

# 〔報告〕 唐代節愍太子墓過洞に描かれた人物像壁画の 彩色材料と制作技法に関する調査

佐藤 香子\*・高林 弘実・柴 勃隆\*<sup>2</sup>・丁 淑君\*<sup>2</sup>・  
張 建林\*<sup>3</sup>・岡田 健

## 1. はじめに

中国陝西省では、古代以来政治や文化が栄えた西安（長安）を中心に、遺跡の発見が続いている。そのなかには彩色壁画をもつ墓も多く存在する。中国では、彩色壁画が発見されると、通常は発掘調査終了後に埋め戻されるか、あるいは取り外されて保存される。調査の過程で考古学に基づく記録が行われるため、その学術的な情報は保存される。一方、壁画を構成する材料や技法に関する自然科学的な調査は、ほとんど行われていないため、そうした記録は残されず、ふたたび壁画が調査の対象となることも極めて少ない。しかし、壁画に用いられた材料や技法に関する知見を得ることは重要である。この知見は絵画技術史、材料の交易、技術の伝播を考察する上で基礎的なものとなりうるからである。シルクロードを通じて、人や物の交流の中心として栄えた長安の壁画に用いられた材料や技法の自然科学的調査を行い、記録を残すことは特に有意義であると考えられる。

東京文化財研究所では、平成21年度から2年間の計画で陝西省出土の墓室の壁画に用いられた材料と技法について、陝西省考古研究院と共同で調査・研究を行っている。本報告では、理化学的な手法を用いた非破壊調査の結果を示す。

## 2. 調査対象

今回の調査対象は、陝西省富平県で発見された地下墓に描かれた壁画の一部である<sup>1)</sup>。壁画は発掘調査後、樹脂による強化処置を施してから取り外され、陝西省考古研究院へ移された。この墓は、唐代、節愍太子が埋葬されたと記されている文字資料（諡冊と哀冊）が出土しており、唐節愍太子墓と称される。図1に唐節愍太子墓の断面図と平面図を示す。1995～1996年に陝西省考古研究院と富平県文物管理委員会によって、発掘調査と壁画の取り外しが行われた。本調査対象の壁画は、墓の入口から遺体を安置した部屋（後室）に通じる通路のうち、図1に矢印で示した第二過洞の東壁に描かれたものである。第二過洞の東壁全体には、5体の人物が描かれていたが、取り外す際、南側3体が切り取られた。調査対象としたのは南側3体の人物が描かれた部分の壁画で、その全体像を図2に示す。

第二過洞の東壁の壁画の構造については、発掘時の考古学調査から、地中を掘り下げて作った土壁の表面に草を混和した泥層を塗り、さらにその上に石灰の含まれる漆喰を塗布して作った下地層の上に描かれたと報告されている<sup>2)</sup>。

\* 東京学芸大学大学院

\*<sup>2</sup> 敦煌研究院保護研究所

\*<sup>3</sup> 陝西省考古研究院

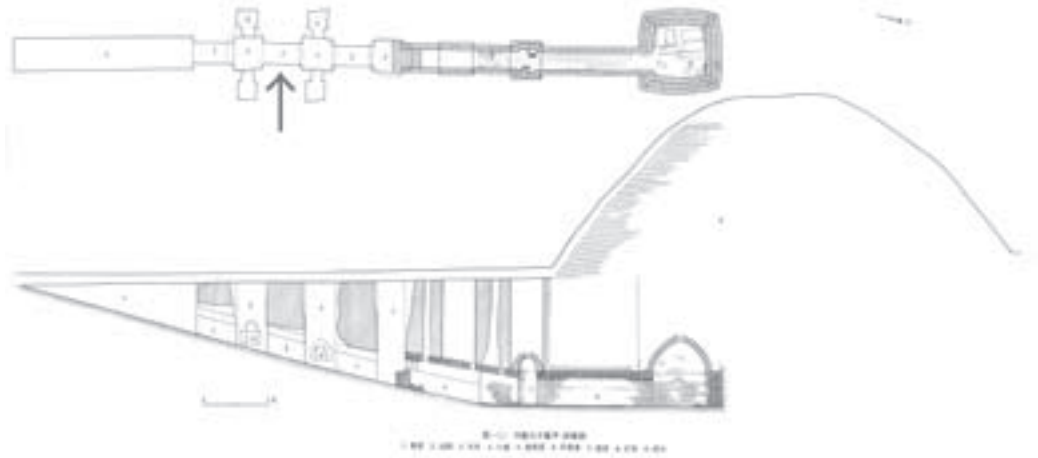


図1 唐節愍太子墓の平面図と断面図

\* 「唐節愍太子墓発掘報告書」から転載し、矢印を加筆した。



図2 壁画全体図（口絵参照）

### 3. 調査方法

調査は、陝西省考古研究院の壁画収蔵庫で実施した。今回の調査は、壁画に用いられた制作技法と彩色材料を明らかにすることを目的として、光学調査による表面状態の記録、顕微鏡を用いた微視的観察、そして蛍光X線分析を行った。光学調査では、正常光写真、側光線写真、赤外線写真、紫外線蛍光写真による記録を行った。顕微鏡観察には、マイクロアドバンス製デジカメスコープ DS-100を用いた。蛍光X線分析には、放射線源、小型X線検出器、小型マルチチャンネルアナライザ、プリアンプ、パーソナルコンピュータを組み合わせたものを使用した<sup>3)</sup>。線源には AET Technology 製の241Am 密封環状線源 (AMRB8774)、X線検出器には AMPTEK 製 XR-100CR-0.5 BE-S<sup>4)</sup>、マルチチャンネルアナライザには AMPTEK 製

MCA8000A<sup>3)</sup>, プリアンプには AMPTEK 製 PX 2 CR を使用した。測定箇所の壁面と測定ヘッドの距離は 2～5 mm 程度とし、測定時間は 1000 秒とした。

## 4. 結果と考察

### 4-1. 壁画の描画技法

分析調査に先立ち、壁画の保存状態と描画の手順を推定するために壁画表面の肉眼観察を実施した。壁画の表面状態の特徴を示すために、一例として右端人物の上半身の側光線写真を図 3 に示す。白色の下地の上に、黒色を呈する線で衣服や顔の輪郭や衣の襷が描かれている。輪郭線の内部には種々の色を呈する彩色材料が塗布され、さらにその上から黒色を呈する線で細部を描いている。また、図 3 の側光線写真に矢印で示すとおり、凹線が観察される。この線は、彩色層の下に存在し、幅と深さがほぼ一定であることから、人為的なものであると考えられる。形状の特徴から何らかの道具を用いて引かれたと推察される。また、無理に力を入れたような痕跡が見られないことから、白下地層が固まる前の段階で凹線をつけた可能性が考えられる。

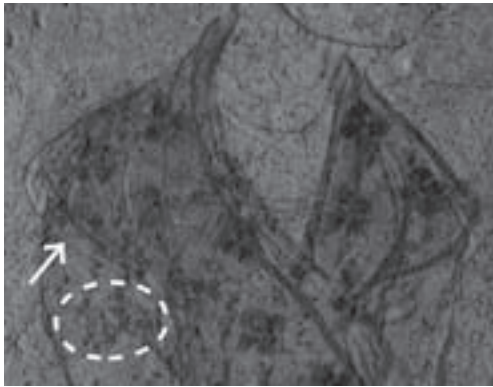


図3 側光線写真



図4 壁画全体での凹線のトレース

次に、図 3 に示した凹線と同様の特徴をもつ凹線を図 2 にトレースしたものを図 4 に示す。これは、調査現場で凹線を確認し、手描きで記録したものを参考に調査後、図 2 の上にトレースしたものである。トレースでは、凹線の端の部分で線が通り、例えば図 3 の矢印で示した太い線は 2 本の線で表す。なお図 4 では、見やすいように写真を薄く加工し、トレースした線を太くしている。凹線の分布と形状に着目すると、描かれている図像の輪郭にはほぼ沿うように形を成している。したがって、これらは作画のための下描きとして引かれた線と考えられる。人物ごとに凹線と図像の関係をみると、右端の人物で最も多くの凹線を確認でき、衣の襷を表現したとみられる細かい凹線や同じ部分を複数回なぞった痕跡がある。真ん中と左端の人物では、このような細かい凹線は認められず、髪や衣のおおよその位置が示されている。ただし、制作当初の凹線がすべて現存しているかは不明である。また、左端の人物の右手部分では、凹線の位置が彩色による図像とずれている部分がある。下描きをした後、本描きの段階で変更があったものと推測される。以上の壁画の表面観察から、本壁画は白色下地層を塗布したあと凹線で下描きを施し、彩色したと考えられる。彩色に用いられた材料については次節で結果を示す。

この壁画には彩色層の上に土などの付着物が見られる。図 3 の点線で囲った部分で示すように側光線写真で土の盛り上がりを確認できる。付着している土は、埋蔵中に付着したものと考

えられる。さらに、画面の表面の一部には無色の繊維や透明無色の樹脂状の物質が付着している。繊維は、剥ぎ取りの際に表打ちとして使用した布の繊維の一部が残存したものである。樹脂状の物質は、壁画の強化処置に使用した樹脂であり、壁画表面を覆っていると考えられる。こうした付着物の影響を考慮した上で、白色の下地として用いられた材料の元素組成を明らかにするために、蛍光X線分析を行った。スペクトルを図5に示す。CaとFeが検出され、使用した分析装置では検出感度が低いCaの強度が高いことから、白色下地層にはCaを主成分とする材料が使用されていると考えられる。この結果は、考古学調査で得られた漆喰という見解と矛盾しない。Feの由来を特定することは困難であるが、白色下地層の表面に付着あるいは白下地層以下の層に含まれる土に由来する可能性があげられる。

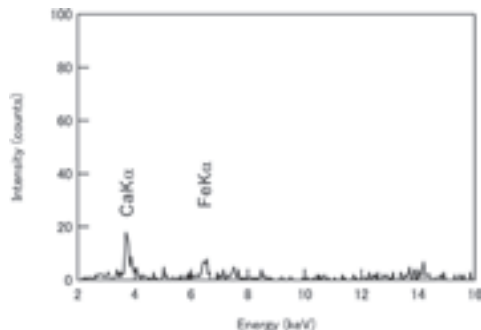


図5 白下地の蛍光X線分析のスペクトル

## 4-2. 彩色材料

彩色に使用された材料を明らかにするため、現在呈している色ごとに彩色を分類し、各々について分析を行なった。

### 4-2-1. 彩色部分が呈する色の肉眼観察

彩色部分が呈する色の肉眼観察から得た結果を述べる。壁画には目視で赤色を呈している部分が複数箇所観察される。赤色を呈している部分は、その色調からさらに2種類に分類することができる。ひとつは、右端人物の口唇と裾、左端人物の沓（くつ）紐にみられる赤色である。もうひとつは中央人物の裾、左端人物の沓本体にみられる赤色である。前者のグループは後者のグループに比べてより鮮やかな赤色を呈している。左端人物の上半身を覆う衣の大部分が黄色を呈している。部分的に赤味を呈している部分があり、目視では黄色を呈する色料が塗布された上に、より赤味の強い材料が塗布されているように見える。赤色の材料は、黒色の線で衣服の襷を描いた部分に沿って塗布されているため、襷を表現するために使用されたものと推察される。この左端人物のズボンは緑色を呈している。中央人物の肩掛けは、灰色を呈している。中央と右端の人物の頭部には、金色を呈し金属光沢がある部分がある。髪飾りの表現と考えられる。

### 4-2-2. 彩色材料の理化学分析

彩色に使用された材料を同定するため、彩色が現在呈する色ごとに顕微鏡観察および蛍光X線分析を行った。分析結果をまとめたものを表1に示す。

#### 赤色を呈する彩色材料

赤色を呈する彩色材料の微視的特徴を明らかにするために、顕微鏡観察および蛍光X線分析の結果を示す。まず、異なる色調を呈す2種の赤色の彩色に使用された材料の微視的形態を比較するため、目視での観察で鮮やかな赤色を呈す右端人物の裾部分（図6(a)）と、より鈍い赤色を呈す左端人物の沓本体部分（図6(b)）の顕微鏡写真を示す。両者に共通する特徴として、赤色の粒子状の物質が認められる。粒径を比較すると前者の方が小さい。この粒径の特徴は前述した2つのグループ内では、共通している。次に、赤色を呈する部分の元素組成を明らかにするために蛍光X線分析を行った。前節にあげた赤色を呈する部分で分析を実施したす

べての箇所から Ca と Hg が検出された。Hg は彩色が施されていない白色下地のみの部分では検出されない元素であることから、彩色層に由来するものである。赤色を呈し、Hg が検出されることから、HgS を発色成分とする水銀朱が彩色されていると推定される。以上のことから、2つの異なる色調の赤色がどちらも水銀朱であると推定される。しかし、両者の粒径は異なっており、微視的な形状の違いが発色の違いの一因になっていると考えられる。

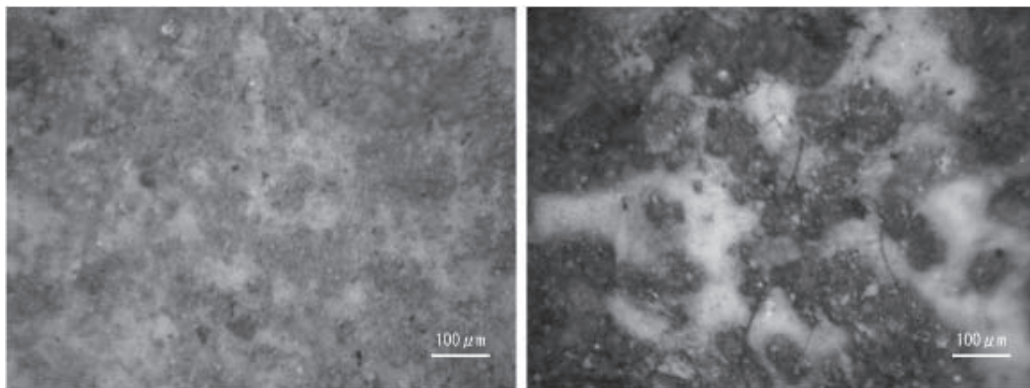


図6 (a) 赤色を呈する部分の顕微鏡写真1 (b) 赤色を呈する部分の顕微鏡写真2 (口絵参照)

#### 黄色を呈する彩色材料

左端人物の黄色を基調とする全身を覆う衣服(袍)の彩色に使用された材料の分析結果について述べる。図7(a)白色下地のみの部分、図7(b)に目視で黄色を呈する部分の顕微鏡写真を示す。図7(a)の下地の表面は、大部分が無色であるが、黒色あるいは褐色を呈する部分がある。無色の部分は下地層の基質と考えられる。有色の物質は、下地層の夾雑物、表面に付着した土、壁画表面を覆っている樹脂などに由来するものと考えられるが、今回の観察のみから特定するのは困難である。図7(b)の黄色を呈する部分では、黒色や褐色を呈する部分が図7(a)と同様に観察されるが、図7(a)と比較すると無色の下地層の基質の表面が淡く黄色に着色されている。この着色は彩色材料によるものと考えられる。着色の状態から彩色層はごく薄いものと推察される。また、彩色層に粒子は確認できない。したがって、彩色には染料のような粒子性物質を含まない材料、あるいは今回の調査で使用した顕微鏡では観察できない微細な粒子からなる顔料がごく薄く塗布されている可能性が考えられる。蛍光X線分析の結果、黄色を呈する彩色部分からはCa、Feが検出された。しかし、どちらも、下地を測定しても検出される元素であり、黄色の彩色層のみに含まれていると判断できる元素は検出されなかった。つまり、これらの元素が下地、黄色の彩色層、あるいはその両方から検出された可能性が考えられる。この結果から、彩色にはFe、Caあるいはそれ以下の軽い元素で構成される材料が使用されている可能性が高い。有機色料、あるいはごく微細な粒子からなる土性顔料が使用されている可能性をあげられるが、今回の結果のみから使用された彩色材料を絞り込むことは困難である。

#### 緑色を呈する彩色材料

緑色を呈している部分について述べる。左端人物の緑色を呈しているズボン(袴)を顕微鏡下で観察すると、緑色の粒子状の物質が観察された。このような彩色材料の微視的な形状から、緑色の顔料が使用されていると考えられる。さらに、蛍光X線分析を行ったところ、Cuが検出された。したがって、顕微鏡観察と蛍光X線の結果から、銅化合物による顔料が使用されている

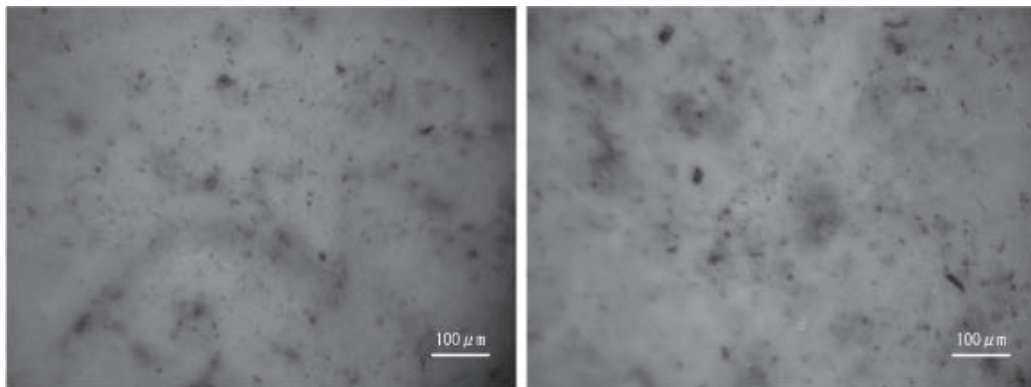


図7 (a) 下地表面の顕微鏡写真 (b) 左端人物の黄色を呈する衣服の顕微鏡写真 (口絵参照)

と考えられる。

#### 灰色を呈する彩色材料

灰色を呈する部分について、中央人物の肩掛けで行なった分析結果を示す。図8に肩掛けにおける顕微鏡写真を示す。黒色の物質が凝集して観察され、肩掛けの発色の一因となっている物質と考えられる。黒色の物質の上には、さらに半透明あるいは不透明の無色の物質がある。これらは二次的に表面に付着あるいは生成した物質、あるいは保存処理で使用された樹脂と考えられる。これらは表面の広い面積を覆っており、黒色物質の性状の観察を困難にしている。蛍光X線分析の結果、下地で検出されたCa、Fe以外の元素は検出されなかった。彩色に用いられたのは、Fe、Caあるいはそれ以下の軽元素で構成される材料が使用されているものと考えられる。しかし、今回の調査結果のみから材料の特定はできない。

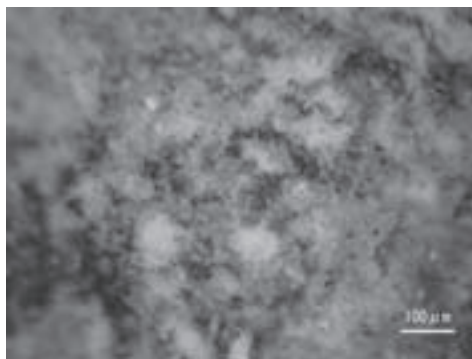


図8 中央の人物の灰色を呈する肩掛けの顕微鏡写真 (口絵参照)

#### 褐色を呈する彩色材料

右端人物の肩掛けの地色は、全体に褐色を呈している。顕微鏡によって表面を観察すると、下地層の基質の表面が淡く赤味を帯びた褐色で着色されている様子が観察された。彩色材料の粒子は確認できなかった。したがって、彩色には染料のような粒子性物質を含まない材料、あるいは今回の調査で使用した顕微鏡では観察できない微細な粒子からなる顔料がごく薄く塗布されている可能性が考えられる。蛍光X線分析の結果、Ca、Feが検出された。褐色の彩色層のみに含まれていると判断できる元素は検出されなかった。この結果からは、当該箇所塗布された彩色はFe、Caあるいはそれ以下の軽い元素で構成される材料が使用されている可能性が高いが、今回の結果のみから使用された彩色材料を特定することは困難である。

#### 金色を呈する彩色材料

人物の髪飾りの表現に使用されている金属光沢をもつ金色の材料を同定するため、右端人物の髪飾りで蛍光X線分析を実施した。この部分からはAuが検出されたが、Auと合金にして使用されたと考えられる金属元素は検出されなかった。比較的純度の高い金が金箔あるいは金泥として使用されたものと考えられる。

表1 使用が推定される彩色材料

現在呈する色	主要検出元素	使用が推定されるもの
白色	Ca	Caを主成分とする白色材料
赤色	Ca,Fe,Hg	水銀朱
黄色	Ca,Fe	-
緑色	Ca,Cu	銅化合物
灰色	Ca	-
褐色	Ca,Fe	-
金色	Au	金

## 5. おわりに

本調査では、比較的簡便な非破壊調査を実施し、調査対象の制作過程における下描きから彩色までの技法と使用された彩色材料に関する知見を得た。彩色材料については、本調査で実施した顕微鏡観察および蛍光X線分析では微視的形態や元素組成から材料を特徴付けられない彩色材料が複数使用されている可能性が見出された。したがって、詳細な彩色材料の同定には別の手法による分析調査が必要と考える。また、強化処置に使用された樹脂は、顕微鏡による色料の微視的形態の観察を困難にする可能性があることがわかった。

今後さらに調査を進め、同地域および時代の地下墓に描かれた彩色壁画の技法・材料の実態を明らかにすることによって、これらの適切な調査および記録保存法に関する指針を得る基礎としたい。

付記 本調査の結果については、画像および分析データの掲載した2009年度研究報告書を発行する予定である。顕微鏡観察の観察箇所、蛍光X線分析の測定箇所や蛍光X線スペクトルについては、そちらを参照していただきたい。

## 参考文献

- 1) 陝西省考古研究院, 富平県文物管理委員会編著:『唐節愍太子墓発掘報告』, pp. 52-53 (2004)
- 2) 陝西省考古研究院, 富平県文物管理委員会編著:『唐節愍太子墓発掘報告』, p. 39 (2004)
- 3) 伊藤寛, 今村峯雄, 神庭信幸:携帯型簡易蛍光X線分析装置の製作および文化財調査への応用, RADIOISOTOPES, 48, 113-116 (1999)
- 4) 野村美貴, 平林幸夫, 宮村忠夫, 高橋幸嗣, 大林和美:ポータブル放射線測定器の最近の進歩, RADIOISOTOPES, 47, 324-335 (1998)

キーワード: 壁画 (mural painting); 西安 (Xi'an); 色料 (colorants); 蛍光X線分析 (X-ray fluorescence spectroscopy)

# Examination of Colorants and Techniques Used for the Mural Paintings of the Corridor in the Tomb of Prince Jiemin of Tang Dynasty

Kyoko SATO<sup>\*</sup>, Hiromi TAKABAYASHI, CHAI Bolong<sup>\*2</sup>, DING Shujin<sup>\*2</sup>,  
ZHANG Jianlin<sup>\*3</sup> and Ken OKADA

Numerous historical sites with mural paintings have been excavated in Changan (currently, Xian), Shanxi province of China. However, colorants and painting techniques used for these mural paintings have hardly been scientifically researched. Since 2009, JCICC and The Shaanxi Archaeology Institute have undertaken a joint project to investigate the colorants and techniques used on the mural paintings of historical sites in Shanxi province.

From the results of nondestructive analysis, the painting materials and techniques used for the mural paintings are assumed to be as follows.

1. White paint with calcium as a major constituent was used for the rendering layer.
2. Notched lines were drawn on the rendering layer prior to painting.
3. Cinnabar was used for red, copper compound pigments for green, and gold for gold; coloring agent for gray, brown and yellow have not yet been identified.

---

\* Tokyo Gakugei University

\*2 Dunhuang Academy

\*3 The Shaanxi Archaeology Institute