

川原寺裏山遺跡出土磚仏の胎土分析と塑像の彩色調査について

1 はじめに

川原寺裏山遺跡（本稿では裏山遺跡と称する）は、飛鳥の古代寺院として知られる川原寺に隣接する寺院関連遺跡で、川原寺北西の丘陵地斜面で発見された。昭和49年（1974）の第1次発掘調査¹⁾では、斜面に掘られた大型土坑内から1,300点を超える方形三尊磚仏の断片（完形品を含む）や、2,000点以上の塑像断片を含む大量の焼損した寺院関連遺物が出土した。遺物の出土状況等から、裏山遺跡は、9世紀に発生した川原寺の火災で焼け壊れた品々を寄せ集め、埋納・投棄した遺跡と考えられている。

今回、飛鳥資料館で保管されている裏山遺跡出土の方形三尊磚仏と彩色が残る塑像断片²⁾を対象に、蛍光X線分析装置を用いた胎土分析と彩色調査を実施した。本稿では、飛鳥資料館保管資料における胎土分析の結果と、塑像彩色の調査結果の一部を報告する。

方形三尊磚仏 如来坐像と脇侍菩薩および飛天をあらわした方形の磚仏は、川原寺近隣の橘寺や南法華寺出土の磚仏と共通の意匠で、造形表現等の特徴から白鳳期の作とみられている。裏山遺跡出土の方形三尊磚仏には、側面に釘穴の痕跡が残っているものが散見され、当初は川原寺堂塔の壁面荘嚴に用いられていたと考えられている。また、これらの磚仏は、現状灰色や褐色、黒褐色を呈するが、当初は図像面に金箔や色料で彩色を施していたとみられる。

塑像断片 裏山遺跡では、小像から丈六の巨像まで大小様々な像の断片が出土している。なかでも、比較的完成度の高い小像の断片を中心に、白鳳期のものとみられる暈網彩色を用いた精緻な彩色文様が残っている。ただし、完形品が残っていないことに加え、火災の熱で色料が著しく変退色しているため、当初の姿や色彩を解明することは非常に困難な資料といえる。（濱村美緒）

2 磚仏および出土遺物の胎土分析とその比較

飛鳥資料館で保管されている方形三尊磚仏、塑像、緑釉磚の断片について、可搬型蛍光X線分析装置を用いた胎土分析を実施し、各資料の胎土の傾向を比較した。



図98 出土した方形三尊磚仏と塑像（飛鳥資料館保管）
〔(左) 磚仏2：縦226×横176.5mm、(中央) 塑像No.570：縦90×横70mm、
(右) 塑像No.12：縦27×横33mm〕

対象資料 本調査では、完形品3点を含む磚仏断片11点と塑像断片16点を対象としたほか、緑釉磚の断片3点についても胎土比較のために分析対象とした。このうち、塑像については、表層に用いられた仕上げ土部分の胎土を測定対象とした。

調査方法 胎土分析では、ハンドヘルド型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置（リガク社製：NITON XL2-950Plus、文化財科学研究センター所有）を用いて非破壊で測定をおこなった。測定条件は、X線管球は高圧電流一体ミニチュア型で銀（Ag）半透過型、管電圧は6～45kV、管電流は1～200mA（自動可変）、大気雰囲気下で測定、X線照射径はφ8mm、測定距離は密着測定～2mm、測定時間は各モード30秒以上。内蔵プログラムによってMining type（2 filter FP法）および重元素のみSoil type（1 filter 検量線法）で供出されたデータを酸化物値に換算して用いた。また、測定は胎土の露出部分と各彩色部分において実施し、いずれも資料の安全性に十分に配慮しながら慎重に調査をおこなった。

調査結果 図99に各資料の胎土傾向を示した。微量元素については、As、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、BaはPbと正の相関を示し、鉛鉱物に含まれる微量元素と一致した。また、WとHgはAuと正の相関を示し干渉とみなされた。胎土分析に用いたデータは、鉱物由来の色料による造岩鉱物を構成する元素への影響のない測定箇所（ケイ素（SiO₂）、アルミニウム（Al₂O₃）、カリウム（K₂O）、カルシウム（CaO）、チタン（TiO₂）、マンガン（MnO）、鉄（Fe₂O₃）、ルビジウム（Rb₂O）、ストロンチウム（SrO）、ジルコニウム（ZrO₂）の含有比率から検討を加えたい。

磚仏・塑像の胎土に関する検討 磚仏は、鉄（Fe₂O₃）とストロンチウム（SrO）の元素濃度が特に高く、カルシウム（CaO）とチタン（TiO₂）がやや高く、各元素濃度

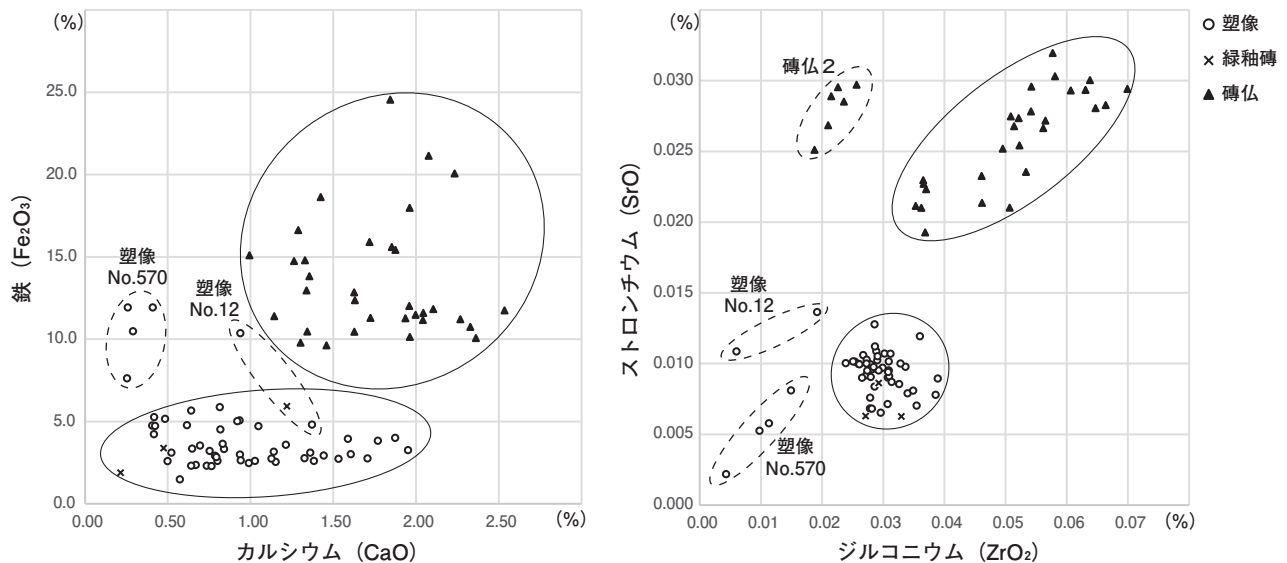


図99 方形三尊磚仏、塑像断片、緑釉磚断片の胎土比較図 (いずれも飛鳥資料館保管資料)

がまとまった分布領域を示したが、磚仏2 (図98) のみ、特に鉄 (Fe_2O_3) が高く、ジルコニウム (ZrO_2) は低く、その他はマンガン (MnO) とカルシウム (CaO) がやや高く、ケイ素 (SiO_2) がやや低い単独の領域を示した。

塑像No.12と塑像No.570を除いた塑像断片および緑釉磚においては、特に鉄 (Fe_2O_3) とストロンチウム (SrO) が低濃度でカルシウム (CaO) とマンガン (MnO) も低く、各元素濃度はまとまった分布領域を示した。また、塑像No.570については、カリウム (K_2O)、カルシウム (CaO)、ストロンチウム (SrO)、ジルコニウム (ZrO_2) が極めて低濃度で、鉄 (Fe_2O_3) とマンガン (MnO) がやや高く、単独の分布領域を示した。さらに塑像No.12においては、ジルコニウム (ZrO_2) が極めて低濃度で、鉄 (Fe_2O_3) がやや高く、単独の領域を示した。

以上のことから、磚仏と塑像の胎土はあきらかに異なる元素分布を示し、異なる粘土によって制作されたことがわかった。仮に粘土の運搬移動がないとするならば、別地点での制作、つまり磚仏と塑像がそれぞれ別の工房・工人によってつくられていた可能性が考えられる。なお、磚仏2については、特にジルコニウム (ZrO_2) の濃度において他の資料と異なる傾向がみられるものの、今回対象としたそのほかの磚仏と類似する粘土で制作されたとみなされる。また、塑像No.12と塑像No.570については、調査対象としたそのほかの塑像断片と各元素濃度が異なっているが、鉛 (PbO) の濃度が高いため、その影響を受けた結果となっている可能性も考えられる。したがって、塑像No.12と塑像No.570に関しては、今回対象としたそのほかの塑像断片と共通の粘土が使用され

ている可能性も十分に考えられる。

最後に、今回対象とした磚仏の胎土は、特に鉄 (Fe_2O_3) とジルコニウム (ZrO_2) の濃度が高いという特徴をもち、類似の特徴を持つ粘土および土器類は、現状において奈良盆地周辺も含めて見あたらない。また、塑像表層の仕上げ土や緑釉磚の胎土における各元素濃度は、大阪層群やその相当層の中でも、佐保累層の粘土およびその分布域で制作された土器類ともしっかり類似している。このことから、塑像の仕上げ土や緑釉磚に用いられた白くきめの細かい上質な粘土は、奈良盆地の北辺の佐保累層分布域の粘土である可能性が高い。

(金原正明／奈良教育大学・濱村)

3 塑像彩色の蛍光X線分析による調査

塑像表面の彩色について蛍光X線分析をおこなった。調査では、まずハンドヘルド型分析装置を用いて複数の断片の彩色を分析し、現状色および推定される主な使用色料の傾向を把握した。その結果をもとに、特に緻密な文様が描かれている資料を対象に、全資料型分析装置を用いた調査を実施した。本稿では、同一資料を対象に実施したそれぞれの分析装置による調査結果を報告する。

対象資料 天部とみられる小像の腰部 (裳：腰布) をかたどった塑像断片 (塑像No.556) を対象とした。当資料は、色料が変退色するものの、暈縹彩色による現状で直径約7cmの対葉形の集合花文が比較的良好に残っている。

【ハンドヘルド型蛍光X線分析装置による調査】

調査方法 塑像に用いられた色料の解明のため、ハンドヘルド型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置

表17 塑像No.556のハンドヘルド型蛍光X線分析装置による分析の結果

対象資料	測定位置	現状色	P-XRF検出元素	推定される材料および色料
塑像 No.556	#13	黒色	Cu, Fe, Pb, Au, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）、鉛系物質（鉛白または鉛丹カ）、金（金箔カ）
	#14	黒色	Cu, Fe, Pb, Au, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）、鉛系物質（鉛白または鉛丹カ）、金（金箔カ）
	#15	黒色	Fe, Cu, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）
	#16	黒色	Cu, Fe, Pb, Au, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）、鉛系物質（鉛白または鉛丹カ）、金（金箔カ）
	#20	黒色～暗褐色	Fe, Cu, Pb, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）、鉛系物質（鉛白または鉛丹カ）
	#21	褐色	Fe, Cu, Pb, Au, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）、鉛系物質（鉛白または鉛丹カ）、金（金箔カ）
	#22	胎土色	Fe, Cu, Ca, Ti	銅系物質（岩群青または岩緑青カ）

(P-XRF、Olympus社製：DELTA) による調査を実施した。蛍光X線分析(XRF)は対象物に含まれる元素の定性分析および定量分析が可能な調査方法である。測定は非破壊非接触で実施した。測定条件は、X線管球はタンタル(Ta)、管電圧/管電流は40kV/100 μ A、10kV/200 μ A、大気雰囲気下で測定、X線照射径は3mm、測定距離は約3mm、測定時間は1分とした。

調査結果 塑像No.556における計7カ所(図100)の蛍光X線分析結果を表17に示す。黒色および暗褐色の文様が残存している部分(測定番号#13、#14、#16、#20、#21)からは、銅(Cu)と鉛(Pb)が顕著に検出された。その一方で、黒色を呈する部分(#15)からは、銅は検出されたものの、鉛は検出されなかった。特筆すべき点として、測定番号#13、#14、#16、#21において、金(Au)の存在が確認された。また、測定箇所全体から鉄(Fe)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)などの元素も検出されたが、これらは彩色材料ではなく、塑像の胎土に起因するものと推定される。(柳 成煜／別府大学・濱村)

【全資料型蛍光X線分析装置による調査】

調査方法 塑像に用いられた色料の分布を確認するため、全資料型蛍光X線分析装置(Bruker社製 M6 JETSTREAM)を用いた。本装置は、X線源と検出器、CCDカメラ等で構成されるヘッドが、分析対象の上を走査することで元素マップを取得する。CCDカメラで可視画像を取得し、そこから測定範囲を指定して分析するため、元素マップと測定箇所の直接的な比較が可能である。測定条件は、X線管球：ロジウム(Rh)、管電圧は50kV、管電流は600 μ Aで、大気中で測定をおこなった。X線照射径は ϕ 470 μ mで、測定間隔は照射径と同一にした。ワーキングディスタンスは23mmである。資料とヘッドとの接触がないように安全面を考慮して、塑像のもっとも高い位置で焦点をあわせた。また、被写界深度を深めて鮮明なマップを得るために、アパーチャー500 μ mを用いた。

元素マップは、M6 JETSTREAM のソフトウェア上で処理した。本稿では、測定範囲における各元素の相対的な強度分布を示す。マップは、測定範囲全体のスペクトルから同定した元素を選択し、スペクトルにはデコンボリューションをおこなった上で出力した。

調査結果 マップ測定範囲全体のスペクトルを図101に示す。塑像No.556からは、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、銅(Cu)、金(Au)、鉛(Pb)、ルビジウム(Rb)、ストロンチウム(Sr)、ジルコニウム(Zr)が検出された。元素マップでは、特にCu、Pb、Auで文様に対応するような特徴的な分布が認められ(図102)、Feでは塑像全体と一部文様に対応する分布がみられた。また、これらの元素ほど文様との明瞭な一致はなかったが、Ca、Mnでも塑像全体に加えて局所的な分布が認められた。K、Tiのマップでは、塑像全体に均一な分布を示し、検出強度は低いものの(図101参照)、Rb、Sr、Zrでも同様の傾向がみられた。本資料において、Cu、Pb、Auは色料、Feは色料および胎土、Ca、Mn、Ti、Kは主に胎土、Rb、Sr、Zrは胎土中の微量元素に由来する可能性が推察される。(大迫美月)

4 考察とまとめ

本調査では、対象資料の胎土成分の傾向のほか、推定される色料や色料に由来するとみられる元素の分布状況等、様々な知見を得ることができた。

特に胎土分析においては、磚仏の胎土が塑像(仕上げ土)や緑釉磚の胎土とは異なる傾向を示したほか、現状様々な色を呈する磚仏のほとんどが類似する成分の粘土でつくられた可能性も示唆された。なお、裏山遺跡では今回対象とした磚仏と同意匠の断片が大量に出土している。そのため、継続した調査が実現すれば、粘土の産地や生産拠点の推定につながる一括データを作成できる可能性が高い。このほか、塑像の胎土分析においては、塑像内部に使用されている中土や荒土は未調査のため、今後、



図100 ハンドヘルド型蛍光X線分析装置による調査での塑像No.556の測定位置(★は同一の部位を示す)

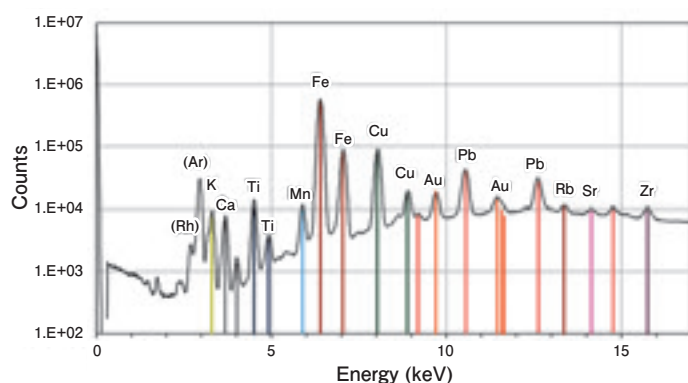


図101 全資料型蛍光X線分析装置による塑像No.556の蛍光X線スペクトル
(Arは大気、Rhは管球由来のピークである)

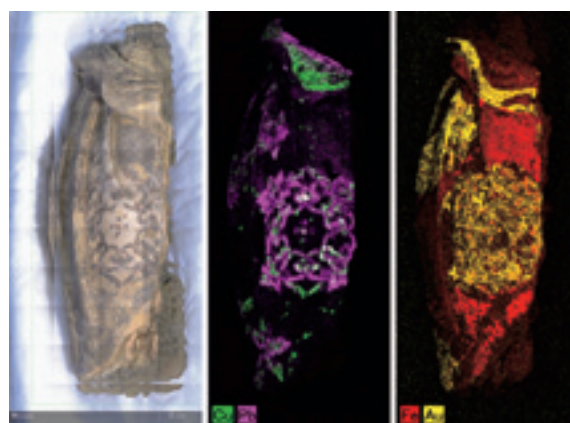


図102 塑像No.556表面のCuとPb、FeとAuの分布の様子
(元素マップの各元素の色は便宜的に着色したものである)

仕上げ土との胎土の比較検討をおこなう必要がある。

塑像の彩色調査については、特に現状肉眼では確認できない金の分布および彩色の工程に関して新たな知見を得た。今回対象とした塑像No.556においては、金が分布する面積やその形状から、金泥ではなく金箔が使用された可能性が高い。また、調査結果から、焼損前の塑像No.556は、文様部分に金箔を押して文様内地色を金色とし、その上に各種色料による暈縹彩色で集合花文を描いたほか、文様外を現状赤褐色の鉄系色料(ベンガラ)で塗った非常に鮮やかな色彩だったと考えられる。さらに、わずかに造形が残る裳の折返し部分についても、折り返した裏地部分に銅系色料(青色または緑色)を塗布し、縁に金箔を押していたとみられる。

これまでの継続的な調査で、裏山遺跡出土塑像の彩色には金を多用する傾向が認められていたが、本調査でその分布状況を視覚化したことにより、金箔を使用する範囲を文様部分のみに限定する等、貴重な金箔を計画的に使用している様子があきらかになった。ただし、本調査で取得した元素マップでは、明確に塗り分けられている部分以外で銅と鉛の分布が重なる部分も散見された。この点については、例えば銅系色料の下層に鉛系色料の下地がある可能性や、銅系色料に何らかの鉛系色料が混ざっていた可能性が考えられ、今後の検討課題といえる。

最後に、裏山遺跡の発見は、考古学分野のみならず美術史の分野においても、数少ない白鳳期の造形や彩色を知ることができる貴重な発見であったといえる。大量の出土品は現在複数の機関で保管されており、その全容の解明には時間を要する状況ではあるが、今後も各機関と連携を取りながら、裏山遺跡の出土品ならびに川原寺の堂内荘厳に関する検討を進めていきたい。(濱村)

本稿は、JSPS科研費JP23K00252およびJSPS科研費JP24K00150の助成を受けたものです。

謝辞

本研究を進めるにあたり、明日香村教育委員会および西光慎治氏、一般社団法人文化財科学研究センターの皆様には、本調査に対して多大なるご理解とご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

註

- 1) 調査は、奈良県教育委員会、明日香村教育委員会、関西大学文学部考古学研究室により実施された。
- 2) 飛鳥資料館で保管している裏山遺跡出土資料は、すべて明日香村教育委員会所蔵品である。

参考文献

網干善教「飛鳥川原寺裏山遺跡と出土遺物(撮記)」『佛教藝術』99、毎日新聞社、1974。