

奈良文化財研究所埋蔵文化財センターの 最新研究動向について紹介します

目次

奈良文化財研究所埋蔵文化財センターは、幅広い文化財の調査、研究、保存分野の研究を通じて、我が国の、また海外における文化財の保護とその普及啓発に取り込んでまいりました。

文化財そして考古学全般を対象とした基礎研究をおこなう埋蔵文化財センターの研究者により、多様な試みがおこなわれ、また成果が生みだされているところです。

これらの多くは個別の研究発表や論文、そして奈良文化財研究所紀要などでその一端を窺い知ることができですが、その概要を知るとは、組織内の研究者であってもなかなか難しいところです。全国で活躍されている文化財の担当者の皆さまにはなおさら、わかりにくいところではないか、と考えます。

このような考えから、本特集が構想されました。今、私たちがおこなっていることの一端を広く知っていただき、また国内外の文化財の保護と研究に携わる皆様と必要な時に適切な連携を進めていきたいと願っています。

今後も、不定期ではありますが、その時々最新の研究動向をお知らせしていきたいと思っております。また、あわせて、皆様の忌憚のないご意見、ご要望をお寄せいただき、ご指導を賜りますれば幸甚に存じます。

(高妻洋成)

保存修復科学研究室

- 2 遺構の露出展示保存法に関する検討
- 3 海底遺跡における遺物の現地保存法の開発
- 3 含浸薬剤が溶出した出土木簡の修復
- 4 ガラス杯の化学分析と保存処理

年代学研究室

- 6 薬師寺東塔木部材の年輪年代測定
- 7 平城京跡出土木簡の年輪年代学的手法による同一材推定

遺跡・調査技術研究室

- 8 熊本県下被災古墳の情報収集

環境考古学研究室

- 10 群馬県金井東裏遺跡から出土した骨角製品の素材同定





図1 平城宮跡遺構展示館外観（南西から）

遺構の露出展示保存法に関する検討

平城宮跡遺構展示館では、発掘調査で現れた建物跡の遺構そのものを、覆屋（おおいや）と呼ばれる保護施設の中で展示しつつ保存をおこなっています。現在、多くの遺跡でこのような展示が実施されていますが、平城宮跡遺構展示館は比較的その歴史が古く、1960年半ばから遺構の展示保存が実施されてきました。そのため、展示されている遺構には少しずつ劣化が見られるようになってきました。

平城宮跡遺構展示館で見られるような遺構は、一般に周辺の大地とつながった状態のまま現地で展示保存されます。そのため、たえず周辺の気象条件、地盤の水分条件の影響を受けているのです。そこで、遺構で見られる劣化の進行を少しでも抑制するため、周辺の環境調査をおこなって周辺環境が遺構の劣化におよぼす影響を検討するとともに、覆屋内部の温熱環境と遺構土壌の水分移動に関してモデル化をおこない、解析から遺構の劣化を抑制する環境制御法の提案を試みました。ここでは磚（セン）と呼ばれる古代のレンガの劣化について少し解説致します。

平城宮跡遺構展示館で展示されている磚には、冬から春にかけて硫酸ナトリウムが析出し、その表面の粉状化を引き起こしています。この塩の特徴として、温度の低下にともない溶解度が急激に減少することが知られています¹⁾。一方で、磚の展示をおこなっている遺構の覆屋では、南北壁の上半がルーバー状の開口となっているため、常に外気と通気していると考えられます（図1）。そのため、冬季に気温が低く乾燥した外気を取り込むことで覆屋内部の気温が低下してしまい、硫酸ナトリウムの溶解度の低下を引き起こすと同時に、相対湿度の低下

によって遺構表面からの水分蒸発を一層促進してしまい、塩析出による遺構の劣化が顕著に進行していると考えられます。そこで、外気との換気回数を減らした場合に覆屋内部の温熱環境がどのように変化するか、数値解析から検討しました。換気している現在の状態と、換気を制限した場合の覆屋内部の気温と相対湿度の月平均値をそれぞれ図2、図3に示します。解析の結果、換気を抑制することで冬季の覆屋内部の気温と相対湿度が上昇すると予測され、磚表面で生じている冬季の塩析出の抑制に効果的だと考えられます。

先述の通り、現地で展示保存されている遺構では、その劣化に対して周辺環境が少なからぬ影響をおよぼしています。埋蔵文化財センター保存修復科学研究室では、環境調査からその影響の程度を検討するとともに、遺構の熱水分性状に関する解析に基づいて遺構保存に適した環境設計をおこなうことで、遺構保存のための維持・管理方法を検討しています。

（脇谷草一郎）

参考文献

1) Andrew Goudie and Heather Viles : Salt Weathering Hazards, John Wiley & Sons, Ltd. (1997)

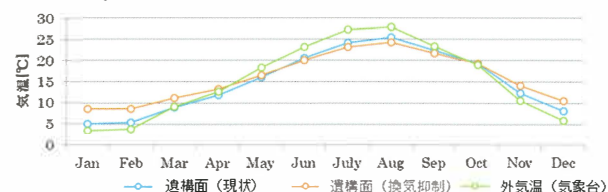


図2 解析結果（気温）

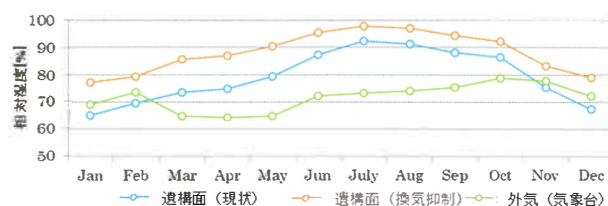


図3 解析結果（相対湿度）

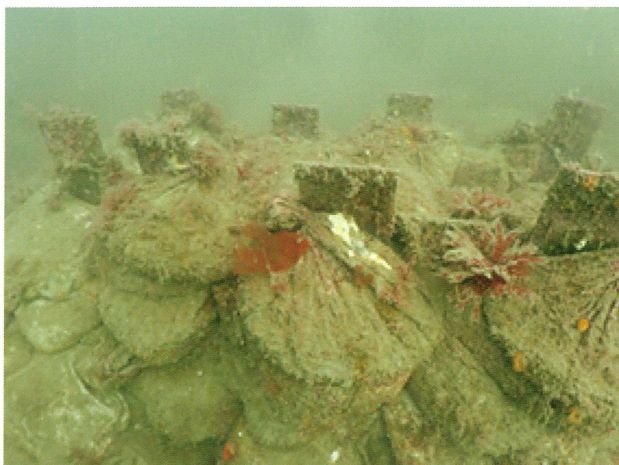


図4 海底での劣化試験の状況

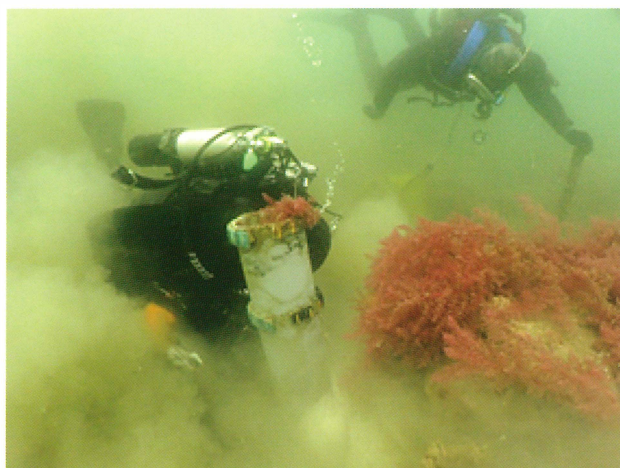


図5 供試体の引き上げの様子

海底遺跡における遺物の現地保存法の開発

海底遺跡から出土した沈船などの遺物は直ちに引き上げることが困難な場合が多く、発掘後の保存処理に膨大な時間と費用がかかるため、現地において埋め戻しによって保存を図ることが国際的に推奨されています。近年、長崎県松浦市に位置する鷹島海底遺跡から2隻の元軍船が発見され、国内においても現地保存に関する新たな研究が展開しています。海水は塩分濃度が高く、溶存酸素を含むため、適切な埋め戻しが施されなければ、急激に遺物の劣化が進行します。一方で、埋め戻しにより形成される埋蔵環境と、その環境下での遺物の劣化の機構は十分に把握されていません。保存修復科学研究室では海底遺跡から出土した遺物の現地保存法の開発のため、鷹島海底遺跡を調査地として、海底環境のモニタリングを実施するとともに、木材や金属試料を供試体とした劣化試験¹⁾を実施しています。(柳田明進)

参考文献

1) 柳田明進・池田榮史・脇谷草一郎・高妻洋成 2017「鷹島神崎遺跡における鉄製遺物の腐食に及ぼす埋蔵深度および共存する木製遺物の影響」考古学と自然科学 74 pp.45-5

含浸薬剤が溶出した出土木簡の修復

過去に保存処理された出土木簡では、経年により劣化した含浸薬剤(PEG:ポリエチレングリコール)が溶出し、表面が汚損される例があります。こうした木簡では、墨書の視認が困難となるほか、PEGの劣化にともなって生じた有機酸による木質への悪影響が懸念されます。そこで、木簡内のPEGを除去したうえで保存処理を再実施する手法について検討するとともに、試験による評価を試みました¹⁾。

現在奈文研における出土木簡の保存処理の主流となっている、高級アルコール含浸と真空凍結乾燥を併用する手法を応用したところ、木簡表面の濡れ色を軽減し、墨書の視認性を回復できることが示されました。(松田和貴)

参考文献

1) 松田和貴、高妻洋成「PEGが溶出した出土木簡の高級アルコールを用いた再処理」奈良文化財研究所紀要 2017 pp. 64-65



図6 (左) 含浸薬剤の溶出により表面が汚損された木簡
(右) 保存処理を再実施した木簡(真空凍結乾燥後)

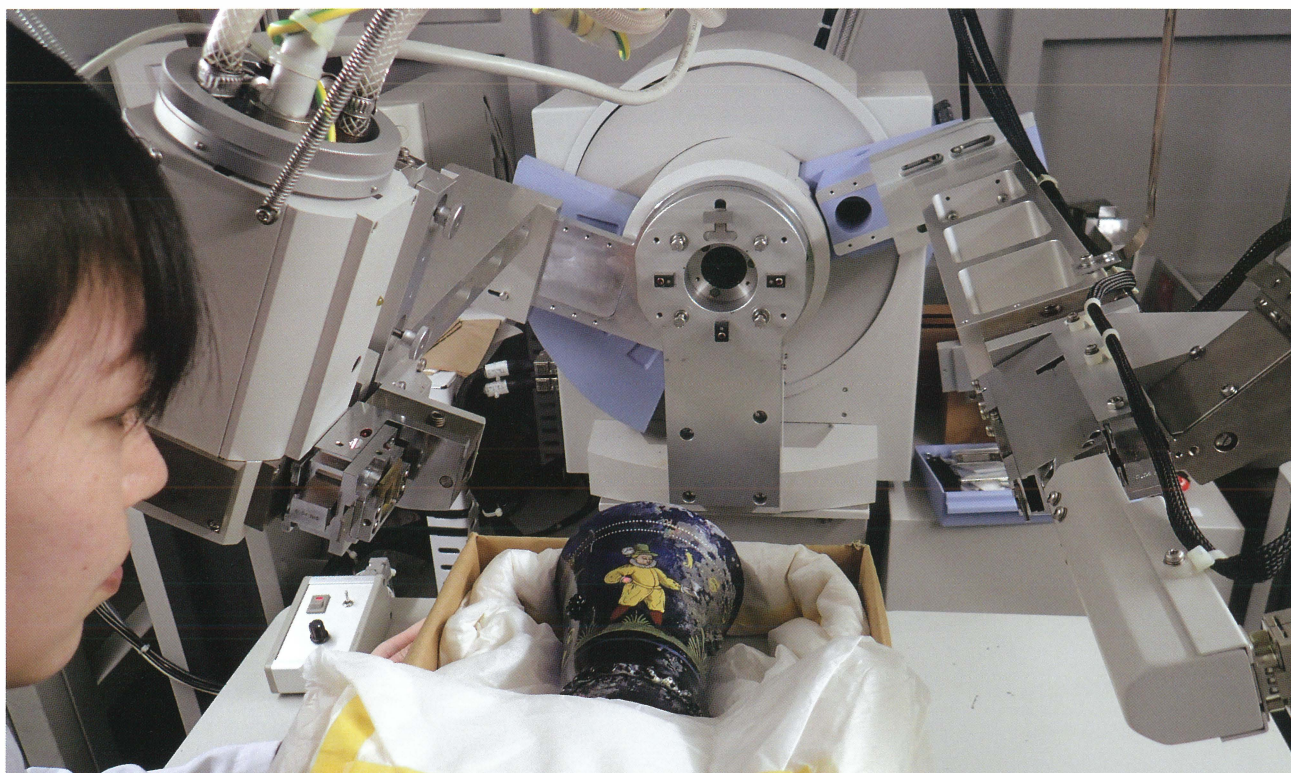


図7 X線回折分析 (Philips 製 X'pert-MPD PW3050)

ガラス杯の化学分析と保存処理 (連携研究)

愛知県幸田町松平忠雄墓所から出土した本資料は、特徴的な器形や図柄、そして1599年の紀年銘があることから、16世紀後期のボヘミアからドイツ南部で製作されたと考えられています¹⁾。

化学分析

本資料について、蛍光X線分析による材質調査を実施した結果、「カリ石灰ガラス」と呼ばれるガラスであることがわかりました。さらに、マグネシウムやリンを多く含むことから、当該時期の北ヨーロッパでシダやブ



図9 樹脂塗布の作業風景



図10-1 保存処置後の状態 (1)

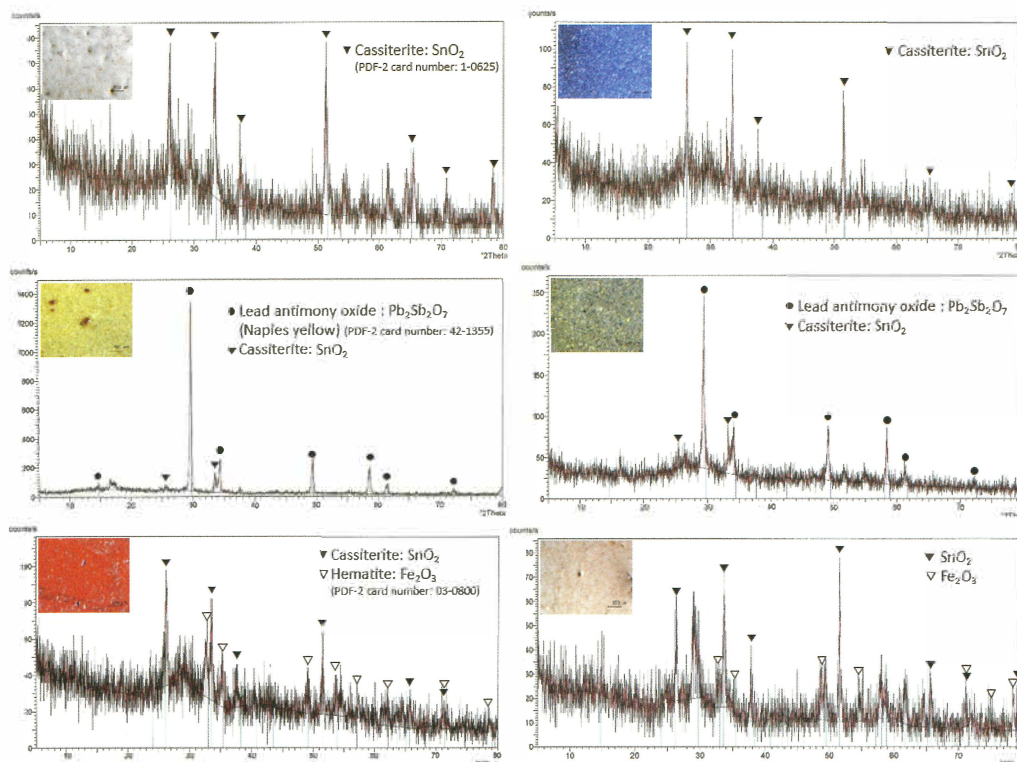


図8 絵柄部（エナメル彩）のX線回折スペクトル

ナなどの内陸の森林植物の灰を原料として製作されていた「森林のガラス（ヴァルトグラス）」の特徴を持つことが判明しました。

また、X線回折分析では、絵柄部分（エナメル彩）の着色剤が明らかになりました。白色不透明部分には酸化錫（ SnO_2 ）が用いられ、黄色や黄緑色部分では、アンチモン酸鉛（ $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ）（17世紀以降の絵画では「ナポリ黄」（Naples yellow）として知られる人工黄色顔料）が利用されていることがわかりました。

保存処理

本資料は、顕微鏡観察で胎部の紺色ガラス表面に形成された風化層に微細な亀裂や鱗片状の剥離が多数生じていることがわかりました。物理的な刺激によって表層の剥落等の損傷が引き起こされるおそれがあることがありと判断されたため、アクリル樹脂（商品名：Pararoid B72）の0.2～0.5%溶液（アセトン：トルエン1：1溶液）による表面の強化処置を実施しました。（田村朋美）

参考文献

1) 幸田町教育委員会 2017『松平忠雄墓所出土祝婚青色ガラス杯調査報告』



図10-2 保存処置後の状態（2）



図 11 解体修理前の東塔（2009 年 海野聡氏撮影）

薬師寺東塔木部材の年輪年代測定

調査の経緯 国宝薬師寺東塔（以下、東塔）は、薬師寺が藤原京から平城京に移されてから現在まで伝わる貴重な建造物です。東塔では、2009 年から奈良県教育委員会文化財保存事務所により解体修理が行われています。これに伴い奈良文化財研究所では、東塔の建立年代および建立後の修理経過を推定する資料を得ることを目的とした木部材の年代測定を受託し、調査にあたりました。

年輪年代測定で何がわかるのか 年輪年代測定では、木の年輪が形成された年を 1 年の精度で誤差なく明らかにすることができます。分析対象に樹皮が残存する場合、樹皮直下の年輪年代は木の枯死（伐採）年であり、木の外側の部分である辺材が残存する場合、最外層の年輪年代は伐採年に近い上限年代と解釈できます。また、分析対象が人工物の場合、その制作年は残存する最外層の年輪年代以降ということになります。

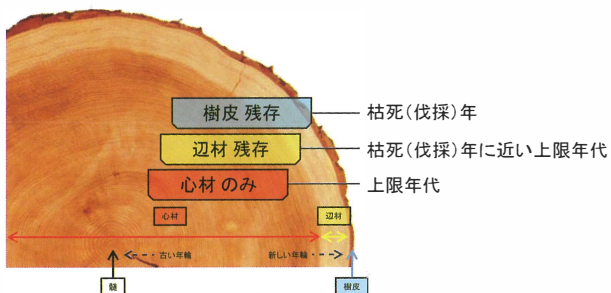


図 12 分析対象の形状と年輪年代の解釈

部材名	t 値	300	400	500	600	700	800	A.D.
初重 支輪裏板 北面 西より 8	9.2	490	730					
初重 支輪裏板 東面 南より 12	7.4	510	729					
二重 二段目肘木 ろ二へほ二	6.7	485	720					
二重装階 肘木 い三 南北方	5.4	481	720					
心柱 下	8.1	389	719					
初重 尾垂木掛 に三へに四	6.0	379	712					

t 値：標準年輪曲線に対する t 値

■：辺材残存 ■：樹皮残存

図 13 東塔木部材の年輪年代（この他に 67 点の木部材について年輪年代が明らかになっています）

成果の概要 これまでに、東塔を構成する主要な木部材が、薬師寺の平城京移転後に伐採されたものであることがわかりました。伐採年が特定されたのは、彩色画が残る建立の最終局面に取り付けられたと考えられる初重の支輪裏板で、729 年および 730 年に伐採されたものでした。また、心柱や肘木といった辺材が残存する木部材に、最外層の年輪年代が 719 年および 720 年というものが見出されています。これらは、「始建—薬師寺東塔—」という『扶桑略記』天平二年（730）三月廿九日条の記述などと非常によく整合する成果と言えるでしょう。解体修理の成果などともあわせ、今後の総合的な研究の進展が期待されます。

（星野安治）



図 14 樹皮が残存し伐採年が特定された東塔初重支輪裏板

平城京跡出土木簡の年輪年代学的手法 による同一材推定

木簡の同一材推定 年輪年代測定では、概ね 100 層以上の年輪を有する試料を対象とするのが一般的で、年輪数が少ない小型の木製品に適用される機会は必ずしも多くありません。一方、年輪年代学では、年代測定手法であるクロスデATINGにより、同一材由来の推定も行うことができます。これを木簡に適用することにより、木簡やその削屑の同一材関係や、刻まれる年輪の新旧関係を明らかにすることができるのです。この年輪年代学的な成果に基づく木簡の接続の検討をおこなうことで、例えばこれまで断片的な文字であったものが単語や文章として意味を持つものになるなど、史料としての木簡から引き出せる情報の増大を目指しています。

分析対象 ここで紹介するのは、奈良文化財研究所都城発掘調査部が行った平城第 524 次調査において、平城京跡の法華寺旧境内に隣接する場所において出土した木簡群についての事例です。今回、分析対象としたのは、この発掘調査で出土した木簡のうち、図 16 に示すような削屑木簡です。A・B はともに柾目材で木目は酷似し、内容面からも両者は同一木簡に由来する削屑である可能性が高いとされています。ただし直接には接続しないため、便宜的に別木簡として報告されています。

成果の概要 年輪曲線グラフで示すように、両者は年輪幅の前年に対する増減のみならず、絶対値も酷似していると判断され、同一材由来の可能性が高いと考えられます。また、バーチャートから、A・B は年輪同士が重複関係にあり、横方向の位置関係を特定することができました。したがって、木簡の接続の仕方としては両者が縦方向に並ぶか、あるいは重なり合うといった可能性が

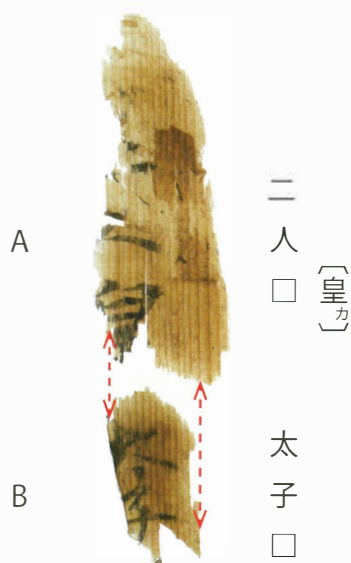


図 16 分析対象木簡に刻まれる年輪の対応



図 15 調査風景

考えられます。この検討結果は、記載内容を重視し、両者を A → B の順に配列して「皇太子」という熟語のまとまりを見出すこれまでの見解に対しても矛盾なく、むしろこの見解を支持するものと言えます。同遺構から出土した木簡は、養老・神亀年間（717～729）の年紀をもつものを中心としており、この時期の「皇太子」と言えば、神亀元年（724）即位の聖武天皇（＝首皇子）を指すと考えられます。

以上のように、おそらく最も小さな出土木製品のひとつと思われる木簡削屑に対しても、年輪年代学的手法が適用できるのです。またそれにより一定の成果を期待しうることも、あわせて提示できたと言えるでしょう。今後、より多くの木簡に調査対象を広げつつ、研究を展開していきたいと考えています。

（星野安治）

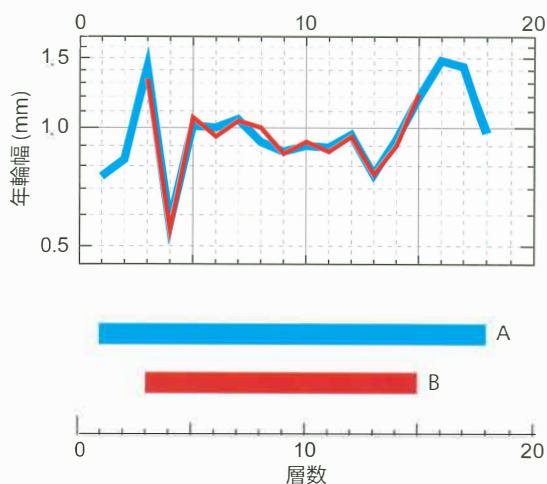


図 17 A・B の年輪曲線（上）とバーチャート（下）

熊本県下被災古墳の情報収集

奈良文化財研究所埋蔵文化財センターでは、それぞれの研究室の研究資産と能力を活用して、国内外の被災遺跡に対する支援をおこなっています。

2016年の熊本地震では、熊本城をはじめ数多くの遺跡にも被害が出ました。古墳についても同様に、県内には数多くの被害が報告されています。

遺跡・調査技術研究室は熊本県および県下の市町村、文化庁のみなさんに協力して、被災古墳の現況の把握のための基礎情報の取得を目的として、複数の古墳において調査をおこないました。

井寺古墳

井寺古墳は嘉島町に所在する国史跡の装飾古墳です。江戸時代に地震で石室の存在が明らかとなり、大正時代の京都帝国大学の調査などによって、当該地域を代表する古墳として注目されてきました。羨門から羨道側壁および石障に直弧文および同心円文、梯子状文などによって構成される装飾をみることができます。今回の地震では、墳丘部分に複数の地割れが発生した他、石室が大きく破損し、天井石が落下するなど、深刻な被害が観察さ



図 18 井寺古墳の探査風景

れました。

嘉島町、熊本県を中心に、東京大学生産技術研究所が石室の三次元計測と変位状況の検討を、当研究室が遺跡探査による石室および墳丘部分の地中内部の調査や周辺のLiDARやUAVによる地形計測を実施しています。

探査作業は地割や石室の破損で人間が立ち入ることが危険な箇所が多く、安全と考える箇所からアンテナを牽引して調査するなど、工夫をしながら実施し、地中の状況を考えるデータを取得しました。

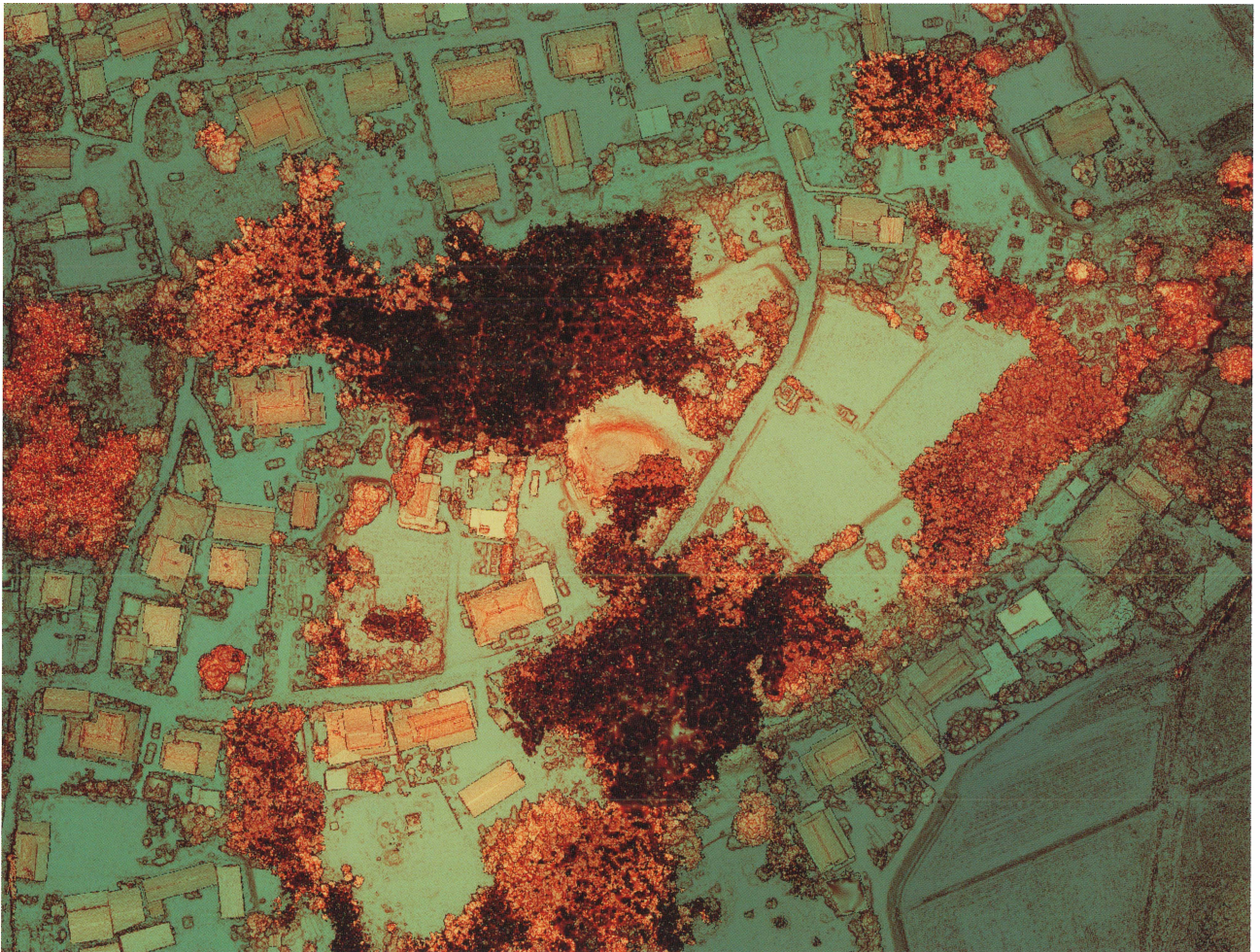


図 19 井寺古墳周辺の UAV による解析

小坂大塚古墳の調査

小坂大塚古墳は御船町に所在する古墳です。大正時代に土の採取によって石室が発見され、銅鏡や甲冑をはじめとする豊富な副葬品の出土で知られています。残存する墳丘から径36 m程度の円墳と推定されてきましたが、九州各県から熊本県に派遣されている文化財専門職員による町への支援として被災した学校建物の建て替えにともなう発掘調査が実施され、幅12 m、深さ2 mの周溝が確認され、墳丘の規模も約50 mと大型の古墳であることが判明しました。

残存している墳丘の頂部には、石室に由来すると考えられる大きく陥没したへこみが存在し、地中の石室や墳丘内の状況を明らかにする必要が指摘されてきました。

このため、当研究室では面的な発掘調査に先立って、墳丘周囲のLiDARによる三次元計測および地中レーダー探査をおこないました。この結果、未発掘部分で周溝と考える反射をとらえることができました。

続いて、面的な発掘調査が進む段階で、残存する墳丘頂部の地中レーダー探査と発掘調査部分を含むLiDARやUAVによる地形計測を実施しています。

UAVによる空中写真撮影では、近くの畑に同心円状

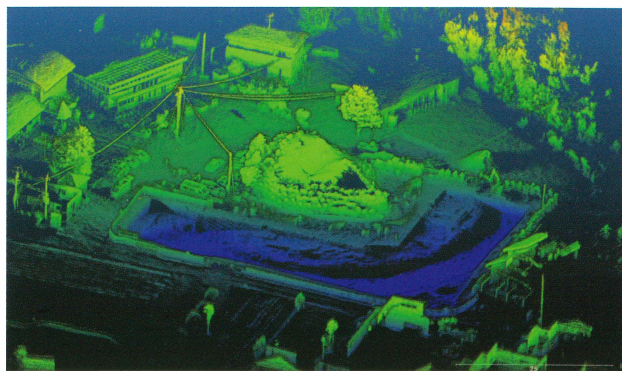


図20 LiDARによる小坂大塚古墳の調査

の土が黒ずんだ部分を確認するという予想外の成果を得ることができました。これは、地下の状況が地表に影響を与えておこるソイルマークと呼ばれるものであると考えられ、削平されて現存しない古墳の存在の可能性があると考えます。

まとめ

今年度の継続的な調査で、被災古墳の保護に資する更なる情報取得と、その手法の開発の必要性が明瞭になってきました。次年度以降も、貴重な地域の文化財を守り伝えていくために現地で奮闘されている方に役立つ活動を継続していく予定です。

(金田明大)



図21 UAVによる小坂大塚古墳の空中写真（中央が小坂大塚古墳、赤い矢印の部分がソイルマーク）

群馬県金井東裏遺跡から出土した 骨角製品の素材同定

群馬県渋川市の金井東裏遺跡は、6世紀初頭の榛名山噴火に伴う火砕流で被災した「甲を着た古墳人」が見つかったことで知られています。

この遺跡からは、小札、鉄鏃装具、鉄鉾装具、刀子柄などの骨角製品も数多く出土していました。環境考古学研究室では、これらの骨角製品の素材同定をおこないました。

出土状況

金井東裏遺跡4区の31号溝やその周辺から、6世紀初頭に降下した榛名二ツ岳渋川テフラ（Hr-FA）の火砕流堆積物に覆われて、小札、鉄鏃、鉄鉾、刀子が出土しました。

小札列の束は、第2号甲の胸部付近から見つかりました。小札列は4段あり、最上段に左右2枚ずつの4枚、その下に13枚、15枚、17枚の合計49枚の小札が使われていました。鉄鏃は、25本以上が矢先を東に向けた状態でまとまって出土しました。刀子は、甲着装人骨（第1号甲）の甲内面から見つかりました。人骨の腹部下位に位置しています。鉄鉾は、甲着装人骨（第1号甲）の南西5mほど離れた平坦面から出土しました。

また、3号祭祀遺構の中央部包含層からは、刀子が榛名二ツ岳渋川テフラ（Hr-FA）の火山灰（S-1）に覆われて、出土しました。

切断標本の作製

金井東裏遺跡から出土した骨角製品は加工が進んでおり、動物遺存体の種同定に有効な部分が残されていませんでした。そこで、金井東裏遺跡で確認された動物種であるウマとニホンジカの骨や角について、内面の組織構造も観察できる切断標本を作製し、素材同定をおこないました。

素材同定の結果

同定できた骨角製品はすべて鹿角でした。鹿角を素材としたのは、木質素材にはない「白色」という視覚的側面を重視したのではないかと考えられます。

また、小札であれば、同じ白色である牛馬の骨からでも製作することは可能ですが、利用していませんでした。鹿角への強い選択性が感じられます。

大型の鹿角を利用

素材となった鹿角の大きさを検討するために、全長41～68cmまでの現生ニホンジカの角8本を用いて、分割標本を作製しました。その結果、小札と鉄鉾装具には大型の鹿角を利用していることがわかりました。小札は全長50cm以上、鉄鉾装具は全長60cm以上の鹿角

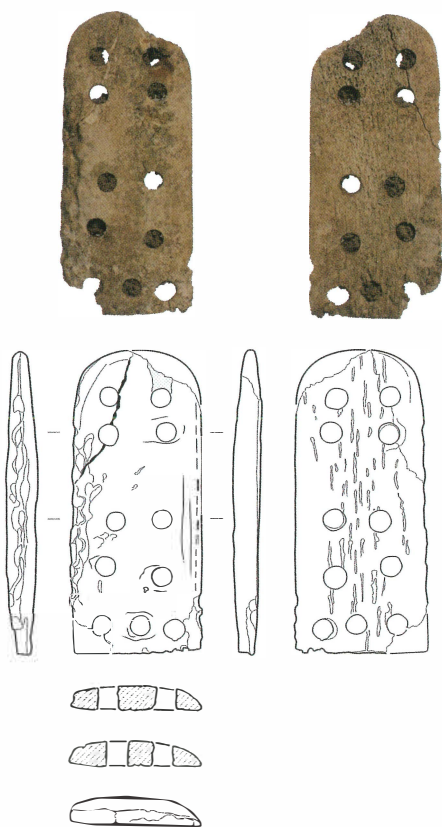


図22 小札 (No.3-15)



図23 鉄鉾装具

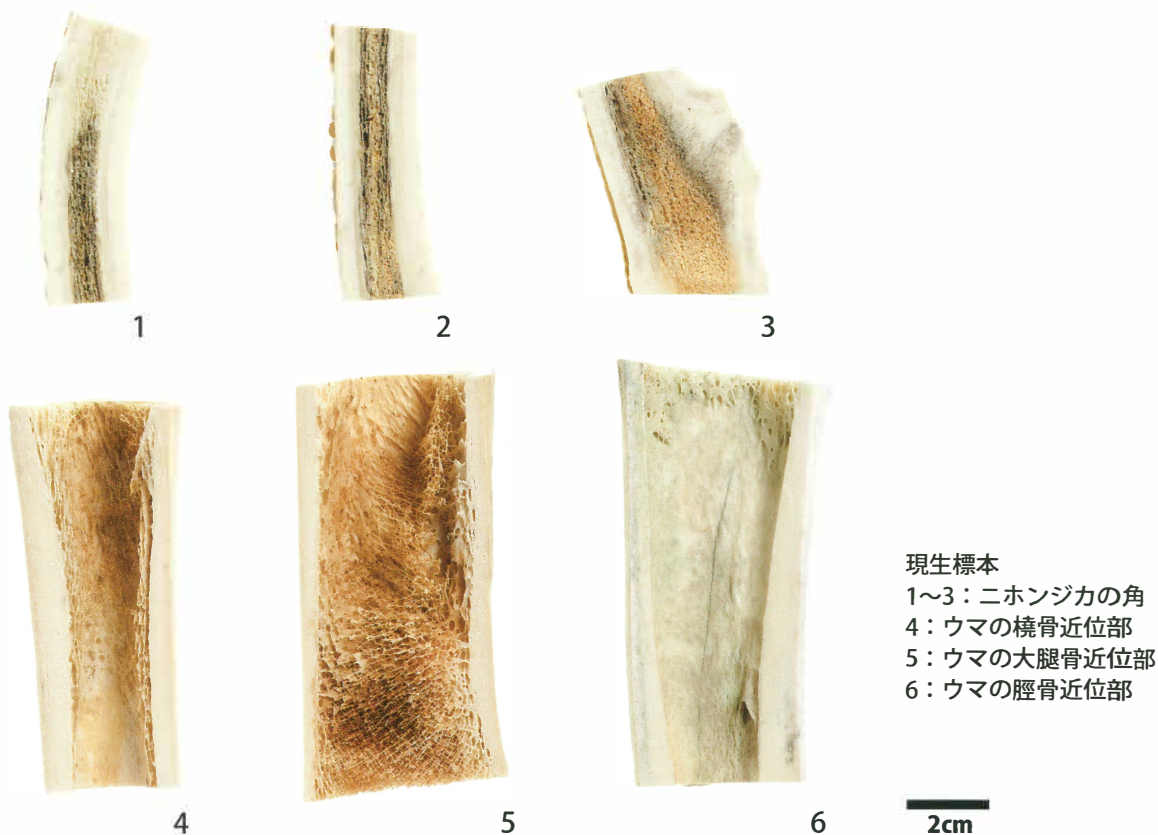


図 24 現生動物の骨や角の切断標本

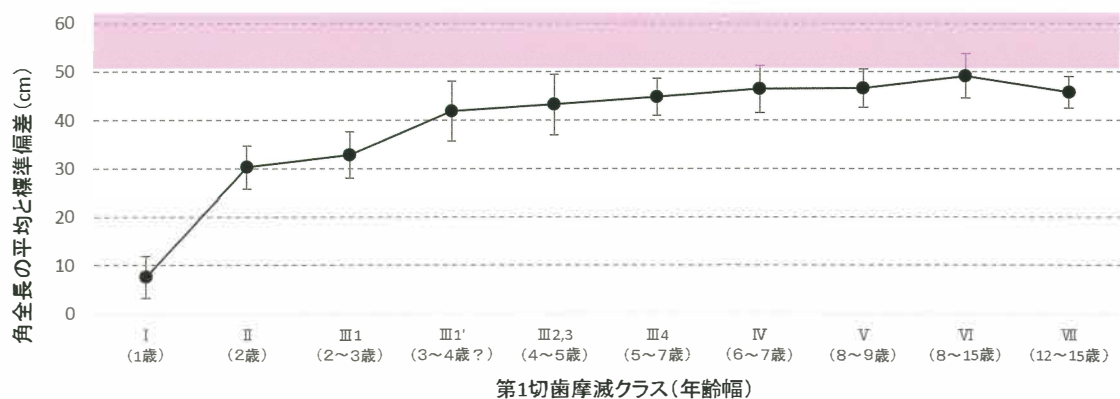


図 25 奈良公園におけるニホンジカの角の全長¹⁾ ※色のついた部分は、小札や鉄鉾装具の素材となった鹿角の大きさを示す。

でないと製作できない大きさでした。

現在、奈良公園にいるニホンジカの角の大きさを参考にすると、角の最も大きな年齢段階（8～15歳）でも鹿角の全長は平均値で $49.10 \pm 4.52\text{cm}$ でした。金井東裏遺跡の小札や鉄鉾装具には、かなり大型の鹿角を選択して製作したことがうかがわれます。

金井東裏遺跡出土資料の意義

金井東裏遺跡から多くの骨角製品が出土しましたが、同定できた資料すべて鹿角であり、武器・武具・工具の素材として鹿角が多用されていたことが明らかとなりま

した。小札や鉄鉾装具にかなり大きな鹿角が使われていたことも注目されます。

骨や角の保存条件から、これまで古墳時代の骨角製品は、墳墓や海浜集落、洞穴といった遺跡に偏っていました。金井東裏遺跡の出土資料は、骨の保存条件には恵まれていない内陸部における鹿角利用の様相がうかがえる貴重な事例と言えます。

(山崎 健)

参考文献

1) 大泰司紀之(1977)「奈良公園のシカの角に関する研究(予報)」『天然記念物「奈良のシカ」調査報告』昭和51年度から作成。