

## 論文

# キルギス共和国アク・ベシム遺跡より出土した銅合金製品資料に使用された未知の鉛産地材料

藤澤 明<sup>※</sup>・三浦麻衣子<sup>※</sup>

※ 帝京大学文化財研究所

## 要旨

キルギス共和国国立科学アカデミーと帝京大学文化財研究所は2016年より、アク・ベシム遺跡の共同調査を実施している。この発掘調査の中で様々な金属製品が出土している。本報では、コインを除いた製品11点について、使用された合金種の同定および材料産地推定を行った。また、これらの結果を前報で報告したコインと比較することで、当時の金属製品生産について考察する。

使用された合金種は、銅と亜鉛の合金である黄銅製が3点、銅とスズを含む青銅製が3点、鉛を多く含む青銅製が2点、純度の高い銅製が2点、鉛—スズ製が1点である。また、11点中7点の資料の鉛同位体比は既知の中央アジアや西アジアの鉛同位体比と一致しないが、まとまりを示す。前報で報告したコインの同位体比は、この領域に重ならないことから、コインと製品では製作集団が異なる可能性を示した。

キーワード：鉛同位体比 青銅器 中央アジア 金属生産 蛍光X線分析

## はじめに

キルギス共和国国立科学アカデミーと帝京大学文化財研究所は2016年より、アク・ベシム遺跡の共同調査を実施している。この遺跡は、キルギス共和国の北部に位置する5世紀から11世紀の交易都市である。シルクロードにおける東西交易の拠点の一つで、世界遺産であるシルクロード：長安—天山回廊の交易路網の構成遺産の一つである。

この共同調査において多くの金属製品が出土している。そこで、当該遺跡での金属生産や金属利用の実態解明を目的とし、合金種の同定や鉛同位体比法を用いた材料産地推定を行っている。

これまでの研究において、出土したコインには、主としてキルギスやウズベキスタンなどの天山山脈周辺の材料が使用されている可能性が高いことを示した（藤澤・三浦 2024）。一方で、コイン以外の製品群は、コインとは異なる鉛産地材料が使用されていることが明らかとなってきた。そこで本報では、コインを除く製品群に着目し、使用された合金種の同定だけでなく、鉛材料産地推定を行い、コインと比較することで、当時の金属製品生産について考察する。

## I. 対象資料

本研究で対象とする資料は、2018年から2024年までに出土したコインを除く金属製品11点である。資料の外観を図1に、資料情報を表1に示す。遺構に含まれる炭化物の放射性炭素年代測定により、7～11世紀の資料と考えられている。

資料No.1およびNo.2は黄銅製であり、特にNo.1はフリグリー（線状細工）が施された精緻な装飾のプレスレットである（藤澤・三浦 2020）。資料No.3については把手とされているが、加工途中の未完成品の可能性もある。資料No.4は、コイン様であるが、片面の孔周辺に突状構造があり、装飾品であると考えられる。資料No.5は厚みおよび重量のある鋳造品で、家具や建具などの装飾品であると推定される。資料No.6～8は鋳具であり、ベルトや馬具の装飾品である。資料No.9は半球状で裏面に棒状の構造を持つボタンである。資料No.10は上部に環状構造を持つ十字架であり、その形態からネストリウス派のペンダントであると考えている。資料No.11については、底部に差し込み構造を持つ獅子像であり、複数の尊像を配する金銅仏の一部である可能性がある。これは、龍谷大学による発掘調査において仏教寺院

址から出土した資料である。

## II. 分析方法

元素分析には可搬型蛍光X線分析装置（Bruker Tracer5g）を使用し、非破壊で行った。分析モードはAlloy2モードを使用し、ロジウム管球の電圧を自動で40kVと15kVに切り替えて測定した。分析時間は40 k Vで30秒、軽元素の分析ため15 kVについて

は50 秒に設定した。その他条件として、フィラメント電流は自動設定、大気雰囲気、X線照射径は8 mmである。また、ファンダメンタルパラメーター法により簡易的だが、各元素の半定量値を算出することが可能である。

材料産地推定は鉛同位体比法により行った。鉛同位体比の測定には表面電離型質量分析計（Finnigan MAT262）を用いた。鉛同位体比の測定は鉛の純度が高いほど測定の精度が上がるため、鉛の単離を

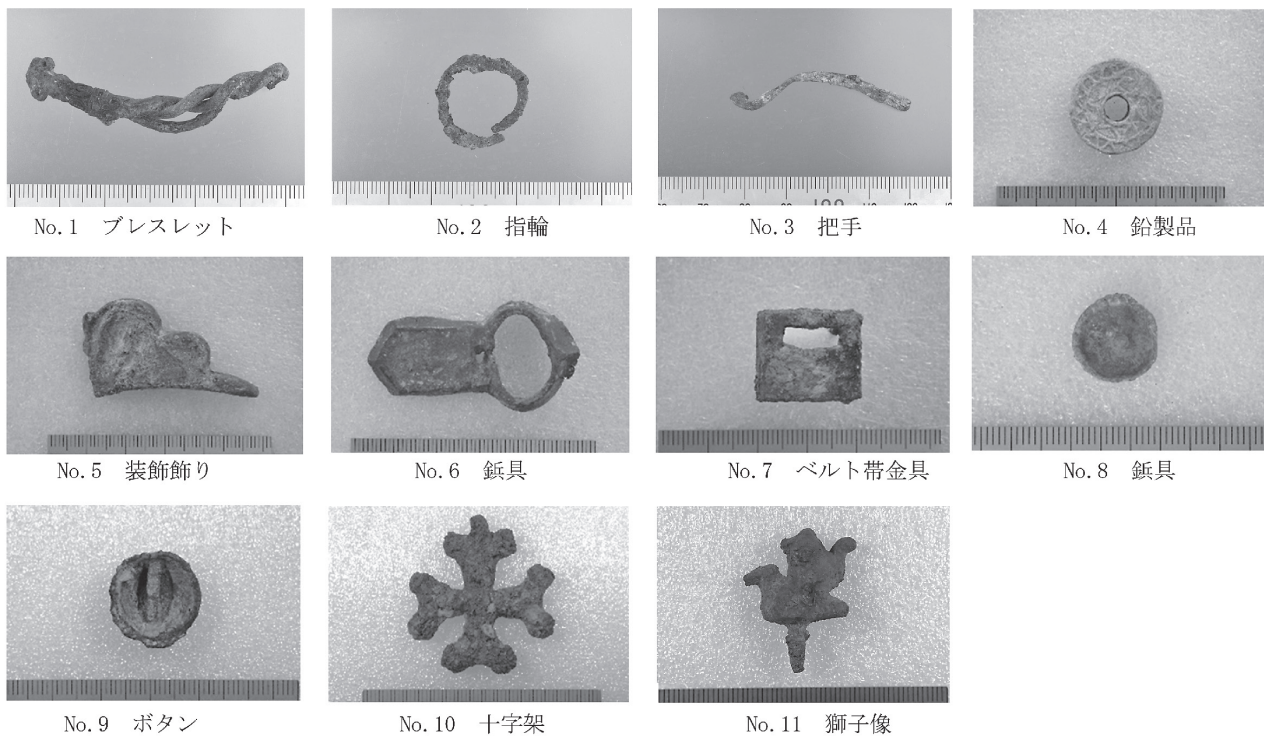


図1 対象とした資料の外観

表1 対象とした資料の情報

資料No.	保存修復No.	報告書No.※	資料の種類		調査区	遺構※	Context No.※
1	TK34	13-18-176	ブレスレット	AKB-13	シャフリスタン1a	MS1-T	65
2	TK35	13-18-070	指輪	AKB-13	シャフリスタン1a	R-2	5
3	TK50	15-19-197	把手	AKB-15	シャフリスタン2a	瓦帯	131(126内)
4	2022-24	15-22-085	鉛製品	AKB-15	シャフリスタン2a	P1.01	179
5	2019-3	13-19-006	装飾飾り	AKB-13	シャフリスタン1a	北西拡張区	89
6	2019-4	15-19-170	鋏具	AKB-15	シャフリスタン2a	P7	141
7	2021-8	—	ベルト帯金具	AKB-8	東方キリスト教会址	—	0.75m agn
8	2022-26	—	鋏具	AKB-15	シャフリスタン2a	不明	158
9	2023-177	8-23-165	ボタン	AKB-8	東方キリスト教会址	Tr.02	488
10	2023-204	15-23-064	十字架	AKB-15	シャフリスタン2a	Pit.10	215
11	2024-83	—	獅子像	AKB-21a	第0仏教寺院跡	7	83

※報告書No.および遺構・Context No.は帝京大学文化財研究所 2020, 帝京大学文化財研究所 2021, 帝京大学文化財研究所 2024を参照

行った。資料の保存修復処置中にクリーニングで得られた微量試料（～1mg）を、石英製ビーカーに入れ、硝酸0.3mLを加え溶解した。溶解した後、超純水で5～10 mLに希釈し、電極に白金板を利用し、直流電圧2Vで電気分解した。鉛は酸化され、二酸化鉛として陽極の白金電極上に析出するので、この白金電極を取り出して硝酸と過酸化水素水で鉛を還元溶解した。この溶液の鉛濃度をICP発光分光分析法で測定し、200 ngの鉛を含む溶液を分取し、蒸発乾固により鉛を固化した。この鉛にリン酸1μLとシリカゲル3μLを加えてレニウムフィラメント上に載せ、加熱し、測定に供した。フィラメント温度が約1200℃で鉛同位体比を測定し、測定値は同一条件で測定した標準鉛試料NBS-SRM-981で規格化した（平尾・馬淵 1989）。

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. 合金種の同定

蛍光X線分析より得られた半定量結果から合金成分を抽出し、合金成分の合計が100mass%になるよう再計算した結果を表2に示す。ただしスズについては他資料からの表面付着が考えられるため、1mass%以上の場合に合金成分と判断した。亜鉛と鉛については銅鉱石に不純物として含まれることが多いため、同様に1mass%以上の場合に合金成分とした。

本分析は保存修復において表面付着物を除去した後に行ったが、腐食層は除去していない。得られた半定量結果は、選択腐食などの影響により資料内部の金属組成を正確に反映しているわけではない。しかし、定性的に合金種を同定することは可能性であ

表2 蛍光X線分析結果から計算された合金成分の半定量結果

資料No.	資料の種類	調査区	検出された合金および不純物元素 mass%							
			Cu	Sn	Zn	Pb	As	Sb	Ag	
1 <sup>※</sup>	プレスレット	AKB-13	シャフリスタン1a	88.4	0.8	<b>10.2</b>	0.5	0.0	0.0	0.0
2 <sup>※</sup>	指輪	AKB-13	シャフリスタン1a	82.6	0.0	<b>13.3</b>	4.1	0.0	0.0	0.0
3 <sup>※</sup>	把手	AKB-15	シャフリスタン2a	98.3	0.5	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
4	鉛製品	AKB-15	シャフリスタン2a	0.0	<b>2.2</b>	0.0	<b>97.8</b>	0.0	0.0	0.0
5	装飾飾り	AKB-13	シャフリスタン1a	96.2	<b>2.5</b>	0.1	0.0	0.0	1.1	0.1
6	鋳具	AKB-15	シャフリスタン2a	88.0	<b>6.2</b>	0.3	2.1	2.1	0.8	0.4
7	ベルト帯金具	AKB-8	東方キリスト教会址	86.8	<b>11.9</b>	0.3	0.0	0.0	0.6	0.4
8	鋳具	AKB-15	シャフリスタン2a	37.3	<b>5.6</b>	0.1	<b>57.0</b>	0.0	0.0	0.0
9	ボタン	AKB-8	東方キリスト教会址	98.2	0.3	0.2	0.5	0.3	0.5	0.0
10	十字架	AKB-15	シャフリスタン2a	91.8	0.1	<b>7.7</b>	0.2	0.0	0.0	0.2
11	獅子像	AKB-21a	第0仏教寺院跡	56.3	<b>2.1</b>	0.1	<b>41.4</b>	0.0	0.0	0.0

※藤澤・三浦（2020）から引用

表3 鉛同位体比の測定値

資料No.	資料の種類	調査区	鉛同位体比					鉛同位体比測定番号	
			<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb		
1	プレスレット	AKB-13	シャフリスタン1a	18.108	15.660	38.328	0.8648	2.1166	TC0068
2	指輪	AKB-13	シャフリスタン1a	17.510	15.543	37.233	0.8877	2.1264	TC0069
3	把手	AKB-15	シャフリスタン2a	17.653	15.564	38.555	0.8817	2.1841	TC0070
4	鉛製品	AKB-15	シャフリスタン2a	18.126	15.590	38.031	0.8601	2.0982	TC0112
5	装飾飾り	AKB-13	シャフリスタン1a	17.156	15.548	37.117	0.9063	2.1635	TC0129
6	鋳具	AKB-15	シャフリスタン2a	17.519	15.597	37.457	0.8903	2.1380	TC0130
7	ベルト帯金具	AKB-8	東方キリスト教会址	17.325	15.538	37.121	0.8968	2.1427	TC0131
8	鋳具	AKB-15	シャフリスタン2a	17.785	15.626	37.563	0.8786	2.1121	TC0133
9	ボタン	AKB-8	東方キリスト教会址	17.366	15.541	37.248	0.8949	2.145	TC0134
10	十字架	AKB-15	シャフリスタン2a	17.598	15.617	37.450	0.8874	2.128	TC0135
11	獅子像	AKB-21a	第0仏教寺院跡	18.229	15.623	38.575	0.8570	2.116	TC0155

ると考えている。

同定された合金種は、銅と亜鉛の合金である黄銅製が3点、銅とスズを含む青銅製が3点、鉛を多く含む青銅製が2点、純度の高い銅製が2点、鉛—スズ製が1点である。その合金種と器種の関係に着目すると、ブレスレット（資料No.1）、指輪（資料No.2）、十字架ペンダント（資料No.10）といった人が身に着ける装飾品に黄銅が用いられている。飾り金具や鋏具などにはスズを含む製品が多い。また、鋏具の一部（資料No.8）や獅子像（資料No.11）は、鉛を約40mass%以上も含む青銅製であり、在地式コインに多く検出される合金種である（藤澤・三浦2024）。

また、調査区と検出された合金種に相関はない。例えば黄銅製品は、シャフリスタン1aと2aの両方から出土している。現在では、シャフリスタン2aは唐が築城した「碎葉鎮」とされ、シャフリスタン1aは唐の進出より前に建築された区画である（帝京大学文化財研究所2024）。さらに十字架は教会址からではなくシャフリスタン2aから発見されている。これは都市の成立過程においては区分けがなされていたが、唐が撤退した後、建設当初の区域とは異なる土地利用が長期に亘り行われたためと考えられる。

## 2. 鉛材料産地推定

鉛同位体比の測定結果を表3に、A式図とB式図を図2に示す。地球科学分野において鉛の時間変化を示すために常用されるのは分母を $^{204}\text{Pb}$ とするB式図である。馬淵・平尾（1987）によって分母を $^{206}\text{Pb}$ とするA式図とともに領域を検討することにより、より確度の高い鉛産地の推定が可能になることが示されている。本報においてもA式図とB式図の両方を示す。

資料No.11についてはB式図では僅かに外れるがほぼ華南領域に位置し、中国産鉛材料が使用されている。この資料は龍谷大学による発掘により第0仏教寺院跡から出土し、この遺構は杜環が記録に残した「碎葉鎮城の大雲寺」である可能性が指摘されている（山内2025）。

資料No.4は平尾良光氏が天山山脈周辺資料の鉛同位体比から提案した天山山脈領域（平尾ほか2004）に含まれ、当該領域の鉛材料が使用されている。

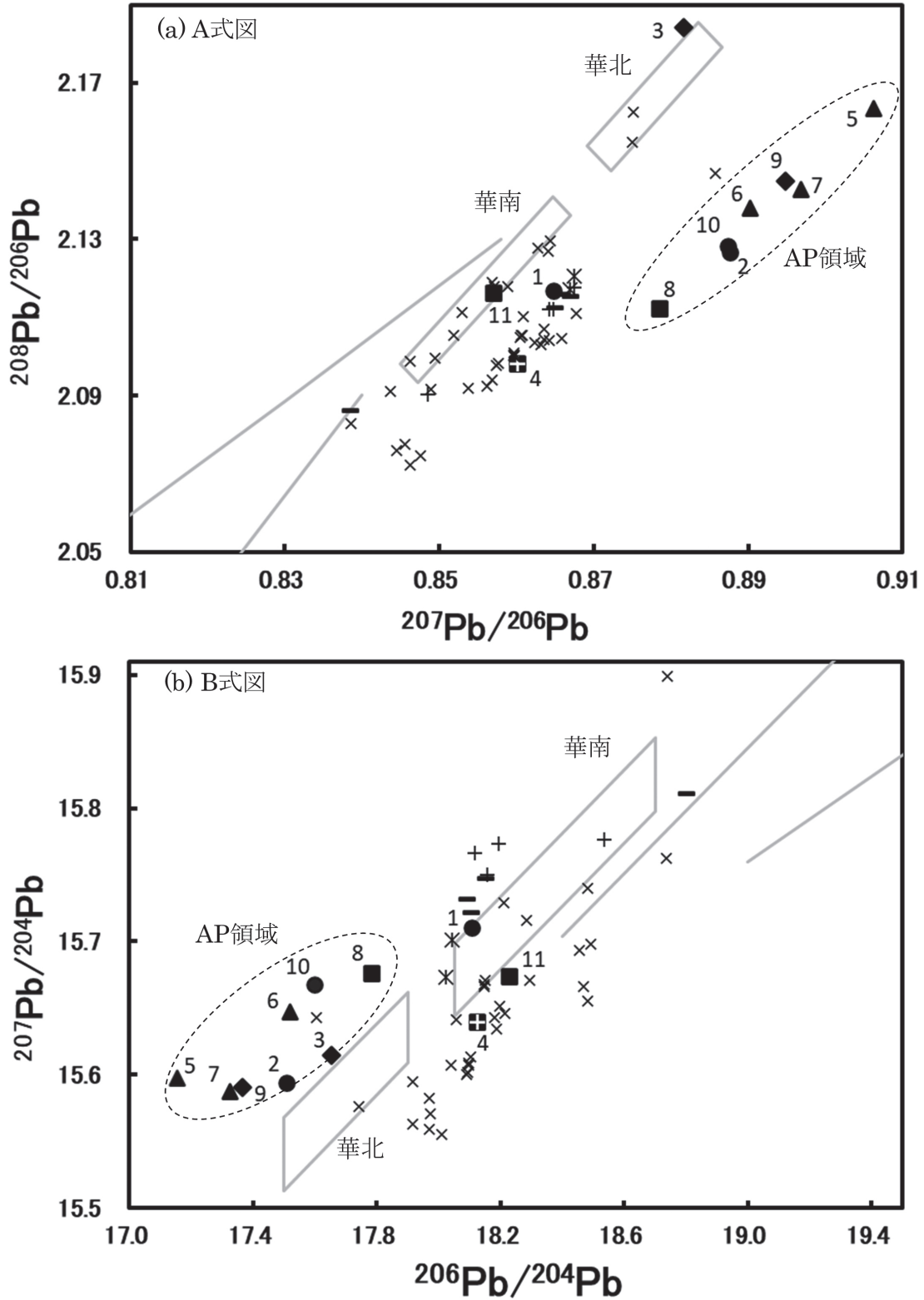
資料No.1はA式図では天山山脈領域と近い同位

体比を示すが、B式図では、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の値が高く、一致しない。ウズベキスタンの鉱石の鉛同位体比の領域は、図2に示した天山山脈領域と重なる部分が多いが、図中に示したAmantaitau鉱山、Daugyztaiu鉱山、Uchkulach鉱山の鉛鉱石は他と異なる同位体比を持つ（Chiaradia et al., 2006）。資料No.1の測定値は、A式図・B式図ともに特にDaugyztaiu鉱山とUchkulach鉱山の値とよく一致する。図3に示すように、Amantaitau鉱山とDaugyztaiu鉱山はウズベキスタン中央の砂漠地帯にある銅鉱石や鉛鉱石が産出する鉱山である。一方、Uchkulach鉱山はサマルカンドの北約120kmに位置し、アイダール湖の南岸にある鉱山である。サマルカンドは中世ウズベキスタンの中心的な都市であり、特にここを起源とする鉛材料が用いられた可能性が高いと考えている。

資料No.3は他の鉛同位体比とは大きく異なり、A式図とB式図の両方において華北領域に近い。しかし唐代にはこの地域の鉛利用は知られておらず、ここでは産地不明とする。

他の7点の資料については、破線領域で示すようにA式図において天山山脈領域とは異なる位置にまとり、B式図において華北領域の上部にまとまる。これは特定の地域起源の鉛材料が使用されていることを示し、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が0.879～0.906と高い比を示すことが特徴である。この領域は、これまでに知られているキルギス、カザフスタン、ウズベキスタンなどの中央アジア、イラン、イラクなどの西アジアの鉛同位体比と一致しない。一方で、現代の中国における地質学的調査の結果によれば、このような鉛同位体比を示す地域は中国の東北部地域南半、華北地方などに存在する（大賀2020）。馬淵・平尾（1987）によって提案された領域図は、前漢鏡や後漢鏡の鉛同位体比を基に領域を設定している。対象とした7～11世紀の資料では、使用された鉛鉱石の起源が大きく変化していることが想定され、今後、中世の中国における鉱山利用とその鉛同位体比を検討していく必要がある。ここでは便宜上、この未知領域の鉛同位体比を持つ地域をAP（Ak-Beshim Products）領域とする。

次に合金種と推定された鉛材料産地の関係に着目する。黄銅が使用された資料は、1点はウズベキスタンと推定される天山山脈周辺の材料が使用された可能性があるが、他2点は未知のAP領域に位置する。黄銅は唐代に西からその合金法が伝わり、唐の



●黄銅製、▲青銅製、■鉛を多く含む青銅製、◆純度の高い銅製、▣鉛ースズ製、  
 ×天山山脈周辺資料（平尾良光氏提供）、+Amantaitau鉱山※、-Daugyztaiu鉱山※、  
 \*Uchkulach鉱山※

図中の数字は資料No.を示す、

※ウズベキスタンの鉱石の鉛同位体比はChiaradia et al., (2006) より引用

図2 アク・ベシム遺跡出土の製品資料の鉛同位体比分布

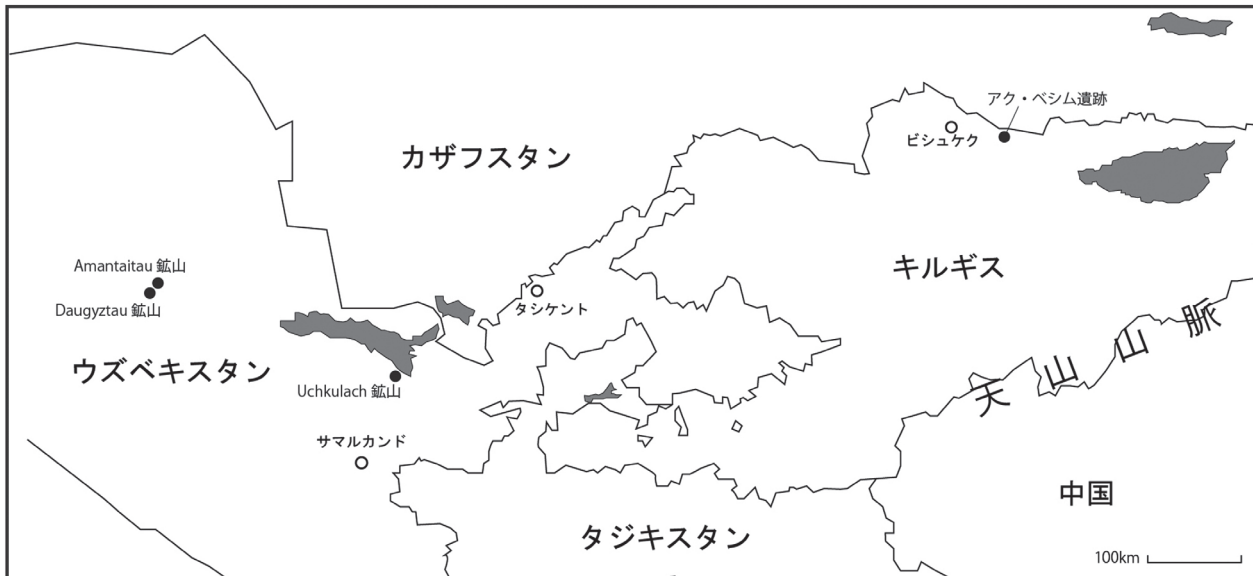


図3 ウズベキスタンの鉱山とアク・ベシム遺跡の位置（Chiaradia et al., 2006の鉱山情報より作成）

最西に位置する軍事拠点であったアク・ベシム遺跡を含む中央アジアを経由して黄銅もしくは亜鉛を得ていた可能性がある（藤澤・三浦 2020）。本調査結果では、鉛の同位体比から産地を推定しているため亜鉛そのものの起源を知ることはできないが、中央アジアやAP領域の材料が使用された可能性が高いことから、合金および製品の製作地は中央アジアやAP領域であると推測している。資料No.10の黄銅製の十字架が現在のイラクを中心とする東方キリスト教会と関連する遺物であるとするならば、10世紀以降（山内・岡田 2021）の資料であり、この時代には消費地に近い場所で製作していた可能性がある。

青銅製品は、全てAP領域に含まれる。また鉛を多く含む青銅である資料No.8はAP領域の端に位置する。これはAP領域の材料に中央アジアの材料を混和した可能性がある。

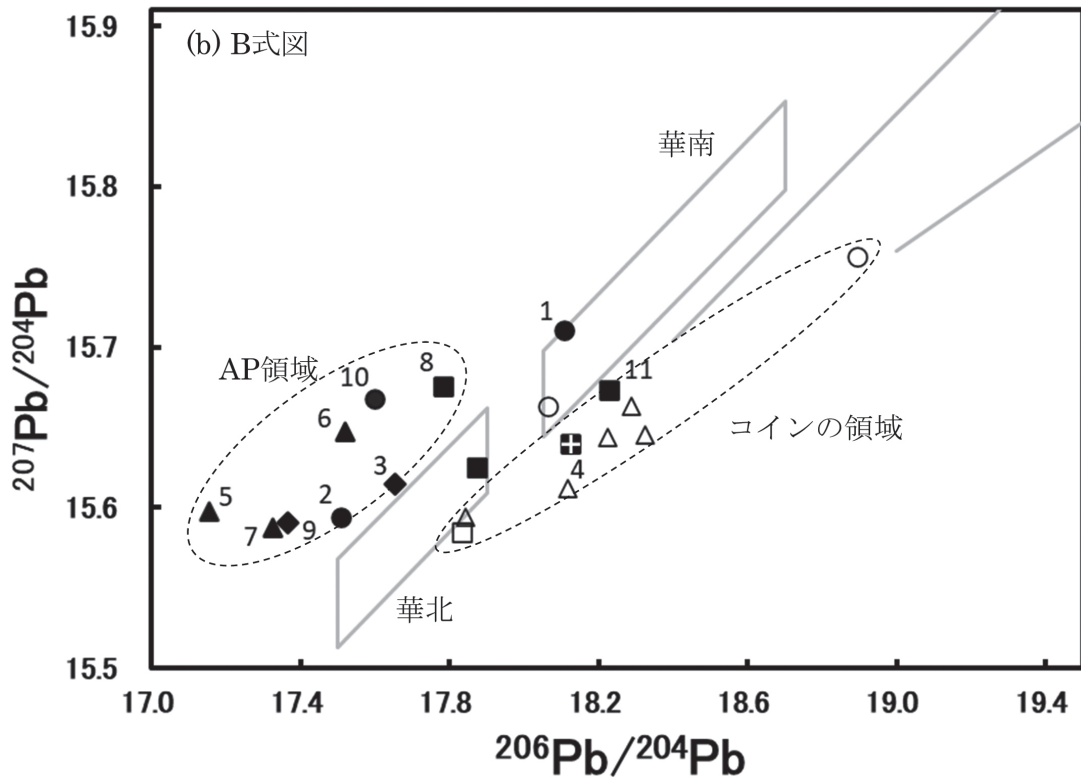
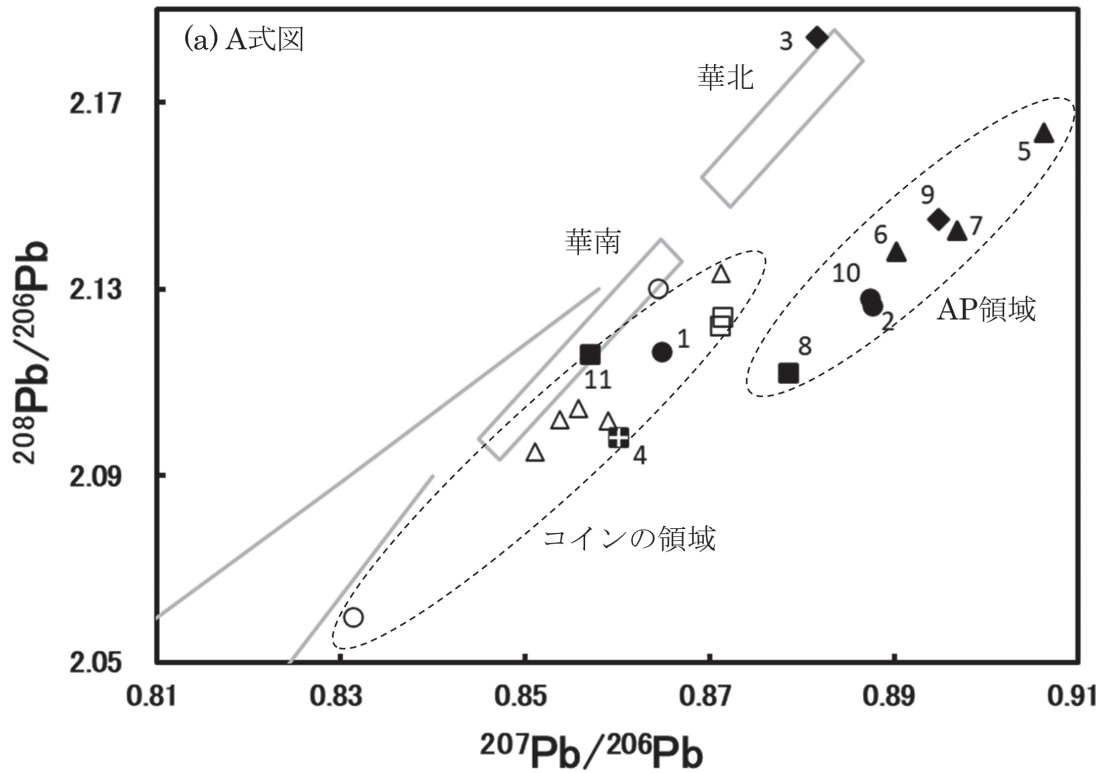
次に、アク・ベシム遺跡から出土したコインの鉛同位体比と比較する。図4に示すように、中国産鉛材料が使用された開元通宝1点を除くコインの領域はA式図・B式図ともに華南領域の下部に位置し、AP領域とは重ならない。つまり、AP領域に位置するコインはないため、コインは製品群とは異なる鉛材料および工房で製作されていた可能性がある。一方で、コインの領域に位置する製品資料はNo.4の鉛-スズ合金製品であり、在地式コインと近い値を示す。資料No.4は、片面に高さ約5mm凸部があるもの

の、直径23mmであり、大型在地式コインと同様の直径である。コインには類例のない文様であるため、装飾品と考えられるが、コインを製作していた集団が製作した可能性が指摘できる。

## まとめ

これまでの発掘調査においてアク・ベシム遺跡から出土した金属製品11点を対象として、使用された合金種の同定および鉛材料産地推定を行った。その結果、下記のことが明らかとなった。

- ・使用された合金種は、銅と亜鉛の合金である黄銅製が3点、銅とスズを含む青銅製が3点、鉛を多く含む青銅製が2点、純度の高い銅製が2点、鉛-スズ製が1点である。装飾品の中でも特に人が身に付ける製品に黄銅が用いられている。
- ・獅子像（資料No.11）の鉛は、華南産材料が使用されている可能性が高く、大雲寺と推定されている仏教寺院で使用されていた可能性がある。
- ・鉛製品（資料No.4）は天山山脈領域の鉛同位体比の分布と重なり、在地式コインの鉛同位体比に近い。これはコインを製作していた集団と関係する可能性がある。
- ・黄銅製プレスレット（資料No.1）の鉛はウズベキスタンのUchkulach鉱山の材料が使用されている可能性がある。
- ・7点の資料の鉛同位体比は、これまでに知られて



●黄銅製、▲青銅製、■鉛を多く含む青銅製、◆純度の高い銅製、⊕鉛ースズ製、○中国式コイン※、△在地式コイン※、□西方式コイン※

図中の数字は資料No. を示す、※コインの測定値は藤澤・三浦（2024）より引用

図4 アク・ベシム遺跡出土のコインと製品資料の鉛同位体比分布の比較

いるキルギス、カザフスタン、ウズベキスタンなどの中央アジア、イラン、イラクなどの西アジアの鉛を含む鉱石の鉛同位体比と一致しない。现阶段では、未知領域の鉛同位体比を持つAP領域とする。

・AP領域に位置するコインはないため、コインは製品群とは異なる鉛材料および工房で製作されていた可能性がある。

本研究により、製品群とコインでは鉛材料産地が大きく異なることが明らかとなった。製品およびコインの中には華南領域の鉛材料が使われた中国からの輸入品が僅かに含まれるが、主として製品にはAP領域、コインには天山山脈周辺の鉛材料が用いられている。このような使用材料の差異は、製作集団の違いを示していると考えている。コインは統治者によって管理された集団が特定の鉛材料を使用して製作していたのに対して、製品は輸入や輸入鉛材料に頼っていた可能性がある。

本研究は JSPS 科研費 21H04984(代表:山内和也)、23H00717 (代表:藤澤明) の助成を受けた。

#### 文献

大賀克彦, 2020, 鉛同位体比による三角縁神獣鏡製作地の検討. 古代学, 11, 1-42.

帝京大学文化財研究所, キルギス共和国国立科学アカデミー歴史遺産研究所編, 2020, アク・ベシム (スイヤブ) 2019. 帝京大学シルクロード学術調査団調査研究報告書 3

帝京大学文化財研究所, キルギス共和国国立科学アカデミー歴史遺産研究所編, 2021, アク・ベシム (スイヤブ) 2018. 帝京大学シルクロード学術調査団調査研究報告書 2

帝京大学文化財研究所, キルギス共和国国立科学アカデミー歴史遺産研究所編, 2024, アク・ベシム (スイヤブ) 2022-2023. 帝京大学シルクロード学術調査団調査研究報告書4

平尾良光, 馬淵久夫, 1989, 表面電離型固体質量分析計VG-Sectorの規格化について. 保存科学, 28, 17-24.

平尾良光, 梅建軍, 榎本淳子, 2004, シルクロードの銅材料, 科学が解き明かす古代の歴史—新世紀の考古科学—. クバプロ, 120-127

藤澤明, 三浦麻衣子, 2020, 2019年度アク・ベシム遺跡出土の金属製品の保存修復処置と使用された銅合金種. 帝京大学文化財研究所研究報告, 19, 177-192.

藤澤明, 三浦麻衣子, 2024, キルギス共和国アク・ベシム遺跡より出土したコインに用いられた材料と産地推定. 帝京大学文化財研究所研究報告, 22, 57-66.

馬淵久夫, 平尾良光, 1987, 東アジア鉛鉱石の鉛同位体比—青銅器との関連を中心に—. 考古学雑誌, 73-2, 199-210.

山内和也, 岡田保良訳, 2021, G. L. セミョーノフ著「スイヤブ (アク・ベシム遺跡) のキリスト教会—第8号遺構: キリスト教会複合体—」. 帝京大学文化財研究所研究報告, 19, 247-319.

山内和也, 2025, 碎葉鎮城の大雲寺の位置と伽藍配置に関する試論. 帝京大学文化財研究所研究報告, 23, 167-189.

Chiaradia, M., Konopelko, D., Seltmann, R., Cliff, R., 2006, Lead isotope variations across terrane boundaries of the Tien Shan and Chinese Altay. Mineralium Deposita, Vol.41, 411-428.

# Unknown Provenance of Lead Used in Copper Alloy Products Excavated from the Ak-Beshim Site, Kyrgyz

Akira Fujisawa\*, Maiko Miura\*

\* Research Institute of Cultural Properties, Teikyo University

## Abstract

Since 2016, the National Academy of Science of Kyrgyz Republic and the Research Institute of Cultural Properties, Teikyo University have conducted joint expeditions at the Ak-Beshim site. In this expedition, variety of metal objects have been excavated. This study examines 11 metal objects excluding coins, with the aim of identifying the alloy types employed and suggesting the provenance of the lead. The results are further compared with previously reported data on coins for discussion of metal production during the period.

The alloy type is classified in brass (three objects), bronze (three objects), lead-rich bronze (two objects), high-purity copper (two objects), and lead-tin (one object). Lead isotope ratio analysis indicates that seven objects have a coherent isotopic ratio value that does not correspond to known lead isotope ratio from Central Asia to West Asia. In contrast, the lead isotope ratios of the coins reported in the previous study do not overlap with this group, suggesting that different production groups would have been involved in the manufacture of coins and other metal objects.

**Keywords** : Lead isotope ratio, Bronze, Central Asia, Metal production, X-ray fluorescence analysis

