

正倉院宝物に用いられた無機顔料

成瀬 正和

はじめに

正倉院の顔料については、正倉院絵画調査の一環として、山崎一雄がはじめて実物を通しての総合的な調査を行い、無機顔料・有機顔料あわせて14種の存在を確認・推定した(山崎 1968)。その後、1983年に正倉院事務所ではX線回折装置・蛍光X線分析装置を導入し、無機材料を用いる宝物について、材質調査を開始した。正倉院には顔料を用い表面を装飾する宝物として献物几、献物箱、伎楽面、楽器など約400点が伝わり、また正倉院文書700巻の中には顔料で注記などをするものが数多く見られる。現在までに、このうち150点余の調査を行い、20種に近い無機顔料の存在を確認した。

正倉院の宝物には総体として数多くの色が保存状態良好のまま残されている。これら宝物は宝庫の中で、しかも大多数は唐櫃などの収納具に納められていたため、そこに用いられた顔料については日光や大気汚染などによる彩色後の変質をあまり考える必要がない。

わが国で使用されていた顔料は6世紀の装飾古墳の時代まではベンガラ、朱、白土、緑土、黄土など数種に過ぎなかったが、7～8世紀になると、大陸からの仏教文化の影響によって鉱物性や植物性あるいは人工品の色鮮やかな顔料が導入されるようになる。その後わが国の顔料の歴史において新種が多数加わり、新たな展開がはじまるのは、ヨーロッパで化学が発達し、新しい化合物が合成されるようになる17～18世紀、すなわち江戸時代になってからのことである。このような意味から、正倉院宝物から見いだされた顔料群は8世紀～16世紀にかけての基準資料と言うべきものであろう。

正倉院宝物の顔料の調査結果についてはこれまで本誌上にて、年次報告として逐一報告してきた。総合的な調査成果についてはその概要を様々な機会に報告してきた(成瀬 1989、成瀬 1994、成瀬 2002a、成瀬 2002b)が、本誌では鉛系白色顔料については詳しい考察を行ったことがある(成瀬 1992)ものの、他の顔料については具体的にいかなる宝物から、またどのくらいの件数が発見されているか等という点について詳しく報告したことはなかった。また従来の年次報告ではX線回折データの提示が必ずしも充分ではなく、特に顔料の化学的調査に携わる者にとっては、筆者の提示した結果を受け入れるべきかどうか判断に迷う場合もあったのではないと思われる。本稿の目的はこれらの点をふまえ、正倉院で見いだされた各種の無機顔料を改めて紹介することにある。なお筆者は無機系の下地材についてもこれを無機顔料の範疇に含めて扱っている。

1 . 分析方法と結果

1 .1 分析方法

X線回折法を主に、蛍光X線分析法を補助手段として用い、非破壊で顔料の調査を行った。X線回折法は試料に含まれる結晶性化合物の種類を明らかにする方法であり、蛍光X線分析法は試料に含まれる元素の種類を明らかにする方法である。

また最近は剥落試料についてX線分析装置(EDS)付走査電子顕微鏡(SEM)を用い、顔料粒子の観察や微小部の元素分析を行っており、本稿中にも若干その成果を取り入れた部分がある。

調査に用いたX線回折装置および蛍光X線分析装置は途中2001年に更新している。

初代の装置はX線回折装置が(株)リガク製文化財用X線回折装置、蛍光X線分析装置が(株)リガク製大型試料台付波長分散型蛍光X線分析装置システム3511であり、これら装置によって得られた成果はそのほとんどを年報第8号～紀要第23号(1986～2001発行)において報告した^(注1)。

第2代のX線回折装置は(株)フィリップス社(現スペクトリス社パナリティカル事業部)製X'Pert Pro MRD 全自動粉末X線回折装置の文化財用改造仕様である。もとなるX線回折装置のゴニオメーター系(試料水平型)をX線発生装置部から切り離し、ゴニオメーター系の上下移動や回転が可能なものに改造して、測定対象物の非破壊調査に最大限配慮した仕様とした。またこの装置には(株)EDAX社製の半導体検出器を付属させ、X線回折用のX線対陰極を線源とするエネルギー分散型蛍光X線分析装置の機能も付加した。この装置を用いての調査成果については、紀要第24号～第26号(2002～2004発行)において報告している^(注2)。

1 .2 分析結果

分析結果は別表にまとめた。全体的な順番は宝物の倉別番号順である。ただし今回本稿を作成するにあたり、それぞれの結果については再検討を加えたので、一部訂正しているものもある(訂正したものについては備考欄に「*」を付した)。

別表には2002年10月までに実施した宝物の調査結果、すなわち本号(紀要第26号)の年次報告掲載分までの成果について収録することを原則としたが、本稿では必要上一部それ以降に得られた成果についても紹介したので、その分については別表にあわせて収録した。また早くに調査を行っていた宝物の中には、種々の理由により報告の機会を失っていたものもあるが、その中で分析成果を本稿で紹介したものについてはやはり別表に収録した。また主な顔料について、代表的なX線回折データを 2θ $\text{Cr}\alpha=20\sim 90^\circ$ の範囲内で第1～23図、表1～23に示した。

2 . 確認した顔料

2 .1 白色顔料

2 .1 .1 鉛白

X線回折により、鉛白すなわち塩基性炭酸鉛【 $2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2$; Hydrocerussite】を確認

した宝物は20点ある。ただし次項で述べる塩化物系鉛化合物のうち酸化塩化鉛は通常塩基性炭酸鉛を伴うが、この塩基性炭酸鉛については酸化塩化鉛の変質生成物であることを実験的に確かめているので、これらについては鉛白を用いた宝物の点数から除外した。



挿図1 北19 百索縷軸

鉛白と次項に述べる塩化物系鉛化合物については製造法などをめぐって解決すべき様々な課題があるが、このことについては前報(成瀬1992)で詳しく論じたことがあるので、本稿ではその後明らかになったことも含める形で、要点のみ述べる。



挿図2 南66 御礼履

鉛白を確認した宝物のうち2点は白墨(中42)で、画材そのものである。ほかは全て顔料として塗彩した状態にあるものである。鉛白は

総じて純白の表現が求められる箇所に用いることが多い。この場合もちろん上塗りのな用法である。ただし漆金薄絵盤(南37)の蓮弁、絵紙軸(中45)、百索縷軸(北19)(挿図1)など暈網的な彩色に用いる場合には、彩色箇所全面に塗られ、それ自身が暈網の構成色であると同時に、他の色の下地の役割も果たしている。鉛白は例外を除いて、赤や青の有機顔料を混ぜて具を作ることはない。

第1図と表1には御礼履(南66)(挿図2)の白色塗彩部のX線回折図形と諸データを示した。

唐における鉛白の名称は「胡粉」である。わが国では古代に鉛白と次項に述べる塩化物系鉛化合物をあわせて「胡粉」と呼んだ。ジョン・ウィンターらの研究(John Winter 1981、ジョン・ウィンター他 1988)を敷衍すると、わが国では奈良時代に鉛白は製造しておらず、唐からの輸入品に頼っていたことがわかる。正倉院文書には天平勝宝4年(752)閏3月23日「書写所雑物請納帳」(大日本古文書 12 - 239)、天平宝字6年(762)「造金堂所解」(大日本古文書 16 - 300)などに「唐胡粉」なる語が見えるが、これは鉛白のことである。

前報で、当時の鉛白の製造法についてはドイツ法などに代表される乾式法ではなく、溶液を用いた沈殿法を推定した。鉛はたとえば一酸化鉛を酢などに溶かして、酢酸鉛溶液とすることができるので、これに何らかの方法で炭酸分を加え、溶液から鉛白を沈殿させる方法を考えたのである。その一方、無機化学の概説書などには鉛白の実験室レベルの製法として、炭酸鉛の沈殿と塩基性酢酸鉛溶液を別々に製造し、最後にこれをあわせて目的物を作る、かなり複雑な手順に基づくものが紹介されており(千谷 1964) その製法を当時入手可能な材料、道具で実現しようとする大きな困難を伴うのではないかと考えていた。ところが最近、酢酸鉛溶液に灰汁を加えると、それだけで容易に鉛白が生成することを確認した。灰の主成分は炭酸カリウム

であり、中国の古代においても炭酸成分の供給源として灰汁を用い、鉛白を製造した可能性は高い。

2.1.2 塩化物系鉛化合物（塩化鉛、水酸化塩化鉛、酸化塩化鉛）

ここでは塩化鉛【 PbCl_2 ; Cotunnite】、水酸化塩化鉛【 PbClOH ; Laurionite】、酸化塩化鉛【 $\text{Pb}_2\text{Cl}(\text{O},\text{OH})_x$ ($x = 0 \sim 0.32$); Blixite】の3種の塩化物系鉛化合物を一緒に取り扱う。その理由はこれら3種の化合物がほぼ同一のプロセスによって製造されたと考えているからである。ただしこれら3種の化合物はその屈折率や水に対する溶解度、あるいは耐候性はお互いに異なっており、顔料としての基本的性質は異なっている^(注3)。

蘇芳地金銀絵花形方几第3号（中177）（挿図3）は塩化鉛を用いた宝物の実例であり、第2図と表2にそのX線回折図形と諸データを示した。粉地花形方几第2号（中177）（挿図4）は水酸化塩化鉛を用いた宝物の実例であり、第3図と表3にそのX線回折図形と諸データを示した。また粉地彩絵几第10号（中177）（挿図5）は酸化塩化鉛を用いた宝物の実例であり、第4図と表4にそのX線回折図形と諸データを示した。

これまでのところX線回折により、塩化鉛を検出した宝物が5点、水酸化塩化鉛を検出した宝物が9点、酸化塩化鉛を検出した宝物が13点ある。これらの宝物の中には2種以上

の塩化物系鉛化合物を併用したものもあるので、塩化物系鉛化合物を用いた宝物は総数としては22点となる。これらのほとんどは東大寺の諸堂で使用した献物几、献物箱である。また粉地彩絵倚几第1号、第2号（南76）はそれぞれ子日目利箒（南75）および子日手辛鋤（南79）の台といわれているが、実際の用途は不明であり、何か献物関係の用品である可能性もある。これらの宝物に使った鉛系白色顔料は赤や青の有機顔料と混ぜそれぞれの具として用いることが多い。ただし粉地金銀絵八角几第5号（中177）の天板や粉地金銀絵八角長几第6号（中177）（挿図6）の脚部、粉地木理絵長方几第14号（中177）の棧脚などに見られるように、何も混ぜ



挿図3 中177 蘇芳地金銀絵花形方几第3号



挿図4 中177 粉地花形方几第2号



挿図5 中177 粉地彩絵几第10号

ない塩化物系鉛化合物を純白な表現の箇所
に用いている例もある。献物几、献物箱以外の
塩化物系鉛化合物の用例として琵琶楓蘇芳染
螺鈿槽第1号(南101)の捍撥絵や、伎楽面乾
漆第33号(南1)〔挿図7〕の顔面彩色、笠篔
漆槽(南73)の響板の彩色、それに正倉院宝物
ではないが、神護景雲2年御願經(聖語藏經卷)
の白色密陀軸(別表には未収録)などがある。



挿図6 中177 粉地金銀絵八角長几第6号

前報(成瀬 1992)では3種の塩化物系鉛化合物は現代の
純粋な試薬を用いれば、各種PH条件のもと、鉛(II)溶液に
塩化物イオンを加えるとたやすく生成する旨報告した。大
雑把に言えば溶液が酸性領域では塩化鉛が、中性領域では
塩基性塩化鉛が、またアルカリ性領域では酸化塩化鉛が生
成する。鉛(II)溶液は当時入手可能な材料に即して考えれ
ば一酸化鉛を酢(酢酸)に溶かすことによって得られる。こ
れに食塩などの塩化物イオンと酸性を中和するためのアル
カリ溶液を加えれば、アルカリ溶液の濃度や加える量の違
いによって、様々なPH状態のもと沈殿反応が進行し、3種
の塩化物が生成したのではないかと推定した。ところが先



挿図7 南1 伎楽面乾漆第33号

に述べたように当時最も入手容易なアルカリ溶液の灰汁を用いると、炭酸イオンが反応を支配
し、塩化物系鉛化合物ではなく、塩基性炭酸鉛(鉛白)が生成してしまうことがわかった。とな
ると当時入手可能な素材で、アルカリ溶液の原料としてもっとも使用の可能性が高いのは消石
灰(水酸化カルシウム)である。じっさい石灰岩などの炭酸カルシウムを焼成して生石灰(酸化
カルシウム)を得て、これから消石灰溶液を作り、その上澄み液を鉛(II)溶液に加えて、塩化物
イオンを加えれば、PHに応じて一応3種とも製造することが可能であることを実験的に確か
めている。

これら3種の塩化物系鉛化合物も奈良時代には広義には「胡粉」と呼ばれた。「画所解案」(大
日本古文書 23 - 622)には「倭胡粉」、また天平勝宝4年(752)閏3月23日「書写所雑物請納
帳」(大日本古文書 12 - 239)には「胡粉倭」が見え、また近年平城京二条大路東西大溝から出
土した木簡^(注4)にも「倭胡粉二両・・・」と書いたものがある。「倭胡粉」とは塩化物系鉛化合物
の総称であったと考えることができる。

2.1.3 硫酸塩系鉛化合物(硫酸鉛、オキシ硫酸鉛、カリウム硫酸鉛)

最近第2世代のX線回折装置を用い、硫酸鉛【 $PbSO_4$; Anglesite】やオキシ硫酸鉛【 Pb_2
(SO_4) $_O$; Lanarkite】、あるいはカリウム硫酸鉛【 $K_2Pb(SO_4)_2$; Palmierite】などの硫酸塩系鉛

化合物が塗られていることを確認した宝物がある。伎楽面木彫第71号（南1）、同第78号（南1）、同第84号（南1）、同第108号（南1）、笠篋螺鈿槽（南73）などである。

このうち伎楽面木彫第71号（挿図8）のX線回折図形と諸データを第5、6図と表5、6に示した。第5図には硫酸鉛とオキシ硫酸鉛に一致する回折線が現れている。また第6図にはカリウム硫酸鉛に一致する回折線が現れている。

旧装置を用いての調査では蛍光X線分析によって多量の鉛を検出しているにもかかわらず、X線回折では鉛白も塩化物系鉛化合物も検出できない白色顔料の存在が認められたので、前報（成瀬 1992）の中で、これについては何か別の鉛化合物ではないかと推定していた。今回これらのX線回折図形を再検討すると、伎楽面木彫第17号（南1；以下同じ）（挿図9）、同第20号、同第37号、同第80号など7点の伎楽面に用いた白色顔料には硫酸鉛とオキシ硫酸鉛の回折線が現れていることがわかった。伎楽面に用いた白色顔料の中には、このほかにも全体に回折線の強度が小さく、明瞭な結論を得るには至らないものの、硫酸鉛とオキシ硫酸鉛の回折線が現れているように見えるものがある。これらの正体については今後再調査を要す。

また鳥毛立女屏風第1扇（北44）（挿図10）の淡紅色の顔面彩色は比較的明瞭な回折線が現れており、最初の報告時（成瀬 1990）にはこれを石英と微斜長石に基づくものと判断したが、実は硫酸鉛によるものであることが明かになった（第7図、表7）。

以上硫酸鉛系の顔料が確認できるものは、笠篋螺鈿槽、鳥毛立女屏風をのぞきいずれも伎楽面である。同じ鉛系白色顔料でも塩化物系鉛化合物が献物几、献物箱など関係が深い顔料であったのに対し、硫酸塩系鉛化合物は伎楽面とのつながりが深い顔料であったと言えよう。

正倉院宝物に認められる硫酸塩系鉛化合物は他の鉛化合物同様おそらく人工品である。製法としては方鉛鉱を加熱・酸化させる方法や鉛（II）溶液に温泉水等から得られる硫酸イオンを直接加える湿式法な



挿図8 南1 伎楽面木彫第71号



挿図9 南1 伎楽面木彫第17号



挿図10 北44 鳥毛立女屏風第1扇部分

どが考えられるが、硫酸鉛のみならず、カリウム硫酸鉛やオキシ硫酸鉛なども副産物として同時に生成する方法であったはずである。

正倉院宝物以外に目を向けると、かつて江本義理が唐招提寺金堂天井の支輪絵の下地や兵庫県吉川町毘沙門歡喜院聖天堂の肘木の彩色において硫酸鉛を確認した例がある(茂木等1975)。ただしそこには硫酸鉛以外の回折線も見られ、その素性等については疑問も残った^(注5)。このほか山崎一雄が平等院鳳凰堂の壁画中に硫酸鉛を確認したことがあった(山崎 1992)が、これについては大気中の亜硫酸ガスの影響による変質生成物と推定している。従来このように正倉院宝物以外でも古代顔料に関連して、硫酸鉛の確認例はあったが、それがオリジナルの白色顔料として認定されるには躊躇する状況にあった。

今回の正倉院宝物の調査結果は古代白色顔料のひとつとして、硫酸塩系鉛化合物の存在についても今後注意を払っていく必要があることを示している。

2.1.4 炭酸カルシウム系顔料

炭酸カルシウムの使用が確認できた宝物は18点ある。いずれもX線回折によってカルサイト【CaCO₃; Calcite】を検出している。献物凡の1点を除いては全て伎楽面である。

正倉院伎楽面のうち筆者がW3式としたもの(成瀬1997)17面のうち、これまで分析を行った8面[伎楽面木彫第2号(南1; 以下同じ)、同第4号、同第49号、同第50号、同第63号(挿図11)、同第79号、同第103号、同第113号]すべてから炭酸カルシウムを検出した。この様式に属す面の顔面彩色は炭酸カルシウムによる白色塗り放しである。このうち伎楽面木彫第63号白色部分のX線回折図形と諸データを第8図と表8に示した。

W3式以外では伎楽面木彫第9号(南1; 以下同じ)、同第56号、同第61号、同第76号(挿図12)、伎楽面乾漆第7号、同第33号などから炭酸カルシウムを検出した。これらの中で伎楽面木彫第76号以外は、いずれも地方作と考えられる面である。

伎楽面以外で炭酸カルシウムを検出した唯一の例は碧地彩絵凡第15号(中177)である。凡の側面には碧地の上に濃紺および白色による細線で雲文などを描いている(挿図13)が、この白色が炭酸カルシウムであった。第9図と表9にそのX線回折図形と諸データを示した。

この凡は付属する褥に残された墨書から神護景雲2年



挿図11 南1 伎楽面木彫第63号



挿図12 南1 伎楽面木彫第76号

(768) 4月3日に称徳天皇が東大寺に行幸した折りに使用したものであることが明らかであり、中央の工房で製作したものと考えられる。正倉院の献物几は先にも述べたように白色顔料に鉛系化合物を用いるものがほとんどであるが、これらの多くは華足を有するタイプのものであり、棧脚を有す碧地彩絵几より形式的にさかのぼり、おそらく750年代の製作になるものと考えられる。

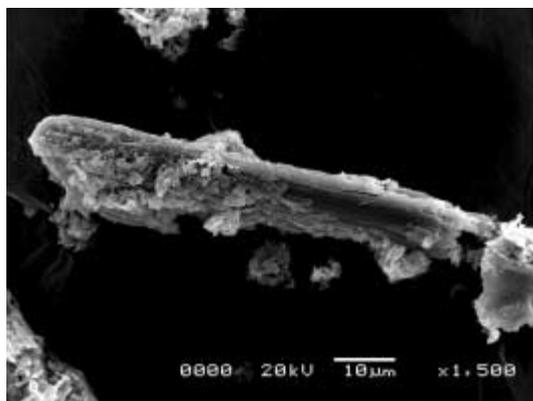


挿図13 中177 碧地彩絵几第15号

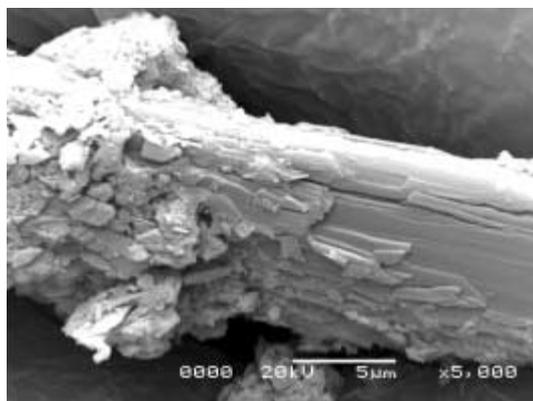
炭酸カルシウム系の顔料としてはその原料に岩石鉱物起源の石灰岩、大理石（晶質石灰岩）などと生物起源の貝殻などを考えることができる。永嶋正春はかつて、天平6年(734)5月1日「造仏所作物帳」(大日本古文書 24 - 39)に建築材料関係として「石灰一斗二升胡粉下塗料」などに見えることなどを根拠に、奈良時代における炭酸カルシウム系顔料の存在を予測した(永嶋 1978)。筆者も永嶋の推定を妥当なものと考え、正倉院宝物に塗彩した炭酸カルシウム系顔料の原料は石灰岩あるいは大理石など岩石起源のものを考えていたが、最近伎楽面の顔料剥落片について顔料粒子の顕微鏡観察、走査電子顕微鏡観察を行ったところ(注6)、伎楽面木彫第6号、同第63号、同第79号などの顔料粒子に、板が重なったような二枚貝の貝殻の微細構造の特徴を見い出すことができた。

挿図14、挿図15には伎楽面木彫第63号の顔料の走査電子顕微鏡写真を示した。また比較のため挿図16～挿図19にそれぞれ貝殻胡粉(原料はカキ)、石灰岩、大理石、白亜を原料とする白色粉末の走査電子顕微鏡写真を示した。伎楽面木彫第63号のものが、この中でカキ殻を粉碎したものに良く似ていることがわかるであろう。

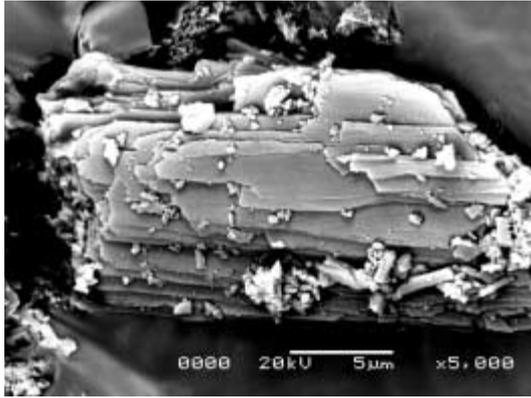
それまでに予測していたような大理石あるいは石灰岩を原料とした炭酸カルシウム顔料は光学顕微鏡観察あるいは電子顕微鏡観察では、いまのところ確認していない。ただし次に述べる様に伎楽面からシュウ酸石灰(シュウ酸カルシウム2水和塩)を主成分とする白色顔料を用いる例をX線回折により見い出しており、これをたまたま石灰岩層の表層から原料を採取した結果と考えれば、奈良時代に石灰岩を原料とした顔料も製造されていた可能性が高い。



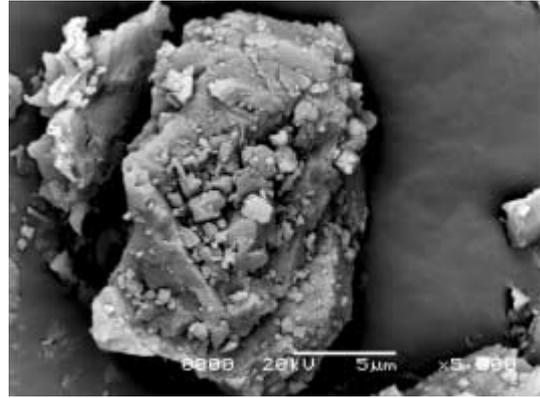
挿図14 南1 伎楽面木彫第63号 炭酸カルシウム顔料の反射電子顕微鏡像(1)



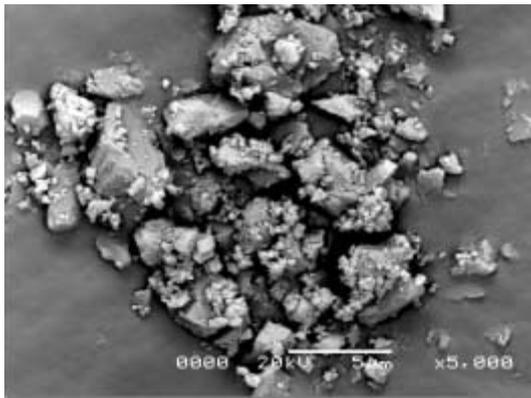
挿図15 同(2)



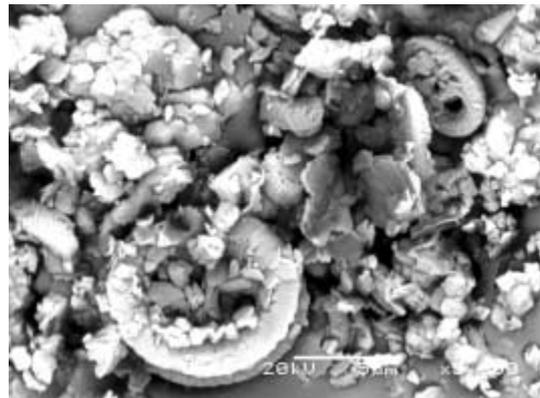
挿図16 貝殻胡粉(カキ殻)の反射電子顕微鏡像



挿図17 石灰岩粉末の反射電子顕微鏡像



挿図18 大理石粉末の反射電子顕微鏡像



挿図19 白亜粉末の反射電子顕微鏡像

山崎一雄等はわが国上代の顔料に関する豊富な調査経験に基づき、障壁画などにおける白土地から貝殻胡粉地への転換は安土・桃山時代であることを述べている(K. Yamazaki and Y. Emoto 1979)。

正倉院宝物において確認した貝殻を原料とした炭酸カルシウム系顔料が系統として、安土・桃山時代の貝殻胡粉まで連続するものかどうか現状では不明であるが、電子顕微鏡による粒子形状観察の結果、奈良時代において炭酸カルシウム系顔料、それも未焼成の貝殻を粉砕して顔料として使っていたことは紛れもない事実となった。

奈良県明日香村高松塚古墳、同高取町東明神古墳などに代表される飛鳥時代の古墳には石室内部に漆喰を塗るものがある。また正倉院文書の建築材関係の記載にも当時の白壁の表面塗りとしては「白土」とともに「石灰」の名が見えるから、焼成、未焼成の違いはあっても、炭酸カルシウムを白色の絵画材料として使用する発想は、作画に関わる工人達にとって自然なものであったのではなかろうか。

伎楽面木彫第72号(南1) (挿図20)の地下白色部分において、X線回折によりシュウ酸カルシウム2水和塩【 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Weddellite】と少量のカルサイト【 CaCO_3 ; Calcite】を検出した。第10図、表10にそのX線回折図形と諸データを示した。同面は迦楼羅の面で、白下地の上には岩緑青や鉛丹による彩色を施している。一般にシュウ酸カルシウムには2水和塩のほかに1水和塩などがあり、両者はシュウ酸石灰などと呼ばれる。周国信等は甘肅省敦煌西千仏洞壁

画（周 1990）同武威天梯山石窟壁画（周他 2000）同炳靈寺石窟壁画（馬他 1966）の白色顔料からシュウ酸カルシウム 2 水和塩あるいは 1 水和塩を検出し、石灰岩層の表層で苔等の生物活動の影響を受け生成したものが利用されたものと考えている。

伎楽面木彫第72号のシュウ酸石灰はカルサイトを伴うことから推定できるように、これを選択的に採取したのではなく、おそらく石灰岩の変質部分をたまたま利用してしまったものと考えられる。このことは当時炭酸カルシウム顔料の原料として石灰岩も用いていたことを間接的に示している。



挿図20 南1 伎楽面木彫第72号

2.1.5 リン灰石

X線回折によりリン灰石【Apatite ; $Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$ 】を確認した宝物は12点ある。いずれも伎楽面である。

正倉院伎楽面について筆者がW5式とした（成瀬 1997）15面のうち、これまで分析を行ったもの9面〔伎楽面木彫第15号（南1；以下同じ）、同第23号、同第45号（挿図21）同第51号、同第55号、同第59号、同第78号、同第93号、同第101号〕からいずれもリン灰石を検出している。W5式には「相模国」の墨書銘を有すものがあり、彼の地から貢献されたものであることがわかる。このほか本様式以外の面についていえば伎楽面木彫第11号（南1）、および伎楽面木彫第90号（南1）（挿図22）からリン灰石を検出しているが、両者ともまた地方作の面と考えることができる。

第11図と表11には伎楽面木彫第45号に用いた白色顔料についてのX線回折図形および諸データを示した。リン灰石にはフッ素リン灰石、炭酸リン灰石、水酸リン灰石などがあるが、そのいずれに該当するか決定するのは難しい。正倉院宝物に用いられたリン灰石の原料としては歯骨やリン灰土（グアノ）などが候補として考えられるが、実際何を原料として用いたかについては、将来顔料粒子形状の観察を通し明らかになるであろう。

中国では秦代には白下地としてリン灰石を広く用いたこ



挿図21 南1 伎楽面木彫第45号



挿図22 南1 伎楽面木彫第90号

とが知られている。このうち兵馬俑の彩色材料報告ではX線回折によりリン灰石を確認し、その原料を骨としているが、骨であることの科学的論拠ははっきりと示されていない（陝西省考古研究所 1999）。

わが国でも広範に顔料の調査が進展すれば、正倉院宝物以外でも白色顔料としてのリン灰石が確認される可能性はある。

2.1.6 白土

白土はカオリンなどの粘土鉱物を主成分とし、これに石英などの白色鉱物を夾雑物として含む白色顔料の総称である。ただし正倉院宝物中、白土と推定できる顔料について、これまでX線回折法により粘土鉱物の検出に成功したことはほとんどない。このため多くの宝物に用いていることが推定できるものの、正倉院の無機顔料中、もっとも解明の進んでいない顔料である。

白土の使用を推定しているもののうち最も多いものは、低温型石英【 α -Quartz ; SiO_2 】が検出されるもので、伎楽面木彫第21号（南1）、同第37号（南1）など9点がこのタイプである。

別の白土のタイプとして、クリストバライト【Cristobalite ; SiO_2 】を含むものを伎楽面の中に4面確認している。伎楽面木彫第53号（南1；以下同じ）、同第69号、同第85号（挿図23）、

同第110号などで、彩色の下地に用いている。第12図と表12に伎楽面木彫第85号に用いた白色顔料のX線回折図形と諸データを示した。この白土中のクリストバライトの由来については今後の課題である。これらの伎楽面は筆者がW6式としたもの（成瀬 1977）にあたり、いずれも同一工房の作品と認めることができるものである。同一工房の作品は基本的には共通の色を共通の顔料で表現する。

また伎楽面木彫第10号（南1）（挿図24）の白色顔料についてはX線回折により白雲母【Muscovite ; $\text{K}_2\text{Al}(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4)$ 】を検出している（第13図、表13）。白雲母は劈開の性質があり、また粉末がきらめくことから後世顔料名として「きら」などと呼ぶこともあるが、正倉院のものはおそらくそのような効果を狙ったものではなく、白色の下地材としての性質を重視したものと考えられ、現状では一応白土の範疇で理解しておく。

彩絵仏像幡（南155）の白色顔料は第2代の装置を用いて調査を行い、X線回折では顕著な回折線は得られないものの、鉛系白色顔料、炭酸カルシウム系顔料、リン灰石ではないことが確実で、しかも蛍光X線分析で主成分元素としてカリウム（K）やケイ素（Si）を含むことが確かめられた



挿図23 南1 伎楽面木彫第85号



挿図24 南1 伎楽面木彫第10号

ため、白土と推定している。

正倉院で白土として一括した顔料は、伎楽面に用いたものなど、剥落試料があるものについては、将来顔料粒子の電子顕微鏡観察やSEM - EDS分析を進めることにより、実際にどのような粘土鉱物類を含むものであるか、正確に把握することが可能となると考えている。

2.2 赤色顔料

2.2.1 朱

朱は正倉院宝物に用いられた顔料の中でも、検出の頻度が高く、実に76点の宝物中から検出している。辰砂【Cinnabar ; HgS】はX線回折における検出感度が高いため、61点についてはX線回折により確認した。15点は蛍光X線分析によるものであるが、赤色を呈しかつ水銀が含まれる化合物はほぼ朱に限られるため、蛍光X線分析のみでも同定は確実にできる。

朱は用法としてひとつの宝物の中で多量に用いることは少なく、脇役を勤めることがほとんどである。すなわち量綱彩色中では一般に赤色系量綱はエンジを主役として構成され、朱は専ら界線等に用いるに過ぎない。また伎楽面の彩色においては単独では唇の表現に用いることがある程度

で、酔胡王、酔胡従、力士、金剛などの赤色の顔面彩色に用いる場合にも、鉛丹が主体であり、朱はそこに補助的に加えるに過ぎない。いまのところ例外としてひとつの作品の中で、朱をふんだんに用いているのは琵琶紫檀槽第4号（南101）（挿図25）の捍撥絵の地色くらいである。また密陀彩绘箱第13号（中143）（挿図26）も比較的朱を多く使い、花文を描いている。第14図と表14に密陀彩绘箱第13号に用いた赤色顔料のX線回折図形と諸データを示した。

このほか朱の用例としては正倉院文書において「朱筆」として注記に用いることも少なくないが、ここには朱よりもむしろ鉛丹やベンガラなどを用いることが



挿図25 南101 琵琶紫檀槽第4号
捍撥部分



挿図26 中143 密陀彩绘箱第13号



挿図27 北158 国家珍宝帳 部分

多く、その使い分けを明らかにすることが将来のひとつの課題になっている(成瀬 1991)。蛍光X線分析により国家珍宝帳(北158)(挿図27)をはじめとする5巻の献物帳に押された天皇御璽の印肉はすべて朱と鉛丹の混合物(朱:鉛丹=1:3)を利用していることを確認している。

2.2.2 ベンガラ

ベンガラは狭義には赤鉄鉱【Hematite; Fe_2O_3 】を主成分とする赤色顔料であるが、広義には鉄(III)の発色に基づく赤色の顔料ととらえることができる。いずれも赤色と言うより、褐色または紫色に近い色合いのものがほとんどである。奈良時代の名称については、正倉院文書などに見える「紫土」をこれにあてる説が有力である(秋山 1961)。

正倉院宝物では文書以外にベンガラの利用を確認しているものは蘇芳地彩絵箱第29号(中153)、伎楽面木彫第47号(南1)(挿図28)など、わずか6点で、後述する磁赤鉄鉱を伴う赤鉄鉱や、蛍光X線分析にて主成分の鉄を確認している赤色顔料をあわせても12点に過ぎない。未調査の宝物についても肉眼観察に基づけばさほど多くの宝物に用いているとは思えない。

正倉院宝物の器物などにベンガラの発色が少ないのは奈良時代に暈網彩色の基本要素としてベンガラを採用しなかったことと、伎楽面の赤色に塗る顔面彩色については大仏開眼会系の伎楽面においては鉛丹と朱の併用によるものが多かったことによる。

外に目を向ければ、万葉集に「あをによし寧楽の京師は咲く花の薫ふがごとく今盛りなり」とあるように、当時の寺院や宮城の建築彩色にはベンガラを多用している(注7)。

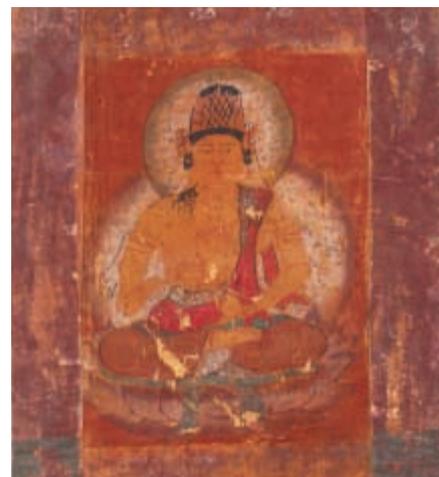
正倉院文書の顔料調査はあまり進んでいないが、これまで「薩摩国印」(中15 正集43)、「豊後国印」(中15 正集42)(挿図29)などの印肉にベンガラを用いていることを確認しており、また正倉院文書中に見えるいわゆる「朱筆」の中にもベンガラを利用したものがある



挿図28 南1 伎楽面木彫第47号



挿図29 中15 正集42「天平九年豊後国正税帳」



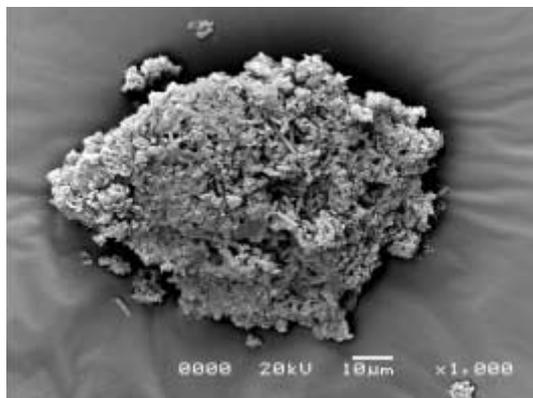
挿図30 南155 彩絵仏像幡第2坪

ことを確認している(成瀬 1991)。これまで6件の文書においてベンガラが確認できた。

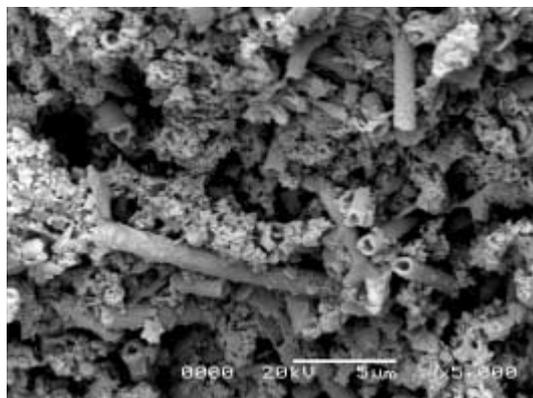
彩絵仏像幡(南155)(挿図30)の暗赤色部に用いたベンガラのX線回折図形と諸データを第15図と表15に示した。なお彩絵仏像幡の幡脚(挿図31)の彩色に用いられたベンガラについて、剥落試料を用い、走査電子顕微鏡観察を行ったところ、多くはいわゆる「パイプ状」と呼ばれる粒子形態を有するものであった(岡田 1997)。これはマカロニのような中空状を呈す特徴的な形状で、径は1 μm 、長さは長いものでは約20 μm に及ぶものがある(挿図32、33; 走査電子顕微鏡写真参照)。この形態を示すベンガラは鉄バクテリアの沈積物である水酸化鉄を原料として、



挿図31 南155 彩絵仏像幡 幡脚



挿図32 南155 彩絵仏像幡幡脚に用いられたベンガラの
反射電子顕微鏡像(1)



挿図33 同(2)

焼成して製造する。パイプ状粒子からなるベンガラは縄文時代から古墳時代まで全国各地で広範に用いられているが、ついに正倉院宝物でも確認することができたわけである。正倉院に近い時期のものとしては奈良県香芝市尼寺麩寺の塔心礎に付着したベンガラが知られている(北野 2003)が、正倉院の彩絵仏像幡例はわが国でこれまでに確認したパイプ状ベンガラの時代的に最も下の例となる。

正倉院宝物に用いられたベンガラ系顔料の中には、赤鉄鉱に磁赤鉄鉱【 Fe_2O_3 : Maghemite】を伴うものがある。伎楽面木彫第78号(南1)(挿図34)の頭部の赤色顔料、伎楽面木彫第55号(南1)の顔面彩色がその例であり、これら伎楽面はいずれも筆者がW5式とした(成瀬 1997)セットに属す。伎楽面木彫第78号の赤色部のX線回折図形と諸データを第16図と表16に示した。

この様にベンガラについても今後さらなる分類が可能になる可能性が高い。



挿図34 南1 伎楽面木彫第78号

2.2.3 鉛丹

鉛丹【Minium ; Pb_3O_4 】は人造の顔料である。正倉院宝物に最も広く用いている顔料のひとつであり、X線回折で四酸化三鉛を検出した宝物は伎楽面木彫第56号(南1)(挿図35)、琵琶紫檀木画槽第2号(南101)(挿図36)など35点ある。第17図と表17には伎楽面木彫第56号のX線回折図形と諸データを示した。またX線回折では四酸化三鉛を検出するに至らなかったものの、蛍光X線分析で多量の鉛(Pb)を検出し、その橙色の色みから確実に鉛丹を利用していると判断できる宝物が34点ある。すなわち合わせて69点の宝物において確認している。鉛丹を厚く、広く塗っているにもかかわらず、四酸化三鉛をX線回折によって確認できないものは、結晶性の違いなど、顔料の質の違いに起因するものと考えられる。

鉛丹の使用例が多いのはそれが暈網彩色中の橙系暈網彩色において主役となる顔料であり、また伎楽面の酔胡従の顔面彩色などに多用しているためである。このほか鉛丹の使用をX線回折により確認した例としては正倉院宝物の範疇には入らないものでは、称徳天皇の発願による神護景雲2年御願経(聖語蔵経巻)に用いている「赤密陀」の軸端をあげることができる(別表未収録)。

2.3 黄色顔料

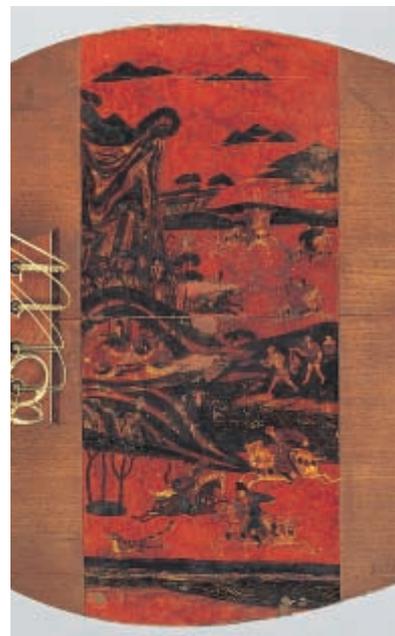
2.3.1 石黄

石黄【 As_2S_3 ; Orpiment】はこれまでに、あわせて7点の宝物において存在を確認、あるいは推定している。石黄は奈良時代には「雌黄」と呼ばれていた顔料であるが、山崎一雄の肉眼観察を主体とする顔料調査では、確認するには至らなかった(山崎 1968)。X線分析調査を経てようやく存在を確認したことになる。

石黄の代表的な用例は密陀彩絵箱第14号(中143)、漆彩絵花形皿第3号(南40)、粉地彩絵倚几第1号(南76)(挿図37)、玻璃装古裂第68号(中202)に見られるように文様を描くためである。しかしこれらはいずれも暈網彩色ではない。正倉院文書中に見える「雌黄」の語も暈網彩色用の顔料として記載されたものはない。奈良時代の暈網彩色の中で黄色は緑色



挿図35 南1 伎楽面木彫第56号



挿図36 南101 琵琶紫檀木画槽第2号
捍撥部分



挿図37 南76 粉地彩絵倚几第1号

系暈縹の一要素として用いているが、ここにはほぼ例外なく藤黄（ガンボージ）と推定できる有機顔料を利用している。

石黄の二番目の用例は、瑠璃の伏彩色である。瑠璃螺鈿八角箱第19号（中146）には本体と別に保存している瑠璃片の部材があるが、その裏面の黄色からは、X線回折により石黄を検出した。また最近の調査であるが、螺鈿紫檀五絃琵琶（北29）の瑠璃部分から蛍光X線分析によりヒ素を検出し、これも瑠璃の裏面に塗った黄色に由来するものと推定できる。

石黄の三番目の用例は文字訂正用である。「下雌黄」「加雌黄」などの語は訂正を行なうことの比喻であるが、「装演受紙墨軸等帳」（大日本古文書 11 - 163）には経巻の「正誤字料」として「雌黄」が見え、この用法が当時も一般的であったことを示している。

じっさい正倉院文書「常疏充紙帳」（中20 続々修第35帙第3巻）（挿図38、39）には文字の抹消に黄色顔料が使われており、それが石黄であることをX線回折により確認している（第18図、表18）。

2.3.2 黄土

黄土は含水酸化鉄（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）などを含み黄色を帯びた土くれを原料とする顔料の総称である。以前、瑠璃螺鈿八角箱の裏彩色に用いられた顔料を黄土と推定していた（成瀬 1989）が、結局それは石黄であることが明らかとなり、それに伴い正倉院宝物における黄土の存否は揺れ動いていた。ところが最近彩絵仏像幡（南155）（挿図40）の顔料調査を行う機会があり、その中で黄色を呈する箇所について、X線回折では含水酸化鉄を確認できなかったものの、蛍光X線分析によりヒ素（As）を認めず、かつ鉄（Fe）の高いピークを検出したことから、これを黄土と推定した。挿図40の蓮華座の蓮弁部分である。彩絵仏像幡は正倉院宝物中、素性的には特殊な位置を占め、黄土の使用は正倉院宝物の中では例外的なものであると考えている。

黄土の古代における名称は不明である。



挿図38 中20 続々修 第35帙第3巻
「常疏充紙帳」



挿図39 同上 部分（拡大）



挿図40 南155 彩絵仏像幡 第4坪

2.4 緑色顔料

2.4.1 岩緑青

岩緑青は孔雀石【 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$; Malachite】を原料とする緑色顔料である。X線回折により孔雀石(Malachite)を確認した宝物は39点ある。またこのほか蛍光X線分析で銅を確認した緑色顔料は13点あり、一応別表では銅系緑色顔料と表記しているものの、そのほとんどは岩緑青と考えることができる。

暈縹彩色には緑色系暈縹が不可欠であり、その緑色系暈縹の中心となるのは岩緑青である。ほかに緑地彩絵箱第31号(中155)(挿図41)の蓋表および四側、蘇芳地金銀絵箱第27号(中152)の内面、蘇芳地金銀絵花形方几第3号(中177)の裏面、粉地金銀絵八角長几第6号(中177)の天板中央、粉地彩絵八角几第11号(中177)の天板など献物几、献物箱の地色としても岩緑青を広く用いている。第19図と表19には緑地彩絵箱第31号のX線回折図形と諸データを示した。

伎楽面の波羅門の役柄は顔面を茶緑色に塗り、これは通常緑色と褐色の混合または塗り重ねで表すが、このうち緑色の顔料としては伎楽面木彫第22号(南1)、伎楽面木彫第73号(南1)などに見られるよう通常岩緑青を用いる。また伎楽面木彫第72号(南1)のように迦楼羅の顔面の緑色彩色にも通常岩緑青を用いている。

岩緑青は粒度が粗く、色の濃いものと、粒度が細かく、色が淡いものとの二種類が認められる。前者が正倉院文書中に見える「緑青」、後者は「白緑」に相当するものであろう。

正倉院宝物に用いられた岩緑青の中には塩基性硫酸銅【 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$; Brochantite】と孔雀石からなるものがある。両者が混じる銅鉱を原料として、緑色顔料を製造したものであろう。漆金薄絵盤甲(南37)の剥落蓮弁外面(挿図42)と伎楽面乾漆第24号(南1)がその実例である。剥落蓮弁の外面緑色部分のX線回折図形と諸データを第20図と表20に示す。

漆金薄絵盤甲の蓮弁において塩基性硫酸銅と孔雀石との随伴が確認できるのは、宝相華文を描いている外面のみであり、内面(挿図43)には孔雀石のみからなる通常の岩緑青が用いられている。すなわち外面と内面では由来の異なる岩緑青を用いたことがわかる。この蓮弁は作業の効率化という点から、暈縹による宝相華文を描く外面と、比較的単純な暈縹文様をあらわす内面とで



挿図41 中155 緑地彩絵箱第31号



挿図42 南37 漆金薄絵盤甲
剥落蓮弁 外面



挿図43 南37 漆金薄絵盤甲
剥落蓮弁 内面

は別の工程として、彩色したものと考えて良いのであろう。すなわち漆金薄絵盤甲の蓮弁の2種の岩緑青の使用は作画工程における分業の証拠を示している。

正倉院宝物以外では江本義理により元興寺本堂須弥壇香狭間の緑色彩色において塩基性硫酸銅を確認した事例が報告されている(茂木他 1975)。

塩基性硫酸銅に孔雀石を伴う岩緑青は、孔雀石のみの岩緑青とは由来が異なるものとして、今後注意していくべきものであろう。

このほか正倉院宝物に用いた岩緑青のうち淡緑色を呈すものの中に、X線回折データからみると、あるいはシュウ酸銅を含んでいるのではないかと考えられるものがあり、現在その正否を検討中である。

2.4.2 塩基性塩化銅

塩基性塩化銅の鉱物名は緑塩銅鉱(アタカマイト)【 $Cu_2(OH)_3Cl$; Atacamite】またはパラタカマイト【 $Cu_2(OH)_3Cl$; Paratacamite】である。正倉院宝物の中でこれまでに円鏡平螺鈿背第5号(北42)(挿図44)、八角鏡平螺鈿背第13号(北42)(挿図45)において確認している。いずれも平螺鈿背鏡背面の琥珀伏彩色部分についてである。円鏡平螺鈿背第5号の緑色の伏彩色部分のX線回折図形と諸データを第21図と表21に示した。

これらの平螺鈿背鏡は鏡体の化学組成、あるいは鏡背に使っている各種材料の世界性から考え、唐鏡であることがほぼ確定している(成瀬 1999)。したがって塩基性塩化銅も彼の地のものを用いたと考えられる。

塩基性塩化銅のわが国における顔料名は不明である。山崎一雄が平等院鳳凰堂の建築彩色においてX線回折により塩基性塩化銅を確認した事例(山崎 1992)があり、平安時代以降についても調査が進めばさらに類例がふえる可能性は大きい。

塩基性塩化銅は中国では敦煌莫高窟など甘粛省以西の砂漠地帯の仏教壁画寺院では多用しているが、西安周辺の唐壁画墓ではほとんど用いていない。王進玉等は塩基性塩化銅の緑色顔料は唐代などに中国で「銅緑」と呼ばれたもの(注8)で、敦煌莫高窟をはじめとするゴビ砂漠付近の洞窟寺院では古くは銅鉱床中の二次生成物として産出したものを用い、時代が降ってからは金属銅から人工的に錆びさせて製造したものを用いたと考えている(王他 2002)。



挿図44 北42 円鏡平螺鈿背 第5号



挿図45 北42 八角鏡平螺鈿背第13号

2.4.3 緑土

緑土は雲母粘土鉱物の一種、セラドナイト【Celadonite ; $K(Mg,Fe,Al)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$ 】または海緑石【Glaucosite ; $K(Fe,Al)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$ 】を主成分とする顔料である。その中に含まれる鉄(II)が緑色の発色の由来となる。

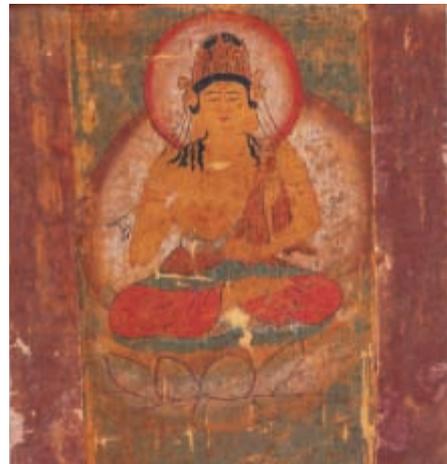
正倉院宝物の中では玻璃装古裂(中202 玻璃装古裂第67号)(挿図46)、および彩絵仏像幡(南155)(挿図47)からX線回折によりセラドナイトまたは海緑石を検出し、緑土の存在を確認した。ただしセラドナイトと海緑石の区別はX線回折法のみでは非常に難しい。彩絵仏像幡についてのX線回折図形と諸データを第22図と表22に示した。このほか伎楽面木彫第1号(南1)については顔面に緑色の下地を用いているが、X線回折では緑色の由来となるような鉱物あるいは結晶性の化合物は検出できなかったものの、蛍光X線で銅(Cu)を検出せず、かつ主成分量の鉄(Fe)を検出したことから、緑色の由来としては緑土と推定した。

玻璃装古裂は法隆寺系等の宝物で年代的には7世紀に遡る可能性が高い。また伎楽面木彫第1号は表現稚拙であり、非中央の作と考えられている。筆者はこの面を「讃岐」「周防」「長門」などの銘文を有すW4式に属すものと考えている(成瀬 1997)。彩絵仏像幡については密教系の仏像図像を表していることなどから製作年代を8世紀より下げる考えもある。その考えが妥当であるかはともかく、東大寺の創建時に中央の工房で製作した作品とは一線を画すものであることは認めて良いものとする。以上の3例が8世紀半ばに中央の工房によって製作された作品とは異なることは、顔料使用上の特徴、すなわち中央の工房では当時緑色顔料として岩緑青を常用していたのに、これらには緑土を用いているという点からも裏付けることができる。

正倉院以前の時代を眺めれば、緑土は北部九州の装飾壁画古墳の彩色において広く用いられていることが確認されており(江本 1975、朽津・川野辺 2000)、また装飾古墳以外では5世紀末の松江市石屋古墳出土の彩色埴輪(三浦他 1990)あるいは6世紀前半の千葉県禅昌寺山古墳の彩色滑石製石枕(永嶋 1999)にも確認されていることから、古墳時代にもっともポピュラーな緑色顔料であったことがわかる。筆者は以前、緑土は正倉院宝物に用いているものの、その後は衰退する顔料と考えていた(成瀬 1989)が、平安時代の京都府大將軍八神社神像1号像、同73号像および同79号像(早川等 2003)や大分県古羅漢石仏(朽津・山田 2000)の彩色につい



挿図46 中202 玻璃装古裂第67号



挿図47 南155 彩絵仏像幡第1坪

て緑土の使用を確認したとする報告が相継いだこともあって、最近では奈良時代以降も一定の需要があった顔料であると若干考えを改めるようになった。

古代における緑土の名称は不明である。

2.5 青色顔料

2.5.1 岩群青

岩群青は正倉院宝物に認められる唯一の無機系青色顔料である。これまでにX線回折により藍銅鉱【 $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$; Azurite】が直接検出された宝物が23点、また色みが青く、かつ主成分元素として銅が検出されることから、岩群青と推定できる宝物が1点ある。岩群青は「仏像彩色料並布施等注文」(大日本古文書 12 - 255)や天平宝字6年(762)「造金堂所解」(大日本古文書 16 - 300)に見える顔料の価格表によれば、同じ銅の塩基性炭酸塩である岩緑青に比べ約20倍と、朱と共にもっとも高価な鉱物性顔料であるが、にもかかわらず正倉院宝物において検出される頻度は高い。

岩群青は暈縹彩色中の青系暈縹の主役としての用法のほかに、碧地金銀絵箱第24号、同第25号(中151)(挿図48)の地色に利用しており、また伎楽面では木彫第107号(南1)(挿図49)、乾漆第2号(南1)など呉公の役柄の顔面彩色に用いている。碧地金銀絵箱第25号の青色彩色部分のX線回折図形と諸データを第23図と表23に示した。

伎楽面木彫第107号の青色彩色においては蛍光X線分析により銅(Cu)のほかにヒ素(As)を検出した。同面には「長門」との墨書があり、現在の山口県からの貢納品であったことがわかる。長門には当時長登銅山をはじめとする接触交代鉱床の銅山があり、東大寺大仏原料銅の主産地であった。同鉱山より採取された銅鉱石はヒ素鉱物を随伴することが多く、したがってこの特徴的な岩群青も同地で採取されたものである可能性が高い。ちなみに「続日本紀」文武二年(698)の条には「安芸長門二国金青緑青」とあり、また「延喜式」には長門が豊前と並ぶ「緑青」の貢納国であったことが示されている。岩緑青まで含めて正倉院の塩基性炭酸銅顔料のうち、これまで顕著なヒ素(As)を伴う例はこれのみしか確認していないが、初代の装置を用いた調査では蛍光X線分析を省略した場合も多く、今後蛍光X線分析調査を充実させることにより類例が増加する可能性がある。



挿図48 中151 碧地金銀絵箱第25号



挿図49 南1 伎楽面木彫第107号

岩緑青と同様、暈縹彩色中では通常岩群青は粒度が粗く、色の濃いものと、粒度が細かく、色が淡いものとの二種類が認められる。前者が正倉院文書中に見える「金青」、後者は「白青」に相当する。



挿図50 中143 密陀彩絵箱第15号

2.6 その他

2.6.1 金

正倉院宝物の中で絵画的装飾のために金泥あるいは金箔が用いられている例はX線回折及び蛍光X線分析を通し、あわせて26例確認している。別表では金箔と金泥の区別はしていないが、密陀彩絵箱第15号(中143)(挿図50)、漆彩絵花形皿第3号(南40)、琵琶楓蘇芳染螺鈿槽第1号(南101)の捍撥絵などには金箔を用いていることを肉眼的に確認している。いっぽう金泥は主に銀泥との組み合わせ



挿図51 中152 蘇芳地金銀絵箱第27号

で、蘇芳地金銀絵箱第27号(中152)(挿図51)、碧地金銀絵箱第25号(中151)、蘇芳地金銀絵花形方几第3号(中177)など、献物几、献物箱の金銀絵に用いることが多い。

2.6.2 銀

正倉院宝物の中で絵画的装飾のために銀泥、銀箔が用いられる例はX線回折及び蛍光X線分析を通し、あわせて35例確認している。前項で述べた様に銀泥は金泥と組み合わせ献物几、献物箱の彩色に多く用いている。銀箔は伎楽面では白目あるいは歯の白色の表現に用いられる場合が多い。

まとめにかえて

これまでの調査によって正倉院宝物に認められた無機顔料について、現代顔料名、奈良時代の顔料名、化学式、鉱物名、および確認された宝物の点数を表24に示した。

1983年から調査をはじめ、1990年代に入って、正倉院の顔料は出尽くしたと考えたこともあったが、X線回折装置の性能が向上したこともあって、最近でもいまだ新たな知見が得られている。硫酸塩系鉛化合物のように、これまで知られていた鉛系白色顔料すなわち鉛白や塩化物系鉛化合物とは明らかに異なるものを確認している。見通しとして、白色顔料については今後も未知の顔料が発見されることは充分考えられる。また一方カルサイトを伴うシュウ酸石灰(シュウ酸カルシウム2水和塩)、あるいは孔雀石を伴う塩基性硫酸銅、あるいは磁赤鉄鉱を

伴う赤鉄鉱のように、大まかに言えばそれぞれ炭酸カルシウム系顔料や岩緑青あるいはベンガラなど既知の顔料の仲間あるいは範疇としてとらえることが可能なものの、顔料原料の由来が多様であったことを示してくれたものもある。

剥落した顔料が保存されているものについては、そのわずかな量を検鏡試料に用い、光学顕微鏡観察、走査電子顕微鏡観察によって顔料粒子の形状観察を行い、あるいはSEM - EDS分析によって粒子の元素分析を行うことによって、それぞれの顔料原料の性状に迫る情報が得られる可能性がでてきた。炭酸カルシウム顔料の一部が原料として貝殻を用いていたことが明らかになったのが、その一例である。また先にも述べたように白土は個々の宝物について実際の鉱物成分がいまひとつ明確ではなく、いくつかのタイプからなるものを現状では白土の名で一括しているが、これを明らかにすることのできる条件が整ってきた。

本稿を完成するにあたって、正倉院事務所の同僚諸氏と以下の方々にお世話になりました。記して感謝いたします。京都造形芸術大学、岡田文男・中島志保、東北芸術工科大学、松井敏也・市川沙織（敬称略）

注

(1) X線回折装置は応力測定装置を、逆に試料水平型ゴニオメーター式のX線回折装置に改造したもので、X線源 - 試料間距離；110mm、試料 - 検出器間距離；120mm、光学系；平行ビーム方式、検出器；シンチレーション計数管である。ほとんどの測定は、X線管球；クロム対陰極（ポイントフォーカス）、フィルター；バナジウム、印加電圧；30~25kV、印加電流10mA、発散側ソーラースリット； 0.34° 、受光側ソーラースリット 0.34° 、ゴニオメーター走査角度範囲； $10(30) \sim 160(20)$ 、ゴニオメーター走査速度4(20)/分、時定数；2、X線管球マスク通路幅；4mm、の条件で行った。

蛍光X線分析装置は波長分散型である。顔料に関する全ての測定は、X線管球；クロム対陰極、分光結晶；LiF(200)、検出器；シンチレーション計数管、測定雰囲気；大気、の条件で行った。この条件で検出可能な元素はチタン(^{22}Ti)以上であった。またほとんどの測定は、印加電圧；40~35kV、印加電流；20~15mA、ゴニオメーター走査角度； $10 \sim 65(20)$ 、ゴニオメーター走査速度8(20)/分、時定数；8、マスク；チタン20mm径、の条件で行った。

(2) X線回折装置は検出器；比例計数管、X線源 - 試料間距離；250mm、試料 - 検出器間距離；250mmである。ほとんどの測定は、X線管球；クロム対陰極（ラインフォーカス）、光学系；平行ビーム方式、フィルター；バナジウム、印加電圧；40kV、印加電流；10mA、発散側ソーラースリット； 0.04 ラジアン、発散スリット； 0.25° 、受光側コリメータ； 0.27° 、ゴニオメーター走査速度； $0.04(20)$ /秒、ゴニオメーター走査範囲角度； $10(30) \sim 90(20)$ の条件で行った。

蛍光X線分析装置部分は検出器がSi(Ge)半導体検出器であり、X線取出角度； 30° 、試料 - 検出器先端距離；25~50mmで測定を行った。大気中でも軽元素領域の測定に強く、ケイ素(Si)、アルミニウム(Al)などの軽元素でさえ、主成分として多量に存在する場合は検出可能であり、カルシウム(Ca)、カリウム(K)に至っては検出はたやすい。これによってX線回折による同定結果をチェックするときにはもちろん、回折線が得られにくい化合物の同定に際しても、大きな威力を発揮し

ている。

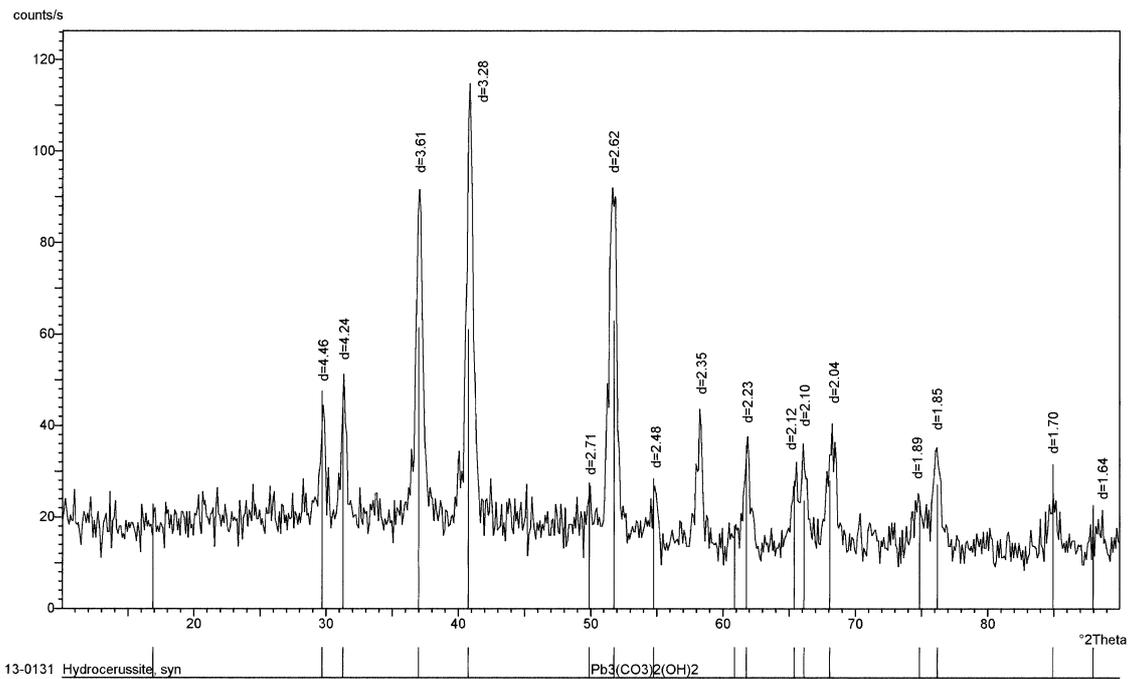
また初代の装置の場合、X線回折と蛍光X線分析は別個の装置であったため、同一箇所分析は厳密には実現困難であったが、新装置の場合は面積的なことを除けば、厳密に同一箇所分析が可能になっている。

- (3) 3種の塩化物系鉛化合物を試験的に用いた日本画家の話によると、水酸化塩化鉛については顔料として合格であるが、他の2種は使用に耐えないということである。
- (4) 「平城京発掘調査出土木簡概報29」(1994) 奈良国立文化財研究所
- (5) 江本は唐招提寺金堂天井の支輪絵下地の分析結果についてX線回折図形を示し、「この白色顔料のX線回折分析の結果は、硫酸鉛の回折線のほかに、鉛とバリウムの硫酸塩ではないかと思われる回折線が含まれていて、まだ完全に解析できていない。」と述べた。筆者の検討によれば、硫酸鉛以外の回折線はカリウム硫酸鉛のそれと一致する。
- (6) 走査電子顕微鏡は日本電子製LV5800を用いた。剥落顔料の極少量をアルミ試料ホルダー上に貼ったカーボンテープに付着させ、金蒸着したものを観察試料とし、加速電圧20kv、高真空で、二次電子観察、反射電子観察を行った。
- (7) 筆者は奈良市埋蔵文化財センター発掘の大安寺出土軒平瓦を調査し、瓦の下面の一部に付着した赤色顔料がベンガラであることを確認したことがある。このほかにも平城宮の礎石に付着した赤色顔料が、ベンガラと確認された例などがあり、本来奈良時代の建築彩色に用いた赤色顔料はベンガラであったことがわかる。
- (8) 大谷文書3036。(小田 1984)

【引用・参考文献】

- 秋山光和(1961) 日本上代絵画における紫色とその顔料 美術研究220
- 江本義理(1975) 壁画の老化に関する調査研究『特別史跡王塚古墳の保存』福岡県教育委員会
- 小田義久(1984) 『大谷文書集成1』龍谷大学仏教文化研究所
- 王進玉、王進聡(2002) 敦煌石窟銅緑顔料の応用と来源 敦煌研究2002-4
- 岡田文男(1997) パイプ状ベンガラ粒子の復元 日本文化財科学会第14回大会要旨集
- 北野信彦(2003) 尼寺廃寺出土遺物に付着した赤色顔料 尼寺廃寺Ⅰ 香芝市教育委員会
- 朽津信明・川野辺渉(2000) 九州装飾古墳の緑と「青」 福岡県下の例 保存科学39 東京国立文化財研究所
- 朽津信明・山田拓伸(2000) 大分県下の石仏の彩色について 保存科学39 東京国立文化財研究所
- 周国信(1990) 敦煌西千仏洞彩塑顔料剖析報告 考古1990-5
- 周国信・張健全・程懷文(2000) 武威天梯山石窟彩塑及壁画顔料分析『武威天梯山石窟』文物出版社
- ジョン・ウインター、エミール・ジョエル(1988) 日本の絵画におけるいわゆる鉛白(Ⅱ) 古文化財の科学33
- 陝西省考古研究所・秦始皇兵馬俑博物館(1999) 彩絵材料成分分析『帝秦始皇帝陵園考古報告』
- 千谷利三(1964) 『無機科学』産業図書
- 永嶋正春(1978) 粉地彩絵八角几の彩色 『正倉院の木工』宮内庁正倉院事務所編
- 永嶋正春(1999) 古代の色彩と素材 国立歴史民俗博物館研究80
- 成瀬正和(1989) 正倉院における顔料調査 仏教芸術200 毎日新聞社

- 成瀬正和(1990)鳥毛立女屏風の顔料について 正倉院年報12 宮内庁正倉院事務所
- 成瀬正和(1991)正倉院の‘朱印’・‘朱筆’ 日本歴史153 吉川弘文館
- 成瀬正和(1992)奈良時代の鉛系白色顔料 正倉院年報14 宮内庁正倉院事務所
- 成瀬正和(1994)正倉院伎楽面の分類と使用顔料・彩色技法 仏教芸術213 毎日新聞社
- 成瀬正和(1997)正倉院伎楽面の分類的研究 正倉院紀要19 宮内庁正倉院事務所
- 成瀬正和(1999)正倉院鏡を中心とした唐式鏡の化学的調査(杉山洋『古代の鏡』日本の美術393 至文堂、所収)
- 成瀬正和(2002a)正倉院の古代無機顔料 顔料46巻 - 1 日本顔料技術協会
- 成瀬正和(2002b)顔料『正倉院宝物の素材』日本の美術439 至文堂
- 早川康弘・津田徹英(2003)ポータブル蛍光X線分析装置による大將軍八神社所蔵神像群の彩色材料調査 ミューゼアム582
- 馬清林・周国信・程懷文・王亨通・王世儒(1966)炳靈寺石窟彩塑、壁画顔料分析研究 考古1996 - 7
- 三浦清・岡崎雄二郎・昌子寛光(1990)松江市岩屋古墳から出土した形象埴輪の塗彩緑色顔料 島根大学教育学部紀要24
- 茂木曙・中里壽克・江本義理(1975)国宝唐招提寺金堂内部天井彩色保存処置 保存科学14 東京国立文化財研究所
- 山崎一雄(1968)正倉院絵画の技法と顔料『正倉院の絵画』宮内庁正倉院事務所編
- 山崎一雄(1992)鳳凰堂絵画の色料『平等院大観3』岩波書店
- John Winter(1981)'Lead White' in Japanese Paintings, Studiese in Conservation 26
- Kazuo Yamazaki and Yoshimichi Emoto(1979)Pigments used on Japanese paintings from the proto-historic period through the 17th century, Ars Orientals 11



第 1 図 南66 御礼履・白色顔料のX線回折図形



1. 御礼履（南66）

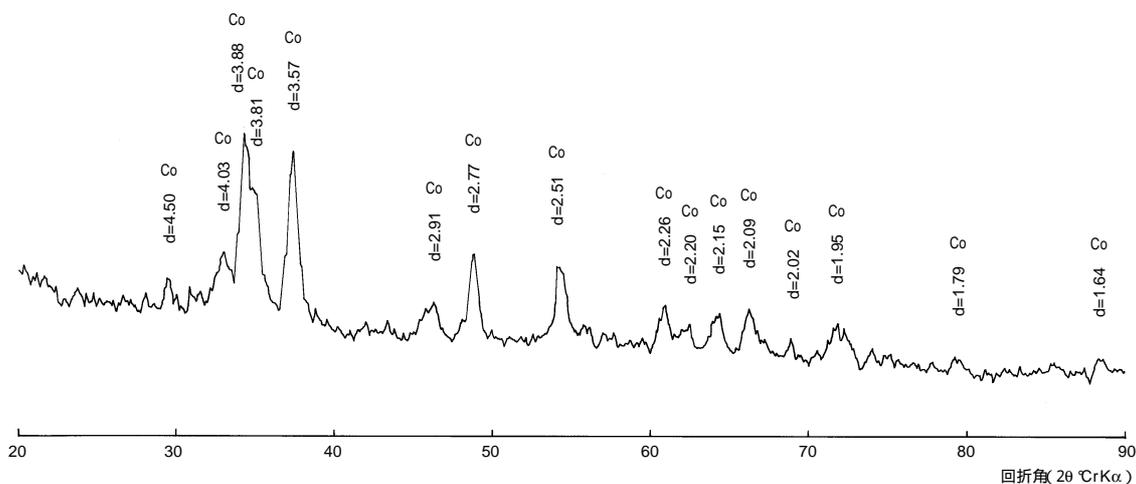
儀式用の履で、聖武天皇が大仏開眼会に際し、使用したとする説もある。外面を赤色で染めたスウェード状の牛皮で覆い、内側に染めない薄い牛皮を貼っている。履の側面、前面、上面は嵌玉した十字形の金具で飾り、前面の扇形の区画や側面と底裏の合わせ目には白色を塗っている。

示したデータは扇形の区画の白色部分のものであり、塩基性炭酸鉛（Hydrocerussite）に基づく回折線が現れている。

表 1 X線回折諸データ（南66 御礼履・白色顔料）

回折線 2θ °	α (°)	同定結果	α (°)
29.7	4.46	Hydrocerussite(101)	4.47
31.4	4.24	Hydrocerussite(012)	4.25
37.0	3.61	Hydrocerussite(104)	3.61
40.9	3.28	Hydrocerussite(015)	3.29
49.9	2.71	Hydrocerussite(107)	2.72
51.7	2.62	Hydrocerussite(110)	2.62
55.0	2.48	Hydrocerussite(113)	2.49
58.3	2.35		
61.8	2.23	Hydrocerussite(202)	2.23
64.4	2.12	Hydrocerussite(024)	2.12
66.1	2.10	Hydrocerussite(1010)	2.10
68.4	2.04	Hydrocerussite(205)	2.05
74.6	1.89	Hydrocerussite(027)	1.88
76.2	1.85	Hydrocerussite(119)	1.86
84.9	1.70	Hydrocerussite(122)	1.70
88.8	1.64	Hydrocerussite(214)	1.65

Hydrocerussite(JCPDS 13 0131)と比較



第2図 中177 蘇芳地金銀絵花形方几第3号・白色顔料のX線回折図形 [Co : Cotunnite]



2. 蘇芳地金銀絵花形方几第3号 (中177)

ヒノキ製。十二花形の天板の4隅にホウノキ製の華足を付す献物几。錦の褥が付属する。天板上面は本来全面を淡紅色に塗るが、現在は木肌が見える。天板側面は蘇芳色に塗り、金銀で飛鳥文や花卉文を描く。華足は2段に彫り出しで葉形を象り、赤紫、青、白、金色などで彩色する。天板裏面および華足裏側は萌黄色である。

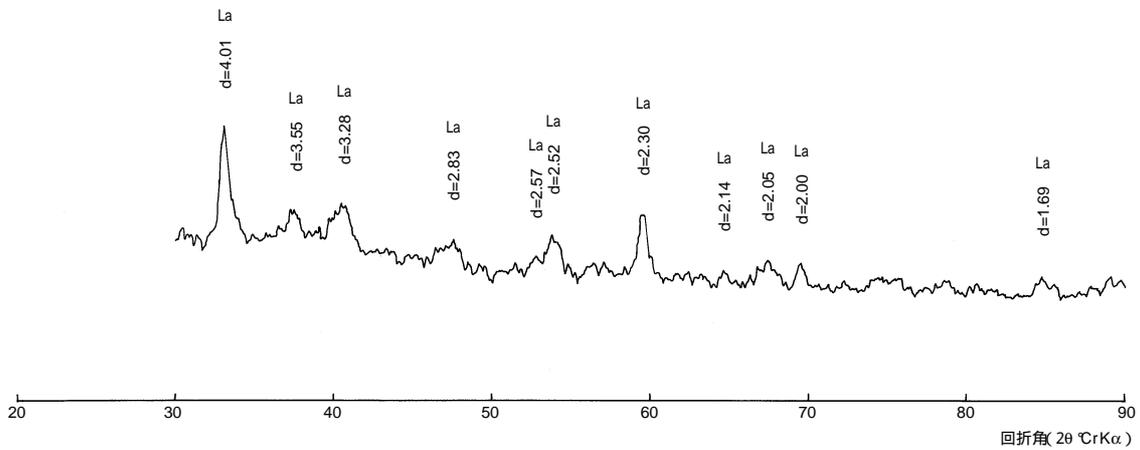
示したデータは天板上面淡紅色部分のもので、塩化鉛 (Cotunnite) に基づく回折線が顕著に現れている。塩化鉛 (白色顔料) に赤色の有機系色料を混ぜたものと考えられる。

表2 X線回折諸データ

(中177 蘇芳地金銀絵花形方几第3号・白色顔料)

回折線 2θ ° α ()	同定結果	α ()
29.5 4.50	Cotunnite(020)	4.52
33.0 4.03	Cotunnite(011)	4.06
34.3 3.88	Cotunnite(120)	3.89
35.0 3.81	Cotunnite(200)	3.81
37.4 3.57	Cotunnite(111)	3.58
46.4 2.91	Cotunnite(220)	2.92
48.8 2.77	Cotunnite(211)	2.78
54.2 2.51	Cotunnite(031)	2.51
61.0 2.26	Cotunnite(040)	2.26
62.6 2.20	Cotunnite(320)	2.21
64.4 2.15	Cotunnite(311)	2.15
66.3 2.09	Cotunnite(231)	2.10
69.0 2.02	Cotunnite(022)	2.03
72.0 1.95	Cotunnite(202)	1.95
79.4 1.79	Cotunnite(222)	1.79
88.5 1.64	Cotunnite(151)	1.64

Cotunnite(JCPDS 26 1150)と比較



第3図 中177 粉地花形方几第2号・白色顔料のX線回折図形 [La : Laurionite]



3 . 粉地花形方几第2号 (中177)

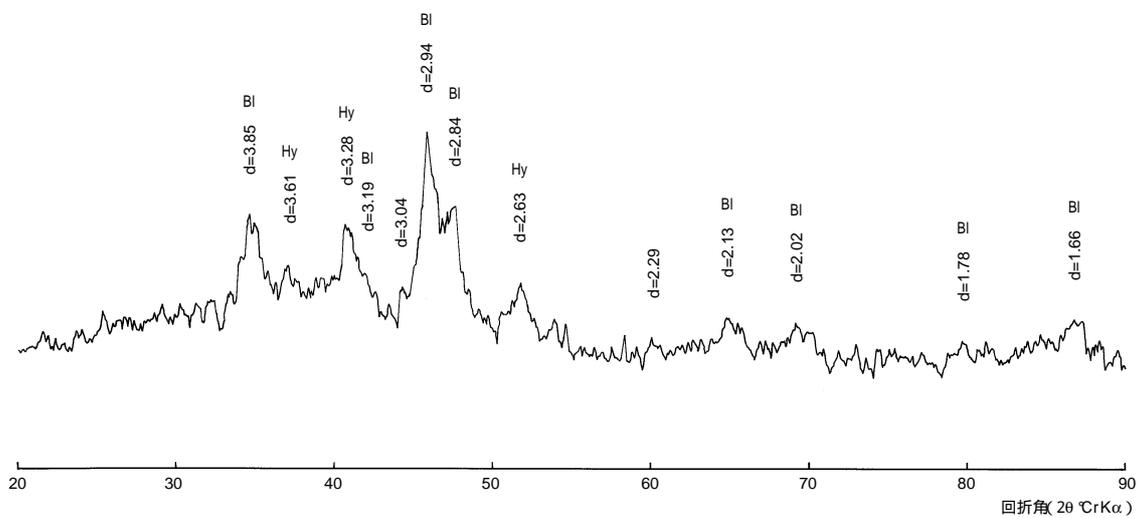
ヒノキ製。十二花形の天板の4隅に華足を付す献物几。天板は中央部を淡紅色に塗り、周縁部および側面は蘇芳色に塗る。華足は2段に象り、橙系量綱、青系量綱、緑系量綱などで彩色する。天板裏面および華足裏側は萌黄色である。

示したデータは天板上面淡紅色部分のもので、水酸化塩化鉛(Laurionite)に基づく回折線が顕著に現れている。水酸化塩化鉛(白色顔料)に赤色の有機系色料を混ぜたものと考えられる。

表3 X線回折諸データ
(中177 粉地花形方几第2号・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
33.2	4.01	Laurionite(120)	4.01
37.6	3.55	Laurionite(200)	3.56
40.8	3.28	Laurionite(111)	3.30
47.8	2.83	Laurionite(121)	2.84
53.0	2.57	Laurionite(211)	2.57
54.0	2.52	Laurionite(031)	2.51
59.8	2.30	Laurionite(310)	2.30
64.8	2.14	Laurionite(320)	2.13
67.8	2.05	Laurionite(231)	2.06
69.8	2.00	Laurionite(141)	2.00
85.0	1.69	Laurionite(340)	1.70

Laurionite(JCPDS 31 0680)と比較



第4図 中177 粉地彩絵几第10号・白色顔料のX線回折図形 [BI : Blixite、Hy : Hydrocerussite]



4. 粉地花形方几第10号 (中177)

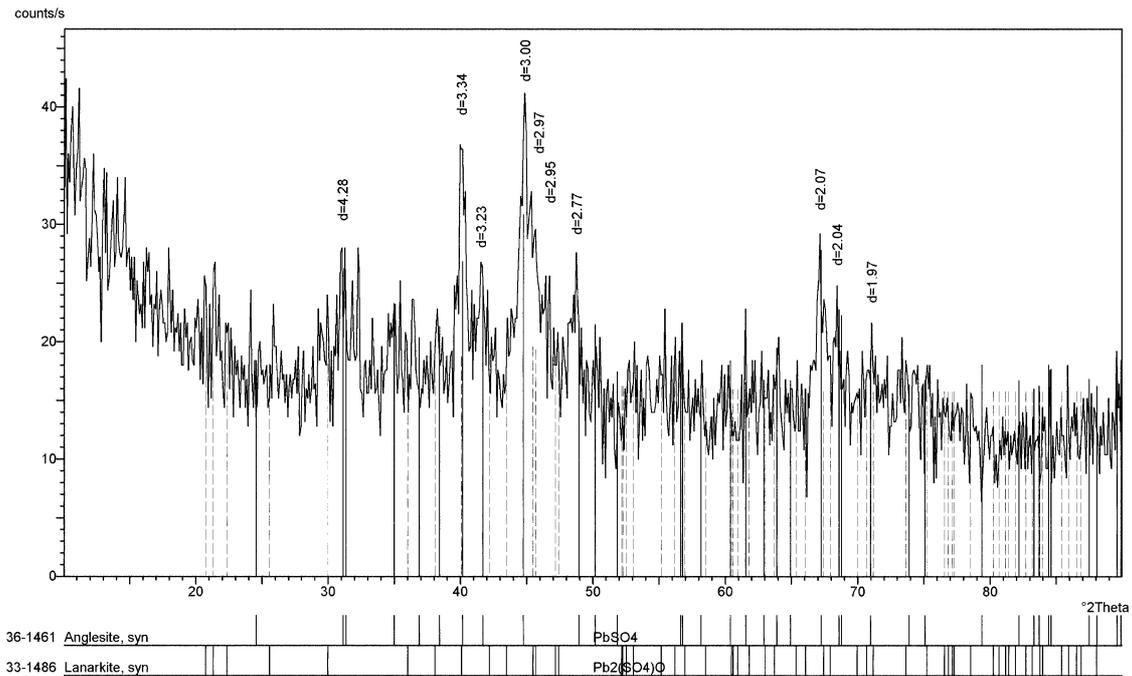
ヒノキ製。長方形の天板の4隅に華足を付す献物几。錦の褥が付属する。天板は上面、側面、裏面とも全面に淡紅色を塗り、側面には赤色で花文をあらわす。華足は2段に象り、青系暈縹、緑系暈縹、橙色暈縹、赤紫暈縹で彩る。「千手堂」の墨書がある。

示したデータは天板上面淡紅色のものであり、酸化塩化鉛 (Blixite) と塩基性炭酸鉛 (Hydrocerussite) に基づく回折線が現れている。塩基性炭酸鉛はこの場合、酸化塩化鉛の変質生成物である。酸化塩化鉛 (白色顔料) に赤色の有機系色料を混ぜたものと考えられる。

表4 X線回折諸データ
(中177 粉地彩絵几第10号・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
34.6	3.85	Blixite(112)	3.88
37.0	3.61	Hydrocerussite(104)	3.61
40.8	3.28	Hydrocerussite(015)	3.29
42.0	3.19	Blixite(115)	3.18
44.2	3.04		
45.8	2.94	Blixite(116)	2.93
47.6	2.84	Blixite(009)	2.83
51.7	2.63	Hydrocerussite(110)	2.62
60.0	2.29		
64.9	2.13	Blixite(028)	2.12
69.2	2.02	Blixite(220)	2.04
79.8	1.78	Blixite(132)	1.79
87.0	1.66	Blixite(308)	1.66

Blixite(JCPDS 12 0542), Hydrocerussite(JCPDS 13 0131)と
比較



第5図 南1 伎楽面木彫第71号・白色顔料のX線回折図形(1)



5. 伎楽面木彫第71号(南1)

正倉院に171面伝わる伎楽面のうちのひとつ。キリ製。W2式(大田倭磨式)に属す金剛の面。顔面は下地を白色に塗り、その上に暗褐色を塗って肉身をあらわす。

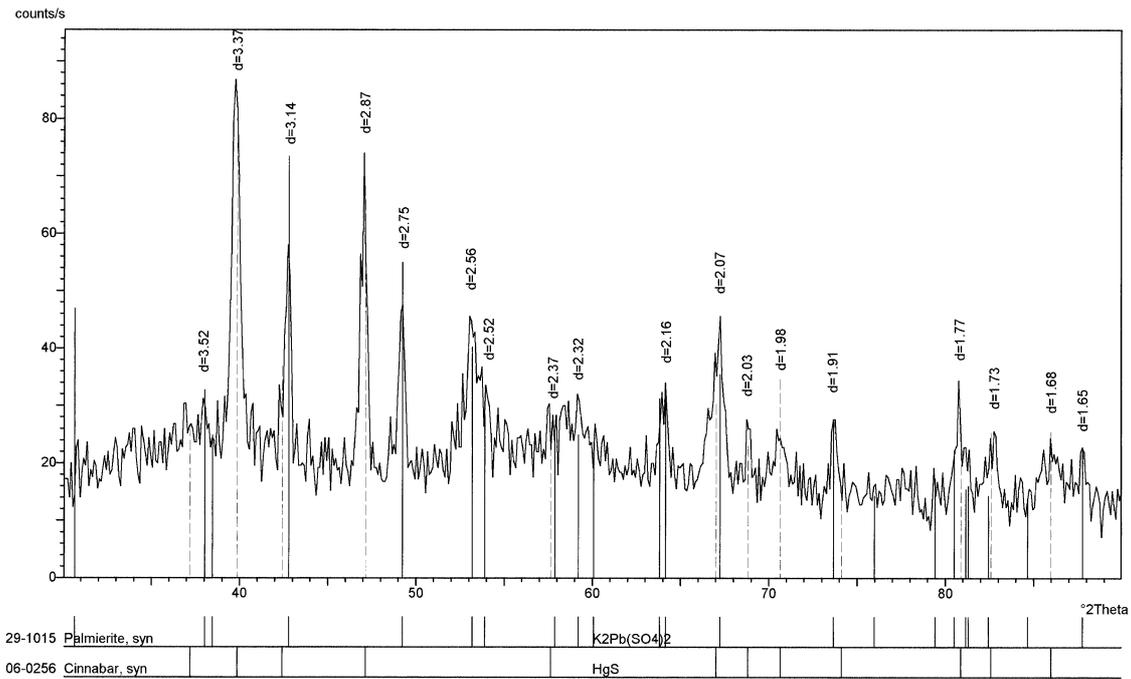
示したデータは額の肉身部分についてのものであるが、下地の白色顔料に由来すると考えられる化合物を確認している。硫酸鉛(Anglesite)に基づく回折線とオキシ硫酸鉛(Lanarkite)に基づく回折線が現れている。硫酸鉛系顔料については伎楽面に使用する例が多く見られるが、このように硫酸鉛とオキシ硫酸鉛が共存するケースが多い。

表5 X線回折諸データ

(南1 伎楽面木彫第71号・白色顔料)

回折線		同定結果	
2θ°	d(Å)		d(Å)
31.1	4.28	Anglesite(101)	4.27
40.1	3.34	Anglesite(021)/Lanarkite(310)	3.33/3.34
41.5	3.23	Anglesite(210)	3.22
44.8	3.00	Anglesite(121)	3.01
45.3	2.97	Lanarkite(112̄)	2.96
45.7	2.95	Lanarkite(402̄)	2.95
48.7	2.77		
67.3	2.07		
68.5	2.04	Anglesite(231)	2.03
71.0	1.97	Anglesite(041)/Lanarkite(603̄)	1.97

Anglesite(JCPDS 36 1461), Lanarkite(JCPDS 33 1486)と比較



第6図 南1 伎楽面木彫第71号・白色顔料のX線回折図形(2)



6. 伎楽面木彫第71号(南1)

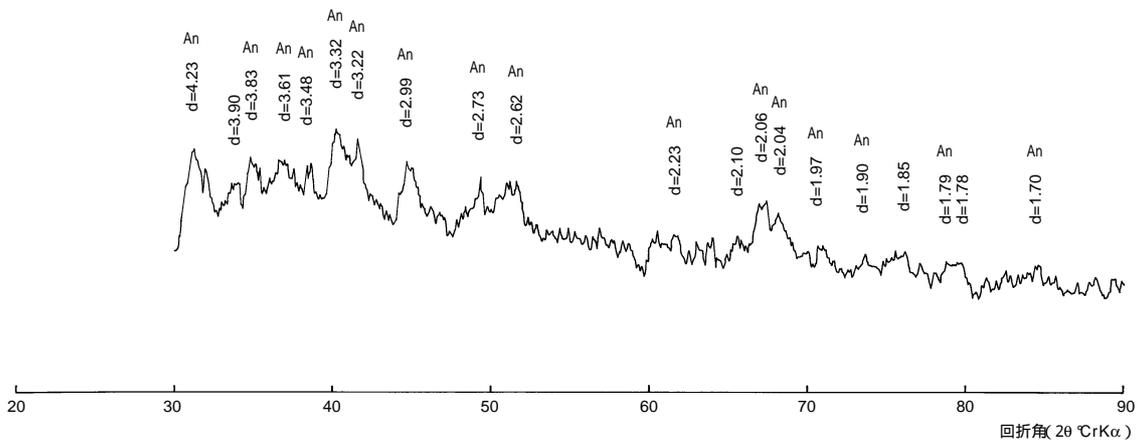
示したデータは伎楽面木彫第71号の赤色の唇部分のものであるが、下地の白色顔料に由来すると考えられる化合物が確認できる。すなわちカリウム硫酸鉛(Palmierite)に基づく回折線が、上層の朱に由来する辰砂(Cinnabar)に基づく回折線とともに現れている。

表6 X線回折諸データ

(南1 伎楽面木彫第71号・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
38.0	3.52	Palmierite(104)	3.52
39.8	3.37	Cinnabar(101)	3.36
42.8	3.14	Palmierite(015)	3.14
47.1	2.87	Cinnabar(102)	2.86
49.2	2.75	Palmierite(110)	2.75
53.1	2.56	Palmierite(113)	2.56
54.0	2.52	Palmierite(107)	2.53
57.8	2.37	Palmierite(021)	2.37
59.1	2.32	Palmierite(009)	2.32
64.1	2.16	Palmierite(116)	2.16
67.1	2.07	Palmierite(205) / Cinnabar(110)	2.07 / 2.07
68.9	2.03	Cinnabar(111)	2.03
70.7	1.98	Cinnabar(104)	1.98
73.7	1.91	Palmierite(1010)	1.91
80.7	1.77	Cinnabar(201)	1.77
82.7	1.73	Cinnabar(113)	1.74
86.0	1.68	Cinnabar(105)	1.68
87.8	1.65	Palmierite(125)	1.65

Palmierite(JCPDS 29 1015), Cinnabar(06 0256)と比較



第7図 北44 鳥毛立女屏風第1扇・白色顔料のX線回折図形 [An : Anglesite]



7 . 鳥毛立女屏風第1扇 (北44)

紙本着色。1畳6扇の屏風の第1扇。「国家珍宝帳」はあわせて100畳の屏風を記載するが、そのうちのひとつ。本格的な絵画が描かれた屏風で、今に伝わるのはこれのみである。この屏風の製作地については、本紙にわが国で用いた文書の反故を利用していることから、本邦製であることが確定している。

示したデータは女性の顔面の肌色の頬部分のものである。鳥毛立女屏風は後補も少ないが、同部分はオリジナル部分である。多くの回折線が現れているが、ほとんどは硫酸鉛 (Anglesite) に基づくものである。

以前このX線回折図形について、これを石

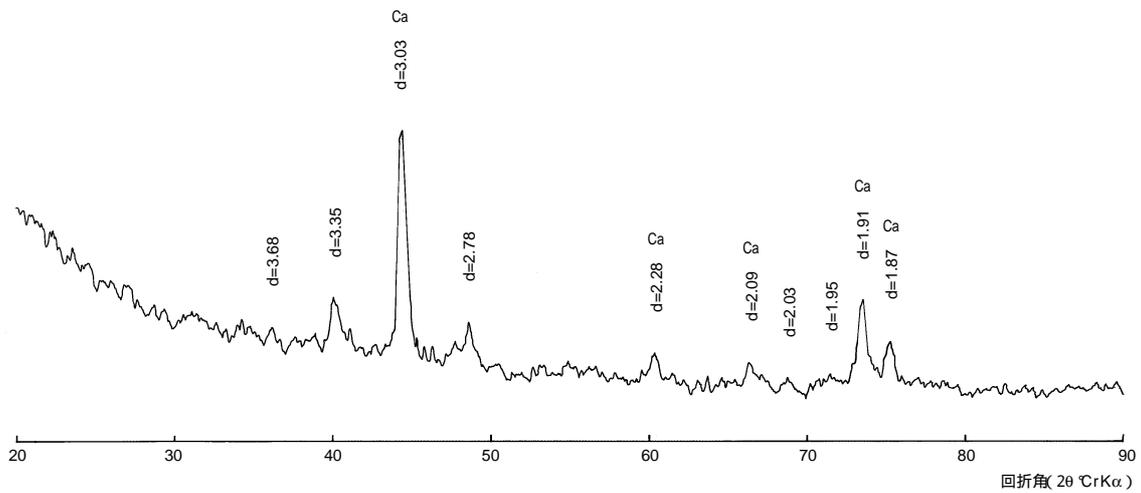
表7 X線回折諸データ

(北44 鳥毛立女屏風第1扇・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
31.4	4.23	Anglesite(020)	4.24
34.1	3.90		
34.8	3.83	Anglesite(111)	3.81
37.0	3.61	Anglesite(120)	3.62
38.4	3.48	Anglesite(200)	3.48
40.4	3.32	Anglesite(021)	3.33
41.6	3.22	Anglesite(210)	3.22
45.0	2.99	Anglesite(121)	3.01
49.5	2.73	Anglesite(002)	2.70
51.8	2.62	Anglesite(130)	2.62
61.8	2.23	Anglesite(310)	2.24
65.9	2.10		
67.6	2.06	Anglesite(212)	2.07
68.4	2.04	Anglesite(231)	2.03
71.0	1.97	Anglesite(041)	1.97
74.0	1.90	Anglesite(222)	1.91
76.4	1.85		
79.0	1.79	Anglesite(330)	1.79
80.0	1.78		
84.9	1.70	Anglesite(410, 331)	1.70

Anglesite(JCPDS 36 1461)と比較

英と微斜長石に基づく回折線が現れているものと考え、白土を使用しているものと推定したが、訂正する。



第 8 図 南 1 伎楽面木彫第63号・白色顔料のX線回折図形 [Ca : Calcite]



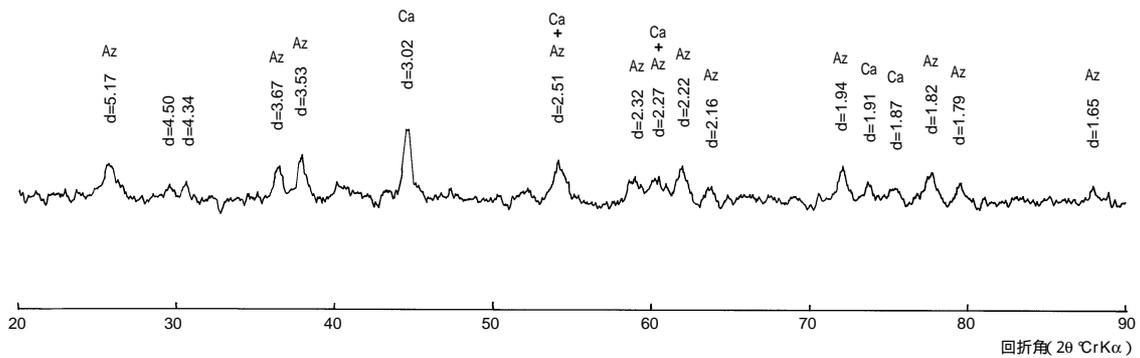
表 8 X線回折諸データ
(南 1 伎楽面木彫第63号・白色顔料)

回折線 2θ° α ()	同定結果	α ()
36.2 3.68		
40.0 3.35		
44.4 3.03	Calcite(104)	3.04
48.7 2.78		
60.4 2.28	Calcite(113)	2.29
66.4 2.09	Calcite(202)	2.10
68.8 2.03		
71.6 1.95		
73.7 1.91	Calcite(018)	1.91
75.4 1.87	Calcite(116)	1.88

Calcite(JCPDS 05 0586)と比較

8 . 伎楽面木彫第63号 (南 1)

キリ製。W3式(為首留史式)に属す迦樓羅の面。頭部は黒漆塗りとするが、顔面は白色塗り放しのままである。示したデータは嘴にくわえる宝珠の白色彩色の部分で、炭酸カルシウム(Calcite)に基づく回折線が現れている。走査電子顕微鏡観察(挿図14、15参照)により原料は二枚貝の貝殻であることが明らかになっている。本様式に属す伎楽面はすべて顔面を白色塗り放しにしているが、いずれも炭酸カルシウムを用いている。



第9図 中177 碧地彩絵几第15号・白色顔料のX線回折図形 [Ca : Calcite、Az : Azurite]



9. 碧地彩絵几第15号 (中177)

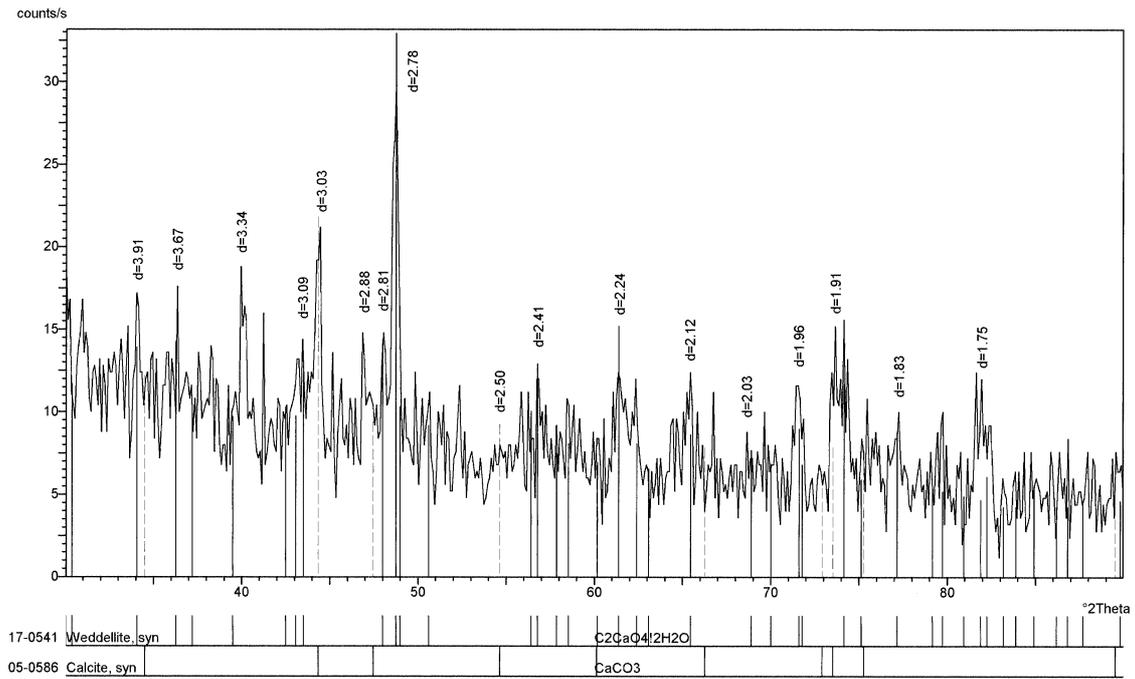
ヒノキ製。長方形の天板に棧脚を付す碧地の献物几で、付属する褥に神護景雲2年(768)4月3日の墨書銘がある。天板の上面周辺部や側面、棧脚は碧地とし、天板側面や棧脚側面には白色、紺色、赤色で花文や雲文を描いている。天板下面や棧脚の下面および割り形は淡紅色に彩る。

示したデータは天板側面の文様の白色部分についてである。炭酸カルシウム (Calcite) に基づく回折線が現れている。このほか藍銅鉱 (Azurite) に基づく回折線が現れているが、近辺にある紺色に用いられた岩群青によるものであろう。伎楽面以外唯一の、かつ唯一使用年代の押さえられる炭酸カルシウム顔料の使用例である。

表9 X線回折諸データ
(中177 碧地彩絵几第15号・白色顔料)

回折線 2θ ° α ()	同定結果	α ()
25.6 5.17	Azurite(002)	5.15
29.5 4.50		
30.6 4.34		
36.4 3.67	Azurite(102)	3.67
37.9 3.53	Azurite(102)	3.52
44.5 3.02	Calcite(104)	3.04
54.2 2.51	Calcite(110) / Azurite(113)	2.50 / 2.51
59.0 2.32	Azurite(104)	2.34
60.6 2.27	Calcite(113) / Azurite(211)	2.29 / 2.27
63.0 2.22	Azurite(211)	2.22
63.9 2.16	Azurite(114)	2.17
72.2 1.94	Azurite(213)	1.95
73.7 1.91	Calcite(018)	1.91
75.5 1.87	Calcite(116)	1.88
77.8 1.82	Azurite(124)	1.82
79.6 1.79	Azurite(115)	1.79
88.1 1.65	Azurite(016)	1.65

Azurite(JCPDS 11 0682), Calcite(JCPDS 05 0586)と比較



第10図 南1 伎楽面木彫第72号・白色顔料のX線回折図形



10. 伎楽面木彫第72号 (南1)

キリ製。迦樓羅の面。顔面は白色下地の上に緑色を塗り、肉垂れや鶏冠の部分は赤色に塗る。

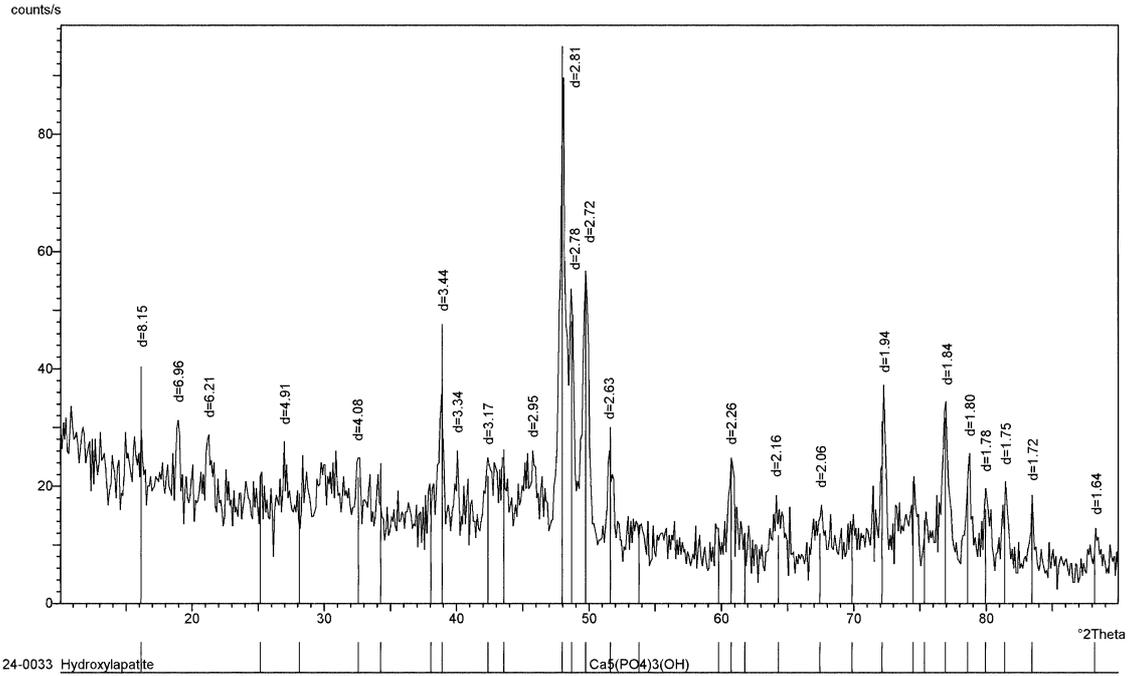
示したデータは白色下地の剥落片についてのもので、シュウ酸カルシウム2水和塩 (Weddellite) と炭酸カルシウム (Calcite) に基づく回折線が現れている。シュウ酸カルシウムの白色顔料を用いた宝物の確認例は今のところこれのみである。

表10 X線回折諸データ

(南1 伎楽面木彫第72号・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
34.0	3.91	Weddellite(310)	3.91
36.6	3.67	Weddellite(002)	3.68
40.1	3.34	Weddellite(112)	3.39
43.5	3.09	Weddellite(400)	3.09
44.4	3.03	Calcite(104)	3.04
46.9	2.88		
48.1	2.81	Weddellite(222)	2.82
48.7	2.78	Weddellite(411)	2.78
54.5	2.50	Calcite(110)	2.50
56.8	2.41	Weddellite(103)	2.41
61.4	2.24	Weddellite(213)	2.24
65.4	2.12	Weddellite(530)	2.12
68.7	2.03	Weddellite(512)	2.02
71.7	1.96	Weddellite(611)	1.96
73.8	1.91	Calcite(018)	1.91
77.2	1.83	Weddellite(532)	1.84
81.9	1.75		

Weddellite(JCPDS 17 0541), Calcite(JCPDS 05 0586)と比較



第11図 南 1 伎楽面木彫第45号・白色顔料のX線回折図形



11. 伎楽面木彫第45号 (南 1)

キリ製。W 5 式 (相模国式) に属す金剛の面。顔面を白色塗り放しとするが、多くの場所で白色が 2 層認められる。頭部は黒漆塗り。顎から頬にかけてのヒゲは植毛。

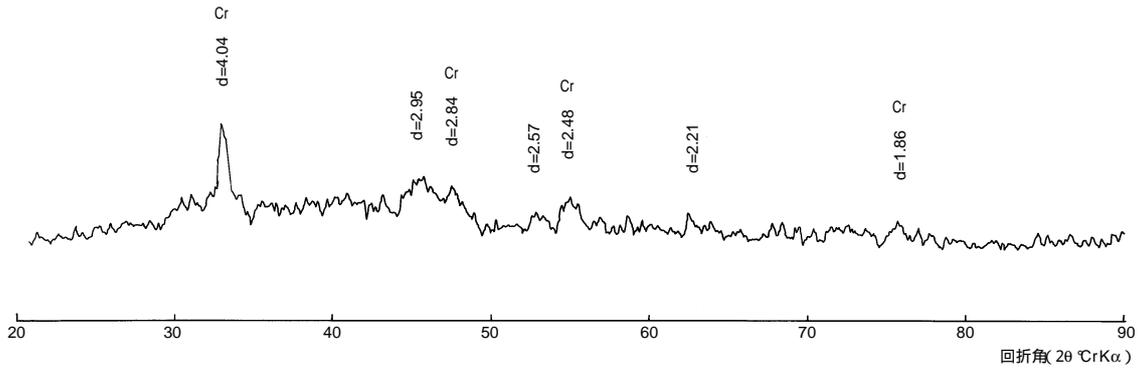
示したデータは右耳の耳朶についてのもので、リン灰石 (Apatite) に基づく回折線が顕著に現れている。比較のため水酸リン灰石のデータを示した。回折線はこれとよく一致するが、他のリン灰石との区別は難しく、そのいずれであるかはX線回折のみで決定できない。

表11 X線回折諸データ

(南 1 伎楽面木彫第45号・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
16.2	8.15	Hydroxylapatite(100)	8.17
18.9	6.96		
21.3	6.21		
27.0	4.91		
32.6	4.08	Hydroxylapatite(200)	4.08
38.9	3.44	Hydroxylapatite(002)	3.44
40.0	3.34		
42.3	3.17	Hydroxylapatite(102)	3.17
45.6	2.95		
48.0	2.81	Hydroxylapatite(211)	2.82
48.7	2.78	Hydroxylapatite(112)	2.78
49.8	2.72	Hydroxylapatite(300)	2.72
51.6	2.63	Hydroxylapatite(202)	2.63
60.7	2.26	Hydroxylapatite(130)	2.27
64.1	2.16	Hydroxylapatite(131)	2.15
67.6	2.06	Hydroxylapatite(113)	2.06
72.3	1.94	Hydroxylapatite(222)	1.95
76.9	1.84	Hydroxylapatite(213)	1.84
78.8	1.80	Hydroxylapatite(321)	1.81
80.0	1.78	Hydroxylapatite(410)	1.78
81.5	1.75	Hydroxylapatite(402 303)	1.76
83.5	1.72	Hydroxylapatite(004)	1.72
88.3	1.64	Hydroxylapatite(322)	1.65

Hydroxylapatite(JCPDS 24 0033)と比較



第12図 南1 伎楽面木彫第85号・白色顔料のX線回折図形 [Cr : Cristobalite]



表12 X線回折諸データ
(南1 伎楽面木彫第85号・白色顔料)

回折線 2θ °	d (Å)	同定結果	d (Å)
32.9	4.04	Cristobalite(101)	4.05
45.6	2.95		
47.6	2.84	Cristobalite(102)	2.84
53.0	2.57		
55.0	2.48	Cristobalite(200)	2.49
62.4	2.21		
75.8	1.86	Cristobalite(212)	1.87

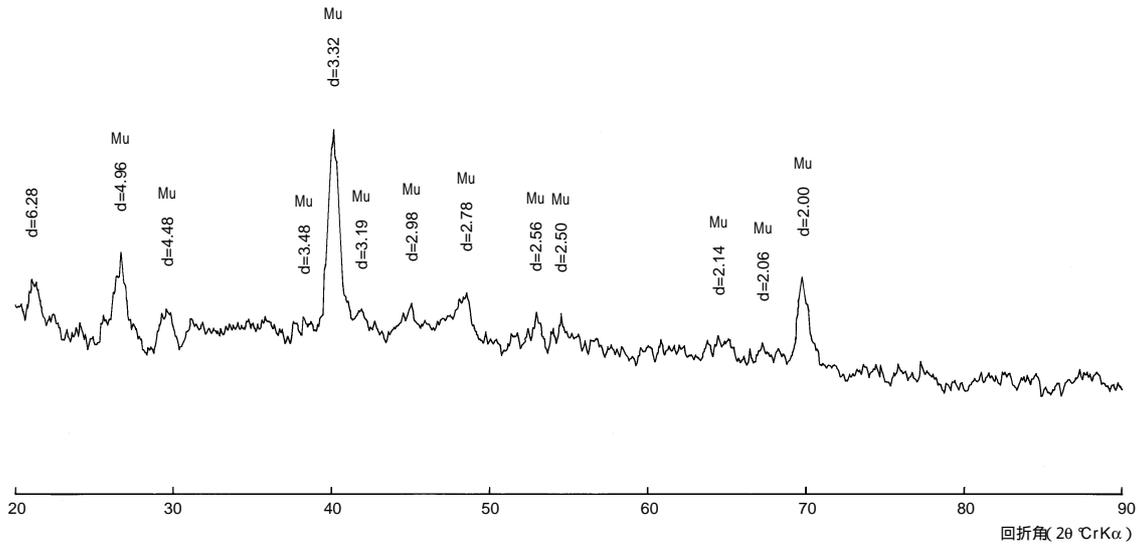
Cristobalite(JCPDS 11 0695)と比較

12. 伎楽面木彫第85号 (南1)

キリ製。W6式に属す治道の面。顔面は白色下地の上に褐色を塗って肉身をあらわす。

示したデータは頭部右上の白色下地露出部分のもので、クリストバライト (Cristobalite) に基づく回折線が現れている。クリストバライトを含む白土が用いられたものと考えられる。

本様式に属す伎楽面の白色下地はいずれも同様の顔料を用いている。



第13図 南1 伎楽面木彫第10号・白色顔料のX線回折図形 [Mu : Muscovite]



13. 伎楽面木彫第10号 (南1)

キリ製。W4式に属す太孤児の面。顔面は白色下地の上を橙色に塗る。

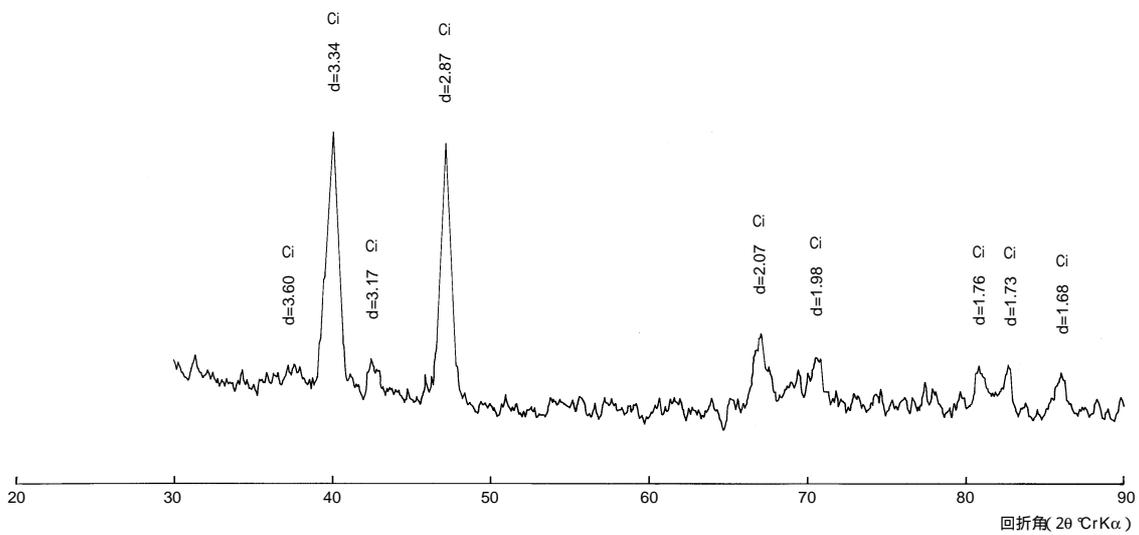
示したデータは頬の下地部分のもので、白雲母 (Muscovite) に基づく回折線が現れている。白雲母を含む白土を用いた宝物の確認例はいまのところこれが唯一である。

表13 X線回折諸データ

(南1 伎楽面木彫第10号・白色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
21.0	6.28		
26.7	4.96	Muscovite(004)	4.97
29.6	4.48	Muscovite(111)	4.47
38.4	3.48	Muscovite(114)	3.48
40.3	3.32	Muscovite(006)	3.32
42.0	3.19	Muscovite(114)	3.19
45.2	2.98	Muscovite(025)	2.99
48.6	2.78	Muscovite(116)	2.79
53.1	2.56	Muscovite(116)	2.57
54.6	2.50	Muscovite(117)	2.51
64.6	2.14	Muscovite(135)	2.13
67.4	2.06	Muscovite(044)	2.05
70.0	2.00	Muscovite(0010)	1.99

Muscovite(JCPDS 06 0263)と比較



第14図 中143 密陀彩絵箱第13号・赤色顔料のX線回折図形 [Ci : Cinnabar]



14．密陀彩絵箱第13号（中143）

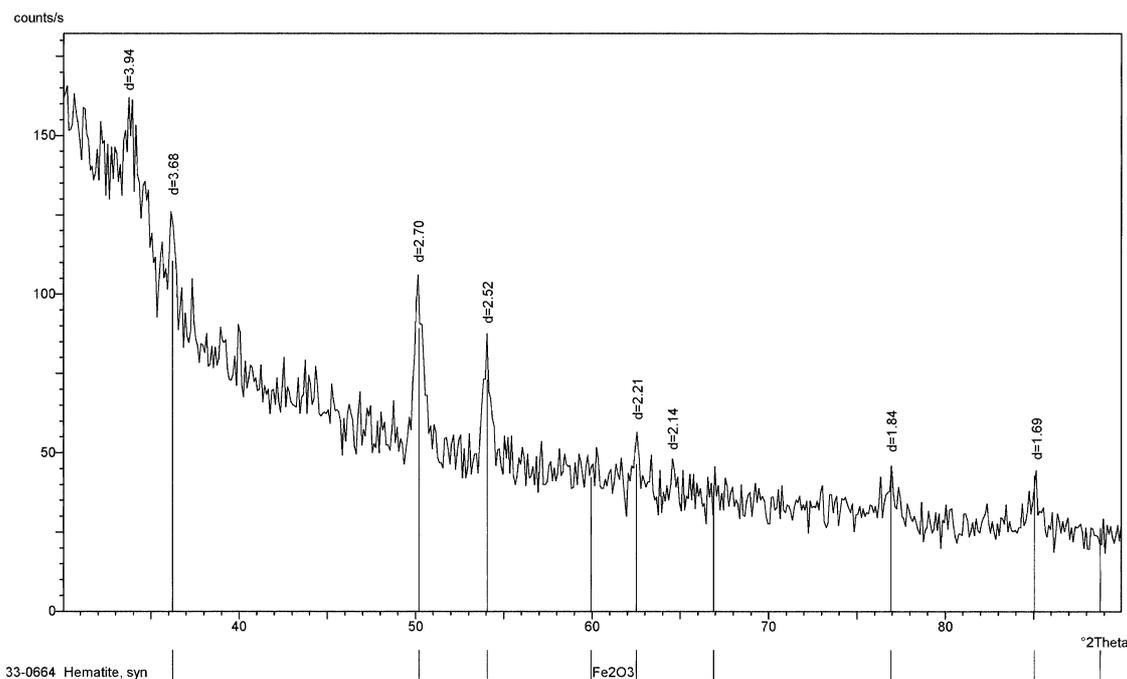
長方形。木製黒漆塗り、印籠蓋造りの箱で、床脚はない。正面中央の蓋と身には壺金具を付け、鑰子を取りつける。蓋表や側面には赤、淡緑、白、褐色、金などで唐花文を描き、油様の物質をかけている。

示したデータは蓋表隅の赤色部分についてのもので、辰砂（Cinnabar）に基づく回折線が現れている。

表14 X線回折諸データ
（中143 密陀彩絵箱第13号・赤色顔料）

回折線 2θ °	d (Å)	同定結果	d (Å)
37.1	3.60	Cinnabar(100)	3.59
40.1	3.34	Cinnabar(101)	3.36
42.4	3.17	Cinnabar(003)	3.17
47.1	2.87	Cinnabar(102)	2.87
67.1	2.07	Cinnabar(110)	2.07
70.6	1.98	Cinnabar(104)	1.98
80.9	1.76	Cinnabar(201)	1.77
82.8	1.73	Cinnabar(113)	1.74
86.2	1.68	Cinnabar(202 ,105)	1.68

Cinnabar(JCPDS 42 1408)と比較



第15図 南155 彩絵仏像幡・赤色顔料のX線回折図形



15. 彩絵仏像幡（南155）

絹本彩色。蓮華座に坐す菩薩を幡身の各坪に1体ずつ描いた4坪の幡である。幡頭には未敷蓮華を、また幡脚には小花文を描いている。全体として明赤、赤、暗赤、紫、茶、黄、緑、白などの色が使われている。

示したデータは第2坪の背景地の褐色部分についてのもので、赤鉄鉱（Hematite）に基づく回折線が顕著に現れている。

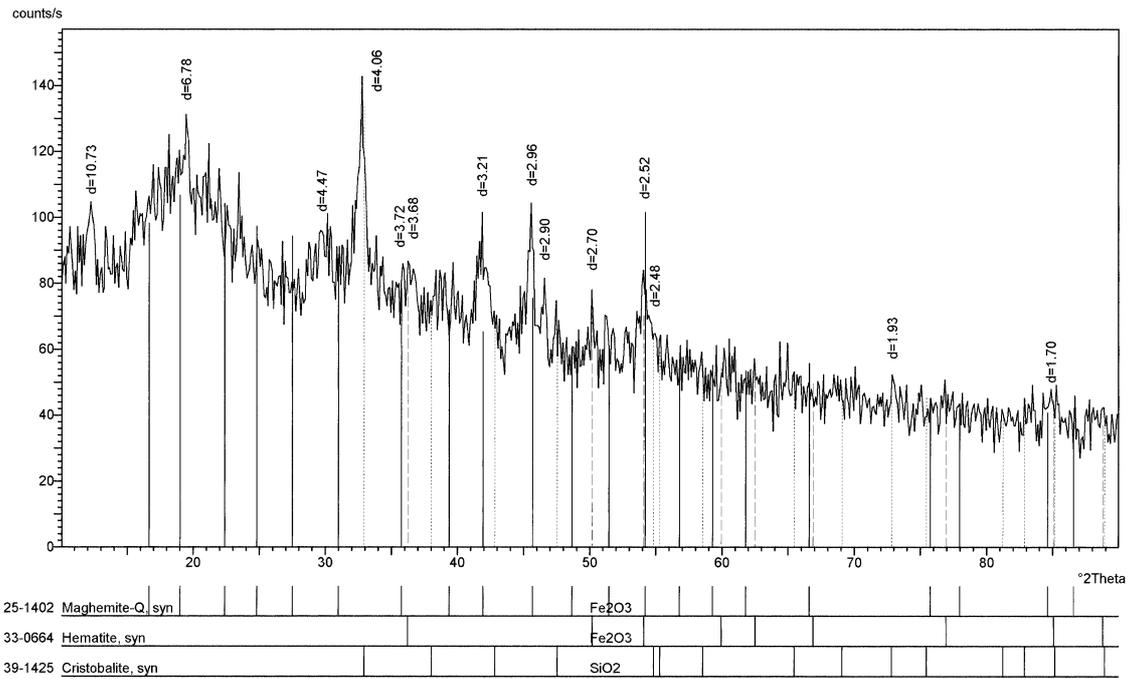
本宝物には若干色味の違う3色以上のベンガラが用いられている。これらベンガラがいずれも同一出所の原料を用いているかどうかは不明であるが、この幡の幡脚に用いたベンガラについては、剥落粉末の走査電子顕微鏡

表15 X線回折諸データ
（南155 彩絵仏像幡・赤色顔料）

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
33.8	3.94		
36.2	3.68	Hematite(012)	3.68
50.1	2.70	Hematite(104)	2.70
53.9	2.52	Hematite(110)	2.52
62.5	2.21	Hematite(113)	2.21
64.6	2.14		
76.9	1.84	Hematite(024)	1.84
85.1	1.69	Hematite(116)	1.69

Hematite(JCPDS 33 0664)と比較

観察から、それが水酸化鉄を焼成して製造したベンガラであることが明らかになった（挿図32、33参照）。



第16図 南1 伎楽面木彫第78号・赤色顔料のX線回折図形



16. 伎楽面木彫第78号 (南1)

キリ製。W5式に属す伎楽面セットのうち的一面で、太孤父の面である。顔面の白色は少なくとも2層以上を塗り、頭部は肉色に塗る。顎から頬にかけてはヒゲを植毛する。

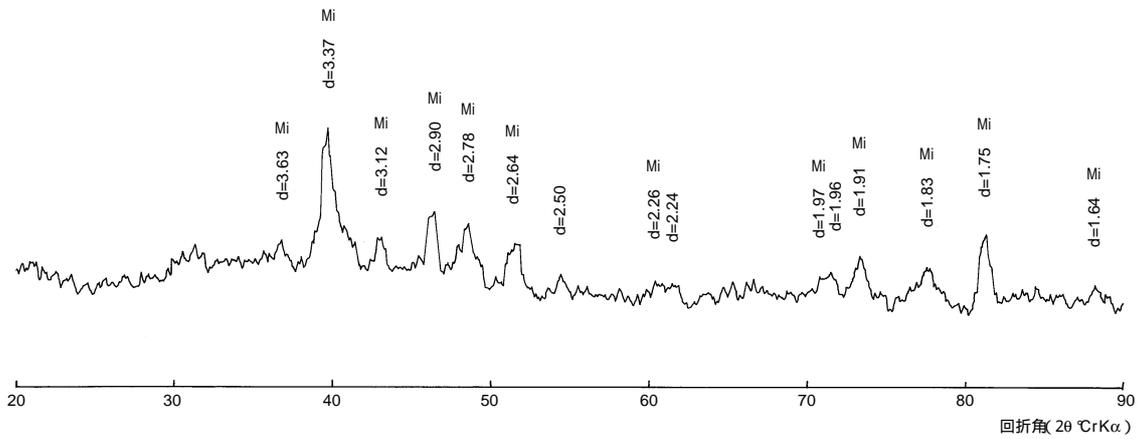
示したデータは前頭部の肉色についてのもので、磁赤鉄鉱 (Maghemite) と赤鉄鉱 (Hematite) およびクリストバライト (Cristobalite) に基づく回折線が現れている。磁赤鉄鉱と赤鉄鉱が混じるベンガラ系の顔料である。

表16 X線回折諸データ

(南1 伎楽面木彫第78号・赤色顔料)

回折線 2θ° α ()	同定結果	α ()
12.3 10.73		
19.5 6.78		
29.7 4.47		
32.7 4.06	Cristobalite(101)	4.04
35.9 3.72	Maghemite-Q(203)	3.73
36.3 3.68	Hematite(012)	3.68
41.8 3.21	Maghemite-Q(205)	3.20
45.6 2.96	Maghemite-Q(206)	2.95
46.5 2.90		
50.2 2.70	Hematite(104)	2.70
54.1 2.52	Maghemite-Q(119)/Hematite(110)	2.51/2.52
54.9 2.48	Cristobalite(200)	2.49
72.9 1.93	Cristobalite(113)	1.93
84.8 1.70	Maghemite-Q(2212)/Hematite(116)	1.70/1.69

Maghemite-Q (JCPDS 25 1402), Hematite (JCPDS 33 0664), Cristobalite (JCPDS 39 1425) と比較



第17図 南1 伎楽面木彫第56号・赤色顔料のX線回折図形 [Mi : Minium]



17. 伎楽面木彫第56号 (南1)

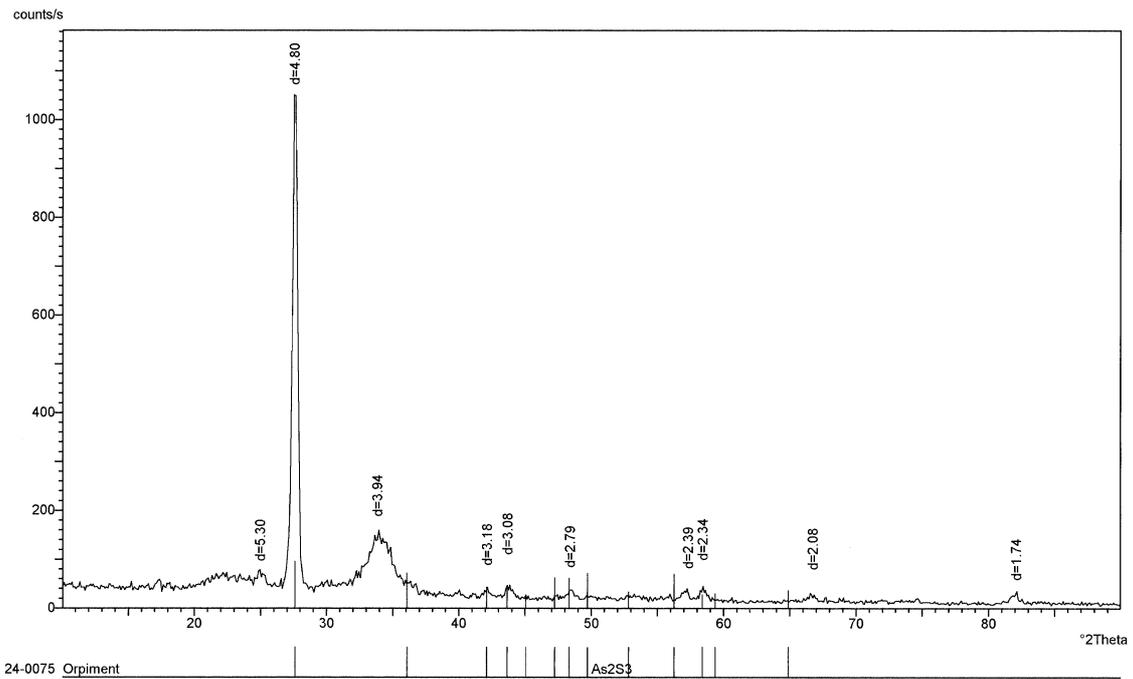
キリ製。力士の面。白色下地を施し、肉身や髻の結紐部分を赤褐色に塗る。頭部は黒漆塗り。

示したデータは結紐部分のもので、四酸化三鉛 (Minium) に基づく回折線が顕著に現れている。

表17 X線回折諸データ
(南1 伎楽面木彫第56号・赤色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
36.8	3.63	Minium(201)	3.66
39.7	3.37	Minium(211)	3.38
43.1	3.12	Minium(220)	3.11
46.5	2.90	Minium(112)	2.90
48.7	2.78	Minium(310)	2.79
51.6	2.64	Minium(202)	2.63
54.5	2.50		
60.8	2.26	Minium(222)	2.26
61.6	2.24		
70.9	1.97	Minium(420)	1.97
71.6	1.96		
73.5	1.91	Minium(213)	1.91
77.7	1.83	Minium(402)	1.83
81.5	1.75	Minium(332)	1.76
88.4	1.64	Minium(004)	1.64

Minium(JCPDS 08 0019)と比較



第18図 中20 続々修第35帙第3巻「常疏充紙帳」・黄色顔料のX線回折図形

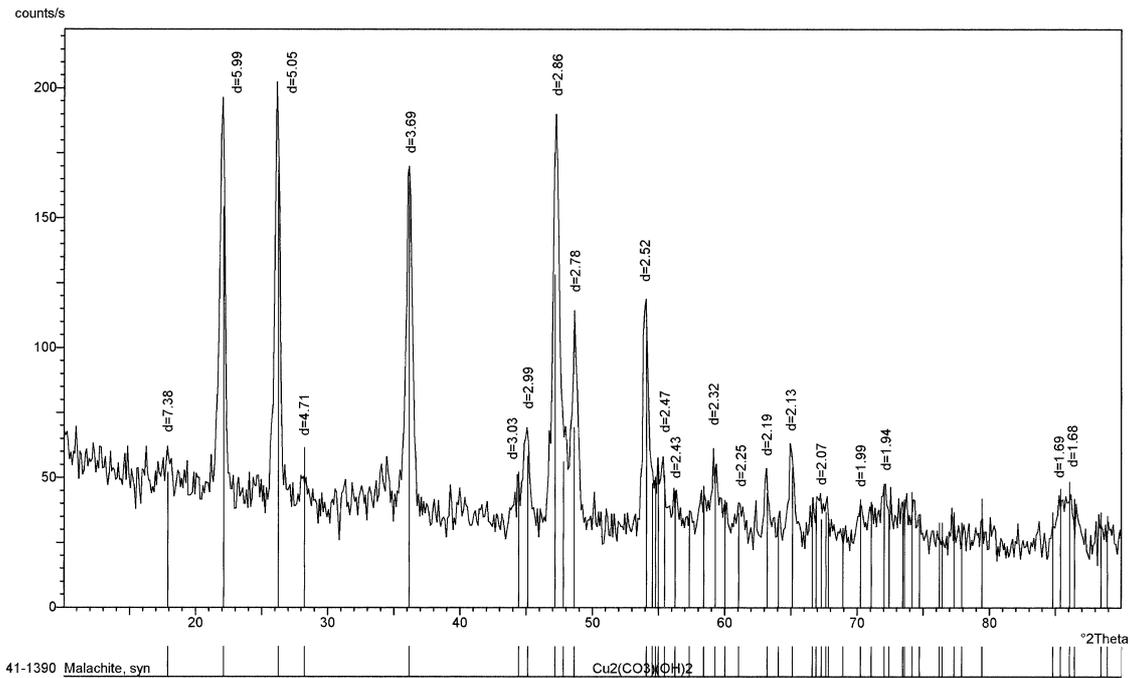


表18 X線回折諸データ
(中20 続々修第35帙第3巻「常疏充紙帳」・黄色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
24.9	5.30		
27.6	4.80	Orpiment(020)	4.80
33.8	3.94		
42.1	3.18	Orpiment(021)	3.19
43.7	3.08	Orpiment(130)	3.08
48.5	2.79	Orpiment(230)	2.80
57.2	2.39		
58.4	2.34	Orpiment(140)	2.35
66.6	2.08		
82.1	1.74		

Orpiment(JCPDS 24 0075)と比較

18. 続々修第35帙第3巻「常疏充紙帳」(中20)
紙本卷子装。五月一日経の写経用紙の支給を示した帳簿である。天平16年(744)2月に書かれた墨書の上を、黄色、淡緑色などの色で抹消する箇所が見られ、このほか橙色の注記などがある。示したデータは墨書を黄色に塗りつぶした部分のもので、石黄(Orpiment)に基づく回折線が現れている。



第19図 中155 緑地彩絵箱第31号・緑色顔料のX線回折図形



19. 緑地彩絵箱第31号 (中155)

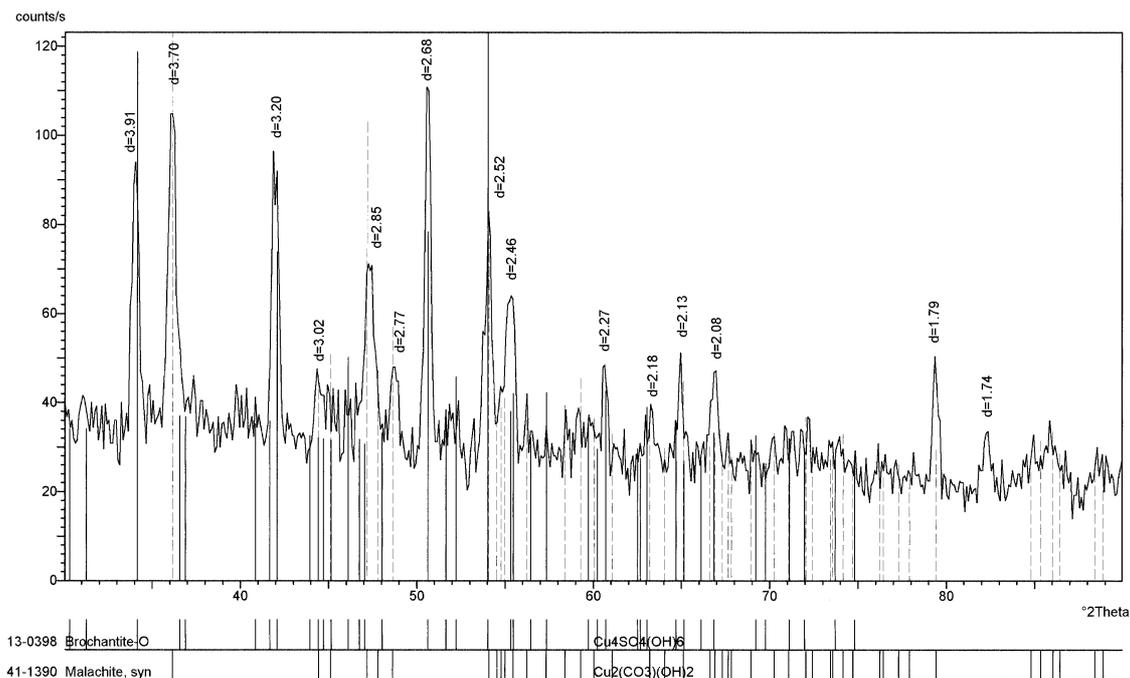
スギ製。床脚付き印籠蓋造りの献物箱で、箱の稜角には押縁をめぐらす。蓋表、蓋・身の側面は淡緑色地で濃赤、赤、橙、濃紫、淡紫、縹、濃緑、黄、白、黒などの諸色で複合花葉文を描く。押縁は金色の上に赤と黒で斑文を描く。身底裏、床脚の削形および内面、畳摺上面は橙色に塗る。また箱内面は淡紅色に塗る。

示したデータは蓋表隅の緑色部分のもので、孔雀石 (Malachite) に基づく回折線が現れている。

表19 X線回折諸データ
(中155 緑地彩絵箱第31号・緑色顔料)

回折線	同定結果		α (°)
2θ (°)	α (°)		
17.9	7.38	Malachite(110)	7.37
22.0	5.99	Malachite(020)	5.97
26.2	5.05	Malachite(120)	5.04
28.1	4.71	Malachite(200)	4.70
36.2	3.69	Malachite(220)	3.69
44.4	3.03	Malachite(230)	3.03
45.0	2.99	Malachite(040)	2.99
47.2	2.86	Malachite(20 $\bar{1}$)	2.86
48.7	2.78	Malachite(21 $\bar{1}$)	2.78
54.0	2.52	Malachite(240)	2.52
55.3	2.47	Malachite(330)	2.46
56.2	2.43	Malachite(211)	2.43
59.2	2.32	Malachite(150)	2.32
61.1	2.25	Malachite(32 $\bar{1}$)	2.25
63.1	2.19	Malachite(041)	2.19
65.1	2.13	Malachite(250)	2.13
67.3	2.07	Malachite(24 $\bar{1}$)	2.07
70.2	1.99	Malachite(060)	1.99
72.1	1.94	Malachite(160)	1.95
85.3	1.69	Malachite(061)	1.69
86.1	1.68	Malachite(360)	1.68

Malachite(JCPDS 41 1390)と比較



第20図 南37 漆金薄絵盤甲剥落蓮弁外面・緑色顔料のX線回折図形



20. 漆金薄絵盤甲剥落蓮弁 (南37)

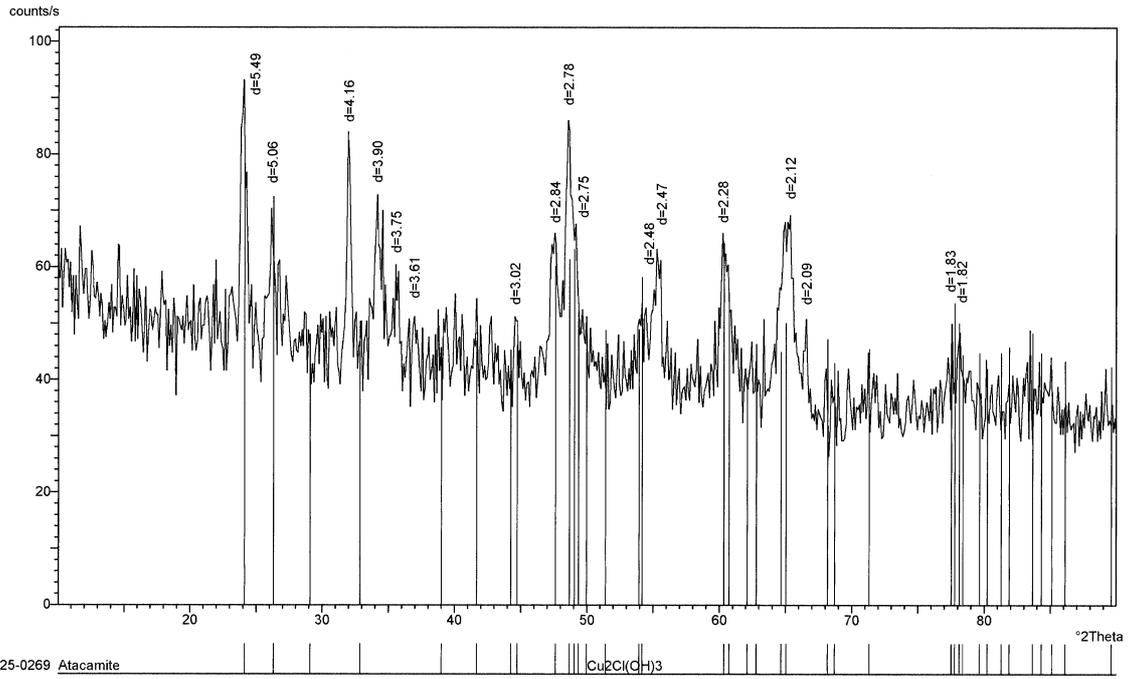
正倉院に一對伝わる漆金薄絵盤のうち、甲から脱落した蓮弁で、外面は白下地の上に、橙色地をつくり、外側は金色で区画し、内側には緑系暈縹、青系暈縹、赤紫系暈縹、橙系暈縹などで宝相華文様を描く。

示したデータは外面の緑色部分のもので、孔雀石 (Malachite) および塩基性硫酸銅 (Brochantite) の回折線が現れている。両鉱物が混じった鉱石を原料とした岩緑青であると考えられる。

表20 X線回折諸データ
(南37 漆金薄絵盤甲剥落蓮弁外面・緑色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
34.0	3.91	Brochantite-Q (220)	3.90
36.1	3.70	Malachite (220)	3.69
42.0	3.20	Brochantite-Q (400)	3.19
44.5	3.02	Malachite (230) / Brochantite-Q (410)	3.03 / 3.03
47.3	2.85	Malachite (201)	2.86
48.7	2.77	Malachite (211)	2.78
50.5	2.68	Brochantite-Q (420)	2.68
54.1	2.52	Brochantite-Q (122) / Malachite (240)	2.52 / 2.52
55.4	2.46	Brochantite-Q (302)	2.46
60.7	2.27	Brochantite-Q (520)	2.27
63.3	2.18	Malachite (041)	2.19
64.9	2.13	Malachite (250) / Brochantite-Q (600)	2.13 / 2.13
66.9	2.08	Brochantite-Q (610) / Malachite (331)	2.08 / 2.08
79.4	1.79	Malachite (520)	1.79
82.3	1.74		

Brochantite-Q (JCPDS 13 0398), Malachite (41 1390) と比較



第21図 北42 円鏡平螺鈿背第5号・緑色顔料のX線回折図形



21. 平螺鈿背鏡第5号(北42)

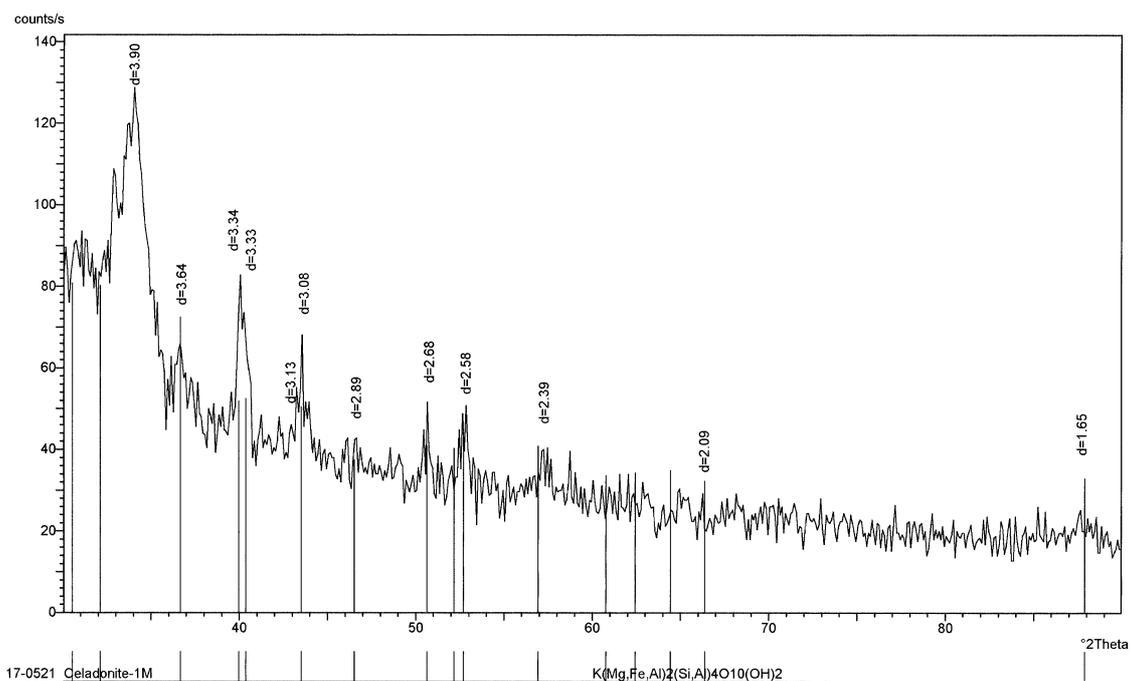
正倉院には北倉に7面、南倉に2面のあわせて9面の平螺鈿背鏡が伝わるが、そのうちの1面。鏡体は青銅(銅スズ-鉛系)製。鎌倉時代に盗難に遭って大破し、現在破片14辺が残されている。鏡背の装飾はほとんど脱落し、このため現在、文様の割り付け線や本来半透明の象眼材の下面に隠れていた彩色の痕跡を見ることができる。

示したデータは縁辺近くの淡緑色部分についてのもので、本来その上には琥珀板が貼られていた。塩基性塩化銅(Atacamaite)に基づく回折線が現れている。なお別の箇所のX線回折図形にはパラタカマイト(Paratacamite)と一致する回折線が現れている。

表21 X線回折諸データ
(北42 円鏡平螺鈿背第5号・緑色顔料)

回折線 2θ°	α(°)	同定結果	α(°)
24.1	5.49	Atacamite(011)	5.48
26.1	5.06	Atacamite(110)	5.03
31.9	4.16		
34.1	3.90		
35.6	3.75		
37.0	3.61		
44.6	3.02	Atacamite(200)	3.01
47.6	2.84	Atacamite(112)	2.84
48.6	2.78	Atacamite(031)	2.78
49.1	2.75	Atacamite(201)	2.76
55.0	2.48		
55.2	2.47		
60.4	2.28	Atacamite(040)	2.28
65.3	2.12	Atacamite(132)	2.13
66.6	2.09		
77.5	1.83	Atacamite(033) / Atacamite(203)	1.83 / 1.82
78.1	1.82	Atacamite(232) / Atacamite(142)	1.82 / 1.81

Atacamite(JCPDS 25 0269)と比較



第22図 南155 彩絵仏像幡・緑色顔料のX線回折図形

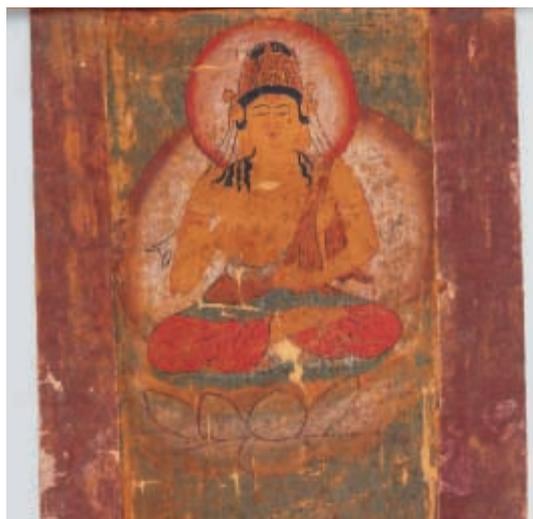


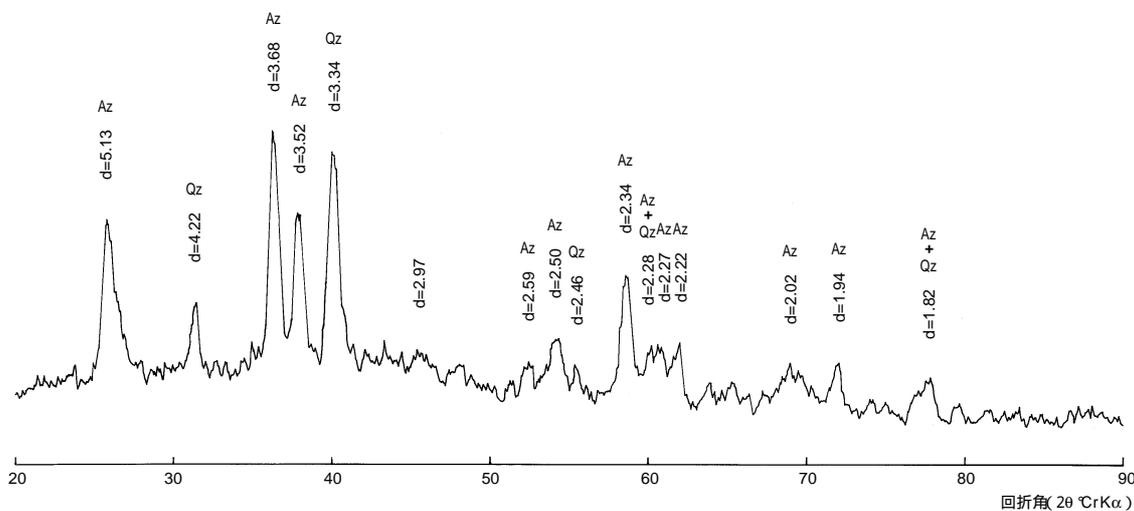
表22 X線回折諸データ
(南155 彩絵仏像幡・緑色顔料)

回折線 2θ °	α (°)	同定結果	α (°)
34.1	3.90		
36.6	3.64	Celadonite 1M(112)	3.64
40.0	3.34	Celadonite 1M(022)	3.35
40.3	3.33	Celadonite 1M(003)	3.32
43.0	3.13		
43.6	3.08	Celadonite 1M(112)	3.09
46.6	2.89	Celadonite 1M(113)	2.90
50.6	2.68	Celadonite 1M(023)	2.68
52.7	2.58	Celadonite 1M(131)	2.58
57.2	2.39	Celadonite 1M(132)	2.40
66.3	2.09	Celadonite 1M(221)	2.09
87.7	1.65	Celadonite 1M(152)	1.65

Celadonite 1M(JCPDS 17 0521)と比較

22. 彩絵仏像幡 (南155)
51頁参照。

示したデータは第1坪の菩薩の裾部分の淡緑色についてのものである。セラドナイト (Celadonite) の回折線とよく一致しているが、実際にはセラドナイトと海緑石 (Glauconite) の区別はX線回折のみでは難しい。ただしいずれにしても緑土を用いていることには変わりない。



第23図 中151 碧地金銀絵箱第25号・青色顔料のX線回折図形 [Az : Azurite , Qz : α-Quartz]



23. 碧地金銀絵箱第25号 (中151)

ヒノキ材。印籠蓋造り床脚付きの献物箱。身や蓋の外面は碧色に塗って、これを地とし、蓋表や側面には金銀で鳥、蝶、草花の文様を描く。蓋身とも各稜角は蘇芳色に塗って金色で5弁花をあらわす。床脚は白色塗りである。箱内面は淡紅色に塗る。身底裏には「東小塔」の墨書が見られる。

示したデータは蓋表の碧地部分のもので、藍銅鉱 (Azurite) のほか低温型石英 (α-Quartz) に基づく回折線が現われている。

表23 X線回折諸データ (中151 碧地金銀絵箱第25号・青色顔料)

回折線 2θ °	α ()	同定結果	α ()
25.8	5.13	Azurite(002)	5.15
31.5	4.22	α-Quartz(100)	4.26
36.3	3.68	Azurite(102)	3.67
37.9	3.52	Azurite(102)	3.52
40.1	3.34	α-Quartz(101)	3.34
45.4	2.97		
52.5	2.59	Azurite(113)	2.59
54.4	2.50	Azurite(200)	2.50
55.4	2.46	α-Quartz(110)	2.46
58.7	2.34	Azurite(104)	2.34
60.3	2.28	Azurite(122) / α-Quartz(102)	2.29 / 2.28
60.7	2.27	Azurite(211)	2.27
62.1	2.22	Azurite(211)	2.22
69.0	2.02	Azurite(123)	2.02
72.2	1.94	Azurite(213)	1.95
78.1	1.82	Azurite(124) / α-Quartz(112)	1.82 / 1.82

Azurite(JCPDS 11 0682), α-Quartz(JCPDS 05 0490)と比較

表24 正倉院宝物に確認した無機顔料

色	現代顔料名	奈良時代の顔料名	化学式	鉱物名	確認点数
白	鉛白	唐胡粉	$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$	水白鉛鉱	20
	不明	倭胡粉	$PbCl_2$	塩化鉛鉱	5
赤	硫酸鉛	不明	$Pb_2Cl(O_2OH)_2 \cdot x$ $x=0 \sim 0.32$	ラウリオナイト ブリクサイト	9 13
	炭酸カルシウム	不明	$PbSO_4 / Pb_2(SO_4)_2 / K_2Pb(SO_4)_2$	硫酸鉛鉱 / ラナ-カー ト / パルミラーライト	11
	不明	不明	$CaCO_3$	方解石	19
	白土	不明	$Ca_2(OH)(PO_4)(OH, F, Cl)$	リン灰石	12
	朱	白土	アルミノケイ酸塩	粘土鉱物	15
	ベンガラ	朱沙	HgS	辰砂	76
	鉛丹	紫土	Fe_2O_3	赤鉄鉱	17
	石黄	丹	Pb_3O_4	ミニウム	69
	黄土	雌黄	As_2S_3	オーピメント	7
	岩緑青	不明	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	褐鉄鉱	1
緑	不明	緑青・白緑	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	孔雀石	41
	緑土	不明	$Cu_2(OH)_2Cl$	緑塩銅鉱または パラタカマイト	2
青	岩群青	金青・白青	$K(Fe, Al)(Si, Al)_2O_7(OH)_2$ または $K(Mg, Fe, Al)(Si, Al)_2O_7(OH)_2$	海緑石または セラドナイト	5
金	金	金薄・金泥・金墨	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	藍銅鉱	24
銀	銀	銀薄・銀泥・銀墨	Au	金	26
			Ag	銀	35

* このほかシユウ酸カルシウム・2水和塩【シユウ酸石灰； $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$ 】、塩基性硫酸銅【プロシヤン銅鉱； $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$ 】、磁赤鉄鉱【 Fe_2O_3 】を含む顔料を確認しているが、それらについてはそれぞれ炭酸カルシウム、岩緑青、ベンガラの仲間に入れ、集計した。

