

国宝金錯銘鉄剣の貸出と最新分析

野中 仁・田中英司

はじめに

当館が保管する稻荷山古墳出土国宝金錯銘鉄剣は昨年度、2009（平成21）年10月20日から11月29日までを開催期間とする、九州国立博物館の『古代九州の国宝』展への特別貸出を行った。当初九州国立博物館側からは全期間の展示・借用希望が出されていた。しかし国宝鉄剣は内規上原則的に貸出は行わないが、仮に例外的に行う場合でも入館者の増加する春秋季は避けることになっている。また、10月30日から11月3日までは本県主催の『まなびピア埼玉2009』が開催され、全国各地の関係者が国宝鉄剣の見学に来館することが考えられるため、九州国立博物館における実物の展示期間は11月11日から29日までとした。

今回、国宝鉄剣の出陳を特別に了承したのは保存状態の調査にある。鉄剣は銘文が発見された1978年から1980年までの保存修理事業（埼玉県教育委員会1982）、2000・2001年に行われた東京文化財研究所によるポータブル蛍光X線分析装置による材質調査以外には科学的調査が行われていない（早川他2003）。一方九州国立博物館には資料を梱包状態のまま透過分析できる最新鋭のX線CTスキャナーと解析ソフトがあり、文化庁と協議のもと、これらの機器によって10年ぶりに現状調査することを前提に今回貸出を行った。

館外貸出を行わないことが原則の国宝鉄剣であるが、所有者である国の意向があれば当館との協議のもと、貸出を行っている。しかしあくまで天皇の在位記念をはじめとする国家的事業に限定されるため、今回も含め銘文発見から32年の間に7回のみの実績である。そのため過去現在を問わず、当館学芸員の大半が搬出入に伴って直接実物を扱う経験をもっていない。このたびの九州国立博物館への出陳を機会に作業に伴う一連の手順を田中が、最新機器による分析結果の概要を野中がここに記載し、今後の検討材料としたい。

（田中英司）

1 搬 出

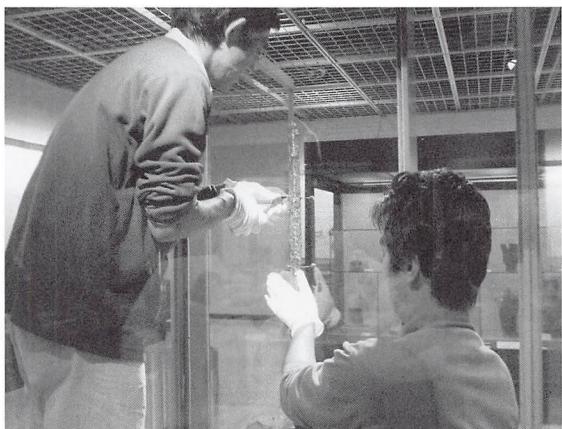
国宝鉄剣の搬出作業は2009年11月9日(月)に行われた。当日は休館日であり、始業時間から作業を開始した。作業には保存科学を専門とする国立歴史民俗博物館の永嶋正春氏に立ち会いをお願いした。

まず、市内のガラス業者2名により内部気密ケースの前面ガラスを取り外す作業から始めた。過去に同作業を行っていた業者がすでに廃業してしまったため、今回は新規業者による施工となった。前面のガラスの枠に埋められたパテを取り除き、四隅の留め金具を外してガラスを搬出した（写真1①）。次いで学芸員2名がケース内に入り、鉄剣を支える上下2ヶ所のコの字型の留め金具間をやや広げ、テグスを切って慎重に留め金から鉄剣を外した（②）。ケース外に持ち出された鉄剣の検品が手早く行われた（③）。

鉄剣は貸与の条件として、展示室と同じ環境を輸送中も含めて保持することとしている。九州国



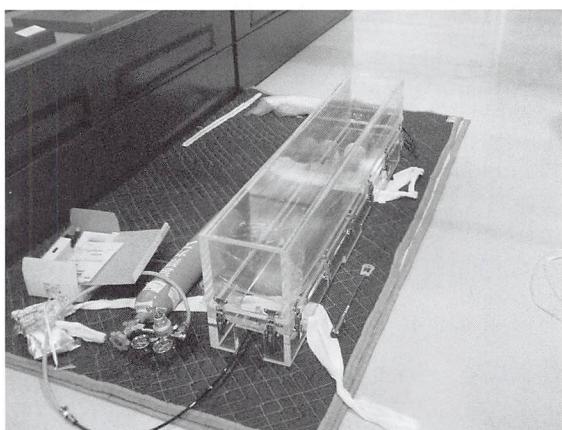
①ガラスの撤去



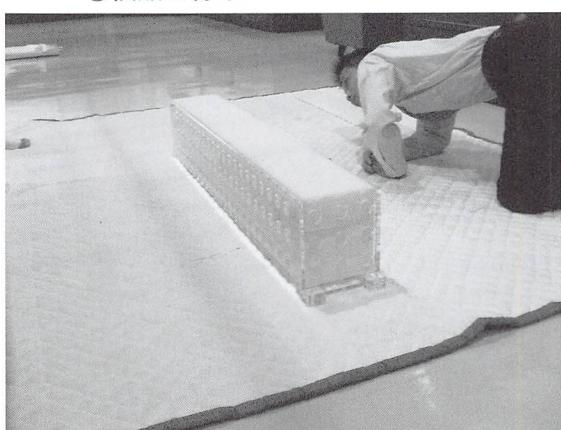
②テグスを切り、留め金から外す



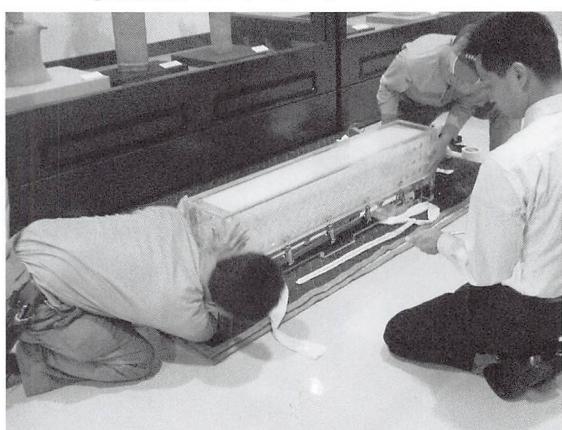
③検品を行う



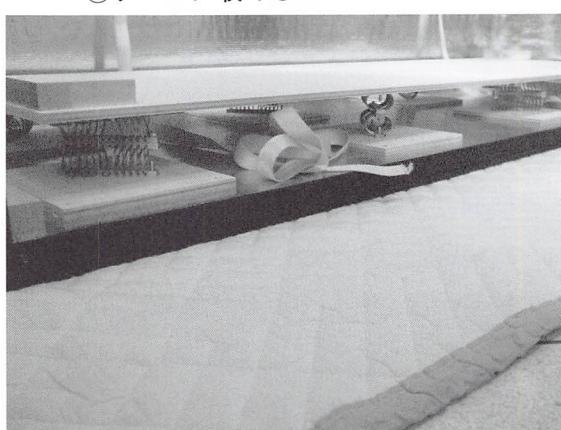
④移動用のアクリルケース



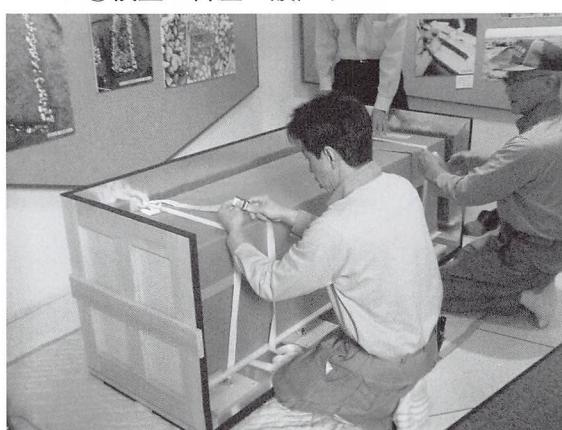
⑤ケースに収める



⑥慎重に台座に設置する

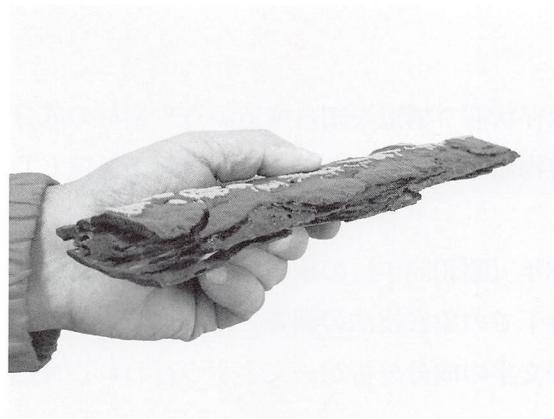


⑦振動を吸収する金具



⑧木枠に収める

写真 1 鉄剣の搬出作業



①内部の分かる複製（2倍）



②複製鉄剣に触るイベント

写真2 複製鉄剣の活用

立博物館側でもこうした条件を十分に勘案して、運搬に際しては鉄剣に合わせて型抜きした台座に梱包した鉄剣を収め、脱酸素剤を入れさらに窒素ガスを注入できる特製のアクリル製ケース内に収納するという、2重3重の酸化防止策を採った(④・⑤)。それをさらに強化段ボールに入れ、振動を吸収する台座に載せ(⑥・⑦)、厳重に木組みのケースに収納し、陸送した(⑧)。

国宝鉄剣を搬出した後には、ケース内に銘文鉄剣レプリカと銘文研ぎ出し前の2種のレプリカを収めて観覧した。特に銘文研ぎ出し前のレプリカは普段目に触れることができなく、木質の残る鞘は拵えを髪飾りとさせ、見学者からも好評だった。

今回の貸出の大きな副産物は触れる鉄剣の製作である。九州国立博物館にはX線CTスキャナーのデータをもとに、石膏を樹脂で固めながら立体物を製作できる特殊な3次元プリンターがあり、実際に触ることのできる複製も作っていただいた。複製はプリンター容量の関係上、20～30cmの長さに分割される。作られたのは実物大と2倍の2種類の大きさで、鉄と金部分のみ着色を分けて造形している。実物では樹脂の充填によって見えない内部の、鍛により膨れた地金の重なりがよく分かる(写真2①)。このレプリカによってはじめて国宝鉄剣の内部状態が実態として理解でき、今後の経年変化を立体物として残し、比較検討することが可能となろう。

こうした分析と複製製作の成果を5月29日～7月4日までの当館企画展示室における通史展「埼玉あの遺跡　この遺跡」において展示し、あわせて会期中の日曜日の午後2～3時まで学芸員の解説とともに、「触ってみよう　国宝鉄剣はこんな感触」というイベントを開催した(②)。イベントは6回行われ、国宝鉄剣の感触を味わえるとして計256名という多くの参加者があった。複製鉄剣は今後は体験工房内で活用するとともに、外部の視覚障害をもつ方々にも利用していただこうと考えている。

今回の貸出作業の際に気づいた点をいくつか記すと、(1)ケースのガラスに作業の際の油膜等が表面に残り除去しにくく、十分な清掃の必要があること、(2)展示留め金具の劣化の危険性、(3)止めていた窒素ガスを再度ケース内に注入した際の観察等である。

(田中英司)

2 X線CTによる調査

(1) これまでの鉄剣の科学的調査

文化財に対する科学的手法による調査は、内部の保存状態や構造を知る構造調査や素材の成分などを分析する材質調査などがある。今回、九州国立博物館で実施された調査は、最新のX線CTスキャナーによる鉄剣内部の構造調査といえる。

過去に行われた金錯銘鉄剣に対しての調査は、1978年（昭和53年）の象嵌銘文発見当初の保存処理に伴うX線透過撮影や象嵌表出作業における顕微鏡下での象嵌技法の調査、さらに金象嵌の成分分析などであった。また、2000・2001年には、金象嵌文字の成分分析が一文字ずつ行われ、今回の調査はそれ以来9年ぶりの調査ということになる。

これまで金錯銘鉄剣に対して行われた科学的手法による調査を概観すると次のようになる。

ア) 1978年の銘文発見時

1968（昭和43）年に稻荷山古墳から出土した鉄剣の保存処理を1978年に元興寺文化財研究所（奈良県）に依頼し、X線透過撮影の結果、115文字の銘文が発見された。銘文は象嵌の技法で鉄地に埋め込まれているが、通常出土鉄製品は、その表面を鉄鏽が覆っているため表面からは見えない。そのため、その発見にはX線透過撮影が有効であり、この銘文の発見を契機に出土金属製品の保存処理の過程にX線透過撮影の必要性が認識され、全国的に普及したといつても過言ではない。鉄剣は、その後合成樹脂含浸による強化処理と鉄鏽からの銘文の表出作業が行われた（西山1982）。

鉄剣の保存処理終了後の1980（昭和55）年には、象嵌の金線の成分分析が蛍光X線分析と放射化分析で行われた。その結果、金線の金の含有比は72%～73%で、残りが銀であることが明らかになった（沢田・秋山・馬淵1982）。また、銘文表出前の鉄剣は、鞘木と柄木の木質が表面に薄く残存していたため、木材の樹種調査も行われ、ヒノキの可能性が高いことが確認されている（松田1982）。

イ) 2000・2001年の金線の成分分析

東京国立博物館で開催された「日本国宝展」出品に伴い、東京国立文化財研究所（現独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所）及び当館において、金線の詳細な成分分析が、蛍光X線分析で行われた。1980年の蛍光X線分析との違いは、機器の進歩によるX線の照射範囲の極小化と機器のポータブル化である。照射範囲が2mmとなったところから、金象嵌の文字を一文字ずつ分析することが可能となった。その結果、金70%、銀30%の材料と金90%、銀10%の材料の成分比が異なる主に2種類の材料が同じ鉄剣の中で使われていることが明らかとなった。また、金含有率が99%以上の箇所が3箇所確認された（早川ほか2003）。

(2) 今回の調査の目的

九州国立博物館では、同館に設置されている最新の分析・調査機器を使用して、全国から展示等のために借用した資料を調査、分析し、今までに多くの有益な情報を抽出、提供してきた。

今回の鉄剣についても、搬送から展示、それに伴う内部の詳細な調査を、同館の保存科学的業務を担う博物館科学課の専門官が中心となって実施されており、特別展開催の一連の動きの中で、保存科学の担当者が密接に関与し、資料の安全性を最大限に考慮しつつ、最新の科学機器を駆使しての分析・調査を展開するといった動きは、博物館活動の一つの理想形と言える。

今回の調査は、特別展に係る運搬や展示前後の状態検査として、また、資料の内部構造をX線CT

スキャナーで調査することで、内部の保存状態や象嵌に関する3次元の詳細なデータを取得し、保存することが目的である。

なお、調査は、同館の今津節生氏、鳥越俊行氏、輪田 慧氏、宮地総一郎氏が中心となって、同館への鉄剣搬入時の2009年11月10日と搬出時の2009年12月3日に実施されたものである。また、調査結果については、2010年6月26日～27日の第27回日本文化財科学会で発表している（今津ほか2010）。

(3) 調査の方法

九州国立博物館設置のX線CTスキャナー（Y. CT Modular320FPD, YXLON International社製）は、文化財調査用に開発されたもので、中央の回転台に資料を乗せ、ゆっくりと回転させて360度の方向から、X線を照射させ撮影する（写真3）。得られた0.4mm間隔の断層画像をコンピュータ上で再構成することで、内部の状況を3次元データとして取得できる。撮影時間は今回の鉄剣の場合で45分であった。

一度3次元データを取得すると、X線CT用解析ソフト（VG Studio Max）で様々な方向から内部状況を観察することが可能である。しかも、資料の表層から内部といった、深さによる情報の分離や強調もコンピュータ上で容易に行えるため、鉄剣の表裏に施された象嵌を分離し強調して視覚化することも可能である。また、象嵌の位置と鉄芯や鑄の状態像を重ねて表現させることで、鑄と象嵌の位置関係が正確に把握することもできる。

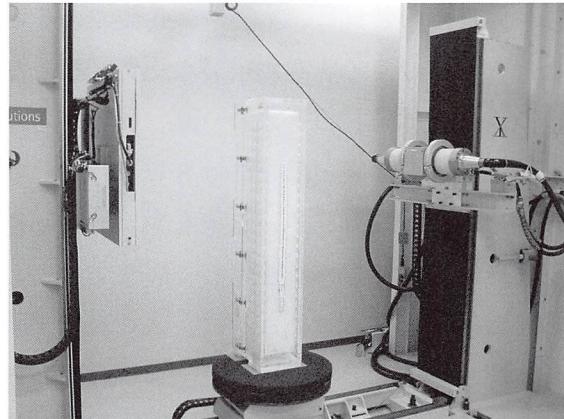


写真3 鉄剣のX線CT調査の状況
(窒素ガスを封入した梱包状態で調査が可能)

(4) 調査の結果

ア) 鉄剣の保存状態

鉄剣の表面の状態及び亀裂の状態を強調させた画像が写真4である。実際の表面の肉眼観察に比べ、細部の亀裂や銘文との位置関係がよく分かる。鉄剣表側の13字目「祖」部分、22字目「加」の下部、32字目「利」の下部には、比較的大きな亀裂が見られる。この部分は、保存処理前に腐食により剥落していた大破片を保存処理の際に接合した部分である。また、裏側の鉄剣上半部分には、縦方向の亀裂が多く存在している。

鉄芯は、鉄剣の中心部の鉄の密度が高い部分で、鉄剣の強度を維持しており、全体が腐食した状態にあっては、鉄剣の「骨」と考えていい。この鉄芯と銘文とを同一画像で表したのが写真5である。鉄芯の残存状況と銘文の位置関係がよく分かる。X線透過撮影でも鉄芯の状態は確認できるが、表裏の銘文は同一画面上に重なって写し出されるため、表裏銘文が分離されて鉄芯がこれほどシャープには見られない。これを見ると、表側26字目「其」から28字目「名」までの部分は、鉄芯が非常に細くなっていることが分かる。また、縦断面の画像（写真5の中央）では、鉄芯を中心に銘文が乗る磁鐵鉱の層が腐食により膨らんで剥離し、波打って存在することがよく分かる。X線CTによる解析でなければ表現できない画像である。

鉄剣などの出土鉄製品には腐食の進行に伴い、鑄が層状に剥離、剥落している。層状剥離によっ

て鉄剣内部には無数の亀裂や空隙部が存在しており、その部分には保存処理の際に合成樹脂が含浸され、補強されている。しかし特に鉄芯が細くなっている部分は、今後の取り扱いには細心の注意が必要である。今回の調査においては、1980年の保存処理完了時の状態と現在の保存状態とを単純に比較することはできないが、今後の劣化状態の把握には十分な基礎データを取得することができた。

イ) 柄部分の金属痕跡

今回の調査の新たな知見として、銘文以外の柄元の部分にも銘文と同様の金属反応を示す箇所が見つかった(図1)。鉄剣表裏両面の柄元の柄木が残存する部分に小さく点のように存在する。鉄鑄や残存する木質、土などが混在する中にあり、明確に柄木に付着しているようには見えない。また、裏側最終字「也」の左斜め下方にも確認できる。金象嵌銘文と同程度のX線の不透過を示すことから、金、あるいは他の金属である可能性が高い。ただし、成分分析は実施していないので断言はできない。

これについては、金象嵌銘文の一部の小片が腐食の過程で移動し、鑄によって固定された可能生や、剣装具の柄元部に何らかの装飾が施された痕跡である可能性などが考えられる。古墳時代中期の柄元部分の装具は、木製や鹿角製である場合が多く、そこに金属装飾が施される類例をあまり知らないが、今後の研究に重要な知見となった。

ウ) 銘文「辛」の下方の一画

写真6は、象嵌の部分だけを表裏分離して視覚化したものである。これによって、例えば表出されずに鑄中に埋もれている象嵌や、柄元部に確認されたような表面からは見えない金象嵌と同様の反応を示す痕跡のみを抽出して観察することができる。

その結果、写真8のように、鉄剣表側1字目の「辛」の下方に横一画が存在していることが明らかになった。この一画は、表出はされておらず、字としては不自然な部分でもあることから、今後慎重な検討が必要となろう。今回は事実の報告のみにとどめておきたい。

(野中 仁)

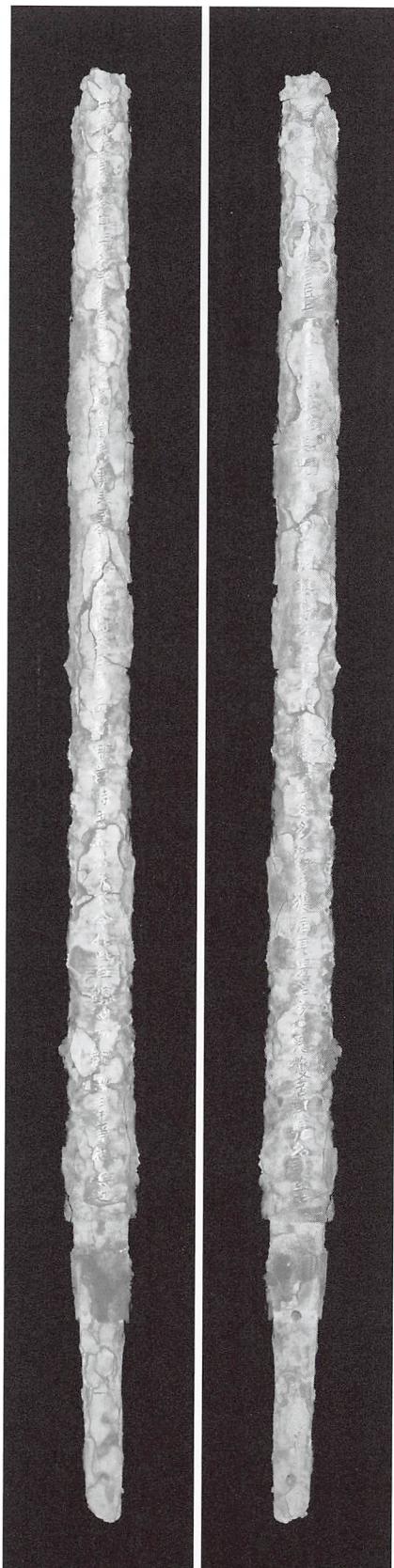


写真4 表面の状態を強調

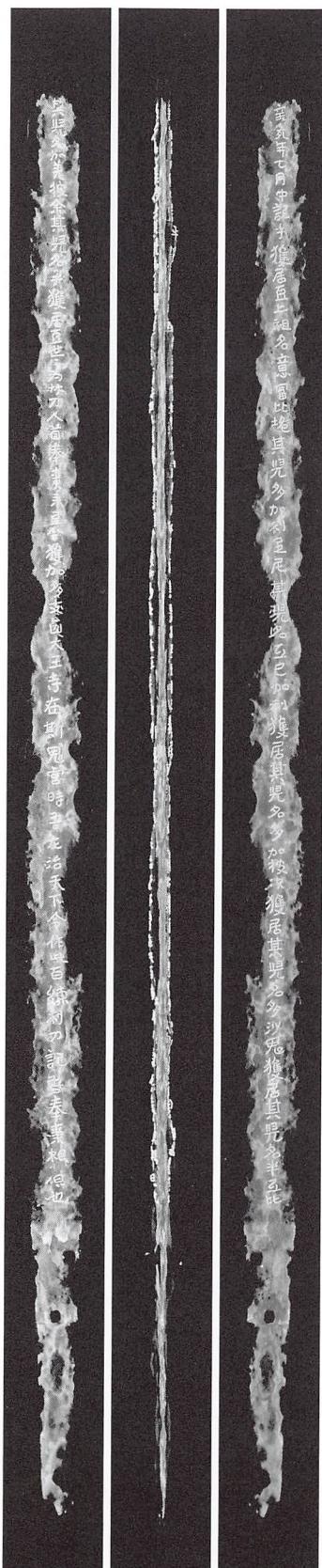


写真5 鉄芯と象嵌の位置

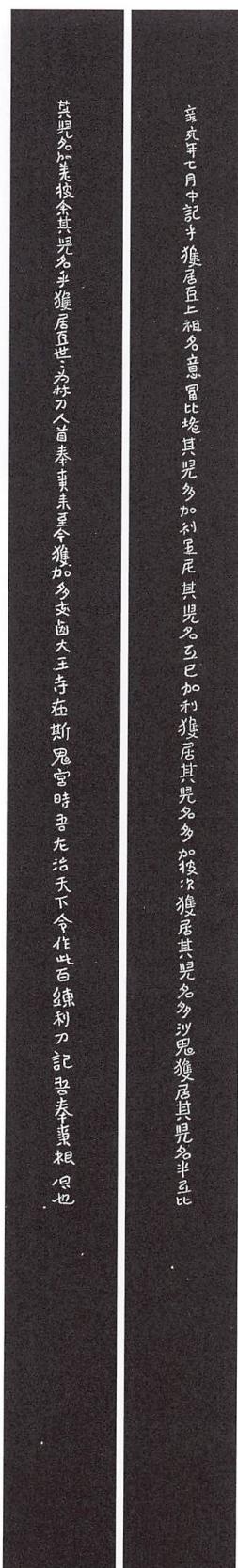


写真6 金象嵌の分離

嘉永年乙月中記 手獲居直上祖名意留比境其、兜多加利尾尼其兜名亞已加利獲居其、兜名多加役次獲居其、兜名多沙鬼獲居其、兜名半丘比

廿四久少美役余其、兜名手獲居直世、乃林刀人首奉東未至今獲加多支齒大王寺在斯鬼宮時吾尤治天下令作此百練利刀記吾奉秉根但也

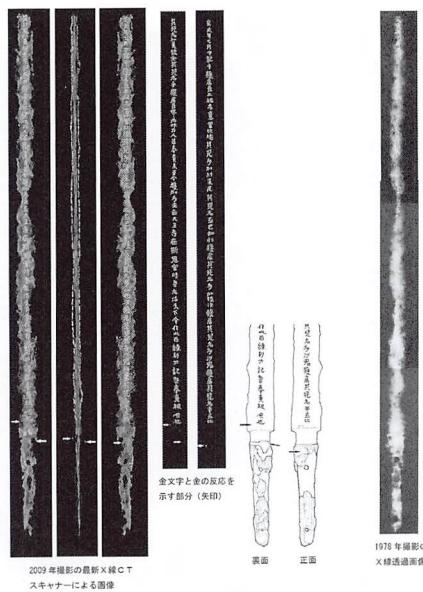


図1 金属痕跡を示す部分



写真7 表1字～3字

おわりに

稻荷山古墳出土の国宝金錯銘鉄剣については、資料の特殊性と置かれた環境もあり、分析を行う機会がきわめて限られている。今回は貸与に伴う調査という時間的に限られた状況ではあったが、新たな金と思われる痕跡の発見や地金の状況など、最新機器ならではの成果が得られた。鉄剣はここ10年来本格的な分析調査が行われておらず、今後の保存環境の整備のためにも、また経年変化を把握する意味でも日進月歩の分析機器を用いた計画的な調査の必要性を感じる。末文ながら、御尽力いただいた九州国立博物館三輪嘉六館長、環境保全室長今津節生氏をはじめとする同館職員の皆さんにお礼申し上げます。

(田中英司)

《引用・参考文献》

- 今津節生・鳥越俊行・輪田 慧・野中 仁 2010 「国宝・辛亥銘（稻荷山）鉄剣のX線CT調査」『日本文化科学会第27回大会研究発表要旨集』190—191頁
- 埼玉県教育委員会 1982 『埼玉稻荷山古墳辛亥銘鉄剣修理報告書』
- 沢田正昭・秋山隆保・馬渕久夫 1982 「銘文金線の材質調査」『埼玉県稻荷山古墳辛亥銘鉄剣修理報告書』10—11頁
- 西山 要一 1982 「保存処理と銘文の表出」『埼玉県稻荷山古墳辛亥銘鉄剣修理報告書』14—21頁
- 早川泰弘・三浦定俊・大森信宏・青木繁夫・今泉泰之 2003 「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」『保存科学』第42号 1—18頁
- 松田 隆嗣 1982 「鞘木の樹種鑑定」『埼玉県稻荷山古墳辛亥銘鉄剣修理報告書』13頁