9F%B3%E8%9C%9C%E5%AF%92%E3%80%89>  
 E4%B9%B3%E7%B3%96%E5%AF%92%E3%80%89 (参照 2022.11.5)
- [37] 小谷仲男; 菅沼愛語.『新唐書』西域伝訳註(二). 京都女子大学大学院文学研究科研究紀要. 2011, pp. 127-193.
- [38] 李跃清. 近 40 年青藏高原东侧地区云, 日照, 温度及日较差的分析. 高原气象. vol.21(3). 2002.

## 第三章 ラック絵具の発色について

### 3.1 緒言

本研究で取り上げるアジア圏の3つの製造法(インド、チベット、中国)は第2章で製造法を深く解読し、製造に添加する材料を精査した。その結果、この3つの絵具製造法ともにシュウ酸アルミニウムを主成分とする植物由来材料と、抽出溶液のpHを調節するpH調整剤、つまり異なる無機塩とともに添加している。

### 3.2 実験

#### 3.2.1 実験方法

#### 3.2.3 実験操作

LA水溶液の調製は、LA試薬 10 mg を 0.05% 炭酸ナトリウム水溶液 20 mL に完全に溶解し、蒸留水を加えて 100 ml とした。この溶液をさらに 100 倍希釈した溶液を用いて以下の実験に使用した。なお、LA水溶液の濃度 ( $1.9 \times 10^{-6}$  mol/L) は LA 分子が全て LA-A と仮定して求めた。

pH 緩衝液には、pH3.0～8.0 の間はマッキルベイン緩衝液(McIlvaine buffer)を用い、0.2 mol/L リン酸水素二ナトリウム水溶液と 0.1 mol/L クエン酸水溶液の混合溶液の割合によって調製した。一方、pH8.0 以上の場合は緩衝液に 0.1 mol/L NaOH 溶液を加えて、下記の実験に必要な pH に調製した。

#### 3.2.4 pH が変化した際の LA 溶液の色変化

1 mL の LA 水溶液にマッキルベイン緩衝液(McIlvaine buffer)を加え、全液量を 10 mL とした。なお、供試試料の pH が 8 以上の場合はマッキルベイン緩衝液(McIlvaine

buffer)と NaOH 水溶液の混合溶液を使用した。また、pH が 2.5～12.5 の範囲内に 0.5 間隔で調整した LA 水溶液を供試試料とし、pH が異なる際の発色の変化を紫外可視吸収スペクトルにより比較した。

### 3.2.5 $\text{Al}^{3+}$ の濃度による LA の色変化

LA 水溶液に、濃度が  $0 \sim 6.2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  の範囲で異なるシュウ酸アルミニウム水溶液を体積比1対1で混合し、pH7.0 のマッキルベイン緩衝液を加えて 10 ml とした。その際の  $\text{Al}^{3+}$ の濃度による呈色の変化を紫外可視吸収スペクトルにより比較した。

### 3.2.6 pH が変化した際の $\text{Al}^{3+}$ -LA 溶液の色変化

LA 水溶液にシュウ酸アルミニウム水溶液( $4.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ )を加えて、pH が異なるマッキルベイン緩衝液、または NaOH 水溶液を加えて 10 ml とした。その際の溶液の pH の違いによる呈色の変化を上記の手法により比較した。また、 $\text{Al}^{3+}$ を含まない LA 水溶液も同様の処理を行い対照液として測定を行った。

### 3.2.7 pH 調整剤の添加、熱処理による色変化

それぞれの LA 水溶液に濃度が異なる無機塩水溶液(表 2)を加え、同上の手法により呈色の変化を比較した。なお、測定試料の pH は塩溶液の濃度によって若干異なるが、上記と同様にマッキルベイン緩衝液を用いて当該塩の飽和溶液の pH に合わせて調整した。

また熱処理の影響の検討においては、上記で調製した溶液の一部を試験管に入れ、オイルバスにより溶液を  $100^{\circ}\text{C}$  で加熱処理した。加熱処理は 0～15 分間、5 分間隔で加熱処理による溶液の吸光度変化を測定した。

上記の試料を十分に攪拌したのち pH メーター(HORIBA 製作所製)で pH を確認し、10 分間静置したのち、上澄みを石英セルに入れ、紫外可視分光光度計(島津製作所製(UV-2450)、測定範囲:190-800 nm、スリット幅:1.0 nm)により測定した。

## 3.3 結果および考察

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

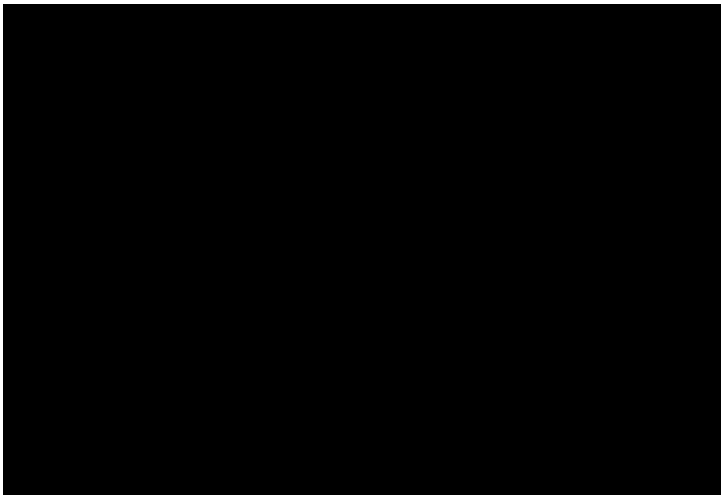
[REDACTED]

[REDACTED]

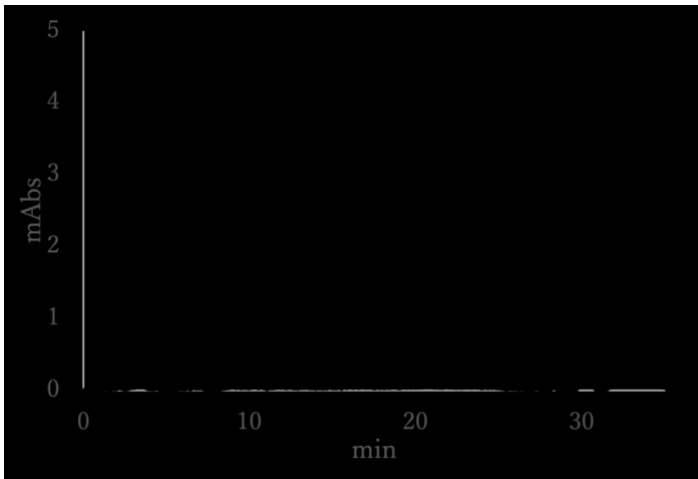
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

		[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[illegible]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[illegible]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

3.5 引用文献

- [1] 島津美子; 谷口陽子. アジャンター仏教寺院遺跡第2窟に見られる赤色の有機質色材に関する調査. 文化財保存修復学会第 36 回大会研究発表要旨集. 東京. 2014, pp. 238-239.
- [2] 沓名弘美; 沓名貴彦. 臘脂の再現にむけて. オレオサイエンス. 2018, 18(10), pp. 507-513.
- [3] Claro Ana Luisa do Vale Fonseca. AN INTERDISCIPLINARY APPROACH TO THE STUDY OF COLOUR IN PORTUGUESE MANUSCRIPT ILLUMINATIONS. LISBOAuniversity. 2009, pp.130-131.(博士学位論文)
- [4] 都甲由紀子; 駒城素子. 綿繊維のタンニン酸-アルミニウム媒染によるラック色素の染着機構. 繊維学会誌. 2010, 66(12). pp. 291-298.
- [5] 日色和夫. キナリザリンを用いるホウ素の吸光光度定量法. 日本化学雑誌. 1962, 83(6). pp.711-715.
- [6] 日色和夫. アリザリン S を用いるホウ素の新間接吸光光度定量法. 日本化学雑誌. 1962, 83(6). pp.571-576.
- [7] 日色和夫. カーミン酸を用いるホウ素の間接吸光光度定量法. 日本化学雑誌. 1963, 84(12). pp.703-708.
- [8] 佐々木良子; 佐々木健. ラックの成分分析を用いた産地特定に関する研究. 文化財保存修復学会第 36 回大会. 東京. 2014, pp. 46-47.
- [9] Sutherland, Ken; del Río, José C. Characterization and discrimination of various types of lac resin using gas chromatography mass spectrometry techniques with quaternary ammonium reagents. Journal of chromatography. 2014, 1338(18). pp.149-163.
- [10] Lili Wang; Yasuyuki Ishida; Hajime Ohtani; Shin Tsuge; Toshihiro Nakayama. Characterization of Natural Resin Shellac by Reactive Pyrolysis—Gas Chromatography in the Presence of Organic Alkali, Analytical Chemistry. 1999, 71(7). pp. 1316-1322.
- [11] 李誠. 營造法式. 1103, 卷第二十七諸作料例二. 浙江大学図書館データベース. <https://ctext.org/library.pl?if=gb&res=288&remap=gb> (参照 2022.12.9)
- [12] 鄒一桂. 小山画譜(巻上), 山城屋佐兵衛. 1864, p. 40. 国立国会図書館デジタルコレクション. <https://dl.ndl.go.jp/pid/3460013/1/56> (参照 2022.11.22)
- [13] 西川祐信, “絵本和比事,” 1742, p. 11. 早稲田大学図書館古典籍総合データベース. [https://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/html/bunko31/bunko31\\_e0454/index.html](https://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/html/bunko31/bunko31_e0454/index.html) (参照 2022.11.22)

[14] 駒井龍仙, “絵具使用法,” 1890. 技法材料データベース  $\beta$  版.  
<http://hidden.geidai.ac.jp/index.php> (参照 2022.11.22)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



## 第四章 ラック絵具の物性について

### 4.1 緒言

[Redacted text block]

### 4.2 実験

#### 4.2.1 実験方法

[Redacted text block]

[Redacted text block]

#### 4.2.3 測定機器および測定条件

##### 4.2.3.1 音叉式振動型粘度計(SV)

A&D 製(SV-10), 恒温水槽配置

試料量: 10 ml, 測定温度: 20°C, 5 回測定値の平均を取り、測定値とする

#### 4.2.3.2 高速液体クロマトグラフィー (HPLC/DAD, FLD)

Agilent Technologies 製(1260 Infinity LC システム),

カラム :InfinityLab Poroshell 120 EC-C18(3.0 x 150 mm),

展開溶媒:A, 0.1%ギ酸水溶液, B:0.1%ギ酸を含むアセトニトリル,

流速:0.4 mL/min, 注入量:20  $\mu$  L, カラム温度:40°C, ランタイム: 25 min

グラジエント:

時間(min)	溶媒 A (%)	溶媒 B (%)
0.00	95	5
16.00	0	100
25.00	0	100

DAD 検出器:280, 350, 430, 490 nm, FLD 検出器:EX 260, EM 350 nm

スキャン範囲:300 – 700 nm

#### 4.2.3.3 熱分解ガスクロマトグラフィー/質量分析器(Py-GC/MS)

Agilent Technologies 製(6890N/5973Network)

熱分解炉温度:400°C、インターフェース温度:320°C

注入口温度:320°C、スプリット比:20:1

カラム:Agilent 122-5532VF、37.3 m $\times$ 250  $\mu$  m $\times$ 0.25  $\mu$  m (Agilent Technologies 製)

オープン温度:

①50°C (2 min 保持)から 10°C/min で 150°Cまで昇温、

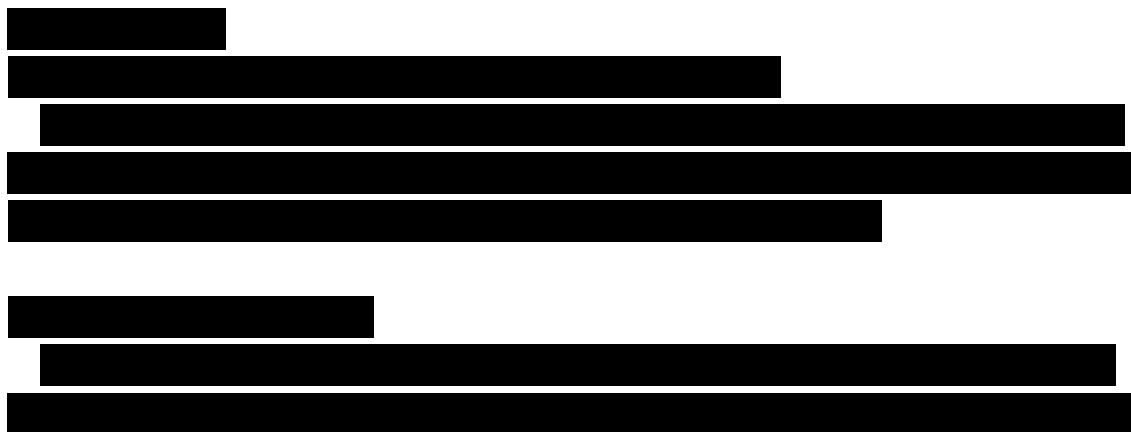
②1°C/min で 200°Cまで昇温、

③10°C/min で 280°Cまで昇温(20 分保持)

トータルランタイム:90 min、キャリアーガス:ヘリウム

キャリアーガス流量:1 ml/min

イオン源温度:230°C、四重極温度:150°C、質量スキャン範囲:35-600 amu



[illegible]

### 4.3 結果と考察

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

\_\_\_\_\_

[REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]





[REDACTED]

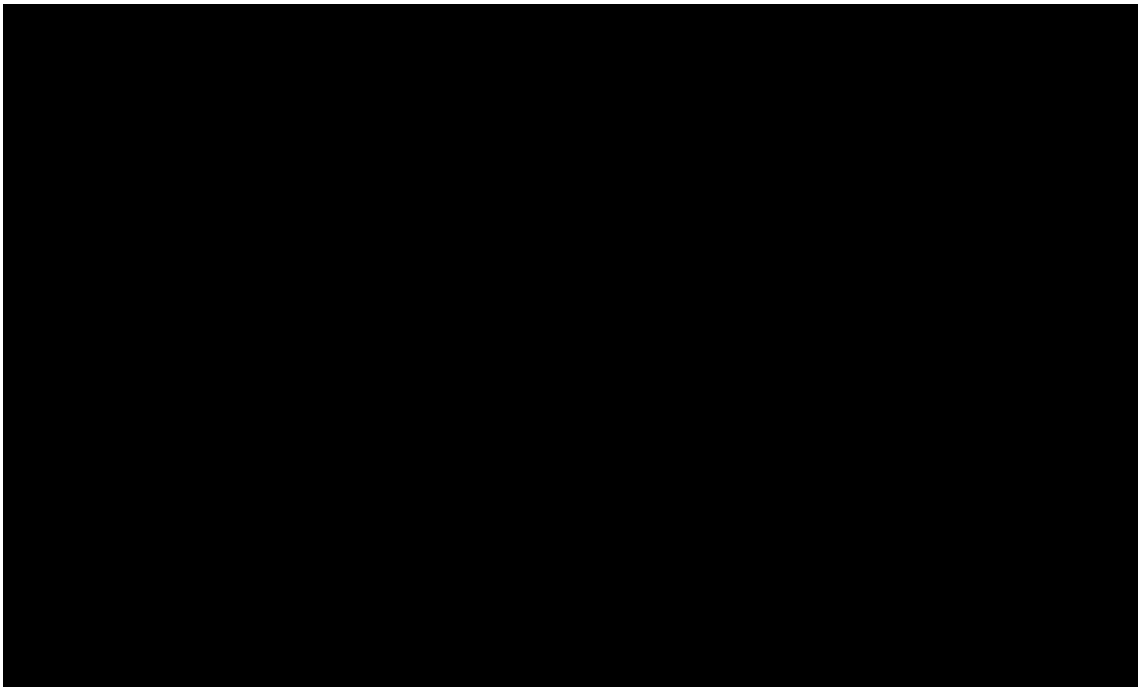
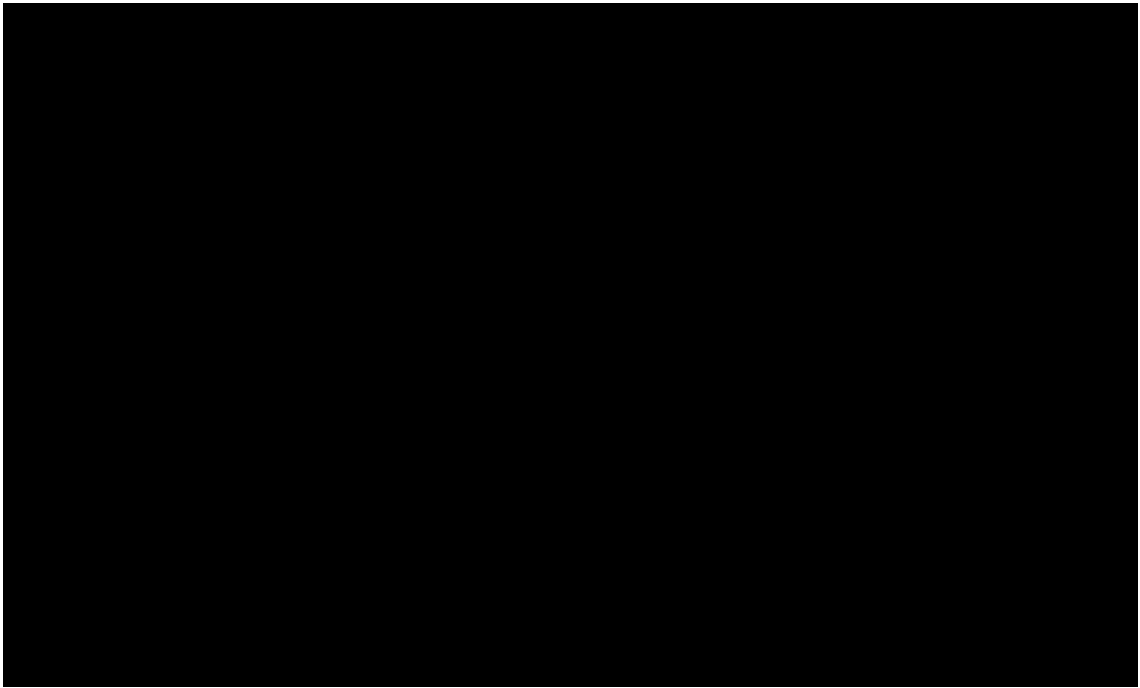
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[illegible]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

\_\_\_\_\_

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]	[REDACTED]		
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		[REDACTED]		[REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

## 第五章 ラック絵具の非破壊検出手法

### 5.1 緒言:従来の研究および実験目的

第一章にも述べた通り、ラックが文化財で使用する例として、アジャンター遺跡でラック絵具の一種ラックレジンの使用を発見した谷口ら [1]に加え、周ら [2]はキジル石窟(第 171 窟)でサンプリングした試料を顕微 FTIR、高速液体クロマトグラフィー/飛行時間型質量分析器(HPLC-ESI-Q-TOF-MS)、ガスクロマトグラフィー/質量分析器(GC/MS)を組み合わせ分析した結果、金属箔の接着剤にラックの樹脂の主成分であるアレウリチン酸(Aleuritic acid)と色素成分のラッカイン酸が混在していることが明らかである。また、ゲティ美術館の研究チームの報告では HPLC で中国敦煌莫高窟85窟の壁画破片サンプルからラッカイン酸を発見したが、上記の検出例はいずれもサンプリングを伴う破壊分析と言われる分析手法で得られた研究報告である。

さらに、Bisulca ら [8]は中国の清朝時期の147点絵画の赤色絵具に対して FORS により分析し、並びに、それらの箇所を HPLC により定性をした。その結果によると、ラッカイン酸とカルミン酸が検出された。しかし、FORS で得られる反射スペクトルからでは、類似した波長から吸収極大と肩ピークを表すため、FORS だけでは両者の弁別が困難だと結論が付けられた。

本章は異なる製造法により試作した絵具のサンプルで絵画作品に模擬した試料を作成し、主に分光法(EEM(透過と拡散反射)UV-VIS(透過),FORS(拡散反射),FT-IR(透過と拡散反射))で異なる製造法での弁別を検討した。また、上記の課題に対し、水溶性のラック絵具およびコチニール絵具に染色した和紙を模擬試料として作成し、FORS の分析に用いられる基礎的データを蓄積するとともに、東京藝術大学大学美術館所蔵の東洋画模本および国立民族学博物館所蔵のタンカ標本試料を実試料として、ラック絵具の使用および製造法間の弁別について検討を行った。

## 5.2 実験方法

本章の実験はラック絵具を検出例の下地層に模して試料を作成した。また、実資料の測定データを解析するに際して和紙に染色した模擬試料も作成した。それを紫外可視分光光度計、赤外分光光度計、蛍光光度計の反射モードにより測定し、第3, 4 章で提示した透過モードのデータと照らし合わせ、相違点を検討した上で測定箇所を用いられた絵具を推定した。

## 5.3 模擬試料の作成

模擬試料1: ラック絵具の検出例の下地を参考に模擬試料を作成した。石灰下地を使用したアジャンター遺跡の壁画では、玄武岩質の岩盤上に土製のプラスターを塗り(下塗り)、平滑に整えられた壁面に石灰下地の上に彩色が施されている [9]。鉛白下地の例としては、正倉院所蔵の「漆金薄絵盤」の蓮弁である [3]。また、中国敦煌莫高窟第85窟[]の報告からは、唐代の壁面に白土(カオリン)、石膏が多く使われると報告されている [10] [11]。さらに、東洋絵画に多く用いられる紙下地(ドウサなし: 生紙、ドウサあり: 熟紙)や胡粉を対象の下地だとされている。

以上の下地を木地の上に塗布し(和紙の場合はマスキングテープにより四隅固定させた)、十分に乾燥させた後にラッカイン酸、インド製造法(5%ホウ砂水溶液 100℃)、チベット製造法(5%ホウ砂水溶液 1%塩化アンモニウム 40℃)、中国製造法(0.5%炭酸水素ナトリウム水溶液 100℃、綿から再抽出した染液)を平均に塗布し、室温により乾燥させた。

模擬試料の作成に使用した材料は以下の通りである。

漆喰(壁画作家から提供)、鉛白(ホルベイン画材株式会社製)、白土(得応軒で購入)、石膏(ホルベイン画材株式会社製)、胡粉(ナカガワ胡粉絵具株式会社製)、楮紙(小津和紙で購入)、三千本和膠一飛鳥(旭陽化学工業製)、明礬(1級 国産化学株式会社製)、

模擬試料2: 実物資料(東京藝術大学美術館所蔵の東洋絵画模本)に対する調査結果の解析に際して、科学構造上類似し、反射スペクトルによる定性が困難と言われるアントラキノン骨格を持つ天然染料を和紙に染めて、模擬試料とした。

6種の染液を調製し、楮紙に浸漬および乾燥の循環を5回に分けて染色した。

なお、LA 試薬の水溶液を調製する場合は 0.05%炭酸ナトリウム(和光純薬工業株式会社製)水溶液で試薬を完全に溶解させたのち、0.2 mol/L リン酸水素二ナトリウム水溶液と 0.1 mol/L クエン酸水溶液の混合溶液で調製したマッキルベイン緩衝液(pH7.0)で適当な濃度に希釈した。

また、染料店で販売する既成の染液の濃度は未知であるため、マッキルベイン緩衝液(pH7.0)で適当な濃さまで希釈し、楮紙に染色した。また、すべての溶液で染色する前に、コンパクト pH メーター(LAQUAtwin 株式会社堀場製作所製)により溶液の pH を確認した。

使用した材料は以下の通りである。

アリザリン試薬(化成工業株式会社製)、プルブリン試薬(Sigma-Aldrich 製)、インド茜染液(田中直染料店製)、コチニール染液(田中直染料店製)、カーミン酸(和光純薬工業株式会社製)、ラッカイン酸(和光純薬工業株式会社製)、楮紙(小津和紙で購入)、



#### 5.4.1.1 測定機器および測定条件

紫外線灯(375 nm), カメラ:Canon kiss10, シャッタースピード:90 s, 絞り:f 11

三次元蛍光分析(EEM):HITACHI 製(F-4500),

透過モード:Ex:250-600 nm, Em:250-900 nm, 励起側スリット幅:10 nm, 蛍光側スリット幅:10 nm, 加速電圧:950 V, スペクトル補正機能:on

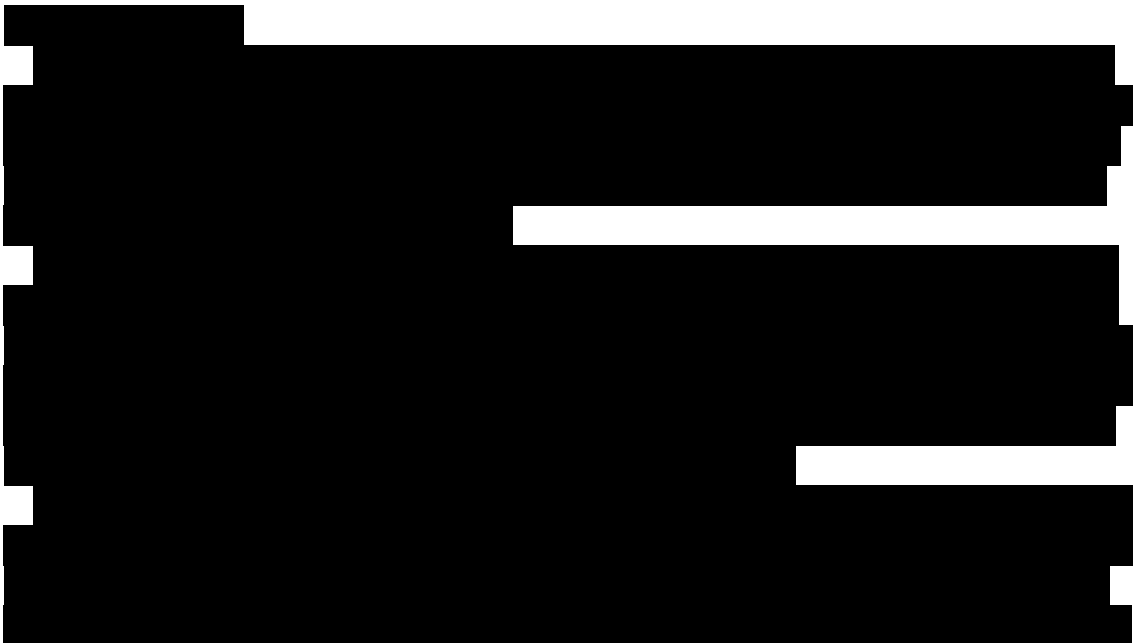
光ファイバプローブ: Ex:250-600 nm, Em:250-900 nm, 励起側スリット幅:10 nm, 蛍光側スリット幅:10 nm, 加速電圧:950 V, スペクトル補正機能:on





#### 5.4.2.1 測定機器および測定条件

ファイバー誘導可視反射スペクトルの測定は Ocean Optics USB2000 を使用した。光源は同社製のタングステンハロゲンランプ(HL-2000)を使用した。測定範囲は 400-1200 nm、波長分解能は約 0.3 nm であった。いずれの測定においても光ファイバー誘導により試料をお平置きにした状態で行い、対象範囲内の任意の3箇所を測定し、400-800 nm の3つのデータの平均値をとり、測定データとした。



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 5.4.3.1 測定機器および測定条件

赤外分光の透過スペクトルは NICOLET iN10 (Thermo Fisher Scientifics 製) を使用した。測定波数の範囲は  $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$  であり、スキャン回数は 64 回、スペクトル分解能は  $4\text{ cm}^{-1}$  であった。透過法は十分に乾燥させた臭化カリウムおよび試料を適量に混合し、錠剤化したものを測定した。反射法は Alpha-T (Bruker 製) を使用し、測定範囲は約  $0.3\text{ cm}$  であり、測定波数の範囲、スキャン回数、スペクトル分解能は上記と同様であった。なお、反射スペクトルは測定ソフトの付属の Kubelka-Munk 変換によりスペクトルを吸光度に変換した。



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

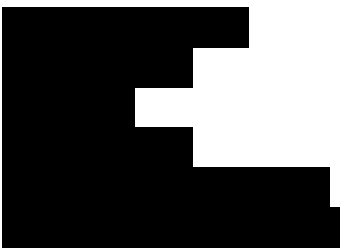
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 5.4.4.2 測定機器および測定条件

上記の分析対象に対し、蛍光 X 線分析装置、ファイバー誘導反射スペクトル、フーリエ変換赤外線分光光度計により測定した(測定箇所は付録参照)。測定装置の情報および測定条件、操作方法については以下の通りである。

蛍光 X 線分析は Thermo Fisher Scientific 製 NITON XL3t の土壌モードにより測定を行った。測定スポットは 3 mm、または 8 mm を使用し、測定箇所の大きさを対応するよう測定した。

ファイバー誘導可視反射スペクトルの測定は Ocean Optics USB2000 を使用した。光源は同社製のタングステンハロゲンランプ(HL-2000)を使用した。測定範囲は 400-1200 nm、波長分解能は約 0.3 nm であった。また、反射スペクトルの吸収を解釈するために、OriginPro2020 を用いて Kubelka-Munk 変換を行ったのち、2 次微分スペクトルを算出した(Savitzky-Golay 法、多項式次数:2 次、スムージングポイント:80 点の条件で計算した)。

フーリエ変換赤外線分光分析は Bruker 製 Alpha-T を使用し、測定範囲は約 0.3 cm<sup>-1</sup> であり、測定波数は 400-4000 cm<sup>-1</sup>、スキャン回数は 64 回、スペクトル分解能は 4 cm<sup>-1</sup> で設定した。

なお、分析機器と測定対象の距離は約 1.5 cm に固定し、測定対象のなるべく起伏ない箇所に合わせて測定した。また、反射スペクトルの解析にスペクトルを吸光度に変換するため、測定ソフトに付属した機能で Kubelka-Munk 変換を行った。

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

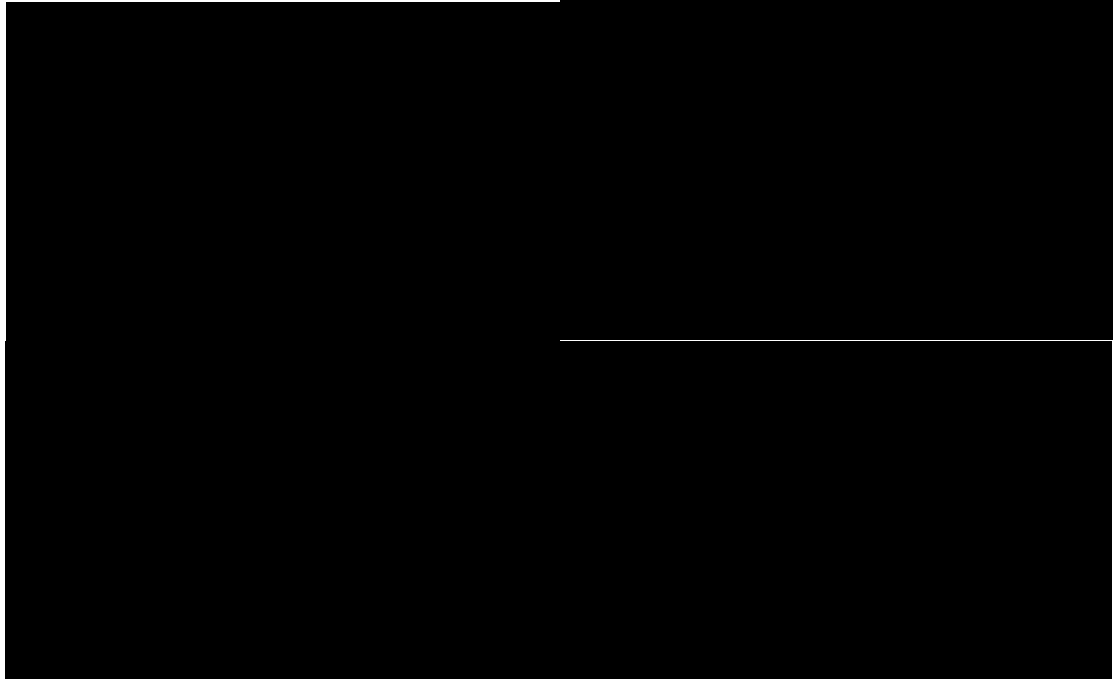
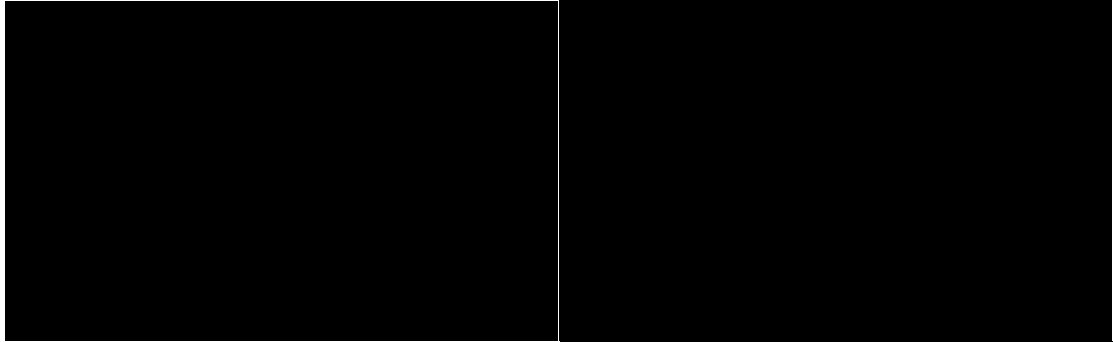
#### 参考文献

- [1] 島津美子; 谷口陽子. アジャンター仏教寺院遺跡第2窟に見られる赤色の有機質色材に関する調査. 文化財保存修復学会第36回大会研究発表要旨集. 東京. 2014, pp. 238-239.
- [2] L. S. N. W. zhibo Zhou, "Identification of Organic Materials Used in Gilding Technique in Wall Paintings of Kizil Grottoes," ChemPubSoc Europe, 5, pp. pp.818-822, 2019.
- [3] 成瀬正和. 正倉院宝物に用いられた無機顔料. 正倉院紀要. 26, pp. pp.13-60, 2004.
- [4] 飯田穂野香; 薬師寺所蔵国宝「吉祥天画像」の技法研究. 芳泉文化財団研究報告書. 2017.
- [5] 角山幸洋. コチニールの飼養. 関西大学東西学術研究所紀要. 23, p. 100, 1990.
- [6] 于非闇. 中国画顔色の研究(修订版). 北京聯合出版社. 2013.
- [7] 島津美子. 日本近世における彩色の技法と材料の受容と変遷に関する研究. 国立歴史民俗博物館研究報告. 230, 2021.
- [8] J. G. Blythe McCarthy. FORS Identification of Red Anthraquinone Dyes in Chinese Paintings. Scientific Studies of Pigments in Chinese Paintings, Archetype Publications. p. 92. 2021.
- [9] 島津美子. アジャンター石窟第2窟における壁画の保存状態と保存修復のための調査. 保存科学. 53, pp.151-163. 2014.



- [10] 李最雄. 敦煌莫高窟唐代绘画颜料分析研究. 敦煌研究. 74(4) .pp. 11-19, 2002.
- [11] 张亚旭; 于宗仁; 王丽琴; 崔强; 水碧纹. 樊再轩敦煌莫高窟 8 窟壁画材质及制作工艺研究. 文博 文保科技. 2, pp. 91-95, 2018.
- [12] 谷口陽子. 有機赤色彩色材料としてのラックレジン：古代における臙脂赤の再考. 日本文化財科学会第 31 回大会研究発表要旨集, pp. 60-61, 2014.
- [13] F. C. A. G. M. I. A. M. M. M. E. O.-C. L. R. M. S. D.artioli, “Mural paintings of ajanta caves, Part 2:non destructive investigations and microanalysis on execution technique and state of conservation,” 著: 9th Int. Conference on NDT of Art 2008 Jerusalem, Israel, 2008.
- [14] 范宇权; 柴勃隆; 于宗仁; 张文元; 王小伟; 苏伯民. 莫高窟早起三窟壁画和彩塑制作材料研究. 敦煌研究. 124(6) , pp. 28-33, 2010.
- [15] L. W. Q. M. J. M. Zhimin li. A scientific study of the pigments in the wall paintings at Jokhang Monastery in Lhasa, Tibet, China. Heritage Science, 2(21) 2014.
- [16] 许君魁. 西藏寺院壁画的制作步骤与方法. 西藏艺术研究, pp. 50-55, 1993.
- [17] 佐野千絵; 早川泰弘; 三浦 定俊. 国宝高松塚古墳壁画の材料調査の変遷. 保存科学. 48, pp. 119-131, 2009.
- [18] 中村力也; 成瀬正和. 正倉院宝物におけるエンジ:可視反射分光分析法による調査. 日本文化財科学会誌. 2015, 68, p. 33- 46.
- [19] 成瀬正和, “正倉院宝物に用いられた無機顔料,” 正倉院紀要, 第 卷 26, pp. 13-60, 2004.
- [20] Songfeng E. Ternary Synergistic Strengthening and Toughening of Bio-Inspired TEMPO-Oxidized Cellulose Nanofibers/Borax/Polyvinyl Alcohol Composite Film with High Transparency,” ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 8(41). pp. 15661-15669, 2020.
- [21] Mehmet Kiliç; Yaşar Karabul; Zeynep Güven Özdemir; Seda Erdönmez; Ayşe Evrim Bulgurcuoğlu; Serço Serkis Yeşilkaya; Mustafa Okutan; Orhan İçelli. Effect of borax additive on the dielectric response of polypyrrole. Bull. Mater. Sci. 41(52) 2018.
- [22] O. Yunus Gumus; H. Ibrahim Unal; Ozlem Erol; Bekir SariSynthesis. Characterization, and Colloidal Properties of Polythiophene/Borax Conducting Composite. Polymers and Polymer Composites, pp. 418-426, 2011.
- [23] D. H. E.L. Wagner, “The vibrational spectra of molecules and complex ions in crystals III. Ammonium chloride and deuteroammonium chloride,” J Chem Phys, 18(3) pp. 296-304, 1950.
- [24] José A. Heredia-Guerrero; José J. Benítez; Pietro Cataldi; Uttam C. Paul; Marco Contardi; Roberto Cingolani, Ilker S. Bayer; Antonio Heredia; Athanassia Athanassiou. All-Natural Sustainable Packaging Materials Inspired by Plant Cuticles. Advanced Sustainable Systems, 2017.
- [25] M. J. G. Editors Blythe. FORS Identification of Red Anthraquinone Dyes in Chinese Paintings. Scientific Studies of Pigments in Chinese Paintings, Freer Gallery of Art. Smithsonian Institution. 2021, pp. 91-99.

- [26] 川上柳乃子. 川端玉章筆「桜に鶏」東京藝術大学蔵の現状模写および装潢. 令和元年度東京藝術大学修士論文要旨 大学院美術研究科修士課程. 東京藝術大学. pp. 34-35. 2020.
- [27] 李最雄. 丝绸之路石窟壁画彩塑保护, 北京: 科学出版社, 2005.
- [28] “東京藝術大学大学美術館収蔵品データベース,” 2017. [オンライン]. Available: [https://jmapps.ne.jp/geidai/det.html?data\\_id=58463](https://jmapps.ne.jp/geidai/det.html?data_id=58463). [アクセス日: 13 11 2022].
- [29] “東京藝術大学大学美術館収蔵品データベース,” 2017. [オンライン]. Available: [https://jmapps.ne.jp/geidai/det.html?data\\_id=21410](https://jmapps.ne.jp/geidai/det.html?data_id=21410). [アクセス日: 15 11 2022].



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



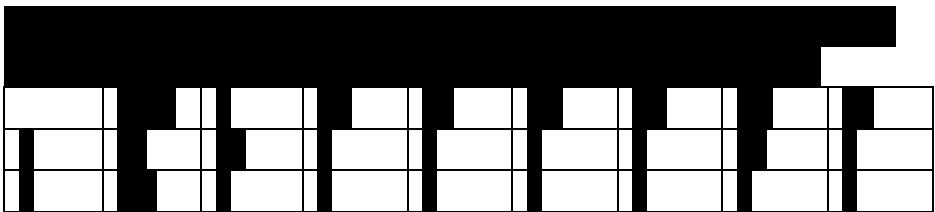
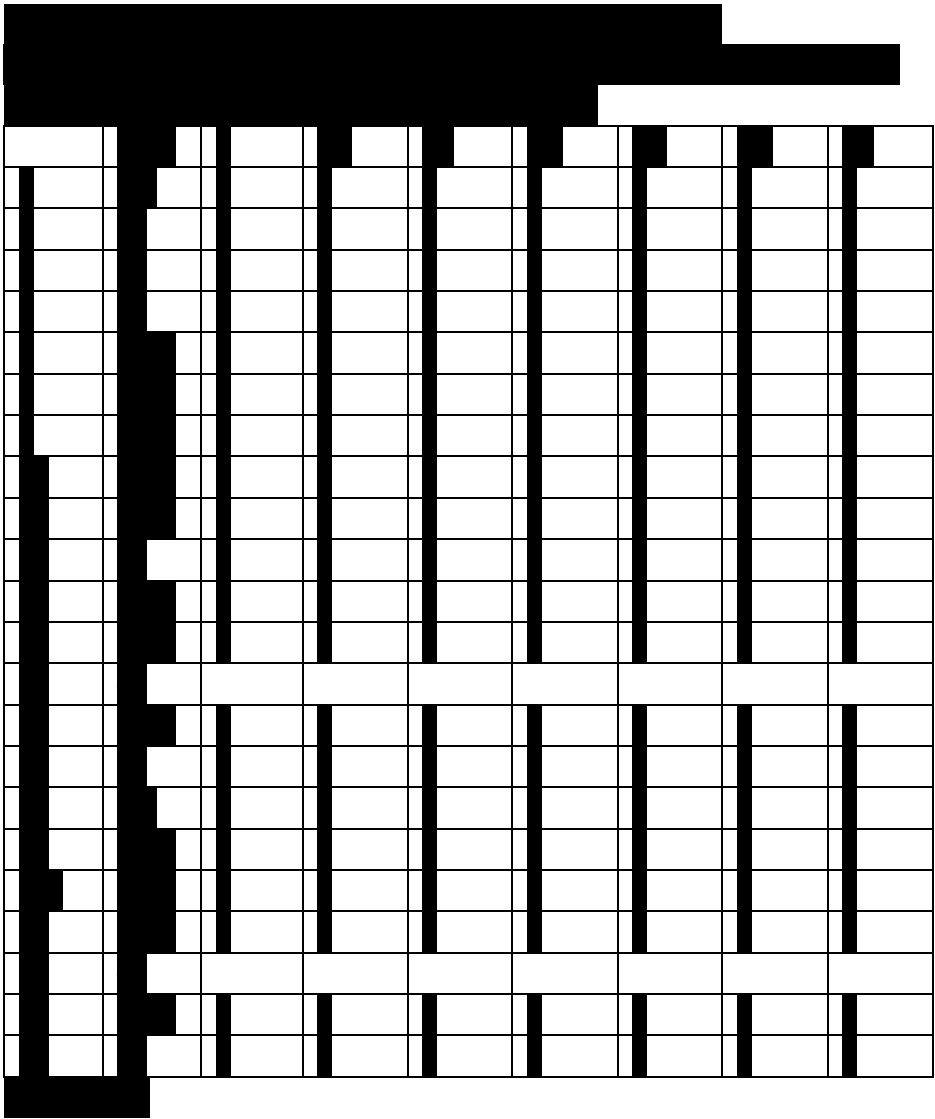


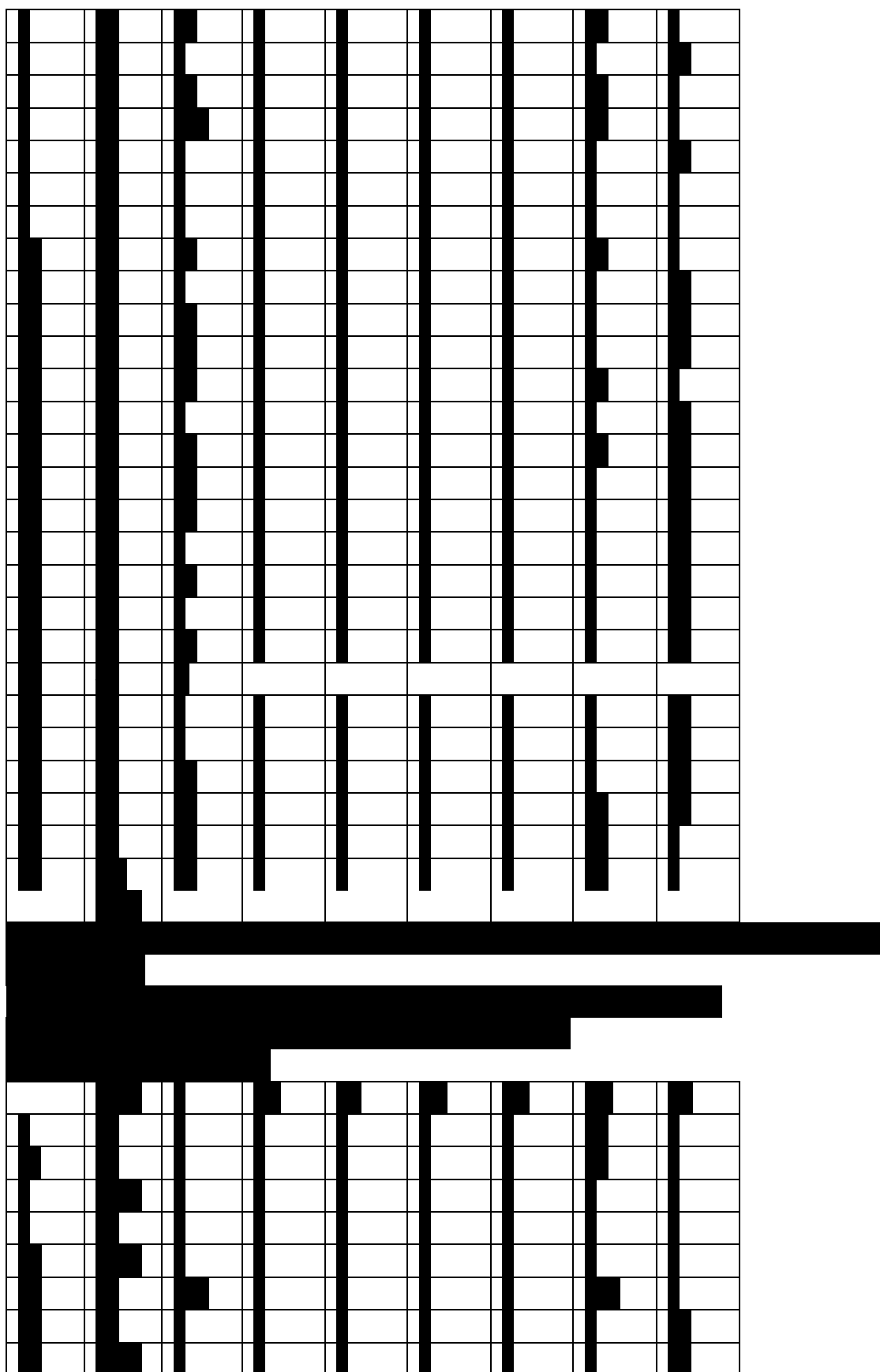


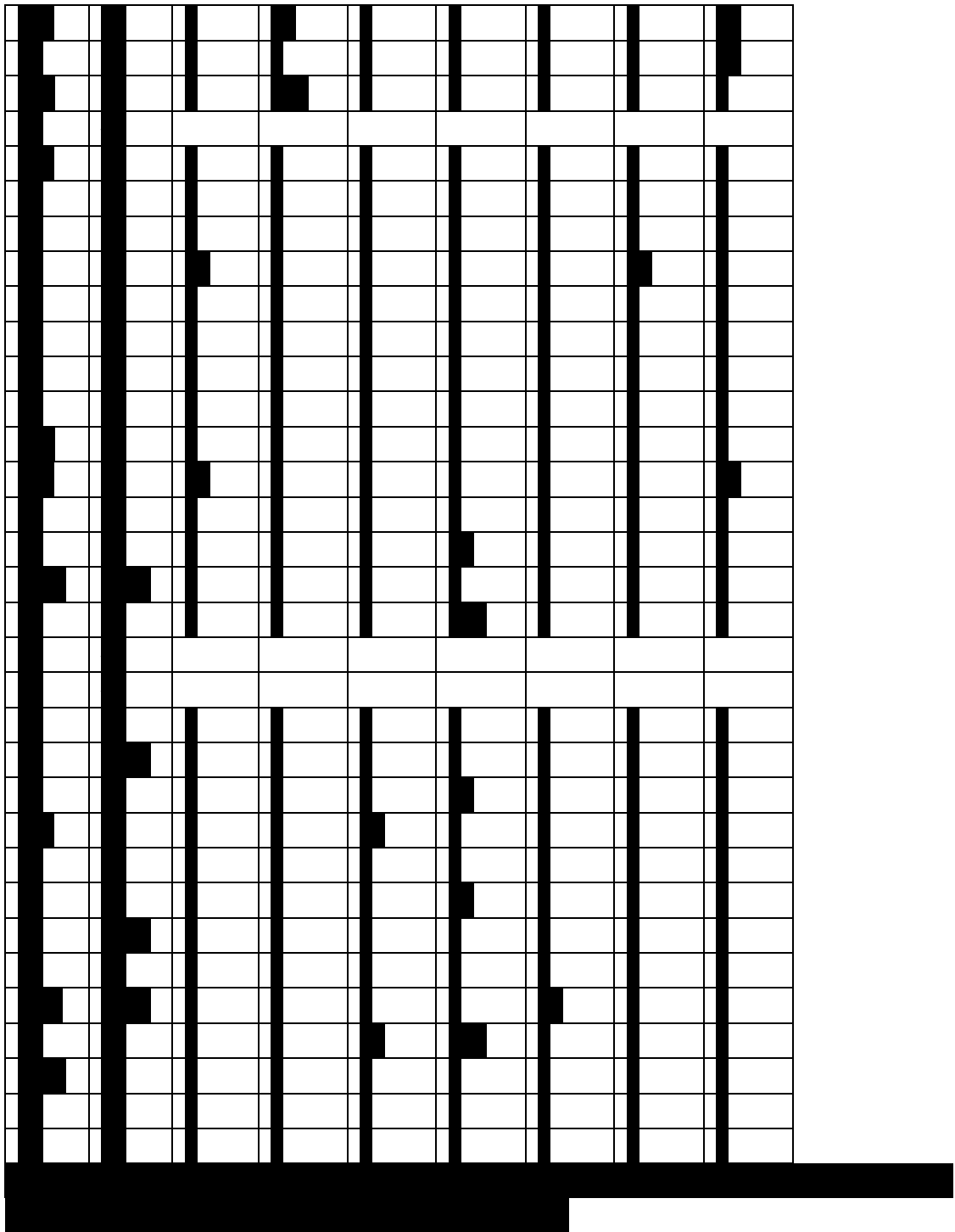
[REDACTED]

[REDACTED]









## 第 6 章 総括

### 6.1 本研究の目的と結果

[REDACTED]

第 3 章ではアルミニウムイオン供給源および pH 調整剤の添加による、ラック色素の主成分であるラッカイン酸の呈色変化を検討した。

[REDACTED]

第4章では抽出温度と抽出溶液の pH の違いによる、スティックラックから作成されるラック絵具の性状の変化を検討した。

第5章では、従来用いられてきた非破壊分析法によるラック絵具の同定の有効性、および製造方法間の区別の可能性を検討することを目的に、前章で試作したラック絵具が各種の絵画技法で用いられた際のデータの集積を行った。



[Redacted text block]

## 6.2 本研究の保存科学的意義

[Redacted text block]



## 謝辞

本研究を行いうえで、分析手法、解析や考察のご指南をはじめ、博士論文としてまとめるにあたり、終始一貫して適切な指導および研究に対する心構えを教えてください、多忙の中にもかかわらず迅速にご教示下さいました指導教員の東京芸術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻 塚田全彦教授に心より感謝申し上げます。

本論文審査にあたり、労をお執りくださいました同大学院同研究科同専攻 桐野文良教授、荒井経教授、貴田啓子准教授に深く感謝申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、東京大学大学院農学生命科学研究科(農学部)特任研究員、兼本研究室講師 勝亦京子先生にはラッカイン酸の異性体分離についてご助言いただきました。謝意を申し上げます。

綿臙脂資料に加え、染料・絵具における検出例についてご助言いただきました嵯峨美術大学芸術学部講師 佐々木良子先生、文献資料および製造法の添加剤をご提供いただきました筑波大学人文社会系 谷口陽子准教授に深く感謝を申し上げます。

中央アジア圏、特にチベット文化圏の絵画作品の復元について、経験をご共有し、有益な助言をいただきました京都市立芸術大学 正垣雅子准教授、国立民族学博物館 末森薫准教授、天平時代の古典彫刻彩色に使用したと考えられる絵画技法および画材についてご教授いただきました本学美術研究科講師 仲裕次郎先生に深く感謝申し上げます。

「パドマサンバヴァ画像」、「カーラチャクラ画像」、「仏画(タンカ)」、3点のタンカ標本資料の科学調査および画像掲載の許可をいただきました国立民族学博物館、および調査にご協力いただきました同館 末森薫准教授、標本資料係 神田智征氏に深く感謝を申し上げます。

「水月観音像」、「法相祖師像彩絵」をはじめとする東洋画真蹟3点、「梅二雀」、「団扇二木槿」及び「牡丹」の3点の東洋画模本の科学調査を許可いただきました本学大学美術館、および調査にご協力いただきました樋口美咲氏、福田幸恵氏に深く感謝申し上げます。

本研究の非破壊分析に用いた模擬試料の作製にご協力いただきました東京芸術大学美術研究科文化財保存学専攻 朱若麟氏、張彬文氏、同学同研究科油画専攻 王豫敏氏に深く感謝申し上げます。

本研究で作製したラック絵具を復元作品に有効活用いただきました東大寺法華堂執金剛神像 彩色復元の作成者 重松優志氏、飯沼春子氏、プロジェクトの責任者で本学

名誉教授 簀内佐斗司先生（現奈良県立美術館）、並びに薬師寺「吉祥天像」の彩色復元の作成者 飯沼春子氏に深く感謝申し上げます。

最後に、博士課程で研究を行うにあたり、多方面から支え応援してくださった、保存科学研究室の皆さま、両親および家族に、心から感謝いたします。

本研究の一部は、令和2年度 公益信託吉田学記念文化財科学研究助成基金の助成を受けて行いました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

## 業績

### 博士研究に関する研究実績

#### 学術論文

曹智健; 塚田全彦. 「シルクロード沿線の美術品で用いられたラック絵具について一製造時の添加剤が絵具の呈色に及ぼす影響」 文化財保存修復学会誌, 66 pp.1-16 (2023)

#### 学会発表

- ①曹智健; 塚田全彦. 「シルクロード沿線に用いられた紫鉱絵具について一絵具の制作材料と使用形態 2」, 第 39 回文化財科学会, (千葉, 2022)
- ②曹智健; 塚田全彦. 「シルクロード沿線に用いられた紫鉱絵具について一絵具の制作材料と使用形態 1」, 第 44 回文化財保存修復学会, (熊本, 2022)
- ③朱若麟; 曹智健; 飯沼春子. 「唐代及び奈良時代の纁縹彩色に用いた紫色顔料について一再現へ向けての基礎的研究」, 第 36 回文化財科学会, (東京, 2019)

### 博士研究以外の研究業績

#### 学会発表

- ①朱若麟; 岡田靖; 塚田全彦; 桐野文良; 曹智健. 「木炭粉を使用した天平時代乾漆像の黒漆層について」, 第 44 回文化財保存修復学会, (熊本, 2022)
- ②塚田全彦; 平戸杜飛; 曹智健; 貴田啓子. 「渡邊省亭『省亭花鳥画譜』に使用された色材についての研究」, 第 43 回文化財保存修復学会, (オンライン開催(熊本), 2021)
- ③飯沼春子; 曹智健; 朱若麟. 「唐代及び奈良時代の纁縹彩色に用いた紫色顔料について一再現へ向けての基礎的研究Ⅱ」, 第 37 回文化財科学会, (オンライン開催(別府), 2020)
- ④曹智健; 稲葉政満. 「三桎紙の酸化劣化による煮熟剤の影響」, 第 37 回文化財科学会, (オンライン開催(別府), 2020)
- ⑤小野慎之介; 曹智健; 水落貴志; 松田泰典. 「楮・雁皮混合紙の FT-IR-ATR 法による配合比の非破壊検量」, 第 40 回文化財保存修復学会, (高知, 2018)