

范の熱ルミネッセンス真贋判定と X線回析法による成分分析

長友恒人・横田 勝・外山 潔

はじめに

范(鑄型)が青銅器研究にとって重要な鍵となることはいうまでもない。青銅器は范に熔銅を流し込んで、その形、文様を写し取るものであるから、范には造り手の痕跡がより直接的に残っている可能性がある。その意味で、范は既に出来上がった作品である青銅器からは判らない多くの情報を提供してくれる可能性も秘めているのである。

泉屋博古館には、そうした范が数点ある。これらは特に意識的に集められたものではなく、青銅器を蒐集する過程で付随的にコレクションの中に加えられていったもののようなものである。従来、これら范は、泉屋コレクションの青銅器群中であつてもすれば見落とされがちであつた。それは芸術的に完成された青銅器に比べ、范がやや見劣りしたことにも起因するが、最大の原因は真贋がはっきりしないことであつたと思われる。伝世品の范についての真贋判定がいかに困難であるかは、すでに清水康二氏が当館紀要14巻で指摘しているが、⁽¹⁾しかしこの范が真物と認定されれば今後の青銅器研究、特に未だ未解明の部分の多い高度な鑄造技術の解明に大きな進展を見ることも可能となろう。

以上のような観点から、当館では1997年の夏に熱ルミネッセンスと粉末法を用いたX線回析による范の半定量分析を実施した。文化財分析は非破壊分析が原則であるが、この范については現状の真贋がはっきりしない灰色の状態のままでも埒があかないこと、また真物であつた場合の価値の高さを考え、少量を削って分析した。本報告はその范の調査報告であるが、ここに述べられる通り、分析した范は全て真性のものであるという結論となつた。この分析を受けて、既に鏡范については、当館紀要第14巻に三船温尚氏らによる考察が発表された。⁽¹⁾従つて、順序が逆になつてしまった感もあるが、ここでは、この鏡范も含めた分析を行った全ての作品について報告を行いたい。

I 分析を行った作品

まず、分析を行った作品を簡単に紹介しておく。分析を行った作品は以下のものである。

1-A 青銅器外范, 1-B 青銅器外范, 2 青銅器外范, 3 青銅器外范

4 青銅器外范, 5 鏡范, 6 鏡范, 7 五銖錢范, 8-A 華土, 8-B 華土

以上の作品のうち 1, 2 および 8 は、1961 年刊の『泉屋清賞新収編』に著録されている。それによると 1, 2 の作品は安陽小屯地区より出土し、1936 年、太田好明氏が将来したといい、8 は安陽侯家莊西北岡墓群より出土し、浅野梅吉氏が将来したという。

また、5, 6 は山本信夫氏旧蔵のもので、5 については河北省易県出土と伝え、梁上椿『巖窟蔵鏡』にも著録されている。また鏡の箱書には、山本氏が北京を離れる際に梁上椿氏が贈った故も記されている。尚、この 2 点の鏡范については、当館紀要 14 巻に詳しく紹介されているので、そちらを参照されたい。残りの 3, 4, 7 は未だ紹介されたことがないが、3, 4 は 1, 2 とセットで購入されたと伝えられている。

范、五錢范および華土の形態観察

さて、先ず 1-A, B であるが、これは 2 点で 1 組を成す外范部である(図 1)。1-A(図 11)は最大幅 8.1cm, 最大長 6.2cm, 最大厚 4.2cm。1-B(図 9)は最大幅 9.1cm, 最大長 6.3cm, 最大厚 3.7cm で、いずれも硬く焼成されている。表面は黒ずみ、特に 1-A の上部、円形窪み内部は墨を塗った様な漆黒色を呈している。ただ、裏面の試料採取後の窪み(図 10, 12)は薄茶色を呈し、その内に白く光る 0.1mm 程度のものが点在しているのが確認できる。

文様は上端部に梯子状の区画帯を一直線に引き、その下の部分には雷文地に怪物の爪か、尾と思われる、先端が鈎状に曲がる輪郭を刻している。また 1-A の范の端は弧を描いて約 5mm 程窪んでいる点に注意される。この窪みを器の輪郭と見れば、觚の可能性もあるが、しかしよく観察すると窪みの中に 1 本の弧線が走っているのが確認できる。『泉屋清賞新収編』では、これを円渦文と見なし、当館所蔵の日癸豊の如き器の肩部外范であろうと推測しているが、卓見であろう。日癸豊では盛り上がった円渦文を挟んで短軀の夔龍が浅彫で配される図柄であり、夔龍の周囲は雷文で充填されている(図 2)。更に円渦文の上部には梯子状の区画帯もあり、この外范部と共通するのである。また、この范は先にも述べたように殷墟出土と伝えられているが、殷墟郭家莊 160 号墓からはこれと同様、肩部に盛り上がった円渦文と浅彫の夔龍を配した大型の豊が出土⁽²⁾(図 3)している点も注意すべきである。

ところで、この范で注目すべきは、1-A, 1-B ともにその上部に三角錐状の突起をつくることである(図 1)。この突起は明らかに外范を固定するためのものである。豊のような大型の器を作る場合は多数の范を組み合わすこととなるが、この范は、その組み合わせの一部を示す貴重な資料ということもできる。

2 の外范は、饗饗の図文を比較的明瞭に残すもので、最大幅は 8.3cm, 最大長は 7.4cm, 最大厚は 3.5cm ほどあり、やはり黒ずんだ色調である(図 13, 14)。

文様は、長 7.0cm, 幅 4.2cm ほどの横長の面に饗饗の向かって左半分を表現している。饗饗は幅約 1mm の凸線で表現され、眼部が窪むが、これは原型に彫刻された文様が、そのまま外范に写し取られたネガティブなものである。従って、原型の饗饗文の凸部はかなり幅広いも

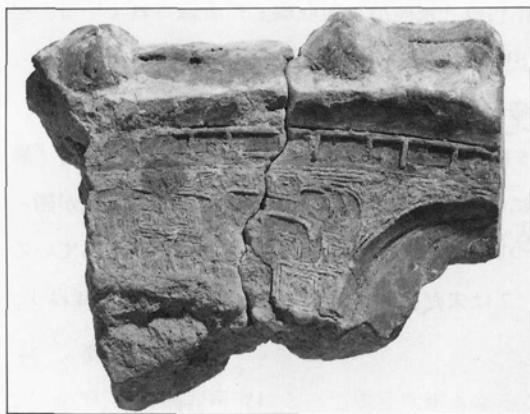


図1 范1-B, 1-A



図2 日葵 罍

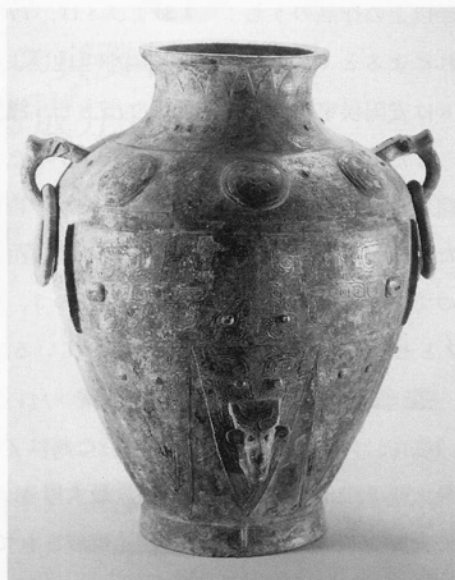


図3 殷墟郭家庄160号墓出土罍

のであったことが判る。

次に、饗餮のデザインを見ると、先ず角部には外湾する渦文を2つ並べた形が残っている。これはおそらく大きな羊角の一部であろう。すなわち向かって左側の大きな渦文は、内に巻き込む羊角の先端部、向かって右側の渦文は羊角の内側を充填する小渦文の1つかと思われる。この角の右側には、下部がC字形に曲がる文様が縦に4本、1列に並んでいるのが確認できる。おそらく羽を表現したものであろう。眼は隅丸楕円形で、内に細長い突起で眼球を表現している。眼の右側に見える数本の凸線は、鼻梁の篋形飾を表現したものであろうか。また眼の左側には渦文で胴部、下部にもやはり渦文で、口や脚を表現しているが、これらの部分は現在では模糊として判然としない部分も多い。

以上、全体の構成、線の太さ等を総じて見ると、この饗餮は眼球の有無の違いはあるが図4の小屯331号墓出土の⁽³⁾尊に近い文様のようなものである。

ところで、この范で注意すべきは、文様部の下側に弧状の輪郭のあることである。文様面より1段盛り上がったこの面は、饗餮の顔面先端部から拡がりを見せており、もとは右半分の顔面下にも同じような弧線が対照的に引かれていたことが予想される。饗餮の顔面の中央を起点として左右に弧状に輪郭を描く器といえ、図5のごとく脚が袋状になった罍や盃が思い浮かぶ。従って、この范もそうした器であった可能性が考えられるが、しかしこの線を器の輪郭と



図4 殷墟小屯 YM331 出土尊



図5 泉屋博古館蔵 鬲鼎（刺觀鼎）

見なしてよいかどうかについては、尚検討が必要であろう。

3は、全面に雷文を刻する范で、最大幅6.7cm、最大長7.4cm、最大厚2.8cmほどあり、1、2に比べると全体は白っぽい灰色を呈す。この范を図15のように縦にして見ると、雷文は縦に5段、横に2ないし3個ずつ配されていることが判る。また、右端には一直線の界線があり、雷文はこの線をはさんで1段高くなった面に表現されている。

雷文は、范に直接施文したもので細い陰刻線であらわされている。ただ雷文の形はかなりくずれており、また線の太さも不均一である。特に上3段の雷文は線が細く、たよりなげで形も一定していない。一般に雷文は青銅器の地文に使われるものである。従ってもしこれが青銅器の范であれば、かなり大きな器の一部であったと思われるが、しかしこれほどに線が乱雑なものあまり例をみない。どのようなものであったかについては、尚検討を要する作品である。

4は、最大幅5.8cm、最大長9.1cm、最大厚2.7cm、表面は3と同様白っぽい、裏面の試料採取後の窪みはやや赤っぽく、その内に1-A、Bに見られたのと同様な白色の顆粒状が点在している(図17、18)。文様は、V字形を縦方向に4つ重ねたもので、比較的太い凸線で表されている。抽象的な文様で、しかも模糊としている部分が多いので、どのような器のどの部分のものであったかを確認することはむづかしい。

以上、4つの范について紹介してきたが、これらは先に述べたように、安陽殷墟小屯地区出土一括資料として、当館に入ってきたものといわれている。小屯地区からは1930年代の発掘によって、宮殿と思われる大規模な建築跡とともに铸造関係の遺構も発見され、多くの铸型が出土した。また、解放後の発掘では、小屯南の薛家庄南遺跡、苗圃北遺跡等からも青銅器の铸型

が多数発見された。これら殷墟出土の鑄型については、難波純子氏が詳しくまとめられている⁽⁴⁾が、それによると各遺跡の鑄型は各々に特色があり、工房によって異なる青銅器が制作されていた可能性が高いという。当館所蔵の4点の范についても、今後これら出土鑄型と比較検討してゆくことが課題となろう。

次に5、6の2面の鏡范について見ていく。

5の鏡范は最大長16.3cm、最大幅8.6cm、最大厚1.8cm、鏡推定復元径は9.2cmほどになる。全体は淡い赤桃色であるが、鏡面の試料採取後の窪みは鮮やかな赤茶色を呈している(図19、20)。

鏡は戦国の四山字文鏡で、鏡面の約3分の2と湯口の一部が残る。鈕は細い三稜鈕で、鈕座は方格、その方格の四隅に周縁を線文で埋める心葉形を配する。更に、その外側にも同形の葉を配し、この2つを縄状文で結ぶ構成である。地文は羽状獣文で、比較的よく残っている。これと文様構成の似た鏡としては湖南長沙仰天湖25号墓出土や広西貴州羅泊湾1号墓出土等が挙げられる⁽⁵⁾(図6)。

6の鏡范は最大長8.5cm、最大幅11.5cm、最大厚1.9cm、鏡推定復元径は9.2cmほどで、5の范と同寸である。全体は赤茶色であるが、鏡面の試料採取後の窪みは鮮やかな赤色を呈す(図21、22)。また鏡背面の一部には墨を塗った様な黒ずんだ部分があり、そこは拓本の様に文様をはっきりと識別することができる。

鏡は5と同じ四山字文鏡で、約半分が残る。鈕は単元鈕、鈕座は円形でこの円座の四方に葉形を配している。地文は判然としない部分が多いが、黒ずんだ部分から見ると羽状獣文であったと推定できる。

ところで、この種の円鈕座の山字文鏡では、五山字文で鈕座周囲に五葉、あるいは六山字文で鈕座周囲に六葉を配するものは知られているが、この范のように四山字文で四葉を配するのは珍しい。孔祥星氏は、この鏡式を河北省易県独自のものと見なしている。⁽⁶⁾

いったい羽状獣文地の山字文鏡は、楚の故地である湖南、湖北をはじめとする中国南部から多数出土するが、鑄型は燕下都のあった易県から多く出土している。この点について、燕の鑄型と楚の山字文鏡は別系統のものであるという説と、なんらかの交流があったとする説の2説があるが、この問題もこうした范と製品である鏡を比較して鑄造技法を解明してゆけば、新たな展望が開ける可能性があるであろう。⁽⁷⁾

次に7は漢代の五銖銭の鑄型である(図23、24)。銭は同一のものを大量につくる必要があることから、鑄型にも様々な工夫がなされたが、これは陶范の表裏に銭文を刻し、中央に湯を流し込む穴を設けたもの。これを何枚も重ねて、中央の穴から湯を流し込むと、一度に大量の銭ができる仕組みになっている。また、この陶范も銅や石の母范があれば、それに粘土を押し当てて大量生産ができる訳である。完形のこの范は、何らかの事情で湯を流さずに残ったもので



図6 広西壮族自治区貴州羅泊湾1号墓出土山字文鏡

あろう。一辺6.7cm、厚さ0.6mmの正方形の范に4枚の銭文を入れる。銭の裏面は方孔の四隅から線がのびており、四出五銖と呼ばれる後漢代に初鑄されたものであることが判る。范は全体赤色を呈し、さほど硬くは焼きしめられていない。尚、これと全く同一の范が京都大学博物館⁽⁸⁾にある。他に、4枚1組となる五銖銭陶范では浙江省余杭出土のもの⁽⁹⁾が知られているが、類例は少ないようである。

最後に、8の華土3点は鑄型ではないが、参考に分析したところ、焼成されていないことが確認された。華土とは、地中に埋ま

っていた木器の文様が土に圧印されたものといわれているが、今回の調査はそれをうらづける結果ともなった訳である。

8-Aの華土は最大長12.8cm、最大幅5.6cm、上端に凹線が1本走り、その下に凸線がV字形にあらわされている。線はいずれも朱が残り、文様の一部であったと思われるが、どのような文様であったかは判然としない(図25)。

8-Bは最大長8.5cm、最大幅5.6cm、饗養の一部かと思われる文様を朱で縁取られた太い線で表したものである(図26)。

(外山 潔 泉屋博物館学芸員)

〔注〕

- (1) 清水康二・三船温尚・清水克朗「鏡と范から探る山字文鏡の鑄造方法」『泉屋博物館紀要』第14巻
- (2) 中国社会科学院考古研究所『安陽殷墟郭家庄商代墓葬』カラー図版8、中国大百科全書出版社 1998年
- (3) 中央研究院歴史語言研究所『古器物研究專刊』第5本 図版34、1972年
- (4) 難波純子「殷墟後期の青銅彝器(下)」『泉屋博物館紀要』第12巻
- (5) 湖南省博物館『湖南出土銅鏡図録』図13、1960
広西壮族自治区博物館『広西貴州羅泊湾漢墓』図23、1988年
- (6) 孔祥星・劉一曼『中国古代銅鏡』文物出版社、1984年
- (7) 岡村秀典「戦国から秦漢への文様の展開」52頁、『泉屋博物館紀要』第7巻
- (8) 京都大学文学部『考古学資料目録3』126頁、No. 525、1963年
- (9) 余杭県文管会「浙江余杭沾橋出土陶質五銖銭范」『文物』1985年3期

II 熱ルミネッセンス法による真贋判定

1 熱ルミネッセンス現象と TL 年代

粘土や陶磁器の胎土中に含まれる鉱物を 500°C 程度まで徐々に加熱すると光を発する。これが熱ルミネッセンス(TL)現象である。蛍石など一部の鉱物を除いては発光強度が弱いので肉眼では観察できないが、光電子増倍管などの光検出器を用いることによって容易に測定することができる。

土中でも空気中でも自然界にはあらゆるところに放射線源がある。鉱物の熱ルミネッセンス現象は自然放射線の吸収と加熱によって引き起こされるが、TL 強度は鉱物が吸収した放射線の量に依存するので、鉱物が古いほど強く発光する。

TL は一旦発光すると再加熱をしても発光しない。土器や陶磁器の場合には、自然界の放射線を吸収しつづけた粘土中の鉱物が焼成の過程で TL 発光をして、それまでの記憶は消えてしまう。従って測定された TL 強度は土器または陶磁器の焼成からの年数に比例することになる。

TL 年代測定では TL 強度によって焼成時からの吸収放射線量(蓄積線量; D)のほかに、鉱物が 1 年間に吸収したであろう放射線量(年間線量または線量率; Dr)を別の方法で測定して、D/Dr によって TL 年代を算出する。

2 真贋判定への応用

陶磁器の年代を TL 法によって決定するためには年間線量を評価する必要がある。その場合、現在評価した年間線量が陶磁器が焼成されたときから一定であって変化しなかったという仮定が適用される。しかし、考古遺跡で発掘されたものとは異なり、古美術品として伝世されているものはどのような自然放射線の環境下にあったかが不明であるので、上の仮説を適用することができない。従って、古美術品の TL 年代を正確に決定することはほとんど不可能に近いが、年間線量を仮定することによって明らかに新しいものであるか、古いものであるかの判定をすることはできる。

3 泉屋博古館所蔵范の熱ルミネッセンス分析

泉屋博古館において所蔵される范の真贋判定を TL 法で以下の通り行った。

試料採取

放射線を吸収した鉱物は熱だけではなく光によっても発光する。これは光ルミネッセンス(Optically Stimulated Luminescence)と呼ばれる現象であるが、これによって TL も減少するので、范の表面に近い部分を測定試料としても正確な年代を評価できない。このことを考慮して、測定用の試料は表面から 1mm より深い内部から採取した。具体的には、まず、裏面の目立たない個所を選んでダイヤモンドバーで表面を薄く(0.1mm 程度)削って新鮮面を出した

後に、深さ約 1mm 程度を削り取り、TL 測定用の試料としてさらに深さ 1mm 程度削り取った。TL は摩擦熱によっても発生するので、ダイヤモンドバーで同じ個所を連続して削らないように留意した。TL 測定試料採取の所要時間は 1 箇所でおおよそ 5 分程度であった。

試料処理

TL 真贋判定の方法にはさまざまなバリエーションがあり、測定をするために必要な試料の量や処理法も異なる。今回は採取した試料の全量を使用することとして塩酸処理(20%, 1 時間)のみを行った。年代測定の場合に従来から行っている粗粒子法と比較するとフッ酸によるエッチングを行っていないため、(1)石英粒子の表面が十分に除去されていないこと、(2)長石成分が混入していること、(3)微粒子成分が含まれていること、などが粗粒子法の場合の測定試料とは異なると考えられる。

測定

測定は Harshaw2000-A TL 測定装置を使用した。窒素雰囲気中で昇温速度 10°C/秒、最高温度 550°C まで加熱し、検出波長は光学フィルターで 350~570nm を選択した。試料を 3 等分して、付加線量法による測定を行った。3 等分した試料の 1 つは付加線量を与えない試料(以下、ナチュラル試料と称する)とし、他の 2 試料にはコバルト 60 線源からのガンマ線を照射して、それぞれ 5Gy と 10Gy の付加線量を吸収させた。

解析

TL 強度を温度に対してプロットした測定結果は TL グローカーブと呼ばれている。試料 1-A (青銅器外范)、試料 7 (五銖銭范)と試料 8-A (華土)の TL グローカーブを図7-1, 2, 3に示す。図において、N はナチュラル試料のグローカーブ、N+5Gy、N+10Gy はそれぞれ付加線量を 5Gy、10Gy 吸収させた試料のグローカーブ、BG はバックグラウンドである。華土の N+5Gy に対応する TL グローカーブはばらつきが大きくて判読しにくかったので、図では平均化した TL グローカーブを示した。N+5Gy と N および N+10Gy と N+5Gy の強度差が 5 Gy に相当し、0 から N までがナチュラル試料の等価線量に相当する。華土の等価線量が他の 2 試料より明らかに大きいことが TL グローカーブから読みとれる。等価線量を決定するために図7-4(試料 1-A: 青銅器外范)のように TL グローカーブの強度を付加線量に対してプロットし、直線または適当な曲線で回帰させた生長曲線を作成する。生長曲線を外挿して横軸の線量軸と交わる線量が等価線量である。生長曲線を直線回帰した場合には、低線量領域における線量依存の非直線性を補正するためにスプラリニアリティ補正の測定をするのが一般的である。スプラリニアリティ補正值は通常プラスである。今回は正確な年代値を出す必要はないのでスプラリニアリティの補正は行わず、等価線量のみで真贋の判定をした。

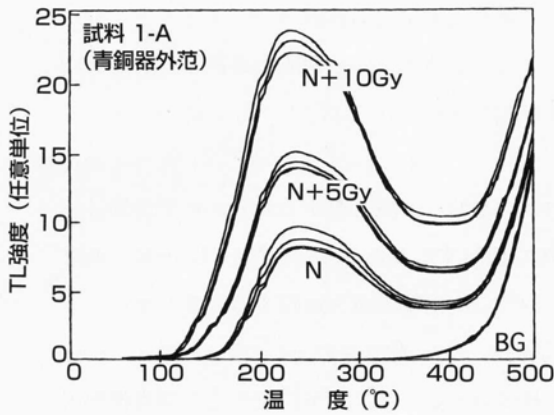


図 7-1 試料 1-A (青銅器外范)の TL グローカーブ

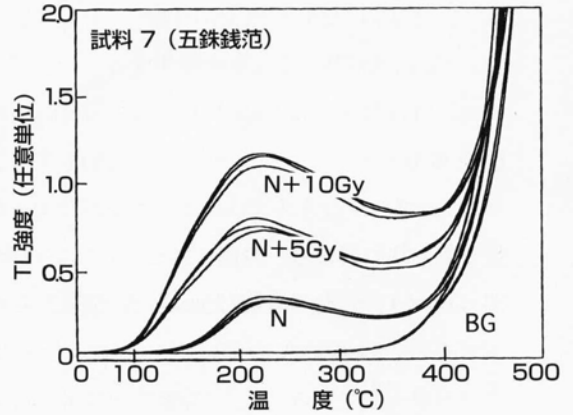


図 7-2 試料 7 (五銖錢范)の TL グローカーブ

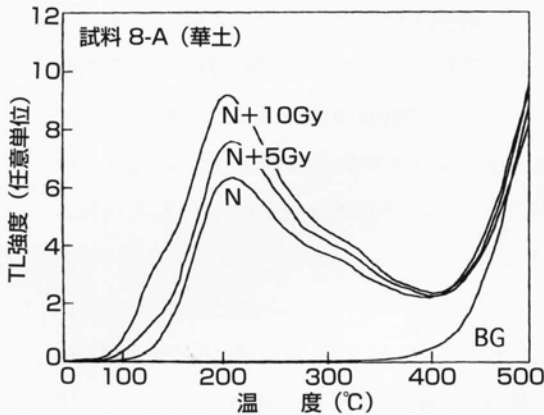


図 7-3 試料 8-A (華土)の TL グローカーブ
(付加線量ごとに平均化したもの)

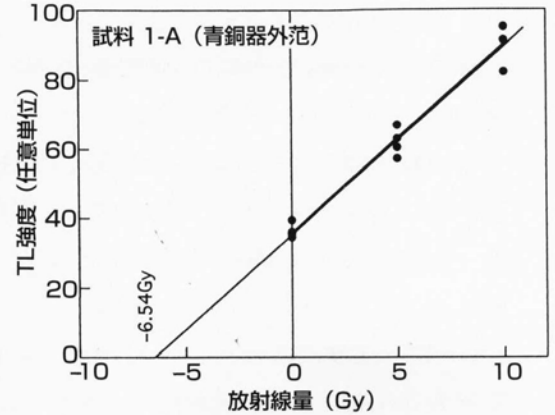


図 7-4 試料 4 (青銅器外范)の生長曲線と等価線量

表 1 等価線量の測定結果と推定 TL 年代

試料番号	試料	等価線量(Gy)	TL 年代(年前) ^{注1)}
1-A	青銅器外范	5.6	930 ~ 1900
		6.5	1100 ~ 2200
1-B	青銅器外范	(評価できず)	
2	青銅器外范	8.6	1400 ~ 2900
3	青銅器外范	10.0	1700 ~ 3300 ^{注2)}
4	青銅器外范	7.0	1200 ~ 2300
		9.8	1600 ~ 3300 ^{注2)}
5	鏡 范	9.7	1600 ~ 3200 ^{注2)}
		6.1	1000 ~ 2000
6	鏡 范	5.5	930 ~ 1900
		3.7	620 ~ 1200 ^{注3)}
7	五銖錢范		
8-A	華土	43.7	7300 ~ 15000
8-B	華土	41.5	7000 ~ 14000

注1) 推定年間線量を 3~6mGy/年として TL 年代を算出した。

注2) これら試料の年間線量は推定値より大きい可能性が強い。

注3) この試料の年間線量は推定値より小さい可能性が強い。

4 結 果

すべての試料の等価線量の測定結果を表 1 に示す。試料 1-A, 5, 6 は同じ范の 2 カ所から試料を採取して測定した。試料 1-B は TL 強度の線量依存度が不明確であったので等価線量を評価できなかったが、これは試料処理によって、石英、長石以外の鉱物が除去できなかったためと思われる。

青銅器外范と鏡范の等価線量に大きなばらつきはなく、5.6Gy から 10.0Gy の範囲に分布しており、五銖錢范の等価線量は 3.7Gy である。これに対して、華土のみは他の試料より大きく、40Gy を越える等価線量を有する。

これらの等価線量を年代に換算するためには、それぞれの試料について個別に年間線量を評価することが必要である。すでに述べたように、これらの試料は鋳型として使用されてから今日までどのような経緯で泉屋博古館に所蔵されるようになったのか、それまでどのような状態で埋蔵または保管されていたのかが正確には明らかでない。従って、意味のある年間線量を測定によって評価することはできないので、ここでは年間線量として推定値を使うことにする。

土器などのルミネッセンス年代測定において、年間線量は埋没していた土に含まれる放射性元素の含有量によって異なるが、経験的にはガンマ線が 0.2~3mGy, ベータ線が 0.3~4 mGy, 宇宙線は 0.1~0.3mGy であり、総計として 0.5~7mGy の範囲である。通常は 1~4 mGy であることが多い。室内で保管されていた場合には土中に埋設されていた場合よりはガンマ線の年間線量の地域差が少なく、0.6~1.2mGy 程度である。この場合は、ベータ線、ガンマ線と宇宙線の総計としては 0.8~5mGy 程度と仮定することができるが、1900年代になってから出土して保管されたものとすれば、埋没した状態での年間線量を仮定する方が妥当であろう。今回の試料処理では微粒子が混在しており、フッ酸処理によるエッチングをしていないのでアルファ線の実効年間線量も考慮する必要がある。これを 2mGy と仮定すると年間線量はおおよそ 3~6mGy/年と推定される。

年間線量を 3~6mGy/年と仮定して各試料の TL 年代を推定すると表 1 のようになる。ただし、解析の項で述べたように年代を算出するためには等価線量にスプラリニア補正値を加えた蓄積線量を年間線量で割るのがより厳密な算出方法である。蓄積線量は通常等価線量より大きいので、表 1 に示した年代は推定年代の下限を示すと考えられる。

表 1 に示した年代はあくまでも年間線量を 3~6mGy/年と仮定したときの推定年代である。そこで、青銅器外范、鏡范、五銖錢范の年代が例えば 500 年前より新しいものであるためには、どの程度の年間線量を仮定すべきであるかを考えてみる。

青銅器外范、鏡范のなかで等価線量が相対的に小さい値として試料 1-A や試料 6 の約 6Gy を例とする。この等価線量が 500 年前より若い年代に相当するとすれば、年間線量として 12 mGy/年より大きい値を想定しなければならない。等価線量が 10Gy 程度である試料 3 や試料

5については20mGy/年以上の年間線量を想定しなければならない。しかし、経験的にいって、そのように大きな年間線量はあり得ない。従って、いずれの青銅器外范、鏡范も後代の贗作である可能性はないと考えてよい。

また表中に注釈をした試料については、実際の年間線量は仮定した値より大きい(試料3および5)か、小さい(試料7)と考えられる。

次に、華土とされている試料8-Aと8-Bの結果について考える。これらの試料は43.7Gy、41.5Gyという等価線量であり、両者は一致していると思なされる。表1に示すように推定年代は7,000年を超えるので、時代的に見て范でないことは明らかである。このように推定年代が古くなるのは焼成された履歴がないからである。従って、これらを華土であると判断することは測定の結果からみても妥当であると考えられる。

(長友恒人 奈良教育大学教授)

Ⅲ 粉末法を用いたX線回析による半定量分析

泉屋博古館が所蔵する范、五銖錢范および華土のX線回析法による構成鉱物の半定量分析を行った。これらの所蔵品からX線分析用試料を採取するに際しては前項の「熱ルミネッセンス法」による年代測定用の試料を採取した部分から同様の方法でそれぞれ1個の分析試料用として約200mm³を採取した。

X線回析用分析試料は全て、測定に先立って瑪瑙製の乳鉢と乳棒で-300メッシュ以下までに粉砕した。

使用したX線回析装置ならびに回析条件等は次の通りであるが、鉱物のX線回析データはJCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards-International Centre for Diffraction Data 1994) から下記のソフトウェアである。

First database used: C IDENTDB Second database used: C\IDENTDB により自動検索と半定量分析を行った。

測定条件

Diffractionmeter	: Philips 社製 X'part system PW3710		
Start angle [$^{\circ}2\theta$]	: 5.000	Final angle [$^{\circ}2\theta$]	: 120.000
Step size [$^{\circ}2\theta$]	: 0.040	Time per step [s]	: 2.0
Anode material	: Cu (40kV, 40mA)		

ピークサーチパラメーター

Minimum peak width	: 0.00	Maximum peak width	: 1.00
Peak base width	: 3.00	Minimum significance	: 0.75

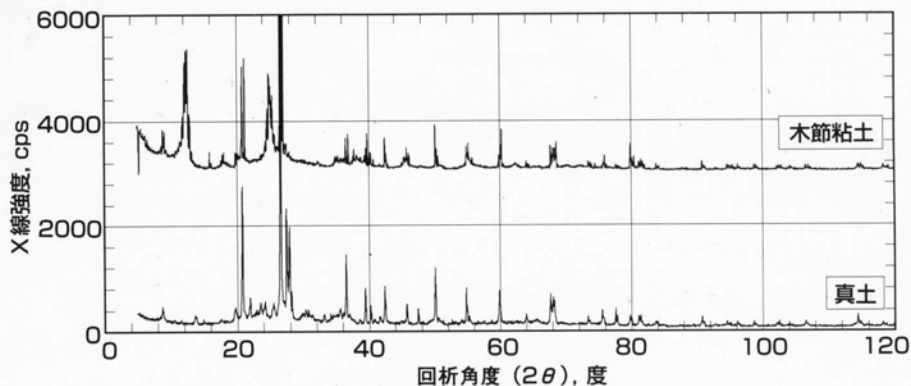


図 8-1 木節粘土および真土の粉末 X 線回析図形

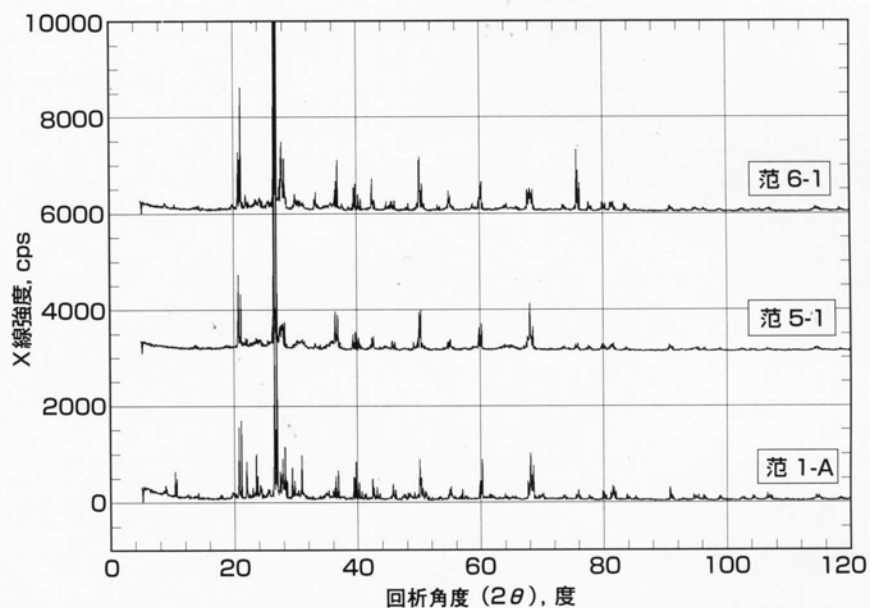


図 8-2 范 1-A, 范 5-1, および范 6-1 の粉末 X 線回析図形

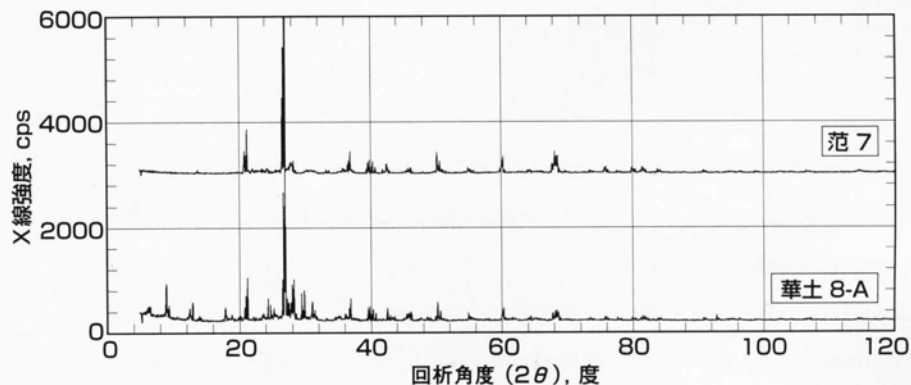


図 8-3 范 7 (五銖銭范) および華土 8-A の粉末 X 線回析図形

表2 粉末法によるX線回折結果から得られた木節粘土, 真土, 范1, 范5, 范6, 范7および華土の鉱物半定量分析結果

鉱物名 (分子式)	X線強度(%)													
	試料名													
	木節 粘土	真土	范1 -A	范1 -B	范2	范3	范4	范5 -1	范5 -2	范6 -1	范6 -2	范7	華土 8-A	華土 8-B
α -Quartz (SiO ₂)	61	48	71	68	62	62	69	51	48	59	59	19	23	59
Corundum (Al ₂ O ₃)	2		1	1	1	1	2							
Revdite (Na ₂ Si ₂ O ₅ · 5H ₂ O)	2													
Laumontite (Ca (Al ₂ Si ₄ O ₁₂) · 4H ₂ O)		2												
Albite (NaAlSi ₃ O ₈)		4	7	5	4	4	5	8	8	5	4	7	4	4
Orthoclase (KAlSi ₃ O ₈)		1	2		1	1	1			1	1		1	1
Anorthite (CaAl ₂ Si ₂ O ₈)		4	3	4	3	3	5	6	2	3	3	6	3	3
Gismondine (CaAl ₂ Si ₂ O ₈ · 4H ₂ O)		2	5	5	4	4	4		1		1	5	3	8
Augite ((Ca (Mg, Fe) Si) ₂ O ₆)		2						2						
Anthophyllite ((Mg, Fe ²⁺) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂)			1		1	1		1					2	
Enstatite (MgSiO ₃)			1					1	3					
Sahidine (K(Si ₃ Al)O ₈)										2	3			
Microcline (KAlSi ₃ O ₈)												2	1	1
Merlinoite (K ₅ Ca ₂ (Al ₅ Si ₂₃ O ₆₄) · 24H ₂ O)														2

サーチマッチパラメーター

Number of strong lines of the reference patterns used in SEARCH : 5

Intensity threshold : 3.02

Confidence threshold : 20

Minimum specimen displacement : 40

Maximum specimen displacement : 35

Step size in specimen displacement : 75

図8-1に本学の鑄造実験で使用している木節粘土ならびに真土から得られた X 線回析図形を参考までに示す。

図8-2は范 1, 范 5 および范 6 に関する X 線回析図形をまとめて示した。これら 3 種類の范の回析図形に微妙な相違が認められ、范の構成鉱物が微妙に異なることを物語っている。

図8-3は范 7 (五銖銭范)と華土-A に関する X 線回析図形を示す。華土は加熱されていない天然の土と予想され、図8-1に示した木節粘土の回析図形と概ね相似する。范 7 (五銖銭范)はかつて熱処理が加えられたと予想され、木節粘土や范 7 (五銖銭范)に関する回析図形と大きな相違を示している。

X 線回析実験ならびに上で示した条件に基づく回析条件のもとで各試料の半定量分析を行った。得られた結果をまとめて表 2 に示す。ここで、鉱物成分の存在比(%)は X 線の積分強度(CPS)に比例するものとみなした。また鉱物の存在比(%)が全ての試料で1%のものは今回採用した分析方法の精度を考慮して存在しないものとして無視した。

范 1, 范 5, 范 6, 范 7 および華土に含有する鉱物ごとについて比較すると次のような点が注目される。

1. 何れの試料ともほとんどの鉱物が火成岩質である。
2. α -quartz の含有率は范 1 (平均含有率 : 68%), 范 6 (平均含有率 : 59%), 范 5 (平均含有率 : 50%), の順に減少する。
3. これら 3 種類の范における α -quartz の含有率はそれぞれの試料で無視しえない程度のバラツキがみられる。この原因は范の製作時に原料土の混合の不完全さに起因するのか、または今回採用した粉末法による X 線回析結果の精度の低さに起因するものか明らかでない。ただし、1. で記した各試料中における α -quartz の平均含有率の多さの相違は判定できるものと考えられる。
4. 灰長石の Anorthite 含有率には各試料で特徴的な点が現れる。すなわち范 1 と范 6 ではほとんど同じ値になり、范 5 はそれらよりもかなり高い値となっている。
5. 曹長石の Anorthite においては上と逆の傾向を示し、范 1 および范 6 よりも范 5 の方が低い値となっている。
6. カリ長石類の Orthoclase については、范 5 では検出されなかったが、范 1 および范 6 でわずかに検出された。また、范 6 のみにカリ長石の Sahidine がわずかに含有するようである。
7. 粘土鉱物の Gismondine については、范 1 でかなり多くの量が含有しており、范 5 および范 6 ではわずかである。なお、Gismondine には結晶水が含まれるので、范 1 は范として未焼成とも予想されるが今後の詳細な調査によってこれを裏付ける必要がある。
8. 范 1 には Corundum がわずかに存在する。

9. 参考までに調査した范7(五銖錢范)および華土にはともに α -quartzの含有率が低い。したがってこれらの試料では表2に記した以外の多くの種類の微量鉱物が含有しているものと判断される。なお、范7(五銖錢范)には α -quartzが低く、長石類が相対的に高い、また粘土鉱物のGismondineも相対的に高いので、この范は熱が加えられていないかまたは焼成されたとしてもその温度は低いものと考えられる。

(横田 勝 高岡短期大学教授)

IV まとめ

以上、熱ルミネッセンス法と粉末法によるX線分析の結果を報告した。

熱ルミネッセンス法では年間線量を3~6mGyと仮定して、范と華土を測定したが、その結果、青銅器范、鏡范、五銖錢范はいずれも新しい贗作ではないことが判明した。更に華土は焼成されていないものであることも判明した。また粉末法によるX線分析では范と華土の半定量分析を求めて検討したが、その結果、范の主成分である α -quartzは各范の間でははっきりとした相違が現れることが確認された。更に、構成鉱物のうち、特に長石類の分析によって范の出自等を明らかにできる可能性のあること、また范が焼成されているかどうか、または焼成されたとしても高温か低温かを判定することが可能であることも指摘された。

いずれにせよ、今回の分析によって調査の大前提となる真贋問題に一応の決着がついたことは大きな収穫である。今後は、この結果を踏まえ、鑄造、考古、美術史の各分野が協力して研究を進展させてゆくべきであろう。鑄造技術の方からは、既に5の鏡范について踏み返しである可能性が高いという注目すべき論考が当館紀要14巻に発表された。また、粉末法によるX線分析でも指摘されたように、これら范が本当に湯を流した使用范であるのか、ただ焼成しただけの未使用范であるかが問題で、その判定の方法としてメスバウワー法があるという提言もなされている。もし、メスバウワー法で、使用范か未使用范かが判れば、また研究は新展開を見せることになる。すなわち、未使用范であれば、なぜそれが未使用であったのか、鑄造に不都合が生じて未使用になったことも考えられるが、その原因を使用范との比較によってつきとめることが可能となるかもしれない。また、考古、美術の分野では、確実な出土資料との比較検討が課題となる。特に、1-4の青銅器外范、5、6の鏡范は既に述べた様に出土例も多く知られている。それらとの比較検討によって、古代青銅器文化の年代、地域的特色がより一層明らかになることが期待されるのである。

いずれにせよ、范の調査はいまようやく第一歩を踏み出したところである。今後、范の出自や歴史的背景を明らかにするためには、より多くの范や予想生産地の原料となる土などを収集し、その構成鉱物の分析試料を蓄積する必要があることを強調したい。



図 9



図 10

図 9 范 1-B (青銅器外范)

図 10 范 1-B 裏面

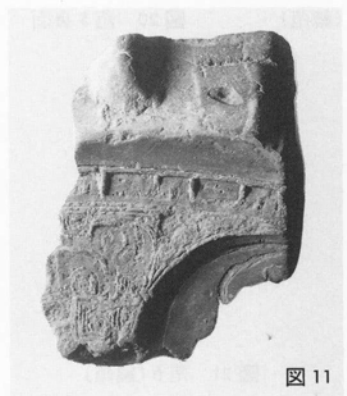


図 11

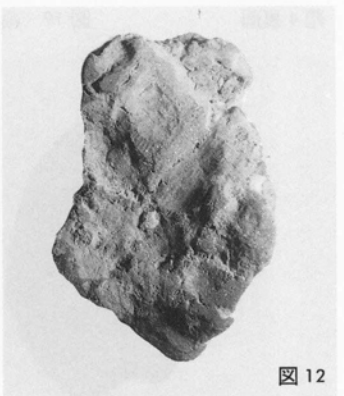


図 12

図 11 范 1-A (青銅器外范)

図 12 范 1-A 裏面



図 13

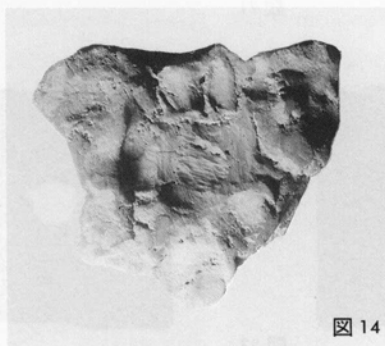


図 14

図 13 范 2 (青銅器外范)

図 14 范 2 裏面

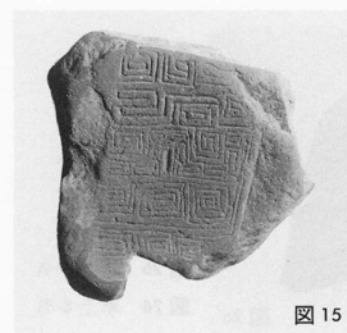


図 15

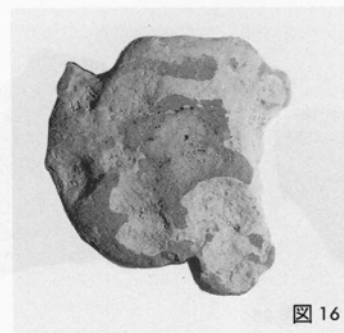


図 16

図 15 范 3 (青銅器外范)

図 16 范 3 裏面



图 17 范 4 (青铜器外范)



图 18 范 4 裏面



图 19 范 5 (鏡范)



图 20 范 5 裏面



图 21



图 22

图 21 范 6 (鏡范)

图 22 范 6 裏面

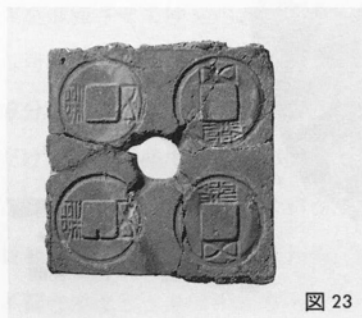


图 23

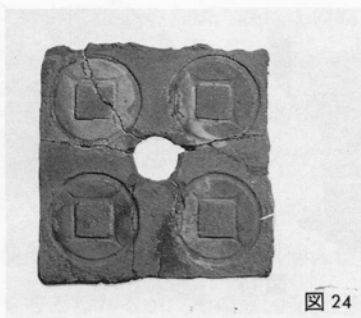


图 24

图 23 范 7 (五銖錢范)

图 24 范 7 裏面

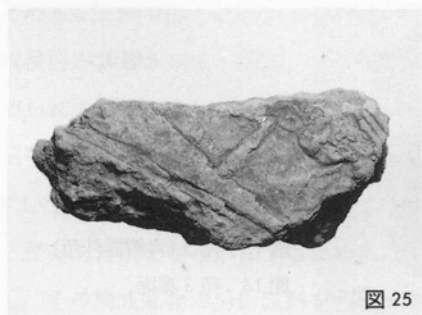


图 25



图 26

图 25 華土 8-A

图 26 華土 8-B