

バーミヤーン仏教壁画の材質分析(1) —クロスセクションによる彩色技法の調査—

谷口 陽子・大竹 秀実・前田 耕作

1. はじめに

本報は、文化財研究所とアフガニスタン情報文化観光省が実施しているバーミヤーン仏教壁画の保存修復事業のための予備的な調査¹⁾として行っている、壁画の構成材料や製作技法に関する研究の一部である。ここでの結果は、修復作業を行うための材料や方法を選択する上で必要不可欠な情報であると同時に、バーミヤーン仏教壁画に見られる様々な絵画材料や技法を明らかにする上で重要である。

2005年に実施した第4、5次ミッションにおいては、バーミヤーン遺跡における各仏教石窟遺跡（バーミヤーン [Bamiyan]、フォーラーディー [Foladi]、カクラク [Kakrak]、コレ・ジャラル [Qol-e Jalal]）の石窟と壁画の調査を行うと同時に、各石窟を清掃した際に床から回収された壁画片について、インヴェントリー（目録）作成のために分類、記録を行った。これらの壁画片についてもその過程で包括的な調査を行っている。対象となった壁画片数は一万点近く、インヴェントリーシート数は1,400枚を超える。

それらの壁画片のうち、技法材料および表面付着物など詳細な分析調査のために、バーミヤーン遺跡14石窟群（19室）、フォーラーディー遺跡5窟、カクラク遺跡2窟、コレ・ジャラル遺跡1窟から、239点の微小試料を採取した。各試料は、実体顕微鏡での観察ののち、彩色技法を明らかにするためにクロスセクションを作成し、層構造の断面観察に供した。また、顔料と有機膠着材については、ロシアのエルミタージュ美術館およびフランスの欧州シンクロトロン施設 (European Synchrotron Radiation Facility) との共同研究として、SEM-EDS、 μ -XRD、 μ -FTIR and GC/MSなどを用いた分析を開始している。

2. 各仏教石窟遺跡について

バーミヤーン地域は、アフガニスタン中央部を東西に横断するヒンドゥー・クシュ山脈の山中にあり、三つの主要な谷であるバーミヤーン谷、フォーラーディー谷、カクラク谷からなる（図1）。標高2,500メートルに達する高地であるが、紀元後5世紀以降、西アジア・中央アジア・インド・中国などの諸地域を結ぶ交通の要衝として栄え、多くの遺跡が残されている。特にバーミヤーン谷の大崖に掘られた二体の大仏と仏教石窟群（バーミヤーン遺跡）、フォーラーディー谷の崖に掘られた仏教石窟群（フォーラーディー遺跡）、カクラク谷の崖に掘られた大仏と仏教石窟群（カクラク遺跡）は著名である（図2）。これらの仏教石窟群は、極彩色の壁画で装飾されていたが、大部分の壁画は、長年に亘る内戦やその後の混乱期に破壊を受け、失われてしまった。2005年の第4次ミッションにおいて、バーミヤーン遺跡西大仏の西方約6キロメートル、バーミヤーン谷の西端に位置するコレ・ジャラルで新たに仏教壁画が残る石窟が発見された。その壁画からも、試料の採取を行った。

数十に及ぶ各石窟の壁画は、図像的な様式に差異が存在することが知られる²⁾。それぞれの壁画は、名古屋大学年代測定総合研究センターとの共同研究において、放射性炭素14年代法によ

り年代測定が行われており、それぞれの壁画の製作年代は5世紀中葉から10世紀に亘り帰属していることが明らかになってきている³⁾。バーミヤーン遺跡の壁画が、各時期を通じて様々な地域の影響を受けている可能性などを検討する上で、絵画材料と技術の変遷について明らかにすることは非常に重要な課題である。



図1 バーミヤーン遺跡の位置

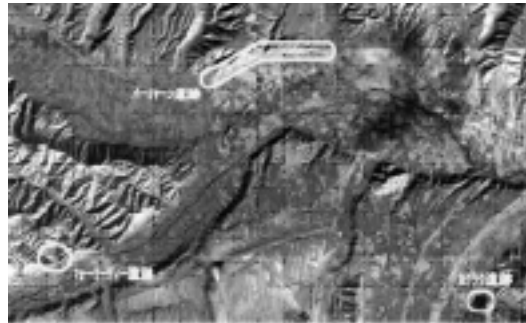


図2 バーミヤーン谷におけるバーミヤーン、フォーラーディーおよびカクラク遺跡の位置

3. バーミヤーン遺跡仏教壁画における彩色技法材料の研究の背景

バーミヤーン遺跡の仏教壁画に関する材質調査は、1930年代に行われたハーヴァード大学のフォッグ美術館のゲッテンスによる分析が最初の例である。その際に、下地から石膏（ジブサム）を、また、顔料として鉛丹、酸化鉄系赤色顔料、黄土、天然ウルトラマリン（ラピスラズリ）、チャコールブラック、銅系緑色顔料（クリソコラ）¹⁾などの存在を報告している⁴⁾。さらに詳細な分析は、1960年代にインド隊によって行われたバーミヤーン遺跡東大仏周辺の石窟の壁画の調査にて実施されたが⁵⁾、未だに結果についての詳細な報告はない。最近では、日本で保護されているバーミヤーン、フォーラーディー両遺跡から流出した資料に対する非接触分析により⁶⁾、バーミヤーン遺跡（K₃, E(e), I窟）の壁画片から石膏、鉛丹を含んだ水銀朱、黄土、ラピスラズリ、ベンガラ、オーピメントを検出し、また、フォーラーディー遺跡（4窟）の壁画片からはリアルガーを含んだヒドロセルサイト（鉛系白色顔料）、ラピスラズリ、アタカマイト、水銀朱を同定している。

4. クロスセクション観察のための試料作成

各微小試料は、実体顕微鏡（Olympus社製BX51）下において通常光および紫外線蛍光による観察および観察表への記載を行ったのち、ポリエステル系樹脂（Struers社製冷間埋込樹脂No.105）にて包埋した。試料には、水溶性の膠着材や水分に敏感な顔料が含まれている可能性があったため、4,000～12,000メッシュについてはMicro Surface社製のマイクロ・メッシュを用いて試料表面の乾式鏡面研磨を行った。クロスセクションは、同様に、通常光および紫外線蛍光にて観察・記載および撮影を行った。観察方法についてはPlesters⁷⁾に準じた。

1 ゲッテンスはクリソコラ [珪酸銅] と言及しているが、その後、アタカマイト [塩基性塩化銅] ではないかと別の見解がある¹⁰⁾。

5. 結 果

5-1. 土製の下塗りに描かれたパーミヤーン仏教壁画の構造

ユーラシア大陸に広く見られる壁画の製作技法と同様に、パーミヤーン遺跡の仏教壁画は、土製の下塗り層の上にならぬセッコ技法 (*a secco*) によって彩色された壁画である。セッコ技法とは、乾いた壁面に、乾性油、卵白、植物性多糖類、樹脂といった何らかの有機質の膠着材と顔料を混ぜて絵画を描く方法であり、顔料を消石灰の炭酸塩化を利用して画面に定着させるフレスコ技法とは異なっている。

パーミヤーン石窟壁画に見られる代表的な層構造⁸⁾について以下に述べる。基本的に、砂岩や礫岩といった比較的柔らかい性質の岩盤を削り抜いて石窟を作り、その内部の岩表面を支持体とする。最初に、膠着材、動植物性の繊維、砂などの混和材を加えた練り土を複数回塗りつけて表面を平滑にしている(下塗り層)。下塗り層の多くは上・下層の2層からなり、石窟ごとに含有物が異なっている。傾向として、上層は砂粒子を多く含んだ細粒の練り土からなる層で、下層は藁スサを多く含んだ層である。平滑に磨いた土製の下塗り層の表面に、おそらく目止めを目的として有機質の糊状の材料を塗った後(目止め層)、白い下地[地塗り]層を塗り、さらに青・白・黒など複数の色を重ねて壁画を描いている。

表1に、下地層および目止め層についての各壁画の特徴についてまとめる。壁画下地の多くは、白色の物質により作られているが、特徴的にJ(d)窟の壁画は、白色顔料中に赤色顔料を含んだ薄桃色の下地を持つ。下地には少なくとも3種類の白色物質が観察され、それぞれ異なる紫外線蛍光を発する。目止め層については、厚みのある黄色透明樹脂状の層で白色の紫外線蛍光を発するもの、透明の薄層で青白色、白色あるいは黄色の紫外線蛍光を発するものがあり、それぞれ異なる有機物であることが考えられる。

彩色層については、殆ど全ての石窟壁画において、多層構造として描かれていることが明らかになった。鮮やかな法衣部分は、2種類の異なる赤色を重ねたり、深い緑色の光背部分は、緑、白、橙色を重ねたりすることにより、澄んだ深い緑を作り出していることが観察された(図3・4)。このような多層構造は、それぞれ異なる色味の顔料を重ねることにより濁らない深みのある色調を得るための、伝統的かつ光学的にも理にかなった技法⁹⁾に則っていると言える。それぞれの遺跡および石窟により、色味や層の作り方などに様々な差異がみられたが、それぞれの物質に関する分析結果を含めた詳細は次稿に報告する予定である。

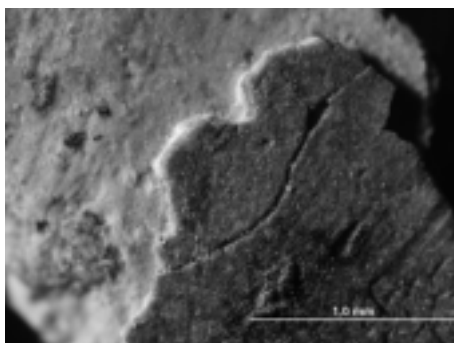


図3 B(d)窟壁画の緑色部分 (BMM064)

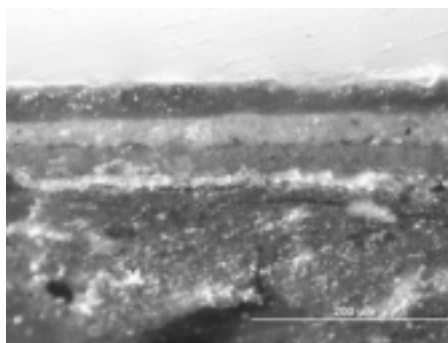


図4 B(d)窟壁画の緑色部分のクロスセクション (BMM064)

表1 下地および目止め層の観察結果

遺跡	石窟	下地層		目止め層		黒色顔料層上に青色顔料層をもつもの	彩色が多層構造からなるもの
		色	UV	色	UV		
Bamiyan	A lower salle	白透	弱い白	黄色透明 (厚)	白	—	○
	B(d)	白透	白	黄色透明 (厚)	白	○	○
	C(a)	白透	弱い白	×	×	○	○
	C(b)	白	白	透明 (薄)	黄	—	○
	D(DF)	白透	白	透明 (薄)	白/黄	—	○
	D	白透	白	透明 (薄)	黄	○	○
	East III	白	弱い白	×	×	—	○
	E(c)	白	弱い黄	透明 (薄)	黄	—	○
	E(e)	白/薄桃	白/淡い桃色	透明 (薄)	黄	—	○
	F(c)	濃白	強い白	黄色透明 (厚)	白	—	○
	G	白	弱い白	透明 (薄)	青白	○	○
	I niche	白透	白	透明 (薄)	白	○	○
	J(b)	白 (白+黄)	白	透明 (薄)	白	○	○
	J(c)	白透	白	透明 (薄)	白	○	○
	J(d)	薄桃 (白透+赤)	淡い桃色	透明 (薄)	黄	○	○
	K	白	白	透明 (薄)	白	○	○
	M	白	白	透明 (薄)	白	×	○
ED01	N(a)	濃白	強い白	黄色透明 (厚)	青白	○	○
	ED01	白透	弱い白	透明 (薄)	白	○	○
Foladi	2	白	強い白	黄色透明 (厚)	白	—	○
	3	白	白	黄色透明 (厚)	白	○	○
	4	白	強い白	黄色透明 (厚)	青白	×	○
	5	白	白	透明 (薄)	白	×	○
	6	濃白	強い白	黄色透明 (厚)	青白	×	○
Kakrak	43	白	弱い白	透明 (薄)	白	×	×
	44	白	白	透明 (薄)	黄	×	○
Qol-e Jalal	QJBC 01	白	白	黄色透明 (厚)	青白	×	○

5-2. パーミヤーン遺跡仏教壁画で使用された青色顔料について

ラピスラズリがアフガニスタンのバダフシャーン (Badakhshan) 地方から産出されることは、古くからよく知られており、青色顔料として、様々な時代を通じ広域において使用されてきたが、特に14世紀から15世紀半ばの中世ヨーロッパにおいて非常に好まれ、高い頻度で使用されていた¹⁰⁾。天然の鉱石であるラピスラズリの特徴として、青色のラズライト ($[(Na,Ca)_8(S,SO_4,Cl)_2(Al_6Si_6O_{24})]$) だけではなく、通常パイライト (黄鉄鉱 $[FeS_2]$)、カルサイト (方解石 $[CaCO_3]$) といった鉱物が含まれている。そのため、青色の質も、不純物の量によってさまざまであり、伝統的にはチェンニーニの 'Il libro dell'arte (ca.1400)' に述べられているように、天然ウルトラマリンとして綺麗な青色を分離する手法が用いられてきた¹¹⁾。

今回の調査では、濃青色を表現する際にはラピスラズリの粒子が粗く、青色層の下に黒色粒子を含む層を持つこと (図5~7)、明るい水色を表現する際には、きめの揃った細かいラピスラズリの粒子を白色層の上に白色顔料と混ぜて塗る手法 (図8・9) が使われていることが観察された。このことから、チェンニーニが記述するより遥か遡った時代に、既に天然ウルトラマリン顔料として、ラピスラズリをなんらかの人為的手法により分粒し、色味により使い分け利用していた可能性を示唆することができる。

傾向として、M窟以外のパーミヤーン遺跡各石窟の青色は、粗いラピスラズリを黒色の上に塗布する前者の手法を用いているのに対し、フォーラーディー石窟4、5、6、カクラクおよ

びコレ・ジャラル遺跡の石窟壁画については、後者の手法により明るい水色を作り出している。一方、M窟の青色については、粗いラピスラズリを白色下地層上に塗布していることが観察された。M窟のみが特殊なケースであるのか、他の試料とさらに比較検討する必要がある。

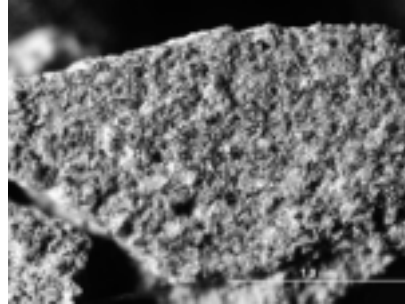


図5 ED01窟壁画の濃青色部分拡大

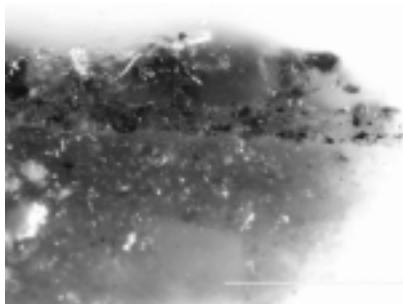


図6 ED01窟壁画の濃青色部分クロスセクション

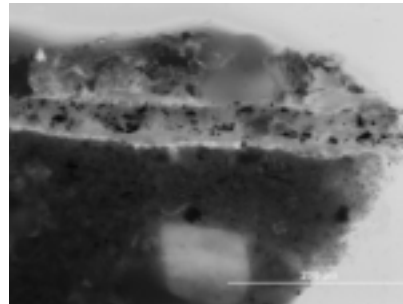


図7 ED01窟壁画の濃青色部分クロスセクション

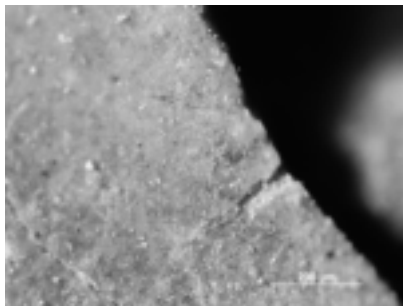


図8 N(a)窟壁画の水色部分拡大

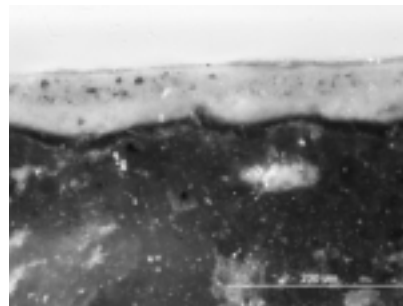


図9 N(a)窟壁画の水色部分クロスセクション

6. おわりに

パーミヤーン谷におけるそれぞれの仏教壁画群において、壁画の様式には、中国西域、ガンダーラ、ソグド、ヘレニズム、イランなどの影響を受けてさまざまな様式が混在している。

今回の調査においては、パーミヤーンの仏教壁画は、非常に洗練した多層彩色構造をもつセッコ壁画であり、選別された様々な顔料粒子を使用したものであることが明らかとなった。パーミヤーン遺跡の仏教壁画は5世紀に亘り描かれ続けたものであり、その中で技法的にも材料的にも変遷を受けていることは想像に難くない。

アフガニスタンの仏教壁画にも影響を及ぼしていると考えられるインドの彩色技法については、代表的な芸術論として『ヴィシュヌダルモータラ』と呼ばれる書物が編纂されている¹²⁾。これは、ヒンドゥー的な精神が復興したグプタ時代(320-600年)の芸術的見解に基づいていると考えられている¹³⁾。壁画の製作や色彩に関して述べられている箇所には、様々な顔料や天然有機物質により豊かな色調を表現する手法について言及されており、当該期の壁画は、非常に複雑な技法材料を駆使して描かれていたものであることが示唆される。

壁画材料はさまざまな物資とともに、東西各地からもたらされた壁画技法の変遷と絡み合いながら、西から東、東から西へと動いていた可能性がある。それぞれの顔料、および壁画の技法材料については、中央アジアという地理的状況、および古代における物質の交流ルートという視点から、注意深く考察していく予定である。

参考文献

- 1) TANIGUCHI, Y., AOKI, S.: Conservation Proposal (Chapter 6-2), *Protecting the World Heritage Site of Bamiyan: Key Issues for the Establishment of a Comprehensive Management Plan 2004*, 76-90, JCICC, NRICP, Japan (2005)
- 2) 宮治昭：パーミヤーン、遥かなり：失われた仏教美術の世界, NHKブックス, 933, 日本放送出版協会 (2002)
- 3) 宮治昭：パーミヤーンの美術史研究と放射性炭素年代(第5章), パーミヤーン仏教壁画の編年-放射性炭素による年代測定-, アフガニスタン文化遺産調査資料集2, (独)文化財研究所国際保存修復協力センター・名古屋大学名古屋大学博物館, 131-140 (2005)
- 4) GETTENS, R.J.: 'The materials in the wall paintings of Bamiyan, Afghanistan', *Technical Studies in the field of the fine arts*, **6**, 186-193 (1938.)
- 5) LAL, B.B.: 'Conservation of murals in the Bamiyan valley, Afghanistan', *Conservation of Cultural Properties in India*, **5**, 83-95 (1970)
- 6) 山内和也編：アフガニスタン流出文化財の調査-パーミヤーン仏教壁画の材料と技法-, アフガニスタン文化遺産調査資料集3, (独)文化財研究所国際保存修復協力センター (2005)
- 7) PLESTERS, J.: Cross-sections and Chemical Analysis of Paint Samples, *Studies in Conservation*, **2**, 110-131 (1956)
- 8) 谷口陽子：壁画の製作年代と下塗り層に含まれる藁スサについて(第2章), パーミヤーン仏教壁画の編年-放射性炭素による年代測定-, アフガニスタン文化遺産調査資料集2, (独)文化財研究所国際保存修復協力センター・名古屋大学名古屋大学博物館, 29-32 (2005)
- 9) STEARNS, E. I.: Principles Underlying the Color and Appearance of Coatings, *Official Digest*, **336**, 45-69 (1953)
- 10) PLESTERS, J.: 'Ultramarine blue, Natural and Artificial', *Artists' Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics*, vol. 2 (ed. Ashok Roy), National Gallery of Art, Washington, Oxford University Press, 37-65 (1993)
- 11) CENNINI, C.: *Il Libro dell' arte: The Craftman's Handbook of Cennino Cennini*, trans. and ed. by D.V. Thompson, Dover Publications (1960)
- 12) SIVARAMAMURTI, C.: *Chitrasutra of the Vishnudharmottara*, Kanak Publications, New Delhi, India (1978)
- 13) 上野照夫：インド美術論考, 平凡社(1973)

- 14) PIQUÉ, F.: *Scientific examination of the sculptural polychromy of Cave 6, Yungang*, unpublished MSc dissertation, Painting Conservation at the Courtauld Institute of Art, University of London (1992)

キーワード：バーミヤーン(Bamiyan)；セッコ壁画 (*secco* paintings)；材質分析 (constituent material analysis)；クロスセクション (polished-section)

Constituent Material Analysis of the Bamiyan Buddhist Mural Paintings (I) : Examination of Painting Techniques from Polished Sections

Yoko TANIGUCHI, Hidemi OTAKE and Kosaku MAEDA

Scientific examination of 239 minute samples of *secco* mural paintings from Bamiyan, Foladi, Kakrak and Qol-e Jalal sites are being conducted to investigate their constituent materials and painting techniques. Polished sections were examined under PLM with normal/UV light sources. Stratigraphy of the paintings indicated that their manufacturing techniques were based on traditional and sophisticated painting manners using a multi-layer structure which provides special optical effects and various colour tones. At least three materials were distinguished as ground layers, as well as three sizing materials which exhibit different UV fluorescence. It was found that natural lapis lazuli was used abundantly in the Bamiyan mural paintings and that this mineral was refined and levigated intentionally to be used as a natural ultramarine blue pigment. Deep green colour was produced as a combination of three layers (green, white and orange), which creates a deep and clear colour as its optical effect. Further results from instrumental analyses will be reported accordingly.

The Bamiyan mural paintings, which were created between the mid-5th and 10th centuries AD, reflect numerous cultures that flourished along the Silk Road. Such dynamic and broad exchanges and trades of painting materials and techniques will be continuously studied throughout this Bamiyan project.