

<研究ノート>

# 古代・中世貴金属貨幣の成分分析研究とその意義\* (その1)

黒石 晋

## 1. 貨幣成分分析の意義

本研究は、研究対象を世界の古代・中世貨幣に置いている。この点、筆者のこれまでの研究関心からの飛躍に少々奇異な印象を持たれる向きもあるかもしれない。しかし、筆者の関心は一貫している。それは、基本的に、人間を行為せしめる基本的なエネルギーは〈欲望〉であること、そして〈貨幣〉はその欲望を担う「社会の基本媒体」にほかならないこと、この二点をベースとした〈社会エネルギー論〉の構築である〔黒石(1997-2000), 黒石(2000), 黒石(2001-2)〕。そして本研究は、かかる欲望・貨幣の社会的・人類史的挙動を大きなスケールで実証的に把握したい、という問題意識から発したものにほかならない。人間を行為に駆り立てる原動力はいつの時代にも〈欲望〉であり、このことは、古代・中世といえども例外ではないのである。

### いまなぜ古貨幣なのか

まずは、今回研究対象とした「古貨幣」という価値・欲望媒体の一般的特性とその学問的可能性を確認しておこう。

- ・刻印（極印）や形態等によって、製造者・地域・時代等が直接明確になることが非常に多い。
- ・時代や地域ごとに程度の差はあれ、貨幣は当該社会でもっとも重要な「価

\* 当研究は、平成14・15年度の科学研究費補助金（萌芽的研究；経済史，課題番号14653011）の交付を得た「古代・中世貨幣の体系的分析：その予備的研究」の成果の一部で、現代における超精密分析技術を貨幣分析に（特に古代・中世の西洋貨幣に）適用し、経済史への新しい知見を模索しようという試みである。この挑戦的な意図に賛同・協力をいただいた関係の各位に深く感謝申し上げる。

値・欲望の尺度」である。したがって「貨幣の運動」を明確にできれば、同時に、社会における基本的な「価値・欲望の運動」を追跡できる。

- ・古貨幣は、過去の経済活動の直接的遺物である。過去の経済・社会の理解には、当然ながら、当該経済・社会における貨幣や幣制の理解が不可欠である。
- ・時代や地域を越えて客観的・体系的に比較することができる稀有な研究対象である。<sup>1)</sup>

いわゆる〈貨幣学Numismatics〉は、材質や刻印の研究・分類によって、これらの諸点について膨大な知識を集積してきている<sup>2)</sup>。古代貨幣の博物学的分類研究から出発した貨幣学は、これまで、ともすれば博物館での整理保管のための実践知識と考えられ、せいぜい、史料の乏しい古代・中世史への補完的研究分野、あるいは遺構の発掘等にもなって出土する貨幣が年代や交流の推定などに供される、といった補助的学問と見られてきた。しかし、今日の貨幣学における成果の蓄積は、この分野それ自体が独立してひとつの分野へと成立する可能性を示しはじめている。

このような貨幣・貨幣学の理解は、社会・経済の大きな歴史の運動に興味をもつ者にとって、例えて言えば、生命の進化に関心をもつ古生物学者が「化石」を理解するのと同等の意義をもっているといえる。文献史料の解釈によって過去の世界を再構築する方法とはまったく独立の、過去の世界への直接的理解の可能性が、そこにはある。

加えて、次のような今日的事情がある。かつて世界の古貨幣の所有者は主と

1) これらの認識はS. Bolinによる。彼はいう、「違った時代、違った国の中で経済状態の直接的な比較を行うための基礎を本当に与えることのできる研究の型は、唯一つ、すなわち古貨幣学だけである。鑄貨史の資料は極めて豊富にある。(中略)その鑄造時期は(中略)相当に限定された期間の中で確定することができる。(中略)鑄貨の鑄造された国を確定することは常に可能であり、きわめて屢々その場所まで正確に求めることができる」と[Bolin (1953=1975), p.137]。

2) たとえば、*Medieval European Coinage*, 13 vols (1986- ; Cambridge Univ. Press) は、ヨーロッパ中世貨幣学の集大成である。

して西欧の博物館か王侯貴族で、それもある種の「宝物」として嚴重に扱われていた。そのような状況では、仮に東洋の一研究者が貨幣に興味を抱いたにしても、研究の可能性は大きく制約される。しかし現在の状況は大きく異なる。古代貨幣が過去からの貴重な遺物であることに今も昔も変わりはないが、今日では膨大な出土貨幣<sup>3)</sup>をベースに貨幣コレクターが世界中に存在し、確立した古貨幣市場<sup>4)</sup>と専門貨幣商<sup>5)</sup>を通じて相互に活発な取引が行われているのである。日本においても戦後の経済成長とともに公私のコレクションの充実が見られ<sup>6)</sup>、考古学の希少試料のように一部の当事者にすべてが委ねられることがなく、関心に応じて必要なサンプルが得られる競争的環境になっている<sup>7)</sup>。これは、上述した関心をもつわが国研究者にとって非常に好ましい。

## 分析技術の進展

さらに加えて、古代・中世の貨幣は、以下のような物質的・個体的特性をもつ。

- ・多く貴金属であるため、古代の遺品といえども保存性が非常によく、物質としての信頼性が高い。一方で、精製技術の未熟から、微量元素を含むことが期待される。
- ・残存個体数が膨大で、統計的研究に耐えうる。

これら物質的・個体的特性に立脚して諸貨幣の素性を科学的に把握できれば、これまでの貨幣学の知見に加えて、さらに新しい知見が期待されよう。

一方、理化学的成分分析技術の発展にも目覚しいものがある。かつて、未知物質の分析化学（定性・定量）には化学反応を利用した困難な職人芸的方法が

---

3) ブリテン島だけで毎年およそ3万枚の古貨幣が掘り出されているという〔Burnett (1991 =1998), p.7〕。

4) たとえばSear (1974) とそのシリーズは、古貨幣の市場価格・評価を一覧化した権威あるカタログである。

5) わが国でも世界を相手に古貨幣を取引しうる専門貨幣商が数社育っている。

6) 平山郁夫氏のコレクションはよく知られている〔たとえば田辺勝美編 (1992)〕が、平山コレクションに匹敵する個人コレクションも少なくない。

7) むろん、贋物も少なくない。当然のことながら細心の注意を要する。

行われたが、今日では質量分析や分光分析が圧倒的主流となり、データ処理技術の発展とあいまって操作は簡便に、分析の精度は格段に向上している<sup>8)</sup>。しかもこの超精密分析技術は、すでに基礎的研究の段階を終え応用の段階に移っており、技術の側が魅力的な応用研究のテーマを欲しているのが現状なのである。もちろん、実際の測定は原理や技術に習熟している専門家に委ねなければならないが、分析のテーマやアイデアには、考古・歴史分野をはじめ、文科系の研究者も貢献しうる分野が多々ありうる。すでに環境分野や犯罪捜査などの分野では超精密分析の理解が必須のものになりつつあるし、魅力ある体系的サンプルを見出すことができれば、成分分析はそれらを貫いて比較を可能にする「DNA分析」となる可能性を秘めているといえよう。これを「貨幣」に適用すれば、貨幣がどのように製造されどのように挙動したか、その素性が明らかにできるかもしれない。これは、貨幣の側から見た経済史にほかならない<sup>9)</sup>。

\*

そこで、少々大げさに言えば、本研究の最終目標は、こういうことになる：社会・経済システムの人類史的「進化」を巨視的に、かつ実証的に理解するための「化石研究」と「DNA分析」の結合、だと。

本稿では、以上のような問題意識のもと、古代・中世貨幣の分析を念頭に、まず成分分析のための必要知識を整理し(本号)、ついで若干の分析結果について紹介する(次号)ことにしたい。

## 2. 様々な分析手法

Keyser and Clark(2001)は、古代の貴金属鑄貨(特に世界最古といわれるリ

8) その精度は、環境物質等でよく知られる濃度レベルppmは当然として、ppb~pptを超えるレベルに達する。

9) 考古学的関心にとって、出土貨幣はone of themにすぎないのであって、もし「貨幣」が分析研究対象として厄介な物性のものであるなら、これを回避して別の試料の分析を行う方が学問として生産的である場合もある。しかし上述のような貨幣そのものに対する関心のもとでは、何としても貨幣そのものを分析し、いかに困難であっても手がかりを探し出さなければならない。そのためには、大量のデータとその体系的比較の結果を待たなければならないだろう。

ディアのエレクトラム貨)の成分分析を前提として、以下の「非破壊手法」を紹介・検討している。筆者の研究関心と一致するので、きわめて有用な考察である。

- ・ラザフォード後方散乱(Rutherford Back-Scattering; RBS)法
- ・比重(Specific Gravity; SG)分析
- ・X線蛍光(X-ray Fluorescence; XRF)分析
- ・中性子即発ガンマ線分析／中性子放射化分析(Neutron Prompt  $\gamma$ -Ray / Neutron Activation Analysis)

貴重なコレクションを借用して分析せざるを得ない貨幣分析の現実においては、「非破壊」という条件はきわめて切実である。これらのうち、本稿では、貨幣分析として有力と考えられるXRF分析と中性子 $\gamma$ 線分析について以下略述しよう<sup>10)</sup>。なお、その前に、試料の一部採取を要するものの、考古学者に知られている高精度成分分析法として、質量分析法(Mass Spectrometry; MS)についても紹介する。

### 質量分析 (Mass Spectrometry; MS)

質量分析とは、試料を種々の方法でイオン化し、得られたイオンを真空中に飛ばして電場や磁場などを用いて質量(m)／電荷(z)に従って分離し、各イオンの強度を測定する超精密分析方法である。LiからUまでのほとんどの元素を同時に定性・定量分析でき(多元素同時)、質量の違いを測定するので同位体の検出も可能である。最新の装置では、質量スペクトルのデータ収集・解析はコンピュータを介して対話方式で行われ、簡便化している。鉛同位体比法(後述)

10) ラザフォード後方散乱(Rutherford Back-Scattering; RBS)法は、 $\alpha$ 線(ヘリウム原子核の流れ)を試料に当て、照射の反対側に置いた計数器でデータを得る方法であるが、 $\alpha$ 線の特性から、貨幣のような重金属の場合よほど薄いものでないと測定できない、というのが決定的難点となる[Keyser and Clark (2001), p. 114]。比重分析はアルキメデスにまで溯る素朴な方法であるが、この方法が有効なのは比重の異なる2金属の合金の場合だけで、それも事実上金と他合金の場合にしか用いられない[Burnett (1991=1998), p. 27]。

などによる物質の産地・由来の推定やU-Th年代測定などに供されるが、試料そのものをイオン化することから、非破壊というわけにはゆかない。この点、貴重試料の分析には大きな難点となる。

試料のイオン化の方式によって誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS)<sup>11)</sup> や熱イオン化質量分析法 (TI-MS)<sup>12)</sup> のほか、スパークイオン源 (Spark Source; SS) 法、グロー放電 (Glow Discharge; GD) 法などの方式がある。これら測定装置は各地の分析化学の研究室・研究機関に設置されている。

### 中性子即発ガンマ線分析／中性子放射化ガンマ線分析

Prompt Gamma-Ray / Neutron Activation Analysis; PGNAA

非破壊の超精密分析法だが、中性子ビームを用いるので原子炉 (実験炉) の存在を前提とする大掛かりな装置を必要とし、設置機関は限られている。わが国では、従来より日本原子力研究所 (茨城県東海村) の実験炉にこの分析装置が設置されているが、ここでは基礎研究の段階を終え、特に平成11年から使用の条件が緩和されて、多様な応用研究のためにリーズナブルな費用で適宜公開されている<sup>13)</sup>。今後の動向に期待がもたれる。

中性子ビームは物質透過力が非常に強く、外殻電子を通り抜け原子核に直接作用する。即発 $\gamma$ 線分析とは、中性子が原子核に衝突した瞬間 ( $10^{-14}$ 秒以内) に放出される $\gamma$ 線を測定・分析することで、また放射化分析とは中性子を吸収していったん放射性となった核子が崩壊する際に放出する $\gamma$ 線を測定・分析することで、いずれも核子の種類と量を特定する方法である。

Keyser and Clark (2001) は、非破壊分析に限定した上で、RBS法、SG法、XRF法等と比較し、古代金銀貨の分析には中性子 $\gamma$ 線分析が最適、と結論して

11) 誘導結合プラズマ質量分析 (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry; ICP-MS) : 霧化した試料溶液をプラズマ光源部に導入して元素をイオン化し、目的イオンを質量分析計で分離させ計数器で測定する方法。湿式であり、試料の厄介な事前処理が求められる。

12) 熱イオン化質量分析 (Thermal Ionisation Mass Spectrometry; TI-MS) : 原子や分子を、加熱した金属表面や高温の気相プラズマと相互作用させることによってイオンを生成させる方法。

13) <http://kikaku.tokai.jaeri.go.jp/ken-kyou/sisetu-syoukai/JRR-3-2.html>

いる。この方法はサンプルの内部に至るまでの「全体分析」が可能だから、というのが彼らの理由である〔Keyser and Clark(2001), p.113〕。確かにXRF分析（後述）の場合、利用するX線が試料元素の外殻電子で散乱されるため重元素では内部にまで透過できず、事実上「表面分析」ととどまる。部位ごとに成分の不均一（合金の不徹底）がありうる古代貨幣の場合、内部まで非破壊分析できることは大きな利点である。しかしそれ以上の利点として期待されるのは、XRFでは核子の違いを検出できないのに対し、中性子ビームは核子と相互作用するため同位体を検出できる点である。

この方法は、上述したようにきわめて大掛かりなもので、貨幣分析への利用を提唱しているKeyser and Clark(2001)自身、この方法での分析にまでは至っていない（XRF分析によって結果を得ている）。不特定多数の試料を試行錯誤的に分析することが求められる貨幣分析の現状においては、簡便な方法で分析事例を増やし、決定的試料を限定してからこの方法を試みるのが妥当かもしれない。

### X線蛍光(X-ray Fluorescence; XRF)分析

XRF分析法はほとんどの物質に適用できる一般性をもち、比較的簡便なことから、もっとも一般に普及している。MS法と比べ非破壊分析であるという点も、大きな長所となる。

X線は電磁波の一種であるが、可視光よりもはるかに波長が短く（エネルギーが高く）、物質との相互作用が非常に強い。測定すべき試料にX線（一次X線）を当てると、試料内の励起した内殻電子が外殻軌道（高エネルギー）に飛び出すのだが、この空いた内殻軌道に外殻電子が落ちる際に余ったエネルギーがX線として放出される（二次X線；蛍光）。この蛍光X線は量子的法則にしたがって元素ごとに固有の離散的パターンを示す（スペクトル分布の中にとびとびの「ピーク」をなす）。しかもこのパターンは物質の化学的結合状態とは無関係で、純粋に構成元素を反映する。この強度を測定することによって試料の構成元素を同定し・また定量することができる。最新の装置では、X線データの収集・解析はコンピュータを介して対話方式で行われ、操作性の簡便さや測定対象の一般

性などから、各地の研究所・研究機関に設置されている<sup>14)</sup>。

XRF分析法には様々な成果があるが、特に考古学者にはすでに馴染みの方法で三辻利一氏（奈良教大名誉教授）や村上隆氏（奈良文化財研究所）らの研究が知られている。とりわけ三辻利一氏はXRF分析法を用い、地上に広く分布する鉱物中から長石に含まれる主要元素（K, Ca）と微量元素（Rb, Sr）が産地別の特性を示す事実を突き止め、これを日本古代の須恵器に適用して陶土の産地や移動経路を割り出す、という研究を遂げつつある〔三辻(1983)〕。その際、三辻氏は、統計学をもちいて産地を推定する独自ノウハウを開発した。この成果は貨幣のデータを解釈する際に示唆があるものと思われる。

この分析法も具体的には専門の技師に委ねるしかないが、分析結果を読む際、この分析法固有の問題として注意すべき点に「ターゲット」がある。

【ターゲット元素】X線源としては、荷電された管球内に電子ビーム（陰極線）を走らせて加速し、これを金属陽極に衝突させたときに失われる電子エネルギーの一部がX線として放出される現象を利用するのだが、このときどうしても陽極に用いられた元素（ターゲット元素）に由来する特定パタンのX線が一次X線に混入する。測定器がこのパタンを拾うことは避けられないので、計算時にバックグラウンドとして除去してやる必要があるが、それ以上に分析試料の特性に応じてターゲット元素を選定してやることが重要となる。測定試料が示すピークと類似のピークを示すような元素はターゲットとしては避けるのが無難である。たとえば測定試料が銀と考えられるならば、管球ターゲットとしては銀を避けるようにすべきである。

### 鉛同位体起源法 lead isotope provenance technique

これは技術的「分析法」というよりも、鉛同位体相互の構成比に着目してデータを解釈・活用する「アイデア」である（鉛同位体そのものはさまざまな分析法で検出可能）。古代／中世の銀は多くの場合含鉛銀鉱石から製錬され、精錬

14) 高エネルギー状態で稼動するため、通常、液体窒素での冷却を要するが、冷却を要さない簡易・ポータブルな小型も開発され、考古学用途に屋外利用が実用化されている。



も徹底的には行われていないため、最終の銀でも通常0.1%～1.5%程度の鉛を含む。このことから、特に銀貨・銀製品の分析に有効な方法とされている。

鉛には4種の同位体、 $^{204}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$  が知られており、これらの含有比率は、原初の鉱石が生成した時点で確定し、産地ごとに固有の値を示す（非常に半減期の長い他の放射性元素の崩壊生成物に由来する）。しかもこの値はその後製錬・融解されても変わらない。このため当該の鉛がどの産地に由来のものかを追跡確定できる、というのがこの分析法の「アイデア」である。4種の同位体から2種を選んで比をつくる組合せは $4\text{C}_2=6$ 通りあるが、その中には互いに他式から導出しうるものが含まれるため、独立の比率としては3個の数値で必要十分である。そのような組合せも複数個ありうるが、通常、中位に位置する $^{206}\text{Pb}$ を扇の要として $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の3軸をとる（原子量の小さい同位体を分母におく）ことが慣例となっている。それぞれのサンプルについてこの3比の分析結果を三次元空間にプロットし、産地の分かっている鉛（ないし含鉛鉱物）のデータと照合すればよい。

英オックスフォード大 the Isotrace Laboratory のN. H. Galeらのグループは、1970年代後半頃から「TI-MS技術」と「鉛同位体比法」を組み合わせた考古学的分析を開始し、古代の含鉛銀に対する産地追求の研究成果を積み重ねてきた<sup>15)</sup>。特に Stos-Gale(2001)は、中東～西欧の銀産地と古代の銀との結びつけに成功している。なお、この方法による産地の特定結果は、1995年から順次 *Archeometry*誌に公表されデータベース化<sup>16)</sup>されている。

わが国では、国立歴史民俗博物館（千葉県佐倉市）の斎藤努氏らによる分析研究があり、独自開発の装置を用い皇朝十二銭に「鉛同位体比分析」を適用した研究〔斎藤(2000)〕では、含まれている鉛のいずれもが山口県長登鉱山産のものと同じの値を示したという。これを受け、日本古代の考古学者今村啓爾氏は、

15) Gale研所在：the Isotrace Laboratory, Nuclear Physics Building, Keble Road, Oxford, OX13RH。http://athens.arch.ox.ac.uk/schoolarch/annual\_report/report95-6.html#Isotrace

16) このデータベースは、世界中の鉛の素性を同位体比から調べ尽くそうというもので、いわば「鉛のゲノム計画」と呼びうるだろう。

*Archeometry*誌HP：http://www.rlaha.ox.ac.uk/archy/archindx.html

古代貨幣史の謎ともいべき〈無文銀銭〉の銀産地を特定すべく、このサンプルに当分析の実施を提唱している〔今村(2001)<sup>17)</sup>〕。筆者がひそかな興味をもっているのは、古代北欧史におけるヴァイキングの活動に伴っていた大量の銀の起源・産地は何処だったか、という点である〔黒石(2001-2)〕。

ただし困難も予想される。まず銀の場合、製錬過程で意図的に鉛を使用することがある。たとえば古代から重要な銀精錬法であった「灰吹法」の場合、融けた鉛と銀鉱石を混合して銀を鉛合金の形で回収し、爾後、骨灰等の上で吹いて鉛だけを吸着させ銀純度を高めるという過程を経る（水銀アマルガム法の水銀を鉛に置き換えたものと考えられる）。わが国には16世紀前半に朝鮮半島から石見銀山へ伝来した技術だという。そのような場合には他産地の鉛が混入・残存する可能性が高い。また、二次的に複数産地の銀や鉛が合金されれば当然に事情は複雑になる。これら注意が必要であるが、いずれにしろ実際の分析とデータの蓄積が望まれる。

#### 青銅器の銅素材を初めて確認（山陽新聞、2000年7月28日）

岡山市の高塚遺跡(弥生時代後期)から出土した棒状銅製品が、青銅器の素材となるインゴット(地金)であることが馬淵久夫・くらしき作陽大食文化学部長らにより国内で初めて確認された。蛍光X線分析法による成分分析の結果、銅約94%の純銅で、その他の化学成分も弥生時代の青銅器製品とほぼ一致するものの錫だけを欠くことなどから、錫を加える前の素材であると判定された。また、鉛同位体比法により、この銅(に含まれる鉛)は中国・華北地方産であることが推定された。

(続)

17) 今村(2001)はこの分析に際し、実績のある「MS分析」を念頭に置いているようだが、〈無文銀銭〉のような貴重なサンプルの場合、その一部採取を要す「MS分析」は至難であろう。非破壊法である「中性子放射化 $\gamma$ 線分析」「中性子即発 $\gamma$ 線分析」の可能性はどうだろうか。なおく(和同開珎銀銭)は1サンプルのみ鉛同位体比分析の実績があり、その結果は「朝鮮半島産」との推察が有力ということである。

### 参考文献

- Bolin, Sture (1953) : "Mohammed, Charlemagne and Ruric," *Scandinavian Economic History Review*, Vol.1, pp.5-39.  
(=1975) : 佐々木克巳訳「マホメット, シャルルマーニュ, 及びリユーリック」『古代から中世へ——ピレンヌ学説とその検討——』創文社。
- Burnett, Andrew (1991) : *Coins*. British Museum Press.  
(=1998) : 新井佑造訳『コインの考古学』学芸書林。
- 今村啓爾 (2001) : 『富本銭と謎の銀銭——貨幣誕生の真相』小学館。
- Keyser, Paul T. and David D. Clark (2001) : "Analyzing and Interpreting the Metallurgy of Early Electrum Coins," in: Miriam S. Balmuth (ed.), *Hacksilber to Coinage: New Insights into the Monetary History of the Near East and Greece (Numismatic Studies No.24, The American Numismatic Society)* .
- 黒石 晋 (1997-2000) : 「欲望のエネルギー論」『彦根論叢』(滋賀大学経済学会), 第306, 307, 308, 310, 312, 313, 320, 324号。
- 黒石 晋 (2000) : 「社会エネルギー論の構想」『彦根論叢』(滋賀大学経済学会), 第323号。
- 黒石 晋 (2001-2) : 「社会構造を編制する欲望——ヴァイキング期ヨーロッパの場合——」『彦根論叢』(滋賀大学経済学会), 第333, 334号。
- 三辻利一 (1983) : 『古代土器の産地推定法』ニューサイエンス社。
- 斎藤 努 (2000) : 「皇朝十二銭の原料をさぐる——元素分析と鉛同位体比分析」馬淵久夫・富永健編『考古学と化学をむすぶ』東京大学出版会, pp.243-270。
- 齋藤 努・高橋照彦・西川裕一 (1998) : 「中世～近世初期の模倣銭に関する理化学的研究」『金融研究』第17巻第3号 (1998年7月)。
- Sear, David R. (1978) : *Greek Coins and Their Values*. (2 vols., reprinted in 1994) London, Seaby.
- Stos-Gale, Zofia Anna (2001) : "The Impact of the Natural Sciences on Studies of *Hacksilber* and Early Silver Coinage," in: Miriam S. Balmuth (ed.), *Hacksilber to Coinage: New Insights into the Monetary History of the Near East and Greece (Numismatic Studies No.24, The American Numismatic Society)* .
- 田辺勝美編 (1992) : 『平山コレクション——シルクロードのコイン』講談社。

〔謝辞〕

XRF分析に関し機材の確保および実地での測定の労を取っていただいた豊 智奈博士（東京大学理学系研究科附属スペクトル化学研究センター研究機関研究員・当時）のご協力に、また同博士を紹介いただいた武井 出 博士（東京理科大学・ポストドクトラル研究員）に深く感謝の意を表す。特殊な貨幣試料の確保に協力いただいた松浦不二雄氏（松浦古銭堂）ならびに石井克之助氏（ワールドコインズジャパン）、少々無理なXRF分析の依頼に応じていただいた堀 秀道氏（鉱物科学研究所）にも感謝したい。