

近世・近代の木彫仏像に施された彩色の技法と色材

島津美子
岡田靖

Technical Study of Paint Materials in Buddhist Polychrome Wood Sculptures Made in 19th-Century Japan: Summary of Case Studies in Yamagata Prefecture

SHIMADZU Yoshiko and OKADA Yasushi

はじめに

① 調査の経緯と概略

② 色材および技法調査

③ 考察

結論

【論文要旨】

江戸時代後期になると、それまで京都を中心に行われてきた仏像の造像活動が、地方においても盛んになる。これらの仏像には彩色が施されていることが多いものの、彩色の調査や色材分析の事例はそれほど多くない。この点に着目し、現在、山形県下に安置されている仏像群の彩色調査を行った。調査の対象は、いずれも一九世紀に造られた彩色の木彫像で、京都七条仏師による作から、その流れをくむ地方仏師らによって造られた仏像群である。

前回の調査において、一九世紀前半の作例一件と明治時代に入ってから作例二件の色材分析を実施したところ、明治時代の作例にのみ、一部の色で輸入の合成色材が使われていた。本調査では、一九世紀中頃から末期にかけて造られた彩色仏像群九件に使われた色材を明らかにしつつ、輸入色材の種類や導入期などを検討した。明治時代に入ってから造られた尊像にみられる明るめの緑と青には、それぞれ、岩緑青がエメラルドグリーン（アセト亜ヒ酸銅）に、天然藍が合成ウルトラマリンブルーに置き

換わっていることが明らかとなった。一方で、色調の暗めの緑では、江戸時代と変わらずに黄色の石黄と藍色の色材が混合されたものが使われていた。同様に、赤や黄といった暖色系の色材も一九世紀を通してほぼ同じ色材が使われている。日本は、一九世紀の後半に諸外国との交易を正式に再開し、江戸時代から明治時代へと変わっていることを考慮すると、こうした社会的な変化が、彩色材料にも影響を及ぼしていたものと考えられる。一方で、他の色材は江戸時代にも使われていたものであり、すでに輸入されていた色材、たとえばプルシアンブルーが単色で使われた例は認められていない。本稿では、色材分析の結果をもとに、一九世紀の彩色仏像に用いられた色材について、輸入色材のみでなく、在来のもものも含めて概観した。

【キーワード】彩色仏像、一九世紀、山形県、合成ウルトラマリンブルー、エメラルドグリーン

はじめに

仏像彫刻の彩色において、色材分析は、限られた尊像の分析事例が散見されるが、地域や仏師の系列などを考慮した系統的な調査は行われていない。筆者らは、作者や製作年代がわかる山形県下に安置されている彩色仏像群を対象とし、三か所の彩色像に用いられた色材を明らかにした〔島津・岡田二〇一七〕。その結果、江戸時代後期と明治期に造られた仏像では、青と緑の色材が異なる一方、明治期に新しい色材が導入された色であっても、江戸時代に使われていた色材が継続して使われているものもあることを示した。しかし、対象となった仏像群は、その製作年代に六〇年以上の開きがあり、変化が生じた時期について知ることは難しい。実際にはこの間に、開港や明治政府の成立といった大きな社会的変化があり、これらが契機になっていると考えられるものの実証に乏しいのが現状である。

これらに鑑み、本研究では、江戸時代後期から明治期にかけて、山形県で彫刻彩色に用いられた色材を概観することを目的とした。調査事例を増やすことで、仏像彩色における時代ごとの使用色材の傾向と変化を検討した。

①調査の経緯と概略

すでに調査を行った江戸期の作例、龍泉寺の十六羅漢像は、京都の七条仏所三十一代康朝（一七五九～一八一八）の作であることが明らかにされている。七条仏所は、運慶らの系譜を継ぐ工房であり、とくに江戸時代初期には、幕府関連の造像において御用仏師ともいえる役割を担っていた。こうした京都での造像活動は、元禄期頃から減少し、代わりに

地方での造像活動が盛んになる。彫刻史における詳細は本誌掲載の論考を参照されたい〔岡田・長谷 九三頁〕。

本研究で調査対象とした仏像は、七条仏師や、山形の地方仏師によって造られたものである（表1）。おもな製作者は、京都の七条仏師、その流れをくむ地方仏師の一族である林家などである。林家は、現在の山形県大江町左沢あてりざわに拠点を置き、初代治作（一七六四～一八二四年頃）に始まり、文作（一八〇二～一八六八）、治三郎（一八二七～一八六六）、そして、治郎兵衛（一八四九～一九二〇）と親子四代にわたって活躍した。なかでも、二代目文作、四代目の治郎兵衛は、県内でも名工として知られ、広範囲に作例が確認されている。前回調査の対象であった⑩塩田行屋と⑪法来寺の諸尊は、この二人の下で修行を積んだと伝えられる仏師、新海宗慶、竹太郎親子によって造られている。

前回調査では、江戸時代後期にあたる文化一四年（一八一七）に製作された十六羅漢像（米沢市龍泉寺）、一八七九年（明治一二）製作の・仏像群（白鷹町塩田行屋しらたかまちしおたぎやうや）、一八八五年（明治一八）製作の十大弟子像（山形市法来寺）の三か所（表1の②、⑩、⑪に該当）を調査対象とした〔島津・岡田二〇一七〕。江戸後期の作例では、青に植物由来の藍、岩群青（アズライト）^①、花紺青（青色ガラス、詳細後述）が見つかった。緑には、岩緑青（マラカイト）、石黄と藍の混合物が用いられている。赤系は、水銀朱、鉛丹、ベンガラ（赤い酸化鉄を含む顔料）、そして、有機質の赤が確認された。水銀朱は鉛丹層の上に塗られていることが多く、ベンガラは茶色系や、赤みの強い落ち着いた紫色に使われている。黄色には石黄が多用されていたが、絵画では黄色自体あまり使われていないこともあり、使用頻度に絵画との違いが認められる。

明治期の作例二件では、青色彩色に合成ウルトラマリンブルーが使われていた。藍やアズライトが使われた様子はいくつか見え、分析した箇所に限っていえば検出されていない。緑については、岩緑青の代わりにエ

表 1 調査対象一覧

	調査場所	調査仏像	作者	製作年代
①	永昌寺	十六羅漢	三十一代康朝	文化年間 (1804 ~ 1817)
②	龍泉寺	十六羅漢	三十一代康朝	文化 14 年 (1817)
③	玉龍院	十六羅漢	畑治郎右衛門	文化 6 年 (1809) ~ 天保 2 年 (1831)
④	玉林寺	祖師像・大権修利・達磨大師	畑治郎右衛門	文化年間 (1804 ~ 1817) か
⑤	金勝寺	十六羅漢	三十三代 (康敬)	文政~天保年間 (1818 ~ 1843) 頃か
⑥	常林寺	十六羅漢	林文作・治三郎	嘉永元年・嘉永 2 年 (1848・1849)
⑦	旧玄海参籠所	不動明王三尊	林文作	文久 2 年 (1862)
⑧	個人宅	不動明王	新海宗松 (後の宗慶)	慶応 2 年 (1866)
⑨	慈眼寺	十六羅漢	新海宗慶	明治 2 年・明治 7 年 (1869・1874) *
⑩	塩田行屋	地藏菩薩 如意輪観音 御沢仏	新海宗慶	明治 9 年 (1876) 明治 10 年 (1877) 明治 12 年頃 (1879)
⑪	法来寺	十大弟子	新海宗慶	明治 18 年 (1885)
⑫	玉林寺	天室正運	新海宗慶	明治 27 年 (1894)
⑬	瑞龍院	十六善神および諸尊	乾清太郎	明治 28 年 (1895) ~ 31 年 (1898) 頃

* 2 体に異なる年の銘が記入されていた (詳細は本誌岡田・長谷 p.113 を参照のこと)

メラルドグリーンが使われ、こい緑には、石黄と藍色色材を混合したものが使われていた。江戸期の作例では、藍色色材として藍が用いられていたが、明治期の作例では、プルシアンブルーも用いられていた。興味深いことに、エメラルドグリーンに青みを増すために混ぜられている青色色材は、プルシアンブルーではなく、ウルトラマリンブルーであった。その他、赤系や黄色の色材については、すでに合成材料も輸入されていたであろう明治中頃になっても、江戸期の例とほぼ同じ色材が用いられており、同様の技法で彩色されていた。

本調査では、製作年代こそ不確かではあるが、七条左京家三十一代康朝の作例として、永昌寺十六羅漢像を調査対象①とした。ついで、畑治郎右衛門作の玉龍院十六羅漢像(調査対象③)、同氏作の玉林寺諸尊像(調査対象④)、「三十三代」の銘が残る金勝寺十六羅漢像(調査対象⑤)の三か寺を加えた。さらに、明治時代の京仏師の作例として、乾清太郎による瑞龍院十六善神像および阿難像他(調査対象⑬)の調査を行った。以上、龍泉寺を含めた調査対象①から⑤までと⑬を、京都仏師による作例とする。

地方仏師の作例として、林家が製作した常林寺十六羅漢(調査対象⑥)、旧玄海参籠所の不動明王三尊(調査対象⑦)の二件、続く新海宗慶による各諸尊(調査対象⑧~⑫)を調査対象とした。

② 色材および技法調査

調査は、現地での観察、可搬型蛍光 X 線分析⁽²⁾による元素分析(以下、可搬 XRF)のほか、仏像から剥落した微小な彩色片を実験室に持ち帰っての試料片分析により行った。筆者岡田が修復を手掛けた仏像については、修復中に得られた自然に脱落した彩色片を住職らの許可を得て採取している。

表2 彩色材料分析の実施手法一覧

	調査場所	分析調査項目					
		可搬 XRF	実験室 XRF	実体・光学顕微鏡観察		SEM-EDS	赤外分光分析
				未包埋	クロスセクション		
①	永昌寺	-	✓	✓	✓	✓	✓
②	龍泉寺*	✓	✓	✓	✓	✓	✓
③	玉龍院	-	✓	✓	✓	-	✓
④	玉林寺	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⑤	金勝寺	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⑥	常林寺	✓	-	✓	✓	✓	✓
⑦	旧玄海參籠所	✓	✓	✓	-	-	✓
⑧	個人宅	✓	-	-	-	-	-
⑨	慈眼寺	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⑩	塩田行屋*	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⑪	法来寺*	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⑫	玉林寺	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⑬	瑞龍院	-	✓	✓	✓	✓	✓

*結果の詳細な報告は [島津・岡田 2017] を参照のこと。

剥落箇所からの試料片採取では、可搬 XRF による測定点の色調を考慮し、測定点周辺や同じ色調と判断できる部分と一致するよう努めた。試料片は、まず、実体および光学顕微鏡⁽³⁾により色調と色材粒子の状態を観察した。そのままの状態では色材の推定同定が可能な場合は、実験室設置型の蛍光 X 線分析装置（以下、実験室 XRF⁽⁴⁾）を利用した。複数の色材が混合されている場合や、彩色層が数層重なっている場合、粒子の形状や分布状態などのより詳細な分析を行うため、試料片を透明ポリエステル樹脂に包埋・断面の研ぎ出しを行い（クロスセクション）、エネルギー分散型 X 線分析装置（EDS）付属の走査型電子顕微鏡（SEM⁽⁵⁾）による元素分析と反射電子像の観察を行った。

有機物、とくにニカワや藍、あるいは一部の無機物色材、プルシアンブルーなどの分析には、赤外分光分析を利用した。試料片が微小であり、通常の実験室設置型の赤外分光装置では、彩色部分と胡粉下地を分離して分析することが難しい。また、彩色片に胡粉などの赤外領域に吸収がある物質が混在している場合には、色材からの情報を得ることがさらに困難である。そこで、分析径を一〇マイクロメートル単位まで絞ることが可能な大型放射光施設（Spring-8）での分析を実施した。⁽⁶⁾

最終的に、各種の元素分析による主要な検出元素、彩色表面の色調、色材粒子の色や形状、赤外分光分析の結果を考慮し、使用色材を推定した（表2）。

色材分析の結果

結果一 ①永昌寺 十六羅漢像

本十六羅漢像は、仏像が座っている台座内側の墨書き「七条左京」から、京都の七条仏所の仏師によって造られたことがわかる。製作年代は、文化年間（一八〇四〜一八一八）頃と寺に伝わっており、三十一代「康朝」の作と考えられる。

表 3 永昌寺 十六羅漢像 試料片分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	試料番号	調査対象* ²
青	台座	Ca, Cu, Fe, Si	青は、天然藍を主成分とする。銅の検出は、試料片に含まれる緑部分(岩緑青)による。	μ-FTIRにてインディゴと炭酸イオンに由来する吸収帯を確認	ES01	第三尊者 (写真2 ①-1)
緑	台座	—	岩緑青	分析はES01で実施	ES03	
黒の衣地に金色の文様	衣	Au, Ag, Ca, Fe	墨、ベンガラ(赤)、胡粉を混合した黒を使用。灰色の下地は、胡粉に墨を少量混ぜたものと推定。	銀は、天然に金の中に含まれる。	ES02, ES04	

*¹ Si:ケイ素, Ca:カルシウム, Fe:鉄, Cu:銅, Au:金, Ag:銀

*² 調査対象の写真は、本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

可搬XRFによる分析は実施せず、修復時の剥落片四片を実験室にて分析した。試料は、第三迦諾迦跋釐墮闍尊者の黒の僧衣、台座に描かれた波の青と岩の緑部分から採取した(表3)。
僧衣の黒は、単純な墨塗りではなく、ベンガラが混合されていた。赤色色材を混ぜることで、黒が強くなりすぎないようにしているものと考

えられる。下地には、貝殻胡粉と少量の墨のよる灰色の絵具が用いられていた。青の試料では、赤外分光分析によりインディゴと推定されるスペクトルが得られており、藍が使われたものと考えられる。緑の部分では、実験室XRFにより銅を検出していることから、岩緑青が用いられたと推定した。

結果一 ③玉龍院 十六羅漢像

玉龍院においても、対象仏の修復に際し得られた剥落片を試料として分析した。試料片は、赤、黄、緑、青、白みの青など一一片である(表4)。可搬XRFによれば、赤の試料片からは、水銀と鉛を検出しており、鉛丹層に水銀朱の層を重ねた二層によるものと推察される。黄色部分からはヒ素を検出しており、石黄が用いられていると推定される。緑部分では銅を検出していることから、岩緑青が用いられたと考えられる。青からは、藍と透感のある青色粒子の二種類が見つかった。彩色の面積が比較的広い衣部分の青には、藍が用いられ、これに少量の石黄が混合されていた。おそらく黄色を加えることで明るさを出しているであろう。

他方、白みを帯びた青、いわゆる水色は、胡粉と藍を混ぜて作られている。このように、有色の色材と胡粉を混合することで、白との中間色を作る方法は「具」という技法として知られており、水色の表現は「藍具」によるものといえる。この場合には、石黄は混ぜられておらず、石黄は藍により青に彩色する際に限って加えられていたと考えられる。透感のある青色粒子は、水色の衣地や金箔が貼られた衣の裾部分に使われていた(写真1)。粒子の形状や色調の特徴から、ガラス質の青色色材として知られている花紺青であると推察した(図1)。

画法書『画筌』(亨保六年(一七二一)刊)によれば、花紺青は「硝石を焼いてつくる」とあり、ヨーロッパで絵画材料として一六〇

表4 玉龍院 十六羅漢像 試料片分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	試料番号	調査対象* ²
赤	衣, 左肘	Hg, Pb	鉛丹層の上に水銀朱の層を重ねる。		GR01	第三尊者 (写真5 ③-3)
赤	左袂, 下端				GR09	第十一尊者 (写真5 ③-11)
黄に半透明な膜	衣の文様, 左膝	Hg	半透明な膜はニカワ, 水銀は衣地の赤である水銀朱によるものと推定。	黄は, 周囲の石黄か, 金箔の一部	GR02	第三尊者
黄	虎の足裏	As	石黄		GR05	第六尊者 (写真5 ③-6)
青金色	左裾, 衣地と裾の金箔部分		藍と少量の石黄の混合金箔貼, 下地は砥粉と推定	μ-FTIRにてインディゴに由来する吸収帯を確認。藍に少量の石黄が混ぜられた部分では, やや青みが強く色が濃い。藍のみの部分は, 灰色みの青を呈する。	GR03	第四尊者 (写真5 ③-4)
青	衣, 左腿		藍と少量の石黄の混合		GR04	
青	衣裏		藍		GR08	第十尊者 (写真5 ③-10)
白青地に青色文様	左袖口	Ca, Fe, Co, Ni, As	藍と胡粉を混合した白青地に, 青色ガラスで文様を描く。		GR10	第十一尊者
白青	衣裾, 左側	Ca	藍と胡粉の混合		GR11	第十二尊者 (写真5 ③-12)
金箔上に青色文様	衣裾		金箔上に青色ガラスで文様を描く。		GR07	第七尊者 (写真5 ③-7)
緑	衣, 右腿	Cu	岩緑青		GR06	

*¹ Ca: カルシウム, Fe: 鉄, Cu: 銅, Co: コバルト, Ni: ニッケル, As: ヒ素, Hg: 水銀, Pb: 鉛

*² 調査対象の写真は, 本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

一八世紀に多用されたスマルトと同一顔料とされている。しかしながら、花紺青の製造方法や流通経路についての詳細は明らかにされておらず、日本で用いられた花紺青とスマルトの関係性はよくわかっていない。

また、前近代においては、絵具や顔料の名称は、第一義に色調に基づいて付与されていたと考えられ、化学的に同一の物質である色材であっても、必ずしも同じ名称が使われていたとは限らない。他方で、絵具の包み紙などに記された名称とその中身が、現在の定義による物質名と色材名の組み合わせに一致しないこともありうる。以上の理由から、本稿では、材質を明確に表せるよう「青色ガラス」と記すこととした。

結果三 ④ 玉林寺 祖師像・大権修利他

祖師像は、榮山禪師像・道元禪師像・栄徹和尚像（西光院開基）・常泉寺開基の僧像の四尊であり、大権修利菩薩像、達磨大師像の二尊像、六体を対象とした（表5）。

赤に、基本的には鉛丹と水銀朱の二種類を使い塗り重ねている点は、他の寺院における像に同じである。クロスセクションによる断面観察では確認できていないが、表面の色調や亀裂を生じている箇所を観察から、白色下地の上に鉛丹が塗られ、そのさらに上から水銀朱による彩色がなされているものと推定される。ただし、紐の赤など面積の比較的小さい部分では、水銀朱が単独で用いられていた。他方、橙色には、鉛丹や水銀朱は使わず、石黄とベンガラを混合して彩色されていたものと考えられる。

黄色には石黄が使われており、藍と混ぜる際に混合比を変えて、黄緑からこい緑、やや緑みの青と異なる色調を作り出している。比較的広い面積を彩色する衣部分では、石黄と藍を混合したこい緑が用いられていた。像が置かれている椅子に見られる明るい緑や衣の文様などには岩緑青が使われていると考えられるが、一部に銅と亜鉛を同時に検出してお

表5 玉林寺 二尊者像および祖師像4体 可搬 XRF・試料片分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	調査・試料番号* ²	調査対象* ³
赤	左足, 沓	Hg, Pb	鉛丹層に水銀朱を重ねる。		GY-SY12	大権修利菩薩 (写真7 ④-1)
赤	左袖内側	Hg, Ca	水銀朱		GY-SY13	
薄赤	衣, 左裾	Ca, (Au)	胡粉と有機質の赤		GY-SY11	
薄橙色	左手, 肌	Ca, As, (Fe)	胡粉と石黄, ベンガラの混合		GY-SY03	
青	右袖	As, Pb, Fe, Co	青色ガラス		GY-SY10	
紺色	冠, 左側面	Ca	藍		GY-SY06	
緑	不明 (はく落片)		藍と石黄の混合	μ-FTIRにてインディゴに由来する吸収帯を確認。	GY-SY01+	
緑地にうすい赤と白の文様線	衣, 正面	As, Pb, Ca, Au	藍と石黄の混合, 鉛丹, 胡粉		GY-SY02	
緑	衣, 正面	Ca, As	藍と石黄の混合		GY-SY14	
緑地に白文様	背, 衣, 腰付近	Ca, As	藍と石黄の混合による緑地に胡粉で文様を描く。		GY-SY15	
緑地に赤文様	背, 衣, 腰付近	As, Hg, (Ca)	藍と石黄の混合による緑地に水銀朱で文様を描く。		GY-SY16	
緑地に青文様	背, 衣	As, Ca, (Co, Ni)	藍と石黄の混合による緑地に青色ガラスで文様を描く。		GY-SY17, GY-SY18	
緑	冠	Cu, Zn	岩緑青	Znの由来は不明	GY-SY05	
緑	椅子座面, 左側面	Cu, (Pb)	岩緑青		GY-SY08	
薄緑	正面, 裳	Ca, Cu	白緑 (粒子の細かい岩緑青), Caは下地の胡粉による。		GY-SY07	
ややくすんだ緑	椅子座面, 左側面	Cu, Ca, (Pb)	岩緑青と胡粉の混合		GY-SY09	
赤茶色地に緑	襟	Cu, Fe, Zn, Ca	ベンガラによる赤茶色地に銅系緑色色材で文様を描く。	赤茶色の地には有機質の赤も混合か。分析点近くに金色あり。本像では金箔が用いられているが、例外的に真鍮泥が使われたか。Znの由来は不明	GY-SY19	
金色	衣, 正面	Au, Ca	金箔		GY-SY04	
赤	背, 衣	Hg, (Pb)	鉛丹層に水銀朱を重ねる。		GY-D05	
赤	不明 (はく落片)	Hg	水銀朱		GY-D01+, GY-D02+	
赤地に青文様	衣, 正面	Hg, Pb	鉛丹層に水銀朱を重ねた赤地に藍で文様を描く。		GY-D06	
金色地に緑文様	衣, 正面	Cu, Zn, Pb, Au, (As, Hg)	金箔地に岩緑青で文様を描く。		GY-D07	
水色	衣	Ca	藍と胡粉の混合	μ-FTIRにてインディゴに由来する吸収帯を確認。	GY-D04, GY-D03+	
赤	紐	Hg	水銀朱		GY-L401	道元 (写真8 ④-3)
赤	衣, 袈裟		水銀朱		GY-L201+, GY-L202+, GY-L203+	瑩山 (写真8 ④-4)
薄赤	背, 衣	Ca		有機質か	GY-L505, GY-L503+	常泉 (写真8 ④-5)
橙	右袖裾	Ca, Fe, As	ベンガラと石黄の混合		GY-L103	西光 (写真8 ④-6)
赤にうすい赤文様	衣, 正面	Hg, Pb	鉛丹層に水銀朱を重ねる。		GY-L207	瑩山
青	袈裟, 裏地		藍と石黄の混合	μ-FTIRにてインディゴに由来する吸収帯を確認。	GY-L102+	西光
緑	椅子, 背	Cu, (Pb)	岩緑青		GY-L104	瑩山
緑	右袖, 袂内側	Cu, (Pb)	岩緑青		GY-L208, GY-L206+	
緑	背, 衣	Cu, (Pb)	岩緑青		GY-L504	常泉
緑	袈裟		岩緑青の緑地に石黄や藍を用いた線で文様を描く。	μ-FTIRにてインディゴに由来する吸収帯を確認。	GY-L502+	
黄緑	衣	Ca, As, S, Si	藍と石黄の混合		GY-L101+	西光
金, 赤	袈裟, 帯		金箔		GY-L204+, GY-L205+	瑩山
紫	衣			有機質か	GY-L501+	常泉

*¹ Si:ケイ素, S:硫黄, Ca:カルシウム, Fe:鉄, Co:コバルト, Ni:ニッケル, Cu:銅, Zn:亜鉛, As:ヒ素, Au:金, Hg:水銀, Pb:鉛

*² 「+」のあるものは微小試料片を示す。

*³ 調査対象の写真は、本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

り、真鍮泥が使われた可能性もある。しかしながら、現地での調査時には金色と認識していない部分から亜鉛を検出しているため、亜鉛が緑色色材に関係しているのか、真鍮泥が使われているのか、現時点では判断がついていない。緑彩色箇所分析では、銅とともに亜鉛や鉛を検出する事例が複数あり、岩緑青との関連も考えられる。現在のところ、このことを十分に議論できる分析データを持ち合わせていないため、ここでは、銅とともに亜鉛や鉛を検出する事例があることを記載するにとどめる。

青は、藍を単独で使うか、藍に少量の石黄を加えて彩色されていた(写真2)。藍は、単独で使うとやや黒みがあるため、青の明度を上げる目的で、緑にならない程度の量の石黄が加えられたものと考えられる。また、白青部分は、玉龍院同様、胡粉と藍を混ぜて彩色されている(写真3)。その他、修利菩薩の右袖部分に描かれた円紋の内部や、文様を描いた鮮やかな青部分には、青色ガラスが使われていることが他事例との比較により明らかとなった(図2、図3)。

結果四 ⑤金勝寺 十六羅漢像および二尊者像

金勝寺では、十六羅漢像、阿難像、迦葉像を分析対象とし、比較のため、本尊の螺髪および脇侍の頭髪部分の可搬XRFによる分析を行った。対象とした諸尊像における可搬XRFによる分析点は四八点、試料片は一五点である(表6)。

現地での可搬XRF分析から、赤は鉛丹層の上に水銀朱の重ね塗り、黄色は石黄で彩色されていると推測した。緑は岩緑青を単独で使う場合と石黄と藍を混合する場合の二種類があると推定された。また、茶色みのある紫や、やや橙色を帯びた肌色部分からは、鉄が検出され、ベンガラが用いられたと考えられる。これらは、いずれも実験室における試料片の各種分析によって、推定どおりであることが確認された。

金色部分については、衣に描かれる文様や縁を帯状に装飾する場合には金箔が使われていた。一方、かなりくすんだ金色を呈する大迦葉像の肉身部分では銅と亜鉛を検出しており、真鍮泥により彩色されていると考えられる。装飾に金箔を用い、肉身部を彩色する際に真鍮泥を使った例は、塩田行屋の像でも確認されている。

青は、下層にある色に比べて、藍、青色ガラス、アズライトがそれぞれ使い分けられていると考えられる。試料片による詳細な分析から、藍の青には、玉龍院の青と同じように少量の石黄が混合されていた。藍による青色は、衣地に使われていることが多く、うすい色の地に描かれる文様にも使われていた。また、青色ガラスは、文様を描く際や衣の端部分に帯状に金箔が貼られている箇所から見つかっている(写真4(a)、図4、図2参考)。同じ用法が龍泉寺、玉龍院、玉林寺の複数体で認められており、工房や製作者などにおいて共通した技法であった可能性を指摘しておきたい。

アズライトは、衣上の文様に用いられているが、衣地のように比較的面積が広い部分には使われていない。光学顕微鏡で観察すると、青色粒子にわずかに緑色粒子が混ざっている様子が観察できた(写真4(b))。岩緑青が使われている箇所があるため、彩色時に混入した可能性もあるが、他の色の彩色部分ではそうした緑色粒子の混入は認められない。さらに、アズライトと岩緑青の原材料であるマラカイトは組成が同じ銅鉱物であり、同じ鉱山から採掘される(鶴田一九九一)。このことから、アズライトの彩色中に含まれる緑色粒子は原材料の鉱物に天然の状態で混入していたものと考えられる。

結果五 ⑥常林寺 十六羅漢像

可搬XRF分析により二七点を測定し、試料片一二点に対しては実験室にて詳細な分析をおこなった(表7)。

表6 金勝寺十六羅漢像および阿難像、迦葉像 可搬 XRF・試料片分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要 検出元素*1	推定される材料と使用方法	備考	調査・ 試料番号*2	調査対象*3
赤	背面, 衣	Hg, Pb, (Ca)	鉛丹層の上に水銀朱を重ねる。		KS01	一番 (写真25 ⑤-1)
赤	背面, 衣	Hg, Pb, (Ca)			KS07, KS08	三番 (写真25 ⑤-3)
赤	衣, 左袖	Hg	水銀朱		KS11	七番 (写真25 ⑤-7)
わずかに青みの白地に赤文様	衣, 文様	Ca, Hg, Pb	藍色色材で青みの白地を塗り、水銀朱で文様を描く。	計測箇所付近に亀裂あり。鉛丹による補彩の可能性あり。	KS12	
赤茶色地に赤文様	衣, 文様	Hg, Fe, Ca	ベンガラと赤茶色地に水銀朱で文様を描く。		KS17	八番 (写真25 ⑤-8)
緑地に赤文様	背面, 衣	As, Ca, Hg	藍と石黄による緑地に、水銀朱で文様を描く。		KS19	
赤	衣正面	Hg	水銀朱		KS51+	十一番 (写真25 ⑤-11)
赤	衣	Hg, As, (Cu)	水銀朱	Asは隣りの黄色部分から、Cuはわずかに残る文様部分からと推定。	KS26	十四番 (写真25 ⑤-14)
赤	衣	Hg, Fe, Ca, (Pb)	鉛丹層の上に水銀朱を重ねる。	Feは補彩からと推定	KS28, KS57+	十五番 (写真25 ⑤-15)
赤	左上腕, 衣	Hg, Pb			KS33	十六番 (写真25 ⑤-16)
黒地に赤文様	衣, 右膝	Ca, Hg	水銀朱で文様を描く。		KS14, KS15	七番 (写真25 ⑤-7)
黄	衣	As, (Ca)	石黄		KS27, KS56+	十四番 (写真25 ⑤-14)
紺地に黄色の文様	衣, 文様	As, Ca	藍による地に石黄で文様を描く。		KS42	迦葉 (写真26)
薄橙	右腕, 肌	Ca, Fe, As	胡粉および少量のベンガラと石黄の混合。		KS09	三番
薄橙	頭部	Fe	胡粉と微量のベンガラ		KS53+	十一番
茶色	衣	Ca	胡粉下地に赤系の有機質色材で彩色か。		KS54+	十二番
茶紫	衣, 右袖, 文様	Ca, Fe	ベンガラと胡粉の混合		KS16	八番
緑地に青文様	左上腕, 衣	Hg, As, Ca, (Cu)	藍と石黄を混合した緑地に、アズライトで文様を描く。	Hgは周辺部の赤色箇所から	KS04, KS05	一番
青と白青	左袖	As, Pb, Ca, (Fe, Co, Ni, Cu)	青は青色ガラス、白青は藍と胡粉を混合		KS10	三番
赤地に青文様	衣, 文様	Hg, Pb, (Ca)	水銀朱と鉛丹による赤地に、藍で文様を描く。		KS22, KS23	八番
赤地に青文様	衣, 文様	Hg, Pb, Cu, Ca	水銀朱と鉛丹による赤地に、アズライトで文様を描く。		KS38, KS61+	阿難 (写真26)
紺地に青文様	衣, 文様	Cu, As, Ca	紺地は藍に少量の石黄の混合、青の文様はアズライト		KS36, KS37, KS39, KS59+, KS63+	
金色地に青文様	衣, 文様	Ca, Fe, Co, As, Au, Ni, K, Si	金箔上に、青色ガラスで文様を描く。		KS60+	
青	螺髪	As, Co, Fe, Ca	青色ガラス		KS43 ~ KS46	本尊 (写真27)
青	螺髪	As, Co, Fe, Ca	青色ガラス		KS47, KS48	脇侍
青	衣		藍と少量の石黄の混合	μ-FTIRにてインディゴ由来する吸収帯を確認。	KS55+	十四番
赤地に青文様	衣, 文様	地: Hg 文様: As, Ni, Fe, Co	水銀朱による赤地に、青色ガラスで文様を描く。		KS50+	八番
わずかに青みのある白地にややくすんだ青文様	衣, 右膝, 文様	Ca, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As	藍によるうすい青白地に、真鍮泥と青色ガラスで文様を描く。		KS13	七番
青緑	右膝, 衣	As, Hg, Ca	藍と石黄による緑地に、水銀朱や石黄で文様を描く。		KS03	一番
緑	背面, 衣	As, Ca	藍に少量の石黄を混合		KS02	
緑	背面, 衣	As, Ca			KS18, KS24	八番
緑	右膝, 衣	As, Ca, Hg			KS25	九番
緑	正面, 衣	As, Ca			KS34	阿難
緑地に赤文様	衣, 文様	As, Ca	Asは緑地から、赤は有機質		KS35	
緑	背面, 衣	Cu, Pb, Ca	岩緑青		KS06	三番
緑	台座	Cu, Ca, Pb			KS20	八番
緑	衣正面	Cu			KS52+	十一番
緑	衣	Cu, Pb, Ca			KS29 ~ KS31, KS58+	十五番
緑	左足, 衣	Cu, Pb, Ca			KS32	十六番
赤地に緑文様	衣, 文様	Hg, Cu, Pb, (Ca)	水銀朱と鉛丹による赤地に、岩緑青で文様を描く。		KS21	八番
青緑地に白と青の文様	衣, 文様	As, Co, Fe, Ca	藍と石黄による青緑地に、胡粉と青色ガラスで文様を描く。		KS41	大迦葉
金色	肉身, 胸部	Cu, Zn, Ca, Fe	真鍮泥		KS40	
紫	衣, 右袖袂			μ-FTIRによりカルサイト(炭酸カルシウム)の吸収帯を確認	KS62+	阿難
やや赤みのある青	衣		青の主成分は藍	μ-FTIRにてインディゴ由来する吸収帯を確認。	KS64+	

*1 Si:ケイ素, K:カリウム, Ca:カルシウム, Fe:鉄, Co:コバルト, Ni:ニッケル, Cu:銅, Zn:亜鉛, As:ヒ素, Au:金, Hg:水銀, Pb:鉛

*2 「+」のあるものは微小試料片を示す。

*3 調査対象の写真は、本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

表7 常林寺 十六羅漢像 可搬 XRF・試料片分析結果一覧

分析部分の 表面色	分析部位	主要 検出元素* ¹	推定される材料と 使用方法	備考	調査・ 試料番号* ²	調査対象* ³
赤	右腕, 衣	Hg, Pb	鉛丹層に水銀朱を重ねる。		JL12	十四番 (写真 28 ⑥-14)
赤	背中, 衣	Pb, Hg		JL23, JL35+	十六番 (写真 28 ⑥-16)	
赤橙色	左膝, 衣	As, Fe, Ca	石黄とベンガラの混合		JL18, JL36+	
薄橙色	脇腹, 肌	Ca	胡粉と少量のベンガラ の混合		JL08	八番 (写真 28 ⑥-8)
薄橙色	左手, 肌			JL29+		
薄橙色	頭部, 肌	Ca		JL17	十五番 (写真 28 ⑥-15)	
薄橙色	胸, 肌	Pb, Ca	胡粉と少量の鉛丹の 混合		JL11, JL31+	十一番 (写真 28 ⑥-11)
白	右腕, 肌	Pb, Ca		JL02	五番 (写真 28 ⑥-5)	
白	後頭部, 肌	Ca, Pb		JL03, JL26+		
白	肌	Ca, Pb		JL19		
白	背中, 剥落 部分	Ca, Hg, Pb	胡粉下地(上に鉛丹層, 水銀朱を重ねていた)	Ca 強度が高く, 剥れた赤色彩 色に由来する Hg,Pb を検出し たものと推定。	JL20	十六番 (写真 28 ⑥-16)
暗い青	右裙	Ca, As	藍と少量の石黄の混合	μ-FTIR にてインディゴに由来 する吸収帯を確認。 暗く見えるのは, 表面コート による効果もあると考えられ る(濡れ色)。	JL01, JL27+	五番
青	背, 条帛	Ca	藍と胡粉の混合		JL07, JL28+	八番
青	背面, 腰, 衣	Ca		JL09	十一番	
青	衣裏地			JL34+	十五番	
金色地に青色 文様	左裙	Ca, Au, Pb	金箔		JL04	五番
金色地に青色 文様	襟		藍		JL37+	十六番
緑	衣	Cu, (Pb), Ca	岩緑青		JL05, JL06, JL30+	八番
緑	左腕, 衣	Cu, Ca, (Pb)	岩緑青		JL10	十一番
赤地に緑文様	右上腕, 衣	Hg, Pb, Cu	水銀朱と鉛丹の赤地 に, 岩緑青で文様を 描く。		JL13	十四番
赤地に緑文様	左肩, 衣	Pb, Cu, Hg		JL22		
橙赤色地に緑 文様	左足すね, 衣	As, Cu, Fe, (Ca)	石黄とベンガラの橙 赤色地に, 岩緑青で 文様を描く。		JL21	十六番
緑	衣		胡粉と藍の混合	緑色に見えるのは表面コート のためか。	JL32+	十五番
緑～青緑	衣	As	藍と石黄の混合	μ-FTIR にてインディゴに由来 する吸収帯を確認。	JL14 ~ JL16, JL33+	

*¹ Ca: カルシウム, Fe: 鉄, Cu: 銅, Zn: 亜鉛, As: ヒ素, Au: 金, Hg: 水銀, Pb: 鉛

*² 「+」のあるものは微小試料片を示す。

*³ 調査対象の写真は, 本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

赤は、玉龍院、玉林寺、金勝寺の対象像で確認されたのと同様に、鉛丹層の上に水銀朱を塗り重ねており、橙色はベンガラと石黄を混合した絵具で彩色されていた。可搬XRFによれば、赤の彩色からは水銀と鉛が、橙色の彩色からは鉄とヒ素を検出した。蛍光X線分析では彩色表面に存在する元素を検出するが、彩色層はごく薄いので、表面彩色の下にある別の彩色層や下地層に含まれる元素も検出される。そのため、複数の元素が検出された場合、各元素が表面層に存在するのか、表面層の下に存在するのかを見分けることは難しい。他方で、彩色層が重ねられているのか、色材が混合されているのかを明らかにすることは、彩色技法の解明につながる。多くの場合、彩色層の断面を顕微鏡で観察すると、彩色層が重ね塗りされているのか、色材が混合されているのかを見分けることができる。微小試料による断面観察が難しい場合は、色材粒子を観察できる顕微鏡を用いて表面や亀裂箇所を詳細に観察することで重ね塗りか混合かを推定できることもある。

赤い鉛丹層と同じ赤系の水銀朱を塗り重ねると、より少ない量の水銀朱で、均一かつ下地が透けるようなこともなく、表面を水銀朱の赤に彩色することができる(写真5)。他方、表現したい色を持つ単体の色材がない場合は、複数の色材を混合して表現したい色合いの絵具を作る必要がある。ここで見られた橙色は、やや茶色みのある赤色のベンガラと黄色の石黄を混合した絵具が使われていたことがクロスセクションの断面観察により明らかとなった(写真6)。これまでのところ、たとえば、赤色彩色の上に黄色彩色を重ねることで橙色を作り出すといった、重ね塗りによる混色技法は確認しておらず、橙色や黄緑のような中間色の絵具は、二種類の色材を混合して作られている傾向がある。

肌の色には、白に近い肌色と、赤みのあるうすい橙色の二種類があり、白に近い肌色の方から鉛を検出した。鉛白が用いられた可能性があったため、試料片を光学顕微鏡で観察し、電子顕微鏡付属のEDSにより分

析したところ、実際には、わずかな鉛丹粒子が貝殻胡粉の白色層に点状していることがわかった(写真7)。赤みのあるうすい橙色の肌色部分では、微小な赤色粒子が分散しており、EDS分析で鉄、ケイ素、アルミニウムなどを検出した。酸化鉄を含むベンガラや代赭が用いられていると推定される。クロスセクションによる断面観察では、肌色層全体が赤みの紫外線蛍光を発しているように見え、有機質の赤色色材も一緒に使われた可能性がある(写真8)。

緑には岩緑青が、青には藍が用いられていた。衣の襟や裾部分にある金箔上の青も藍が使われているものと考えられる(写真9)。青の彩色層を観察したところ、少量の石黄が混ぜられていた。場所によっては、緑に見える箇所があり、石黄が多いのか、あるいは、藍が退色しやすくなったために黄色みを帯びて見えている可能性がある。また、藍の彩色層の上に黄色の層があるように見える箇所もあり、彩色当初から藍色を表現したのか、藍と石黄の混合によるこい緑を用いたのかは明らかにできなかった。

結果六 ⑦旧玄海参籠所 不動明王三尊像

本像は、中央に不動明王が座り、脇侍像の矜羯羅童子こんがら、制吒迦童子せいたかの二像を伴う。不動明王三尊像の修復の依頼を受けた筆者岡田は、当時修士課程の学生であった足立収一氏とともに調査分析を行い、修復前の状態で黒色一色となっていた塗膜の下層に製作当初の彩色が現存していることを確認した。修復に際し、表面の墨による黒色塗膜を除去して製作当初の彩色を露わにした。その際に行った蛍光X線分析による顔料分析とクロスセクションによる顕微鏡観察では、不動明王像の肉身部の緑からヒ素が検出されたため、不動明王像の肉身部は藍と石黄の混色であると判断した。本研究では、不動明王像の肉身部の再調査と、制吒迦童子の衣の彩色について、可搬XRFおよび修復時に採取した彩色片を

用いた分析を実施した(表8)。

不動明王像の肌であるこい緑は、石黄に藍とプルシアンブルーの両方が混合されていた。青色粒子を赤外分光分析により測定したところ、プルシアンブルーが有するシアノ基による赤外領域の吸収(2100 cm⁻¹)が認められた。この吸収帯は、同じ領域に重なる吸収がほとんどないため検出されやすい。さらに、同じ試料片から、インディゴのスペクトルも得られており(図5)、二種類の紺色顔料が含まれていることが明らかとなった。EDSによる元素分析では、石黄の成分であるヒ素、硫黄を検出した。

制吒迦像の衣などにみられる青には、合成ウルトラマリンブルーが使われていた(写真10)。本像群は、墨による後世の塗り重ねがあつたため、表面がひどく汚れており、合成ウルトラマリンブルーの鮮やかさは認められないが、試料片のEDS分析によりナトリウムや硫黄などを検出したことにより推定同定した。本研究で調査した資料の中では、もっとも早い時期に合成ウルトラマリンブルーが使われていた事例である。

結果七 ⑧個人宅 不動明王立像

本不動明王像については、現地での可搬XRF分析のみを実施した(表9)。台座に鮮やかな青が認められ、合成ウルトラマリンブルーが使われたものと考えられる。可搬XRF分析においてアズライトを示す銅を検出しなかったことも、合成ウルトラマリンブルーの使用を示唆する。

台座は全体にくすんだ茶色に見え、部分的に青や緑、白の彩色が確認できる(写真11)。緑を含む部分から銅とヒ素を検出したため、エメラルドグリーンが使われているものと考えられる。分析箇所には岩緑青と石黄が同時に使われている場合、同じように銅とヒ素を検出することになるが、これまでのところ、そうした事例は確認していない。仮にエメラ

表8 旧玄海参籠所 不動明王三尊像 可搬XRF・試料片分析結果一覧

分析部分の 表面色	分析部位	主要 検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	調査・ 試料番号* ²	調査対象* ³
緑	肌	Fe, As	石黄と藍、プルシアンブルーの 混合	μ-FTRにてインディゴと シアノ基に由来する吸収帯 を確認。	SZ13, SZ01+	不動明王 (写真30)
墨+茶	肉身部	As, S, Si			SZ05+	
金色と青	衣文様	Fe, Au	金箔		SZ14	
黒	袈裟	Fe		付着した煤か。	SZ15	
黒	左脇下	Hg, Pb	胡粉下地に、鉛丹、水銀朱を重ねる。	表面が黒いのは付着した煤のため。	SZ04+	
青	衣、右前	Si, Al, K, Na, S	合成ウルトラマリンブルー		SZ10+	制吒迦 (写真30)

*¹ Si:ケイ素, Al:アルミニウム, Na:ナトリウム, K:カリウム, S:硫黄, Fe:鉄, As:ヒ素, Au:金, Hg:水銀, Pb:鉛

*² 「+」のあるものは微小試料片を示す。

*³ 調査対象の写真は、本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

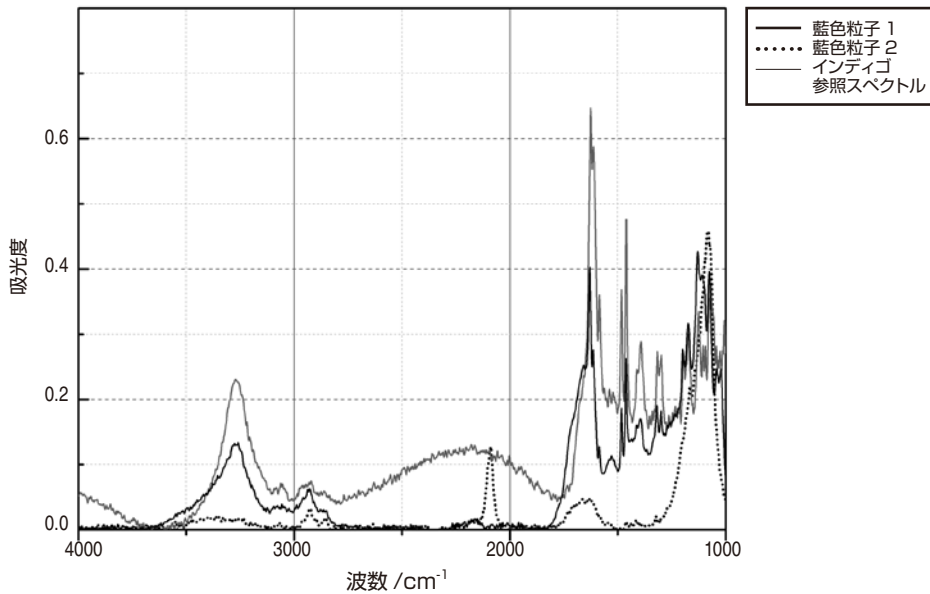


図5 こい緑層内の藍色粒子の赤外分光スペクトル
(旧玄海参籠所 不動明王像, 試料番号 SZ01, SZ05)

も早い時期に使用が確認できる事例である。
ルドグリーンが使われていたとすると、今回調査した資料の中でもっと

表9 個人蔵 不動明王立像 可搬XRF分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	調査番号	調査対象* ²
青含む	岩座	(Ca, Cu, Zn, Fe, As)		いずれも検出強度は低い	KF01	台座 (写真 32)
青ナシ	岩座	Fe, Cu, As	エメラルドグリーン	表面の凹凸が多く、分析対象の色部分の面積が小さいため、周辺の元素も同時に検出しており、解釈が困難。	KF02	
青含む	岩座	Ca, Fe, Cu, As, (Zn)			KF03	
緑含む	岩座	As, Cu, (Ca, Fe)	エメラルドグリーン		KF04	
緑	腕	Fe, As	石黄と藍色色材の混合		KF05	不動明王像 (写真 32)
茶	衣	Fe	ベンガラ	KF06		

*¹ Ca: カルシウム, Fe: 鉄, Cu: 銅, Zn: 亜鉛, As: ヒ素

*² 調査対象の写真は、本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

表 10 慈眼寺 十六羅漢像 可搬XRF・試料片分析結果一覧(1)

分析部分の 表面色	分析部位	主要 検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	調査・ 試料番号* ²	調査対象* ³
赤	右袖裾	Hg, Pb	鉛丹層に水銀朱を重ねる。		JG09	右7 (写真34-⑨-2)
赤	衣, 右足	Hg	水銀朱		JG05, JG42+	右6 (写真34-⑨-15)
赤	衣	Hg, Ca	水銀朱		JG12	右8 (写真34-⑨-14)
赤茶	袈裟, 右足	Fe, As	石黄とベンガラの混合		JG27	左5 (写真34-⑨-5)
黄色	トラの像	As	石黄		JG01	右1 (写真34-⑨-6)
橙	衣, 背面	Pb	鉛丹		JG23	左3 (写真34-⑨-8)
緑地に橙色文様	衣	As, Pb, Cu, (Fe)	エメラルドグリーンに、鉛丹で文様を描く。		JG34	左8 (写真34-⑨-11)
薄橙色	衣	As, Pb, Fe, Ca	石黄と鉛丹の混合		JG13	右8
薄橙色	胸部, 肌	As, Ca, Fe, (Pb)	胡粉に石黄とベンガラを混合		JG20	
橙色	衣, 左肩	Pb, As, Fe	石黄, 鉛丹, ベンガラの混合か。		JG30	左6 (写真34-⑨-4)
青	衣	Fe, S, Ca, (As, Cu)	合成ウルトラマリンブルー		JG39+	右4 (写真34-⑨-3)
青, 緑	台座	Fe, Cu, As	緑はエメラルドグリーン		JG04	右5 (写真34-⑨-16)
青地にくすんだ 黄緑の文様	左袖裾	As, Cu, Fe	合成ウルトラマリンブルーの青地に、エメラルドグリーンで文様を描いたものか。		JG08, JG10	右7
やや白みの青	背, 条帛	Ca, Fe, S	胡粉と合成ウルトラマリンブルーの混合		JG43+	
うすい橙色地に 青色の葉模様	文様	Ca, Fe, As, Cu	胡粉に石黄とベンガラで黄赤みを着け、合成ウルトラマリンブルーで葉模様を彩色。	Cuは近くの緑部分(エメラルドグリーン)から	JG15, JG16, JG18	右8
青と赤	左袂の端		合成ウルトラマリンブルーと水銀朱		JG48+	左4 (写真34-⑨-9)
こい青		Ca, Fe, Si	ブルシアンブルーか。		JG44+	右7
紺色		Fe, Si, Ca	ブルシアンブルー	μ-FTIRによるシアノ基由来の吸収帯を確認	JG47+	左3
薄青緑	右裾	As, Cu, Ca, Fe	胡粉とエメラルドグリーンの混合		JG14	右8
緑	袈裟, 背面	As, Cu	エメラルドグリーン		JG02	右5
緑	左裾	As, Cu			JG06	右6
緑	衣, 文様	As, Cu, Ca, Fe			JG11, JG17, JG19	右8
緑	台座	As, Cu, Fe			JG26	左4
緑	右裾	As, Cu, Fe			JG29	左5
緑	袈裟, 背面	As, Cu, Fe, Ca			JG31	左6
緑	左袖裾	As, Cu			JG33	左7 (写真34-⑨-10)
緑	衣			エメラルドグリーンと少量の合成ウルトラマリンブルーの混合	μ-FTIRによるエメラルドグリーン由来の吸収帯を確認	JG36+
緑	袈裟			砥粉下地	JG38+	右3 (写真34-⑨-13)
こい緑	衣, 背面	As, Cu, Fe	藍色色材と石黄の混合		JG03	右5
こい緑	左袖裾	As, Cu, Fe	藍色色材と石黄の混合		JG07	右7
こい緑	衣, 正面	Fe, As, Cu, Si, S	石黄と藍による緑地にエメラルドグリーンで文様を描く。	μ-FTIRによるインディゴ由来の吸収帯を確認	JG45+	

表 10 慈眼寺 十六羅漢像 可搬XRF・試料片分析結果一覧(2)

分析部分の 表面色	分析部位	主要 検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	調査・ 試料番号* ²	調査対象* ³
黄緑, 青, (茶色)	文様(獅子)	Fe, As, (Cu)	青は合成ウルトラマリンブルー, 黄緑に石黄	茶色はベンガラか	JG24, JG25	左4
茶色地に銀色文様	左側, 衣文様	Sn, Fe, Cu, Pb	スズ粉による銀色		JG21	左1 (写真34-⑨-7)
緑地に銀色文様	衣裾, 正面	As, Cu, Sn			JG22	
青地に銀色文様	衣, 文様	Sn, Fe, (Cu, As)			JG28	左5
青地に銀色文様	衣, 左腕	Fe, Sn			JG32	左6
暗い茶色	衣, 正面		墨とベンガラの混合		JG37+	右2
赤みのある黒	衣の縁取り		藍色色材と石黄を混合した緑に, 墨にベンガラを混合したやや茶色みの黒が確認できる。		JG41+	右4
赤みのある暗い紫	裾		墨にベンガラを混合		JG46+	右7
黒	裾		墨と紫色材の混合	紫の粒子が確認できるが, 材質は不明	JG40+	右4
紫	台座裏	Ca	有機質か。	μ-FTIRによりカルサイト(炭酸カルシウム)の吸収帯を確認, 体質顔料か。	JG49+	左8

*¹ Si:ケイ素, S:硫黄, Ca:カルシウム, Fe:鉄, Cu:銅, As:ヒ素, Sn:スズ, Hg:水銀, Pb:鉛

*² 「+」のあるものは微小試料片を示す。

*³ 調査対象の写真は, 本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

結果八 ⑨慈眼寺 十六羅漢像

現地では、可搬XRFにより三四点の測定を行い、試料片一四点は持ち帰って分析を行った(表10)。

彩色は、やや赤みのある砥粉下地に施されている。文様を描く際に、衣地彩色の上に白を塗り、さらにその上から色を塗り重ねている場合があり、このようにして描かれた文様は発色がよい傾向にある。

赤には、水銀朱、鉛丹が使われ、橙色には、鉛丹あるいは、これと石黄を混合して調色された絵具が用いられた。茶色みを帯びた箇所では鉄を検出したことから、ベンガラが混合されていると考えられる。黄色は石黄、銀色にはスズが用いられていた。銀色の表現にスズを用いる手法は、塩田行屋御沢仏像、法来寺十大弟子像でも確認されている(島津・岡田二〇一七)。

緑にはエメラルドグリーンが多用されており、少量の合成ウルトラマリンブルーが混合されていた(写真12)。これは、青みを増すためと考えられる。一方、こい緑には、藍と石黄の混合物が用いられていた。

紺色部分からは、鉄、ケイ素、カルシウムを検出した。加えて、赤外分光分析による分析からプルシアンブルーが用いられていることが明らかとなった。この紺色部分のように一部でプルシアンブルーが用いられているものの、基本的に青の彩色には、合成ウルトラマリンブルーが単独で使われている。

数か所から、紫が見つかっている。これらの紫は、従来の赤みの強い落ち着いた紫のほかに、青みの増した鮮やかな色調を呈する色材も認められる。台座裏に試し塗りされたような紫からは、体質顔料と考えられる炭酸カルシウムのみが示された。紫の色材については不明のままであるが、粒子の観察などから合成の有機質色材と考えられる。

結果九 ⑫玉林寺 天室正蓮像

天室像は、明治中頃に作られた像であり、可搬XRF分析を六点、試料片二点を分析した。緑にエメラルドグリーンが使われており(表11)、慈眼寺のエメラルドグリーンによる緑層と同様に少量の合成ウルトラマリンブルーが混ぜられていた(写真13)。

金色地の上に描かれる文様のうち、花文様の鮮やかな青は、その色の鮮やかさと可搬XRF分析の結果から、合成ウルトラマリンブルーが使われているものと推定した。

椅子の黄色部分ではヒ素を検出しており、明治期になってからも石黄が使われていたことがうかがえる。また、袈裟に描かれた花卉の赤は水銀朱で彩色されている一方、緑地に描かれた文様の赤には、有機質の色彩が用いられていると考えられる。

結果一〇 ⑬瑞龍院 十六善神像および諸尊像

調査時に所有者の許可を得て採取した試料片一四片を分析した(表12)。

赤は、水銀朱と鉛丹の両方が確認できた試料片と、水銀朱のみが使われている試料片があり、必ずしも二層構造がとられているわけではないようである。黄色には、石黄が使われ、こい緑にも石黄が使われていた。こい緑の試料片からは、青色色材として藍とプルシアンブルーの二種類が混在していることが、赤外分光分析により示された。他方で、鮮やかな緑の文様からはエメラルドグリーンが見つかっており、こい緑には藍色色材と石黄を混ぜた絵具を、鮮やかな緑にはエメラルドグリーンを単独で使う二つの用法が使いつけられていたと考えられる。

青は合成ウルトラマリンブルーを単独で用いるほか、これまでに確認できなかったような青から緑の中間の色調を示す箇所が数か所で見られた。玄奘三蔵像に見られる緑みを帯びた鮮やかな青は、その一例であ

る(写真14)。顕微鏡観察と元素分析から、合成ウルトラマリンブルー、プルシアンブルー、藍、石黄が混在していることがわかった。合成ウルトラマリンブルーの鮮やかな青を基調とし、プルシアンブルー、藍、石黄によって緑みが加えられているものと考えられる。

⑬考察

下地

彩色を施すにあたり、木彫表面は下地によって整えられる。調査対象の像では、基本的に胡粉による白色下地が用いられた(表13)。ただし、金箔貼りがなされている箇所では、砥粉下地に直接金箔が貼られている傾向が認められた。

例外として、①永昌寺十六羅漢像第三尊者では灰色下地が、⑨慈眼寺十六羅漢像では砥粉下地が認められている。前回調査の②龍泉寺十六羅漢像では、①永昌寺の像で見られた灰色下地が、白色下地のさらに下層に認められる。また、⑩塩田行屋の御沢仏像においては、砥粉下地が確認されている。⑨慈眼寺十六羅漢像の造像を手掛けたのは、⑩御沢仏像を製作した新海宗慶であり、同じ技法によって彩色がなされていたことがうかがえる。御沢仏像の調査時には、青彩色の下層に白色層が認められたため、下地の色の影響を受けやすい青彩色部分には白色下地が使われているものとした。しかしながら、わずかな青彩色部分のみ白色下地を施すのは、作業効率が悪く、現実性に乏しいように考えられた。この点について、⑨慈眼寺の事例も含めて再検討した。

まず、⑩塩田行屋では、白色下地とみなした白色層の下にも砥粉下地があり、像全体に砥粉下地があるものと考えられる。試料片が得られた部分は、近くに白色表面がある箇所や、衣の裾などの端部である。⑨慈

表 11 玉林寺 天室像 可搬 XRF・試料片分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	調査・試料番号* ²	調査対象* ³
緑地に赤文様	袈裟	Cu, As	エメラルドグリーンの緑地に有機質の赤で文様を描く。		GY-L305	天室像 (写真 44)
金色と赤の花文様	袈裟	Hg, Fe, Ca, As, (Cu, Zn)	金箔に水銀朱で花卉を描く。		GY-L306	
黄色	椅子	As	石黄		GY-L307	
金地に青文様	袈裟	Fe, Cu, Au, As	金箔に合成ウルトラマリンブルーで文様を描く。	Cu, As は近くの緑(エメラルドグリーン)による。	GY-L304	
緑	衣, 袈裟, 左足沓	Cu, As, (Fe)	エメラルドグリーンと少量の合成ウルトラマリンブルーの混合	μ-FTIR にて, エメラルドグリーン由来の吸収帯を確認	GY-L302+, GY-L303, GY-L308	
赤紫	袈裟			有機質か	GY-L301+	

*¹ Ca: カルシウム, Fe: 鉄, Cu: 銅, As: ヒ素, Au: 金, Hg: 水銀, Pb: 鉛

*² 「+」のあるものは微小試料片を示す。

*³ 調査対象の写真は, 本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

表 12 瑞龍院 十六善神および諸尊者像 試料片分析結果一覧

分析部分の表面色	分析部位	主要検出元素* ¹	推定される材料と使用方法	備考	試料番号	調査対象* ²
表面につやのある赤	衣, 左足脛	Hg, (Pb)	水銀朱, (鉛丹)	明らかな表面コートは確認できなかった。	ZR03	十六善神 (写真 47-⑬-14)
表面につやのある赤	肌		水銀朱		ZR09	十六善神 (写真 47-⑬-9)
橙色	重緋	As, Pb, Ca, Fe	石黄と鉛丹		ZR13	十六善神 (写真 47-⑬-2)
黄色	袖	As, Ca, S	石黄		ZR07	十六善神 (写真 47-⑬-15)
黄色	兜ウラ	As, S, Ca, Fe	石黄		ZR12	十六善神 (写真 47-⑬-2)
金色, 青, 赤	衣	Au, K, Ca, Ba, Fe, Zn, Pb	合成ウルトラマリンブルー, 金, 水銀朱	複数種の色材が混合されているため, すべての特定には至らなかった。白色顔料リトボン(硫酸バリウムと硫化亜鉛の混合物)を使用か。	ZR02	阿難尊者 (写真 47-⑬-19)
青	右袖		合成ウルトラマリンブルー		ZR08	十六善神 (写真 47-⑬-13)
青, 白青	肩布		合成ウルトラマリンブルーと胡粉の混合		ZR05	十六善神 (写真 47-⑬-1)
青と黄	裾	S, Ca, Fe, Au	合成ウルトラマリンブルー, 金		ZR11	十六善神 (写真 47-⑬-2)
緑みのある青	衣	Ca, As, S, Fe	合成ウルトラマリンブルー, プルシアンブルー, 藍, 石黄が混在	μ-FTIR にて, インディゴとシアノ由来の吸収帯を確認	ZR10	玄奘三蔵 (写真 47-⑬-16)
緑地に金色線	左側裾	Ca, Zn, As, Ba, Cr, S, Au	白色顔料, 石黄, 金など	複数種の色材が混合されているため, すべての特定には至らなかった。	ZR01	阿難尊者
ややくすんだ緑	裾	Ca, As	石黄と藍色色材の混合		ZR04	十六善神 (写真 47-⑬-3)
ややくすんだ緑	右袖	As, Ca, S			ZR06	十六善神 (写真 47-⑬-1)
赤地に緑文様	左腕	Hg, Pb	鉛丹層に水銀朱を重ねた赤地に, エメラルドグリーンで文様を描く。		ZR14	十六善神 (写真 47-⑬-7)

*¹ Si: ケイ素, S: 硫黄, Ca: カルシウム, K: カリウム, Fe: 鉄, Cu: 銅, Cr: クロム, Zn: 亜鉛, As: ヒ素, Sn: スズ, Au: 金, Hg: 水銀, Pb: 鉛, Ba: バリウム

*² 調査対象の写真は, 本誌論考岡田・長谷掲載の写真番号を括弧内に示した。

表13 下地、暖色系、黒、白、金色、銀色の色材一覧

	分析対象 安置場所	下地	赤	黄	橙	紫、茶色	黒	白	金色	銀色
①	永昌寺	胡粉+墨 (灰色)	-	-	-	-	墨、ベンガラ (+胡粉)	-	金箔	-
②	龍泉寺	胡粉	鉛丹、水銀朱	石黄	ベンガラ	ベンガラと 墨	-	胡粉	金箔	-
③	玉龍院	胡粉	鉛丹、水銀朱	石黄	-	-	-	胡粉	金箔	-
④	玉林寺	胡粉	鉛丹、水銀朱、 (有機質)	石黄	ベンガラと 石黄	(有機質)	-	胡粉	金箔、 (真鍮泥?)	-
⑤	金勝寺	胡粉	鉛丹、水銀朱、 (有機質)	石黄	ベンガラ	ベンガラ、 (有機質)	-	胡粉	金箔、 真鍮泥	-
⑥	常林寺	胡粉	鉛丹、水銀朱	石黄	石黄、鉛丹、 ベンガラ	-	-	胡粉	金箔	-
⑦	旧玄海參籠所	胡粉	鉛丹、水銀朱	-	-	-	-	-	金箔	-
⑧	個人蔵不動明王 立像	(砥粉)	-	-	-	ベンガラ	-	-	金箔	-
⑨	慈眼寺	砥粉	鉛丹、水銀朱	石黄	石黄、鉛丹、 ベンガラ	(有機質)、 ベンガラ	墨と紫色材	胡粉	(金箔)	錫粉
⑩	塩田行屋	砥粉	水銀朱	石黄	石黄、鉛丹	-	-	胡粉	金箔、 真鍮泥	錫粉
⑪	法来寺	胡粉	水銀朱	石黄	ベンガラと 石黄	(有機質)、 ベンガラ	(墨)	胡粉	金箔	錫粉
⑫	玉林寺(天室像)	砥粉	水銀朱	石黄	-	(有機質)	-	(胡粉)	金箔	-
⑬	瑞龍院	(胡粉)	鉛丹、水銀朱	石黄	石黄と鉛丹	-	-	胡粉、 (リトボン?)	金箔、 (金泥)	-

「-」分析なし、カッコ内は調査結果からの推定

暖色と紫の表現に用いられる色材

眼寺の試料においても、有色層の下に白色層が確認できた試料は、付近に白色の彩色面がある部分から得られている。また、試料片での分析は行っていないが、衣の端部は、帯状に青、白青、白あるいは金箔で彩色されている像が多く、青彩色の下には白色層があるものと推察される。こうしてみると、⑩塩田行屋や⑨慈眼寺で見られる有色層の下の白色層は、上層の色に合わせて白色下地を施したというよりも、白色の彩色の上の有色の絵具による彩色がなされているととらえることができる(写真15)。

以上から、①永昌寺、⑨慈眼寺、⑩塩田行屋の像は、有色下地に彩色がなされている一方、②龍泉寺の像では、有色層の上に白色地があり、彩色は白色地の上になされているものと考えられる。その他、③玉龍院、④⑫玉林寺、⑤金勝寺、⑥常林寺、⑪法来寺、⑬瑞龍院の各像では、一層目の有色地の存否は確認していないものの、白色下地に彩色されていることが試料観察から明らかである。

赤の色材としては、水銀朱、鉛丹、やや紫みのある有機質の赤、ベンガラといった複数種の色材が色調によって使い分けられていた。その種類と使用方法は、①永昌寺から、⑬瑞龍院までほとんど変化していない(表13)。試料片分析に限ってみれば、製作年代が下ると、鉛丹層の上に水銀朱を重ねる赤色表現が、水銀朱のみによる彩色に変わっているようにみえる。しかし、一体の対象像であっても、塗り面積が小さい箇所では、水銀朱のみを用いる例を確認していること、赤の彩色箇所は多岐にわたることから、数の少ない試料片の分析から結論付けるのは早計であり、時代とともに簡略化されている可能性も考慮しつつ今後の検討が望まれる。

黄色色材としては、単色であっても、混色の場合であっても、一貫し

表 14 青と緑の彩色箇所と色材一覧

調査対象 番号	安置場所	衣地などの青	文様などの青	明るい緑	こい緑
①	永昌寺	藍	-	岩緑青	藍と石黄
②	龍泉寺	藍	青色ガラス	岩緑青	藍と石黄
③	玉龍院	藍、藍と石黄	青色ガラス	岩緑青	藍と石黄
④	玉龍院	藍、藍と石黄	青色ガラス	岩緑青	藍と石黄
⑤	金勝寺	藍、藍と石黄	青色ガラス、アズライト	岩緑青	藍と石黄
⑥	常林寺	藍、藍と石黄	藍	岩緑青	藍と石黄
⑦	旧玄海參籠所	合成ウルトラマリンブルー	-	-	藍、プルシアンブルーと石黄
⑧	個人宅	合成ウルトラマリンブルー (推定)	-	-	-
⑨	慈眼寺	合成ウルトラマリンブルー、 プルシアンブルー	合成ウルトラマリンブルー	エメラルドグリーン	-
⑩	塩田行屋	合成ウルトラマリンブルー	-	エメラルドグリーン	プルシアンブルーと石黄
⑪	法来寺	合成ウルトラマリンブルー	-	エメラルドグリーン	-
⑫	玉林寺(天室像)	-	-	エメラルドグリーン	-
⑬	瑞龍院	合成ウルトラマリンブルー	-	エメラルドグリーン	藍、プルシアンブルーと石黄

- : 該当する色がない、あるいは分析していない。

て石黄が使われている(表13)。橙色(赤黄)の表現では、ベンガラと混ぜて橙色とするほか、さらに胡粉を加えてやや白みのある橙色としている例、鉛丹と石黄を混ぜている例が認められる。これらの色材は、混合比を変えることで、うすい橙色の肌色から茶色といったさまざまな暖色系の中間色を表現するのに使われていた。

赤みのある紫では、有機質の赤が使われていると考えられる場合と、墨とベンガラの混合による場合が認められた(写真16)。墨とベンガラは、ほとんど黒に見える部分や、こげ茶色の表現にも使われおり、両者を混合する割合によって、複数の色調を作り出している。

紫の色材を単独で使った例は、⑨慈眼寺の像以降で認められる。鮮やかな色調は、それまでに見られる紫とは明らかに異なっており、明治期に入ってから導入された新しい色材であると考えているものの、同定はできていない。

青色色材の変遷

(1) 青色ガラス(花紺青)

調査対象①永昌寺から⑤金勝寺までの五か寺では、類似した色材が使われている(表14)。特徴的なのは、青色ガラスの使用であり、その使用箇所も類似している。衣に描かれる文様のほか、裾などの衣の端に認められる金色の縁取り部分に、青色ガラスが用いられている。⑤金勝寺の諸像では、青の色材として、藍、アズライト、青色ガラスの三種類が使われていた。この使用箇所を比較してみると、藍が用いられている場合のほとんどが衣地の彩色であり、青色ガラスとアズライトは文様部分にのみ使われている。色のこい赤や青の地の上に描く文様には、アズライトが用いられており、金箔の上や、白色地に直接彩色する場合に青色ガラスが使われている傾向にある。他の寺院の諸像でも、青色ガラスは、金箔地や白青地に文様を描く際に使われていた。青色ガラスは、ア

ズライトに比べると透明度が高いため、下に塗られる地の色の影響を受けやすい(写真4)。このような青色ガラスが発色する条件を経験的に理解したうえで、使いどころを決めたり、アズライトと使い分けたりしていたものと考えられる。

ガラス質の青色顔料のひとつであるスマルトを同定している先行研究によると、同定の基準として、青の発色元素であるコバルトを検出すること、光学顕微鏡やSEMによる粒子の形状を観察した際に、ガラスの破砕面のようなシャープなエッジを示すことの二要素が挙げられている[Mühlbacher・Thissen 1993]。現在市販されているスマルトを蛍光X線装置で分析すると、コバルトのみが検出される。しかし、調査した青色ガラスでは、コバルトよりもヒ素やニッケル、鉄の検出強度が高く、コバルトのピークが見えにくいことも多かった。これらの元素は、スマルトの原材料に含まれることが知られており、今回検出した青色ガラスもスマルトに近いガラス質顔料であることが推察される。製造法や原材料の違いにより生成物の成分にも違いが生じているものと考えられる。また、粒子の形状や粒径が粒子ごとにさまざまであり、いくつかの事例をもとにした観察が望ましい。複数の事例において、同様の元素を検出したことと、アズライトと青色ガラスが同時に使われている事例から、粒子の形状や顕微鏡下における色の見え方の違いを比較することができたことで、青色ガラスの同定が可能となった(図1~4)。

今回、青色ガラスが複数の対象仏から見つかったことで、②龍泉寺の像で見られた金箔上の青の彩色も、青色ガラスによるものであることが明らかになった(図6)。また、本調査の対象仏ではないが、⑤金勝寺本尊と脇侍の螺髪 of 青彩色にも青色ガラスが用いられていることが明らかとなった。涅槃図などの仏画で見られるように、螺髪を青で彩色することは珍しくないが、青色ガラスを用いている点は興味深い。平賀源内が著した『物類品隲』(宝暦一三年(一七六三)刊)において、「仏頭青」

を「ハナコンジョウ」と同一視していることを考慮すると、江戸時代の中頃には、このように青色ガラスが色材として用いられることは一般的であったのかもしれない。

青色ガラスの使用は、⑤金勝寺以降、確認できていない。ちょうど京都仏師から地方仏師による造像への転換期と一致しており、青色ガラスが使われなくなるのが、製作年代によるものか、京都仏師と地方仏師という製作者の違いによるものかの判断は現時点ではできていない。今後、他事例の調査が進むことで明らかになることを期待したい。

(2) 藍とブルシアンブルー

藍は、幕末期の作例で合成ウルトラマリンブルーが使われるようになるまで、主要な青色色材と使われている(表14)。藍が見つかった彩色層においてケイ素が検出された事例から、比重の軽い有機質色材などを吸着させて、色材として使いやすくする体質顔料としてケイ酸化合物が使われた可能性が考えられる。藍に含まれる青色色素インディゴは、水に溶けず、有機物のため比重が軽い。そのため、膠液に分散させるのが難しかったものと推測される。さらに、体質顔料を加えることで、塗り斑が軽減されることが、実際に絵画製作を行っている荒井氏(共同研究者)により指摘されている。

体質顔料となりうるケイ素を含む白色顔料としては、カオリン(アルミナケイ酸塩)や滑石(タルク)($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)などが知られている。試料片からは、カルシウムを同時に検出することがあったが、これは、胡粉が混ぜられていることによるもので、カオリンや滑石を示すアルミニウムやマグネシウムと一緒に検出されていない。このことから、石英の粉末である珪砂が体質顔料として使われているのではないかと考えているが、これまでのところ、珪砂を体質顔料とした記録や分析事例は見つかっていない。珪砂の透明度の高さから、色材本来の色にできるだけ影

響を及ぼさない材料として珪砂が選ばれたものと推測しているが、こうした利用がなされていた時期や汎用度については、今後の調査の課題である。

一方、藍色の合成色材であるプルシアンブルーは、錦絵の分野では一八三〇年代以降、その使用が急増することが知られている。同時期に彫刻彩色への導入がなされていた可能性があるにも関わらず、本調査でプルシアンブルーが見つかったのは幕末一八六〇年代である。しかも、用いられているのは、石黄や藍と一緒に混合されている緑部分であって、藍色の色材として単独で使われるのは、明治期の作例であり、使われている箇所も限定的であった。

プルシアンブルーは、着色力が強く、少量でも青を呈する。その一方で、ある程度の量を使用すると色調がこくなり、視覚的には黒に近くなる。胡粉を混ぜることで明度を上げることができるが、そうすると青の鮮やかさが失われ、水色（白みの青）に近づく。この点、錦絵では、色材を水に分散させた懸濁液を用いるため、プルシアンブルーの使用量を減らすことでうすい青を作り出すことができ、少量で藍よりも青みの鮮やかな藍色が得られたはずである。彫刻彩色に用いられる絵具の作り方では、藍とプルシアンブルーの色調の差異があまりなく、新しい材料を使う利点が見出されなかったのかもしれない。

(3) 合成ウルトラマリンブルー

合成ウルトラマリンブルーは粒子そのものが鮮やかな青であり、単独で使用しても暗くなることはなく、アズライトに似た青さの彩色を可能にした。そして、合成ウルトラマリンブルーの導入は、青から白にいたる中間色と、青から緑の中間色を多数生み出している。この点は、単独で使われることの多かったアズライトとの相違点といえる。本調査では、一八六二年に合成ウルトラマリンブルーが使われて以降、藍のみで

なく、それまで青色ガラスやアズライトで表現されていた部分も含めて、ほぼすべての青色表現に合成ウルトラマリンブルーが用いられていた。絵馬の分析事例においても、同じころに合成ウルトラマリンブルーが使われ始めている（朽津他二〇〇三）。こうした急激な色材の変更は、製作者の選択によるものというよりは、色材を販売していた側の都合であった可能性が高い。明治中頃に著された絵具関係の文献資料において、アズライトや岩緑青は価格が高いために、画工や仏師などの限られた者が使うと記されている（竹内一八八七）。少なくとも山形の地方仏師は明治初期からこれらを使っておらず、すでに汎用の色材としては流通していなかったことがうかがえる。

緑色色材の変遷

緑には、大きく分けて二種類の色調、明るい緑と暗めのこい緑が認められた。明るい緑は、①永昌寺から⑥常林寺にいたるまで、岩緑青が使われていた。一方、⑨慈眼寺の像を始めとし、明治期に製作された像においては、合成の緑色顔料であるエメラルドグリーンが用いられていた（表14）。

エメラルドグリーンは、合成のアセト亜ヒ酸銅であり、蛍光X線分析では、銅とヒ素が検出される。従来緑色顔料として用いられてきた岩緑青は、塩基性炭酸銅を主成分とし、蛍光X線分析では、銅が検出される。また、黄色顔料である石黄はヒ素を主成分とするため、仮に、岩緑青と石黄が混合されていたり、両者が近接していたりすると、蛍光X線分析では、エメラルドグリーンと同様に銅とヒ素が検出されることが予測できる。これまでの分析結果では、エメラルドグリーンは銅とヒ素の検出強度比はほぼ一対一で、ヒ素が若干高い傾向にある。岩緑青や石黄は、それぞれ銅、ヒ素が高い検出強度を示す。岩緑青と石黄を混合した場合、その混合比により銅とヒ素の検出強度比は変わってくるものの、いずれ

にしても色調は岩緑青単体よりも黄色みが強くなる。また、エメラルドグリーンに石黄を混合した場合も黄色みが強くなり、ヒ素の検出強度が相対的に銅よりもかなり高くなることが予想される。

他に、エメラルドグリーンと同様に銅とヒ素を含む顔料として、シーレグリーンがある。エメラルドグリーンは球形であるが、シーレグリーンはそのような球形粒子を形成しない。さらに、エメラルドグリーンは酢酸イオン構造をもつが、シーレグリーンには酢酸イオンは含まれず、このことは赤外分光分析により見分けることができる。シーレグリーンは化学的な安定性が低かったことが記されており、エメラルドグリーン発見以後はほとんど使われなかったとされている [Fiedler・Bayard 1997]。

以上のように、銅とヒ素を検出した場合は、色調・粒子形状の観察と銅とヒ素の検出強度比から、エメラルドグリーンが単独で使われたのか、岩緑青と石黄が混合された状態であるかは、ある程度予測できるものと考えられる。しかしながら、複数種の色材が混合されているかを判別するためには、顕微鏡による彩色層の断面観察、赤外分光分析など、より詳細な調査が求められる。本調査では、微小試料のクロスセクションを光学顕微鏡で観察し、エメラルドグリーンの特徴である球形の粒子形状を確認した(写真17)。加えて、微小試料片の赤外分光分析により酢酸イオン由来の吸収帯を確認している(図7)。これまでの調査では、岩緑青とエメラルドグリーンが同時に使われた例は確認されず、岩緑青がエメラルドグリーンに置き換わっているといえる。また、エメラルドグリーンへの導入以前において、黄緑部分は、石黄に少量の藍が混ざらされており、岩緑青と石黄を混合した事例も確認していない。

エメラルドグリーンは、少量の合成ウルトラマリンブルーが含まれていた。エメラルドグリーンは、黄色みが強いとされ、合成ウルトラマリンブルーを添加することで岩緑青に近い色合いに調色

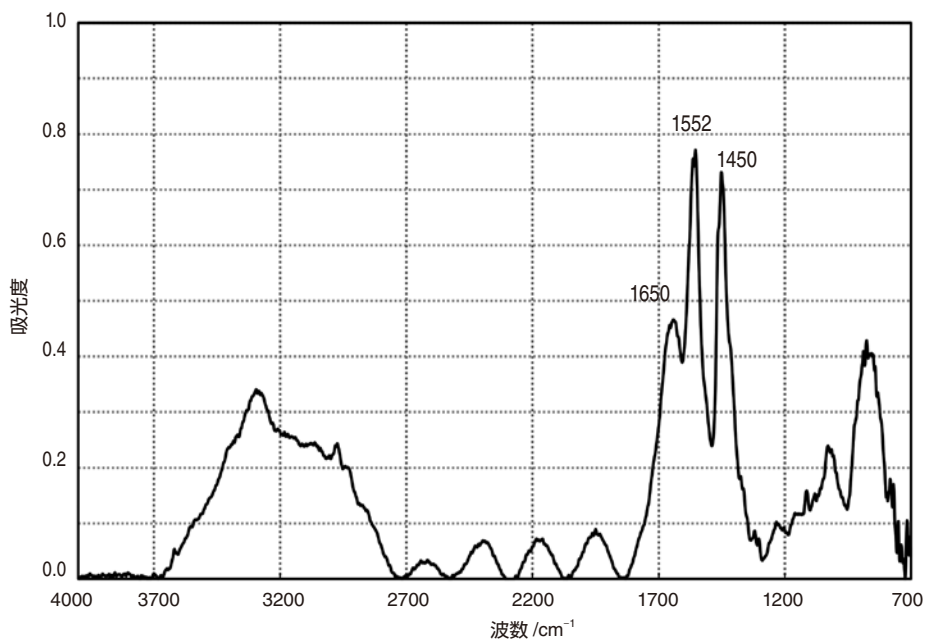


図7 玉林寺天室像 緑の微小試料(試料番号GY-L302)の赤外線吸収スペクトル
1552, 1450cm⁻¹の吸収帯がエメラルドグリーンの吸収帯にほぼ一致

していた可能性がある。胡粉と混ぜたうすい緑の層でも合成ウルトラマリブルーが含まれており、小売りの段階で調色されていたことも考えられる。エメラルドグリーンへの導入期については、現在のところはつきりしないが、⑨慈眼寺の十六羅漢像には多用されていることから、遅くとも二回目の製作年である明治七年（一八七四）には分量が市販されていたものと考えられる。それ以前に、幕末期一八六六年に造像された不動明王立像において、エメラルドグリーンが使われた可能性もあるものの、確証は得られていない。岩緑青が使われた⑥常林寺と、エメラルドグリーンが使われた⑨慈眼寺の十六羅漢像の製作年には約二五年の開きがあり、この間に作られた彩色資料の調査が望まれる。

暗めのこい緑は、藍青色材と石黄を混合して作られている。この緑は、緑にエメラルドグリーンが、青に合成ウルトラマリブルーが使われるようになって、継続して使われている。仮に、この色材を製作者が混ぜて作っていたとすると、その組成は、単独で使われる青と黄の色材と同じ方が自然である。しかし、⑨慈眼寺の例をみると、青は合成ウルトラマリブルー、明るい緑はエメラルドグリーン、暗めのこい緑は藍と石黄、紺色にはプルシアンブルーと、それぞれ別の色材が使われていることがわかる。また、⑦旧玄海参籠所の不動明王や⑬瑞龍院の像では、藍青色材に、同等に扱われていたと思われる藍とプルシアンブルーが混合されていた。さらに、製作年代や像が違っていても、均一で類似した色調を保ったまま彩色されていることを考えあわせると、暗めのこい緑の色材を製作者が彩色のたびに調合していたとは考えにくい。よって、この緑は、ひとつの色材として混合された状態で流通していたものと推察される。

結論

山形県に安置されている仏像の彩色を調べることで、一八〇〇年代に仏像彩色に用いられた色材と彩色技法を概観することを試みた。赤、黄などの暖色系の色材は、江戸から明治への転換期を経ているにも関わらず、一八〇〇年代を通してほぼ同じ色材と技法が用いられていた。赤の水銀朱、鉛丹、ベンガラ、黄色の石黄は、各色材を単独で使う以外にも、二種類の色材を混ぜ合わせることで、赤から黄の中間色を数多く作り出している。

青や明るめの緑の彩色には、幕末明治期頃を境に、輸入の合成材料が使われるようになる。青では、従来の藍に代わり合成ウルトラマリブルーが、緑では、岩緑青の代わりにエメラルドグリーンが使われた。今回調査を行った明治前期の作例のほとんどは新海宗慶によるものだが、多数の仏像彩色に多用されていることを考慮すれば、一個人に限って入手できた特別な色材ではなく、当時市販されていたものであった可能性は高い。現在の山形県下では、明治直前に輸入材料が市販されるようになり、明治期には十分に流通していたことがうかがえる。

一方で、寒色系の緑であっても、石黄と藍青色材を混ぜたこい緑は、エメラルドグリーンの導入後、明治期になっても継続して使われている。使用されている色材全体をみると、新しい色材は、わずかに合成ウルトラマリブルー、エメラルドグリーン、紫色材の三種類ほどである。適度な着色力を持ち、他の色材と混合しても色調の濁りにくい合成ウルトラマリブルーは、寒色系の中間色を作り出すことができ、これにより表現できる色数が大幅に増えたものと考えられる。また、鮮やかな青は、白と対比させることで、色のコントラストが広がり、彩色全体が大きく変化したような印象を与える。従来の赤と黄により作り出さ

れる色に、青と白、あるいは青と紫から作り出される色が加わったことが、江戸期と明治期の彫刻彩色の大きな違いといえよう。

本研究では、調査対象を江戸時代後期から明治期までという時代の区切りと、山形に調査地域を限定したことにより、仏像の彩色に用いられる色材の時代的変遷という縦軸と、歴史的文化的背景による京都と山形との交流という横軸の広がりがあり様を紐解くことができた。調査研究により、開国や近代化によって西洋の新材料が流入したこの時期に仏像彩色の色材利用に変化が生じたこと一端を解明することができたが、京都を含む他地域での広域的な色材利用の実態解明や、江戸時代全般での変遷や前時代である中世、古代の色材利用の解明が残された大きな課題である。また、輸入された新色材の利用においても、紙や絹、布などを支持体とする絵画表現での利用、屋外の環境下にさらされる建築物への利用、工芸品などに利用される場合とでは、その表現の目的と色材の特性が見合う必要があるため、表現分野ごとに色材の利用状況も異なることが予測される。さらに同分野であっても、流派によって色材の利用方法にも違いがあることもあろう。そのため、色材利用の実態の把握のためには、時代、地域、表現分野、流派などを横断的かつ総括的に調査、研究する必要がある、今後の継続的な調査研究が重要である。江戸時代から明治期に焦点を絞ったものの、日本絵画、錦絵、西洋絵画、そして仏像彩色とを横断的に検証した本研究が、その端緒となれば幸いである。

註

(1) アズライトは、古来青色顔料として使われてきた銅を含む鉱物であり、日本語では藍銅鉱という。この鉱物を粉砕して作られた顔料は、その色調によって「紺青」「群青(郡青)」などと称されてきた。現在でも、例えば、日本画の分野では「群青」の名称で顔料として用いられている(東京藝術大学大学院文化財保存学日本画研究室「図解日本画用語事典」、東京美術、二二二頁、二〇〇七)。一方で、合成ウルトラマリンブルーが輸入されるようになると、これを「舶来群青」「人

造群青」などと称した。その後、単に「群青」というと、鮮やかな青である色を示すか、とくに工業分野においては合成ウルトラマリンブルーを示すようになった(古沢収三、一九五七、「無機顔料」「色材」三〇巻、七号、二六八―二七二)。本稿では、こうした名称と材質の混乱を避けるため、英語では色材名としても使われる Azurite のカタカナ表記「アズライト」を用いることとした。

(2) 可搬型蛍光 X 線分析計は、DELTA Premium (DP-2000C)、オリンパスインベックス社製)である。X 線の照射強度は、Soil モード Beam1 (40 keV) および Beam3 (15 keV) の二種類である。

(3) 光学顕微鏡は、システム顕微鏡 BX51 を使い、観察光源には、ライトガイド光源装置 U-HGLGPS (いずれもオリンパス株式会社製) を用いた。観察画像の記録は、顕微鏡用デジタルカメラ DP73 (オリンパス株式会社製) による。

(4) X 線分析顕微鏡 XGT-520SLRH (超大型試料室モデル) (HORIBA 社製) を使用。分析条件は、分析径 400 μm、管電圧 50 kV、一分析点での測定時間は 40 秒とした。

(5) 分析走査型電子顕微鏡 [SM-6010LA (JEOL)] を使用。基本的に試料は、クロセクションを作成し、カーボンコーティングの後、加速電圧 20 keV にて観察、分析を行った。

(6) 本分析は、公益財団法人光科学研究センター Spring 8 において、社会・文化利用課題の採択を受けて実施した(課題番号 2015B1522、2017A1721)。使用ビームラインは BL43IR。基板にはダイヤモンドプレートを使用、分析領域は、700-4000 cm⁻¹ である。

引用文献

朽津信明・笠松雅弘・下山進 二〇〇三「夢楽洞絵馬における青色顔料の変遷について」『福井県立博物館紀要』九、一七―二七頁

鳥津美子・岡田靖 二〇一七「近世・近代の木彫仏像に施された彩色の技法材料―山形県龍泉寺、塩田行屋、法来寺の事例―」『国立歴史民俗博物館研究報告』第二〇六集、六一―八七頁

竹内久兵衛 一八八七『実業應用絵具染料考』盛養堂蔵版(国立国会図書館デジタルコレクションにて閲覧可)

鶴田榮一 一九九一「日本のブルー―1―幻の岩紺青」『色材協会誌』六四巻、七号、四七八―四八二頁

Fiedler, Inge・Bayard, Michael. 1997 (Reprinted in 2012) Emerald green and Scheele's green. *Artists' pigments*, vol.3, Ed. Elisabeth West FitzHugh, pp.219-271.

Mühlethaler, Bruno · Thissen, Jean. 1993 *Smalt, Artists' pigments*, vol.2, Ed. Ashok Roy, pp.113-130.

島津美子 (国立歴史民俗博物館研究部)

岡田 靖 (一般社団法人木文研代表理事)

(二〇一八年六月一日受付、二〇二〇年一〇月一六日審査終了)

Technical Study of Paint Materials in Buddhist Polychrome Wood Sculptures Made in 19th-Century Japan: Summary of Case Studies in Yamagata Prefecture.

SHIMADZU Yoshiko and OKADA Yasushi

The production of Buddhist sculptures, which were mostly limited to Kyoto, expanded to local regions in the late Edo period. Many of them have been painted over, but there are only a few case studies of painting techniques and materials. These techniques and materials used for Buddhist sculptures in Yamagata Prefecture were investigated. All sculptures were made of wood and painted in the 19th century by sculptors in Kyoto or Yamagata, who belonged to the same school.

The preliminary investigation consisted of three case studies: the first group's sculptures were made in the early 19th century, and the other two groups' sculptures were made in the Meiji period. Synthetic colorants were used only in the latter two groups. In this study, we elucidate the colorants used in nine groups of Buddhist sculptures that were made between the middle and the end of the 19th century. In addition, we discuss the types of colorants and when they were imported. The green and blue areas of the sculptures made during the Meiji period differed from those in the Edo period. Green was used as Iwa-rokusho (mineral green; usually malachite), and it replaced emerald green (copper aceto-arsenate (III)). An indigo-based colorant was used as shade of blue, and synthetic ultramarine blue was replaced. In contrast, the dark green colorant did not change after the Meiji period, which is a mixture of orpiment and indigo-hue colorants. In addition, warm colors such as red and yellow stayed in use in the 19th century. In the second half of the 19th century, Japanese ports reopened and trade with foreign countries began. There was also a major social change when the Edo period ended and Meiji began. These changes must have influenced the colorants used, while not all colorants, which had already been introduced in Japan, were found in the sculptures. For instance, Prussian blue was found only in a certain mixture of pigments and not independently. This paper provides an overview of the colorants, including the seemingly traditional ones used in the Buddhist polychrome sculptures of the 19th century.

Key words: Polychrome Buddhist Sculptures, 19th Century, Yamagata Prefecture, Synthetic ultramarine blue, Emerald green

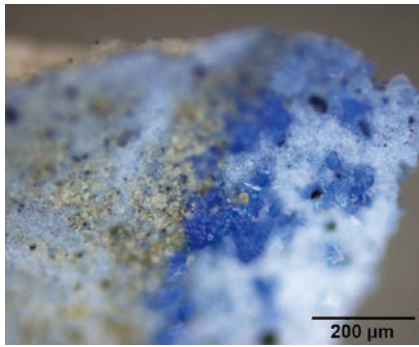


写真1 玉龍院十六羅漢像 第十一番 白青（藍と胡粉）の衣地と青色ガラスによる文様（試料番号 GR10）

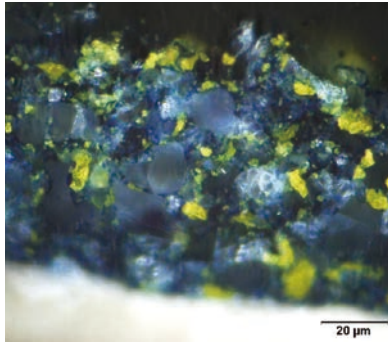


写真2 玉林寺西光像 藍に少量の石黄を混合した青（試料番号 GY-L102）

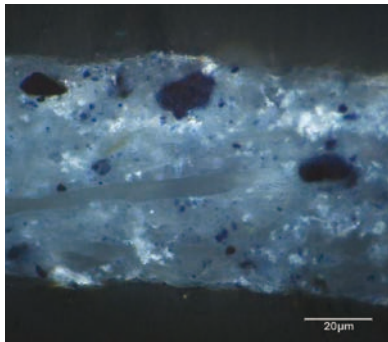


写真3 玉林寺達磨大師像 胡粉と藍を混合した白青（試料番号 GY-D03）

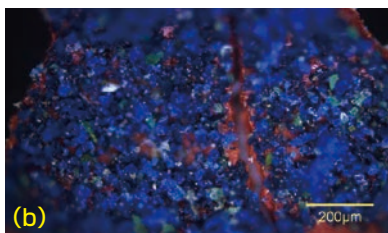
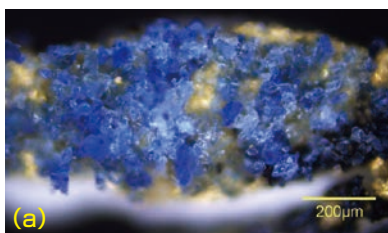
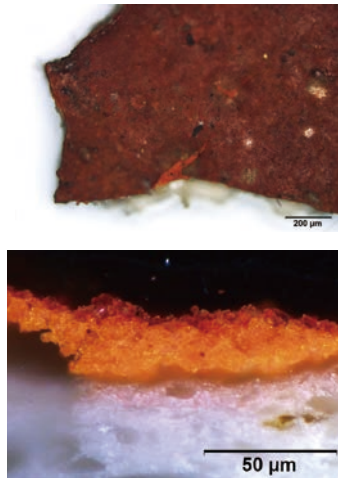


写真4 金勝寺阿難像にみられる青色彩色

- (a) 金箔上の文様部分に見られる青色彩色（試料番号 KS60; 青色ガラス）.
- (b) 赤の衣地に青で描かれた文様（試料番号 KS61; アズライト）の光学顕微鏡写真



— こい赤色層：水銀朱
 — やや黄色みのある赤橙色層：鉛丹



写真5 常林寺十六羅漢像 第十五番 鉛丹層の上に水銀朱を塗り重ねた赤色彩色（試料番号 JL35）

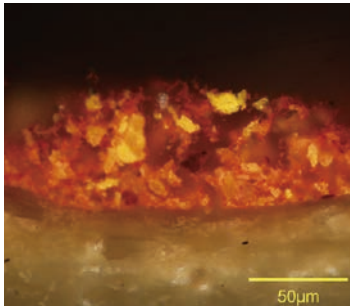
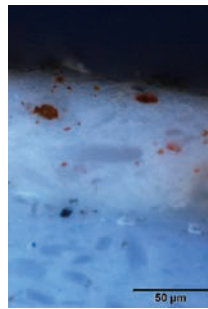
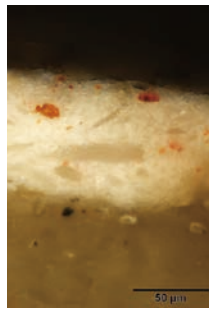
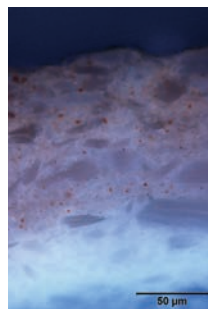
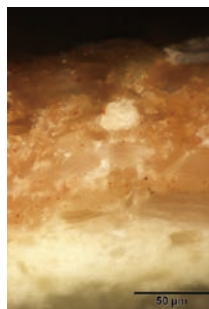


写真6 常林寺十六羅漢像 第十六番 石黄とベンガラの混合による橙色（試料番号 JL36）



(a) 通常光写真 (b) 紫外線蛍光写真

写真7 常林寺十六羅漢像 第五番 肌の色調と試料片の光学顕微鏡写真



(a) 通常光写真 (b) 紫外線蛍光写真

写真8 常林寺十六羅漢像 第八番 肌の色調と試料片の光学顕微鏡写真

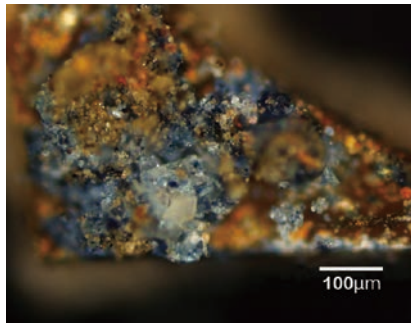


写真 9 常林寺十六羅漢像 第十六番 金箔上の青と光学顕微鏡写真 (試料番号 JL37)

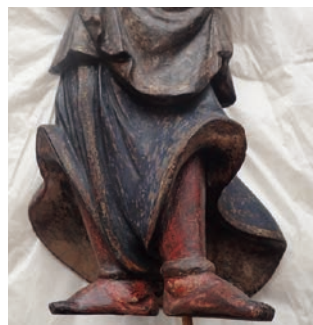
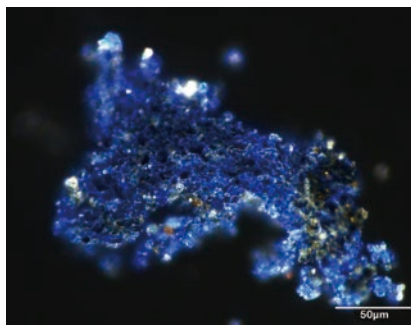


写真 10 旧玄海参籠所 不動明王三尊像制吒迦童子の青い衣 (試料番号 SZ10)



写真 11 不動明王立像の台座 左側面

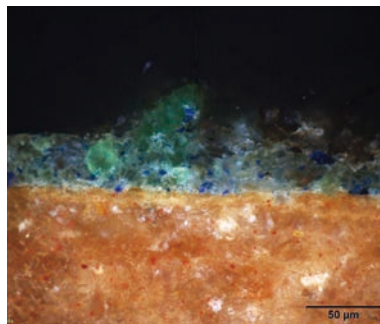


写真 12 慈眼寺十六羅漢像 袈裟の緑 (試料番号 JG38)

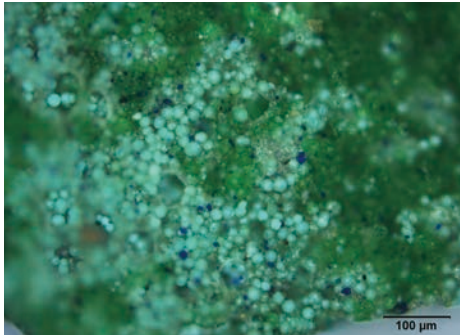


写真 13 玉林寺 天室像 袈裟の緑 (試料番号 GY-L302)

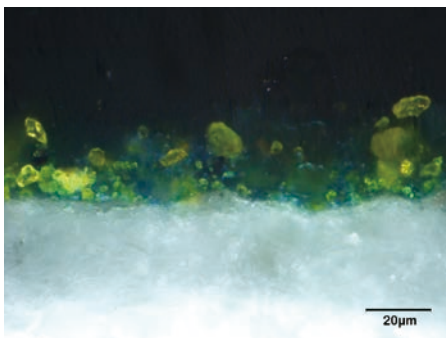


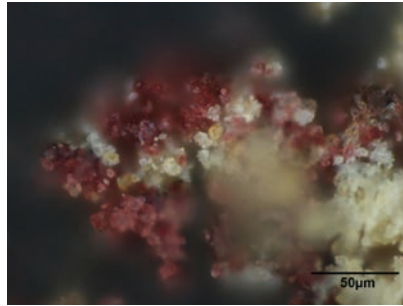
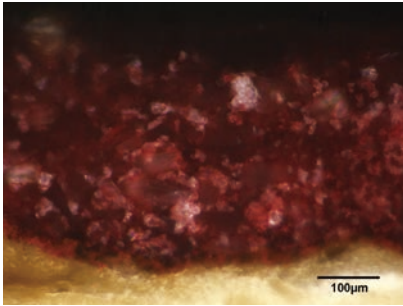
写真 14 瑞龍院十六善神 玄奘三蔵像 衣の青緑 (試料番号 ZR10)



塩田行屋 (SG227)

慈眼寺 (JG48)

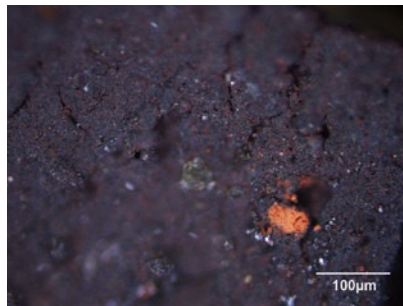
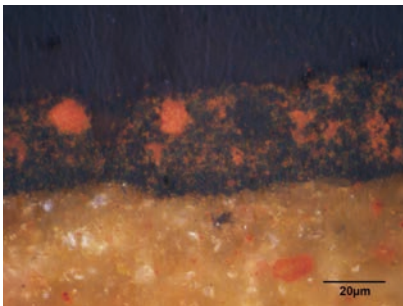
写真 15 砥粉地の上に白色層のある試料片の採取箇所付近



天然の有機質色材とみられる紫 (右：未包埋, 左：クロスセクション)



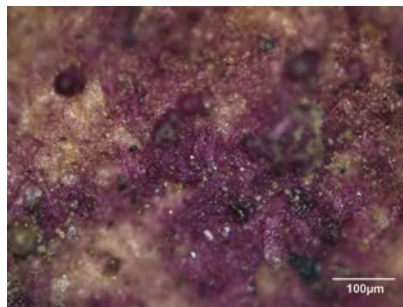
玉林寺中興大和尚倚像部分



墨とベンガラ混合 (JG46) (右：未包埋, 左：クロスセクション)



慈眼寺十六羅漢像部分



有機質色材とみられる紫 (未包埋)



玉林寺天室像部分

写真 16 赤みのある紫の比較

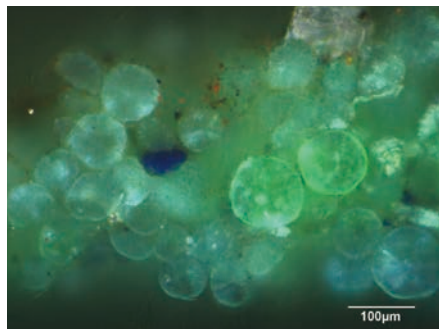
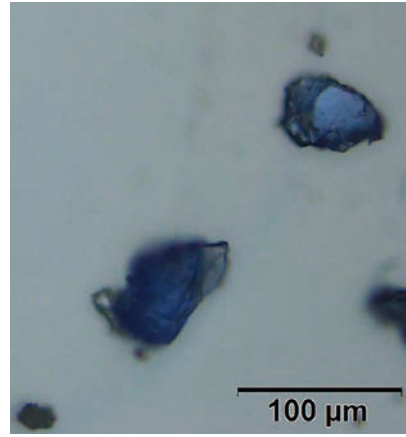
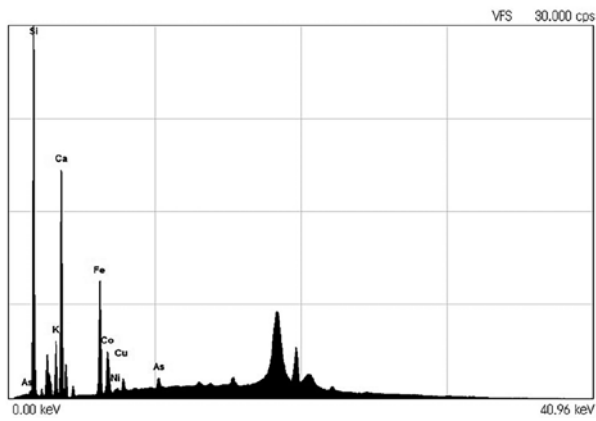


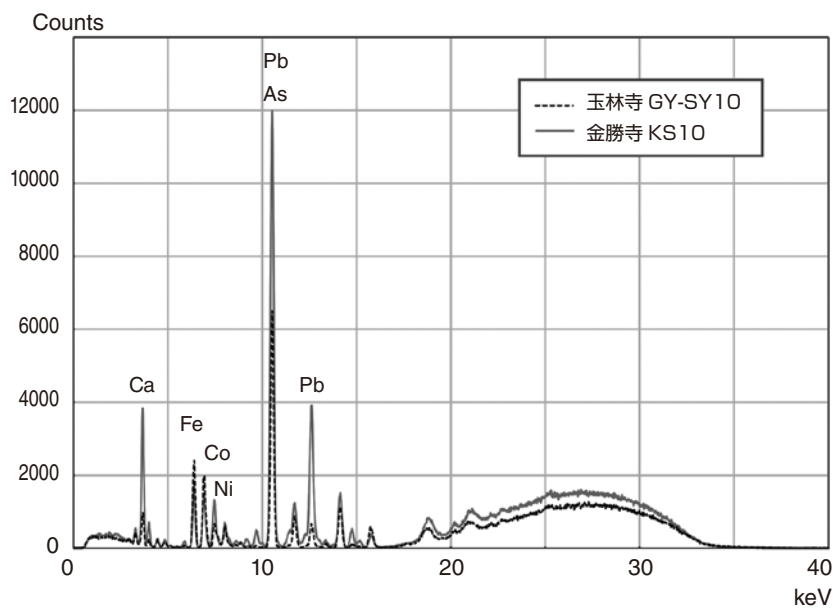
写真 17 エメラルドグリーンに特徴的な球形粒子
(試料番号 GY-L302: クロスセクションの光学顕微鏡写真)



蛍光 X 線スペクトル (実験室 XRF)
 [スライドガラスに載せて測定したため、ケイ素 (Si) のピーク強度が高くなっている。]

光学顕微鏡写真

図 1 玉龍院十六羅漢像に見られる透明度の高い青色粒子 (試料番号 GR07)

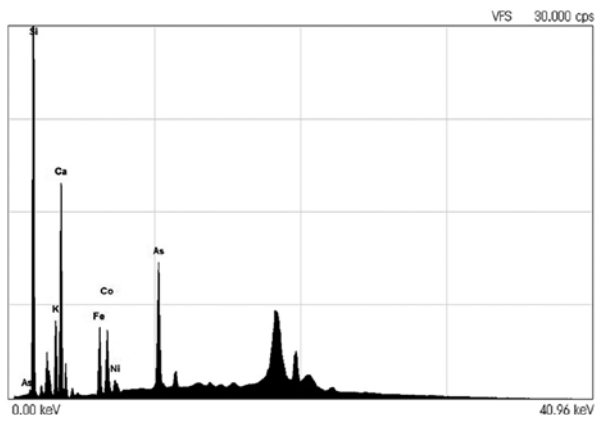


玉林寺 GY-SY10

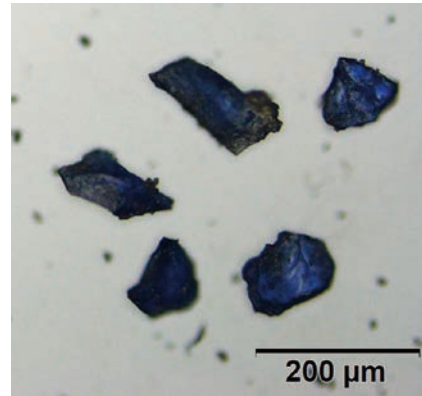


金勝寺 KS10

図 2 玉林寺大権修利像と金勝寺十六羅漢像第三番に見られる青色ガラスによる彩色部分の蛍光 X 線スペクトル (可搬 XRF 分析)

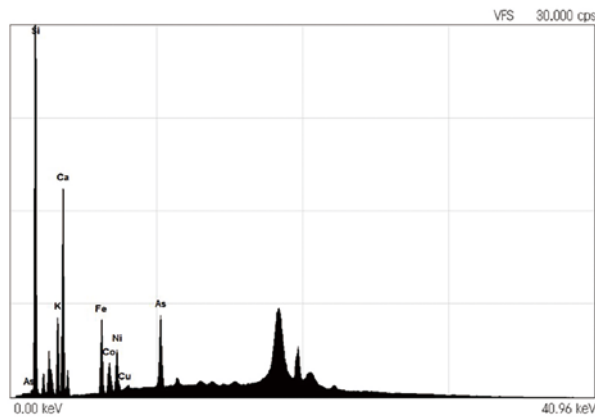


蛍光 X 線スペクトル (実験室 XRF)
 [スライドグラスに載せて測定したため、ケイ素 (Si) のピーク強度が高くなっている。]

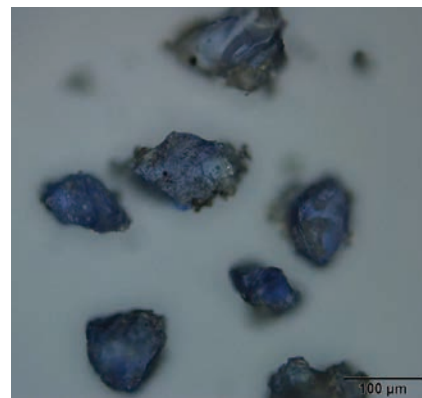


光学顕微鏡写真

図3 玉林寺大権修利像からはく落片から採取した青色粒子

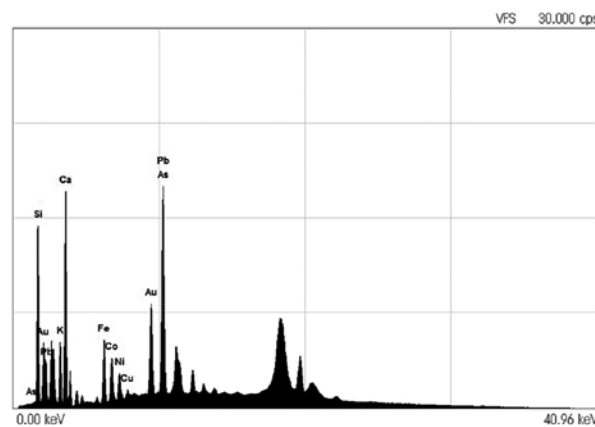


蛍光 X 線スペクトル (実験室 XRF)
 [スライドグラスに載せて測定したため、ケイ素 (Si) のピーク強度が高くなっている。]

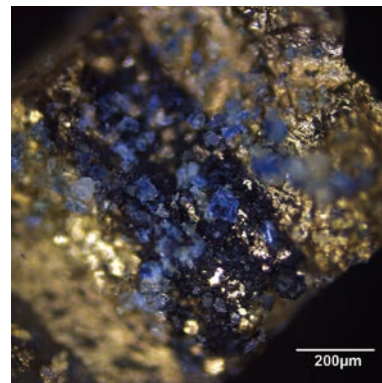


光学顕微鏡写真

図4 金勝寺十六羅漢像第八番に見られる青色粒子 (試料番号 KS50)



蛍光 X 線スペクトル (実験室 XRF)
 [金 (Au) は青色彩色の下にある金箔に由来する。]



光学顕微鏡写真

図6 龍泉寺十六羅漢像に見られる青色粒子 (試料番号 RS47)