

彩色土器における色材の固着方法の検討

板垣 裕行¹・高木 秀明^{1, 2, 3*}・大下 浩司^{1, 2, 3}・
藤田 敏彰^{1, 2}・下山 進^{1, 2, 3}

ナスカ文化にみられる彩色土器における色材の固着方法について、モデル製作実験をおこなった。粘土及び色材は現在流通しているものを使用し、固着剤となりうるスリップを磁器土から作成した。短冊状に成型した粘土板にスリップを塗布し、乾燥しないうちに水で溶いた色材を塗布し、乾燥させた。焼成には電気窯を使用し、野焼きの温度とされる 850℃で1時間焼成した。この方法で、色材の色味を損なうことなく固着することができた。ほかにもスリップと色材の塗布方法を検討したが焼成後、固着するものの色調が変化した。色調は変化しなかったが固着できなかった。

1. はじめに

本研究対象の彩色土器は、ペルー南部に紀元前 100 年ごろから紀元後 700 年ごろまで存在したナスカ文化の関連遺跡から出土する土器で、最も多いもので一つの土器に 12 色使用された土器が出土している。主に赤、白、黒、青、緑、紫色を基本色とし、これらの色の濃淡や混色で他の色が作られ、図像が描かれている^[1, 2]。図像は、動物や植物など自然を対象としたものや儀礼や戦闘など人間の行動を描写したものなどいずれもデフォルメして描かれ彩色されている。図像を解読することにより、ナスカ文化の編年や当時の生活スタイルなどが研究されている。ナスカ文化の起源は、同文化が栄えていた地域よりも北にあったパラカス半島を中心としたパラカス文化であった。彩色土器も出土しているがナスカ文化は彩色後焼成するのに対してパラカス文化の彩色土器は焼成後に彩色するという違いがある^[3]。土器は、窯は使用されず、野焼きで焼成されたと考えられている^[4]。

本研究では、色材研究の観点から、粘土を成型し、乾燥させ、彩色後に焼成し土器を制作するという点に注目し、どのように土器に色材を固着させるのかを現在流通している色材をもとに固着方法を検討した。先行研究では、色材に関する情報が少なく、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析 (LA-ICP-MS) を利用した赤と黒色の色材の元素分析が行われ、赤色からは鉄、黒色からは鉄およびマンガン元素が検出されているのみである^[2]。そのため、色材を推定するというよりも固着方法や色材の安定性を中心におくこととした。とくに先行研究に記述のある (1) 顔料とスリップ (泥漿) 混ぜ色泥漿として使用された。(2) 胎土に泥漿を塗布したのちに顔料とで彩色をした^[3] という二つの使用方法についてモデル製作再現実験を行い焼成後の状態について検討をおこなった。

2. 実験

色材の塗布方法の違いにより 3 通りの実験で構成される。実験 1 から順に焼成を行ったが、

結果を次の実験に反映させたため、使用した色材は、すべての実験で共通でないものもある。

2-1. 材料

粘土板作成に用いた粘土は、野焼き用陶土（新日本造形）、テラコッタ用の粘土（新日本造形）の2種類を使用した。スリップの作成には、特練・半磁器土（新日本造形、100g）、蒸留水（300g）、ケイ酸ソーダ（美術出版BSS、2g）を用いた。

彩色に使用した色材（発色成分）は、実験1～3ですべて共通ではなく、使用した色材のあとに採用した実験を付記している。白色として胡粉（炭酸カルシウム、ナカガワ胡粉）（実験1のみ）、チタニウムホワイト（二酸化チタン、ホルベイン）、カオリン（カオリン、ナカライテスク）（実験2および3）、赤色としてライトレッド（酸化鉄、ホルベイン）、化学用酸化マンガン（IV）粉末（二酸化マンガン、和光純薬）、コチニール（コチニール色素、絵具屋三吉）（実験1のみ）、青色として天然8番群青（塩基性炭酸銅、ナカガワ胡粉）（実験1のみ）、インド藍粉末（インディゴ、田中屋染料店）（実験1のみ）、コバルトブルー（アルミン酸コバルト、ホルベイン）、緑色として天然松葉8番緑青（塩基性炭酸銅、ナカガワ胡粉）（実験1のみ）、コバルトグリーン（酸化コバルト、ホルベイン）、クロムグリーン（酸化クロム、ホルベイン）、テールベルト（含ケイ酸鉄天然土、ホルベイン）（実験3のみ）、紫色として紫土（酸化鉄、絵具屋三吉）、マンガンバイオレット（リン酸マンガンアンモニウム、ホルベイン）（実験1のみ）を用いた。

2-2. 装置

焼成には、電気炉 Hot Shot (evenheat kiln Inc.) を使用した。蛍光X線分析装置の構成は、既報^[5] のとおり、励起源に放射性同位体アメリシウム 241 (²⁴¹Am) を密封した環状線源 (AET Technology)、XR-100CR ベルチェ効果冷却式小型シリコン半導体 (Si-PIN) 検出器 (Amptek Inc.)、PX2CR プリアンプ (Amptek Inc.)、PMCA-8000A ポケット MCA・小型マルチチャンネル波高分析器 (Amptek Inc.)、ノートブック型パーソナルコンピュータであった。なお、蛍光X線分析測定では、線源と試料表面の間は5mmとした。この距離では、検出器の中心から約半径6mmの円形の範囲に分布するCaより重い元素の情報が得られる。

2-3. 試料の作成

焼成時の割れを防ぐために粘土をこねて空気を抜き、幅2cm×長さ5cm×厚さ5mmの大きさにした。そして、焼成時の割れを防ぐため、十分に乾燥させ（1週間）、粘土板とした。

半磁器土を3mmの厚さに切り、ケイ酸ソーダと水を入れた容器に入れた。磁器土を柔らかくするために一週間置き、柔らかくなった磁器土をダマができないようにかき混ぜ、液状になったものをスリップとして使用した^[6]。

2-4. 色材の塗布方法

色材を固着する方法を探索するために、次の三つの方法で実施した。スリップに粉末状の色材を加え、よく混合し、乾燥した粘土板に刷毛を用いて彩色した（実験1）。粘土板にスリップを塗布し、乾燥した後（1週間後）に水でといた色材をこの上に刷毛を用いて塗布した（実

験2)。スリップを粘土板に塗布し、スリップが乾燥する前に水でといた色材をこの上に刷毛を用いて塗布した（実験3）。

2-5. 焼成

色材を塗布した粘土板を電気炉に入れ、約8時間で850℃に達するように温度を上昇させ、850～870℃で約1時間焼成し、加熱を止めたのち、電気窯中で自然放冷した。焼成は、実験1～3の実験ごとにおこなった。

3. 結果と考察

3-1. 色材の塗布方法と固着状態

スリップに色材を加え、混合したのちに塗布する実験1の方法では、焼成後放冷した彩色面を指でこすったところ色材が粘土板に固定されていた。焼成により色材が、粘土板に固着したことを確認できた。しかしながら、焼成により退色してしまった色材もあった。退色しなかった色材の粘土板は、スリップが焼成により灰色から白色に変化することで色相が大きく変化しなかったものの明度が高くなり、彩度が低くなった。スリップのみを塗布した粘土板の表面の色は、焼成により灰色から白色に変化した。スリップを塗布する理由は、固着だけでなく、焼成により赤味を帯びる土器表面の色を白色に調整するためであるとも考えられる。出土した遺物の彩色部は、胎土の色に色材を重ねたと感じられないような色調である。

鮮やかな色材を使用しても、出土遺物のような鮮やかな色を再現できなかったことから、スリップの使用する方法を検討した。スリップを粘土板表面に塗布し、乾燥後、色材を塗布し、そして乾燥したのち、焼成する実験2の方法では、色材は粘土板に固着されていなかった。

色材の明度および彩度を低下させないようにスリップが乾燥しないうちに色材を塗布する実験3の方法で焼成を行ったところ、色材が固着した。また、明度や彩度の低下は、ほとんどおこらなかった。

実験1から実験3の結果を考察するとスリップには色材を固着する機能が湿潤状態ではあるが、スリップが乾燥してしまうと、その過程でスリップ自身が互いに固着しあうために色材を固着できなくなってしまうと考えられる。焼成によりスリップは、灰色から白色に変化するが、本実験の焼成条件下では、その過程は、色材の固着には影響しないものと考えられる。

3-2. 焼成による色材の退色

実験1で使用した色材のコチニール、群青、インディゴ、緑青、マンガンバイオレットは、焼成の過程で退色した（カラー図版参照）。コチニールおよびインディゴは有機化合物であるため、焼成温度では熱分解してしまったと考えられる。中米のマヤ文化の遺跡から出土した彩色土器には、マヤブルーと呼ばれるインディゴが残っており^[7]、本研究ではそれを参考に焼成に耐えるのではないかと想定し、スリップに混ぜて彩色したが、スリップにはインディゴを焼成の熱から保護する役割は無いといえる。

無機化合物で構成される残りの群青、緑青、マンガンバイオレットの痕跡があるかを蛍光X線分析装置で確認した。スリップや色材を塗布せず焼成した粘土板の蛍光X線分析からは、鉄元素が検出された（図1）。また、スリップのみを塗布し、焼成した粘土板も鉄元素が検出さ

れたが、スリップに由来するアルミニウムやケイ素は、装置の仕様内では検出されなかった（図2）。群青を塗布した粘土板からは銅（図3）、緑青の粘土板からも銅（図4）、マンガンバイオレットの粘土板からはマンガンの元素がそれぞれ検出された（図5）。検出される範囲には、目視から焼成前と同じ色調の色材の痕跡を確認することができなかったことから、焼成で変化した化合物は、各金属元素を含むものの、色材としての吸収特性が全くなかったか、低下したため、十分な凝集が起こらない限り、呈色には至らないと考えられる。

なお、粘土板は、テラコッタ用、野焼き用の二種類の粘土からそれぞれの実験で使用しているが、蛍光X線分析からこれらの粘土の種類に由来する有意な差は検出できなかった。そのため、図1～5に対応する野焼き用粘土の粘土板に対する蛍光X線分析を行ったが、結果は、同様であった。

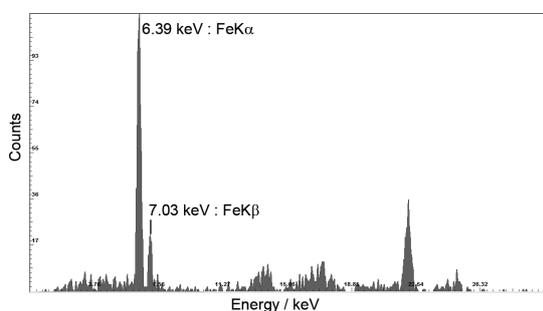


図1 焼成後の粘土板（テラコッタ用）の蛍光X線スペクトル

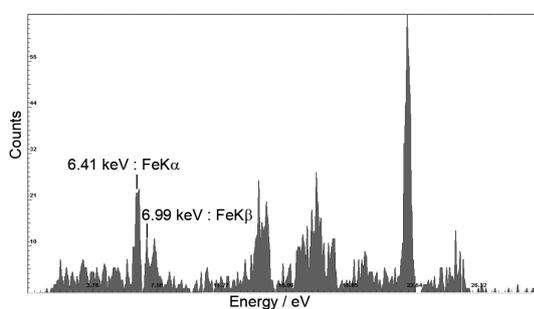


図2 焼成後のスリップのみを塗布した粘土板（テラコッタ用）の蛍光X線スペクトル

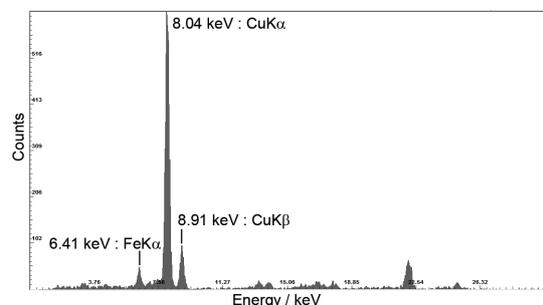


図3 スリップと群青を混合し塗布、焼成した粘土板（テラコッタ用）の蛍光X線スペクトル

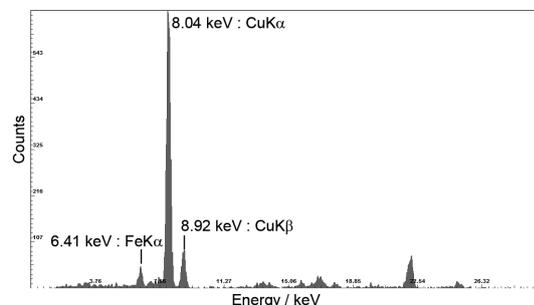


図4 スリップと緑青を混合し塗布、焼成した粘土板（テラコッタ用）の蛍光X線スペクトル

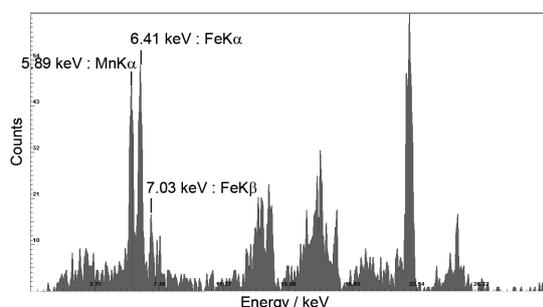


図5 スリップとマンガンバイオレットを混合し塗布、焼成した粘土板（テラコッタ用）の蛍光X線スペクトル

3-3. 焼成による色材の色調変化

実験3では、色材が粘土板に固定し、色材の色調が焼成前後で変化しないものが多いが、黒色の色材である二酸化マンガンは、灰色になってしまい再現できなかった。先行研究には、黒色の部分には鉄およびマンガン元素が存在することが報告されていることから、存在比を参考に、重量比で二酸化マンガン1に対してライトレッド10を加え、焼成したところ、二酸化マンガンのみの場合と比べ黒味と不透明感が強くなった。なお、土系顔料のシエナやアンバーには、酸化鉄(Ⅲ)に二酸化マンガンが少量含まれており、これらを焼くとさらに赤味が増すといわれている^[8,9]。これは、水酸化鉄が酸化鉄に変化することをさしている。本研究では、酸化鉄からスタートしているため、焼くという意味は異なる。したがって焼成により赤味が増すことはない。鉄とマンガンの存在比が異なるもののバーントシエナやバーントアンバーをライトレッドと二酸化マンガンの代わりに使用しても色味の傾向は同じになると考えられる。

4. まとめ

彩色土器におけるスリップを用いる色材の固着方法は、色材が焼成温度でも安定であれば、スリップが乾かないうちに色材を塗布し、焼成すれば固着できることを確認した。スリップが完全に乾燥してしまうと色材を固着できないことも確認した。スリップには、固着の他に彩色効果という面での下地、つまり白色面を形成する役割もある。色材とスリップを混合してしまうと白味の多い色に変化してしまうため、色材とスリップは別々に塗布しなければならない。酸化鉄と二酸化マンガンを加えることで、焼成後の彩色面は、二酸化マンガン単独のときよりも黒味と不透明感の増した彩色面が形成できた。

謝辞

本研究は、文部科学省平成20年度事業組織的な大学院教育改革推進プログラム(大学院GP)「グローバルな文化財修復技能者の実践的養成」から補助を受けた。心より御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Silverman, Helaine: "Differentiating Paracas Necropolis and Early Nasca Textiles", *Andean Archaeology; Art, Landscape, and Society*, chapter 3, pp. 71-105, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2002.
- [2] Vaughn, Kevin J.; Conlee, Christina A.; Neff, Hector; Schreiber, Katharina J.: "A Compositional Analysis of Nasca Pigments: Implications for Craft Production on the Prehispanic South Coast of Peru." *Laser Ablation ICP-MS: A New Frontier in Archaeological Characterization Studies*, edited by R. J. Speakman and H. Neff, chapter 12, pp. 38-154, University of New Mexico Press, Albuquerque, 2005.
- [3] Proulx, Donald A.: "The Nasca Culture: An Introduction", *Nasca: Geheimnisvolle Zeichen im Alten Peru*, edited by Judith Rickenbach, pp. 59-77, Museum Rietberg Zürich, Zürich, 1999.
- [4] Carmichael, P. H.: "Nasca Pottery Construction", *Nawpa Pacha* 24, pp. 31-48, Institute of

Andean Studies, Berkeley, California, 1990.

- [5] 下山進、野田裕子：“低レベル放射性同位体を線源として用いる簡易携帯型蛍光 X 線分析装置及び日本古来の絵馬に使用された無機着色料の非破壊分析への応用”、分析化学、Vol. 49、No. 12、pp. 1015-1021, 2000.
- [6] 美術出版 BSS カタログ 2010, P491.
- [7] Arnold, Dean E.; Branden, Jason R.; Williams, Patrick Ryan; Feinman, Gary M.; Brown J.P. : “The first direct evidence for the production of Maya Blue: rediscovery of a technology”, *Antiquity*, 82, pp. 151-164, 2008.
- [8] 森田恒之 訳 新装版絵画材料事典 siena、P156-157、美術出版社 1999.
- [9] 森田恒之 訳 新装版絵画材料事典 umber、P164-165、美術出版社 1999.

所属

¹ 吉備国際大学大学院文化財保存修復学研究科 (〒 716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8)

² 吉備国際大学文化財総合研究センター (同上)

³ 吉備国際大学文化財学部文化財修復国際協力学科 (同上)