ポスター発表

P－001

旧石器遺跡に関連した三瓶山起源テフラの年代測定と蛍光X線分析

○下岡順直（金沢大），長友恒人（奈教大），
長谷川歩（奈教大），川端靖子（奈教大），福岡　孝（島根県立三瓶自然館）

1　研究の目的

広島県と島根県にまたがる山間地において、原田遺跡（島根県）、和知白鳥遺跡、段遺跡、向泉川平第一遺跡（広島県）など複数の旧石器遺跡が近年発見された。これらの遺跡で姶良丹沢火山灰（AT）とともに発見された三瓶山を給源とする火山灰（テフラ）は、この地方での旧石器遺跡遺物包含層の年代推定の示準層として重要である。特に、三瓶浮布テフラ（SUk）と三瓶池田テフラ（SI）は近畿や東海地域でも検出されており、広域の鍵層テフラとしてその数値年代を正確に決定することは旧石器時代研究において非常に意義がある。

今回、三瓶山近傍の給源付近および原田遺跡においてSUkとSIを採取し、熱ルミネッセンス（TL）法と放射性炭素（C-14）法を用いて年代を求めた。給源付近のテフラ層は層厚が厚く、一次堆積であることから異物の混入が少ないのに対して、考古遺跡で検出されたテフラは一般に薄層であり異物混入の割合が高いので、給源付近で採取したテフラを用いた年代測定の方が、より信頼性が高い。

年代測定とともに、三瓶山起源テフラの蛍光X線分析を行った。原田遺跡8層下部のテフラは火山ガラスの屈折率などのテフラ分析ではSIと同定することができず、遺跡周辺露頭の詳細な調査が行われ、露頭ごとの層相が比較された結果SIと推定された（早田 2008）。今回、より簡便にSIと三瓶雲南（SUn）を識別するために、島根県と広島県において採取した試料を用いて蛍光X線分析を試みた。

2　測定

2－1　年代測定

TL測定用試料は、SUkを三瓶山近傍（島根県大田市三瓶町、久部露頭）において、SIを三瓶山近傍（三瓶町、藤木川上流露頭）と原田遺跡（8層下部）において採取した。C-14測定用試料は、三瓶山近傍（三瓶町、志学露頭）においてSUk軽石堆積物中の炭化材を採取した。

TL測定は多試料法を用いて蓄積線量を評価し、年間線量はTL線量計を用いて測定を行った。C-14測定は、古環境研究所と地球科学研究所に委託した。

2－2　蛍光X線分析

蛍光X線分析用試料は、原田遺跡と三瓶山近傍のほかに島根県と広島県の県境付近において露頭調査を行い、7地点からSUn（5点）とSI（6点）を採取した。分析は、波長分散型蛍光X線分析装置を用いて、Na、K、Ca、Fe、Rb、Srの6元素を測定した。岩石標準試料は、JG-1、JG-1a、JR-1、JB-2、JB-3、JA-3の6試料を用いて検量線を作成して濃度に換算し、K-Ca、Rb-Srの分布図を作成した。

表1　三瓶山起源テフラのTL年代

テフラ／採取地点	蓄積線量(Gy)	年間線量 (mGy/a)	TL年代(ka)
三瓶浮布(SUk)			
久部露頭	35.7±6.6	1.89±0.04	19±4
三瓶池田(SI)			
藤木川上流露頭	182.5±37.5	3.72±0.10	49±10
原田遺跡(8層下部)	58.6±10.5	1.38±0.05	43±8

3　結果

3－1　年代測定

志学露頭 SUk の炭化材の C-14 年代は、16,000±40 yBP(PLD-6317)と 16,280±60 yBP(Beta-222238)であった。この結果は、三瓶山近傍でこれまで得られている SUk に関連した C-14 年代（福岡ほか 2007）と非常に調和的である。今回得られた C-14 年代を CalPal-2007$_{Hulu}$ により暦年較正した年代は、18,930-19,340 calBP と 19,160-19,770 calBP（どちらも 1σ）となった。久部露頭 SUk の TL 年代は 19±4 ka（表 1）であり、SUk の C-14 年代は TL 年代と良く一致した。

SI の TL 年代は、藤木川上流露頭で 49±10 ka 、原田遺跡で 43±8 ka（表 1）となり、両者は誤差の範囲で一致した。SI は、これまで理化学的手法を用いた年代測定で年代が得られていない。町田（2005）は、SI が武蔵野ローム最上部、中津原段丘砂礫層中にあるとし、その形成が高海面期の海洋同位体ステージ（MIS）3.3 と見積もった結果、SI の年代を 50 ka 前後とした。また、吉川・加（2001）は、琵琶湖湖底堆積物の花粉分析と酸素同位体比編年を対比させた結果、SI の年代を 49 ka とした。今回の TL 年代は、町田（2005）や吉川・加（2001）が推定した年代と調和的であった。

3－2　蛍光 X 線分析

蛍光 X 線分析の結果を図 1 に示す。SUn は SI と比較して K と Rb の濃度が高く、SI は SUn と比較して Ca と Sr の濃度が高いことがわかった。K-Ca、Rb-Sr の分布図より、SUn と SI は明確に識別することができた。原田遺跡 8 層下部のテフラ試料は K-Ca、Rb-Sr の分布図において、SUn の分布とは重ならず SI の分布に入ることから、SUn ではなく SI の可能性が高い。

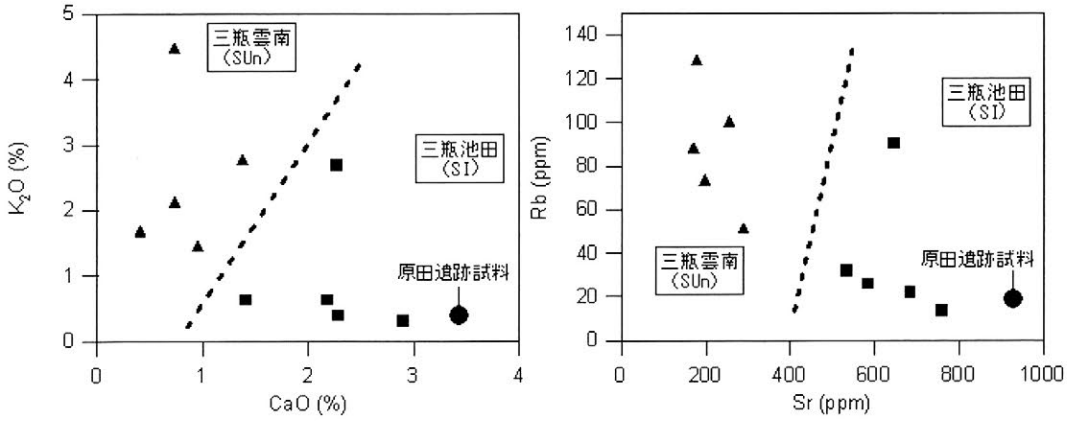


図 1　三瓶池田（SI）■と三瓶雲南（SUn）▲の K-Ca、Rb-Sr 分布図

4　今後の展望

本報告では、島根県で検出された三瓶山起源テフラの年代測定と蛍光 X 線分析を行った。現在、広島県で検出された三瓶山起源テフラの年代測定と蛍光 X 線分析を実施している。複数地点で採取した試料を用いてデータをさらに蓄積することにより、三瓶山起源テフラの年代値と SI の同定の信頼性を高めていきたい。

＜参考文献＞

早田　勉（2008）島根県奥出雲町原田遺跡で検出されたテフラと指標テフラとの同定の試み、原田遺跡（4）、162-169

福岡　孝、長友恒人、下岡順直、草野高志（2007）三瓶火山第Ⅳ期・浮布降下軽石堆積物の ^{14}C 年代、島根県立三瓶自然館研究報告、5、35-39

町田　洋（2005）日本旧石器時代の編年：南関東立川ロームの再検討、旧石器研究、1、7-16

吉川周作・加三千宣（2001）琵琶湖湖底堆積物による過去 40 万年間の高精度火山灰編年、月刊地球、23、594-599

P－002

石川県三引遺跡の堅果類貯蔵穴の炭素14年代測定

○山本直人・水野　蛍・奥野絵美（名古屋大学文学研究科）、
パレオ・ラボAMS年代測定グループ

1.はじめに

三引遺跡は、石川県七尾市三引町（旧鹿島郡田鶴浜町三引）に所在する、縄文時代早期末～晩期の遺跡である。三引遺跡は小さな入り江の奥に立地し、東・西・南は山に囲まれ、北には七尾湾が広がっている。三引川が入り江に流れ込んでおり、その沖積低地から丘陵上に立地し、標高は約2.5mである。能越自動車道の建設に伴い、1994（平成６）年から1999（平成11）年にかけて６次にわたり、（社）石川県埋蔵文化財保存協会や石川県立埋蔵文化財センターによって発掘調査が行われた。遺構は、早期末から前期初頭、中期、後期から晩期にかけての貯蔵穴が約160基検出された。貯蔵穴の立地では、山裾で流水のある環境と地下水位の高い低地にある環境の二つが見られることが分かっている。出土した縄文土器の型式は、早期末から前期初頭では佐波式、中期では新崎式、上山田式、古串田新式、串田新Ⅰ式、後期では気屋式、酒見式、井口Ⅱ式、八日市新保式、晩期では御経塚式、中屋式、下野式である。

本遺跡で検出された14基の貯蔵穴から出土した堅果類15点の炭素14年代（以下^{14}C年代）を測定しており、ここに報告する。

2.試料と方法

測定試料の情報は表１のとおりである。試料は加速器質量分析計（パレオ・ラボ、コンパクトAMS：NEC製1.5SDH）を用いて測定した。得られた^{14}C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、^{14}C年代、暦年代を算出した。

3.結果

表１に、炭素同位体比（δ^{13}C）、誤差を丸めて表示した^{14}C年代、^{14}C年代を暦年代に較正した年代範囲、年代範囲に該当する土器型式を示した。

^{14}C年代は、AD1950年を基点にして何年前かを示した年代である。^{14}C年代（yrBP）の算出には、^{14}Cの半減期としてLibbyの半減期5568年を使用した。また、付記した^{14}C年代誤差（±１σ）は、測定の統計誤差、標準偏差等に基づいて算出され、試料の^{14}C年代がその^{14}C年代誤差内に入る確率が68.2%であることを示すものである。また暦年代範囲のうちその確率が最も高い年代範囲については表中に下線で示してある。

4.考察

堅果類貯蔵穴の較正年代を小林謙一氏や山本の提示している土器型式の較正年代にあてはめていくと、表２のように土器型式を特定することができる（小林2008、山本2007）。それをもとに貯蔵穴14基は大まかに３期に分けられる。各期の時期（型式）と基数は、第１期が縄文時代早期末～前期初頭（佐波式）で４基、第２期が中期後半～後期初頭（上山田Ⅱ式～前田式）で５基、第３期が晩期前半（御経塚式～中屋Ⅱ式）で５基である。年代測定を行なったのは測定可能な試料が検出されたわ

ずか14基の貯蔵穴のみであることから、遺跡全体における貯蔵穴の時期的変遷に関して述べることは困難である。しかしながら、表2から西調査区には中期後半の貯蔵穴が、南調査区には晩期の貯蔵穴が、それぞれ立地する傾向にあるという点は指摘できる。

今後の課題として以下の二点が挙げられる。第一に、発掘調査で資料が出土していないにも関わらず、較正年代では中期の古府式・串田新Ⅱ式および後期初頭の前田式に該当する結果が得られ、これをどのように解釈するか、という点である。第二に、本研究で得られた測定値をもとに他の遺構との時期的関係を把握し、遺跡の土地利用の時期的変遷を捉えることも課題として挙げられよう。

表1 測定試料と ^{14}C 年代測定および暦年較正の結果

測定番号	調査区 遺構名	試料	$\delta^{13}C$ (‰)	^{14}C 年代 (yrBP±1σ)	較正年代（2σ）	土器型式
PLD-9075	西 SK17	トチ	-29.62±0.17	4350yrBP±25	3030BC(95.4%)2900BC	上山田Ⅱ式～ 古府Ⅰ式
PLD-9076	西 SK18	クルミ	-26.71±0.11	4130yrBP±25	2870BC(26.6%)2800BC 2780BC(68.8%)2580BC	古府Ⅰ式～ 串田新Ⅰ式
PLD-9077	西 SK21	トチ	-28.39±0.14	4200yrBP±30	2900BC(27.7%)2830BC 2820BC(67.7%)2670BC	古府Ⅰ式～ 串田新Ⅰ式
PLD-9078	西 SK21	クルミ	-31.41±0.74	3970yrBP±60	2630BC(95.4%)2290BC	串田新Ⅰ式～ 前田式
PLD-9079	西 SK24	クルミ	-25.51±0.15	6170yrBP±30	5220BC(95.4%)5030BC	佐波式
PLD-9080	不明 SK39	クルミ	-25.07±0.12	2955yrBP±25	1270BC(95.4%)1050BC	御経塚式～ 中屋式
PLD-9081	西 SK40	トチ	-26.12±0.23	6145yrBP±30	5210BC(95.4%)5000BC	佐波式
PLD-9082	不明 SK42	トチ	-27.20±0.15	4245yrBP±25	2910BC(82.4%)2860BC 2810BC(13.0%)2750BC	古府Ⅰ～Ⅱ式
PLD-11282	南 SK05	アカガシ亜属	-29.96±0.22	2925yrBP±25	1257BC(4.8%)1235BC 1216(90.6%)1026BC	御経塚式～ 中屋式
PLD-11283	南 SK12	コナラ属	-30.07±0.15	2885yrBP±30	1194BC(7.5%)1142BC 1133BC(87.9%)978BC	中屋Ⅰ～Ⅱ式
PLD-11284	南 SK14	アカガシ亜属	-27.74±0.19	2895yrBP±25	1208BC(0.6%)1202BC 1196BC(11.3%)1141BC 1135BC(83.5%)1001BC	中屋Ⅰ～Ⅱ式
PLD-11285	北 SK15	アカガシ亜属	-28.58±0.14	2855yrBP±25	1118BC(84.6%)970BC 962BC(10.8%)932BC	中屋Ⅰ～Ⅱ式
PLD-11286	西 SK38	オニグルミ	-25.12±0.16	4100yrBP±30	2861BC(21.7%)2808BC 2757BC(9.1%)2719BC 2705BC(63.6%)2572BC 2513BC(1.0%)2504BC	古府Ⅱ式～ 串田新Ⅱ式
PLD-11287	不明 SK43	コナラ属	-26.08±0.21	6130yrBP±30	5210BC(95.4%)4992BC	佐波式
PLD-11288	東 SK48	マツ科	-27.54±0.15	6060yrBP±35	5054BC(89.8%)4880BC 4871BC(5.6%)4848BC	佐波式

表2 貯蔵穴の時期別変遷表

時期	土器型式	調査区：遺構
早期末～前期初頭	佐波式	西：SK24・SK40, 東：SK48, 不明：SK43
中期後半～後期初頭	上山田Ⅱ式～前田式	西：SK17・SK19・SK21・SK38, 不明：SK42
晩期前半	御経塚式～中屋Ⅱ式	南：SK05・SK12・SK14, 北：SK15, 不明：SK39

【参考文献】 小林謙一、2008、「縄文時代の暦年代」『縄文時代の考古学2 歴史のものさし』、pp.257-269、同成社：東京。
山本直人、2007、『文理融合の考古学』、高志書院：東京。

P－003

天然記念物「青葉山」に生育するアカマツの年輪年代学的検討

○大山幹成（東北大学植物園），大和田めぐみ（物質・材料研究機構），
星野安治（東北大学植物園），鈴木三男（東北大学植物園）

はじめに

木質古文化財の年輪年代測定の基盤となるのは、クロノロジーと呼ばれる標準年輪曲線の構築である。本邦産の樹種では、木材として広く用いられてきたヒノキ、スギなど主としてヒノキ科の樹種に重点を置いて、その構築と延長が図られてきた。

近世に至ると、森林の荒廃を背景として、建造物の修復材や古民家の部材にアカマツ（*Pinus desiflora* マツ科）が多用されるようになるが、これまで我が国においてアカマツの年輪年代学的研究およびクロノロジー構築はほとんど手つかずであった。韓国においては、既に現生材クロノロジーの構築と建造物（例えば、景福宮の神武門）の年代測定が行われており（Park et al. 2001, 2007）、我が国においてもアカマツの年輪年代学的検討とクロノロジー構築は大きな成果が期待できる課題である。

本報告においては、宮城県仙台市に位置する天然記念物「青葉山」に生育していた多数のアカマツから円盤標本を採取して年輪幅を測定し、年輪年代学的検討を行うとともに、現生材のクロノロジーを構築することを目的とした。

試料と方法

天然記念物「青葉山」（東北大学植物園）（北緯 38 度 14 分、東経 140 度 50 分、標高 58-148m）は、伊達政宗の仙台城築城以来、400 年の歴史を有する自然林であり、面積は約 52 ヘクタールである。しかしながら、近年マツノザイセンチュウによる松枯れ被害が相次ぎ、数多くのアカマツが枯死している。これらアカマツ材 85 点から円盤を採取し、試料とした。またこれとは別に、土砂崩れ防止のため 2006 年 7 月に緊急に伐採を行ったアカマツ 4 点も試料に加えた。各円盤に、2 測線を設定し、年輪幅計測器（司技研製）を用いて、0.01mm 単位で年輪幅の測定を行った。得られた測線ごとのデータを個体ごとに平均し、これらの年輪幅時系列について、統計的評価と目視によるクロスデーティング（Baillie 1982）を行い、最終的に年輪幅のクロノロジーを構築した。また各統計値の算出にはコンピュータープログラム COFECHA および ARSTAN(Holmes 1983)を使用した。

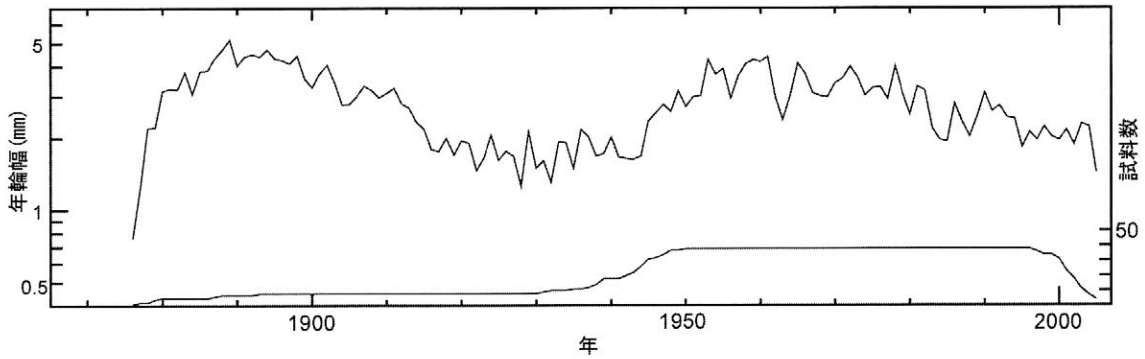
結果と考察

アカマツの年輪数は、120 年前後のグループと 60 年前後のグループの大きく 2 つに分けられた。これは、青葉山がかつて受けた人為攪乱の影響を反映していると推定される（遠田 1990）。クロスデーティングは比較的容易であったが、年輪数が少ない試料が多いため、反復検証（replication）を特に重視し、複数試料間で相対年代に矛盾がない試料だけをクロノロジー構築に使用した。現時点まででクロスデーティン

グができた試料数は38点で、年輪数は52年～125年、平均値は72.4年、中央値は60年であった。

これらの試料から、現生材の130年（1876～2005年）の年輪幅クロノロジーを構築した。平均年輪幅は、3.02mm、標準偏差は、0.72であり、年輪幅の年々変動の大きさを示す平均感応度（Mean Sensitivity）は、0.227と日本産針葉樹としては比較的高い値を示した。この値は、韓国で報告されたアカマツの平均感応度と同程度かやや高い値であった（Park et al. 2001）。また、クロノロジーと個体間の相関係数の平均値（r_{tm}）は、0.512、個体間相関係数の平均値（r_{bt}）は、0.252であり、後者は、韓国のデータよりやや低い値を示したものの、試料間で高い同調性があることが確認できた。以上より、本研究で構築したアカマツのクロノロジーは、建築材などの木質文化財に対する年代測定に十分な能力を有すると考えられる。

今後、青葉山以外の地域に生育していたアカマツの年代測定を行い、その年代測定能力を検証するとともに、他樹種との同調性についても検討する予定である。今後さらに、試料収集を進めてこのクロノロジーの延長を図ることが必要である。



図：アカマツの年輪幅クロノロジー

引用文献

遠田　宏 (1990) VI.東北大学理学部附属植物園内樹木の樹齢.　「仙台市の自然」　仙台城跡自然環境総合調査会（編）, 仙台市教育委員会, 171-176

Baillie M.G.L (1982) Tree-ring dating and archaeology. Croom Helm, London, p274

Holmes R.L. (1983) Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 43:69-78

Park, W.-K et al. (2001) Development of tree-ring chronologies of *Pinus densiflora* from Mt. Sorak and dating the year of construction of the Kyunghoe-ru pavilion in Seoul. Journal of Korean Physical Society 39(4):790-795

Park, W.-K et al. (2007) Tree-ring dating of Sinmu-mun, the north gate of Kyongbok palace in Seoul. Tree-ring Research 63:105-109

P－004

日本産ツガ属の年輪年代測定（その2）
－複数の近世建造物におけるデータ比較－

○藤井裕之（奈良文化財研究所），竹口泰生（奈良県文化財保存事務所），
後藤玉樹（京都市元離宮二条城事務所）

はじめに

近世の西日本、とりわけ近畿地方の建造物にはツガ（栂・トガ）の材が多い。ツガは年輪年代法に有望であることが以前から指摘されており、こうした歴史的建造物を対象にした年代測定の実用化が期待されるところである。しかし、その基礎的研究はこれまでほとんど手付かずのままであった。

そこで昨年の大会では、當麻寺大師堂（県指定、奈良県葛城市當麻）のツガ属の部材で年輪測定を試みた結果を示し、この樹種でも個別物件の年代把握が可能なことを論じた（藤井・竹口 2008）。その後、別の建造物で部材の年輪を新たに調査する機会があり、このデータを當麻寺大師堂のデータと比較したところ両者のクロスデートに成功した。これは異なる物件でツガ類の年輪パターンが合致した初めての例でもあるので、以下報告する。

１．調査の対象

今回新たに調査したのは、願泉寺本堂（重要文化財、大阪府貝塚市中）の建築部材である。2004年から2009年12月までの予定で他の５棟の建物とともに保存修理が進められており（設計監理は財団法人文化財建造物保存技術協会が担当）、調査はこの機会を利用した。

願泉寺は16世紀後半以来、貝塚寺内町の中核をなしてきた寺院である。江戸時代初頭に住職の卜半（ぼっかん）氏が寺内町の領主の地位を得てからは、幕末まで全国的にも珍しい僧侶による自治がおこなわれたことでも知られる。

現在の本堂は、本瓦葺、入母屋造で、実長十三間半四方の平面規模を有する。記録類や今回の工事中に発見された墨書によると、1663（寛文３）年から翌年にかけて建築されたことが確実で、境内に現存する建物の中では最も古いと考えられる。木材利用について特筆できるのは、人目に付かない場所を中心に転用材が使われている点である。この転用材には樹種の面でも特徴があり、目視での判断によると、現在の本堂にはケヤキやツガ、マツが多いのに対し、転用材に限ってはヒノキが主体になっている。転用材は、その多くが前身本堂の部材であったと推定できる。

２．試料の選定とデータ処理の方法

部材を目視で観察し、外観がツガ類の特徴を呈している部材の中から、１点につき100層以上の年輪が含まれていると認めたものを試料に選定した。樹種については、その後木材組織プレパラートを作成し、あらためてツガ属かどうか確認している。その結果、これまでに合計で10点の試料を得ることができた。なお、今回の調査は工事が相当進んだ段階でおこなったことから、網羅的なサンプリングは不可能であった。そのため、部材の種類は１点を除いて、縁廻りの部材に偏っている。

年輪データの計測やクロスデーティングは、Baillie（1982）などに基づいた光谷ら（1990）の方法によった（クロスデート：重複年輪数100層以上、t=5.0以上で判断）。ただし、今回は専用の年輪読取器を使わず、試料の表面をコンパクトデジタルカメラ（Panasonic DMC-FX30）で撮影し印刷出力したものから年輪幅を計測している。撮影に際しては、試料の表面が平滑かつ鮮明になるよう、紙ヤスリまたは刃物で研磨、切削したほか、画像にはスケールを写し込み、倍率がわかるようにした。実際のクロスデートはコンピュータ上でおこない、Excel VBAによる自作プログラム、ならびに年輪分析ソフトPAST4（オーストリアSCIEM社）を併用した。

No.	部材名称	樹種	種別	測線数	年輪数	グループ
1	背面半柱	ツガ属	心材型	1	155	—
2	東広縁根太3-3	ツガ属	心材型	1	152	—
3	北広縁板16	ツガ属	心材型	1	295	B
4	北広縁板28	ツガ属	心材型	1	165	—
5	東落縁板39	ツガ属	心材型	4	164	A
6	東落縁板41	ツガ属	心材型	2	167	A
7	東落縁板43	ツガ属	心材型	3	211	A
8	東落縁板49	ツガ属	心材型	2	139	A
9	南落縁板37	ツガ属	心材型	1	269	B
10	北落縁板22	ツガ属	心材型	1	108	—

表　年輪測定対象部材一覧（願泉寺）

3．年輪データの比較（クロスデート）とその結果

総当たり比較とグループの抽出　まず、上記の部材から計測した年輪データを総当たり方式で比較し、互いの相関が高いものを選び出してグループ化を試みた。その結果、計 10 点中６点から２つのグループを設定できた。ここでは仮にそれぞれ A グループ、B グループと呼んでおく。この両者は排他的で、グループ間ではクロスデートさせることができなかった。なお、残る４点については、他のどのデータに対しても同調しなかった。

當麻寺大師堂の建築部材とのデータ比較　次に、願泉寺本堂における上記の年輪データを、當麻寺大師堂の部材から計測していたツガ属の年輪データと比較した。大師堂のデータは、棟札に記載された 1646（正保３）年の建立にともなう当初材と、それ以後の改造で追加された後補材とに大別できる。結果、願泉寺本堂の A グループと當麻寺大師堂の後補材でクロスデートが成立した。

4．結果の評価と今後の課題

これまでに公表されているツガ現生木の年輪データは、長野県木曽郡王滝村樽沢地区産の円盤試料２枚に限られている（光谷ほか 1990, p.58）。したがって、産地や距離の違いによってツガの年輪データにどのような差異が出るのかという点については、まだよくわかっていないのである。

今回、年輪パターンが一致した建造物は、意匠や規模、地理的社会的背景などがそれぞれ大きく異なっている。また、記録や痕跡等によると、願泉寺現本堂の建立から當麻寺大師堂の改造までの間には 20 年近い時間差が想定できる。当然、木材の調達手段もそれぞれ別のルートによっていたはずで、当時のツガ材に複数の産地が存在していたとすると、今回の結果は、ツガ属の年輪パターンがその地域を越えて同調していることを示していることになるだろう。反対に、限られた産地しか存在していなかったとしても、かえって当時の木材市場や流通ルートを明らかにする手がかりになるのではないか。年輪年代法によって木材の産地がわかることはすでによく知られているが、いずれにせよ、問題は年輪パターンが共通する具体的な地理的範囲の解明にある。今後も現生材、古材の別を問わずツガ類の試料収集を継続し、一定の蓄積を待ってさらに議論を進める必要がある。

ところで、當麻寺大師堂のツガ属の部材に対しては、ヒノキから間接的に年輪年代が割り出されている（ツガ属専用の暦年標準パターンが設定できるまでは未確定扱い）。試みに、これをもとに願泉寺本堂 A グループの最外年輪年代を求めたところ 1649 年であった。ツガは心材と辺材の区別がつきにくいこと、今回の試料に樹皮型がないことから積極的な解釈は困難であるが、この年代は少なくとも現本堂の記録類や墨書とは矛盾しておらず、妥当なものと判断したい。　（文責　藤井）

参考文献
Baillie, M.G.L. 1982 Tree-ring dating and archaeology. London, Canberra
藤井裕之・竹口泰生 2008「日本産ツガ属の年輪年代測定－近世建造物における試み－」
『日本文化財科学会　第 25 回大会　研究発表要旨集』pp.126-127
光谷拓実ほか 1990『年輪に歴史を読む－日本における古年輪学の成立－』奈良国立文化財研究所編　同朋舎出版

P－005

日本樹木年輪試料による古墳時代以降の炭素 14 年代較正曲線作成の試み

○尾嵜 大真*、坂本 稔、今村 峯雄(国立歴史民俗博物館)、光谷 拓実(奈良文化財研究所)
*(現所属 (株)パレオ・ラボ)

はじめに

近年、加速器質量分析(AMS)計の利用がさまざまな分野で広がっていく中で、その炭素 14 測定の精度は非常に高まってきている。この AMS 炭素 14 測定の分析精度の向上によって文化財科学における炭素 14 年代測定法の利用価値はより新しい年代へと広がりつつある。

ただし、炭素 14 年代測定法で得られる炭素 14 年代は実際の暦の年代とは異なり、年代既知の試料の炭素 14 年代測定値から作成されている暦年較正曲線によって実年代に換算されるため、実試料についてのみ高精度な炭素 14 測定を行っても必ずしも高精度の実年代が得られるわけでなく、較正曲線の高精度化も必要となってくる。また、現在公表されている較正曲線 IntCal04(Reimer et al., 2004)がそれぞれの地域において適切なものであるかを判断する必要もある。

本研究では、紀元後4世紀から8世紀にかけての年輪年代法により年代付けされた日本産樹木年輪試料の炭素 14 年代測定を行い、IntCal04 と対比し、日本の資料への IntCal04 の適用の整合性などについて検討し、今後必要とされる問題点などについて考察する。

試料と実験

本研究で用いた木材試料は伝法隆寺建築部材5点で、京都大学生存圏研究所より提供されたものである。これらの試料は年輪年代法によって年代付けされており、図1にその年代範囲を IntCal04 とともに示した。AD4世紀中ごろから8世紀を網羅しており、古墳時代中期から奈良時代までにわたっている。

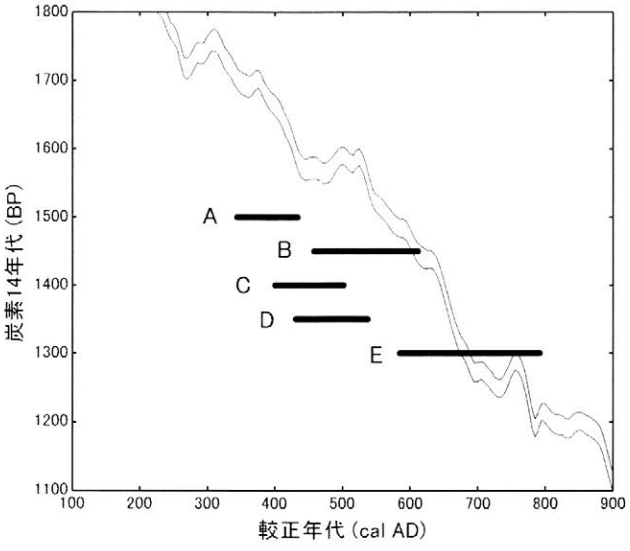


図1 本研究で用いた年輪試料の年代範囲と IntCal04

試料はまず5年輪ごとに切り分け、細かく粉砕あるいはカッターを用いて薄膜状とし、(有)光信理化学製作所製自動 AAA 処理装置(Sakamoto et al., 2004)にて酸-アルカリ-酸(AAA)処理を行い、付着した不純物などを取り除き、超純水にて十分洗浄した後、110℃にて一晩以上乾燥し、二酸化炭素精製処理用の試料とした。これを酸化銅とともに石英管に真空封入し、850℃にて 3 時間加熱し完全に燃焼させ、生成した気体を真空ラインに導き、液体窒素および冷却エタノールなどの寒剤を用いて二酸化炭素を分離・精製した。精製した二酸化炭素を鉄粉および水素ガスとともに石英管に封入し、600℃にて 10 時間加熱することによって、グラファイトを生成させ、アルミ製のターゲットホルダーに充填し、AMS による炭素 14 測定用の試料とした。AMS 測定は日本原子力研究開発機構(JAEA)青森研究開発センタータンデトロン加速器質量分析装置および東濃地科学センターペレトロン年代測定装置にて行った。

結果・考察

本研究で得られた結果を図2に IntCal04 とともに示した。データは1回だけの測定によるものでやや統計誤差が大きく細かな差を議論することは現時点では適当ではないが、ほとんどの部分で日本産樹木年輪試料の炭素14年代は IntCal04 と整合的であるといえよう。しかし、異なっている部分も散見され、そのいくつかは統計的な揺らぎに起因すると思われるが、420AD、630AD付近では短期間とはいえ古い方に有意にずれている。630AD 付近については鬼城山など複数の木材年輪試料でもほぼ同じような違いが観測されており(今村ら、2007)、実際にこの年代域(620～650AD)で地域効果が存在する可能性は、非常に高い。一方、420AD 付近は Sakamoto et al. (2003)のデータには見えておらず、再確認を要する。

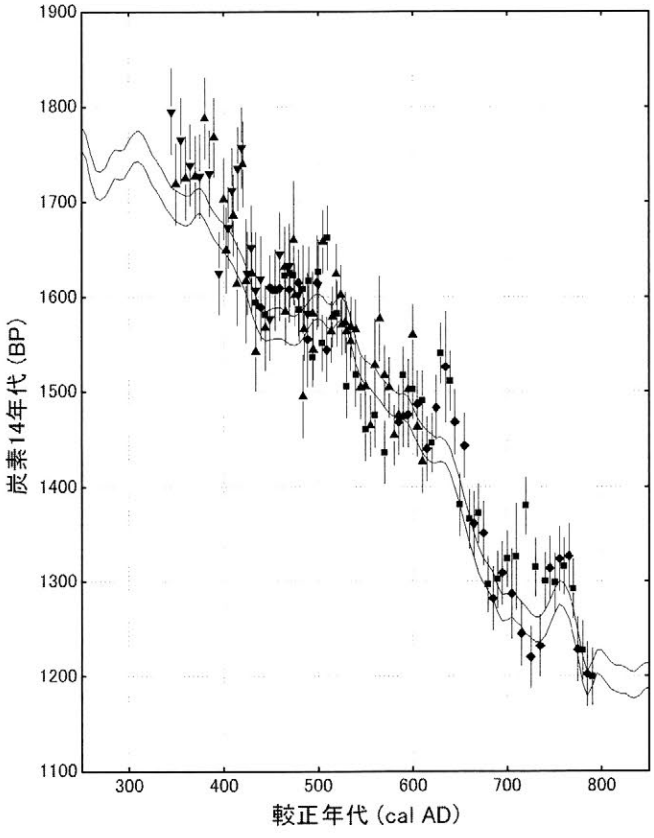


図2 本研究で得られた日本産樹木年輪試料の炭素 14 年代と IntCal04

本研究で観測された IntCal04 との違いは炭素 14 年代にして大きくても 50 年程度であるが、較正曲線のわずかな違いが暦年較正においてまったく異なる結果を生み出す可能性のあることは Imamura et al. (2007)でも示されており、この違いが分析の精度あるいは確度に起因するものなのか、事実なのかは非常に重要である。今後、繰り返し分析や個々の測定における分析精度を高めることにより、精確な日本の資料のための較正曲線作成が必要であろう。

参考文献

Imamura et al. (2007) *Radiocarbon* **49(2)**:331-337.
Reimer et al. (2004) *Radiocarbon* **46(3)**:1029-1058.
Sakamoto et al. (2003) *Radiocarbon* **45(1)**:181-89.
Sakamoto et al. (2004) *Nucl. Inst. Meth. B.* **223-224**:298-301.
今村ら (2007) 国立歴史民俗博物館研究報告 第 137 集:245-254.

謝辞

本研究の AMS 測定は独立行政法人日本原子力研究開発機構施設共用制度を利用して行われた。AMS 測定に関して天野光氏および齋藤龍郎氏はじめとする測定施設のスタッフの方々に御礼申し上げる。また、伝法隆寺木材試料の提供に関しては、京都大学生存圏研究所、川井秀人、横山操の両氏にお世話になった。記して謝意を表します。

P－006

小年輪試料のウィグルマッチ ^{14}C 年代測定

今村峯雄（国立歴史民俗博物館）

1．はじめに

^{14}C ウィグルマッチ法（AMS）による精密年代判定は、高精度での年代情報を必要とする歴史年代研究の重要な手段である。ウィグルマッチ^{14}C 法を有効に適用するには一般に 50 以上の年輪数が必要とされるが、これまで我々が行ってきた事例では、50 以下の年輪試料でも十分小さな精度（±10年程度以下）で年代を絞り込むことが可能な場合が多い。本研究では、最近行った年輪数の少ない測定事例について示し、高精度測定が可能な条件について考察する。

2. 小年輪数試料での最近の測定例

2.1 福岡市鴻臚館跡橋脚遺構柱根の年代（図 1）

2007 年の鴻臚館跡発掘調査で発見された橋脚遺構柱根の年代測定事例を示す。柱根はほぼ同心円形の年輪構造の原形を保ったスギ材である。炭素年代測定に供された試料は、年輪年代測定のため試料採取された径 5mm のコア試料で、奈良文化財研究所の光谷巧実氏を通じて福岡市教育委員会の大庭康時氏から提供された。年輪数が少なく年輪年代測定は困難と判断された。2 コア試料のうち試料の乱れがなかった#1 試料について^{14}C 測定を行い、ウィグルマッチによる年代判定を行った。

まず、コア試料 45 年輪を外側から5年輪毎に 9 試料に分割し、最外層の 1-5 年輪から 10 年ごとの試料 5 試料を測定した。AAA による前処理を歴博で行い、グラファイト化、AMS 測定は（株）パレオラボ社に依頼した。セルロース化は行わなかった。ウィグルマッチの結果は 708+12/−8 年と得られた（図1）。時代判定に資する他の共伴遺物がなかったため結果を直接考古学的所見と比較できないが、堆積状況解析から類推される 8 世紀の年代観と調和的である。

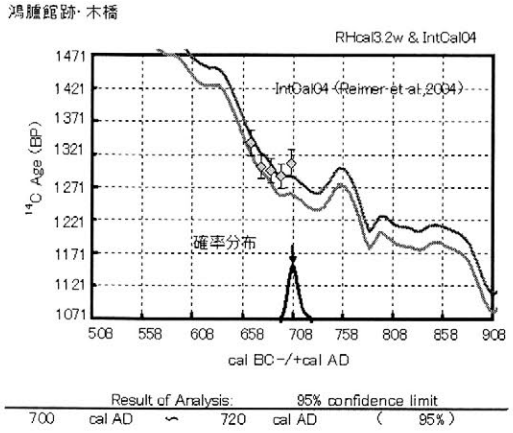


図 1．福岡市大宰府鴻臚館跡木橋柱根のウィグルマッチによる年代解析結果．二重線で示される曲線は IntCal04 較正曲線で 1 σ の誤差範囲．測定点は、年代を AD708 としたときのデータと較正

2.1 宮津市籠神社古鳥居跡柱根の年代（図 2）

京都府宮津市籠神社は歴史的には丹後一宮として、また雪舟による国宝「天橋立図」に描かれていることでも知られる。籠神社境内から、2007 年夏に古鳥居跡が発見された。発掘調査で発見された柱根の一部 21 年輪をウィグルマ

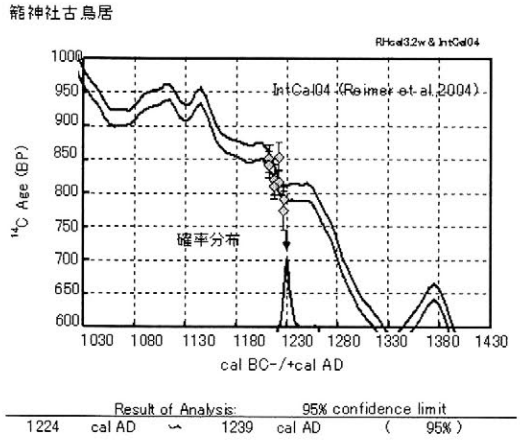


図 2．宮津市籠神社古鳥居跡柱根のウィグルマッチによる年代解析結果（西材）．二重線で示される曲線は IntCal04 較正曲線で 1 σ の誤差範囲．測定点は、年代を AD1230 としたときのデータと較

ッチ^{14}C 測定し年代を得た。

試料は中嶌陽太郎氏(宮津市教育委員会)の協力を得て、発掘現場にて現地採取した。鳥居の二本の構造に対応する東西 2 本の柱根(クリ)から試料を採取した。うち、西側柱根から採取した角片について測定を行った。外側から5年輪毎に 4 試料に分割したものを2群に分け歴博にて前処理を行った。計 8 試料についてグラファイト化、AMS による測定を(株)パレオラボ社に依頼して結果を得た。それぞれの結果はよく一致し、西側柱根の結果を炭素 14 ウィグルマッチ法で年代解析した結果、最外層の年代として 1230 +9/−6 年が得られた(図2)。この結果、この古鳥居は雪舟が描いたものではなく、室町以前の鎌倉時代初期に建造されたものであることを示し、籠神社に残されている鎌倉時代の扁額に対応するものと推定された。

3. 小年輪試料の高精度年代判定はどこまで可能か

上にあげた二例は、いずれも 50 年輪以下での年輪数で高い精度での年代判定が可能となった事例である。いずれも年輪の炭素年代測定値が較正曲線の大きな変化に少なくとも一部が重なった場合である。

右(図3)の重文箱木家の場合は、11 年輪の小年輪数で高精度年代判定が可能となったケースである。図でも明らかなように年輪の新旧と較正曲線の傾きの関係は複数の年代候補を分けるときの要素であり、単独試料からは得られない情報である。

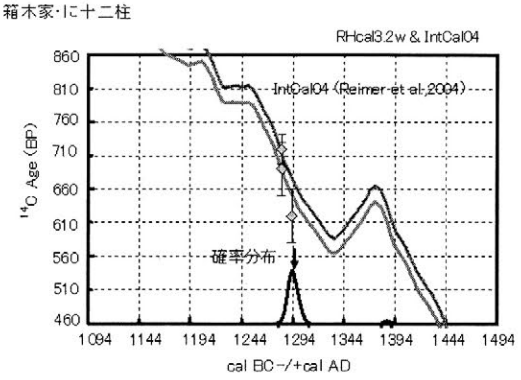


図 3. 11 年輪で高精度年代判定が可能となった重文箱木家の事例。解体修理で得られた当初材に十二柱のウィグルマッチによる年代解析結果

ウィグルマッチ法で得られる年代精度は、年代域と年輪数の関数であり、また測定における誤差の大きさに依存する。発表では、モデル計算による解析結果についても示す予定である。

4. 考察とまとめ

ウィグルマッチ法は比較的容易に高精度の実年代を与える方法であり、特に、小年輪試料は年輪幅の大きな辺材を持ち、遺物としても入手が比較的容易である。^{14}測定、較正曲線の高精度化が重要であることは言を俟たないが、汚染による測定値の乱れや地域による大気中二酸化炭素の微妙な^{14}C 濃度差は常に考慮する必要があるので、得られた年代を評価する意味でも、小年輪試料への方法論的な開発を進めることが重要と考える。

謝辞

本研究に関する資料に関して福岡市教育委員会、大庭康時氏、宮津市教育員会の中嶌陽太郎氏にお世話になった。また、試料採取に際して奈良文化財研究所光谷拓実氏、一部試料の前処理に関して、国立歴史民俗博物館、坂本稔氏にお世話になった。記して謝意を表します。

参考文献

『史跡鴻臚館跡　鴻臚館跡18－谷部分の調査－』(編集:大庭康時)福岡市埋蔵文化財調査報告書第1022集(2009).

今村峯雄・中尾七重「民家研究における放射性炭素年代測定について　その2　重文関家住宅・重文箱木家住宅・重文吉原家住宅の事例研究」『国立歴史民俗博物館研究報告』第137集(2007).

P－007

ウイグルマッチングおよびクロスデーティングによる真脇遺跡出土環状木柱列の高精度年代決定

o西本寛（名古屋大学大学院環境学研究科），高田秀樹（能都町教育委員会），木村勝彦（福島大学共生システム理工学類），中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）

はじめに

遺跡から出土した木材が樹種や年輪数の問題により年輪年代を適用できないような試料の場合、^{14}C 年代測定による年代決定が有効となる。特に、年輪単位で試料を測定し較正曲線との絵合わせにより年代を求めるウイグルマッチングでは、単一試料の ^{14}C 年代を較正した場合よりも高精度に年代を求めることができる。しかし、ウイグルマッチングを行うためには多数の試料について ^{14}C 年代測定を行う必要がある。そこで、本研究ではウイグルマッチングに加えて年輪年代学の手法であるクロスデーティングを併用し、遺跡出土木材の年代測定を行った。これにより、より効率的な年代決定を可能にすることができる。

試料

本研究で扱った試料は、石川県能登町真脇遺跡から出土した環状木柱列を構成する木材である（真脇遺跡 1986, 2006）。これらの木材は最大で直径約 1m の大型クリ材であり、環状木柱列とよばれる能登半島を中心とした日本海沿岸域特有の特殊構造物の建材である。本遺跡では、A 環から F 環まで 6 つの環が検出されており、それぞれの環は 6-10 本の木材で構成されている。このうち、9 点の木材について年輪ブロックの切り出しを行い、年輪計測後にウイグルマッチング用の試料として年輪を 1 年毎に分取した。また、保存処理が行われており切り出すことができなかった木材については、底部の写真撮影による年輪計測のみ行った（木村ほか 2009）。

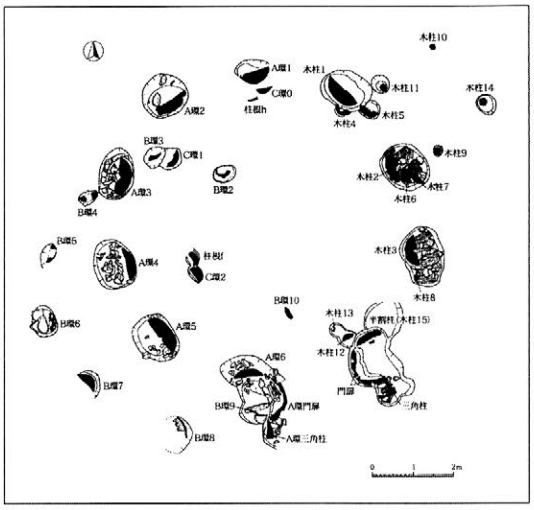
ウイグルマッチングおよびクロスデーティング

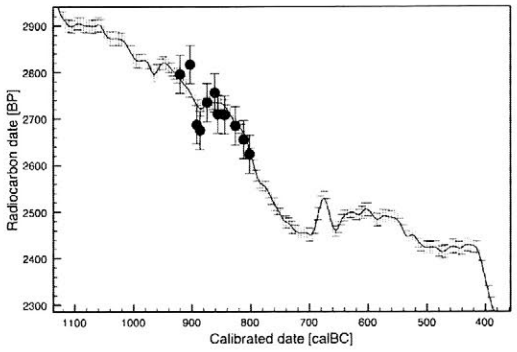
これまでに、5 点の木材（A 環木柱 1, 木柱 2, 木柱 15, F 環木柱 4, 木柱 6）について ^{14}C 年代測定およびウイグルマッチングを行った。それぞれの木材から分取した年輪から約 10 点の年輪試料について名古屋大学年代測定総合研究センターの加速器質量分析計（HVEE, model 4130-AMS）にて ^{14}C 年代測定を行い、較正曲線 IntCal04（Reimer *et. al.* 2004）に対して較正プログラム OxCal（Ramsey 1995, 2001）上にてウイグルマッチングを行った（Ramsey *et. al.* 2001）。

クロスデーティングについては、計測によって得られた年輪幅のデータをフィルタリングしたのち（5 年移動平均）、それぞれの木材間での相関係数を算出した（Bailie 1982, Kimura 1995）。

結果および考察

ウイグルマッチングの結果、A 環構成材の年代は約 810calBC に求められた。このうち、A 環木柱 1 はウイグルマッチングを行っていない木材（A 環 1, A 環 3, A 環 4, A 環 6）との高い相関を示した。これらの結果を組み合わせることにより、直接 ^{14}C 年代測定およびウイグルマッチングを行うとこができないような試料であっても、年代を定めることが可能になる。 クリは年輪年代に適さないと考えられているが、個々の遺跡のような限られた環境では高い相関が得られる場合があり、ここにウイグルマッチングのような高精度年代を組み込むことで、分析の手間や時間を大幅に短縮して多くの木材の年代決定を行うことができる。





左：図 1. 真脇遺跡で検出された環状木柱列（真脇遺跡 2006 に加筆）
右上：図 2. A 環木柱 1 のウイグルマッチング結果

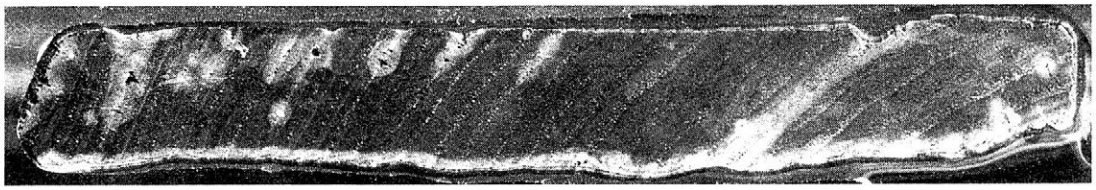


図 3. A 環木柱 1 から切り出した年輪ブロック

文献
真脇遺跡（1986）能都町教育委員会，真脇遺跡発掘調査団
真脇遺跡（2006）能登町教育委員会，真脇遺跡発掘調査団
木村勝彦, 益子貴義（2009）縄文時代晩期の遺跡出土木柱の年輪年代学的解析, 縄文時代のクリ利用に関する考古学・民俗学・年輪年代学的研究
Reimer, P. J., *et. al* .(2004) IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP, Radiocarbon, 46, 3, 1029-1058
Rmsey, C. B. (1995) Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program, Radiocarbon, 37, 2, 425-430
Rmsey, C. B. (2001) Development of the radiocarbon calibration program, Radiocarbon, 43, 2A, 355-363
Ramsey, C. B., van der Plicht, J., Weninger, B. 'Wiggle matching' radiocarbon dates, Radiocarbon, 2001, 43, 2A, 381-389
Baillie, M. G. L. (1982) Tree-Ring Dating and Archaeology, The University of Chicago Press
Kimura, K. (1995) A simple and visual cross-dating program for dendrochronology, International Workshop on Asian and Pacific Dendrochronology, Forestry and Forest Products Research Institute

P－008

善勝寺本尊木造千手観音立像の年輪年代調査

○大河内隆之(奈良文化財研究所)，光谷拓実(総合地球環境学研究所)，児島大輔(日本学術振興会特別研究員)，松岡久美子(栗東歴史民俗博物館)，佐々木進(栗東歴史民俗博物館)

はじめに

年輪年代法は，木造文化財の調査において一年単位で年代を決定できる自然科学的年代測定法として，重要な役割を果たしている。文化財の調査は非破壊でおこなわれることが望ましく，とりわけ仏像のようにそれ自体に美術的な価値があり，かつ信仰の対象でもある場合には，調査対象を損なわないことが厳に求められる。調査対象の表面で年輪が明瞭に観察可能である場合には，デジタルカメラで撮影した画像をもとに年輪幅を計測する方法がたいへん有効である。本報では，栗東歴史民俗博物館の協力を得て善勝寺（滋賀県栗東市）の本尊木造千手観音立像（1982 年重要文化財指定）を年輪年代調査した成果について報告する。

調査対象

善勝寺本尊木造千手観音立像（図１）は，天冠台の上に十面，本面の両脇に脇面をあらわす三面千手である。木心を像のほぼ中央に込めた一木造。像高 188cm。内刳りのない一木造という構造，反花の立体感のある造形，太さのある体躯の表現などは古様であるが，目鼻が小ぶりで彫りが浅く顔の中央に集まり，衣文が浅く本数が減じ，蓮弁が浅い皿状になるなど，平安後期につながるような比較的時期の下る要素も混在する。これらの特徴から，10 世紀後半から 11 世紀初め頃の造像と考えられてきた。

調査方法

栗東歴史民俗博物館で開催された特別展の展示替の機会を利用して年輪年代調査を実施した。本体表面や台座表面のみならず，像底や台座の接合面などの通常は観察不可能な箇所からも年輪データを取得することができた。

マクロレンズと接写用ストロボを装備したデジタル一眼レフカメラ（1670 万画素）を用いて，2400dpi 程度の解像度となるように一枚あたりの撮影範囲を定め，スケールを写しこみながら一連の年輪計測箇所を撮影した。

年輪幅の計測には，筆者らが開発した年輪画像計測ソフトウェアを用いた。年輪年代測定に際しては，対数変換・５年移動平均ハイパスフィルタ処理を施したのち，暦年代の確定しているヒノキの標準年輪パターンとの相関分析と t 検定をおこなった。

結果

図２に示す年輪年代が，本体と台座の各部から得られた。そのうち，計測箇所に辺材を潤沢に含む反花(B)の 1010 年と蓮肉の 1011 年の年輪年代は，原木の伐採年を考える上で特に重要である。樹齢 400 年程度のヒノキの辺材幅が 2.5～3cm 程度であること，および計測部位中に残存する辺材幅や当該部分の平均的な年輪幅などを考慮すると，原木から制作する過程で切除された年輪数は，数年程度と見込まれる。また，図３に示すように，本体各部と台座の年輪データは共通性が高く，同一の原木もしくはきわめて近い環境下で生育した原木を用いて制作されたことが示唆され，一括の用材調達によって造像されたと考えられる。したがって，本像制作の用材調達時期は，最も新しい年輪年代である 1011 年頃を上限とする 1020 年頃までの 11 世紀初めである蓋然性が高い。

考察

従来の美術史の見解では，本像の造像時期は 10 世紀後半から 11 世紀初め頃の過渡期に属すとされてきた。年輪年代調査の結果は，その時期の下限にほぼ相当する。年輪年代法によって得られる情報は，原木の生育環境や伐採までに関わるのに対し，美術史が対象とするのは制作や完成の時期であるという両者の性質の違いは念頭に置かねばならないが，1011 年頃を上限とする 11 世紀初め頃に絞り込まれた意義は大きい。さらに，本体と台座の用材が一括で調達さ

れた可能性が高いことや各部の年輪年代が明らかになったことは，木取り等を考える上でも今後の大きな手がかりとなる。

まとめ

年輪年代測定では，調査対象の年輪幅の変動変化を時系列データとして扱うため，一連の年輪が明瞭に観察されなければならない。今回の調査は，棒状標本の採取や年輪を見やすくするための切削加工処理などを施すことなく，デジタル一眼レフカメラで像表面を接写するという比較的簡便な方法で実施した。このような方法の有効性が確かめられたことは，年輪年代調査のアプローチがより容易になったことを意味し，彫刻史研究に年輪年代法の調査結果を活用する一事例として大きな意義を持つ。

図１　善勝寺本尊木造千手観音立像

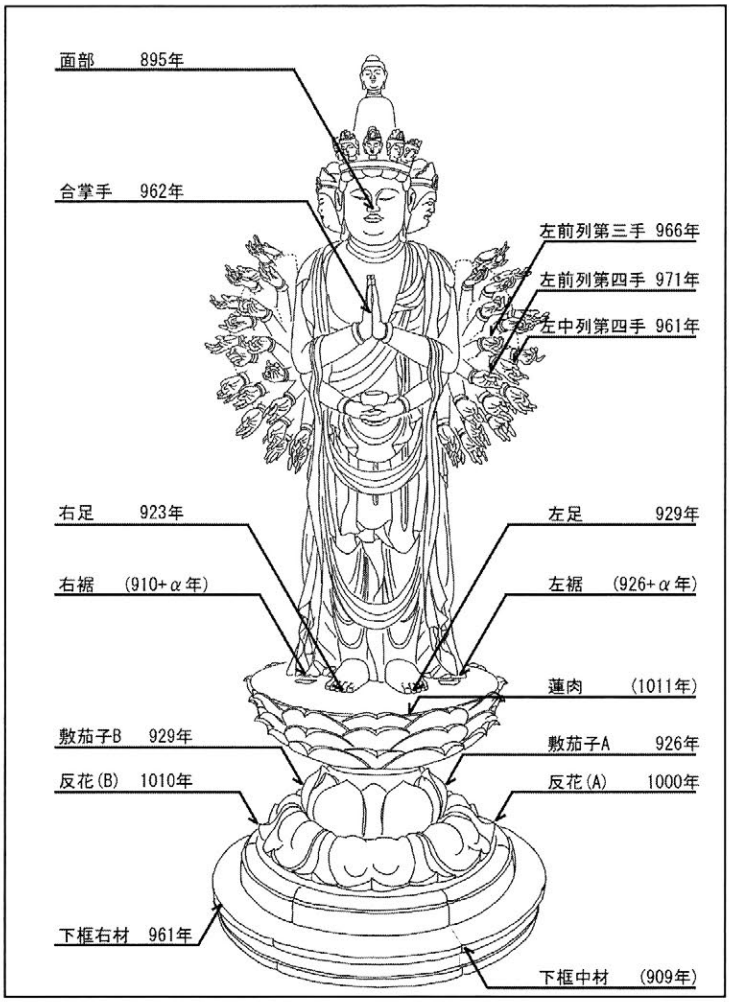


図２の（）内の年輪年代は，風食や古色仕上等の影響により最外層付近の正確な年輪計数が困難なため，表示年代よりも数年程度新しくなる可能性があることを示す。

図２　善勝寺本尊木造千手観音立像の年輪年代調査結果

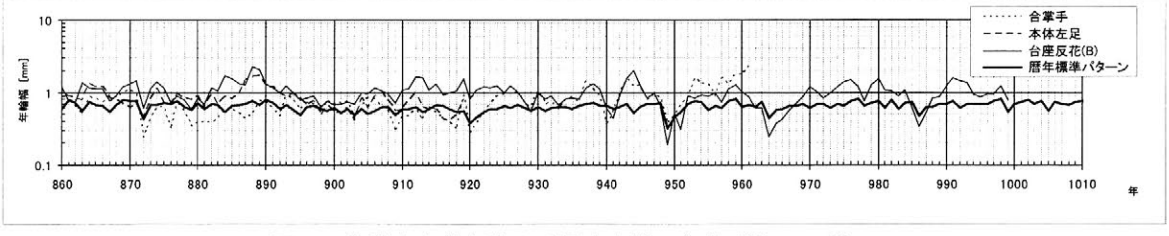


図３　善勝寺本尊木造千手観音立像の年輪パターングラフ

P－009

仙台城跡二の丸北方武家屋敷の年輪年代学的検討

○星野安治（日本学術振興会特別研究員 PD・東北大学学術資源研究公開センター植物園）
大山幹成（東北大学学術資源研究公開センター植物園）
藤沢敦（東北大学埋蔵文化財調査室）

緒言

木質遺物の年代測定や産地推定などを目的とした年輪考古学研究において，その基盤となるのは標準年輪曲線の整備・延長である。当該研究の先進地と言えるヨーロッパなどと比較すると，我が国ではその整備がいまだ不十分であり，特に東日本においては，連続的な標準年輪曲線すら構築されていない状況にある。本発表では，地域的にも年代的にも，いまだ標準年輪曲線の整備が不十分と言える東日本において，中世から近世をカバーする標準年輪曲線の構築を目指し，仙台城跡二の丸北方武家屋敷地区の発掘調査により得られた木材試料の年輪年代学的検討を行った成果を紹介したい。

試料

東北大学の川内地区は，川内南地区と北地区とに分かれている。この川内南地区は，仙台城二の丸が置かれた場所であり，北地区は家臣の屋敷が存在した区域に相当する。仙台城二の丸は，寛永 15（1638）年，仙台藩二代藩主伊達忠宗により造営され，幕末まで仙台城の実質的な中枢となった場所である。供試した試料は，仙台城二の丸のゴミを捨てたゴミ穴と考えられる遺構から出土した，板状の木質遺物で，柿葺の屋根を葺くための木羽ある（図 1）。この遺構からは，年号を記載した木簡が多数出土しており，この遺構は，享保 5（1720）年を前後する頃に使われていたと考えられている（東北大学埋蔵文化財調査研究センター，2006）。

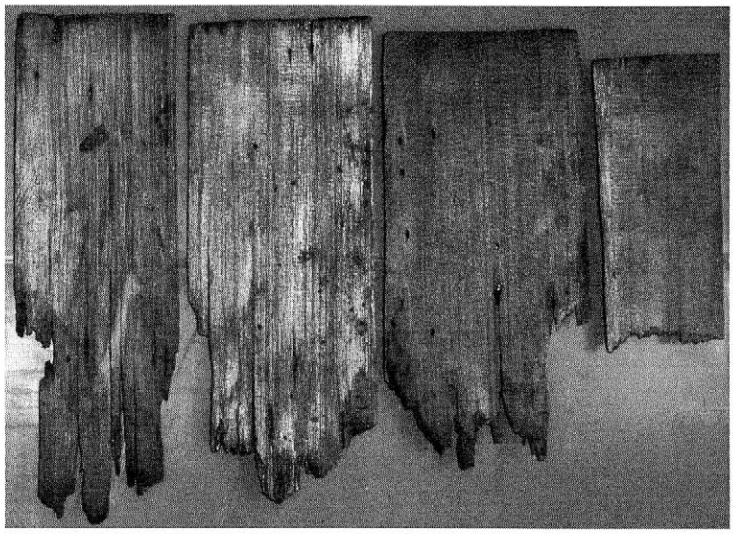


図 1. 供試試料.

方法

樹種同定は，光学顕微鏡下で徒手切片のプレパラートを観察し，現生標本との比較により行った。クロスデーティングは，ロール紙上に各試料の年輪幅曲線をプロットし，ライトテーブル上でプロットを重ねて目視で行った。また，CATRASプログラム，およびPAST4プログラムを併用し，モニター上での目視の確認，および統計的検証を行った。

成果の概要

供試した試料は，全て針葉樹で，そのほとんどがアスナロ属であった。これまでのところ，検討した75点の試料の内，他試料とのクロスデーティングが成功したのは27点である。しかしながら，これら全てが互いにクロスデーティングできるわけではなく，いくつかのグループに分かれる。最も多くの試料間でクロスデーティングが成功したのは，これらの内10点についてで，約300年間にわたる試料間の相対的な年代関係を明らかにしている。これらの試料より得られた年輪幅曲線は，遺構の年代から，およそ14世紀から18世紀にかけての年代範囲に相当すると推定される（図2）。今後，この年輪曲線の暦年代決定により，同地域における年輪考古学研究に資することが期待される。

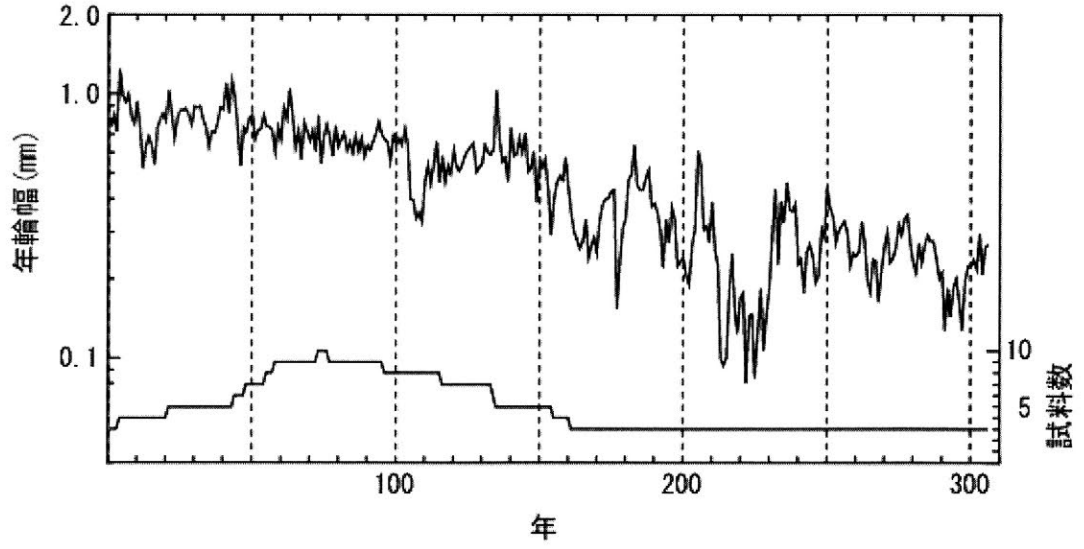


図2. 仙台城跡二の丸北方武家屋敷の試料から作成した平均年輪幅曲線.

謝辞

本発表は，財団法人東北開発記念財団の支援を受け，ドイツ・ハンブルク大学木材科学部Prof. Eckstein研究室において行った研究成果の一部である。記して感謝の意を表します。

引用文献

東北大学埋蔵文化財調査研究センター　2006　「仙台城跡二の丸北方武家屋敷地区第7地点（BK7）の調査」　東北大学埋蔵文化財調査年報　19　第1分冊

P－010

大阪平野西南部における縄文中期～中世の河道変遷とその背景

－三宅西遺跡の発掘調査成果を中心に－

○森井貞雄(大阪府教育委員会)，　清水梨代((財)長野県埋蔵文化財センター)

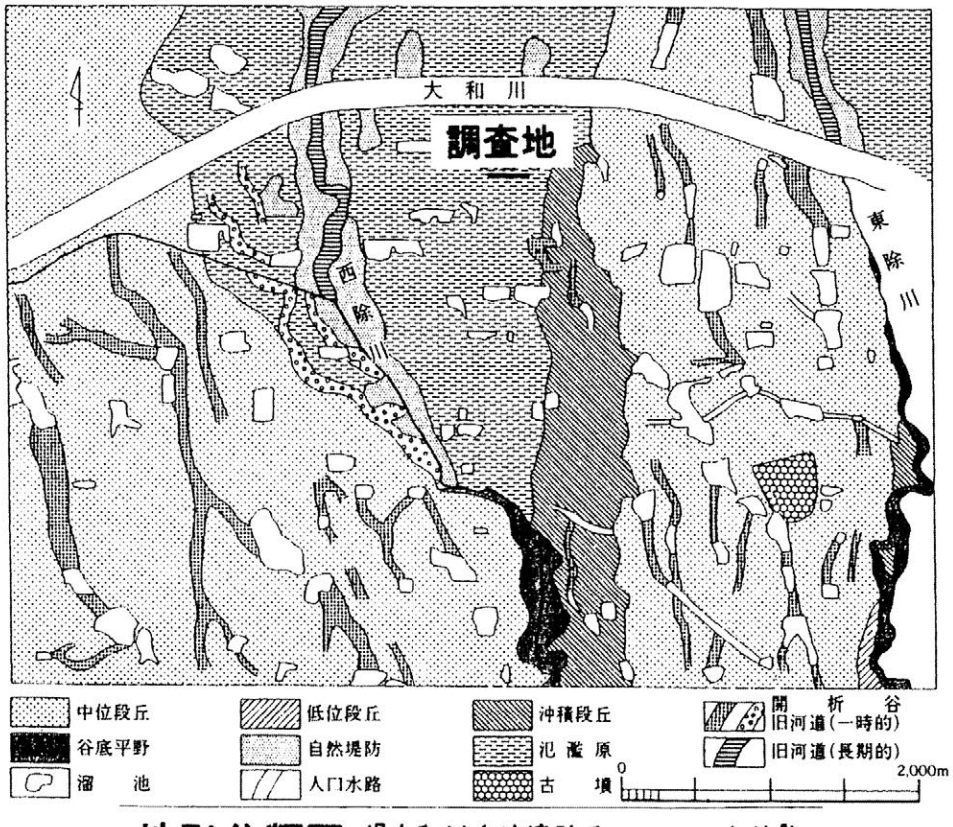
1．はじめに

三宅西遺跡は、大阪府松原市三宅西５～７丁目に所在する弥生中期前葉の集落跡を中心とする遺跡である。(財) 大阪府文化財センターは、都市計画道路大和川線及び堺松原線建設にともなう発掘調査を2004～2007年度に実施した。(中村淳磯他2009『三宅西遺跡』(財) 大阪府文化財センター) その結果、縄文前期頃から現代にいたる数多くの河道 (自然流路) を検出した。本発表は、それらの特徴や形成時期の検討から古環境の復原に役立てようとするものである。

2．調査地の地形と堆積状況

調査地は、瓜破台地 (低位段丘下位面) と泉北台地 (未区分低位段丘面) (地質調査所1998『大阪東南部地域の地質』による) にはさまれ、旧河内湖に向かって北に開口する沖積地に位置する。調査区はこの沖積地を横断する形で東西560m、幅35～100mの規模で設けた。

調査の結果、標高6.9~7.8mに低位段丘構成層が埋没し、その上を厚さ1.5m以上の沖積層 (難波累層) が覆っていることが判明した。その下部近くには、鍵層として横大路火山灰層 (アカホヤ) を含む第10層が存在する。その上面標高は8m前後であるが、3･4～7区西部にかけて微高地状を呈する他、断層によるものと推測される不規則な起伏も見られた。



地形分類図 (『大和川今池遺跡その１・２より』)

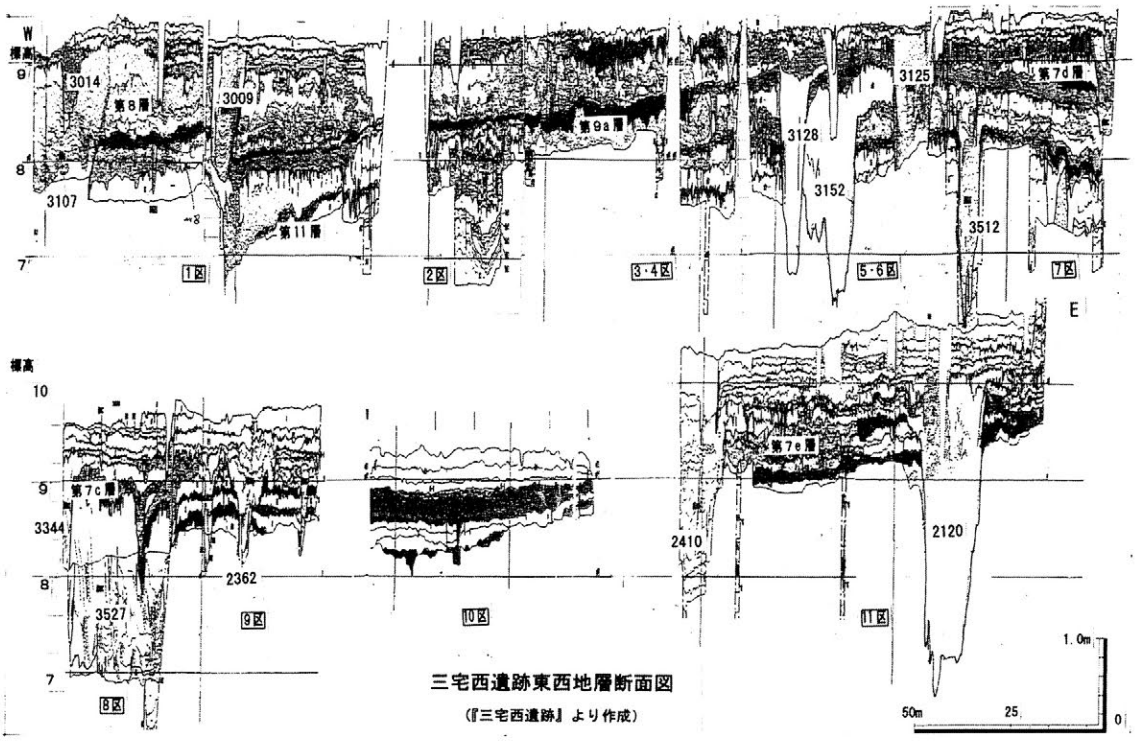
３．河道の変遷と画期

検出された河道の多くは北に向かって流下し、東西地層断面図に大半が示される。

①縄文前期？3512 から中期 3152～後期中葉 3128 にかけて、5･6 区から 7 区の微高地上に継起的に幅 15m 以内、深さ約 2m の河道が形成される。これに対し、②縄文後期末～晩期前葉になると、1 区西端部 3107、8･9 区 3527 のように、微低地部を掘削する幅数 10m の大規模な河道が現れ、11 区東部 2120a もこの時期に始まる可能性がある。この結果、3107 運搬物（第８層）により 5･6 区以西が平坦化する。その後、③弥生前期中葉～中期前葉には 10 区 2100、11 区東部 2120b など当時の居住地周辺を除いて河道自体が減少する。④弥生中期末から後期前半には、再び 3344･3118 とその一連の流路、19 区 2410 など幅 10m深さ 2m の中規模の河道が現れ、その運搬物（第 7d 層）により 7 区東部以東の平坦化が進む。⑤古墳中期前葉には、1 区 3009・3014、5･6 区 3125（初源は古墳初頭？）が現れ、3009 では木杭による大規模な水制を設けるなど灌漑水路の機能を有している。⑥奈良～平安期には、９区 2362、11 区 2120c が現れるが、調査地周辺に広がる正方位条里型地割には従わず、⑦15 世紀に遡る 10・11 区間 2001 に至って、坪界線と合致する河道が用水路として近年まで継承する。

４．まとめと課題

以上のように、三宅西遺跡においては河道の変遷に７回の画期が認められる。特に、地形変化の営力となった河道は、縄文晩期前半、弥生中期末～後期前半に出現している。また、河川への人的関与として、古墳中期前葉の渡来系の技術による耕地開発と、15 世紀頃の条里制に則った開発の完成を挙げることができる。なお、周辺地域を含めた河道群の平面的な復原、あるいは、河内潟・湖の水面高度との関連性については、情報が少なく今後の課題としたい。



三宅西遺跡東西地層断面図

（『三宅西遺跡』より作成）

P－011

海溝型巨大地震を古環境変遷史から追求する

（文化財防災対策における役割）

○ 山　口　誠　治（大阪府文化財センター）

はじめに

21 世紀半ばまでに発生する可能性が高いといわれている東南海・南海地震を追求し、地震災害の軽減に向けて防災対策のソフト面を考察した。過去の南海地震をふりかえり、現在東南海・南海地震や中部圏、近畿圏の内陸地震への防災対策を検討するために、中央防災会議では「東南海，南海地震等に関する専門調査会」により地震の発生時期や近畿圏での揺れと津波の規模などの予測が行われている。同時に、この地域で調査された過去の古環境分析データを詳細に検討し、巨大地震の対策に必要なデータを提供してみたい。そこで、古環境分析から明らかになるデータが、災害軽減の課題を解決するのではないかと考え巨大地震のための防災対策を提案した。

[東南海・南海地震の予測]

1. 海底活断層の性状やその活動に起因する地震や地殻変動の研究状況から巨大地震を予測している。
2. 東南海・南海地震は、歴史的に見て 100～150 年間隔でマグニチュード 8 クラスの地震が発生している。なお 1944 年(昭和 19 年)及び 1946 年(昭和 21 年)に 8 クラスの地震が発生していることから、今世紀前半にも発生するおそれがあるとされる。
3. **被害想定:** 学術的知見から、東南海・南海地震が発生した場合の地震の揺れの強さ、津波の高さ分布等から、地震による揺れや津波、火災等による人的被害や建物被害、経済被害等の被害想定がまとめられている。（平成１５年９月）（中央防災会議）

この発表より東海から九州の震源域に近い太平洋沿岸を中心に地震の揺れや津波により広域かつ甚大な被害になると予想される。

4.災害軽減目標:東南海・南海地震の地震防災戦略の減災目標として、死者数約１７，８００人を約９，１００人に、経済被害額約５７兆円を約３１兆円にすることとしている。特に、東南海・南海地震の場合は津波による死者数が多いことが特徴で、住宅の耐震化と並んで「住民の津波避難意識の向上」による津波被害の減災効果が期待され、津波避難意識の向上及びその保持を促すため、津波ハザードマップの作成・周知、津波防災訓練の実施のほか、防災計画の充実、防災教育等が実施されている。

[珪藻分析による津波痕跡検出と防災対策への応用]

1. 津波痕跡の確認方法

津波痕跡やその堆積物と判断するには、堆積層の分布範囲、堆積粒子の特徴やその層に含まれる珪藻遺骸を分析する。なお各地の津波堆積物分布域は19世紀以降の地震による津波の浸水域よりはるかに広く、過去に巨大な津波が発生していたことを確認できる。

2.巨大地震とは

日本では海溝側で起きる地震を「海溝型地震」、内陸側で起きる地震を「内陸地震」特に大都市域で起きる地震を「都市直下地震」と呼ぶ。南海地震は四国から紀伊半島の沖合いをのびる南海トラフで起きる地震で、海溝型地震にあたる。四国・室戸岬は1946年の南海地震で1.27m隆起した。それ以前には7mm／年、1950年以降には5mm／年の速さで沈降している。地震前の沈降量が同程度になったときに地震が繰り返すと仮定すれば、次の南海地震は2150～2200年に起こると推定される。

3.海溝型地震

兵庫県南部地震は縦揺れの強い短時間の揺れであったが、南海地震は最初に弱く揺れ、十数秒してから強い横揺れがきて全体では約1分の揺れが起きる。身を守るために避難したり、火事を予防したりする時間は、わずかである。このわずかな時間にどれだけ行動できるかが重要になり、日頃から地震を意識し実際に行動してみたりして、クセをつけておくことが大切であろう。

4.　過去約10,000年間にわたって形成された沿岸湿原の地層調査で巨大地震を推定できる。

珪藻遺骸分析結果からの津波推定

(1)　泥炭土層の珪藻分析で *Pinnularia viridis*、*Navicula elginensis* などの代表的淡水生種や *Hanztschia amphioxys*、*Pinnularia borealis* などの陸生種が卓越した砂層から、*Palaria sulcata*、*Cocconeis scutellum*、*Nitzschia granulata* の代表的海生種が産出し、内湾に生息する珪藻種に変化する堆積環境となれば津波発生と考えられる。

(2)　砂層中の珪藻遺骸数は，泥炭層中の珪藻遺骸数と比べ個体数が著しく低くなる。

この特徴から、海水と共に海側からもたらされ、短時間で堆積した海成イベント堆積物(津波の原因)と推定でき、巨大地震との関連を検討する。

あとがき

多くの津波痕跡のデータ収集と珪藻分析調査を再検討し、今後は文化財の防災対策に応用して海溝型巨大地震の災害軽減システムの構築を確立したいと考えている。

参考文献：関西国際空港地盤地質調査　災害科学研究所報告　1984.

西村裕一・宮地直道・吉田真理夫・村田泰輔・中川光弘　：北海道霧多布湿原の泥炭層中から発見された1843年の津波堆積物．第四紀研究，39，451-460，　2000.

大阪府文化財センター調査報告書　「池島・福万寺遺跡3」2007.

P－012

部位組成の検討に基づく縄文時代晩期骨塚形成過程の研究

植月　学(山梨県立博物館)

【背景】

千葉市六通貝塚の縄文時代晩期中葉に属する遺構、層準よりシカ、イノシシを主体とする多量の獣骨が出土した。同様のいわゆる「骨塚」と呼ばれる遺構は関東地方のいくつかの遺跡で報告されているが、その成因については不明な部分が多い。六通貝塚のシカ、イノシシ遺体は他遺跡に比して頭部が少ない傾向にあるが、頭部の集計は強度のある歯によるもので、その希少性は人為的偏りであると判断できる。他にも上腕骨（近）、大腿骨（近・遠）、脛骨（近）四肢骨の一部が少ないことが確認されているが（図3）、他遺跡とも共通する傾向で、骨密度との相関も高いため、人やイヌによる破壊の影響が大きいと推測された（植月・印刷中）。これら骨端部は海面質主体で脆弱だが、Mareanら（1991,1997他）は緻密質主体で、より骨密度の高い骨幹部破片を対象とすることで、四肢骨の組成が大きく変化する事を明らかにしている。本研究でもこれに倣い、骨幹部破片を対象とすることで、より実態に近い部位組成の復元を目指すとともに、骨自体の観察から、人やイヌによる利用と破壊過程についても検討する。

【方法】

（1）骨幹部破片の同定　獣骨がもっとも多く出土した５Ｅ住居址より、部位の同定可能なシカ、イノシシ標本を破片も含めすべて抽出した。次に、特に偏りが大きい上腕骨、大腿骨、脛骨について、粗面、神経孔などにより種の同定に有効なポイントを定め、集計した（図１）。

（2）咬痕・被熱痕の観察　過去に集計した骨端部も含めて、各ポイントごとにイヌによると推測される咬痕、および被熱痕の観察、集計をおこなった。咬痕はBinford（1981）によるイヌとオオカミの咬痕観察を参考とした。被熱は表面の変色、風化により判断した。上記３部位に加えて、民族例で骨髄の抽出が行なわれることが多い中手・中足骨も対象とした。

【結果】

（1）骨幹部破片の同定

シカ、イノシシともに近位部では骨幹部破片（黒）による集計が骨端部（グレー）による集計を大幅に上回る（図２）。大腿骨は遠位部でも同様である。この結果を全体組成に適用すると、四肢骨のうち極端に少なかった部位の比率が増加し、より偏りの少ない組成が復元される。

（2）咬痕・被熱痕

咬痕は骨端に集中する（図４）。特に大腿骨（近、遠）、上腕骨（近）、脛骨（近）など骨端の出土が少ない部分に多く、イヌによる破壊を示唆する。一方で、骨幹部や脛骨（遠）、中手・中足骨には少ない。ある場合も多くは骨端側で、骨幹（中心）側には希である。前者は海面質の割合が高く、骨脂も多いのに対し、後者は乏しいことに起因すると推測される。両者ともに骨髄は多い。Binford(前掲)によれば完全な四肢骨を与えられたイヌは骨髄を求めて骨幹部を中心に向かって破壊するが、そのような破壊は確認できなかった。Blumenschine(1988)のハイエナによる実験では、骨髄抽出後の四肢骨を与えた場合、骨幹部への咬痕は減る。両実験に基づけば、本遺跡のイヌは骨髄抽出後の骨を与えられた場合が多かったと推測される。四肢骨に完存標本は希で、標本の多くはspiral fracture（螺旋状破砕）を呈する。Spiral fractureは人為的破壊でなくても生じるとされるが、以上の状況は人による骨髄抽出を示す可能性が高い。

被熱痕は脛骨を除く各部位に30%以上の高率で認められるポイントがある（図4）。黒変するほどの標本は少なく、骨幹部の一部、特に割れ口にかかる一側面の表面がやや変色し、風化する程度の場合が多い。民族例では肉を焼く際の燃焼では骨に焦げはつきにくい（Kent1992）。肉付の状態では露出しにくい骨幹部の一部のみが被熱するのも不自然である。したがって、これらは骨の状態で焼かれた可能性が高く、割れ口付近に多いことから割る事に関連して焼かれたと推測される。骨を意図的に割る理由としては、骨髄抽出の他、骨角器製作が考えられる。

しかし、上腕骨、大腿骨など素材として使われにくい部位も高頻度で被熱しているため、その可能性は低い。Binford(前掲)のNunamiutの例では骨髄抽出前に火にくべて温める例があり、その可能性を考えておきたいが、その程度の被熱で痕跡が残るかはさらに検討を要する。

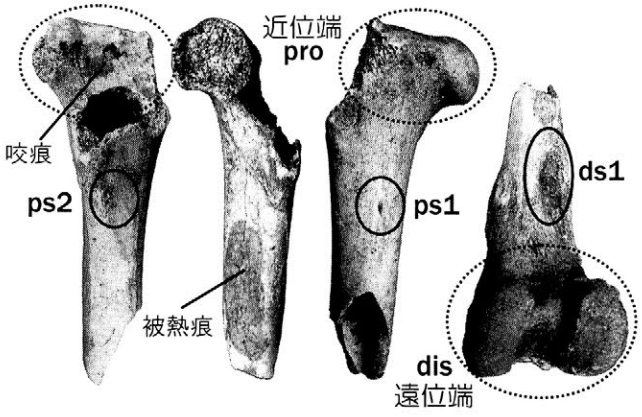


図1　同定ポイント(大腿骨の例)

【考察】

骨端による集計では希少な大腿骨が実際は他の四肢骨と同程度存在していた。シカの大腿骨は付随する肉量、含まれる骨髄の量において最も有用性の高い部位のひとつであり(Madrigal & Holt 2002)、人による骨髄抽出や、人／イヌによる骨端の消費を経て確認困難になったと推定される。上腕骨や脛骨の近位端についても同様である。

本遺跡のシカ、イノシシ利用は、これら有用度の高い部位を含む多くの部位を持ち込み（頭部を除く）、骨髄も含めて徹底利用する点を特徴とする。これは本遺跡が消費・加工に手間をかけられる居住地で、最終的な消費地であった可能性を強く示唆する。林(1980)は貝ノ花貝塚の後晩期貝層において、住居址の減少に反して多量の獣骨が出土することから、集落から共同祭祀の場へという性格の変化を考えた。今回の分析結果は、そうした祭祀行為の存在を否定するものではないが、少なくとも多量の獣骨が廃棄された段階の六通貝塚が祭祀に特化した場ではないことを示し、骨塚形成の背景を考える上で意義深い。

徹底利用に見られるシカ、イノシシ資源への高い依存は、獣骨の増加が晩期の遺跡減少＝人口減少に伴う動物資源の相対的豊富さによるものではなく、むしろ狩猟圧の高さを伴うことを示唆する。これは貝塚の減少に見られる海産動物資源利用頻度の低下とも連動する可能性があり、今後年齢構成の復元による狩猟圧の分析を含めて検討する予定である。

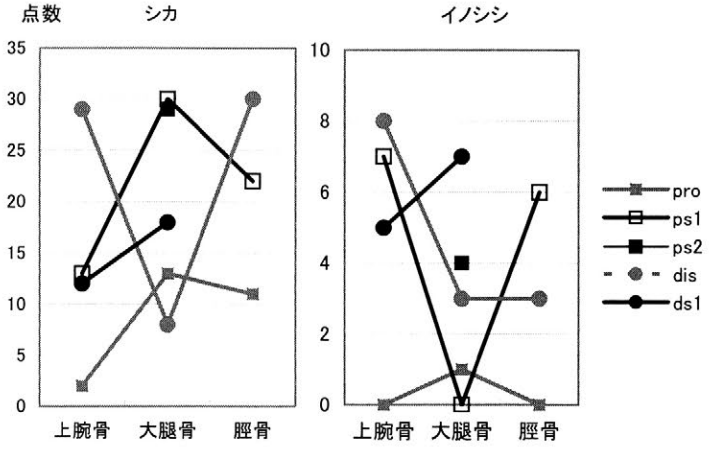


図2　骨端と骨幹による同定結果の比較

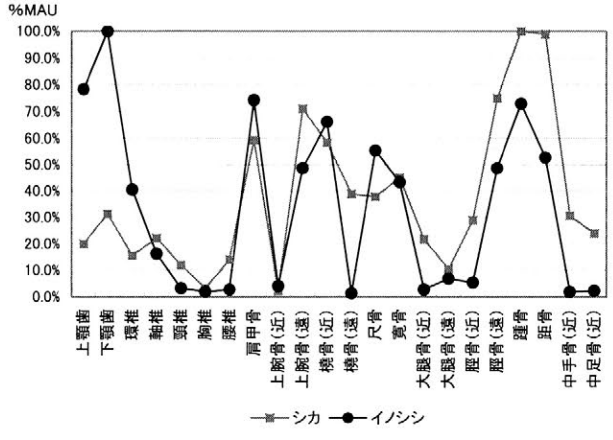


図3　六通貝塚部位組成

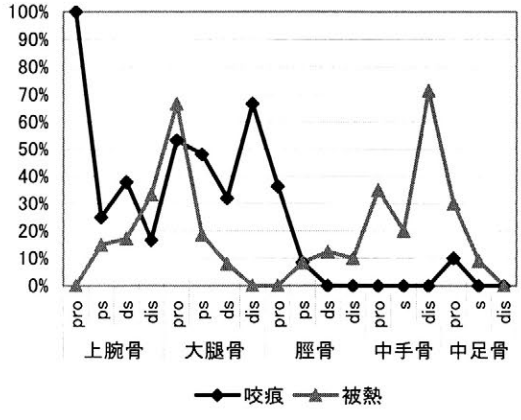


図4　咬痕･被熱の頻度

P－013

動物遺体からみたオマーン・ラス・ジプス貝塚の古環境と生業

○樋泉岳二（早稲田大学比較考古学研究所），植月学（山梨県立博物館），
津村宏臣（同志社大学文化情報学部）

1．目的・経過

アラビア半島の北岸～東岸には新石器時代を中心とする多数の貝塚が分布するが，これらの貝塚形成と古環境変遷の関連や，貝塚における生業活動（動物資源利用）に関しては，基礎研究がきわめて不充分な状況である．発表者らはオマーン国東部ジャラーン地域南端に位置するラス・ジプス（Ras Jibsh）貝塚において，2006 年度以降，完新世における古環境変遷（とくにラグーンの形成と衰退過程）と貝塚形成の関係史解明をめざし，貝塚や周辺地形の調査研究を行ってきた．ラス・ジプス貝塚は新石器時代の北半部（JBH1）と青銅器時代以降と推測される南半部（JBH2）から成る．とくに JBH1 の石器群は中石器的様相を色濃く示すことから，アラビア半島の貝塚としては最古期に相当する可能性があり，この地域における古環境変遷，漁撈活動や海洋適応の起源を解明する上で重要と考えられる．

2008・2009 年度は，①ラス・ジプス貝塚における貝類の組成と分布傾向の把握を目的とした表面散布貝類のサンプリング調査，②出土貝類の生息環境の確認を目的とした現生貝類の生息状況調査，③遺跡後背の sabkha（離水したラグーン）の形成過程解明を目的とした掘削調査を実施した．ここでは，その成果について現時点での概要を報告する．

2．ラス・ジプス貝塚表面散布貝類の調査

JBH1 の4地点（JBH1-1～4），JBH2 の2地点（JBH2-1・2）において地表散布貝類の採取・分析を行った（図1）．方法は，①各地点の地表に 30cm 角～100cm 角のコードラートを設定して表層約5cm を採取した．②採取試料を 4mm・1mm の試験フルイを用いて乾燥篩別し，4mm メッシュで回収された貝殻を同定・計数した．また JBH2 では，補足資料として3地点（JBH2-3～5）において目視観察により散布貝類の種類と相対的な頻度を定性的に記録した．この結果（表1），JBH1 では小型のイガイ科（ヒバリガイ類が主体と推測される），*Amiantis umbonella*，*Marcia marmorata* などが優占しており，少数ながら *Terebralia palustris* も確認された．JBH2 では地点ごとの差が大きいが，*Barbatia obliquata*，*Ostreidae* sp.，*Circenita callipyga*，*Perna picta* などが優占する．

3．現生貝類の生息状況調査

Ras al Hadd 周辺のラグーン（MM-1・2）とラス・ジプス海岸（MM-3）において生貝と打ち上げ貝の採集を行った．MM-1・2 は典型的な内湾砂～泥底域，MM-3 は外海に面した海岸で岩礁と砂浜が混在する．調査の結果，MM-1・2 では *Cerithidea* spp.，*Marcia marmorata*，*M. opima* などの生貝が得られたほか，*Amiantis umbonella*，*Protapes* sp.などの新鮮な死殻が多く認められた．MM-3 では *Circenita callipyga*，*Barbatia obliquata*，*Perna picta* などの新鮮な死殻が多く認められたほか，岩礁に付着した Ostreidae sp.（貝塚産と同種と思われる）の死殻も観察された．以上の結果から推定される主要種の生息環境を表1に示した．

4．貝類遺体からみたラス・ジプス貝塚周辺の古環境変遷

以上から本貝塚周囲の水域古環境の変遷を推定すると，遺跡形成期前半（JBH1：新石器時代）には *Amiantis umbonella*，*Marcia marmorata* など内湾砂泥質干潟の貝類が優占すること，マングローブ湿地に棲息する *Terebralia palustris* がみられることから，遺跡後背の sabkha にラグーンと砂泥質干潟が存在し，周辺には小規模なマングローブ湿地も点在していたと推定される．これに対し後半（JBH2：青銅器時代以降？）には，ラグーンが衰退し，*Barbatia obliquata*，*Perna picta*，*Circenita callipyga* など外海沿岸性の貝類の比重が相対的に増加したと推定される．

5．sabkha の掘削調査結果に関する予察

貝塚後背の sabkha の2地点（SB-1・2：図1）において，堆積物の層序確認と貝化石の採集を目的として，

地表面下約 60cm まで掘削を行った．層序は，上部から風成と思われる砂層（層厚約 15cm），砂泥互層（約 25cm）がみられ，その下から *Cerithidea* sp. などの内湾砂泥底性貝類の殻を含む海成砂層が検出された．詳細な分析は今後の課題だが，今後，年代測定および貝殻などの詳細な同定を行うことにより，ラグーンから sabkha への変遷過程を復元することが可能であり，貝類をはじめとする貝塚産動物遺体群の変化と比較することよって環境変遷と人間活動の関係史を具体的に解明できるものと期待される．

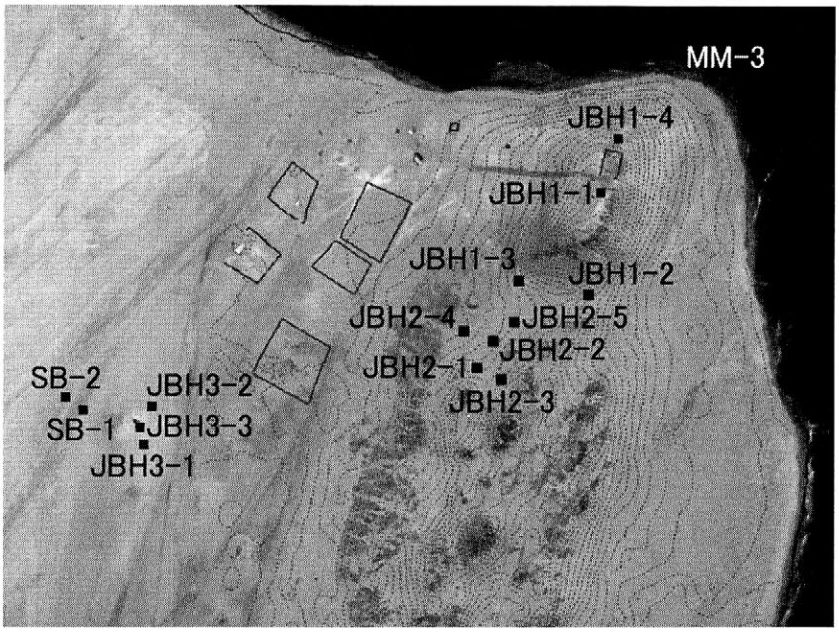


図1．ラス・ジプス貝塚の地形と調査地点の配置

表1．ラス・ジプス貝塚表面散布試料における主要貝類の分布傾向と生息環境（暫定結果）．

試料採取地点はおおむね北→南の順に配列してある．***，**，* は相対的頻度（フルイ試料については *** 25%以上，** 10%以上，* 10%未満）．

遺跡名				JBH1				JBH-2				
試料採取地点				JBH1-4	JBH1-1	JBH1-2	JBH1-3	JBH2-5	JBH2-4	JBH2-2	JBH2-1	JBH2-3
調査方法				フルイ4mm	フルイ4mm	フルイ4mm	フルイ4mm	目視観察	目視観察	フルイ4mm	フルイ4mm	目視観察
コードラート（試料採取区画）のサイズ（cm）				30×30	50×50	30×30	50×50	–	–	100×100	50×50	–
貝類の生息環境と相対的頻度	マングローブ		*Terebralia palustris*		*							
	内湾	泥/砂底	*Cerithidea* sp.?	*	*					*		
			Amiantis umbonella	*	**	*	***	**	**	*		*
			Marcia marmorata	***	*	**	*	*	*			
			Marcia opima	*	*	*	*		*			
			Protapes sp.	*		*						
			Meretrix sp.	*	*		**		*			*
	マングローブ/内湾～外海岩礁		*Saccostrea cucullata*	*			*					
	外海	砂底	*Cypraea* sp.					*	*			*
			Bullia (Bullia) otaheitensis	*				*	*	*		*
			Bullia (Bullia) semiplicata		*			*		*		
			Circenita callipyga						*		***	*
		岩礁	*Lunella coronata*			*			*		***	
			Purpla panama					**	*		*	**
			Barbatia obliquata		*	*	*	***	***	*		***
			Perna picta					*				***
			Mitylidae sp.	***	***	***	**	?	?	**	**	?
			Ostreidae gen. et sp. indet			*		**	**	*	*	***

P－014

糞石の分析学的研究－佐賀市東名遺跡の縄文時代糞石の分析

－寄生虫卵分析、花粉分析、外観観察などの総合分析－

○金原正子((株)古環境研究所)、西田巌(佐賀市教育委員会)、金原正明(奈良教育大学)

1．はじめに

遺跡より出土する糞石については分析対象として扱われることは希であり、寄生虫卵分析を行うに至っては破壊分析でもあるため断片的な分析しか行われていないのが現状である。今回佐賀市において調査された東名遺跡の縄文時代早期後葉の貝塚から出土した糞石108 点について総合的に分析を行う機会を得る事が出来、肉眼的観察および寄生虫卵分析、花粉分析などを行い糞の主、食性、植生などについて検討し、得られた成果についてケース報告を行う。

2．分析概要

試料は、外観写真を撮り骨片、木片、炭片などが含まれないか観察し、最小限のサンプリングを行った（0.1g～1.5g）。分析は、試料を乳鉢ですり潰したり、塩酸処理などを通常の方法に加えて行った。

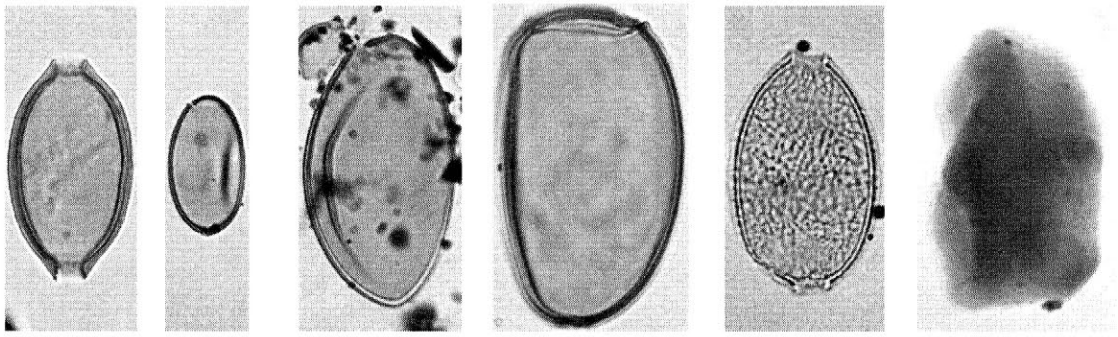
3．結果と考察

分析の結果、試料 108 点中 46 点から肉眼で骨片、木片、炭片、貝などが認められ、比較的大きい糞石にはそれらがほとんど含まれる。試料 108 点中 36 点から寄生虫卵が検出され、一部には消化残渣も認められた。検出された寄生虫卵は、鞭虫卵、異形吸虫類卵、マンソン裂頭条虫卵、肺吸虫卵、カピラリア、不明寄生虫卵であった。中には１ｇ中 2000 個以上マンソン裂頭条虫卵が検出されたものもあり、マンソン裂頭条虫卵を主とするものと、鞭虫卵を主とするものがあった。また寄生虫卵の検出は糞石の大小とは相関せず、これは取り上げられる糞石が一回の排便の一部であることや、たまたま寄生虫の排卵と重なることなどに起因すると考えられる。

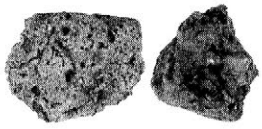
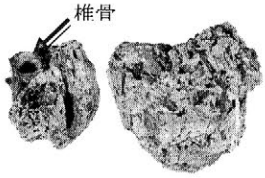
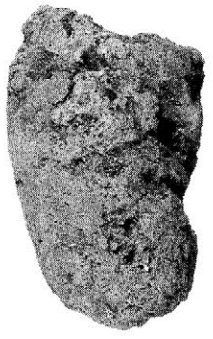
これらのことから、比較的大きな貝、骨片、木片、炭片などが含まれる糞石はイヌの可能性が高く、寄生虫卵分析においては、マンソン裂頭条虫卵を主とする糞石はイヌの可能性が高く、鞭虫卵を主とする糞石はヒトであると見なされる。

花粉分析については、風媒花である樹木花粉が比較的多くマツ属複維管束亜属、コナラ属アカガシ亜属、コナラ属コナラ亜属、エノキ属－ムクノキなどが出現する。草本花粉では、イネ科、ヨモギ属、クワ科－イラクサ科などが出現する。これらの花粉群集は、堆積地周辺の植生を示し、糞便が分解され石化する過程で周囲からもたらされ混入したと考えられる。これは本遺跡の堆積物の花粉分析結果との齟齬は生じず、特に食性を示す花粉は認められなかった。

今回行った糞石分析では、肉眼的観察や寄生虫卵分析が有効であることがわかった。また糞石の大きさには関係なく、分析量も比較的少量でも行えるが、破壊分析であるため希少試料には用いられない。今後分析の例数を増やし、時代、地域などによる変化が認められるか、不明寄生虫卵の特定、糞石の主の特定など解析の精度をあげる必要があろう。



鞭虫卵　異形吸虫類卵　マンソン裂頭条虫卵　肺吸虫卵　カピラリア　消化残渣

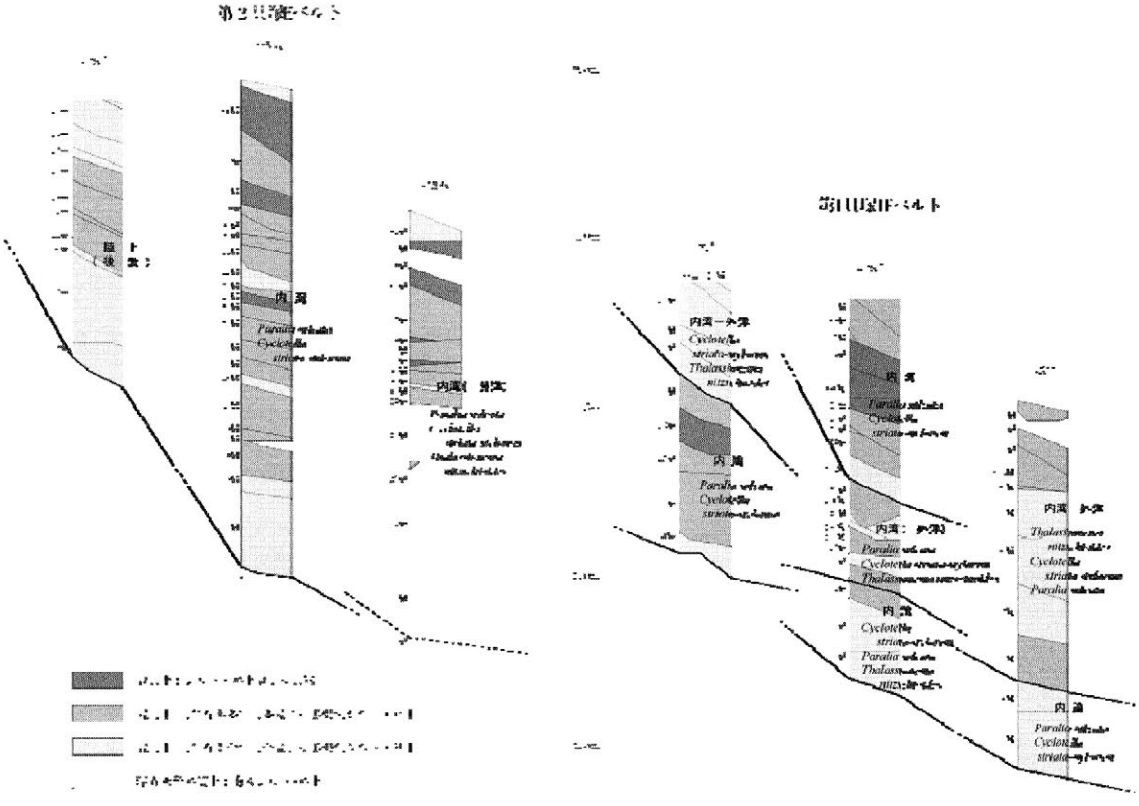
番号	写真	寄生虫			花粉
		学名	和名		和名
015		*Trichuris(trichiura)* *Metagonimus-Heterophyes* *Metagonimus-Heterophyes*(?) Unknown eggs	鞭虫卵 3 異形吸虫類卵 3 異形吸虫類卵(?) 3 不明虫卵 4	113個/g	マツ属複維管束亜属 1 エノキ属－ムクノキ 1 アカメガシワ 1 イネ科 1 シダ植物単条溝胞子 1
024					クリ 1 コナラ属コナラ亜属 6 コナラ属アカガシ亜属 1
061		*Diphyllobothrium mansoni*	マンソン裂頭条虫卵 2172	2775個/g	マキ属 8 モミ属 8 マツ属複維管束亜属 16 スギ 4 ヤナギ属 8 クマシデ属－アサダ 16 シイ属－マテバシイ属 4 コナラ属コナラ亜属 32 コナラ属アカガシ亜属 36 ニレ属－ケヤキ 8 エノキ属－ムクノキ 8 シキミ属 4 マメ科 4 イネ科 28 カヤツリグサ科 28 アカザ科－ヒユ科 4 アブラナ科 16 セリ亜科 8 ヨモギ属 20 不明花粉 20 シダ植物単条溝胞子 24 シダ植物三条溝胞子 8
077		*Trichuris(trichiura)* *Diphyllobothrium mansoni* *Capillaria* sp.	鞭虫卵 1 マンソン裂頭条虫卵 2 カピラリア 2	9個/g	エノキ属－ムクノキ 1 シキミ属 1 シダ植物単条溝胞子 1

P－015

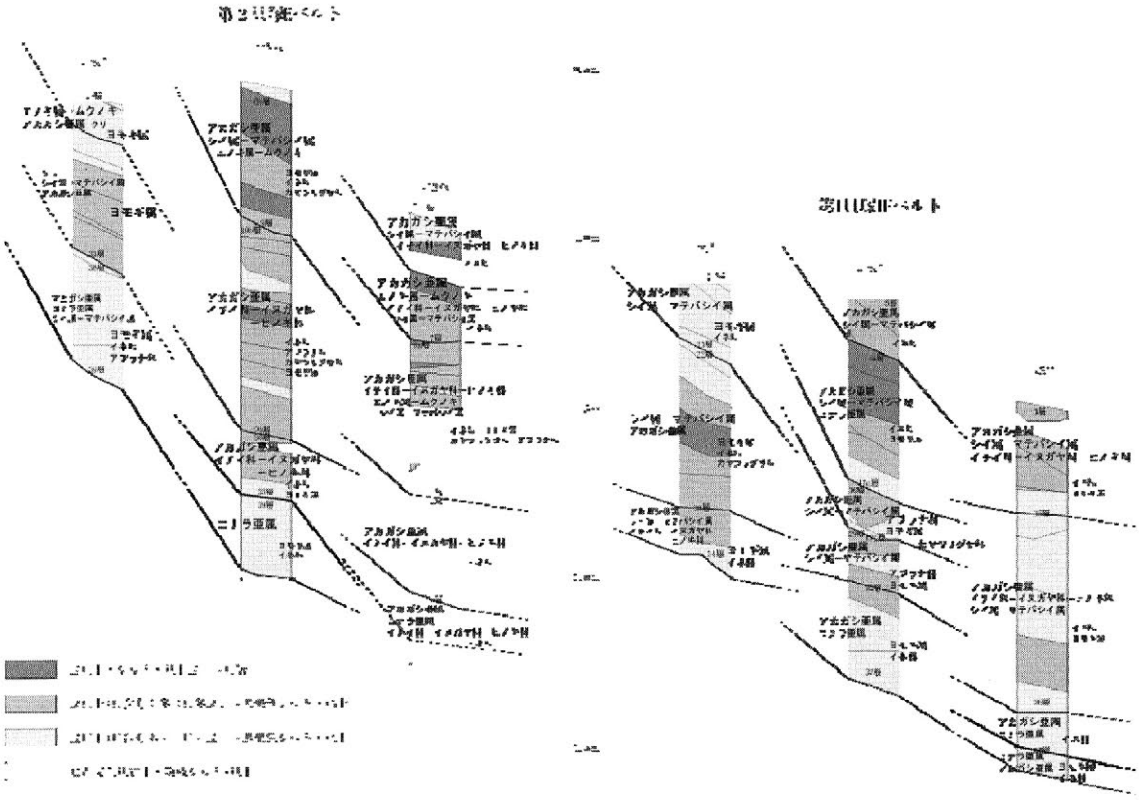
東名遺跡（縄文時代早期後葉貝塚）の植生・環境の空間的配置と変遷の復元

○金原正明（奈良教育大学）・金原美奈子（古環境研究所）・西田巌（佐賀市教育委員会）

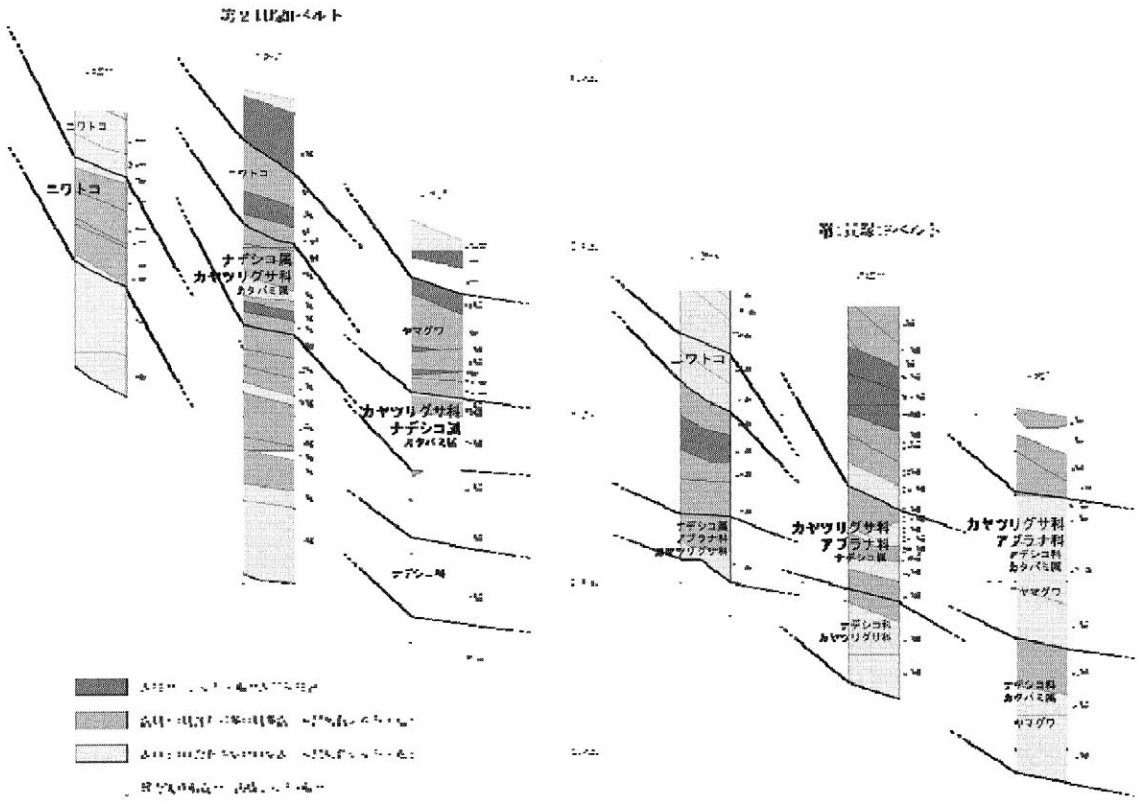
佐賀市東名遺跡（縄文時代早期）の第１貝塚と第２貝塚において、断面の複数地点で珪藻、花粉、種実の各分析を行い植生・環境の空間的配置と変遷の復元を試みた。貝塚は海岸から海へ向かって形成され、上部が削られており、残存で標高-0.5m から-2.5m に位置し堆積する。放射性炭素年代測定は名古屋大学中村俊夫氏によって各層で複数資料行われ、上部で約 7600 年前、下部で約 7900 年前の価が得られ、概ね 300 年間で形成された貝塚である。珪藻分析からは、内湾の環境が示され、第２貝塚の陸側では珪藻の生育できない陸上堆積が示され、最下部（約 7900 年前）で標高-1.5m の海面水位であったと推定される。花粉分析からは、最下部のみコナラ亜属が優占し、中下部はアカガシ亜属を主にイチイ科－イヌガヤ科－ヒノキ科がやや多く伴われ、上部になるとシイ属－マテバシイ属がやや多く伴われる。出土種実種も加味して、最下部のクヌギやナラガシワの温帯性の落葉広葉樹林からアカガシ亜属を主と照葉樹林に変遷するが、中下部ではイチイ科－イヌガヤ科－ヒノキ科が多く伴われ、上部ではシイ属－マテバシイ属が多くなり、より温暖化とたことが示唆される。種実同定では、標高の高い海岸側で樹木のニワトコが多く、海側では草本のカヤツリグサ科やアブラナ科、ナデシコ科などが多く、海際にはカヤツリグサ科やアブラナ科、ナデシコ科の草本の塩性植物ないし耐塩性植物が生育し、その後背には二次林性のニワトコが群生していた。ニワトコは海岸から集落域にかけての二次林とみなされる。ニワトコは検出傾向から、利用され投棄されたとは考えがたい。アカガシ亜属を主とする照葉樹林は、集落の後背の低位段丘面上に分布していた。



主要珪藻



（上）主要花粉　（下）主要種実



P－016

縄文農耕研究におけるプラント・オパール分析法の課題とその対策

－より確かな人文科学と自然科学の協働を目指して－

○宇田津徹朗(宮崎大学)、外山秀一(皇學館大学)、杉山真二(古環境研究所)、松田隆二(同)

１．はじめに

弥生農耕の解明において人文科学と自然科学の協働は大きな成果を挙げてきた。これらは、各分野の研究者の真摯な取り組みによるものであるが、さらに、自然科学分析の結果がその後の水田遺構の発掘調査によって、相互評価できた点も大きな要因と言えよう。

現在、縄文農耕の研究においては、弥生農耕の研究で培われた自然科学分析法により様々なデータが報告されているが、生産遺構の検出がなされていないため、その成果を人文科学と自然科学の研究者が相互評価できない状況にある。そのため、分析結果の信頼性については、試料汚染の可能性や分析手法および分析者の力量によって推し量る以外に術がない状態である。

しかし、こういう状態にあっても、各自然科学分析において、分析結果の信頼性を維持あるいは高めるためにどのような取り組みを行っているか、またその限界がどこにあるのかという情報を人文科学の研究者と共有する体制を築いてゆけば、縄文農耕研究においても弥生農耕以上のよりよい協働が実現されるものと考える。

そこで、ここでは、縄文農耕研究におけるプラント・オパール分析の課題とその対策について紹介することとしたい。本発表に対して、さまざまなご意見やご指摘がいただければ幸いである。

２．縄文農耕研究におけるプラント・オパール分析法の課題とその対策における基本的な考え方

プラント・オパールは、珪酸（ガラス）という組成から種子や花粉に比べて風化に強く、残留に優れている。また、細胞に由来するものであるため、生産量も多く、探査や試掘段階で得られるわずかな地層からも検出できる。しかし、それ故に、イネや稲作の存在を示す根拠がイネのプラント・オパールのみという事例がしばしば生じる。弥生農耕であれば、発掘により検証ができる場合も多かったが、縄文農耕においては、その信頼性に関して指摘される『試料汚染』のリスクを少なくする客観性の高い対策が必要である。また、『試料汚染』に関しては、プラント・オパールに包含される炭素による年代測定によりその可能性を検証することができると考えられる。

以上の考えに基づき、筆者らが実施している対策や取り組みについて述べることとしたい。

３．プラント・オパール分析における試料汚染（contamination）対策

プラント・オパール分析では、試料汚染が発生すると考えられる「試料採取・採集段階」、「試料の調整・処理段階」、「分析作業の段階」の３つの段階それぞれに対策を準備している。

１）分析試料の採取・採集段階における試料汚染対策

プラント・オパールは植物起源土粒子と呼ばれるように、炭化種子などと異なり、地層を構成する粒子の一つである。その大きさは、細砂およびシルト粒子に相当しており、比重は、2.38 前後（地層を構成する鉱物や粘土鉱物の比重が 2～4）である。こうした性質から、プラント・オパールが地層中で他の土粒子と著しく異なった挙動をとることは考えにくい。（※土壌は自然堆積したものがその後の人為的な要因で形成されたもの、地層は自然的・人為的要因を総括する概念）

したがって、上層のプラント・オパールが下層に混入するような現象が発生した場合には、細砂やシルトさらにプラント・オパールよりも細かな粘土粒子も一緒に挙動しており、地層断面を詳細に観察し地層の堆積構造を把握することにより、汚染箇所（可能性の高い箇所）を回避した試料採取が可能である。さらに、汚染源となり得る地層を全て採取しておくことにより、その分析結果の相互比較によって汚染の可能性を検証することができる。

また、生産遺構面が上層にある場合には、上記の対策をした上で、さらに、水平方向に複数の試料を採取し、分析結果の比較から、汚染の影響を検証するようにしている。

土器試料の選定においては、土器の表面の細かなひびに土粒子が入り込んでいる可能性に注意する必要がある。対策としては、まず、焼成のしっかりした深いひびなどがない土器を考古学の方に選定をお願いするとともに、基本的に土器表面は汚染されていると考え、試料調整の段階で、超音波による洗浄と土器の表面を除去する処理を行っている。

2）試料の調整段階における試料汚染対策

試料の調整段階では、言うまでもなく、調整処理中に異物が試料に混入しないようにすることが重要である。また、試料に接触する器具や薬品については、対象が肉眼で捉えることができない粒子であることから、原則として洗浄も汚染につながると考え、再利用は行わないようにしている。

こうした考えから、筆者らは、試料調整において用いられることが多い「重液によるプラント・オパールの分離抽出処理」を採用していない。また、プラント・オパールに付着した鉱物粒子や粘土鉱物は完全に除去することはできないので、重液処理によってプラント・オパールの全量を分離抽出することはできない。そのため、分析に適した（観察し易い）試料作成には有効な処理方法であるが、必ずしも検出効率を高めることには繋がらない。一方、重液を用いずに調整した試料は、さまざまな夾雑粒子が残っているが、試料調整の工程が少ない分、確率的には試料汚染を少なくできるとともに、分析量に比例して検出力を高めることが可能である。

3）試料の分析段階における試料汚染対策

有機物を多量に含むなど、特殊なものを除けば、風乾１ｇの地層および土器胎土から作成した分析試料があれば、数十枚の検鏡用プレパラートを作成することができる。したがって、プレパラート作成時に試料汚染が発生しても、基本的には新たなプレパラートを検鏡することで、汚染を回避することは容易である。また、試料汚染が発生した可能性を把握するために、作成時に、試料を入れないプレパラート（コントロール）を作成し、検鏡を実施している。もし、この段階で、プラント・オパールや鉱物などの異物が検出された場合には、「薬品や器具などが汚染」や「手の洗浄が不十分」の可能性が想定されるので、その原因を除去し、再分析を実施している。

４．想定外の試料汚染やクロスチェックへの対応

どのような対策を講じても、想定外の試料汚染が生じることは否定できない。そのため、調整段階以降の汚染については、未調整の試料を残しておき、調整段階からの再分析や第３者によるクロスチェックが実施できるようにしている。また、試料採取段階の汚染については、汚染源を含めた地層の定量分析により、断面観察によって把握できない微量な地層の混じり込みの可能性を客観的に判断している。（具体的には、プラント・オパールが高密度で検出された地層の直下層から極少量の検出が確認された場合は、試料汚染の可能性を視野に入れた考察や追加分析による検証を行う）。

５．プラント・オパールの年代測定による試料汚染の検証

プラント・オパールの主成分は珪酸であるが、それに次ぐ成分として炭素が含有されている。現在、プラント・オパール中の炭素による年代測定は、抽出を行えば、アメリカのBETA社による年代測定サービスを利用することができる段階にきている。

筆者らは、これまでに、試行として、宮崎県都城市で採取したアカホヤ直下ウシノスネ下部から採取した土壌からプラント・オパールの抽出を行い、AMSによる年代測定（BETA社による）を実施している。測定の結果は、補正年代で7780±260（年BP）となり、ほぼ妥当な年代を得ることができている（宇田津2006）。

今後、安定した抽出技術を確立することにより、遺物や炭化物の検出が困難な焼畑などの生産遺構の年代推定、さらには、プラント・オパールの年代測定法から試料汚染の有無や可能性を判断できると期待される。

P－017

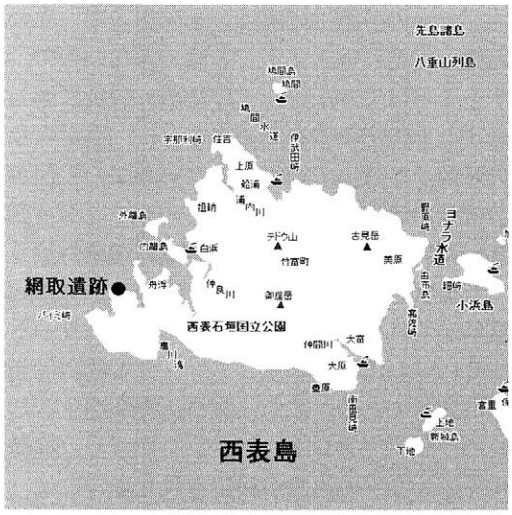
西表島西部網取遺跡における近世水田跡の調査

－プラント･オパール分析、花粉分析、珪藻分析、種実同定の総合による成果－

○松田隆二･金原正子･岡山邦子･金原美奈子((株)古環境研究所)、北條芳隆(東海大学)、
田崎博之(愛媛大学)、中山誠二(山梨県立博物館)、永谷幸人(東海大学大学院)

1．はじめに

筆者らは、沖縄八重山地域における稲作農耕の歴史解明の一環として、2005年より西表島西部に位置する網取遺跡（旧網取村：1971年廃村、現在は東海大学沖縄地域研究センター）を対象として調査を実施・継続している。本遺跡では、2008年までの調査において、近世前期の水田遺構が畔畦と水路を伴って検出された。一連の調査では、発掘調査と並行してプラント・オパール分析、花粉分析、珪藻分析、種実同定を実施し、これらの総合から水田跡の探査、検出された水田遺構における稲作の検証と当時の水田の様相、さらに周辺の植生と環境を検討した。ここでは、これまでの調査で得られた成果について紹介する。



なお、本研究は、東海大学総合研究機構プロジェクト「宮古・八重山地域の総合的研究」（研究代表者：上野信平）の成果の一部であり、総合地球環境学研究所プロジェクト「農業が環境を破壊するとき－ユーラシア農耕史と環境－」の支援を受けている。

2．調査・分析の概要

調査地点は、水田域踏査において最初に水田が拓かれた可能性が高いと推定された、網取扇状地の扇央部付近に設定した。ここにトレンチを掘削し、発掘調査を実施した。分析試料の採取は、分析者が現地において直接行った。分析試料は、P2/P3、P4、P5の各トレンチの壁面において採取した計34点の土壌である。採取した土壌は、各分析用に適量を分割し、それぞれ定法にしたがって調整・処理を行い分析に供された。

3．結果と考察

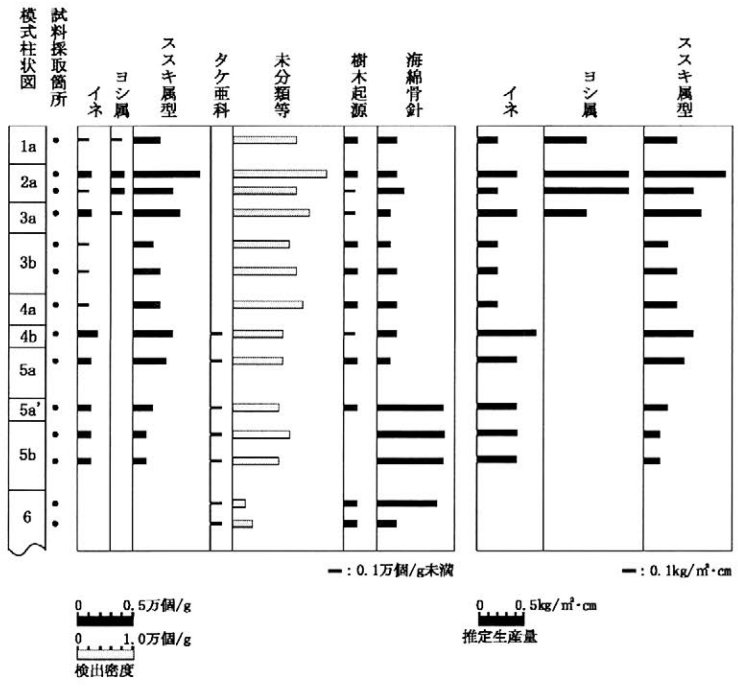
分析の結果、1層（現地表面）から5層においては、イネ科（イネ属型を含む）、カヤツリグサ科が主に生育する、低湿な水田の分布が示唆された。とくに、14C年代測定によって17世紀代の年代が得られた層準（4a層）とその下位層（5a層）では、低密度ながらイネのプラント・オパールとイネ属型花粉、さらにシャジクモ属を主にコナギ、スブタ、ホタルイ属、イバラモ属、フラスコモ属などの水田雑草の種実類が検出され、それぞれ水田耕作層である可能性が推定された。2008年までの発掘調査において、4a層より畔畦、水路および水口を伴って7～9面の小区画水田が検出された。また、堆積土の水洗選別によって炭化米が1点出土したことから、ここが当時の水田であったことが自然科学分析と発掘調査の両面において確認された。

花粉分帯下位のⅠ帯期（4b層から5b層）は、周辺にシイ属－マテバシイ属（生態上からオキナワジイ）を主に、コナラ属アカガシ亜属（生態上からオキナワウラジロガシ）などの照葉樹林が分布し、Ⅱ帯期（2層から4a層）になると、シイ属－マテバシイ属がやや減少する一方、マツ属複維管束亜属（生態上からリュウキュウマツ）が増加し、二次林の

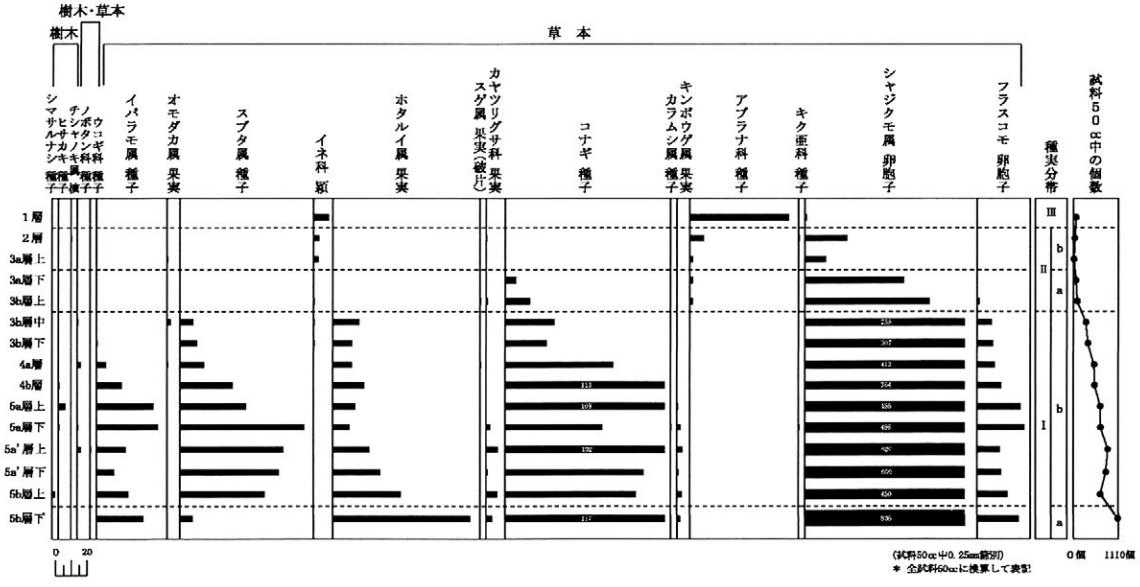
成立が認められた。Ⅲ帯期（1層）では樹木がやや増加し、コナラ属アカガシ亜属とアカメガシワが増え、人為的影響をうける環境となった。Ⅰ帯期やⅡ帯期では不安定な水域だったものが、Ⅱ帯期の上位とⅢ帯期では *Navicula contenta* や *Nitzschia debilis* などの陸生珪藻が優占し、不安定な水域ながら乾燥化が進み、一部畑地化した可能性も考えられた。

今回検出された水田遺構は近世前期に相当し、ちょうど琉球王府の農業政策によって八重山諸島にも水稲農耕が本格的に導入された時期と重なる。そのため水田の構造には、沖縄本島を経由して新たに持ち込まれた技術が反映されている可能性が指摘されるが、その一方、西表島における稲作農耕の歴史は15世紀に遡ることから、実情に即した独自の工夫がなされていた可能性も高い。

なお、近世前期の水田面（4a層）の下層である5層でも、土層観察およびプラント・オパール分析、花粉分析および種実同定の結果より、水田稲作が営まれていた可能性が示唆された。今後、5層での水田遺構の検出と、その年代の特定にむけて調査を実施する予定である。



網取遺跡Ｐ４トレンチ南壁のプラント・オパール分析結果



網取遺跡Ｐ２トレンチにおける種実ダイアグラム

P－018

東北タイにおける熱帯季節林下の植物珪酸体化石群

○江口誠一（千葉中央博），岡田直紀（京都大），
Somkid Siripatanadilok, Teera Veenin（カセサート大）

【 はじめに 】

タイの熱帯季節林は，全森林面積の 3 分の 2 を占め，国内のみならず東南アジアの植生を考える上で重要である．しかし，その過去の変遷については，ほとんど明らかにされていない．従来の研究では，考古学・人類学的視点によって，湖沼堆積物中の花粉化石を中心に扱われてきた．そのことから，花粉の飛散が及ぶ広い地域内の，様々な場所からの化石が混在した，ダイヤグラムをもって概観するにとどまり，植生変遷史としては考察されてこなかった．

さらに生態学的検討を加えるには，古植生の分布まで検討する必要があり，地点あたりの復原域が小さい，植物珪酸体分析はそれに適している．また窪地に限らず，平坦地の堆積物を直接分析できることから，台地上でも現地性の高い復原が可能である．

本研究では，熱帯季節林の中でも，火入れなど人為の影響が強い落葉フタバガキ林下の，表層を含めた地層中の植物珪酸体化石群から，現生群落内の母植物を対象にその変遷を明らかにすることを試みた．

【 試料と方法 】

タイ東北部ナコンラチャシマ県サケラートの環境研究ステーションでは，落葉フタバガキ林（DDF），落葉混交林（MDF），乾燥常緑林（DEF）が隣接して分布する．それぞれの区域内で，表層から深度 1m 程度までの地層を観察し，約 10cm ごとの層準で植物珪酸体分析用の試料を，また放射性炭素年代測定用の炭化材を適宜採取した．

落葉フタバガキ林において 2 地点（SD1, SD2），落葉混交林で 1 地点（SM1）調査した．SD1･2 の層序は下位より，最下部礫層を基盤に，炭化物が散在する赤褐色シルト質細砂，締まりのある赤褐色シルト質細砂，表層の暗褐色シルト質細砂であった．SM1 では，最下部礫層の上位に，炭化物と礫が点在する暗黄褐色シルト質細砂，暗黄褐色シルト質細砂，表層の暗褐色シルト質細砂が堆積する．

タイにおいては，有効な植物珪酸体の形態記載がなされていない．そこで，現在見られる主要構成種のフタバガキ科を中心に，葉身中の形態観察をするとともに，試料より産出した化石について同定し進めた．

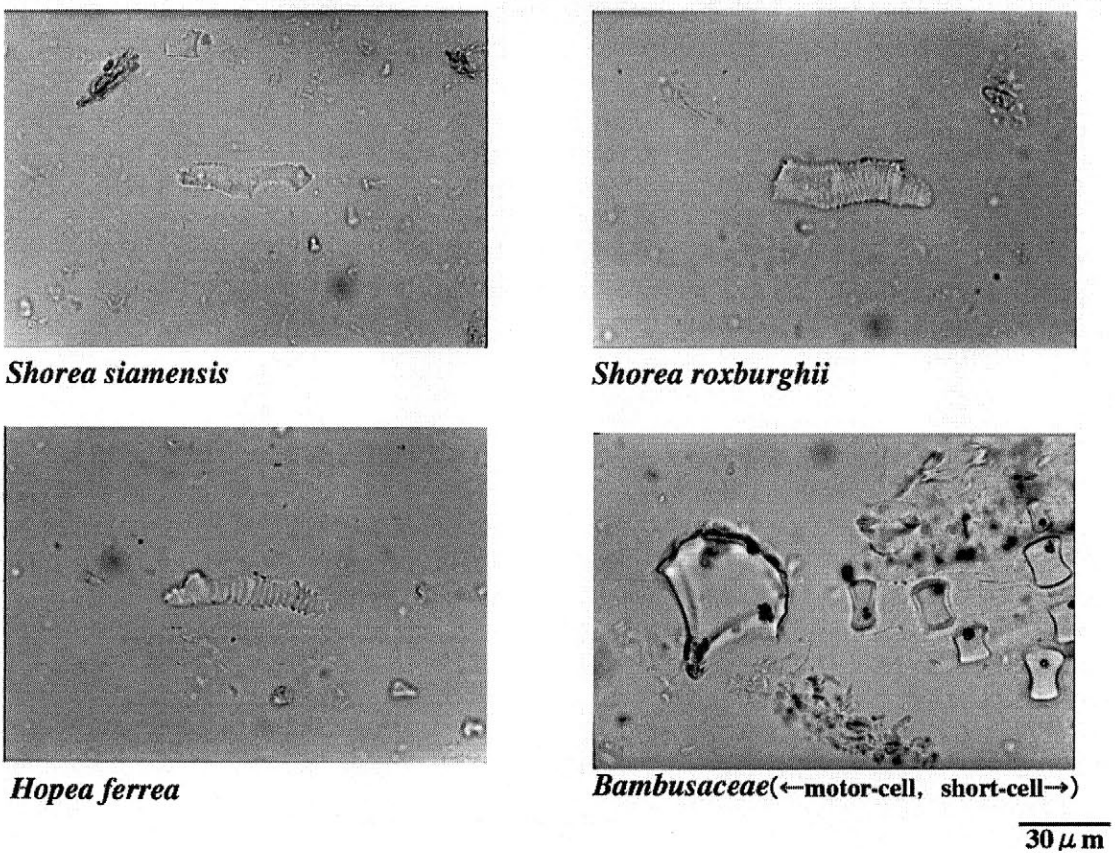
【 結果と考察 】

葉身中の植物珪酸体については，フタバガキ科の *Dipterocarpus costatus*, *D. intricatus*, *D. obtusifolius*, *D. tuberculatus*, *Hopea ferrea*, *Shorea roxburghii*, *S.*

siamensis, 落葉フタバガキ林と落葉混交林の林床に生育するタケ類の *Arundinaria pusilla* から確認された. しかし, *Shorea henryana*, *S. obtusa* からは, 明確な形で見られなかった.

落葉フタバガキ林 SD1 の, 炭化物散在層と上位層の境界部およびその上位層中部の, 深度 40cm, 20cm より, 1,157±20calBP, 204±19calBP の放射性炭素年代がそれぞれ得られた. 植物珪酸体化石では, 現在生育するフタバガキ科が深度 30cm の層準より上位で産出し, タケ類もほぼ同層位で多産した. また SD2 では, 炭化物散在層下部と中部の, 深度 50cm, 40cm より, 1,255±18calBP, 1,447±22calBP の年代が得られた. それらの層準から上位でフタバガキ科が産出し, タケ類は表層で顕著に多かった. 落葉混交林 SM1 では, 最下部礫層中の深度 67cm より, 炭化材年代 4,390±22calBP が得られた. フタバガキ科は表層では見られず, それより下位の深さ 43cm まで産出した.

以上より, 現在分布する落葉フタバガキ林は, その地で約千数百年前に成立した. また, 近年は乾燥常緑林が拡大しているが, 落葉混交林では過去に落葉フタバガキ林が分布していた. このように, 台地上の限られた区域においては, 群落内の母植物で見当をつけながら, 表層より地下に連続する地層中の化石を追うことで, 現植生の成立過程を明らかにすることも可能である.



植物珪酸体の顕微鏡写真

P－019

大福遺跡における木材利用の考察

○湯ノ口利恵（奈良教育大・大学院）、金原正明（奈良教育大）

１．目的

日本の文化が「木の文化」であると言われるように、私達は縄文時代における狩猟用の弓矢に始まり、弥生時代には農耕具の鋤や鍬をはじめとする多くの生活用具に、そして今日に至っては紙やパルプ、家具類というように、古くから生活の中に木材を取り入れ、古代から現代に至るまで脈々と樹木と深い繋がりを築いてきたのである。こうした木材と人との関係を探るうえで、大きな役割を果たすのが樹種同定である。

そこで本研究では、大福遺跡出土の樹種同定を行い、遺跡周辺の当時の植生復元を試み、加工木と自然木の比較による樹種選択の有無、さらに時代変化による樹木利用の変化についての検討を行う。これらの検討を通し、大福遺跡において人々がどのような木材利用を行っていたのかを明らかにすることを本研究の目的とする。

２．遺跡と試料について

大福遺跡は茶臼山古墳、箸墓古墳、纒向遺跡などの全国的に有名な遺跡が数多く存在する桜井市の大字大福に所在する縄文時代から飛鳥時代に至る複合遺跡であり、特に弥生時代後期を中心とする集落遺跡である。今回樹種同定を行った試料は、古墳時代前期の試料が多くみられる大福遺跡第 25 次調査出土の木質遺物 159 点（加工木 95 点、自然木 64 点）と、弥生時代末から古墳時代初頭にかけての試料が多い大福遺跡 26 次調査出土の木質遺物 111 点（加工木 77 点、自然木 34 点）である。

３．方法

両刃剃刀を用いて各遺物から直接、木口、柾目、板目の各面の切片を薄く切り採取した。採取した切片の水気を切り、エタノール１段階、イソブチルアルコール１段階、キシレン２段階の順に浸して置換し、脱水処理を行った。処理後の切片を１枚のスライドグラスに並べ、キシレンで薄めたキシロールバルサムを数滴滴下し、カバーガラスを被せて封入した。作成したプレパラートを光学顕微鏡下で観察し、参考文献の記載及び図版等を参照して樹種の識別同定を行った。

４．結果・考察

大福遺跡では自然木の樹種同定から、弥生時代末から古墳時代前期にかけてアカガシ亜属を主とする照葉樹林（常緑広葉樹）

が継続的に広く分布し、そこにムクノキ、エノキなどの落葉広葉樹、ヒノキをはじめとする少量の針葉樹が混生していたと考えられ、時代による大きな変化はみられなかった。加工木においては時代変化により利用される樹種に変化が見られた。

弥生時代末から古墳時代初頭にかけては自然植生でも多く見られるアカガシ亜属が多用されている。自然植生に多く見られるがサカキやエノキなどはあまり加工木ではみられないなど、この時代から人々は樹種を選択して利用していたと考えられる。

樹種名	自然木出土数	%	加工木出土数	%	選択度＊
ヒノキ類	11	12	44	30	2.5
アカガシ	16	17	26	18	1.0
サカキ	9	10	3	2	0.2
エノキ	4	4	1	1	0.2

表１　自然木と加工木の比較

そして、古墳時代前期になると劇的な変化が見られる。それまでのアカガシ亜属を中心とする広葉樹利用から、ヒノキを主とする針葉樹の多用が顕著に見られた。

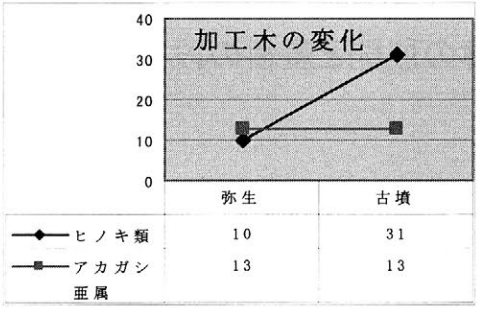


図１　時代変化による主要２種の利用変化

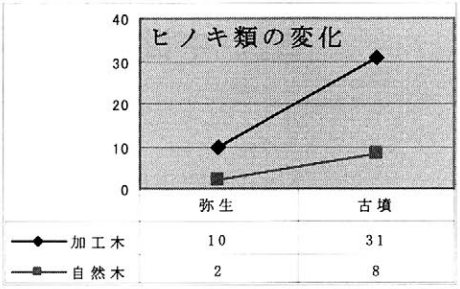


図２　ヒノキ類における変化

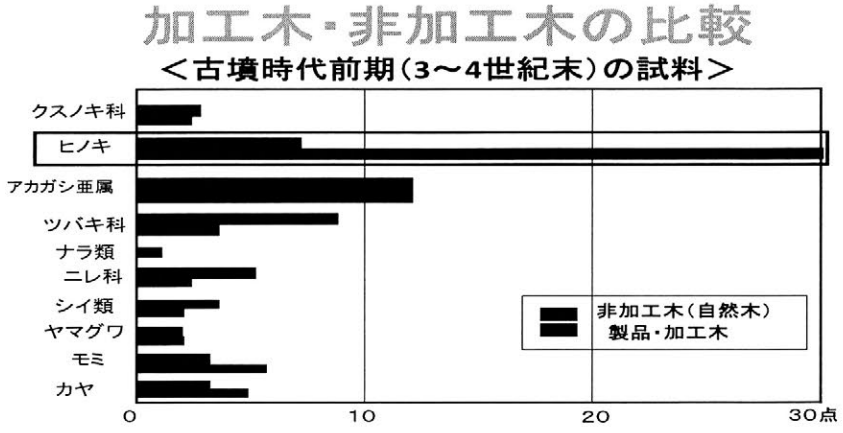


図３　加工木・非加工木対応表

ヒノキにおいては自然木と加工木に大きな差異が見られる。自然植生としては決して劇的に増加しているわけではないヒノキが加工木としてこのように利用されていることより、ヒノキを選択的に利用していたことがわかる。

以上のことより、大福遺跡においては弥生時代から古墳時代にかけては遺跡周辺の植生に応じたアカガシ亜属を中心とする広葉樹利用を行っていたが、古墳時代前期になると、鉄製加工具の登場による加工力の向上により、ヒノキ類を中心とする針葉樹利用がさかんに行われるようになる。また、目的に応じた選材化が進んでいったこともみることができた。

また、植生上は大きな変化のみられないヒノキ類の多用は大福遺跡周辺からではなく地域的な流通材を示唆し、ヒノキ材利用の供給を行う仕組みが存在していた可能性も考えられる結果となった。このシステムが８―１１世紀の宮都の建築材としてのスギ・ヒノキへの傾倒という都城を中心とする遠距離材利用の木材利用体型の成立につながっていった可能性も考えられる。その意味で、大福遺跡でみられた弥生時代末から古墳時代前期にかけてのヒノキの多用という木材利用の画期は特出すべきものであり、先駆的なヒノキの集中利用であったと考えられる。

P－020

古代・中世・近世の二次林の展開と農耕の段階

○金原正明（奈良教育大学）・金原裕美子（京都大学）

弥生時代以降の気候変動は、尾瀬ケ原湿原の泥炭層の花粉分析から寒冷を示すマツ属複維管束亜属（ゴヨウマツ類）の花粉の増減を指標として、特に室町時代以降を小氷期として変動が示され（坂口、1985）、ヨーロッパの小氷期と対比され、沖積平野の発達史においても大きな変化があり（高橋、1995）、土地利用および農耕に影響を及ぼし社会変革へも影響を与えたと考えられている。

平野部の農耕の変化として、河内平野や奈良盆地等の分析を伴う調査では、11 世紀から 12 世紀に画期がみられ、水田の集約化、ソバに代表され、ムギ類、豆類などの畑作の盛行、落葉広葉樹（コナラなど）、照葉樹（アラカシやシイ類）、マツ属複維管束亜属（生態上アカマツ）の二次林の増加が認められる。この時期の特に平野部におけるソバ栽培は特筆すべき事柄である。また、この時期以降、出土するイネ果実（炭化米）に大型のものが多く、少なくとも２系統のイネ（炭化米）が認められ、多様な環境に耐える唐法師と呼ばれる赤米の品種が入り、陸稲としてまた悪環境の低湿地の水田で栽培されるが、この可能性が高い。特に乾燥のしやすい水田や陸稲として、オオムギなどと伴に中世の生産性を飛躍的にのばしたと考えられる。17 世紀以降は、商用作物のアブラナやワタが集約的に栽培される。これらの時期は山地の開発と農耕が顕著となり、その段階が最近巨椋池や奥能登の花粉分析から詳細に分析された。平野部のデータから、落葉広葉樹（コナラなど）、照葉樹（アラカシやシイ類）、マツ属複維管束亜属（生態上アカマツ）の二次林の増加として認められ、上部に向かいアカマツ二次林が増加し、山地の疲弊度は大きくなることが示された。京都盆地南部の巨椋池跡の堆積物からは、中世を区分できるタイムスパンの長い花粉分析データが得られた。巨椋池は琵琶湖から流れ出る宇治川が京都盆地に流れ込む最も低いところに形成された広大な湖沼であり、文献から中世には成立している。豊臣秀吉が堤を築き、宇治川と巨椋池が分析され、明治から特に事業として干拓され、昭和に入って消滅した。

また、京都府南部の奈良時代鹿背山瓦窯の谷のボーリングデータからは、奈良時代から落葉広葉樹の二次林が成立する状況がみられ、地域や箇所によってはより早い落葉二次林の展開が示唆された。

古代から中世の農耕の大きな変革は、10 世紀頃から始まり当初より焼畑が伴われ、11 世紀から 12 世紀の平野部の再開発は灌漑システムを伴う開発が行われ、水田の集約化に加えイネ、オオムギ、コムギ、ソバなどの穀類の畑作が盛行し、他の畑作物も多様化する。これらは特に平野部でのソバやムギの栽培が盛行するのが特徴であり、平野縁辺部の山地では焼畑を伴うソバや雑穀類などの畑作が行われ、照葉二次林や落葉二次林が拡大する。中世後半（14 世紀）になると、山地部の比較的深部までも、焼畑を伴うソバや雑穀類などの畑作が、製炭や窯業や製鉄などと伴に経営されたとみなされる。山地は痩悪地化し、他の樹木の入り込めない環境の悪いところでも生育できるアカマツを中心とする疎林の二次林へと変化した。17 世紀以降になるとアブラナ科やワタなどの商用作物が集約的に栽培され、里山としてのアカマツ林などが成立し森林が回復されるに至った。

これらの変化は、気候的要因で農耕が変化するのではなく、畑作の集約化や焼畑、大規模な灌漑水路などの農耕技術と組織的農耕を行う社会構造の変革による変化がより強かったとみなされる。

1トレンチ		ボーリング	主要花粉		推定される植生・環境	
1－Ⅲ		B－V	マツ属複維管束亜属 スギ	イネ科 イネ属型	アカマツ林　スギ造林 水田	
1－Ⅱ	b	B－Ⅳ	マツ属複維管束亜属	イネ科　イネ属型 アブラナ科　ソバ属	アカマツ二次林の増加	アブラナ科・ソバ属などの畑作の増加
（瓦窯跡）	a	B－Ⅲ（花粉密度低い）	ハンノキ属 コナラ属コナラ亜属	イネ科　イネ属型 カヤツリグサ科	ハンノキ属・ナラ類の二次林	湿潤化
1－Ⅰ		B－Ⅱ	コナラ属コナラ亜属 マツ属複維管束亜属 スギ コナラ属アカガシ亜属	イネ属型 イネ科　ソバ属	水田の拡大 森林の減少 アカマツ二次林の成立	
		B－Ⅰ	コナラ属コナラ亜属 クリ　スギ	イネ科 ヨモギ属	コナラ・クヌギ・クリの二次林 上部で水田化	

鹿背山瓦窯跡における花粉層序の対比と推定植生・環境

古代・中世・近世の環境と農耕の変遷（近畿地方周辺をモデルとして）

古墳時代	この頃までに沖積平野の水田化 縁辺山地の照葉二次林化 古墳築造等による局部的二次林
8世紀	谷底平野の開発と周辺のその二次林化（ソバを伴う）
9・10世紀	縁辺山地で焼畑等による二次林化 窯業・製鉄による地域的山地開発と伴う畑作 山焼と雑穀・豆類（三代実録）
11～13世紀	畑作物の多様化（ソバ）　中世型イネ（仮称）伝播 水田の集約化　山地の開発・焼畑等 （田畑輪換）　照葉二次林・落葉二次林
14・15世紀 16世紀	落葉二次林・アカマツ二次林（山地の荒廃・疎林化） （人糞施肥）
17世紀	商用作物の栽培（アブラナ）アカマツ林等の里山の成立（森林の回復）

P－021

静岡市手越向山遺跡で検出された畑地堆積物の微細堆積相

○松田順一郎（史跡 鴻池新田会所管理事務所），篠原和大（静岡大学人文学部）

遺跡と遺構

静岡平野西縁に接する基盤岩丘陵の一つ，佐渡山（標高 102.8m)の北東約 180m，標高 42ー46m，傾斜 20ー25°の崩積斜面に位置する手越向山遺跡で，2008 年に静岡大学考古学研究室によって実施された第 4 次発掘調査では弥生時代中期後半に築造された方形周溝墓が孤立して検出された（篠原ほか 2009）．この方形周溝墓盛土層の下位層準で，その墳丘範囲内に，過去（縄文時代と推定）に斜面地表に発達したいわゆる黒ボク土に，風化岩体から生産された黄褐色の崩積堆積物が混じった擾乱堆積物がみとめられるとともに，崩積堆積物上面に，斜面コンタラインに平行し，階段状にたがいに近接して掘り込まれた浅い数本の溝（各溝の幅 30ー40cm，深さ数 cm，長さ数 10cmー5m）が検出された（図 1）．これらは，畑地作土とその直下の崩積堆積物上面に残された耕起痕跡の可能性があり，「畠状遺構」と呼ばれた（篠原 2008，前掲）．形成時期は，弥生時代中期初頭（II 期）の丸子式期と考えられる．

現地での観察結果

この遺構を畑地跡とする理由として，（1）遺構の分布領域の周縁部と，擾乱堆積層の上部は，方形周溝墓の築造時に削除されており，方形周溝墓の築造過程とは調和的でないこと．（2）現地観察で擾乱堆積層には，上・下の層準より粗孔隙が発達する部分があり，現世の根成孔隙より以前に生じた畑地のペッド（団粒構造ないし破砕された堆積物の数 mm 以下の微小な土塊）にともなう土壌構造とみなせたこと，（3）擾乱堆積物は長径数 cm 以上の土塊（クロッド，ペッドなど）を下底付近に含むが，よくかき混ぜられ，初生の堆積構造あるい土壌構造が通常の盛土より強く破壊されていること，（3）順序は不明瞭だが，溝の切り合いを示す凹凸が見られ，階段状の浅い掘り返しがほぼ同じ位置で複数回行われるような耕起行動が示唆されること，（4）斜面の耕作形態として現世でも事例が見られること，などである．

微細堆積相観察の視点

上述のマクロスケールでの観察結果をふまえ，松田は畑地耕作土の可能性を確かめるため，上記の方形周溝墓盛土下部，畑地作土と考えられる擾乱堆積層，基盤崩積堆積物の 3 層にまたがる不撹乱試料を採取し，研磨スラブと薄片によって微細堆積相の観点から，その特徴をメソーマイクロスケールで詳細に検討した．Carter and Davidson (1998)が指摘したように，土壌微細形態のみで畑地作土を同定することは，困難な場合が多い．たとえば耕起後数か月間で，ペッド間の孔隙が堆積物の充填と圧密で縮小し，土壌構造が壁状に変化する（Mackie-Dawson *et al.* 1989）．上述したマクロ形態に加え，耕作の擾乱にともなう dusty clay の孔隙の充填，のミミズを主とする動物の活発な活動痕跡，施肥にともなう化学的特性，作物と耕作地にともなう雑草など花粉化石と植物遺存体などの証拠が求められると Goldberg and Macphail (2006)は指摘した．いっぽう，実験試料を含むいくつかの畑地土壌（堆積物）の微細構造にかんする観察結果（たとえば黒島・大政 1963，

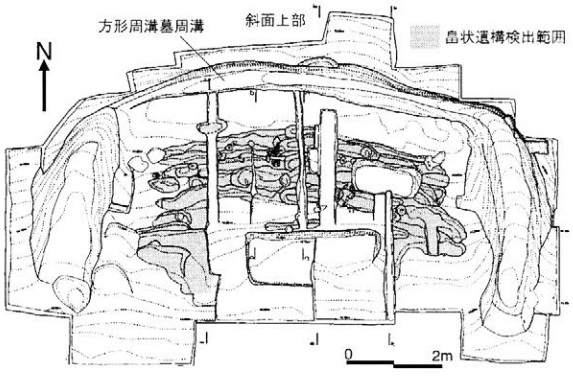


図 1 手越向山遺跡第 4 次発掘調査調査区と畠状遺構検出範囲．篠原（2008）を一部改変．

Mackie-Dawson *et al.* 前掲 など)を参照すると，とくにシルト以細の細粒物質が卓越する耕作土では，長径約 1cm 以下で多様な大きさの角ー亜角でブロック状ペッドが複合ないし混合パッキング孔隙をなし，圧密が生じても，ペッド間の接合が部分的か，接合しないようである．また，畑地作土における二次粒団やその耐水皮膜の形成はすでによく知られている．これらの特徴と埋没状態における圧密を考慮し，薄片の観察を進めている(図 2)．

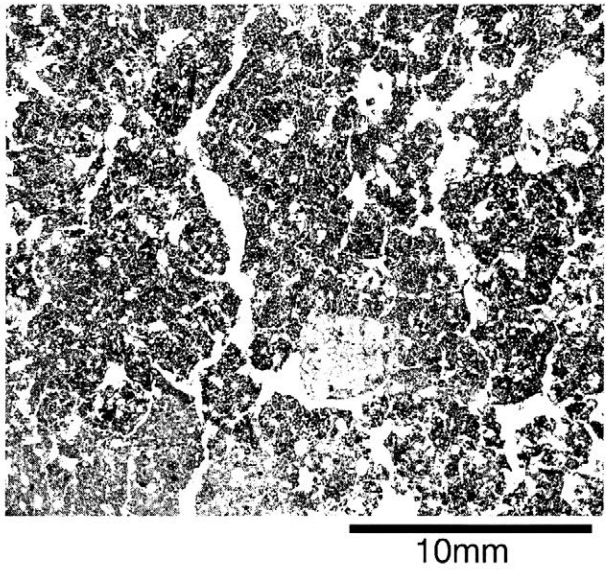


図 2 基盤崩積堆積物($3B_2$)直上の畑地作土と推定される堆積物(2Ap)の顕微鏡写真．PPL．この層準ではとくに多くの粗孔隙が残存する．孔隙の両側壁の接合がわるい．異なる形成時期の孔隙が重複するだけでなく，初生のパッキング孔隙を反映すると考えられる．画面左下のやや明るい灰色部分は基盤崩積堆積物からなる比較的大きな角塊状のペッドで，その内部は壁状．同堆積物は上位の耕作土とみなせる堆積物中で数 mm 以下のペッドとして散在するが，多くの部分では暗色の有機物に富む，わずかに砂に混じるシルト質粘土とよく混合されている．画面の大部分を占めるこの堆積物は雑多な物質構成だが，長径数 mm 以下のペッドの集合で，二次ペッド(団粒)を含む．ミミズの棲管が数か所にみとめられる．長径 1mm 以下の黒色粒の多くは，基盤の粗面玄武岩に含まれる磁鉄鉱だが，植物に由来する炭片も混じる．

畑地跡の意義

本遺跡で検出された畑地の造成や耕耘に用いられたと考えられる大型の打製石斧は，周辺の丘陵斜面に分布する佐渡山遺跡やセイゾウ遺跡で弥生時代中期初頭の遺物とともに出土している．いっぽう静岡清水平野の低地でも，水田と畑地の耕作が小規模に散在して営まれていたことが，瀬名遺跡の発掘事例などから推測される．これらのことから，弥生時代前期から中期初頭にかけて，在来の小集団が選択的に各種の農耕形態を受容し，多様な植物を栽培した農耕の開始状況が示唆され，のちにより大規模な水田経営とそれを担う集団の発達へと変遷する本州中部地域における農耕形成の一モデルが想定される(篠原 2008)．

文献

黒島忠・大政正隆 (1963) 赤色土壌の研究 II，九州地方の赤色土とこれにともなう黒色土壌について．「林野土壌調査報告 第 13 号」．農林省林業試験場，写真 29-35, pp. 61.

篠原和大・五味奈々子・明石寛子・飯塚淳・岩田香織・北川実由司・木村真人・古牧直久・杉山裕子・芹澤千恵・真鍋一生 (2009)「静岡市手越向山遺跡(第 3・4 次)発掘調査概要報告書 佐渡山周辺の考古学 III」．静岡大学人文学部社会学科考古学研究室，45p.

篠原和大 (2008) 本州中部地域における農耕形成の一つのモデル ー 静岡清水平野を事例として ー．「日本考古学協会 2008 年度愛知大会研究発表資料集」．pp. 291-303.

Carter, S.P. and Davidson, D.A. (1998) An evaluation of the contribution of soil micromorphology to the study of ancient arable agriculture. *Geoarchaeology*, **13**-6, 535-547.

Mackie-Dawson, L.A., Mullins, C.E.,Goss,M.J.,Court,M.N., and FitzPatrick, E.A. (1989) Seasonal changes in the structure of clay soil in relation to soil management and crop type. I. Effects of crop rotation at Cruden Bay, NE Scotland. *European Journal of Soil Science*, **40**-2, 269-281.

Goldberg, P. and Macphail, R.I. (2006) *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell, pp.204-207.

P－022

使用痕分析および残存デンプン分析からみた
三内丸山遺跡の食料加工技術の研究

上條信彦（弘前大学人文学部），○渋谷綾子（総合研究大学院大学文化科学研究科）

1. 研究の目的

本研究では，円筒土器文化圏における食料加工や植物利用の実態を解明するため，次の2点を研究目的とした。

1) 扁平石器※の機能・用途について，従来の研究で提唱されてきた説を石器の使用痕分析から検証し，他の礫石器との共通点および相違点を提示する。
2) 三内丸山遺跡から出土した石皿や扁平石器・磨石の残存デンプン分析を行うことによって，石器の種類・使用痕と残存デンプンの形態との関係を検討し，石器で加工された対象植物を解明する。

2. 研究の方法

(1) 使用痕分析

住居址内および第6鉄塔地点出土の扁平石器144点と磨石類539点について，低倍率法（実体顕微鏡観察　倍率10～30倍：CANON EOSD20にマクロアダプターを装着）と高倍率法（金属顕微鏡観察　倍率150～300倍：Monitex SOD-IIを携帯用に改良）で観察した。

(2) 残存デンプン分析

住居址の内側から出土した扁平石器・磨石65点（分析：上條）と石皿23点（分析：渋谷）の付着物を分析用試料として採取した。試料は，マイクロピペットを用いて石器の表面から点的に採取する方法（Fullagar 2006）で採取し，偏光顕微鏡（上條：Olympus　BX50-P　倍率200～800倍，渋谷：Nikon ECLIPSE E600　倍率100～400倍）で観察した。

3. 調査結果

(1) 使用痕分析

扁平石器の使用痕は，機能面に基質が損耗し，凹凸の弱いざらついた面が認められ，点状の光沢がみられたが，線状痕や発達した光沢はみられなかった。これは，植物などの軟質物に対する敲打具の可能性をうかがわせた。さらに，表裏面には抉部から長軸に沿って帯状の摩耗痕があり，発達した光沢面をもつものがあったため，繊維を巻きつけていた可能性が指摘できる。

磨耗系磨石の使用痕は，中期後葉以降，面を形成するほどの発達した光沢がみられ，線状痕を伴うものもみられた。時期的に扁平石器と前後して出現する側面磨耗系磨石や石冠，特殊磨石の使用痕については，扁平石器の使用痕と類似していた。

(2) 残存デンプン分析の結果

調査した石器からすべてデンプン粒を検出した。このうち，磨石や扁平石器からは50個のデンプン粒を検出した。検出したデンプンは，全体的に大きさ20μm以上の短楕円形が最も多く，次いで10～20μmの円形が多かった。特に，扁平石器からは，大きさ20～30μmの長楕円形と15～20μmの短楕円形のデンプン粒を多く検出した。長楕円形のデンプンの中には，複数粒のデンプンもみられ，さらに，根茎・球根類の可能性をもつものを確認することができた。

一方，石皿23点からは合計380個のデンプン粒を検出した。資料によって検出量の差はあったが，単独粒や複数粒のデンプン，雑穀類や根茎・球根類の可能性をもつデンプンを検出した。デンプンの

形態については，全体的に大きさ10μm未満の円形と10～20μmの円形や楕円形のものが最も多く，多角形のデンプンも確認した。

4. 考察

本研究では，三内丸山遺跡において，磨石類の使用痕観察，ならびに石皿や磨石類の残存デンプン分析を行って，それぞれの機能や用途，加工対象となった植物を検討した。

その結果，扁平石器と他の礫石器との間で共通点と相違点を確認できた。時期的に前後して展開する側面磨耗系磨石や特殊磨石，石冠は扁平石器と使用痕が類似しており，残存デンプン粒の形態も非常によく似ていた。このことは，道具の形状は異なるが，同じ使用方法や対象物であったことを示唆していると考える。

その一方で，扁平石器の使用痕は敲打痕や表面に磨耗痕をもつ磨石と異なることが判明した。扁平石器の使用痕は，堅果類などの比較的堅い皮をもつ植物への敲打という実験結果に類似し，摩擦による製粉具・皮なめし具・擦切具・石器や骨角器製作用の工具として用いられたという従来の説を否定する結果となった。さらに，紐状の繊維を扁平石器の長軸に巻きつけていた（斎藤2003）と推察される帯状の摩耗痕と発達した光沢面も確認した。ただし，他の礫石器とは異なって，扁平石器の機能部は刃のように薄い形状であるため，殻を剥く以外の目的，たとえば，根茎・球根類の敲砕に用いられた可能性も指摘できる。これは，根茎・球根類の可能性をもつデンプンを検出したことからも推定できる。

石皿については，磨石類と類似した円形のデンプン粒を多く検出した。しかし，扁平石器の残存デンプンは比較的大きい楕円形が多かったのに対し，石皿の残存デンプンは小さい円形が多く，扁平石器でほとんど検出しなかった多角形のものも検出した。これらの結果は，扁平石器と石皿では加工する対象植物が異なるということを示しており，両者の機能や用途の違いを反映していると考える。

※扁平石器：円筒土器文化圏（縄文前期～中期）に分布する石器。該期の石器組成で2割以上をしめ，磨石・石皿類の増加と相関する。扁平板状の素材周縁を打ち欠き，長方形・半円状に整形したのち，長辺を機能部として使用する。いわゆる「半円状扁平打製石器」を一括して分析を行った。端部に抉りを入れるものや破損後も割面を機能部として再利用するものもある。

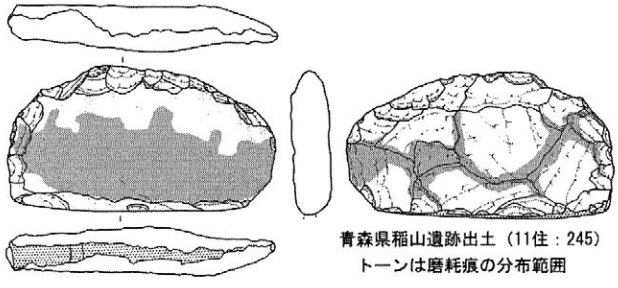
引用文献

Fullagar, R. 2006. Starch on artifacts. *Ancient starch research* (R. Torrence, H. Barton Eds.), 177-203. Left Coast Press, INC., Walnut Creek.

斎藤岳. 2003.「研究ノート　三内丸山遺跡第6鉄塔地区の石器組成と抉入扁平磨製石器の使用法について」『特別史跡三内丸山遺跡年報』6: 16-33.

謝辞

本報告は，平成18年度および20年度特別史跡三内丸山遺跡特別研究の成果にもとづいている。調査研究の機会を与えてくださった青森県や関連諸機関，諸氏に深く感謝申し上げます。



扁平石器の例

P－023

大分県豊後高田市に所在する富貴寺大堂の平安時代の板絵に関する彩色材料の調査

○石川 優生*・山嵜 麻衣*・平尾 良光*・山田 拓伸**・井上大樹**
(*別府大学 大学院 文学研究科、**大分県立歴史博物館)

1．はじめに

富貴寺大堂は大分県の東部、国東半島に位置し、九州に残る唯一の平安時代後期の建築である。平安時代後期は末法の世の到来を思わせる戦乱や天変地異が多発した時代である。浄土の主尊である阿弥陀仏を安置することが功徳と考えられ、阿弥陀堂が各地に建立された。その一つに当時、都であった京都の平等院鳳凰堂が著名であるが、地方に展開した阿弥陀堂建築の一つとして富貴寺大堂が挙げられる。当時、都とつながりのあった宇佐神宮とも関わりがあり、都の影響を受けているとされている。現在、大堂内の外陣板壁には当時からの彩色が残存しているけれども、褪色が目立つ。今回、現存する外陣小壁（北側）の板絵２片に関して、蛍光Ｘ線分析方法を応用して彩色材料の調査を行った。これら板絵の彩色材料について報告する。

2．調査資料

調査対象は大堂内の外陣の北壁に描かれていた板絵２片である。大堂内は本尊である阿弥陀如来坐像を安置する須弥壇を中心に、内陣・外陣の柱や壁板の随所にわたって多数の仏や菩薩が群集する様が描かれ、全体として壮大な仏画世界を構成している。現在、いずれも長年の風化によって図柄や彩色の多くを失っている状態である。大堂外陣には四隅の柱を繋ぐ四面の長押上の長い板壁に、如来坐像を中心に左右に脇侍などを配した四方四仏浄土が描かれている。東壁に薬師浄土、南壁に釈迦浄土、西壁に阿弥陀浄土がそれぞれ見られる。

板絵２片は寺外に所蔵されており、現在大分県立歴史博物館が所蔵している。板絵１片（以下「板絵A」）は彩色の残存が著しく悪く、向かって右端に菩薩立像１躰が識別できる以外はかすかに彩色の痕跡を残すのみである。

もう１片の板絵（以下「板絵B」）は太鼓をはじめ、笙・立笛・琵琶等の楽器を奏する８躰ほどの音声菩薩、３躰の供養菩薩が描かれているのがわかる。しかし、堂内で行っていた護摩焚きのススが付着しているため、目視で彩色材料を見分けることは容易ではない。

写真１に板絵Ａ（縦 32cm、横 169cm、厚 3.5～５cm）を、写真２に板絵Ｂ（縦 30cm、横 123cm、厚 3.5～５cm）を示している。

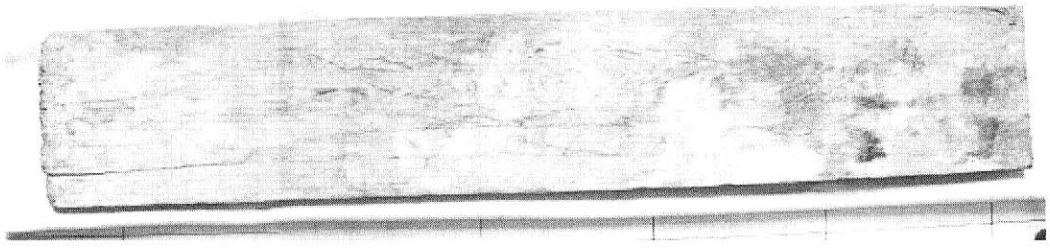


写真１　板絵Ａ

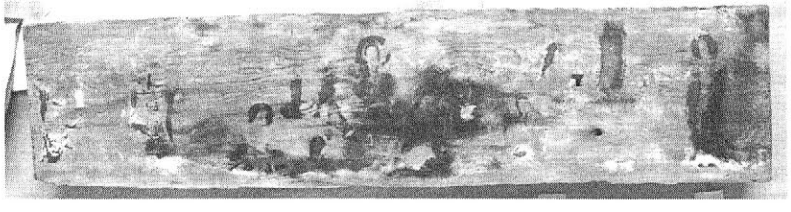


写真２　板絵Ｂ

３．調査方法

蛍光Ｘ線分析法を用いて彩色材料の化学組成に関して、板絵Ａは16箇所、板絵Ｂは64箇所を測定した。この分析には別府大学が所持するSIIナノテクノロジー(株)製 可搬型蛍光Ｘ線分析計SEA200を用いた。調査は非破壊・非接触で行い、測定条件は以下のとおりとした。

測定資料の破損を防ぐため、資料と装置は接触させずに測定した。この測定においては測定雰囲気を大気状態で行う必要があった。大気状態で測定すると、大気中の窒素や酸素の影響で検出できる元素に限りがあり、軽元素のAr（アルゴン）以下は検出することが難しい。このことを考慮して、検出された元素から彩色材料を推定した。

写真３　測定の様子

測定条件

測定時間	100秒
管電圧	50kV
管電流	200μA
雰囲気	大気
照射径	２mmφ
測定距離	約５mm

４．調査結果

目視で観察できた彩色は板絵A、板絵Bともに白色、赤色、黒色であった。残存状況から彩色の剥落や褪せていると思われる箇所があり、実際にはこの３色以外にも彩色されていた可能性がある。彩色別に見ると、白色部分で板絵Ａ、Ｂともに Ca（カルシウム）や Pb（鉛）が検出された箇所があった。Ca の白色顔料には胡粉（$CaCO_3$）、Pb の白色顔料には鉛白（$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$）が知られており、これらの顔料が使われたと考えられる。また、同時に白色材料の中に Hg（水銀）や Cu（銅）が検出された箇所もあった。Hg は赤色顔料である辰砂（HgS）の主成分であり、また水銀白（Hg_2Cl_2）という白色材料の可能性も含んでいる。Cu は緑色顔料の緑青（$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）、青色顔料の群青（$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$）の主成分である。これらが白色材料の上に彩色されていた可能性が高い。また白色部分にK（カリウム）が多く検出された箇所もあり、K を含むある種の化合物が使われた可能性が考えられる。赤色部分について、板絵Ａ、Ｂともに Hg（水銀）が検出され、辰砂が使われたと考えられる。しかし、同時に Cu（銅）や Pb も検出された。Cu について、どのように彩色されたのか不明だが、Cu を主成分とする群青や緑青が彩色されていたとも推定できる。Pb について、赤色材料の鉛丹（Pb_3SO_4）がよく知られており、赤色材料としてこの顔料も使用されている可能性が考えられる。黒色部分からは板絵Ａ、Ｂともに Pb、Hg、Cu、K が検出された。現在、目視できる黒色は堂内で護摩焚きした際についた煤であるといわれており、その煤が彩色の上に付着しているように見受けられる。したがって黒色で彩色された箇所もあると推測できるが、煤の付着によって、制作当時の彩色がはっきりと目視できなかったことは残念であった。煤の主成分はC（炭素）であるが、本測定に使用した装置では検出できない。制作当時、黒色材料には墨が用いられたと考えられるが、定かではない。

５．まとめに

創建当初の遺構と見られる大堂および堂内壁画は平安時代後期に制作されたとみられる。この頃までに日本では赤色系は弁柄・水銀朱・鉛丹、緑色系は緑青、青色系は群青、黄色系は黄土、白色系は胡粉・白土・鉛白、黒色系は墨などがすでに使われていたことが知られている。このことは今回の蛍光Ｘ線分析調査により確認できた。また、この結果は山崎一雄氏の「古代顔料の科学的研究」(1951)に記されている富貴寺大堂壁画の顔料推定の結果ともほぼ一致した。

P－024

平等院鳳凰堂仏後壁の図像と彩色に関する調査

○早川泰弘、城野誠治（東京文化財研究所）、神居文彰（平等院）

１．はじめに

平等院では平成 15 年より５か年の継続事業として国宝平等院本尊阿弥陀如来坐像ならびに国宝天蓋修理が行われた(平成の大修理)。仏後壁は本尊背後に位置する壁面であり、平成の大修理により本尊と天蓋が鳳凰堂から運び出されたことにより、その全貌を 50 年ぶりに明らかにすることとなった。

この千載一遇の機会に、東京文化財研究所ｐと平等院は共同研究として仏後壁の図像および彩色に関する科学的調査を実施した。今回の調査では、全壁面にわたる高精細カラー画像を撮影するとともに近赤外線画像ならびに蛍光画像の撮影を行った。また、彩色材料の特定を目的として、蛍光Ｘ線分析を実施した。本報では、その調査結果の概要を報告する。

２．仏後壁の概要

平等院鳳凰堂の仏後壁は本尊阿弥陀如来坐像の背後に位置する壁面で、高さ 3.2m、横 3.6m の大きさであり、幅 26～40cm の板 11 枚を並列に配することで構成されている。製作当初はその全面に絵が描かれていたと思われるが、広範囲に剥落が発生しており、現在絵が確認できる箇所は壁面の左中央、左下方および右上方付近に限られている。

壁面の左中央付近には、二重の回廊に囲まれた仏殿が描かれている。仏殿中央には釈迦如来が坐し、如来は一人の王侯貴族と対面して、この男性から供養を受けている。仏殿の前庭では舞楽が演じられ、貴族男性に従う従者の列が描かれる。この仏殿の門外の情景が画面下方に続き、護衛の兵士とともに象車や馬車が見える。壁面の右上方には楼閣と蓮池を伴った阿弥陀如来の浄土が小さく描かれ、天空には飛天が舞い、脇（壁面の上中央付近）には大海原が広がっている。

この仏後壁に描かれた絵の主題が何かということについては、これまでにいくつかの説が提示されてきた（釈迦八相説、阿弥陀因位譚説、阿弥陀供養図説、弥勒下生変説、阿闍世太子授記説話など)。鳳凰堂内の壁扉画には九品来迎図が描かれており（図１)、その関連として仏後壁の主題を考えることができるが、現在も定説を見るに至っていない。

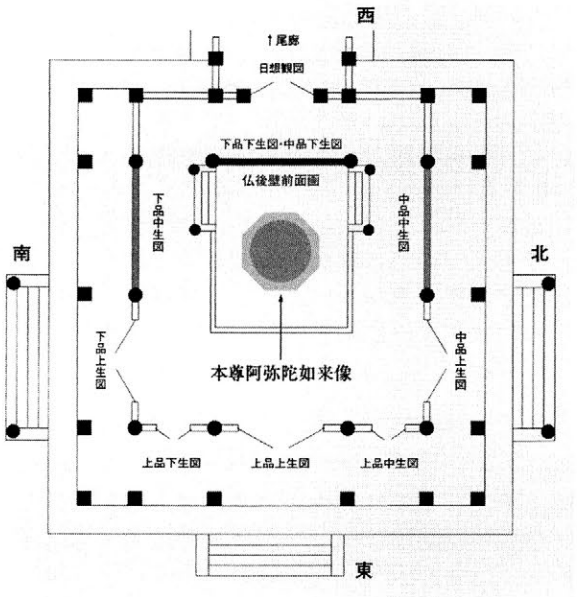


図１　平等院鳳凰堂壁扉画配置図

３．調査結果

高精細カラー画像、近赤外線画像、蛍光画像等を詳細に観察すると、仏後壁に描かれた図像について、いくつかの新知見を得ることができた。壁面左中央に描かれている仏殿においては、その中心に位置する釈迦如来だけが墨線で描き起こされているのに対し、その周辺に描かれている多くの菩薩達はすべて朱線で描き起こされていることが明らかになった。また、この部分を近赤外線画像で確認すると、釈迦如来だけには下描き線がなく、他の菩薩達のほとんどには下描き線が存在することも確認できた。さらに、近赤外線画像では多くの箇所で下絵と本画がずれて描かれている様子が写し出された。その一例を図２に示す。

図２　仏後壁（部分）の近赤外線画像

一方、これらの画像と蛍光Ｘ線分析による顔料の調査結果を考え合わせると、彩色材料に関する特徴が明らかになった。①壁面全体には彩色下地として Pb 系白色顔料（鉛白）が塗られていること、②赤色顔料として Hg 系顔料（辰砂）は多くの箇所で使われているが、Pb 系顔料（鉛丹）や Fe 系材料（ベンガラ）は見出されないこと、③緑色顔料として Cu とともに少量の Zn を含む顔料が使われていること、④青色顔料（群青）を単独で使っている箇所はほとんどなく、多くの箇所で緑色顔料との併用（重ね塗り）が行われていること、⑤金、銀も多くの箇所で使われているが、ほとんどの箇所で金泥・銀泥ではなく、金箔・銀箔が使われていること、などが明らかになった。蛍光Ｘ線分析の結果から推定された彩色材料を表１に示す。

表１　蛍光Ｘ線分析から推定される彩色材料

色	検出元素	推定される色料
【白】	Pb （Fe、Cu）	$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ 鉛白、$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$+珪酸塩 白土
【赤】	Hg （Pb）	HgS 辰砂
【黄】	Fe	Fe_2O_3+SiO_2など 黄土
【緑】	Cu （Zn）	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ 緑青？
【青】	Cu	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ 群青
【紫】	Pb	$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ 鉛白＋染料
【金】	Au	Au 金箔
【銀黒】	Ag	Ag 銀箔

P－025

越前式石廟に施された彩色装飾について

○朽津信明（東京文化財研究所）

【はじめに】 石廟とは、近世初期に各地で造られた大名関係の廟建築の中で、主として石で構成されているものを指す。通常の木造廟建築は修復・維持管理を受けて現在に伝えられている例が多いのに対し、石廟は一般に野ざらしで放置されてきた場合が多く、木造廟建築のように当初は荘厳されていたというイメージが持たれることは稀である。しかしながら、今回、越前式石廟と呼ばれる一連の石廟群を調査した結果、その少なからぬものに共通する彩色装飾を見出すことができた。そこで、その彩色装飾について報告するとともに、分析に基づき、使用された材料・技法についても検討する。

【調査対象】 越前式石廟とは、越前地方に産出する、笏谷石と呼ばれる緑色凝灰岩（火山礫凝灰岩）を主材として構築された廟建築のことであり、北陸地方を中心としながらも、北は北海道松前町から南は高野山まで、広い範囲で確認されている[1)]。これらは、初代越前藩主・松平秀康及びその母の石廟がそれぞれ 1607、1604 年に高野山に築かれたことに始まり、その一族や、越前とゆかりの深い加賀・前田家関連（図1）、さらには若狭武田家から派生した松前家など、いずれも現在の福井県と何らかの形で関係した人々の廟として存在している点が指摘されている。このうち、石材が途中で花崗岩に変わりながらも、幕末まで石廟が造られ続けた松前家を除けば、いずれも基本的に 17 世紀の中で築造が終わっているという共通点もある。今回の調査では、指定文化財となっている物件を中心に一通りの予備調査を行い、目視で彩色顔料の残存が確認されたものについて分析装置を用いてその顔料調査を行った。分析対象を表1に示す。

図1. 野田山前田家墓所の春桂院石廟

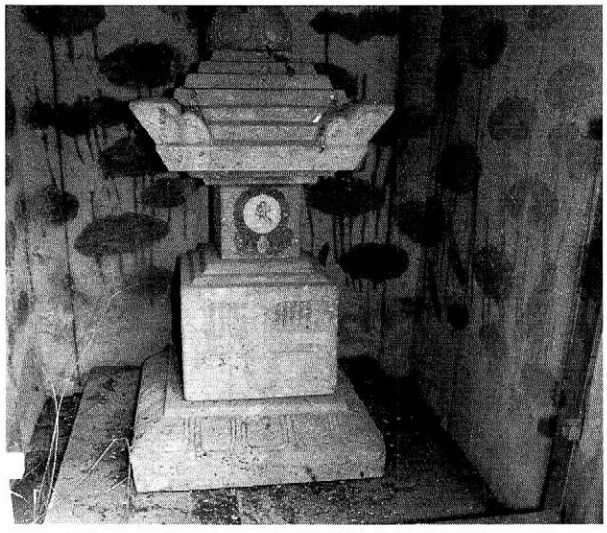


図2. 石廟内部の文様（松平秀康四男石廟）

【調査方法】 確認された彩色顔料に対して、従来報告している、可視光反射スペクトル分析と、低レベル放射線源を用いた

蛍光X線分析[2]、そして実体顕微鏡や接写による粒子観察を行った。

【結果】 結果を表1に示す。彩色が確認された越前式石廟では、全て緑により蓮華または牡丹花葉の文様表現(図2)が確認され、いずれも石材には含まれていない銅が顕著に検出されて、スペクトルも石材の緑色とは異なり銅系緑色顔料と類似した波形を示した。また、金沢市の慈雲寺・冨田重政廟では、顔料の下地として厚さ 2mm 未満の白色物質が認められ、この部分からは石材そのものに比べてカルシウムが強く検出された。さらに、越前市の正覚寺松平秀康四男石廟内部の宝篋印塔表面からは、金が検出された。粒子観察の結果、白色下地の粒子には、いずれも平板で角ばった破片状の形状が認められた(図3)。

図3. 白色顔料の顕微鏡写真
(—が 100 μ)

【考察】 緑は、いずれも銅系緑色顔料(緑青?)で表現されていると判断される。石造文化財における緑色彩色としては、九州装飾古墳や中世の石仏などでは緑土が一般的に報告されている[3]が、そうした傾向とは明らかに異なる材料・技法と考えられる。また、冨田重政廟では、白土ではなくカルシウム系白色材料を下地として壁画が描かれており、その粒子形状の特徴は、それが貝殻胡粉である可能性を示唆する。これらの特徴を考え合わせると、今回調査した石廟における彩色装飾の特徴は、原始、古代、中世に見られる一般的な石造文化財の装飾とは一線を画しており、むしろ板絵に見られる技法と共通点が多く見出される。越前式石廟はその技法から、越前石工の手により築造された可能性が指摘されている[1]が、装飾材料を考えるとその製作には石工ばかりではなく、絵師も関与していた可能性も検討される必要があろう。

文献、1)藤原良志(1968)史迹と美術, 382, 57、2)朽津信明(2003)保存科学 41, 19、3)朽津信明(2004)考古学と自然科学, 46, 55

所在地	被葬者	箇所	色	元素	スペクトル	解釈
七尾市長齢寺	前田利家・利長	内部壁画	緑	Cu	銅系緑	銅系緑色顔料
野田山前田家墓所	春桂院	外部壁画	緑	Cu		銅系緑色顔料
金沢市慈雲寺	冨田重政	内部壁画	緑		銅系緑	銅系緑色顔料
		壁画下地	白	Ca	白	胡粉?
	冨田重政孫娘	外部壁画	緑	Cu		銅系緑色顔料
越前市正覚寺	松平秀康四男	内部壁画	緑	Cu	銅系緑	銅系緑色顔料
		宝篋印塔	金	Au	金	金
京都市本満寺	蓮乗院	内部壁画	緑	Cu	銅系緑	銅系緑色顔料

表1. 調査対象と分析結果一覧

P－026

石塔の彩色塗装について

○朽津信明（東京文化財研究所）・池田朋生（熊本県立装飾古墳館）

【はじめに】 歴史的な石塔は、屋外で苔むしているイメージが持たれ、塗装されている認識が持たれることは稀だが、注意深く観察すると、彩色顔料が見出される場合も少なくない。石塔の中には、層塔や宝塔のように木造塔の外観を模倣したと解釈されるものが多く存在するが、そうした石塔の外装を理解することは、木造塔の外観を理解する上でも重要な情報となり、それはかつての人々が目にした町の景観を理解することにも貢献するだろう。こうした観点から本研究では、石塔に観察される、特に彩色塗装に用いられたと考えられる顔料について、現地に器材を持ち込むことで分析を行ったので、その結果について報告するとともに、石塔の外観について考察する。

【調査対象】 今回の調査対象は、特に九州地方に存在する中世石塔の中で、層塔や宝塔など、木造塔の外観を模倣して造られたと判断されるものとし、その中でも特に笠石下面の垂木表現に関わる部分など、木造塔に共通すると見られる部分に観察される彩色についてである。この他に、中世石塔では例えば宝塔塔身の月輪内部とか、その下の蓮華座などの装飾部分に彩色顔料が認められる場合も少なくないが、それらについては今回の報告からは除外し、別の機会に報告することとする。調査対象を表1に示す。

【調査方法】 確認された彩色顔料に対して、従来報告している、可視光反射スペクトル分析と低レベル放射線源を用いた蛍光X線分析[1)]、そして実体顕微鏡による粒子観察を行った。

【結果】 結果を表1に示す。まず、層塔や宝塔の笠石裏側（下面）において彩色顔料が認められる場合は、大きく以下のように分類される。①浮彫による垂木表現が認められず、全面が赤く塗られる場合。②浮彫は認められないが、赤と白とが交互に帯状に塗られ垂木の外観が模されている例（図1）。③垂木が浮彫で表現されているもので、その垂木下面部が赤彩されている例。①の例としては鹿児島県霧島市の大隅国分寺層塔が該当し、ここの場合には塔身部分にも同様の赤彩が認められる。②の例としては同じく霧島市の隼人塚層塔が該当する。③はさらに細分化され、垂木と垂木の間部分には顔料が確認されない例（荒尾市の賀庭寺 44 号宝塔、人吉市の永国寺無銘層塔）と、間部分に白色顔料が認められる例（太良町の竹崎観世音寺層塔、熊本市の蓮台寺層塔）である（図2）。このうち、賀庭寺44号宝塔では垂木木口部分に黄色顔料が、永国寺無銘層塔では同箇所にオレンジ色顔料が、さらに蓮台寺層塔では二段に浮彫りされた垂木の下段（内側）下面は赤色塗装だが上段（外側）下面にはオレンジ色塗装が認められる。さらに竹崎観世音寺層塔では、笠石上面に浮彫りされた瓦棒部分に、黒色塗装が認められる。分析の結果、赤色顔料はいずれも元素として鉄が検出され、スペクトルがベンガラの波形と類似した。黄色顔料は元素として鉄が検出され、スペクトルは黄土と類似した。オレンジ色顔料は元素として鉄が検出され、スペクトルとしては赤色部分と黄色部分との両方の特徴が見られた。黒と白では、元素としては石材自体との違いが明瞭ではなかった。顕微鏡観察の結果、赤と白は比較的均質な粒子の集合体、黄色とオレンジ色はそれぞれの色の粒子を主体としながらも他の灰色や黒の粒子も混じる状態、そして黒では粒子が確認できなかった。

【考察】 分析の結果から、いずれの石塔でも、赤はベンガラ、黄色は黄土、白は白土がそれぞれ用いられたと推定され、オレンジ色は黄土と類似した成分で発色が微妙に異なる土壌質の顔料（丹

土？）だろう。黒は墨である可能性が想起される。以上の顔料の組み合わせは、いずれも臼杵磨崖仏で報告されているような石仏に用いられた顔料のバリエーション[1]に含まれ、逆に胡粉や朱、鉛丹のような近代以降の木造建築の塗装で普遍的に用いられる材料が全く認められない点に特徴を指摘できる。その一方で、手法はまちまちでも下から塔の軒裏を見上げた場合には、垂木の赤と隙間の白とが交互に見えるように工夫がなされていたり、垂木木口の色として垂木金具の金属色または金属を模して黄土で塗られた木造塔の色が意識されているなど、同時代の絵図に見られる木造塔の配色や、現存する木造塔の外観と基本的には類似した外観が石塔にも存在していたと考えられる。絵図における木造塔の絵画表現においても、必ずしも実際の木造塔に塗装された顔料と同一材料が用いられるわけではないものの、見かけの外観は写実的に描かれていると指摘できる例がある[2]が、石塔においても同様に、材料・技法としては石造物のノウハウで製作・塗装されながらも、外観は木造塔と類似した仕上げがなされていた場合があったであろうことが明らかにされたことになる。

文献、1)朽津信明(2003)保存科学 41, 19、2)朽津信明他(2001)本学会第 18 回大会研究発表要旨集, 34

対象	位置	箇所	色	元素	スペクトル波形	粒子	解釈
隼人塚層塔	霧島市	軒裏	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
		軒裏	白	(Fe)	白色	無色透明	白土
大隅国分寺層塔	霧島市	軒裏	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
		塔身	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
永国寺無銘塔	人吉市	垂木下	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
		垂木木口	橙	Fe	ベンガラ＋黄土	橙色不均質	(丹土？)
蓮台寺層塔	熊本市	垂木下	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
		垂木木口	橙	Fe	ベンガラ＋黄土	橙色不均質	(丹土？)
		垂木隙間	白	(Fe)	白色	無色透明	白土
賀庭寺44号宝塔	荒尾市	垂木下	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
		垂木木口	黄	Fe	黄土	黄色不均質	黄土
竹崎観世音寺層塔	太良町	垂木下	赤	Fe	ベンガラ	赤色均質	ベンガラ
		垂木隙間	白	(Fe)	白色	無色透明	白土
		瓦棒	黒	(Fe)	黒色	粒子不明	(墨？)

表1. 調査対象と結果一覧

図1. 隼人塚層塔初重の軒裏
赤白がストライプ状に塗り分けられている。

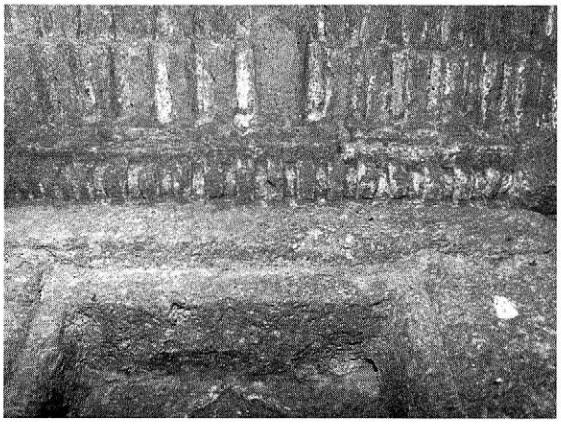


図2. 竹崎観世音寺層塔の軒裏
垂木浮彫下面が赤、隙間は白で塗られている。

P－027

古墳時代における灰色、黒色顔料の利用

朽津信明（東京文化財研究所），○池田朋生（熊本県立装飾古墳館）

1．　はじめに

古墳時代における灰色、黒色顔料の利用は、装飾古墳の彩色のほか、形象埴輪でもその使用例がある。装飾古墳での灰色顔料の利用は、青色顔料の代用ということが指摘されており、その材料は灰色粘土が由来とされる[1]。黒色顔料は、マンガンを含む黒土、或いは木炭の二種類が判明しており、その利用は前者が熊本県内の装飾古墳に多いことが指摘されている[1]。また形象埴輪では、群馬県、茨城県など東日本を中心に、「紺色」と呼ばれる装飾古墳と同種の灰色顔料が使用される。従来、関東における装飾古墳の出現は、埴輪の使用が見られなくなってからと言われているが、関東の装飾古墳では、灰色顔料を使用した例はこれまでのところ確認されていない。一方、埴輪と装飾古墳の両方が同時に使用される九州では、埴輪での黒色、或いは灰色顔料を使用した例は無く、彩色は赤色が認められるのみであったが、装飾古墳が最も集中する菊池川流域、和水町椿山古墳において、灰色顔料を使用した形象埴輪が発見され[2]た。

そこで、形象埴輪、装飾古墳彩色のなかでも、灰色、黒色顔料に焦点をあて、両者の使用について考察を加える。

2．　調査対象

今回の調査対象は、灰色、黒色を用いた装飾古墳と形象埴輪、その両方の存在が認められる地域とする。装飾古墳では、黒色、灰色の彩色を用いた装飾が見られる地域は茨城県、福岡県、熊本県、大分県の一部で報告がある。今回検討する地域として茨城県と、熊本県下の形象埴輪と装飾古墳を対象とする。両地域は、主に装飾古墳文様の類似点から、学史上関係性が指摘されている[3]。

3．　調査方法

灰色、黒色が確認できる装飾古墳、形象埴輪を対象に、二つの色が実際の見えにおいてどの程度の差があるか、L*a*b*値による測色を行った。また色の見え方は相対的なものと考え、下地となる古墳石材、埴輪表面の色調と比較を試み、色見本を作成した。顔料の科学分析による成果は、主として朽津による報告を用いた[4]。装飾古墳では、彩色の表面に後天的な汚れ（土被り、地衣類の繁茂）があることを考慮し、石材の欠損部等を選択して測色を試みた。

4．　結果

結果を表1、図1～8に示す。まず、測色値からみると、黒色と灰色には明確な色差が認められる。しかし、下地が黒っぽい安山岩、阿蘇熔結凝灰岩上では、灰色はほとんど目立たないが、黒色の識別はそれよりは可能である。実験的に製作した新材（江田石と呼称する阿蘇熔結凝灰岩）上に、灰色顔料と同質の青灰色粘土を塗布した色見本（図6）でも追認できる。一方、色見本で埴輪の灰色を見ると学史上「紺色」と呼ばれたことを彷彿させるが、装飾古墳の灰色と色差は無い。

5．　考察

装飾古墳における灰色顔料の使用は、石材の色に近いことから、白色・赤色との併用でなければ使用できないことが改めて理解できる。黒と灰色を用いる大坊古墳では、接する部分にあえて赤色で区画しており、色の区別を印象付けようとした意図が読み取れる。また、黒色と灰色の併用例は大坊古墳のほか、福岡県王塚古墳など限定的であり、両者の色差が少ないことは当時から意識されていたと見られる。

一方、茨城県下の埴輪に使用した灰色と、熊本県で一例ながら見つかっている灰色は、同種と理解できる。椿山古墳出土埴輪は、共伴する須恵器、円筒埴輪から、概ね五世紀後半と理解できる。しかし、古墳の存在する菊池川流域では、この時期に装飾古墳は認められず、6 世紀前半の塚坊主古墳を待たなければならない。これは、茨城県下での埴輪の消滅に続き、装飾古墳が採用される現象と類似する。今後、この現象が持つ意味について、考古学上の検討が必要であろう。

引用・参考文献

1) 朽津信明 2009「装飾古墳の顔料」『月刊文化財平成 21 年№547』pp38-pp41 第一法規
2) 池田朋生編 2007『阿蘇の灰石展解説図録』pp23 熊本県立装飾古墳館
3) 生田目和利 2009「九州の装飾古墳・装飾横穴墓との関連性について」『第 2 回ひたちなか市の考古学』ひたちなか市埋蔵文化財センター公開講座発表資料
4) 朽津信明・下山進・川野邊渉 2003 熊本県下の装飾古墳の緑と青の顔料について『壁画顔料の現地非破壊分析法に関する研究』』pp39-pp53 平成 12～13 年度科学研究費補助金 研究成果報告書

対象	所在地	色	解釈	時期	L*	a*	b*
弁慶ガ穴古墳	熊本県山鹿市	灰色	粘土？	6 世紀末	28.7	1.1	4.3
釜尾古墳	熊本県熊本市	灰色	粘土？	6 世紀前半	38.6	1.7	2.8
		地	安山岩		31.6	4.2	10.4
横山古墳	熊本県植木町	灰色	粘土？	6 世紀前半	31.2	2.4	8.2
		地	安山岩		33.0	0.8	2.6
大坊古墳	熊本県玉名市	灰色	粘土？	6 世紀前半	30.3	0.4	3.3
		黒色?	マンガン土？		7.9	0.9	1.6
		地	凝灰岩		22.9	1.3	3.8
椿山古墳家形埴輪	熊本県和水町	灰色	粘土？	5 世紀後半	37.8	6.7	9.1
		地	埴輪		47.1	16.7	19.0
花園3号墳	茨城県桜川市	黒色	マンガン土？	7 世紀	38.4	2.4	7.7
		地	花崗岩		51.4	4.2	14.6
十王前 11 号横穴墓	茨城県日立市	黒色	木炭	7世紀	25.9	0.6	1.9
		地	凝灰岩		39.7	1.7	10.1
動燃出土武人埴輪	茨城県東海村	灰色	粘土？	6 世紀	37.6	3.2	4.5
		地	埴輪		49.5	12.9	19.7
舟塚 1 号墳武人埴輪	茨城県東海村	灰色	粘土？	6 世紀	42.4	9.7	11.8
		地	埴輪		42.4	9.7	11.8
玉名平野条理跡埋土	熊本県玉名市	灰色	青灰色粘土	古墳時代	30.3	0.4	3.0
新材(江田石)	熊本県和水町	地	阿蘇熔結凝灰岩		34.9	2.7	3.0

表 1　熊本県、茨城県下の装飾古墳、形象埴輪に用いられた黒色顔料・灰色顔料

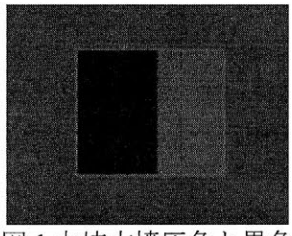


図 1 大坊古墳灰色と黒色

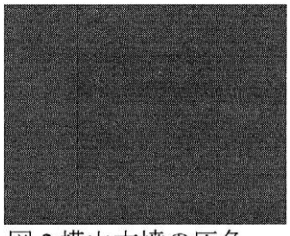


図 2 横山古墳の灰色

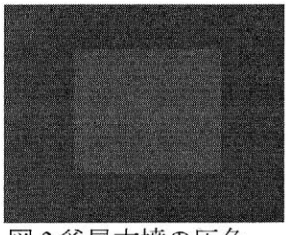


図 3 釜尾古墳の灰色

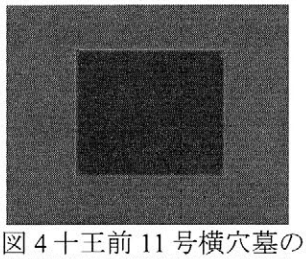


図 4 十王前 11 号横穴墓の黒色

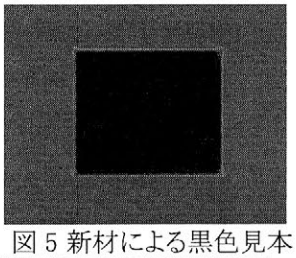


図 5 新材による黒色見本

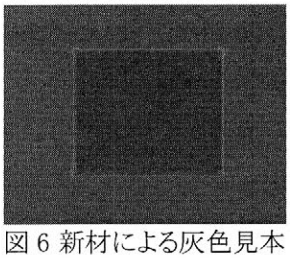


図 6 新材による灰色見本

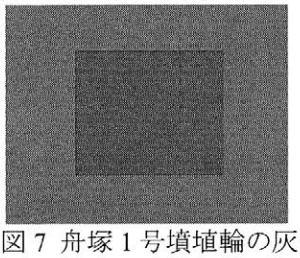


図 7 舟塚 1 号墳埴輪の灰色

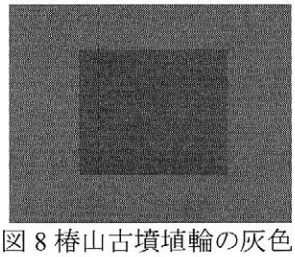


図 8 椿山古墳埴輪の灰色

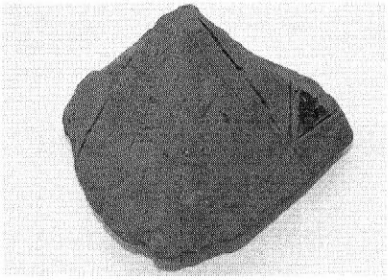


図 9 椿山古墳出土
灰色顔料付家形埴輪

P－028

博多遺跡群出土中世漆器の塗膜断面構造について

○武田昭子(昭和女子大学)、田上勇一郎(福岡市埋蔵文化財センター)、
赤沼英男(岩手県立博物館)、土谷信高（岩手大学）

1　はじめに

中世は政治経済の転換期で、東アジアの海を介在した交易が成立した時期といわれている。活発化する大陸からの製品流入や技術交流が、列島内における物質文化に大きな変革をもたらした。漆工関係においても例外でなく、技術変革や需要に応じた様々な技術が開発され、生産量も飛躍的に増大した。本研究では、中世交易の窓口として栄えた博多遺跡群から出土した無文漆器の塗膜断面構造解析結果について報告する。

2　出土遺跡（博多群遺跡）と調査資料

博多遺跡群は弥生時代から中・近世の複合遺跡である。ＪＲ博多駅北方に広がる博多湾に面した砂丘上に立地している。砂丘は３列あり、海側の１列は文献に見られる「息浜（おきのはま)」で、陸側２列は文献には見られないが「博多浜」と呼んでいる。11 世紀後半から輸入陶磁器の出土が爆発的に増加し、鎖国令が出される 17 世紀前半まで国際貿易港として繁栄した。発掘調査の結果、弥生時代中期に博多浜南部から生活が始まり、11 世紀後半には博多浜全体に広がった。12 世紀初め頃にはそれまで陸地から離れていた息浜が博多浜と埋め立てによりつながり、12 世紀後半からは息浜も本格的に都市化が進む。そして 15 世紀以降は博多浜を凌ぐようになる。

本研究で調査した資料は、第 40 次調査（1988 年）出土 Hkt2(鉢)、Hkt4(皿)、第 124 次調査（2000 年）出土 Hkt11(皿)、Hkt12(箱断片)の４資料である。第 40 次調査では、博多浜北東部の砂丘が落ちきった部分に位置し、12 世紀後半以降に比定される湿地を埋め立てた後の遺構が認められた。調査資料の Hkt2 および Hkt4 は包含層の出土で、調査遺構の年代観からそれぞれ 15 世紀および 14 世紀代の資料と考えられる。124 次調査では博多浜北東部の湿地に位置する、15 世紀以降の遺構が認められた。調査区の北端は 16 世紀後半の埋め立てで、ここから調査資料 Hkt11 および Hkt12 が出土した。

4　調査方法

調査資料の摘出には医療用メスを使い、各資料の形体学的研究に影響を及ぼすことがないよう細心の注意を払いながら実施した。摘出した試料を２分し、一方を塗膜断面構造の観察が可能となるようエポキシ樹脂に埋め込み、薄片にした。透過光で検鏡し、塗膜断面構造を調査した後、塗膜断面の下地層を偏光顕微鏡で検鏡し、下地構成鉱物を同定した。もう一方については、薄片試料と同様の方法でエポキシ樹脂に埋め込み、エメリー紙で荒

研磨した後、ダイヤモンドペーストを使って仕上げ研磨した。落射光で塗膜断面を観察後、EPMA(日本電子株式会社製・JXA-8100)で、色材料および下地構成鉱物相を分析した。

5　調査結果ならびに考察

5－1　塗膜断面構造

光学顕微鏡による塗膜断面構造解析の結果、鉢および皿2点（Hkt2,4,11）は内外面ともに下地が1層、上塗りが3層の断面構造をとる。箱断片（Hkt12）の塗膜断面は内外面のいずれも、下地2層、上塗り2層である。

調査資料内外面の最表面はいずれも赤色系色材料を混和した上塗り層が塗布されている。Hkt2高台外面上塗層のEPMAによる反射電子組成像(BEI)には、水銀(Hg)およびイオウ(S)を主成分とする直径3μm未満の微細粒子が濃密に分布する薄層が確認された。使用された赤色系色材料は水銀朱である。

5－2　下地構成鉱物

Hkt2およびHkt4内外面下地層の主構成鉱物は普通角閃石(Hbl)、透明な単結晶石英(Qtz)、および斜長石(Pl)で、Hkt2の内外面およびHkt4の内面には少量の斜方輝石(Opx)が混在する(写真1)。Hkt2の高台底面からは微細なカリ長石(Kts)が検出されている。Hkt11の外面は単結晶石英と火山ガラス片(Gl)、内面は単結晶石英、斜長石、および軽石岩片、高台底面は単結晶石英、斜長石、および火山ガラス片によって構成される。Hkt12の内外面には普通角閃石、黒雲母(Bt)、透明な単結晶石英、および斜長石がみられる。

Hkt2、Hkt4、およびHkt11に混和された下地調整材料の主成分は火山灰と推定される。Hkt2高台底面から検出された少量のカリ長石は、使用した火山灰堆積層に偶発的に混入したものと思われる。Hkt12の下地調整材料の主成分も火山灰の可能性が高い。同時に検出された黒雲母の起源については別途検討する必要がある。

下地層の偏光顕微鏡解析およびEPMAによる分析によって、調査した4資料の下地調整材料として火山灰が使用された可能性が高いことが判明した。下地調整材料における火山灰の使用は、11後半から12世紀代に比定される岩手県平泉町奥州藤原氏関連遺跡出土資料および福井県福井市一乗谷朝倉氏遺跡出土資料において確認されている。14～16世紀遺跡群出土資料においても確認されたことをふまえると、中世に広く使用された素材と推定される。

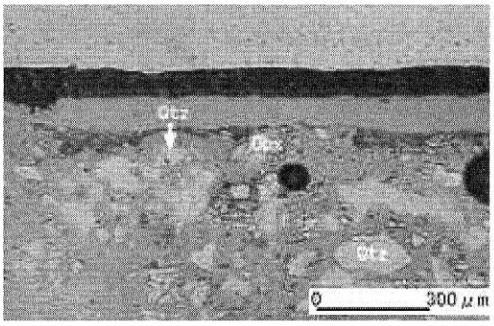


写真1　Hkt2内面の偏光顕微鏡写真

上述した各試料の構成鉱物には差異がみられ、Hkt2・Hkt4、Hkt11、およびHkt12の3つに分類される。時代の推移によるものか、製作地域または製作技法の変化を示しているものか、これらの点についてはさらに類例の蓄積に努め、解明を進めたい。

P－029

巨大なパイプ状のベンガラ粒子について

―いわゆるパイプ状ベンガラ粒子を含まないベンガラの分類の可能性―

○ 志賀智史（九州国立博物館 学芸部 博物館科学科 保存修復室）

1. はじめに

九州の弥生時代後期～古墳時代前期の墳墓では大量のベンガラが出土する。このベンガラは、パイプ状の粒子を含むベンガラ（ベンガラ(P)）とこれを含まないベンガラ（ベンガラ(非 P)）に大きく分けられる。ベンガラ(P)のパイプ状粒子は直径約 1μm(図 2 左)で鉄細菌が起源とされ(岡田 1997)、ベンガラ分類の一つの指標とされている。分類の残り物を纏めたようなベンガラ(非 P)も、出土地域が偏ることから、原料の産出環境や供給源がある程度限定される可能性がある(志賀 2008, 2009)。

本稿ではこれまでベンガラ(非 P)とされていたものについて、分類の指標となる可能性のある粒子として巨大なパイプ状のベンガラ粒子(巨大パイプ)が含まれていることを確認したので報告したい。

2. 事　例

当該期の九州の墳墓出土ベンガラ(非 P)には約 5mm 以下のベンガラ小塊が大量に含まれている。小塊の色調は赤色や紫色を中心に、茶色、黒色などと多様で、不定形なベンガラ粒子(いわゆるパイプ以外の多様なベンガラ粒子)で構成されている。

No.	遺跡	所在	遺構	時期	備考
1	古坊遺跡	福岡県田川郡香春町	箱式石棺・石蓋土壙墓9基	弥生終末～古墳初頭	註1
2	玉沢地区条里跡	大分県大分市	竪穴住居1基	古墳前期中葉	註2
3	宮山遺跡	熊本県阿蘇市	竪穴住居5基、木棺墓1基	弥生後期～弥生終末	註3
4	平原1号墳	熊本県阿蘇市	円墳石棺内1基	古墳初頭～前期？	註3

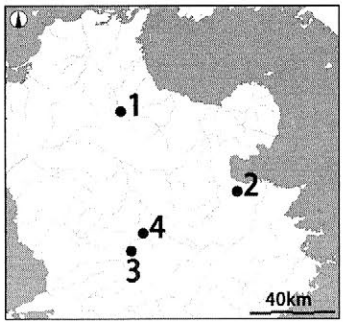


図１　巨大パイプを確認した遺跡とその分布

古坊遺跡(図 1-1)出土のベンガラもこのベンガラ(非 P)と同様な特徴を持っていたが、実体顕微鏡(7-100 倍)での観察時に一石棺から従来報告されているものより十倍以上大きい巨大パイプを確認した。注意深く観察すると別の棺でも同様な粒子が確認できた。一部を採取しプレパラートに封入して生物顕微鏡(50-400 倍)で観察すると、側射光では巨大パイプ自体が明らかに赤く見え、透過光では全く光を透過しない。カーボンテープに貼付けて電子顕微鏡で観察すると巨大パイプがはっきり確認でき(図 2 右)、SEM-EDS では鉄を検出した。したがって、この巨大パイプはベンガラそのものと考えられる。その後の調査で同様な事例を 3 遺跡(図 1-2～4)で確認した。

巨大パイプの形態は、直径 10～30μm 前後で、長さは 100μm 前後であった。長さは折れて短くなっているのかもしれない。器壁の厚さは 1～10μm で、単層のものや入れ子状に複数層になっているものも認められた。不定形なベンガラ粒子を主体とする小塊中に所々巨大パイプの纏まったものが点在しているものが多いため、実体顕微鏡下での観察と目的的なサンプリングなしには巨大パイプの確認は困難である。このことが今日までベンガラ(非 P)に巨大パイプが確認、報告されなかった理由の一つと考えられる。

このような巨大パイプを含むベンガラ(非 P)は X 線回折では赤鉄鉱を主とし、針鉄鉱や磁赤鉄鉱、磁鉄鉱も認められた。赤鉄鉱や針鉄鉱の中には弱い回折を示すものも認められた。ラマン分光装置による巨大パイプ自体の測定、同定でも赤鉄鉱や針鉄鉱、磁赤鉄鉱、磁鉄鉱が認められた(註 4)。

宮山遺跡では巨大パイプが植物の一部のように見える部分(図 6, 7)や珪藻を確認した。これらは巨大パイプの起源やベンガラ(非 P)の原料を考えるにあたって今後重要な意味を持つものと思われる。

〈註・引用文献〉

註 1) 志賀智史 2006「古坊遺跡出土の赤色顔料」同報告書, 福岡県教委, 54-58 頁
註 2) 志賀智史 2007「玉沢地区条里跡第 9 次調査出土の赤色顔料」同報告書, 大分市教委, 75-77 頁

註3）報告書作成中。資料の公開については阿蘇市教委緒方徹氏・宮本利邦氏のご協力を得ました。
註4）ﾗﾏﾝ分光装置による測定は(株)ﾌﾞﾙｶｰ・ｵﾌﾟﾃｨｸｽ石井敦司氏・松原智之氏のご協力を得ました。
岡田文男 1997「パイプ状ベンガラ粒子の復元」要旨集 14, 38-39 頁
志賀智史 2008「前期前方後円(方)墳から出土するﾍﾞﾝｶﾞﾗの地域性に関する研究」要旨集 25, 196-197 頁
志賀智史 2009「奥山古墳の赤色顔料について」同報告書, 鹿児島大学総合研究博物館, 56-59 頁

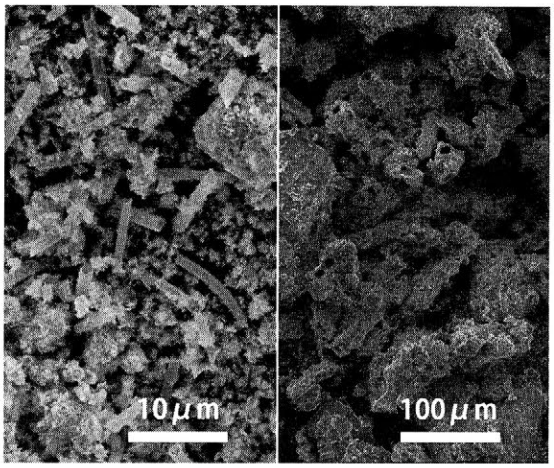


図2 古坊遺跡(左)石蓋土壙墓 ST19 通常のパイプ
(右)石蓋土壙墓 ST16 巨大パイプ

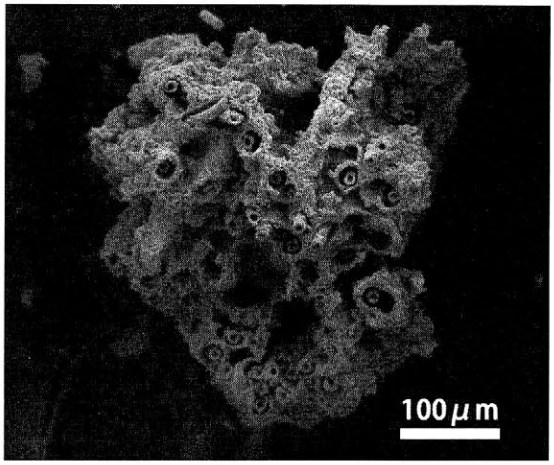


図3 宮山遺跡 1 号墓の巨大パイプ

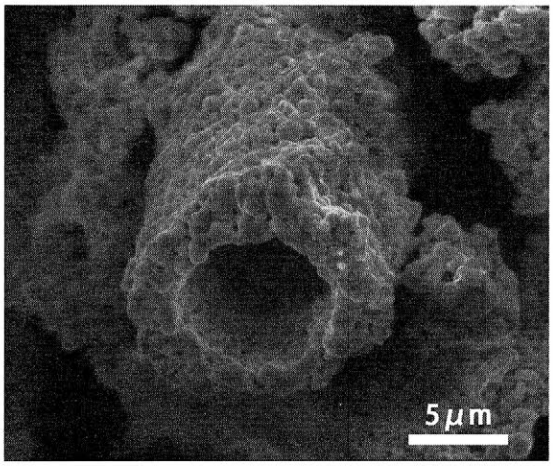


図4 宮山遺跡 1 号墓の巨大パイプ

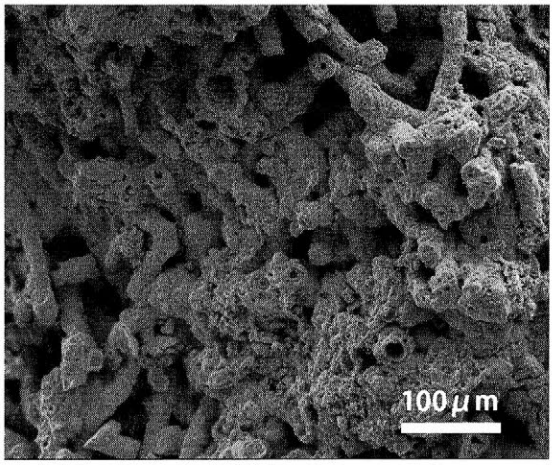


図5 宮山遺跡 13 号住居の巨大パイプ

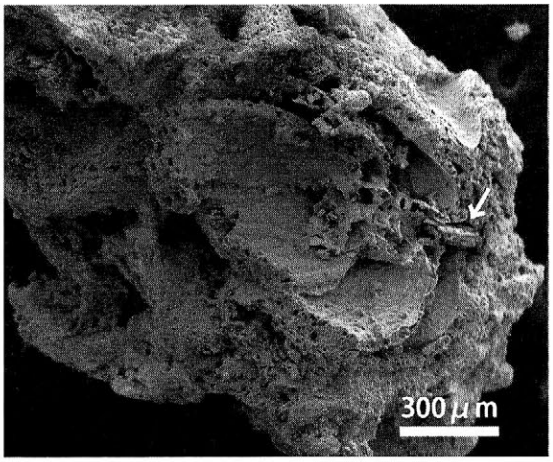


図6 宮山遺跡 13 号住居の巨大パイプ

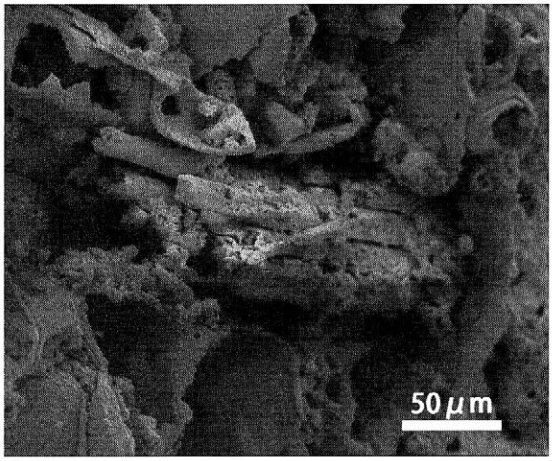


図7 図6矢印部分の拡大

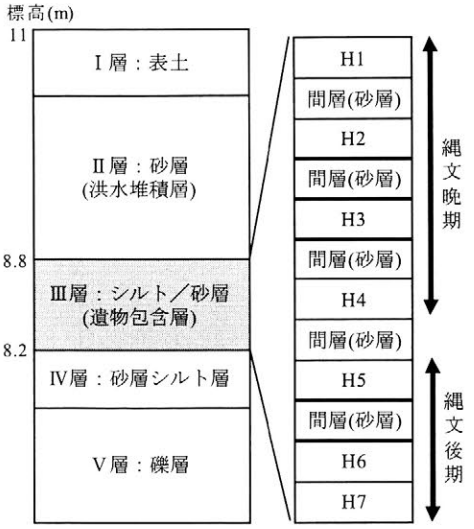
P－030

野地遺跡より出土した縄文後期から晩期の漆塗り試料片に関する科学分析（Ⅰ）

○神谷嘉美[a]、本多貴之[a]、渡邊裕之[b]、宮腰哲雄[a]
（a:明治大学大学院理工学研究科、b:（財）新潟県埋蔵文化財調査事業団）

1. 緒言

平成17年5～12月にかけて東北自動車道の開通に伴い発掘された野地遺跡は、新潟県胎内市八幡字野地の胎内川下流に立地する遺跡である。この遺跡には縄文後期後半から晩期にかけて、生活の痕跡が強く残る異物包含層が全7層にわたって堆積している。川の氾濫と闘いながらも、約500年の長きに渡り同じ場所を利用していた形跡を残す包含層は湿気に富み、通常は残存しにくい漆製品や木製品が理想的な状態で出土している。本件は優れた保存環境となっていた野地遺跡からの出土品数点を対象に、複数の分析手法を用いた観察を行い、どのようにして縄文時代に漆が利用されていたかを考察するものである。なお本研究で取り上げる試料には保存処理を行っておらず、地層から発掘されたままの状態のものである。



2. 試料

ここでは分析を行った試料の中から以下の3点について報告する（図1）。試料Ⅰには黒色の塊が付着している。試料Ⅱと試料Ⅲの表面側は赤色をしているが、裏面側は茶褐色の塗膜層が確認できる。試料Ⅲは植物を混合した茶褐色の塗料を用いた補修が施されているのではないかと推察される試料で、裏面には刷毛跡に似た線状の痕跡が残っている。

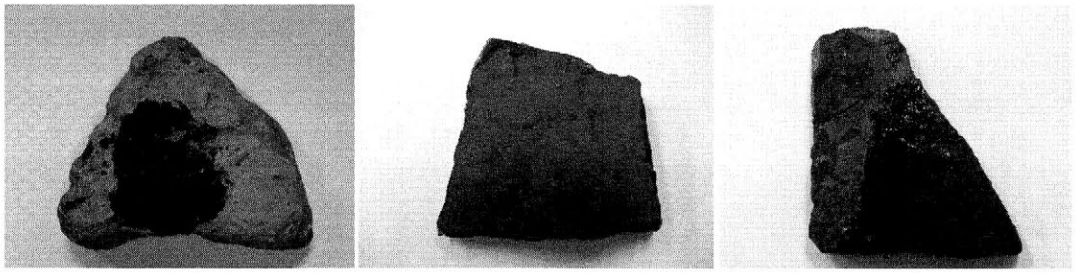


図1　各試料の外観（左より試料Ⅰ、試料Ⅱ、試料Ⅲ）

3. 分析手法

・顕微鏡観察：キーエンス製 デジタルマイクロスコープ
VHX-200 PLOFILE MEASURENT UNIT VHX-S15
・微小面色彩測定：スガ試験機製　微小面分光測色計 C50μ [D65/10（幾何条件 45/0）]
・ FT-IR ：JASCO 製　FT/IR-4100　[4000 – 500cm^{-1}、4 cm^{-1}]
・Py-GC/MS： Agilent 製　Agilent 6890N/5975 GC/MS system
フロンティアラボ製　PY-2020iD
Pyrolyzer：500 ° C、 GC Injection: 320 ° C
GC oven: 40 ° C (2 min hold) →12 ° C/min 昇温→ 320 ° C (10 min hold)

4. 結果

4-1. FT-IR

KBr 錠剤法にて測定を行った結果、いずれの試料からも 2800~2900cm^{-1} 付近の-CH_2・-CH_3、3300~3400cm^{-1} 付近の-OH のピークが確認された。また試料Ⅱおよび試料Ⅲからは 600cm^{-1} 付近にピークを見出すことができたことから（図 2）、弁柄を用いていると推察した。そこで SEM-EDX を利用して分析した結果、鉱物系の弁柄を利用している可能性が高いとわかった。

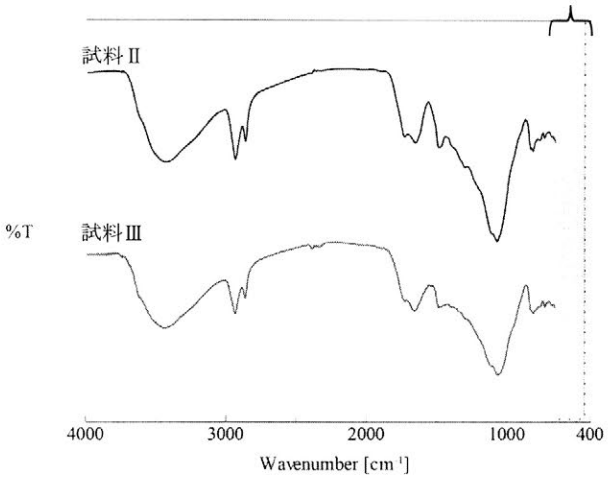


図 2　IR スペクトル

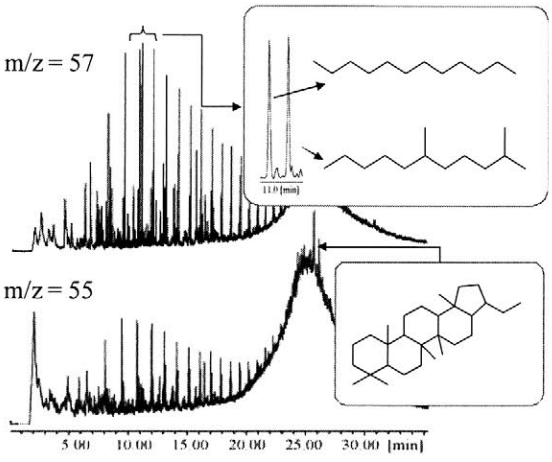


図 3　試料 I のマスクロマトグラム

4-2. Py-GC/MS

試料 I は IR スペクトルを漆塗膜と比較したところ格段に大きな差異を見出すことはなかったが、Py-GC/MS 測定の結果では m/z=108 のスペクトルを検出できなかった（図 3）。一方で試料Ⅱおよび試料Ⅲからは、ウルシオール成分由来のピークが確認された（図 4）。

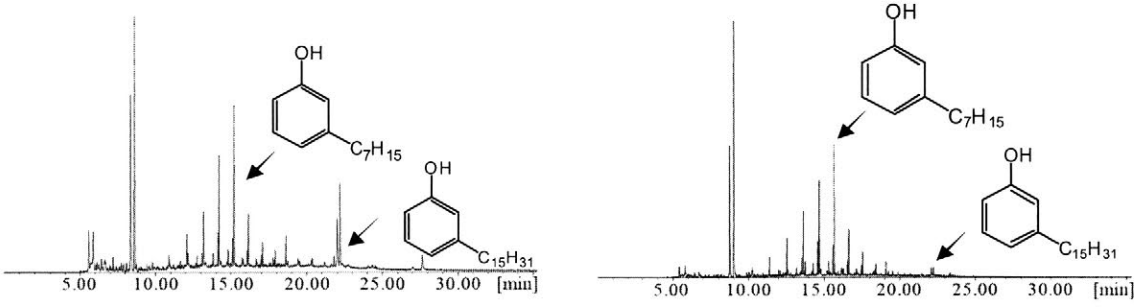


図 4　m/z=108 のマスクロマトグラム（左：生漆塗膜、右：試料Ⅲ）

4-3. 断面観察

各試料を樹脂にて包埋した後、断面を研磨して塗膜層の構造を調べると、試料Ⅱと試料Ⅲは顔料を含まない塗膜層の上に、弁柄層が 2 層あるとわかった。試料Ⅲの場合には、顔料を含まない漆に植物を混合したと思われるコクソに似た層が厚く存在していた。

5. まとめ

試料 I は漆ではなくアスファルトであり、試料Ⅱおよび試料Ⅲには表裏面ともに漆が用いられていた。また試料Ⅱと試料Ⅲの表側面には、天然鉱物系の弁柄を混合したと考えられる漆塗膜が 2 回重ねられているとわかった。

P－031

古銭に付着した繊維の調査

○内山伸明，大久保浩二，森雄二，永濵功治，中村幸一郎，西園勝彦
（鹿児島県立埋蔵文化財センター）

１．はじめに

平成 19 年の発掘調査で，土坑墓の副葬品として出土した古銭に繊維が付着していた。鹿児島県ではこれまで，網代底や土器表面の繊維圧痕など古代繊維の痕跡については多くの出土例があったが，繊維そのものの出土はあまり例がない。古代繊維の非破壊調査については昨年度も発表されており[1)]，今回，この事例を参考に調査を試みたので報告する。

２．遺跡の概要と出土状況

この遺物は，鹿児島県曽於郡大崎町の北側，野方の標高約 200ｍの台地上に位置する天神段遺跡で出土した。遺跡の立地する場所は，北側に向かって八ッ手状に延びる台地の北端部にあたる。多彩な副葬品を伴う中世の土坑墓や古代の墨書土器，縄文時代早期の「尖孔のある磨製石鏃」など，貴重な資料が多い。

今回報告する繊維の付着した古銭は，完形の青磁や白磁の碗・皿，銅鏡，青白磁の蓋付小壺，和鋏，滑石製石鍋，鉄製紡錘車などとともに土坑墓の副葬品として出土（写真１）した。これらの遺物から，この墓は 12 世紀後半から 13 世紀初頭のものと考えている。

３．調査方法

⑴　乾燥

古銭は，銅鏡を納めた箱と思われる漆塗りの木片に貼りつくようにして出土した。付着している繊維を含む土を崩さないよう，20％エタノール水溶液中を浸透させ，徐々に濃度を上げていき，完全にエタノール置換したあと，軽く閉じた容器中で時間をかけて乾燥させた。

⑵　観察

古銭に付着している繊維は，そのまま双眼実体顕微鏡(Nikon SMZ1000，DXM1200)で観察した。また，木片から外す際に除去した土の中から，繊維片を３本取り出し，超音波洗浄したのち同様に観察した。

４　結果

木片に貼りついていた側は，布目がはっきりとわかる部分がかなり残っていた。布目は平織りで，太さ 0.1～0.2ｍｍ，無撚りの繊維であった。

一方，反対側は土に埋もれておりほとんどの部分が残っていなかったが，古銭のふちの部分に，裏側に折り返すように繊維が巻いていた。裏面の一部に繊維痕らしいものも見られた。この繊維痕も，織りや太さなどは前述と同様であった。

繊維の種類等その他の要素については，今後，土の中から採取した繊維片の断面を詳細に調査した上で判断したい。

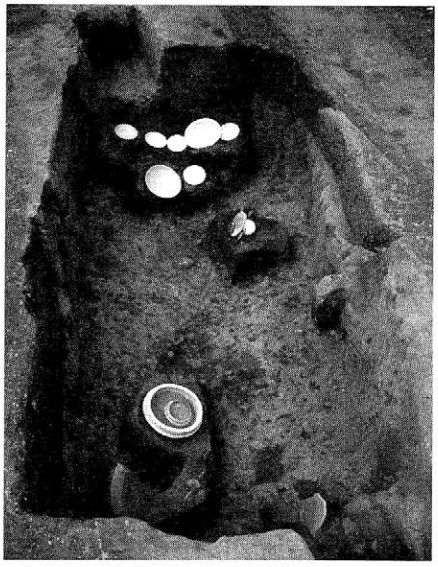


写真１　土坑墓（天神段遺跡）

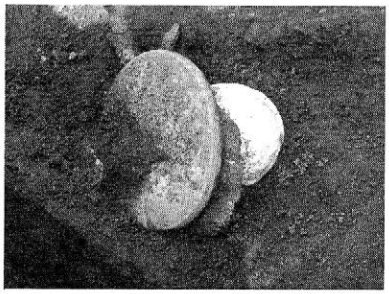


写真２　古銭等出土状況
（和鏡と小壺の間の木片に付着していた）

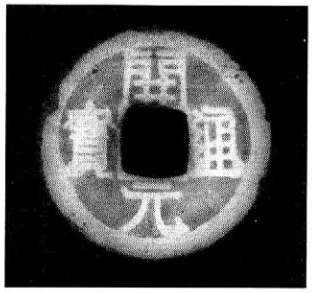


写真３　古銭Ｘ線写真

写真４　古銭表面の様子

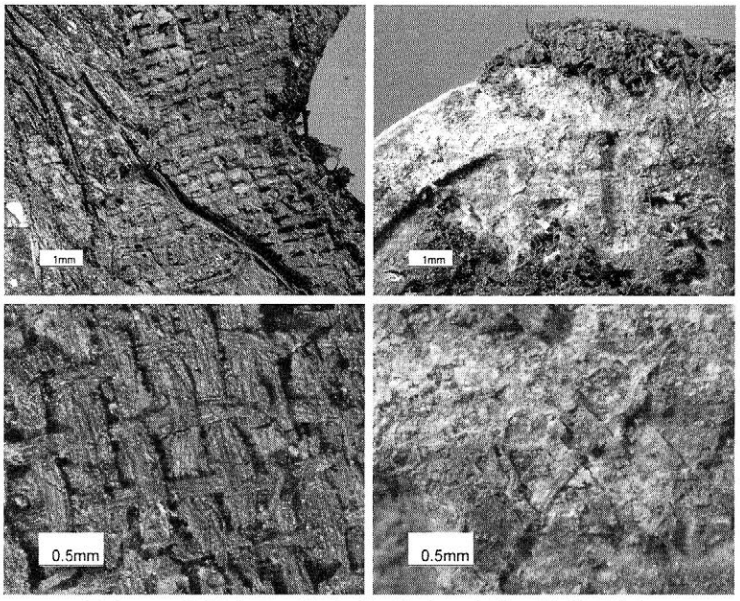


写真５　古銭表面の様子（下段は，上段の拡大画像）

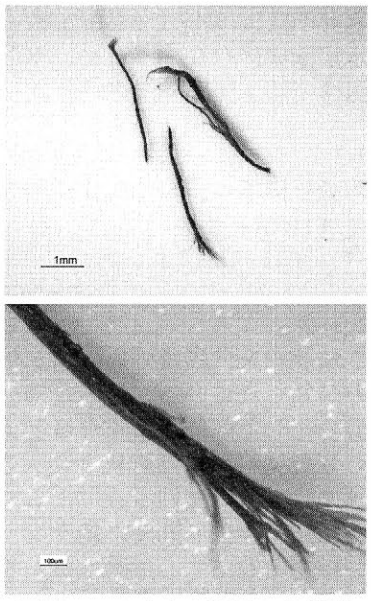


写真６　土中から採取した繊維
（下段は，上段の拡大画像）

参考文献
1）手代木美穂『出土した金属製品に付着する繊維製品の非破壊調査』日本文化財科学会第 25 回大会（鹿児島）研究発表要旨集
布目順郎「目で見る繊維の考古学　繊維資料集成」染織と生活社 1992

P－032

金属錆が付着した繊維文化財を分析する場合の前処理について

○赤田昌倫(京都工芸繊維大学大学院)，佐藤昌憲(奈良文化財研究所)，
奥山誠義(奈良県立橿原考古学研究所)

1.はじめに

古代から金属製品と繊維製品は密接な関わりあいがあり、銅鏡を覆う袋や鉄剣に巻きつけた糸など多様な使用用途で用いられてきた。このような文化財が長年月の埋没を経て出土する場合、繊維は周辺の金属製品の影響を強く受け錆化(無機物化)した状態で発見されることがある。この繊維を、そのままの状態で分析し材質を同定することは非常に難しいといえる。

しかしながら繊維種の調査研究は様々な分野の歴史学において重要な要素であり、顕微鏡と分析機器(主として赤外分光分析 FT-IR)の、観察と分析による材質判断が好ましい方法であると考えられている。

そこで、本研究では出土絹糸と実験で作成した強制劣化絹を使用し、材質分析を困難にさせている金属錆の除去の方法について検証した結果、材質分析において良好な結果が得られたのでここで報告する。

2.試料と分析方法

2-1.分析試料

分析試料は、鉄の影響を受けている試料として、奈良県立橿原考古学研究所提供の藤ノ木古墳出土鉄剣付着の絹糸を使用した。また、銅の影響を受けている試料としては実験試料として作成したものを使用した。この試料は、pH3 に調整した水溶液中に銅板と現代精練絹糸を浸漬させ 70℃の環境で 8700 時間(約 1 年間)安置し強制劣化させたもので、一部が粉末化した状態で水溶液中に存在するため、水溶液から試料を濾過して採取し、蒸留水で洗浄した後、70℃の恒温機で約 1 時間乾燥させた。

2-2.分析機器

分析機器は、島津製作所製赤外分析装置 IR Prestage-21 を使用した。分析には顕微赤外分析法と ATR 法を用いて測定した。分析条件は分解能 4~8cm^{-1}、波長範囲 4000~700cm^{-1}、積算回数は 512~2048 回に設定した。

3.実験

精練絹糸は繊維外周に錆が付着するだけでなく、絹のタンパク質そのものが無機物化することが知られている。そのため、表面に付着した金属錆と、絹のたんぱく質と結合して錆化し無機物化した部位が多くなると、赤外分析では無機物の影響がスペクトルにも出現する。

分析試料が単繊維程度の大きさだと、これらを物理的に除去するのは非常に難しい。そこで、錆の除去には酸性溶液による方法を選択した。絹は酸に強いが、劣化した状態の試料を用いるため錆の除去と同時に絹タンパク質が変質する可能性があり、このことが逆に分析による材質分析を困難にする危険性がある。そこで、絹のたんぱく質の変質の影響を考え、短期間での前処理方法を検討した。

具体的には、蒸留水に塩酸を滴下して pH1~5 に調整した水溶液に繊維や粉末を浸漬させ、pH の違いによる試料のスペクトル変化について検証した。また、より錆の除去を有効に行うために 1Mの塩酸に対して 0.03Mの L-アスコルビン酸を還元剤として添加した溶液の実験も行った。

銅試料では、溶液をそれぞれ pH3,4,5 に調整し、試料を常温で 5 日間浸漬させた。鉄試料では溶液をそれぞれ pH1,2,3 に調整し、試料を常温で 5 日間浸漬させた。

4.結果と考察

4-1.銅試料

実験の結果、pH3 の試料では、溶液に浸漬させてから約 1 日後には試料の黄変化について確認することができた。pH4 の試料では約 3 日後に黄変化を確認することができた。pH5 の試料については 5 日後も黄変化について確認することはできなかった。アスコルビン酸を添加した試料についても、pH3,4 ではほぼ同様の日数で黄変化が発生した。

図 1 は酸処理した銅試料の赤外スペクトル、図 2 はアスコルビン酸を添加した溶液で実験した銅試料の赤外スペクトルである。赤外スペクトルを見ると、pH5 の試料については銅のピークが多く存在し未処理の錆化試料と同じスペクトルパターンしか示さなかったが pH3,4 の試料については銅に帰属するピークはまったく見られず、動物性たんぱく質のスペクトルパターンを確認することができた。アスコルビン酸を添加した試料についても、同様の結果となり、アスコルビン酸添加の影響については確認できなかった。

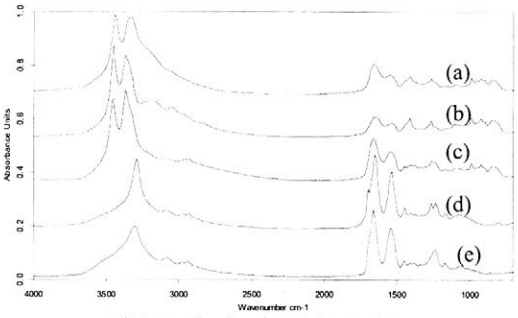


図1 酸処理実験　銅試料の赤外スペクトル

(a)未処理 (b)pH5 (c)pH4 (d)pH3 (e) 現代精錬絹糸

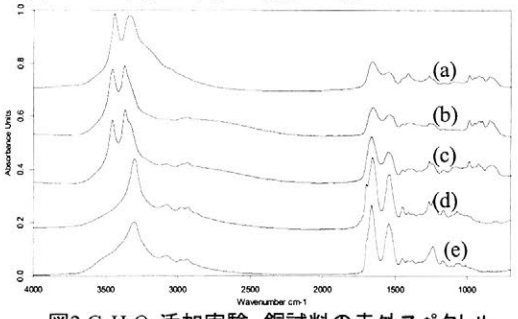


図2 $C_6H_8O_7$添加実験　銅試料の赤外スペクトル

(a)未処理 (b)pH5 (c)pH4 (d)pH3 (e) 現代精錬絹糸

4-2.鉄試料

図 3 は酸処理した鉄試料の赤外スペクトルである。鉄試料については酸処理のみの試料では試料の色彩やスペクトルに変化は見られなかった。また、アスコルビン酸を添加した試料についても色彩に実験前との差は見られなかった。

アスコルビン酸を添加した実験では、pH2,3 の試料については赤外スペクトルの変化は確認できなかったが、pH1 の試料については数種類の異なるスペクトルが得られた。図 4 は pH1 の溶液にアスコルビン酸を添加し実験した鉄試料の赤外スペクトルである。(b)試料 01 は、黄土などの珪素系無機物質のスペクトルパターンと酷似している。(c)試料 02 や(d)試料 03 のスペクトルは(b)の無機物質に加えて、3300cm^{-1},1631cm^{-1},1522cm^{-1} に吸収が見られるのが特徴である。これらのピーク位置はアミドＡやアミドⅠ,Ⅱに帰属する波長範囲と一致し、動物性たんぱく質が存在している可能性があるといえる。

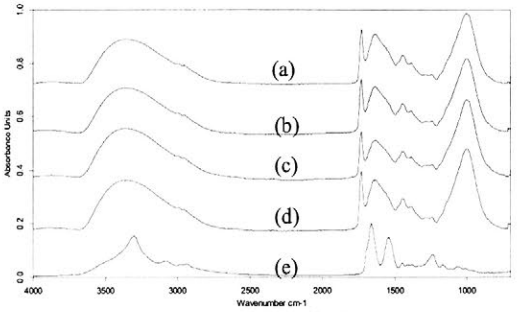


図3 酸処理実験

鉄試料の赤外スペクトル

(a)未処理 (b)pH3 (c)pH2 (d)pH1 (e) 現代精錬絹糸

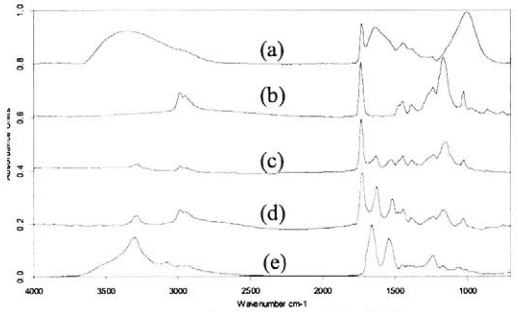


図4 pH1溶液$C_6H_8O_7$添加実験

鉄試料の赤外スペクトル

(a)未処理 (b)試料01 (c)試料02 (d)試料03 (e) 現代精錬絹糸

5.結論

これまで無機物質の影響を強く受けた繊維の材質判断は、赤外スペクトルでは非常に難しいとされてきた。今回の実験の結果から、酸性溶液や還元剤の使用によって、繊維に帰属するピークを出現させることが可能であることがわかった。今後は、適切な還元剤の選択や、より繊維に負荷をかけない前処理方法について検討していきたいと考えている。

P－033

江戸時代の染織品に刺繍された金銀糸に使用されている金属薄膜の定量分析について

○吉田澪代(名古屋大学物質科学国際研究センター)、植田直見((財)元興寺文化財研究所)
藤原正裕(奈良先端科学技術大学院大学)、早川泰弘(東京文化財研究所)

1. はじめに

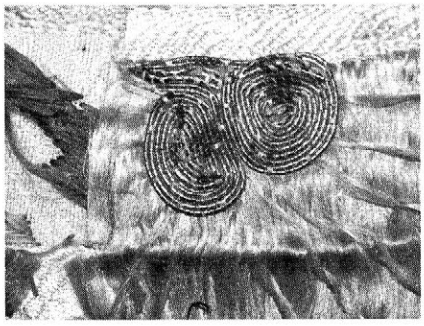


写真1　金糸の刺繍(No.1)

我が国の染織文化財の中には、きらびやかな刺繍を施したものを目にすることがある。刺繍は布地に針を刺し、糸などを縫い付けて図案や図柄を表したものであり、時代ごとにそれぞれ特色に富んだ美しい刺繍を生み出してきた。江戸時代に入ると作品を豪華絢爛に彩るために金糸や銀糸などの金銀刺繍糸を用いて装飾されるようになった(写真 1)。これまでに、これら金銀刺繍糸の製作技法について検討した結果、紙に漆を接着剤として金箔や銀箔などの金属薄膜を貼り付けて細いリボン状に裁断し(平箔という)、それを芯糸に螺旋状に巻きつけた構造であることを確認した。ただ、作品によって刺繍されている金銀糸に色調の違いが見受けられた。これは金銀糸に使用されている金箔、銀箔の構成元素に由来する可能性が高い。そこで本研究では、江戸時代の染織品の刺繍に用いられている金銀糸数点について、超短波誘導プラズマ元素分析(MIP-MS)を試み、金銀糸に使用されている金属薄膜の構成元素について定量的に明らかにすることを目的とした。

2. 分析資料および分析方法

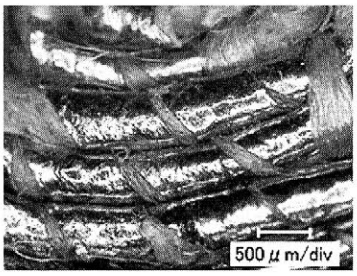


写真2　金糸のマイクロスコープ像(No.1)

分析資料は表1に示した江戸時代の染織品に刺繍された金糸、計6点とした。一例として、金糸のマイクロスコープ像を写真2に示した。

分析方法はそれぞれの金糸を約1cm採取して芯糸を取り除き、平箔のみをそのまま1%王水に溶解させた後、MIP-MS(日立ハイテクフィールディング(株)製　P-6000)による測定を行った。金糸には紙と漆が付着していたが、 これらは金箔と密接に接着されており、分析前に除去することは困難であった。そのため、そのまま溶解させ残渣をろ過し測定した。表1には、使用した資料の重量および乾燥後の残渣の重量を同時に示した。測定は1サンプルにつき10回行い、その平均値を検出元素の括弧内に示した。また、金箔の貼られていない紙、漆についても同様の条件で測定を行いブランクとして比較した。なおこれらからは検出元素は確認できなかった。

3. 結果及び考察

分析結果を表1に示した。資料No.1、2、4、5、6からはいずれも金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)が検出され、資料No.3からは金(Au)と銀(Ag)が検出された。さらに、それぞれの検出元素について定量値の平均値をもとに金糸の金属薄膜部分に含まれる金、銀、銅の割合を求めた。その結果、今回分析した江戸時代の金糸は銀の割合が高いことが確認された。この理由が銀を意図的に多く混合したものか、原料となる金の不純物として含まれていたものかはこの結果だけでは判断できないが、古代よりすでに純度の高い金を得る技術は確立されていたことから考えると、意図的に混合した可能性が考えられる。その中でNo.4 のみが金の割合が高いことが判明した。肉眼観察からも、他のサンプルに比べてNo.4の金糸のみが赤味を帯びた金色を呈しており、これは金箔を構成する元素濃度の違いに由来するものと考えられた。

以上のことから、当時は金糸の色調などを考慮し金、銀、銅の配合を変えた金箔を使い分けて金糸を作製していた可能性が示唆された。

表1 MIP-MS測定結果

	資料名	検出元素と定量値(ppb)	金:銀:銅の割合(%)			全重量(mg)	残渣(mg)
			Au(%)	Ag(%)	Cu(%)		
1	白綸子地唐松に鳳凰文	Au(580), Ag(82), Cu(7)	86.7 (±1.03%)	12.25 (±1.2%)	1.05 (±14.3%)	1.56	0.231
2	緑縮緬地友禅染	Au(429), Ag(81), Cu(1)	83.95 (±1.4%)	15.85 (±1.2%)	0.2 (±0.0%)	0.822	0.289
3	緑縮緬地燕文	Au(441), Ag(82)	84.32 (±1.8%)	15.68 (±1.2%)	-	0.309	0.176
4	黒繻子地松笹菊萩に鶴亀文	Au(409), ,Ag(4), Cu(3)	98.32 (±2.4%)	0.96 (±0.0%)	0.72 (±0.0%)	1.501	0.557
5	白綸子地七宝繋文	,Au(423), Ag(65.5), Cu(12.5)	84.43 (±1.9%)	13.07 (±1.5%)	2.5 (±7.7%)	0.247	0.113
6	赤綸子地刺繍裂	Au(211), ,Ag(34.5), Cu(16)	80.69 (±2.4%)	13.19 (±2.9%)	6.12 (±6.3%)	0.127	0.06

※ 括弧は標準偏差

4. さいごに

本研究において、江戸時代の染織品に刺繍されている金糸に使用されている金箔の定量分析を行い、江戸時代において、金、銀、銅の含有率を意図的に変化させた金箔を使い分け、色調の異なる金糸を作製していた可能性を見出した。金箔は通常、金、銀、銅により構成されており、これらの配合比を変えることで金箔の色調が変化する。一般的に金の含有量が高いほど赤味を帯びた金色を呈し、銀の含有量が高くなるにつれて青味を帯びた金箔になる。江戸時代は、染織品を豪華絢爛に彩る金銀糸を好んで用いており、その色調も変化に富んでいるが、これらが金糸を構成する金箔の配合比に由来する可能性を見出すことができた。

今後は調査資料を増やし、染織文化財に使用されている金銀糸の材質および技法に関する時代的特徴について、さらに調査を進めたいと考えている。

P－034

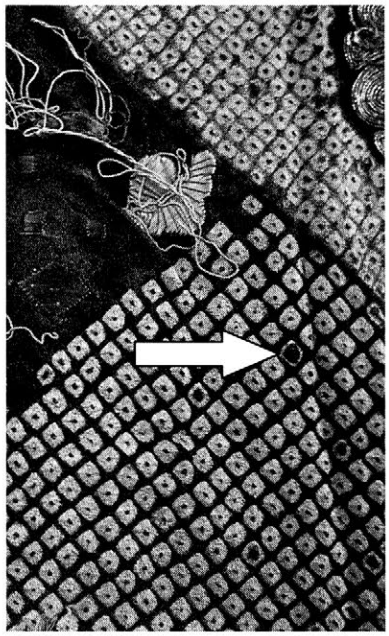
江戸期染織裂地（京都工芸繊維大学美術工芸資料館蔵）に用いられた無機成分の SEM-EDS 分析

○ 佐々木良子（京都工芸繊維大学）、深江亮平（兵庫県立大学）、
○ 佐々木健（京都工芸繊維大学）

はじめに

これまで発表者らは、非破壊分析あるいは微量破壊分析で文化財染織品に用いられた染料や繊維材質についてその解析を行ってきた。染織品には染料・繊維などの有機質成分の他に、媒染剤や顔料などの金属・無機成分が使用されている事例も多く、それらの分析も染織品を理解する上で極めて重要である

匹田絞りが施された資料の中で、絞り部分の変色が見受けられる場合がある。これは匹田絞りの直し、すなわち絞りによる防染が不十分であったため、染料が染み込んだ箇所に白色顔料を塗布して修正をしたが、経年によりその顔料が変色したものと考えられてきた。しかしながら、この直しに用いられた顔料成分について、これまで化学的な分析に供された例は無く、その成分は全く明らかになっていない。今回、京都工芸繊維大学美術工芸資料館所蔵品よりこの『匹田の直し』の部分を持つ資料を選び、SEM-EDS を用いた元素分析により用いられた顔料を明らかにした。



匹田の変色部　(AN.106 部分)

実　験

分析：EDAX 社製エネルギー分散型 X 線分析装置付 S3000N 日立走査型電子顕微鏡
資料：京都工芸繊維大学美術工芸資料館所蔵品より以下のものを用いた。

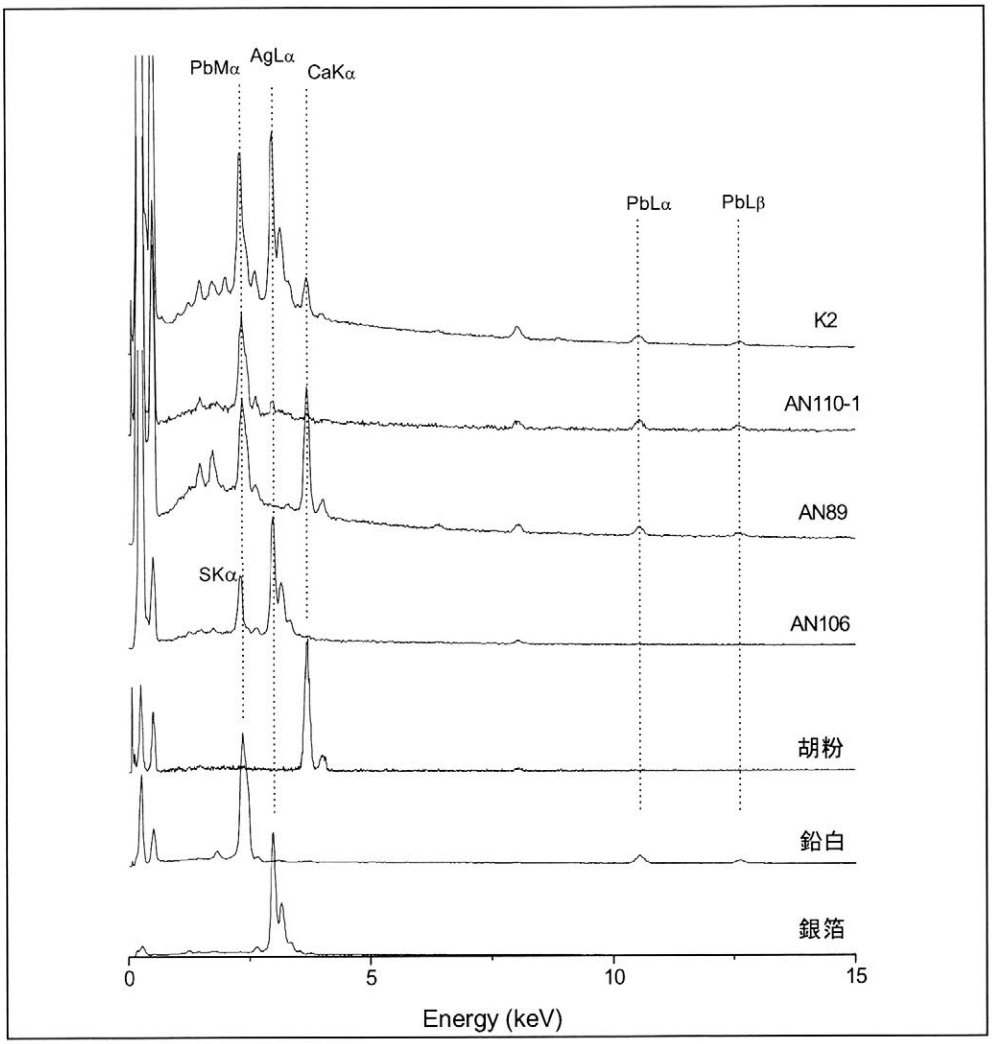
資料番号	資料内容
AN.89	緋色総疋田御殿衣　（江戸中期）
AN.106	匹田縫（裂）菊松竹梅梅に宝尽くし縫い（江戸前期）
AN.110-1	黒地匹田縫（裂）梅花縫　（江戸初期）
K2	白地匹田縫（裂）　（江戸前期）

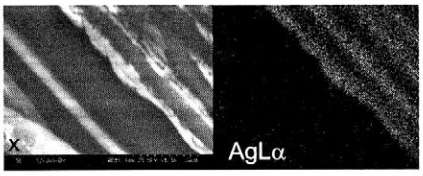
結果と考察

『匹田の直し』については、刺繍を施す場合と顔料を塗布する場合があると考えられている。本学の所蔵品に於いて、匹田絞りに変色した箇所がある資料が見られるが、刺繍を施された直しは確認できていない。ここでは変色が明確な上記の四資料を選び、その分析を行った。

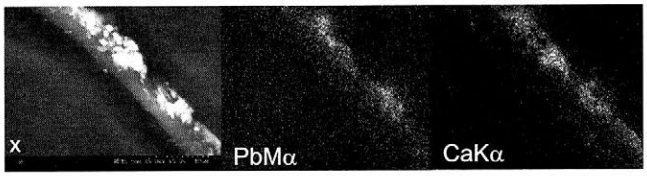
顔料を塗布されたと考えられる匹田の直しの部分は、変色により AN.89 は茶色、AN.106、AN.110-1、K2 はいずれも黒色である。これらの変色部分の繊維を SEM で観察した所、付着物が存在することが確認できた。その付着物について EDS を用いて元素分析を行ない、標品としての胡粉、鉛白、銀箔と比較した。AN.89 では鉛（M・L 線）とカルシウム（K 線）、AN.106 では銀（L 線）、AN.110-1 では鉛（M・L 線）、K2 では鉛（M・L 線）と銀（L 線）との一致が認められ、一般に用いられている白色顔料である胡粉、鉛白の他に銀が使用されていることが明らかになった。

これまで、匹田の直しについては、その黒変より白色顔料の鉛白が示唆されてきた。今回の分析により、使用されている顔料には鉛白だけでなく胡粉、さらに銀（銀泥）があることがわかった。又、銀が用いられている場合であっても、単体の場合(AN.106)と、鉛白と混合されている場合(K2)あることが明らかになった。

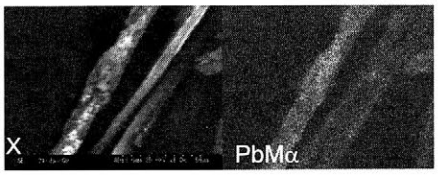




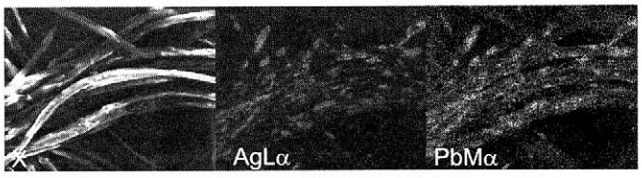
AN106



AN89



AN110-1



K2

図．資料の EDS スペクトルおよびマッピング画像

P－035

墨に含まれる膠のコラーゲンの質量分析による膠の原料の特定

○ 宮路淳子（奈良女子大学大学院人間文化研究科），山崎雄三（島津製作所・応用技術部），
舘野和己（奈良女子大学文学部），高田将志（奈良女子大学大学院人間文化研究科），
松尾良樹（奈良女子大学文学部），中沢　隆（奈良女子大学理学部）

要旨：金属、石材、陶磁器、木材、皮革、繊維などが文化財の材質として使われている。いずれも保存状態さえ良好であればそれぞれ適当な科学的分析法によって、文化財自体の芸術的、歴史的価値に関連した文化財の製造過程や保存状態に関する情報が得られる。我々は、文化財の材質以外にも例えば接着剤または固着剤として広く使われる膠、すなわちコラーゲンに着目し、最近進歩の著しい質量分析法を用いるプロテオミクスの手法を応用した原料の研究法を開発した。その結果、試料の墨の固着剤としてウシの骨から得た膠を特定した。

緒言：コラーゲンは生体中で、最も多量に存在するタンパク質である（*1*）。特に骨、皮膚の結合組織を構成する主要なタンパク質であり、その機能ごとに異なる分子構造をとる。タンパク質のアミノ酸配列は遺伝子（DNA）の塩基配列によって決まっており、一個体中の異なるコラーゲン分子は異なるアミノ酸配列をもっており、さらに、生物種が異なれば同じ機能のコラーゲンでも各生物種特有のアミノ酸配列を示す。したがって、文化財中のコラーゲンを抽出し、そのアミノ酸配列を調べればコラーゲン、すなわち膠の原料となった生物種が特定できることになる。これと全く同じ原理を応用すれば、絹（フィブロイン）や毛（ケラチン）、さらに動物の皮革のタンパク質の分析により、原料の生物種の特定が可能となる。このような手法は法医学における DNA 鑑定と似ているが、一般に DNA を含まない生体からの抽出物からなる文化財の材質、組成の分析に適していると考えられる。今回はこの方法のモデルケースとして、古代から筆記材料として用いられている墨の固着剤であるコラーゲンの分析によって、その墨の製造原料を特定した実験について報告する。膠は重量比で墨の 40%含まれており、水溶性であるため試料の調製は比較的容易である。

材料・方法：市販の鉱物油を燃やして得た煤を原料とする墨（試料 A）と、菜種油の煤を原料とする墨（試料 B）の２種類を試料として用いた。試料約 40 mg を 1 mL の炭酸水素アンモニウム水溶液（0.1 M）中で粉砕・抽出し、墨汁様の溶液を得た。この溶液を 4 分割し、それぞれについて異なる操作を比較検討した。その結果、溶液をフィルターに通して煤を除き、60°C で 1 時間変性させた後 4 倍に希釈後、0.2 μg/μL のトリプシン溶液（0.1 M 炭酸水素アンモニウム水溶液）10 μl を加えて 37°C で 16-24 時間消化させた試料から、マトリックス支援レーザー脱離／イオン化タンデム飛行時間型（MALDI-TOF/TOF）質量分析で最も良好なスペクトルデータが得られた。MALDI 分析ではマトリックスに CHCA (α-cyano-4-hydroxycinnamic acid)を用い、AXIMA-Performance (Shimadzu/Kratos)により測定を行った。MALDI-TOF/TOF 分析に基づく MS/MS イオンサーチ法におけるデータ解析には Mascot データサーバー(Matrix Science)によるデータベース検索を利用した。

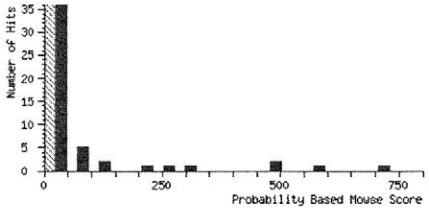
結果・考察：試料 A および試料 B から得た分析試料、すなわちコラーゲンのトリプシン消化物の MALDI-TOF および MALDI-TOF/TOF スペクトルは、ほぼ完全に一致し、同一の膠が用いられていることが確認された。また、このことは夾雑していた煤の材質または製法に分析結果が影響されないことを示している。MALDI-TOF スペクトルの主要なピークの TOF/TOF 分析により、部分的なアミノ酸配列解析を行い、その結果を Mascot データベース検索により以下の動物種のコラーゲンのアミノ酸配列と比較した。

CO1A1_BOVIN Collagen alpha-1(I) chain precursor - Bos taurus (**Bovine**)
CO1A2_BOVIN Collagen alpha-2(I) chain precursor - Bos taurus (**Bovine**)
CO1A1_RAT Collagen alpha-1(I) chain precursor - Rattus norvegicus (**Rat**)
CO1A1_HUMAN Collagen alpha-1(I) chain precursor - Homo sapiens (**Human**)

CO1A2_HUMAN Collagen alpha-2(I) chain precursor - Homo sapiens (**Human**)
CO1A2_CANFA Collagen alpha-2(I) chain precursor - Canis familiaris (**Dog**)
CO1A1_CHICK Collagen alpha-1(I) chain precursor - Gallus gallus (**Chicken**)
CO1A1_CYNPY Collagen alpha-1(I) chain precursor - Cynops pyrrhogaster (**Japanese common newt**)
CO3A1_BOVIN Collagen alpha-1(III) chain - Bos taurus (**Bovine**)
CO3A1_MOUSE Collagen alpha-1(III) chain precursor - Mus musculus (**Mouse**)

コラーゲンは、長い（分子量 13-14 万）ポリペプチド鎖中にプロリン(P)-プロリン(P)-グリシン(G)の繰り返し配列が数多く見られるが、さらにプロリン残基が高い確率で酵素的に酸化されてヒドロキシプロリンとなっている。これらのことを考慮に入れて MS/MS イオンサーチを行ったところ、以下の図に示すように、墨試料から抽出した膠はウシ（Bovine）の骨に存在するタイプⅠに属するコラーゲンのα1 鎖が主で、これにα2 鎖が混在していることが明らかとなった。この混在は、膠の製法、すなわち動物の骨を水と煮て抽出する方法から考えて当然といえる。アミノ酸配列が一致する確率が非常に高い値、Mascot score 718（*2,3*）を示していることから、試料中のコラーゲンがウシ以外の動物由来である確率はほぼ 0 に等しい。

この結果から、比較的少量の試料（墨の場合約 10 mg 弱）で墨の固着剤である膠の原料が特定できることが実証された。今後、数百年の単位で年代をさかのぼり、種々の墨試料の分析を通じて、コラーゲンの経年劣化の過程の追跡と、同時に墨の製法の変遷についての研究を可能とするデータベースを構築する必要がある。さらにこの方法を発展させて、墨で書かれた文献史料からコラーゲンが抽出できれば、文献の内容や筆法からのみでなく、その内容を裏付ける物質的情報が読み取れるようになると期待している。



1. CO1A1_BOVIN **Mass:** 138937 **Score:** 718 **Queries matched:** 9
Collagen alpha-1(I) chain precursor - Bos taurus (Bovine)
Check to include this hit in error tolerant search or archive report

Query	Observed	Mr(expt)	Mr(calc)	Delta	Miss	Score	Expect	Rank	Peptide
1	1106.1672	1105.1598	1105.2046	-0.0447	0	59	0.00027	1	R.GVQGPPGPAGPR.G + Oxidation (P)
4	1436.4415	1435.4342	1435.4952	-0.0610	0	51	0.0016	1	R.GEPGPAGLPGPPGER.G + 3 Oxidation (P)
5	1460.4898	1459.4825	1459.5199	-0.0374	0	89	2.8e-007	1	R.GSAGPPGATGFPGAAGR.V + 2 Oxidation (P)
8	1818.0106	1817.0032	1816.9882	0.0160	0	65	6e-005	1	R.GPPGPMGPPGLAGPPGESGR.E + 2 Oxidation (P)
9	1834.0341	1833.0267	1832.9876	0.0391	0	(57)	0.00032	1	R.GPPGPMGPPGLAGPPGESGR.E + 3 Oxidation (P)
10	1977.2173	1976.2099	1976.1116	0.0984	1	117	3.5e-010	1	K.SGDRGETGPAGPAGPIGPVGAR.G
11	2021.2175	2020.2101	2020.1178	0.0924	1	90	1.7e-007	1	K.GEPGPTGIQGPPGPAGEEGKR.G + 2 Oxidation (P)
16	2217.4046	2216.3972	2216.3211	0.0761	0	88	2.5e-007	1	R.GETGPAGRPGEVGPPGPPGPAGEK.G + 3 Oxidation (P)
17	2855.0449	2854.0375	2854.0492	-0.0117	1	166	2.7e-015	1	R.GLTGPIGPPGPAGAPGDKGEAGPSGPAGPTGAR.G + 2 Oxidation (P)

2. CO1A2_BOVIN **Mass:** 129062 **Score:** 569 **Queries matched:** 6
Collagen alpha-2(I) chain precursor - Bos taurus (Bovine)
Check to include this hit in error tolerant search or archive report

Query	Observed	Mr(expt)	Mr(calc)	Delta	Miss	Score	Expect	Rank	Peptide
2	1268.3901	1267.3828	1267.3914	-0.0087	0	42	0.013	1	R.GIPGPVGAAGATGAR.G + Oxidation (P)
3	1428.4823	1427.4749	1427.5608	-0.0858	0	99	2.4e-008	1	R.GIPGEFGLPGPAGAR.G + 2 Oxidation (P)
7	1649.6943	1648.6869	1648.7719	-0.0849	0	73	1e-005	1	R.GSTGEIGPAGPPGPPGLR.G + 2 Oxidation (P)
10	1977.2173	1976.2099	1976.0653	0.1447	1	65	4.7e-005	4	K.GEPGAVGQPGPPGPSGEEGKR.G + Oxidation (P)
12	2057.3694	2056.3620	2056.2823	0.0797	0	104	6.4e-009	1	K.EGPVGLPGIDGRPGPIGPAGAR.G + Oxidation (P)
15	2132.4209	2131.4135	2131.3456	0.0680	0	192	9e-018	1	R.GLPGVAGSVGEPGPLGIAGPPGAR.G + 3 Oxidation (P)

図１　墨試料から得たコラーゲンの MS/MS イオンサーチの結果。

References

1 Baum, J., Brodsky, B. (2000) Folding of the collagen triple helix and its naturally occurring mutants, in *Mechanisms of Protein Folding* (Pain, R. H., Ed.) 2nd ed., 330-351, Oxford Univ. Press, Oxford, U.K.
2 http://www.matrixscience.com/help/scoring_help.html
3 Pappin, D. J. C., Hojrup, P., Bleasby, A. J. (1993) Rapid identification of proteins by peptide-mass fingerprinting. *Current Biology* **3**, 327-332.

P－036

赤外分光法による出土有機質文化財の微量分析への実験的研究

○奥山誠義[1)]・佐藤昌憲[2)]・赤田昌倫[3)]
1:奈良県立橿原考古学研究所 2:奈良文化財研究所 3:京都工芸繊維大学院

1. はじめに

発掘調査で出土する繊維等の有機質からなる資料の多くは劣化が著しく、肉眼による材質同定が困難なことが多い。顕微赤外分光分析(FT-IR)法は測定試料採取量が微量であり、複雑な前処理なども必要ないため材質同定に適した分析法である[i]。筆者らは、様々な環境より出土する有機質遺物の顕微赤外分光分析(FT-IR)を進めてきたが、未だに課題も多く存在する。また、貴重な資料を扱うことからこれまで以上に分析方法の改良や試料採取の微量化を試行し、材質同定の確実性を高める研究が必要と考える。筆者らは、これらを解決するため基礎的な研究を行っており、本研究では従来の点(ポイント)分析のほかに数十μm四方のイメージングによる面的な分析を行い、染織文化財や塗装資料(漆製品)等への応用に向けた情報が得られたのでその成果を報告する。

2. 目的

本研究の目的は、①薄層化した試料の測定箇所によるスペクトルの違いの確認と②各種資料の偏光特性の確認、③イメージング機能を利用し文化財資料への面分析の可能性について検討を行うことである。

3. 方法

測定には顕微FT-IR装置として、パーキンエルマー社製Spotlight 400を用いた。Spotlight 400の特長はIRイメージングが可能な点である。複数の検出器を使用し、一度に複数のサンプル情報(スペクトル)を得ることができる上に、二次元的にスキャンを行い赤外情報による二次元イメージ(IRイメージ)を取得することができる。本研究ではSpotlight 400での透過法によるポイント測定及びイメージング測定を用いた。必要に応じて偏光子を挿入し、偏光特性の確認を行った。測定条件の一例を以下に示す。

手　法	測定波数領域(cm^{-1})	分解能(cm^{-1})	積算回数（回）	分析径（μm）
透過法/ポイント	4000-700	4	256	6.25
透過法/イメージング	4000-700	8	128	6.25

上記手法のほかATR法(ポイント)、ATRイメージング法が可能。

4. 結果と考察

4-1 測定箇所によるスペクトルの違いの確認：【透過法・試料＝家蚕精練絹糸】

ダイヤモンドプレスなどにより薄層化した試料を用いた透過法の場合、プレスによる「押しムラ」が生じてたり、試料の薄・厚の違いが生じることもあると考えられる。実際の測定試料のイメージングでは吸光度に大小が表れている(Fig.1)。しかしながら、スペクトルではベースラインが上下する違いはあるものの、ピークの有無には大きな変化が生じていないことが確認できた。本研究では家蚕精練絹糸を試料としたので、引き続き、他の資料についても詳細な調査を行う必要がある。

4-2 偏光特性の確認とイメージング機能による文化財資料への面分析の可能性の検討【透過法イメージング・現代参照品（苧麻）及び大峰山寺出土八稜鏡付着繊維】

現代参照品(苧麻:福島県産)は100μm×200μmの領域における偏光子を用いた測定において吸光度分布に偏りを持って変化していることが確認できた(Fig.2)。$1160cm^{-1}$はセルロース・ヘミセルロースのC4'-O-C1の伸縮振動に由来するピークとされており[ii] 偏光二色性を確認した(Fig.3)。また、大峰山寺出土八稜鏡付着繊維でも測定の結果、現代参照品(苧麻)と同様な結果を得た(Fig.4, 5)。なお、この資料の材質を同定するには更に検討が必要である。これらに用いたイメージング機能により文化財資料への面分析が有用である可能性が確認できたと考えている。

5. まとめ

本研究は、微少量試料を分析する場合に注意すべき点の解決に貢献する成果であったと考えている。引き続き顕微赤外分光分析(FT-IR)法による出土有機質文化財の調査を進めていきたい。なお、本研究は、財団法人由良大和古代文化研究協会(平成20年度)研究助成の成果の一部である。

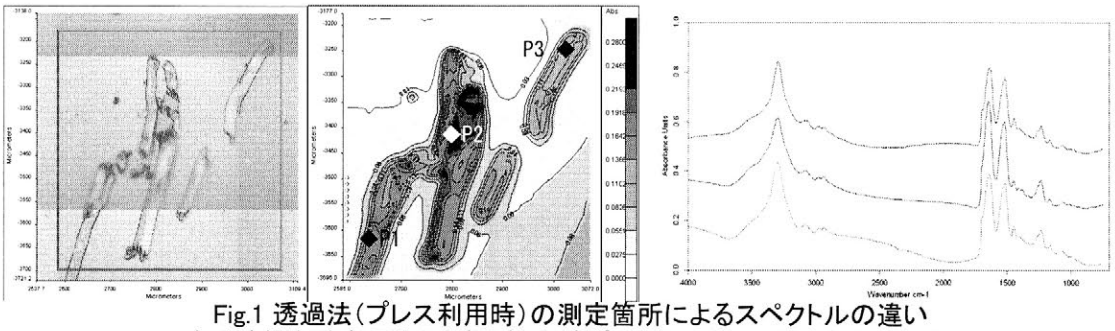


Fig.1 透過法(プレス利用時)の測定箇所によるスペクトルの違い
左:測定領域、中央:平均吸光度分布、右:各ポイントのスペクトル(上から P1・P2・P3)

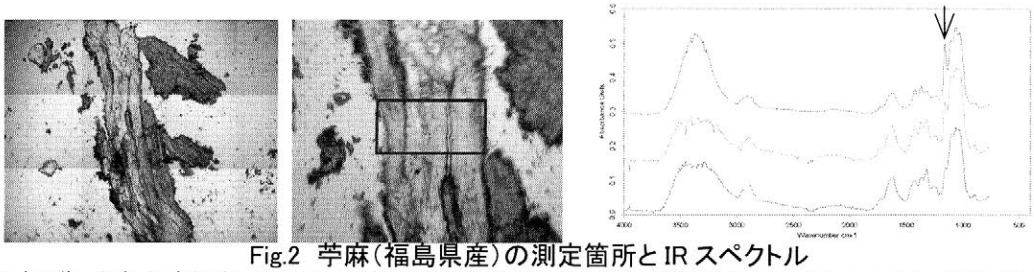
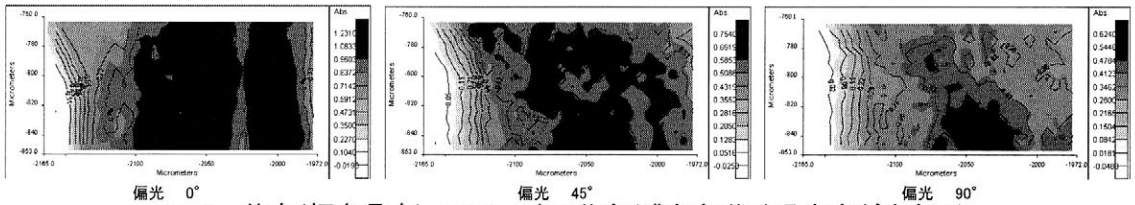


Fig.2 苧麻(福島県産)の測定箇所と IR スペクトル
左:観察画像、中央:測定領域(100μm×200μm)、右:IR スペクトル(上:偏光 0°, 中央:偏光 45°, 下:偏光 90°, 矢印:1160cm^{-1})



偏光 0° 偏光 45° 偏光 90°

Fig.3 苧麻(福島県産):1160cm^{-1} の分布(濃色部分は吸光度が大きい)

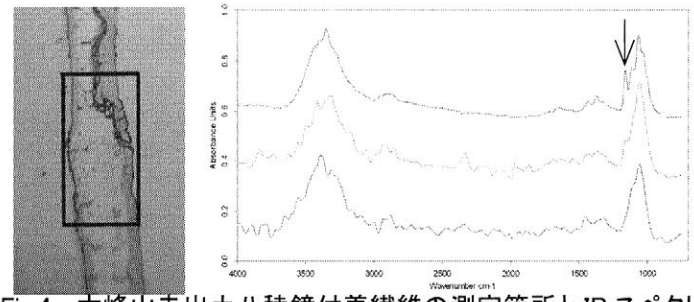
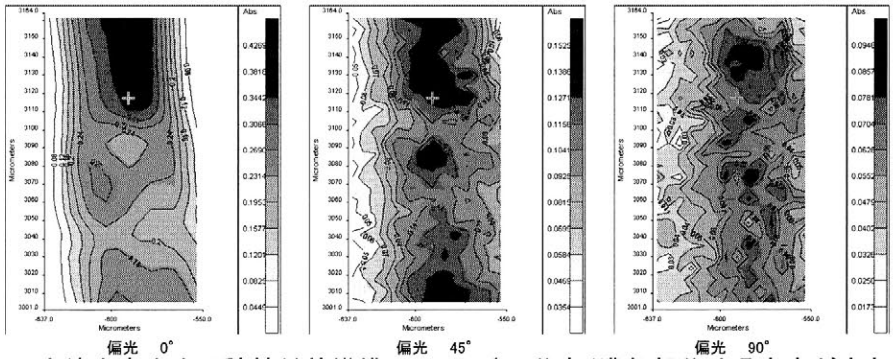


Fig.4 大峰山寺出土八稜鏡付着繊維の測定箇所と IR スペクトル
中央:測定領域(160μm×87μm)、 右:IR スペクトル(上:偏光 0°, 中央:偏光 45°, 下:偏光 90°, 矢印:1160cm^{-1})



偏光 0° 偏光 45° 偏光 90°

Fig.5 大峰山寺出土八稜鏡付着繊維:1160cm^{-1} の分布(濃色部分は吸光度が大きい)

---

i 佐藤昌憲, 文化財保存修復学会第 26 回大会研究発表要旨集, p34-35, 2004

ii 片岡 厚, 木材保存, Vol.26-6, p2-12, 2000

P－037

愛知県内弥生～古墳時代のガラス玉の化学組成

堀木真美子（愛知県埋蔵文化財センター）

1. はじめに

愛知県埋蔵文化財センターに配置されている蛍光X線分析装置（堀場製作所製　XGT-500XII）は大気中で測定することが可能なため，文化財の測定に適していると導入されたものである。大気中で測定することは、測定誤差が大きく、定量分析には適さない。しかし、今回のガラス玉の分析を実施するにあたり、測定面を研磨し、測定点を増やすなどの処理を実施した結果、限られた条件のもとでの比較が可能であると判断できた。

そこで、今回は愛知県内の弥生時代後期から古墳時代に属するガラス玉の化学組成の比較を行った。

2. 分析試料および分析方法

朝日遺跡より出土した弥生時代後期のガラス玉38点、5世紀頃のガラス玉として松崎遺跡（東海市）より出土したもの28点、7世紀のものとして荒山古墳（豊田市）出土の68点である。全ての分析試料の一部分を#3000のダイアモンドペーストを用いて研磨し，平滑な面を作成する。その後超音波洗浄機を用いて、蒸留水による洗浄を行う。粘土を用いて、測定面を水平に保持し測定試料とした。

分析装置は（株）堀場作所製のエネルギー分散型蛍光X線分析装置XGT-5000XIIを用いた。定量分析はスダンダードレスによるファンダメンタルパラメータ法によって行い、酸化物の合計が100%になるように規格化した。測定条件は、励起電圧：30kV、計測時間：300s、X線管球：Rh、測定雰囲気：大気中、X線照射径：100μm、である。分析試料は、測定箇所は20カ所を設定した。計測値は、測定箇所ごとに算出された定量値を平均化したものを用いた。

3. 分析結果

検出された元素は、Si(ケイ素)、Na（ナトリウム）、Mg（マグネシウム）、Al（アルミニウム）、P（リン）、K（カリウム）、Ca（カルシウム）、Ti（チタン）、Mn（マンガン）、Fe（鉄）、Co（コバルト）、Cu（銅）、Pb（鉛）などである。分析値は、Si、Na、Mg、Al、P、K、Ca、Ti、Mn、Fe、Co、Cu、Pbの検出ピーク(主にKα1)をもとにFP法により算出した。これらの元素は酸化物（%単位）で示した。

朝日遺跡出土　ガラス玉No.30

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	CoO	CuO	PbO	total
1	9.00	1.43	0.00	75.73	9.50	1.33	0.18	1.57	1.13	0.08	0.04	0.00	100.0
2	10.96	2.61	0.00	72.90	9.34	1.48	0.17	1.21	1.20	0.10	0.03	0.00	100.00
3	3.67	0.93	2.70	76.18	10.45	2.11	0.31	1.88	1.62	0.11	0.04	0.00	100.00
4	11.25	0.14	1.20	72.32	9.53	2.08	0.27	1.71	1.36	0.09	0.03	0.01	99.99
5	1.92	0.68	0.00	78.89	11.80	2.46	0.28	2.01	1.77	0.12	0.06	0.02	100.01
6	7.35	0.35	0.00	76.65	10.16	2.10	0.26	1.55	1.42	0.12	0.05	0.00	100.01
7	11.99	1.03	0.09	73.18	9.64	1.75	0.20	1.04	0.96	0.08	0.04	0.00	100.00
8	7.22	0.01	0.00	76.94	10.81	2.17	0.21	1.27	1.22	0.10	0.05	0.01	100.01
9	13.74	1.39	0.00	71.66	8.98	1.69	0.17	1.11	1.10	0.11	0.04	0.01	100.00
10	11.31	1.21	0.00	73.45	9.53	1.61	0.22	1.29	1.25	0.10	0.03	0.00	100.00
11	7.64	0.28	1.33	75.69	9.62	2.02	0.25	1.68	1.36	0.11	0.03	0.00	100.01
12	5.67	0.00	0.00	77.43	11.03	2.12	0.24	1.80	1.57	0.11	0.03	0.00	100.00
13	4.30	0.50	0.09	78.88	10.06	2.09	0.26	1.80	1.87	0.13	0.04	0.00	100.02
14	1.51	0.01	0.00	81.11	10.92	2.20	0.29	2.12	1.68	0.12	0.04	0.00	100.00
15	3.91	0.01	0.00	78.07	11.64	2.31	0.25	1.98	1.64	0.13	0.05	0.01	100.00
16	10.63	0.01	1.84	72.71	9.57	1.87	0.25	1.56	1.39	0.11	0.05	0.01	100.00
17	0.00	0.58	1.77	79.51	11.33	2.28	0.26	2.03	2.05	0.15	0.04	0.01	100.01
18	0.00	0.87	0.00	81.51	11.42	2.10	0.28	1.98	1.65	0.12	0.04	0.01	99.98
19	6.66	2.14	0.65	74.75	10.47	1.79	0.25	1.64	1.49	0.12	0.03	0.01	100.00
20	12.07	0.01	0.00	72.61	9.83	1.85	0.24	1.73	1.49	0.12	0.04	0.00	99.99
平均	7.04	0.71	0.48	76.01	10.28	1.97	0.24	1.65	1.46	0.11	0.04	0.01	
偏差	4.29	0.75	0.82	3.02	0.85	0.29	0.04	0.32	0.28	0.02	0.01	0.01	

表1　同一個体内での測定値のばらつき

4. まとめ

今回の分析は大気中で測定を行う蛍光X線分析装置を用いている。そのため測定結果のバラツキは、本来の蛍光X線分析装置に比べて大変大きく、同等の分析結果として取り扱うことはできない。しかし、今回の分析では、試料調整と測定条件を整えることによって、主成分等の変化について時代毎で比較することができた。

表1　各時代のガラス玉の化学組成

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	CoO	CuO	PbO	試料数
朝日遺跡	5.4	0.1	3.9	75.7	11.5	0.7	0.2	0.0	0.6	0.0	1.4	0.5	33/38
	6.8	0.6	1.2	74.0	11.4	1.6	0.3	2.0	1.9	0.1	0.0	0.0	5/38
烏帽子遺跡	22.6	3.1	2.4	64.9	1.2	3.9	0.2	0.1	1.2	0.0	0.1	0.1	18/28
古墳時代前期	20.4	0.7	7.7	64.9	1.7	1.9	0.5	0.1	1.1	0.0	0.6	0.3	8/28
	2.4	0.5	2.1	82.5	8.2	1.2	0.2	1.3	1.6	0.0	0.0	0.0	2/28
荒山古墳	17.7	3.0	4.4	67.8	1.4	4.1	0.1	0.1	1.0	0.0	0.1	0.1	48/68
古墳時代後期	19.4	0.2	7.9	67.2	1.2	2.2	0.4	0.1	0.9	0.0	0.4	0.1	10/68
	0.6	0.3	2.9	82.6	10.3	1.0	0.2	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0	3/68

・朝日遺跡（弥生時代後期）
　：K_2O-SiO_2系ガラス
・烏帽子遺跡（5世紀頃）
　：Na_2O-CaO-SiO_2系ガラス（18/28）
　：Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2系ガラス（8/28）
　：K_2O-SiO_2系ガラス（2/28）
・荒山古墳（6～7世紀頃）
　：Na_2O-CaO-SiO_2系ガラス（48/68）
　：Na_2O-$Al2O_3$-CaO-SiO_2系ガラス（10/68）
　：K_2O-SiO_2系ガラス（3/68）

朝日遺跡のK_2O-SiO_2系ガラスでは、38点中33点がCoを含有しない水色のガラスであった。また烏帽子遺跡や荒山古墳のように5世紀以降の遺跡では、化学組成に大きな違いが見られないが、弥生時代後期の朝日遺跡との比較では、大きな変化が認められた。またガラス玉の形も、弥生時代後期のものと古墳時代中期以降のものでは、違いが認められた。

これまでの愛知県内のガラス玉の測定結果としては一宮市八王子遺跡があげられる（小村,2002）。この八王子遺跡から出土したガラス玉は、弥生時代の住居跡内から出土したものである。分析結果は非破壊による蛍光X線分析で、K_2Oが33.46%と含まれていることからK_2O-SiO_2系のガラスと判断されている。またCuOも1.6%と多く含まれている。このことから、愛知県内においては、弥生時代後期の頃に広く流通していたガラスは、K_2O-SiO_2系のガラスであり、多くがCuを多く含んでいるものであったと推測される。

一方、古墳時代に入るとNa_2O-CaO-SiO_2系ガラスやNa_2O-$Al2O_3$-CaO-SiO_2系ガラスが主流を占めるようになる。ただしCoOを含んでいるK_2O-SiO_2系のガラスは数点であるが存在しているようである。今回の分析の対象には、古墳時代前期のころの試料が含まれていない。そのため、このような化学変化の変化がいつ頃発生したのは、突き止めることができなかった。

今後は、弥生時代後期から古墳時代への時代の変化と、ガラス玉の化学組成の変化の関連を明らかにしてゆきたい。

<<参考文献>>

小村美代子（2002）八王子遺跡出土ガラス玉の成分分析. 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第92集「八王子遺跡　報告編」. 愛知県埋蔵文化財センター, 197-200, .

P－038

弥生・古墳時代出土紺色ガラス小玉の着色材の分析調査

○ 降幡順子(奈良文化財研究所), 荒川美緒(広島市文化財団), 木對和樹(市原市埋蔵文化財調査センター), 佐藤信之(千曲市森将軍塚古墳館), 土屋積(長野県立歴史館), 橋本勝行(京丹後市教育委員会), 伴祐子(赤磐市山陽郷土資料館), 肥塚隆保(奈良文化財研究所)

1. はじめに

古代ガラス小玉の材質や加工法の調査分析を通じ、当時の交易、技術伝播など、生産地や産業技術的な伝播に関する知見を得ることを目的とした。本報告では特に弥生時代から古墳時代に出土した紺色のガラス小玉に着目し、関東、中部、近畿、中国地方の各地から出土したガラス小玉に対して、時期や化学組成、加工法による差異について比較検討をおこなった。調査内容は、イメージングプレート(IP)を用いた透過X線撮影（CR）・オートラジオグラフィ測定（AR）による、内部構造調査と鉛ガラス・カリガラス・ソーダ石灰ガラスの識別、および非破壊による蛍光X線分析（ED-XRF）である。

2. 分析資料

時代別に大きく4期に区分し、それぞれ分析に供した資料は、①弥生時代後期557点、②古墳時代前期97点、③古墳時代中期157点、④古墳時代後期795点、計1606点である。出土遺跡に関しては表1に示す。また加工法については本報告では管切法、鋳型法、その他に分類した。また図2で比較資料としたアルミニウム（Al）に富みカルシウム(Ca)の乏しい淡青色のソーダ石灰ガラス小玉は、弥生時代後半・古墳時代前期資料210点である。

3. 測定方法

資料は実体顕微鏡観察後、Fujifilm社製μFX・BAS5000およびIPを使用してCR法・AR法による観察をおこない、その後EDAX製EAGLEⅢを用いて非破壊にて蛍光X線分析をおこなった。測定条件は以下の通りである。

- AR法：IP上に測定資料および標準資料を静置し鉛箱内にて約96時間暴露
- CR法：管電圧40-55kV、管電流40-60μA、照射時間40-60秒（資料形状により撮影条件は異なる）
- ED-XRF法：管電圧20kV、管電流200μA、50μmφ、測定時間200秒、真空中で測定をおこなった。定量化にはガラス標準試料NIST（1412,620）、SGT（5,6,7）およびJB-1aを用いて検出元素を各酸化物にし、100wt%になるよう規格化しFP法により定量した。

4. 結果と考察

AR法による調査から今回新たにカリガラスの存在が確認された遺跡があるなど、多量のガラス小玉の材質に関する迅速な調査としてAR法の有用性が確認された（写真1）。各時期の着色料について、マンガン（Mn）・鉄（Fe）をコバルト（Co）で規格化したグラフを図1に示す。今回の調査資料では、弥生時代後期に出現する紺色ソーダ石灰ガラスはすべてMn含有量の多いタイプで、その分布はカリガラスと類似する傾向がみられた。次の段階ではMn含有量の多いものと、従来からいわれているMn含有量の少ないソーダ石灰ガラスの両方が確認され、京丹後市の資料では古墳時代前期に、広島市・赤磐市（岡山県）・千曲市（長野県）の資料では古墳時代中期に両方が確認できるなど地域差が認められた。古墳時代後期ではほとんどがMn含有量の少ないソーダ石灰ガラスであった。これら2種類の紺色ソーダ石灰ガラスのうち、弥生時代後期に確認されたMn含有量の多い資料は、Caおよびマグネシウム(Mg)含有量が少ないという特徴を示し、図2に示した淡青色ソーダ石灰ガラス（Al含有量が多くCa含有量の少ない）資料と比較すると、Al含有量も少ない傾向を示している。加工法の違いと着色料については、顕著な差異は確認できなかったが、土口将軍塚古墳資料において管切法とその他（巻つけ法か）の資料では、化学組成が異なっていることが確認できた。紺色カリガラスでは着色料による時期差は検出できなかったが、

弥生時代の資料にFe含有量が若干多い資料が検出できたため今後注意して分析資料数を増やし検討していきたいと考えている。

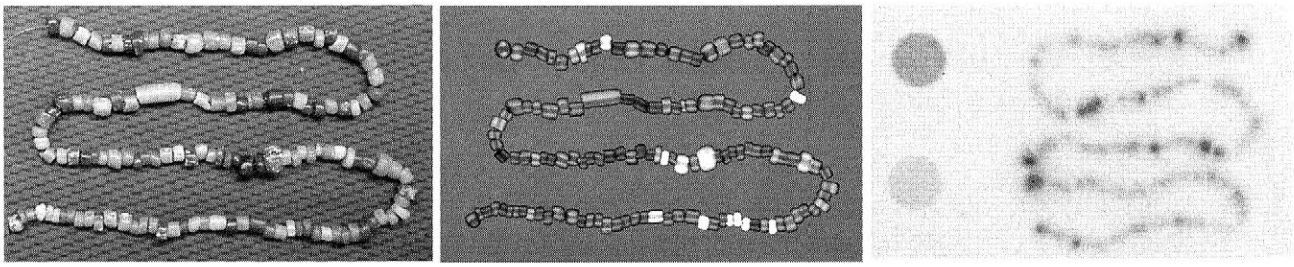


写真1:CR法・AR法の一例(金谷遺跡)

左:資料写真、中央:CR画像(密度が高いほど白く写る;鉛ガラス等)、右:AR画像(自然放射線量が多いほど黒く写る;カリガラス)

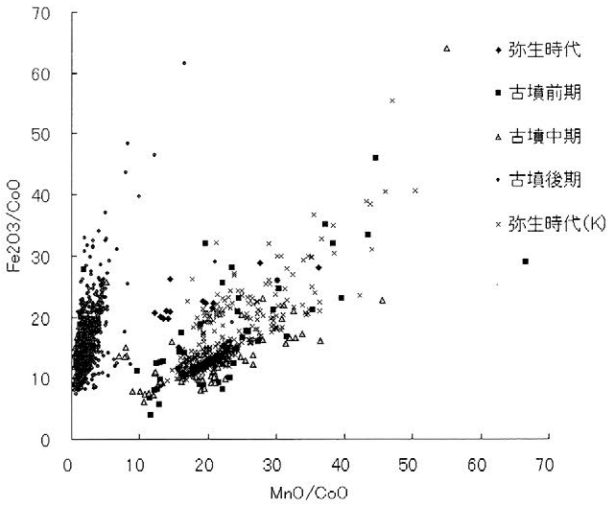


図1:MnO/CoO-Fe_2O_3/CoO分布図

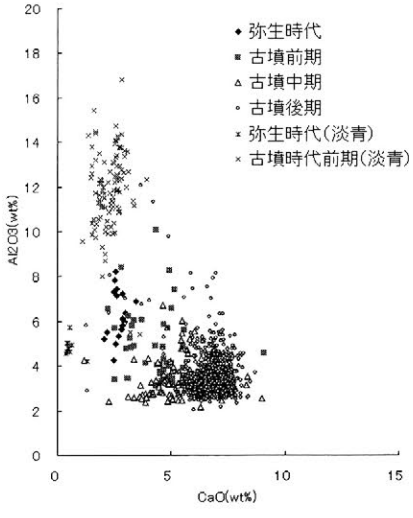


図2:CaO-Al_2O_3含有量

表1:分析資料一覧

遺跡名	時期	紺色ガラス分析点数	遺跡名	時期	紺色ガラス分析点数
四辻土壇墓第一号土壇	弥生中期中葉-後期初頭	13	愛宕神社1号墳	古墳前期後半	60
三坂神社3号墓第5主体部	弥生後期初頭	35	有明山将軍塚古墳主体部	古墳中期前半	1
今市3号墓S-18主体部	弥生後期前半	137	土口将軍塚古墳トレンチ墳頂等	古墳中期前半	17
長平台遺跡201号方形周溝墓	弥生後期中葉	11	池ノ内遺跡第3号墳A主体部	古墳中期前半	23
長平台遺跡202号方形周溝墓	弥生後期中葉	16	四辻古墳第一号古墳	古墳中期前半	18
長平台遺跡288号方形周溝墓	弥生後末期前半	6	左坂古墳群D12号墳	古墳中期	43
春山遺跡	弥生後期	6	倉科将軍塚古墳後円部竪穴式石室	古墳中期	18
能満上小貝塚159号土壇	弥生後期	9	森将軍塚古墳31号組合式箱形石棺	古墳中期-後期	37
山田橋大山台遺跡1号方形周溝墓	弥生後期後半	20	左坂古墳群E7号墳	古墳後期前半	22
山田橋大山台遺跡2号方形周溝墓	弥生後期	31	左坂南3号墳第一主体部	古墳後期前半	33
山田橋大山台遺跡3号方形周溝墓	弥生後期	9	森将軍塚古墳8号墳	古墳後期前半	2
山田橋大山台遺跡1号土壇	弥生後期	8	森将軍塚古墳10号墳	古墳後期前半	3
御林跡遺跡185号土壇	弥生後期後半	15	上諏江子田金環塚古墳	古墳後期中葉	228
御林跡遺跡189号方形周溝墓	弥生後期後半	9	篠ノ井遺跡群	古墳後期	2
御林跡遺跡206号方形周溝墓	弥生後期後半	5	松原遺跡1号墳	古墳後期	45
金谷2号墓第11主体部	弥生後期末	227	森将軍塚古墳1号集石	古墳後期	279
北平1号墳	古墳前期初頭	6	森将軍塚古墳2号集石	古墳後期	98
芳ヶ谷1号墳	古墳前期	12	森将軍塚古墳6号墳	古墳後期後半	1
森将軍塚古墳51号組合式箱式石棺	古墳前期	2	森将軍塚古墳12号墳	古墳後期末	69
三坂神社裏8号墓	古墳前期	17	森将軍塚古墳14号墳	古墳後期末	13

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)「蓄積型自然放射線量とX線分析による古代ｶﾞﾗｽ・ｾﾗﾐｯｸｽ材質の考古科学的研究」の成果の一部である。

P－039

宮崎県内の地下式横穴墓出土朱玉の分析、測色値からみた顔料の研究

○橋本英俊（宮崎県立西都原考古博物館）・池田朋生(熊本県立装飾古墳館)
朽津信明（東京文化財研究所）

1．はじめに

地下式横穴墓は、南九州東半部という限られた地域に存在する墓制として古墳時代中期に出現する。これは、構造上の特徴として玄室が空洞のまま残されているため、人骨や鉄製品等、遺存状態が良好である。中でも、朱玉と呼ばれる大きさ数センチ程度の塊状赤色顔料は特徴的な副葬品の一つである。赤色顔料は地下式横穴墓の壁面の彩色にも用いられたと考えられる。その成分は従来の研究の中では、所謂ベンガラであり、電子顕微鏡による観察では所謂「パイプ状ベンガラ」が使用されたとされ、蛍光X線分析からもベンガラという結果が追認されている。一方、壁面に塗布された顔料の研究はない。今回、朱玉と地下式横穴墓の壁面に残存する赤色顔料の測色値を比較した結果、関係性が認められた。

本研究では、実態顕微鏡での観察、測色値を L*a*b*表色系であらわすことになど、各種分析手法を用いることにより地下式横穴墓の朱玉、赤色顔料の成分と特徴についての成果を公表する。

2．対象

今回、対象としたのは、尾中原地下式横穴墓、上ノ原地下式横穴墓２号、飯盛地下式横穴墓53－１号、宗仙寺地下式横穴墓の４遺跡９点（宗仙寺は比較のため壁面の顔料を分析）である[1)]。そのうち、４点について県工業試験場で蛍光X線分析が行われている[2)]。

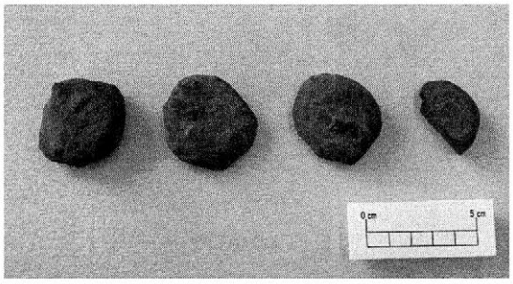


写真1 尾中原地下式横穴墓出土朱玉

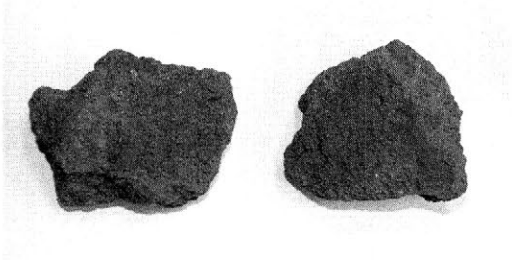


写真2 宗仙寺地下式横穴墓壁面剥落片

3. 方法

赤色顔料の観察には、サンコー社製 Dino- Lite Plus(×500 固定)を使用した。また、測色にはコニカミノルタ社製土色計 SPAD-503 を用いて、測色値は L*a*b*表色系であらわすこととした。L*a*b*表色系は、色を三つの座標で示すことができる。このため、標準土色帖などマンセル表色系よりも更に細かな色を議論できる。L*値が大きいほど明るく、a*値が大きい(+値)ほど赤が強い。また、b*値が大きい(+値)ほど黄色の発色が強い。これらの機器を用い、赤色顔料と朱玉の撮影、測色を行った。色の見えは光源、温度、塗った背景の色調にも左右される。そこで測色値の L*a*b*値を直接比較することを避け、フリーウエアソフト「Artweaver」で色見本を作成した。

4．結果

写真３～６は、対象とした朱玉および赤色顔料の拡大画像である。地下式横穴墓の赤色顔料と朱玉の測色値を表１に示す。また、測色値を元に製作した色見本を（図１～３）に示す。まず、顕微鏡による観察では、宗仙寺地下式横穴墓の赤色顔料、地下式横穴墓から出土した全ての朱玉で、粒子が整いパイプ状のベンガラと思しき細かな針状の粒子が纏まって見られ、500 倍という比較的低倍率の簡易な顕微鏡による観察であっても、先行研究の成果が追認できる。

写真３宗仙寺地下式赤色顔料

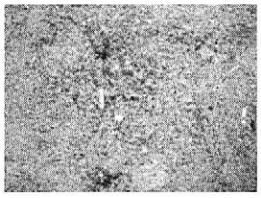


写真４尾中原寺地下式朱玉

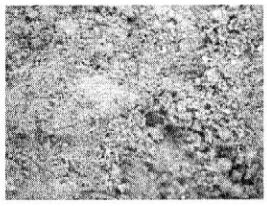


写真５上ノ原地下式朱玉

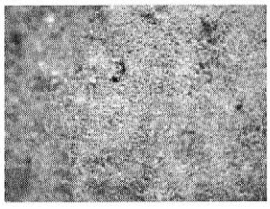


写真６飯盛地下式朱玉

次に、地下式横穴墓の赤色顔料と朱玉の赤色顔料の測色値を見てみる。朱玉は何れもa*値が+30前後を示し、b*値も+20を超え個体差はほとんどない。肉眼観察では、宗仙寺地下式横穴墓の赤色顔料でも、剥落片を見る限り朱玉と同様な赤味の強い印象を持つが、a*値、b*値ともに測色値はそれほど高くない。これら赤色顔料の元と考えられる赤色土は、自然界にごくありふれた酸化鉄を含む粘土であると従来から指摘されている。

調査対象	No.	内容	L	a*	b*	a*/b*	厚みcm	長軸cm	短軸cm	重さg
宗仙寺地下式横穴墓		赤色顔料	32.5	19.6	17.4	1.13	-	-	-	-
		土壁	35.9	7.7	15.9	-	-	-	-	-
尾中原地下式横穴墓	1	朱玉	38.4	32.8	25.7	1.28	1.14	4.3	4.2	5.5
	2		39.1	27.9	21.7	1.29	1.7	4.53	3.83	5.06
	3		37.8	35.7	26.3	1.36	1.15	4.2	3.82	5.8
	4	朱玉断面	33.5	35.7	23.8	1.36	-	-	-	-
		朱玉表面	37.8	34.5	26.1	1.32	1.05	3.52	2.22	2.3
上ノ原地下式横穴墓２号		朱玉	34.6	34.7	24.3	1.43	1.58	3.45	-	-
飯盛地下式横穴墓53-1号	1	朱玉	35.3	31.8	22.9	1.39	1.65	3.68	-	破片資料
	2		34.8	30.3	27.5	1.10	0.4	1.88	-	破片資料

表１　地下式横穴墓の赤色と土壁表面、および朱玉の測色値

この表１で示した測色値を元に、作成した色見本を（図１～３）に示す。図１は、朱玉のうち尾中原地下式横穴墓出土朱玉１の色見本である。視覚的にも赤味の強いものであることが判る。図２は、宗仙寺地下式横穴墓内で赤色顔料が塗られた際の見えを表している。この宗仙寺地下式横穴墓の土壁に、朱玉と同じ赤色を塗った場合の色見本が図３である。宗仙寺地下式横穴墓で実際に塗られた赤色より赤味がはっきりと感じられる。拡大画像では、宗仙寺の赤色顔料と朱玉は同じ「パイプ状ベンガラ」ながら、測色値に違いが認められる。

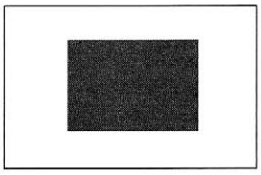


図１朱玉色見本

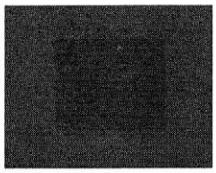


図２宗仙寺地下式赤色見本

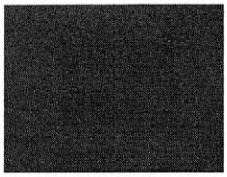


図３地下式横穴墓上での朱玉の見え

５．考察

宮崎県下で地下式横穴墓から出土する朱玉は、従来から指摘されるように、所謂「パイプ状ベンガラ」が特徴的に用いられることは追認できた。顕微鏡による観察に限ると、宗仙寺地下式横穴墓の赤色顔料もパイプ状ベンガラと見られる。一方、測色値を見ると両者の開きは大きく同じ色味とは言えない。しかし、写真１を見ると土壁の色を同時に測ったことで、＋a*値が下がった恐れはある。また、土壁という物性から、顔料が染み込んだ結果、測色値が低くなったことも考えられる。　宗仙寺地下式横穴墓に塗られた赤色顔料のa*/b*の割合は1.13であり、朱玉の割合よりやや低い傾向にある。朱玉の赤色そのものと見るには、さらに類例を増やした比較が必要であろう。今後、朱玉の分析をさらに充実させることにより関連性を検討していく必要がある。

〈引用・参考文献〉

１）詳細は、池田朋生・橘本英俊2009「宮崎県・熊本県における赤色顔料の見え（研究ノート）～地下式横穴墓・装飾古墳の測色値について」『宮崎県立西都原考古博物館研究紀要』第５号 宮崎県立西都原考古博物館

２）近藤協 2002「宮崎県内出土の館蔵赤色顔料の科学分析結果から」『宮崎県総合博物館研究紀要』第24輯 宮崎県総合博物館

P－040

黒崎城跡から出土した摸鋳銭及び滓の材質調査

○伊藤太貴、加藤将彦、平井昭司（東京都市大学）

1．はじめに

黒崎城は、1604年に井上周防守によって現在の福岡県北九州市八幡西区田町2丁目に築城され、平成15年11月から平成19年4月にかけて（財）北九州市芸術文化振興財団により発掘調査された。調査地周辺は、江戸時代の黒崎城の城下町であり、跡地には鋳銭場、溝に囲まれた掘立柱建物跡、石組みの井戸、ゴミ穴等が残っていた。調査により中国宋銭、摸鋳銭や金属精錬時の滓などが出土された。本研究では、これらの遺物のうち、摸鋳銭及び滓の材質を調査するため、光学顕微鏡法及びEPMA（電子ﾌﾟﾛｰﾌﾞﾏｲｸﾛｱﾅﾗｲｻﾞ分析法）により金属組織の観察並びに中性子放射化分析法(INAA)により元素分析を行った。

2．分析試料

分析に供した試料の一覧を表1に示す。表には、試料番号、試料の種類、重量、備考を記した。備考内の着磁性には、一般に使われているマグネットを使用し、反応感覚により確かめた。試料の切断は、ダイヤモンド刃の自動切断器(BUEHLER社製:Isomet LOW SPEED SAW、潤滑・冷却液：エチルアルコール)とハンディー用のカッター((株)ミニター製：M25H)を用いた。

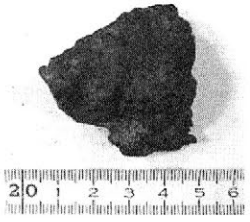


図1　KRS-2滓

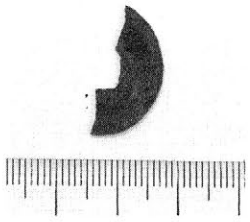


図2　KRS-5摸鋳銭

表1　分析試料の一覧

試料番号	試料の種類	重量(g)	備考
KRS-1	滓	67.0	黒色、表面に微量の金属の粒、着磁性弱
KRS-2	滓	54.6	灰色、表面凸凹、着磁性なし
KRS-3	滓	38.2	黒色、表面に一部金属の粒、着磁性中
KRS-4	金属	174.4	全体灰色、褐色部分が多い、着磁性強
KRS-5	摸鋳銭	0.4	こげ茶色、切断面から僅かに金属光沢、着磁性強

3．光学顕微鏡法による組織観察

切断採取した試料を直径1インチの大きさの型に入れ、ウッドメタル（Bi-Pb-Sn-Cd合金）で埋め込み、硬化させた後に研磨を行い、顕微鏡観察を行った。観察には倒立型金属顕微鏡（Nikon製：EPIPHOT300）を使用し、倍率100倍で行った。

4．　EPMA による元素分布調査

電子プローブマイクロアナライザ(日本電子製：JXA-8200)を使用して EPMA 分析を行った。顕微鏡観察を終えた試料を EPMA 分析のために、再度試料表面の研磨を行い、非導電体による帯電の影響を防ぐため、分析面に Au の蒸着を行った。測定は、加速電圧：15kV、照射電流：1.3×10^{-7}A、ビーム径：1μmφの条件で行い、計 15 元素(C、O、Na、Al、Si、P、S、Cl、Ca、Ti、Fe、Co、Cu、As、Sb)のマッピングの画像を解析した。マッピングの条件は、測定視野：400×400μm、画素サイズ：1μm、画素数：16 万 pixel、計測時間：10msec/1pixel である。マッピング像の明るさは、測定視野内で最も高い強度(count)を最高値とし、0(count)を最低値として各元素の分布と存在量を示した。

5．分析結果及び考察

図 3 及び図 4 は、KRS-2（滓）及び KRS-5（摸鋳銭）を光学顕微鏡法及び EPMA により観察した画像である。KRS-2 は滓の中に小さく丸状で含有する部分を、KRS-5 は破断面を観察した。KRS-2 について、丸状以外の部分では鉄の精錬滓にみられる樹枝状及び繭玉状結晶のウスタイト(FeO）と素地部分にファイヤライト（Fe_2SiO_4）の結晶が見られた。丸状部分は Fe、As、Cu(微量)の 3 元素だけが検出され、これら 3 元素の合金組織と思われる。また、INAA では Fe;41%、As;5.9%、Cu;1.7%の濃度を得た。同様に、KRS-1 及び KRS-3 についても滓中に小さな丸状の組織が見られ、KRS-2 と同様な元素分布であった。

KRS-5 の摸鋳銭では、金属部と錆部とを観察した。光学顕微鏡観察像の四角い棒状の周辺の灰色部は錆層で、EPMA によると Fe、As、O が分布し、酸化していることがわかった。四角い棒状の部分は、EPMA により Fe、Cu、As の 3 元素だけの分布が見られ、合金であることが明らかとなるとともに、3 つの滓試料とも関係が深いことがわかった。なお、金属部での 3 元素の濃度は、Fe;36%、As;22%、Cu;9.6%であった。

KRS-4(金属)については金属試料と思われたが光学顕微鏡観察ではウスタイトやファイヤライトの組織が見え、金属ではなく滓だった。なお、これに金属組織は見られなかった。

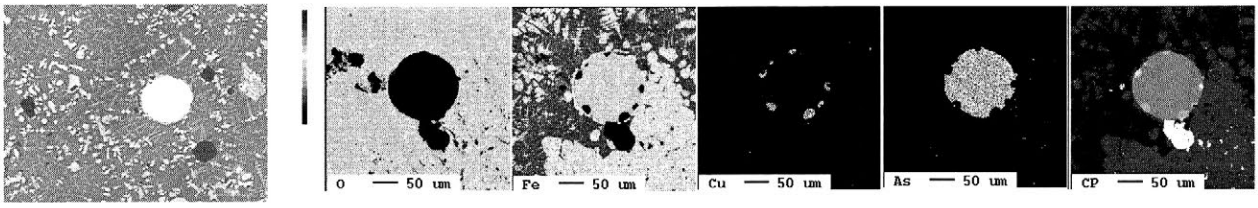


図 3　KRS-2（滓）　金属光沢部の光学顕微鏡観察像及び EPMA 解析像

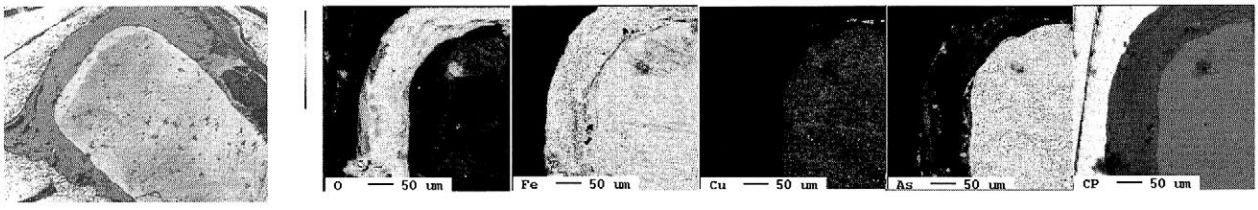


図 4　KRS-5（摸鋳銭）　光学顕微鏡観察像及び EPMA 解析像

P－041

平安時代末期における白銅製和鏡に関する予察

—宇治市白川金色院跡出土鏡と橋本市隅田八幡神社経塚出土鏡を例として—

○　清水　梨代（長野県埋蔵文化財センター）

はじめに

和鏡は出現そのものが日本の鏡生産における大きな画期であっただけでなく、日本の古代末から中世における社会システムや種々の製品流通の転換期とも軌を一にしており、当時の社会と密接につながっていたものと考えられる。その中でも、主成分として銅・錫を、微量成分として鉛・砒素・銀を含有する所謂、白銅製の和鏡は概ね精緻で肉高な箆押しによる鏡背文様を持つなど、当該期の和鏡の中でも高品質の鏡が多く、出土量も他の和鏡に比べると相対的に少ないという特徴を持つ。今回、ともに白銅鏡である京都府宇治市白川金色院跡出土秋草鳥蝶鏡（以下、白川鏡）と和歌山県橋本市隅田八幡神社経塚出土流水水草双鶴鏡（以下、隅田鏡）の科学的調査を行う機会を得た。

調査方法

調査手法としては対象資料の外観的特徴から制作時期を推定することを目的に、従来の考古学的、美術工芸史的手法による観察を行い、さらに対象資料の材質を把握することを目的として蛍光Ｘ線分析による元素分析を実施した。なお、異なる機器を用いて測定を行った為、比較検討の為に敦賀市深山寺経塚瑞花双鳥鏡（以下、深山寺鏡）を【測定条件Ａ】および【測定条件Ｂ】で測定した。

【測定条件Ａ】：白川鏡・深山寺鏡

〔測定機器〕奈良大学保存科学研究室設置　エネルギー分散型微小部蛍光Ｘ線分析器

（エダックス.inc 製（Eagle　XXL　NR））

〔測定条件〕　電圧－官電流；35Kv－550μA　　測定時間；300 秒　　大気環境；真空

管球；クロム(Cr)　　コリメーター；0.1mm　　測定箇所；各５～１０箇所

【測定条件Ｂ】：隅田鏡・深山寺鏡

〔測定機器〕（財）元興寺文化財研究所設置　エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析（SEA5230）

〔測定条件〕　電圧－管電流；50Kv－1000μA　　測定時間；300 秒　　大気環境；真空

管球；モリブデン(Mo)　　コリメーター；0.1mm　　測定箇所；５箇所

＊　水素(N)～ナトリウム(Na)は分析器の機能上分析が困難であり、クロム(Cr)およびモリブデン(Mo)は管球に使用されている為、正確な測定値を測定することが困難であることから、測定対象から外した。

調査資料の遺跡の概要

宇治市白川金色院経塚

白川金色院は平安時代後期の康和４年(1102)に関白藤原頼通の娘である後冷泉天皇の皇后四条宮寛子によって創建された寺院で、その推定寺域は南北 400m、東西 200m と広大な範囲を示す。経塚は白川神社背後の山頂から白川神社側の尾根筋をわずかに下った標高約 103～105m の間に展開している。経塚は完全に地上にその痕跡をとどめていなかったが、土壙を掘って地下

に造られた埋納壙が検出され、この埋納壙から青白磁合子と小壷、鉄釘および陶磁器の真下から土壙内に落ち込むように和鏡２面（秋草蝶鳥鏡・山吹蝶鳥鏡）が出土している。
和歌山県橋本市隅田八幡神社経塚
隅田八幡神社は藤原兼家が外孫一条天皇の御願寺として石清水八幡宮内に三昧院を建立して隅田荘を寄進したことにより寛和６年(986)に正税免除が認められ、それに伴い石清水八幡宮から別宮として八幡社が勧請され成立した神社である。隅田八幡神社経塚はこの隅田八幡神社正遷宮に伴う境内整備事業が行われた際、偶然発見されたものである。経塚は一辺５m 余りの正方形に近い四角形に石垣で台地が造り出されたほぼ中央の宝篋印塔の真下に第１経塚が、その東約 50 ㎝に第２経塚が、西 80 ㎝に第３経塚が検出された。遺存状態が最も良好であった第２経塚は常滑焼の甕を外容器とし、中には奥書に長寛２年(1164)の紀年銘のある経巻が経筒内から発見された銅製経筒、銅鏡、青白磁小壷が納められていた。また、外容器と石組の隙間からは短刀、銅鏡、青白磁合子・小壷、銅銭等が出土している。なお、第１経塚からは経塚発見の契機となった銅製経筒が、第３経塚からは銅鏡とガラス小玉が出土している。

結果

Ⅰ　考古学的・美術工芸史的観察
法量（単位は mm）
白川金色院経塚出土秋草蝶鳥鏡
　直径；116　縁幅；３　縁高；９　鏡胎厚；（内区）１（外区）2.5　鈕高；５
橋本市隅田八幡神社経塚出土流水双鶴鏡
　直径；113　縁幅；３　縁高；９　鏡胎厚；（内区）１（外区）2.5　鈕高；５

白川鏡と隅田鏡はともに金属質な銀色光沢をもついわゆる白銅鏡で、鏡式は花蕊座素円鈕と中線単圏の界圏を持ち、外区が内区よりやや厚い古式な要素を残す中縁直角鏡である。鈕や界圏を無視し、鏡背を１枚の画布とした文様構成で、白川鏡には秋草を主題とした文様が、隅田鏡には水辺を主題とした文様が精緻で肉高な箆押しにより描かれている。なお、全体的に極めてシャープで精良なつくりである白川鏡と比較すると隅田鏡は文様構成や文様意匠そのもの、鈕のつくりにやや稚拙な点が認められる。

Ⅱ　元素分析
白川鏡からは主成分として銅・錫が、微量成分として鉛・砒素・銀・水銀が検出された。また、隅田鏡からも主成分として銅・錫が、微量成分として鉛・砒素・銀・水銀が検出された。なお、参考資料とした深山寺鏡の【測定条件Ａ】と【測定条件Ｂ】の簡易定量の結果は大きく異なる値を示すことはなく、どちらの測定条件においても銅・錫を主成分とし、鉛・砒素・銀・水銀を微量成分として検出した。

考察

和鏡の製作技法や鋳造実験等からかんがみると、和鏡の鋳型が挽型（鋳鏡の鋳型を作成するときに用いられる道具の一つで、原理としてはコンパスと同じであり、面径や周縁、界圏を作成するのに用いられる。）を用いて径を作っている以上、径の大きさや縁幅、縁高といった機械的な法量の差異はこの挽型によって左右されるはずであり、この挽型から製作主体ごとの規格を導き出すことができるものと思われる。白川鏡と隅田鏡は鏡背文様の主題の違いだけでなく、構成や意匠そのものに技量的差異が認められるものの、銅・錫を主成分とし、鉛・砒素・銀を微量成分とするだけでなく、中縁直角で鏡胎の外区が内区よりもやや厚いなど材質および法量、鏡式といった個人の技量に左右されない要素に多くの共通的特徴を有する。以上のことから、白川鏡と隅田鏡は少なくとも同一系統の工房で作られた可能性を示唆することが出来る。このことは、従来の鏡背文様の意匠を軸とした分類よりも、材質、法量、鏡式といった機械的共通項を軸とした分類のほうがより、当該期の和鏡の実態を如実に反映することが出来るものと考えられるのである。

＊　謝辞および参考文献は紙面の制約上割愛させて頂きます。

P－042

エジプト出土古代ファイアンスの考古化学的研究

○張本 路丹[1]、中井 泉[1]、山花京子[2]、西坂朗子[3]、河合望[4]、吉村作治[3]
([1]東理大・理、[2] 東海大、[3]サイバー大、[4]早稲田大)

【序】「ファイアンス faience」とは石英を焼き固めて胎とし、表面にガラス質の色釉を施した焼きものであり、発祥は紀元前 41 世紀頃のメソポタミアとされ、すぐに古代エジプトでも生産が開始された。古代エジプトのファイアンスには、銅を用いた鮮やかな青緑色の彩色が多用されており、生命の源の象徴色とされていた。その後技術面、生産面ともに急激な進展を見せたファイアンスは古代エジプトを代表する工芸品へ発展した。

遺跡から出土したファイアンスについての分析研究は、当時の技術や文化そして交易を考察する上で重要な考古学的知見を与える。本研究ではまず、ポータブル蛍光 X 線分析装置をエジプトのアブ・シール南丘陵遺跡(発掘調査:早稲田大学エジプト学研究所)に持ち込み、出土したファイアンスのオンサイト分析を行い、その組成的な変遷を明らかにすることで年代の特性化を図った。さらに実際にファイアンスを作成することで、原料や製作技法に関する新たな知見を探った。[1)]再現実験では、着色剤を胎土に混ぜ込む *Efflorescene*(白華技法)を用いた。再現実験により得られたファイアンスと美術館所蔵品のファイアンスの放射光 XANES 測定を行い、Cu の化学状態を比較した。こうした種々の研究を通して、古代エジプト出土のファイアンスについて物質科学的理解を深めることを本研究の目的とした。

【実験】ポータブル蛍光X線分析装置 OURSTEX 100FA II を用いたオンサイト分析では、測定表面をエタノールでふき取るのみとし、測定は大気下で行った。測定した試料は、新王国時代のタイル片 10 点、末期王朝時代の容器片など 7 点、時代不明のものが 5 点。加えて型式によって 14 タイプまでに分類されたアミュレット試料 67 点(第 3 中間期～末期王朝)である。なお、データ解析には当研究室で過去におこなった、新王国より古い時代の資料についての分析結果も加えて議論した。[2)3)]

ファイアンスの再現実験では、酸化ケイ素、炭酸ナトリウム、酸化カルシウム、炭酸カリウムの量は関連する文献を参考に調合した。着色剤には炭酸銅、水酸化銅、銅粉の 3 種類を用い、加熱時間を 700℃から900℃まで変えながら2時間焼成した。得られたファイアンスおよび古代エジプト美術館(渋谷)所蔵のファイアンスについて Cu K-edge XANES 測定を、つくば市の KEK PF BL-12C にて行った。また焼成後のファイアンスの断面を X 線顕微鏡により蛍光 X 線イメージングを行い、元素の分布を観察した。

【結果と考察】アブ・シール南丘陵遺跡出土ファイアンスのオンサイト分析では、釉の着色剤として用いていたとされる青銅に着目した。青銅の主成分である Cu、Sn、Pb のピーク強度比から両対数プロットを作成し、釉組成の特性化を図った(Fig. 1)。このプロットにより、初期王朝～古王国時代(グループ 1)、新王国時代(グループ 2)、末期王朝～プトレマイオス期(グループ 3)という3つの組成グループに分けられ、さらに時代が新しくなるにつれて Pb と Sn の量が増えていく正の相関が示され、年代の変遷に伴う釉の化学組成の変化が示された。また末期王朝時代に製作されたファイアンスアミュレットでは、鉛が多くなるについて釉の黄色味が強まっているものがあり、これらは鉛化合物を黄色着色剤として添加したもの

であると考えられる。こうした鉛に富む黄色釉には、アンチモンも多く含まれていた。古代エジプトではガラスの黄色着色剤の一つとしてアンチモン酸鉛 $Pb_2Sb_2O_7$ が用いられており、今回鉛と共にアンチモンが検出されたことから、黄色の着色剤としてこの化合物を用いていた可能性が示唆される。今後も時代ごとのファイアンスを分析することで、本遺跡出土ファイアンス製品の時代推定へのさらなる応用が期待される。また同様の分析を他の遺跡の出土品についても進め、空間的にも広がりを持たせていきたい。

再現実験では、胎土の組成をアルカリ分約 10%と約 3%に分け、それぞれ焼成温度を 800℃に設定し 2 時間焼成した結果、アルカリ分が多いものは形が溶けて崩れた分、表面がガラス質に変化した。対してアルカリ分 1%程度のものは焼結され、形は良好な結果を与えたが、ファイアンス特有のガラス質の光沢感は現れにくい結果となった。一方、裏側を見てみると、内部は白であるのに対し、表面のみが青色に発色していた。X 線顕微鏡を用いて XRF イメージング測定を行った結果、Cu は全体的に分布しているのに対し、K は表面に滲みだしていた。同じ条件で焼成したファイアンスの断面を観察しても同様の結果が見られた。これより、白華現象が確認され、アルカリ分が多い部分でのみ融解して青色に発色することが分かった。また着色剤として炭酸銅、水酸化銅、銅粉を用いたが、いずれも銅着色のみで鮮やかな青色に発色した。XANES の測定を行った結果、2 価の銅が釉薬上に存在し、実物のファイアンスのスペクトルとよく似た形状となった(Fig. 2)。今後はより実物のファイアンスに近づくためにアルカリの含有量や焼成条件を詳細に変えていく必要がある。また鉛など、銅の不純物が発色に与える影響についても再現実験を通して検討していきたい。

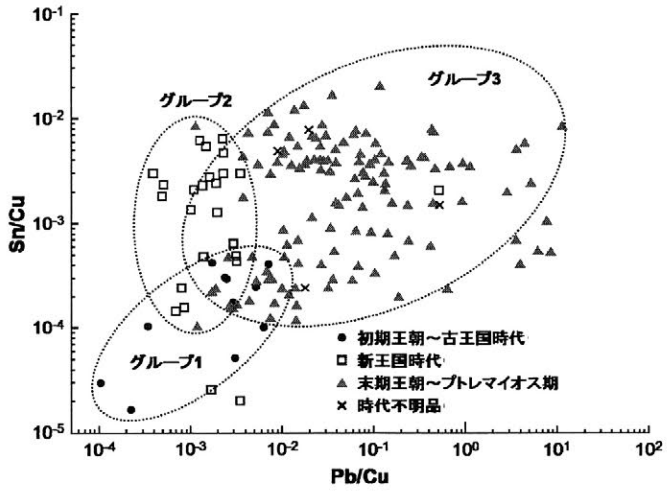


Fig. 1 ファイアンス釉の Pb/Cu v.s. Sn/Cu 両対数プロット

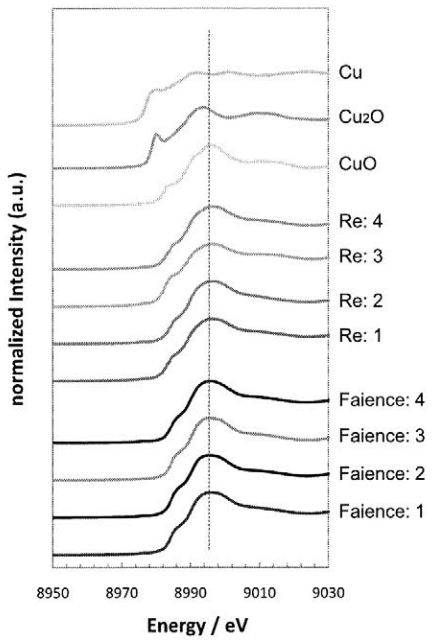


Fig. 2 Cu K-edge XANS スペクトル
Re 1~4: 再現したもの
Faience1~4: 考古実資料

1)阿部善也、張本路丹、中井 泉、エジプト学研究、別冊 13、37-74(2009) 。
2) 中井 泉、K.・タンタラカーン、阿部善也、エジプト学研究、別冊 12 号、66-87(2008)
3) 中井 泉、K.タンタラカーン エジプト学研究、別冊 11 号,78-97(2007)

P－043

羽山１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-

○小林啓（福島県文化振興事業団），松田隆嗣・横須賀倫達（福島県立博物館），堀耕平(南相馬市教育委員会)

1. はじめに

蛍光Ｘ線分析は対象の材質調査や保存処理の事前調査などにおいて、比較的簡易かつ速やかに分析を行えることから、文化財の調査研究において頻繁に利用されている。発表者らは福島県内を中心とした遺跡出土資料を対象に蛍光Ｘ線分析を実施している。その中において、近年、古墳時代の鉄製馬具から注目すべき事例が報告されている。

福島県立博物館における調査研究から、従来単に鉄製品として報告されていた古墳時代の鉄製馬具から異なる材質の金属とそれに伴う装飾が確認された。（横須賀・奥山 2005）資料の表面は褐色の鉄錆に覆われ、外観からは他の金属や装飾等を判断することは極めて困難である。Ｘ線透過写真撮影により、資料の一部に鉄のＸ線吸収と比較して吸収の強い箇所が確認され、その箇所を蛍光Ｘ線分析による元素定性を行いはじめて材質の差異が確認された。この調査結果により、福島県内の同時期及び同地域においても上記特徴を有する資料が存在する可能性があり類似資料を精査する必要性が高まった。しかし、福島県内の類似資料には上記報告以外に蛍光Ｘ線による分析事例は無くいずれも未分析である。

発表者らは類似資料を対象に継続的な調査研究を進めている。本報告では国指定史跡羽山１号横穴の出土資料を対象に蛍光Ｘ線分析による元素定性の結果について報告する。

2. 資料

分析資料は、羽山１号横穴から出土した鉄製馬具の辻金具である。辻金具は３点出土しており、いずれも全体の形状がＸ字状を呈する。本体と脚部は一体、本体は２段に菱形につくられ脚間にも三角形状の突起がみられる。本体は平坦であり、中心部には宝珠飾がのるものと推定される。脚部は円頭形を呈し、先に１鋲、後に２鋲が打たれる。後の２鋲は本体部側辺に平行に配されている。

【羽山１号横穴】

所在地　南相馬市原町区中太田字天狗田

時　期　古墳時代６世紀末

概　要　昭和48年（1973）年に発見、緊急調査が実施される。玄室の正面・側面・天井に赤色と白色で人物・馬・渦巻きなどが描かれる装飾古墳である。昭和49年（1974）年に国指定史跡として登録される。

3. 分析方法

資料の元素分析はＸ線分析顕微鏡（エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析装置）を用いて、以下の条件で行った。尚、分析用サンプルは採取せず資料表面を直接分析した。

分析装置：Ｘ線分析顕微鏡（堀場製作所製 XGT-2700）、Ｘ線管球：ロジウム（Rh）、検出器：半導体検出器、測定雰囲気：大気、Ｘ線管電圧：50kV、Ｘ線管電流：1.0mA、コリメーター：100μm、測定時間：300 秒

4. 結果と考察

分析の結果、鋲頭からは鉄・銅・亜鉛・錫・鉛などが検出された。地金の成分である鉄と共に錫のピークが顕著である。中でも、剥離した鋲頭の裏面にわずかに確認された白色部分からは、顕著な錫のピークが検出された。この他、わずかに検出されている銅・鉛については錫に伴う不純物と考えられる。

辻金具の鋲頭からは、分析前の仮定どおり錫が検出され、鉄以外の材質による装飾を確認する結果となった。福島県内における錫装馬具は前述した勿来金冠塚古墳（いわき市）に続き 2 例目となる。馬具全体においても、県外を含め確認されている事例は、大阪府井ノ内稲荷塚古墳（大阪大 2005）を併せた 3 例であり特異な事例といえる。従来、鉄製品として考えられていた資料から、錫が検出されたことは特出すべき結果であるが、近年、錫はそれ単体の金属材料としても使用事例が報告されて注目されつつある。（比佐 2004・降幡 2005）関東地方では 6 世紀後半、東北北部から北海道では 7 世紀代から錫製装身具が多数出土することが指摘されている。（成瀬 1989・小嶋 1996）当該資料は両者の事例を地理的または年代的に繋げる位置にあり、素材としての流通経路や時期及び地域による特徴の把握に向けて分析事例の蓄積が求められる。

この他、鋲頭の錫装技法は、箔及び鍍金が考えられる。鋲頭径は 0.7～0.8cm 前後と小さいことから鍍金とも考えられるが、材質分析と実見による肉眼観察の結果のみであるため詳細は明らかでない。電子顕微鏡や X 線 CT 等による更なる構造調査が必要である。

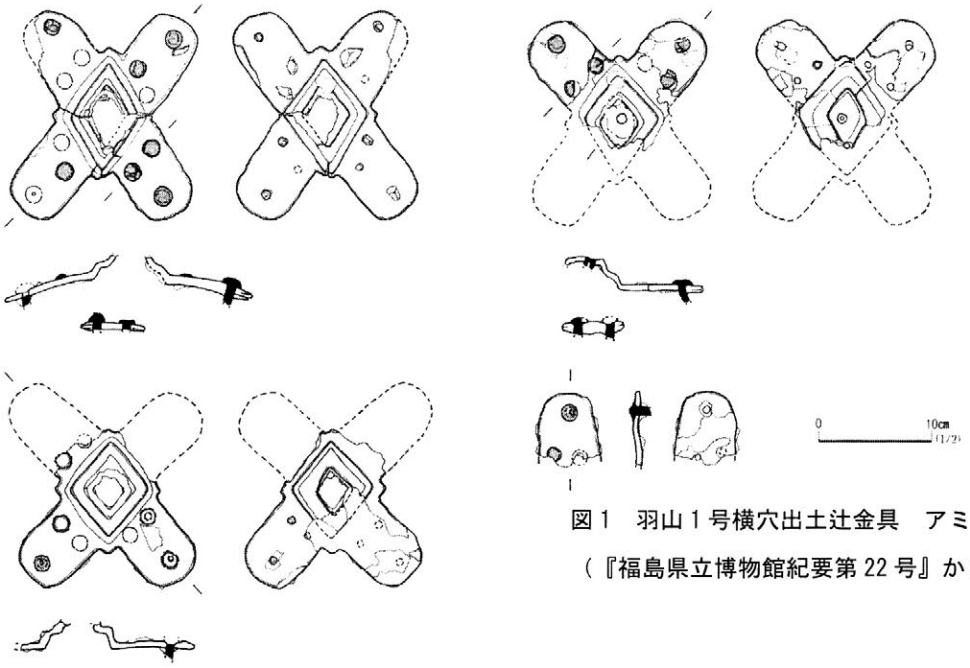


図 1　羽山 1 号横穴出土辻金具　アミ：錫装
（『福島県立博物館紀要第 22 号』から引用）

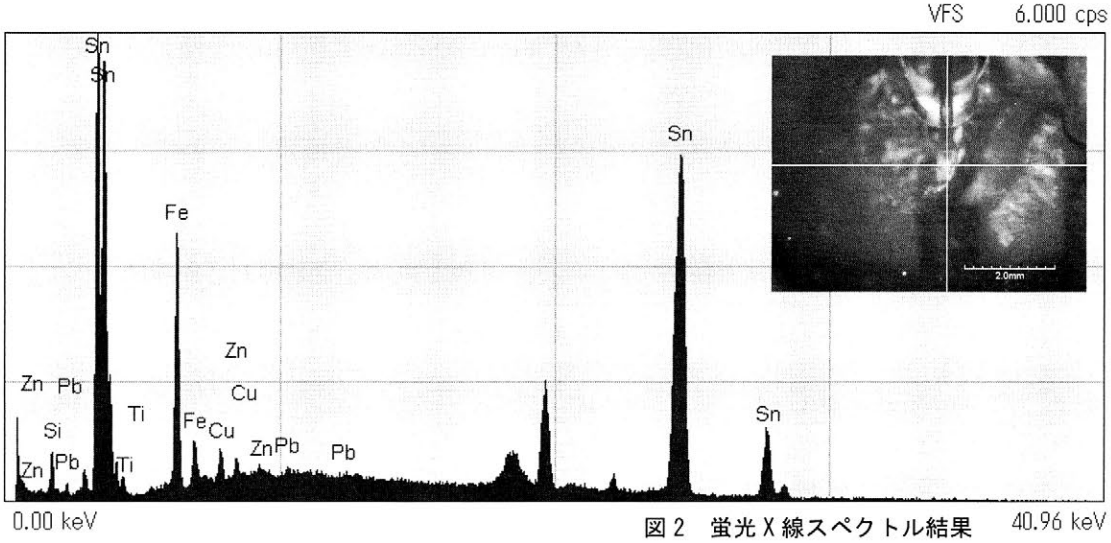


図 2　蛍光 X 線スペクトル結果

P－044

X線CTスキャン法を応用した耳環の調査

○渡辺智恵美(別府大学), 鳥越俊行(九州国立博物館)
佐藤　信, 塩浜浩之(上毛町教育委員会)

1.　調査の目的

考古遺物を自然科学的側面から観察することで従来の調査方法にも増して大きな成果が得られるのは周知の事実である。これまで自然科学的な方法(顕微鏡観察・材質の分析や産地推定等)を応用して古墳時代後期に広く出土する耳環について、製作技法や材質などについて調査を行い、分類を試みた(『耳環小考』元興寺文化財研究所創立30周年記念誌、1997年)。これらの成果については過去の大会でも発表している。

通常、耳環は一対が基本となる装身具であるが、単純な法量計測や観察だけでは確実に「同期に製作されたものが一対として使用されている」という判断ができなかった。この問題を解決する一方法としてX線CTスキャン法を応用し、可能性を探った。あわせて完形品であるため内部を観察できない耳環の内部構造を調査し、製作技法を明らかにした。

2.　調査方法と資料

今回は従来の自然科学的調査に加えて、X線CTスキャン法(以下、X線CTとする)とデジタル三次元計測法(以下、三次元計測とする)を用いて調査を行った。金銅製品は表面光沢を有するため三次元計測が難しい遺物である。耳環は光沢とともに曲面を有するため、三次元計測できなかった遺物である。このような遺物に対し、X線CTを実施しその画像を利用して三次元計測を行うことでこの問題が解消される。先述したように耳環は本来2個を一対として使用する装身具であるが、形状計測が非常に難しく、材質や製作技法、肉眼観察による色調や形状の一致により一対と判断していた。しかし出土状況を見ると、必ずしも一対を成すわけではなく、また一つの遺跡群(例:群集墳など)で、別々の遺構からよく似た耳環が出土することもある。この場合、同時に製作されたものが別々に配布された等の現象が考えられる。これを判断する基準として、機器による調査や計測は非常に有効である。

調査資料として、福岡県築上郡上毛町に所在する百留横穴群、上唐村ノ内遺跡および土佐井地区遺跡出土の耳環を用いた。百留横穴墓群は、6世紀後半～7世紀前半頃に営まれた横穴墓群で、総数49基から成る。耳環や玉類のほか、土器や鉄器などの多くの副葬品が出土している。耳環は、37点出土している。このうち、とくに形状が似ている6点を含む耳環9点と上唐原村ノ内遺跡出土耳環2点を抽出して、X線CTおよび三次元計測を実施した。また、土佐井地区遺跡出土の中空耳環1点については製作技法を調査するためにX線CTを実施した。

3.　調査結果と考察

【百留横穴群および上唐原村ノ内遺跡出土耳環】

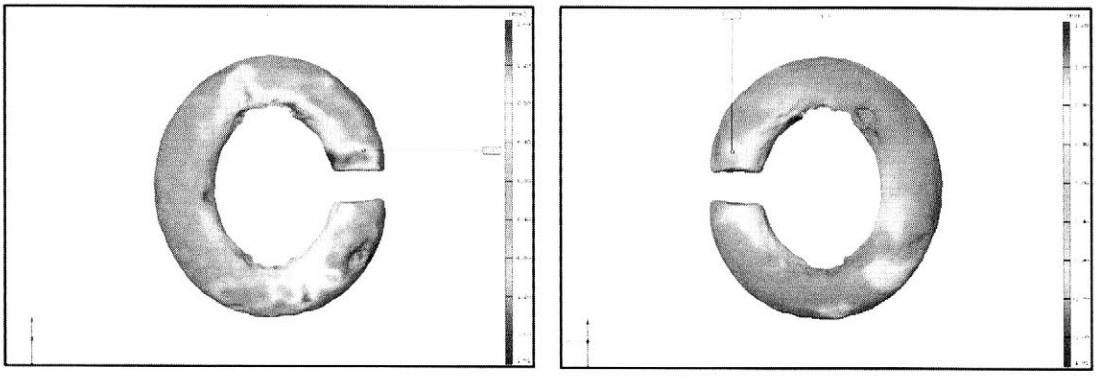
耳環№3, 4, 10, 13, 15, 16, 28, 29（百留横穴群）　　耳環№38, 39（上唐原村ノ内遺跡）

上記11点のX線CTを実施した。このうち、とくに形状が似ている№13,15,16,17,28,29と№38,39について三次元計測を行い、形状がどの程度似ているのかを調べた(右ページ「三次元計測によるマッチング」参照)。その際、耳環の製作に関与すると思われる環断面、内側面の形状、大きさに留意して比較検討した。調査の結果、№28と29、№38と39がかなりの部分で一致した。また№13と17も内側面の一部が錆による変形を受けているが一致すると見なすことができる(右ページ「三次元計測によるマッチング」参照)。この2点については異なった横穴から出土している。

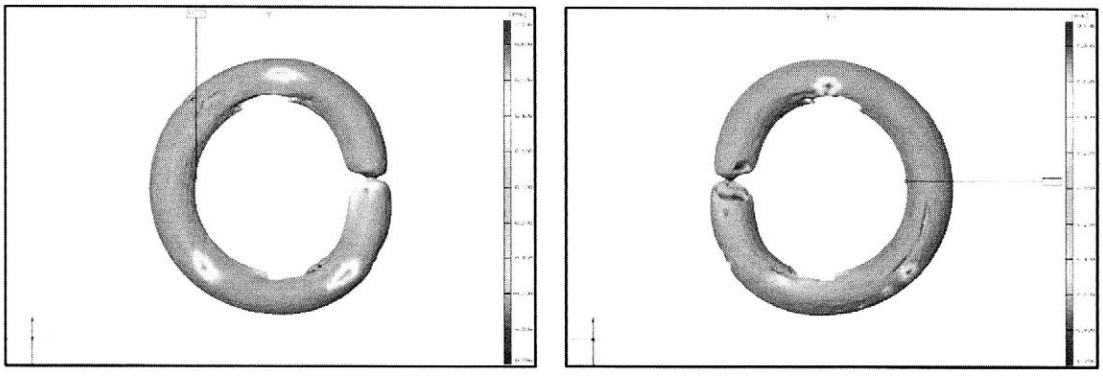
【土佐井地区遺跡出土耳環】

耳環No.43は暗銀色を呈する。接面(耳朶に接する部分)付近で表面層が剥離し、淡緑灰色の銅板が露呈している。X線CTの結果、外側面中央付近にわずかな隙間が認められたが(写真1および2)、これは外部からは確認できなかった。板の重なりは、内側面でも確認できる。写真3でこの重なりの状態がより明確に確認できる。接面は、耳環の断面形にあわせた丸い板を製作して穴を塞ぎ、側板の端を折り曲げて固定している。中空耳環の製作では、板を管状に丸めて内側で重ねるのが一般的である。しかし、今回の調査結果から推定して、この耳環は朝鮮半島南部で出土する垂飾付耳飾りの親環のように2枚の板をつなぎ合わせ、その上に銀板を被せて製作している可能性が高い。

【三次元計測画像によるマッチング】



耳環 No. 13, 17



耳環 No. 38, 39

【土佐井地区遺跡出土耳環のX線CT画像】

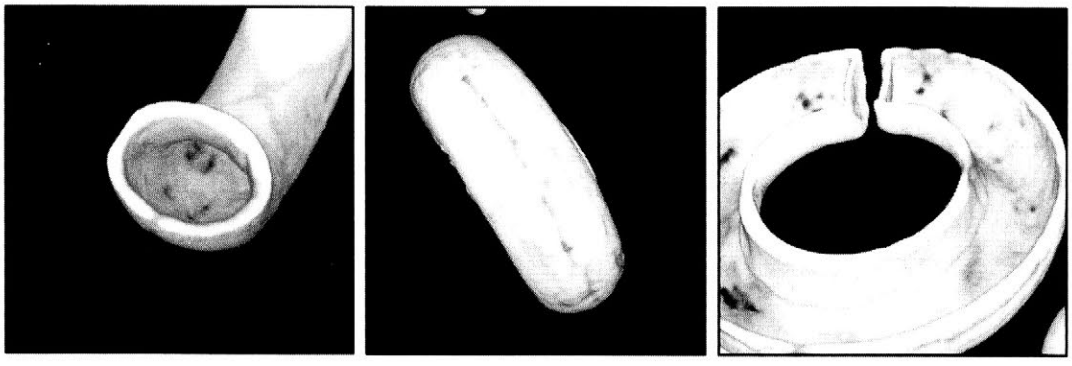


写真1　　**写真2**　　**写真3**

(本発表は科学研究費補助金-基盤研究C-を受けて行うものである)

P－045

滋賀県栗東市所在和田古墳群出土金銅装製品の科学分析

○川本耕三（(財)元興寺文化財研究所），杉本和江（古美術修理すぎもと），
栗東市教育委員会

１．はじめに

例えば、金属製品の破面の成分分析が、保存処理により接合や補填をするとできなくなるように、遺物の分析や調査を保存処理のクリーニングや錆取りなどの各工程に平行して実施することは合理的で有用なことと考えられる。

一方、保存処理を終えた遺物を分析するには、まず、遺物を溶剤に浸して含浸樹脂を取り除き、補填した樹脂や接合した接着剤を緩めるなどして分析面を露出しなくてはならない。これらの作業中には、樹脂分が無くなることによって遺物が崩れる危険や、遺物表面が直接空気や湿気に触れることによって新しい錆が生じる危険がともなう。

保存処理時には、遺物は特定できてもその部位を特定できない小さな破片が存在する。保存処理後、これらの破片は遺物本体とは別の容器に保管されることになる。本来、遺物の分析は遺物本体のどの部位であるかを特定できなければならないが、前述のようなことを考慮すると再処理時以外には分析を行いにくい。

そこで、本報告では遺物本体ではなく、このような破片のうち比較的遺物の部位を絞れそうな金銅装を中心として、数ミリメートルに満たない小さな破片を選別し、分析することによってどこまで有用な情報を得ることができたかを、事例を示して報告したい。

２．資料

滋賀県栗東市下戸山所在和田古墳群は、古墳時代後期の6世紀中ごろから7世紀の初め頃に築かれたと考えられ、9基の円墳が発見されている。1号墳からはイモ貝装鉄製雲珠、8号墳からは青銅馬鈴、10号墳からは組み合わせ式辻金具、11号墳からは十字文楕円形鏡板付轡や三葉文楕円形杏葉が出土している。また、あまり例を見ない遺物として、ラグビーボールのような形に鋲二本を伴う金銅装飾り金具などが出土している。

これらの金属製遺物は、1994年に（財）元興寺文化財研究所にて保存処理され、破片は栗東市教育委員会に保管されていた。今回、栗東市の御厚意により、これらの提供を受け科学的調査を行った。

３．分析

提供を受けた破片を実体顕微鏡などで観察した結果、分析できる状態のものを見つけることができた。そのうちに、11号墳出土十字文楕円形鏡板付轡と三葉文楕円形杏葉の一部である金銅装の微小破片があり、これらを電子顕微鏡（SEM）で観察し、電子線マイクロアナライザ（EDX）で元素分析を行った。

実体顕微鏡で鍍金の痕跡を観察（図１）できたため、その箇所を電子顕微鏡による表面観察では鍍金面を観察（図２）すると、鍍金表面を擦ったような線や、粒状の物質を押しつぶしたような痕跡を確認した。また、断面の電子顕微鏡像（図３）と元素のマッピング像（図４～６）からは、銅地の上に鍍金の層があり、鍍金層の成分が金と銀であることなどがわかった。

4．結果

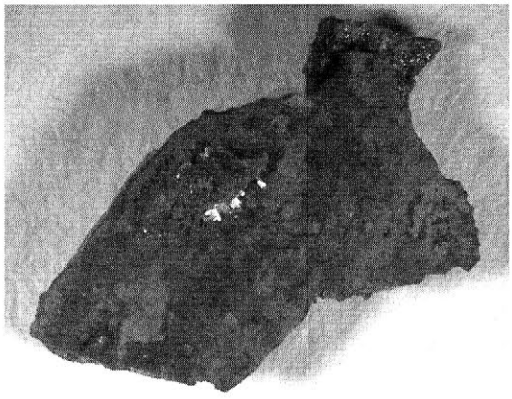


図１．三葉文楕円形杏葉の破片

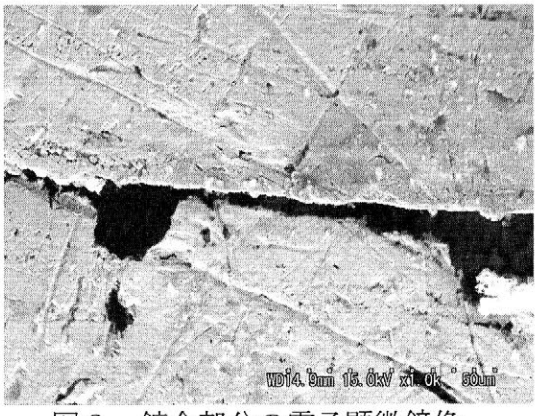


図２．鍍金部分の電子顕微鏡像

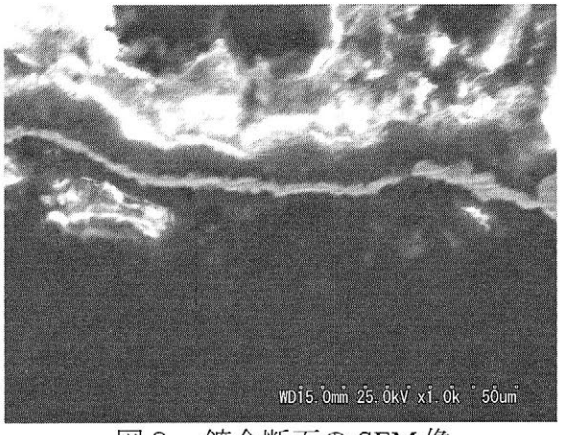


図３．鍍金断面の SEM 像

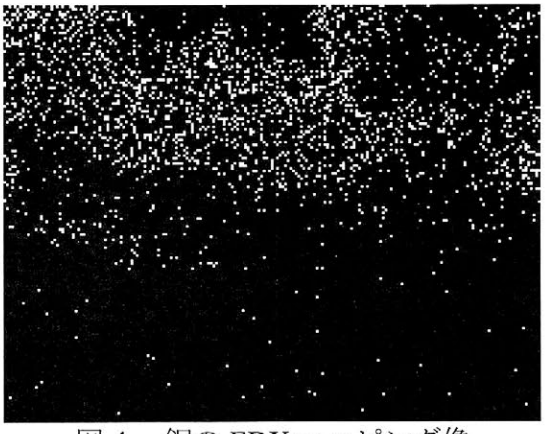


図４．銅の EDX マッピング像

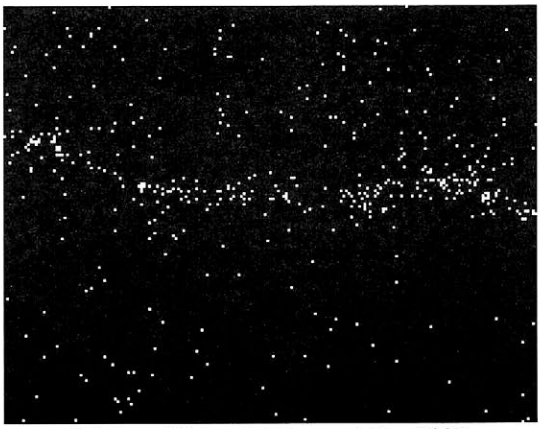


図５．銀の EDX マッピング像

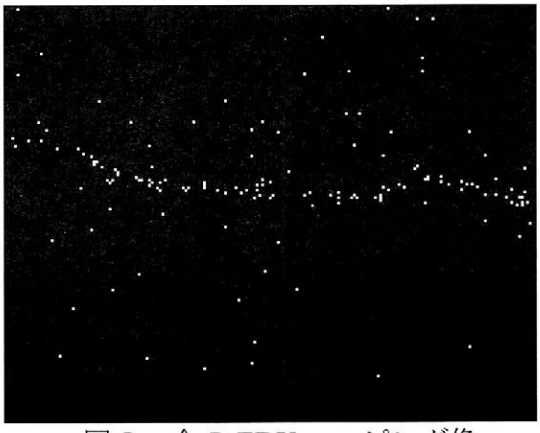


図６．金の EDX マッピング像

5．まとめ

本報告では、保管されている多くの鉄鋌の中から分析に有用な破片を丹念に探すことで上記のような分析結果を得ることができた。

粉砕されて接合できない小さな破片であっても、できるかぎり遺物の部位が特定できるような正確な記録を採っておくことによって、分析などの科学的調査によって貴重な情報を得られる。

P－046

善通寺市王墓山古墳出土　胡ろく金具の科学的調査

○杉本和江（古美術修理　すぎもと），川本耕三（元興寺文化財研究所），笹川龍一(善通寺市教育委員会)，福山博章(立命館大学大学院)，初村武寛(京都府立大学大学院)

１、はじめに

香川県善通寺市所在の王墓山古墳（註１）出土金属製遺物の再検討を機会に、科学的調査を行った。本年は、主として胡ろく金具（註２）を対象に、金銅装や銀被せの鋲などの加飾技法、並びに裏面に付着する有機質素材について調査を行った。また、科学調査と並行して考古学的な調査も行い、相互をフィードバックさせながら個体識別の可能性も探った。

なお、同古墳出土金属製遺物は、出土直後より当時の奈良国立文化財研究所にて、保存処理されている。

２、調査方法

王墓山古墳出土の胡ろくは既に保存処理済みであることから、でき得る限り非破壊で調査を行った。

金属部分は、金銅装や銀被せの鋲などの加飾技法を調査するために、それぞれが残存していると思われる部分を中心に、エネルギー分散型ケイ光Ｘ線分析装置（セイコーインスツルメンツ（株）製ＳＥＡ５２３０　以下ＸＲＦと略す）を用いて元素分析を行った。

有機質部分はデジタルマイクロスコープ（キーエンス（株）製ＶＨＸ－２００　以下ＶＨＸと略す）を用いて観察と記録を行った。

３、金属質

胡ろく金具と考えられる遺物を整理・分類すると、概ね３個体あることが判明した。全体にあまり遺存状態は良くないが、各個体に相当する金具のなかには、波状列点文や丸文などが施され、ともに所々に金色が見えていた。地板と考えられる部分に対して、ＸＲＦで分析を行ったところ、鉄・銅・金・水銀が検出された。その他、銀・ヒ素・鉛なども認められた。この分析結果から、アマルガム鍍金であるとの推定ができた。

また、従来木質のついた単なる鉄製の板と考えられてきた底板が、Ｘ線撮影の結果、透かし金具であった事。ＸＲＦ分析でも、鉄・銅・金・銀・水銀が検出され、金銅装であった事が判明した。

その他、コの字型金具や山形文金具の鋲では、鋲裏に銀を被せた際に生じた「畳皺」が見つかっている。

４、有機質

胡ろく金具の裏面には、かなりな量の有機質が残されていた。外側から、金具→布→漆→獣皮→鳥の羽ないし獣毛となっている。主として、デジタルマイクロスコープによって、微細な状態を確認する事によって判断している。

a、布

布は更に糸の太さによって２種類程度に分けることができる。主として平織で、金具帯部の端から１～２ｍｍほど出たところで、内側に折り返されている。折り返し部分は、太めの糸でかがってあるように見える。

布は、釣り手や山形文などでは金属部全体に使われているようだが、三葉文では、帯部にのみ使われ、三葉文自体には布の痕跡はない。

b、漆

布と獣皮と思われる間にあって、布の上（構造上では内側）に膜状になった物質が存在している。光沢などから漆と思われるが、破壊調査であっても、既に保存処理で樹脂含浸しているため、赤外分光光度計による調査ができない。今後は、サンプルを採取し漆か否かの確認を行いたいと考えている。

c、獣皮

デジタルマイクロスコープによる観察結果で、毛穴と思われる小孔が認められる所もあるが、劣化や保存処理過程で生じた可能性もあり、断定できない。但し、獣皮が劣化した際に見せる、独特の皺やフェルトのような不規則な繊維の集まりは獣皮の可能性を示している。

b、獣毛あるいは鳥の羽

金具裏面の至る所に見る事が出来た。まとまって、一定の方向に流れるように残っている。マイクロスコープで観察すると、１本１本が管状になっているのが観察でき、その直径も様々であるのがわかった。胡ろく金具であり、矢羽の存在は十分考えられ、中空であることも合わせれば、鳥の羽根の可能性が高い。しかし、鳥の羽に特徴的な矢羽根状組織（註３）などは確認できなかった。また、獣毛でも考古学的な資料の場合、中空となって残る場合もある（註４）との指摘もある。

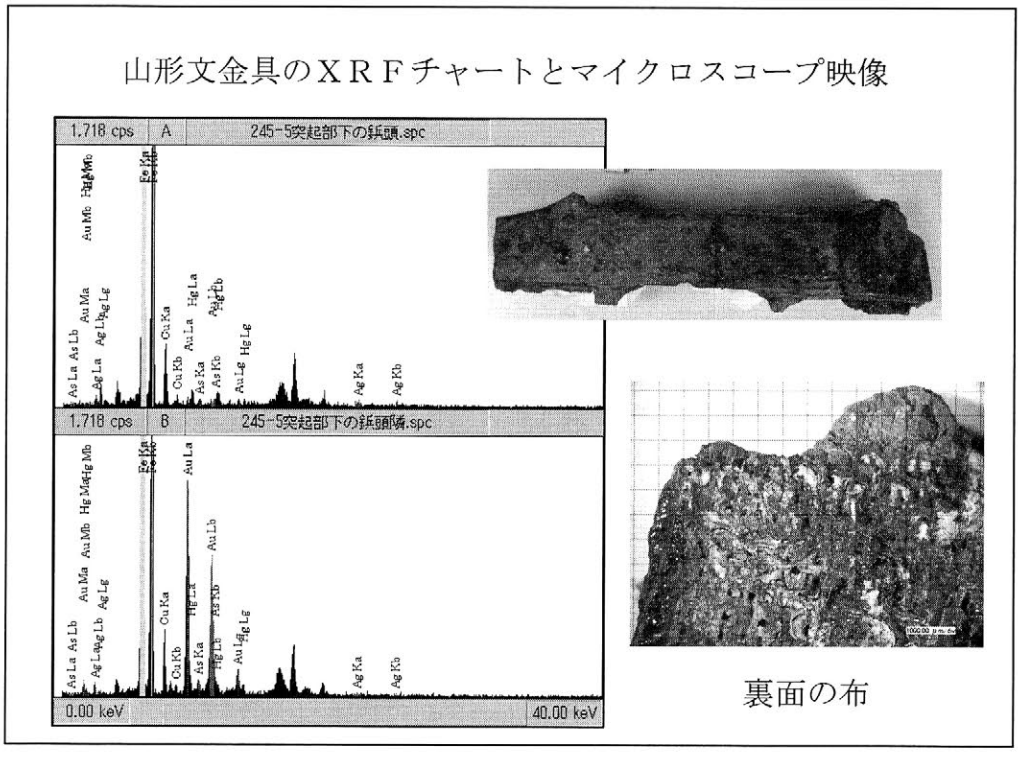
５、まとめ

個体識別の判断基準として考えた場合

①金属部分における砒素の検出。本例では検出量が少なく、ノイズに隠れるなどで判断ができない例も多かった。蛍光Ｘ線分析のみでは、難しいが他の分析法も加え、精査すれば判断基準になる可能性がある。

②糸幅の測定。糸の遺存状態はまちまちで、鉄錆が卵の殻のように覆って、糸そのものを確認する事が出来ない場合もあった。確認ができる範囲で、より多く測定する事で誤差が少なくなり、判断基準として活用できると考えられた。

今後も、様々可能性を試みて、より確かに判断できる方法や基準を探りたいと考えている。



註１　王墓山古墳の概要については、本大会ポスターセッション P-047「王墓山古墳出土胡籙の構造と復元」を参照ください。

註２　胡籙についても、註１に同じ。

註３　考古学的な鳥の羽根の調査例としては、片多雅樹、比佐陽一郎　「福岡県長垂山７号墳出土三尾鉄の調査～羽毛痕の可能性について～」日本文化財科学会第２２回大会　２００５年

註４　井上美智子氏のご教授による。

P－047

香川県善通寺市王墓山古墳出土胡籙の構造と復元

○福山博章(立命館大学大学院)・初村武寛(京都府立大学大学院)・杉本和江(古美術修理すぎもと)・笹川龍一(善通寺市教育委員会)

1.はじめに

古墳時代の矢を入れる道具には矢の鏃身を上に向けて矢を収納する「靫」と鏃身を下に向けて収納する「胡籙」の二者が存在する。今回、香川県善通寺市王墓山古墳出土胡籙について検討する機会を得、胡籙に関する新たな知見を得たので構造と復元案を提示する。

2. 香川県善通寺市王墓山古墳について

王墓山古墳は、香川県善通寺有岡地区に所在し、国の指定遺跡である有岡山古墳群の中央部に位置する。全長 46mの前方後円墳、6 世紀半ばの築造と考えられ、内部埋葬施設は全長 7.92mの横穴式石室である。玄門部に梱石をもつ点は九州の横穴式石室と共通するが、石屋形が石室軸と平行する点は九州における石屋形の配置方法とは異なる。副葬品は、須恵器が羨道部・玄室入り口付近・石屋形内・玄室奥壁付近に副葬され、石屋形天井石上に金銅製冠帽や馬具、装身具類等が、玄室奥壁付近より銀象嵌を施した鉄刀を始めとした武器・武具類の副葬がされていたと考えられる。

3.王墓山古墳出土胡籙の構造と復元

・胡籙金具の構成

胡籙金具の遺存状況と個体数より、現時点で 3 個体の胡籙の存在が考えられ、いずれも金具に波状列点文を施す。分析結果より金具は鉄地金銅装である。胡籙金具は吊手に使用された金具(吊手金具)、胡籙本体を巡る山形の突起を呈する金具(山形金具)、三葉形の装飾が付く金具(三葉文飾付金具)、帯状の金具(帯状金具)と底板に使用されたと考えられる金具(底板金具)の 5 種類が存在する。吊手は 2 本 1 組で、吊手の上部に鋲で接合された帯状金具がもう一方の吊手金具へとつながるが、胡籙本体を一周せずに胡籙本体前面のみを巡る。三葉文飾付金具・山形金具も半円形に湾曲する形態を呈するが、胡籙本体を一周せずに胡籙本体前面のみを巡る。この金具類は装飾の用途の他にも胡籙本体を補強していたと考えられる。

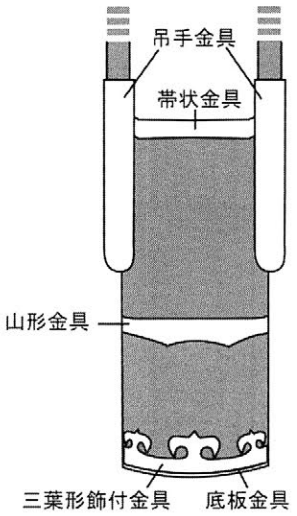


図 1.胡籙金具の名称

・有機質

有機質の遺存状況から、金具―布―漆―革という順に鋲留めされていたことが分かる。いずれの有機質も胡籙金具の裏面全体に付着している。布は金具の長辺端で折り返している。布は金具を装着する際の裏打ちと金具周辺部を装飾する役割が考えられる。漆は

層状をなしており、胡籙本体を構成していたと考えられる革本体に漆を塗布して革の強度を高めていたと考えられる。革に漆を塗って固めて使用することから、同時代の革盾や革小札と同様の材質と技法によって製作されたと考えられる。底板の金具全面には木質の付着が見られ、この金具以外には木質の付着は見られない。これは矢の鏃身が接する底部のみを木製の板で補強していたと考えられる。

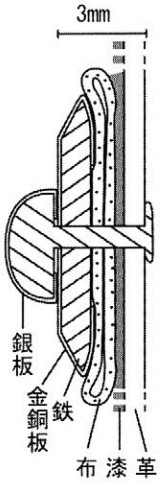


図2.胡籙有機質の断面模式図

4.王墓山古墳出土胡籙の構造と復元

王墓山古墳出土胡籙は小札甲の取り上げ中に出土したため、金具の構成や正確な全長は復元できない。しかし、金具と有機質の遺存状況から胡籙本体の構造と復元を検討することは可能である。胡籙本体は漆を塗付した強化した革で構成されており、底部は木板と金具で補強している。布の残存状況から山形金具などは、裏面に残された布の残存状況から、布を介して本体に取り付けられていたと推定される。底板の形状は底板金具が半円形を呈し、三葉文飾付金具・山形金具も半円形に湾曲する形態を呈することから、胡籙の底部は断面半円形を呈していたと考え、佩用の際には、弧状の部分が前面、直線部分が背面となる。従って、胡籙背面は底部から口縁部まで直線的に立ち上がる平面的な形態であると考えられる。このような背面の構造と金具の形態から、胡籙本体の底部は半円形、口縁部は吊手間を巡る帯状金具の湾曲の形態より、扁平な隅丸台形となる。胡籙本体の底部と口縁部は異なる形態を呈していたことが分かる。口縁部が扁平で底部よりも狭い形態を呈することから胡籙に収められた矢を束ねる機能を持つと考えられる。

5.まとめ

以上のように王墓山古墳出土胡籙の検討を通じて、胡籙の構造、機能についての復元的検討を行った。本体の大部分が有機質で構成されている胡籙という武具の検討を行い、その際に得た知見を基に胡籙の構造と復元を提示した。胡籙の構造を復元するにあたって、胡籙金具自体の形態と構成の他に、胡籙金具裏面に残存する有機質の観察と同定によって胡籙の構造と材質を復元する大きな手がかりを得ることができた。良好な環境に恵まれない限り遺存することが難しい有機質製遺物であるが、遺物の細部に残された痕跡の観察・検討を行うことにより、遺物の具体的な構造と復元を提示する有効な手がかりを得ることができる。今後も積極的に検討を行っていきたい。

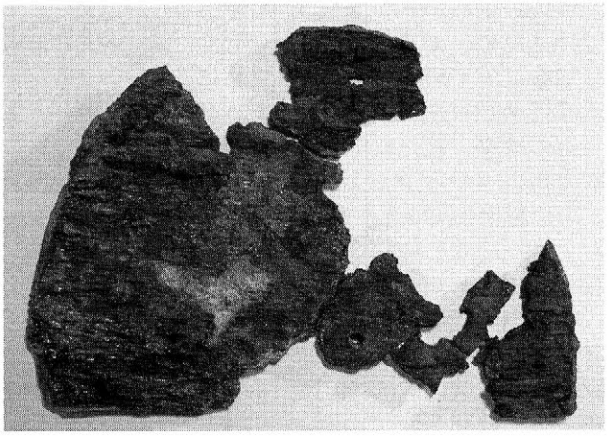


図 3.胡籙底板金具裏面

P－048

文堂古墳出土の金銅装椎頭大刀の分析と復元

○ 塚本敏夫・橋本英将（財団法人 元興寺文化財研究所）
中村弘・多賀茂治（兵庫県立考古博物館）石松崇（香美町教育委員会）
中村栄順・小林正夫・森地正和（伝統工芸士）

１．はじめに

兵庫県立考古博物館の展示品として兵庫県香美町所在文堂古墳出土の金銅装頭椎大刀の分析、復元模造品製作を行う機会を得た。金銅装頭椎大刀は遺存状況が極めて良く、外装が全面金銅装で覆われた貴重な資料である。そこで可能な分析を行い、できるだけ古代の製作技法に基づいて復元品の製作を行った。その分析・復元製作から今までわからなかった古代の装飾大刀の製作工程がある程度復元できたので、知り得た若干の知見を報告する。

２．文堂古墳と金銅装頭椎大刀の概要

文堂古墳は兵庫県美方郡香美町村岡寺河内文堂に所在する。湯船川東岸の標高270ｍの丘陵斜面に位置する。墳丘は、墓地や畑地となり、旧状を留めないが墳形は円墳である。埋葬施設は、全長約10.2ｍの両袖式横穴石室で玄室の長さ4.7ｍ、幅2.0ｍ、高さ1.8ｍである。1948年（昭和23年）、1970年（昭和45年）の調査で金銅装頭椎大刀、珠文鏡、馬具、鉄鏃、刀子、鉄釘、金環、勾玉、ガラス玉、土師器、須恵器などの豊富な副葬品が発見されている。これらの出土品から7世紀前半に築造されたものとみられている。

金銅装頭椎大刀は全長約105.5cmを測る。柄頭は佩表・佩裏各4条の横畦をもち、柄間は佩表側・佩裏側両面に蕨手文を配した金銅板巻きである。鍔は外縁の断面がＴ字を呈する薄手の6窓鍔である。鞘は二足佩用で、鞘口・鞘間の筒金具および丸尻の鞘尻金具の間に、佩表側では2列の円形浮文を打ち出した鞘飾り板をあて、佩裏側では蕨手文を配した金銅板をめぐらす。

３．金銅装頭椎大刀の分析

X線ラジオグラフィによる構造調査とケイ光X線分析（XRT）による金具の成分分析を行った。

(1)X線ラジオグラフィによる構造調査

外装が全面金銅装金具で覆われているため、刀身形状や内部構造を知る目的でX線ラジオグラフィによる構造調査を行った。

その結果、新たな知見として鞘木の鞘口端から21㎜、258.5㎜の2ヶ所に佩裏側径4㎜、佩表側径2㎜のテーパー状の使用されていない孔が確認された（写真１）。

類例を調査すると風返稲荷山古墳出土品他、彫金加工のある金銅板を有する装飾大刀で用途不明の孔として確認されている。

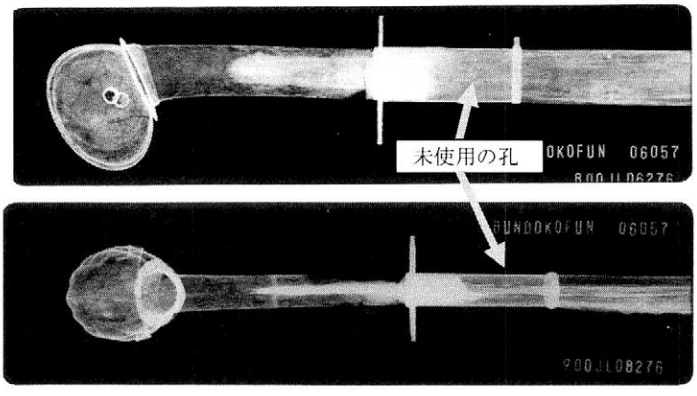


写真１　Ｘ線写真

(2)　金具の成分分析

分析可能な金具について含有元素の分析をケイ光X線分析（XRT）で行った。

【分析装置】エネルギー分散型ケイ光X線分析装置（セイコー電子工業㈱製　SEA5200）
【測定条件】大気下、モリブデン管球使用、コリメータ0.1㎜、管電圧50kv、管電流1000mA
【測定個所】表面と母材部分と接合部分の3カ所
【測定結果】母材は銅で、銅板は銀を含み、部分的にはセレンのピークも見える。接合部はいずれも主成分は銀(Ag)で、他に微量の銅(Cu)と鉄(Fe)を含む。銀単体か銀鑞（銀と銅の合金）か同定はできない。表面は水銀（Hg）を検出し、金アマルガムによる鍍金と推定される。

4．金銅装頭椎大刀の復元製作

分析結果を基にできるだけ古代の製作技術に近い技法で復元製作を行った。

4-1　部品製作

刀身：刀身の形状は鞘で確認できないのでX線ラジオグラフィから推定した。尚、鉄分析を行っていないため、材質はステンレス材を用い、形だけで刃はつくらなかった。

鞘：鞘木は彫金実験から檜を使用し、半切で佩表側と佩裏側を別々に加工し、膠で接着した。

柄：柄木も檜を使用し、鉄刀の茎を落込む溝を棟側に彫る「茎落込み技法」で作製した。

金具：金具は全て銅板で、接合には銀鑞を使用した。金アマルガム技法で鍍金し、仕上げは磨き仕上げで行った。その後、打出し・彫金加工を施し完成させた。

鞘尻金具、鞘間・鞘口筒金具は鞘木を規型として倣わせて成型して鑞付けし、鍍金した。

柄間筒金具は柄木を規型として倣わせて成型して鑞付けし、鍍金した後に柄木に装着して鏨で蕨手文、波状文を彫金した。

鞘間装具（佩裏側）は鞘木を規型として断面C字型に倣わせて成型し、鍍金後に鞘木に装着して鏨で蕨手文、波状文を彫金した。

鞘間装具（佩表側）は銅板を長方形に裁断し、鍍金後に裏側から直径10㎜の球面形の鏨で2列の円形浮文を打出し、表側から2列の同心円文と蕨手文を鏨で彫金して文様を完成された。その後長辺側の両端を約4㎜曲げて断面〔 字形にして完成させた。

柄頭は内面の観察から倣いと推定でき。佩表･佩裏用の規型を作製して倣わせ粗成型し、懸通孔金具用の孔を空け、端部を裁断研磨して鑞付け後、横畔の仕上げ加工をして成形した。

鍔の透孔は角を穿孔した後に裁断した。縁部の両端の返りは別材の鑞付けではないので、鍔より一回り小さい部材を表裏にボルトで固定し鍛打して打出した。

4-2　組み上げ

鉄刀に鏃、鍔，鍔縁金具を順に嵌め込み、柄間筒金具を被せて柄木を目釘で固定した。その上から切羽縁金具、切羽、麻布を詰めた柄頭を被せて、懸通孔金具で固定して完成させた。

鞘は鞘木に順に鞘口筒金具、足金具1、鞘間装具(佩裏側)1、足金具2、鞘間筒金具、責金具1、鞘間装具(佩裏側)2、責金具２、鞘尻金具を嵌め込み、鞘間装具(佩表側)1,2を金銅製鋲釘で固定して完成させた。

5.　製作手順の復元（復元製作から得られた新知見）

鞘木に穿たれたに2ヶ所の用途不明の孔は復元実験の過程で半裁した鞘木を固定して金具の板金や彫金の際の規型として利用していたことが推測された。このことは他のバラバラになった装飾大刀で彫金による文様の痕跡が鞘木にしっかり残っている遺物があることからも裏付けられる。当初、鞘内面を加工した後に仮組みして使用すると推定して実験したところ、彫金の際、沈んでしまい規型として機能しないことが判明した。そこで内面加工はせずに、外側のみ加工して固定し規型として行ったら上手く彫金加工できた。古代の製作工程は①鞘木の外側半裁加工⇒②仮組みして規型として利用⇒③金具の板金・彫金加工⇒④ばらして鞘木の内面加工⇒⑤本組み上げという手順で行っていたことが推定でき、そのことを復元製作で実証できた。

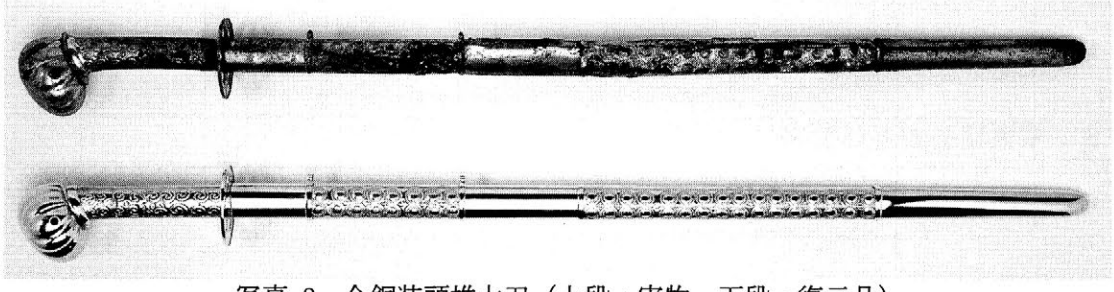


写真-2　金銅装頭椎大刀（上段：実物　下段：復元品）

6.おわりに

金銅装頭椎大刀の分析と復元を通して、古代の装飾大刀の製作工程の一端が推定できた。しかし、まだまだ謎は多く、今後も古代の金工技術の解明に向けて研究を進めていきたい。

P－049

経筒銘文の彫金技法の観察—デジタル顕微鏡を用いて—

○朝川華奈（別府大学大学院），渡辺智恵美（別府大学）

1．はじめに

経筒とは、経塚に経典や経巻を埋納する際に用いられた容器である。金属で製作されたものが多く、表面には紀年銘や銘文が刻まれているものもみられる。経筒の埋経は九州においては、11 世紀後半から 12 世紀中頃にかけて宇佐八幡宮、求菩提山、英彦山、四王寺山、脊振山、太宰府などを中心として行われ、埋経遺跡も多く分布している。

今回は、デジタル顕微鏡を用いて経筒に彫られた文字の鏨痕の観察を行い、どのような彫金技法を用いたかについて調査を行った。その際、①どのような技法が用いられているか、②鏨の形状はどのようなものか、③彫られた順序から製作者が文字を認識していたか特定することは可能か、ということに着目した。

2．観察方法

資料は、別府大学に所蔵されている経筒片を用いた(写真１)。この経筒は福岡県玄海町(現 宗像市)から出土したもので、図１のような銘文が確認できる。経筒片は一部しか残っていないため、銘文の残りも少なく正確な年代は特定できていない。

今回の調査はデジタル顕微鏡を用いて行った。機器は、デジタルマイクロスコープ VHX-600（KEYENCE 社製）を利用した。

写真１　経筒

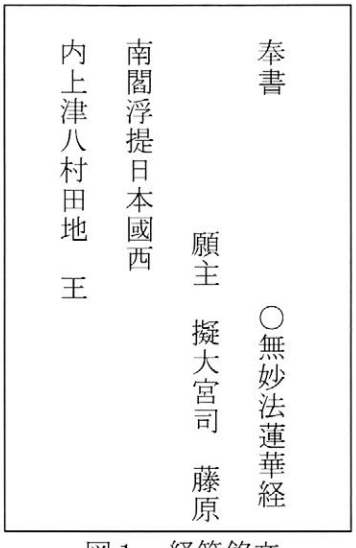


図１　経筒銘文

3．観察結果および考察

写真２、３や図２のようにすべての文字に対して鏨の進行方向および交点を観察し、文字の彫られた順番（彫り方の順番）を推測した。

図２は「奉」の文字を示したもので、矢印は鏨の進行方向を表している。写真２は、「奉」の文字を部分的に拡大し、鏨痕の状態を示した。観察の結果から、 資料の経筒の銘文はすべて蹴彫り技法で彫られていることが判明した。また使用された鏨はＶ字形あるいはＵ字形であったと考えられる。彫り方の順序の観察からは、筆順と同じものもみられたが、筆順とは異なる彫り方のものもあるということが判明した。

以上の結果から、①鏨の種類、②彫る順番、③彫り方の３つについて分類を行った。

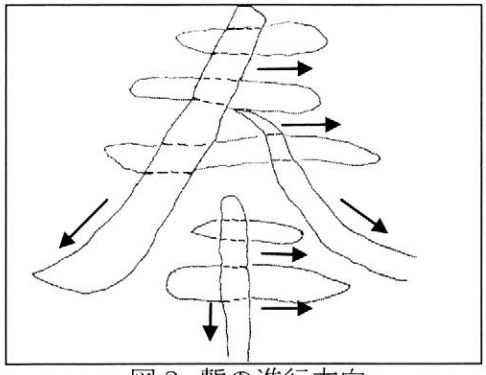


図２　鑿の進行方向

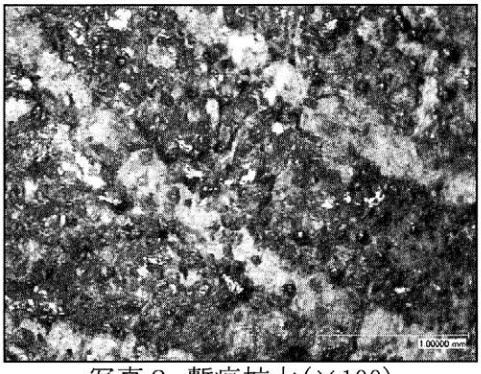


写真２　鑿痕拡大(×100)

【　分　類　】

①鑿の種類による分類

V字形の鑿	やや丸みのある(U字形)鑿
奉　書　妙　法　蓮　華　経　願　主　擬　大 宮　司　藤　閣　堤　日　本　國　内　上　津 八　村　田　野　地　王	無　南　浮　西

②彫り方の順番による分類

彫り方の順番と書き順が一致するもの	彫り方の順番と書き順が異なるもの
書　無　法　蓮　華　司　原　南　日　西 内　上　八　村　地	奉　妙　主　擬　大　宮　浮　本　田 野　王
異体字のもの	**判別できなかったもの**
藤　閣　堤　國　津	経　願

③彫り方による分類

すべて２重線で彫られている	一部分が単線で彫られている	判別できなかったもの
奉　書　無　妙　法　蓮　華 主　擬　大　藤　南　浮　堤 日　本　國　西　内　上　津 八　村　王	宮　司　原　閣　田　野	経　願　地

以上のことから、製作者が文字を理解していたかということに関しては明確には判断できなかった。しかし、おそらく紙に書かれた手本のようなものを見ながら彫ったか、あるいは銘文を刻む経筒の表面に墨で文字を書く、もしくは銘文を書いた紙を経筒表面に貼り、それを縁取るように彫った可能性などが考えられる。これらのことから、この経筒の製作者が文字を理解していたかは不明であるが、模様のようなものとして彫った可能性も考えられる。

４．おわりに

今回は観察結果の報告となったが、今後も銘文のある経筒の調査を続けるとともに、今後は経筒本体の製作技法についても明らかにしていきたい。また経塚・経筒の知識を深め、製作地の問題なども含め、経筒の製作技法について総合的に考えていきたい。

P－050

坩堝に残る金属成分の解釈
－鉛の多寡から推し量るべきこと－

○伊藤幸司
（財団法人　大阪市文化財協会）

1．はじめに

金属加工関連遺物の中で、地金を溶解する器である坩堝に残っている情報は、その成分を反映していると考えられている。勿論、重要な情報を持っていることは間違いないが、はたして成分分析などから得られた数値が当時溶解された金属成分そのものをどれほど的確に反映しているのであろうか。特に銅合金中の鉛について疑問を持っていた。

鉛は銅にほとんど固溶せず融点（凝固点）の差も大きいことから、量比や冷却速度によっては製品で著しく偏析する。出土銭貨の場合、X線透過撮影によって鉛の偏析を発見することが度々ある。また、実際の鋳造作業においても、砲金などの地金に鉛を添加しすぎると鋳上がった製品表面に鉛の汗をかいてしまう。よって、鉛が偏析している可能性のある製品を対象として成分分析を行う場合は、十分に注意することが必要であることは言うまでもない。

このような鉛の偏析は製品側でだけ起こっているのではなく、地金を溶解した坩堝側でも生じているはずである。確かに、坩堝やそれに伴う金属残滓の成分分析の中には、考え難いほど高鉛となっているケースが少なくない。

今回の研究では、銅鉛地金を溶解（調合）した場合に、坩堝や地金の箇所によってどの程度成分のばらつきが出るのか、また、何らかの傾向があるのか調査した。

2．実験方法

鉛のばらつきは偏析に起因するばかりではなく、一連の作業の中で生ずる可能性もある。今回の実験ではそれらを抑えるための方策は講じず、単純な作業進行で結果を求めることにした。

地金の重量比）

A…銅800g・鉛8g　B…銅800g・鉛80g

作業）

①坩堝中で銅を溶解、②鉛を投入して撹拌、③一部を湯床への鋳造（インゴット）、湯の垂れや残りはそのまま凝固（残り湯）、④坩堝を炉外で静置して自然冷却、⑤成分分析

成分分析はエネルギー分散型蛍光X線分析装置（エダックス社製DX95型、大阪歴史博物館設置）を用いた。測定箇所の概要は図1のとおりである。

3．結果

冷却速度は残り湯の量によって異なるが、坩堝内残り湯の上面温度が鉛の凝固点を下回るのにAは注湯後 18 分、Bは 12 分程を要した。

坩堝への鉛成分の残留について、A・B両パターンともに[坩堝内側面-溶湯面(1-2)]で高い数値を示した。Bの場合は[残り湯-上面(2-2)]の鉛濃度が高いこととも整合する。また坩堝内の地金に限れば、Aは熱がこもりやすい下面で、Bは外気と接している上面で鉛濃度が高くなる傾向がみられる。

4. まとめ

蛍光X線分析による銅鉛の検出量比が想像以上にばらつくこと、箇所によっては実際の量比と大きく異なる数値を示す場合があることが判明した。これらの原因としては次の二つが考えられる。

第一は、溶解した銅中に鉛を投入した際の溶解と蒸散の影響である。投入された鉛は、瞬間的に溶解される。溶けた鉛がそのまま坩堝に触れて、また一部は黄色い煙となって坩堝に付着して残留する。このような現象は「銅の溶解→鉛の投入」という手順を踏めば必ず起こるもので、溶湯が接していない箇所から鉛成分が検出される原因でもある。同様の現象は黄銅地金の調合における亜鉛の添加の際にも起こる。

第二は、地金(坩堝)の冷却速度である。銅鉛混合後の冷却条件の違いによる鉛の挙動の差異は、坩堝中の残り湯(徐冷)と湯床中のインゴット(急冷)の数値にあらわれていると思われる。坩堝側では残り湯の量によって結果が変わるかもしれない。湯が残っていなければ冷却が早く、鉛濃度のばらつきも少なくなるであろう。

今回の実験はふたつのパターンしか実施していないが、銅鉛地金を溶解した坩堝の分析結果が、実際に溶解した銅鉛の量比を指し示さない場合があることを知るには十分なものであった。

もしこの作業が鋳造を目的としたものであるならば、つくられた製品の分析値とも異なる可能性を示唆している。

このような結果に基づくのならば、「得られた分析結果」から「坩堝の使用方法」を直接的に類推することは適当ではない。「関連する情報」を鑑みた上で「作業の目的」を絞り込み、その作業を行うことで「得られた分析結果」と同様のものが現出されるか否か、条件が適っているか否か、立ち返って十分に検討するべきであろう。もちろん、特異な数値がイレギュラーな作業を的確に検証する場合もある。しかし、我々が対象としているのは先人の作業の痕跡である。物事の特殊性を導き出そうとするよりも、まず、素直に考えて在るべき「作業の目的」に対して「得られた分析結果」が整合性をもつものであるか否か、双方向からの検証を行うことが肝要であろう。

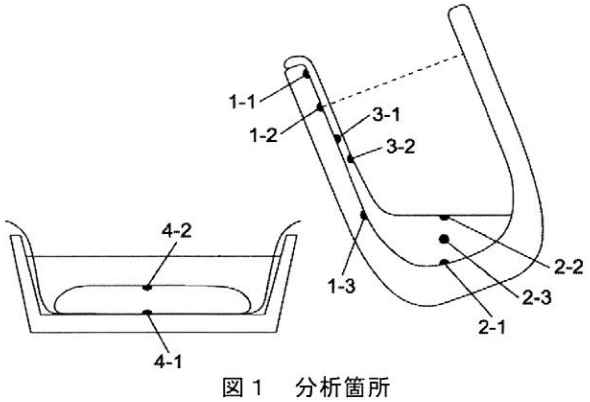


図１　分析箇所

測定箇所			A		B	
			Cu	Pb	Cu	Pb
坩堝内側面	上部	1-1	93.89	2.30	78.60	4.59
	溶湯面	1-2	68.68	30.23	33.26	65.16
	下部	1-3	59.22	34.09	50.80	36.11
残り湯	下面	2-1	92.82	5.65	85.27	12.29
	上面	2-2	96.32	3.51	22.41	76.25
	切断面	2-3	98.40	1.43	94.52	5.19
付着地金	下面	3-1	91.86	6.97	71.87	26.42
	上面	3-2	98.62	1.18	41.00	59.00
湯床地金	下面	4-1	99.81	0.13	87.63	11.93
	上面	4-2	98.63	1.19	82.99	16.09

図2　分析結果(wt%)
FP法のtableにワンスタンダードで補正をかけて算出

P－051

古墳時代金属象嵌技術と編年

―百舌鳥大塚山・シシヨツカ・武蔵府中熊野神社古墳等新資料の研究―

○西山要一(奈良大学)　植村明男(奈良大学大学院生)　樋口吉文(堺市立博物館)
桝本哲(大阪府文化財センター)　塚原二郎(府中市教育委員会)

1　はじめに

古墳時代の象嵌遺物は、現在、およそ300例が知られるが、その大部分が象嵌大刀である。象嵌銘文を記す大刀は年記やその内容から年代が判明し、また、象嵌装飾文様の大刀も刀身や装具の形式および象嵌文様の変化から年代推定が可能である。筆者らは、近年発見された古墳時代象嵌資料について調査・保存処理・組成分析等を行ない、象嵌文様の変化は、一元的に退化する単調なものばかりでなく、多くの文化的・政治的要素が交錯して、多様な変化があり、また、新しいデザインの移入があり、技法や年代観について再構成が必要と考えた。

2　大阪・百舌鳥大塚山古墳の金象嵌円文鉄鉾

百舌鳥大塚山古墳は大阪府堺市の百舌鳥古墳群中の長さ168mの前方後円墳で、1949年に土取り工事が行なわれ消滅した。工事と並行して森浩一氏らによって実測図の作成と遺物取り上げが行なわれた。粘土カクなどの埋葬・埋納施設7か所と鏡や玉とともに甲冑・刀剣・手斧・鉄斧など多数の鉄製品が発見された。遺構・遺物から5世紀前半の築造とされる。

象嵌資料は4点あるが、いずれも5cmほどの鉄製品表面の剥落小片で、直径7-8mmの金色の円文が象嵌され、内2片には円内に直径3.3mmの銀色の円板が見える。他方、鉄鉾の関双孔には直径3mmの銀製と思われるビスが挿入されていて、象嵌はこのビス頭を円形に囲んだものである。銀製のビスを関双孔に挿入しそれに象嵌円文をめぐらせる。その象嵌は0.5～1.0mmの小刻みな彫り、0.3～0.4mm巾の繊細な線、合金比は金60：銀40の合金比であるなど他に類を見ない資料である。

3　大阪・シシヨツカ古墳の銀象嵌亀甲繋鳳凰文大刀と金象嵌雲竜文大刀

シシヨツカ古墳は大阪府南河内郡河南町に所在し、聖徳太子墓のある磯長谷古墳群とも隣接する。シシヨツカ古墳は一辺70mの方墳で、従来の年代観から言えば、石郭式石室、漆塗籠棺、金糸などから飛鳥時代、土器や馬具から古墳時代後期と推測されるが、須恵器が石室入口の原位置のままである、遺物は粉々に破壊され石室外に掻き出されていたが追葬の痕跡が見られないことなどから、遺物・遺構ともに6世紀後半のものとの結論に達している。

(1) 亀甲繋鳳凰文銀象嵌円頭大刀

象嵌大刀は、鉄地に亀甲繋双鳳文を象嵌する円頭柄頭、亀甲繋単鳳文を象嵌する鞘尻、勾玉文を象嵌する巾頸を装着する、全長90～100cmの大振りの直刀であったと推測される。

鳳凰文は簡略化されて頭と翼のみが描かれるが良く整い、巾頸の勾玉文や画線などの割付も正確である。象嵌線も巾0.5～0.8mmに揃い広狭の差少なく丁寧な象嵌である。象嵌線を彫る鏨の1打の長さは1.0mmである。蛍光X線分析により、象嵌線の素材は100%に近い純度の銀である。象嵌の材質・技法ともに6世紀の象嵌に共通する。

(2) 雲龍文金象嵌大刀

本大刀は鉄地金象嵌雲竜文鞘口・巾頸の金具と、関に喰出鍔、柄に銀線を巻く全長70～80cmの直刀であったと推測される。

鞘口と巾頸は佩表の2分の1程度が残存し、断面は五角形を呈していて古墳時代の典型的な倒卵形とは異なる。象嵌文様全体は詳らかでないが、蛇腹と3本の鋭い爪は龍の特徴を示

し、パルメット文は雲気を表わすのものであろう。上端の菱繋と三連円・半円は花形を表わす。文様の割付・象嵌ともに丁寧に行われ、簡略化されている雲龍や菱繋文も描写原則は貫かれている。線画の巾は0.1～0.2mm と繊細で、鏨1打の長さ 0.5mm である。象嵌線の蛍光X線分析の結果、金80：銀20である。象嵌技法・素材は三寅剣に類似する。

4　東京・武蔵府中熊野神社古墳の銀象嵌七曜文大刀

武蔵府中熊野神社古墳は3室構造の横穴式石室を主体部とする一辺 32m の上円下方墳である。墳丘形態、石室構造、大刀の鞘尻・水晶玉・鉄釘などの出土遺物から7世紀中ごろの築造とされる。象嵌のある鞘尻は兜金形で、表面全体に七個の七曜文と旋毛状文を配している。象嵌の線巾は0.3～0.4mm、象嵌線鏨の1打の長さは0.8-1.0mm である。蛍光X線分析により、象嵌線の素材は100%に近い純度の銀であることが判明している。新しい文様である七曜文と古墳時代の6世紀来の伝統象嵌技法(鏨1打の長さと象嵌線素材)の新旧の要素が同伴する資料である。

5　古墳時代象嵌文様大刀の多様性と年代観

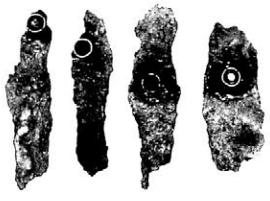
従来知られていたわが国最古の文様象嵌資料は、兵庫・宮山古墳出土の5世紀後半の環頭大刀であるが、百舌鳥大塚山古墳例はそれをおよそ半世紀遡る。

シシヨツカ古墳の象嵌資料2点は、大刀の形式、象嵌文様と鏨彫りには大差があり、従来の年代観からは、亀甲繋鳳凰文象嵌円頭大刀が古墳時代後期、雲竜文象嵌大刀が飛鳥時代とされる。しかし、両者が共伴したシシヨツカ古墳ではともに6世紀後半の資料と認められた。

武蔵府中熊野神社古墳の七曜文象嵌大刀は、鞘尻形式は飛鳥時代の刀の諸例に類似するが、象嵌技法は飛鳥・奈良時代の象嵌である三寅剣とは異にする。

このように、古墳時代の象嵌文様は、時間とともに退化・単純化するばかりでなく、その間に新象嵌資料の舶載、新文様の採用や移入、など多様な変化が見られる。これらを考慮し、政治的・文化的背景と歴史を考察する必要があろう。

資　　料　　名	象嵌色	象嵌線成分	線幅	鏨運び
百舌鳥大塚山古墳鉄鉾　金象嵌円文 (前方後円墳・長さ 163m・5c.前半)	金　色	Au(60):Ag(40)	0.3-0.4mm	0.5-1.0mm
シシヨツカ古墳大刀　銀象嵌亀甲繋鳳凰文円頭・鞘尻	銀　色	Au(1):Ag(99)	0.5-0.8mm	1.0mm
同　上　大刀　金象嵌雲竜文鞘口・巾頭	金　色	Au(80):Ag(20)	0.1-0.2mm	0.4-0.5mm
(方墳・一辺 70m・6c.後半)				
武蔵府中熊野神社古墳大刀　銀象嵌七曜文鞘尻 (上円下方墳・一辺 32m・7c.半ば)	銀　色	Ag(100)	0.3-0.4mm	0.8-1.0mm
三寅剣　金銀象嵌大刀　銘・天部・七星・梵字等	金　色	Au(97):Ag(3)	0.25mm	0.4-0.5mm
(長野畠山家に伝来　飛鳥ー奈良時代)	銀　色	Ag(96):Cu(4)	0.25mm	0.4-0.5mm



百舌鳥大塚山古墳

シシヨツカ古墳円頭柄頭

シシヨツカ古墳鞘口

武蔵熊野神社古墳

P－052

伝統製錬法を利用した白錬鋼の製造

○鄭光龍、Woo Do Ran(韓国伝統文化学校)、Eun Chul Lee(Korea Institute of Iron)、
Tae Young Lee(ENGUARD Co. Ltd)、Baek Gil Hwan(C&T Gyeong Dam Conservation Lab.)

Ⅰ．はじめに

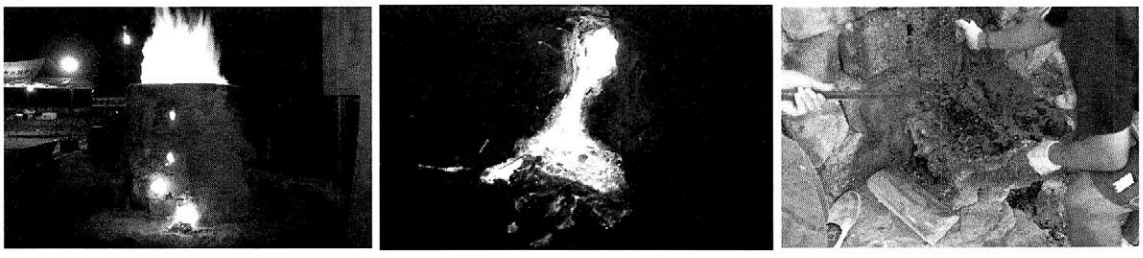
韓国の伝統製錬技術は鍛接性および耐蝕性に優れ、世界的な商品として無限の開発潜在力があるにもかかわらず、その価値を認定されていない。伝統製錬法を利用した高難削材切削用工具鋼の製造のため、次のような研究を行った。鉄鉱石と炭を使用した伝統製錬法を利用して古代製鉄・製鋼技術のメカニズムを究明、再現し、伝統製錬法で生産した鉄を素材にして特集鋼を開発した。

Ⅱ．研究内容

1．伝統製鉄技術の研究

伝統製鉄技術はコークスを使って鉄を作る現代の製鉄法とは異なり、白炭と貝殻などを使って鉄を生産する方法である。従って、炉の築造方式や供給される白炭の量、木炭と鉄鉱石が反応できる時間と温度の範囲などが重要な役割を果たす。

韓国鎮川石帳里遺跡から確認された鉄の生産または鉄製品の製作に関連した炉跡 36 箇所の内、内径 140cm の半地下式円形炉を対象にした。鉄鉱石 880 kg，白炭 1,444 kgと還元剤である石灰石と甕器土を各々162kg, 136.8kgを装入し 24 時間操業し、炉を解体して塊錬鉄 112.2 kgを生産した。

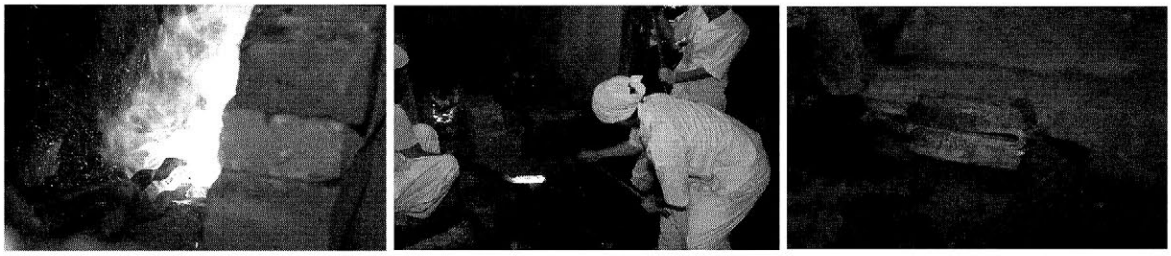


〈伝統製鉄技術の復元〉

2．伝統製綱技術の研究

精錬過程は選別された1次素材(塊錬鉄)を鍛冶炉の中で加熱し、取り出して叩く過程を繰り返した。まず塊錬鉄を電気ハンマーでこぶしの大きさに破砕し、製鋼作業を容易にした。適当な大きさに破砕された塊錬鉄は鍛冶炉の炭に入れ、加熱しながら塊錬鉄が半溶融の状態になると取り出し、叩く作業を繰り返し、内部

の不純物を除去した。百錬鋼の製造過程では酸素の遮断を防ぎ、鍛接が容易にするため、韓紙で包み、さらに黄土水と稲のわらを燃やした炭と貝殻などを塗った。このような精錬過程を経ると不純物および炭素含量が調節された鉄の薄片が生産できる。



〈伝統製鋼過程〉

3. 科学的な分析

スラグの微細組織は典型的に鉄鉱石を製錬するとき現れるマグネタイト、パーライト、ウスタイトの相が観察された。円形炉の床から採取した塊錬鉄(1次素材)の微細組織は大部分低炭素のフェライトが主な成分であり、一部パーライトも混在している。円形炉の床から採取した銑鉄は典型的な百鋳鉄の組織で、セメンタイトの相が主になってパーライトも混在している。塊錬鉄(1次素材)を何度も折って鍛接した試料の場合、鍛接線が横方向に細く重なっていることを観察できる。鍛接をするほど、結晶粒の境界と結晶粒系の大きさが微細になり、硬度も高くなる。

〈A 室スラグの微細組織(×200)〉　〈銑鉄の微細組織(×200)〉　〈1 次素材の 12 回鍛接資料(×50)〉

Ⅲ. 研究結果および考察

古代製鉄炉のモデルは鎮川石帳里遺跡から確認された円形炉を対象に復元した。製鉄操業は韓国江原道襄陽の現地で直接採取した鉄鉱石と白炭をふいごで風を送って徐々に温度を上げ最高 1500℃ まで引き上げて、1次素材である塊錬鉄を作った。特にこの鉄素材は炭と貝殻の粉(脱黄剤)を使って製錬するため、コークスを使用した現代の高炉鉄に比べ、硫黄・燐成分が少なく、耐蝕性、引性、鍛接性および切削性が優れている。

P－053

屋外金屬文化財の損傷診斷および技法研究

○鄭光龍、朴仙螢、金洋辰(韓国伝統文化学校)、菟大建(国立全州博物館)、李壽熙(Gyo-Nam Lab.)

1. はじめに

現在屋外金属文化財の腐食問題は出土文化財の保存と同様、新しい問題として浮上している。しかし、全国(韓国)に散在している屋外金属文化財の数量や位置、損傷の程度に対する資料がほとんど無い現状である。従って、屋外金属文化財を保存処理・研究するにあたって体系的に診断できる診断表と、その診断表に従って全国の屋外金属文化財を調査・診断する必要がある。特に屋外金属文化財の保存処理においては、まだ処理調査に対する体系が立てられてなく、標準化された損傷診断技法の必要性が提起されている。

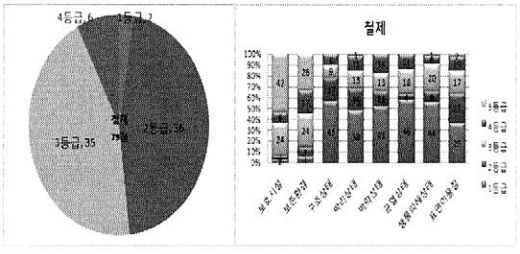
2. 研究方法

2.1 現況診断表の製作および全国(韓国)の屋外金属文化財の現場調査

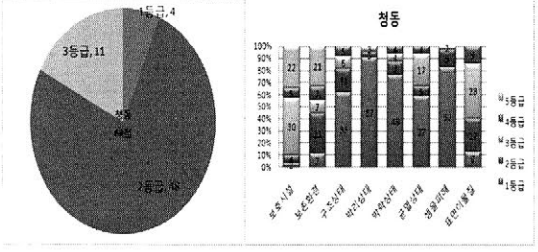
金属文化財を体系的に診断するため、遺物情報とサイト環境、遺物状態、保存対策で構成された現況診断表を製作、全国(韓国)の屋外金属文化財に対した目録化を実施し、全国の屋外金属文化財に対する現場調査を実施した。調査対象には指定文化財のうち、金属類を選別、そして非指定文化財としては、屋外に露出されている鉄碑とソウルの各古宮にあるドム(浅く平たい金属製甕、一般的に宮殿の火災防止のため設置)などを選定し、実施した。遺物の材質別数量は鉄製遺物 79 点、青銅遺物 63 点、延べ 142 点である。

2.2 屋外金属文化財の損傷診断技法の研究

基本的に文化財に損傷がない非破壊検査技法(超音波探傷検査，渦電流探傷検査，磁気探傷検査，液体探傷検査，赤外線探傷検査，超音波暑さ測定検査，3D スキャン検査，CR 検査)を適用した。適用は時間と予算上の問題で一部の特定遺物に限った。



〈鉄製遺物の等級現況と全体等級〉



〈青銅遺物の等級現況と全体等級〉

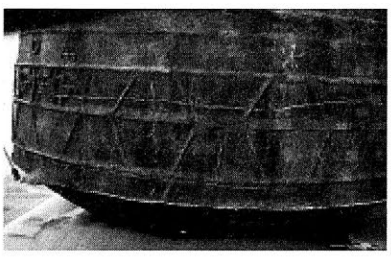
3. 研究結果

3.1 屋外金属文化財の現況調査の結果

全国(韓国)鉄製遺物 79 点、青銅遺物 63 点、延べ 142 点の屋外金属文化財に対する現場調査を実施し、現況診断表に分類された等級による結果を整理した。

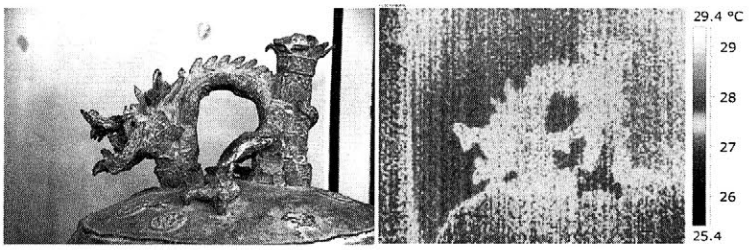
3.2 屋外金属文化財の損傷診断技法の研究

屋外金属文化財の損傷状態を診断するため、特定遺物に多様な機器を適用し、活用可能性を打診した。その結果、遺物表面の欠陥の診断には磁気探傷法と液体浸透探傷法、そして赤外線の放出量による劣化部位と復元部位を判断できる赤外線探傷検査が非破壊的な損傷診断に適合した。そして、既存の多くの文化財調査に使われた 3D スキャン技法と CR 撮影も並行実施し、文化財損傷診断に活用した。



〈磁気探傷検査〉

〈液体探傷検査〉



〈熱赤外線撮影〉

4. 結論および結論

本研究を通じて屋外金属文化財の現況診断表を製作した結果、効率的で正確な金属文化財の損傷診断技法が開発できた。また現場調査を通じて全国 142 点の屋外金属文化財に対する現状態をデータベース化した。これを基づき、各金属文化財の危険度等級を評価し、保存処理の有・無と保存処理を急ぐ遺物の保存時期の前・後を決める根拠を提示した。特に特定遺物を対象に幾つかの非破壊検査を行い、文化財の損傷診断に適合な検査方法を開発し、保存処理の計画を立てて、処理するにあって重要な資料として提供できるようにした。

P－054

中世の金精錬技術に関する科学調査について
― 国指定史跡勝沼氏館跡を中心に ―

○沓名貴彦*・鈴木稔**・谷口一夫***・萩原三雄**・室伏　徹****・村上　隆*****
*山梨県立博物館　**帝京大学山梨文化財研究所　***湯之奥金山博物館　****甲州市教育委員会　*****京都国立博物館

1.　はじめに

鉱山遺跡における精錬技術に関する科学的調査としては、島根県の石見銀山遺跡に関して銀精錬工程のフローチャートの作成や、銀精錬技術解明の報告が行われた例がある。

前回発表者らは、山梨県内の中世金山遺跡である黒川金山遺跡（甲州市）や、中山金山遺跡（身延町）から出土した熔融物付着土器の再調査について報告を行った。報告では、土器に付着した金粒の存在、及び周辺に鉛やビスマスといった特徴的な元素の存在を確認し、両金山で金の精錬が山元において行われていたことを提示した。

今回、金山とは離れた山梨の中世城郭遺跡である国指定史跡勝沼氏館跡において、一区画から出土した土器の中に、多くの金粒付着の熔融物付着土器を新たに確認したので報告する。

2.　国指定史跡勝沼氏館跡について

国指定史跡勝沼氏館跡は、甲州市勝沼町の河岸段丘上に位置する中世の城館跡である。

勝沼氏は、武田信虎の弟信友に始まる武田氏の親族衆であるが、子の信元が武田信玄に対し謀反を企てたため、1560 年に信玄により滅ぼされている。

勝沼氏館跡は、1973 年からの発掘調査により内郭部と外郭部から構成されていること、層位の序列から 3 期にわたり遺跡が成り立つことなどが解明された。また、生活に関する様々な遺物が出土しており、武田武将の当時の生活の様子が明らかとなっている。

今回調査を行った土器は、館の発展期に当たる第 2 期において、館の内郭部の一区画から大量に出土したものである。その区画は内郭部の東南隅に位置し、土間建物遺構とその周囲に巡らされた溝、その近くの水溜に当たる部分である。特に土器片は、水溜から大量に出土している。

この土間建物遺構には小鍛冶遺構や鉱滓なども見つかっているものの、外郭部にも鍛冶遺構が見つかっていることから、内郭部にある理由については不明のままであった。

3.　今回の再調査について

調査は、前回の報告と同様に出土土器に対して非破壊分析手法により実施した。

・　光学顕微鏡による観察

土器表面の金粒の有無について、光学顕微鏡を用いて詳細に観察を行った。

・　X 線透過撮影による元素の分布状態の確認

金粒付着土器に対し X 線透過撮影を行い、土器に付着している元素の分布状態を調査した。

・　蛍光 X 線分析（XRF）による元素分析

金粒付着土器の中で X 線透過撮影において特徴的な陰影があるものに対し、XRF を用いて元素分析を行った。

・　SEM-EDX による元素分析

土器の金粒周辺について、SEM-EDX のマッピング分析を用いて元素の分布状態を調査した。

4.　調査結果

内郭部水溜周辺から出土した土器全点のうち、35 点について顕微鏡観察により金粒が確認された。金粒は大きいもので直径約 0.5mm 程度、小さいものは数十μm 程度の大きさであった。

この土器に対して X 線透過撮影を行うと、特徴的な陰影は無く金粒の陰影しかないもの（図 1(a)）や、金粒以外に特徴的な陰影が確認されたもの（図 1(b)）など、土器による差が判明した。

そこで、金粒とその周辺について XRF を用いて元素分析を行ったところ、図 1(b)の土器では金・銀・ビスマス等が特徴的に検出された。一方、図 1(a)では、金・銀・銅が検出された。

そして、SEM-EDX を用いてマッピング分析を行ったところ、図 2(a),(b)の画像が得られた。

これらのデータから、金粒周辺に非常多くビスマスの付着が見られるものや、ほとんど金のみであるものなど、金粒やその周辺に付着した元素が土器片によって差が見られることも判明した。

5. まとめ

今回、勝沼氏館跡出土土器への科学調査の結果、中世城館の中心部分において金の精錬が行われていたことが示された。

前回、黒川金山出土の土器にビスマスが特徴的に付着していることを報告したが、勝沼氏館跡出土土器にもビスマスが付着しているものがあること、黒川金山から勝沼氏館跡へ通じる道の伝承が地元にあることから、黒川金山の金が勝沼氏館跡に運ばれ精錬が行われたと考えられる。

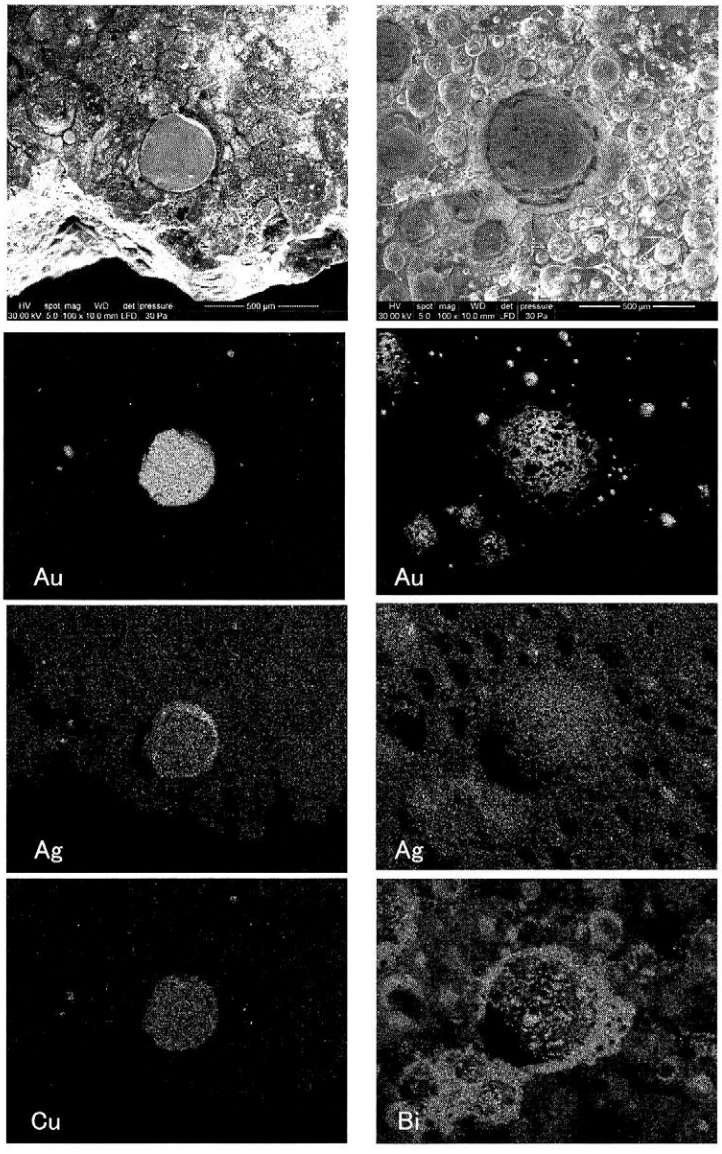
今後は、この土器に付着した元素のより詳細な分析や、灰吹法使用の有無の検討など、更なる調査を行う必要がある。

参考文献
沓名、鈴木、谷口、萩原、村上：「中世の金精錬技術に関する科学調査について —甲斐金山遺跡を中心に—」日本文化財科学会第25回大会発表要旨集、p98-99、2008

(a)特徴的な陰影が見られない土器

(b)特徴的な陰影が見られた土器

図1. 金粒付着土器のエックス線透過像



(a)特徴的な陰影が見られない土器　(b)特徴的な陰影が見られた土器

図2. 金粒周辺のSEM-EDX像

P－055

砥部焼に使用された染付顔料の研究

—幕末から明治の広島城国保会館地点出土磁器と砥部出土磁器の材質分析—

○原　祐一(東京大学埋蔵文化財調査室)，小泉　好延(武蔵野文化財修復研究所)
川田　秀治(株式会社島田組)，中野　忠一郎（東京大学タンデム加速器研究施設）

1. 広島城跡国保会館地点 SV2 溝状遺構出土資料と砥部窯跡表採資料

広島城跡国保会館地点 SV2 溝状遺構出土砥部系染付磁器 10 点，砥部窯跡表採資料 6 点の染付顔料，釉薬，素地の PIXE 分析を行った。SV2 は武家屋敷の溝で，出土磁器のほとんどが砥部系磁器で製造年代は幕末から明治時代と推定される。明治 8 年（1875），調査地点周辺に陸軍の「練兵場」が設置されたことと遺物の製造年代から，SV2 は江戸時代から明治時代まで使用された遺構と推定されている。砥部窯跡表採資料は，上原窯・越智窯（愛媛県伊予郡砥部町），久谷窯（松山市）の資料で，広島城跡出土磁器と同一器種，同一文様の資料を抽出した。

2. 分析方法と試料の前処理

分析方法は，荷電粒子励起 X 線分析 Particle Induced X-ray Emission （PIXE 分析法）を用いた。本分析では加速器による照射エネルギーと粒子が 3MeV のプロトン，照射ビーム径は 2.0 ㎜，照射電流値は 0.5～1 ナノアンペア(nA)，照射電荷量 200～1000 ナノクーロン(nC)である。X 線検出器は高純度 Si 半導体検出器と CZT 半導体検出器を同時に使用し，特性 X 線のエネルギースペクトル（PIXE スペクトル）解析から各成分の同定を行った。標準試料は NBS-611, 621, 1411 などを用いた。試料の前処理は，染付部分を含む 10mm×15mm サイズを採取し各試料片は素地，釉薬，染付絵具の分析のため，染付の無い部分の釉薬を完全に剥離した。

3. 分析結果

染付磁器は素地と釉薬，絵具の呉須が焼成によって溶融したもののため染付部の分析値は絵具と釉薬と素地が混入した相対濃度である。なお，釉薬に影響を少なくするため染付部の表面釉薬を薄く研磨した部分と釉薬を全く研磨しない場合の両方の分析も行った。広島城跡出土碗（試料 1・2・3）と上原窯，越智窯，久谷窯の碗の染付部は，MnO（マンガン酸化物），Fe_2O_3（鉄酸化物），CoO（コバルト酸化物）の濃度比較では，いずれも素地や釉薬に比べて MnO 濃度が高い。CoO 濃度は広島城跡出土碗（試料 4）がやや高い値を示したが，それ以外の試料では CoO 濃度が MnO 濃度の 3～8 パーセントである。したがって，染付絵具の呉須はコバルトを少量含むマンガン鉱物系が使われていると考えられる。一方，広島城跡出土皿（試料 8）と越智窯表採皿（試料 7）の染付部は MnO，Fe_2O_3，CoO の濃度比較で，いずれも MnO 濃度が低く，CoO 濃度が極めて高い。CoO/ Fe_2O_3 比は碗が 0.05～0.21 に対し皿では 0.74～1.0 となった。また，皿染付部の MnO 濃度は釉薬や素地に含まれる値に近い。これらに結果から皿の染付に用いられた呉須はマンガン鉱物系ではなく，MnO 濃度の低いコバルト鉱物系かあるいは精製されたコバルトが用いられたと考えられる。なお，極めて微量であるが CoO 濃度の 10%前後の NiO が検出された試料と微量の As（砒素）が検出された試料もある。

まとめ

分析試料には染付絵具である呉須にマンガン，鉄に少量のコバルトを含むマンガン鉱物系が使用されている。広島城跡出土皿と越智窯出土皿はいずれもコバルト濃度が高く，鉄，コバルトを主成分とするコバルト鉱物系，あるいは精製されたコバルトが用いられたと考えられる。素地，釉薬では広島城跡，窯出土試料の成分組成に大きな差異が無く，染付絵具の呉須も碗にマンガン鉱物系，さらに皿にはコバルト鉱物系あるいは精製コバルトが用いられていることから，広島城跡出土の染付磁器はこれらの窯で製作された可能性が高いと考えられる。分析試料は砥部焼編年「第二期」から「第三期」の磁器で、「第三期」の明治 7･8 年（1874・1975）頃より，西洋コバルトが導入され西日本各地に販売されたとされ精製されたコバルトがもたらされたことが明らかであるが，皿の製造年代が精製されたコバルトの導入以前か以降かが明確で

ないことから今後，染付皿の製作年代が明治初期以前であることが確定されれば染付にコバルト鉱物系が用いられことが明らかとなろう。

謝辞
遺物の抽出にあたり、山田邦男氏、石岡ひとみ氏、福原茂樹氏にお世話になりました。

参考文献
砥部町教育委員会編 1969『砥部焼の歴史』砥部焼歴史研究会発行
小泉好延，原祐一，石原道知 2007「広島城跡国保会館地点，上原窯・越智窯（砥部町），久谷窯（松山市）出土磁器の PIXE 分析」広島市文化財団編『広島城国保会館地点』

図1 広島城跡国保会館地点

図2 砥部窯跡

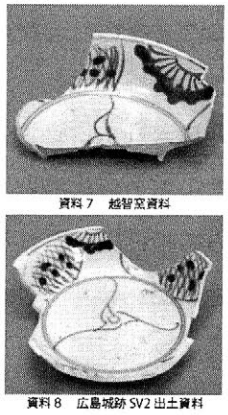
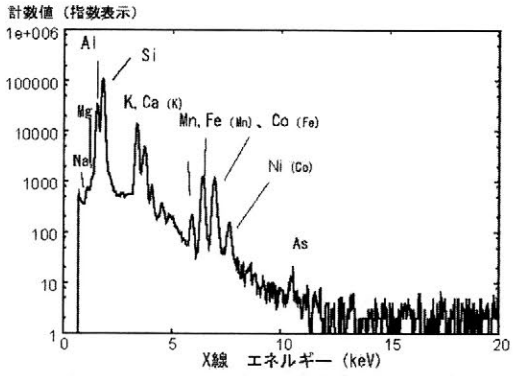
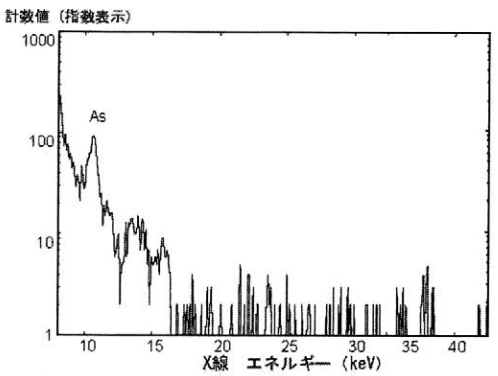


図3 分析資料



越智窯皿（試料7）染付部（釉薬研磨）Si検出器



越智窯皿（試料7）染付部（釉薬研磨）CZT検出器

図4 越智窯皿(試料 7)PIXE スペクトル

表1 広島城跡出土磁器と砥部焼磁器の染付部分の分析結果(定性分析(相対値))

試料名	試料番号	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	CoO	NiO	MnO/Fe_2O_3	CoO/Fe_2O_3	CoO/MnO
広島城跡 碗1	2	1.4	1.0	13.9	69.0	5.0	8.3	0.05	0.94	0.53	0.03	n.d	1.8	0.05	0.03
広島城跡 碗2	4	0.8	1.1	14.3	58.9	5.1	12.2	0.13	5.08	1.91	0.39	0.04	2.7	0.21	0.08
広島城跡 碗3	6	1.3	0.8	14.8	63.6	5.4	3.3	0.34	6.60	3.46	0.41	0.01	1.9	0.12	0.06
広島城跡 皿	8	1.1	0.6	18.9	67.6	4.6	5.7	0.14	0.16	0.58	0.59	n.d	0.3	1.00	3.69
広島城跡 碗4-1	10	0.8	0.9	13.1	67.8	4.2	10.3	0.09	1.61	0.75	0.30	0.02	2.2	0.40	0.19
広島城跡 碗4-2	10	1.2	1.1	13.5	67.3	4.2	9.7	0.11	1.73	0.82	0.41	0.04	2.1	0.50	0.24
上原窯 碗1	1	1.2	0.9	15.3	67.4	4.4	7.5	0.19	2.03	0.89	0.13	n.d	2.3	0.15	0.06
上原窯 碗2	3	1.6	0.8	15.0	69.8	5.5	4.3	0.05	1.88	1.04	0.15	n.d	1.8	0.15	0.08
越智窯 碗3	5	1.0	1.3	14.0	64.0	4.8	10.1	0.12	3.21	1.24	0.23	n.d	2.6	0.19	0.07
越智窯 皿-1	7	0.5	0.4	19.8	69.3	5.8	1.6	0.09	0.15	1.26	0.93	n.d	0.1	0.74	6.42
越智窯 皿-2	7	0.8	0.8	19.8	68.7	5.6	1.7	0.16	0.14	1.26	0.98	0.01	0.1	0.77	7.07
久谷窯 碗4	9	0.6	1.2	15.4	59.4	5.0	6.7	0.20	8.21	2.88	0.39	0.07	2.9	0.14	0.05

P－056

初期京焼の材質・技法に関する基礎的調査

○ 北野信彦・吉田直人（東京文化財研究所）
永田信一・原山充志（京都市考古資料館）

1、調査目的

近年の京都市中の発掘調査では、「初期京焼」と呼称される軟質施釉陶器の生産の状況がよくわかる資料群が一括で検出されるようになってきた。この初期京焼とは、16世紀末～17世紀前期ころの桃山文化期に京都市中で作られた鉛ガラス系の低火度釉（鉛釉）が施釉された茶陶とのことをさし、後の野々村仁清や尾形乾山、さらには今日の清水焼などにもつながる京焼の系譜の起源とされる。しかし、同時期に出現する瀬戸・美濃系の織部・志野などの「桃山茶陶」と呼称される施釉陶器群や輸入陶磁である華南三彩陶器、さらには京焼の完成とされる仁清窯や乾山窯の色絵陶器などとの技術的・文化的な関連性については、これまで近世陶芸史の分野からの指摘はなされるものの、詳細については不明な点が多い。

今回、洛中や伏見城下関連遺跡から出土した軟質および硬質の施釉陶器やその未製品の材質・技法に関する文化財科学的な調査を行なったので、その結果を報告する。

2、調査対象試料

・中之町・弁慶石町・伏見城下出土の軟質施釉陶器：「華南三彩風」および「織部風」
・同上出土の中国福建省産の「華南三彩」および美濃元屋敷窯産「織部」
・同上出土の釉薬が付着した内窯のサヤ鉢破片
・御池通柳馬場東入ル八幡町出土の色絵陶器未製品の破片
・仁和寺境内遺跡出土の仁清窯産の硬質施釉陶
・京都御所内公家町跡出土の乾山窯産の軟質および硬質施釉陶器

3、調査方法

・可搬および設置型蛍光X線分析による釉薬などの構成無機元素の定性分析
・金属顕微鏡やマイクロスコープによる施釉状況の拡大観察

4、調査結果

(1) 1620年ころの輸入陶磁である「華南三彩」、初期京焼と考えられる軟質施釉の茶陶や「華南三彩写し」の皿、さらには窯道具破片に付着した釉薬の無機元素を調査した結果、いずれも鉛と長石をまぜてつくる鉛釉であった。そして、釉薬の褐色は鉄(Fe)、緑色は銅(Cu)、黒色は鉄(Fe)のみか鉄と銅の両方(Fe+Cu)が着色材料として使用されていた。なかでも、釉薬が付着した内窯のサヤ鉢破片の存在は、京都の町中では屋敷内の小規模な内窯のなかで燃料である薪の灰が降りかかるのを防ぐためのサヤ鉢に入れて赤絵、色絵付け、楽茶碗などを焼いていたとする内容を「物的証拠」として裏づける資料といえる。

(2)初期京焼には美濃元屋敷窯産の織部とよく似た形と意匠をもつ「織部風」のもある。両者の釉

薬の着色材料は同じであるが、前者は鉛釉、後者は灰釉もしくは長石釉で異なっていた。施釉状態も、後者は高温焼成のためか釉薬のガラス質のなかに沸いた気泡が多数見られ、「鳴海織部風」の茶陶などでは製作技法自体も明らかに異なっていた(図 1,2,3)。

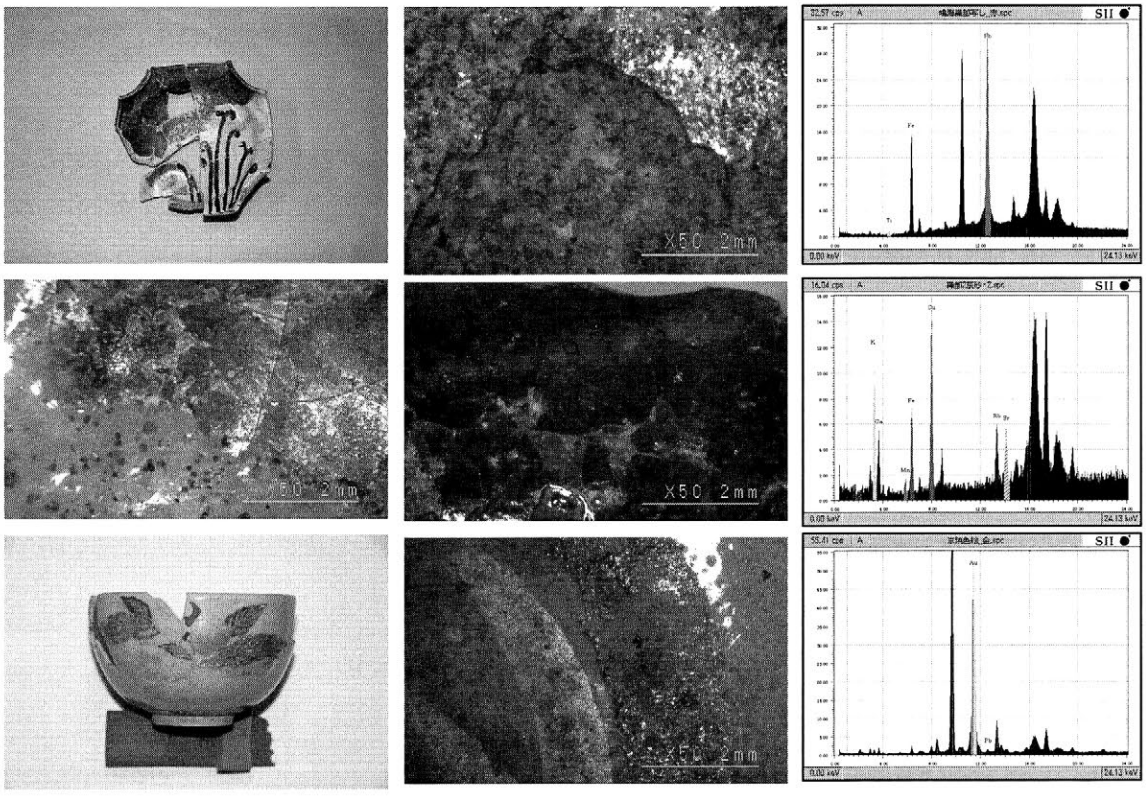
(3) 初期京焼や美濃産の桃山茶陶には、透明（白）釉、緑釉、褐色釉のほか赤色釉がみられるものがある。これらはいずれも辰砂釉であったが、緑釉と同じ図柄のなかで描き分けられており、釉薬の状態も酸化状態と還元状態で焼き分けた形跡はなかった（図 4,5,6）。

(4) 御池通柳馬場東入ル八幡町からは、1650 年代ころの硬質施釉陶器である薄手茶碗の未製品も出土した。これらは長石釉であり、薄手茶碗の未製品の中には、ベンガラの赤色絵、緑青の緑色絵、呉須の濃紺色絵などが上絵付けされた金彩色絵碗が含まれていた（図 7,8,9)。この結果から少なくとも 1650 年代ころには色絵京焼の伝統技術が確立したものと考えられる。

(5) 仁清窯産や乾山窯産の出土陶器片についても調査した結果、その後の京焼に繋がるサビ色絵や呉須染付けの灰釉もしくは長石釉の硬質施釉陶器が多かった。これは今日の京焼の伝統技術につながるものである。そのなかで、乾山銘出土色絵角皿は、軟質施釉陶器に彩下白泥掛けしてキャンパス地とし、絵柄を描いたうえで透明鉛釉を薄く上掛けする初期京焼の伝統技法が採用されていた。

本発表は、平成 21 年度の東京文化財研究所　保存修復科学センターと京都市埋蔵文化財研究所との間で取り交わされた共同研究『京都市内出土資料の文化財科学的な調査研究』（研究代表者：北野信彦）の成果の一部を含む。

図 1：織部写しともいえる初期京焼、　図 2：鳴海織部風初期京焼の施釉状態、　図 3：同左の釉下彩の元素
図 4：初期京焼の緑釉の状態　図 5：美濃焼の緑釉と辰砂釉　図 6：同左の辰砂釉の元素
図 7：金彩色絵の硬質施釉陶器　図 8：金彩とベンガラ色絵の拡大　図 9：同左の金彩の元素



P－057

柿右衛門様式の人形に対する制作技法の調査

藤原友子(九州陶磁文化館), ○鳥越俊行・今津節生(九州国立博物館)

1．はじめに

佐賀県立九州陶磁文化館(佐賀県有田町)では、所蔵する柿右衛門様式の色絵子犬置物や色絵婦人像などについて、九州国立博物館と共同でX線CTスキャナを用いた制作技法の調査を行った。その結果、空気抜きや傷隠し、接合などの制作技法について明らかとなったことから報告を行う。

2．調査資料と調査方法

調査した資料は、九州陶磁文化館が所蔵する柿右衛門様式の色絵子犬置物(肥前・有田窯、1670～1710年代)と色絵婦人像(肥前・有田窯、1670～1690年代)である。

測定は、九州国立博物館のX線CTスキャナ(独 YXLON INTERNATIONAL 社製 Y.CT Modular 320 FPD)を用い、管電圧 320kV、管電流 2.0mA、測定時間約6分の条件で実施した。得られたデータは Volume Graphics 社製 VGStudioMAX 2.0 の 64bit 版を用い、約 0.3mm の精度で解析した。

3．調査結果

色絵子犬置物は、左耳の部分に空気抜きの穴のあることが確認された。また、頭部と胴体、足などの接合方法や尻尾の作り方などが判明した。さらに、背中の色絵の下に焼成時に生じた割れが存在することも明らかとなった。

色絵婦人像の調査では、頭部の髷部分が二重構造となっており、内部のほうに空気が抜けるよう穴があけられていることが明らかとなった。また、首部や肩部は頭部を支えるために厚めに作られているが胴部から足部にかけては意外にも薄めに作られていたことが判明した。

4．まとめ

磁器の人形類のなかでも、上質な工芸品として評価の高い柿右衛門様式の置物は発掘による出土がきわめて稀である。完形品を非破壊調査法であるX線CTで調査することにより、婦人像では破片資料を観察するような成果が得られた。また、色絵子犬置物は背中のひび割れを隠すために色絵がほどこされていることが明らかとなった。当時の制作技術や年代による技法の変遷を明らかにするためにも、このような調査を継続することが重要であろう。

なお、九州陶磁文化館では、これらの調査結果をもとに 2008 年夏に「やきもののかたち　人と動物」という企画展を行い、好評を博した。

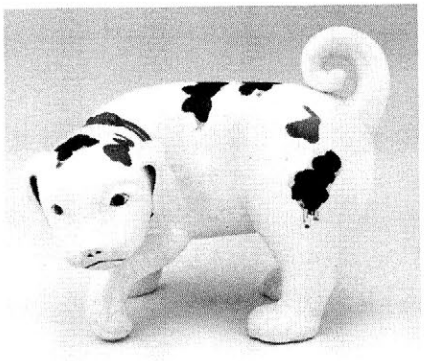


図１　子犬置物の外観
（佐賀県立九州陶磁文化館所蔵）

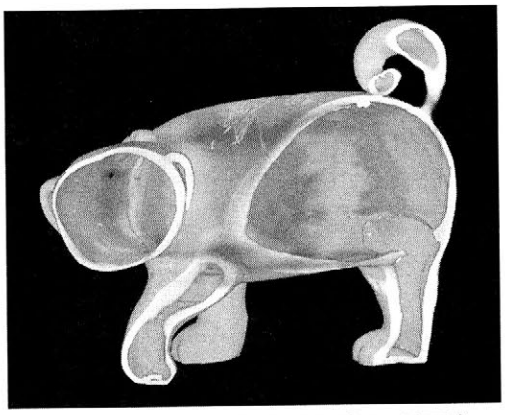


図２－１　正面からの三次元断面像

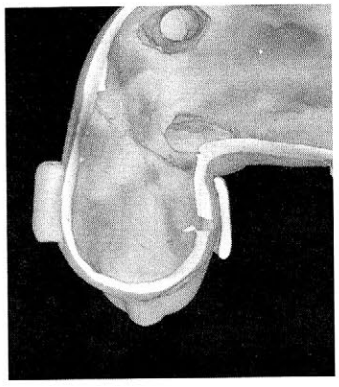


図２－２　頭部の三次元断面像

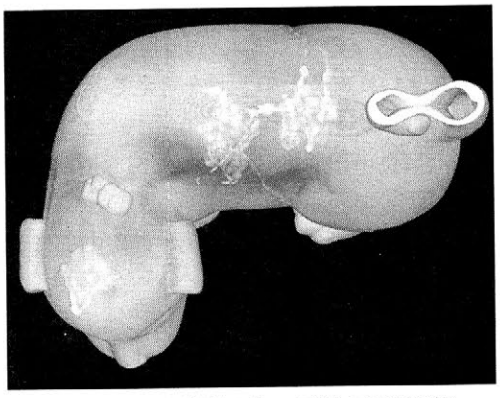


図２－３　尻尾部分の三次元断面像

図３　色絵婦人像の外観
(佐賀県立九州陶磁文化館所蔵)

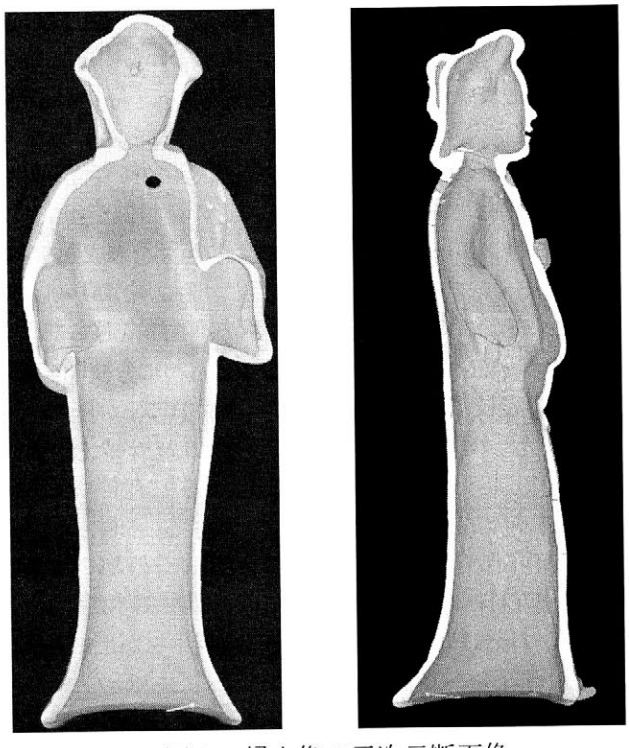


図４　婦人像の三次元断面像

なお、本研究の一部は科学研究費基盤研究(C)にて実施した。

P－058

木取りと節から見た木質遺物

○福田さよ子（大阪市立大学理学研究科・奈良県立橿原考古学研究所），青柳泰介（奈良県立橿原考古学研究所），鈴木裕明（奈良県立橿原考古学研究所）

樹木は枝を伸ばして葉を茂らせ、根から吸収したミネラルや葉で合成・生産された栄養分を使って成長し、生活している。成長に必要な養分を光合成によって得るために盛んに分枝し、より多くの光を求めて葉の数を増やす。基本的には、かなり未熟な成長時期を除いて、枝を持たない樹木はない。

樹木を伐採し用材とした際、この枝の痕跡は大小さまざまな形状で木材の中から顔をのぞかせる。これが「節」といわれるものである。当然、発掘調査で出土する木質遺物にも、節が認められるものが多く存在するし、場合によっては木材から分離した節が単体で出土することもある。

ここでは、考古学の中で従来あまり重要視されてこなかった節の存在を取り上げ、主に針葉樹材を中心として、用材の使われ方やその背景を考えてみる。

扱う主な資料は、1966年におこなわれた三宅町所在の石見遺跡第2次調査、および2004年～2006年に調査された奈良市田原地区所在の矢田原遺跡と日笠花刈遺跡で出土した遺物である。

＜木材と節＞

樹木の幹が太くなるに伴って、枝が幹の内部に巻き込まれたものを節という。節には大きく分けて生節と死節があり、前者は枝がまだ生きているときに巻き込まれ、後者は枯れた枝が巻き込まれたものである。生節の組織は幹の組織とつながりがあるが、死節では樹皮を形成しているものがあるなど周囲の組織とはつながっていないため、製材するとしばしば抜け落ちて節穴になったりする。

製材された木材の板目の面では節の断面は円形を呈し、柾目の面では円錐形に現れる。

樹木は上方に向かって伸張生長しながら、幹周りを大きく肥大成長させる。樹皮のすぐ内側に形成層があり、ここで細胞分裂を繰り返すことによって、おおまかには幹の内側にむかって新しい木部の細胞を作っていくため（外側にできてゆく細胞は、師部すなわち樹皮になる）、樹心に近いところのほうが樹皮に近いところよりも組織が古い。円錐形のカップを逆さにして、毎年かぶせていくようなイメージである。すなわち、根元に近く且つ樹心に近いところが最も早くからできた古い部分である。

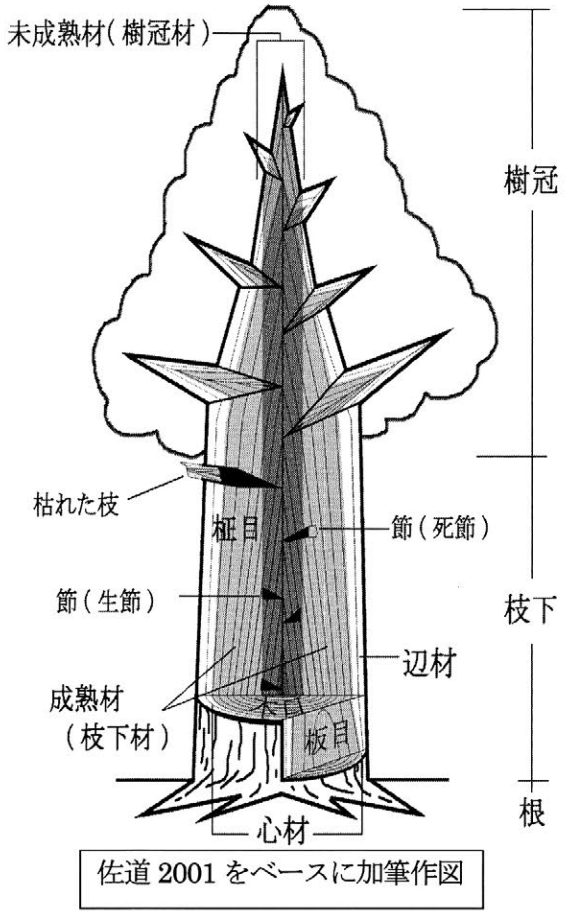
樹木がある程度以上の太さになると、樹心に近い古い部分から順次心材化してゆき、水分の通導や養分の蓄積などの生理的役割は、外周部付近の辺材部が担うようになる。

樹心部に近い10～15年輪くらいまでの範囲を未成熟材といい、樹木の形成層が未成熟なときにできた部分を指す。一方、ある程度樹木が生長し、形成層が成熟してからできた部分を成熟材と呼ぶ。また、樹木は外観的に、枝がついて葉の茂った樹冠部（上部）と枝のあまりついていない枝下部（下部）に分けられる。幼い樹木では陽光をより多く取り入れようと、盛んに分枝して葉を茂らせるが、成長に伴い樹冠部に葉が茂ってくると下の方の枝にはあまり光が届かず、次第に下から上へと枝が枯れて落枝する。樹冠部の枝は基本的には生きているものばかりであるが、枝下部では枯れた枝が肥大成長する幹の中に巻き込まれてゆき、材にしたときに節として現れる。丸太を縦割りにすると、生節はより樹心側に死節はその外側に存在し、その境界部分が未成熟材と成熟材のそれとほぼ一致する。木材学や林学・木材組織など木材を扱う方々の間では、生節が残る材の部分は「樹冠部の中で作られた材」という意味から『樹冠材』、死節が存在するようなところは『枝下材』と呼称されている。枝下材はある程度樹木が生長し形成層の機能が安定した後に作られた部分で、木材としては最も利用価値が高い。また、枝下材が形成されるときには樹冠部は樹木の上方に展開しているので、枝下部では分枝して新たに節を作ることもほとんどない。

上記のことは主に林学や木材学の研究者の視点であるが、いずれも植林による木材の研究からの視点が主になっているようで、天然林から産する材はもう少し複雑な様相を呈するということである。

＜木取りについて＞

木取りという言葉は本来木材を分割する際に使われるもので、広辞苑には「大型の材木をひいて用材



佐道 2001 をベースに加筆作図

に適した形に切ること。疎取（アラドリ）。疎木取り。」とされている。厳密に言えば、製材された材や作られた器物（木製品）に対して使う言葉ではないのかもしれないが、木材を扱う人の中でも板材や角材を「柾目材」「板目材」などと表現することから、ここでは出土木製品の用材方向を「柾目」「板目」などの言葉で表現する。木材の主な3断面の名称と位置は、図に示しておく。

＜遺物の観察＞

矢田原遺跡の調査では、古墳時代初頭～前期と中世を中心とした川跡それぞれから、大量の木の節部分が出土した。これらは多くの樹皮や加工屑（木材チップ）を伴うが、製品（木器）や未成品（完成していない木器や失敗作など）がほとんど見られないところから、木器の生産加工の場ではなく木材の解体や製材をおこなった場所と考えられている（青柳 2009a･b）。

ここから出土した針葉樹の節には、材から抜け落ちた死節以外に本体樹の木部をつけたままで引き剥がされたような形状の生節が認められる。これらの多くには年輪幅の広い木部が付随し、本体の樹木がかなり大径であったことが想像できる。また、節の径が 15cm・長さが 30cm を越える死節もあり、これらを包含する樹冠材の周囲に形成された枝下材の大きさは、1m は優に越える直径を持つものと考えられる。このように、出土した大量の節から元の材を推定し、その遺跡の背後に存在する森林の様子を推し量ることも可能ではないだろうか。

一方、6世紀前半～中葉に属する石見遺跡から出土した笠形木製品14点と鳥形木製品4点について、年輪の走行方向や節の位置などを観察・検討した結果、材料となる丸太材の直径はおおよそ 50～60 cmを前後する範囲にまとまり、その限られた原材を可能な限り有効に使用する木取りが認められた。これらの遺物はすべてコウヤマキを使用しており、奈良盆地における当該期の古墳で使用したコウヤマキは、他の例と比較してそれ以前に存在したような大径木の確保が困難になりつつあった状況を推測している(鈴木他 2009)。石見遺跡出土のこれらの木製樹物は、一部に死節が存在するような未成熟材の部分まで使用して作られていることが認められる。

<主な参考文献>

青柳泰介 2009 年 a「和田ワタナ遺跡・矢田原遺跡」奈良県文化財調査報告書 第 132 集

青柳泰介 2009 年 b「日笠花刈遺跡」奈良県文化財調査報告書 第 133 集

岡林孝作 他 2009 年「古墳時代におけるコウヤマキ材の利用実態に関する総合的研究」

黒田慶子 1999 年『2.2 樹木の構造と機能』「樹木医学」朝倉書店 57-82

佐道健 2001 年「木がわかる－知っておきたい木材の知識－」学芸出版社

島地謙 他 1976 年「木材の組織」森北出版

島地謙 他 1982 年「図説木材組織」地球社

鈴木裕明 他 2009 年『Ⅱ 石見遺跡出土木製樹物の観察と樹種同定』「古墳時代におけるコウヤマキ材の利用実態に関する総合的研究」奈良県立橿原考古学研究所 45-72

深澤和三 1997 年「樹体の解剖－しくみから働きを探る－」海青社 他

P－059

新疆ウイグル自治区にあるニヤ遺跡から出土した木材の材質検討

○水野寿弥子（京都大学生存圏研究所），杉山淳司（京都大学生存圏研究所）

１，はじめに

貴重な木質文化財の材質計測では、非破壊性が重要である。これまで、木質文化財の計測においては、主にFT-IRやラマン法などが用いられてきたが、近赤外分光法（NIR）はさらに多成分が簡便に計測できる性質があるとされている。新疆ウイグル自治区にあるシルクロード上のニヤ遺跡から発掘された木質文化財の多くは、胡楊と識別された。約2000年もの間、強烈な乾燥や紫外線や熱などにさらされてきた。これらの胡楊は、表面が白く変化しており、非常に軽くなっていた。一方で内部は茶色く木材の色を呈していた。2000年もの間砂漠の環境に置かれた木材がどのように劣化しているのかという研究報告はほとんどない。本研究では、砂漠出土材について、NIRによる材質検討を行った。その結果、主にリグニンやセルロースといった木材構成成分の変化を追うことができた。

２，　遺跡・遺物の紹介

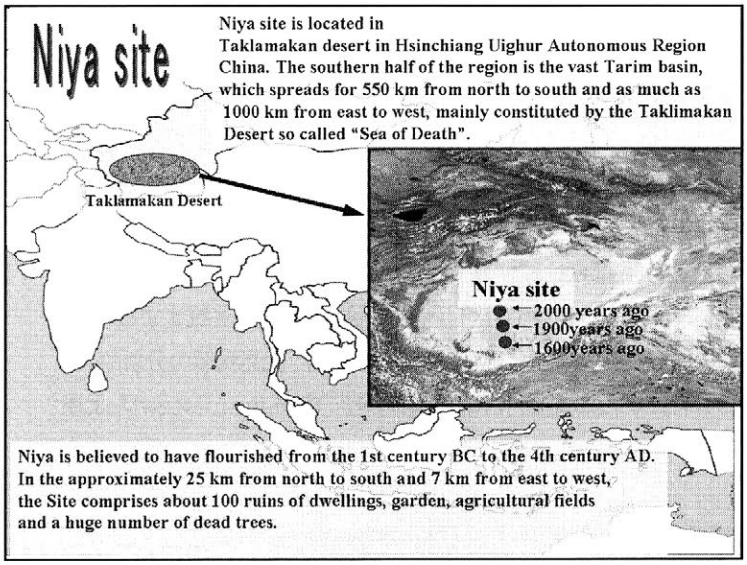
ニヤ遺跡（尼雅遺跡）とは、中国新疆ウイグル自治区のタリム盆地に広がるタクラマカン砂漠にある古代都市遺跡で、シルクロードの西域南道上に位置し東西交通の要所として繁栄したとされている。西域南道の沿線に多数の遺跡が点在するがニヤ遺跡もその中の 1 つである。ニヤ遺跡は中国新疆ウイグル自治区和田（ホータン）地区民豊(ミンフォン)県にあり民豊から北に 100 キロのタクラマカン砂漠南縁のほぼ中央に位置している。遺跡はニヤ河に沿って南北に長く広がっている。このニヤ遺跡は崑崙山脈から流出するニヤ河（南から北へ）の末端にあって、南北 25ｋｍ、東西約 7ｋｍにわたって散在する集落址であり仏塔を中心にして 70 の住居址、多くの墓地や家畜小屋、窯跡、果樹園、畑、橋、枯渇した河床や多くの枯死樹林がほぼそのまま遺存している。

遺跡はニヤ河の堆積粘土上に立地している。現在は、所々台地状に残ったところに住居の柱が林立しておりあたかも独立している住居が点在しているように見える。ニヤ遺跡の胡楊は、砂漠の地表に露出していたが、かつては一部、砂漠の砂に埋もれていた可能性がある。2000年間に渡って激しい乾燥や激しい温度差、激しい風、紫外線にさらされていたために胡楊の表面は白くなっており、繊維方向に激しいひび割れが起こっていた。また胡楊の内部と外部を肉眼で観察して比較すると、表面は白くなっていた一方、内部は茶色であった。これらの胡楊の白くなっている表面をSEM（走査電子顕微鏡）で観察すると、崩壊してぼろぼろになっている様子が見られた。

３　材質の検討

貴重な木質文化財の材質計測では、非破壊性などの要求度が高い。これまで、木質文化財の計測では、主にFT-IRやラマン法などが用いられてきたが、近赤外分光法はさらに簡便に多成分が計測できるといった性質がある。シルクロードのニヤ遺跡から発掘された木質文化財の多くは、胡楊と識別された。約2000年もの間、強烈な乾燥や紫外線や熱などにさらされてきた。これらの胡楊は表面のみが白く変化しており、非常に軽くなっていた。一方で内部は茶色く木材の色を呈していた。2000年もの間砂漠の環境に置かれた木材の劣化についての研究報告はほとんどない。本研究では放射性

炭素を用いて年代がわかったサンプルを用いて、木材内部と外部での木質の変化、年代ごとの変化を検討した。NIR では、木質材料の主な構成成分であるセルロース・ヘミセルロース・リグニンが同時に観測できる。1400－1600nm の波長帯では、セルロース水酸基の伸縮振動による吸収が、結晶領域・半結晶領域・非晶領域ごとに見られる。1670nm 近傍では、リグニン芳香核、1710、2330nm ではヘミセルロース、2380nm 近傍では材中の多糖類の吸収が見られるとされている。これらの結果と、総合的な実験結果などから、ニヤ遺跡の胡楊の材質について、報告する。



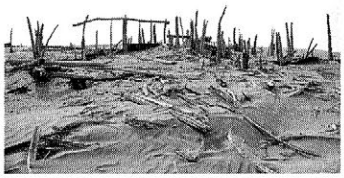


図１　ニヤ遺跡

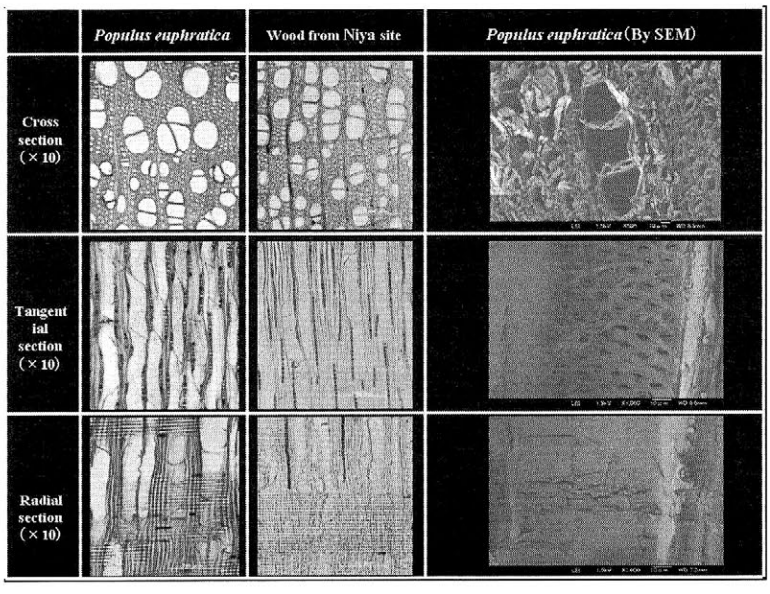


図２　ニヤ遺跡の胡楊の顕微鏡写真（中央）と SEM 写真（右）
（上から木口面、板目面、柾目面）

謝辞　この研究を遂行するにあたりまして、多大なご協力をいただきました伊東隆夫京都大学名誉教授、および、日中共同ニヤ遺跡学術調査隊に心から感謝いたします。

P－060

擦文時代竪穴住居址の柱材からみた上屋構築方法

-札幌市 K113 遺跡発見例を中心として-

○守屋豊人(北海道大学埋蔵文化財調査室)、佐野雄三(北海道大学大学院農学研究院)、小針大志(札幌市埋蔵文化財センター)

【はじめに】

本発表の目的は、竪穴住居の上屋構築方法の内、主柱材がどのように準備、設置されたかを考察することである。擦文時代における竪穴住居の上屋構築方法では、竪穴住居址の主柱穴の配置によって上部の構造が推定される際に、木材の組み合わせ方が取り上げられる。この場合、主柱に使われた木材の形態、主柱材の加工方法、主柱材に利用された樹種の把握などといった、主柱材を準備した様子は推測されるだけである。これは、擦文時代竪穴住居址の主柱材が良好な保存状態で発見されることがほとんどなかったからである。

最近の北海道における発掘調査では、低地で発見された竪穴住居址の主柱穴に柱材が良好な保存状態で発見された例が報告され、竪穴住居址に残っていた主柱材が注目され始めている。竪穴住居の上屋構造を推定する際に重要と考えられる、四箇所の主柱穴に各々の主柱材が発見された竪穴住居址例をとりあげ、発見状態の分析や、表面加工方法の分析や、樹種同定及び柱材に残存していた形成層付近の顕微鏡観察の結果からとらえられた上屋構築方法の一端を示す。

【資料】

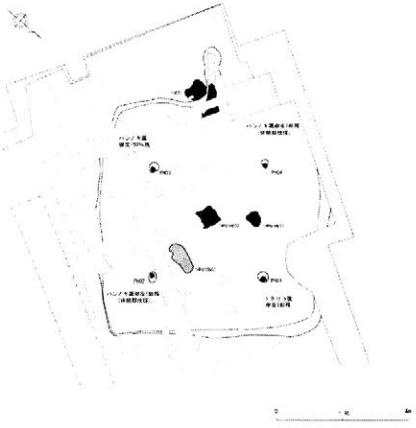
主な資料としては、札幌市 K113 遺跡の竪穴住居址(HP1)に発見された主柱材4本(PH01 から PH04)を取り上げる(小針 2009)。札幌扇状地の末端に立地した K113 遺跡の HP1 は、竪穴規模が約 7m×6.4m の四角形で、南西の一辺にカマドがあり、竪穴の中心に屋内炉址が残されていた。竪穴住居址の床面には、屋内炉址を四角形に取り囲む主柱穴4箇所が存在し、各々の主柱穴の深部(床面から約 80cm の深さ)に主柱材が良好な保存状態で発見された。K113 遺跡 HP1 は、年代測定や出土した擦文土器片の特徴から擦文時代後期に位置づけられる。

【結果と考察】

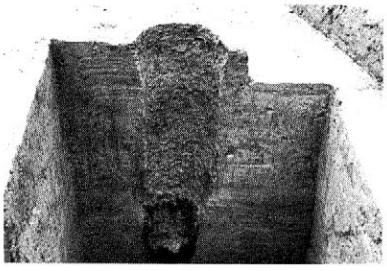
擦文時代後期の竪穴住居(K113 遺跡 HP1)を建てるために重要である、主柱材(PH01～PH04)の準備方法や設置方法の一部が明らかになった。発見状態の分析では、主柱材の直径とほぼ同じ直径の柱穴を掘り、各々の主柱材が設置されていることがわかった。各主柱材の表面加工には、すべての樹皮を残したままの無加工(一本)と、柱の表面を断面多角形状に横斧で整えた 9 割加工(全体の約 10%に樹皮が残された三本)とが存在した。樹種同定では、PH01 で発見された主柱材がトネリコ属、PH02～PH04 の三本がハンノキ属であった。樹皮が約 10%残存していた二本(PH02 と PH04)の形成層周辺の観察から、PH02 と PH04 は休眠期(およそ 10 月～3月の期間)に伐採されたと推定する。

主柱材の設置方法は、札幌扇状地の末端に位置する札幌市 C504 遺跡第1号竪穴住居址(擦文時代前期)や低地に位置する札幌市 H519 遺跡第 16 号竪穴住居址(擦文時代中期)で同様な状態であった(石井 2006、柏木 2005)。また、利用樹木は、C504 遺跡第1号竪穴住居址では、四本の主柱材にトネリコ属が利用され、H519 遺跡第 16 号竪穴住居址で発見された四本の主柱材の内、樹種同定が可能であった一本がヤナギ属であった。K113 遺跡 HP1 の状況と合わせると、水辺に位置する遺跡の周辺に生育していた落葉広葉樹が主柱材に利用されたようである。主柱材に利用された樹木の伐採時期は、竪穴住居を構築する時期を考える上で重要であるが、分析例が少なく、同様な分析をおこなっていくことが今後の課題である。

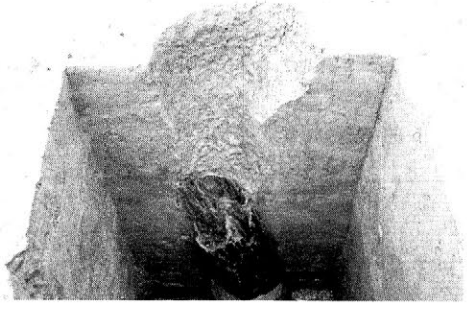
引用文献
石井淳 2006『H519遺跡』札幌市文化財調査報告書80
柏木大延 2005『C504遺跡』札幌市文化財調査報告書77
小針大志 2009『K113遺跡第3次調査』札幌市文化財調査報告書90



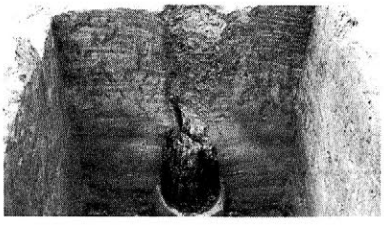
K113遺跡HP1の平面図



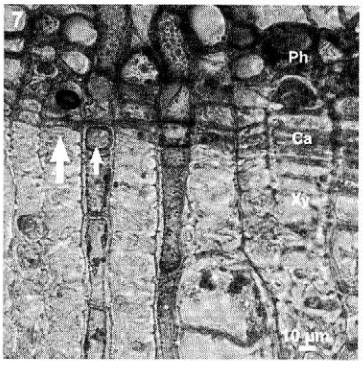
主柱材（PH02）の発見状況



主柱材（PH03）の発見状況

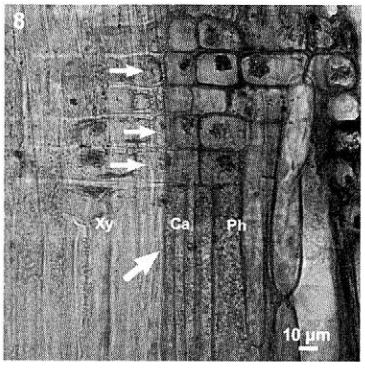


主柱材（PH04）の発見状況



主柱材（PH4）に残存していた形成層付近の光学顕微鏡写真（木口面）

Ca：形成層、Ph：師部、Xy：木部



主柱材（PH4）に残存していた形成層付近の光学顕微鏡写真（柾目面）

P－061

土器作り叩き板の考古民族植物学的研究

○庄田慎矢（日本学術振興会、東京大）・安部久・能城修一（森林総合研究所）・
徳澤啓一（岡山理科大）・小林正史（北陸学院大）

叩き技法は、先史時代から現代までの世界各地の土器作りにおける主要な技法の一つである。北タイと東北タイをフィールドとした民族考古学的調査により、叩き技法に用いられる木製の叩き板の形態と樹種が村や地域によって意外なほど多様であることが確認された。この多様性が生じた原因を、土器製作工程の観察やインタビューに加え、叩き板そのものの木材解剖学的調査によって解明することを試みた。樹種同定の結果、20点余りの資料中に10種類もの樹種が使用されていることが確認されると同時に、ある村では 1 種類が用いられる一方で、ある村では6種類もの使い分けが行われていることが明らかになった。このような違いは、製作する土器の器形や胎土の違いの他に、製作工程における土器製作者の側の必要性や、叩き板の入手経路と強い関連があることが把握された。叩き板は大型建築材などの廃材から製作されるため、樹種選択は大型材に用いられる樹種の中から選択されることになるが、この点は木材の流通が行われるようになった弥生時代以降の遺跡出土木器の樹種選択を考える上でも示唆的である。実際、日本の遺跡出土の叩き板の樹種はスギ、カシ、ヒノキ、コナラ属、コウヤマキ、ツガ属など、針葉樹と広葉樹を共に含んだ多様な樹種が用いられており、必ずしも叩くという機能のために特定の樹種を選んだ様子は見て取れない。こういった用材傾向を、上記の調査によって把握された、建築材や農具用材の端材や廃材を用いる「末端の道具としての用材傾向」として解釈することも可能であろう。

表　タイの土器づくり叩き板の樹種

No.	収集地（村名）	地域	器種	大きさ (cm)	重量 (g)	属・種名	科名
HK1	Hankeeo	北タイ	叩き板	29x7x3	188	*Tectona glandis*	Verbenaceae（クマツヅラ科）
HK2	Hankeeo	北タイ	叩き板	27x6x3	183	*Tectona glandis*	Verbenaceae（クマツヅラ科）
HK3	Hankeeo	北タイ	叩き板	31x5x4	235	*Tectona glandis*	Verbenaceae（クマツヅラ科）
HK4	Hankeeo	北タイ	叩き板	33x5x2	160	*Tectona glandis*	Verbenaceae（クマツヅラ科）
HK5	Hankeeo	北タイ	ナデ板	30x6x1	61	*Tectona glandis*	Verbenaceae（クマツヅラ科）
MK1	Monkaokaew	北タイ	叩き板	34x7x2	239	*Acacia* sp.	Legminosae（マメ科）
MK2	Monkaokaew	北タイ	叩き板	36x7x2	156	*Acacia* sp.	Legminosae（マメ科）
MK3	Monkaokaew	北タイ	叩き板	34x6x2	173	*Acacia* sp.	Legminosae（マメ科）
MK4	Monkaokaew	北タイ	叩き板	33x5x1	100	*Acacia* sp.	Legminosae（マメ科）
TL1	Thungluang	北タイ	叩き板	29x8x3	569	*Xylia* sp.	Legminosae（マメ科）
TL2	Thungluang	北タイ	叩き板	30x7x3	411	*Dalbergia* sp.	Legminosae（マメ科）
HB1	Huabung	東北タイ	叩き板	30x9x1	140	*Shorea*. Sect. *Shorea* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）
HB2	Huabung	東北タイ	叩き板	30x10x2	284	*Dipterocarpus* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）
MO1	Mo	東北タイ	施文具	29x3x2	60	*Dipterocarpus* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）
MO2	Mo	東北タイ	叩き板	36x8x1	217	*Pinus kesiya*	Pinaceae（マツ科）
MO3	Mo	東北タイ	叩き板	29x8x2	225	*Millettia* sp.	Legminosae（マメ科）
MO4	Mo	東北タイ	叩き板	30x9x2	304	*Shorea*. Sect. *anthoshorea* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）
MO5	Mo	東北タイ	叩き板	32x9x2	148		Taxodiaceae（スギ科）
MO6	Mo	東北タイ	叩き板	33x7x2	184	*Dipterocarpus* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）
MO7	Mo	東北タイ	叩き板	31x9x2	320	*Shorea*. Sect. *Shorea* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）
MO8	Mo	東北タイ	叩き板	32x(6)x1	(138)	*Dipterocarpus* sp.	Dipterocarpaceae（フタバガキ科）

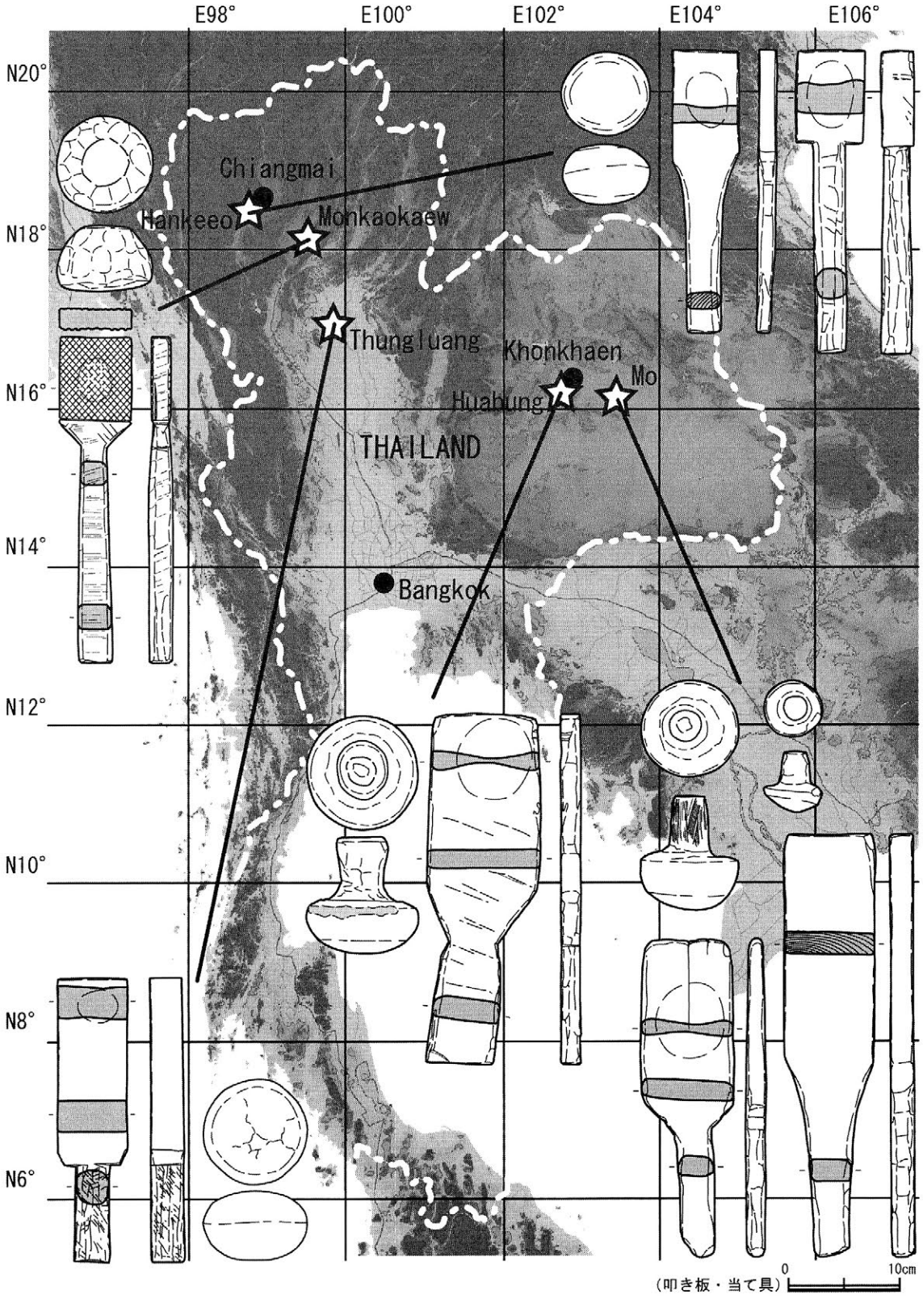


図　タイの地形と叩き板・当て具のバリエーション

P－062

霧ヶ峰・北八ヶ岳地区における黒曜石の定量・定性分析

—黒曜石流通の解明に向けた基礎的研究—

○杉原重夫（明治大学地理学研究室），長井雅史・金成太郎・柴田　徹（明治大学文化財研究施設），弦巻賢介（明治大学・院・地理学専攻）

1. はじめに

蛍光X線分析装置を用いた黒曜石製遺物の原産地推定においては，前処理による遺物の破壊を避けるため，遺物にX線を直接照射した定性・半定量化学組成分析が多く行われている（望月 1996：藁科・東村 1988 など）。しかしX線強度は装置固有の値となり他分析機関との直接的な比較ができないうえ，遺物の状態によっても変化するため分解能や再現性に劣る，という問題が生じる。したがって，遺物についてはやむを得ないとしても，少なくとも原産地における原岩の定量分析値を提示しておき，非破壊試料の定性分析においても同様な結果が得られることを確認しておく必要がある。本報告では関東甲信地域における著名な黒曜石原産地である霧ヶ峰・北八ヶ岳地区の原産地採集試料について定量分析を行い定性分析結果と比較した。また，原産地推定結果に基づいて霧ヶ峰・北八ヶ岳地区を原産地とする黒曜石の流通経路や範囲についても検討した。

2. 蛍光X線分析

試料は霧ヶ峰・北八ヶ岳地区の黒曜石原産地（図1）で採集した。定量分析は試料：融剤（$Li_2B_4O_7$）比＝1：5のガラスビードを作製して波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製,RIX1000）を用いて行った。検量線作製条件は長井ほか（2008）に準じた。定性分析は原岩を打ち割るか，岩石カッターで切断したスラブ状試料を10～20個以上作製し，エネルギー分散型蛍光X線分析装置（JEOL 製,JSX3201）を用いて分析した。

3. 定量・定性分析結果

定量分析の結果：原産地試料のSiO_2量は67.8～77.5wt%であるが，石材に適した品質のものは75wt%以上である。SiO_2変化図上ではTiO_2，MnO，CaO，K_2O，Rb，Sr，Ba，Zr，Yで原産地ごとに異なる領域にプロットされる（図2）。一部の試料では隣接する原産地の組成と類似している場合があるが，これは貫入岩体や二次堆積物などの存在により，分布は図1に示した概略よりも複雑に入り組んだ形状をしているためと思われる。関東甲信地域の各地の黒曜石と比較すると，霧ヶ峰地区はSiO_2変化図上でK_2O，Rbに極めて富み，Baに乏しい点が明瞭な特徴となっている。北八ヶ岳地区は霧ヶ峰地区と同様にK_2Oに富んでいるが，Baにも富んでおり，Rbは中程度である点でことなる。

定性分析における強度値は元素比を用いることで定量分析値とよい相関（R^2値が0.9以上）が得られ，化学組成を正しく反映した指標とみなすことができる。Rb分率とSr分率の判別図（図3）・判別分析を用いることで原産地推定が可能である。

4. 霧ヶ峰・北八ヶ岳産黒曜石の流通

霧ヶ峰・北八ヶ岳産黒曜石の流通経路について，これまで分析してきた黒曜石製遺物の原産地構成に基づいて推定した（図4）。縄文時代中期では，原産地に近い諏訪湖周辺で非常に高い割合を示し，釜無川沿いを南下したであろう甲府盆地周辺では少し減少するが依然占める割合は高い。甲府盆地からは関東山地を越え関東平野南部へ向かうルートや，富士川を南下し駿河湾に出るルートなどが推定された。駿河湾からは狩野川を遡り，天城山を回り込むように相模灘に達すると推定した。北側への流通では，佐久盆地から碓氷峠などを越え関東平野北部へ運ばれ，関東平野の東端まで達している。他に日本海側沿いを北上し青森県三内丸山遺跡まで流通している。他時期では，福島県竹之内遺跡（縄文時代早期）・東京都大島下高洞遺跡（縄文時代後期～弥生時代）でも，霧ヶ峰産の黒曜石が認められた。黒曜石利用と人類活動について検討するために，今後も継続した分析が必要である。

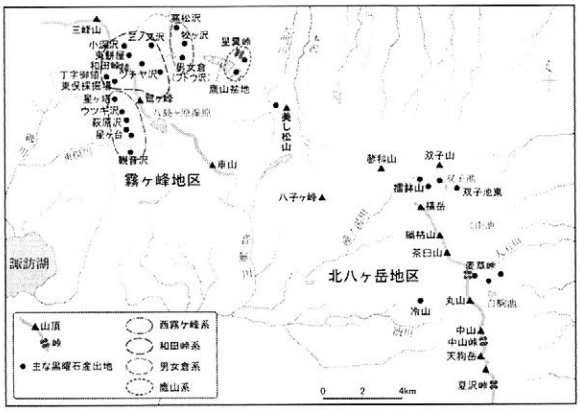


図１　霧ヶ峰・北八ヶ岳地区の黒曜石産出地

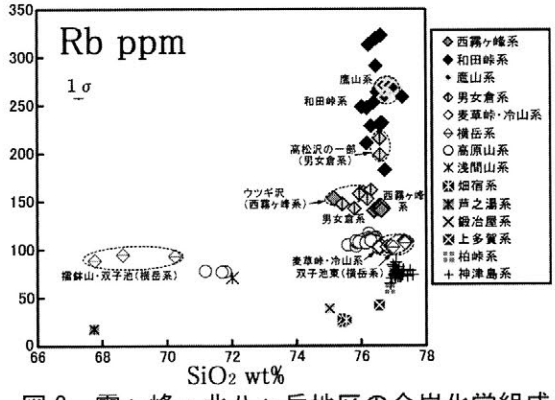


図２　霧ヶ峰・北八ヶ岳地区の全岩化学組成：SiO_2-Rb 図

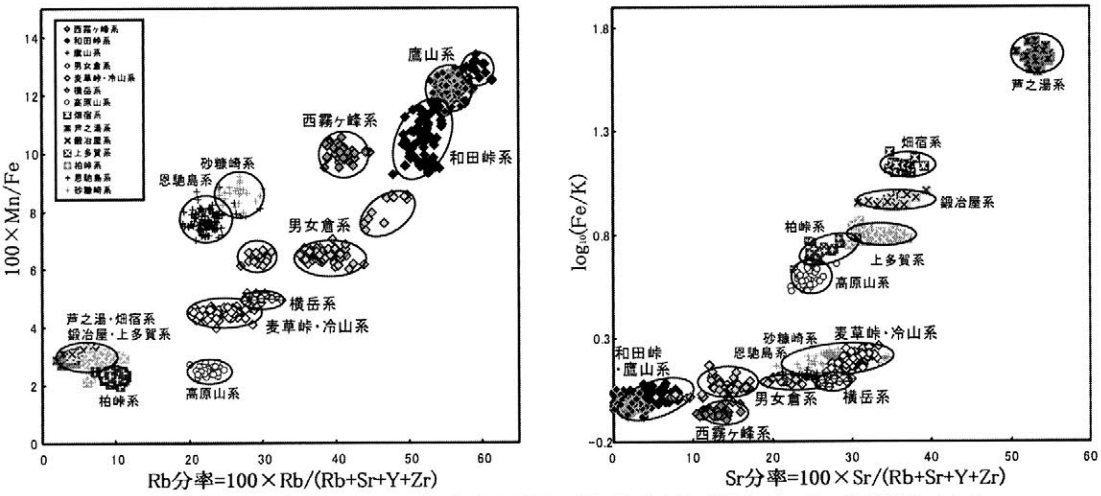


図３　定性分析による原産地判別図：Rb 分率図（左）と Sr 分率図（右）

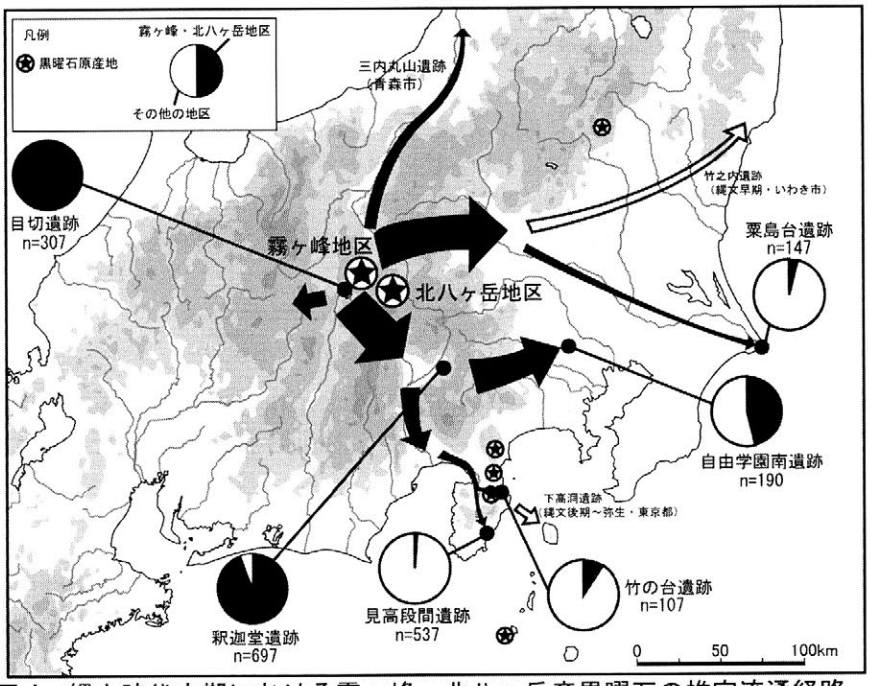


図４　縄文時代中期における霧ヶ峰・北八ヶ岳産黒曜石の推定流通経路
（明治大学文化財研究施設の分析データに基づく）

P－063

黒曜石原産地データの時空間パターン分析と人・モノ・情報の移動

○建石徹（文化庁美術学芸課），津村宏臣（同志社大学文化情報学部）

はじめに

従来の，関東地方における遺跡出土黒曜石の原産地推定の研究は，分析をした遺跡毎にその資料の持つ意味論的解釈が完結していることが少なくない。これまで関東全域を鳥瞰し出土傾向から人やモノの動きを推測するような研究は，顕著に行われてはこなかった。筆者らは，2004年から，当該地域の縄文時代資料について，過去に実施された黒曜石原産地推定の結果を集計し，GISによって基盤化した。ここではそのデータを用いて，関東地方への黒曜石搬入の様相を，特に人の移動コストと出土傾向に着目して議論する。

資料と分析方法

関東周辺（東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県・茨城県・栃木県・群馬県・山梨県）の縄文時代遺跡出土黒曜石のうち，原産地推定結果が報告され，分析の手法や定量的なデータとして扱える211遺跡の分析結果を時期ごとに集計した（Tateishi, Tsumura and Ninomiya 2004）。この際，立教大学グループ（鈴木正男他），京都大学グループ（東村武信・藁科哲男），沼津高専グループ（望月明彦他），筆者らを含む東京学芸大学グループ（大沢眞澄，二宮修治他）による成果を中心に基盤化を行った。また，推定される原産地のデータ化については，分析者による原産地の呼称や産地データのばらつきがあるため，関東周辺の黒曜石の原産地を信州・神津島・伊豆箱根・高原山の４つの産地群に分類し大枠で捉えた。

各原産地と遺跡との空間的関係は，地質学的な変化を考えない場合，対象とした縄文時代においては大きな変化はないと考えられる。そのため，原産地と消費地となる集落の移動にかかる時間は，突発的で予測不可能な災害や地形変化がない限りにおいて，中・長期的なスパンでは不変であると仮説することができる。そこで，対象となる211遺跡と各原産地からの移動時間を，トブラーのハイキング関数（Tobler 1993），

$$T = \frac{D_s \times 60}{6 \times \exp(-3.5 \times |S \times \pi/180 + 0.05|)} \quad \cdots ①$$

によって，析出した。

次に，筆者らの研究によって既に明らかになっているように（建石・津村 2005，建石2007ほか），縄文時代の各時期において，関東地方への黒曜石搬入の傾向が異なることが分かっている。そこで，これらの搬入路を各遺跡の原産地別の比率の値で抽出した傾向面から推測し，これと各原産地からの移動時間傾向面との空間相関を，ピアソンの相関係数，

$$r = \frac{\sum_x \sum_y \{(A(x,y) - \overline{A(x,y)})((B(x,y) - \overline{B(x,y)})\}}{\sqrt{\sum_x \sum_y (A(x,y) - \overline{A(x,y)})^2} \times \sqrt{\sum_x \sum_y (B(x,y) - \overline{B(x,y)})^2}} \quad \cdots ②$$

によって析出した。その際，各ピクセルの位置ベクトル相互の相関の高い値について平面にプロットし，その近似曲線の出現傾向によって，移動時間による黒曜石原産地の占有率の時間逓減モデルを構築した。

結果と解釈

Fig. 3でも明らかなように，例えば，信州産の黒曜石については，縄文時代早期～中期に書けて，時間逓減の様相が異なることが明らかとなった。これは，従来の研究で示してきた，関山・黒浜式期には群馬県を経由し関東に搬入される黒曜石が，諸磯式期には群馬・山梨双方を経由して，中期五領ヶ台式期には主に山梨を経由して搬入される様相と対応していると考えることができる。時間に換算すれば，越峠までの時間はいずれも40時

間程度と考えられることから，この時間逓減モデルにみられる相違は，黒曜石搬入に関わる集落や人々の動態や社会的関係を示唆していると考えられる。特に，中期にみられる48時間目周辺のピークは，一度周辺に集積された黒曜石が，関東平野に急激に拡散する様相を示している。

また，高原山産の黒曜石については，全時期を通じて関東平野で主要素となることは少ないが，時間逓減モデルにおいても，各時期において相関の変化は顕著には認められない。これは，関東地方の地形に沿った拡散の様相，すなわち，近い場所には多く，遠い場所には少ない，という単純な様相と理解できる。今後は各原産地毎の時間逓減モデルの相違の比較と評価が必要である。

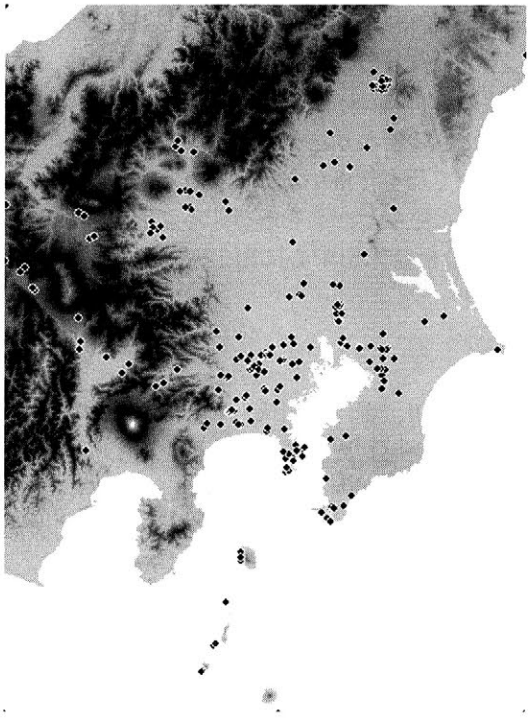


Fig. 1　対象とした遺跡と地形

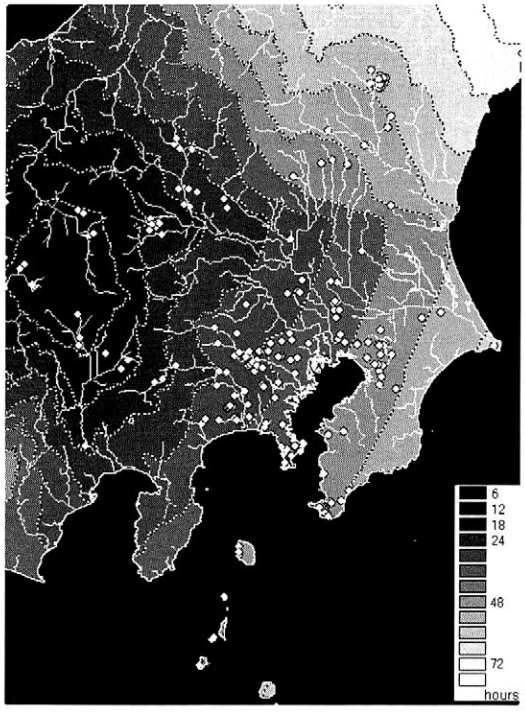
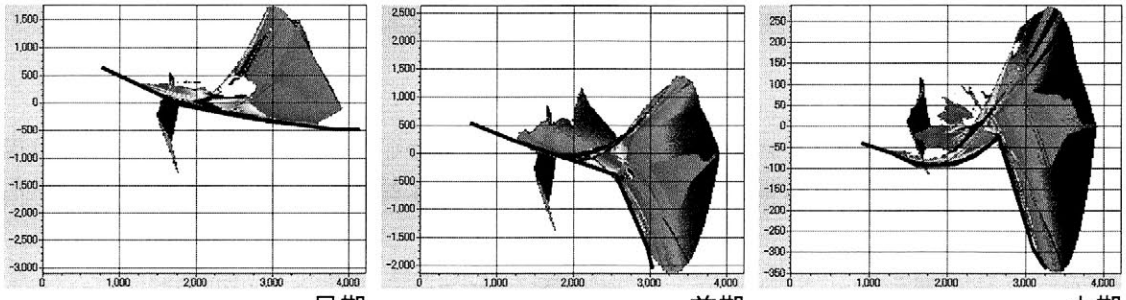


Fig. 2　信州からの移動時間と遺跡分布



早期　　前期　　中期

Fig. 3　信州産黒曜石の距離逓減モデルと時系列動態

参考文献（傾向面分析の結果に関するもの）

建石徹・津村宏臣　2005「関東周辺における縄文時代の黒曜石交換」『日本考古学協会第71回総会研究発表要旨』　日本考古学協会

建石徹　2007「黒曜石の原産地分析」『日本の美術』496　至文堂

P－064

熱分解-ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ/質量分析による出土琥珀の産地同定について

○植田直見（財団法人　元興寺文化財研究所）
渡邊緩子（住友金属テクノロジー株式会社）

1.　はじめに

出土琥珀の産地は今まで赤外分光分析（FT-IR）、核磁気共鳴（NMR）、ガズクロマトグラフ/質量分析（GC/MS）などにより同定されてきた。筆者も赤外分光分析を中心に縄文、古墳時代の多くの遺跡出土琥珀の産地同定を行ってきた。しかし、劣化の激しい遺物では同定できない場合もあり、新たな方法が必要であることを実感し、検討を行ってきた。また以前に熱分解による示差熱分析（DTA）や熱重量測定（TGA）を行い産地によってその挙動が異なるという結果を得た。今回、これらの結果を踏まえ、標準琥珀および出土琥珀について熱分解-ガスクロマトグラフ/質量分析（Py-GC/MS）を試みた。

その中でまず今回は、日本の主たる産地から採取した標準試料について条件を検討した。琥珀は樹木から流れ出た低分子の樹脂が長い年月の間に高分子化したものであり、その主成分はラブダン型の基本骨格をもつことがわかっている。そのため熱分解において基本骨格から考えられる構成成分について詳細な検討を行い、さらにガスクロマトグラムで得られた主なピークを解析することで産地ごとの差異を明確にできると考えた。今回の発表は標準資料の分析結果を中心に出土琥珀の産地同定にPy-GC/MSが応用できる可能性を検討したので報告する。

2.　試料

標準試料として日本における主産地である久慈市（赤川、米田、堀内、川代）、銚子市（長崎早船、酉明浦、犬吠埼、波止山）、いわき市（南沢、入間沢、末続、広野町）周辺のカッコ内に示した代表的な４箇所で採取した琥珀を用いて分析を行なった。また、その他の国内産地（瑞浪市、宇部市、北海道石狩浜）および国外産地（ロシア（カリーニングラード）、コロンビア、ドミニカについても同様に分析した。

3.　分析方法

熱分解ガスクロマト質量分析(Py-GC/MS)は以下に示す条件で分析を行った。

使用装置:フロンティアラボ製ダブルショットパイロライザー、 バリアン製 GC/MS　Saturn2000 型

使用カラム:DB1×0.25 φ mmID×60m　加熱雰囲気:He　加熱温度:350℃、550℃の2段階加熱

GC カラムの条件：40℃(5min 保持)→320℃(10min)　昇温速度：8℃/min

4.　結果および考察

図１に琥珀に由来するラブダン型ジテルペンの基本骨格を表わしその主なm/zを示した。琥珀は複雑な構造を持つ高分子であり様々な不純物が含まれていることなどで非常に複雑なピークが得られた。

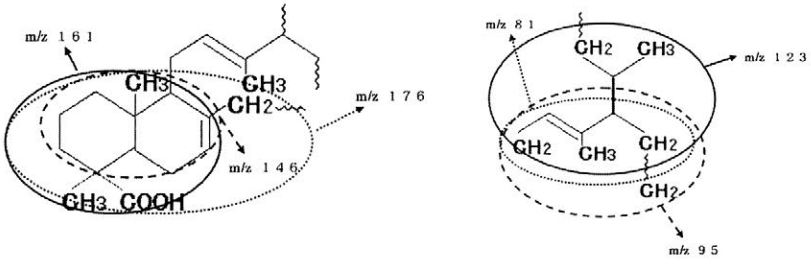


図1．琥珀の基本骨格

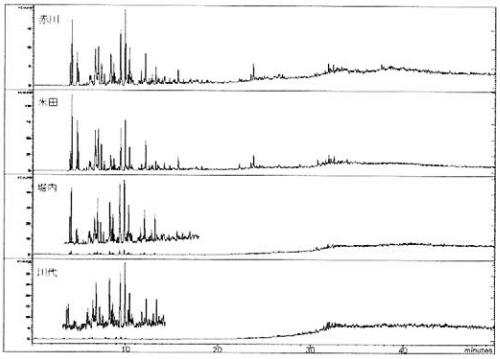


図2. 久慈市付近から産出した琥珀の Py-GC/MS

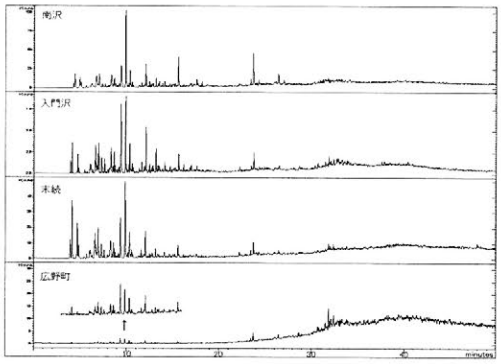


図３．いわき市付近から産出した琥珀の Py-GC/MS

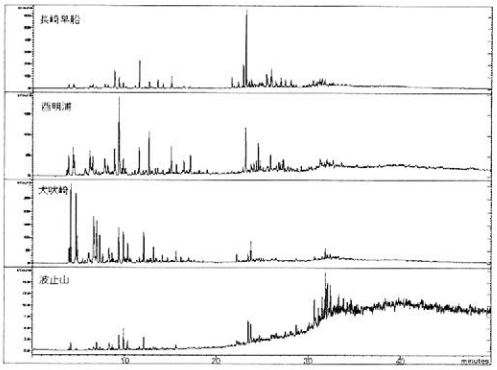


図４．銚子市付近から産出した琥珀の Py-GC/MS

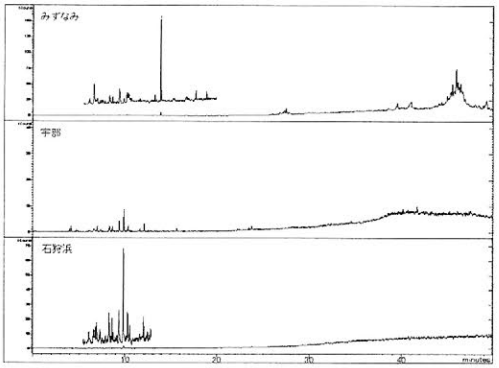


図5. その他国産の琥珀の Py-GC/MS

これらの構成成分のうち m/z＝81 に着目し図２～４に産地ごとの熱分解 (550℃) におけるマスクロマトグラムを示した。

その結果、それぞれ同一産地における 4 箇所の結果が久慈、いわきはほぼ同じクロマトグラムを示したが銚子は同一地域であるにも関わらず異なった結果が得られた。銚子産の琥珀について異なる結果となった原因については現時点では不明であるが、明らかに久慈、いわき産の琥珀とも異なる結果であった。これらの結果は、この分析方法が出土琥珀の産地同定に有効となりうる方法であることを示唆している。今回は図 2～3 に示した m/z81 のマスクロマトグラム以外にも様々な m/z についてその結果を詳細に解析し比較した。その上でこれらの結果を出土琥珀に適用し同定を進めるための条件など詳細な検討が必要であると考える。

5. さいごに

日本の主な琥珀産地から採取した標準試料について Py-GC/MS による結果を比較した。高分子化合物である琥珀は生成年代や場所によって由来する植物や高分子化における重合度などが異なり、分子構造に違いがみられ、結果として産地同定が可能であるといわれている。これまで出土琥珀は様々な方法で産地同定が試みられてきた。それぞれ一定の成果は報告されているが、有機高分子化合物であることによる制約から同定が困難な場合も多かった。今回の方法では標準試料を測定した結果、産地によって差が見られた。出土琥珀の劣化が本分析法にどのように影響するかについては今後の課題である。そのため、さらに標準琥珀については得られた結果を詳細に解析し、その結果を基にこの方法を出土琥珀の産地同定に適用するため検討し、同定法として確立したい。

P－065

石器・玉類の原材産地分析（25）

○藁科哲男（遺物材料研究所）・丹羽祐一（香川大学）・藤田三郎（奈良県田原　　本町教育委員会）・中村大介（高麗大學校考古環境研究所）

はじめに

産地分析は、蛍光Ｘ線分析法とＥＳＲ分析法などで行い、判定では『遺物原材とある産地の原石が一致し、必要条件を満たしても、岩石学では他の産地の原石に一致しないと言う理論がないため、他の産地には一致しないと言う十分条件を満たす必要がある。』ノーベル賞の益川敏英博士の言を借りれば、科学とは仮説をたて正しいか否かあらゆる可能性を否定することにある。即ち十分条件の証明が非常に重要であると言い換えられると思われる。一致しなかった結果でも、考古学資料として非常に有用と思われる。

香川県金山産地の産出地点別サヌカイト原石の組成分類について

金山産地にはゴローと呼ばれているサヌカイト破片の集積地点が何カ所か存在している。これらゴローの破片観察から加工痕を持つ剥片、石器を調査すると同時に蛍光Ｘ線分析法で組成分析を行った。金山西部地区のサヌカイト原石で、金山西群を作り、この原石群は城山産地サヌカイト原石と組成は近似し区別できない。また、東部地区のサヌカイト原石で、金山東群を作っている。産出地点による原石組成差を定量的に区別するために、従来元素比（K/Ca、Ti/K、Mn/Sr、Fe/Sr、Rb/Sr、Y/Sr、Zr/Sr、Nb/Sr）の他に新元素比（K/Ca、Ca/K、Ti/K、Rb/Fe、Fe/Zr、Sr/Zr、Sr/Zr、Si/Fe）で両ホテリングのＴ２乗検定を行う。例えば遺物１個の結果で、従来元素比ホテリングＴ２乗検定で、金山東南(99.5%),金山東(62%),城山(5%),松ノ木遺物群(0.1%)のとき、新元素比ホテリングＴ２乗検定で金山東(90%),金山東南(48%)の結果になり、城山、松ノ木遺物群は新元素比で信頼限界の 0.1%以下になりそこの産地でないと判定し、さらに従来元素比では、金山東南(99.5%)÷金山東(62%)＝金山東南（１．６倍）で、新元素比では金山東(90%)÷金山東南(48%)＝金山東（１．７倍）になり、判定は金山東の方が大きく遺物の原石産地を金山東地区産と判定する。図１の東１地点の採取原石の産地分析の昨年の結果では採取した原石の 92%が金山東南群に同定され、８％が金山東群に同定されている。今回分析した東２地点の原石では、金山東群９０％で、金山東南群が１０％で、

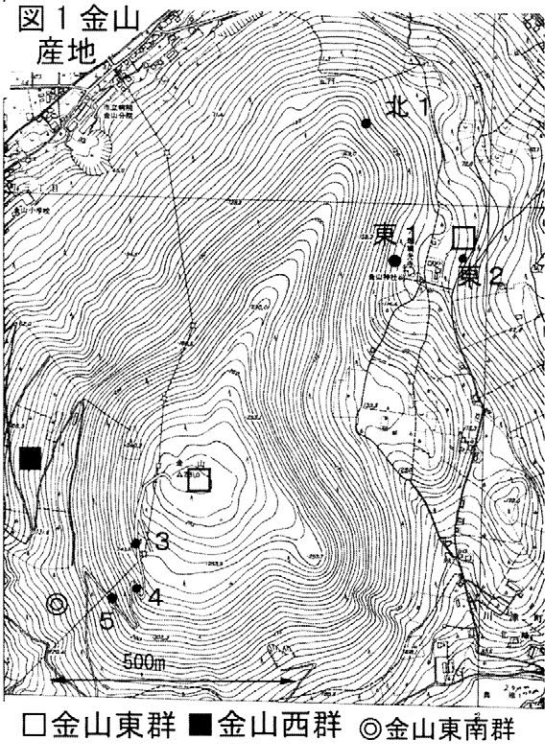


図１金山産地

□金山東群 ■金山西群 ◎金山東南群

北１地点は、金山東南群が９１％で金山東が９％であった。また、図１中の３および４地点採取の原石は金山東南群と同定された。図１中の５地点は、金山南露頭で、金山西群、城山群に一致する組成の原石であった。金山東南群はかなり広い地点から採取できるが、金山東群は金山山頂と東２地点に集中している。今回の分析で、各地に伝播した金山産原石が金山の何処の地点から採取されたかが推測できる結果が得られた。また、島根県、高知県の遺跡から松ノ木遺物群の遺物が出土していて、松ノ木遺物群に一致する原石を求めて、さらに調査を拡大していく必要があると思われる。産地分析の方法の開発としては、分析された元素の組み合わせを変えて、金山東南群をさらに詳細に弁別する方法の開発が望まれる。この研究は、平成２０年度科学研究費基盤研究（Ｂ）「香川県金山産サヌカイト製石器の広域流通システムの復元と先史経済の特質の検討」(研究代表丹羽佑一)の成果である。

唐古・鍵遺跡出土玉類の産地分析と韓半島から伝播した管玉について

産地分析を行った勾玉、勾玉片の中で比重が、3.2 以上を示す硬玉製勾玉は糸魚川産ヒスイと一致し、分析番号 98354、98356 番はミャンマ産の可能性が否定された判定で(表１)、この２点については、考古学界でヒスイは、ミャンマー、中国を通って日本に伝搬したとする説が否定され、糸魚川産ヒスイが使用されていると判定できた。98351、98352 番の勾玉は糸魚川産原石が伝搬した説とミャンマー産が中国を通ったとする説の両説がある。また、98356 番の勾玉は比重と成分組成から苔瑪瑙製と推測した。分析した管玉（表２）の中で、比重が 2.4 以上は碧玉で、以下はグリーンタフ製と分類した。98635、98644、98648、98654 番は管玉に女代南Ｂ遺物群および小松市菩提産原石が使用されていると判定した。また、98638、98686 番は韓半島、比來洞、黄石里、麻田里、寛倉里、大泉洞、大鳳洞、時至洞の各遺跡出土管玉と同組成の未定Ｃ遺物群に一致することから、この２点は韓半島から伝播した管玉と判定した。98638 番の菜畑形のＥＳＲ信号は、弥生草創期の菜畑遺跡、弥生早期の兵庫県本山遺跡の管玉でみられ、ＥＳＲ信号から唐古・鍵遺跡に弥生の初期に伝播した可能性も推測される。

表１　唐古・鍵遺跡出土のヒスイ製遺物の原材産地分析結果

分析番号	遺物	遺物番号	調査次数	遺構名	層位/土色	総合判定	比重
98351	勾玉	A5018	80次	SD-101	第6層	糸魚川産	3.340
98352	勾玉	A5019	80次	SD-101	第6層	糸魚川産	3.342
98354	勾玉片	A5020	65次		黒褐色土Ⅱ	糸魚川産(ミャンマ産でない)	3.283
98355	勾玉	A5022	61次	落ち込みⅠ	第2層	苔瑪瑙？	2.616
98356	勾玉	A5021	80次	SD-101	第2層	糸魚川産(ミャンマ産でない)	3.324

表２　唐古・鍵遺跡出土弥生・古墳時代の碧玉製玉類、玉材の原材産地分析結果

分析番号	遺物番号	製品名	調査次数	遺構名	層位/土色	ホテリングのＴ２乗検定結果	ESR信号波形	総合判定結果	比重
98360	A5024	管玉未成品	61次	SK-151	第1層	菩提-1(31%)，女代南B遺物群(27%)	遺物過大	菩提、女代南B遺物群	2.552
98362	A5026	管玉	65次		黒褐色土Ⅱ	新方-No.1(0.005%)，西川津遺物群(0.001%)	不明(E)形		2.338
98629		管玉	33次		黒褐色土	女代南B遺物群(38%)，菩提-1(0.2%)	不明		2.219
98633		管玉	37次	SK-2122	第10層	西川津遺物群(0.02%)	崩不明(E)形		2.149
98634		管玉	37次	SK-2116	第3層	唐古・鍵35遺物群(28%)	不明		2.211
98635		管玉	38次	SK-101	第5層	菩提-1(52%)，女代南B遺物群(17%)	女代南(B)形	菩提、女代南B遺物群	2.532
98638		管玉	53次	現代攪乱	灰青粘	未定Ｃ遺物群(47%)，車塚第2群(2%)	未定(C)形	未定Ｃ遺物群	2.576
98644	A5032	管玉	61次	SD-102B	第5層	女代南B遺物群(38%)，菩提-1(0.2%)	女代南(B)形	菩提、女代南B遺物群	2.462
98645	A5027	管玉	61次	Pit-135	第1層	唐古・鍵46遺物群(24%)	猿八(A)形		2.496
98647	A5028	管玉	69次	SK-1137	第6(下)層	唐古・鍵48遺物群(30%)	崩不明(E)形		2.420
98648	A5029	管玉	69次	SD-1104	第2(下)-d層	女代南B遺物群(44%)，菩提-1(17%)	女代南(B)形	菩提、女代南B遺物群	2.526
98654		管玉	72次		黒褐色土Ⅱ	女代南B遺物群(0.2%)	女代南(B)形	菩提、女代南B遺物群	2.532
98659		管玉	76次	SD-2080		西川津遺物群(0.05%)	不明(E)形		2.363
98663	A5030	管玉	80次	SD-101	第2層	新方-No.1(0.0004%)	不明(E)形		2.344
98686		管玉	33次	SD-115	第1層	未定Ｃ遺物群(3%)	菜畑形	未定Ｃ遺物群	2.506
98717		碧玉剥片	80次	SD-101	第3層	女代南Ｂ遺物群(0.0003)	女代南(B)形		2.500

平成 21 年 3 月　田原本町文化財調査報告書　第５集　より

P－066

北海道伊達市有珠4遺跡出土ガラス玉の材質分析および鉛同位体比測定

新免歳靖[1)]・青野友哉[2)]・齋藤努[1・3)]
1）総合研究大学院大学日本歴史研究専攻・2）伊達市噴火湾文化研究所・3）国立歴史民俗博物館

1．はじめに

近年、北海道のアイヌ文化期の遺跡からガラス玉が出土し、特にアイヌ墓からは数十～数百点という多量の出土事例も報告されている。ガラス玉は、アイヌ民族女性の宝器である「シトキ」や「タマサイ」などのガラス玉製首飾りの存在が示すように、アイヌ民族の文化要素を構成する重要な物資の一つである。これらのガラス玉は、アイヌ民族がいわゆる山丹交易や和人との交易によって入手したといわれているが、いつ、どこで製造されたガラス玉が、どのような経路を経て、アイヌの人々の手にわたったのか、具体的な様相は依然不明なままである。

一般的に前近代のガラス製品は、地域や時期に応じてガラスの材質に特徴があることが知られている。そのため、蛍光X線分析などの元素分析法を用い、材質を把握することで、製造地域や製造年代、使用原料、製造技術等を推測する手がかりを得ることができる。また、鉛ガラスの場合は、鉛同位体比測定によって鉛の産地を推定することができ、製造地を考える上で重要な情報となる。筆者らは、このような分析結果を積み重ねて行くことによって、様々な地域のガラス玉が混在するアイヌ民族資料について、流通と使用の実態に迫っていくことが可能となると考えている。

そこで、本研究では、ガラス玉の材質や産地に関する基礎情報の蓄積を目的とし、北海道伊達市有珠４遺跡の近世アイヌ墓から出土したガラス玉を対象として、蛍光X線分析による材質分析と鉛同位体比測定による含有鉛の産地推定を行った。以下に報告する。

2．分析資料と分析方法

有珠４遺跡GP008号墓（女性埋葬）出土のガラス玉57点（接合後54点）を分析に供した。ガラス玉を形態で分類すると、蜜柑玉が大半を占め、丸平玉・トンボ玉・なつめ玉が数点存在する。色調は、風化によって白色を呈し、本来の色調が不明な資料が多い。表面状態の良好な資料では、濃緑色～青緑色（蜜柑玉）、乳白色（なつめ玉・トンボ玉）のものが認められる。本遺構は、有珠山(1663年降下・Us-b)と駒ケ岳（1640年降下・Ko-d）の２つの火山灰に挟まれたII期に該当する。

蛍光X線分析では、微小部エネルギー分散型蛍光X線分析装置（SII・ナノテクノロジー社製SEA5120S）を用い、全資料の定性分析を行い、ガラス材質の把握に努めた。一部の資料は、表面の風化生成物を除去し、新鮮面の定量分析（標準資料を用いたＦＰ法で定量）を行い、資料の元素組成を求めた。

鉛同位体比測定では、微少量粉末を採取し、分析試料とした。試料から、高周波加熱分離法で鉛を単離して硝酸溶液とし、鉛100ng相当量の試料溶液を分取して、リン酸・シリカゲルとともにレニウム・シングル・フィラメント上に塗布した。表面電離型質量分析装置（Finnigan MAT 262）を用いて、フィラメント温度1200℃で鉛同位体比を測定した。

3．結果と考察

①蛍光X線分析

定性分析の結果、アルカリ石灰系ガラスが１点あり、残りはすべて鉛系ガラスであった。着色元素として、濃緑色や青緑色の鉛系ガラスからは銅と鉄が、乳白ガラスからはスズが検出された。

ガラス玉の材質を正確に把握するために、鉛系ガラス８点とアルカリ石灰系ガラス１点の定量分析を行った。その結果、鉛系ガラスはカリウム・鉛・ケイ素を主成分とするカリウム鉛シリカガラス（以下、カリ鉛ガラス）であることが判明した。元素組成は、SiO_2が約34～37%、K_2Oが約10～12%、PbOが約49～53%といずれも類似した組成を示した。また、アルカリ石灰系ガラスは、アルカリ分としてナトリ

ウムとカリウムの両者を含む混合アルカリ石灰シリカガラスと判明した。

カリ鉛ガラスは、ケイ石(石粉)・硝石・金属鉛を主原料とし、中国宋代(960～1127年)に開発されたガラスであり、少なくとも清朝期までは製造され続ける。このガラス製造技術は、中世に中国から日本（博多）に伝わるが、一度途絶し、近世に入り再び長崎へ技術が伝わったと考えられている。したがって、GP008号墓出土のカリ鉛ガラスの製造地は、材質的見地から中国か日本と考えるのが妥当である。しかし、今のところ、江戸や長崎など他の近世遺跡から出土したカリ鉛ガラスの分析結果からも、両者を判別する明確な元素組成の特徴は認められていない。

出土遺構であるGP008号墓は、火山灰層から埋葬時期が1640～1663年に比定され、本資料の製造時期も当該時期かそれ以前（どの程度さかのぼれるは不明）と考えられる。17世紀中頃の中国や日本におけるガラス製造の実態に関してはほとんど明らかになっていないが（日本ではガラス製造が始まっていない可能性もある)、日本製ガラス玉がアイヌの人々の間に流通するのは18世紀後半から19世紀以降といわれている。アイヌは17世紀段階では北方民族との交易によって恐らく中国製ガラス玉を入手しおり、現状では本資料群は中国製ガラスとなる蓋然性が高いと考えられる。

②鉛同位体測定

このように元素分析では生産地に関する明確な情報が得られなかったため、定量分析を行った資料のうち５点について、鉛同位体比測定による鉛の産地推定を行なった。ただし、鉛は交易品として移動しており、必ずしも鉛の産地がガラス製造地と同一ではないことに注意が必要である。

図１は測定値を中国・日本・朝鮮半島産の鉛の領域とともに示したものである。測定結果の表示には$^{207}Pb/^{206}Pb$比と$^{208}Pb/^{206}Pb$比の関係（A式図）を用いた。図１において、本資料の測定値は、いずれもBおよびC領域の下の位置に分布し、青銅器の分析結果ではほとんどみられない数値を示すことがわかった。比較資料として、斎藤亜三子氏によって報告された乳濁青色アイヌ玉６点（カリ鉛ガラス）の分析値を図１に示したが（斎藤2003)、この測定値も有珠４遺跡出土資料と比較的近い範囲に分布した。

これらは従来の青銅器の分析結果から設定された産地領域からは外れ、明確な鉛の産地は不明のままである。ただし、韓国忠清北道で出土した16世紀の青銅製品の分析結果で近い数値範囲に分布するものがある（金ほか2001)。これも鉛産地はまだ不明であるが、今後は朝鮮半島との関連も視野に入れ、分析データの蓄積を待って、鉛の産地とガラス製造地の関係などの議論を行っていきたい。

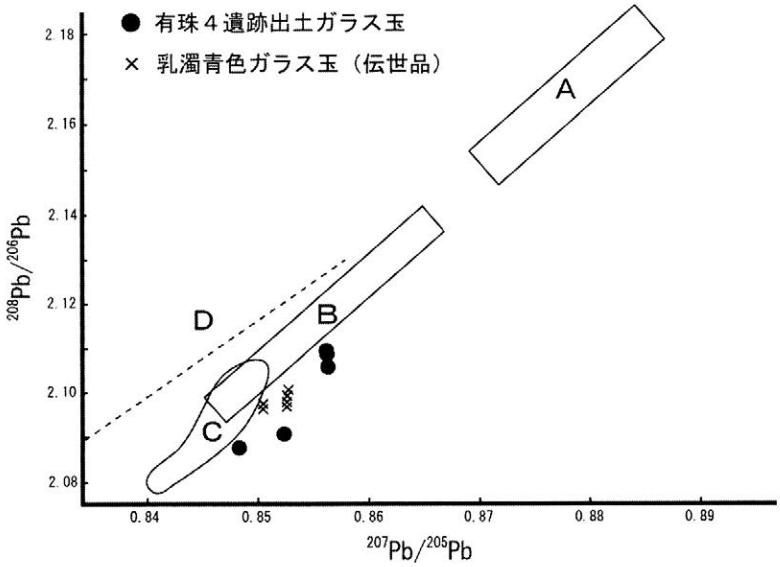


図１　鉛同位体比結果図（Ａ式図）

「A」：中国華北産鉛領域、「B」：中国華南産鉛領域、「C」：日本産鉛鉱石領域、「D」：朝鮮半島系遺物ライン

参考文献　斎藤亜三子 2003 『アイヌ民族のガラス玉に関する考古化学的研究』アイヌ民族博物館、金奎虎・李午憙 2001 「韓国で出土した資料の鉛同位体比」『古代東アジア青銅の流通』雄山閣（他の参考文献は省略した。）

P－067

熊本県小田良古墳出土ガラスに関する材料の産地推定

○魯（ノ） 禔玹（ジヒョン）・下村　智・平尾良光（別府大学大学院文学研究科）・池田朋生（熊本県装飾古墳館）

1.　はじめに

日本にガラスが出現したのは弥生時代前期末～中期初頭頃からで、時期によって主なガラスの化学組成も変化した。ガラスはメソポタミア地方で作られるようになり、西アジアからヨーロッパ、東南アジア、東アジアなどに伝わり、各地域で多様な化学組成を有するガラスが製作されるようになったといわれている。ガラスに関しては化学組成を調べ、その特徴から製作技術や地域性などを明らかにし、当時の交流および流通を推測する研究が主になされている。

ガラスの交流や流通などを調べる際には化学組成と共に鉛同位体比測定もよく応用されている。化学組成の研究はガラスを構成する元素や微量成分などから、共通点および特異性などを確認し、それらの結果からそのガラスの地域性を導出しているが、鉛同位体比測定はガラスに含まれている成分の中で、鉛の原産地を探すことで、その材料の産地を推定することができる。ガラスに関する化学組成研究はかなり進んでいるが、それに比べると、ガラスの鉛同位体比測定の研究はそこまで進んでいない。本研究ではガラスに関して鉛同位体比測定を行い、ガラスの産地を推定することにした。

2.　資料と測定方法

本研究では熊本県に位置する小田良古墳から出土した菱形ガラス玉４点に関して鉛同位体比測定を行った。小田良古墳出土の菱形ガラスは形や色などからみると、日本では珍しいガラスだという。これらのガラスは緑色をなしており、報告書によるとソーダガラスと報告されているが、これらのガラスに関しての正確な化学組成は測られていない。

これらの４点の資料から鉛同位体比測定用の試料として約 0.1gを採取し、フッ化水素酸で分解した後、直流 2V で電気分解した。析出した二酸化鉛にリン酸とシリカゲルを加え、レニウムフィラメント上に乗せた。準備したフィラメントを質量分析計(別府大学に設置されているサーモフィッシャーサイエンティフィック社:表面電離型質量分析計 MAT262)の中にセットし、1,200℃で測定した。同一条件で標準鉛試料 NBS－SRM981 を測定し、測定結果を規格化した。

3.　分析結果と考察

小田良古墳出土のガラス玉４点に関して鉛同位体比測定を行った結果、これらのガラス玉は東アジアではない領域、すなわち、N領域と仮定したところに集まって分布することがわかった。このN領域はこれまでの研究からみると、東南アジアにその産地があると推定されている領域である。小田良古墳から出土した４点のガラス玉は5C後半～6 前半の製品とされているが、本研究の結果と韓国の武寧王陵から出土した 12 点のソーダガラスの測定結果を比較してみた。武寧王陵出土のガラスも今回の資料とほぼ同じく、6C前半の製品で、すべてがN領域に位置したが、これらのガラスは東南アジア系のガラスといわれている。これまでのガラス研究からみると、ソーダガラス類はインドにその起源があるではないかと推定されているという。本研究の結果からは小田良古墳出土のガラス玉４点がインド産ガラスかどうかはわからないが、少なくとも、材料的にみると、東南アジアと強い関係があることは確実である。また、ほぼ同時期の韓国の武寧王陵出土のガラス製品と同一の材料が確認できたことから、小田良古墳出土のガラスは東南アジアから直接日本に伝わったかもしれないが、東南アジアから韓国へ、また、韓国から日本へ伝わった可能性も考えられる。

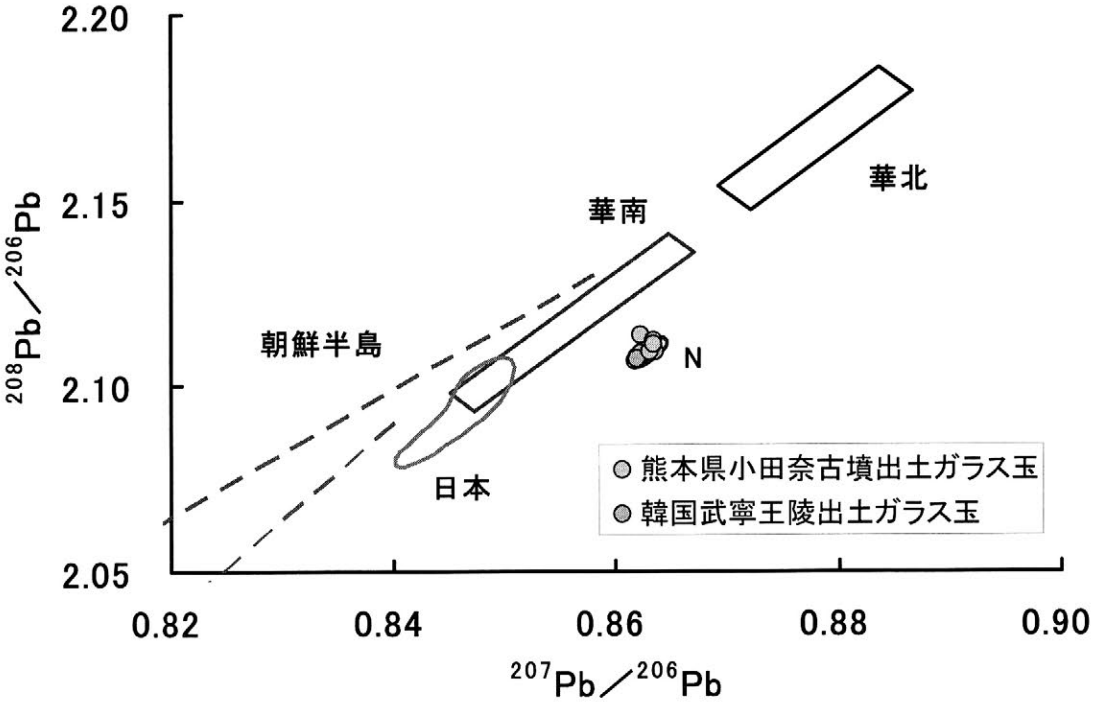


図1 熊本県小田奈古墳出土のガラス玉と韓国武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比
($^{207}Pb/^{206}Pb - ^{208}Pb/^{206}Pb$)

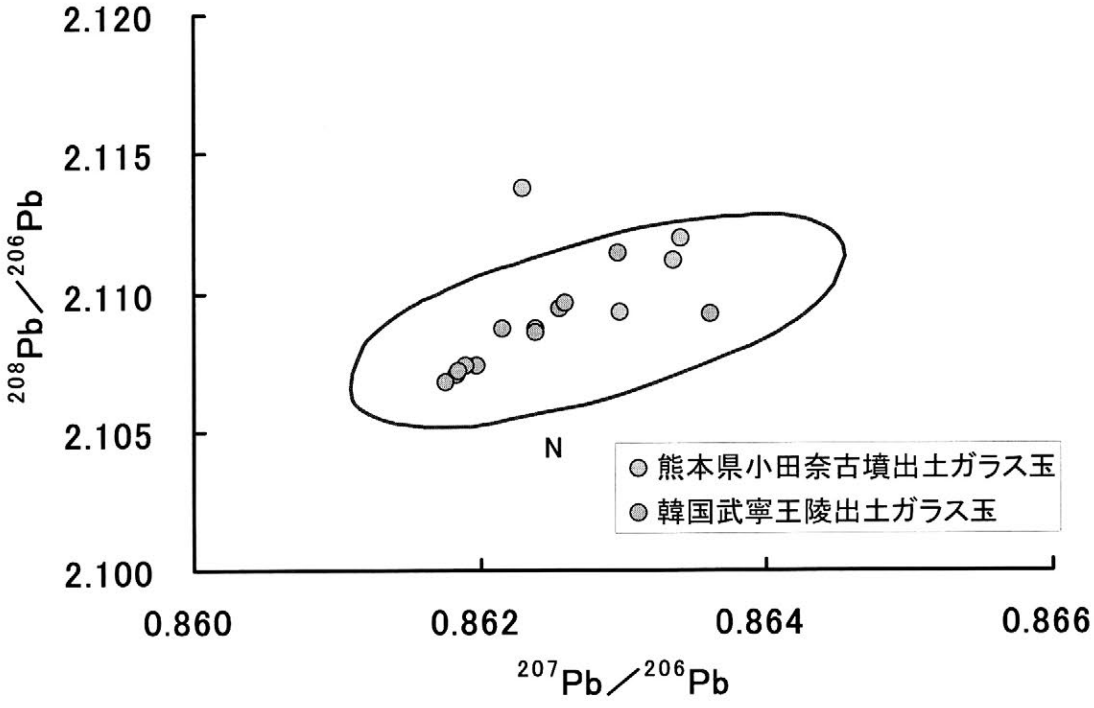


図2 図1の拡大図
($^{207}Pb/^{206}Pb - ^{208}Pb/^{206}Pb$)

P－068

カンボジア王国から出土した青銅製品に関する鉛同位体比

○魯 禔珓(ノ ジヒョン)・山口将史・角川 茂・平尾良光(別府大学院文学研究科)・
宮塚義人((有)宮塚文化財研究所)・安田善憲(国際日本文化財研究センター)

1. はじめに

東南アジアは古い歴史を持っており、中世には西洋との南蛮貿易に関わり、日本とも密接な関係にあったとされている。近年、東南アジア地域でも遺跡から出土した遺物に関して自然科学な手法を利用し、様々な角度から遺跡や遺物などの理解ができるようになった。

本研究では、カンボジア王国に所在するPhum Snay遺跡・Village10.8遺跡から考古学的に発掘された紀元前後における主に腕輪などの青銅製品134点の資料に関して、蛍光X線分析法を用いた化学組成と鉛同位体比法を用いた材料の産地推定に関して考察した。本研究がカンボジア王国の歴史や文化のある一面を明らかにすることを目的とした。

2. 測定方法

資料から鉛同位体比測定用の試料として約0.1gの錆を採取し、硝酸で溶解した。試料に含まれる鉛を集めるために、直流 2V で電気分解した。析出した二酸化鉛を硝酸と過酸化水素水で溶解した。この溶液から0.2 μgの鉛を分取し、これにリン酸とシリカゲルを加えてレニウムフィラメント上に乗せた。以上のように準備したフィラメントを質量分析計(別府大学に設置されているサーモエレクトロン社の表面電離型質量分析計MAT262)の中にセットし、条件を整え、鉛同位体比を1200℃で測定した。また、同一条件で標準鉛試料NBS-SRM981を測定し、規格化した。

3. 結果と考察

カンボジア王国Phum Snay遺跡出土の青銅製品に関する化学組成を図1に示した。Phum Snay遺跡は2007年度にも化学組成と材料の研究が産地推定をされているので、今回の資料と一緒に図化した。Phum Snay 遺跡出土の資料には少量の【純銅】、【銅－鉛 合金】、【銅－スズ－鉛 合金】、および大部分の【銅－スズ 合金】の 4 種類の化学組成を成していることがわかった。特に、資料数の80%以上が【銅－スズ 合金】であることが注目される。Village 10.8遺跡出土の青銅製品の化学組成を図2に示した。Village 10.8遺跡出土の資料は【銅－スズ－鉛 合金】、【銅－スズ 合金】の2種類の金属であることがわかった。Village 10.8 遺跡出土の青銅製品は【銅－スズ－鉛 合金】が資料の70%以上を成しているのが特徴である。

Phum Snay 遺跡の鉛同位体比の結果は、全体的に中国の華南産材料の領域に位置し、一部が華南産材料の領域の付近とN領域に分布することがわかった。Village 10.8から出土した青銅製品の鉛同位体比分析の結果は主に中国の華南産材料の領域内に位置し、一部が華南産材料の上部領域線付近に分布した。

また、鉛同位体比の値を化学組成ごとに分け、どのような傾向が現れるかを確認した。図 3 はPhum Snay遺跡出土青銅製品の化学組成の結果と鉛同位体比の結果をあわせた図である。【純銅】製品は1点のみ確認されており、華南産材料の領域の中に分布した。この図から判断すると、この純銅製品は【銅－スズ 合金】が示している傾向と似ている。【銅－鉛 合金】製品、【銅－スズ－鉛 合金】製品は華南産材料の領域より上部(A 式図)に分布した。【銅－スズ 合金】製品は華南産材料の領域の中かその付近、あるいはN領域に分布した。図4はVillage10.8遺跡出土青銅製品の化学組成の結果と鉛同位体比の結果をあわせた図である。【純銅】製品と【銅－鉛 合金】製品は確認できなかった、【銅－スズ－鉛 合金】製品は華南産材料の領域内あるいはその上部付近に幅広く分布

し、【銅－スズ 合金】製品は華南産材料領域の中に分布した(A 式図)。特に、【銅－スズ－鉛 合金】製品の場合、直線上に分布する傾向が現れたことから、2 つ以上の材料を混合した可能性が高く、少なくとも 1 つは中国産材料である可能性が考えられる。これらの結果から、カンボジア王国出土の青銅製品の場合、化学組成によって材料産地の異なる傾向が確認された。この問題に関しては、現在まで測定された資料から考察したもので、今後より多くの資料を研究した後に再考察する必要がある。

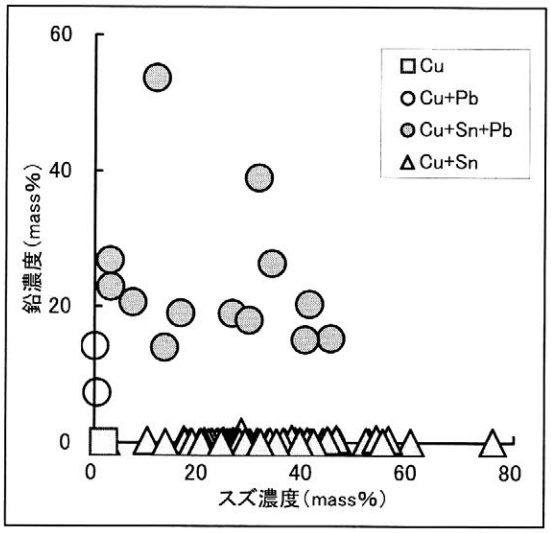


図 1 Phum Snay 遺跡の化学組成結果

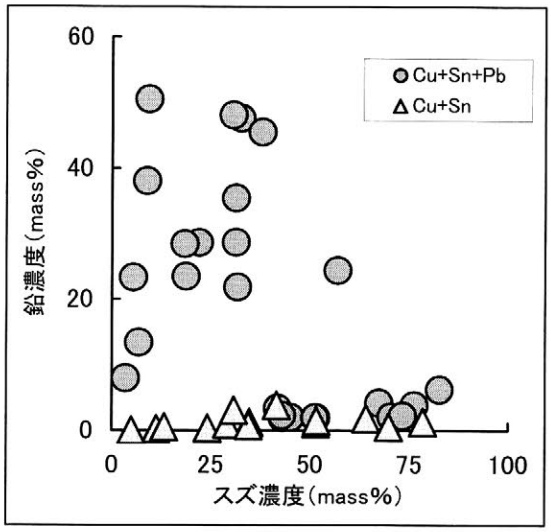


図 2 Village10.8 遺跡の化学組成結果

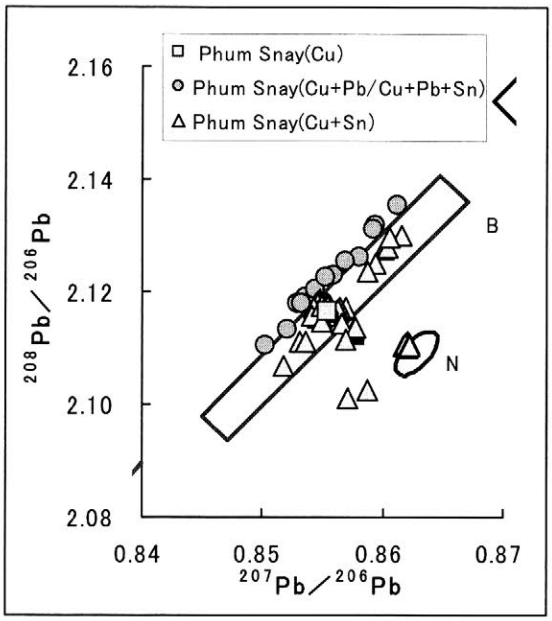


図 3 Phum Snay 遺跡の化学組成別に分類した鉛同位体比の分布

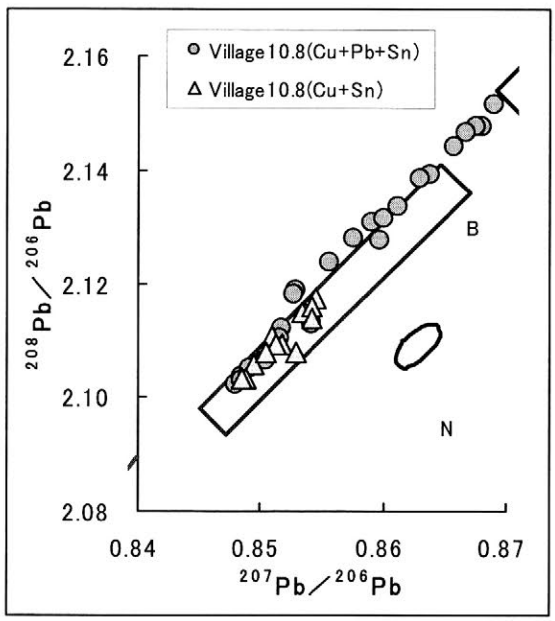


図 4 Village10.8 遺跡の化学組成別に分類した鉛同位体比の分布

P－069

As/Sb 濃度比を指標とした西本願寺の鉄釘及び鉄滓の原材料の産地推定

○加藤将彦，平井昭司（東京都市大学）

1．はじめに

京都の西本願寺では 1998 年から 2008 年にかけて平成大修復が行われた。修復工事に伴って御影堂をはじめとした建物から多量の鉄釘が抜き取られ、また、防災施設の敷設工事の際には多量の鉄滓（鍛冶滓）が出土した。これらの修復に伴って採取された鉄釘や鉄滓について機器中性子放射化分析法（INAA）による多元素定量を行った。本研究では、鉄原料の産地推定の指標となる As 及び Sb に注目して濃度比（As/Sb 値）を算出し、採取された鉄釘や鉄滓の原料の産地推定を目的とした。

2．分析試料

表１　分析に用いた資料の概要一覧

資料		長さ	重量	試料数
鉄釘	御影堂	30～40cm	350～550g	31
	仏飯所	9.2～15.5cm	8.2～41.8g	3
	御影堂門	5.5～23.7cm	1.9～200g	22
	築地塀	4.7～23.2cm	1.9～52.1g	38
鍛冶滓		―	148～1120g	6

表１に分析を行った資料の概要を一覧で示す。分析を行った鉄釘は御影堂、仏飯所、御影堂門及び築地塀から修復工事に伴い抜き取られたものと防災施設の敷設工事に伴い出土した鍛冶滓である。鉄釘は、いずれの資料も表面が褐色の錆で覆われていたが、内部は健全な金属状態であった。それぞれの鉄釘資料をダイヤモンド刃の自動切断器を用いて切断した。また、ハンディー用のカッターを用いて資料表面の錆を削り落とし、鉄釘の内部から分析に用いる試料の切片採取を行った。また、鍛冶滓は、いずれも塊状の椀型滓であり、それぞれタガネで割った後に、破片をメノウ製乳鉢で粉砕・均質化させたのものを分析用試料とした。内部に金属鉄が残存していた資料では、金属部とその周辺の滓部とに分けて分析を行い、金属部からはハンディー用のカッターを用いて分析用試料の切片採取を行った。各資料より採取した分析用試料の重量は約 50mg である。

3．分析

鉄釘及び鍛冶滓中の多元素分析は INAA により行った。分析試料及び比較標準試料の中性子照射には、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉：JRR-3（熱出力 20MW、10 分間照射）あるいは JRR-4（熱出力 100ｋW、６時間照射）を使用した。放射化試料のγ線測定には高純度 Ge 検出器と 4096 チャンネル波高分析器を用い、γ線スペクトルの解析は本研究室で開発した GAMA03 プログラムで行った。

4．結果及び考察

多元素定量の結果のうち、As/Sb 値が鉄製品とそれらの原材料（砂鉄あるいは鉄鉱石）との間で一致するため、産地推定の指標となる。図１に西本願寺の建物の鉄釘、境内から出土した鍛冶滓、鍛冶滓中の鉄及び比較試料とした奥出雲産の砂鉄を原料とした鉄の As/Fe 及び Sb/Fe の相関図を示す。図中の点線は以前に分析を行った御影堂の鉄釘の As/Sb 値の平均値 11 を示すものである。また、図中の直線は御影堂の鉄釘の異なった部位（先端部、中央部及び頭部）から分析用試料の採取して分析した結果などから As/Sb 値の示した標準偏差 ±3.0 の範囲を示したものである。この範囲（As/Sb=8~14）は、同一資料中における元素濃度の偏析、あるいは分析及び解析上の誤差を含んだものとみなし、同一原材料に由来する As/Sb 値であると判断する範囲とした。

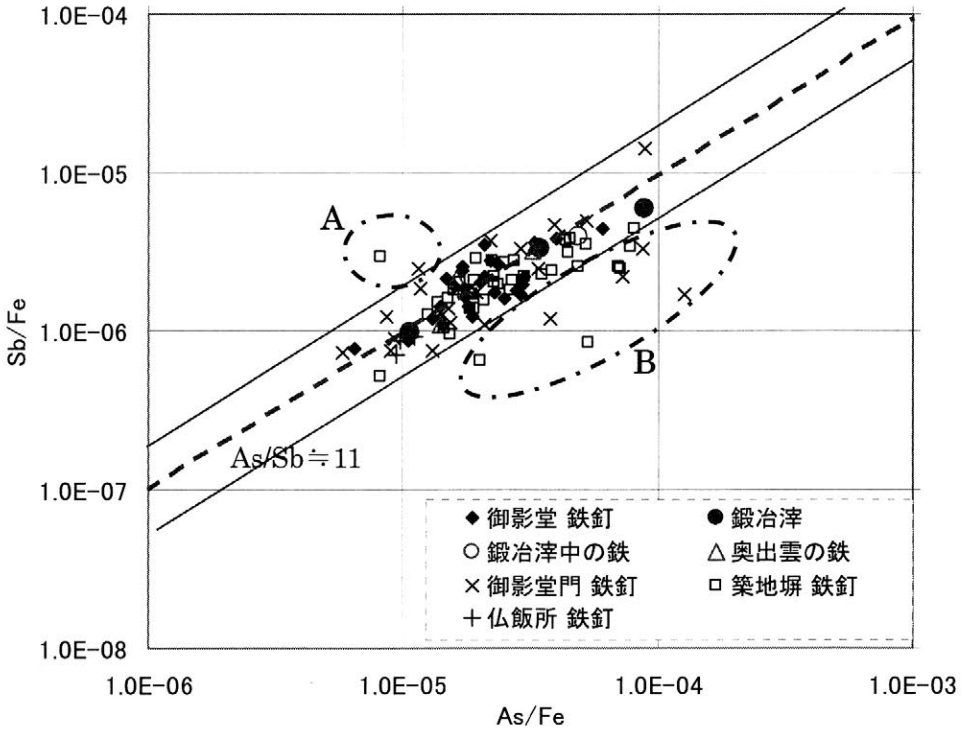


図１　As/Fe 及び Sb/Fe の相関図

御影堂の鉄釘、鍛冶滓、鍛冶滓中鉄釘及び奥出雲産の砂鉄を原料とした鉄の As/Sb 値は図１中に示した As/Sb=8~14 の範囲内に入っている。つまり、奥出雲産の鉄材から鉄釘を作製し、鉄釘作製の際に排出された鍛冶滓と鍛冶過程で鉄材が滓中に残留したものであることが分かる。御影堂門や築地塀の鉄釘でも多くが上記の範囲内に入るが、一部には、A の領域に示されるような As/Sb 値の低いものや、B 領域に示されるような高いものが見られた。これらの結果より、奥出雲産の砂鉄とは異なる原材料からの鉄釘が建立当時に混ぜて使用されたか、あるいは後の時代の修復などで使用されたことが考えられる。

以上の結果から、西本願寺の建物に使用された鉄釘の多くは、出雲地方の砂鉄を原料とした鉄材を境内に運び込んで鍛冶を行い、加工されたものと考えられる。

P－070

金鉱山及び漂砂鉱床中の金及びエレクトラムの化学組成による産地推定の試み

○竹内翔吾[1]，阿部善也[1]，中井　泉[1]，横山一己[2]，破石澄元[3]，松原　聰[2]
（1 東理大・理，2 国立科博，3 中尊寺仏教文化研究所）

【背景・目的】

これまで、日本では金鉱山で産出された金の Au, Ag に関する研究は盛んに行われてきたが、金の微量元素についてはほとんど報告がなされていない。金の微量元素の研究により実際の金製品、特に文化財に使用された金の産地を明らかにすることで当時の金の流通や交易の解明が期待される。そこで我々は金鉱山及び漂砂鉱床中の金及びエレクトラムの微量元素の組成の地域性を明らかにし、金を用いた歴史資料の産地推定に応用できないか検討を行った。本研究では日本産の金鉱石、砂金を SEM-EDS, EPMA, LA-ICP-MS で分析することにより、化学組成の地域的特性化、日本地域の砂金および金鉱石の化学組成のデータベース化を行っている。また実際の産地推定の応用として、中尊寺境内(岩手県)に所蔵されている金塊をポータブル XRF で測定し、得られた化学組成を我々のデータベースと比較し、金塊の産地を探った。

【実験概要】

測定試料として産地の異なる金鉱石と砂金を用意した。いずれも薄片にして EPMA(JEOL 製 JXA-8800M)を用いて分析を行ったほか、砂金については内部と表面の違いを比べるため SEM-EDS(JEOL 製 JSM-5500)分析を行って比較、検討した。また、一部の砂金試料に関しては Laser Ablation 装置 (New Wave LUX 266X)を接続した ICP-MS (Agilent Technologies 7500s)により、砂金中に含まれる極微量元素を規格化半定量分析法により定量化した。中尊寺境内に所蔵されている金塊(Fig. 1)はポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100 FA-Ⅱ (OURSTEX(株)製)を持ち込み、組成分析を行った。金塊の 4 箇所を分析し、標準試料を用いた検量線法により Au, Ag, Cu の濃度を算出した。

Fig. 1 中尊寺所蔵の金塊

【結果・考察】

SEM-EDS による分析の結果、砂金の表面と内部に組成の違いが見出された。内部に比べ、表面の方が Au 純度の高いものが多く、これは川に堆積している間に Ag の溶出が生じたことが考えられる。表面の分析では、Fe, Cu が 4%含有されていたところもあり、この場合は不純物が表面に付着していたものと推測される。

EPMA の分析結果から砂金、金鉱石中の金の微量元素として Cu, Hg の存在が確認された。まず、Cu に関してはいずれの試料においても含有量は 0～0.2 %と少なく、EPMA の検出下限を下回るものも多かった。一方、Hg は全く検出されなかったものから最大 6%もの Hg が含まれていたものまで含有率は多岐に渡った。そこで、測定データから EPMA による元素マッピングを行った結果、Hg は砂金全体に広く存在しているのではなく局所的に多く存在していることが可視化された。この結果を用いて産地ごとの比較を行ったが、EPMA で確認された微量元素では全国規模で明確な違いは認められなかった。そこで、

Cu vs. Au および、Hg vs. Au プロット作成して地域による組成の違いを比較したところ北海道の砂金は Hg が多く検出されたなど地域ごとの特徴が見られた。

LA-ICP-MS による砂金の定量分析結果を Table 1 に示す。EPMA で確認された Cu, Hg の他に、極微量元素として Sb, Pb を含んでいる砂金が確認された。こうした特徴的な元素は未知試料の産地判断を行う際にも重要な判断要素になるものと期待される。

ポータブル蛍光 X 線分析装置による金塊の分析の結果、Cu, Hg などに関しては検出されなかったが、Au, Ag の定量値が得られた。EPMA で定量化した東北地方の砂金, 金鉱石のデータと比較した結果を Fig. 2 に示す。Ag の値が東北地方の砂金、金鉱石のものと比較的近く、この金塊は東北地方のものである可能性が高く、中尊寺金色堂の建立の際に使用された砂金は伝聞どおり、東北地方の砂金が使われた可能性が高いと考えられる。今後は、砂金, 金鉱石に含まれる極微量元素に着目してさらなる研究を行い、産地の特性化を目指していきたい。

Table 1 LA-ICP-MS による砂金の定量分析の結果

平均値データ (n=3)　　単位 : wt %

元素	秋川	多摩川	荒川	泊内	盛岡
Cu	0.000	0.010	0.006	0.014	0.010
Zn	0.013	0.011	0.000	0.000	0.000
Ag	13.361	7.735	9.996	1.050	5.326
Sb	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000
Au	85.668	91.685	89.871	98.386	94.423
Hg	0.542	0.122	0.111	0.459	0.028
Pb	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000

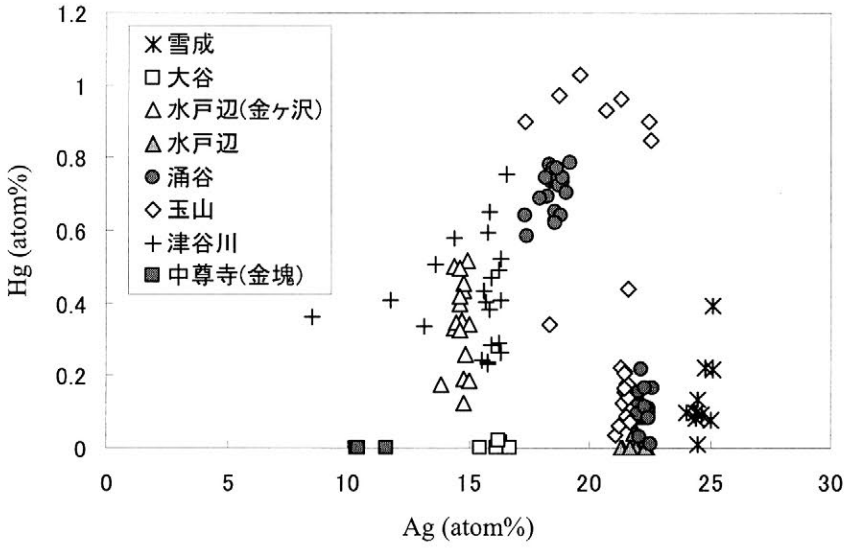


Fig. 2 宮城・岩手県の砂金と金塊の含有率の比較

P－071

南西諸島の先史土器
—蛍光X線による胎土分析—

○新里貴之（鹿児島大学）・三辻利一（鹿児島国際大学）・大浜永亘（先島文化研究所）・沖田純一郎（西之表市教育委員会）・大浜永寛（石垣市教育委員会）・徳田有希乃（南種子町教育委員会）・新里亮人（伊仙町教育委員会）

Ⅰ．はじめに

南西諸島における胎土分析は，これまでにも一部で優れた研究が行なわれてきたが，沖縄・奄美といった島嶼地域ごとの括りで九州・本土と比較するために用いられるものや，一遺跡内で少量の分析資料で行われることが多かった。また，型式不明の土器を分析することも多く，どの時代・地域の土器が，母集団としてどのような胎土特性を示すか不明確な場合もあった。前回，土器型式が分かる資料を中心に，300点を超える資料群の分析から，各島嶼部や島内の先史時代土器胎土の母集団分析と，縄文時代後期～晩期にかけての土器型式との相関性を確認した。

Ⅱ．分析結果（図1）

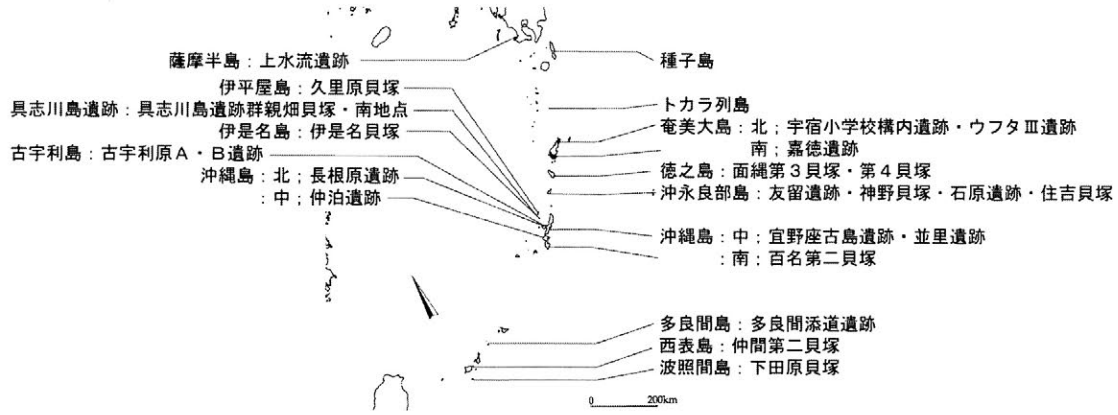
前回行なった分析においては，薩摩半島・奄美・沖縄・先島では，土器胎土が異なることが分かり，分析を進めていく指針を得た。奄美諸島と沖縄諸島の土器胎土は，大きく分布域を重ねながらも，違いがみられる。さらに，奄美大島内においても北部と南部でかなり違いがあり，沖永良部島は他地域とかなりの違いがあることが判明した。沖縄島の遺跡出土土器も長石系因子からみて，ほぼまとまっており，沖縄群としての化学特性をもつが，沖縄島として一色ではなく，宜野座古島遺跡・並里遺跡の土器群のように，小地域差もあるものとみられる。さらに，沖縄本島とその周辺の島々の遺跡出土土器の胎土も同様に，長石系因子からみて異なるというデータが得られた。これは隣接した貝塚同士でも違いのあった徳之島例でもみられた。このことは従来のように，一概に奄美系や沖縄系の胎土とは呼べないことを示している。今後，沖縄島内にある遺跡間でも，また，同じ遺跡でも，時期差によって胎土に微妙な小地域差があるかどうかを検討する必要がある。

土器型式と土器胎土の検討では，薩摩半島上水流遺跡の南島系仲原式が同地で製作されたか，沖永良部島産の可能性を示し，沖永良部島住吉貝塚の沖縄系土器が，沖縄諸島からの搬入品ではなく，沖永良部島で製作された可能性が指摘された。土器の移動例ではないが，ある型式が近似した胎土としてまとまる宇宿小学校構内遺跡例もあり，型式によって土器粘土の得られる場所が限定される可能性も指摘できるかもしれない。しかし，K-Ca分布とRb-Sr分布からみると，型式学的には搬入品であるが，ものによっては，どちらかが考古学的な情報と合致するという状況が多い。これらは，資料数の関係上，沖縄・奄美領域の設定が暫定的なことに起因するのか，奄美・沖縄間の土器の動きは，この分析では困難なのか，未だ確言できていない。

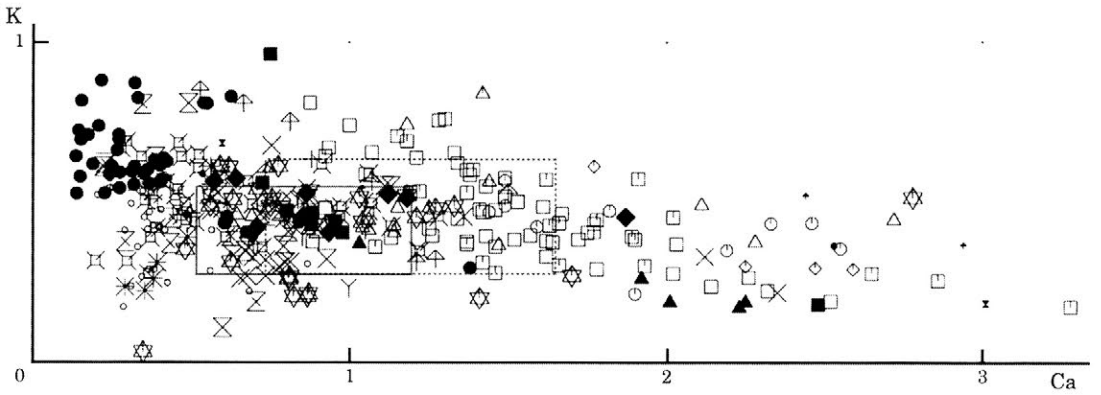
今回は，新たに種子島と，前回分析資料数の少なかった徳之島，先島諸島（石垣島・西表島・波照間島）を加えて，再検討を行なう。

文献

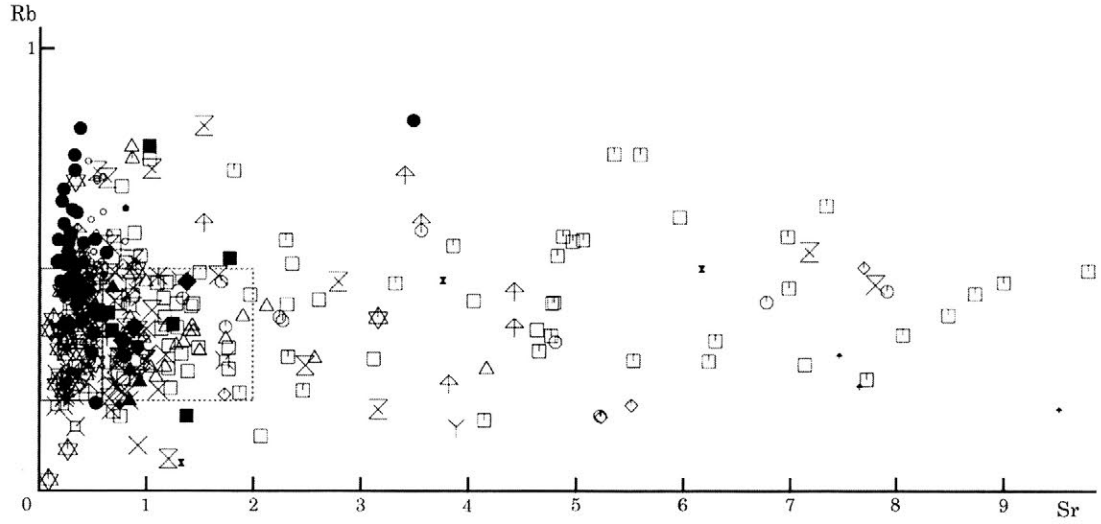
新里貴之・三辻利一・大屋匡史・榊原えりこ・黒川忠広・西銘章・島袋綾野・松村智行・宮城弘樹・鼎丈太郎・安座間充・田里一寿・松本信光・新里亮人・森田太樹・崎原恒寿　2008「奄美諸島・沖縄諸島・先島諸島土器の蛍光X線による胎土分析—縄文時代後・晩期資料を中心に—」『廣友会誌』第4号　廣友会　1-16頁



a【分析に用いた遺跡】



b【K-Ca集中部】



c【Rb-Sr】

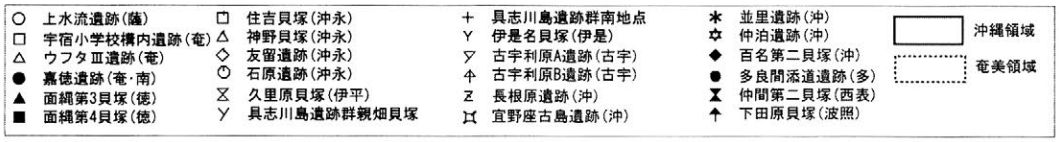


図1　K-Caと Rb-Sr の分布状況

P－072

栃木県出土縄文早期土器胎土の岩石鉱物組成
—岩石学的手法と蛍光X線分析法・中性子回折による縄文土器胎土分析の比較のために

○河西学(帝京大学山梨文化財研究所), 小林謙一(中央大学), 神山崇, 池田進(高エネルギー加速器研究機構), 新免歳靖(総合研究大学院大学), 坂上恵梨, 二宮修治(東京学芸大), 永嶋正春(国立歴史民俗博物館), 片根義幸, 合田恵美子((財)とちぎ生涯学習文化財団)

はじめに

筆者らは、中性子回折法を縄文土器の産地推定に適用することを目的として、同一試料で薄片による岩石学的手法および蛍光X線分析を合わせて分析している(小林ほか, 2007;河西ほか, 2008)。中部・南関東の縄文中期土器では、薄片による岩石鉱物組成と蛍光X線分析による元素組成とが相互補完関係をなし、両者の組み合わせが土器の産地推定に極めて有効であることが明らかになった(河西ほか, 2008)。今回は、栃木県内の縄文早期土器を対象として、土器の原料産地推定について考える。

試料

試料は、栃木県宇都宮市宇都宮清陵高校地内遺跡・山崎北遺跡、真岡市市ノ塚遺跡、小山市間々田六本木遺跡から出土した縄文早期井草式土器14点と夏島式土器2点を分析した。

分析方法

土器試料は、エポキシ樹脂を含浸させて補強し、岩石薄片と同じ要領で薄片を作製した。さらにフッ化水素酸蒸気でエッチングし、コバルチ亜硝酸ナトリウム飽和溶液に浸してカリ長石を黄色に染色しプレパラートとした。偏光顕微鏡下で、ポイントカウンタを用い、粒径0.05mm 以上の岩石鉱物粒子とマトリクスを対象として、各薄片で2,000ポイント計測した。

分析結果

岩石鉱物組成を第1図・第2図に示す。第1図は、試料全体の砂粒子・赤褐色粒子・マトリクスの割合(粒子構成)、および砂粒子の岩石鉱物組成および重鉱物組成を示す。第2図は、11種の各岩石のポイント総数を基数とし、各岩石の構成比を示した岩石組成折れ線グラフである。折れ線グラフの第1・2ピークの組み合わせによって土器を分類した(第1表)。

第1表では、変質火山岩類の多いV類と花崗岩類が顕著なG類に大別され、珪質岩がやや多いSI-v類がわずかである。変質火山岩類が多いV類試料は、第2ピークによって多様に細分されるが、重鉱物組成において　重鉱物組成では単斜輝石・斜方輝石が多い傾向が強い。花崗岩類が顕著に多いG類試料は、石英・斜長石・カリ長石も多く、重鉱物組成では黒雲母・角閃石が多い傾向がある。

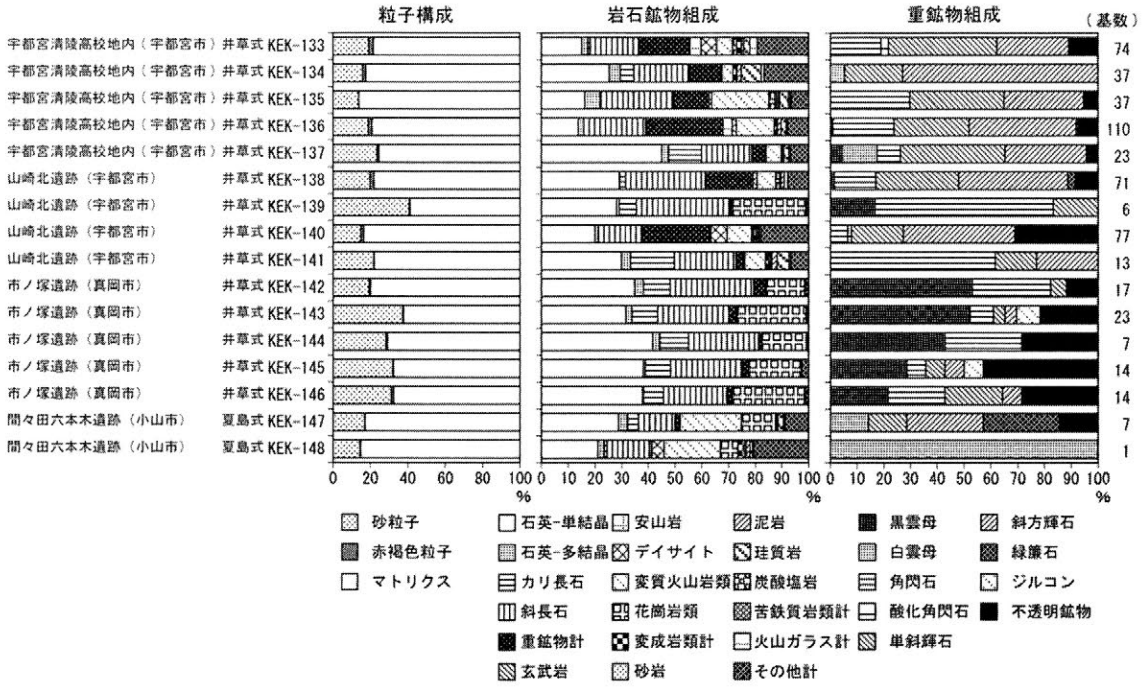
各遺跡の胎土組成は、地域ごとの特徴を示す。宇都宮市の宇都宮清陵高校地内遺跡と山崎北遺跡では、変質火山岩が多い胎土が多くみられ(V-a類、V-d類、V-dg類、V-si類、SI-v類)、個々には岩石鉱物組成で多様であるが、重鉱物組成は共通性がある。山崎北遺跡では、G類の混在が認められる。市ノ塚遺跡では、全てがG類からなる。間々田六本木遺跡では、　変質火山岩類に次いで花崗岩類が多いV-g類からなり、粒子構成における砂粒子の割合も低い。これらの岩石鉱物組成の特徴と分類は、同時に行われた蛍光X線分析結果と極めて調和的である。

宇都宮地域には、安山岩・デイサイト～流紋岩などが緑色変質した新第三系、および上流域の日光火山群やそれらに由来する風成テフラ層などからなる第四系が分布している。変質火山岩類が多い宇都宮清陵高校地内遺跡と山崎北遺跡の土器胎土は、これらの地域地質を反映していると推定される。宇都宮周辺には、花崗岩類がほとんど分布せず、遠方の足尾山地や奥鬼怒川に小岩体が存在するのみである。山崎北遺跡G類土器(KEK-139)は、市ノ塚遺跡試料と原料産地が類似する可能性がある。

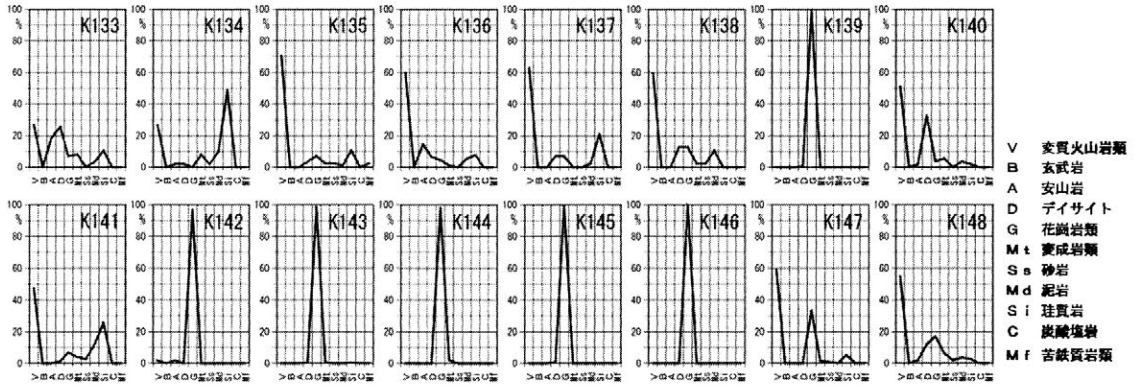
市ノ塚遺跡は、小貝川に面している。市ノ塚遺跡周辺の小貝川上流域には、八溝山地の堆積岩主体の中古生界や火山砕屑岩と海成堆積岩からなる新第三系などが分布していて、花崗岩類の分布はない。市ノ塚遺跡に最も近い花崗岩質岩体は、筑波山周辺岩体であり、岩体規模も大きいことから、市ノ塚遺跡土器の有力な原料産地候補として筑波山周辺地域が推定される。

間々田六本木遺跡は、宝木ローム層をのせる宝木面に立地し、思川以西には沖積低地が広がる。思川河川砂は、クラスタ分析で間々田六本木遺跡試料との類似性は低いものの、火山岩類・花崗岩類・堆積岩を含む点で共通性が認められることから、胎土組成は地域的特徴を反映している可能性がある。

本研究は、科研費・学術創成研究「パルス中性子源を活用した量子機能発現機構に関する融合研究」(課題番号16GS0417)の成果の一部である。



第1図　土器の岩石鉱物組成・重鉱物組成



第2図　岩石組成折れ線グラフ

第1表　岩石組成折れ線グラフによる土器の分類

分類	折れ線グラフの特徴		試料番号(KEK)
V-a類	変質火山岩類の第1ピーク	安山岩の第2ピーク	136
V-d類		デイサイトの第2ピーク	133, 140
V-dg類		デイサイト・花崗岩類の第2ピーク	138
V-g類		花崗岩類の第2ピーク	147, 148
V-si類		珪質岩の第2ピーク	135, 137, 141
G類	花崗岩類の第1ピーク	顕著な第1ピーク	139, 142, 143, 144, 145, 146
SI-v類	珪質岩の第1ピーク	変質火山岩類の第2ピーク	134

P－073

栃木県内縄文時代草創期・早期土器の化学組成
—岩石学的手法と蛍光X線分析法・中性子回折法による縄文土器胎土分析の比較のために—

坂上恵梨[1)]、新免歳靖[2)]、小林謙一[3)]、片根義幸[4)]、合田恵美子[4)]、
神山崇[5)]、池田進[5)]、○二宮修治[1)]
[1)]東京学芸大学、[2)]総合研究大学院大学、[3)]中央大学、
[4)](財)とちぎ生涯学習文化財団、[5)]高エネルギー加速器研究機構

1. はじめに

本研究は、昨年度からの継続研究として、中性子回折の考古学への適用による、縄文土器から胎土情報を取り出すことを目的としている。本班では、蛍光X線分析による胎土分析による研究を担当し、中性子回折による鉱物モデルの構築にむけて、土器胎土の元素組成の解明を行っている。

従来、縄文時代草創期・早期の土器の胎土分析に関しては、ほとんど実施されておらず、当該期における基礎的なデータの蓄積も本研究の目的の一つである。

2. 分析資料と分析方法

今回分析に供した資料は、栃木県内の縄文時代草創期・早期の8遺跡から出土した土器、計42点である(表1)。

分析は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(SEA－5120S)を用いて行った。分析条件は、試料室雰囲気:真空、測定時間:180秒、コリメーター径:1.8mmでマルチ測定を行い、加速電圧と管電流はそれぞれ15kV・112～164μA、45kV・20～32μAである。定量分析は、ファンダメンタルパラメーター法により、12元素の酸化物の和を100とする重量濃度比として求めた。測定元素は、ケイ酸塩物質の主成分元素であるSi、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、Na、K、Mnの9元素と微量成分元素のRb、Sr、Zrの3元素、計12元素である。測定箇所は、主に粘土部分で、砂粒を含む部分については照射範囲から意図的に外した。1資料につき5回測定し、その平均値を求めて定量値とした。

多変量解析(SPSS Ver.14.0)によりこれらの定量値を変数としてクラスター分析により検討を行った。

3. 分析結果

分析を行った土器資料(表2)は、元素組成の比率などから大きく二群に分けられた。市ノ塚遺跡から出土した土器の化学組成は非常に均質であり、散布図による各元素の検討結果や、クラスター分析の結果でも他の資料とは異なるグループを形成した。これに対し、市ノ塚遺跡以外の遺跡から出土した土器は、各元素について資料間で差が顕著であった。これらの資料についてクラスター分析を行い、12元素でその化学組成の検討を行うと、野沢遺跡や間々田六本木遺跡などでは同じ遺跡で出土した土器でのまとまりが認められた。また、山崎北遺跡で出土した土器は、その半数が市ノ塚遺跡の土器と非常に類似した化学組成を示した。その結果、全体的な傾向として土器の化学組成は遺跡ごとに一定のまとまりがあることを指摘することができた。

さらに、その化学組成に違いがみられる土器は、施文方法においても違いが観察された。井草式土器では、撚糸文の施文方法において違いが見受けられ、土器の施文方法と土器胎土の化学組成にもとづくまとまりに相関関係が認められた。

4. おわりに

今回は、栃木県南部に絞って分析を行ったが、今後、他地域の資料も含めて分析を行うことで、縄文時代草創期から早期初頭の土器に関する様相が明らかになることが期待される。今回得られた結果をふまえて、今後も基礎的なデータの蓄積を継続して行い、更なる検討を重ねていきたい。

今後、中性子回折法と岩石学的手法との比較を行うことで、土器の製作技術や土器の動きなどが明らかになるものと考えられる。

本研究は、科学研究費補助金・学術創成研究(課題番号16GS0417)の成果の一部である。

表1　分析資料

遺跡名	型式	資料No.	点数
宇都宮清陵高校地内遺跡	早期井草式	KEK110～113、133～137	9点
間々田六本木遺跡	早期井草式	KEK114～115	2点
	早期夏島式	KEK147～148	2点
山崎北遺跡	早期井草式	KEK116～120、138～141	9点
市ノ塚遺跡	早期井草式	KEK121～125、142～146	10点
野沢遺跡	草創期無文	KEK126～131	6点
登谷遺跡	草創期爪形文	KEK132	1点
鹿沼流通業務団地内遺跡	草創期爪形文	KEK149～150	2点
磯岡遺跡	草創期爪形文	KEK151	1点

表2　分析結果

資料No.	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	Rb_2O	SrO	ZrO_2
KEK110	60.12	1.09	32.41	3.84	1.31	0.33	0.02	0.75	0.06	0.01	0.01	0.06
KEK111	61.52	1.05	29.98	4.46	1.16	0.59	0.03	1.06	0.07	0.01	0.01	0.06
KEK112	54.02	0.96	33.84	9.24	1.20	0.23	0.01	0.32	0.12	0.01	0.01	0.05
KEK113	53.95	0.87	34.70	8.39	1.19	0.33	0.02	0.38	0.10	0.01	0.01	0.05
KEK114	61.42	1.22	29.42	5.50	0.93	0.19	0.00	1.19	0.05	0.01	0.01	0.07
KEK115	59.96	1.26	30.50	6.09	0.83	0.21	0.01	1.01	0.07	0.01	0.01	0.07
KEK116	57.15	1.04	28.69	9.82	1.43	0.55	0.04	1.08	0.12	0.01	0.02	0.07
KEK117	52.50	1.10	31.57	10.52	2.02	0.62	0.01	1.43	0.12	0.02	0.03	0.08
KEK118	54.38	1.07	30.06	9.97	1.87	0.85	0.08	1.50	0.08	0.01	0.03	0.08
KEK119	60.82	0.95	29.85	6.27	0.93	0.12	0.01	0.90	0.07	0.01	0.01	0.06
KEK120	54.79	1.27	32.21	7.91	1.57	0.71	0.00	1.37	0.07	0.01	0.03	0.07
KEK121	51.69	1.28	28.99	13.26	2.10	0.58	0.03	1.80	0.14	0.02	0.03	0.07
KEK122	54.47	1.27	28.19	11.72	1.72	0.69	0.04	1.61	0.16	0.02	0.03	0.09
KEK123	58.48	0.90	27.77	8.95	1.65	0.91	0.03	1.11	0.09	0.01	0.03	0.07
KEK124	58.26	0.94	27.40	8.50	2.14	0.97	0.14	1.43	0.10	0.02	0.03	0.07
KEK125	59.36	1.00	26.28	9.40	1.31	0.91	0.19	1.33	0.11	0.01	0.03	0.06
KEK126	53.15	1.33	37.85	5.11	1.54	0.36	0.00	0.44	0.12	0.01	0.01	0.07
KEK127	52.32	1.14	40.23	4.03	1.29	0.22	0.01	0.62	0.06	0.01	0.01	0.06
KEK128	59.23	1.06	33.15	4.08	1.28	0.35	0.00	0.66	0.12	0.01	0.01	0.06
KEK129	52.83	1.17	37.97	5.46	1.36	0.40	0.05	0.53	0.15	0.01	0.01	0.06
KEK130	58.35	0.72	33.17	5.27	1.17	0.20	0.07	0.85	0.13	0.01	0.01	0.06
KEK131	58.92	0.79	32.63	5.28	1.13	0.16	0.01	0.98	0.04	0.01	0.01	0.06
KEK132	59.72	1.10	31.38	4.77	1.06	0.64	0.03	1.11	0.12	0.01	0.01	0.05
KEK133	53.64	1.36	30.55	11.01	1.33	1.02	0.02	0.77	0.21	0.01	0.01	0.07
KEK134	59.28	0.77	30.37	7.01	1.26	0.19	0.01	0.94	0.10	0.01	0.01	0.06
KEK135	60.35	1.11	32.26	3.50	1.16	0.53	0.05	0.93	0.04	0.01	0.01	0.05
KEK136	58.64	1.33	30.78	6.33	1.48	0.47	0.05	0.75	0.09	0.01	0.01	0.06
KEK137	60.28	0.93	30.22	5.75	1.22	0.66	0.03	0.78	0.06	0.01	0.01	0.06
KEK138	54.93	1.29	31.90	8.82	1.61	0.36	0.04	0.83	0.13	0.01	0.01	0.08
KEK139	54.33	1.26	29.53	10.59	1.33	0.90	0.04	1.80	0.09	0.02	0.04	0.07
KEK140	48.30	1.03	34.50	13.29	1.68	0.20	0.00	0.79	0.12	0.01	0.01	0.07
KEK141	62.65	0.61	29.28	4.72	1.06	0.31	0.00	1.17	0.11	0.01	0.01	0.06
KEK142	58.82	0.86	28.36	8.63	1.67	0.53	0.01	0.96	0.08	0.01	0.02	0.05
KEK143	58.51	1.02	26.61	9.11	1.96	0.88	0.13	1.51	0.18	0.02	0.03	0.06
KEK144	61.06	0.97	26.19	8.14	1.42	0.84	0.05	1.11	0.12	0.01	0.03	0.07
KEK145	61.80	0.98	25.46	8.16	1.20	0.90	0.17	1.10	0.10	0.01	0.02	0.09
KEK146	59.51	0.92	26.04	9.87	1.30	0.96	0.03	1.12	0.13	0.01	0.03	0.07
KEK147	61.21	1.09	32.66	2.76	0.96	0.18	0.01	1.01	0.05	0.01	0.01	0.06
KEK148	61.99	1.24	29.98	4.43	0.75	0.19	0.01	1.27	0.07	0.01	0.01	0.06
KEK149	58.52	1.11	32.49	5.25	1.08	0.26	0.01	1.04	0.17	0.01	0.01	0.06
KEK150	54.41	1.39	28.90	12.79	1.43	0.25	0.03	0.59	0.14	0.01	0.01	0.06
KEK151	64.50	0.92	28.45	3.17	1.04	0.70	0.01	1.06	0.07	0.01	0.02	0.05

P－074

弥生時代における伊豆諸島三宅島の戦略的居住を土器の胎土から説く

○　杉山浩平（東京大学），池谷信之（沼津市文化財センター），増島 淳（沼津市文化財センター）

研究の目的

弥生時代中期後葉の伊豆諸島三宅島では、坊田遺跡形成（IV-1 期）→火山噴火（伊ヶ谷沢スコリア降下）→空白期（IV-2～IV-4 期）→ココマ遺跡形成（IV-5 期）という、火山噴火とその影響による遺跡形成上の空白期間が反復している。これらの遺跡は、土器型式で１～２小型式程度と存続期間が非常に短いが、神津島産黒曜石の一時的集積や、貝輪の素材であるオオツタノハの獲得や製作・搬出といった、本土側を供給先とする特定の経済的活動の拠点となっている。本稿では渡海した集団の出自に迫り、海洋資源獲得を目的とした戦略的居住の様相を明らかにするための基礎資料とすべく、出土土器の胎土分析を行った。

分析資料

本研究で対象とする資料は、1973 年に橋口尚武氏により発掘調査された坊田遺跡出土土器（分析点数 100 点）と、2007 年に筆者らが発掘調査を行ったココマ遺跡出土土器（分析点数 36 点）である。これまで伊豆諸島で行われてきた胎土分析は、一遺跡あたりの分析点数が少ないため、器種・系統・時期などに起因する様々なバイアスを含んでいる可能性がある。本研究では一括資料を用い、器種・系統などの資料の属性を明確にしたうえで、可能なかぎり多くの資料を対象資料とした。

分析方法・結果

エネルギー分散型蛍光Ｘ線分析装置（島津 EDX-900HS）を用いて得られた元素強度比から、Si/Fe と Zr を指標とする判別図を作成し、これに坊田遺跡およびココマ遺跡出土土器の分析結果を重ねることによって、その産地がフォッサマグナ西縁（糸魚川－静岡構造線、フォッサマグナと略す）を挟んだ東西のどちら側に帰属するかを判別した（図２）。その結果、計 136 点のすべてがフォッサマグナの東側に産地があることが判明した。

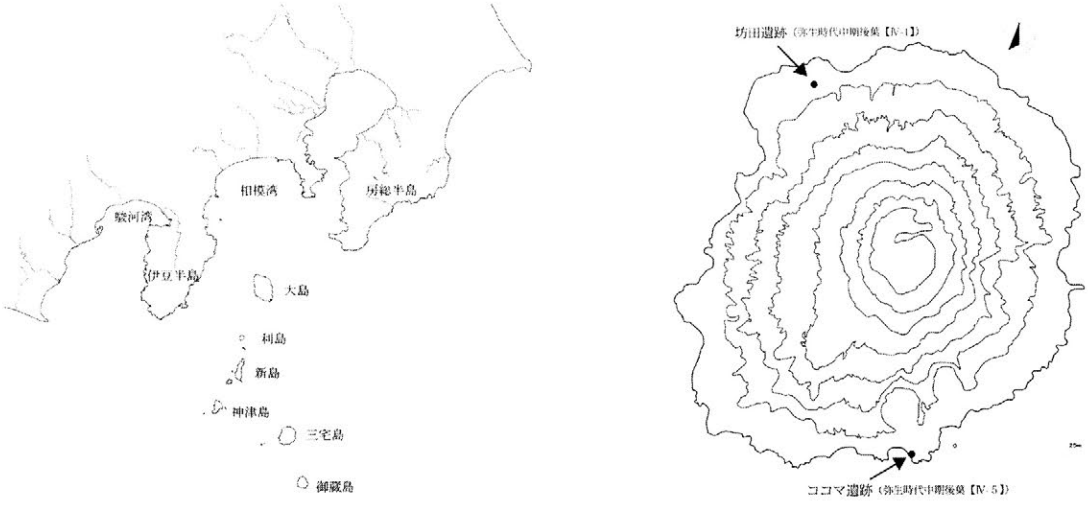
つづいて坊田遺跡から 38 点、ココマ遺跡から 29 点を抽出して、より細かく産地を絞り込むために鉱物分析を実施した。試料の一部を粉砕し、10%塩酸で煮沸クリーニングした後、106～250 ﾐｸﾛﾝの砂粒子を抽出し、鉱物顕微鏡で重鉱物 200 粒の同定を目安に観察した。同定された鉱物から、主成分３種類(ho=角閃石・opx=斜方輝石・cpx=単斜輝石)を指標とした三角ダイヤグラムを中心に検討した（図３）。

ココマ遺跡出土土器は３類型に分けることができた。第Ⅰ類はカワゴ平パミスを含み、角閃石を一定量含むことから神奈川西部域が産地となる可能性が高い。第Ⅱ類はカワゴ平パミスを含まないことから、Ⅰ類よりも東側の地域が産地となろう。Ⅲ類土器はカワゴ平パミスを含み、主成分分析結果はⅠ類に類似するため、Ⅰ類土器に比較的近い産地が考えられる。

坊田遺跡出土土器は７類型に分類されたが、主体となるのはⅠ類・Ⅲ類・Ⅴ類である。このうちⅠ類はココマ遺跡Ⅰ類と近く、カワゴ平パミスを含むことから近接した産地が考えられる。Ⅲ類はココマ遺跡Ⅱ類・池子遺跡（神奈川県逗子市）と三角ダイヤグラム上の位置がほぼ重複し、相互に近接した産地を想定しうる。第Ⅴ類は三角ダイヤグラムの中央やや下に位置し、三成分に富んでいるが、正長石が多く酸性岩の影響を比較的強く受けている。甲府盆地～神奈川県にかけて分布する花崗岩ないし石英閃緑岩類を浸食した河川の流域に産地があろう。

小結

ココマ遺跡は 3 類型に分類することができ、その産地は神奈川中西部から東部と推定される。一方、坊田遺跡は７類型に分類され非常に多岐にわたっている。その産地は神奈川中西部を中心としながら、ココマ遺跡よりも広い。弥生時代の海洋資源を巡り三宅島へ渡島した集団は、これまでの研究においては地理的に近い伊豆半島の集団と想定されていたが、本研究により相模湾沿岸を主な行動領域とする集団であったと考えられる。



三宅島の位置　　三宅島島内の遺跡

図１　分析対象遺跡

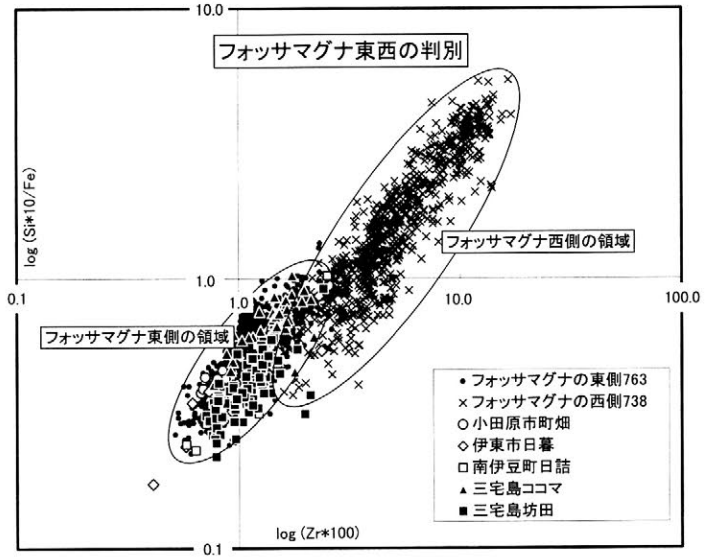
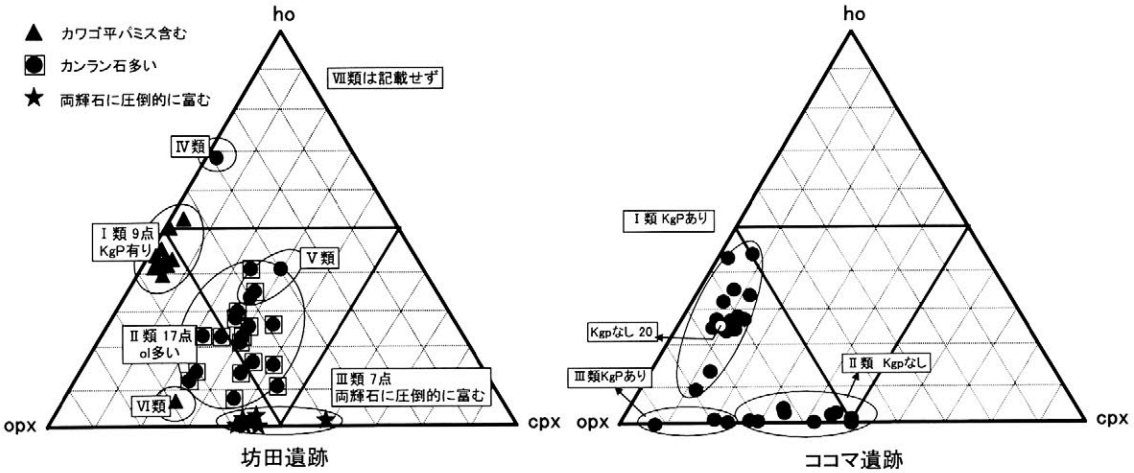


図２　蛍光Ｘ線分析によるフォッサマグナ東西の判別



坊田遺跡　　ココマ遺跡

図３　鉱物分析結果（三角ダイヤグラム）

P－075

蛍光X線分析を用いた笹貫式土器胎土の分類と型式との関係について

○中村直子（鹿児島大学）・三辻利一（鹿児島国際大学）・新里貴之・寒川朋枝（鹿児島大学）

1　はじめに

筆者らはこれまで、古墳時代後期以降（6世紀～8世紀）南九州に分布する笹貫式土器の蛍光X線分析による胎土分析を実施してきた。鹿児島大学構内遺跡郡元団地の溝（95-1-SD4）出土の笹貫式土器の分析の結果、①一括性の高い遺構内出土遺物については胎土的特性がよくまとまること（郡元領域を設定）、②郡元領域からはずれる土器は、文様や色調などの属性レベルで差異が認められること、③器種による胎土的特性の差異が認められること、などの結果を得ることができた。

これを受けて今回は、薩摩半島東部に立地する鹿児島大学構内遺跡郡元団地（以後、鹿大遺跡と略す）出土土器とは形態差が大きい大隅半島の土器と、薩摩半島南部出土土器の胎土分析を実施することにより、型式と胎土的特性との関係を考察するものである。

2　分析の方法

土器の小片（5mm～10mm程度）の表面を手動式研磨機で研磨して表面付着物を除去した後、タングステンカーバイド製乳鉢の中で100メッシュ以下に粉砕した。粉末試料は塩化ビニル製リングを枠にして10トンの高圧をかけてプレスし、内径20mm、厚さ5mmの錠剤試料を作成し、蛍光X線分析を行った。

使用した分析装置は理学電機製RIX2100（波長分散型）である。Rh管球（3.0kW）を使用した。使用条件は、50kV、50mAである。短時間の計測で比較的大きな強度が得られるNa・K・Ca・Fe・Rb・Srの6元素を測定した。

定量分析の標準試料として、岩石標準試料、JG-1を使用した。分析値はJG-1の各元素の蛍光X線強度を使って標準化された値（JG-1による標準化値という）で表示している。

3　分析結果

K-CaとRb-Srの分布図を作成すると、若干の重なりはありつつも遺跡ごとにまとまり、それぞれの領域を形成している。薩摩半島（鹿大遺跡・万之瀬川遺跡）と大隅半島（京ノ峯遺跡[1)]）で比較すると、大隅半島の方がCaが少なく、Kの値幅が広い。Rb-Srの分布でも同様にSrが少なく、Rbの値幅が広い。京ノ峯遺跡と薩摩半島側の遺跡とではその胎土的な特徴に明確な差異があることがわかる。

薩摩半島側の2遺跡を比較すると、鹿大遺跡に比べて万之瀬川遺跡はSr値が高く、Ca値が低い。KとRb値は若干高い。この両者はCaとSr値によってある程度識別できる結果となった。

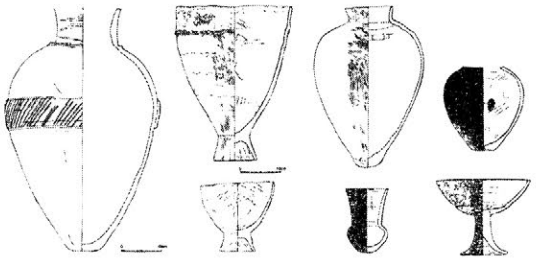
鹿大遺跡出土土器のうち、郡元領域からはずれる3点についてみると、49は京ノ峯遺跡の分布範囲に近く、47は万之瀬川の分布範囲に近い。

型式学的な特徴を見ると、47は外面に赤色顔料を塗布された坩の底部で鹿児島湾沿岸地域・薩摩半島・北薩地域・えびの盆地などが主な分布範囲である。49は鋸歯文を細沈線で施した坩の胴部である。胎土は精製され、黄白色を呈する。薩摩半島南端部によく見られる型式だが、今回の検討では肝属平野に近い京ノ峯遺跡に近いという結果が出た。肝属平野と薩摩半島南端部の胎土は、肉眼観察のレベルではともに金色の雲母が入っているという点で共通しており、今後、蛍光X線分析による値を検討する必要があると思われる。

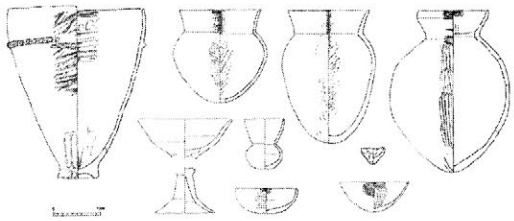
23は大壺で、胴部に幅広突帯を模した細い刻目突帯文を有している。大壺は鹿児島湾沿岸地域が主な分布範囲だが、この突帯文様は独創的で他に例をみない。蛍光X線分析の結果でも、どの領域にも属さない結果となっている。しかし、製作技法など明らかに笹貫式土器の特徴を具えており、南九州内で製作されたことは間違いないと思われる。

基礎的データの蓄積が不可欠だが、蛍光X線分析と型式学的な検討を組み合わせ、産地同定の精度を上げることによって、比較的近距離の地域間交流の様相を解明できると期待される。

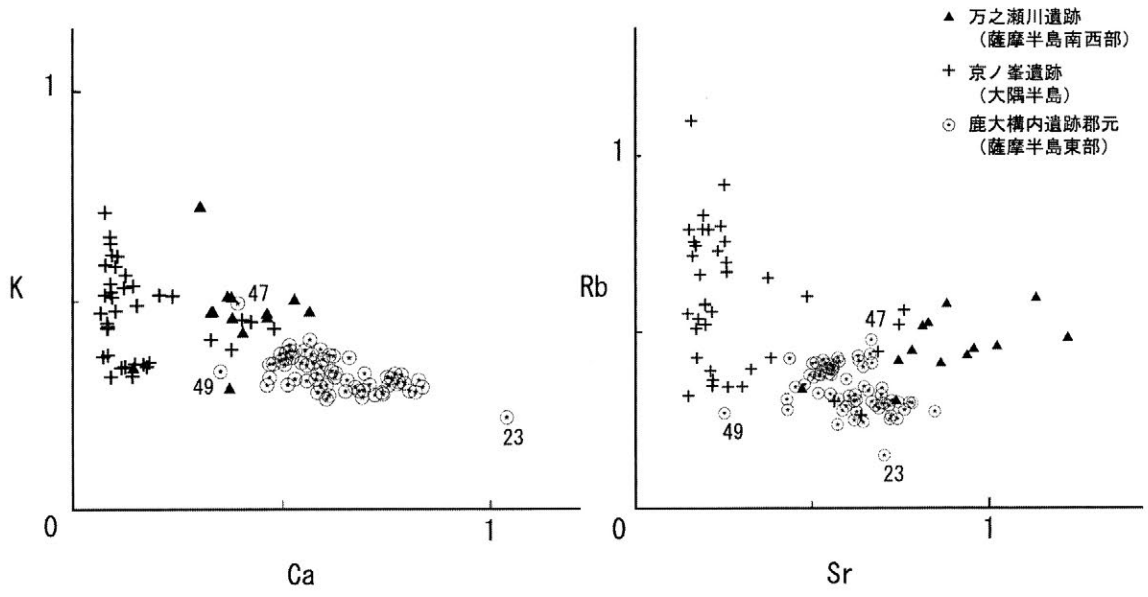
註　1）　分析した京ノ峯遺跡土器は弥生時代中期後半の山之口Ⅱ式土器である。



鹿児島大学構内遺跡 95-1-SD4 出土土器



東田遺跡（大隅半島）出土笹貫式土器



P－076

兵庫県内の古墳時代の須恵器の産地問題

O森内秀三、上田健太郎（兵庫県立博物館）、三辻利一（大阪大谷大学）

1）はじめに

生産地である窯跡が残っている須恵器は元素分析による産地研究の絶好の対象となる。5世紀代、須恵器の製作技法が朝鮮半島から伝えられた当初の初期須恵器の窯跡は福岡県甘木市、佐賀県佐賀市、愛媛県松山市、香川県、宮城県仙台市などのごく限られた地域でしか発見されていない。6世紀代に入ると、須恵器の窯跡が発見されている地域はもう少し拡大するが、依然として、須恵器生産の中心は和泉陶邑であった。100 基を越える窯跡が発見されており、地方に比べて、陶邑の須恵器生産は圧倒的に多かった。そのため、地方窯周辺の古墳出土須恵器の産地研究には地元製品か、陶邑からの搬入品かをとう2群間判別分析法が有効であることがこれまでの研究で明らかにされている。

兵庫県内には初期須恵器の窯跡は発見されていないが、6世紀代の窯跡は相生市の丸山窯はじめ、数ヶ所で発見されている。しかし、それらの窯で作られた須恵器の供給先は十分には分かっていない。ただ、丸山窯の製品については周辺の古墳から出土することが報告されている。本報告では赤穂郡上郡町に所在する竹万宮ノ前遺跡出土の古墳時代の須恵器の産地問題を中心に取り上げた。

2）分析結果

はじめに、地元丸山窯の製品と陶邑製品の相互識別の結果から説明する。両者の2群間判別図は図1に示す。5％危険率をかけたホテリングのT2検定に合格する条件は通常、D2（母集団）＜ 10 であり、これが母集団に帰属するための必要条件となる。他方、2群間判別図で相手群の重心からのマハラノビスの汎距離の二乗値を使って十分条件を求めることもできる。それが丸山群にとってはD2（陶邑）＝ 20 ～ 200 であり、陶邑群にとってはD2（丸山）＝ 10 ～ 70 であることは図1から分かる。この結果、丸山領域はD2（丸山）＜ 10、D2（陶邑）20 ～ 200 であり、陶邑領域はD2（陶邑）＜ 10、D2（丸山）＝ 10 ～ 70 である。この判別図上に、今回分析した竹万宮ノ前遺跡出土の古墳時代の須恵器の分析結果をプロットしたのが図2である。No.1、2、3、4、7 の5点は丸山領域に分布しており、丸山製品と推定された。これに対して、No.6、12 は陶邑領域に分布しており、陶邑製品と推定された。No.5 は不明領域に分布するが、丸山領域からは遠く、丸山製品である可能性は少ない。むしろ、陶邑領域に近いところから、陶邑製品である可能性が高い。土器型式から、考古学的には No.1 はコンパス文様をもつ器台であり、No.2 は波状文をもつ器台であるが、ともに、古墳時代中期の須恵器と推定されている。しかし、その産地は丸山窯と推定された。他の須恵器は古墳時代後期と推定されており、丸山製品と推定された須恵器と陶邑製品と推定された須恵器が含まれている。この結果、丸山製品は赤穂郡内にまで、供給されていたことが明らかになった。この他にも、丸山製品は検出されており、丸山製品は丸山窯周辺のかなり広い範囲に供給されていたことが分かった。ただ、これまでのデータからみて、陶邑製品は兵庫県内のもっと多くの遺跡からも検出されることが予想される。

図１　丸山群と陶邑群間の相互識別（K、Ca、Rb、Sr）

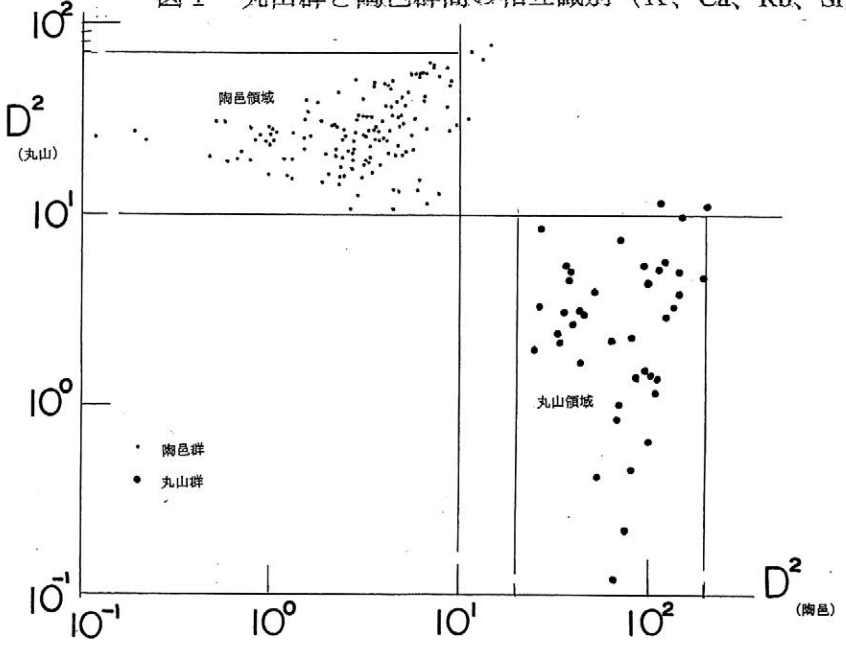
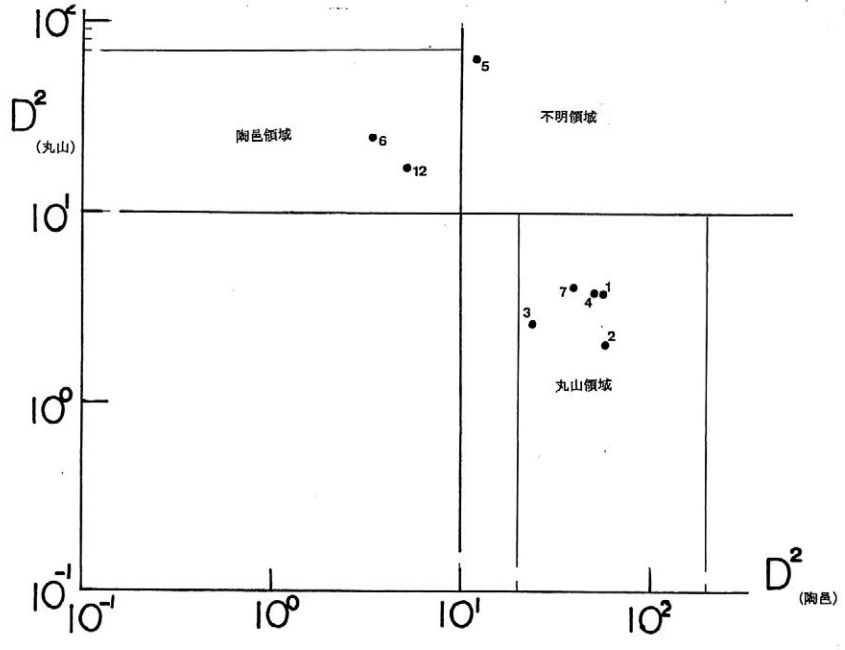


図２　竹万宮ノ前遺跡出土の古墳時代の須恵器の産地推定



P－077

鞆・梅谷皿山窯跡資料の胎土分析

鈴木重治(東洋陶磁学会)、伊藤　晃(中近世備前焼研究会)、乗岡　実(岡山市教育委員会)
石井　啓(備前市教育委員会)、　○白石　純(岡山理科大学自然科学研究所)

はじめに

備前以外で焼成された備前焼類似品は、14世紀段階から各地で焼かれていることが近年の研究でわかってきている。そして、元治2(慶応元1865)年に開窯の広島県福山市鞆の梅谷皿山窯跡(扇浦皿山焼)は「保命酒」用容器として仕入れていた備前焼徳利の入手が困難になり、地元鞆ノ浦の扇浦の海岸近くに独自の窯を築き、保命酒用の徳利などを生産していたことが考古学・文献調査により解明されつつある。

本研究では自然科学的な胎土分析により、備前焼窯跡と梅谷皿山窯跡の両生産地陶器試料が胎土的に差異があるのかどうか。また鞆ノ浦の太田家で所蔵されている保命酒用徳利(人形・角)が、どちら生産地で焼かれたのか、産地推定を実施した。

分析試料

この分析に供した試料は、表1に示した生産地試料として備前地域の備前焼窯跡出土(グイビ谷、坊ヶ谷、不老山東口、片口団地、南大窯)と梅谷皿山窯跡試料(徳利・壷・鉢・窯道具・窯壁粘土)49点と太田家所蔵の徳利3点の合計249点である。なお今回南大窯出土の徳利(角・人形)と擂鉢を新たに生産地試料として追加した。

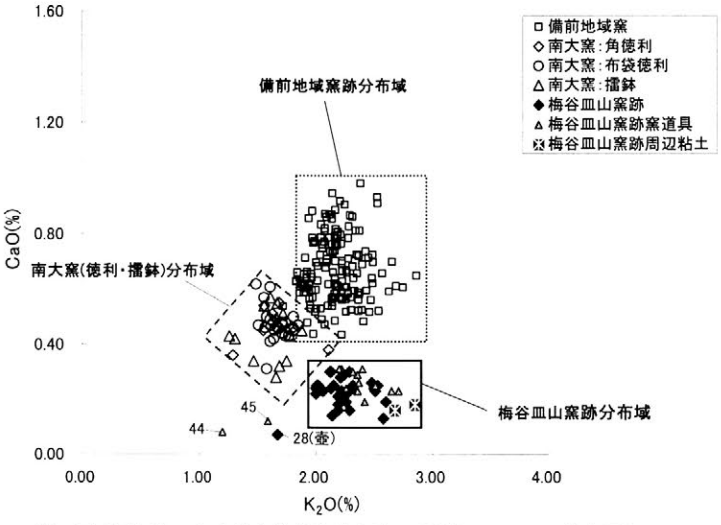
測定装置は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(セイコーインスツルメンツ社製SEA2010L)を使用し、SiO_2・TiO_2・Al_2O_3・Fe_2O_3・MnO・MgO_2・CaO・Na_2O・K_2O・P_2O_5の10元素を測定した。その結果、TiO_2(ﾁﾀﾝ)・CaO(ｶﾙｼｳﾑ)・K_2O(ｶﾘｳﾑ)の元素に顕著な胎土の違いが認められた。そこでこれらの元素を用いて、XY散布図を作成し比較検討した。

表1　胎土分析試料一覧表

遺　跡　名	器　種	分析点数
備前焼窯跡(グイビ谷・坊が谷・不老山東・片口団地・西大窯・北大窯)	擂鉢・甕	150
備前焼(南大窯)	徳利(角・人形)・擂鉢	44
梅谷皿山窯跡	徳利(人形)・壷・鉢など	52
太田家所蔵試料	徳利(角・人形)	3

分析結果

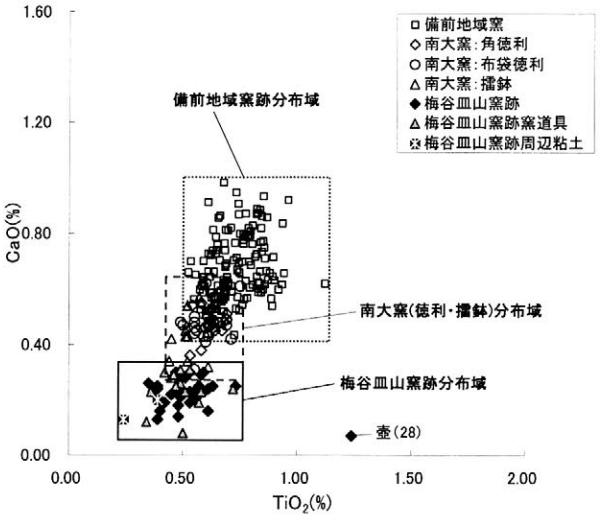
第1図K_2O－CaO、第2図TiO_2－CaOの散布図では、生産地である両窯跡出土試料の比較を行った。その結果、第1図ではCaOとK_2O量の差で梅谷皿山窯跡と備前焼窯跡は分布域が異なり判別できた。また備前地域の窯跡のなかでも窯により胎土が異なることが推定された。それは備前焼()と南大窯で分布域が、やや異なっていた。また第2図でもほぼ同様であったが、南大窯の分布域と梅谷皿山の分布域が一部重複するところがあ



第1図　鞆梅谷皿山窯跡と備前地域窯跡の比較(K_2O－CaO散布図)

った。また、梅谷皿山窯跡の試料のうち、壺(28)と窯道具(44・45)の3点が単独で分布した。

第3図 K_2O－CaO、第4図 TiO_2－CaOの散布図では、太田家所蔵の3点の徳利がどちらの生産地に属するか検討した。その結果、49・50(人形徳利)は第3・4図で梅谷皿山窯領域に入り、51(角徳利)は第3・4図では備前焼窯領域(南大窯)に分布した。



第2図 鞆梅谷皿山窯跡と備前地域窯跡の比較(TiO_2-CaO散布図)

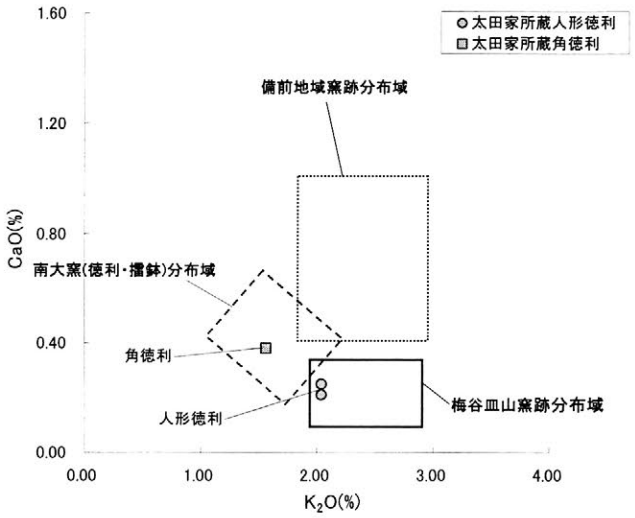
まとめ

備前焼・梅谷皿山窯跡および消費地試料の太田家所蔵徳利の胎土分析を実施したところ、以下のことが明らかとなった。

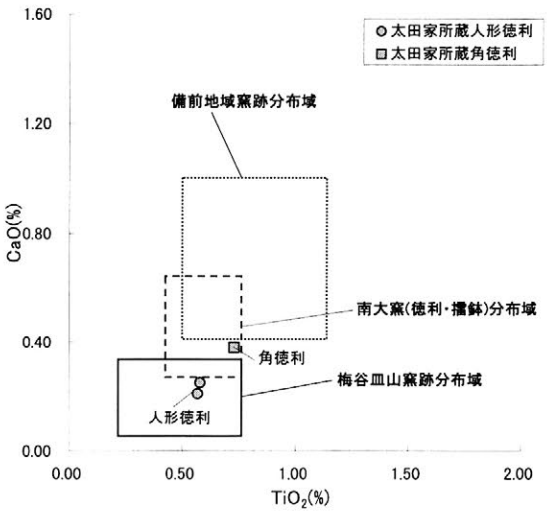
（1）梅谷皿山窯跡と備前焼窯跡は胎土的に差がみられ識別が可能であった。つまり、梅谷皿山はCaO量が少ない傾向にあった。

（2）太田家が所蔵している人形・角徳利の生産地推定では、人形徳利が梅谷皿山に角徳利は備前焼(南大窯)に推定された。これは、考古学的な型式分類と一致する結果であった。また、壷(28)は肉眼的な観察でも他の梅谷皿山出土壷とは、胎土や焼成が異なっており、胎土分析でも違っていたことから、この梅谷皿山で生産されたものではないかもしれない。

この分析では、以下の方々、機関にお世話になった。記して感謝いたします。
池田一彦、太田玲子、大井幹雄、岡本純夫、高橋善信、戸田和吉、鈴木辰夫、薗尾　裕、濱本仁司、松岡真信、橋本満尚、備前市教育委員会(順不同・敬称略)



第3図 太田家所蔵徳利の産地推定(K_2O－CaO散布図)



第4図 太田家所蔵徳利の産地推定(TiO_2-CaO散布図)

P－078

Kaman Kalehöyük 出土灰色土器の重鉱物モードによる産地推定

○鈴木 裕子・黄 嵩凱・中井 泉（東理大・理）

1. はじめに

Kaman Kalehöyük 遺跡はトルコ共和国の首都アンカラより南東へ約 100km の中央アナトリアに位置する。本遺跡は複数の文化層が積み重なった層状構造を有し，これまでの調査でオスマン・トルコ時代，鉄器時代，中・後期青銅器時代，前期青銅器時代の 4 つの文化層の存在が確認された。その中で鉄器時代は更に 4 つの層に分類されており，それぞれ新しい時代から順に IIa，IIb，IIc，IId 層と呼ばれている。本遺跡の鉄器時代の層から出土する代表的な土器の一つに還元技術を用いて製作された土器（還元土器）がある。同土器には黒色超磨研土器，灰色超磨研土器，鉛土器，そして灰色土器の 4 種類があり，灰色土器以外の 3 種類には表面に何らかの処置が施されている。還元土器は中央アナトリアにおいてフリュギア時代の特徴的な土器とされており，フリュギアより周辺各地へと伝播したと考えられている。本遺跡においては青銅器時代より還元土器が出土し始め，鉄器時代を通してその出土率が増加する。中でも特に IIc 層から IIb 層にかけての増加は著しい。また，IIb 層から IIa 層にかけては出土率には変化がないものの，主な還元土器の種類が黒色超磨研土器，灰色超磨研土器，鉛土器からシンプルな灰色土器へと変化する。これらの出土率や様式，遺跡の建築様式の変化などから，当初搬入していた還元土器を次第に本遺跡内で製作するようになったとする仮説が立てられた[1]。しかしながら本遺跡出土の還元土器について，科学的知見に基づいた産地推定は行われていない。そこで本研究では本遺跡出土の還元土器の在地品と搬入品の判別を行うことを目的とした。分析試料には当時，幅広く一般的に利用されていた灰色土器を，産地推定法には重鉱物（比重>2.85）の持つ地域特性を利用した重鉱物組成法を用いた。また，各試料が在地品であるか否かは測定結果によって導き出された重鉱物組成を本遺跡周辺より採取した河砂・粘土堆積物のそれと比較して判断した。

2. 実験試料・装置

試料の出土層位は鉄器時代の 4 つの層のうち，還元土器の出土率が増加する前の IIc 層と増加後の IIa 層である。また IIa 層に関しては，灰色土器の割合が顕著に増える前の IIb 層に近い建築層と増えた後の建築層とでは本遺跡における還元技術の普及率に違いがあると考え，それぞれ IIa 前半，IIa 後半と区別した。しかしながら，これら 3 つの層位から出土した灰色土器は全部で 334 点と多量であり，それら全てを分析することは困難であった。そこで本研究ではまず，土器の断面の色と粒度の観察によって様式分類することで粘土採取地が同じであると考えられる土器のグループを幾つか作り，各グループより 1 点ずつ，計 15 点の試料を選出して分析した。また土器の色の違いに関しては，当究室の先行研究[2]で行われた Fe の XANS 測定によって焼成雰囲気との関係が明らかにされていることから，同手法を用いて分析を行った[2]。重鉱物分析の前処理では分析試料を粉砕，篩い分けした後に比重を約 2.82 に調製したジヨードメタンを用いて比重が 2.85 以上の重鉱物を取り出した。重鉱物の同定には走査型電子顕微鏡附属の X 線分析装置 JSM-7001F/EX-2300（JEOL 製）を用いた。1 試料につき約 180 粒の重鉱物を化学組成で同定し，その重鉱物組成を求めた。

3. 結果・考察

土器断面の観察による分類の結果，鉄器時代において，IIc 層から IIa 層へと時代が新しくなるにつれて灰色の芯の土器が多くなり、茶色い芯の土器は減少することが分かった。芯の色は鉄の価数に由来しており，Fe^{2+}（還元状態）の場合には土器は灰色に，Fe^{3+}（酸化状態）の場合には茶色味がかることが知られている。即ち土器の色は還元技術の優劣を示しており，先の結果より本遺跡で出土する土器の還元技術が発達したと考えることができる。

重鉱物分析においては 16 種類の重鉱物が同定された。そのうち，地域性を良く示していた単斜輝石，角閃石，チタン石，緑簾石，ざくろ石，カルシウム - ざくろ石，ジルコン，クロム鉄鉱の 8 種類の重鉱物の総計を 100%に換算して求めた重鉱物組成グラフを図 1 に示す。

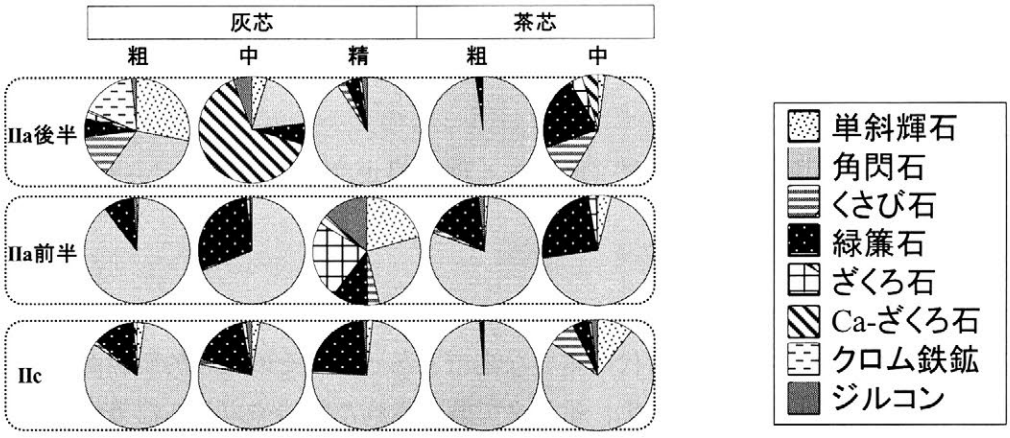


図 1. 土器の重鉱物組成

また，当研究室の先行研究[3]より得られた本遺跡周辺の堆積物の重鉱物組成のグラフを図 2 に示す。今回測定した試料の大半は，その時代や芯の色・粒度に関係なく 70%以上角閃石を含み，次いでくさび石を含有するといった本遺跡近郊（図 2 の A，B 地域）の花崗岩地質と同様の重鉱物組成を示した。また，IIa 後半と IIc の茶芯・精製土器は角閃石，くさび石に次いで緑簾石，ざくろ石，輝石を含有する本遺跡の北東部（図 2 の C，D 地域）の変斑レイ岩・花崗岩地質と同様の特徴を，IIa 前半の灰芯・精製土器は角閃石だけでなく輝石やくさび石，ざくろ石，ジルコンといった様々な重鉱物を含む本遺跡西部のオフィオライト・変成岩地質と同様の重鉱物組成を示した。このように，殆どの試料は本遺跡周辺の重鉱物組成と同様の特徴を示したが，IIa 後半の灰芯・粗製土器，灰芯・中の土器 2 点は本遺跡近郊では確認されていない重鉱物組成を示した。IIa 後半の灰芯・粗製土器には多くのクロム鉄鉱が含まれていたが，トルコにおけるクロム鉄鉱の主な産出地についての先行研究[4]によると，本遺跡付近ではクロム鉄鉱の産出地は確認されていない。したがって，同試料は本遺跡以外の他地域からの搬入品であると考えられる。

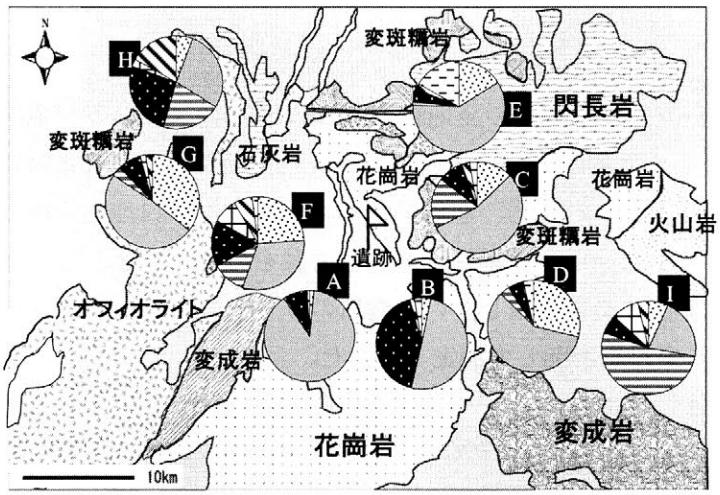


図 2. 本遺跡周辺の堆積物の重鉱物組成

4. まとめと今後の方針

本研究によって，重鉱物組成法は鉄器時代の灰色土器の在地品と搬入品の判別に有用であることが示された。また，IIc 層から IIa 層にかけての測定試料の殆どが本遺跡周辺もしくは近郊の重鉱物組成と同様の組成であったことより，還元土器は当初より搬入されていたのではなく，現地で生産されていた可能性が高いと考えられる。しかしながら，今回測定したのは日用品として用いられていた灰色土器だけであった為にこのような結果となった可能性も残る。その為，今後は灰色土器よりも高級品とされていたその他の還元土器に関しても同様の実験を行い，産地の推移の更なる検討を行う。また，重鉱物組成による産地判別だけでなく，全試料に含まれていた角閃石の組成の違いを比較することで更に結果の信頼性を高めていく予定である。

1)K. Matsumura, A.A.S. (2001).
2)M. Matsunaga and I. Nakai, Archaeometry (2004).
3)黄 嵩凱, 東理大 修士論文 (2008).
4)Engin, T., Özkocak, O and Artan, U., IGCP Project. (1986).

P－079

ポータブルX線分析装置を用いたイスラーム陶器の考古化学的研究

○権代紘志, 加藤慎啓, 中井　泉 (東理大・理), 真道洋子 (イスラーム考古学研究所)

背景・目的

エジプト・シナイ半島南西部に位置するラーヤおよびトゥール・キーラーニー遺跡は紅海沿岸に繁栄したイスラーム時代の重要な港市であった。その地理的要因から両遺跡にはエジプト、シリア・パレスティナ、イラクで製造された陶器やガラス器等が数多く搬入されており、イスラーム世界の文化交流や東西交易の解明に繋がる遺物が出土している。

これまでのイスラーム陶器の白色釉薬の研究は、装飾様式のあるラスター彩陶器や通称ファイユーム陶器について集中的に行われてきた。一方で、装飾様式のない単色透明釉、単色白濁釉の研究は十分に行われていない。そこで本研究では、メーカーと共同開発した可搬型 X 線分析装置を用いて、現地で様々なイスラーム陶器の白色釉薬および黄色釉薬の分析を行い、その製造地・製造年代や白色・黄色の彩色技術等を総合的に解明することで考古化学的な考察を行うことを目的とした。

分析試料と実験概要

ラーヤ遺跡およびトゥール・キーラーニー遺跡の発掘調査(隊長：川床睦夫イスラーム考古学研究所所長)で出土したイスラーム陶器のうち、白色釉薬と黄色釉薬が塗布された陶器を分析対象とした。白色釉薬は、ラスター彩陶器、通称ファイユーム陶器、白地藍彩陶器など装飾様式の豊かな陶器と、装飾がない単色白濁釉、単色透明釉を分析対象とした。黄色釉薬に関しては、基礎釉として黄色釉薬を使用している陶器のうち、鮮やかなレモン色や濃い黄土色などの色彩の違いから資料を選別して測定を行った。

我々が分析メーカーと共同開発したエネルギー分散型ポータブル蛍光X線分析装置(OURSTEX 100FA-IIL)とポータブル粉末X線回折計(X-tec PT-APXRD)を遺跡現場近くにあるトゥール研究施設に持ち込み、非破壊オンサイト分析を行った。これまでに延べ三ヶ月間滞在して合計 708 点のイスラーム陶器のデータを蓄積している。

結果・考察

(1) 白色釉薬の製造地の特性化

白色釉薬を有するイスラーム陶器に関して、前大会では融剤や白濁に起因する Ca, Sn, Pb に着目した特性化を行った[†]。今回は、新たにピーク分離ソフト(WinQxas)を導入することで Pb と Sn のピークの重複を解消でき、白濁の原因となる Sn の正確な含有量の算出が可能となった。さらに、Al, Ti, Mn, Fe などのシリカ源に起因する元素に着目することでより明確な製造地の特性化が可能になった。特に、エジプト製といわれている通称ファイユーム陶

器に Ti が多く含まれるなどの特徴を確認できた。

(2) 白色釉薬に見られる白色の技術

イラク製のラスター彩陶器やエジプト製の通称ファイユーム陶器をはじめとする白色釉薬の粉末 X 線回折(XRD)パターンから錫石(SnO_2, cassiterite)が同定され、白色釉薬の白色の技術に錫石が用いられていることが判明した(Fig.1)。当時の中近東地域では、錫石を用いた白色の技術が広く用いられていたことが明らかとなった。

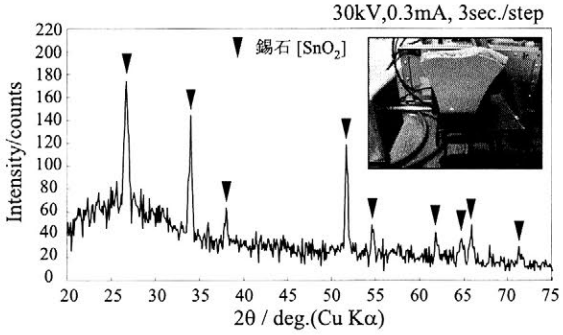


Fig. 1　単色白濁釉のXRDパターン

(3) 黄色釉薬にみられる黄色の技術

XRF スペクトルからスズ、アンチモンの存在が確認でき(Fig.2)、XRD パターンから結晶構造を同定することで(Fig.3)、ラーヤおよびトゥール・キーラーニー遺跡出土陶器の黄色釉薬中の黄色顔料には 3 タイプ($Pb_2Sn_2O_6$、$Pb_2SnSbO_{6.5}$、$Pb_2Sb_2O_7$)が存在することが明らかになった。可搬型装置による非破壊・オンサイト分析にも関わらず高度な相同定を行うことができ、当時の黄色顔料の作成技術の解明に繋がる有益な情報が得られた。

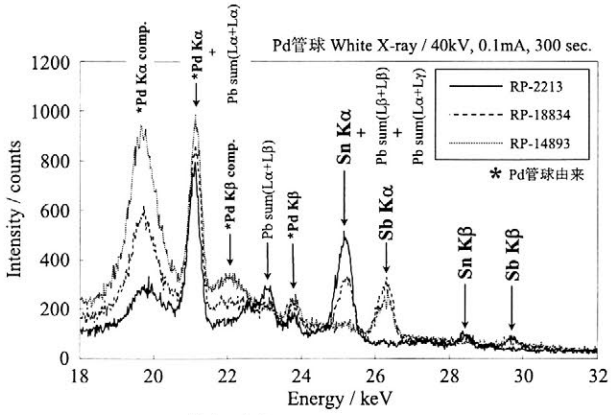


Fig. 2　黄色釉薬のXRFスペクトル (18 - 32 keV)

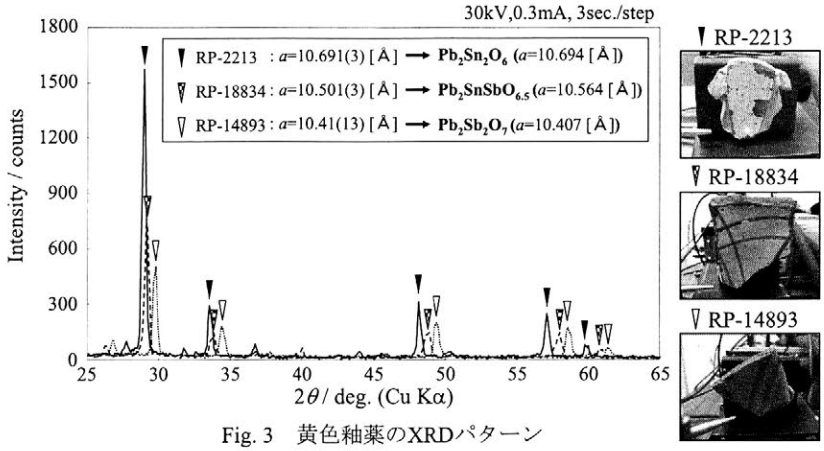


Fig. 3　黄色釉薬のXRDパターン

結論・課題

白色釉薬に関しては、Al, Ti, Mn, Fe などの元素に着目したことでより詳細な製造地の特性化を行うことができた。また、ピーク分離ソフトを用いることで、より正確な資料の分類・定量化が可能となった。さらに、白色の技術としてエジプト、イラクの両地域で錫石を用いていることが判明した。黄色釉薬の分析では 3 タイプの黄色顔料が発見され、可搬型分析装置の非破壊・オンサイト分析での高い実用性を実証でき、当時の黄色顔料の作成法を解明する手掛かりとして重要なデータが得られた。今後は、白色釉薬の定量化、黄色釉薬の製造地の特性化や再現実験により製造法を解明する計画である。

†日本文化財科学会第 25 回大会　研究発表要旨集, 2008, pp322-323

P－080

タイ北部土器作り村における土器および素材の蛍光X線分析

○中園 聡，黒木梨絵，川宿田好見，平川ひろみ，池平壮峻，
重信美那子，江神めぐみ，中村有希（鹿児島国際大学）

はじめに

タイ北部の伝統的土器製作村で考古学的調査を実施した。その際に得られた土器および粘土・砂等の試料について蛍光X線分析を実施したので報告する。粘土採取地・混和材（砂）採取地と、土器生産地との対応関係における基礎データを示す。現代の民族調査の特性として、通常の考古学的調査や実験では得がたい詳細な情報の獲得が可能である。したがって、考古学的に過去を再現する場合に有効な、貴重なモデルや考慮すべき事柄を得やすいという利点があるといえる。とりわけ、既知の土器の生産地・製作者と粘土採取地の化学特性を把握することは、先史時代の土器研究において重要なデータとなるに違いない。

本発表では、本地域の現代土器および素材の化学特性に関する基礎データを提示するとともに、村間・工房間・製作者間での胎土の比較や、土器製作時の素地作りでの粘土と混和材の混合による変異などについても示す。こうして、胎土分析の発展に資するとともに、考古学的解釈にも適用可能なモデルの構築に役立てるよう企図するものである。

試料と方法

分析した試料は、タイ北部チェンマイ近郊の3箇所の土器製作村で得られた土器および素材である。各村の土器、その素材（粘土・混和材としての砂）・素地（調整済みの素材）、粘土採掘地の粘土、計115点である。

分析は、三辻利一の方法により実施した。土器試料は、表面の付着物や汚染を除去するためにミニターを使用して研削を行った。粘土は塊を分割し新鮮な面を得た（乾燥粘土については表面を研削したものがある）。砂は試料をよく混ぜたのち、適量をとり同様に粉砕した。いずれも105℃で2時間乾燥させた（粘土はさらに長く乾燥させたものがある）。粉砕にあたっては、タングステンカーバイド製乳鉢で150μm以下に粉砕し、その粉末試料を内径20mm、厚さ5mmの塩化ビニール製リングの枠に入れ、プレス機で約13tの圧力をかけてペレットを作製し、鹿児島国際大学に設置されている完全自動式の波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製ZSX100e）を使用して蛍光X線分析を行った。Rh管球（管球出力3.0kW）、真空条件下で同一のX線出力（50kV、50mA）、分光結晶はRX25、LiF1を使用し、各元素あたり60秒間測定した。以上の手順で、Na、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srの8元素を測定した。

本機には最大48試料が装填できるが、その中に岩石標準試料JG-1も常に含まれている。1セットごとにそれを測定することによって、定量分析のための標準試料とすると同時に、自動分析の定常状態での進行の確認を行う。分析値は、各元素のX線強度をJG-1のX線強度で割った標準化値で表示する。

結果と考察

試料は全体としてCa値が小さいなどの特徴がある。その中でも特にMK村の工房などで多く製作されている長頸壺をはじめとする土器は、特にCa値が小さく、K値もやや小さめであり、MK村の特徴ということができる。また同村の甕や水甕などは長頸壺よりもCa・K値が高く、別グループをなしている。それらはBK村やBW村で主体をなす土器に近く、同一性質をもつ、あるいは同一採取地から供給された粘土・砂が使用された可能性がある。BK村やBW村では、

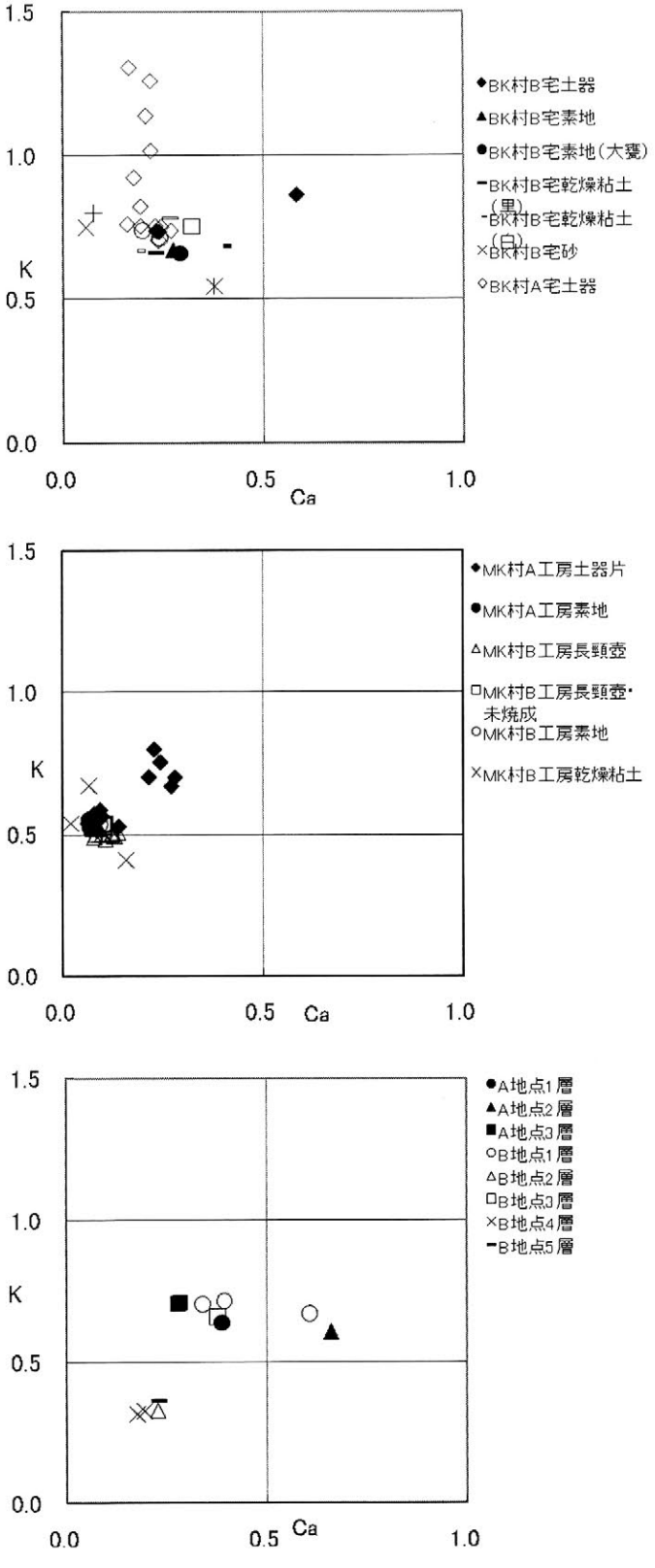


Figure　土器および素材のK-Ca分布図．上：BK村，中：MK村，下：粘土採取地．

粘土・砂の供給者がおり、多くの工房・製作者に供給していることがわかっている。BK村とBW村は近接するとともに、同一供給者から得た素材が含まれることが胎土の類似となって表れている可能性がある。

元素の二次元分布図をみると、各製作者の土器は、しばしば素材となる粘土と砂の間にくる。ただし、同じ家でも数年以上前に製作されたものなど、ずれて布置されるものがある。

2箇所の粘土採取地において各層の粘土を入手したが、全体に類似した化学特性を示しつつも、ばらつきがあり、また同一層であっても一定のばらつきがみられる。素地づくりは比較的頻繁に行われることがあり、そのたびごとに化学特性に若干の差が生じるようである。

（本研究は、科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号 18652073）代表者　中園聡、および同・基盤研究（B）（課題番号　21320150）代表者　中園聡の成果の一部である。）

P－081

土器製作者同定法の開発

—レプリカ法・蛍光X線分析・顕微鏡観察等の総合的応用による，究極の産地としての「個人」の識別—

中園聡，○池平壮峻，川宿田好見，黒木梨絵，平川ひろみ，重信美那子，
泉さやか，新屋敷久美子，栄雄大（鹿児島国際大学）

はじめに

発表者らはこれまで，土器製作者同定法の開発を目的とした様々な実験的研究を行ってきた。従来，考古資料の中から個人を特定することは，困難か不可能であるとして，取り上げられることは少なかった。個人を抽出するのに最も確実とみられるのは指紋であるが，遺跡から出土する土器群のなかで指紋が残存していることは少ない。欧米では J. Hill らによる研究（Hill 1977）を発端に個人同定への試みが開始され，1980 年代にポストプロセス考古学が勃興して以降，過去における個人への重要性が認識され始めた。そうした「個人研究」において，同一個人の作品かどうかについては最終的な決め手を欠く場合が多く，有効な研究法は発展してこなかった。

国内では，埴輪に施されたハケメや細かな形態差などから製作者や製作者グループを把握しようと試みる研究があり，一定の成果が上がっている（吉田 1973; 大木 1995）。一方，弥生土器は，同時性の保証に欠け，文様などの顕著な特徴がないため，研究例は極めて少ないのが現状である。そこで，弥生土器に適用できる方法を開発すれば，他の資料にも応用できるはずである。弥生土器にはしばしばハケメがみられ，普遍的な器種である甕にも多い。そこで，このハケメを主とした同一工具痕のマッチング法の開発を行ってきた。これまでの同一工具によるハケメの評価法は，拓本や写真を重ね合わせるものであったが，紙による伸縮やレンズによる歪みが問題であり，ハケメの単位が密で浅い弥生土器に従来の方法を使用するのは誤認の危険がある。そこで幅だけでなく，シリコンを使用した高精度のレプリカ法を応用し，断面情報（奥ゆきの形態に関する情報）の取得によって誤認を回避できると考えた。ただし工具痕の同定の場合，工具の貸し借り・共有の可能性もあるため，個人同定の際には他の方法と併せた検討が必要である。

発表者らは工具痕の同定はもちろん，土器の形態的類似度の比較，調整痕や文様の施し方から製作者の身体技法を考慮した比較を行うこと，蛍光 X 線分析による胎土の類似性の評価などを行っている。本発表では，これまでの実験・検討について高次なレベルで議論するとともに，タイにおける民族考古学的調査で収集した土器資料，特に予め製作者が明らかになっている個体を用いて，比較・検討を行う。

土器製作者同定のための諸方法

土器製作者個人の同定を試みる際には、様々なアプローチ方法が求められる。そこで本発表では、レプリカ法、蛍光 X 線分析による胎土分析、顕微鏡観察のそれぞれについて、個人同定を目的とした場合にどのような視点と手法が必要であるか検討する。

＜断面高解像度スキャニング法（レプリカ法）＞

発表者らが個人同定のために主として取り組んできた方法として，レプリカ法の応用がある。レプリカ作製には、工業用シリコンの他に歯科用印象材を使用した。この方法は再現性に優れ，走査型電子顕微鏡による観察にも耐えるというメリットがある（丑野・田川 1991）。これを応用し，レプリカをデジタルマイクロスコープで観察するなどした後，市販のイメージスキャナで断面の高解像度画像を得て，画面上でマッチングする手法をあみ出した。この方法により，ハケメの幅はもちろん深さ・断面形状まで同時に比較できるため，従来と比べて確実性の評価が格段に増したといえる。また，この方法は比較的簡便であるため，多数の資料を扱う考古学に適している。まず，薄蒲鉾板状の柾目材を用いて陶芸用粘土にハケメを

施し，シリコンで型取りを行った。同じハケメ工具でハケメを施す際の角度を変えて同一工具による変異についても観察した。こうした諸実験を踏まえ，現物の弥生土器にも適用した。上下 2 個体が組み合わさり使用時の同時性が確実である甕棺にまず適用した。さらに，住居跡から一括して出土した弥生時代終末期頃の器台群などでも試みた。

ハケメ製作実験により得られた 1 ストローク分では，どこで切ってもかなりの一致がみられた。これにより最良の条件での一致度の評定の目安が得られた。なお，ハケメ工具を土器の正面に対して角度をつけたまま擦過した場合，ハケメの幅や凹凸の状態が多少変化したため，現物の資料を対象とする場合は事前の観察によりそうした箇所は避ける必要がある。弥生時代中期の甕棺（乳幼児用）で試みたところ，かなり類似した。また，同一工具の裏面が使用された可能性が考えられるものもあった。弥生時代終末期頃の器台群でも，ハケメ断面が類似したものがみられた。

＜胎土の類似度＞

上記のハケメのマッチングに成功した個体は，形態・サイズ・色調が類似しており，胎土の蛍光 X 線分析でも同時製作といえるほど極めて類似した化学特性をもっていることが明らかになった。このように可能な限り多角的な検討が必要であろう。産地推定を究極まで推し進めれば個人に至る。産地推定の方法として発達してきた胎土分析の考え方は，個人同定にも適用できる部分があるはずである。フィジーやタイの現代土器など製作者が明らかな土器についても胎土の類似度の検討を行っており（中園ほか 2007），胎土の個人的微差が生じる要因について考察されつつある。検討結果としては，胎土だけから個人同定を行うことは困難であるが，補助的使用はかなり有効といえる。

＜表面の顕微鏡観察＞

土器表面に残った微細な痕跡のマッチングだけでなく，その痕跡を生じさせた製作者の運動の観察もまた，学習によって製作者個人に固定され自動化された身体の動き（モーターハビット）と深く関係するだけに重要である。そのような視点から実体顕微鏡やデジタルマイクロスコープによる観察を行うことによって，調整時の製作者の運動方向・強弱・スピード・タイミングなどを解明しつつある。そこで、土器表面の調整実験とその顕微鏡観察からパターンや規則を抽出しており，特に運動方向の特定はかなり進みつつある（川宿田・中園 2009）。一方，製作者の運動が把握可能である民族調査で得られた土器についても，こうした観点から顕微鏡観察を行っている。特に同一家庭における利き手が異なる製作者間の違いや，同一工具を使用した際に利き手の違いが顕微鏡レベルでどのように表れるかなどの検討を行いつつあり，それについては別途発表する予定である。

個人同定法の開発・確立に向けての課題

ハケメは板の擦過痕であるため，上述のように断面形状でマッチングが可能であるが，他の調整，特に弥生土器以降多用されたタタキ目については，ハケメの場合のような断面の比較による同定はほとんど有効ではない。したがって，3 次元的に土器表面の痕跡を記録・マッチングさせる方法について，科学研究費を受けて研究を実施しつつあり，今後さらに検討を進めていく予定である。

過去の遺物群から個人を同定することは考古学的に重要であることは疑いない。文化財科学においては「産地推定」の領域が確立しているが，「産地」は地域・窯を指すことが多い。しかし、さらに細かいレベルまで「産地」の概念を突き詰めれば，製作者（個人）に到達するはずであり，同一製作者の作品の生産・流通の問題から生き生きとした過去の復元に至るまで，研究の地平を広げることになろう。したがって，汎用性のある高確度個人同定法を開発できれば，考古学一般に貢献できるだけでなく，文化財科学の発展にも寄与できるであろう。

（本研究は、科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号 18652073）代表者　中園聡、および同・基盤研究（B）（課題番号 21320150）代表者　中園聡の成果の一部である。）

P－082

胎土分析における分析化学(2)
鹿児島国際大学の装置による基礎データ

○中園 聡，三辻利一（鹿児島国際大学）

はじめに

考古遺物である土器を通して過去を再現しようとすると、土器型式や諸属性の詳細な観察が必要である。同時に、全国各地の種々の時代の、大量の土器試料の胎土分析も重要である。そのためには、完全自動式の蛍光X線分析装置が必要になる。この作業には連日、分析作業が必要なので、「JG-1による標準化法」を採用した。この方法の有効性は奈良教育大学と大阪大谷大学に設置された完全自動式蛍光X線分析装置で、すでに確認されており、鹿児島国際大学でも2004年に装置を導入して分析を実施してきた。

本発表では鹿児島国際大学に設置された波長分散型蛍光X線分析装置を使って、装置の精度、安定性、データの再現性などの基礎データとともに、胎土研究における種々の基礎データも提示する。これをもって、鹿児島国際大学における「土器の生産と供給の過去の再現」という新しい土器の考古学研究の出発点にしたい。

試料と実験条件

鹿児島国際大学では、完全自動式の波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製ZSX100e）を2004年に設置し、土器試料の胎土分析を実施してきた。ここでの実験に用いた条件は胎土分析の場合と同じである。本機は、エンドウィンドウ型 Rh 管球（管球出力 3.0kW）を備えており、真空条件下で同一のX線出力（50kV、50mA）、分光結晶はRX25、LiF1を使用し、恒温化温度36.5℃で、各元素あたり60秒間測定した。

岩石標準試料JG-1（花崗閃緑岩(1967) 群馬県沢入）、JB-3（玄武岩(1983) 山梨県鳴沢村(富士山)）、JB-1b（玄武岩(1996) 長崎県佐世保）を使用した。各標準試料は、定温乾燥器で乾燥させ（105℃、2時間）、内径20mm、厚さ5mmの塩化ビニール製リングの枠に入れ、プレス機で約13tの圧力をかけてペレットを作製し、蛍光X線分析を行った。以上の手順で、Na、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srの8元素を測定した。

分析値は、各元素のX線強度（ピーク強度からBG強度を差し引いたNet強度）、またはそれをJG-1のX線強度を使った標準化値で表示する。日頃の胎土分析ではJG-1を常に装填しておき、1セット（JG-1を含む最大48試料）ごとにそれを測定することによって、定量分析のための標準試料とすると同時に、自動分析の定常状態での進行の確認を行っている。そのため、JG-1については特に重視して検討を行った。併せて、土器試料における再現性等の検討も行った。カウント数または標準化値の標準偏差および相対誤差（変動係数：%）等を検討した。主な実験・検討は、以下の通り。

- JG-1を長期間測定し続けた結果について検討
- JG-1の同一ペレットおよび、須恵器杯2個体のそれぞれ3箇所から採取された試料（A_1～A_3、B_1～B_3）を使用し、JG-1→A_1→A_2→A_3→JG-1→B_1→B_2→B_3の順での連続測定を1サイクルとし、同じ日に6サイクル連続して測定し、再現性等を検討
- 同一のSplit / Positionから得られた同一瓶内の試料（JG-1、JB-1b、JB-3）について、5個ずつペレットを作成し、連日測定（日間再現性と試料作製再現性）
- 2004年に測定した須恵器試料を再測定し、再現性を検討

結果と考察

各標準試料の標準試料の繰り返し測定等の結果は、JB-3においてはカウント数が特に低い元素（Rb）で相対誤差が相対的に大きいことなどが指摘できるが、全体として実用上問題のない安定性・再現性を示した。須恵器同一個体では各元素とも標準誤差が数%以下であり、比較的均質であることを示し、同一窯での個体間でのそれは数%～十数%程度、窯跡群でのそれは数十%程度である（三辻・中村2008）。したがって、装置の安定性・再現性はそれを包摂するものであり、実用上の支障はないと判断できる。さらに、4年半前に測定した須恵器試料の再測

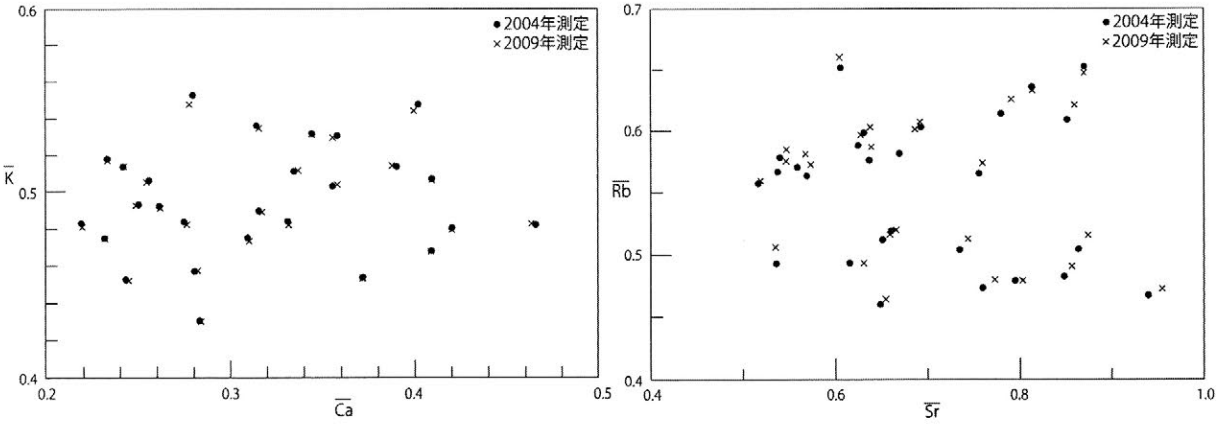


Figure 1　同一窯群出土須恵器の再測定結果．同時に分析した JG-1 による標準化値によるプロット．実用上支障のない再現性が示された．

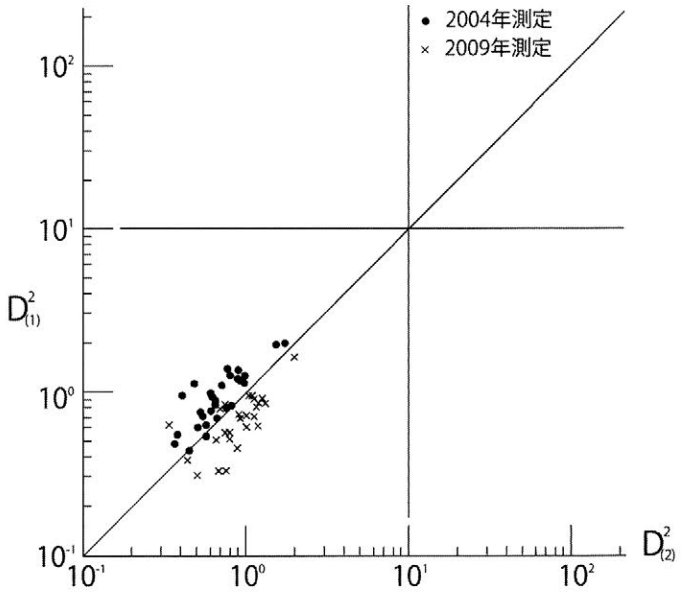


Figure 2　同一窯群出土須恵器の再測定結果の相互識別（8 元素を使用した判別分析）．両群は相互の重心に近く，「重複領域」にプロットされており，判別は困難である．

定では、実用に堪える再現性が得られ（Figure 1）、8 元素全てを用いた判別分析においても前回と今回のデータの相互判別は困難であった（Figure 2）。

（本研究は、科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号 18652073）代表者　中園聡、および同・基盤研究（B）（課題番号　21320150）代表者　中園聡の成果の一部である。）

文献

三辻利一・中村浩道 (2008). 陶邑窯跡群出土須恵器の化学特性. 志学台考古, 8: 1-15.

P－083

胎土分析における分析化学(3)
大阪大谷大学と鹿児島国際大学の装置のクロスチェック

O 三辻利一（鹿児島国際大学)、中園　聡（鹿児島国際大学）

1）はじめに

土器は最も普遍的に出土する考古遺物の一つである。考古学とは遺跡・遺物を通して過去を再現する歴史研究であるとすれば、「土器の生産と供給の過去」を再現することは考古学にとって重要な研究テーマである。とくに、文字遺物が少ない日本の古代では遺物を通してしか、過去を再現することは困難である。そのため、日本考古学では土器の詳細な型式観察に基ずく型式学が大きく発展した。しかし、土器の生産と供給の過去を再現するには、土器型式よりも、むしろ、胎土分析が有効である。1970 年代に優れた機能をもつ蛍光X線分析装置が市販され、胎土分析にも活用されることになった。土器の生産と供給の過去を再現する研究では従来の常識を破る大量の土器片試料の分析が必要であるから、完全自動式の蛍光X線分析装置が土器の胎土研究には不可欠の分析装置となった。

完全自動式の蛍光X線分析装置は現在、共通の目的をもって、大阪大谷大学と鹿児島国際大学で稼働している。分析精度や装置自身の安定性などの基礎データについては本シリーズの(1)、(2)でも発表されている。本ポースターでは同じ試料を両大学の装置で測定し、どの程度一致した結果が得られたかについて報告する。

2）分析方法

蛍光X線分析は相対分析である。したがって、標準試料を含めて、測定試料は一定形状に整えられる。そのため、まず、土器片はタングステンカーバイド製の乳鉢の中で、100 メッシュ以下に粉砕され、粉末試料は高圧をかけてプレスし、一定形状の試料を調製する。この錠剤試料は試料ホールダーに固定され、50 試料が同時に搭載できる自動試料交換機の所定の位置にセットされる。標準試料は岩石標準試料 JG-1 である。JG-1 は K と Ca、Rb と Sr の蛍光X線強度のバランスがとれている唯一の岩石標準試料である。また、JG-1 は Fe が少ない点で土器の胎土分析の標準試料としては適している。Fe が多いと、「Fe 原子による吸収効果」として、微量元素 Rb、Sr のピーク強度に影響するからである。このような利点をもつ岩石標準試料は JG-1 をおいて他にない。通常、分析値は JG-1 による標準化値として表示される。

3）エネルギー分散型と波長分散型の比較

装置が異なると、スペクトル線の分解能から、得られる蛍光X線強度まで異なる。まず、同じ試料集団を波長分散型の装置とエネルギー分散型の装置で測定し、分析結果が異なるかどうかを検証した。図１、２には波長分散型とエネルギー分散型の装置による香川県下川津遺跡の弥生土器の分析結果を K-Ca 分布図上で比較してある。個々の分析値をみると、必ずしも一致しないが、分布領域には差違はないことがわかる。A、B 領域は図１、２に共通である。図３、４には Rb-Sr 分布図を比較してある。共通の分布領域に A、B 群の試料集団が分布することでは一致している。同様に、図５には Fe 因子のデータを比較してある。このように、装置のタイプが異なっても、得られる分布領域には違いがないことがわかった。このことは装置のタイプが異なっても、同じ結果が得られることを示す。

4）大阪大谷大学と鹿児島国際大学の装置によるクロスチェック

富山県富山市の任海宮田遺跡出土の平安時代の須恵器について、鹿児島国際大学の装置によるデータを大阪大谷大学のデータと比較した結果について発表する。

図１　K-Ca 分布図（波長分散型）

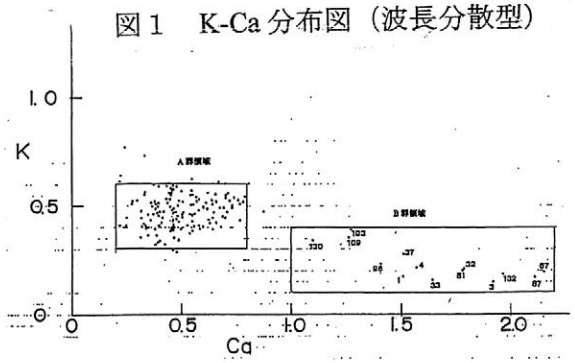


図２　K-Ca 分布図（エネルギー分散型）

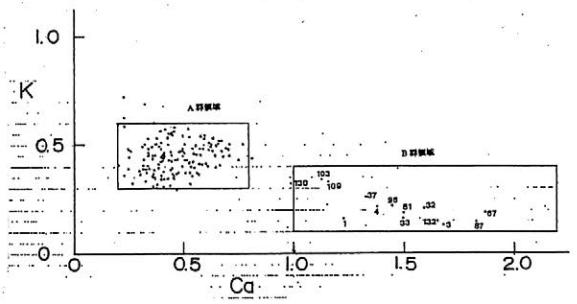


図３　Rb-Sr 分布図（波長分散型）

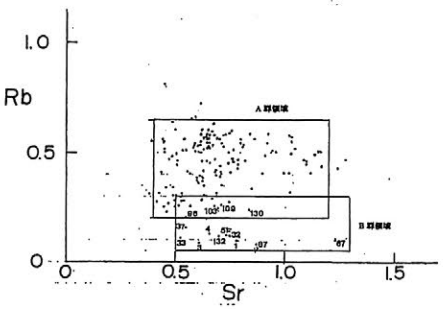


図４　Rb-Sr 分布図（エネルギー分散型）

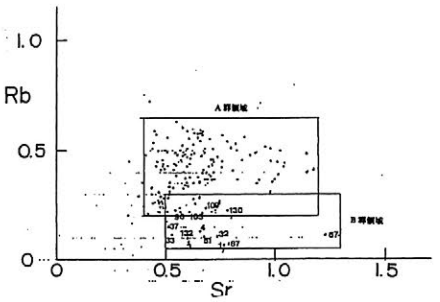
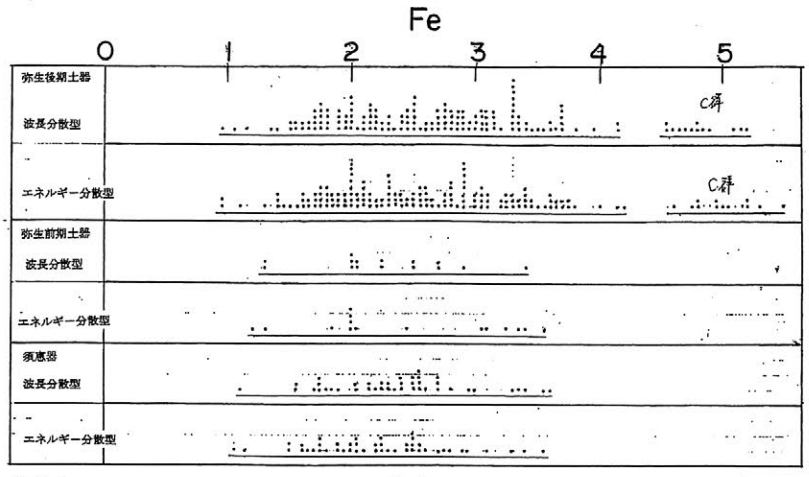


図５　波長分散型、エネルギー分散型による Fe 因子の比較



P－084

任海宮田遺跡（富山市）および、その周辺の遺跡出土土師器、須恵器の胎土研究

O 三辻利一（大阪大谷大学）・富山県文化振興財団

1）はじめに

古墳時代には須恵器窯跡の数は圧倒的に和泉陶邑に多く、地方では限られた地域に数基程度しか発見されていない。これまでの研究では地方窯の製品は近畿地方の遺跡からは検出されておらず、これに対して、陶邑製品は北は岩手県水沢市の中半入遺跡から、南は鹿児島県指宿市の橋牟礼川遺跡に至るまで、全国各地の遺跡で検出されている。窯跡の数は圧倒的に陶邑に多く、古墳時代の須恵器生産は陶邑に中心があったことからもこの結果は理解できる。このような窯跡数の比較から、古墳時代の地方の遺跡出土の須恵器の産地問題には地元産か、陶邑からの搬入品かをとう２群間判別分析法が導入された。しかし、平安時代に入ると、須恵器は日常用具として広く使われるようになり、須恵器生産は全国に拡大する。その結果、各地に数 10 基以上の窯跡が集中する大規模窯跡群が発見されている。当然、須恵器の生産と供給の関係は古墳時代に比べて複雑となり、簡単に２群間判別分析を適用できなくなる。それに代わる新しい手法の開発が必要になった。須恵器を特産物として大量に生産した地方では律令体制下では、「調」として、平城京や平安京へ供給されたことが文献から知られている。しかし、これまでのところ、地方の大きな消費地遺跡、たとえば、荘園遺跡への須恵器の生産と供給問題には殆ど手をつけられておらず、未解明の領域となっている。本報告では、富山県富山市の任海宮田遺跡とその周辺の遺跡を例にして、地方の大きな消費地遺跡の須恵器の生産と供給の過去を再現するため、新しい研究法の開発を試みた結果を報告する。

2）データ解析法

土器試料の処理法と分析法は従来通りである。データ解析法についてのみ説明する。

分析データはまず、K-Ca、Rb-Sr の両分布図上にプロットされ、試料集団の胎土が一色か、それとも、幾つかのグループに分類が可能かを定性的に解析した。次いで、幾つかのグループに分類できたとき、各グループ間でどの程度分離しているかを確かめるため、２群間判別分析法を適用した。各グループの試料集団が確定したところで、全分析試料について、どのグループに帰属するか、再度、判別分析を行った。各群の生産地は優先的に任海宮田遺跡の周辺にある生産地の中から、判別分析法で対応する産地を求めた。

3）分析結果

図１、２には今回分析した須恵器と土師器の全試料の両分布図を示す。明らかに、A、B、C の３グループがあることが分かる。そこで、両分布図で各群に対応した試料群をそれぞれ、A、B、C 群とした。各群間の相互識別の１例として、B、C 群間の判別図を図３に示す。両群は十分に相互識別できることが分かる。A、B 産地では土師器と須恵器を同時に、また、C 産地では須恵器だけを生産したことが分かった。さらに、器種との対応をした結果、A 産地では皿、椀、杯、杯蓋などの小物製品を、B 産地では壷、瓶などの大物製品を中心に生産したことも分かった。また、C 産地では杯、杯蓋などの小物の須恵器のみを生産した。墨書土器もすべてC産地の製品であった。C 産地は図 4 の判別図に示すように、任海宮田遺跡の近くにある室住池窯群である可能性が高いことが分かった。

図1

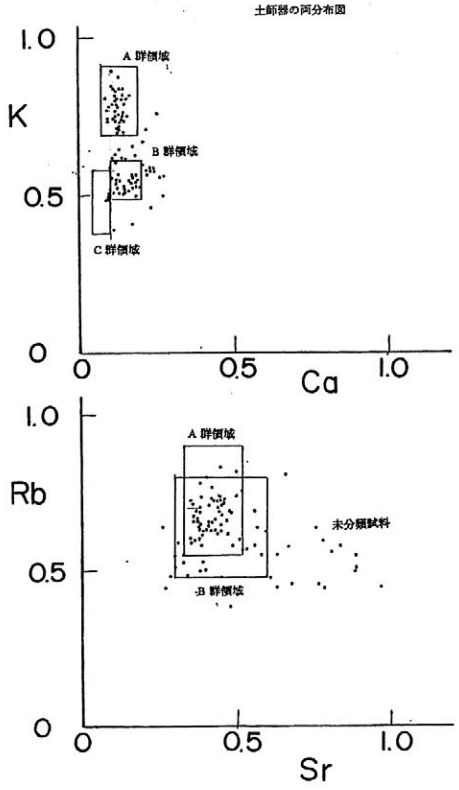


図2

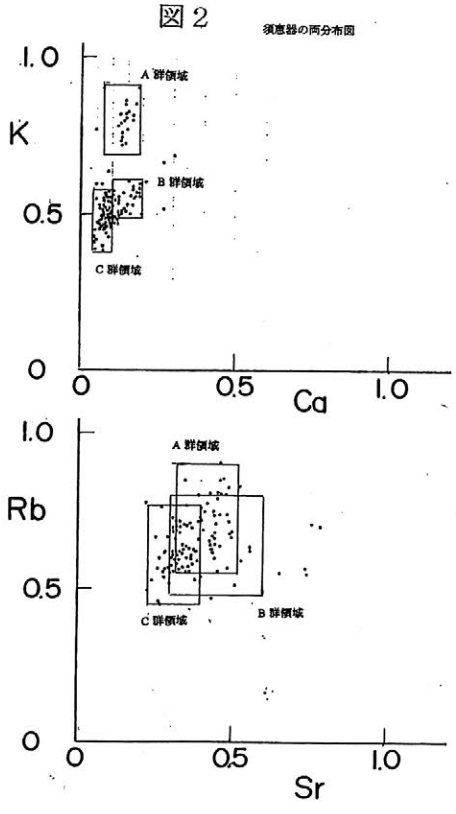


図3　B群とC群の相互識別（K、Ca、Rb、Sr）

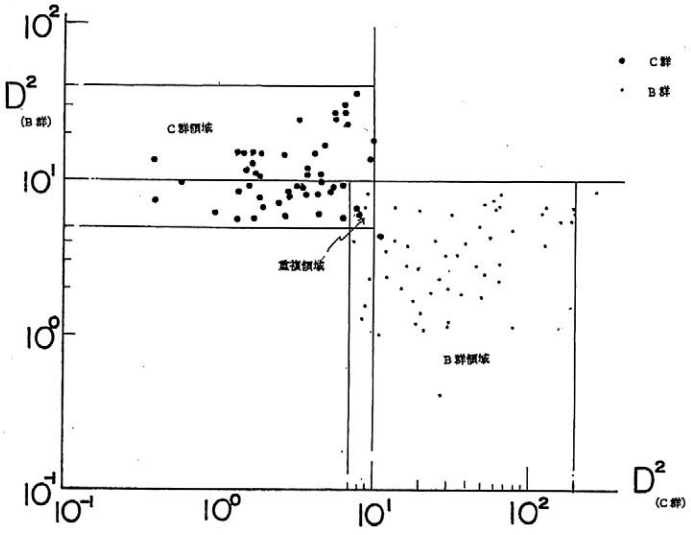
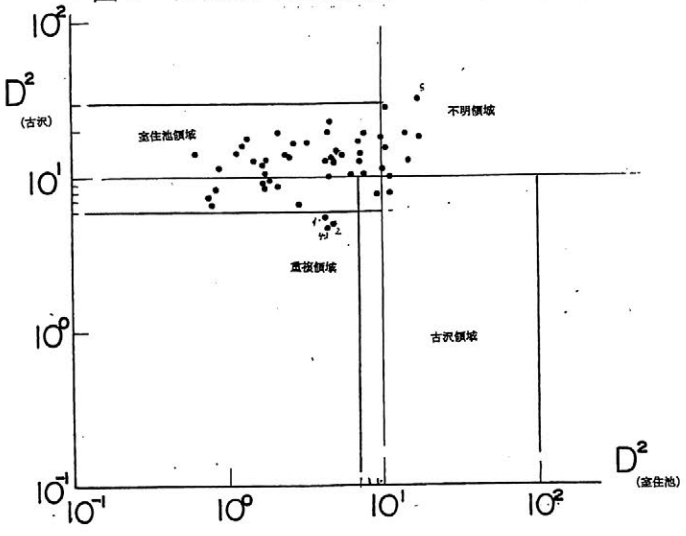


図4　C産地の室住窯群への対応（K、Ca、Rb、Sr）



P－085

胎土分析における分析化学（1）
大阪大谷大学の装置による基礎データと、その考え方

○三辻利一・中村　浩・犬木　努・近藤麻美（大阪大谷大学）

1）はじめに

演者らは須恵器、埴輪の産地問題の基礎研究という目的をもって、1970 年代から蛍光X線分析法による胎土分析を始めた。この研究には大量の土器片の長期間にわたる分析作業が必要であるので、安定性の良い、完全自動式の蛍光X線分析装置が不可欠である。この 30 年間に奈良教育大学に設置された Kevex 社製のエネルギー分散型の装置、理学電機製の波長分散型の装置 3270、大阪大谷大学に設置された理学電機製 RIX2100（波長分散型）の３台の装置が使用され、のべ 10 万点を越える土器試料の分析データを出した。長期間にわたる研究を通して、胎土分析特有の分析化学の考え方が必要であることが分かったので、本発表では演者らの研究を支える「胎土分析における分析化学の考え方」をまとめてみた。

2）エネルギー分散型の装置の有効性

三辻が奈良教育大学で最初に使った蛍光X線分析装置は Kevex 社製のエネルギー分散型の装置であった。この装置の特徴は測定中に TV 上にスペクトルが観測出来るという点である。さらに、三辻が使った装置は偶然にも、２次ターゲット方式の装置であった。Mo を２次ターゲットにして土器類の蛍光X線スペクトルを測定すると、Mo の特性X線の少し低エネルギー側にある Rb、Sr、Y、Zr の蛍光X線の励起効率がよく、微量元素であるにも関わらず、これらの元素の蛍光X線を容易に測定することができた。多数の窯跡出土須恵器のスペクトルの比較から、Rb と Sr のピークが地域によって逆転する場合があることが見つけられた。これが窯跡出土須恵器に地域差があることが見つけ出された最初である。もし、２次ターゲット方式でないエネルギー分散型の装置を使っておれば、土器中の Rb、Sr の蛍光X線は容易には観測できなかったであろう。これを契機に窯跡出土須恵器の地域差を求める研究は本格化した。ただ、Rb、Sr は微量元素であるから、母岩のどの造岩鉱物に含まれているのかは不明であった。このとき、全国各地の花崗岩類も大量に分析され、花崗岩類にも Rb-Sr 分布図上で地域差があることが見つけ出された。同時にK、Ca も測定され、その結果は K-Ca 分布図上にプロットされた。花崗岩類中のKは主としてカリ長石に、また、Ca は斜長石に含まれていることが知られている。結晶科学的にみて、双子の兄弟ともみられる K と Rb、Ca と Sr の間に正の相関性があることも実験データで示された。この結果、花崗岩類中では微量元素 Rb と Sr はそれぞれ、K と Ca に共存すること、すなわち、カリ長石、斜長石中に主として含まれることが分かった。粘土や土器中でも K と Rb、Ca と Sr の間に正の相関性があることも実験データで示された。この結果、母岩中の最も重要な造岩鉱物である長石類に由来するK、Ca、Rb、Sr の４元素が窯跡出土須恵器の地域差を支配していることが分かった。

3）波長分散型の装置の有効性

波長分散型の有利な点は優れた機能をもつ数枚の分光結晶により、スペクトル線の分解能がよいことである。さらに、X線管球からの１次X線で試料を叩くため、２次ターゲッ

ト方式のエネルギー分散型の装置に比べて、高い蛍光X線強度が得られる点である。したがって、比較的短時間の測定で十分なカウント数が得られる。演者らは通常、K、Ca、Fe、Rb、Sr、Na の６元素を測定している。いずれも、測定された全カウント数は数千カウント以上であった。

４）装置の精度と母集団のばらつき

土器片は通常、100 メッシュ以下に粉砕し、錠剤試料を調製して測定する。粉砕して均質化しているとはいえ、溶液試料のように、均質試料ではない。不均質試料である。当然、JG-1 試料を数個調整して測定すると、分析値はばらつく。一方、長期間にわたって同一試料を分析すると、必ず、装置自身によるばらつきも観測される。通常、同一日における装置自身のばらつきは小さいので、同一日に測定した同一 JG-1 試料の各元素のばらつきは試料自身の不均質性によるばらつきとみなされる。その大きさはどの元素についても、変動係数にして１％程度以下であった。他方、１年間にわたって、JG-1 を測定すると、各元素のばらつきは変動係数にして数％程度まで上がる。このばらつきは装置自身によるばらつきである。そうすると、使用している蛍光X線分析装置の精度はどの元素についても変動係数にして、数％であるということになる。もし、同じ粉末試料から数点の試料を取り出し、測定して、この程度以下のばらつきであれば、この粉末試料は一応、準均質試料とみなせる。地質調査所から配布された同一ビンの中から、数点の JG-1 の錠剤試料を調製して測定すると、各元素のばらつきは変動係数にして１％程度以下であった。したがって、１ビン中の岩石標準試料 JG-1 は準均質試料とみなせることが分かった。これに対して、１基の窯跡から出土した須恵器片を 20 ～ 30 点程度分析すると、各元素の分析値は変動係数にして 10 ～ 20 ％程度ばらつく。装置自身による変動以上のばらつきを示した。窯跡出土須恵器の試料集団は明らかに不均質試料である。通常、１基の窯は数年間は使用されるとすると、粘土の採集場所もずれていると考えられるから、自然に産する粘土の不均質性が窯跡出土須恵器の試料集団のばらつきとなって現れたと考えられた。したがって、１基の窯跡出土須恵器の化学特性は平均値だけで表示できるものではなく、平均値と標準偏差をつけて表示することが必要となる。つまり、窯跡出土須恵器の母集団は平均値を中心とした星雲状に広がった存在として把握しなければならなくなる。また、通常、須恵器窯跡は２～３ km 四方の地域内に多数の窯が集中して窯跡群を構成する。大規模窯群の中から、任意に幾つかの窯跡出土須恵器を採取して分析するとばらつきはもっと大きくなり、通常、各元素は変動係数にして 20 ～ 30 ％程度ばらつく。大規模窯跡群内でのばらつきも自然界に産する粘土の不均質性に起因すると考えられた。　このように、母集団の試料は不均質系であが、そのばらつきの大きさからみて、完全自動式蛍光X線分析装置のもつ精度で十分その化学特性を求めることができることが分かった。

５）不均質系試料のデータ解析法

母集団試料は不均質系であることが分かったから、二つの母集団間の相互識別は単なる平均値の比較ではなく、星雲状の母集団間の相互識別となった。そのため、２群間判別分析法が適用され、５％危険率をかけた検定に合格する条件を入れて、母集団間の相互識別が行われた。２群は考古学の条件で選択される。産地問題の研究は「土器の生産と供給の過去を再現」する歴史研究であるから、考古学の条件を入れて母集団を選択することは当然であり、その結果はじめて、産地推定の結果にも考古学的意味をもたせることが出来る。

P－086

高松塚古墳壁画の材料調査(2)
－観察手法による白虎および青龍の表面状態調査－

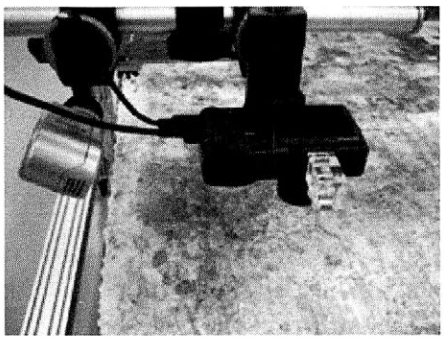
○吉田直人[1]、高妻洋成[2]、降幡順子[2]、辻本与志一[2]、
早川泰弘[1]、佐野千絵[1]、三浦定俊[1]、肥塚隆保[2]
(1.東京文化財研究所 2.奈良文化財研究所)

【はじめに】

国宝高松塚古墳壁画（奈良県高市郡明日香村)劣化原因調査の一環として、デジタルカメラやデジタルファイバースコープといった観察用機材を使った壁画表面状態の視覚的な調査を行っている。現在、修理施設に保管されている白虎像と青龍像を対象とした調査を実施しており、発見時と比較して、色材が消失、または薄れているように見えることなどに関して重要な知見が得られつつある。調査は現在も継続中であり、本会までに判明した事項について報告する。

【調査方法】

上向きになっている壁画上で、安全に調査用機材を設置し、移動可能とするよう設計されたフレームにデジタルカメラ(リコー GX-100)を固定し、白色LEDによる斜光条件のもと、壁画面のマクロ撮影を行った。撮影視野は約 30 mm× 45mm、カメラを等間隔に移動させながら、図像面とその周囲を分割撮影した。また、必要に応じて、デジタルファインスコープ(オムロン VCR-800)を使った40～160倍の拡大撮影を実施した。



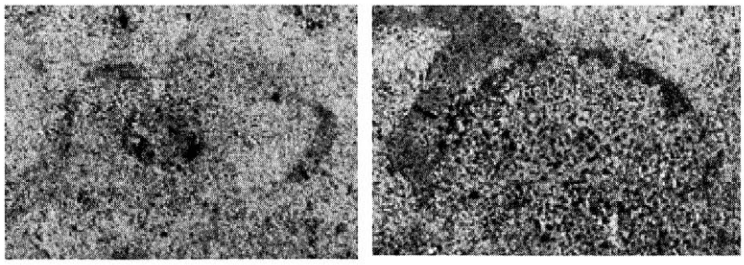
デジタルカメラによる撮影の様子

【調査結果】

1．白虎像

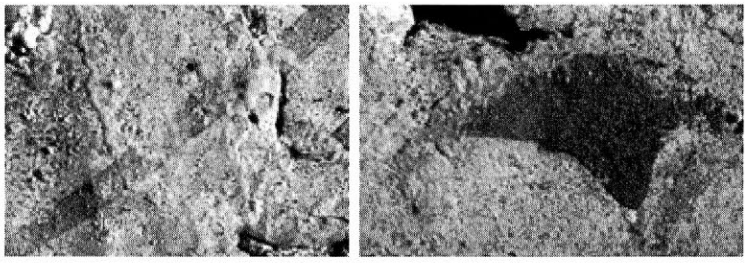
白虎像では、特に描線の著しい薄れが問題となっているが、この現象について、大きく2つの要因が存在することが分かった。

ひとつは色材が漆喰上から消失していることによるものである。特に、輪郭線ではほぼ全体にこの現象がみられた。また、赤い色材についても、舌や脚の爪で消失している箇所がみられた。

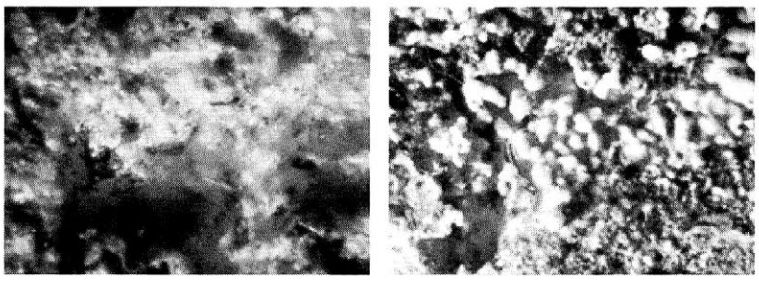


色材の消失が著しい例
左:左目 右:舌 (ともに白虎)

もうひとつの要因として、漆喰上に何らかの乳白色物質が発生していることがわかった。この物質は様々な場所に存在し、その形態はデジタルカメラおよびデジタルファインスコープ(オムロン VCR-800)による観察から、ペースト状のものや、特に漆喰が空隙化している箇所では、ごく小さな粒状ものが多数認められた。左脚の輪郭線や爪の一部、また唇などに、この物質が覆っている箇所があり、その結果として色が見えにくくなっているものである。



乳白色物質が色材を覆っている例
左:左前脚輪郭線 右:左前脚の爪 (ともに白虎)



乳白色物質の形状の違い(デジタルファインスコープによる撮影)
左:薄いペースト状 (上唇) 右:粒状(右前脚の爪近傍)

2．青龍像

青龍は白虎と比べると、描線や色材の薄れはそれほど顕著ではない。しかしながら、デジタルカメラによる調査で、白虎と同じような乳白色物質の存在が確認された。形状も白虎のものと類似しており、胴体上の一部では、ごく薄い乳白色物質によって比較的広範囲に覆われていた。

【乳白色物質について】

何らかの原因により溶けた漆喰が再び固まったものである可能性などを想定しているが、壁画面からのサンプリングは不可能であるため、分光学的手法など、非破壊的な手段での情報収集を検討している。

この物質が発生した原因、時期についても現在のところ不明であるが、これまでの保存環境や保存処置の履歴も調べながら調査を継続したいと考えている。

謝辞：今回の撮影に協力いただきました間渕創氏（東京文化財研究所）に深く御礼申し上げます。

P－087

高松塚古墳壁画の材料調査(3)
—蛍光X線分析法による白虎・青龍の下地漆喰に関する調査－

○早川泰弘[1]、降幡順子[2]、高妻洋成[2]、吉田直人[1]、辻本与志一[2]、佐野千絵[1]、三浦定俊[1]、肥塚隆保[2]
(1.東京文化財研究所、2.奈良文化財研究所)

1．はじめに

高松塚古墳壁画の下地漆喰の劣化原因調査および今後の修理に有用な情報を得ることを目的に、壁画表面の主要元素について携帯型蛍光X線分析装置を用いて基礎調査を実施した。特に表面から検出が確認されている鉛成分については、検出強度が場所により異なることが報告されていたため*1、その分布状況について詳細に調査した。これまでに、白虎（西壁 2）と青龍（東壁 2）について調査を実施したので、今回はこの2面から得られた測定結果について報告する。

2．測定方法

石材の壁画面上を二方向にスライド可能なアームを設置した分析用フレームを作製し、このフレームに携帯型蛍光X線分析装置（Niton　XLt-500）を取り付けて測定を行った（写真 1)。測定条件は管電圧 40kV、電流 Auto(約 10μA)、測定時間 60 秒、照射面積 10mmφ（試料間距離 7mm時）に設定した。装置制御はフレームの外から行い、壁画面上での作業を行うことなく安全に測定を実施できるようにした。測定は、壁面を縦横 5cm 間隔で行い、測定箇所の画像はCCDカメラで記録して、表面状態の確認を行った（写真 2,3)。実際の測定では、壁面の凹凸や石材自体の傾きによりX線管球と測定面の距離を一定に保つことは困難であったため、事前にX線強度の装置特性を調べ、標準の測定距離を 7mm とし、そこから 1mm 毎に距離がずれた場合のX線強度の増減を計算し有意差を判断する指標とした。

3．測定結果

これまでに測定した2壁面については、壁面全面から鉛が検出された。測定箇所によって鉛の検出強度に差はあるものの、白虎や青龍が描かれている周囲は、図像が描かれていない部分に比べて鉛検出強度が大きい結果が得られた。白虎（西壁 2）と青龍（東壁 2）による検出強度の差は大きくないと思われる。また、日・月像の下には垂下痕跡のような筋が存在することが確認されているが、この部分からは顕著に鉛が検出され、白虎や青龍の下方にもこの筋が伸長していることが新たに判明した。

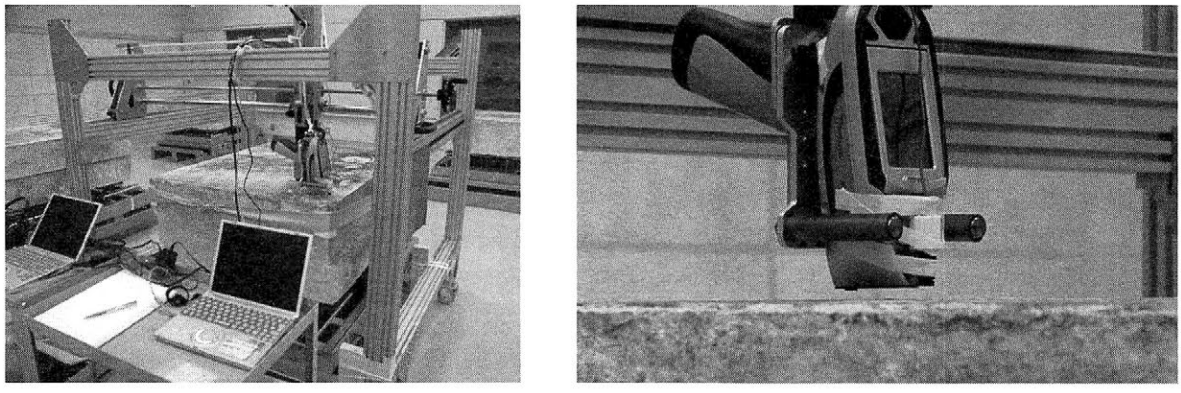


写真1　分析フレームと測定状況

*1：早川泰弘・佐野千絵・三浦定俊「ﾊﾝﾃﾞｨ型蛍光X線分析装置による高松塚古墳壁画の顔料調査」保存科学、No.43、pp.63-76、2004

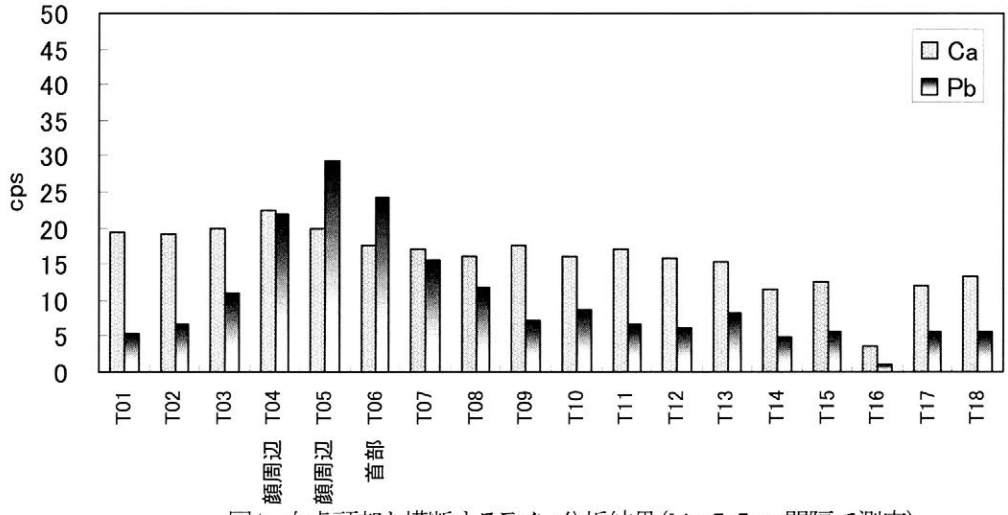


図1　白虎頭部を横断するライン分析結果(Line7;5cm間隔で測定)

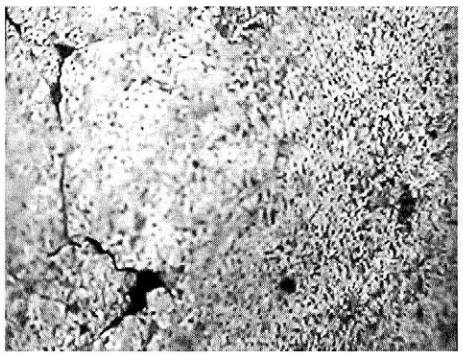


写真2　白虎 Line7-T05(顔周辺)
の測定箇所

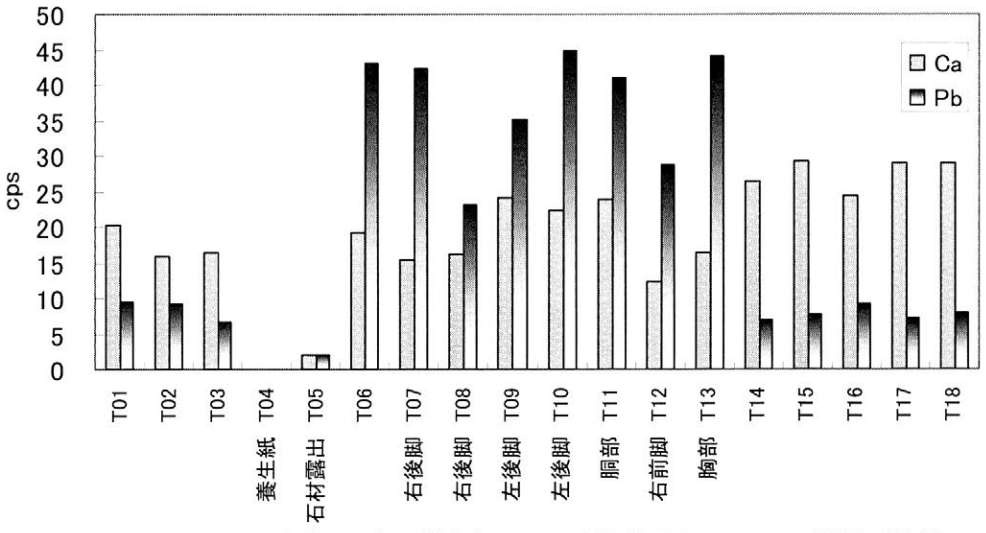


図2　青龍胴下部を横断するライン分析結果(Line10;5cm間隔で測定)

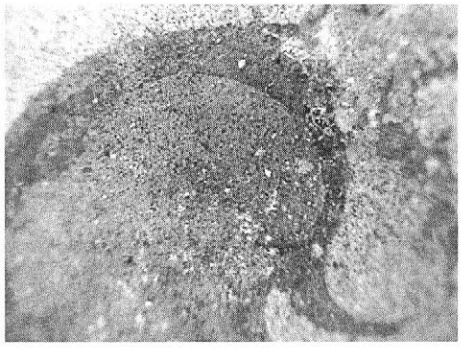


写真3　青龍 Line10-T07(右後脚)
の測定箇所

P－088

高松塚古墳墳丘部の地震影響に関する動的解析

三村　衛（京都大学）、長屋淳一（地域地盤環境研究所）、○石崎武志（東京文化財研究所）

１．はじめに

壁画保存のため石室を解体する高松塚古墳で発掘調査が行われ，墳丘内部に無数の亀裂や地割れが縦横に走っていることが確認された。専門家の調査によれば，これらの亀裂や地割れは過去に発生した巨大地震によるものとされている[1)]。ここでは、石室を含む円錐形の墳丘に対する３次元動的ＦＥＭ解析を行い、地震力による変形，ひずみ分布を求め、墳丘部に発生した亀裂分布との比較検討を行ったので、その結果に関して報告する。

２．解析条件

図-1 に動的 FEM 解析の有限要素メッシュ図を示す。高松塚古墳は自然堆積地盤（シルト混じり細砂）の上に石室（2m×2.3m×3.8m）があり，石室の周りは土盛りした版築で覆われた構造である。動的解析は墳丘部を対象に地盤は石室周りの版築と石室下部の自然堆積地盤の２層を Ranberg-Osgood モデル（RO モデル）による非線形モデル，石室は弾性材料とし，側方境界を水平ローラーとした。表-1 に解析パラメータを示す。地盤の初期せん断弾性係数はベンダーエレメント試験におけるせん断は速度 Vs，RO モデルの非線形パラメータは繰返し載荷試験結果，ポアソン比は PS 検層，単位体積重量は RI 湿潤密度検層より設定した。また，入力波は正弦波として周期 0.2～1.0 秒，最大加速度 200～600gal のケースを実施した。

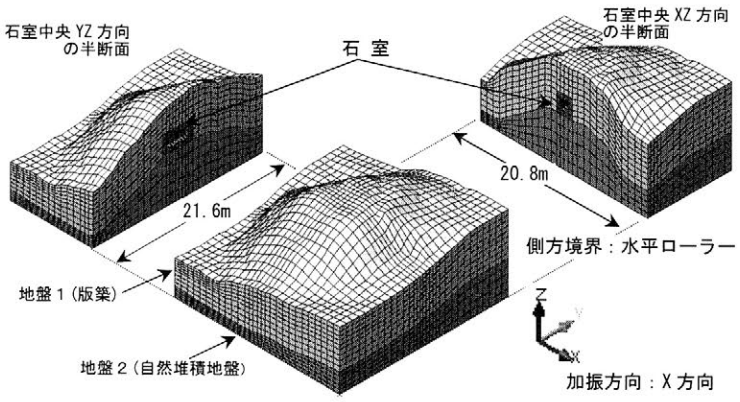


図-1　墳丘部の有限要素メッシュ図

３．解析結果

図-2 に周期 0.2，0.5，1.0 秒（最大加速度 600gal）における最大変位時の変形図と変位（X 方向）分布図を示す。図は石室周辺の変位状況が分かるように石室中央部 XZ 方向の半断面に示してある。これらの解析結果より短周期であるほど最大変位量は大きく，地震動の影響を大きく受けると考えられる。なお、墳丘部の固有値解析の結果，固有周期は 0.17 秒程度であった。

墳丘部には，版築のせん断力によるずれおよび引張応力による剥離から発生する亀裂が考えられる。図-3，4 に周期 0.2 秒，最大加速度 600fgal における最大変位発生時のせん断応力 τ_{xz} とＸ方向応力 σ_x のコンター図を示す。これらの結果よ

表-1　解析パラメータ

	版築		自然堆積地盤
	上部	下部	
単位体積重量 γ (kN/m^3)	14	16	18
ポアソン比 ν	0.488	0.478	0.45
せん断弾性係数 G0 (kN/m^2)	31500 (Vs=150m/s)		120000 (Vs=260m/s)
最大減衰率hmax	0.3		0.3
$\gamma_{0.5}$	0.0025		0.0025

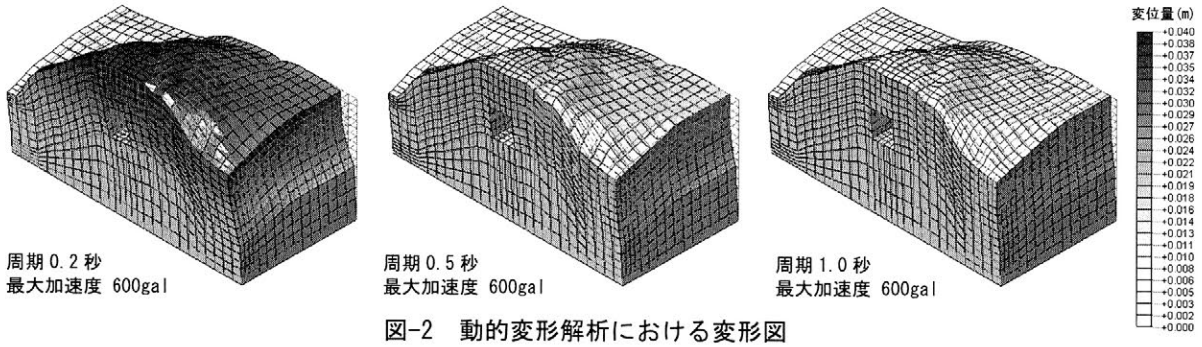


図-2　動的変形解析における変形図

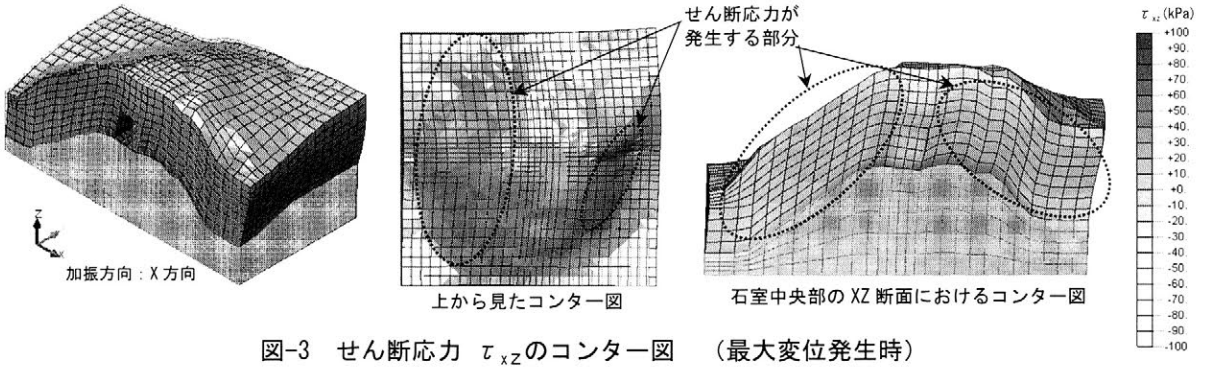


図-3　せん断応力 τ_{xz}のコンター図　（最大変位発生時）

り，せん断応力は石室の側部の版築全体に発生し，引張応力は石室の上部隅角部付近および墳丘斜面部（特に，傾斜勾配が変化する法尻付近）に作用していることがわかる。版築の試料を用いて実施した一面せん断試験結果より版築のせん断強度は，τ_f=100～150kPa であり，図-3 に示すケースでのせん断応力（50kPa 程度）ではせん断応力による亀裂の発生は生じない。これに対して引張応力は 100kPa 程度発生しており，版築のような土質材料では引張強度は殆ど 0 に近いことを考えると墳丘部には引張応力による剥離が生じやすいと考えられる。

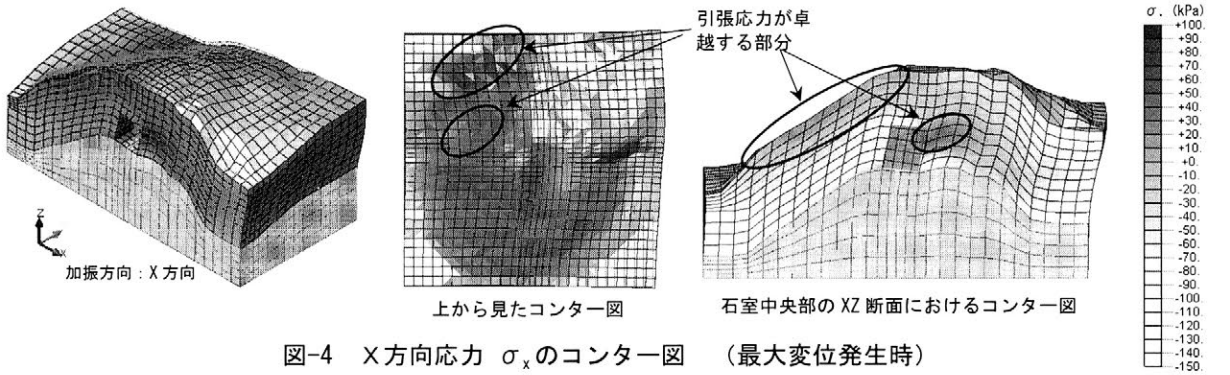


図-4　X 方向応力 σ_xのコンター図　（最大変位発生時）

4．墳丘部の亀裂発生メカニズム

高松塚古墳の墳丘には，石室の上端面より上部へ放射状に亀裂が発生している状況が見られた。これらの亀裂は，図-5 に示すように①石室側部に引張応力が生じ，石室と版築間に剥離が生じる。②石室の上部隅角部において石室と版築間の剥離により石室上部の版築に亀裂が生じる。③石室上部の亀裂は，拘束力の小さな部分ほど亀裂が生じやすいため，墳丘の斜面部に向かって放射状に進展していく，というプロセスで発生すると考えられる

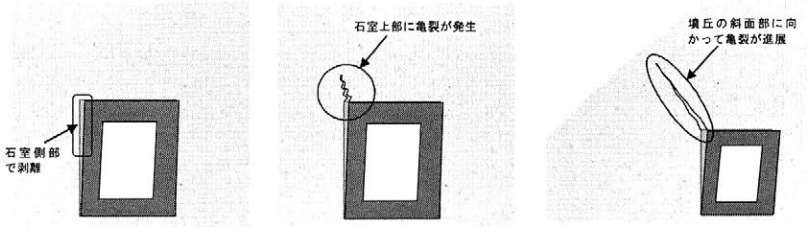


図-5　石室側部と版築の剥離に伴う亀裂の発生

5．まとめ

高松塚古墳にみられた亀裂における地震動の影響を検討するために動的 FEM 解析を実施した結果，石室周辺に発生した亀裂は，地震動により石室上部に引張応力が作用し，剥離が生じた部分より上部に進展したものと推察される。今後は，墳丘周辺の地盤状況および当該地で想定される地震動による解析を実施し，過去の地震動による影響度を検討していく予定である。

参考文献

1）奈良文化財研究所：高松塚古墳の調査－国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策検討のための平成 16 年度発掘調査報告－，2006.

P－089

高松塚古墳で使用された樹脂等のかび抵抗性試験

○ 木川りか，佐野千絵（以上、東京文化財研究所），
高鳥浩介（東京農業大学），杉山純多（テクノスルガ・ラボ），
川野邊渉，石崎武志（以上、東京文化財研究所）

はじめに

高松塚古墳壁画の微生物による汚染や劣化には、さまざまな要因が関与していると考えられるが、「古墳の石室や取合部などで過去に使用された樹脂などの材料と微生物の生育との関係」はひとつの重要な検討課題である。そこで、本報告では、高松塚古墳で、古墳発掘後の1972年以降に石室や取合部などで使用された樹脂などの材料について、かび抵抗性試験を行った。

試料と方法

今回の試料とそれらの高松塚古墳における用途を表１に示す。かび抵抗性試験はＪＩＳZ2911の「プラスチック製品の試験」に準じて行い、ＪＩＳで規定された５株のかびの混合胞子液のほか、高松塚古墳から主要に分離された８種のかびの胞子液を用いた。1ｍｌあたりの胞子数が約10^6になるように調製した胞子液を試料に噴霧し、精製水を入れたデシケータ内に20-25℃にて静置し、およそ２週間ごとに試料表面のかび発育状態を肉眼および顕微鏡下で観察しながら、８週間保存した。

表１　試料について

昭和50年代の修理時の石室内の絵画の剥落止めに使用	パラロイドB72
2001年2月取合部の崩落止め工事の際、取合部で使用	ＯH100、アラルダイトＡＥＲ-2400
2001年７月　取合部の防カビ処理の際、防カビ剤を擬土などに処理する際に使用	パラロイドB72
2001年以降、石室内壁画部の殺菌のためにエタノールを噴霧した（壁面の剥落止めの樹脂への影響）	パラロイドB72に、90%容量エタノール：10%容量水を噴霧
2003年　取合部で使用	ビフォロン
2007年の解体作業に伴い、絵画の表うちなどに使用	ＨＰＣ、ＭＣ
一般に日本画の剥落止め、表うちなどに使用される材料（石室では使用されていない）	膠、ふのり

なお、昭和50年代に石室で使用されたプライマルＡＣ55、プライマルＡＣ55エマルジョン、および2001年の取合部工事で使用されたサイトＳＸ-Ｒ・サイトＳＸ-Ｂ３：１溶液　（シリケート）については、現在入手できなかったため、試験を行えなかった。また、今回は、樹脂などを乾熱滅菌したガラスシャーレ（φ約60ｍｍ）に滴下し、乾燥、固化させたもの（各々３枚）を試料として使用した。古墳の高湿度環境下で生乾きの状態であったり、固化する際に熱を発生するような場合、周りの水分や材質と相互作用するような場合など、現場での個々の状況については、今回は再現していない。

結果

結果を表２に示す。古墳の石室内で使用されたものではないが、一般的に日本画の剥落止め、表打ちなどに使用される天然材料の膠、ふのりなどではかびの生育が

顕著にみられた。また、石室内や、取合部などで使用された履歴のあるいくつかの材料において、ＪＩＳで規定された株や、高松塚古墳から分離されたかびが生育可能であることがわかった。また、一部の試料については、過去の試験でも調査をしているが[1, 2] 今回の結果も概ね一致するものであった。

表２　８週間後の試料表面のかび発育状態

試験菌＼　試料	パラロイドB72	パラロイドB72・エタノール噴霧	OH100	アラルダイトAER2400	ビフォロン	HPC	MC 400 cps	膠	ふのり
混合胞子液*	＋	＋	－	＋	－～±	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Fusarium sp. (TBT-4)	＋	＋＋～＋＋＋	－	＋～＋＋	－	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Fusarium sp. (TBT-3)	＋	＋＋	－	＋	＋	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Penicillium sp. (TBT-154)	－～＋	－	－	－	－	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Penicillium sp. (TBT-6)	＋	－～＋	－	＋	－	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Trichoderma sp. (TBT-5)	－	＋	－	＋	－	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Trichoderma sp. (TBT-16)	－	＋	－	－～＋	－	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Acremonium (sect.*Gliomastix*) sp. (TBT-105)	＋	＋＋	－	＋＋	＋＋	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋
Cylindrocarpon sp. (TBT-1)	－	＋＋	－	＋＋	－	－	＋＋＋	＋＋＋	＋＋＋

＊*Aspergillus niger* NBRC 6341, *Penicillium pinophilum* IAM 7013, *Paecilomyces variotii* IAM 5001, *Trichoderma virens* NBRC 6355, *Chaetomium globosum* NBRC 6347 の単一胞子液を等量混合した

－　　：肉眼および顕微鏡下でかびの発生は認められない。
±　　：肉眼ではカビの発生が認められないが、顕微鏡下では確認する。
＋　　：かびの発生が肉眼で認められ、発生部分の面積は検体表面積の 10%未満。
＋＋　：かびの発生が肉眼で認められ、発生部分の面積は検体表面積の 10%以上、30%未満。
＋＋＋：かびの発生が肉眼で認められ、発生部分の面積は検体表面積の 30%以上。

謝辞　かび抵抗性試験に際しまして、（財）日本食品分析センターの河合充生氏、土屋禎氏に大変お世話になりました。また、試料の作成につきまして、安部倫子氏、中右恵理子氏、坪倉早智子氏、豊田明美氏に多大なご協力をいただきました。記して感謝申し上げます。

参考文献

1）木川・早川・山本・川野邊・佐野・青木「保存科学」44, 149-156. (2005)
2）早川・中右・木川・沖本・川野邊「文化財保存修復学会誌」53, 1-19. (2008)

P－090

Foxing 再現実験における真菌混合接種に関する報告

○ 吉川也志保（日本学術振興会特別研究員 PD）・木川　りか（東京文化財研究所）
関　正純（高知県立紙産業技術センター）

1．　はじめに

フォクシング（foxing）と総称される紙の褐色斑は、紙製文化財の代表的な劣化現象である。その発生メカニスムは一元的ではなく、これまで真菌起因、樹脂起因、鉄起因が報告されている。また、真菌起因の foxing に限っても、菌体に由来する着色や、代謝物由来の着色など、その構成要因は様々である。

これまで、foxing 要因菌として、*Eurotium herbariorum*　ならびに *Aspergillus penicilloides* が報告されているが、本稿では褐色斑の発生した紙から分離された複数の真菌およびそれらの混合接種について報告する。

2．　褐色斑と紙繊維の同定

提供された紙は昭和 10 年代頃に生産されたもので、和本の見返し（表紙裏）に用いられていた。紙の表面全体に淡褐色の斑点がみられた（Fig.1）。なお、この褐色斑にブラックライトを照射したところ、褐色斑を中心に黄色の蛍光を発した。

繊維同定を試みたところ、顕微鏡による繊維の形状から、主たる繊維は、楮、木材パルプ（針葉樹 NBKP）であった。木材パルプは叩解が進んでいたことから、長時間叩解機に通されていたと考えられる。また、C 染色液を用いた観察から、その他にも三椏、マニラ麻、ジュート麻だと考えられる繊維が観察された（Fig,2）。

上記の結果から、この紙には主成分とされる楮以外の原料に古紙配合品が使用された可能性が推察される。

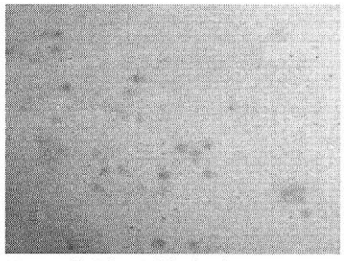


Fig.1　昭和 10 年代頃の紙の foxing

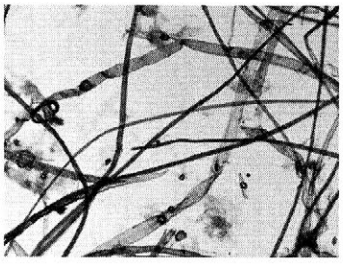


Fig.2　C 染色液を用いた繊維同定

3．　褐色斑からの真菌分離

複数の培地を用いて真菌の分離を試みたところ、DG18 培地上で *Aspergillus penicilloides* および *Aspergillus vergicolor* が近接して分離された（Fig.3 黒丸の部分）。

A. penicilloides（菌株 FS-A1）の菌体（菌糸・胞子）は無色で、その代謝物は黄色を呈すが、DG18 培地では色素生産はあまり活発ではない。一方、*A. vergicolor*（菌株 FS-A2）は緑色の胞子を形成し、色素生産が活発であることで知られる。

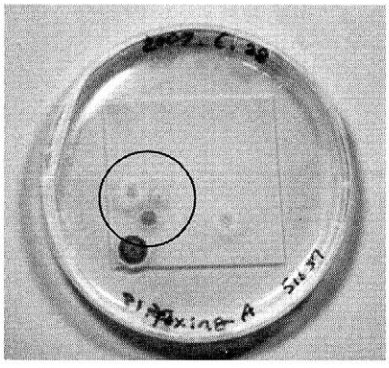


Fig.3　褐色斑上に近接して発生した 2 種類の真菌

発表代表者は、両者の接する部分において黄色の色素生産が著しかった点から2種類の真菌が生育上何らかの相乗効果を及ぼして、色素の生産が活発になる可能性に着目した。

3．　紙への真菌接種

3-1. 培養方法

分離された真菌を紙に接種し、変色過程を観察した。滅菌した紙試料に *A. penicilloides*（菌株 FS-A1）と *A. vergicolor*（菌株 FS-A2）をそれぞれ別々に滅菌麺棒で接種した試料と、2 種を混合接種した試料をAw0.85 に内部を調整したデシケータ（滅菌済）に設置し、室温 25℃の暗所で4ヶ月間培養した。試験に際しては、濾紙（Watman No.1）、楮紙（未晒し）、楮（漉き返し）、雁皮紙、麻紙を用いた。

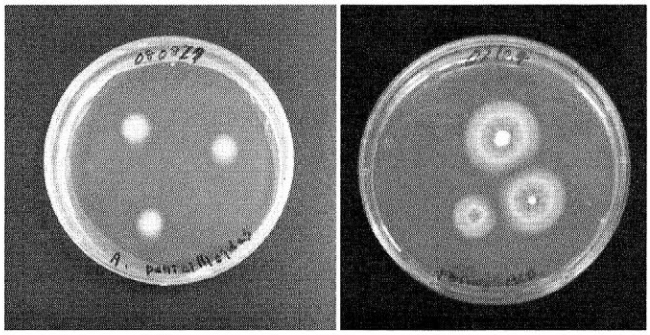


Fig.4　分離した真菌を DG18 培地で培養（左から *A. penicilloides*（菌株 FS-A1）　と *A. vergicolor*（菌株 FS-A2）

3-2. 結果と考察

紙面の都合上、全ての試験紙の写真は掲載できないが、濾紙、楮（漉き返し）、雁皮紙、麻紙において、*A. penicilloides*（菌株 FS-A1）、*A. vergicolor*（菌株 FS-A1）を単種で接種した試料に比して、混合接種した試料の方が濃い色に変色する傾向がみられた（Fig.5）。

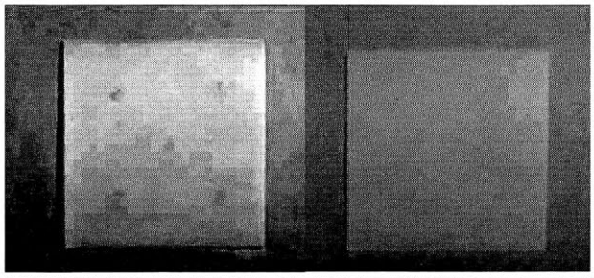


Fig.5　左より、混合接種した濾紙、*A. vergicolor* のみを接種した濾紙（白色光照射時に撮影）
A. vergicolor（菌株 FS-A1）のみを接種した部位は殆ど変色がなく肉眼で判別しがたい。

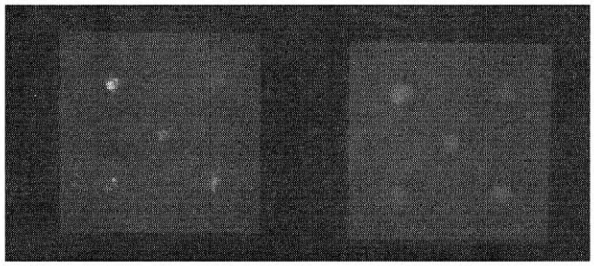


Fig.6　左より、混合接種した濾紙、*A. vergicolor* のみを接種した濾紙（ブラックライト照射時に撮影）
A. vergicolor も紙に生育しているのが蛍光により確認できる

Aspergillus penicilloides はすでに foxing 要因菌として報告されており、今回の再現実験においても紙に黄色を呈したが、*A. vergicolor* のみの場合は、一般的に培地上での色素生産量が多い種であるにもかかわらず、上記の条件では紙に着色を起こすことは殆どなかった。一方で、この2種を紙に混合接種した場合は、黄褐色を呈し、より色素が濃く現れる傾向がみられた。

今回供試された褐色斑においては、*Aspergillus penicilloides* とともに *Aspergillus vergicolor* が共生し、色素がより活発に生産された事例である可能性がある。

P－091

漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策(4)

-屋外環境下における漆喰試験壁の劣化-

○鈴木雄太（東北芸術工科大学大学院），米村祥央（東北芸術工科大学），
松田泰典（元東北芸術工科大学大学院）

1．はじめに

山形県内各地に現存している多くの漆喰壁土蔵の漆喰表面は，亀裂や剥離・剥落といった劣化が生じている．そのような漆喰壁土蔵は，これから壁面のさらなる劣化の進行，果ては土蔵の倒壊にまで至る可能性が考えられる．本研究では，凍結破砕による物理的劣化作用が主たる劣化現象と捉え，種々の実験を行っている．これまでの研究で，漆喰壁の劣化は中塗り層の物性により左右されると考察した．現在，漆喰試験壁を作製，屋外に設置し，劣化実証と微気象観測を行っている．本報では微気象観測装置の気温測定結果と試験壁に発生した劣化の一部を報告する．

2．試料

試験壁は中塗り層が中塗り土（試験壁A），下層に中塗り土，上層に砂漆喰（試験壁B）のものをそれぞれ二枚ずつ作製した．試験壁AとB違いは砂漆喰の有無である．サイズは壁面内々縦横を600×600mmとした．各塗り層の塗り圧はJASS15左官工事に定められている最大値となるようにした．製作工程，工法はJASS15左官工事に定められているこまい壁塗り工程種別Iに準拠した．Fig.1に試験壁外略図を，Table1に材料の組み合わせと配合比，Table2に工程種別Iを示す．

Table1 材料組み合わせと配合比

	主材（原土）	骨材（川砂）	補助材（スサ）	粘結材（角又）
荒壁	2.5	-	2.5	-
中塗り土	2.5	3	2.5	-
砂漆喰	1*	4	-	*
漆喰	1	-	0.4	0.375

*砂漆喰の主材には漆喰を用いた
荒壁、中塗り土、砂漆喰は体積比、漆喰は重量比

Table2 こまい壁塗り工程I

	工程
1	下塗り*（荒壁塗り・裏なで・裏返し）
2	むら直し*（墨打ち・貫伏せ・ちり回り）
3	中塗り*
4	上塗り

＊塗り付け直後から乾燥させた

3．実験方法

微気象観測にはHOBO U30-NRC Data Logger（ONSET社製）を用いた．装置は2008/12/11に設置，運用を開始した．測定項目は温度（℃），湿度（RH%），風向（°），風速（m/s），雨量（mm），日射量（W/m²）である．試験壁はA，B共に二枚一組とし，それぞれ表面を南北に向け，単管を組んで2008/12/22に設置した．試験壁表面の漆喰はデジタルカメラによる撮影記録を行った．また，漆喰表面に生じた亀裂等の長さの測定を行った．試験壁Aの中塗り土，試験壁Bの砂漆喰には土壌・水中用温度センサーTMC6-HD（ONSET社製）を埋設し，ケーブルは漆喰表面から出し，ポリプロピレン製の容器に入れたHOBO U12-006データロガーに接続し記録，毎月月末日中にデータを回収した．

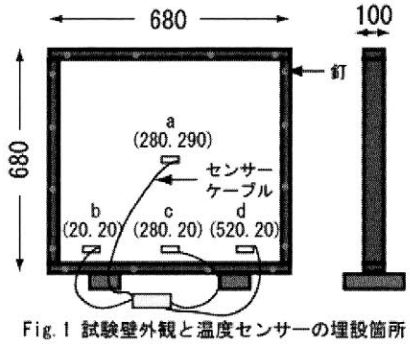


Fig. 1 試験壁外観と温度センサーの埋設箇所

4．結果と考察

Fig.2に，気象観測装置による試験壁設置周囲環境の気温変化グラフを，Table3に測定期間中の凍結破砕出現日と気温が0℃以下に達した日数，各月の最高最低気温と測定日時を示す．これらより，試験壁を設置し北に向けて設置した試験壁A，Bともに表面の漆喰は，着雪や融雪による水染みが試

験壁下辺に見られたが，大きな変化は見られなかった．逆に，南に向けて設置した試験壁A，Bともに表面の漆喰に亀裂が生じた．試験壁Aの漆喰には目視で確認しにくいほどの微細な亀裂が試験壁の半分の高さの辺りまでまばらに生じた．試験壁Bの漆喰には，試験壁下部左隅（西側）に集中的に生じていた．Fig. 3，4に試験壁B南面bの温度センサー測定結果と亀裂発生部分を示す．Fig.3より，外気温変化と比べて砂漆喰の温度変動幅が大きかった．冬季でも温度が高いのは，砂漆喰の熱伝導率がよいこと，砂漆喰の透水性がよいことから，壁内部に水が蓄積していないことが考えられる．南に向けて設置した試験壁A，Bの漆喰に生じた亀裂の箇所や程度は，これまで行ってきた，漆喰の劣化は中塗り層の物性（透水性や含水比）による劣化の違いとリンクした結果が得られたと考察できる．

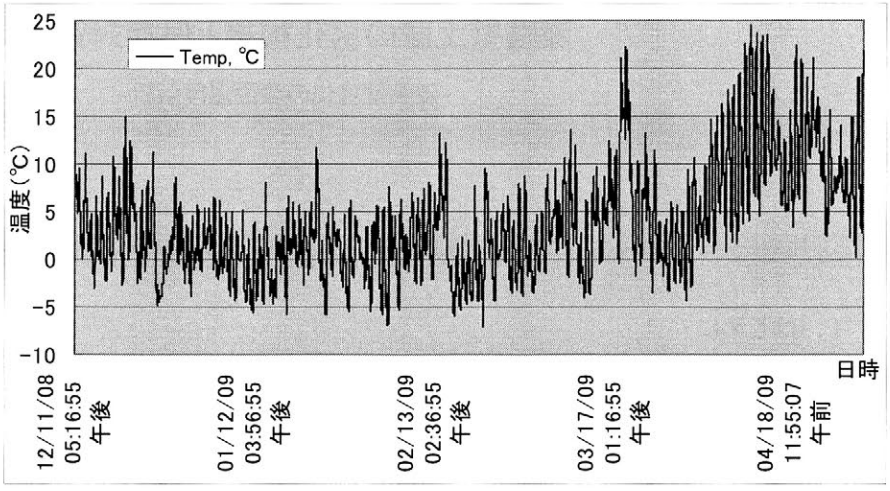


Fig.2　試験壁周囲環境下の温度測定結果

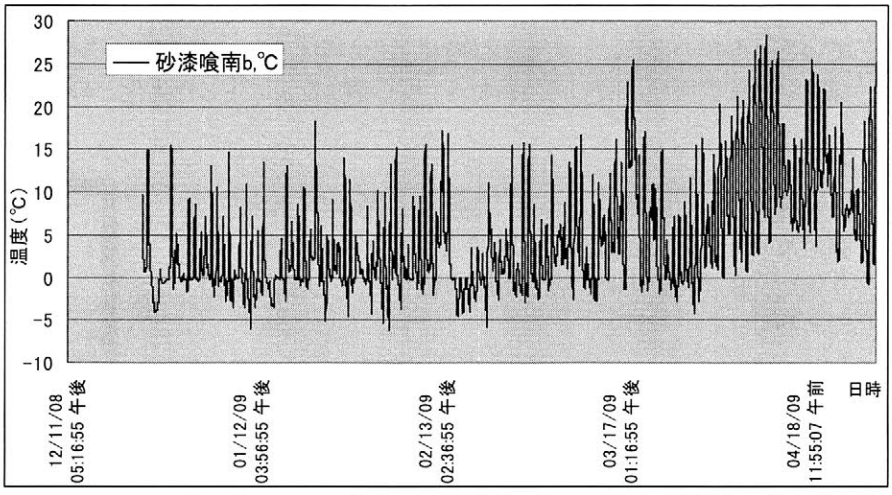


Fig.3　試験壁B南面bに埋設した温度センサーの測定結果

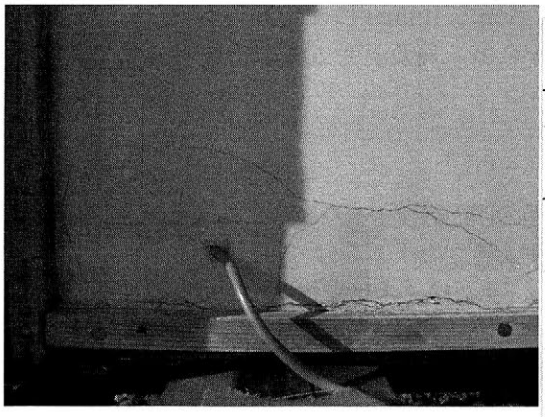


Fig.4　試験壁B南面の漆喰に生じた亀裂

Table3 2008/12/11から2009/04/30までの各記録

測定期間	+4℃以上→-4℃以下への気温変化回数	気温が0℃以下に達した日数
2008/12-2009/01	1	15
2009/01-2009/02	5	30
2009/02-2009/03	6	25
2009/03-2009/04	1	24

謝辞　本研究を行うにあたり，凍結－融解メカニズムに関する知見・ご助言を北海道立地質研究所高見雅三企画調整科科長に，試料作成を山形県山形市原田左官工業所　原田正一・正志両氏にそれぞれ御教授・御協力頂きました．記してここに謝意を表します．

漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策（5）

-漆喰壁劣化の表面温度解析-

○鈴木雄太（東北芸術工科大学大学院），米村祥央（東北芸術工科大学），
松田泰典（元東北芸術工科大学大学院）

1．はじめに

山形県内各地には，多くの土蔵が現存している．漆喰が上塗りされている漆喰壁土蔵の表面の漆喰は，亀裂や剥離・剥落といった劣化が生じている．漆喰が劣化しいている土蔵の多くは，これから壁面のさらなる劣化の進行，果ては土蔵の倒壊にまで至る可能性が考えられる．本研究では，凍結破砕による物理的劣化作用が主たる劣化現象と捉え，実験を行っている．これまでの研究で，漆喰壁の劣化は中塗り層の物性により左右されると考察した．現在実際の漆喰壁土蔵と同じ構造，工程，工法で漆喰試験壁を作製，屋外に設置し，劣化実証実験と経過観察，並びに微気象観測を行っている．今年の冬季に，表面の漆喰に劣化が生じた．本報では，赤外線サーモグラフィーを用いた漆喰試験壁表面の漆喰の温度解析を行い，漆喰表面に生じた劣化との相関を推察したので報告する．

2．試料

解析対象の試験壁は，前報「漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策（4）」で設置した試験壁A（中塗り層一層：中塗り土）、B（中塗り層二層：下層中塗り土，上層砂漆喰）である．

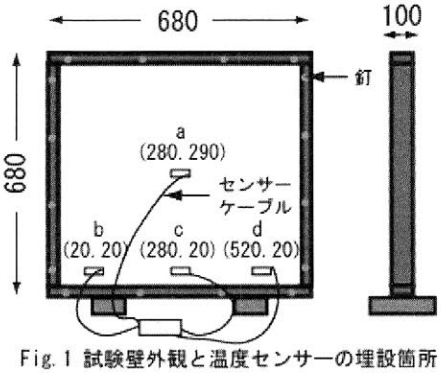


Fig. 1 試験壁外観と温度センサーの埋設箇所

3．実験方法

温度測定にはNeo Thermo TVS-700（日本アビオニクス社製：温度計測機能付非冷却二次元サーモグラフィー）を用いた． Table1に3月測定時の測定状況を示す．測定データの解析には熱画像解析ソフトNEC San-ei Image Processorを用いた．温度補正はplaster（放射率0.92　周囲温度20℃以下）とした．

Table1 測定状況

測定日	2009/3/17
時間	13:00～
気温(℃)	13
湿度(RH%)	34
測定距離	壁面から2.2m

4．結果と考察

試験壁A南北面，試験壁B南北面の四面の測定・解析結果をFig.2から6に示す．各画像に記してある破線は温度解析プロファイルである．それぞれ破線1（試験壁下辺）における最大温度と最小温度の差が大きいが，試験壁下地に埋設した温度センサーのケーブルの温度が高くなっており，漆喰表面自体の温度差はほとんどなかった．

南に向けて設置した試験壁A（Fig.2），B（Fig.4）の漆喰表面の温度差は大きく，温度差の境界部分や温度が低い範囲などが，漆喰表面

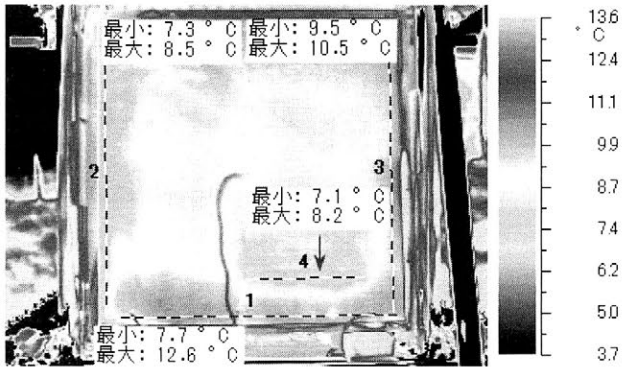


Fig.2 試験壁A 中塗り層：中塗り土（南面）

に生じた亀裂の位置と合致していた．特に，試験壁A，Bともに亀裂発生箇所やその周囲の温度が低くなっている．漆喰表面の亀裂は，冬季の着雪や春先の融雪水が壁面周囲の木枠部分から壁内部の中塗りに浸透し，凍結‐融解の繰り返しによる凍結破砕劣化によるものと推定できる．中塗り層が中塗り土である試験壁Aに関しては，中塗り土内部の不凍水膜や中塗り土に混和した有機繊維を通じて，間隙水が毛細管現象によって吸い上げられた範囲で，中塗り土が含んだ水の氷点下の体積膨張による凍上現象によって漆喰に亀裂が生じたと考えられる．中塗り層上層が砂漆喰である試験壁Bに関しては，砂漆喰が中塗り土の試験壁Aよりも空隙率が高く，透水性も大きいことが既存研究[1]で明らかになっている．試験壁内部の砂漆喰に浸透した水は，重力による落下で下方に排水される．しかし，試験壁下部は木枠がある事から十分に排水されず，水がたまった箇所で，水の氷点下における体積膨張による凍結破砕劣化によって漆喰に亀裂が生じたと考えられる．

逆に，試験壁A（Fig.3），B（Fig.6）ともに北面では漆喰表面の温度差は少なく，やはり前報で報告した内容と合致していた．中塗り層に埋設した温度センサーの測定結果より，北面は冬季において，気温が氷点下以下のまま数日経過することが判明しており，気温が低くなっても凍結破砕を引き起こす「水」が供給されにくいことから，冬季から春先にかけての凍上現象が起きにくく，赤外線サーモグラフィーによる測定においても漆喰表面に温度差がほとんどなかったと考えられる．

今後も継続して測定を行い，漆喰の劣化と表面温度との相関を明らかにしたい．

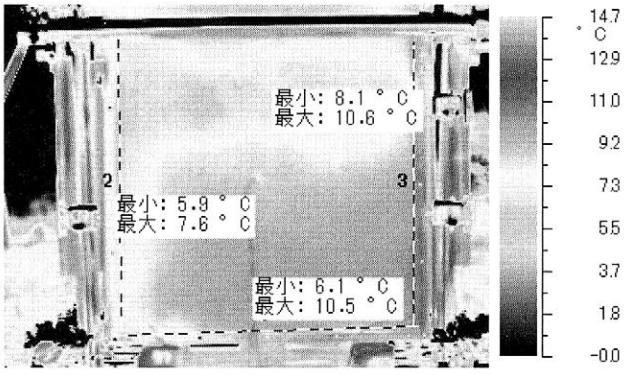


Fig.3 試験壁A 中塗り層：中塗り土（北面）

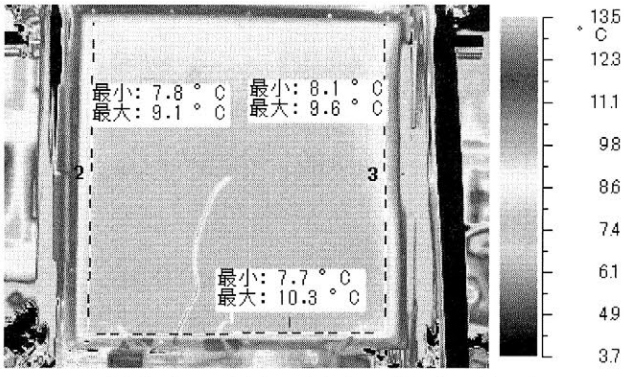


Fig.4 試験壁B 中塗り上層：砂漆喰（南面）

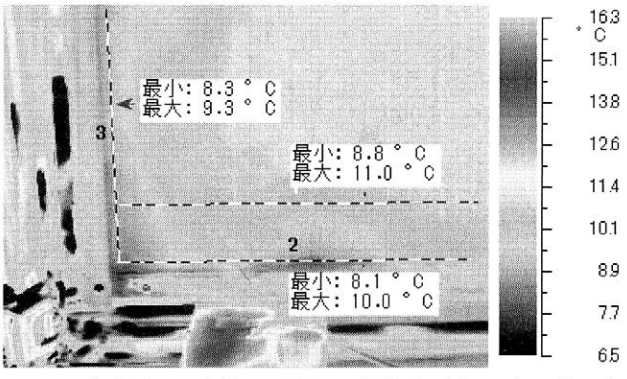


Fig.5 試験壁B 中塗り上層：砂漆喰（南面劣化箇所）

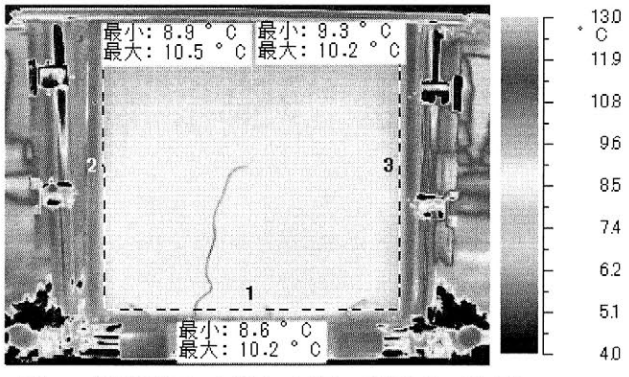


Fig.6 試験壁B 中塗り上層：砂漆喰（北面）

参考文献

1)鈴木ら「漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策（3）」マテリアルライフ学会第19回研究発表会・特別講演会予稿集（2008）

謝辞　赤外線サーモグラフィー測定には，東北芸術工科大学　文化財保存修復研究センター　張大石准教授からの助言を頂きました．記して感謝いたします．

P－093

漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策(6)

-漆喰の凍結破砕抑制の可能性と下地の改良-

○鈴木雄太（東北芸術工科大学大学院），米村祥央（東北芸術工科大学）
松田泰典（元東北芸術工科大学大学院）

1．はじめに

本研究では，寒冷地に現存する漆喰壁土蔵の漆喰の劣化は，凍結破砕による物理的劣化作用が主たる劣化現象と捉え実験を行っている．これまでの研究で，漆喰壁の劣化は中塗り層の物性により左右されると考察した．凍結破砕劣化を引き起こす要因として「水」「寒冷度」「土質」の三要素が挙げられる．土の凍上抑制に関してはいくつかの報告がなされている．それらが漆喰壁の様な多層構造についても同じような効果が得られるのかについては研究が十分になされていない．そこで，既存研究にて土の凍上抑制に一定の成果を得ているカルボキシメチルセルロースナトリウム（CMC）を用いて，漆喰壁の凍結破砕劣化の抑制が可能か検討したので実験結果を報告する．

2．試料

試験片は既報*と同じ材料，配合比で作製した．Table1に漆喰材料の組み合わせを，Table2に塗り材料の組み合わせを，Table3に試験片の構造と厚さを示す．Fig.1に試験片の層構造を示す．

Table1 漆喰の材料組み合わせ

	消石灰 貝灰	麻スサ	角叉
漆喰	20kg(8.5) 3kg(1.5)	200g (0.1)*1	250g (0.125)*1

*1 消石灰20kgに対する容積比

Table2 塗り材料組み合わせ

中塗り層 材料	主材 （原土）	骨材*3 （川砂）	補助材 （藁苆）
荒壁	1l	－	30g
中塗り土	1l	1.5l	30g
砂漆喰*2	1l	1.5l	*2

*2 砂漆喰は漆喰に砂を混ぜたもの
*3 砂は3mm篩を通過分を使用

Table3 試験片の構造と厚さ

構造	下地 （約4cm）	中塗り （約1cm）	中塗り （約7mm）	仕上げ （約2mm）
①	竹小舞 荒壁※			
②	竹小舞 荒壁	中塗り土		
③	竹小舞 荒壁	中塗り土	砂漆喰*	
④	竹小舞 荒壁	中塗り土		漆喰
⑤	竹小舞 荒壁	中塗り土	砂漆喰	漆喰

3．実験方法

湯煎器で温めた蒸留水995mlにCMC5gを徐々に加え，攪拌しながら完全に溶解させ，作製した0.5%CMC水溶液を30℃以下になるまで室内で放冷させた．0.5%CMC水溶液の粘度測定は，ビスコテスターVT-03F（リオン株式会社製）を用いて据え置き測定を行った．Table4にVT-03Fの主な仕様を示す．作製した試験片をステンレスバットに立てて置き，恒温恒湿機内に静置し，+10℃を6時間保持，-10℃へ6時間かけて移行，-10℃を6時間保持，+10℃へ6時間かけて移行というプログラムを1サイクルとし，計20

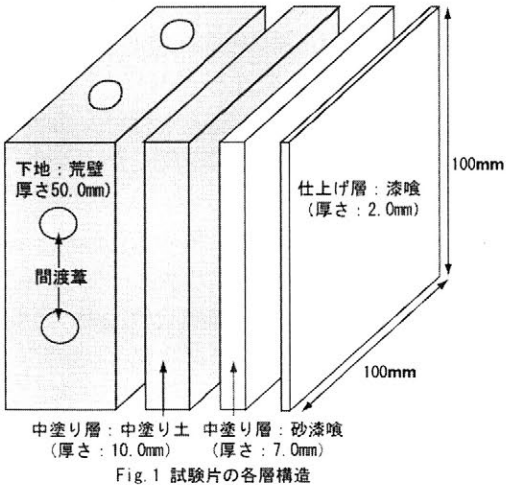


Fig.1 試験片の各層構造

サイクル行った．0.5%CMC 水溶液は，実験開始前，7 サイクル目，14 サイクル目の+10℃の期間に加えた．試験片は実験開始前と 12 サイクル終了後，実験終了後に質量を測定した．また，CMC の効果を比較するために蒸留水を用いて同様に実験を行った試験片を比較試料とした．

4．結果と考察

実験に使用した 0.5%CMC 水溶液の水温と粘度はそれぞれ 27℃，6.0mPa・s であった．Fig.2，3 に仕上げに漆喰を用いた構造④と⑤試験片の実験終了後の様子をそれぞれ示す．
また，Fig4，5 に蒸留水を吸水させて同じ実験を行った構造④と⑤試験片の実験後の様子を示す．

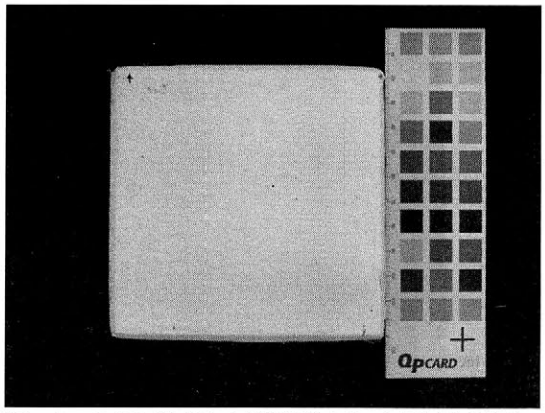


Fig.2　0.5%CMC 水溶液吸水による凍結破砕劣化実験後の構造④試験片

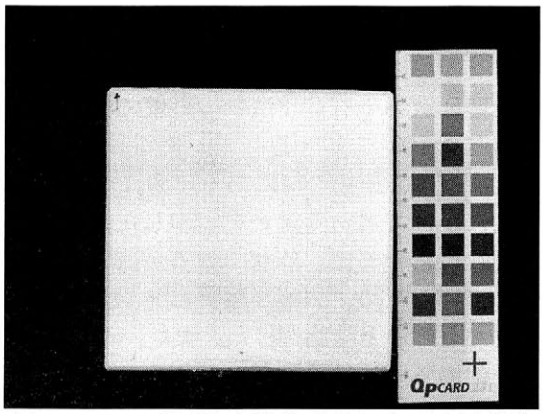


Fig.3　0.5%CMC 水溶液吸水による凍結破砕劣化実験後の構造⑤試験片

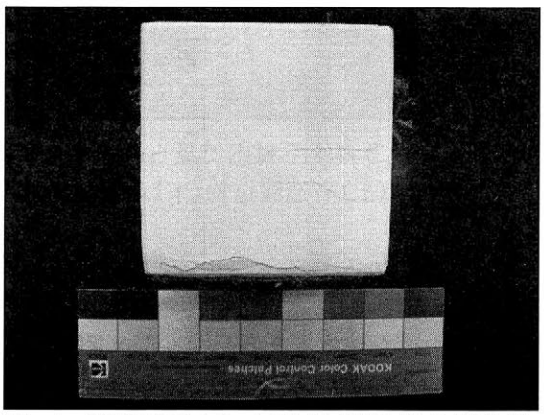


Fig.4　蒸留水吸水による凍結破砕劣化実験後の構造④試験片

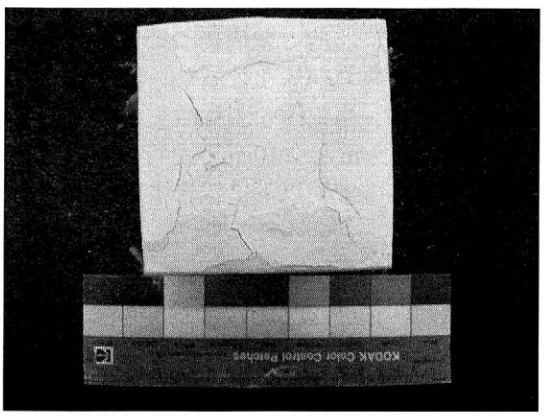


Fig.5　蒸留水吸水による凍結破砕劣化実験後の構造⑤試験片

0.5%CMC 水溶液を吸水させて凍結破砕劣化実験を行った試験片の漆喰には，大きな劣化は生じなかった．既報で凍結破砕劣化が激しかった中塗り土の劣化は，下辺から 1.0cm の高さまで表面がわずかに剥離した程度であった．しかし，漆喰や砂漆喰の表面が黄変（CMC に含まれるカルボニル基による発色と思われる）してしまった．実際の漆喰壁土蔵に対してどのように適応させられるかについては，今後検討を要する．

参考文献　＊鈴木ら「寒冷地における漆喰壁土蔵の凍結破砕による劣化現象 - 山形県河北町を事例として - 」マテリアルライフ学会第 18 回研究発表会・特別講演会予稿集 p57-60（2007）

P－094

北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査（その3）

高見雅三（北海道立地質研究所）○石崎武志（東京文化財研究所）

1．はじめに

開拓の村は、昭和58年に北海道開拓百年を記念し、開拓の過程における生活と産業・経済・文化の歴史を示す建造物等を移設、復元するとともに、開拓当時の情景を再現展示した北海道の開拓の歴史を身近に学ぶことのできる野外博物館として開村されている。復元・展示している歴史的建造物は、創建時からの経過年数に加えて開拓の村への移築後の年数も経過していることから、最近では土壁建造物や石造建造物の外壁で劣化が顕著にみられる（写真１）。

北海道は、開拓の村にある建物について、平成15～16年度にかけて老朽度調査を実施した。その結果、旧小樽新聞社においては、外壁の軟石が凍害等により劣化が進行しているため、剥落が頻繁に発生し、特に、南壁面は劣化が著しいと結論づけた。また、入り口部分（西壁面）も一部の外壁には亀裂が多数入り、剥落が発生あるいは剥落の危険性が高いことから、建物への立ち入りを禁止した。

このような状況から、北海道は、平成20年度に旧小樽新聞社において劣化が著しい南壁面外壁の全面的な取替を行うとともに、他の壁面については、剥落部分の一部で石材交換や亀裂補修を行った。我々は、劣化状況を把握するために、南壁面の石材撤去の際に、現場で外壁のコア採取（φ5cmとφ10cm）を行った。劣化状況の一部が把握できたので、以下に報告する。

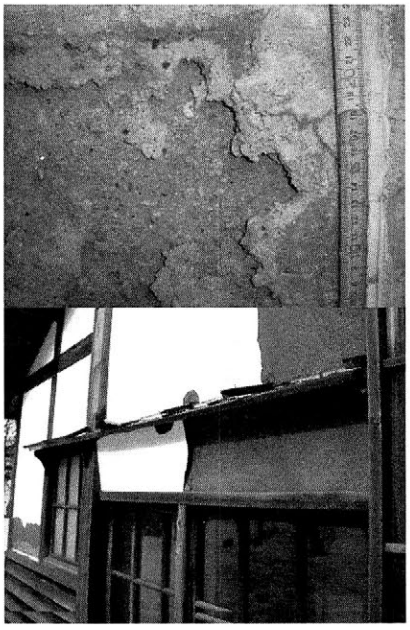


写真１　村内で見られる劣化
（上）石造建造物（下）土壁建造物

2．劣化状況調査

旧小樽新聞社は、明治42年に北海道小樽区港町（現：小樽市堺町）に木造の骨組みに札幌近郊で産出する札幌軟石（溶結凝灰岩）を外壁材として、積み上げた建物である。しかし、昭和55年に開拓の村に移築復元する際に、建築基準上の問題より木造の骨組みから鉄筋コンクリート壁式構造に変更されている。

2-1：コア採取

コアは、撤去した石材の①剥落した壁面（以下、表面）に凹凸がある場所、②見掛上表面に劣化が見られない場所、①と②の両方を挟むような場所からそれぞれ採取した。剥落した面は凹凸に富み、全体に丸みを帯びている。表面に凹凸が見られないコアの一部においては、乾燥状態では、コア全体は一様な色を呈しているが、濡らすと一部で写真２に示すように表面から数cm程度に色の差異が観測された。また、色の境界が見られたコアで潜在亀裂が観測された試料もあった。開拓記念館から情報を入手した結果、平成７年に劣化を防止するために、シラン系の撥水剤が塗付されていることが新たに判明し、色の違いは撥水剤の染み込みによることが判明した。

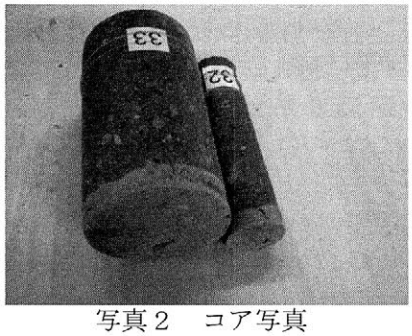


写真２　コア写真

2-2：劣化状況

南壁面においては、表面が凹凸になる劣化だけで亀裂の発生は観測されないが、他の面は、表面の凹凸劣化の他に亀裂が観測される（写真３）。剥落した石材の間だから錆びたかすがいを観測することができる（写真３右）。

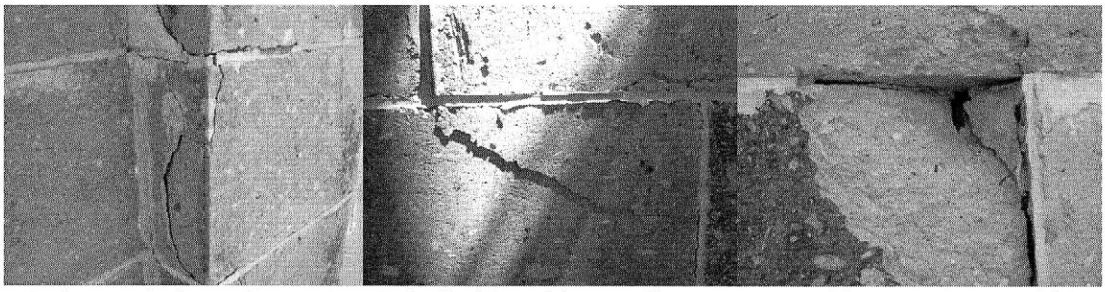


写真３　南壁面以外で見られた亀裂（左、中）と剥落面で見られた錆びたかすがい（右）

３．おわりに

旧小樽新聞社の劣化の詳細は、現在分析中であるが、木造の骨組みから鉄筋コンクリート壁式構造への変更、石材内部でのかすがいの爆裂、凍結・融解などによると推測している。また、コアで観測された潜在亀裂の発生については、外的な要因は考え難いこと、壁面に沿った亀裂が顕著であること、剥落の殆どが撥水剤の染み込みとの境界で発生していること、剥落が春季に発生していることなどから勘案して、凍結・融解の繰り返しが誘因の一つとなっていると推測している。

一方、歴史的石造構造物の劣化は、開拓の村だけではなく小樽市にある国の重要文化財指定の旧日本郵船株式会社の外壁でもみられる。この建物の外壁には、札幌軟石と同種の小樽軟石（溶結凝灰岩）が使われており、昭和 59 年に大幅な修復工事が行われた際に、シラン系撥水剤が塗付されている。しかし、ここ数年、外壁の一部に剥落が発生し、内部の漆喰壁や壁紙にも被害が生じている（写真４）。我々は、開拓の村と同様のメカニズムで劣化が生じたと推測している。

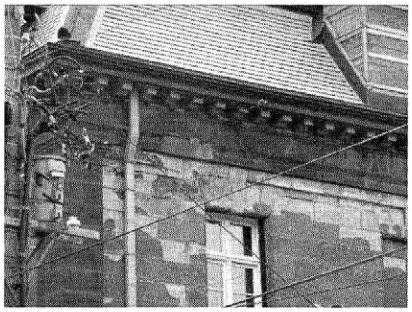


写真４　旧日本郵船の壁面の劣化（白色域が剥落した箇所）

今後は、開拓の村のコア試料を用い、劣化のメカニズムを解明するとともに、寒冷地における石材の撥水効果について、現在入手可能な撥水剤と札幌軟石を用いた劣化試験を行い、その効果などについて検討を行う予定である。これらの結果については、今後、報告したい。

４．謝辞

本研究は、平成 20 年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究 B）「歴史的建造物を構成する部材の劣化と対策」の成果の一部を用いた。なお、調査にあたっては、北海道開拓記念館の小林幸雄氏、村上孝一氏、小樽市教育委員会の石神　敏氏、北海道開拓の村の中島宏一氏、㈱和泉組の加川浩司氏、コア観測にあたっては、東京工業大学の田中享二教授、清水建設の松尾隆士氏に協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

１）石崎武志・高見雅三(2002)：北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査、日本文化財科学会第 19 回大会研究発表会要旨集、108-109

２）高見雅三・石崎武志(2005)：北海道開拓の村の歴史的建造物の壁面劣化調査（その２）、日本文化財科学会第 22 回大会研究発表会要旨集、302-303.

P－095

バーミヤーン遺跡保存のための崖崩壊予測基礎解析

○田村　晃一（応用地質株式会社）、島　馨（同）、森　誠一郎（同）、
大塚　康範（同）、山内　和也（東京文化財研究所）

1．はじめに

アフガニスタンのバーミヤーンは、ヒンズークシュ山脈の一角に位置する。バーミヤーン遺跡を構成する大仏龕や仏教石窟が穿かれた比高差100～150mの岩盤斜面は、新第三紀鮮新世の脆弱な礫岩やシルト岩から構成されている。この崖は、石窟造営を行ったことによる岩盤の応力状態の変化、その後の地震や気候環境の変化による風化や劣化に加え、2001年3月の大仏爆破による影響によって、現在、その崩落の危険性が加速度的に高まっている。遺跡の中核となる崖に分布する石窟やその内部の壁画の保存計画立案に関しては、崖の地形・地質上の特徴を把握し、岩盤工学の視点に立った崩壊予測が不可欠となっている。このような観点から応用地質株式会社と東京文化財研究所は、2007年より共同研究を開始した。本発表は、2007年の現地調査で得られた崖の地形・地質ならびに岩盤物性データに基づき、数値解析的な手法により実施した東大仏周辺域の崖崩壊予測の基礎的研究成果を報告するものである。

2．現地調査[1)]

2.1 地形地質分布

現地は比高差の大きい崖であることに加え、地雷処理が不充分なため谷筋の奥などに立ち入れないなど大きな制約がある。そのため立ち入れない箇所では写真撮影を行い、実体視判読を実施した。これにより、東西約2kmの崖全体の地質分布図を作成し、差別侵食の状況、明確な地質境界、不安定岩塊分布、移動岩塊分布を把握した。また、岩盤表面の赤外線域を主とする分光反射率を計測し、地質や風化の違いを把握した。

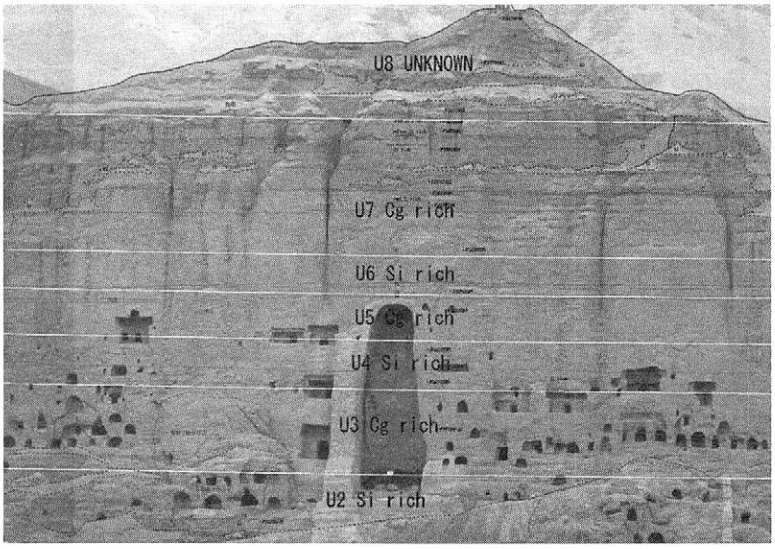


図1　東大仏周辺の地質分布図

その結果、当地は東に緩く傾斜するほぼ水平な積層構造を呈し、シルト分の多いものから礫分の多いものまで大きく8つに区分できる地質構造であることが明らかとなった。また、崩壊に結びつく崖の表面と平行な開口割れ目の存在も確認できた。

2.2 岩盤の物性

シュミットハンマーによる岩盤強度の測定を行い、地質、風化の違いを把握した。採取した岩片により、室内で点載荷試験を実施し、一軸圧縮強さを見積もった。この結果は、今回の数値解析に用いる解析モデルの物性値として採用した（表1）。また、シルト岩（Si）を対象として浸水崩壊試験を実施したと

表1　岩盤の物性値一覧表

	弾性係数 (kN/m²)	ポアソン比	単位体積重量 (kN/m³)	粘着力 (kN/m²)	内部摩擦角 (°)
シルト岩 (Si)	シュミットハンマー: 722,400 ～1,276,400 採用値: 1,360,000	0.35	21.2	3,000	12
礫岩 (Cg)	シュミットハンマー: ～1,409,600 採用値: 1,410,000	0.30	22.0	4,200	28

ころ、浸水後30分で原型をとどめない状態に崩壊するなど、耐スレーキング性に乏しい性質を有することが明らかとなった。

3．数値解析

3.1　解析モデルの作成と解析方法

数値解析の対象範囲として、当遺跡の核となる東大仏周辺を選定した。地質区分に応じて、礫の混入率（礫率）に着目して単位体積重量、弾性係数、一軸圧縮強度を補正し、それぞれの岩盤物性値を想定した。次に崖ならびに石窟における測量成果を用いて3次元岩盤モデルを作成した（図2）。このモデルをメッシュ分割（約15万分割）して岩盤物性値を属性情報として与えることで3次元解析モデルを構築した。基礎段階の解析であるので、岩盤は連続体とし開口割れ目は含めていないモデルを採用した。このモデルを用いて有限要素法による自重解析を行い、現況の石窟における掘削後の点安全率分布を求めた（図3）。

3.2　解析結果

安全率（安全率が低いほど、崖が不安定なことを示す）分布を見ると、大仏の左右の足元に最も低い領域が現れている。また、両側の石窟群の周辺にも低い領域が帯状に分布している。特に、向かって左側では、観測された大きな割れ目の位置と安全率の低い領域が一致しており、崖の開口割れ目の発生要因を検討する上で有力な情報が得られている。

4．まとめ

バーミヤーン遺跡の本格的な保全・修復整備事業が開始されるのに先立ち、崖の崩落危険性について岩盤工学的手法を用いて検討した。この結果は、バーミヤーン遺跡の保全・修復整備事業のロードマップを作成するための情報として活用できるものである。本研究はその第一歩となる基礎的な研究であり、今後、東大仏に加えて西大仏周辺での解析、割れ目を考慮した解析、今後の現地調査によって得られるより詳細な情報に基づく解析等を通じて、自然の岩盤斜面に築造された崩落過程にある文化遺産の最適な保全手法について検討していきたい。

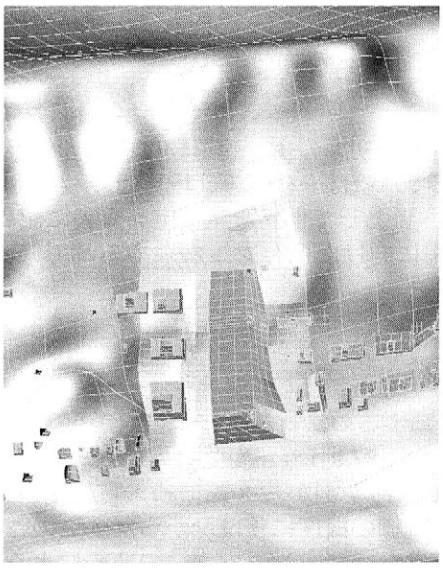


図2　3次元岩盤モデル

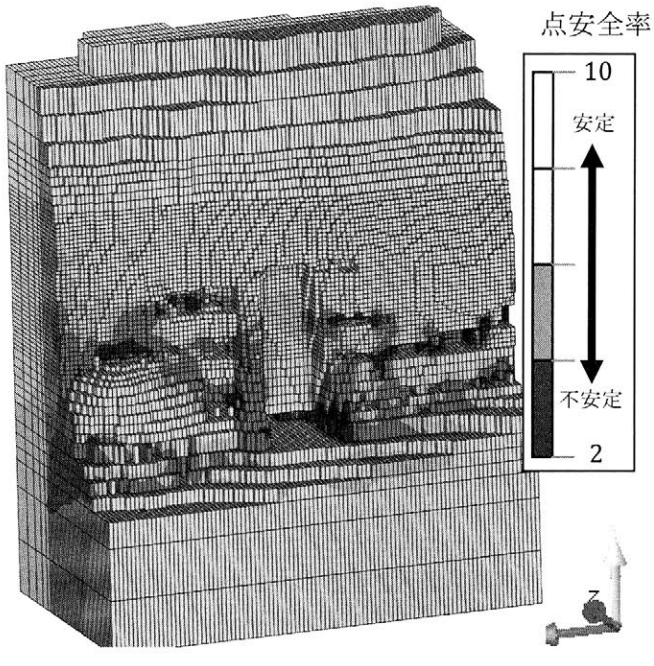


図3　解析結果（点安全率分布）

【引用文献】

1）アフガニスタン・イスラム共和国情報文化省, 独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所・奈良文化財研究所, 2008, バーミヤーン遺跡保存事業概報－2007年度（第8次ミッション）－, アフガニスタン文化遺産調査資料集 概報第4巻

P－096

煉瓦造建造物の予防的保存のための劣化診断法の構築　第一報

-旧富岡製糸場における温湿度挙動と煉瓦壁面の水分移動-

○河崎衣美、松井敏也（筑波大学）、結城雅則（富岡市教育委員会）、斎藤英俊（筑波大学）

■はじめに

煉瓦造建造物の劣化には①建造物の応力による物理的たわみなどによる構造に起因する強度の劣化と、②レンガ、目地、礎石、表面化粧など構成材料単独の劣化の2種類が想定できる。建造物のオリジナルの部材を保存するためには、劣化が起こる前に予測し、劣化が進行する前に対処をすることが理想的である。劣化の予測には、現状の劣化診断から対策を導き出し、それを元に定期的なモニタリングを続けることが必要である。それにより保存対策が必要になる時期のサイクル、劣化しやすい部位や材料の傾向を掴むことが可能になり、より効果的で効率的な保存対策につながる。本研究は煉瓦造建造物のオリジナルの部材を保存するための劣化診断法とそれを元にした定期的なモニタリングシステムの構築を目的とし、旧富岡製糸場においてシステムの適用を試みる。これは、煉瓦造建造物の保存計画の作成に役立つだけでなく、劣化の危険性のある部位や材料の把握、建造物の立地環境による劣化状況などの傾向の分析が可能となり、多くの煉瓦造建造物の保存に役立てることが出来る。

レンガの風化は粉状化や表層剥離などの現象として表れ、その劣化因子としては水と塩類が挙げられている。これについては塩類析出量の多さと崩落などによるレンガの損傷が起こる時季に時間差がある[1]ことが指摘され、レンガ内の水分移動の大きい部分と劣化の関係から解析シミュレーションの開発も行われている[2)]。煉瓦造建造物は膨大な数のレンガを使用しており、個々のレンガの物性の個体差がレンガの劣化現象の差に大きく影響することが予想されるため、煉瓦造建造物の保存にはマクロ、ミクロ双方の視点からのアプローチが必要である。本発表では現在の劣化の進行を把握する診断法を構築するための基礎調査について報告する。煉瓦造壁面の水分移動に着目し、室内外とレンガ表面の温湿度変動について考察した。

■調査対象

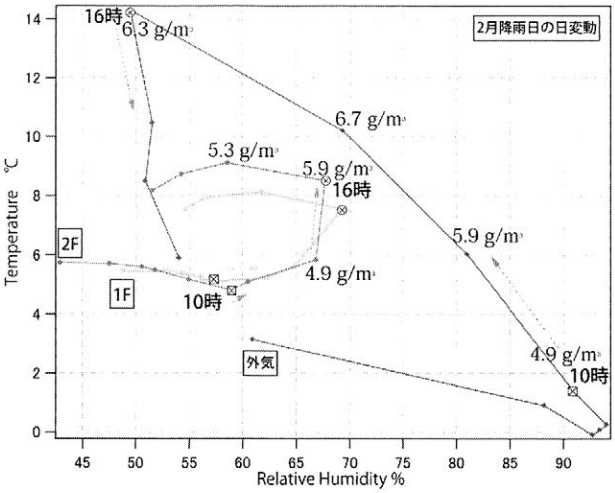
国指定史跡「旧富岡製糸場」の主要建造物は木骨煉瓦造で、初期の主要建造物は明治5年から明治8年にかけて建造されている。煉瓦壁はフランス積で外壁は一枚積み、内壁は半枚積みとなっている。平成19年には「富岡製糸場と絹産業遺産群」として世界遺産暫定一覧表に記載された。現在建造物の一部が公開されており、今後の活用に向けた保存対策が求められている。

■外気と建造物内の温湿度変動

旧富岡製糸場にある木骨煉瓦造建造物群の屋内外に温湿度ロガーを20ヶ所設置し、2008年4月から測定を開始した。外気と西繭倉庫（内部未公開）1Fと2F南側の温湿度を比較すると、年間で外気は-7℃から37℃（11RH%から96RH%）まで変動するのに対し、1Fは1℃から30℃（35 RH %から85 RH %）、2Fは1℃から33℃（30 RH %から87 RH %）変動していた。温湿度変動は1Fでは外気の約6割から7割に抑えられ、2Fでは約7割から8割に抑えられている。後述する他の箇所における測定では、空間の温度とレンガ近側の温度に差はなかった。このことから西繭倉庫屋内のレンガ表面も零度以下に下がることはなく、レンガ内水分の凍結による割れや剥離などの劣化現象は起こりにくいと思われる。外気では夏季は降雨が続いて相対湿度90%以上の環境が数日間続くことがあり、レンガ表面に結露が起こりやすい温湿度環境にある。屋内でも1月から3月にかけての低温で空気が乾燥する季節には、降雨によって露点が高くなり、相対湿度85%以上になるとレンガ表面に結露が発生しやすい環境となることがわかった。

グラフ1は2月の降雨(4:00 - 10:00)日の温湿度の2時間毎の日変動を示している。外気では10時から温度の上昇と絶対湿度の増加が大きくなるが、屋内は約4時間遅れて温度上昇と絶対湿度の増加が始まる。外気の絶対湿度のピークは上昇から4時間後だが、屋内のピークは上昇から2時間後となっており、屋内の温湿度の変動幅が小さいことがわかる。

市販の普通レンガ（体積約 75 ㎤）で吸水と蒸散の過程を調べたところ、吸水曲線には２つの変曲点があり、体積含水率で約 6%、約 17%のときに変曲し、吸水速度は 6%までは約 9.3%/min、その後 17%までは約 2%/min、17%以降は約 0.04%/min であった。また吸水した水分を蒸散する際の蒸散曲線は体積含水率で約 5.4%のときに変曲し、蒸散速度は 5.4%まで約 0.2%/min、5.4%以降は約 0.02%/min であった。平均吸水速度は平均蒸散速度のおよそ 75 倍であった。この吸放湿(水)挙動からレンガの吸水は周囲の環境変化に機敏に反応し起こることに対し、放湿過程は非常に緩慢であることがわかった。



グラフ１　２月降雨日の温湿度日変動
（数値は絶対湿度を示す）

■外気とレンガの温湿度変動

繰糸場に付設する通路内で、繰糸場煉瓦外壁（一枚積み）においてレンガ表面と通路空間の温湿度を記録した。温湿度ロガーは写真１の１から４の○の位置にレンガと接するように設置し、10 分間隔で温湿度を記録した。2009 年２月 20 日から 26 日までのデータを基に報告する。１と２は表面が粉状化したレンガ、３と４は劣化現象がみられないレンガである。

グラフ 2 は外気とレンガ表面の 7 日間の温湿度測定値を示す。図中の矢印は外気、通路空間、レンガ表面の温湿度変動幅を示している。平均の日変動が外気で 10℃、36RH%に対して通路空間は 5℃、18 RH %でレンガ表面は 5℃、8 RH %となっている。通路空間とレンガ表面の温度は同様の挙動を示し、外気に比べて約 5 割程度に抑えられている。相対湿度の変動は空間と外気の相対湿度の下限は等しいが、上限は空間で 15RH%減少している。劣化現象の有無による差は見られなかった。湿度が高くなる雨期や季節風による乾燥が激しくなる時期との比較検討が必要である。

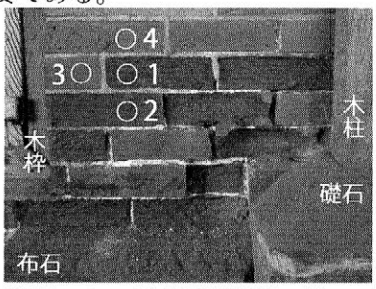
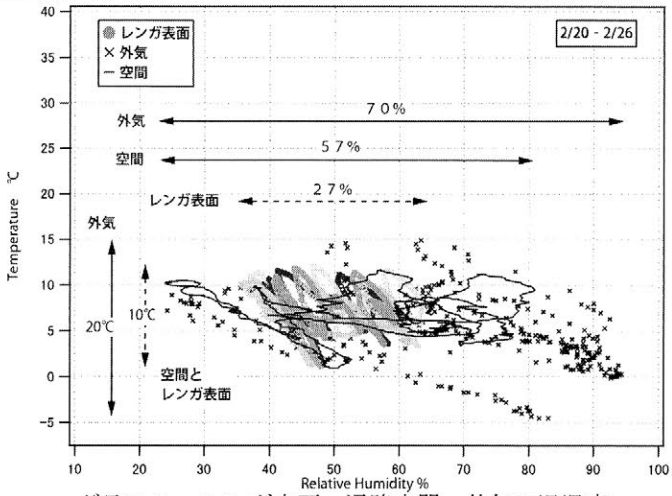


写真１ レンガ表面温湿度ロガーの配置



グラフ２　レンガ表面、通路空間、外気の温湿度
（矢印部の数値は変動する幅値を示す）

■まとめと今後の課題

温湿度のデータから煉瓦造建造物の屋内は外気の環境変動を６割程度に抑えられていることが明らかになった。これにはレンガの吸放湿性が関係していると考えられた。レンガは多孔質素材であり、水分の急激な増加に対しての反応性に富んでいることがわかった。

今後は外壁から内壁に向かっての水分移動を把握するため目地で連結したレンガを用いた実験を行い、水分移動における目地の役割を明らかにし、よりマクロな視点での解析を試みる。また、巨大な建造物となることが多い煉瓦造建造物の劣化の特徴を明らかにするための診断法の構築を試みる。

1）朽津信明、「文化財としての煉瓦の劣化」マテリアルライフ学会誌、17 号、7-11(2005)
2）石崎武志・朽津信明・西浦忠輝・ユッカ　シムネック、「タイ国アユタヤの歴史的レンガ建造物中の水分移動解析」保存科学、38、154-163(1999)

P－097

臼杵磨崖仏におけるデジタルカメラ間欠撮影による表面劣化監視システムおよび応急的な修復技術の開発

○森井順之，川野邊渉，早川典子，朽津信明（東京文化財研究所）

1. はじめに

国宝および特別史跡・臼杵磨崖仏では過去に二度の大規模修復工事が行われ，修復前に比べて保存状態は格段に良くなっている。しかしながら，現在でも表面はく離・はく落などの劣化現象は少なからず確認されており，今後さらなる保存対策が求められている。特にはく離・はく落片については元位置を特定しなければ復位が困難になるため，早期の発見が必要である。

臼杵磨崖仏では現在，目視観察や気象環境など様々な項目の保存環境モニタリングが実施されている。表面劣化に関しては目視観察が主となるが，時間・予算・安全面の制約より，はく落が発生した正確な場所や時刻が特定できない，小さなはく落片等を見逃すなどの問題を抱える。そこで発表者らは，デジタルスチルカメラの定時自動撮影機能を用いた磨崖仏の表面劣化監視システムを開発した。また，確認されたはく離・はく落片については，そのままでは遺失や破壊のおそれがあり，早急に元位置へ貼り戻すことが求められている。しかし本格的な接着材料には可逆性が無く，将来行われる本格的な保存整備工事後に磨崖仏が置かれる環境が分からない現在それを用いるにはリスクが大きい。そこで発表者らは，水やエタノール等の溶媒で再溶解し除去が可能な材料を用いた仮固定の方法を開発したのでここに報告する。

2. 磨崖仏の表面劣化監視システム

臼杵磨崖仏において現在も生じている劣化要因を解明し対策を立案するため，発表者らは温湿度等の周辺環境計測など様々な保存環境モニタリングを実施している。その中で重要なのは目視による表面劣化の観察であり，これは所有者・管理者により定期的に行われていた。しかし，はく離・はく落等の劣化現象はいつ発生するかが分からない，人為的な磨崖仏損傷を防ぐため柵外からの観察に留まり小さなはく落片は見逃す可能性がある等の問題を抱える。

そこで発表者らは，デジタルスチルカメラを覆屋内に設置（**図１**）し間欠撮影を行うことで，はく落が発生した時刻及び場所の特定が可能なシステム（**磨崖仏の表面劣化監視システム**）を開発した。現在，ホキ石仏第一群および第二群，古園石仏群に計７台のカメラが設置されており，それらは全て防水仕様ケース内に収められ覆屋天井部に取り付けられている。使用するデジタルスチルカメラの解像度はおよそ 600 万画素であり，焦点さえ合えば一辺 5mm 程度のはく落片も確認可能である。また撮影間隔は 10 分毎であり，撮影されたデータは LAN により近くにある事務所で記録，動作確認を行っている。

磨崖仏の表面劣化監視システムにより得られた結果の一部を**図２**に示す。これは 2005 年 12 月末，全国的に大寒波に見舞われた際のホキ石仏第二群・阿弥陀如来坐像膝部の画像である。撮影日の早朝は覆屋内の磨崖仏も一部凍結し，昼前には一辺 5cm 程度のはく落片が確認された（右図中丸印内）。このように，磨崖仏の表面劣化監視システムの運用により例えば凍結破砕によるはく離現象について，正確な時刻及び位置を把握することが可能となった。その結果，磨崖仏表面のはく落片についてその元位置に貼り戻すことが可能になるだけではなく，凍結破砕によるはく落現象についてその機構が明らかとなるなど，凍結防止など劣化抑制策の立案にも役立つシステムであることが確認された。

3. はく離片の応急的な修復について

磨崖仏の表面劣化監視システムにより，磨崖仏の表面が層状はく離によりはく落してゆく現象について，その時刻及び場所を特定することが可能となった。特にホキ石仏第二群第一龕に彫刻される阿弥陀如来坐像は，その膝下部にその現象を顕著に観察することができる。これらのはく離・はく落片は，将来行われる本格的な保存整備事業において適切な材料を用いて元位置に戻すことが求められる。しかし，材料選択には保存整備事業によって整えられる環境が大

きな影響を与え，現時点では保存整備事業後の環境に不明な点が多いため，まずははく離・はく落片の元位置が分かるように留めておくことが望ましいと考えた。

そこで発表者らは応急処置として，将来行われる本格的な修理の際には確実に除去が可能，もしくは障害にならない材料を用いた仮固定を実施した（**図３**）。仮固定の材料には，室内実験や現場施工による経験が豊富なものとして，ヒドロキシプロピルセルロース（HPC）とカオリンを練ったものを採用した。HPC はセルロースの誘導体であるが，にかわやフノリといった天然材料よりもはるかにカビが生育しにくい材料である。また，水やエタノールで溶解可能であるため，将来の本格修理の際には容易に HPC を再溶解させて除去することが可能である。また，本材料を用いた仮固定施工には，HPC をエタノール溶液にして用いた。これはエタノールのほうが水より早く揮発し，初期接着力が高くなるためである。

本施工は 2005 年夏より，上記の阿弥陀如来坐像の膝部にて実施された。現在に至るまで，貼り戻された箇所に大きな問題が生じていない。ただし，施工部に多量の水がかかると HPC が再溶解してはく落が生じる可能性があり，このような場合には乾燥後に再度貼り戻しを行う必要がある。しかしながら現在，覆屋の効果により前述の事象は頻繁には起こっておらず，応急処置としての仮固定としては有効な手法であることが確認された。

4. おわりに

臼杵磨崖仏において現在も確認されるはく離・はく落の現象について，はく落現象の発生した時刻・位置が正確に確認できるものとして，磨崖仏の表面劣化監視システムを開発した。また，それらのシステムにより確認されたはく落片を復位するにあたり，水やエタノール等の溶媒で再溶解可能な HPC を仮固定材料として用い，近い将来に行われる本格的な保存整備工事において除去・再接着を可能とした。

従来のモニタリングであれば，一辺 1cm 以下の微細なはく落片は将来の復位を諦めざるを得ないが，磨崖仏の表面劣化監視システムの開発により 5mm 程度のはく落片も復位が可能となった。また，冬期凍結時において凍結現象やその後のはく離・はく落現象の撮影に成功し，凍結による劣化機構についても確認できた。また，HPC は水に溶解し易く通常であれば屋外環境下では使用不可能であるが，臼杵磨崖仏の覆屋内が比較的安定した環境であったため，現在でも施工箇所で問題は確認されておらず，有効な手法であることが確認された。

図１　デジタルスチルカメラの設置

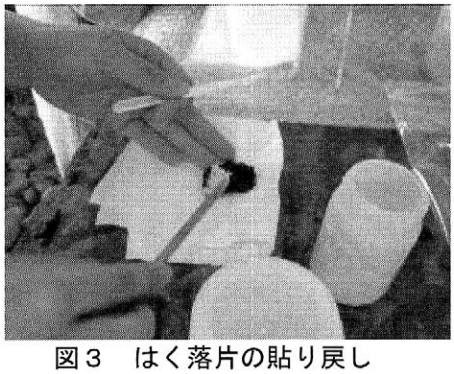


図３　はく落片の貼り戻し

図２　磨崖仏の表面劣化監視システムで確認された凍結後のはく離現象

P－098

発掘現場における応急処理ツールの開発とそのシステムの提案

○松井敏也[1)]、加藤つむぎ[1)]、田口尚[2)]、小林啓[3)]、中村晋也[4)]、
奥山誠義[5)]、魚島純一[6)]、比佐陽一郎[7)]、加藤和歳[8)]、山路康弘[9)]
1)筑波大学、2)北海道埋蔵文化財センター、3)福島県文化振興事業団、4)金沢学院大学、5)奈良県立橿原考古学研究所、
6)徳島県立博物館、7)福岡市教育委員会、8)九州歴史資料館、9)大分市立滝尾中学校

【はじめに】

日本全国で年間数万点の埋蔵文化財が発掘調査により出土している。これら長年土中にあった文化財は突然大気に触れることで酸化や乾燥などが急速に起こり、劣化が促進される。この劣化をできるかぎり小さくするために発掘担当者は文化財保存処理専門家に助言を求めるが、文化財保存の専門家は各都道府県に一人いるかいないかの現状である。その為、予期せぬ貴重な文化財の出土に際し、その対策を講じることができていない。出土する文化財は木器や漆、繊維などの有機質のものから土器、石器、金属器などの無機質のものまで多様な材質であるばかりか、その劣化の程度も埋蔵環境と埋蔵時間など多くの要因が絡み千差万別である。

発表者らは常日頃より県市町村の文化財担当者、博物館・資料館学芸員、関係民間企業らからの相談に対応している。これらを合わせ年間寄せられる相談のほとんどは初期の応急手当が適切でないばかりに著しい損傷を受けた文化財に関するものである。初期の応急手当は発掘担当者らにも簡単に出来る内容も多く、発表者らは文化財の救急処置方法を広める必要性を強く感じている。しかしそこを結ぶネットワークは構築されているとは言い難く、現場と保存科学を橋渡しするツールがなかった。

そこで発掘現場で用いる「文化財救急システム～0' TASKE～」を考案した。基本的によく使う薬剤と溶剤、道具を少量ずつ一揃えした文化財の応急箱とそれを利用するシステムである。これは思わぬ出土に保存科学の専門家がすぐに対 応できない場合などに、発掘担当者が近くの保存科学専門家にアクセスし（箱には近くの保存科学担当者のアクセス番号を記載する）、写真なども送ってアドバイスを受ける仕組みである。これまでもこういったアクセスはあったが、その現場に薬剤や道具がなかったが為に早期の手当てができなかった事が多かった。現場にこの救急箱を置き、専門家の助言に沿って手当てできるようになれば幸いである。薬剤の調合や処理の仕方などは簡単な処方になっており、一部の自治体では使われ始めている。

今後いくつかの課題（例えば薬剤の取り扱い方や診断方法の確立、全国の保存科学専門家への協力要請など）を解決しなければならず、多くの現場での試行をもとに改良を加えて、ひとつでも多くの遺物を発掘時の状態で残していきたいと考えている。

【応急箱の開発】

応急箱に装備した主な道具、薬剤類は次の通りである。薬剤や瓶は溶かす溶剤や薬剤の混合を防ぐために同色のシールを貼り、混ぜることができることを示している。これらの処置に必要な手袋やマスク、ゴーグル、筆類、ピンセットなども装備している。薬剤は数回の応急処理を想定し、必要最小限を用意した。廃液については販売業者が回収を行い、薬剤や消耗品の補充も行う。応急箱には簡易マニュアルを添付した。簡易マニュアルは、発掘担当者が保存科学者や取り扱いの研修を受けた専門家の指示を受ける際に手助けとなるレベルに設定し、研修を受けていない担当者が独自で判断して処理することのないように配慮した。図１に写真を示す。

【薬　品　類】
B72(粉末 0.5g×5 袋)、BTA(粉末 0.5g×5 袋)、バインダー(100ml)、メチルセルロース(100ml)、防腐剤(100ml)、シリカゲル、アセトン(250ml)、エチルアルコール(250ml)、蒸留水など
【道　具　類】
水硬性キャスティングテープ、竹串、ピンセット、筆、サンプル管、ルーペ、洗浄瓶、廃液用容器、ゴーグル、マスク、手袋、密閉ジッパー付きのポリエチレンバック、簡易減圧タッパ、簡易カルテなど

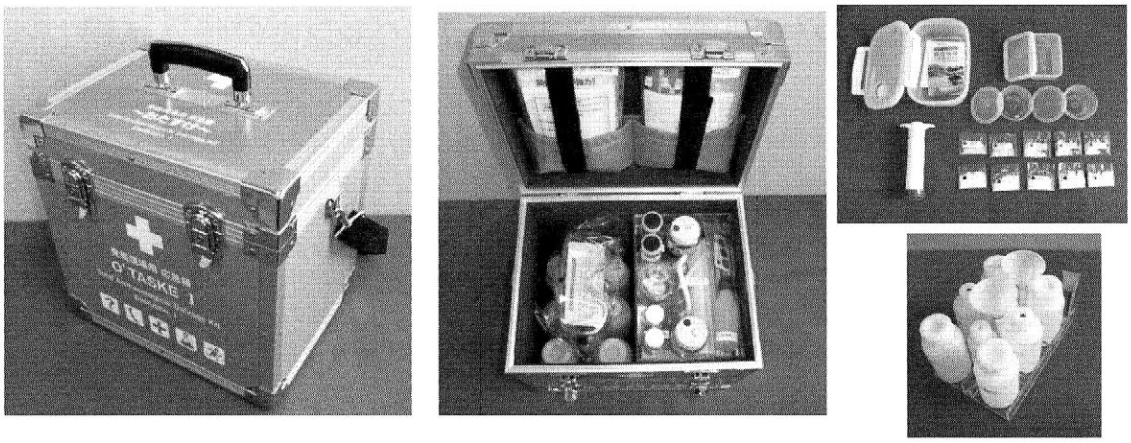
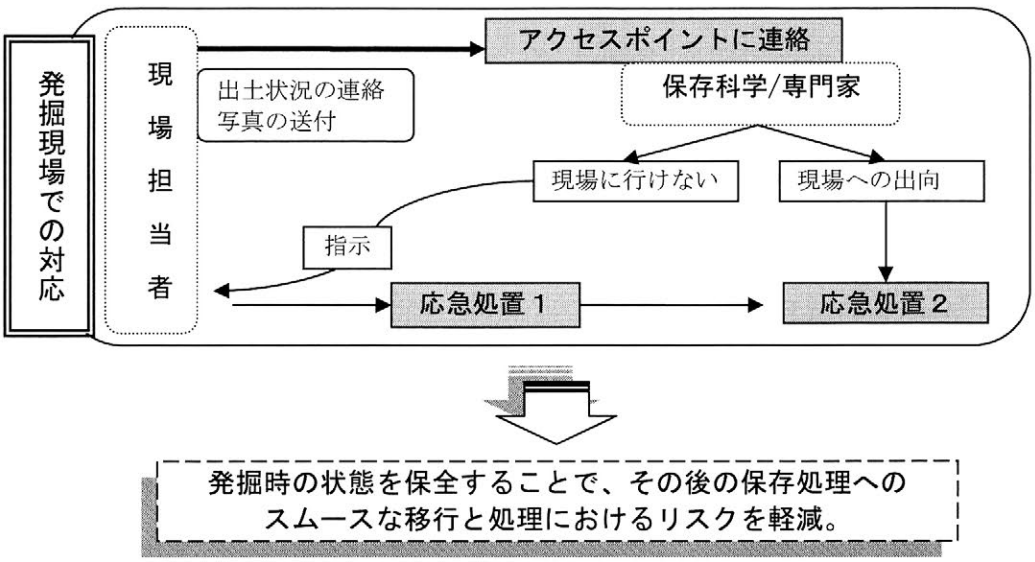


図１　応急箱の外観と内容物（外寸 33 cm×25.5 cm×32 cm、重さ約 7.5kg）

【救急システムの活用模式図】

救急システムの活用の模式図は次の通りである。網掛けは応急箱を用いてのアクションを示す。



【応急箱の位置づけと救急システムの提案】

この応急箱は初期の応急手当を行うに過ぎず、その判断には近隣の保存科学専門家やトレーニングを受けた専門家の指示を仰ぐ事が必要である。こういったツールを発掘現場に備えることで、発掘現場で脆弱な遺物が出土した際にも慌てずにファーストエイドを行うことができるだけでなく、保存意識の向上を図ることができる。出土遺物の劣化を最低限度に抑えれば、良い状態で保存処理に移行することができる。上に述べた救急システム（First aid system）を構築するための足がかりとなるものである。

現場で有効な保存科学知識を啓発し、「現場担当者と保存科学者」や「保存科学者と保存科学者」との連携を強化するために、本ツールを利用した救急システムは有効であろう。また、現在導入が進められている埋蔵文化財調査団体の資格制度に関連して、どの団体が調査を行っても、遺物の出土状態に応じた一定レベルの処置が行われることが必要である。発掘担当者を対象とした講習会の開催や発掘を行なう民間企業での研修、大学での考古学実習および博物館学芸員資格課程などの教育現場への本システムの導入が望まれる。

P－099

中米エル・サルバドル共和国におけるアドベレンガの曝露試験

○松井敏也（筑波大学）、加藤つむぎ（筑波大学）、Claudia Ramirez（エル・サルバドル共和国文化遺産局）、柴田潮音（エル・サルバドル共和国文化遺産局）、伊藤伸幸（名古屋大学）

発表者らのグループは、中米のような亜熱帯地域でのアドベレンガ（以下アドベと略）の曝露試験を1999年から行ってきた。アドベには数多くの種類があり、アドベ構築物の修復には様々なアドベの中から対象の劣化状態に即した物性を持つアドベを選択する必要がある。発表者らは強度の異なるアドベを作成し、1/3 を地面に埋設して中米現地にて曝露試験を行った。供試体の一部には樹脂処理を施し、現地での対候性を確認した。評価は観察による形状の変化と一軸圧縮強度測定によりおこなった。

【1. アドベを使用した対候試験】

1999年7月より、中米エル・サルバドル共和国、チャルチュアパ遺跡カサブランカ地区において、現地で遺跡の修復に使用されるアドベにエチルシリケート樹脂（TOT、田中地質コンサルタント）を含浸およびスプレー散布したものなどを地面に埋設し、その経過を観察している。また、2007年8月には新たにアドベレンガ15個を埋設し、エチレン酢酸ビニル系樹脂(ナチュラルコート、新成田総合社)を用いて供試体の劣化状況を比較した。表1に供試体の詳細を示す。

表1 供試体の詳細

供試体番号	設置年	サンプル数	仕様
1	1999	2	無処理
2	1999	2	供試体1にTOTスプレー散布
3	1999	2	供試体1にTOT含浸
9	1999	2	供試体1の地下水を遮断
F	2007	3	軽石:粘土:消石灰＝4:1:0.75(強)
D	2007	3	軽石:粘土＝4:1(弱)
N	2007	3	軽石:粘土＝3:1(標準)
N50	2007	3	供試体Nにナチュラルコート50%を散布
N100	2007	3	供試体Nにナチュラルコート100%を散布

【2. 耐候試験の経過】

地面に埋設したアドベと、地面と切り離して曝露したアドベとの崩壊度を比較すると、崩壊の速度が20倍近く異なることがわかった。地下水の供給を遮断したアドベは、降雨による水分が効率よく排水され、劣化が抑制されたと考えられる。

地面に埋設した試料は、地表面と接する部分より生物による着生が広がり、試料の土壌化が顕著であった。1999年に埋設したアドベのうち、無処理の供試体1は設置後3年で完全に崩壊した。供試体2、供試体3は、表面に生物の着床は見られるものの、10年が経過した現在も形状および強度を保っている。また、2007年に埋設した資料については、ナチュラルコートを散布した供試体N50およびN100は生物の着生が少なく、形状をよく保ち、強度も保持していた。

2007年2月から2009年2月までの、カサブランカ地区内の温湿度変化を図1に示す。エル・サルバドルは熱帯サバナ気候に属し、半年毎のサイクルで雨季と乾季が繰り返される。

供試体の一軸圧縮強度を測定したところ、雨季と乾季で値が大きく異なることが分かった（図2）。

【3. 室内実験】

気候データを基に、風化した凝灰質砂岩サンプルを用いて、温湿度の変化による重量および強度変化の比較を行った。

凝灰質砂岩を1辺4cmの立方体に形成し、TOT、OH（シラン系樹脂、旭化成ワッカーシリコーン株式会社）、ナチュラルコートを、注射器を使ってサンプルの各面に1mℓずつ、1サンプルあたり合計6mℓ浸透させ、約3週間室内で硬

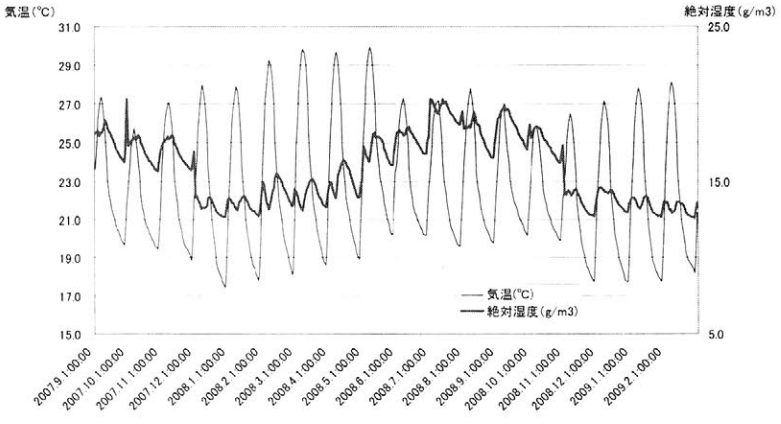


図 1 カサブランカ地区温湿度変化

化させた。 硬化が終了した後、サンプルを48時間ごとに湿度90RH%(35℃)と10RH%の環境下で曝露した。48時間ごとに重量および一軸圧縮強度を測定し、重量及び強度の変化を記録した。

サンプルの重量変化及び強度試験結果を図3、図4に示す。強度については各硬化剤についてサンプル1点につき3箇所ずつ一軸圧縮強度を測定し、平均値を求めた。

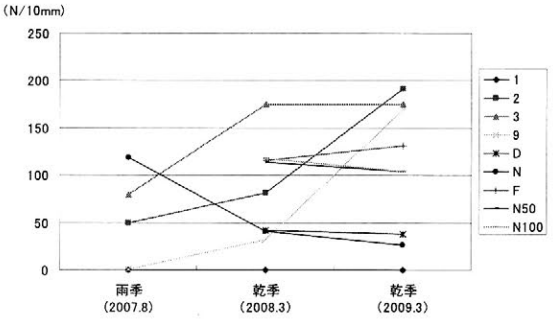


図2 カサブランカ地区内に埋設した供試体の一軸圧縮強度変化

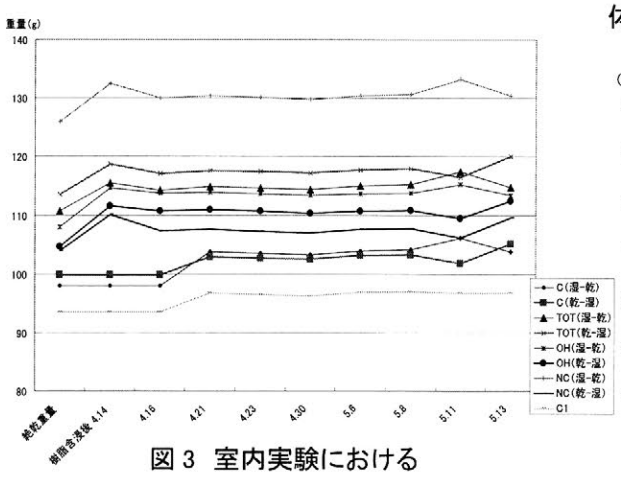


図3 室内実験におけるサンプルの重量変化

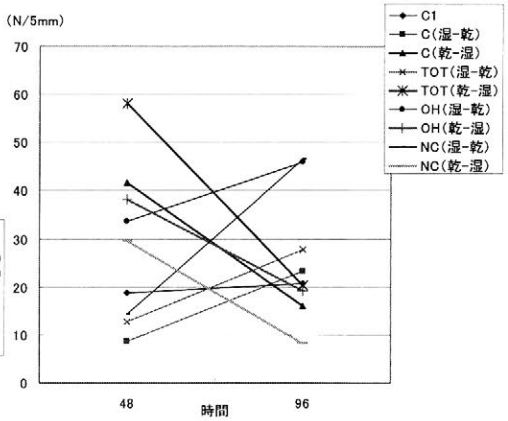


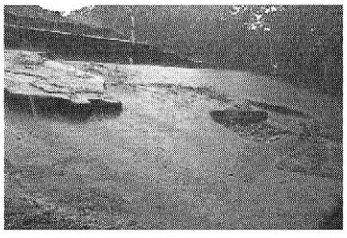
図4 室内実験におけるサンプルの一軸圧縮強度変化

【4. 考察】

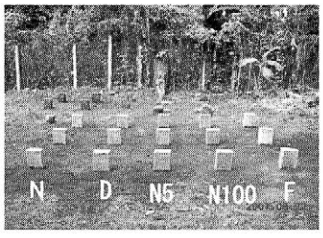
現地での耐候試験の経過から、雨季における雨粒の直接のアタックが無処理のアドベに大きくダメージを与えることがわかる。2007年に設置した供試体は、1年半後の2009年3月にはその上部2/3が失われている。アドベの原材料の配合比を調整したものと、ナチュラルコートによって表面を保存処理したものは形状を保持しており、中米特有の激しいスコールにも耐性があることを示している。

室内実験試験に用いた硬化剤のうち、温湿度変化によるサンプルの重量および一軸圧縮強度の変化が小さいのはOHで、無処理サンプルのおよそ半分の変動幅であった。OHについては、施工したサンプルの強度に個体差が少なく、強化する対象の強弱に関わらずほぼ一定の強度を与える傾向が確認できた。TOTとナチュラルコートの強化度は対象物の強度に左右される傾向がみられ、温湿度変化による強度の変化は無処理のものと同様の挙動を示すことがわかった。それぞれの特性を把握した上で、使用する硬化剤を選択することが必要である。

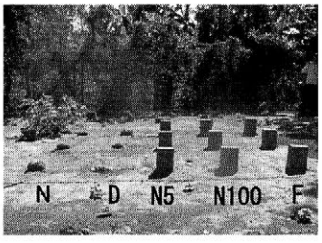
硬化剤による保存処理を行う場合、乾燥と湿潤の繰り返しによる遺構そのものの強度変化と、硬化剤を使用した場合の強度の変化について検証する必要があると考える。現地実験のサンプルについては、雨季のデータが不足しているため今後もモニタリングを継続し、情報を集積する。



降雨時の様子(2005)



供試体設置の状態
(2007.08)



供試体の状態
(2009.03)

P－100

朝鮮時代の鉄碑の科学的調査および保存処理

○李慧淵、趙賢景、趙南哲(公州大学校文化財保存科学科)、姜炯台(国立中央博物館保存科学室)

Ⅰ．はじめに

屋外の鉄製文化財は汚染された空気や自然的侵害に、そのまま露出されている。このような環境露出に対した保護閣などの保護装置があるが、鉄製文化財を腐食から保護することには不十分である。現在、屋外の鉄製文化財の保存処理に関する研究は国内・外でもまだ進んでいない。保存処理も表面の異物質や腐食物を除去した後、腐食防止のため表面強化処理剤でコーティングするのが大多数を占める。しかし脱塩なしに強化処理やコーティング処理する方法では、屋外文化財に存在している塩による再腐食を防止できない。従って、屋外鉄製文化財の表面腐食層に存在している塩の量と塩による内部金属素地に対する影響を科学的方法で調査すると、もっとも効果的に遺物を保存できると思われる。従って、本研究では屋外鉄製文化財である朝鮮時代の鉄碑を対象に科学的な調査と保存処理方法、特に脱塩方法について研究した。

Ⅱ. 材料および方法

本研究の対象は朝鮮時代後期に推定される鉄碑で、大きく三つの破片に割れている。そして最上部の隅が取れて、合計四つの破片で構成されている。鉄碑は表面腐食が激しく、腐食物と土などの汚染物が混ぜて表面に固着され、浮き彫りの字を被っていた。また活性腐食である“Weeping”現象が観察され、鉄碑の塩素イオンの濃度が高いことが分かる。鉄碑の最後の破片の場合、二つに割れた破片を鉄製物質で溶接した痕跡があり、溶接物質が腐食され、両方に膨らんでいるのが確認できた。

鉄碑の科学的な調査では試料の内部構造および腐食物を分析するため X-ray 観察と金属顕微鏡、SEM-EDS 分析を実施した。また脱塩の効率性と安定性の評価のため pH および Ion Chromatography 測定、XRD を使って分析した。

保存処理過程において、表面の汚染物質と腐食物をメスと Air-Brasive などで取り出した。溶接部分も除去した。脱塩方法では埋蔵鉄製文化財を対象にした予備実験結果を基づいて、脱塩溶液(Sodium Sesquicarbonate 0.1M)を吸湿紙(Universal Plus 社の Spill Pads(11×13″)(polyproplyene))に吸湿させ、遺物の表面に吸着し、防水ビニルで包装する方法で、鉄碑 3・4 番に適用した。既存の脱塩溶液に沈積する方法も鉄碑 1・2 番にともに実施し、効率性を比較した。

脱塩実験は 24 時間ことに脱塩溶液と脱塩材料を交換、15 回まで実施した。脱塩材料の効率性を測るため、すべての鉄碑を 15 回から 22 回まで常温(25℃)で沈積脱塩した。脱塩が終了したあと、蒸留水で、脱ア

ルカリを3回実施、一週間乾燥した。乾燥後、10 wt% Paraloid NAD-10 で強化処理し、亀裂部の接合、紛失部を埋めて保存処理過程を仕上げた。

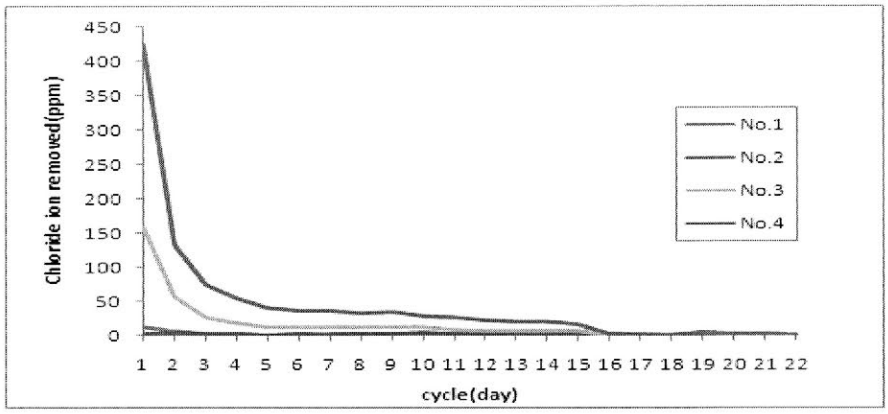


Fig.1. The Chloride ions concentration results of the iron stele

III. 結果

朝鮮時代鉄碑の科学的調査および保存処理結果は次の通りである。

1. 遺物の内部構造および過去の復原を把握するため X-ray 撮影の結果、鋳造の時、生成された気泡が広く分布し腐食が激しく、金属芯の状態が良くなかった。また鉄碑4番は二つの破片を接合したことが確認された。

2. 金属顕微鏡の観察結果、鉄碑の金属組織はパーライトとセメンタイトが混合した白鋳鉄と確認された。

3. 遺物内部の形態および腐食性生物の特徴を観察し、構成成分を把握するため SEM-EDS で観察した結果、半球状のいが栗形の針球形など多様な腐食性生物が観察された。また akaganeite 形態も観察された。EDS 分析結果 Fe と O が主成分として測定され、腐食物は主に水酸化鉄の系統と推測した。塩素イオン(Cl^-)が 2.48wt%まで検出されて akaganeite 系統の水酸化鉄と予想される。

4. 脱塩溶液を分析した結果、pH は大きい変化はなく、Ion Chromatography を利用して塩の濃度測定結果、Cl^-のみならず NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}なども多様に検出された。このことから屋外に露出された鉄碑が環境汚染物質によって影響を受けたということが分かる。吸湿紙を利用した吸着脱塩は常温沈積方法(25℃)と同様に、脱塩1・2 次で溶出量が最も多く、5次以後からは徐々に減少した。最後には 3ppm 未満に溶出量が一定化し、既存の常温沈積方法(25℃)と類似した脱塩様相が現れた(Fig.1)。 Cl^-イオンの以外に NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}なども Cl^-イオン脱塩結果と類似に1次から3次までほとんどが除去され、以後の溶出量には変化が無かった。

5. 脱塩前・後の腐食物を XRD 分析した結果、脱塩前には goethite, magnetite, lepidocrocite と akaganeite が検出されたが、脱塩後には akaganeite が出なかった。これは吸湿紙を利用した吸着脱塩方法も沈積脱塩方法と同じく脱塩効果があることを示す証拠である。

P－101

吉備塚古墳出土挂甲の保存処理と復元

○古橋裕悟（奈良教育大・大学院）、長友恒人（奈良教育大）

1．はじめに

金属製品の保存処理において、樹脂含浸は脱塩処理とともに重要な工程である。現在、一般に行われている樹脂含浸には主に下記の2種類の手法がある。

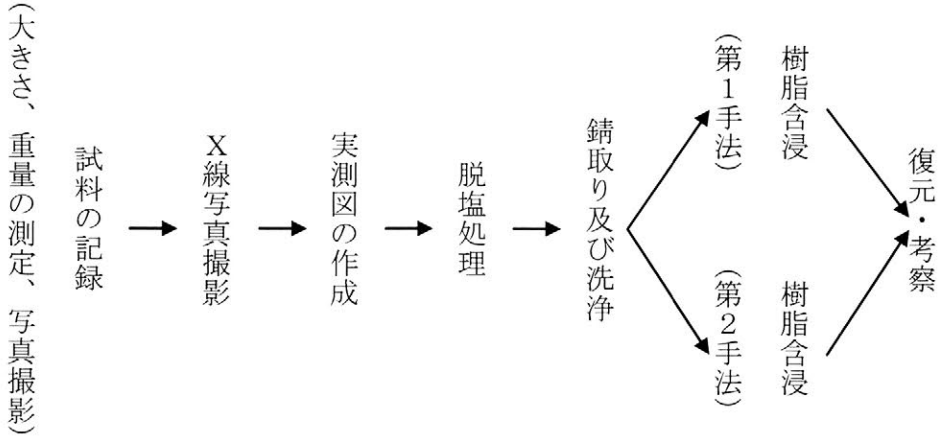
・試料を減圧した後に樹脂を含浸させる手法（以下第1手法）
・樹脂に試料を浸けた状態で減圧する手法（以下第2手法）

本研究では鉄製遺物について、上記2種類の樹脂含浸法を施すことによって、試料処理後の外観や樹脂の含浸量に違いが生じるのか検討を行った。

試料は奈良県吉備塚古墳出土挂甲の小札である。吉備塚古墳は奈良県奈良市高畑町奈良教育大学構内の北西部に位置する古墳である。平成14、15年度に行われた発掘調査によって、2基の埋葬施設が確認され、三累環刀大刀、貝装雲珠などともに、本研究で扱う挂甲が出土した。挂甲小札の遺存状態としては、ワタガミや縅紐などの有機物の遺存は良好ではないが、縅孔は肉眼でも確認できるものが多く、出土状況から挂甲1領分が遺存していると考えられ、大凡の全体像を復元することが可能である。

2．保存処理

下記の工程によって、錆取り及び洗浄までは同じ方法で処理を行い、その後、それぞれに樹脂含浸を施した。今回の樹脂含浸では、パラロイドB72をキシレンに溶かして20%の濃度にした溶液を使用した。

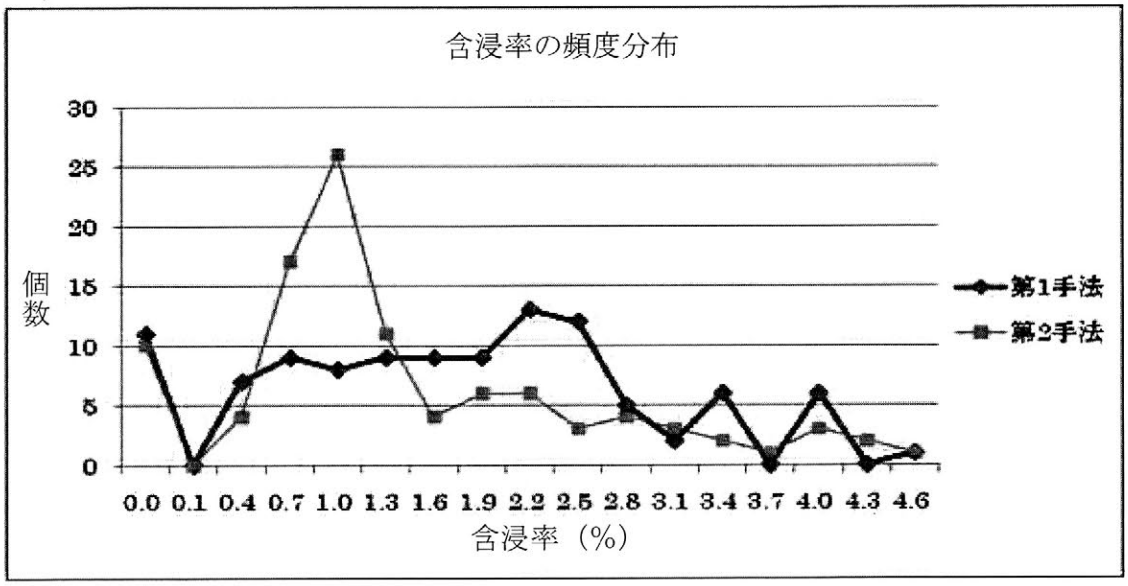


3．結果と考察

第1手法を施した小札は130枚、第2手法を施した小札は123枚である。第1手法と第2手法の結果を比べると、肉眼ではわずかに第2手法の方が樹脂層が厚く見えるが、両者の間に際立った外観上の差異は見られなかった。

次に、それぞれの手法による樹脂含浸前後の重量を秤量し、樹脂含浸前の重量を基準とし、以下の式に示す値を含浸率として、第1手法と第2手法の樹脂含浸量を比較した。

樹脂含浸率＝（樹脂含浸後の重量－樹脂含浸前の重量）÷樹脂含浸前の重量
0.3%毎に区分した結果の頻度分布は図の通りである。



頻度分布図から見られるように、第1手法では約70%の小札の含浸率が0.4%～2.5%を占める。一方、第2手法では、含水率0.7～1.3%が約50%を占め、頻度分布図では含浸率1%が明瞭なピークを示す。含浸率の平均値は第1手法では2.00%、第2手法では1.75%であった。第2手法の方が含浸率が低い傾向を示すのは、第1手法と比べて第2手法の方が含浸溶液の濃度が上昇しやすいことや、小札内部にある空洞内の空気の除去が不十分であるために、樹脂が内部にまで含浸されなかったためと考えられる。両者に外観による差異がほとんど見られないので、生じた樹脂含浸率の差は、錆が生じた際にできる内部空洞の差違、すなわち、空洞の大きさと数に関係していると考えられる。また、含浸率の低いものは、元々内部空洞が少なかったか、小札表面に生じているマグネタイトのために内部にまで樹脂が含浸されなかった可能性が考えられる。なお、第2手法でも数枚含浸率の高いものがあるが、これらは小札同士が重なったものや細かい錆の隙間に樹脂が溜まったためであろう。

以上のことから、含浸率と外観から第1手法の方が樹脂の含浸率が高く、また、資料内部にまで樹脂が含浸されているように推測され、より保存に適した手法であるように考えられる。

なお、推定復元によれば吉備塚出土挂甲は少し小振りであると考えられるが、詳細については発表当日に示す。

参考文献

沢田正昭　1997　『文化財保存科学ノート』　近未来社
清水和明　1990　「Ⅲ挂甲」『斑鳩藤ノ木古墳第1次調査報告書』斑鳩教育委員会
末永雅雄　1934　『日本上代の甲冑』木目社
塚本俊夫　1997　「長持山古墳出土挂甲の研究」
『王者の武装-5世紀の金工技術』京都大学総合博物館
増澤文武・渡部智恵美　2002「鉄・金属」『文化財のための保存科学入門』角川書店

P－102

出土鉄製品の脱塩処理の効率化について　－1－

○山村健生（別府大学院）渡辺智恵美（別府大学）

1．はじめに

脱塩処理は、遺物内に存在する錆を促進させる要因となる塩化物イオンや硫酸イオンといった陰イオンを除去することを目的とした処理である。脱塩処理は、現在までに数種類の方法が確立されており、それぞれに特徴があるとともに課題を残している。基本的に溶液を使用しない乾式法と溶液を使用する湿式法に分類される。日本では、脱塩処理の中でも溶液を用いて行われる湿式法が広く採用されている。湿式法の主な特徴として、1）比較的安全で大掛かりな機材を使用せずに処理を行うことができるが、2）処理に長時間を要することなどがあげられており改善課題とされている。

本研究は湿式法の1つであるセスキカーボネイト法に着目し、現在確立されている処理方法や工程を再検討し、処理期間の短縮、処理中に文化財に与える影響を中心に処理の効率化を模索した。

2．実験内容

実験は、基本としてセスキカーボネイト法の長所である安全性の高さと大掛かりな機材を使用しないという特性を損なわずに、脱塩効果を上げることを目的としている。これを踏まえたうえで、**① 脱塩液に浸漬する時間、② 脱塩液の液量、③ 濃度、④ 液温、⑤ 減圧下での脱塩**に関する５つの実験を行い、全ての実験において脱塩液の交換と採取を５回行うことにした。また、処理中に遺物に与える影響についても同時に観察を行い、遺物の安全性にも考慮しながら、脱塩効果が上がる方法を模索した。

脱塩効果の比較は、採取した脱塩液をイオンクロマトグラフを用いて脱塩液中の塩化物イオン濃度を測定し、その結果をもとに遺物からの塩化物イオンの溶出量を算出する方法で行った。溶出量を脱塩効果の数値とし、諸実験の比較を行うことにした。なお、試料は長期間、海水に浸漬し人工的に錆びさせた鉄釘を用いた（写真１）。

実験方法は以下の通りである。実験①は２・12・24・168時間ごとに脱塩液を交換し同時にイオン濃度を測定した。実験②～④は脱塩液の液量、濃度、液温を通常の方法の２倍にし（液温の場合は50℃）、２時間ごとに液交換と測定を行った。実験⑤は、減圧装置に脱塩液に浸漬させた試料を入れ減圧状態にし（写真２）、２時間ごとに液交換と測定を行った。

写真１：実験に使用した鉄釘

写真２：減圧下での脱塩の様子

3．結果と考察

A. 処理中に遺物に与える影響についてであるが、全ての実験において、実験中の遺物の破損や変色などは確認されなかった。しかし、実験⑤の減圧下での脱塩には、緩やかに減圧を行っても減圧により脱塩液が沸騰するため、遺物の強度などを考慮したうえで行う必要があるという印象を受けた。その他の実験については、遺物の強度にもよるが実験中の試料の損傷はほとんど見られなかったため、遺物に対して悪影響を与えるものはないと思われる。

B. 実験①の浸漬時間の違いについて、短い間隔で液交換を行ったものよりも長い間隔で行ったものの方が脱塩効果は大きいと思われる。予想では、液交換を行うことでイオン交換が行われる量が増加し脱塩効果は上がると考えていたが、実験結果をみる限り液交換の回数が上がる度に脱塩効果は低下している。以上のことより、液交換の回数よりも脱塩液に浸漬しておく時間の方が脱塩効果に関係すると考えられる。(表１参照)

最後に実験②～⑤について述べる。実験②～④については脱塩効果に影響があると考えられる結果となった。特に実験④の脱塩液を加温した状態で脱塩したものについては、通常の方法に比べ約２倍の効果があった。しかし、実験⑤の減圧下での脱塩については脱塩効果が上がらず、影響はないと考えられる。(表２参照)

【 表１ 】

実験 ①: 液交換の間隔別に見た塩化物イオンの溶出量 (mg)					
溶出量 ＼ 回数	1	2	3	4	5
2 時間	21.30	4.98	2.88	1.98	1.44
12 時間	35.10	3.36	1.56	0.90	0.54
24 時間	42.42	3.06	1.32	0.84	0.60
168 時間	63.00	3.96	1.98	1.98	1.44

【 表２ 】

実験 2～5: 脱塩環境別に見た塩化物イオンの溶出量 (mg)					
溶出量 ＼ 回数	1	2	3	4	5
標準	19.8	4.3	2.4	1.6	1.2
実験②（液量2倍）	24.3	6.7	3.9	2.8	2.0
実験③（濃度2倍）	31.1	4.4	2.7	1.9	1.5
実験④ （加温）	37.0	9.2	3.6	2.8	2.1
実験⑤ （減圧）	19.1	4.6	3.0	2.2	1.6

4．まとめ

今回の実験により、セスキカーボネイト法による脱塩については、脱塩液の温度や濃度などの条件を変えることや液交換の期間を再検討することで脱塩効果を上げることができ、処理を効率的に行うことができることがわかった。今後は、遺物に与える影響や効率化の程度を検討するため、より詳細に実験を行い、実際の修復現場での改善方法を模索したいと考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、有益なる御助言、御助力いただきました別府大学文化財研究所客員教授・内田哲男氏に心より御礼申し上げます。

P－103

出土鉄製文化財における微生物腐食の研究(2)

○李素妍(筑波大学大学院), Andras　Morgos(東京芸術大学), 松井敏也（筑波大学）, 吉川英樹
(日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門)

1.はじめに

金属材料の腐食要因には水分、酸素、可溶性塩類、微生物などがある。これらの要因のうち微生物が関与して金属材料の劣化が起こることを微生物腐食という。微生物腐食は土壌中、淡水中、海水中において発生し、例えば土壌中ではその活動によって鉄鋼に大きな被害を与えることが確認されている[1]。このことから、出土鉄製文化財における微生物腐食による腐食は無視できない。しかし、出土鉄製文化財における微生物腐食は研究事例がほとんどなく、その腐食を把握するためには微生物によるさび形成メカニズムの解明が必要である。本研究は出土鉄製文化財の腐食生成物と微生物活動の関係を調べ、遺物の腐食診断に有効なデータを構築することを目的とする。

図１　針状化合物および菱形結晶
(a)大きさが 20 μm で緑色を示す針状化合物が塩により生成したバルーン状の腐食生成物を覆っている　(b)大きさが 40～50 μm で青色を示す菱形結晶が針状化合物の上に生成している

前回の研究[2]では鉄還元細菌の腐食生成物と推定された針状化合物が生成されて、塩により生成した腐食生成物を覆っていることがわかった(図１－a)。さらに、菱形結晶(図１－b)が針状化合物の生成後に生じ、鉄(Ⅱ)イオン及びリン酸イオンが豊富な環境でできる Vivianite である可能性が推定された。この Vivianite の生成に用いられた Fe(II)が、用いられた試験片の腐食から化学反応として生成したのか、鉄還元細菌が鉄(III)酸化物の Fe^{3+} を還元して微生物の作用により生成したかは不明であった。本発表では出土鉄製文化財の腐食を模擬した試験を通じて、微生物の活動が腐食進行に与える影響に関して報告する。

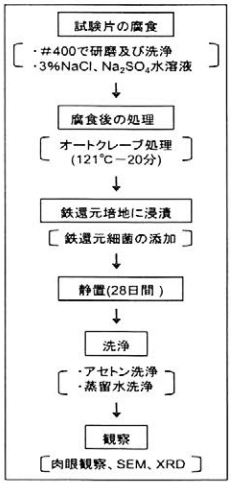


図２　微生物腐食試験

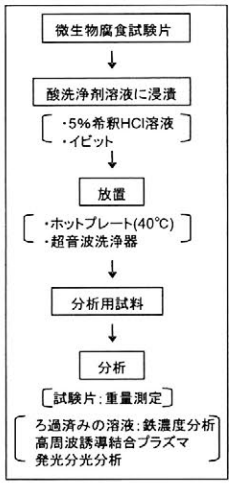


図３　Fe 濃度分析試験

2.試験方法

前回の試験(図 2)で用いた腐食試験片のさびを顕微鏡で詳細に観察した。またさび中の Fe 量を調べるために、試験片を酸洗浄剤のイビットに浸漬してさびを除去した。手順を図 3 に示す。5%に希釈した HCl500ml にイビット 15ml を添加し溶液を調整したバイアル瓶に調整済みの溶液 40ml を流し込み試験片を浸漬した。さびを効果的に除去するためにバイアル瓶を 40℃で 2 時間静置し、その後、超音波洗浄器にて洗浄した。試験片を取り出した溶液を 0.45 μm のフィルターでろ過して、液(20ml)中の鉄濃度を分析した。分析は ICP－AES(パーキン・エルマー社製 OPTIMA、3300XL 型)により行った。また、さび取り後の試験片の重量を測定し腐食による試験片の重量減少量を求めた。さび取り後の験片を図 4、5 に示す。

3.結果及び考察

微生物腐食の試験片を顕微鏡で観察した結果、微生物による腐食が誘起される場所は陰イオンにより生成されたさびではなく、生地の黒色さび(鉄(Ⅲ)酸化物の皮膜)であることが想定され

た。一方、Fe成分分析結果より、鉄還元細菌が存在する培地に浸漬した試験片に生成したさび中のFe量はコントロールと比較しておよそ1.3倍多く溶け出しており、菌により腐食がより進行していることがわかった(表1)。菌によるFeの溶出量は試験片を腐食させる時に使用した腐食促進陰イオン(Cl^-、SO^{2-}_4)の影響はあまり見られなかった。

重量減少量は、微生物腐食試験について、その前後の試験片重量差から計算した。その結果、重量減少量は $1cm^2$ 当たりで 4.5～6.0mg の値を示し、菌により腐食が促進していることがわかった(表1)。

鉄の腐食により生じたさびはFe^{2+}とFe^{3+}が化学的に平衡状態を維持しようとしている。鉄還元細菌(Fe^{3+}の還元反応で生育に必要なエネルギーを生成する)の活動が関わると、Fe^{3+}の還元が起こり、その平衡状態が崩れ、鉄(Ⅲ)酸化物が損なわれ腐食が進行することが考えられる。Vivianiteの生成も微生物の影響であることが示唆される。黒色さびは緻密な皮膜となって鉄製文化財を保護すると考えられていたが、鉄還元細菌が存在すると腐食が促進することが推定された。

表1　浸漬液中のFe濃度分析及び面積当たりの重量減少量

試験片	菌の有無	Fe成分分析 (mg/L)	面積当たりの重量減少量 (mg/cm^2)
NaCl 腐食	菌あり	1240	6.08
	菌なし	923	変化なし
Na_2SO_4 腐食	菌あり	1032	4.56
	菌なし	740	変化なし

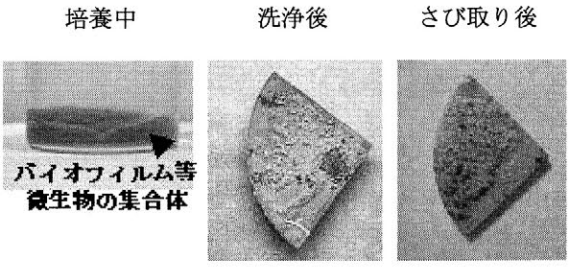


図4　鉄還元細菌が存在する培地に浸漬した試験片
培養中にバイオフィルム等の微生物の集合体が生成されて、表面には緑色の腐食生成物が生成している

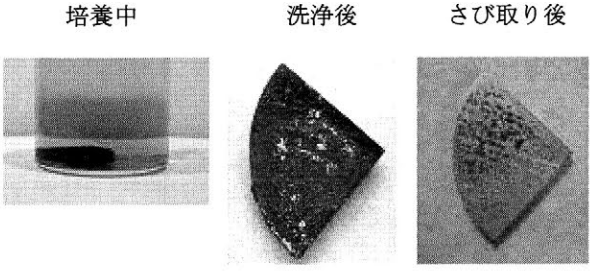


図5　鉄還元細菌が存在しない培地に浸漬した試験片
培養中にバイオフィルム等は生成されず、洗浄後の試験片は褐色を呈する

4.まとめ

今回の研究で、28日間の鉄還元細菌が存在しない系では試験片の腐食が認められなかったのに対し、菌が存在すると鉄(III)酸化物の平衡状態を崩して腐食を促進することが分かった。

今後、出土鉄製文化財に繊維が付着して出土する事例があることから、鉄遺物表面とバイオフィルムの生成など、埋蔵環境と鉄還元細菌の活動で生成されるさび形成のメカニズムを調べることにより、鉄製文化財の腐食診断に役立てるデータを構築することができると考えている。

謝辞

本研究を実施するにあたり、日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門笹本広氏、佐藤智文氏、及び同機構環境技術管理部処分技術課の協力を得たことを感謝いたします。

＜参考文献＞

1 佐々木英次、微生物腐食概論、防錆管理 44(6)、p.218、2000
2 李素妍、Andras　Morgos、松井敏也、吉川英樹、出土鉄製文化財における微生物腐食の研究、韓国文化財保存科学会、pp.24～27、2009
3 瀬戸昌之、環境微生物学入門、朝倉書店、p.57、2006

P－104

リグノフェノールを用いた出土木材の保存処理 V-処理後の評価-

○片岡太郎（東北芸術工科大学），栗本康司（秋田県立大学木材高度加工研究所），
高妻洋成（奈良文化財研究所）

1. はじめに

木材は本来，軽量で剛性が高い（比強度が高い）という特性を持っている。これは，木材の細胞が中空になっており，その細胞壁が複層構造になっていることによる（図 1）。また，細胞壁を構成している主な成分は，セルロース，ヘミセルロース，リグニンである。

本研究は，こうした木材本来にある特性を活かし，強化剤の含浸量を少なくして保存処理後の重さを小さくしつつ，一方で，剛性が高くなる処理方法（図 2）を開発することを目的としている。

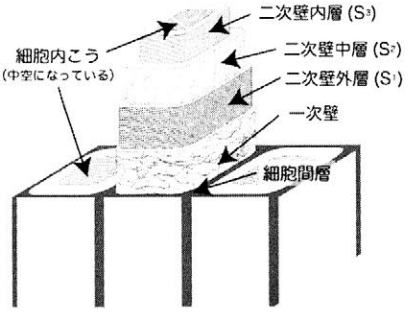


図 1 木材細胞壁の構造モデル

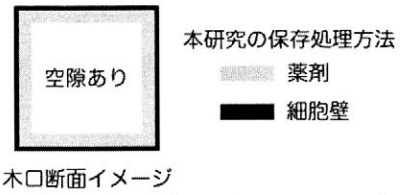


図 2 細胞壁強化型のイメージ

強化剤は，木材成分リグニンから誘導されるリグノフェノールを使用している。これまでの研究から，リグノフェノールの細胞壁への吸着により，ポリエチレングリコール（PEG4000）を用いた従来法よりも保存処理後の強度が向上し、比強度が高まることが明らかとなっている。また，処理溶媒の除去に超臨界乾燥を用いれば，真空凍結乾燥を用いるよりも乾燥処理にともなう収縮が軽減することがわかっている。

本報では，リグノフェノールの含浸速度と含浸前後の収縮を確認した。また，一連の処理工程や処理後の形状や色などを従来法との比較を通して，遺物の保存処理に適応可能かどうかの検討を行った。

2. 実験

2.1 試料

最大含水率 500%の出土地不明のサクラ材（*Rosaceae Prunus*）を使用した。

2.2 リグノフェノールの調製

機能性木質新素材技術研究組合から提供された粗リグノ-*p*-クレゾールを定法[1]に従い精製したものをリグノフェノールとして以下の実験に使用した。

2.3 実験

前報[2]と同様に，試料から 20×20×5mm（繊維×放射×接線方向）に調製した試験片を，表 1 に示した条件で保存処理を行った。処理溶媒は，乾燥法に合わせて *t*-ブチルアルコール（TBA）またはエタノールを使用した。強化剤含浸中は，試験片の処理溶液中の重量を定期的に測定した。なお，処理中の温度は 55°C，強化剤の最終含浸濃度は 20wt%とした。

表 1 保存処理条件

強化剤	溶媒	乾燥法
リグノフェノール	エタノール	超臨界乾燥
リグノフェノール	TBA	真空凍結乾燥
PEG4000	TBA	真空凍結乾燥

3. 結果

3.1 リグフェノールの含浸速度と含浸前後の収縮

図 3 にリグノフェノールまたは PEG4000 含浸中の重量変化を示す。最終濃度である 20%含浸終了まで，強化剤や溶媒の違いにかかわらず，865 時間で恒量に達した。また，含浸前後の収縮率は，強化剤や溶媒の違いにかかわらず，2%未満であった。

このことにより，リグノフェノールの含浸期間は PEG4000 と同等であり，含浸中の重量が一定となってから濃度を上昇させるという適切な方法を用いることにより，収縮をともなわずに含浸処理できることがわかった。

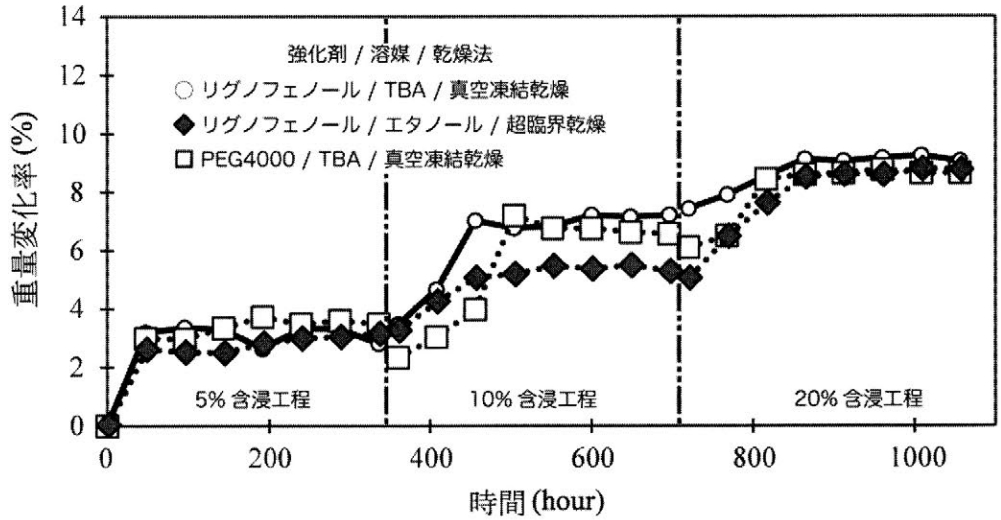


図 3 リグノフェノールまたは PEG4000 含浸中の試験片の重量変化

3.2 従来法との比較

リグノフェノール含浸・超臨界乾燥法は，従来法（PEG4000・真空凍結乾燥）と比較して，含浸期間や含浸処理にともなう寸法安定性は同等である。一方で，乾燥期間は速く，乾燥処理にともなう寸法変化は少ない。さらに，比強度も向上するという利点がある。また，リグノフェノール処理後の試験片は，エッジが整っており（図 4），リグノフェノール処理を遺物に適応した場合も，加工痕が鮮明に残るものと考えられる。しかしながら，従来法よりも色が暗くなるため，表面処理が必要である。また，処理後半年経過した試験片に若干のフェノール臭が残ることから，これを改善する必要がある。今後はこうした課題を解決するとともに，寸法や色の経年変化を確認しつつ、一般の方々や出土木製品を扱う文化財専門家などに、木製遺物としての質感の評価などの官能試験を行う。

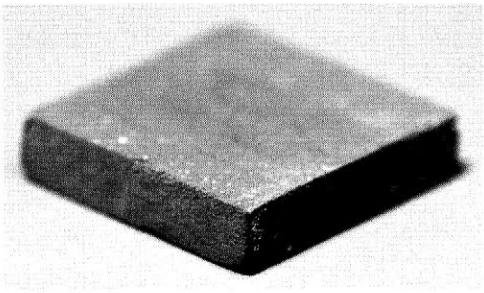


図 4 リグノフェノール処理後試験片のエッジの様子

参考文献

1) 船岡正光：“木質資源循環利用技術研究成果報告書”，機能性木質新素材技術研究組合編，2006，pp. 27-108

2) 片岡太郎，栗本康司，高妻洋成：日本文化財保存科学会第 25 回大会要旨集，88-89 (2008)

P－105

カラーマッチング法を用いた木質文化財の劣化画像の色ずれ補正方法

○藤井義久（京都大学大学院農学研究科）、藤原裕子（京都大学大学院農学研究科）
柳田俊一（日本コンピュータ・システム株式会社）

1. はじめに

文化財建造物の調査、劣化診断や維持管理では構造物や部材をディジタルカメラで撮影したカラー画像が用いられることが多い。建造物の現場での写真撮影では、建物内外などの場所、天候や照明条件によって、撮影画像の色調は変化し、不自然な印象のものとなることも多い。さらにカメラや照明機材の特性によっても画像の色調は変化する。特に劣化診断では、劣化していない部位が劣化しているように見えたり、その逆のように見えてしまう場合があるため、撮影した画像には色調補正を施すことが望ましい。ディジタル画像が簡単に取り扱えるようになった近年では、ディジタルカメラやスキャナによる画像の品質評価や色調補正についても種々の検討がなされており、例えば医療分野では、カラーチャートを撮影対象と同じ画像に写しこみ、カラーチャートの既知の色情報を基に汎用の画像処理ソフトによって色調補正を行う方法が一般的になりつつある。本研究では、カラーチャートとして木材色に近い標識色カラーパッチ（以下、パッチ）を用い、近年開発された新規な色調補正アルゴリズムによって、パッチを写し込んだ木材のディジタル画像の色調を補正し、撮影条件、パッチの個数等が補正結果に及ぼす影響を検討した。

2. 色調補正の原理

ディジタルカメラで撮影した画像は、sRGB 空間に対応した色情報をもつ画素で構成されている。本研究で用いた色調補正アルゴリズム（日本コンピューター・システム株式会社、http://www.ncs.co.jp/tech/imachanger/、参照 2009-01-13）は、各画素の三刺激値 R、G、B（以下、RGB 値と呼ぶ）を撮影画像内の標準色パッチの色情報に基づいて補正する機能をもつ。図 1 は処理の対象となる 5 枚のパッチと木片を写し込んだ画像例と色調補正の概念図である。sRGB の 3 次元色空間（図では RG 面）にプロットされた撮影画像のパッチ部分の値（△）は、別途求めた本来の値（●）に近づく方向に補正される。その際、三次元ユークリッド空間である sRGB 空間そのものが補正量に応じてゴムが弾性変形するように非線形的に変形するため、パッチに近い点ほど空間は大きく変形し、パッチから離れた点ではほとんど変形しない。つまり、補正後の画像ではパッチに近い色の色調は大きく変化し、パッチと異なる色の色調はほとんど変化しない。したがって、パッチを木材色と近い色にすれば、撮影画像中の木部の色はより適切に補正できると考えられる。補正量は次のように決める。

(1) パッチと同色部分の補正量は、sRGB の 3 次元色空間にプロットされたパッチ部分の色情報と、パッチの本来の色情報との差とする。

(2) パッチと異なる色の補正量は、

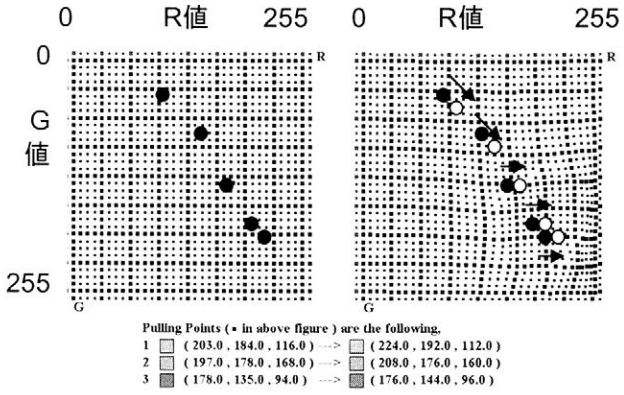


図 1 RGB 空間内での色情報の修正プロセス
（図では RG 平面への投影結果を示す）

その色情報とパッチ部分の色情報との差に応じて非線形的に変化させる。具体的にはパッチの座標と離れるほど補正量を小さくする。

3.実験方法

本研究では、健全な木材片（30mm 角で 15 樹種）の画像、青変菌によって汚損したラジアータパイン材（140mm 角）や腐朽部を持つスギ丸太（直径 120mm）を用いて上記の色調補正アルゴリズムの機能を確認した上で（室内実験）、文化財建造物に見られる健全部分や劣化部分の撮影画像の色調補正を試みた（実地試験）。

室内実験で用いるパッチは 15 種類の木片から色調の異なる数個を選び、それらに近い色をコンピュータ上で生成して、プリンタ（LBP-5300、Canon 製）で印刷したもの(20mm 角)とした。印刷時の sRGB カラープロファイル制御は行わず、プリンタのデフォルトのままとした。試料とパッチは並置し、ディジタルカメラ(Nikon D40X)を用いて撮影した。その際、画像の色調を変えるために、統一した照明条件下で、カメラの露出、ホワイトバランス設定値を様々に変化させて撮影した。実地試験で用いたパッチは上記の方法によって生成したパッチの他に、市販の色標識を用いた。さらに木材表面に発生したカビや腐朽などの色を考慮して、グレースケールや黄、青や緑系統の原色系のパッチも用いた。

ディジタル画像の色調補正は、前述の画像処理アルゴリズム（イメチェンジャー、日本コンピューター・システム（株））により行った。その際種々の撮影条件で得た画像の中からパッチ部の色が作成時に設定した RGB 値と最も近いものを便宜的に基準画像とし、各画像の補正では基準画像に近づくように（基準画像とその画像との色ずれに応じて）補正量を定めた。また補正の良否は、以下の方法で求める sRGB 空間の座標点間のユークリッド距離（平均色距離）によって評価した。各画像内の個々のパッチや木片について、任意の 20×20 ピクセル（約 8×8 mm）の領域の RGB 各値の平均値を求め、sRGB 空間におけるそれぞれのパッチ、木片の座標値とした。これらの値と基準画像内の対応する領域の座標値との色空間内での距離を平均色距離とした。

4.結果

室内実験から、本手法によって種々の撮影条件の画像の色調を、許容できる平均色距離の差以内で基準画像に近づけることが明らかになった（CIELAB 色空間の色差 ΔE*ab で表すとパッチ部が 1.4～4.8、木片部が 2.3～5.8）。図 2 は腐朽丸太の補正結果を示す。また色調補正性能は用いるパッチの数を増やすことやパッチの色調を木材色に近い色とすることで改善される。さらに色ずれが大きな画像については 1 回の補正量を少なくし、これを繰り返すことで適切な補正ができることがわかった。一方、ストロボ撮影した画像のように画像の一部の画素の RGB 値が飽和した画像については補正が不可能となる。このため床下などの暗所では、ストロボ撮影を行なわず、電灯などによる照明下で撮影し、これを補正することでより適切な画像が得られることがわかった。

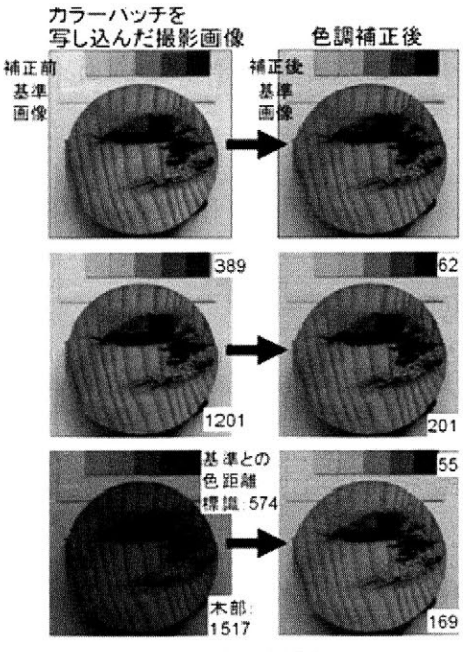


図 2　腐朽を含む丸太の色調補正結果

P－106

EDX-XRFによる長野県神坂峠遺跡・青森県中野平遺跡出土石製模造品の石材の産地推定

○ 松本建速(東海大学文学部)，伊藤順一(産業技術総合研究所)

1．はじめに

古墳時代中期に作られた鏡や剣を模した石製品を石製模造品と呼ぶ。盛行したのは5世紀の東日本、とくに東山道域であった。石材には、滑石や軟質で板状に剥がれやすい結晶片岩が利用された。日本列島上のそれらの礫の産地は限られており、東山道域に最も近いのは三波川変成帯であるが、そこから遠い地域からも製品は出土する。今回、青森県および長野県出土の製品と後者の遺跡に近い三波川変成帯産の結晶片岩の化学成分を測定し、石材の産地推定を試みた。

その結果、どちらの地域の製品も石材はマフィック～超マフィック変成岩であり、しかも化学成分が類似し、石材の産地が近いことが窺われた。また、これまで石製模造品の化学成分の測定はあまり実施されてこなかったが、その産地を考えるうえで有効であることがわかった。

2．試料と方法

(1)試料

5世紀の石製模造品：長野県下伊那郡阿智村神坂峠遺跡出土試料24点、青森県上北郡おいらせ町中野平遺跡出土試料11点、長野県飯田市および大鹿村採集の緑色および黒色の片岩類を試料とした。比較のため、北海道深川市採集の蛇紋岩1点も分析した。なお、石製模造品のすべてに片理が見られ、岩石学的には結晶片岩であり、色調により緑色片岩に分類できる。

(2)方法

分析には産業技術総合研究所地質調査総合センター設置のエネルギー分散型(EDX)蛍光X線分析装置(日本電子株式会社製、JSX-3201エレメントアナライザ)を用いた。

3．分析

(1)試料洗浄および試料の調整

全試料を超音波洗浄した。なお、岩石試料は、分析条件を石製模造品に近づけるため、あらかじめ砥石を用いて軽く研磨した部分を測定面とした。

(2)実験

十分に自然乾燥させた試料を、装置装備のファンダメンタルパラメーター法(FP法)による半定量分析した。分析条件は次である。X線発生部のターゲット：Rh管球、電圧：30kV、照射径：10mm、室内雰囲気：真空、測定時間：300秒。主要元素(Si・Al・Fe・Ti・Mn・Mg・Ca・Na・K・P)と微量元素のうち緑泥石に多く含まれる元素(V・Cr・Ni)を測定した。

4．結果と考察

(1)結果

微量元素以外を酸化物として、測定された元素の総計が100%となるように計算した。

(2)主要元素から見た岩石種類

SiO_2をもとにすると、石製模造品は、29～40%の超マフィック岩、42～50%の超マフィック～マフィック岩である。原岩としては、前者がカンラン岩、後者は玄武岩であった可能性が高い。一方、岩石試料は、深川市産蛇紋岩と大鹿村産片岩の1例が50%であるのを除けば、他は70%以上あり、原岩がフェルシック岩あるいは堆積岩であることがわかる。SiO_2が90～95%のものは、チャート由来であり、他のものは黒っぽい色調から、泥岩由来と考えられる。

他の主要元素を見ると、石製模造品はAl・Fe・Mgが多く、緑泥石で構成されていることがわかる。それに対し、岩石試料のうちSiO_2を70%以上含むものはMgをほとんど含まない。

石製模造品は、両遺跡のものとも超マフィック岩のカンラン岩、マフィック岩の玄武岩あたりを原岩とする緑色片岩であり、神坂峠遺跡に近い飯田市および大鹿村で採集された片岩類は、玄武岩由来のものが1例ある他は、チャートあるいは泥岩を原岩とすると考えられる。

(3)岩石の産地推定

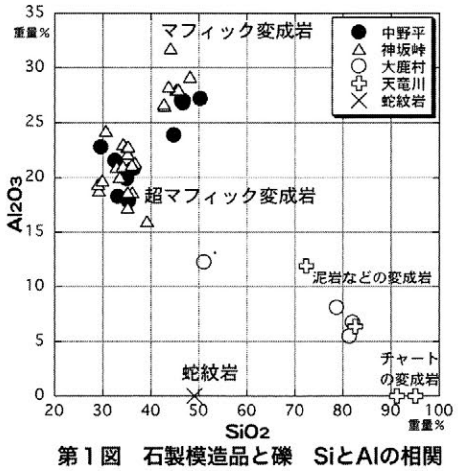
神坂峠遺跡に最も近い結晶片岩の産地は三波川変成帯である。直線で約 40km 離れた大鹿村域であるが、そこに至るには天竜川を渡り険しい伊那山地を越えねばならない。小渋川を経て天竜川に礫が供給される可能性もあるが、硬度が低い緑色片岩は飯田市域には到達しないようである。天竜川で採集した片岩は、チャートや泥岩由来の硬度の高いものばかりであった。

他方、青森県中野平遺跡周辺には、結晶片岩の産地はない。地質図によると、東日本域のマフィック～超マフィック変成岩の産地は、日高変成帯、阿武隈変成帯、三波川変成帯である。中野平遺跡の場合は、付近で石材を入手することはできない。

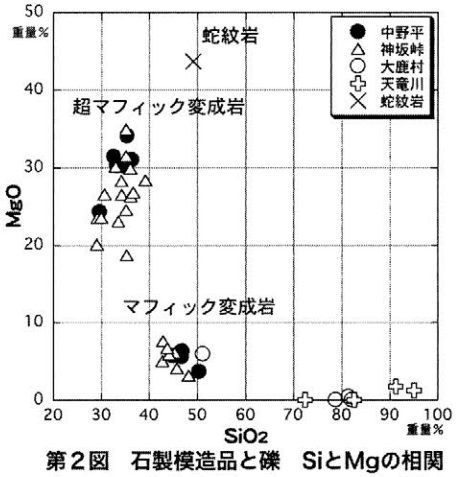
前節で見たように、両遺跡出土の石製模造品は、互いに離れた地域の出土であるにもかかわらず、化学成分は類似している。このことは生産地が同一である可能性を示唆する。石製模造品の生産遺跡の分布から考えるならば、三波川変成帯に近い群馬県域を候補に入れられよう。

5. 今後の予定

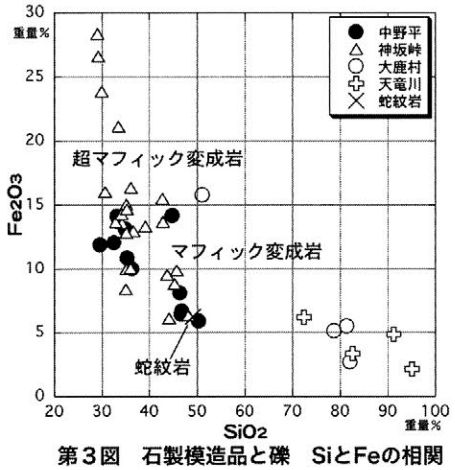
群馬県出土の5世紀の石製模造品や遺跡周辺の三波川変成帯から採集される緑色片岩の化学成分を測定し、神坂峠・中野平遺跡試料との比較をおこない、石材の産地を明らかにしたい。



第1図　石製模造品と礫　SiとAlの相関



第2図　石製模造品と礫　SiとMgの相関



第3図　石製模造品と礫　SiとFeの相関

謝辞：長野県阿智村教育員会・青森県おいらせ町教育委員会・羽場睦美氏に分析に際し便宜をはかっていただきました。市澤英利氏より大鹿村採集礫の提供を受けました。記して感謝申し上げます。

P－107

文化財調査用可搬型X線検出器の開発研究

○犬塚将英（東京文化財研究所）

1．はじめに

文化財の科学調査では、資料採取が許されず、非破壊・非接触を大前提とした手法を要求されるケースが多いことから、X線を用いた調査方法は保存科学の歴史の中で重要な役割を担ってきた。例えば文化財の内部構造を調べるためにX線透過撮影が行われてきたが、①調査用の機器は一般に大型、複雑かつ高価である、②よって、移動が困難な文化財の現地調査が難しい、③管電圧、管電流、照射時間、照射距離などのX線照射条件は文化財を構成している物質に大きく依存するが、照射条件に関する定量的な研究は充分になされていない、などのように改善の余地が残されていると考えられる。

本研究では、文化財を構成している物質とX線との相互作用を定量的に評価するための理論的及び実験的手法を確立し、新しく開発を行っているX線検出器を用いて移動が困難な文化財の内部構造に関する調査を行うことを目指している。これまでに行ってきた検出器開発の経過報告に加えて、X線透過撮影のための最適条件を導き出す手法を確立するために、シミュレーションソフトウェア「GEANT4」を導入してみたので、ここでは、その紹介及び得られた結果について報告をする。

2．ガス電子増幅フォイルを用いたX線透過撮影用検出器の開発

これまでに、移動が困難な文化財を現地において非破壊調査をすることを目的として、信号増幅の主要な部分にガス電子増幅フォイル（GEM）を用いた新しいX線検出器の開発を行ってきた。図1にその概念図を示した。X線透過撮影を行うためには、検出した信号から2次元画像を構築する必要がある。このために、C-MOSセンサーモジュールを設置し、信号の読み出しを行った[1)]。図2に示されているような、X線テストチャートに刻まれているパターンを反映した2次元情報を得ることに成功している。

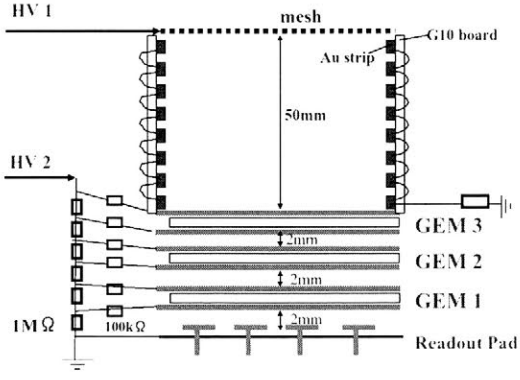


図1 検出器内部の概念図

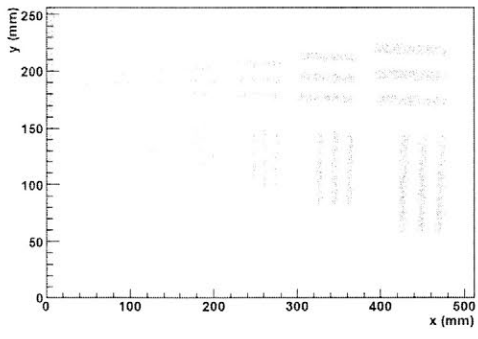


図2 テストチャートを被写体とした時の2次元情報

３．文化財を構成する材料とＸ線との相互作用の定量的な評価手法の構築

Ｘ線透過撮影を用いた調査では、修理を予定している木製文化財の虫害の状況を把握したい時や、地震対策を要する仏像の内部構造を調べたい時などに重要な情報を提供することができる。このような保存科学的な調査のみならず、絵画技法、彫刻や工芸品の構造などを明らかにすることが可能なので、美術史や考古学などの研究分野でも重要な役割を果たしている。

しかし、調査を行いたい文化財の種類は非常に多岐にわたっている。よって、調査を行う対象の文化財を構成している材質の種類（金属、木材等）や寸法も当然多岐にわたっている。さらに、調査対象の文化財が単一の材質でできているケースよりは、むしろ異なる材質により複合的に構成されている文化財を調査するケースの方が多い。一方、Ｘ線透過撮影により内部構造を明らかにするためには、Ｘ線の照射条件を最適に設定しなければならない。しかし、Ｘ線管球の管電圧、管電流、照射時間、照射距離などの最適条件は被写体の大きさや材料の種類に大きく依存する。このような状況を鑑みると、文化財を構成する材料とＸ線との相互作用を定量的に評価し、調査に先立ってＸ線を照射する時の最適条件を予測することができれば、移動が困難な文化財を現地で調査する時の調査の効率や得られる結果の再現性が格段に向上することが期待できる。このような事前の定量的な評価や基礎データの蓄積は、可搬型Ｘ線検出器を開発することと同様に重要な課題である。

以上のようなＸ線照射条件に関する定量的な評価を行うために、シミュレーションソフトウェア「GEANT4」を用いることにした[2)]。GEANT4は素粒子物理学の分野で開発され、その性能は大型加速器実験や宇宙物理実験、近年では医療機器の開発分野でも実証されている。光電効果やコンプトン散乱など、物質とＸ線との相互作用も計算できることから、文化財のＸ線撮影のための最適条件を定量的に与えることができることに着眼した。さらに、近年、博物館等でも文化財のＸ線透過撮影を行うところが増えているが、GEANT4を用いたシミュレーションは放射線防護のための計算も可能であるので、作業者の安全を考慮した波及効果も期待できる。

ここでは、金属や木材で構成された物体を想定し、そのジオメトリーを GEANT4 に入力する。そして現地調査で使用している可搬型Ｘ線管球を想定し、管電圧等を変化させた時に照射されるＸ線を入射させる。計算結果得られる透過Ｘ線のコントラスト等と実際の撮影結果との比較を行うことにより、文化財のＸ線透過撮影における GEANT4 の有用性を評価した。

参考文献

1) 犬塚将英：ガス電子増幅フォイルを用いた文化財のＸ線透過撮影のための検出器の開発 II、保存科学 47 (2008) 173-178

2) S.Agostinelli et al.: GEANT4 – a simulation toolkit, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 506 (2003) 250-303

本研究は平成 21 年度文部科学省科学研究費補助金若手研究(A)「移動が困難な文化財のためのエックス線を用いた非破壊調査手法の構築」によるものです。

P－108

伝統的祭服の収納保存ケースとその性能　第3報

○武田昭子(昭和女子大学)、小嶋康子((財)神山復生病院)、宮野秋彦(名古屋工業大学)

1. まえがき

筆者等は、これまで数年間に亙って、(財)復生病院復生記念館におけるハンセン病に関する貴重な文化財的資料の保存環境の改善に向けた、調査検討を行なってきている。

対象となる資料の種類は極めて多岐に亙っているが、中でも写真乾板、フイルム並びにテープ類や祭服は、最も慎重な保存環境の整備が必要となる。

その中の祭服に関する保存環境の整備は、2006年5月以来約3年間に亙る調査検討の結果、漸く満足すべき成果が得られたので前報[1],[2]に続き報告する。

2. これまでの経緯

宗教的祝祭時に主宰者が身に着ける祭服には金属製の金具などが付いており、その保存または展示に当たっては、酸性またはアルカリ性の空気環境を避けることが必要である。

そこで、祭服を中性特殊紙による二重段ボールで作られたケース(長さ125cm,幅70cm,深さ30cm)に収めて記念館2階室内に置き、その内部温湿度を2008年4月まで約一年間に亙って測定した。

その結果、収納ケース内温度の日較差は、2階室内気温の日較差の77～92%(年平均83%)で、相対湿度の日較差は、室内相対湿度変動の18～40%(年平均29%)に減幅することが分かった。

その後ケースを、記念館1階北西隅に2006年8月に設置した収蔵庫内に移して測定を続けた。

因みに、収蔵庫は、設置後、更に二三の改良を加え、現在の内部温湿度環境は概ね良好な状態となっている。[3],[4],[5]

3. 測定結果と検討

図1～図3には、収蔵庫内へ移した後現在までの約一年間の解析結果を示す。

図1には、収納ケースと収蔵庫、書庫および外気との間の月平均温湿度の差をそれぞれ示した。

図より、収納ケース内の温度は年間を通じて外気より高く、冬期は最大で2.5℃程度の差を保つ一方で、冬期暖房する書庫の気温に対しては、反対に最大で2.5℃程度低くなっていることが分かる。

相対湿度では、外気に対しては概ね年間を通じて収納ケース内が低く、書庫に対しては約10%前後、夏季は低く、冬季は高く保たれている。

更に、収納ケース内の絶対湿度は、書庫に対して殆ど一年を通して低く、その差は夏季、最大で－1.5～－2.0g/m³となっている。

図2に、収納ケース、収蔵庫、書庫および外気の温湿度の日変動較差の年変化を示す。

図より、温度の日較差は、外気では年間を通じ

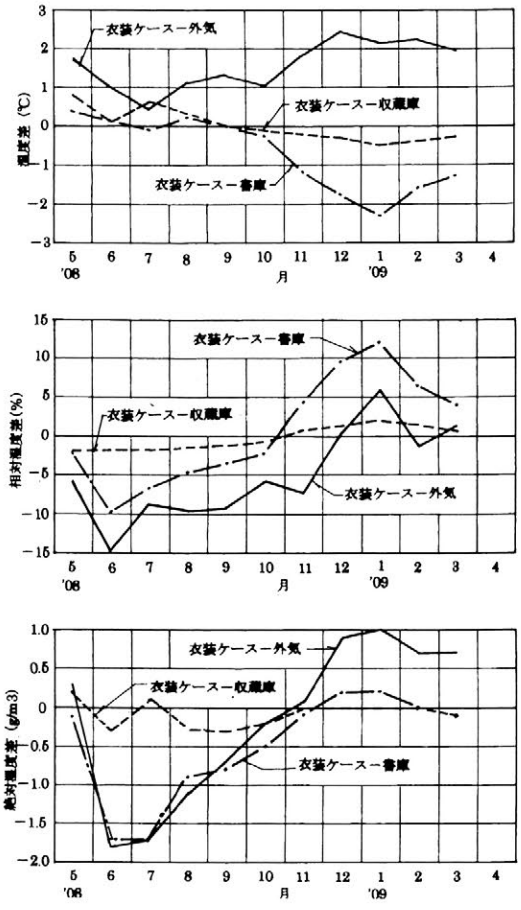


図1　衣装ケースと各部の月平均温湿度差の年変化

て概ね 7～10℃で、収納ケースおよび収蔵庫の日較差は略 1～3℃程度であるが、書庫では冬期に暖房の影響で大きく変化していることが分かる。

一方、相対湿度の日較差は、外気で 30～50%、書庫が 5～25%、収蔵庫で 1.4～3.3%であるのに対して、収納ケースでは更に小さく概ね 0.5～1.4%の範囲に収まっている。

図3に、収蔵庫、書庫および外気の温湿度の日較差に対する収納ケースの日較差の比の年変化を示す。

温度の日較差比は、収蔵庫に対しては概ね 0.8～1.0、書庫に対しては 0.2～0.6 で、外気に対しては略 0.2 前後で略一定値となっている。

相対湿度の日較差比は、収蔵庫に対しては 0.2～0.5、書庫に対しては 0.03～0.14 で、外気に対しては 0.01～0.03 と極めて小さい。

以上の結果より、収蔵庫内に置いた収納ケース内の温湿度は、年間を通じて略満足すべき保存環境状態にあるものと考えられる。

今後の収蔵庫への搬出入時の留意点としては、書庫との温湿度差の少ない季節(十月前後)を選び、止むを得ぬ場合でも、収蔵庫と書庫の間の温湿度差が小さい午前中に行ない、更に充分時間を経てから収納品を取り出すという注意が必要である。

なお今後の課題としては、書庫に収蔵庫の前室としての機能を持たせるための改修が望まれる。

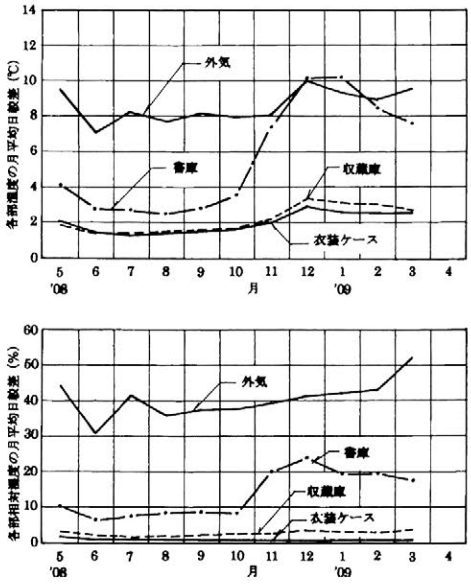


図 2 各部温湿度の月平均日変動較差の年変化

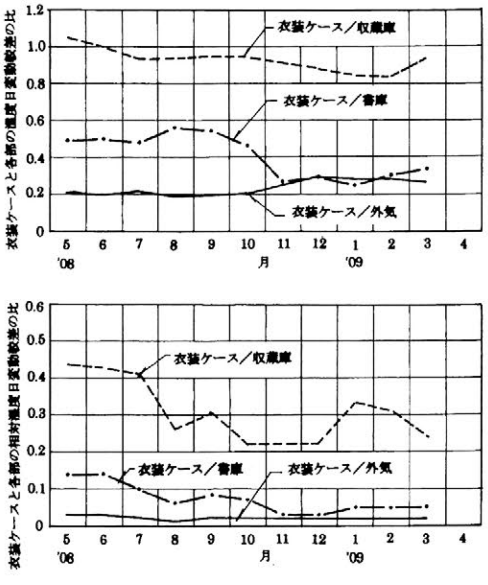


図 3 各部温湿度の月平均日変動較差比の年変

4. むすび

祭服の保存環境の整備については略満足すべき結果が得られたので、本報を持って最終報告とし、次回には写真乾板の保存環境の整備について報告したいと考えている。

長期に亙り、格別のご協力を頂いた関係各位に厚く御礼申し上げる。

参考文献

[1]. 武田昭子他:伝統的祭服の収納保存ケースとその性能、本会第 24 回大会発表要旨集、2007.6.
[2]. 武田昭子他:伝統的祭服の収納保存ケースとその性能、第2報、本会第 25 回大会発表要旨集、2008.6.
[3]. 武田昭子他:歴史的近代建造物における展示室と収蔵室の環境改善―神山復生記念館を例として―、文化財保存修復学会第 28 回大会、研究発表要旨集、2006.6.
[4]. 同上 第2報、第 29 回大会、研究発表要旨集、2007.6.
[5]. 同上 第3報、第 30 回大会、研究発表要旨集、2008.6.
[6]. 同上 第4報、第 31 回大会、研究発表要旨集、2009.6.
[7]. 宮野秋彦:復生記念館内への収納空間の創出とその内部温湿度環境の推移 その1、日本建築学会東海支部研究報告集、第 47 号、2009.2.

P－109

国宝高松塚古墳壁画の材料調査の変遷

○佐野千絵・早川泰弘・三浦定俊

１．はじめに

国宝高松塚古墳壁画は現在修理施設内にあるが、修理にかかると言われている10年間に、効率的かつ有効な材料調査を着実に進めていく必要があると考える。色料の概説については報告事例が近年あるが、白色壁を構成する材料（絵画の余白であり、下地の漆喰層と絵画下地層を分析対象に含む）については十分でないと思われるので検討した。

白色壁を構成する材料から得られることが期待される考古化学的内容としては、①貝灰由来か石灰岩由来か、②含まれている鉛材料とその使い方、鉛使用の目的、③漆喰壁製作技術、④すさ・糊などについてであるが、西田史郎、山田末利、島倉巳三郎、安田博幸、中口裕、寺田春弋、沢田正昭らの研究事例を総括し、何がどこまでわかっているのかレビューを行った。また今回の資料収集の過程で、発見当初に提供された石室内剥落片を江本義理氏が分析したX線分析チャートが、山崎一雄氏の元から肥塚隆保氏に提供され、鉛の分布について一定の新事実が示されたので、これを報告する。その他、2002年1月28日に採取され文化庁から東京文化財研究所に提供された石室内剥落片7試料の蛍光X線分析およびX線回折分析について報告する。本要旨では字数の限界から、おもに鉛の分布についてまとめる。

２．鉛分布についての調査研究

早川泰弘らが古墳石室内で限られた時間などの制約の中でおこなった、ハンディ蛍光X線分析装置による高松塚古墳壁画の顔料調査（『保存科学』、東京文化財研究所、2004年3月）の過程で、白色部分（絵画下地層と下地漆喰層を分析対象に含む）については、以下のことがわかっている。

高松塚古墳壁画では目視で見る限り白色顔料が使われた様子はなく、下地の白色部分を生かして白が表現されているものと理解している。白色部分については、すべての測定箇所からCaとともにPbが検出された。絵が描かれている部分だけでなく、その周囲の白色の壁面からも少量ながらPbが検出された。絵が描かれている部分のPbの検出量は、用いられている彩色材料の種類や厚みの違いによってまちまちであったが、絵が描かれていない部分については、絵からの距離に応じて検出量が変化し、ある距離以上離れても少量ながらほぼ一定のPb検出量が得られた。用いたハンディ型蛍光X線分析装置のPb検出下限が0.1%前後なので、ここで検出されたPb量は1973年の報告書で得られた値よりずっと大きいと考えられた。

安田博幸氏は「高松塚古墳の漆喰のみに著量の鉛成分が検出される謎」と書き記しているが、この鉛についてはさまざまな角度から研究が進められた。

寺田ら東京芸術大学美術学部高松塚古墳壁画再現研究班が、飛鳥保存財団より委託されて、昭和49年6月～昭和51年3月に、高松塚古墳壁画再現研究を行っているが、石材、漆喰、白色層（下地および仕上げ層）について技術者、制作者、科学者が共同しておこなった総合的な実証研究で、白色下地層については①剥落片の分析からその組成は炭酸カルシウム95.05%、鉛0.28%（分析方法不明）であった、②塗り厚２～７ミリ（クロスセクション試料の走査電子顕微鏡観察結果）、③骨材、すさは使用されていない（走査電子顕微鏡二次電子像）、との報告がある。寺田らはわずか２回ではあるが、小型の標準光源（CIE D65、スガ試験機株式会社、色温度6,500K、型式F65D-AP、515x270x130mm、15Wx2（マスク１）、明るさ　距離50cmで1,200lux）を石室内に持ち込み（「高松塚古墳壁画再現研究報告」pp.65）、原壁画の観察と彩色調査をおこなっている。この報告の中で、白色漆喰層について「墓室内空間の雰囲気を醸成する灰色基調の下地拵えで」（Ⅱ部５．制作過程（作画記録）pp.1）、という興味深い記述がある。標準光源を用いてかなりの明るさの中で色彩を画家が判断したという事実から、寺田らが模造のために原壁画を観察した昭和51（1976）年２月当時には、白色下地層は灰色味を帯びて見えたのは事実であろう。寺田らは模造のために、白色層の構造についても研究を展開している。「幸いにして得られた一片の原壁画白色層の微小片」について、電子顕微鏡写真を撮

影し、「原壁体のものは数層の塗り重ねのように見受けられ、また内部に糸状の構造が散在するのも見受けられた。」と報告している。

採取場所のある程度わかった試料の分析結果として、石室内南面下部にあった剥落片の分析結果として、沢田正昭氏が報告したものがある。沢田氏はEPMAの結果から、約1㎜厚さの漆喰剥落片の表面にも側面にも鉛は均質に分布していることをから明らかにした。またその化学形はX線回折の分析結果から、塩基性炭酸鉛（鉛白）であることを述べている。

スサについては、技術的には紙スサの使用が妥当と考えている研究者はいるが、いずれの研究例も高等植物繊維を見いだしておらず、スサの使用について、また使用したのであればその材料種類については依然として不明な状況である。バインダー（糊、ミディアム、メジウム、膠着剤などと記述されている）の使用については、下等植物の葉状体類似の柔組織状のものが見いだされることから（島倉ら）、フノリのような海藻を混ぜたものと報告されている。

以上の報告から、高松塚古墳壁画の白色壁を構成する材料については、下記の知見がすでに得られていると考えている。①高松塚古墳壁画の白色部分の一部は、分厚い下塗りと何層かの緻密な構造で構成されている。②最上層には塩基性炭酸鉛が検出される。最上層厚さ約0.05㎜の観察像の報告例がある。③中間層にも鉛を含む。中間層厚さ約0.3㎜の観察像の報告例がある。

３．高松塚古墳漆喰片の鉛分布に関する新データ

今回の資料収集の過程で、奈良文化財研究所において、X線分析チャートが発見され、肥塚隆保氏が高松塚古墳壁画劣化原因調査検討会（第２回）において行った「壁画の顔料・描線等の劣化について（材料・技法の調査に関する計画）」の発表の中でその一部を公開した。壁画発見直後に江本義理氏・山崎一雄氏に対して分析用試料提供があり、これを江本氏が分析し山崎氏に託したものとの添え書きがあった。チャートの長さから、試料の厚みは漆喰部分で3.16㎜のもので、鉛成分は表層に、特に表面から40μmの位置に多く見いだされている。また石の部分に比較して、漆喰層中ではいずれの場所も鉛の反応が見られ、内部でも鉛が存在すること、特に石から約60μmの部分でもやや強めのピークが見られる。表面に多量の鉛があり、絵の描かれていない余白についてもほぼ一定量のPbが検出される点は、早川の報告と整合性が良い。寺田らの報告にあった内容とも合致しているが、同一資料かどうかは不明である。

2002年1月28日に石室内で拾われた剥落片についても、東京文化財研究所で蛍光X線分析（XRF）（セイコーインスツルメンツ（株）微小部蛍光X線分析装置SEA5230E、大気中および真空中）、およびX線回折分析(XRD)（（株）マックサイエンス　X線回折装置M18XHF（微小部X線回折）が行われた。その結果、多くの試料において、XRFでPbを検出したが、XRDでPb化合物を同定することはできなかった。

４．おわりに

高松塚古墳壁画材料について、これまでに行われた研究事例と、文化庁提供の石室内で採取された剥落片等を分析・観察した結果をまとめた。白色壁材料については白色壁が緻密な数層で構成され、最上層に塩基性炭酸鉛を含み、中間層にも鉛を含むことが再確認できた。しかし、漆喰原料については貝灰由来か石灰岩由来か、スサの使用の有無、バインダー種類については不明のままにあることがわかった。

高松塚古墳壁画の保存作業においては、石室内床面に落ちた状況で拾われた剥落片試料のほか、2007年の石室取り上げ作業の過程で取りはずされた目地漆喰（石と石のつなぎ目に固着）、取り上げ作業直前に保護するため取りはずされた余白漆喰（石と石をまたいだ部分の白色下地）[注]、取り合い部で閉塞石を塗り込めるために使用された漆喰塊など、いろいろな漆喰材料が収集された。余白漆喰については、国宝高松塚古墳壁画の一部であり、調査は非破壊調査に限られるが、特別史跡を構成する材料群の一部ととらえられる目地漆喰や塗りこめ漆喰塊などについては、古代の技法について重要な知見を得られる試料であり、将来、さまざまな分析・評価が施され材料や劣化について新たな情報が得られていくものと期待している。

注：　文化庁が委員会試料の中で用いている「余白漆喰」という言葉は、壁画を図像―余白で構成するとし、図像を除く壁を構成する白色部分すべてを指す言葉である。絵画の構成を主眼として分別すると、顔料層―絵画下地層―下地漆喰層となる。石室を構成する材料としては石材、目地漆喰、塗りこめ漆喰などの各種材料が用いられる。石室内には用途の異なる白色材料が多数存在し、材料面では同じとは限らない。

P－110

可搬式蛍光X線分析装置を用いた西本願寺書院鴻の間の障壁画における顔料分析に関する研究

○森　正和[1]，湯浅　昌典[2]，和田　秀寿[3]，河野　益近[4]，江南　和幸[1]，岡田　至弘[1]
[1]龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター，[2]龍谷大学理工学部
[3]本願寺史料研究所，[4]京都大学大学院工学研究科

1. はじめに

西本願寺には様々な時代に描かれた，数多くの障壁画が現存している．障壁画は，当時の文化や絵画の技法を知るための貴重な文化財である．一方で，それらの多くにおいて顔料の変色や退色，剥落などが見受けられる．我々は，西本願寺書院の障壁画の保存修復作業に有益な知見を得るため，継続的に蛍光 X 線分析装置，赤外線カメラおよび分光測色計などを用いた顔料分析を行っている[(1), (2)]．

ところで，可搬式蛍光 X 線装置を用いると，文化財が現存する現地にて比較的容易に顔料中の含有元素の分析を通した顔料分析が可能である．しかし，例えば，精緻に描かれた絵画中の一点を正確に分析するためには正確な位置決め機構を用いることが必要と考えている．本研究では，可搬式蛍光 X 線装置を用いて正確な分析を実施するための機構の検討および作成を行い，菊の間・鴻の間における元素分析実験を通してその有用性を確認した．そのようにして得られた菊の間・鴻の間における顔料分析結果について報告する．

2. 調査対象

西本願寺書院，菊の間・鴻の間に現存する障壁画にて，それぞれ 4 枚および 2 枚を調査対象とした．なお，菊の間・鴻の間の障壁画は，狩野派の渡辺了慶によって江戸時代初期に描かれていると伝えられている．

3. 調査方法

西本願寺書院内にて，可搬式蛍光 X 線分析装置（OURSTEX 100FA）を用いて，障壁画中の各測定対象にて蛍光 X 線分析を実施した．なお，可搬式蛍光 X 線分析装置は自作した位置決め機構上に設置しており，あらかじめレーザーで指定した測定ポイントを正確に測定でき，かつ測定対象との距離を一定として分析を実施することが可能である．測定条件は管電圧 40 [kV]，管電流 1.0 [mA]，測定時間は 1000 [s]とした．なお，ターゲットは Pd である．標準試料として日本画に使用されている顔料の分析を同一条件にて実施し，障壁画から得られた測定結果との比較検討を行った．

4. 調査結果

蛍光 X 線分析装置による分析を実施した障壁画中の測定箇所および測定結果の一例を図 1 に示す．なお，測定箇所はそれぞれ，図 1 に示す白丸中のレーザー照射位置である．以下に測定箇所 A と B における分析結果を述べる．

測定箇所 A における分析結果を表 1 に示す．分析結果より測定領域内には Fe，Cu，Ca，Au および S に起因するエネルギーピークが検出されたことから，それらの元素が含有する顔料が存在すると考えられる．目視にて測定箇所 A は焦げ茶色であり，狩野派は焦げ茶色を赤色顔料にて表現したと伝えられているため，赤色顔料の主成分である Fe が検出されたと考えている．Cu は緑青もしくは群青に起因すると考えている．これらを赤色顔料と混色して使用したとも想定しているが，詳細は現在調査中である．Ca は下地の胡粉から検出されたと考えられる．Au は障壁画の背景に用いられている金箔に起因するものであると考えている．よって，岩が描かれている測定箇所 A の部分にも金箔が存在していると考えている．S は赤色顔料もしくは黄色顔料に含有されている．以上から，測定領域内には金箔，

赤色顔料もしくは黄色顔料，緑青もしくは群青，胡粉および金箔によって構成されていると推定できる．

次に，測定箇所 B における分析結果を表 2 に示す．分析結果より測定箇所 B では，測定箇所 A での結果とは異なり Au が検出されなかった．よって，測定箇所 B には背景に金箔が存在しないと考えられる．障壁画を目視で確認したところ，障壁画には規則正しく金箔が貼られている．よって，現代でいうマスキングのような技法を用いて顔料の乗りにくい金箔を剥がし，その部分に描写を行ったのではないかと考えている．詳細については講演にて発表する．

参考文献

(1) 廣瀬翼，相井孝仁，森正和，岡田至弘：「西本願寺杉戸絵デシタルーカイブの構築」，人文科学とコンピューターシンポジウム論文集，pp. 327-332 (2007)

(2) 清水俊貴，森　正和，江南和幸，岡田至弘，河野益近：「蛍光 X 線による西本願寺書院虎の間における障壁画の顔料分析」，日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集，p.378-379（2008）

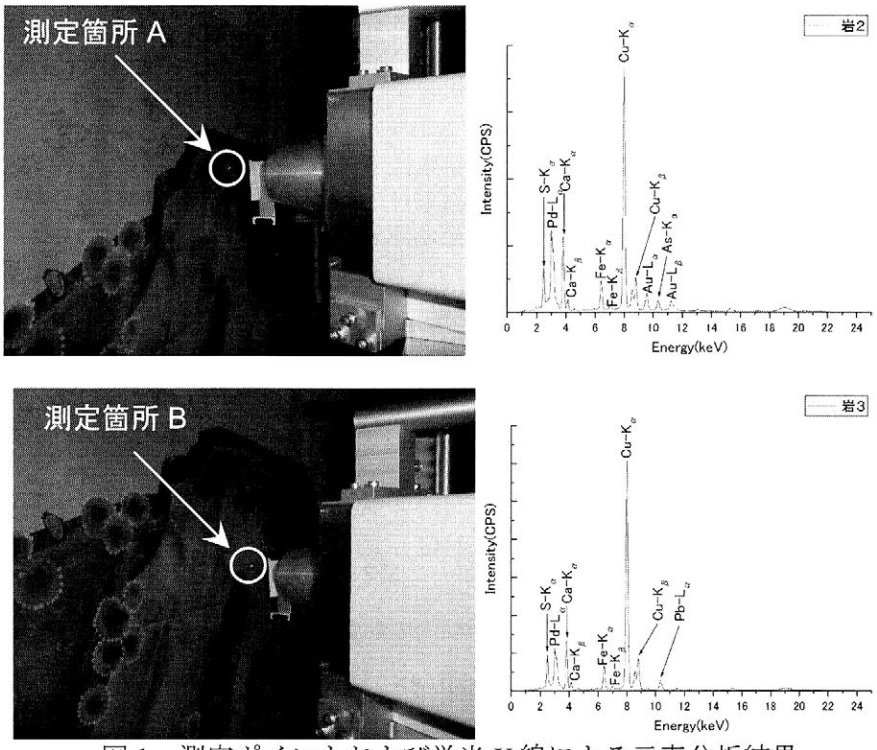


図 1　測定ポイントおよび蛍光 X 線による元素分析結果

表 1　測定箇所 A における主要なエネルギーピークと対応元素

エネルギーピーク (keV)	2.307	2.825	3.691	4.012	6.403	7.057	8.040	8.904	9.712	11.441
対応元素	S-Kα	Pd-Lα	Ca-Kα	Ca-K_β	Fe-Kα	Fe-K_β	Cu-Kα	Cu-K_β	Au-Lα	Au-L_β

表 2　測定箇所 B における主要なエネルギーピークと対応元素

エネルギーピーク (keV)	2.307	2.825	3.691	4.012	6.403	7.057	8.040	8.904	10.550
対応元素	S-Kα	Pd-Lα	Ca-Kα	Ca-K_β	Fe-Kα	Fe-K_β	Cu-Kα	Cu-K_β	Pb-Lα

天野山金剛寺所蔵古写本料紙の科学分析

○坂本昭二・江南和幸・岡田至弘（龍谷大学 古典籍デジタルアーカイブ研究センター）・
箕浦尚美（大谷大学 文学部）・落合俊典（国際仏教学大学院大学）・赤尾栄慶（京都国立博物館）

1.はじめに

大阪の河内長野市にある天野山金剛寺は数千点にも及ぶ古写本を所蔵しており、これらの調査及びデジタルアーカイブが落合等によって精力的に進められている[1]。本論文では、特に料紙の観点から古写本を調査した結果を報告する。本調査においては、デジタル顕微鏡による料紙の観察、紙厚の測定、透過光撮影と周波数解析による簀の目と紗の目の計測、蛍光 X 線分析装置による元素分析、そして赤外線撮影を行い、料紙を様々な角度から観察することによって総合的な料紙分析を試みた。

2.料紙分析

2.1 原材料について

表.1 に示した中世に書写されたとする 12 点の資料についてのデジタル顕微鏡（キーエンス：VHX-500）による料紙の観察では、全ての資料の料紙が楮を主原料として作られている紙であることが確認できた。資料(1)(2)(3)(4)(5)(8)(12)には稲藁の混入が見られ（図.1）、さらに資料(2)及び(12)には麦藁の混入も見られた（図.2）。大宝積経 巻第六十六（資料(4)）には墨で書かれた文字跡が残る古紙の断片（図.3 中央部分、大きさは 1cm 程度）の混入が見られ、さらに、顕微鏡による観察においても料紙全体に渡って微小な墨跡が見られた。この結果は薄墨色の大宝積経（資料(3)(4)）の料紙が宿紙（古紙を原料として漉き返した紙）であることを裏付けている。宿紙は薄墨色をしており、一見して再生紙とわかる色をしているが、一方で、薄墨色でない料紙からなる資料(1)(2)(8)(12)にも微小な墨跡が見られた（図.4 中央部分）。すなわち、宿紙以外の料紙にも古紙が補助原料として使用されていたことを確認できた。従って、中世の都市部における紙の大量消費に起因する製紙原料難の問題を解決する手段として、補助原料としての稲藁、麦藁、古紙の使用が行われていたようである。

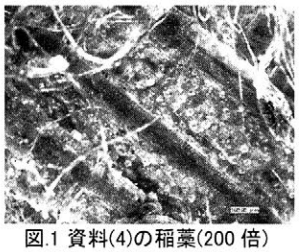


図.1 資料(4)の稲藁(200 倍)

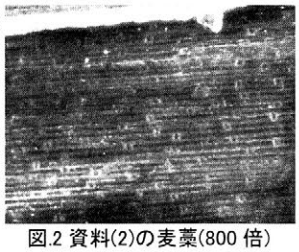


図.2 資料(2)の麦藁(800 倍)

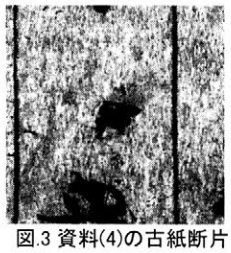


図.3 資料(4)の古紙断片

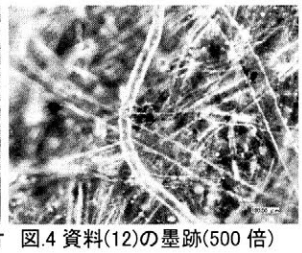


図.4 資料(12)の墨跡(500 倍)

表.1 調査資料とその計測結果

番号	経典番号	題名	記年	材料	墨跡（漉き返し）	繊維の流れ 表	繊維の流れ 裏	紙厚 [mm]	簀の目 [本/cm]
1	貞 1-19a	大般若波羅蜜多経 巻第十九	－	楮、稲	あり	なし	なし	0.12	4.8
2	貞 1-17b	大般若波羅蜜多経 巻第十七	－	楮、稲、麦	あり	なし	なし	0.12	6.1
3	貞 32-57	大宝積経 巻第五十七	－	楮、稲	あり	なし	あり	0.11	7.7
4	貞 32-66	大宝積経 巻第六十六	建久九年（1198 年）	楮、稲	あり	なし	あり	0.07	8.3
5	貞 223-1	仏説観無量寿経	長寛三年（1165 年）	楮、稲	?	あり	なし?	0.12	4.6
6	貞 1067-3	阿毘達磨識身足論 巻第三	嘉禎三年（1237 年）	楮、（稲?）	?	あり?	なし?	0.12	5.2
7	聖教 6-31	佚名孝養説話集抄（仮題）	－	楮、（稲?）	?	なし	－	0.08	5.7
8	聖教 11-108	憂喜余の友（千代野物語）	－	楮、稲	あり	あり	－	0.08	6.0
9	聖教 28-45	念仏要文抄（仮題）	－	楮	?	なし	－	0.12	4.9
10	聖教 41-71	三宝感応要略録 巻上	仁平元年（1151 年）	楮、（稲?）	?	なし	なし	0.2	5.2
11	聖教 44-1	医心方	－	楮、（稲?）	?	なし	あり	0.2	4.6
12	聖教 50-41	般舟三昧経 巻下	－	楮、稲、麦	あり	なし	あり	0.13	5.8

2.2 紙漉きについて

まず、周波数解析による簀の目(紙を漉いた後に残る縞状の模様)の計測結果から得られた知見について述べる。各資料ごとの 1cm 当たりの簀の目の平均本数を表.1 に示す。簀の目の本数が 1cm 当たり 4〜6 本の料紙が多く見られた。この簀の目の本数は道具(簀)に依存した値であるので漉き手による影響をあまり受けない値である。従って、中世の紙漉きには萱簀のような目の粗い簀が使用されていたようである。

次に、漉き方に関して、顕微鏡を用いて料紙の表裏両表面の繊維流れの方向性を調べた結果、表裏両面に繊維の方向性が見られない溜め漉きで漉かれたと見られる料紙と片面のみに繊維の方向性が見られる半流し漉き[2]と呼ばれる漉き方による料紙が見られた。しかし。今回調査した資料の中には流し漉き(両面に繊維の方向性が現れるのが特徴)による料紙は見られなかった。このことから中世前期には流し漉きはまだそれほど普及していなかったと思われる。

2.3 装飾表紙のデジタル復元

大般若波羅蜜多経 巻第十九(資料(1))の表紙(図.5 左)は装飾されているが、その文様は不明瞭で確認しがたい。そこで、まず蛍光 X 線分析(堀場製作所:XGT−2700)を行ったところ、金、銀、雲母を使って装飾されていることが明らかとなった。次に赤外線撮影により酸化して黒ずんだ銀箔部分を明瞭に浮かび上がらせることができた(図.5 中央)。この装飾には金箔、銀箔が使われ、雲母が全体的に塗られており、図.5 右のように表紙全体の文様を推定することができた。

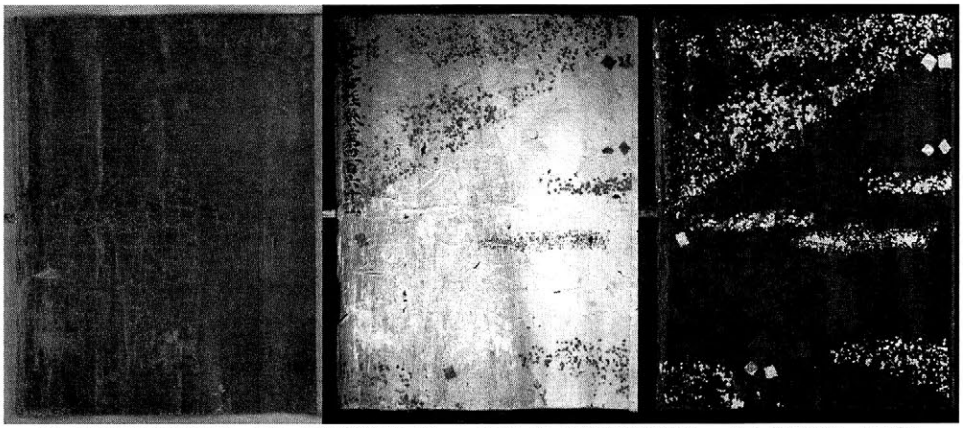


図.5 資料(1)の表紙 (左:通常撮影画像、 中央:赤外線撮影画像、 右:推定復元画像)

2.4 大宝積経の料紙分類

大宝積経は全 120 巻から成る経典であるが、金剛寺にはこのうち 105 巻が現存している。この金剛寺所蔵大宝積経の特筆すべき点として、経典に使用されている料紙が宿紙であることがあげられる。この経典においては約 1,800 枚の宿紙が現存している。全 120 巻分では約 2,000 枚に及んだことであろう。この大宝積経のうち 60 巻分を対象として、撮影画像及び透過光画像から料紙の明度、簀の目、紗の目、地合を定量的に調べた結果、紙の漉き方や漉くための道具が異なるなど、明らかに異なる特徴を持つ宿紙が見られ、この経典に使用されている料紙は少なくとも 4 種類に分類できることがわかった。このことから、写経のための大量の料紙を用意するためには何カ所かの製紙工房から料紙を調達する必要があったと思われる。

3. まとめ

金剛寺に残る中世の河内国で使用された料紙に関して、原材料の同定、漉き方の同定、デジタル復元、経典料紙の分類を行い、中世の都市部での紙事情の一端を明らかにすることができた。

今後、このような顕微鏡レベルのミクロな分析から経典全体の料紙を俯瞰するようなマクロな分析まで様々な料紙分析方法の開発及び各地で個別に行われている料紙分析の結果を統合・共有するためのデータベース開発が必要である。

【参考文献】

[1] 落合俊典: 金剛寺一切経の総合的研究と金剛寺聖教の基礎的研究, 2007
[2] 穴倉佐敏: 和紙の歴史, 印刷朝陽会, 2006

P－112

国宝　初音の調度の科学調査

小池富雄(徳川美術館), 川畑憲子・○鳥越俊行・今津節生(九州国立博物館)

1．はじめに

徳川美術館の所蔵する国宝「初音の調度」は、近世大名婚礼調度の最高峰と言われ、また江戸時代の蒔絵技法の最高水準が凝らされた作である。製作年代は17世紀前半、製作者は幕府お抱え蒔絵師・幸阿弥長重を中心とした幸阿弥工房といわれている。この「初音の調度」のうち「文台」、「硯箱」と「祝枕」を平成21年1月に九州国立博物館が借用、展示した。その際に、X線CTスキャン装置を用いた技法・構造の調査、ハンディ蛍光X線分析装置を用いた加飾材の調査、超大型非接触スキャン装置を用いた高解像度画像の取得などの科学的な調査を行ったことから、その成果について報告する。

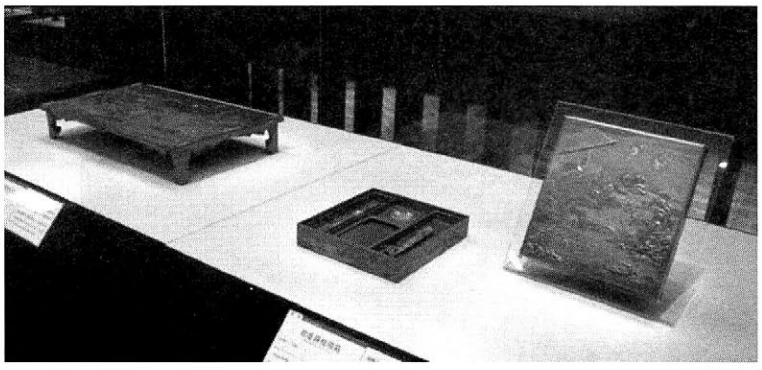


図1　九州国立博物館での展示の様子

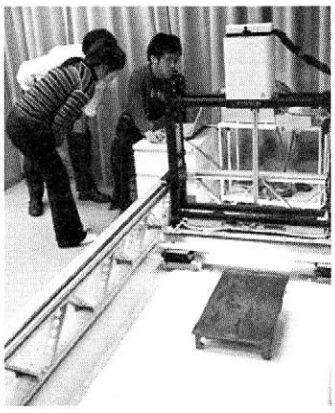


図2　超大型スキャナでの調査

2．調査方法

X線CTスキャナによる調査では、漆層の下に隠れている木組みや金具の貼り付け法などを知ることができる。独YXLON INTERNATIONAL社製Y.CT Modular 320 FPDを用い、管電圧320kV、管電流2.0mA、測定時間約6分の条件で調査を実施した。得られたデータはVolume Graphics社製VGStudioMAX 2.0の64bit版を用い、約0.2mmの精度で解析した。

携帯型蛍光X線分析装置による調査では、加飾に用いられる金属などについて知ることができる。米INNOV-X SYSTEMS社製 α4000を用い、合金モード(管電圧40kV,管電流0.5mA)で測定し、約10mmφの平均値として結果を得た。なお、測定時間は一箇所あたり30秒とした。

超大型非接触スキャナは、京都大学の井手研究室が開発した「北斎」を用いた。光源と撮影部分が一緒に動く構造であるため、同一素材の部分を同じ色調で高解像度に画像化できる。今回は600dpiの解像度で文台と硯箱について画像化を行った。

3. 調査結果

X線CTスキャナの調査は、文台と硯箱、祝枕について実施した。文台については、天板の様子や天板と脚の接合方法など、硯箱では天板や底板の様子や角の突き合わせ部分の木組みなど、また祝枕では内部にある芯の木組みや彫金金具の貼り付け方法などが明らかとなった。いずれも最上の材を用いて経年による反りの影響を意識した木組みになっていることが判明した。

ハンディ蛍光線分析計の調査は文台と硯箱、祝枕について行った。彫金金具や留金具、付描、平蒔絵などに用いられる金属素材の成分についての情報が得られた。

超大型非接触スキャナによる画像取得は文台天面と硯箱の蓋表について行った。梨子地や切金、付描、彫金金具など、組成が同じ部分を同じ色調で画像化することができ、かつルーペで観察しているような高解像度の画像を得ることができた。

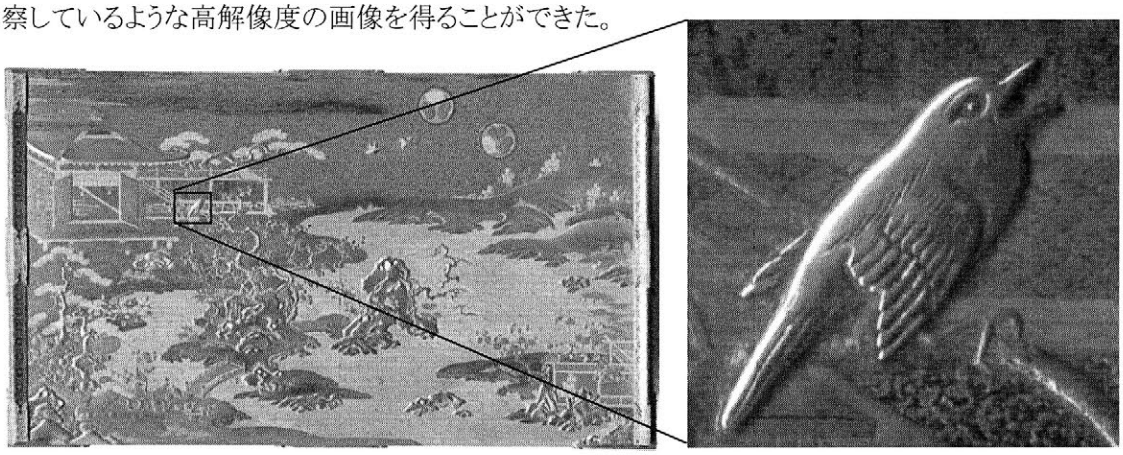


図３　初音の調度「文台（横幅 58.3 ㎝）」と超大型スキャナで得られた鶯（実物の約 3 倍）

4. まとめ

今回の調査は、X線CTスキャナ、ハンディ蛍光線分析計や超大型非接触スキャナなどの機器を用い、多面的に行った。特に、超大型非接触スキャナとハンディ蛍光線分析計による調査を組み合わせることで、組成の面的な分布に関しての知見を容易に得ることができるようになった。このように複数の機器を併用することで、江戸時代の最高水準の漆工技術の一端が解明でき、漆工史、ひいては日本の美術工芸史の研究の上でも、多くの新知見を得ることが出来た。

漆工品に対する科学的調査として、X 線透過撮影や蛍光 X 線分析による調査が修理時に行われ、有用な情報が得られているが、保存状態のよい文化財に対する非破壊調査の例はあまり多くないのが現状である。研究や修理に役立つ情報を蓄積するためにも、九州国立博物館の装置を活用していただけると幸いである。

なお、本研究の X 線 CT 調査に関する部分は科学研究費基盤研究(C)にて実施した。

P－113

アンコール遺跡バイヨン内回廊における砂岩材含水率の年変化

○内田悦生・下田一太・田久保豊・豊内謙太郎（早稲田大学理工学術院）

1. まえがき

バイヨンの内回廊と外回廊にはレリーフが施されており、バイヨンにおける観光スポットとなっている。内回廊と外回廊のレリーフではその劣化度に違いがあり、内回廊で劣化が進行し、特に、内回廊中央部の基壇の高くなったところでレリーフの傷みが激しくなっている。劣化している箇所では、方解石の濃集による剥離やシリカ分の表面析出が見られ、塩類風化が劣化の原因となっている。そこで、バイヨン内回廊における水の動きを調べ、レリーフの劣化との関係を明らかにすることを目的として、内回廊における含水率の年変化を調べた。

2. 含水率測定方法と測定箇所

含水率の測定には、ケツト科学研究所製のコンクリート・モルタル水分計 HI-500 を用いた。測定に先立ち、アンコール・ワットの灰色～黄褐色砂岩材から切り出した岩石片を用いて装置の較正を行なった。

バイヨン内回廊の 12 領域（次ページの図の A～L）、64 箇所において 2007 年 12 月から 2009 年 2 月までの 1 年 2 ヶ月間、毎月 1 回ずつ測定を行なった。

3. 含水率測定結果

基壇の低い場所（領域 A、D、E、F、G、J、K、L）と高い場所（領域 B、C、H、I）における測定結果を次ページの図に示す。

3.1 基壇の低い場所

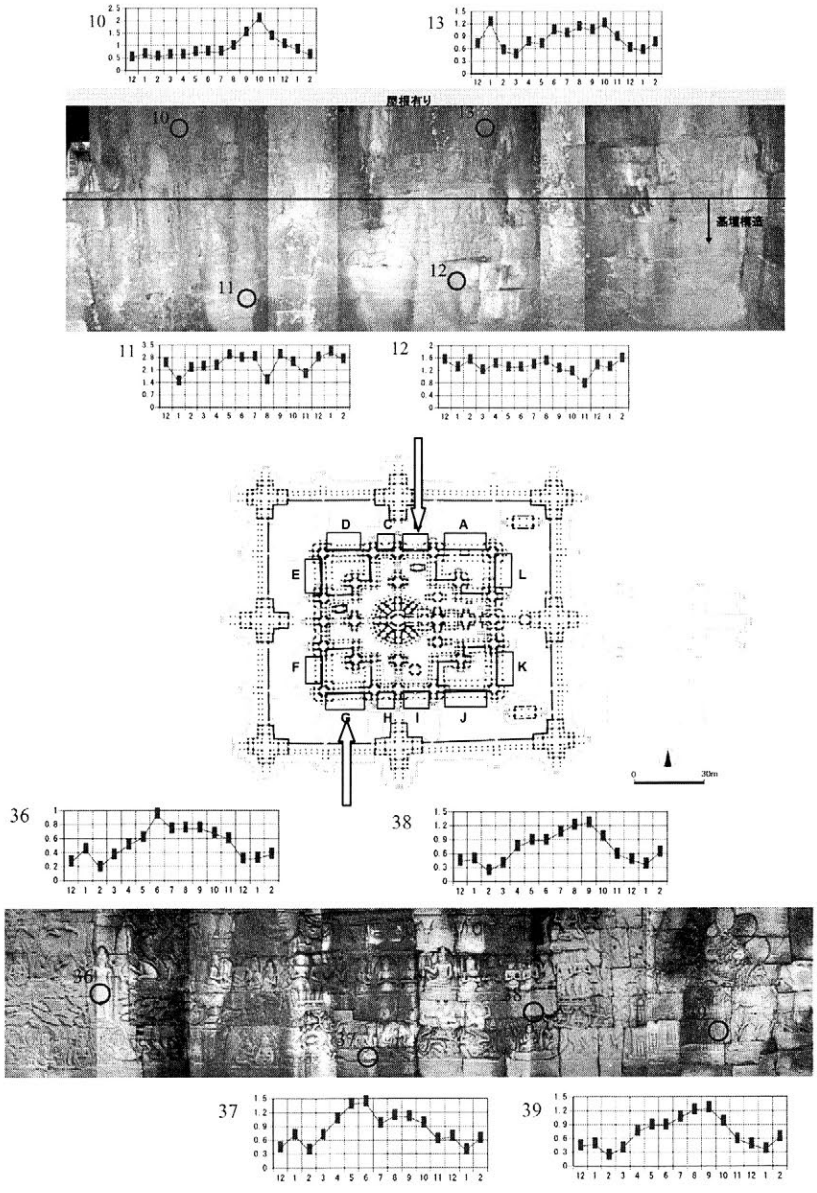
基壇が低く、屋根の無い場所では北面東側（東側には屋根有り）で含水率が高く、北面西側、西面北側・南側、南面西側、東面南側で低くなっている。北面東側では日当たりが悪く、岩石中の水分が蒸発し難いが、南側、西側および東側では日当たりがよく、雨がかかってもすぐに蒸発することを示している。また、基壇が低く、屋根のある場所では場所による含水率の違いが大きく、屋根部からの雨水の漏れの有無や日当たりの良し悪し等により異なる。基壇の低い場所では、全体的に降水量に連動した含水率の変化を示し、6 月頃と 10 月頃にピークを示している。

3.2 基壇の高い場所

基壇が高い場所では全般的に含水率は高いが、背後に基壇のある下部と基壇の無い上部とでは異なった含水率の年変化を示している。背後に基壇のある下部では相対的に含水率が高く、年変化があまり見られない。それに対し、背後に基壇の存在しない上部では、相

対的に含水率が低く、降水量に連動して含水率が変化している。

基壇が高く、背後に基壇を有する場所では、レリーフの劣化が顕著であり、その表面に方解石や非晶質シリカが析出しており塩類風化が劣化の原因である。含水率測定結果からこのような場所では年間を通して含水率が高く、かつ、年変化が小さいことが明らかになった。このことは、基壇内部に浸み込んだ雨水が徐々に基壇表面の砂岩材に移動し年間を通じて含水率が高く保たれていることを示している。このような水が石材表面から大気中に蒸発し、その過程で水に溶けていたカルシウム分やシリカ分が方解石や非晶質シリカとなって石材表面に析出し、レリーフの劣化を引き起こしている。それゆえ、レリーフの劣化防止対策として、背後にある基壇からの水の供給を遮断する必要がある。



基壇の高い領域B （上）と基壇の低い領域G(下)における砂岩材含水率の年変化

(2007年12月～2009年2月)

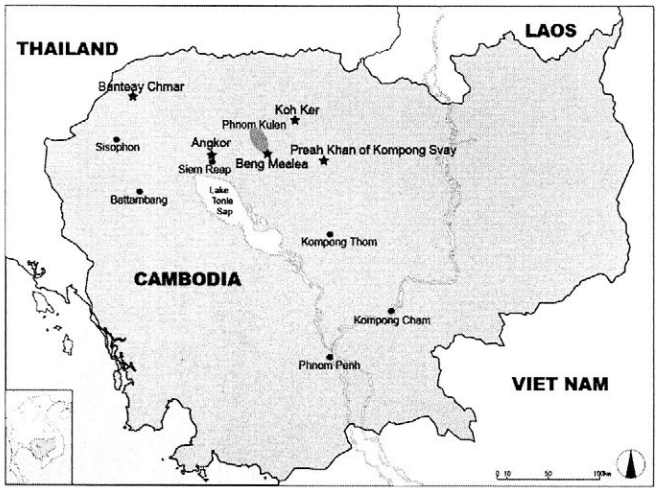
P－114

クメール帝国地方遺跡に使用されている砂岩材 － バンテアイ・チュマール、ベン・メリア、コー・ケルおよびコンポン・スヴァイのプリア・カーンの場合

○内田悦生・田久保豊・豊内謙太郎（早稲田大学理工学術院）

1．はじめに

カンボジアのアンコール遺跡では主要建築材料の 1 つとして、灰色～黄褐色砂岩が共通に用いられている。この灰色～黄褐色砂岩は、構成鉱物および化学組成において遺跡や時代による違いは認められず、岩石学的に全く同じ砂岩である。しかしながら、灰色～黄褐色砂岩の帯磁率は時代とともに変化し、その詳細な帯磁率測定はアンコール時代を通じて 7 つの石切り場が存在したことを示している。そこで、本研究ではアンコール遺跡から離れた地方拠点遺跡であり、アンコール遺跡と同じ灰色～黄褐色砂岩が使用されているバンテアイ・チュマール、ベン・メリア、コー・ケルおよびコンポン・スヴァイのプリア・カーンにおいて砂岩材の調査を行い、アンコール遺跡の灰色～黄褐色砂岩との比較・考察を行った。



2．コー・ケルの砂岩

コー・ケルは、シェム・リアップの北東約 90km のところに位置している。ジャヤヴァルマン 4 世によって 921 年にアンコール地域からコー・ケル地域に遷都されて以来、941 年までこの地に都が存続した。

コー・ケルで使用されている灰色～黄褐色砂岩は、質が良く、その帯磁率は 0.72～1.31×10^{-3}SI unit の範囲にある。しかしながら、コー・ケルの砂岩の帯磁率は、この時期のアンコール地域の砂岩の帯磁率（2.3～3.0×10^{-3} SI unit）とは一致していない。このことからコー・ケルの灰色～黄褐色砂岩は、アンコール地域のものとは異なることを示している。コー・ケル地域には灰色～黄褐色砂岩が所々に露出しており、旧石切り場も見られる。これらの砂岩の帯磁率はやや低く 0.34～0.70×10^{-3} SI unit であるが、露頭では砂岩表面が変質していることを考慮に入れると、コー・ケルの砂岩は周辺地域から供給されたと推測される。

3．コンポン・スヴァイのプリア・カーンの砂岩

コンポン・スヴァイのプリア・カーンは大プリア・カーンとも呼ばれ、アンコール・ワ

ットの東約 100km のところに位置している。大プリア・カーンは 11 世紀前半（クレアン期）にスールヤヴァルマン 1 世によって建造され、その後、12 世紀末～13 世紀初め（バイヨン期）にジャヤヴァルマン 7 世によって増築されたと言われている。

大プリア・カーンに使用されている砂岩は、中心部の外回廊東西ゴープラ、内回廊東西南北ゴープラ、中央祠堂および南北経蔵等において 1.4～2.0×10^{-3} SI unit の相対的に高い帯磁率を示している。それに対し、外回廊南北ゴープラ、外回廊および内回廊の一部、外周壁ゴープラ、プラサート・プリア・トコル、プラサート・プリア・ストゥンおよびプラサート・ドムレイの砂岩材の帯磁率は 0.2～0.5×10^{-3} SI unit の低い値を示している。帯磁率の高い砂岩材は加工精度が高く、整層積みで正方形の断面を示し、アンコール地域のクレアン期の砂岩材の帯磁率と一致している。このことはアンコール地域と同様にクレン山から石材が供給されたことを示している。それに対し、帯磁率の低い砂岩は長方形の断面を示しており、乱積みで、基本的に層理面は水平方向になっている。これらの箇所における砂岩の帯磁率は同時期のアンコール地域における砂岩の帯磁率とは異なっており、地元の砂岩が使用されたことが推測される。

4．ベン・メリアの砂岩

アンコール・ワットの東約 40km、クレン山南東麓に位置するスールヤヴァルマン 2 世によって建立されたアンコール・ワット期の寺院である。

ベン・メリアは基本的に砂岩造であり、砂岩の質がよく、加工精度も高い。一般的には 32cm×47cm 程度の長方形の断面を持つ砂岩材が用いられているが、南側の中回廊と外回廊の間にある 2 棟の建造物では、大きな砂岩材が使用されている。砂岩の帯磁率は場所によって異なり、1.88～4.14×10^{-3} SI unit の範囲内にある。帯磁率的にはアンコール遺跡のアンコール・ワット期前期の建造であるトマノンやチャウ・サイ・テボダと一致している。このことは、ベン・メリアの砂岩材は、アンコール遺跡の砂岩と同様にクレン山から供給されたことを示している。

5．バンテアイ・チュマールの砂岩

シェム・リアップの北西約 110km に位置する 12 世紀末～13 世紀初めのバイヨン期にジャヤヴァルマン 7 世により建造された大規模な寺院である。バンテアイ・チュマールには、バイヨンと同様にバイヨン期後期の特徴である四面塔が見られる。

砂岩の帯磁率は 1 箇所を除いて 0.96～2.29×10^{-3} SI unit の範囲内にある。これらの帯磁率はバイヨンの外回廊に対応した値である。砂岩の帯磁率や他の特徴は、バンテアイ・チュマールの砂岩材が、アンコール地域において同じ時期に使用されていた砂岩材と同じクレン山の石切り場から供給された可能性を示唆している。しかしながら、バンテアイ・チュマールはシェム・リアップから直線距離で 110km も離れており、同じ石切り場の砂岩材が使用されていたとは考え難く、帯磁率の一致は単なる偶然である可能性がある。

P－115

モヨロ遺跡での考古地磁気と地中レーダ探査の研究

○酒井英男・菅頭明日香・泉 吉紀・岸田 徹(富山大学)，臼杵 勲(札幌学院大学)

1. はじめに

北海道網走市の史跡最寄(ﾓﾖﾛ)貝塚は，縄文時代からｱｲﾇ期までの遺構を有する遺跡で，特にｵﾎｰﾂｸ文化の代表的な遺跡として知られており，竪穴住居址・貝塚・墓などが発掘されている．ﾓﾖﾛ貝塚において考古地磁気の研究と地中ﾚｰﾀﾞ探査を実施した．

本稿では，同貝塚中心部の 9 号住居址と石組み２の遺構で行った考古地磁気による年代論の成果を中心に報告する．

9 号住居址はｵﾎｰﾂｸ文化期中期（刻文期）に属し，現地表から約 2m の深さに掘削された竪穴住居(平面は六角形)であり，長軸は 12mを超える規模を持つ．床面には粘土の「貼床」があるが，竪穴廃絶時に火を受けた影響を示す硬化が認められていた．また，屋外には石を囲んだ石組み遺構が数基検出されていた．これらの遺構の内部には炭化物が見られ，熱を受けたと思われるが，焼土・灰が明確ではなく炉址ではないと判断され，正確な用途は不明であった．本研究では，年代とともに，遺構の焼成の有無・程度が明らかになり，その性格を考える資料を得ることも期待された．住居址床面の焼土と屋外の石組２内部から試料を採取して，研究を実施した．

図 1．ﾓﾖﾛ貝塚と調査遺構

2. 研究試料と実験

9 号住居址は建て替えにより３時期に区分される．今回は，その最終時期の床面に，MO4 と MO6 の２ｻｲﾄの調査範囲を設定して，焼土を定方位で採取した．また石組み２では MO1 ｻｲﾄを設定し，定方位の焼土試料を採集した．

各試料について，自然残留磁化を測定後，二次磁化を除いて，焼成時の磁化を抽出する為の段階交流消磁実験を行った．磁化測定と消磁実験には，富山大学・磁気ｼｰﾙﾄﾞ室の超伝導磁力計(2G760R)を使用した．多くの試料では，消磁実験により，安定な熱残留磁化が得られた．

残留磁化の強度は，ｻｲﾄ MO6 に比べて，ｻｲﾄ MO4 は１桁弱く($10^{-5}Am^2/kg$)，消磁に於いても，2.5～5mT という低い磁場で強度は半減した．これらの磁化特性は，共に 9 号住居址の焼けた床面であるものの，ｻｲﾄ MO6 の領域の方がより高い温度での焼成を受けたことを示している．また，石組み２(ｻｲﾄ MO1)も，磁化の安定性は MO4 と同程度であり，調査範囲の焼成はあまり高く無かったと考えられる．

3. 考古地磁気年代の検討

消磁実験で信頼度が高いと判別された試料のﾃﾞｰﾀを用いて，各ｻｲﾄの残留磁化の平均を，ﾌｨｯｼｬｰ統計により求めた．9 号住居址床面では，2 箇所のﾃﾞｰﾀを合わせて計算した結果，平均の磁化は，偏角-15.0 度，伏角 65.7 度，方向の信頼円角(α_{95})2.1 度と得られた．石組み２(MO1 ｻｲﾄ)の磁化は，偏角-11.3 度，伏角 67.5 度，α_{95}角 2.1 度を示した．これらの磁化方向を過去の地磁気変動と比

較して，遺構の年代を推定した．

図２には，各磁化方向とその信頼円を，拡大したｼｭﾐｯﾄﾈｯﾄ上に示している．比較する過去の地磁気変動では，西南日本版気変動のAD600-900年の期間について，伏角を８度深くする補正を施した曲線を作成し載せている．これは，西南日本版地磁気変動の基準点である京都市と，網走市との，緯度の違いによる伏角差を考慮した補正である．適切な補正値は検討の余地があるものの，近傍の斜里町ﾁｬｼｺﾂ遺跡の研究でも，８度伏角を深くした西南日本版地磁気変動は，年代推定の基準として妥当との結果が得られており（酒井ほか，2008），現段階では，この補正による北海道版の地磁気変動が利用できると考えられる．

図より，磁化方向が地磁気変動曲線に近い年代を読みとると，９号住居址の「貼床」（ｻｲﾄMO4,6）についてはA.D.640(+60,-40)年頃，また石組２（ｻｲﾄMO1）では，A.D.660(+40,-20)年頃の地磁気年代が得られる．９号住居址は，ｵﾎｰﾂｸ文化期中葉（刻文期）に属し，暦年代は6～7世紀と推定されており，地磁気年代は，考古学的年代と良く合う結果となった．

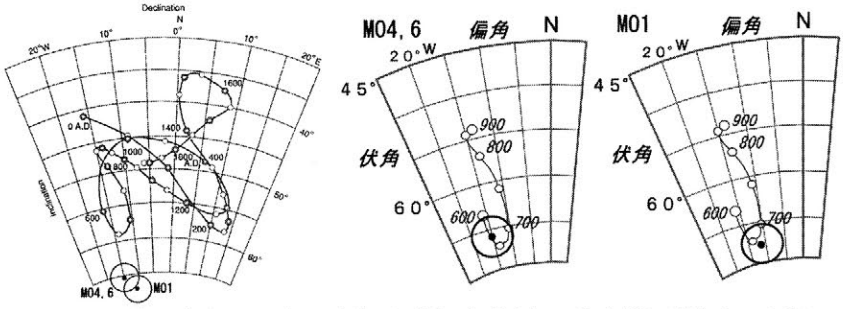


図２．磁化方向と西南日本版地磁気変動(右は伏角補正後)との対比

まとめると，ﾓﾖﾛ貝塚遺跡の９号住居址の「貼床」では，西南日本版の地磁気変動について伏角を８度深くした北海道版の地磁気変動と焼土の磁化の比較により，７世紀半ばの地磁気年代が得られ，同住居址はｵﾎｰﾂｸ文化中期（刻文期）との考古学的見地と整合する結果であった．これは，本研究で用いた北海道版の地磁気変動が，北海道のｵﾎｰﾂｸ文化期における遺構の年代推定の手段として，利用できることを示している．

また，石組み２については，内部で焼成は行われたものの，その程度が低いことが焼土の磁化特性から確認され，遺構の性格を考える上でも重要な資料が得られた．石組み２の地磁気年代から，その使用時期は，９号住居址より若干新しい可能性も示された．石組み２は，遺跡の中では墓域の南端部に位置しており，埋葬に関連する遺構の可能性も考えられている．

今後，考古地磁気研究の事例が増えることで，北海道に特有な地磁気変動の詳細が明らかとなり，それを用いて北海道の遺跡でのより良い精度の年代推定が可能になると考えられる．その段階で本研究の結果も見直し，各遺構の年代を改めて検討することが望まれる．

4. 探査の研究結果

地中ﾚｰﾀﾞ探査については，貝塚館前の駐車場で探査を実施した所，以前のﾄﾚﾝﾁ跡や地層の境界は判別できたが，遺構や遺物を示す応答は認められなかった．また住居跡周辺における探査では，地下の層位が南西から北東へ傾斜している応答が得られ，北東方向に海が迫っている構造が捉えられた．更に，直線状に延びる異常応答が認められており，これが，遺構であるかを，今後，発掘調査等により検討することが必要である．

調査において，網走市立郷土博物館の故･和田館長にお世話になった．

地中レーダ探査法による大規模遺構の研究
－富山県久泉遺跡における大溝の探査例－

○岸田徹(同志社大学)，泉吉紀(富山大学)，酒井英男(富山大学)

1．はじめに

考古学において，過去の土木事業の復元や労働力の推定は，重要な研究課題となる．土木事業は，社会体制，経済状況，技術水準により形態が異なり，その研究は当時の社会情勢の解明にも繋がる．しかし，過去の大規模土木事業の全体像を把握するためには，限られた発掘調査では限界がある．そこで，我々は，地下の浅部構造の解明に有効な地中レーダ探査を用いて，富山県久泉遺跡（図1）で発見された東大寺領荘園に関連する大溝（図2）を対象に，流路復元および掘削土量と投下労働量の試算を試みた．

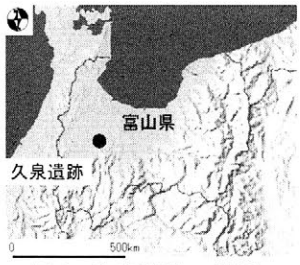


図1　久泉遺跡の位置

図2　久泉遺跡で見つかった大溝(SD09)の写真

2．探査の概要

探査は，富山大学理学部所有のカナダSensors & Software社製Noggin plus 250及びSmart Cart Systemを用いて実施した．中心周波数250MHzのアンテナを使用し，大溝が発見されたトレンチの近傍から探査を開始した．現地で測定データをモニターし，溝の位置を把握しながら，順次，探査区を広げることとした．測線総数は317本，延べ約10,500mを探査した．

3．探査結果と考察

3．1．大溝の流路

大溝が発見されたトレンチの近傍で得られた代表的なプロファイルを図3に示す．同プロファイルでは，深度約1.1mから2mに境界面が見られた．発掘調査から同境界は礫層であることが判明している．測線距離2～9mでは，その礫層が途切れており，連続していない．大溝は礫層を0.8m程掘削していることが確認されており，この礫層の不連続は大溝によるものと推定できた．また，礫層の途切れている箇所では，礫層より約1m深部に溝底と考えられるやや平坦な構造が認められた．同様の構造は他の測線でも明確に捉えることができた．

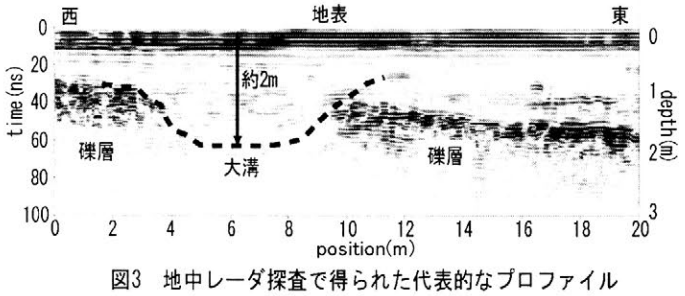


図3　地中レーダ探査で得られた代表的なプロファイル

図4には，各探査区のプロファイルの解析から復元した約2kmに渡る大溝の流路を示した．破線部分は民家や建物等により探査できなかった部分である．大溝は北西方向にさらに続くが，想定される方向には工場があり，これ以上の探査を現段階で行うことができなかった．

久泉遺跡から南方向へと探査した結果，発掘トレンチより約350mの距離で，さらに大規模な溝状構造が認められた（図5）．平面的な形状は大溝より広く，旧河道である可能性が高い．探査では，大溝と旧河道とが合流する様に読み取れることから，この旧河道は，大溝が使用されていた時代の河川であり，同地点に取水口が存在した可能性が考えられる．

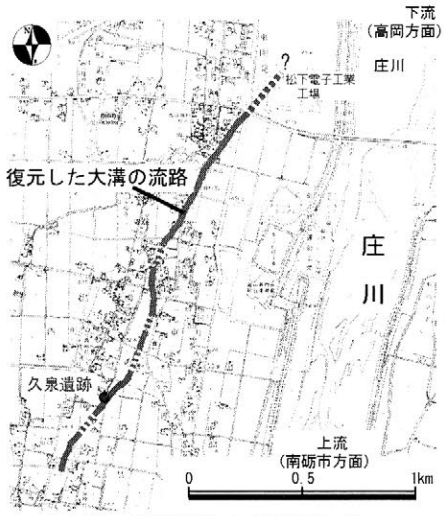


図4　探査結果から復元した
大溝の流路

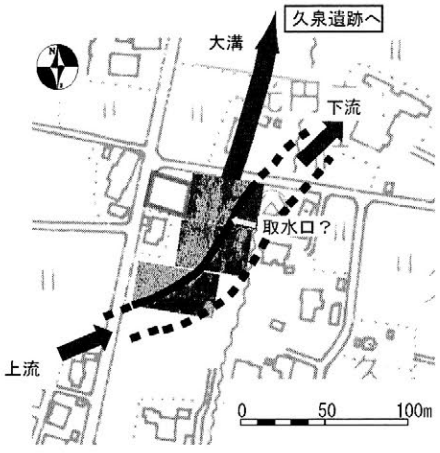


図5　旧河道周辺のtims-slice図
（解析深度約1.35-1.8m）

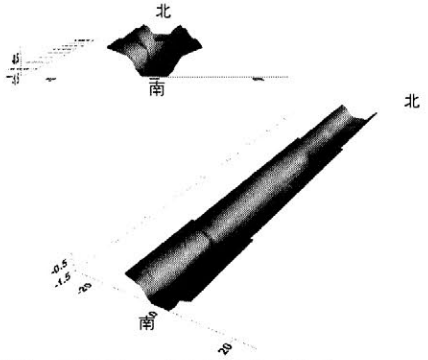


図6　プロファイルから作成した
大溝の三次元モデル（一部）

3．2．大溝の掘削土量

タイムスライス図により，溝の方向（軸線）が推定できた探査区では，溝に直交する断面にプロファイルを投影して，溝の直交断面形を検討した．溝の①:上面の幅，②:傾斜変換点での幅，③:底面の幅，④:上面より傾斜変換点までの深さ，⑤:上面から底面までの深さ，⑥:地表から溝底までの深さの６つの計測値を各プロファイルから読み取った．次に，読み取った値を元に，大溝が直線で近似できる範囲についてそれぞれ三次元モデルを作成した（図6）．作成した三次元図を用いて，溝の掘削量を求めた結果，大溝の掘削量は約16,000㎥と見積もられた．

3．3．大溝掘削に投下された労働量の推定

水野（1971）では，８世紀に掘削された越前国の荘園溝について，文献資料に示された溝の幅，深さ，距離と延べ人員から，その掘削土量を推定している．我々も，水野の掘削量を用いて，探査結果から求められた大溝の土量から，大溝の掘削にかかった延べ人数を計算した．その結果，労働量（延べ人数）は，約5,000人と求められた．

越前国の奈良時代の荘園において，溝の掘削に投下された労働量は，桑原庄が約1,200人，栗川庄では約300人であった．これらに比べて，久泉遺跡の大溝の掘削に投下された労働量はかなり多い．このことは，当時の久泉遺跡の周辺地区は重要な開墾地であり，多くの水田が周辺に広がっていたことを示唆している．

4．まとめ

大溝が確認された地点から順次，経路を追って探査した結果，２km以上にも及ぶ大溝の流路，及び取水源とみられる旧河川の位置が復元された．また，探査が解明した大溝の断面構造と施工距離に基づいて，当時の工事による土地改変の土量が約16,000㎥以上と求められ，更に工事に投下された労働量も検討できた．成果は，考古学における新たな情報となり，歴史地理学においても重要な成果であると考える．

参考文献

・水野時治(1971):条里制の歴史地理学的研究，大明堂，823p.
・砺波市教育委員会(2005):久泉遺跡発掘調査報告Ⅱ，砺波市教育委員会，99p.

珠洲焼窯跡における電磁気探査と考古地磁気・放射性炭素年代の研究

○泉　吉紀*，竹内侑子*，岸田　徹**，酒井英男*，中村俊夫***
(*富山大学，**同志社大学，***名古屋大学年代測定総合研究センター)

１．はじめに

遺跡の調査では，年代と遺構の範囲は主要な対象であり，自然科学の研究による寄与が望まれている．本研究では，珠洲焼窯跡を対象に，焼土の残留磁化を用いる地磁気年代の研究と電磁気探査を行った．年代研究では，放射性炭素年代法(C14 法)も実施し，両方法による年代を，珠洲焼窯の考古編年と比較検討した．

地下に埋没した遺構を対象とする探査では，地中レーダ(Ground Penetrating Radar:GPR)と磁気探査は有力な手法であり，発掘前に，遺構の位置・分布を探る概査として，更に近年では詳細に広範囲を探る研究手法として利用されている．しかし遺構の物性によって有効な探査法は異なり，同じ遺跡で複数の方法を用いること，及び対象とする物性の実測値との比較も実施することが信頼度の高い探査の実施と研究進展の為にも必要と考えられる．

窯跡の操業年代を探る研究においても，考古地磁気法と C14 法を同時に用いることで年代の信頼度は高くなる．本研究では両方法による年代を研究し，結果を考古学年代と検討した．

調査は，石川県能登町の珠洲焼窯跡群に属する行延窯跡と河ヶ谷ミソメ窯跡で行った．

２．研究の概要と結果

＜探査＞

磁気探査(光ポンピング型セシウム磁力計 G-858)と GPR 探査(Noggin Puls)を行った．行延窯跡では，窯面が地表下数 10cm の浅部と想定されたので，GPR 探査は周波数 500MHz のアンテナを使用し，河ヶ谷ミソメ窯跡では窯深度が不明の為，250MHz のアンテナを用いた．探査結果は，走時と反射波強度から，擬似断面図(GPR profile)と Time slice 図を作成して解析した．磁気探査では，各点の磁場データをマッピングして，強弱を色で分けた平面分布図により検討を行った．

河ヶ谷ミソメ窯跡における探査結果を図１に示す．破線の範囲に，レーダ波の反射が弱く，強い磁気異常を示す領域として 2 基の窯が推定できた．この結果を元にトレンチ調査が行われ，探査で示した範囲に良く一致して 2 基の窯跡が発見された．

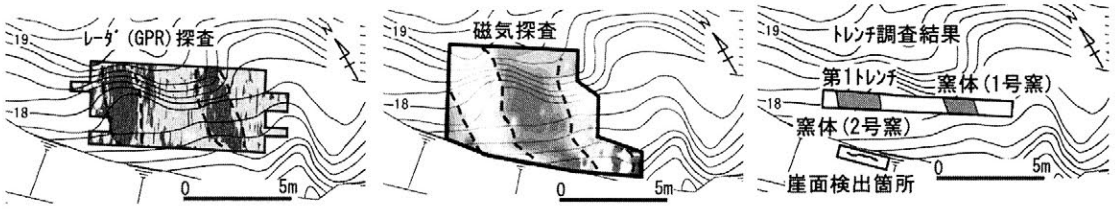


図１．河ヶ谷ミソメ窯跡での探査結果 (GPR 探査，磁気探査)とトレンチ調査結果

＜年代推定＞

地磁気年代の研究は，探査結果を元に行われたトレンチ地点に現れた焼土を採取して行った．調査した遺構は，行延窯跡(NY1)と河ヶ谷ミソメ窯跡(1 号窯 IK1，2 号窯 IK2 及び IK3)である．各窯跡より採取した試料の磁化は，富山大学磁気シールド室の超伝導導磁力計(2G 760R)を主に用いて研究し，同付属機器で交流消磁実験を行って信頼できる磁化を抽出した．年代の研究では，北陸地方の地磁気永年変動(A.D.500-1500 年：広岡,1997)を用いて検討した．

放射性炭素年代測定は，行延・河ヶ谷ミソメ窯跡の各遺構より採取した木炭試料を選別し，名大・年代測定センターのタンデトロン加速器質量分析計で測定した．

地磁気年代推定では，図２に示す様に，各サイトの磁化の平均方向を拡大シュミットネット上に示し，北陸版地磁気変動と対比した．その結果，行延窯跡(NY1)の年代は A.D.1350±90 年，河ヶ谷ミソメ窯跡の 1 号窯 IK1：A.D.1200±25 年，2 号窯 IK2：A.D.1240±40 年の年代が推定

された(IK3は偏角が大きく東偏し，年代推定は困難だった)．表1に地磁気年代と土器形式編年(吉岡,1987)を比較している．

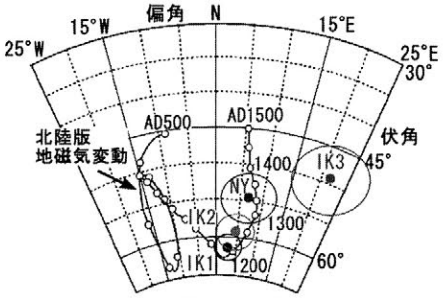


図2．各サイトの平均の磁化方向(α95円)と北陸版地磁気変動の比較

表1．考古地磁気年代と土器編年(吉岡編年)との比較

	サイト名	推定年代	土器編年（吉岡編年）	
河ヶ谷ミソメ窯跡				
1号窯	IK1	A.D.1200±25年	Ⅰ3～Ⅱ1期	A.D.1190～1220年頃
2号窯	IK2	A.D.1240±40年	Ⅰ3～Ⅱ1期	A.D.1190～1220年頃
行延窯跡				
1号窯	NY1	A.D.1350±90年	Ⅳ2期	A.D.1330～1350年頃

C14法年代測定では，得られた年代を暦年代較正データ IntCal04（Reimer et al.,2004）により暦年代に較正した(図3)．行延窯跡では，推定年代範囲は1世紀を超えたが14世紀中葉を含む年代値が得られた．河ヶ谷ミソメ窯跡の較正暦年代は，calAD1030-1190 となった．この年代も，図の様に，較正データのデコボコする領域にあたる為，推定年代の幅は広くなっている．

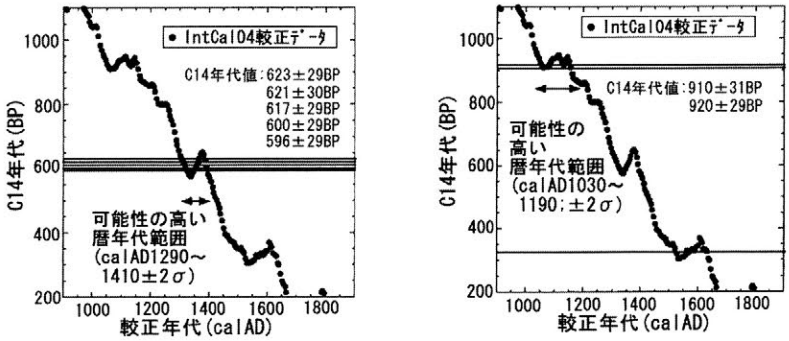


図3．C14年代とIntCal04較正データの比較．左：行延窯跡，右：河ヶ谷ミソメ窯跡

3．考察とまとめ

行延窯跡では，地磁気年代と14C年代はほぼ一致し，14世紀中葉の操業と推定できた．河ヶ谷ミソメ窯跡では，1号窯の操業はA.D.1200±25年，2号窯がA.D.1240±40年と推定され，考古年代とC14法も合わせると，12世紀末葉を中心として長期間に操業していたと考えられた．

地磁気年代では，両窯に数十年のズレが見られたが，これについて2つの解釈ができる．

(1)2号窯では，試料を採取した窯壁の部位が操業時の磁化獲得後に，山崩れや地すべり等で変形して，年代誤差を生じた可能性がある．しかし，大規模な山体の変動があれば隣接する窯は共に動く筈であり，磁化の測定結果を説明できない．また探査で得られた窯体の形状からも，2号窯が変形や移動を被った様子は伺えない．

(2)次に，2号窯は1号窯に続いて操業された可能性を考えた．寺社カメワリ坂第1･2号窯の様に，至近距離で連続的に操業された窯群は報告されている(吉岡，1987)．しかし，隣接して窯が同時期に操業した例は確認されていない．また，珠洲焼初期生産時に2基の窯を同時に操業するほどの生産量が求められていたのかにも疑問が持たれる．

以上のことから，(2)の説が妥当と考えられ，河ヶ谷ミソメ遺跡の2つの窯の使用は，1号窯に続いて2号窯が操業された可能性が高いと考えている．

探査ではGPRと磁気の両方法の適用で調和する結果が得られ，推定された窯跡の位置で，その後のトレンチ調査により2基の窯が発見され，探査は非常に有効であった．また，窯の残留磁化と帯磁率から，窯の部位による焼成度の違いが示され，探査結果との対応も検討できた．探査と物性調査を併用することの重要性も示された．

P－118

X 線 CT を用いた考古遺物(鉄製品)の測定と観察

○吉川英樹（日本原子力開発機構），徳田誠志・清喜裕二（宮内庁書陵部）

１．研究の目的

本件は，金属材料の土中における長期腐食挙動を把握するために，古墳時代鉄製品の腐食量を計測することを目的とし、今回 1,500 年ほど土中にあった考古遺物の腐食データが得られた。X 線 CT 測定結果を踏まえた鉄製遺物の腐食についての考察とともに，X線ＣＴによる考古学的な観察結果とその成果についても報告するものである。この成果は日本原子力研究開発機構において進めている放射性廃棄物の地層処分研究分野にも資することができる。

２．測定資料

今回測定した資料は，福井県若狭町西塚古墳から出土した鉄地金銅張馬具（剣菱形杏葉・辻金具）である。この西塚古墳は JR 小浜線上中駅近くにある脇袋古墳群を構成する１基であり，現在は後円部の一部しか残さないが全長 74ｍを測る前方後円墳である。古墳は大正５年(1916)に，線路建設に伴う土取工事において石室が発見され，神人歌舞画像鏡，小札鋲留衝角付冑，金･金銅製装身具等の豊富な遺物が出土した。これらの遺物は宮内庁書陵部に所蔵されており，古墳時代中期後半(５世紀後半)の一括遺物として標準資料となるものである。

３．分析の方法とその結果

3-1 腐食データの測定結果について

本資料の鉄地金銅張馬具は鉄製の台座の上に金銅板を置き、その周囲を鉄製の縁金で鋲付けして制作されている。腐食の特徴として、銅という異種金属が共存している鉄の長期腐食事例であり、定量的に調査した例は今までにない。高レベル放射性廃棄物の地層処分方策の一つとして、外側に銅を耐腐食性材料に用いた炭素鋼容器の使用が検討されており、銅共存下鉄腐食量評価は重要である。

腐食量の評価はマイクロ X 線 CT 測定機（東芝社製 TOSCANER-30000μ）により非破壊分析で錆の厚さとして測定した。鉄（比重 7.8）、銅（比重 8.9）ともにこれらの腐食生成物とは明確な区別が可能である。図１に剣菱形杏葉の現状写真、図２に X 線 CT 測定による断面図を一例として示した。図２で残存している鉄及び銅は白く示されている。鉄の残存は周囲に多少散在しているのみであるが、銅は明確に厚さ 0.8mm、長さ 5.8mm の板状に残存している。これは、金銅板（銅、厚さ 0.8mm 相当）が腐食せず残存していることを意味する。

一方、図１にて緑色を示すのは金銅板の腐食により生成した緑青が鉄腐食生成物表面に付着していることによるが、金属銅は検出されない。残存している縁金付近の金銅板が外側に向け跳ねていることから、中央部分にあった金銅板は台座の鉄製座金の腐食による内部からの応力又は腐食性ガスにより外側に向け破損したと考えられる。腐食性ガスは鉄部分でアノード反応、接触する銅部分でカソード反応が進行し発生した水素ガスと推測される。

鉄製縁金は、かすかに残存するので発掘まで腐食が進行していたと仮定し、腐食量を評価した。錆の厚さは多いところで 5.4mm あった。X 線 CT 画像から密度の高い錆が検出されていることから、生成した錆を比重の重い磁鉄鉱と保守的に仮定し評価した結果、厚さは約 2.0 mm の鉄が腐食したことが分かった。座金も縁金も同等の厚さの鉄製であったと推測される。

鉄の残存性としては、腐食環境は、鉄（III）の腐食生成物であるゲーサイト等が少ないこと、また水素発生が起こっていると仮定すると弱酸化性であった可能性もあり、同様な環境での鉄材のみの腐食事例である、出雲大社の手斧（腐食量 0.2-0.7mm／760 年間, Yoshikawa 2007）、大和６号墳の鉄てい（0.5-2.1mm／1500 年間, Yoshikawa 2008）に比べると同等であるが鉄の残存は少ない。これが異種金属共存下での長期腐食のためなのか、今後のデータ蓄積が望まれる。

3-2 考古学的な観察結果について

考古学的な観察としては，現状写真（図１）と今回のＸ線ＣＴ測定値より解析した立体画像(図３)，さらには従来の実測図(図４)を比較した。その結果，杏葉の縁金を留める鋲には金銅装

が施されていることが判明した。剣菱形杏葉に金銅装の鋲が用いられている例としては，大阪府長持山古墳出土例がある。この遺物は現状でも鋲付近に緑青が観察されることから，金銅装の鋲が使用されていることがわかる。一方，今回調査した西塚古墳出土例は図１でもわかるように黒褐色の厚く錆で覆われ，鋲の存在すら正確につかむことは難しい状態にある。よって，これまでの考古学的な観察は，図４に示したような復元的な観察記録に限られていた。このような状況にあってＸ線ＣＴによる断面観察をおこなった結果，金銅装部分が鉄とは異なる情報が得られることから，鋲の形状と金銅装であることを明瞭に確認することができた。

4．今後の展望

今回の調査における主目的は，鉄製品の腐食状況を観察することにあった。特に鉄と銅が共存した環境での鉄の長期腐食挙動を観察することによって，放射性廃棄物の処分容器への研究に応用しようというものである。このような方法による調査・研究は，考古遺物の新たな活用例として取り上げるべきものと考える。実際のところ金属製品の腐食は，その遺物が置かれてきた環境に大きく左右されると考えられるので，今回の調査は一つの事例に過ぎない。しかしながらこのような調査を積み重ねていくこと，また考古学分野と他分野との共同調査を一層深化させていくことによって，より大きな成果をえられるものと思われる。

参考文献

京都大学総合博物館 1997『王者の武装―5 世紀の金工技術―』
清喜裕二 1998「福井県西塚古墳出土品調査報告」『書陵部紀要』第 49 号
若狭町歴史文化館 2009『若狭町歴史文化館常設展示図録』
Yoshikawa 2007 “Safety Cases for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?, OECD-NEA, No.6319
Yoshikawa 2008 “Long term stability of iron for more than 1500 years indicated by archaeological samples form the Yamato 6th tumulus” Journal of Nuclear Materials 379,

図１　剣菱形杏葉金具の現状

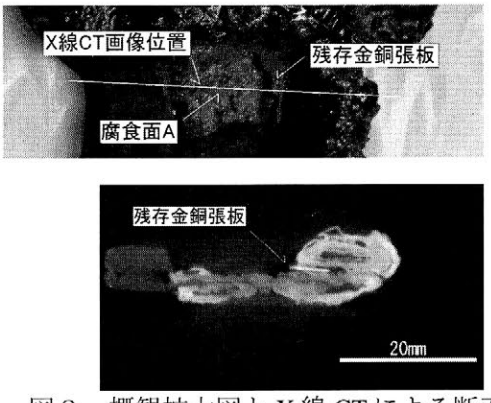


図２　概観拡大図とＸ線 CT による断面図
白色部分は銅、鉄金属、灰色部分は錆

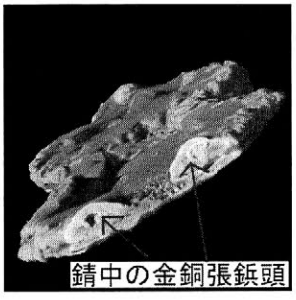


図３　Ｘ線ＣＴ測定値より解析した立体画像
白色部分は銅金属、灰色部分は錆

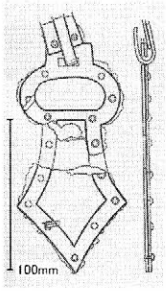


図４　剣菱形杏葉金具の実測図

P－119

竹ノ内Ⅱ遺跡より出土したイネ種子のDNA分析

○花森功仁子*･**, 石川智士*, 齋藤寛*, 金三津道子***, 岡田喜裕*, 佐藤洋一郎****
(*東海大学大学院地球環境科学研究科, **株式会社ジェネテック,
***(財)富山県文化振興財団, ****総合地球環境学研究所)

緒言

ジャポニカイネは温帯ジャポニカ型と熱帯ジャポニカ型の2つに分類される。これまで分類にはメソコティール長や長幅比、アルカリ崩壊度など複数の形質を用いるか、汎用性のランダムプライマーを用いたDNA分析によって行われてきた。本研究では、佐藤ら（2001）によって報告されている2つの型を識別できるDNA領域（識別領域）を対象としたSTSプライマーを作成することで、簡便で再現性の高いDNA分析手法の開発を試みた。また、新たに開発した分析手法によって、富山県の竹ノ内Ⅱ遺跡より出土したイネ種子の型判別をおこなった。竹ノ内Ⅱ遺跡は中世（13世紀～15世紀前半：鎌倉から室町時代中期）に存続した集落である。今回の結果は、これまで分析データが少ない、古墳時代から江戸時代をつなぐ中世の稲作について新たな情報をもたらすものと期待する。

材料と方法

STSプライマー作成のため、在来系統の温帯ジャポニカと熱帯ジャポニカの各5系統をサンプルとして使用した。各サンプルからCTAB法によりDNAを抽出し、佐藤ら（2001）によって作成された両型の違いを検出できるRAPDプライマー（CMN-B22）を用いて、識別部位のDNA断片を増幅し、サブクローニング法により当該領域の塩基配列を決定した。この塩基配列を挟む

図1　欠失領域とプライマー

形でSTSプライマーDJ6F・Rのセットを作成した（図1）。

識別領域は、インディカ系統と熱帯系統に存在する部位であるため、16カ国由来の温帯ジャポニカ20系統、熱帯ジャポニカ26系統の合計46系統のジャポニカに加え、10カ国由来の20系統のインディカを用いて、DJ6プライマーセットの識別精度の確認を行った。また、識別領域内に、領域特異的なIDJ6Fプライマーを作成し、IDJ6プライマー周辺にIDJ6Rプライマーを作成した。IDJ6プライマーセットを用いたPCRを行うことで、遺物からのDNA増幅で見られるような200bpを超える塩基配列の増幅ミスによる識別誤差を回避することにした。

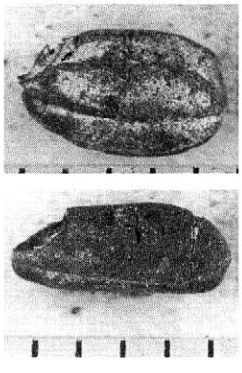


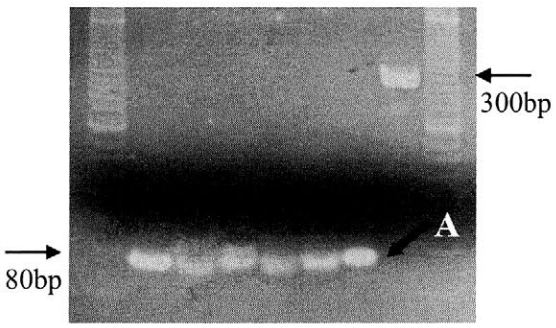
図2　出土サンプル

竹ノ内Ⅱ遺跡より出土したイネ種子（図2）より29点からNaOHを用いた簡易抽出法によりDNAを単離した。DNA抽出液をテンプレートとしてプライマーDJ6F・Rを用いてPCR増幅を行い、1回目のPCR産物をテンプレートに2回目のPCR増幅を行う、2段階PCRを行った。このPCR産物を20bpラダーとともに1%アクリルアミドゲルに泳動した。ゲルをエチジウムブロマイドに浸潤後、UV照射によって泳動写真を撮影した。この写真の断片長によりDNA領域の欠失の有無を確認した。また、遺物サンプルについてIDJ6F・Rのセットを用いて同様にPCR増幅を行い、断片の有無を確認した。これらのデータをもとに各サンプルの温帯ジャポニカ型と熱帯ジャポニカ型の判定をおこなった。

結果

在来系統の温帯ジャポニカ型と熱帯ジャポニカ型の塩基配列の特定をおこなった結果、第6染色体上に温帯ジャポニカ特有の216bpの欠失領域が確認された。この欠失領域の有無を検出するためSTSプライマーDJ6F・Rを作成した。このプライマーでPCR増幅した結果、46系統のジャポニカのうち、熱帯および温帯型の形質と一致しなかったサンプルはインドネシア由来とミャンマー由来の各1系統のみで、いずれも非欠失型（熱帯ジャポニカ型）を示した。また、20系統のインディカはすべて非欠失型を示した。

竹ノ内Ⅱ遺跡より出土したイネ種子29点について、DJ6プライマーセットを用いてPCR増幅を行ったところ、5サンプルに関して、DNA断片の増幅が確認された。増幅されたDNA断片はすべて80bp前後の長さであった（図3）。また、IDJ6プライマーセットを用いてPCR増幅した結果、すべてのサンプルでDNA断片の増幅は確認されなかった。したがって、DJ6プライマーセットでDNA増幅が確認された5サンプルは、すべて温帯ジャポニカと判定された。



M：マーカ（20bp Ladder）
1～5：サンプル番号17, 29, 82, 84, 98
6：温帯ジャポニカ（コシヒカリ）
7：熱帯ジャポニカ（P10）

図3　プライマーDJ6を用いたDNA断片の泳動写真

考察

領域特異的プライマーDJ6のセットを用いたDNA分析では温帯ジャポニカは欠失型、熱帯ジャポニカは非欠失型を示した。インディカも非欠失型を示した。したがって、このプライマーの作成によって、温帯ジャポニカと熱帯ジャポニカの判別は極めて安定的に簡便化された。インディカとジャポニカの遺伝的差異については、ORF領域に特異的欠失領域が存在することが確認されている。この2領域を使用することで、両者の識別はより確実に行えることになった。

竹ノ内Ⅱ遺跡出土のイネ種子で型が確定できたものは、すべて温帯ジャポニカであったことは、既報の傾向を追認するものであった。本研究で識別領域に熱帯ジャポニカを検出する特異的プライマーを作成したことにより、断片化されたDNAであっても両ジャポニカの検出が可能となった。

P－120

同位体化学分析による中世馬の産地識別と形態学的特徴との関連性 —山梨県の中世馬産の研究—

○覚張隆史(東京大学)、植月学(山梨県博)、米田穣(東京大学)、中野孝教(総地研)、湯本貴和(総地研)

【背景】

今日まで、日本の在来家畜の飼養や流通に関する文化の復元が盛んに行われてきた。特に、家畜馬では、平安時代における朝廷への貢馬が有名な具体例として挙げられる。貢馬とは、東国を中心とした各地域において、朝廷直営の牧場（御牧）を設置し、年に一度、各御牧から朝廷へ馬を移動させる行事である。御牧における馬の生産は広大な土地を利用して、半野生的に馬を放牧させる飼育形態であったとされている。一方、時代が中世に変わると、貢馬の文献記録は非常に断片的になる。また、各地域で武士が台頭してくるために、御牧の運営や馬の流通は、より地域的な利用に変化していったと考えられている。しかし、従来の考古学的な分析手法のみでは、この様な飼養や流通形態の変化を復元することは容易ではない。

そこで、本研究は中世前期まで少なくとも3つの御牧（穂坂牧、真衣野牧、柏前牧）からの貢馬が行われてきた山梨県における馬の流通と飼育形態の復元を試みた。馬の流通と飼育形態を復元するために、①遺跡出土馬歯骨の形態学的な分析より、年齢構成と馬歯の形態学的な特徴を比較し、②馬歯のエナメル質に含まれるストロンチウムの同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）により産地識別を行った。両分析の結果に基づき、山梨県の中世馬産の文化的な背景を復元することを研究目的とした。

【大師東丹保遺跡と二本柳遺跡】

大師東丹保遺跡と二本柳遺跡は山梨県南アルプス市に位置する中世の水田跡が確認されている遺跡である。大師東丹保遺跡は水田跡に隣接して掘立柱建物跡と中国陶器が確認されており、遺跡周辺地域の支配階級の存在が推察される。両遺跡は中世において甲斐源氏の加賀美氏が拠点とした大井荘に関連した遺跡と考えられている。両遺跡の水田跡より多数の馬歯骨が発掘されており、大師東丹保遺跡は27個体、二本柳遺跡は17個体が現在まで確認されてきた。これら出土馬は、大井荘とその周辺地域における馬の利用形態と流通を復元する上で重要な文化財試料と位置付けられる。

【方法】

（形態学的分析）

測定試料は遊離歯が主体であるため、歯冠長を比較した。従来、歯冠長の比較は咬合面での測定値により行なわれてきたが、馬歯は磨耗して歯根部に近づく（老齢になる）につれて歯冠長が小さくなるため、年齢の異なる標本の直接比較は問題がある。そこで、本研究では基準となる標本の歯冠高／歯冠長の変化曲線を求め、各試料の歯冠高／歯冠長を同図上にプロットする事で、相対的に大型と小型の個体を判別した。

（ストロンチウム同位体分析）

ストロンチウム同位体比の測定試料は、馬歯のエナメル質より、歯科用ドリル（JET CARBIDE BURS：SHOFU）を用いて採取した。採取した粉末のエナメル質は、総合地球環境学研究所（京都）の表面電離型質量分析計（TIMS ； Thermo Scientific , Finnigan TRITON T1）によって、ストロンチウム同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr$）を測定した。ストロンチウム同位体比の測定結果は標準物質（SRM987） の$^{87}Sr/^{86}Sr$ =0.710250 に補正して求められた。本研究で測定された全ての試料の測定誤差は±0.00002 以内であった。

【結果】（出土馬の形態学的特徴）

両遺跡出土馬の臼歯より、西中川ら（1991）の年齢推定法を用いて推定年齢を求めた（図1）。出土個体数と推定年齢の間で分散の違いを確認した。F検定により、両遺跡間の年齢分布に差はなく（$p < 0.05$）、平均値においても有意な差はなかった。このことより、両遺跡における馬の利用形態は年齢に影響が生じるような違いは無いといえる。また、出土馬歯より、遺跡内の相対的な歯の大きさを比較した。その結果、相対的に異なる大きさを示す個体が確認された。

図1．遺跡出土馬の年齢構成

（ストロンチウム同位体比と形態学的特徴の関連性）

両遺跡間における馬集団の産地構成を比較するために、ストロンチウム同位体比を測定した（図2）。

大師東丹保遺跡は $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.705 \sim 0.713$、二本柳遺跡は $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.704 \sim 0.706$ であり、大師東丹保遺跡は高く異なるストロンチウム同位体比を持つ馬が移入してきたことが示唆された。また、馬歯の歯冠形質による相対的な馬の大きさを両遺跡間で比較したところ、相対的に小型の馬においてストロンチウム同位体比に違いはなかった。

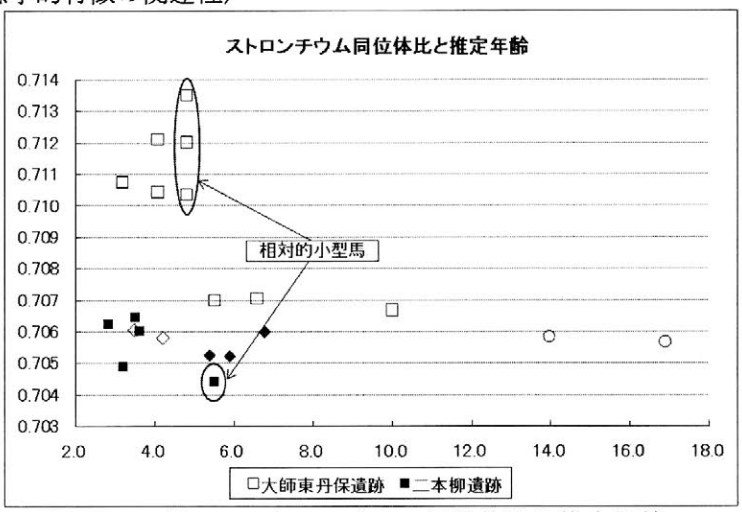


図2．ストロンチウム同位体比と推定年齢

【考察】両遺跡出土馬のストロンチウム同位体位比は遺跡周辺土壌の同位体比（$^{87}Sr/^{86}Sr = 0.706 \sim 0.707$）と差があるため、異なる地域からの移入が多い可能性が示唆された。さらに、出土馬の両遺跡間のストロンチウム同位体比は分布に差があり、各遺跡においてそれぞれ異なる地域との流通関係をもっていた可能性が示唆された。しかし、流通関係の差異は年齢構成に差を生じるほどの飼育形態の分化を示す性質のものではなかったと推察される。また、両遺跡において確認された小型馬とその他の個体の間でストロンチウム同位体比に顕著な差は無く、産地と形態が対応していなかった。これは、産地として異なる地域が利用されていたものの、形態の分化や特定の年齢と対応するといった品種の固定につながるような管理形態にまで至っていない可能性が考えられる。

【謝辞】本研究は、山梨県埋蔵文化財センターのご厚意により特別に借用試料の分析を行った。
また、本研究は総合地球環境学研究所のプロジェクト（湯本プロジェクト）の一環として実施された。

P－121

三宅西遺跡における自然科学分析の評価

○清水梨代（(財)長野県埋蔵文化財センター），中村淳磯((財)大阪府文化財センター),
大野薫，森井貞雄（大阪府教育委員会）

はじめに

三宅西遺跡では遺跡の形成過程を把握し、隣接する池内遺跡および瓜破遺跡等との比較検討を行うことを目的とした総合調査（註１）をはじめとして多くの自然科学分析をおこなった。以下、項目ごとにその成果と課題を述べる。

自然科学分析による植生復元の成果と課題

縄文時代

縄文時代中期と想定される3152流路からサンプリングした種実の同定結果では生食可能で収量も多いイチイガシやクスノキが多く検出されている（註２）。3152流路出土のこれらの種実は自然堆積によるものと考えられ、縄文海進最盛期の頃の本遺跡周辺には食糧獲得が容易な常緑広葉樹を主体とした豊かな森が広がっていたものと推測される。また、縄文時代後期中葉の3128流路でも3152流路同様にイチイガシやコナラ亜属といった常緑広葉樹の構成要素となる種実が多く検出されている。一方、総合調査における花粉帯を基にした植生復元では胞子の割合が高く、草本の割合が低いことから近隣にはシダ植物の生育する荒れ地が広がり、コウヤマキ等の温帯針葉樹を主体とし、広葉樹が混交する林が遺跡近辺に迫っていたと想定されている。特に、種実同定で卓越して検出されたカシ類やナラ類は後背の金剛・葛城山系から飛来したものと想定されており、種実同定から推測される植生とは異なる結果であった。

弥生時代

樹種鑑定を行った弥生時代の竪穴住居の柱根は全て落葉広葉樹（コナラ節・クヌギ節・ヤマグワ）であった。これは、入手が容易で、重硬で強度がある木材を選択的に利用していた可能性を示すものである。また、大量のサヌカイトが出土した2123土坑からは栽培植物であるモモ、マメ類、イネの胚乳が検出された。これらはすべて炭化していることから、2123土坑は石器製作に伴う石材貯蔵穴ではなく、廃棄土坑である可能性が高いと考えられる。なお、調査区内において弥生時代の水田遺構を確認することは出来なかった。しかしながら、総合調査において弥生時代以降、イネ科および水田雑草と考えられる種類の花粉が顕著に増加することが指摘されていることから、調査区外の極近在に本調査で検出した弥生時代の集落に伴う水田遺構が存在すると考えられる。

古墳時代

3009流路および3125流路から出土した木杭群は樹種鑑定の結果、落葉広葉樹のコナラ節やクヌギ節の利用が多いものの、常緑広葉樹であるアカガシ亜属や針葉樹であるヒノキやマキの利用も確認された。総合調査においてはコウヤマキ属が減少し、スギ属、アカガシ亜属が増加する要因を近隣の林が伐採された結果、後背の金剛・葛城山系に分布する照葉樹林の影響が拡大したことを想定しているが、木杭群の樹種鑑定や種実同定等の結果から鑑みると、むしろこれらの木々は三宅西遺跡周辺に多く生育していたものと考えられる。その意味では、三宅西遺跡周辺に生育する比較的入手が容易で強度が高く、加工のしやすい木材を木杭群に利用したものと考えられる。また、3009流路で出土した木錘や3345井戸で出土した井戸枠には重硬で強

度の高いコナラ節が用いられているなど、目的に応じた木材の選択が行われていたと考えられる。なお、3413 井戸からは炭化したイネの胚乳やマメ類、ヒョウタン類をはじめとする栽培植物が種実同定の結果、確認された。これらは 3413 井戸の廃棄に伴う埋土内から出土していることから、3413 井戸廃絶時に当時の生活廃棄物を廃棄したものであると考えられる。

以上、各時代において実施した自然科学分析の成果を検討した結果、花粉分析から想定される植生と遺構出土の種実同定および樹種鑑定から想定される植生では若干の齟齬をきたすことが判った。今回の齟齬が、用途による木材の選択的利用に伴い生じたものであるのか否かは不明である。しかしながら、花粉分析がその対象とした時期の植生をどのくらい反映しているかについては今後、再考の余地があると言えるであろう。

年代測定の成果と課題

3128 流路出土縄文土器の^{14}Ｃ年代測定結果（註３）では 3550^{14}ＣBp 前後に集中するという結果が得られた。3128 流路出土縄文土器は北白川上層式３期の一括資料であり、同形式と対応する加曾利Ｂ１式の東京都下宅部遺跡出土縄文土器の^{14}Ｃ年代測定結果ともほぼ一致することから両形式間の時空間における対応関係を土器形式からだけでなく、理化学年代においても裏付けることが出来た。ただし、今回の^{14}Ｃ年代測定の結果からは今後の年代測定における大きな問題点も浮かび上がった。三宅西遺跡は河内台地の縁辺部から沖積地にかけて立地し、海からは比較的距離のある内陸部の遺跡である。しかしながら、今回年代測定と同時に行った炭素・窒素安定同位体比分析の結果では５点の内、確実に陸上動植物の値を示すものが３点あったのに対し、海洋起源の有機物の影響を受けている可能性を示す値のものが１点（MY-235）あった。この試料（MY-235）は年代測定の結果においても他の試料よりも古い年代が出ていることから、海洋リザーバー効果の影響を受けている可能性が考えられる。このことは内陸部の遺跡で出土した土器付着炭化物を用いた年代測定の結果にも海洋リザーバー効果の影響を考える必要性を示唆する結果であると言える。その意味では今日行われているＡＭＳ年代測定法による土器の年代決定に関してもこの点から再検討の余地が考えられるのである。

火山灰分析の成果と課題

三宅西遺跡は河内台地の縁辺から沖積地にかけて立地し、複数の流路が調査地を横断している為、各層が収斂と分離を繰り返すきわめて複雑な地層であった。特に、調査区の西半では東半で密に検出される弥生時代中期の遺構・遺物が全く検出されないなど地層間における繋がりが遺構、遺物からだけでは判然としない状態であった。そこで各調査区において断面調査で深堀をかけることにより、下位層の状況と鍵層となる層準を把握することに努めた。火山灰分析を行ったのはその内のごく一部であるが、深堀をかけた全調査区で断面から採取した試料の椀がけを行い実態顕微鏡による観察を行った。その結果、三宅西遺跡全体を通して、横大路火山灰層（K-Ah）を含む層準である MY11 層が安定的に存在することが判った。この MY11 層を鍵層とすることで上位層における地層間の繋がりを解明することが出来た。その意味では、三宅西遺跡のような複雑な地形に立地する遺跡の場合、このような火山灰分析による地層の把握は極めて有効な手段であるといえるであろう。

註１；（財）大阪市文化財協会　2009　「大和川下流域における遺跡形成過程の総合調査（三宅西遺跡）」『三宅西遺跡』
註２；パリノ・サーヴェー株式会社　2009　「三宅西遺跡の種実同定分析および樹種同定分析」『三宅西遺跡』
註３；工藤雄一郎・山本直人　2009　「大阪府松原市三宅西遺跡から出土した縄文時代後期の土器付着物の^{14}Ｃ年代測定」『三宅西遺跡』

P－122

ステロールを用いた製塩方法の識別

－実験製塩土器を用いた素水法と藻塩法の区別－

○ 堀内晶子[1]、鷹野泰志[1]、宮田佳樹[2]
[1]国際基督教大学教養学部、[2]名古屋大学年代測定総合研究センター

1. はじめに

塩は人間の営みに欠かす事のできない重要なミネラルであり、日本では縄文時代から塩田が主流となる平安時代まで、土器を用いた製塩が行われてきた。土器製塩方法には、海水を繰り返し加熱濃縮して塩を土器内に結晶化させる素水法とよばれる古来の方法や、藻を用いて予め塩分を濃縮するより効率的な藻塩法と呼ばれる手法が考古学的によく知られている。しかし製塩土器の化学的研究は、ほとんどなされていない。我々はこれまでに、素水法を用いて実際に塩を結晶化させた実験製塩土器を用いて、海水中に存在する微量のステロール類が製塩過程で土器内部に吸着・残留し、製塩土器の同定に利用できる可能性を明らかにしてきた（1）。本研究は藻塩法を用いた実験製塩土器に残留するステロール類を分析し、素水法実験製塩土器で得られた結果と比較することで製塩方法が識別できる可能性を探った。人口が増加し、塩の需要が増えるに従い、より効率的な藻塩法が主流になると考えられる。従って、古代において、製塩方法の識別は地域の発展や交流、人口などの重要な指標になると期待される。

2. 背景

海水中には生体から由来する様々なステロール類が微量存在する（2）。その主な種類は、動物に多く含まれているコレステロール、植物に多く含まれているβ-シトステロール、スチグマステロール、カンペステロール、褐藻類に多く含まれているフコステロール、珪藻に多く含まれるブラシカステロール（3）等である。我々は素水法実験製塩土器からコレステロール、シトステロール、スチグマステロール、カンペステロールの他に少量のフコステロールを検出した。これまでに行ってきた武蔵野台地出土縄文土器に残留するステロール類の研究では褐色藻に多く含まれているステロール類は検出出来なかった事から（3）、フコステロールなど藻類に由来するステロール類の検出は海水由来を示唆するバイオマーカーとして利用できることが明らかになった。本研究では藻塩法で塩を結晶化させた実験製塩土器に藻及び藻に付着する珪藻特有のステロール類が吸着、浸透、残留する可能性を検討し、製塩手法の違いを識別することを目標とした。

3. 実験

千葉県千葉市緑区土気町出土粘土を用いて作成した土器を使い、ホンダワラ科の海藻を使って塩分を濃縮した鹹水を加熱濃縮し、塩を結晶化させた実験製塩土器（藻塩法）から、塩を掻き取り、図1に示すように縦に切断し、全体の1/4を試料とした。

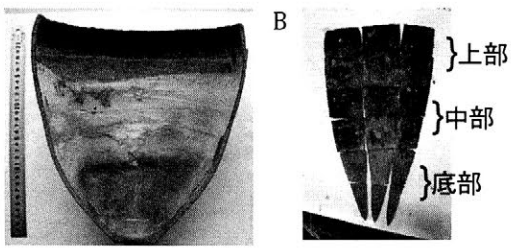


図1.藻塩法実験製塩土器　A:断面,B:分析部位

ステロールの抽出：　まず、土器片を蒸留水中超音波洗浄して塩分を除去した後ジクロロメタン：メタノール＝2：1(C/M)溶液で土器表面の脂質

を抽出した。次にその土器片を粉砕器（HeikoSample Mill TI-200）で粉砕し、表面からの抽出方法同様の操作を行い、土器深部の脂質を抽出した。

ステロールの分析：　土器から抽出した脂質にα-コレスタンを内部標準物質として加え、含まれているステロールエステルを水酸化ナトリウム・メタノール溶液（10%v/v）で加水分解して遊離ステロールとした後、*N,O*-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide　(BSTFA)でトリメチルシリル化し、FID検出器付きガスクロマトグラフ（島津GC 2014、カラム：Inert Cap 17 GL Science, 60 m x 0.25 mm, 厚さ0.25 mm、カラム温度：　280℃、注入口温度：320℃、検出器温度：320℃、スプリットレス）を用いて定性、定量を行った。実験結果は同じ部位から3試料を作りその平均値とした。

3.　結果と考察

藻塩法実験製塩土器表面は製塩実験の際に付着した燃料（木材）由来のススが付着していた為、燃料由来のステロール類が含まれて可能性がある事から、土器深部から抽出した脂質を素水法実験製塩土器の深部残留脂質と比較した。その結果、素水法実験製塩土器から検出されたコレステロール、β-シトステロール、スチグマステロール、カンペステロール、フコステロールの他に珪藻類に多く含まれていることが知られているブラシカステロールが検出された。藻塩法と素水法実験製塩土器深部に残留していた総ステロールのうち、海洋性と考えられるフコステロールとブラシカステロールの占める割合を%で示したものが図2である。ブラシカステロールは藻塩法の総ステロール類の25%以上を占めていた。珪藻類は藻に付着しているため、多量のブラシカステロールの存在は海藻を利用した土器製塩のバイオマーカーとして使用できることを示している。なお、製塩土器の生物学的検討として、土器内部に付着した珪藻を顕微鏡下で確認し、藻塩製塩土器の同定を行った報告があり(5)、本研究が示す藻塩法実験製塩土器の「ブラシカステロールと珪藻、珪藻と藻塩法」との関連とも一致している。従って、素水法と藻塩法の識別には土器内部に残留するブラシカステロール量の比較が有効であると考えられる。

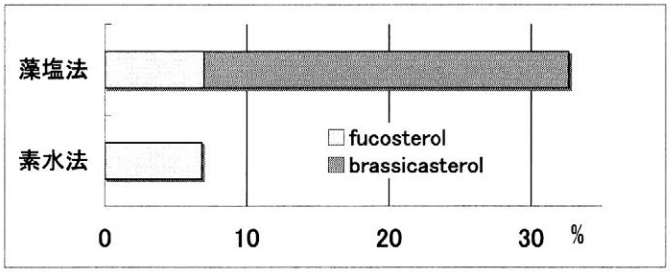


図2. 藻塩法と素水法実験製塩土器深部に残留していた総ステロールのうち、海洋性と考えられるフコステロールとブラシカステロールの占める割合

1)　本研究は平成19年～22年度日本学術振興会科学研究費補助金　基盤研究（C）「製塩土器の科学的解析」（代表者　堀内晶子）及び、平成20年～21年度　若手研究（B）「土器付着炭化物及び土器胎土吸着物を用いた先史時代の食性研究」（代表者　宮田佳樹）の研究成果の一部である。また，製塩実験に協力して頂いた、千葉市立加曽利貝塚博物館“土器作り同好会”の皆さんに謝意を表す。堀内晶子、森山英範、宮田佳樹、「実験製塩土器に吸着されたステロール類の研究」、日本文化財科学会第24回大会要旨集、296-297、2007

2) J.M.Bayona, Steroid alcohols and ketones in coastal waters of the Western Mediterranean: Sources and seasonal variability, *Marine Chemistry*, 27, 79-104, 1989

3) A.Kanazawa, M.Yoshioka, S.Teshima, The occurrence of brassicasterol in the diatoms, *Cyclotella nana* and *Nitzschia closterium*, *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*, 37, 899-903, 1971

4) 堀内晶子，黒澤こずえ，「縄文土器に残留したステロールの分析（2）浅鉢と深鉢の比較」，日本文化財科学会第22回大会要旨集，107-108，2005

5) 森勇一，「珪藻分析によって得られた古代製塩についての一考」、考古学雑誌、76、62-75、1991

装飾古墳の記録とVR画像の活用

○河野一隆・赤司善彦（九州国立博物館）、武廣正純・天賀光広・村上浩明（(株)とっぺん）

1．装飾古墳はどのように記録されてきたのか

日本考古学の黎明期から装飾古墳はさまざまな方法で記録されてきた。本発表では、その推移を以下の６段階に整理し、現在、進めているVR画像による記録方法の利点と課題を明らかにしたい。特に、立体構造物である石室と色情報を備えた装飾文様とが、日本考古学の発達と記録の中で、どのように扱われてきたかに光を当てたい。

2．見取りスケッチの時代

すでに江戸時代にも装飾古墳は、矢野一貞による『筑後将士軍談』などの記録に登場し、京都大学考古学教室による研究報告第１册『肥後に於ける装飾ある古墳及横穴』(大正６年)にも、潤野古墳石棺の見取りスケッチが掲載されている。しかし、これらは、江戸時代以来の実測に基づかない模式図あるいは遠近法を意識したスケッチに過ぎなかった。

3．断面図の時代

ただし、同書の図版には、大正５・６年に実測した井寺古墳の平面・断面図も所収されている。これは石室四周や天井最高部を計測して構成したものであり、考古学的記録への過渡的な様相が認められる。この段階の記録の特徴は、①部分を計測した平面図と断面図が中心、②装飾文様は石室と一体で記録されず、写真・拓本・模写等の方法で別取りされていた。彩色表現についても装飾のある部材のみを記録したものであり、石室構造内での位置関係は記録されなかった。

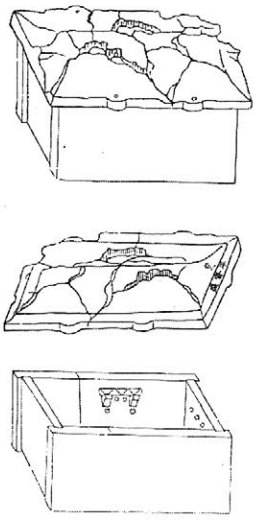


図１　熊本県潤野古墳石棺図

4．見透し図と模写の時代

この一方で、小型古墳や横穴墓では装飾文様を石室構造と一体で表現した見透し図の作成が試みられていた。熊本県永安寺東古墳や石貫穴観音古墳では、断面・平面・見透し図の３者がはじめて完備した記録が登場する。この背景には、福岡県浦山古墳での調査に見られるように、墳丘と石室とを一体的に理解し、模型を作成して立体構造として捉えようとする流れがあった。だが、その技術がさらに歩を進めたのが、熊本県釜尾古墳の調査であった。この古墳は高い天井と割石を小口積みした肥後形石室のために、玄室の見透し図の作成については適わなかったが、精巧な模写と組合わせることで装飾古墳の記録は格段に進展した。実測図という工業的記録と模写という芸術的記録の組み合わせは、それぞれの長所を活かしつつ、現在まで継承されている。

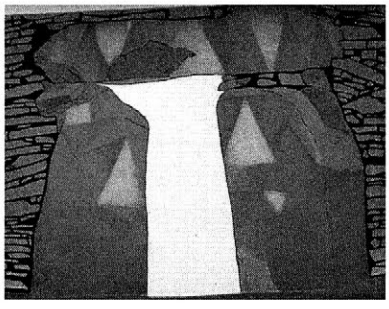


図２　熊本県釜尾古墳玄門部装飾模写図

5．実測図の時代

現在見るような横穴式石室の実測図が定型化したのは、奈良県石舞台古墳の記録からである。ここでは、建築学の高橋逸夫も加わって、玄室ほぼ中央を０点とし、石室内外に遣り方を設定して調査・記録が実施された。その結果、巨大な内部空間を持つ横穴式石室でも見透し図を作成することが可能となった。さらに、この報告書に合わせて日本の大形横穴式石室の実測調査と集成作業も進められ、平面図と立面図を組合わせた横穴式石室の記録方法は定着するにいたった。また、発掘調査でも墳丘各所にトレンチが設けられ、墳丘本来の形状の解明に迫る成果が得られた。しかし、この石室実測図は今までに類を見ない精巧なものだったが、ケバによる立体感を追求するあまりの必要以上の加飾は、逆に考古学的な比較研究にとって適さない図面となってしまった。昭和９年に発見された福岡県桂川王塚古墳の調査では、石の形状を写した実測図と、図上に装飾文様を割り付けることに

よって、石室の精巧な記録が完成した。また、この調査ではカラー写真が多用されており、実測図の欠を補う試みがなされている。

現在では、石室の実測図は石積みの間を黒く塗らず、稜線を入れて描き分ける方法が一般的となる。これは、どちらの石が上に重なっているかの判断を図上で、できるようになっている。

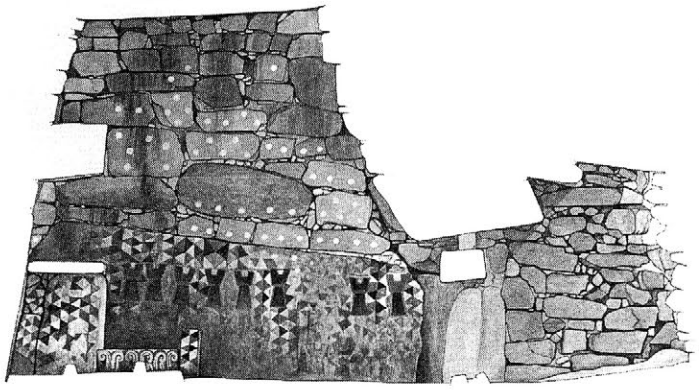


図３　福岡県桂川王塚古墳右側壁装飾模写図

６．模写と模造

立体構造物を理解するために、模造は欠かせない。装飾古墳研究の初期においても、上述した福岡県浦山古墳や佐賀県西隈古墳などで小縮尺の模型が作成された。これらは現状模造であり、当時、復元模造が試みられたことはなかったが、現在でも石室の実物大のレプリカが作成されて博物館等で展示され、公開期間に制限のある装飾古墳の普及に大きな役割を果たしている。

模写については、日下八光による九州の装飾古墳の研究が著名である。彩色壁画を現状模写と復元模写という２つの手法を用いて、現状記録と、研究に基づいた彩色修復という記録法を編み出した。この結果、カラー写真のみではかなわなかった、退色した彩色壁画の印象的な復元にも成功した。

７．VR の時代

現在、装飾古墳の記録は、実測図、写真、模写と模造に加えて VR 画像による方法が第４の方法として提案されている。それには①レーザー計測を行い、テキスチャを貼付するレーザー３次元計測、②石室内でオーバーラップさせつつ何枚も写真を撮影して立体画像を生成する写真測量、③魚眼レンズで石室を撮影し、それを球体の内側に貼り付けるパノラマ VR の３方法がある。これらは、非接触で短時間の計測が可能であり、コストも抑えられ、映像展示や現状記録による定点観測などにも有効である。現状の課題としては、石室内の立入時間を極力制限することであり、彩色壁画を持つ古墳の調査においてはリスクを回避するための、ガイドラインの策定も視野に入れた展開が求められるだろう。

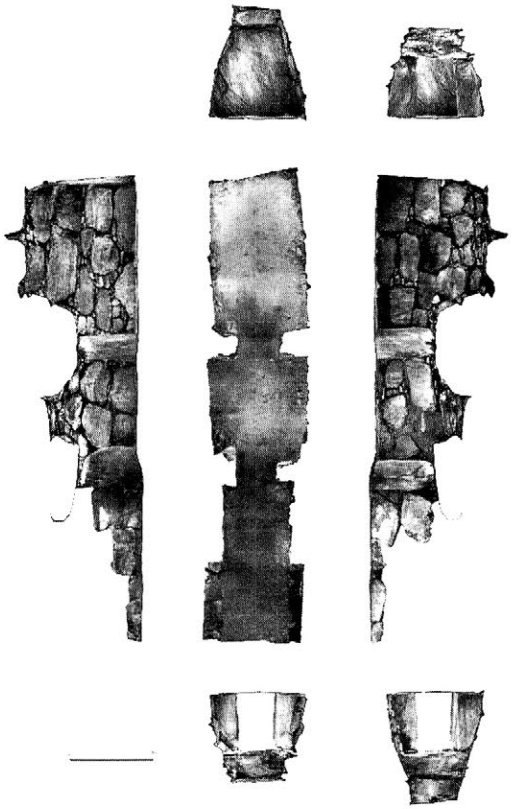


図４　VR 画像による福岡県下馬場古墳正射投影図

【付記】　本発表は、平成 21 年度科学研究費補助金「VR 画像を活用した日本装飾古墳のデジタルアーカイブの構築」の一部であり、下記の機関・個人に協力をいただいている。九州歴史資料館・福岡県教育委員会・久留米市教育委員会・うきは市教育委員会・筑紫野市教育委員会・桂川町教育委員会・熊本県教育委員会・山鹿市教育委員会・熊本市教育委員会・日田市教育委員会・(財)日本地図センター・(株)とっぺん・池田朋生氏・石山勲氏・石丸洋氏・島津義昭氏・白石ミヨ子氏・宮原健吾氏・八重樫純樹氏

遺跡一般調査と衛星画像，地形解析から見た オマーン東海岸の貝塚立地

○津村宏臣（同志社大学文化情報学部），樋泉岳二（早稲田大学比較考古学研究所），
早川裕一（東京大学空間情報科学研究センター），植月学（山梨県立博物館）

はじめに

筆者らを中心としたOKKプロジェクトチームは，先史海洋民族に関する比較考古学を目的として，2004年よりオマーンにおいて遺跡調査や一般調査などを開始し，これまで3シーズンの調査を実施してきた。特に，貝塚を中心としたRas Jibsh周辺の古環境復元と遺跡を形成した人々の生態的特性を明らかにするために，周辺地域における遺跡の詳細一般調査，古環境復元のための試料サンプリングなど，遺跡本体の発掘調査に入るまでの予備調査を重点的に進めてきた。

本研究は，総合的な古環境および先史海洋民族の文化生態を明らかにすることが目的である。調査遺跡であるラス・ジプス貝塚とその周辺古環境の復原だけでなく，オマーン東沿岸域における古環境評価と貝塚立地の評価のため，衛星データの解析によって，一般調査で確認されたその他の貝塚立地をあわせて理解する。なお，ラス・ジプス貝塚ならびに隣接するSabkha（離水したラグーン）の古環境復原に関しては別に報告している。

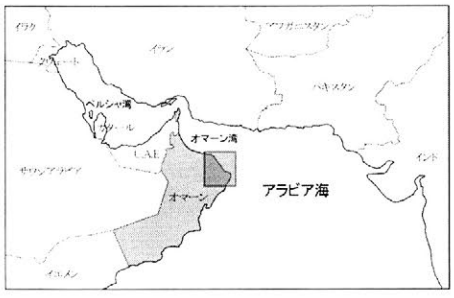


Fig.1 調査対象域と周辺地域

オマーン東沿岸の貝塚立地

オマーン東海岸とは，おもにジャラーン地域と呼ばれる区域の沿岸部をさす。アラビア海に突き出したラス・アル・ハッドを最東端として，それより北側はオマーン湾に面した貝塚が，それより南側はアラビア海（インド洋）に直接面した貝塚が立地している。

オマーン湾に面した北側では，険しいアシュ・シャルキ山地に刻まれた深いWadiの河口部に隣接して貝塚が形成されている。BIMMA貝塚1-3地点や，GAS貝塚（Fig.2）などは，完新世に隆起，形成されたと考えられる海成段丘上に立地している。BIMMA1-3では現海水面からの比高差が3m前後，GASでは5m前後であるが，いずれもこれより低位に段丘面は確認できないため，同一段丘面上の立地と考えられる。

アラビア海に面した東側でも，同様の立地の貝塚が顕著である。Ra‘s al-Jins貝塚やRa’s al-Khabbah貝塚などは，現海水面からの比高差が20mにも達する段丘面上に位置しており，その段丘にも大規模な海食崖が形成されている。調査を進めているラス・ジプス貝塚（Fig.2, JBH-1/2）は，その東沿岸においても最南端に位置すると考えられる。現在，これより南側沿岸は，ワヒバ砂漠が沿岸部に達しており，貝塚立地と段丘面形成との関係を探るための広域調査が必要とされる。

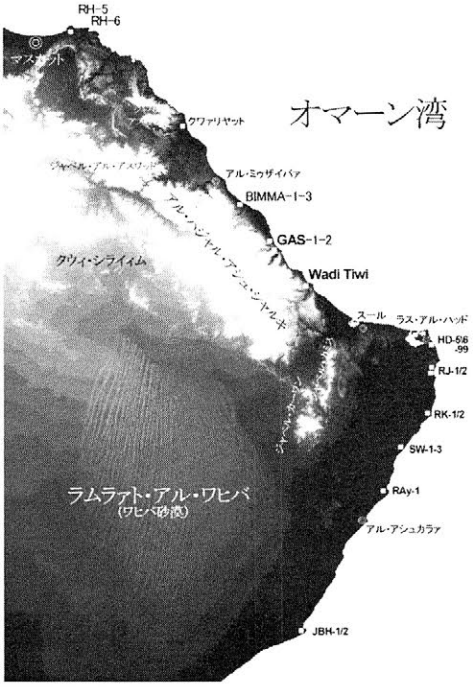


Fig.2 対象地域の地形と貝塚遺跡分布

衛星データの解析と地形発達

フランス隊（パリ大学調査）のスウェイ貝塚（SW1-3）の調査において，その周辺域の地形調査が実施されている。これらの調査成果を鑑み，衛星データからスウェイ周辺を解析すると，Fig.3の上のようになる。

沿岸部は完新世の砂浜が形成されており，スウェイ貝塚はこの砂丘上に立地していることがわかる。また，それより数キロ内陸部には南北に走る断層が確認され，その断層に沿うようにして，Wadiの基盤が展開している。このWadiは更新世期の海成段丘とこの基底に連なる完新世の砂丘よって形成されたSabkhaをほぼ南北に縦断することから，完新世以降に形成された Wadi である可能性が高い。これらの年代比定は，周囲8カ所でボーリング調査が行われた際の年代測定データに因っている。

ラス・ジプス貝塚周辺（Fig.3下）では，同様に南北に断層が確認でき，それより海側では完新世の段丘（②）が，内陸側では更新世の段丘がそれぞれ展開していることが分かる。中央を南北に走る更新世段丘より内陸側は，その南部ではワヒバ砂漠が浸食しているが，段丘側では大規模なSabkhaが展開している。また，ラス・ジプス貝塚に隣接するSabkhaは，段階的に内陸まで伸張しており，末端部ではこの内陸の大規模なSabkhaと連接している。このSabkhaがどの地質時代に比定できるかは今後の調査を必要とする。

ラス・ジプス貝塚の立地と生業の問題

以上のような地形発達と遺跡立地の理解から，ラス・ジプス貝塚について考えると，完新世以降この貝塚周辺には大規模な干潟が連綿と形成されてきており，長期にわたって豊かな海洋資源にアプローチできていたこと，南側，内陸側にはワヒバ砂漠が伸張し続けているため，おそらくどの時代においても居住可能域の最南端の位置づけがなされた可能性があること，内陸側の更新世の段丘からはチャートなど石器製作の素材となる石材供給が可能なこと，などの特徴があげられる。

今後は，衛星データ解析の結果をグランドトゥルースすること，あわせて内陸に広がるSabkhaの年代比定を地質調査などからすること，などが課題となる。

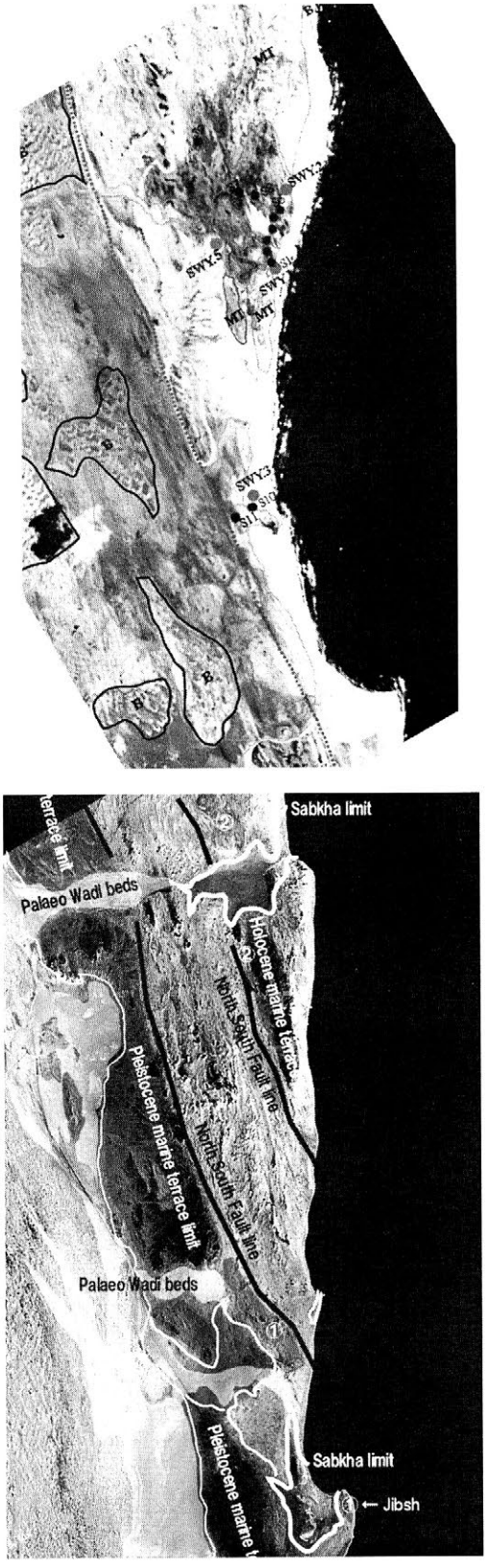


Fig.3　衛星データの解析と地形発達
（上：SWY3ほか，下：JBH周辺）

無形文化財としての言語（方言）の時空間分布調査データの GIS 解析と語形成理論

－中国・山西省，霍州内部方言拡散の数理分析－

○津村宏臣（同志社大学），沈力（同志社大学），馮良珍（山西大学）

はじめに

現在，同志社大学文化情報学部では，時空間情報システム（STIS：GIS）を用いた“文化遺産情報の統合化とこれを用いた文化現象解析”に関わる研究を 2006 年より推進している。この中で，無形文化遺産の１つとして「言語現象」を取り上げ，その時空間的な分布について，現地調査並びに現象解析を実施した。これまでの文化財科学の分野においては，特に有形文化遺産を取り扱うことがほとんどであったが，本研究では，有形文化遺産の理化学的分析手法と現象解析の方法論に準拠して，無形文化遺産の数理論理学的手法による現象解析を試行する。

言語学的方言調査と言語事実

無形文化遺産の重要な現象の１つとして言語現象があることは，言語学者にはよく知られた事実ではあるが，一方でこれを文化財研究として取り上げる姿勢はあまり顕著ではない。いわゆる言語現象については，特に自然言語の文を形成する語や形態素，それらの統合や配列則（syntax）を議論する，理論言語学における形態論や統語論の範疇でこれまで議論が進められてきた。語を構成する最小単位である形態素の配列と規則性，それらが文となるときの複数の語のシンタグムに関する議論は，１つの言語事実だけでなく，複数の言語事実と比較検証することで，その現象の歴史・地理的特性を文化として表象する。

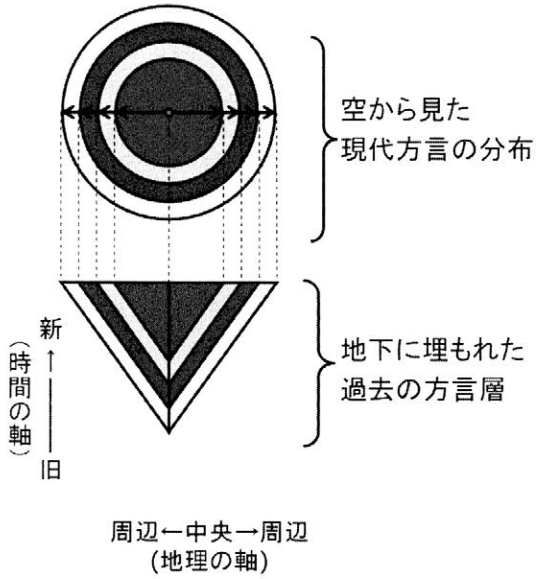


Fig.1　方言の分布モデル

この言語の形態や統語の規則性は，数理論理学的にはその法則性に関して様々な議論がなされているが，実際の文化現象としてこれを取り上げ，議論した研究は少ない。柴田（1969）では，方言現象を取り上げる中で，隣接分布の原則と周辺分布の原則とを議論し，理論的な言語形態や統語規則と現実現象における時空間法則との関係をモデル化した。しかし，理論言語学的な研究の限界として，形態論・統語論的に系統樹分析などを応用して言語の祖型（祖語）を明らかにし得たとしても，言語を動的に捉える場合には歴史資料との対比によらなければ，言語事実と言語現象との対応は明らかに出来ない。そこで，筆者らは中国・山西省霍州市において，現代方言の調査を実施し，この調査結果を STIS に格納するだけでなく，その言語事実に関す仮説を立て，時空間情報からの検証を実践した。

霍州市の言語事実

霍州市は中国山西省の中央部に位置し，太原盆地南端部に位置する霍山と五鹿山に東西を阻まれた南に広がる狭小な盆地を中心とする地域である。我々と山西大学による言語分布調査では，361 カ所の村落が確認され，農業人口は約 195000 人である。主要産業である炭坑業に携わる人口や，運送業・その他都市域から流動的に入植・定着した人口は，本来的な霍州方言話者ではない可能性があるため、調査対象から除いた。

調査の結果，人称代名詞（単数・複数），指示代名詞（近称・遠称）などにおいて，形態素による語形成に差異が確認でき，これらから言語事実については，霍州内に異なった３方言が分布することが明らかとなった。例えば，場所を示す指示代名詞についてみた場合，近称である tʂɿ35（this）と遠称である u35（that）は，それぞれ場所を示す形態素である -li55（里）と組み合わさって，“here”や“there”の意味として用いられる。これが，西・東区（Fig.2○と■）では，簡単な形態法である接辞付加によって，tʂɿ35-li55 と u35-li55になるが，北区（Fig.2□）では合音形である tʂi55と ɯi55になっている。北区の変化には，理論的に，接尾字の母音に接頭辞の母音が引きずられる母音調和と結果としての結合部削除が介在していることが仮説でき，それぞれ，【$tʂi_{[+palatal]}$-$li_{[+palatal]}$⇒tʂi-ø55】と【$ɯ_{[+palatal]}$-$li_{[+palatal]}$⇒ɯ-øi55】という形態法により tʂi55と ɯi55に変化したと予測される。これらの他，いくつもの言語事実をまとめると，表（Table.1）になる。

こうした言語事実のみでは，簡単な形態法から複雑な形態法への変化か，その逆か，についての知見は単純には得られない。特に，柴田がモデル化した中心ー周縁のモデルは，現実的な分布の中心部を持たない霍州市の３方言については，いずれが歴史的に古層に存在したかが判然としない。

Table.1　形態法の相違

	西区			东区			北区		
构形	替代	结删	缀删	替代	结删	缀删	替代	结删	缀删
复数		√	√	√		√	√		√
个体					√			√	
样本					√			√	
处所							√	√	√

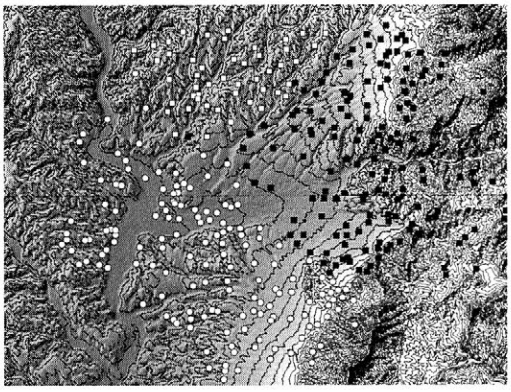


Fig.2　霍州市の村落分布と言語事実

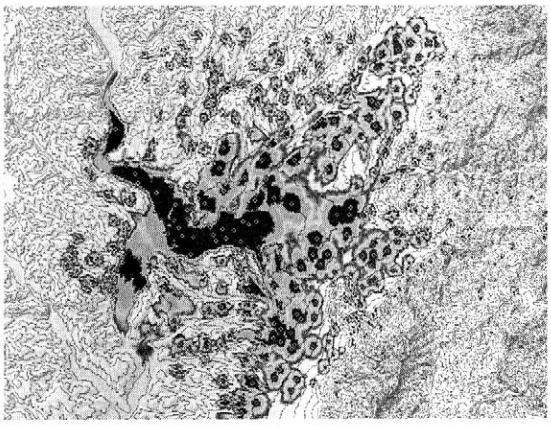


Fig.3　霍州市の村落からの移動コスト

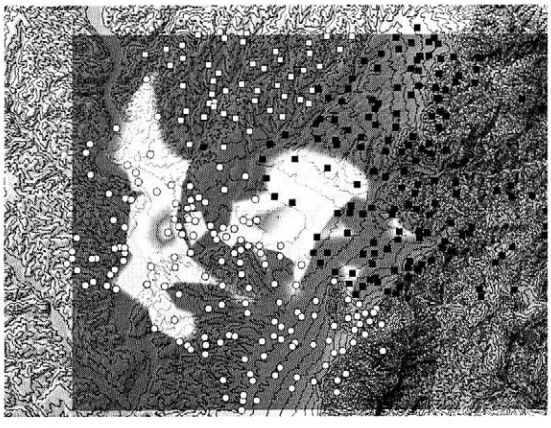


Fig.4　人口密度による交流傾向分布

STIS による時空間動態の解析

柴田のモデルによる中心ー周縁の理解のため，調査した村落の人口密度と地形調査，交通路分布等のデータを作成し，各村落の人口・年齢構成などのパラメータに移動経路のパラメータを準備し，これに異動にかかる時間（Fig.3）のモデルを乗算して，Fig.4 の霍州市での人口交流度モデルを作成した。これによると，西区は交流度が高く，東＞北区の順に交流度が低下することが示される。言語変化における中心と定義できる交流機会可能性を分布中心と捉えることにより，方言分布の言語事実から語形成の論理モデルを現実の文化現象に適応出来る可能性が示唆される。

P－126

田の神プロジェクト -屋外文化財の管理と提供-

亀井宏行（東京工業大学），橋本泰一（同），○阿児雄之（同），
岡本篤志（東北芸術工科大学），指宿市考古博物館

目的

ある地域に散在する文化財をひとつの博物館に見立て、それらを観光客等に巡回させるフィールドミュージアムが各地で計画、運営されている。そこでの問題点として1. 屋外文化財管理、2. 情報提供、3. 地域住民との摩擦が挙げられる。これら問題に対して、ICT（Information and Communication Technology）を軸とした解決法を模索している。本プロジェクトでは、特に旧薩摩藩領内に約2,000体存在する石造物「田の神（たのかん）」を対象とする。これら田の神は、現在も地域に根付いた信仰対象であり、観光資源としての利用を目的とした看板の設置等には抵抗がある。よって、景観を保持したまま、観光資源として活用できる方法として、ICタグや携帯電話などを利用した実施モデルの構築を目指す。

田の神とは

田の神とは、文字通り稲作の豊穣をもたらす神であり、その信仰は薩摩藩内にて１８世紀初めに始まったと考えられている。この信仰は、現在も引き継がれており、地元では「たのかんさぁ（田の神様）、たのかんどん（田の神殿）」と呼び親しまれている。そして、日々のお供えだけではなく、祭りや講が開催されるなど信仰対象としての側面が大きい。

その形象は、仏像・僧型・神像・神官・農民などをとっており、主に田んぼの畦や道端などに祀られている（写真１、２参照）。現在では、農地整備の影響で地元の公民館などに移動されている場合も多い。地域や製作年代によって、その形象が異なっていることは見受けられているが、系統的な分類や変遷は明らかになっていない。

指宿市の田の神さあ

２００９年３月、発表者らは鹿児島県指宿市における田の神の現況調査を実施した。この調査では、１９９７（平成８年）に岩崎・井上両氏がまとめた調査報告[*1]を基にして、その当時との存在場所や劣化状況などについての変化に重点をおいた。また、新たな記録として、GPS（Garmin社製 GPSMAP６０CSx）を用いた位置測量と写真撮影をおこなった。この現況調査において確認できた田の神は５１体である。これら田の神の所在分布を図１に示す。うち２１体は、指宿いわさきホテル内の岩崎美術館に展示されているものである。

写真1：大迫の田の神

写真2：仮屋の田の神

本調査により、指宿市に所在する田の神における問題点が浮かび上がってきた。一点目は、「人手不足」の点である。指宿市は、２００６年に山川町、開聞町と合併し地域が拡大したものの、文化財担当者は旧指宿市の３名だけであり、十分な分布調査や管理を行うことができていない状況である。これは、図１の分布状況をみても明らかで、旧指宿市内の田の神しか把握できていない。よって、田の神に関わる人々の協力が不可欠である。

二点目は、「田の神の劣化」である。指宿市に存在する田の神の殆どは、山川石と呼ばれるこの地域に特有の凝灰岩で製作されている。この石は明るい黄色を帯びて美しく、比較的加工が容易であるという利点を有する。しかし、現在では経年的な風化、苔の繁茂による浸食を受け、その多くは激しく劣化していたため、日々の状態確認を行えることが望ましい。

三点目は、「所在位置の移動」である。いくつかの田の神は、１０年しか経過していないにも関わらず、移動しているものがあった。移動理由は、周囲の土地利用が変化したことによるものが大半を占めているが、豊作を祈願するために別の田んぼや集落へ移動させることがあるとの伝承も存在するため、位置把握とあわせ、詳細な由来や伝承などの収集も行いたい。

今後の計画

今後の計画として、調査により明らかになった問題点をICTの活用と地域住民の協力を得て解決する考えである。現在は、現況調査によって得られた基礎データの収集整理が完了し、このデータを基にした「指宿市の田ノ神石像　改訂版」の編集と田の神に関する情報を提供するWeb siteの実装を行っている。今後、地域住民や観光客などが撮影した田の神の写真を材料として、日々の状態確認や利用者同士の交流を可能とする機能などを盛り込んでいく。

また、指宿市考古博物館では「指宿まるごと博物館」という指宿市全体をひとつの博物館にみたてて、地域の活性化をはかる活動を行っている。地域に根ざしたフィールドミュージアムの成立をはかっていくため、指宿市考古博物館を拠点とした本プロジェクトの体験イベントや地域の小中学生に向けた校外e-Learning授業などの企画開催を検討中である。

＜参考文献＞

１．岩崎裕、井上榮一郎「指宿市の田ノ神石像」指宿市教育委員会、１９９７

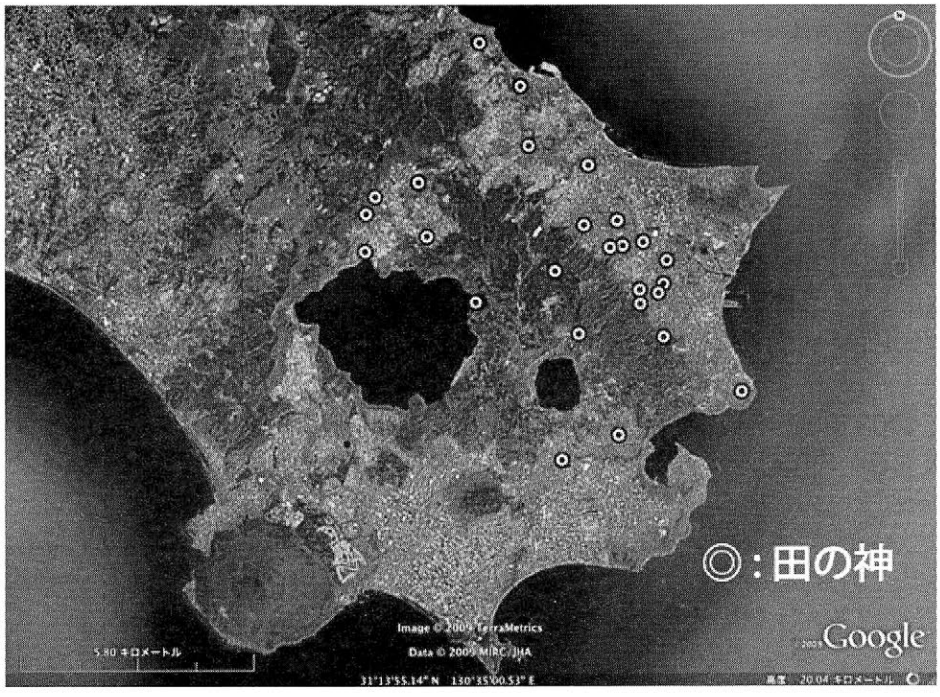


図1：指宿市の田の神分布

P－127

文化財へのRFID技術応用のためのICタグの耐候性実験

安藤涼介・○亀井宏行・古川桂（東京工業大学）・岡本篤志（東北芸術工科大学）・山田卓司・塚本敏夫（元興寺文化財研究所）

目的

文化財においてRFID技術を導入し、遺物や遺構の管理をより容易に行えるシステムの開発を行っている。RFIDとは、Radio Frequency Identificationの略であり、ID情報を埋め込んだタグと電波を用いた近距離の無線通信によって情報をやり取りするもの、およびその技術全般のことである。文化財へのRFID技術の導入を考えた場合、ICタグが屋外に晒される可能性がある。そこで、本研究ではICタグとそれを貼付ける際に使用する接着剤を屋外に長時間晒した際に機能を保持したまま耐えられるかを調べることを目的とする。

対象とするICタグ

文化財に添付することを考慮し、ICタグはRFIDのなかで世界最小のサイズを持つ、株式会社日立製作所が開発したミューチップが最適と判断した。本研究では、その中でも2つのミューチップのインレットに関して実験を行った。一つ目は、日立化成工業株式会社が製造している超小型インレット「MC1-INO403-HT」（4×2.5mm）、二つ目は、株式会社日立プラントメカニクスが製造している屋外用インレット「スカイメタル」（32×5×3mm）である。

実験

1. 超小型インレットと接着剤の耐候性実験

ICタグとICタグを貼付ける際に使われる接着剤が屋外での使用に耐えうるかを調べるため、山形県の東北芸術工科大学にて、超小型インレットを16種類の接着方法で木板に、また7種類の接着方法で土器にそれぞれ貼付け、屋外に曝露することを行った。

曝露開始日は、2007年10月26日であり、その後201日経過した結果を昨年発表した[1]。本年度は、それからさらに約1年経過し、566日経過した現在でもミューチップの機能は全て正しく機能し、また、新たに剥がれた接着剤も無かった。（写真1）

2. スカイメタルの屋外曝露実験

耐候性に優れたスカイメタルといえども、どの程度の状況に耐えうるかは実験されていない。そこで、エジプトのハルガオアシスにある、アル・ザヤーン神殿付近にて、スカイメタルを温湿度計に貼付けた状態（写真2）で屋外の12カ所に曝露することを行った。

曝露開始日は、2007年12月18日である。また、設置した場所は図1に示した通りである。

そして2008年12月17日の曝露から365日後に再び温湿度のデータの取得とスカイメタルが機能するかの確認を行った。その結果、全てのスカイメタルが正しく機能した。また、12カ所それぞれのデータの最高気温、最低気温、最大日較差、最高湿度、最低湿度は表1のようになった。この表より、最高温度77.5℃、最大日較差48.5℃の環境下でも、正常に機能することが確認できた。

3. スカイメタルの土壁埋め込み実験

アル・ザヤーン神殿付近の土壁にスカイメタルを泥で塗り込み、屋外曝露する実験を行った。

曝露開始日は2007年12月16日である。

そして2008年12月18日の曝露から366日後にスカイメタルが土壁に埋め込まれた状態

で機能するかの確認を行った。その結果、埋め込んだスカイメタル 15 個全て正常に機能していることが確認できた。

これら 3 つの実験は 1～2 年実施しているが、さらに継続して監視していく

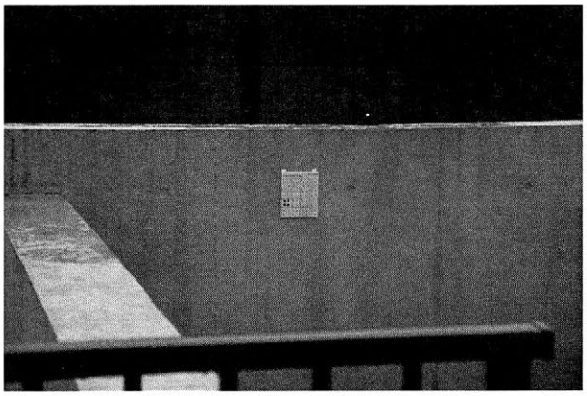


写真 1　超小型インレットの屋外曝露の様子
（東北芸術工科大学にて）

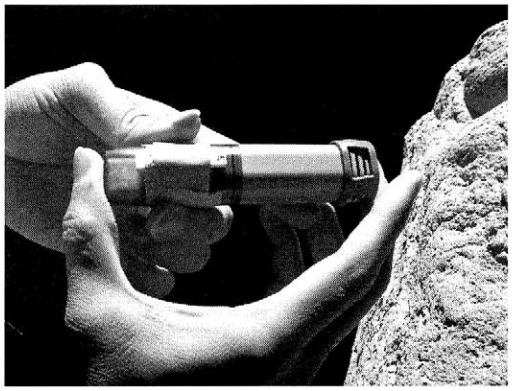


写真 2　温湿度計にスカイメタルを貼付けた様子
（アル・ザヤーン神殿にて）

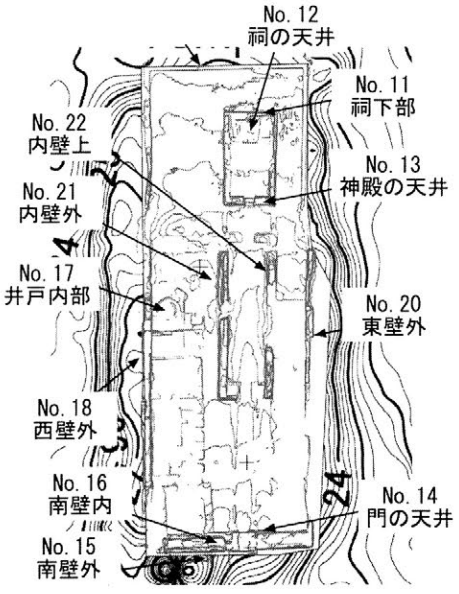


図1 アル・ザヤーン神殿における
温湿度計の設置場所

表1　スカイメタルを設置した箇所の温度・湿度のデータ

	最高温度	最低温度	最大日較差	最高湿度	最低湿度
No.11	41.5	52.5	9.5	48.5	14.0
No.12	53.0	57.5	26.5	88.5	7.0
No.13	48.5	3.5	26.0	90.0	5.5
No.14	44.5	6.0	16.0	84.0	8.0
No.15	49.5	10.5	27.0	62.0	8.0
No.16	44.5	7.0	11.5	69.0	10.5
No.17	77.5	8.5	48.5	89.5	7.5
No.18	44.5	9.0	11.5	69.5	9.0
No.19	47.0	2.5	24.0	91.0	6.5
No.20	46.0	6.5	17.5	66.0	9.0
No.21	49.5	9.0	18.5	70.0	8.0
No.22	58.5	4.5	35.0	84.5	5.5

本研究は、H19～22 年科学研究費補助金基盤研究(A) 課題番号 19254002
「考古遺跡調査への情報技術導入実験—エジプト・アルザヤーン神殿遺跡」による。

参考文献

1) 安藤涼介、長瀬智、岡本篤志、亀井宏行　”考古遺跡調査への RFID 技術の導入　～ミューチップ IC タグの耐性実験～”　日本文化財科学会第 25 回大会、pp. 392-393、2008

露出展示遺構における保存評価試案
伊勢堂岱遺跡（秋田県北秋田市）の調査から

○ 神田涼（筑波大学大学院），松井敏也（筑波大学），榎本剛治（北秋田市教育委員会），
沢田正昭（国士舘大学）

目的

本発表では、環状列石が露出した状態で公開されている伊勢堂岱遺跡（秋田県北秋田市）での石材調査結果をもとに、石材の状態を簡便かつ効果的に把握するために考案した劣化状況調査シートについて紹介し、目視による維持管理、また、露出展示遺構における今後の具体的な維持管理に向けた評価手法の提案を行う。

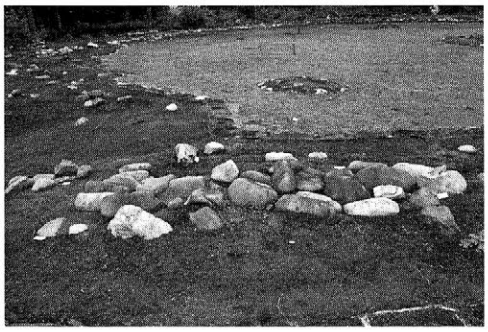


写真１．伊勢堂岱遺跡環状列石遺構近景

調査対象

伊勢堂岱遺跡（写真１）は、秋田県北秋田市鷹巣に所在する縄文時代後期の国指定史跡である。国内でも有数の環状列石遺構で知られ、秋田県鹿角市にある大湯環状列石とともに世界遺産への登録を目指し、恒久的な保存活用に向けた取り組みが行われている。

現在、環状列石 A,C,D の３つが露出した状態で公開されているが、今回の調査対象である環状列石 A、D の２つは露出期間が異なる。平成７年度の第２次調査で発見された環状列石 A は 10 年以上露出されており、一方、平成 12 年度に発見された環状列石 D は平成 14 年の第９次調査、北西部分については平成 19 年度の第 14 次調査で面的に検出され、露出期間は 1～6 年程度となっている。現状の保存対策としては土の流出防止のために土嚢を設置し、凍結融解防止のために冬季の積雪時にシートによる被覆等を行っている。当該地の気候は、年平均気温が 9.6℃、最暖月（8 月）の平均気温が 23.3℃、最寒月（1 月）の平均気温が－2.6℃である。11 月下旬から 4 月上旬まで降雪する日本海側特有の気候となっている。

なお、構成石材は環状列石 A では 22 種 1058 個、環状列石 D では 20 種 547 個の確認がなされている。

調査内容

・ナンバリング･マッピング：各石材にナンバー（ID）を付与した。今回は発掘調査時に付与されていた石材個別に割り振られた遺構ナンバーを使用し、新たに確認された石材にもナンバリング作業を行った。

・写真撮影：各石材の写真撮影時にはカラースケールと各石材ナンバーを記載したラベルを一緒に撮影した。

・石材判定作業：後述の調査シートを利用して、目視による石材の劣化状況の確認を行った。

調査シートの考案

石材の判定作業に用いた調査シート（図１）には、あらかじめ判定項目（7 項目）と判定基準（A,B,C,の 3 段階及び有無）を記載している。該当箇所を○で囲む選択方式を採用し、調査の効率化を目指した。判定項目以外の劣化やその他特記すべき事項については、備考欄などに記述するようにし、A4 サイズの調査シート 1 枚で 30 個の石材について記録が行えるよう一覧性を重視している。

処理方法			接合・整形・充填	強化		クリーニング		撥水	複製	その他	備考
石材No	写真No	1.寸法(cm)	劣化状況								
			2.割れ	3.亀裂・ヒビ	4.風化	5. 汚れ・変色	6. 生物・植物	7. 吸水性	8. 移動・消失	9. その他劣化	
1			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		
2			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		
3			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		
27			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		
28			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		
29			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		
30			A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	有 無	有 無		

2.割れ　A=50%～(1:1)緊急に処理が必要　B=20%～(5:1)見た目はひどくないが処理が必要　C=～20%(10:1)緊急に処理を必要としない
3.亀裂・ヒビ　A=50%～(1:1)緊急に処理が必要　B=20%～(5:1)見た目はひどくないが処理が必要　C=～20%(10:1)緊急に処理を必要としない
4.風化　A=凝集力を失い緊急に処理が必要　B=見た目にはひどくないが処理が必要　C=処理の必要なし
5.汚れ、変色　A = 30%～　B = 10～30%　C = 0～10%
6.生物・植物　A = 50%～　B = ～50%　C = なし
7.吸水性　有＝撥水処理が必要　無＝撥水処理不要

図１．調査シート書式

調査シート下部には判断基準となる各劣化程度の判定基準（表１）を明記し、調査時に常に確認できるようにした。さらに想定される処理内容についてもシート上部に記載し、将来的な保存処理内容を念頭に置いた判断が可能となっている。

表１．判定項目と判定基準対応表

判定項目	判定基準						想定される処理
割れ	A	50%～（1:1）緊急に処理が必要	B	20%～（5:1）見た目はひどくないが処理が必要	C	～20%（10:1）緊急に処理を必要としない	接合・整形・充填
亀裂・ヒビ	A	50%～（1:1）緊急に処理が必要	B	20%～（5:1）見た目はひどくないが処理が必要	C	～20%（10:1）緊急に処理を必要としない	強化
風化	A	緊急に処理が必要	B	見た目にはひどくないが処理が必要	C	処理の必要なし	
汚れ・変色	A	30%～	B	10～30%	C	0～10%	クリーニング
生物・植物	A	50%～	B	～50%	C	なし	
吸水性	有	撥水処理が必要	無	撥水処理不要			撥水
移動・消失	有	発掘当初の位置から移動・消失	無	発掘当初の位置にあるもの			複製

調査結果

石材判定作業集計の結果について概略を述べる。まず、全体の傾向として「風化」「汚れ・変色」「生物・植物」の３項目では殆どの石に何らかの処理が必要だと考えられ、露出年数の長い環状列石Ａ（1178個：新たに確認した石材含む）では「汚れ・変色」「生物・植物」の傾向が著しく、経年による影響が見出せる。また「割れ」でも経年による劣化の進行をうかがうことができる（図２、図３）。

さらに、所在が確認でき且つ石種が判明している石材（環状列石Ａで21種941個、環状列石Ｄで20種494個）のうち、環状列石A,Dともに構成石材の８割以上を占める上位４種（凝灰岩、第４紀安山岩、流紋岩、ひん岩）の傾向を比較すると、環状列石Ａで、「割れ」「汚れ・変色」「生物・植物」の３項目において、判定Ａの割合が全ての石種で高かった。特に凝灰岩では、他の石種に比べ判定Ａとなる石が多く、環状列石Ａで「割れ」の判定Ａとなった石材は43個（14.4%）と１割以上が10年以上の露出で形態を著しく失っていると言える。

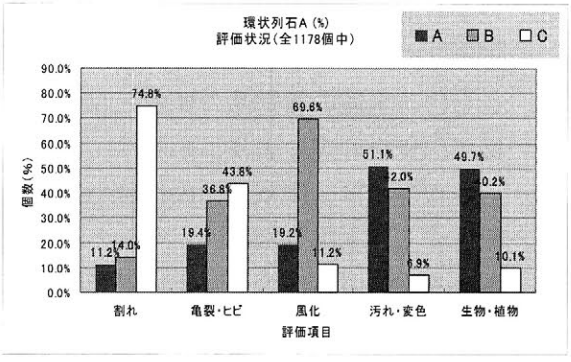


図２．環状列石Ａ評価状況（%）

また、今回所在が確認できなかった石材はすべて「移動・消失」としたが、埋没しているものと完全に原位置を離れているものがあるなど、項目によっては細分化の必要性がある。石材部分だけではなく、土壌部分の劣化状況（水はけや植物、亀裂など）も併せて確認する必要があり、今後の検討課題としたい。

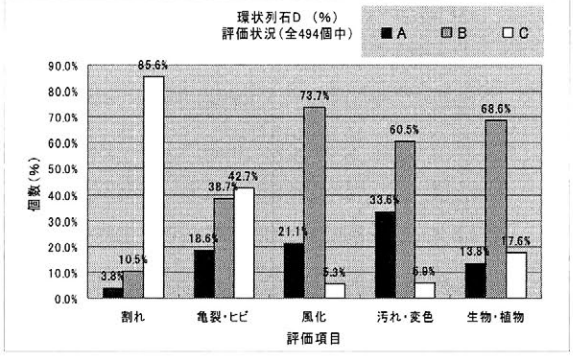


図３．環状列石Ｄ評価状況（%）

まとめ

今回、石材の調査シート及び、環状列石遺構における石材劣化状況の目視による効率的な確認方法についての提案を行った。数多く存在する露出展示遺構の維持管理について、簡便、効率的かつ安価に実施できる手法の需要は今後も増大することが予想される。本手法では石材１個あたり数十秒での判定が可能であり、調査者の主観や専門的知識に左右されず遺構の変化や劣化状況の傾向を把握し、更なる詳細な調査を実施する判断基準ともなりうる有効な手法と言えるだろう。

今後も、様々な遺構を視野に入れ、塩類の析出状況や構造、磨耗状況など判定項目の追加や細分化についても検討を行い、より汎用性を高めるための改良を加えていく予定である。

参考文献

北秋田市教育委員会,2007,国指定史跡伊勢堂岱遺跡整備基本計画.
北秋田市教育委員会,2007,北秋田市埋蔵文化財調査報告書第６集伊勢堂岱遺跡発掘調査報告書Ⅵ.
北秋田市教育委員会,2008,北秋田市埋蔵文化財調査報告書第８集伊勢堂岱遺跡発掘調査報告書Ⅶ.

P－129

指定品の展示･収蔵状況の実態調査 ～関東以北の地域を中心に～

伊藤健司・○山田卓司・辻村希里子・桃井宏和・岡本広義（(財)元興寺文化財研究所）

1. はじめに

指定品（歴史や美術資料価値を特に有するとして指定された文化財）は、考古資料だけでなく歴史資料や美術資料としての資料価値を有しており、博物館や資料館等で歴史教育、社会教育や生涯教育の資料として広く公開展示されている。これらの指定品の中でも、科学的な処置（以下、「保存処理・修理」とする）が行われたものと未処理のものに分けられる。すでに一部の未処理の指定品は早急な保存処理・修理を必要とし、また保存処理・修理を実施した資料も時に何らかの要因で変化を生じる例を報告している[1]。

本調査は、保存科学的見地からだけでなく、考古学的見地から展示方法、博物館学的見地から博物館や資料館における公開や活用に向けた環境や取扱等に関する実態を調査し、指定品の保管管理における課題や改善すべき点があれば、提案や提示を行うものである。さらに、全国の指定品の展示・収蔵状況の実態調査を進めることにより、総合的な知見を得て、資料管理のよりよい展示・収蔵環境を研究することを目的とする。

本報告では、関東以北の地域で指定された考古資料に焦点をあて、実施した調査結果を報告する。本調査結果は、今後の指定品管理の一つの指針になるだけでなく、展示・収蔵される文化財全体のよりよい保管管理について有益な情報を提供すると考える。

2. 調査方法について

10箇所の博物館や資料館において指定品を中心に展示・収蔵状況を調査した。調査は、二人一組で状況観察と担当者からの聴き取りを現地にて行った。指定品の展示・収蔵環境について及び展示・収蔵方法について検討・考察を行った。展示された指定品は、展示ケース外からであるが1点ずつの実見を行い、収蔵された指定品は、異常等がなく同種の資料に関しては代表的な資料を実見した。実見した資料数は、1000点を超える。調査結果を受けて、施設の改善点や対策等を考察し、調査対象機関に提案を行っている。本報告では、関東以北地域の調査結果概要を述べ、特色ある施設の実態を報告する。

3. 調査の結果

指定品が、24時間温湿度の制御可能な施設に指定品を収蔵されている施設は10館中2館であった。資料が指定品に指定された場合でも専用の施設を用意するのが難しい現実を表している。その中で収蔵庫全体の温湿度を制御できないが、大型フィルム保管庫を用い、温湿度環境を24時間制御可能としている施設があった。この対策も費用は必要であるが、施設の大幅な改修が要らない温湿度制御方法として一つの解決策になることが期待される。また、24時間の温湿度管理はできないが、収蔵箱に木箱（スギやキリ）を用いることで、温湿度の変動を少なくする取り組みを実施している施設もある。一方、耐火性を重要視するあまり湿度上昇を生じた耐火金庫の使用例も明らかとなった。

虫害菌調査や燻蒸を実施している施設は10館中4館であった。主に考古資料を調査対象としたため、虫害菌による被害が少ないなどの理由から少ないと考えられる。しかし、カビの発生などがあった施設もあり、虫害菌調査などに基づく総合的有害生物管理が今後重要となると考えられる。また、その必要性を広く告知していく必要があるだろう。

照明に関しては、10館中9館で博物館用蛍光灯の使用や来館者時のみの点灯などの何らかの対策が行われていた。指定品は基本的には収蔵してレプリカを展示している館を別にして、資料が受ける光量の絶対値を減らすため、複合的な取り組みの必要性が考えられる。

耐震対策に関しても土器のテグス固定や専用台への設置、資料棚への耐震ベルトなどの対策を全ての館が実施していた。しかし、テグス固定に関しては、資料に接触する箇所にチューブなどの保護措置が取られていないことなど、不備な点も見られた。

保存処理が行われていない未処理の資料や保存処理後に保管環境や経年劣化により変化を生じた資料といった保存処理を必要とする施設は10館中5館であった（補填部分のずれなどの軽微な変化も含む）。また、すでに再処理が実施された館が1館あるなど、厳重に管理されている指定品であっても、定期的な保守管理の重要性が伺える。

4. 考察

指定品であるため、展示台に免振やエアタイト機能の導入や、特別収蔵庫の設置や木箱の導入などそれぞれの館で特色ある取り組みが行われていた。しかし、特別な施設が逆に資料に悪影響を及ぼした例が見られるなど、指定品の整備における問題点が明らかになった。現在の段階で最良の方法は、それぞれの館で異なるため一概には言えないが、展示に関する取り組みが組織的になされている館でよい傾向が見られた。

今回、資料の中で管理が厳密であると考えられる指定品を中心として、その展示・収蔵状況の実態を調査した。問題点改善に向けた様々な取り組みが行われている。しかし、それらの情報が共有されることは少なく、情報の共有が今後の課題として挙げられる。また、費用対効果を念頭に置いた解析は行われたことがなく、興味が持たれる問題である。

本報告は、平成19年度科学研究費補助金基盤研究（C）「指定品の展示・収蔵状況の実態調査～考古資料を中心として～」（課題番号19611023・研究代表者　岡本広義）による。

参考文献

1. (a) 伊藤健司　『保存処理後遺物の経年調査』　(研究課題番号12308005) 平成12～15年度科学研究費補助金基盤研究（A）(2) 研究成果報告書、2004. (b) 伊藤健司他　「重要文化財「広島県草戸千軒町遺跡出土品」の現状と今後の課題（1）」『日本文化財科学会第23回大会研究発表要旨集』p296-297、2006. (c) 伊藤健司他　「重要文化財「広島県草戸千軒町遺跡出土品」の現状と今後の課題（2）」『日本考古学協会第73回総会研究発表要旨集』p62-63、2007.

臼塚古墳出土舟形石棺における劣化調査（2）
－ 赤外線サーモグラフィがとらえた日射の影響 －

○山路 康弘（大分市立滝尾中学校），稗田 貞臣（文化財保存活用研究所）

1）はじめに

近年では石造文化財の劣化が問題視され始め、現状把握や劣化要因の追及、さらには保存修復後のモニタリングなど様々な研究がなされている。これら様々な研究の１つに赤外線サーモグラフィを用いた劣化診断調査がある[1)]。この調査方法を用いて2006年７月（Ⅰ次調査）と2006年12月（Ⅱ次調査）の２回、大分県臼杵市に所在する臼塚古墳出土の舟形石棺（写真１）で劣化調査を実施した。Ⅰ次調査から１号石棺の表面温度が52.1℃に達し、差画像を作成した際に20.0℃以上の温度差が示された。また２号石棺は１号石棺よりも表面温度差が小さく、劣化の進行も１号石棺と比べると遅いことが判明した。この両者における劣化の差は表面温度差、言い換えれば「日射」が起因しているのではないかと推測した[2)]。そのためⅢ次調査として写真２に示すように覆屋の東側に寒冷紗を設置し、日中において日射を遮断した状態での劣化調査を実施した。今研究はⅢ次調査結果について報告する。

写真１　臼塚古墳出土石棺

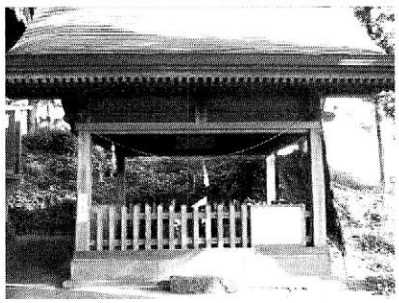
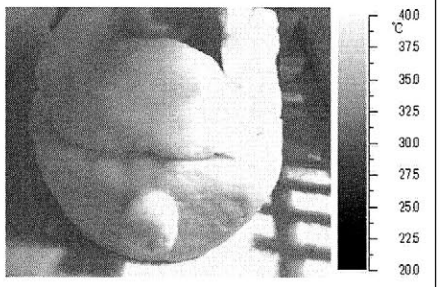
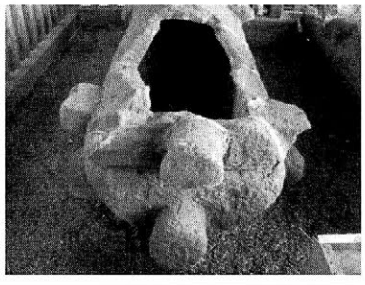
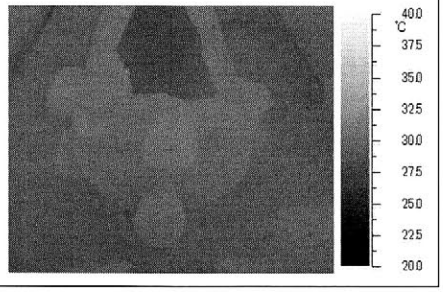


写真２　寒冷紗設置状況

2）Ⅰ次調査における表面温度状況

Ⅰ次調査から１号石棺の表面温度が40.0℃以上を示す範囲（最高：52.1℃）が存在するのに対し、２号石棺では最大でも31.0℃と１号石棺と２号石棺の表面温度差が同時刻で20.0℃以上もあることが明らかとなった。この結果を受けて、石棺の表面劣化に「日射」が影響しているのではないかと想定した。

	観測箇所写真	赤外線サーモグラフィ画象
１号石棺南側		
２号石棺南側		

3）赤外線サーモグラフィによる劣化診断解析結果

Ⅲ次調査はⅠ次調査結果の「１号石棺と２号石棺の劣化状況の差は表面温度差」という推測を受け、劣化要因と考えられる日射を遮断して赤外線サーモグラフィを用いて再度劣化調査を実施することにした。今回日射を遮断するための材料として寒冷紗を用い、これを覆屋東側に設置した（写真３）。

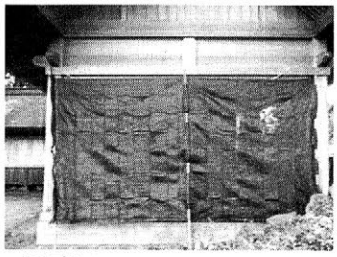
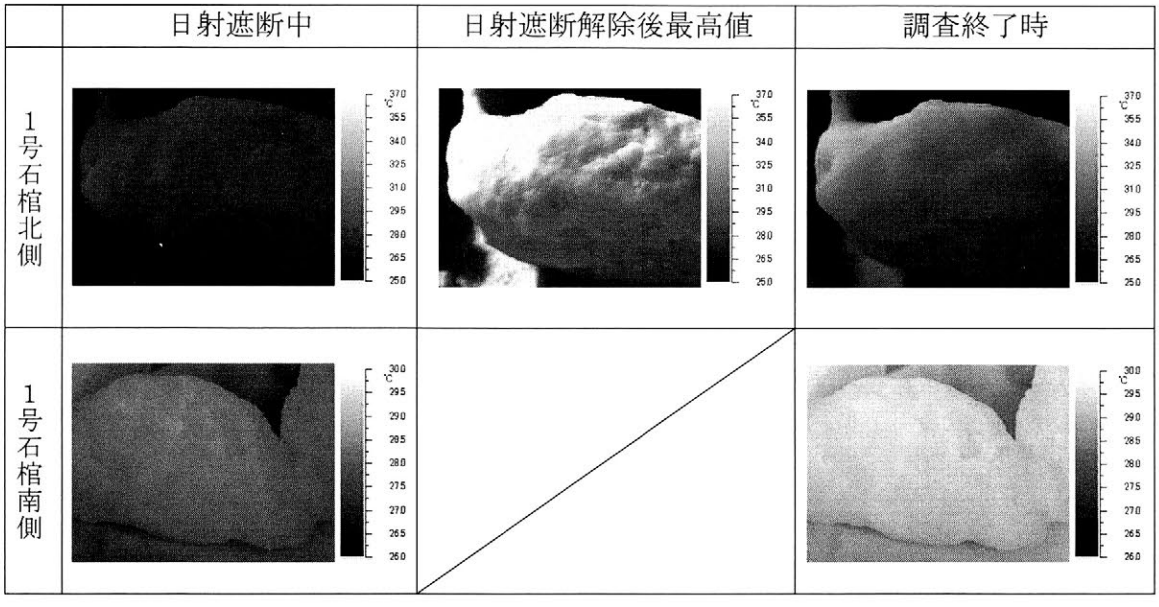


写真３
寒冷紗設置状況

先に日射を遮断した状態で石棺表面を赤外線サーモグラフィで撮影し、数分後寒冷紗を外して表面温度上昇をとらえ、再度寒冷紗を設置し下降状況をとらえることとした。結果、１号石棺北側は日射の遮断を解除すると表面温度が５分後には約 4.0℃，10 分後には約 10.0℃，20 分後には約 17.0℃上昇した。また寒冷紗の再設置後は徐々に表面温度が下降して調査終了時には最高表面温度から約 14.0℃下がった。１号石棺南側も石棺北側同様に日射の遮断を解除すると表面温度が上昇した。よって簡易的な方法ではあるが寒冷紗を設置することで日射が和らぎ、石棺の表面温度上昇を緩やかにすることを赤外線サーモグラフィで明らかとした。



4）おわりに

赤外線サーモグラフィにおけるⅢ次調査結果から、日射の遮断のために寒冷紗を設置した場合は表面温度の上昇が緩やかになり、表面温度差が小さくなることが確認できた。これは赤外線サーモグラフィで表面温度をとらえたことにより明らかとなった。今回の調査で、「表面温度を把握するためには赤外線サーモグラフィが有効であること」，「簡易的な方法でも日射風化を防ぐことができること」を報告し、今報告が日射風化など同じような問題で困っている方々のヒントになればと考えている。

＜参考文献＞
1）山路康弘（2009）「赤外線サーモグラフィによる屋外文化財の劣化診断」『埋蔵文化財の保存・活用における遺構露出展示の成果と課題 講演・報告資料集』 pp. 97-104　奈良文化財研究所
2）山路康弘，稗田貞臣，平尾良光（2007）「臼塚古墳出土舟形石棺における劣化調査」『日本文化財科学会第 24 回大会　研究発表要旨集』 pp. 316-317　日本文化財科学会

石造文化財におけるクリーニング処理について

○稗田貞臣（文化財保存活用研究所），伊藤広宣（別府大学大学院），
山路康弘（大分市立滝尾中学校）

1．はじめに

石造文化財の保存修復を行う上で最初に行う最も重要な作業は着生生物や塵埃除去（以下、「クリーニング」と示す）である。一度の作業で全ての着生生物の除去は非常に困難であり、数回に分けてクリーニングを行う必要がある。また、除去を行ったとしても時間の経過とともに新たに繁茂する恐れがあるため、継続してクリーニングを行わなければならない。

今回は有効なクリーニング方法を探るため着生生物の付着した五輪塔の笠形部（写真１）を８つのエリアに分け、７種類の方法（水，スチーム，エタノール，水＋養生，洗浄剤＋養生，洗浄剤，防地衣剤，未処理）を用いてクリーニングを２回行った結果について報告する（なお、ここでの養生とは水や洗浄剤を含ませたポリマーを湿布状態で貼り付けることである）。

写真１　五輪塔全景

2．クリーニング方法

写真２の五輪塔笠部上面を８つのエリア（内１箇所は未処理面）に分け、図１に示すとおりのクリーニング方法を用いた。今回は７ヶ所のクリーニング全てが終わった状態を１回と考え、計２回のクリーニングを行った。

1-1　水をかけながら除去
1-2　不織布を一枚挟んだ上からスチームを当てて除去
2-1　１週間程度、毎日エタノールを含ませた後、除去
2-2　水を含ませたポリマーで１週間養生させた後、除去
3-1　洗浄剤を含ませたポリマーで１週間養生させた後、除去
3-2　洗浄剤を用いて除去
4-1　防地衣剤を塗布後、除去
4-2　未処理

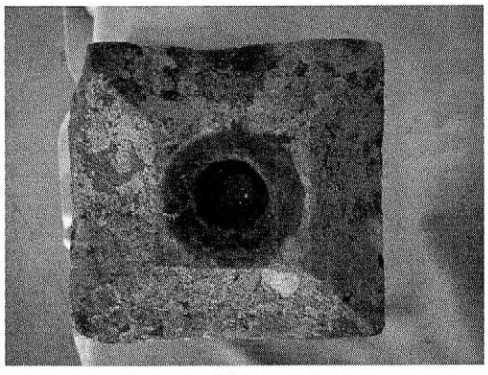


写真２　五輪塔笠形部上面

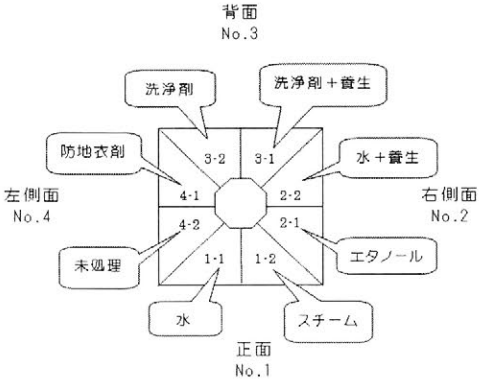


図１　クリーニング方法

3．結果

1-1　水のみでは着生生物をほとんど除去することができなかった
1-2　基部は残るもののある程度容易に除去することができた
2-1　1-1に比べると着生生物の色調は変化したが、あまり除去することができなかった
2-2　養生後は着生生物がふやけており、基部は残るものの容易に除去することができた
3-1　養生後は着生生物がふやけており、基部は残るものの容易に除去することができた
3-2　若干時間はかかるものの、容易に除去することができた。
4-1　全体的に着生植物の色調が変化した

水のみでのクリーニングでは時間がかかり、着生植物をほとんど除去することができなかった。スチームを用いたクリーニングでは、着生植物の根は残るもののある程度容易に除去することができた。エタノールによるクリーニングについては、着生生物の色調が変化し、1回目のクリーニングでは若干除去することができたものの、2回目のクリーニングでは1回目とほとんど変わらない程度だった。ポリマーを用いたクリーニングでは、水および洗浄剤ともに養生後は着生植物がふやけており、基部は残るものの容易に除去することができた。とくに洗浄剤を用いた試験面が効果的だった。また洗浄剤だけのクリーニングでは、若干時間がかかるものの、ポリマーを用いた試験面同様に着生生物の除去ができた。最後に防地衣剤を用いた試験面については、全体的に着生生物の色調が変化したものの、2回目のクリーニング終了後までの期間ではあまり除去できなかった。

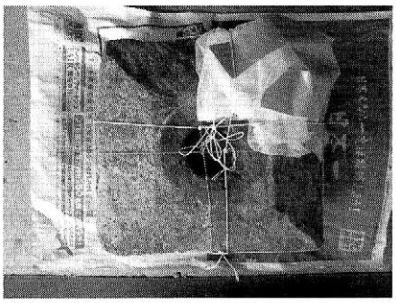


写真3　養生風景

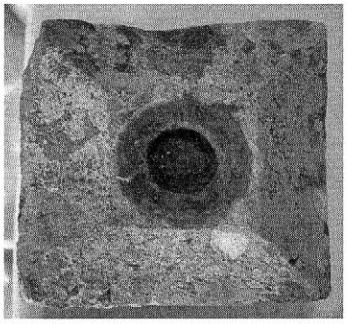


写真3　クリーニング前

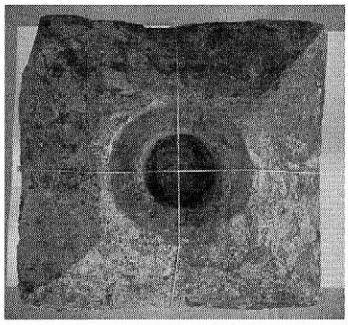


写真4　クリーニング1回目

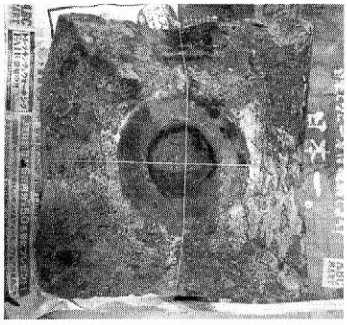


写真5　クリーニング2回目

4．考察

着生生物が付着している石造文化財のクリーニングを行う際は、水やエタノールだけではほとんど除去できないことが今回の実験で明らかとなった。しかし、スチームやポリマーなど他の方法を組み合わせることにより着生生物の除去率が上がることがわかり、さらに若干時間がかかるものの洗浄剤も着生生物の除去に有効であることがわかった。また今回は実験を行っていないが臼杵磨崖仏では紫外線を使用したクリーニング[1)]で成果をあげているため、今後もいろいろな手法を用いながら石造文化財のクリーニング処理について考えていきたいと思う。

1) 森井順之，川野邊渉，山路康弘，柏谷博之：「紫外線照射装置を用いた磨崖仏着生生物の除去」，保存科学，48，21-31（2009）

P－132

美術品輸送に関する文化財用免震装置の開発（2）

-運転技能による振動差異-

○塚本敏夫・雨森久晃（元興寺文化財研究所）
駒井利定（有限会社CP輸送）小島誠・横尾淳一（株式会社エーエス）

1．はじめに

文化財の公開は、社会教育という点からたいへん重要であり、そのためには輸送が不可欠である。ここ数年、全国で開催される企画展などは拡大の一途をたどり、その中で美術品輸送のモラルが問われてきている。現在の傾向として博物館等での予算の削減や入札制度の導入により、美術品輸送専門業者でないものが輸送を担当することも増えてきている。特に考古遺物の中で大刀などの長尺遺物や甲冑などの立体遺物は、資料自体が脆弱化しており輸送時の振動などによって破損することも多い。

尚且つ考古遺物・民俗資料等は、保存処理以前と後では、その強度にも違いが出る。しかし、現状では保存処理後の強度の設定に的確な判断基準が存在しないのが現実である。

2．研究の目的

2.1.研究の目的

元興寺文化財研究所では文化財の保存の立場から、保存処理後の文化財に関して強化処理評価は最も遺物にストレスがかかる輸送時に行うべきであるとの視点から、走行実験を行ってきた。

走行実験では輸送時における衝撃等の負荷が文化財にどのように影響をおよぼすか。また、輸送手段の相違（美術品専用車による輸送・一般車両による輸送）により文化財に与える負荷の相違や、資料に及ぼす影響を明確にデータ化することをにより、より良い美術梱包・輸送方法を確立することを目指している。その走行実験により、従来安全とされてきたエアーサスペンション仕様の美術品輸送車においても、非常に大きな重力加速度が発生することがわかってきた。そこで輸送時に搬送物への振動を防ぐ免震装置が必要であることに着目し、美術品輸送車でなくとも安全に輸送できる免震装置として文化財輸送用の防振パレットの開発をおこなっている。

今回はその走行実験の中で運転技能の違い（運転手の違い）による振動の差異を測定したのでその結果を発表する。

3．振動測定走行試験

3.1.測定日時

2008年6月4～5日（2日間）

3.2.対象車両

文化財診断車　法量　全長7235mm
　　全幅2308mm　全高3366mm
サスペンション
　フロント：テーパーリーフサスペンション
　リア　　：4バックエアサスペンション

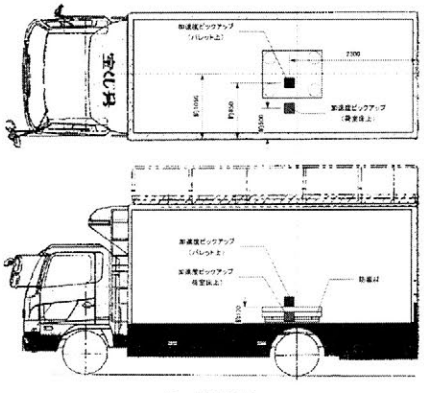


図1　測定位置

3.3.運転手

A：4ｔトラックを運転したことのある一般人　B: 美術品輸送専門職のベテラン運転手の2水準

3.4. 測定方法と測定位置

文化財診断車で一般道の同一ルート(図2)を走行し、防振パレット下架台の加速度（上下、左右、前後方向）を測定した。図1に測定位置を示す。

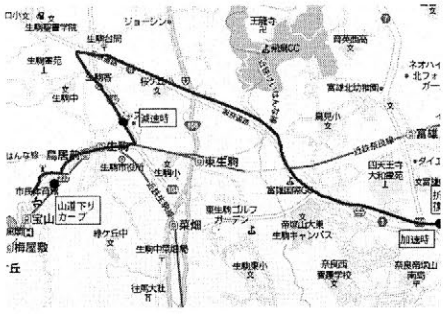


図2　走行ルート

3.5. 測定装置仕様

(1) 振動ピックアップ［リオン製：PV-93型］
(2) 振動計ユニット　［リオン製：UV-05A型］
(3) データレコーダー[キーエンス製：NR-2000]

4.　測定結果と考察

同一ルートで法定速度を守って走行するという条件で走行実験を行った結果、復路の走行タイムはAが900秒、Bが855秒と約1分近い差がでた。全体での重力加速度の比較では当初予想していた結果とは逆にBよりもAの方が比較的良い結果となった。一般道を走行したため、交通渋滞や信号待ち等の条件は違うため単純に比較はできないが、カーブや坂道時にAが運転に慣れていないため慎重に低速度走行を行ったのに対してBは慣れているため比較的法定速度に近い速度で走行したためと考えられる。このことは山道下りカーブでのデータ（図4）の比較に現れており、下りカーブ時のブレーキ時の上下・左右の重力加速度でBがAより大きな値を示している。

一方、加速時はAの方が大きな上下方向の重力加速度を示した。これはギア変速の時であり、加速時のデータ（図3）を詳細に見るとAはBに比べて早く速度を上げてギア変速を行い、次の変速まで同じくらいの間隔で行っている。それに対してBはゆっくり速度を上げてギア変速を行い、スムーズに次の変速をおこなっている。これは運転技能の差が現れた点である。

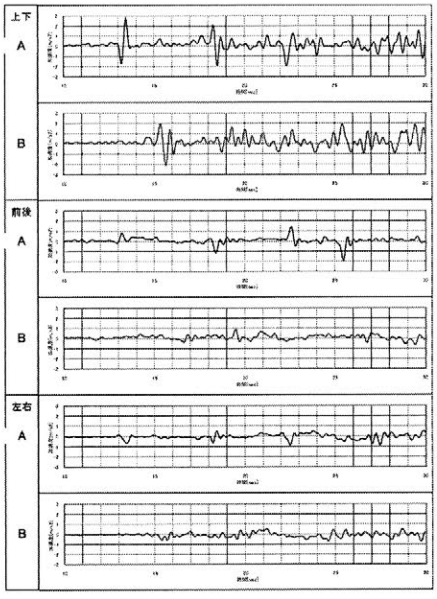


図3　加速時の重力加速度比較

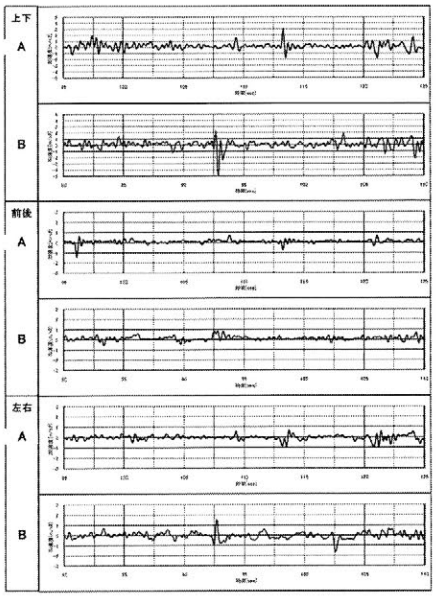


図4　下りカーブ時の重力加速度比較

5.　おわりに

今回の運転手の違いによる走行実験により、美術品輸送では大きな振動の出るカーブや坂道では何より低速で慎重に運転することが重要であること、運転技能がでるギア変速をオートマチック車にすることにより、専門の運転手でなくても十分に美術品輸送を行えることがわかった。

現在、このデータを参考に免震装置を実装した新しいエコ美専車の開発計画を行っている。

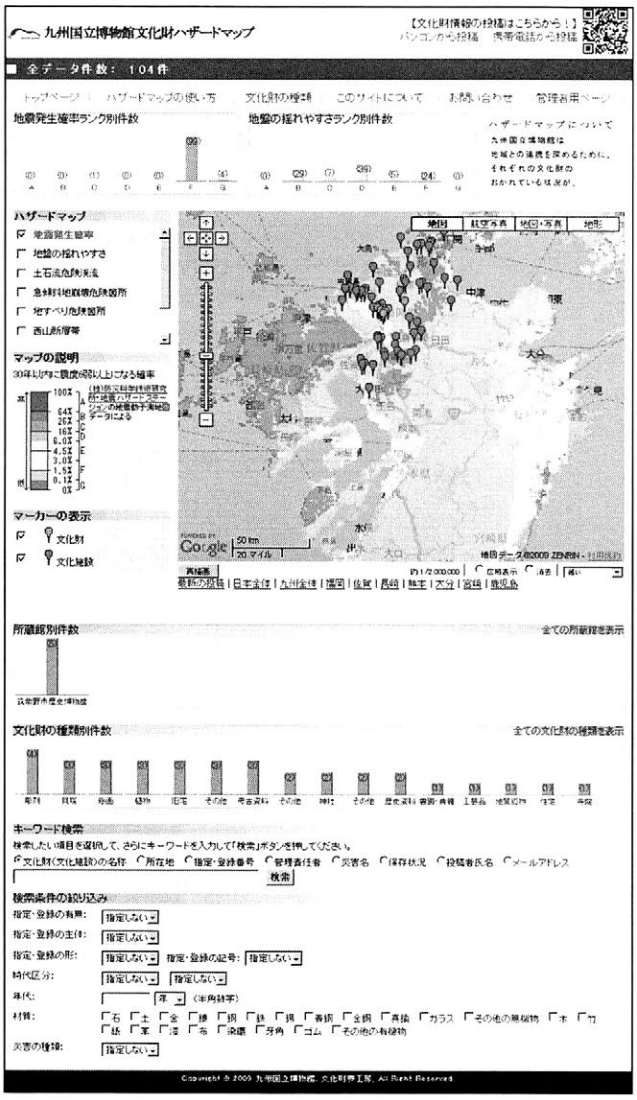
P－133

GPSを利用した文化財ハザードマップ作製の試み

○　村田忠繁　本田光子（九州国立博物館）
宮下直紀　冨士原和也（NPO法人文化財夢工房）

1．はじめに

文化財の危機管理のひとつに自然災害に対する防災対策がある。効果的な対策を講ずるために文化財所在地に内在する災害の危険度を把握することは重要である。特に地震などの低頻度型巨大災害では被災事象が複雑化し多岐にわたるためにリスクが適切に認知されず、合理的な対処が困難な場合が多い。阪神・淡路大震災以後、各地の自治体が被害想定結果の公表やハザードマップの配布など、自然災害に関する情報公開が盛んになってきたが、文化財を対象にした試みは少ない。九州国立博物館では、地域との連携の立場から福岡県を主とした地域の文化財ハザードマップの作製を試みた。



2．システムの概要

文化財ハザードマップは、ベースマップになる文化財の所在地情報と各種ハザード情報とのふたつの要素からなる。

文化財所在地情報は、国や地方公共団体が公表している指定文化財（無形文化財を除く）や、未指定文化財の取り込みも視野に入れつつ、当面は文化財収蔵施設を主に情報整理している。ハザードの種類は、その要因により自然災害のほかテロや盗難など人的要因や、立地や生物被害にかかわる環境的なものがあるが、ここでは、地震や風水害、津波、高潮、噴火などの自然災害のハザードを主としている。

文化財ハザードマップは、文化財所在地情報に加え、名称や写真などの情報を入力して地図（Google マップ）上にプロットしてベースマップとし、そのうえに内閣府や国土交通省、独立行政法人防災科学技術研究所などが公表している災害予測情報をレイヤーとして重ね合わせを行う。

それにより各々の文化財の被災危険度を総合的に評価して、効果的な防災対策を講じられるような情報システムである。このシステムは、九州国立博物館と特定非営利活動法人文化財夢工房の共同で製作している。文化財夢工房がホームページで公開している「文化財マップ」を応用し、文化財ハザードマップとして利用できるようにシステムを開発している。

３．システムの特徴と課題

このシステムの特徴のひとつは、データの入力がパソコンからの投稿の他に携帯電話からも可能となることである。携帯電話のＧＰＳ機能を使い、現地の正確な位置情報の取得が可能となるとともに、携帯電話の写真撮影機能を利用すれば、現地の状況を即時的に記録できる。

また、集積した情報は、被災危険度ごとに統計を表示することができ、さらに被災危険度、所在地、文化財の種類、材質などから検索して絞り込み、一覧することもできる。

九州国立博物館のコンセプトでもある市民共生型の博物館を踏まえ、将来は広く市民からの情報提供が可能となり、あまねく文化財を対象としたユビキタス型のシステム構築をめざすことができるようになった。

その特徴と表裏の関係にあるのが公開の問題である。文化財の具体的な位置情報はもとより、それにハザード情報が加わったマップの公開は、個人情報保護や文化財保護の観点から慎重に吟味せねばならず、現在は公開せずに、個別に文化財行政担当への案内に留まっている。そのほかにも文化財の定義の問題や大量の提供を受けた情報の精査の問題、避難場所の掲示の問題など、解決すべき課題も多い。

４．危機管理としての文化財防災情報システムの構築にむけて

文化財の危機管理への取り組みは、人や施設、情報、環境などの安全･安心を確保することである。そのなかで自然災害に対する防災への備えとして、文化財ハザードマップは有効であろう。これまでの被災経験のなかで、救済すべき文化財の所在地や避難場所が混乱の中で周知できなかった教訓から、文化財ハザードマップの必要性が論じられていた。また、防災対策の一環として位置付ける議論もあった。しかし、前述した課題もあり、ハザードマップの取り組みは、限定的なものや試行的なものであった。

携帯電話のＧＰＳ機能が広く普及し、国会においても電子情報の活用が勧められている今日、文化財においてもこの電子情報を活用し、適切な文化財保護に繋げることの意義は大きい。今回の取り組みは、ユビキタスネットワークを駆使している点でも広く市民への文化財防災意識の普及に有益であろう。

ツールとしての三次元形状計測－木製品の保存処理を例として－

○髙木佑介(奈良大学大学院)，奥山誠義，水野敏典，樋口隆康(奈良県立橿原考古学研究所)，
鈴木勉(工芸文化研究所)

1．はじめに

三次元計測器に付属する解析用アプリケーションは工業用の金型成形において、設計データと実際の製品との間の誤差を求めるために使われることが多い。二つのデータを重ね合わせることによって、誤差の大きさとそれが生じた部位とを視覚的に表すことができる。同時に各種の距離の測定や体積計算が可能である。このような機能は、計測自体が非接触であることもあり、文化財を対象にした場合においても有効に活用できる。今回は例として、木製品の保存処理の前後、および半年後の計測をあげ、その実用性を示す。

2．計測の誤差

使用した計測器は独 GOM 社製 ATOS II SO である。ATOS は、ステレオカメラ方式の計測システムで、一回の計測で最大 130 万点のポイントが得られる。使用するレンズを交換することで、さまざまな大きさの資料の測定に対応可能である。今回は一回の計測範囲が 100×80×80mm で点間距離が 80μm のものを使用した。一回の計測では、全体を記録することはできないため、計測を繰り返してそれらを結合させる。結合時には、各面の隔離距離が最小になるように調整を行い、重複部分を消去してひとつのデータとする。三次元形状計測においては、このときの誤差が計測全体の中で支配的な誤差要因となっている。まず、この誤差についての検証を行った。

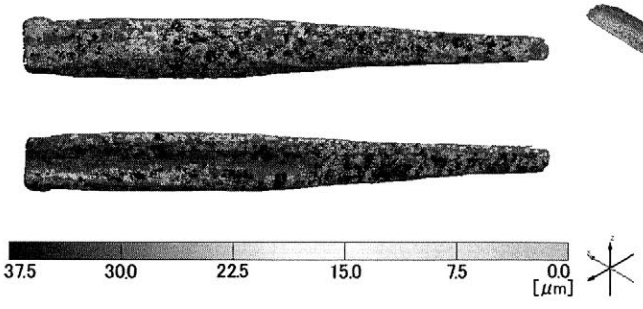


図 1　結合時の各計測面の隔離距離

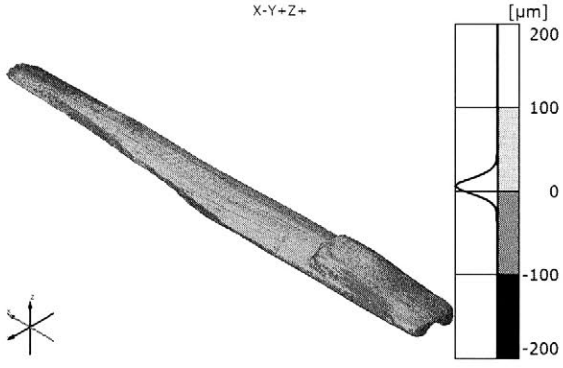


図 2　連続して計測したデータの差異

結合時の各計測データの面の隔離距離は最大で約 40μm であった。また、連続して同じ物を計測した二つのデータの差異は、3σ で±50μm であり、図 3 の保存処理前後での変化に比べて十分小さいといえる。体積では、連続して計測したデータの誤差は、5 回の計測による標準偏差で主値の 0.2%程度であった。

データの重ね合わせと差異の表示は ATOS v5.4.1-9 で、体積計算は Konica Minolta Polygon Editing tool 2.21 で行った。差異のマッピングのスケール横の曲線はヒストグラムであり、差異の大きさごとの量的な分布を表わしている。

3. 木製品の保存処理前後、半年後の計測

糖アルコール法によって保存処理を行った木製品に対して、処理の前後と保存処理の完了半年後に形状計測を行い、それぞれ二つのデータ重ね合わせ、その差異を断面およびカラーマップで表示させた。また各種の長さ、体積での比較を行った。

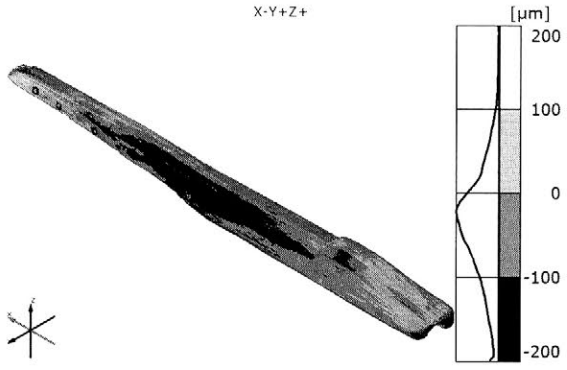


図 3　保存処理前と保存処理直後の差異

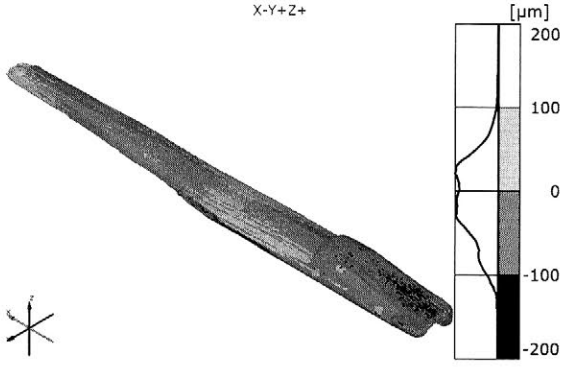


図 4　保存処理直後と保存処理半年後の差異

表 1　体積と長さの変化

	処理前	処理後	半年後
体積(cm³)	32.6	31.9 (97.8)	32.0 (98.5)
軸方向(mm)	220.16	219.83 (99.9)	219.98 (99.9)
放射方向(mm)	22.95	22.80 (99.3)	22.68 (98.8)
接線方向(mm)	9.53	9.42 (98.8)	9.40 (98.6)

()内は処理前を基準とした時の変化率%

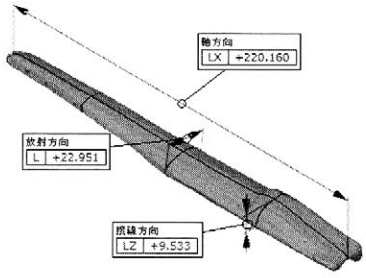


図 3 は保存処理前を基準として保存処理後の形状の変化値をマッピングしたものである。部分的に痩せたところが濃く表示され、形状が変化した場所が一目でわかる。体積等の変化を見ると保存処理後には、保存処理前に比べ全体的にわずかに縮小したことがわかる。これは、図 3 のヒストグラムが全体的に低い数値を取っていることからもわかる。保存処理完了半年後では、所々に変化はあるものの全体の大きさはほとんど変化していない。

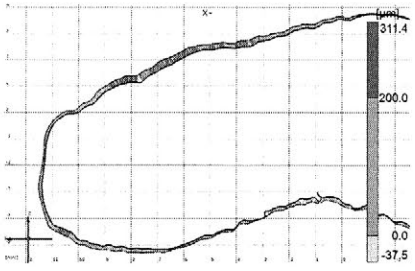


図 5　断面による比較

4. まとめ

測定の誤差は、保存処理前後の変化に比べて充分小さく、木製品の保存処理前後の形状変化を追うには有用であった。木製品の保存処理の場合では直接的な形状の比較によって情報が得られるとともに、数値化の目安として体積という項目が新たに加えられるというメリットがあった。このような計測は、保存処理の技術の向上の基礎実験等に際して有用なデータをもたらすものと考えられる。

本研究は文部科学省科学研究費補助金「課題番号 18202025 基礎研究A(研究代表樋口隆康)「考古資料における三次元デジタルアーカイブの活用と展開」の成果の一部である。

P－135

考古資料における三次元デジタルアーカイブの活用

樋口隆康・○水野敏典・○奥山誠義・寺澤　薫・千賀　久・山田隆文・菅谷文則・青柳泰介・
北井利幸（奈良県立橿原考古学研究所）・川越光洋（福井県立一乗谷朝倉氏遺跡資料館）

1.　はじめに

われわれは「できる限り多くの精密な計測データから古鏡研究の基準資料を作成し次世代の研究基盤とする」という目的のもとに、三角縁神獣鏡約 250 面を含む 1,000 面の膨大なデジタルアーカイブを現在まで構築し、古鏡のデータを活用して古鏡の製作技術や仕上げ加工技術に関する新しい研究を進めてきた。また、古鏡以外の資料についても、詳細な比較検討が有効とみられる銅鐸、塼仏などの三次元計測の可能性について、技術的な課題や考古学的利用を具体的に検討してきた。

三次元デジタルデータ化により二次的に作製された画像は、一見すると白黒写真のようであるが、コンピュータグラフィックス（CG）である。そのため、目的に応じて同一条件の陰影をつけるなどなどの観察条件の統一が容易である。三次元計測データからの計測値の利用は、測定時の誤差が生じやすい物差しやノギスより精密な計測が可能であり、考古資料にとって非接触での形状計測を可能とした点に大きな利点がある。

本研究発表では、考古資料における三次元デジタルアーカイブの活用について報告する。

2.　方法

三次元計測は、ドイツ GOM 社製三次元形状計測機（ATOS Ⅱ）によって行い、得られた三次元デジタルデータは付属ソフトにて解析し、Viewer ソフト等により比較検討した。各資料の計測データは、三次元データとして PC 上で重ね合わせることができ、直接的な比較が可能である。

考古資料におけるデジタルアーカイブによる利点は、分散して所蔵されている考古資料の形状比較が行えること、計測データが三次元情報を有しているため PC 画面上で自在に子細の観察が容易であること、データ上で非接触での比較が行えること等があげられる。本研究で比較研究に用いた資料は以下の通りである。

①内行花文鏡：奈良県新山古墳出土銅鏡のうち、直径 12.2cm 前後で極めて類似した文様を持つ 12 面の内行花文鏡を分析対象とする（『古鏡集成』[i] 番号 22～34）。文様や圏線径等から 5 群に細分できるが、その中でも珠文や雲雷文の違いから厳密には同一文様ではない。

②八ツ手葉形青銅製品：奈良県新沢千塚 500 号（奈良県橿原市）出土品（②-A）と鳥取県古郡家 1 号墳（鳥取県鳥取市）出土品（②－B）の 2 例である。八ツ手葉形青銅製品はこれまでにこの 2 例の出土例が確認されているのみであり、形状や文様に類似点が多い。新沢千塚 500 号墳出土例は円形板に長短三つの筒と小突起を持つ突起が二つ付属している[ii]。古郡家 1 号墳出土例は、小突起を持つ突起二つが欠失し、円形板に長短三つの筒についても突起を欠いていた。

③刀装具の土製の型：福井県一乗谷朝倉氏遺跡より出土した土製の型 2 点 2 組の計 4 点である。1 組は 2 頭の獅子が表現されており（③－A：No.10097 および B：No.22938）、もう一方は宝玉を握る龍が表現されている（③－C：No.10096 および D：No.14657）。いずれも焼成されているものの印刻面には離型剤や金属が付着する状況は観察できない。製品を押しつけた「型」である可能性も考えられる。

3.　結果とまとめ

3-1　内行花文鏡：①群毎に文様の大部分は共通。②笵傷は共通のものを複数確認。③笵傷の拡大・増加傾向は明確でなく、相互に共有しない笵傷をもつ。④雲雷文等に大きく文様の異なる部分がある。⑤文様の鮮明なものと曖昧なものがあり、鮮明なものほど文様に乱れが少ない傾向がある。⑥鏡径の収縮は確認できない。現時点で想定できる技法の中では、親鏡を含まない同型技法による量産品とみるのが有力である。つまり、真土による踏み返しを行い、笵表面がまだ柔らかいうちに大規模な文様の修正を加えている可能性が強い。しかし、櫛歯文や花文が明確に踏み返せているにも拘わらず、雲雷文と四葉座周辺のみの改変が目立つ。よって、踏み返しの失敗による補修とは言い切れず、文様を意図的に改変した可能性も否定できない。一方で、意図的に酷似した 5 群 12 面を作成したことも事実

であり、5群の存在は同型技法を使いこなしていない可能性がある。倭鏡における例外的な同一文様鏡の量産の一つの試みと理解せざるを得ない。

3-2　八ツ手葉形青銅製品：画像観察では両者の文様構成はほぼ同様であると考えられるが、三次元データの比較により、文様の配置や櫛歯文の間隔、円形板の厚み、長短三つの筒の断面形に差異が見られることが確認できた。

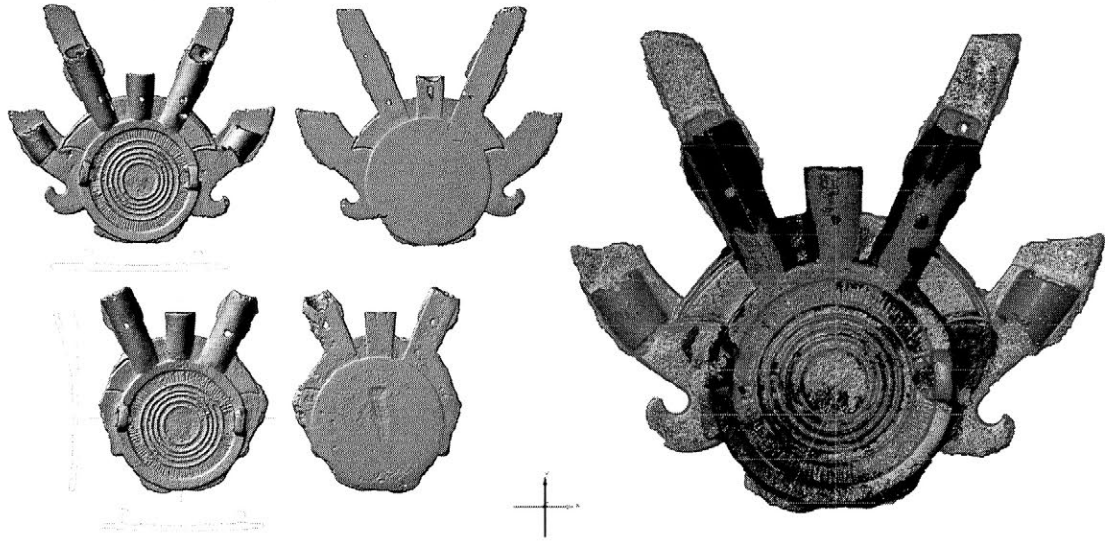


Fig.1　八ツ手葉形青銅製品の三次元計測画像(左)と比較画像(右)
左上：新沢千塚500号出土品（②-A)、左下：古郡家1号墳出土品(②-B)
右:重ね合わせ画像。黒色部分は②-Aの形状を基準として、②-Bが②-Aよりも凸な部分を示す。

3-3　刀装具の土製の型：獅子および龍では、共に画像を見る限りはほぼ同様な文様と確認できる。三次元データの比較によれば、いずれの資料も完全な一致は見られず、一方の凹凸が浅くなる傾向が見られた。土型の基となる「元型」はほぼ同一であると考えられるが、元型を押し当てる際の力加減が異なるなどの要因によって差異が生じたものとも考えられる。詳細については引き続き検討が必要である。

f Fig.2　刀装具の型の三次元計測画像(左・中)と比較画像(右)
左：③－A, 中央:③－B、左：右:重ね合わせ画像。
黒色部分は②-Aの形状を基準として、②-Bが②-Aよりも凸な部分を示す。

本研究は、類似した形状の比較検討に有効であり、技法や製作工程をさぐる方法の一つとして有効であることが確認できた。

本研究にあたり、東方仁史・鈴木　勉・徳田誠志・森下章司・今津節生・髙木佑介から有益な助言、支援をいただいた。また、資料収集にあたり、以下の機関から協力を受けた。記して感謝したい。鳥取県立博物館・山陰考古学研究所・一乗谷朝倉氏遺跡資料館・東京国立博物館・宮内庁書陵部・京都大学総合博物館・奈良県立橿原考古学研究所。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金「課題番号18202025」基盤研究A(研究代表樋口隆康、平成21年度より水野敏典)「考古資料における三次元デジタルアーカイブの活用と展開」の成果の一部である。

---

i　宮内庁書陵部所蔵　古鏡集成　宮内庁書陵部陵墓課編　学生社　2005

ii　奈良県史跡名勝天然記念物調査報告第39冊　新沢千塚古墳群　奈良県立橿原考古学研究所編　1981

P－136

三次元デジタル情報の博物館展示への活用

—線刻のある銅製経筒のデータ化と展示—

○輪田慧, 森井啓次, 鳥越俊行, 今津節生(九州国立博物館)

情報技術の活用

本研究は、三次元計測器やX線CTスキャナによって得られた三次元デジタルデータを、博物館の展示へ生かす試みである。昨今、コンピュータの処理能力向上や、機器の進歩によって、物体をデジタルデータとして扱う事が容易になり、医療行為や工業製品等、様々な分野で使用されるようになってきた。本稿は、それを文化財に応用したものである。線刻の描かれた銅製経筒をデータ化し、平面展開や立体出力をすることによって、研究及び博物館展示へ活用する事が目的である。方法としては、これらの手法が一般に使用出来るように、市販のハードウェアとソフトウェアを用いて処理をおこなった。

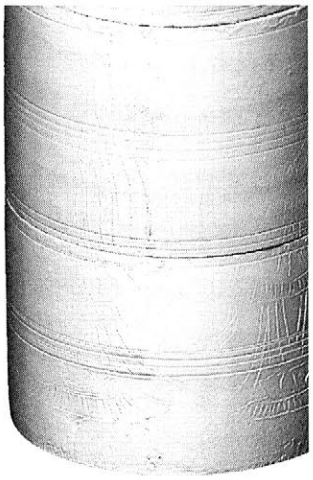


図1:線刻を読み取ったデータ

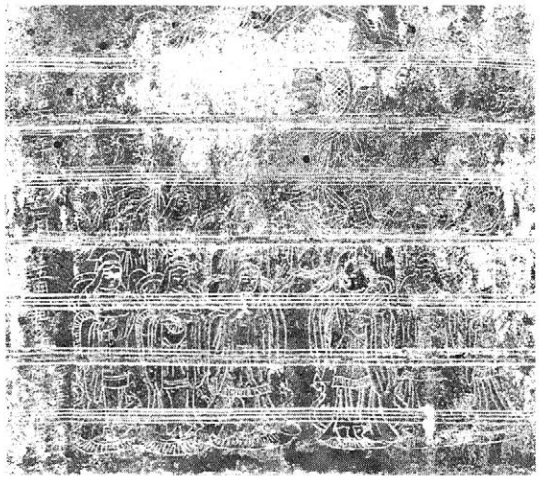


図2:展示した展開図

経筒調査の意義

経筒は平安時代末から鎌倉時代にかけて、当時の社会不安を背景に流行した末法思想の下、法華経を写経し土中に埋納して弥勒仏に備えるために作られた経巻の保護容器である。材質には青銅製や陶製、滑石製などがあり、筒の身に経塚造営の願主や施主、願文などが線刻や墨書で書かれるものが多く存在する他、仏画が描かれる例も存在する。

これらの文書や絵画は当時の歴史的な事象や人々の思想を解明する上で非常に重要な史料であるが、長年にわたる風雨や温湿度変化による錆や劣化により、肉眼観察による文字や絵画の判読が困難な状態である場合が多い。これらの資料を非破壊・非接触にて判読し、かつ効果的に展示に供するためにデジタル機器を駆使した今回の手法を用いた。

デジタル拓本への挑戦

まず、筒身に線刻で図像が刻まれた銅製経筒を平面図に展開し、絵として展示することを試みた。経筒を精密な非接触三次元計測器(*1)によって測定し、デジタルデータ化する(図1)。それを3DCG ソフトウェア(*2)によって加工し、二次元の平面図として展開した。今までの拓本の様に、直接文化財に触れたり、水に晒したりする事なく、線刻を写し取ることができた。これらの作業で、薄暗い展示室の中では見えづらかった線刻を明瞭に見せ、また、通常では見せることのない裏側まで一枚絵として展示する事が可能である。完成した『線刻　普賢十羅刹女像』の展開図は、拓本による補助を加え、特別展示『未来への贈りもの』(於　九州国立博物館)で実物の経筒と並列展示を行った。(図2)

密度差によるデータ上での錆取り

次に、別の経筒(伝四王寺山出土経筒)を X 線 CT スキャナ(*3)で測定した。この測定では、X 線透過度の違いから密度差のデータが得られる。これを元に、銅と錆を分別して、銅の部分のみを抽出した(図3)。これによって、実物から錆を取り除く手間と危険を冒すことなく、線刻を読み取ることができた。

図3：錆を取り除いたデータ

触覚展示への展開

情報技術の更なる活用として、触れて“見る”展示へと展開していきたい。本研究では三次元プリンタ(*4)を使用し、三次元データを石膏へ出力した。今後は、線刻のみに着色したり、彫りを強調する処理を簡単に行える様にする事が課題である。

文化財の裾野を拡げる情報技術

このように、情報技術を博物館展示に取り入れることで、文化財の安全を守りつつ活用していく事が簡単になる。考古学的研究の面では、肉眼情報との併用で、判読の補強が可能な事や、複製、配布の容易なデジタルデータで、多くの人が文化財の情報に関われる事も重要である。例えば、実物を移動せず、錆を除いた線刻文字の画像を専門家に見てもらえば、文字資料の解読が進む事が期待される。また、“見せる”だけの展示でなく、能動的に“見る”、“触れる”展示にして行く事で、目の不自由な方や、年少者などの興味を引き、より多くの来館者を楽しませる展示につなげていきたい。

注釈：(*1)ATOSIII Model400［GOM 社/独］(*2)3dsMax 9［Autodesk 社/米］(*3)文化財用カスタム X 線 CT システム［YXLON 社/独］(*4)ZPrinter450［Z CORPORATION 社/米］

P－137

石器3次元データからの形態パラメータの設定と定量解析手法の開拓

○津村宏臣（同志社大学文化情報学部）

はじめに

石器の形態に関する研究は，主に機能形態学的な視座と，技術形態学的な視座から進められてきた。前者は，その道具が何に使われたか，後者はその道具をどのように作成したか，という視座と言い換えることができる。しかし，石器は明らかに３次元的な形状をもつ物質であり，その形態を形状情報として解析，評価する研究は少ない。これは，石材の可塑性の問題もあり，同じ作り方をすれば同じ形態の道具が完成し，それは使用目的に応じてつくり分けられる，という資料操作概念を前提とするためである。

津村（2007）で述べたように，形態はあくまで形態であり，素材や製作技術，重量や用途の情報次元を取り去ったとき，初めて形状情報次元としての３次元形状データが析出される。本来的には，この形状情報次元を理解するための操作概念として機能や製作技術があるのであるが，実際には，用途や製作技術から形状を説明する背理法的な分類のロジックが一般的となっている。そこで，本研究では，実際の形状データから石器を分類するパラメータを定量的に析出する方法について検討する。

石器３次元データの取得

石器３次元データの取得には，Roland 社製の PIX-4 を使用した。本機器は，立体物のスキャンにおいて，特に操作が簡易であるのと同時に，計測部から鉛直方向に垂下するピンによる接触式の計測で，設定したメッシュの大きさに沿って鉛直方向Ｚ値を取得するため，非接触レーザースキャナのような，反射条件によるノイズや測点ピッチの粗密による誤差を生じない点に特徴がある。反面，接触式であるため脆性の高い対象物には適用できないが，本研究のような石器を対象とする場合には，対象物に大きなストレスは与えない設計となっている。最小メッシュ規模は 500 ミクロンであり，通常の形態に関わる石器観察に対しては充分な計測密度といえる。

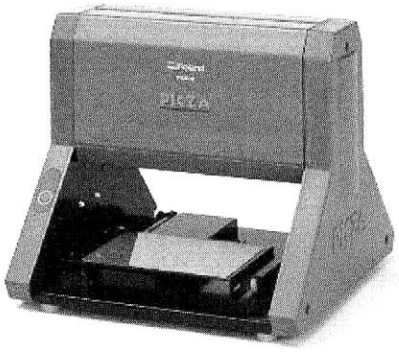


Fig.1　PIX-4（Roland）

この機器で取得したデータは，中央の天板からの相対的な高さの値であり，石器の片面の計測の後，あわせて裏面のデータも取得する。この背面と主剥離面の双方は，そのままでは自動的に重ねられないため。荷田ら（荷田・今野・千葉・徳山 2005）で示された“ソリッドモデル”の生成手法を参考に，石器形態の３次元データのモデルを作成した。

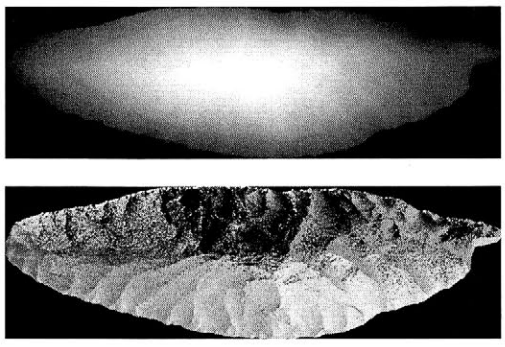


Fig.2　形状データと剥離面抽出

石器３次元データの形態パラメータの抽出

石器の形状に関するデータは 2.5 次元データからソリッドモデルを生成することにより，３次元データとなる。このデータから，石器の使用部位（刃部）と推定されるエッジの法線ベクトル方向の２次元断面を任意の方向（刃部調整剥離方向）から析出し，これらの形状比較を実施する。形状比較には，通常，刃部

角や器厚などの多変量による解析がなされるが，ここでは，楕円フーリエディスクリプタを用いた数学的モデルから主成分を抽出し，この主成分が石器の使用機能と関連する形態パラメータになると考える。

剥離方向からの断面形状の輪郭を周期関数としてこの関数をフーリエ変換する。それぞれ使用部位（刃部）から反対側エッジを基点とするX軸，Y軸成分それぞれの関数X（t），Y（t）を，次の楕円弧長関数で求め，

$$x(t)=\frac{a_0}{2}+\sum\left(a_n\cos\frac{2n\pi t}{T}+b_n\sin\frac{2n\pi t}{T}\right) \quad \cdots ①$$

$$y(t)=\frac{c_0}{2}+\sum\left(c_n\cos\frac{2n\pi t}{T}+d_n\sin\frac{2n\pi t}{T}\right) \quad \cdots ②$$

もとの形状データからチェーンコーディングしたデータからa，b，c，dの各係数を求める。この時、近似楕円の次元によって高次空間が想定されるため，これの主成分を求めて次元を縮約する。

Fig.3　断面形状の抽出

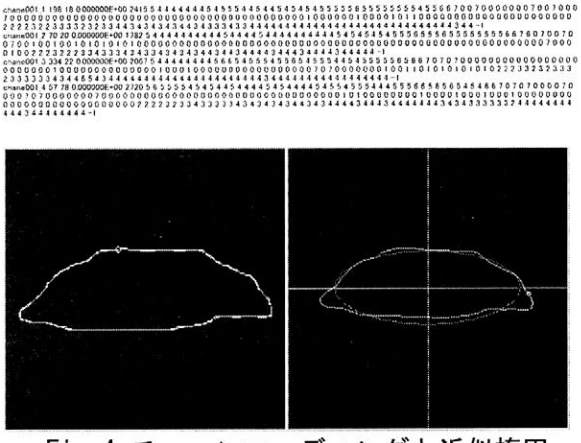


Fig.4 チェーンコーディングと近似楕円

主成分得点の評価

サンプルとして，Tsumura & Oguchi（2004）で使用した，片面加工のスクレイパー（切裁具）資料のデータを用い，上記の分析を実施した。結果，使用部位形状の主成分偏差はFig.5のように示され，各サンプルの主成分得点はFig.6のようになった。これから形状のパターンとして3パターンが析出され，パラメータとして，主剥離面－背面の角度構成と刃部－背部の角度構成，がそれぞれPC1 PC2として析出された。刃部の角度については，PC3として析出されており，固有値はPC1・PC2よりも小さい。

以上から，形状データをもとに，機能を考慮して形態パラメータを設定することが方法論的に可能であること，これに定性的評価属性としての技術要素を加えて資料を分類することで，より再現性の高い“形式・型式”の評価もできることなどが明らかとなった。

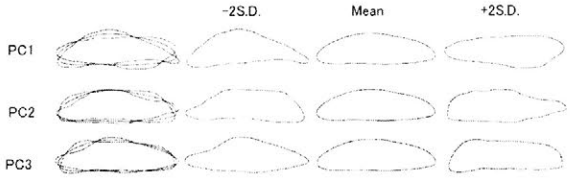


Fig.5　主成分得点の標準偏差と形状変化

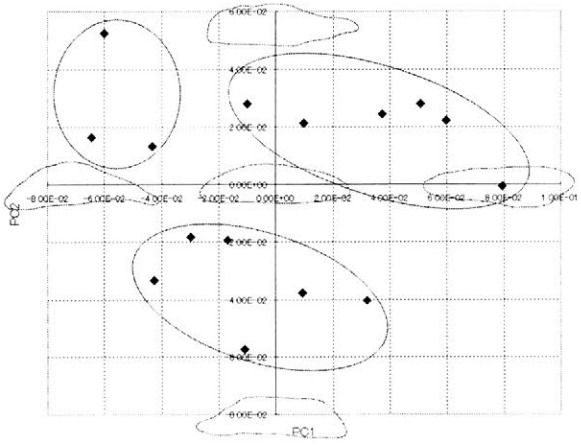


Fig.6　主成分得点プロット

未固結粘性土地盤を対象とした高精度定方位試料サンプラーの開発

田中謙次，○野村成宏（株式会社田中地質コンサルタント），加藤茂弘（兵庫県立人と自然の博物館）

1. はじめに

第四紀堆積物の年代決定をテーマとした古地磁気研究の分野では，陸域の湿地や湖底等に厚く堆積する粘性土層が貴重な研究材料とされている。しかし，地中深くの地層については，これまでに定方位による有効な採取方法が開発および考案された事例は非常に少ない。

そこで我々は，機械ボーリングとその他の既存技術を活用した高精度定方位試料サンプラーの研究開発を進めてきた。今回は，最新試作器を用いて，深さ約 38m までに分布する未固結の粘性土層を対象とした定方位試料の採取を試みた。

2. 開発時の課題

過去の研究開発(2006)では，一般的なボーリングによる押し込み式の採取方法を基本として，1）アナログコンパスによる方位の測定，2）サンプリングチューブの方形(角形)化，3）非磁性鋼材の採用などを行った結果，良質な定方位性を保持した試料を採取できた。その中で，**表-1** に示す幾つかの課題が挙げられている。

表-1 課題とその状況

課題		現状
1	方位測定方法の簡便化と高精度化	方位測定にはアナログコンパスを利用。タイマーによる方位の固定，目視による方位角の読取りには，人為的な誤差が生じている。デジタル化，リアルタイム測定が必要。
2	サンプラー部の改良	採取後の試料状態を容易に確認できない。試料採取時にコア試料(外縁部)の乱れ。
3	傾度の同時測定	掘削孔の孔曲がり等の現象に対する，補正を伴った精度の高い試料の採取が行えるようにする。

3. 課題に対する改善

これらの課題に対し様々な検討と試行錯誤を繰り返した結果，我々は以下の様な構造を有するサンプラーを試作した（**図-1**）。

- デジタル式方位記録システムを開発し，装着する。
- サンプラーは二重管構造とし，内管はセパレート型とする。
- 傾度（伏角）を同時に測定する（**図-2**）。

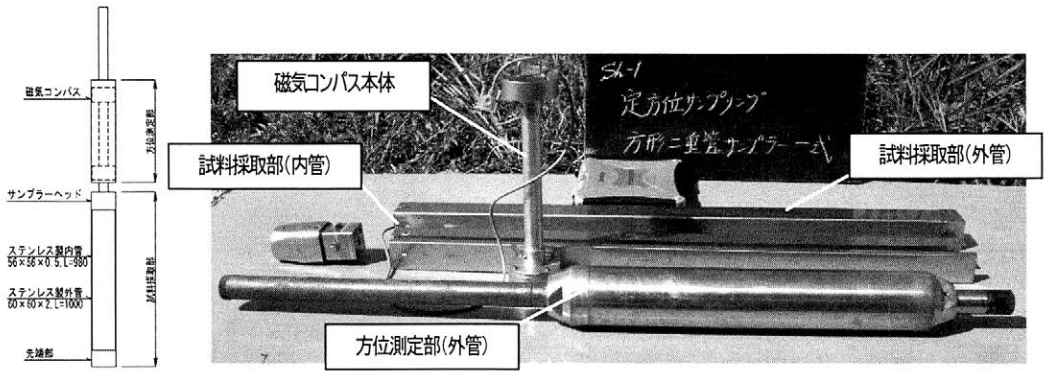


図-1 最新型の定方位サンプラー

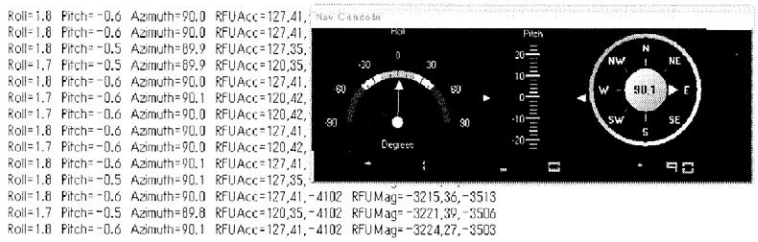


図-2　方位角および傾度の測定結果例

4.　定方位サンプリング（福井県内）

対象地盤は，福井県内の沖積平野に厚く堆積した未固結の堆積物である。土層構成は**表-2** に示すとおりである。今回の定方位試料採取の対象は，深度約 10～22m，25～31m および 33～37.8m 付近までの区間の粘性土層とした。

表-2　調査地の地盤構成

	深度	主な土質
1	10m付近まで	粘性土分を僅かに含む細～粗砂が主体
2	22m付近まで	比較的均質な粘性土が主体
3	31.5m付近まで	砂質土・粘性土の互層
4	35m付近まで	全体に粘性土分を含む細～中砂が主体
5	38m付近まで	細砂分を僅かに含む粘性土が主体
6	38m以深	粘性土分を僅かに含む砂礫が主体

5.　採取結果

今回の試作器は，二重管によってサンプリング中の乱れを低減することが特徴の１つである。今回の試料の目視観察では，以前のような試料の乱れは殆ど認められなかった。また，セパレート型の内管は，試料の押し出しによる変形が無いため，堆積断面がより明瞭であった。影響を受け易いラミナなどの堆積構造でも攪乱が非常に小さいことが，目視で確認できた。

次に，デジタル測定および傾度を測定することで，より精度の高い磁化方位の固定と，孔曲がりの補正ができるようになった。また，以前のタイマーによる方位固定に対して今回のリアルタイム測定では，作業の効率化と人為的誤差の抑制を図ることが可能となった。

採取された試料にプラスチックキューブを押し込んだ古地磁気測定用試料により，自然残留磁化（NRM）を測定し，採取コアの定方位性を確認した（**図-3**）。

測定の結果，偏角で-40～+40°（平均 3.7°），伏角で 30～60°（平均 48.4°）の範囲に分布する。国土地理院による伏角の近似式から当該地周辺の伏角は約 50.3° と算定され，両者の関係は相関的であると判断される。また，１つのサンプリングチューブ内の試料から得られた磁化方位には，試料の回転（ねじれ）による系統的なずれは殆ど認められなかった。これらの点から今回の試行では，古地磁気研究の対象として良質な品質を保ったコア試料を連続採取できたと判断される。

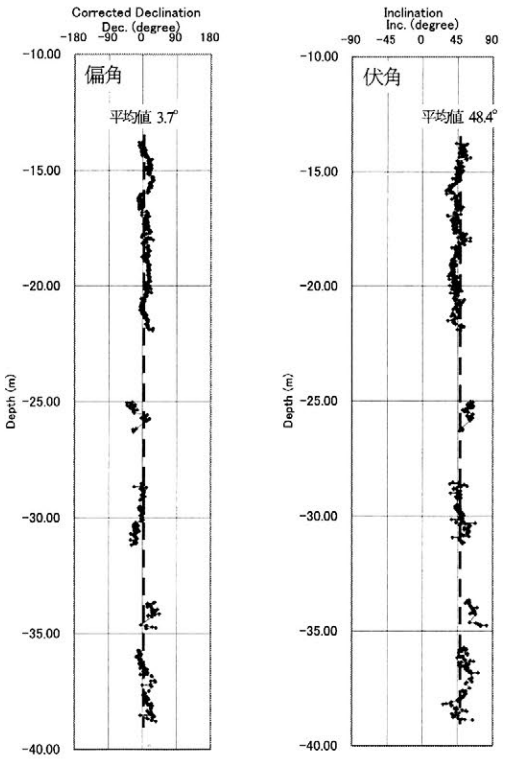


図-3　定方位試料における NRM の偏角，伏角の変動

6.　今後の課題

地下深部における定方位サンプリング手法の開発は，未だ試行段階と言っても過言ではないが，少なくとも，この分野における１つの可能性を示すことができた。今後，対象土質の拡大，採取試料の品質向上を目指すとともに，データの蓄積に努めていく所存である。

P－139

土器調整痕の顕微鏡観察

—土器製作者の身体技法の考察へ向けて—

○川宿田好見，中園聡，池平壮峻（鹿児島国際大学）

はじめに

土器の詳細な観察は、土器研究において非常に有効な手法であり、多くの研究者が取り組んできている。従来の考古学で蓄積されてきたマクロな視点は重要であるが、一方で顕微鏡レベルのミクロな視点も重要であると考える。一般に身体技法の復元は、マクロな視点で捉えられることが多いであろう。しかし、顕微鏡下という肉眼では観察できない状態で、土器の表面にどのような現象がみられるのかを把握することは、今後の土器研究の発展のためにも意義のあることである。

また、発表者等の研究と関係が深いものとして、土器の組織構造の検討や（高橋 1988）、粘土の含水率と調整との関係を、微細な視点と実験を用いて検討した例などがある（村田 1990; Shepard 1954）。これらの研究例をみても、顕微鏡を用いたミクロな視点で観察を行うことは土器研究上有効なものであると考える。発表者等は、肉眼観察による身体技法の復元も行っており、一定の成果を得ているが（川宿田 2006）、個体によっては、表面の痕跡をとらえることが困難な場合もあり、肉眼観察では得ることのできない情報があることも認識している。

本研究では、これらの問題を解決する糸口として顕微鏡観察を行うとともに、土器製作者も意識しないようなミクロなレベルでの痕跡を探し出し、土器製作者の身体技法を考察するための方法論の確立の一助とする。

実験と観察

本研究では主としてミガキを施す際の痕跡に注目して実験を行う。まず実際の動きと観察結果の比較を行うため、粘土板を用いてミガキを施し、その痕跡を確認する作業を行う（実験 1）。さらに実験 1 を踏まえ、実物資料の痕跡から製作者の運動の方向などを観察する（実験 2）。観察は肉眼観察のほか、実体顕微鏡（OLYMPUS 社製 SD30）とデジタルマイクロスコープ（KEYENCE 社製 VHX-100）を用いる。

観察実験 1：ミガキを施す粘土は、0.5mm 以下の砂粒を多く含む陶芸用粘土である。常温の室内に 20 時間程度置いた半乾燥状態のものと、一週間程度おいたものの 2 種類を使用する。ミガキに用いた道具は、小石とヘラである。小石は円磨されたやや光沢のある園芸用の硬質の玉砂利を用いた。ヘラは、皮が残り乾燥が進んだ粘土細工用の竹ベラを使用した。

観察実験 2：鹿児島国際大学で保管している資料を中心として、弥生土器と古墳時代の土器（成川式）、およびタイ東北部の伝統的製作法による現代土器のミガキについて、肉眼観察のほか上記の機器を用いて観察を行う。

ミガキ実験の痕跡と類型

顕微鏡観察を行った結果、ミガキを施す際の運動とその痕跡とを大きく 4 つの類型に分類できた。

Ⅰ類：ミガキ具による条線（図 1）

ミガキ具によって生じる微細な条線であり、ミガキの方向に平行するものであるが、この痕跡のみでは方向を限定することは難しい。そのため、他の類型と併せて検討する必要がある。

Ⅱ類：ミガキ面の微細な亀裂・めくれ（図 1）

ミガキを施した際の亀裂が確認でき、その亀裂は逆剥け状にめくれることがある。この類型は村田（1990）が調整具と含水率等との関係を論じる際に「「けば」状亀裂」と呼び、含水率が高いものに生じやすいことを報告している。本研究の実験でも、含水率が高い粘土板へラミガキを施した際にみられることを確認した。

Ⅲ類：砂粒の引きずりによる動き（図 2）

表面近くにあった砂粒等がミガキ具の移動方向に引きずられたものを顕微鏡下で確認したものである。砂粒が本来の位置から動いており、その軌跡が確認できる。砂粒が抜けおちる場合もあるが、移動した場所にとどまっている場合は、ミ

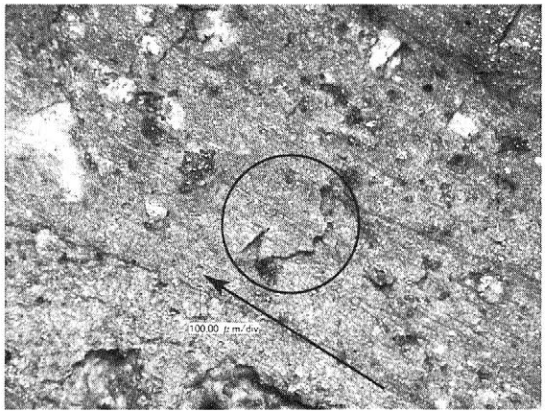


図1　ミガキ具による条線とめくれ（Ⅰ類・Ⅱ類）

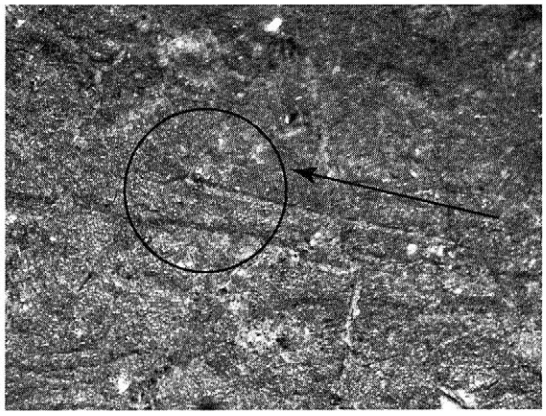


図2　砂粒の引きずりによる動き（Ⅲ類）

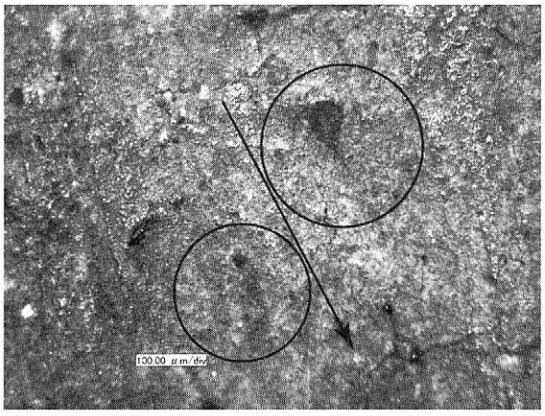


図3　鉱物等またはミガキ図の潰れ・なすり（Ⅳ類）

ガキを施した方向が確認できる。この痕跡は比較的大きな砂粒や礫であれば肉眼でも確認することができ、筆者らも肉眼観察による身体技法の復元をする際に方向を知る手がかりとして利用してきた痕跡である。顕微鏡を利用することで、より微細な砂粒の方向も確認可能である。

Ⅳ類：鉱物等またはミガキ図の潰れ・なすり（図3）

胎土の表面近くにあった鉱物・炭粒などがミガキによって潰れ、その粉末が、彗星が尾を引くように鋭く移動方向へ向かって付着したものである。この痕跡によって磨きの方向が推定できる。

以上4つを主として類型化した。複数の類型が多く共存するほど、ミガキを施す際の動きの推定に確実性が増す。これらの痕跡を適切に確認することができれば、肉眼観察では確認が難しい情報も得ることができ、製作者の動作や土器との位置関係などを推定する手掛かりになる。

おわりに

本研究の成果によって、これまでのマクロな観察では得ることが困難であった痕跡の解釈が、顕微鏡観察というミクロな視点からのアプローチによって可能となることがわかった。これは、これまでの限界を大きく超えるものであると考える。

また、顕微鏡を用いなければ見ることができない痕跡は、過去の製作者自身が確認することが不可能な痕跡でもある。ミクロな視点を持つことで、製作者の無意識的な行為や動作をも把握することが可能である。よって、本研究で実施した顕微鏡による観察は、単にミガキ等の同定を格段にしやすくするというだけでなく、過去にアプローチする際の科学的基盤構築の一環であり、今後の製作者の具体的な認知的判断などの研究にも結びつけることが可能となると考える。

（本研究は、科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号 18652073）代表者　中園聡、および同・基盤研究（B）（課題番号 21320150）代表者　中園聡の成果の一部である。）

文献

川宿田　好見(2006)「須玖式土器の観察―福岡県栗田・栗山遺跡の例から―」『鹿児島国際大学考古学ミュージアム調査研究報告』3.

村田章人(1990)「器面調整の実験的研究―縄文土器にみられる技法を中心に―」『考古学研究』37-3.

Shepard, A. O. (1954). *Ceramics for the Archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington.

高橋護(1988)「弥生土器の製作に関する基礎的考察」『鎌木義昌先生古稀記念論集』.

P－140

土器製作の基礎的実験Ⅱ
—大型専用甕棺の復元と焼成—

○重信美那子，中園 聡，平川ひろみ，川宿田好見，
黒木梨絵，泉さやか（鹿児島国際大学）

はじめに

甕棺の製作法や生産・流通などに関しては以前から興味がもたれてきたが、未だ不明な点も多く、様々な角度から検討を行う必要がある。本研究は、弥生時代に北部九州を中心に盛行した大型専用甕棺を復元し、その製作技法や製作工程、焼成法などの諸問題に実験研究を通してアプローチするものである。

前回の大会では、長崎県宇久松原遺跡から出土した弥生時代前期末ごろの甕棺をモデルとして復元実験を試みた。原物の甕棺の表面に残るさまざまな痕跡の観察、破片接合時の詳細な観察などから、製作者の姿勢や動作などを考慮に入れた製作実験であった。その結果、原物表面の痕跡とかなり類似した痕跡を生じさせることに成功し、布のようなソフトなナデ具の存在を見出し、そのナデを行うタイミングに関する知見など、多くの成果があがった。以上の実験から、詳細な観察と製作実験を行うことによって、製作技法や製作工程のみならず、製作者の身体技法や癖にも迫ることが可能であると推定された。加えて、製作が非常に困難と考えられてきた甕棺についても、復元が可能であるとの見通しが得られた。ただし、復元した甕棺は比較的小ぶりのものであり、定形化以後の本格的な甕棺の製作が課題であった。そこで、以上の実験・考察を踏まえて、さらに大型の甕棺を製作することにした。そして、工具の使用法や製作者の動作、また焼成法に関する検討を試みる。

従来の研究により、甕棺の成形にタタキ技法が使用されていたことが指摘されており（橋口 1982; 1993）、ナデに使用する工具の推定やその使用法についても検討がなされている（中園 2004）。筆者らが別途実施しているタイやフィジーなどでの土器製作の民族考古学的調査では、タタキが多用され成形上大きな役割を果たすが、甕棺のタタキの効果や、具体的な工具の種類・セット・サイズなどについてはほとんど解明されていない。よって、これらの問題についても製作実験を通して検討する必要があると判断した。

また、土器の焼成法に関しては、これまで世界各地の伝統的土器製作の調査や、土器の表面観察、焼成実験などが行われており、焼成方式、使用する燃料、黒斑の形成過程などについて近年の蓄積はめざましい（小林ほか 2000）。しかし、本研究のように甕棺についてできるだけ忠実な復元を心がけ、かつ実物大の甕棺で焼成実験を行った例は、管見にして知らない。実物大での甕棺の焼成実験は、甕棺焼成法に新たな知見をもたらすものと考える。

試料・方法・結果

これまでの製作実験の成果に従来の知見や民族例をとり入れて実験を行った。陶芸用粘土を用いたが、砂粒が混ざっておらず、混和材として主に 2mm 以下の砂を使用し、粘土に対して 30%の割合で混ぜ合わせた。多量の素地を均一に調整するために、足踏みで捏ねることにした。2 個体分の素地を用意したが、大柄の男性でも一人では一度に捏ねることは困難であった。そのため、90kg ずつ 3 個に分けて捏ねた。甕棺墓でセットの上甕と下甕は蛍光 X 線分析による胎土分析でもしばしば極めて類似することが知られており（中園 2004）、素地の調整はおそらく使用する素材を準備したうえで、少なくとも 2 個体分に分けて捏ねられたものと推察される。

粘土帯の積み上げとタタキを併用して同型の大型甕棺を2個体製作することとし、同一製作者によって製作を実施した。工具類として、タタキ板、ハケメ板、ナデ板、当て具等を作成・使用した。これまでの実験では、製作時に使用する工具を適宜濡らし成形・調整を行った。2個体は同時に製作を開始したが、甕棺は胴部突帯付近でしばしば擬口縁状の乾燥単位が確認されるため、そこで休止し半乾燥させると推定される。こうした方法は民族例でも大型品にしばしばみられる。そこで、本実験でも半乾燥中にもう一方も同段階まで仕上げるという交互作業を行ったため、ほぼ同時の製作終了で、ほぼ同じ乾燥状態での仕上がりとなった。製作実験の際に適宜工具を濡らして調整を行ったため、ある程度乾燥が進んでも器面調整が可能であった。

焼成にあたり、燃料は稲藁を主とする「覆い型」野焼きを実施した。甕棺の焼成に関しては、甕棺の胴部に残る2個1組の円形（楕円形）黒斑は、粘土質のもので甕棺を支えた「支え痕」と推定されている（久世ほか1998）。実験では横倒しで焼成を行い、甕棺自体の熱が冷める前に、木材で甕棺を起こしたところ、甕棺胴部に同様の黒斑が残った。したがって、このような方法も可能性が十分考えられよう。今後、綿密な検討が必要である。

おわりに

以上、多くの関心が寄せられている割には、復元が難しいとされ、あまり実験的な製作が試みられてこなかった大型専用甕棺に関して製作を実践し、一定の成果を収めることができた。なお、近年の土器の製作技法研究では製作者の動作に着目し、製作者の身体技法に関する研究が行われつつあるのが近年の動向である（深澤1998; 川宿田2006, 2007）。また、近年の文化財科学の動向においても、土器の微細痕跡をはじめ土器から得られる様々な情報を総合して土器製作者の同定をする試みなど、製作者個人に着目した研究が行われつつあり（中園2008）、本研究は、これらの研究にも貢献できると期待される。

なお、今回の製作・焼成実験は、大型専用甕棺の製作・焼成法等に関して妥当性があると考えられる方法で実施したが、まだ十分とは言い難く、今後も実験研究を繰り返し、その妥当性について検討していく必要がある。

（本研究は、科学研究費補助金・萌芽研究（課題番号18652073）代表者　中園聡、および同・基盤研究（B）（課題番号　21320150）代表者　中園聡の成果の一部である。）

文献

深澤芳樹（1998）「東海洋上の初期タタキ技法」『一色青海遺跡 自然科学・考察編』愛知県埋蔵文化財センター調査報告書79、愛知県埋蔵文化財センター

橋口達也（1982）「甕棺のタタキ痕」『森貞次郎博士古稀記念古文化論集』森貞次郎博士古稀記念論文集刊行会

橋口達也（1993）「甕棺—製作技術を中心としてみた諸問題—」『考古学研究』40

川宿田好見（2006）「須玖式土器の観察—福岡県栗田遺跡・栗山遺跡の例から—」『鹿児島国際大学考古学ミュージアム調査研究報告』3: 1-6

川宿田好見・中園聡（2007）「土器製作における身体技法とその痕跡—製作者の同定を目指して—」『情報考古学会講演論文集』3: 23-26

小林正史・北野博司・久世健二・小島俊彰（2000）「北部九州における縄文・弥生土器の野焼き方法の変化」『青丘学術論集』17

久世建二・小島俊彰・北野博司・小林正史・柏原孝俊・石橋新次（1998）「黒斑からみた甕棺の野焼き方法」『日本考古学協会第64回総会研究発表要旨』

中園聡（2004）『九州弥生文化の特質』、九州大学出版会

中園聡・池平壮峻（2008）「土器製作者同定法の開発—レプリカ法の応用等による工具痕の個体識別—」『日本文化財科学会第25回大会研究発表要旨集』

P－141

文化財科学の研究史について

○大沢　眞澄（東京学芸大学名誉教授）

諸種文化財資料に対する多方面からの自然科学的研究、即ち文化財科学のうち考古資料を主対象とする考古科学、特に化学関連分野に関する研究発展史について、人物や方法などを中心に若干の検討・考察を行ってきた。1）古代を探るためのアプローチ　－分析化学的に、Klaproth を中心として－：化学教育、20,369-375,1972.　2）過去を掘る－遺跡・遺物の語るもの：高校通信　東書地学、No.239,1-5,1984.　3）文化財の化学の発展―考古資料の化学的研究の跡をたどる－：化学教育、40,6-9,1992.　4）文化財科学研究史の一側面―Davy と Jewett：日本文化財科学会第13回大会、1996.　5）文化財と化学―交流・研究史上の人々―：化学史研究、25,295,1999.　6）シーボルトとガウランド－日本考古学の紹介者―：日本文化財科学会第16回大会、1999.　7）文化財科学研究史の一端―考古科学の周辺―：同第17回大会、2000.　8）文化財科学研究史の断面―Klaproth と Moissan をめぐって－：同第18回大会、2001.　9）文化財科学研究史の断面―Schliemann の場合：同第19回大会、2002.　10）文化財科学研究史の諸断面：日本科学史学会第51回年会、2004.　海外の研究例としては、『Archaeological Chemistry』関連の成書などに通史的な記載が若干認められるが、考古化学・人物・事績などに関する E.R.Caley の広範な業績は顕著である。

考古科学関連の研究発展略史を示す。　1748 ポンペイの発掘　1764 J.J. Winckelmann『古代美術史』　1773 木内石亭『雲根志』　1795 M.H.Klaproth 古代ギリシャ・ローマ貨幣の分析　1815 H.Davy 古代顔料の研究（ローマ、ポンペイ）　1821 H.Davy ヘルクラネウム出土炭化パピルスの研究　1830 C.Lyell『地質学原理』　1832 P.F.von Siebold『日本』　1836 C.J.Thomsen 三時期法の利用（石器・青銅器・鉄器時代）　1845 A.H.Layard ニネベ付近の発掘開始　1859 C.Darwin『種の起源』　1860 G.Fiorelli ポンペイ遺跡発掘にて石膏固定法開発　1865 J.Lubbock 石器時代の区分（新・旧石器時代）　1865 H.Schliemann 来日　1869 P.E.M.Berthelot スエズ運河開通式に出る　1873 H.Schliemann トロイ第 2 市より「プリアモスの宝」発見　1879 E.S.Morse『Shell Mounds of Omori』（F.F.Jewett 土器赤色顔料の分析）　1880 W.M.F.Petrie エジプトで研究開始　1892 A.Carnot フッ素による骨の相対年代　1897 W.Gowland『日本のドルメンと埋葬墳』1912 C.Dawson ピルトダウン人化石骨の発見　1941 北京原人化石骨消失　1945「プリアモスの宝」行方不明となる　1947 W.F.Libby 放射性炭素年代測定法の確立　1953 J.S.Weiner 他 ピルトダウン人問題の解決（フッ素などの定量）　1996「プリアモスの宝」プーシキン美術館にて展覧

図・表の説明　図1：古代の人々は化石を見ていた。千葉県成田市の龍角寺古墳群の上福田岩屋古墳の石室を構成する石材は第四紀更新世、木下層（約12万年前）の貝化石を多量に含む堆積岩。付近に貝塚も存在しており、生活用品の貝と化石になっている貝とを区別していたのではなかろうか。図は石室の北隅。　図2：ベルリン、フンボルト大学の考古学研究室。Winckelmann-Institut.
図3：Klaproth の薬局、ベルリン。ここでウランが発見された。L.Bickel,『The Deadly Element』,M.,1979.　図4：Fiorelli. ポンペイの発掘を監督しながら、ノートをつけている。S.van Rose,『Eyewitness Volcano』Dorling Kindersley,1992,2002.　図5：久米邦武 特命全権大使『米欧回覧実記』銅版画集、久米美術館、1985.“那不児府ノ全景及ヒ「ヴェスシオ」火山”。“「ポンペイ」古死屍”。
図6：ライデン・パピルス X :Caley による翻刻（一部,1926).　図7：ライデン・パピルス（一部）。M.J.Raven,『PAPYRUS』, Terra, 1982.　Berthelot は錬金術関係の多くの文献の翻刻も行った。図8：Gowland は英国帰国後、ストーン・ヘンジの発掘なども行った。　M.Balfour,『Stonehenge and its mysteries』、M.&J,1979.　表1：人骨のフッ素、浜口博・立本光信、日化、1950.

図 1

図 2

The site of Klaproth's apothecary shop, now in East Berlin, where uranium was first discovered in 1789.

図 3

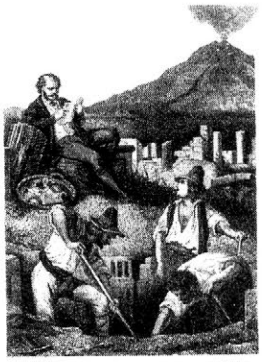


図 4

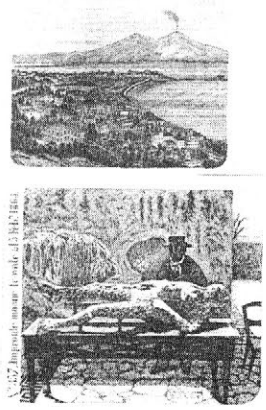


図 5

Leyden Papyrus X

This translation is copied from

Caley E. R. (1926) "The Leyden Papyrus X. An English Translation with brief notes" *Journal of Chemical Education* **III:10** 1149-1166.

1. Purification and Hardening of Lead
Melt it, spread on the surface lamellose alum and copperas reduced to a fine powder and mixed, and it will be hardened.

2. Another (Purification) of Tin
Lead and white tin are also purified with pitch and bitumen. They are made pure by having alum, salt of Cappadocia and stone of Magnesia thrown on their surfaces.

3. Purification of Tin that is put into the Alloy of Asem
Take tin purified of any other substance, melt it, let it cool; after having well mixed and covered it with oil, melt it again; then having crushed together some oil, some bitumen and some salt, rub it on the metal and melt a third time; after fusion, break apart the tin after having purified it by washing; for it will be like hard silver. Then if you wish to employ it in the manufacture of silver objects, of such a kind that they cannot be found out and which have the hardness of silver, blend 4 parts of silver and 3 parts of tin and the product will become as a silver object.

4. Purification of Tin
Liquid pitch and bitumen, a part of each; throw (them on the tin), melt, stir. Dry pitch, 20 drachmas; bitumen, 12 drachmas.

5. Manufacture of Asem
Tin, 12 drachmas; mercury, 4 drachmas; earth of Chios, 2 drachmas. To the melted tin, add the crushed earth, then the mercury, stir with an iron, and put (the product) in use.

6. The Doubling of Asem
One takes: refined copper, 40 drachmas; asem, 8 drachmas; tin in buttons, 40 drachmas; one first melts the copper and after two heatings, the tin; then the asem. When all are softened, remelt several times and cool by means of the preceding composition. After having augmented metal by these proceedings, clean it with talc. The tripling is effected by the same procedure, the weights being proportioned in conformity with what has been stated above.

7. Inexhaustible Stock
It is prepared by the procedures described in the doubling of asem. If you wish to deduct 8 drachmas from the stock, separate them and remelt with 4 drachmas of this same asem, melt these three times and then repeat, then cool and place in reserve on the talc.

8. Manufacture of Asem
Take soft tin in small pieces, purified four times; take 4 parts of it and 3 parts of pure white copper and 1 part of asem. Melt, and after the casting, clean several times and make with it whatever you wish to. It will be asem of the first quality, which will deceive even the artisans.

図 6

図 7

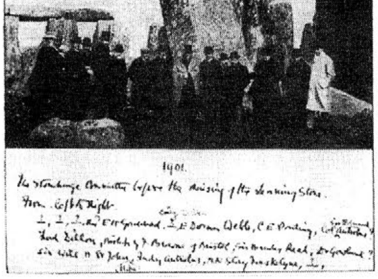


図 8

表 1

第2表　人骨（脛骨）の弗素含有量

試料番號	産地	年代	灼熱減量 (%)	弗素含量 (%)	$\frac{F}{P_2O_5}\times 100$*
1	國府貝塚	繩紋前期	12.85	0.11	0.27
2	轟貝塚	〃	25.71	0.26	0.62
3	矢作貝塚	繩紋後期	17.55	0.25	0.62
4	余山貝塚	〃	21.82	0.27	0.65
5	津雲貝塚	繩紋晩期	11.05	0.21	0.53
6	稲荷山貝塚	〃	14.06	0.22	0.52
7	興津洞窟	古墳時代	19.04	0.24	(0.54)
8	多賀郡横穴	古墳時代後期	20.77	0.21	0.48
9	金子山横穴	〃	24.11	0.22	(0.50)
10		昭和24年	27.53	0.07	(0.15)

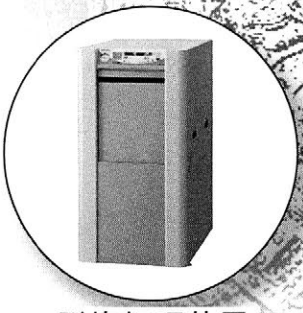
MITSUWA FRONTECH

文化財の科学・保存・修復を お手伝い致します

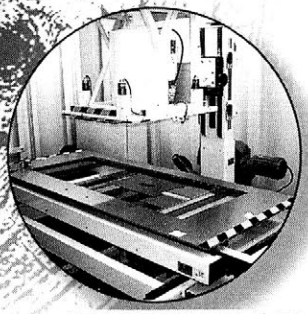
3次元計測器
三次元デジタイザー

耐光試験機
紫外線強度計照度計

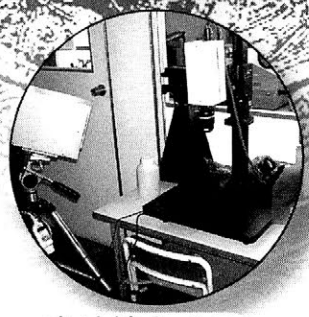
実体顕微鏡
マイクロスコープ
デジタル顕微鏡



脱塩処理装置
純水製造装置
イオンクロマト
キャピラリー電気泳動
金属含浸装置



X線透過撮影装置
軟X線
高出力透過X線
大型試料室

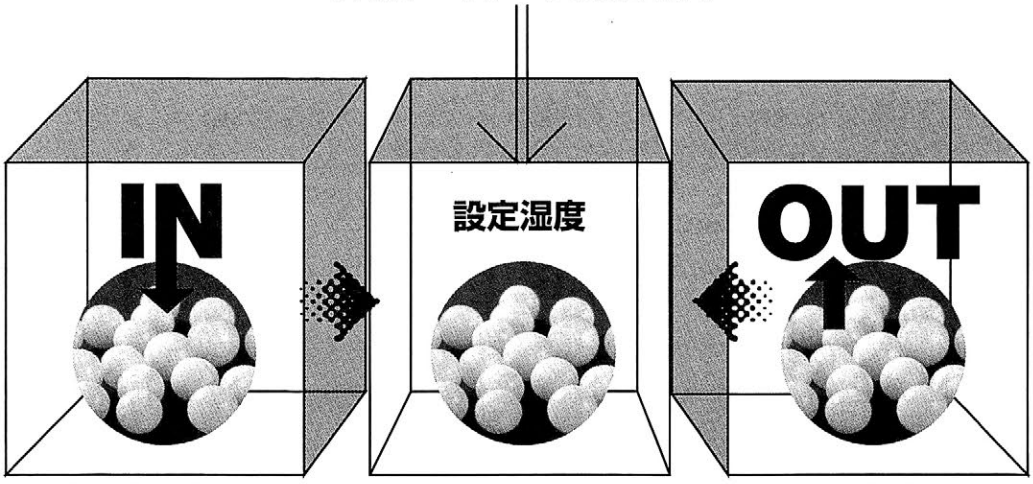


赤外線カメラ
赤外線カメラシステム
赤外線スキャナー

株式会社 三ツワフロンテック
http://www.mitsuwa.co.jp
〒530-0041 大阪市北区天神橋3-6-24　TEL/06(6351)9677　FAX/06(6351)9699

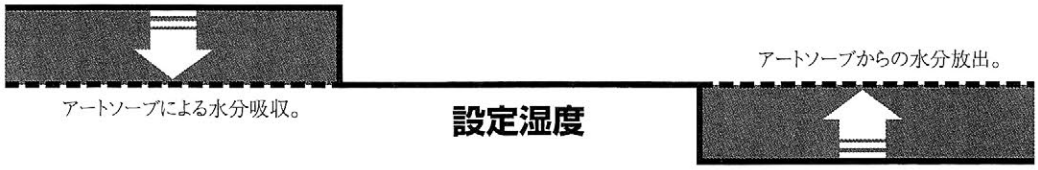
アートソーブ®

周りの湿度変化に対して常に適切な湿度をキープ、
それがアートソーブの役目です。

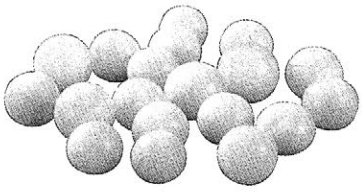


高湿度の場合は水分吸収。

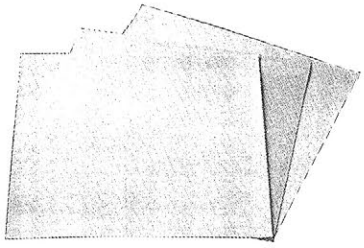
低湿度の場合は水分放出。



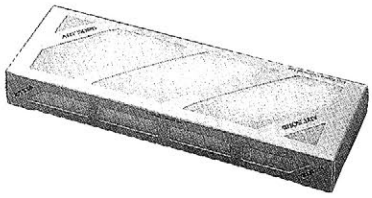
ビードタイプ



シートタイプ



カセットタイプ



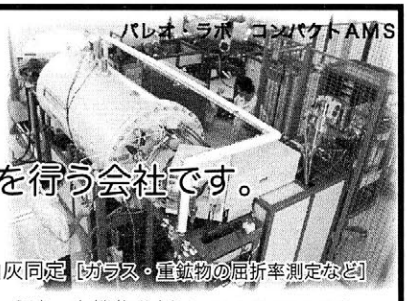
Fuji Silysia

富士シリシア化学株式会社

本　　社	〒487-0013 愛知県春日井市高蔵寺町2−1846	☎ (0568) 51−2511
東京営業所	〒103-0027 東京都中央区日本橋2−1−1　櫻正宗ビル3F	☎ (03) 3275−1621
大阪営業所	〒534-0024 大阪市都島区東野田町３−１−８	☎ (06) 6354−8610
福岡営業所	〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前３−23−22 博多DNビル５F	☎ (092) 473−3771

本当のことが知りたい

パレオ・ラボは遺跡出土遺物および
堆積物の自然科学分析を行う会社です。



分析業務サービス

年代測定および推定法	●放射性炭素年代測定［加速器質量分析（AMS法）］ ●地磁気残留磁化測定［焼成および堆積年代推定］ ●火山灰同定［ガラス・重鉱物の屈折率測定など］
遺物の材質および技法	●土器の材料分析 ［薄片分析・波長分散型蛍光X線分析］ ●漆・有機物分析［顕微赤外分光分析］ ●顔料等分析［蛍光X 線分析・X線回折分析］ ●石器の石材同定［肉眼・薄片分析・蛍光X線分析］ ●遺物分析［蛍光X線分析(定性分析・元素マッピング分析)・EPMA分析他］ ●塗膜分析［塗膜構造・EPMA分析］
遺物の産地	●黒曜石・サヌカイトの原産地推定［エネルギー分散型蛍光X線分析］ ●土器胎土分析［薄片分析・波長分散型蛍光X線分析］
生業に関わる方法	●プラント・オパール分析 ●花粉分析 ●樹種同定 ●種実同定 ●獣骨・魚骨・貝類同定 ●炭素窒素同位体測定 ●寄生虫卵分析
古環境復元	●堆積物の特徴記載 ●花粉分析 ●珪藻分析 ●植物珪酸体分析 ●大型植物遺体分析(材・種実・葉などを含む)
その他	●ボーリング調査 ●土層剥ぎ取り ●土層のデジタル連写撮影

上記以外にもご相談に応じます
お気軽にお尋ねください。

株式会社 パレオ・ラボ Pale Labo Co., Ltd. http://www.paleolabo.jp

本　　社 335-0016 埼玉県戸田市下前 1-13-22 ビコーズ戸田1111F 048-446-2345 E-mail: toda@paleolabo.jp
東海支店 501-6264 岐阜県羽島市小熊町島 5-63 アルピアル羽島1F 058-391-0881 E-mail: gifu@paleolabo.jp
AMS 年代測定施設 376-0144 群馬県桐生市黒保根町下田沢 1900-65 0277-96-2088 E-mail: ams@paleolabo.jp

若手研究者を支援する研究助成の募集(第5期)

株式会社パレオ・ラボ

1. 助成の趣旨

弊社では、平成16年10月、年代測定を目的として^{14}C測定専用の加速器質量分析計を導入し、年代測定業務を開始いたしました。これを期に、企業として社会に還元するため、また広く弊社AMS年代測定をご利用いただくため、若手研究者を対象として研究支援事業を第4期に引き続き企画いたしました。

2. 応募条件

①現在35歳以下の研究者(定職についていない方)および大学院生(考古学分野2名、自然科学分野2名)
②研究目的が年代測定を必要とするテーマであること
③過去に研究発表1本または論文1編以上を発表した者
④原則として、助成終了後1年以内に研究助成の内容を含む論文または口頭発表を公表し、その成果を提出すること
⑤研究助成の内容を含む発表および論文執筆の際、パレオ・ラボ若手研究者を支援する研究助成によるものであることを明記すること

3. 支援内容

以下の2項目を支援いたします。
①研究費として15万円を支給
②AMS年代測定10試料を無料測定。ただし、測定期間は下記の期間限定:平成21(2009)年9月1日～10月31日および平成22(2010)年4月1日～8月31日

4. 支援期間

平成21(2009)年9月1日～平成22(2010)年8月31日

5. 応募方法

申し込み用紙(弊社指定用紙、弊社HP上からPDFまたはExcelファイルをダウンロード)、履歴書(書式なし、写真添付)、研究実績表(書式なし)を郵送

6. 締切

平成21(2009)年7月31日(必着)
お問い合わせ jyosei@paleolabo.jpもしくは058-391-0881担当係(なるべくE-mailをご利用ください)
助成に関する詳細は当社ホームページをご覧下さい http://www.paleolabo.jp

エクスロン・コンパクトX線CTスキャンシステム 【ｺﾝﾋﾟｭｰﾀ断層撮影装置】

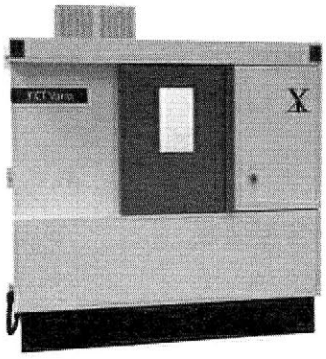
Y.CT Vario

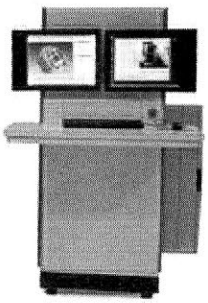
YXLON　Industrial Computed Tomography(CT) System

焦点可変型Ｘ線発生装置を使用したコンピュータ断層撮影(CT)装置により電子部品、各種文化財、プラスチック成形品、アルミダイキャストなどの超小形から中形までの製品の内部検査、計測、分析を手軽に実現します。

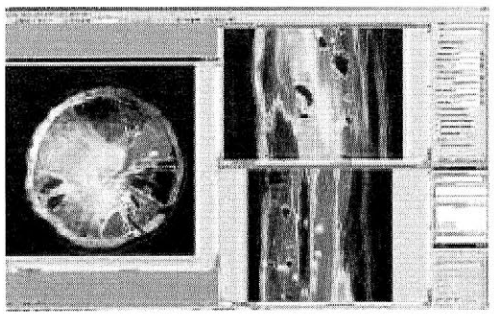
【特徴】

- φ180x250mm,10kg(φ320:ｵﾌﾟｼｮﾝ)までのワークなら事前切断などの手間は不要、全領域をCTスキャンできます。
- FPD(ﾌﾗｯﾄﾊﾟﾈﾙ)により高速画像データ収集がおこなえます。
- X線管焦点可変により解像度重視又は透過能力優先を選択できます。
- FPD による透視検査も行えます。

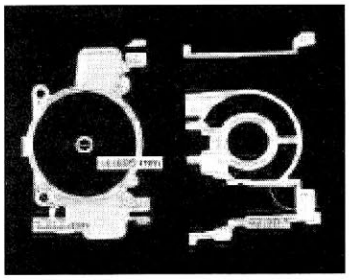




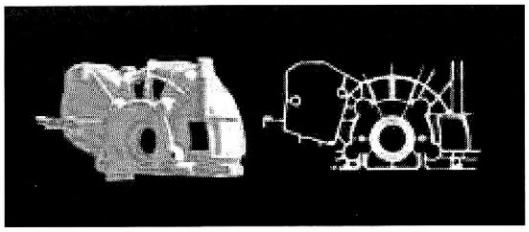
項目	Y.CT Vario
X線センサー	FPD (ﾌﾗｯﾄﾊﾟﾈﾙ)
X線出力	10～225kV / 0～20mA
X線管焦点	0.25～0.8mm 【EN12543 準拠】
スキャン時間	
何学的倍率	約 1.3 倍～約 10 倍
オプションソフト	3 次元表示・計測・解析ソフト



木柱の腐食状況の３方向ＣＴ画像



２次元表示での穴径と角度測定



２次元と３次元の表示

＊透視検査装置、ＣＴ検査装置の実験装置を準備しております。技術相談も承りますので御相談下さい。

エクスロン・インターナショナル株式会社

YXLON International K.K. a company of the COMET group

本　　社　　〒221-0031　神奈川県横浜市神奈川区新浦島町 1-1-32 ﾆｭｰｽﾃｰｼﾞ横浜　TEL045-450-1730

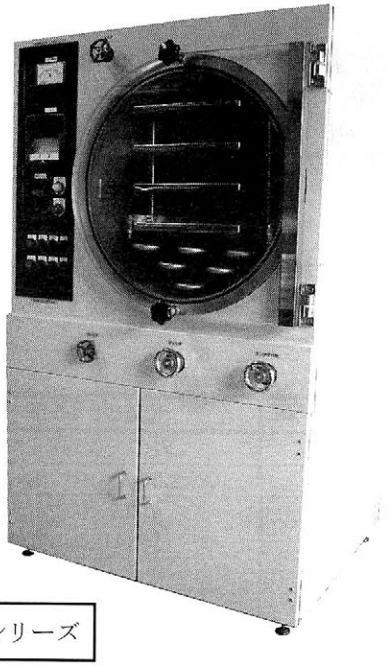
大阪支店　　〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-6-13 新大阪御幸ﾋﾞﾙ　　TEL 06-6886-5533

URL　http://www.yxlon.co.jp　　Mail：yxlon@jpn.yxlon.com

PRESERVATION TECHNOLOGY

考古遺物保存処理装置 Archae-master

20数年の遺物処理装置の製作についての
豊富な経験、実績に基づいて、
装置を製造販売しております。
多様なご要求にお応えできます。

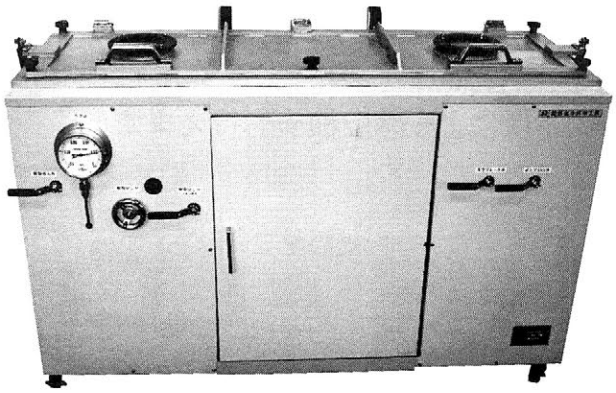


新シリーズ

小型真空凍結乾燥機（APEシリーズ）

写真はAP-04E

棚板　300×450×4枚



金属減圧含浸装置

写真はIP-90

上蓋は金属製になりました

PEG・糖液含浸装置

IWEシリーズ　（底部間接熱媒ヒーター方式）

IWE-150H型

水槽サイズ：500w×500h×1500d

IWE-200H型

水槽サイズ：700×700×2000

IWE-300H型

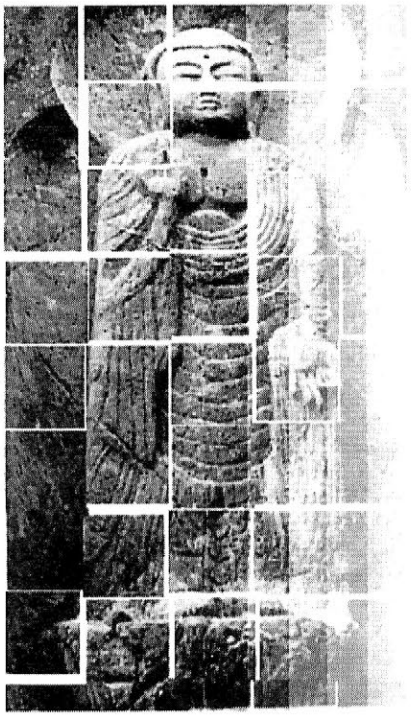
水槽サイズ：1000×1000×3000

製造・販売元

関西保存科学工業株式会社

〒632-0246　奈良県奈良市都祁友田町１２８５

℡：0743-82-1302　Fax：0743-82-5020　URL：http://www.kaptec.co.jp



STOP the 風化

石材強化剤
OH100

石材撥水剤
290

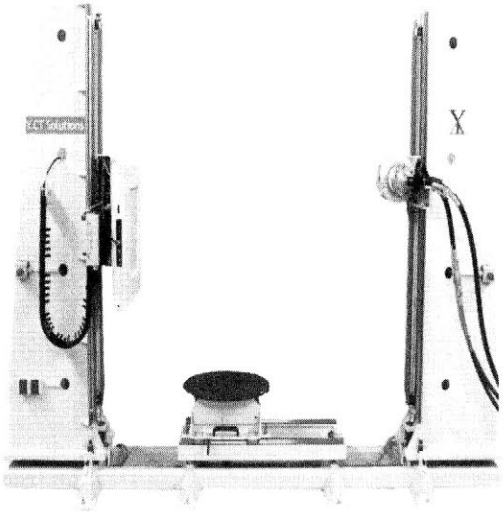
TRY the 活性

強化剤
OM25 OM50

株式会社アクト
本店
〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1
TEL・FAX (0595)63-8261
倉庫
〒544-0015 大阪市生野区巽南5-9-11 森下通商ビル内
TEL (06)6796-2381
FAX (06)6794-0254

Nikon

文化財施設の設備・機器導入を
お手伝いさせて頂きます。

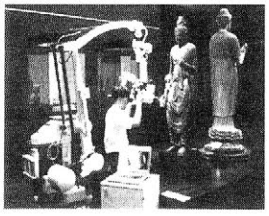


X線CTスキャナ(CT)

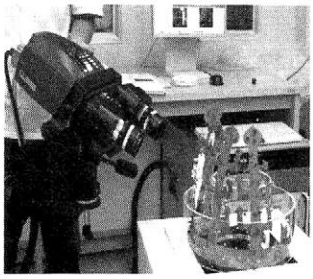
文化財の保存状態・構造が見えるX線CT

大小あらゆる文化財(木・金属製品等)に対して、非破壊最良のスキャン画像を手に入れることが出き、文化財の保存状態や構造を記録して文化財の展示や保管・修理に役立てます。

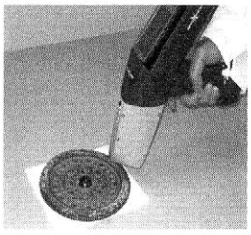
[写真] エクスロン・インターナショナル製
Y.CT ModularFPD320kV



フリーアームスタンド付実体顕微鏡



非接触型光学式三次元デジタイザ



ハンディ型蛍光X線分析装置

※写真は全て九州国立博物館様提供

ニコンインステック取扱製品

- ■走査型電子顕微鏡、 X線分析顕微鏡、 エネルギー分散型蛍光X線分析装置
- ■X線透過撮影装置、携帯型非接触三次元デジタイザ、デジタルマイクロスコープ、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)
- ■顕微鏡システム 顕微鏡、 実体顕微鏡、 顕微鏡画像処理システム
- ■恒湿恒温装置 低酸素濃度有害生物処理装置などの環境測定装置
- ■赤外線サーモグラフィー 脱塩処理装置 金属減圧含浸装置 真空凍結装置 局所排気装置 各種消耗品など

株式会社ニコンインステック http://www.nikon-instruments.jp/instech

九州支店 〒813-0034 福岡市東区多の津1-4-1 TEL 092-611-1111 FAX 092-622-0191

本 社 〒140-8601 東京都品川区西大井1-6-3 TEL 03-3773-1173

IAA 株式会社 加速器分析研究所

加速器分析は、今あらゆる分野で新発見を連発中！

加速器（AMS）による短期高精度^{14}C測定

放射性炭素（^{14}C）年代測定

考古学、地質学、地形学、動植物分析、海洋堆積物、海洋深層水、地下水の測定、そして古美術品の真贋判定など。

弊社の高精度で早い加速器分析は、皆様の技術と創造力による新発見を加速させます。

現在と未来で能力を発揮する有効な活用例

有機材料評価
香料の天然・合成物判定、バイオマスプラスチック・生分解性プラスチック・バイオエタノールなど、測定対象が拡大中。

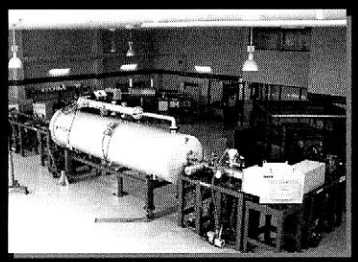
医薬トレーサー
薬物導体分野などで、新薬開発におけるコスト削減や開発スピード向上に貢献、拡大中。

白河分析センター「放射性炭素年代測定」

本宮分析センター「薬物動態分析」

弊社の特長

<日本で唯一> 大型加速器で年代測定を行う唯一の民間企業。
<短期で測定> 受注～結果報告の期間が他と比べ圧倒的な速さ。
最短2週間で測定結果を出せます（発掘調査中に測定結果を知ることができ、遺跡保護、調査精度の向上、測定結果の有効活用に繋がります）。
<格安な費用> 自社所有AMSによる測定の為、外注体制の他社と比べ格安。
<試料の採取> 考古学調査の正確な試料採取ノウハウ有り。
<測定の精度> 高精度維持の為加速器２台でクロスチェック。
<業界の先駆> 加速器測定を先駆けた科学者集団で運営。
<共同研究> 他の研究機関と高次元な共同研究も継続中。
<投資も受諾> 将来性を期待され、大きな投資を得て規模拡大。
<民間の強味> クライアント様へのサービス体制が高評価。


▲白河　3MVタンデム加速器

2001年営業を開始以来、既に多くの測定実績を重ねました。
さらに新分野での需要拡大により早期の上場を目指し、さらなる設備投資とイノベーションを推進させます。福島医大や横浜市大とのベンチャー事業を展開中！

□□　お問い合わせとお見積もりはお気軽に　□□

株式会社 加速器分析研究所
〒214-0013 神奈川県川崎市多摩区登戸新町129-1
TEL 044-934-0020（代） FAX 044-931-5812
Mail < office@iaa-ams.co.jp>
http://www.iaa-ams.co.jp/

文化財保存
アドバイザー

あなたの施設のもう一人の職員です

当社は、ガス燻蒸等多方面の長年の経験により文化財保存システムを確立いたしました。美術品　歴史民俗資料　文書等を大切に後世に継承しましょう。

IPM～総合的有害生物管理～

空気環境調査
酸、アルカリ成分他
各種汚染物質の測定

生物生息調査
文化財加害害虫及び
各種菌類の調査

空気環境対策
空気環境改善システム

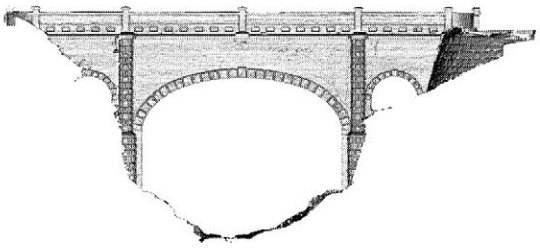
虫菌害対策
ガス燻蒸　低酸素処理
ブンガノン殺虫処理
防腐防蟻処理

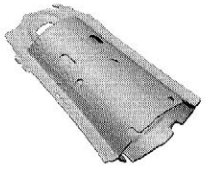
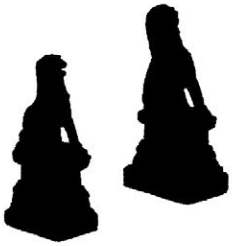
関連商品
中性紙保存箱　温湿度計
調湿剤　防虫剤
紫外線防止フィルム等

茅葺替工事
移築民家　古社寺　古代住居

中部資材株式会社

本社　名古屋市港区入船二丁目4番31号　　TEL:052-661-7235
南部サービスセンター　衣浦出張所　豊橋支店　蒲郡出張所　四日市支店　岐阜営業所
静岡営業所　長野営業所　敦賀支店　金沢出張所　岡山営業所　門司営業所　鹿島支店
http://www.chubushizai.co.jp
E-mail:　bunkazai@chubushizai.co.jp



ACCORD

—Succession—

三次元レーザー計測による文化財のデジタル化

文化財総合コンサルタント
株式会社アコード
〒550-0003 大阪市西区京町堀 1-10-14 福昌ビル 7F
TEL 06-6445-0557 FAX 06-6445-0693
http://www.a-accord.co.jp

TANAKA

PRODUCT
information製品のご案内

探査と保存

HARDWARE

軽量小型の比抵抗二次元探査装置

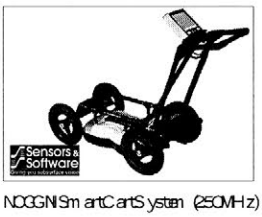
マルチ電極による装置で、二極・三極・四極法が可能。従来に比べて軽量・簡単操作で探査時間が短くなります。見掛け比抵抗図がリアルタイムに画面表示されるので、異常を即判断できます。

E600N本体 (リレーケーブルは別売)

HARDWARE

誰でも簡単に操作可能地下レーダー探査装置

コンソールや PCなどがオールインワンタイプの地下レーダー探査装置。車輪もついて探査効率が良くなりました。アンテナも多種類用意(別売)され、目的に応じた探査が可能です。



NOGGINSmartCartSystem (250MHz)

LIQUID WARE

風化から遺跡を保護
環境に優しいクリーンマテリアル

土と石を風化から守る強化保存剤。処理後の変色はなく、表面硬度も上昇します。また、照りもなく質感もそのまま。粘性土対応の TOT、砂質土対応の TOT-Vがあります。
国土交通省 NETISに登録

TOTで地震断層を強化保存(作業風景)

HUMANWARE

様々な探査や保存処理業務を受託いたします

電気探査、レーダー探査をはじめとした各種考古学探査や、 TOTを用いた保存処理業務、地中深くの定方位サンプル業務などを承ります。まずはご連絡下さい。

☎ (0778)25-7000

地下レーダー探査中(探査風景)

株式会社 田中地質コンサルタント 〒915-0082 福井県越前市国高2丁目324-7 TEL0778-25-7000 FAX0778-25-7001

PAReT
Preservation And Restoration Tool

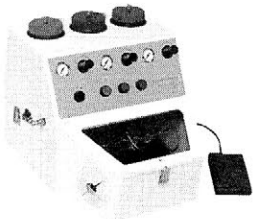
文化財、美術工芸品 保存修復用品のコンビニエンス ストア!!
小さな接着剤から大型の機材まで国内外の保存修復関連用品を多数取り扱っています。

パラロイドB72接着剤
パラロイドB72をチューブ入り接着剤にしました。お手軽にご使用いただけます。

定番商品 パラロイドB72 アクリル樹脂
修復材料の定番商品パラロイドB72アクリル樹脂を特別価格で販売しております。
100g/840円、1kg/4,000円 ご購入はオンラインショップをご利用ください!!
各種パラロイド（B67、B44等）、その他合成樹脂、天然樹脂ワックス類を多数取り扱っております。

Steamy PR−1
スチーミー ピー アルワン
ドイツ製 高性能スチームクリーナー

イタリア製 電気コテ



ドイツ製 サンドブラスター

オランダ製 小型ミュージアムクリーナー

各種の保存・修復材料も販売しています
・接着剤 【アクリル系、メチルセルロース、クルーセル等】
・膠 【液体魚膠、チョウザメ膠、兎皮膠等】
・合成樹脂【各種パラロイド、モビリス、中性PVAc等】
・天然樹脂【ダンマル、マスチック、シェラック等】
・中性紙製保存用紙・保存箱、ポリエステルフィルム、ゴアテックス

オンラインカタログ
http://www.paret.jp/catalog/
弊社の取扱商品を網羅した、オンラインカタログです。商品数は200種類以上！新商品やお奨め商品を掲載しています。

オンラインショップ
http://www.paret-shop.net/
商品数は約100種類！接着剤、膠、樹脂などの修復材料から小物から保存用紙、保存箱、修復用品をオンラインで販売中！

文化財の保存修復用品 製造と販売
株式会社 パレット
TEL:03-5815-4061 FAX:03-3828-1582 〒110-0002 東京都台東区上野桜木2-10-3 MSビル4F
お問い合わせメールアドレス toiawase@paret.jp http://www.paret.jp

C14年代測定 Radiocarbon Dating

AMS-標準納期 7～14 営業日
AMS-特急納期 6 営業日
AMS-超特急納期 3～4 営業日

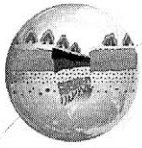
The World's Largest Professional Radiocarbon Dating Service
BETA ANALYTIC INC. 日本総代理店

ISO-17025 認証取得 放射性炭素年代測定研究所
PJLA ISO/IEC 17025:2005 TA #59423, Certificate #L08-89
ISO-17025とは分析試験結果の品質を権威ある機関が保証する国際規格です。
Accurate Results , Fast Delivery of Results

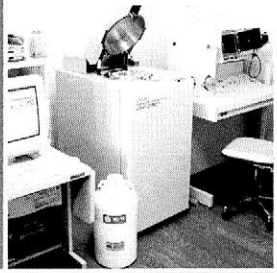
株式会社 地球科学研究所
環境計量証明事業所愛知県知事登録第479号
〒468-0007 名古屋市天白区植田本町1-608
TEL 052(802)0703 FAX 052(805)6383
e-mail : geoinfo@geolab.co.jp
URL : http://www.geolab.co.jp

遺跡の立地と年代を調べる

現地調査 ･分析試料採取 ･テフラ 火山灰)分析 ･放射性炭素年代測定

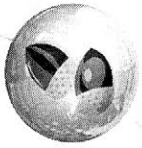


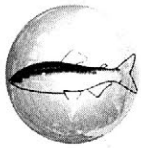
過去の環境を知り
未来を考える



遺物を保存する

木製品 種実等の
糖アルコール含浸保存処理





古代の食生活を推定する

寄生虫卵分析・
トイレ遺構分析・
骨 ･貝類同定

Paleoenvironment
Research Co.,Ltd

遺物や土壌の科学的特性を探る

蛍光X線分析 ･土壌理化学分析

古環境を復原する

植物珪酸体 プラント･オパール)分析・
花粉分析 ･樹種同定 ･珪藻分析・
種実同定 ･植物遺体DNA 分析

株式会社
古環境研究所

本　社／〒331-0062 埼玉県さいたま市西区土屋1795-24
Tel.048-622-0389Fax.048-622-9187
研究所／奈良研究所 ･宮崎研究所
http://www.kokankyo.jp

日本文化財科学会第 26 回大会研究発表要旨集

発行　2009年7月10日
編集　日本文化財科学会第26回大会実行委員会

大会実行委員会

委員長　中村 俊夫
委　員　赤塚 次郎　池田 晃子　小田 寛貴　梶原 義実　鬼頭 剛　工藤 雄一郎
田村 哲　新美 倫子　堀木 真美子　南 雅代　宮田 佳樹　森 勇一
山本 直人　吉田 澪代

大会事務局

〒464-8602 名古屋市千種区不老町 名古屋大学年代測定総合研究センター内
Tel: 052-789-2579, Fax: 052-789-3092, E-mail: ssscp26@nendai.nagoya-u.ac.jp
大会URL: http://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/jssscp/

主催: 日本文化財科学会
後援: 名古屋大学年代測定総合研究センター、名古屋大学大学院文学研究科、愛知県陶磁資料館