研究ノート

セミレチエ、サマルカンド、ブハラの３地域で発行された模倣開元通寶の材料学的特徴

竹井　良[※1]・藤澤　明[※2]

※1　帝京大学大学院文学研究科　※2　帝京大学文化財研究所

要旨

帝京大学文化財研究所では、2022年から個人所蔵の中央アジアコインの調査を実施している。本研究では蛍光X線分析を用いて、セミレチエ、サマルカンド、ブハラで発行された88点の模倣開元通寶の金属組成を調査し、地域ごとの特徴を検討した。その結果、サマルカンドおよびブハラのコインでは鉛とスズの含有量の間に正の相関が見られた。３地域間の比較では、セミレチエのコインはスズが多く、鉛が少ない傾向を示した。一方、サマルカンドのコインはスズが最も少なく、ブハラのコインは鉛が最も多い傾向を示した。これらの結果は、地域ごとに異なる合金設計が存在したことを示唆する。本研究は、中央アジアにおける開元通寶鋳造の実態解明に資するものである。

キーワード：蛍光Ｘ線分析、化学組成、銅合金、中央アジア、開元通寶

はじめに

帝京大学文化財研究所では、コイン研究者および収集家の平野伸二氏と共同研究契約を締結し、2022年より同氏所蔵の中央アジアコインを対象とした包括的調査を進めている。調査では、法量計測、銘文判読、写真撮影、X線透過撮影、蛍光X線分析を実施しており、2025年までに、約1,400点のコインを調査した。本稿では、平野氏が所蔵するイスラーム化以前のセミレチエ、サマルカンド、ブハラで発行された模倣開元通寶88点を対象とし、可搬型蛍光X線分析装置を用いた分析結果とその考察を報告する。

図１に対象地域を示す。セミレチエの範囲は時代

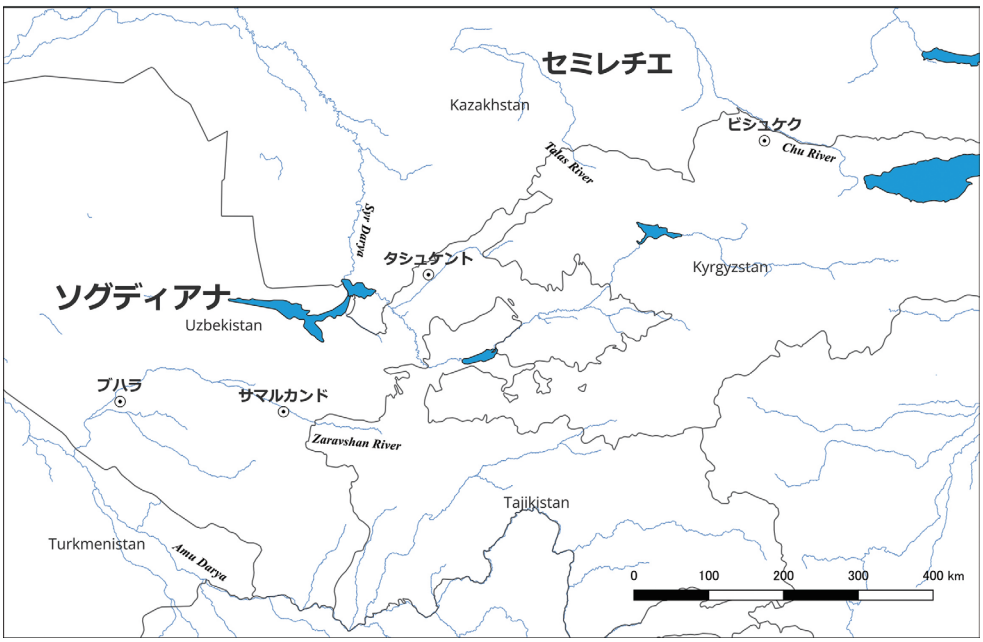


図１　対象地域の地図

によって異なるが、現在では北はカザフスタンのバルハシ湖南岸のバルハシ盆地から、南はキルギス北部のチュー川流域に至る地域を指す（山藤 2024）。特にチュー川流域は、アク・ベシム遺跡やクラスナヤ・レチーカ遺跡が位置し、かつてカラハン朝の首都が置かれたことからも、学術的に重要な地域である。学術書によっては、セミレチエという呼称がチュー川流域(場合によってはタラス川流域を含む)とほぼ同義に用いられている（山内ほか訳 2025）。本稿では、コインが発行されていたチュー川流域とタラス川流域を便宜上、セミレチエと呼称する。

ソグディアナは、アム・ダリヤ川とシル・ダリヤ川の間に位置する地域を指し、現在のウズベキスタン南東部およびタジキスタン北部にあたる。その中心都市はサマルカンドである。サマルカンドはソグド諸都市の中でも政治・経済・文化の中心として機能し、東西南北を結ぶ交易ネットワークの要衝として重要な役割を果たした。また、ブハラはサマルカンドの西方に位置するオアシス都市であり、ソグディアナ西部を代表する主要都市として繁栄した。

Ⅰ．開元通寶に関する先行研究と研究目的

１．開元通寶について

開元通寶は、武徳４年（621年）７月に高祖によって発行された貨幣である。それ以前の中国では、前漢以来の五銖銭が主たる貨幣として流通していた。しかし、隋末期の動乱により貨幣制度が混乱し、貨幣価値の下落を招いたため、高祖は旧来の貨幣体系を刷新し、開元通寶の鋳造を開始した（山田 2000; 楊・耿 2017）。以来、開元通寶は300年以上に渡って鋳造されており、唐代には開元通寶のほかに、乾封泉寶、乾元重寶、大暦元寶、建中通寶などの貨幣が発行されたが、唐代を通じて鋳造されたのは開元通寶のみであった（山岡 2007）。

開元通寶の形状は秦の半両銭や漢の五銖銭に見られる、中央に四角い孔を持つ円形貨幣の形状を踏襲している。開元通寶の規格は、大きさ直径８分（25㎜）、重さ２銖４参（約3.7ｇ）と定められている（山岡 2007）。デザインは、唐代の初期・中期・末期といった発行時期によって異なる特徴を持つ。唐代初期の開元通寶、いわゆる武徳開元は縁が細く、裏面は無文であるが、唐代中期以降になると、縁の幅は広くなり、裏面には月などの図柄が追加される（楊・耿 2017）。末期の開元通寶は、武宗の会昌年間（841-846年）に発行された会昌開元に代表され、その特徴として裏面には発行場所の地名が加えられる（楊・耿 2017）。また、作りが粗くなりサイズが小さくなるものも登場し、末期は一定の型式のものが少なくなる傾向にある（宮澤 2007）。

貨幣改革を経て鋳造された開元通寶だが、銅銭の需要に対して公鋳銭の供給が少なかったことや銅銭の原料が手に入れやすかったことから、私鋳行為が横行していた（宮澤 2007）。中でも出来の良い私鋳銭は好銭と呼ばれ、唐朝に公認され公鋳銭と同等の価値を有していた（宮澤 2023）。そのため、私鋳銭と公鋳銭の判別は難しく、特に唐代末期に鋳造された粗悪な開元通寶と私鋳銭の判別は困難とされている（永井 1994）。こうした課題に対し、近年では自然科学的手法を用いた研究が報告されている。その中で公鋳銭に想定される金属組成の一つの指標として、鉄含有量が 5 wt% 未満、鉛含有量が 36 wt% 未満の銅－スズ－鉛（鉄）系合金が提案されている（Li et al. 2023）。

開元通寶の与えた影響は大きく、唐が滅びた後も度々開元通寶が発行され、その型式は後の中国における方孔銭の基本となった（山岡 2007）。また、中国のみならず周辺諸国にも影響を与え、日本では和同開珎のモデルとなっている。

２．中央アジアにおける開元通寶に関する研究

中央アジアにおける開元通寶研究に触れる前に、同地域の貨幣体系について概観しておく必要がある。中央アジアでは、古くから銀貨を中心とした貨幣体系が成立していた。とりわけサーサーン朝のドラクマ銀貨は、銀の含有量が多く、品質の安定した貨幣であったことから、イスラーム化以前の中央アジアにおいて国際交易に用いられる主要な貨幣として広く流通していたことが知られる（Skaff 1998）。また、各都市ではサーサーン朝ドラクマ銀貨を模倣した銀貨も発行されていた。しかし、これらの模倣銀貨の多くは、本来のドラクマ銀貨と異なり銀含有量が少なく、限定的な範囲でのみ使用されていたとされる（Zeimal 1994）。

一方、銅銭の流通状況については十分に明らかになっていない。西突厥の支配下にあった時期の中央アジアでは、各都市において独自の打刻式の銅銭が発行されていた（Zeimal 1994）。さらに、７世紀に

西突厥が滅亡し、唐が中央アジアに進出すると、これを契機として中国式の鋳造製の方孔銭が中央アジアにも導入され、都市によっては独自の方孔銭も発行されるようになった。このため、開元通寶の模倣銭が発行された当時、少額決済用の貨幣としては、各都市で独自に鋳造された銅銭が流通していた。

こうした貨幣体系の中においても、開元通寶の生産や供給の実態は、なお十分に解明されていない。中央アジアの遺跡からは開元通寶が出土しているが、それらが中国本土から持ち込まれたものなのか、あるいは中央アジアで鋳造されたものなのかは明らかではない。さらに、中央アジアにおいても、パミール高原を境として東西、すなわち東トルキスタンと西トルキスタンとでは状況が異なる。

東トルキスタンでは、唐の進出以前から亀茲五銖銭など独自のコインが発行され、流通していたことが知られる（Wang 2004）。開元通寶については、古くはAurel SteinやPaul Pelliotによって発見され、その存在が東トルキスタンの各地で確認されている（Wang 2004）。また、クチャでは他の中国銭とともに22,845枚の開元通寶が出土しており（顔松 2016）、その出土数からも東トルキスタン、とりわけクチャで多く流通していたことが伺える。では、開元通寶は現地で鋳造されていたのか。これについて、Rhodes（1997）は開元通寶が現地で鋳造されていた可能性を指摘しており、新疆で見つかる開元通寶の見た目は中国本土の開元通寶とは異なる特徴的な赤い銅色をしているという。中国本土からの開元通寶の流入については、自然科学的分析に基づく研究が報告されており、新疆ウイグル自治区ハミ市Lafu Queke墓地出土の開元通寶15点に対して、化学組成分析、鉛同位体比分析および型式調査が行われている（Ma et al. 2022）。これらの結果を考古学的背景および歴史記録と照合した結果、中国南西部由来の金属材料を用いて鋳造され、西域へ供給された可能性が指摘されている（Ma et al. 2022）。よって、東トルキスタンでは、現地で鋳造された可能性がある開元通寶と中国本土から直接持ち込まれた開元通寶が流通していたと考えられる。

西トルキスタンにおける開元通寶の鋳造の実態や流通状況は東トルキスタンよりも明らかになっておらず、地域によって研究の進展に違いが見られる。開元通寶の流通に言及した先行研究では、約30点の開元通寶を含む唐のコインの出土状況から、主にセミレチエ、フェルガナ、チャーチ、ソグディアナ、北トハリスタンなどの地域で中国から流入したコインが流通したと想定されている（加藤訳 2011）。また、О. И. Смирнова（O. I. スミルノヴァ）は開元通寶の現地鋳造について言及しており、ソグド人は当初、中国の開元通寶の型式をそのまま模倣して鋳造しており、その後にブハラのタムガを配する開元通寶を鋳造するようになり、やがてソグド語の銘文とサマルカンドのタムガのようなマークを配するコインが鋳造されると指摘している（Смирнова 1981）。スミルノヴァによれば、当初の模倣開元通寶は、中国本土の開元通寶とは異なり、銘文が不明瞭で表面に凹凸がある、粗い作りであるという（Смирнова 1981）。もっとも、中国の型式と同様の開元通寶が鋳造されていたかどうかは明らかでないが、ブハラやサマルカンドの独自の模倣開元通寶の存在は、開元通寶による直接的な影響を示している。また、これらの模倣開元通寶は出土例が極めて少ないことから、その発行が限定的であったと指摘されている（Смирнова 1981）。独自の模倣開元通寶はサマルカンドやブハラ以外にも、後ほど取り上げるセミレチエで多く見つかっている。他の地域では、バダフシャーン（アフガニスタン）で製造されたというアラビア語の銘文を伴う開元通寶も見つかっている（稲葉 2022）。

セミレチエにおける開元通寶を含む中国のコインの流通状況や鋳造の実態は、西トルキスタンの他の地域よりも明らかになっている。この地域の古銭学的研究を牽引しているのが、古銭商で古銭学者でもあるA. M. Камышев（A. M. カミシェフ）である。カミシェフはチュー川およびタラス川流域で収集した2,300枚以上のコインの内、模倣銭を含む中国のコインは全体の4分の１を占めると指摘している（山内ほか訳 2025）。また、セミレチエで出土する開元通寶の中には、通常の方孔とは異なる円孔を有するものが確認されている。この型式はソグドや東トルキスタンでは確認されておらず、カミシェフはこれをセミレチエ独自の模倣開元通寶と定義している（山内ほか訳 2025）。カミシェフによって収集されたコインのリストをもとに（山内ほか訳 2025）、筆者が開元通寶の数を算出したところ、中国本土の開元通寶は111枚確認され、カミシェフが分類した模倣開元通寶は335枚にも及ぶ。現在、帝京大学文化財研究所が行っているアク・ベシム遺跡の発掘調

査でも、開元通寶と模倣開元通寶が出土している。また、これらの開元通寶を対象に鉛同位体比分析を行った結果、開元通寶には中国由来の原料が、模倣開元通寶にはキルギス国内の原料が用いられた可能性が示唆された。（藤澤・三浦 2024）。つまり、セミレチエでは中国由来の開元通寶と、在地材料を用いて鋳造された模倣開元通寶が並行して流通していたと考えられる。

３．研究目的

先行研究をまとめると、東トルキスタンでは、主に中国から持ち込まれた開元通寶が流通している。また、赤い銅色を呈する開元通寶は、東トルキスタンで鋳造された可能性が指摘されている。一方、西トルキスタンのセミレチエでは、中国本土の開元通寶と現地の材料から鋳造した模倣開元通寶が流通していた可能性がある。セミレチエ以外の地域では、中国本土の開元通寶の流通規模は明確ではないものの、開元通寶の影響を受けて、中国の型式をそのまま模倣した開元通寶と、独自の開元通寶が鋳造されたと考えられる。特に前者は作りが粗く、中国本土の開元通寶と識別可能であるとされる。

中央アジアにおける開元通寶の流通や影響を知る上で、現地での鋳造の有無は重要な視点である。しかし、先行研究における現地鋳造品の判別は、主として外見上の特徴に焦点を当てている。中国本土で私鋳銭が横行していた状況を鑑みると、品質や仕上がりの異なる開元通寶が中国本土内部で同時に流通していても不自然ではない。したがって、外見の差異のみをもって、公鋳銭と私鋳銭、さらには中央アジアで鋳造された模倣銭を判別することは極めて難しいと考えられる。また、現地鋳造の開元通寶を対象とした材料調査の事例も極めて少ない。よって、模倣開元通寶に対して材料調査を行い、材料学的視点を加えることで、現地鋳造品と中国本土製の開元通寶を識別する有効な手がかりが得られる。また、材料学的特徴を地域間で比較することで、各地域の合金設計や使用材料の違いを明らかにできる可能性がある。

以上、本稿では中央アジアで発行された模倣開元通寶を対象に材料調査を行い、コインに使用された材料および合金設計を検討することにより、地域的な特徴を明らかにすることを目的とする。本研究は、中央アジアにおける開元通寶の影響と流通、ならびに鋳造実態を明らかにするための基礎的研究と位置付けられる。

Ⅱ．対象資料

対象資料は平野氏所蔵資料のうち、セミレチエ、サマルカンド、ブハラで発行された計88点の開元通寶である。それぞれの発行地域ごとの内訳は、セミレチエ28点、サマルカンド25点、ブハラ35点である。一部の対象資料の外観を図２に示す。また、全資料の外観は付録に示している。帝京大学文化財研究所が実施しているコインの調査では、調査対象にZから始まる調査番号を割り当てている。本稿でも割り当てられた調査番号を用いた。以下では３つの地域で発行された模倣開元通寶について概説する。

図２　対象資料の外観（左右に表裏を示す）
(a)セミレチエ模倣開元通寶、(b)セミレチエ車輪状製品、(c)セミレチエ円形円孔製品、
(d)サマルカンド模倣開元通寶、(e)ブハラ模倣開元通寶

１．セミレチエ

カミシェフは、セミレチエで見つかる模倣開元通寶をM.1からM.4の大きく４つに分類している。それぞれの類型の大まかな特徴を挙げると、M.1は方孔を有し、直径23-25 ㎜で、銘文は多少崩れているものの「開元通寶」と判読可能なものが含まれる。M.2は中央の孔が円形である点が特徴で、大きさはM.1とほぼ同じである。M.3はM.2と同様に円孔を有するが、直径は19-22 ㎜とやや小さく、銘文はより不鮮明で、判読しにくい。最後のM.4のグループについて、カミシェフは外見上共通点がないものを含めており、M.4に含まれるコインの中でさらに分類を行っている（吉田訳 2025）。また、カミシェフはこれらの模倣銭が製造され、流通していた年代を7世紀の後半から10世紀の中頃までと推定している（吉田訳 2025）。

対象資料はZ00081～Z00106、Z00415、Z00416であり、図２では（a）～（c）に該当する。中でも、図２（b）（Z00091）は特徴的な車輪状の形態を呈する。カミシェフは、図２（a）（Z00081）の「開元通寶」の銘を有する模倣銭が、図２（c）（Z00097）の形態へと変化し、さらに図２（b）のような車輪状の形態へと移行するという外見上の連続性に基づき、これらのうち図２（b）、（c）の製品がコインであった可能性を示唆している（吉田訳 2025）。

本稿では、図２（a）を模倣開元通寶（Z00081～Z00090、Z00415、Z00416）、図２（b）を車輪状製品（Z00091～Z00095）、図２（c）を円形円孔製品（Z00096～Z00106）の大きく３つにグループ分けを行った。このうち、車輪状製品と円形円孔製品の２グループも模倣開元通寶と考えられている。

２．サマルカンド

対象資料の中ではZ00717～Z00741が該当する。代表的な資料として図２（d）のZ00731に着目すると、表面には「開元通寶」とあり、裏面の右側にはソグド語で「神」や「主」を意味する「βγy」という文字が刻まれ、左側にはタムガのようなマークを伴う。このマークについてスミルノヴァは、王莽により新代（紀元後８～23年）に発行された、刀幣（刀の形をした青銅貨幣）にある「刀」という漢字を模したもの、あるいは、刀幣の形態になぞらえてサマルカンドのタムガを様式化したものだと推定している（Смирнова 1981）。

３．ブハラ

対象資料の中ではZ01198～Z01232が該当する。図２（e）を例にすると、表面には「開元通寶」、裏面にはブハラのタムガを伴う。また、全体的に粗い作りである。ソグド語の銘文は見られないが、主にパイケンドやヴァラフシャで出土事例があることから、ブハラで発行されたとされる（Zeimal 1994）。また、この模倣銭の発行時期について正確なことはわかっていないが、７世紀の第３四半期頃と推定されている（Zeimal 1994）。

Ⅲ．分析方法

分析には可搬型蛍光Ｘ線分析装置（Innov-X Systems DELTA PREMIUM DP-4000）を使用し、非破壊で大気雰囲気中のその場測定を行った。X線の照射範囲は約 10 ㎜であり、分析モードには 2 Beam Mining Plus を使用し、分析時間 は 90秒とした。本モードは、タンタル管球の電圧を高電圧（40 kV）と低電圧（10 kV）に自動切替して測定を行う方式であり、重元素に加えて軽元素についても感度を確保できる設定である。また、本装置はファンダメンタルパラメータ法により、簡易的ではあるが各元素の半定量値を算出することが可能であり、2 Beam Mining Plus モードで得られた各元素の測定結果についても自動的に半定量値が算出される。なお、本モードではヒ素についても半定量値を算出できる。本研究では、合金を構成する金属元素および鉱石由来の微量元素である、銅、スズ、亜鉛、鉛、ヒ素、アンチモン、銀の７元素を抽出し、これらの合計が100 mass%となるよう再計算した値を用いて比較・考察を行った。なお、軽元素の分析結果は本研究の議論には用いていない。

本研究では、非破壊分析を前提とするため地金を露出させての測定は行えず、測定値は、コインの表裏それぞれ１回ずつ測定した２回の測定値の平均を代表値として用いた。また、標準物質による校正は実施していない。しかし、本研究の目的は個々の資料の厳密な組成決定ではなく、地域間における相対的な材料傾向の比較にあるため、半定量値に基づく比較でも十分有効であると判断した。

Ⅳ．結果と考察

測定結果に基づき、合金種の推定を行った。スズについては、他資料由来の付着である可能性が考えられるため、1 mass%以上検出された場合に合金成分と判断した。また、亜鉛、鉛、ヒ素についても、銅鉱石中に不純物として含まれる元素であることから、同様に 1 mass%以上を合金成分として扱った。合金種は以下の基準により分類した。銅中にスズを1 mass%以上含むものを青銅とし、青銅中に鉛を1 mass%以上含むものを鉛青銅、ヒ素を1 mass%以上含むものをヒ素青銅とした。さらに、銅中に鉛を1 mass%以上含むものについては、銅-鉛系材料として区別した。本来、鉛は銅にほとんど固溶せず、合金を形成しない元素であるが、本研究では便宜上、合金種の一つとして分類した。なお、鉛の含有量が50 mass%以上のものは、鉛を主成分とする合金として分類した。また、銀については、1 mass%以上検出された場合、本研究では合金成分として扱った。

１．セミレチエの模倣開元通寶の材料学的特徴

コインの法量と分析結果、コインの分類を表1に示す。また、カミシェフの分類をもとに平野氏所蔵資料のコインの分類を行った。

表１からセミレチエで発行されたコインの合金種は、純度の高い銅、銅鉛、青銅、鉛青銅、ヒ素青銅、銅-スズ-鉛-亜鉛、銅-スズ-鉛-ヒ素、銅-スズ-鉛-銀、銅-スズ-鉛-亜鉛-銀、ならびに純度の高い鉛の計10種に分類される。内訳を見ると、模倣開元通寶は5種の合金、車輪状製品は３種の合金から構成される。一方、円形円孔製品は７種の合金に分類され、最も多様な合金種が確認される。

続いて各コインの金属組成に着目する。模倣開元通寶に含まれる鉛の含有量は2.6 mass% ～ 35.7 mass%、スズの含有量は0.6 mass% ～ 11.9 mass%と幅広い値を示し、一定の傾向は認められない。一方、Z00085およびZ00087のように厚さが約3 mmを超えるコインでは鉛含有量が多い傾向が認められ、型式によって鉛含有量が異なる可能性が示唆される。さらに、すべての資料で鉛含有量が 1 mass%以上であることから、意図的な鉛の添加が行われていた可能性が高い。このような傾向は、セミレチエを含む中央アジア地域においても確認されている（竹井・藤澤 2024）。鉛含有量が多いコインでは、比較的安価な鉛を用いることで発行主体が製造コストの低減を図った可能性がある。こうしたコスト低減の目的は、銅の使用量を削減することに加え、実際の金属価値よりも高い額面を設定することで、発行者が利益を得る仕組みを構築する点にあったと想定される。一方、鉛含有量が10 mass%未満の資料については、コスト低減よりも、鉛添加による青銅の融点低下や鋳造性の向上といった技術的要因を目的とした可能性が高い。

他の元素に着目すると、特徴的な微量元素として亜鉛、ヒ素、銀が挙げられる。一般的に、亜鉛やヒ素は銅鉱石や共生する鉱物中に含まれており（George et al. 2017; You et al. 2024）、製錬中に取り除かれることなく残存する場合がある（Pernicka 1999; Oudbashi and Hasanpour 2016; Sun et al. 2016）。これは、微量に含まれるアンチモンについても同様である（Pernicka 1999; George et al. 2017）。また、銀についても1 mass%以上含有するものは便宜上、合金として判別しているが、銀の金属的価値を考慮すると、意図的な添加があったとは考えにくい。銀の含有については、筆者らの前論文でも取り上げており、材料となる鉱石の影響だと考えられる（竹井・藤澤 2024）。銅銭に微量の銀が含まれていることは、セミレチエのコインに特徴的に認められる。そのため、銀はセミレチエで発行されたコインを識別する指標となり得る。

車輪状製品に含まれる鉛の含有量は0.2 mass% ～ 32.4 mass%であり、模倣開元通寶と同様に一定ではない。ただし、車輪状製品では鉛の含有量が1 mass%未満にとどまる資料が多いことから、このような製品には鉛の意図的な添加が行われていなかった可能性が高い。つまり、車輪状製品の多くは意図的な鉛の添加を必要としない合金設計がなされていたといえる。微量元素のアンチモンについては、模倣開元通寶や円形円孔製品と比較して、いずれも検出限界以下である。他２グループと同様に銀や亜鉛を微量に含む資料があるにもかかわらず、アンチモンのみが少ない傾向にあるのは、他の２グループとは異なる鉱石を利用していたことに由来するかもしれない。

スズの含有量に着目すると、他の２グループと比較してより多く含まれる傾向がある。一般的にスズの添加量は青銅の機械的性質と直接的な関係がある。スズが5 mass%を超えると衝撃値と伸びが低下

表１　セミレチエの模倣開元通寶の法量と分類、分析結果から得られた半定量値および推定された合金種

調査番号	グループ	直径（㎜）	重さ（g）	厚み（㎜）	検出された合金および微量元素（mass%）							推定された合金種	カミシェフ分類と備考
					Cu	Sn	Zn	Pb	As	Sb	Ag		
Z00081	模倣開元通寶	24.4	3.7	1.3	93.2	2.5	0.5	2.9	0.4	0.2	0.2	鉛青銅	M.2、裏面に三日月
Z00082	模倣開元通寶	23.8	2.6	1.3	83.2	11.9	0.7	2.6	1.4	0.1	0.0	銅-スズ-鉛-ヒ素	M.2
Z00083	模倣開元通寶	21.7	2.5	1.3	91.9	3.8	0.6	2.6	0.6	0.2	0.4	鉛青銅	M.3
Z00084	模倣開元通寶	22.7	3.1	1.5	71.0	7.0	1.5	18.7	0.0	0.2	1.6	銅-スズ-鉛-亜鉛-銀	M.2
Z00085	模倣開元通寶	23.1	9.6	3.2	65.5	3.5	0.4	29.7	0.7	0.2	0.0	鉛青銅	M.4、裏面にも開元通寶
Z00086	模倣開元通寶	20.7	5.3	2.4	80.6	0.6	0.6	16.9	0.7	0.2	0.5	銅鉛	M.3、裏面にも開元通寶のような文字
Z00087	模倣開元通寶	23.3	10.1	3.7	59.2	4.7	0.3	35.7	0.0	0.2	0.0	鉛青銅	M.4、裏面にソグド語の銘文か？
Z00088	模倣開元通寶	20.8	3.8	2.1	79.5	9.7	0.9	8.4	1.4	0.2	0.0	銅-スズ-鉛-ヒ素	M.3、裏面にも開元通寶のような文字
Z00089	模倣開元通寶	20.9	4.6	2.4	87.0	6.5	0.4	5.4	0.6	0.1	0.0	鉛青銅	M.3
Z00090	模倣開元通寶	20.1	3.2	2.0	86.5	6.1	2.2	4.2	1.0	0.1	0.0	銅-スズ-鉛-亜鉛	M.3
Z00415	模倣開元通寶	24.5	5.0	2.0	76.9	2.3	0.2	20.3	0.0	0.0	0.2	鉛青銅	M.2、裏面に三日月
Z00416	模倣開元通寶	22.9	3.2	1.5	79.8	7.4	1.1	10.5	0.2	0.2	0.7	銅-スズ-鉛-亜鉛	M.1、裏面に短線か？
Z00091	車輪状製品	28.9	10.6	6.5	73.0	24.7	0.3	0.7	1.3	0.0	0.0	ヒ素青銅	M.4
Z00092	車輪状製品	29.6	8.1	5.9	68.3	26.8	0.4	2.6	1.4	0.0	0.4	銅-スズ-鉛-ヒ素	M.4
Z00093	車輪状製品	20.9	4.1	3.7	55.6	10.1	0.5	32.4	1.3	0.0	0.0	銅-スズ-鉛-ヒ素	M.4
Z00094	車輪状製品	31.9	23.1	8.2	87.1	12.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	青銅	M.4
Z00095	車輪状製品	28.8	14.4	7.7	96.9	1.8	0.2	0.6	0.6	0.0	0.0	青銅	M.4
Z00096	円形円孔製品	20.0	4.8	3.4	87.8	3.1	0.5	8.0	0.4	0.1	0.0	鉛青銅	M.4
Z00097	円形円孔製品	21.2	3.3	3.2	88.6	3.3	1.6	3.9	0.5	0.2	1.9	銅-スズ-鉛-亜鉛-銀	M.4
Z00098	円形円孔製品	17.7	3.2	3.6	94.7	0.8	0.4	3.5	0.6	0.1	0.0	銅鉛	M.4
Z00099	円形円孔製品	18.7	3.9	2.5	89.0	5.5	0.9	3.0	0.5	0.1	1.0	銅-スズ-鉛-銀	M.4
Z00100	円形円孔製品	19.4	3.2	2.6	94.1	2.4	0.5	2.4	0.3	0.3	0.0	鉛青銅	M.4
Z00101	円形円孔製品	18.9	2.9	2.1	89.3	3.4	0.5	5.5	0.6	0.2	0.6	鉛青銅	M.4
Z00102	円形円孔製品	20.8	4.6	3.7	71.3	4.7	1.3	22.3	0.0	0.1	0.4	銅-スズ-鉛-亜鉛	M.4
Z00103	円形円孔製品	18.5	3.3	2.7	67.6	15.2	0.8	12.3	0.6	0.5	3.1	銅-スズ-鉛-銀	M.4
Z00104	円形円孔製品	18.9	3.6	2.2	48.3	8.8	0.3	42.6	0.0	0.0	0.0	鉛青銅	M.4
Z00105	円形円孔製品	19.3	5.9	2.9	0.4	0.0	0.0	99.6	0.0	0.0	0.0	純度の高い鉛	M.4
Z00106	円形円孔製品	27.8	12.1	3.8	98.7	0.8	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	純度の高い銅	M.4

し始め、10 mass%を超えると引張強さが低下し、延性がほとんどなくなる（日本鋳造工学会編 2002）。つまり、スズが多くなればなるほど硬さは増すが、衝撃に対して脆くなる。したがって、スズ含有量が多い車輪状製品は、流通過程で繰り返し取り扱われるコインにとって、適した組成ではないといえる。また、スズの含有量は機械的性質に加えて、合金の色味にも直接影響を与える。スズが12 mass%を超えると赤味が減少して徐々に白っぽくなり、20 mass%以上では銀の含有量約72 %の銀銅合金に近い色合い、つまり銀色に近づくとされる（Mecking 2020）。なお、鉛による色味への影響は小さく、明るさに影響を与えるのみで、鉛量が多いほど暗くなる（Mecking 2020）。以上の点から、他の２グループよりスズ含有量が多い車輪状製品は、より銀色に近い色を呈していた可能性がある。したがって、金属の組成および色味からみると、円形円孔製品との関連は認められない。

以上より、車輪状製品では鉛が意図的に添加されていない傾向が認められ、スズの含有量が多いことから、コインとして必ずしも適した金属組成ではないことが明らかとなった。加えて、色調も他の２グループとは異なり、原料となった鉱石が異なる可能性も示唆される。これらの点から、車輪状製品と円形円孔製品との間に材料学的な連続性は認められない。そもそも、車輪状製品は他2グループよりも大きく、重く、分厚いことからもコインとしての携帯性に乏しい。また、形状からみても一般的なコインを鋳造するより技術的なコストは高く、大量生産にも不向きであると考えられる。したがって、車輪状製品はコインとしての利用よりも、装飾品として用いられていた可能性が高い。

円形円孔製品は、上述の通り多様な合金種が確認される。合金種では唯一、銅-スズ-鉛-銀合金が認められる。また、Z00105（純度の高い鉛製）やZ00106（純度の高い銅製）のように合金化されていない資料も含まれる。鉛製のコインや純銅に近い中国式コインが中央アジアで使われた事例は確認されていないことから、これらの資料については、コインとしての利用以外に、装飾品やその他の製品としての使い道も考えられる。

合金化されていない２点を除く資料の合金元素に着目すると、鉛およびスズの含有量はいずれも他の２グループと同様に一定ではない。また、スズの含有量も車輪状製品のように多くはない。含まれる微量元素は亜鉛、ヒ素、アンチモン、銀であり、模倣開元通寶と同様の傾向を示す。よって、円形円孔製品は、車輪状製品に比べて模倣開元通寶に近い金属

組成を示すといえる。

以上より、円形円孔製品は、車輪状製品に比べて模倣開元通寶に近い材料学的特徴を示すことから、貨幣として使用されていた可能性が示唆される。しかし、組成が大きく異なる資料も含まれることから、これらが一律にコインとして使用されていたと断定することはできない。また、車輪状製品と共通する点として、円形円孔製品の中でも装飾の細かいものは技術的コストが高いと想定される。おそらく、コインとして使用されたものと、そうでないものが混在している可能性が高い。材料学的視点に加え、考古学的な情報など多角的な視点から検討する必要がある。

２．サマルカンドとブハラの模倣開元通寶の材料学的特徴

コインの法量と分析結果を表２に示す。表２から、サマルカンドの模倣開元通寶の合金種は銅鉛、鉛青銅、銅-亜鉛-鉛の３種からなる。また、銅鉛合金、銅-亜鉛-鉛合金の資料は各１点ずつであり、全体としては鉛青銅製の資料が大半を占める。唯一、銅-亜鉛-鉛合金製のZ00727は他の資料とは大きく異なり、スズを含まず、亜鉛の含有量が7.6 mass%と他資料より極めて多い。つまり、この資料は真鍮製であると考えられる。サマルカンドの模倣開元通寶がコイン以外の用途で鋳造されたものであるならば、真鍮製であることは矛盾しない。ただし、真鍮製の模倣開元通寶はこれまで報告されていないため、本稿ではZ00727を除外した上で検討を行う。

Z00727を除く資料における鉛の含有量は12.5 mass% ～ 42.8 mass%、スズの含有量は0.9 mass% ～ 5.6 mass%とばらつきが見られる。特に鉛の含有量が多いため、意図的な添加があったと考えられる。微量元素は、亜鉛、アンチモン、ヒ素が検出され、特に亜鉛はZ00741を除くすべての資料で確認される。一方、ヒ素を含む資料は少ない。

以上より、サマルカンドの模倣開元通寶は、主要合金元素の含有量が一定でないため、一律の合金設計がなされなかったといえる。また、鉛が多く含まれることから、銅の使用量を削減する目的で鋳造されたコインであると考えられる。

ブハラの模倣開元通寶は、表２に示す通り、鉛青銅および鉛-銅-スズの２種の合金で構成される。Z01212およびZ01218は鉛-銅-スズ合金に分類され、この２点の鉛の含有量は50 mass%を超えている。全体の鉛の含有量は4.5 mass% ～ 56.8 mass%と多い傾向を示し、ばらつきが認められることから、鉛の添加があったと考えられる。一方、スズの含有量は1.3 mass% ～ 5.7 mass%であり、こちらも一定ではない。微量元素としては亜鉛、アンチモン、ヒ素が含まれており、亜鉛は全資料で確認される。また、サマルカンドの模倣開元通寶と同様に、ヒ素を含む資料は少ない。

よって、ブハラの模倣開元通寶は、サマルカンドの模倣開元通寶と同様に、一律の合金設計がなされておらず、意図的な鉛の添加が行われたコインである。また、上記の特徴および微量元素の種類と含有傾向の類似性から、サマルカンドとブハラの模倣開元通寶は、使用材料や製錬技術が近い可能性がある。

３．金属組成の比較から見る地域的特徴

前節では個別のコインに着目して検討した。本節では発行地域間の材料差に焦点を当てて検討する。比較する対象を揃えるため、模倣開元通寶のみを対象とした。そのため、セミレチエの車輪状製品や円形円孔製品は除いており、サマルカンドのZ00727も除外している。銅に対する鉛（Pb/Cu）およびスズ（Sn/Cu）の質量比を示したものを図３(a) に示し、各地域のコインのプロットと回帰直線および相関係数を示したものを図３の(b)～(d)に示す。また、鉛の含有量の分布を図４、スズの含有量の分布を図５に示す。

図３(a) より、サマルカンドとブハラの模倣開元通寶には、鉛とスズの含有量に正の相関関係が認められる。相関係数は図３(b)、(c) に示すとおり、サマルカンドが約0.5、ブハラが約0.7である。すなわち、サマルカンドの模倣開元通寶には鉛とスズの含有量の間に中程度の正の相関が認められ、一方の増加に伴って他方も増加する傾向がある。また、ブハラではサマルカンドより明瞭な、強い正の相関が認められる。これらの相関は、鉛とスズが一定の割合で同時に添加されていた合金設計の存在を示唆する。あるいは、鉛とスズをあらかじめ混合した合金を準備し、それを銅に加えて鋳造した可能性も考えられる。一方、図３(d) から、セミレチエの模倣開元通寶には相関が認められず、スズの含有量のみが大きくばらつく傾向にある。したがって、鉛とスズの含有量が相関的に増加する傾向は、ブハラとサマルカンド

表2　サマルカンドとブハラの模倣開元通寶の法量と分析結果から得られた半定量値および推定された合金種

調査番号	地域	直径（㎜）	重さ（g）	厚み（㎜）	検出された合金および微量元素（mass%）							推定された合金種
					Cu	Sn	Zn	Pb	As	Sb	Ag	
Z00717	サマルカンド	24.8	4.1	1.6	69.5	3.4	0.5	26.7	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00718	サマルカンド	23.8	4.4	1.8	80.6	1.9	0.3	17.0	0.1	0.1	0.0	鉛青銅
Z00719	サマルカンド	24.5	4.7	1.8	68.6	5.6	0.2	25.5	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00720	サマルカンド	24.2	4.1	1.6	74.8	3.0	0.4	21.7	0.0	0.2	0.0	鉛青銅
Z00721	サマルカンド	24.0	4.0	1.9	72.7	1.7	0.3	24.8	0.4	0.0	0.0	鉛青銅
Z00722	サマルカンド	24.7	3.8	1.7	65.0	3.8	0.4	30.7	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00723	サマルカンド	24.2	5.3	2.2	53.6	3.4	0.3	42.8	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00724	サマルカンド	24.5	4.3	2.0	79.1	0.9	0.2	19.8	0.0	0.0	0.0	銅鉛
Z00725	サマルカンド	24.4	3.9	1.8	66.4	3.1	0.5	30.1	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00726	サマルカンド	24.5	4.7	1.9	74.5	2.6	0.4	22.5	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00727	サマルカンド	25.8	3.7	2.2	90.3	0.0	7.6	1.4	0.0	0.0	0.6	銅-亜鉛-鉛
Z00728	サマルカンド	23.8	3.9	1.9	85.7	1.3	0.4	12.5	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00729	サマルカンド	24.1	4.0	1.9	76.9	1.4	0.4	21.0	0.4	0.0	0.0	鉛青銅
Z00730	サマルカンド	24.9	4.4	2.0	78.5	2.7	0.4	18.4	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00731	サマルカンド	24.2	3.9	1.7	67.8	5.5	0.4	26.2	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00732	サマルカンド	24.2	5.0	1.9	72.0	1.7	0.2	26.0	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00733	サマルカンド	24.2	3.5	1.7	56.5	2.8	0.2	40.5	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00734	サマルカンド	24.6	4.4	2.2	83.2	1.1	0.1	15.6	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00735	サマルカンド	23.8	3.3	1.6	69.9	2.8	0.3	27.0	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00736	サマルカンド	25.2	4.3	2.1	77.2	3.1	0.3	19.2	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00737	サマルカンド	24.4	3.9	1.7	61.0	3.3	0.2	35.5	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00738	サマルカンド	24.4	4.1	1.7	63.7	2.3	0.1	34.0	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z00739	サマルカンド	24.5	4.3	1.7	79.0	1.3	0.1	19.5	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00740	サマルカンド	24.8	4.3	1.7	73.8	3.2	0.1	22.8	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z00741	サマルカンド	23.8	3.5	1.7	67.6	2.4	0.0	30.0	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01198	ブハラ	23.7	3.9	1.3	75.8	2.2	0.4	21.4	0.2	0.1	0.0	鉛青銅
Z01199	ブハラ	23.6	3.7	1.3	75.3	2.5	0.2	21.8	0.2	0.1	0.0	鉛青銅
Z01200	ブハラ	24.5	3.9	1.5	49.2	3.1	0.1	47.5	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01201	ブハラ	24.0	3.4	1.3	73.9	4.9	0.2	20.8	0.0	0.2	0.0	鉛青銅
Z01202	ブハラ	23.5	3.1	1.4	74.9	5.0	0.3	19.8	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01203	ブハラ	24.0	3.5	1.5	50.6	3.9	0.1	45.2	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01204	ブハラ	24.2	4.3	1.6	68.5	4.3	0.1	27.0	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01205	ブハラ	23.9	3.5	1.5	66.9	3.9	0.2	29.0	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01206	ブハラ	22.7	3.8	1.5	65.6	4.4	0.2	29.7	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01207	ブハラ	24.2	3.9	1.7	68.8	3.6	0.2	27.3	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01208	ブハラ	24.1	3.8	1.7	66.0	4.6	0.2	29.2	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01209	ブハラ	24.0	3.4	1.4	58.9	5.3	0.2	35.2	0.3	0.1	0.0	鉛青銅
Z01210	ブハラ	23.5	3.9	1.7	70.4	3.7	0.3	24.8	0.6	0.3	0.0	鉛青銅
Z01211	ブハラ	24.8	3.5	1.5	77.8	3.1	0.3	18.5	0.2	0.1	0.0	鉛青銅
Z01212	ブハラ	24.3	3.9	1.4	38.2	4.8	0.2	56.8	0.0	0.0	0.0	鉛-銅-スズ
Z01213	ブハラ	24.2	4.0	1.6	77.4	2.4	0.3	19.6	0.0	0.2	0.0	鉛青銅
Z01214	ブハラ	23.5	3.8	1.6	73.2	5.0	0.3	21.5	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01215	ブハラ	23.9	3.1	1.2	92.5	2.4	0.2	4.5	0.4	0.0	0.0	鉛青銅
Z01216	ブハラ	23.8	4.0	1.7	65.8	4.3	0.2	29.6	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01217	ブハラ	24.8	3.6	1.5	48.9	5.4	0.2	45.5	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01218	ブハラ	24.3	3.5	1.5	44.9	3.7	0.2	51.0	0.2	0.0	0.0	鉛-銅-スズ
Z01219	ブハラ	25.1	4.7	1.7	57.9	3.4	0.2	38.5	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01220	ブハラ	24.3	4.0	1.7	57.2	4.9	0.3	37.5	0.0	0.2	0.0	鉛青銅
Z01221	ブハラ	23.7	3.9	1.7	56.6	4.6	0.3	38.4	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01222	ブハラ	23.0	3.1	1.4	70.7	5.7	0.4	22.3	0.3	0.7	0.0	鉛青銅
Z01223	ブハラ	24.4	4.1	1.5	79.8	2.9	0.1	17.1	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01224	ブハラ	24.2	3.3	1.5	72.9	2.9	0.1	24.1	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01225	ブハラ	23.9	4.0	1.5	66.7	2.1	0.2	30.8	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01226	ブハラ	23.6	3.8	1.7	65.2	2.7	0.2	31.8	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01227	ブハラ	24.8	4.2	1.9	81.0	1.3	0.1	17.6	0.0	0.0	0.0	鉛青銅
Z01228	ブハラ	24.3	3.6	1.6	53.8	3.2	0.2	42.4	0.3	0.1	0.0	鉛青銅
Z01229	ブハラ	24.1	4.2	1.7	65.1	3.8	0.2	30.7	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01230	ブハラ	24.3	3.0	1.3	59.4	2.6	0.3	37.1	0.6	0.1	0.0	鉛青銅
Z01231	ブハラ	23.7	4.6	1.8	78.2	4.1	0.3	17.4	0.0	0.1	0.0	鉛青銅
Z01232	ブハラ	24.2	4.0	1.6	65.1	3.7	0.3	30.6	0.3	0.0	0.0	鉛青銅

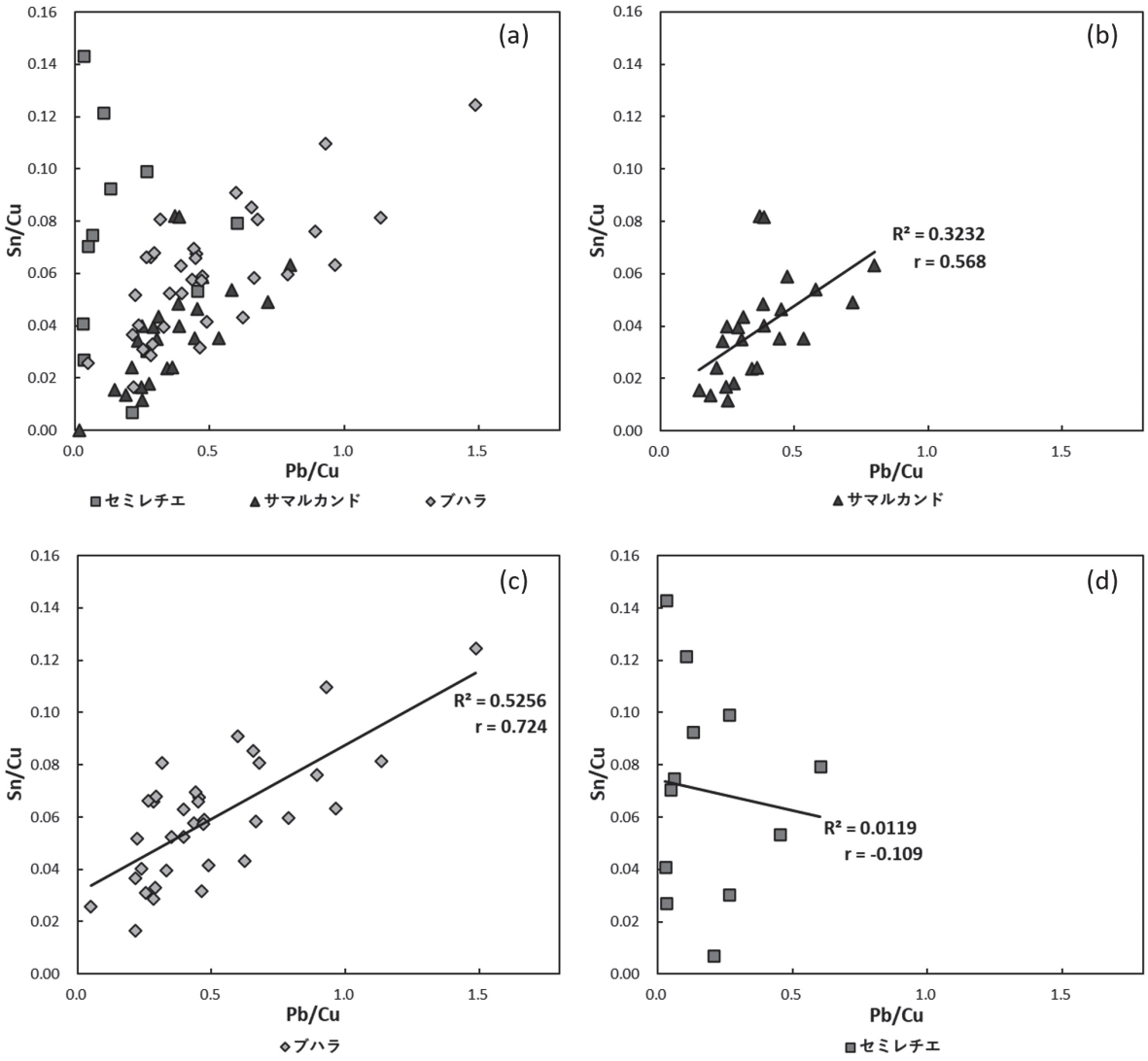


図３　各地域の模倣開元通寶における銅に対する鉛およびスズの質量比と地域ごとの相関
（直線は回帰直線、rは相関係数、R²は決定係数を示す）
(a)セミレチエ、サマルカンド、ブハラ、(b)サマルカンド、(c)ブハラ、(d)セミレチエ

の地域的な特徴を反映している可能性がある。

図４から、コインに含まれる鉛の含有量を比較すると、セミレチエの模倣開元通寶が最も低い傾向を示す。中央値（第２四分位数）に着目すると、ブハラの方が高く、ブハラの模倣開元通寶が最も鉛を多く含む傾向にある。また、３地域の中ではブハラの鉛の含有量のばらつきが大きく、一定ではないことが認められる。なお、Z01215 は鉛の含有量が最も低い値を示しており、その要因として酸洗い処理が施されていた可能性が考えられる。その場合、実際の鉛の含有量よりも低く測定されるので、結果として全体のばらつきが大きくなったと考えられる。

図５より、スズ含有量に着目すると、セミレチエの模倣開元通寶は最も高い値を示し、サマルカンドの模倣開元通寶は最も低い値を示す。また、スズ含有量のばらつきはセミレチエで最も大きく、一方でサマルカンドおよびブハラでは一定のばらつきは認められるものの、セミレチエほど顕著ではない。このスズ含有量のばらつきについては、資料数の少なさに起因する可能性が考えられる。加えて、セミレチエにおける模倣開元通寶の型式差によって含有量が異なる可能性も想定される。しかし、現時点では明確な要因は特定できない。

以上、合金を構成する主要元素である鉛とスズに着目して、発行地域ごとの比較を行った。その結果、サマルカンドおよびブハラの模倣開元通寶では、鉛とスズの含有量が相関的に増加する傾向が認められた。また、鉛の含有量はブハラの模倣開元通寶が最

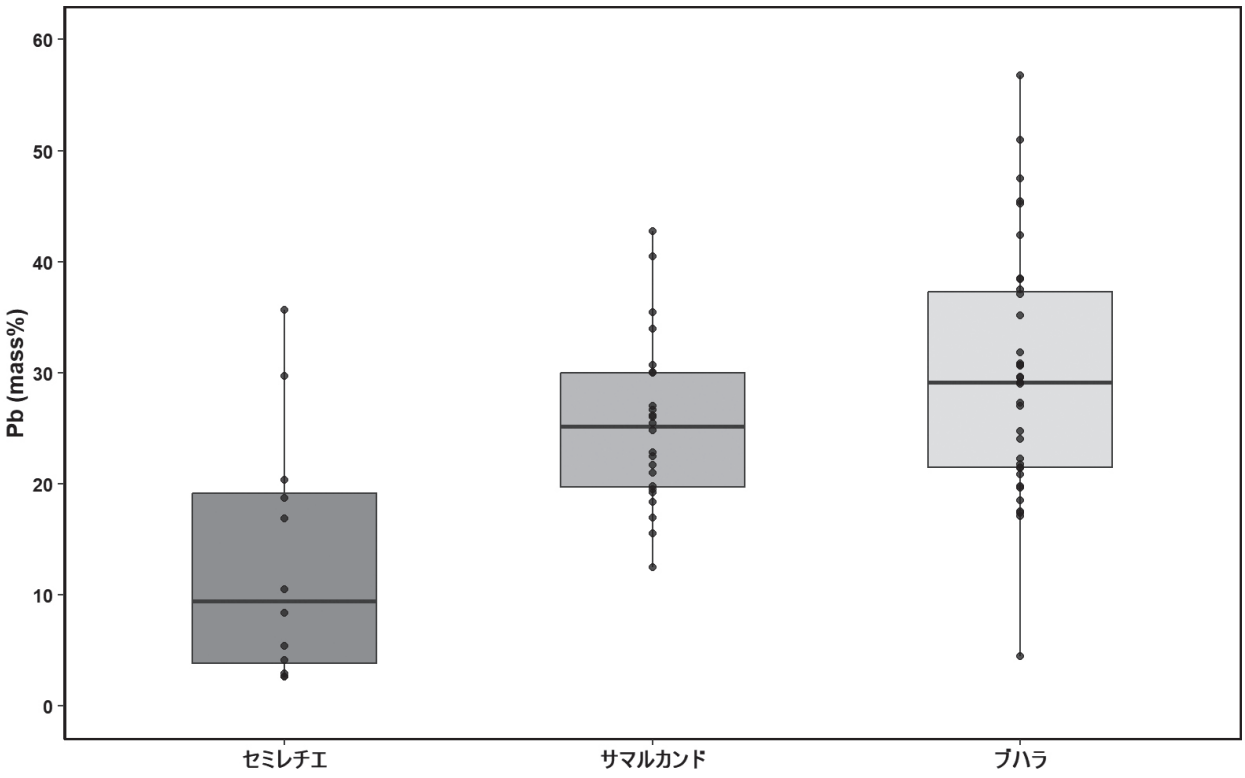


図４　各地域の模倣開元通寶に含まれる鉛の含有量（mass%）の分布

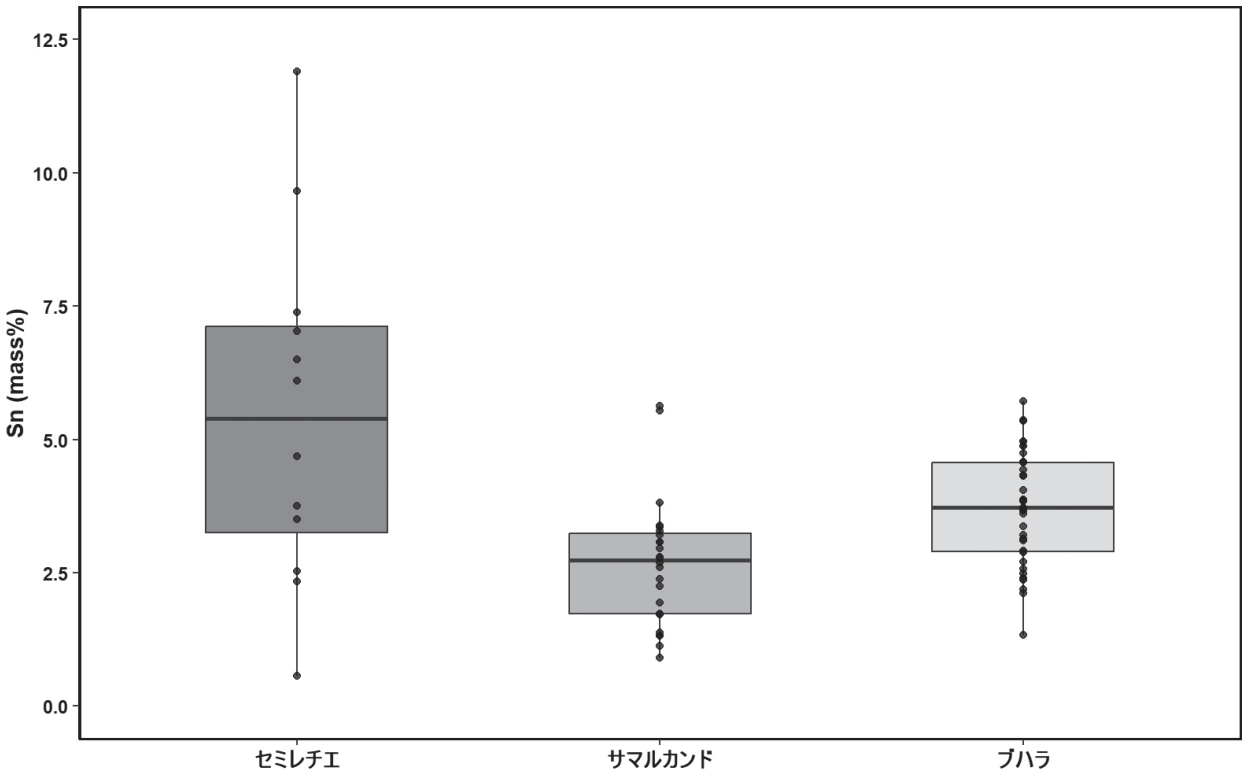


図５　各地域の模倣開元通寶に含まれるスズの含有量（mass%）の分布

も多く、セミレチエの模倣開元通寶が最も少ない。一方で、スズの含有量はセミレチエの模倣開元通寶が最も多く、サマルカンドの模倣開元通寶が最も少ないことが明らかとなった。これらの差異は、各地域における模倣銭鋳造の材料調達や合金設計に地域性が反映されていた可能性を示唆する。

本研究では、セミレチエ、サマルカンド、ブハラで発行された模倣開元通寶を対象として金属組成を調査した。一方で、これらの地域には、模倣開元通寶とは別に独自のコインが存在しており、それらが主として流通していたことが知られている。加えて、中国本土で鋳造された正規の開元通寶との比較も、模倣開元通寶の材料学的特徴や技術的差異を理解する上で重要である。しかし、本稿では在地のコインおよび中国本土の開元通寶との詳細な比較には至っておらず、これらの点については今後の課題としたい。

おわりに

本研究では、イスラーム化以前のセミレチエ、サマルカンド、ブハラで発行された88点の模倣開元通寶を対象に材料調査を行った。その結果は以下のようにまとめられる。

・車輪状製品はスズを多く含むため、機械的性質や色味が他のグループと異なる。さらに、形状上、鋳造コストが高く携帯にも不向きであることから、流通用のコインではなく、装飾品として製作された可能性が高い。
・円形円孔製品は、金属組成が模倣開元通寶に類似する資料と、それとは大きく異なる組成を示す資料の２つに分けられる。このことから、円形円孔製品の中には、コインとして鋳造されたものと、それ以外の用途で製作されたものが併存している可能性がある。
・セミレチエ発行の模倣開元通寶は、他の2地域と比較して鉛の含有量が最も少なく、スズの含有量が最も多い傾向がある。また、微量元素として亜鉛、ヒ素、銀が比較的多く含まれる傾向が認められる。さらに、コインの型式によって鉛の含有量が異なるものがある。
・サマルカンド発行の模倣開元通寶は、他の2地域と比較して、スズ含有量が最も少ない傾向がある。また、鉛とスズの含有量の間には中程度の正の相関が認められ、一方が増加するともう一方も増加する傾向が見られる。
・ブハラ発行の模倣開元通寶は、他の２地域と比較して、鉛含有量が最も多い傾向がある。また、鉛とスズの含有量の間には強い正の相関が認められ、その相関はサマルカンドよりも明確である。
・対象地域の模倣開元通寶には、いずれも意図的な鉛の添加が行われている。
・各地域の模倣開元通寶は、銅、スズ、鉛の含有量が一定ではないため、一律の合金設計は存在しなかったと考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、関西医科大学の平野伸二先生には、貴重な資料と情報をご提供頂きました。心より感謝申し上げます。

引用文献

稲葉穣, 2022, イスラームの東・中華の西 七～八世紀の中央アジアを巡って. 京大人文研東方学叢書, 13, 臨川書店, 165-166.

加藤九祚訳, エドヴァルド・ルトヴェラゼ著, 2011, 考古学が語るシルクロード史 中央アジアの文明・国家・文化. 平凡社, 227-229.

竹井良, 藤澤明, 2024, 中央アジアのコインの材料と鉛同位体比からみたイスラーム化以前の金属流通. 帝京大学文化財研究所研究報告, 22, 31-56.

永井久美男編, 1994, 中世の出土銭―出土銭の調査と分類―. 兵庫埋蔵銭調査会, 99.

日本鋳造工学会編, 2002, 鋳造工学便覧. 丸善株式会社, 408-409.

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.

宮澤知之, 2007, 中国銅銭の世界―銭貨から経済史へ―. 佛教大学鷹陵文化叢書16. 思文閣出版, 146-147, 150-151.

宮澤知之, 2023, 中国前近代の貨幣と財政. 東洋史研究叢刊之八十一（新装版19）, 京都大学学術出版会, 197.

山内和也, 吉田豊, 齊藤茂雄, 藤澤明訳, A. カミシェフ著, 2025, 中世初期におけるセミレチエのコイン キルギズスタンにおける貨幣経済の始まり. 山内和也編, シルクロードのコイン2. 帝京大学シルクロード叢書2, 帝京大学出版会, 5, 38, 42, 120-124.

山岡直人, 2007, 中国貨幣の歴史17「開元通宝」の誕生―唐代前期の貨幣―. 金融研究, 25, 1.

山田勝芳, 2000, 貨幣の中国古代史. 朝日選書660, 朝日新聞社, 279-280.

山藤正敏, 2024, 天山山脈北麓における定住―遊牧社会関係

史の再構築―キルギス共和国北部、チュー渓谷西部における考古学踏査―. 独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所, 7.

吉田豊訳, A. カミシェフ著, 2025, チュー川流域（キルギズスタン）のシシュ・トベ遺跡（ヌズケット）で発見された唐王朝のコインの現地模倣銭. 山内和也編, シルクロードのコイン２. 帝京大学シルクロード叢書２, 帝京大学出版会, 249-259.

顔松, 2016, 庫車県出土唐代窖蔵銭幣. 中国銭幣, 6, 62-64.

楊暁丹, 耿銘沢, 2017, 中国古銭幣之大唐開元通宝. 長春金融高等専科学校学報, 4, 16-21.

George, L, L., Cook, N, J., Ciobanu, C, L., 2017, Minor and Trace Elements in Natural Tetrahedrite-Tennantite: Effects on Element Partitioning among Base Metal Sulphides. Minerals, 7, 17.

Li, F., Luo, S., Zhou, W., Wang, C., Jin, Z., Huang, F., Fan, A., 2023, Counterfeiting activities during the Tang Dynasty (618–907 CE) revealed by the special alloy coins in the Chenzho-u hoard, Hunan, China. Journal of Archaeological Science: Reports, 49, 103942.

Ma, D., Wang, Y., Yang, J., Bi, Y., and Luo, W., 2022, A glimpse into the monetary supply network of the Tang empire in the seventh century CE: archaeometallurgical study of Kaiyuan Tongbao coins from Lafu Queke cemetery, Xinjiang, Northwest China. Heritage Science, 10, 178.

Mecking, O., 2020, The colours of archaeological copper alloys in binary and ternary copper alloys with varying amounts of Pb, Sn and Zn. Journal of Archaeological Science, 121, 105199.

Oudbashi, O., Hasanpour, A., 2016, Microscopic study on some Iron Age bronze objects from Western Iran. Heritage Science, 4, 8.

Rhodes, N., 1997, Tang Dynasty Coins made in Xinjiang. Studies in Silk Road Coins and Culture: Papers in Honour of Professor Ikuo Hirayama on his 65th Birthday. The Institute of Silk Road Studies, 181-186.

Skaff, J. K., 1998, Sasanian and Arab-Sasanian silver coins from Turfan: Their relationship to international trade and the local economy. Asia Major, THIRD SERIES, 11, 2, 67–115.

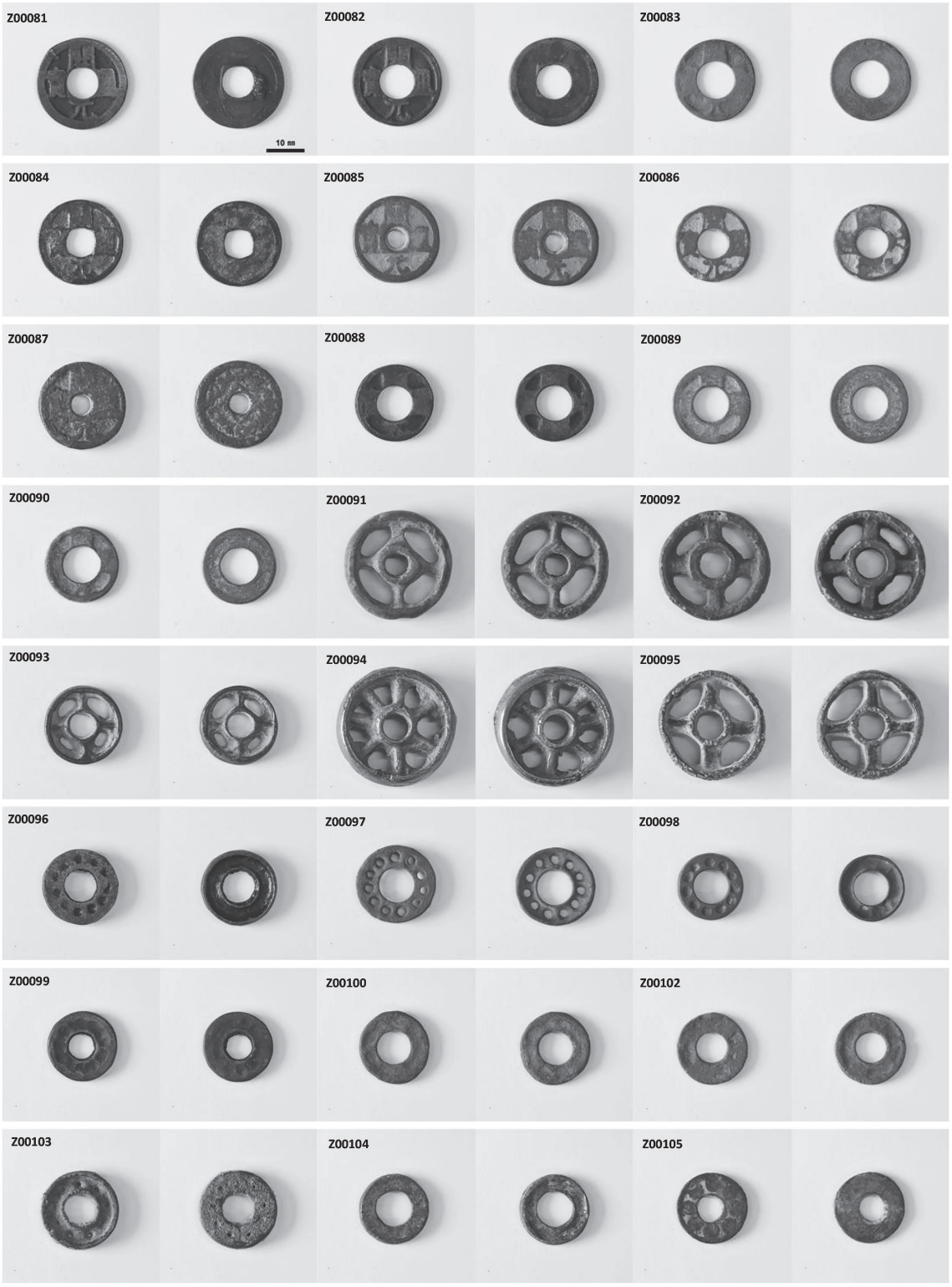
Sun, Wd., Zhang, Lp., Guo, J., Li, Cy., Jiang, Yh., Zartman, R, E., Zhang, Zf., 2016, Origin of the mysterious Yin-Shang bronzes in China indicated by lead isotopes. Scientific Reports, 6, 23304.

Wang, H., 2004, Money on the Silk Road: the evidence from Eastern Central Asia to c. AD 800: with a catalogue of the coins collected by Sir Aurel Stein. British Museum Press, 29-32, 37-44.

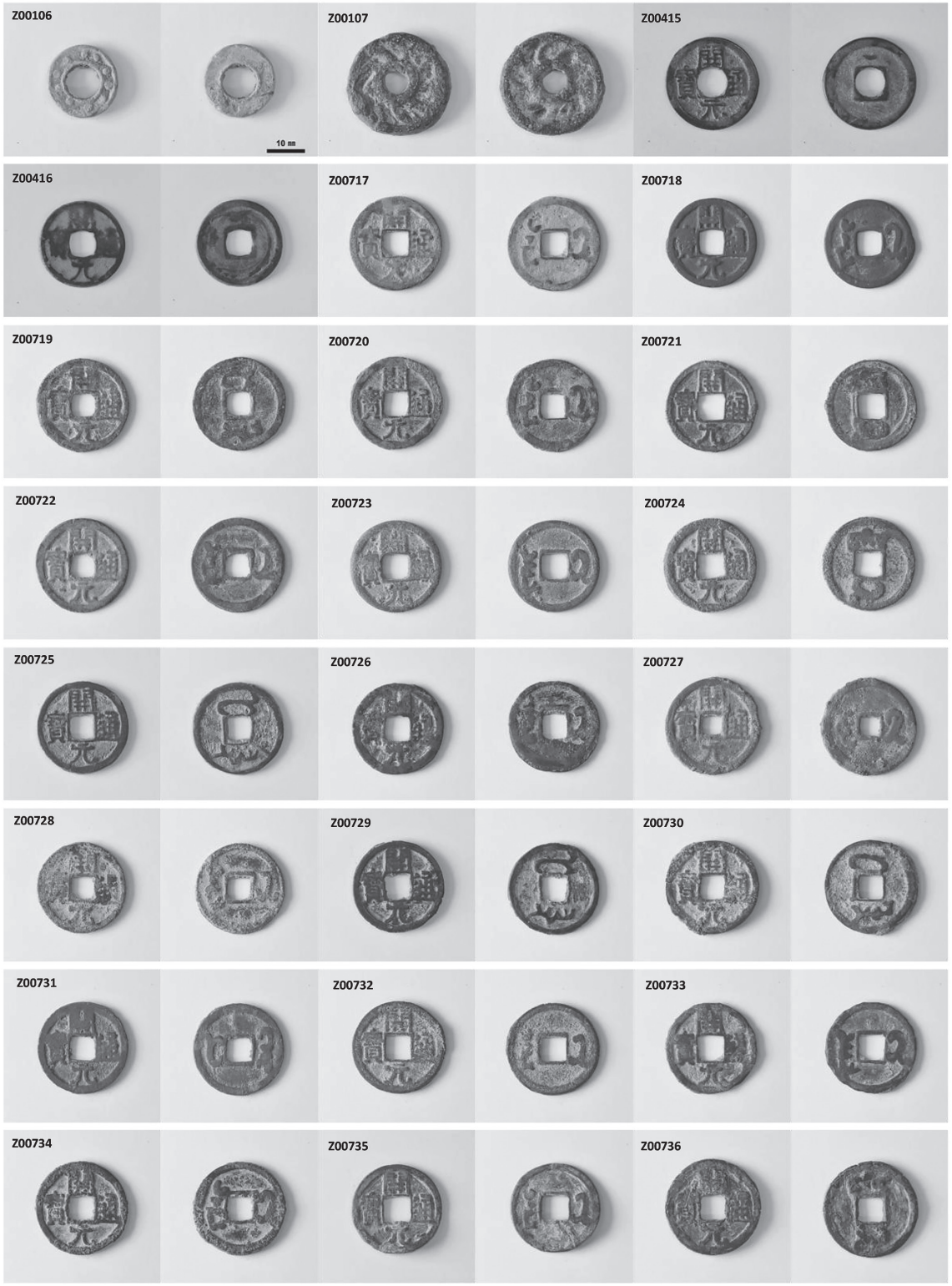
You, M., Hu, Y., Zhou, C., Liu, G., 2024, Speciation Characterization and Environmental Stability of Arsenic in Arsenic-Containing Copper Slag Tailing. Molecules, 29, 7, 1502.

Zeimal, E. V., 1994, The Circulation of Coins in Central Asia during the Early Medieval Period (Fifth–Eighth Centuries A.D.). Bulletin of the Asia Institute, 8, 245–267.

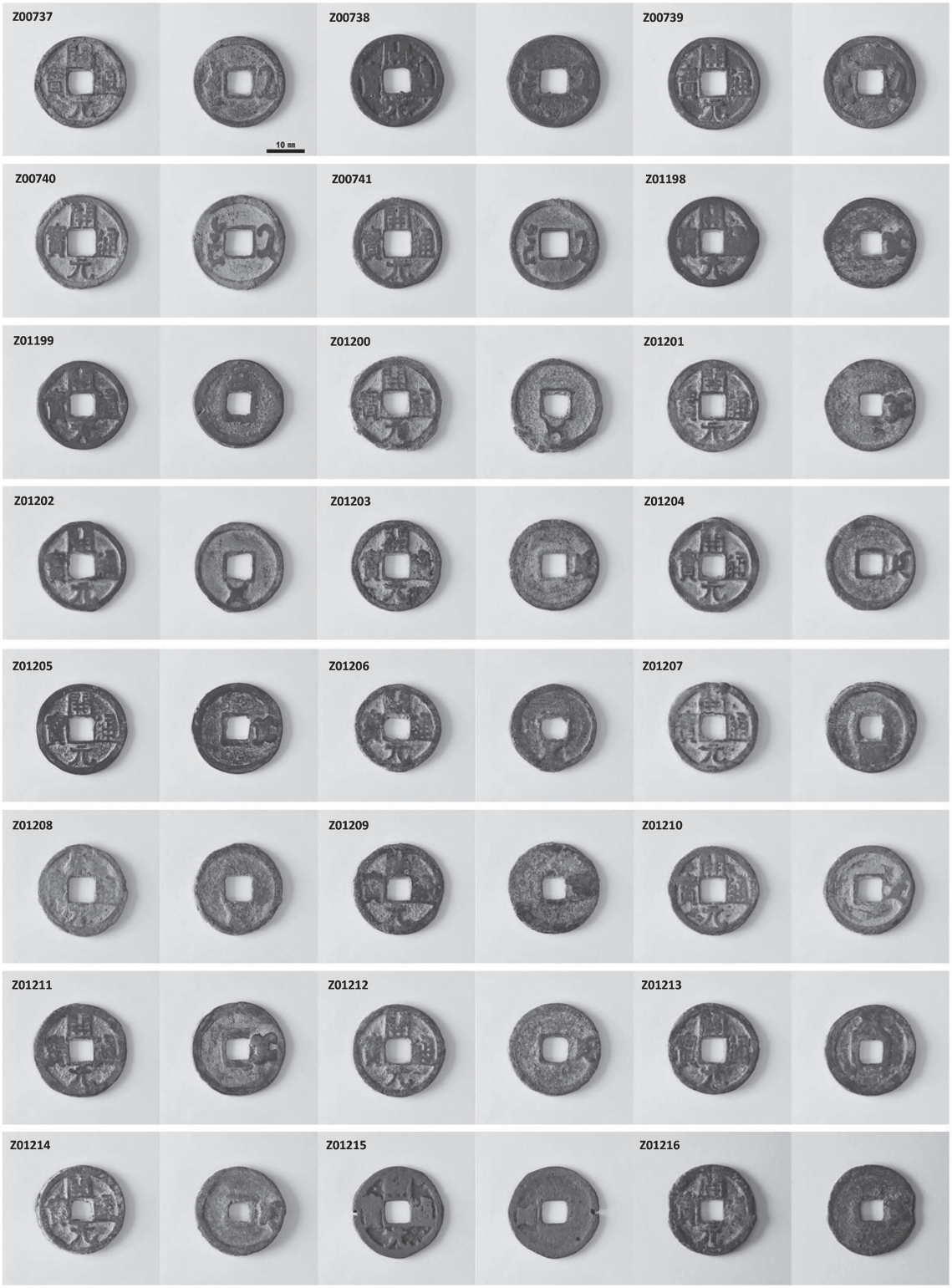
Смирнова О. И. 1981, Сводный каталог согдийских монет. Бронза. Издательство "Наука" Главная редакция восточной литературы. Москва, 35-36.



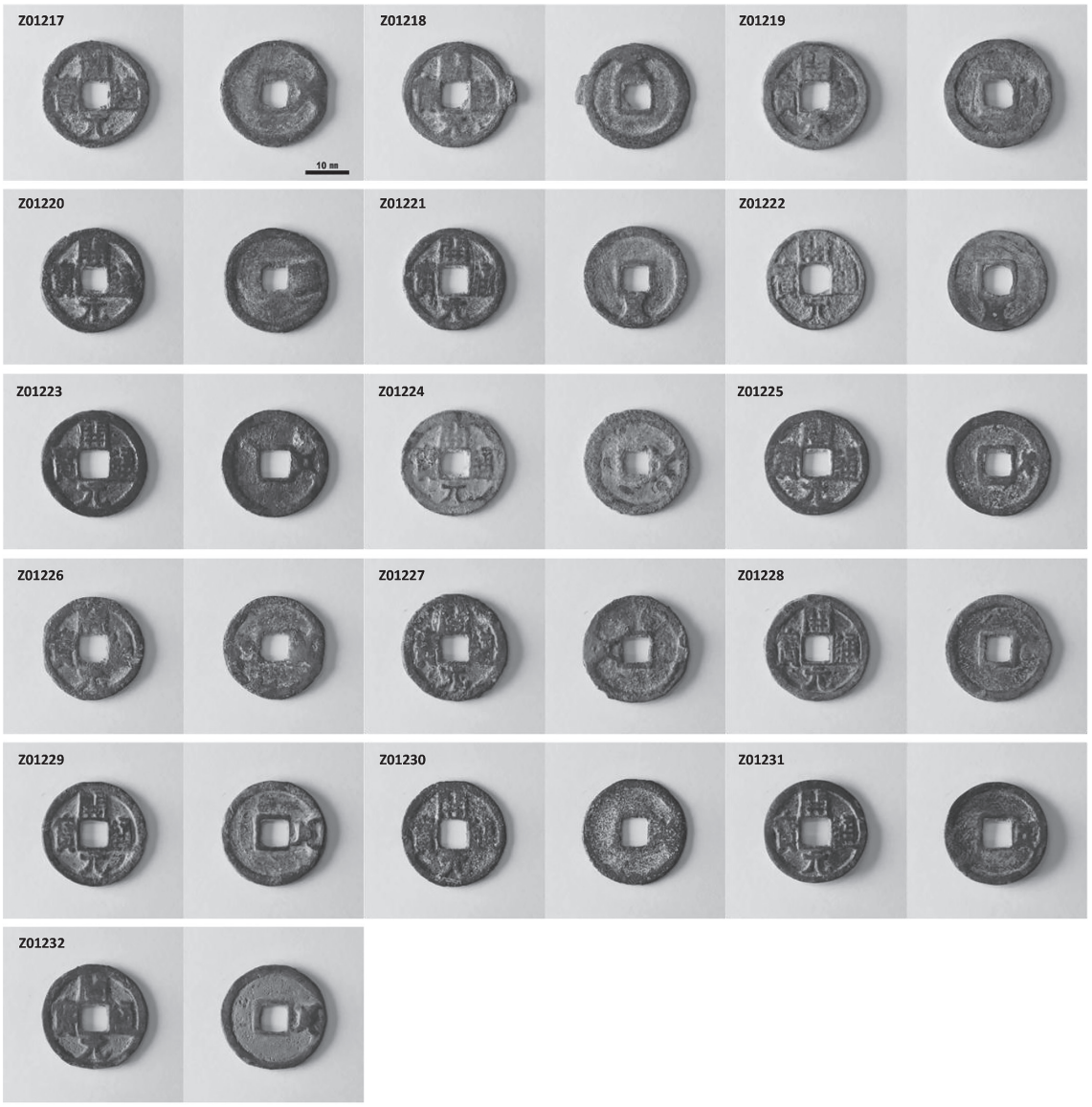
付録1-1　対象資料の外観（Z00081 ～ Z00105）



付録1-2　対象資料の外観（Z000106 ～ Z00736）



付録1-3　対象資料の外観（Z000737 ～ Z01216）



付録1-4　対象資料の外観（Z01217 ～ Z01232）

A Comparative Study on Metal Composition of Imitation Kaiyuan Tongbao Coins Issued in Semirech'e, Samarkand, and Bukhara

Tsukasa Takei[*1], Akira Fujisawa[*2]

[*1] Teikyo University Graduate School of Liberal Arts, [*2] Research Institute of Cultural Properties, Teikyo University

Abstract

This study examined the metal composition of 88 imitation *Kaiyuan Tongbao* coins based on research on Central Asian coins in private collections conducted since 2022 at the Institute of Cultural Properties, Teikyo University. These coins were issued in three regions: Semirech'e, Samarkand, and Bukhara. The coins were analyzed using portable X-ray fluorescence (pXRF). The metal composition was compared by region.

As a result, the coins from Samarkand and Bukhara show a positive correlation between lead and tin contents. Comparison among the three regions revealed regional differences in metal composition. Coins from Semirech'e tend to contain higher tin and lower lead than those from the other regions. Those from Samarkand show the lowest tin content, and those from Bukhara contain the highest lead content. These results suggest that different alloy types were designed in each region. This study contributes to understanding the production system of *Kaiyuan Tongbao* coinage in Central Asia.

Keywords : X-ray fluorescence analysis, chemical composition, copper alloys, Central Asia, Kaiyuan Tongbao