

アル＝フスタート由来とされる白磁彩画碗

村上 夏希・桐野 文良・岡野 智彦

White Porcelain Overglazed Ware from al-Fustāt

Natsuki MURAKAMI, Fumiyoshi KIRINO and Tomohiko OKANO

キーワード：アル＝フスタート、白磁、北宋時代、釉上彩、化学分析

Key-words: al-Fustāt, white porcelain, Northern Song dynasty, overglaze, chemical analysis

1. はじめに

青山学院大学文学部史学科には、三上次男博士が収集した陶磁器片約7,000点のコレクションが存在する（以下、三上コレクションとする）。三上コレクションには世界中のあらゆる年代の陶磁器片が含まれ、充実した内容で知られており、その詳細は3冊の目録に収められている（青山学院大学文学部史学科 2010, 2013, 2014）。本報告で紹介する資料は、三上コレクションの中でも独特な装飾が施された、白磁彩画碗である（図1）。目録によると、本資料はアル＝フスタート（al-Fustāt）遺跡より出土したとされ

ている。

アル＝フスタートは、642年に建設されたイスラームによるエジプト最初の都であり、カイロ市の南、現在のオールド・カイロと呼ばれる地区に位置する（青山学院大学文学部史学科 2010: 34, 図62-12）（図2）。遺跡から出土した膨大な中国陶磁器片の種類の豊富さと質の高さは、中世における東西交易の一大中心地であったアル＝フスタートの往時を物語る（三上 1980; 桜井・川床編 1992）。三上博士は、1964年および1966年の出光中東調査団に参加し、アル＝フスタートで出土した陶磁器片を調査した。その後は、1978年から1985年にかけて早稲田大学と出光美術館が行った発掘調査に参加し¹⁾（桜井・川床編 1992）、約20年間にわたってアル＝フスタートの研究に従事した。その成果は、海の路から東西交流を眺める「陶磁の道」へと結実し、今も多くの研究者の指針となっている（三上 1980,

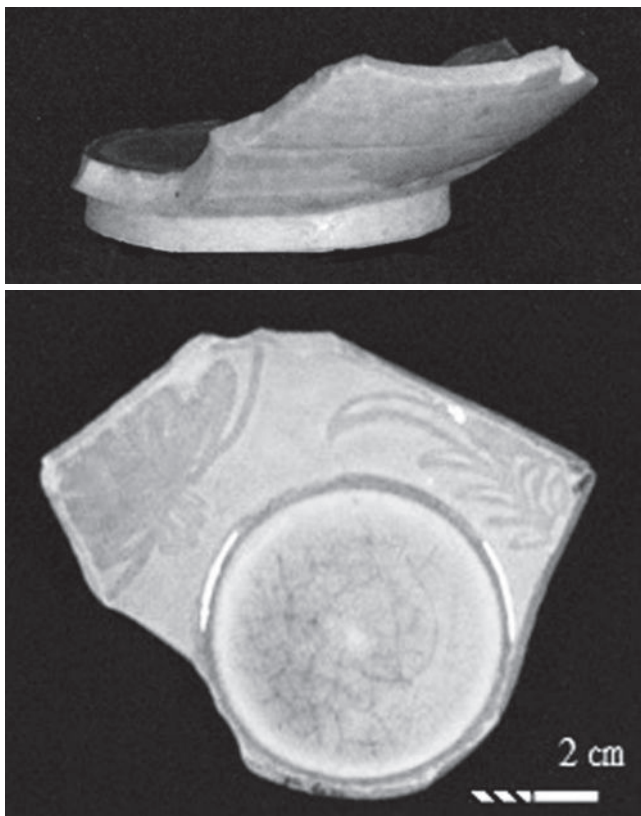


図1 上 資料写真 下 同上



図2 エジプト地図

1986, 1988a, 1988b, 1988c, 1990, 2000; 佐々木 2015)。

目録を参考に、資料の詳細について述べる。本資料は、北宋時代(960-1127年)の白磁碗と推定されている。底径は4.4 cmで、緻密な純白色を呈した胎土の上に淡灰褐色の釉薬が施され、内面には植物文が描かれる(図3)。アル=フスタート遺跡から出土した類似の白磁片が出光美術館に所蔵されており(出光美術館 1984: 66, 図192)、同じく北宋時代の製作と考えられている。アル=フスタート遺跡において、このタイプの装飾を施す中国磁器は他の時代では見られず、北宋時代に限定して製作された、特殊な製品であると理解される。本資料の絵付顔料は、色調がラスタ顔料と似ていることから、輸入された白磁にエジプトで改めてラスタ顔料を施したと考えられてきた(三上 1980: 16, 1988b: 38-39; 青山学院大学文学部史学科 2010)。一方で、同時代のイスラーム陶器には見られない文様であるなど不明な点も多く、実際にいつどこで加飾されたのかは明らかにされていない。上記の課題を明らかにするには、絵付顔料がラスタ顔料であるか解明する必要がある。そこで本研究では、白磁彩画碗に用いられた絵付顔料の材質を明らかにし、ラスタ顔料と比較検討を行う。

2. 分析手法

本調査は非破壊を基本方針とし次のような分析手法を用いた。

資料表面の状態観察にはデジタルマイクロスコープ(KEYENCE製 VHX-500F)を用いた。

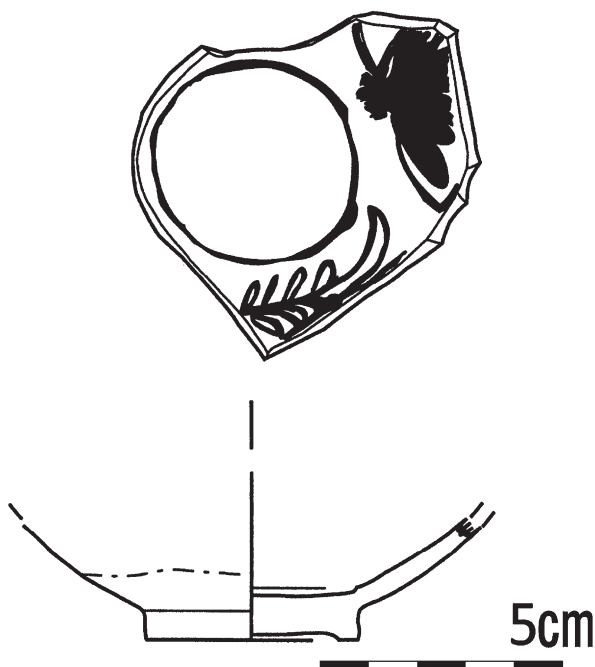


図3 実測図(青山学院大学文学部史学科 2010より転用)

化学組成分析には走査型電子顕微鏡/エネルギー分散型X線分析法(Scanning Electron Microprobe-Energy Dispersion Spectroscopy: 以下、SEM-EDSとする)を用いた。SEMは細く絞った電子ビームを、試料表面上を走査させながら照射し、試料表面から放出される二次電子や反射電子を信号として検出することで、試料の形態を観察する手法である。最大で数十万倍の高倍率で微小領域・局所領域の観察が行え、凹凸のある試料の立体観察や、成分組成の違いに応じた組織像の観察ができる。通常は真空中で観察を行うが、チャージアップを防ぐために10 Pa程度の真空度下で分析を行う場合もある。SEMは、電子ビームを試料表面に照射した時に発生する、元素に固有な特性X線を検出することで、定性・半定量分析ならびに元素濃度の分布状態などを見るマッピング分析といった元素分析が可能となる。検出器には半導体検出器が付設されることが多い。本分析で用いたEDSは、ナトリウム(Na)より原子番号の大きい元素について測定可能である。

測定箇所はアルコールで予め油分や汚れなどのふき取りを行った。資料表面には帯電防止用の蒸着を行わず、10 Paの真空度下で反射電子像を観察した。平均的組成を

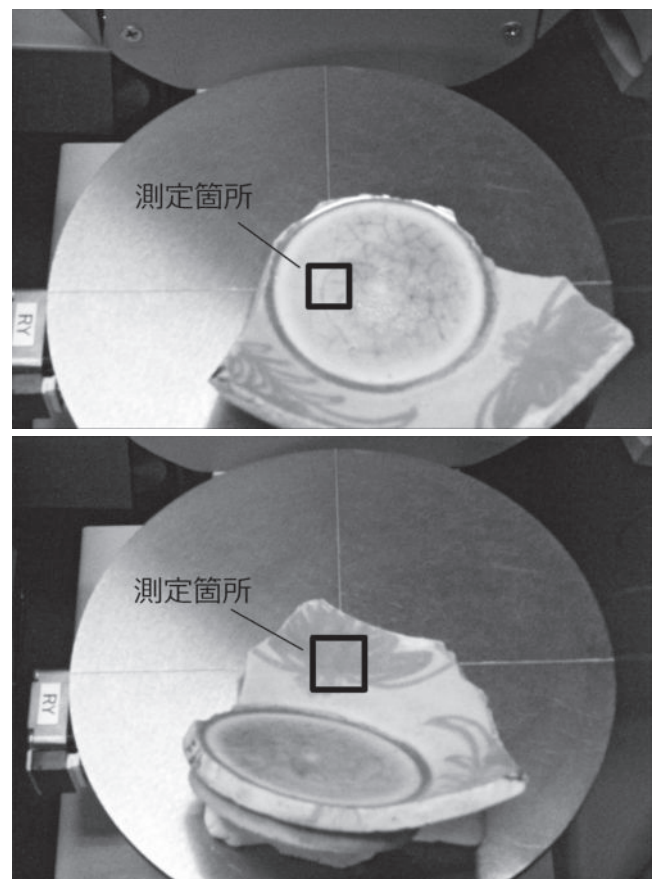


図4 上 XRD測定箇所(基礎釉箇所)
下 XRD測定箇所(装飾箇所)

得るため、特定の元素強度が高い箇所や粒子部分を選び、40 倍の倍率下で観察し、3 カ所の測定の平均値を定量値とした。釉薬は土中にあるときにアルカリ金属元素が溶出しやすく、劣化状況は資料や測定箇所によって異なる。そのため算出した値は一個体の性質を示すものではなく、測定箇所の半定量値として判断する。分析装置には S-2460N (日立製) 並びに EMAX ENERGY EX-250 (HORIBA 製) を用いた。測定条件は、電圧: 20 kv, 電流: 100-110 mA, ライブタイム: 200 s. である。

装飾箇所の結晶構造の解析には X 線回折 (X-ray diffraction: 以下、XRD とする) を用いた。XRD は化合物の同定に有効な手法である。化合物の結晶は原子が規則的に配列しており、ここに一定波長の平行 X 線をあてると、原子・分子の配列状態によって、物質特有の回折パターンを示す (回折 X 線)。この回折パターンと、先に求めた元素情報とあわせて、結晶構造の解析を行い、化合物を同定する。

測定条件は、管球: Cu, 電圧: 40 kV, 電流: 50 mA, ステップ幅: 0.01 deg., スキャンスピード: 5 deg./min., 測定領域: 10×10 mm である²⁾。測定箇所は装飾のない底部 (基礎釉箇所) と、装飾のある胴部 (装飾箇所) を分析し、各 X 線回折パターンを比較し、絵付顔料由来のピークについて検討する (図 4)。装置は RINT ULTIMA III (Rigaku 製) を用いた。

3. ラスター彩について

ラスター彩技法はイスラム陶器を代表する彩画技法である。釉薬 (未溶解石英による白濁やスズによる白濁釉が主) をかけて一度焼成した器の上にラスター顔料で彩画し、本焼きより低い温度の強還元炎で焼成することで、金属的な煌きを発する。焼成には高度な技術を要し、特定の陶工集団によって技法が保持されていたと考えられている。9~10 世紀アッバース朝の都バグダードを中心に焼造された初期ラスター彩陶器の文様と、ファーティマ朝のラスター彩陶器の文様に類似性が認められることを根拠として、陶工集団の移動が想定されている。10 世紀後半から 12 世紀、ラスター彩陶器の製作地はエジプトが中心で

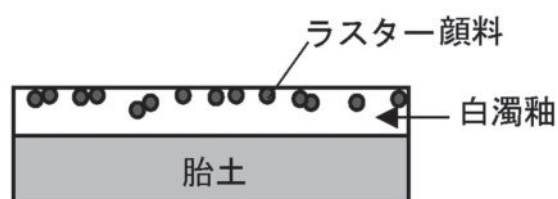


図 5 ラスター彩陶器断面イメージ

あったと考えられている (Mason 2004)。

プラデル (T. Pradell) らはアシュモレアン博物館が所蔵する、アル＝フスタート遺跡出土のファーティマ朝ラスター彩陶器片の分析を行っている。それによると、発色 (黄色、茶色、アンバーなど) や輝きの有無に違いはあるものの、ラスター彩の着色剤として銅 (Cu: 0.24~1.9 %) と銀 (Ag: 1.85~7.55 %) が検出されている (Pradell et al. 2008)。色合いについては諸条件 (銅と銀の組成比、下地となる胎土や基礎釉の材質、焼成、劣化状態など) が複合的に関わってくるため一概に論じることはできないが、銅や銀を含むことが、ラスター顔料であるか否かの指標の 1 つと言え、本資料の装飾箇所からこれらの元素が検出されるかについて注目する。また、ラスター彩の特徴は、光にあてた時にきらきらと輝く、独特な金属光沢である。ラスター彩陶器の表面を観察すると、発色の要因である不均質に分布した粒子を確認することが出来る。これは、ラスター顔料に含まれる銅や銀の金属ナノ粒子が、釉中に拡散することに由来する (Pradell et al. 2005, 2008; 三浦ほか 2009) (図 5)。したがって、本資料がラスター顔料によって加飾され、良好な焼成を経ていると仮定すれば、装飾箇所の結晶構造を調べれば、金属粒子の回折ピークが検出されると予想される。

4. 分析結果および考察

SEM-EDS により基礎釉、装飾箇所、胎土の化学組成を分析した。検出された元素で 100 % になるようスタンダードレス ZAF 補正³⁾ を用いて定量値を算出した (表 1)。全鉄 (ΣFe) は Fe_2O_3 で表記する⁴⁾。

基礎釉及び装飾箇所の各スペクトル図は図 6 および図 7 の通りである。炭素 (C) より低エネルギー側のピークは装置のノイズである。検出された元素は、ナトリウム (Na)、マグネシウム (Mg)、アルミニウム (Al)、ケイ素 (Si)、カリウ

表 1 化学組成分析の結果

(%)	基礎釉		装飾箇所		胎土	
SiO ₂	61.9	(0.7)	62.8	(0.1)	61.3	(0.8)
Al ₂ O ₃	13.5	(1.1)	15.4	(0.1)	23.0	(0.9)
Fe ₂ O ₃	3.4	(0.3)	3.4	(0.1)	4.8	(0.3)
MnO	0.2	(0.1)	0.1	(0.1)	n.d.	—
CaO	15.1	(0.5)	12.2	(0.2)	2.2	(0.2)
MgO	2.3	(0.1)	2.4	(0.1)	1.2	(0.1)
Na ₂ O	0.7	(0.1)	1.1	(0.1)	2.1	(0.4)
K ₂ O	2.8	(0.2)	2.2	(0.1)	4.1	(0.2)
P ₂ O ₅	n.d.	—	0.4	(0.1)	n.d.	—
SO ₃	n.d.	—	n.d.	—	0.7	(0.2)
Cl	n.d.	—	n.d.	—	0.5	(0.1)

* 括弧内は標準偏差

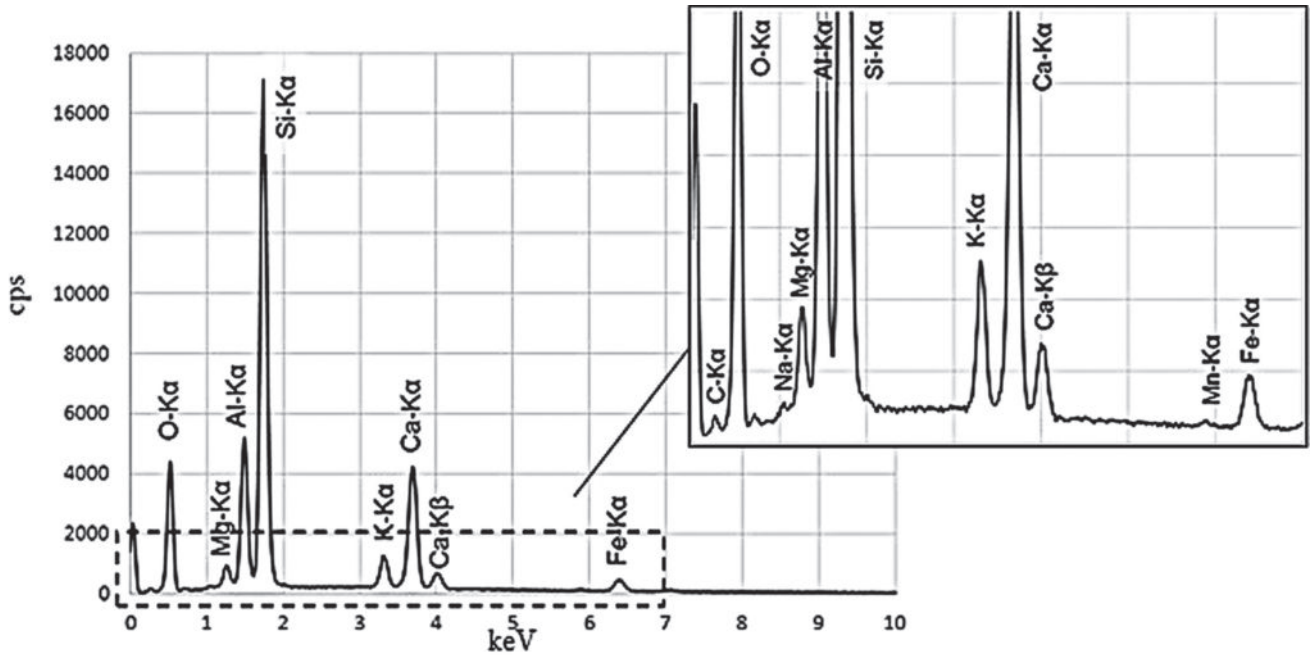


図6 基礎釉 SEM-EDS スペクトル図

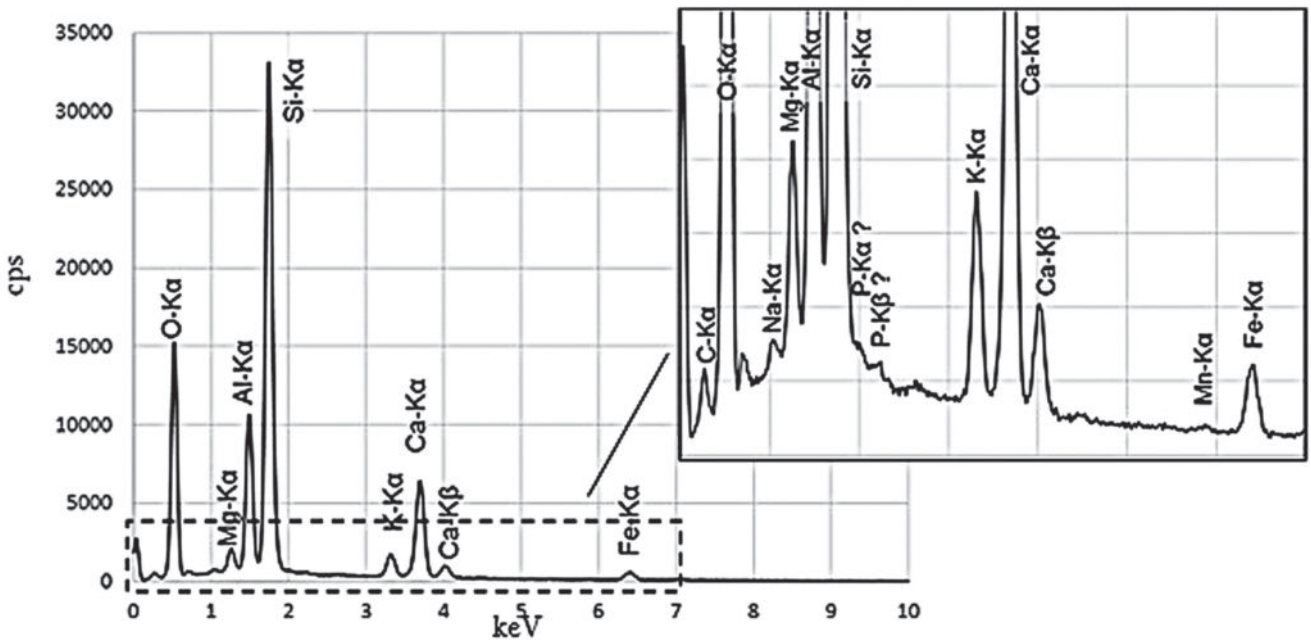


図7 装飾箇所 SEM-EDS スペクトル図

ム (K)、カルシウム (Ca)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe) である。装飾箇所においてのみリン (P) と思われるピークが確認されたが強度は低く、バックグラウンドの可能性もある。

化学組成分析の結果から、基礎釉のゼーゲル式を求める。ゼーゲル式は釉中に含まれる各成分を3つに分類 (塩基性成分、中性成分、酸性成分) する表記法の一つであ

る。塩基性成分の総量を1として、中性成分と酸性成分をモル比で表した式をゼーゲル式と呼ぶ。釉薬の組成をゼーゲル式にまとめることで、焼成温度の幅や高温に対するふるまい、光沢釉や不透明釉といった釉薬のおおまかな性質を知ることができる。各成分にはそれぞれ役割があり、塩基性成分 [RO (R₂O)] は熔ける温度を調整する媒溶剤や

表2 基礎釉ゼーゲル式

0.08 K ₂ O	·	0.36 Al ₂ O ₃	·	2.81 SiO ₂	
0.03 Na ₂ O					
0.16 MgO					3.4% Fe ₂ O ₃
0.73 CaO					

表4 胎土ゼーゲル式

0.30 K ₂ O	·	1.54 Al ₂ O ₃	·	7.05 SiO ₂	
0.23 Na ₂ O					
0.20 MgO					4.8% Fe ₂ O ₃
0.27 CaO					

表3 割合量の算出 (理論値)

ゼーゲル式	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
	0.1	0.7	0.4	2.8
0.1 分子カリ長石 K ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂	0.1		0.1	0.6
残り	0	0.7	0.3	2.4
0.7 分子石灰石 CaCO ₃		0.7		
残り		0	0.3	2.4
0.3 分子カオリン Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O			0.3	0.6
残り			0	1.8
1.8 分子珪石 SiO ₂				1.8
残り				0
	分子数	分子量	重量比	重量%
長石 K ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂	0.1	556	55.6	17.9
石灰石 CaCO ₃	0.7	100	70.0	22.5
カオリン Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O	0.3	258	77.4	24.9
珪石 SiO ₂	1.8	60	108.0	34.7
	合計		311.0	100.0

釉薬の流動性を増す役割を有する。具体的にはカリウムやナトリウム（アルカリ原料）を含むカリ長石やソーダ長石、カルシウムやマグネシウム（アルカリ土類原料）を含む木灰、石灰石、ドロマイト、マグネサイトなどで構成される。中性成分 (R₂O₃) は素地に熔着した際の安定性を保ち、釉層の流動性を調整する役割を持つ。これはアルミニウムの含有量が高い陶石、長石、カオリン⁵⁾などで構成される。酸性成分 (RO₂) は熔融温度を高くし、釉薬の流動性を小さくする役割を持ち、ケイ素の含有量が高い陶石や長石など⁶⁾で構成される。

対象とした資料の基礎釉について、表2で示すゼーゲル式を見ると、アルカリ (Na₂O+K₂O) の合計が0.11と少なく、アルカリ土類 (MgO+CaO) の合計が0.89と高いことから、資料は石灰釉⁷⁾であると考えられる。石灰釉は磁器に利用される高火度釉 (1,250℃以上) であり、低火度焼成のイスラーム陶器には用いられない⁸⁾。酸化アルミニウムに対する二酸化ケイ素の比率 (SiO₂ / Al₂O₃) が7.8であり、石灰釉として光沢透明が得られる値である。石灰釉のゼーゲル式について、理論値を用いて算出した割合を表3にまとめる。

胎土について同様にゼーゲル式にすると表4となる。

胎土は塩基性成分に対して中性成分であるアルミナと酸

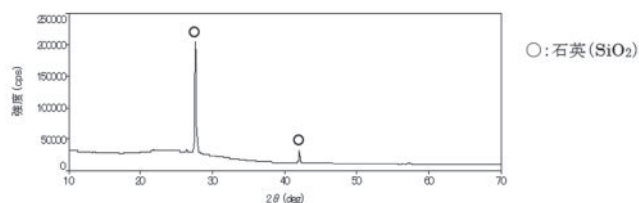


図8 基礎釉の X 線回折パターン

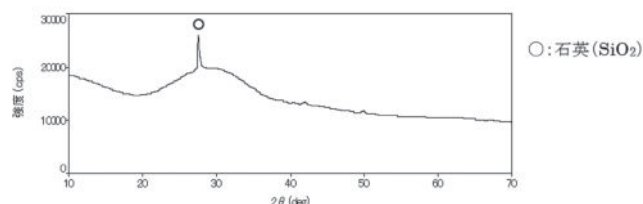


図9 装飾箇所の X 線回折パターン

性成分である珪酸の値が、基礎釉のゼーゲル式に比較して大きく、釉薬に対して耐火性が強いことが伺える。

装飾箇所の組成は基礎釉とほとんど変わらず、図7で示すように、ラスター顔料（銅や銀）のピークは認められない（図7）。組成は基礎釉とほぼ同様で、本結果のみでは着色元素の特定は困難である。彩色層が薄いと着色元素の存在量が少ないため、特定できない可能性がある。しかし、表面の状態を観察する限り、本資料で絵付顔料由来の遷移金属が検出されないとは考えにくい。また、基礎釉とほぼ類似した組成を持つ事は、熔着させるには基礎釉と同程度の焼成温度が必要なことを意味している。

XRDの分析結果についても、基礎釉、装飾箇所ともに石英 (SiO₂) の回折ピークが認められるのみで、絵付顔料由来の回折ピークは検出されない（図8,9）。

絵付顔料の特定ができないことから、釉下彩（釉薬の下に彩色が施されている）の可能性も考えられたが、マイクロスコプでは、装飾部が擦れて薄くなっているのが観察されるので、釉上彩と思われる。また、装飾箇所にはラスター顔料のような不均質性は見られない（図10）。XRDで金属結晶に由来する回折ピークが検出されないことも考え合わせると、発色は遷移元素が光エネルギーを部分吸収する「イオン発色」に由来すると思われる。検出された元

素と装飾の色調より、発色は三価の鉄 (Fe^{3+}) による可能性が高いが、基礎釉と装飾箇所濃度の大きな違いは認められず、発色機構の特定には更なる検討を要する。

以上、本資料の装飾はラスター顔料で施されたものではなく、ラスター彩陶工が関与した可能性は低い。また、装飾箇所と基礎釉の組成に大きな違いがないことは、絵付顔料が基礎釉と類似した媒溶剤(石灰)を用いたガラスフリットを主体にすると思われる。エジプトをはじめとするイスラーム地域では1,000℃以下の低温焼成が一般的であることから、本資料の製作や加飾は、イスラーム地域外で行われたと想定される。管見の限り、アル=フスタートで収集されたもの以外に、中国磁器の類例は認められないので、成形から装飾まで同一窯で行っていたと仮定しても、製作時期が短期間かつ流通先も限定的な製品の可能性がある。

5. まとめ

本報告では、三上コレクションの中から、アル=フスタートで収集された白磁彩画碗について紹介した。科学分析の結果、従来ではエジプトへの輸入後に加えられたと考えられてきた装飾箇所は、高火度釉である基礎釉に類似した組成を持ち、エジプトをはじめイスラーム地域で施された可能性は低い。しかし、独特な文様表現は、一般的な中国磁器には認められない。今後は類似資料をはじめ、アル=フスタート遺跡内の陶片調査においてこのタイプの陶片がどの程度存在したのか追調査する必要がある、可能ならば科学調査も併せて実施する必要がある。

謝辞

本調査を遂行するにあたり、青山学院大学文学部史学科より貴重な資料をご提供いただきましたことに、御礼申し上げます。また、データの解釈に関し、国文学研究資料館客員教授の二宮修治先生より、資料観察に関し、東京藝術大学准教授の塚田全彦先生より有益なご助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。

註

- 1) 第1、2、3、5、7次発掘調査では顧問、第8次発掘調査では隊長として参加。
- 2) 同一条件で銀のナノ粒子について分析を行い、回折ピークが得られている(桐野2014)。
- 3) 特性X線強度に変化を与える要素である、原子番号効果、吸収効果、蛍光効果について分析条件ごとに係数を求めて補正し、定量を行う計算法。
- 4) 鉄は複数の価数をとるが、本分析では価数の判断はできない。
- 5) ここでいうカオリンとは、粘土鉱物名(分子の単位)でいう「カオリナイト」を指す。「カオリン」粘土はカオリナイト、長石、石英の混合物粘土(2 μm 以下の集合体として定義)である。本論ではゼーゲル式の計算に参考とした水上の例に従って表記する(水上1998:67-68)。
- 6) ケイ酸分の原料として石英(SiO_2)や珪石(SiO_2)を直接加える

ことは少ない(水上1998)。

- 7) 石灰石を融剤とする高火度釉薬。主に長石、石英、石灰石で配合される(高嶋1994:15)。
- 8) ROを一定($0.3\text{K}_2\text{O}+0.7\text{CaO}$)と仮定すると、本資料の熔化は1,250~1,260℃と推測される(水上1998:106)。

参考文献

- Mason, Robert B. 2004 *Shine Like the Sun: Lustre-Painted and Associated Pottery from the Medieval Middle East*. Bibliotheca Iranica. Islamic Art and Architecture Series 12. Costa Mesa, Mazda Publishers.
- Pradell, T., J. Molera, J. Roque, M. Vendrell-Saz, A. D. Smith, E. Pantos and D. Crespo 2005 Ionic-Exchange Mechanism in the Formation of Medieval Luster Decorations. *Journal of the American Ceramic Society* 88(5): 1281-1289.
- Pradell, T., J. Molera, A. D. Smith, A. Climent-Font and M. S. Tite 2008 Technology of Islamic Lustre. *Journal of Cultural Heritage* 9: 123-128.
- 青山学院大学文学部史学科 2010『三上次男コレクション図版目録 西アジア・南アジア・アフリカ編』青山学院大学文学部史学科。
- 青山学院大学文学部史学科 2013『三上次男コレクション図版目録 中国・朝鮮半島・東南アジア編』青山学院大学文学部史学科。
- 青山学院大学文学部史学科 2014『三上次男コレクション図版目録 日本編』青山学院大学文学部史学科。
- 出光美術館 1990『陶磁の東西交流展図録』出光美術館。
- 桐野文良 2014「江戸時代貨幣『文政一朱金』表面の微細構造」『東京藝術大学美術学部紀要』52号 1-16頁。
- 桜井清彦・川床陸夫(編) 1992『アル=フスタート遺跡：エジプト・イスラーム都市発掘調査1978-1985年』早稲田大学出版部。
- 佐々木達夫 2015「三上次男の陶磁の道」『東洋陶磁』45号 5-20頁。
- 高嶋広夫 1994『陶磁器釉の科学』内田老鶴圃。
- 三浦早苗・加藤慎啓・中井 泉 2009「蛍光X線分析によるイラク製初期ラスター彩陶器の特性化」『X線分析の進歩』40巻 339-348頁。
- 三上次男 1980「陶磁の道 フスタート遺跡の中国陶磁」『中近東文化センター研究会報告No.1 エジプト イスラーム都市 アル=フスタート』105-128頁 中近東文化センター。
- 三上次男 1986「イスラーム陶器の成立・発展と中国陶磁 イスラーム陶器研究序説」『世界陶磁全集21・世界(二)』127-136頁 小学館。
- 三上次男 1988a「南・西アジアにおける十三-十四世紀の中国陶磁の商圏」『陶磁貿易史研究 中 南アジア・西アジア篇』172-196頁 中央公論美術出版。
- 三上次男 1988b「九-十世紀前半のエジプトと中国 東西陶磁貿易上より観たる」『陶磁貿易史研究 下 中近東篇』114-141頁 中央公論美術出版。
- 三上次男 1988c「中世中国とエジプト フスタート遺跡出土の中国陶磁を中心として」『陶磁貿易史研究 下 中近東篇』142-163頁 中央公論美術出版。
- 三上次男 1990『イスラーム陶器史研究 三上次男著作集六』中央公論美術出版。
- 三上次男 2000「遙かなるエジプトの地の中国陶磁 エジプトにおける中国ファッション」『陶磁の道 東西文明の接点をたずねて』5-44頁 中央公論美術出版。
- 水上和則 1998『中国陶磁を中心とした釉調合の基礎講座』岩崎芸術社。

村上 夏希

東京藝術大学大学院美術研究科
文化財保存学専攻保存科学研究室博士課程

Natsuki MURAKAMI

Faculty of Conservation Science,

Tokyo University of the Arts

桐野 文良

東京藝術大学大学院美術研究科
文化財保存学専攻保存科学研究室

Fumiyoshi KIRINO

Faculty of Conservation Science,

Tokyo University of the Arts

岡野 智彦

青山学院大学

Tomohiko OKANO

Aoyama Gakuin University