

埼玉稻荷山古墳出土金錯銘鉄剣の金象嵌銘文の蛍光X線分析

早川 泰弘・三浦 定俊・大森 信宏*・青木 繁夫・今泉 泰之**

1. はじめに

国宝金錯銘鉄剣は銅鏡、鉄刀などとともに昭和43年に埼玉稻荷山古墳より出土し、昭和53年から元興寺文化財研究所で保存修復処置が行われ、昭和56年に国の重要文化財に、昭和58年に国宝に指定された。全長73.5cm、中央部身幅3.15cm、中心部厚さ0.43cmの大きさで、切先から柄の方向に56cmにわたって、剣身中央部に表面57文字、裏面58文字の合計115文字の金象嵌が施されている。銘文の1字1字の大きさはまちまちで一定せず、字間も一定していないが、表面57文字と裏面58文字の起結位置はほぼ一致している¹⁾。剣身を鑿で刻み、そこに金線を嵌め込む線象嵌技法が用いられており、現在みられるところでは、金線は1mm前後の幅に仕上げられている。

保存修復処置が完了した昭和55年11月以来、埼玉県立さきたま資料館において一定流量の窒素ガスを常時流通させる特殊な展示ケースに厳重に収められ、直立する形で展示がなされている。これまでに、この展示ケースから取り出され、館外への貸し出しが行われたのは6回だけであり、平成12年3～5月には東京国立博物館で開催された「日本国宝展」に出品された。この展覧会への出品後、修復処置から20年以上を経過した国宝金錯銘鉄剣の現状調査および材質調査が東京文化財研究所で行われた。その中で保存科学部が中心となって取り組んだのが、国宝金錯銘鉄剣の銘文に用いられている金象嵌の材質調査である。材料の化学組成を定量的に評価することを目的として、近年開発されたポータブル蛍光X線分析装置²⁾による測定が行われた。

国宝金錯銘鉄剣の金象嵌に関する材質調査は、昭和53年から行われた保存修復処置の過程で既に行われており、その結果は修理報告書に詳しく掲載されている¹⁾。その後20年を経過し、文化財に関する調査・分析技術が大きく発展したことに鑑み、より詳細なデータを得ることを目的に今回の材質調査が実施された。「日本国宝展」出品後に行われた調査には2日間が費やされ、上記の修理報告書に記載された材質調査では明らかにされていなかった新たな知見を得ることができた。しかし、このときの調査では金錯銘鉄剣に施された銘文115文字すべてを調査することができなかつたため、後日改めて再調査を行うことになった。再調査は埼玉県立さきたま資料館内において行われ、115文字すべてについての化学組成を詳細に得ることができた。

本報告では、2回にわたって行われた国宝金錯銘鉄剣の金象嵌に関する材質調査の概要を報告するとともに、ポータブル蛍光X線分析装置による115文字すべての測定結果を掲載する。

2. これまでの調査結果

国宝金錯銘鉄剣の金象嵌に関する材質調査は、昭和53年から行われた保存修復処置の過程で行われている。金錯銘鉄剣そのものを分析対象とした非破壊分析として、蛍光X線分析を用いた測定が奈良国立文化財研究所の沢田・秋山らによって行われるとともに、極微量の象嵌脱落片を使った放射化分析が東京国立文化財研究所の馬渕らによって実施された。調査結果は修理報告書¹⁾に掲載されており、その概要は次の通りである。

*静岡県埋蔵文化財調査研究所 **埼玉県立さきたま資料館

(1) 蛍光X線分析

「銘文の金線の材質はAuの含有量が72～73%，そして残りの大半はAgが占めている。」

波長分散型の蛍光X線分析装置を用い、X線源はCr管球、検出器はシンチレーションカウンター、X線照射条件は40kV-20mAである。Au-L γ 線とAg-K α 線の蛍光X線強度を測定し、含有率既知の7種のAu-Ag合金試料によって作成した検量線から象嵌材料のAu-Ag含有率を求めている。X線照射径が記載されていないが、21箇所の測定結果が提示されており、分析箇所として3文字分が記載されていることから、φ25～30mm程度の照射径であることが推測される。測定は、表面では第1文字～37文字、裏面では第1文字～40文字の範囲で行われている。繰り返し測定の再現性、試料位置（装置から資料までの照射距離）とX線強度の関係などについても詳細に検討が加えられており、昭和53年頃に行われた調査としては非常に綿密に行われたものであることが窺われる。

(2) 放射化分析

「金線の分析結果は、Au 66.7%，Ag 24.4%，鉄 8.6%であった。……途中省略……」

鉄8.6%を剣身に由来するものとして除外するとAuの含有量は約73%となる。」

所定位置不明の金線小片 9×10^{-4} gを分析し、Au, Ag, Cu, Feを検出した。Co, Zn, Se, Sn, Sbなどは検出されなかった。Cu含有率は0.3%程度であった。同時に分析した山田寺擬宝珠鍍金資料および高松塚古墳金箔資料からFeがまったく検出されていないことから、Feは剣身に由来するものと判断し、Au-Ag合金としてAu含有率を求めている。

蛍光X線分析と放射化分析とはほぼ一致する定量結果を与えており、金象嵌にはAu 72～73%（残りはAg）の材料が用いられていると判断された。

これまでに金象嵌の材質に関する科学的調査が行われたのはこの1回だけであり、その後調査は一切実施されていない。しかし、上記の調査は当時としては先端的な技術を用いたものであり、その結果は十分信頼に値するものであると判断できる。今回、最新の分析手段を用いることで、新たな知見を得ることができたが、それによって20年以上前に行われたこれらの調査が色褪せるものではない。

3. ポータブル蛍光X線分析装置を用いた材質調査

ポータブル蛍光X線分析装置を用いた金象嵌の材質調査は次の2回にわたって実施された。

- (1) 平成12年5月12日、15日 東京文化財研究所保存科学部第2化学実験室にて
- (2) 平成13年12月17日～21日 埼玉県立さきたま資料館資料整理室にて

さきたま資料館において行われた調査の様子を写真1に示す。使用した分析装置および分析条件は次の通りである。

今回の調査に用いられた装置は、近年開発された分析装置：セイコーインスツルメンツ SEA200 X線管球：Rh（ロジウム） 管電圧・管電流：50kV・100μA X線照射径：φ2 mm 分析装置と資料の距離：約5 mm 測定時間：300秒 測定雰囲気：大気

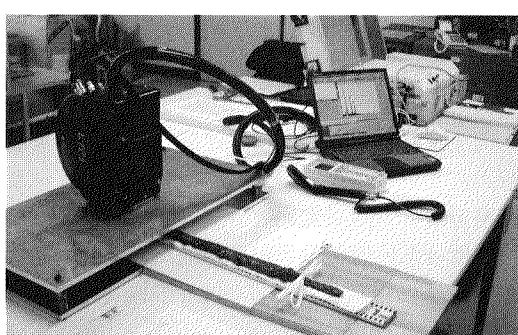


写真1 ポータブル蛍光X線分析装置による国宝金鍔鉄剣測定の様子

されたポータブル蛍光X線分析装置である²⁾。装置はX線分析計本体、電源部、および制御・解析用パソコンによって構成され、分析計本体の大きさは20×20×30cm程度、重量は5kg程度で、電源はAC100Vあるいは自動車用バッテリーから供給され、X線発生のための所要電力は10W以下である。小型のX線管球から発生した一次X線はコリメータによって絞り込まれ、分析計本体のX線照射ヘッド面から垂直な方向へ(分析計外部へ)照射される。試料に一次X線が入射すると、試料構成元素に応じて二次X線(蛍光X線)が発生し、このX線の一部が分析計のX線照射ヘッド内に設置された小型X線検出器(Si-PIN検出器)によって検出される。検出された蛍光X線のエネルギー(波長)およびその強度は試料構成元素の種類および存在量を反映したものであり、これらを電気的に計測することで試料に含まれている元素を同定し(定性分析)、存在量を求める(定量分析)ことができる。この装置は、従来のエネルギー分散型蛍光X線分析計を基本とし、試料室を持たない開放型であるため、試料サイズ・形状などの制限を一切受けすことなく分析を行うことができる最大の特徴である。容易に持ち運ぶことができ、資料が置かれている場所で非破壊・非接触の元素分析(定性・定量分析)を実施することができるため、移動させることができない資料、あるいは移動に伴う振動や環境条件の変化によって損傷が予想される資料など、これまで科学的な調査を行うことができなかつた様々な文化財に対して、安全に材質調査を行うことが可能である。

今回の調査では、金錯銘鉄剣を幅60mmのプレート上にセットし、安全のために紐状にした薄様紙で軽く縛って固定した。これを分析計本体の設置台を兼ねた厚さ10mmのAl製架台の下部に置いて、金錯銘鉄剣に対して真上の方向からX線を入射して分析を行った。金錯銘鉄剣の凹凸により、分析位置によって測定距離が変化してしまうために、金錯銘鉄剣を保持したプレートの下に厚紙を適当枚数挿入することで、できる限り距離の変化が生じないように工夫した。分析計のX線照射ヘッド部にはカラーCCDカメラが内蔵されており、パソコンモニター上に表示される画像によって測定位置を確認することができる。CCDカメラによって撮影された金錯銘鉄剣表面第1文字「辛」の字を測定しているときの試料像(横43.8×縦29.2mm)を写真2に示す。CCDカメラによる試料像には十字線が引かれ、その中に直径2mmの円が描かれている。測定試料を分析計のX線照射ヘッド先端に密着させた場合、X線はこの直径2mmの中心円の中に照射されるが、今回の測定では金錯銘鉄剣をX線照射ヘッドから約5mm離した位置にセットしたため、X線照射位置は十字線の交点からX軸マイナス方向へ3~5mm程度ずれた位置になっている。

また、得られた蛍光X線強度からAu-Ag含有率を求める定量計算には、ファンダメンタルパラメータ法を利用した。ファンダメンタルパラメータ法とは、蛍光X線強度を各元素の検出感度および試料内でのX線の吸収(減衰)などを考慮して理論的に解析することにより、複数元素の濃度を検量線を用いずに算出する方法である。このため、測定にさきだち、複数のAu-Ag合金標準試料を用いて、蛍光X線エネルギーに対する検出感度係数の校正を行った。使用した標準試料は以下の8試料である。これらの試料は東京文化財研究所保存科学部が独自に作製したものであり、各試料のAu-Ag含有率については、ICP発光分光分析法および3台の蛍光X線分析法を用いて決定されている。

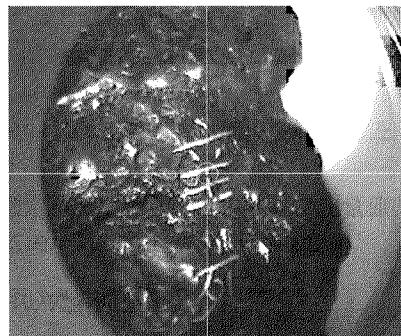


写真2 金錯銘鉄剣表面第1文字「辛」測定時のCCDカメラ画像

- (1) Au 100% - Ag 0% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (2) Au 90% - Ag 10% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (3) Au 80% - Ag 20% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (4) Au 70% - Ag 30% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (5) Au 60% - Ag 40% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (6) Au 50% - Ag 50% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (7) Au 30% - Ag 70% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)
- (8) Au 0% - Ag 100% 金属板 ($30 \times 30 \times 1$ mm)

定量計算に用いる蛍光X線エネルギーとしては、AuはAu-L β (11.44keV), AgはAg-K α (22.16keV) を使用した。

4. Au-Ag標準試料による予備測定

前節で示した分析条件は、これまでに行った様々な文化財の材質調査^{2,3)}を参考に決定したものであり、合金組成の定量分析を行う際にも十分な信頼性が得られる条件として設定した。ただし、今回の調査では、金錯銘鉄剣の凹凸により測定距離が変化してしまうこと、および測定部位の傾きによってX線の入射角度が変化してしまう問題は避けることができないと考えられた。そこで、分析にさきだち、これらの点が測定値および定量値に及ぼす影響について検討した。

まず、Au 90%-Ag 10% ($30 \times 30 \times 1$ mm) とAu 70%-Ag 30% ($30 \times 30 \times 1$ mm) の2種類の金属板標準試料を用い、測定距離が変化したときに定量値がどう変化するかを調べた。それぞれの金属板を分析計のX線照射ヘッドに正対する(X線が試料面に垂直に照射される)形で測定距離を変化させ(図1参照)，金錯銘鉄剣を分析する際と同じ条件の管電圧・管電流 50kV・100 μ A，測定時間 300秒で測定を行い、得られた結果からファンダメンタルパラメータ法によりAu-Ag組成値を計算した。

得られた結果を図2に示す。今回用いたポータブル蛍光X線分析装置では、試料をX線照射ヘッド先端に密着させたときにX線照射軸と検出器との間が45°の角度になるように検出器が配置されている。このため、測定距離が大きくなると、蛍光X線の幾何学的な検出効率が低下し、空気層による吸収も増大すると考えられる。これらの効果がエネルギー依存性を持っているとすると、定量値に影響を及ぼすことが予想された。しかし、Au 90%-Ag 10%，Au 70%-Ag 30%のどちらの試料の分析においても、距離が10mm程度ならば定量値に及ぼす測定距離の影響はほとんど見られず、得られたAu-Ag組成値は0.5%以内の偏差に納まることがわかった。測定距離が15mmまで離れると1%以上の偏差が生じ、Au定量値が低下する(Ag

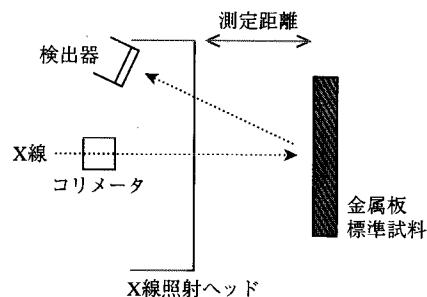


図1 測定距離が定量値に及ぼす影響を調べる際の装置と試料の配置図

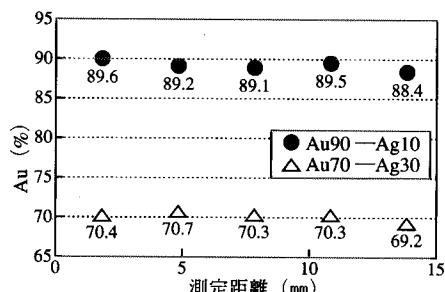


図2 測定距離が定量値に及ぼす影響

定量値が増加する)ようになるが、これは空気層による吸収は蛍光X線エネルギーが小さいほど大きく、今回はAu-L β 線とAg-K α 線での定量を行ったため、エネルギーの小さいAu-L β 線による定量値の低下が大きく現れたと考えることができる。しかし、金錯銘鉄剣の測定を行う際には、10mm以上の測定距離を設定することはほとんどないため、今回の調査においては測定距離の変動を除去するための補正是行わないこととした。

次に、測定面の凹凸や傾きによりX線の入射角度が変化したときの影響を調べた。Au 90%-Ag 10% (30 × 30 × 1 mm) と Au 70%-Ag 30% (30 × 30 × 1 mm) の2種類の金属板標準試料それぞれをX線照射ヘッドから距離5 mmの位置で様々な角度に傾かせて設置し(図3参照)，金錯銘鉄剣を分析する際と同じ条件で測定を行ってAu-Ag組成値を計算した。

得られた結果を図4に示す。試料面に対してX線が垂直に照射される90°前後の角度でAu定量値が最も大きく、最も正常な値を示すことがわかった。入射角度がこれよりも低下あるいは増大するに従ってAu定量値は低下し(Ag定量値は増加)，Au-Ag組成値として最大2%程度の偏差が生じることがわかった。Au定量値が低下する原因是、試料の傾斜が大きくなることで試料内での蛍光X線の自己吸収が増えるためと考えられ、エネルギーの小さいAu-L β 線の方がその影響が大きく現れたものと考えられる。金錯銘鉄剣の測定において、金象嵌の測定箇所の傾きを評価することは非常に難しいが、図4の範囲を超える傾きをもつ文字はそれほど多いとは考えにくく、Au-Ag組成値として最大2%程度のばらつきがあることをあらかじめ考慮し、今回の調査においてはX線入射角度の変動を除去するための補正是行わないこととした。

これら以外の、ポータブル蛍光X線分析装置の安定性や測定精度、さらには得られた定量値の信頼性などについては参考文献²⁾に詳しく記載されているので、こちらを参照されたい。

5. ポータブル蛍光X線分析装置を用いた材質調査

前節の予備測定結果を踏まえ、ポータブル蛍光X線分析装置を用いて、国宝金錯銘鉄剣の金象嵌の化学組成を測定した。表面57文字、裏面58文字の全115文字すべてについて測定を行い、しかも各文字で2箇所以上の測定を行った。全115文字について、測定を行った箇所を図5に○印で示す。○印はX線照射径の約φ2 mmに相当する大きさであり、金線の幅が1 mm前後であるため、金象嵌とともに鉄地を同時に測ることは避けられなかった。各文字について、できるだけ平滑で凹凸や傾きが小さく、しかも異なる字画となる箇所を選定して測定した。ほとんどの文字について2箇所の測定を行ったが、表面第44文字「其」、裏面第28文字「加」、裏面第40文字「吾」、裏面第57文字「原」では3箇所、表面第35文字「其」および表面第50文字「獲」については4箇所を測定した。

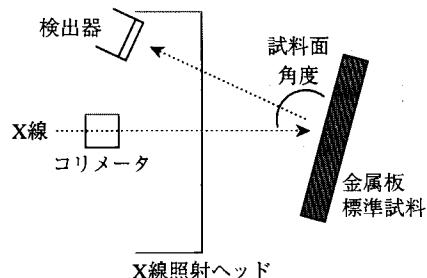


図3 試料面角度が定量値に及ぼす影響を調べる際の装置と試料の配置図

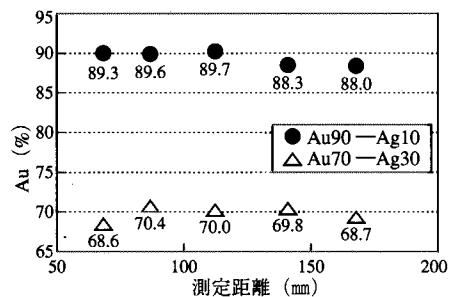


図4 試料面角度が定量値に及ぼす影響

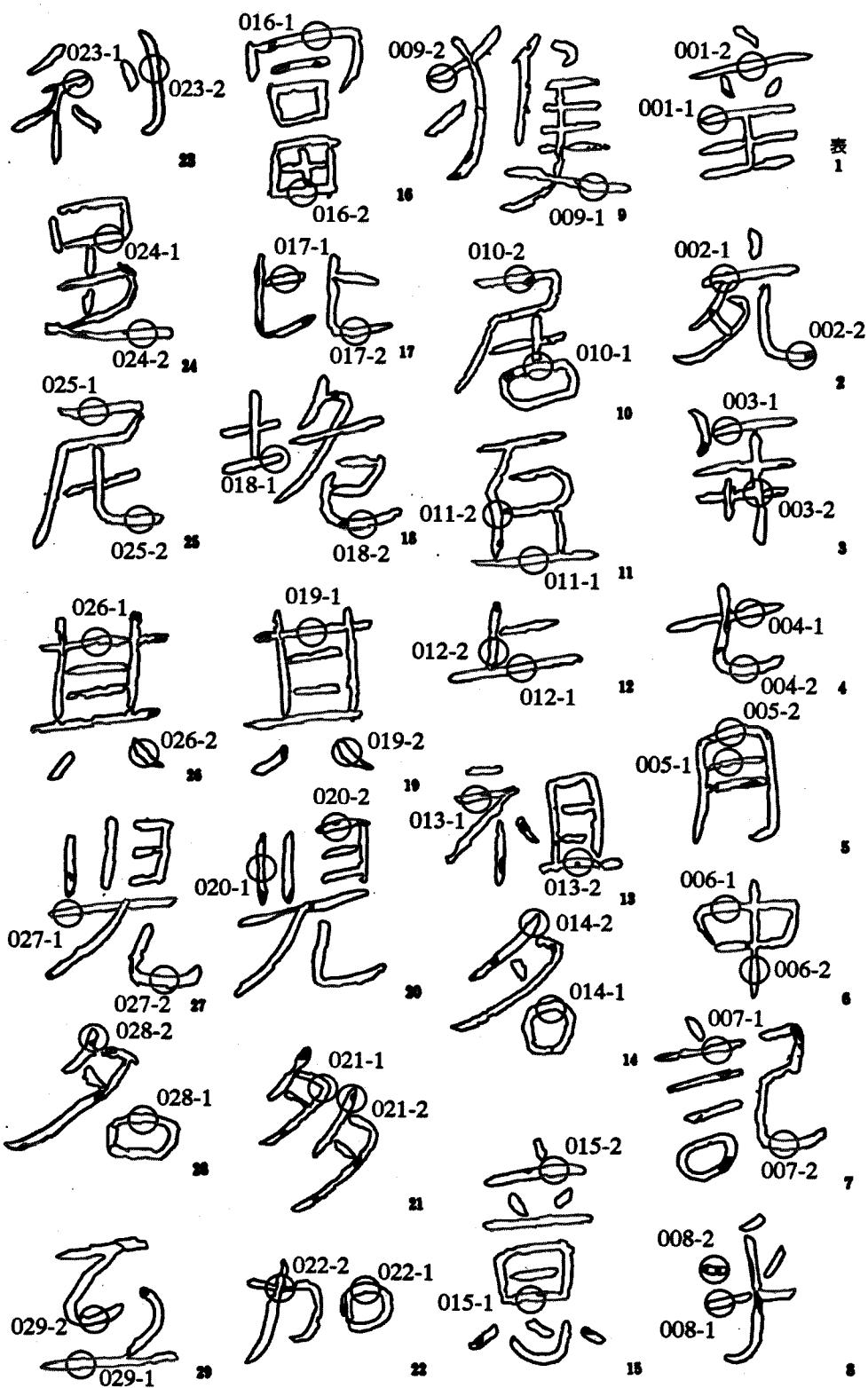


図 5-1 ポータブル蛍光X線分析装置による国宝金錯銘鉄劍金象嵌の測定位置

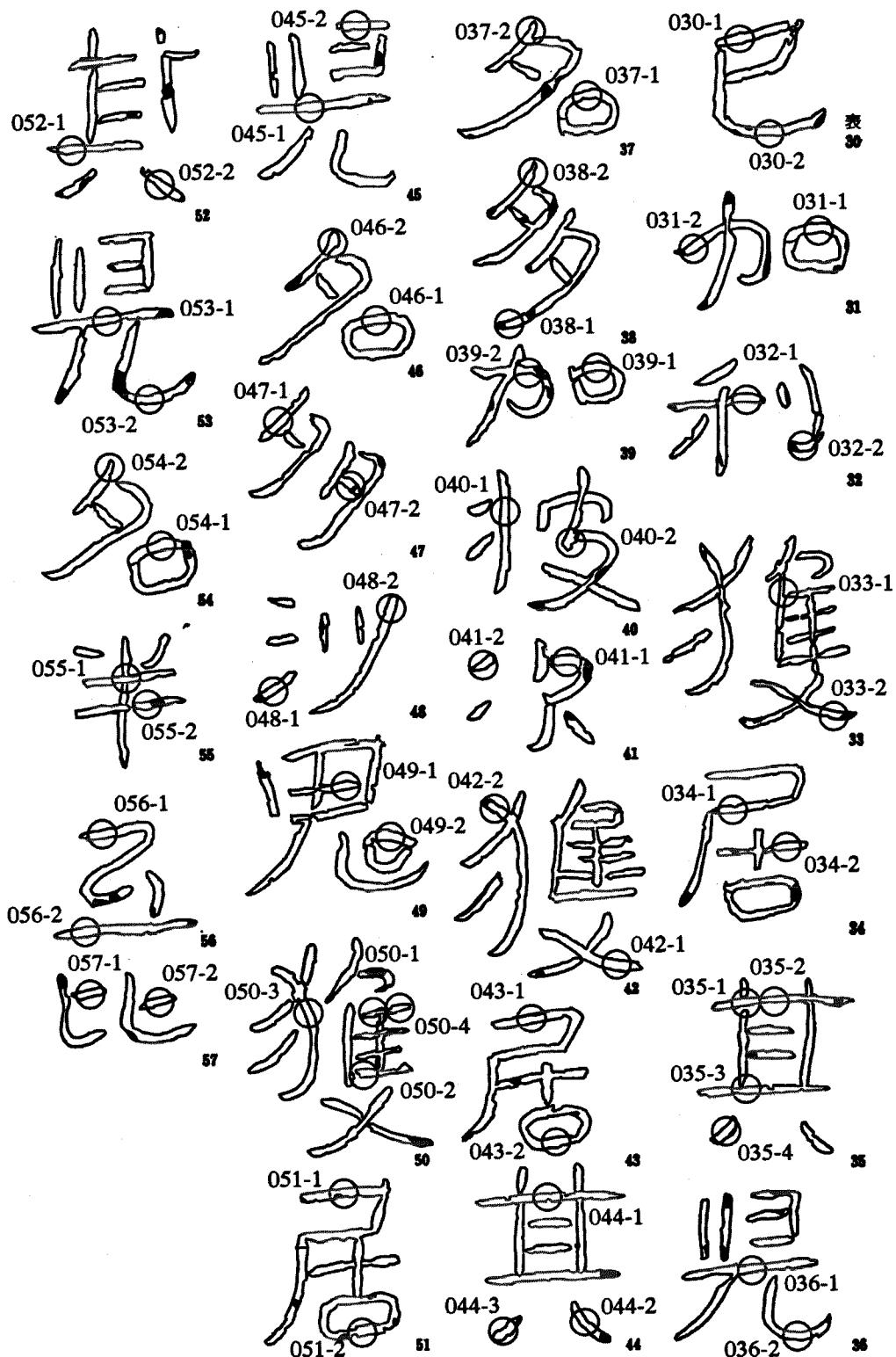


図5-2 ポータブル蛍光X線分析装置による国宝金錯銘鉄劍金象嵌の測定位置

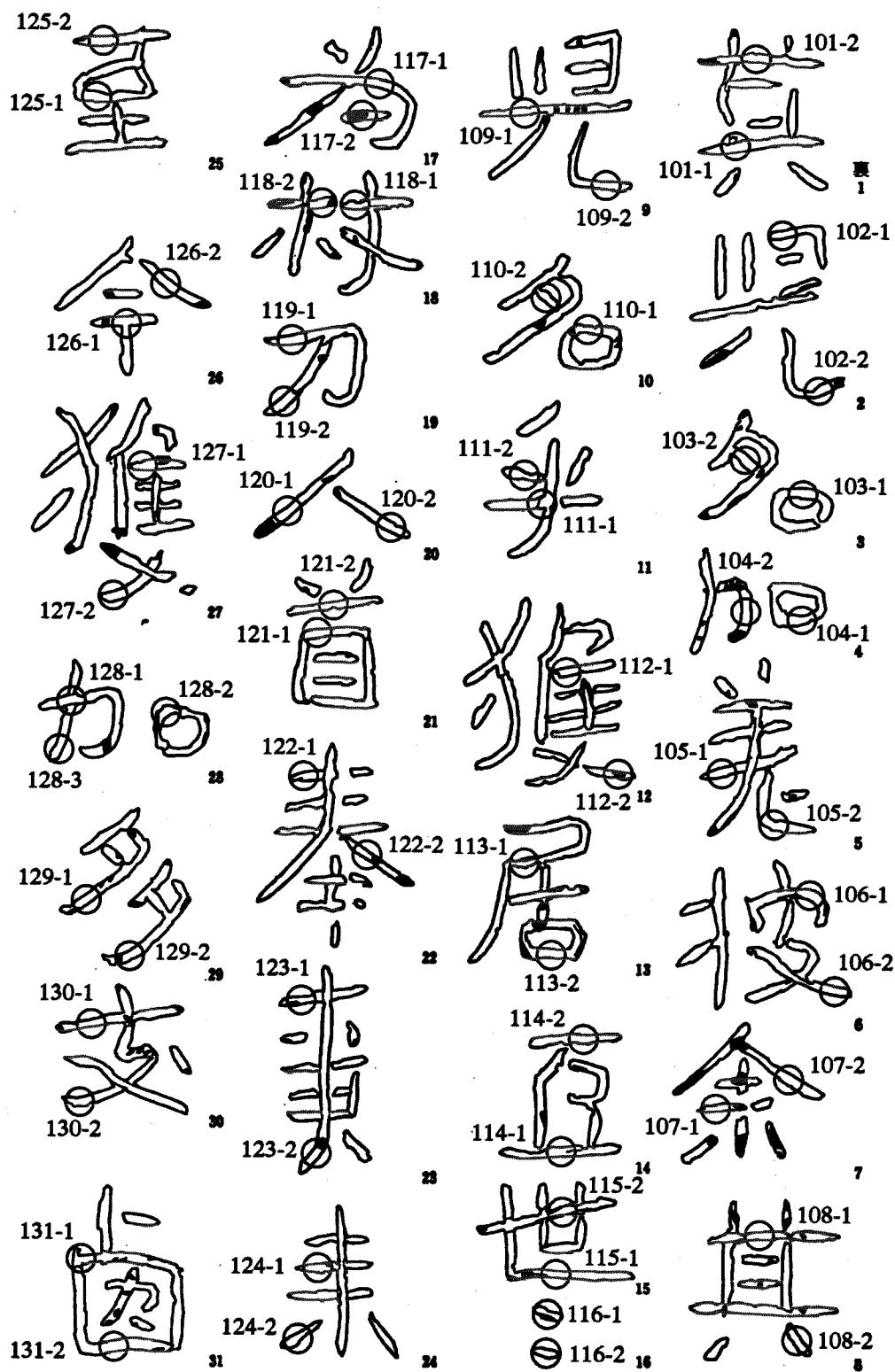


図5-3 ポータブル蛍光X線分析装置による国宝金錯銘鉄劍金象嵌の測定位置

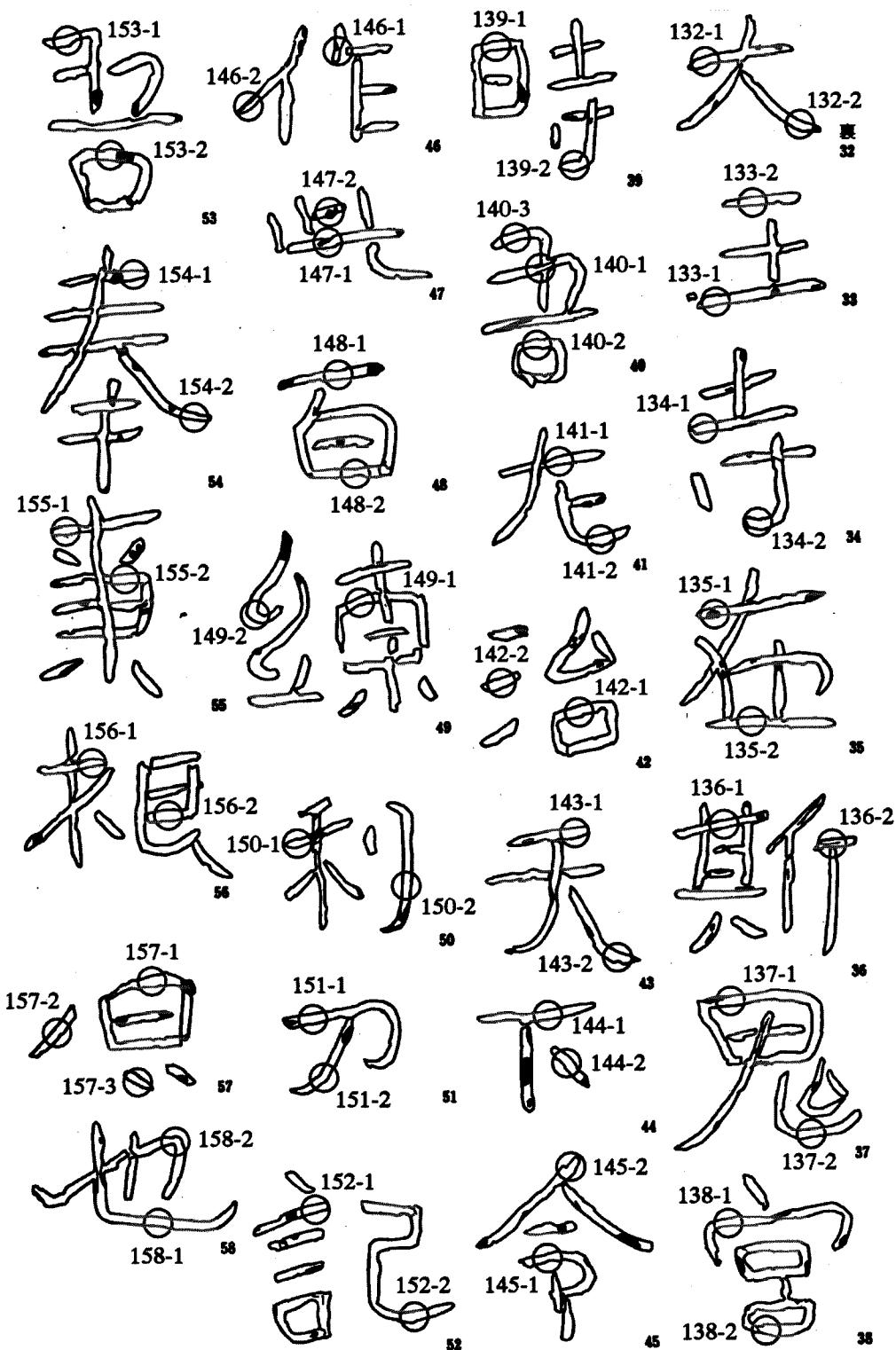


図5-4 ポータブル蛍光X線分析装置による国宝金錯銘鉄剣金象嵌の測定位置

図5に示した全測定箇所から得られた蛍光X線強度およびその結果からファンダメンタルパラメータ法によりAu-Ag組成値を算出した結果を表1に示す。また、ここで得られたAu含有率を金錯銘鉄剣の銘文文字位置に対してプロットした図を図6に示す。表1からわかるように、すべての測定において検出された元素はFe, Au, Ag, Cuの4元素だけであった。このうち、Feは鉄地に由来するものであり、Au, Ag, Cuの3元素が金象嵌によるものと考えることができる。この3元素で定量計算を行ってみると、Cu含有率は最大でも0.5%であり、ほとんどの箇所は0.2%以下であった。このため、今回はCuを除外し、象嵌材料がAu, Agの2元素によって構成されているものと仮定して、その組成比を求めることとした。得られた蛍光X線強度としては、Au-L β で34～168cpsと5倍程度の強度差が生じた。これは象嵌材料の化学組成によるものだけでなく、測定箇所の凹凸や傾きによる検出強度の低下の影響も含まれている。

一方、Agについては、今回用いた装置では高エネルギー側の検出感度がやや低いこともあって、Ag-K α で最大でも9cpsと低い検出強度であった。検出強度が低い測定箇所については、統計変動の増大により、定量値に影響を及ぼすことが懸念され、Au-Ag組成値のばらつきが大きくなる可能性がある。

各文字についてAu含有率をプロットした図6を見ると、これまでまったく知られていなかった事実が明らかになる。それらを以下に箇条書きで示す。

- (1) 鉄剣の象嵌にはAu含有率の異なる2種類の材料が使われており、表面、裏面ともに上方(切先側)でAu含有率が低い材料、下方(柄側)でAu含有率が高い材料が使われている。
- (2) 表面と裏面では象嵌材料が変わる文字位置が異なっており、表面では第35文字目から、裏面では第47文字目から下方(柄側)の文字でAu含有率が高い材料が使われている。
- (3) 使われている象嵌材料の化学組成は、表面第1文字～34文字、裏面第1文字～46文字ではAu 70%-Ag 30%，表面第35文字～57文字、裏面第47文字～58文字ではAu 90%-Ag 10%である。
- (4) 表面上方と裏面上方、表面下方と裏面下方で使われている象嵌材料は同じものであると判断できる。
- (5) Au含有率が高い材料(Au 90%-Ag 10%)が使われている文字の中に、Au含有率が99%あるいはそれ以上(Ag含有率が1%あるいはそれ以下)の材料が使われている部分がある。表面第44文字「其」の測定箇所No.044-2、表面第50文字「獲」の測定箇所No.050-1、裏面第57文字「原」の測定箇所No.157-2の3箇所から見出された。

表1、図6を見るとわかるように、Au含有率の異なる2種類の材料が使われているそれぞれの範囲の中で、若干の定量値のばらつきが生じていることがわかる。例えば、Au含有率が低い材料(Au 70%-Ag 30%)が使われている表面第1文字～34文字の範囲では、Au含有率の最大値は74.6%（測定箇所No.008-1）、最小値は68.1%（測定箇所No.009-1）であり、6.5%の差異が生じている。また、Au含有率が高い材料(Au 90%-Ag 10%)が使われている表面第35文字～57文字の範囲（Au含有率が99%以上の箇所は除く）では、Au含有率の最大値は93.9%（測定箇所No.035-1）、最小値は87.1%（測定箇所No.053-1）と6.8%の差異があった。

表1 国宝金錯銘鉄劍の金象嵌銘文の化学組成測定結果（その1）

No.	文字位置	文字	Data File	蛍光X線強度 (cps)				金-銀 濃度比	
				鉄 (Fe-K α)	金 (Au-L β)	銀 (Ag-K α)	銅 (Cu-K α)	金 (wt%)	銀 (wt%)
001-1	表 1	辛	inari-01	1151.5	71.3	4.1	3.5	71.4	28.6
001-2	表 1	辛	稻荷001	1358.9	34.4	1.7	2.8	72.7	27.3
002-1	表 2	亥	inari-54	1377.4	52.6	2.8	0.7	73.1	26.9
002-2	表 2	亥	稻荷002	1288.7	63.6	3.8	3.0	69.3	30.7
003-1	表 3	年	inari-55	1319.9	55.0	3.2	4.0	71.4	28.6
003-2	表 3	年	稻荷003	949.6	99.3	5.6	1.6	70.9	29.1
004-1	表 4	七	稻荷004	1361.2	44.8	2.3	2.2	72.7	27.3
004-2	表 4	七	稻荷0041	741.6	108.3	6.0	1.6	71.4	31.3
005-1	表 5	月	inari-02	839.1	87.7	5.2	2.8	70.7	29.3
005-2	表 5	月	稻荷005	1133.7	62.9	3.8	5.3	68.7	30.5
006-1	表 6	中	稻荷006	1231.4	40.4	2.4	3.3	69.5	30.6
006-2	表 6	中	稻荷0061	1169.5	55.7	2.9	1.4	71.6	28.4
007-1	表 7	記	稻荷007	1272.8	69.8	4.1	1.8	69.4	30.6
007-2	表 7	記	稻荷0071	821.2	111.3	6.1	0.1	71.4	28.6
008-1	表 8	平	稻荷008	1092.9	120.6	5.6	2.0	74.6	25.4
008-2	表 8	平	稻荷0081	1433.5	76.4	4.0	1.4	72.0	28.0
009-1	表 9	獲	稻荷009	870.8	90.0	5.8	2.8	68.1	31.9
009-2	表 9	獲	稻荷0091	1006.1	100.4	5.6	2.7	71.0	29.0
010-1	表10	居	inari-03	1109.6	48.2	2.7	1.4	71.9	28.2
010-2	表10	居	稻荷010	1011.7	84.8	4.8	3.3	70.4	29.6
011-1	表11	臣	稻荷011	923.2	84.3	5.0	3.1	69.7	30.3
011-2	表11	臣	稻荷0111	942.3	75.4	4.6	3.2	69.0	31.0
012-1	表12	上	稻荷012	1013.6	75.4	4.5	1.8	69.3	30.7
012-2	表12	上	稻荷0121	948.6	73.3	4.0	1.3	71.0	29.0
013-1	表13	祖	稻荷013	1059.8	64.8	3.5	2.6	70.9	29.1
013-2	表13	祖	稻荷0131	962.0	118.5	7.1	3.8	70.0	30.0
014-1	表14	名	稻荷014	935.2	121.7	6.7	1.7	71.4	28.6
014-2	表14	名	稻荷0141	908.9	125.8	7.6	0.1	69.8	30.2
015-1	表15	意	inari-04	1079.5	78.7	4.6	5.7	70.9	29.1
015-2	表15	意	稻荷015	900.5	126.4	7.6	3.8	70.1	30.0
016-1	表16	富	稻荷016	1023.5	105.0	5.6	0.0	71.9	28.1
016-2	表16	富	稻荷0161	986.9	114.2	6.5	2.6	70.9	29.1
017-1	表17	比	稻荷017	1107.3	101.5	5.3	1.6	72.1	27.9
017-2	表17	比	稻荷0171	1004.1	86.1	4.9	0.1	70.5	29.5
018-1	表18	塊	稻荷018	848.7	121.4	6.7	3.8	71.4	28.6
018-2	表18	塊	稻荷0181	889.6	91.7	5.6	1.5	69.1	30.9
019-1	表19	其	稻荷019	957.8	116.7	6.9	3.7	70.1	29.9
019-2	表19	其	稻荷0191	1245.0	72.8	4.0	1.6	71.1	28.9
020-1	表20	児	inari-05	1169.8	78.3	4.5	1.8	71.4	28.6
020-2	表20	児	稻荷020	1522.2	50.2	2.8	0.0	70.8	29.3
021-1	表21	多	稻荷021	968.7	109.9	6.0	1.3	71.6	28.4
021-2	表21	多	稻荷0211	1045.7	78.1	4.3	0.0	70.8	29.2
022-1	表22	加	稻荷022	483.5	106.6	6.3	1.0	69.9	30.1
022-2	表22	加	稻荷0221	830.7	121.6	6.9	1.5	70.9	29.1
023-1	表23	利	稻荷023	1000.2	100.3	5.7	2.4	70.8	29.2
023-2	表23	利	稻荷0231	975.8	88.2	4.7	1.6	71.8	28.2
024-1	表24	足	稻荷024	906.7	107.7	5.9	2.5	71.5	28.5
024-2	表24	足	稻荷0241	899.0	98.1	5.2	3.2	71.8	28.2
025-1	表25	尼	inari-06	1091.8	71.2	3.6	5.1	74.1	25.9
025-2	表25	尼	稻荷025	1121.0	64.9	3.4	3.7	71.9	28.1
026-1	表26	其	稻荷026	1172.3	71.4	4.0	2.5	70.3	29.7
026-2	表26	其	稻荷0261	1431.2	40.7	2.5	2.6	68.3	31.7
027-1	表27	児	inari-07	1287.3	54.4	2.8	1.8	73.3	26.7
027-2	表27	児	稻荷027	943.3	117.1	7.0	0.0	70.0	30.0
028-1	表28	名	稻荷028	1266.6	66.9	3.7	1.8	70.6	29.4
028-2	表28	名	稻荷0281	914.2	110.3	6.7	2.1	69.6	30.4
029-1	表29	弓	稻荷029	979.7	98.7	5.8	2.2	70.0	30.0
029-2	表29	弓	稻荷0291	1009.3	105.0	6.2	2.6	70.0	30.0
030-1	表30	巳	inari-08	992.4	102.0	6.4	4.0	69.8	30.2

表1 国宝金錯銘鉄剣の金象嵌銘文の化学組成測定結果(その2)

No.	文字位置	文字	Data File	蛍光X線強度(cps)				金-銀 (wt%)	濃度比 金-銀 (wt%)
				鉄 (Fe-K α)	金 (Au-L β)	銀 (Ag-K α)	銅 (Cu-K α)		
030-2	表30	巳	稻荷030	887.7	129.6	7.7	1.9	70.3	29.7
031-1	表31	加	稻荷031	1082.7	82.8	4.8	2.1	69.9	30.1
031-2	表31	加	稻荷0311	971.1	110.0	6.6	0.0	69.8	30.2
032-1	表32	利	稻荷032	907.2	99.7	5.8	3.0	70.3	29.7
032-2	表32	利	稻荷0321	1009.5	87.6	5.1	3.8	69.9	30.1
033-1	表33	獲	inari-29	1115.3	75.7	4.3	1.9	71.5	28.5
033-2	表33	獲	稻荷033	1258.2	89.3	5.7	1.2	68.2	31.8
034-1	表34	居	inari-30	1150.0	74.1	4.2	0.1	71.9	28.1
034-2	表34	居	稻荷034	1166.4	90.2	5.0	3.1	71.1	28.9
035-1	表35	其	inari-09	381.2	50.9	0.5	0.1	93.9	6.1
035-2	表35	其	inari-27	506.3	70.6	1.1	1.4	89.8	10.2
035-3	表35	其	inari-28	1082.8	70.9	1.4	0.1	87.5	12.5
035-4	表35	其	稻荷035	1266.2	63.2	0.9	1.1	89.8	10.2
036-1	表36	児	inari-31	1138.3	92.5	1.6	3.5	88.8	11.2
036-2	表36	児	稻荷036	1112.8	71.5	1.1	2.9	89.6	10.4
037-1	表37	名	稻荷037	959.2	112.8	1.9	3.4	88.7	11.3
037-2	表37	名	稻荷0371	927.2	117.2	1.9	3.6	89.0	11.0
038-1	表38	多	稻荷038	1222.1	64.6	0.9	1.3	90.5	9.5
038-2	表38	多	稻荷0381	1019.0	83.1	1.1	1.8	90.6	9.4
039-1	表39	加	稻荷039	814.1	95.6	1.1	1.2	91.9	8.1
039-2	表39	加	稻荷0391	718.7	116.9	1.7	3.0	89.7	10.3
040-1	表40	按	inari-10	623.6	163.2	2.9	3.1	88.8	11.2
040-2	表40	披	稻荷040	1143.1	100.4	1.5	3.5	89.9	10.1
041-1	表41	次	稻荷041	917.5	121.5	2.0	0.0	88.9	11.2
041-2	表41	次	稻荷0411	1049.8	107.8	1.6	2.4	89.7	10.3
042-1	表42	獲	稻荷042	944.7	127.0	2.0	0.1	89.3	10.7
042-2	表42	獲	稻荷0421	1036.3	113.2	1.5	0.0	90.6	9.4
043-1	表43	居	稻荷043	1006.2	124.5	2.0	3.4	89.1	10.9
043-2	表43	居	稻荷0431	927.0	139.4	2.1	2.1	89.6	10.4
044-1	表44	其	稻荷044	1119.6	117.5	1.8	2.8	89.4	10.6
044-2	表44	其	稻荷0441	1024.7	99.4	0.1	0.1	99.3	0.7
044-3	表44	其	稻荷0445	1205.3	84.3	1.2	1.8	90.0	10.0
045-1	表45	児	inari-11	927.4	123.0	2.2	2.6	88.9	11.1
045-2	表45	児	稻荷045	701.2	98.6	1.4	0.0	90.4	9.6
046-1	表46	名	稻荷046	905.7	119.9	1.6	2.1	90.5	9.5
046-2	表46	名	稻荷0461	532.5	102.9	1.8	0.1	88.3	11.7
047-1	表47	多	稻荷047	1082.8	79.7	1.2	0.1	89.8	10.2
047-2	表47	多	稻荷0471	916.5	118.4	1.7	1.6	90.0	10.0
048-1	表48	沙	稻荷048	1136.5	112.5	1.6	3.4	90.2	9.8
048-2	表48	沙	稻荷0481	887.2	88.9	1.2	2.4	90.5	9.5
049-1	表49	鬼	稻荷049	1084.8	75.2	1.4	1.7	87.2	12.8
049-2	表49	鬼	稻荷0491	779.0	126.5	2.1	1.1	88.7	11.3
050-1	表50	獲	inari-12	1006.4	38.0	0.1	2.2	99.1	0.9
050-2	表50	獲	inari-56	561.0	126.7	1.9	4.5	90.4	9.6
050-3	表50	獲	稻荷050	475.1	114.5	1.6	0.0	90.1	9.9
050-4	表50	獲	稻荷0502	781.9	64.8	0.2	0.1	97.9	2.1
051-1	表51	居	稻荷051	897.0	101.9	1.6	2.5	89.5	10.5
051-2	表51	居	稻荷0511	906.7	91.1	1.2	1.7	91.1	9.0
052-1	表52	其	稻荷052	1030.3	95.6	1.4	0.0	89.8	10.2
052-2	表52	其	稻荷0521	848.5	105.3	1.6	0.0	89.3	10.7
053-1	表53	児	稻荷053	1040.8	126.2	2.4	2.3	87.1	12.9
053-2	表53	児	稻荷0531	1046.9	110.4	1.8	0.8	88.7	11.3
054-1	表54	名	稻荷054	869.1	110.7	1.8	0.1	89.2	10.8
054-2	表54	名	稻荷0541	1060.3	99.0	1.7	4.0	88.4	11.6
055-1	表55	半	inari-13	804.6	42.4	0.5	1.4	91.7	8.4
055-2	表55	半	稻荷055	667.9	113.7	2.1	3.5	87.6	12.4
056-1	表56	弓	inari-57	1044.6	53.0	0.8	1.1	90.7	9.3
056-2	表56	弓	稻荷056	544.9	48.1	0.5	1.6	92.5	7.5
057-1	表57	比	稻荷057	683.5	68.5	1.2	2.3	88.2	11.8
057-2	表57	比	稻荷0571	672.4	77.1	1.5	0.0	87.1	12.9

表1 国宝金錯銘鉄剣の金象嵌銘文の化学組成測定結果（その3）

No.	文字位置	文字	Data File	蛍光X線強度 (cps)				金-銀 濃度比	
				鉄 (Fe-K α)	金 (Au-L β)	銀 (Ag-K α)	銅 (Cu-K α)	金 (wt%)	銀 (wt%)
101-1	裏 1	其	inari-14	1164.9	75.0	4.2	0.1	72.0	28.1
101-2	裏 1	其	稻荷101	410.0	78.1	4.7	0.4	69.3	30.7
102-1	裏 2	児	稻荷102	1082.6	80.7	4.4	0.0	71.1	28.9
102-2	裏 2	児	稻荷1021	966.8	83.8	5.3	0.0	68.4	31.6
103-1	裏 3	名	稻荷103	468.1	105.6	6.2	0.3	70.0	30.0
103-2	裏 3	名	稻荷1031	890.8	95.0	6.2	1.2	67.8	32.2
104-1	裏 4	加	稻荷104	626.4	144.2	8.8	0.1	70.0	30.0
104-2	裏 4	加	稻荷1041	1028.3	65.9	3.6	0.5	71.2	28.8
105-1	裏 5	差	inari-15	1363.8	44.6	2.5	0.1	71.5	28.5
105-2	裏 5	差	稻荷105	1049.8	62.4	3.3	0.0	71.9	28.1
106-1	裏 6	披	稻荷106	898.8	92.6	5.6	0.0	69.4	30.6
106-2	裏 6	披	稻荷1061	816.5	83.7	4.9	1.0	69.8	30.2
107-1	裏 7	余	稻荷107	1166.2	55.4	2.8	0.7	72.3	27.7
107-2	裏 7	余	稻荷1071	1031.4	75.5	4.5	0.1	69.5	30.6
108-1	裏 8	其	稻荷108	962.1	90.5	6.0	1.1	67.6	32.4
108-2	裏 8	其	稻荷1081	1037.6	77.3	4.2	0.0	71.0	29.0
109-1	裏 9	児	稻荷109	978.5	92.1	5.3	0.0	70.3	29.7
109-2	裏 9	児	稻荷1091	726.0	89.3	5.9	0.0	67.7	32.3
110-1	裏10	名	inari-16	884.0	78.5	5.1	0.1	69.1	30.9
110-2	裏10	名	稻荷110	1099.8	72.4	4.3	0.0	69.2	30.8
111-1	裏11	平	inari-35	339.1	135.2	7.7	0.2	71.5	28.5
111-2	裏11	平	稻荷111	912.7	100.1	6.8	0.0	67.1	32.9
112-1	裏12	獲	inari-34	860.8	91.7	5.9	0.1	69.2	30.8
112-2	裏12	獲	稻荷112	1025.5	88.9	5.2	0.6	70.0	30.0
113-1	裏13	居	inari-36	1219.2	56.9	3.5	0.1	70.2	29.8
113-2	裏13	居	稻荷113	985.4	106.8	6.3	3.9	70.0	30.0
114-1	裏14	臣	inari-37	1287.1	66.6	3.9	2.6	71.1	28.9
114-2	裏14	臣	稻荷114	1121.5	108.2	6.5	3.8	69.9	30.2
115-1	裏15	世	inari-17	1302.7	73.3	4.2	2.7	71.3	28.7
115-2	裏15	世	稻荷115	928.7	139.1	7.8	5.5	71.6	28.5
116-1	裏16	々	稻荷116	1056.4	92.0	5.5	3.0	69.7	30.3
116-2	裏16	々	稻荷1161	271.2	74.4	4.7	2.5	68.1	31.9
117-1	裏17	為	稻荷117	691.6	117.9	6.9	4.6	70.3	29.7
117-2	裏17	為	稻荷1171	587.0	92.2	5.5	0.0	69.7	30.3
118-1	裏18	杖	inari-38	1018.2	99.5	6.1	3.7	70.1	29.9
118-2	裏18	杖	稻荷118	1050.0	90.6	5.8	2.6	68.1	31.9
119-1	裏19	刀	inari-39	1076.0	102.5	5.6	4.2	72.3	27.7
119-2	裏19	刀	稻荷119	1287.7	66.9	3.4	1.4	72.3	27.7
120-1	裏20	人	inari-40	1071.8	91.5	5.5	0.2	70.7	29.3
120-2	裏20	人	稻荷120	856.1	115.5	6.8	0.2	70.1	29.9
121-1	裏21	首	inari-18	1148.4	74.8	4.5	0.2	70.5	29.5
121-2	裏21	首	稻荷121	752.7	100.9	5.7	0.1	70.7	29.3
122-1	裏22	奉	稻荷122	1085.6	84.8	5.4	0.0	68.2	31.8
122-2	裏22	奉	稻荷1221	1048.0	65.6	4.2	0.1	67.8	32.2
123-1	裏23	事	稻荷123	879.3	104.4	6.4	0.0	69.3	30.7
123-2	裏23	事	稻荷1231	845.5	95.0	5.5	0.1	70.1	29.9
124-1	裏24	采	稻荷124	733.1	127.5	8.0	0.1	69.1	30.9
124-2	裏24	采	稻荷1241	967.2	73.7	4.7	0.0	67.9	32.1
125-1	裏25	至	inari-19	559.3	114.3	8.3	1.3	71.3	28.7
125-2	裏25	至	稻荷125	597.9	124.3	7.3	0.0	70.5	29.5
126-1	裏26	今	稻荷126	725.2	145.5	8.8	0.6	70.3	29.8
126-2	裏26	今	稻荷1261	259.9	104.8	6.2	0.1	69.9	30.1
127-1	裏27	獲	inari-41	1209.4	71.5	4.4	0.1	70.0	30.0
127-2	裏27	獲	稻荷127	969.2	130.8	7.4	0.1	71.2	28.8
128-1	裏28	加	inari-42	893.1	136.2	9.0	0.5	68.6	31.4
128-2	裏28	加	inari-43	819.8	117.9	7.9	0.3	68.3	31.7
128-3	裏28	加	稻荷128	1126.4	80.2	4.7	0.1	69.8	30.2
129-1	裏29	多	inari-44	1019.5	115.0	7.3	0.7	69.4	30.6
129-2	裏29	多	稻荷129	1095.0	113.7	6.5	0.0	70.9	29.1

表1 国宝金錯銘鉄剣の金象嵌銘文の化学組成測定結果（その4）

No.	文字位置	文字	Data File	蛍光X線強度 (cps)				金銀濃度比	
				鉄 (Fe-K α)	金 (Au-L β)	銀 (Ag-K α)	銅 (Cu-K α)	金 (wt%)	銀 (wt%)
130-1	裏30	支	inari-20	906.1	135.0	7.7	0.4	71.6	28.4
130-2	裏30	支	稻荷130	952.2	114.5	6.8	0.2	70.0	30.0
131-1	裏31	國	inari-45	728.5	149.0	9.0	0.7	70.4	29.6
131-2	裏31	國	稻荷131	777.8	135.8	7.9	0.1	70.7	29.3
132-1	裏32	大	inari-46	1045.6	100.2	6.5	0.1	69.0	31.0
132-2	裏32	大	稻荷132	939.9	103.4	6.5	1.1	68.6	31.4
133-1	裏33	王	inari-47	918.7	123.8	7.5	0.3	70.5	29.5
133-2	裏33	王	稻荷133	757.2	100.3	5.7	0.1	70.6	29.4
134-1	裏34	寺	inari-48	1184.4	88.3	5.3	0.1	70.4	29.6
134-2	裏34	寺	稻荷134	876.8	111.2	6.8	0.1	69.4	30.6
135-1	裏35	在	inari-21	1032.9	95.7	5.5	0.2	71.4	28.6
135-2	裏35	在	稻荷135	943.1	112.5	6.6	0.0	70.2	29.8
136-1	裏36	斯	inari-49	843.0	116.0	6.9	0.2	70.7	29.3
136-2	裏36	斯	稻荷136	392.6	88.9	5.0	0.1	70.7	29.3
137-1	裏37	鬼	inari-50	984.3	68.5	3.8	0.0	72.1	27.9
137-2	裏37	鬼	稻荷137	897.7	88.9	5.3	0.0	69.5	30.5
138-1	裏38	宮	inari-51	481.2	95.4	5.4	0.1	71.9	28.1
138-2	裏38	宮	稻荷138	1049.0	73.0	4.4	0.0	69.3	30.7
139-1	裏39	時	稻荷139	902.1	69.4	3.9	0.7	70.3	29.7
139-2	裏39	時	稻荷1391	884.1	101.6	6.1	0.0	69.7	30.3
140-1	裏40	吾	inari-22	1224.1	47.7	2.7	0.0	71.4	28.6
140-2	裏40	吾	inari-52	853.7	37.2	2.1	0.1	71.4	28.6
140-3	裏40	吾	稻荷140	868.1	97.7	5.9	0.0	69.3	30.7
141-1	裏41	左	稻荷141	955.7	109.3	6.6	0.1	69.8	30.3
141-2	裏41	左	稻荷1411	733.1	118.8	7.3	0.0	69.6	30.5
142-1	裏42	治	稻荷142	895.1	110.9	6.8	0.0	69.4	30.7
142-2	裏42	治	稻荷1421	810.3	100.1	6.2	0.6	69.0	31.0
143-1	裏43	天	稻荷143	664.9	118.8	7.8	0.0	68.3	31.8
143-2	裏43	天	稻荷1431	686.2	127.5	7.5	0.1	70.4	29.6
144-1	裏44	下	稻荷144	446.2	99.3	5.7	0.0	70.4	29.6
144-2	裏44	下	稻荷1441	913.6	82.2	4.6	0.0	70.8	29.2
145-1	裏45	令	inari-23	1254.7	71.3	4.4	0.1	70.1	29.9
145-2	裏45	令	稻荷145	1127.8	71.7	4.1	0.1	70.2	29.8
146-1	裏46	作	inari-32	1252.9	65.8	4.1	0.0	69.8	30.2
146-2	裏46	作	稻荷146	1006.4	98.0	6.3	0.0	68.4	31.6
147-1	裏47	此	inari-33	911.3	87.6	1.4	0.1	89.6	10.4
147-2	裏47	此	稻荷147	933.7	109.0	1.4	0.1	91.0	9.0
148-1	裏48	百	稻荷148	991.5	87.1	1.6	0.0	87.7	12.3
148-2	裏48	百	稻荷1481	934.7	105.8	1.6	0.0	89.8	10.2
149-1	裏49	練	inari-24	652.2	168.0	3.0	0.4	88.9	11.1
149-2	裏49	練	稻荷149	614.2	135.7	1.8	0.0	90.7	9.3
150-1	裏50	利	稻荷150	869.2	94.8	1.4	1.2	90.1	10.0
150-2	裏50	利	稻荷1501	1004.7	85.2	1.1	0.0	91.3	8.7
151-1	裏51	刀	inari-53	1001.4	104.7	1.9	0.1	88.6	11.4
151-2	裏51	刀	稻荷151	493.5	93.7	1.5	0.0	89.1	10.9
152-1	裏52	記	稻荷152	1035.1	90.7	1.3	0.1	90.2	9.8
152-2	裏52	記	稻荷1521	605.4	116.9	1.8	0.3	89.3	10.7
153-1	裏53	吾	稻荷153	628.1	124.8	2.1	0.0	88.7	11.3
153-2	裏53	吾	稻荷1531	692.8	121.0	2.1	0.0	88.3	11.7
154-1	裏54	奏	稻荷154	884.1	109.4	1.3	0.2	91.8	8.2
154-2	裏54	奏	稻荷1541	669.8	75.6	1.1	0.5	89.7	10.3
155-1	裏55	事	inari-25	1078.2	59.8	1.1	0.0	88.0	12.0
155-2	裏55	事	稻荷155	651.0	138.1	2.0	1.2	90.2	9.8
156-1	裏56	根	稻荷156	728.7	133.6	2.0	0.0	89.9	10.1
156-2	裏56	根	稻荷1561	562.8	113.4	1.9	0.8	88.8	11.2
157-1	裏57	原	稻荷157	647.2	111.3	1.6	0.0	90.2	9.8
157-2	裏57	原	稻荷1571	651.4	70.2	0.1	0.9	98.9	1.1
157-3	裏57	原	稻荷1574	560.1	88.3	1.6	0.0	87.7	12.4
158-1	裏58	也	稻荷158	744.2	73.3	1.2	0.9	89.2	10.9
158-2	裏58	也	稻荷1581	442.4	97.4	1.9	0.1	87.1	12.9

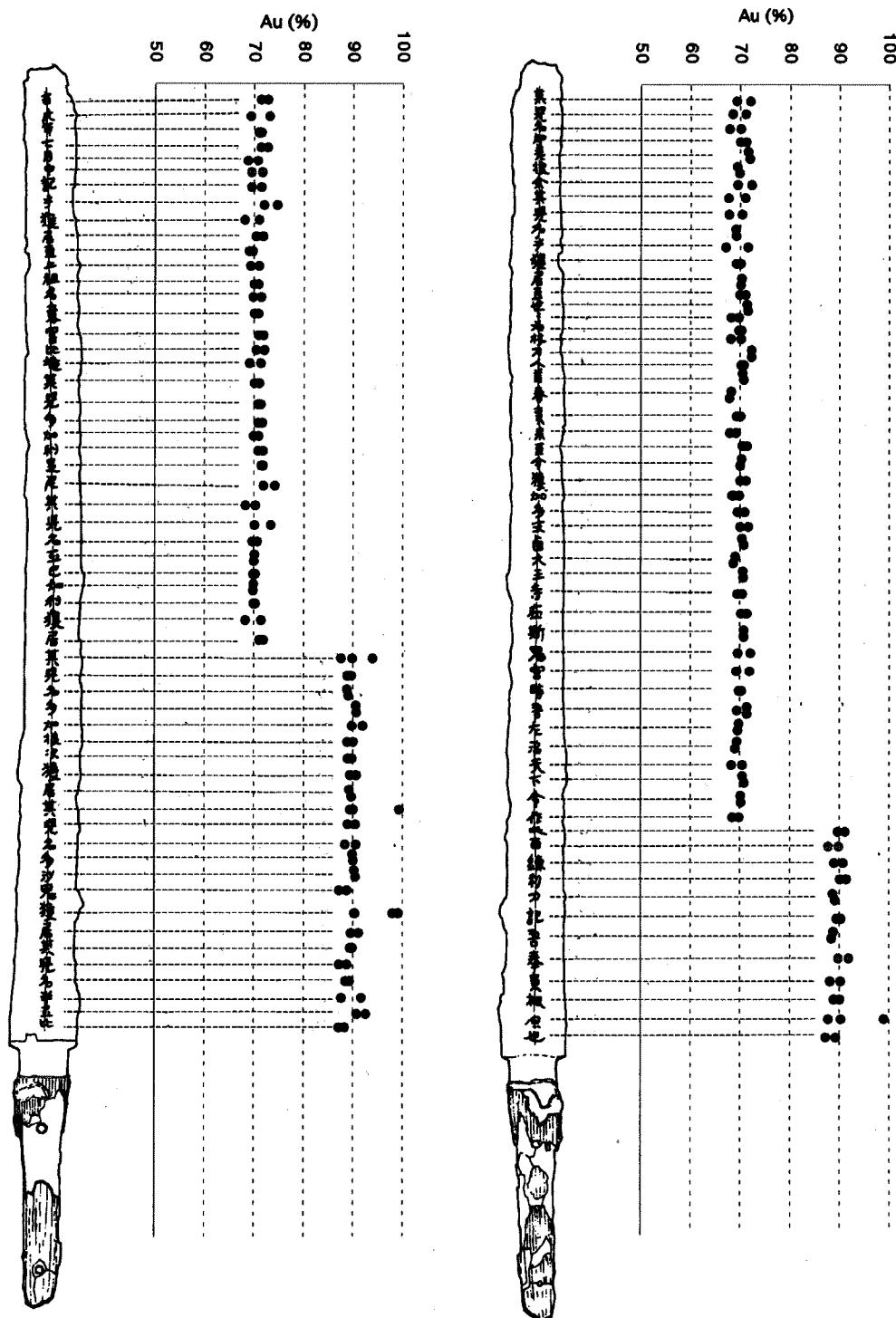


図6 国宝金錯銘鉄剣の金象嵌銘文のAu含有率

この結果について、実際にこれだけ化学組成の異なる材料が使われていると判断するには無理があり、測定に伴う誤差によるものと推定するのが妥当である。前節の予備検討で見積もった最大2%程度のAu-Ag組成値のばらつきに比べると、3倍程度の変動が生じた結果となつたが、例えば測定箇所No.035-1ではAg-K α 強度が0.5cpsと小さいなど、統計変動の増大が定量値にばらつきを与える可能性がある。これらのことを考えあわせると、上記の箇条書き(3)(4)に記したように、表面第1文字～34文字と裏面第1文字～46文字、そして表面第35文字～57文字と裏面第47文字～58文字で使われている材料は同じものと判断するのが妥当であると思われる。箇条書き(3)に記したAu 70%-Ag 30%およびAu 90%-Ag 10%という値は、それぞれ表面第1文字～34文字と裏面第1文字～46文字、そして表面第35文字～57文字と裏面第47文字～58文字から得られた定量値を平均して得られた数値である。

第2節で記したように昭和53年頃に行われた材質調査では、銘文の金象嵌にはAu 72～73%(残りはAg)の材料が使われていると判断されていた。しかし、このときに測定が行われたのは、表面では第37文字より上方(切先側)、裏面では第40文字より上方(切先側)の文字についてのみである。残念ながら今回Au 90%-Ag 10%というAu含有率の高い化学組成が見出された表面第35文字～57文字、裏面第47文字～58文字についてはほとんど測定が行われていなかつた。このため、象嵌には1種類だけの材料が使われていると判断されたのである。今回の調査では、表面、裏面ともに上方(切先側)でAu 70%-Ag 30%という値が得られ、以前の調査で得られていたAu 72～73%という値との間に2～3%のずれがある。この理由を特定することは難しいが、以前の調査ではX線照射径がφ25～30mmと比較的大きく、Fe強度に対するAuおよびAg強度が非常に小さいことが予想されること、一方、今回の調査では逆にX線照射径がφ2mmと小さくなつたために、象嵌の凹凸や傾きの影響をより大きく受けるようになったことなどが原因とも考えられる。

今回の調査では、国宝金錯銘鉄剣の銘文に用いられている金象嵌に2種類の材料が使われていることを明らかにすことができたが、Au 90%-Ag 10%の材料とAu 70%-Ag 30%の材料を並べて置いた場合、その色調の違いは一目瞭然である。前者のほうが明らかに金色の色調が高く、後者のほうが銀白色が強い印象を受ける。2種類の材料が使われているにも関わらず、これまでその指摘すらなされてこなかったのは、鉄地の褐色錆や保存修復処置時に塗布された樹脂により色調の差が抑えられて見えていたことが原因と考えられる。

2種類の象嵌材料が使われ、しかも材料が変わるべき位置が表面と裏面で異なる理由については、今のところ適切な説明を行うことはできていない。文意上の意図的な使い分け、あるいは文字の形状や字画の位置などによる明確な規則性を認めるることはできず、剣身に対する文字位置として製作上の問題を考えるにしても表面と裏面での位置の違いを適切に説明することはできない。しかし、2種類の象嵌材料の色調の違いは大きく、当初は鉄剣本来の銀白色の地に象嵌が施されていたわけであるから、その色調の違いをはっきり認識することができたはずである。どんな意図があって2種類の材料を使い分けたのか、大変興味が尽きない問題である。

さらに、Au含有率が99%あるいはそれ以上(Ag含有率が1%あるいはそれ以下)の材料が使われている部分があるのを発見したことも、今回の調査の大きな成果の一つである。今回の調査では3箇所から見出されたが、さらに詳細な測定を行えば、別の箇所から発見される可能性もある。何故、この3箇所だけAu含有率が高い材料を使用したかについては、さまざまな説を唱えることが可能であろう。何らかの意図があって、その部分だけ材料を変えたと考えることもできるし、一方ではその部分の材料が脱落したために、別の材料で補修したと考えることもできる。この点についても、専門家による今後の議論を待つことにしたい。

6. まとめ

東京文化財研究所では、埼玉県立さきたま資料館に所蔵される埼玉稻荷山古墳出土国宝金錯銘鉄剣の金象嵌銘文に関する材質調査を2回にわたって行う機会を得た。近年開発されたポータブル蛍光X線分析装置を用い、銘文115文字すべてについて各文字2箇所以上の測定を行った結果、金象嵌材料の化学組成として次に示すような結果を得ることができた。

- (1) 鉄剣の金象嵌銘文には、Au 70%-Ag 30%の材料とAu 90%-Ag 10%の材料の2種類が用いられており、表面、裏面ともに上方（切先側）でAu 70%の材料、下方（柄側）でAu 90%の材料が使われている。
- (2) 表面と裏面では象嵌材料が変わる文字位置が異なっており、表面では第35文字目から、裏面では第47文字目から下方（柄側）の文字でAu 90%の材料が使われている。
- (3) Au 90%の材料が使われている文字の中に、Au含有率99%以上の材料が使われている部分が3箇所見出された。

謝 辞

今回の調査を実施するにあたり、埼玉県立さきたま資料館の小川良祐前館長、谷澤孝館長に多大なご配慮を賜りました。また、測定に際して埼玉県立さきたま資料館の大和修学芸課長、若松良一主任学芸員、利根川章彦主任学芸員に多くのご協力をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 埼玉県教育委員会『埼玉稻荷山古墳 辛亥銘鉄剣修理報告書』(1982)
- 2) 早川泰弘、平尾良光、三浦定俊、四辻秀紀、徳川義崇：ポータブル蛍光X線分析装置による国宝源氏物語絵巻の顔料分析、保存科学、39, 1-14 (2000)
- 3) 早川泰弘、三浦定俊、津田徹英：ポータブル蛍光X線分析法による木彫像の彩色材料調査、保存科学、40, 75-83 (2001)

キーワード：金錯銘鉄剣 (iron sword with gold inlay inscription)；埼玉稻荷山古墳 (Sakitama Inariyama burial mound)；蛍光X線分析 (X-ray fluorescence spectrometry)；金－銀合金 (gold-silver alloy)

X-ray Fluorescence Analysis of the Gold Inlay in the "Iron Sword with Gold Inlay Inscription", a National Treasure, Excavated from the Sakitama Inariyama Burial Mound

Yasuhiro HAYAKAWA, Sadatoshi MIURA, Nobuhiro OHMORI*,
Shigeo AOKI and Yasuyuki IMAIZUMI**

The chemical composition of materials used for the 115 gold characters on the "Iron Sword with Gold Inlay Inscription," a national treasure, was analyzed by a portable X-ray fluorescence spectrometer. The instrument has been recently developed, and enables safe and non-destructive analysis of cultural properties *in situ*, even of immovable or complicately shaped ones. More than 2 points for each of the 115 gold characters (57 on front and 58 on back faces) on the iron sword were examined by using X-ray beam with 2mm diameter. It was estimated from the results that all the gold characters were made of gold-silver alloy. The concentration of gold and silver was calculated by theoretical fundamental parameter method after determining the detecting efficiency for both elements. The following new information was obtained from the present analysis:

- (1) Two kinds of Au-Ag alloy were used: one is Au70%-Ag30% used at the tip of front and back faces of the sword, and the other is Au90%-Ag10% used at the bottom of both faces.
- (2) The alloy of Au90%-Ag10% was used for the 35th to the 57th characters on the front face, and the 47th to the 58th characters on the back face.
- (3) More than 99% of Au content was found within three characters using the alloy of Au90%-Ag10%.

It is difficult to explain why two kinds of materials were used, why the Au-Ag alloy was changed at different places between front face and back face, or why nearly pure Au was used only at three positions. We expect that these problems will be discussed based on the analytical data presented in this paper.

* Shizuoka Prefectural Center for Archaeology

** Sakitama Museum of Archaeology