

ミャンマー産陶器の化学分析 Chemical Analysis on Ceramics in Myanmar

佐藤 由似 *1、田村 朋美 *2(奈良文化財研究所)

Yuni Sato *1 and Tomomi Tamura*2 (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

*1 sato-y27@nich.go.jp *2 tamura-t2h@nich.go.jp

和文要旨：

14～17世紀のミャンマーと日本で出土したミャンマー産陶器のX線分析および鉛同位体比分析を実施した。分析の結果、白釉と緑釉は鉛釉であり、白釉は錫石(SnO₂)によって白濁していることが分かった。一方、黒釉はカルシウムの多いアルカリ釉であった。アラカン地方ではコバルトで着色されたアルカリ釉の藍釉陶器が確認された。鉛釉の鉛同位体比分析を実施した結果、先行研究でタイのソントー鉱山の鉛が使用されたと考えられているN領域に一致した。一方、新たに入手したミャンマーの鉛鉱石も同じくN領域の鉛同位体比を持つことが分かった。ミャンマー産陶器生産に使用された鉛原料産地はタイだけでなく、ミャンマーにも存在する可能性が示された。

キーワード：ミャンマー産陶器、鉛同位体比分析、N領域、ポーサイン鉱山、ソントー鉱山

Abstract:

The production and trade in ceramics from Myanmar during the 14th to 17th centuries demonstrate active trade networks. Excavated ceramics from Myanmar and Japan dating to this period were scientifically tested with XRF (X-ray fluorescence) and lead isotope analysis. The results showed that the white glaze and green glaze samples contained lead—with the white glaze opacified with cassiterite (SnO₂). The black glaze samples used an alkaline glaze with calcium oxide (CaO). The dark blue glaze samples from the Arakan region used an alkaline glaze colored with cobalt (Co). The lead isotope ratios in the glazes from our samples are consistent with the lead believed to be from the Song Toh mine in Thailand (Region N). However, newly obtained lead ore from the Bawsaing mine in Myanmar has produced similar lead isotope ratios to the Song Toh material. It is suggested that the source for the lead ore used in the production of ceramics in Myanmar exists in both Thailand and Myanmar.

Key Words : Ceramics in Myanmar, lead isotope analysis, N region, Song Toh mine, Bawsaing mine.

1. はじめに

近年ミャンマー産陶器に関する調査事例が増加し、西アジア地域など国外での発掘調査の進展により、ミャンマー産陶器は15～17世紀頃にかけて積極的に海外に輸出されたことが判明している(佐々木2002)。一方、ミャンマー国内における窯跡調査は、青磁を生産していた窯跡のみが発見され、その他の白釉陶器、緑釉陶器、黒釉陶器などに関しては具体的な生産地が判然としないのが現状である。一般に陶磁器研究においては、発掘調査や製品の形態的特徴に基づく考古学的な研究に加え、胎土や釉薬についてはその原料によって化学的な特徴が異なるため、化学組成分析などの理化学的手法が生産地や流入経路などの解明に非常に有効である。特に、鉛同位体比分析は考古遺物の産地推定の有効な手法として多くのデータが蓄積されている。産地以外にも、釉薬がアルカリ釉であるか鉛釉であるかを知ることによって、当該の陶磁器生産の技術的系譜を探ることが可能となる。さらに、釉薬の組成分析により主原料(鉛やアルカリ)や着色剤(コバルトなど)を明らかにすることによって、原料調達などの交易論を展開することも可能となる。このように化学分析を行うことで陶磁器という一つの材料について様々な角度からアプローチが可能となり、より多くの考古学的・歴史学的な情報を引き出すことが可能となってきている。

このような近年の陶磁器研究の動向を踏まえてミャンマー産陶器にたちかえてみると、他の東南アジア大陸部で生産されていた陶器とは異なり、ミャンマー産陶器は釉薬に鉛が使用されることが多い点が特徴でもあると言われる。しかしながら、ミャンマー産陶器の化学分析が行われた事例は少なく、釉の化学組成についても不明な点が多いと言わざるを得ない。そこで、本稿では、ミャンマー国内で出土または採集されたミャンマー産陶器、輸出されたミャンマー産陶器について、蛍光X線分析をおこない釉の化学組成を明らかにする^(註1)。さらに、鉛釉については鉛同位体比分析を実施し、原料の鉛産地について検討する。鉛産地の検討には既往研究で知られるタイの鉍床データと比較するとともに、今回新たに入手したミャンマーのポーサイン(Bawsaing)鉍山の鉍石についても鉛同位体比分析をおこない、ミャンマー産の鉛鉍石の使用可能性についても検討する。

2. 研究の背景と問題の所在

2-1. ミャンマー産陶器研究史

ミャンマー産陶器研究が急速な進展を見せたのは、ミャンマー・タイ国境の山岳地帯にあるターク・メーソット(Tak-Mae Sot)地域において1984年に墓葬遺跡が発見されて以降のことである。出土陶磁器類のうち、特徴的な白釉緑彩の産地に関し議論が展開され、後年、山崎一雄が当該の白釉緑彩陶器の破片に対し鉛同位体比分析を実施したところ、白釉緑彩の釉の鉛同位体比がミャンマー国内の一部の鉍山と類似の値を示すことから、ミャンマー産の可能性を指摘した(山崎1990・91-93、長谷部1990)。これを契機としてミャンマー国内において陶磁器調査が進み、青磁窯跡が次々と発見された。1992年にはドン・ハインとミャンマー考古局によって、現在のバゴー地方域に位置するラグンビー(Lagunbee)窯跡、1999年にはヤンゴン地方域のトワンテ(Twante)地区で考古局により1号窯と2号窯が発掘された。2002年にはトワンテ近郊で発見されたパヤジー(Phayagyi)窯をミョー・タン・ティンと津田武徳が発掘調査をおこなった(津田2005)。エーヤワディ・デルタ地方のパテイン(Pathein)やナプドー(Nga-Pu-Taw)でも青磁窯跡が発見され、ミャウンミヤ(Myauung Mya)ではハインによる1999年の発掘調査で、焼締陶器窯跡が発見されている(Hein 2003)。

下ビルマとも呼ばれる地域のうち、現在のモン州の州都であるモーラミヤインから川を挟んだ北側対岸にはモッタマ(Mottama)(英語読みでマルタバン(Martaban))と呼ばれる貿易港が存在する。モーラミヤイン・モッタマは、北、東、南から河川が合流する要所であり、モッタマの港は古代よりインド洋交易の重要な港として利用されていた。当該地域では窯跡の存在が不明であったが、2015年、モーラミヤイン近郊において青磁窯跡が発見され、筆者らを含む調査団は現地踏査を実施した。当該のコー・ター(Kaw Tar)村において2016年から2017年にかけて発掘調査を実施し、出土遺物からコー・ター窯跡はほぼ青磁碗専業窯である可能性が指摘された(Sato and Sugiyama 2019)。さらに、モーラミヤインから東に位置するコー・ドン(Kaw Don)窯跡でも、青磁盤を多く生産していたとみられる(Don and San 2015)。モン州における青磁生産が判明し、下ビルマ地域での大規模な青磁生産の実態が解明されつつある状況にあるといえる。

一方、黒釉陶器、白釉陶器や白釉緑彩、緑釉陶器に関してはその生産地が不明なままであった。ところが、上述のコー・ドン窯跡やその近郊のコー・ベイン(Kaw Bein)窯跡では白釉陶器や黒釉陶器の破片が発見された。特徴的な文様を持つ黒釉陶器壺は貿易港であるマルタバンから名前を取ってマルタバンジャーとして広く知られているが、実はその黒釉大壺の生産地はこれまで判明していない。18世紀のイギリス人艦長ハミルトンは、1709-1711年にペダーを訪れ、マルタバンの港について記載している。それによれば、かつてマルタバンは東洋で最も繁栄していた港の一つであったが、訪問当時は衰退しつつあった。しかし大壺の生産は続けられ、鉛釉を使用していたと記録されている(Myo 2002)。しかし、ボレルがハイデルベルク博物館所蔵の黒釉大壺に対し、蛍光X線分析をおこなった際には、鉛は検出されなかった(Borell 2014)。16世紀頃から18世紀頃までに黒釉大壺の生産技術に変化が生じたのか現段階では判然としない。上述のモーラミヤイン近郊の窯跡調査が進展すれば、今後黒釉陶器生産の実態が判明する可能性があるといえよう。

筆者らはモン州とカイン州の州境に位置するビン・ライン(Bin Laing)遺跡を踏査した際に、白釉陶器片を表

採した。また、白釉陶器片が発見されたコー・ドン窯跡から東へと進めば、現在のミャンマー・タイ国境であるターク・メーソートの山岳地域に抜けられる。ターク・メーソートで発見された多くの白釉緑彩の生産地を考えると、コー・ドン窯跡などモーラマイン・マルタバン地域における陶器生産の実態解明は重要な意義があるといえよう。

上述の青磁、黒釉陶器、白釉陶器とは異なる特徴を有する陶器が、アラカン地方で主に確認されているコバルト呈色をはじめとした施釉陶器群である。このアラカン地方には15世紀から18世紀にかけてアラカン王国が支配していた。ムラウ・ウー王朝は隣国のムガール帝国をはじめとしたイスラーム圏との交流が盛んであったため、その影響を受けているとされる。寺院を装飾するタイルなどにも他のミャンマー領域とは様相を異にする施釉、文様を窺い知ることができる。ムラウ・ウー(Mrauk-U)市にある窯跡などがそれらの陶器の生産地と考えられている(富山佐藤美術館 2004)。

このようにミャンマー産陶器研究はここ30年で急速に進展したが、青磁以外の陶器の生産地に関しては依然判然としないままである。ミャンマー国内での陶器研究の進展とともに、国外においてもミャンマー産陶器の出土事例が増加している。とりわけ15世紀から17世紀代のアラビア圏から東アジア圏を中心に出土事例が多いが(佐々木 2002)、黒釉大壺に関しては、アフリカ・アメリカ大陸での発見例も報告されており、さらなる地域展開を見せている(野上 2016)。

2-2. 問題の所在と本稿の目的

白釉をはじめとする鉛釉陶器の産地はどこか。上述したように、山崎ら(山崎・室住 1990・91-93)は、白釉緑彩の釉薬の鉛同位体比がミャンマー国内の一部の鉱山と類似の値を示すことから、ミャンマー産の可能性を指摘していた。ただし、当時の分析装置は精度に問題があり、現在蓄積されている鉛同位体比のデータと同等に扱うことが難しいという問題があった。その後、ミャンマー産陶器の化学分析はおこなわれておらず、議論は進展してない。

一方、山崎らのデータの中で、ミャンマーのボーサイン鉱山の鉛鉱石の鉛同位体比に関しては新しい装置で測定されており、比較的精度のよいデータであった。しかしながら、近年になって戦国時代のキリシタン関連資料などが集中する領域としてN領域が設定され、鉛同位体比が一致するタイのソントー(Song Toh)鉱山が発見された後は(魯 2007、平尾 2013 など)、これらのミャンマー国内の鉱山についてのデータは顧みられなくなっていた。現在、N領域は実質的にソントー鉱山を含むタイのカンチャナブリ県に所在する鉱山に由来する可能性が最も有力視されており、タイ領域とも呼ばれることもある。しかしながら、山崎らの提示したボーサイン鉱山のデータもN領域に極めて近似する鉛同位体比を示しており、ミャンマー国内にもN領域の同位体比を持つ鉛の原産地候補となる鉱山が存在する可能性が残されている。地質学的にみても、ミャンマー大陸部東側の北中部には、鉛-亜鉛-銀を産出する鉱床帯が存在している(United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific 1996)。鉛釉陶器がミャンマーに多いとされる状況についても、N領域の鉛同位体比をもつ鉛鉱山がタイ以外にも存在する可能性を検討する必要性を示唆している。

ミャンマー産陶器に関するこれらの問題をふまえて、本稿の目的は大きく下記の3点である。① ミャンマー産陶器の釉について化学分析を行い、釉の種類を明らかにする。具体的には、ミャンマーにおいて特徴的に出土する白釉陶器や緑釉陶器について、ミャンマー国内外の出土品を含む新たな資料を分析することにより鉛釉であるかどうかを確認する。さらに、これまで化学分析がほとんどおこなわれていなかった黒釉および藍釉についても化学組成を明らかにする。② 鉛同位体比分析によって鉛釉の原料鉛の産地を推定する。具体的には、タイを中心とする東南アジアの西側地域における鉛鉱山の鉛同位体比のデータと比較する。さらに、ミャンマー国内の鉛鉱山データについても先行研究を改めて見直すとともに、新たに入手した鉱石データについても検討する。③ 鉛釉の原料に用いられた鉛の産地について、文献史料からも検討することで、鉛釉にミャンマー産鉛が使用された可能性を検討する。①を通じて、これまで漠然と鉛釉が多いとされてきたミャンマー産陶器の多様性を含めた

実態解明を目指すとともに、②③を通してミャンマー産陶器の原料産地について明らかにできれば、15～17世紀当時交易品として取引されていた鉛をとりまく政治史・交易史についても新たな視点を与えることができると考えている。

3. 分析対象遺物

本稿で扱うのは、白釉陶器(白釉緑彩陶器を含む)、緑釉陶器、黒釉陶器、藍釉陶器の4種類である。対象とする遺物は、ミャンマー国内で出土・採集されたものに加え、ミャンマー国外で発見されたもののうち、出土状況が明瞭である日本出土ミャンマー産陶器を取り扱った。また、参考資料として日本国内での個人蔵遺物に対しても分析をおこなった。本研究で釉の化学分析を実施した試料数は合計18点で、白釉陶器7点、白釉緑彩陶器1点、緑釉陶器7点、黒釉陶器2点、藍釉陶器1点である(表1)。このうち白釉陶器については、胎土の元素分析も実施した。鉛同位体比分析については、釉薬に鉛を含有するものを分析対象とした。以下に、分析対象遺物を出土地別に記述する(図1)。

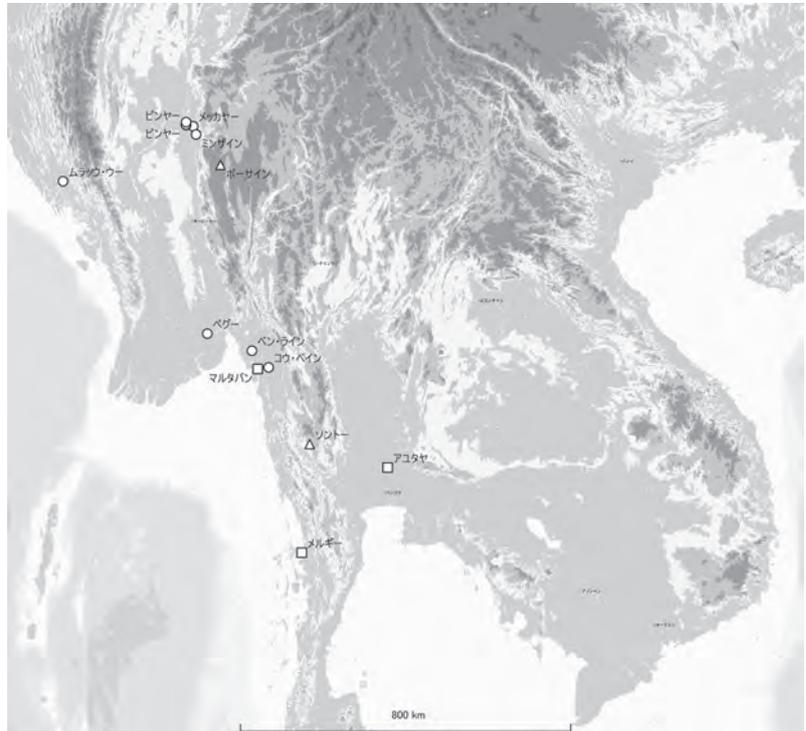


図1 関連遺跡地図(国土地理院地球地図(標高)をもとに筆者作成)
○は本研究で分析した資料が出土した遺跡、△は鉛鉱山、
□は関連都市を示す。

3-1. 下ビルマ地域

ビン・ライン(Bin Laing)遺跡

ビン・ライン遺跡は現在のモン州とカイン州の州境に位置し、紀元前から紀元後11世紀頃まで続くタトン(Thaton)から東に約12 kmの、ドンタミ(Donthami)川東岸に立地している。2019年に筆者らが周辺遺跡を調査した際に、窯跡のようなマウンドが存在するという情報を得て、現地を踏査した。推定比高約1.7 mから2 mほどのマウンドで、マウンド上には敷柱などの窯道具や被熱のため表面が釉化したレンガ片などが散乱し、その他に白釉陶器片、緑釉陶器片、青磁片などを確認した。またマウンド周辺からも白釉陶器片、青磁片などを確認した。表採遺物からのみの判断にはなるが、おそらく当該マウンドは他のミャンマー産陶器窯跡と同様、レンガを窯壁とする構造を有する窯跡であったことが推測される。当地点から採集された遺物のうち、白釉陶器片1点、緑釉陶器片1点を本研究の分析対象とした。

白釉陶器片は、内外面とも白濁した釉で施釉される(No.1)。口唇は丸みを帯び、口縁はやや外反する薄手のつくりの碗であったと考えられる。緑釉陶器片は碗ないし盤の胴下半部片から底部にかけての破片で、内面は緑釉が全面施釉され、外面も緑釉で下半まで施釉されている(No.2)。底部外面ならびに畳付は無釉である。

コー・ベイン(Kaw Bein)窯跡

コー・ベインはモーラマインから東に25 kmほどに位置し、マルタバン河口へと続くジャイン川(Gyaing River)の南岸に立地する。このジャイン川を東へ遡ると、ターク・メーソートを通りタイ側へと続く古来の内陸ルートへと続く。コー・ベインは現在のカイン州に位置するが、当時は現地情勢が不安定であったため、筆者ら

表1 分析資料一覧

資料 No.	種類		分類	遺跡	国名	地域
1	白釉陶器	皿	①	ビン・ライン遺跡	ミャンマー	下ビルマ
2	緑釉陶器	碗	②	ビン・ライン遺跡	ミャンマー	下ビルマ
3	白釉陶器	盤	①	コー・ベイン遺跡	ミャンマー	下ビルマ
4	黒釉陶器	壺	③	コー・ベイン遺跡	ミャンマー	下ビルマ
5	緑釉陶器	陶板	②	シュエ・グー・ヂー寺院	ミャンマー	下ビルマ
6	緑釉陶器	陶板	②	バガン・ミョウ・パヤー寺院	ミャンマー	中央平原
7	緑釉陶器	陶板	②	メッカヤー・シュエ・ヂー・ゴン寺院	ミャンマー	中央平原
8	白釉陶器	皿	①	ピンヤ遺跡	ミャンマー	中央平原
9	緑釉陶器	陶板	②	グー・ジー・トン・ローン寺院	ミャンマー	中央平原
10	黒釉陶器	壺	③	インワ遺跡	ミャンマー	中央平原
11	藍釉陶器	フロアタイル	④	ムラウ・ウー遺跡	ミャンマー	アラカン
12	白釉陶器	盤	①	大友府内町跡	日本	大分県
13	白釉陶器	盤	①	大友府内町跡	日本	大分県
14	白釉陶器	盤	①	堺環濠都市遺跡	日本	大阪府
15	白釉緑彩陶器	盤	①	個人蔵(伝ターク・メーソート出土)	タイ	-
16	緑釉陶器	陶板	②	個人蔵	ミャンマー	-
17	緑釉陶器	小壺	②	個人蔵	ミャンマー	-
18	白釉陶器	盤(文様)	①	個人蔵	ミャンマー	-
-		鉛鉱石		ポーサイン鉱山	ミャンマー	中部

は実見できなかった。後日ミャンマー人陶器研究者であるナン・チー・チー・カインとモン州郷土史家のウー・チャン・タらが現地で採集した資料のうち、白釉陶器片1点、黒釉陶器片1点を本研究の分析対象遺物とした。白釉陶器片は、高台外面から内面全面に白濁した釉がかかった盤の破片である(No.3)。高台内面ならびに豊付部は無釉で暗褐色を呈し、体部外面には成型時のナデの痕跡が残る。黒釉陶器片(No.4)は、大型壺の口縁部破片で、口縁部直下と肩部との境界に直径5mm程度の円形の貼付文が巡る。外面から口縁部内面にかけて厚く黒釉がかかっている。

シュエ・グー・ヂー(Shwegu Gyi)寺院

シュエ・グー・ヂー寺院は現在のバゴ(ペゲー)市、旧ハンターワーディー(Hanthawaddy)都市の南3マイルに位置する寺院である。1287年にワーレル(Wareru)王がマルタバンにてハンターワーディー王朝を樹立し、1369年に都をハンターワーディー遷した(奥平2001)。第6代のダマゼーディー(Dammaceti)(在位1472-1492年)は、スリランカに仏教使節団を派遣したことを記念し、ハンターワーディーにカルヤーニー戒壇を建立し、上座部仏教を再興・統一を図った。ダマゼーディー王は1479年にシュエ・グー・ヂー寺院を建立し、寺院の周壁を装飾する施釉タイルには仏伝が表わされる。今回表採した資料は、菩提樹の下でマーラを撃退する仏伝が表された緑釉タイルの破片で、外面のみに緑釉が施され、全体が丸みを帯びたつくりで、当該図像の一部を形成していたものとみられる(No.5)。

3-2. 中央平原地帯

1287年、元軍の攻撃によりバガン王朝は弱体化するが、その折に勢力を拡大したのが、アサンカヤー、ラージャサンカラム、シーハスー(ラ)のシャン系三兄弟であった(伊東2001、奥平2001)。三兄弟はエーヤワディー中流域地方の支配権を掌握し、アサンカヤーはミンザイン(Myinzaing)都市を、ラージャサンカラムがメッカヤー(Mekkhaya)を、シーハスーはピンレー(Pinle)都市をそれぞれ支配した。その後、1312年には末弟シーハスーがピンヤに遷都し、これをヴィジャラプーラ(Vijayapura)と称し、王位に就く(1309-1324)。1315年、エーヤワディー川対岸のザガイン(Sagaing)にシーハスーの末子アサンカイヤーが政権を樹立したが、麓川(ムンマオ)の侵略により1362年にピンヤが、1364年にザガインが攻略され、同年ピンヤのすぐ北側にインワ(アヴァ)



図2 分析資料写真①

(Inwa, Ava)王朝が樹立された。本研究では、ミンザイン、メッカヤー、ピンヤ、インワの4地域で考古学者のソー・チュン・リンが採集した遺物の分析をおこなった。

ミンザイン：バガン・ミョウ・パヤー(Bagan Mhyaw Phaya)寺院

バガン・ミョウ・パヤーはミンザイン城市の南東に位置し、アナウ・タウン・チュンと呼ばれる山の崖面に釈迦如来立像が彫刻されている。当寺院建立に関する碑文は残っていないが、当該釈迦如来立像付近から緑釉タイル片が採集された。タイル外面は釉の風化が進んでいるものの、緑釉が薄く残存している(No.6)。

メッカヤー：メッカヤー・シュエ・デー・ゴウン(Mekkhaya Shwezigon)寺院

メッカヤー近郊に位置する寺院で、1342年ウザナー王により創建されたとされる。現在の寺院の龕内にはわずか3点の破片が原位置をとどめているが、過去に崩落したタイルに関してはメッカヤーのシュエ・ヤンドー(Shwe Yaungdaw)寺院に展示されている。本研究で分析した資料は過去に崩落した緑釉のタイル片で、外面に濃緑色の釉が施されている。おそらくパネル状にはめ込む陶板の縁部分にあたり、半球状の装飾を有している(No.7)。

ピンヤ(Pinya)遺跡

ピンヤは上述の通り、1312年にシーハサーにより建設された都市で、52年間という短期間存続したとされる。域内から表採された遺物のうち、白釉陶器碗片の分析をおこなった(No.8)。外面には口縁部から胴下半部にかけて白濁した釉がかけられ、内面は全面に白濁釉が施釉される。

ゲー・ジー・トン・ローン(Gu Gyi Tone Lone)寺院

ゲー・ジー・トン・ローン寺院はピンヤの南辺城壁の内側に位置し、寺域内には3塔の窟院が南北に並ぶ。3塔の窟院のうち、中央の窟院は1340年にウザナー王により建立されたとされ、残る2塔は1440年の建立とされる。現在の寺院壁面の龕内にはわずかながら数点の陶板を確認することができる。本研究で分析した資料は表採された緑釉陶板で、外面の釉はかなり風化が進み白化している(No.9)。陶板の縁にあたる破片とみられ、半球状の装飾も施されている。

インワ(Inwa)遺跡

インワはピンヤ遺跡のすぐ北方、エーヤワディー川沿いに1364年に建設された王都である。エーヤワディー川と環濠で囲まれた城内からは多くの遺物を表採することができるが、本研究ではこのうち城内のプリンセス・レイク(Princess lake)と呼ばれる遺構から南東に約400mの地点で表採された黒釉陶器壺片1点の分析をおこなった(No.10)。当該破片は壺の口縁下部から肩部にかけての破片で、外面には厚く黒釉がかけられ、円形の貼付文が施される。

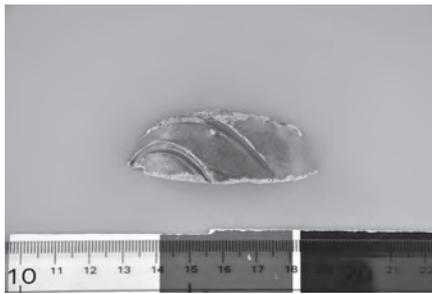
3-3. アラカン地方

ムラウ・ウー(Mrauk-U)遺跡

エーヤワディー川下流域にあたるアラカン(ヤカイン)地方は古代よりベンガル湾交易に有利な地であった。1406年インワ王朝がヤカイン地方を制圧すると、翌年にはハンターワーディー王朝が同地域を奪取した(奥平



No. 4



No. 5



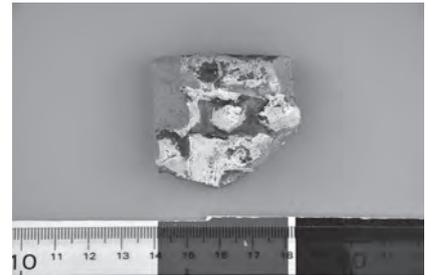
No. 6



No. 7



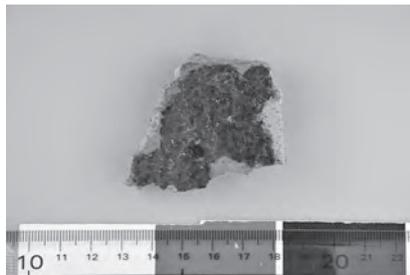
No. 8



No. 9



No. 10



No. 11



No.12(大分市教育委員会 2018 より引用)



No.13(大分市教育委員会 2018 より引用)



No.14(堺市文化財課所蔵)



No.15(個人蔵)



No.16(個人蔵)



No.17(個人蔵)



No.18(個人蔵)

図3 分析資料写真② (No.12,13を除き筆者撮影)

2001)。1430年にはベンガルに亡命していたヤカイン王がベンガルを支配するスルタンの援助で復位し、ムラウ・ウー王朝を樹立した。ムラウ・ウー遺跡はその王都があった中心的な地区にあたる。当該地域は外国人の立ち入りが困難なエリアにあたるため、考古学者ソーが現場で表採した試料を本研究の分析に使用した。資料は青色を呈した藍釉が施されたタイルで、床面に使用されていたものとされる(No.11)。そのため外面のみの施釉で、内面は橙色の素地が露胎している。

3-4. ミャンマー国外

ミャンマー産陶器は15世紀以降に積極的に海外へ輸出されたことは上述の通りだが、ミャンマー国内外におけるミャンマー産陶器研究の進展により、日本においてもミャンマー産陶器の出土例が報告されていた。その中で、鉛成分を含有する白釉陶器が出土したのは、大友府内町跡、堺環濠都市遺跡、平戸阿蘭陀商館跡である。本研究ではこのうち大友府内町跡と堺環濠都市遺跡出土白釉陶器に対し、調査許可を得て鉛同位体比分析のための試料採取をおこなうことができた。以下に各資料の詳細を記載する。

大友府内町跡

大友家は14世紀以降豊後の地を治め、博多の一部も領土に取り入れた。15世紀には対外派遣で富をなし、対明貿易、対朝鮮貿易で莫大な利益を得ていた。16世紀に入ると独自にカンボジアなど東南アジア方面との直接貿易を開拓し、中心地である大友府内町跡周辺からは華南三彩や東南アジア陶磁器を含む多くの貿易陶磁器が発見されている。16世紀大友宗麟の時代に全盛期を迎えた大友家であったが、1586年島津氏の侵攻によって大友府内町は終焉を迎える。

大友府内町跡Ⅲ次調査は、府内復元想定図のうち小笠原町にあたる地区で、第2南北街路と称される道路遺構や掘立柱建物跡などが検出された(大分市教育委員会 2018)。島津侵攻後の第VI期に位置付けられる焼土層のSX040からミャンマー白釉陶器盤の底部片1点(No.12)と、接合はしないが底部から胴部にかけての破片1点(No.13)が出土した。復元底径は17cm、釉調は淡黄白色で、底部外面は無釉、胎土は橙色を呈する。なお、同遺跡からは他にもミャンマー陶器が出土しており、完形に復元可能な黒釉壺1点(大分市教育委員会 2003)と黒釉壺口縁部片1点(大分県教育委員会 2010)が出土している。本研究では、SX040出土の2点から試料を採取し、鉛同位体比分析を実施した。

堺環濠都市遺跡

堺環濠都市遺跡はとりわけ15世紀末以降は港湾都市として発展した。堺環濠都市遺跡の層位的な特徴としては、1615(慶長20)年の大坂夏の陣による火災罹災面が明らかで、この焼土層が年代観を測る上で一つの基準となる。この堺環濠都市遺跡の中でもSKT655地点からミャンマー白釉陶器が出土している。

SKT655地点は、堺環濠都市遺跡の西端に位置し、上層の第1次遺構検出面においては湯釜や炉壇が出土し、茶室の存在をうかがわせる地点である。1615年の火災被災面下の第2次遺構面からは国産陶磁器と中国青花主体の中、朝鮮王朝陶磁とタイ、ベトナム陶磁も確認した。これより下層の第3次整地層からミャンマー白釉盤片2点が出土した。1点は、全体の約1/2が残存し、復元口径27.2cm、器高5.5cm、高台径19.2cmを測る。釉は白濁色で内面及び外面の高台畳付まで施し、高台は削り出し高台で、高台外面には2条の圈線を施す。胎土は赤橙色である。同層から出土する在地土器の年代観からみて、16世紀後半～末葉の時期に当たると考えられている(堺市教育委員会 1998)。残る1点は口縁部破片で同一個体の可能性が考えられている(No.14)。本研究では、後者の口縁部破片から試料を採取した。

3-5. 個人蔵資料

参考資料として、個人蔵資料についても分析をおこなった。No.15は白釉緑彩の盤で、ターク・メーソート出土とされる。No.16～18はいずれもミャンマー由来のものである。No.16は緑釉が施された陶板で、仏伝が表されている。No.17は緑釉小壺で、口縁部から胴部半分ほどまで施釉される。No.18は白釉盤で、内面見込に八弁

の花文が施されている。

3-6. 鉛鉱石(ボーサイン鉱山)

鉛釉の原料産地に関して検討するため、比較としてミャンマー国内のボーサイン鉱山の鉛鉱石を入手し、その鉛同位体比について測定した。当該資料はミャンマー人考古学者のソーを通じて入手した。

ボーサイン鉱山は、シャン州南部のヘホ(Heho)の北約 25 km に位置しており、Pb-Zn-Ag 鉱床として知られている。西暦 1108 年以来、小さな集落があり、人々は少量の銀と鉛を採掘して商売をしていた。西暦 1426 年、モーニン・ミン・タヤーデー(Mohnyin Min Taya)王(1426-1439)は、2 人の化学専門家をボーサインに派遣し、鉱物を採掘して銀塊を宮殿に提示するように命じた。イギリスがビルマ全体を征服するまで、ボーサインは地方領主の管理下にあったようである。1920 年代から、Steel Brothers & Co Ltd, やその他の民間企業がボーサイン鉱山から銀と鉛を採掘した。現在、鉛製錬で得られたスラグは海外に輸出されるだけでなく、シュエ・ボー、チャウ・ミャウン、トゥンテー、パテイン、ピーマナー、タウンゲー、モーラミヤインなどの施釉陶器製作工房に流通している(The Encyclopedia of Myanmar, 1963: 338)。

なお、このボーサイン鉱山から入手したと考えられる鉛鉱石については、上述したように山崎ら(山崎・室住 1990・91-93)によっても鉛同位体比が測定されているが、現在の鉛同位体比分析の精度に比べるとやや劣ることや、鉱山についての詳しい情報が記載されていないため、今回改めて測定をおこない、山崎らのデータとも比較した。

4. 分析方法

蛍光 X 線分析法

本分析では釉の化学組成を知ることができる。本測定の第一の目的は、白釉、緑釉、黒釉、藍釉のそれぞれが鉛釉かアルカリ釉かを明らかにすることである。さらに、蛍光 X 線分析では着色に関与する元素の推定も可能となり、発色機構の解明につながる。釉の種類や発色機構は産地や技術的な系譜を検討するうえで重要である。測定にあたっては、釉層の断面を超音波研磨機で研磨し、未風化部分を測定した。ただし、No.16 は新鮮な釉部分を胎土と分離できなかったため風化表面を分析した。測定結果は、標準試料を用いて補正した理論補正法(FP 法)により、検出した元素の酸化物の合計が 100 % になるように規格化し重量百分率で算出した。測定に用いた装置は、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置(エダックス社製 EAGLE III)、励起用 X 線源は Rh 管球、管電圧は 20 kV、管電流は 200 μ A、X 線照射径は 50 μ m、計数時間は 300 秒とした。測定は真空中で実施した。また、一部の白釉陶器については胎土の分析も実施した。胎土表面をグラインダーで研磨のうえ、大きな鉱物粒子を避けた 5 箇所を釉と同じ条件で測定し、平均値を求めた。

X 線回折分析法

白釉の発色機構を特定するために X 線回折分析を実施した。白釉陶器の発色についてはこれまでも錫による発色であることが指摘されている(江本・長谷部 1986、山崎・室住 1990・91-93)。ただし、錫による発色機構について具体的な言及はない。筆者らは錫を主成分とする微細な結晶物質が白濁に関与していると推定し、X 線回折分析法により結晶物質の同定を試みた。測定に用いた装置はリガク社製 SmartLab である。励起用対陰極は銅(Cu)、管電圧は 40 kV、管電流は 30 mA、スキャンスピードは 20.00(deg./min.)、スキャン範囲は 5.00-89.99 (deg.)である。

鉛同位体比分析法

釉に含まれる鉛の産地を明らかにするため、鉛同位体比分析を実施した。測定に供した資料は、蛍光 X 線分析で鉛が検出された白色釉、緑釉(鉛釉)および藍釉(アルカリ釉)である。測定は、日鉄テクノロジー株式会社に委託し、表面電離型質量分析(Thermal Ionization Mass Spectrometry, TIMS)によった。測定方法は下記のとおりである。試料に硝酸、フッ化水素酸を加えて溶解し、電気分解をおこない、陽極の白金電極盤上に析出した二

酸化鉛を硝酸、過酸化水素水で溶解し、鉛同位体比用の溶液とした。これから約 200 ng の鉛を含む溶液を分取し、リン酸とシリカゲルを加えてレニウムフィラメント上に塗布し、質量分析装置に導入した。使用した装置は、Finnigan 製 MAT262、加熱温度は 1200 °C、昇温時間は 20 分であった。測定結果は標準鉛 NBS-SRM-981 を用いて規格化した。

5. 分析結果

蛍光 X 線分析結果(表 2)

① 白釉(No.1、3、8、12、13、14、15、18)

すべて鉛釉である。No.15 は緑彩部分も分析をおこなったが、まずは白釉部分について述べる。鉛(PbO)の含有量は 17.0~34.0 %である。PbO の含有量が最も少ないのは No.10(個人蔵)の文様入りの盤である。これに最も近い値を示すのがピンヤ遺跡から出土した皿(No.8)で PbO の含有量は 18.0 %である。一方、他の白釉陶器は、堺環濠都市遺跡出品(No.14)が 23.3 %とやや低い値を示すものの、PbO を 30 %前後含有するものが多い。いずれも錫を含む(SnO₂: 3.5~9.7 %)。顕微鏡で白釉を観察すると、白色半透明の釉中に白色の不透明粒子が散在していることが分かる。No.14 および No.18 の白色不粒子が密集している部分を測定したところ、SnO₂ の濃度が著しく高い(16.0~25.0 %)ことが判明した。白釉は錫を主成分とする白色粒子によって白濁していると考えられる。この錫を含む白色粒子の正体については次の X 線回折分析結果のところで詳細を述べる。PbO および SnO₂ 以外の成分としては、アルミニウム(Al₂O₃)を 7.2~9.3 %含有する。カリウムはいずれも比較的少なく(K₂O: 1.1~1.9 %)、カルシウムはばらつきが大きい(CaO: 2.8~8.7 %)が、K₂O よりも多く含まれる点で共

表 2 蛍光X線分析結果

資料 No.	種類	分類	測定箇所	重量濃度 (%)																			
				Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO	PbO	Rb ₂ O	SrO	ZrO ₂	SnO ₂		
1	白釉陶器	①	新鮮面	0.5	1.0	8.3	48.2			1.4	4.7	0.34	0.07	0.84		0.06	29.5					5.11	
2	緑釉陶器	②	新鮮面	0.4	0.7	6.9	50.9			0.6	4.1	0.46	0.07	0.91		2.02	27.0					6.06	
3	白釉陶器	①	新鮮面	0.3	1.2	9.3	51.2			1.9	2.8	0.33	0.06	0.96		0.06	28.4					3.46	
4	黒釉陶器	③	新鮮面	1.0	2.8	10.5	56.3	0.4	0.1	3.8	14.2	0.60	0.10	9.80		0.03	0.05	0.05	0.07	0.28		nd.	
5	緑釉陶器	②	新鮮面	0.7	0.2	8.3	50.0			0.9	5.7	0.23	0.06	0.59		1.39	30.0					1.88	
6	緑釉陶器	②	新鮮面	0.9	0.6	10.3	44.2			1.3	0.4	0.23	0.06	0.34		0.75	40.9					nd.	
7	緑釉陶器	②	新鮮面	0.7	0.3	2.7	35.6			0.2	1.0	0.09	0.11	0.70		1.25	57.4					nd.	
8	白釉陶器	①	新鮮面	0.4	1.0	7.5	57.3			1.1	8.7	0.45	0.08	1.00		0.07	18.0					4.36	
9	緑釉陶器	②	新鮮面	0.8	0.4	2.1	33.1			0.2	0.5	0.06	0.11	0.35		0.89	61.4					nd.	
10	黒釉陶器	③	新鮮面	0.9	1.7	7.2	55.3	0.4	0.3	1.9	20.9	0.56	0.07	10.26		0.07	0.05	0.05	0.10	0.23		nd.	
11	藍釉陶器	④	新鮮面	8.3	1.2	5.1	76.5	0.1		2.4	3.0	0.28	0.06	1.56	0.45	0.29	0.56	0.05	0.11	0.03		nd.	
12	白釉陶器	①	新鮮面	0.6	1.4	9.3	49.3			1.4	3.4	0.33	0.06	1.17		0.09	28.7					4.25	
13	白釉陶器	①	新鮮面	0.3	1.2	8.0	43.7			1.4	3.5	0.39	0.07	1.01		0.11	34.0					6.33	
14	白釉陶器	①	新鮮面	0.4	1.7	9.5	51.3			1.7	5.4	0.37	0.08	1.30		0.04	23.3					4.89	
			白色斑点	新鮮面	0.3	1.3	7.1	49.1			1.5	4.7	0.26	0.23	1.04		0.06	18.3					16.0
15	白釉緑彩陶器	①	白釉部	新鮮面	0.4	1.0	7.2	48.5			1.2	5.2	0.27	0.07	0.69		0.14	30.2					5.20
			緑彩部	新鮮面	0.3	0.8	9.9	53.1			1.6	4.5	0.34	0.05	1.00		0.53	23.1					4.82
16	緑釉陶器	②	風化層	<i>0.4</i>	<i>0.6</i>	<i>3.4</i>	<i>38.2</i>			<i>0.0</i>	<i>1.8</i>	<i>0.17</i>	<i>0.07</i>	<i>1.60</i>		<i>1.85</i>	<i>49.2</i>					<i>2.67</i>	
17	緑釉陶器	②	新鮮面	0.3	1.0	8.4	50.9			1.1	7.9	0.46	0.09	1.22		1.74	21.8					4.95	
18	白釉陶器	①	新鮮面	0.7	0.8	7.3	58.8			1.9	3.0	0.26	0.07	0.49		0.04	17.0					9.72	
			白色斑点	新鮮面	0.5	0.5	4.6	48.2			1.2	3.4	0.26	0.10	0.38		0.04	15.9					25.0

胎土の蛍光 X 線分析結果

資料 No.	種類	分類	測定箇所	重量濃度 (%)																		
				Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO	PbO	Rb ₂ O	SrO	ZrO ₂	SnO ₂	
1	白釉陶器	①	赤色胎土	1.3	2.5	26.7	61.8			1.7	0.1	1.16	0.02	4.50		0.05	0.09					
3	白釉陶器	①	赤色胎土	2.1	2.1	21.6	67.8			1.7	0.1	0.82	0.01	3.66		0.03	0.11					
8	白釉陶器	①	灰色胎土	1.7	2.4	19.7	68.4			1.9	0.3	0.83	0.02	4.66		0.03	0.05					
14	白釉陶器	①	赤色胎土	1.2	1.6	23.7	64.8			2.6	0.3	0.97	0.04	4.68		0.02	0.05					

nd: 未検出

空欄: 未定量

斜体: 風化表面の測定値

通する。なお、No.15の白釉緑彩陶器の緑彩部については銅(CuO)が0.53%含まれており、白釉部分よりも明確に多く、銅による着色である。

ミャンマーまたはタイ・ミャンマー国境地域で出土した白釉および白釉緑彩の陶器については、わずかながら分析事例がある(江本・長谷部 1986、長谷部 1990、山崎・室住 1990・91-93)。これらの先行研究では、鉛や錫の含有量の範囲が広いことが指摘されている。本研究の結果では、鉛(PbO)については先行研究で示された含有量の範囲と概ね一致するが、錫については山崎らの値(SnO_2 : 0.18~0.58%)ほど少ない個体は認められず、江本らの値(SnO_2 : 2.57)と同等、またはさらに多い値を示した。

なお、本研究ではこれら白釉陶器のうち、No.1、3、8、14の4点について胎土の蛍光X線分析も実施した。あくまで参考値にとどまるが、互いに比較的近似の値をとることが示された。 Al_2O_3 を20%前後含有し K_2O を2%前後含有する一方で、CaOは少ない(0.1~0.3%)。また、多くの白釉陶器の胎土が赤褐色であることから示唆されるように、 Fe_2O_3 が多い(4%前後)。なお、今回測定した資料のなかでNo.8の胎土は灰色を呈する。化学組成に有意な差異は認められないため、焼成時の酸化還元状態の違いによると推測される。No.8の胎土も部分的に赤褐色を呈する。

② 緑釉(No.2、5、7、6、9、16、17)

いずれも鉛釉である。緑釉陶器は容器類と陶板の二種類にわけられる。碗(No.2)および小壺(No.17)は、PbOを21.8~27.0%含む。CuOを1.74~2.02%含有し、銅着色である。CuO以外の化学組成は上述の白釉陶器と類似し、 SnO_2 を9.3~14.4%含む。No.15の白釉緑彩陶器の緑彩部と類似するが、CuOの含有量は緑釉陶器のほうが多い。

一方、緑釉の陶板(No.5、7、6、9、16)はPbOの値が30.0~61.4%で、碗や小壺に比べて多い。いずれもCuOを1%前後含有し、銅着色である。No.5のみ釉が不透明で、1.9%の SnO_2 を含む。緑釉の陶板で錫を含むのは、風化層を測定したNo.16以外ではNo.5のみである。さらに、No.5は Al_2O_3 やCaO含有量も碗や小壺と類似する。一方、No.7とNo.9は、 Al_2O_3 およびCaOの含有量が少ない(Al_2O_3 : 2.1~2.7%、CaO: 1.5~1.0%)。No.6については、 Al_2O_3 は多い(10.3%)が、CaOが少ない(0.4%)。陶板に関しては化学組成から分類できる可能性がある。

③ 黒釉(No.4、10)

いずれもPbOの含有量は極めて少なく(<0.1%)、アルカリ釉である。ミャンマーで出土する黒釉の大壺については、鉛釉であったとの記録もあるが(Myo 2002、Borell 2014)、少なくとも今回分析した黒釉陶器に関しては、先述のポレルによる分析結果と同様、鉛釉でないことが判明した。化学組成の特徴は、アルカリ土類金属のCaOが多く20%前後含有する。一方、アルカリ金属は相対的に少なく、 Na_2O は1%以下、 K_2O も1.9~3.8%程度である。着色に関する成分としては、 Fe_2O_3 が極めて多く(14.2~20.9%)、鉄により濃い褐色(黒褐色)を呈しているとみられる。

④ 藍釉(No.11)

アルカリ釉である^(註2)。PbO含有量は少ない(0.56%)。アルカリ分としては Na_2O が8.3%で最も多く、 K_2O 、CaOはそれぞれ2.4%、3.0%と比較的少ない。 Al_2O_3 含有量は5.1%で、今回調査した資料の中では中程度である。着色剤はコバルトで、CoOとして0.45%含まれる。コバルト原料には硫化物(輝コバルト鉱(CoAsS)など)や呉須土(コバルトを含む二酸化マンガンの鉱物)などが知られるが、本資料については、ヒ素(As)およびマンガン(Mn)は極めて少ない。一方、地中海世界や中東では紀元前8世紀から紀元後12世紀頃まで比較的純度の高いコバルト原料がガラスの着色などに使用されていたことが知られる。その具体的な原料については明らかでないが、本資料にはこのような比較的純粋なコバルト原料が用いられていたと推測される。

X線回折分析結果

上述の蛍光X線分析の結果、白釉は錫を主成分とする白色粒子によって白濁していることが示唆された。そこで、この白色粒子の鉱物種を同定するため、No.3の釉部分のX線回折分析を実施した。測定の結果、白釉中

には錫石(SnO₂)の結晶が含まれていることが明らかとなった(図4)。釉などのガラス質物質を不透明にする役割を果たす成分を乳濁剤と呼ぶが、一般に乳濁剤には難溶性乳濁剤と析出性乳濁剤がある(伊藤1996)。SnO₂はこのうち難溶性乳濁剤として知られ、ガラス中への溶解速度が極端に遅いため、SnO₂の微粒子がガラスに溶け込まずに分散・懸濁することで乳濁(不透明化)を引き起こすとされる。SnO₂の微粒子による乳濁はローマガラスやササン

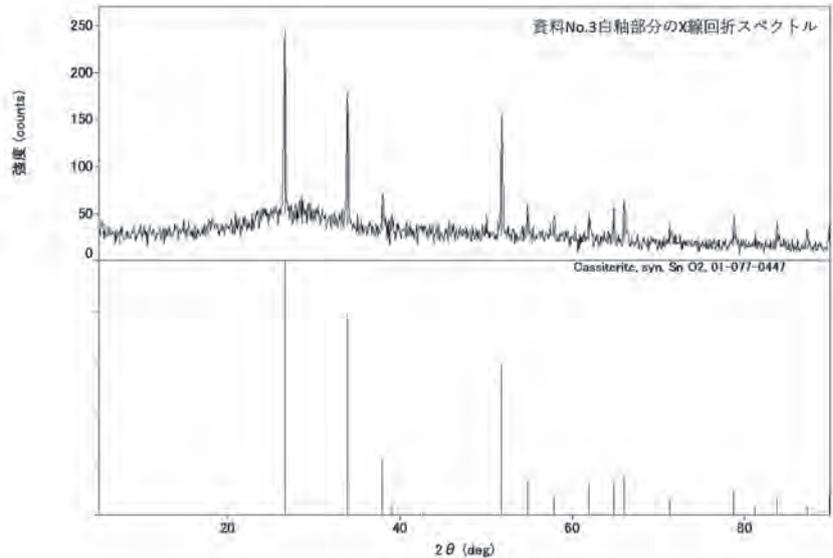


図4 資料No.3(白釉)のX線回折スペクトル

ガラスなどに古くから一般に知られている技法である。ミャンマー産陶器においてSnO₂の微粒子による乳濁着色技法がどのようにして発生もしくは伝わったのかについては、今後の検討課題であるが、着色技法が明らかになることによって技術の系譜をたどる手掛かりが得られたといえよう。

鉛同位体比分析結果

鉛同位体比分析は、ミャンマー産陶器のうち釉薬に鉛を含有するものを分析対象とした。具体的には黒釉陶器以外の陶器で、鉛釉の白釉陶器と緑釉陶器、そして藍釉陶器についてもわずかながら鉛を含有していたため、分析をおこなった。ただし、藍釉の鉛の由来については明らかでなく、鉛が主原料として含まれる鉛釉の結果とは区別して検討する必要がある。また、ミャンマー国内の鉱石データとして、ポーサイン鉱山の鉛鉱石を測定した。

結果を表3に示す。測定誤差は、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pbが±0.0003、²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pbが±0.0006、²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pbおよび²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pbが±0.010、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pbが±0.030である。今回分析した資料は、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pbが0.8592~0.8636、²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pbが2.1062~2.1104、²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pbが18.229~18.337、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pbが15.736~15.761という近似の同位体比を示した。鉛同位体比のグラフとして一般的に使用されるxy軸に²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pbと²⁰⁸Pb/²⁰⁶PbをとるA式図、およびxy軸に

表3 鉛同位体比分析結果

資料No.	種類	分類	遺跡	国名	鉛同位体比					
					²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	
1	白釉陶器	皿	①	ビン・ライン遺跡	ミャンマー	0.8609	2.1078	18.297	15.753	38.567
2	緑釉陶器	碗	②	ビン・ライン遺跡	ミャンマー	0.8597	2.1068	18.327	15.755	38.610
3	白釉陶器	盤	①	コー・バイン遺跡	ミャンマー	0.8622	2.1087	18.260	15.744	38.506
5	緑釉陶器	陶板	②	シュエ・ゲー・デー寺院	ミャンマー	0.8621	2.1091	18.268	15.749	38.529
6	緑釉陶器	陶板	②	バガン・ミョウ・パヤー寺院	ミャンマー	0.8629	2.1095	18.244	15.742	38.486
7	緑釉陶器	陶板	②	メッカヤー・シュエ・ゲー・ゴン寺院	ミャンマー	0.8616	2.1098	18.285	15.755	38.578
8	白釉陶器	皿	①	ピンヤ遺跡	ミャンマー	0.8623	2.1094	18.257	15.744	38.512
9	緑釉陶器	陶板	②	ゲー・ジー・トン・ローン寺院	ミャンマー	0.8616	2.1097	18.282	15.752	38.570
11	藍釉陶器	フロアタイル	④	ムラウ・ウー遺跡	ミャンマー	0.8621	2.1079	18.253	15.736	38.476
12	白釉陶器	盤	①	大友府内町跡	日本	0.8633	2.1097	18.238	15.745	38.477
13	白釉陶器	盤	①	大友府内町跡	日本	0.8633	2.1096	18.235	15.742	38.470
14	白釉陶器	盤	①	堺環濠都市遺跡	日本	0.8632	2.1096	18.237	15.742	38.474
15	白釉緑彩陶器	盤	①	個人蔵(ターク・メーソート出土)	タイ	0.8636	2.1094	18.229	15.742	38.451
16	緑釉陶器	陶板	②	個人蔵	ミャンマー	0.8617	2.1104	18.290	15.761	38.598
17	緑釉陶器	小壺	②	個人蔵	ミャンマー	0.8624	2.1100	18.262	15.750	38.534
18	白釉陶器	盤(文様)	①	個人蔵	ミャンマー	0.8592	2.1062	18.337	15.756	38.620
-	鉛鉱石			ポーサイン鉱山	ミャンマー	0.8625	2.1092	18.254	15.744	38.502
測定誤差						± 0.0003	± 0.0006	± 0.010	± 0.010	± 0.030

表4 先行研究におけるタイおよびミャンマーの鉛鉱床の鉛同位体比

遺跡	国名	地域	鉛同位体比				文献
			$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
ソントー鉱山	タイ	カンチャナブリ県	0.8638	2.1099	18.228	15.745	平尾2014
ソントー鉱山	タイ	カンチャナブリ県	0.8637	2.1099	18.229	15.745	平尾2014
ムエナン鉱山	タイ	カンチャナブリ県	0.8640	2.1105	18.227	15.747	平尾2014
ムエナン鉱山	タイ	カンチャナブリ県	0.8639	2.1107	18.232	15.751	平尾2014
ボーヤイ鉱山	タイ	カンチャナブリ県	0.8638	2.1101	18.230	15.746	平尾2014
バンクエドチャン鉱山	タイ	北西部	0.8478	2.0969	18.633	15.796	平尾2014
バンドンノイ鉱山	タイ	北西部	0.8618	2.1165	18.343	15.809	平尾2014
Lamphum(ランブム州)※	タイ	北西部	0.8654	2.118	18.26	15.80	山崎・室住1990・91-93
Mae Hong Son(メーホンソン州)※	(タイ)	(北西部)	0.8615	2.115	18.32	15.78	山崎・室住1990・91-93
Mea Taeng(メータン)※	タイ	北西部	0.8458	2.097	18.61	15.74	山崎・室住1990・91-93
Hatyai(ハチャイ)※	タイ	マレー半島か	0.8394	2.091	18.75	15.74	山崎・室住1990・91-93
Mergui(メルギー)※	ミャンマー	マレー半島	0.8391	2.098	18.73	15.72	山崎・室住1990・91-93
Tenasserim(テナセリム)※	ミャンマー	マレー半島	0.8402	2.089	18.52	15.56	山崎・室住1990・91-93
Bawsaing(ボーサイン)※※	ミャンマー	中部	0.86179	2.1081	18.260	15.736	山崎・室住1990・91-93

※測定誤差は、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ は± 0.2 %、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ は± 0.4 %

※※測定誤差は、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ は± 0.01 %、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ は± 0.02 %

Mae Hong Son(メーホンソン州)の鉛鉱石については、本州に鉛鉱山がなく、ミャンマー産の可能性がある(山崎・室住 1990・91-93)

$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ をとる B 式図上に本結果を示すと、極めて狭い範囲にプロットされることがわかる。ただし、ピン・ライン遺跡の白釉(No.1)および緑釉(No.2)、そして個人蔵の白釉(No.18)は A 式図で $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が小さく、B 式図では $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ がやや大きい。また、これら 3 点ほどではないが、緑釉陶板(No.7、9、16)も集中部からやや外れる。このうち No.7、9 は Al_2O_3 および CaO の含有量が少ない点で他の鉛釉とは異なり、関連性が注目される(註3)。No.11 のアルカリ釉の藍釉についても、鉛釉と近似の鉛同位体比が得られたのは意外な結果であった。藍釉に含まれる鉛の由来の追及も併せて今後の課題である。

次に、ミャンマー産陶器の鉛同位体比分析の結果について先行研究との比較をおこなった。その結果、戦国時代の日本における十字架、メダイなどのキリスト教関連遺物などから設定された N 領域(註4)(魯 2007、魯ほか 2008、平尾 2013 など)に一致または近似することが分かった。N 領域は、ソントー鉱山などタイのカンチャナブリ県の鉱山の鉛鉱石と同位体比が一致したことから(平尾ほか 2014)、現在ではソントー鉱山が N 領域の鉛原料産地の第一候補であると考えられている。ソントー鉱山では鉛インゴットを製作した鋳型が発見されており、このような鋳型で製作されたと推定される円錐形の鉛インゴットがこれまでに東南アジアや日本列島で発見されている(後藤 2011、西田ほか 2012、西田・平尾 2014、平尾・西田 2012)。これら円錐形鉛インゴットの鉛同位体比がソントー鉱山の値と近似することもソントー鉱山が N 領域の鉛原料産地であることの根拠となっている(後藤 2014、平尾ほか 2014 など)。

一方、今回新たに測定したミャンマーのボーサイン鉱山の鉛同位体比も N 領域と近似の値を持つことが判明した。測定誤差がやや大きい山崎らのデータも比較的近似の値を示している。さらに詳細に検討すると、今回測定したミャンマー産陶器は、多くがソントー鉱山の鉱石データよりも A 式図において $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が小さい傾向が認められる(図 5)。ミャンマーのボーサイン鉱山により近似するものもあるが、さらに $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が小さいものも存在し、ばらつきが認められる。比較のため、上述の円錐形インゴットについてもプロットしたところ、ソントー鉱山およびボーサイン鉱山の中間的な値を示すものが多いことが判明した。基本的な傾向は B 式図についても認められる(図 6)。

ところで、東南アジアでは紀元前後から 13 世紀ごろまでインド・パシフィックビーズ(Indo-Pacific Beads)(Fransis 1990)(以下、IPB)と呼ばれるガラス小玉が広範囲に流通している。IPB はインドにおいて紀元前 3 世紀ごろまでに生産が開始されたとされ、その流通は東アジアにまでおよび、2~6 世紀頃の日本列島や朝鮮半島でも出土する。この IPB には、錫と鉛からなる人工黄色顔料の錫酸鉛(PbSnO_3)が着色剤として使用された黄色不透明や黄緑色半透明のガラス小玉が多く存在する。東南アジアおよび東アジアで出土した錫酸鉛によって着色された IPB については、いくつか鉛同位体比分析がおこなわれており、いずれも N 領域に一致することが明らか

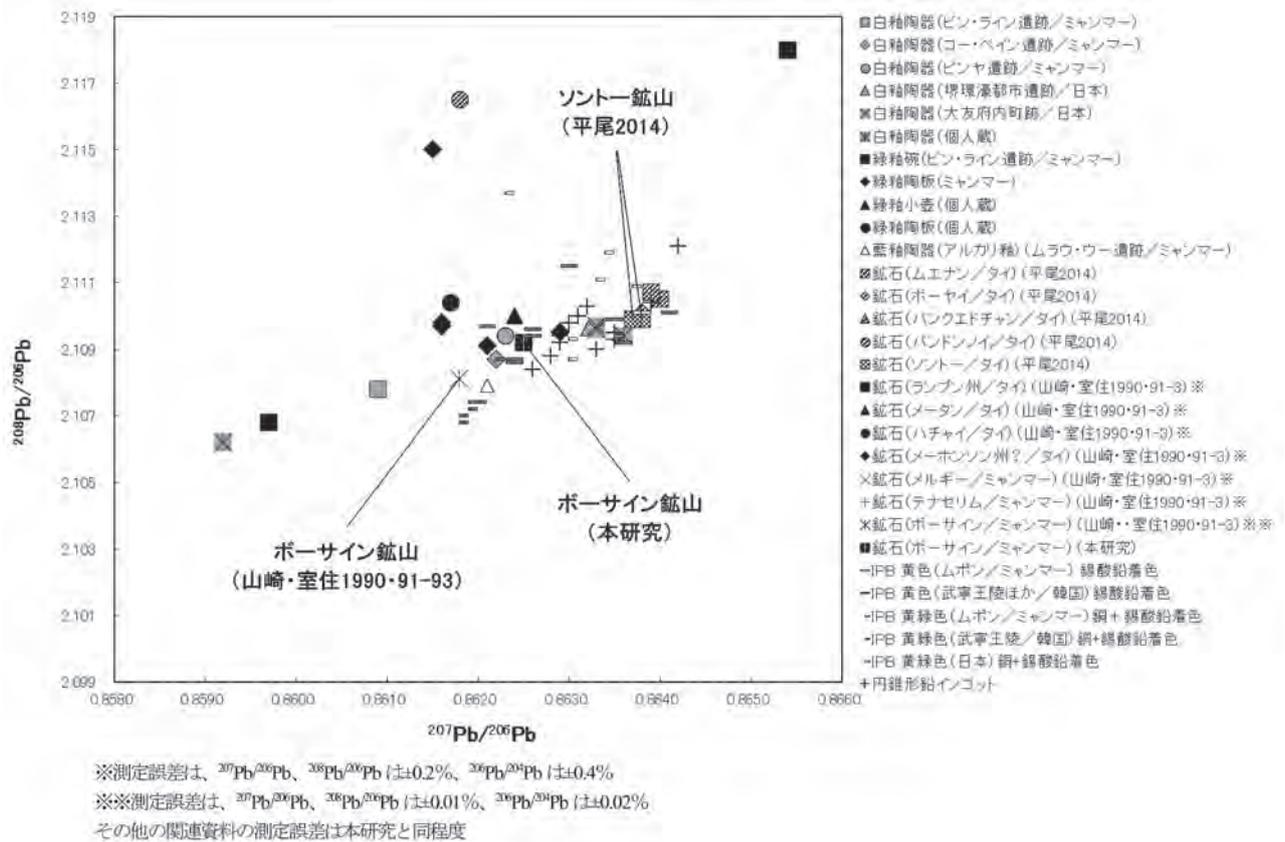


図5 ミャンマー陶器および関連資料と鉱石の鉛同位体比(A式図)

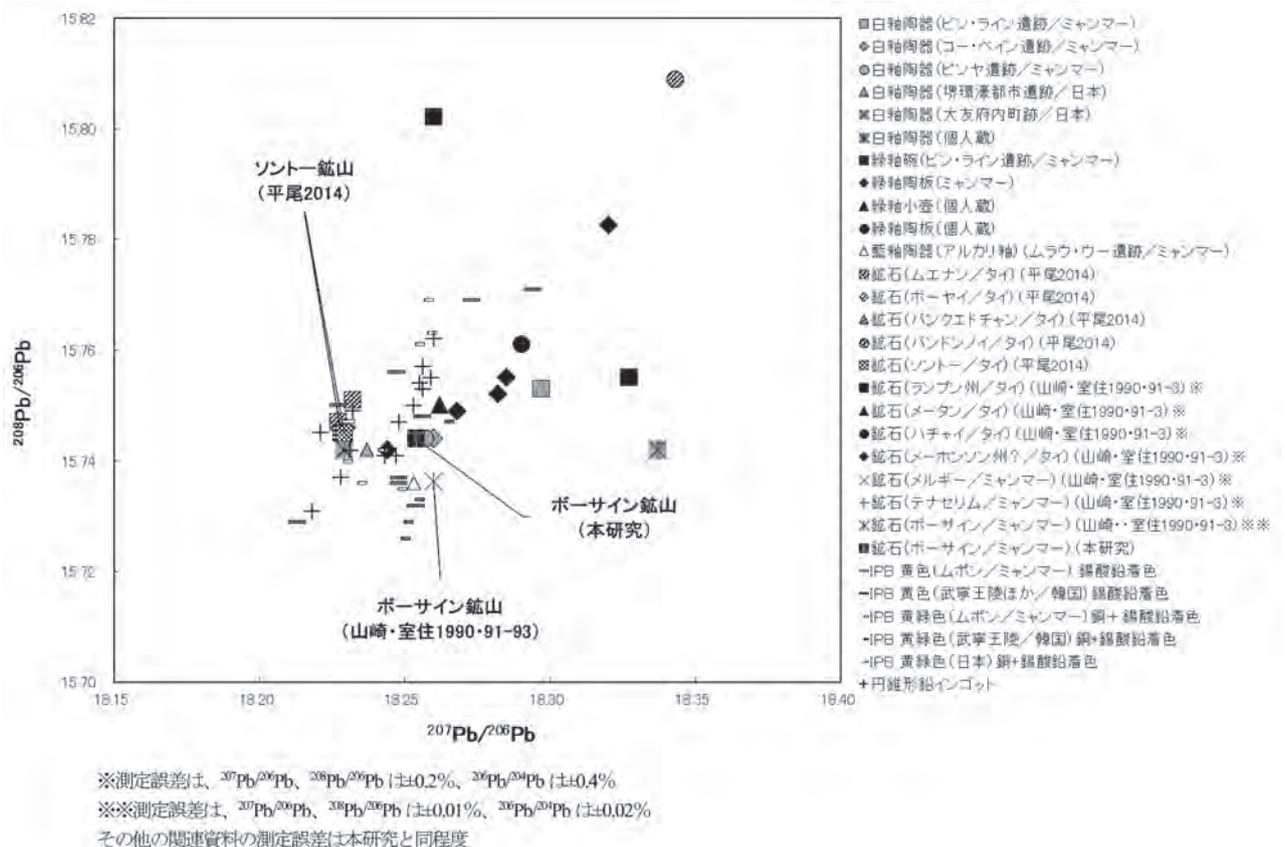


図6 ミャンマー陶器および関連資料と鉱石の鉛同位体比(B式図)

となっている(魯ほか 2009、金・李 2001、大賀・田村 2016)。ミャンマーでもモン州モーラミヤイン近郊のムポン(Mupon)遺跡から大量の IPB やその未成品が発見されており、錫酸鉛で着色された IPB も多く発見されている(Tamura 2019)。これら IPB の鉛同位体比についても、ソントー鉱山と近似するものと、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ がやや小さくポーサイン鉱山に近似するものに分かれる傾向が認められる。黄緑色の IPB は、銅イオン(青色)と錫酸鉛(黄色)によって複合的に着色されており、銅原料に由来する鉛が影響している可能性が考えられるため注意が必要であるが、錫酸鉛だけで着色された黄色の IPB でもこの傾向は確認できる。すなわち、N 領域の鉛にはソントー鉱山などタイのカンチャナブリ県の鉱山以外の鉛も含まれる可能性があり、ミャンマーのポーサイン鉱山がその一つの候補になったということではできよう。

タイおよびミャンマーの鉱山については、ほかにも山崎(山崎・室住 1990・91-93)や平尾(平尾ほか 2014)らによっていくつかの鉛同位体比が公表されている。山崎らのデータは上述の通り分析精度に問題があるが、ハチャイやメルギー(ベイ)、テナセリム(タニンダーイー)などミャンマー南部のマレー半島の鉛同位体比は分析誤差を考慮しても N 領域とは全く異なる値を示している。また、平尾らはタイ北部チェンマイ近郊の鉱山(バンドンノイ鉱山およびバンクエドチャン鉱山)の鉛同位体比データも提示しているが、やはり N 領域とは全く異なる値である。

タイのソントー鉱山とミャンマー中部のポーサイン鉱山が近似の鉛同位体比を持つ理由については、地質学的な検討が必要であるが、鉱床を形成している鉛の起源は一般に大陸地殻にあると考えられ、タイのソントー鉱山がある一帯とミャンマーのポーサイン鉱山も同じ大陸地殻上(シブマス地塊)に位置することから(Uchida et al. 2002)、鉛同位体比が近似することは十分考えられる(註⁵)。さらに言うと、ミャンマー国内には同じシブマス地塊に属する鉛鉱山が多数存在しており、今後ポーサイン鉱山以外にも N 領域に一致する鉱山が発見される可能性は十分にあると思われる。また、国連の鉱物資源アトラス(United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific 1996)によると、「Pb-Zn-Ag 鉱化作用を持つオルドビス紀の炭酸塩帯は、カンチャナブリ(タイ)からミャンマーのシャン州のポーサイン(Bawsaing) - ヘーホー(Heho) - ラーショウ(Lashio) - ボードゥウィン(Bawdwin)(註⁶)とミャンマー北東部を通り、中国雲南省までたどることができる」とされる。タイのソントー鉱山と、ポーサイン鉱山をはじめとするミャンマーの鉱床との関係を考える上で興味深い記述である。一方で、ポーサイン鉱山をはじめミャンマー国内の鉱山については、現状ではいずれも開山時期や操業期間を示す考古学的な根拠はなく、今後の課題である。そこで、次章ではミャンマー国内の鉛鉱山について文献史料から検討する。

6. 史料からの検討

当時のミャンマー産陶器に使用された鉛に関して、直接的な記載を文献史料から読み解くことはできない。しかし、ヨーロッパ人によるペゲーやアユタヤ訪問時の記録には鉛に関する記述が存在する。シャム・アユタヤに関する記録をみると、1512年から1515年にかけてマラッカを訪れたピレスが、「シアン(シャム)にあり、シャムがマラカと取引をおこなっていた商品として、…(中略)ラック、安息香、蘇木、鉛、錫、銀、黄金、象牙、カナフィストラが来る」(ピレス・生田 1966)としている。また、17世紀にはアユタヤと日本間の貿易品目に鉛が登場しており(永積 1987)、アユタヤからの輸出品目のひとつとして、確かに鉛は挙げられるだろう。それを裏付けるように、16世紀後半以降17世紀代にかけて、日本国内の遺跡からソントー鉱山で発見されたような円錐形の鉛インゴットが出土している(平尾 2013)。その他にも、カンボジア沖の沈没船からも円錐形の鉛インゴットが確認されており、一定量流通していたことが推察される(Beavan et al. 2012)。実は、17世紀のアユタヤのオランダ商館日記には、鉛を日本に輸出する記録が残っている。

「太右衛門殿の斡旋で鉛棒百本を、ひそかにペゲー商人数名から(非常に安価に)一本百斤を三テール四分ノ一にて買入れたが、ペゲー人は、この鉛を上の方の鉛鉱山から、通例河水氾濫期に持ち下って、必ず国王の手代に引渡さねばならぬものにして、この商品取引は特に厳罰を以て禁ぜられているので、支那人、

日本人ならびに交趾支那人等のジャンク船が当地に来航しても、一本につき四、五または五タエル半にて売却され、その輸出も多額の献上品を呈して許可されている。この鉛は疑いもなく、近々ひそかに日本に送られなば、同地にて十割以上の利益あるべく、かつ船荷としても少しも場所を取らない。」(岩生 1966)

ここで、疑問点が浮上する。このアユタヤオランダ商館日記中に記載されている鉛は、上述の 16 世紀代を中心にもみられる円錐形の鉛インゴットを指していないのではなかろうかという点である。「鉛棒百本」という単位は、おそらく円錐形の鉛インゴットには当たらないと推察される。また、ペグー商人が「上の地方の鉛鉱山」から氾濫期に運ぶものであり、また鉛の取引に関しては「必ず国王の手代に引渡さねばならぬものにして、この商品取引は特に厳罰を以て禁ぜられている」と述べられており、本来国王により鉛は厳重な管理のもとに取引されていたものと読み解くことができる。上述の通り、アユタヤは既に鉛を積極的に日本を含めた海外に輸出していたことから、この文章中の「国王」とはアユタヤの国王ではなく、ニャウンヤン(ペグー)国王である可能性が想定される。

一方、15 世紀初めのペグーに関する史料をみると、ペグーからマラカ、パセーに来る商品として「…(中略)たくさんのラック、安息香、麝香、宝石、ルビー、銀、バター、油、塩、玉ねぎ、にんにく、からし、およびこれらに似た食料品をもたらず」とある(ピレス・生田 1966)。ここには鉛はペグーの商品として挙げられていないのである。また、17 世紀のオランダ東インド会社による記録によれば、彼らがアヴァ国王と交渉した際、国王はオランダの嘆願に耳を貸さず、鉛は王室の専売品である上、祖先も鉛の輸出を決して許さなかったと述べたという(Dijk 2006)。さらに、アヴァから持ち下る際も多くの間所を通過する必要があったことに加え、港があるシリアムに到着したところで監視員が常に見張っており、船に積載することが不可能であったという。このオランダによるミャンマー産鉛に関する記載は、上述のアユタヤのオランダ商館日記にある国王による厳重な管理下に置かれた鉛と状況的に近いものと見受けられる。つまりミャンマー領域で採取されていた鉛は国王の下で厳重に管理され、17 世紀後半には遂にオランダに鉛の輸出を許可するが、それまでは貿易品として国外に輸出されることはなく、国内で流通していたということになる。一方、国外からの鉛の輸入に関する史料を現時点では確認できなかったため断定することはできないが、ミャンマー産陶器の釉薬に使用された鉛もこのように領内で採取されたものを一定程度使用していた可能性が高いと言えよう。実際、ポーサインをはじめ、どの鉱山が当時操業していたか確実なことが現段階では不明なうえ、当時のミャンマー鉛のインゴットの形状が棒状か、または円錐形であったのか、まったく別の形状をしていたのかについての資料を現時点では確認できない。今後、ミャンマー領内の鉛インゴットを含めたさらなる調査が必要不可欠であろう。

7. 結語

以上、ミャンマー産陶器に関していくつかの化学分析を実施し、産地についての考察をおこなった。その結果、白釉および緑釉陶器に関してはいずれも鉛釉であることが確認された。ミャンマー産陶器は他の東南アジア大陸部とは異なり釉薬に鉛を使うことが多いと言われていたが、実際に化学分析された事例は極めて少なかった。本研究によりミャンマー国内外の新資料を分析することで、当該のミャンマー産陶器には鉛釉が含まれることを実証的に明らかにできた。一方で、アラカン地方の釉に関しては、アルカリ釉が主体であることが判明した。今回データを提示できたのは藍釉陶器 1 点のみであるが、比較的純度の高いコバルト原料による着色であることも判明し、中東など西方世界との関連も示唆された。これまで漠然と鉛釉が多いとされてきたミャンマー産陶器の実態をある程度明らかにできたと考える。すなわち、鉛釉の比率は高いものの、釉の種類は形式や地域により異なる特徴を有していることが明らかとなった。

さらに、鉛釉について鉛同位体比分析をおこなった結果、すべてが先行研究でタイのソントー鉱山の鉛が使用されたと考えられている N 領域に一致した。一方、新たに入手したミャンマーの鉛鉱石も同じ N 領域の鉛同位体比を持つことが判明した。ミャンマー産陶器生産に使用された鉛原料産地はタイだけでなく、ミャンマーにも存在する可能性が示された。ここで注目されるのが緑釉陶板である。すべて鉛釉で N 領域の鉛が用いられてい

る。緑釉陶板は、中央平原地帯を中心に寺院の外壁に大量に用いられている。寺院を覆う量の緑釉陶板を遠隔地で生産したとは考えにくく、造営する寺院の近隣で製造されたと考えられる。そして、大量の緑釉陶板を製造するために必要な大量の鉛原料についても自国内の近隣する地域から入手したと考えるのが合理的である。実際にミャンマー国内にも N 領域に一致する鉛を産出する鉱山があることを確認したことは、原料鉛の入手先を考える上で極めて重要な結果であると考えている。

さらに、文献史料から当時の鉛取引に関して検討したところ、アユタヤからは積極的に鉛が海外に輸出されていたことが分かった一方、17 世紀に至るまではミャンマー産鉛は国内での流通が主体であったとも推察する事ができ、ミャンマー産陶器に使用された鉛もポーサインなど領域内で産出された鉛を使用していた可能性も高い。とはいえ、ミャンマー産の鉛についても国外に流出し、タイ産の鉛と混合された可能性も考えられる。また、N 領域の鉛は紀元前後から東南アジア各地で使用されているが、当該時期の操業に関してはミャンマーの鉱山もタイの鉱山も考古学的な根拠を欠いており、一概にタイ産の鉛原料と考えることはできない。今後の考古学的な研究の進展が期待される。いずれにせよ、これまで N 領域の鉛はタイのソントー鉱山の鉛とほぼ同義で扱われることが多かったが、ミャンマー国内にも近似の鉛同位体比を持つ鉱山が確認されたことは、今後ミャンマーの鉛釉陶器の産地を探求していくうえで極めて重要な結果であると言える。また、本稿で扱った 14～16 世紀のミャンマー世界は既述の通り複数の勢力に分かれ、勢力間の争いも勃発していた時期にあたる。今後、ミャンマー産陶器・鉛鉱山資料双方の資料数を増やし、より多くのデータを蓄積していくことが必要であると考えられる。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、多くの方々に御教示・御指導頂いた。ここに記して御礼申し上げたい。大分市文化財課、堺市埋蔵文化財センター、ミャンマー宗教文化省考古局、内田悦生、大賀克彦、木村幾多郎、柴山守、續伸一郎、坪根伸也、丸井雅子、Elizabeth Moore, Nan Kyi Kyi Khaing Saw Tun Lin, U San Win。(敬称略・五十音順・ABC 順)

註

1. 本稿は、科学研究費基盤研究 A「古代・中世東西回廊—東南アジア大陸部交流網の歴史的動態」(研究代表者：柴山守)の一環としておこなっている調査成果の一部である。
2. アラカン地方で出土した施釉陶器については他にも複数点蛍光 X 線分析を実施しており、いずれもアルカリ釉であることを確認している。詳細については別稿を準備する予定である。
3. No.16 の緑釉陶板(個人蔵)の蛍光 X 線分析は風化表層の測定であり、同様の傾向が認められるかどうかは不明である。
4. N 領域範囲については議論の余地がある。N 領域は当初大分県大友府内町跡から出土した「府内型メダイ」を中心として設定された(魯禎珰 2007)。その後、N 領域に認定される資料が増加するにつれて拡大し、現在では概ね $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が 0.8615～0.8700、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が 2.104～2.114、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ が 18.22～18.29、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ が 15.72～15.78 前後の範囲が提示されることが多い。
5. 早稲田大学の内田悦生教授のご教示による。
6. 現在ミャンマー最大の鉛鉱山である。

引用文献

(日本語文献)

- 伊藤 彰 (1996). 『炎と色の技術：ガラスにおける』 アグネ技術センター：東京
- 伊東利勝 (2001). 「エーヤワディー流域における南伝上座仏教政治体制の確立」池端雪浦ほか(編)『岩波講座東南アジア史 第 2 巻東南アジア古代国家の成立と展開』 287-316 頁. 岩波書店：東京

- 岩生成一 (1966). 『南洋日本町の研究』 177 頁. 岩波書店: 東京
- 江本義理・長谷部楽爾 (1986). 「伝タイ西部出土白釉緑彩陶器の釉薬について」『陶説』 399: 23-26
- 大分県教育庁埋蔵文化財センター (2010). 『豊後府内 15 中成大友府内町跡第 49・51・52・67・78・79 次調査』 206 頁.
- 大分市教育委員会 (2018). 『大分市埋蔵文化財発掘調査報告書 第 153 集 大友府内 27』
- 大分市教育委員会 (2003). 『大友府内 5』
- 大賀克彦・田村朋美 (2016). 「日本列島出土カリガラスの考古科学的研究」『古代学(奈良女子大学古代学学術研究センター)』 第 8 号: 11-23 頁.
- 奥平龍二 (2001). 「ペグーおよびインワ朝からコンバウン朝へ」池端雪浦ほか(編)『岩波講座東南アジア史 第 3 卷東南アジア近世の成立』 261-289 頁. 岩波書店: 東京
- 金奎虎・李午熹 (2001). 「韓国で出土した資料の鉛同位体比」平尾良光(編)『古代東アジア青銅の流通』 63-84 頁. 鶴山堂: 東京
- 後藤晃一 (2011). 「キリシタン遺物の考古学的研究 —布教期におけるキリシタン遺物(メダイ)の流入プロセス—」『日本考古学』 第 32 号: 85-115 頁.
- 後藤晃一 (2014). 「鉛の流通と宣教師」平尾良光、飯沼賢司、村井章介(編)『大航海時代の日本と金属交易』 80-104 頁. 思文閣出版: 東京
- 堺市教育委員会 (1998). 『堺市文化財調査概要報告 第 77 冊 堺環濠都市遺跡発掘調査概要報告』
- 佐々木達夫、佐々木花江 (2002). 「アラビア半島に広がるミャンマー青磁の発見」『金沢大学考古学紀要』 第 26 号: 1-11 頁.
- 津田武徳 (2005). 「ミャンマー施釉陶磁 —生産技術と編年のための史料—」『上智アジア学』 第 23 号: 55-80 頁.
- 富山佐藤美術館 (2004). 『東南アジアの古陶磁(9) —ミャンマーとその周辺—』
- 永積洋子 (1987). 『唐船輸出入品一覧一六三七 —一八三三年』 創文社: 東京
- 西田京平・山口将史・平尾良光(2012). 「長崎市興善町遺跡から出土した陶器付着ガラスの —自然科学分析」『興善町遺跡』 65-74 頁.
- 西田京平・平尾良光 (2014). 「戦国時代関連資料の鉛同位体比一覧」平尾良光、飯沼賢司、村井章介(編)『大航海時代の日本と金属交易』 185-210 頁. 思文閣出版: 東京
- 野上建紀 (2016). 「ペルーに渡った日本磁器」『横浜ユーラシア文化館紀要』 第 4 号: 1-18 頁.
- 魯視珪 (2007). 「南蛮貿易と金属材料 —自然化学的手法を用いた中世キリスト教関連遺物の研究—」『キリシタン大名の考古学(九州考古学会夏季(大分)大会発表資料)』 97-107 頁.
- 魯視珪・後藤晃一・平尾良光 (2008). 「日本の中世キリスト教関連遺物に関する自然科学的な研究」『考古学と自然科学』 57: 21-35.
- 魯視珪・下村智・平尾良光・池田朋生 (2009). 「熊本県小田良古墳出土ガラスに関する材料の産地推定」『日本文化財科学会第 26 回大会研究発表要旨集』 262-263 頁.
- 長谷部楽爾『山田義雄コレクション インドシナ半島の陶磁』 瑠璃書房: 東京
- 平尾良光 (2013). 「2「鉛」から見える世界」平尾良光先生古稀記念論集編集委員会(編)『文化財学へのいざない: 平尾良光先生古稀記念論集』 287-316 頁. 平尾良光先生古稀記念論集編集委員会: 別府
- 平尾良光・西田京平 (2012). 「和歌山市で出土した鉄砲玉などに関する科学的調査」『和歌山市埋蔵文化財発掘調査年報 —平成 24 年度(2012 年度)—』 96-105 頁.
- 平尾良光・魯視珪・土屋将史・ワイヤボット・ボラカノーク「タイ ソントー鉛鉱山」平尾良光、飯沼賢司、村井章介(編)『大航海時代の日本と金属交易』 76-79 頁. 思文閣出版: 東京
- 山崎一雄・室住正世 (1990・91-93). 「タイ・ミャンマー国境地域出土の白釉緑彩陶の性質と産地の考察」『東洋陶磁』 20・21: 187-194 頁.

(英語文献)

- Beavan, N., Sokha, T., Zoppi, U., MacCarthy, B., Schilling, M., Cort, L., Fraser, L. S., (2012) Field note: A Radiocarbon Date for the Koh S'dech Shipwreck, Koh Kong Province, Kingdom of Cambodia. Smithsonian Institution, Freer Sackler "Ceramics in Mainland Southeast Asia" (<http://seasianceramics.asia.si.edu/resources/essay.asp?id=218>)
- Borell, B., (2014). A True Martaban Jar: A Burmese Ceramic Jar in the Ethnological Museum in Heidelberg, Germany. *Artibus Asiae* LXXI/2: 257-297.

- Dijk, W. O., (2006). *Seventeenth-century Burma and the Dutch East India Company, 1634-1680*. Singapore University Press. Singapore.
- Francis, P. (1990). Glass Beads in Asia, Part II: Indo-Pacific Beads. *Asian Perspectives*, 29(1): 1-23.
- Hein, D. (2003). Summary report on Archaeological fieldwork at Myang Mya, Bagan, and other sites in Myanmar, August-September 1999.
- Hein, D. and San W., (2015). Ceramic Production Sites in Mon and Kayin States, Myanmar. Unpublished paper circulated on SEACeramArch listserv, accessed 10 December 2016.
- Myo, T. T., (2002). Tradition of Myanmar Glazed Ceramics and its Historical Status in Southeast Asia. 『金沢大学考古学紀要』 26: 20-26.
- Sato, Y., Sugiyama, H. (2019). Archaeological Study on the Kiln Sites in the Southeast Part of Myanmar and Their Ceramics: Excavation of the Kaw Tar Kiln Site, *The Ancient East-West Corridor of Mainland Southeast Asia*, 196-220. Geoinformatics International. Bangkok.
- Shibayama (eds.) *The Ancient East-West Corridor of Mainland Southeast Asia*, pp.233-289. Geoinformatics International. Bangkok. Pathumthani, Thailand.
- Tamura, T. (2019). Chemical Analysis of Ancient Glass Beads in and around Mainland Southeast Asia., *The Ancient East-West Corridor of Mainland Southeast Asia*, 233-289. Geoinformatics International. Bangkok.
- Uchida, E., Nagano, S., Niki, S., Yonezu, Kou., Saitoh, Yu., Shin K.C., Hirata, T. (2022). Geochemical and radiogenic isotopic signatures of granitic rocks in Chanthaburi and Chachoengsao provinces, southeastern Thailand: Implications for origin and evolution. *Journal of Asian Earth Sciences*: X, 8: 1-15.
- United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (1996). *Atlas of mineral resources of the ESCAP region vol.12*. United Nations Publication: New York.

(韓国語文献)

- 魯 禎炫・金 奎虎・平尾良光 (2007). 「武寧王陵から出土したガラスに関する鉛同位体比調査」『武寧王陵』公州博物館: 韓国 126-131 頁.

(ビルマ語文献)

- The Encyclopedia of Myanmar, Vol.8, part B, The Burma Translation Society: Rangoon. 1963.