

博士論文

# イスラーム陶器の材質技法に関する保存科学的研究

- エジプト・アル＝フスタート遺跡出土陶器片を事例に -

東京芸術大学大学院美術研究科 文化財保存学専攻  
保存科学領域（美術工芸材料学）

村上 夏希

1314939

2017.3.27

Archaeometric Study on Materials and Techniques  
of the Islamic Pottery:

Case Study in the Shards Excavated in al-Fuṣṭāṭ, Egypt

Conservation Science Laboratory,  
Graduate School of Conservation for Cultural Property,  
Tokyo University of the Arts  
MURAKAMI, Natsuki

## イスラーム陶器の材質技法に関する保存科学的研究

### - エジプト・アル＝フスタート遺跡出土陶器片を事例に -

東京芸術大学大学院 美術研究科 文化財保存学専攻 保存科学領域 1314939 村上 夏希

## 第1章 序論

アル＝フスタートは、642年に建設されたエジプト最古のイスラーム都市である。創始期のフスタートにおける生活は、イスラーム以前のコプト・ビザンツ的伝統文化を直接継承するものであったと考えられている。特に、ビザンツ時代の食卓器を代表する赤色光沢土器の存在は、生活文化の基層に前代文化が遺る、当時の社会状況を反映している。しかし、アル＝フスタート建設から約100年後のアッバース朝統治期（750–868年）、赤色光沢土器の伝統の中から突如、「施釉陶器」（以下、最初期の施釉陶器）が出現する。さらに、トゥールーン朝からイフシード朝期（868–969年）以降、メソポタミアや中国からの影響を受けた「イスラーム的特徴を有する施釉陶器」（以下、後続の施釉陶器）が展開していく。

従来のエジプト・イスラーム陶器の研究は、メソポタミアや中国との関わりに重点が置かれ、施釉技術の導入（あるいは開発）という窯業史上重要な側面を持つ最初期の施釉陶器について十分に議論されてこなかった。そこで本研究では、エジプト・フスタート遺跡出土陶器片を事例に、保存科学的視点から赤色光沢土器、最初期の施釉陶器、後続の施釉陶器の比較検討を行う。各時代にフスタートで消費されたやきものの材質技法について、編年的特徴を明らかにし、その背後にある消費者層の生活や社会の変化との関連性を考察することで、やきものが変容していくプロセスについて検討した。

## 第2章 研究対象資料

研究対象資料は、エジプト・フスタート遺跡で発掘された出土資料62点である（早稲田大学所蔵資料57点、出光美術館所蔵資料5点）。発掘報告書を参考に装飾、器形、胎土質の観点から研究対象資料の分類を行った。

## 第3章 研究方法

研究手法は資料の制約や目的に応じ、ICP発光分光分析、蛍光X線分析、エネルギー分散型X線分析装置付設の走査型電子顕微鏡、X線回折装置、偏光顕微鏡を用いた。

## 第4~6章 分析結果と考察

本論では陶器を構成する主要な要素ごとに、「第4章 胎土」「第5章 釉薬と装飾」「第6章 焼成技術の検討」と章立てを行い、分析結果について考察を行った。

## 第4章 胎土

最初期の施釉陶器の胎土は、赤色光沢土器と類似した可塑性の高い粘土が用いられており、赤色光沢土器と製作地が同一（おそらくはアスワーン）であると考えられる。対する後続の施釉陶器の胎土は、ナイルシルトにマールクレイなどの高カルシウム粘土を混合して調合したと推測される。以上、最初期の施釉陶器と後続の施釉陶器では、粘土の採取地、調合法いずれも異なり、生産地を異とする可能性が高い。

## 第5章 釉薬と装飾

最初期の施釉陶器は 35%以上の鉛を含む高鉛釉が主流なのに対し、後続の施釉陶器では鉛が 10~35%含まれる鉛-アルカリ釉の割合が増えてくる。また、一部の着色剤（スズ酸鉛、酸化スズ、アンチモン酸鉛など）には、使用に編年的な傾向が認められる。こうした基礎釉や着色剤の変更が、最初期の施釉陶器（鮮やかな色調）と後続の施釉陶器（淡い色調）の印象の違いを生み出していると考えられる。

## 第6章 焼成技術の検討

最初期の施釉陶器は、大部分が 800–1000℃で焼かれたと推測されるが、800℃程度や 1000℃以上で焼成されたと思われる資料が混在し、最初期の施釉陶器の中で焼成温度にばらつきが認められる。対する後続の施釉陶器は、850–950℃の焼成温度が推定され、焼成温度に大きな差は認められない。以上、最初期の施釉陶器と後代の施釉陶器では、焼成温度の傾向が異なり、後者では安定した焼成が可能であったと考えられる。

## 第7章 総括

本研究では、最初期の施釉陶器と赤色光沢土器は類似性が高い一方、後続の施釉陶器とは、胎土、釉薬、焼成技術において材質技法に明確な差異が認められた。本結果は、最初期の施釉陶器の誕生が、前代社会の枠組みの中で達成された第一の技術革新であったのに対し、後続の施釉陶器の登場は、メソポタミアや中国陶磁器の装飾・器形を模倣するといった表層の変化にとどまらない、第二の技術革新の時代であったことを示すものである。以上、最初期の施釉陶器から後続の施釉陶器へと移る時代が、当時のエジプト窯業が根底から変化する一大画期にあったことを、保存科学的視点から明らかにした。特に、最初期の施釉陶器と後続の施釉陶器では生産地が異なる可能性が高く、この時期にフスタートで流通する陶器の主要産地に変更があったと考えられる。これは、第二の技術革新が展開していく現象を紐解く上で、重要な手掛かりになると思われる。今後は製作年代、器種、質（高級品や日用品）の異なる研究対象資料を増やし、施釉陶器の開発がどのような機縁で進行し、各時代において展開していったのかという、技術的系譜について明らかにしたい。



## 目次

第1章 序論 .....	1
1.1 緒言 .....	1
1.2 フスタート遺跡の概要.....	3
1.2.1 創始期（642–750 年） .....	4
1.2.2 発展期（750–969 年） .....	5
1.2.3 全盛期（969–1168 年） .....	7
1.2.4 復興期（1168–1350 年） .....	8
1.2.5 廃墟期（1350–現在） .....	9
1.3 これまでの研究 .....	10
1.4 本論文の目的 .....	13
1.5 本論文の概要 .....	15
第2章 研究対象資料.....	17
2.1 緒言 .....	17
2.2 早稲田大学所蔵資料.....	18
2.3 出光美術館所蔵資料.....	20
第3章 研究方法 .....	25
3.1 緒言 .....	25
3.2 高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法.....	25
3.2.1 分析法 .....	25
3.2.2 試料調製法並びに分析方法.....	26
3.3 偏光顕微鏡 .....	28
3.3.1 分析方法 .....	28
3.3.2 試料調製法.....	28
3.4 走査型電子顕微鏡／エネルギー分散型 X 線分析法.....	31
3.4.1 分析方法 .....	31
3.4.2 試料調製法並びに分析方法.....	31
3.5 蛍光 X 線分析法.....	32
3.5.1 分析方法 .....	32
3.5.2 試料調製法並びに分析方法.....	32
3.6 X 線回折法.....	33
3.6.1 分析方法 .....	33
3.6.2 試料調製法並びに分析方法.....	33

第4章 胎土 .....	35
4.1 緒言 .....	35
4.2 原料土と調製法.....	35
4.3 研究手法 .....	38
4.4 結果と考察 .....	38
4.4.1 組成分析 .....	38
4.4.2 偏光顕微鏡を用いた観察結果.....	48
4.5 結言 .....	71
第5章 釉薬と装飾 .....	73
5.1 緒言 .....	73
5.2 研究手法 .....	75
5.3 結果と考察 .....	76
5.3.1 基礎釉の材質と着色剤の検討.....	76
5.3.2 着色剤の変遷 –スズを事例に–.....	106
5.3.3 その他装飾技法.....	107
5.4 結言 .....	115
第6章 焼成技術の検討.....	117
6.1 緒言 .....	117
6.2 研究手法 .....	119
6.3 結果と考察 .....	119
6.4 結言 .....	132
第7章 総括 .....	133
7.1 各章の総括 .....	133
7.2 結論 .....	134
7.3 本研究の保存科学的意義.....	138
7.4 今後の展望 .....	139
(付録1) 補正計算 .....	141
1 緒言 .....	141
2 研究手法 .....	141
3 結果 .....	141

(付録2) 高エネルギー放射光蛍光X線分析法を用いた微量成分分析 .....	145
1 緒言 .....	145
2 分析資料 .....	145
3 分析方法 .....	146
4 結果と考察 .....	149
5 結言 .....	153
分析資料一覧 .....	154
研究業績リスト .....	175
謝辞 .....	177
参考・引用文献 .....	179

## 第 1 章 序論

### 1.1 緒言

エジプト・カイロ市の南、現在のオールド・カイロと呼ばれる地区には、エジプト最古のイスラーム都市遺跡「アル＝フスタート (al-Fustāt)」が遺る (図 1-1)。642 年、ビザンツ帝国からエジプトを奪取したアラブ軍人は、かつてバビロン城を攻め落す際に本陣を設けた場所を、自分たちのエジプト支配における最初の首都、フスタートの地とした。創始期のフスタートは 1 万数千人が住む小規模な都市であったと言われている。エジプトとは異なる文化圏からやってきた人々の生活文化について、フスタートの発掘調査を行った川床睦夫は、

「エジプト征服軍の将兵たち、および最初期に移住したアラビア半島の人々はいずれも固有の物質文化をフスタートに残さなかったということが指摘できる。最初期の層位から発見されるのは、イスラーム以前のコプト・ビザンツ的伝統文化を直接継承するものである。物質文化の爛熟したエジプトに入ったアラビア半島の人々は独自の物質文化を捨てて、エジプトの物質文化を採用したのであろう。」

と指摘している (桜井・川床編 1992, p.434)。このコプト・ビザンツ的伝統を直接継承する物質文化の好例が、ビザンツ時代の食卓器を代表する赤色光沢土器の存在である。フスタート遺跡で出土する赤色光沢土器は、碗形-皿型の食卓器を中心にして、多くのタイプが前時代であるビザンツ時代の赤色光沢土器の系譜をひくものであり、生活文化の基層に前代文化が根強く遺る、創始期のフスタートにおける社会の特徴を表している。

しかし、フスタート建設から 100 年ほど経過した、アッバース朝統治の時代 (750-868 年)、赤色光沢土器の伝統から「施釉陶器」という新たな開発が進行する。この施釉陶器はイスラーム期のエジプトにおいて、最初期の施釉陶器として位置づけられる。最初期の施釉陶器は胎土に赤色光沢土器と類似した陶土が用いられ、成形や装飾技法といった各要素に、赤色光沢土器の特徴が残存していた。そして、トゥールーン朝からイフシード朝期 (868-969 年) 以降、施釉陶器はメソポタミアや中国からの影響を受け、「イスラーム」的特徴を有する、後続の施釉陶器へと展開していく。

しかし、従来研究では最初期の施釉陶器は分析例に乏しく、赤色光沢土器や後続の施釉陶器との関連性については十分に議論されてこなかった。そこで、本研究では、エジプト・フスタート遺跡出土陶器を事例に、保存科学的視点から各時代のやきものについて比較検

討を行い、イスラーム期におけるエジプトの施釉陶器の発展と、材質技法の変遷について明らかにしていく。

当該時代は、エジプト社会が前代の伝統文化から脱却し、イスラーム的変容を遂げる時期と符合する。そのため、本論文では、エジプト最初のイスラーム都市である、フスタートを事例として取り上げたい。次節では、各時代で製作された陶器の特徴について、フスタートが建設され、町として発展していく過程と当時の社会情勢を踏まえながら述べる。そして、これまでに行われた自然科学的手法によるフスタート遺跡出土陶器研究の事例から問題の所在を明らかにし、本論の位置づけと構成を述べる。



図 1-1 エジプト地図

## 1.2 フスタート遺跡の概要


フスタート (al-Fustāt) は 642 年にアラブ軍がエジプトに建設した最初のイスラーム都市である。カイロ市の南部、現在はオールド・カイロと呼ばれる地区に位置する (図 1-1)。フスタートのように、アラブ人ムスリムが各地へ征服活動を行った際に建設した軍営都市を、ミスルと呼称する。フスタートは、イラクのバスラ (al-Basra)、クーファ (al-Kūfa) に次いで 3 番目に古いミスルである。

デルタの頂点というナイル河川交通の最大の要所に位置するフスタートは、ナイル河川を利用した交易によって、その繁栄が支えられていた。フスタートを経由した主だった交易ルートには、シリアやキプロス島を経由してアナトリアやギリキア海岸へと結びつくルート、西地中海へ向かうルート、クレタやシシリーを経由してイタリアやスペインへ向かうルートがある。また、フスタートとカイロの間に運河が整備されると、紅海に出てヒジャーズやイエメンを経由してインド洋へ向かうルートが確立する。陸路では 10 世紀以降に発展した、上エジプトのコースとアスワーンからヌビア砂漠を渡って紅海西岸のアイザーブに出るルートができ、ジッダやメッカに通じる重要なルートとなる。こうした四方へと結びつく立地条件が、アラブ軍がエジプトの最初の都としてフスタートの地を選んだ理由の 1 つになったと思われる (家島 1980, pp.83–84)。

フスタートの歴史について川床は次の 5 期に大別している (川床 1992a)。本研究が対象とする赤色光沢土器と施釉陶器は、創始期から全盛期にかけて流通していたものである (表 1-1)。

表 1-1 初期イスラーム時代のフスタート沿革

- I：創始期 (642–750 年)
- II：発展期 (750–969 年)
- III：全盛期 (969–1168 年)
- IV：復興期 (1168–1349 年)
- V：廃墟期 (1349–現在)

時代区分 (川床)	支配王朝	年代	やきもの種類
創始期	Rashidun	641, 642-661	赤色光沢土器
	Umayyad	661-750	
発展期	Abbasid 1	750-868	 最初期の施釉陶器 単彩釉陶器 多彩釉陶器  後続の施釉陶器 単彩釉陶器 多彩釉陶器 白濁釉陶器 (倣白磁) 青釉陶器 (倣青磁) ラスター彩陶器 倣ラスター彩陶器
	Tulmid	868-905	
	Abbasid 2	905-935	
	Ikhshid	935-969	
全盛期	Fatimid	969-1171	

### 1.2.1 創始期（642–750 年）

創始期はフスタート建設（642 年）からウマイヤ朝時代（661–750 年）の時期である。町の基礎は、アラビア半島から移り住んだアラブ諸部族や、それに伴ってシリアからやってきたユダヤ系の人々などによって作られた。建設当初、アラブ人の土地所有は禁止され、人々は町の中心ともいえるアムル・モスク（合同礼拝所）を軸に、宗教・部族別に土地を分割し生活を開始する。考古学的調査によって復元される当時の人々の物質文化は、イスラームの前代であるコプト・ビザンツ的伝統<sup>1-1</sup>を直接継承するものであったと考えられている。それを具体的に示す好例として、ビザ



図 1-2 赤色光沢土器  
(早稲田大学所蔵)

ンツ時代の食卓器を代表する赤色光沢土器の存在がある（図 1-2）。赤色光沢土器は胎土に赤色のスリップ（化粧土）をかけた土器の一種で、焼成後の胎土は独特なピンク色を呈し（以降、このタイプの胎土をピンク陶土と呼ぶ）、アスワーンの工房を中心に大量生産されたと考えられている。赤色光沢土器は 4 世紀中頃から 5 世紀頃に、チュニアを中心とする北アフリカ起源のアフリカ赤色土器（African Red Slip Ware: ARSW）の影響を受け成立したと考えられており、その系譜はローマ時代のテッラ・シギラータにまで遡る。フスタート遺跡で出土する赤色光沢土器は、碗形や皿型の食卓器を中心にし、成形から装飾技法に至るまでビザンツ時代の赤色光沢土器の特徴を残すものである。考古学者の長谷川は、赤色光沢土器から想定される当時のフスタートは、調理形態、輸送形態、貯蔵形態の全てにわたって「地中海」的特質と、「コプト」的装飾が色濃く残された、生活文化の基層に前代文化が根強く残る社会であると指摘している（長谷川 2006, p163）。ただし、ビザンツ時代に一般的に流通していた器種がフスタートでは認められず、飛び鉋装飾、底部のスタンプ文といった、いくつかの装飾技法が衰退傾向にあることなど（図 1-3）、器種編成には



図 1-3 赤色光沢土器の装飾

左 飛び鉋装飾

右 スタンプ文

(早稲田大学所蔵)

<sup>1-1</sup> イスラーム支配以前のエジプトはビザンツ帝国の属州であり、キリスト教徒であるコプトによる社会が育まれていた。コプトの語源はギリシア語でエジプトを意味するアイギュプトスと呼んだことに由来する。コプトはビザンツ支配に反抗する過程で、ファラオ時代以来の歴史伝統に立脚した独自の文化を形成していた。本論ではビザンツ帝国支配期からイスラーム支配直前（395–642 年）までの、ビザンツの影響を受けつつエジプト的なアイデンティティーとでもいうべき固有性を有していたエジプト文化を「コプト・ビザンツ的」と表現する。

変更があるとしている。そのためフスタートで暮らす人々は、前代文化をただそのまま受け入れたのではなく、自分たちの生活スタイルにあわせて、取捨選択していったものと考えられる（長谷川 1986）。

入植から 50 年程経過したウマイヤ朝時代の半ばまでには、フスタートのインフラ整備が徐々にすすめられる。町としての機能が整い始めると同時に、それまでビザンツ帝国から踏襲したシステムに依存していた行政機構が、次第にアラブ化されていく。総督のアブドゥルアズィーズ・イブン・マルワーン（Abd al-Aziz ibn Marwan 在位: 685–705 年）の末期から、アブド・アッラーヒ・ブヌ・アブド・アルマリク（Abdallah b. Abd al-Malik 在位: 705–708）の時代にかけて、従来はコプト人やギリシア人を登用していた行政の実務を、アラブ人やムスリムが担い始める（森本 1980）。アブド・アッラーヒ・ブヌ・アブド・アルマリクは、アラビア語を公用語とする政策も行い、この時期から、ギリシア語・コプト語に対する、アラビア語の地位向上と勢力伸長がみられる（藤本 1963）。

### 1.2.2 発展期（750–969 年）

発展期は中央政権がウマイヤ朝（661–750 年）からアッバース朝の統治（750–935 年）に変わり、その後トゥールーン朝（868–905 年）、アッバース朝（905–935 年）、イフシード朝（935–969 年）と支配王朝が移った時期である。

はじめのアッバース朝統治の時代（750–868 年）、物質文化全体が徐々に変容を遂げていく<sup>1-2</sup>。行政の仕組みと用語のアラブ化は、中央政府のアラビア語強化とムスリムへの優遇政策によって、さらに加速した。特に、ウマイヤ朝中期からアッバース朝初期にかけて、アラブ人にもエジプトでの土地所有が公認され、農村への入植が進む。地方長官にはアラブ人が任命され、村長の責任においてなされていた村落社会の徴税は、中央政府から派遣



図 1-4 最初期の多彩釉陶器  
（早稲田大学所蔵）

<sup>1-2</sup> 物質文化の変容について、例えば、フスタート遺跡から出土したガラスの組成分析では、9 世紀を境に低カリウム、低マグネシウムのローマ・ガラスから高カリウム、高マグネシウムのイスラーム・ガラスへと変化していることが指摘されている（望月 1992a）。また、オイル・ランプも 9 世紀にはビザンツ・ランプの伝統から離れた陶製ランプが製作され始める（川床 1986）。



された財務官が担った。このようにして、アラブ人は中央集権的力を蓄えつつ、村落社会の中での地位を固め、在地との結びつきを強くしていったとみえる（森本 1980）。一方で、コプトに対する課税強化や、イスラームへの改宗が推し進められたのも同時期である。コプト内でも、これまでのギリシア語やコプト語に代わり、アラビア語の学習が盛んとなり、9 世紀にはアラビア語の優勢が明確になる（池田 1985）。赤色光沢土器の伝統から最初期の施釉陶器が登場したのは、この時期と考えられている<sup>1-3</sup>。



図 1-5 技術的関連性 1

上 赤色光沢土器

下 最初期の単釉陶器

（早稲田大学所蔵）



図 1-6 技術的関連性 2

左上 クリームスリップ（赤色光沢土器）

右上 クリームスリップ（施釉土器）

左下 口縁装飾（赤色光沢土器）

右下 口縁装飾（施釉土器）

（早稲田大学所蔵）

最初期の施釉陶器では赤色光沢土器に特徴的なピンク陶土に緑釉、褐色、黄色を使った単釉陶器や、これら色釉を組み合わせた多彩釉陶器などが作られた（図 1-4）。胎土表面にクリームスリップを塗布したり、口縁を茶色に発色させるなど、装飾技法の中にも赤色光沢土器の特徴は残存する（図 1-6）。一方で、器種編成には変更が見られ、それまで流通していた赤色光沢土器の中では決して主流ではない、中央部に最大径をもち口縁端部にかけてゆるやかに内彎する碗や、単純に挽かれた口縁で削りが口縁直下にまで及ぶ鉢型が多くなる（図 1-4, 1-5）。

<sup>1-3</sup> 施釉陶器誕生の時期についてはフスタートを発掘した各調査隊によって見解が異なる。フランス隊の調査者らは、8 世紀後半における開発には否定的な見解をとっている。一方で、アメリカ調査隊らは 8 世紀後半から起こっていても不自然ではないという観点で捉えている。日本調査隊らは鉛釉が掛けられた陶器がかなり初期の段階で開発されたと考え、8 世紀にはこの技術は確立していたものとしている（桜井・川床編 1992, pp. 251-56, pp. 268-69）。この点に関しては、今後一層の精査が必要となる。

最初期の施釉陶器の誕生と時を同じくして、赤色光沢土器の伝統の中からは、キリスト教圏のヌビアとの接触を強める群（カップ、小碗を中心にした、多彩色で幾何学文を描くヌビア彩文早期の群）が現れる（長谷川 2014）。

トゥールーン朝からイフシード朝にかけての時代（868–969 年）、交易路が整備されたことで、フスタートは急速に拡張し発展していく。クースとアスワーンからヌビア砂漠を渡って紅海西岸のアイザーブに出て、ヒジャーズ地方やイエメン経由でインド洋に向かえる新しい幹道が開発される。このルートは、フスタートと東方諸地域とを結びつく重要なルートであり、マムルーク朝期まで主要な海上交易路として機能した。9 世紀後半にトルコ系軍人がエジプト総督に就任すると、イラク・イラン方面から人やモノが大量に流入し始める。

赤色光沢土器の主要な群が姿を消す一方で、貿易によって運ばれる中国陶磁器と、イラク的イスラーム文化の流入に触発され、施釉陶器の様相は大きく変わる。多彩釉陶器は前代の鮮やかな色合いは失われ、中国の三彩やイラクやイランの多彩釉陶器とも共通するような、淡い色調へと変化する様子が認められる。ラスター彩陶器や中国の白磁や青磁を模倣した単釉陶器など、それまでには見られない器形・装飾をもつ陶器が登場し、エジプトの製陶業は次の段階（後続の施釉陶器）へと進んだものと考えられる。また、ヌビア地域と深い関係を持つ群にも同様に、大型壺、深鉢を中心にした黒色顔料で幾何学文を描く新たな群が出現する。

### 1.2.3 全盛期（969–1168 年）

全盛期はファーティマ朝（909–1171 年）の支配下に置かれた 969 年から十字軍の侵攻（1168 年）前までの時期である。909 年、チュニジアに興ったファーティマ朝は、イスマール派が建国したシーア派の王朝である。969 年にイフシード朝を無血征服し、エジプトを手に入れると、フスタートから北東約 3 km の位置に新首都カーヒラ（カイロ）を建設した。カーヒラの誕生によりフスタートは首都としての機能は失うが、ファーティマ朝の経済発展を担う東西海上交易路の中心地として、そして商工業都市としての機能は依然として有していた。当時、それまでイスラーム世界の文化・経済を牽引していたアッバース朝の首都バグダードは、政治的混乱や経済状況の急変によって、その地位を失いつつあった。10 世紀後半には大地震が発生し、シーラーフなどのペルシア湾岸の諸都市は甚大な被害を受ける。メソポタミアの政治的混乱や災害を契機に、商人たちは根拠地を移し始め、インド洋と地中海を結ぶ交易路の中心は、ペルシア湾から紅海へと移っていく。結果とし

て、東西の諸物産は必ずエジプトを経由することになり、フスタートに世界中のモノと人が集積し、莫大な富がもたらされる。10 世紀後半の地理学者ムカッダシー (al Muqaddasī) は、ファーティマ朝がエジプトを支配し数年足らずで、フスタートがイスラーム世界最大の発展を遂げたこと。それとは対照的に、バグダードの廃墟のごとき衰勢ぶりを伝えている<sup>1-4</sup>。フスタートへの富の集中は、市民の生活向上と消費者層の拡大を招き、フスタートの市場は量産化へと進んでいく。

ファーティマ朝期の陶器には質、器形、器種にも広がりが見られ、多彩釉陶器、白釉・青釉といった単釉、ラスター彩陶器などが作られる。技術面ではイラク方面からもたらされた技法にさらなる改良が加えられ、ストーンペーストの確立などの革新を成し遂げた。釉薬はこれまでの鉛釉に加え、鉛-アルカリ釉、アルカリ釉が利用される。製品の種類や発色の幅を広げることで、陶工はニーズの多様化に就いていったと思われる。

フスタートが都市としての機能を失うほどの危機を迎えたのは 12 世紀後半である。1168 年にエルサレム王国を樹立した十字軍がエジプト領内に侵入し、カーヒラに接近すると、フスタートを奪われることを懸念した、時の宰相シャール (Shawar) の命により、フスタートは徹底的に破壊される。この破壊活動では町を焼いた火は 14 日間燃え続けたと言われている。日本調査隊によるフスタート遺跡の発掘では、この時に使用されたとと思われる手投げ弾が出土している。

#### 1.2.4 復興期 (1168–1349 年)

復興期はフスタートが灰燼と化した後からマムルーク朝 (1250–1517 年) 前期に起こった大飢饉 (1349 年) 前までの時期である。ファーティマ朝 (909–1171 年) を廃し新たにアイユーブ朝 (1169–1250 年) を興したサラフ・アル=ディン (al-Malik an-Nāṣir 'abū al-Muẓaffar Ṣalāḥ ad-Dīn Yūsuf bun 'ayyūb) はフスタートの復興に着手した。特に上エジプト<sup>1-5</sup>のクースとアスワーンからヌビア砂漠を渡って紅海西岸のアイザーブに出るルートは、十字軍の支配下に入っていたエジプト・デルタ地域やシリア海岸の諸地域を経由することなく、インド洋世界との交易を行えることから、交流活動の中軸として機能する。アイユーブ朝の基本的な経済・交易上の政策はマムルーク朝にも受け継がれ、特に 13 世紀後半から 14 世紀半ばまでの約 60–70 年間は、エジプト全体がイスラーム世界の中心地として

<sup>1-4</sup> al-Muqaddasī, Shams al-Dīn. 1906; *Aḥsān al-tagāsīm fī macrifat al-aqālīm* (*The Best System for the Knowledge of the Regions*), MJ de Goeje (ed.), Leiden, Brill. を参照。

<sup>1-5</sup> 現在のカイロ南部からアスワーン辺りまでのナイル川流域地帯。

今再びの繁栄を迎える。かつて高級品としても普及していた陶器は、生活雑器という位置づけをされるようになり、粗悪な赤茶胎土の陶器がもっとも一般的となる。

1340 年代になると度々ナイルの異常増水が発生し、気候変動と連動するように大飢饉と疫病の流行がエジプト全土で連続的に発生する。1347 年頃から流行した黒死病では、カーヒラとフスタートの人口が 3 分の 1 にまで減ったと言われている。気候の変動は、砂漠の交易路の担い手であった遊牧民の大移動をも引き起こし、紅海とナイル川を結ぶ砂漠ルートは機能しなくなる。こうして、どの都市よりも華美にしてイスラーム世界の栄光と讃えられたフスタートは、半ば廃墟の状態で放置されることとなる。

#### 1.2.5 廃墟期（1349–現在）

廃墟期は大飢饉（1349 年）以降から現在までとなる。この時期、国際貿易港の機能はフスタートからやや下流のブーラク港に移っている。フスタートは上エジプト向けの小さな港としては存続していたが、かつての繁栄は見る影もなく、一部はカーヒラ市民のごみ捨て場として利用された。19 世紀初頭に出版されたナポレオンのエジプト誌（*Description de l'E'gypte*）には、1799 年頃のフスタートが、河岸部のみに 1 万人ほどが住む小さな集落であったと記録されている。

フスタートの本格的な発掘が進められたのは、20 世紀初頭以降である。1912 年にエジプトのアラブ芸術博物館（現在のイスラーム芸術博物館）の学芸員アリー・バハガット（Ali Bahgat）によって開始された。以降、発掘調査の管轄が博物館から考古庁へと移行しながら、1920 年代まで発掘調査が進められていった。外国人の手によってフスタートの発掘調査が開始されるのは、エジプト人による発掘から半世紀遅れて 1960 年代、フスタート遺跡地区の再開発に際し、考古庁が世界に緊急発掘調査を呼び掛けたことを端緒とする。これにいち早く応じたのはアメリカ合衆国で、1964 年から 1980 年にかけてアメリカ・エジプト調査センター（The American Reserch Center in Egypt）による調査が 8 次にわたって行われた。1978 年から 1985 年には早稲田大学が主体となった日本調査隊が、7 次にわたる調査を行った。さらに、1985 年からはフランス・オリエント考古学研究所（*Institute Français d'Archéologique Orientale*）が発掘調査を行っている。

### 1.3 これまでの研究

フスタート遺跡出土遺物の自然科学的研究は、他のイスラーム期の遺跡に較べて例が多い。これは近代以降、フスタート遺跡の出土品・採集品が、正規の学術的調査の他、様々な方法で収集され海外に持ち出されたことにより、世界中にフスタート遺跡とされる資料が散在するためである<sup>1-6</sup>。こうした比較的早い時期でのフスタート遺跡への関心が、自然科学的研究を促進させた。しかしながら、考古学的文脈から切り離されてしまったことにより、資料の本来持つ情報は大きく損なわれ、化学分析によって得られる情報の解釈を非常に困難なものにしている。

フスタート遺跡出土陶器、あるいは出土したと言われる陶器（これらを総称して以降、フスタート遺跡（伝）出土陶器とする）に対する自然科学的研究では、中性子放射化分析、エネルギー分散型 X 線マイクロアナリシス（EPMA）、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP-AES）、偏光顕微鏡、X 線回折法（XRD）などが用いられてきた。その嚆矢は、1970 年代にミッシェルらが行った中性子放射化分析である（Michel et al. 1976）。その後はフリーマンやジョーンズなどが報告している（Frieman et al. 1979; Jones 1980）。タイト、メイソン両氏による研究は資料の種類、量ともに充実しており、最も系統だっで行われている（Mason et al. 1990, 1992, 1994, 1997a, 1997b, 2004, 2011, 2015; Tite et al. 2011a, 2011b, 2015）。両氏はエジプトに限らずイラク、イラン、トルコ、ウズベキスタンなど各地域・時代のイスラーム陶器について分析、報告している。これまでにラスター彩陶器やストーンペースト技法の成立と展開、スズ白濁釉の起源など重要な提言をいくつも行っており、現在のイスラーム陶器研究を牽引している。メイソンは、陶器の産地推定や技法解明といった従来の研究とは別に、各地で製作された鉛釉陶器について、鉛同位体比を比較している（Mason et al. 1992）。ウォルフはこの研究をさらに拡充させ、フスタートで流通していた各時代の鉛釉陶器の鉛について、産地推定を行っている（Wolf et al. 2003）。上記以外にもフスタート遺跡（伝）出土陶器の自然科学的研究は様々な研究者によって報告がされているが、単発的な研究が多い（Abdel-Rahim 2016; Madkour et al. 2015; Daszkiewicz and Ewa 2001）。

日本におけるフスタート遺跡（伝）出土陶器の分析は、望月の例が挙げられる（望月 1992a）。望月は早稲田大学を中心とする日本調査隊が発掘した資料について、ICP-AES に

---

<sup>1-6</sup> 19 世紀の収集活動についてはフランス人医師ダニエル・マリー・フーケ博士（Daniel Marie Fouquet, 1850–1914 または 1921 年）によるものが知られている。彼がフスタート遺跡周辺で収集した陶器片の一部は、1922 年に児島虎次郎がパリの古美術商から購入し、現在、岡山県倉敷市所在の大原美術館に所蔵されている。

よる胎土・釉薬の定量分析と、XRD による胎土中の含有鉱物の同定を行っている。この調査では、発掘された様々な種類のやきものが分析に供された。しかし、内容は測定結果の報告に留めており、資料やグループ間の細かい議論はなされておらず、資料の分類には混乱も見受けられる<sup>17</sup>。新免らは ICP-AES や XRF を利用し中近東文化センターが所蔵するフスタート遺跡採集資料に加え、イランのサーヴェで採集された初期および中期ラスター彩陶器を用いて、釉薬と胎土の両面から生産地について検討している（新免 他 2010, 2011）。

資料の器種別にみると、従来研究はラスター彩陶器や、ラスター彩陶器とも関連が深い白濁釉陶器を中心に行われてきた。ラスター彩陶器はイスラーム陶器の中でも最高級品であったと言われている。一定の陶工集団が技術を保持していたと考えられており、その製陶技法が長らく途絶えていたことから、幻の陶器と言われてきた（加藤 2002）。技術的特異性や歴史的特殊性、さらにはまるで金属器のように輝く美しさは人々を魅了し、ラスター彩陶器に関する研究は地域を問わず、イスラーム陶器研究の中で最も盛んに行われてきた。エジプトのイスラーム陶器研究もその例にもれず、ラスター彩陶器研究を軸に進められている。こうした成果によって、各時代・地域でのラスター彩陶器の編年作業も進み、ラスター彩陶器はイスラーム陶器研究の指針として用いられるに至っている。しかし、ラスター彩陶器は当時の最高級陶器という位置づけであり、得られる情報は工房や消費者層に限られた、非常に限定的な社会の一面である。その点で、権代が行ったファーティマ朝期黄濁釉陶器の分析は、これまでほとんど顧みられなかった雑器の類を分析した点に意義がある（権代 他 2013）。

以上のように、既存の研究によってフスタート遺跡（伝）出土陶器は着実にデータを蓄積しつつある。しかしながら、多くの研究において、分析結果がフスタート遺跡に還元されることはほとんどなかった。フスタート遺跡は層位の攪乱が見られ、層位と遺物との関係性を考察することが難しい遺跡であること（Scanlon 1974; 佐々木 2016）。また、博物館・美術館に所蔵される資料は、正規の発掘以外で収集されたものが多く、出土地などの情報が失われてしまうことが要因である。エジプトで確実に消費・廃棄されたという以上の資料的価値をフスタート遺跡（伝）出土陶器に見出すことが難しいためか、地域内における歴史的展開の解明を目指した研究は、メイソンによるものが唯一といって良い。また、データの蓄積に対してそれぞれの研究を総合する試みはされず、各研究成果の関連性が提

---

<sup>17</sup> 資料一覧表では赤茶粘土質胎土と分類される資料が組成を見る限りストーンペーストと思われたり、逆に資料一覧表や組成を見る限りストーンペーストと思われる資料が文中では粘土質胎土に分類されたりと混乱が見受けられる。

えにくい傾向も指摘できる。さらに、従来研究の分析資料は器種に偏りがあり、特に最初期の施釉陶器について言及がほとんどされないことは重要な問題である。

従来研究において、最初期の施釉陶器は、比較資料として数点ずつ分析に供されるのみである (Jones 1980; Mason and Keall 1990; Michel et al. 1976)。少ない事例の中、最初期の施釉陶器が後続の施釉陶器とは異なる組成であることは指摘されているが、それ以上の言及はされていない。唯一、メイソンは、鉱物学的視点から後代の資料との違いを具体的に考察しており、最初期の施釉陶器は搬入品であったか、後代の陶器とは原料の入手場所が異なっていたと推察している。ただし、メイソンの研究でも用いた資料は 6 点と、フスタートで流通していた、最初期の施釉陶器全体の様相を考察するには不十分と言える。

#### 1.4 本論文の目的

フスタート遺跡で出土した最初期の施釉陶器は、釉薬の開発（あるいは導入）という点で、エジプト・イスラーム期の窯業史上重要な意味を持つ。また、古代末期から食卓器としてエジプト国内で流通していた赤色光沢土器との繋がりを保ち、歴史の連続性から文化の形成過程を探ることのできる稀有な資料である。しかしながら、従来のフスタート遺跡（伝）出土遺物の自然科学的研究では、最初期の施釉陶器はあまり重要視されて来なかった。エジプト・イスラーム陶器研究の起点は、イラクや中国の陶磁器と関連性が強くなる後続の施釉陶器であり、前代に流通していた最初期の施釉陶器との関連性については十分に議論されていない。最初期の施釉陶器は出土量が少なく、分析が難しいという現実的な事情も原因として推察される。しかしながら根本的な問題として、イスラーム陶器研究の興りが、博物館・美術館所蔵品を題材にした美術史的観点からであり、発掘で確認される最初期の施釉陶器に先行して、後続の施釉陶器が研究対象となったこと。これにより、9世紀のアッバース朝治下のイラクを中心に興った技術革新を軸とし、自然科学的研究が推進されてきたことが大きい。最初期の施釉陶器は考古学者によって徐々に明らかにされてきた群であり、ラスター彩陶器などの所謂、「イスラーム藝術の粋」をコレクションしてきた博物館・美術館にとって、収集対象ではなかった。

イスラーム陶器の歴史書を紐解けば、そのほとんどがアッバース朝治下のイラクを舞台に始まる。ラスター彩陶器や白濁釉陶器の分析例が充実するのも、イラクとの技術的繋がりが根底にある。イラクがイスラーム陶器誕生に重要な地であることは確かである。9世紀のアッバース朝下イラクでは、原料不足<sup>1-8</sup>や宗教理念に基づく金・銀器製造の制限によって金属器が不足した。金属器に代わる奢侈品として流通した中国陶磁器の刺激も手伝い、陶器の商品価値は見直され、首都であるバグダードやサーマッラーを中心に、製陶技法は飛躍的に進歩し、これまでの陶器とは異なるまったく新しいタイプが現れる。その後のイスラームの伸張に伴い、イラクで誕生した製陶技法はエジプトを含めたイスラーム圏に広く伝わっていく。しかし、エジプトにおける最初期の施釉陶器の誕生は、イラクから影響を顕著に受ける1世紀も前の出来事であり、フスタートで発掘される中国陶磁器に9世紀以前の製品は少ないことから、中国陶磁器が施釉陶器誕生の原動力になるほどの影響を与

---

<sup>1-8</sup> 金・銀不足の要因として、貨幣経済の浸透による需要の増加や、鉱山の枯渇がある。



えたとともに考えにくい<sup>1-9</sup>(小山 1979; 佐々木 他 1992; 三上 1980, 1988; Gyllensvärd 1973, 1975)。また、最初期の施釉陶器は赤色光沢土器との類似性から、コプト・ビザンツ的文化の影響を強く受けていることは明らかである。エジプト・施釉陶器の展開にはイラクとは別のストーリーがあると考えてよい。しかし既存の研究では、最初期の施釉陶器誕生では具体的に何が起きたのか、そして後続の施釉陶器への移行はどのように達成され、その変化はどの程度（ゆるやかな段階的变化、既存を一蹴するような破壊的变化など）であったのかは、何も議論されていない。結果としてこれまでイスラーム陶器の特徴である、地域を超えた「画一性」は誇張される一方で、イスラームの浸透する時期や背景、イスラームを受容した民族や地域の違いに立脚した「独自性」という、イスラーム陶器のもう 1 つの面は十分に評価されてこなかった。近年では、考古学や美術史といった人文学分野の側から、地域ごとの発展過程に着目した研究が着々と進められており (Watson 2014; Tite et al. 2015)、自然科学的研究の側にも同様の認識が求められている。そこで本論文では保存科学的視点から、エジプト・フスタート遺跡から出土した赤色光沢土器、最初期の施釉陶器、後続の施釉陶器の比較検討を行う。各時代にフスタートで消費された陶器について、材質技法の編年的特徴を明らかにし、その背後にある消費者層の生活や社会の変化との関連性を考察することで、窯業社会が変容していくプロセスについて検討する。

---

<sup>1-9</sup> 最初期の施釉陶器を「イスラーム陶器」とするかは見解がわかれている。三上はイスラーム文化の特徴が現れる前の陶器を早期イスラーム陶器としている(三上 1990, pp.43-47)。一方で、コプト陶器という別称を用いる例もある (Whitcom 1989)。名称と実態の揺らぎを是正するためにも、まずは各地域各時代に製作された陶器の特徴を把握し再整理する必要がある。

## 1.5 本論文の概要

第 1 章では本研究の目的と研究対象となる陶器について、出土地であるフスタート遺跡の概要や歴史的背景と共に述べた。第 1 章 2 節で述べたように、これまでの研究では最初期の施釉陶器が重要視されず、赤色光沢土器や後続の施釉陶器との関連性について十分に議論がされてこなかった。そこで本研究では各時代のやきものの材質技法を比較検討する。

本論では陶器を「吸水性のある素地に釉薬を施したやきもの」と定義しており、その材質を「胎土」と「釉薬」に大別している。「焼成」も陶器としての性質を決定する重要な工程である。陶器が磁器や土器などと共に「やきもの」、「土と炎の藝術」と称されるように、焼成することで、原料の土気色からは想像できない様々に発色したやきものが生まれる。そこで本論は、陶器を構成する要素の中で特に重要な「胎土」「釉薬」「焼成」に着目し、「第 2 章 研究対象資料」「第 3 章 研究方法」「第 4 章 胎土」「第 5 章 釉薬・装飾」「第 6 章 焼成技術の検討」「第 7 章 総括」と章立てを行った。釉薬、胎土、焼成は相互に関連しあうため、本来分けて考えることはできないが、煩雑になりすぎると却って本質が捉えにくくなるため、これらを別個に論じていく。

「第 2 章 研究対象資料」では本論に用いた資料について、発掘報告書を参考に、研究対象資料のタイプ分類を行う。「第 3 章 研究方法」では本論に用いた研究方法について述べる。「第 4 章 胎土」では胎土の組成や基質から分類を行い、最初期の施釉陶器、赤色光沢土器、後続の施釉陶器の材質や胎土調合の違いについて比較検討を行う。「第 5 章 釉薬・装飾」では釉薬と装飾部について、融剤による分類と着色剤の推定を行い、編年的な傾向を明らかにする。「第 6 章 焼成技術の検討」では、第 4・5 章の成果を踏まえ、胎土の含有鉱物や結晶構造、基礎釉の組成から焼成温度の推定を行う。最後に「第 7 章 総括」では、分析結果の総括を行い、フスタートの社会的状況や周辺地域との関連性から最初期の施釉陶器から後続の施釉陶器への移行について試論を提示し、今後の展望について述べた。



## 第2章 研究対象資料

### 2.1 緒言

本研究は赤色光沢土器、最初期の施釉陶器、後続の施釉陶器を研究対象とする。最初期の施釉陶器は釉薬より単釉陶器と多彩釉陶器に分けられる。後続の施釉陶器は特に多彩釉陶器を取り扱う。後続の施釉陶器は、メソポタミアや中国の影響から、ラスター彩陶器や中国陶磁の模倣品など、最初期の施釉陶器に見られないタイプが登場している。そのため前代との共通性が不鮮明で、単純に比較することが難しい。しかし多彩釉陶器に限っては、最初期から後続の施釉陶器への移行期に位置づけられるような、両者の特徴を併せ持った資料が存在する<sup>2-1</sup>。前代との繋がりを確認できる点において、多彩釉陶器はエジプト窯業の発展過程を考察するために適当な器種と考えられる。

本研究に用いた資料は早稲田大学所蔵資料 57 点と出光美術館所蔵資料 5 点である（表 2-1）。全て出土品であるが、発掘の経緯や従事した調査隊、所蔵されるに至った経緯を異にする。早稲田大学所蔵資料は、日本調査隊によるフスタート遺跡発掘調査の出土品である。発掘調査は 1978 年から 1985 年の間、7 次にわたって行われ、10 万点近い陶器片が出土している。調査が行われたのはアムル・モスクから南東約 300m に位置する 2,500 m<sup>2</sup> の範囲となる。ここは文献の中に登場するアフル・アル＝ラーヤ（Ahr al-Rāya）地区に近接すると思われる。征服戦争後、フスタートは部族ごとに居住区を設定した。アフル・アル＝ラーヤ地区はその中心地区であり、最も重要な地域のひとつであったと推測される。

出光美術館所蔵資料は、同じくフスタート遺跡からの出土品で、エジプト政府から寄贈を受けた資料である。20 世紀初頭以降に始まったフスタート遺跡の本格的な発掘調査では、フスタートの繁栄と文化の隆盛を伝える、貴重な遺物が多数発見された。中でも、エジプトやその周辺地域、さらには遠く東方の中国で製作された陶磁器を含む膨大な数の陶磁器片は、数の多さと質の高さで人々を大いに驚かせ、耳目を集めていた。しかしあまりにも広地域の製品を含み、正当に分類・研究できる人材が不足してか、出土した陶磁器片は長らく倉庫に保管されることになる。こうした状況に対し、当時、出光美術館の顧問を務めていた小山富士夫は、エジプト政府の前でフスタート遺跡出土陶磁器片の重要性について

---

<sup>2-1</sup> アテネのベナキ博物館には、放射状の線で描かれ緑色、黄色、紫釉の組み合わせによる放射状の強い光沢の釉で装飾された小鉢の多彩釉陶器群がある。この資料群は、最初期の施釉陶器に特徴的な、ピンク陶土に近い胎土を持ち、胴部下面に浅い篋削りの痕跡が残る。しかし、全体的な器形は、ファティマ朝期のラスター彩陶器（Philon et al. 1980: Figs.151,154,174,179 etc.）等と類似した形態を示す。本資料群は、かつてフィロンによってベナキ博物館カタログで紹介されたものを含み（Phylon et al. 1980）、その後、長谷川が独自の観察を行っている（長谷川 2014）。

講演する。この内容を受けて、エジプト政府は日本人による陶磁器片の調査を依頼し、それに応える形で出光中東調査団が組織された。陶片調査は 2 度に渡って行われ、60–70 万片にわたるフスタート遺跡出土陶磁器の整理分類が行われる（1964 年：団長 小山富士夫，1966 年：団長 三上次男）（三上 1980, 2000）。本分析に供する資料は、この成果に対しエジプト政府から出光美術館へ寄贈された陶磁器片の一部である。

## 2.2 早稲田大学所蔵資料

早稲田大学所蔵の研究対象資料 57 点を発掘報告書における陶器分類に当てはめると、赤色光沢土器（資料番号の先頭：R）4 点、最初期の施釉陶器である Fayyumi 1（資料番号の先頭：1）37 点、後続の施釉陶器である Fayyumi 2（資料番号の先頭：2）4 点、Fayyumi 3（資料番号の先頭：3）7 点、Fayyumi 4（資料番号の先頭：4）3 点、11 世紀前半に製作されたと推測されているラスター彩陶器（資料番号の先頭：L）2 点に分類される（川床・真道 1992c）<sup>2-2</sup>。分析資料の出土層位は、ダッカ <sup>2-3</sup> や、第Ⅱ層（建造物が建設され実際に生活が営まれていた時期に堆積した層）の下部に含まれるものである。

Fayyumi 1 は、アッバース朝統治の時代（750–868 年）に赤色光沢土器の伝統の中から現れた、最初期の施釉陶器に位置づけられる。釉色は緑色を中心に、黄色、黄褐色、褐色、濃褐色などが用いられる。単釉陶器の他、複数の色釉や白色装飾を組み合わせた多彩釉陶器によって構成される。胎土は赤色光沢土器に特徴的なピンク陶土であり、篋削りの痕跡、クリームスリップ、口縁を縁取る茶色の装飾に、赤色光沢土器の特徴が引き継がれている。分析資料はいずれも小片であり、器形の復元は困難である <sup>2-4</sup>。

Fayyumi 2–4 は、トゥールーン朝からイフシード朝期の時代（868–969 年）以降に登場してくる、後続の施釉陶器に位置づけられる多彩釉陶器である。装飾パターンから次のように分類される。Fayyumi 2 は釉薬が不規則に流し掛け、あるいは散らし掛けされる。釉色は白、ターコイズブルー、緑、マスタードイエローなどが用いられる。フィロンはこのタイプを 10–12 世紀の多彩釉陶器とし、スキャンロンはこれを 9 世紀の鉛釉陶器としてい

---

<sup>2-2</sup> Fayyumi は、鉛釉をベースとしたエジプトの多彩釉陶器群を示す。Fayyumi の名は、ファイユーム地方を中心に製作されていたと考えられていたことに由来する。製作地については根拠がなく、Fayyumi 1 には単釉陶器も含むなど、定義・名称ともに問題が残る（真道 2016）。そのため、研究者によっては異なる名称を用いているが、未だ統一はされていない。各タイプの特徴が十分に明らかになっていない現段階では、発掘報告書で用いられた名称を用いて議論を進める。今後研究を進めていくことでタイプ分類を精査し、適当な名称を模索していきたい。

<sup>2-3</sup> 建築構造物の床面を形成する三和土（たたき）のアラビア語。

<sup>2-4</sup> 分析装置によるサイズの制約から小片が多い。

る。Fayyumi 3 は乳白色地に点文、U 字文、放射状線文などが組み合わせられる。彩色部分には紫や緑が用いられる。器形はファーティマ朝（909–1171 年）時代に特徴的な小鉢型および鉢型が主流となる。Fayyumi 4 は規則的な縞文を持つグループで、濃紫、黄、黄緑色などの釉色を持つ。フィロンはこのタイプを 10–12 世紀の多彩釉陶器とし、スキャンロンは 10 世紀の Fayyumi としている。

ラスター彩陶器は、白濁釉（透明釉の場合もある）の上に金属光沢を持つ顔料によって装飾が施されたイスラーム陶器を代表する種類である。9 世紀にアッバース朝（750–1258 年）治下イラクにおいて誕生したと考えられている。高度な技術が必要とされ、特定の陶工集団によって技法が保持されていたとされる。王朝が衰退すると同時にその地での生産がほぼ終了し、別地域のより安定した王朝内において生産され始める特徴を持ち、パトロンのとする王侯貴族を求め陶工が移動していたと推測されている。エジプトで生産されるのは、10 世紀後半にアッバース朝の衰退に伴い、イラクから陶工が移住したことによるとされている。その後 12 世紀まではエジプトでの製作が確認されている。ラスター彩陶器は、他の陶器と比較して編年研究が進み、製作年代や生産地の推定がある程度可能なため、比較資料として分析に加えた（資料 No. L-1, L-2）。フスタート遺跡で発掘されたラスター彩陶器について、発掘報告書では胎土・釉色・施文法・器形などの特徴から全 10 類にわけしており、資料 No. L-1 は 6 類に分類されている（岡野 1992）。しかしながら劣化が著しく、現在は発掘当初の姿を留めていない（図 2-1）。6 類のラスター彩陶器は、高台の形態や盤の器形では 9–10 世紀に製作された初期ラスター彩陶器に共通する点が多く、6 類と外面文様が類似し、銘文から 1011–1013 年に年代づけられるラスター彩陶器（イスラーム芸術博物館所蔵）の存在から、ファーティマ朝ラスター彩陶器の中でも、11 世紀前半を中心とする年代が想定されている。資料 No. L-2 は、外折する口縁を持つ鉢型で底部は残存しないため高台の有無は確認できない。しかし、口縁部の特徴や胎土質、ラスター彩の彩色から 6

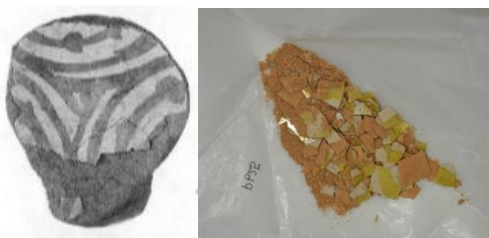


図 2-1 資料 No. L-1

左 報告書に掲載された L-1

右 劣化後の L-1

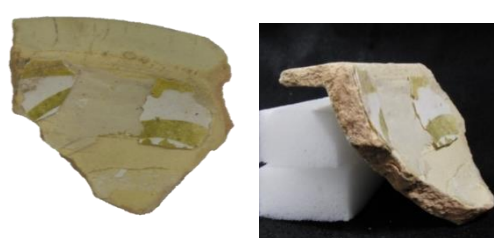


図 2-2 資料 No. L-2

左 上から見た L-2

右 横から見た L-2

類に分類される（図 2-2）。

### 2.3 出光美術館所蔵資料

出光美術館所蔵の研究対象資料 5 点を早稲田大学の陶器分類に当てはめると、Fayyumi 3 が 2 点（資料 No. 3-8, 3-9）、Fayyumi 4 が 2 点（資料 No. 4-4, 4-5）に分類される。口縁部から底部までの残りが良好な資料 No. 4-4 は外折した口縁を有する鉢で、資料 No. L-2 にも共通する器形である（図 2-3）。



図 2-3 資料 No. 4-4

出光美術館所蔵資料には、発掘報告書の分類に当てはまらない資料が 1 点含まれる。装飾は点彩と塗りがけを併用し、Fayyumi 1-4 のうち Fayyumi 3 に最も近いと思われる。しかし、彩色の質感が異なり、無色透明釉の上に化粧土を施すことで白濁釉を用いずに乳白色地とする点など、他の Fayyumi 3 とは彩色表現を異とする

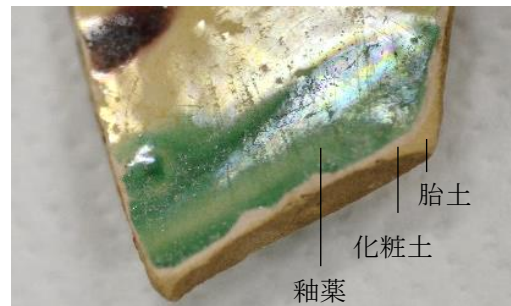


図 2-4 資料 No. 3'-1

（図 2-4）。素地についても Fayyumi 2-4 は赤褐色に近い胎土色が主なものに対し、本資料は黄灰色で緻密な印象を受ける。そのため、本資料は Fayyumi 3 に近い別系統の群とみなし、Fayyumi 3'（資料 No. 3'-1）としている<sup>2-5</sup>。

<sup>2-5</sup> 出光美術館所蔵資料は過去に報告をしている（村上 他 2014, 2015）。本論文では新たに加わった早稲田大学所蔵資料にあわせ、再度資料番号を振りなおしている。今回の分析資料番号と以前の分析資料番号との対応関係は以下の通りである。

資料 No. 4-4: IMF015, 3-8: IMF017, 3-9: IMF018, 4-5: IMF019, 3'-1: IMF016

表 2-1 分析資料一覧

資料名	内面	外面	所蔵	備考
R-1	無釉、赤スリップ	無釉、赤スリップ	早稲田	
R-2	無釉、赤スリップ	無釉、赤スリップ	早稲田	
R-3	無釉、赤スリップ	無釉、赤スリップ	早稲田	
R-4	無釉、赤スリップ	無釉、赤スリップ	早稲田	胎土が板状に剥離
1-1	黄褐色釉	無釉、全体的に煤	早稲田	胎土が板状に剥離
1-2	緑釉	緑釉	早稲田	
1-3	緑釉	緑釉	早稲田	
1-4	緑釉	緑釉が一部付着	早稲田	胎土が板状に剥離
1-5	不明	不明	早稲田	胎土が板状に剥離
1-6	緑釉	緑釉	早稲田	
1-7	緑釉	不明	早稲田	
1-8	緑釉	緑釉	早稲田	
1-9	暗褐色釉	暗褐色釉	早稲田	
1-10	暗褐色釉	暗褐色釉	早稲田	
1-11	黄褐色釉	無釉	早稲田	
1-12	黄褐色釉	黄褐色釉	早稲田	
1-13	黄褐色釉	無釉、全体的に煤	早稲田	胎土が板状に剥離
1-14	マスタード黄釉	マスタード黄釉	早稲田	
1-15	明黄釉（クリームスリップ上に釉薬を施す）	クリームスリップ	早稲田	
1-16	多彩釉（暗褐・緑・茶色）、白色顔料	緑・暗褐色釉が一部付着	早稲田	
1-17	多彩釉（明黄・緑色）、白色顔料	クリームスリップ	早稲田	



表 2-1 (続き)

資料名	内面	外面	所蔵	備考
1-18	多彩釉（明黄・緑・暗褐色）、白色顔料	無釉	早稲田	
1-19	多彩釉（黄（または無色透明）・緑・暗褐色）	クリームスリップ、黄釉が一部付着	早稲田	
1-20	多彩釉（明黄・緑色）	緑釉が一部付着、一部に煤	早稲田	
1-21	多彩釉（黄色（または無色透明）釉の上に緑・暗褐色）	黄色（または透明）・緑釉が一部付着	早稲田	
1-22	多彩釉（黄色（または無色透明）釉の上に・緑・暗褐色）	無釉	早稲田	
1-23	多彩釉（黄色（または無色透明）釉の上に緑・暗褐色）	無釉	早稲田	
1-24	多彩釉（茶色釉の上に緑色）	無釉	早稲田	
1-25	多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色）	黄褐色・緑釉が一部付着	早稲田	
1-26	多彩釉（黄色（または無色透明）・緑・暗褐色）	無釉	早稲田	
1-27	多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色）	多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色）	早稲田	胎土が板状に剥離
1-28	無釉、釉薬が一部付着	多彩釉（緑・暗褐色）	早稲田	
1-29	多彩釉（茶褐・緑色）	無釉	早稲田	
1-30	多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色）	緑釉	早稲田	
1-31	多彩釉（明黄・緑色）	緑釉が一部付着	早稲田	
1-32	多彩釉（緑・黄褐色）	無釉	早稲田	
1-33	多彩釉（明黄釉の下に緑・黒色）	無釉、緑釉が一部付着	早稲田	
1-34	多彩釉（明黄・緑色）	無釉	早稲田	
1-35	多彩釉（明黄釉の下に緑色）	釉薬が一部付着	早稲田	
1-36	多彩釉（明黄・緑・暗褐色）	無釉	早稲田	
1-37	多彩釉（明黄・緑・暗褐色）	透明釉	早稲田	
2-1	多彩釉（白スリップ上に緑色）	色釉？（サンゴ色）	早稲田	

表 2-1 (続き)

資料名	内面	外面	所蔵	備考
2-2	多彩釉（無色透明釉の上に緑色）	多彩釉（透明釉の上に緑色）	早稲田	
2-3	多彩釉（白濁釉の上に緑色）	多彩釉（白濁釉の上に緑色）	早稲田	
2-4	多彩釉（黄（または無色透明）釉の上に緑色）	白スリップ？	早稲田	
3-1	白濁釉	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）	早稲田	
3-2	多彩釉（白濁釉の上に青緑・黒色）	無釉	早稲田	
3-3	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）	無釉	早稲田	
3-4	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー色）	早稲田	
3-5	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー色）	早稲田	
3-6	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・明黄色）	黄釉	早稲田	
3-7	白濁釉	多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー色）	早稲田	
3-8	多彩釉（白濁釉の上に明黄・黄・緑・黄緑・紫色）	白濁釉	出光	旧資料No. IMF017
3-9	多彩釉（白濁釉の上に緑色）	白濁釉	出光	旧資料No. IMF018
4-1	多彩釉（白濁・黄・黒色）	白スリップ 釉薬が一部付着	早稲田	
4-2	多彩釉（緑釉の上に黒色）	白スリップ 釉薬が一部付着	早稲田	
4-3	多彩釉（白濁・黄・黒色）	白スリップ 釉薬が一部付着	早稲田	
4-4	多彩釉（黄・緑・黒色）	透明釉 緑釉が一部付着	出光	旧資料No. IMF015
4-5	多彩釉（明黄・明緑・紫色）	透明釉	出光	旧資料No. IMF019
3'-1	多彩釉（無色透明釉の上に黄・緑・紫色）	多彩釉（透明釉の上に緑色）	出光	旧資料No. IMF016
L-1	釉上彩（白濁釉、ラスター彩）	無釉	早稲田	劣化・風化著しい
L-2	釉上彩（白濁釉、ラスター彩）、白スリップ上に釉薬を施す？	白濁釉	早稲田	胎土と釉薬が剥離



### 第 3 章 研究方法

#### 3.1 緒言

保存科学的研究が一般の自然科学的研究と大きく異なる点は、分析対象が文化財であることにある。その文化的価値や所有者の意向により、分析手法に制約が生まれ、必ずしも同一条件下で分析が行えるとは限らない。また、文化的価値を損なわないために、非破壊かつ非接触での調査が基本となり、サンプリングを行う場合も最小限であることが望ましい。本研究ではこうした条件に応じつつ、1つの資料から最大限の情報を取ることを目的とし、複数の手法を組み合わせる分析を行った（表 3-1）。なお、対象（胎土、釉薬）が同じでも、資料によって分析手法や条件を変更している場合、詳細はその都度述べていく。

表 3-1 分析法一覧

分析法	測定対象	
	胎土	釉薬（装飾）
高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法	一部資料	-
偏光顕微鏡観察	一部資料	-
走査型電子顕微鏡／エネルギー分散型X線分析法	全資料	全資料
蛍光X線分析法	-	一部資料
X線回折法	一部資料	一部資料

#### 3.2 高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法

##### 3.2.1 分析法

高周波誘導結合プラズマ発光分光分析 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy: 以下、ICP-AESとする)は、試料を採取して酸などにより水に溶解させ、含まれている元素の濃度を分析する方法である。ICPは高周波コイルとコンデンサーとの共振により生成されたプラズマ<sup>3-1</sup>である。ICPを発生させるためには、トーチと呼ばれる放電管に誘導コイルを巻きつけ、コイル

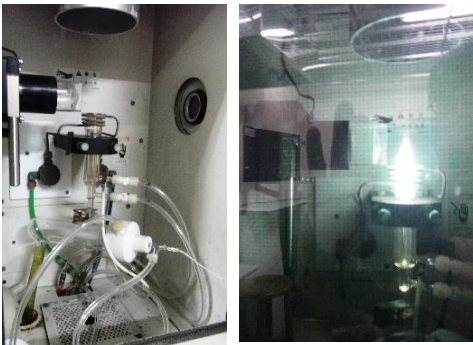


図 3-1 ICP-AES 装置内部  
左 トーチ内  
右 プラズマ点灯時

<sup>3-1</sup> プラズマとは、高温で電離した陽イオンと電子を含む電気伝導性をもった気体である。

ルに高周波電流（13.56MHz）を通すことによって誘導磁場を発生させる。このトーチ内にアルゴンガスを導入すると、アルゴンは自ら高温のプラズマ状態になる（図 3-1）。

高温のプラズマ中に導入された元素は、励起されて元素固有の波長の光を放射する（原子発光）。ICP-AES は、この放射された光の波長と発光強度から、含まれている元素の種類（定性分析）とその濃度（定量分析）を測定する。検出法には、回折格子を用いて分光された光を複数の検出器で測定するマルチ法と、1 つの検出器で波長を走査して検出するシーケンシャル法がある。本研究ではシーケンシャル法を用いている。

ICP は連続的に安定した高温の励起源が得られ、また共存する元素や試料溶液の液性や共存物質の干渉作用などによる分析値への影響が少なく、主成分元素から ppb<sup>3-2</sup> レベルに至る多くの元素の濃度を迅速にかつ同時に分析可能であるという特長を有している。

### 3.2.2 試料調製法並びに分析方法

考古学的、美術史的に影響の少ないと思われる箇所を選択して、分析対象資料から胎土を採取した。胎土採取には PROXXON ミニルーター 28600-S を使用した。ミニルーターを使用すると、切削しながら胎土が得られるので、粉末状態での試料採取が可能となる。

粉末状態で採取した試料を、テフロン製の容器に約 50mg 精秤し、王水<sup>3-3</sup>を 0.6ml、フッ化水素酸（HF）を 3ml 加えた後、ステンレス・スチール製の密封分解容器に入れ、電気乾燥器中 110℃で 80-90 分間加熱した。加熱後、室温まで冷却し、テフロン製の容器から 20ml ほどの純水でテフロンビーカーに移し、150-160℃に熱したホットプレート上で蒸発乾固し、フッ化水素を完全に除去した。蒸発乾固後、硝酸（HNO<sub>3</sub>）3.5ml と純水を加え、再びホットプレート上で 10-15 分間ほど加熱して溶かし、最後に、メスフラスコに移し純水を加えて 100ml 定容とした。

測定は 10 元素（主成分元素であるチタン（Ti）、アルミニウム（Al）、鉄（Fe）、マンガ（Mn）、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）の 8 元素、微量成分元素であるストロンチウム（Sr）、バリウム（Ba）の 2 元素）を定量した。プラズマの出力の大小により、測定は 8 元素（Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Sr, Ba）を高出力で（1.2kW）、2 元素（Na, K）を低出力（0.6kW）で行った。分析機器はセイコー電子工業（現 SII・ナノテクノロジー株式会社）製 SPS1200A と Seiko Instrument（現 SII・ナノテクノロジー株式会社）製 SPS1700 を併用した（図 3-2、図 3-3）。本研究で選択した波

---

<sup>3-2</sup> parts per billion 10<sup>-9</sup>

<sup>3-3</sup> 硝酸（HNO<sub>3</sub>）：塩酸（HCl）＝1：3 の混合溶液

長を表 3-2 に示す。

標準試料には日本工業技術院地質調査所 (GSJ: Geological Survey of Japan) 配布の標準岩石試料 JB-1a (玄武岩)、JG-1a (カコウ閃緑岩) を用いた。定量方法は、ブランク溶液と標準試料溶液により検量線を作成する 2 点法を用いた。本研究での測定は、JB-1a を標準試料とした分析を測定 1、JG-1a を標準試料とした分析を測定 2 とした。測定は、1 試料について測定 1 と測定 2、それぞれ 5 回行い、測定 1 と測定 2 で算出した定量値の平均値を、最終的な定量値とした。

表 3-2 定量分析に用いた波長一覧

	セイコー電子工業製 SPS1200A 波長 (nm)	Seiko Instrument製 SPS1700 波長 (nm)
Ti	323.5	334.9
Al	394.4	396.2
Fe	259.9	259.9
Mn	257.6	257.6
Mg	279.6	279.6
Ca	393.4	393.4
Na	589.0	589.6
K	766.5	769.9
Sr	216.6	407.8
Ba	230.4	455.4



図 3-2 セイコー電子工業製 SPS1200A



図 3-3 Seiko Instrument 製 SPS1700

### 3.3 偏光顕微鏡

#### 3.3.1 分析方法

偏光顕微鏡は、鏡筒の下と上に振動方向の異なる偏光板を取り付け、その間に試料を置いて観察する顕微鏡である。偏光方向を固定し、顕微鏡の光軸を軸に試料を左右に回転させると、試料中の鉱物は見かけの色や、明度が変わる。この変化は物質によって固有のため、このような光学的性質を利用すれば、鉱物の組み合わせや組織を調べることが出来る。文化財科学においては、主に土器を中心としたやきものの産地推定に用いられている。産地推定は胎土の差異が鉱物の供給源と運搬様式、そして各鉱物がメルトから析出したときの原料と条件差にその起源をもつことが前提となる。

偏光顕微鏡が一般的な光学顕微鏡と最も異なる点は、ポーラーと呼ばれる偏光装置を 2 つもつことと、コノスコープという装置にすることができることである。通常は、照明の開口数を小さくして観察するオルソスコープと呼ばれる方法で、2 つのポーラーを出し入れして観察を行う（上方ポーラーを取り除いて観察する場合と両方のポーラーを入れて観察する場合があります、前者を下方ポーラーのみの観察、後者を直交ポーラーによる観察と呼ぶ）。コノスコープは 2 枚のポーラーを入れた状態で、コンデンサレンズを入れ、さらに照明の開口数を大きくし対物レンズの瞳面（後側焦点面）を観察する方法である。本論ではオルソスコープ像とコノスコープ像で得られる光学的特徴から鉱物・岩石片の同定を行う（表 3-3）。

表 3-3 各観察法と得られる情報

観察法		得られる情報
オルソスコープ	下方ポーラーのみの観察	形、大きさ、屈折率、色の観察
	直交ポーラーによる観察	消光、干渉色、光の振動方向、バイレフリンゼンスの観察
コノスコープ		一軸性・二軸性の識別、光軸角、光学性の観察

#### 3.3.2 試料調製法

試料調製法には、試料片自体をプレパラートに固定し作成する全体法と、鉱物の粒径、磁性、比重の差などに着目し、特定の特徴を持った鉱物を濃縮して分析する抽出法に大別される。抽出法は、全体法に比べより厳密な検討が可能である。しかし、試料調製により

膨大な時間を費やし、サンプリング量も前者より多くなる。本分析ではサンプリング量に制限があるのに加え、胎土の層構造の情報を得ることを目的としたため、全体法を採用した。

初めに観察に供する陶片資料の一部を切断する。切断面は、器壁に対して平行となるようにした。器壁に対し平行に切断するのは、観察面を広く確保すること、資料本体に対する切断の位置関係を識別すること、胎土と釉薬の観察を同時に行うことなどを目的とする。

樹脂で埋包するために、ポリエステル樹脂混合液を作成する。不飽和ポリエステル樹脂（昭和電工株式会社製リゴラック）に触媒であるパーメック N と促進剤であるナフテン酸コバルトを樹脂に対しそれぞれ 0.12% 加え、よく攪拌した後、真空下で脱泡した。なお、以下で述べるポリエステル樹脂とは、上記と同様の処理を行った混合液を指す。

埋包容器にポリエステル樹脂を入れる。今回使用した埋包容器は、テフロン管である。テフロンは薬品に対し安定した物質で耐熱性があり、屈曲性があるため固化した試料を取り出すのが容易である。テフロン管は物性に加え、入手しやすく、試料の大きさに応じてサイズを自由に変更できる点なども本作業に適している。テフロン管をテフロン製の板に配置し、樹脂が流れないように粘土で土手を作る（図 3-4）。このテフロン管におよそ 3 分の 1 の高さまでポリエステル樹脂を注ぐ。これを電気乾燥器内に設置された加圧器へいれ、大気圧+2 気圧、40℃でおよそ 3 時間、ポリエステル樹脂がゼリー状になるまで加熱する。

加圧器から取り出したテフロン管に、ポリエステル樹脂を少量注いだのち、試料を入れる。試料は事前に樹脂を含浸させ脱泡を行っておく。あらかじめ表面を樹脂で覆うことにより、埋包の際に空気が混入しても、観察の妨げになるのを防ぐ効果が期待できる（図 3-5）。



図 3-4 テフロン板



図 3-5 ポリエステル樹脂含浸

試料が完全に浸るまで樹脂を注いだ後、テフロン管を再び電気乾燥器内の加圧器へいれ、



大気圧+2 気圧、40℃で 12 時間以上加熱する（図 3-6）。

樹脂が完全に固化したテフロン管から試料を取出し、観察したい面にあわせて切断をする。切断した試料は粗い研粒から細かい研粒と段階的に研磨し、最終的に粒度 0.05 $\mu\text{m}\phi$  のアルミナ懸濁液で鏡面状態に仕上げる（図 3-7）。



図 3-6 ポリエステル樹脂の固化

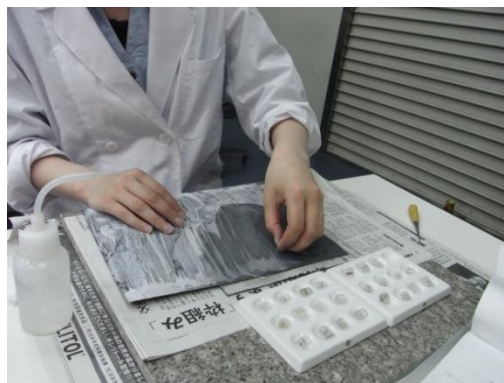


図 3-7 研磨の様子

研磨面にポリエステル樹脂を塗布、脱泡し、スライドガラスに接着する。接着の際は、研磨面の樹脂を拭いつつ新たな樹脂を塗布する。また、スライドガラスは変形を避けるため常温で放置する。

ポリエステル樹脂が固化し試料が十分に接着したら、スライドガラスの平行面に沿って資料を切断する（図 3-8）。スライドガラスの切断面を粗い研粒から細かい研粒と段階的に研磨し、最終的に粒度 0.05 $\mu\text{m}\phi$  のアルミナ懸濁液で鏡面状態に仕上げる（図 3-9）。



図 3-8 切断の様子



図 3-9 ガラス研磨の様子

### 3.4 走査型電子顕微鏡／エネルギー分散型 X 線分析法

#### 3.4.1 分析方法

走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microprobe: 以下、SEM とする）は、細く絞った電子ビームを試料表面上に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、装置によっては低真空での分析も可能である。

SEM には、電子ビーム照射により発生する特性 X 線を検出する、半導体検出器が付設されることが多い。本分析で用いた、エネルギー分散型 X 線分光器（Energy Dispersion Spectroscopy: 以下、EDS とする）は、Na より原子番号の大きい元素について、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である。

#### 3.4.2 試料調製法並びに分析方法

資料は帯電防止の蒸着を行わず、10Pa の真空下で観察・分析を行った。胎土は最表面の汚れをルーターによって除去し、特定の元素強度が高い箇所や粒子を避け、60 倍の倍率下で観察・分析を行った。釉薬は測定箇所についてアルコールでふき取りを行った後、同じく 60 倍の倍率下で観察・分析を行った。分析条件は、加速電圧: 20kV, フィラメント電流: 100–110 $\mu$ A, 作動距離 (W.D.): 20mm である。分析装置には日立製 S-2460N 並びに HORIBA 社製 EMAX ENERGY EX-250 を用いた。

### 3.5 蛍光 X 線分析法

#### 3.5.1 分析方法

蛍光 X 線分析法 (X-ray Fluorescence: 以下、XRF とする) は、対象資料に X 線を照射し、資料から発生する特性 X 線 (蛍光 X 線) のエネルギー強度を測定して、資料中の元素の種類 (定性分析) や濃度 (定量分析) を調べる分析法である。蛍光 X 線分析装置は蛍光 X 線を検出する方法の違いから、波長分散型 (Wavelength dispersive type) とエネルギー分散型 (Energy dispersive type) とに大別され、本研究ではエネルギー分散型装置を用いた。XRF は複雑な前処理を必要とせず、非破壊・非接触で分析することが可能であり、分析時に資料に与える影響も小さい。

#### 3.5.2 試料調製法並びに分析方法

形状が大きく SEM-EDS では分析が行えない、一部資料の釉薬について、試料室のより大きい設置型蛍光 X 線分析装置を用いて定性分析を行った。本分析装置でも分析が行えない大型の資料については、精度や分解能が劣るポータブル型蛍光 X 線分析装置を用いた。釉薬 1 色につき 2-3 ポイントを測定した。本分析は大気条件下での測定のため、原子番号が K より小さい元素はほぼ検出できない。したがって、Si、Al、Na、Mg など釉薬の主成分となる元素について測定できないため、含有元素の定量分析は行わず、検出元素の種類による検討 (定性分析) にとどめた。使用した蛍光 X 線分析装置並びに分析条件は表 3-4 のとおりである。

表 3-4 使用した蛍光 X 線分析装置の分析条件

分析装置名	SII・ナノテクノロジー製 (現日立ハイテクサイエンス) SEA200	SII・ナノテクノロジー製 (現日立ハイテクサイエンス) SEA5120S
タイプ	ポータブル型	設置型
電圧	50kV	45kV
電流	50—161 $\mu$ A	8—34 $\mu$ A
コリメーター径	$\phi$ 5.0mm	$\phi$ 1.8mm
測定時間	180 秒	180 秒
測定雰囲気	大気	大気
X 線管球	ロジウム (Rh)	モリブデン (Mo)

### 3.6 X線回折法

#### 3.6.1 分析方法

X線回折 (X-ray diffraction: 以下、XRD とする) 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いる。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)。この回折パターンから物質の結晶構造を調べ、それを元素情報と合わせ解析することで、物質同定を行うことが出来る。

X 線回折で得られる情報はあくまで原子・分子の配列状態であり、成分分析を併用することによってより高い効果を発揮する。本研究では ICP-AES と SEM-EDS による定量分析結果と X 線回折の解析結果をもとに化合物の同定を行った。

表 3-5 使用した X 線回折装置と分析条件

Rigaku 製 X-RAY DIFFRACTOMETER Rint Ultima III	
測定条件	
電圧	40kV
電流	50mA
ターゲット	Cu
モノクロメーター	使用
ステップ幅	0.01°
スキャンスピード	5°/min.

#### 3.6.2 試料調製法並びに分析方法

表面の凹凸が回折データに影響を及ぼすため資料は平滑なことが望ましいが、本研究は非破壊調査を基本とするため、試料調製を行わずに資料本体を分析に供した。偏光顕微鏡観察用にサンプリングが可能であった場合に限り、作成した薄片資料を分析に供した。使用した X 線回折装置並びに分析条件は表 3-5 のとおりである。X 線検出器には半導体検出器を用いた。半導体検出器は、通常のシンチレーション式検出器と比較して 200 倍の感度を有し、特に、微小ピークの検出に有効である。測定データの解析には Rigaku 製 Rigaku Data Analysis Software PDXL2 を用いた。



図 3-10 Rigaku 製 Rint Ultima III



## 第4章 胎土

### 4.1 緒言

「胎土」は成形や焼成に適するように粘土や混和剤などの各種原料を調合・調製したものと定義し、成形作業も含んだ釉薬を施す直前の「素地」とは区別している。釉薬の原料となるガラスは、遠隔地で取引されるのに対し、胎土の原料となる粘土は、基本的には製作地周辺から入手され则认为られており、生産地推定には胎土分析が最も多用される。

フスタートでは、トチン<sup>41</sup>や棒サヤ<sup>42</sup>といった窯道具や、焼成不良品などが見つっている。そのため、フスタートでは製陶業が営まれ、消費地であると同時に生産地でもあった可能性が高い。また窯道具は一般住居内で発掘されるため、少なくとも轆轤作業は住居内で行われていたと考えられる。しかしフスタートでの陶器窯の操業開始年や、その規模についてはわかっていない<sup>43</sup>。そこで、はじめに気候風土、現代陶工の民俗調査例、そしてこれまでに明らかにされているイスラーム陶器の製陶技法を概観し、フスタート周辺で得られる原料土や、想定される胎土の調合技術について考えていく。

### 4.2 原料土と調製法

胎土を構成する要素のうち、最も重要な成分は粘土である。粘土は土壌学の定義では「2  $\mu\text{m}$  以下の粒径をもつ微細な粒子の集合体」であり、風化作用により生成した粘土鉱物（ケイ酸塩、酸化物、炭酸塩など）や、母岩中の耐風化性の強い鉱物などが含まれている。粘土鉱物は、母岩や生成条件によって組織や構造が異なるが、水を加えると可塑性を持ち、焼成すると固結するという共通した性質を有する。粘土鉱物を構成する基本単位は、中央に  $\text{Si}^{4+}$  または  $\text{Al}^{3+}$  イオンが入り、その周りを4個の  $\text{O}^{2-}$  が取り囲む四面体層と、中央に1-3価の陽イオンが入り、その周りを6個の  $\text{O}^{2-}$ （または  $\text{OH}^-$ ）で取り囲む八面体層である。粘土鉱物はこれらが様々に組み合わせられ重なった層状構造をとる。どのような粘土も製陶に利用できるわけではなく、陶工の仕事はやきものづくりに適した粘土を手に入れることに始まる。

---

<sup>41</sup> 重ね焼きの道具。

<sup>42</sup> 窯詰めの道具。アブー・カースィムの書には「窯は高い塔のようで、内側にはそれぞれ *larsh*（または *ldhira*）半の長さの焼いた土製の棒を内側の穴に差し込んだ段がある」と、棒サヤと思われる記述（下線部分）が認められる。

<sup>43</sup> 陶器窯については、スキャンロンが窯跡の存在を示唆する報告をしているものの、その規模や構造については何も述べられておらず、詳細は不明である。

エジプトで窯業に用いることが出来る主要な粘土として、ナイルシルトとマールクレイが知られている。「シルト (2–50  $\mu\text{m}$ )」「クレイ (2  $\mu\text{m}$ 以下)」は鉱物学的には粒径サイズによって定義されるが、ここでは慣用的にエジプト学で用いられている呼称を用いる。ナイルシルトは、古代より最も一般的に利用されてきた粘土であり、ナイル河沿いの沖積地であれば容易に手に入れることができる。マールクレイはカルシウムに富んだ粘土で、石灰岩などが風化し生成された堆積岩に由来する。エスナ近郊からカイロまでのナイル溪谷沿いや西部オアシスで採取できるが、採取できる場所はナイルシルトよりも限定され、古代においては専門性の高い工房でのみ利用されていたと考えられている (齋藤 2004)。その他、アスワーンやギザ周辺ではカオリンクレイが堆積している (Bernsted 2003; Baïoumy et al. 2014; Wodzińska 2010)。カオリンクレイはカオリナイトなどを含んだ可塑性が高い粘土を示す。アスワーンで製作された赤色光沢土器には、このカオリンクレイが利用されていたと考えられている (長谷川 2008; McNally and Ivančica 2000)。

次に、地理環境からフスタートやその近郊で入手可能な原料について検討する。フスタートは西にナイル河が流れ、東は南北へ向かって長く伸びるムカッタムの丘と呼ばれるナイル河岸段丘がそびえ、北は小高い丘で遮られている。ナイル河側から望むと、ちょうど鉢状の底部分にあたるような地形となっている (川床 1992b)。地層浅部に第三紀の始新世 (Eocene: 約 5600–3390 万年前) の時代に形成された厚い石灰岩層があり、その上を第四期の完新世 (Holocene: 約 1.17 万年前–現在) に堆積した粘土–細砂質のナイル沖積層が広がる。つまり地理的条件として、フスタートにおいてナイルシルトは容易に手に入る材料であり、露出した石灰岩周辺には風化作用によってマールクレイが堆積する。無論、遺跡周辺の自然環境は近郊で入手可能な原料の存在を示すのみで、実際に使用されたかを実証するものではない。その点、現在の民俗例は、継承する伝統技法の復元において示唆に富む。フスタート内では、1970 年代まで窯業活動が行われていたことが確認されている。再開発計画に伴い陶工は様々に離散したが、その中でフスタート遺跡近郊の石灰岩採石場周辺に移った陶工は、ムカッタムの丘近郊で採れるナイルシルトとマールクレイの 2 種類の粘土を利用していたことが報告されている (Wendrich and Kooij 2002)。つまり、地理的条件と民俗調査例から考えると、フスタート周辺ではナイルシルト、マールクレイが利用可能であり、中世のフスタート陶工もこのような原料を用いていた可能性が高い。

採取された粘土は、そのまま用いられることはほとんどなく、ふるい、水簸、練り、寝かしといった作業を通じて調製される。調製された粘土はさらに耐久性・品質の向上等を目的として、砂、ガラスフリット、有機物質などの混和剤を加え調合され、これによって

胎土が完成する。こうした製陶技法は、原料と同じように、陶工を取り巻く自然や社会環境に左右されるため、地域・時代や陶工集団の系統によって特徴を持ちやすい。エジプト・イスラーム陶器の場合、調合法の違いから粘土質胎土とストーンペースト胎土（プロトタイプも含める）に大別される。粘土質胎土は、粘土を主体とした、一般的にイメージされる陶器胎土と言える。一方、ストーンペースト胎土は、ケイ酸塩を主体とするイスラーム陶器を代表する製陶技法である。イスラーム陶器生産の中心地である西アジアの粘土は、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、カリウムが多く含まれる。雨の少ない条件下において、粘土からのアルカリ性陽イオンの溶脱が遅いことが要因と思われる。こうした粘土は、耐火性が低いことが特徴である。そのため西アジアでは伝統的に低火度焼成が行われてきた。したがって西アジアで作られていた陶器胎土は、非常にもろく釉薬が剥離しやすいものであった。またヘマタイト（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）も多く含まれているため、焼き上がりは赤または黄褐色を呈していた。それがイスラーム時代になると、中国白磁に触発された陶工らによって、胎土調合の改良が進められていく。彼らは従来の材料を用いて白色の素地を如何に表現するか苦慮したと思われる。はじめは白色のスリップを器表面に施すなどの、シンプルな工夫が試みられた。そしてある時期に、石英に粘土とガラス粉を加え固く半透明の素地を作る、革新的な技法が考案された。ストーンペースト技法の誕生である。

ストーンペースト陶器はフリットウェア、ファイアンスとも呼ばれる。日本では複合胎土陶器、石質胎土陶器といった呼称も用いられ、未だ統一された名称はない。ストーンペースト技法に関する最古の文献史料には、イル・ハン朝の宮廷歴史家として活躍したアブー・カーシム（Abu'l-Qasim）のものが遺る（Allan 1973）。カーシムはイランの主要な窯業地であるカーシャー（Kāshān）の中でも著名な陶工家系の出身であり、ヒジュラ暦 700 年（西暦 1300–01 年）日付の彼の手稿によれば、ストーンペースト胎土を調合するには粘土 1、ガラスフリット 1、石英 10 の割合で混合するとある。

メイソンらによると、ストーンペースト胎土は 8 世紀から 9 世紀にアッバース朝（750–1258 年）治下のバグダードで、粘土にガラスフリットを加えたプロトタイプともいえる技法が開発され、10 世紀後半にアッバース朝衰退に伴う陶工の移動によってエジプトにもたらされた。エジプトで初めに製作されたストーンペーストは粘土 5、ガラスフリット 2、石英 3 と粘土の割合が多いものであったが、粘土とガラスフリットに対する石英の割合は徐々に増加し、11 世紀には石英が主体の白色で硬質なストーンペースト胎土が完成されたと考えられている（Mason and Tite 1994）。



### 4.3 研究手法

資料の観察および組成分析を行うため、SEM-EDS を用いた。定量値は主成分 8 元素 (SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O) で 100% になるよう ZAF 補正を用いて算出した。全鉄 ( $\Sigma\text{Fe}$ ) の定量値は FeO で表記した。5 回測定を行い、値の近い 3 測定の平均値を定量値とした。また、代表資料について ICP-AES による定量分析、X 線回折による結晶構造解析、偏光顕微鏡による薄片観察を行った。SEM-EDS と ICP-AES の定量性の検討には日本工業技術院地質調査所 (GSJ: Geological Survey of Japan) 配布の標準岩石試料 JA-1 (安山岩)、JA-2 (安山岩)、JR-1 (流紋岩) を用いた。

### 4.4 結果と考察

#### 4.4.1 組成分析

SEM-EDS で算出された定量値について ICP-AES で算出された定量値と比較を行い、補正計算をした上で最終的な定量値とした (表 4-1) <sup>4-4</sup>。

---

<sup>4-4</sup> 補正計算の詳細については「付録 1 補正計算」を参照。

表 4-1 SEM-EDS による定量分析結果一覧 (補正計算後)



表 4-1 (続き)

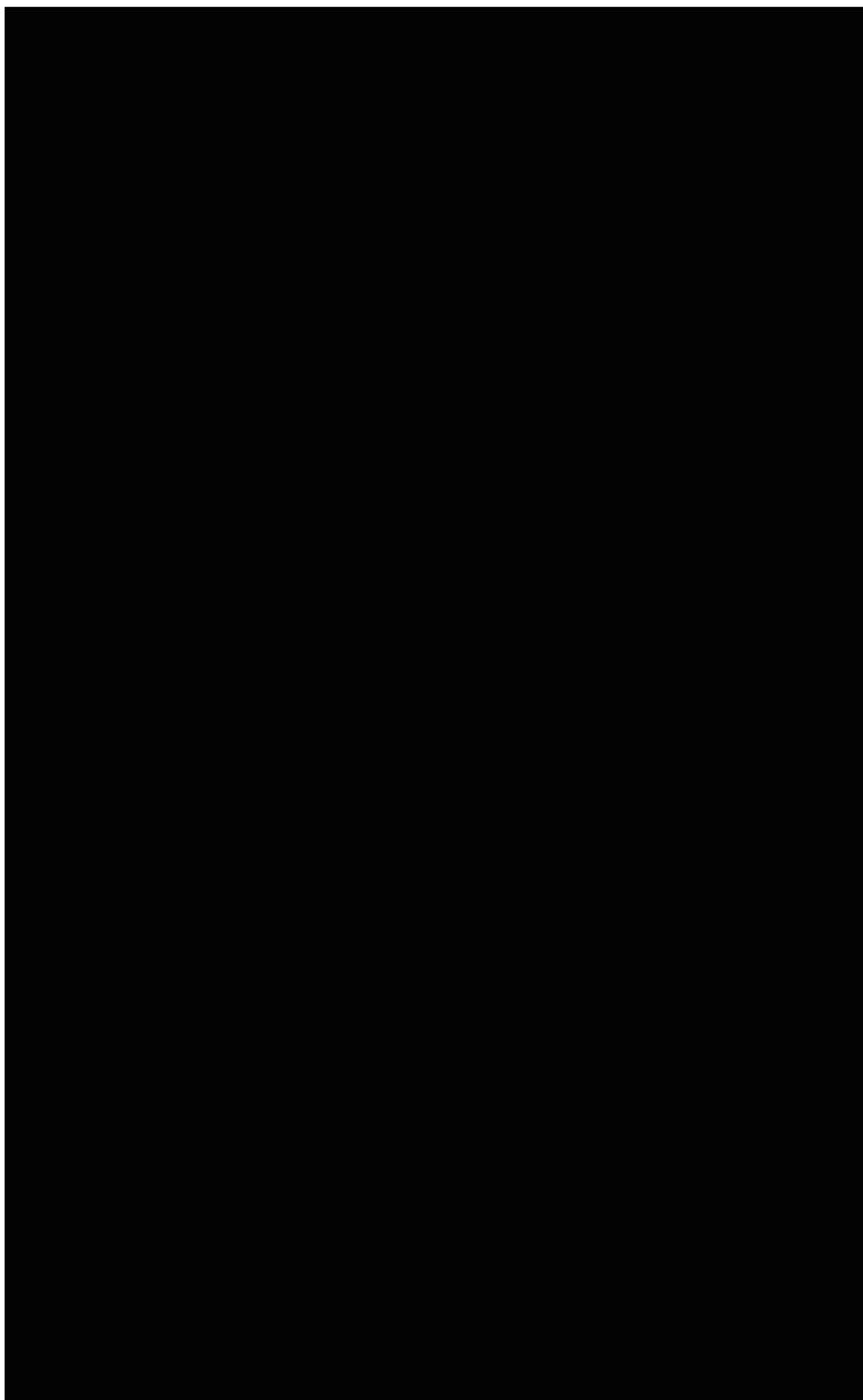


表 4-1 (続き)

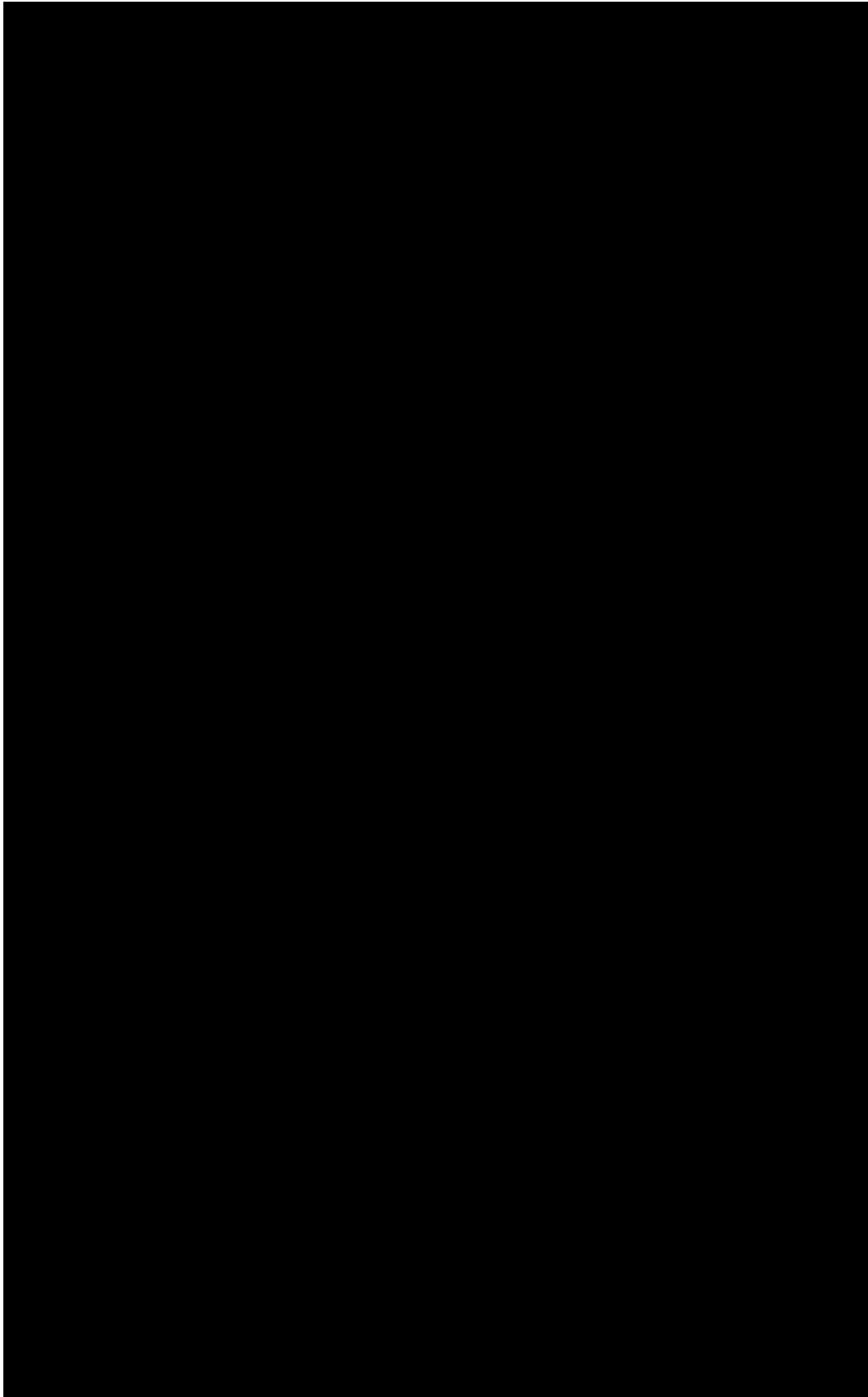
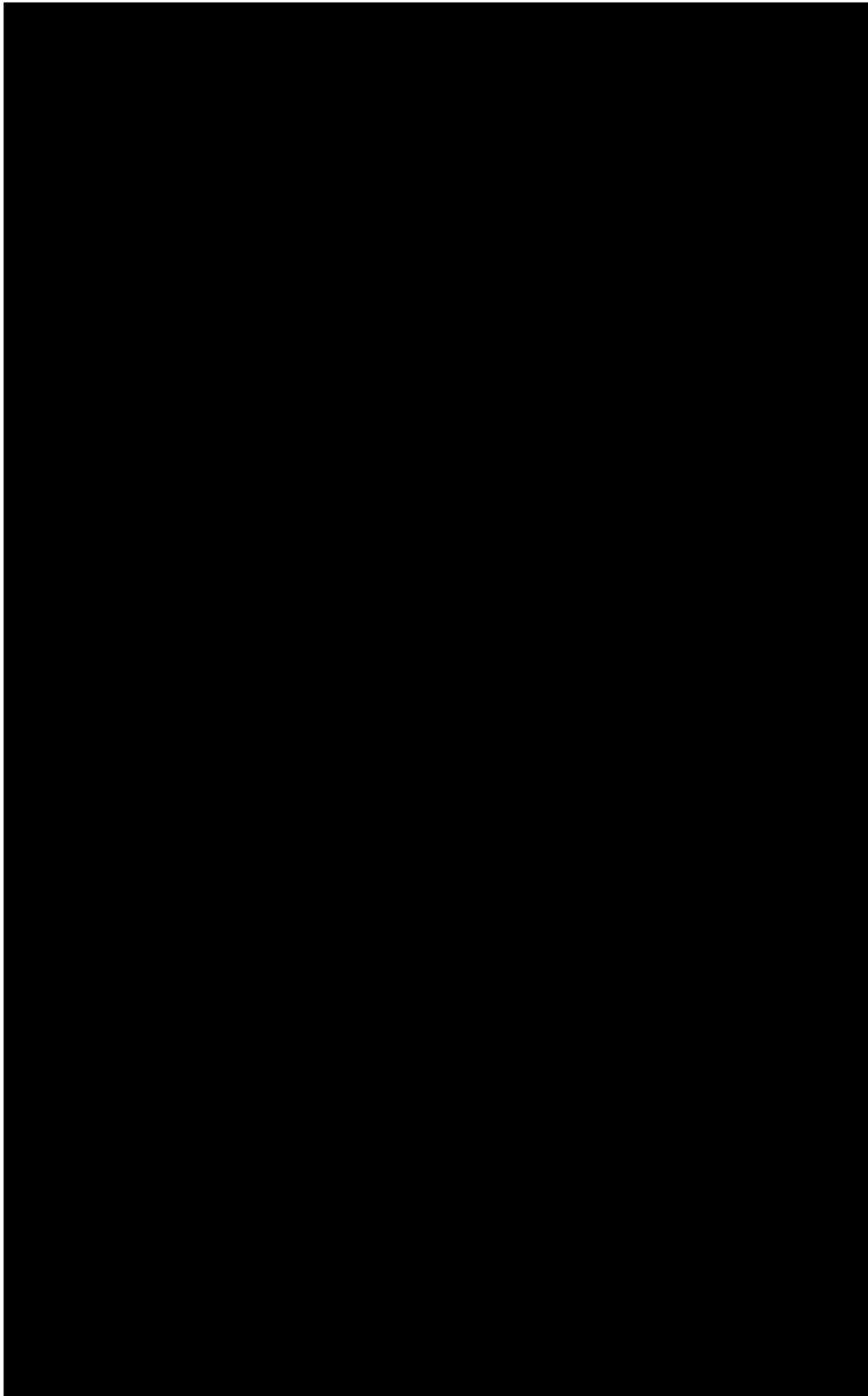


表 4-1 (続き)



[REDACTED]

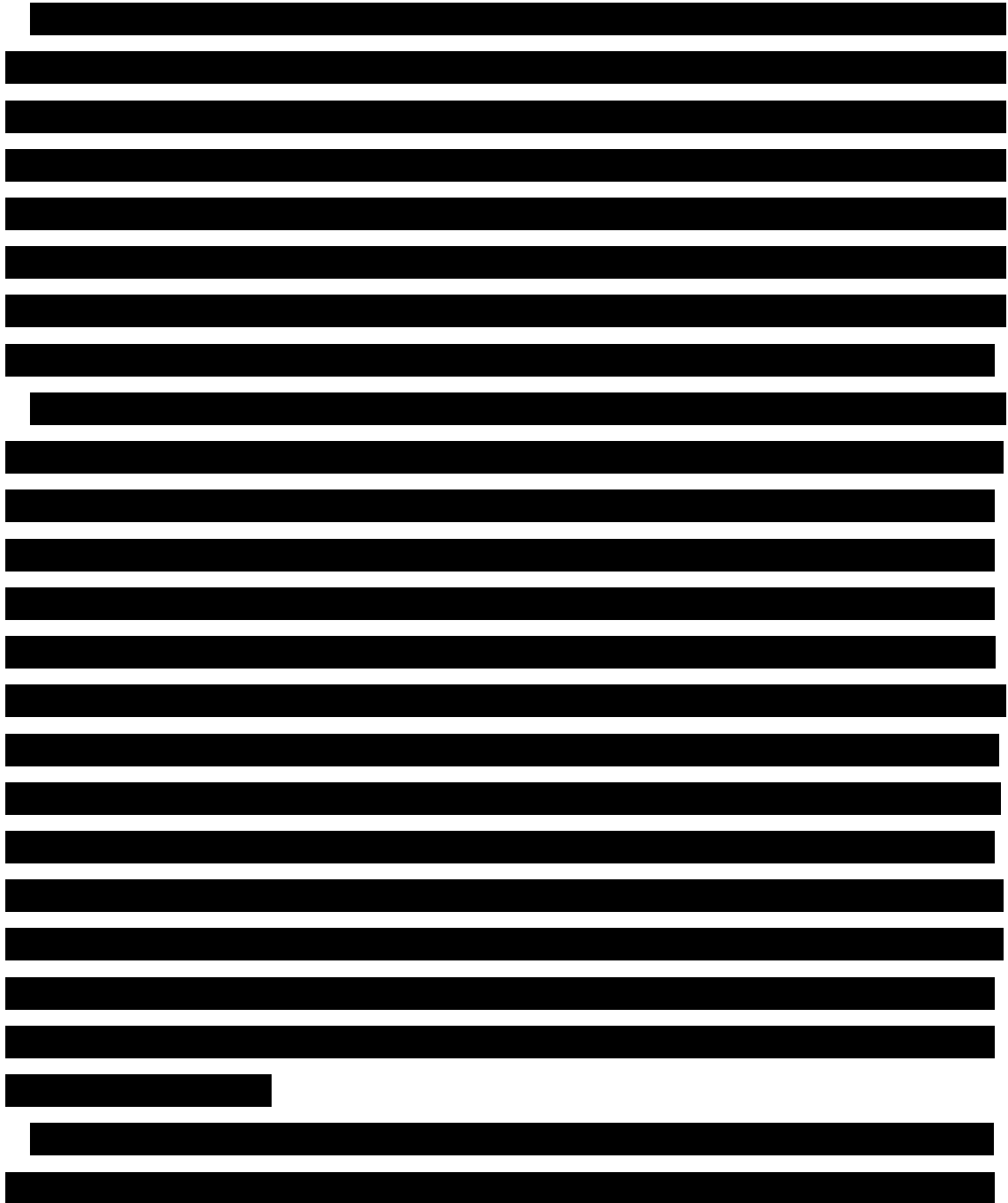
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



---

<sup>45</sup> メイソンらが分析したナイルシルトの組成値は次のとおりである (Mason and Tite 1994)。  
SiO<sub>2</sub>: 59.7%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 15.0%, MgO: 2.1%, CaO: 5.6% , FeO: 8.9%, K<sub>2</sub>O: 1.5%, Na<sub>2</sub>O: 1.7%

<sup>46</sup> 望月によるピンク系赤色光沢土器の定量分析では 35 点ある資料の平均値について、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 20–25%, MgO: 0.7–1%, CaO: 0.5–1% , FeO: 4–6%, K<sub>2</sub>O: 1–2%, Na<sub>2</sub>O: 0.3–0.5% という値を算出している。なお ICP-AES を用いているため SiO<sub>2</sub> は算出されていない (望月 1992a)。

<sup>47</sup> 上エジプトの西テーベ地区南端に位置する遺跡。1971 年より早稲田大学による発掘調査が行われた。

<sup>48</sup> アスワーンのエレファンティーネ遺跡では赤色光沢土器の装飾で利用されるタイプのスタンプ型が出土している (Ulbert 1971)。



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

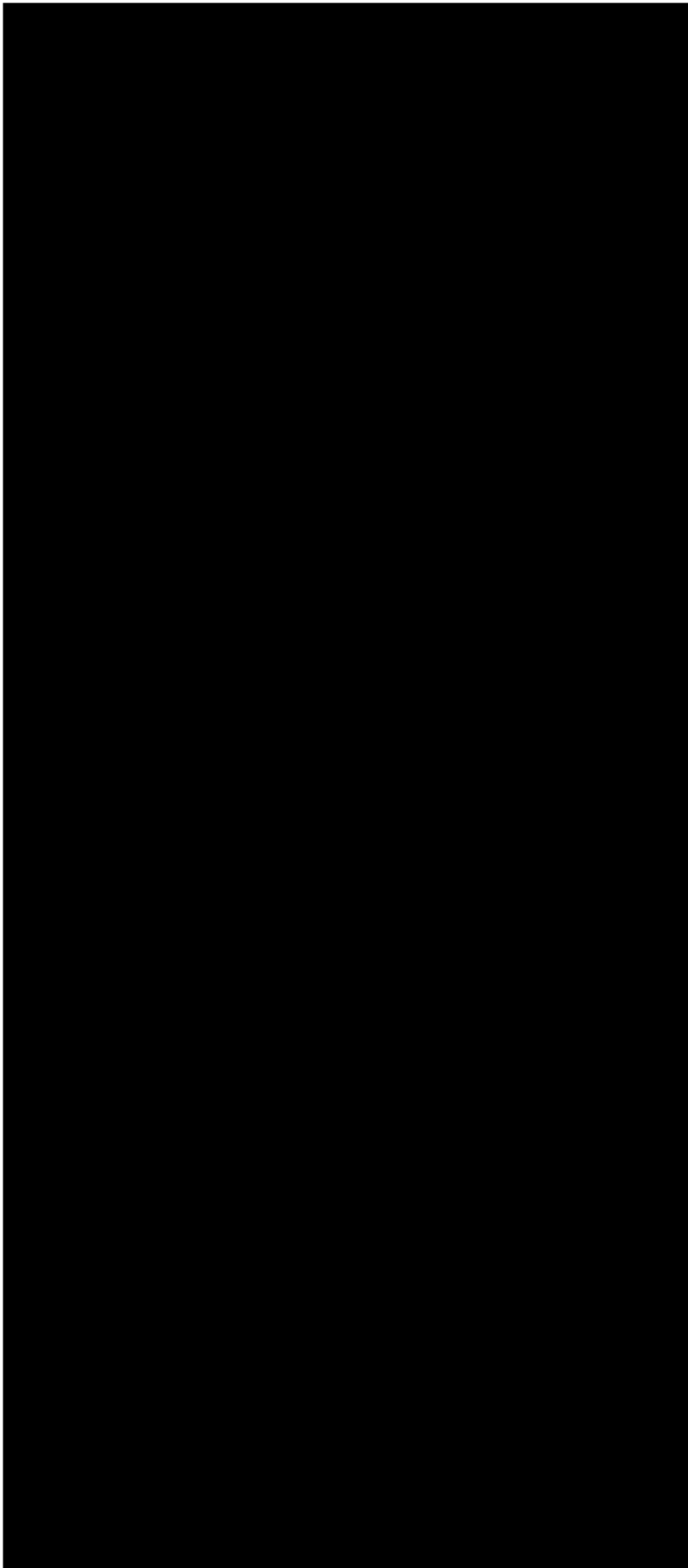


図 4-8  
クラスター分析結果

#### 4.4.2 偏光顕微鏡を用いた観察結果

胎土中に含まれる鉱物・岩石片の偏光顕微鏡による観察結果と SEM-EDS による微小構造の観察結果について述べる。観察を行ったのは出光美術所蔵資料 5 点 (Fayyumi 3: 2 点, Fayyumi 4: 2 点, Fayyumi 3': 1 点) と、早稲田大学所蔵資料 5 点 (赤色光沢土器: 1 点, Fayyumi 1: 4 点) である。早稲田大学所蔵資料は発掘・保管後に劣化が著しく進行した資料の剥離片を用いている。

偏光顕微鏡による胎土中の鉱物・岩石片の同定は、種類を確認する定性分析と、種類ごとに数をカウントして組成を把握する定量分析がある。定量分析の方がより精度が高く原料産地を限定するのに有効であるが、定量に十分なカウントを得るためにはサンプリング量を増やす必要があり、本分析では困難であったため定性分析を用いた。鉱物・岩石名は「岩石学 I 偏光顕微鏡と造岩鉱物」(都城 他 1972)、「岩石学 II—岩石の性質と分類」(都城 他 1975)、鉱物・岩石片の大きさ、頻度、形などの記載は「土壌薄片記載ハンドブック」(久馬 1989) に準じている (表 4-3, 図 4-9, 4-10)。観察された岩石・鉱物の分類結果の一覧を表 4-4 に示す。

定性分析に加え、テクスチュアル・アナリシス (Textural analysis) の観点から観察を行う。テクスチュアル・アナリシスとは鉱物組成ではなく鉱物の形、サイズ、頻度分布から分類を行う手法である。資料間の鉱物組成が類似する場合、テクスチュアルな視点が製作技法の差異などを明らかにするのに有効な場合がある (谷口 1999)。本研究では含有する鉱物・岩石片の中で最も頻度の高い無色鉱物<sup>4-9</sup>に注目し、テクスチュアルな視点からこれらの分類を試みた。

---

<sup>4-9</sup> 無色鉱物は、主に石英や長石類から構成される。石英や長石類は、ともに Si-O 四面体が 4 つの角をすべて共有して、3 次元的につながり網状構造をつくる、テクトケイ酸塩に分類される。風化に強い鉱物のため、陶器の産地や製作年代によらず、胎土中の含有鉱物は、石英や長石類が占めることが多い。

表 4-3 岩石・鉱物のサイズと名称

粘土	————	2 $\mu\text{m}$
シルト	————	2–50 $\mu\text{m}$
極細砂	————	50–100 $\mu\text{m}$
細砂	————	100–200 $\mu\text{m}$
中砂	————	200–500 $\mu\text{m}$
粗砂	————	500–1000 $\mu\text{m}$
極粗砂	————	1000–2000 $\mu\text{m}$

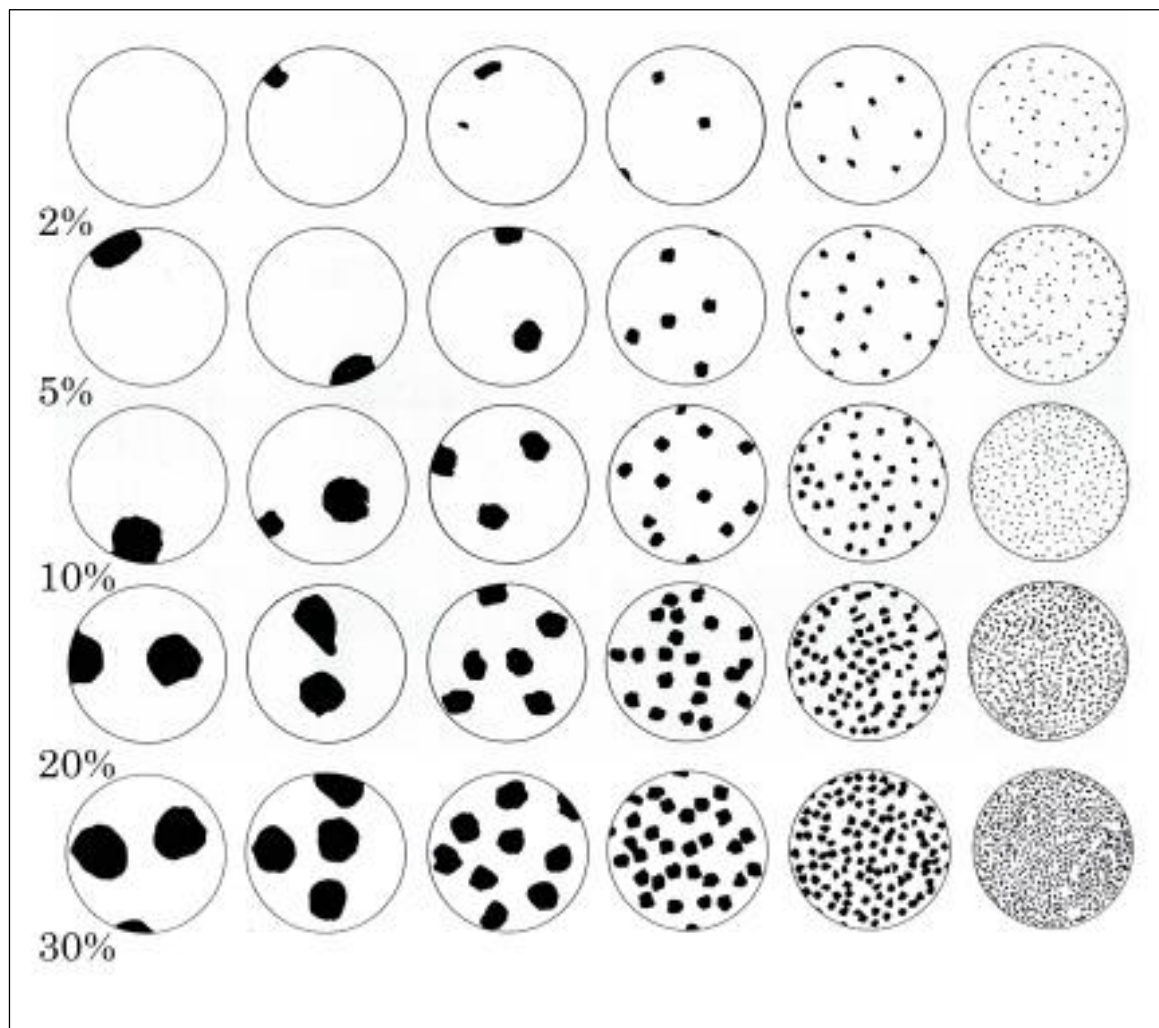


図 4-9 頻度

久馬・八木（監修）1989, pp. 42–45, fig. 42 を元に著者が手を加え作成

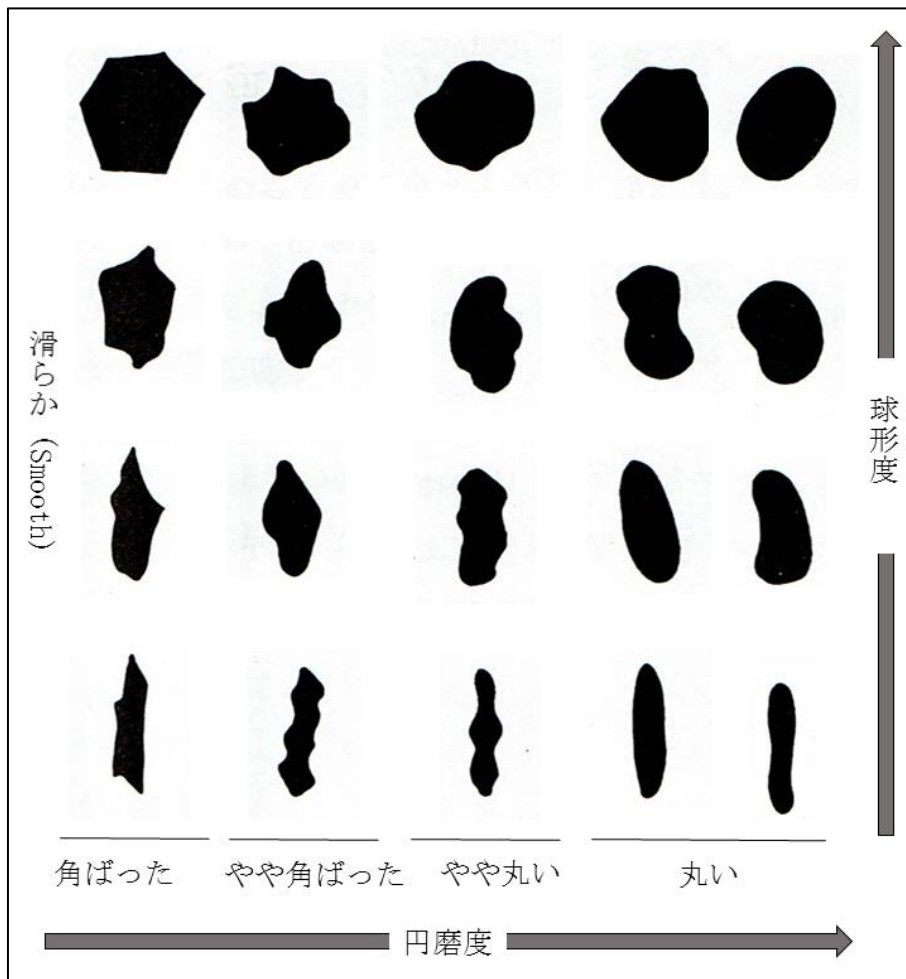



図 4-10 球形度-円磨度

久馬・八木 (監修) 1989, p. 49, fig. 49 を元に著者が手を加え作成

表 4-4 偏光顕微鏡観察結果



含有量の評価 1: 2%以下, 2: 2%, 3: 2-5%, 4: 5-10%, 5: 10-20%

[illegible]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[illegible]

写真 4-1

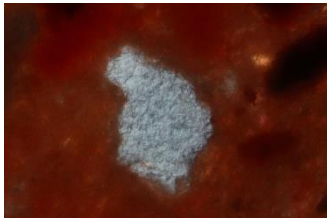
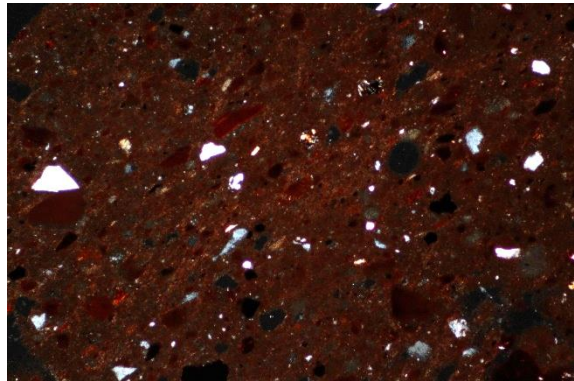
資料 No. R-4

無色鉱物

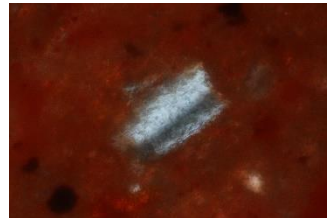
粒径: シルト以下 (極細砂-細砂)

頻度: 5%程度

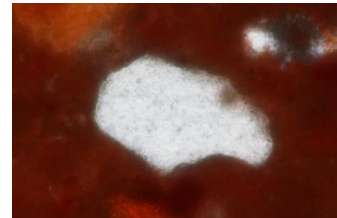
円磨度: やや丸い-丸い



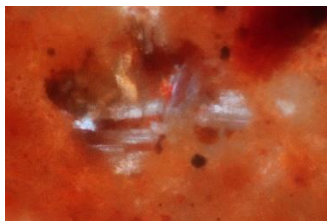
石英



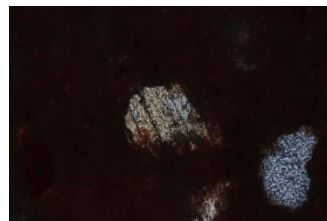
斜長石



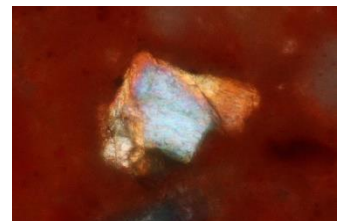
正長石



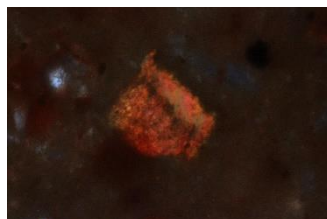
マフィック火山岩片



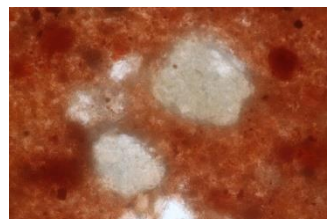
オージャイト



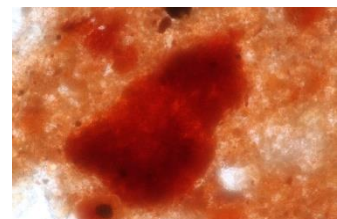
ホルンブレンド?



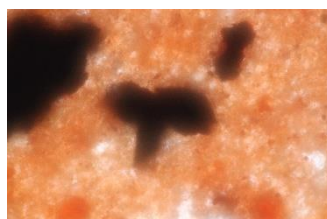
玄武ホルンブレンド



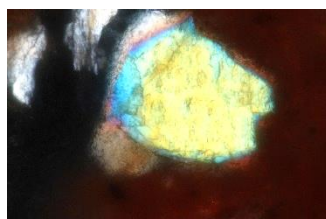
泥質ブロック



赤褐色粒子



不透明鉱物



カンラン石



写真 4-2

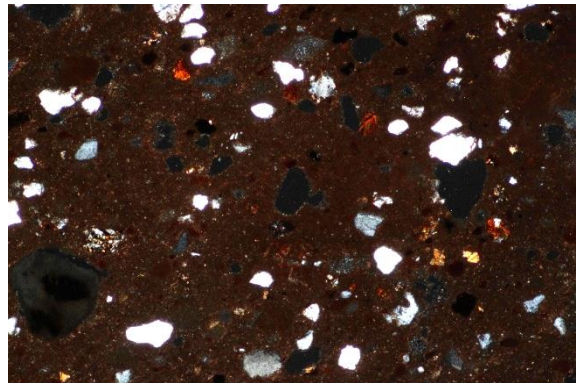
資料 No. 1-1

無色鉱物

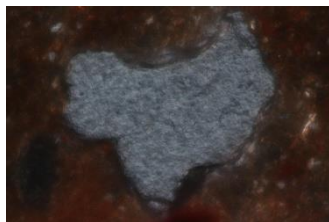
粒径：細砂-中砂

頻度：15-20%程度

円磨度：やや丸い-丸い



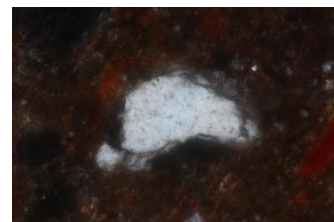
観察結果



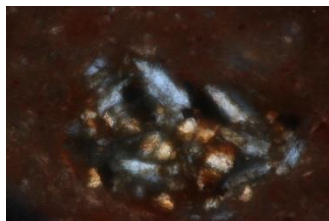
石英



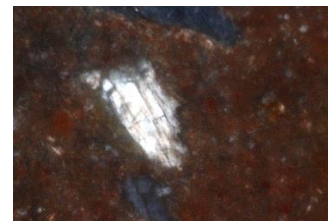
斜長石



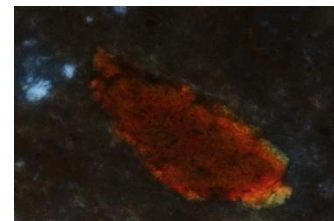
正長石



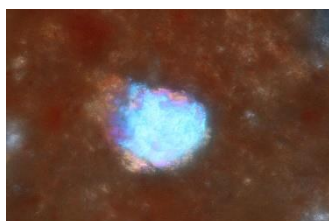
マフィック火山岩片



オージャイト



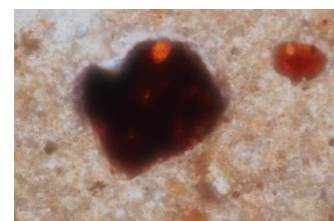
玄武ホルンブレンド



カンラン石？



泥質ブロック



赤褐色粒子（左上）  
不透明鉱物（中央）

写真 4-3

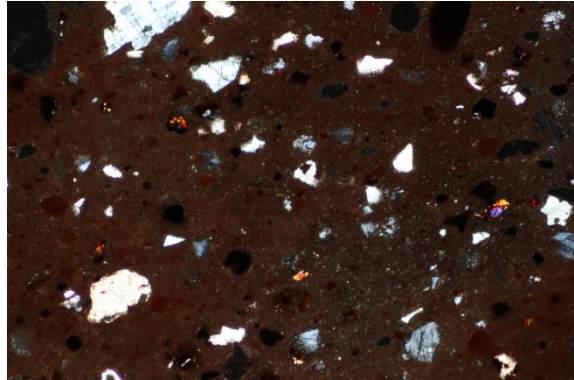
資料 No. 1-4

無色鉱物

粒径: 極細砂-中砂 (まれに粗砂)

頻度: 15-20%程度

円磨度: やや丸い-丸い



観察結果



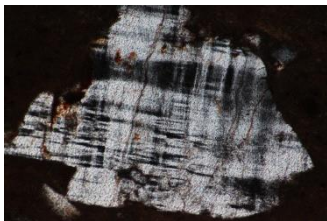
石英



斜長石



正長石



微長石



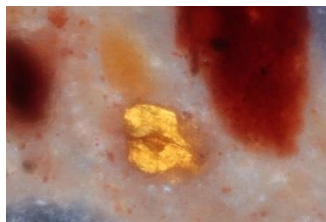
マフィック火山岩片



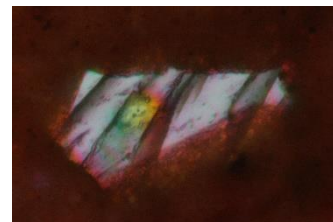
斜方輝石



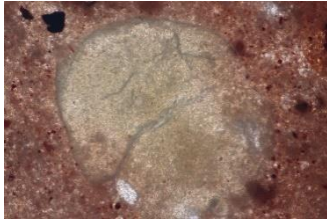
カンラン石



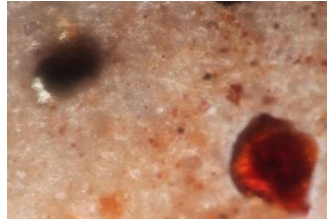
玄武ホルンブレンド



緑簾石



泥質ブロック



赤褐色粒子（右下）

不透明鉱物（左上）

写真 4-4

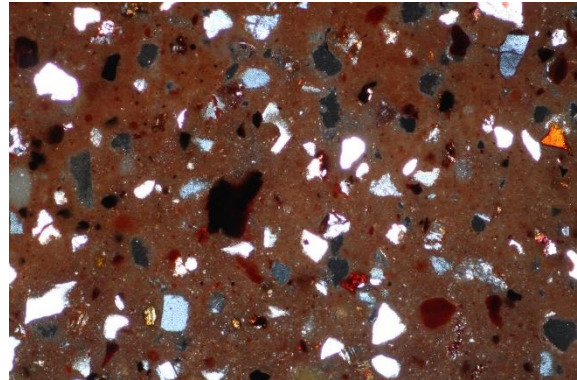
資料 No. 1-5

無色鉱物

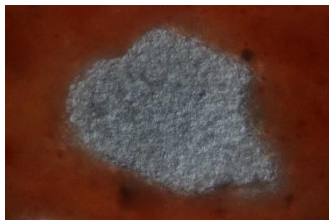
粒径: 細砂-中砂

頻度: 20-25%程度

円磨度: やや丸い-丸い



観察結果



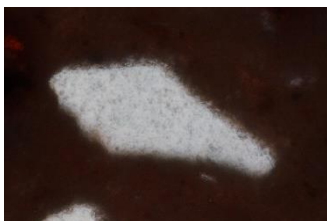
石英



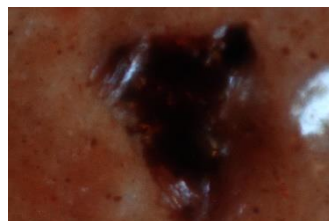
斜長石



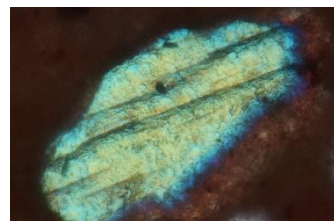
微斜長石



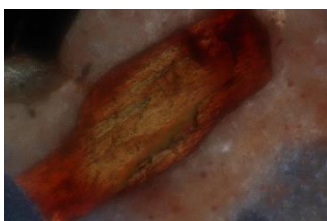
正長石



マフィック火山岩片



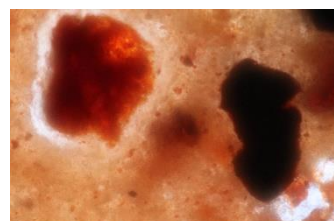
オージャイト



玄武ホルンブレンド

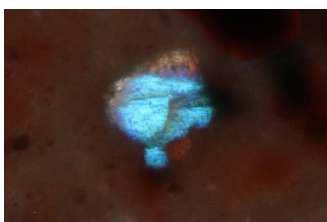


泥質ブロック



赤褐色粒子 (左)

不透明鉱物 (右)



カンラン石



写真 4-5

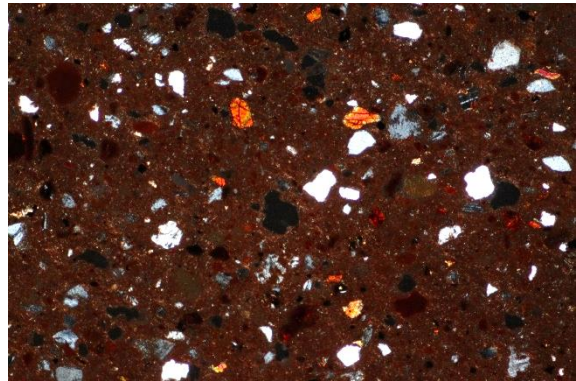
資料 No. 1-13

無色鉱物

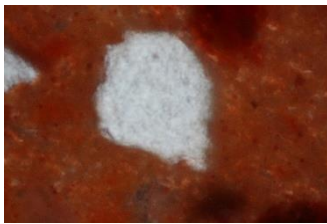
粒径：極細砂～中砂

頻度：20%程度

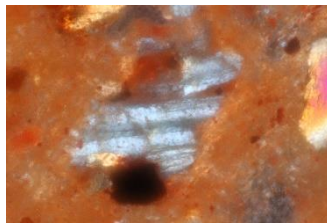
円磨度：やや丸い～丸い



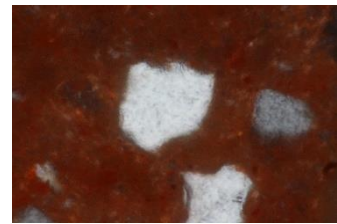
観察結果



石英



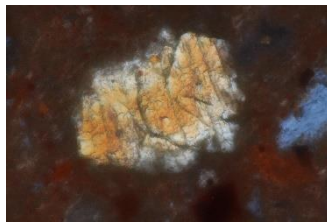
斜長石



正長石



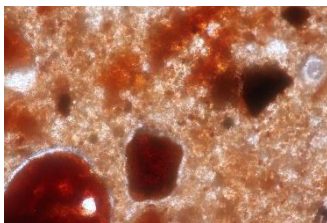
マフィック火山岩片



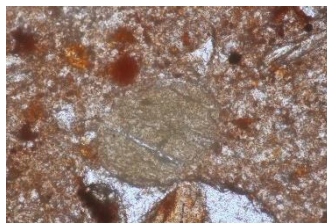
オージャイト



玄武ホルンブレンド



赤褐色粒子（中央やや下）  
不透明鉱物（右上）



泥質ブロック

写真 4-6

資料 No. 1-27

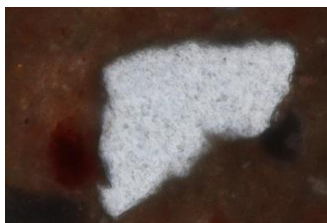
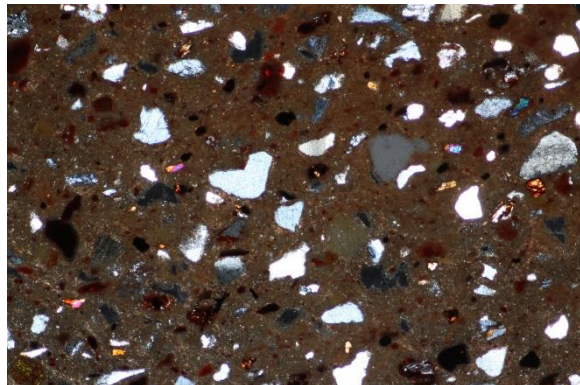
無色鉱物

粒径: 細砂-中砂

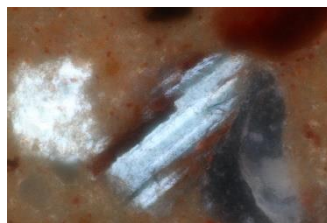
頻度: 20%程度

円磨度: やや丸い-丸い

観察結果



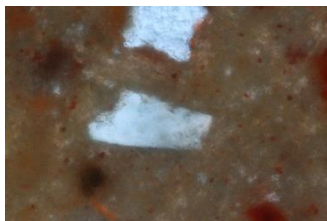
石英



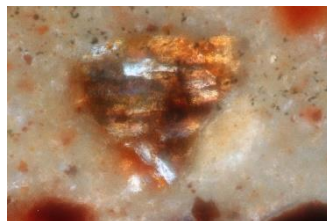
斜長石



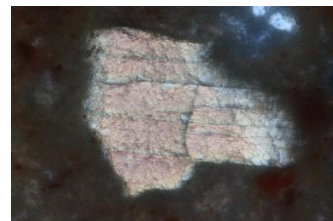
微斜長石



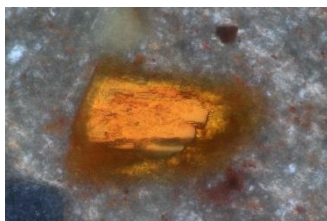
正長石



マフィック火山岩片



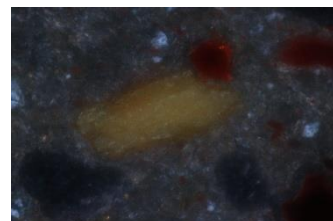
オーグサイト



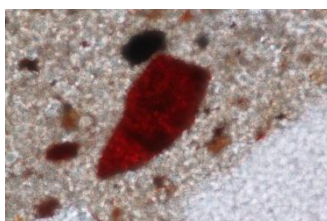
玄武ホルンブレンド



ホルンブレンド



雲母片



赤褐色粒子 (中央)

不透明鉱物 (中央やや左上)



泥質ブロック

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



写真 4-7

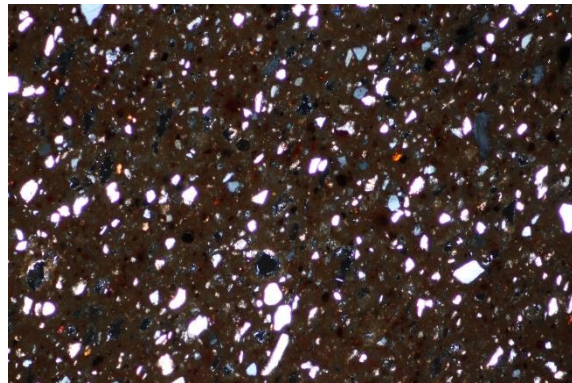
資料 No. 3-8

無色鉱物

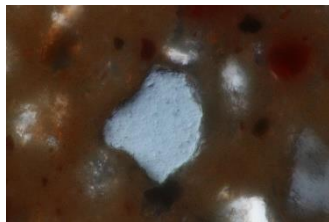
粒径: シルト以下-細砂

頻度: 30%程度

円磨度: やや丸い-丸い



観察結果



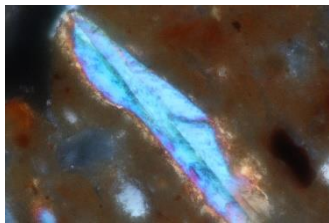
石英



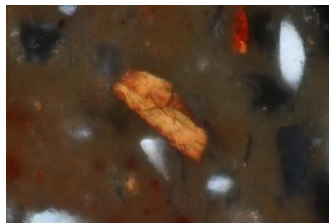
斜長石



正長石



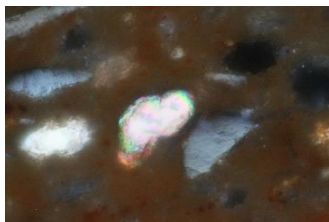
オーグサイト



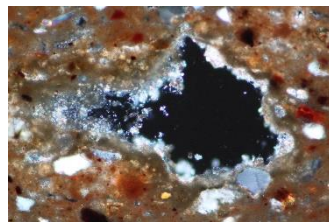
玄武ホルンブレンド



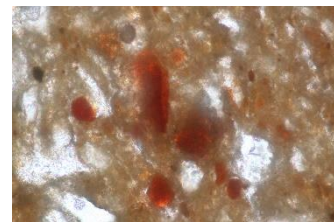
雲母片



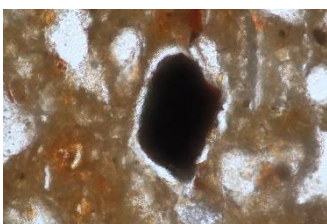
カンラン石?



微小結晶



赤褐色粒子



不透明鉱物

写真 4-8

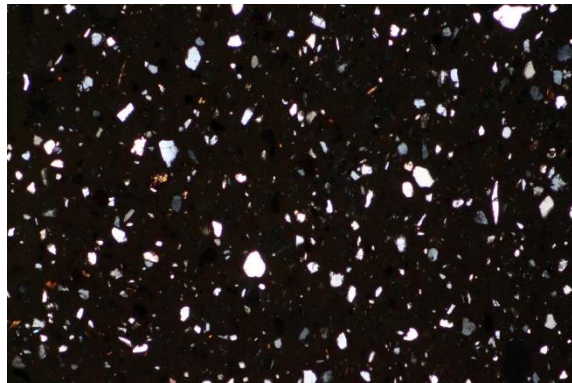
資料 No. 3-9

無色鉱物

粒径: シルト以下-細砂

頻度: 25-30%

円磨度: やや丸い-丸い



観察結果



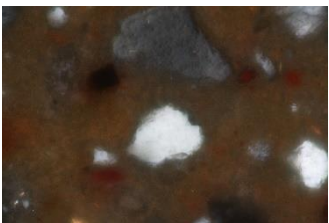
石英



斜長石



微斜長石



正長石



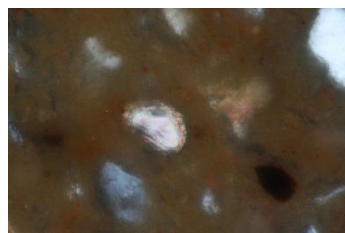
オーجاイト



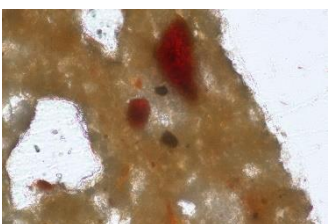
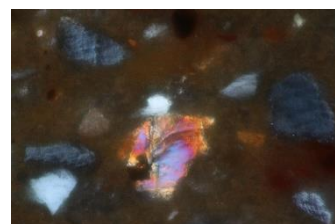
玄武ホルンブレンド



変質した雲母片



ジルコン



赤褐色粒子 (中央やや上)

不透明鉱物 (中央)



写真 4-9

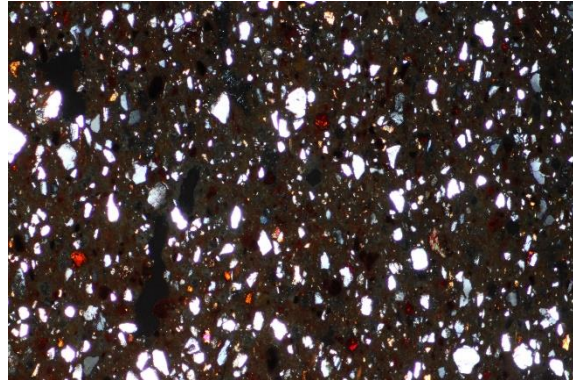
資料 No. 4-4

無色鉱物

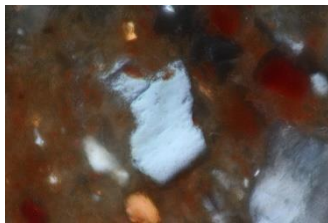
粒径: シルト以下-細砂

頻度: 30%程度

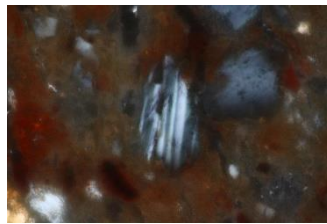
円磨度: やや丸い-丸い



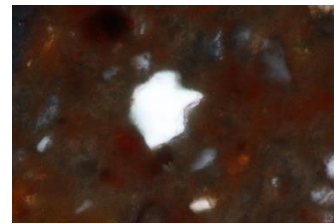
観察結果



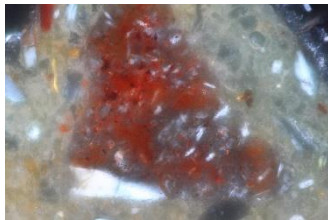
石英



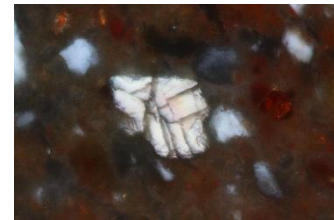
斜長石



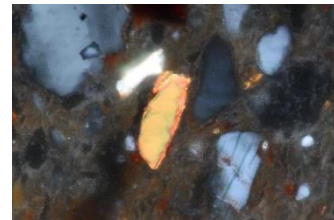
正長石



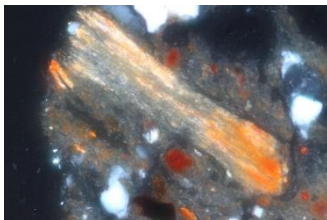
マフィック火山岩片



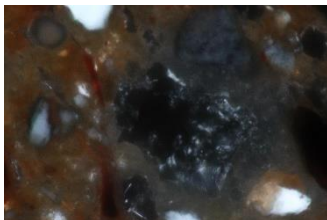
オージャイト



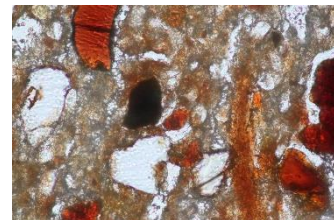
玄武ホルンブレンド



変質した雲母片



微小結晶



不透明鉱物 (中央やや左上)  
赤褐色粒子 (右下)

写真 4-10

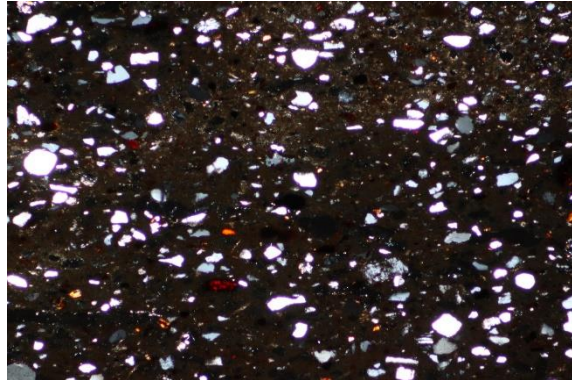
資料 No. 4-5

無色鉱物

粒径: シルト以下-細砂

頻度: 25-30%程度

円磨度: やや丸い-丸い



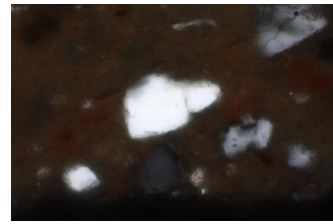
観察結果



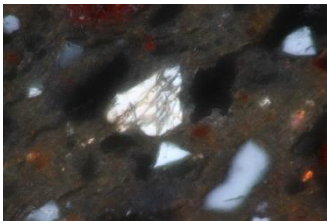
石英



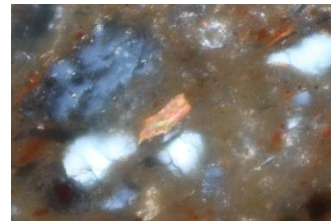
斜長石



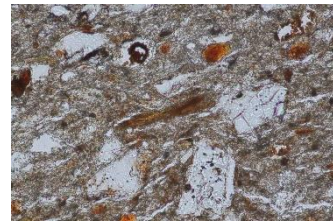
正長石



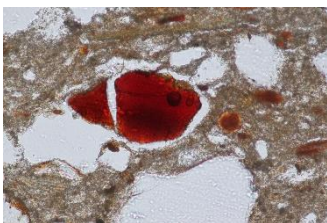
オーグサイト



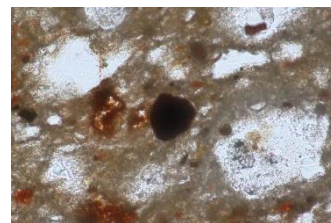
玄武ホルンブレンド



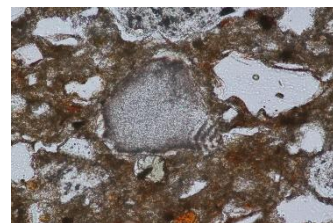
変質した雲母片



赤褐色粒子



不透明鉱物



泥質ブロック



写真 4-11

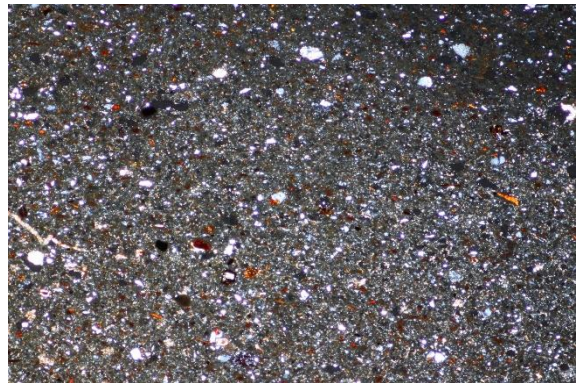
資料 No. 3'-1

無色鉱物

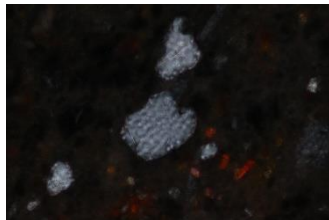
粒径: シルト以下 (まれに極細砂-細砂)

頻度: 30%程度

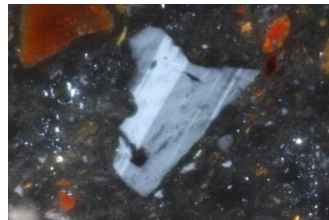
円磨度: やや丸い-丸い



観察結果



石英



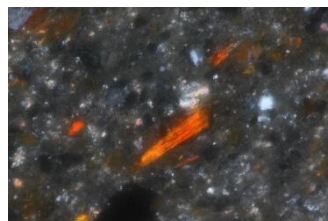
斜長石



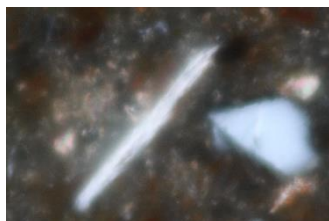
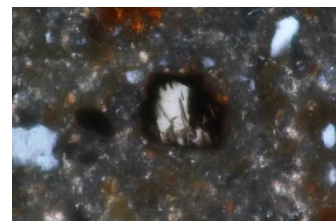
正長石



オーグサイト



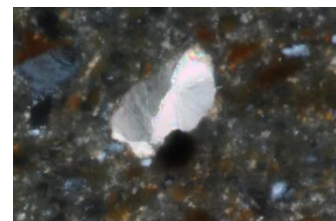
玄武ホルンブレンド?



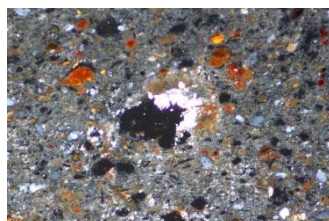
雲母片



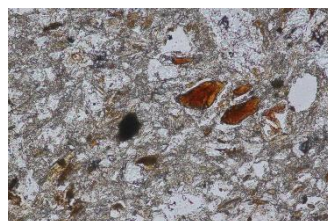
変質した雲母片



マグネシアンカルサイト



微小結晶



不透明鉱物 (中央やや左)

赤褐色粒子 (中央やや右)

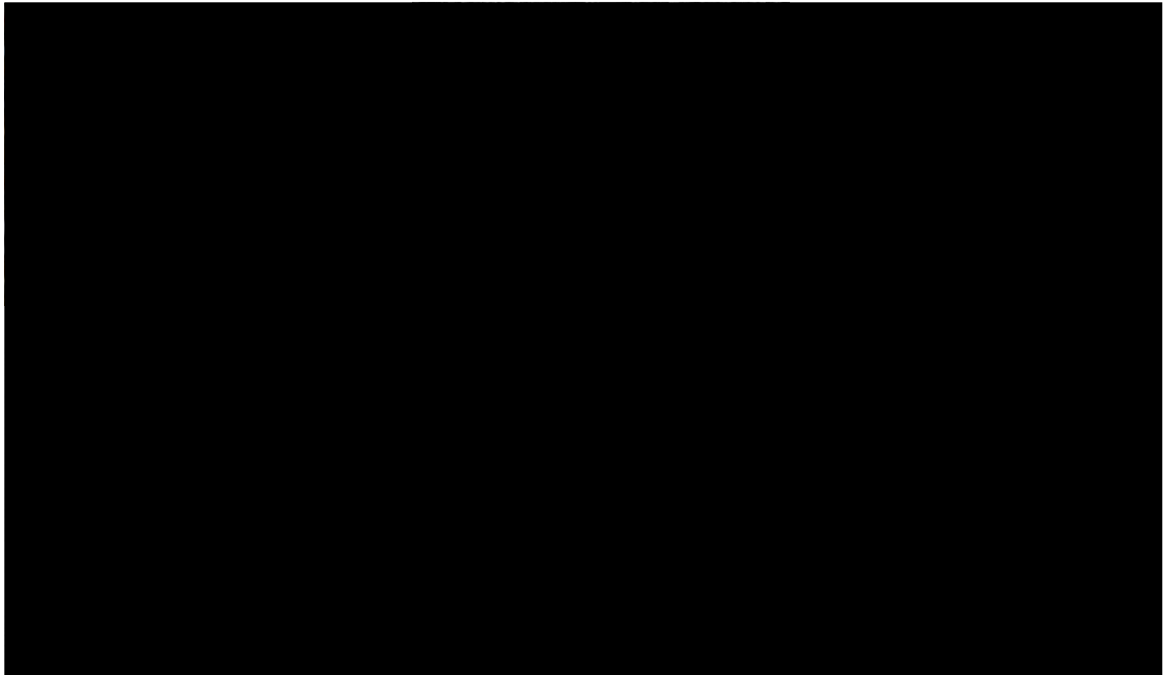


図 4-11 資料 No. 4-4

4-11-1 直交ポーラーによる観察 4-11-2 BSE 像

4-11-3 元素マッピング (Si-K $\alpha$ ) 4-11-4 元素マッピング (Al-K $\alpha$ ) 4-11-5 元素マッピング (Ca-K $\alpha$ )

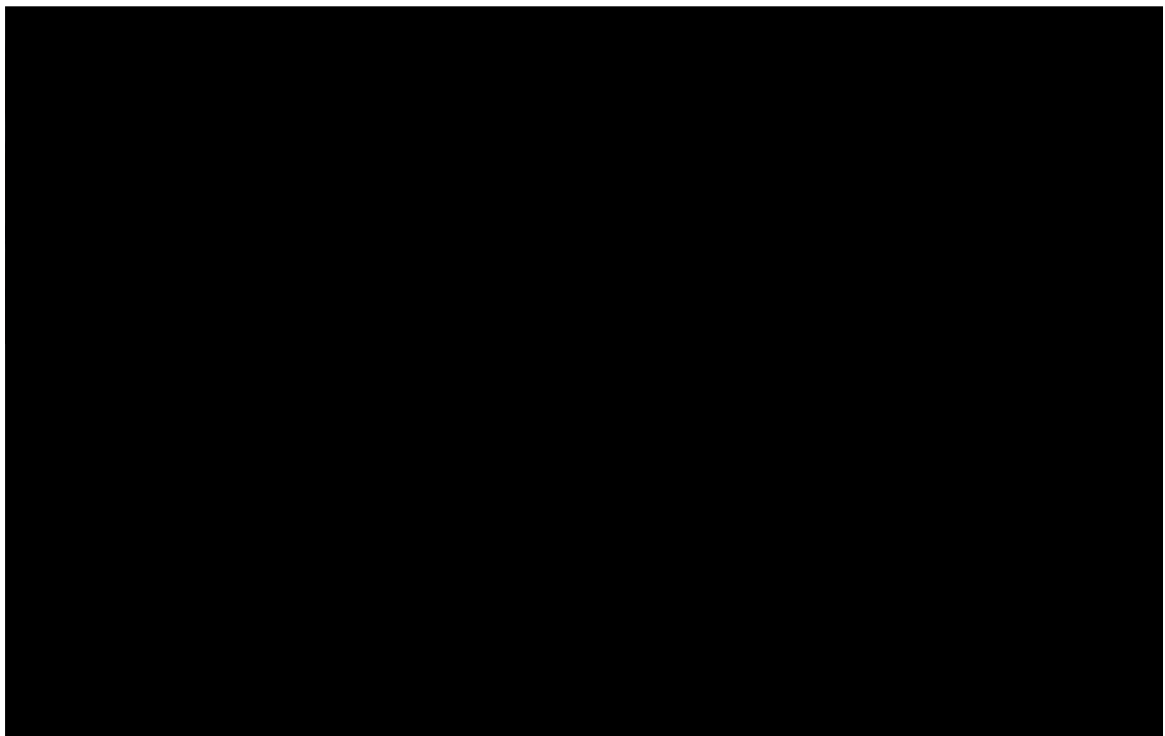


図 4-12 資料 No. 3-8

4-12-1 直交ポーラーによる観察 4-12-2 BSE 像 4-12-3 元素マッピング (Si-K $\alpha$ )

4-12-4 元素マッピング (Al-K $\alpha$ ) 4-12-5 元素マッピング (Ca-K $\alpha$ ) 4-12-6 元素マッピング (S-K $\alpha$ )

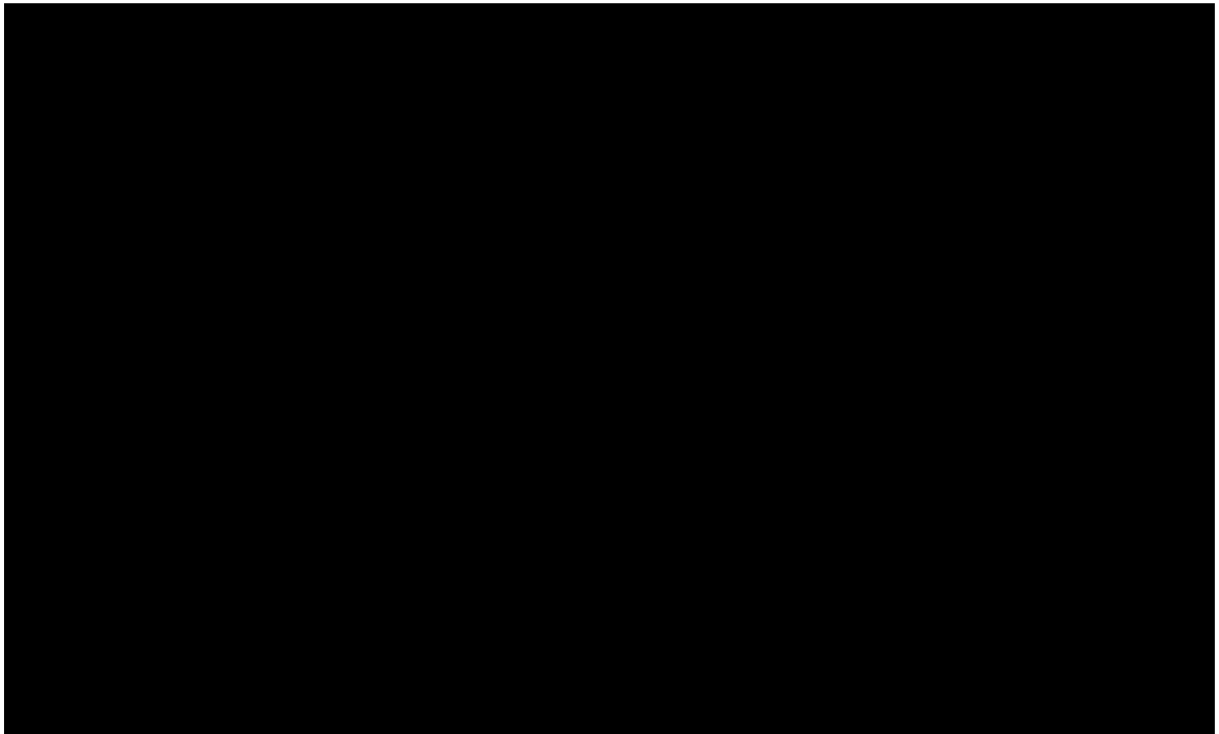


図 4-13 資料 No. 4-5

4-13-1 直交ポーラーによる観察

4-13-2 BSE 像

4-13-3 元素マッピング (Si-K $\alpha$ )

4-13-4 元素マッピング (Al-K $\alpha$ )

4-13-5 元素マッピング (Ca-K $\alpha$ )

4-13-6 元素マッピング (S-K $\alpha$ )

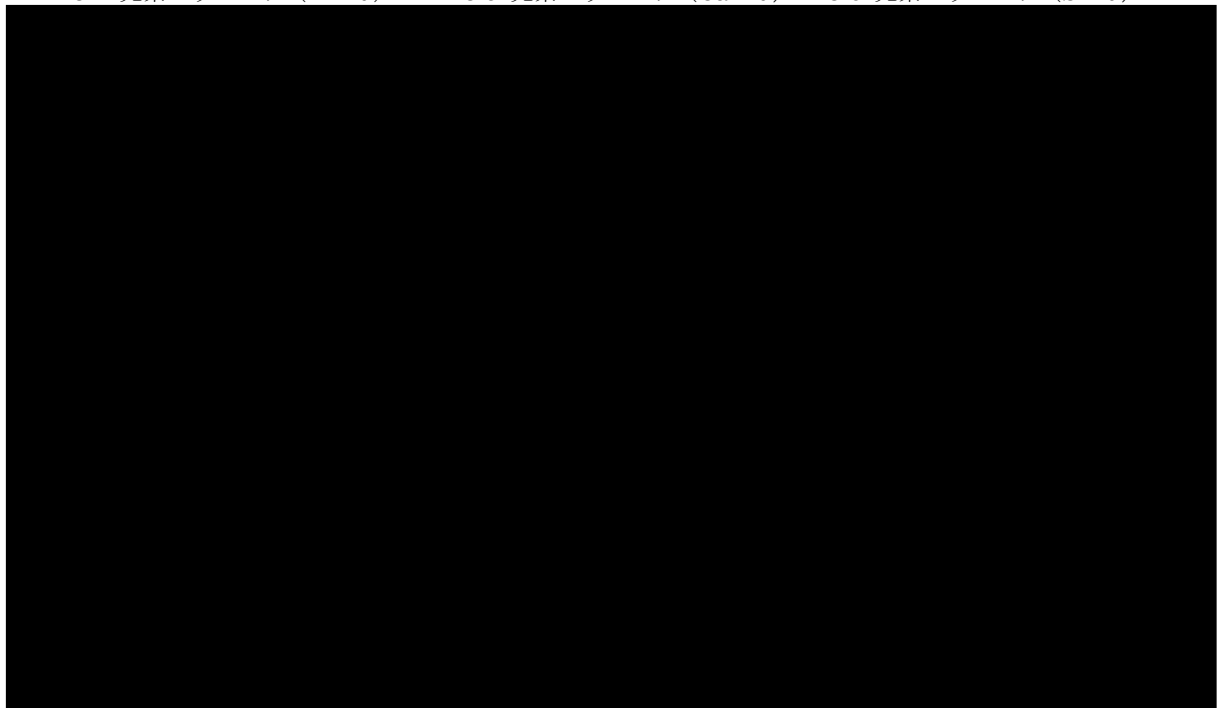


図 4-14 資料 No. 3-9

4-14-1 直交ポーラーによる観察

4-14-2 BSE 像

4-14-3 元素マッピング (Si-K $\alpha$ )

4-14-4 元素マッピング (Al-K $\alpha$ )

4-14-5 元素マッピング (Ca-K $\alpha$ )

4-14-6 元素マッピング (Mg-K $\alpha$ )

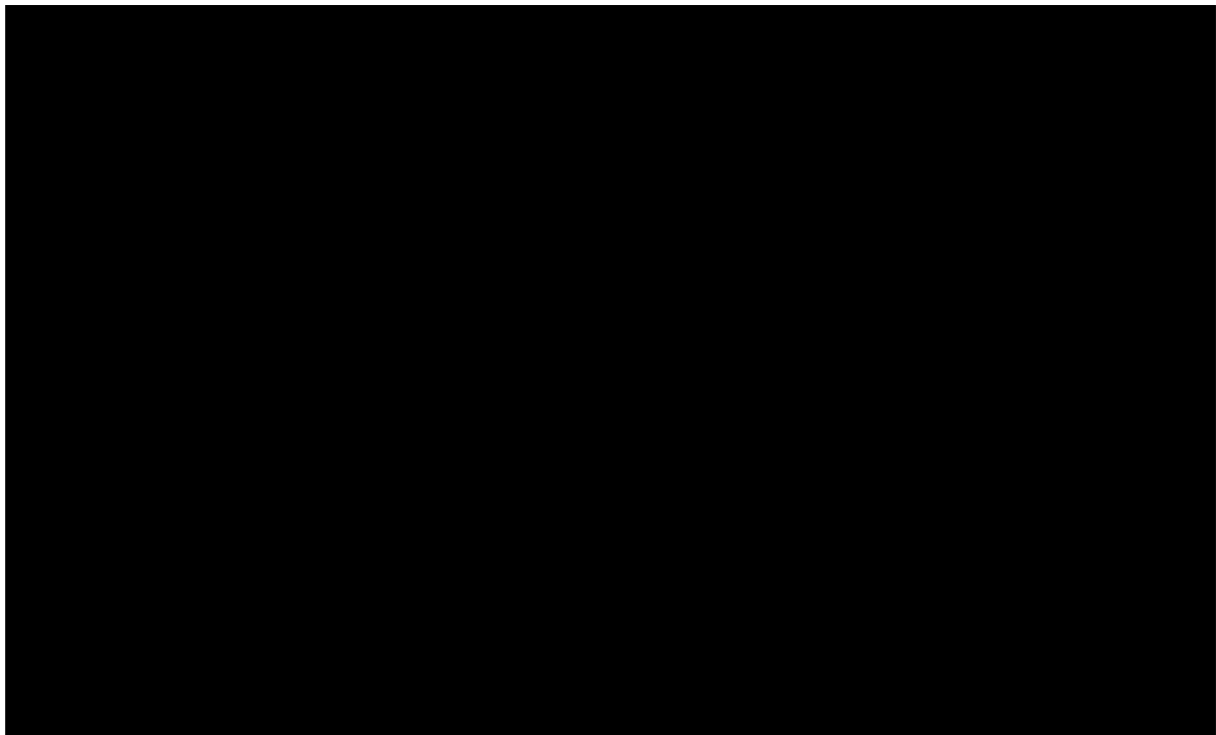


図 4-15 資料 No. 3'-1

4-15-1 直交ポーラーによる観察 4-15-2 BSE 像 4-15-3 元素マッピング (Si-Kα)

4-15-4 元素マッピング (Al-Kα) 4-15-5 元素マッピング (Ca-Kα) 4-15-6 元素マッピング (S-Kα)

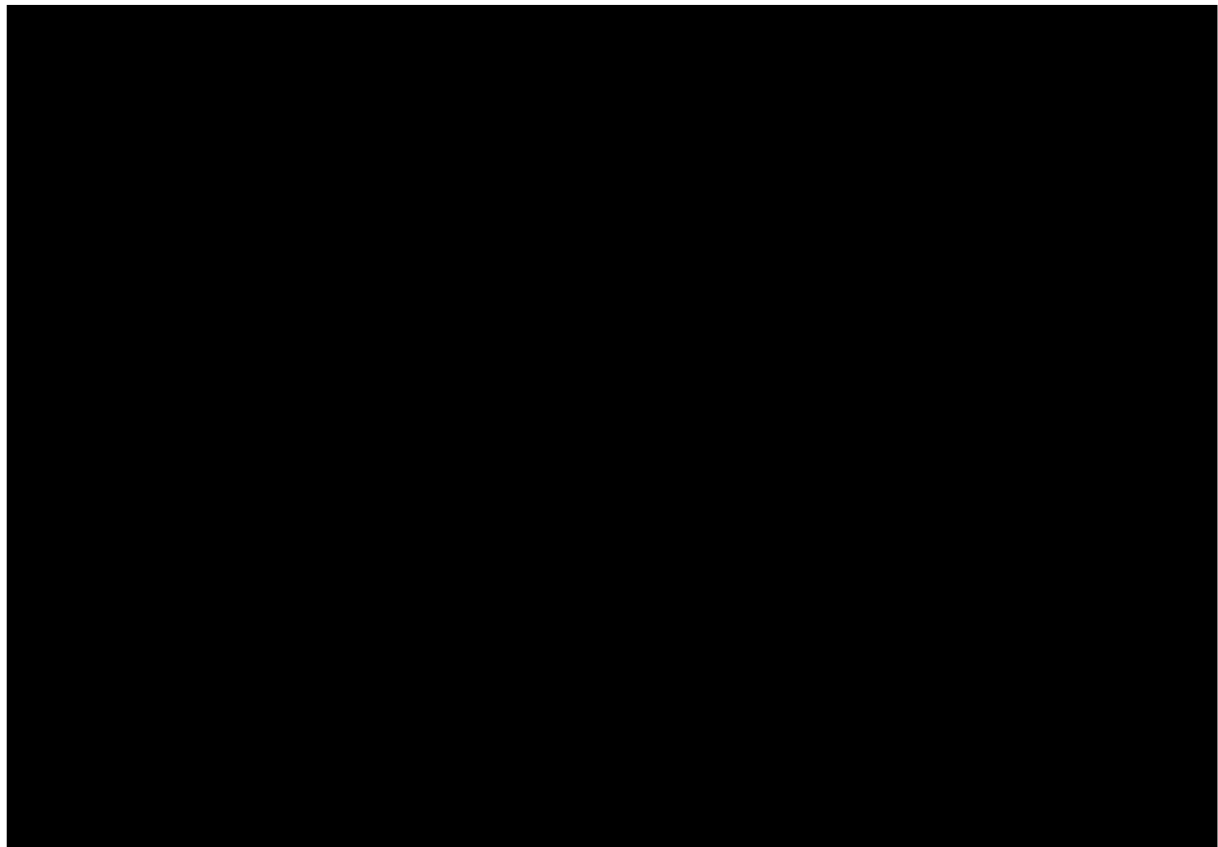


図 4-16 炭酸塩鉱物の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 3'-1)



[REDACTED]

#### 4.5 結言

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



## 第5章 釉薬と装飾

### 5.1 緒言

釉薬は胎土と並んで陶器を構成する主要な要素となる。釉薬は素地表面を覆うガラス質物質を指し、構造は基本的にガラスと同じものである。ガラスの構造についてケイ酸塩ガラスを例にすると、ケイ酸塩ガラスは石英と同じように  $\text{SiO}_4$  四面体を基本とする。石英は頂点の酸素を共有し網目状の規則的な配列をとる。一方のケイ酸塩ガラスには、こうした周期性がなく、 $\text{SiO}_4$  四面体がところどころ切れた状態（アモルファス、非晶質）となる。ケイ酸塩ガラスの基となる二酸化ケイ素（ $\text{SiO}_2$ ）を熔融するためには、 $1,730^\circ\text{C}$ 以上の高温が必要となる。そこでより低い温度で  $\text{SiO}_4$  四面体の結合を切るために、アルミニウム（Al）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、鉛（Pb）といったガラスの融点を下げる物質（融剤）が加えられる。また化学的耐久性を高めるために、カルシウム（Ca）などの安定剤も利用される。

釉薬は透水性の抑制や耐久性の向上といった実利的な目的に加え、加彩加色の役割を持ち、無色透明釉の他、着色剤（発色を意図して添加される物質）により発色した色釉、結晶を析出させた結晶釉、分相の応用や気泡による白濁釉などのバリエーションがある。着色剤による発色の典型は、遷移元素が光エネルギーを部分吸収するイオン発色である（表5-1）。発色に関わるイオンは共存元素や構造、焼成の雰囲気（酸化・還元）によって状態（価数、隣接原子間距離等）が変化し様々に発色する。また、辰砂釉（銅のコロイドによる赤色発色）のように、非常に微細な粒子が釉薬ガラスの中に析出し、光が屈折あるいは散乱することで発色するコロイド着色も、着色剤を利用した代表的な施釉技法である。

表 5-1 着色剤とその色調

着色剤	酸化条件	還元状態
鉄（Fe）	黄褐色	青色
銅（Cu）	青緑色	赤色*
マンガン（Mn）	紫色	無色
コバルト（Co）	藍色	藍色

\*コロイド着色

イスラーム陶器に利用された釉薬は、古代エジプトやペルシア、ローマ・ビザンツなどの伝統を受け継いでおり、鉛を融剤とする鉛釉、ソーダや植物灰などアルカリ金属元素（ナトリウム、カリウム）を融剤とするアルカリ釉に大別される。エジプトにおける釉薬と胎土の組み合わせには、ピンク陶土を用いた胎土に鉛釉、ストーンペースト胎土にアルカリ釉、ナイルシルトを用いた赤茶色胎土に鉛釉がある。鉛とアルカリ金属元素をどちらも含む鉛-アルカリ釉があったり、ストーンペースト胎土に鉛釉が用いられたりなど、実際にはバリエーションが増えるものの、上記の3つが典型といえる。

最初期の施釉陶器は、主にローマ・ビザンツ時代の流れを汲む高鉛釉が利用された。釉色は緑色、褐色、黄色、黄褐色を組み合わせ、鮮やかで強い色調が特徴である。同時期のイスラーム圏でも、アッバース朝治下イラクにおいて、8世紀頃から施釉陶器の開発が進行していた。イラクではアルカリ釉が主流であり、イスラーム時代前のメソポタミアの伝統技術を引き継いでいた。つまり、エジプトとイラクの施釉技術は源流が異なり、製陶に携わる人々の技術的系譜が別と考えられる。

後続の施釉陶器は、ターコイズブルー、紫-黒の暗色、緑色、黄色、白色を組み合わせ、全体的に淡い色調へと変化する。この時代以降、基礎釉は高鉛釉に加え、鉛-アルカリ釉やアルカリ釉が登場する。アルカリ釉は古代エジプトにおいてファイアンスや陶器に利用されていたが、イスラーム期における本格的な使用は、ストーンペースト胎土の誕生を待つ必要があった<sup>51</sup>。アルカリ釉の導入は胎土との関わりだけでなく、装飾面において重要な意味を持つ。例えば鉛釉下では緑色を呈する銅の着色剤をアルカリ釉に加えると、トルコ石のようなターコイズブルーとなる。このように、鉛やアルカリを組み合わせる多様な基礎釉は発色の幅を広げ、色とりどりのイスラーム陶器を生み出す技術的土台となった。エジプトの施釉陶器は、周辺地域からも多分に刺激を受けており、10世紀頃には、イラクからスズ（Sn）による白濁釉の技術がもたらされている。

最初期から後続の施釉陶器への移行期に色調の変化が起きた要因として、間接的には三彩をはじめとする中国陶磁器や、それを模倣したイラクやイランのイスラーム陶器の影響がある。しかし、技術的に達成するには、スズによる白濁釉やアルカリ釉（鉛-アルカリ釉も含む）といった新しい施釉技術の導入や開発が必須であった。色の変遷は技術革新によ

---

<sup>51</sup> アルカリ釉は粘土質胎土の上では剥離しやすい欠点がある。ストーンペースト胎土は、釉薬と同じ材質のガラスフリットを加えていることや、石英を主体としているため、熱膨張率が高いアルカリ釉とも理想的に融着する。

って成し遂げられたのである。本章では、分析資料に用いられた釉薬並びに装飾の材質技法の傾向を明らかにし、施釉技術の軌跡を辿る。

## 5.2 研究手法

早稲田大学所蔵資料の分析には、SEM-EDS を用いた。測定はアルコールで汚れを除去した箇所を 60 倍程度の倍率下で観察し、釉薬が片面しか施されていない場合を除き、内釉・外釉それぞれ 3 カ所の測定を行った。釉薬の劣化状況は、資料や測定箇所によって大きく異なり、さらに結晶釉の場合、元素の分布が不均質である。したがって、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なる。装飾部分については、XRD を用いて結晶構造を解析し、着色剤の推定を行った。

出光美術館所蔵資料について、資料からサンプリングし作成した薄片資料の分析には、SEM-EDS を用いた。分析条件は早稲田大学所蔵資料と同様である。薄片資料中に含まれないその他色釉については、XRF を用いて資料本体を分析した。XRF の分析装置は設置型を用い、比較的形状が大きい資料（資料 No. 4-4）については、設置型より感度が低下する、ポータブル型の装置を用いた。XRF ではアルミニウム、ナトリウム、マグネシウムなどの釉薬の主成分となる元素を測定することが出来ないため、含有元素の定量分析は行わず、定性分析による着色剤の推定を行う。


## 5.3 結果と考察

### 5.3.1 基礎釉の材質と着色剤の検討

[Redacted text block]

<sup>5-2</sup> タイトは鉛の含有量から以下の 4 タイプに分類している。  
AL: アルカリ石灰釉 (<2 wt% PbO), LLA: 低鉛・アルカリ釉 (2.0–9.9 wt% PbO),  
LA: 鉛・アルカリ釉 (10–35 wt% PbO), HL: 高鉛釉 (>35 wt% PbO)

表 5-2 分析結果一覽





1. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1-14.  
 2. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 15-29.  
 3. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 31-45.  
 4. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 47-61.  
 5. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 63-77.  
 6. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 79-93.  
 7. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 95-109.  
 8. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 111-125.  
 9. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 127-141.  
 10. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 143-157.  
 11. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 159-173.  
 12. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 175-189.  
 13. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 191-205.  
 14. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 207-221.  
 15. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 223-237.  
 16. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 239-253.  
 17. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 255-269.  
 18. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 271-285.  
 19. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 287-301.  
 20. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 303-317.  
 21. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 319-333.  
 22. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 335-349.  
 23. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 351-365.  
 24. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 367-381.  
 25. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 383-397.  
 26. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 399-413.  
 27. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 415-429.  
 28. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 431-445.  
 29. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 447-461.  
 30. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 463-477.  
 31. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 479-493.  
 32. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 495-509.  
 33. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 511-525.  
 34. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 527-541.  
 35. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 543-557.  
 36. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 559-573.  
 37. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 575-589.  
 38. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 591-605.  
 39. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 607-621.  
 40. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 623-637.  
 41. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 639-653.  
 42. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 655-669.  
 43. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 671-685.  
 44. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 687-701.  
 45. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 703-717.  
 46. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 719-733.  
 47. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 735-749.  
 48. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 751-765.  
 49. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 767-781.  
 50. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 783-797.  
 51. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 799-813.  
 52. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 815-829.  
 53. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 831-845.  
 54. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 847-861.  
 55. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 863-877.  
 56. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 879-893.  
 57. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 895-909.  
 58. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 911-925.  
 59. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 927-941.  
 60. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 943-957.  
 61. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 959-973.  
 62. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 975-989.  
 63. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 991-1005.  
 64. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1007-1021.  
 65. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1023-1037.  
 66. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1039-1053.  
 67. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1055-1069.  
 68. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1071-1085.  
 69. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1087-1101.  
 70. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1103-1117.  
 71. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1119-1133.  
 72. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1135-1149.  
 73. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1151-1165.  
 74. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1167-1181.  
 75. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1183-1197.  
 76. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1199-1213.  
 77. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1215-1229.  
 78. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1231-1245.  
 79. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1247-1261.  
 80. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1263-1277.  
 81. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1279-1293.  
 82. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1295-1309.  
 83. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1311-1325.  
 84. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1327-1341.  
 85. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1343-1357.  
 86. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1359-1373.  
 87. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1375-1389.  
 88. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1391-1405.  
 89. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1407-1421.  
 90. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1423-1437.  
 91. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1439-1453.  
 92. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1455-1469.  
 93. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1471-1485.  
 94. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1487-1501.  
 95. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1503-1517.  
 96. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1519-1533.  
 97. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1535-1549.  
 98. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1551-1565.  
 99. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1567-1581.  
 100. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1583-1597.  
 101. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1599-1613.  
 102. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1615-1629.  
 103. *Journal of Management Studies*, 1996, 33(1), 1631-1645.  
 104. *Journal of Management Studies</*

表 5-2 (続き)

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1001-1005.

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1039-1043.

## 分類

AL: alkali-lime glazes (PbO <2 wt%)

LLA: low lead-alkali glazes (PbO = 2–9.9 wt%)

LA: lead-alkali glazes (PbO = 10–35 wt%)

HL: high lead glazes (PbO >35 wt%)

## 分析手法

SEM-EDS: 走査型電子顕微鏡/エネルギー分散型 X 線分光器

(SEM: 日立製 S-2460N

EDS: HORIBA 社製 EMAX ENERGY EX-250)

XRF: 設置型蛍光 X 線分析装置

(SII・ナノテクノロジー製 (現日立ハイテクサイエンス) SEA5120S)

P-XRF: ポータブル型蛍光 X 線分析装置

(SII・ナノテクノロジー製 (現日立ハイテクサイエンス) SEA200)

1. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2689-2693.

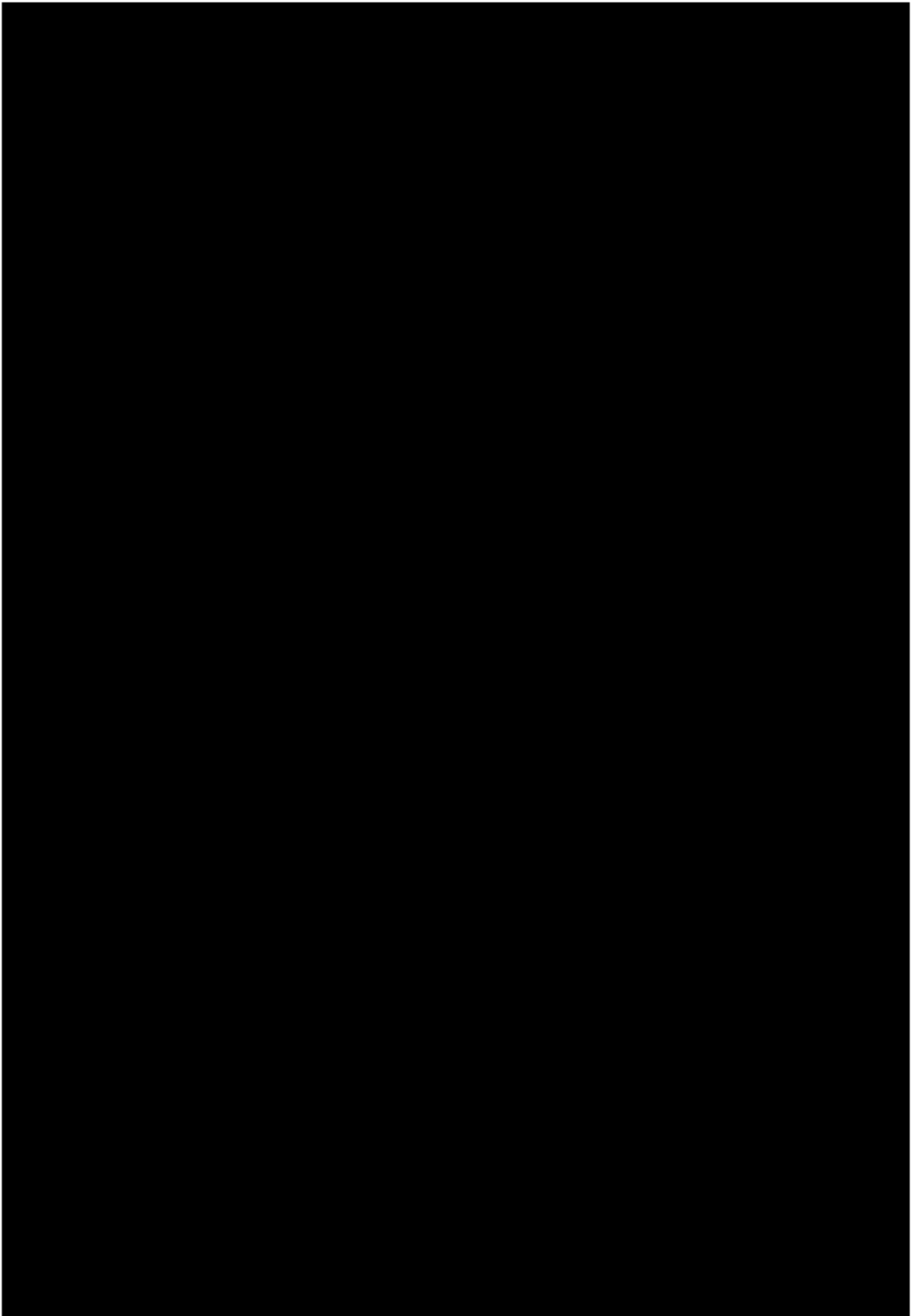



表 5-3 （続き）

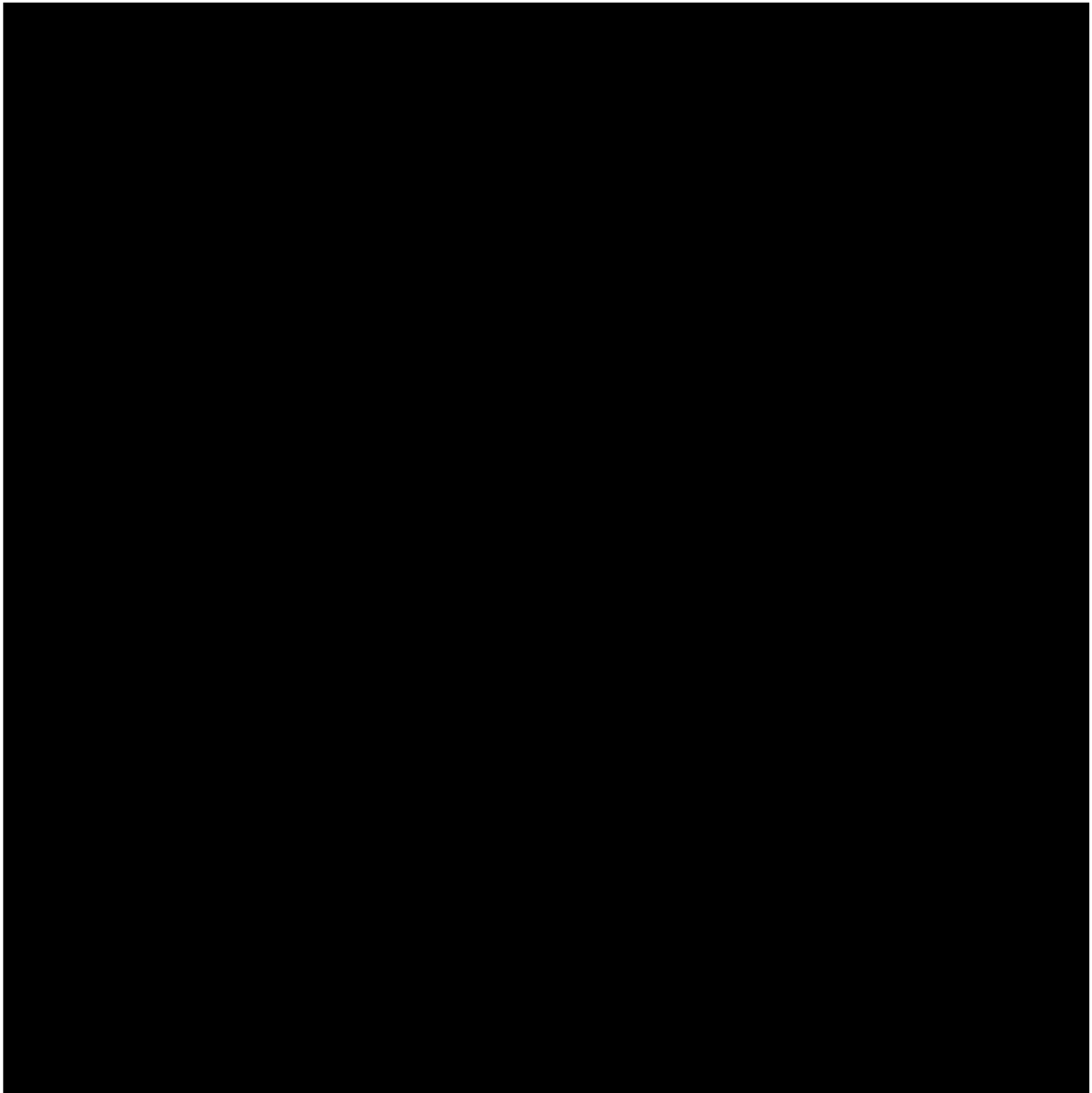


FeO は全鉄 ( $\Sigma\text{Fe}$ ) の定量値である。

定量結果は岩石学の慣例により酸化物として表記する。

括弧内は標準偏差の値を示す。





[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



図 5-2 緑色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-2)



図 5-3 緑色部の X 線回折パターン (資料 No. 1-2)

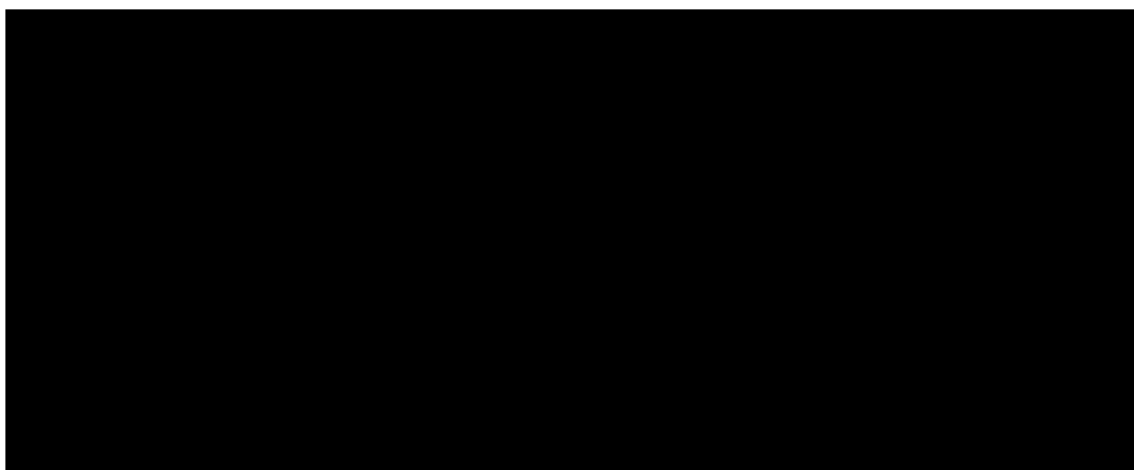


図 5-4 緑色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-3)

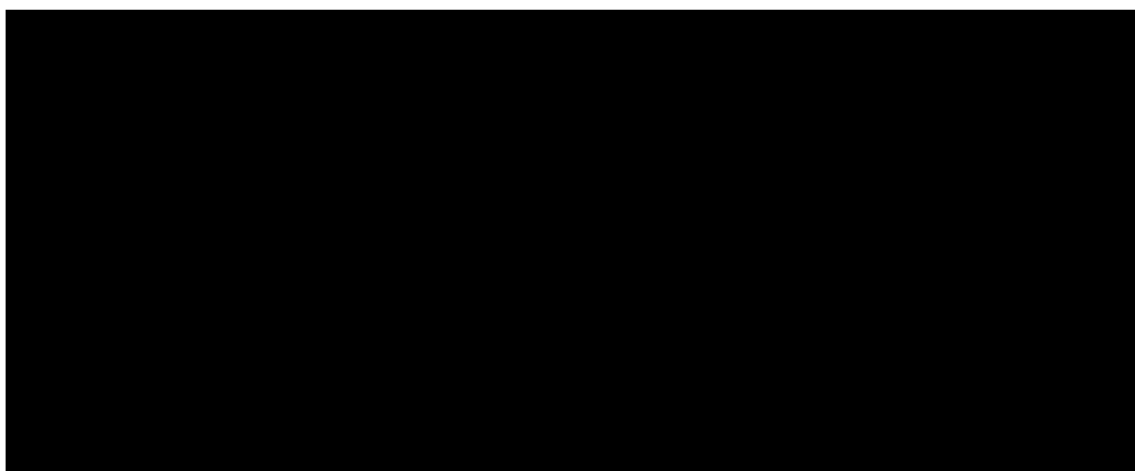


図 5-5 緑色部の X 線回折パターン (資料 No. 1-3)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

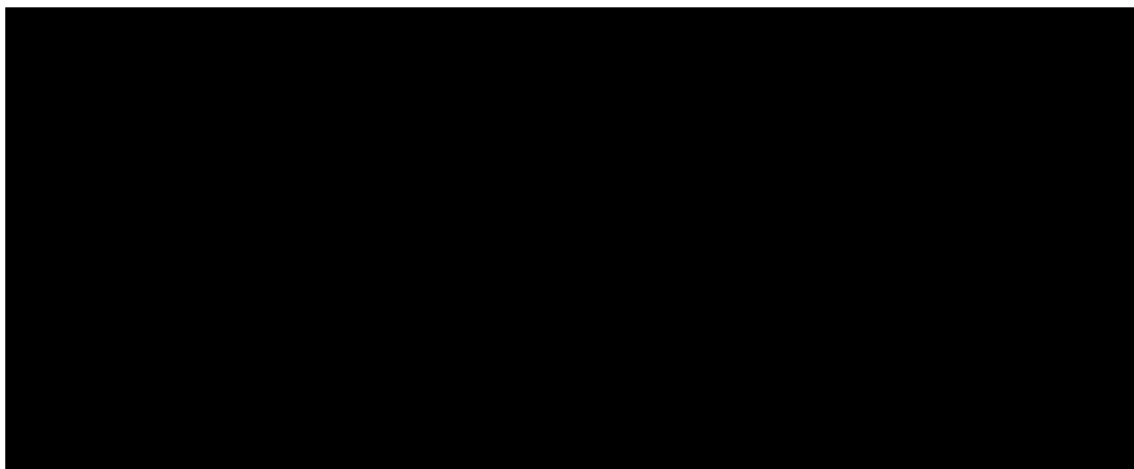


図 5-6 緑色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-29)

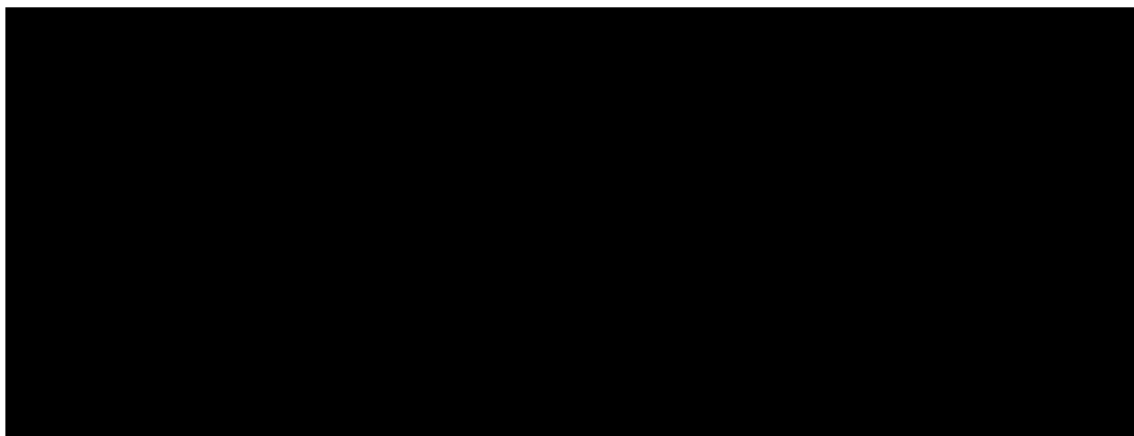


図 5-7 暗褐色・緑色部の X 線回折パターン比較 (資料 No. 1-29)

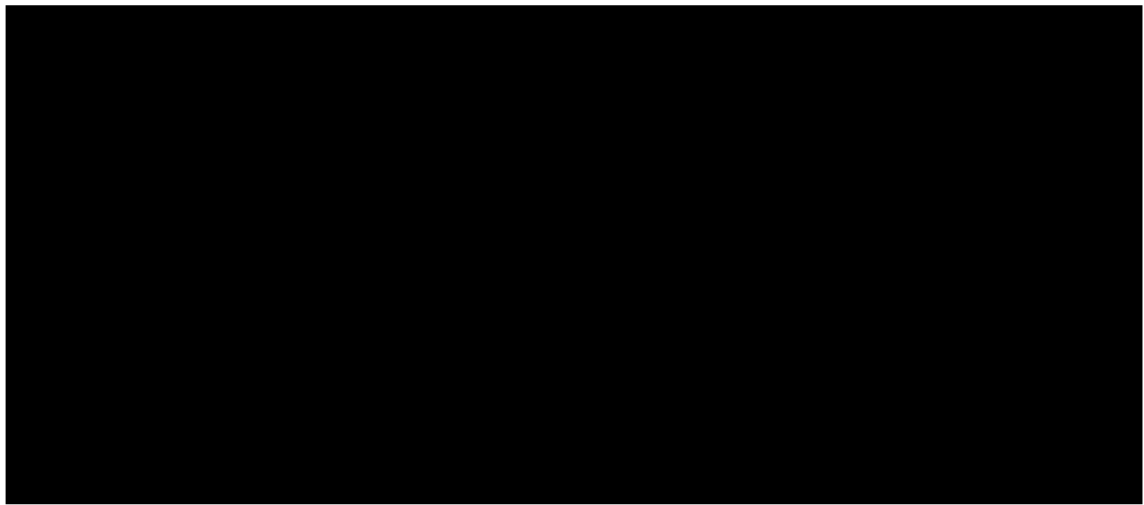


図 5-8 明緑色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 2-2)

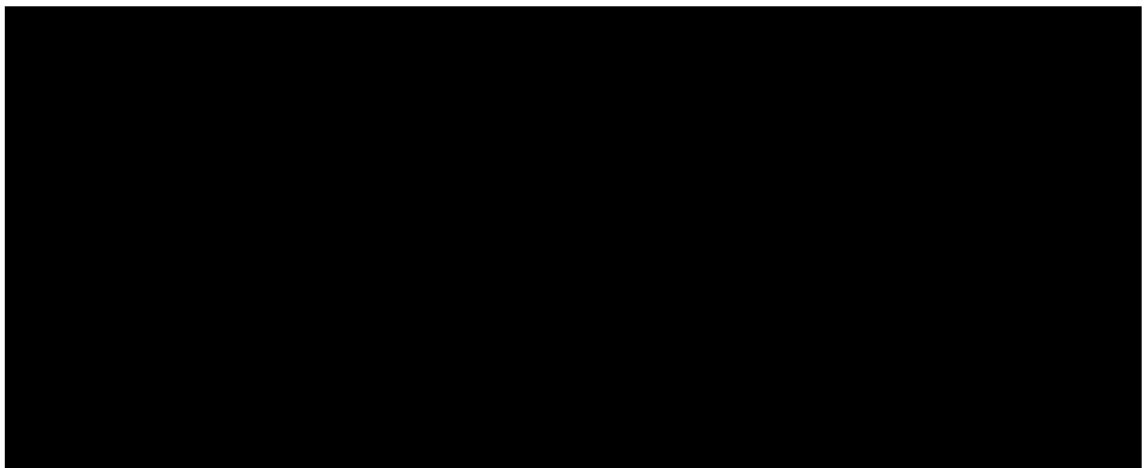


図 5-9 明緑色部の X 線回折パターン (資料 No. 2-2)



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

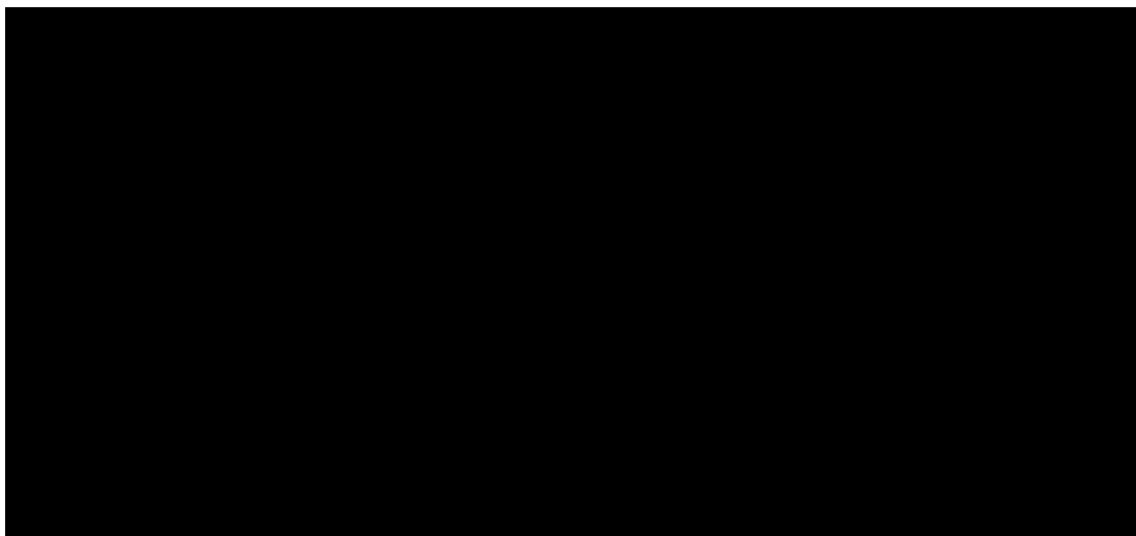


図 5-10 明黄色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-34)

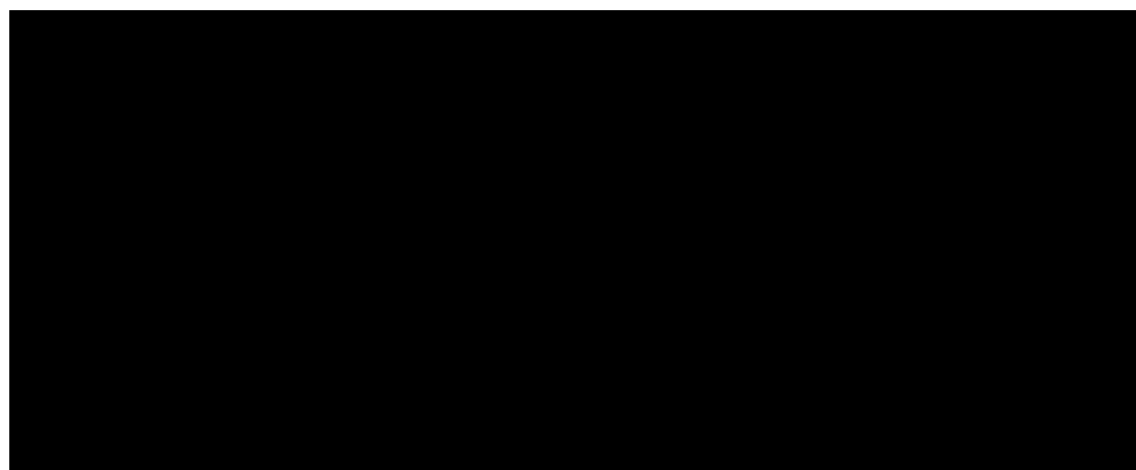


図 5-11 明黄色部の X 線回折パターン (資料 No. 1-34)

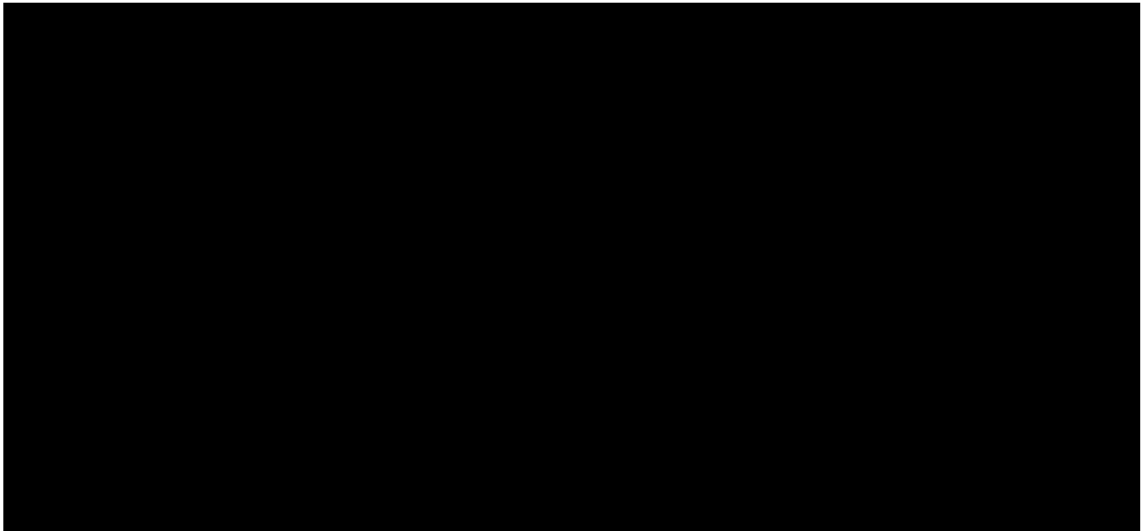


図 5-12 明黄色の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 4-1)

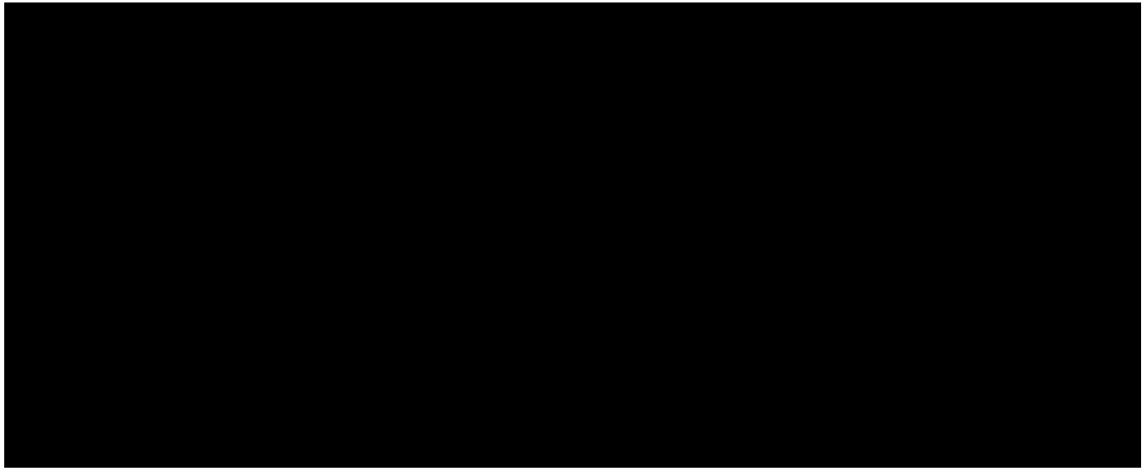
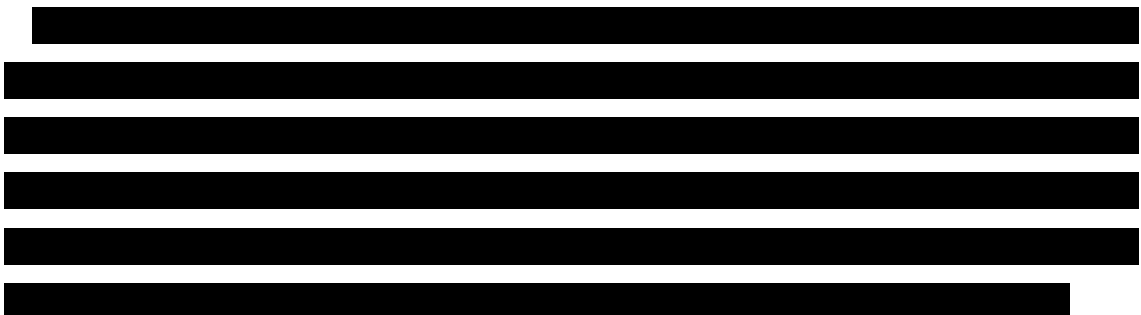


図 5-13 明黄色部の X 線回折パターン (資料 No. 4-1)



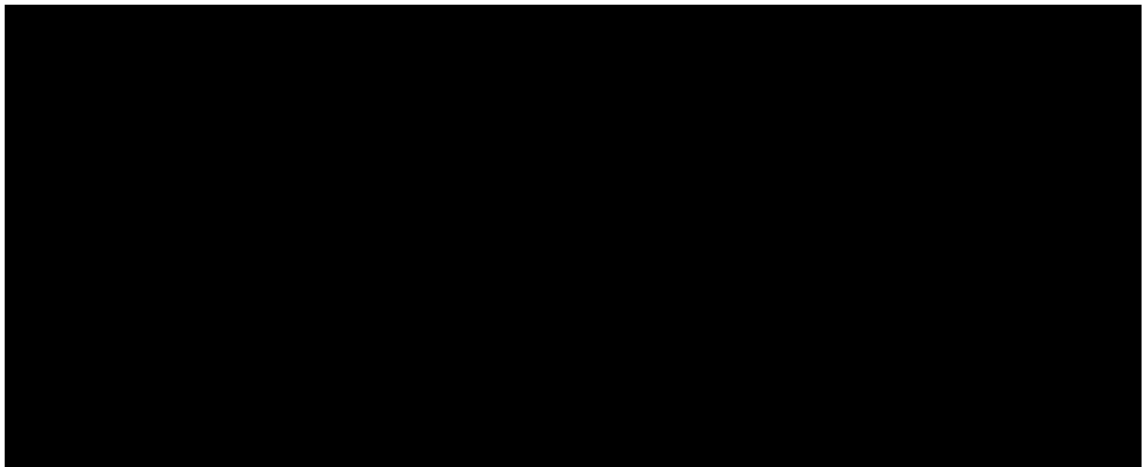


図 5-14 黄褐色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-25)

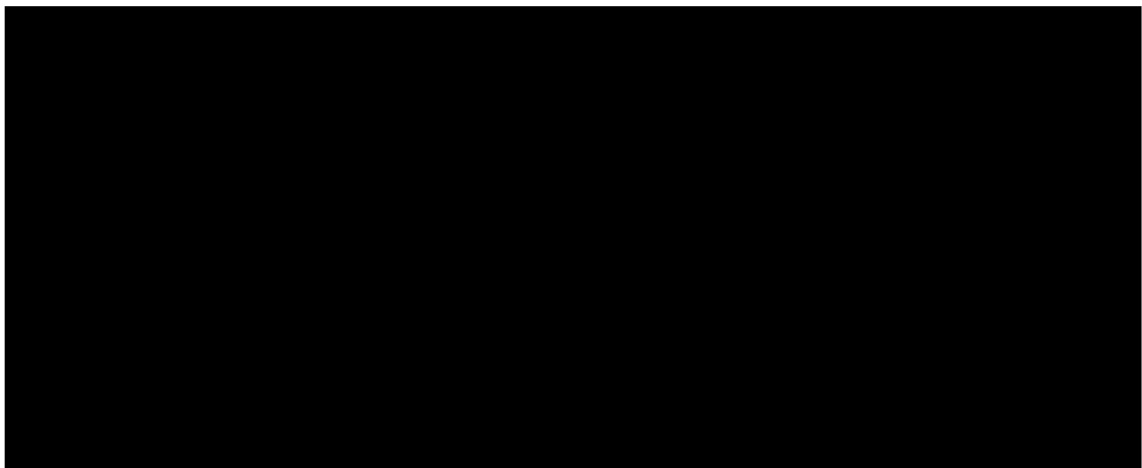


図 5-15 黄褐色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-12)

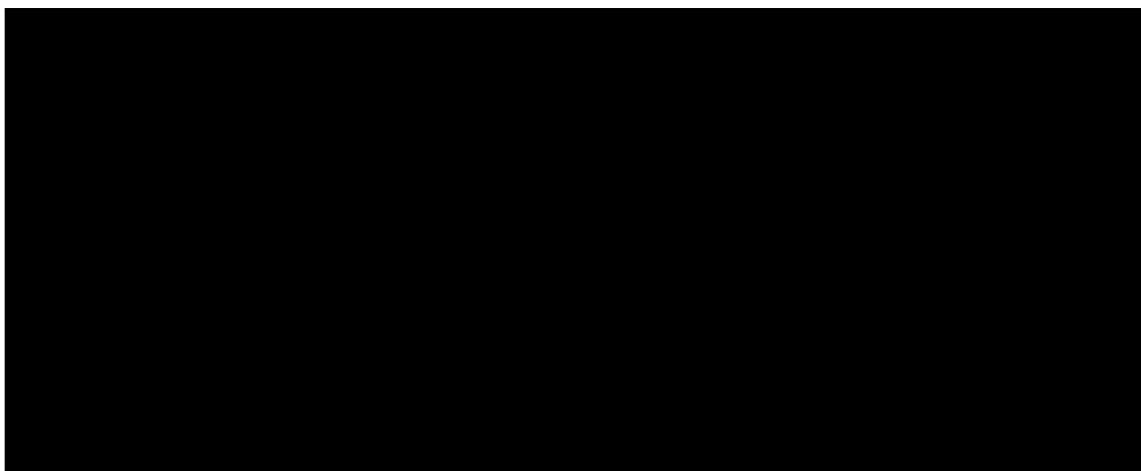


図 5-16 黄褐色部の X 線回折パターン (資料 No. 1-12)



図 5-17 有色または透明部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-21)

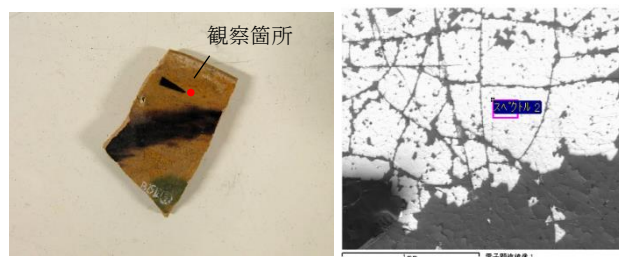


図 5-18 釉中粒子の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-21)

図 5-19 有色または透明部の X 線回折パターン (資料 No. 1-21)

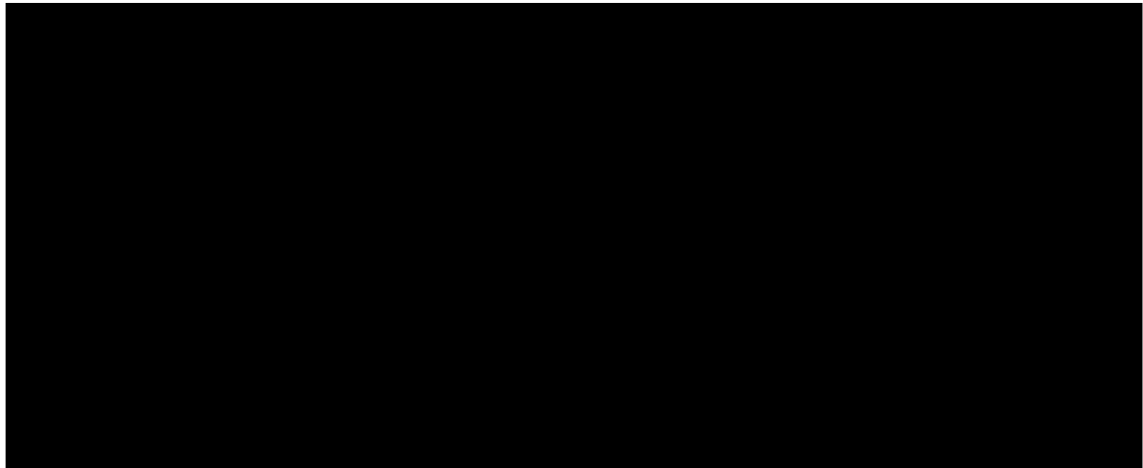


図 5-20 茶色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-24)

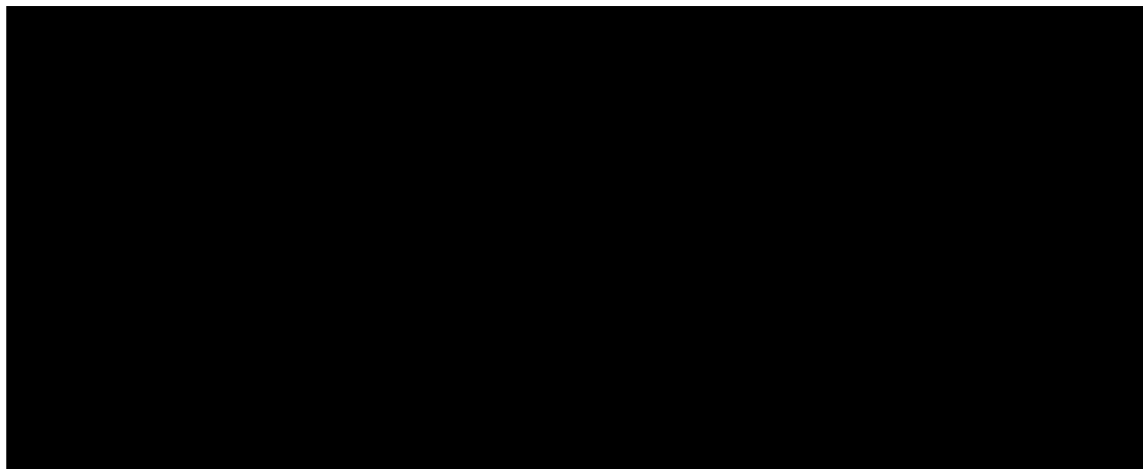


図 5-21 暗褐色部 SEM-EDS のスペクトル (資料 No. 1-36)

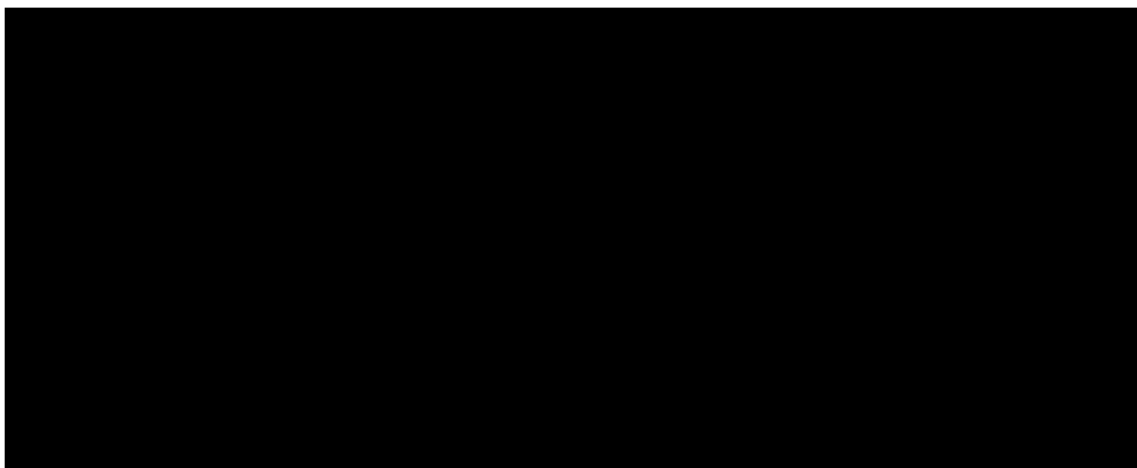


図 5-22 暗褐色部の SEM-EDS スペクトル(資料 No. 1-25)

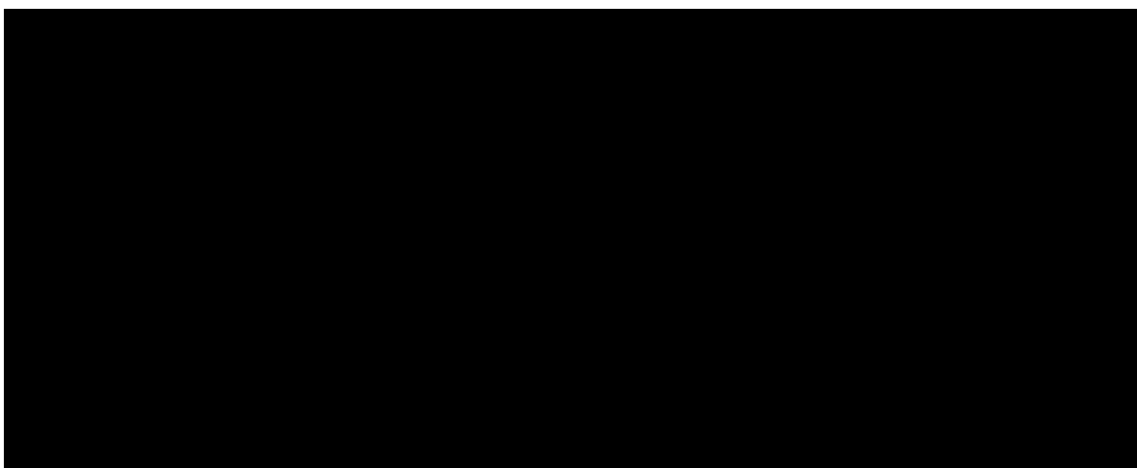


図 5-23 暗褐色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-9)

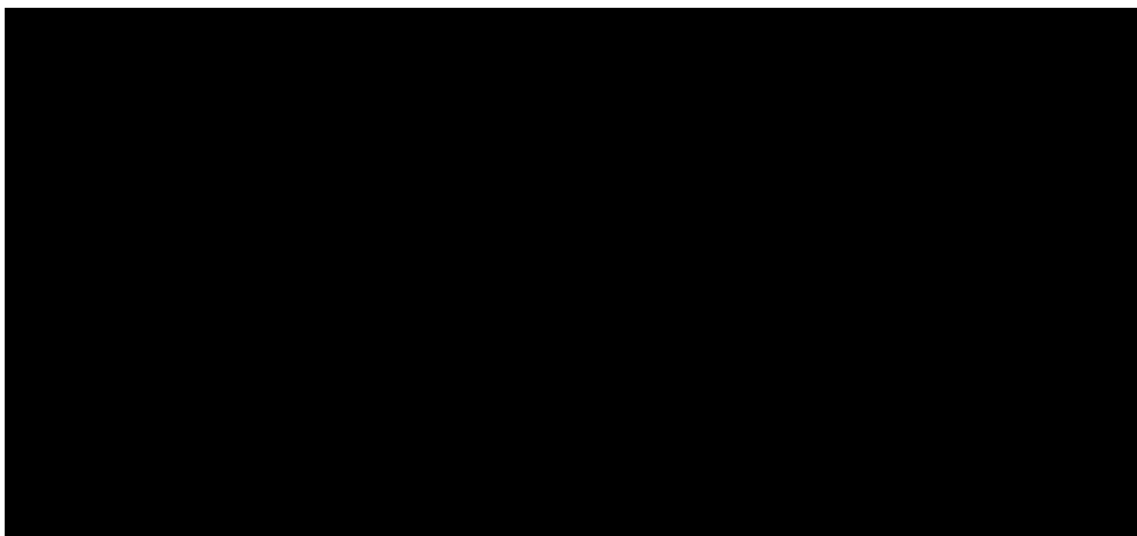


図 5-24 黒色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 4-1)





図 5-25 ターコイズブルー部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 3-5)



図 5-26 白色部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 3-4)

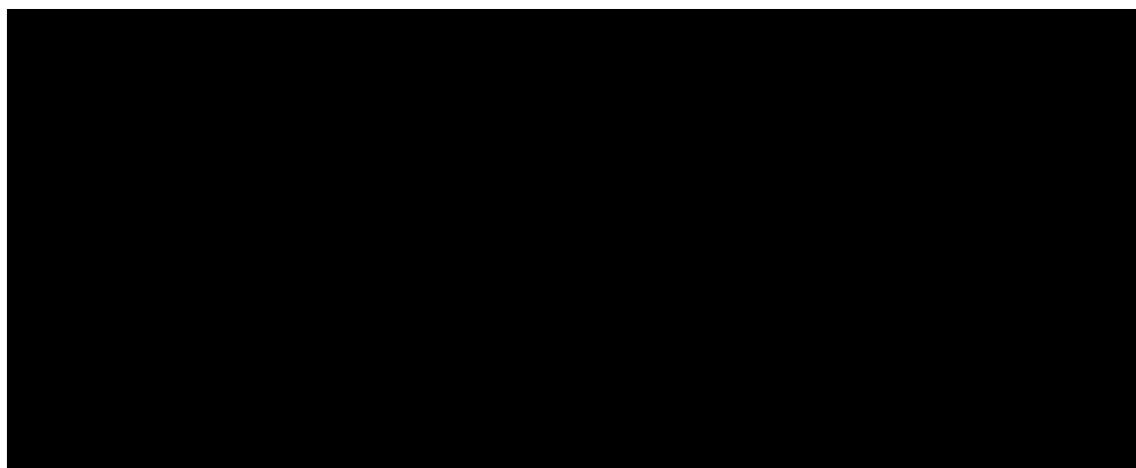
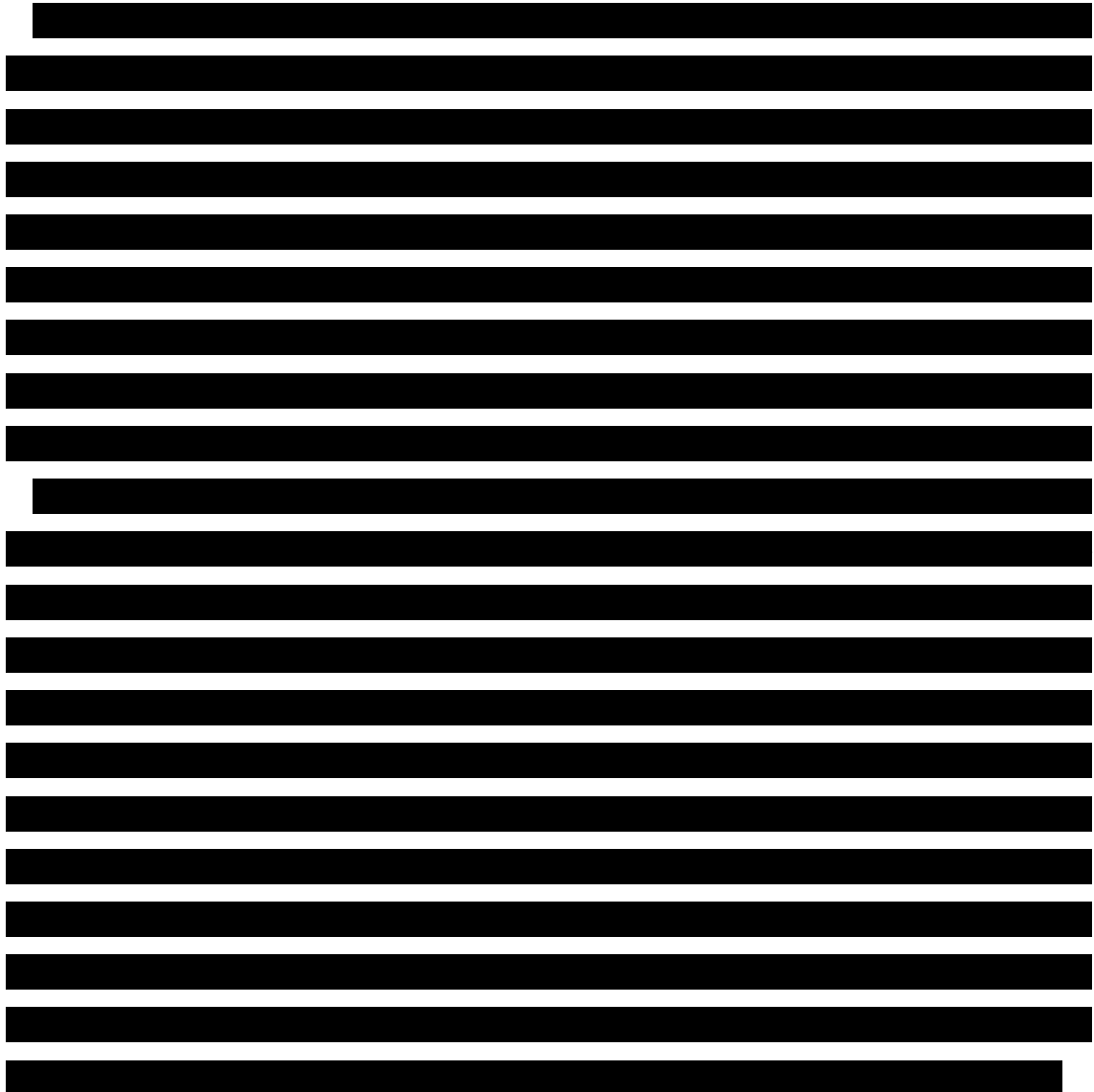


図 5-27 白色部の X 線回折パターン (資料 No. 3-4)



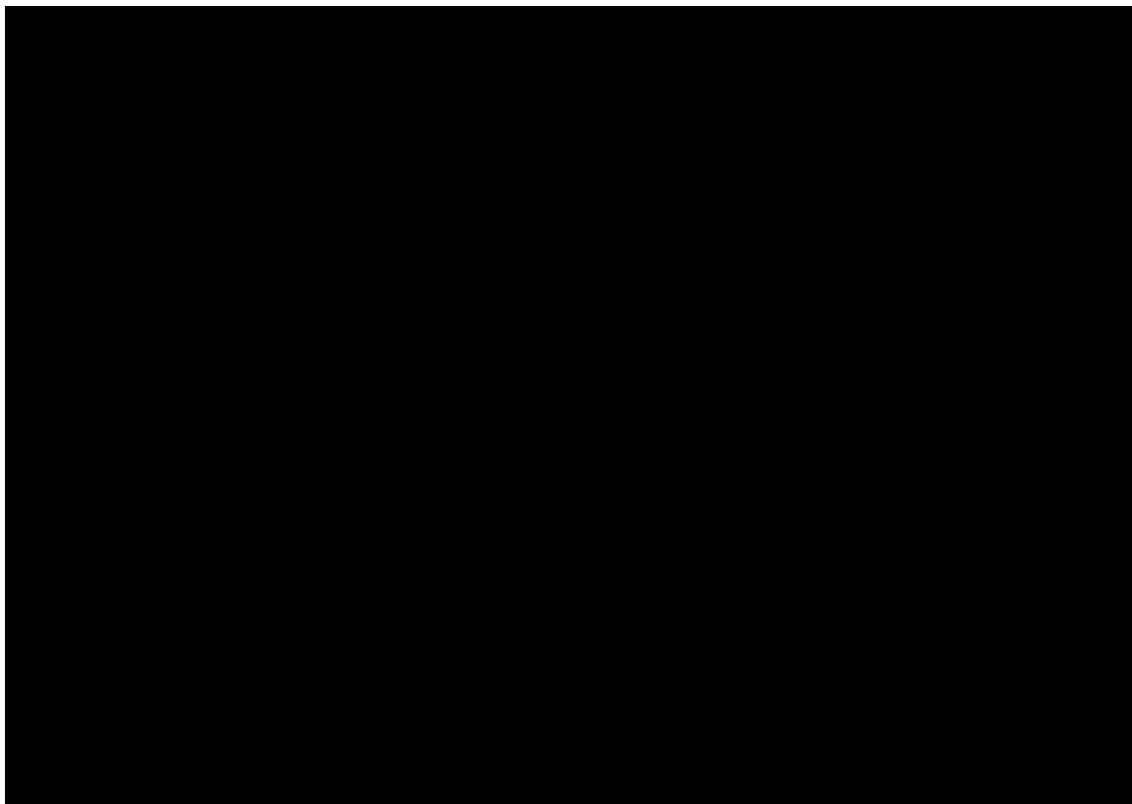
<sup>5-3</sup> 現在のイラク南東に位置し、638年にイスラーム史上最初の軍営都市（ミスル）として建設された。大英博物館には「エジプトにてアブー・ナスル・アル＝バスリー作」という銘文のある資料があり（所蔵 No.1889.07006.75）、陶工自身あるいは一族がバスラ出身であったことを示している。また、同名の署名が入る陶器が、大原美術館所蔵のフーケ・コレクションにも残存する。フーケ・コレクションはフスタートやその近郊で採集された資料群であり、両資料は、陶工史上イラクとエジプトとの関係を示唆している（榎屋 2013）。

<sup>5-4</sup> アッバース朝白濁釉陶器は碗が主流で、河北省産の邢窯白磁碗を主に模倣したものである（佐々木達夫・佐々木花江 2002）。

<sup>5-5</sup> バグダードとされる資料は、バグダードの南東約 160 km の位置にあるニップルや、バグダードの北北西約 110km のチグリス川沿岸に面するサーマッラーで発見された資料に確認される。そのため製作地についてはあくまでも推定の段階であり、今後のデータの蓄積が待たれる。

<sup>5-6</sup> 12 世紀にラスター彩陶器生産の場がエジプトからイラン、シリアへ移った際、イラン中部のカーシャーンでは、ラスター彩技法や彩画の手法などの知識は細かく伝授されたが、実際の彩画のほとんどは在地の陶工が担っていたと指摘されている（榎屋 2010）。

表 5-6 暗色、青色、白色系釉の着色剤（推定）による分類



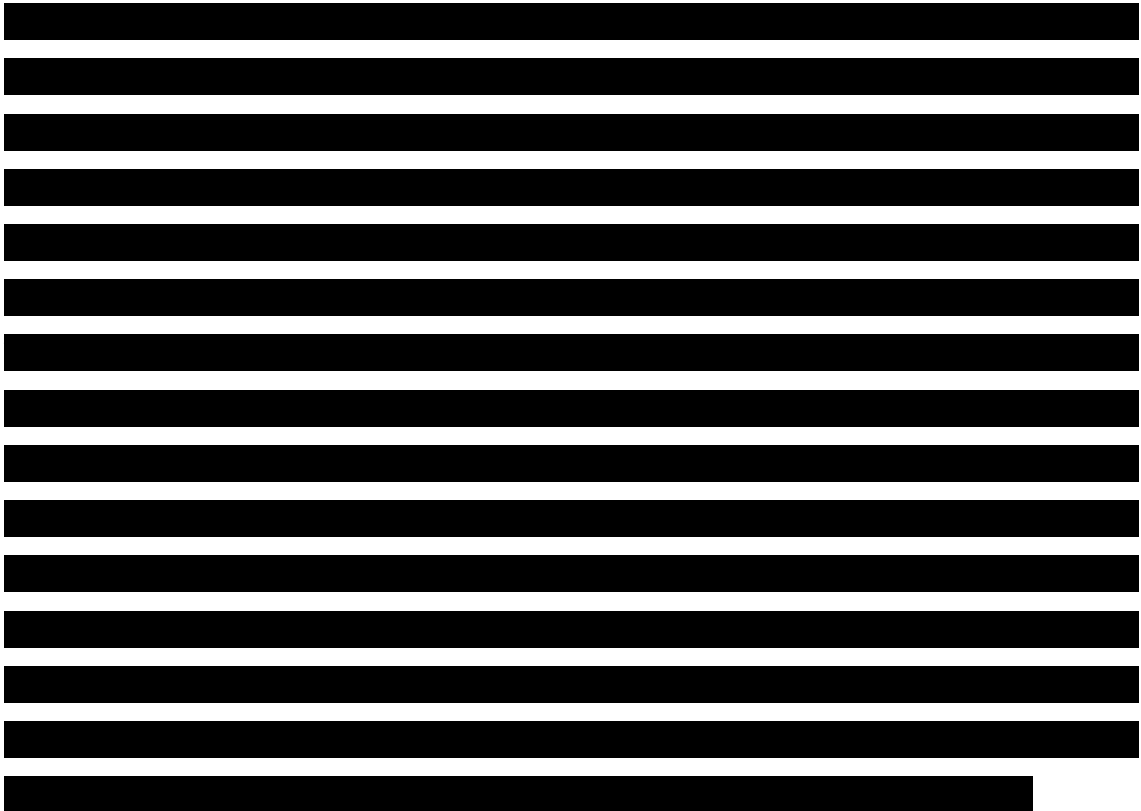
### 5.3.2 着色剤の変遷 –スズを事例に–

[Redacted text block containing multiple paragraphs of text, all obscured by black bars.]

---

<sup>5-7</sup> シナイ半島南部の遺跡。紅海に面し、ユダヤ教、キリスト教、イスラーム教にとって聖地であるシナイ半島の巡礼港として、また、東西海上交易の中継港として重要な機能を有していた。

<sup>5-8</sup> スズ酸鉛を用いた黄釉陶器は、酸化スズを用いた白濁釉よりも、最終的な焼成温度が低いと推察される。そのため、一度の焼成で黄色釉と白濁釉の両方を用いて焼き上げるには、黄色にはアンチモン酸鉛を用いた方が、安定した発色を得られると思われる。



### 5.3.3 その他装飾技法



---

<sup>5-9</sup> ウルフらによると、エジプトのイスラーム陶器に利用された鉛の産地は、イラン、チュニジア、サルディニア、スペイン、トルコ南部のトロス山脈等に比定され、時代によって産地に変更があるとしている（Wolf et al. 2003）。時代による産地の違いは、交易ルートや政治的状況の変化と関わりがあると思われる。

<sup>5-10</sup> エジプト周辺地域におけるアンチモンの記録として、12世紀後半にセルジューク朝で著された『被造物の驚異と万物の珍奇（‘Ajāyib al-Maḥlūqāt wa Ġarāyib al-Mawjūdāt）』には、アンチモンの産地としてイエメンが挙げられている（守川 監訳 2012, pp.479–480）。

<sup>5-11</sup> プラデルはアンチモンによる黄色の利用は9世紀末–10世紀のチュニジアから齎されたのではないかと推察している（Tite et al. 2014）。

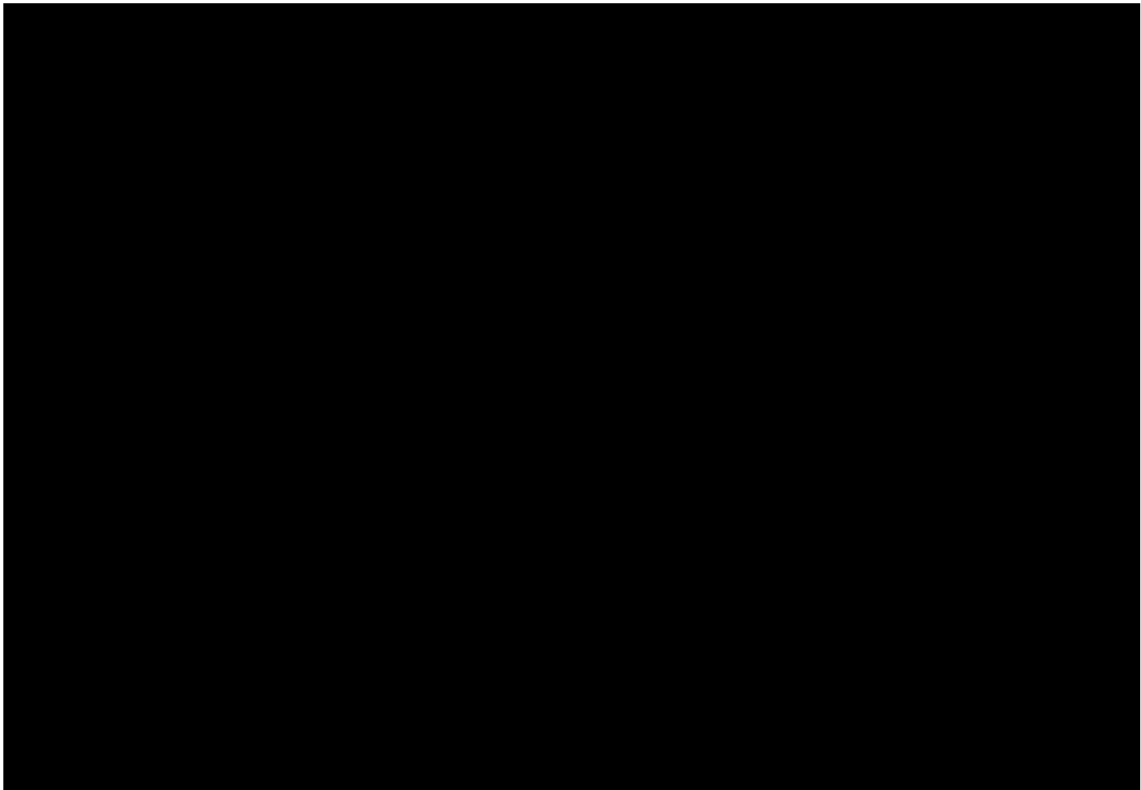


図 5-28 クリームスリップ (資料 No. 1-17)

5-28-1 資料写真

5-28-2 元素マッピング (Ca-K $\alpha$ )

5-28-3 元素マッピング (S-K $\alpha$ )



---

<sup>5-12</sup> 石膏は 100–150℃の焼成で結晶水が 4 分の 1 になった半水石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ )、400℃程度の焼成で結晶水が全部飛んで無水石膏 ( $\text{CaSO}_4$ ) に構造変化する (齋藤 2005)。

<sup>5-13</sup> **Fayyumi 2–4** の胎土には融剤としてカルシウムが混合される (**Fayyumi 1** の胎土には加えられない)。つまり、**Fayyumi 1** では装飾として、**Fayyumi 2–4** では、融剤としてカルシウムが利用される傾向がある。

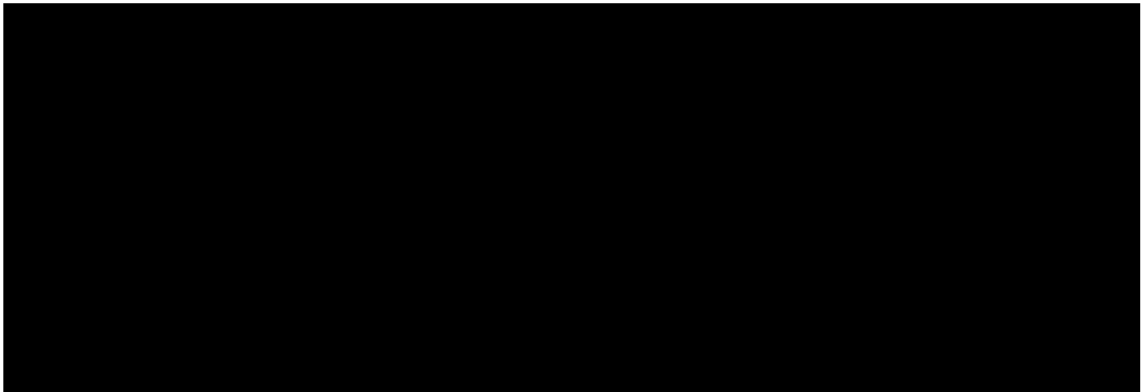


図 5-29 クリームスリップ部の X 線回折パターン (資料 No.1-17)

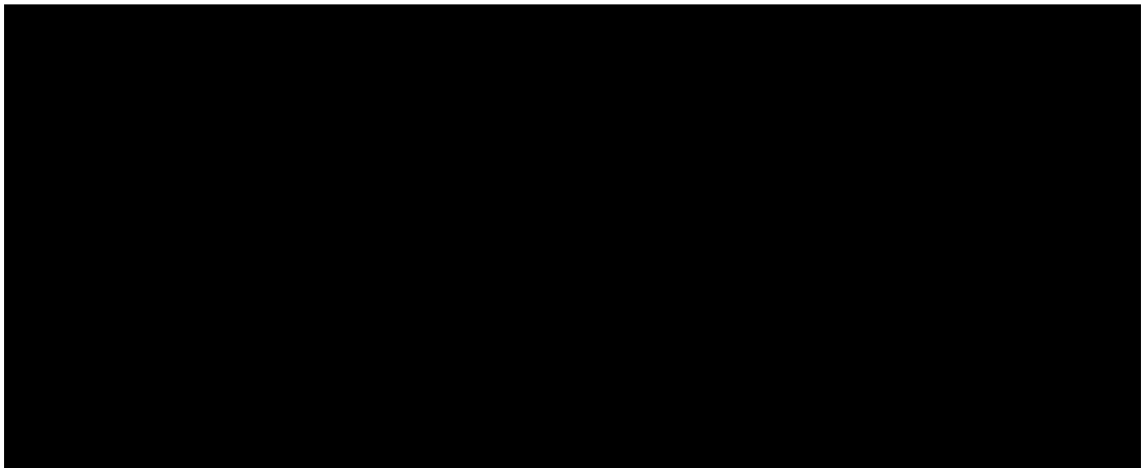


図 5-30 白色スリップ部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 4-1)



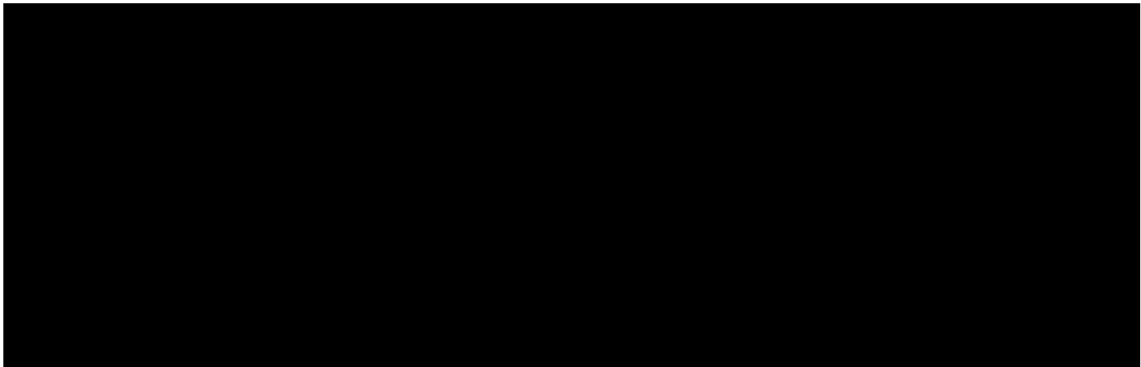


図 5-31 白色スリップ部の X 線回折パターン（資料 No. 4-4）

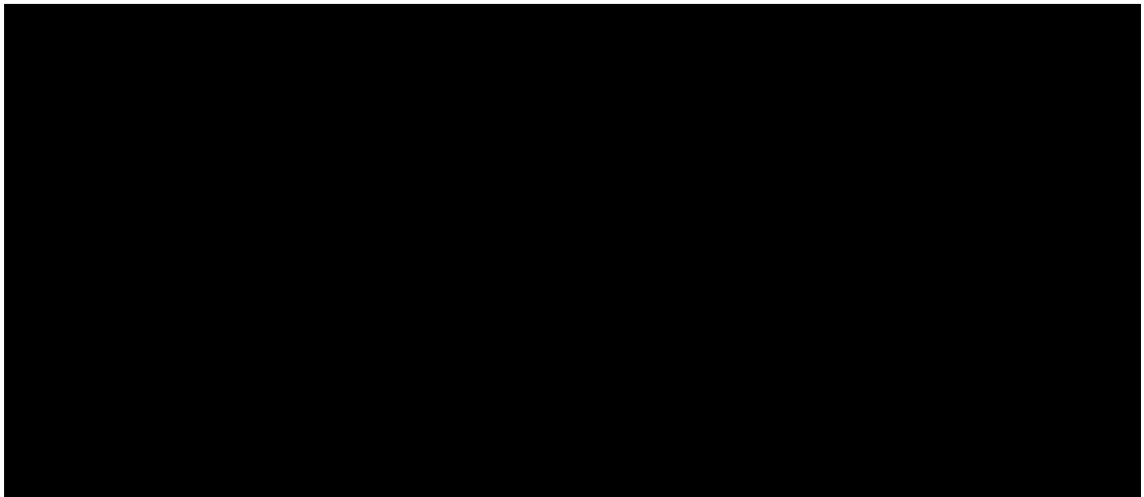


図 5-32 鉛濃度の高い箇所の SEM-EDS スペクトル（資料 No. 4-4）

---

<sup>5-14</sup> 白色粘土。粘土は 500–600℃で結晶水が抜けアモルファス（非晶質）の状態になる。

<sup>5-15</sup> 焼成温度の検討は第 6 章で述べる。

[REDACTED]



図 5-33 白色顔料

(左上: 資料 No. 1-16 右上: 資料 No. 1-17  
左下: 資料 No. 1-18)

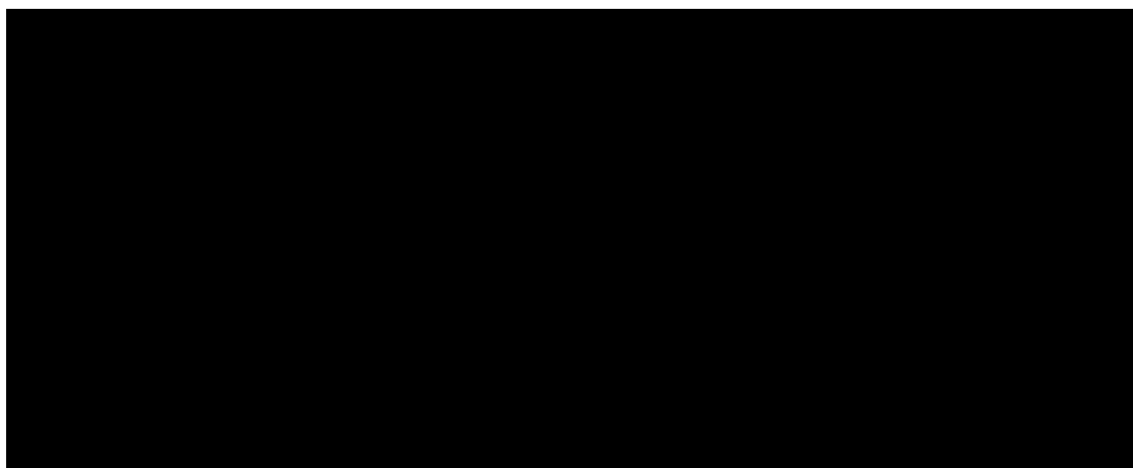


図 5-34 白色顔料部の SEM-EDS スペクトル (資料 No. 1-18)

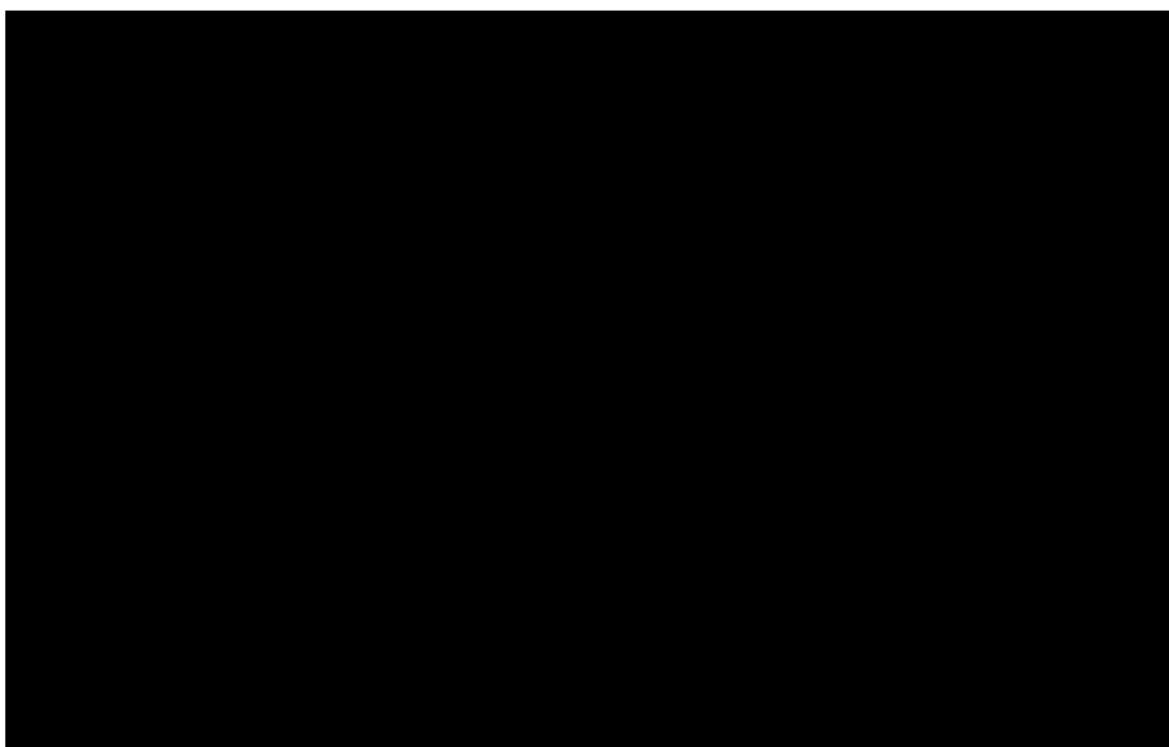


図 5-35 白色顔料 (資料 No. 1-18)

5-35-1 BSE 像

5-35-2 元素マッピング (Si-Kα)

5-35-3 元素マッピング (Al-Kα)

5-35-4 元素マッピング (Ca-Kα) 5-35-5 元素マッピング (S-Kα)



図 5-36 白色顔料の X 線回折パターン (資料 No. 1-16)

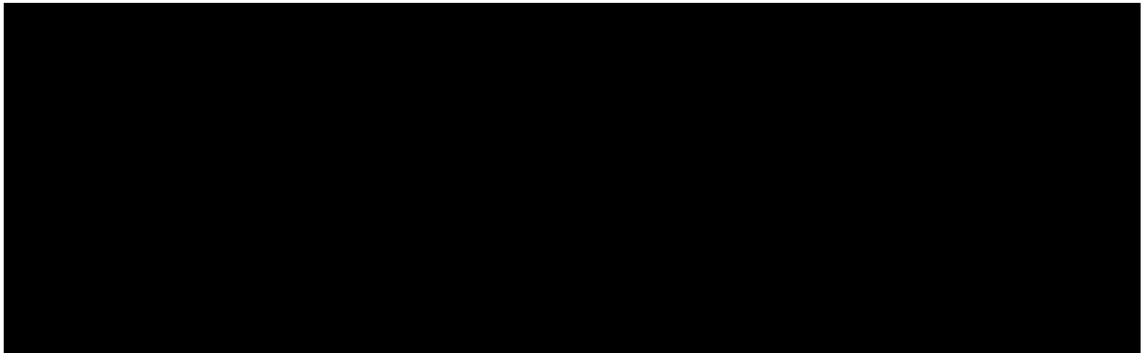


図 5-37 白色顔料の X 線回折パターン (資料 No. 1-17)

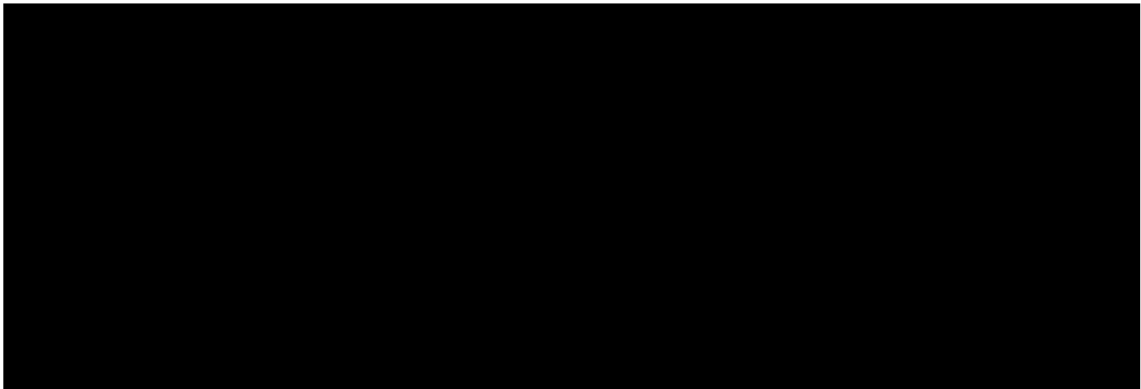


図 5-38 白色顔料部の X 線回折パターン (資料 No. 1-18)

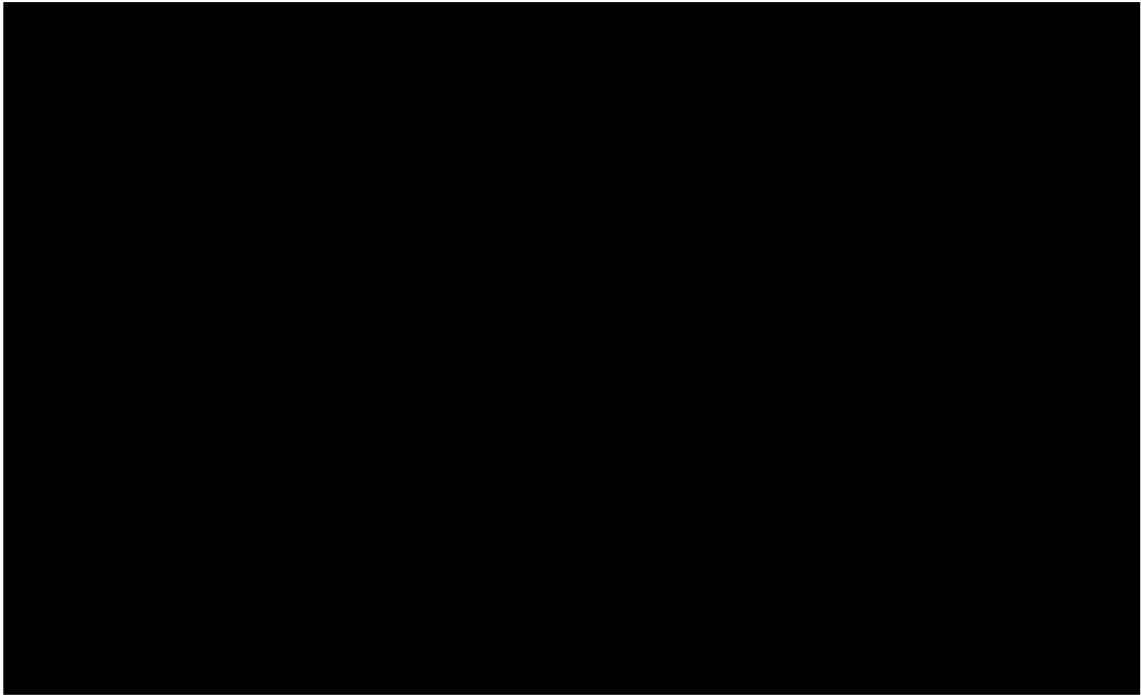


図 5-39 胎土・装飾（クリームスリップ・白色スリップ・白色顔料）比較 1

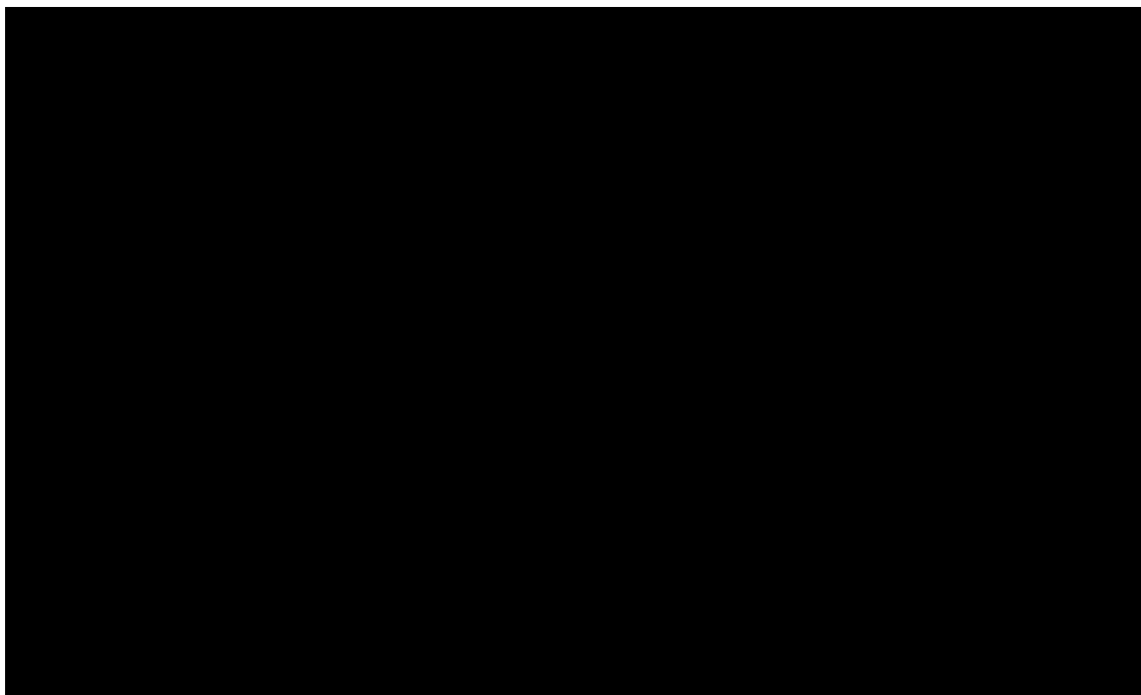


図 5-40 胎土・装飾（クリームスリップ・白色スリップ・白色顔料）比較 2

[illegible]



## 第6章 焼成技術の検討

### 6.1 緒言

「焼成」は焼き締まりや色、釉薬との融着性といったやきものの最終的な性質を決定する。どんな良質な材料を用いても、焼成の如何によってやきものの物性は大きく変わる。焼成技術の歩みは、やきものの発展史そのものと言える。やきものづくりの元始において、窯のような複雑な施設は存在せず、基本的な焼成法は成形品を平らな地に置くか、地面にくぼみを作って中に成形品を並べる、オープン・ピットの方法であった（南雲 1998, p.9）。窯の発展はこのオープン・ピット焼成に始まり、熱効率や安定性、窯本体の耐火性、生産性、焼成雰囲気（酸化・還元）の観点から改良が加えられていく。こうした焼成技術の向上は、長年にわたる探求と工夫の賜物であり、各地域・時代で発展を遂げた焼成技術は、陶工（集団）の技術的系譜を示す履歴書といえる。

発掘された焼成窯は歴史に埋没した製陶業を雄弁に語る資料となる。その地で窯業が営まれていた証左となるのは勿論の事、窯の規模や構造が明らかになれば、生産力の推定が行える。また、窯址周辺に焼成不良品や、モノ原<sup>6-1</sup>が遺ると、その窯でどのような製品がいつ頃に焼かれていたのかといった、編年に関する重要な情報を得ることが出来る。

フスタートの焼成窯に関して言えば、そうした情報はほとんどないといってよい。

第4章で述べたように、フスタートではト

チンや棒サヤのような窯道具や、焼成不良品が発掘されており、製陶業が営まれていた可能性は高い。棒サヤは、棒棚組<sup>6-2</sup>を有する窯が存在した事を示している<sup>6-3</sup>。また、見つ

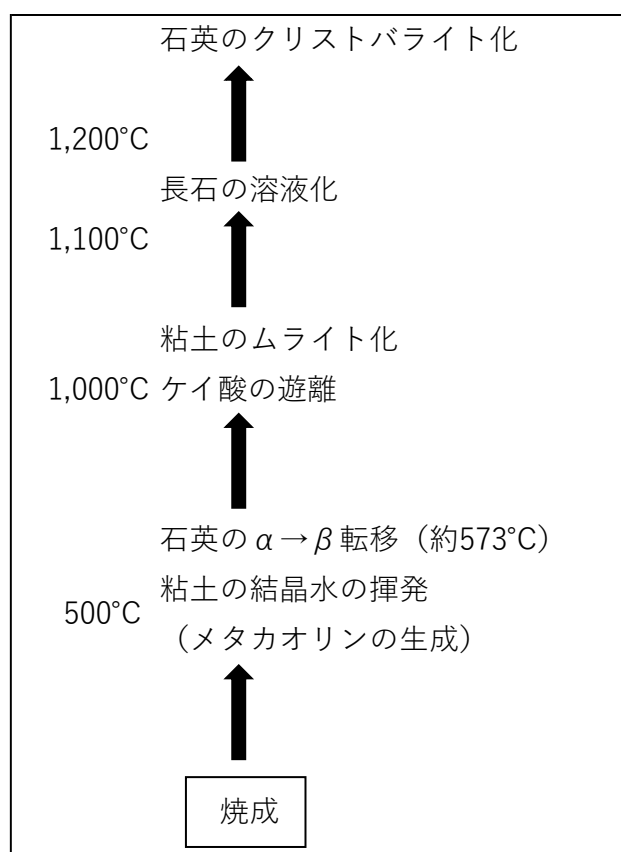


図 6-1 焼成による構造変化

<sup>6-1</sup> 焼成不良品などを捨てるゴミ捨て場。窯場近くに形成されることが多く、層状に堆積することで、どのような製品が製作されていたか編年的に知る手掛かりとなる。

<sup>6-2</sup> 焼成室に何段階かの小さな穴を巡らせ、その穴に棒サヤを差し込んで棚状にし、製品を載せ



った窯道具は一般住居内で発掘されるため、少なくとも轆轤作業は住居内で行われていたと推測される。窯業と関連する産業として、ガラス工房跡が遺跡の一般住居内で見つかっており、フスタートの窯業はいわば家内制手工業であり、工房や工場と住居が一体化していたと考えられている。

イスラーム地域全体において窯に関する情報は乏しい。イスラーム地域では、窯場が都市やその近郊に作られるため、窯跡が残存する例が稀であること。窯場が築かれた場所が依然として都市の機能を有していることが多く、学術調査が実施できないといったことが要因である。運よく遺構として保存されていたとしても、廃棄後の焼成窯が原形をとどめていることはほとんどない。特にフスタートの場合は、12世紀に街そのものが徹底的に破壊されたという経緯がある。本論が対象とする時代の情報はさらに乏しいものとなり、現段階の考古学的成果では、焼成技術の復元は困難と言える。そこで本論では、資料の焼成温度の推定から焼成技術について検討する。

焼成温度の推定は、偏光顕微鏡、XRD、熱分析といった手法を用いて、胎土の結晶構造や含まれる岩石・鉱物片の状態、釉薬の材質、資料の再加熱に対する反応から判断される。胎土は焼成の過程において熱の影響を受け変質し、原料物質（粘土、混和物）の変性、あるいは新鉱物の生成により、結晶構造が変化する。具体的なケースとして、胎土の主成分である粘土鉱物、長石類、石英を例に挙げると、粘土鉱物は500℃付近で結晶水の脱水・分解がおき、メタカオリン（非晶質）の生成を経て約1,000℃を境にケイ酸を遊離してムライトを生成する。このとき遊離したケイ酸分は、クリストバライト化するとされている。長石類は約1,100℃以上で熔融が起こり、石英は約1,200℃以上で一部がクリストバライト化する（図 6-1）。これ以外にも様々な鉱物の熱に対する性質を指標とし、焼成温度を推定できる。

---

て焼成する方法である。単房窯（燃焼室と焼成室が一体となった窯）、重房窯（燃焼室と焼成室の間に火格子が設けられた窯）どちらのタイプの窯にも見られる。

<sup>63</sup> 棒棚施設を持つ陶器窯は、11-12世紀のイラン・ニーシャープールでは一般的であったと考えられている。同じくイラン内ではジュルジャー（窯の使用年代は13-14世紀と推定される）、シーラフ、タハテ・スレイマーン、さらに中央アジアではカザフスタンのオトラル遺跡（窯の使用年代は13-15世紀と推定される）、ウズベキスタンのジャハル・ヒーヤ遺跡などで、棒棚施設を持つ窯址が発見されている（岡野 1999）。

## 6.2 研究手法

焼成温度の推定は、「第4章 胎土」、「第5章 釉薬と装飾」で論じた、胎土や釉薬の組成や組織情報に加え、XRDによる胎土の結晶構造解析によって行う。焼成による結晶構造の変化は、化学組成、焼成時間、窯内温度分布などが複雑に関連してくるため、必ずしも図6-1と同じプロセスを経るとは限らない。しかし今回用いた資料は、窯構造が不明で、焼成技術の情報に乏しいため、一般的な構造変化過程を焼成温度推定の基準とした。

XRDによる結晶構造解析は、サンプリングが行えた資料については、偏光顕微鏡観察用の薄片資料を分析に供した。サンプリングを行わない資料については、素地が露出している資料に限り、胎土部分を分析に供した。

## 6.3 結果と考察

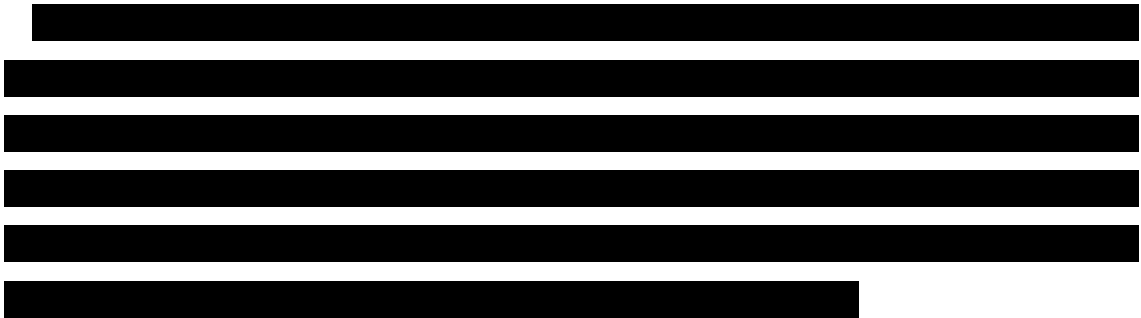




図 6-2 X 線回折パターン (資料 No. R-4)



図 6-3 X 線回折パターン (資料 No. 1-1)

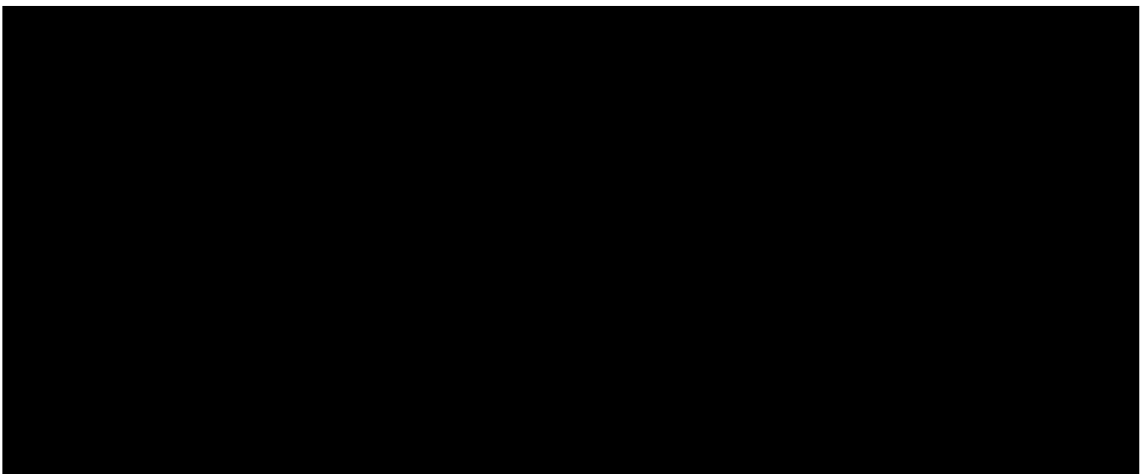


図 6-4 X 線回折パターン (資料 No. 1-4)



図 6-5 X 線回折パターン（資料 No. 1-5）

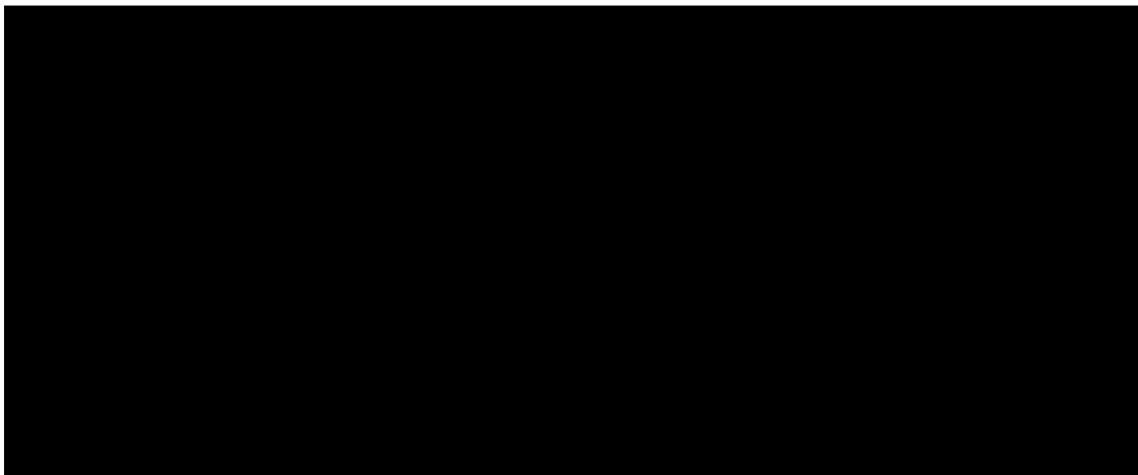


図 6-6 X 線回折パターン（資料 No. 1-13）

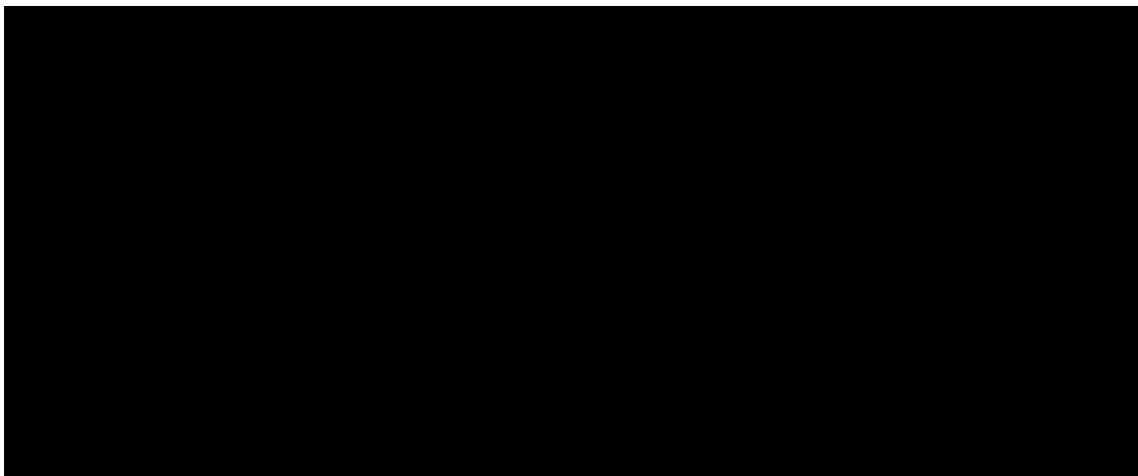


図 6-7 X 線回折パターン（資料 No. 1-27）

[Redacted text block]

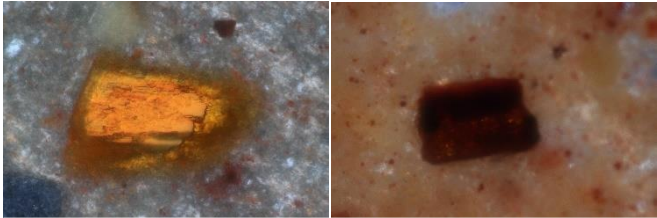
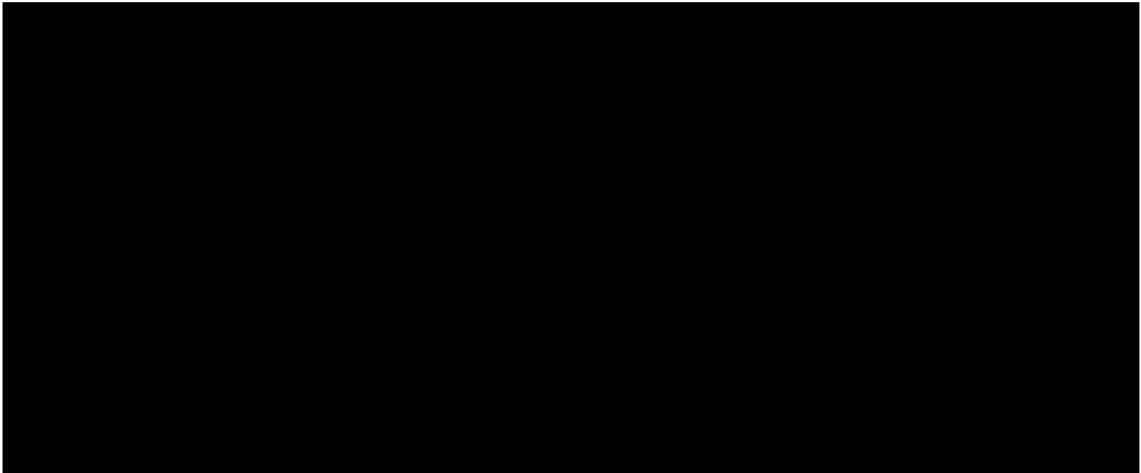


図 6-8 資料 No. 1-27 で観察される 2 種類のホルンブレンド  
左: 玄武ホルンブレンド 右: ホルンブレンド

<sup>6-4</sup> 焼成温度が 1,000℃以下であっても、焼成時間を長くすることによって、1,000℃以上でおこる構造変化を確認することができる。



ト

図 6-9 X線回折パターン（資料 No. R-2）

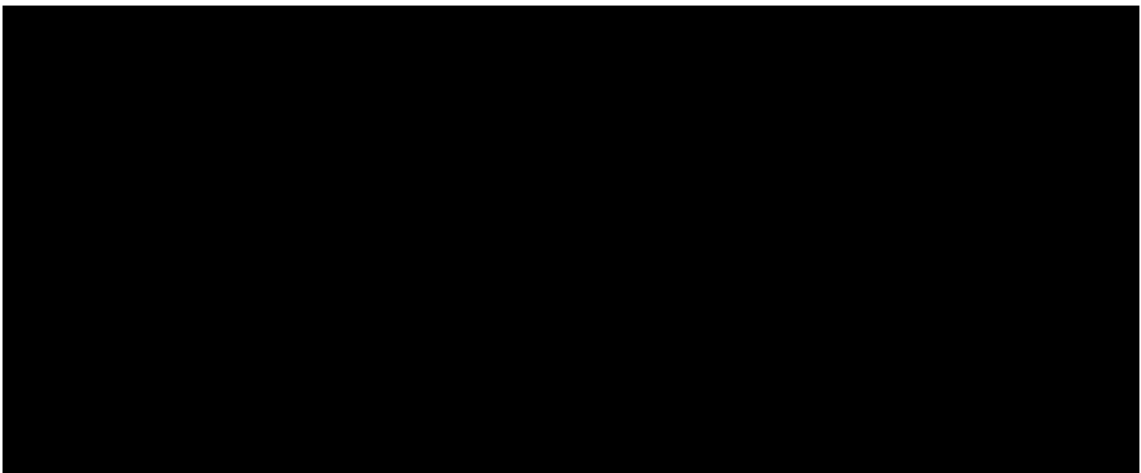
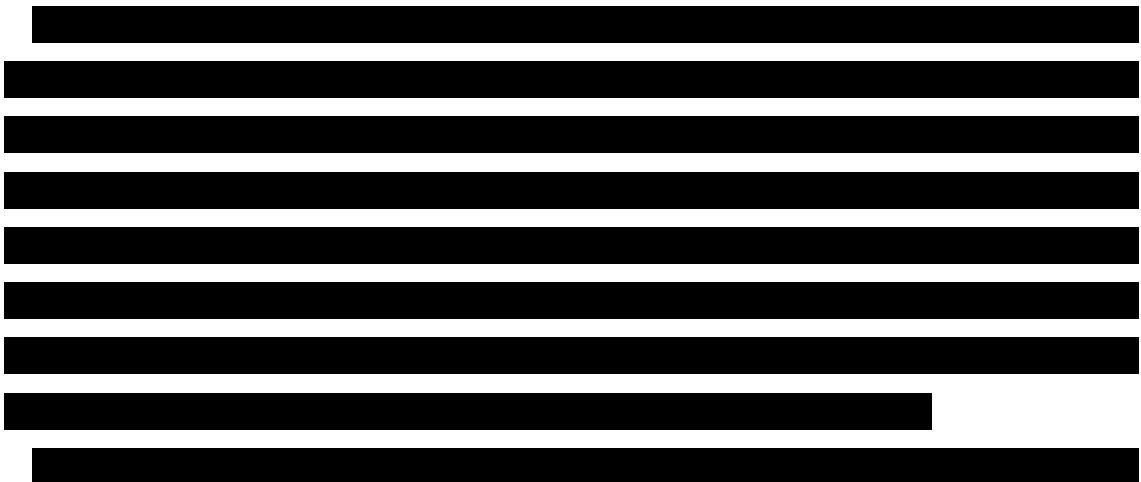


図 6-10 X線回折パターン（資料 No. 1-9）



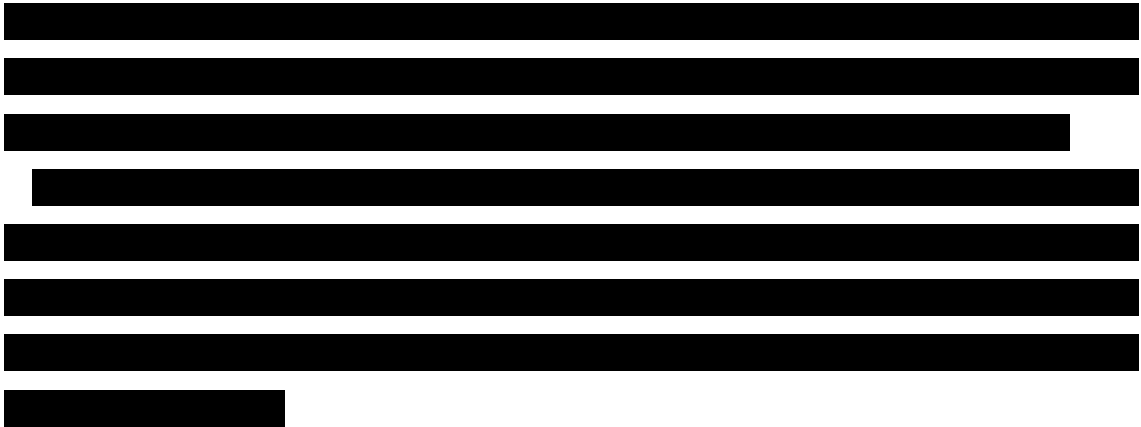


図6-11 X線回折パターン（資料No. 3-8）

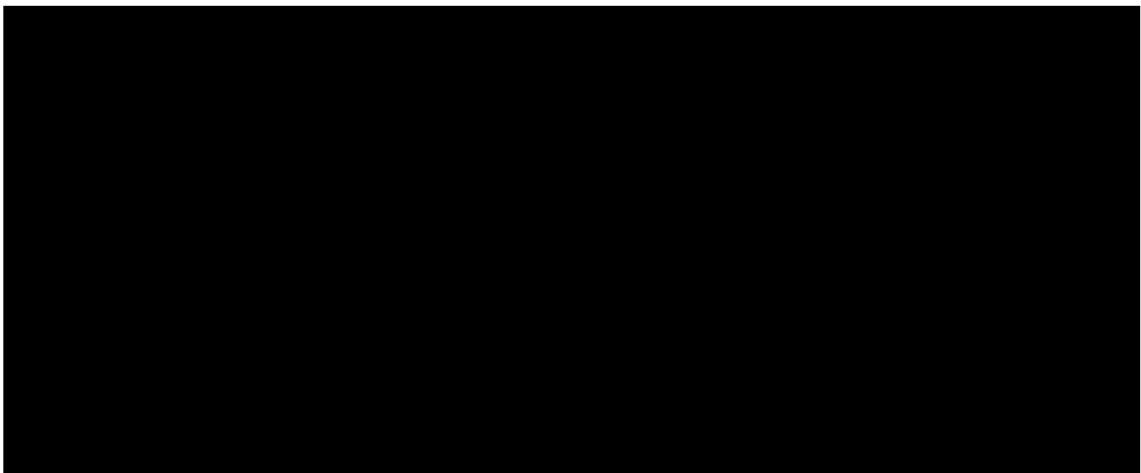


図6-12 X線回折パターン（資料No. 3-9）

<sup>6-5</sup> Xは Ca, Na, Fe<sup>2+</sup>, Zn, Mn, Mg, Li。 Yは Cr, Al, Fe<sup>3+</sup>, Mg, Mn, Sc, Ti, V, Fe<sup>2+</sup>であらわされる。

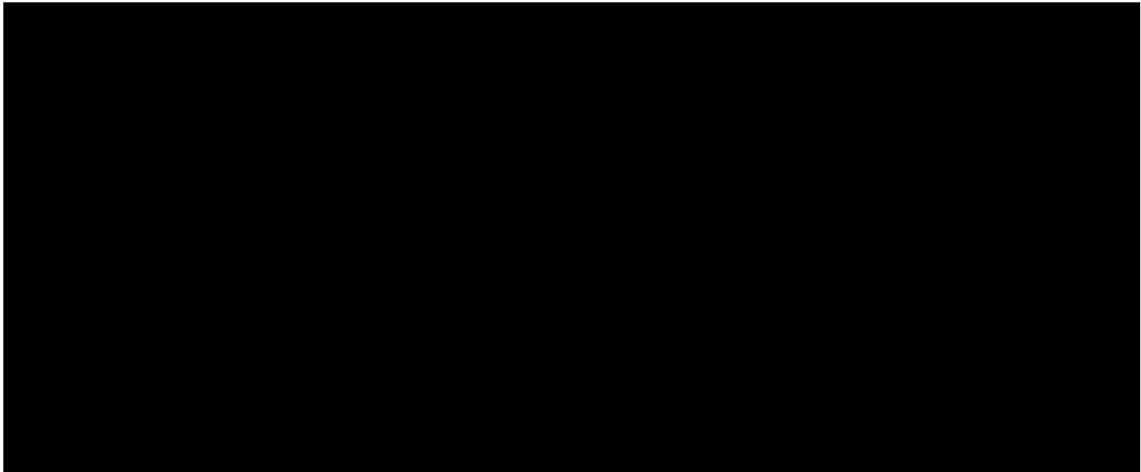


図6-13 X線回折パターン（資料No. 4-4）

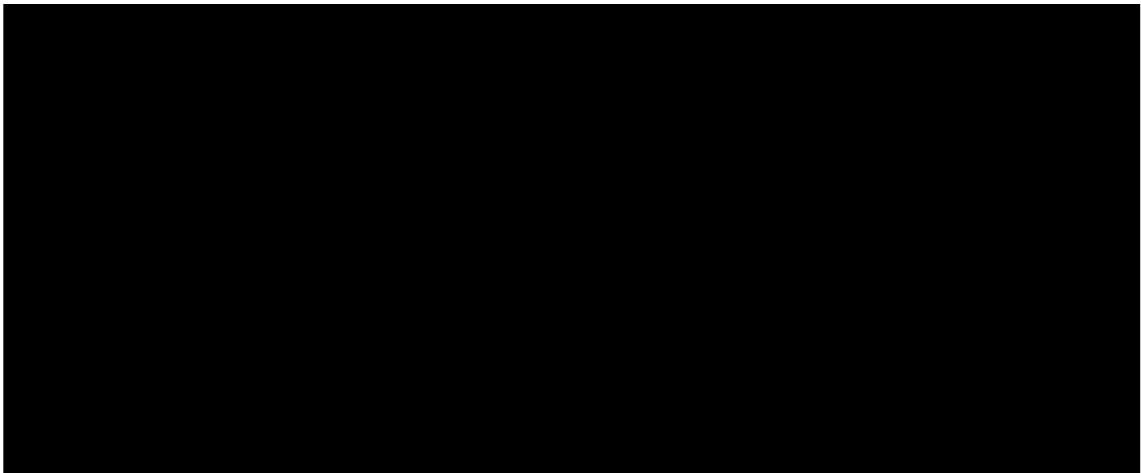
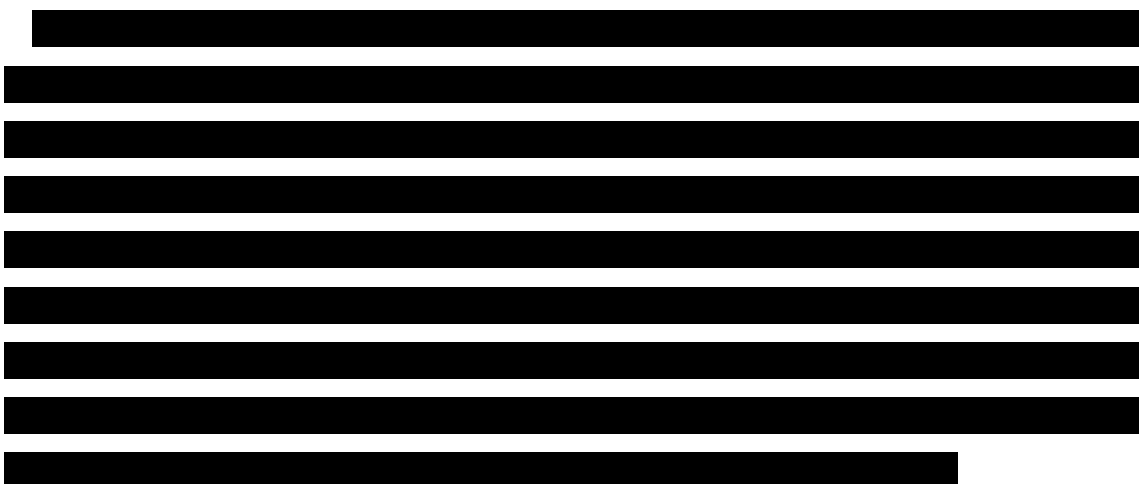


図 6-14 X 線回折パターン（資料 No. 4-5）





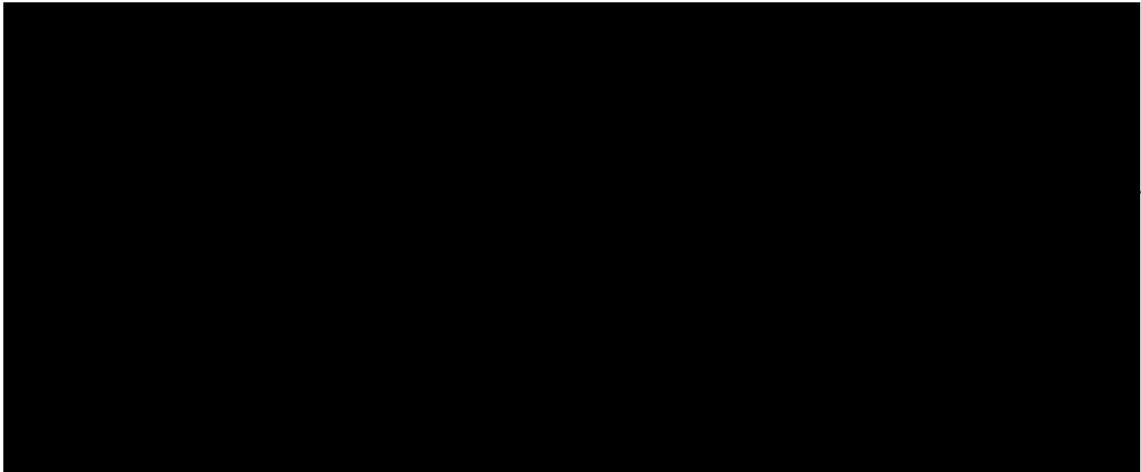
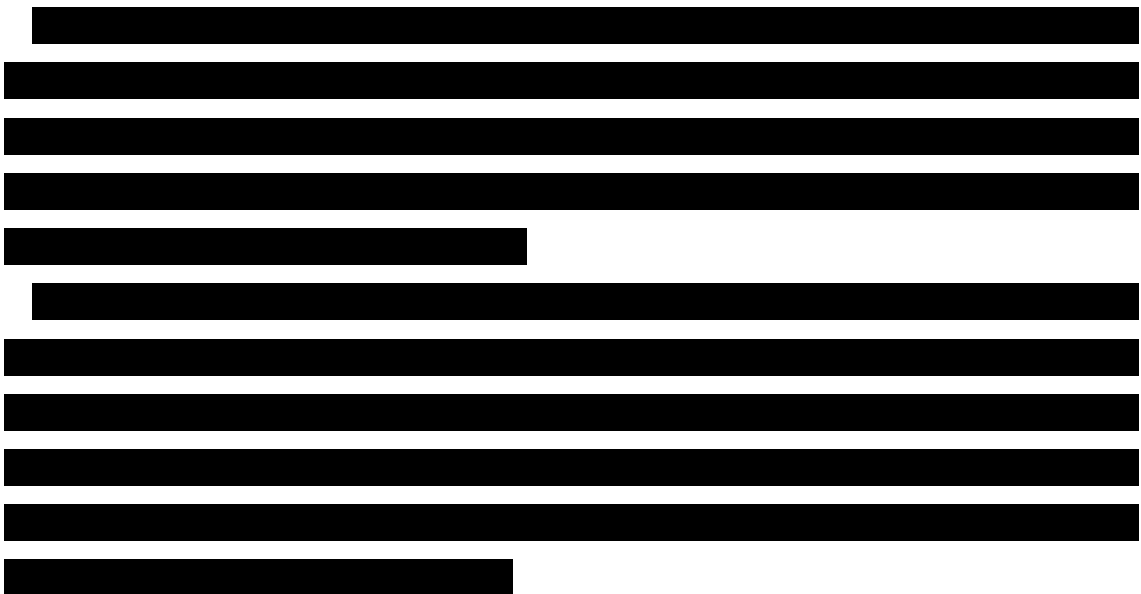


図6-15 X線回折パターン（資料No. 3'-1）



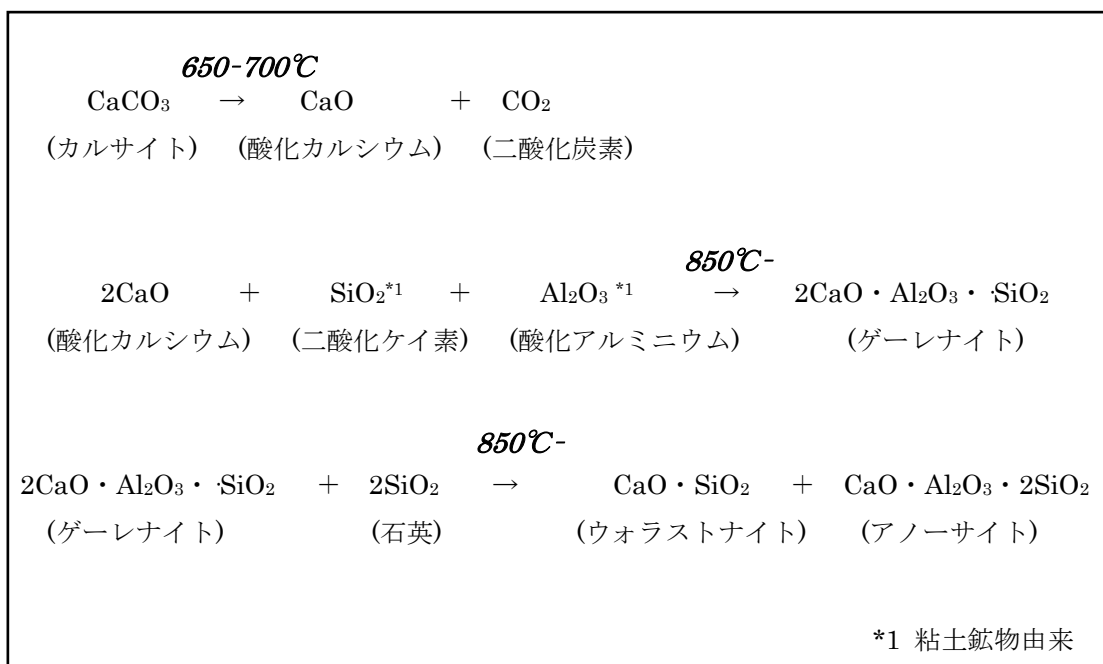


図 6-16 カルサイトの構造変化

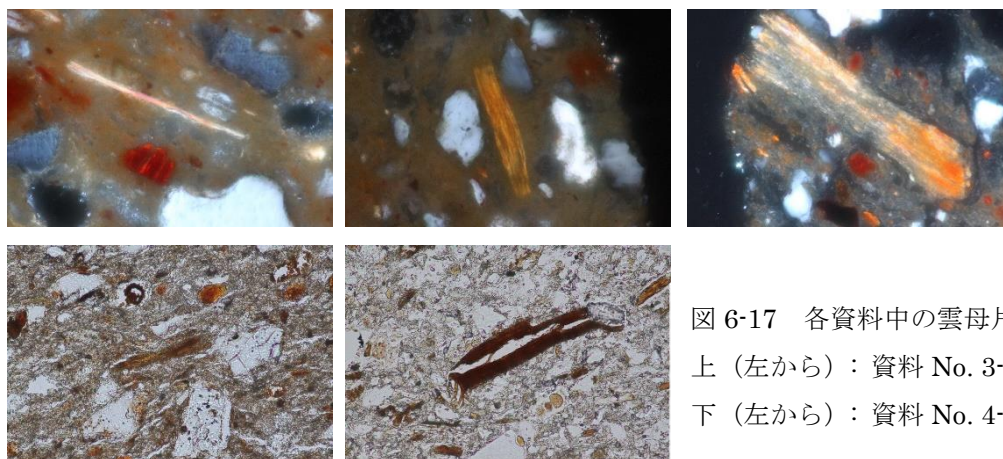
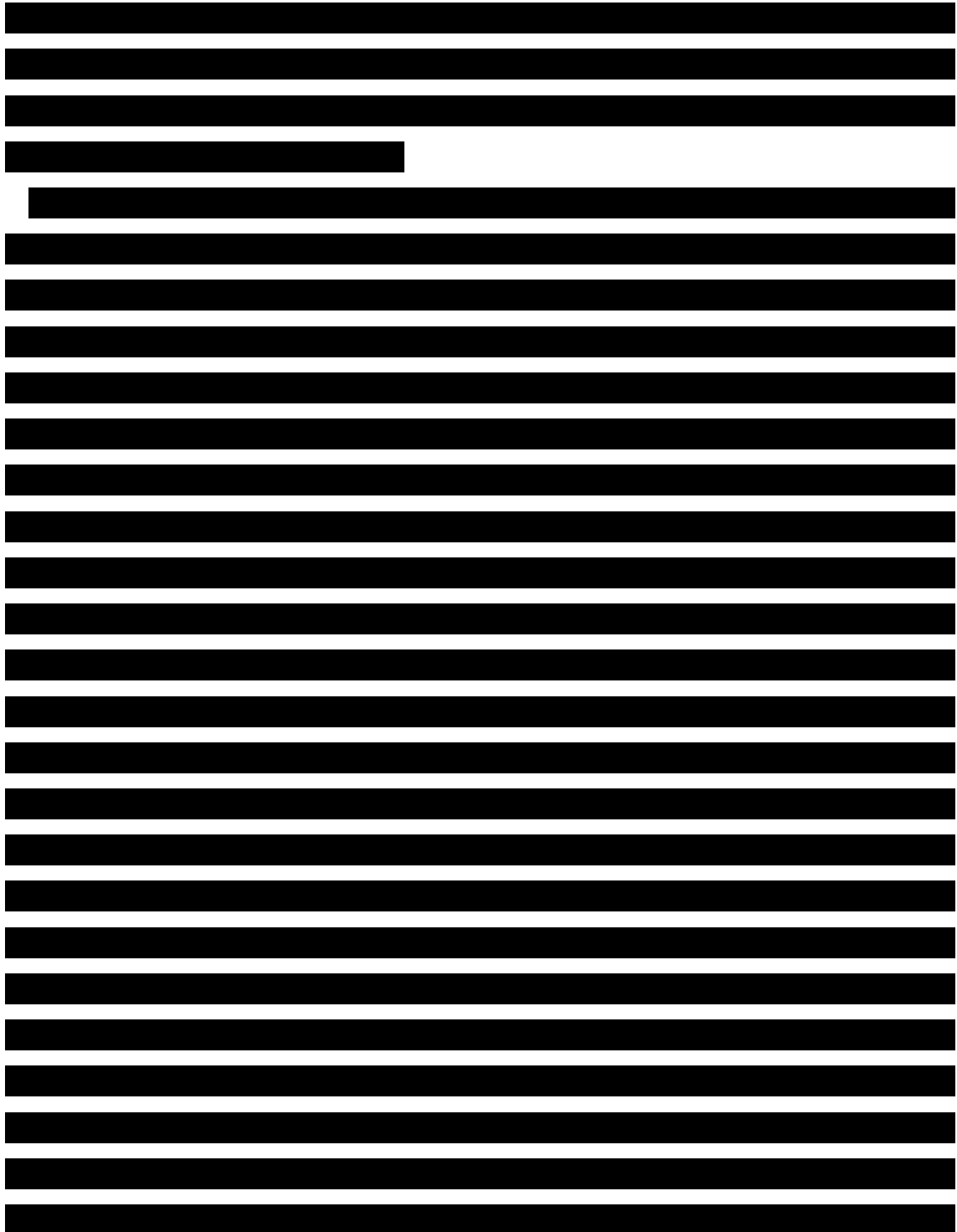


図 6-17 各資料中の雲母片  
 上 (左から) : 資料 No. 3-8, 3-9, 4-4  
 下 (左から) : 資料 No. 4-5, 3'-1

[REDACTED]

<sup>6-6</sup> 望月はムライトが認められないことや長石が未分解で残存していることから、胎土質（粘土質胎土、ストーンペースト胎土）に関わらず 1,000℃以下の低温焼成であったと推測している。



---

<sup>6-7</sup> 焚口で生じた焰が焼成室に詰められた製品の間を通過し、下から上へ進みながら加熱し、上部の煙突から排出される構造を持つ。

<sup>6-8</sup> 温度差は窯の規模・傾斜、燃料、焼成室と燃料室の位置関係、焼成段階（あぶり、せめ、ねらし、冷却）など、複合的な要因で決定される

<sup>6-9</sup> アスワーンのやや北に位置する Nag'al-Hagar 遺跡において窯が発見されたと報告されているが、どのような構造であったかは不明である（Mohi el-Din et al.1985; Ballet et al.1987）。

[REDACTED]

---

<sup>6-10</sup> 発掘される窯址は上部が残存していないことが多い。そのため、考古学において窯を復元する場合、民族誌に頼ることとなる。齋藤は、現在「天井を有する窯」とされている窯についても、明確な天井を伴わない限り、天井のない窯が存在し得ることに注意を促している。

<sup>6-11</sup> 長谷川 2008, pp145-151 を参照。

<sup>6-12</sup> 齋藤は、民族調査にみられる土器工房の占有面積は、個人工房で 50m<sup>2</sup> 前後、集合工房で 50-100m<sup>2</sup>、共同工房では 150-200m<sup>2</sup> ほどになり、生産様式の変容に応じて工房の占有面積は大きくなる傾向を示している。ただし、考古資料を参照する限り、従属専業については個人工房規模でも行われる例があり、別個に考えるべきであると論じている（齋藤 2009）。

[REDACTED]

[REDACTED]

<sup>6-13</sup> 所有者への聞き取り調査による。

[illegible]

## 第 7 章 総括

### 7.1 各章の総括

[Redacted text block containing multiple paragraphs of content]





[REDACTED]

[REDACTED]

<sup>7-2</sup> 最初期の施釉陶器が生み出されていく背景として、フスタートにおいて、「キャンプ・タウン」ともいうべき征服時直後の雑然とした時代から抜けだして、さまざまな都市インフラ（モスクや教会等の宗教施設、市場やカイサリーヤと呼ばれる商業施設、公衆浴場、石製の柱やファサード・貯水槽等を有する家屋等）整備の需要が増していった社会状況も考慮される（Kubiak 1987）。

表 7-1 フスタートにおける施釉陶器の展開

年代	施釉陶器の展開	アル=フスタートの沿革
ビザンツ帝国の支配 (395~641)		
イスラームの支配 (641~)	赤色光沢土器	フスタートの建設 (642年) ・アラブ諸部族が移り住む
ウマイヤ朝 (661~750)		都市インフラの整備 運河の整備 (カリフ運河など)
アッバース朝統治 1 (750~868)	最初期の施釉陶器	
トゥールーン朝 (868~905)	後続の施釉陶器	町の拡張・発展 ・国際貿易港の地位を獲得 ・東西交易による富の集積 ・メソポタミア方面からの人 (イラク的イスラーム文化) の流入
アッバース朝統治 2 (905~935)		
イフシード朝 (935~969)		
ファーティマ朝 (969~1171)		最盛期

### 7.3 本研究の保存科学的意義

本研究は各時代に製作された陶器の技術的関連性や相違点から、編年的な傾向を捉えることに主眼を置いて論じてきた。研究対象資料は、同じ保存環境下でも劣化の進行状況が大きく異なり、劣化の進行が著しい一部資料は、胎土が板状剥離を起こし、場合によっては発掘当初の姿を留めないほど粉状となっていた。ある地域内で同時期に作られ、廃棄場所や出土後の保存環境はほぼ同一であるにも関わらず、劣化の進行度が大きく異なることは、資料が本質的に備える物理的特性が劣化の進行に影響を与えていることを示している。

資料の観察や材質技法に関する調査を進めていく過程で、ナトリウム (Na) と塩素 (Cl) が集中する領域が認められ (図 7-1)、塩化ナトリウム (NaCl) や塩化カリウム (KCl) の回折ピークも検出されたことから、塩類風化が劣化の一要因である可能性が高い。日本における西アジア出土資料の塩類被害は、1980 年代にはすでに知られていた (青木 1985)。西アジアに多い砂漠地帯や乾燥地帯は塩類濃度が高く、多孔質な資料は埋没中に塩類を吸着し内部に混入しやすい。塩類が資料中から完全に除去されず乾燥湿潤状態の繰り返しを受けると、塩類の潮解と再結晶化が起こり、最終的には層状剥離や粉化といった資料の破壊をもたらす。こうした塩類風化による文化財の破壊は、屋外などの自然環境下だけでなく、展示室のような場所でも起こり得る現象である (朽津 他 2004)。特に日本のような四季によって湿度が変わりやすい環境下での保管には注意を要する。本研究では、焼結性の低い資料から劣化が進んでいることが推測された。長年の埋蔵環境中に受ける加水分解、再水和の影響を強く受けると、焼結性が低いものから塩類風化が促進されることは、想像に難くない。

以上、材質技法と劣化の進行度は大きな関連性があることが明白である。資料の材質技法を把握することは、人類学的課題の解明に限らず、文化財保存の観点からも重要である。一般的に言えば、考古学資料は一度の調査で膨大な量が出土するため、予防保存だけでなく緊急度の高い資料の優先的な処置や環境改善を図る上でも、材質技法の情報は有効な指

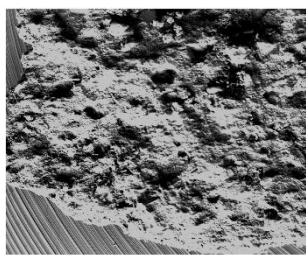


図 7-1-1 BSE 像  
(資料 No. 1-1)

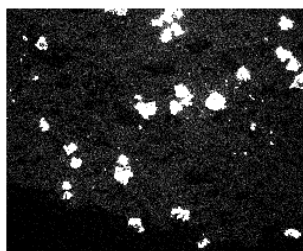


図 7-1-2 元素マッピング  
(Cl-Kα)

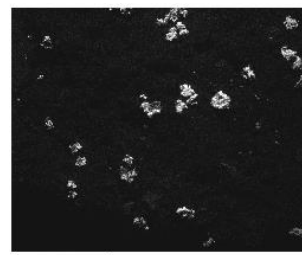


図 7-1-3 元素マッピング  
(Na-Kα)

針となり得る。今後は保存科学的研究の立場から調査と保存を一体化させ、有限である文化財を持続可能な形で調査するための手法を確立していきたい。

#### 7.4 今後の展望

今回はサンプリングの制約から化学組成については主成分分析、岩石・鉱物組成については定性分析という手法を採用した。精度としては大まかな差異をみる手法ではあるが、それでも大別された 2 グループには、明確な材質技法の差があり、エジプトにおける窯業革新にも迫る重要な知見を得ることが出来た。更なる発展として、今後はより精度が高く産地などの差異を示しやすい分析手法（微量成分元素分析や鉱物・岩石片の定量分析）を用いてグループの細分類が可能か検討していく必要がある。

本論では Fayyumi 1 から Fayyumi 2-4 への移行期に生産地に変更があったという試論を提示した。仮説を検討するために課題となるのは、窯址や物原<sup>7-3</sup>が発掘されていない現状で、どのように検討するかである。

エジプトに限らずイスラーム陶器全体に言えることとして、イスラーム陶器は窯場が都市内部や近郊に築かれる傾向にあり、物原が明確に形成されない、窯業地が現在も都市として機能し新たな発掘が困難であるといった状況があり、生産地推定の難しさは以前から指摘されてきた（阿部 2006; 中近東文化センター 2007）。このような背景から、従来研究では製作地に関して十分に議論出来ず、主に組成の違いや形式論を頼りに資料の製作地を推定していた。しかしその根拠は乏しく、曖昧な点が多々ある。さらに、近年のイスラーム圏の情勢は、本格的な調査を前に、貴重な遺跡や文化財資料が急速に奪われているのが実情である。

今後の課題は、窯址やモノ原に代わる新たな生産地推定の指標を、今ある資料の中で模索することである。筆者はその 1 つの可能性として、窯道具を用いることが出来ないかと考えている<sup>7-4</sup>。窯道具は消耗品であり、陶器製作のために利用されることから、窯場近くで製作・廃棄された可能性が高く、近郊の原料を利用していると考えられる。組成については、調合の違いから、製品である陶器とは異なる可能性があるが、窯道具中の鉱物・岩石片は、原料の地質学的情報を内包していると考えてよい。したがって、出土した窯道具

---

<sup>7-3</sup> 失敗品や窯道具などを捨てるごみ捨て場。窯周辺に築かれる場合が多い。

<sup>7-4</sup> 焼成不良品も生産地推定の指標として利用されるが、製品が窯から取り出された後、焼成不良品、製品の区別なくまとめて運搬される可能性が指摘されている。また、焼成不良品よりも窯道具の方があまり手を加えていない可能性が高く、地域的な特性をより示しやすいと思われる。

が生産地を推定する上での参考になる可能性は高い。これまでイスラーム期の窯道具を分析した例はほとんどなく、十分な検証はなされてこなかった<sup>7-5</sup>。本研究によって窯道具が地域の情報を有効に保っていることが明らかになれば、イスラーム陶器研究における生産地推定を飛躍させる可能性を持つと考えている。窯道具について焼成不良品や出土陶器片と比較しながら検討していくことを、近い将来の課題としたい。

---

<sup>7-5</sup> 窯道具の分析例はニーシャープール、バスラなどが知られている（Rante and Collinet 2013; Mason et al. 1991）。ニーシャープールの窯道具の鉱物組成は、陶器（無釉・施釉）と類似性が認められ、両者は地元の粘土を原料としている可能性が指摘されている。

## （付録 1）補正計算

### 1 緒言

本付録では「第 4 章 胎土」で実施した補正計算について報告する。ICP-AES による定量分析を実施している資料について、ICP-AES で算出された定量値と SEM-EDS で算出された定量値との比較を行った。手法によって原理や特徴が異なり、ICP-AES が採取し溶液化した資料全体を視るのに対し、SEM-EDS は電子線の侵入範囲である数  $\mu\text{m}$  の範囲を視ているなど、得られる情報は異なる。この差を考慮し、定量値の補正を行う必要性について検討した。資料は本論で扱う粘土質胎土陶器 5 点の他、出光美術館が所蔵するストーンペースト陶器 9 点、標準岩石試料 3 点である。

### 2 研究手法

ICP-AES 並びに SEM-EDS による定量分析手法は「第 4 章 胎土」に述べたので参照されたい。

### 3 結果

ICP-AES と SEM-EDS でそれぞれ分析値が既知である標準岩石資料を用いて定量値の精度を確認したところ、ICP-AES の方が推奨値に近い結果が出ている。そのため、本研究では ICP-AES によって得られた定量値を基本として検量線を求め補正した。

SEM-EDS で得られた定量値を x 軸に、ICP-AES で得られた定量値を y 軸にプロットした図を示す（図 1-8）。ICP-AES は試料調製の段階でケイ素を揮発させるため、ICP-AES の  $\text{SiO}_2$  値は 100 からその他成分を差し引いた推定値である。ICP-AES による標準岩石試料の  $\text{SiO}_2$  推定値は推奨値と概ね一致する（表 1）。SEM-EDS と ICP-AES の定量値間は、ナトリウム以外は相関係数が 0.9 以上で、ほぼ直線関係が得られる。軽元素は値が一致しない傾向にあり、特にナトリウムは SEM-EDS による定量値が ICP-AES による値の 2 倍近い値である。こうした違いは試料調製法（試料の形状など）や測定条件（SEM-EDS は大きな粒子を避けて測定している、これに対し、ICP-AES は粉末状に回収した資料を溶液化して分析に供している）による影響も考えられる、また、機械の精度として ICP-AES は軽元素を感度よく分析できるのに対し、SEM-EDS は軽元素の感度が低下する傾向がある。加えて SEM-EDS ではチャージアップを防ぐため、10Pa の真空条件下（通常は  $10^{-3}\text{Pa}$  程度）で分析を行っているため、通常よりも軽元素の精度は落ちている。以上の要因により、結果として測定値が一致しなかったと思われる。さらに、SEM-EDS の分析範囲は電子線の侵入範囲である点も ICP-AES とは異なる。



本検量線は粘土質胎土、ストーンペースト胎土といった胎土の質に関わらず有効であり、イスラーム陶器分析に適すると言える。本論文で用いた胎土分析値はこの検量線を用いて補正している。

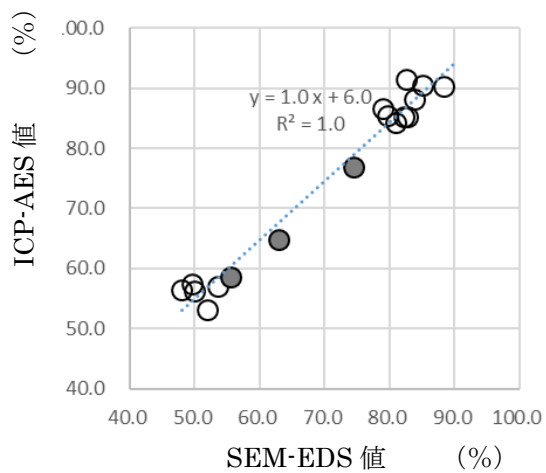


図 1 SiO<sub>2</sub> 値比較

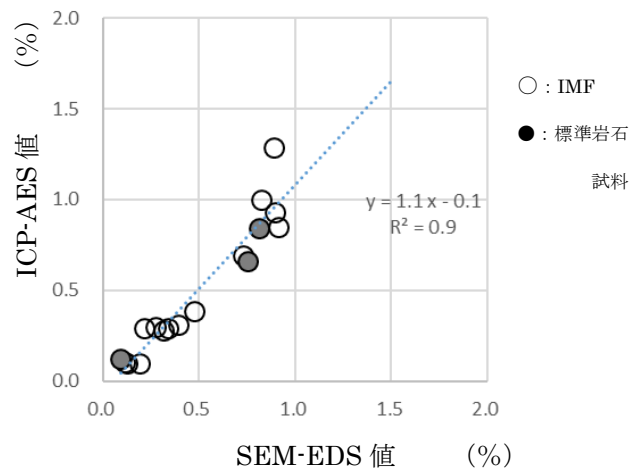


図 2 TiO<sub>2</sub> 値比較

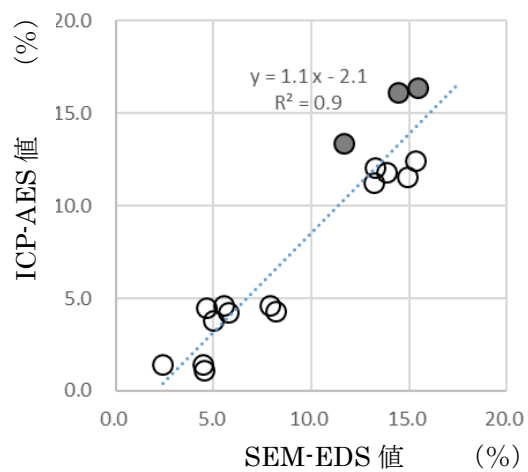


図 3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 値比較

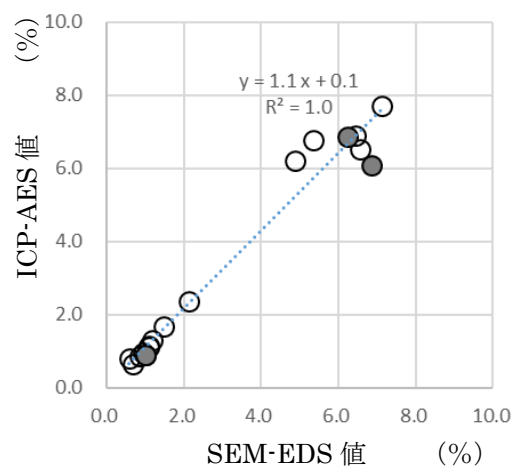


図 4 FeO 値比較

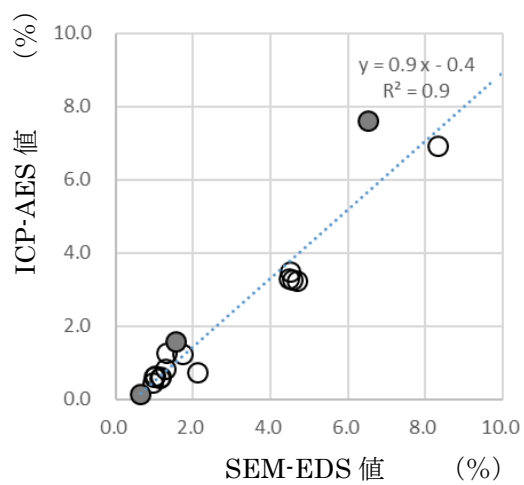


図 5 MgO 値比較

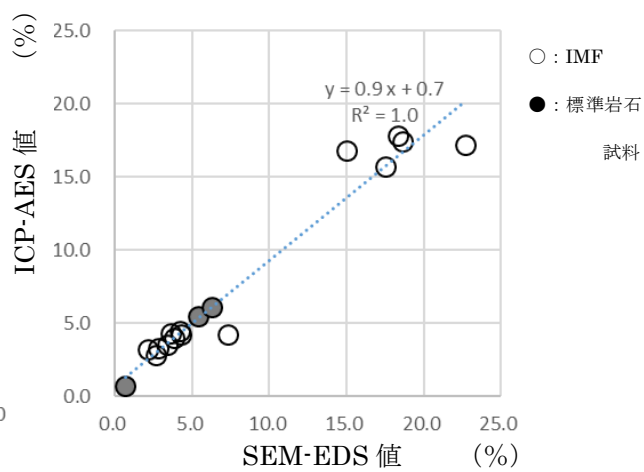


図 6 CaO 値比較

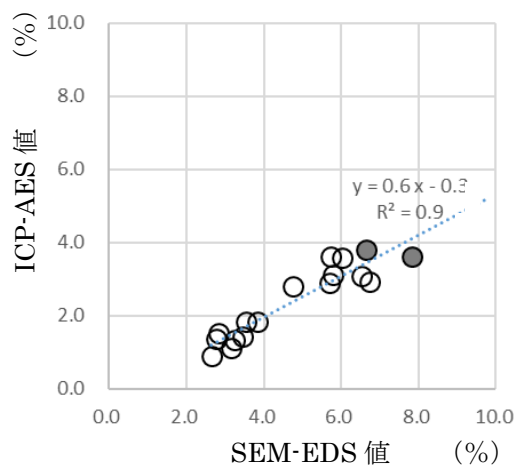


図 7 Na<sub>2</sub>O 値比較

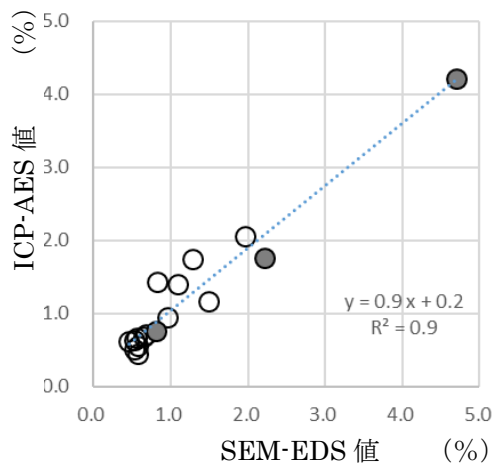


図 8 K<sub>2</sub>O 値比較

表 1 SEM-EDS と ICP-AES により得られた定量値の比較

GSJ geochemical reference samples		Oxide concentrations ( % )							
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO *1	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
JA-1	SEM-EDS値(補正計算前)	62.9	0.8	14.5	6.2	1.6	5.4	7.8	0.8
	SEM-EDS値(補正計算後)	67.6	0.9	13.4	6.6	1.0	5.4	4.1	0.9
	ICP-AES値	64.7	0.8	16.1	6.9	1.6	5.5	3.6	0.8
	推奨値	64.0	0.9	15.2	6.6	1.6	5.7	3.8	0.8
JA-2	SEM-EDS値(補正計算前)	55.6	0.8	15.5	6.9	6.5	6.3	6.8	2.2
	SEM-EDS値(補正計算後)	60.4	0.8	14.5	7.2	5.9	6.1	3.5	2.1
	ICP-AES値	58.5	0.7	16.3	6.1	7.6	6.1	2.9	1.8
	推奨値	56.4	0.7	15.4	5.9	7.6	6.3	3.1	1.8
JR-1	SEM-EDS値(補正計算前)	74.6	0.1	11.7	1.0	0.6	0.7	6.7	4.7
	SEM-EDS値(補正計算後)	79.0	0.1	10.5	1.1	0.1	1.3	3.5	4.2
	ICP-AES値	76.8	0.1	13.3	0.9	0.1	0.7	3.8	4.2
	推奨値	75.5	0.1	12.8	0.8	0.1	0.7	4.0	4.4

\*1 FeO is a total value of Fe

## (付録 2) 高エネルギー放射光蛍光 X 線分析法を用いた微量成分分析

### 1 緒言

文化財の調査は非破壊調査を原則とする。非破壊かつ、精度・信頼性の高い情報を如何に得るかは、文化財を調査対象とする研究者が常に直面する課題である。

胎土の主原料となる粘土は、含まれる微量成分元素が地域によって分布に違いがあるとされており、微量成分元素を比較することは産地推定において有効な手法である。従来は、微量成分元素の分析を行うためには一定量のサンプリングや前処理が必要であり、非破壊調査では困難であった。しかし、近年では高輝度放射光を用いた蛍光 X 線分析法がある。本付録では、大型放射光施設 (SPring-8) で行った胎土分析結果について報告する。継続的な文化財調査のためにも、非破壊分析法による微量成分元素分析を検討したい。また、高輝度放射光をイスラーム陶器の胎土分析に応用した例がないため、高輝度放射光を用いたイスラーム陶器研究の基礎としたい。

### 2 分析資料

資料には出光美術館所蔵イスラーム陶器 22 点 (ストーンペースト胎土陶器 16 点、粘土質胎土陶器 5 点) を用いた (図 1)。偏光顕微鏡観察用に採取した小片を分析に供した。

本研究に供した陶器胎土は、既に IC-AES による化学組成に基づく分類を行っており、その胎土質からストーンペースト胎土と、粘土質胎土陶器に大別される。ストーンペーストはさらに 2 グループに分類され (S-1・2)、S-1 は S-2 と比較してチタン ( $\text{TiO}_2$ )、アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 濃度が高い。これらの元素は石英以外の原料由来と考えられることから、S-1 の方が粘土やガラスの配合割合が高いことが想定できる。また S-1 は製作年代が 11–12 世紀の陶器を中心に構成され、S-2 は主 15–17 世紀の陶器で構成されている。そのため時代によって胎土の調合が異なることが推測される。例外として 11–12 世紀に製作されたと考えられる IMF021 (ラスター彩陶器) が、化学組成では S-2 に分類される。

粘土質胎土陶器は 3 グループに分類される。主に 9–11 世紀にかけて製作されたと推定されている多彩釉陶器によって構成されるが、15–17 世紀にかけて製作されたと推定されている IMF014 (中国元代・青花磁器の模倣品) が粘土質胎土陶器に分類され、特徴的な資料といえる。IMF014 は多彩釉陶器と比較して、チタン、アルミニウム、鉄、マグネシウム ( $\text{MgO}$ ) 濃度が低い。これらの元素は石英以外の原料由来と考えられることから、IMF014 の方が粘

土やガラスの配合割合が低いことが想定できる。また、多彩釉陶器の中でも資料 No.3'-1 はマグネシウム濃度が高く、鉱物組成の点からも他の多彩釉陶器とは製作地が異なる可能性が高い。

### 3 分析方法

分析を行ったのは、SPring-8 の中でも最も高いエネルギーまでの連続 X 線を出すことができるビームライン BL08W である。資料をアルミニウム製試料ホルダーにセロテープで固定し、エネルギー 116keV の高エネルギー X 線を資料に照射した。資料を配置した様子を図 2 に示す。資料から発生した蛍光 X 線を図 3 で示す散乱角 90 度に設置した Ge-半導体検出器を用いて計測した。測定時間は 300 秒とし、1 資料について 3 箇所測定し、ピーク位置や強度の一致度を確認した上で、その合計値を分析値とした。分析結果の検討には日本工業技術院地質調査所 (GSJ: Geological Survey of Japan) の標準岩石試料 JB-1a (玄武岩), JG-1a (カコウ閃緑岩) を用いた。

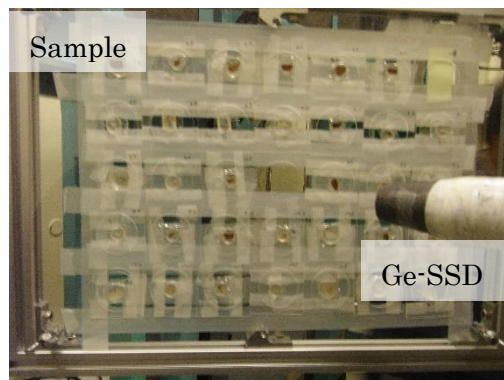
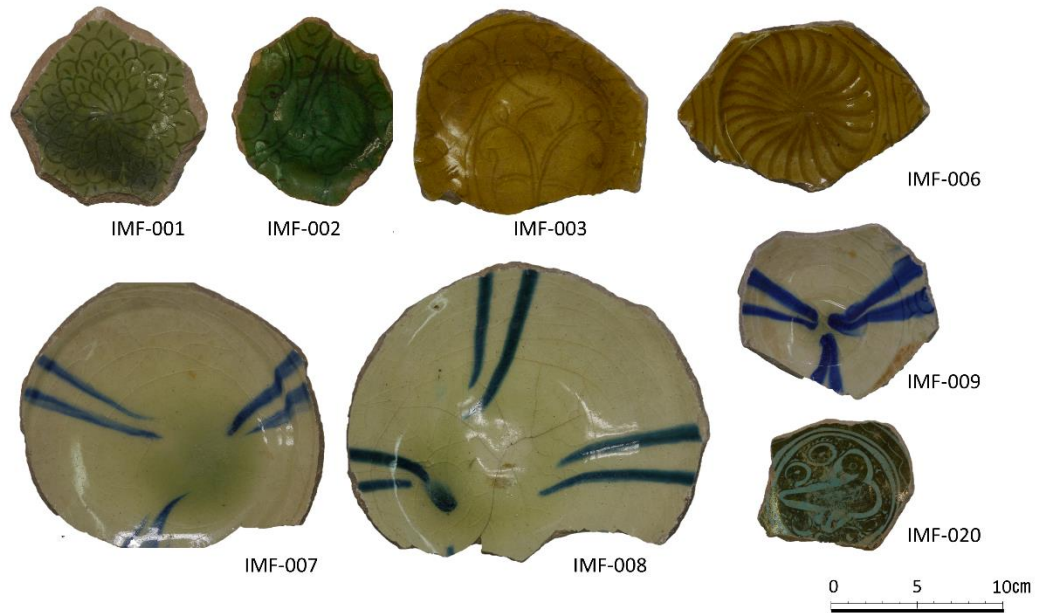


図 2 資料固定の様子

S-1 (ストーンペースト胎土)



S-2 (ストーンペースト胎土)

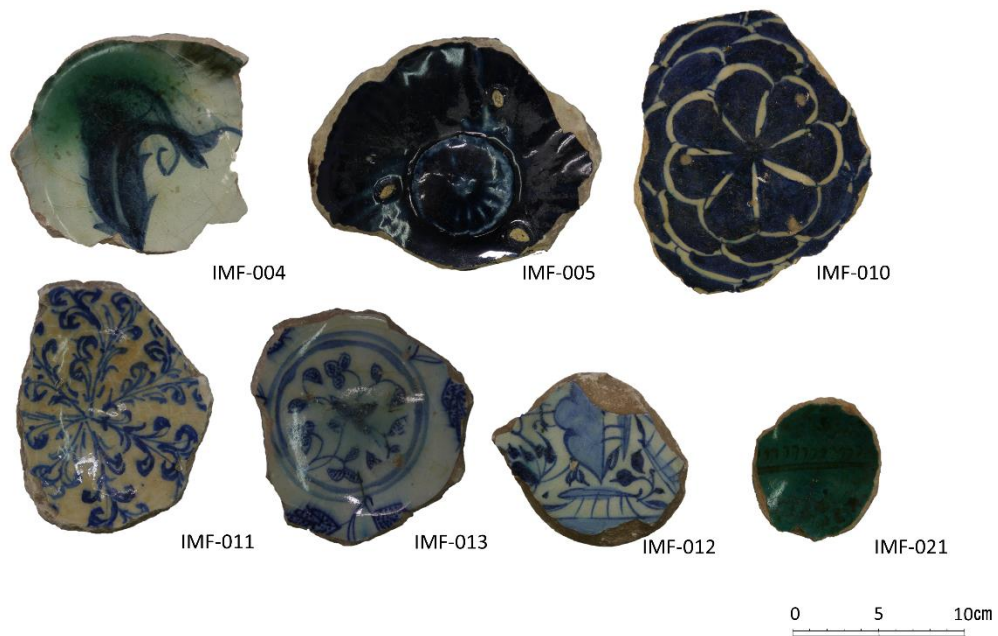


図 1-1 分析資料一覧-1

粘土質胎土陶器



図 1-2 分析資料一覧・2

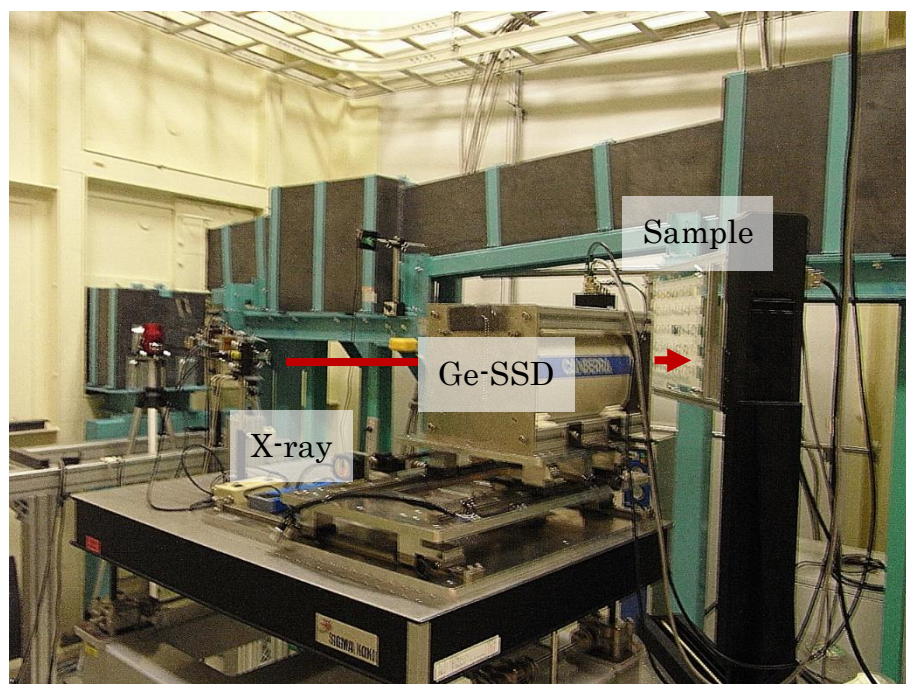


図 3 試料室内図



#### 4 結果と考察

分析の結果、図 4-8 で示すように、胎土質に関係なく鉄 (Fe)・ストロンチウム (Sr)・バリウム (Ba)・ランタン (La)・セリウム (Ce)・ネオジム (Nd) 等のピークが認められる。鉛 (Pb) は鉛釉陶器で強く検出されるため、主に釉薬由来であると思われる。

次に、ピークの積分面積強度を算出し、Ce/Ba vs La/Ba をプロットした結果を図 9 に示す。これらの微量成分元素はその他の微量成分元素と比較し地殻存在量が多く、さらにセリウム、ネオジムのような軽希土類元素はイオン半径が大きく鉱物中に存在できるサイトが限定されやすく、地域的特性を示しやすいと考えられている (Nakai et al. 2001; 寺田・中井 2004; 三浦 他 2003)。その結果、Ce/Ba vs La/Ba は胎土質に関係なく資料はほぼ直線上に分布する (図 9)。また、搬入品の可能性が高いと考えられる資料 No. 3'-1 (多彩釉陶器) や、同時代の資料とは組成が大きく異なる IMF014 (白地藍彩陶器) も、同一線상에プロットされる。本結果は、グルーピングが調合の違いに起因し、原料の性質が類似しているか、搬入品だとしても比較的近隣からの製品であるといった可能性を示唆している。



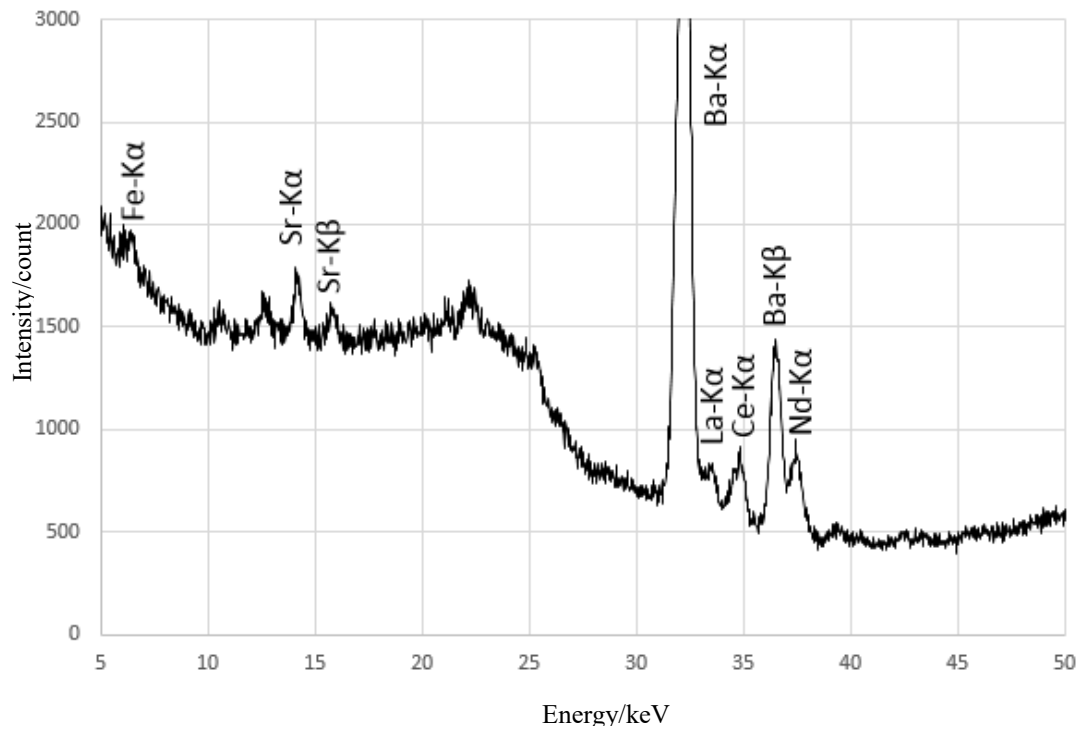


図 4 IMF005(ストーンペースト胎土, アルカリ釉)

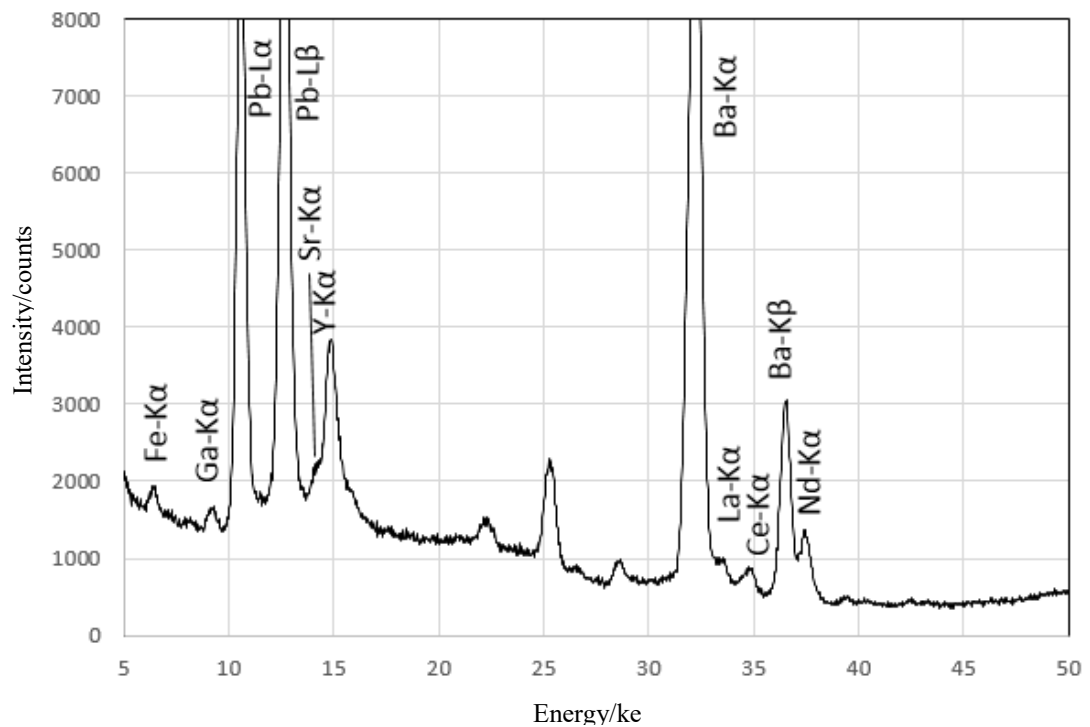


図 5 IMF002(ストーンペースト胎土, 鉛釉)

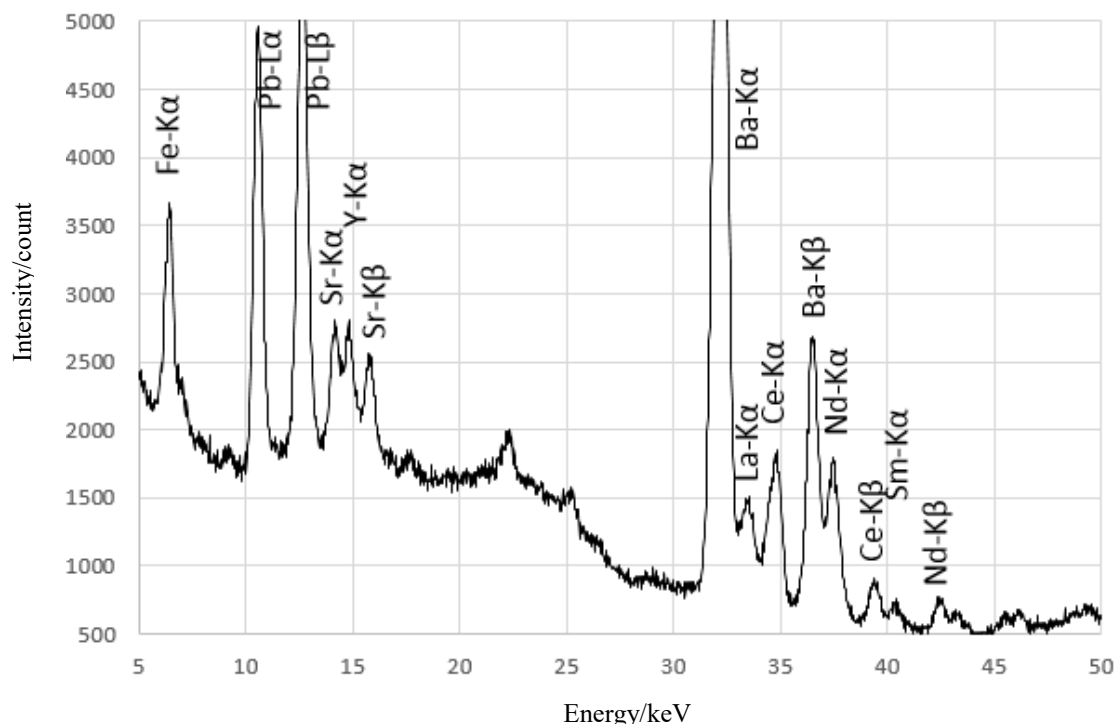


図 6 資料 No.4-4(粘土質胎土, 鉛釉)

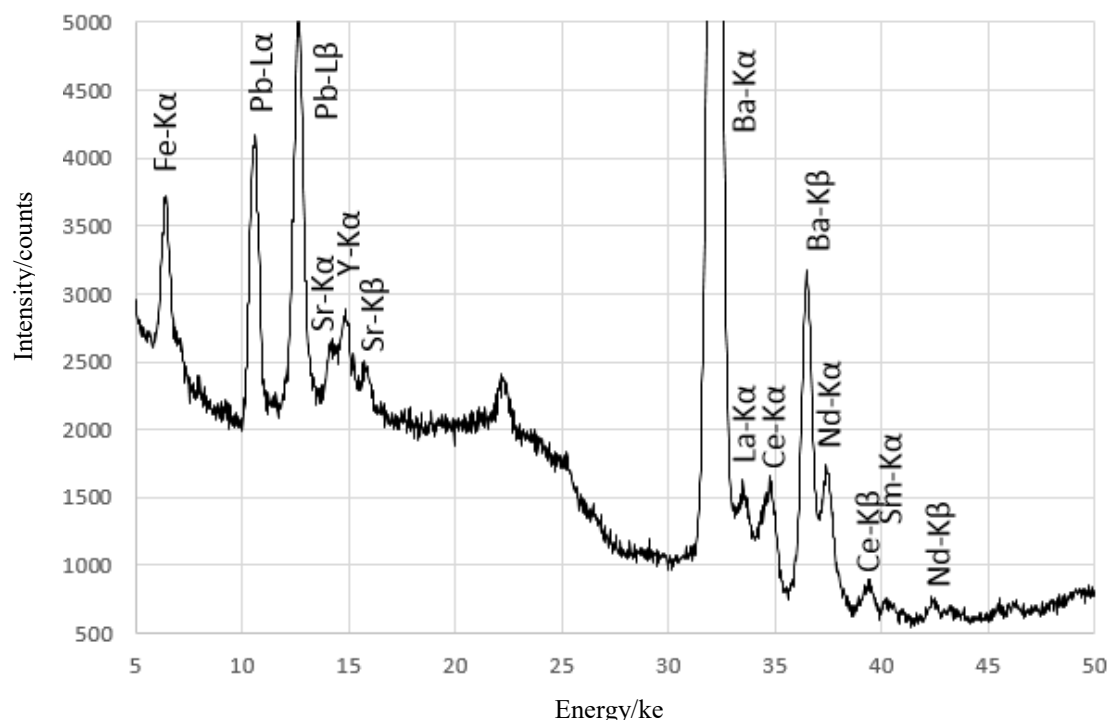


図 7 資料 No.3'-1(粘土質胎土, 鉛釉)

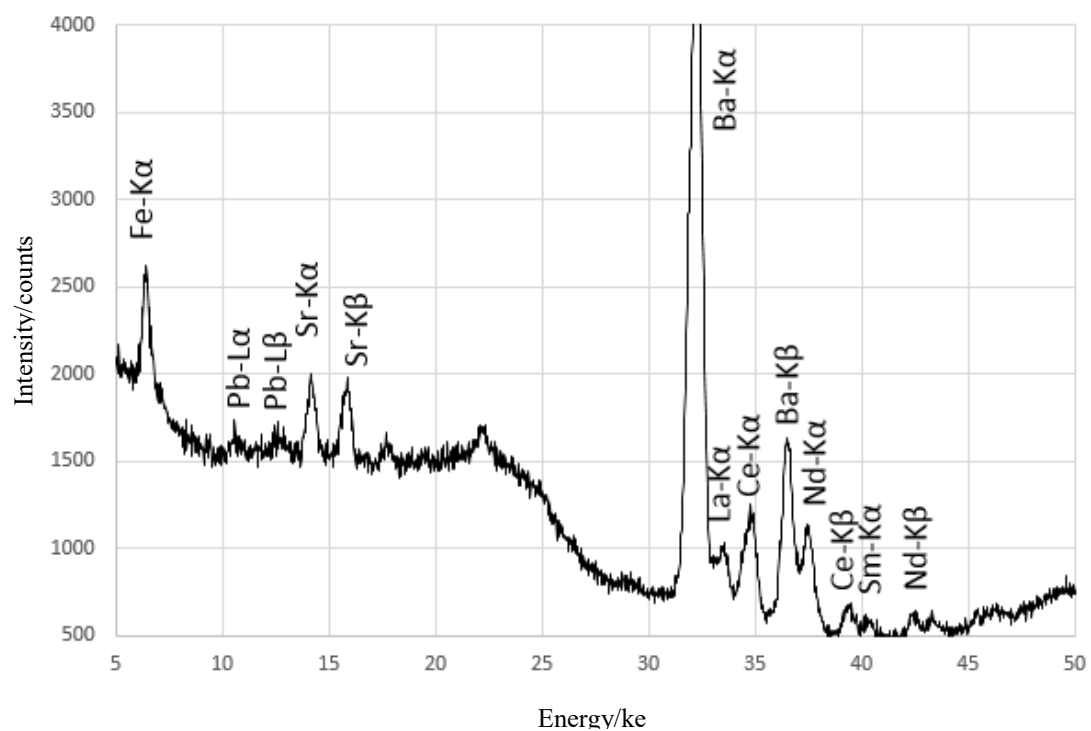


図8 IMF014(粘土質胎土, アルカリ釉)

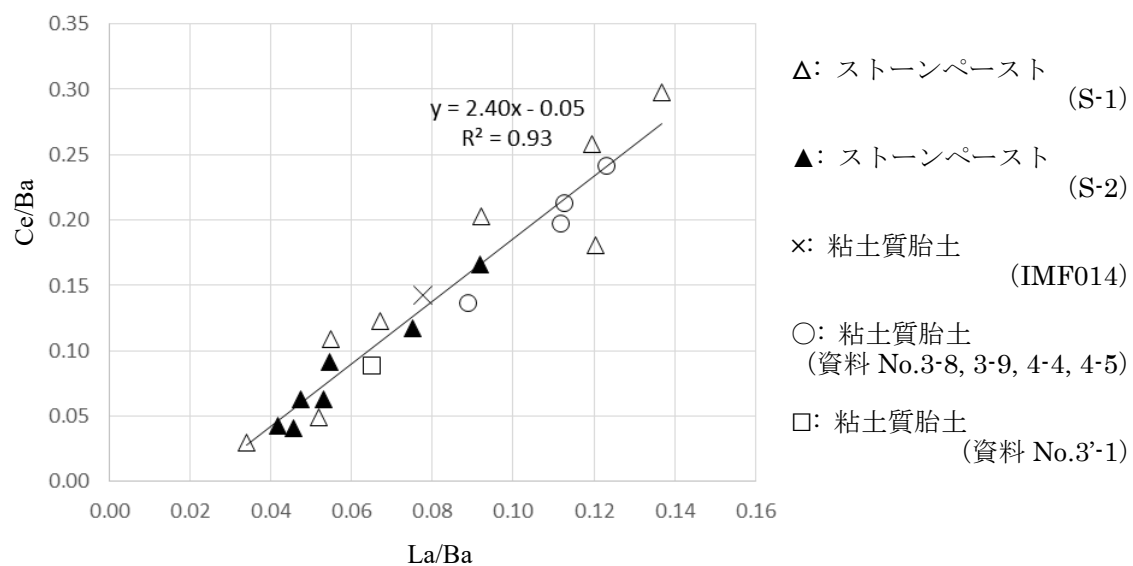


図9 La/Ba vs Ce/Ba

## 5 結言

高輝度放射光を用いた蛍光 X 線分析により、従来の非破壊分析法では検出されなかった微量成分元素を検出することが出来た。微量成分元素の中でも比較的存在量の多いバリウム、セリウム、ネオジムに注目し、**Ce/Ba vs La/Ba** プロット図によって比較を行った。結果、**Ce/Ba** と **La/Ba** に相関性が認められた。一方で、これまでの分析により分類したグループ間と本結果に明確な違いは認められない。地域特性を示すような指標元素は資料群全体の持つ性質の違いにより変わると考えられているため（三浦 他 2003）、今後は測定条件を再検討しながら、地域特性を示す微量成分元素について引き続き検討していく。

## 分析資料一覽

R-1



無釉、赤スリップ

R-2



無釉、赤スリップ

R-3



無釉、赤スリップ

R-4



無釉、赤スリップ



1-1

F16124



内面：黄褐色釉 外面：全体的に煤

1-2

P-617



両面：緑釉

1-3



内面：緑釉

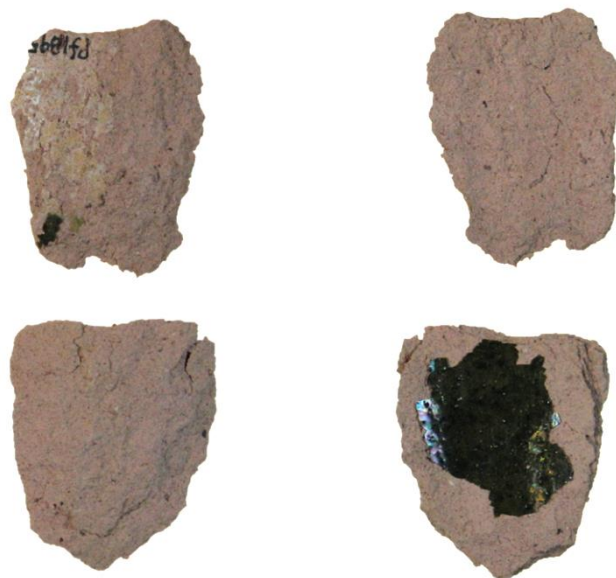


1-4



両面：緑釉

1-5



両面：緑釉

5 cm





1-6



両面：緑釉

1-7



内面：緑釉

1-8



両面：緑釉

1-9



内面：緑釉



1-10



両面：緑釉

1cm

1-11



内面：黄褐色釉

1-12



内面：黄褐色釉

5 cm



1-13



両面：黄褐色釉

1-14



両面：マスタード黄釉

1-15



内面：明黄釉（クリームスリップ上に釉薬を施す） 外面：クリームスリップ

5 cm



1-16



内面：多彩釉（暗褐・緑・茶色）、白色顔料

1-17



内面：多彩釉（明黄・緑色）、白色顔料 外面：クリームスリップ

1-18



内面：多彩釉（明黄・緑・暗褐色）、白色顔料

1-19



内面：多彩釉（黄（または無色透明）・緑・暗褐色）

5 cm

1-20



内面：多彩釉（明黄・緑色）

1-21



内面：多彩釉（黄色（または無色透明）釉の上に緑・暗褐色）

1-22



内面：多彩釉（黄色（または無色透明）釉の上に・緑・暗褐色）

1-23



内面：多彩釉（黄色（または無色透明）釉の上に緑・暗褐色）



1-24



内面：多彩釉（茶色釉の上に緑色）

1-25



内面：多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色）

1-26



内面：多彩釉（黄色（または無色透明）・緑・暗褐色）

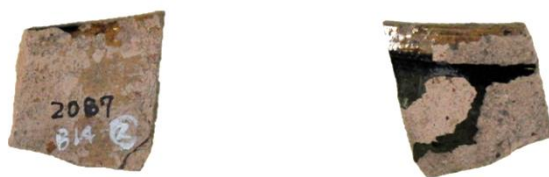


1-27



両面：多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色）

1-28



外面：多彩釉（緑・暗褐色）

1-29



内面：多彩釉（茶褐・緑色）





1-30



内面：多彩釉（黄褐色釉の上に暗褐色） 外面：緑釉

1-31



内面：多彩釉（明黄・緑色）

1-32



内面：多彩釉（緑・黄褐色）

1-33



内面：多彩釉（明黄釉の下に緑・黒色）





1-34



内面: 多彩釉 (明黄・緑色)

1-35



内面: 多彩釉 (明黄釉の下に緑色)

1-36



内面: 多彩釉 (明黄・緑・暗褐色)

1-37



内面: 多彩釉 (明黄・緑・暗褐色)

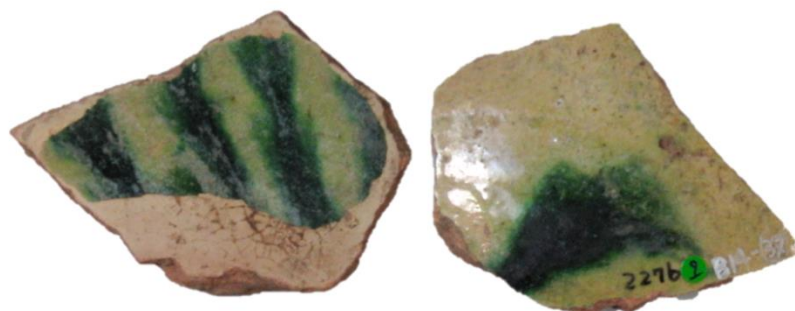


2-1



内面: 多彩釉 (白スリップ上に緑色) 外面: 色釉? (サンゴ色)

2-2



両面: 多彩釉 (無色透明釉の上に緑色)

2-3



両面: 多彩釉 (白濁釉の上に緑色)

2-4



内面: 多彩釉 (黄 (または無色透明) 釉の上に緑色) 外面: 白スリップ?

5 cm



3-1



内面：白濁釉 外面：多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）

3-2



内面：多彩釉（白濁釉の上に青緑・黒色）

3-3



内面：多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）

3-4

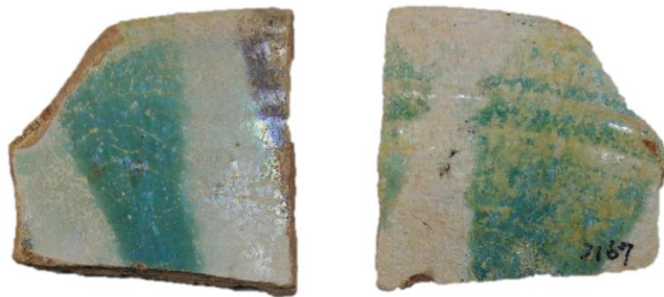


内面：多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー・黒色）

外面：多彩釉（白濁釉の上にターコイズブルー）



3-5



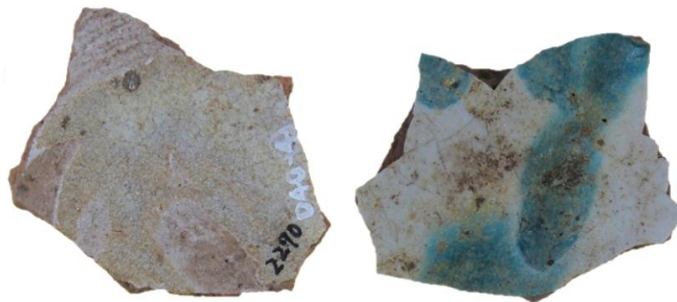
内面: 多彩釉 (白濁釉の上にターコイズブルー・黒色)  
外面: 多彩釉 (白濁釉の上にターコイズブルー)

3-6



内面: 多彩釉 (白濁釉の上にターコイズブルー・明黄色)  
外面: 黄釉

3-7



内面: 白濁釉  
外面: 多彩釉 (白濁釉の上にターコイズブルー)



3-8



内面：多彩釉（白濁釉の上に明黄・黄・緑・黄緑・紫色）  
外面：白濁釉

3-9



内面：多彩釉（白濁釉の上に緑色）  
外面：白濁釉





4-1



内面: 多彩釉 (白濁・黄・黒色)      外面: 白色スリップ

4-2



内面: 多彩釉 (緑釉の上に黒色)      外面: 白色スリップ

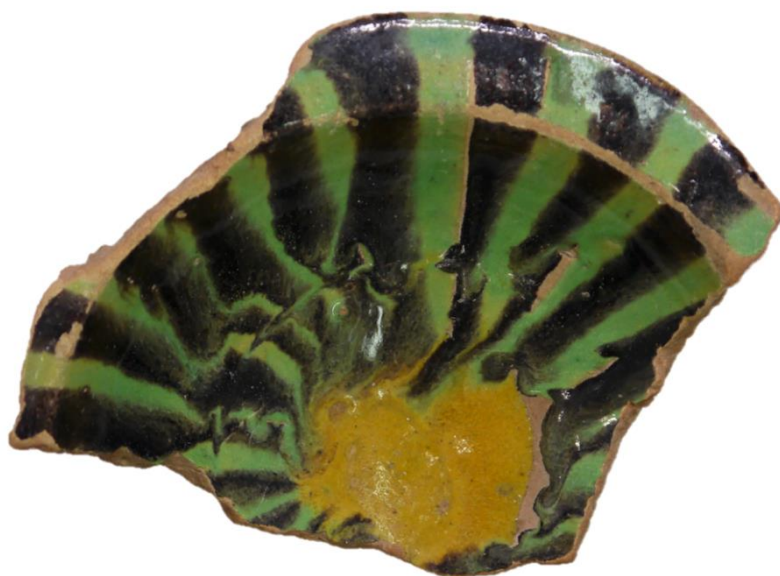
4-3



内面: 多彩釉 (白濁・黄・黒色)  
外面: 白色スリップ (釉薬が一部付着)



4-4



内面：多彩釉（黄・緑・黒色）  
外面：無色透明釉 緑釉が一部付着



4-5



内面：多彩釉（明黄・明緑・紫色） 外面：無色透明釉

3'-1



内面：多彩釉（無色透明釉の上に黄・緑・紫色）  
外面：多彩釉（無色透明釉の上に緑色）





L-2



内面：釉上彩（白濁釉、ラスター彩）、白スリップ上に釉薬を施す？  
外面：白濁釉



## 研究業績リスト

### 〔学術論文〕

村上夏希・桐野文良・岡野智彦 2016「アル＝フスタート由来とされる白磁彩画碗」『西アジア考古学』18号 117–123頁。

村上夏希・二宮修治・桐野文良 2016「出光美術館所蔵エジプト・フスタート遺跡出土イスラーム陶器片の自然科学的研究 その二 X線回折による胎土中の鉱物組成に基づく検討を中心に」『東洋陶磁』45号 135–153頁。

村上夏希・新免歳靖・二宮修治 2014「出光美術館所蔵エジプト・フスタート遺跡出土イスラーム陶器片の自然科学的研究」『出光美術館館報』169号 16–32頁。

### 〔学会発表〕

村上夏希・二宮修治・新免歳靖・岡野智彦、金沢 陽 2014「出光美術館所蔵イスラーム陶器片の生産と技法に関する自然科学的研究」文化財科学会第31回大会。

村上夏希・二宮修治・新免歳靖・岡野智彦 2013「イスラーム陶器の製作技法に関する研究 ―11–14世紀の複合胎土陶器を中心に―」文化財科学会第30回大会。

村上夏希・二宮修治・新免歳靖・岡野智彦 2011「セルジューク朝期を中心とする11–14世紀イスラーム陶器の自然科学的研究」文化財科学会第28回大会。

### 〔その他/学術論文〕

建石 徹・三浦麻衣子・村上夏希・朴 嘉瑛・津村宏臣・二宮修治 2011「栃木県・群馬県内諸遺跡出土黒曜石の産地分析-旧石器時代・縄文時代資料を中心として-」『一般社団法人日本考古学協会 2011年度栃木大会研究発表資料集』269–306頁。

新免歳靖・村上夏希・二宮修治 2010「ペルシア陶器を科学する Part3 - ホルムズ島の白地藍彩陶器を中心として」『海を渡ったペルシア陶器』26–32頁。

### 〔その他/学会発表〕

武藤夕佳里・新免歳靖・三浦麻衣子・村上夏希・小川絢子・長沼 暦・小林弘昌・二宮修治 2015「明治期の七宝釉薬に関する研究 ―尾張、京都、東京にて展開された七宝技法を中心に―」文化財保存修復学会第37回大会。

田中眞奈子・徳川真木・村上夏希・佐藤香子・瀬田愛子・二宮修治 2014「携帯型蛍光X線分析装置による徳川ミュージアム所蔵 野田清堯製火縄銃の調査報告―用いられている装飾金属について―」文化財科学会第31回大会。

新免歳靖・村上夏希・岡野智彦・金沢 陽・二宮修治 2012「染付陶磁器に用いられたコバルト顔料の東西比較」文化財科学会第29回大会。

二宮修治・武藤夕佳里・新免歳靖・佐藤香子・小川絢子・三浦麻衣子・村上夏希・平田景

子・長沼 暦・宇田川滋正・荒井経 2012「明治期の並河七宝（並河靖之七宝記念館蔵）の七宝釉薬に関する調査報告－黒色釉薬を中心に－」文化財科学会第 29 回大会。

大川美香・小谷野匡子・福田 誠・二宮修治・井上優子・村上夏希・三浦麻衣子・新免歳靖 2012「速水御舟「草花図」の技法・材質調査」文化財保存修復学会第 34 回大会。

青木 睦・二宮修治・広瀬真紀・相原未来, 三浦麻衣子, 村上夏希 2011「蛍光 X 線分析による泥入間似合紙の材質調査（第 2 報）」文化財保存修復学会第 33 回大会。

二宮修治・青木 睦・斎藤和機・三浦麻衣子・広瀬真紀, 村上夏希・丹下甲一 2011「蛍光 X 線分析による明治期郵便「消印」に用いられたインキの調査報告」文化財保存修復学会第 33 回大会。

## 謝辞

本論文を結ぶにあたり、本研究を遂行する上でご指導、ご鞭撻とご援助をいただいた方々に感謝の意を表します。

格別なるご指導とご高配を賜りました、指導教官である桐野文良先生に深く感謝いたします。先生の励ましがなければ、本研究を完成させることはできませんでした。素晴らしい研究環境を与えていただけたことにより、充実した研究生活を送ることができました。

博士課程への進学およびこれまでの研究活動全般にわたり多大なるご支援ご指導を賜りました、二宮修治先生に深く感謝しております。学部、修士そして博士と一貫してイスラーム陶器研究を続けることができたのは、先生のお導きのおかげです。先生の存在がなければ、研究の道を進み続けることはできませんでした。長年にわたり誠にありがとうございました。

学位論文審査において、貴重なご指導とご助言をいただいた稲葉政満先生、塚田全彦先生に心より感謝申し上げます。先生方との日々の議論の中で、研究に対する真摯な姿勢や心構えなど多くのことを学びました。

イスラーム陶器という、生涯のテーマと思える題材に出会えることができたのは、岡野智彦先生のお陰です。誠にありがとうございます。研究を進める際には、テーマ設定から資料の確保まで様々なご助言とご協力を賜りましたこと、重ねて御礼申し上げます。

実験の指導やデータのまとめ方などご指導いただきました新免歳靖先生に、甚大なる感謝の意を表します。化学に対して何も知識を持たなかった学部生の頃より、根気強くご指導いただきありがとうございました。

イスラーム陶器の基本的な見方から選定法など、多岐にわたってご指導を賜りました真道洋子先生、長谷川奏先生に厚くお礼を申し上げます。考古学の基礎から丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。先生方より物質文化研究という新たな視点をご教示いただけたことは、今後の努力の糧になるものです。

永嶋正春先生、上條朝宏先生、河西学先生そして鈴木稔先生の熱心なご指導とご協力がなければ、本研究の実施は不可能であったことをここに記すとともに、深甚の謝意を表します。永嶋正春先生より、試料調製法や、文化財調査における基礎情報の収集法についてご教授いただきました。上條朝宏先生より、基本的な偏光顕微鏡の扱い方や観察法などご教授いただきました。河西学先生より、鉱物同定やデータの最終的なまとめ方などご教示いただきました。鈴木稔先生より、帝京大学文化財研究所での分析に際して終始適切な助言を賜りました。先生方の文化財に対する真摯な姿勢を近くで見て学ぶことができたのは、研究者として望外の喜びです。

調査について多大なるご協力をいただいた金沢陽先生に御礼申し上げます。再調査のお願いにも親身になって対応していただき、感謝しております。

帝京大学文化財研究所における調査では、三浦麻衣子先生、藤澤明先生に惜しみないご協力を賜りました。浅学非才な後輩に快く手を差し伸べてくださり、誠にありがとうございました。

SPring-8 における調査では、伊藤真義様よりデータの解釈や実験に関するご助言を賜りました。心より御礼申し上げます。

多くのご支援を賜りました財団法人本庄国際奨学財団の皆様に深く感謝しております。皆様の細やかな心配りに支えていただき、本研究を遂行する事が出来ました。

実験の指導や、日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた保存科学研究室の講師・助手先生方、遅々として進まず落ち込む筆者を支えてくれた同研究室の皆様に、心より感謝いたします。ありがとうございました。

本研究を遂行するにあたり、公益財団法人出光美術館ならびに早稲田大学の皆様には貴重な資料を多数ご提供頂き、心から感謝しております。また、本研究は、平成 24 年度 吉田学記念文化財科学研究助成基金ならびに、平成 27 年度 公益財団法人美術工芸振興佐藤基金の助成金により遂行することができました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

## 参考・引用文献

### 【参考文献】

- 青山学院大学文学部史学科（編） 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。
- 浅見 薫 1979「陶磁器釉薬（うわぐすり）(<特集>化学と文化財)」『化学教育』27 巻 1 号 28-36 頁。
- 泉彪之助 1998「アルコールの語源クフル粉とバラ水・モロッコ・アラブ医学管見」『日本医学雑誌』44 巻 3 号 399-407 頁。
- 市川米太 1971「X 線回折による産地分析について」『考古学と自然科学』4 巻 8-16 頁。
- 伊藤 隆・新島聖治・服部正明 2007「低温焼結性陶磁器素地の開発」『三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告』32 号 36-41 頁。
- 出光美術館 2000『陶磁の道 出光コレクションの名品から』出光美術館。
- 生沼 郁 1979「カオリンの高温 DTA の発熱ピーク」『熱分析実験技術入門』31-32 頁。
- 大沢真澄 1973「考古学と化学の接点」『考古学と自然科学』6 巻 53-68 頁。
- 大西政太郎 1998『陶工の技術』理工学社。
- 大西政太郎 1983『陶芸の土と窯焼き』理工学社。
- 岡田 清 1990『セラミック原料鉱物(セラミックス基礎講座)』内田老鶴圃。
- 岡野智彦 2014「イスラーム陶器の成立と展開(2)」『イスラム科学研究』10 号 77-81 頁。
- 岡野智彦 2002「中近東の食生活とイスラーム陶器の需要 (陶磁器が語るアジアと日本)(食と陶磁器)」『国立歴史民俗博物館研究報告』94 集 47-59 頁。
- 岡野智彦 2000「9-10 世紀のイスラーム陶器の東西交流 (特集 考古学から見た海のシルクロードとベトナム)」『月刊考古学ジャーナル』464 号 24-28 頁。
- 岡野智彦 1999「中央アジアの初期イスラーム陶器」『シルクロード学研究』504 巻 37-45 頁。
- 岡野智彦 1995「ペルシア陶器の窯道具」『陶説』502 号 21-28 頁。
- 岡野智彦・金沢 陽 1993「コバルト・ブルーの世界 青をとおして見た東西の陶芸」『陶説』484 号 1-21 頁。
- 岡山市立オリエント美術館 2001『砂漠にもえたつ色彩 中近東 5000 年のタイル・デザイン』岡山市立オリエント美術館。
- 小田利勝 2007『ウルトラ・ビギナーのための SPSS による統計解析入門』プレアデス出版。
- 小沼直樹 1991『宇宙化学・地球化学に魅せられて』大蔵省印刷局。
- 小沼直樹 1980「隕石・月・地球における Sr-Ba システムテックス」『第 2 回太陽系科学シンポジウム』1-6 頁。
- 小沼直樹・二宮修治 1974「玄武岩中のカンラン石斑晶と石基の間の微量成分の分配について」『東京学芸大学紀要』26 巻 149-157 頁。
- 河西 学 1997「土器剥片から得られる情報 - 特に胎土組成について - 」『遺跡・遺物から何を

- 読み取るか（Ⅰ）資料集』54-70 頁。
- 河西 学 1992「岩石鉱物組成から見た縄文土器の産地推定 - 山梨県釈迦堂遺跡・郷蔵地遺跡・柳坪遺跡の場合 -」『帝京大学山梨文化財研究所研究報告』4 集 61-90 頁。
- 加藤誠軌 2002『やきものから先進セラミックスへ セラミックス概論 基礎編（セラミックス基礎講座）』内田老鶴圃。
- 上条朝宏 1996「大平山元Ⅰ遺跡出土土器の胎土分析と周辺土層の一次鉱物同定」『大平山元Ⅰ遺跡の考古学調査』126-129 頁。
- 上條朝宏 1994「胎土分析Ⅰ」『縄文土器（縄文文化の研究）』47-67 頁 雄山閣。
- 上本道久 2010「検出限界と定量下限の考え方」『ぶんせき』425 号 216-221 頁。
- 岸 学 2012『SPSS によるやさしい統計学』オーム社。
- 菊川 匡 2013『古代エジプトと後期青銅器時代のメソポタミアとミケーネのガラスの先端的 X 線分析手法による研究』博士論文 東京理科大学。
- 木股三善・宮野 敬（編）2003『原色新鉱物岩石検索図鑑』北隆館。
- 朽津信明・李心 堅・関 博充 2005 「文化財の強度測定法と風化度合いの定量化について」『保存科学』45 号 117-126 頁。
- 栗山保之 2008「13 世紀の紅海貿易 エジプトからイエメンへ輸出された商品の分析を中心として」『東洋学報』90 巻 2 号 224-119 頁。
- 栗山保之 2008「13 世紀のインド洋交易港アデン：取扱品目の分析から」『アジア・アフリカ言語文化研究』75 号 5-61 頁。
- 黒田吉益・諏訪兼位 1983『偏光顕微鏡と岩石鉱物 第 2 版』共立出版。
- 古代オリエント博物館 2002『人間国宝加藤卓男 シルクロード歷程—ラスター彩、三彩、織部の源流を求めて』 古代オリエント博物館。
- 小林一枝 2004『「アラビアン・ナイト」の国の美術史—イスラーム美術入門』八坂書房。
- 小林雄一・加藤悦郎 2000「CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 系磁器の低温焼結」『日本セラミックス協会学術論文誌』108 巻 3 号 271-276 頁。
- 小林雄一・墨勝 博・加藤悦郎 1997「炭酸カルシウム-カオリン混合物の 1000℃以下での反応及び焼結」『日本セラミックス協会学術論文誌』105 巻 8 号 670-674 頁。
- 小杉 泰 2008「イスラーム文明の形成とその固有性をめぐって」『比較文明』24 号 21-47 頁。
- 権代紘志・中井 泉 2012「国内美術館所蔵のイラン製イスラーム陶器における産地特性化」『日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集』254-255 頁。
- 齋藤正憲 2006「エジプト・ナカダ期の土器製作技術」『オリエント』49 巻 1 号 110-130 頁。
- 酒井 中 2008「陶磁器薄片分析から何が分かるか」『金沢大学考古学紀要』60 号 6-11 頁。
- 桜井清彦・川床睦夫 1980 「アル・フスタートの発掘調査」『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』1-18 頁 中近東文化センター。
- 佐々木達夫 2015 「三上次男の陶磁の道」『東洋陶磁』45 号 5-20 頁。

- 佐々木達夫・酒寄淳史・酒井 中・楠 寛輝 1998「画像処理法による陶磁器素地の定量化と産地推定」『金沢大学考古学紀要』24号 209-223頁。
- 佐々木達夫・酒寄淳史・水上和則・楠 寛輝・酒井 中 1998「陶磁器素地成分は部位による違いがあるか」『金沢大学考古学紀要』24号 204-208頁。
- 佐々木達夫 1995「1911-1913年発掘のサマラ出土陶磁器分類」『金沢大学考古学紀要』22号 75-165頁。
- 佐々木達夫・肥塚隆保・二宮修治・網干 守・大沢眞澄・内田哲男・佐々木花江・山崎 一雄 1994「ジュルファル遺跡出土陶磁器の科学的研究」『金沢大学考古学紀要』21号 107-125頁。
- 佐藤次高 1999『イスラームの生活と技術（世界史リブレット）』山川出版社。
- 沢田貴史・保倉明子・山田祥子・中井 泉・真道洋子 2004「ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いるシナイ半島出土ガラスのその場分析と化学組成による特性化」『分析化学』53巻 3号 153-160頁。
- 清水芳宏 1994「胎土分析Ⅱ」『縄文土器（縄文文化の研究）』68-86頁 雄山閣。
- 真道洋子 2011「イスラーム・ガラスにみる 8 世紀における社会の変容と展開 - フスタート遺跡とラーヤ遺跡を中心に -」『古代』125号 97-118頁。
- 真道洋子 2004『イスラームの美術工芸（世界史リブレット）』山川出版社。
- 杉村 棟 1999「中央アジアのイスラーム陶器と中国陶磁器」『シルクロード学研究』7号 1-4頁。
- 高嶋廣夫 1994『陶磁器釉の科学』内田老鶴圃。
- 高橋直樹・大木淳一 2015『石ころ博士入門（全農教・観察と発見シリーズ）』全国農村教育協会。
- 建石 徹 2010『縄文時代の物資交換・情報交換に関する研究：自然科学の手法を用いた縄文土器と黒曜石製石器の分析を中心として』博士論文 総合研究大学院大学。
- 建石 徹・水沢教子・清水芳裕・坂本 稔・今村峯雄 2004「土器胎土の自然科学的分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』120集 195-276頁。
- 千葉とき子・斎藤靖二 1996『かわらの小石の図鑑—日本列島の生い立ちを考える』東海大学出版会。
- チーム G（編） 2014『薄片でよくわかる 岩石図鑑：含まれる鉱物や組織で種類を知る』誠文堂新光社。
- 中近東文化センター 2010『海を渡ったペルシア陶器 17 世紀中国・日本・イランの陶磁器貿易』中近東文化センター。
- 中近東文化センター 2008『煌めきのペルシア陶器 11～14 世紀の技術革新と復興』中近東文化センター。
- 中近東文化センター 1997『遥かなる陶磁の道 三上次男中近東コレクション』中近東文化センター。
- 津坂和秀・加藤伸也・加藤重高 1984「復元兼近 1 号窯の焼成実験」『愛知工業大学研究報告』



- B, 専門関係論文集』19号 61-70頁。
- 常木 晃 1996「シリア・ブセイラの土器工房・民族考古学の視点から」『考古学雑渉：西野元先生退官記念論文集』309-324頁。
- 常木 晃 1993「シリア・アルマナーズ村の土器工房：民族考古学の視点から」『オリエント』36巻2号 83-99頁。
- 手島 敦 2004『やきものの釉—授業形式で初歩から学ぶ』双葉社。
- 寺田靖子・中井 泉 2004「高エネルギー蛍光 X 線分析」『放射光』17巻6号 323-329頁。
- 内藤 匡 1986『古陶磁の科学』雄山閣。
- 中井 泉 2001「大型加速器利用法」『季刊考古学』77号 83-36頁。
- 長友恒人 1978「非破壊分析法による土器の産地同定 I」『考古学と自然科学』11巻 71-83頁。
- 西秋良宏 2000「工芸の専門化と社会の複雑化 西アジア古代都市出現期の土器生産」『西アジア考古学』1号 1-9頁。
- 二宮修治 2007「文化財科学と考古学」『現代社会の考古学』85-126頁 朝倉書店。
- 二宮修治・大沢真澄・清水芳裕・建石 徹・平尾良光・三辻利一・藁科哲男 2004「産地推定」『考古学と自然科学』48・49巻 105-141頁。
- 二宮修治・曾方絵里・菊池一弥・新免歳靖 2003「ICP 発光分光分析による九谷A遺跡出土色絵磁器片の生産地推定に関する基礎的研究」『石川県埋蔵文化財情報』10号 76-88頁。
- 二宮修治・羽生淳子・大橋康二 1995「微量成分元素存在量による消費地遺跡出土磁器片の生産地推定-肥前磁器を中心に-」『新しい研究法は考古学になにをもたらしたか』286-305頁 クバプロ。
- 二宮修治 1992「土器・陶磁器の語るもの—その化学」『化学と教育』40巻1号 14-17頁。
- 日本粘土学会（編）1997『粘土の世界』24-80頁 KDD クリエイティブ。
- 長谷川奏 2010「地中海性気候と砂漠の遺跡—エジプトの伝統社会と新興文化の広がり」『環境と歴史学：歴史研究の新地平』124-133頁 勉誠出版。
- 長谷川奏 2009「古代エジプトにおける伝統世界とその変質 メンフィスの都市生活像から」『歴史と地理 世界史の研究』218号 1-14頁。
- 林 則仁 2009「イスラーム美術史におけるラスター彩とフリット陶土の研究 問題点の再考」『龍谷大学大学院国際文化研究論集』6巻 26-38頁。
- 原口紘炆 1986『ICP 発光分析の基礎と応用』講談社。
- 林 文・山岡和枝 2002『調査の実際—不完全なデータから何を読みとるか（シリーズ データの科学）』朝倉書店。
- 平野英雄 1982「偏光顕微鏡による透明鉱物の迅速な同定の手引」『地質調査所月報』33巻2号 85-101頁。
- 藤原 学 2003「考古科学のための分析化学」『ぶんせき』343号 401-402頁。
- 梶屋友子 2009『すぐわかるイスラームの美術—建築・写本芸術・工芸』東京美術。

- 松井義人・坂野昇平(編) 1992『岩石・鉱物の地球化学』岩波書店。
- 松本建速 2011「化学成分からみた縄文～平安時代の土器の胎土 利用粘土層・岩片含有土器についての考察」『帝京大学山梨文化財研究所研究報告』15集 31-48頁。
- 松本建速 2003a「東北西部産須恵器の胎土分析」『考古学研究』50巻3号 102-120頁。
- 松本建速 2003b「誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-AES)による東北北部古代土器の胎土分析」『第四紀研究 = The Quaternary research』42巻1号 1-12頁。
- 的場宏純・平賀章三 「粘土焼成における焼成時間効果 焼成温度推定における留意点」『古文化財教育研究報告』14号 17-24頁。
- 三上次男 1988「南・西アジアにおける十三-十四世紀の中国陶磁の商圈」『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 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)』 21巻 127-136頁 小学館。
- 三上次男 1971「イル汗国時代のペルシア陶器に現われた中国的装飾と装飾技法について(<特集>東西交渉史)」『史学』44巻1号 25-45頁。
- 三上次男 1963「中世の中東ならびに南アジアにおける中国陶磁 東西交渉史の一側面」『オリエント』6巻4号 1-25頁。
- 森本公誠 1980「フスタートの建設とアラブ支配」『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』19-38頁 中近東文化センター。
- 都城秋穂・久城育夫 1972『岩石学 I 偏光顕微鏡と造岩鉱物』共立出版。
- 都城秋穂・久城育夫 1975『岩石学 II-岩石の性質と分類』共立出版。
- 村上征勝 2002『文化を計る-文化計量学序説(シリーズ・データの科学)』朝倉書店。
- 村瀬洋一(編)・高田 洋(編)・廣瀬毅士(編) 2007『SPSSによる多変量解析』オーム社。
- 素木洋一 1991『釉とその顔料 第2版』技報堂出版。
- 森谷太郎・成瀬 省・功刀雅長・田代 仁(編) 1963『ガラス工学ハンドブック』朝倉書店。
- 家島彦一 2013『イブン・ジュバイルとイブン・バットゥータ イスラーム世界の交通と旅(世界史リブレット)』山川出版社。
- 家島彦一 1993『海が創る文明: インド洋海域世界の歴史』朝日新聞社。
- 弓場紀知 1997「揚州-サマラ-晩唐の多彩釉陶器・白磁青花に関する一試考-」『出光美術館研究紀要』3号 83-110頁。
- 山崎一雄・成瀬晃司・堀内秀樹 1994「東京大学医学部附属病院地点出土の江戸時代の陶磁器片の材質および産地」『考古学雑誌』79巻4号 87-123頁。
- 山崎一雄・二宮修治・網干 守・肥塚隆保 1993 「ベトナムで採集された陶磁器片の化学分析」『上智アジア学』11号 75-86頁。
- 吉田光邦 1958「イラン採集の陶器釉薬およびガラス片の成分分析 1」『科学史研究』46号 17-20頁。
- 吉田光邦 1958「イラン採集の陶器釉薬およびガラス片の成分分析 2」『科学史研究』47号 27-

- 29 頁。
- 吉田光邦 1959 「イラン採集の陶器釉薬およびガラス片の成分分析 3」『科学史研究』51 号 19–21 頁。
- 渡邊直経 1975 「考古学と自然科学の協力」『考古学と自然科学』8 巻 1–5 頁。
- ベシーム S.ハキーム (著)・佐藤次高 (訳) 1990 『イスラーム都市 アラブまちづくりの原理』第三書館。
- C.Vandecasteele (著)・C.B.Block (著)・原口紘丞ほか (訳) 1995 『微量元素分析の実際』丸善。
- John R. Taylor (著)・林 茂雄 (訳)・馬場 涼 (訳) 2000 年『計測における誤差入門』東京化学同人。
- ジョナサン ブルーム (著)・シーラ ブレア (著)・梶屋 友子 (訳) 2001 『イスラーム美術』岩波書店。
- メイスン (著)・松井義人 (訳)・一国雅巳 (訳) 1970 『一般地球化学』岩波書店。
- P.Bullock (著)・久馬一剛 (訳)・八木久義 (訳監修) 1989 『土壌薄片記載ハンドブック』博友社。
- サーレ フリードリヒ (著)・佐々木達夫 (訳)・大瀧敏夫 (訳)・松崎亜砂子 (訳)・波頭 桂 (訳)・中本 寛 (訳) 1994 「サマラの陶器 1」『金沢大学考古学紀要』21 号 173–192 頁。
- サーレ フリードリヒ (著)・佐々木達夫 (訳)・大瀧敏夫 (訳)・松崎亜砂子 (訳)・波頭 桂 (訳) 1995 「サマラの陶器 2」『金沢大学考古学紀要』22 号 201–236 頁。
- サーレ フリードリヒ (著)・佐々木達夫 (訳)・大瀧敏夫 (訳)・波頭 桂 (訳) 1996 「サマラの陶器 3」『金沢大学考古学紀要』23 号 223–247 頁。
- サーレ フリードリヒ (著)・佐々木達夫 (訳)・大瀧敏夫 (訳)・波頭 桂 (訳) 1998 「サマラの陶器 4」『金沢大学考古学紀要』24 号 224–242 頁。
- 雄山閣 (編) 1969 『陶磁用語辞典』雄山閣。
- Alan Caiger-Smith 1991: *Lustre Pottery: Technique, Tradition and Innovation in Islam and the Western World*, Herbert Press Ltd.
- Arthur Lane 1965: *Early Islamic Pottery*, Faber & Faber
- Arthur Lane 1971: *Later Islamic Pottery*, Faber & Faber
- Ballet P., Mahmoud F., Vichy M. and Picon M. 1991: “Artisanat de la céramique dans l'Égypte Romaine Tardive et Byzantine. Prospections d'Ateliers de Potiers de Minia à Assouan” *Ateliers de Potiers et Productions Céramiques en Égypte, Cahiers de la Céramique égyptienne* 2, 129–152.
- Colomban, Philippe 2009: “The use of metal nanoparticles to produce yellow, red and iridescent colour, from bronze age to present times in lustre pottery and glass: solid state chemistry, spectroscopy and nanostructure” *Journal of Nano Research* 8, 109–132.
- Ballet, P. & Vichy, M. 1992: “Artisanat de la céramique dans l'Égypte hellénistique et

- romaine. Ateliers du Delta. d'Assouan et de Kharga" *Ateliers de Potiers et Productions Céramiques en Égypte, Cahiers de la Céramique égyptienne* 3, 109–119.
- Benedetto, G. D., Acquafredda, P., Masieri, M., Quarta, G., Sabbatini, L., Zambonin, P. G., Tite, S., and Walton, M. 2004: "Investigation on Roman lead glaze from Canosa: results of chemical analyses" *Archaeometry* 46(4), 615–624.
- Colomban Philippe 2009: "The use of metal nanoparticles to produce yellow, red and iridescent colour, from bronze age to present times in lustre pottery and glass: solid state chemistry, spectroscopy and nanostructure" *Journal of Nano Research* 8, 109–132.
- Frihy, Omran E. and Daniel Jean Stanley 1988: "Texture and coarse fraction composition of Nile Delta deposits: facies analysis and stratigraphic correlation" *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)* 7(1), 237–255
- Gayraud, R. P., J. C. Treglia, and L. Vallauri 2009: "Assemblages de céramiques égyptiennes et témoins de production, datés par les fouilles d'Istabl Antar, Fustat (IXe–Xe siècles) " *Actas del VIII Congreso Internacional de Cerámica Medieval en el Mediterráneo, Asociacion Espanola de Arqueologia Medieval, Ciudad Real-Almagro, Spain*, 171–192.
- Gloria Molina, Michael S. Tite, Judit Molera, Aurelio Climent-Fonte, and Trinitat Pradell 2014: "Technology of production of polychrome lustre" *Journal of the European Ceramic Society* 34 (10), 2563–2574.
- Grifa, C., Morra, V., Langella, A., and Munzi, P. 2009: "Byzantine ceramic production from Cuma (Campi Flegrei, Napoli)" *Archaeometry* 51(1), 75–94.
- Ghaly, H. 1992: "Pottery workshops of Saint-Jeremia (Saqqara)" *Ateliers de Potiers et Productions Céramiques en Égypte, Cahiers de la Céramique égyptienne* 3, 161–171
- Henry Maguire 1998: *Material Analysis of Byzantine Pottery*, Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- HENEIN, Nessim 1992: "L'atelier de potier de Badura à al-Qasr (oasis de Dakhla)" *Ateliers de Potiers et Productions Céramiques en Égypte, Cahiers de la Céramique égyptienne* 3, 191–201.
- Kishk, F. M., El-Attar, H. A., Hassan, M. N., and El-Sheemy, H. 1976: "Mineralogical and chemical composition of the clay fraction of some Nile aluvial soils in Egypt" *Chemical Geology* 17, 295–305.
- Kubiak, Wladyslaw B., and George T. Scanlon 1979: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report, 1971: Part I" *Journal of the American Research Center in Egypt* 16, 103–102.
- Kubiak, Wladyslaw B., and George T. Scanlon 1980: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report, 1971: Part II" *Journal of the American Research Center in Egypt* 17, 77–96.
- Lisa Golombek, Robert Mason, Patricia Proctor, and Eileen Reilly 2013: *Persian Pottery in*

- the First Global Age : The Sixteenth and Seventeenth Centuries*, Brill Academic Pub
- Mason, R. B., Tite, M. S., Paynter, S., and Salter, C. 2001: "Advances in polychrome ceramics in the Islamic world of the 12th century AD" *Archaeometry* 43(2), 191–209.
- Mason, R. B. 1995: "Criteria for the petrographic characterization of stonepaste ceramics" *Archaeometry* 37(2), 307–321.
- Molina, G., Odin, G. P., Pradell, T., Shortland, A. J., and Tite, M. S. 2014: "Production technology and replication of lead antimonate yellow glass from New Kingdom Egypt and the Roman Empire" *Journal of Archaeological Science* 41, 171–184.
- Nicholson, Paul T. 1992: "The Pottery Workshop at Q48. 4 at Tell el–Armarna" *Ateliers de Potiers et Productions Céramiques en Égypte, Cahiers de la Céramique égyptienne* 3, 61–70.
- Patrick Sean Quinn 2013: *Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section*, Archaeopress.
- Peacock, D. P., Bejaoui, F., and Belazreg, N. 1989: "Roman amphora production in the Sahel region of Tunisia" *Publications de l'École française de Rome* 114(1), 179–222.
- Pradell, T., Molina, G., Molera, J., and Tite, M. S. 2016: "Composition of the Lustre Pigment Used in the Production of 13th Century AD Raqqa Lustreware from Syria" *Archaeometry* 58(6), 979–986.
- Pradell, T., Molera, J., Molina, G., and Tite, M. S. 2013: "Analysis of Syrian lustre pottery (12th–14th centuries AD)" *Applied Clay Science* 82, 106–112.
- Pradell, T., Molera, J., Smith, A. D., Climent-Font, A., and Tite, M. S. 2008a: "Technology of Islamic lustre" *Journal of Cultural Heritage* 9, 123–128.
- Pradell, T., Molera, J., Smith, A. D., and Tite, M. S. 2008b: "The invention of lustre: Iraq 9th and 10th centuries AD" *Journal of Archaeological Science* 35 (5), 1201–1215.
- Pradell, T., Molera, J., Smith, A. D., and Tite, M. S. 2008c: "Early Islamic lustre from Egypt, Syria and Iran (10th to 13th century AD)" *Journal of Archaeological Science* 35(9), 2649–2662
- Scanlon, George T 1966: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report 1965: Part I" *Journal of the American Research Center in Egypt* 5, 83–112.
- Scanlon, George T 1967: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report 1965: Part II" *Journal of the American Research Center in Egypt* 6, 65–86.
- Scanlon, George T 1974: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report 1968: Part I" *Journal of the American Research Center in Egypt* 11, 81–91.
- Scanlon, George T 1976: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report 1968 Part II" *Journal of the American Research Center in Egypt* 13, 69–89.
- Scanlon, George T 1981: "Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report, 1972 Part I" *Journal of the*

- American Research Center in Egypt 18, 57–84.
- Scanlon, George T 1982: “Fustāt Expedition: Preliminary Report, 1972 Part II ” Journal of the American Research Center in Egypt 19, 119–129.
- Scanlon, George T 1984: “Fustāt Expedition: Preliminary Report 1978” Journal of the American Research Center in Egypt 21, 1–38.
- Scanlon, George T 1993: “Fayyumi Pottery: A Long-lived Misnomer in Egyptian Islamic Ceramics : Type 1” Bulletin de la Société Archéologie d’Alexandrie 45, 295–330
- Scanlon, George T. 1965: “Preliminary report: excavations at Fustat, 1964” Journal of the American Research Center in Egypt 4, 6–30.
- Tite, M. S., Shortland, A. J., Schibille, N., and Degryse, P. 2016: “New Data on the Soda Flux Used in the Production of Iznik Glazes and Byzantine Glasses” *Archaeometry* 58(1), 57–67.
- Tite, M. S., Wolf, S., and Mason, R. B. 2011: “The technological development of stonepaste ceramics from the Islamic Middle East ” *Journal of Archaeological Science* 38(3), 570–58.
- Tite, Michael S., Vassilis Kilikoglou, George Vekinis 2001: “Strength, toughness and thermal shock resistance of ancient ceramics, and their influence on technological choice” *Archaeometry* 43(3), 301–324.
- Tite, M. S. 1989: “Iznik pottery: An investigation of the methods of production” *Archaeometry* 31(2), 115–132.
- Tite, M. S., Freestone, I., Mason, R., Molera, J., Vendrell-Saz, M., and Wood, N. 1998: Lead glazes in antiquity—methods of production and reasons for use” *Archaeometry* 40 (2), 241–260.
- Tite, M. S., Freestone, I. C., Meeks, and N. D., Bimson, M. 1982: “The Use of Scanning Electron Microscopy in the Technological Examination of Ancient Ceramics” *Archaeological ceramics*, 109–120.
- Tite, M. S., Y. Maniatis. 1975a: “Examination of ancient pottery using the scanning electron microscope” *Nature* 257, 122–123.
- Tite, M. S., & Y. Maniatis 1975b: “Scanning Electron Microscope of Fired Calcareous Clays” *Transactions of the British Ceramics Society* 74, 19–22.
- Tite, M. S. 1969: “Determination of the firing temperature of ancient ceramics by measurement of thermal expansion: a reassessment” *Archaeometry* 11(1), 131–143.
- Vendrell, M., Molera, J., and Tite, M. S. 2000: “Optical properties of tin-opacified glazes” *Archaeometry* 42(2), 325–340.
- Walton, M.S. & Tite, M.S. 2010: “Production technology of Roman lead-glazed pottery and its continuance into late antiquity” *Archaeometry* 32(5), 733–759.
- Wood, N., Tite, M. S., Doherty, C., and Gilmore, B. 2007: “A technological examination of

ninth-tenth century AD Abbasid blue-and-white ware from Iraq, and its comparison with eighth century AD Chinese blue-and-white sancai ware" *Archaeometry* 49(4), 665–684.  
Wladyslaw B. Kubiak 1987: *Al-Fustat: Its Foundation and Early Urban*, Amer Univ in Cairo Pr.

## 【引用文献】

- 青木繁夫 1985「土製品の保存・修復研究（Ⅰ）－塩類風化によって損傷をうけた土器の保存・修復－」『保存科学』24号 33–38頁。
- 阿部克彦 2006「サファヴィー朝陶芸史研究の方法論・ケルマーンの新資料を中心に」『麒麟』15号 89–114頁。
- 池田 修 1985「エジプトにおけるアラビア語の歴史」『イスラム世界』1号 1–15頁。
- 岡野智彦 1999「中央アジア及びイランの陶器窯と窯道具」『シルクロード学研究』504巻 76–99頁。
- 加藤卓男 2002『砂漠が誘う ラスター彩遊記』日本経済新聞社。
- 川床睦夫 1992a「第6節アル＝フスタートの歴史的重要性」『エジプト・イスラーム都市アル＝フスタート遺跡発掘調査 1978–1985年』13–15頁 早稲田大学出版部。
- 川床睦夫 1992b「第2章アル＝フスタートの地理と環境」『エジプト・イスラーム都市アル＝フスタート遺跡発掘調査 1978–1985年』13–15頁 早稲田大学出版部。
- 川床睦夫・真道洋子 1992c「第3節イスラーム陶器」『エジプト・イスラーム都市アル＝フスタート遺跡発掘調査 1978–1985年』250–269頁 早稲田大学出版部。
- 川床睦夫 1986「フスタート出土のランプ」『オリエン特』29巻2号 102–124頁。
- 朽津信明・森井順之 2003「江戸東京博物館 「銀座煉瓦街遺構」 の劣化と保存」『保存科学』43号 55–61頁。
- 小杉 泰 2011『イスラーム 文明と国家の形成 諸文明の起源 〈4〉』京都大学学術出版会。
- 小山富士夫 1979「エジプト・フォスタット出土の中国陶磁」『小山富士夫著作集〈下〉朝鮮の陶磁ほか』311–322頁 朝日新聞社。
- 権代紘志・川床睦夫・中井 泉・真道洋子 2013「ポータブル X 線分析装置によるイスラーム時代の黄濁釉陶器の考古化学的研究」『分析化学』62巻2号 143–154頁。
- 齋藤久美子 2005「古代エジプトにおける壁塗り用石膏プラスターの結晶構造の観察」『西アジア考古学』6号 135–142頁。
- 齋藤正憲 2012「天井のある窯、天井のない窯：エジプト民族誌にみる窯構造と黒色土器焼成」『西アジア考古学』13号 63–71頁。
- 齋藤正憲 2009「エジプトの土器づくり民族誌 土器生産様式に関する民族考古学的検討」『西アジア考古学』10号 33–49頁。
- 齋藤正憲 2004「エジプト新王国時代における土器の焼成温度について」『西アジア考古

- 学』5号 119-126頁。
- 桜井清彦・川床睦夫（編）1992『エジプト・イスラーム都市アル=フスタート遺跡発掘調査1978-1985年』早稲田大学出版部。
- 佐々木達夫・佐々木花江 2002「アッバース朝白濁釉陶器に与えた中国白磁碗の影響」『金沢大学考古学紀要』26号 64-75頁。
- 真道洋子 2016「エジプト、フスタート遺跡出土の施釉陶器」『中近世陶磁器の考古学』4巻 253-275頁 雄山閣。
- 新免歳靖・岡野智彦・二宮修治 2011「初期および中期ラスター彩陶器白色釉薬の化学組成」『総研大文化科学研究』7号 111-122頁。
- 新免歳靖・岡野智彦・二宮修治 2010「初期および中期ラスター彩陶器の胎土分析による生産地推定」『総研大文化科学研究』6号 99-116頁。
- 谷口陽子 1999「縄文土器に含まれる粗粒物質のテクスチュアル・アナリシスー製作地と製作技法解明への一試論ー」『帝京大学山梨文化財研究所研究報告』9集 303-331頁。
- 中近東文化センター 2007『魅惑のペルシア陶器 イスラーム陶器誕生までの流れ』中近東文化センター。
- 常木 晃 1997「西アジア先史時代の土器焼成窯とその生産力」『東海大学校地内遺跡調査団報告』7巻 169-185頁。
- 寺田靖子・中井 泉 2004「高エネルギー蛍光 X 線分析」『放射光』17巻6号 323-329頁。
- 南雲 龍 1998『陶芸—制作と知識のすべて〈下巻〉釉薬・焼成篇』日貿出版社。
- 長谷川奏 2014「初期イスラーム時代のファイユーム陶器：ベナキ博物館所蔵資料から」『西アジア考古学』15号 57-60頁。
- 長谷川奏 2008「エジプトにおけるイスラーム陶器登場の道筋を探る（2）ローマ時代の赤色光沢土器（Terra Sigillata）」『イスラム科学研究』4号 145-151頁。
- 長谷川奏 2006「コプト・マイノリティが受け継ぐイスラムの前身伝統」『中東』149-174頁 明石書店。
- 長谷川奏 2000「中世文化成立期におけるアスワン土器の変容をめぐって」『オリエン特』43巻2号 53-69頁。
- 長谷川奏 2001「村落と社会組織の考古学—コプト社会からイスラム社会への変貌—」『村落と社会の考古学』251-269頁 朝倉書店。
- 長谷川奏 1986「アル=フスタート出土の赤色磨研土器-コプト・ビザンツ期技術伝統継承の一側面」『早稲田大学大学院文学研究科紀要 別冊第13集文学・芸術学編』47-62頁。
- 馬場匡浩 2013『エジプト先王朝時代の土器研究』六一書房。
- 張替いずみ・阿部弘幸・諏訪康子・田上嘉美・藤田礼子 1992「2節土器」『マルカタ南4 イシス神殿北西部の遺構と遺物』55-221頁 古代エジプト調査委員会。
- 張替いずみ・藤田礼子 1992「井戸址内出土の食卓器について」『マルカタ南4 イシス神殿北



- 西部の遺構と遺物』359-370 頁 古代エジプト調査委員会。
- 藤本勝次 1963「初期イスラム時代エジプトの徴税に関する一史料について」『オリエント』6. 号 85-93. 頁。
- 榊屋友子 2010「12-14 世紀イランのカーシャーニ製陶器における銘文」『미술사논단』30 卷 331-352 頁。
- 榊屋友子 2013「アブー・ナスル・アル=バスリー作 押し型装飾鉛粕断片」『國華』119 卷 3 号 35-37 頁。
- 三上次男 2000 『陶磁の道 - 東西文明の接点を訪ねて』中央公論美術出版。
- 三上次男 1990『イスラーム陶器史研究』 中央公論美術出版。
- 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 1988『陶磁貿易史研究 下 中近東篇』中央公論美術出版。
- 三浦裕聖子・大和聖子・中井 泉 2003「高エネルギー放射光蛍光 X 線分析法を用いた九谷、伊万里古陶磁伝世品の産地推定に関する研究」『考古学と自然科学』46 卷 33-54 頁。
- 村上夏希・二宮修治・桐野文良 2016「出光美術館所蔵エジプト・フスタート遺跡出土イスラーム陶器片の自然科学的研究 その二 X 線回折による胎土中の鉱物組成に基づく検討を中心に」『東洋陶磁』45 号 135-153 頁。
- 村上夏希・新免歳靖・二宮修治 2014「出光美術館所蔵エジプト・フスタート遺跡出土イスラーム陶器片の自然科学的研究」『出光美術館館報』169 号 16-32 頁。
- 望月明彦 1992a「第 12 節 化学分析」『エジプト・イスラーム都市アル=フスタート遺跡発掘調査 1978-1985 年』403-411 頁。 早稲田大学出版部。
- 望月明彦 1992b「マルカタ南遺跡イシス神殿井戸址内出土の土器の化学分析」『マルカタ南 4 イシス神殿北西部の遺構と遺物』336-348 頁 古代エジプト調査委員会。
- 守川知子(監訳)・ペルシア語百科全書研究会(訳注) 2012「ムハンマド・ブン・マフムード・トゥーシー著 『被造物の驚異と万物の珍奇』(5)」『イスラーム世界研究』5 卷 1・2 号 365-494 頁。
- 森本公誠 1975『フスタートの建設とアラブ支配』岩波書店。
- 家島彦一 1980 「東西交渉上のアル・フスタート」『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』79-104 頁 中近東文化センター。
- Allan, J. W. 1973: "Abu'l-Qasim's Treatise on Ceramics" *Iran* 11, 111-120.
- Abdel-Rahim, Nagwa. 2016: "STUDY AND RECONSTRUCTION OF ARCHAEOLOGICAL CERAMIC DISH (CUERDA SECA) FROM MUMLOK PERIOD (13th to 15th century), Al FUSTAT, EGYPT" *American International Journal of Contemporary Scientific Research* 3 (13).
- Baioumy, Hassan M., & Ismael S. Ismael 2014: "Composition, origin and industrial suitability of the Aswan ball clays, Egypt" *Applied Clay Science* 102, 202-212.

- Ballet, P., & Picon, M. 1987: “ Recherches préliminaires sur les origines de la céramique des Kellia (Égypte) ” *Importations et productions égyptiennes, Cahiers de la céramique égyptienne 1*, 17–48.
- Bernsted, Anne-Marie Keblow 2003: *Early Islamic pottery: materials and techniques*, Archetype Pub.
- Cockle, Helen 1981: “Pottery Manufacture in Roman Egypt: A New Papyrus” *The Journal of Roman Studies 71*, 87–97.
- Constable, Olivia Remie 1996: *Trade and Traders in Muslim Spain: The Commercial Realignment of the Iberian Peninsula, 900-1500 (Cambridge Studies in Medieval Life and Thought: Fourth Series)*, Cambridge University Press.
- Daszkiewicz Gerwulf Schneider & Ewa Bobryk.Malgorzata 2001: “Islamic glazed pottery from Fustat (?)—Composition and technology” *Archäometrie und Denkmalpflege—Kurzberichte*.
- Gyllensvärd, Bo. 1973: “Recent Finds of Chinese Ceramics at Fostat. I” *Museum of Far Eastern Antiquities 45*, 91–119.
- Gyllensvärd, Bo. 1975: “Recent Finds of Chinese Ceramics at Fostat. II” *Museum of Far Eastern Antiquities 47*, 93–117.
- Frierman, Jay D., Frank Asaro, and Helen V. Michel. 1979: “The provenance of Early Islamic lustre wares” *Ars Orientalis*, 111–126.
- Jones, R.E. 1980: “Analysis of some Islamic Lustre Ware from Egypt” *Early Islamic Ceramics: Ninth to Late Twelfth Centuries*, 303–305, Sotheby Parke Bernet Pubns.
- Kubiak, Wladyslaw, & George T. Scanlon 1973: “Fusṭāṭ Expedition: Preliminary Report, 1966” *Journal of the American Research Center in Egypt 10*, 11–25.
- McNally, Sheila, & Ivančica Schrunck 2000: “The Impact of Rome on the Egyptian Pottery Industry” *Journal of the American Research Center in Egypt 37*, 91–114.
- MadkourImam, H., Elsayed, K., and Meheina, G.F. 2015: “Elemental Analysis Study of Glazes and Ceramic Bodies from Mamluk and Ottoman Periods in Egypt by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) ” *PERIODICO DI MINERALOGIA 84(1)*, 107–121.
- Mason, R. B. 2004: *Shine Like the Sun*, Royal Ontario Museum.
- Mason, R. B., & M. S. Tite 1997a: “ The beginning of tin-opacification of pottery glazes” *Archaeometry 39(1)*, 41–58.
- Mason, R. B. 1997b: “ Medieval Egyptian lustre-painted and associated wares typology in a multidisciplinary study” *Journal of the American Research Center in Egypt 34*, 201–242
- Mason, R. B., & M.S.Tite 1994: “The beginnings of Islamic stonepaste technology” .

- Archaeometry* 36(1), 77–91.
- Mason, R. B., Ronald M. Farquhar, and Patrick E. Smith 1992: “Lead-isotope analysis of islamic glazes: an exploratory study” *Muqarnas* 9, 67–71.
- Mason, R. B., & Keall, E. J. 1991: “ The'Abbāsīd Glazed Wares of Sīrāf and the Baṣra Connection: Petrographic Analysis” *Iran* 29, 51–66.
- Mason, R. B., & Keall, E. J. 1990: “Petrography of Islamic Pottery from Fustat” *Journal of the American Research Center in Egypt* 27, 165–184.
- Michel, H. V., J. D. Frierman, and F. Asaro 1976: “CHEMICAL COMPOSITION PATTERNS OF CERAMIC, WARES FROM FUSTĀT, EGYPT” *Archaeometry* 18(1), 85–92.
- Mohi ed-Din Mustafa & H. Jaritz 1985: “A Roman Fortress at Nag' el-Hagar First preliminary report” *ASAE* 70, 21–31,
- Muhammad b. Ahmad al-Muqaddasi 1967: *Kitab ahsan al-taqasim fi ma'rifat al-aqalim*. M. J. De Goeje (Ed.). EJ Brill.
- Nakai, I., Terada, Y., Itou, M., and Sakurai, Y. 2001: “Use of highly energetic (116 keV) synchrotron radiation for X-ray fluorescence analysis of trace rare-earth and heavy elements” *Journal of synchrotron radiation* 8(4), 1078–1081.
- Philon, Helen, T. Townsend Walford, and Vanessa Stamford 1980: *Early Islamic Ceramics: Ninth to Late Twelfth Centuries (Benaki Museum Athens, Catalogue of Islamic Art I)*, Sotheby Parke Bernet Pubns.
- Pradell, T., Molina, G., Molera, J., Pla, J., and Labrador, A. 2013: “The use of micro-XRD for the study of glaze color decorations” *Applied Physics A* 111(1), 121–127
- Rante, R., & Collinet, A. 2013: *Nishapur Revisited: stratigraphy and ceramics of the Qohandez*, Oxbow Books Ltd.
- Scanlon, George T. 1974: “The Pits of Fustât: Problems of Chronology” *The Journal of Egyptian Archaeology* 60, 60–78.
- Tite, M., Watson, O., Pradell, T., Matin, M., Molina, G., Domoney, K., and Bouquillon, A. 2015: “Revisiting the beginnings of tin-opacified Islamic glazes” *Journal of Archaeological Science* 57, 80–91.
- Tite, M. S., S. Wolf, and R. B. Mason 2011: “The technological development of stonepaste ceramics” *Journal of Archaeological Science* 38(3), 570–580.
- Tite, M. S. 2011: “ The technology of glazed Islamic ceramics using data collected by the late Alexander Kaczmarczyk” *Archaeometry* 53(2), 329–339.
- Tite Michael, Trinitat Pradell, and Andrew Shortland 2008: “Discovery, production and use of tin-based opacifiers in glasses, enamels and glazes from the Late Iron Age onwards: A reassessment” *Archaeometry* 50(1), 67–84.

- Ulbert, T. 1971: “Keramikstempel aus Elephantine” *MDAIK* 27, 235–242.
- Watson, Oliver 2014: “Revisiting Samarra: the rise of Islamic glazed pottery” *Beiträge zur Islamischen Kunst und Archäologie* 4, 123–142.
- Watson, Oliver 2004: *Ceramics from Islamic lands*, Thames & Hudson.
- Wendrich, W., & G. van der Kooij 2002: “The potters of el-Fustat (Cairo) and el-Nazla (Fayoum)” *Moving matters: Ethnoarchaeology in the Near East*, 147–158.
- Whitcomb, Donald. 1989: “Coptic glazed ceramics from the excavations at Aqaba, Jordan” *Journal of the American Research Center in Egypt* 26, 167–182.
- Wolf, S., Stos, S., Mason, R., and Tite, M. S. 2003: “Lead isotope analyses of Islamic pottery glazes from Fustat, Egypt” *Archaeometry* 45(3), 405–420.
- Wodzińska, Anna. 2010: A manual of Egyptian pottery IV Ptolemaic–Modern, MA: Ancient Egypt Research.
- Wypyski, M. T. 2010: Compositional Study of Medieval Islamic Enamelled Glass from The Metropolitan” *Metropolitan Museum Studies in Art, Science, and Technology* 1, 109–132.