

古代エジプトのファイアンス

—白華・浸灰・塗付技法の復元実験から得られた各技法の特徴に関する検討—

山花 京子*

Ancient Egyptian Faience: Some Observations through the Replication of Efflorescence, Cementation, and Application Methods

Kyoko YAMAHANA

古代エジプトのファイアンス研究は理化学的分析に主導される形で発展してきたが、実際に白華・浸灰・塗付技法の可能性を実験によって実証した先行研究は非常に少ない。本稿では上記3技法の復元実験を行い、復元工程を明示すると同時にそれぞれの技法により完成品にどのような特徴があるのかを提示する。

そして、これらの各技法で復元制作したファイアンスと古代エジプトのファイアンスの作品の特徴を比較検討した結果、復元作品と古代のファイアンスの特徴が合致することを発見した。特徴の一致は制作技法の一致と考えることができる。また、出土地や年代の推定が困難な遺物を技法の点から推定することも可能となり、新たな知見が得られると期待できる。

キーワード：古代エジプト、ファイアンス、白華技法、浸灰技法、塗付技法

Ancient Egyptian faience has long been a focus of scientific research. However, the development of optical technology has exposed manufacturing methods such as efflorescence, cementation, and application. Although analysis has revealed the physical characteristics of ancient faience, limited archaeological research has been undertaken on its production. Experimental replication using the same ingredients, tools and kilns as the ancient Egyptians is essential to confirm how the faience was actually made.

Replication experiments revealed similarities between the surface qualities of the replicated faience and ancient faience. Therefore, identifying the surface traits between the replicated and ancient faience contributes towards establishing a chronology for ancient faience.

Keywords: Ancient Egypt, Faience, Efflorescence, Cementation, Application

1. はじめに

古代エジプトのファイアンス¹⁾（以降「ファイアンス」とのみ表記）の大部分を占める青色（青緑色）ファイアンスの基本材料は珪砂・石灰粉・アルカリと銅粉である²⁾。現在想定されているファイアンスの制作技法は白華技法・浸灰技法・塗付技法の3種類であるが、いずれも上記の基本材料を主として作られている。ファイアンスの材料はガラスのそれと同じだが、ガラスは高温で加熱し完全に熔融させるため、均質な非晶質となるのに対し、ファイアンスは表面のガラス質被膜の部分と珪砂が焼結した胎の部分に分かれた二層構造となっている。つまり、ファイアンスは「ガラス材料を使ったやきもの」と定義できる。古代エジプトのファイアンス研究は理化学的研究によって牽引されているため³⁾、分析的な情報は比較的豊富だが、実際の制作過程は原材料の調合から成形、焼成方法に至

るまで多くの謎が残されている。筆者は2022年までに古代のファイアンスづくりに使われたとされる白華・浸灰・塗付の3技法による再現制作を行い、いずれの技法でもファイアンス制作が可能であることを実証した。

これまで古代エジプトのファイアンスの技法推定は、ファイアンスを薄くスライスした上で高倍率顕微鏡や走査型顕微鏡（SEM）を用いてファイアンス表面のガラス質被膜と石英質の胎の間にある中間層の厚さや生成状態を観察することで3技法のいずれに該当するのかを推定してきた⁴⁾。しかし、資料の破壊を伴う分析方法では研究の範囲が狭くならざるを得ない。そこで、目視あるいは低倍率の顕微鏡でもファイアンスの技法の違いが分かる方法を模索し、その結果、本稿で述べる復元制作によって技法の違いが質感や表面の気泡状態などに表れることを発見した。この発見

*東海大学文化社会学部

School of Cultural and Social Studies, Tokai University

西アジア考古学 第24号 2023年 47-59頁 ©日本西アジア考古学会

は、これまでファイアンスを裁断して断面情報を高倍率顕微鏡や SEM などを使って観察する以外に、簡便かつ非破壊での観察の可能性を示唆している。そこで、本稿では 3 種類の技法による復元制作工程を述べた後、復元作品の表面状態の観察を行う。さらに、今回の実験結果と筆者らが過去に行った古代エジプトファイアンスの分析結果をもとに古代エジプトのファイアンスとの比較を試みる。

2. 古代エジプトのファイアンスの復元実験

(1) 白華技法

白華技法 (Efflorescence) は、珪砂 (SiO_2)・石灰粉 (CaCO_3)・アルカリ (Na_2CO_3)・着色剤 (塩基性炭酸銅) ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) を混ぜ合わせた粉体に水などを加え練粉状にした上で成形し、乾燥と同時に白華させ焼成する。この技法はセルフ・グレージング (Self-Glazing) 技法であり、現代の焼き物のように焼成前に釉を掛けることなく造形物の表面に青緑色のガラス質被膜が形成される技法である。筆者は『西アジア考古学』第 18 号 (2017) に「古代エジプトファイアンス復元実験—白華技法」を上梓した。その際の実験では護符のような平面的な形状、そして型成形による立体形状の再現は可能であることが確認できたが、型を使わず手捏ねで立体造形を作ることは不可能であった。ファイアンスの主原料である珪砂 (石英粉) に可塑性がないためである。しかし、古代エジプトのファイアンスには高さ 20 cm を超える作品も多く、大型化は新王国時代 (紀元前 1539~1077 年頃) になって特に顕著になる。原材料に粘土を混ぜると成形性が向上するが、粘土に多く含まれる成分であるアルミナ (酸化アルミニウム) は古代エジプトのファイアンスの分析結果からはほとんど検出されていない (次項参照)。

本稿の白華技法の実験では 2017 年の実験報告を踏まえた上で、成形が困難なファイアンスを手捏ねでも成形可能にするために以下の方法を試みた。1) ファイアンスの原料に樹脂系粘結剤 (バインダー) 及び粘土物質を添加して可塑性を向上させる実験、そして 2) ファイアンスの練粉を水酸化カルシウムで硬化させる実験である。

可塑性を向上させる実験 1—樹脂系粘結剤及び粘土物質を添加する実験

以前の実験結果でも述べたように (山花 2017)、ファイアンスは珪砂が主原料の物質であるために、成形が非常に難しい。護符や壺などの造形物を作る際には型が不可欠である。しかし、練粉を型に入れて乾燥させると、練粉が空気に触れる面、つまり製品の裏面

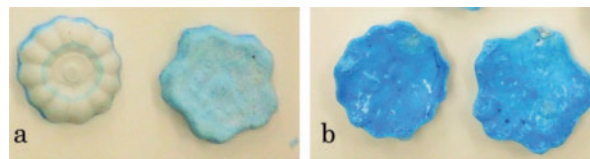


図 1 開放型を使ったファイアンス焼成後。a. 型の内側 (文様面)、b. 型の外側 (裏面)

だけが白華し、肝心の表面は白華しない。そのため、焼成後は裏面だけに釉が付着する (図 1)。従って、白華技法で制作する場合は手捏ね成形が最良の方法だが、手捏ね成形では練粉が垂下するため、2017 年の実験では 6 cm を超える作品を作ることは不可能であった (山花 2017: 86)。そこで、材料に樹脂系の粘結剤を添加することで練粉の扱いやすさがどれほど変化するのか実験を行うことにした。

過去の白華技法の実験結果から珪砂 85~87 wt%、炭酸ナトリウム 5~6 wt%、石灰 (炭酸カルシウム) 5~6 wt%、塩基性炭酸銅 1~2 wt% を最高温度 850°C で 150~180 分焼成が最も安定した結果が得られていた (山花 2017: 表 1)。また、その後の実験で炭酸ナトリウムを炭酸水素ナトリウム (重曹) に代替し、塩基性炭酸銅を酸化銅 (II) に置き換えても同様の良好な結果が得られることが分かった。古代エジプトのアルカリ源はナトロン⁵⁾ と呼ばれる塩湖の堆積物で、炭酸水素ナトリウム (重曹) と炭酸ナトリウムやトロナなどのナトリウム化合物が混在した天然物質であるため、古代においてこれらの物質の厳密な区別はせずに使用していたと思われる。アルカリ源には植物灰由来の灰 (ソーダ灰) も考えられるが、ファイアンスの分析結果よりソーダ灰由来のカリウムが含まれる割合は全時代を通じて 2 wt% 以下と低いため、古代エジプトのファイアンスづくりにはナトロンを添加した可能性が高い (Kaczmarczyk and Hedges 1983: 21-22, Table III)⁶⁾。また、塩基性炭酸銅と酸化銅 (II) は着色剤であるため、ガラス化には影響を及ぼさないが、塩基性炭酸銅は青緑~空色に発色するのに対し、酸化銅 (II) は濃い青色に発色する⁷⁾。今回の実験では、原材料の基本調合を上記に合わせた上で粘結剤として使われた可能性のある材料を添加し検証実験を行った。粘結剤として使用したのはアラビアゴム、トラガカントゴム、小麦でんぷん糊である。これらの中でも、アラビアゴムとトラガカントゴム⁸⁾ は古代エジプトにおいて最も頻繁に使用された粘結剤である (Newman and Serpico 2000: 476)。

原材料に関する上記の情報をもとに、実験では珪砂 87 wt%、炭酸ナトリウム 6 wt%、炭酸カルシウム 6 wt%、塩基性炭酸銅 1 wt% のファイアンスを基本調合とした。そして、基本調合に 3 種類の粘結剤を

表1 粘結剤を添加する実験の調合比

	基本 (wt%)	でんぶん糊添加 (wt%)	アラビアゴム添加 (wt%)	トラガカントゴム添加 (wt%)
図2、図4	a	b	c	d
図3	d	c	b	a
珪砂	87	82	82	82
炭酸ナトリウム	6	6	6	6
炭酸カルシウム	6	6	6	6
塩基性炭酸銅	1	1	1	1
アラビアゴム	0	0	5	0
トラガカントゴム	0	0	0	5
でんぶん糊	0	5	0	0

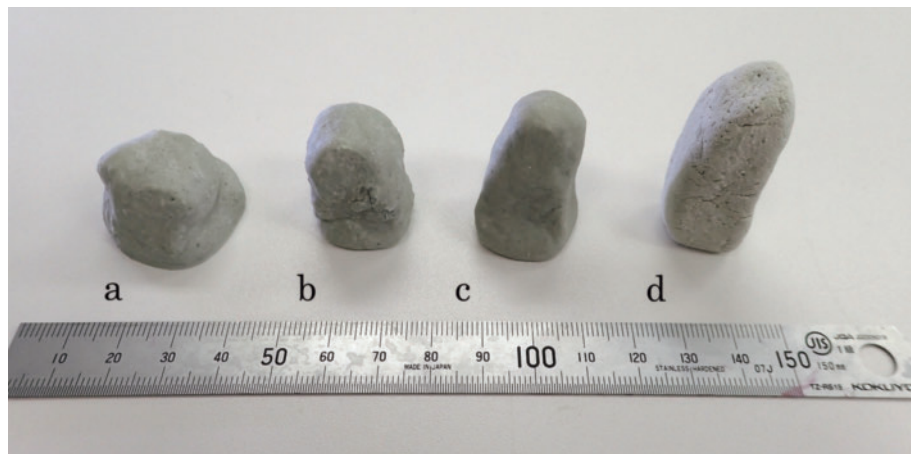


図2 垂下度の比較。a. 基本調合、b. 小麦でんぶん糊添加、c. アラビアゴム添加、d. トラガカントゴム添加

5 wt% ずつ添加し混合材料とした。その材料 15 g に対して水 5 cc を加えて練粉とし、底辺 1 cm の四角柱を作成したうえで可塑性と展延性を検証した（表 1、図 2）。

まず、3 種類の粘結剤の可塑性について述べる。水を加えて練粉にした際に扱い易かったものはトラガカントゴム＞アラビアゴム＞小麦でんぶん糊＞基本調合の順であった。トラガカントゴムとアラビアゴムの練粉は捏ねても手に付かない。一方、小麦でんぶん糊の練粉はべたべたと手についてまとまらず、成形にはかなりの時間を要した。その後、練粉を底辺 1 cm の四角柱形に整え、台上に置くと重力のかかる下部分が垂下するが、垂下度は基本調合＞小麦でんぶん糊＞アラビアゴム＞トラガカントゴムとなった（図 2）。つまり、これらの中で最も形を維持することができたのは、トラガカントゴムを添加した練粉であった。また、練粉の乾燥時には表面の白華度合いや質感に違いが表れた。白華現象とは練粉が乾燥する段階でアルカリなど釉を形成する成分が練粉の表面に析出して白く粉を吹く現象のことである。基本調合の練粉は接地面以外の部分は満遍なく白華した（図 2：a）。基本調合の表面に最も近いのはでんぶん糊を添加した練粉で白

華現象が観察できた一方（図 2：b）、アラビアゴム添加の練粉の表面は滑らかだったが、ほとんど白華しなかった（図 2：c）。トラガカントゴムを添加した練粉はアラビアゴム添加の練粉とは異なり、亀裂が目立つ粗い表面となり、白華もほとんど見られなかった（図 2：d）。

次に 3 種類の練粉が紐状に伸ばして曲げられるかどうか、展延性を検証する。図 3 は焼成後の状態であるが、基本調合の練粉は可塑性がないため、紐状に伸ばすことができなかった。小麦でんぶん糊を添加した練粉は基本調合のものより柔軟性は向上していたが、伸ばすことが難しく、そのため図 3：c のような造形に留まった。アラビアゴムを添加した練粉（図 3：d）には展延性が確認できたが、コブラを模した立体成形のためには鎌首を固定し、垂下を防ぐ支柱が必要となった。最も展延性があったのはトラガカントゴム添加の練粉（図 3：a）で、容易に伸び造形を作ることができた。さらに垂下することなく形を保持したまま乾燥することができた。従って、展延性の検証結果は基本調合＜小麦でんぶん糊＜アラビアゴム＜トラガカントゴム添加の練粉の順となる。

基本調合と粘結剤 3 種を添加した練粉は 1 週間かけ

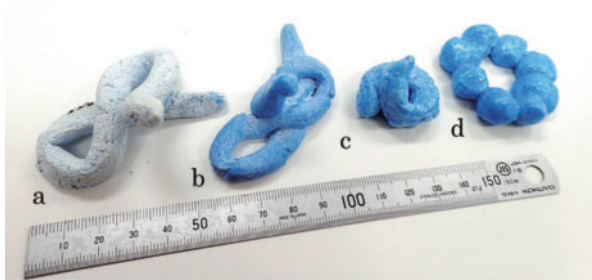


図3 垂下度の比較。a. 基本調合、b. 小麦でんぷん糊添加、c. アラビアゴム添加、d. トラガカントゴム添加

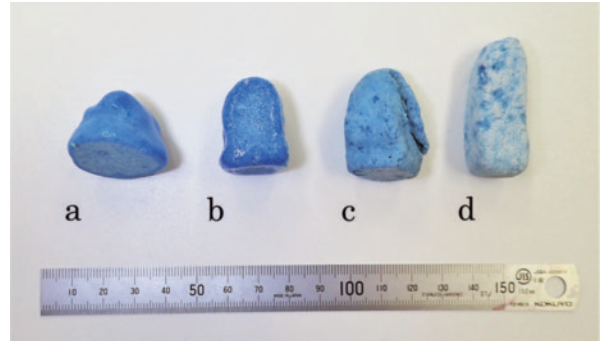


図4 焼成後の釉と発色。a. 基本調合、b. 小麦でんぷん糊添加、c. アラビアゴム添加、d. トラガカントゴム添加

表2 ベントナイトを添加する実験の調合比

	基本 (wt%)	ベントナイト 5 (wt%)	ベントナイト 10 (wt%)	ベントナイト 15 (wt%)	ベントナイト 20 (wt%)
図 5、6	基本	a	b	c	d
珪砂	87	82	77	72	67
炭酸ナトリウム	6	6	6	6	6
炭酸カルシウム	6	6	6	6	6
塩基性炭酸銅	1	1	1	1	1
ベントナイト	0	5	10	15	20

て室温で乾燥させ、乾燥後の焼成は一定条件下で行われた⁹⁾。焼成温度はまず常温から 120 分かけて 500℃ に上げ、さらに 120 分かけて焼成最高温度の 850℃ に上げた後 150 分維持した。そして 400 分かけて 600℃ に下げた後、窯内で徐冷を行った。焼成後の結果を図 4 に示した。基本調合のファイアンスはガラス質被膜と発色が良好であったのに対し、3 種類の粘結剤を添加したものはそれぞれに課題が残った。基本調合のファイアンスに最も近いのは小麦でんぷん糊を添加したものである。ガラス質の釉は比較的良好に形成されたが、発色にムラが出て成形時のヒビが目立つ結果となった。アラビアゴムを添加したファイアンスは発色には問題ないが、艶消し釉のような仕上がりとなった。トラガカントゴムを添加したファイアンスはガラス質被膜も形成されず、ほとんど発色していない。焼成実験の結果より得られたのは、ガラス質被膜の形成と発色は乾燥時の白華に左右されるということである。つまり、白華によって釉の成分となるアルカリが表面に析出する度合いが強いほど焼成時のガラス化が起りやすい。そして、ガラスに取り込まれた銅イオンの作用によって青緑色を呈するため、ガラス質被膜が厚い基本調合ファイアンスは発色が良好で、アラビアゴム添加やトラガカントゴム添加のものは白華が阻害された結果、ガラス化が進まず発色も薄かった。焼成後のガラス質被膜の状態と発色の状態の良さは基本調合>小麦でんぷん糊>アラビアゴム>トラガカントゴムの順であった。

上記の粘結剤を添加した実験においては、焼成後のガラス質被膜の状態と発色では基本調合のものが最も良い結果を出したが、基本調合の練粉は垂下が著しく可塑性に問題があることがわかった。では、粘結剤ではなく別の材料をファイアンスの材料に加えることで可塑性を増し、垂下を防ぐことができないだろうか。次の実験は粘土物質ベントナイトを加えて検証を行った。ベントナイト¹⁰⁾とは珪砂 70 wt% アルミナ約 15 wt% を主成分としてチタン、ナトリウム、カリウム、カルシウムの酸化物で構成された粘土物質である。古代エジプトのファイアンスに含まれるアルミナの割合は多くても 2.4 wt% であるが¹¹⁾、これは原材料の珪砂にアルミナが混入している場合があるためと考える¹²⁾。実験では珪砂 87 wt%、炭酸ナトリウム 6 wt%、炭酸カルシウム 6 wt%、塩基性炭酸銅 1 wt% の基本調合にアルミナを多く含むベントナイトを 5 wt%、10 wt%、15 wt%、20 wt% と加えて全 5 種類を作り (表 2)、可塑性と展延性を検証した。上記の粘結剤の成形と同じく、材料粉 15 g に対して水 7~10 cc を加えて練粉とし、底辺 1 cm 角の四角柱に整えた。

図 5 はベントナイト添加実験の焼成前の可塑性と白華状態を示している。ベントナイトが多いほど可塑性は良好で、四角柱に成形した角の部分も鋭角的に成形することが可能であった。乾燥時の白華状態は粘結剤を添加した時と同等かそれ以上に良好で、成形した 5 種類のすべてが白華で覆われた。焼成条件は上記の樹



図5 ベントナイト添加実験。焼成前の白華状態

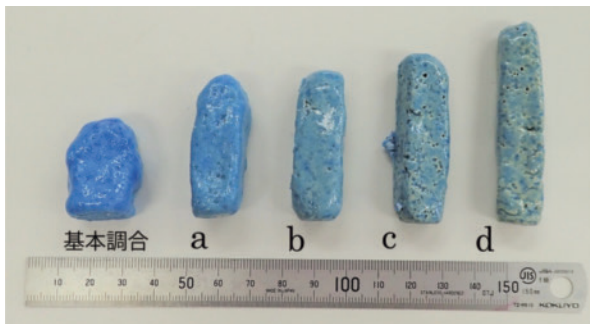


図6 ベントナイト添加実験

脂系粘結剤を添加した場合の実験と同じである。焼成後はすべてにおいてガラス質被膜が見られたが、図6：aと図6：bよりもベントナイト添加量の多いものは焼成後の質感が古代のファイアンスと大きく異なった。ベントナイトは色が灰褐色のため、ベントナイトの添加量が多い図6：cや図6：dなどはファイアンス本来の青緑色の鮮やかな発色は見られず、くすんだ色になった。また、展延性を検証する実験では、ベントナイトの添加が多ければ多いほど伸びが良く、基本調合<a<b<c<dの結果となった。

上記の樹脂系の粘結剤と粘土を添加して可塑性を向上させる実験をまとめると、アラビアゴムや粘土を少量添加するか、両者を少量ずつ添加する方法もあるかと考えられるが、白華を促すこと、そして発色を優先事項と考えると、粘結剤も粘土も添加量は5 wt%以下に制限される。従って、珪砂主体の可塑性の乏しいファイアンス復元に当たっては、いずれの方法もある程度有効ではあるが、決定的な手段ではない。

可塑性を向上させる実験 2- 水酸化カルシウムを添加する

上記で樹脂系の粘結剤や粘土添加の有効性がある程度は確認できたが、それでも成形した作品の形を保つことは難しかった。そこで、次の実験では粘土を加えることなく形状を保持する方法を東海大学工学部応用化学科の秋山泰伸教授との共同研究として検討した

表3 水酸化カルシウムを添加した白華技法の調合比

	調合 (wt%)
珪砂	80.5~81
アルカリ (炭酸ナトリウム+炭酸水素ナトリウム)	11.5
炭酸カルシウム	4.5
水酸化カルシウム	1.5
塩基性炭酸銅	1~2



図7 消石灰を添加したファイアンス

(Yamahana and Akiyama 2018)。

結果的に、原材料のうちの石灰（炭酸カルシウム CaCO_3 ）の一部を消石灰（水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）（以降、消石灰と表記）に置き換えることで可塑性が劇的に向上することが判明した。古代エジプトにおいては、石灰（炭酸カルシウム）（以降、石灰と表記）は国土のいたるところにあり、入手は容易であったはずである。その石灰を粉碎し焼成した後に水を加えて粉状にすることで得られる消石灰は水を加えると空気中の二酸化炭素と反応して固まる性質を持つ¹³⁾。消石灰は古代ではエジプトを含めた西アジアにおいて先土器時代から広く使用されており、これらの材料はともに白い粉体であるため、ファイアンス制作の初期の段階において偶然に使用されてその有効性が認められた可能性は高い。

我々が行った実験の初期段階では、石灰をすべて消石灰に置き換えて行っていた。ただ、すべてを置き換えてしまうと施釉に不可欠な白華が起こる前に硬化してしまい、焼成後の表面にはガラス質被膜が形成されなかった。そこで、石灰と消石灰の割合を変えて実験を重ねた。その結果、消石灰による硬化が白華を妨げないスピードで起こる割合を発見した。表3に示したように、珪砂 80.5~81 wt%、アルカリ（炭酸ナトリウム及び炭酸水素ナトリウム〔重曹〕）11.5 wt%、石灰 4.5 wt%、消石灰 1.5 wt%、塩基性炭酸銅または酸化銅 1.5~2 wt%の材料を混ぜ、練粉にして成形し、830℃以下の温度で焼成することで図7のような立体成形が可能になったのである。

古代エジプトのファイアンス成分分析の結果は元素の酸化物の状態としてあらわされるのが常である。従って、カルシウムは CaO と表現されるが、元素分

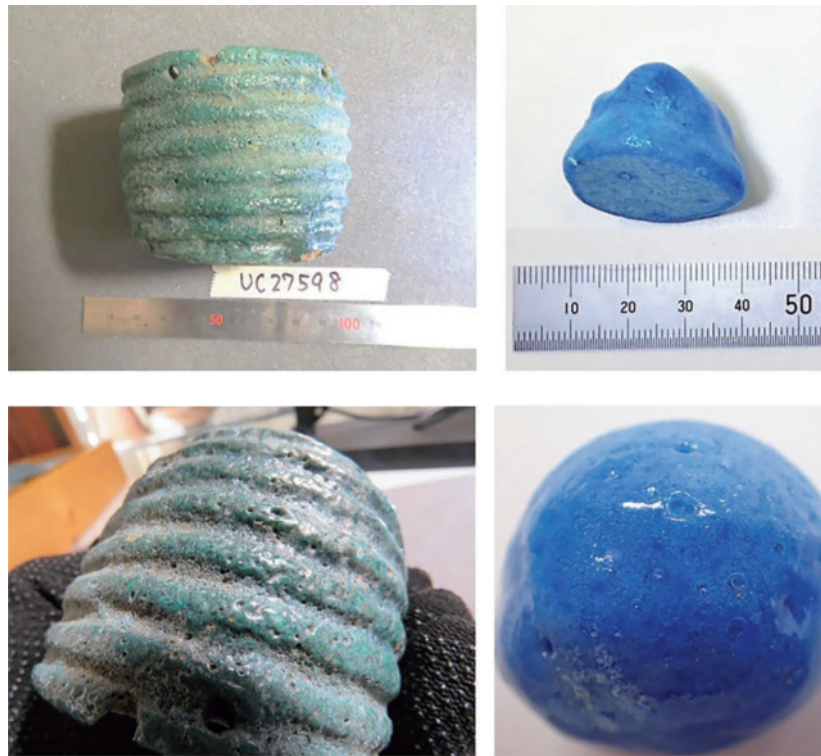


図8 ロンドン大学ピートリ考古学博物館所蔵 LUDCE-UC27598 の側面（左上）とクローズアップ（左下）（Courtesy of The Petrie Museum of Egyptian and Sudanese Archaeology, UCL）、及び白華技法で復元した基本調合ファイアンス（右上）とクローズアップ（右下）

析で検出される元素は地球上にある限り酸化しているため、酸素と結合させた状態を示しているだけである。つまり、 CaO は本来古代エジプト人が使用した化合物の状態を表したものではない。古代エジプト人はファイアンスの材料として石灰（炭酸カルシウム CaCO_3 ）と消石灰（水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）の両方を使用していた可能性がある。さらに、消石灰は焼成すると石灰に戻るため、遺物の分析によって成分や結晶状態が判明したとしても消石灰を使用したという痕跡は見つからないのである。これらの石灰と消石灰は白い塊あるいは粉状で、一見しただけでは見分けがつかない。古代エジプト人はおそらく最初は区別せずに使っていたが、消石灰を使うと硬化が促進されるメリットを知り、意図的に消石灰をファイアンス制作に入れた可能性も十分ある。

白華技法の特徴

白華技法で作ることができたのは、比較的単純な形を持った作品であった。原材料に可塑性がないことから、精緻な造形は難しい。特に手捏ね成形では垂下してしまうことから、下膨れのぼつりとした形となり、高さのある造形も難しい。しかし、上で述べた消石灰を少量添加することにより可塑性が増すことが判明した。消石灰の添加が多いほど可塑性も向上する

が、消石灰による硬化によって白華現象が阻害され、結果的に白華不良となり焼成後にガラス質被膜が形成されない。一方、型成形による実験結果では鑄型の開放部分では白華が良好であるが、鑄型の接触面は白華が起りにくい。従って、平面的な護符などを開放鑄型で作る場合は、図1で示したように文様面の白華が不十分であるため、裏面のガラス質被膜の形成が良好であるのに対して、表の文様面はガラス質被膜の形成がほとんど起こらない。両面にガラス質被膜を施すためには、白華が不良だった表面に再施釉をして再焼成する必要がある。

しかし、この技法では複雑な形状のものや小さなビーズなどは制作不可能であった。今回の白華技法の復元実験ではちょうど初期王朝時代（紀元前2900年～2593年頃）¹⁴⁾の動物や植物を模したシンプルな形象ファイアンス程度の復元は可能だったが、ミニチュアの籠や人物像のような複雑な形状の復元はできなかった。

図8は初期王朝時代のミニチュア容器（ロンドン大学ピートリ考古学博物館所蔵、所蔵番号 LUDCE-UC27598、初期王朝時代、ヒエラコンポリス遺跡出土）と上で言及した基本調合の表面状態の比較写真である。初期王朝時代のもは経年変化により表面が風化しているため、本研究で復元したものと比較すると

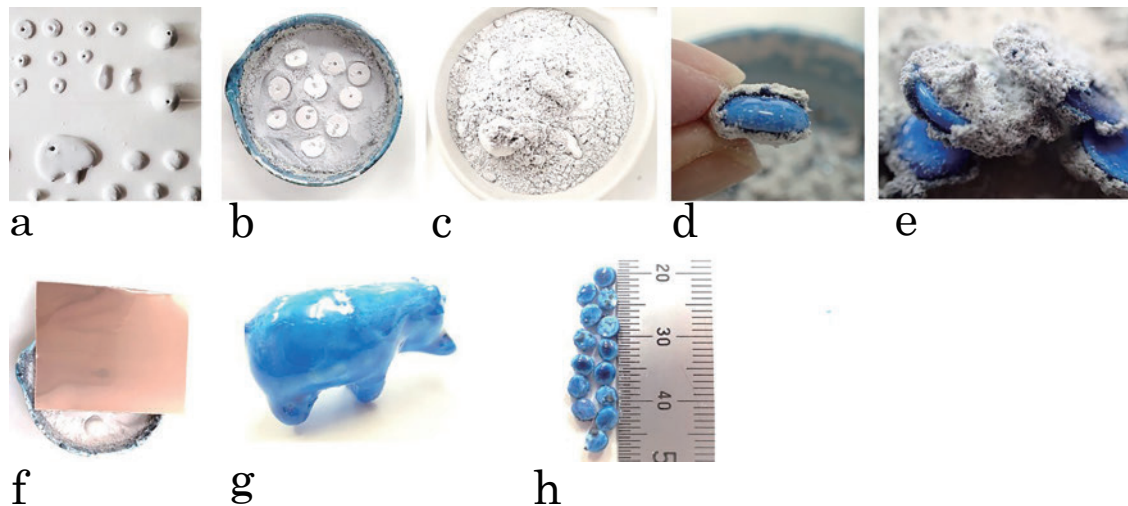


図9 浸灰技法によるファイアンス制作工程

粗く見えるが、表面の気泡は白華技法で復元した作品の表面に見られるものと類似している。気泡の原因はファイアンス焼成時に胎に添加した炭酸ナトリウムがガスとなって表面に上がってくるためであるが、白華技法では大小の気泡が混在し、特に大きな気泡は表面に痘痕のような跡（陶芸用語ではピンホール）を残すのが特徴的である。

(2) 浸灰技法

先行研究が示すように、ファイアンスの制作技法が3種類であるならば、白華技法では制作が技術的に難しいものは浸灰技法（Cementation）を使うことによって制作できるのではないだろうかと考え、次に浸灰技法での可能性を検討した。

ファイアンスの制作技法のひとつである浸灰技法は、イランのゴム（Qom）で製法が継承されていることから「ゴム技法」とも呼ばれる。浸灰技法は上述の白華技法とは施釉のメカニズムが全く異なる。白華技法がセルフ・グレージングであるのに対し、浸灰技法は外側から釉の成分を付着させる蒸着技法（Vapor-Glazing）の一種である。ゴムで調査を行ったヴュルフら（Wulff et al. 1968）によると、石英粉にトラガカントゴムを混ぜて成形した本体をグレーズパウダー（石英・アルカリ・カルシウム化合物・銅）の中に埋め、白華技法よりも高い1000℃で加熱し、徐冷後に取り出すと成形した本体の周辺にだけガラス質の青い釉が付着する。グレーズパウダーの配合比や温度はゴム技法を記録したヴュルフらの記録だけでは正確に再現することが難しかったが、2012年にM. マティン（Matin）らが行った施釉実験で、浸灰技法に使われた可能性のある原材料の調合比と温度が特定された（Matin and Matin 2012）。そこで、本研究では彼ら

が行った実験結果を基礎データとし、古代エジプトで入手できたであろう材料を用いて復元実験を行った。

成形と施釉

白華技法と違い、胎となる部分は珪砂にアラビアゴムなどの粘結剤を混ぜた練粉だけで成形する。胎は乾燥させてもそれほど硬くはならないため、乾燥後に表面を削って形を整えることも可能となる。しかし、珪砂にアラビアゴムを混ぜて成形するだけの胎は時に脆く、慎重な扱いを必要とする。胎の主成分が珪砂であるため可塑性はほとんどなく、手捏ね成形では白華技法と同じように垂下したぼってりとした形になるが、乾燥後に削れば垂下の痕跡を残さない。管ビーズの制作においても葦などの有機物の周囲に練粉を塗り付け、ちょうど竹輪ようになったものを乾燥後に平板の上で転がすか、表面を削って形を整えることができる。また、平滑面の上に練粉を薄く延ばし、丸い型で抜いて円盤型ビーズを作ることができる（図9：a, b）。さらに、白華技法と同じように型成形による成形（図9：g）も容易である。浸灰技法の胎は白華しないため、白華技法より取扱が容易である。以下では実験の概要と結果を述べる。

胎は珪砂 95 wt%、粘結剤のアラビアゴム 5 wt%（表4参照）に水を加えて練粉の状態にしたのち、手捏ね成形と型成形で胎を作成し、乾燥させた。施釉を担うのは胎の外側に充填するグレーズパウダーである。グレーズパウダーは前述のヴュルフらとマティンらの先行研究に若干の変更を加えて¹⁵⁾、水酸化カルシウム 50～5 wt%、珪砂 30～35 wt%、炭酸ナトリウム 4～6 wt%、木灰 4 wt%に着色剤としての酸化銅 2～5 wt%の混合粉とした（表4）。材料の分量に幅があるのは、調合比の少しずつ違うグレーズパウダーを数

表4 浸灰技法の原材料調合比

	胎 (wt%)	グレーズパウダー (wt%)
珪砂	95	30~35
アラビアゴム	5	0
炭酸ナトリウム	0	4~6
木灰	0	4
炭酸カルシウム	0	0
水酸化カルシウム	0	50~55
酸化銅	0	2~5

種類作り、試行したためである。グレーズパウダーは平底の容器に充填するが、その過程で乾燥させた胎をグレーズパウダーの中に埋め、容器（サヤ鉢）に蓋をして窯で焼成する（図9：b, c）。焼成温度は白華技法の時よりも高温が必要になる。ヴュルフラは1030℃で焼成を行い（Wulff et al. 1968: 103）、マティンらの先行研究においては980℃¹⁶⁾だが、今回の実験では最高温度は1000℃を10分程度維持し、全体で12時間程度焼成することで良好な結果が得られた。焼成後、グレーズパウダーの色は銅の酸化により灰黒色に変化した。そして中に埋めたファイアンスの胎部分の周囲にはグレーズパウダーが焼結したカプセルのような殻ができ、その殻を手で剥くと青緑色のガラス質被膜が施されたファイアンスが現れた（図9：d, e）。施釉されたファイアンスの胎が入っているカプセルはグレーズパウダーが固まったものだが、容器内に充填していたグレーズパウダーは固化せず、パウダー状のままである。現代の陶芸にはグレーズパウダーに埋めて作陶する技法は知られていない¹⁷⁾。

浸灰技法において、グレーズパウダー中に胎を埋めて焼成する際には境界面施釉メカニズム（Interface Glazing Mechanism [IGM]）と塩化物施釉メカニズム（Chlorides Glazing Mechanism [CGM]）という、施釉と着色の2種類の化学反応が同時に起こる。IGMはグレーズパウダー中のアルカリが胎の石英分と反応をして胎の境界面にガラス質被膜を形成することを指し、一方CGMは塩化物イオンの蒸着による胎表面への着色のことを指す。つまり、加熱（加圧）によりグレーズパウダー内に埋められた胎の周辺にガラス質の被膜が形成され（IGM）、同時に酸化銅がグレーズパウダー内の塩と反応し塩化銅となり、それが胎表面に蒸着する（CGM）ことによって青色の着色が完成するのである（Wulff et al. 1968: 106; Wulff 1966: 167; Matin and Matin 2012: 70）。この技法で得られるファイアンスのガラス質被膜の厚みは薄く均一であり、胎表面に裏表の区別なく施釉される上に、窯道具痕が残らない。ファイアンス表面のガラス質被膜は滑らかで、表面に気泡の痕跡が見られる白華技法とは明確に異なる。

筆者の実験では直径2mmで厚みが1mmの極小

ビーズの制作実験を行った。上述の胎の原材料を薄く延ばし、丸く型抜き後紐通し穴を開け乾燥させ、割れないようにグレーズパウダーの中に埋めた。グレーズパウダー中のビーズが重ならないように注意が必要だが、互層に重ね置くことで一度に大量のビーズを焼成することができた（図9：c, h）。

実験を重ねる中で、本体をグレーズパウダーの直上に置いても青色のガラス質被膜が得られることが分かった。そして、グレーズパウダー直上にある本体だけではなく、サヤの上部と蓋内側にも青緑色ガラスの付着が確認できた。つまり、蓋をしたサヤの中で青色ガラス釉の着色が行われるということである。これは、現代のやきものに使われている蒸着技法と原理は同じである。従って、グレーズパウダーの中に銅粉を混ぜなくても、その直上に置いた本体に銅板を被せても着色が可能になると考え、検証を行った。材料と焼成プロセスは上記の浸灰技法と同じであるが、グレーズパウダーから銅粉を抜き、その代わりに0.3mm厚の銅板をサヤの身と蓋の間に挿入して焼成した（図9：f）。結果、グレーズパウダーに埋めた時と同じような濃青色の厚いガラス質被膜のファイアンス表面（図9：g）が形成された。

浸灰技法の特徴

この技法は表裏の区別のない光沢の美しいファイアンスを作りだし、小さなビーズ等を大量に作る際にも適している。表面のガラス質被膜は滑らかで、白華技法（図8）で見られたような大小の気泡の痘痕は全くない。また、銅板を使うことでも着色が可能になるため、銅粉を得るために酢の中に銅を浸して緑青を作る工程¹⁸⁾を省略することができたと考えられる。

一方、容器に充填する大量のグレーズパウダーが必要になるため、白華技法と比較するとコスト高である。白華技法は材料をすべて混ぜ込むため、制作過程での原材料廃棄がほとんどないが、それに対して、浸灰技法の場合は焼成後のグレーズパウダーを廃棄しなければならない。グレーズパウダーの中にはエジプトでは限られた場所からしか産出しないナトロン¹⁹⁾や、当時は高価であった銅（粉）も入っているため、白華技法と比較して制作コストが高くつくことは間違いない。また、施釉する胎の表面積が大きければ大きいほどグレーズパウダーを充填する容器は大きくなり、必然的に焼成には多くの燃料が必要となる。燃料となる木材が乏しいエジプトにおいて、浸灰技法によるファイアンス制作は小規模にとどまったであろう。

(3) 塗付技法

塗付技法（Application）はファイアンスの発展の最終段階で登場したと言われている（Nicholson

表5 塗付技法の原材料調合比

	胎 A (wt%)	胎 B (wt%)	グレーズ (wt%)
珪砂	95	93	85
炭酸ナトリウム	0	2	6
炭酸カルシウム	0	0	7
塩基性炭酸銅	0	0	2
アラビアゴム	5	5	0

2000: Table 7.1, 181)。上述した白華技法と浸灰技法が初期王朝時代に現れた後、試行錯誤を経て第2中間期のケルマ (Kerma) 遺跡のファイアンスに使われた技法が初現と考えられている (Reisner 1923)²⁰⁾。塗付技法は胎をグレーズ液に浸して乾燥させ焼成するか、刷毛を使って胎にグレーズ液を塗り付けた後に焼成するか、どちらかの方法で胎にガラス質被膜を付ける技法である。

筆者は白華技法を試みた際、多くの失敗作を作ってしまったが、それらを修正するためにグレーズ液を用いた。グレーズ液とは、石英と炭酸ナトリウムを1:1で混ぜ合わせて水を加えて懸濁液としたものである。白華技法で焼成不良となり表面のガラス化や発色がうまくいかなかった作品はこの懸濁液に1日浸し、その後数日乾燥させると白華現象が起こる。その状態で窯に入れ再度焼成すると作品を修正することができる。また、白華技法の原材料に添加する銅の割合が少なすぎて薄い空色しか得られなかった際は、上記のグレーズ液に塩基性炭酸銅の粉末を加え、同じく懸濁させて使用した。要するに、ガラスになる物質を表面に再度含浸して焼成することでガラス化を促すもので、このグレーズ液こそが釉薬である。グレーズ液の基本材料は加熱した際にガラス化を促す石英 (珪砂) とアルカリであり、白華技法や浸灰技法で使用した材料とも共通しているため、ファイアンス作りと釉薬づくりは一体となって発展していった可能性があることを示唆している。

成形と施釉

塗付実験においては、胎を2種類作成して検証した。胎は珪砂 95 wt% に粘結材アラビアゴム 5 wt% を混ぜて浸灰技法の時と同じように成形し (表5: 胎 A)、1) 焼成せずにグレーズ液を塗付ける方法、2) 焼成後にグレーズ液を塗付ける方法、の2種類を検証した。その結果、1) の検証ではほとんどの胎がグレーズ液を吸い、形が崩れてしまった。さらに、2) の胎を焼成すると、有機物が 560℃ で燃焼した後は珪砂しか残らず固まらない。この方法で珪砂を固めるためには珪砂が溶ける 1732℃ の高温が必要となる。古代において 1732℃ に到達させることは不可能に等しかったことを考えると、胎に珪砂の熔解温度を下げる

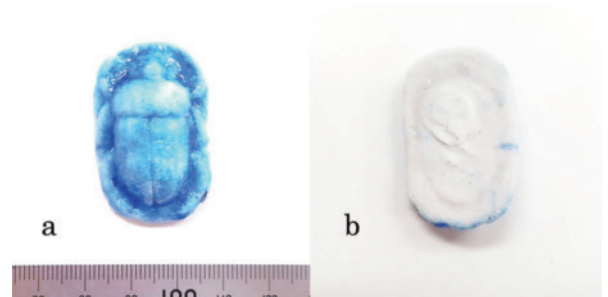


図10 塗付技法によるファイアンス復元 (表5: 胎 B)

アルカリを加えるのが最も効率のよい方法である。従って、珪砂 93 wt% にアルカリ (今回の実験では炭酸ナトリウム) 2 wt% を加えたものをアラビアゴム 5 wt% で固める方法 (表5: 胎 B) を採用した。まず成形した胎を白華技法と同じ 850℃ で焼成し硬化させた。グレーズ液には白華技法の際の原材料を参考に珪砂 85 wt% と炭酸ナトリウム 6 wt% と炭酸カルシウム 7 wt% に着色剤となる塩基性炭酸銅の粉 2 wt% を添加し水で懸濁させたものを使用した (表5: グレーズ)。まず、グレーズ液に焼成後の胎を浸し、乾燥後に焼成してみたが、この方法では薄い釉しか施すことができず、ガラス化も不完全であった。次に焼成後の胎に濃いグレーズ液を刷毛で塗り付けた後に乾燥させ、再焼成したものが図10である。青色の施釉に成功したが、塗付けた際の刷毛痕がそのまま残る結果となった (図10: a)。グレーズ液を施さなかった裏面は石英が焼結した面が白いまま残った (図10: b)。裏面にもグレーズ液を塗布する実験も行ったが、塗布した釉が焼成時に棚板に熔着してしまい、結果的には裏面に施釉することができなかった。

塗付技法の特徴

塗付技法は一度素焼きにした胎にグレーズ液を塗布し、再度焼成することによって完成する。この技法は素焼き後に釉薬を塗布して焼成する現代の陶芸と同じである。塗付技法の材料は白華技法の原材料と共通していることから、白華技法の延長線上に塗付技法があると考えてよい。さらに、胎とグレーズ液を別々に作るという意味においては浸灰技法とも共通項がある。従って、これら2つの技法をベースに塗付技法が発展したと考えることもできる。

塗付技法を使うと上記2技法よりもはるかに容易にファイアンスを作ることができる。ただ、白華技法と浸灰技法で焼成した作品の釉の厚さは比較的均一であるのに対して、塗付技法では焼成後の釉の厚さは塗付けたグレーズ液の量や濃度、そして形状に影響を受けることが分かった。例えば四角錐のような形状の胎にグレーズ液を均等に塗付け焼成すると、完成品は頂部

の釉は薄く、下部になるにしたがって釉は厚くなる。焼成時に釉が垂下してしまうからである。塗付けたグレーズ液の量が多ければ多いほど釉が底部に溜まり、同時に棚板に熔着してしまう。棚板への熔着を防ぐため棚板の上にアルミナボールやアルミナ粉を敷いた上に作品を置いて焼成した。前述の白華技法では、棚板上のアルミナボールに熔着したとしても簡単に外すことができ、痕も非常に小さなものだったが、塗付技法の場合は大きな窯道具痕が残る。

この技法で試作したファイアンスは今回試作した3技法の中で最も現代のやきものに近い質感を持つ。白華技法も浸灰技法も胎を作る際には目の細かい珪砂（#100～300）で、より粒形の大きなものを使うと、仕上がり表面がざらついた仕上がりになるが、塗付技法では粗い珪砂でも塗布するグレーズ液の量を多くすることによって完成品の光沢を増すことができる。しかし、その一方で塗布するグレーズ液の量が多いと焼成時に表面のガラスが熔けて作品の壁を厚くし、器などの立体形状の場合は底部にも分厚く溜まる傾向にある。白華技法でも焼成時にガラスが熔けて作品の下部の釉が厚くなることがあるが、胎から白華現象で釉が析出する分しかガラス表面を形成しない。つまり、白華技法では必要最低限のガラス質被膜が形成されるのに対し、塗付技法のガラス質被膜は非常に分厚い。

また、塗付技法でみられるファイアンス表面の特徴は、白華技法で制作したファイアンスの表面と類似しているが、後者の表面には大小の痘痕のような気泡が混在するのに対し、前者の塗付技法では気泡のサイズが比較的細かく均一である。これは、焼結させてある胎の上にグレーズ液を塗布するため、焼成時に気泡となって表面に現れるガスの量が少ないことが理由ではないかと考える。一方、白華技法では焼成中に胎から絶えずガスが表面に上がって来るため、大小さまざまなサイズの気泡が見られるのである。

3. 実験結果と古代エジプトのファイアンス比較

上記の実験結果より、ファイアンスには技法による特徴が現れることが明らかになった。それらの特徴は形状と表面情報に最もよく現れる。白華技法による作品は厚みがあるものが多い。白華技法は釉となる原材料もすべて混ぜ合わせて胎を作るため、器の厚みが薄すぎると白華が起こりにくく、結果的にガラス質被膜が十分に形成されない。また、この技法では拳大ほどの手捏ね作品を作ることができるが、基本調合に水を混ぜ練粉にすると自重によって垂下し、ぼったりとした形になる。練粉の垂下を防ぎ、形を保持するためには水酸化カルシウムや白粘土の添加が有効であるが、手捏ねの場合はどうしても完全に垂下を防ぐことがで

きない。垂下により鋭角的な造形の角は取れ、丸みを帯びてしまう。左右対称で複雑な形状の造形物を作る際には型が不可欠となる。しかし、白華技法では型が接触している面には白華現象が起こりにくいことも分かった。

初期王朝時代とされるファイアンス²¹⁾には垂下しずんぐりした形のものがあるが²²⁾、これは白華技法によって手捏ねで制作されたものの典型と考えられる。一方でアビュドス（Abydos）遺跡の神殿址から発見された大型のファイアンス・タイル²³⁾やヒエラコンポリス（Hierakonpolis）遺跡のメイン・デポジットで発見されたファイアンス²⁴⁾は、それまでの作品と比較して均整の取れた形のものが多く、ハヤブサやサソリ、ワニ²⁵⁾などの首をもたげる動物の形象は手捏ねでは作ることとはできないものである。さらに、割れたファイアンス小容器²⁶⁾の断面からは器壁の厚さが均等であることが観察でき、このような形状のものは型成形でなくては作り得ない。古王国時代第3王朝（紀元前2592～2544年頃）のジェセル王の階段ピラミッドや同時期のエレファンティネ（Elephantine）遺跡から出土した夥しい数のファイアンス・タイルは、平面的な形状ながら複雑な面取りが施されており、明らかに型を使った造形であることを示唆している。ファイアンス練粉を型に充填した後、生乾きの状態で型から取り出し、タイルの表面を上向きにして白華を促し焼成したと思われる。このように、ファイアンスは初期の不安定な手捏ねから均整の取れた型成形へと発展し、第3王朝時代以降は型成形が主流になったと推測することができる。

また、白華技法の実験結果では、焼成後の表面には大小の気泡穴が混在して多く残ることが判明した（図8）。古代エジプトのファイアンスも初期王朝時代、古王国時代からプトレマイオス朝時代（紀元前304～30年）²⁷⁾のものまで表面に気泡穴の残るものが多い。現時点では表面の気泡穴の存在だけで白華技法と断定はできないが、可能性は高いと考える。

一方で表面に気泡穴が現れないファイアンスもある。浸灰技法で制作したファイアンスは3種類の技法の中で最も美しい光沢を放つガラス質被膜が得られる。この技法は特に小型の作品や薄く小さなビーズなどを大量に作るのに最も適している。白華技法と塗付技法では、成形した作品の形状によってはどうしても釉の厚みに違いが出るが、浸灰技法は表も裏も均一に施釉され、窯道具痕がつかない。

同様の特徴を持つ古代エジプトのファイアンスの例は中王国時代（紀元前1980～1760年頃）のリシュト（Lisht）遺跡で発見されている。メトロポリタン美術館に収蔵されているリシュト北出土の直径1 cmほどの星型ビーズ²⁸⁾は、表面に気泡穴のないガラス質被

膜で覆われており、窯道具痕は認められない。一方、同美術館に収蔵されている中王国時代のカバ像²⁹⁾や小動物の形象ファイアンス³⁰⁾、リシュト北出土のファイアンスのしずく形ビーズには、窯道具痕と思われる痕が残っていた³¹⁾。リシュト北の工房址からは土製玉や土製支持具³²⁾といったいわゆる「窯道具」も大量に出土しており、これらの窯道具には釉の痕も付着している。このような土製玉を敷き詰めた上でファイアンスを焼成する方法はリシュトの他にはアビュドス(古王国時代末期～中王国時代)にしか類例がない。つまり、中王国時代のリシュトでは浸灰技法が使われていた可能性が高い一方、古王国時代から伝えられてきた白華技法も併存していたことを示唆している。

3つ目の技法である塗付技法は、白華技法と同じ原材料の調合比を変えたものを使っている。つまり、白華技法の材料からアルカリを減らした胎を一度焼成し固めておき、白華技法と同じ材料を液状にしたグレーズ液を胎の表面に塗布し(あるいは含浸させ)焼成して完成させる。白華技法の材料を引き継ぎながら、浸灰技法のように胎の外側から施釉する制作方法は、白華技法と浸灰技法のコンビネーションのようでもある。この技法で作られたファイアンスはガラス質被膜の厚みが不均等になりやすく、製品の底部に熔解した釉が溜まりやすい。また、現代のやきものと同じように爪や棚板など焼成時に釉の熔着を防ぐ役割をするものが不可欠である。

紀元後1世紀頃のローマ支配時代にメンフィス(Memphis)遺跡のコム・エル＝ヘルル(Kom el-Helul)で焼かれたファイアンスは、塗付技法で作られたと考える(Ashton 2003: 41)。コム・エル＝ヘルルでは窯跡から碗や皿や壺が多く発見されているが、物原に落ちているそれらの破片を観察すると、器の底部には分厚い釉が溜まっている。筆者が過去に行ったファイアンス製品のX線CTスキャン画像に基づいて計測したローマ時代のファイアンス鉢³³⁾の釉厚は平均0.84 mm、骨壺として使われた壺の蓋片³⁴⁾の釉厚は平均0.51 mmであった。同時にX線CTスキャン画像を取得して計測した古王国時代からプトレマイオス朝時代までのファイアンスの釉厚の平均0.16 mmと比較すると、非常に厚いことがわかる(山花 2022: 表1)。釉厚がこれほど厚いのは白華技法と浸灰技法で作られたファイアンスにはない特徴である。また、コム・エル＝ヘルルで作られた器には大きな窯道具痕が目立つ。つまり、浸灰技法では作られていないことを示唆している。また、器の高台部分と器の本体との接着にはグレーズ液そのものが使われている。工人は器と高台を別パーツとして作り、それぞれの胎を焼成しておいた後に粘性の高いグレーズ液を器表面に塗布すると同時にグレーズ液を使って高台と器

を接着していたのだろう。この時代のファイアンス器は器壁が厚く粗製で、王朝時代の丁寧にかつ精巧に制作されたファイアンスの面影は全くない。エジプトに住んだローマ人たちがかつては神聖な祭器と見なされていたファイアンスをどのように認識し使ったかは推測の域を出ないが、ローマ時代初期に興隆した鉛釉陶器と同じように金属器を模倣した陶器として捉えていた可能性は高く、そのため鉛釉陶器と同じように釉薬を塗り付ける方法を採用していたことは容易に難くない。

4. 今後の展望

本稿では先行研究で推測されていたファイアンスの制作技法について実験を通して検証した。結果的に3技法で古代のファイアンスを復元することに成功したが、机上の推測だけではわかり得なかった問題点なども浮上することとなった。また、復元実験の結果から作品にはそれぞれの技法の特徴が現れることがわかった。そして、復元作品と古代エジプトのファイアンスの特徴を比較検討し、初期王朝時代からローマ支配時代までのファイアンス制作技法の大きな流れを把握することができた。

次稿では復元品と古代エジプトのファイアンスの表面情報を顕微鏡により比較し、釉や気泡の状態などについて、より客観的な技法同定を試みる予定である。

註

- 1) ファイアンスは物質名であり、ファイアンス材料を使用して作られたものは厳密には「ファイアンス製品」と称するべきであるが、慣例により製品も「ファイアンス」とのみ呼ばれている。
- 2) 化合物名は珪砂(シリカ)、石灰粉(酸化カルシウム)、アルカリ(主に炭酸ナトリウム)となる。
- 3) ファイアンスを物質として解明しようとする自然科学的研究はA. ルーカスとJ. R. ハリス(Lucas and Harris 1962)を皮切りに、A. カチマルチック(Kaczmarczyk)とR. ヘッジス(Hedges)ら、主にオックスフォード大学の研究者たちによって主導されてきた(Kaczmarczyk and Hedges 1983; 山花 2017: 79)。
- 4) Nicholson 1993; Tite et al. 1983; Tite and Bimson 1986.
- 5) ナトロンは炭酸水素ナトリウム(重曹: NaHCO_3)と炭酸ナトリウム10水和物($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)を主成分とする天然物質である。エジプトではワディ・ナトロンとエル・カブ近郊の塩湖で採掘される。
- 6) 中エジプト出土のファイアンスからはカリウムの割合が比較的高いことが報告されている。従って、カチマルチックとヘッジスは中エジプトでは植物灰の使用も可能性として挙げている(Kaczmarczyk and Hedges 1983: 243)。
- 7) 塩基性炭酸銅と酸化銅を同量添加した発色実験の結果である。塩基性炭酸銅の添加量を増やすと、酸化銅の色に近くなる。
- 8) アラビアゴム(Gum Arabic)は北アフリカ原産 *Acacia senegal* の樹脂で、古代エジプトで広く利用されていた。一方、砂漠に育つマメ科植物 *Astragalus gummifer* の樹

- 脂であるトラガカントゴム (Gum Tragacanth) はイラン、シリア、トルコなどの半砂漠地帯の標高 1200~2100 m 地帯に繁茂するトラガカントゴムノキの幹の分泌物である。現代のエジプトには植生が確認されているが、古代においては確認されていない (Newman and Serpico 2000: 477)。古代においてもエジプトではアカシアが多く繁茂していたと考えられており、樹液 (アラビアゴム) を抽出したり、木炭を燃料として使用していたことが知られている (Newman and Serpico 2000: 476-477)。
- 9) 使用した電気窯は日本電産シンボ (株) コイル式小型電気窯 DUA-01 Petit である。
- 10) 今回使用したベントナイトは富士フィルム和光純薬工業株式会社の製品である。 (<http://www.siyaku.com/uh/Shs.do?dspCode=W01W0102-0055>)
実験に使用した材料の分析値ではないが、滋賀県工業技術総合センターのインターネットサイトには類似したベントナイト 3 種の分析値が示されている。例としてベントナイト SB の分析値は SiO_2 68.6 %, Al_2O_3 16.3 %, Fe_2O_3 3.88 %, TiO_2 0.15 %, CaO 1.49 %, MgO 1.72 %, K_2O 0.49 %, Na_2O 1.80 %, Ig. loss 4.96 % である (滋賀県工業技術総合センター http://www.shiga-irc.go.jp/scr/tech_info/bunsekichi/ : 2022 年 10 月 9 日閲覧)。
- 11) ルーカスとハリスが分析した古代エジプトのファイアンスグガラス質被膜 8 例 (珪砂、石灰、ナトロンや植物の灰 [アルカリ] がほぼ同一の割合で調合されている Ordinary Faience と、硬質の緑または青緑色の胎を持つ Variant D) のアルミナ含有量は 0.3~2.4 % であった (Lucas and Harris 1962: 474-475)。ブリルの分析では、調査したファイアンスのアルミナ量 (比) はすべて 1.5 % を下回っている (Brill 1999: pl. XXIIA, 460)。一方、カチマールチックとヘッジスによると、分析例 12 例のうちアルミナの平均含有量は 0.46 % である (Kaczmarczyk and Hedges 1983: Table XXXII, XXXIII)。
- 12) ルーカスらによると、エジプトの珪砂に含まれるアルミナ値が最も高かったのがルクソールの 8.2 % で、アマルナ、マアディ、ファイユーム、シナイ半島から採取した砂のアルミナ含有量平均は 1.3 % である (Lucas and Harris 1962: Appendix 481)。
- 13) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (消石灰) + CO_2 (二酸化炭素) $\Rightarrow$ CaCO_3 (石灰) + H_2O (水: 蒸発)
- 14) 本稿の絶対年代表記は Hornung et al. 2006 及び山花 2010 を参考としている。
- 15) ヴェルフルの実験では木炭が材料として挙げられていたが、後にマティンらは木炭を加えることによる科学的なメリットはないと言及した (Matin and Matin 2012: 768)。そのため、筆者の実験では木炭を除いた。
- 16) マティンらの焼成実験では最初の 6 時間は 133°C/hr で温度を上げた後、45°C/hr で 4 時間かけて最高温度 980°C に上げる。980°C に到達した後はすぐに温度を 100°C/hr で 2 時間下げ、その後徐冷を行う (Matin and Matin 2012: Fig. 4)。
- 17) 現代の「陶芸」は粘土を材料としたやきものであるため、イランのゴムで現在も造られているファイアンスは「陶芸」の一形態とはみなさない。
- 18) プリニウス (Pliny the Elder) は『博物誌』において、医薬品を作るために銅を酢に浸し溶かして緑青を得ると著述している (Pliny, Book 34, Chapter 26 in Rackham 1938)。古代エジプトの緑青については明確な記述は残っていないが、酸に銅を溶かして緑青を得る方法は少なくともプリニウスの時代 (紀元後 1 世紀) には一般的な方法であった。
- 19) ナトロンの供給源は北ではワディ・ナトロン、南ではエル・カブ近郊があり、ピラミッド・テキストにも言及されている (Kaczmarczyk and Hedges 1983: 243; Harris 1961)。
- 20) この技法の初現の年代は、ケルマ遺跡出土のファイアンスの制作技法が塗付けであったという発掘者のライズナーの見解に基づいている (Reisner 1923)。しかし、彼の見解を検証した科学的調査はない。
- 21) 初期のファイアンスの出土記録のある報告書には、ファイアンスの出土時期を第 0 王朝 (ヒエラコンポリス) や第 1 王朝 (アビュドス)、あるいは第 0~3 王朝や第 1~2 王朝と表記している。これらの初期ファイアンスはいずれも一括して廃棄孔から発見されているため、年代の特定が難しい。そのため、初期王朝時代 (第 1~2 王朝時代) としておくのが最も適切であると考え (山花 2004: f.1)。
- 22) The Petrie Museum of Egyptian Archaeology, LDUCE-UC35560, 35561, 35593; British Museum BM38025 の小タイルはアビュドスの神殿址から出土しており、第 1 王朝時代と推定されているが、註 23 の例と比較すると形の均整が取れておらず、全体的にぼったりしている。
- 23) The Petrie Museum of Egyptian Archaeology, LDUCE-UC35559, LDUCE-UC35575, LDUCE-UC35578, LDUCE-UC35579, LDUCE-UC35580, LDUCE-UC35590, 第 1 王朝時代。
- 24) The Petrie Museum of Egyptian Archaeology, University College London, Acc.No. LDUCE-UC15005、ヒエラコンポリス遺跡メイン・デポジット出土、初期王朝時代 (<https://collections.ucl.ac.uk/Details/petrie/20685> : 2022 年 10 月 1 日閲覧) が一例である。
- 25) Metropolitan Museum of Art, Inv.No. 03.4.8. 初期王朝時代。 (<https://www.metmuseum.org/art/collection/search/547486> : 2022 年 11 月 10 日閲覧)
- 26) The Petrie Museum of Egyptian Archaeology, University College London, Acc.No. LDUCE-UC11016、ヒエラコンポリス遺跡メイン・デポジット出土、初期王朝時代 (<https://collections.ucl.ac.uk/Details/petrie/15173> : 2022 年 11 月 10 日閲覧)。
- 27) フリードマンは、プトレマイオス朝時代のファイアンスは白華技法で制作されたとしている (Friedman 1988: 265-266)。
- 28) メトロポリタン美術館が所蔵するファイアンス製品や工房址関連遺物は、同美術館が 1920 年から 1922 年にかけて発掘調査を行ったリシュト北遺跡のピラミッド南側墓地「ファイアンス工房」で出土した。以前は中王国時代から第 2 中間期と年代付けられていたが、近年になって修正が行われ、現在では第 13 王朝時代から第 18 王朝初期 (紀元前 1802~1450 年頃) に位置付けられている (Metropolitan Museum of Art, Inv.No. 22.1.1944a-c)。
- 29) メトロポリタン美術館のカバ像は、中王国第 12 王朝 (紀元前 1961~1878 年頃) のメイル (Meir) 遺跡のセンピの墓 (B3) より出土している。このカバ像の胴部下には焼成時の窯道具痕 (土製板の痕跡) が明瞭に残っている (<https://www.metmuseum.org/blogs/now-at-the-met/2017/william-hippo-conservation> : 2022 年 10 月 1 日閲覧)。
- 30) 筆者はロンドン大学ピートリ考古学博物館、カイロ・エジプト考古学博物館、メトロポリタン美術館、大原美術館で古王国時代~中王国時代のファイアンスを中心に実測調査を行ったことがあるが、中王国時代から第 2 中間期のファ

イアンスの表面には窯道具痕と思われるような痕跡がなかった。ただ、メトロポリタン美術館所蔵のファイアンス女性像 (08.200.18) (リシュト北、センウセルトのピラミッド東側の 752 番墓穴、第 12 王朝末～第 13 王朝初期) の背中側には平たい板の上に載せて焼成した痕跡が残っている。

- 31) Metropolitan Museum of Art, Inv.No. 22.1.1656.
- 32) 土製玉や土製支持具にはアルミナが多く含まれている。
- 33) 東海大学古代エジプト及び中近東コレクション所蔵番号 SK2 (3)、推定年代は紀元前 1 世紀～紀元後 1 世紀。
- 34) 東海大学古代エジプト及び中近東コレクション所蔵番号 2002-8、推定年代は紀元前 1 世紀～紀元後 1 世紀。

参考文献

- Ashton, S.-A. 2003 *Petrie's Ptolemaic and Roman Memphis*. London, Institute of Archaeology, University College London, The Dorset Press.
- Brill, R. 1999 *Chemical Analyses of Early Glass*, Vol. 2. Corning, The Corning Museum of Glass.
- Friedman, F. D. (ed.) 1998 *Gifts of the Nile: Ancient Egyptian Faience*. New York, Thames and Hudson.
- Harris, J. R. 1961 *Lexicographical Studies in Ancient Egyptian Minerals*. Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Institut für Orientforschung, Nr. 54. Berlin, Akademie Verlag Berlin.
- Hornung, E., R. Krauss and D. A. Warburton (eds.) 2006 *Ancient Egyptian Chronology*. Leiden, Brill.
- Kaczmarczyk, A. and R. E. M. Hedges 1983 *Ancient Egyptian Faience*. Warminster, Aris and Phillips.
- Lucas, A. and J. R. Harris 1962 *Ancient Egyptian Materials and Industries*. Fourth edition revised by J. R. Harris. Oxford, Oxford University Press.
- Martin, M. and M. Martin 2012 Egyptian Faience Glazing by the Cementation Method, Part 1: An Investigation of the Glazing Powder Composition and Glazing Mechanism. *Journal of Archaeological Science* 39(3): 763-776.
- Newman, R. and M. Serpico 2000 Adhesives and Binders. In P. T. Nicholson and I. Shaw (eds.), *Ancient Egyptian Materials and Technology*, 475-494. Cambridge, Cambridge University Press.
- Nicholson, P. T. 1993 *Ancient Egyptian Faience and Glass*. Aylesbury, Shire Publications.
- Nicholson, P. T. 2000 Egyptian Faience. In P. T. Nicholson and I. Shaw (eds.), *Ancient Egyptian Materials and Technology*, 177-194. Cambridge, Cambridge University Press.
- Rackham, H. (translated) 1938 *Pliny, The Natural History*. Loeb Classical Library 330. Cambridge, Harvard University Press.
- Reisner, G. 1923 *Excavations at Kerma IV-V*. Harvard African Studies 6. Cambridge, MA. Harvard University Press.
- Tite, M. S. and M. Bimson 1986 Faience: An Investigation of the Microstructures Associated with the Different Methods of Glazing. *Archaeometry* 28: 69-78.
- Tite, M. S., I. C. Freestone and M. Bimson 1983 Egyptian Faience: An Investigation of the Methods of Production. *Archaeometry* 25: 17-27.
- Wulff, H. E. 1966 *The Traditional Crafts of Persia: Their Development, Technology and Influence on Eastern and Western Civilizations*. Cambridge, The MIT Press.
- Wulff, H. E., H. S. Wulff and L. Koch 1968 Egyptian Faience: A Possible Survival in Iran. *Archaeology* 21-2: 98-107.
- Yamahana, K. 2022 Historical Consideration of Ancient Egyptian Faience through a Craftsman's Point of View. *Journal of the Ceramic Society of Japan* 130(8): 512-518.
- Yamahana, K. and Y. Akiyama 2018 A New Breakthrough in Replicating Ancient Egyptian Faience. In Ü. Özgümüş, E. Köse, O. Sevindik and Ö. Çakmaklı (eds.), *Abstract, Association Internationale pour l'Histoire du Verre, 21st Congress Held in Istanbul, Turkey*, 51-52. Istanbul, Istanbul Metropolitan Municipality.
- 山花京子 2004 「古代エジプトの初期ファイアンススタイル—第 1～3 王朝時代のタイル変遷とジェセル王のタイル研究」『岡山市立オリエント美術館研究紀要』20 号 15-39 頁。
- 山花京子 2010 『古代エジプトの歴史—新王国時代からプトレマイオス朝時代まで』慶應義塾大学出版会。
- 山花京子 2017 「古代エジプトファイアンス復元実験—白華技法」『西アジア考古学』18 号 79-88 頁。
- 山花京子 2022 「第 5 章 ファイアンス製品の文化的記憶とその変容」周藤芳幸 (編) 『古代地中海世界と文化的記憶』138-175 頁 山川出版社。

