

V 考察 - 1

龍谷大学大宮学舎東翼建設地出土和鏡の材質分析と保存処理

北野信彦

1 はじめに

龍谷大学大宮学舎東翼建設に伴う事前の発掘調査では、平安京東市跡各年代の遺構や遺物が多数検出された。この中には鎌倉期と推定される和鏡が1点含まれており、今回この資料の材質分析と保存処理を行ったので、その内容を報告する。

2 材質分析

2-1 調査方法

(和鏡表面の拡大観察)

本資料である和鏡の表・裏面の表面状態を目視で観察した後、細部の観察は、(株)スカラ社製の DG-3 型デジタル顕微鏡を使用して、残存状態が比較的良好な部分を中心に 50 倍の倍率で行った。さらにサビが固着した劣化箇所の詳細な観察は、(株)ライカ社製の MZ 型実体顕微鏡や(株)キーエンス社製の VHX-200 型マイクロスコープを用いて拡大観察した。

(X 線透過写真撮影)

本資料の基本的な構造と劣化状態の確認をするために、(公財)元興寺文化財研究所設置の(株)フィリップス社製 MG-225 型 X 線透過写真撮影装置を用いて X 線透過写真撮影を行った。撮影条件は、管電圧 = 100kV、管電流 = 3mA、照射時間 = 30 秒、照射距離 = 150cm である。

(材料組成の定性分析)

本資料の材料組成を調査するために、(株)堀場製作所 MESA-500 型の蛍光 X 線分析装置を用いた無機元素の定性分析を行った。設定条件は、分析設定時間は 600 秒、試料室内は真空状態、X 管球はパラジウム (Pd) 管球線、管電圧は 15kV および 50kV、電流は $240\mu\text{A}$ および $20\mu\text{A}$ 、検出強度は 200.0 ~ 250.0cps である。

次に、本資料の元素マッピング分析を行うために(株)日立ハイテックスサイエンス社製の EA6000VX 型エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (XRF) を使用した。設定条件は、分析設定時間は 300 秒、試料室内は常圧状態、X 線管電圧は 50kV、X 線管球はロジウム (Rh) である。

2-2 調査結果

①本資料は、白銅色を呈する和鏡である。現況の目視観察では表面には発掘時の包含土壌のサビ固着が多くみられるものの、鑄上がりおよび残存状態は極めて良好である。

②文化財の保存修復科学的には、金属製遺物表面に付着した土壌には、通常、金属腐食を促進させる塩化物や硫化物が含有されるため、なるべく除去した方がその後の資料保存管理上、さらには資料活用上好ましい。本資料の場合、全体的には遺物の残存状態は良好であるように目視観察

されるものの、細部を観察すると付着土壌が固着しているとともに、今後表層剥離を促進する危険性がある浸食性サビが一部に観察された。

③本資料の X 線透過写真撮影を行った結果、目視観察では鏡文様のデザインが画像上でも明瞭に確認された。また鏡の鑄上がり自体は良好であるが、鑄込みの際の鑄造の湯沸きに伴うと考えられる小さい気泡痕跡もわずかながら確認された。その一方で、文化財の保存修復科学的な観点からみると、一部には金属腐食の痕跡が観察され、その一部はすでに表層剥離崩壊を起していた（図 1）。

このことから、本資料自体の保存状態は比較的良好ではあるが、今回の科学的な保存処理作業自体はあくまでも貴重な本資料の延命措置作業であり、今後は温・湿度などの保管環境の維持管理にも一定の注意を払う必要性がある。

④本資料表面は、埋蔵環境が良好であったためかブロンズ病の原因となる白緑色サビの発生はそれほど確認されず、平滑でオリジナルの光沢感を有していた。蛍光 X 線分析装置を用いた本資料の非接触・非破壊による材料組成の分析を行った結果、無機元素の主成分は、銅（Cu）、スズ（Sn）、鉛（Pb）であり、これに微量成分として砒素（As）は検出されたが、錫鉱石の不純物として含まれるアンチモン（Sb）のピークは確認されなかった。そして、包含土壌由来と考えられる鉄（Fe）イオンも同時に検出された。このことから、本資料は純銅製品ではなく、銅＋スズ＋鉛の合金である青銅鏡であること、そして鏡製作工程の鑄込み時やその後の埋蔵環境に伴う金属偏在はあろうが、表面部分にはスズ（Sn）成分がリッチである特徴を有していた。また微量成分である砒素（As）は、原材料である銅鉱石由来と考えられる。以上のスポット分析箇所と分析結果一覧表、分析スペクトルを示す（図 2, 3, 4, 表 2）。また、鏡面のマッピング分析も実施したので、その結果を（図 5）で示す。

3 保存処理

前記したように、本資料は青銅製の和鏡であるが、研究室に搬入した時点ではまだ付着土壌の除去が十分に行われていない状況であった。透過 X 線写真観察の結果、目視ではメタルが健全であると観察される箇所においても内部錆化が進行しており、表面の付着土壌を注意深く除去しないと表面劣化が進行する危険性が高いことが想定された。そのため、本資料群は通常青銅製品の保存処置方法を用いた保存処理作業を実施することとした。以下、保存処理の工程を述べる。

3-1 事前調査

まず本資料は、一連の保存修復科学的な分析調査を実施するため、まず本学・文学部の北野研究室に搬入した上で一連の事前の分析調査を行った。その後の詳細な分析調査は、（公財）元興寺文化財研究所の分析科学研究室に北野が責任をもって搬入して実施した。

3-2 クリーニング

北野研究室に搬入した時点では、本資料にはまだ付着土壌が多く残された状態で、その除去は行われていない状況であった。透過 X 線写真観察の結果、基本的には残存状態は良好であったが、資料表面の付着土壌は注意深く除去しないと表面劣化が進行する危険性が高いことが想定された。

また、顕微鏡下の拡大観察でも埋納痕跡である布繊維痕跡などは確認されなかった。そのため、エタノール溶液と筆、竹串などを用いて、慎重に資料の表・裏の表面および紐穴の付着土壌の付着土壌などの除去クリーニングを実施した。

3－3 BTA 処理

出土青銅製品もしくは銅製品の場合、錆腐食防止を行なう方法として、ベンゾトリアゾール (BTA:C₆H₅N₃) エタノール溶液に資料を浸漬して資料表面に発生する危険性があるサビ塩化物イオンを固定する BTA 処理が通常実施される。これは、青銅製品もしくは銅製品をベンゾトリアゾールエタノール溶液に浸漬することで、資料表面に銅地金 (Cu) と BTA が結合され、CuBTA の化合物被膜 (バリア) がつくられるためである。今回の保存処理作業では、本資料は 5% の BTA エタノール溶液を満たしたタッパーウェアのなかに 24 時間浸漬させる方法で BTA 処理を実施し、その後十分乾燥させた。

3－4 強化含浸

出土金属製品の場合、資料自体の強化含浸処置と、大気中の水分による錆劣化進行を抑えるための表面コーティング作業を行うためには、通常、これまで文化財の保存修復作業で実績がある合成樹脂の一つであるアクリル樹脂が使用される。一般的にはアセトン溶液で融解した B-72 溶液のアクリル樹脂を採用する事例が多いが、この濃度が濃い方が強化と表面コーティング効果は高いが、その一方で資料表面に不自然な光沢性がある樹脂艶が残る。今回の保存処理作業では、事前に 1%, 5%, 10% のアセトン溶液に融解した B-72 アクリル樹脂溶液を用いた樹脂含浸処理後の表面艶光沢のチェックを行い、最も低濃度の 1% 溶液を使用することにした。作業は、1% の B-72 アクリル樹脂溶液を満たしたタッパーウェアのなかに資料を浸漬させる方法で強化含浸工程を実施し、その後十分に乾燥させた。その際、凹部に溜固化が発生して不自然な樹脂光沢がみられる箇所については、アセトン溶液で樹脂光沢を除去するなどの配慮を行った。

3－5 経過観察と事後処置

以上の保存処理作業を終了した各資料は、数週間の経過観察を行い、状態に変化がないことを確認したうえで、処理後の写真撮影を行い返却した。今後は、直射日光などの紫外線が当たらないとともに、博物館資料管理条件である温・湿度が安定した環境条件下で保管することが大切である。すなわち、上記の一連の科学的な保存処理作業はあくまでも現状維持保存のための一時的な延命措置工程である。今後、本資料の保管管理と資料活用をしっかりと行うことが、この貴重な和鏡資料をより良い状態で後世に伝えることが可能となる点を強調しておきたい。

参考文献

- 沢田正昭編 (2003) 『遺物の保存と調査』、クバプロ
 杉山洋 (1999) 『古代の鏡 日本美術』、至文堂

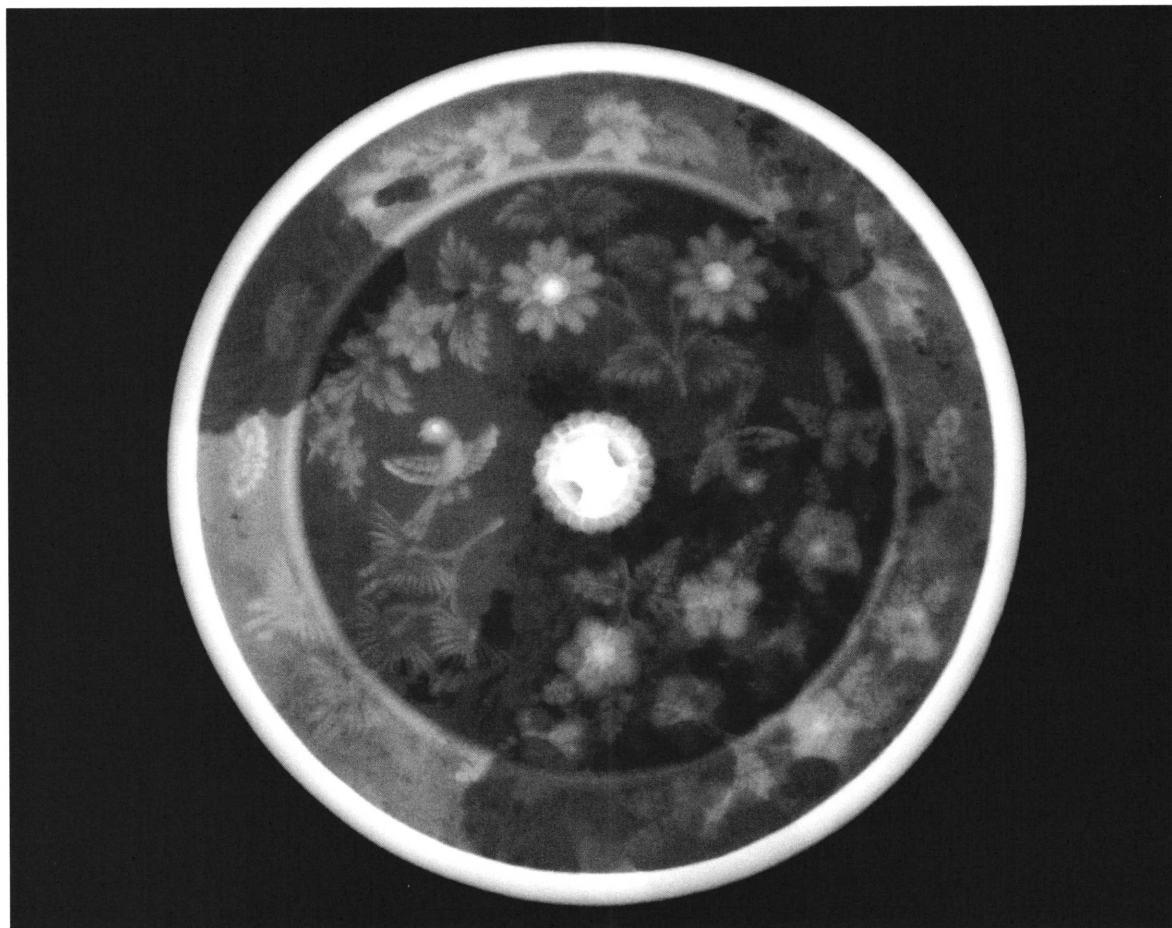


図1 本資料である和鏡のX線透過写真

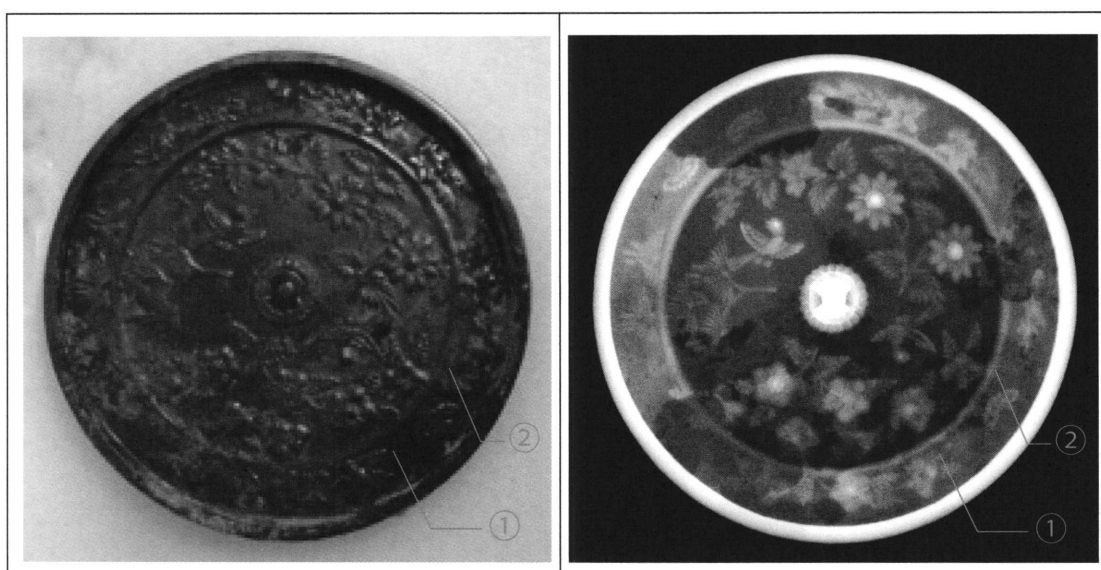


図2 鏡背の定性分析箇所

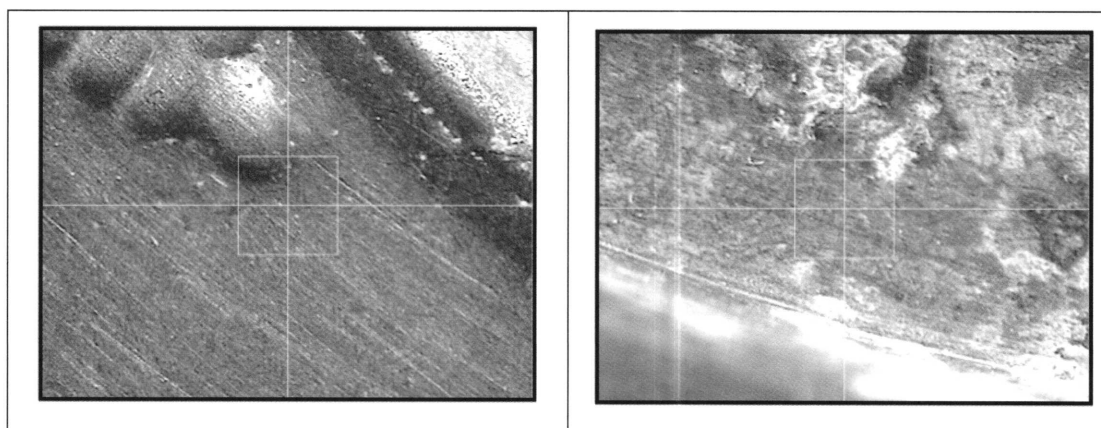


図3：鏡背の定性分析箇所

表1：分析結果

Z	元素	元素名	ライン	A (cps)	B (cps)	R O I (keV)
26	Fe	鉄	K α	4421.722	10609.507	6.23- 6.57
29	Cu	銅	K α	122202.151	81457.311	7.86- 8.23
33	As	ヒ素	K β	1439.196	1376.993	11.52-11.93
50	Sn	スズ	K α	3845.29	6172.526	24.91-25.47
82	Pb	鉛	L α	9174.825	13890.462	10.34-10.74

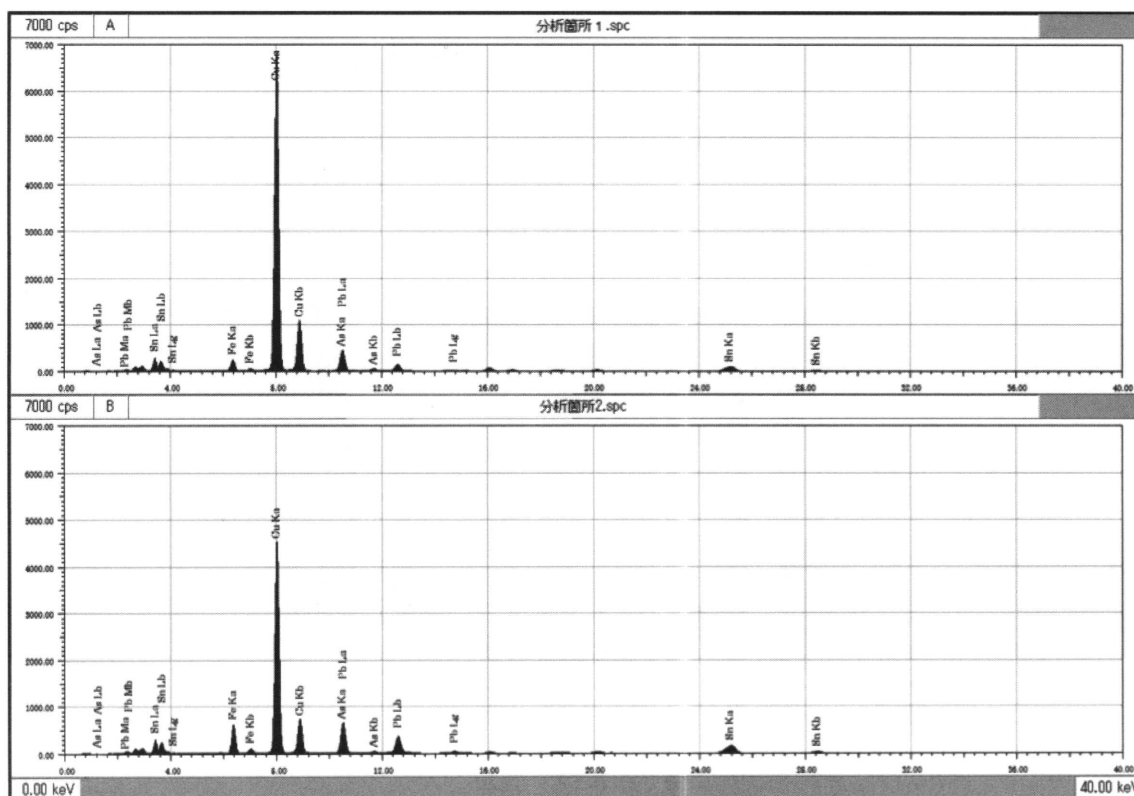


図4．分析箇所1,2の蛍光X線分析スペクトル

測定日時	2017/9/8 14:25	管電圧	50 kV
スキャンサイズ	109.560, 108.460 mm	管電流	1000 uA
画像サイズ	498 x 493 pixel	フィルタ	OFF
1点のサイズ	220 um/pixel	コリメータ	0.2×0.2mm
1点の測定時間	20.00 ms		
フレーム加算枚数	1		
マッピング所要時間	90.0 min		

表2 鏡面マッピング分析測定条件As)

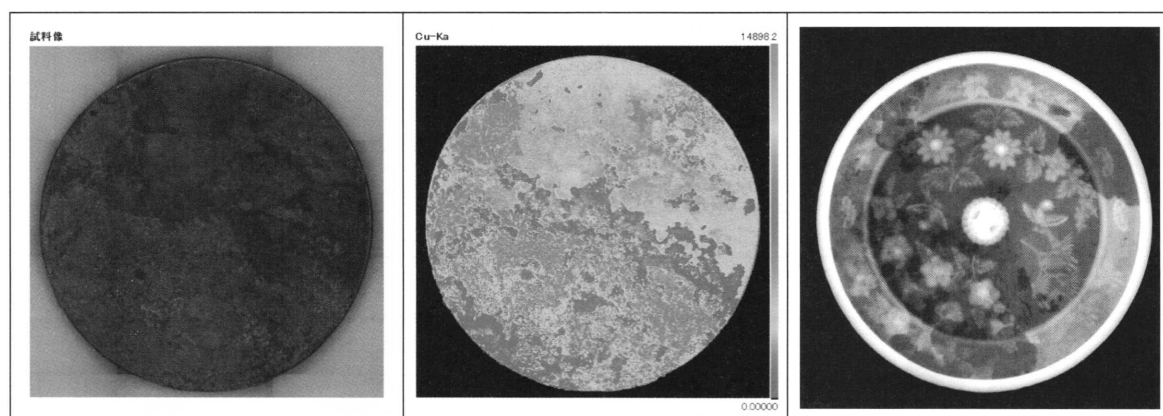


図5-1鏡面のマッピング分析結果①（左から、試料像、銅：Cu、X線透過像）

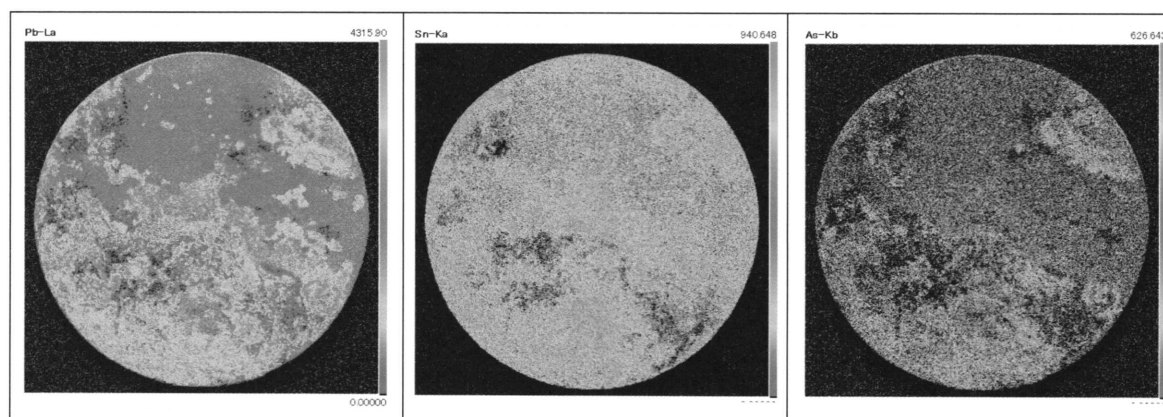


図5-2鏡面のマッピング分析結果②（左から鉛：Pb、スズ：Sn、ヒ素：As）