

# 収蔵資料に関する理化学的分析（2019～2020年度）

阿部 知己 中尾 真梨子

## 要旨

福島県文化財センター白河館において2019年度からはじめたX線CTや蛍光X線分析装置等を用いた理化学的分析の結果報告。2019年度の準備期間を経て、2020年度は白河市筑内古墳群出土馬具を対象に調査を実施。

## キーワード

白河市筑内古墳群 馬具 X線CT分析 蛍光X線分析 三次元形状データ

## 1 はじめに

公益財団法人福島県文化振興財団では、福島県文化財センター白河館（以下、白河館）の指定管理期間中にあたる2019～2023年度に、事業計画の1つとして理化学的分析を実施することとしている。

この分析では、白河館に収蔵されている金属製品、土製品等を対象として、肉眼観察による資料の保存状態の把握に加え、3D記録作成による詳細観察と、X線CT撮影や蛍光X線分析装置等を用いた理化学的分析等を実施する。

この調査研究によって得られた製作技術等に関する新知見などの成果については、展示を通して県民に広く公開するほか、研究紀要、講演会等に反映させ、さらに今後の資料の保管管理に役立てることにしている。

## 2 2019・2020年度の経過

### （1）2019年度の経過

2019年度は、対象資料および実施場所の選定し、実施に伴う手続きを確認し、2020年度の本格的な作業に向けた準備期間とした。

#### ①実施場所

福島県郡山市にある福島県ハイテクプラザにて試



写真1 白河市筑内古墳群から出土した馬具

験的に作業を実施。

#### ②対象資料

2019年度は、収蔵資料のうち、保存処理済みの金属製品2点（福島県白河市筑内古墳群出土品のうち、馬具（帶金具）1点、耳輪1点）を対象とした。

#### ③確認事項

- a 装置への資料の固定方法、解析可能な資料の大きさの確認。
- b 資料の透過限界の把握、解析時間、解析ピッチと解析データのデータサイズの把握等。

#### （2）2020年度の経過

2020年度は福島県ハイテクプラザ及び白河館において本格的に調査実施した。

#### ①利用設備

- a 非破壊構造解析装置（福島県ハイテクプラザ）
- b 蛍光X線分析装置（白河館）

#### ②対象資料

白河市筑内37号横穴墓出土の馬具のうち保存処理の済んだ3点の辻金具。

#### ③確認事項

- a 金具の構造把握  
鋳（宝珠形鉢）の製作工程・取付方法。金銅張りの施工。穿孔の手順・穴の形状把握。保存処理時の補修箇所、空隙等箇所の把握。
- b 三次元形状データ（3Dプリンターへ移行可能なSTLファイル）の作成。

#### ④その他

福島県南相馬市にある福島ロボットテストフィールドにおいて非破壊構造解析装置（東芝ITコントロールシステム（株）製産業用CTスキャナ（TOSCANER-24500AVFD）を視察。

### 3 2020年度の成果

#### （1）対象資料及び出土遺跡の概要

##### ①遺跡の概要（第1～3図）

笊内古墳群の発掘調査は、国営総合農地開発事業に先立ち実施された。古墳群は、東流する阿武隈川の支流（矢武川）に面した標高320m前後の丘陵頂部及び南西斜面に位置している。発掘調査の結果、確認された横穴墓は計54基を数え、その大半が未盗掘の状態で発見された。また、これら横穴墓群を囲むように4基の小規模な古墳（2号墳：前方後円墳、墳長17m。1号墳：方墳（？）、7.6×10.6m。3・4号墳：円墳、墳径11.5・12.2m）が築造された。まず先に3・4号墳が6世紀後半に築造されたのを皮切りに、ついで横穴墓群が、7～8世紀を中心として盛んに築かれ、ある時期に横穴墓と古墳が共存した可能性もある。

今回分析対象として採用した資料は、笊内37号横穴墓から出土している。37号横穴墓は、長い前庭部が隣接する35・36号横穴墓とそれぞれ重複しており、堆積土の状況から37号→35号→36号の順で構築されたことが分かっている。37号横穴墓の時期は、出土した土器から6世紀末から7世紀初頭とされる。

また、37号横穴墓の玄室内からは、遺物と共に成人女性の骨1体、性別不明の骨1体も出土している。

##### ②笊内37号横穴墓出土遺物の種類・数

鉄地金銅張馬具（鏡板付轡1・杏葉3・雲珠1・辻金具3・締金具2・飾帶金具15・鞍2・座金具2・双脚鉢2）、銅鏡1、玉類（ガラス玉、メノウ製勾玉）、刀子1、土師器3、須恵器5。



第1図 白河市（旧東村）笊内古墳群位置

##### ③笊内37号横穴墓内遺物出土状況

遺物は、玄室内の奥壁に向かって右壁奥から玉類、左壁際に馬具そして羨道部付近から馬具（雲珠）と銅碗が出土した。土師器・須恵器は前庭部から出土している。しかし、出土した馬具の金属製品だけでは、不足があり馬具一式を構成できない。

##### ④対象資料（第4図）

今回対象とした資料は、37号横穴墓出土の金具3点で、いずれもほぼ同形同大である。37横8・9については鏡板と連結した吊手鉤がある。

##### ⑤資料の履歴と状態

笊内古墳群出土の馬具、直刀、銅碗については、1978（昭和53）年の発掘調査後、保存処理が行われた。そのうち18点の資料については、X線透過撮影、蛍光X線分析、顕微鏡観察、鉛同位体比分析等の自然科学的調査が行われ、さらに白河館において復元研究も実施された（菅井2001・鈴木2002）。

保存処理の完了した馬具などの一部の資料については、白河館の常設展示室に約20年間展示されてきた。現時点において、保存処理後の経過を肉眼観察した結果では、今回対象とした資料（37号横穴墓出土辻金具）も含め、いずれも非常に良好であった。

#### （2）X線CT撮影

X線CT撮影では、対象物の断層画像および三次元立体像を構築し、構造を立体的に観察できる。

##### ①対象資料（第4図）

37号横穴墓出土の辻金具3点

##### ②分析装置等（写真2）

福島県ハイテクプラザ設置の非破壊構造解析装置（TOSCANER-FTC32251  $\mu$ hd）を用い、撮影条件は210～220kV、100～130  $\mu$ Aとした。解析にはVG STUDIOを用いた。



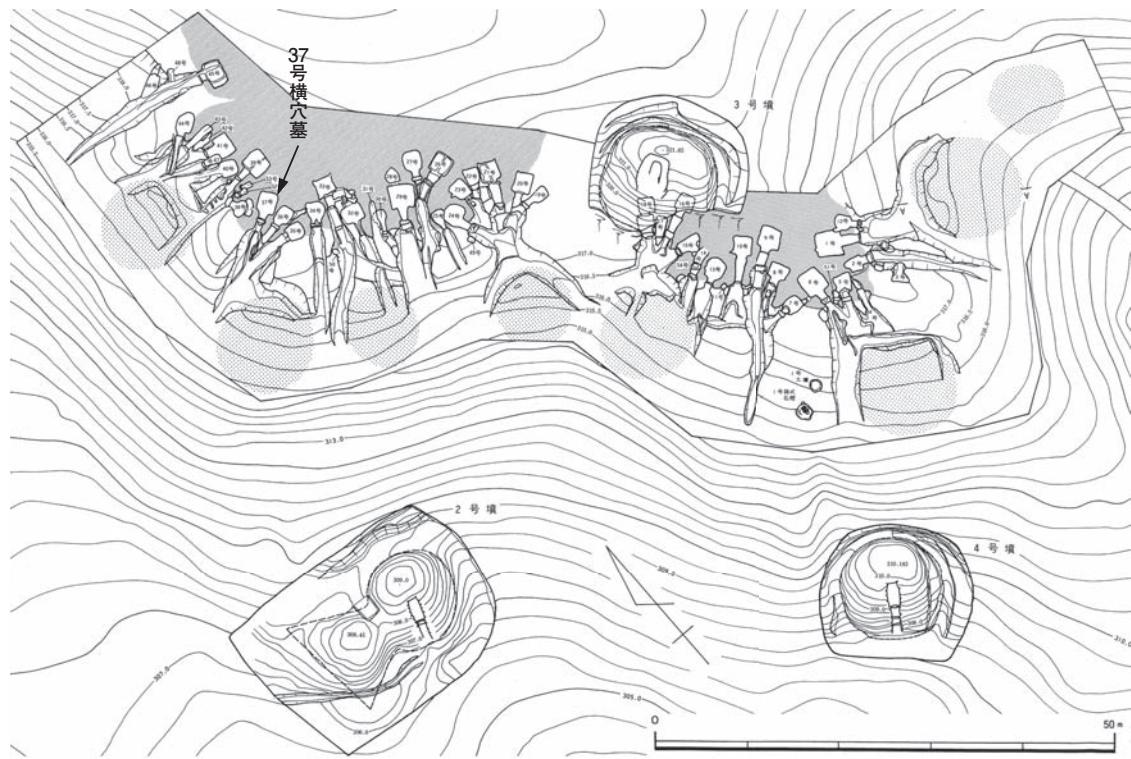
写真2 使用した非破壊構造解析装置

### ③結果(写真3)

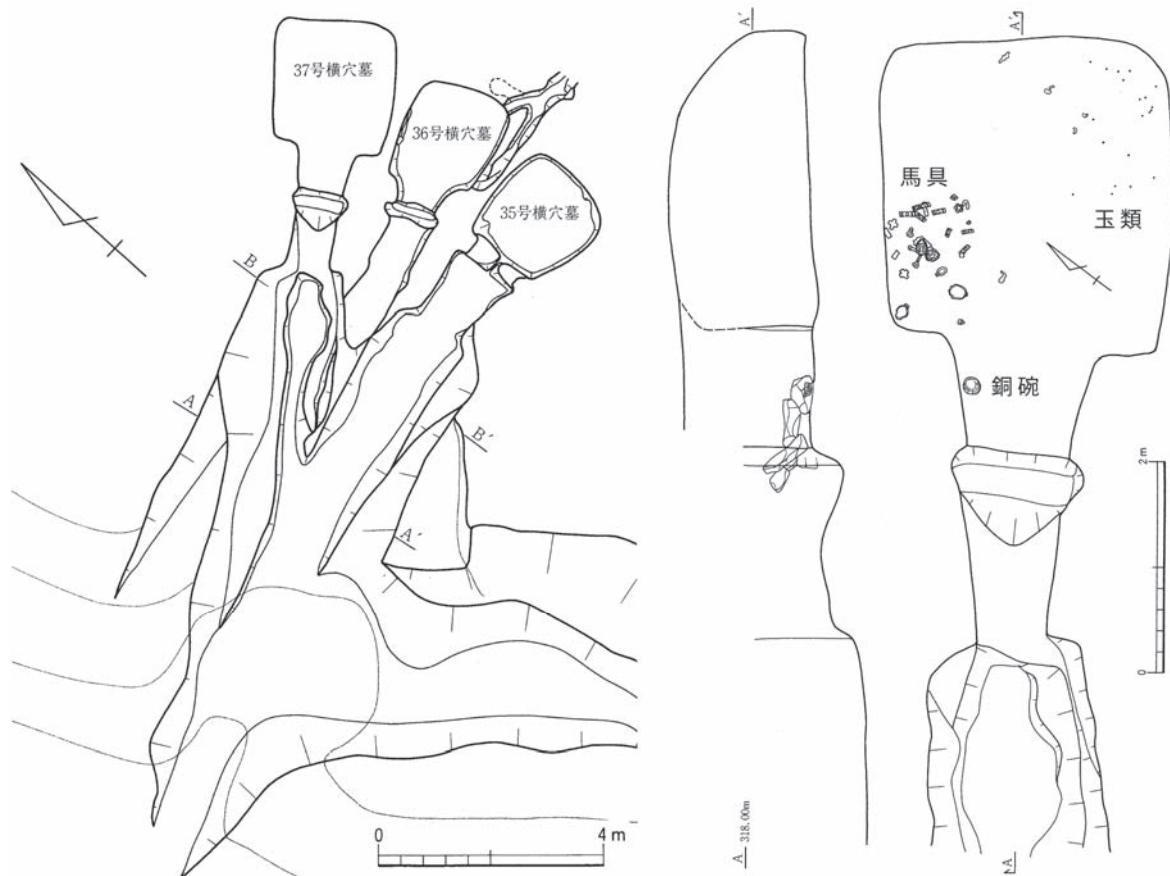
肉眼では観察できなかった鉢の構造等が推測できる画像を得ることができた。

＜鉢について確認できた点＞

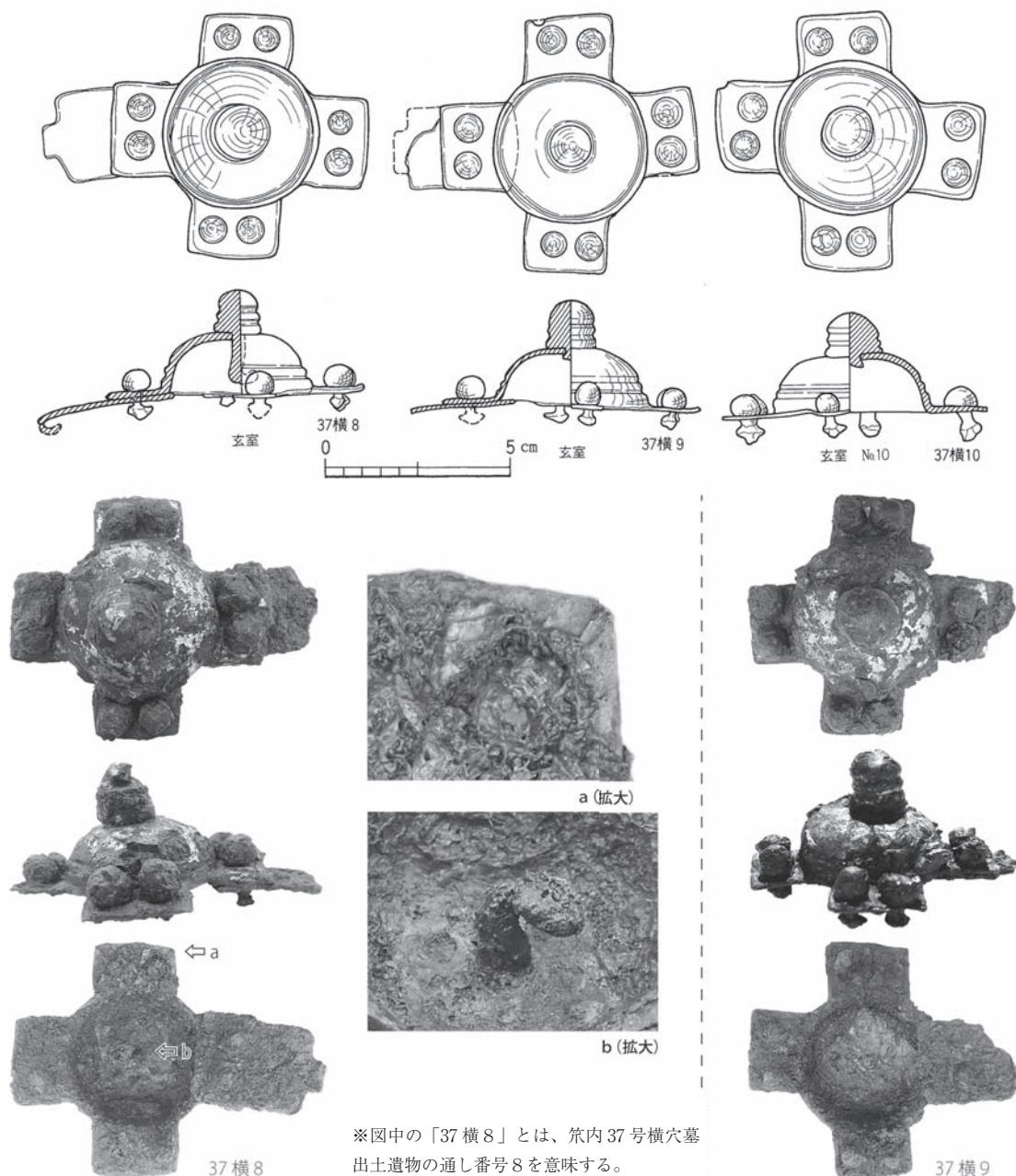
- ・金銅張り後、鉢の脚を差し込んだ円形孔の様子(写真3d・h・j)。



第2図 箕内古墳群遺構配置図(1号墳は範囲外に位置する)



第3図 箕内37号横穴墓平面図



第4図 筒内37号横穴墓出土辻金具

・鉢の足端部を方形の鉄板でかしめた状況と、そこには穿たれた円形孔の様子(写真3 e)。

〈金銅板張りについて確認できた点〉

・鑄下に金銅板片が残存している様子を複数確認(写真3 d・f・g・i・j)。

・表面に張った金銅板の折返し部位の状態を肉眼視(第4図中央a)とX線CT画像(写真3 k)で確認。

〈今後の課題〉

・宝珠形鉢に残った未鋳化部分の断面画像(写真3 f・g)から、鉢の部分は鉄を鋳込んで作られた可能性が指摘できるが、追加精査が必要である。

・37横8(写真3 a・i)に見られた「J」字状に

伸びた足の固定方法等については、明確な答えが得られなかった。

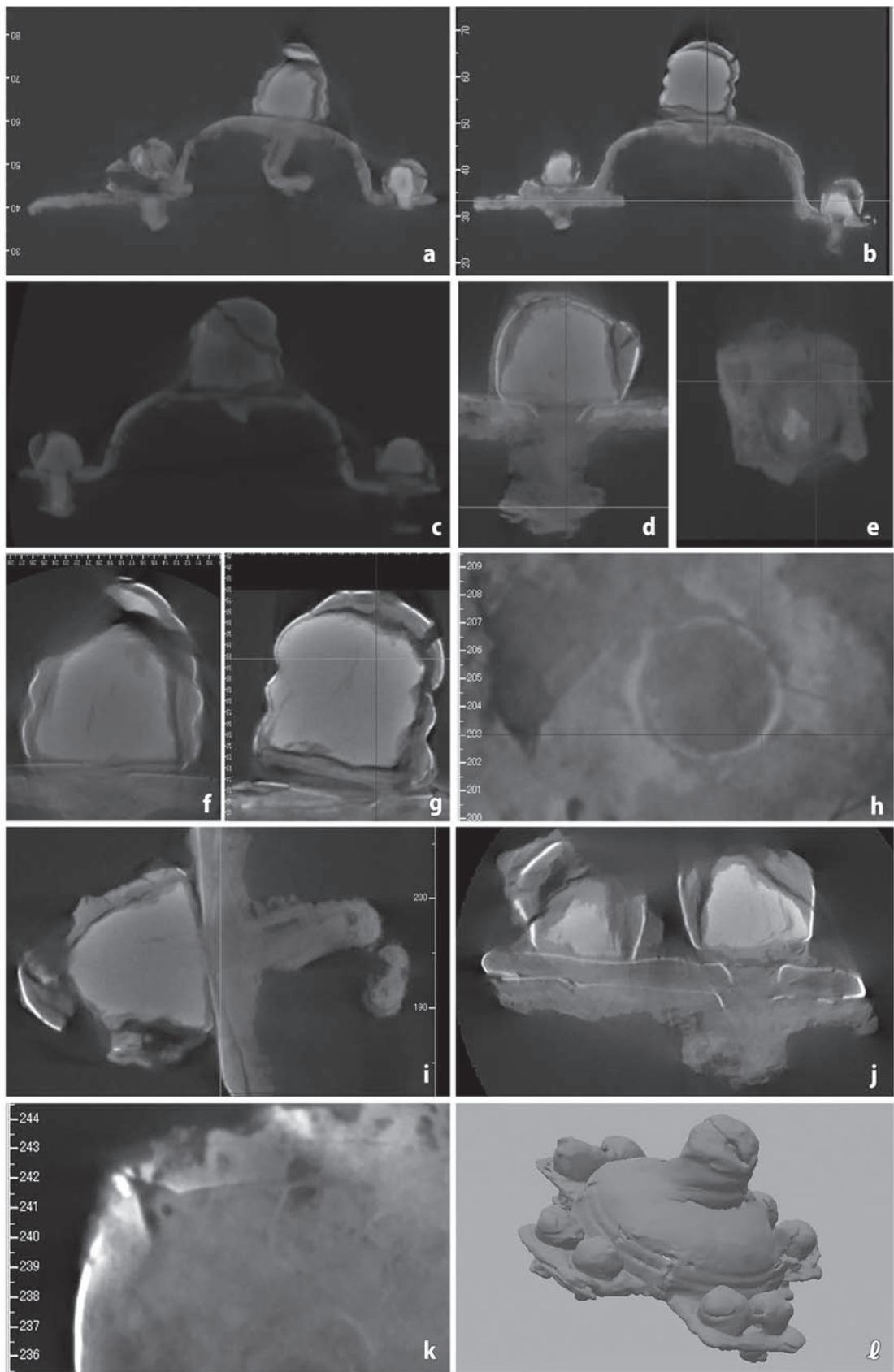
### (3) 萤光X線分析(第5・6図)

萤光X線分析は、非破壊で資料の元素組成を分析することが可能で、試料の採取が困難な文化財の調査に有効な方法である。

#### ①対象資料

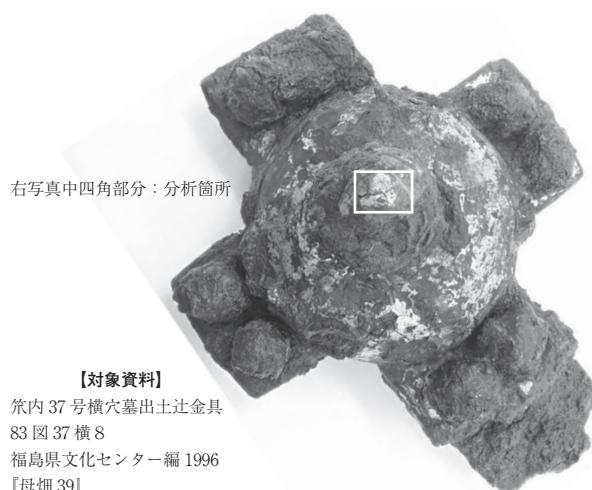
資料の状態調査のため、萤光X線分析を行った。分析を行った資料は、第4図にある2点の金具である。分析は試料を採取せず、非破壊で分析可能な表層を測定した。

#### ②分析装置等

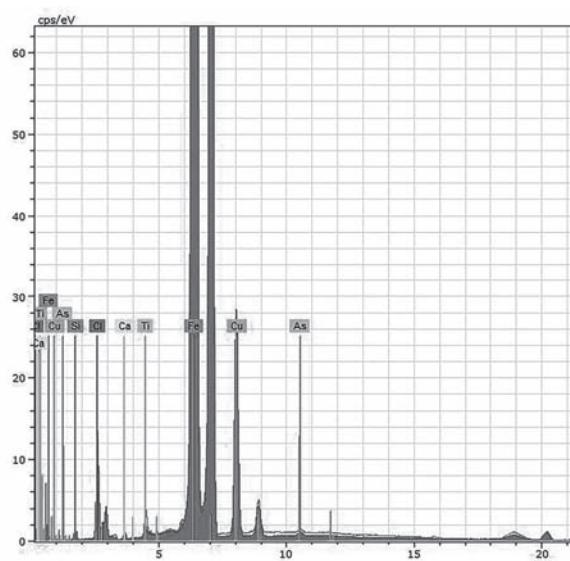
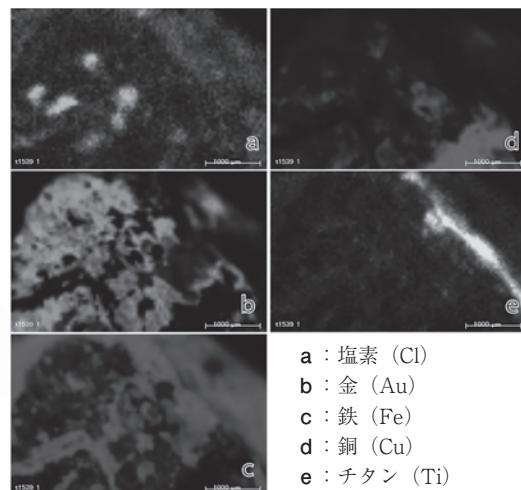


a 37横8：断面   b 37横9：断面   c 37横10：断面   d 37横10：鋸断面  
 e 37横10：鋸かしめ部形状・穿孔形状   f 37横8：宝珠形鋸断面  
 g 37横9：宝珠形鋸断面   h 37横10：宝珠形鋸の足挿入部形状  
 i 37横8：宝珠形鋸と一体のJ字状足   j 37横9：2枚同時に穿孔した金銅張板  
 k 37横9：金銅板拆返部   l 37横10：3次元データ画像

写真3 筒内37号横穴墓出土辻金具のX線CT画像



第5図 マッピング分析箇所と画像



第6図 蛍光X線スペクトル図

分析装置：マイクロ蛍光X線分析装置(Bruker 製 TORNADO PLUS26S) / X線管球:Rh / 測定雰囲気: 大気 / 管電圧: 50kv / 管電流: 300 μA

### ③結果

宝珠形鉢上部の約1cm四方の範囲でマッピング分析を行った結果、金(Au)、鉄(Fe)、銅(Cu)、塩素(Cl)、銀(Ag)、水銀(Hg)、ヒ素(As)などが検出された。マッピング画像(第5図右下)の中でチタン(Ti)の強度が明確に強い箇所は、保存処理を行った際に使用された補填剤によると思われる。また、金具の裏面を含む鉄地部分について、任意に5か所を分析した結果、鉄(Fe)、銅(Cu)、塩素(Cl)、ヒ素(As)などが検出された(第6図)。微量であるが塩素(Cl)が確認されたことから、錆の要因が発生している可能性もあり、今後も引き続き経過観察を実施する。

### 4 あとがき

今回、白河館の収蔵資料である箕内37号横穴墓出土の辻金具について、状態確認と構造調査を行った。これにより、資料の現状と、今後の保存活用に向けての有益な情報と課題を得ることができた。この報告を発表するにあたり協力いただいた福島県ハイテクプラザそして矢内誠人氏に感謝申し上げます。

### 【引用参考文献】

- 福島県文化センター編 1979「箕内古墳群」『国営総合農地開発事業母畠地区遺跡発掘調査報告Ⅲ』福島県教育委員会  
 福島県文化センター編 1996「箕内古墳群」『国営総合農地開発事業母畠地区遺跡発掘調査報告 39』福島県教育委員会  
 菅井裕子ほか 2001「[5] 箕内古墳出土遺物の自然科学的調査」『文化財センター白河館研究紀要』財団法人福島県文化振興事業団  
 鈴木勉ほか 2002『文化財と技術』第2号 工芸文化研究所  
 奥山誠義 2006「勿来金冠塚古墳出土資料の材質調査について  
 蛍光X線分析の結果から -」『福島県立博物館紀要』第20号  
 福島県立博物館  
 小林啓・松田隆嗣・横須賀倫達・堀耕平 2009「羽山一号横穴出土馬具の材質調査- 蛍光X線分析による錫装馬具の確認-」日本文化財学会第26回大会要旨