

東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

その他のタイトル	Metallurgical Re-investigation of Ancient Chinese Coins in the Collection of Tokyo Institute for the Oriental Culture, now in University of Tokyo
著者	飯塚 義之, 平? (平勢) ?郎, 王 宇祥, 鈴木 舞
雑誌名	東洋文化研究所紀要 = The memoirs of Institute for Advanced Studies on Asia
巻	177
ページ	176-92
発行年	2020-03-31
URL	http://doi.org/10.15083/00079136

東方文化学院（東京研究所） 旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

飯塚義之 平勢隆郎 王宇祥 鈴木舞

1：はじめに（平勢）

東京大学東洋文化研究所には、加藤繁・道野鶴松が検討した貨幣資料が残されている。網羅性の強い方針で収集された中国戦国時代の貨幣資料の中に、金相学的検討を行った資料が含まれている。

注目されるのは、その収集の網羅性であり、わが国における貨幣資料の所蔵状況をみると、中国戦国時代に限る場合、有数のコレクションとなっている¹。

加藤繁は、『支那経済史考証』²がよく知られている。その上巻に、戦国貨幣について考証した論文を収めている。しかし、加藤繁には、『中国貨幣史研究』³が残されている。この書は加藤繁の帝国大学における講義稿案を整理した

-
- 1 東洋文化研究所蔵の戦国貨幣には、比較的早く収集された木箱入りのものと、それらとは別にまとめられたものがある。いずれも点数は多い。本論で検討対象とするのは、前者である。後者の中に加藤繁、道野鶴松の研究に使用されたものがあるかないかは検証し得ないので言及しない。
 - 2 加藤繁『支那経済史考証』（東洋文庫、上巻 1952年・下巻 1953年。和田清の序文が参照できる）。
 - 3 加藤繁『中国貨幣史研究』（東洋文庫、1991年12月。中嶋敏のあとがきが参照できる）。

ものである。該書のあとがき（中嶋（島）敏）によると、加藤繁には、先秦・秦漢貨幣の研究プロジェクト（1929～1934年）があったが、刊行されることなく、1945年の東京大空襲によって加藤宅が焼失し、その研究成果は焚滅したらしいとのことである。ただ、中嶋あとがきに記されているが、その成果の一部は、公表されたものがある⁴。

本論は、その一部からうかがい知れる在りし日の成果を、新たな検討結果として復元して示そうとするものである。さらに述べれば、下記を執筆される飯塚義之氏は、金相学的検討を現代の技術と視点から、精力的に進めてこられた方である。まさに時宜を得たというべく、忙しい氏に検討をお願いした⁵。氏の検討については、王宇祥氏が電子顕微鏡観察、分析用の試料作製と電子顕微鏡像の撮影と編集などを担われた。また、鈴木舞氏は台湾と日本との連絡調整に当たり、かつ、先行研究の総括や今後の金相研究の可能性について、意見交換を進めていただいた。

中国戦国貨幣の研究は、布銭・刀銭・円銭・蟻鼻銭といった貨幣の形状、それらのおおよその出土地や銘文に見られる都市名の検討から、戦国時代のどの国家の手になるものかが議論されてきた。その大要は、前掲加藤繁『中国貨幣史研究』の第一部「先秦・秦漢貨幣史」によって知ることができる。これは、加藤繁の帝国大学教授時代の講義原稿であり、当時から、その大要が知られて

4 前掲『支那経済史考証』下巻所収の昭和8年11月19日東方文化学院東京研究所開所式記念講演「先秦の鑄造貨幣に就いて」および昭和18年11月30日東方文化学院講演「支那古代の錢范に就いて」。道野鶴松の金相学研究による成果と数字などについては、同氏の『古代金属文化史—その化学的研究』（朝倉書店、1977年11月）にその一部を収められた（前掲『中国貨幣史研究』中嶋敏あとがき）。

5 わが研究所所蔵の東方文化学院旧蔵資料の一部として、研究員加藤繁・囑託道野鶴松『支那古代貨幣の史的化学的研究』（東方文化学院東京研究所第五年度末報告、1934年4月30日）という手書きの報告が残されている（後掲）。扱う貨幣資料は一部にとどまる。

いたことがわかる。具体的数値をもって貨幣個々の重量比較を行うには、汪慶正主編・馬承源校閲『中国歴代貨幣大系』⁶が有用である。平勢隆郎『中国古代紀年の研究』⁷表VI「戦国貨幣と重量」は、それらを比較して一覧にした。貨幣の重量には、ばらつきがあるが、重量が集中するところがあり、それは林巳奈夫「戦国時代重量分銅表」⁸に検討された各国の単位重量（など）になっている。松丸道雄「西周時代の重量単位」（『東洋文化研究所紀要』117, 1992年3月）によれば、西周時代の重量単位は青銅のインゴット（銅餅）に基づき、10進法であったようだ。それが戦国時代に継承されて戦国貨幣の基準となった。その際、重量のくりあがりには10進法ではなく、林巳奈夫の一覧に示されるところから明らかのように、 $9 \cdot 6 \cdot 8$ の倍数をもってする異質のものになった。例えば12でくりあがるとか、32でくりあがるとかいったものになっている。この $9 \cdot 6 \cdot 8$ は、古来の音楽の音づくりの基礎となる三分損益法（ギリシアではピタゴラスの名をもって語られる）をもって作り出される⁹。9が天、6が地、8が人を意味するとされ、儒教経典などにおいてそれらが議論された¹⁰。天地を意識した八卦方位が出現するのは、前4世紀になってからのようであ

6 汪慶正主編・馬承源校閲『中国歴代貨幣大系』（上海人民出版社〈上海〉編集，東方書店，1988年10月）。特に趙刀・中山刀の問題については当書を参照されるとよい。当書には、貨幣個々の重量計測値も付されている。

7 平勢隆郎『中国古代紀年の研究——天文と暦の検討から』（東京大学東洋文化研究所・汲古書院，1996年）。

8 林巳奈夫「戦国時代の重量単位」（『史林』51, 1986年8月）。

9 9の $\frac{2}{3}$ が6，6の $\frac{3}{4}$ が8という関係にある。三分損益法では、基準の長さとその半分の長さの間に、 $\frac{2}{3}$ 、 $\frac{4}{3}$ を乗じて12の長さを作り出す。それぞれの長さの管や弦が作り出す音が1オクターブにおさまるようになっている。

10 例えば、『周易』では、9を陽の数、6を陰の数として用い、それらを組み合わせで八卦（8）を論じる。飯塚義之・内田純子・廣川守・三船温尚『錫石の製錬と錫石を用いた青銅の鑄造実験』（*FUSUS (Journal of the Society for the History of Asian Casting Technology)*, Vol. 9, Feb. 2017）に『考工記』を引いて「金有六齊」を話題にしているが、この「六」も地の数が反映されたものである。

る¹¹。

本論は、度量衡に関わる議論には立ち入らないが、度量衡特に重量にからめて貨幣を論じ、上記の三分損益法の実態を語らぬ見解は枚挙にいとまがない。

ただ、加藤繁も詳細に検討した戦国貨幣の文字学的考証は、わが所の東方文化学院旧蔵資料が作成されたころに比較すると、かなり進捗してきている。具体的にどの都市にかかわるのかの文字学的検討は、各自が進められる他、江村治樹『春秋戦国時代青銅貨幣の生成と展開』等¹²を加え、上記の三分損益法の実態を加味して議論されるようお勧めする。

本論は、上述したように、加藤繁・道野鶴松の研究を、現代的視点を加味して再検討する。この企図から出発するため、加藤繁・道野鶴松の検討時点の貨幣名称を考慮して検討することをご容赦願いたい。

2：本コレクションの収蔵経緯とその特色（鈴木）

本コレクションは、1929年の東方文化学院東京研究所設立時から5年ほどの間に、加藤繁・道野鶴松による研究テーマ「支那古代貨幣の史的化学的研究」遂行のための研究資料として収集されたと推測される。上記「1：はじめに」の注1にあるように、その後の収集品もあるようだが、本論は原則として扱わない。そして戦後の1948年、東方文化学院東京研究所は東京大学東洋文化研究所に吸収されたため、それ以後現在に至るまで、これらの資料は同研究所所蔵となっている。詳細は以下のとおりである。

-
- 11 前掲平勢隆郎『中国古代紀年の研究』第二章第二節、平勢隆郎『左伝の史料批判的研究』（東京大学東洋文化研究所・汲古書院、1998年）第一章第一節・第二節。平勢隆郎『「仁」の原義と古代の数理』（東京大学東洋文化研究所・雄山閣、2016年）第三章第一節。
 - 12 江村治樹『春秋戦国時代青銅貨幣の生成と展開』（汲古書院、2011年）等。各自の視点や議論に沿って、再検討されたい。

まず東方文化学院東京研究所によって刊行された『東方学報（東京）』の彙報欄に基づき、中国古代貨幣の収蔵状況を見てみる。東方文化学院東京研究所の設立は、1929年のことである。同院による『東方学報（東京）』第5冊（1934年12月発行）の彙報欄によれば、研究所は、設立後しばらくは東京帝大附属図書館の一室にあったが、1933年8月に東京市小石川区大塚町に研究所の建物を新築し、これに伴い、同年11月19日に東方文化学院東京研究所開所式を挙行している¹³。その際、服部宇之吉所長による式辞として、「本研究所は研究に必要な図書及び資料の蒐集に勉めつゝあるも創立以来未だ五年に満たざるを以て甚だ豊富なりとは謂ふ可らず。図書は…、外に古銭、瓦当、拓本、地図等若干を蔵す。此等の中一部分を選び別室に陳列し置けり。…。」とあり¹⁴、また「東方文化学院東京研究所開所式」の項には、当日陳列室を披露した際の様子が述べられている¹⁵。

同じく『東方学報（東京）』の彙報欄では毎号、「東方文化学院東京研究所現況」の項を設け、研究所構成員と各人の研究テーマが記されているが、第1冊（1931年4月28日発行）、第2冊（1931年12月20日発行）、第3冊（1932年12月8日発行）、第4冊（1933年11月20日発行）までは、「支那古代貨幣の史的化学的研究／研究員加藤繁／助手道野鶴松」と記載がある¹⁶。第5冊

13 「彙報：東方文化学院東京研究所開所式」『東方学報（東京）』第5冊（東方文化学院東京研究所，1934年）。

14 「彙報：東方文化学院東京研究所開所式：服部所長式辞」『東方学報（東京）』第5冊（東方文化学院東京研究所，1934年）。

15 「彙報：東方文化学院東京研究所開所式」『東方学報（東京）』第5冊（東方文化学院東京研究所，1934年）。

16 「彙報：東方文化学院東京研究所現況」『東方学報（東京）』第1冊（東方文化学院東京研究所，1931年），「彙報：東方文化学院東京研究所現況」『東方学報（東京）』第2冊（東方文化学院東京研究所，1931年），「彙報：東方文化学院東京研究所現況」『東方学報（東京）』第3冊（東方文化学院東京研究所，1932年），「彙報：東方文化学院東京研究所現況」『東方学報（東京）』第4冊（東方文化学院東京研究所，1933年）。

(1934年12月15日発行)以降では、「中世支那貨幣の史的研究／研究員加藤繁／助手 中島敏」に変わっており¹⁷、加藤・道野は、1929年の研究所創立以来1933年までの5ヵ年ほどの研究テーマとして、これら貨幣の化学的研究を行っていたことが分かる。

その成果として、第4冊(1933年11月)には、道野による「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」¹⁸、第5冊(1934年12月発行)の彙報欄には加藤による開所式の際の「先秦の鑄造貨幣に就いて」の記念講演会の講演録が掲載されている¹⁹。いずれも、東方文化学院東京研究所の所蔵する中国古代貨幣約120点を利用して行った歴史的・化学的研究であることが明記されている。なお、資料の化学分析結果の全容が公表されるのは、道野が1967年に出版する『古代金属文化史—その化学的研究—』を俟つことになる。これらのことから、本コレクションが1929年～1933年までの間に収集され、研究に活用されたものであることが分かる。

なお、加藤が東方文化学院東京研究所においてこの「支那古代貨幣の史的化学的研究」というテーマを選択したきっかけには、東京帝国大学文学部(在任期間1926年～1941年)での中国貨幣史の研究があると推察される。なぜならば、加藤の東京帝大時代の講義録をまとめた『中国貨幣史研究』のあとがき(中島敏)によれば、加藤は昭和初期～1929年度までは、先秦・秦漢貨幣史を

研究所、1933年)。

17 「彙報：東方文化学院東京研究所現況」『東方学報(東京)』第5冊(東方文化学院東京研究所、1934年)。

18 道野鶴松「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」『東方学報(東京)』第4冊(東方文化学院東京研究所、1933年)。

19 「彙報：東方文化学院東京研究所開所式：加藤研究員講演」『東方学報(東京)』第5冊(東方文化学院東京研究所、1934年)。その後、加藤繁『支那経済史考証』下巻(東洋文庫、1953年)に、「先秦の鑄造貨幣に就いて」というタイトルを付して再掲されている。

講じたと述べられており、本書中、第一部は「先秦・秦漢貨幣史」となっている²⁰。加藤はこの講義案の中で、日本人研究者によるそれ以前の化学的研究2つ、すなわち近重真澄による「東洋古銅器の化学的研究」（1918年）、甲賀宣政による「古銭分析表」（1919年）²¹を挙げて、両論考の中で取りあげられていた方足布8点、尖足布1点の各金属元素の比率を比較している。形状および鉛の割合の高さから、尖足布の製作年代が早いと推測、また方足布の中でも一部鉛の割合の高いものが見られることから、同じ形態の貨幣の中にも製作年代の早晚があるのではないかと指摘している。そして、形態的特徴だけでなく、金属成分の違いにより、製作年代を推定できる可能性があるとは指摘した。このような関心・見通しの下、1929年より兼任した東方文化学院東京研究所では、1929年～1933年の5年間、東京帝大理学部化学教室の構成員であった道野を助手として、上記のような研究テーマを進めたものと推察される。

以上のように、1929年の東方文化学院東京研究所設立後、1933年まで古銭の収集及び加藤・道野によるこれに関連した研究が行われたようである。その後同研究所は、1938年4月に東方文化学院へ改組、終戦後の1948年には廃止されるとともに、これを遡る1941年11月に設立されていた東京大学東洋文化研究所へ吸収され、それに伴い東方文化学院の所蔵していた資料も東京大学東洋文化研究所へ移管された。そして今日、2020年現在、古銭及び関連する研究資料は東京大学東洋文化研究所が所蔵するに至っている。

なお、本コレクションの特色として、このように特定の研究テーマ遂行のために意図的に収集された資料群であり、戦前の段階で、中国古代史研究のための史料として、すでに形態学的研究及びその金属成分分析・金属組織学的研究が行われていることは、特筆すべき点である。

20 加藤繁『中国貨幣史研究』（東洋文庫、1991年）。

21 近重真澄「東洋古銅器の化学的研究」（『史林』第3巻第2号、1918年）、甲賀宣政「古銭分析表」（『考古学雑誌』第9巻第7号、1919年）。

3：加藤・道野による古代中国貨幣史研究の概要（鈴木）

前節では、本コレクションの取蔵経緯を整理し、その中で若干の研究内容についても触れた。実のところ、本コレクションの研究報告は、加藤による1934年の講演²²、道野による「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」（1933年）が、それぞれ『東方学報（東京）』に発表されるより先に、その一部が道野により『日本化学会誌』上に発表されている。すなわち、1930年発行の51巻8号では「古代支那貨幣の化学的研究（第一報）」として12点分の金属成分分析結果²³、1932年発行の53巻1巻では「同（第二報）」として、12点分の金属成分分析及び18点分の金属組織観察の結果が掲載されている²⁴。またこれらから大分時代が下って1967年には、道野によって古代における金属文化史に関する単著が刊行されている²⁵。その中の1章として「第4章 古代中国における青銅製貨幣の化学的研究」があり、東方文化学院にて行った古代中国貨幣の化学的研究について詳細な記述が見られる。

上記の加藤・道野による関連論考を以下にやや詳しく見ておくことにする。

本コレクションの研究報告として最も早く世に出たのは、道野が1930年に発表した「古代支那貨幣の化学的研究（第一報）」である²⁶。本論考の冒頭で同

22 「彙報：東方文化学院東京研究所開所式：加藤研究員講演」『東方学報（東京）』第5冊（東方文化学院東京研究所，1934年）。

23 道野鶴松「古代支那貨幣の化学的研究（第一報）」（『日本化学会誌』51巻8号，1930年）。

24 道野鶴松「古代支那貨幣の化学的研究（第二報）」（『日本化学会誌』53巻1号，1932年）。

25 道野鶴松『古代金属文化史—その化学的研究—』（朝倉書店，1967年）。

26 道野鶴松「古代支那貨幣の化学的研究（第一報）」（『日本化学会誌』51巻8号，

氏は、一連の研究の視点として、人類の金属利用の歴史を概観しており、銅（純銅）が利用された銅器時代から青銅を利用する時代へ、また戦国時代には鉄器が利用され始め漢代に盛んになると述べる²⁷。そして、これに関連する研究として近重真澄（1918年）・甲賀宣政（1919年）による古代中国貨幣の化学分析があったが、分析対象資料の数がそれぞれ7種14点、7点と少なかったため、統計的研究の必要性を感じたこと、また使用年代や鑄造地の確認との関係性についても考察する必要があるとの考えを述べている。本報告はその第一報で、対象とする資料は12点である。①発光スペクトル分析による金属の定性分析、②定量分析を行ったこと、またその分析方法が詳細に説明されており、また試料ごとに各金属元素の具体的な含有率（%）を掲載している。戦国貨幣はその形状から、布銭（古い順に空首布→尖足布→方足布→円足布）及び刀銭（直刀、明刀、齊刀）、のちに円銭が出現したという、時間軸上における形態の変化を説明している。対象とした資料数は12点と限られているが、併せて近重・甲賀による分析値も参考にして、試料による鉛の多寡に着目し、鉛の多く含まれる刀銭類はより古い時代に鑄造されたのではないかと推測している。化学成分と製作年代の関係性について述べた最初の論考と言えるであろう。

これに続くのは、同じく道野が1932年に発表した「古代支那貨幣の化学的

1930年)。

27 このような道野の研究視角は、第2節で述べたような加藤のそれとはやや異なるものである。実際のところ、道野はこれ以降の著作、例えば「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」『東方学報（東京）』第4冊（東方文化学院東京研究所、1933年）や、『古代金属文化史—その化学的研究—』（朝倉書店、1967年）においても同様の観点を繰り返し述べている。また前掲道野1933では、これらの貨幣類を遡る矛盾種（東京帝国大学文学部考古学研究室蔵）の化学分析を行い、それらが純銅器であったことを報告している。

研究（第二報）」である²⁸。

先の論考の続きとして、貨幣12点に対して同様の化学分析を行うとともに、さらに18点に対する金相学的研究（顕微鏡を用いた写真撮影）を行った。その結果、鉛の分布が不均一で粗大なものは鑄造技術が拙劣である空首布・尖足布等は古い時代のもの、一方鉛の粒子が細かく均一に分布し、また樹状組織が良く観察される半両錢（秦代）はより新しい時代のものと考えた。また、時間的に両者の間に位置する方足布・円足布では、鉛の分布が空首布や尖足布より整い、樹状組織も明確になりつつある傾向がみられるとする。加えて、これらは鑄込温度と冷却速度、つまり鑄型材料に起因すると考えている。化学分析と顕微鏡観察を通じて、空首布・尖足布（戦国期）→方足布・円足布（戦国期）→半両錢（秦代）という鑄造技術の変化を読み取った。

これらをまとめたのが、道野が1933年に発表した「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」である²⁹。加藤の下、数年にわたり秦以前製作の古代中国貨幣約120種（引用本文のまま）の分析化学的研究及び金相学的研究を行ったと述べる。当時の青銅には銅錫及び鉛が含まれ、ほかに不純物として金・銀・鉄・ニッケル・コバルト等を少量含むとする。鉛の含有量が多く、多い時には30-40%含むと述べる。また、時代が古いと合金組織が不均一で樹状組織が粗雑で判然とせず、鉛の分布も不規則・不均整、時代が下ると、鑄造技術が進歩し、合金組織が整頓され、樹状組織が明瞭に、鉛の粒子も小さく均整のとれた球状となって青銅組織中に規則正しく分布するようになるという、時間軸上での金属組織の変化を述べた。「古代支那の金属」の歴史的流れを説明することに主眼が置かれており、自身の古銭調査については図版や写

28 道野鶴松「古代支那貨幣の化学的研究（第二報）」（『日本化学会誌』53巻1号，1932年）。

29 道野鶴松「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」『東方学報（東京）』第4冊（東方文化学院東京研究所，1933年）。

真・一覧表，具体的数値等は掲載せず，概要を述べるに留まっている。

以上のような道野による化学分析結果を受けて発表されたのが，加藤による講演「先秦の鑄造貨幣に就いて」である³⁰。これは第2節で述べたとおり，東方文化学院東京研究所開所式の際の加藤繁による記念講演会の講演録である。加藤らが行ってきた，先秦時代の鑄造貨幣の研究成果について述べる。先秦時代の貨幣研究をする際，その形態的特徴，文字（貨幣の製作地を表す），重量などについて検討するだけでなく，化学的・金相学的研究の必要性を述べる。これ以前に近重・甲賀による化学的研究もあったが，分析した資料数が少ないだけでなく，金相学的研究は全く行っていないことを指摘し，これらを道野とともに，約120点の先秦貨幣を対象に行った。ここでは特に化学的研究成果についてだけ述べると，先に挙げた道野による研究のとおり，いずれの貨幣も青銅であって，銅錫鉛を主成分とすること，鉛の量が比較的多いこと，鉛の相・樹状組織の有無から鑄造技術に新旧の見られることが指摘されている。また，このことを，形態的特徴から分類された貨幣群ごとに当てはめた。すなわち，布銭は空首布→尖足布→方足布→円足布の順に新しいとする。刀銭はその形態的特徴から尖首刀・直刀・明刀・齊刀に分けられ，尖首刀・直刀・明刀は成分・組織がほぼ同じで拙く，最も古い段階のものであること，一方で齊刀はこれより技術が進歩するが齊刀内でさらに細分することができ，三字刀→六字刀→四字刀→即墨刀・安陽刀という順に新しくなるとした。円銭はその形態的特徴から，円孔銭・方孔銭に分けられるが，その出現年代は円孔銭が古く，方孔銭が新しいとする。さらに，これらの貨幣群ごとの出土地の偏りと時間軸上での並行関係について検討した。同時代でも地域により多少の鑄造技術の差異はあったとしつつも，先に述べた時代による優劣差の方が明らかに大きかったと見なした。なお，加藤による本報告で，初めて120点分の研究成果の全体像

30 「彙報：東方文化学院東京研究所開所式：加藤研究員講演」『東方学報（東京）』第5冊（東方文化学院東京研究所，1934年）。

が示されたが、文字のみの講演録（概要）であり、数値・データ・顕微鏡写真等は一切掲載されていない。各貨幣群の化学的・金相学的特徴についても、具体的には述べられていない。

これらの化学的研究の成果をより詳細にまとめたものが、道野による著書『古代金属文化史—その化学的研究—』である³¹。その出版は、道野による様々な研究成果を俟ち、1967年のことである。同書中には「第4章 古代中国における青銅製貨幣の化学的研究」（54-80頁）が設けられ、その中では、「筆者は文学博士加藤繁先生の御指導の下で東方文化学院東京研究所（現東京大学東洋文化研究所）において、…この種の古代中国の貨幣の化学的研究に志したのである。…筆者が化学的研究を行なった古代中国の貨幣類の数は76点で、…」とあり、76点すべての試料について分析値（各金属元素の含有率量）を公開した。これらの貨幣の主成分は銅・錫、加えて多量の鉛であること、その他に鉄・ニッケル・コバルト・砒素・金・銀などの元素を含有すること、また鉛の含有量の変化が錢自体の新旧に合致することを指摘している。すなわち、布錢では、空首布・尖足布で鉛含有量が多く、方足布・円足布では少ない。刀錢では、直刀・尖首刀・明刀では鉛が多く、齊刀では少ない。また金属組織の面でも前掲の道野1933・加藤1934で述べたような傾向がみられることを指摘している。なお、上述した引用文のとおり、本書での分析試料数は76点とされており、道野1933・加藤1934において120点とされたこととは合致しない。その理由は現状不明である。

そして、これら5つの論考は、次のようにまとめることができる。

(1) 貨幣はいずれも青銅製。銅・錫だけでなく、比較的多量の鉛を含む。鉛の含有量は個体により多寡がある（初出は道野1930、以下（）内の西暦はず

31 道野鶴松『古代金属文化史—その化学的研究—』（朝倉書店、1967年）。

べて初出年代を表す)³²。このほかに鉄・ニッケル・コバルト・砒素・金・銀等を含む（道野 1967）。

(2) 金属組織観察によれば、鉛は多量かつ不均整に入っていて樹状組織の不

32 なお、これらの論考ではいずれも銅・錫・鉛の議論に特化しており、その他の金属元素については、道野 1967 において、「このほかに鉄、ニッケル、コバルト、ヒ素（ママ）および金や銀などが含有されている」という事実が指摘されるのみである。しかし、その実、とくに道野 1930・1932・1967 に掲載された各金属元素の分析値の表から見ると、1930 年代の段階では銅・錫・鉛の他に、鉄・ニッケル・コバルト・金・銀を検出、含有率を記しており、加えて、道野が引用した近重 1918・甲賀 1919 ではこれらの各元素に加えて、亜鉛・砒素・アンチモンも分析・検出した値を、道野 1930 の表中で引用している。また道野 1967 でも、銅・錫・鉛以外に、鉄以下の 7 元素（コバルト除く）を検出、表中にその含有率に掲載している。しかしながら、銅・錫・鉛以外の金属元素については、表中で値こそ示されたものの、道野・加藤には注目されることなく、議論の俎上には全くあがっていない。この点、とくに本論第 4 節以下と比較されたい。道野（1967: 13-14）に記してある金属器の分析の概要は以下の通りである。

まず、それぞれの資料から金属片を切り出した後、錆や汚れを硫酸カリウム溶液で化学的に洗浄した後、ブラシを用いて物理的に除去し、洗浄乾燥させた。金属切片の一部は、表面の切断条痕が消えるまで研磨した後、過酸化水素水とアンモニアの混合液でエッチングし、光学（反射光）顕微鏡（倍率 100 倍）によって金相（金属結晶組織）観察を行っている。

その他残りの金属片は、切断あるいは粉碎し、発光分光分析法（詳細は不明）により金属元素の定性分析し、含まれている元素の有無やその大小を確認した。さらに定性分析で検出された金属元素について、酸やアルカリ溶液中に溶かした金属試料を重量分析法（溶液滴定法）やポーラログラフ法（電気化学測定）、低電位電解法（溶液の電位差による測定）などを用いて含まれる金属元素の重量測定（定量分析）を行っている。このような「いわゆる湿式分析」の手法は試料が失われる破壊（destructive）分析である。

第 4 節以下に述べる試料の扱いは、これと異なり、試料を切り出し、研磨を行うものの、処理した分析試料は分析後失われることはない非破壊（non-destructive）分析である。これと異なり分析の前後で遺物が損傷することのない分析法は完全非破壊（non-invasive）分析と称する

明瞭なものがある一方、鉛が少量かつ均一に規則正しく分布し、樹状組織が明瞭に見られるものがある（道野 1932）。

(3) その形態的特徴から、前者（例えば空首布や尖足布等）は製作年代が比較的早く、後者（例えば秦代半両錢）は製作年代が新しいものであり、上記のような成分及び金属組織の差異は、年代の早晩による鑄造技術の差を表している（道野 1932）。

(4) 各貨幣の形態及び貨幣上に見られる地名に基づき、各個体の製作された時期・地域を知ることができる。それに基づき、戦国時代の各国・各邑での貨幣鑄造技術（鉛の含有量、金属組織の均整性）を見ると、同時代で必ずしも同一の技術レベルとは言えない。このことは各国における資源獲得状況の違いを反映しているのではないか。しかし、いずれにせよ、上記のような時代による差異の方が、より顕著である（加藤 1934）。

(5) 貨幣の種類ごとに金属成分・金属組織（すなわち鑄造技術レベル）を比較すると、布錢では空首布／尖足布（／は時間的並行関係を示す）→方足布→円足布、刀錢では直刀／尖首刀→明刀→齊刀の製作年代順が読み取れる。円錢には秦代半両錢があり、化学組成・金属組織ともに極めて良好である（道野 1967）。

(6) また同一の地名をもつ、異なる形態の貨幣は、同一の邑（＝都市）で異なる時期に作られた貨幣と考え、同一の地名をもつ、異なる形態の貨幣同士の金属成分・金属組織（すなわち鑄造技術レベル）を比較しても、おおよそ上記のような変遷を見てとることができる（「閔」銘錢・「甘丹」銘錢・「離石」銘錢の3種で検証している）（道野 1967）。

このほか、東京大学東洋文化研究所には、加藤・道野による手書きの研究報告書原稿『支那古代貨幣の史的化学的研究』（東方文化学院東京研究所第五年

年度末報告、1934年4月30日）が残されている³³。また、各貨幣の調査用整理カードも残されている。資料1点ごとにカード1枚を作成しており、金属組織写真及び乾拓を貼付したもので、なかには乾拓のないものもある。なお、先述した加藤・道野による公刊論文・著書のうち、道野1967では、これらの貨幣の化学分析データが最も詳細に公表されているが、手書き原稿・調査用整理カードとの関連は正確にはつけられない。そして、これら加藤・道野による手書き報告書の一部と、各貨幣の調査用整理カードから選んだ39枚を写真として掲載・公開したものとして、近年平勢隆郎・野久保雅嗣により『東方文化学院（東京研究所）の風景』が刊行されている³⁴。

なお、上記の江村2011では、貨幣研究史の一環として、本節で整理した加藤・道野による一連の研究及び関連する論考を取り上げている³⁵。同氏は、当時の貨幣研究において、文理融合の共同研究の形で貨幣の化学分析まで行っていることを評価してはいるが、過去の一研究としてその存在を指摘するにとどまった。また、貨幣名称は、「1：はじめに」で述べたように、貨幣に表現された字の積読が関わる。本節での名称は加藤・道野が検討を行っていたころの名称に沿っているが、当時の名称と、現在の整理名称、さらには、個々の研究者が用いる名称には、往々にして相違が生じるので、注意されたい³⁶。

本論は、これらの先行研究を踏まえながら、加藤・道野らがかつて扱った東

33 加藤繁・道野鶴松『支那古代貨幣の史的化学的研究』東方文化学院東京研究所第五年度末報告、1934年4月30日（手書き報告書、東京大学東洋文化研究所蔵）。

34 平勢隆郎・野久保雅嗣『東方文化学院（東京研究所）の風景』（東洋学研究情報センター叢刊26）、東京大学東洋文化研究所附属東洋学研究情報センター、2018年

35 江村治樹『春秋戦国時代青銅貨幣の生成と展開』（汲古書院、2011年）

36 前掲汪慶正主編・馬承源校閲『中国歴代貨幣大系』（上海人民出版社〈上海〉編集、東方書店、1988年）・江村治樹『春秋戦国時代青銅貨幣の生成と展開』（汲古書院、2011年）などを参照。

方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣132点を対象資料として、現代の化学分析技術によって再検討したものである。

4：旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討について（飯塚）³⁷

古来より古銭については、その種類（銭種）や形状について深く研究が行われ、その形状や銭名から、製作年代や製作地域が追跡できるものが多い。また古銭の、その合金の化学組成を知ることは、古くは道野（1933）や加藤（1934）が指摘していたように歴史的な鑄造（鑄銭）技術とその進歩を知る上で大変重要である。しかしながら、化学成分の系統的な解釈のため、ある程度まとまった数の古銭が必要とされることや専門的な知識を必要とする分析装置を使わなければならないことなどが大きな障害となって化学成分分析についての報告例は多いとは言えない。

主要化学成分がもたらす情報は過去の鑄造技術を知る手がかりになるばかりでなく、含まれる化学元素の特徴から古銭の製作時代の金属製錬法や地域的な背景を知る手がかりとして大変重要である。近年盛んに行われている遺物の化学成分分析には非破壊分析法を用いることが多い。しかし一般的に金属遺物は表面の酸化が進んでいるため、化学組成を正確に調べるためには、その内部を分析する必要がある。また仮に金属表面加工処理などが施されていた場合、表面分析のみでは、表面加工の有無の確認さえままならない。（飯塚・内田2014）。また内部金相の詳細な観察は、鑄造技術を検討する上で非常に重要である。

今回、東京大学東洋文化研究所の前身である、旧東方文化学院（東京研究所）収蔵の132点の先秦貨幣について、各古銭から数ミリ程度の部位を切り出

37 以下、引用文献について、他と体裁を分けておく。内容理解上その方がよいと判断した。

し、その断面について電子顕微鏡を用いた金相観察と化学分析を行った。本節以降では古銭の金相観察と化学分析結果から、古銭が少なくとも銅銭と青銅銭の2つに分けられること、銅銭は、含まれる金属元素の有無で4種類（銅、銅鉛、銅鉛砒素、銅鉛砒素アンチモン）に、同様に青銅銭は4種類（鉛青銅、砒素鉛青銅、砒素鉛青銅、アンチモン砒素鉛青銅）合金に分けられることを報告する。

5：分析資料と分析方法（飯塚・王）

(1) 分析対象

分析対象とした古銭の一覧を表1³⁸で示す。試料番号は収蔵番号と共通である。表1は試料番号順に、時代、形式、銘文等、合金の種類、不純物の内訳などを記した。時代別に見ると、古い順に春秋時代（4資料）、戦国時代（後述）、秦（5資料ないしは10資料）、前漢（4資料）、新莽（1資料）、うち戦国時代は、中山、三晉（趙、魏、韓）、趙、魏、楚、燕、齊の資料があった。最も多い資料は、戦国 三晉の86資料である。形式は12種類、多い順に尖足布（34資料）、方足布（24資料）、刀幣（23資料）、空首布（14資料）、円足布（12資料）、圜銭（13資料）、五銖（2資料）、蟻鼻銭（2資料）、魚幣（1資料）、磬幣（1資料）、空首布・大尖足（1資料）、布幣（1資料）であった。

(2) 分析試料準備と電子顕微鏡観察

古銭の断面構造および内部の金属相の観察と化学分析のため、東京大学東洋文化研究所にて、それぞれの古銭から幅1mm、長さ1~2cm程度の金属片を、回転式ダイヤモンドブレード（厚0.4mm）を装着した電動乾式ハンドカ

38 以下、表・図等は、本論末にまとめて示す。

ッターを用いて切り出した。金属切片の採集は、収蔵資料の全てについて行ったわけではなく、前述したように先行研究によって採取された切断面が認められるものを選び、それに沿う形での採取を実行した。前漢五銖（#3-10-9）については金属切片を2つ採取した。

132資料からの金属切片は、台北、中央研究院地球科学研究所の電子顕微鏡実験室にて、各片それぞれに、冷間埋込用のエポキシ樹脂に包埋し、分析用のサンプルホルダーとした。その後、切断面をシリコンカーバイト紙にて粗研磨、ついで、アルミナ懸濁液、ダイヤモンドダイア懸濁液を用いて琢磨した。琢磨切片は純水で超音波洗浄後、琢磨表面の酸化を防ぐ目的で真空中にて乾燥後、約30nmの炭素蒸着面をコーティングし、観察試料とした。

金相観察には走査型電子顕微鏡（SEM：JEOL JSM-6330LV）、微細観察と金相化学分析にはフィールドエミッション走査型電子顕微鏡（FE-SEM JEOL JSM-7100F）を用いた。SEMはサブミクロンサイズに絞った電子ビームで試料表面を走査（スキャン）し、微小領域から励起された反射電子やX線を検出することによって、微小組織観察や化学組成分析を行う装置である。光学顕微鏡が100倍程度の倍率で観察するのに対し、SEMでは100倍から10,000倍程度の倍率での観察を行う。各試料はまず琢磨表面について反射電子組成像（Back-scattered electron compositional image）による金相観察を行った。反射電子組成像のコントラストの濃淡は平均原子量を反映しているため、組成像から金相組織を容易に観察することが出来る。また、金属相の保存状態の判別、すなわち腐食相と本来の金属相の判断も可能である。

（3）金相の化学分析

観察した各金相について、SEMに搭載されたエネルギー分散型X線分光器（EDS：Oxford Instruments INCA-350）を用いてと化学組成分析を行った。それぞれ微小領域（1μm以下）の点分析を行い、各相に含まれる元素の定性分

析を行った。EDSは瞬時にX線スペクトルを測定できる装置で、元素の存在の有無を確認する点で非常に勝れている。これによって各相の化学組成や微量元素の有無、本質的な金相以外に存在する元素（不純物）の存在の有無を確認した。EDS使用時の電子ビームは、加速電圧15kV、電流値120pAとし、作動距離10mmで30秒から60秒のX線スペクトルの測定を行った。この条件での分析限界はおおよそ数100ppmであるが、主たる元素の存在の有無や金属相の判別には問題はない。

主要金属元素の分析は、ポータブル型蛍光X線分析装置（p-XRF：Oxford Instruments X-Met7500）を用いて行った。軽元素分析を含む合金分析用パラメータ（alloy LE-FP）を使用し、軽元素分析を加速電圧13kVで4秒間、重元素分析を加速電圧40kVで1秒間とした1サイクルを12回繰り返し、計60秒間のエネルギー分散X線スペクトルの測定を行った。出力は金属元素の重量%とした。SEM-EDSでの観察、分析に基づき、銅（Cu）、鉛（Pb）、錫（Sn）、砒素（As）、アンチモン（Sb）の5元素で100%換算を行い、それぞれの含有率とした。

6：断面の金相化学組成（飯塚）

SEM-EDSによる測定で主体金属は銅（Cu, 原子番号Z=29）で、そこに副次元素として錫（Sn, Z=50）、鉛（Pb, Z=82）が、微量元素としてアンチモン（Sb, Z=51）、銀（Ag, Z=47）、砒素（As, Z=33）、鉄（Fe, Z=26）の存在が認められた。更に金属元素以外にケイ素（Si, Z=14）、アルミニウム（Al, Z=13）、硫黄（S, Z=16）や酸素（O, Z=8）が認められた。これらの元素のうち、銅と金属結合をし、合金を作り得る主元素は、錫で、すなわち青銅合金である。砒素、アンチモンの2元素は副次元素として金属相に含まれる。鉛は、金属相が固化する際に析出され、金属結晶中には含まれない元素である。銀も

また析出し、粒界に存在する。硫黄は単相で存在はしておらず、鉄、あるいは銅ともに相を作成している。これらは黄鉄鉱 (FeS_2)、輝銅鉱 (Cu_2S)、あるいは黄銅鉱 (CuFeS_2) 成分と考えられる。ケイ素とアルミニウムは、岩石や粘土などを構成する鉱物に含まれる主要元素でかつ酸素を伴う。例えば砂粒に多い石英 (SiO_2) はケイ素の酸化物である。これらはおおむね表面に付着する形で観察されるため、鑄造時に取り込まれた、あるいは鑄型の砂粒が焼き付いて残っていたものと考えられる。また、酸素はいうまでもなく、酸化された金属、酸化銅、酸化鉛、酸化錫、などとして存在する。

これらを踏まえ、古銭を構成する金属成分について考えると、まずは銅と錫の2成分を用いて、銅 (7 試料) と青銅 (125 試料) とに区分することができる (図1)。さらに砒素、アンチモンの2元素と鉛の存在によって、「銅」は、ほぼ純銅 (3 試料)、砒素鉛銅 (3 試料)、砒素アンチモン鉛銅 (1 試料) の3種類に区分できる。一方、「青銅 (銅-錫合金)」も、鉛青銅 (26 試料)、砒素鉛青銅 (91 試料)、アンチモン鉛青銅 (2 試料)、砒素アンチモン鉛青銅 (6 試料) の4種類に区分できる。鉛青銅 (26 試料) は、更に鉛青銅低鉛濃度 ($\text{Pb} < 3 \text{ wt.} \%$) の青銅 (5 試料) とそれ以外 (21 試料) に区分できる。

一方、すべての試料から亜鉛 (Zn , $Z=30$) の存在は認めることができず、今回、分析対象とした試料の中に真鍮 (銅-亜鉛合金) は存在していないことを記しておく。

電子顕微鏡によって撮影した、金属切片採集をした全132資料 (一部は複数切片の研磨試料がある) 断面の反射電子像 (back-scattered electron image) を Appendix-1 (断面全体像) と Appendix-2 (断面拡大像) に示す。Appendix は、成分別に示した。表2から表5の左端に示した番号は、Appendix 中の電子顕微鏡像の表示順を示している。反射電子組成像のコントラスト (輝度) の強弱は平均原子量の大小を反映している。すなわち、構成元素の中でもっとも重い鉛 ($Z=82$) は、コントラストがもっとも強く、画像上では明るく (白く)、

一方、酸素や硫黄などの化合物はコントラストが弱く、画像上で暗く表現される。金属切片外はエポキシ樹脂（水素-炭素-酸素の高分子）であり、コントラストが金属に比して極端に弱いので画面上では黒く見える。

銅銭中（Appendix-2：1～3）に円状のやや暗い部位が目立つ。これらは酸化銅である。他方、多くの断面で見られる、強いコントラストで白色の部位は鉛、あるいは酸化鉛である。鉛は金属粒界に円状ないしは不規則形に析出している。断面の上下（遺物の表裏）に、白いコントラストの強い酸化鉛の層が見受けられるものもある（Appendix-1: 41 など）。

（1）銅を主体とするもの：7 試料（表 2）

ほぼ純銅（3 試料）

戦国魏，圓錢（垣）（#3-8-2, #3-8-4），秦，圓錢（半兩）（#3-9-20）

これらは鉛をほとんど含まず、粒状の酸化銅が観察される。一方で不純物として銅-硫黄、銅-鉄-硫黄化合物の晶出が観察される。この点で現代の純銅（銅銭）とは異なる。

砒素鉛銅（3 試料）

戦國 三晉の尖足布（#2-3-7），戦國 三晉の円足布（#2-9-3），戦國 趙？もしくは秦か？ 圓錢（#3-8-10）の3 試料であった。砒素の含有率は、1.7～3.7 wt. %，鉛は 19 wt. % から 37 wt. % の鉛含有率があり、かつ、それらの析出が非常に目立つ。

砒素アンチモン鉛銅（1 試料から 2 切片）

前漢，五銖（#3-10-9）でのみ確認できた。砒素の含有率は 1.5 と 2.7 wt. %，アンチモンの含有率は 8.2 wt. %，鉛含有率は約 20 wt. % であった。同じ，前漢，五銖（#3-10-1, #3-10-2, #3-10-5）の 3 試料は，鉛砒素青銅，鉛青銅である。

(2) 青銅（銅-錫合金）を主体とするもの：125 試料

砒素アンチモン鉛青銅（6 試料）（表3 上段）

砒素とアンチモンが共存する鉛青銅は、戦國楚の蟻鼻錢（楚の貨幣：#1-2-17）、戦國三晉の空首布（#1-5-3）、同じく三晉の尖足布（#2-4-15、#2-5-1）、方足布（#2-8-2）、そして新莽の布幣（#3-10-13）の6 試料で確認した。新莽の布幣については、酸化が内部まで進行しており、元素の存在の有無だけに注目し、分析データは参考値とする。この事例を除くと、鉛濃度は13 から約30 wt.% と高い。錫（Sn）比（ $100 \text{ Sn}/[\text{Cu}+\text{Sn}]$ ）は、5.6% から14% の範囲である。

アンチモン鉛青銅（2 試料）（表3 中段）

アンチモン鉛青銅は、戦國三晉の円足布（#2-10-9）と、戦國燕？か秦？の圓錢（#3-8-11）の2 試料のみで確認できた。前者は、鉛含有量も約4 wt.% 少なく、均質な金相を呈している。一方、後者は鉛含有率が13.5 wt.% と比較的高い。錫比は、それぞれ3% と9% である。

鉛青銅：低鉛青銅（鉛3 wt.% 以下）（5 試料）（表3 下段）

春秋の魚幣（貨幣ではない：#1-3-6、#1-3-7）の2 試料、と戦國の三晉（円足布：#2-9-15、#2-10-3、#2-10-4）の3 試料については、鉛濃度の低い青銅と認めた。錫比は2~10% を示す。

鉛青銅：高鉛青銅（21 試料）（表4）

青銅製品全体（125 試料）の約2割弱にあたる21 試料が8.8~24.8 wt.% の鉛の含有率を示す青銅である。錫比は、最小3.6% から最大19.1% の範囲である。

砒素鉛青銅（91 試料）：（表5）

青銅製品全体の約7割にあたる91 試料が砒素鉛青銅にあたる。鉛の含有率は9.2~44.7 wt.%、砒素の含有率は0.9~4.9 wt.% である。錫比は、最小3.7% から最大20.0% の範囲で、上述の高鉛青銅とほぼ同じである。

(3) 鉛の存在について

今回 p-XRF 法で分析を行った全 134 試料のうちで鉛を検出した試料は 132 試料であった。すなわちほとんど全ての試料中に鉛の存在が認められた。これら全試料の鉛の含有率の 4 wt.% ごとの頻度分布を図 2a に示す。鉛未検出の 2 試料（図中では灰色で示している）と 3 wt.% 以下の低濃度鉛青銅 5 試料を除くと、多くの試料の鉛含有率は 10 wt.% 以上で、16~24 wt.% 程度に頻度の中心がある。低鉛濃度の青銅銭（表 3）の金相は樹状組織（dendrite texture）も観察でき、不規則な鉛の析出もない。例えば Appendix-1: 18, 19 などは典型的な例である。高鉛青銅にも不均質ながら金相構造が見受けられるものもある（Appendix-1: 38）。系統的に青銅器や銅器の鉛含有率を分析した研究例は多くないが、例えば商代（殷墟期）の青銅器や銅器の鉛の含有率はおおむね 2 wt.% 以下（飯塚・内田 2013, 飯塚ほか 2017）であった。この数値と鉛含有率の頻度分布（図 2a）から、3 wt.% 以下を「しきい値」として捉えることができる。

鉛（融解温度約 328°C）は銅や青銅に鉛を添加することで、鑄造時の熔融温度、いわゆる「湯」の温度が低下するとともに粘性度も低下することは広く知られている。銅と鉛、また鉛と青銅は液相においては混和しているが、固相においては固溶しない。鉛-銅の場合、固相線温度（ソリダス）は 995°C で、液相からソリダス以下に降温すると、まず銅が固化し、銅の金属結晶の粒界に鉛が析出する。固化した合金は銅と鉛が分離した共晶組織を呈する。青銅の場合も同様に、Cu-Sn の δ （デルタ）相が晶出し、青銅が最終に固化する際に鉛が析出される。

前述したように鉛を入れると、「湯」の粘性低下と溶解温度の下降が見込める。道野（1933）や加藤（1934）は、鉛の含有率の大小は、鑄造技術の進歩に依存していると考え、含有率が低いものほど、技術的に進化したものであろうとみなした。この論点はおおむね正しいかも知れないが、殷墟の例をみればわ

かるように、鉛の添加量は、決して時系列を反映しておらず、時代的な差を汲み取る指標と言うよりは、鑄造する器種、あるいはそれが高品質の製品を意図して作成したかなどにも依存するのではないと思われる。

ほぼ純銅の3試料、戦国魏、圓錢(#3-8-2, #3-8-4)、秦の圓錢(#3-9-20) (Appendix-2: 1~3) は、鉛の析出も観察できず、鉛含有量もp-XRF法やSEM-EDS法の分析限界(0.1 wt.%以下)を下廻る。飯塚ほか(2017)の実験報告例にあるように、例えば銅器の鑄造において、添加された鉛は固化の過程で金相から析出し、大部分が「湯口(鑄造の際に「湯」を流し込むところ)」に向かって移動し、固化する。したがって添加した鉛の含有量が、製品中に必ずしも正しく反映されているわけではなく、仮に金相中の鉛の含有量を正確に分析できたとしても、そもそもの鉛の添加量を見積もることは極めて難しいといえる。また、一方で、3例の銅錢には多くの酸化銅が包有されている。したがって、これらは無鉛で高温鑄造がなされていた事例というよりは、むしろ、鉛を系外に取り除く鑄造技術によって制作したものではないかとも考えられる。

また一方で、戦国楚の蟻鼻錢(#1-2-15)や戦国三晋の方足布(#2-7-15)の表面(断面の上下)に観察された厚さ約100 μmから最大300 μmほどの鉛(あるいは酸化鉛)の層は、仮に表面の化学分析だけを行うと、あるいは「鉛錢」と見誤る可能性があるかも知れない。しかし断面分析でも鉛の含有率が20 wt.%を超えるような値は非常に高鉛といえる。

いずれにしても、無鉛もしくは低鉛の銅器、青銅器と、高鉛の青銅器ではその制作の意図や製作法、そして製品の意味に大きな違いがあるものと考えられる。

(4) 砒素とアンチモンの存在について

p-XRF法で分析を行った全134試料のうちで砒素を検出した試料は全体の8

割近くにあたる 132 試料であった。その含有率は 0.9 wt.% から 4.9 wt.% の範囲で、頻度分布をみてもおおむね 2~3 wt.% の含有率である（図 2b）。

アンチモン Sb を含む銅銭は前漢の五銖（#3-10-9）の 2 切片（約 8 et.%）のみである。またアンチモンを含む青銅も 8 試料だけで、その含有率は 1.0~5.3 wt.%）あった。青銅器中のアンチモン含有率はおおむね 2~4 wt.% 程度である（図 2c）。

砒素銅や砒素青銅は、いわゆる北方系と呼ばれる金属器を特徴づけると言われている。徐幼剛（Hue you-Kang）は、すでに報告されている中央アジアから中国西方の金属時代早期の 1900 ものが化学分析値をまとめ、北方系と呼ばれる銅器、青銅器には、砒素とアンチモンが特徴的に含まれること、またこれらの元素は鑄造の過程で意図的に添加されたわけではなく、用いられていた鉱石本来に由来している成分であることを指摘している（Hue et al., 2016）。

(5) 青銅の錫比について

p-XRF 法で分析を行った全 133 試料のうちで青銅器試料は全体の 9 割強の 125 試料であった。全青銅器の錫比（ $100 \text{ Sn}/[\text{Cu}+\text{Sn}]$ ）について図 2d に頻度分布を示す。錫比の範囲は、最小 3.6% から最大 20% であった。主として 8~12% の範囲に組成が集中するようである。殷墟青銅器の錫の組成範囲は、錫比 10%~22% の間を示し、かつ器種別に組成の違いが見いだされている（飯塚・内田 2014）。

錫比はそのまま、青銅の色、物性、融解温度の違いを反映する。すなわち、錫比が低い（銅の比率が高い）ほど、色は赤に近く、物性的には柔らかく、融解温度は高くなる。鉛を添加することで、融解温度を低下させる働きを見込むのであれば、低錫のものほど鉛の量を増やしていたということも考えられるが、図 3 に示したように、錫比と鉛の含有率の相関は見受けられない。あるいは、鉛を添加することで、銭単体の重さを稼いでいたのであろうか？ 錫比、

あるいは銅と錫の配合率については、「金有六齊」の解釈とともに様々な議論が行われているが、今回の一連の比を見る限りでは、意図して化学組成を整えているようには見受けられない。

Buddほか(1996)は、『鑄造に用いる原材料、特に錫は限られた鉱物資源であったため、金属の再利用は頻繁に行われており、そのようなことが繰り返されれば、金属材料の原石である製錬前の鉱物が持っている地質学的、地球化学的な情報は鑄造後にはかき消されてしまう』という指摘をしている。もし、金属の再利用が行われるとしたのであれば、鉛を大量に添加して熔解を促し、その結果、不正確な錫比の製品が作られることとなったという解釈も可能である。低濃度鉛青銅の鉛含有率は、殷墟青銅器のそれと遜色のないものであり、製法も優れたものと考えられることができるかも知れないが、高鉛銅、高鉛青銅については、そのような見方による鑄造法の検証も興味深い。

(6) 硫黄化合物について

多くの銅銭、青銅銭内部には、粒状、数十 μm 大のFe-SやCu-S-Fe化合物が散在する形で含有されている。中国では春秋時代より硫化銅鉱(黄銅鉱 CuFeS_2)を銅Cuの原料鉱石とし、硫黄分を焙焼法により脱硫させる技術を繰り返して銅Cuを精製してゆく工程が広く行われていた(佐々木1998)。しかし、完全なる脱硫技術が確立されたのは近代であり、古代では脱硫の過程で除去しきれなかった黄鉄鉱(FeS_2)成分が銅原料中に混じっていたことが十分に考えられる(新井2001)。したがって鑄造後の製品に存在するFe-SやCu-S-Fe化合物は、こうした硫化物の残留物と推察できる。p-XRF法による分析では、含有率が少ない硫黄や鉄は、分析誤差が大きく正確な分析をしていないが、SEM-EDS法によって、その存在は確認できた。本研究に使用した試料切片を更に詳しく分析することで今後、硫黄化合物の同定を行い、製錬技術を解明するための手がかりを探ることも可能であるかも知れない。

7：まとめ（飯塚）

東京大学東洋文化研究所に収蔵されている、旧東方文化学院（東京研究所）の中国の戦国時代を中心とした貨幣コレクションについて金相学的な再検討を試みた。分析対象は、それぞれの資料から数ミリ程度の金属片を切り出し、電子顕微鏡を用いて内部（断面）の金相観察を行った。更に7X線化学分析技術を用いて、非破壊化学分析を行い、含まれる金属元素の組み合わせから金相化学組成を分類し、かつ不純物の判別も行った。分析の結果、本コレクションは、銅製のものと同青銅製のものに区分できる。金属相に含まれる副次的な金属元素は、砒素とアンチモンで、鑄造時に融剤として添加される元素である鉛もほとんどすべての資料に含まれていた。砒素とアンチモンを含む青銅器は、いわゆる北方青銅器、あるいは中央アジア東部のステップ（草原）地帯で製作されていた金属器を特徴づけるものであるが、青銅製品中の錫比や鉛の含有率に相関がないこと、20%から40%の高い鉛含有率の製品が多く存在することから、これら貨幣を製作する際に金属の再利用が行われた可能性も考えられる。今回採取した貴重な一連の金属片は、その研磨面がそのまま保存されているので、今後、更に精密な金相化学分析を行うことで、さらなる鑄造技術の解明に役立てていきたい。

付記

本研究は、東京大学東洋文化研究所班研究C-1「中国出土文字史料とその歴史的背景/Archeological Documents and Their Historical Background in Ancient China」（主任；平勢隆郎）の一環として行ったものである。飯塚は、本班員として「先秦貨幣の金相化学分析」を担った。金相化学分析にかかる経費の一部は、台湾科技部一般研究計画（MOST 108-2116-M-001-006：飯塚）を使用

した。

飯塚執筆部分引用文献³⁹

- 新井宏 (2001) 「青銅器中の微量成分と製錬法」『情報考古学』6: 1-10
- 飯塚義之 内田純子 (2013) 殷墟青銅器の化学組成からみた古代中国の鑄造技術, 中国考古学 13: 23-47.
- 飯塚義之, 内田純子 (2014) EPMA法による殷墟青銅器の分析と古代中国青銅器鑄造法の解明, 日本電子ニュース 46: 25-34.
- 飯塚義之, 内田純子, 廣川守, 三船温尚 (2017) 「古代鉛銅器の鑄造技術: 殷墟刀斧葬出土銅器製作法に関する一考察」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集 (2017台北大会)』11: 56-57
- 加藤繁・中島敏 (1934) 「中世支那貨幣の史的研究」『東方学報 (東京)』5: 424-428 東方文化学院東京研究所
- 佐々木稔 「遺構・遺物から推定される銅製錬法」『季刊考古学』第62号, 1998年
- 道野鶴松 (1933) 「化学上より見たる古代支那の金属と金属文化とに就いて」『東方学報 (東京)』4: 1-63 東方文化学院東京研究所
- Budd, P., R.Haggerty, A.M.Pollard, B.Scaife, R.G.Thomas (1996) Rethinking the quest for provenance. *Antiquity*70: 168-74.
- Hsu Y.-K., P.J. Bray, P. Hommel, A.M. Pollard, J. Rawson (2016) Tracing the flows of copper and copper alloys in the Early Iron Age societies of the eastern Eurasian steppe. *Antiquity*: 90: 357-375.

39 内容をご確認いただく上で、体裁を分ける方がいいと判断した。

表 1 分析対象一覧表 (1)

#	試料番号	時代	形式	銘文等	金属組成	保存状態	不純物相	備考
41	1-2-15	戦國 楚	蟻鼻錢	(楚)貨幣	Cu-Sn-Pb-As	酸化	Cu-S, Fe	As rich in Sn oxide
8	1-2-17	戦國 楚	蟻鼻錢	(楚)貨幣	Cu-Sn-Pb-As-Sb	良好	Cu-S	
15	1-3-6	春秋	魚幣	(貨幣ではない)	Cu-Sn low-Pb	良好	Cu-S, Fe	many impurities
16	1-3-7	春秋	魚幣	(貨幣ではない)	Cu-Sn low-Pb	良好	Cu-S, Fe	many impurities
21	1-4-2	春秋	鑿幣	(貨幣ではない)	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	
42	1-4-4	春秋	鑿幣	(貨幣ではない)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many impurities,
43	1-4-7	戦國 三晉	空首布・大尖足	(無銘)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	As within Sn
33	1-5-1	戦國 三晉	空首布	宋	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S, Fe (Ag)	many impurities
9	1-5-3	戦國 三晉	空首布	智	Cu-Sn-Pb-As-Sb	良好	Cu-S, Cu-S, Fe, Fe	
21	1-5-4	戦國 三晉	空首布	(無銘)	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S, Fe-As, Fe	As within Sn
45	1-5-5	戦國 三晉	空首布	士	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Fe-As, Fe	
46	1-5-6	戦國 三晉	空首布	木	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S, Fe (Ag)	
47	1-5-7	戦國 三晉	空首布	斤	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S, Fe	with soil
48	1-6-2	戦國 三晉	空首布	(易符号) (陰→陽)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S,	
49	1-6-3	戦國 三晉	空首布	(易符号) (陰)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S,	
50	1-6-8	戦國 三晉	空首布	垣?	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S,	
51	2-1-2	戦國 三晉	空首布	盧氏	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	Pb-Pb oxide layer on the surface
# Appendix 写真番号								
52	2-1-3	戦國 三晉	空首布	齊川鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S, Fe,	(SiO ₂)
130	2-1-6	戦國 三晉	空首布	安周	Cu-Sn-Pb-As	顕著な酸化		serious oxidation
53	2-1-7	戦國 三晉	空首布	安郷	Cu-Sn-Pb-As	酸化	Cu-S	
132	2-1-8	戦國 三晉	空首布	安郷	Cu-Sn-Pb-As	顕著な酸化		serious oxidation
54	2-3-1	戦國 三晉	尖足布	武平	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Fe	SiO ₂ with Pb
55	2-3-4	戦國 三晉	尖足布	晉陽	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many impurity
56	2-3-5	戦國 三晉	尖足布	晉陽	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag)	many impurity
4	2-3-7	戦國 三晉	尖足布	文陽	Cu-Pb-As	良好	Cu-S (Ag), Cu-S, Fe	many impurity

表 1 分析対象一覽表 (2)

#	試料番号	時代	形式	銘文等	金屬組成	保存状態	不純物相	備考
57	2-3-8	戰國三晉	尖足布	大陰	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many impurity
58	2-3-9	戰國三晉	尖足布	大陰	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many impurity
59	2-3-11	戰國三晉	尖足布	大陰	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag), Fe	
60	2-3-13	戰國三晉	尖足布	?	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag), Cu-S-Fe	many Impurities
61	2-3-14	戰國三晉	尖足布	平周	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Impurities
62	2-3-16	戰國三晉	尖足布	平周	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe (Ag)	many Impurities
63	2-3-17	戰國三晉	尖足布	平州	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Impurities
64	2-3-18	戰國三晉	尖足布	茲氏	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Impurities
65	2-3-19	戰國三晉	尖足布	茲氏	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many Impurities
66	2-4-1	戰國三晉	尖足布	茲氏	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many Impurities
67	2-4-3	戰國三晉	尖足布	茲鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many Impurities
68	2-4-5	戰國三晉	尖足布	郭	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many Impurities
69	2-4-6	戰國三晉	尖足布	郭	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many Impurities
70	2-4-7	戰國三晉	尖足布	郭	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many Impurities
71	2-4-9	戰國三晉	尖足布	邪山	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many Impurities
72	2-4-10	戰國三晉	尖足布	?	Cu-Sn-Pb-As	酸化	Cu-S	many Impurities
73	2-4-11	戰國三晉	尖足布	邪山	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Impurities
74	2-4-12	戰國三晉	尖足布	商城	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag),	many Impurities
75	2-4-13	戰國三晉	尖足布	?	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	SiO ₂ with Pb
76	2-4-14	戰國三晉	尖足布	辛丘	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Impurities
10	2-4-15	戰國三晉	尖足布	西都	Cu-Sn-Pb-As-Sb	良好	Cu-S, Cu-S-Fe (Ag)	many Impurities
77	2-4-16	戰國三晉	尖足布	蘭	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe (Ag)	many Impurities
11	2-5-1	戰國三晉	尖足布	蘭	Cu-Sn-Pb-As-Sb	良好	Cu-S, Cu-S-Fe (Ag)	many Impurities
78	2-5-7	戰國三晉	尖足布	離石	Cu-Sn-Pb-As-Sb	良好	Cu-S, Cu-S (Ag)	many Impurities
79	2-5-9	戰國三晉	尖足布	安城	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S (Ag)	many Impurities
80	2-5-13	戰國三晉	尖足布	猗鄆	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe, Cu-S (Ag)	many Impurities
22	2-5-14	戰國三晉	尖足布	平陽	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S-Fe, Cu-S (Ag) Cu-S	many Impurities less impurities

表 1 分析対象一覧表 (3)

#	試料番号	時代	形式	銘文等	金屬組成	保存状態	不純物相	備考
81	2-5-15	戦國三晉	尖足布	安陽	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	less impurities
23	2-5-17	戦國三晉	尖足布	屯陽	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	dendrite ?
24	2-5-19	戦國三晉	尖足布	魚陽	Cu-Sn-Pb	良好		
25	2-6-3	戦國三晉	方足布	平陰	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	dendrite ?
26	2-6-4	戦國三晉	方足布	棘邑	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	
27	2-6-5	戦國三晉	方足布	棘邑	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	
82	2-6-9	戦國三晉	方足布	茲氏	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S(Ag)	many Impurities, Fe to Fe-Oxide
28	2-6-10	戦國三晉	方足布	茲氏	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Impurities
83	2-6-16	戦國三晉	方足布	中都	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite ?
84	2-6-17	戦國三晉	方足布	高都	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite ?
85	2-6-18	戦國三晉	方足布	蒲子	Cu-Sn-Pb-As	良好		
29	2-6-19	戦國三晉	方足布	長子	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	
30	2-6-20	戦國三晉	方足布	北屈	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	
86	2-7-1	戦國三晉	方足布	同是	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S,	
87	2-7-4	戦國三晉	方足布	? 丘	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S,	
31	2-7-5	戦國三晉	方足布	襄垣	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S,	
88	2-7-8	戦國三晉	方足布	豊	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S,	
32	2-7-10	戦國三晉	方足布	捏	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S,	
33	2-7-12	戦國三晉	方足布	蒲	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S,	
89	2-7-15	戦國三晉	方足布	益昌	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe	SiO ₂ grain
90	2-7-18	戦國三晉	方足布	垂	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe,	
91	2-8-1	戦國三晉	方足布	公?	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe, Fe	
12	2-8-2	戦國三晉	方足布	捏	Cu-Sn-Pb-As-Sb	良好	Cu-S	SiO ₂ grain
92	2-8-5	戦國三晉	方足布	浦反一鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
93	2-8-6	戦國三晉	方足布	梁一鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
94	2-8-9	戦國三晉	方足布	京一鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	

表 1 分析対象一覽表 (4)

#	試料番号	時代	形式	銘文等	金屬組成	保存狀態	不純物相	備考
95	2-8-13	戰國 三晉	方足布	扶●高鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe	dendrite
96	2-9-1	戰國 三晉	円足布	虞一鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag)	less impurity
5	2-9-3	戰國 三晉	円足布	安邑一鉞	Cu-Pb-As	良好	Cu-S-Fe (Ag) (Co)	
97	2-9-5	戰國 三晉	円足布	安邑一鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe (Ag)	less impurity
98	2-9-8	戰國 三晉	円足布	安邑二鉞	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Fe, Co	many impurities
34	2-9-11	戰國 三晉	円足布	安邑半鉞	Cu-Sn-Pb	酸化	Cu-S	dendrite ?
99	2-9-12	戰國 三晉	円足布	梁充鉞五十二當垣爰	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	dendrite ?
100	2-9-13	戰國 三晉	円足布	梁充鉞金當爰	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite ?
17	2-9-15	戰國 三晉	円足布	闕	Cu-Sn low-Pb	良好	Cu-S	dendrite ?
18	2-10-3	戰國 三晉	円足布	離石	Cu-Sn low-Pb	良好	Cu-S	
19	2-10-4	戰國 三晉	円足布	闕	Cu-Sn low-Pb	良好		dendrite ? less and impurities
101	2-10-6	戰國 三晉	円足布	闕	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S (Ag)	
13	2-10-9	戰國 三晉	円足布	(三孔布)	Cu-Sn-lowPb-Sb	良好	Cu-S	
102	3-1-1	戰國 齊	刀幣	齊法化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe, Fe	Fe grains, impurities
103	3-1-2	戰國 齊	刀幣	齊法化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
35	3-1-5	戰國 齊	刀幣	齊之法化	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many impurities
104	3-1-6	戰國 齊	刀幣	齊之法化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	dendrite texture
105	3-1-7	戰國 齊	刀幣	安陽之法化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite texture
106	3-2-2	戰國 齊	刀幣	即墨之法化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
107	3-2-5	戰國 齊	刀幣	即墨之法化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	partial oxidation, dendrite texture
108	3-3-3	戰國 燕	刀幣	明	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
109	3-3-7	戰國 燕	刀幣	明	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
110	3-3-9	戰國 燕	刀幣	明	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Fe	
111	3-4-8	戰國 燕	刀幣	明	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe	
112	3-5-1	戰國 燕	刀幣	明	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	

表 1 分析対象一覧表 (5)

#	試料番号	時代	形式	銘文等	金属組成	保存状態	不純物相	備考
113	3-6-1	戦國 趙	刀幣	(易符号) (陽→陰)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	SiO ₂ grain, As with Sn
114	3-6-3	戦國 趙	刀幣	蒨	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S (Ag)	SiO ₂ grain, As with Sn
115	3-6-4	戦國 趙	刀幣	行	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many impurities
116	3-6-6	戦國 趙	刀幣	行	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	SiO ₂ grain, As with Sn
117	3-7-1	戦國 中山	刀幣	(易符号) (陰 陽→陰)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	many impurities
118	3-7-2	戦國 中山	刀幣	(易符号) (陰 陽→陰)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S (Ag)	SiO ₂ grain, As with Sn
119	3-7-3	戦國 中山	刀幣	(無銘)	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe	Fe grains
120	3-7-6	戦國 中山	刀幣	白人	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S-Fe	Fe grains
121	3-7-7	戦國 中山	刀幣	白人	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S (Ag)	Fe grains
122	3-7-8	戦國 中山	刀幣	蒨	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	partial oxidation
36	3-7-9	戦國 中山	刀幣	?	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many Fe grains
1	3-8-2	戦國 魏	圓錢 (垣)	垣	Cu	良好	Cu-O, Cu-S	many Fe grains
2	3-8-4	戦國 魏	圓錢 (垣)	垣	Cu	良好	Cu-O, Cu-S	many Fe grains
37	3-8-7	戦國 魏? 秦?	圓錢	齊陰	Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	dendrite texture
6	3-8-10	戦國 趙? 秦?	圓錢	蒨	Cu-Pb-As	良好	Cu-S	less impurities
14	3-8-11	戦國 燕? 秦?	圓錢	明	Cu-Sn-Pb-Sb	良好	Cu-S	dendrite texture
123	3-8-12	戦國	圓錢	共	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite texture
124	3-8-13	戦國 齊? 秦?	圓錢	臨化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S (Ag)	many impurities
125	3-8-14	戦國 齊? 秦?	圓錢	臨四化	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S, Cu-S-Fe	many impurities, As with Sn
38	3-9-2	秦	圓錢	半兩	Cu-Sn-Pb	良好		less impurities
126	3-9-6	秦	圓錢	半兩	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite texture
127	3-9-17	秦	圓錢	半兩	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	dendrite, many impurities
128	3-9-18	秦	圓錢	半兩	Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	
3	3-9-20	秦	圓錢	半兩	Cu	良好	Cu-O, Cu-S-Fe	almost Copper, Pb free
129	3-10-1	前漢	五銖		Cu-Sn-Pb-As	良好	Cu-S	

表1 分析対象一覽表(6)

#	試料番号	時代	形式	銘文等	金屬組成	保存状態	不純物相	備考
39	3-10-2	前漢	五銖		Cu-Sn-Pb	良好		partial oxidation
40	3-10-5	前漢	五銖		Cu-Sn-Pb	良好	Cu-S	
7a	3-10-9-1	前漢	五銖		Cu-Pb-Sb-As	良好	Cu-S	High Sb, many Pb
7b	3-10-9-2	前漢	五銖			良好	Cu-S	High Sb, many Pb
132	3-10-13	新莽	布幣		Cu-Sn-Pb-As-Sb	顯著な酸化	Cu-S-Fe	serious oxidation

表2 銅製品の化学組成

#		Cu	Pb	As	Sb
Copper (N = 3)		(wt.%, corrected)			
1	#3-8-2	100		(with Cu-oxide)	
2	#3-8-4	100		(with Cu-oxide)	
3	#3-9-20	100		(with Cu-oxide)	
Copper with Pb + As (N = 3)					
4	#2-3-7	58.85	37.43	3.72	
5	#2-9-3	78.85	19.43	1.72	
6	#3-8-10	76.23	21.88	1.89	
Copper with Pb + Sb + As (N = 1)					
7	#3-10-9 (1)	66.13	22.94	2.65	8.28
	#3-10-9 (2)	71.06	19.21	1.51	8.22

表3 青銅製品の化学組成 (1)

#		Cu	Pb	Sn	As	Sb	Sn/(Cu + Sn), %
Bronze with Pb + As + Sb (N = 6)		(wt.%, corrected)					
8	#1-2-17	76.31	12.72	8.86	1.02	1.08	10.4
9	#1-5-3	66.21	17.42	10.65	1.81	3.91	13.9
10	#2-4-15	59.63	29.09	4.78	2.63	3.86	7.4
11	#2-5-1	60.23	28.27	5.76	2.37	3.37	8.7
12	#2-8-2	62.96	27.41	3.75	2.70	3.18	5.6
132	#3-10-13*	82.03	4.17	12.07	0.66	1.07	12.8
Bronze with Pb + Sb (N = 2)							
13	#2-10-9	92.12	3.86	3.06		0.97	3.2
14	#3-8-11	73.95	13.51	7.20		5.34	8.9

* 顕著な酸化が認められる

表3 青銅製品の化学組成 (2)

#		Cu	Pb	Sn	As	Sb	Sn/(Cu + Sn), %
Bronze with low (<3 wt%) Pb (N = 5)							
15	#1-3-6	95.62	0.17	4.22			4.2
16	#1-3-7	97.53	0.23	2.24			2.2
17	#2-9-15	93.00	1.46	5.53			5.6
18	#2-10-3	92.15	0.37	7.48			7.5
19	#2-10-4	88.15	2.32	9.52			9.8

表4 鉛青銅製品の化学組成

#		Cu	Pb	Sn		Sn/(Cu + Sn), %
Bronze with Pb (N = 21)						(wt. %, corrected)
21	#1-4-2	75.59	18.07	6.34		7.7
22	#1-5-4	65.64	24.80	9.56		12.7
23	#2-5-14	75.67	16.65	7.68		9.2
24	#2-5-17	77.41	16.11	6.48		7.7
25	#2-5-19	78.08	16.49	5.43		6.5
26	#2-6-3	77.33	18.52	4.15		5.1
27	#2-6-4	74.61	13.68	11.71		13.6
28	#2-6-5	77.78	16.08	6.14		7.3
29	#2-6-10	79.03	15.21	5.76		6.8
30	#2-6-19	76.63	13.82	9.55		11.1
31	#2-6-20	76.13	16.00	7.87		9.4
32	#2-7-5	80.46	13.41	6.13		7.1
33	#2-7-10	79.04	14.33	6.63		7.7
34	#2-7-12	79.49	11.87	8.64		9.8
35	#2-9-11	69.59	15.21	15.20		17.9
36	#3-1-5	77.57	11.52	10.91		12.3
37	#3-7-9	61.89	23.52	14.59		19.1
38	#3-8-7	74.54	13.11	12.34		14.2
39	#3-9-2	80.38	13.48	6.13		7.1
40	#3-10-2	82.10	9.19	8.71		9.6
41	#3-10-5	87.86	8.82	3.32		3.6

表5 砒素鉛青銅製品の化学組成 (1)

#		Cu	Pb	Sn	As	Sn/(Cu + Sn), %
Bronze with Pb + As (N = 91)		(wt. %, corrected)				
42	#1-2-15	71.25	15.75	10.63	2.37	13.0
43	#1-4-4	65.21	18.08	14.30	2.41	18.0
44	#1-4-7	69.95	22.12	6.06	1.87	8.0
45	#1-5-1	66.59	21.60	9.58	2.22	12.6
46	#1-5-5	67.62	21.28	8.75	2.35	11.5
47	#1-5-6	68.48	17.77	11.47	2.28	14.3
48	#1-5-7	72.97	17.23	8.15	1.65	10.0
49	#1-6-2	66.20	19.38	12.60	1.83	16.0
50	#1-6-3	61.02	21.45	15.30	2.24	20.0
51	#1-6-8	71.47	14.56	12.68	1.30	15.1
52	#2-1-2	66.41	19.17	12.41	2.01	15.7
53	#2-1-3	67.02	18.31	12.67	2.00	15.9
131	#2-1-6*	66.93	19.46	10.84	2.77	13.9
54	#2-1-7	69.82	20.61	7.85	1.73	10.1
132	#2-1-8*	65.71	22.92	8.76	2.61	11.8
55	#2-3-1	56.61	27.88	12.53	2.98	18.1
56	#2-3-4	68.81	21.93	7.31	1.96	9.6
57	#2-3-5	60.58	31.12	5.15	3.15	7.8
58	#2-3-8	61.50	31.98	3.50	3.01	5.4
59	#2-3-9	55.23	36.12	5.06	3.59	8.4
60	#2-3-11	61.84	31.41	3.61	3.15	5.5
61	#2-3-13	60.19	34.76	2.28	2.77	3.7
62	#2-3-14	59.89	31.53	5.52	3.06	8.4
63	#2-3-16	61.51	32.30	3.21	2.98	5.0
64	#2-3-17	55.34	36.70	4.18	3.78	7.0
65	#2-3-18	49.06	41.74	4.60	4.60	8.6
66	#2-3-19	64.45	27.46	5.07	3.02	7.3
67	#2-4-1	68.22	23.11	6.60	2.07	8.8
68	#2-4-3	64.81	27.15	5.75	2.29	8.2
69	#2-4-5	64.01	29.24	3.73	3.02	5.5
70	#2-4-6	62.73	28.54	6.72	2.02	9.7
71	#2-4-7	63.98	24.86	8.52	2.65	11.7

* 顕著な酸化が認められる

(continure)

表5 砒素鉛青銅製品の化学組成 (2)

#		Cu	Pb	Sn	As	Sn/(Cu + Sn), %
Bronze with Pb + As (N = 91)		(wt. %, corrected)				
72	#2-4-9	65.38	26.11	6.56	1.95	9.1
73	#2-4-10	50.13	41.37	4.32	4.18	7.9
74	#2-4-11	65.65	23.55	8.92	1.89	12.0
75	#2-4-12	49.29	44.66	4.26	1.79	8.0
76	#2-4-13	55.30	34.61	6.40	3.69	10.4
77	#2-4-14	58.31	34.98	3.04	3.66	5.0
78	#2-4-16	60.68	30.21	6.87	2.24	10.2
79	#2-5-7	53.41	38.16	5.54	2.89	9.4
80	#2-5-9	63.38	27.07	7.33	2.22	10.4
81	#2-5-13	65.91	22.31	9.88	1.90	13.0
82	#2-5-15	68.05	22.23	7.71	2.00	10.2
83	#2-6-9	49.72	41.25	5.64	3.39	10.2
84	#2-6-16	71.79	17.57	9.07	1.57	11.2
85	#2-6-17	76.13	14.34	8.03	1.49	9.5
86	#2-6-18	75.26	18.45	5.08	1.21	6.3
87	#2-7-1	74.61	17.44	6.50	1.45	8.0
88	#2-7-4	73.23	20.88	4.73	1.16	6.1
89	#2-7-8	77.82	13.63	7.06	1.49	8.3
90	#2-7-15	59.40	31.91	5.09	3.60	7.9
91	#2-7-18	61.92	26.53	9.04	2.51	12.7
92	#2-8-1	50.36	34.41	12.29	2.94	19.6
93	#2-8-5	75.82	18.11	4.81	1.26	6.0
94	#2-8-6	72.30	18.45	7.60	1.65	9.5
95	#2-8-9	72.06	22.52	3.40	2.02	4.5
96	#2-8-13	68.84	20.94	8.05	2.17	10.5
97	#2-9-1	71.53	22.50	3.93	2.04	5.2
98	#2-9-5	80.46	15.10	3.34	1.11	4.0
99	#2-9-8	72.44	22.10	3.58	1.88	4.7
100	#2-9-12	69.96	17.00	11.54	1.50	14.2
101	#2-9-13	69.80	18.26	10.57	1.37	13.2
102	#2-10-6	69.88	24.29	3.47	2.36	4.7
103	#3-1-1	67.35	24.62	5.53	2.50	7.6
104	#3-1-2	77.34	16.09	5.11	1.46	6.2

(continure)

表 5 砒素鉛青銅製品の化学組成 (3)

#		Cu	Pb	Sn	As	Sn/(Cu + Sn), %
Bronze with Pb + As (N = 91)		(wt. %, corrected)				
105	#3-1-6	75.41	13.96	9.24	1.39	10.9
106	#3-1-7	75.94	13.79	9.17	1.10	10.8
107	#3-2-2	82.23	9.22	7.61	0.94	8.5
108	#3-2-5	79.80	9.16	10.15	0.89	11.3
109	#3-3-3	58.72	34.30	3.40	3.58	5.5
110	#3-3-7	60.80	32.42	3.43	3.35	5.3
111	#3-3-9	56.12	36.59	3.31	3.97	5.6
112	#3-4-8	48.11	42.10	4.88	4.92	9.2
113	#3-5-1	62.20	30.79	3.74	3.27	5.7
114	#3-6-1	59.44	32.65	4.36	3.55	6.8
115	#3-6-3	59.83	30.23	7.28	2.67	10.8
116	#3-6-4	68.41	23.12	6.26	2.20	8.4
117	#3-6-6	56.34	33.76	5.86	4.05	9.4
118	#3-7-1	66.36	24.87	6.22	2.55	8.6
119	#3-7-2	54.14	36.68	4.83	4.35	8.2
120	#3-7-3	53.87	37.68	4.00	4.45	6.9
121	#3-7-6	66.14	19.96	11.94	1.96	15.3
122	#3-7-7	65.94	26.67	4.48	2.91	6.4
123	#3-7-8	65.94	24.26	7.45	2.35	10.2
124	#3-8-12	73.93	21.32	3.15	1.60	4.1
125	#3-8-13	66.21	26.33	5.41	2.05	7.6
126	#3-8-14	65.75	26.82	5.04	2.39	7.1
127	#3-9-6	82.76	9.60	6.70	0.94	7.5
128	#3-9-17	68.39	25.29	3.57	2.74	5.0
129	#3-9-18	78.09	13.11	7.39	1.41	8.6
130	#3-10-1	74.34	17.34	6.88	1.43	8.5
<i>Bronze with Pb + As (N = 91)</i>						
	最大値	82.76	44.66	15.30	4.92	20.0
	最小値	48.11	9.16	2.28	0.89	3.7

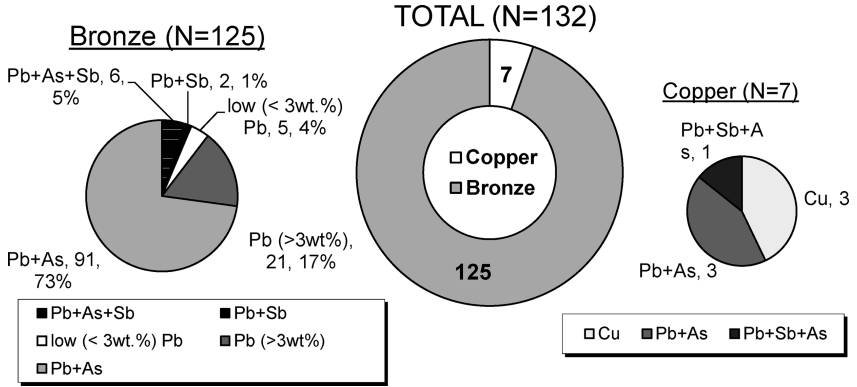


図1 化学組成別の割合
銅器：Copper, 青銅器：Bronze

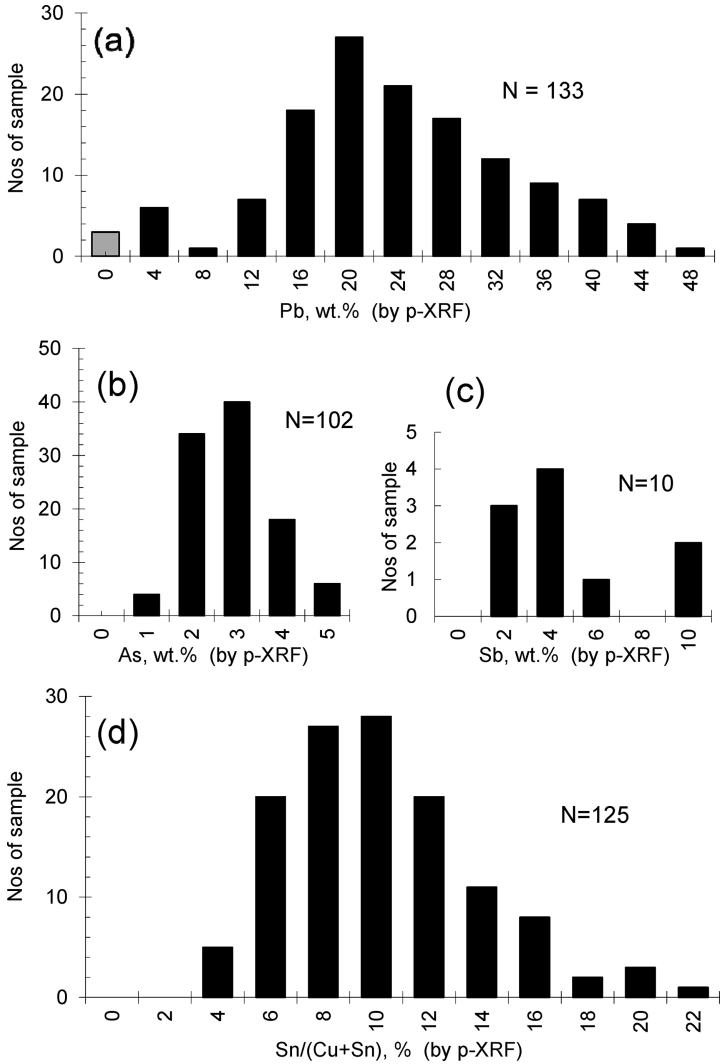


図2 化学組成別の頻度分布

a) 鉛 (Pb) 含有率, b) 砒素 (As) 含有率, c) アンチモン (Sb) 含有率, d) 青銅中の錫比

N は分析試料数を表す。

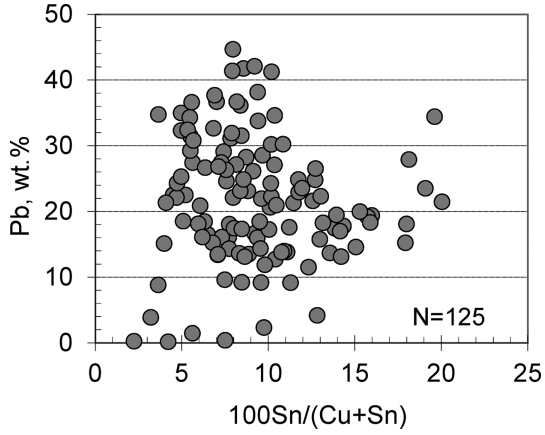
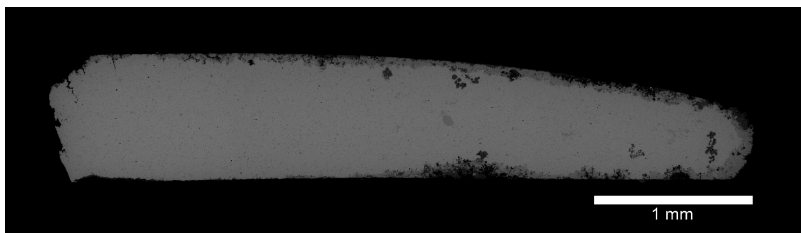


図3 青銅中の錫比と鉛含有率の相関図

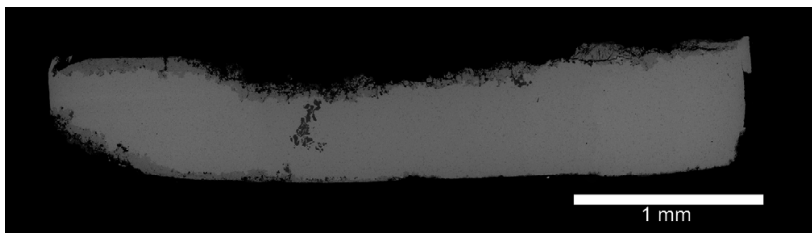
Appendix-1：金属片断面の反射電子像

表示は化学組成別，表 2～4 に準ずる。画像中のスケールはすべて 1 mm である。

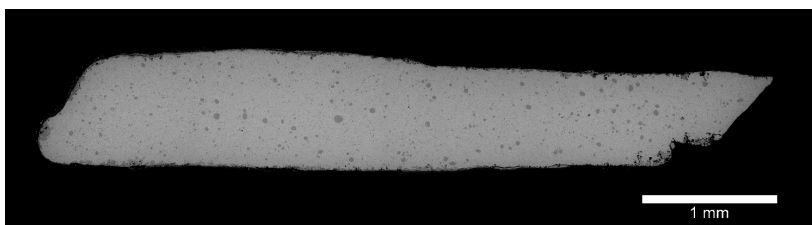
(1) #3-8-2 Copper



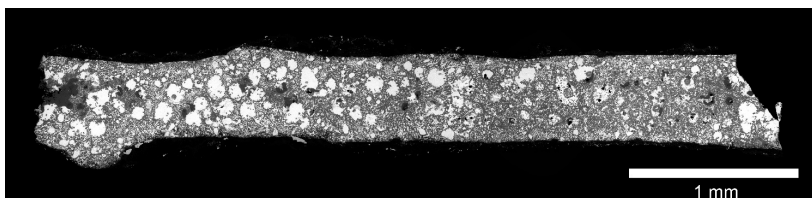
(2) #3-8-4 Copper



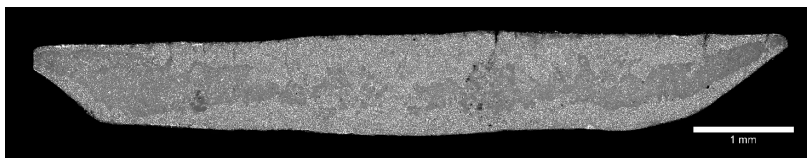
(3) #3-8-20 Copper



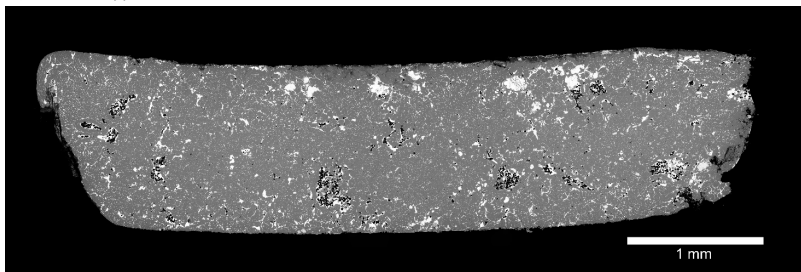
(4) #2-3-7 Copper with Pb +As



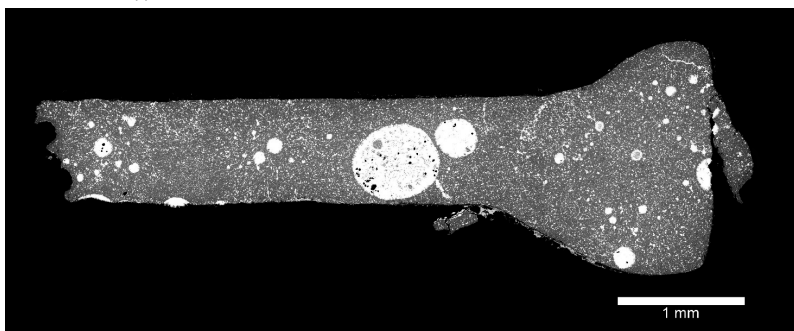
(5) #2-9-3 Copper with Pb+As



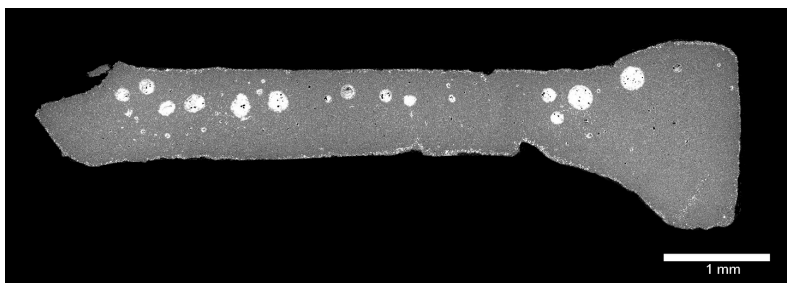
(6) #3-8-10 Copper with Pb+As



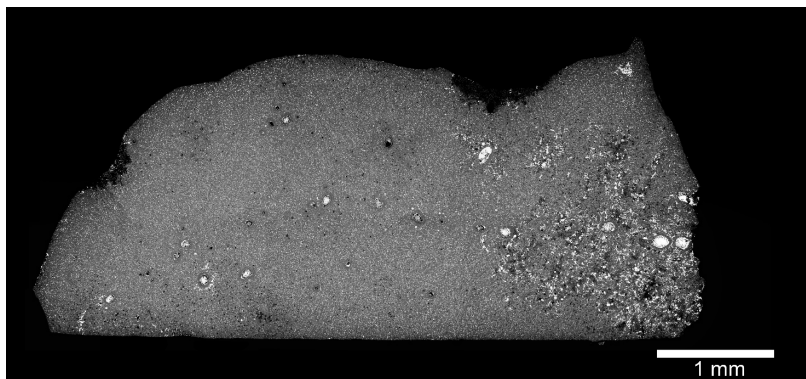
(7-a) #3-10-9-1 Copper with Pb+Sb+As



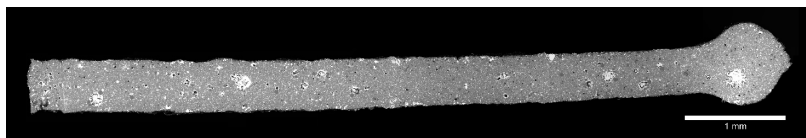
(7-b) #3-10-9-2 Copper with Pb+Sb+As



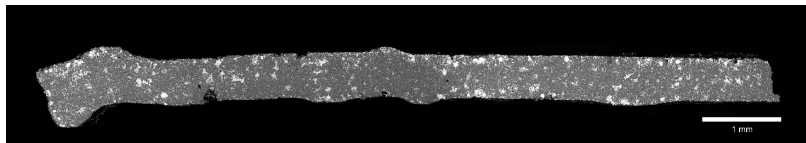
(8) #1-2-17 Bronze with Pb+As+Sb



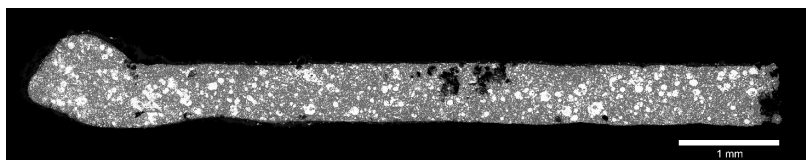
(9) #1-5-3 Bronze with Pb+As+Sb



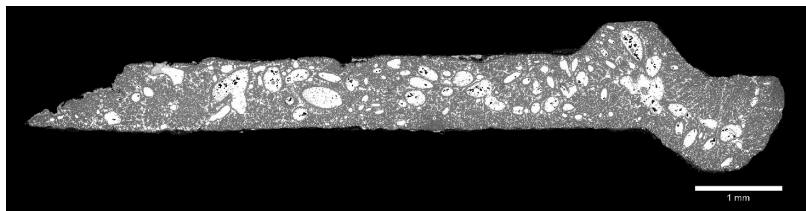
(10) #2-4-15 Bronze with Pb+As+Sb



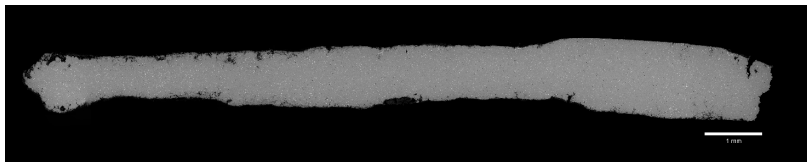
(11) #2-5-1 Bronze with Pb+As+Sb



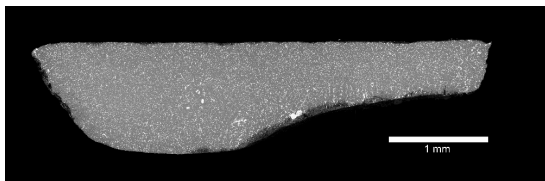
(12) #2-8-2 Bronze with Pb+As+Sb



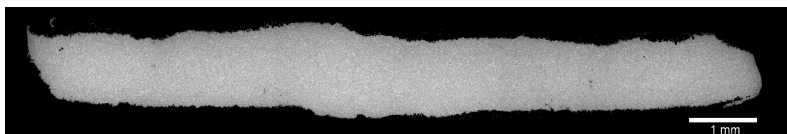
(13) #2-10-9 Bronze with Pb+Sb



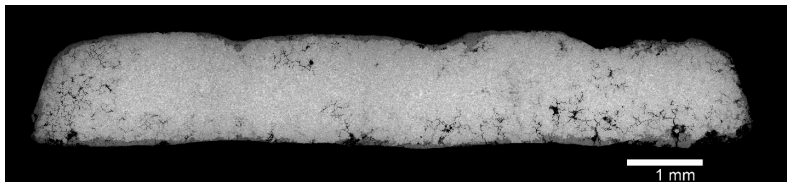
(14) #3-8-11 Bronze with Pb+Sb



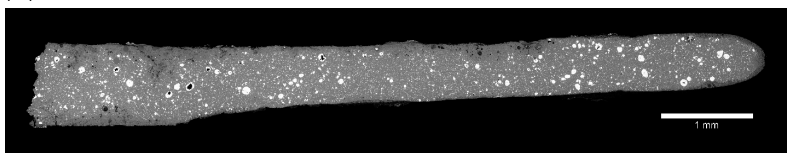
(15) #1-3-6 Bronze with low Pb



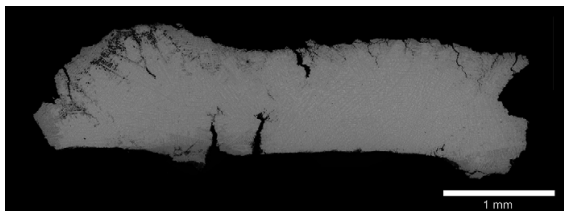
(16) #1-3-7 Bronze with low Pb



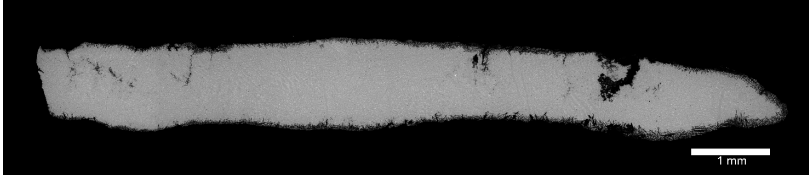
(17) #2-9-15 Bronze with low Pb



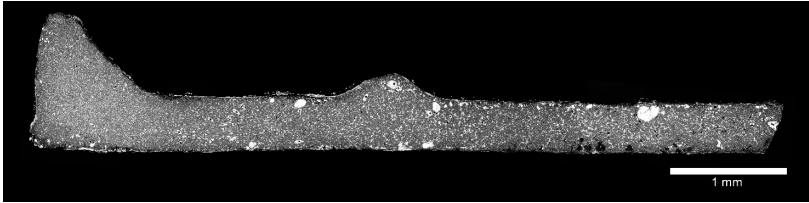
(18) #2-10-3 Bronze with low Pb



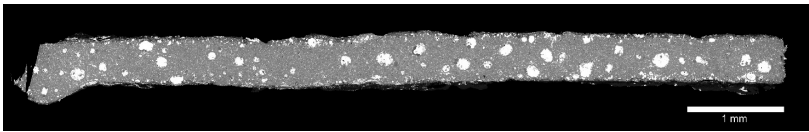
(19) #2-10-4 Bronze with low Pb



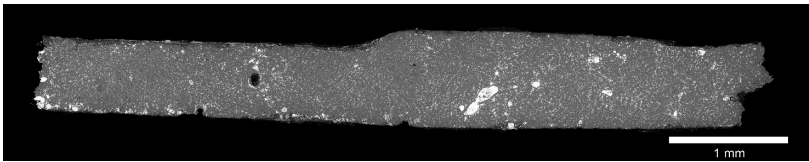
(20) #1-4-2 Bronze with Pb



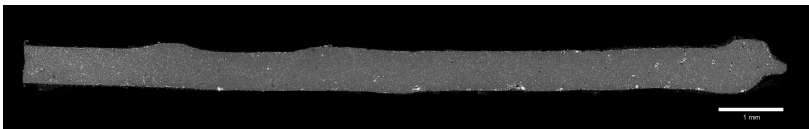
(21) #1-5-4 Bronze with Pb



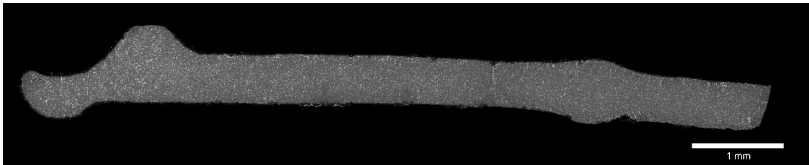
(22) #2-5-14 Bronze with Pb



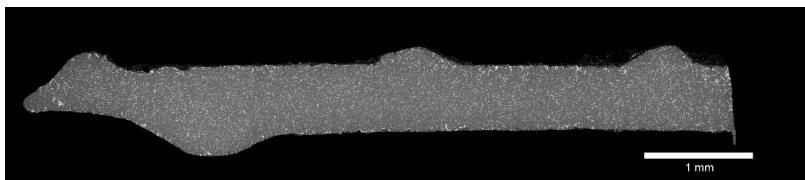
(23) #2-5-17 Bronze with Pb



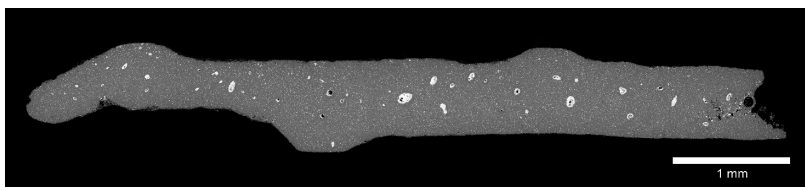
(24) #2-5-19 Bronze with Pb



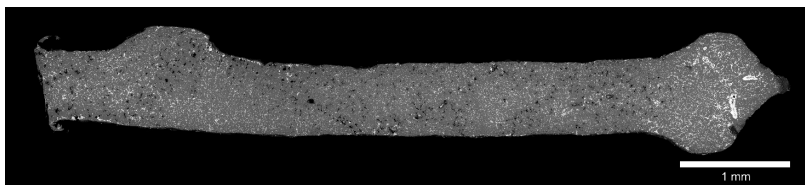
(25) #2-6-3 Bronze with Pb



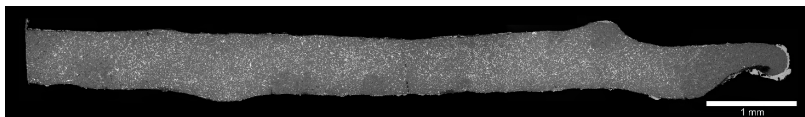
(26) #2-6-4 Bronze with Pb



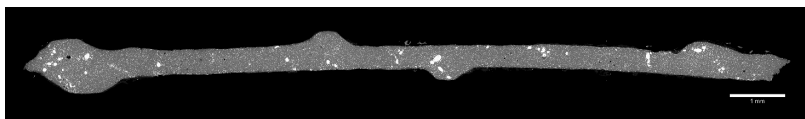
(27) #2-6-5 Bronze with Pb



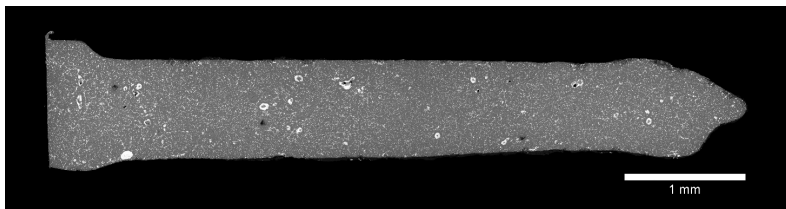
(28) #2-6-10 Bronze with Pb



(29) #2-6-19 Bronze with Pb

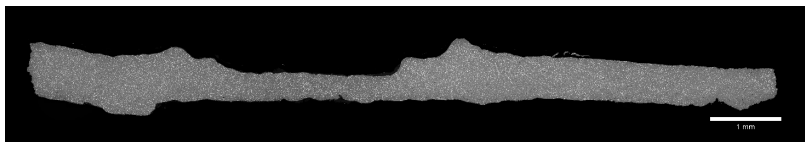


(30) #2-6-20 Bronze with Pb

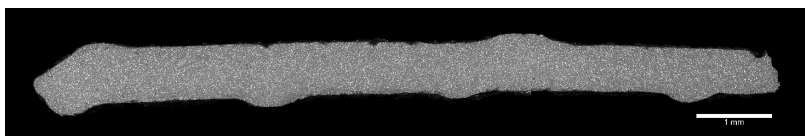


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

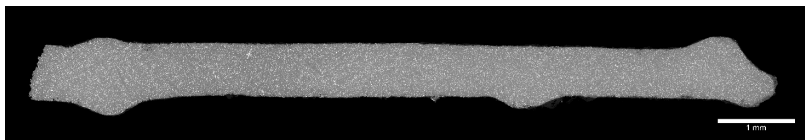
(31) #2-7-5 Bronze with Pb



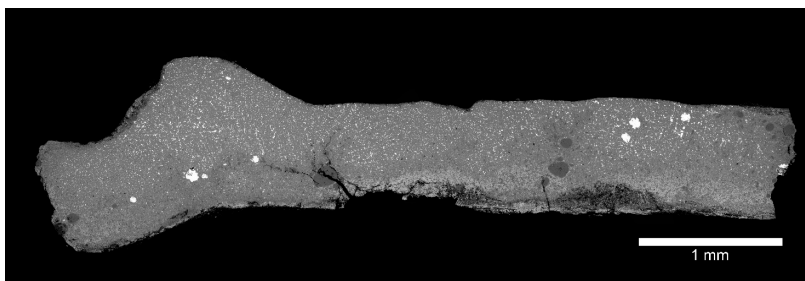
(32) #2-7-10 Bronze with Pb



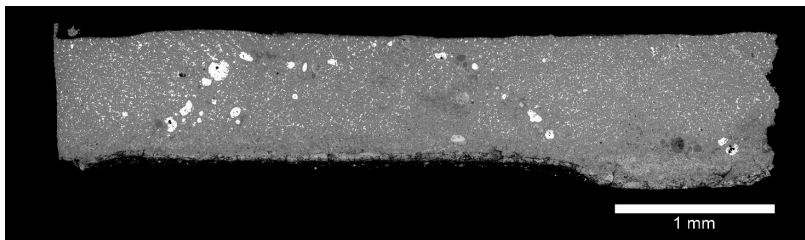
(33) #2-7-12 Bronze with Pb



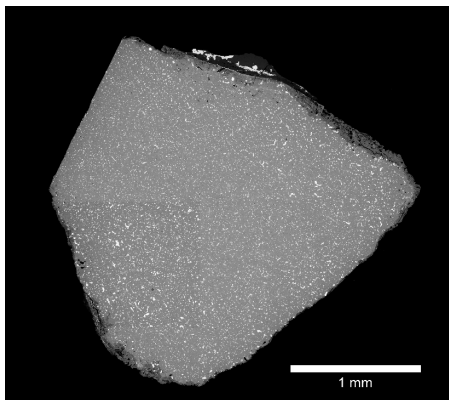
(34-a) #2-9-11A Bronze with Pb



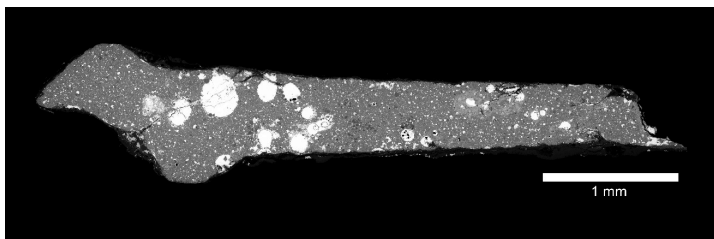
(34-b) #2-9-11B Bronze with Pb



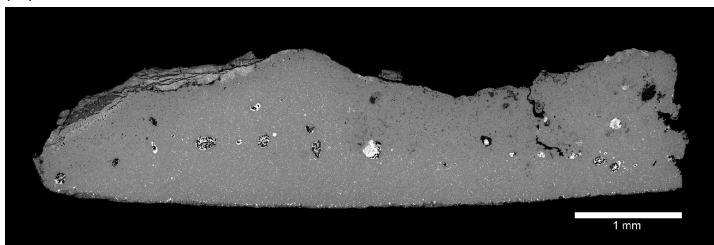
(35) #3-1-5 Bronze with Pb



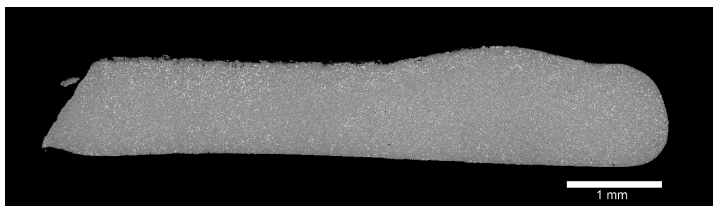
(36) #3-7-9 Bronze with Pb



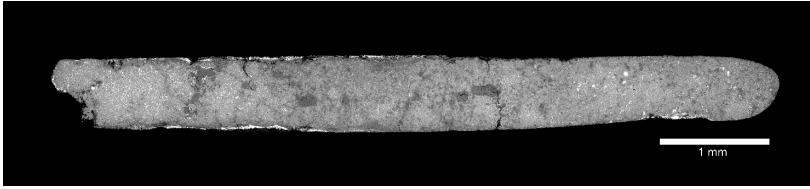
(37) #3-8-7 Bronze with Pb



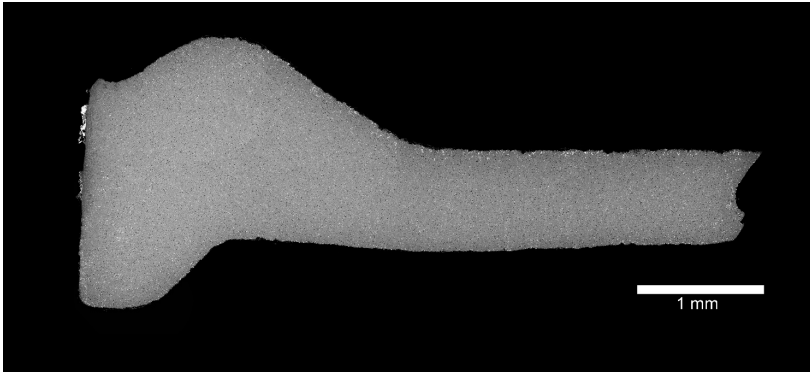
(38) 3-9-2 Bronze with Pb



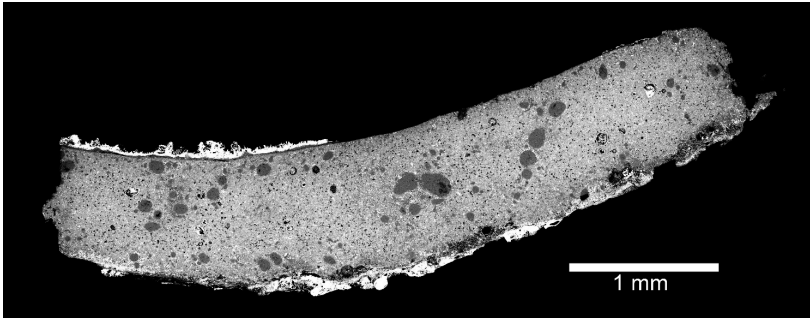
(39) #3-10-2 Bronze with Pb



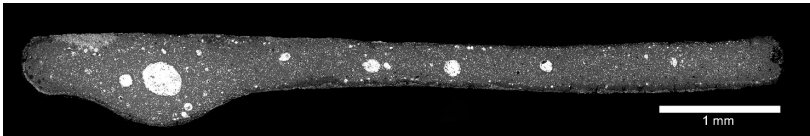
(40) #3-10-5 Bronze with Pb



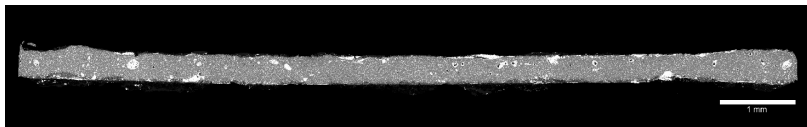
(41) #1-2-15 Bronze with Pb+As



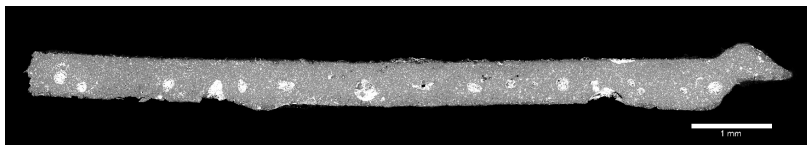
(42) #1-4-4 Bronze with Pb+As



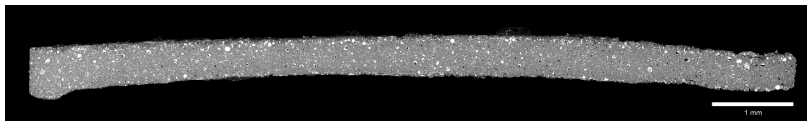
(43) #1-4-7 Bronze with Pb+As



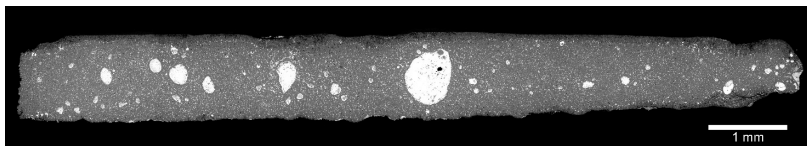
(44) #1-5-1 Bronze with Pb+As



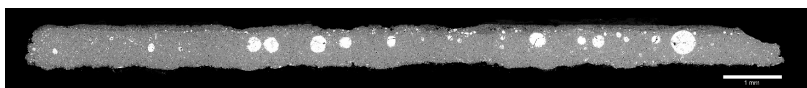
(45) #1-5-5 Bronze with Pb+As



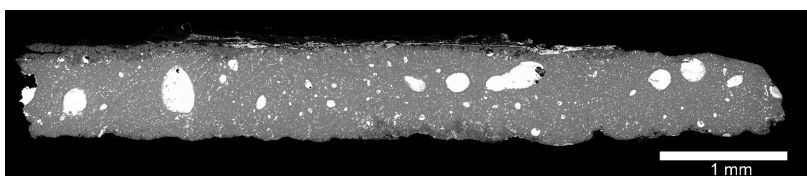
(46) #1-5-6 Bronze with Pb+As



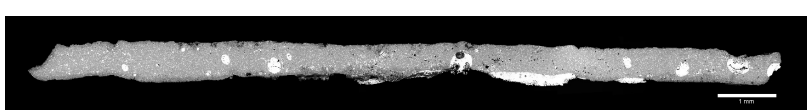
(47) #1-5-7 Bronze with Pb+As



(48) #1-6-2 Bronze with Pb+As

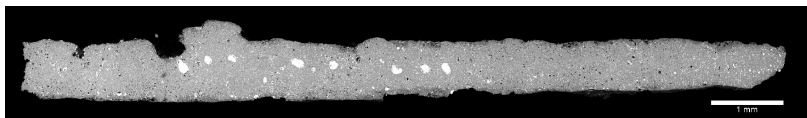


(49) #1-6-3 Bronze with Pb+As

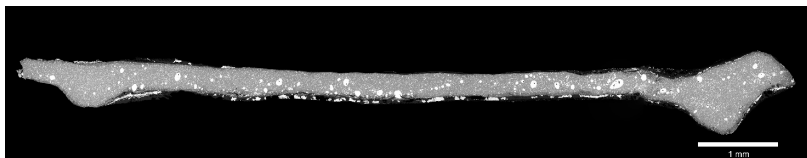


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

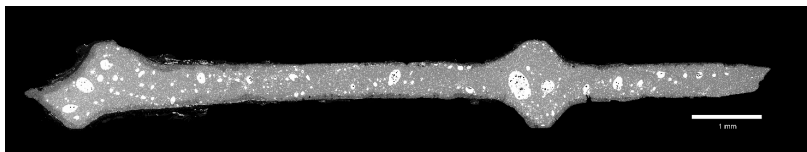
(50) #1-6-8 Bronze with Pb+As



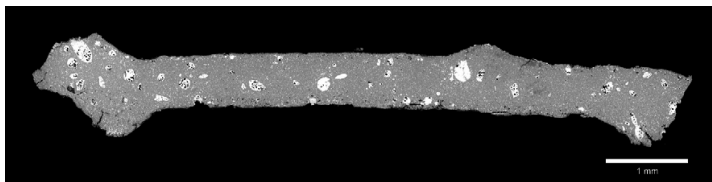
(51) #2-1-2 Bronze with Pb+As



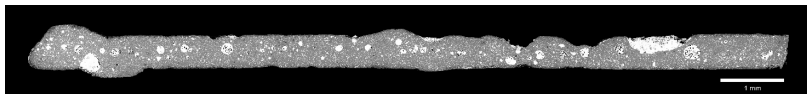
(52) #2-1-3 Bronze with Pb+As



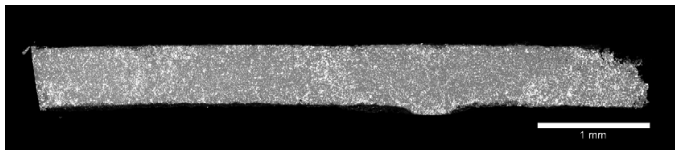
(53) #2-1-7 Bronze with Pb+As



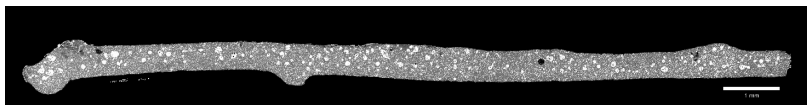
(54) #2-3-1 Bronze with Pb+As



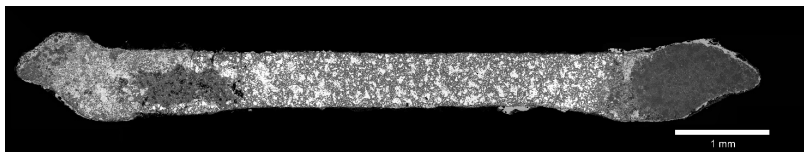
(55) #2-3-4 Bronze with Pb+As



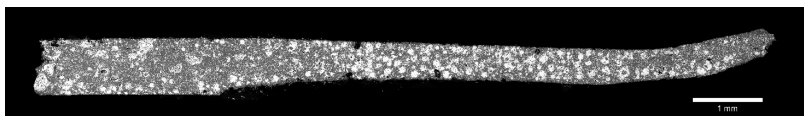
(56) #2-3-5 Bronze with Pb+As



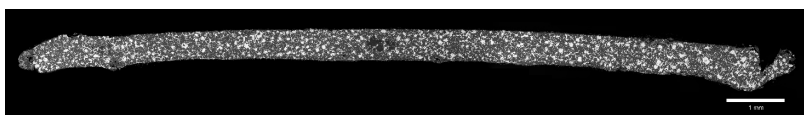
(57) #2-3-8 Bronze with Pb+As



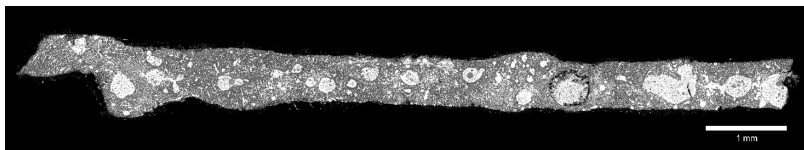
(58) #2-3-9 Bronze with Pb+As



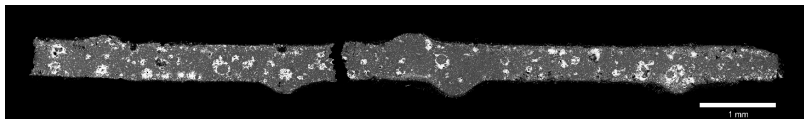
(59) #2-3-11 Bronze with Pb+As



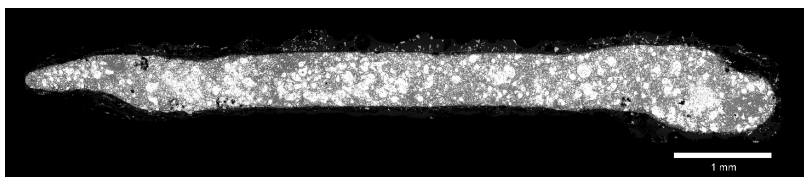
(60) #2-3-13 Bronze with Pb+As



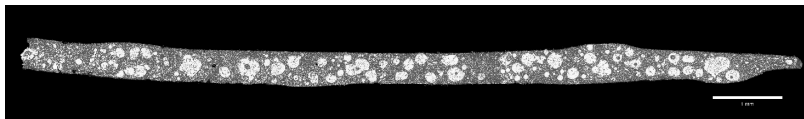
(61) #2-3-14 Bronze with Pb+As



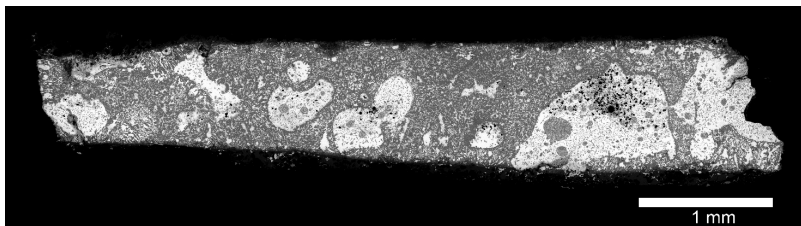
(62) #2-3-16 Bronze with Pb+As



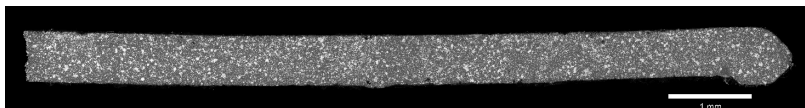
(63) #2-3-17 Bronze with Pb+As



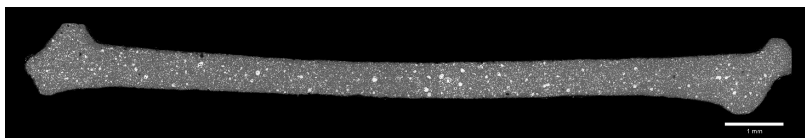
(64) #2-3-18 Bronze with Pb+As



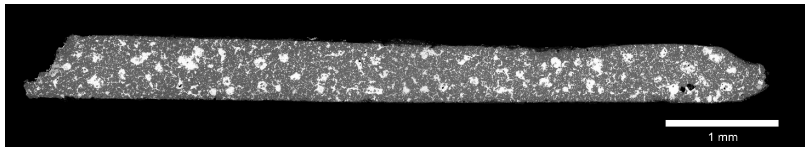
(65) #2-3-19 Bronze with Pb+As



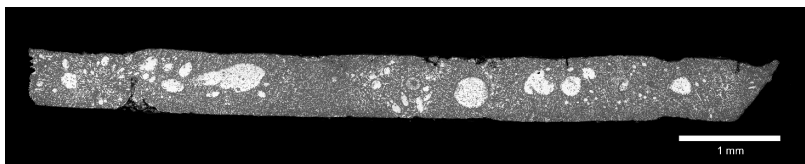
(66) #2-4-1 Bronze with Pb+As



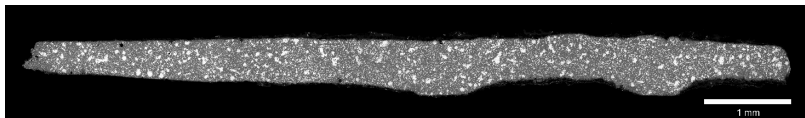
(67) #2-4-3 Bronze with Pb+As



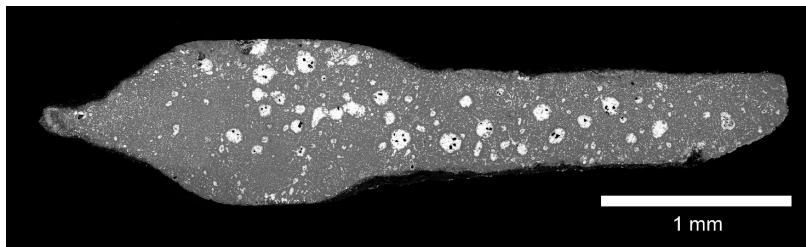
(68) #2-4-5 Bronze with Pb+As



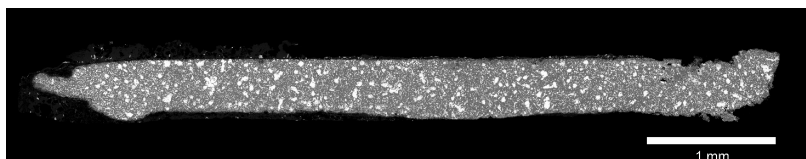
(69) #2-4-6 Bronze with Pb+As



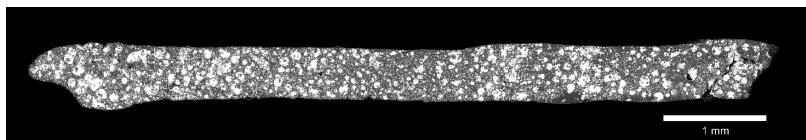
(70) #2-4-7 Bronze with Pb+As



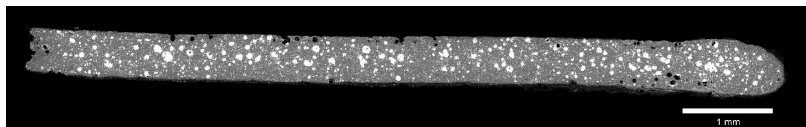
(71) #2-4-9 Bronze with Pb+As



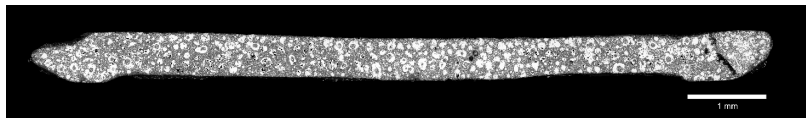
(72) #2-4-10 Bronze with Pb+As



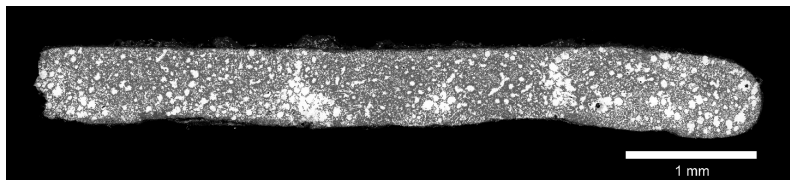
(73) #2-4-11 Bronze with Pb+As



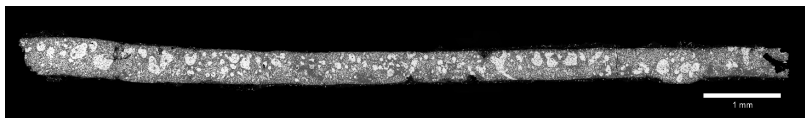
(74) #2-4-12 Bronze with Pb+As



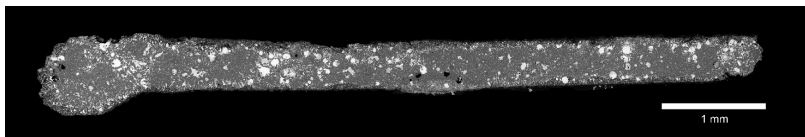
(75) #2-4-13 Bronze with Pb+As



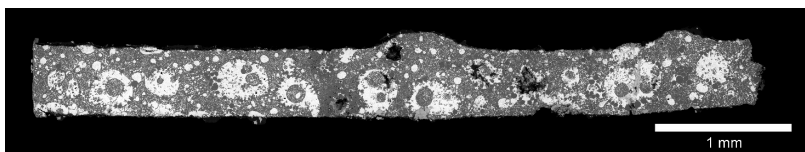
(76) #2-4-14 Bronze with Pb+As



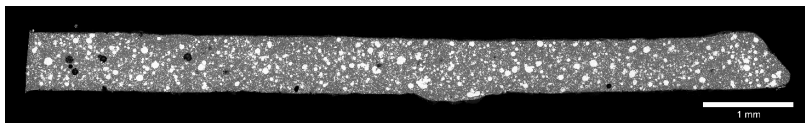
(77) #2-4-16 Bronze with Pb+As



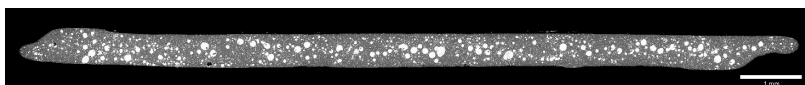
(78) #2-5-7 Bronze with Pb+As



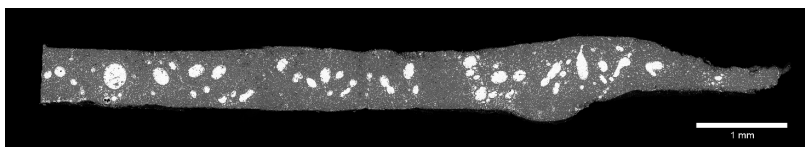
(79) #2-5-9 Bronze with Pb+As



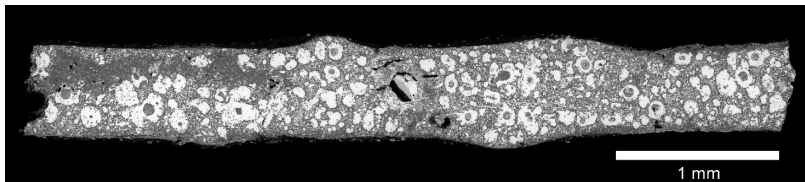
(80) #2-5-13 Bronze with Pb+As



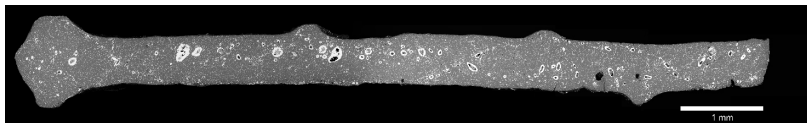
(81) #2-5-15 Bronze with Pb+As



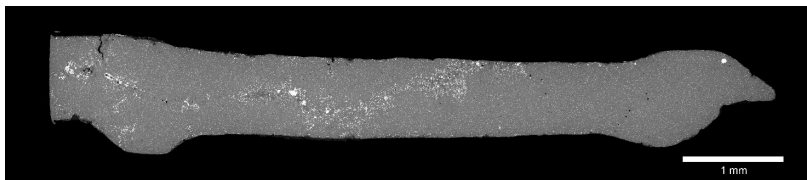
(82) #2-6-9 Bronze with Pb+As



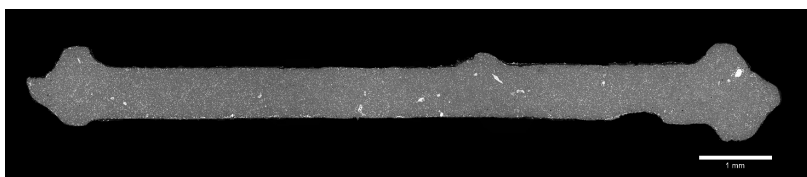
(83) #2-6-16 Bronze with Pb+As



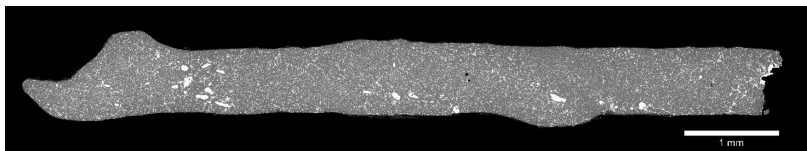
(84) #2-6-17 Bronze with Pb+As



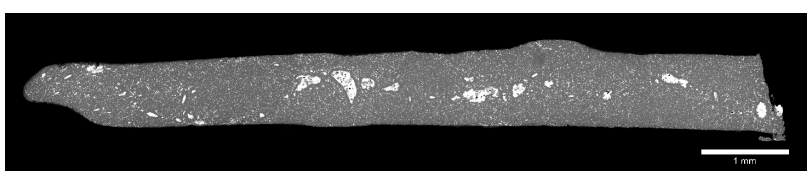
(85) #2-6-18 Bronze with Pb+As



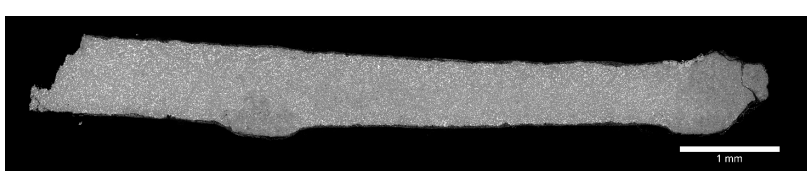
(86) #2-7-1 Bronze with Pb+As



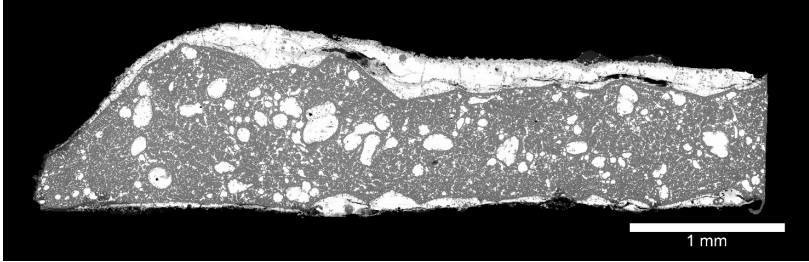
(87) #2-7-4 Bronze with Pb+As



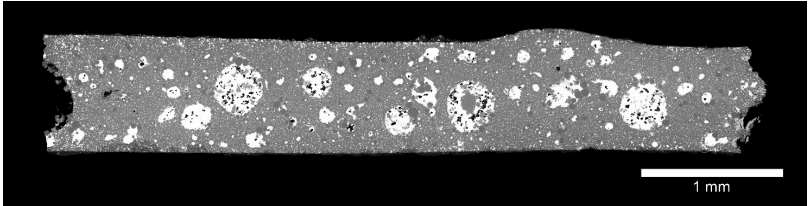
(88) #2-7-8 Bronze with Pb+As



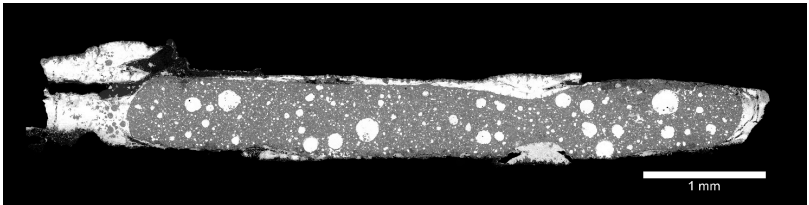
(89) #2-7-15 Bronze with Pb+As



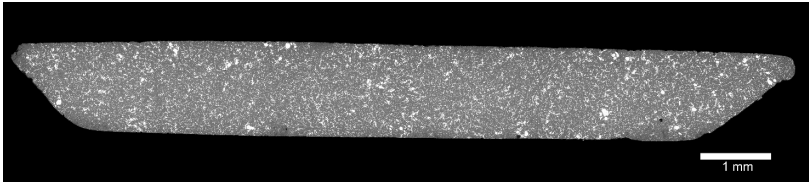
(90) #2-7-18 Bronze with Pb+As



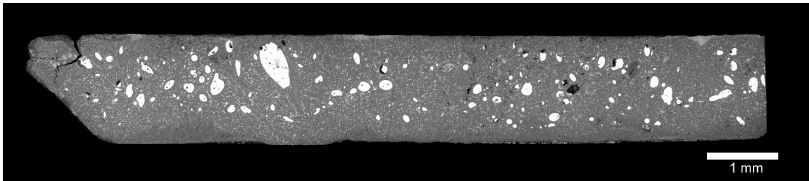
(91) #2-8-1 Bronze with Pb+As



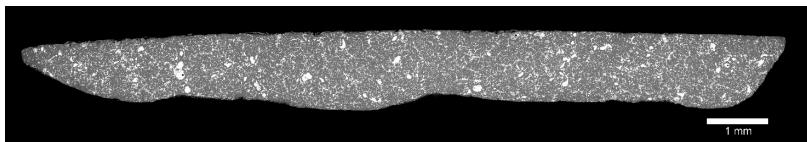
(92) #2-8-5 Bronze with Pb+As



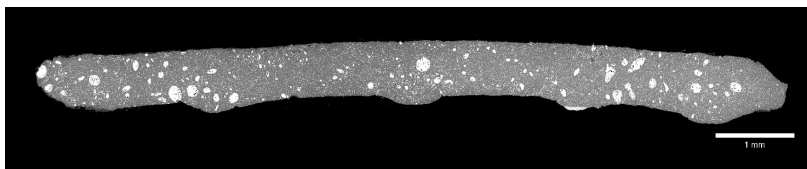
(93) #2-8-6 Bronze with Pb+As



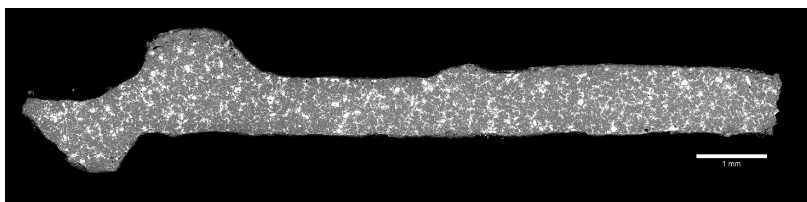
(94) #2-8-9 Bronze with Pb+As



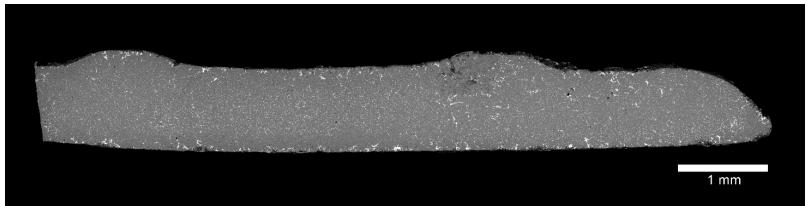
(95) #2-8-13 Bronze with Pb+As



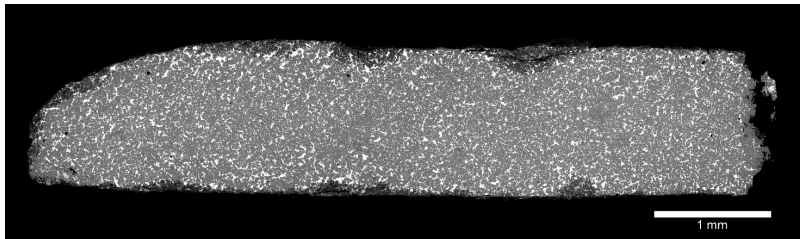
(96) #2-9-1 Bronze with Pb+As



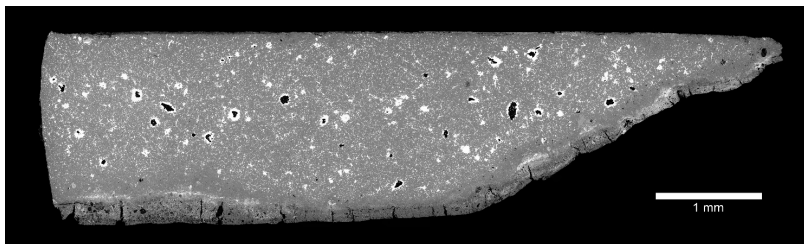
(97) #2-9-5 Bronze with Pb+As



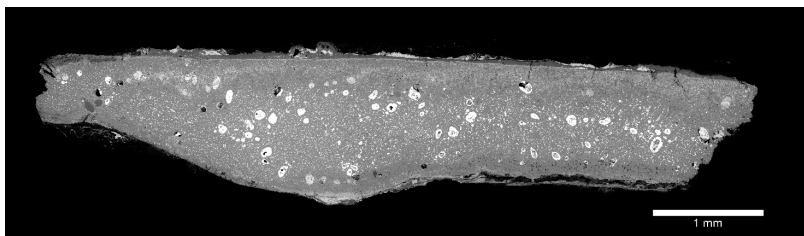
(98) #2-9-8 Bronze with Pb+As



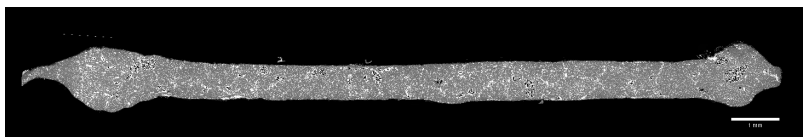
(99) #2-9-12 Bronze with Pb+As



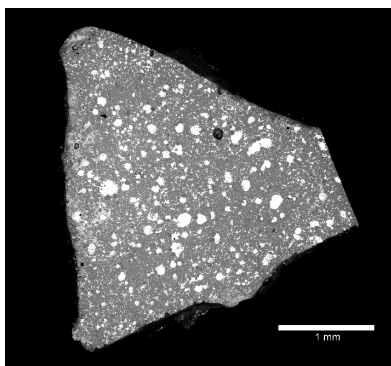
(100) #2-9-13 Bronze with Pb+As



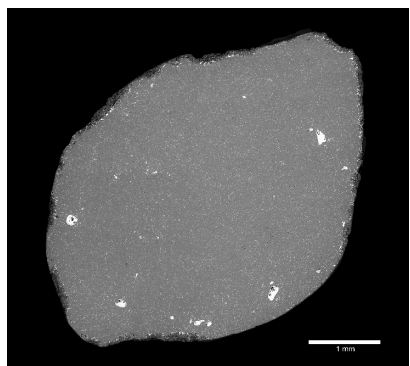
(101) #2-10-6 Bronze with Pb+As



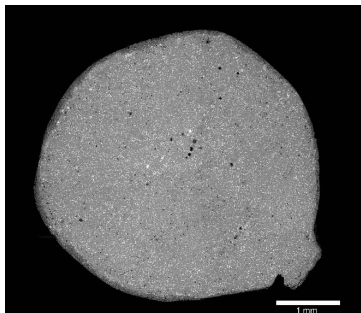
(102) #3-1-1 Bronze with Pb+As



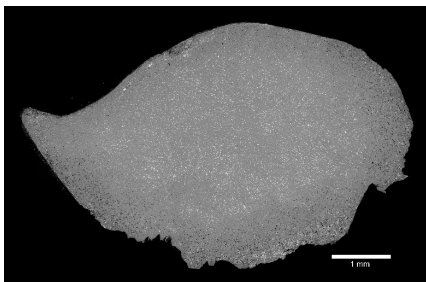
(103) #3-1-2 Bronze with Pb+As



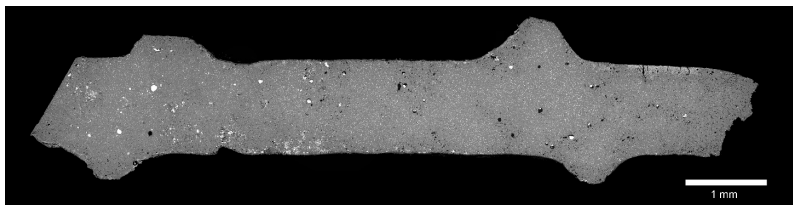
(104) #3-1-6 Bronze with Pb+As



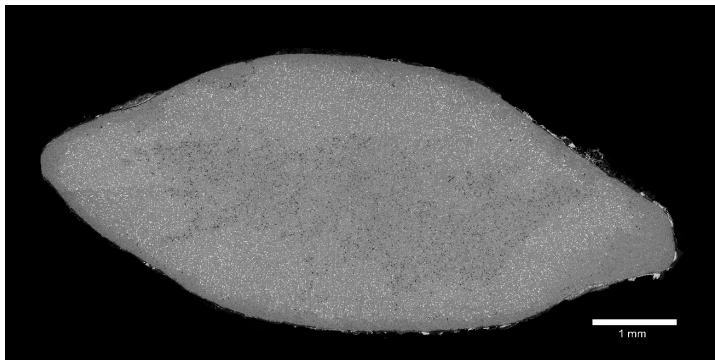
(106) #3-2-2 Bronze with Pb+As



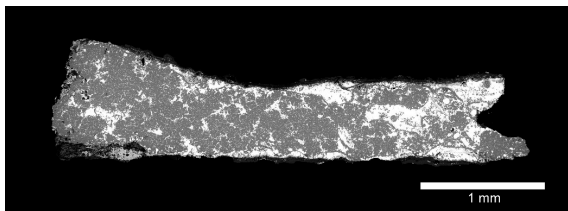
(105) #3-1-7 Bronze with Pb+As



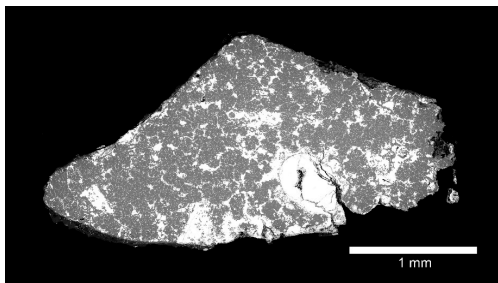
(107) #3-2-5 Bronze with Pb+As



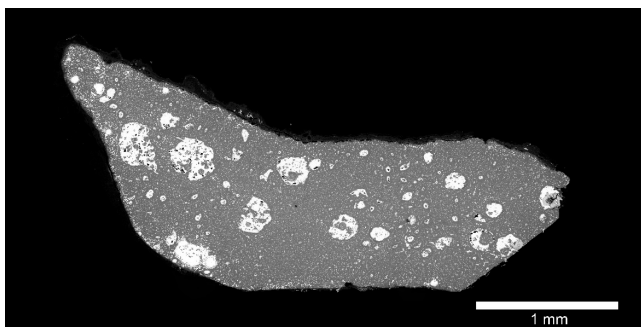
(108-a) #3-3-3a Bronze with Pb+As



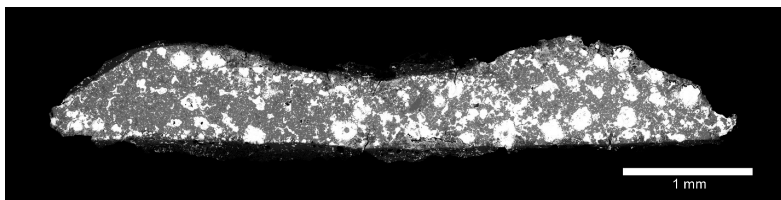
(108-b) #3-3-3b Bronze with Pb+As



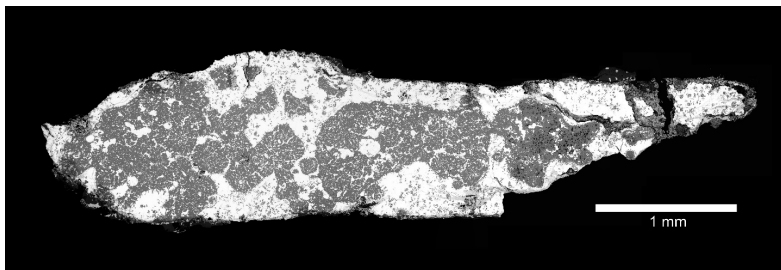
(109) #3-3-7 Bronze with Pb+As



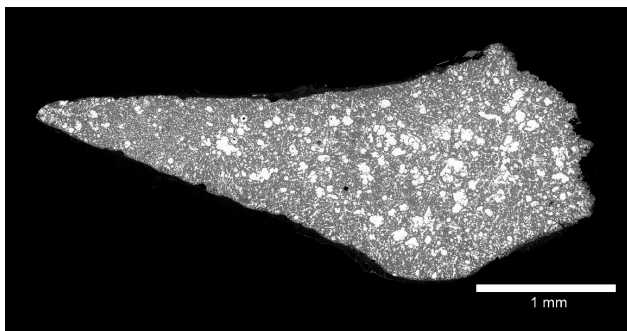
(110) #3-3-9 Bronze with Pb+As



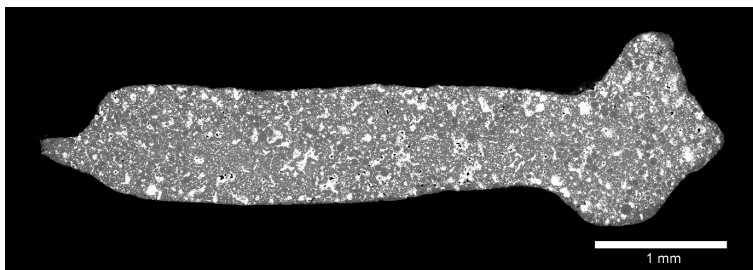
(111) #3-4-8 Bronze with Pb+As



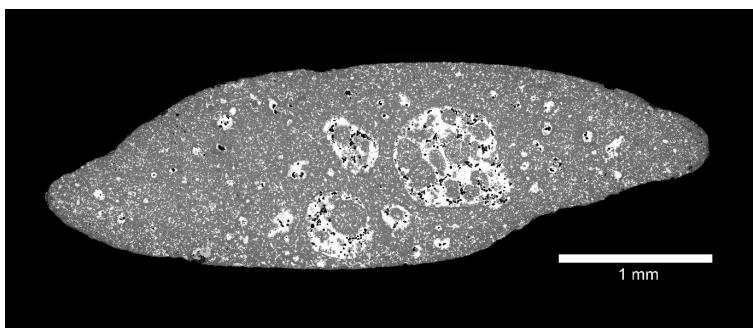
(112) #3-5-1 Bronze with Pb+As



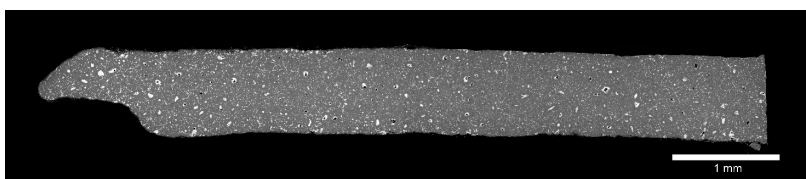
(113) #3-6-1 Bronze with Pb+As



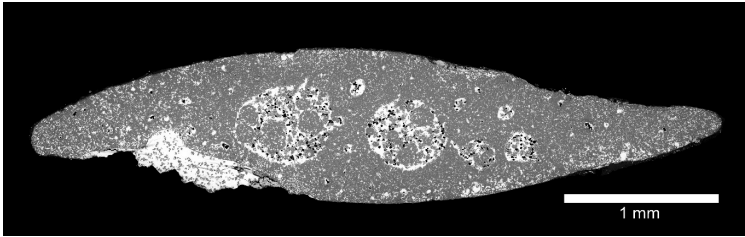
(114) #3-6-3 Bronze with Pb+As



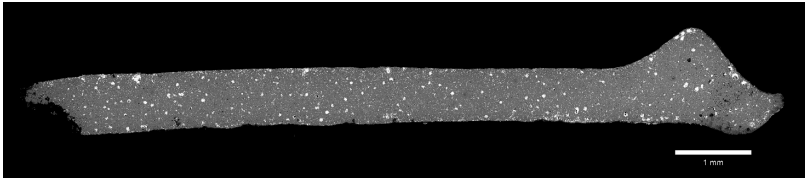
(115) #3-6-4 Bronze with Pb+As



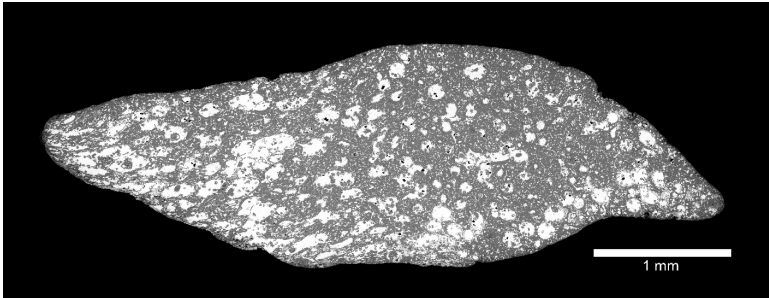
(116) #3-6-6 Bronze with Pb+As



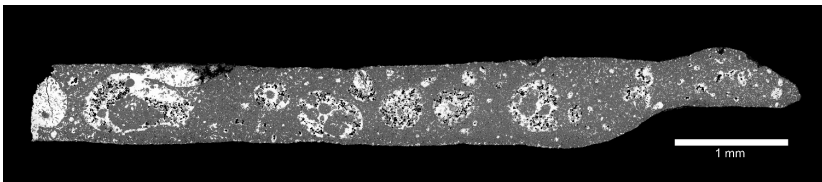
(117) #3-7-1 Bronze with Pb+As



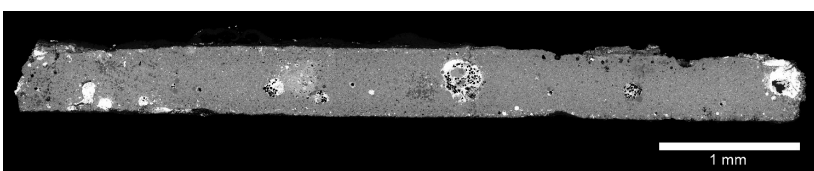
(118) #3-7-2 Bronze with Pb+As



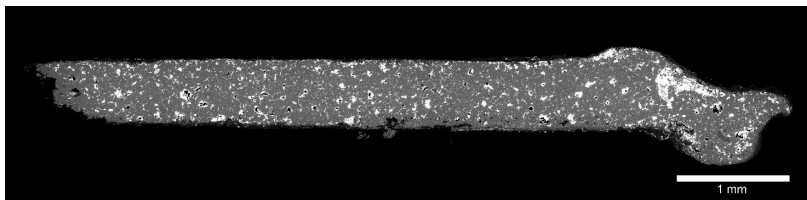
(119) #3-7-3 Bronze with Pb+As



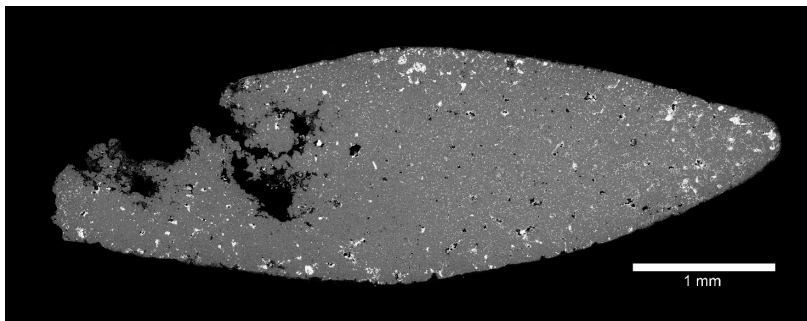
(120) #3-7-6 Bronze with Pb+As



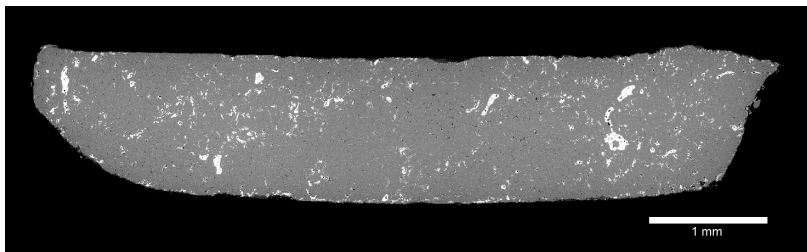
(121) #3-7-7 Bronze with Pb+As



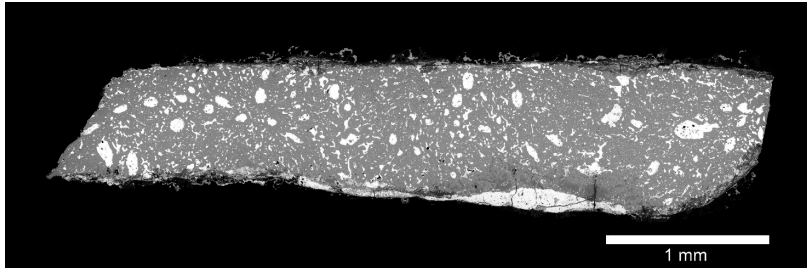
(122) #3-7-8 Bronze with Pb+As



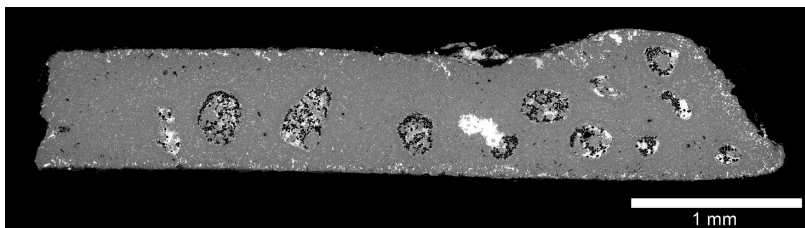
(123) #3-8-12 Bronze with Pb+As



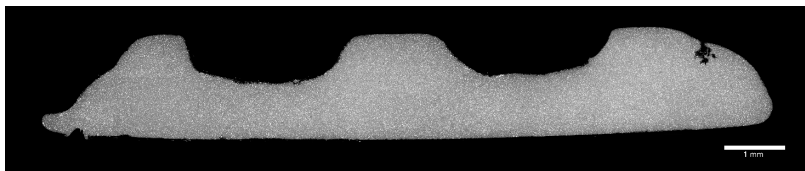
(124) #3-8-13 Bronze with Pb+As



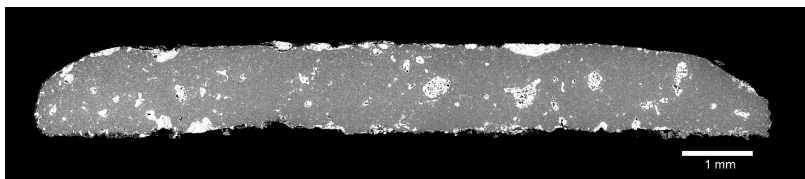
(125) #3-8-14 Bronze with Pb+As



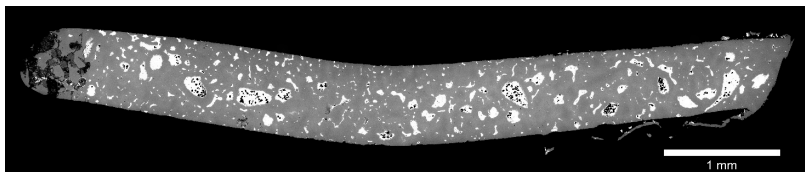
(126) #3-9-6 Bronze with Pb+As



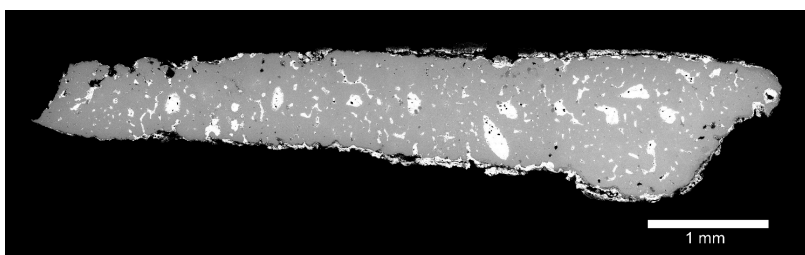
(127) #3-9-17 Bronze with Pb+As



(128) #3-9-18 Bronze with Pb+As

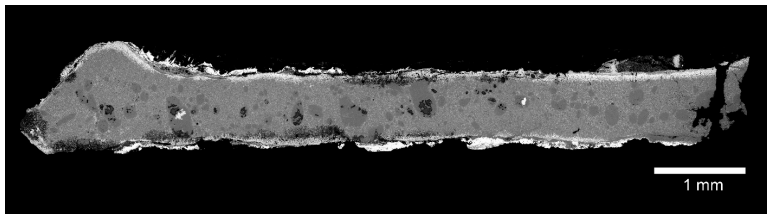


(129) #3-10-1 Bronze with Pb+As

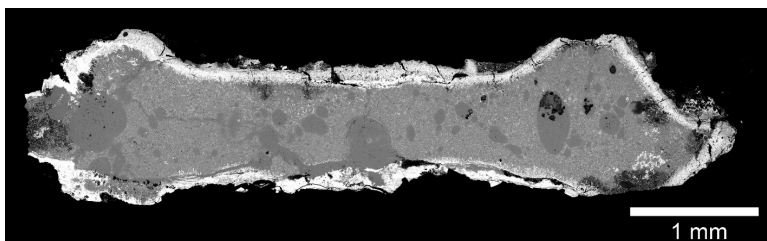


*Oxidation seriously:

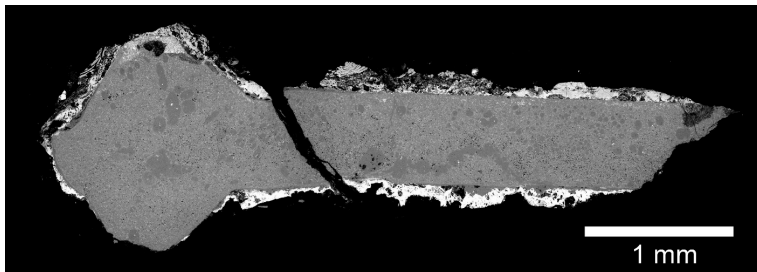
(130) #2-1-6 Bronze with Pb+As (oxidized)



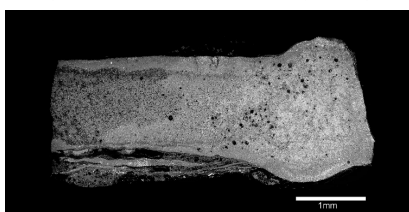
(131-a) #2-1-8a Bronze with Pb+As (oxidized)



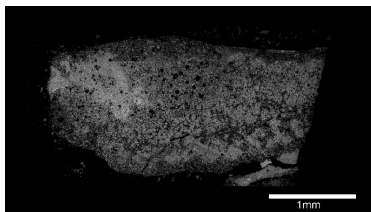
(131-b) #2-1-8b Bronze with Pb+As (oxidized)



(132-a) #3-10-13A Bronze with Pb+As+Sb (oxidized)



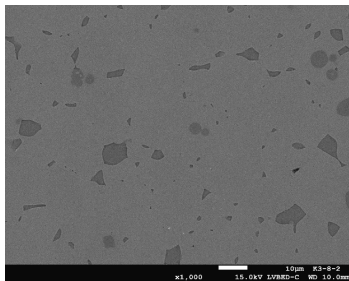
(132-b) #3-10-13B Bronze with Pb+As+Sb (oxidized)



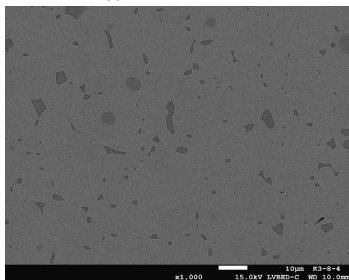
Appendix-2：金属片断面の拡大反射電子像

表示は化学組成別，表 2～4 に準ずる。画像中のスケールはすべて 10 μm である。

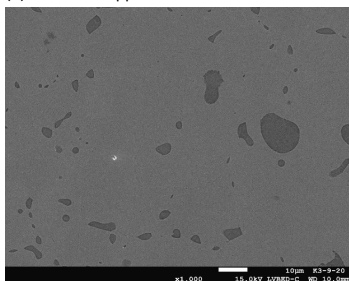
(1) #3-8-2 Copper



(2) #3-8-4 Copper

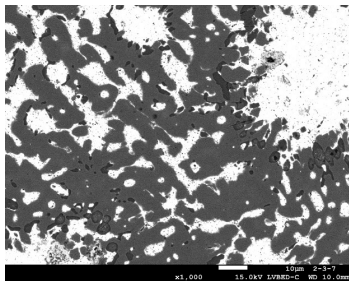


(3) #3-9-20 Copper

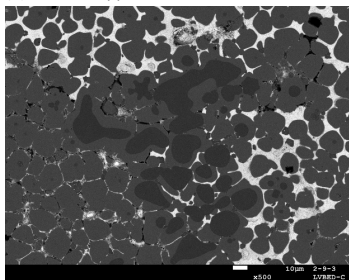


Round shaped (slightly dark) Copper-oxides are distributed as patches in the matrix Cu-metal.

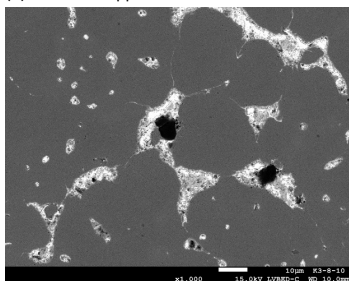
(4) #2-3-7 Copper with Pb +As



(5) #2-9-3 Copper with Pb+As

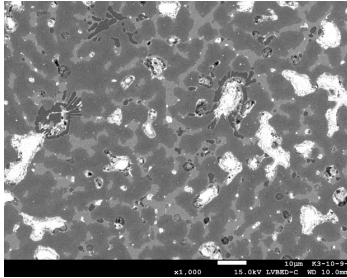


(6) #3-8-10 Copper with Pb+As

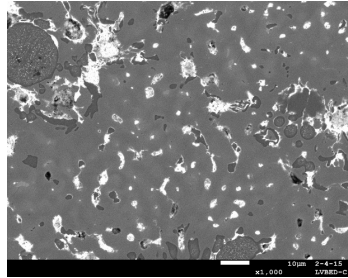


Lead (Pb), bright parts, are observed interstitially among metallic grain boundaries.

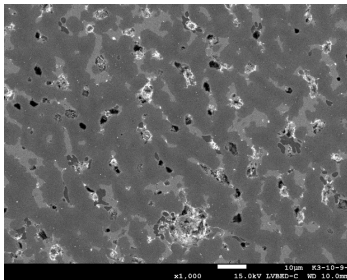
(7-a) #3-10-9-1 Copper with Pb+Sb+As



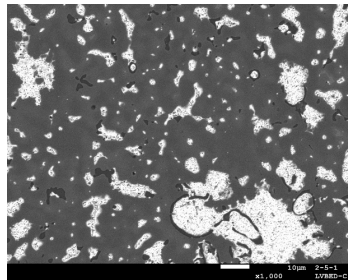
(10) #2-4-15 Bronze with Pb+As+Sb



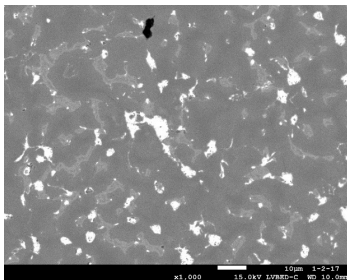
(7-b) #3-10-9-2 Copper with Pb+Sb+As



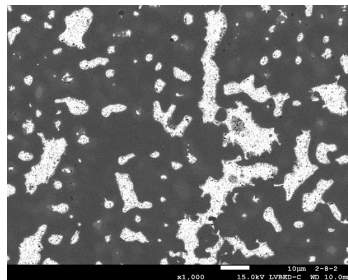
(11) #2-5-1 Bronze with Pb+As+Sb



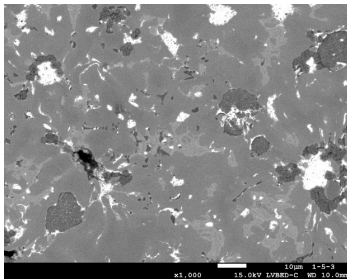
(8) #1-2-17 Bronze with Pb+As+Sb



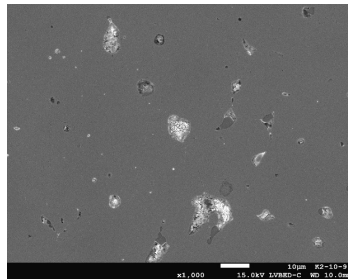
(12) #2-8-2 Bronze with Pb+As+Sb



(9) #1-5-3 Bronze with Pb+As+Sb

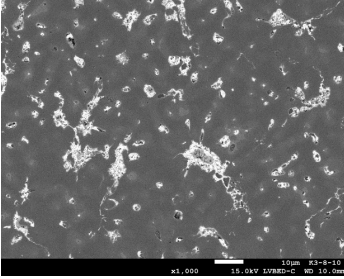


(13) #2-10-9 Bronze with Pb+Sb

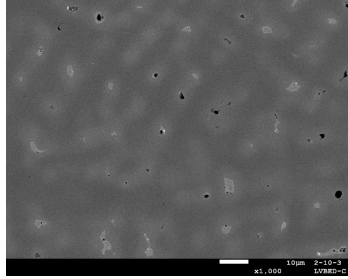


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

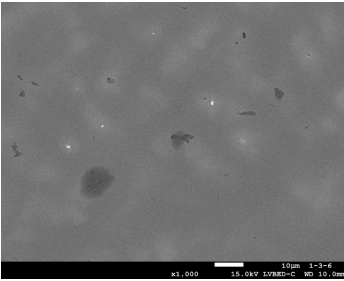
(14) #3-8-11 Bronze with Pb+Sb



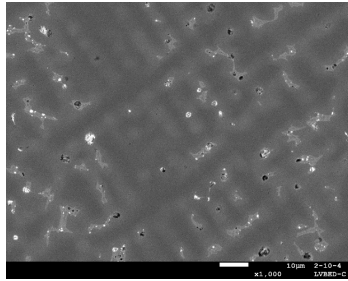
(18) #2-10-3 Bronze with low Pb (dendrites)



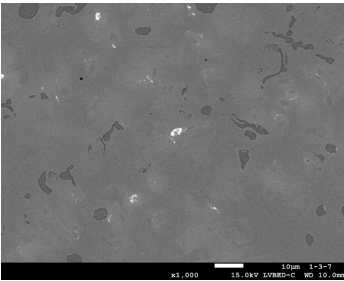
(15) #1-3-6 Bronze with low Pb (dendrites)



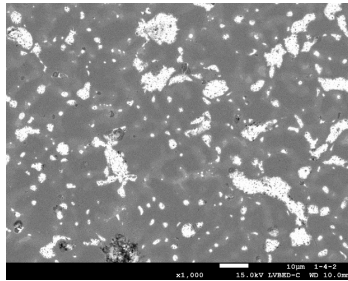
(19) #2-10-4 Bronze with low Pb (dendrites)



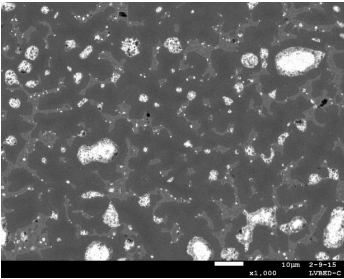
(16) #1-3-7 Bronze with low Pb (dendrites)



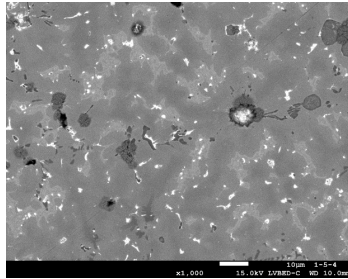
(20) #1-4-2 Bronze with Pb



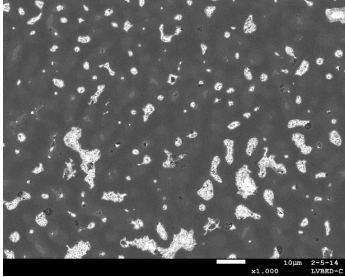
(17) #2-9-15 Bronze with low Pb (dendrites)



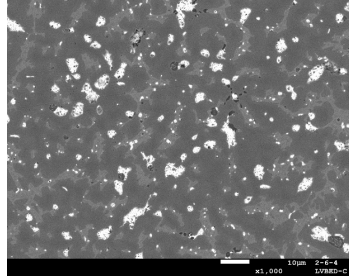
(21) #1-5-4 Bronze with Pb (dendrites)



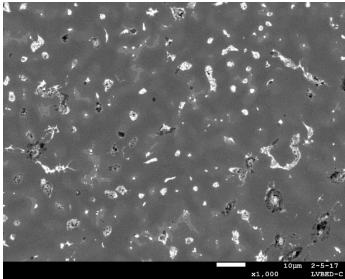
(22) #2-5-14 Bronze with Pb (dendrites)



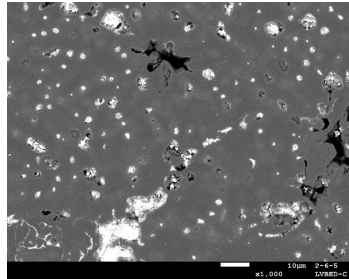
(26) #2-6-4 Bronze with Pb (dendrites)



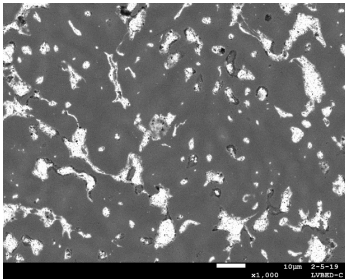
(23) #2-5-17 Bronze with Pb (dendrites)



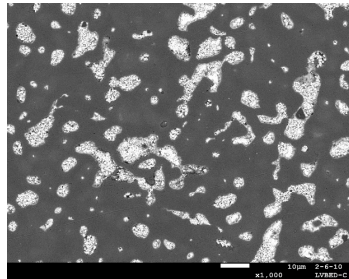
(27) #2-6-5 Bronze with Pb (dendrites)



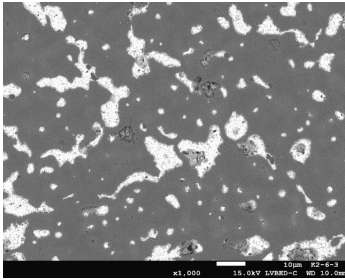
(24) #2-5-19 Bronze with Pb



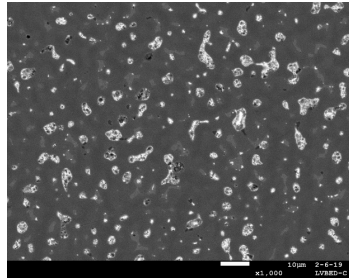
(28) #2-6-10 Bronze with Pb



(25) #2-6-3 Bronze with Pb

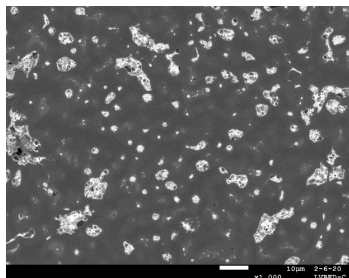


(29) #2-6-19 Bronze with Pb

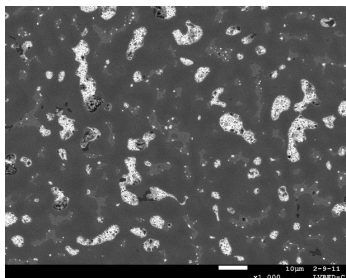


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

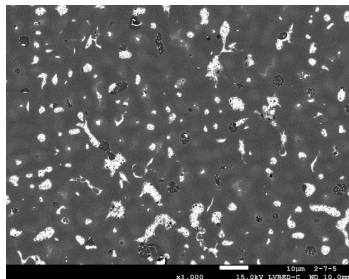
(30) #2-6-20 Bronze with Pb



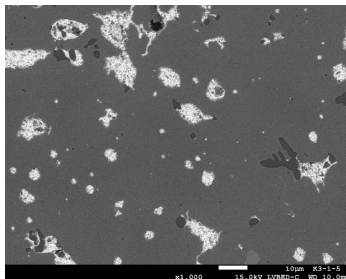
(34) #2-9-11 Bronze with Pb



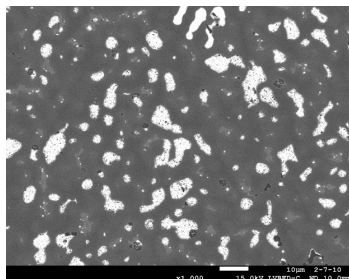
(31) #2-7-5 Bronze with Pb (dendrites)



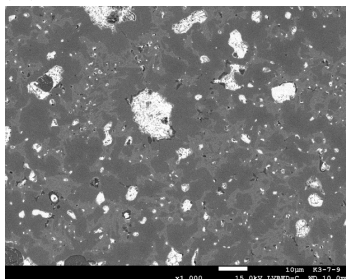
(35) #3-1-5 Bronze with Pb



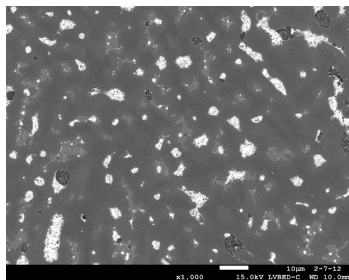
(32) #2-7-10 Bronze with Pb



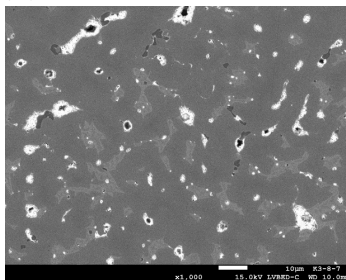
(36) #3-7-9 Bronze with Pb



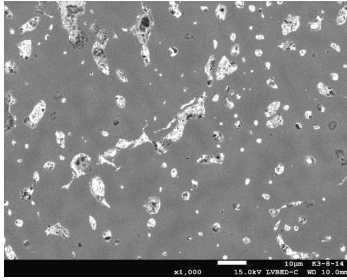
(33) #2-7-12 Bronze with Pb



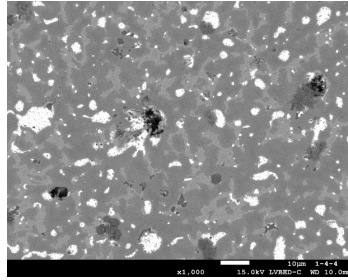
(37) #3-8-7 Bronze with Pb



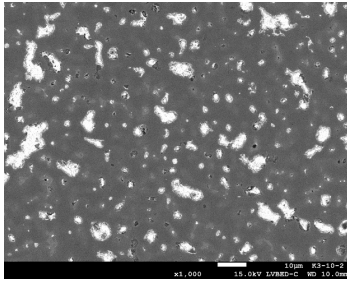
(38) 3-9-2 Bronze with Pb (dendrites)



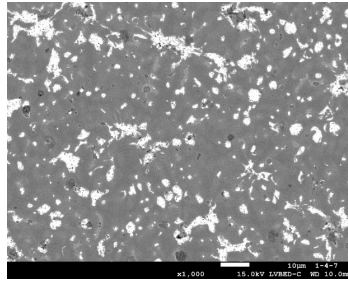
(42) #1-4-4 Bronze with Pb+As



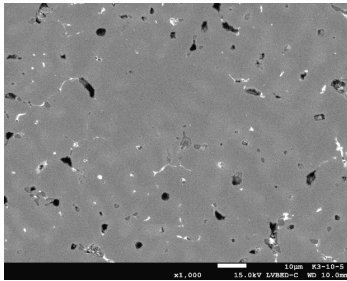
(39) #3-10-2 Bronze with Pb



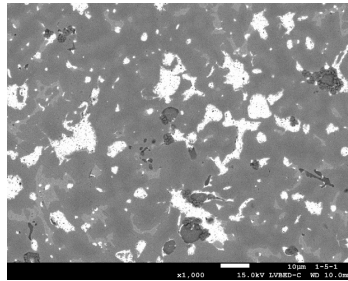
(43) #1-4-7 Bronze with Pb+As



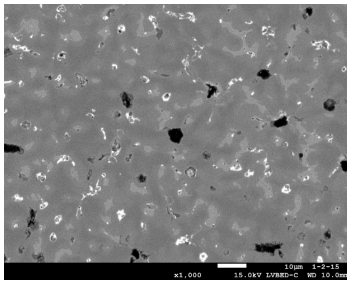
(40) #3-10-5 Bronze with Pb



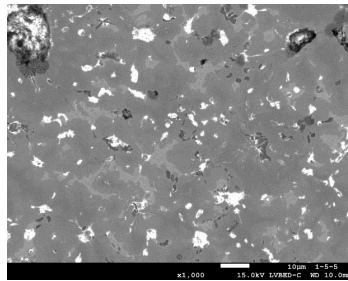
(44) #1-5-1 Bronze with Pb+As



(41) #1-2-15 Bronze with Pb+As

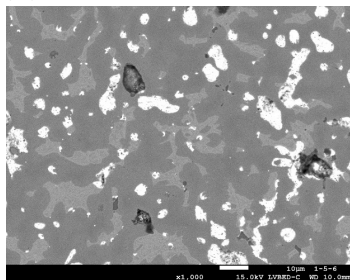


(45) #1-5-5 Bronze with Pb+As

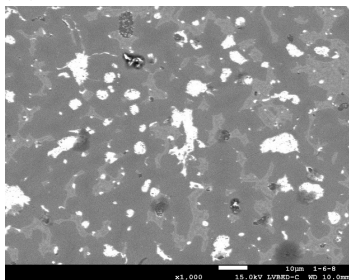


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

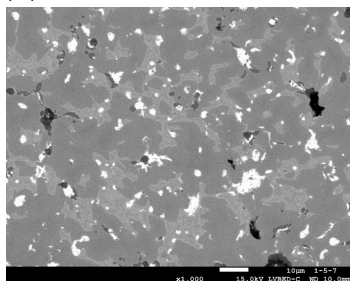
(46) #1-5-6 Bronze with Pb+As



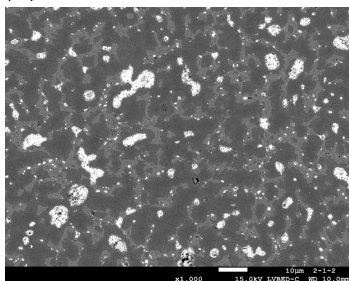
(50) #1-6-8 Bronze with Pb+As



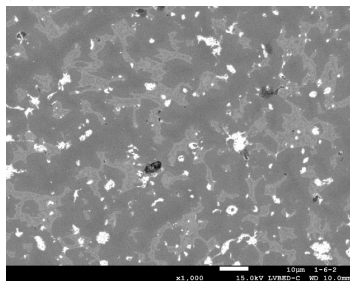
(47) #1-5-7 Bronze with Pb+As



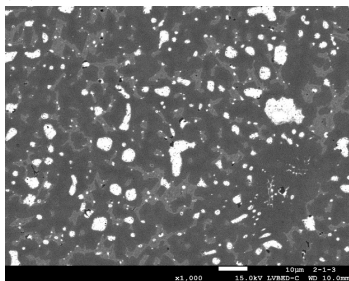
(51) #2-1-2 Bronze with Pb+As



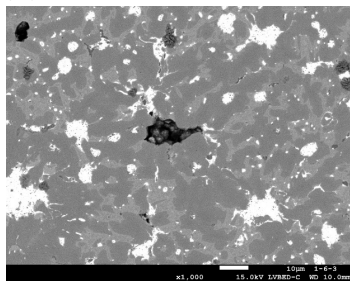
(48) #1-6-2 Bronze with Pb+As



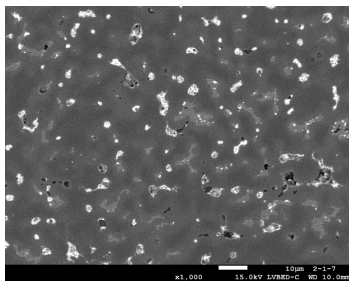
(52) #2-1-3 Bronze with Pb+As



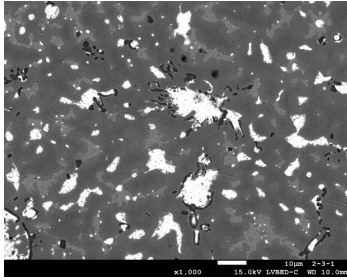
(49) #1-6-3 Bronze with Pb+As



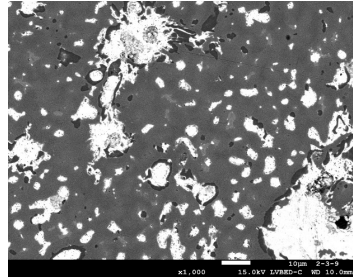
(53) #2-1-7 Bronze with Pb+As



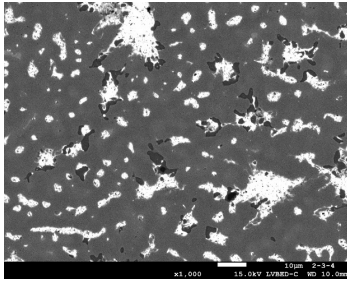
(54) #2-3-1 Bronze with Pb+As



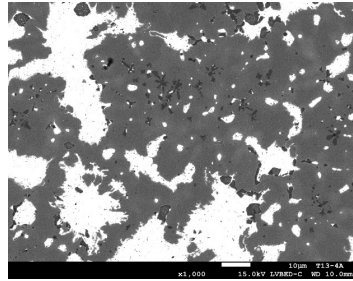
(58) #2-3-9 Bronze with Pb+As



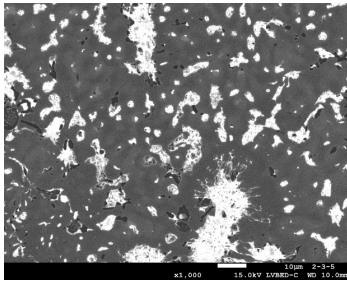
(55) #2-3-4 Bronze with Pb+As



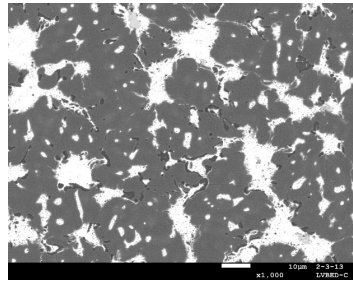
(59) #2-3-11 Bronze with Pb+As



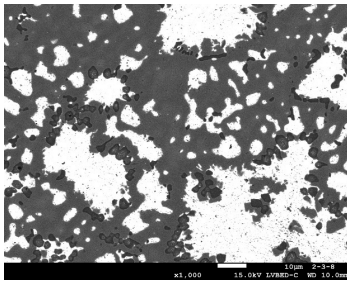
(56) #2-3-5 Bronze with Pb+As



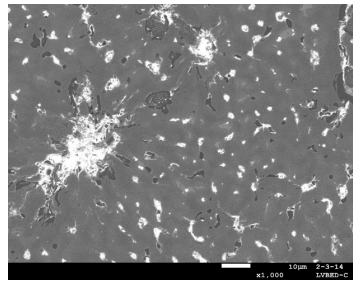
(60) #2-3-13 Bronze with Pb+As



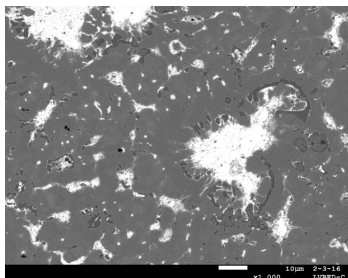
(57) #2-3-8 Bronze with Pb+As



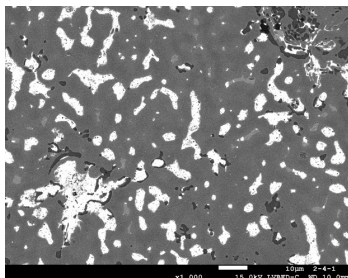
(61) #2-3-14 Bronze with Pb+As



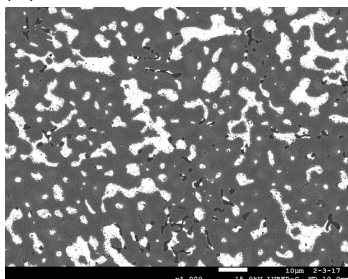
(62) #2-3-16 Bronze with Pb+As



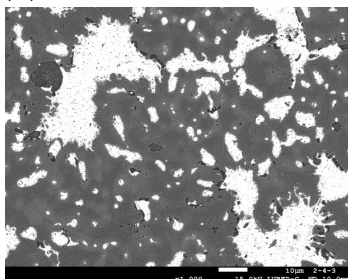
(66) #2-4-1 Bronze with Pb+As



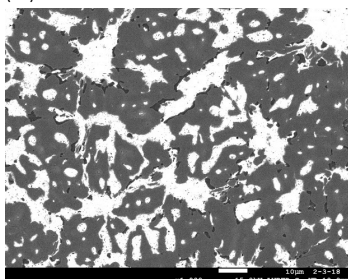
(63) #2-3-17 Bronze with Pb+As



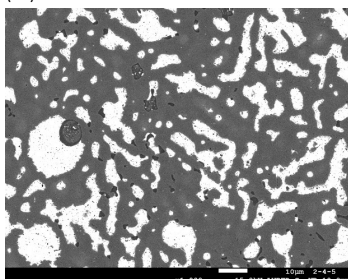
(67) #2-4-3 Bronze with Pb+As



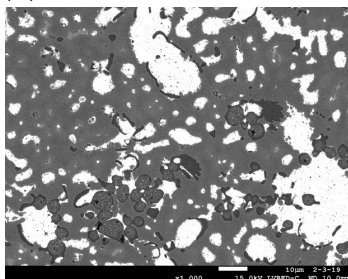
(64) #2-3-18 Bronze with Pb+As



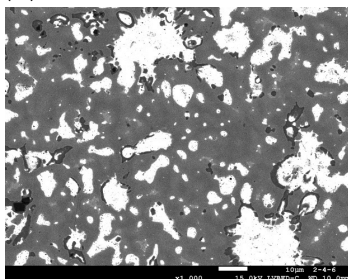
(68) #2-4-5 Bronze with Pb+As



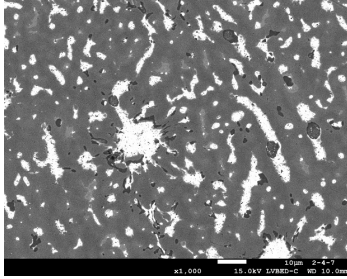
(65) #2-3-19 Bronze with Pb+As



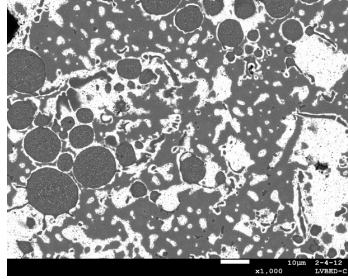
(69) #2-4-6 Bronze with Pb+As



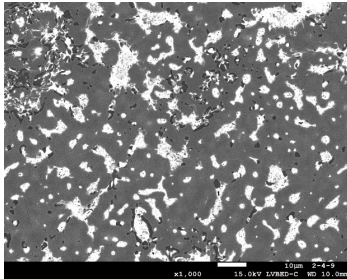
(70) #2-4-7 Bronze with Pb+As



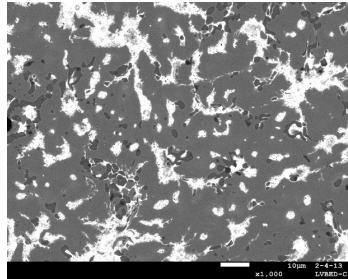
(74) #2-4-12 Bronze with Pb+As



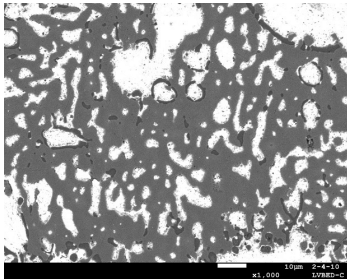
(71) #2-4-9 Bronze with Pb+As



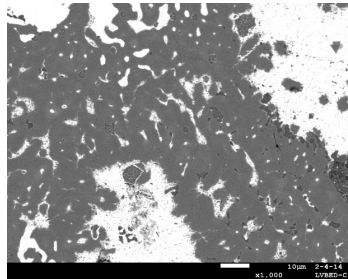
(75) #2-4-13 Bronze with Pb+As



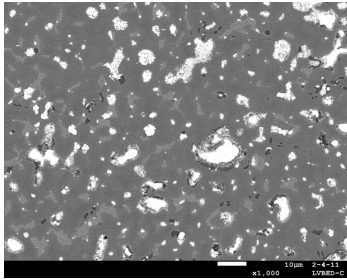
(72) #2-4-10 Bronze with Pb+As



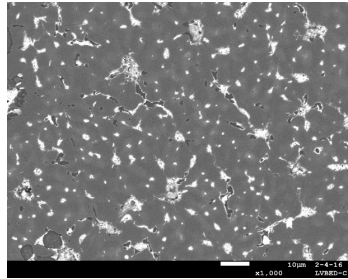
(76) #2-4-14 Bronze with Pb+As



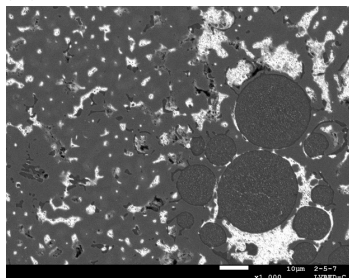
(73) #2-4-11 Bronze with Pb+As



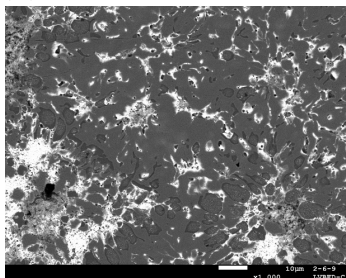
(77) #2-4-16 Bronze with Pb+As



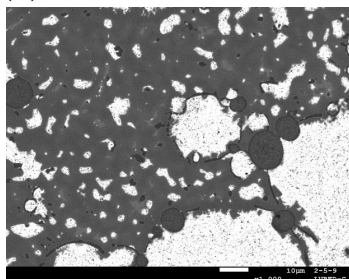
(78) #2-5-7 Bronze with Pb+As



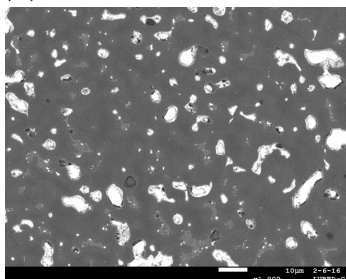
(82) #2-6-9 Bronze with Pb+As



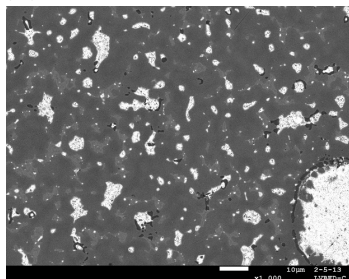
(79) #2-5-9 Bronze with Pb+As



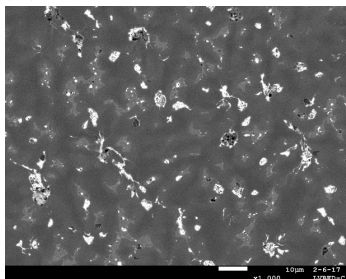
(83) #2-6-16 Bronze with Pb+As



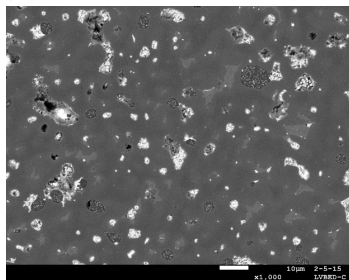
(80) #2-5-13 Bronze with Pb+As



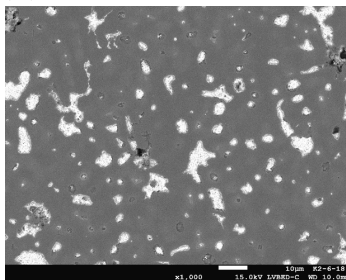
(84) #2-6-17 Bronze with Pb+As



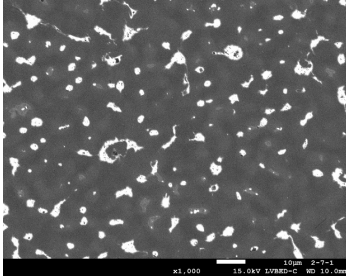
(81) #2-5-15 Bronze with Pb+As



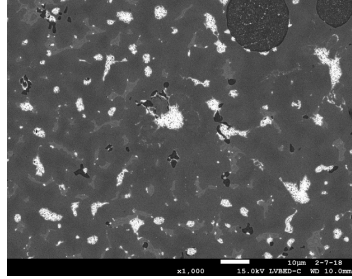
(85) #2-6-18 Bronze with Pb+As



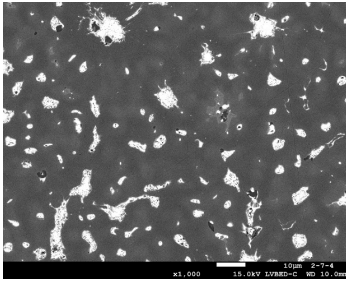
(86) #2-7-1 Bronze with Pb+As



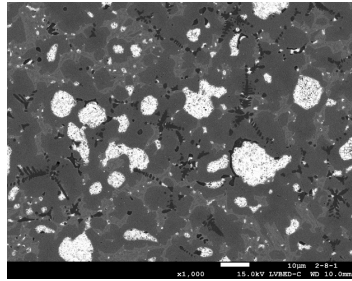
(90) #2-7-18 Bronze with Pb+As



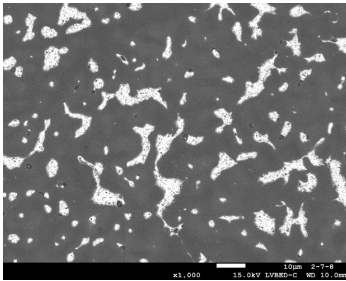
(87) #2-7-4 Bronze with Pb+As



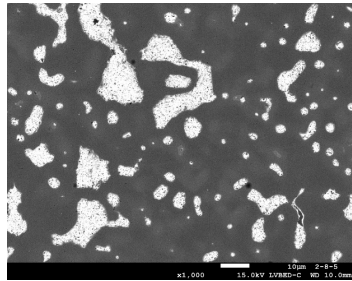
(91) #2-8-1 Bronze with Pb+As



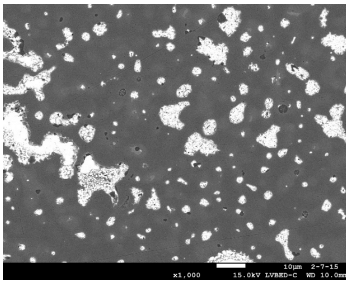
(88) #2-7-8 Bronze with Pb+As



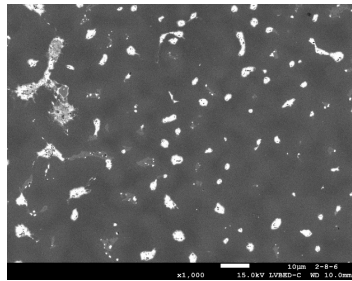
(92) #2-8-5 Bronze with Pb+As



(89) #2-7-15 Bronze with Pb+As

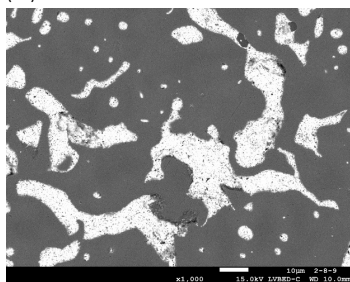


(93) #2-8-6 Bronze with Pb+As

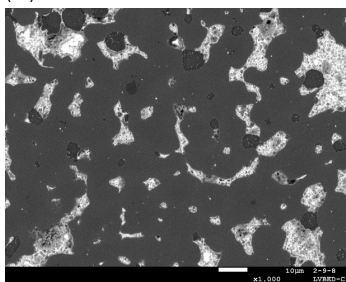


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

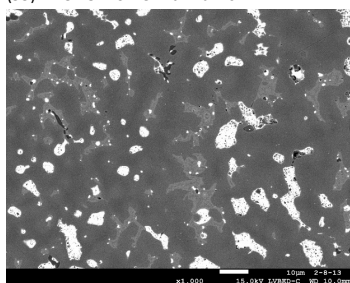
(94) #2-8-9 Bronze with Pb+As



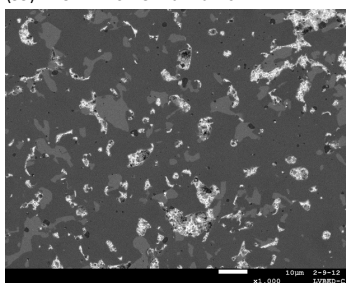
(98) #2-9-8 Bronze with Pb+As



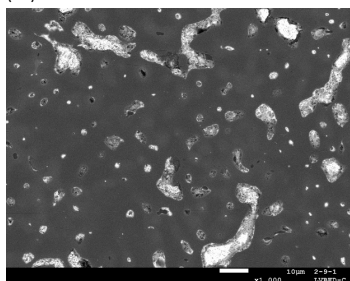
(95) #2-8-13 Bronze with Pb+As



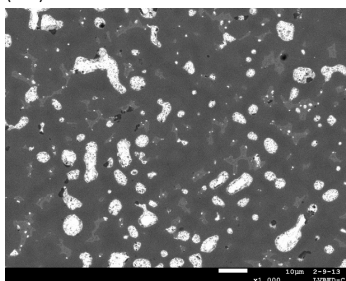
(99) #2-9-12 Bronze with Pb+As



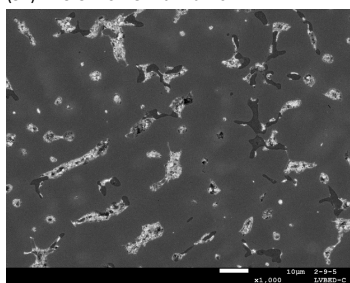
(96) #2-9-1 Bronze with Pb+As



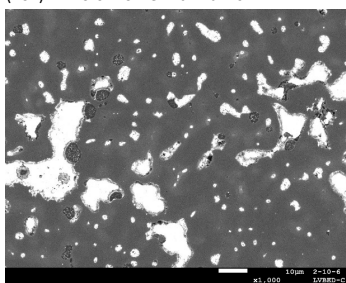
(100) #2-9-13 Bronze with Pb+As



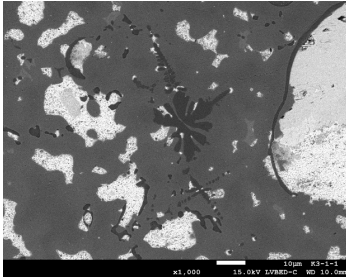
(97) #2-9-5 Bronze with Pb+As



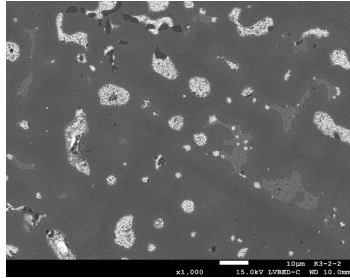
(101) #2-10-6 Bronze with Pb+As



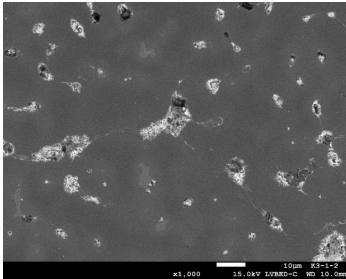
(102) #3-1-1 Bronze with Pb+As



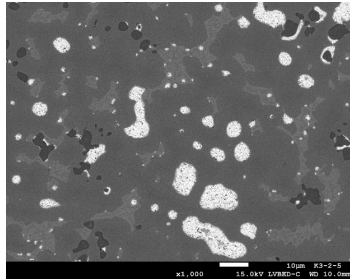
(106) #3-2-2 Bronze with Pb+As



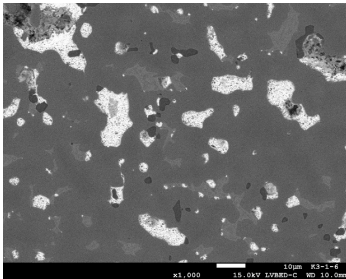
(103) #3-1-2 Bronze with Pb+As



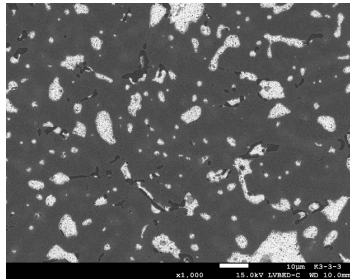
(107) #3-2-5 Bronze with Pb+As



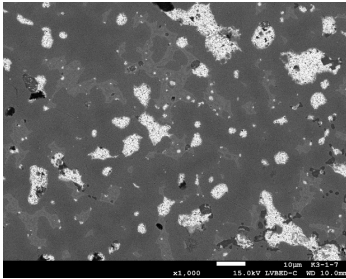
(104) #3-1-6 Bronze with Pb+As



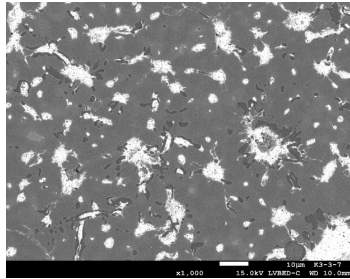
(108) #3-3-3 Bronze with Pb+As



(105) #3-1-7 Bronze with Pb+As

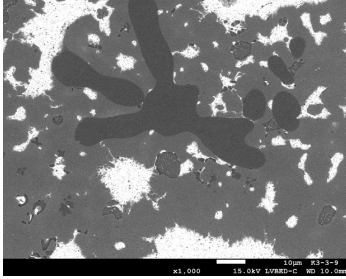


(109) #3-3-7 Bronze with Pb+As

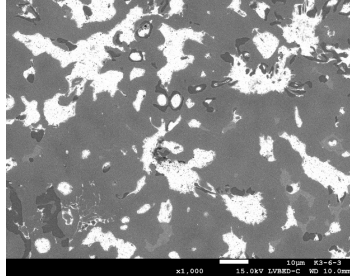


東方文化学院（東京研究所）旧蔵戦国貨幣の金相学的再検討

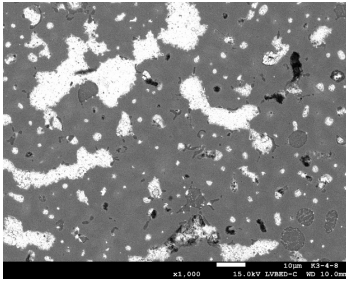
(110) #3-3-9 Bronze with Pb+As



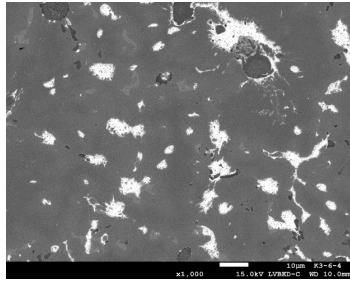
(114) #3-6-3 Bronze with Pb+As



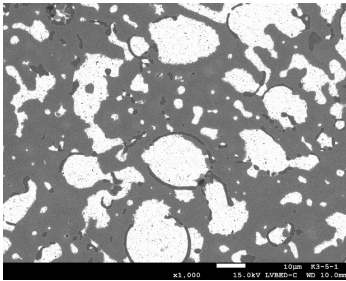
(111) #3-4-8 Bronze with Pb+As



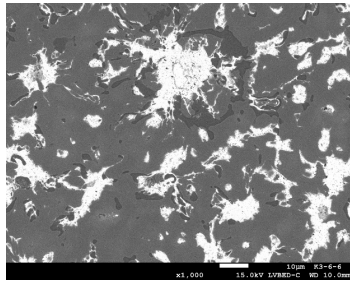
(115) #3-6-4 Bronze with Pb+As



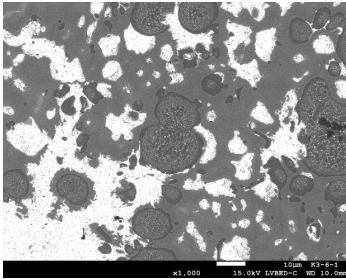
(112) #3-5-1 Bronze with Pb+As



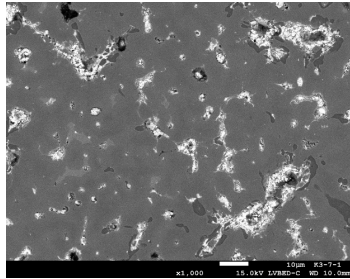
(116) #3-6-6 Bronze with Pb+As



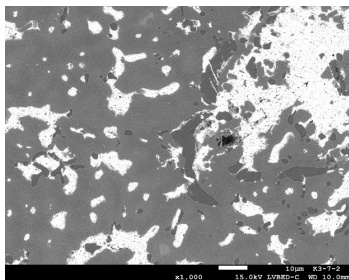
(113) #3-6-1 Bronze with Pb+As



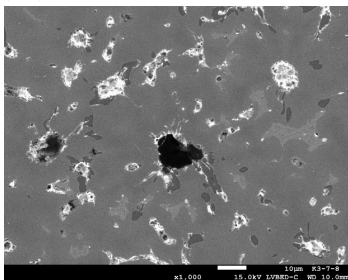
(117) #3-7-1 Bronze with Pb+As



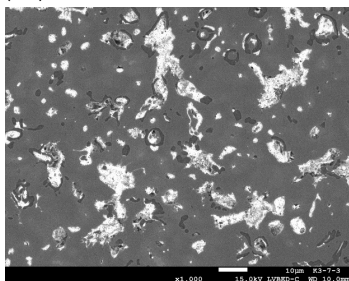
(118) #3-7-2 Bronze with Pb+As



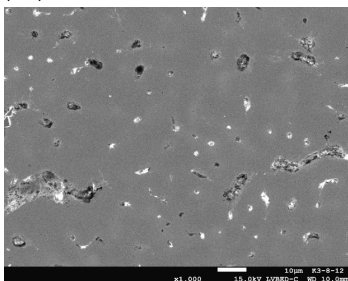
(122) #3-7-8 Bronze with Pb+As



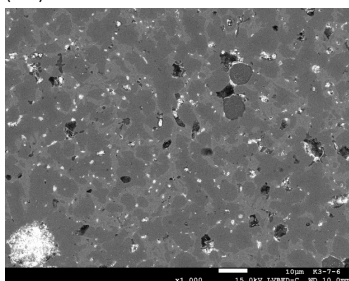
(119) #3-7-3 Bronze with Pb+As



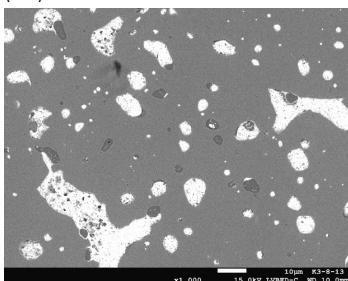
(123) #3-8-12 Bronze with Pb+As



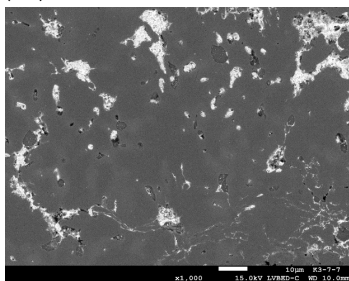
(120) #3-7-6 Bronze with Pb+As



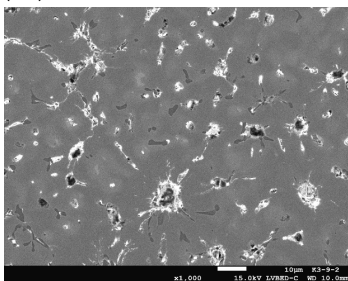
(124) #3-8-13 Bronze with Pb+As



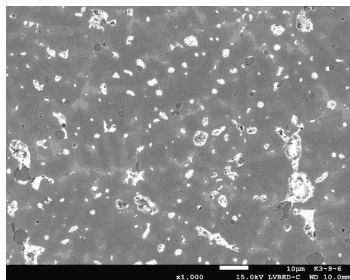
(121) #3-7-7 Bronze with Pb+As



(125) #3-8-14 Bronze with Pb+As

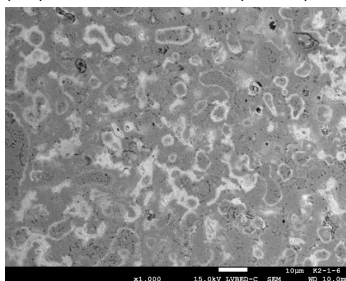


(126) #3-9-6 Bronze with Pb+As

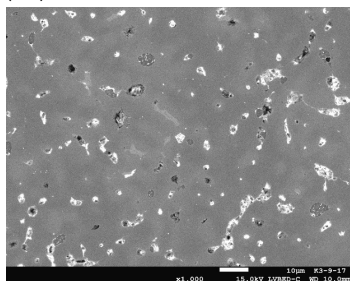


Oxidation seriously:

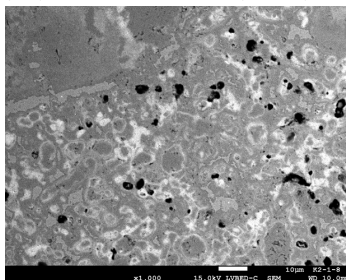
(130) #2-1-6 Bronze with Pb+As (oxidized)



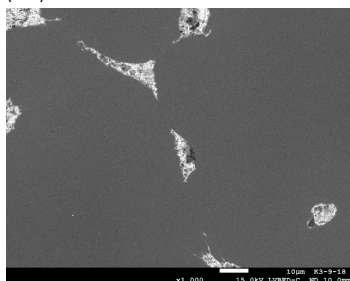
(127) #3-9-17 Bronze with Pb+As



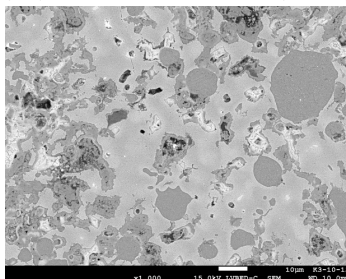
(131) #2-1-8 Bronze with Pb+As (oxidized)



(128) #3-9-18 Bronze with Pb+As



(132) #3-10-13 Bronze with Pb+As+Sb (oxidized)



(129) #3-10-1 Bronze with Pb+As

