

学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア」による 高精度年代測定の集成

学術創成研究グループ（代表者：西本豊弘*），○坂本 稔*

*国立歴史民俗博物館

1. はじめに

文部科学省科学研究費補助金・学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア-炭素年代測定による高精度編年体系の構築-」（16GS0018）は、2003年に国立歴史民俗博物館（歴博）が行った弥生開始期に関する新しい年代観の提案を受け、2004年から5年計画で進められている研究プロジェクトである。研究目的の一つは、考古学的な手法で整備されてきた弥生期の編年に炭素14年代法による高精度の実年代（校正年代）を与え、その再構築を図ることである。そのため、主に弥生期とその前後の考古資料の収集と炭素14年代測定の蓄積を進めてきた。

研究成果は報告書や報告会などで公表しているが、これまでに測定された炭素14年代を一同に報告できる機会がなかった。しかしながらこの4月に、歴博にて先行した研究成果を含む、2005年までの測定結果を掲載した報告書[1]を刊行することができた。本報告はこれらのデータをもとに、日本列島における弥生期の年代について全体的な考察を行うことを目的とする。

2. 試料と処理・測定

研究グループは高い精度・確度での年代値獲得のため、年代測定試料の採取からその調製、測定、解釈に主体的に関わることにしている。

型式の判明した土器の付着物は、その炭素14年代に考古学的な解釈を直接加えられる試料として重要である。より精確な実年代を得るために一型式あたり5～10点の土器付着物の年代測定を目標とし、対象とする遺跡を全国に拡大している。また共伴する種実、炭化材、漆などの草本類も測定試料に加えている。

採取試料は、基本的にすべて歴博の年代測定資料実験室にて洗浄処理（AAA処理）を施している。2005年に関しては、加速器質量分析計（AMS）による1000点あまりの炭素14年代測定について、ほぼ半数をAAA処理のみ、半数を実験室にてグラファイトに調製してグループ内の測定機関（東京大学、名古屋大学）ならびに外部機関に依頼した。

3. 結果と考察

ここでは、縄文晩期から古墳期にかけての試料1000点弱の測定を取り上げる。日本列島を便宜的に九州、西日本（四国および鳥取・岡山以西）、近畿、中部・関東、東日本（新潟・福島以北）の5地域に分けた（図1）。なお北海道は文化圏が異なり比較が難しいことと、その土器付着物の炭素14年代に海洋リザーバー効果の影響が無視できないことから、今回の考察からは除外した。

それぞれの地域について時期別の資料が示す炭素14年代を図2に示した。研究グループは九州北部に、本格的な水田稲作を中心とする生活が始められたとされる弥生早期を設定している。土器付着物は炭素14年代にして100年ごとのヒストグラムに描き、草本類は比較的点数が限られるため時期別のプロットをその左に記載した。

土器付着物と草本類の測定結果は、各時期についてほぼ一

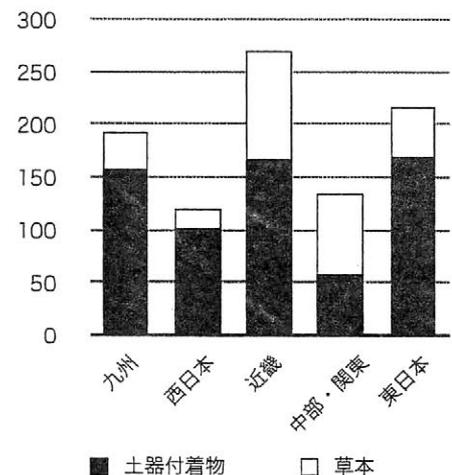


図1 縄文晩期～古墳期の資料の炭素14年代測定実績

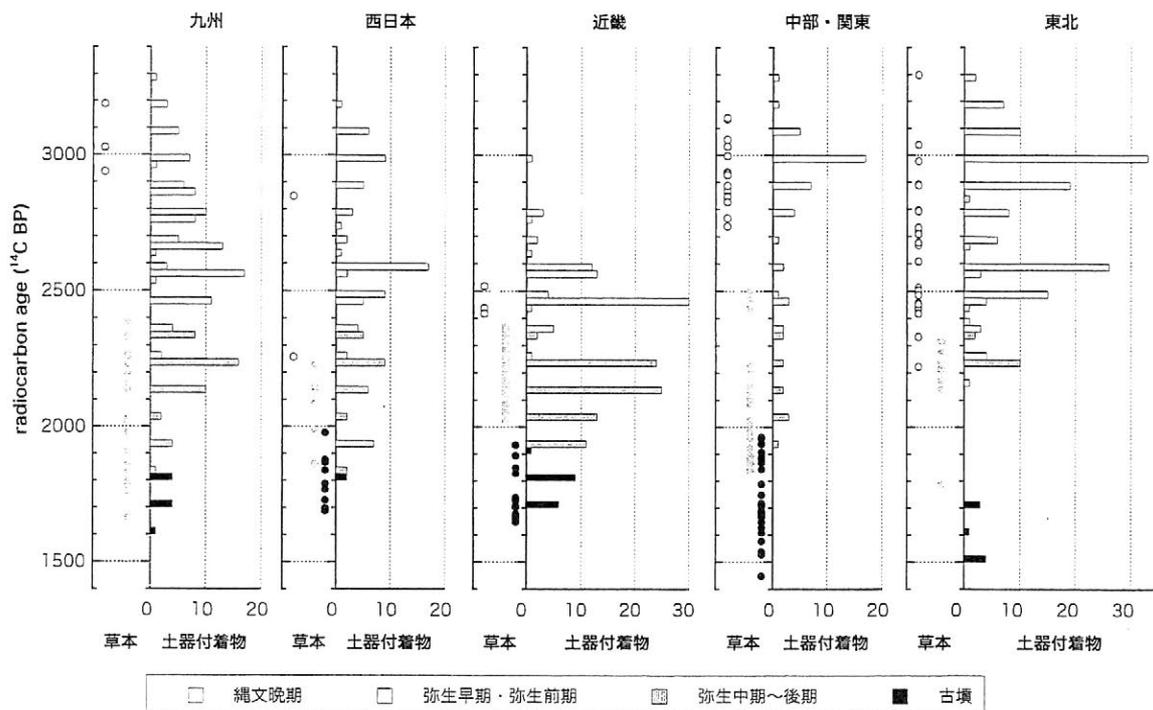


図2 縄文晩期～古墳期の土器付着物（ヒストグラム）と草本類（プロット）の炭素14年代

致している。土器付着物の炭素14年代については海洋リザーバー効果の影響を指摘する意見があり、事実該当する試料も存在するが、それらは例外的であり大部分は陸上植物の年代を示す。このことは土器付着物のδ¹³C値からも裏付けられる。

土器付着物の炭素14年代は、各時期が複数の土器型式を含むこともあって少しずつ重複しながら推移している。これはそれらの時期が併存していたことを示唆する。弥生開始期を例にすれば、九州北部において水田稲作が始められた頃に、東日本のみならず九州にも本格的な水田稲作を行わない縄文晩期文化段階にある集団が存在していたことになる。なお各地に見られる2500 ¹⁴C BP前後の強い分布は、測定が特定の土器型式に偏在したことや、実際の年代が長期間にわたって似たような炭素14年代を示しうる、校正曲線（図3）の平坦な箇所に対応したことが理由と思われる。

4. おわりに

日本列島における弥生開始期やいわゆる「前末中初」といった画期を詳細に検討するには、土器型式ごとに踏み込んだ議論が必要である。そのためにも今後測定を継続し、未だ手薄な東日本についても一層のデータ蓄積を進める必要がある。

また、各時期との比較可能な中国、韓国の資料についても年代を集成し、東アジアにおける弥生期の位置づけを図っていきたい。

文献

- [1] 西本豊弘編 (2006) 『新弥生時代のはじまり1・弥生時代の新年代』雄山閣, 143p.
- [2] Reimer et al., (2004) Radiocarbon, 46, pp. 1029-1058.

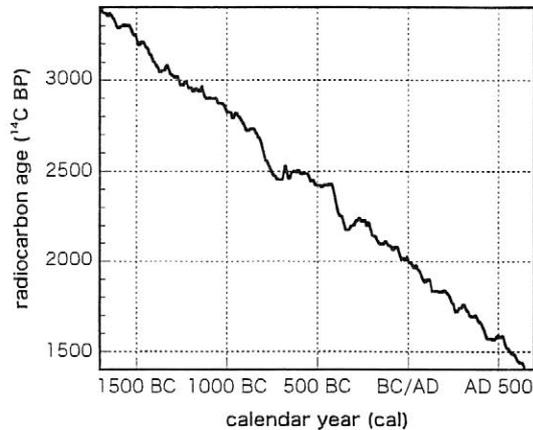


図3 校正曲線IntCal04[2] (部分)

岩手県北上市大橋遺跡の炭素 14 年代測定

遠部 慎¹⁾・小林謙一¹⁾・宮田佳樹¹⁾・尾寄大真¹⁾・新免歳靖¹⁾・坂本 稔¹⁾・八木勝枝²⁾・松崎浩之³⁾

1) 国立歴史民俗博物館 2) 岩手県文化振興事業団埋蔵文化財センター 3) 東京大学大学院工学系研究科

はじめに

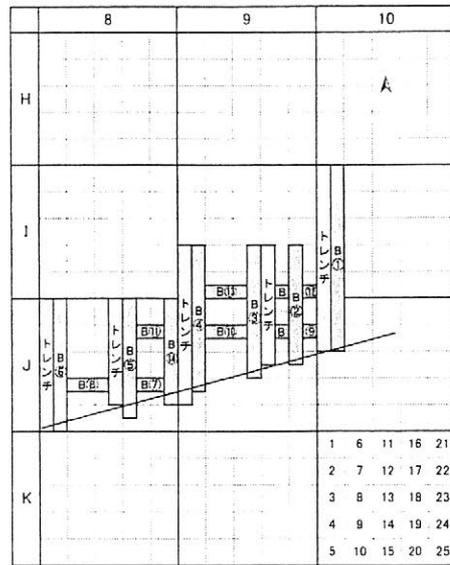
国立歴史民俗博物館では、縄文・弥生時代にかけての移行期の土器に付着した炭化物などについて炭素 14 年代測定を行っている。大洞 C2 式は、弥生時代の指標である稲作水田が西日本に出現する段階のいわゆる突帯文土器に併行すると考えられている。本研究は東日本ではじめての大洞 C2 式のまとまった年代測定例となる。また、研究の活発な盛土遺構の年代測定も実施し、盛土遺構における土器付着物と炭化財の関係について検討を行った。

大橋遺跡の概要

大橋遺跡は岩手県北上市和賀町横川目、和賀川の左岸に所在する(第1図)。縄文時代中期末～晩期末までの遺物が確認され、その中心をなすのは晩期大洞 BC～A 式である。遺構には掘立柱建物、炉跡、配石遺構、盛土遺構、柱穴状土坑、土坑がみられた。本遺跡からは、大量の土器・石器のほか、石棒類(385 点)、岩版(114 点)、土偶(301 点)、土版、竪櫛などが出土した。



第1図 大橋遺跡位置図

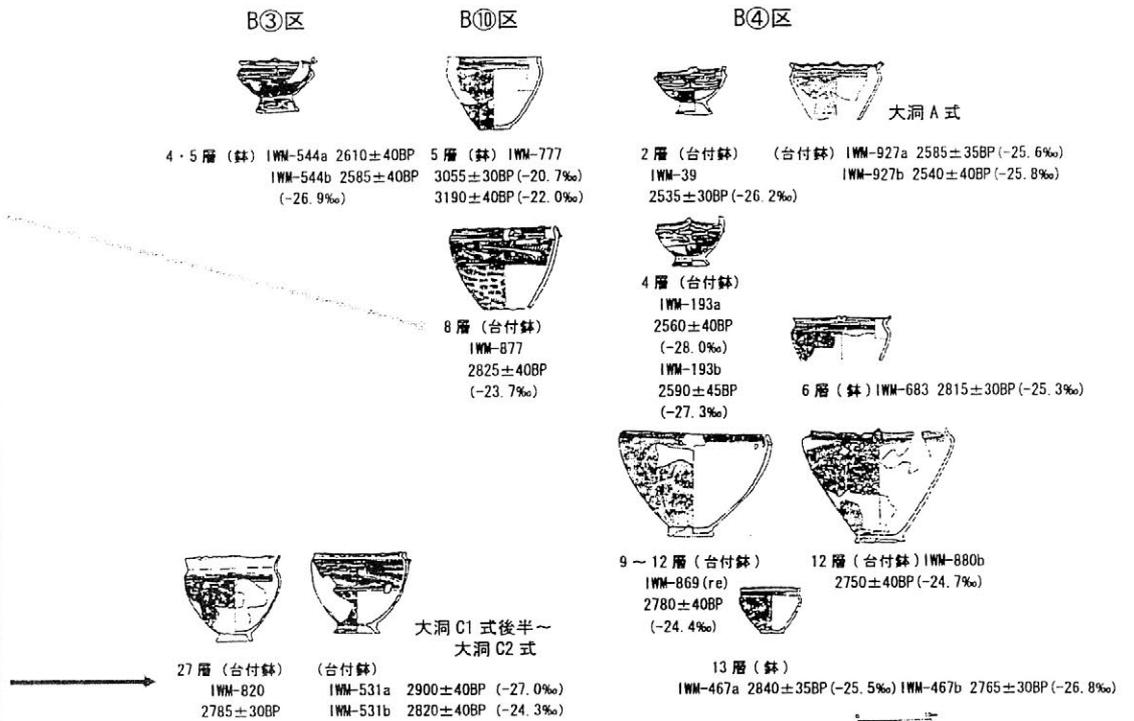


第2図 大橋遺跡南盛土遺構概念図

大橋遺跡の年代測定

近年、盛土遺構は、縄文時代における遺構研究の中でも、特に注目を集めている。本遺跡の盛土遺構には層の堆積の逆転現象、炉や炭層などの活動面の存在・整地した痕跡が認められる。つまり、谷地形の埋め立てや、高く盛って地形改変を行う目的の盛土遺構とは異なるため、本遺跡の盛土遺構の形成過程を明らかにすることは極めて意義が大きい。ここでは、南側の盛土遺構の B④区を中心に年代測定を行った(第2図)。集中的に測定を行った大洞 C2 土器は層位(特に 9 層以下の試料)から(第3図)、2750-2800 ¹⁴C BP 頃にまとまる可能性が高く、較正年代は紀元前 1000 年より新しく、紀元前 800 年前後にまとまる。また、大橋遺跡の大洞 A 式は 2500 ¹⁴C BP 頃にまとまる(第4図)。炭化材の年代値については、3層以上は大洞 A 式以降、4～11 層は晩期中葉、12 層以下は後期に概ね比定される。

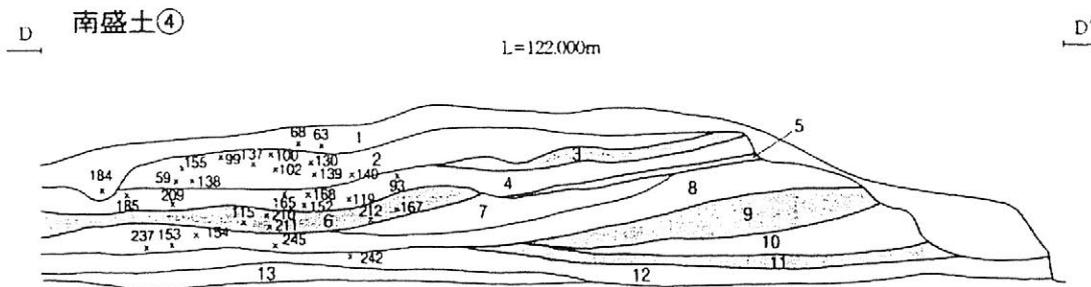
南盛土③区	南盛土⑩区	南盛土④区
1	1	
2	4	
3		
4		
5		
6	6	
7		
8	8	4
9	9	
10		
11	10	6
12		
13	12	8
14		
15		
16		
17		
18		
19	13	12
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27	14	13
28		



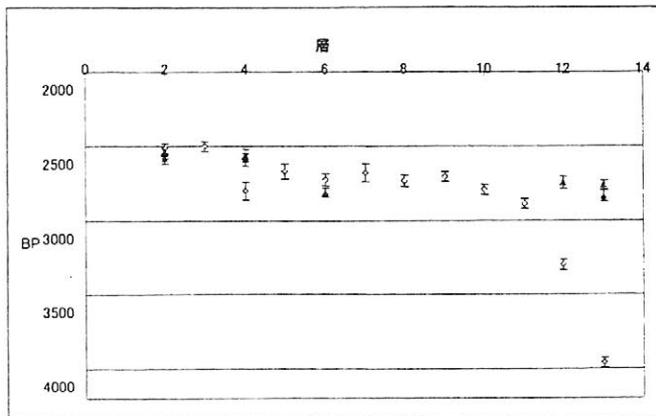
第3図 南盛土遺構対応関係

第4図 年代測定を実施した主な試料

a・b は土器の内面・外面、() は炭素同位体比 ($\delta^{13}C\text{‰}$)



第4図 大橋遺跡 B④区の南盛土遺構土層図(S=1/50)



第5図 B④区の土器附着物(▲)と炭化材(■)の関係

まとめ

大橋遺跡で年代測定を行った結果、南盛土の4～11層はきわめて短期間に形成されていたことがわかる。3層より上の年代値も炭化材、土器附着物とも整合的である。また、B⑩区8層からB④区4層付近で上下の年代差がみられ(第4図)、盛土遺構の形成過程を考える上で重要なデータを得ることができた。

今後、12層以下で炭化材と土器附着物の年代値がずれを示すことも踏まえ、年代学的考察を重ねていきたい。

本研究は平成18年度学術創成研究『弥生農耕の起源と東アジア』(代表西本豊弘)の成果の一部である。

竜ヶ崎 A 遺跡（滋賀県）の土器付着炭化物—西日本最古のキビの発見

○ 宮田佳樹*、遠部 慎*、坂本 稔*、今村峯雄*、西本豊弘*、小島孝修**

* 国立歴史民俗博物館、** 財団法人滋賀県文化財保護協会

1. はじめに

本研究は、滋賀県竜ヶ崎 A 遺跡から出土した長原式土器の底部に炭化物として付着したキビ (SGMB-8) について、AMS 炭素 ^{14}C 年代測定を行い、そのキビと鑑定された付着物の起源を安定同位体 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$) によって検証したものである。これまで日本列島では、縄文時代から弥生時代前期までにおいて確実なキビの出土遺跡は三例しかなく、本報告は、少なくとも西日本では最古のキビの発見事例と考えられる。

2. 遺跡所在地

竜ヶ崎 A 遺跡（滋賀県蒲生郡安土町下豊浦）は、安土山西麓の旧弁天内湖岸（現在は陸地化）に立地する低湿地遺跡であり、発掘調査（平成 15 年度）、整備調査（平成 16 年度）を滋賀県教育委員会・財団法人滋賀県文化財保護協会（以下、協会）が実施した。4 基の貯蔵穴や遺物包含層から、主に縄文時代中期末から晩期末・弥生時代開始期にかけての遺物が出土した（〔1〕）。

3. キビの鑑定

今回発見されたキビは、スクモ層から出土した長原式土器の底部内面に、炭化した状態で付着する (Fig. 1)。現地調査では未確認であったが、整理調査において粒状を呈する炭化物塊が付着することが見出された。そこで、協会が松谷暎子氏（國學院大學非常勤講師）にその鑑定を依頼した。その結果、直径約 1.5 mm の円形—楕円形の粒が密集しており、少数の穎が実体顕微鏡で観察された。走査型電子顕微鏡観察によれば、各細胞に先細りの側枝が 4~5 個見られ、一細胞の長さとの幅の比は 2 対 1



Fig. 1 土器に付着したキビ (SGMB-8)

である。これらの特徴は、キビの長細胞の形態と一致しており、アワ、ヒエの存在を示す破片は、検出されなかった（〔2〕）。

4. 安定同位体分析 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$)

採取した竜ヶ崎 A 遺跡の土器付着炭化物の一部を昭光通商 (株) に委託して、炭素、窒素の含有量、安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$) を測定し、付着物の起源に関して考察した。Fig. 2 は、 C_3 植物 (米など)、 C_4 植物 (キビなど雑穀類)、草食動物、魚貝類など各端成分とともに、竜ヶ崎 A 遺跡の食物起源内面付着物 6 点の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ をプロットしたものである。松谷氏によりキビと鑑定された SGMB-8 ($\delta^{13}\text{C}$: -12.5‰ 、 $\delta^{15}\text{N}$: $+4.7\text{‰}$; 赤丸) は、 C_4 植物の端成分のごく近傍に位置する。また、それ以外の 5 点 (青四角) は、

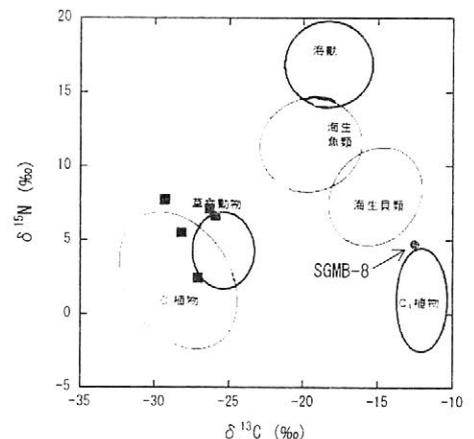


Fig. 2 内面の土器付着炭化物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ との関係 (米田、2004参照)

C₃植物や草食動物の領域、あるいは、その近傍に分布している。土器が数千年地中で堆積している間に、付着物の同位体組成が若干変化する可能性を考慮すれば、SGMB-8は他の5点の分布域と明瞭に異なり、起源物質であるキビの同位体組成を強く反映しているものと考えられる。

5. AMS-¹⁴C年代測定結果

国立歴史民俗博物館で試料をアセトン洗浄後、酸・アルカリ・酸処理（AAA処理）を行った。次に、(株)パレオ・ラボに委託し、ガラスラインでCO₂精製、グラファイト化し、ターゲットに詰めた。これをAMSで測定し、炭素14年代を得た。（ただし、いくつかの試料は、歴博でターゲットを生成し、東大でAMS¹⁴C年代測定を行った。また、炭素量の少ない場合には、(株)ベータ社に測定を依頼した。[3]）SGMB-8の測定値は、2550±25 ¹⁴C BPである。暦年較正を行うと、555～800 cal BCと幅広い分布を示す（Fig. 3、Table 1）。本邦土器には、型式による詳細な編年体系

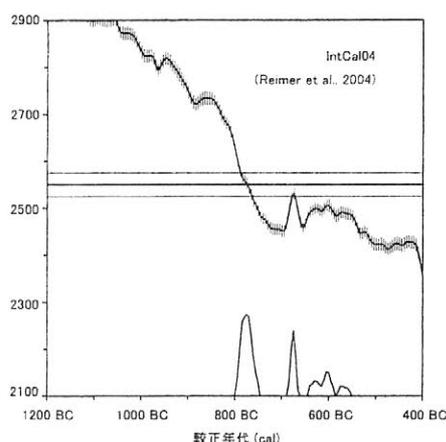


Fig.3 SGMB-8 暦年較正プロット

Table 1 SGMB-8 暦年較正結果

試料番号	SGMB-8			
機関番号	PLD-5304			
炭素14年代	2550 ± 25 ¹⁴ C BP			
較正年代	800 cal BC	-	745 cal BC	55.5%
	685 cal BC	-	665 cal BC	16.1%
	645 cal BC	-	590 cal BC	17.1%
	580 cal BC	-	555 cal BC	4.7%
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	95.5%
中央値	765 cal BC			
最頻値	775 cal BC			

（相対年代）が存在するため、今後、竜ヶ崎A遺跡を始めとする近畿地方の土器付着炭化物の炭素14年代と較正年代、土器型式区分との相関を使って、キビの付着した土器の年代を絞り込み、西日本最古のキビの実年代をより詳細に議論していきたい（[4]、[5]）。

6. まとめ

長原式の位置づけは難しいが、暦年較正された年代値をもとに考えると、紀元前550年～800年、弥生時代前期でも古く位置づけられる。現状では、竜ヶ崎A遺跡から出土したキビの年代は、県内の稲里遺跡出土のキビよりも古く、西日本最古のキビの発見と言える。また、竜ヶ崎A遺跡以外の全ての縄文から弥生時代前期までのキビの出土例（風張遺跡、八幡遺跡（八戸市）、稲里遺跡（彦根市））は、フローテーションにより採取されたものである。したがって、土器付着物としての発見は、縄文時代晩期末から弥生時代始めにかけて、既にこの地域ではキビが食物として利用されていた直接的な証拠となる。また、このことは、当時琵琶湖の沿岸で、大陸からの外来作物であるキビを栽培していた可能性を示唆するものでもある。総じて、今回のキビの発見は、当時の日本列島における栽培農耕及び、食文化のあり方を考える上で、重要な手がかりを与えうるものである。

[1] 小島他（2006）竜ヶ崎A遺跡、滋賀県教育委員会・勸励滋賀県文化財保護協会。

[2] 松谷（2006）竜ヶ崎A遺跡出土土器付着炭化粒のSEM観察による識別、竜ヶ崎A遺跡、滋賀県教育委員会・勸励滋賀県文化財保護協会。

[3] 小林他（2006）竜ヶ崎A遺跡出土土器付着物の¹⁴C年代測定、竜ヶ崎A遺跡、滋賀県教育委員会・勸励滋賀県文化財保護協会。

[4] 今村他（2003）AMS¹⁴C年代測定と土器編年との対比による高精度編年の研究、考古学と自然科学、45、1-18。

[5] 小林、春成（2006）近畿地方における年代測定の成果、弥生時代の新年代、雄山閣、1、96-97。

本報告は文部科学省・科学研究費補助金学術創成研究「弥生農耕の起源と東アジア炭素年代測定法による高精度編年体系の構築」、及び日本学術振興会・科学研究費補助金若手(B)「土器付着炭化物を用いた古食性の研究」の成果である。

日本産樹木年輪試料の炭素 14 濃度測定： 黄幡1号遺跡出土加工木材(820BC～436BC)

尾寄 大真¹、○今村 峯雄¹、松崎 浩之²、光谷 拓実³

¹ 国立歴史民俗博物館、² 東京大学大学院工学系研究科、³ 奈良文化財研究所

はじめに

炭素 14 年代は西暦 1950 年を基点としてさかのぼった年数として表わされる。ただし、炭素 14 濃度の初成値を常に一定と仮定したり、過去の報告値との整合性を保つために古い半減期を用いたり、といくつかの前提に基づいている。これらの前提が必ずしも正しくないために炭素 14 年代値は実際の年代とは異なったものとなっている。特に大気中の炭素 14 濃度が変動していたことが分かり、炭素 14 年代値を実際の年代に換算しなおすためのデータベースの必要性が認められることとなった。その後、国際的な較正データベース INTCAL が作成されるようになり、最新のものとして IntCal04 (Reimer et al., 2005) が 2005 年 3 月に公表された。

IntCal04 は樹木年輪や年縞堆積物中の炭素 14 濃度を基に作成され、北半球で適用可能な較正データベースとされている。ただし、限られた地域の試料を用いて作成されていることもあり、トルコ (Kromer et al. 2001, Manning et al., 2001) や日本 (Sakamoto et al., 2003) などの年輪中の炭素 14 濃度測定結果から 2、30 年単位で IntCal と一致しない時期があることが指摘されている。

近年、日本考古学においても炭素 14 年代法による年代測定の結果が大きな影響を与えている。炭素 14 年代法によって得られる結果の信頼性の向上のためには上記のような地域効果を明らかにしておく必要がある。本研究は日本産樹木年輪試料中の炭素 14 測定を行い、IntCal との整合性を詳細に検討することを目的とした。

実験

本研究で用いた年輪試料は広島県東広島市黄幡1号遺跡から出土したヒノキの加工木材から得た。この木材資料本体は年輪年代法により BC817 年から BC424 年にあたるものであるとされていたが、炭素 14 測定用の試料として切り出した部分について再度年輪年代法により測定したところ BC820 年から BC436 年までの年輪を持つことが確認された。図 1 にこの試料の年代幅を IntCal04 とともに示した。

試料はまず 5 年輪ごとに切り分けた後、超純水とともにミキサーに入れ、細かく粉碎した。粉碎した試料を(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) 処理し、埋没中に付着した不純物を取り除いた。次いで塩酸および亜塩素酸溶液を用いた塩素漂白処理により年輪層間で移動するとされるリグニンを除去し、最後に 17.5% 水酸化ナトリウム溶液によりヘミセルロースを溶解し、白色の α -セルロースを石英ろ紙を用いてろ別した。これを超純水にて十分洗浄した後、110°C にて乾燥し、二酸化炭素精製処理用の試料とした。

抽出した α -セルロースを酸化銅と

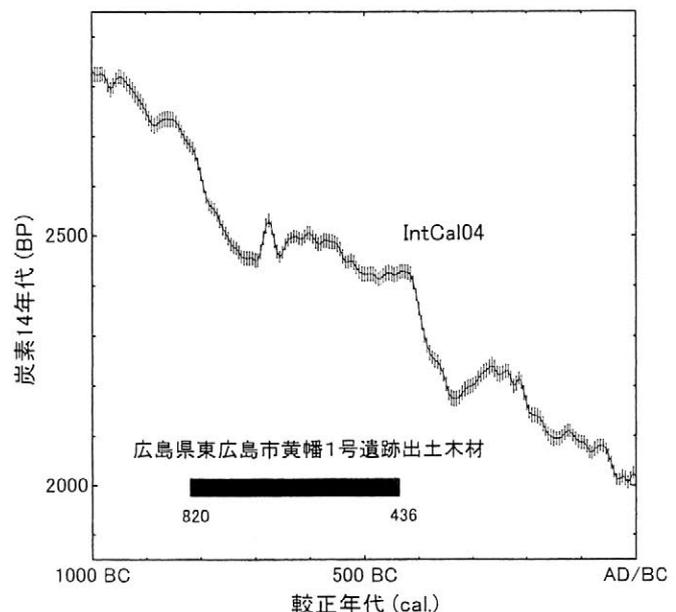


図1 黄幡1号遺跡出土木材の年代幅とIntCal04

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た。その後、燃焼して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、Al製のターゲットホルダーに充填し、加速器質量分析(AMS)用の試料とした。AMS測定は東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻のタンデム加速器にて行った。

結果・考察

図2に黄幡1号遺跡の木材年輪試料の分析結果を IntCal04 とともに示した。いくつかの箇所では IntCal04 との差が炭素 14 年代値にして 100 年近くにもなったが、これらの分析結果と IntCal04 との差の分布はほぼ 0 付近で最大となり、炭素 14 年代の誤差を 1 標準偏差 30 年とした場合の確率分布とほぼ一致することから測定における分散と解釈できる。つまり、本研究で得られた分析結果は IntCal04 と測定誤差の範囲内でほぼ一致していると言える。

また、10 年ごとの移動平均を計算すると図 3 のようになり、5 年輪ごとの分析結果の場合と比較して IntCal04 との差は小さくなる傾向を示した。IntCal04 を作成するに用いられた個々のデータがこの領域においては 10 年輪ごとの分析結果であることを考えると、本研究の 5 年輪ごとの分析結果は 10 年輪ごとの分析では平均化されて見つけられなかった細かな変動を表している可能性もある。それを確認するためにはさらに細かな年輪についての分析が必要であろう。

本研究で得られた結果と IntCal04 の間にはいくつかの小さくない差が認められたものの、全体としては一致した。つまり、日本の弥生時代早期・前期に相当する BC820 年から BC436 年においても IntCal04 が十分に適用しうることが示された。今後、繰り返し測定を行うことで分析精度を高め、IntCal04 との整合性をより詳細に検討するとともに、少ない年輪数の試料の分析による細かな変動についても検討していきたい。

参考文献

- [1] P. J. Reimer et al. (2005) *Radiocarbon* 46(3), 1029-1058
- [2] B. Kromer et al. (2001) *Science* 294, 2529-2532
- [3] S. W. Manning et al. (2001) *Science* 294, 2532-2535
- [4] M. Sakamoto et al. (2003) *Radiocarbon* 45(1), 81-89
- [5] M. Sakamoto et al. (2004) *Nucl. Instr. Meth. B.* 223-224: 298-301

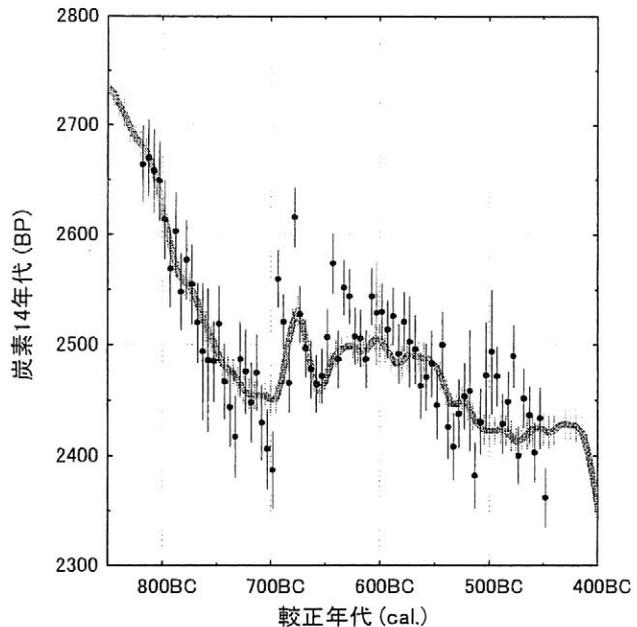


図2 測定結果とIntCal04との比較

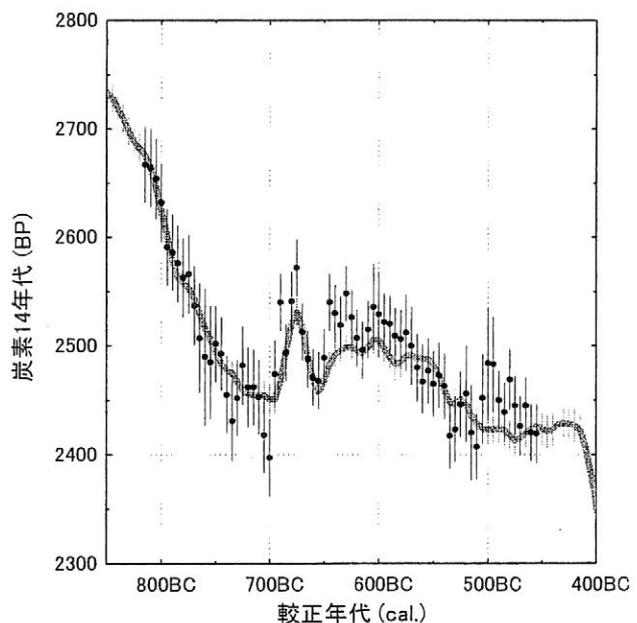


図3 測定結果の10年ごとの移動平均とIntCal04との比較

炭素 14 法および考古地磁気法による窯跡の年代推定

○中村俊夫（名古屋大学年代測定総合研究センター）・酒井英男（富山大学理学部）
 広岡公夫（大谷女子大学文学部）

1. 背景

古地磁気による年代測定法は地磁気を記憶している様々な試料に適用できる可能性があるが、放射性同位体の規則的な放射壊変を精密な時計として利用する放射年代測定法、例えば放射性炭素 (^{14}C) を用いる ^{14}C 年代測定法とは原理が大きく異なる。放射年代測定法では、放射性同位体の減少量あるいは娘同位体の増加量が測定され、その測定量が試料の年代として数値で換算される。一方、古地磁気法では、過去の地磁気の変動とその年代との組み合わせを精密に調べて、古地磁気一年代のカタログを作成しておく。試料について測定された地磁気データ（地磁気強度の絶対値、偏角、伏角など）を過去の地磁気データカタログと照らし合わせて、それらが最も一致する箇所を探し出して、試料の年代を推定する間接的な年代測定法である。すなわち、古地磁気法では、地磁気ベクトルの数値がそのまま年代値に換算されるわけではない。従って、古地磁気による年代測定法が一般的に利用できる為には、過去の地球磁場一年代の標準パターンを如何に精密に確立しておくかがキーポイントになる。このためには、過去の地磁気を記憶しているもので、しかも地磁気を記憶した年代が明確な試料について、できるだけ多くの地磁気データを集めることである。地磁気データを収集する過程で、古地磁気を記録している試料の年代値を精度よく決定する方法として ^{14}C 年代測定法が利用される事もある。

近年、放射性炭素 (^{14}C) 年代測定法は、加速器質量分析 (AMS) 技術の急発展にともなって、ごく少量の資料を用いて、高精度の年代測定を可能にした。このため、歴史時代の資料に適用される機会が増え、また、得られた ^{14}C 年代は資料の暦年代と比較が期待される。もちろん、資料中の ^{14}C 残存量 (^{14}C 濃度) から算出される ^{14}C 年代は、そのままでは資料の暦年代とは比較できない。幾つかの仮定のもとに算出される ^{14}C 年代は、暦年代に対して歪みを持つ年代軸しか提供できないことが知られている。 ^{14}C 年代を利用するには、年輪年代が確定された樹木年輪について測定された ^{14}C 年代のデータセットを用いて、 ^{14}C 年代から暦年代へ換算される必要がある (中村, 1999)。すなわち、現在世界的に使われている IntCal98 データセット (^{14}C 年代-暦年代較正データセット、Stuiver et al, 1998) あるいは IntCal04 データセットである。ここでは、こうして ^{14}C 年代測定から得られた暦年代と考古地磁気年代とを比較する。比較試料は、石川県鳳至郡能都町本木樟谷製炭窯跡群および兵庫県三原郡淡路国分寺瓦窯跡から採取された木炭および焼土である。また、石川県飯川谷製鉄遺跡や愛知県陶磁資料館内瀬戸市南山 8 号窯についても、同様な比較研究を進めている。

2. 能都町本木樟谷製炭窯跡の古地磁気年代と ^{14}C 年代

石川県鳳至郡能登町と穴水町とにまたがって所在する本木樟谷製炭窯跡群の調査発掘が平成 5～6 (1995～1996) 年に行われた際に製炭窯跡遺跡にて採取され保存されていた木炭について、名古屋大学タンデロン加速器質量分析計を用いて放射性炭素 (^{14}C) 年代測定を行った (中村, 2003)。また、富山大学の考古地磁気研究グループは、平成 6 (1996) 年 8 月と 9 月に、総計 23 基の窯跡から焼土試料を採取した (広岡ほか, 2003)。表 1 に ^{14}C 年代測定の結果及び ^{14}C 年代を較正した暦年代を示す。広岡ほか (2003) は、23 基の窯跡の焼土を測定しているが、そのうちで、 ^{14}C 年代測定結果を有する窯跡である C1-1C 窯跡について、測定された結果は、以下のようにまとめられている。なお考古地磁気推定年代推定には、図 1 に示す北陸版永年変化及び西日本版永年変化を用いている。

考古地磁気推定年代 (CI-1C 窯跡) の結果は,

北陸版永年変化を用いた場合：AD1300+140/-90

西日本版永年変化を用いた場合：AD1250+95/-65

と得られている。また、¹⁴C 年代測定の結果は図 2 に示すよう
得られており、両者の結果はよく一致している。

図 1 北陸版古地磁気永年変化

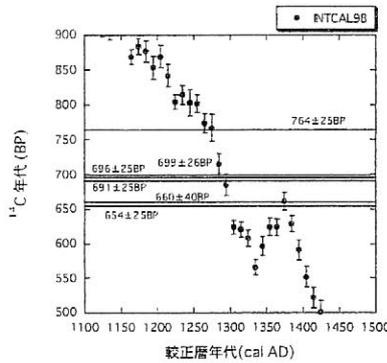
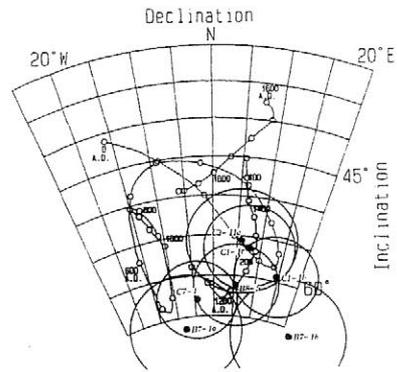


図 2 木炭試料の ¹⁴C 年代と ¹⁴C 年代-暦年代校正データ (INTCAL98) との比較

図中の 6 本の横線は、6 個の木炭試料の ¹⁴C 年代値を指す。INTCAL98 校正データとの交点を垂直に下ろした横軸との
交点が、試料の最も確からしい暦年代を示す。¹⁴C 年代の誤差を考慮すると、6 個の木炭試料の暦年代は AD1250～AD1310 の
間におさまる。

3. 淡路国分寺瓦窯跡遺跡の 2 号瓦窯跡の古地磁気年代と ¹⁴C 年代

淡路国分寺瓦窯跡遺跡 (三原町教育委員会, 2004) の 2 号瓦窯跡において、焚き口の南の前庭部にある土坑 (170 番、南北幅 1.3m, 東西幅 3.5m) 内には、瓦を主とする遺物に混じり、西端に集中して
瓦焼きの燃料に使われた木炭が堆積していた。この堆積層の底部から数 cm 角の木炭のかけら数点が
採取され、その内の 2 点について ¹⁴C 年代測定を実施した (図 3)。一方、森永 (2004) による、国
分遺跡 2 号窯跡で検出された焼土の考古地磁気年代測定結果は、

上位焼土：おおよそ AD1075 頃 (可能性の範囲は、AD475-575 頃 AD775-875 頃 AD1025-1055 頃)

下位焼土：おおよそ AD1050 頃 (可能性の範囲は、AD525-550 頃 AD775-875 頃 AD1025-1055 頃)

と得ているように、可能性の高い年代範囲を限定することが難しいようである。

淡路国分寺の創建年代は AD756 から AD775 と推定されている (三原町教育委員会, 2004)。発掘
された瓦窯跡が国分寺の創建に使われた瓦を焼いたものであれば、燃料に用いられた木炭は、創建年
代と同時代かあるいは樹木の生育年分だけ古い年代を示すはずである。一方、¹⁴C 年代測定結果から、
木炭の暦年代は AD781～AD955 の間と推察され、創建年代よりも若くなる。補修用の瓦が、後年に
焼かれたのであろうか。

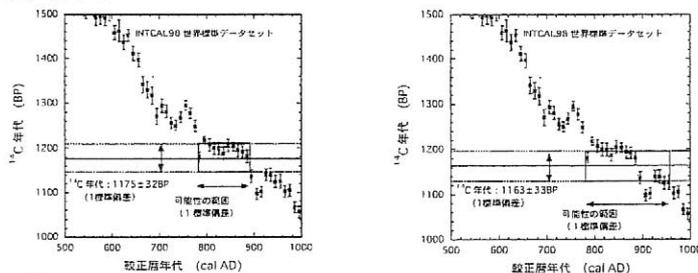


図 3 得られた ¹⁴C 年代と INTCAL98 校正データとの比較

木炭片の ¹⁴C 年代から暦年は AD781～AD955 の間と推察される。

須恵器出現期の土師器付着炭化物の較正年代－尾張・三河を中心に－

○菅野裕之（名古屋大学文学研究科）・赤塚次郎（愛知県埋蔵文化財センター）・
山本直人（名古屋大学文学研究科）・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

古墳時代の濃尾平野の土器編年については、廻間（はさま）式・松河戸（まつかわど）式・宇田（うだ）式・儀長（ぎちょう）式と設定している。その内、松河戸式はⅠ式とⅡ式に、宇田式も同様にⅠ式とⅡ式に区分し、おおむね4世紀後半から5世紀の土器様式として想定されてきた（表1）。

また宇田式には東海地域においていち早く須恵器生産を開始した、名古屋市東山窯製品が共伴する点も、各地の集落遺跡などの調査成果から明らかになっている。そこで、東海地域の初期須恵器（尾張型須恵器）と共伴する宇田式の暦年代に言及できる、具体的な資料を得るために土師器付着炭化物の炭素14年代測定を実施した。

試料

対象とした遺跡は、愛知県名古屋市の志賀公園遺跡と豊田市水入遺跡である。志賀公園遺跡は宇田Ⅰ式期の標識資料としたもので、古墳時代中期の墳丘墓とその周辺での土器集積資料及び溝資料である。ほぼ宇田Ⅰ式期を中心とする資料群と考えられ、8個体から試料を9点採取した。豊田市の水入遺跡は矢作川左岸の川岸に展開する集落遺跡であり、大溝と旧矢作川の河岸と想定される遺構からの出土遺物群である。これらの資料もおおむね濃尾平野の土器編年での松河戸Ⅱ式期から宇田様式に併行する資料群と考えて良いもので、8個体から9点採取した。ここでは試料の主体を、宇田様式とその前後に特定した。

測定結果

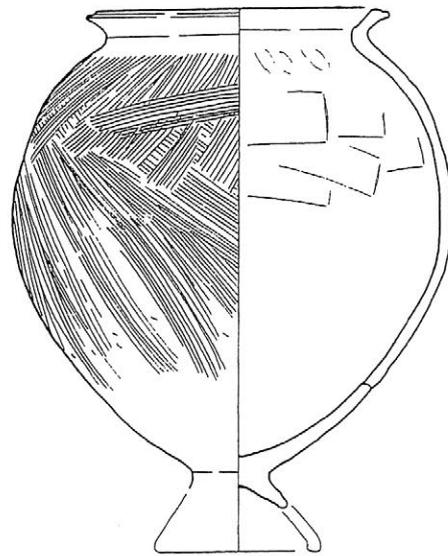
志賀公園遺跡では7点11個、水入遺跡では9点9個、合計16点20個の測定を行い、IntCal04で較正した。宇田Ⅰ式の標識試料とした名古屋市志賀公園遺跡出土土器については、その器壁表面に付着した炭化物の測定結果を概観すると、おおむね400年代と500年代にまとまる。後者は共伴する尾張型須恵器を考慮しても、とても認めがたい数値であり、ここでは棚上げしてよいものと考えたい。すると、最大公約数が395 cal ADから492 cal ADの間、中核となる数値は五世紀前半期にまとまる傾向が読み取れる。さらに資料番号KS04（登録番号628）の宇田型甕2類の417 cal AD～441 cal AD、418 cal AD～441 cal ADに注目したい。今回の志賀公園遺跡出土土器はほぼ宇田Ⅰ式2段階の資料を中心とするものと考えることができ、総合すれば、宇田Ⅰ式2段階が五世紀第2四半期を中心とする較正年代を想定できる見出しが出てきたものと考えてよいものと思われる。次に松河戸Ⅱ式から宇田式に併行する豊田市の水入遺跡であるが、一部に四世紀前半に数値があがる資料番号PMI05（登録番号907、330 cal AD～391 cal AD）は、松河戸Ⅱ式併行を想定できる資料であり、他の出土品と編年的な前後関係が想定できる。測定結果と整合性をもつようである。その他はおおむね四世紀末葉から五世紀前葉にまとまる傾向が見られ、共伴する高杯の形態を考慮すれば、宇田Ⅰ式の古相併行資料の可能性が高いものと思われる。

考察

今回の測定結果から、宇田Ⅰ式期が五世紀前半期を中心とするものである可能性が高いことになる。この年代幅は、奈良県佐紀遺跡SD6030上層資料出土の木製品（A.D.412年）での伐採年代から推定した、宇田Ⅰ式期の想定幅内であり、また2003年11月に開催された第5回考古科学シンポジウムで宇田Ⅰ式がA.D.400年前後にまとまりが見られる点を指摘したが（赤塚2003）、それを傍証することになる。したがって宇田Ⅰ式期が五世紀初頭に始まっている可能性が高いと判断したい。また近年報告された宇治市街遺跡での測定結果からは、その前様式である松河戸Ⅱ式期が、四世紀後葉に支点を置く点においても矛盾が認められない。

表1 編年対照表 (赤塚・早野 2001 を改変)

	尾張型須恵器 (猿投窯系)	陶器窯	志賀公園遺跡	
松河戸Ⅱ式	1		1期	S U 01
	2		2期	S U 13
420 宇田Ⅰ式	1	I-1	T K 73	3期 S U 10 S U 14
	2	I-2 H-111	T K 216	4期 S U 12A・B群 S U 12西・北西 S U 11
		I-3 (H-48)	O N 46	
500 宇田Ⅱ式	1	Ⅱ-1 城山 2	T K 208	(5期) S D 06
		Ⅱ-2 H-11	T K 23	
	2	Ⅱ-3 下原	T K 47	
		Ⅱ-4	M T 15	
儀町式	Ⅲ-1			(6期)
	Ⅲ-2 H-61	T K 10		



628

図1 志賀公園遺跡土師器実測図 (1:4, 早野他 2001)

表2 測定試料一覧表 (一部)

資料番号	遺跡名	登録番号	土器様式	器種	付着面	付着部位
KS04	志賀公園	628	宇田Ⅰ式	甕	外面	胴部
PMI05a	水入	907	松河戸Ⅱ式併行	甕	外面	胴部
PMI05b	水入	907	松河戸Ⅱ式併行	甕	内面	底部

表3 測定結果一覧表 (一部)

資料番号	¹⁴ C年代 (±1σ) [BP]	δ ¹³ C (‰)	較正年代 [cal AD]	測定番号
KS04-1	1603±25	-25.8	[417 AD:441 AD] 0.342821	NUTA2-10622
			[484 AD:532 AD] 0.657179	
KS04-2	1601±25	-26.1	[418 AD:441 AD] 0.30143	NUTA2-10646
			[455 AD:460 AD] 0.058079	
			[484 AD:532 AD] 0.640491	
PMI05a-2	1740±25	-14.2	[253 AD:266 AD] 0.169939	NUTA2-10634
			[272 AD:335 AD] 0.830061	
PMI05b-2	1700±25	-26.4	[263 AD:277 AD] 0.172325	NUTA2-10637
			[330 AD:391 AD] 0.827675	

引用文献

- 赤塚次郎、2003、「中部・近畿地方の弥生・古墳時代編年の現状と課題」『第5回考古科学シンポジウム発表要旨』。
 赤塚次郎・早野浩二、2001、「松河戸・宇田様式の再編」『研究紀要』第2号、13～32頁、(財)愛知県教育サービスセンター・愛知県埋蔵文化財センター。
 早野浩二・永井宏幸・他、2001、『志賀公園遺跡』愛知県埋蔵文化財センター調査報告書 第90集。

1 ^{14}C 年代測定における酸アルカリ酸法の処理条件の検討

—中央アナトリア、カマン・カレホユック遺跡における青銅器時代を事例に—

○渥美 晋¹ 米田 穰² 柴田康行³ 今井章雄⁴ 松重一夫⁴ 小松一弘⁴ 中井 泉¹

(1 東京理科大学 大学院理学研究科 2 東京大学 大学院新領域創成科学科 3 国立環境研究所化学環境研究領域 4 国立環境研究所水圏環境研究領域)

はじめに

カマン・カレホユック遺跡(Kaman-Kalehöyük)は、現トルコ共和国アナトリア半島中央部の高原地帯にある累層遺跡で、地方文化の編年構築を目的として発掘が行われている。この研究では、同遺跡から採集された、木炭、小麦等植物遺体に対する、放射性炭素年代測定と安定同位体測定を行っている。

カマン・カレホユック遺跡では、これまでの調査で β 線計量法による放射性炭素年代値が得られているが(平尾,1995)、測定精度や解析方法の点で改善の余地があった。そこで、一昨年以来、国立環境研究所動態化学研究室タンデム加速器部門の協力により、更なる放射性炭素年代測定の高精度化を試みている。同一の層準からの測定点数を増やし、ベイズ統計学的手法を用いて統計解析したところ、カマン・カレホユック遺跡の IVa / IVb 境界の年代は紀元前 2 千年期末であるという結果が昨年得られた。

ここで、去年の放射性炭素年代値の信頼性を検証するため、測定段階以前の人為的操作と測定試料の質に注目した。現在地球科学や考古学の分野では、炭化物試料が広く年代測定に用いられている。従来、簡易かつ一般的に用いられている ABA(酸-アルカリ-酸)法は、試料のアルカリ溶液耐性に依じて適宜アルカリ濃度の変更されたり、アルカリ抽出行程を止める基準が抽出溶液の色で判断されたりと、経験的な側面が強い。また、木炭試料の ^{14}C 年代値には、土壌有機物の汚染による年代値の誤差という問題点がある。過去には、土壌中のヒューム画分が同層準の木炭試料の年代値より若い年代を示すことが明らかになった(Goh et al. 1977)。

そこで、この研究では、ABA 法のアルカリ処理段階で条件を変えて処理し、その洗浄液に対する 3 次元蛍光 X 線分析結果と木炭の ^{14}C 年代測定結果から、木炭試料に対する従来の酸アルカリ酸前処理法の問題点と、適正な処理条件を明らかにする。

実験方法

選択した試料 KL020730-1 および KL020806-1 は、カマン・カレホユック遺跡の IVa / IVb 境界に近い IVa 層最下部の同一床面から採集した。試料はそれぞれ超音波洗浄の後凍結乾燥し、瑪瑙乳鉢ですり潰して均一化した。ABA 法におけるアルカリ処理段階の処理条件を検討する為に、NaOH の濃度を 2, 1.5, 1.2, 1, 0.5, 0.1, 0.01, 0.001mol/l の 8 種に調整し、3 時間毎に溶液を分離・保管することによって NaOH を 10 回交換して、計 30 時間洗浄した。

また、洗浄時間を検討する為に、2mol/l NaOH を用いてアルカリ処理の時間を 6 時間、12 時間、

1 8 時間、2 4 時間、3 0 時間にそれぞれ変えて処理した。溶液の交換は3 時間毎に行った。

溶液と残渣の分離には遠心分離機を用い、加重は 2.25G の条件下で分離した。分画した溶液はそれぞれ conc. HCl を用いて pH7 近傍に調整した後、0.1ml を超純水によって1 ml にメスアップしてから三次元蛍光 X 線分析を行った。

結果と考察

3 次元蛍光 X 線分析結果から、NaOH が濃い濃度(2mol/l)の場合1 2 時間、逆に薄い場合(0.5~0.01mol/l)6 時間程度で炭化物中の有機物質の抽出が止まることが判った。また、0.5~0.01mol/l で処理した場合、抽出された物質の示すピークの範囲が狭いことも明らかになった。また、残渣の年代測定結果からは、NaOH の濃度が濃すぎても(2mol/l)、薄すぎても(0.5~0.001mol/l)年代値がばらつくことがわかった。これらの結果から、NaOH の濃度が薄すぎると炭化物中の有機物質の抽出が不十分で放射性炭素年代値に影響するといえる。また、今回の結果から、最適の NaOH の濃度は 1mol/l であると考えられる。

アルカリ処理時間を変えた試料の年代測定結果からは、処理時間3 0 時間の試料の年代値に向かって年代値が収束していくような傾向が見られる。未だ検討すべき課題は残っているものの、この結果からは少なくとも3 0 時間はアルカリ洗浄を続けるべきであることが示唆される。

引用文献

平尾良光 (1995) カマン・カレホユックから出土した炭化物の炭素 14 法による年代測定

Anatolian Archaeological Studies IV : 113-118

Goh, K. M., Molloy, B. P. J., and Rafter, T. A. (1977) Radiocarbon Dating of Quaternary Loess Deposits,

Bank Peninsula, Canterbury, New Zealand. *Quaternary Research*, vol.7 : 117-196

京都府宇治川周辺の河川・土砂災害史料に関するGISを用いた地形学的検討

松田順一郎(史跡 鴻池新田会所管理事務所), 西田倫子(宇治市教育委員会)

本研究では、京都府山城盆地東縁の山地・丘陵地帯から北西方向に流入し、盆地底最低部にあたる巨椋池を取り巻くように西流して木津川、桂川と合流する宇治川沿岸の、とくに宇治市域の集水域、流路区間、氾濫低地を対象地域とし(図1), 「宇治市史」などに編纂・集成された史料のGIS上での評価を通して、過去の地形・水文環境の推測を試みる。

研究対象地域における現世の地形システムの水文的流入・排出の組織は、図1のような地形分類のスケールでは、(1)近江盆地・琵琶湖の水理条件と山間の土砂生産に大きく影響される宇治川の流入、および過去の宇治川と巨椋池の連続関係、(2)盆地東縁の山地、丘陵、台地地帯を集水域とし、扇状地帯を通過する河川の宇治川への流入、およびそれらの巨椋池を中心とした盆地底への直接の流入、(3)山科川合流地点を含む宇治川右岸地帯の後背湿地の宇治川ないし巨椋池への排水、(4)宇治市街付近から宇治川左岸一帯の後背湿地から巨椋池への排水、(5)巨椋池南方の堆積盆地の排水、などいくつかの要素と領域によって把握される。これらの空間分布と動態は、数100年スケールの中で、大規模な流路変更や築堤などの自然的、人為的な要因によって大きく変化してきたことが想定される。これらが社会的な損失を伴うと数100年に1度の災害とみなされる。ただしその際旧来のシステムがその時間スケールに対してかなり短期間に回復しないので、ポアソン確率分布的なめずらしいイベントではない。

いっぽう災害イベントの多くは、数100～数10年スケールで持続するシステムの準安定状態での変動

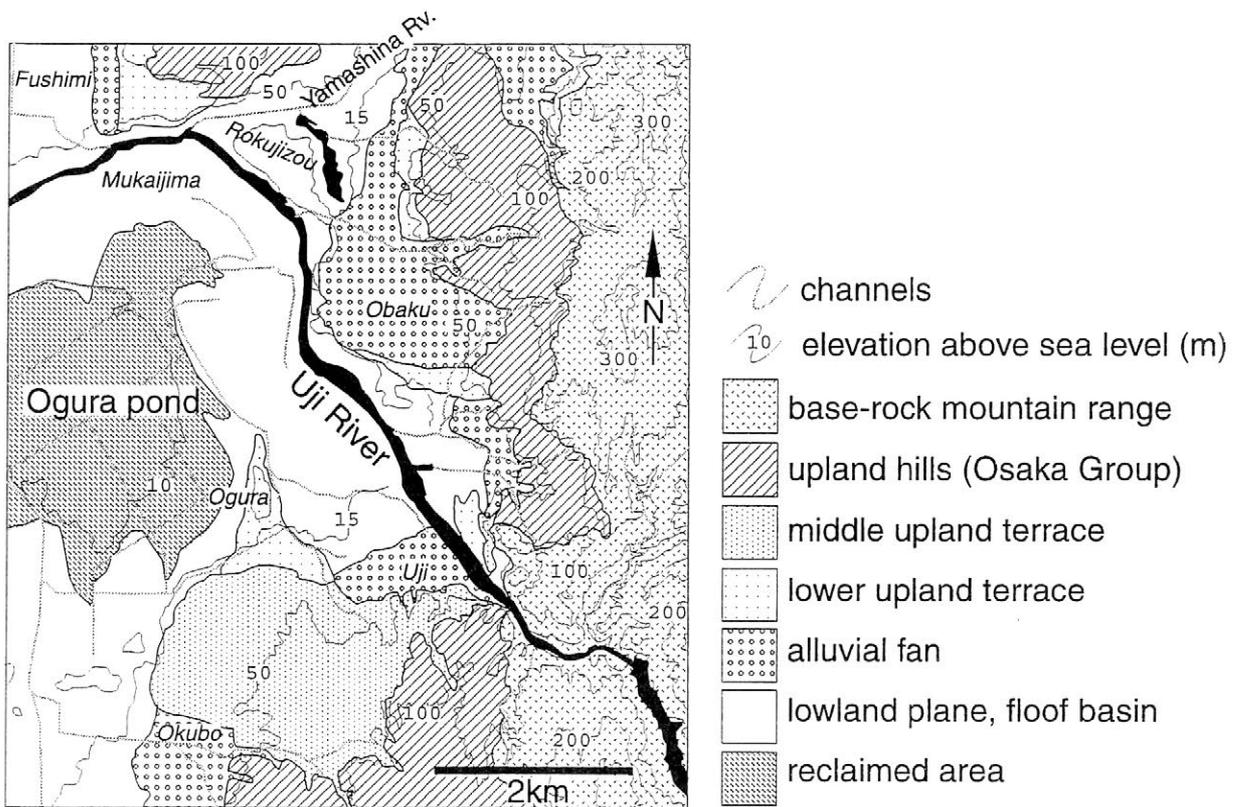


図1 宇治市を中心とした地形分類と水系の概略図。植村(1999)の付図を改変，簡略化。

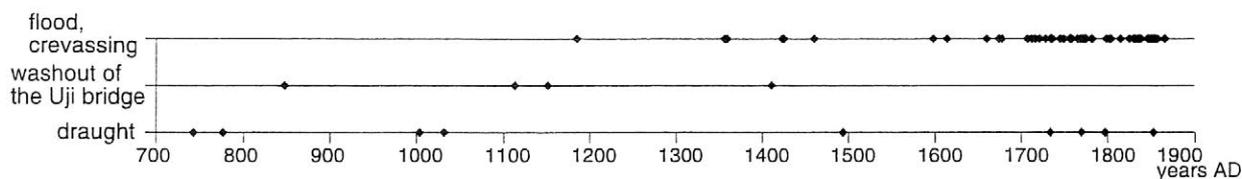


図2 「宇治市史」の自然災害関連記事にもとづく氾濫・破堤，宇治橋流失，宇治川濁水記録の暦年代散布図．氾濫・破堤の記事の頻度は近世に偏って多いが，全史料の偏りによるかどうかは検討を要する．

とみなせる．たとえば図2に示されたように，16世紀末から17世紀初頭に大規模な築堤，水路管理システムができあがり，それらが維持されるなかで数年～1年の時間スケールで洪水・破堤が繰り返されている．

対象地域の空間スケールでは，累積的で履歴にもとづく発達過程をたどる部分的な地形もある．たとえば沖積扇状地の氾濫低地への拡大や，巨椋池のような比較的大きく対象領域全体にわたる地形基準面となるような水域の埋積，侵食域ではとくに未固結堆積物からなる丘陵・台地の水系発達，対象領域北東部の山地丘陵を南北に横切る黄檗断層系の活動などである．それらに影響される土砂生産や流出が災害として効果的に発現するための要因，あるいは短期間で準安定状態にとどまったり，その閾値を越える動態についてはまだ未知のことがらが多い．

自然災害関連史料の少ない期間を含め，時期によって様相の異なる準安定状態成立しえたのかは，埋没地形の発掘調査による検出や空中写真の判読，古地図・絵図の検討などを手掛かりとともに，GISによる空間モデル構築が有効と思われる．このGISではとくに次のような地形・水文パラメータを扱ういわゆるトレイン分析が必要になるとと思われる．この一種のシミュレーションを行うには，粗視的かつ仮定的であれ次のようなシステムティックなデータ・セットが必要になる．

(1) やや高精度，分解能が数m以内の標高データ．2500～25000分の1地形図，空中写真から作成する．古地形の起伏に関しては，遺跡で年代がわかる埋没地形の高度を使えるが，対象領域のすべてを網羅できないので，地形図，空中写真を参照する．侵食域の山地・丘陵・台地の起伏は次の(3)に相応する斜面形状の新鮮さや下流域の堆積地形発達に見合う侵食量を定性的に推定する．耕作地の組織を含む歴史的な人工物の起伏を加える．

(2) 斜面の集水・分水区域区分，それらの勾配，斜面長，面積．(1)からおよそ算出される．

(3) 地形物質ないしは土壌の分布．侵食域では，露出した物質をデータ化できるが，堆積域となる氾濫原では微地形，極微地形を生み出す堆積システムを想定し分布を推測する．

(4) 潜在植生，時代ごとの植生分布．粗視的にのみ扱うが，(1)から得られる斜面の特性や(2)との適合性を考慮する．

(5) 異なるスケールでの，集水域と流路ネットワークの分布と密度，各セグメント，セクタの面積，長さ，勾配などと，仮定流量．動的なシミュレーションを行うには，一般的なGIS以外のプログラムを用い，計算結果をGISに再入力する必要がある．斜面をなさない氾濫低地でも検討する．

(6) 既知および想定される河川・土砂災害の位置，範囲．史料では地名のみの記載が多い．流路区間，氾濫低地の一面は(1)(5)を用い推定する．

(7) 各パラメータの変動はそれ自身あるいは他のパラメータに適切な手法でフィードバックする．

先史時代・テペ堆積に関する遺跡形成論的アプローチ
 —サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡における堆積土の分析—

○高林弘実*・津村宏臣**・三宅裕***

(*理化学研究所 **同志社大学 ***東京家政学院大学)

1. はじめに

2004年度から発掘調査が開始されたサラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡は、トルコ南東部の都市ディアルバクルから数十キロ離れたビスミル近郊に立地する。発掘調査の過程で、テペ堆積土の固化が観察され、また肉眼での土壌の観察にも限界があったため、テペ形成に関する土壌学的アプローチが必要となった。本研究では、堆積土固化の要因を探るために、埋土に関するX線回折分析を実施し、併せて偏光顕微鏡観察による粒度・組成の観察、評価を実施した。粘土鉱物の変成に関する知見から、周辺地質含めた古環境評価への足がかりをつかむと共に、建材としての「土」の搬入・搬出に関する予察的考察を行った。

2. サラット・ジャーミー・ヤヌの環境

サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡は、サラット川東岸の河岸段丘上に立地する。周辺地形・地質に関する一般踏査では、河岸段丘を複数の礫層が形成し、その上位、標高530～532mの間に赤褐色の堆積層が確認できる。テペの南西部では、標高約531.5～532m付近に、この赤褐色の堆積土上でテペの端部と考えられる傾斜変換帯を確認することができる (Fig. 1)。

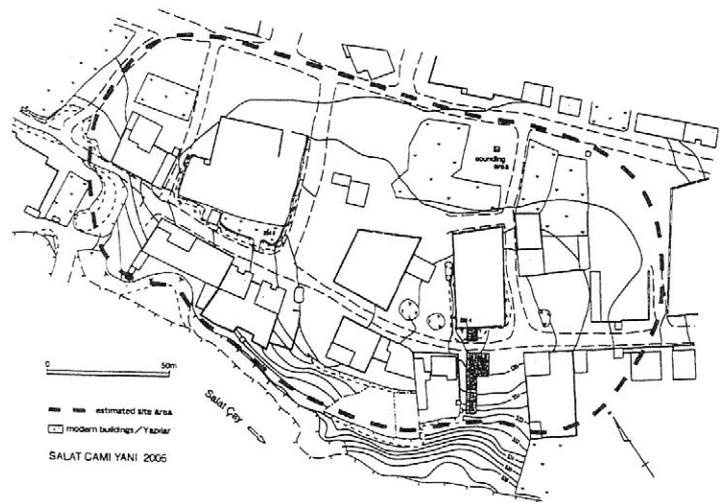


Fig. 1 遺跡地形図 (Miyake 2005)

2005年度調査では、テペ形成開始時期と考えられる地層まで掘り下げた。その課程で、土壌の固化が著しく、また地山と考えられる赤褐色土層の性格と河岸断面にみられる同系堆積土との関係も不明瞭だったため、トレンチセクションから土壌サンプルを採取し、その理化学的分析を通じて、堆積土の由来などの検討を実施することとした。

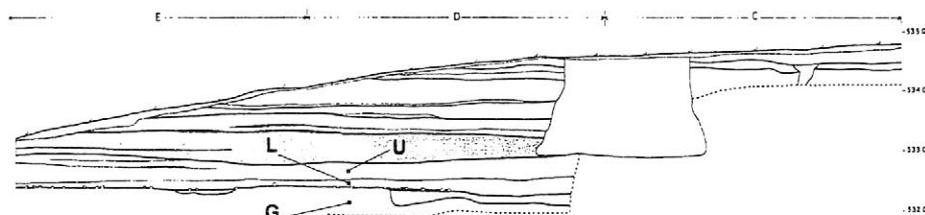


Fig. 2 トレンチセクションとサンプリング地点

3. 分析

地山層：G層（テペ形成開始期直前の堆積層）および、その直上の2層（L層・U層）よ

り採取した土壌を分析試料として分光反射率測定, X 線回折分析 (CuK α 線) を実施した. 試料をメノウ鉢で粉砕した粉末を X 線回折用ガラス試料板に充填し, 分光反射率測定 (100% 標準; BaSO $_4$) および X 線回折分析を行なった.

4. 結果および考察

採取した土壌を粉砕した粉末試料の分光反射率を Fig. 3 に示す. (a)G 層, (b)L 層および(c)U 層の分光反射率は, 700~400nm において波長が短くなるほど減少するため, 試料の色味は黄~黄赤色を呈する. G 層は, L/U 層よりも 620nm より短波長側における反射率の減少率が大きく, L/U 層よりも赤味が強い. L 層と U 層には, 色味の違いはほとんどないが, L 層の方が可視光領域における全反射率が小さく, 明度が低い. 各堆積層の反射率が波長に依存して減少するのは, 可視光領域に吸収端をもつ有色物質が含まれているためと考えられる. また, 分光反射率の差は, 各堆積層に含まれる有色物質の組成が異なることを示唆する.

堆積土に含まれる鉱物を検討するために X 線回折法による分析を実施した. (a) G 層, (b) L 層および(c)U 層の回折パターンにみられる回折ピークはほぼ同じであり (Fig. 4), 石英 (●), 斜長石 (○), 方解石 (▽), 粘土鉱物 (▲) が検出された. 各堆積層に含まれる結晶性の鉱物種には顕著な違いはない. 方解石が検出されたため, いずれの堆積層も炭酸塩質の堆積物と考えられる. 炭酸塩質堆積物の大きな特徴は, 陸源性碎屑のみからなる堆積物と比較して顕著な続成作用を被ることがあげられる. 堆積土の固化は, 炭酸塩が堆積後

に溶解・沈殿することに伴うセメント形成による膠結作用の結果と推察される. また, 方解石は, Mg 含有量によって低 Mg 方解石 (<4mol%MgCO $_3$) と高 Mg 方解石 (>4mol%MgCO $_3$) に分類される. 土壌試料中の方解石に含まれる陽イオンが Ca と Mg のみであると仮定し, Fig. 4 の回折パターンから算出した方解石の単位格子の体積から Mg 含有量を概算すると, 試料に含まれるのは低 Mg 方解石と考えられる. ただし, G 層の方解石の回折ピークは L/U 層と比較するとわずかに高角側にみられることから, G 層の方解石の単位格子の体積は L/U 層よりわずかに小さく, G 層と L/U 層では方解石の化学組成に若干の差があると考えられる. 方解石の化学組成は, 方解石の由来となる生物種, 堆積環境などの影響を大きく受けることが想定できるため, 堆積層の生成に関する何らかの情報を提供するものと思われる. また, G 層と L/U 層では, 方解石の化学組成がわずかに異なっていたことも, テペの堆積層形成に関する時系列的なあるいは起源・由来に関する議論が可能となる.

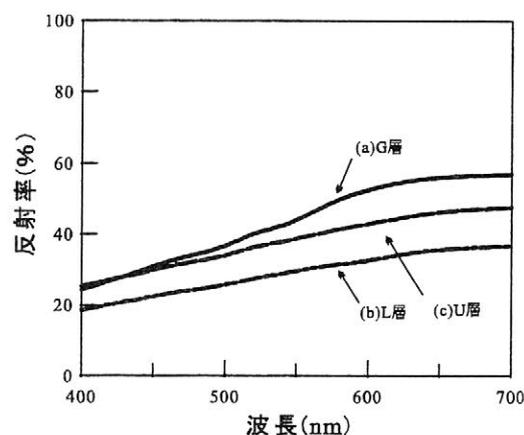


Fig. 3 粉砕した土壌の分光反射率

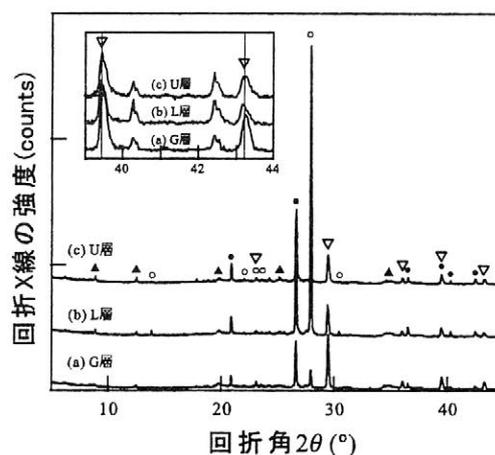


Fig. 4 土壌の粉末 X 線回折パターン

オマーン先史海洋民族に関する動物考古学・情報考古学的アプローチ
 -Ras Jibsh 貝塚周辺の一般調査とバーチャルアーカイブに関して-

○津村宏臣*・樋泉岳二**・Enrico, R. Crema***・Hassan, M.A. Al-Lawati****
 (*同志社大学 **早稲田大学 ***ボローニャ大学 ****オマーン国文化遺産省)

1. 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的研究の国際共同研究の一環として、2004年より活動を開始した。特に2005年度は、オマーン国文化遺産省、在オマーン日本大使館の協力を得て、オマーン国北東沿岸およびインド洋に面する東岸地域において一般調査を実施し、併せてGISを基盤としたデータアーカイブシステムの構築に着手した。また、動物考古学的な観点から、主にRas Jibsh 貝塚において表面調査を実施し、ここではその成果について報告する。

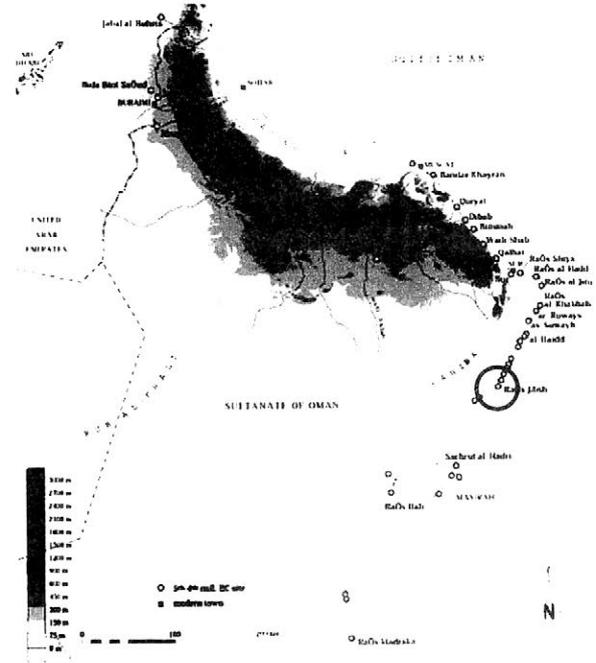


Fig.1 オマーン国における貝塚分布
 (○は Ras Jibsh 貝塚)

2. 一般調査および Ras Jibsh 貝塚

2005年度調査では、オマーン湾沿岸のRH-5, RH-6, Bimma 1, Gas 1の各貝塚と、Wadi Adai, Qurum ラグーン的环境調査を実施した。インド洋に面した東海岸においては、As Suwayh, Ras al Khabbar, Ras Al Jinz 2, Ras Al Jinz 1, Ras Al Hadd 6, Ras Al Hadd 99, Ras Al Hadd 6, Ras Al Hadd 90, Ras Al Hadd 66, および Ras Jibsh の各貝塚ならびに貝製品(装飾品)加工遺跡, ならびに Ras Al Hadd と SUR におけるラグーン的环境調査を実施した。本年度以降、発掘調査を予定している Ras Jibsh 貝塚とその周辺の古ラグーン環境については重点的に表面採集調査を実施した。また併せて簡易型 GPS により、貝塚本体の簡易測量図の作成を実施した。

3. Ras Jibsh 貝塚における表面採集貝類

貝塚北半 (Ras Jibsh 1: JBH1) では *Amiantis umbonella* が多く、*Barbatia obliquata*, *Saccostrea cucullata*, *Marcia marmorata* も普通である。またごく少数ながら *Terebralia palustris* (キバウミニナ) が確認されたことは、貝塚形成当時周辺にマングローブ湿地が存在したことを示唆する。貝塚南半 (JBH2 周辺) では *Barbatia obliquata*, *Saccostrea cucullata* が多く、*Circenita callipyga* も普通である。*Amiantis umbonella*, *Marcia marmorata* は少なく、北半とは貝の組成が異なる。今後、これらの貝の詳細な生息環境を把握することにより、遺跡周辺の水域環境の変遷を復原できる可能性がある。また、ラグーン採集の貝類についても現在分析を進めている。

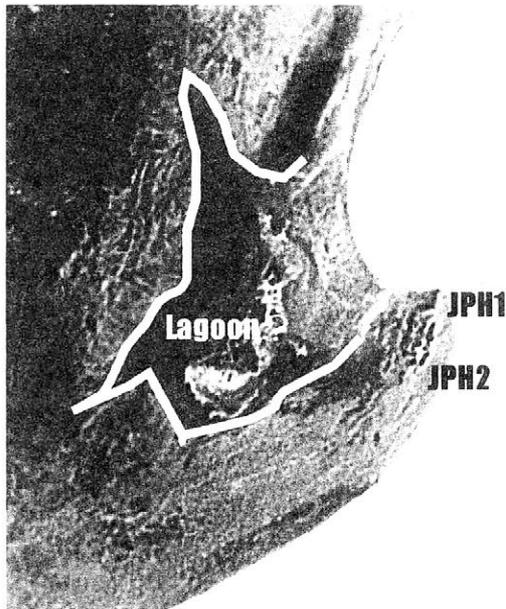


Fig.2 Ras Jibsh 貝塚

4. Ras Jibsh 貝塚における表面採集石器類

貝塚北半では、チャート類による剥片石器類, およびフリントによるドリル(尖頭状石器)が頻繁に確認できる. また大型のフリントを用いた打製石錘には穿孔を施した型式とノッチ加工による型式とが確認できる. 素材となる石材環境は非常に悪く, 内陸側に広がるラグーンの前には Wahiba 砂漠が控えており, 数 10km 北側の Jabel Qahwan からの搬入を示唆する. 貝塚南半では石器類の確認はできず, 併せてイスラーム期の土器の把手が確認できることから, JPH2 周辺は鉄器導入以降に形成された貝塚である可能性が高い.

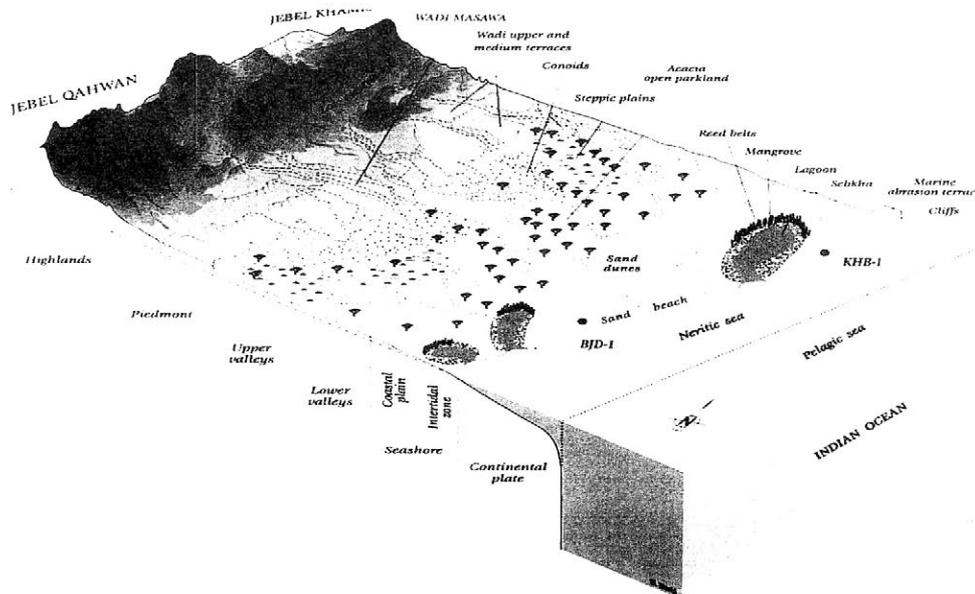


Fig.3 Multidimensional Information Archive System via GIS

5. バーチャルアーカイブと貝塚形成に関する環境解析

本プロジェクトでは, 遺跡環境に関する様々な時空間情報に関し, その全てを GIS に格納するアーカイブシステムの構築を実践している. Fig. 3 のように 3 次元的に構築されたバーチャルな時空に文化財情報をリンクさせている. こうした情報基盤の構築により, 古環境復元に関する物理地形的影響や気象条件の評価など, 遺跡周辺の小気候まで含めた文化財情報アーカイブを実施している. 2005 年度は, 一般調査による遺跡存在情報のアーカイブと, DEM を基盤情報とした地形量情報の抽出, 衛星 RS データを用いた周辺環境評価を実施した. また, Wahiba 砂漠も含めた内陸側のデータ構築も今後の課題である.

謝辞 本研究においては, OKK プロジェクトメンバー, Lapo Gianni Marcucci 博士, 坂野真由美・藤倉貴志各氏の協力を得た. 記して謝意を表したい.

遺跡出土獣骨の部位組成解釈に関する基礎的研究

植月 学 (山梨県立博物館)

1. はじめに

遺跡から出土する動物遺存体の部位組成に偏りがあることはよく知られる。こうした偏りが生じる要因として、人による解体、分配、運搬、あるいは骨髄抽出、調理などによる破壊が考えられる。一方で、他の動物による攪乱や、埋没後の腐食、微生物による分解など様々な非文化的要因も関与していることが推測される。したがって部位組成の偏りから人間活動を読み取る際には、その組成がこうした非文化的要因による破壊の影響をどの程度受けているのかを評価する必要がある。

海外ではこのような評価のために、各部位の遺存率に関する民族考古学的調査、部位による骨密度の差の調査、土壌埋没実験による遺存率の調査など多角的なデータが多年にわたって蓄積されてきている。しかしながら、わが国では部位組成解釈に際しこうした非文化的要因が検討される例は少なく、Brain (1981) によるヤギの骨の遺存率に関する民族考古学的データを援用した西本 (1995) の研究などが見られるに過ぎない。そこで、本研究では骨密度データとの比較による部位組成のより客観的な解釈を試み、その有効性と問題点を検討する。

2. 資料と方法

資料は千葉市六通貝塚の縄文時代晩期中葉の獣骨集中層より出土したシカ、イノシシ遺体である。遺構はいわゆる「骨塚」状を呈し、ほぼこの2種のみが狭い範囲に多量に集積した状態であった。今回は四肢骨を対象とし、近位端、もしくは遠位端のいずれかをとどめる資料を抽出し、同定、集計をおこなった。集計は重複のないよう計数点を定めておこなった。

破壊に対する各部位の耐性を評価する尺度のひとつが骨密度である。海外では Lyman (1984) による先駆的な研究以降、様々な種についての骨密度データが蓄積されている。しかし、近年 Lam 他 (1999) により、Lyman らの用いた photon densitometry による骨密度算出法は、断面面積の測定に精度を欠くため信頼性が低く、CT を用いた方がより精度の高いデータが得られることが明らかにされた。Lyman らのデータでは近縁種間よりも、分類学的に遠い種間で近い値が出るという問題が生じているのに対し、Lam らのデータにはこうした矛盾がないことから、後者はより信頼がおけると考えられる。同研究では偶蹄類の中での変異の幅は小さいことも指摘されている。そこで、本研究ではシカ、イノシシともに Lam らによるシカ科骨密度データとの比較を行った。用いたデータは各部位の測点 (scan sites) のうち、上記「計数点」にもっとも近い測点とした。

3. 結果と考察

シカの最小個体数は 138、イノシシの最小個体数は 50 であった。グラフには最小個体数に対する各部位の出現率 (%MNI) と、Lam 他 (1999) によるシカ科動物の骨密度を示した。グラフより次のことが明らかである。

- ① 同じ部位でも近位端、遠位端の数に著しい差がある (上腕骨、橈骨、脛骨など)。
- ② イノシシで尺骨が多く、大腿骨近位端が少ないほかは、両種とも近い組成を示す。

獲物が解体され部分的に搬出される場合、最小でも前・後肢、左右といった単位が一般的である。したがって、①はこうした偏りが運搬や分配といった人為的要因によるものではない可能性を強く示す。また、②のような特定の部位のみの差も、両種の部位の偏りの差が人為的選択によるものではないことを示す。たとえば尺骨は橈骨と一体となっており、その片側だけが選択的に搬出されることは考えにくい。スピアマンの順位相関係数は、シカ部位別出現率と骨密度で 0.5029

0($p=0.0088$)、イノシシ部位別出現率と骨密度では $0.5646(p=0.0026)$ と正の相関を示した。したがって、本遺跡における部位組成の偏りは部位ごとの強度差の影響を受けている可能性が高いといえる。

シカ、イノシシそれぞれの部位別出現率の相関は $0.7326(p<0.0001)$ とさらに強かった。異なる科に属し、体型や骨の形質が異なるシカとイノシシの間で、遺存パターンに類似性が認められたことは、遺存度が単に部位ごとの強度のみではなく、解体・処理様式など人間活動のある一定のパターンの影響を受けている可能性も同時に示している。

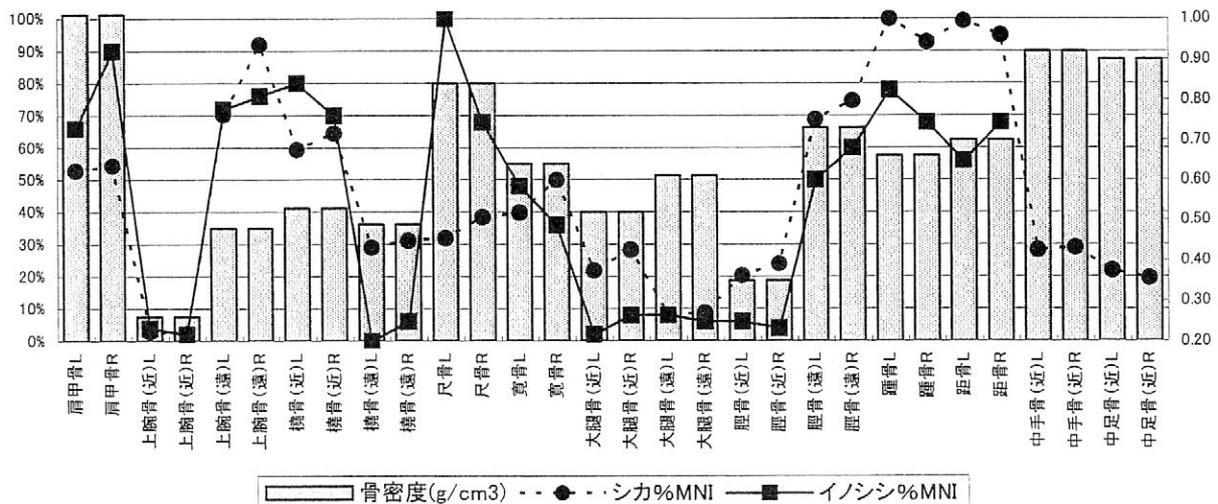
人間による利用自体も骨髓抽出、調理などの破壊を伴う可能性があり、非文化的要因による破壊との区別を行うのは困難である。Grayson (1989) が指摘するように、より確実なのは骨密度との相関がない、もしくは負の相関を示す場合である。今回の場合ではシカの中手・中足骨がこの例に当たる。これらの部位は骨密度がもっとも高い部位のひとつであるが、出現率は低い部類に入る。これはこの部位が骨器の製作に好んで用いられるために、材料として選択的に持ち出された結果と推定できる。

逆に、尺骨、大腿骨近位端のように、両種で明らかな差異が見られる場合は、骨自体の強度差が関与している可能性が高い。この点については今後日本産シカ、イノシシの骨密度を測定することによりさらに細かく検証する必要がある。

今回の分析は骨密度が骨の遺存度に関与している可能性を示したものの、そのみでは説明できないことも明らかになった。骨の遺存には骨密度だけでなく、皮質骨（緻密骨）と海綿骨の割合のような内部構造や、骨自体の厚み、各部位の形状・大きさなども関与している可能性が指摘されている (Lyman1994 など)。また、今回は骨端部のみを対象として分析をおこなったが、緻密骨主体で、有用性が低く、より破壊を受けにくい骨幹部破片を対象とすることにより、骨端部による分析とは異なる結果が得られることが指摘されている (Marean1995 など)。本遺跡でも骨幹部を分析対象とすることにより、四肢骨の部位組成に変化が生じる可能性がある。縄文時代以降の遺跡の場合には、廃棄後のイヌによる破壊パターンを示している可能性も排除できないため、イヌの噛痕の分析も加える必要がある。

今後こうした多角的な分析を追加していくことにより、シカ、イノシシ遺体が遺跡においてどのように消滅、あるいは遺存するのかについてのモデルが作成できれば、部位組成解釈のための評価基準となることが期待される。

謝辞：千葉市教育振興財団には未報告資料の発表を許可していただいた。記して感謝申し上げる次第である。



日本在来イネの機動細胞珪酸体形状特性について

○宇田津徹朗（宮崎大学）

1. はじめに

筆者は、平成 17 年度より科学研究費の補助を受け、プラント・オパール分析を用いて、西日本を中心に縄文後晩期の稲作の広がりについて調査を進めている。この中では、検出されるイネプラント・オパールの形状による亜種や系統のデータについても蓄積を行っている。

プラント・オパール形状とイネ亜種との関係については、現在、東アジアの在来イネのコレクションから作成した判別式を用いている。これまで、この判別式を用いて中国の在来品種を判別した結果、80～90%の判別が可能であることが確認されている（王ら 1996）。

しかし、形状とイネ亜種との関係は、インディカとジャポニカの形状を両極とする変異に基づくものであり、中国のような広域な品種群については問題ないものの、より狭い日本の調査では、その有効性がどの程度維持されるかを確認しておくことが重要である。

筆者はこれまで、沖縄での同様の調査に際して、沖縄を含む南九州の在来イネについて亜種判別の有効性を検討している。その結果では、81%の判別率を確認しているが、当該地域は、亜熱帯地域を含み緯度や気候の差異も大きいため、日本全体を対象とした場合の有効性を判断する平均的な地域には適していない。

そこで、日本全国の在来イネについて、その機動細胞珪酸体（プラント・オパールの前身）の形状を明らかにし、その形状特性と判別の有効性について検討を行った。ここでは、その結果について報告を行いたい。

2. 材料と方法

1) 供試試料

分析試料としては、日本の在来イネ 161 品種の葉身および種子を用いた。また、形状の検討にはこれを含む 300 品種を供試した。これらのイネは、静岡大学農学部および農業生物資源研究所で系統保存されているものの中から、ランダムに抽出したものである。

2) 分析方法

①機動細胞珪酸体の形状測定について

機動細胞珪酸体の抽出は藤原(1976)の方法を用いた。形状測定は、各試料につきランダムに抽出した 50 個について縦長、横長、側長および b の長さを測定する（図 1）。

そして、これらの平均値を求め、前者 3 つの長さとして断面の形状を表す b と a の長さの比 (b/a) を形状値とした。亜種判別には、王ら(1996)の判別式を用いた。

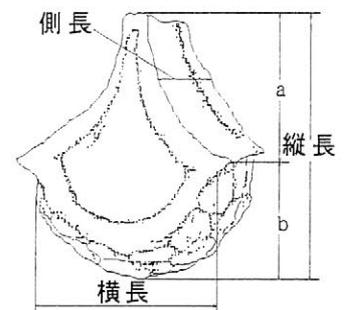


図 1 形状の測定部位

②形態・生理形質による亜種（インディカ、ジャポニカ）判別について

岡(1953)に基づくインディカ、ジャポニカに分類するためにフェノール反応、塩素酸カリ感受性、ふ毛長の 3 形質を測定した。判別には佐藤(1986)の判別式を用いた。

3. 結果

1) 東アジアと日本の在来イネの機動細胞珪酸体形状の関係について

日本の在来イネと亜種判別式を算定する元になった東アジアの在来イネの各形状値の分布を比較した結果、日本のイネは東アジアのジャポニカの範囲に分布していた。各形状値についてみると、側長が、ジャポニカの分布に比べ、比較的小さく狭い範囲に分布している特徴が見られた(図2)。

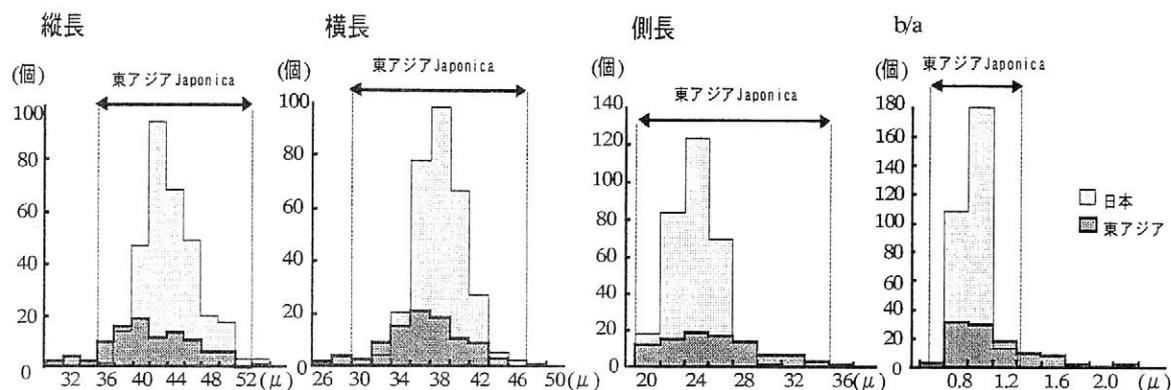


図2 日本および東アジアの在来イネの機動細胞珪酸体形状の分布

また、形状間の関係を比較するために相関分析と主成分分析を行った。その結果、日本の在来イネは、東アジアのイネとほぼ同様な形状間の相関が認められた。また、主成分分析では、両者ともに、大きさを表す第一主成分と断面形状を表す第二主成分で80%以上の寄与率を占めるという結果になった。なお、この関係は、試料数が300品種も161品種の場合も同様に認められた。

2) 日本在来イネの亜種判別の結果

供試した161品種のイネについて、形態・生理形質による亜種判別を行った結果、158品種がジャポニカ、3品種がインディカとなった。また、形状による亜種判別を行った結果では、118品種がジャポニカ、43品種がインディカとなり、前者の判別結果を基準とするとその判別率は約73%となった。なお、誤判別されたものの約60%は、中間型としている判別境界値前後に分布していた。

4. まとめ

1) 亜種判別指標の国内調査への適用について

日本の在来イネは、形状の分布や形状間の相関などの形状特性において、指標である東アジアの在来イネとの大きな違いはみられなかった。そのため、日本のイネに、東アジアの在来イネから作成された亜種判別指標の適用が可能であると判断された。

2) 亜種判別指標の有効性について

形態・生理形質から亜種の判別したところ、日本のイネの98%はJaponicaとなった。さらに、形状による亜種判別結果と照合してみると、その判別率は約73%であった。

この値は、従来の80%台の判別率に比べると低い。誤判別の多くが境界値付近の中間型に属すること、糊型の判別率が60%台(Morishima and Oka 1981)であることを考慮すると、日本全国を対象とした調査においても、形状による亜種判別は有効であると判断される。

出土イネ種子のサイズのばらつきからみた遺伝的多様性

佐藤洋一郎

地球研 (=人間文化研究機構 総合地球環境学研究所)

sato@chikyu.ac.jp

農業の発達に応じ、作物の収量（とくに単位面積あたり収量）が増加したといわれるが、日本のイネに関する限り、単位面積あたり収量は最近の 150 年を別とすればほとんど増加していないように思われる（佐藤，2003）。その意味で、農業の「発達」は右肩上がりの伸びを示してこなかったようにも思われる。

さて、農業の発達とくに単位面積当たりの収量は、大きくは「遺伝的多様性」の大きさに反比例することが知られている。ここでは出土したイネ種子のサイズ（とくに長さ）のばらつきから「遺伝的変異」を推定する方法を提案し、それにより実際に遺伝的変異を推定した事例を報告する。

通常種子のサイズのばらつき（分散値、 V_p で表す）には、遺伝的変異（ V_g ：遺伝子の違いで生じたばらつき）のほかに偶然の要素で生じたばらつき（ V_e ：環境変異といわれる）の両方が含まれる。集団遺伝学の理論によるとこれら 3 者の間には、

$$V_p^2 = V_g^2 + V_e^2$$

という関係が成り立つ。ここで V_e 値は同じ株について種子のあいだでのばらつきで推定できるが、この値が今と当時とで変わらないという仮定をおけば、遺物の遺伝的変異は測定されたばらつき（ V_p^2 ）から、現存する品種の測定で得られる V_e^2 を引くことで推定できる。

まず、 V_e^2 を、現存する品種の種子 120 粒の玄米の長さの分散値で推定した。イネ品種「コシヒカリ」1 株から得られた種子 120 粒をもみすりして玄米にし、これからランダムに 120 粒を選びその長さの平均および分散（≒標準偏差の 2 乗）を計算した。つぎに、福岡市雀居遺跡（遺構 SK-02，約 2600 年前）から出土したイネ種子（玄米）120 粒ほか、複数の遺跡・遺構から出土したイネ種子について、長さの分散値を計算した。これら分散値から、あらかじめ推定した V_e^2 を減じ、各遺跡から出土した種子集団の遺伝的多様性のおおきさを推定した。 V_e^2 は 0.016 (mm²) であった。 V_g^2 は集団によりその値は大きく異なった。明治時代のサンプル（明治 20 年秋田県産玄米）の測定されたばらつき（ V_p^2 ）は 0.028 であったので、その遺伝的ばらつき（ V_g^2 ）は 0.012，同様に計算された雀居遺跡出土の種子集団の V_g^2 は 0.032 であった。

弥生時代および近代の測定値がそれぞれ 1 点ずつしかないのでここでの詳しい分析は避け当日のポスター発表の機会に譲るが、遺伝的ばらつきは時代をおって小さくなってきた

か、または近代に入って急速に小さくなったかのいずれかである。なお明治 20 年になってなお、遺伝的ばらつきの大きさが 0 でない事実は、現代のわれわれの品種の概念が極めて新しいものであるということを示すものとして注目したい。同時に、過去には多様な存在がひとつの単位として認められていたことを示すものとして、同様に注目したい。

鉄製遺物を埋蔵する土壤環境の腐食に対する影響の相対的評価の試み …登呂遺跡と青谷上寺地遺跡の比較に基づいて…

○村上 隆 (奈良文化財研究所)・岡村 渉 (静岡市役所)・野田真弓 (鳥取県埋蔵文化財センター)

1. はじめに

弥生時代を代表する遺跡の一つである静岡市登呂遺跡では、これまで鉄製の遺物の出土をほとんど見ていない。この事実に対して、考古学的にはさまざまな考察が加えることができよう。本報では、土壤環境の観点から新たにこの問題を考えてみることにする。すなわち、登呂遺跡の土壤環境が、鉄製品の腐食に対してどのような影響を持つのか、客観的に評価する試みである。比較対象として、同じく弥生時代の鳥取県青谷上寺地遺跡の土壤環境の調査も行った¹⁾。青谷上寺地遺跡では、鉄製品の遺存度がたいへん高く、鉄製品の残りのよい土壤環境を知る上で、一つの指標になり得ると考えたからである。古代の鉄製品は基本的に炭素鋼であるから、炭素鋼の腐食に対して、双方の遺跡における土壤環境を相対的に評価する基準を探ることは、今後、他の遺跡でも鉄製遺物の遺存を客観的に論じる上で重要な意味を持つことになると考える。

2. 測定項目と測定場所

測定項目は、多岐にわたる。土質、酸素濃度、含水比、pH、硫化物、鉄(II)イオン、中性塩($Cl^- + SO_4^{2-}$)、酸化還元電位、土壤抵抗率に加え、有機質に注目した測定項目として、有機酸、全有機物、有機体窒素、フミン酸、微生物(鉄細菌)、微生物(硫酸還元菌)を行なったのが今回の特徴である。各調査項目は、主にJISの測定法に基づいて実施した。調査は、(株)コベルコ科研環境解析部が現場に出向き、その場測定を実施すると共に、持ち帰ったサンプリング試料を分析に供することによって実施した。採取した土壌は、低酸素グローブボックス(酸素0.5ppm以下)内で分取し、分析に供した。調査を実施した地点と、調査日を表1に示す。

表1. 調査地点及び調査日

調査地点		調査日
登呂遺跡	A(2)地区東壁及びD(1)地区東壁	平成14年12月16日
登呂遺跡	H15 発掘現場登呂層1,2	平成15年9月5日
鷹ノ道遺跡(登呂遺跡)	E-1区北壁-VIII層及びB-3区南壁-VIII層	平成16年3月17日
登呂遺跡	A⑦地区	平成16年9月16日
青谷上寺地遺跡	第4次調査区中央部B地点2~7層	平成15年8月7日
青谷上寺地遺跡	第6次調査区南東部1~7層	平成16年8月3日

3. 測定結果

測定結果を解析し、それぞれの遺跡の特徴を抽出し、比較検討を行なった。多項目にわたるが、得られた測定値に大きな有意差を示す項目が少ないので、ここでは特徴が際立った違いを呈する項目のみに注目する。まず、土質である。全般的に、登呂遺跡は黒色の粘性土、青谷上寺地遺跡は灰色~黒褐色の砂質土である。土壤の種類による炭素鋼の腐食性はばらつきが大きいものの粘土質で高く、砂質~ロームで低い傾向があり、登呂遺跡土壌の腐食性が高い傾向にあると推定される。また、今回の調査で、最も顕著な違いを認めたのが、全硫化物と全有機物の量であった。硫化物濃度は、登呂遺跡では3~40mg/kg 検出され、一方、青谷上寺地では検出下限以下か数ppm程度で、顕著な差が認められた。登呂遺跡では硫化物と共に、硫酸イオンが数ppmであるのに対して、青谷上寺地遺跡では、1ppm程度かそれ以下で登呂遺跡の数分の1であった。登呂遺跡では、硫酸イオンも高めであることから、硫酸あるいは硫化物による腐食が起りやすい状況にあると考えられる。また、土中の有機物中の炭素率を58%と仮定して算出した全有機質量は、登呂遺跡の土壌では、多いところで10%を超え、青谷上寺地遺跡に比べ数倍の高い濃度であることがわかった。有機物が高濃度であると、微生物の繁殖に有利な条件であり、したがって硫酸還元菌等による硫化物生成も起りやすい環境にあると考えられる。これまで、遺跡の土壤環境に対して、有機質量で論じられたことはほとんどなく、今回の成果の一つとしてよいだろう。

今回の測定では、腐食性の要因として細菌など微生物の存在にも着目した。登呂遺跡では、一部で鉄を酸化する鉄細菌あるいは鉄の腐食を促進する硫酸還元菌の存在が認められている。鉄細菌は好気性細菌で、鉄の腐食を進め、鉄さびを生成する。その後嫌気性となり、硫酸還元菌により硫化物イオンが生成して腐食を進行させることとなる。さらに微生物の活動には栄養塩の存在が不可欠であるが、登呂遺跡では有機物の含有量が高く微生物活動に有利で、腐食しやすい環境となる。これに対して、青谷上寺地遺跡では、硫酸還元菌の存在が認められるが、溶存酸素の存在が認められ、また有機物の含有量も小さいため、微生物活動は抑制される可能性が高く、したがって微生物による腐食性は小さいと考えられる。微生物の観点からも登呂遺跡が青谷上寺地遺跡に比較して腐食性が高いと推測される。

4. 腐食性の評価と考察

(1) ドイツ、並びに米国の評価法を用いた腐食性評価の試み

土壌の炭素鋼に対する腐食性を客観的に評価する必要があるが、日本では相対的に評価パラメータを整理したケースはない。そこで、ドイツと米国において、土中埋設管の腐食性評価に用いられている腐食性評価指数を適用して、両遺跡における土壌の腐食性を相対的に比較検討することにした。

今回の調査で得た各測定値を、ドイツガス水道技術者協会 (DVGW)²⁾ と米国規格協会 (ANSI)³⁾ の腐食性評価を用いて整理し、各測定地点での指数を算出した。DVGW では、腐食性がない (0) を基準に、指数の (-) 側が腐食しやすい状態となる。一方、ANSI では、(+) 側を腐食しやすいと評価する。図1に、登呂、青谷上寺地両遺跡における各測定地点の評価を図示する。

DVGW では、登呂遺跡では-5~-10程度の指数となり、腐食性が中~強であることが示された。腐食指数のうち、比抵抗は原位置で測定しているが、原位置測定では、天候や開削後の状況により水分含有量などが異なり、したがって比抵抗が実際の埋蔵環境を示していない可能性がある。そこで、比抵抗を除いて指数を整理すると、登呂遺跡では比抵抗を含む場合と変化はないが、青谷上寺地遺跡では指数が0~5の範囲となり、腐食性が弱いと判定され、両地点の腐食性の差異が顕著に表されている。また、ANSIの指数で整理しても、登呂遺跡が青谷上寺地遺跡よりも腐食性が高い傾向を示し、また比抵抗を除いて評価するとその傾向はより顕著に認められた。

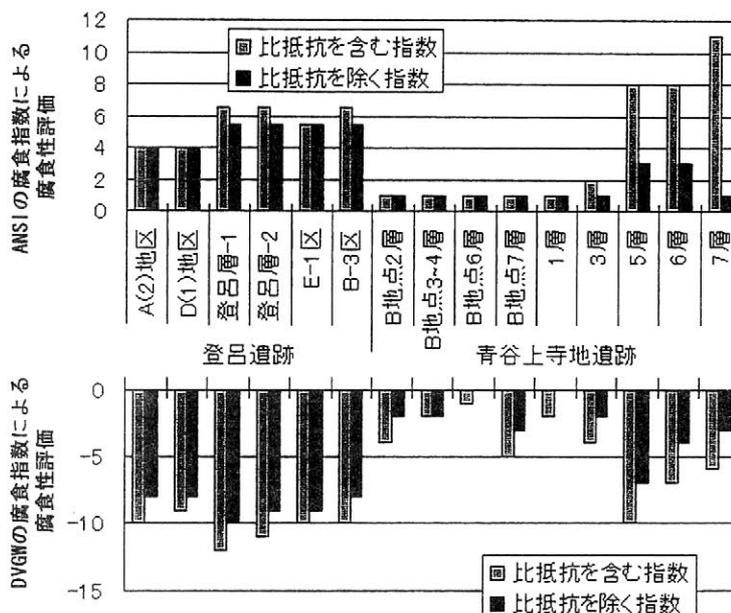


図1. DVGW と ANSI の腐食指数による腐食性評価

(2) 腐食を定量的に評価できるか

米国標準局 (NBS)⁴⁾ は、炭素鋼の長期埋設試験結果から腐食性を定量的に評価する試算式を提案している。ただし、これは6ヶ月程度の短期間における実験結果に基づく推算式で、2000年に及ぶ長期間への適用はあくまで試算の域を出ない。登呂、青谷上寺地遺跡それぞれの土質と土壌抵抗率に基づき試算式を選び、埋蔵期間を仮に1000年として見積ると、登呂遺跡では炭素鋼の腐食層が、5.9mm、青谷上寺地遺跡では1.0mmとなり、登呂遺跡は青谷上寺地遺跡に比較して約6倍の腐食減肉となると推算された。実験室レベルの推算式による結果のため、十分配慮が必要であるが、登呂遺跡と青谷上寺地遺跡の土壌環境の違いを象徴的に語っているといえよう。

5. まとめ

登呂遺跡と青谷上寺地遺跡において、炭素鋼を中心とする鉄製品の腐食に対する土壌環境の影響を調査し、青谷上寺地遺跡は腐食性が低い、登呂遺跡は、逆に鉄製品が遺存しにくい土壌環境である、という結果を得た。これは、登呂遺跡では鉄製遺物の出土をほとんどみないという事実を改めて考察する際に、たいへん重要な知見となる。また、今回の調査では、従来あまり論じてこられなかった硫化物と有機物の腐食への影響を検証できたことも成果の一つである。発掘調査に伴う埋蔵環境の調査としては、これまでに大阪府堺市下田遺跡から出土した銅鐸の埋蔵環境調査⁵⁾などが挙げられるが、本報で報告した2遺跡にわたってほぼ同時に行った本格的な調査は、世界的にみても初めてではなかろうか。今後、さらに比較調査を行い、検証していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 村上 隆：「青谷上寺地遺跡における埋蔵環境が鉄製遺物の腐食に与える影響に関する考察」『鉄製遺物の自然科学的研究（青谷上寺地遺跡出土品調査研究報告2）』鳥取県埋蔵文化財センター（2006）
- 2) W. Baeckmann, W. Schwenk: "Handbuch des Kathodischer Korrosion Schutzes", 55, Verlag Chemie GmbH(1971)
- 3) American National Standard for polyethylene encasement for ductile-iron systems, ANSI/AWWA C105/A21.5-99(1999).
- 4) NBS Circular 579, "Underground Corrosion" (1957).
- 5) 村上 隆・三ツ井誠一郎・仁木昭夫・西村 歩：「堺市下田遺跡から出土した銅鐸の材質と埋蔵環境」日本文化財科学会第13回大会発表要旨集（1996）

古代窯業における燃料材

○小林克也 松田泰典 米村祥央 北野博司
(東北芸術工科大学)

(1) はじめに

日本列島では、5世紀初頭に窰窯による高温焼成を特徴とする須恵器生産技術が伝来した。須恵器窯業で使用されていた燃料材の分析は、現在の窯業のような一定の選択性を持つようになるまでの過程や、原料立地型産業である当時の窯業と森林環境の関係性などについて知る手がかりになる。しかしこの燃料材の分析は、試料のサンプリング方法や数量などに課題を抱えており、窰跡ごとの断片的な情報は蓄積されてきたが、古代窯業技術としての燃料材の選択性や地域植生を踏まえた環境・人間関係史まで見通した研究(千野・山口 1990『マツ林の形成および窯業へのマツ材の導入について』など)は少ない。

本研究では、須恵器窯業での燃料材の選択基準や、森林伐採が周辺植生へ及ぼした影響などについて分析することを目的とし、ここでは、山形県東置賜郡高畠町にある、7世紀末から8世紀初頭にかけて操業された、高安窰跡群B地区出土の炭化材の調査分析結果について報告する。高安窰跡群は、A・B・Cの三地区から成り立っており、B地区は同群内で最も新しい時期に操業が行われていた、と考えられている。そのB地区には、現在窰跡が3基確認されており、今の所、3号⇒1号⇒2号窰の順に操業が行われていたとされている。

(2) 試料と方法

分析試料は、B地区内にある窰跡、1・2・3号窰から出土した全点を採取し、残存率の良いものをサンプリングした。B1号窰では、前庭部より99点、燃焼部より58点を、B2号窰では、前庭部より試料を50点、燃焼部からはI次窰から30点、II次窰からは33点を、B3号窰では、前庭部より17点、燃焼部より28点を調査分析した。

分析方法は、炭化材の木口面・柃目面・板目面の断面を作成し、試料台にカーボンテープで固定した後に金蒸着を施し、走査型電子顕微鏡で観察と写真撮影を行った。

そして直径の復元では、直径1cmごとに同心円を描いて作成した直径計測表に、炭化材の年輪をあてがって、直径と残存率を求めた。

(3) 結果と考察

樹種同定の分析結果は表1に、各窰の直径の計測結果は、図1・2・3に示した。今回の分析の結果、高安窰跡群のB地区の窰跡では、どの窰でもおおよそ8~15cm以上の直径の燃料材を使用していることが確認された。そのため同地区の当時の窯業では、8~15cm以上の材を丸太材のまま使用している可能性があることが確認できた。そして樹種構成では、各窰で10種以上の広葉樹を含みつつ、1号窰ではアカマツが全体の46%、2号窰ではアカマツが56%、3号窰ではアカマツが7%を占めた。そして時代を追うごとにアカマツが増加する、という結果を得た。(窰場の土壌は酸性凝灰岩の風化しやすいもので、現在でもアカマツ林が卓越している。窯業による森林伐

採が土壤条件と相まって、アカマツの増加を促した可能性はある。)

それを総括的に考えると、この B 地区の初期段階では燃料材を直径で選別していたが、時代の経過と共に起こった植生変化に応じて、その直径の樹木の中でも、燃料材として適した材を選別し始めたのではないかと、という流れを想定することができる。

今回調査分析した高安窯跡群周辺では、アカマツという現代窯業でも好まれて使用されている、窯業に適している樹木が植生として存在していたために、燃料材の選択性などについて見出しやすかったが、置賜盆地内にある 9 世紀代の窯跡(蛇崩窯跡群・筆者分析)では、分析試料数が少ないながらも、前庭、燃焼部とも分析対象試料が全点コナラ節、という結果が出ている。

そのため、アカマツだけが選択されてゆく、ということではなく、周辺植生に依存しつつも、植生の変化の中で燃料材として好ましい樹木が、時期毎に選別されているのではないかと考えられる。

【表 1】

	1号窯		2号窯			3号窯		合計
	前庭	燃焼部	前庭	I 次窯燃焼部	II 次窯燃焼部	前庭	燃焼部	
アカマツ	30	43	22	21	24		3	143
コナラ節	15	5	12			6	13	53
クリ	11	8	5	3	5	6	6	44
ブナ属			5	4	2	3	2	16
クマシデ属	6		4				1	11
カバノキ属	10							10
アサダ	1					2		3
カエデ属	6		1	1			1	9
ケヤキ			1	1				2
サウグルミ	1							1
不明	19	2					2	23
同定試料数合計	99	58	50	30	33	17	28	315

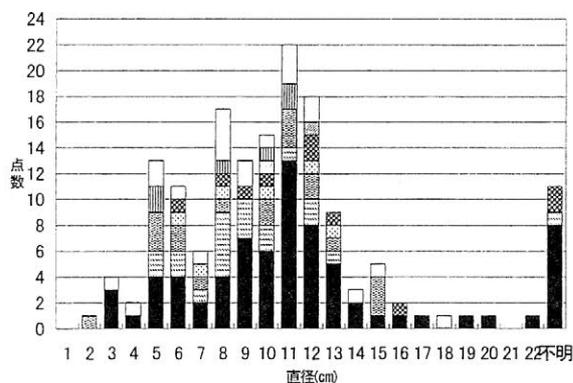


図 1 1号窯全体の直径

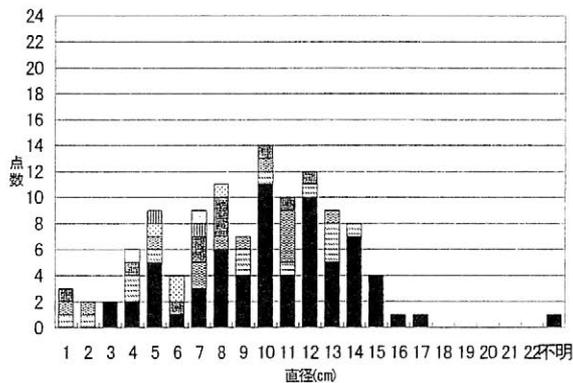


図 2 2号窯全体の直径

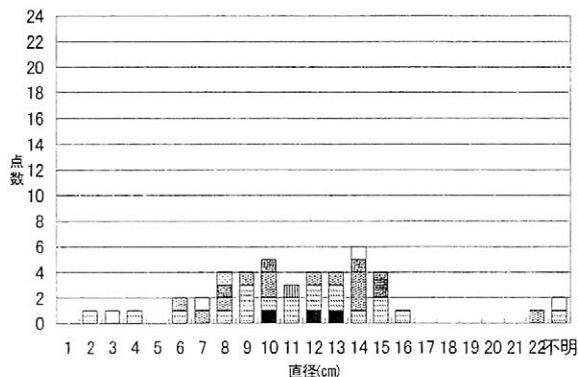
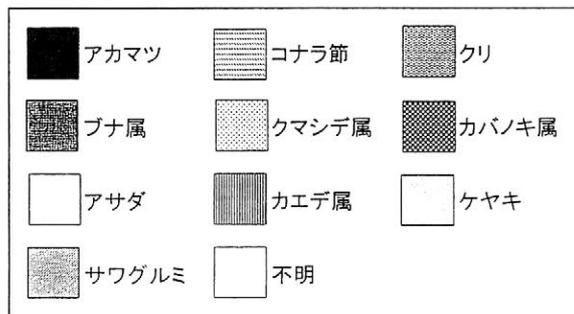


図 3 3号窯全体の直径



レプリカ法による土器圧痕の調査① ～多量観察のための方法論～

○比佐陽一郎、片多雅樹、山崎純男（福岡市教育委員会）

◆はじめに

ネガの状態である土器の圧痕を何らかの材料を用いて反転し、元の状態つまりポジにして観察、研究する手法は考古学の分野では 1960 年代の山内清男氏による縄文原体研究にも代表されるように既に古くから存在する。その後シリコン樹脂を用いて土器類に残された植物遺体、動物遺体などの圧痕を反転し電子顕微鏡を用いて観察する手法〔＝レプリカ法〕が丑野毅氏らによって提唱され精度が格段に向上、調査の幅も広がった¹⁾。そこで、今回は、これを更に改良・発展させ、レプリカ法の安定化、一般化、多量観察を主眼とし、印象材に文化財用のレプリカ作成に使用されるシリコン樹脂を、離型材にアクリル樹脂を用いた方法を紹介する。

◆作業工程

レプリカ作成作業工程を写真1、調査の一例を写真2に示す。まず、資料整理のためと、万が一のトラブルによる破損に備え、土器全体における圧痕の位置関係を記録する写真、図面、圧痕そのものの現況での実体顕微鏡写真など、必要な記録を残す。乾燥状態下でのブロー、あるいは流水などで圧痕内の泥を洗い流す。補助的に面相筆などを使用してもよいが、くれぐれも表面情報を失わない程度に止める。離型材としてアクリル樹脂：パラロイド B-72（米国ローム&ハース社製）を用いる。丑野氏はここで離型材に水を使用している。確かに水は最も手軽なシリコンの離型材となり得るが、蒸発、乾燥などの不安定要素もあり、タイミングなどに経験と熟練を要する。これに対しアクリル樹脂は、適度な厚さの皮膜を作ることができ、濃度調整が容易であること。それを長時間安定した状態で保持でき、更には元の状態に戻す可逆性を有するという点から、レプリカ法が多量観察には適して



写真1 レプリカ作成作業・調査工程

いると考える。離型用塗膜の固化を確認したら、印象材を準備する。印象材はここでは東芝シリコン TSE-350 を使用する。圧痕へのシリコンの充填には医療用注射器を用いるとスムーズである。またこの時点で最終的な電子顕微鏡（SEM）観察を見越して、電子顕微鏡用の試料台を固定しておくことと便利である。シリコンの硬化を確認したら、資料を傷めないように注意しながら試料台と共にシリコンを外す。圧痕が深かったり、入り口が狭く内部が広がったような形状の場合はシリコンがちぎれるので注意を要する。観察には走査型の電子顕微鏡を用いるが、シリコン樹脂は導電性が無くそのままでは帯電して観察に支障を来すため、観察前には貴金属の蒸着処理を要する。

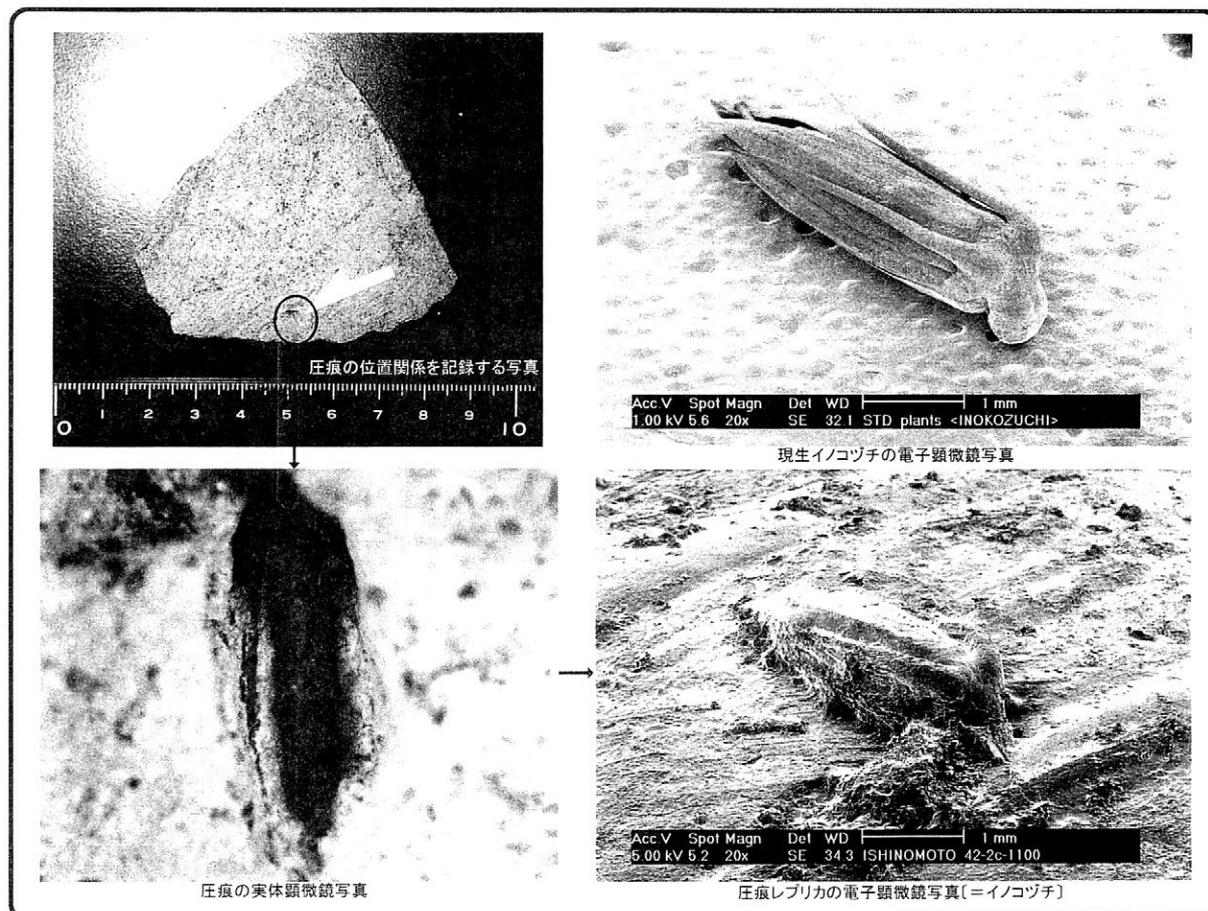


写真2 レプリカ法による土器圧痕調査の一例

◆まとめ

演者らはこれまでに 300 点を超える圧痕に対して、レプリカ法による調査を行ってきた。文化財は工業製品のように一律の条件下で機械的に作られたものではなく、手作業によって生み出されている。これらを対象とした作業はマニュアル化できる部分もあるものの、それは限られた範囲であり、資料の形状、材質、状態など様々な不確定要素に対応した応用が求められる部分も少なくない。圧痕のレプリカ法による転写は、考古学においても非常に有効な研究手段であり、この方法が広く周知されることを期待しているが、今回提示した方法はあくまで現時点における演者らが考える「最善」の方法であって、何もかもを記したとおりに実行しても最良の結果が得られるとは限らない。実際には材料や道具の基本的な性質を十分に理解すると同時に、文化財を扱う上での不文律という枠組みの中で様々な材料、方法を模索し、より安全で高精度の情報採取が行われることを望む。

※1、丑野毅・田川裕美 1991「レプリカ法による土器圧痕の観察」『考古学と自然科学』第24号 日本文化財科学会

レプリカ法による土器圧痕の調査② ～縄文農耕論へのアプローチ～

山崎純男、〇片多雅樹、比佐陽一郎（福岡市教育委員会）

◆はじめに

縄文時代に農耕が存在したという、いわゆる縄文農耕論は提唱されて久しいが、その存否論に終始した感が強かった。最近では花粉分析、プラント・オパール分析などの科学分析によって栽培植物が明らかになり、縄文時代の農耕の存在は肯定的に受け入れられつつある。しかしこれらの分析法には常にコンタミネーション問題が内在することは否めない。一方、栽培植物の圧痕を有する土器は農耕の存在を示す最も有効な考古資料といえる。圧痕は土器製作時に付くため、また例え圧痕土器が遊離したり、攪乱層から出土したとしても、土器の特徴から所属時期を明らかにすることができる。そこで演者らは、主に縄文中期から後晩期にかけての土器に残る圧痕のレプリカ法による調査を数多く行ってきた。ここでは、九州地方を対象とした遺跡出土の土器圧痕を調査し、農耕の存在を示す栽培植物の圧痕を確認した結果を報告する。なお、圧痕からレプリカを作成し観察を行うまでの工程は、P016「レプリカ法による土器圧痕の調査①～多量観察のための方法論～」を参照されたい。

◆結 果

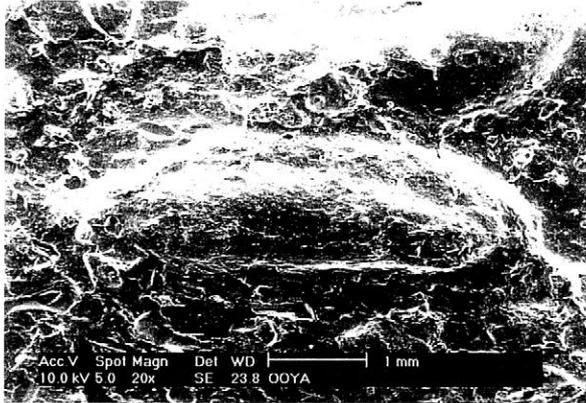
代表的な調査結果を写真1に示す。調査を行った遺跡は桑原飛櫛貝塚・周船寺遺跡（福岡県）、大矢遺跡・太郎迫遺跡・石の本遺跡・ワクド石遺跡（熊本県）、肥賀太郎遺跡（長崎県）、柘原貝塚（鹿児島県）等で、これまでに約300点の圧痕に対してレプリカ法による調査を行った。これまで圧痕で確認した栽培植物は、イネ、オオムギ、ハトムギ、アワ、ヒエ、マメ類、シソ、エゴマ、ゴボウがあり、その他、カシノキ、イノコツチ、キク類等の雑草や、コクゾウムシ、コナラシギゾウムシないしはハイイロチョッキリの幼虫、クモなどの昆虫類がある。イネは大矢遺跡の中期後半例を最古とし、桑原飛櫛貝塚、大矢遺跡では後期初頭に、太郎迫遺跡、石の本遺跡では後・晩期に存在し、安定的に認めることができる。また、雑草には当初ワクド石遺跡で粉圧痕とされた種子がある。種の同定に至っていないので、ワクド石タイプと仮称しているが、同様な例は、ワクド石遺跡をはじめ、柘原貝塚、太郎迫遺跡、石の本遺跡の4遺跡で確認されている。この他、食用となるカシノキの種子やイノコツチ等複数のイネ科植物が認められている。この他注目されるのがコクゾウムシの存在である。柘原貝塚、石の本遺跡、肥賀太郎遺跡で確認されているコクゾウムシは、コメ、ムギ、トウモロコシ等の貯蔵された穀物につく害虫であり、穀類と共に世界中に拡散したと考えられ、世界共通種である。コクゾウムシの存在もまた強力に農耕の存在をアピールしているといえる。

◆ま と め

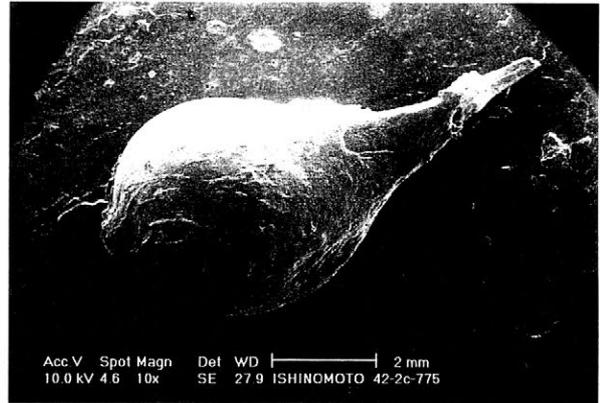
レプリカ法による土器圧痕研究はようやく出発点に立ったが、コンタミネーションを防ぐ有効な手段であり、花粉分析、プラント・オパール分析などは圧痕研究と併用することで、その確実性が増すと考えられる。なぜ栽培植物やコクゾウムシなどの昆虫類が胎土中に混入されるか、また、その同定をいかに進めていくか等、多くの問題点があるものの、縄文農耕を解明するには有効であり、今後大きく発展させる必要があるだろう。

【参考文献】

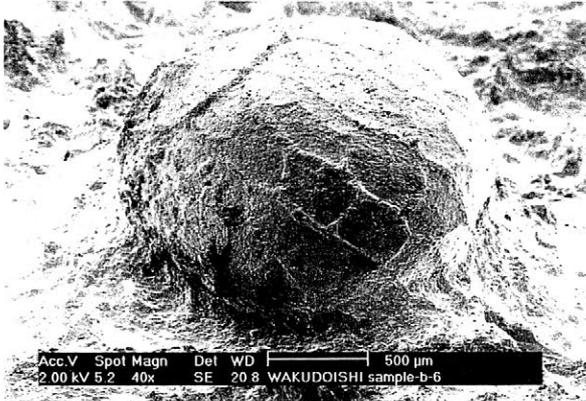
- 中沢道彦、丑野毅 2005「レプリカ法による熊本県ワクド石遺跡出土土器の種子状圧痕の観察」『肥後考古』第13号
 山崎純男 2005「西日本縄文農耕論」『韓・日新石器時代の農耕問題』第6回韓・日新石器時代共同学術大会発表資料集
 山崎純男、片多雅樹 2006「長崎県肥賀太郎遺跡における土器圧痕の検討」『肥賀太郎遺跡』長崎県文化財調査報告書第189集



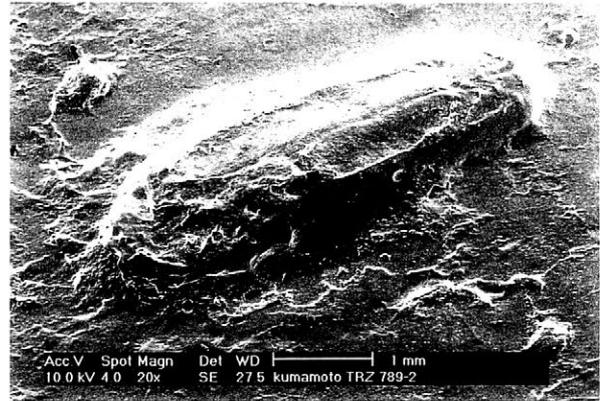
イネ(大矢遺跡:縄文中期後半)



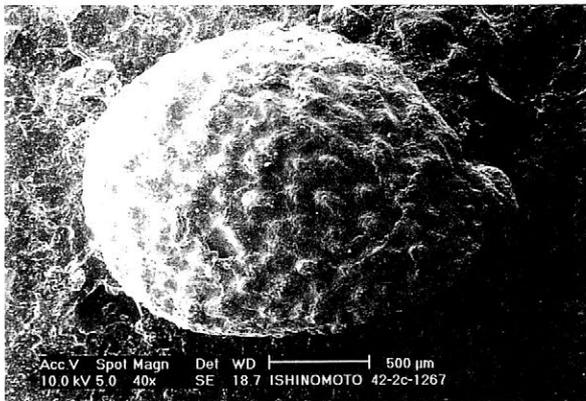
ハトムギ(石の本遺跡:縄文晩期)



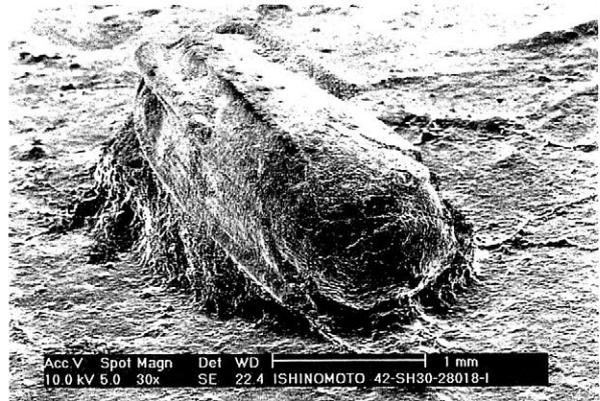
シソorエゴマ(ワグド石遺跡:縄文晩期)



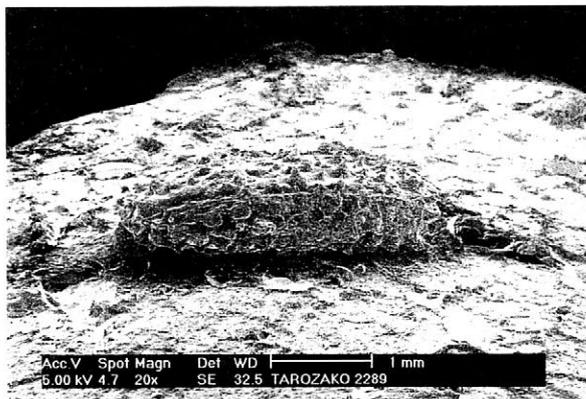
ワグド石タイプ(太郎迫遺跡:縄文後晩期)



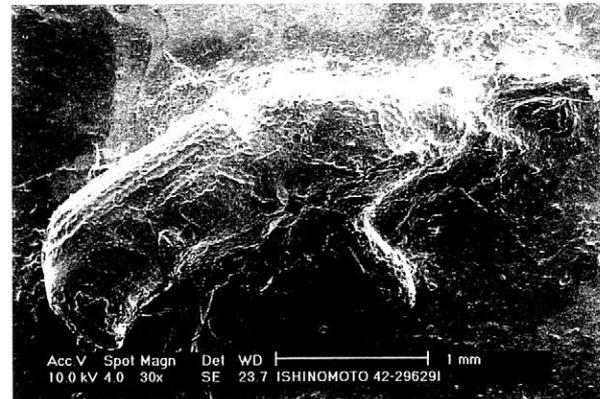
カジノキ(石の本遺跡:縄文晩期)



イノコズチ(石の本遺跡:縄文晩期)



不明雑草(太郎迫遺跡:縄文後期)



コクゾウムシ(石の本遺跡:縄文晩期)

写真1 レプリカ法による圧痕調査例

長野県善光寺平における古墳出土ガラス玉の自然科学的研究

新免歳靖¹⁾・木下正史²⁾・佐藤信之³⁾

1) 総合研究大学院大学博士課程後期・2) 東京学芸大学・3) 千曲市森將軍塚古墳館

1. はじめに

長野県千曲市(旧更埴市)には、4世紀後半から5世紀前半に造営された森將軍塚古墳・有明山將軍塚古墳・倉科將軍塚古墳・土口將軍塚古墳の4基の前方後円墳がある。従来、これらの前方後円墳は善光寺平南部域における首長墓として、一つの集団によって一世代一墓的に営まれ、古墳時代の地域の王権の動向を示すモデルケースと考えられてきた。しかし、近年の調査により、本地域には複数の有力集団が存在し、その集団間を王権が移動する可能性が明らかとなってきた(更埴市 2002)。筆者らは、この有力集団ごとの物資の生産や掌握の違いを把握することにより、王権構造や地域社会の有り方に迫ることが可能になると考え、埴輪・土師器を対象として考古学・考古科学の共同研究を行なってきた。今回は、その一環として古墳時代の重要品であるガラス玉に注目し、生産と流通を解明に向けた基礎研究を行なった。本研究では、エネルギー分散型蛍光 X 線分析法(ED-XRF)を用いてガラス玉の成分元素組成を明らかにし、ガラス玉の材質・色調(着色剤)・製作技法の変遷と相互の関連について検討を行なった。

2. 分析資料

4基の前方後円墳と5基の小型墳から出土したガラス玉 111 点を分析に供した(表 1)。色調は淡青色・紺色、製作技法は管切・鑄型に大別した。表中の()内の数字はガラス玉の点数である。

本地域におけるガラス玉の変遷の概略を示す。有明山・森將軍 3 号石室段階は「淡青色—管切法」のガラス玉が主流をなしていたが、それに継ぐ倉科段階では「紺色—管切法」のガラス玉へと変化する。倉科に比較的短期間のうちに後続する土口段階では「紺色—鑄型法」によるものが現れ、以後、「紺色—鑄型法」のガラス玉が中心となる。したがって、色調と製作技法の関係は完全にパラレルではないが、淡青色から紺色へ、管切法から鑄型法へ移行することが明らかとなっている(木下 2002)。

表 1 分析資料一覧

出土古墳	年代	点数	色調	製作技法
有明山將軍塚古墳	4世紀後半代	25 点	淡青色	管切法
森將軍塚古墳3号石室	5世紀初頭	30 点	淡青色	管切法
倉科將軍塚古墳	5世紀前半代	21 点	淡青色(1), 紺色(20)	管切法(20), 鑄型法?(1:紺)
土口將軍塚古墳	5世紀前半代	25 点	淡青色(6), 紺色(19)	管切法(11:紺 5・青 6), 鑄型法(14:紺)
森將軍塚古墳群*	5~7世紀初頭	10 点	紺色	管切法(2), 鑄型法(8)

*: 2号墳(3点)、3号墳(1点)、6号墳(1点)、9号墳(2点)、10号墳(3点)

3. 分析方法

分析装置にはエスアイアイ・ナノテクノロジー社製微小部エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 SEA5120S を使用した。測定は主成分元素を中心とした測定 A と、微量成分元素を中心とした測定 B の 2 種類の分析を行った。分析条件は表 2 に示した。測定元素は測定 A が 10 元素(Si・Ti・Al・Fe・Mg・Ca・Na・K・Mn・Cu)、測定 B が 7 元素(Cu・Mn・Fe・Co・Pb・Rb・Sr)である。定量分析は FP 法(標準試料なし)により 100%に規格化した。

表 2 分析条件

項目	測定 A	測定 B
管電圧	15kV	50kV
電流	1000 μ A	1000 μ A
コリメーター	0.1mm	0.1mm
試料室雰囲気	真空	大気
測定時間	120 秒	120 秒
測定箇所	6~8 箇所	4~5 箇所

4. 結果および考察

I. 材質の変遷

ED-XRFの結果、主成分元素のうち、Kの存在量が高く、Caを含まない資料をカリガラス、Naを含み、Ca存在量が高いものをソーダ石灰ガラスとした。主成分元素では分類できない資料はRb₂O-SrO分布図により分類が可能であった(図1)。この結果をもとに、色調と製作技法と材質の変遷を整理した(表3)。

有明山・森三号石室段階で主体となる淡青色一管切法のガラス玉計55点は、全てカリガラスであった。倉科段階で中心となる紺色一管切法のガラス玉20点は、ソーダ石灰ガラス18点・カリガラス2点であった。続く土口段階で主体となる紺色ガラス19点のうち、管切法ガラス玉5点はソーダ石灰ガラス3点・カリガラス2点、鋳型法ガラス玉14点は全てソーダ石灰ガラスであった。森將軍塚古墳群5基から出土した紺色ガラス玉10点は、管切法の2点がカリガラス、鋳型技法の8点がソーダ石灰ガラスであった。

この結果、本地域における古墳出土ガラス玉は、5世紀前半(倉科)にカリガラス主体からソーダ石灰ガラス主体に変化することが明らかとなった。その変化には色調や技法の変化との対応が見られた。ただし色調ごとに材質変化を見た時、カリガラスからソーダ石灰ガラスへの変化は、紺色ガラスは倉科段階であるのに対し、淡青色ガラスは土口段階であり、若干の時間差があることがわかった。

表3 色調・技法・材質による分類

古墳	淡青-管切 カリ	紺色-管切 カリ	淡青-管切 ソーダ	紺色-管切 ソーダ	紺色-鋳型 ソーダ	合計
有明山	24	1				25
森3号石室	30					30
倉科	1	2		17	1	21
土口		2	6	3	14	25
森古墳群		2			8	10

II. 着色剤 着色剤については、淡青色がCu、紺色がMn・Coによることは従来どおりの結果である。その中でも、紺色のソーダ石灰ガラスについて製作技法と着色剤の関心に注目した。図2にCo₂O₃-MnO分布図を示した。本図から鋳型法と管切法で資料が分離し、両元素の存在量がガラス玉の製作技法を決める際のヒントとなることが看取された。倉科には鋳型ガラスと見られる資料が1点あるが、本図から鋳型法と判断できた。

また、Co₂O₃とMnOには正の相関関係が認められ、両者の存在量の比率が着色剤原料の違いを反映していると考えられる。鋳型法ガラス玉の現地での製作については、鋳型自身や製作社がない限りは決定的ではない。しかし、鋳型ガラス玉から元素組成的な特徴が捉えられ、その特徴に独自性が存在するならば、ガラスの製作地や製作時期に関する情報となる可能性がある。そのためにも分析数を増やし、検討する必要がある。

5. おわりに

今回は、善光寺平に所在する前方後円墳から出土したガラス玉の成分元素分析を行った。その結果、ガラス玉材質の変遷の画期が明らかとなった。今後、対象地域を広げ、分析データを蓄積し、本地域におけるガラス玉の生産と流通の実態について明らかにしていきたい。

本研究は平成16年度公益信託吉田学記念文化財科学研究助成基金の助成による成果である。

【参考文献】木下正史 2002 「考古拾遺-中期古墳出土の鋳型づくりガラス玉」『Archaeo-Clio』第3号 東京学芸大学考古学研究室

長野県更埴市教育委員会 2002 『更埴市内前方後円墳範囲確認調査報告書-有明山將軍塚古墳・倉科將軍塚古墳-』

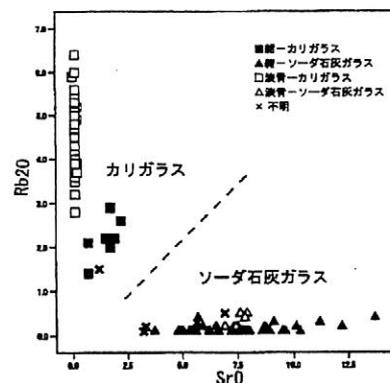


図1 Rb₂O-SrO分布図

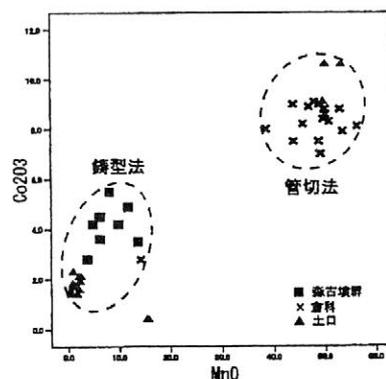


図2 Co₂O₃-MnO分布図

種々のタイプの蛍光 X 線分析装置を用いた考古試料の X 線分析

(龍谷大理工) 仁頃 丈二郎・○藤原 学

(立命館大 SR セ) 池田 重良

(京大院工) 井田 博之・石井 秀司・河合 潤

1. はじめに

考古試料の科学分析のほとんどは、蛍光 X 線分析法が用いられている。ここでは、試料のタイプによって、可搬型蛍光 X 線分析装置と X 線顕微鏡などが使い分けられている。それぞれの装置によって、X 線源の種類、X 線パワー、測定モードおよび検出器などが異なり、それに伴いそれぞれで得られる情報も異なっている場合がある。また、測定において試料の形状により試料表面と検出器間の距離や入射 X 線と試料表面の成す角度が変動し、それらがそれぞれのピーク強度におよぼす影響を検討する必要がある。そこで本研究では、同一の考古試料を Cu K α 線および Pd K α 線を X 線源とする 2 種の可搬型蛍光 X 線分析装置と X 線顕微鏡を用いて、蛍光 X 線スペクトルを測定した。それらの結果を比較することによって、それぞれの装置についての特徴を明らかにすることができた。装置の特徴を考慮しながら、小型金銅仏および土偶本体の元素組成とともに、表面に塗布されている無機顔料の組成を明らかにし、顔料の推定を行った。

2. 試料および測定

試料としては、龍谷大学大宮図書館に所蔵されている甕類 9 点、土偶 3 点および小型金銅仏 1 点を選択した。それらを代表的な測定点とともに写真 1 に示す。それぞれにおいて、色に着目して 6~15 点で測定した。可搬型蛍光 X 線分析装置として、OURSTEX 製 100F 装置 (X 線源: Pd K α) と京都大学で製作された装置 (X 線源: Cu K α) を用いた。京都大学製作装置は、X 線発生装置 (COOL-X)、検出器 (XR-100CR) およびマルチチャンネルアナライザー (MCA8000A) などで構成されている。検出器は、それぞれペルチェ方式で電子冷却する半導体検出器であるシリコンドラフト検出器と、同じく電子冷却されたシリコン PIN フォトダイオード検出器が用いられてお

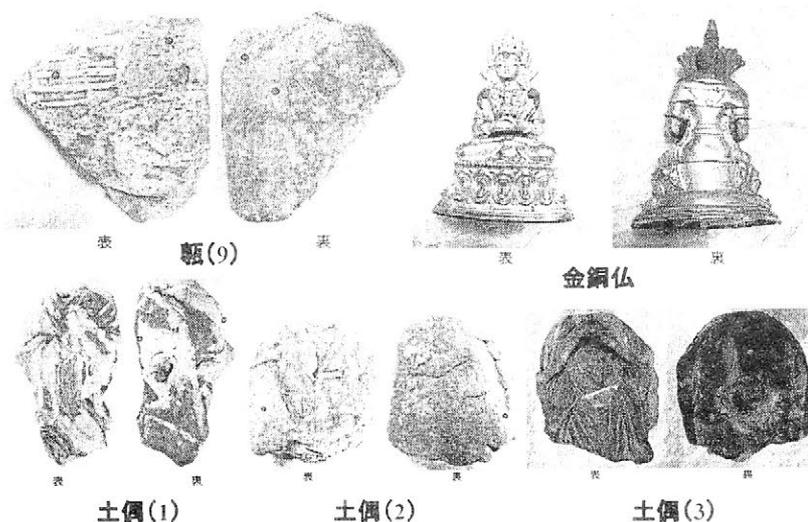


写真 1 : 測定した考古試料 (一部) および代表的な測定ポイント (赤点)

り、それらは比較的エネルギー分解能が高いとされている。さらに、X線顕微鏡としてHORIBA製 XGT-2700装置（X線源：Rh K α ）を用いた。試料表面と検出器間の距離の影響を検討するため、標準試料の下に0～18枚の厚紙を敷くことによって検出器と試料間の距離を変化させて、それぞれのスペクトルを測定した。

3. 結果および考察

OURSTEX 100F では距離の増大とともにピーク強度が急激に減少した。この結果より測定はピークの変化を考慮し 3.5 mm 以内で行う必要があると考えられる。HORIBA XGT-2700 では距離によってピーク形状にほとんど変化はなく、ピーク強度も急激に下がることはなかった。

甎類・土偶のほぼ全てから地殻中に含まれる元素である Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe が検出された。図1に、2つの可搬型装置による甎(9)の蛍光 X 線スペクトルを示す。また、甎類のほぼ全てに白色顔料の石膏（CaSO₄・nH₂O）が使われていることが明らかになった。土偶は1つの測定点から数種類の顔料と思われる元素が検出され、重ね塗りや何色かの顔料を混ぜて塗布されていたと考えられる。Co が回青（コバルト、青色）、As が鶏冠石（硫化ヒ素、橙黄色）によると同定できた。京都大学製作装置では S は検出されず、Cu も感度が悪い結果となった。しかし、装置が小型であり X 線源と検出器部が突出しているので測定距離を一定にでき、測定時間も非常に短縮できることがわかった。X 線顕微鏡では、定量精度も高いスペクトルが得られた。また、マッピング機能を利用して、複数の元素の存在比を同一画面に表示した。これに試料の画像を組み合わせることによって、顔料の同定をより明確に行うことができた。しかし、残念ながら、X 線顕微鏡が適用できるのは凹凸のほとんどない平面試料に限られる。

一方、金属製品である小型金銅仏では、双方の可搬型装置とも良好な結果が得られた。特に京都大学製作装置ではターゲットとして Cu を用いているにもかかわらず、試料からの Cu によるピークも明瞭に観測され測定に支障はなかった。本体は Cu と Zn による合金である真鍮製であり、外面と内面の測定結果より、外面のみ金でメッキされていることが明らかになった。また、赤色顔料が塗布されている部分からは、Hg および Pb が検出された。OURSTEX 100F では同時に S が検出され、辰砂（朱）と同定することができた。

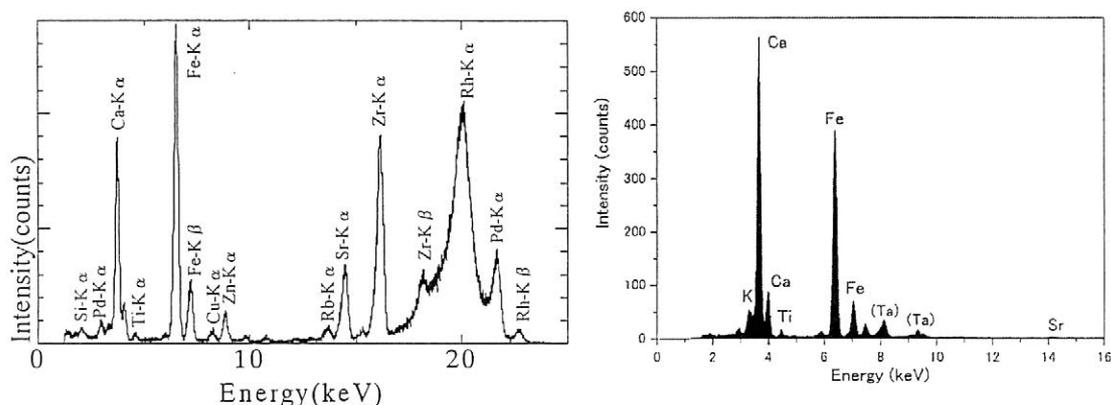


図1 甎(9)の蛍光 X 線スペクトル(測定点1)
(右:OURSTEX 100F、左:京都大学製作装置)

大谷コレクションにおけるせん類の蛍光 X 線分析

○仁頃丈二郎（龍谷大理工）・中野達弘・藤原 学（龍谷大理工）・池田重良（立命館大 SR セ）

《緒言》

龍谷大学大宮図書館には数多くの貴重な古典籍・資料が保管されている。それらの資料を保存・分類・公開することを目的として、2001年に「古典籍デジタルアーカイブ研究センター」が設置された。ここでは考古遺物の科学分析とともに保全・修復・復元のための基礎データの収集なども行われている。修復などを行うためには遺物がどのような材料・顔料を用いてどのように製作されたのか、また表面の質感など様々な情報が必要となってくる。本研究ではそれらの基礎データの蓄積を目的とし、蛍光 X 線分析法を用いて非破壊で定量・定性分析を行った。

《実験方法》

試料は大谷コレクションより土偶 13 点、せん類 12 点を選んだ。測定条件は表 1 に示した。測定点は色に着目して決定し、顔料塗布部分、地肌部分を選んだ。試料全てに対し点および面分析を行った。点分析については、最近接で可能な限り照射部が平面になるように保持した。

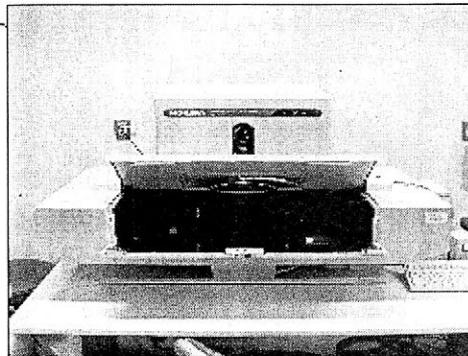


図 1 HORIBA XGT-2700

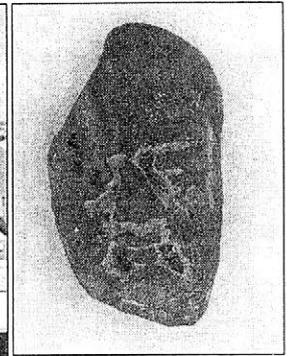


図 2 土偶 13

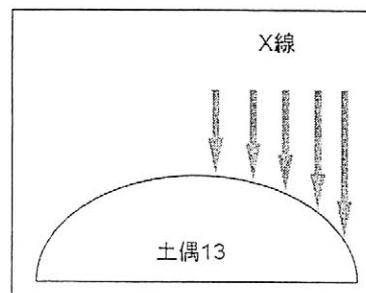
また土偶 13 を用いて照射角度と試料-検出器間距離がスペクトルに与える影響についても調べた。今回測定を行った 8 日間、測定前後に標準物質 (SiO_2 : 20%、 CaCO_3 : 10%、 Fe_2O_3 : 1%、 ZnO : 1%、 PbO : 0.5%、 SnO : 0.5%、高分子樹脂 67%) を X 線管球の電圧を 10, 30, 50 kV の 3 通りで測定を行い、X 線強度の安定性を調べた。

表 1 測定条件

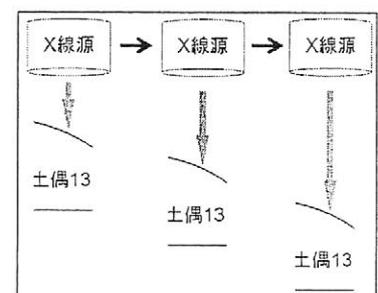
装置	X線分析顕微鏡 (HORIBA XGT-2700)	
測定範囲 (keV)	0 - 30	
測定時間 (秒)	100	
コリメーター径 (μm)	100	
ターゲット	Rh	
X線源	電圧 (kV)	30
	電流 (mA)	1.00

《結果と考察》

すべての試料から Si, Ca, Ti, Fe が検出された。これは今回の試料がすべて粘土を材料としているためである。顔料としては石膏、白亜、鉛白（白色）、ベンガラ、辰砂（赤色）、藍銅鉱（青色）と考えられる測定結果が得られた。面分析では視覚的に複数元素の分布がわかるため顔料



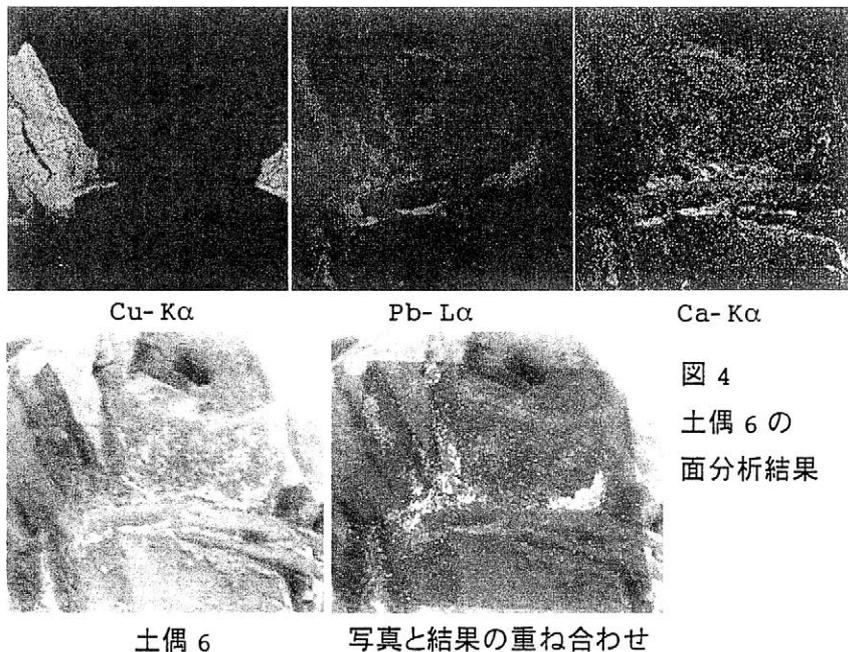
照射角度



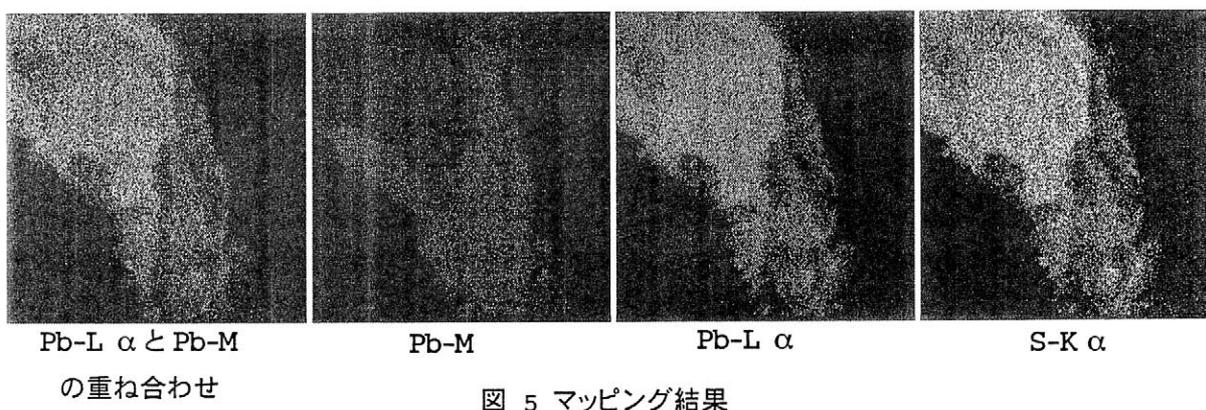
試料-検出器間距離

図 3 照射角度と試料-検出器間距離がスペクトルに与える影響

帰属が容易となり、有効な分析方法となることがわかった。土偶 6 では図 4 に示したように Pb と Ca が白色部分に同程度に分布していた。そのため Pb 系と Ca 系の 2 種類の白色顔料が混合、または重ねて塗布されていたと考えられる。また青色部分には Cu が分布しており、藍銅鉱が使用されたと考えられる。点分析で S と Pb が同時に検出された部分を面分析すると、Pb-L α 線と Pb-M線の分布が異なるという結果が得られた。これは S-K α 線(2.307 eV) が Pb-M線(2.342 eV)と誤って同定された結果である。また同様に、Hg-L α 線(9.987 eV)と Pb-L α 線(10.550 eV)が混同されていた。今後は面分析を行う際は予め点分析を行い、検出元素を確認する必要がある。照射角度の影響は低角になるにつれてピーク強度が小さくなる元素と、ならない元素があった。試料-検出器間距離の影響は大小あるもののその傾向はよく似ており、すべての元素で減少傾向が見られた。X線強度の安定性では、30 kV の場合が強度の変動が最も小さかった。ピーク強度が時間により変化するため、ピーク強度から直接含有量を議論することは出来ないと考えられる。また、ピーク強度を比較するために、光源(今回は Rh)のピーク強度で規格化することは、光源元素のピークは距離の影響を受けにくく、一方規格化される元素は距離の影響を受けやすいため定量結果の距離による影響が大きくなってしまふことが明らかとなった。



減少傾向が見られた。X線強度の安定性では、30 kV の場合が強度の変動が最も小さかった。ピーク強度が時間により変化するため、ピーク強度から直接含有量を議論することは出来ないと考えられる。また、ピーク強度を比較するために、光源(今回は Rh)のピーク強度で規格化することは、光源元素のピークは距離の影響を受けにくく、一方規格化される元素は距離の影響を受けやすいため定量結果の距離による影響が大きくなってしまふことが明らかとなった。



今後は、測定条件の一つである測定距離を同等にできるように、X線源及び検出器が小型で突出したタイプの可搬型装置が必要となる。また 3次元モデリングソフトにより試料形状モデルを製作し、形状によるピーク強度への影響を除き定量性向上を試みることも検討するつもりである。

ハンディー型蛍光X線分析装置によるブロンズ像の多点分析

○片多雅樹*、比佐陽一郎*、三木隆行*、鳥越俊行**、志賀智史**、今津節生**

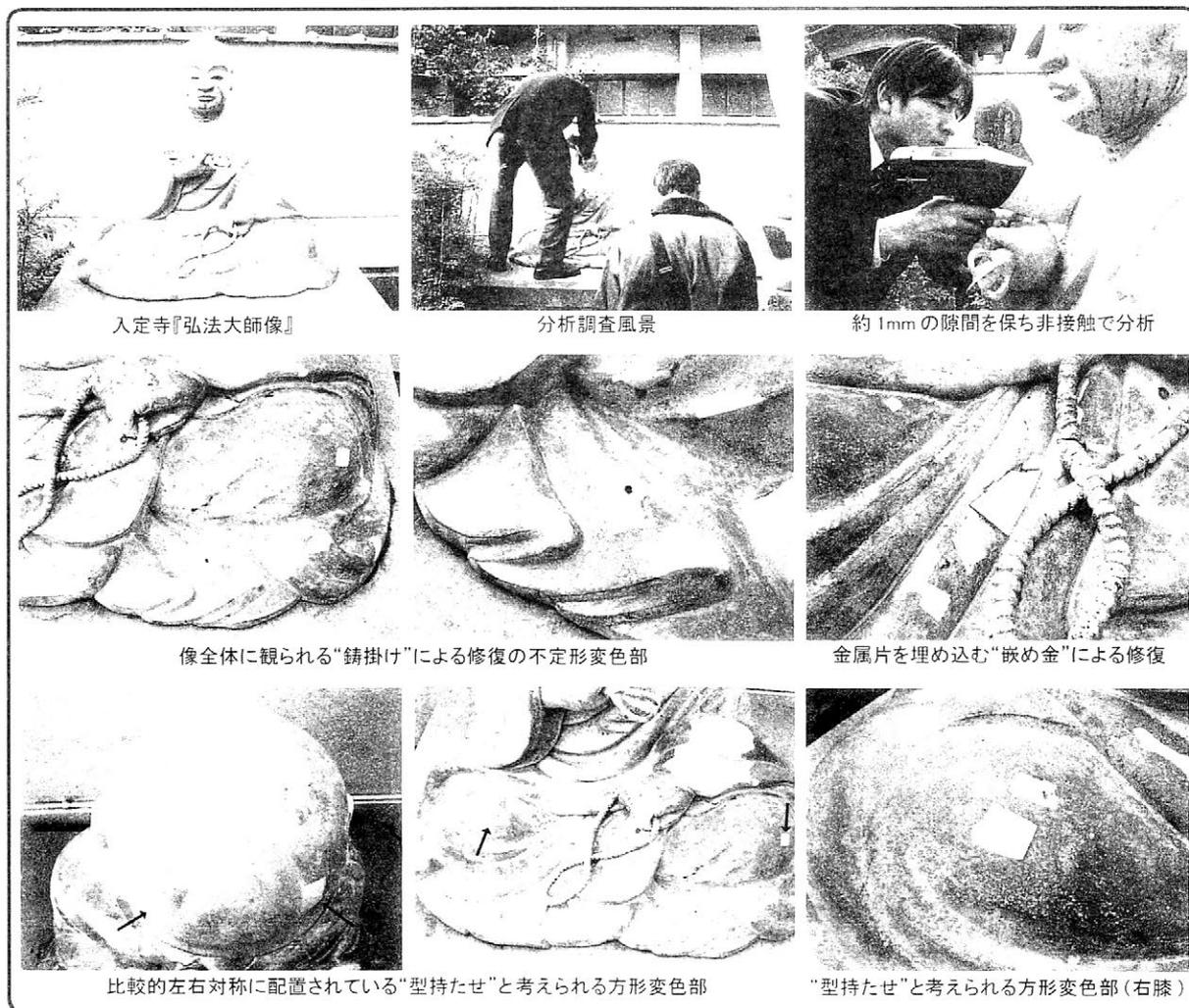
(*福岡市教育委員会、**九州国立博物館)

◆はじめに

福岡市博多区上呉服町所在の^{かみごふくまち}入定寺^{にゅうじょうじ}に安置されている弘法大師像は、「文政8年(1825年)」及び近世博多を代表する^{いせし}鑄物師^{ふかみじんべい}「深見甚平」の銘を持つ。平成17年度福岡市指定文化財候補に上程され、文化財保護審議会の中で材質調査の提言が出されていた。文化財に対する材質調査の方法としては蛍光X線分析法が一般的である。しかし、対象資料は高さ約1mの金属製で、移動や運搬は物理的に困難であり、現地での分析が求められたが、福岡市は可搬型の分析装置を所有しておらず、九州国立博物館との共同調査により現地での分析が実現した。そこで用いられたハンディー型蛍光X線分析装置による調査結果について報告する。

◆調査対象

現状では屋外の露天に安置され、全体的に緑青色を呈している。内部は空洞で鑄型片と見られる痕跡が存在することと合わせ、銅を主体とする鑄造製品であることは推定できるが、その組成を外観のみから同定することは不可能である。また詳細に観察すると、表面状態には幾つか特徴的な部分が認



められる。まず、所々に不定形で明るい黄緑色ないし薄い水色を呈する、鑄込みの失敗や割れを修復した“鑄掛け”の痕跡と、鑄込みの甘い箇所を方形または多角形に削り抜きそこに新たに金属片を埋め込む“嵌め金”^{はめがね}という修復の痕跡が観られる。また、上方、頭部（こめかみ付近）から、下方の足周辺まで、比較的規則的（左右対称）に方形で他と異なる色調の部分が見られ、これは鑄型の外型と中型との隙間を支える“型持たせ”と考えられる。更に、袈裟部分には草花をあしらった紋様が見られ、これらは地の部分より僅かに高くなって表面上顕在化している他、眼球部分は黒色を呈し僅かなコントラストから何らかの装飾の存在を窺わせる。このように、観察時点で得られた色調などの差異に着目し分析作業を進めた。

◆装 置

使用した装置は片手で持てる大きさのハンディー型蛍光 X 線分析装置 [INNOV-X 社製 (日本電子株)] で、脱着式のポケット PC が本体に組み込まれ、ペンタッチによって操作する。電源は内蔵の充電式であるため、場所を選ばないフレキシブルな分析が可能であり、測定個所の選定が容易である。

【分析条件】分析範囲：約 7 ～ 5mm の縦長楕円形、分析時間：約 15 秒、非接触にて測定。

◆分析結果

主な調査結果を以下に記す。まず本体は銅の強いピークと鉛、錫が検出されており、三元系の青銅であることが分かる。更に鉛の強度に着目すると、型持たせ部分では地金に比べて低い値を示しており、この事は、鑄造の際の“湯”に対して、事前に設置する“型持たせ”の融点が高い、つまり鉛分の低い材料を使用した可能性も指摘できる。次に顕在化し褐色を呈する紋様部からは他のポイントと比べ鉄が多く検出され、詳細は不明であるが何かしら鉄を含む材料による加飾が考えられる。更に眼球部分では、興味深い知見が得られた。本体の成分である銅、鉛、錫は弱いピークとなり、代わって中央の瞳部分では銀と金が、白目の部分では金は検出されず銀が強く表れている。現在は瞳、白目部分ともに黒っぽく変色しているが、どの時点かは不明ながらも本来は金、銀に輝く目であったことが窺える。



◆ま と め

これまでも可搬型の蛍光 X 線分析装置は紹介されているが、本装置はより機動性が高く、資料の基礎的な知見を得るに十分な測定が可能であることが明らかとなった。また、28 箇所という多点分析を可能にしたことにより、文化財担当者と現地で協議しながら調査できる環境が生まれた。その結果、約半日という限られた時間の中で、像の主成分のみならず装飾技法や鑄造技術に関する情報を得られた意義は大きい。今後は、装置の活用の幅を広げるべく、様々な資料について検証を進めていきたい。

ハンディ型蛍光X線分析装置を用いた彩色石棺の 非破壊調査と装置の特性

○鳥越俊行・今津節生・志賀智史・市元 壘（九州国立博物館）
桑原康郎（MIHO MUSEUM）

1. はじめに

文化財の調査は、試料の採取や接触する方法が困難であり、ものによっては移動させることも難しい。このため、その場で測定可能な非破壊・非接触による調査機器が望まれている。九州国立博物館では、屋外や展示室などの現地で文化財を簡易に調査することを目指し、調査機器の整備を進めている。

新たに開発された携帯型の蛍光X線分析装置では、持ち運びできない据え置き型や卓上型の蛍光X線分析装置と用途が異なり、現場での非破壊・非接触による迅速な調査に威力を発揮する。ポータブルと呼ばれる従来の可搬型装置は測定部の重さが10kg以上あり、機器の設置や測定に関する制約が大きかった。本館では、展示室内においてこのハンディタイプの蛍光X線分析装置を用いて石棺に残存する顔料の非接触・非破壊的手法による元素分析調査を試みた。

本発表では、携帯型蛍光X線分析装置の文化財分野における有効性の検証と、MIHO MUSEUM が所蔵する6世紀後半期－7世紀に中国で制作された大理石製の棺床屏風に用いられた顔料の調査について報告する。

2. 調査概要

2-1. 携帯型蛍光X線分析装置の検証

今回用いた装置は、米Innov-X Systems社が製造し日本電子が販売しているハンドヘルド蛍光X線分析計である。線源は超小型X線管で、電子冷却型SiPiNダイオード検出器を使用している。管電圧は10～40kV、管電流は10～50 μ Aの範囲で、ターゲットはW(タングステン)である。測定範囲は約5mm ϕ 、バッテリー込みの重さは1.6kg、スぺアバッテリーとの差し替えで8時間の連続測定ができる。装置の制御は搭載するポケットPCで行い、外部PCからも制御可能である。測定元素はTi～Biで、内蔵する分析ソフトを切り替えるのみで金属と酸化物の測定が行える。

本装置の特徴である非接触測定の再現性や精度の検証には、測定対象試料との距離、測定時間、表面状態、種類を変化させ測定を実施した。

2-2. MIHO MUSEUM所蔵棺床屏風の調査

昨年度に九博で開催した特別展「中国美の十字路」では、MIHO MUSEUMの棺床屏風を借用し展示した。大理石で作られた石棺の表面は浮き彫りされ、赤、黒、紫などの彩色が認められる。これらの彩色に用いられた顔料の詳細な調査は、資料の採取が困難なためこれまで行われていなかった。今回MIHO MUSEUMと共同で休館日の展示室内において元素分析調査を実施した。測定距離は表面の形状により約1mm～5mmの範囲で行った。

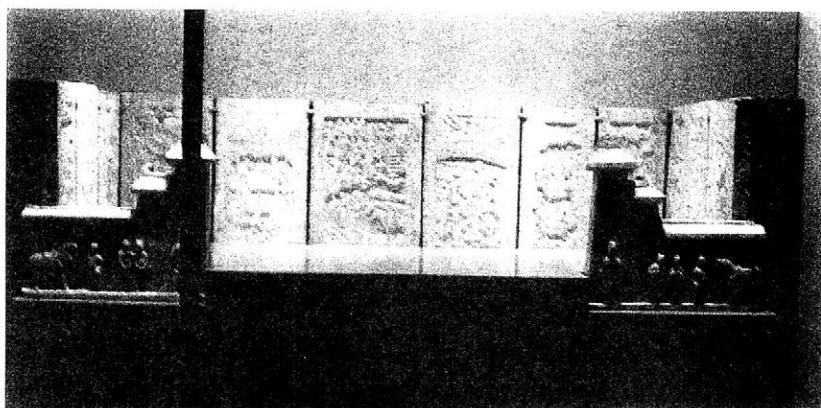


図1 棺床屏風

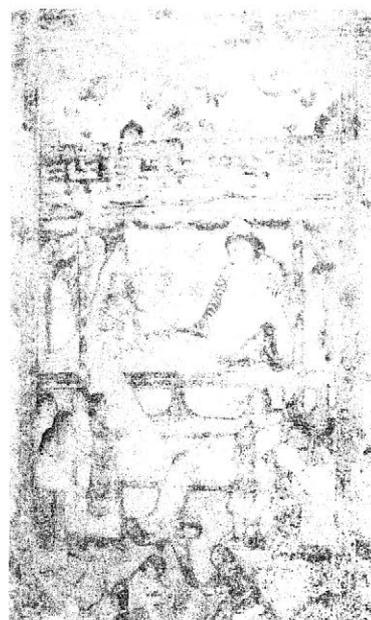


図2 彩色状況



図3 調査風景

3. 結果と考察

①携帯型蛍光X線分析装置の特性

非接触による測定のため、金属や酸化物などいずれの対象試料の場合も距離が離れると測定精度にばらつきが生じた。一地点あたりの測定時間では、最低30秒は測定しないとノイズにより微量元素の確認が難しい。同一物質であれば、固体、粉末いずれの状態でも最大カウント数に大きな差は見られない。これらの結果から、装置をできるだけ測定対象物に近づけることが重要である。

②棺床屏風に用いられた顔料

約2時間で40地点を分析した結果、背景や人物の腹などの白い部分はいずれも金属元素を検出できないことから顔料は用いていないと考えられる。赤い彩色の部分は場所によって異なり、水銀と鉄を多く検出するもの、鉛を多く検出するものなど、場所により顔料を使い分けていることが確認された。黒色・紫色・茶色などほかの彩色部分については、結果を検討中である。

携帯型の蛍光X線分析装置を用いた展示室での調査では、赤色顔料を場所により使い分けていることが明らかとなった。装置の特性として、対象物との距離により分析の定量値は変化するため定量値の議論には測定距離を一定に保つ工夫が必要である。

最後に、携帯型蛍光X線分析装置の特性調査に協力いただいた山梨県立博物館の沓名貴彦氏、並びに棺床屏風の測定データ解析をサポートしていただいた日本電子㈱の平野修二氏に感謝します。

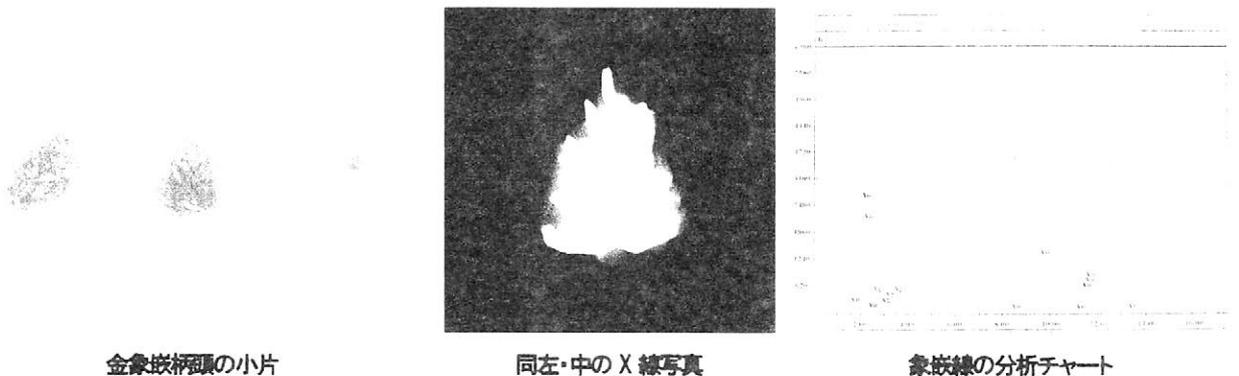
古墳時代の金属工芸

一兵庫県川西市勝福寺古墳出土の象嵌大刀と装身具の機器分析から一

○西山要一(奈良大学文学部文化財学科)・岡野慶隆(川西市教育委員会)・福永伸哉(大阪大学大学院文学研究科)

兵庫県川西市所在の勝福寺古墳は、近年の同市教育委員会と大阪大学考古学研究室の発掘調査により、後円部と前方部に4基の埋葬施設をもつ6世紀初めに築かれた全長40mの前方後円墳であることが明らかにされ、須恵器・埴輪などが出土している。また、1929年に木村次雄氏は「撰津の鈴鏡出土の古墳」(『考古学雑誌』19-11、1929年)で六鈴鏡・神獸鏡・金象嵌柄頭・銀象嵌鉄刀・管玉などを紹介している。今般、西山は同古墳の金象嵌円頭柄頭片・銀龍文象嵌鞘口大刀・耳環・梶子玉を、X線透過試験・顕微鏡観察および蛍光X線分析・電子線微小部分分析を行い新知見を得たので報告する。蛍光X線分析はエダックス・ジャパン製のEAGLE-XXL-NR(エネルギー分散型、Crターゲット)、電子線微小部分分析装置は堀場製作所製のSEMEDXで、ともに奈良大学に設置する機器である。

1 円頭柄頭金象嵌線の分析 木村氏紹介の金象嵌柄頭の一部と思われる鍍3片は、表面幅0.5~0.8mm、断面逆三角形の金象嵌線を内包する。X線透過写真には鳳凰の羽毛と思われる像が見える。3試料の象嵌線を分析した結果、多量の金・銀と微量の鉄・塩素・珪素などが検出された。主成分の金・銀の構成比は、蛍光X線分析ではおよそ90:10、電子線微小部分分析では95:5と異なるが、90%以上の高純度の金である。埼玉稲荷山古墳・辛亥銘鉄剣銘は金:銀がおおよそ73:23と90:10の二通りの金線、奈良石上神社・七支刀銘は金:銀がおおよそ80:20の金線である。勝福寺古墳柄頭象嵌線はこれらと遜色ない高純度の金線である。



金象嵌柄頭の小片

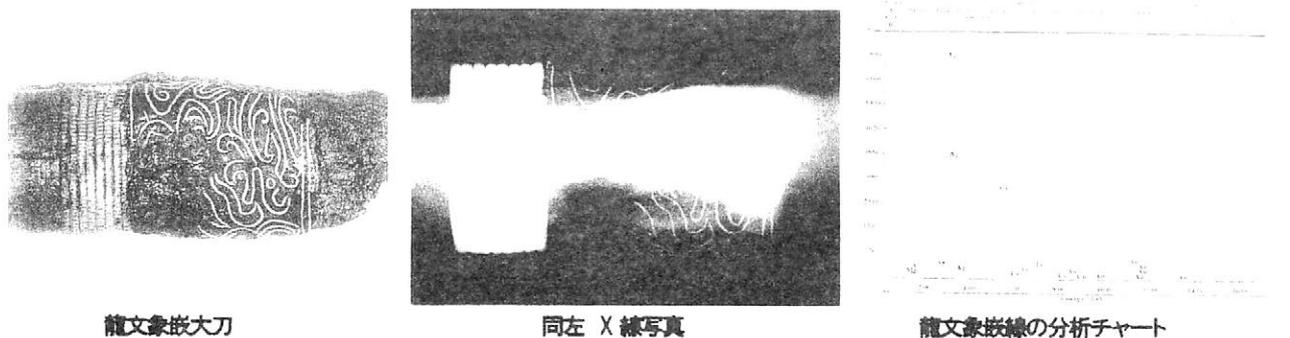
同左・中のX線写真

象嵌線の分析チャート

円頭柄頭の象嵌線の分析
金銀の構成比(重量%)

分析試料名	蛍光X線分析(XRF)	電子線分析(EPMA)	備考 その他の元素
	金 (Au) : 銀 (Ag)	金 (Au) : 銀 (Ag)	
象嵌3試料平均値	89.91 : 10.09	95.20 : 4.79	Fe, Cl, Si など

2 龍文象嵌大刀の鞘口象嵌線の分析 木村氏が銀象嵌のある刀と紹介したもので、象嵌の意匠は不明であったが、現在では、X線写真と保存処理により銀色の鮮やかな龍文を見ることができている。蛍光X線分析をおおよそ30か所行った。その結果、すべての分析か所から高濃度の銀と微量の金・銅・鉄・塩素・イットリウムなどを検出した。銀の純度はおよそ99%、純銀に等しい銀線を使用するのは他の象嵌資料にも見られるが、技法・デザインともに繊細かつ流麗な優品で、龍文象嵌鞘口を持つ大刀としては日本における先駆的資料である。



龍文象嵌大刀

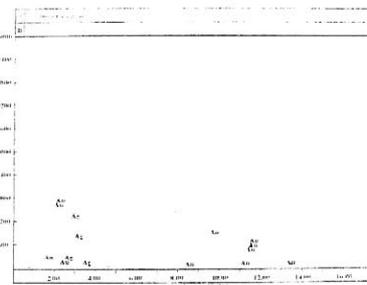
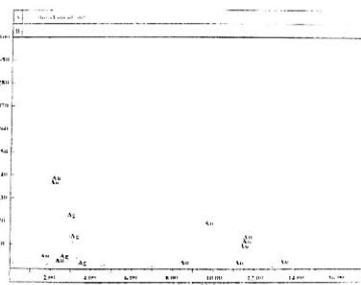
同左 X線写真

龍文象嵌線の分析チャート

龍文象嵌線の蛍光
X線分析(重量%)

分析試料名	金(Au)：銀(Ag)：銅(Cu)	備考(その他の元素)
龍文象嵌線 30か所 平均値	0.60 : 98.99 : 0.41	Au,Cu,Fe,Cl,S,Si,Al,Ca 等

3 耳環の分析 耳環 2 点は大きさ色調とも酷似する。蛍光X線分析をそれぞれ 3~4 か所行った。検出元素は金と銀と微量の鉄で、金・銀の合金比はおおよそ、耳環 1 は 54 : 46、耳環 2 は 55 : 45 で 2 つの耳環の分析値は近似し、同一素材であることを示す。金銀合金では、金濃度が高い程に金色が鮮やかで、銀濃度が高くなるにつれ金色は減じて青味から白味の金色になるといわれる。本耳環の淡い金色は、金銀の比が相半ばに近いことを示している。



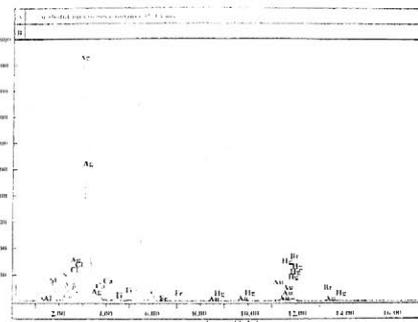
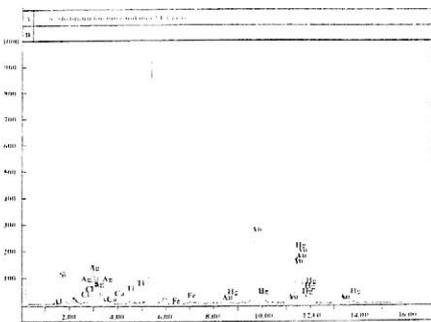
耳環(左から耳環 1,耳環 2)

耳環 1 の分析チャート

耳環 2 の分析チャート

分析試料名	金(Au)：銀(Ag)：その他	備考(その他の元素)
耳環 1 平均値	53.95 : 45.98 : 0.08	Fe, 元素合計は 100%にならない
耳環 2 平均値	54.88 : 45.15 : 0.00	元素の合計は 100%にならない

4 梔子玉の分析 梔子玉は銀板を凹凸ある半球形に打ち出しこれを 2 つ接合して造っている。玉表面の凸部は灰色の柔らかい錆、凹部は黒色の硬い錆に覆われ、両者を分析し黒色部分がより良く組成を表していることが判明、玉 39 点すべての黒色部分を分析した。その結果、玉は銀をベースとし、金と水銀が多い玉 21 点と、金と水銀が少ない玉 18 点に 2 分された。前者は水銀を使った金アマルガム法により鍍金され、後者は銀色の玉であったと推定される。金色と銀色の梔子玉をおりませた鮮やかな彩りの首飾りであったであろう。



梔子玉

梔子玉 14 の分析チャート(“金色”の梔子玉)

梔子玉 35 の分析チャート(“銀色”の梔子玉)

分析試料	金(Au)	銀(Ag)	水銀(Hg)	イタ(S)	塩素(Cl)	珪素(Si)	その他	備考
梔子玉 14	51.80	17.94	7.83	1.51	0.00	19.32	1.60	鍍金
梔子玉 24	0.27	62.51	0.80	1.98	10.95	18.70	4.79	
梔子玉 32	26.92	34.55	4.81	0.93	0.43	29.04	3.32	鍍金
梔子玉 35	1.06	73.44	0.57	5.64	1.88	13.54	3.87	

5 あとがき 土に覆われ錆の塊となっている何の変哲もない金属製遺物が、顕微鏡観察や X 線透過試験、蛍光 X 線分析や電子線微小部分分析等の科学機器分析、強化・防錆・復原などの科学的保存処理により、古墳時代における金属工芸技術者の素材選択の確かさ、デザインと色彩感覚のすばらしさ、製作技術のたゆまぬ練磨と高い完成度、作品に注ぐ強いまなざしを甦らせる。古代の工人達の作品にそそぐ熱意が日本の文化や歴史を支え発展させた原動力であることを改めて感じさせる。

(追記) 本研究の遂行にあたって、川西市教育委員会および大阪大学考古学研究室の皆様のご協力、および奈良大学大学院文学研究科の竹原弘展・橋本俊範、文学部文化財学科の高浪育子・具志堅有紀の諸君の助力を得た。

太宰府市宮ノ本遺跡出土平脱鏡の調査

○下川可容子*、城戸康利**

(* NPO 法人 文化財保存活用支援センター、 ** 太宰府市教育委員会)

1. はじめに

太宰府市宮ノ本遺跡の第 13 次調査において、9 世紀後半頃とみられる木炭槨木棺墓の棺内より、方形鏡（一辺長 14.3cm）が一面検出された。（図 1、2）また、周囲に漆膜や木質片が存在する事から、漆塗りの容器に収めて副葬されたものと考えられる。最初に実施した X 線透過写真観察で、鋳型により成形された部分とは異なるコントラストをもつ箇所が確認された。鏡背面上に載っていた容器の構成材を少しずつ除去すると、X 線写真で確認したとおり、明らかに鈕を意識して 4 箇所に配された白色で台形を呈する層と、それらを取り囲むように縁に沿って巡る連続する波形のような緑青色の層が検出された。これらは黒褐色の漆膜上に載っている状態であり、鏡の文様と考えられた。これらについて以下のような分析・調査を行い、鏡背面上に残された痕跡から文様の構造と技法の復原を試みた。

2. 鏡背面文様の材質と構造の調査

材質の調査は、蛍光 X 線分析による定性分析を実施し使用材料の検討を行った。また、鏡背面上での文様部の層序や状態を把握するため、台形状を呈する部分の剥落片をエポキシ樹脂で包埋し顕微鏡観察用の断面プレパラートを作成し観察した。以下にその結果について述べる。

(1) 文様の材質

白色の台形部分と緑青色の波形部分双方とも錫のピークが顕著であった。（図 3）X 線透過写真上で鏡胎よりも X 線吸収が大きかった事と合わせて考えても、2 種の文様とも残存する色調や状態は異なるが錫と考えられる。白く見えているのは錫が著しく腐食した結果と推測される。

(2) 文様の構造

顕微鏡における断面観察では、上から順に、文様層、漆膜、土壌の 3 層が確認できた。（図 4）錫と考えられる文様層は下側に平滑な面を持つきれいな板状をなし、最も厚い部分で約 30 μ m。その直下の漆膜は厚み 25 μ m で茶褐色を呈する。さらにその下の土壌層はきめ細かく厚みは 120 μ m 以上である。この土壌は調製され何らかの膠着材で混ぜ合わせた印象を受ける。鏡胎直上に存在することから、下地の可能性がある。

3. まとめ

以上の結果から、本資料は下地を施した鏡背面上に漆を塗り、2 種類の模様を切り抜いた板状の錫を載せた平脱（平文）鏡である事がわかった。錫の腐食が著しく台形部分の明確な形状は分からないため、何を意匠としたものかは不明である。波形の文様の意味とともに今後の課題である。また漆層直下の下地とした部分の技法についても検討しなければならない。

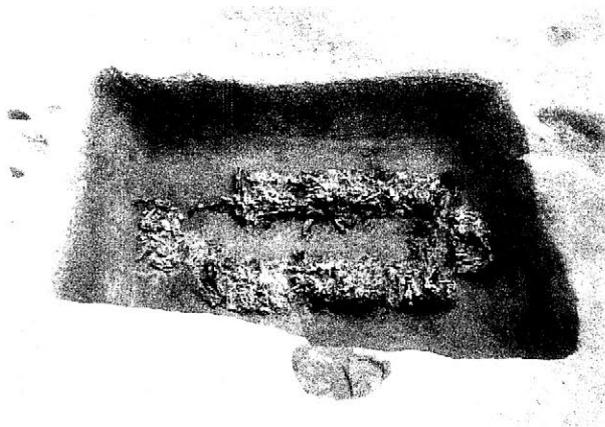


図1 鏡出土遺構 (宮 13ST045)

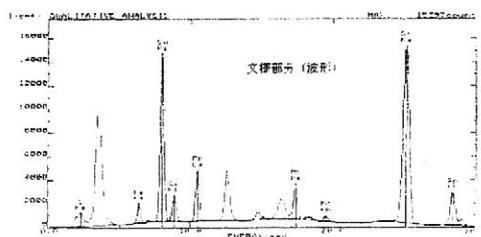
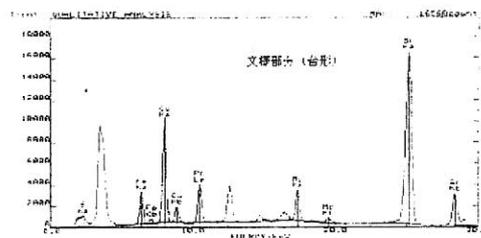
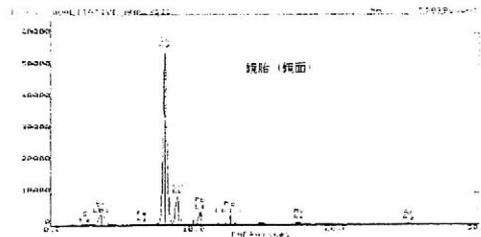


図3 蛍光 X 線分析結果

X線管電圧: 30 ~ 40kV コリメーター: 0.03mm
 X線管電流: 1.00mA ターゲット: Mo
 フィルター: なし



図2 鏡 現状



100 μm

図4 鏡背面 台形状の文様部分断面

主要参考文献

- 梁上椿 (1989) 『厳窟蔵鏡』 田中琢・岡村秀典訳 同朋社
- 中野政樹 (1973) 「奈良時代における出土・伝世唐式鏡の基礎資料および同范鏡の分布とその鑄造技術」
『東京国立博物館紀要第8号』
- 小林行雄 (1962) 『古代の技術』 塙書房
- 小松大秀・加藤寛 (1997) 『漆芸品の鑑賞基礎知識』 至文堂

謝辞

本資料の調査にあたり、九州国立博物館の方々に様々なご教示をいただきました。記して感謝申し上げます。

鹿児島県湧水町が保管する中世銅鏡の蛍光X線分析

○内田俊秀（京都造形芸術大学 芸術学部）、河野益近（京都大学 工学部）

1)はじめに

鹿児島県湧水町に所在する勝栗神社には、約 40 面の中世から伝世する銅鏡があり、現在は隣接する湧水町栗野中央公民館に保管されている。これらは一括して鹿児島県の文化財指定を受けている。今回現地で、可搬型蛍光X線分析装置を使用し、元素分析する機会を得たので報告する。

2)調査と測定条件

中世銅鏡40面（形式名称などの属性は、京都国立博物館 久保智康氏による）の分析に使用した機器はアワーズテック株式会社製 可搬型蛍光X線分析装置で、測定条件は、測定X線電圧 40Kv、電流 0.05mA、測定時間 250 秒、非破壊、なお安全には十分配慮し、X線の漏洩などないことを確認した。下記の表の記載事項で、「名称」から「鍍錫」までの記述は久保智康氏による。なお「sample」の欄で、「M」とあるのは鏡の鏡面をさし、「S」は鏡背をさす。本欄のそれ以外の記号は、測定部位をさす。

3)結果と考察

測定結果を以下の表にその一部を示す。

- ①砒素が検出されたものは No2 から No12 までの11面である。ほかに「Trace」と示される含有が疑われる例もある。なお前述の鏡11面の文様形式は、草花と二つの鳥があしらわれたもので共通しており、制作が同一集団の可能性も考えられる。
- ②鉛の検出量は、砒素の検出された鏡では低く、これ以外は相対的に高い。
- ③砒素と鉛の検出量の差について考察する。まず、砒素の検出された鏡に使用された銅地金を、奈良時代を中心に砒素を含む国産銅が使われたという事実を根拠に推測を進めると、これらの鏡の銅地金は国産を使用した可能性が高くなってくる。

次に、鉛が検出されたもののグループについて考察する。中世の銅製品は、一般的に鉛の含有が認められ、しかもやや多い傾向を示す。中世を代表する鎌倉の大仏には、高濃度の鉛(20%前後)が検出されている。これらの傾向から、鉛を含むグループは、中国産の銅銭に鉛を含むものが多数見受けられることから、中国産の素材(地金や銅銭)を使い、日本で鑄造したか、あるいは他の国で鑄造したか、鑄造場所はいくつかの可能性が考えられるものの、素材は中国産が考えられる。しかし現在の十分とはいえない情報量では、他の可能性も否定してはならない。つまり、銅含有量が高い日本産銅製品が最近発見されているが、これらに鉛などを加えれば同じような組成が出来上がるので、特に鉛の含有率に注意を払う必要もある。また美術史との連携で、文様形式とのつき合わせも必要な検討事項である。

なおこの研究は、文部科学省科学研究補助金特定領域研究『中世考古学の総合的研究—学融合を目指した新領域創生—』「A01-2 中世における銅鉄の金属生産とその流通に関する研究」の2005年度研究成果の一部である。

鹿児島県湧水町 勝栗神社蔵 中世銅鏡

NO.	名称	径(cm)	鏡錫	sample	Cu (wt%)	As (wt%)	Pb (wt%)	Sn (wt%)	As/Cu (重量比)	Pb/Cu (重量比)	Sn/Cu (重量比)
1	瑞花双鳳懸鏡	24.30	鏡面	No.1M	74.98	ND	17.03	7.99	0.00	0.23	0.11
				No.1M	75.67	ND	17.20	7.13	0.00	0.23	0.09
				No.1S右	59.01	ND	31.75	9.24	0.00	0.54	0.16
				No.1S左	74.27	ND	17.61	8.12	0.00	0.24	0.11
2	瑞花蝶鳥懸鏡	18.10	鏡面	No.2M	73.63	2.42	1.76	22.19	0.03	0.02	0.30
				No.2M 2	74.24	2.68	1.43	21.64	0.04	0.02	0.29
				No.2M 3	74.22	2.73	1.14	21.92	0.04	0.02	0.30
3	瑞花蝶鳥懸鏡	18.00	鏡面	No.3M	75.78	2.13	2.36	19.72	0.03	0.03	0.26
4	浮雲草花双鳳懸鏡	13.30	鏡面	No.4M	84.25	3.93	2.90	8.91	0.05	0.03	0.11
5	浮雲草花双鳳懸鏡	13.30	鏡面	No.5M	75.58	2.45	3.80	18.17	0.03	0.05	0.24
6	浮雲草花双鳳懸鏡	13.35	鏡面	No.6M	84.65	3.66	3.85	7.84	0.04	0.05	0.09
7	浮雲草花双鳳懸鏡	13.30	鏡面	No.7M	80.92	3.34	3.82	11.92	0.04	0.05	0.15
8	浮雲草花双鳳懸鏡	13.40	鏡面	No.8M	82.99	4.53	6.98	5.51	0.05	0.08	0.07
9	浮雲草花双鳳懸鏡	10.15	鏡面	No.9M	80.40	4.48	5.92	9.21	0.06	0.07	0.11
				No.9M	82.49	4.47	4.44	8.59	0.05	0.05	0.10
10	草花蝶鳥懸鏡	10.05	鏡面	No.10M	81.41	4.29	4.60	9.70	0.05	0.06	0.12
				No.10M	80.46	4.55	4.94	10.05	0.06	0.06	0.12
11	草花双鳥懸鏡	9.95	鏡面	No.11M	78.67	3.94	4.46	12.93	0.05	0.06	0.16
				No.11M	78.87	3.78	4.87	12.48	0.05	0.06	0.16
12	草花双鳥懸鏡	9.95	鏡面	No.12M	77.54	3.01	2.33	17.12	0.04	0.03	0.22
				No.12M	76.55	2.99	2.33	18.13	0.04	0.03	0.24
13	蓬萊鏡	19.45	鏡面、背面	No.13M	77.10	ND	12.35	10.55	0.00	0.16	0.14
				No.13S	71.64	Trace	15.68	12.67	0.00	0.22	0.18
14	蓬萊鏡	19.80	鏡面、背面	No.14M	70.75	ND	20.47	8.78	0.00	0.29	0.12
				No.14S	72.21	Trace	18.09	9.70	0.00	0.25	0.13
15	蓬萊鏡	21.40	鏡面、背面	No.15M	72.68	ND	18.78	8.55	0.00	0.26	0.12
				No.15S	72.89	ND	18.77	8.34	0.00	0.26	0.11
16	蓬萊双雀鏡	11.05	鏡面	No.16M	67.06	ND	24.28	8.66	0.00	0.36	0.13
				No.16M	71.63	ND	19.46	8.91	0.00	0.27	0.12
17	蓬萊双雀鏡	11.05	鏡面	No.17M	73.82	ND	17.24	8.94	0.00	0.23	0.12
				No.17M	72.48	ND	18.82	8.70	0.00	0.26	0.12
18	蓬萊双雀鏡	9.30	鏡面	No.18M	67.82	ND	24.33	7.85	0.00	0.36	0.12
				No.18M	69.98	ND	22.31	7.71	0.00	0.32	0.11
19	蓬萊鏡	14.90	鏡面、外側面	No.19M	76.40	ND	15.48	8.11	0.00	0.20	0.11
				No.19S	68.27	Trace	22.82	8.92	0.00	0.33	0.13
20	蘆千鳥鏡	10.20	認めず	No.20M	72.88	ND	19.98	7.14	0.00	0.27	0.10
				No.20M	72.31	ND	20.26	7.43	0.00	0.28	0.10
				No.20M	72.48	ND	20.39	7.13	0.00	0.28	0.10
21	薄蝶鳥鏡	9.75	鏡面	No.21M	73.34	Trace	18.83	7.82	0.00	0.26	0.11
				No.21M	72.72	ND	18.99	8.28	0.00	0.26	0.11
22	竹垣松柳飛雀鏡	9.90	認めず	No.22M	72.58	ND	19.63	7.79	0.00	0.27	0.11
				No.22M	72.32	ND	20.20	7.48	0.00	0.28	0.10
23	州浜千鳥鏡	8.65	鏡面、背面	No.23M	77.17	Trace	16.28	6.55	0.00	0.21	0.08
				No.23M	77.17	Trace	16.80	6.02	0.00	0.22	0.08
24	山吹蝶鳥鏡	11.20	鏡面	No.24M	73.21	ND	19.05	7.74	0.00	0.26	0.11
				No.24S	73.20	Trace	17.70	9.10	0.00	0.24	0.12

西楽寺所蔵銅製不動明王像と胎内から検出された寛永通宝の組成分析

○橋本俊範*、西楽寺、杉本和江**、杉本圭祐**、袋井市教育委員会
 (*奈良大学大学院、**古美術修理すぎもと)

1. はじめに

西楽寺（静岡県袋井市）が所蔵する銅製不動明王像（以下、不動明王像）の修復が古美術修理すぎもとにより行われた。当初、不動明王像の脚部は中空で折損しているものと考えられていたが、修復に伴う事前調査によりホゾ組みであることがわかった。修復は像の自立を最大の目的としていたため、両脚のホゾ組み部が切断された。胎内からは寛永通宝が2点発見されている（以下、胎内寛永通宝）。

本稿は不動明王像から切断された両脚部片、胎内から検出された寛永通宝の蛍光X線分析した結果について報告し、「江戸時代」という共通のキーワードから、不動明王像と胎内寛永通宝を橋本がこれまでに分析した伝世の寛永通宝と比較し関連性について検討を試みるものである。

2. 資料について

(1) 不動明王像

本明王像の台座には、「宝永七年」や「常味」など鑄造年代や製作者を示す銘文がある。切断された両脚部片には、片側に鑄造時の中子砂が残存していた。

(2) 胎内から検出された寛永通宝

古寛永通宝（直径 23.8mm、厚さ 1.2mm、重さ 3.3g）、新寛永通宝（直径 23.4mm、厚さ 1.4mm、重さ 2.8g）が1点ずつあった。意図的であろうか表側に折り曲げられており、新寛永通宝は折損していた。故意に入れられたものか、納入品として納められたものかは不明である。

3. 分析方法と結果

エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置（EAGLE II-XXL(NR)、EDAX Inc.製）で定性・定量分析した。分析は基本的に地金部で行うこととし、不動明王像脚部片は切断時にできた地金部（切断面）を分析し、胎内寛永通宝は腐食部をメスで1mm四方削った地金部と比較のために腐食部の両方で分析した。

不動明王像はおおよそ銅 88.4%－錫 4.4%－鉛 7.1%の鉛青銅であることが推定できる。古寛永通宝は銅 74.3%－

表 1. 不動明王像と胎内寛永通宝の主な元素と含有率（地金部）

資料	検出元素 (wt%)			
	Sn	Fe	Cu	Pb
不動明王像 左脚	4.5	0.1	88.5	6.9
不動明王像 右脚	4.3	0.3	88.2	7.3
古寛永通宝	16.5	0.2	74.3	13.5
新寛永通宝	2.5	1.6	83.8	12.1

16.5%—鉛 13.5%の鉛青銅、
新寛永通宝は銅 83.8%—錫
2.5%—鉛 12.2%の鉛青銅と
推定できる（表1）。

4. 考察

昨年度の本大会で伝世した
170 点の寛永通宝を蛍光
X線分析し、組成成分から
も分類できる可能性を指摘
した¹⁾。そこで、不動明王像
と胎内寛永通宝の組成が伝世
の寛永通宝と類似している
かどうかその関連性について
考察する。

蛍光X線分析により Cu、
Sn、Pb が主元素であるとわ
かったため、それぞれの定
量値から Sn/Cu 比・Pb/Cu
比を算出し、グラフにプロ
ットした（図1、図2）。し
かしながら、不動明王像と
胎内寛永通宝からは、伝世
の寛永通宝との関連性を
見出すことはできなかった。

5. おわりに

寛永通宝は長期にわたって
鑄造されたため、数量・種
類ともに膨大である。今回
の分析では残念ながら特徴
を見出すことはできなかった。
しかし、キーワードである
「江戸時代」を考えていく
うえで鑄造技術や流通に関
してひとつの科学的根拠と
なりうるものとする。保存
科学、考古学、美術史学、
史料学、民俗学、冶金学、
古銭学など総合的視野で
研究することで江戸時代を
より深く研究できるに違
いない。

注

1) 橋本俊範「蛍光X線分析法による寛永通寶の研究」『日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会 2005年 pp.198-199

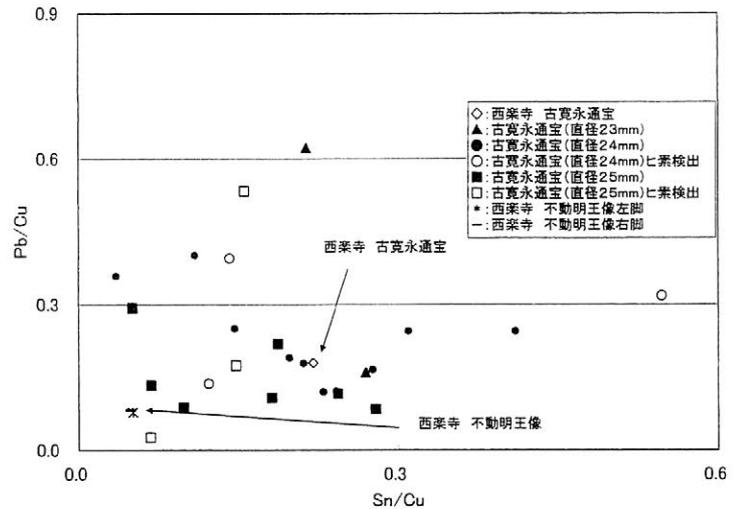


図1. 古寛永通宝の元素の重量比グラフ

※古寛永通宝無文は直径で分類した上で
蛍光X線分析した。

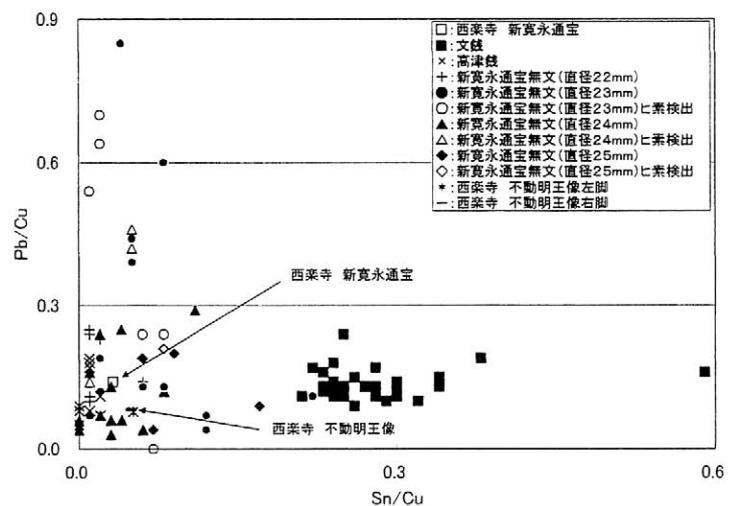


図2. 新寛永通宝の元素の重量比グラフ

※新寛永通宝無文は直径で分類した上で
蛍光X線分析した。

EPMA による名古屋城天守閣鉄釘の材質調査

○加藤 将彦、平井昭司（武蔵工業大学工学部）

1. はじめに

名古屋城は徳川家康により慶長 15 年（1610 年）に築城された。慶長 17 年（1612 年）には天守閣が完成し、その後も幾度か大小の修理が行なわれた。昭和 20 年（1945 年）には戦災により全てが消失してしまい、現在の天守閣は昭和 34 年（1959 年）に再建されたものである。消失されるまでの天守閣に用いられた瓦鉄釘の 300～400 本は回収され、民間に払い下げられ長期にわたって保存されていた。これらの瓦鉄釘は、天守閣の端部分にある直径約 20cm 程の巴瓦を止めるために使われていた。今回、それらの鉄釘うちの 6 本を一連の材質調査のために使用した。

2. 分析試料

図 1 に名古屋城天守閣の鉄釘、上から No.1～6 の計 6 本を示す。

鉄釘の重量は 1 本あたり 46～56g 程度、長さ約 300mm、断面は約 5mm 角で、長さの割には細長い形状をしている。頭部は胴部を平らに叩き半楕円状になっている。

各種分析のために印部分よりダイヤモンドカッターを使用して、試料の採取を行った。

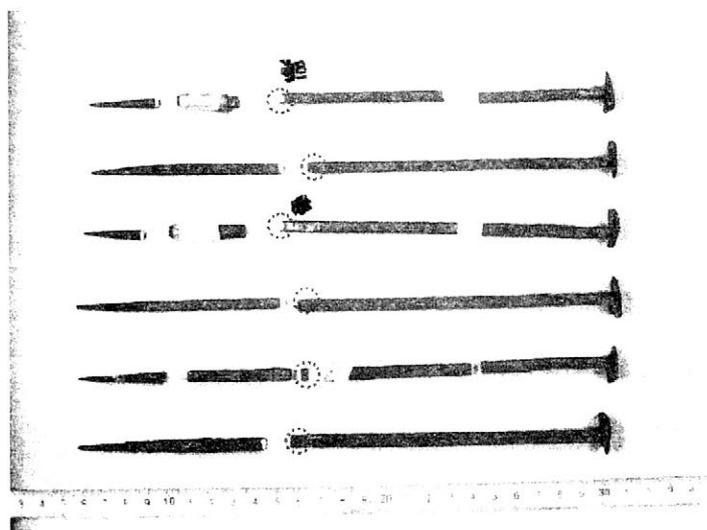


図 1 名古屋城 天守閣鉄釘

3. 分析

1) 光学顕微鏡による金属組織観察

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：融点 70℃）で埋め込み、硬化させた後に研磨を行った。表面にほとんど傷が見られない状態に仕上げたものを 3% ナイタル液（硝酸：エタノール＝3：100）によりエッチングを行い、金属組織の現出を確認して顕微鏡観察を行った。観察は Nikon EPIPHOT 300 を使用し、倍率 100 倍で行った。

2) EPMA（電子プローブマイクロアナリシス）法

JXA-8200（日本電子株製）を使用して EPMA 分析を行った。本装置は電子線を試料に照射する分析装置で、電子顕微鏡の機能とエネルギー分散型特性 X 線スペクトロメトリーの機能を有している。光学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 の蒸着を行い、加速電圧：15kV、照射電流： 10^{-9} ～ 10^{-6} A（自動設定）の条件で行った。

4. 分析結果及び考察

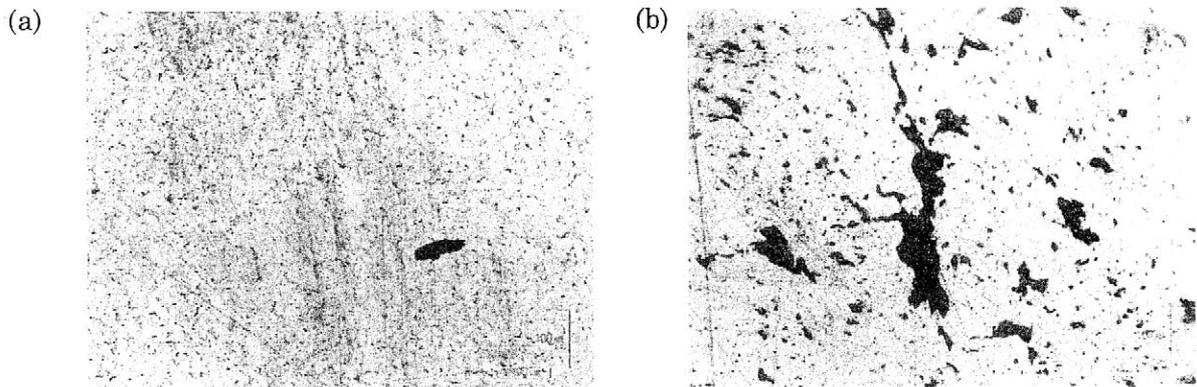


図2 鉄釘内部の金属組織 (×100) (a) No.1、(b)No.6

図2に光学顕微鏡による観察から得られた鉄釘内部の金属組織を示す。試料 No. 1、2、4には細かいフェライト及びパーライトの組織が分布している様子が確認でき、小さな非金属介在物がごく僅かに存在している。それに対して No. 3、5、6 中には大きな非金属介在物が多く存在している様子が確認できた。ICP-AESによるPの定量ではNo. 1、2、4で530、510、650ppm、No. 3、5、6で2250、4120、3440ppmと、大きな非金属介在物が存在する試料では他の3試料に比べて格段にP濃度が高いことが分かる。このことから、非金属介在物の存在とP濃度には依存性があることが考えられる。

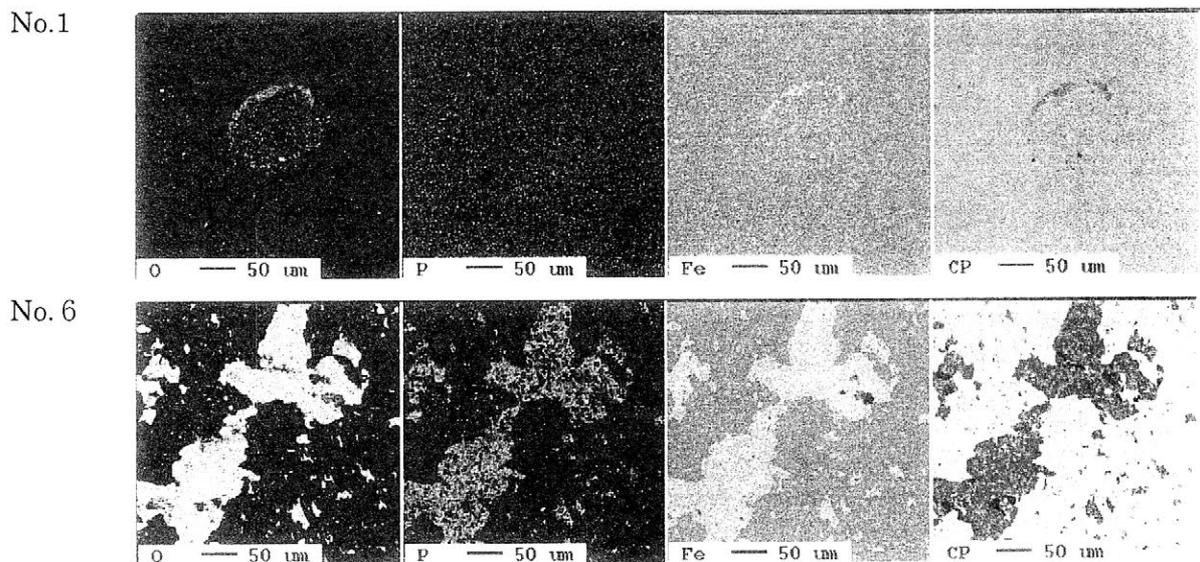


図3 EPMA解析像 (左からO、P、Fe、反射電子像)

P濃度の低い鉄釘の代表としてNo. 1を、P濃度の高い鉄釘の代表としてNo. 6のEPMA解析結果を図3に示す。P濃度が低い3本の鉄釘中では非金属介在物の存在がほとんど見られず、金属組織中にPの分布は確認できなかった。それに対して、P濃度が高い鉄釘中では非金属介在物中にPが分布している様子が確認できた。この結果から、鉄釘中のP濃度と非金属介在物の存在には依存性があることが分かった。さらにPと同時にOとFeも存在していることから、鉄鉱石中の主な不純物成分であるリン酸鉄としてPが存在し、精錬及び鍛造過程で除去し切れずに残存したものと考えられる。このようにP濃度の高い鉄釘は鉄鉱石を原料として作られたことが推察できる。

大坂城跡出土刀装具の材質・構造的調査

清水 梨代 ((財)大阪府文化財センター)

はじめに

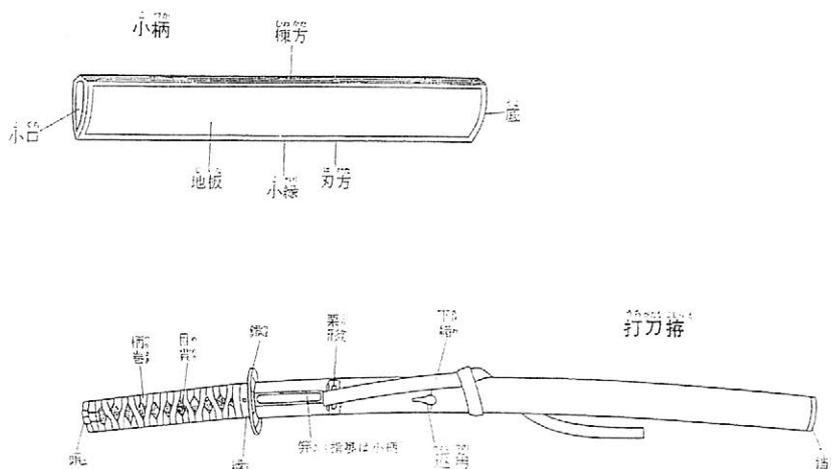
織田信長による室町幕府15代将軍足利義昭の追放から、大坂城落城により豊臣氏が滅亡するまでの織豊期から江戸時代初頭にかけての約半世紀の間に生み出された美術は、日本美術史上において最もエネルギーで華やかなものであった。同時にそれはこれまでの深い教養を基盤とする文化の担い手とは異なる、わかりやすく絢爛豪華であることを良しとする新興の戦国大名や豪商といった新たな文化の担い手が登場した時代でもある。今回、大坂城跡03-1調査土坑5出土金属製品（総数1500点）の一部を保存処理するのに伴い、そのうちの1点である小柄の科学的調査を行う機会を得た。

調査手法

- ・ 肉眼観察
- ・ 実体顕微鏡による観察
- ・ X線透過写真による観察
 - 【撮影条件】 電圧：120Kv 電流：5 mA 距離：1 m
 - 時間：1分 フィルム：富士IX80
- ・ エネルギー分散型蛍光X線分析器による材質分析
 - 【測定条件】 奈良大学文化財学科保存科学研究室設置
 - エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置 EAGLE II XXL NR
 - 電圧：30Kv 電流：650 μ A 測定時間：300秒 管球：クロム
 - コリメーター：0.1mm 測定環境：真空 アメリカEDAX Inc.製



【写真1】大坂城跡03-1
土坑5出土剣巻龍小柄



【図1】刀装及び小柄各部の名称
(「日本の美術137 刀剣」小笠原信夫 至文堂1977)

結果

① 肉眼観察及び顕微鏡観察

- ・ 機械的および化学的クリーニングによる錆除去の結果、この小柄は直径 0.5mm 弱の魚々子鑿を用いた精緻な魚々子地に剣巻龍を配したものであることがわかった。
- ・ 小柄の小口および底の接合部、金の破損した部分を肉眼および実体顕微鏡で観察した結果、鍍金特有のミガキ痕跡が確認されなかっただけでなく、鋳銅製の本体の上にアルミホイル程度の厚みの金を被せていることが確認できた。

② X線透過写真による観察の結果

小柄の本体と剣巻龍は別鋳造されており、剣巻龍が 3 本の鉋により本体と接合されていることが確認できた。

③ エネルギー分散型蛍光X線分析器による元素分析

- ・ 鋳銅製の本体に被せられた金薄板は元素分析の結果、金と銀の合金である所謂、青金がいわれていることが分かった。
- ・ 水銀が検出されなかったことから、金鍍金を用いていない可能性が極めて高いことがわかった。以上のことから、この小柄は何らかの方法で金薄板と本体を接着(ロウ付け、漆等)させた金薄板被せを用いていると考えられる。
- ・ 肉眼観察でも顕微鏡観察でも、剣巻龍に金泥および金箔を確認することはできなかったが、元素分析の結果、金の検出が確認された。

考察

以上のことから、次のようなことが推察される。

- ① この小柄は古代、中世以来の伝統的な金着の技法である「うつとり」(注1)ではなく、金薄板を被せるという桃山時代以降の典型的な技法を用いたものであることがわかった。また、今回の調査では水銀の検出が確認できなかったことから、鋳銅製の本体と金薄板を水銀以外の何らかの方法(漆、ロウ付け等)で接着していたと推定される。なお今後、近世の金工品の科学的分析の機会が増えれば、このような金の装飾技法についてもより正確な情報が得られるものと期待される。
- ② 剣巻龍からも金が検出されたことから、当初はこの部分にも箔押し等で金が施されていたものと考えられる。
- ③ 精緻な魚々子地に剣巻龍を配するという意匠的な側面からだけでなく、金薄板の材質や厚み等からもこの小柄が後藤家周辺の職人によって製作された所謂「家彫り」(注2)の作品である可能性が考えられる。

注1：袋着ともいい、文様の表を金の薄葉で包む技法。

注2：室町時代後期から続く装剣金工の家系である後藤家の作のこと。足利義政のお抱えであった初代後藤祐乗以来、後藤家は将軍家や大名家の御用を務めた。三所物(小柄・笄・目貫)の製作を主とし、用いる素材も赤銅・金・銀で、題材も獅子・龍、虎などに限られた。

【参考文献】

- 「大坂城跡Ⅲ」((財)大阪府文化財センター 2006)
- 「日本の美術 137 刀剣」小笠原信夫(至文堂 1977)
- 「日本の美術 437 飾金具」久保智康(至文堂 2002)
- 「日本の美術 443 金工技術」村上隆(至文堂 2003)
- 「中・近世金属工芸品の製作技法と組成成分分析」『学叢』第26号
西山要一・久保智康(京都国立博物館 2004)

倉科将軍塚古墳 2 号墳出土短甲復元にともなう調査研究

服部 哲則(東京学芸大学)・矢島 宏雄(千曲市教育委員会)・木下 正史(東京学芸大学)

はじめに

文化財科学研究室では、1999年から2000年にかけて長野県更埴市(現千曲市)倉科将軍塚1号・2号墳および有明山将軍塚出土の鉄製武器・武具類の保存処理を行った。この中で、倉科将軍塚2号墳出土の三角板革綴短甲片の表側のみが赤もしくは橙色を呈していることを確認し、脱落微細破片の断面顕微鏡観察等を行った。しかし、短甲片の赤色を呈する層は非常に薄く、機材、時間の制限から発掘報告書執筆の段階では赤色顔料を含有する樹脂の可能性ありとの記載に留まった。(註 1)

今回、倉科将軍塚2号墳出土三角板革綴短甲の複製品を作成するのに際し、赤色を呈する層の材質解明に向けての再調査を試みた。本発表ではこれまでに得られた調査結果についての中間報告を行う。

本調査の目的は、以下のとおりである。

- (1) 表側表面層の赤色物質の材質調査。
- (2) 上記赤色物質の短甲片への付着方法。

1. 分析方法と結果

(1) 赤色物質の材質分析

SEIKO社製蛍光X線分析装置 SEA5120 により表面から赤色顔料構成元素のうち[Fe]のみが検出されており、鉄酸化物であろうと予測された。腐食生成物の可能性もあるので、鋼板の腐食試料との比較も行った。X線回折での分析も考えられたが、非破壊での分析の必要性があったため、今回は以下の光学的な分析調査を試みた。

①デジタルマイクロスコープによる比較観察

キーエンス社製デジタルマイクロスコープVHX-200にワイドレンジズームVH-Z100を取り付け、500～1000倍の顕微観察を行った。

観察によると三角板革綴短甲片の表側赤色層表面は平滑で、粒子も細かく、短甲片裏側の表面とは明らかに異なる。以下に示す日本画顔料のベンガラとタイシャの粉末粒子を顕微観察した結果、粒子の形状、また色の状態から短甲片表側の赤色はベンガラまたはタイシャに近いものと判断された。

日本画顔料：ベンガラ(漆用顔料弁柄 発売元 播与 購入先 東急ハンズ)
タイシャ(天然岱赭 購入先 上野善屋)

②分光光度計による分析

東京文化財研究所のPhoto Research社製分光光度計PR650 による測定を行った。(註2) 測定に用いた資料は、保存処理No. 4の三角板である。その赤色を呈する表側と、黒い裏側とを比較した。

表側の測定チャートでは、橙色を示す 600nm～650nmあたりにピークを示すこぶが現れている。裏側の測定チャートにはこのようなこぶは全体に見られず、黒色を呈していることを示している。

③色差計による分析

日本電色工業(株)製 ハンディ型簡易分光色差計 NF333 により、保存処理No. 28, 46の帯金表側の赤色を呈する付着層部分、付着層がはげた部分、および裏側と、以下の条件で作成したベンガラ、タイシャの塗布試料とを測定し、Labグラフで比較した。

顔料塗布試料作成条件

顔料：②で用いたと同一のもの。

支持体：雲肌麻紙 メディウム：粒膠

結果は図4～7で示すとおりで、帯金表側の赤色は純粋な顔料より鮮やかさは無いものの、ベンガラの赤みに若干黄色味が加わり、ベンガラおよびタイシャに近い色味をしているものと判断された。

(2) 漆成分の存在

明治大学工学部の熱分解ガスクロマト質量分析装置により短甲片表面層の破片を分析した。手元にあった未処理の脱落片の中で分析に必要な大きさの関係から、微小片1点のみが分析にかけられた。分析結果のピークを見せているのは保管収納用プラスチックなどに用いられる可塑剤の成分で、ごく微量な成分で通常現れないが漆の成分を探して分解能をあげた結果である。しかしながら、分解能を

あげても日本漆に含まれるウルシオールを示すピーク (m/z 320) および、ベトナム産漆に含まれるラッコールを示すピーク (m/z 348) は現れず、本試料により漆の使用を示す証拠は得られなかった。(註3) 現在保存処理済の脱落片の分析を依頼しているところであるが、含浸樹脂の影響をどのように除去するかが課題である。

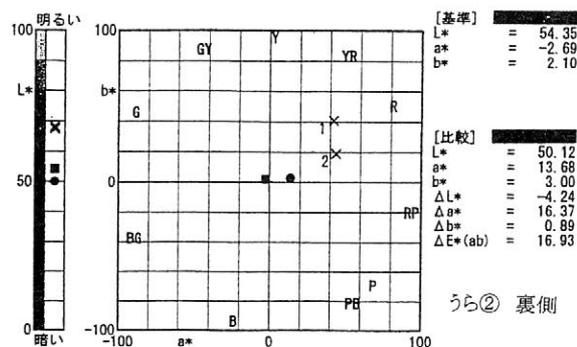
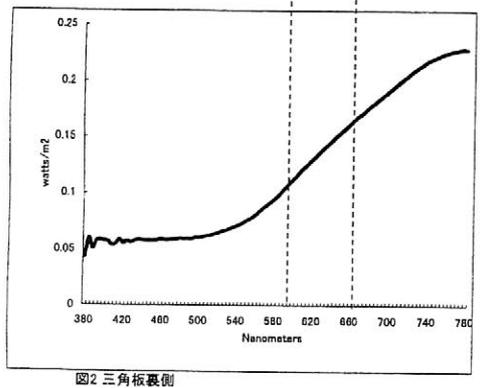
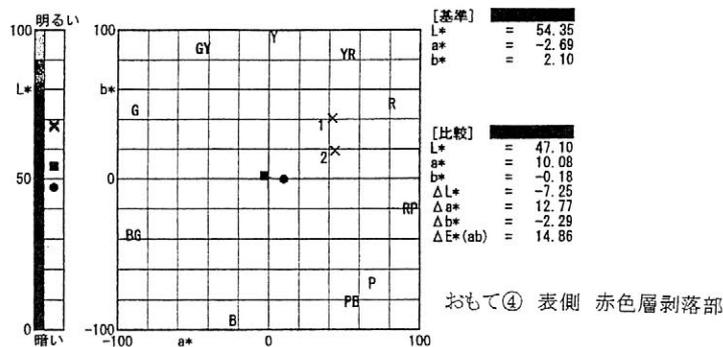
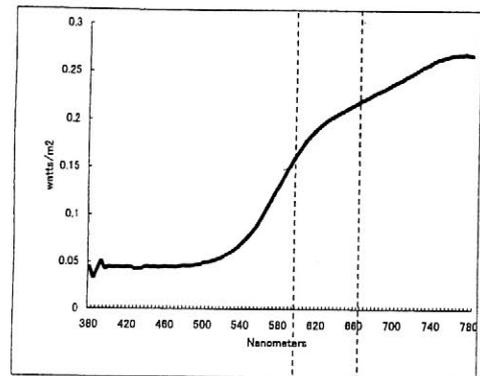
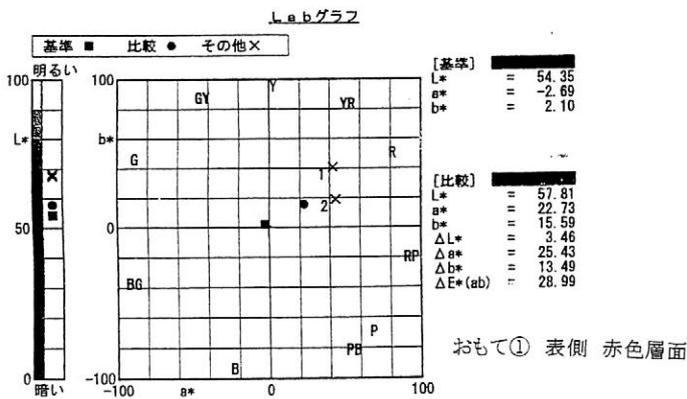
3. 考察

本調査によって、赤色物質の付着に用いられたと推測された漆の存在は確認されなかった。一方、短甲表側の赤色等を呈する層を構成する粒子は非常に微細均一であり、日本画顔料との比較から、形状、色彩共にタイシャに近いものと推定される。この層が表側のみに形成され、裏側にその痕跡が無いことから埋蔵中の腐食によるものとは考えにくく、何らかの表面処理により、人工的に付着されたものである可能性は捨て難い。

今後、埋蔵環境により鋼板の表裏に腐食生成物の違いが現れることはあるのか、また古代の漆を用いない表面処理法の可能性はあるのかについて、実験的研究を続けて行きたいと考えている。

註

- (1) 服部哲則、難波道成「第4節 出土鉄製品の保存科学的調査および処理」
更埴市内前方後円墳範囲確認調査報告書—有明山將軍塚古墳・倉科將軍塚古墳—
長野県更埴市教育委員会 pp.135-138 2002年
- (2) 国際文化財保存修復協力センター 朽津主任調査官、関 研究補佐員のご協力による。
- (3) 宮腰哲雄 漆化学の進歩：バイオポリマー漆の魅力 アイピーシー，2000
および分析後の先生のコメントによる。



光源:C/2 ×1: タイシャ ×2: ベンガラ ●: 測定結果

姫路市宮山古墳出土鑣轡の復元模造品製作

塚本敏夫（(財)元興寺文化財研究所）大谷輝彦（姫路市教育委員会）

菅野成則 撫養健至（(株)スタジオ三十三）中村栄順（中村工芸）

1. はじめに

古墳時代中期は大陸から朝鮮半島を經由して様々な新しい技術や文化がた時期である。北方騎馬民族のあいだで盛行していた騎馬の風習も新しくもたらされた文化の一つである。騎馬の普及による社会的な影響は①軍事体制の変化(戦歩兵戦から騎馬戦)、②手工業生産の発達(鍛冶、金工、木工、繊維・皮革工芸、漆工等の技術)、③運輸・情報の発達(人・物の運輸や情報伝達の迅速化)の3つがあげられ、初期国家の成り立ちの整備・発展に大きく寄与したと考えられる。

著者らは兵庫県姫路市宮山古墳出土の2つの鑣轡の保存処理と資料化を行う機会を得た。昨年の発表(塚本他2005)では、その初期馬具の鞍鞆加工技術における多様性についての紹介と復元実験を通じて製作技術の推定を試みた。

今回、復元実験の成果を踏まえて、第2主体部出土鑣轡の復元模造品製作を行った。そこで、今まで構造が不明であった有機質製鞍の使用部位や立耳座金具の用途や機能のある程度復元することができたので得られた若干の知見を報告する。

2. 第2主体部出土鑣轡の概要

鑣轡は、銜、遊環、引手、鑣とそれを固定する吊金具付の板状掛留式立聞金具からなる。

銜外環には、鑣の一部が立聞座金具に立聞金具が差し込まれた状態で付着している。

銜は2連で、左銜3単位、右銜4単位の振りを同一方向に加えてある。鑣が差し込まれる外環は左が右に較べて若干大きく、外径で長径4.5cm、短径4.2cmと軸方向が若干小さい不整形円形で、1本の鉄棒を曲げて環部を作り鍛接している。それに対して、連結部の内輪は外径2.3cmの円形で鉄棒を曲げて環を作っているだけである。銜留は11cmをはかる。

遊環は外径で長径3.1cm、短径2.2cmの隅丸長方形で、一辺0.8cmの断面隅丸方形の棒材を環状に折り曲げている。

引手は長さ21cmを計測する。遊環と同じ規格の棒材によって製作された1条線引手である。引手壺は引手本体に対して90°折り曲げられる、いわゆる“くの字状引手”であり、引手に振りは施されていない。銜と連結する環は外径で長径2.0cm、短径1.8cm、引手壺は断面円形で外径2.5cmを計測する。銜と連結する環、引手壺ともに棒材の端を環状に折り曲げることによって製作しており、環の端部は鍛接されている。

3. 鑣轡の復元製作

(1) 鉄製部品製作

馬具を構成する鉄製部品(銜、遊環、引手、立聞金具一式)を遺物観察および、復元予備実験結果に基づいて製作した。

尚、鋼材は市販のSS400材を使用した。また、技術的困難をいかに、復元展示品としての防錆の観点から焼付き漆で表面のコーティングを行なった。

銜の製作

銜は1本の棒鋼を両端部に環部を作って、外環部は鍛接し、内環は曲げのみで鍛接しなかった。銜の振り技法の復元は前回の復元実験で一番現物に近かった芯棒で複数本の針金を緩く巻き並べてから加熱して振る方法を採用した(写真-1)。

引手・遊環の製作

引手は棒鋼を鍛打して断面を隅丸方形とし、両端の曲げて環を作成した。尚、引手壺部は環を作製した後、90度弱の角度に曲げた。遊環も同様棒鋼を鍛打して断面を隅丸方形とし、曲げて環部を作成した。

立聞金具の製作

立聞金具は立聞座金具と板状掛留式立聞金具からなり、それぞれ、現物に合った厚みの鉄板を切出し、鑿錐(ドリル)を使用し加工し、端部を鑿仕上げした。立聞座金具は幅25mm×長さ35mmの鉄板を鑣にあわせて曲げ加工した。



写真-1 銜の製作(製作図とのチェック)

(2) 鑣の選定・加工と組立

鑣の材質

材質は鉄、青銅の金属製のものや骨、角、木質等の有機質のものがある。本品は立聞座金具に付着した痕跡から有機質と考えられ、中実である点から角の可能性が高いことから、鹿角を選定した。

また、鹿角のサイズは何種類かピックアップし、銜外環の大きさにあったものを選定した。

鑣の使用部位と加工

鹿角のどの部分を使用するかは大きな問題であった。当初、S字に近い箇所と仮定し、3尖部を加工して嵌め込むと考えていたが実際に加工すると外環に入れるために目当削り込まなければならぬ。そこで、詳細に現物を観察すると、座金具の曲げ角度や遊景との隙間を考えると断面がくの字開きの可能性が高いことがわかった。

実際の鹿角を観察すると2尖部が一番近いことが判明した。

そこで、この銜の大きさにあう鹿角を探してきて、2尖部を落として、嵌め込むとフィットした。この際、2尖部の加工跡は約35mmで、ちょうど立聞座金具の長さ一致した(写真-2)。当初、立聞座金具の機能について判断しかねていたが、加工跡を隠すための化粧板の役割を果たしていたことが判明した。

次に、どこまで使うかであるが、立聞部上部に当たる1尖部部分が約12cmでバランスとF字形鏡板の平均値の24cmを意識して、下側も12cmに当たる3尖の付根部分で裁断して使用した。鹿角のこの部分を使用することにより、加工を最小限に抑え、鹿角本来の外観・質感を損なわずに鑣を作製することが判明した。馬に装着した姿はあたかも牙のような装飾性の高い轡であったことが推定できた。

鑣の組立

落とした2尖部の根元に立聞金具の脚足に合わせた孔を穿孔し、鑣を銜外環部に差込み座金具を嵌めて立聞金具を打ち込み、固定し組立てを完成した(写真-3, 4)。

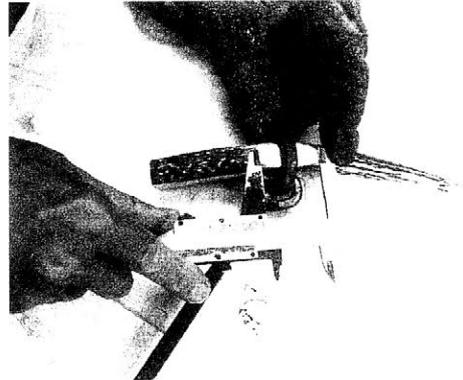


写真-2 鹿角2尖部の加工跡

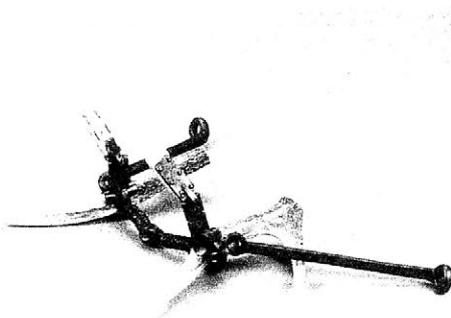


写真-3 鑣の復元模造品(全体)



写真-4 鑣の復元模造品(細部)

4. おわりに

初期馬具の一連の復元を通して古代の馬具製作の実態が明らかになる程度自れた。

轡の中でも鑣は鑣が残っていないため、実用性の高い馬具との評価しかできなかった観が強い、しかし、製作技術的にも合理的で、しかも非常に装飾性の高い轡であったことがある程度推定できたのではないだろうか。

参考文献

- 塚本敏夫他2005「東アジアの初期馬具における構成員技術の多様性に関する復元的研究」『日本文化財科学会第22回大会 研究発表要旨集』
塚本敏夫他2001「初期馬具の製作技法の復元的研究」『日本文化財科学会第18回大会 研究発表要旨集』

前近代大鍛冶工程の再現にむけた予備実験

○ 高塚秀治（国立歴史民俗博物館）、服部晃央（国際基督教大学）、
齋藤努（国立歴史民俗博物館）

1. はじめに

製鉄の工程は、原料となる砂鉄の採取から始まり、これを還元して粗金属を得る「製錬 (smelting)」、不純物の除去と、鉄の性質を左右する炭素濃度の調整を目的とする「精練 (refining)」、そして製品とするための「鍛造」「鑄造」を経る。このうち、「製錬」については、「日刀保たたら」による近世たたら技術の継承や、文書の研究、遺跡の調査、それらに基づく多くの再現実験が行われ、その内容がほぼ明らかにされている。また、「精練」のうち炭素濃度を調整する「卸」は、刀剣鍛冶などによって伝承されている。

しかし、本来は製錬に続く工程として行われ、銑鉄の中の炭素を大幅に減少させて包丁鉄（軟鉄）を作るための技法である「大鍛冶」については、わずかに文献上の記録は残っているものの技術の伝承が途絶えており、現在ではその実態がよくわからなくなっている。われわれは、その大鍛冶の再現実験を行う計画を進めており、まだ温度や送風など条件の設定は不十分ながら、予備的な実験によって、比較的短時間の操業で銑鉄からきわめて低炭素の鉄を作ることができたので、その報告を行う。

2. 実験

操業は宮城県在住の刀匠・法華三郎信房氏と法華三郎栄喜氏のご協力により、両氏の工房内で行った。明治・大正期まで伝えられた前近代の大鍛冶技法が、山田（1918）、俵（1933）によって調査報告されている。わずかに傾斜した炉床上で、羽口の前に原料の銑鉄をアーチ形に積み重ねた上を小炭で覆い、送風・加熱してアーチ形の内面から漸次銑鉄を熔融させると、それが滴下する際に高温の酸化炭素にふれることによって鉄の脱炭がおきる、というのが両報告に共通する基本的な工程である。ここでは中国地方（鳥取県）における記録を参考にし、山田（1918）の報告にある開放型の炉（図 1）と俵（1933）の報告にある煙突形の炉（図 2）を構築した。実験規模であるため炉の大きさ、使用した原料や木炭の量などは記録にあるものよりもスケールダウンし、また炉の構築に使用した材料やその組立については、

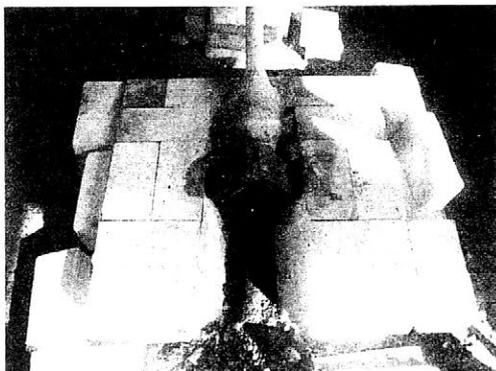


図1 開放炉

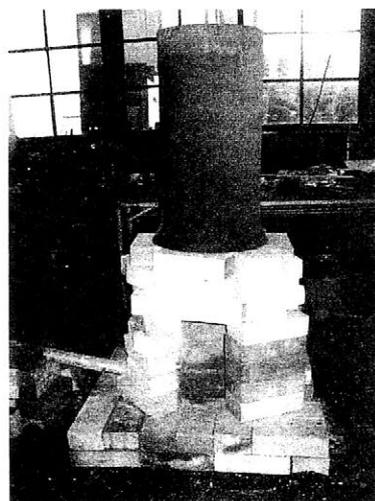


図2 煙突炉



図3 開放炉による操業

反応に直接かかわらない部分を簡略化した。炉底や炉壁には耐火レンガを使用し、中央部にはレンガをおかずに火室となる長方形の凹みをあけた。開放炉はこの炉底部のみで操業し、煙突炉はこの上に、横の2方向が開口するように炉壁を積み煙突をのせて操業した。

原料となる銑鉄は江戸時代の建築物の門に使用されていた肘金である。切断した2片を上部が寄り掛かりあうようにして羽口の前面に置き、風がその下を通り抜けるようにした。いずれの炉でも、合計およそ5kgの原料と木炭7〜7.5kgを使用し、約1時間の大鍛冶の操業(図3)とそれに続く30分程度の折り返し鍛錬(図4)を実施した。

3. 生成物

送風条件が異なってしまう、操業温度は開放炉で1300℃程度、煙突炉で1200℃かそれ以下と推定された。反応には炉の構造ではなく、温度の違いによる差異が大きくあらわれる結果となった。

いずれの生成物とも、銑鉄が高温でそのまま熔融液化して流れたような形状のもの(流銑)と、スラグをかみこみ多くの気孔がみられる鉄塊となったものの2種類があった。後者が脱炭反応の生成物である。開放炉では40%もの流銑ができてしまい歩留まりが悪かったが、煙突炉では90%近くが脱炭生成物となった。EPMAによる金属組織の観察および燃焼赤外線吸収法によって炭素濃度を求めたところ、原料の銑鉄は3〜3.5%、脱炭生成物はいずれも、下部では1%以上とやや高いところもあるが、羽口からの風があたっている部分で0.1%以下まで下がっていた(図5)。折り返し鍛錬によって平均化とさらなる脱炭を行った結果、炭素濃度0.1〜0.2%の軟鉄に近い低炭素鋼を作ることに成功した。

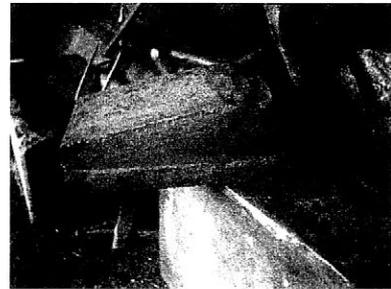


図4 折り返し鍛錬

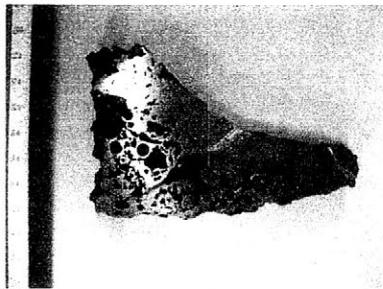
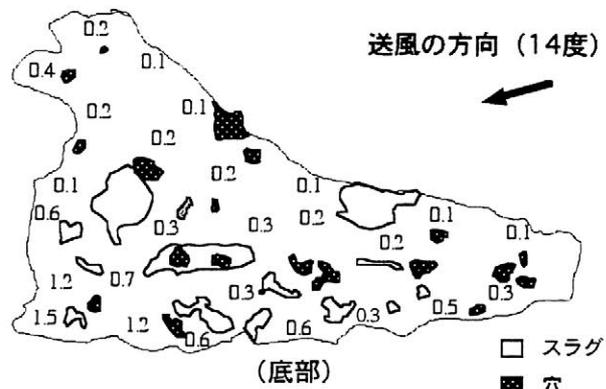


図5 開放炉の生成物断面と炭素濃度分布



4. まとめ

技術の伝承が途絶え、記録もわずかししか残されていない「大鍛冶」の再現に向けた実験を行った。炭素濃度3〜3.5%の銑鉄を原料として大鍛冶の操業と、それに続く折り返し鍛錬を行うことによって炭素濃度0.1〜0.2%の低炭素鋼を作ることに成功した。今後の課題は炉内の温度分布や変化を調べることによって、歩留まりを向上させるための改善を施し、記録にある大鍛冶の生成物により近いものを生産することである。本研究は歴博基盤研究「歴史資料の材質・製作技法と生産地に関する調査研究」および科学研究費補助金特定領域(2)「分析化学的手法による銑砲技術史の相関研究」によって実施された。

静岡県 の遺跡から出土する建築材の樹種構成

西尾太加二（財）静岡県埋蔵文化財調査研究所

1、はじめに

遺跡から出土する建築材の樹種を調査することによって、遺跡周辺の森林環境と人々の木材利用の変遷を明らかにすることができる。建築材は大型であるため在地産の木材を使用することが多く、遺跡周辺の植生を反映すると考えられる。曲物、漆椀、木簡などのような小型の木製品は、他地域から持ち込まれることがあるため、遺跡周辺には自生していない樹種が発見される場合があり、遺跡周辺の植生を必ずしも反映しているとは言い難い。また、建築材は木材を大量に消費するため森林資源の枯渇を招くとされ、遺跡周辺の森林環境もそれに伴い変化する。今回、静岡県内の遺跡から出土した建築材の樹種について、調査報告書等の同定結果をまとめたので概要を報告する。

2、建築材の樹種構成

弥生時代中期～室町時代の10遺跡から出土した建築材1,742点の樹種構成を表1、図2に、遺跡の位置を図1に示す。各遺跡の調査数は66～672点、柱根、礎板、垂木、鼠返し、梯子などに分類される大型の建築材である。

弥生～古墳時代の樹種構成は、角江遺跡がクリ28.9%、イヌマキ、スギ、ヒノキがそれぞれ12～15%で、クリ材の割合がやや高く、針葉樹3種はほぼ同じ比率である。南谷遺跡はイヌマキ65.7%、スギ14.9%でイヌマキ材が大部分を占めるが、それは心持ち丸太状の柱材や垂木が多いことにもよる。安倍川より東となる瀬名遺跡はスギ92%、韮山城内遺跡ではスギ96%で垂木以外はほとんどスギ材である。古墳時代中期の恒武遺跡ではスギ8.5%、ヒノキ73.8%でヒノキ材が圧倒的に多い。

律令期では、御子ヶ谷遺跡がイヌマキ13%、スギ14%、ヒノキ64%で、志太郡衙跡という遺跡の性格にもよるがヒノキ材の比率が高い。しかし、御子ヶ谷遺跡と同様な性格である佐野郡衙あるいは駅家とされる坂尻遺跡ではイヌマキ45.2%、スギ0%、ヒノキ19.2%で、イヌマキ材が約半数を占めている。宮下遺跡はイヌマキ1.5%、スギ74.2%で比率は下がるが弥生時代から続くスギ材の多用が認められる。

中世では、元島遺跡がマツ24%、ヒノキ22.5%、クリ30.1%でほぼ同率であるが、室町以降が中心となる牛岡遺跡、清水遺跡ではマツ43.8%で約半数がマツ材である。

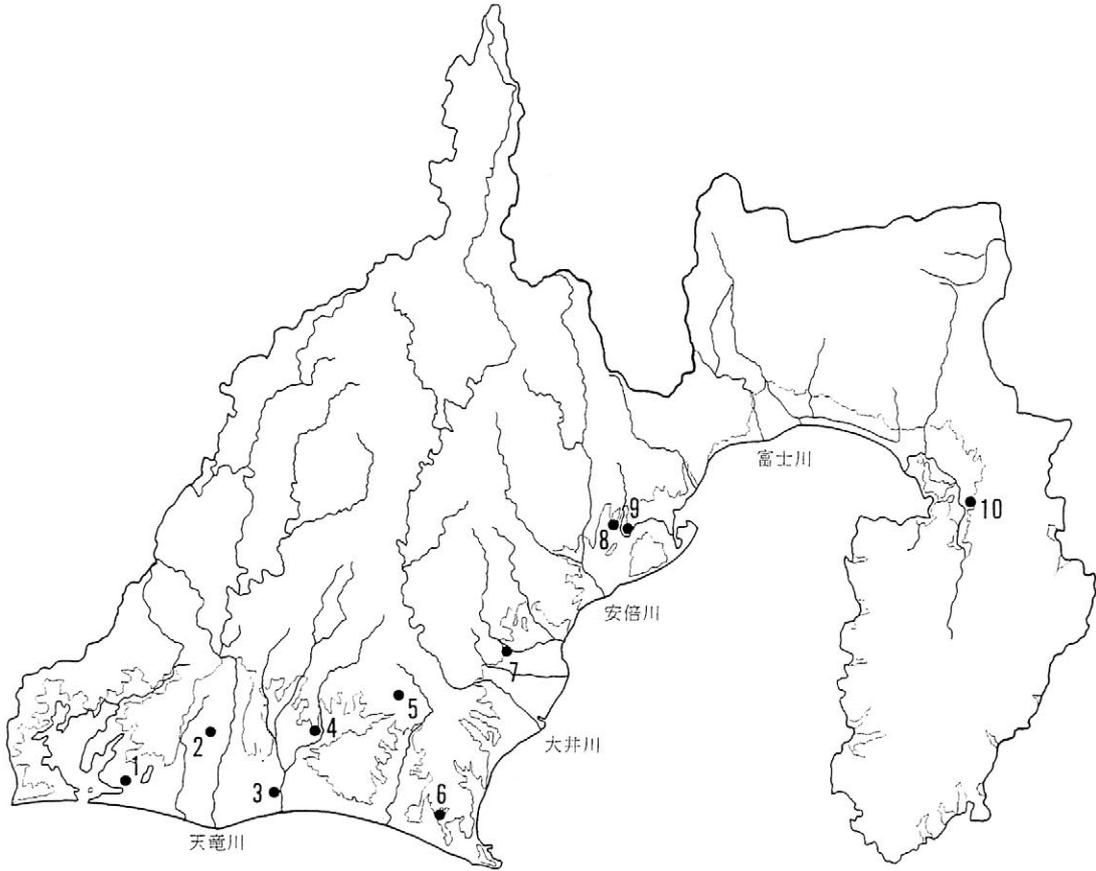
3、まとめ

登呂遺跡、山木遺跡に代表されるように静岡県では弥生時代からスギ材の多用が特徴的であるが、図2が示すとおり、安倍川、大井川周辺を境として、それより以西では建築材としてのスギ材の出土量は大幅に減少する。この地域ではスギ材の代わりにヒノキ、イヌマキ材が使われている。イヌマキは現在も生垣として身近な樹木である。中世での大きな変化はマツ材が多量に使われ始めること及びクリ材の利用が復活することである。これらは森林資源の枯渇とその対応、木材加工技術の進展等を示すものであろう。

文献 ■島地 謙・伊東隆夫・林 昭三1980『古代における宮殿・官衙の使用樹種』『古文化財』東京プレス
 ■袋井市教育委員会1985『坂尻遺跡-自然科学編-』■浜岡町教育委員会2002『南谷遺跡遺物編2』■静岡県埋蔵文化財調査研究所1996『角江遺跡Ⅱ遺物編2』■同2000『恒武西宮・西浦遺跡』■同2005『元島遺跡Ⅱ遺物編』■同1995『牛岡遺跡Ⅰ・頭地遺跡』■同1996『水井遺跡・清水遺跡』■同1991『宮下遺跡（遺物編）』■同1996『瀬名遺跡Ⅴ（遺物編Ⅱ）』■同1997『韮山城内遺跡』

樹種名	角江遺跡	恒武遺跡	元島遺跡	坂尻遺跡	牛岡・清水遺跡	南谷遺跡	御子ヶ谷遺跡	宮下遺跡	瀬名遺跡	韮山城内遺跡	合計
1 イヌマキ	12	2	1	33	4	44	13	1	11	0	121
2 マツ	1	0	161	3	78	2	0	0	0	0	245
3 スギ	10	11	17	0	0	10	14	49	253	94	458
4 ヒノキ	11	96	151	14	0	1	64	0	1	1	339
5 クリ	24	2	202	1	68	4	2	0	0	0	303
6 シイ	3	3	22	0	18	2	6	2	1	0	57
7 その他	22	16	118	22	10	4	1	14	9	3	219
合計	83	130	672	73	178	67	100	66	275	98	1742

表1 建築材の樹種構成



1角江遺跡 2恒武遺跡 3元島遺跡 4坂尻遺跡 5牛岡・清水遺跡 6南谷遺跡 7御子ヶ谷遺跡 8宮下遺跡 9瀬名遺跡 10葦山城内遺跡

図1 遺跡位置図

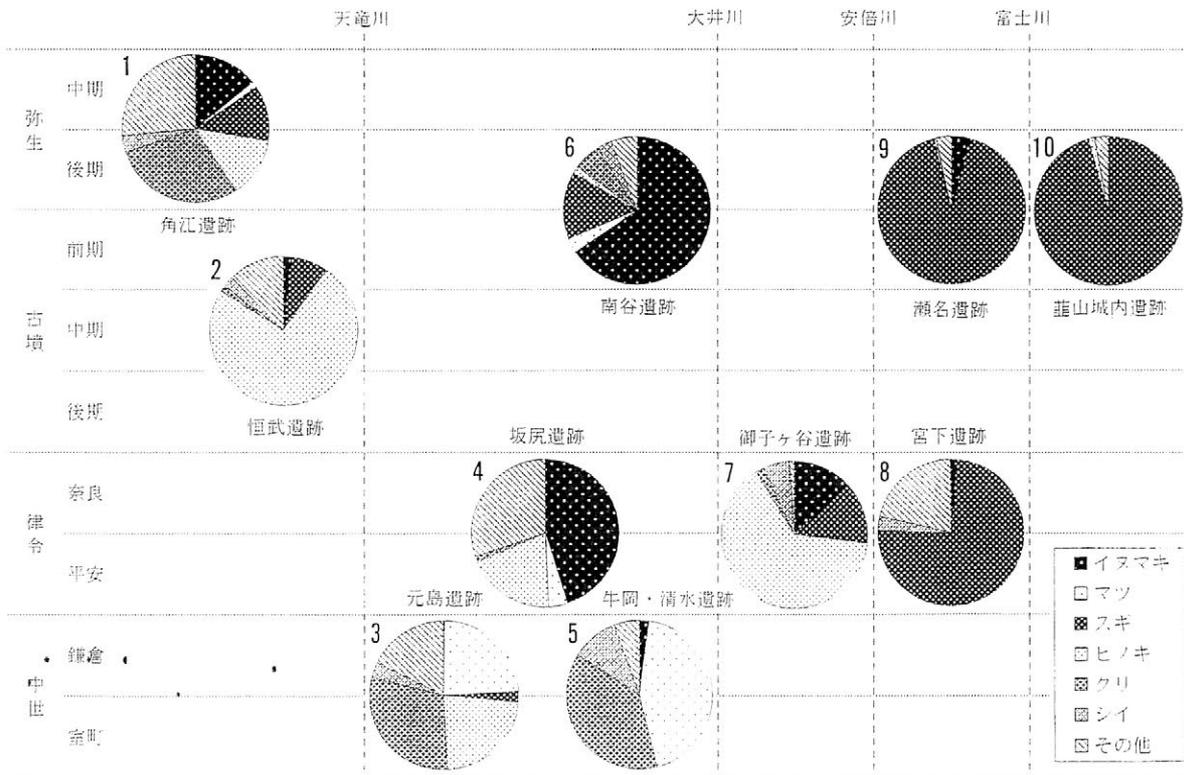


図2 遺跡の年代と建築材の樹種構成

木工による刃こぼれ痕の形状比較分析 —建築部材における事例研究—

○藤井 裕之*、竹口 泰生**、長谷川 晋平**

(*京都大学大学院人間・環境学研究科博士後期課程、**奈良県文化財保存事務所)

はじめに

刃物で木材を削ると、刃先の傷、すなわち刃こぼれが削られた面に転写される。刃こぼれは、削る過程で徐々に姿を変えていくが、通常の研ぎ直し程度で、大きくその形状が変わることはない。この性質を利用して、木材の表面に残された切削面(刃物痕)の刃こぼれ痕を観察して、刃物そのものの同定や個体識別を行い、建築部材などの木質文化財の製作過程や構築技術の復元をより具体的に行うことが可能になる。しかしながら、こうした試みは日本の古文化財研究では、まだ本格的に行われたことがない。

一方、建造物保存修理の際には、加工痕、風蝕の度合いといった古建築部材の性状に関する観察法が経験的に確立されており、解体修理の際に活用されている。こうした経験に裏付けられた綿密な観察に加えて、刃こぼれ痕の形状比較による使用工具の研究を併せて行えば、本研究の妥当性や限界性を把握しやすいだけでなく、また新しい視点を得ることも期待できる。

そうした観点から、筆者らはこれまで刃こぼれ痕の識別を試み(2004)、さらに実験によりその痕跡の生じる過程を観察してきたが(2005)、今回は実際の解体修理の際に、古建築部材に残る刃こぼれ痕を観察した結果を報告する。

1. 対象と方法

分析対象とした刃物痕は、江戸時代の農家である吉川家住宅(奈良県橿原市所在)の建築部材から、解体修理の際に収集した。吉川家住宅は数棟の建物が文化財指定を受け、このうち、主屋、内蔵(共に県指定文化財)、西座敷の3棟について、奈良県文化財保存事務所の手により保存修理工事が進行中である。

刃物痕の選定は各部材単位で行い、使用工具(ヨキ、チョウナ等)の種類、切削の新旧に留意しつつ、一連の切削工程で生じた複数の切削面を得られるように選定し、800点あまりの刃物痕を得た。これには、ヨキ、チョウナのような斧類によるものだけでなく、ノミ、台カンナによる痕跡も含まれる。選定に際しては、刃幅の寸法の参考となる刃端部の痕跡があるものをとくに重視した。刃物痕の収集はレプリカ法により行い、シリコンゴム製パテ(旭化成ワッカーシリコン製AD5611)で雌型を取った後、石膏で雄型を作成し、観察に供した。

2. 形状比較の結果

上記のようにして形状比較を行った結果、複数の部材間で刃こぼれ痕が明確に一致したのは、主に斧類の痕跡であり、ノミ、台カンナの場合は、ほとんど成果が得られなかった。特

にノミの場合は、同じ部材の一連の加工による刃物痕を比較しても、一致させられない場合が多かった。

建物の痕跡全体から判断すると、3棟の建物はそれぞれ別の時期に建築されたと考えられる。また、主屋や西座敷には転用材が顕著に見られ、転用材と新用材を織り交ぜた新築や、度重なる部材の取替え、建物の拡張の様子がうかがえる。

刃こぼれ痕の一致状況から見ると、内蔵では、部材の種類と工程が同じ場合、複数の部材間で一致する組み合わせが多い。その結果をもとに刃物原体の識別を試みると、刃こぼれ痕はごく少数のグループにまとめることができる。部材の種類と工程が共通する刃物痕から得た刃こぼれ痕は、一つの刃物によって生じた可能性が高い。これに対し、主屋の場合は、垂木や化粧裏板等に関しては内蔵と同様のことがいえるが、軸部材に関しては、部材の種類や工程が共通していても、多数の刃物原体が得られ、内蔵のようにまとまらない。これは、建物の痕跡全体による見解と整合的である。また、ソマバツリ(製材時のはつり痕)と考えられるヨキ類の痕跡に関しては、種類の異なる部材どうしの組み合わせで、刃こぼれ痕の照合が成立する例が見られた。

3. 刃こぼれ痕の残り方について

刃こぼれ痕のなかには、光線の具合でようやく認識できるものが少なくなく、そうした場合、従来の摺り拓(乾拓)法では記録することができない。刃こぼれ痕の形状比較には、今回利用したような精密な記録法が不可欠であることが確認できる。また、刃こぼれ痕の照合が成立したグループ内で実際の切削状況を検討すると、木材の繊維方向に対して平行の面を持つ切削痕跡に比べ、繊維方向に深く切り込んだ、いわゆる斜角の切削面で得た痕跡のほうが、刃こぼれ痕を構成する線条が明瞭に浮き上がる傾向が強かった。刃こぼれ痕の照合には、杭先加工に見られるような後者の切削面の方が有利と考えられる。

4. まとめ

今回の分析結果は、建造物保存修理における痕跡調査の見解を支持、または補足するものであった。切削の様子を連続して追跡するには欠落が多いようであり、大工工事全体の経過を刃こぼれ痕によって明らかにするまでには至らなかった。しかし、内蔵における結果からすると、同種の部材を数多く切削する必要がある堂宮建築や、切削量の少なさが見込める杭列等の出土遺構を分析する場合、より具体的に切削の様子が把握できるのではないだろうか。

運用上の問題点としては、分析に必要な労力が、現状では過大に過ぎることが挙げられる。今回は型取りから比較まですべて手動で行わざるを得なかったが、一連の作業は、ある程度自動化できる余地がある。とりわけ画像分析法等の応用が期待できる。

平安京出土の壁土の材質について

○竜子正彦・東 洋一（財）京都市埋蔵文化財研究所）・北野信彦（くらしき作陽大学）

はじめに

壁土は 2005 年の平安京右京五条三坊三町跡の調査で検出した、9 世紀末から 10 世紀前半代には廃絶した 4 棟の建物の台計 20 基の柱穴から出土した。そのうち重量比 98% は 1 棟の 14 基の柱穴の抜き取り部分のものである。

壁土試料の分析

(1) 分析試料

今回試料とした壁土は上下 2 層に分かれ、上層は主に白くきめ細かい土に少量の細粒の砂を含み、下層は主に赤くきめ細かい土に砂や若干の礫と 2.5cm までの藁と思われるスサを含む。壁土には部材の当たった痕跡、柱際の上塗りの高まり、スサの残存が確認できる。各遺構から出土した壁土の総重量は推定 24570 g で、この壁土は比重が約 2、残存最大壁厚が約 4 cm であることから、壁面に換算すると最小で約 55.4cm 四方の分量が柱穴の埋土内に混入したと想定できる。

分析は上層の上塗りと下層の荒壁から採取した微量サンプルを 1 点ずつ供した。なお火山灰分析には比較試料として遺構面より下層で確認した火山灰層も用いた。

(2) 分析方法とその結果

A) 生物・実体顕微鏡観察－透過観察で上塗りに火山ガラス、荒壁に淡水性珪藻・火山ガラスを認め、落射光観察で上塗り・荒壁ともに構成物の粒形が細かいことを確認した。希塩酸による反応テストでは発泡はない。

B) 蛍光 X 線分析－Ca は微量で、Pb も顕著なピークが認められない。

C) X 線回折分析－基本的構成は非晶質が主であり、結晶質のものは SiO₂ で石英等に由来するものであろう。

D) 粒度分布分析－上塗りは火山灰層に比べ粘土・シルト粒子が相対的に少なくなり、火山ガラスの粒径が全体的に小さくなったと考えられる。これは粘土・シルトのより粒径の細かいものが排除され、火山ガラスの粒径の細かいものが選択されたと考え、水簸等何らかの選別があると思われる。荒壁はほとんどがシルト粒子で、上塗りより細かい粒径のものを使用している可能性がある。

E) 火山灰分析⁽¹⁾－火山灰層は始良 Tn 火山灰 (26000～29000 年前)⁽²⁾ に比定される。上塗りは、始良 Tn 火山灰と考えられる。上塗りの特徴としては、火山ガラスの粒径が細かくバブルウォール型より軽石型が卓越する。これは水簸選別を示唆する。またひび割れ・再発泡・褐色角閃石の存在は 600℃ 以上の被熱の痕跡を表わしている。荒壁はその中に始良 Tn・K-Ah (アカホヤ) (7300 年前)⁽²⁾・大山系 (20000 年前以前)⁽²⁾ の 3 種類が確認され、角閃石の大部分が褐色角閃石である。従ってこの粘土は 7300 年前以降に堆積した沖積粘土であり、上塗り同様に被熱した経歴を持つことが判明した。



図1 壁土断面 (約×15)

まとめ

今回出土した壁土の上塗り層に火山灰が使用されていたことが明らかとなった。前例として、奈良県山田寺で壁土上塗り層「白土」に火山灰が用いられたと報告されている。また同寺の第 4 次調査で「白土」採取跡と考えられた土壌 SK345 付近で採取された白い土が、同じく火山灰であることが確認され、上塗り「白土」の原料と推定されている⁽³⁾⁽⁴⁾。

今回は調査区内に土取り穴はないが、分析結果から下層と同種の火山灰を上塗りに使用している。その火山灰も細かい軽石型を選別し白さを追求している。火山灰を壁土の上塗り層に用いるのは山田寺に次いで2例目で、この「わざ」が7世紀から平安時代まで伝承されたと想定できる。いわゆる上塗りの「白土」を何に求めるかという中で、火山灰が施工場所の近辺で入手できれば当然利用の選択肢の一つに入っていたと思われる。

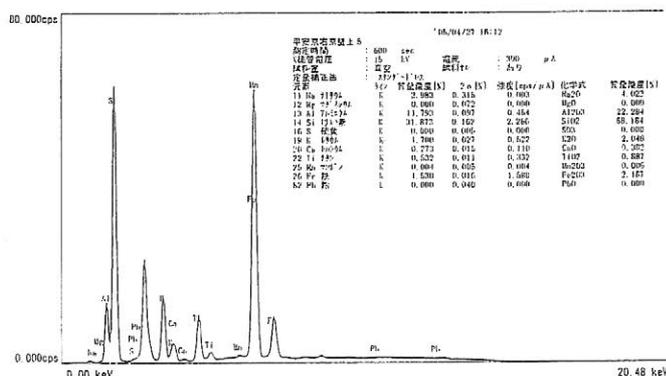
今回の分析にあたってX線回折は、成瀬正和氏（正倉院事務所）にご協力いただき、記して深謝致します。

註

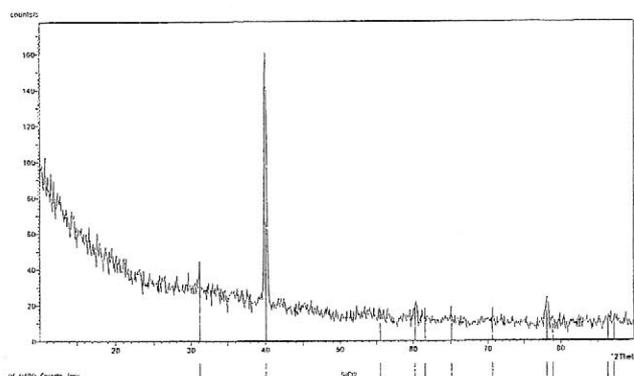
- (1) 「春日高辻壁土試料分析結果報告書」京都フィッション・トラック（2005）
- (2) 町田 洋・新井房夫『新編 火山灰アトラス』（2003）
- (3) 『山田寺発掘調査報告』奈良文化財研究所学報第63冊 独立行政法人 文化財研究所 奈良文化財研究所（2002）
- (4) 村上 隆「山田寺の壁体に用いられた「白土」」『日本文化財科学会第18回大会研究発表要旨集』（2001）

上塗り分析表

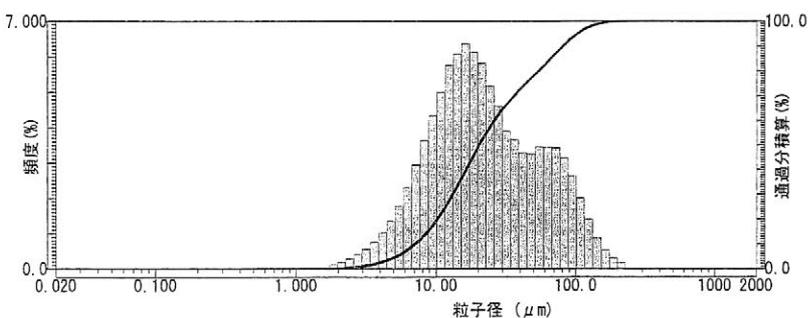
蛍光X線分析



X線回折分析



粒度分布分析



原の辻遺跡出土楽浪系土器の黒色付着物についての検討

○鐘ヶ江賢二¹⁾・中牟田義博²⁾・上野禎一³⁾

1)鹿児島国際大学博物館 2)九州大学総合研究博物館 3)福岡教育大学

1. はじめに

長崎県壱岐市に所在する原の辻遺跡では、中国や韓半島の文物が多く出土し、弥生時代の対外交渉において重要な役割を担った集落であったことが明らかにされている。そこで出土する楽浪系土器は、弥生社会と楽浪郡との交渉を示す重要な遺物であるが、楽浪系土器の壺形土器には外面・内面全体に黒色の付着物がみとめられるものがある(小石・松崎編 2002 : p34)。楽浪郡の土器の中には表面に黒色処理がなされたものがほかにも知られているが、これがどのような方法や材料を用いてなされたのか、という点は、これまで十分な検討は行われていない。そこで、今回楽浪系壺形土器の黒色物の材質を考えるための手がかりを得るため、より詳細な分析を実施することにした。

2. 分析方法

今回の土器表面に付着する黒色物の分析では、ガンドルフィカメラと EPMA を用いた。ガンドルフィカメラは、微量の試料でも精密な X 線粉末回折データを得ることができ、すでに装飾古墳の緑色顔料の分析などで重要な成果を挙げている(中牟田ほか 2002 ; 朽津ほか 2004)。EPMA 分析によって土器内側の素地部と表層の黒色部との化学組成の違いも検討した。

3. 分析結果

まず、ガンドルフィカメラによる X 線分析では、黒色物から主に石英が検出され、長石や雲母もわずかに認められた。また $2\theta = 30^\circ$ から 40° 付近で炭素によるものと考えられる高まりも検出された。このことから、表面の黒色物中には炭素や石英が多く含まれていることがわかる。

次に EPMA によって表層の黒色物と胎土自体の化学組成を比較すると、表層部のほうが、 Na_2O や CaO 、 MgO が多く、また Al_2O_3 や FeO は少ない。このように、黒色部と内側の素地部は、化学組成が明瞭に異なることが把握された。

4. 考察

焼成後の燻しなどによる黒色化の技術は、縄文土器にもみられるが、この楽浪系壺形土器に関しては、単に炭素が沈着しただけではなく、焼成後に表面に何らかの物質が付着したものと判断される。そして黒色物に関して、具体的にどのようなものが土器に付着したのかは現段階では明らかでないが、分析結果から付着した物質の可能性の一つとして挙げられるのは、海に由来する物質である。X 線回折では、石英のピークが顕著にみとめられたが、海砂の鉱物組成は風化などの作用から、石英が多くを占めることで知られている。さらに、EPMA では、表層部は CaO や Na_2O が高い値を示したが、このことも付着物が海に由来する物質の可能性を示すものと評価できるかもしれない。現段階ではこれはあくまでも可能性の一つにとどまるが、今後分析を蓄積させることによって、土器の黒色処理技術の特質や使用法に関する具体的な評価も可能になると考える。

謝辞

今回の分析では、原の辻遺跡調査事務所の安楽勉氏、高野晋司氏、(株)埋蔵文化財サポートシステムの小石龍信氏、武広正純氏にご理解とご協力をいただき、貴重な試料を採取するができた。深く感謝したい。

文献

小石龍信・松崎卓郎編 2002 『原の辻遺跡』原の辻遺跡保存等協議会調査報告書第3集
 朽津信明・中牟田義博・三木 孝 2004 「日本における緑色顔料「緑土」の使用について」『考古学
 と自然科学』, 46 : pp. 55-66
 中牟田義博・三木 孝・朽津信明 2002 「ガンドルフィカメラによる装飾古墳緑色顔料の検討」『岩
 石鉱物科学』, 31 : pp. 330-333

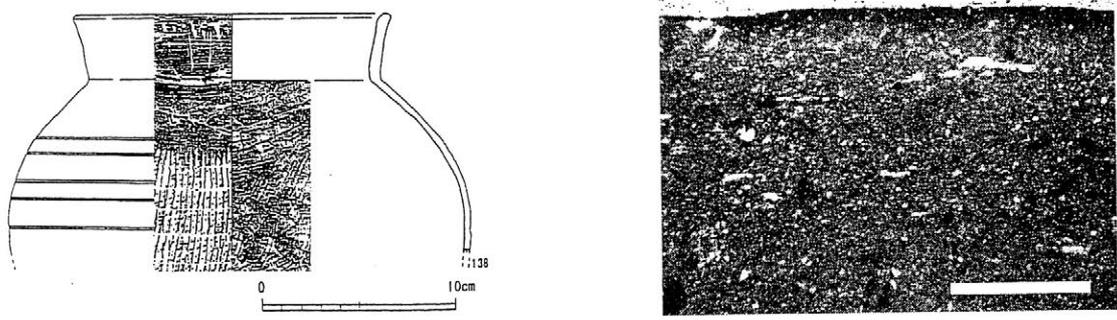


図1 黒色物の付着がみられる楽浪系壺形土器(左)と顕微鏡写真(右, スケール約1.0mm)

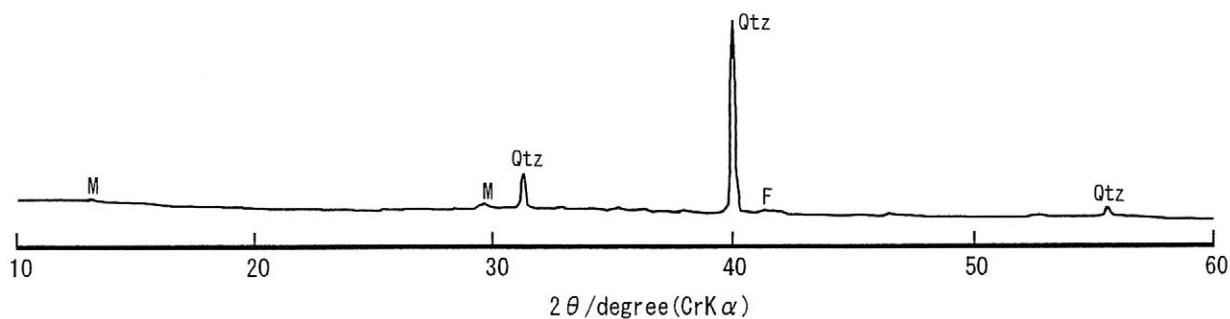


図2 黒色付着物の2θ-強度パターン

表1 表層の黒色付着物と素地部の化学組成の比較 Wt.(%)

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO (Total)
素地(外側)	0.00	0.00	13.69	77.07	0.00	0.00	2.28	0.33	0.60	0.21	5.81
素地(内側)	0.00	0.00	12.28	77.18	0.00	0.00	1.95	0.38	0.75	0.32	7.13
表層(黒色層)	8.76	2.85	1.30	78.54	0.00	0.16	0.63	7.61	0.00	0.00	0.14
表層(黒色層)	9.56	2.97	1.22	77.64	0.00	0.15	0.69	7.57	0.01	0.03	0.17

筑波三村寺出土塑像片に認められた銅系顔料の意義

○朽津信明（東京文化財研究所）

【はじめに】 日本における塑像は、白鳳から天平にかけて作られた事例が豊富に知られているが、中世に作られた塑像も、数は少ないながらも報告されている事例が存在する。古代塑像に用いられた顔料については一部で分析が行われて報告されている¹⁾が、中世塑像に用いられた顔料については殆ど知られていない。本研究では、つくば市三村寺から出土した塑像片に用いられた顔料を分析したので、その結果を報告するとともに、そこで用いられている顔料の使用背景について考察する。

【三村寺と出土塑像片】 三村寺は、現在のつくば市小田に位置し、正式には三村山清冷院（または清涼院）極楽寺跡とされる遺跡群²⁾であるが、本稿では鎌倉極楽寺との混同を避けるため、三村寺と表現する。三村寺は、西大寺の僧・忍性が鎌倉に入る直前の1252年からおよそ10年間にわたって滞在したことで、一時的に律宗の東国布教の拠点だったと考えられている中世寺院だが、遅くとも近世までには廃滅され、現在は僅かな石造品が散在するに過ぎない遺跡である。この三村寺の遺跡から中世のものと見られる塑像片が出土したことが知られており²⁾、それらは現在つくば市及び辰馬考古資料館にて保管されている。その中の一には、火を受けて変色した彩色顔料によると見られる文様状の表現が認められた（図1, 2）。そこでそうした顔料と見られる部分を調査対象として、各種の分析を行った。

【分析方法と結果】 100 マイクロキュリーのアメリカシウム²⁴¹を線源として用いた蛍光X線分析法³⁾により、それぞれの資料保管場所において非破壊・非接触で元素分析を行った。測定は線源を対象に近づけ、120秒間カウントした。さらに実体顕微鏡を試料保管場所に持ち込み、その場で顔料粒子の観察も行った⁴⁾。

結果は表1に示す。分析の結果、花を表現しているかと推定される文様部分（図2）からは、いずれも大量の銅と少量の鉛とが顕著に検出された（図3）が、塑土そのものからは銅も鉛も全く検出されなかった。肉身と見られる部分からは、鉛が検出されたが、僅かに銅も検出された。白色下地からは、塑土に起因すると見られる鉄以外には目立った元素は検出されなかった。銅が検出された文様部分では、実体顕微鏡観察下で緑色の粒子が残存する部分と青色の粒子が残存する部分との両方が認められ、その下に赤色の粒子も一部に認められた。

【考察】 花と見られる文様部分は、銅を含んだ何らかの顔料で彩色されていると判断される。変色が著しいため断定できる状況ではないものの、実体顕微鏡下で観察される残存粒子の色から判断すると、群青と緑青との両方が用いられていた可能性が一応は推察できる。鉛が僅かに検出された理由としては、顕微鏡下で下層に認められた赤色粒子に起因する可能性が考えられ、だとすると鉛丹も使用された可能性がある。肉身部分は、何らかの鉛を含ん

だ顔料が用いられていると見られるが、それが具体的に何を意味するのかは今回の調査ではわからない。また、銅が検出される理由についても何とも言えない。白色下地は、成分からすると白土が用いられた可能性が推定される。

三村寺に関連した塑像としては、忍性の師である西大寺の僧・叡尊の自伝である『金剛仏子叡尊感身学正記』に記載されている、奈良・般若寺の塑造獅子像（焼失）の存在が注目される。同文献には、弘長二年（1262）年に北条時頼から叡尊に当てて、同像のために「紺青と緑青」それぞれ五百両ずつが寄進されたことが記されており⁵⁾、つまり塑像彩色として紺青（群青に相当）と緑青とが用いられたことが確認される。1267年に行われたこの像の開眼供養において、叡尊に次いで二番供養法を担当した僧・頼玄は、忍性と共に三村寺に下り、三村寺の事実上の開山に当たる人物とされていることから⁶⁾、三村寺塑像との関連も想起され得る。この時代の直前にあたる平安時代頃の文化財彩色では、青色顔料としての群青の使用例が極端に少ないことが指摘されており⁷⁾、銅系顔料はそれだけ貴重だったのではないかと推測されている。一地方寺院である三村寺から出土した塑像に、その貴重だったはずの群青の使用が今回推定された背景には、上記のような事情があるのではないかと考えられる。

文献 1)文化財保存修復学会第 27 回大会研究発表要旨集 56-57 (2005)、2)三村山極楽寺遺跡群、つくば市教育委員会 (1993)、3)保存科学, 42, 19-28 (2003)、4)本学会第 21 回大会研究発表要旨集 106-107 (2004)、5) 思円上人一期形像記、鶴故郷舎 (1939) 6)中世の霞ヶ浦と津宗—よみがえる仏教文化の聖地、土浦市立博物館 (1997)、7) 古文化財の科学、思文閣出版 (1987)

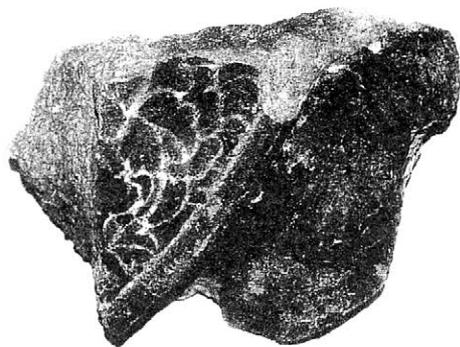


図 1. 三村寺出土塑像片(つくば市保管)

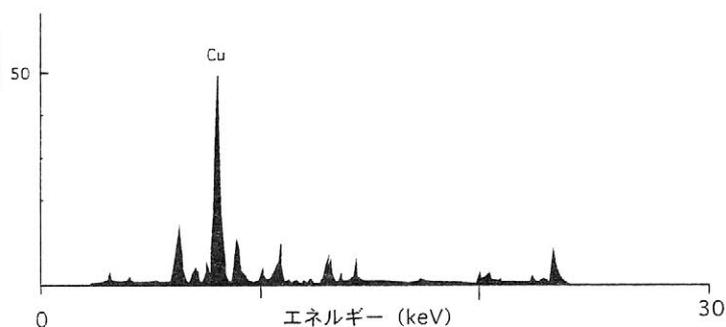


図 3. 顔料の分析結果



図 2. 三村寺出土塑像片(辰馬考古資料館保管)

保管地	色	部位	元素	粒子	解釈
辰馬	変色	花	Cu, Fe, Pb	青色	群青?
	変色	花	Cu, Fe, Pb	緑色	緑青?
	白	下地	(Fe)	白	白土?
つくば	変色	肉身	Pb, Cu, Fe	—	不明
	塑土	塑土	(Fe)	—	土

表 1. 分析結果一覧

奈良絵本「竹取物語」挿絵の顔料分析

高馬 英樹¹, ○野口 高史¹, 上田 智也², 藤原 学³, 江南 和幸³, 河野 益近⁴¹龍谷大学理工学部大学院生, ²同理工学部学生, ³龍谷大学 AFC, ⁴京都大学大学院工学研究科

1. はじめに 室町末から江戸初期の極彩色絵入り「奈良絵本」のうち今回2種類の「竹取物語」の挿絵顔料の蛍光 X 線分析をおこなった. ひとつは, 初期奈良絵本である, 横本と呼ばれる小型の奈良絵本(上・中巻のうち上巻のみ). いまひとつは, 寛文~延宝年代(1661~1681)に作られたとされる中型縦本(上・中・下3巻)である. これらの本の彩色材料, および紙表面の元素分析を行い, 使用顔料, 用紙の特定, また彩色技法の推定を試みた.

2. 実験方法 彩色顔料中の金属の分析には, 堀場製作所製蛍光 X 線分析装置 XGT2700 を用いた. ターゲットは Rh である. 加速電圧 30kV, 電流 1mA, X 線径 100 μ m, 各点の測定時間 100 s である. 上記絵本の挿絵全てにつき, 各彩色部につき 3 点ずつ測定した. また, いくつかの代表的領域の面分析を行った. 金属元素を検出できない彩色部分については, 分光測色計: ilPro (恒陽社製) を用い, 染料の推定を行った

3. 実験結果 表 1 に蛍光 X 線分析により検出された各彩色箇所からの元素を示す. なお, 比較のため, 同じく江戸期奈良絵本「志加物語」挿絵顔料の分析結果[1]も示す. この表のうち, 今回得られた特徴的な色彩の分析結果を結果を以下に考察する.

表 1 各絵本の料紙, 彩色箇所における検出元素

	竹取物語上(横本:間 似合紙)	志加物語下(横本:間 似合紙)	竹取物語上,中,下 (縦本:鳥の子紙)
料紙	Al,Si,S,K,Ca,Ti,Fe	Al,Si,S,K,Ca,Ti,Fe	Si,P,S,K,Ca
白	Ca	Ca	Ca
黒	検出不能	検出不能	検出不能
赤	S,Hg,Ba	S,Hg,Pb	S,Hg
			検出不能
橙	Pb	Pb	Pb
茶	Pb,Ca	Pb,Ca	Pb
緑	Cu	Cu	Cu
			検出不能
青	検出不能	検出不能	Si,Fe,Co,As
			Cu,Zn
			検出不能
黄	彩色なし	彩色なし	検出不能
			Fe,Si
金	Au	Au	Au
銀	彩色なし	Ag	Ag

注: 検出不能は金属元素検出不能, 彩色なしはこの色が使われていないことを示す.

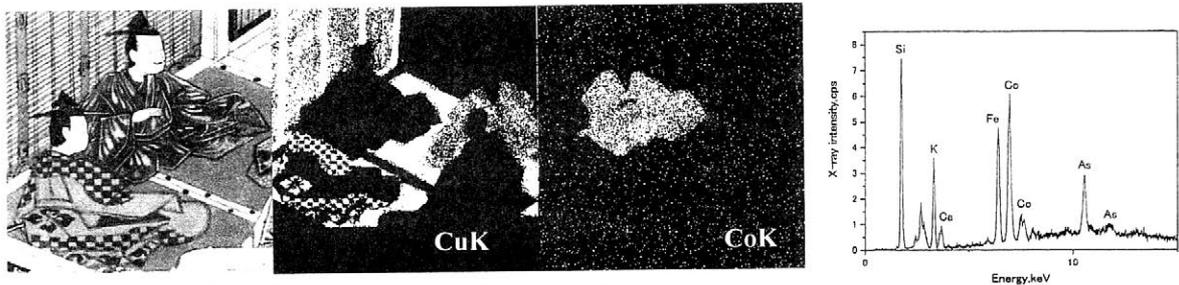
3-1: 赤色彩色

3種類の絵本の挿絵に使われた赤色から, いずれも Hg,S が検出された. これは伝統的な顔料の辰砂の使用を裏付けるものであるが, 「竹取物語」横本のみ, 赤色顔料から Ba が検出された. 白色顔料のひとつである硫酸バリウムは現代の顔料であるので, 当時顔料として使われたものではない. 「天工開物」[2]には, 低品位の朱砂は白色を呈するとある. この白色成分が Ba を含むと考えられる. 他の絵本は, 当時すでに作られていた人工の水銀朱を用いたものであろう. したがって, 「竹取物語」横本は, 他の絵本に比べ, より古いあるいは

幼い技術で作られたと推定できる。また縦本に用いられた赤色の一部からは、金属元素が検出されなかった。これは染料の紅花が使われたと考えられる。

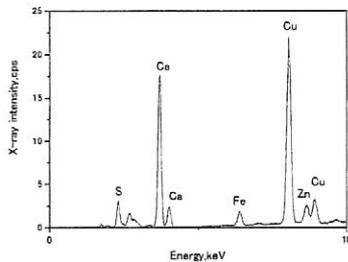
3-2: 青色彩色

江戸初期刊行と思われる2種類の横本いずれも、青色彩色からは紙由来の元素および下塗り胡粉由来のCa以外の金属元素は検出されなかった。分光測色計による分析によれば、750nm以上にピークをもつ典型的な藍色のスペクトルが得られている。今回もっとも注目すべき結果は、「竹取物語」縦本の挿絵から、上記藍色彩色を加え合計3種類の青色彩色材料が見出されたことである、第1図。



第1図 竹取物語縦本挿絵の青色彩色の分析

中央上人物衣



左人物衣市松模様

図の人物衣装には、目視でも3色の異なる青色の色遣いが見える。左人物の衣装地色は藍と胡粉であった。市松模様からは、Cuが検出されたことから岩紺青（藍銅鉱）とみなせる。なお、図のCuK線によるマッピング像には畳上敷の緑色も同時に検出される。この部分は、同じく塩基性炭酸銅である緑青である。ところが中央人物の青色衣装からはCo, As, Fe, Siが検出された。CoK線によるマッピング像もこの部分のみが浮き出し、確かに青色がCoを含む顔料であることが分かった。

Coを含む青色顔料（花紺青：スマルト）あるいは陶磁器用途の回青は、17世紀初めに中国より伊万里焼き染付け用として輸入が始まったようであるが[3]、絵画用途としての日本での使用例は、文化年間という報告例が今のところもっとも古い[4]。「竹取物語」縦本の刊行が伝承の通り寛文～延宝年間であれば、日本における極めて初期の使用例である。17～19世紀の長崎貿易の品物を調べた[3]には、万治1(1658)年7月安南船より陶器用青色絵具4樽が舶載されたとの記録がある。これが絵画用途にまで流通したとすれば、時代としては符合する。比較のため、江戸期の古伊万里磁器断片の青染付け部分を蛍光X線分析したところ、一部のものから、Asがほとんど存在しないことを除けば、上のCoを含む顔料とほぼ同じ元素が見出された。絵本で使われた青色顔料が、はたして伊万里染付け用の回青であるのか、絵画用の花紺青(スマルト)なのか、さらに詳細を調べる必要がある。

文献

[1] 高馬英樹, 江南和幸, 河野益近: 日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集, p.246,

[2] 宋應星: 「天工開物」, 東洋文庫130, 平凡社

[3] 永積洋子編: 「唐船輸出入品数量一覧1637~1833年」, 創文社

[4] 仲政明: 「本願寺御影堂内の使用顔料について*」, 本願寺「宗報」2002年, 1,2号

*この報告によれば、文化年間の修理の際に塗り替えられた部分に花紺青が見つかるという。

根津美術館所蔵燕子花図屏風のX線調査

○早川泰弘*、三浦定俊*、松島朝秀**
 (*東京文化財研究所、**東京芸術大学)

1. はじめに

根津美術館所蔵の燕子花図屏風は縦 150.9cm、横 338.8cm の六曲一双の屏風で、MOA美術館所蔵の紅白梅図屏風と並び、尾形光琳の代表作としてよく知られている。金地を背景に、青色の花弁と緑色の葉からなる燕子花のみが描かれ、その構図と装飾性が高く評価され、国宝に指定されている。

燕子花図屏風は平成 15 年度から 2 ヶ年にわたって修理が行われた。その機会に、東京文化財研究所では根津美術館の全面的な協力を得て、燕子花図屏風の科学的な調査を実施した。本報告では、X線を用いた調査（蛍光X線分析、X線透過撮影）によって得られた結果の概要を報告する。

2. X線調査の概要

蛍光X線分析およびX線透過撮影はすべて根津美術館内において行われた。調査機器および測定条件は下記の通りである。調査の様子を図 1 に示す。

(1) 蛍光X線分析

装置：SEA200 (セイコーインスツルメンツ)
 X線管球：Rh (ロジウム)
 管電圧・管電流：50kV・100 μ A
 X線照射径： ϕ 2mm
 測定時間：1ポイント100秒
 装置－資料間の距離：約 10mm

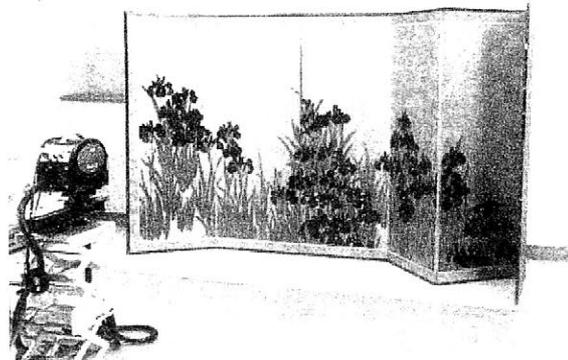


図 1 燕子花図屏風のX線調査

(2) X線透過撮影

管電圧・管電流：30kV・3mA
 照射時間：6分 (フィルム)、
 4分 (イメージングプレート)
 照射距離：4 m
 撮影媒体：X線フィルム (医療用 RX-U (半切))、
 イメージングプレート (STタイプ、半切/四切)

3. 燕子花図屏風のX線調査結果

蛍光X線分析については、向かって右隻で 27 ポイント、向かって左隻で 19 ポイントの計 46 ポイントの測定を行った。また、X線透過撮影として、フィルムによる屏風全体の撮影およびイメージングプレートによる部分撮影を行った。以下に、特徴的な色ごとに、得られた結果の概要を述べる。

(1) 花卉の青色部分

目視による観察で、青色の花弁には青色粗粒部分（濃青色）、青色微粒部分（薄青色）および濃青色輪郭線の3種の部位が存在していることがわかる。この3種類の青色はX線透過画像でその違いを確認することができる。右隻第一扇の上部について、イメージングプレートにより得られたX線透過画像を図2に示す。蛍光X線分析では、粗粒部分からはCuだけが検出されるが、微粒部分および輪郭線からはCuとともにCaが検出された。

(2) 葉の緑色部分

目視において、粗粒部分（濃緑色）と微粒部分（薄緑色）、さらにこれらの材料が剥落している箇所を観察される薄緑色材料の3種を確認することができる。これらの違いはX線透過画像でも確認することができる。蛍光X線分析では、微粒部分からはCuだけが検出されるが、粗粒部分からはCuとともにZn、Asが検出された。この緑色材料は、紅白梅図屏風（MOA美術館、国宝）からも検出されている。蛍光X線分析の結果を図3に示す。

(3) 背景の金地

金地部分には縦横にほぼ規則正しい直線が確認できるとともに、それとは異なる位置に、不規則的な曲がりを持った線を多数見ることができる。この不規則に曲がった線はほとんどが縦方向の線であり、それらはほぼ等間隔に存在している。さらに、周囲とは異なる金色が認められる補修と考えられる部分が存在している。X線透過画像では、縦横の規則正しい直線および縦方向の不規則に曲がった線のいずれをもほとんど確認することはできなかった。蛍光X線分析によって検出されたAuの強度は非常に小さかったが、測定箇所が少ないために、その原因を詳細に検討することは困難である。また、金地部分からは微量のCuが検出されたが、これは金地に分散している微細な緑色粒子に由来していると考えられる。

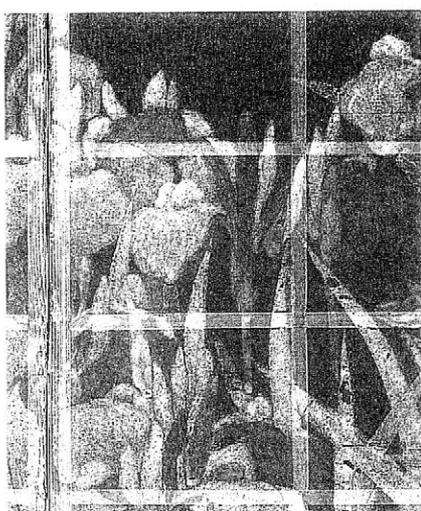


図2 X線透過画像
(右隻第一扇上部)

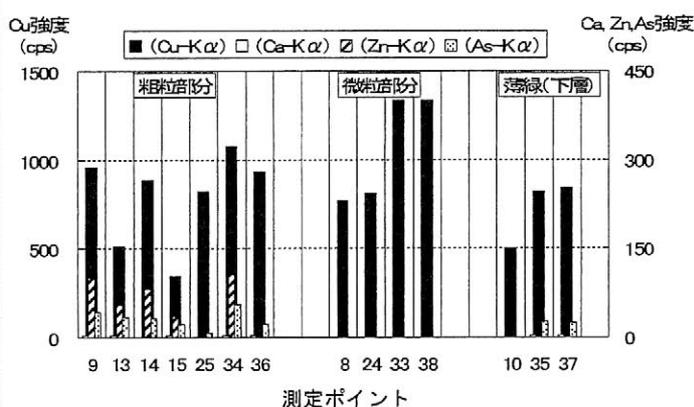


図3 緑色部分の蛍光X線分析結果

武雄鍋島家所蔵絵具の材質分析

○丹沢 穰*、加藤 将彦*、平井 昭司*、早川 泰弘**、三浦 定俊**

* 武蔵工業大学工学部

** 東京文化財研究所

1. はじめに

佐賀県武雄市には、江戸時代・武雄の28代領主鍋島茂義（1800～1862）が所有した多くの岩絵具が残っている。小袋入りの粉末絵具をはじめ、中国製の顔料、金銀箔などが含まれ、絵具の内容や購入に関する記載があるものも多く、未開封のものすらある。これらは、皆春齋御絵具（「皆春齋」は茂義の雅号）と呼ばれ大切に保管されてきたが、これまで系統的な調査や整理はほとんど行われていない。

今回、武雄市教育委員会の協力により、皆春齋御絵具189試料を分析用サンプルとして得ることができ、蛍光X線分析、X線回折分析、反射光度測定、デジタル顕微鏡観察による材質調査を行った。本報告では、蛍光X線分析、X線回折分析を中心とした調査結果の概要を報告する。

2. 分析の概要

(1) 蛍光X線分析

エネルギー分散型微小部蛍光X線分析装置（セイコーインスツルメンツ SEA5230E）を使用し、試料の主・微量元素を調べた。分析条件を表1に示す。カッコ内の条件は、軽元素に着目する場合や試料量が少ない場合に用いた。

表1 蛍光X線分析の測定条件

	Mo (モリブデン)	
X線管球	Mo (モリブデン)	
測定時間	100sec	
X線照射径	φ1.8mm	(φ0.1mm)
管電圧	45kV	(15kV)
雰囲気	大気	(真空)

(2) X線回折分析

2台のX線回折分析装置（リガク製 MiniFlex、マックサイエンス M18XHF）を用い、化学組成の同定を行った。試料量や形状によって両装置を使い分けた。それぞれの分析条件を表2に示す。

表2 X線回折分析の測定条件

装置	Miniflex	M18XHF
X線管球	Fe	Cu
管電圧・管電流	30kV・15mA	40kV・100mA
スキャンスピード	2°/min	3°/min
サンプリング幅	0.010°	0.020°
走査範囲	3～90°	5～90°

(3) 反射光度測定

分光光度計（日本分光製 MV-2020）により、試料の反射光度を測定し、各絵具の色の定量化を行った。測定条件を表3に示す。

表3 反射光度測定の条件

光源	D65
露光時間	500msec
測定範囲	960-360nm
積算回数	5
データ間隔	5nm
データ取込間隔	1.17417nm
表色系	L*a*b*
視野	2度

(4) デジタル顕微鏡撮影

デジタルマイクロスコープ（KEYENCE 製 VHX-100）を用いて、試料の形状や夾雑物の有無等を観察した。倍率は50倍～1000倍で、試料に応じて変化させた。

3. 結果及び考察

全 189 試料を試料の色によって7種類に分類した。蛍光 X 線分析および X 線回折分析によって各色から見出された材料を表4に示す。白色系試料(15試料)については5種類、赤色系試料(23試料)については4種類、黄色系試料(8試料)については2種類、緑色系試料(37試料)については3種類、青色系試料(50試料)については4種類、金属色系試料(11試料)については3種類、黒色系試料(10試料)については5種類の材料が見出された。

表4 同定された材料(色の系統ごとに分類)

白色系試料	PbCO ₃ Cerussite	CaCO ₃ Calcite	CaAl ₂ Si ₂ O ₃ ·4H ₂ O Gismondine	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂ Muscovite	(Ni,Mg) ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ Willemseite
赤色系試料	Fe ₂ O ₃ Hematite	HgS Cinnabar	Pb ₃ O ₄ Minium	----- Amber	
黄色系試料	SiO ₂ Quartz	----- Cobalt glass			
緑色系試料	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂ Malachite	MnCo ₂ O ₄ Cobaltmanganese	MnAl ₂ O ₄ Galaxite		
青色系試料	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂ Azurite	Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ Iron Cyanide	----- Smalt	Na ₂ Al ₆ Si ₆ O ₂₄ S Lazurite	
金属色系試料	Au Gold	Ag Silver	Cu-Zn Copper Zinc		
黒色系試料	----- Glass	Fe ₃ O ₄ Magnetite	(Al, Li) MnO ₂ (OH) ₂ Lithiophorite	CuO Tenorite	FeO Wuestite

白色系試料では、PbCO₃ (Cerussite)、CaCO₃ (Calcite)がほとんどであったが、珪酸塩鉱物からなる材料も3種類確認された。

赤色系試料では、Fe₂O₃ (Hematite)、HgS (Cinnabar)、Pb₃O₄ (Minium)がほとんどであったが、琥珀 (Amber)と推測される試料も確認された。

黄色系試料では、SiO₂ (Quartz)がほとんどであったが、コバルトガラスと推測される試料も確認された。

緑色系試料は、Cu₂(CO₃)(OH)₂ (Malachite)がほとんどであり、X 線回折分析で第二成分に (Cu,Zn)₆(AsO₄,PO₄)₂(OH)₆·H₂O (Philipsburgite)、(Zn,Cu)₂(AsO₄)(OH) (Adamite)、CuZn(CO₃)(OH)₂ (Rosasite)、PbCO₃ (Cerussite)等が同定される試料もあった。また、マンガンの主構成元素とする材料も2種類確認された。

青色系試料では、X 線回折分析で Cu₃(CO₃)₂(OH)₂ (Azurite)、Fe₄[Fe(CN)₆]₃ (Iron Cyanide)、Na₂Al₆Si₆O₂₄S (Lazurite)が同定された。X 線回折分析でピークを得られなかった試料がいくつかあったが、これらは蛍光 X 線分析の結果から Smalt である可能性が高い。

金属系試料は、金 (Au)、銀 (Ag)、真鍮 (Cu-Zn)の3種類が確認された。また、金からは第二・三成分に Ag、Au₃Cu、Sn 等が、銀からは第二・三成分に Au、Au₃Cu、Sn 等が同定される試料もあった。

黒色系試料では、鉄や銅の酸化物からなる材料が3種類、マンガンをもとして含む試料からは呉須土が確認された。また、X 線回折分析ではピークが得られなかったが、鉛ガラスと考えられる試料もあった。

南関東地方における弥生時代終末期のベンガラ利用 —西相模地域の集落と墓域を対象として—

○西野摩耶（慶應義塾大学大学院）・上條朝宏（東京都埋蔵文化財センター）
建石徹（文化庁）・若林勝司（平塚市教育委員会）・中嶋由紀子（平塚市教育委員会）

1. 目的

これまで、南関東地方における弥生時代終末期の土器に付着するベンガラには、考古学的な検討がほとんど加えられておらず、その利用目的に関しても十分な検討が加えられてこなかった。南関東地方では、弥生時代後期から古墳時代成立期にかけて、居住域および墓域において、赤色顔料が付着する土器が(1遺跡につき1~2点程度)出土している。この中で、墓域に関する土器については、土器の出土状況から、墓前祭祀の一環として利用されたものと考えられている(立花・秋田 2002)が、その具体的な利用のあり方についてはまだ十分に解明されているとはいえない。

本発表では、神奈川県西相模地域に分布する複数の遺跡群を対象とし、赤色顔料が付着する土器および土器に付着するベンガラの形態分類を行ない、弥生時代終末期におけるベンガラの利用(消費)のあり方と利用行為の実態について考察を加えた。

2. 試料と実験方法

分析資料は、平塚市真田・北金目遺跡群で出土する赤色顔料が付着する土器 30 点であり、肉眼観察で、土器内面に赤色物質の付着が確認されるものとする。これらを、光学顕微鏡により 100 倍から 200 倍で色と形状を観察し、同時に、赤色部がベンガラであるかどうか同定するために、蛍光X線分析法(分析装置は東京学芸大学設置のセイコー電子工業製エネルギー分散型 SEA-2001)により、主成分として Fe_2O_3 が検出されたものを分析資料(試料)とした。

3. 結果と考察

ベンガラ付着土器には二次的な転用が推定される甕形土器が多く確認された。利用器種の出土傾向に注目すると、遺構別差異は認められず、集落と墓域の利用形態の違いを見出すことができなかった。次に、土器に付着するベンガラに注目すると、集落では「非パイプ状のベンガラ」が多く見出されたのに対し、墓域では「パイプ状ベンガラ」が主として検出され、ベンガラの遺構別出土傾向の差異が認められた。これらから、真田・北金目遺跡群においては、墓域において「パイプ状ベンガラ」を選択利用していることが明らかになった。隣接する同時期の平塚市王子ノ台遺跡についてもほぼ同様の傾向にあり(上條・秋田 2002)、弥生時代終末期の墓前祭祀のあり方の一つとして捉えることができた。

南関東地方の弥生時代終末期の墓域には、本発表のように甕形土器等を転用し、「パイプ状ベンガラ」を利用する遺跡以外にも、転用甕形土器に「非パイプ状のベンガラ」を利用する遺跡、高杯形土器や鉢形土器に水銀朱を利用する遺跡等があり、モザイク状に広く分布している。これらは、土器型式から明らかになっている地域性とは様相を異にする点が注目される。今後、ケーススタディを蓄積していくことによって、南関東地方の弥生時代後期から古墳時代成立期における赤色顔料利用の地域モデルが確立でき、弥生時代文化研究にも大きく寄与することになるだろう。

引用・参考文献

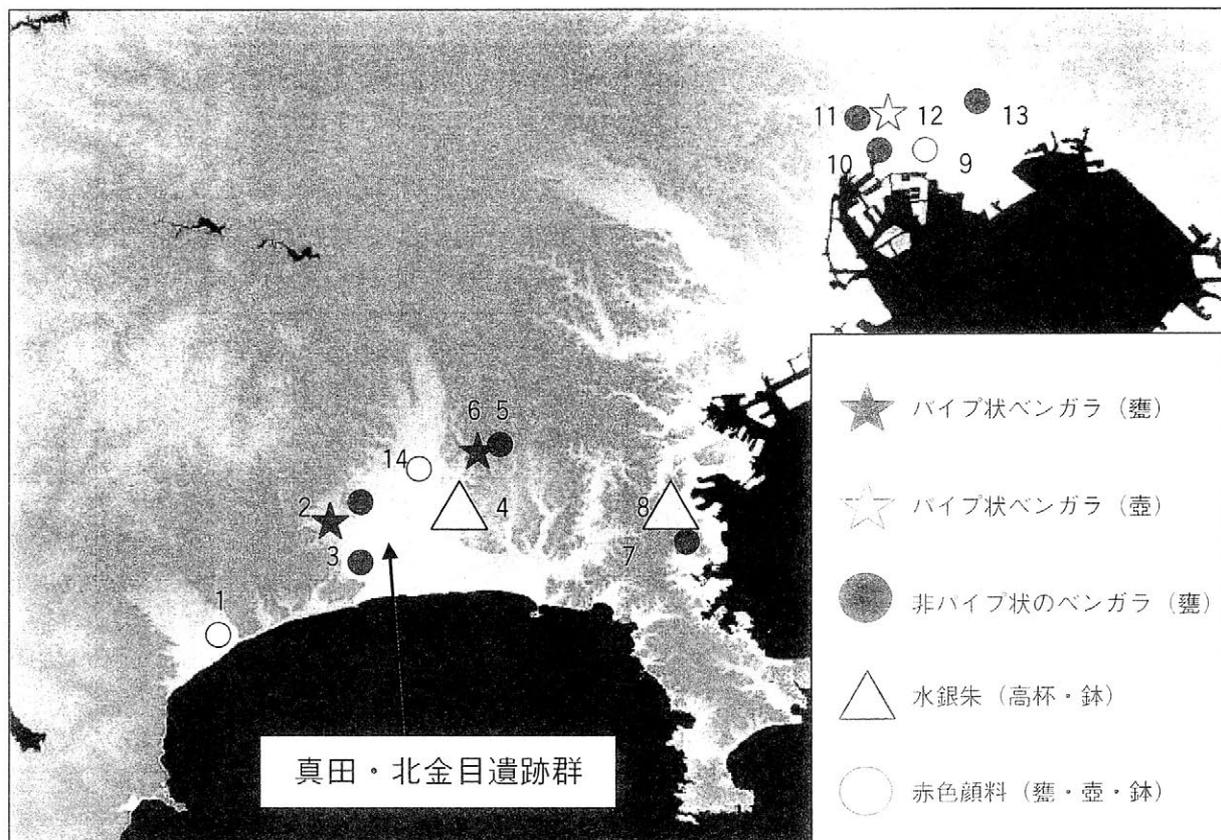
上條朝宏・秋田かな子 2002「王子ノ台・真田北金目遺跡群出土の赤色顔料分析」『王子ノ台遺跡』東海
 大学校地内遺跡調査団

立花実・秋田かな子 2002「方形周溝墓の分析」『王子ノ台遺跡』東海大学校地内遺跡調査団

西野摩耶・上條朝宏・建石徹 2006「真田・北金目遺跡群出土の赤色顔料」『平塚市真田・北金目遺跡群
 発掘調査報告書 5』平塚市真田・北金目遺跡調査会

第1表 真田・北金目遺跡群におけるベンガラの利用形態

ベンガラの種類	付着土器の器種・状態		出土遺構	
非パイプ状のベンガラ	台付甕・壺	転用	住居址（床直）	集落
パイプ状ベンガラ	台付甕・壺	転用	方形周溝墓（溝底）	墓域
パイプ状ベンガラ（集合体）	台付甕	転用	方形周溝墓（溝底）	墓域



- 1 永塚下り畑遺跡 2 王子ノ台遺跡 3 塚越古墳 4 秋葉山古墳群 5 多摩ニュータウン遺跡 No.918
 6 多摩ニュータウン遺跡 No.200 7 横浜市道高速2号線 No.6 遺跡 8 横浜市道高速2号線 No.9遺跡
 9 下戸塚遺跡 10 志村遺跡第6地点 11 成増新田原遺跡 12 大門遺跡 13 三輪野山遺跡群 14 御屋敷添遺跡

第1図 南関東地方における弥生時代終末期の赤色顔料利用分布図

集落遺跡における土器原材料のデポに関する自然科学的アプローチ(その2)

—岩倉忠在地遺跡・住居址出土粘土塊および土器片の薄片観察による解析—

○矢作健二(パリノ・サーヴェイ株式会社)・若林邦彦(同志社大学)・高林弘実(同志社大学)

はじめに

弥生時代終末～古墳時代初頭の集落が確認された岩倉忠在地遺跡では、竪穴住居跡および土坑から粘土塊が出土している。粘土塊は、その出土状況から、土器の製作を目的として住居内に蓄えられていた粘土の跡であると考えられており、それを客観的な分析データにより検証する試みがなされている。

本報告では、その検証方法の一つとして、粘土塊および土器の双方を対象とした薄片を作製し、その岩石学的な特性から比較を行う。

1. 試料

岩倉忠在地遺跡は京都盆地北東端部を構成する岩倉盆地内に位置する。方形の竪穴住居跡や柱穴群、土坑および溝などが検出され、庄内式期前半とされる土器が出土している。粘土塊は竪穴住居跡および周囲の土坑・落ち込みより出土している。竪穴住居跡の粘土塊は、住居床面を数 cm 程度浅く掘りくほめた中に平たく固めて据え置かれた状態で確認され、床面には粘土の小片も確認されている。

分析を行った試料は、粘土塊 8 点、土器片 9 点の計 17 点である。各試料のサンプル No. とその内容については、一覧にして表 1 に示す。

2. 分析方法

薄片は、試料の一部をダイヤモンドカッターで切断、正確に 0.03mm の厚さに研磨して作製した。薄片は偏光顕微鏡による岩石学的な手法を用いて観察し、試料中に含まれる鉱物片、岩石片および微化石の種類構成を明らかにした。データの呈示は松田ほか(1999)の仕様に従い、メカニカルステージを用いて 0.5mm 間隔で移動させ、細礫～中粒シルトまでの粒子をポイント法により 200 個あるいはプレパラート全面で計数した。また、同時に孔隙と基質のポイントも計数した。

3. 結果および考察

薄片観察による鉱物片および岩石片の種類構成は、粘土塊も土器片もいずれもほぼ同様である。鉱物片では石英が多く、少量のカリ長石と斜長石を伴い、少量または微量の角閃石と黒雲母を含む。岩石片では少量または微量のチャート、頁岩、多結晶石英、花崗岩類を含み、試料によっては少量または微量のホルンフェルスや火山ガラスを含む。なお、微化石の植物珪酸体を微量含む試料も認められた。これらの鉱物片や岩石片は全て岩倉盆地周辺の地質に含まれるものであることから、粘土塊および土器胎土は岩倉盆地内の堆積物に由来する可能性が高いと考えられる。

一方、砂粒の粒径組成では、ヒストグラムの形からⅠ類とⅡ類に大別され、ピークとなる粒径と碎屑物の種類からそれぞれⅠa～Ⅰc、Ⅱa～Ⅱd に細分される。粘土塊では、ほとんどがⅠ類であるのに対して、土器片ではⅠ類とⅡ類がほぼ半数ずつとなった。粘土と同一の分類に入る土器試料は 4 点あったが、これらは火山ガラスの量比または砂の量比において、粘土試料とは差異が認められた。結果として、薄片観察から得た特性からは、粘土塊と完全に一致する土器片は認められなかった。したがって、粘土塊が、そのまま土器の素地土となった可能性は低いと考えられる。しかし、粘土塊が土器の材料の一部として使用された可能性は十分にあると考えられる。

松田順一郎・三輪若葉・別所秀高, 1999, 瓜生堂遺跡より出土した弥生時代中期の土器薄片の観察—岩石学的・堆積学的による—. 日本文化財科学会第16回大会発表要旨集, 120-121.

表1 分析試料一覧および胎土分類

サンプル No.	出土遺構	内容	登録番号	実測回番号	胎土分類								
					I			II					
					a	b	c	a	b	c	d		
1	竪穴住居230	粘土1	560		■								
2	竪穴住居230	粘土1	560					■					
3	土坑509	粘土2	564		■								
4	土坑509	粘土2	564		■	■							
5	土坑471	粘土1	565		■								
6	土坑471	粘土1	565		■								
7	土坑471	粘土2	566		■								
8	土坑471	粘土2	566		■								
9	溝16	鉢(口縁部)	646	28	■		■						
10	溝16	鉢(口縁部)	758	5	■								
11	溝16	小型器台(脚裾部)	615	15	■								
12	溝16	高坏(脚裾部)	706	41	■						■		
13	溝16	甕(口縁部)	758	12	■								
14	溝16	甕(口縁部)	653	32	■								
15	溝16	広口壺(口縁部)	627	9	■								
16	溝16	直口壺(口縁部)	473	35	■								
17	溝16	台付無頭壺(口縁部)	716	33	■								■

胎土分類の説明

I : 砂分の粒径組成ヒストグラムが単峰形

I a: モードが極細粒砂～細粒砂にある

I b: モードが細粒砂～中粒砂にある

I c: モードが中粒砂～粗粒砂にある

II : 砂分の粒径組成ヒストグラムが双峰形

II a: 粗粒側のピークは多結晶石英

II b: 粗粒側のピークはチャート

II c: 粗粒側のピークはカリ長石

II d: 粗粒側のピークは石英

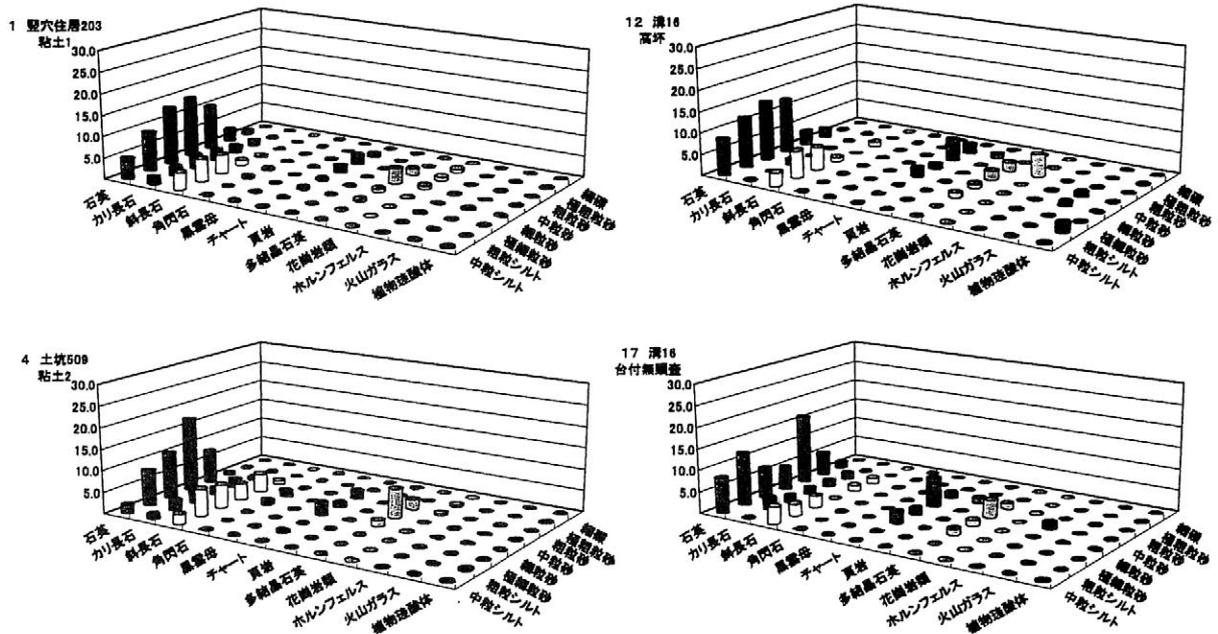


図1. 各粒度階における鉱物・岩石出現頻度

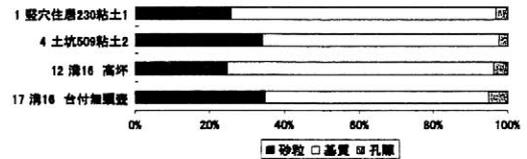
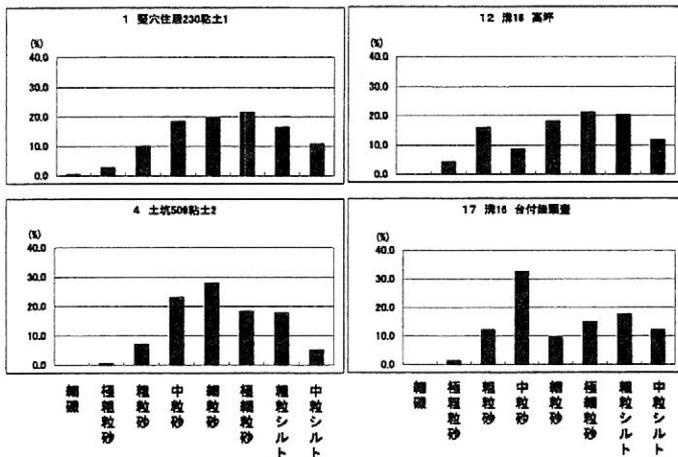


図2. 砂粒全体の粒径組成(右図)

図3. 砂粒・基質・孔隙の割合(上図)

カマン・カレホユック遺跡出土の鉛土器と金雲母土器の製法の解明

○ 熊崎 千恵美・保倉 明子・中井 泉（東理大理）

1. はじめに

カマン・カレホユック遺跡は、中央アナトリアのほぼ中央に位置する層状構造を持つ台形の遺構である。同遺跡では、1985年以來アナトリア考古学における文化編年の再構築を目的に発掘調査が行われており、1985年に行われた予備調査から1986年~現在までに、4層の文化層が確認されており、各層から、その時代の技術を反映した特徴的な土器が出土されている。様々な層から出土する土器に用いられた技法を明らかにしていくと土器の製造技術の変遷を追うことができる。本研究では、化学的に土器の製造技術を解明することで新たな分類の基礎を築くことを最終的な目的としている。

第Ⅱ層の鉄器時代からは多くの灰色の土器片が出土し、その中でも金属鉛のような特徴的な銀光沢をもつものがある。その特徴的な光沢のため、鉛を含有しているのではないが鉛土器と呼ばれている。この土器の光沢の起源については先行研究によって雲母と報告されている¹が、その光沢の様子がいぶし瓦に似ていることから、いぶし技術を利用した炭素吸着による光沢という説も残っていた。そこで、本研究では炭素吸着による光沢の可能性を含めて鉛土器の表面光沢の起源の再検討を行った。

また、鉛土器と同時期から出土し、酸化焼成による褐色を呈しているが、鉛土器と類似の光沢をもつ土器に金雲母土器がある。この金雲母土器の表面光沢は雲母によるとされている²が、化学分析はなされていなかった。そこで、本研究では金雲母土器の表面光沢の起源を解明および焼成温度の推定を行い、類似の光沢をもつ2種の土器の製法の違いを考察した。

2. 試料と実験

試料には、同遺跡Ⅱa層出土の鉛土器片、金雲母土器片である。炭素吸着による光沢の比較試料としていぶし瓦を用いた。表面光沢の解明を各試料の表面および胎土について粉末X線回折法、SEM-EDS法などを用いて行った。さらに、鉛土器について炭素が光沢に寄与している可能性を、SEMを用いた炭素吸着による光沢をもついぶし瓦との形状比較と、鉛土器の酸化雰囲気下の再焼成とラマン分光法および元素分析を行って検討した。

一方、オリジナルの金雲母土器片を1cm角に切り300°C-1100°Cの範囲で再焼成し、SEM観察、電子スピン共鳴法（ESR）、粉末X線回折法を用いて金雲母土器の焼成温度の推定をした。

3. 結果と考察

鉛土器と金雲母土器の表面光沢の層には、いずれも光沢のある鉱物が観察された。この鉱物を針を用いて剥離し、粉末X線回折法を行ったところ図1に示すように白雲母の回折パターンとよく一致し、白雲母と同定された。また、SEM-EDSによる組成結果は白雲母と一致するものであった。SEMによる形状観察の結果、鉛土器表面の形状は炭素吸着が施されているいぶし瓦と大きく異なっていた。ラマン分光法および元素分析の結果、オリジナルの鉛土器表面では炭素が検出さ

れるのに対し、酸化雰囲気下で再焼成された鉛土器では消失する一方、鉛土器の表面光沢は再焼成後も残ることから、鉛土器表面に存在していた炭素と光沢は関係がないことが明らかになった。以上より、鉛土器と金雲母土器の表面光沢の起源はいずれも雲母であり、さらに、雲母の中でも特に白雲母または、白雲母の組成に近い雲母であることがわかった。

SEM を用いて、それぞれの温度でオリジナルの金雲母土器試料と再焼成した試料の胎土を観察したところ、800°Cまでは変化しないが、900°Cで再焼成した試料の胎土組織は熔融が観察されオリジナルでの胎土の組織とは変化することがわかった。ESR を用いて胎土に含有される鉄の状態分析を行ったところ、900°Cで再焼成した試料の胎土では、再焼成によって生じる Fe^{3+} の化学状態の変化に伴う共鳴磁場の変化が観察された。各温度で焼成した試料について粉 X 線回折法を行ったところオリジナルでみられていた高角側のピークが 900°Cで再焼成したもので消失していた。これは、再焼成によって結晶性物質が消失したことを示す。以上より、焼成温度を 900°Cと推定した。なお、金雲母土器片のうち、表面光沢層に存在する雲母鉱物の中には、組成が白雲母と一致しないものがあり、雲母によって光沢を発現させるという一つの技法の中にも用いていた雲母に複数種あることが、今回、初めて明らかになった。これらは、用いた雲母の原料や産地が異なる可能性があり、今後、さらに検討を行う予定である。

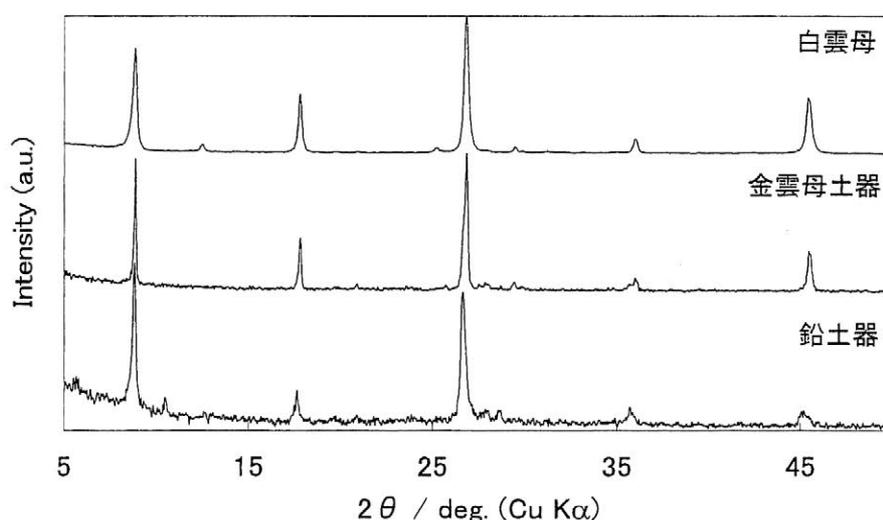


図 1 鉛土器および金雲母土器の表面光沢層の粉末 X 線回折パターンと白雲母の粉末 X 線回折パターンの比較

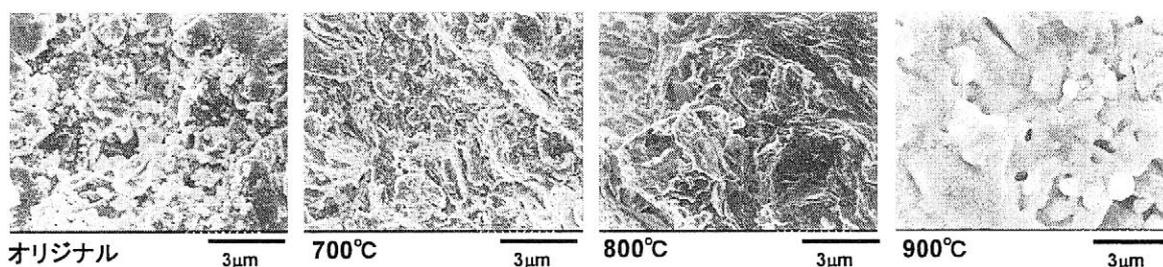


図 2 様々な温度で再焼成した金雲母土器試料の胎土の SEM 像

¹⁾ 松永将弥、中井泉、アナトリア考古学、7、pp285-291(1998).

²⁾ K. Matumura, *Anatolian Archaeological Studies*, 11, pp123-124 (1999).

出土埋木玉の科学分析について

(財) 元興寺文化財研究所 植田直見

1. はじめに

古墳時代出土琥珀や埋木などの有機物でできた玉類のなかで琥珀に関してすでに材質分析や産地同定など科学的な研究が進められている。一方、埋木は科学的な分析については全く研究が進んでいない。しかし、琥珀の産地には埋木が産出するところが多く両者を一括して研究することはこれらの材料の流通など考古学的な研究においても意義があると思われる。また、遺物としてもこの両者は同時に出土することが多く、密接な関係にあると考えられる。

そこで、各地の古墳より出土した埋木製玉類と琥珀標準産地より産出した標準資料を収集し各種分析を実施した。これらを比較することでその特徴を把握した。その結果、興味ある知見を得たので報告する。

2. 埋木とは

古墳などより出土する黒色の玉類は一般的に埋木玉と呼ばれている。これらは1億年余り前の植物が地中に埋もれ化石化したものといわれている。しかし、その材質についての調査はほとんど行われていない。さらに科学的な分析については全く報告がされていない。そのため黒色の玉類を埋木玉と一般に呼んでいるが明確な定義はない。地質学的には植物が化石化したものは石炭であり、まだ組織が残った状態のものは珪化木とよばれる場合もある。今回調査した遺物は大きく植物の組織が残っているものとそうでないものの2種類が観察された。

3. 分析資料および方法

標準試料として岩手県久慈市、福島県いわき市、千葉県銚子市、北海道芦別市産石炭を、出土埋木は古墳時代出土埋木玉5点（三重県下の古墳より出土）についてその一部を採取し粉末にしたものを分析に用いた。

分析は以下の3種類について実施、さらに顕微鏡観察による木材組織の有無を調べた。

①X線回折

完全に石炭化していると結晶構造が見られる可能性がある。そのため、X線回折（マックスサイエンス(株)製 MXP-18)による結晶構造を調べた。

②元素分析

試料は有機物であるためCHN元素分析（全自動元素分析装置 Perkin Elmer(株)製 2400 II CHNS/O)により試料中の炭素と水素の割合を調べた。

③熱分析

試料の加熱による重量変化およびエネルギー変化を調べるため熱分析（株式会社島津製作所製 DTG-60）を行った。

4. 結果・考察

X線回折では大きく2通りの測定結果が得られた。一方ははっきりとX線回折ピークが観察され（図1）、もう一方は明確な回折ピークが得られなかった（図2）。これは標準試料、出土資料とも同じ結果であった。さらに、明確な回折像が得られなかったものは顕微鏡観察で植物組織が観察されたものであった。

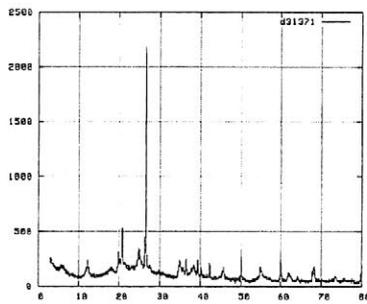


図1. いわき市産石炭のX線回折

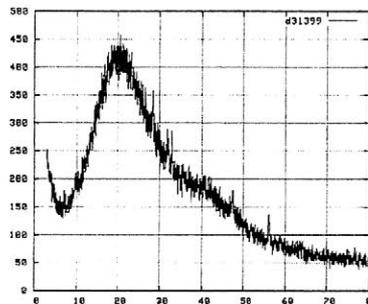


図2. 久慈市産石炭のX線回折

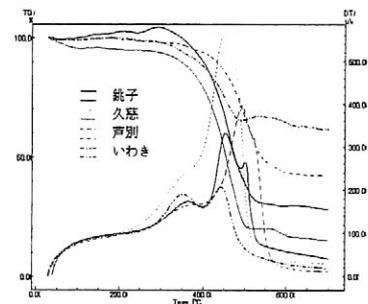


図3. 標準資料の熱分析

次にCHN元素分析では炭素と水素のモル比は約1:1から1:1.5までの値であり炭化が進行した状態であることがわかったが、産地ごとの特徴が現れるような大きな差は見られなかった（表1）。

最後に熱分析ではいずれも大きく2つの発熱反応と見られるピークが観察されたが位置・強度に違いが見られ産地ごとの特徴として分類することはできなかった。なお2番目のピークは燃焼によるCO₂の発生に由来するピークであると思われた。

表1. CHN元素分析結果

		C	H	その他
芦別市	重量%	46.7	3.7	49.6
	モル比	39	37	
久慈市	重量%	60.3	5.4	34.3
	モル比	50	54	
いわき市	重量%	29.0	3.6	67.4
	モル比	48	72	
銚子市	重量%	64.7	6.8	28.5
	モル比	54	68	

5. さいごに

埋木玉については今まで科学的な調査はほとんど行われていない。そのため、どのような分析が有効であるかを検討する必要があった。今回3種類の分析方法で測定した結果、いずれも炭化が進んだ状態であったが、結晶化しているものとそうでないものがあり、これは植物組織の有無に関係することがわかった。しかし、産地ごとの特徴を明確にするまでにはいたらなかった。さらに、これらをひとくくりに埋木と呼んでよいかについては今回分析した標準資料以外の産地およびより多くの出土資料について分析を行ない、データを蓄積することが必要であると考えた。

なお、X線回折およびCHN元素分析は奈良先端科学技術大学院大学片尾昇平氏に測定いただいた。

出土鉄製品に付着する劣化繊維製品の情報について

○山岡奈美恵・塚本敏夫・井上美知子（財）元興寺文化財研究所

1、はじめに

鉄製品は劣化しやすいため、永く土中に埋蔵されている間に本来の形状が推察不可能となるほどサビや土に覆われてしまうケースが非常に多く、このため表面の木質や繊維製品、漆膜といった有機質情報は失われやすい。特に出土鉄製品付着の繊維製品は、本来の成分は失われ錆着によりかろうじて形状を保持している状態であり、サビ・土等と一体化してしまい判別し難いケースが多い。また、保存処理の際にも防錆のため、錆びは明らかに有機質と解る情報が付着しているもの以外は極力落とす方向で処理を進めてきた。そのため、その情報が見落とされてきた例は少なくない。

しかし近年、刀装具の木質や織物、副葬時に使用された織物などの有機質が良好な状態で残存している遺物を扱う機会がしばしばあり、保存処理を行うなかでその材質や使用方法等、有機質情報について新たな知見が得られてきている。

研究者らは、以前より出土鉄製品に付着する繊維製品について、光学顕微鏡や電子顕微鏡による観察、FT-IR 分析等による調査を行いその報告を行ってきたが、今までは明らか繊維製品と判別できる事例を対象としてきた。しかし、新たな知見を踏まえて調査を行うことにより、遺物表面に肉眼では明確に確認できないが、エックス線写真を注意深く観察することにより、繊維製品が付着していた痕跡の情報と思われる事例をいくつも確認することができた。本報告ではその事例を挙げ、今まで見過ごされてきた錆化した劣化繊維製品情報を抽出し、出土鉄製品に付着した繊維製品に関する新たな研究視点を提示する。

2、調査使用装置及び撮影条件

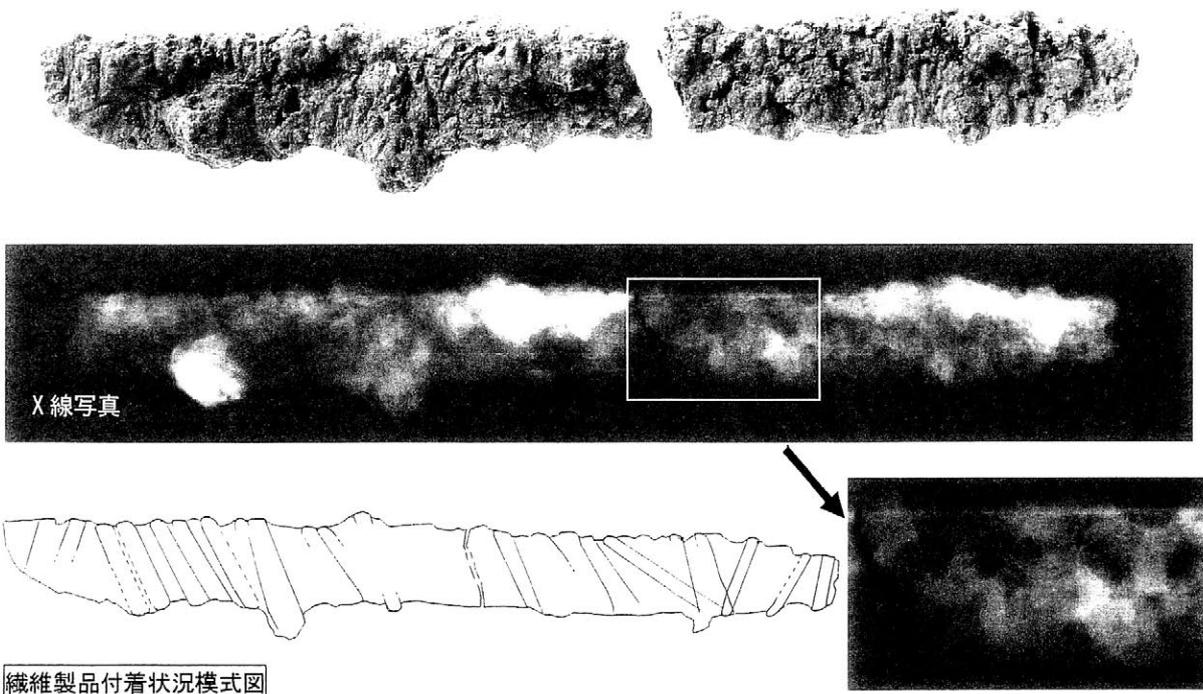
〈装置〉	X線透過試験装置 MG225*1	〈フィルム〉	Fuji X-ray film Ix100*2
〈増感紙〉	LF0.03	〈焦点フィルム間〉	100 cm
〈現像装置〉	富士工業用 X-レイフィルムプロセサー FIP1400*2		
〈現像液〉	工業用 X-レイフィルム自動現像機用現像補充剤スーパードール I *2		
〈定着液〉	工業用 X-レイフィルム自動現像機用定着液スーパー FI*2		

(*1 フィリップス社 *2 富士写真フィルム㈱)

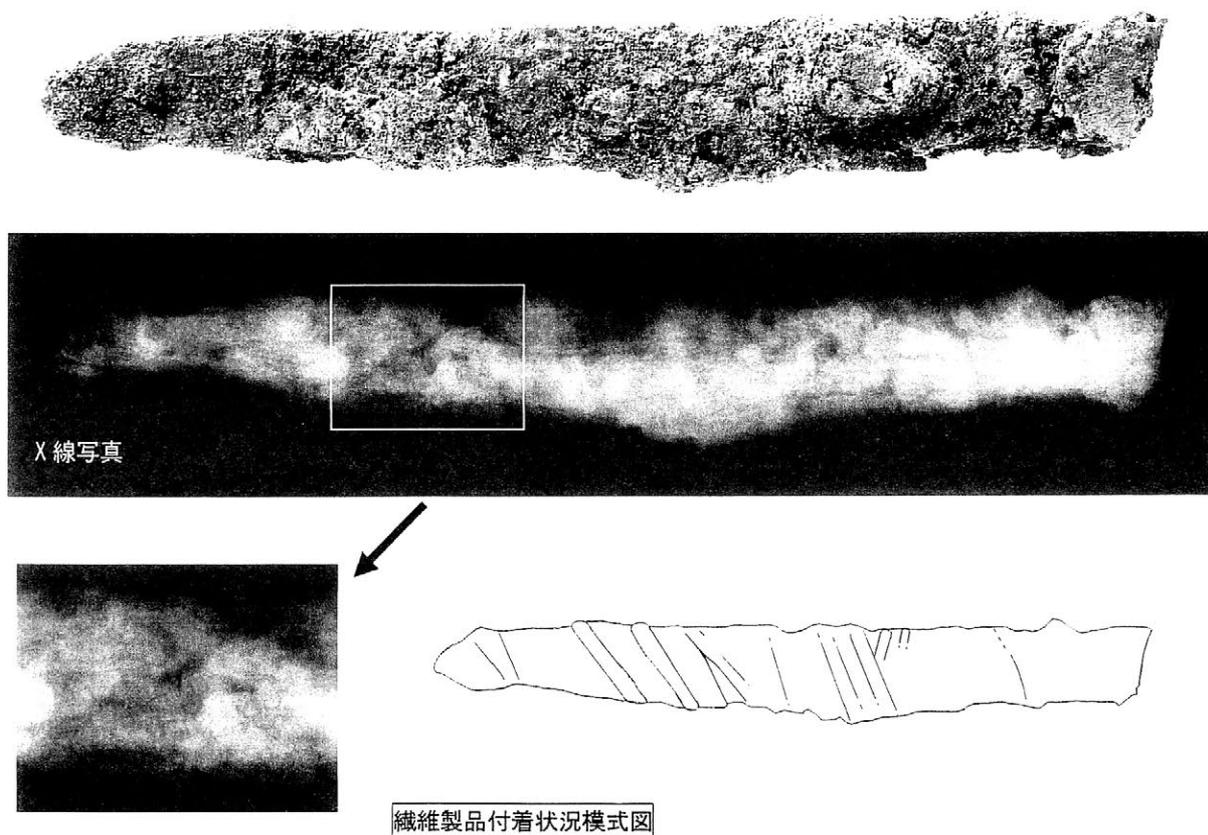
3、調査結果と考察

A では幅約 0.5cm、B では幅約 0.4cm の繊維製品が巻かれている痕跡がエックス線写真で確認できるのではないだろうか (模式図参照)。A の表面には明確な繊維製品痕は確認できなかったが、B にはわずかに繊維製品の付着が確認できたことや、単なるサビが規則的に付着するとは考えにくく、サビの形成には何らかの条件が働いていると考えられることから、繊維製品付着の痕跡が表れている可能性が高いと考える。今後、更に類例を調査して検討を行い、より多くの有機質情報を明らかにすると同時に後世へ伝えていきたいと考える。

A、上御園遺跡（愛知県小牧市）出土刀子



B、小野崎遺跡（熊本県菊池市）出土刀子



〈参考文献〉

山岡奈美恵他「出土金属製品に付着する有機質の自然科学的調査」『日本文化財科学会第22回大会要旨集』日本文化財科学会

飾り弓の材質と技法 ～北海道北斗市押上1遺跡の事例から～

○小林幸雄*、森靖裕**

* 北海道開拓記念館、** 北斗市教育委員会

1. はじめに

北海道北斗市押上1遺跡からは、縄文文化後期前葉の涌元式期に属する“赤色漆塗製品”が出土した。本資料にともなう微小片をもとに、材質と技法を検討したので概略を報告する。

2. 調査

赤色漆塗製品にともなう微小片1点（最大幅約2mm、最大長約6mm、最大厚1mm以内）について、以下の観察と分析をおこなった。①肉眼観察、②走査電子顕微鏡による観察と材質調査、③試料断面の光学顕微鏡観察、走査電子顕微鏡による二次電子(SEM)像と反射電子(BEI-COMPO)像の観察、およびエネルギー分散形X線分析装置(EDS)による元素分析。

3. 結果と若干の考察

3-1. 外観

微小片試料は、幅約2mmに切り取られたほぼ長方形の短冊状を呈する。短冊のうち、対向する長辺は互いにほぼ平行する直線、一方の短辺はともに不規則な線で構成される。表面は赤色、裏面は黒褐色～褐色を呈する。表面側の赤彩層は劣化して剥落が進んでいる。実体顕微鏡下での観察によると、赤彩層として少なくとも2層を数える。長辺(2辺)を挟む中央部は厚さの方向に対して舟底状に凹の曲面となる。曲面の下には上塗り、さらに下には下塗りのそれぞれ赤彩層が観察される。裏面には、長辺に直交する方向に微かな平行組織が観察される。飾り弓の芯をなす木質を剥ぎ取ることで残された繊維質の痕跡と推定される。裏面の各所には緩やかな凹凸を有するが、全体としてはほぼ平滑面となる。以上の観察結果には、飾り弓にともなう塗膜片に共通する特徴が示される。よって、この微小片試料は、飾り弓の表面を構成する赤色塗膜が、弓幹を装飾的に補強するために巻き上げられた糸によって切り取られて生じたものと推定する。

3-2. 塗膜断面の観察と分析

試料をエポキシ樹脂に埋め込み、舟底状の凹を横断する面(=弓幹の長さ方向に平行する面)を研磨して観察した。写真1には、薄片化した断面試料の光学顕微鏡像を示した。横幅は約2mmを表す(倍率:約40倍)。写真2と写真3とは走査電子顕微鏡像であり、各列は反射電子像(左)、Fe-X線像(中)、Hg-X線像(右)を示す。これらによると、下塗り層に鉄(Fe)、上塗り層に水銀(Hg)が対応して分布する。それぞれがベンガラ漆と朱漆に由来すると推定される。観察部位では、下塗り層が80～150 μ m、上塗り層が10～30 μ mの層厚を示す。また、光学顕微鏡像(写真1)には、彩色層(上塗り、下塗り)の下層に漆系材料による漆層が最大厚約120 μ mで広がる。

今回の調査結果により、以下の知見を得た。

- (1) 微小片試料は、飾り弓の赤色塗膜にともなうものである。北海道の縄文文化においては、これまでに縄文文化後期中葉から続縄文文化期にかけての飾り弓が知られており、本遺跡の出土例は最も遡る事例として重要である。
- (2) 塗膜断面の観察により、素地（＝木胎）の上に漆系材料を塗布し、その上に下塗り層としてベンガラ漆（1層）、その後さらに上塗り層として朱漆（1層）を塗り重ねていることを確認した。
- (3) 北海道における朱の利用例としては、これまでに縄文文化後期中葉～後期末葉の時期に属する事例が知られていた。本例の分析結果によって、北海道における朱の利用が縄文文化後期前葉まで遡ることを確認した。



写真1 断面の光学顕微鏡像 (約40倍)

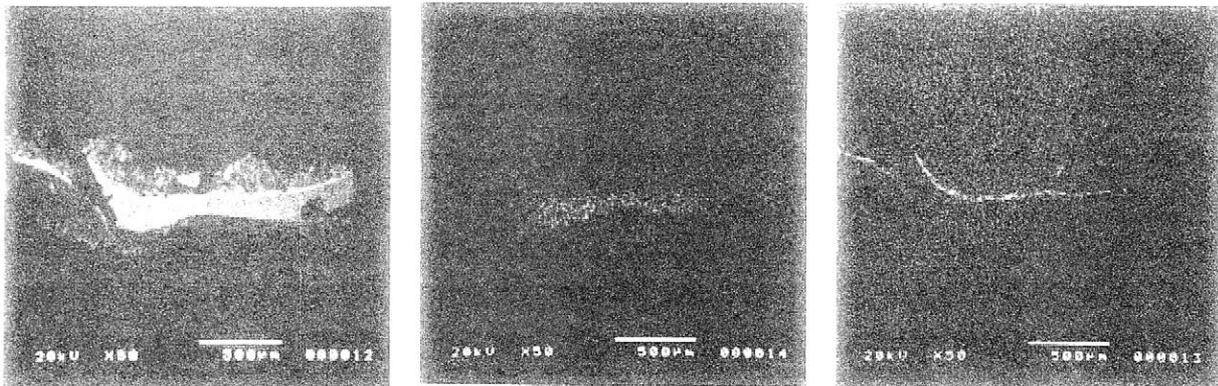


写真2 反射電子像(白線:500μm)

Fe-X線像

Hg-X線像

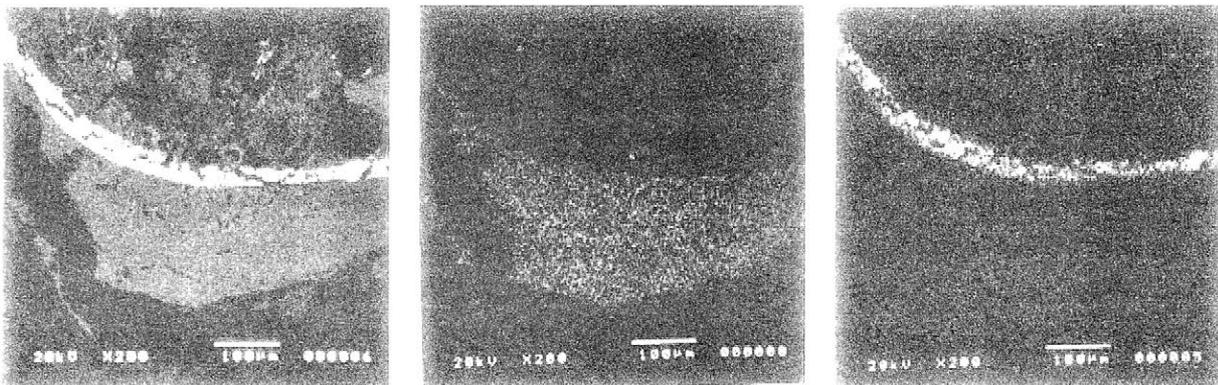


写真3 反射電子像(白線:100μm)

Fe-X線像

Hg-X線像

大槌代官所跡遺跡出土漆器の調査～ クロスセクション観察による製作技法の検討～(2)

○ 小館昭子*、手代木美穂**、松田泰典*、松井敏也***、鎌田精造****
(東北芸術工科大学大学院*、東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター**、
筑波大学大学院***、大槌町教育委員会****)

1. はじめに

平成6年の発掘調査により、岩手県大槌町大槌代官所跡遺跡からは多数の遺物が出土した。大槌代官所は、寛永年代より約240年間に渡り現在の岩手県沿岸部を統治していた。出土木製品には多量の漆器も含まれ、平成16年より、薄片分析による材質・製作技法調査を行っている。岩手県下において、平泉町や水沢市など、歴史的知見からも重要とされる遺跡からの漆器出土例は多い。しかし、県・市町村発行発掘調査報告書によると、それらの薄片調査・分析例は非常に少なく、その製作技法・材質は明らかとなっていない。本調査は、近世岩手県下において使用された漆製品の技法・材質の一端を明らかにするための一要素と成り得ると考えている。調査は現在も継続中である。本要旨内では、漆器資料16点の材質・構造調査結果を提示する。

2. 調査資料および方法

調査資料の外装についてTable1に示す。各資料より漆塗膜を少量採取し、エポキシ樹脂で包埋した。資料の断面を耐水ペーパーで研磨したのち、断面をエポキシ樹脂でスライドグラスに接着させ、再度研磨し標本プレパラートを作成した。これを光学顕微鏡および偏光顕微鏡にて断面構造を観察したのち、走査型電子顕微鏡付属エネルギー分散型X線分析装置(SEM-EDX)にて含有顔料の同定を行った。

3. 結果および考察

調査および分析結果をTable1に示す。また、各資料のクロスセクション写真をFig.1～11に示す。No.71資料を除き、両面に炭粉下地を施し、赤色面には赤顔料を混和した漆を一層、黒色面には生漆を一層塗布した構造を呈していた。赤色漆層を分析した結果、鉄Feが検出されたことから、この顔料は第二酸化鉄 Fe_2O_3 を主成分とするベンガラである可能性が考えられた。No.71資料は炭粉下地を施し、内面は赤色漆を二層塗布した構造を呈していた。赤色漆層を分析した結果、上層からは水銀と硫黄が検出されたことから硫化水銀 HgS を主成分とする朱が、2層目からは鉄が検出されたことからベンガラである可能性が考えられた。

4. まとめと今後の展開

本調査は中途段階ではあるが、現時点において、内外面とも炭粉下地の層に漆を1層塗布した資料を最も多く確認している。このことから、当地では簡易的な製作技法による漆製品が日常的に多用されたと推察した。今後も本資料群の調査・分析を継続して行ない、当地にて多用された漆製品の特徴を探る必要がある。

Table1 各資料構造および含有元素

資料No.	下地種類	内面			色彩	下地種類	外面	
		色彩	塗数	含有元素			塗数	含有元素
49	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	—(欠)	—
50	炭粉	赤	1	Fe	赤	炭粉	1	Fe
51	炭粉	黒	1	—	黒	炭粉	1	—
53	炭粉	黒	1	—	黒	炭粉	1	—
54	炭粉	赤	1	Fe	赤	炭粉	1	Fe
56	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	1	—
57	炭粉	赤	1	Fe	赤	炭粉	1	Fe
58	炭粉	黒	1	—	黒	炭粉	1	—
59	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	1	—
70	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	1	—
71	炭粉	赤	2	上)Fe下)Hg, S	黒	炭粉	—(欠)	—
72	炭粉	赤	1	Fe	赤	炭粉	1	Fe
73	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	1	—
75	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	1	—
77	炭粉	黒	1	—	黒	炭粉	1	—
78	炭粉	赤	1	Fe	黒	炭粉	1	—



Fig.1 No.54内面

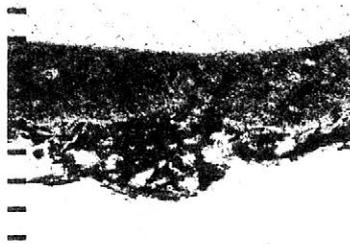


Fig.2 No.54内面クロスセクション



Fig.3 No.54外面

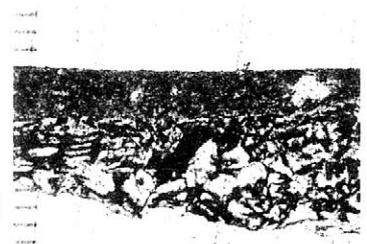


Fig.4 No.54外面クロスセクション



Fig.5 No.56内面



Fig.6 No.56内面クロスセクション



Fig.7 No.56外面

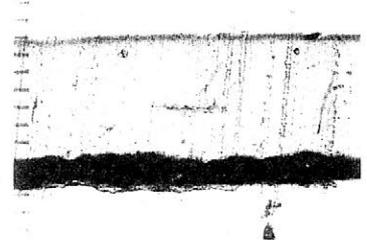


Fig.8 No.56外面クロスセクション



Fig.9 No.71内面

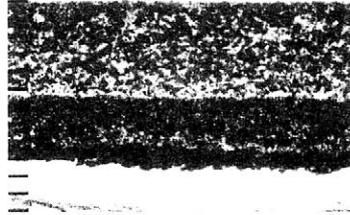


Fig.10 No.71内面クロスセクション



Fig.11 No.71外面

【参考文献】小館昭子、手代木美穂、松田泰典、松井敏也、鎌田精造、大槌代官所跡遺跡出土漆器の調査〜クロスセクション観察による製作技法の検討〜、日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集、p202-203、2005／北野信彦、近世出土漆器の研究、株式会社吉川弘文書、2005

中世出土漆器に使用された火山ガラスを含む下地材について(1)

○武田昭子(昭和女子大学)・赤沼英男(岩手県立博物館)・土谷信高(岩手大学)

1. はじめに

漆器の製作工程の中でも下地調整技法は、技術系譜によって異なっていた可能性が高く、製品の品質に密接に関係する。下地層の役割は、表面をより平滑に仕上げるといった効果に加え、胎部の膨張や伸縮、吸放湿の影響が表面塗膜層に及ぼす影響を抑制するという点でも重要な役割を果たしたものと推定される。しかし、表面塗膜層に比べ下地に関する研究は少なく、中世漆器の下地調整技法については未解明の状況にある。

岩手県平泉町柳之御所遺跡出土漆器の塗膜断面構造の解析によって、下地調整材としての火山灰の使用が確認された。下地に混和された火山灰、とりわけ火山ガラスの化学組成は、噴出したマグマの成因に起因する。従ってその化学組成は、下地調整に使用した火山灰の採取地域に関する情報を反映すると推定される。以下では、柳之御所遺跡出土漆器の塗膜断面構造解析結果を述べ、次に、火山ガラスの化学組成に基づく漆器製作地域推定の可能性について述べる。

2. 調査資料

柳之御所遺跡は、岩手県西磐井郡平泉町平泉字柳之御所に所在する。北上川西岸に隣接し、周囲を高館跡、無量光院跡、伽羅御所跡に囲まれた総面積約 11 万 m² の遺跡である。1997 年(平成 9 年)に国指定史跡となり、平成 10 年度から岩手県教育委員会と平泉町教育委員会によって学術調査が続けられている。調査資料は第 13 次調査区の井戸跡 5C-5 の底面から出土した。共伴するかわらけによって、12 世紀に比定されている。木胎部は全て欠損しているが、残存する漆塗膜については破損および一部欠損箇所があるものの、全体形状は推定可能な状況である。直径が約 26 cm、六弁の輪花と浅い高台を有する資料とされた。外面は黒色、内面は赤色で、内外面いずれにも文様は見られない。本遺跡から出土した 12 世紀代と推定される他の漆器はそのほとんどが内外面ともに黒色を呈するのに対し、調査資料(写真 1)は内面が赤色、口縁部は輪花の形状を有する等、出土漆器の中でも稀少な例となっている。

3. 調査方法

調査試料のサンプリングは、遺物の外観形状を損なわないよう最大限の注意を払い、医療用メスを使って外面の黒色漆塗膜断片から数 mm 角摘出した。摘出した試料を塗膜断面の組織観察が可能となる方向にエポキシ樹脂で固定し、エメリー紙で荒研磨した後、ダイヤモンドペーストで仕上げ研磨した。こうして得られた研鏡面を落射顕微鏡観察した後、カーボン蒸着し、エレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー (EPMA) で、下地に混在する火山ガラスの化学組成を求めた。次に調査試料を薄片にし、透過顕微鏡観察で塗膜断面構造を調査した。塗膜断面の下地部分を偏光顕微鏡観察し、下地に混和された鉱物を同定した。得られた分析結果に肉眼観察結果を加味し、下地調整技法を解析した後、当該資料、他地域から出土した漆器の下地、および中尊寺周辺から採取された岩石状物質(以下、比較資料という)^{注 1)}に含まれる火山ガラス相の化学組成を比較して、当該資料の遺跡周辺における製作の可能性について検討した。

注 1) 比較資料は、中尊寺周辺から採取された(故江本義理氏による)ものである。なお、金色堂の漆塗りに使用されていた創建当初の地粉層は全て厚付けで、1～2回で塗り上げられていた。昭和 37 年～43 年にかけて実施された金色堂保存修復工事では様々な地粉が模索され、その結果、金色堂付近から採取された山土が当初の地粉とほとんど同じ成分であることが解り、これで調整した地粉が「中

尊寺地粉」として、本工事に使用された。*参考文献 国宝中尊寺金色堂保存修理委員会編：金色堂の漆芸，国宝中尊寺金色堂保存修理工事報告書，pp.115-116，(1968)

4. 調査結果

大部分の漆塗膜は下地の布着せ層上部で剥離していた。内外面それぞれの塗膜断片を目視観察した結果、布着せは木地内外面全体に施されていたと推定される。剥離した布着せ層表面の実体顕微鏡観察によって、使用された布（繊維の断面形状は麻に類似）は平織りで、織り密度は概ね縦 16 本/1cm、横 18 本/1cm であることが分かった。下地層は 3 層からなり、下から布着せ層、泥と砂が混和された層、黒色微粒子が混和された薄い層がその上に続く。漆塗り層は 2 層からなる。層厚の割合は、下地層が漆塗り層の約 2 倍である。偏光顕微鏡観察によって、下地層に含まれる砂粒子はいずれも破片状であり、粒径の大きなものはバブルウォールタイプの透明火山ガラス片(Gl)が主体である。そのほか斜長石、単結晶石英(Qtz)などが認められる。EPMA による組成像 (COMP) には、 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-K}_2\text{O-Na}_2\text{O-MgO-FeO-TiO}_2$ 系のガラス相 (Gl)、酸化ケイ素(Qtz：石英と推定される)が観察される (写真 2)。

5. 考察

盤は布着せを行い、破片状となっているバブルウォールタイプの透明火山ガラス片を主体とする砂粒子が混和された地粉漆を 1 回塗布し、黒色微粒子が濃密に混和された層でその上面を覆い下地としている。盤の内面から摘出した試料の薄片による岩石・鉱物学的研究によって、下地には火山ガラス片が見出され、混和材として火山灰が使用されたことが明らかとなった。既述のとおり、火山ガラスの化学組成は噴出したマグマの成因に起因する。従ってその化学組成は、下地調整に使用された火山灰の採取地域に関する情報を反映すると推定される。

火山ガラス 8 点の EPMA による定量分析値から、主成分である SiO_2 と、 TiO_2 、 MgO 、および Cr_2O_3 の含有量 (Weight%) は近似している。これまでに下地に火山灰の混和が確認された資料のうち、東京都尾張藩上屋敷跡出土椀 (18 世紀～19 世紀初頭と推定) 中の火山ガラスが、盤にきわめて近い値をとる。一方、神奈川県鎌倉市佐助谷遺跡 (13 世紀と推定) および東京都永田町二丁目遺跡内藤家中屋敷跡出土漆器 (18 世紀と推定) の下地の火山灰組成は、盤および尾張藩上屋敷跡出土漆器に比べ、 TiO_2 および MgO が高レベルであるという点で異なる。比較資料については、尾張藩上屋敷跡出土漆器に近い値をとるものの、 TiO_2 、 MgO 、および SiO_2 含有量の点で、盤の下地に混在する火山ガラスと比較資料の火山ガラスの成因をただちに同じとするのは危険である。この点については、柳之御所遺跡周辺の火山灰層から採取された試料の分析例を増やし、確認することとしたい。

下地に混和された火山灰中の火山ガラスの化学組成を調べることによって、漆器製作地域を推定するうえでの重要な情報が得られることが確かめられた。今後、火山灰組成に関する調査データの蓄積を図り、その結果に考古学の調査結果を重ね合わせながら、中世における漆器製作地域と流通の解明を進めたい。



写真 1：盤の外観内面・外面

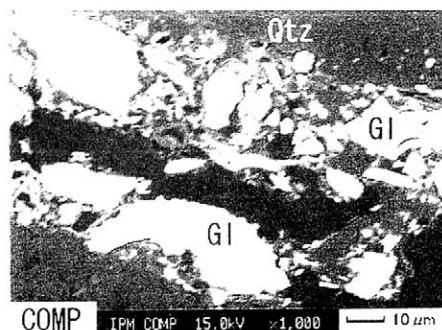


写真 2：盤の下地部分の EPMA による組成像 (COMP)

シルクロード交流館所蔵コプト織断片の化学分析

その2 赤色染料分析

○ 佐々木良子¹⁾、松原淳子²⁾、岡田文男²⁾、

土橋理子³⁾、佐藤昌憲⁴⁾、佐々木健¹⁾

1) 京都工芸繊維大学、2) 京都造形芸術大学、

3) ならシルクロード博記念国際交流財団、4) 奈良文化財研究所

はじめに

奈良公園シルクロード交流館にコプト織断片（紫円文及び赤チュニック）が所蔵されている。このコプト織の文様や技法については坂本和子氏により検討され、用いられた赤色染料については、西洋茜或はケルメスが想定されている¹⁾。昨年演者らはこの試料について、赤外分光スペクトル測定により、赤チュニックの縦糸・横糸は共にウールであること、紫円文の縦糸（ベージュ）は亜麻と想定される植物性繊維、横糸（紫）はウールであることを報告した。また、染料については、反射可視スペクトル及び質量分析により、紫円文が indigo と赤色染料の重ね染めであることを明らかにした²⁾。今回、この赤色染料について詳細に検討したので報告する。

実 験

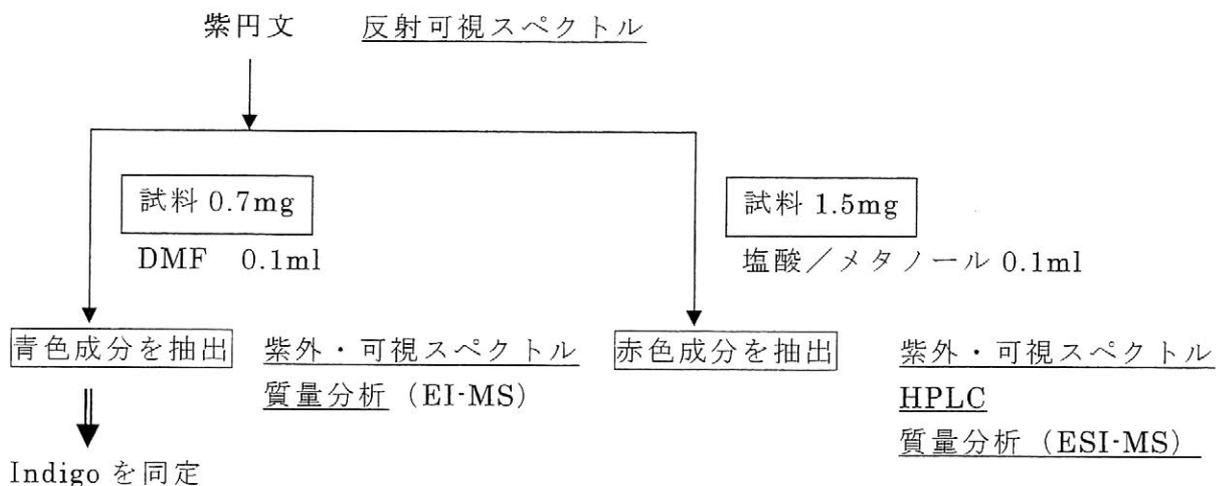
ウールを種々のアントラキノン系赤色染料で染色し、藍と重ね染めした標品を作製した。約 1mg の標品及びコプト織試料繊維断片より染料を抽出し、測定に供した（Scheme 1）。抽出溶液について紫外・可視吸収スペクトル（島津 3101PC 型及び multi-spec 1500 型紫外・可視分光光度計）の測定、ODS カラムによる高速液体クロマトグラフィー（日本分光 PU-2980、メタノール/水/リン酸三液低圧グラジエント）及び EI イオン化（Shimazu QP-5000）、ESI イオン化（Thermoelectron LCQ）による質量分析を行った。

結果と考察

標品及びコプト織試料断片から染料の抽出を行った（Scheme 1）。得られた抽出液の可視吸収スペクトル及び2次微分スペクトルを Fig. 1 に示した。紫円文と purprin 標品の二次微分スペクトルには、いずれも 482nm 及び 517nm の吸収極大が認められ、両者はほぼ一致した。他の赤色染料とは異なることから紫円文の赤色成分に西洋茜の成分の一つであるプルプリンが含まれることが明らかになった。赤チュニックについても同様の結果が得られた。しかし紫円文の吸収及びその二次微分スペクトルは purprin 以外の成分が存在する可能性を示した。そこで purprin との差スペクトルを求めたところ、その二次微分スペクトルはケルメス染ウール抽出液と類似したものであった。逆相 HPLC での分析においても purprin とケルメス抽出液成分の双方が検出され、さらに ESI イオン化による質量分析（Fig. 2）を行ったところ、ケルメスの主成分である kermesic acid の存在が確認できた。この結果より、紫円文の紫色は、赤色成分を purprin を含む染料とケルメスの重ね染めで表現し、更に青色成分として indigo を含む染料で重ねて染めたものであることが分かった。

1) 奈良公園シルクロード交流館展示図録 2004 p 48-50

2) 日本文化財科学会第 22 回大会（北海道）2005 年 7 月研究発表要旨集 p196



Scheme 1 紫円文の染料分析スキーム

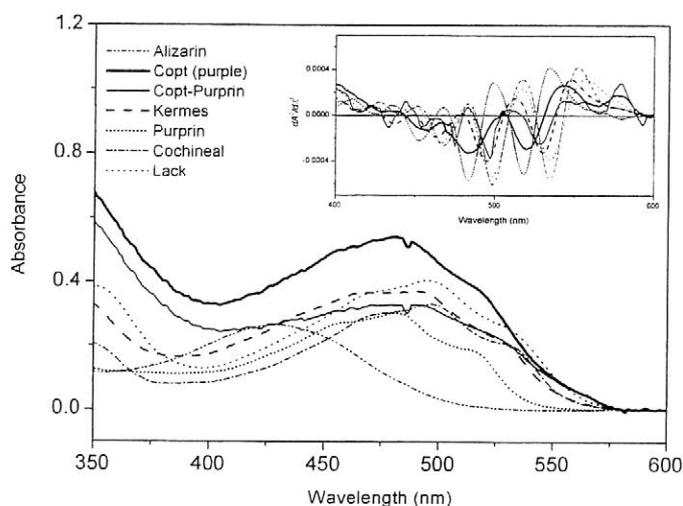


Fig. 1 紫円文及びアントラキノン系赤色染料の紫外・可視スペクトル

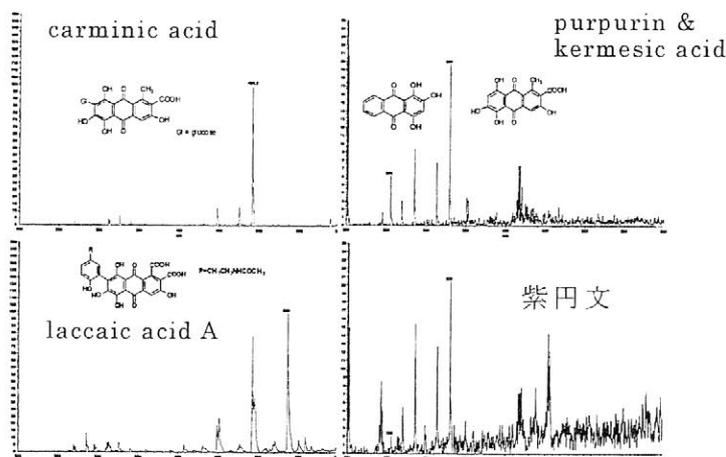


Fig. 2 紫円文及びアントラキノン系赤色染料の ESI-MS スペクトル

動物遺存体の産地同定に関する基礎研究

—現生魚類の炭素・窒素同位体分析—

○石丸恵利子*, 海野徹也**, 陀安一郎***

*京都大学大学院人間・環境学研究科博士後期課程,

広島大学大学院生物圏科学研究科, *京都大学生態学研究センター

1. はじめに

文化交流や物資運搬の証として、魚類や貝類などの海産資源が山間部および内陸部の遺跡で発見され、加工技術の向上や流通の発達と共に、それらはより遠い場所へ大量に運ばれるようになる。動物遺存体の原産地を明らかにできれば、文化圏の広がりや移動の方向についてより具体的な議論が期待できる。本研究は動物遺存体の産地同定のための基礎研究であり、魚類の産地を明らかにするために試みた炭素・窒素同位体分析の結果について報告する。炭素・窒素同位体分析は、これまで古人骨の食性分析やイノシシとブタの野生種／家畜種判定研究などに用いられており、本研究は同一魚種間での地域差の有無について検証を試みたものである。

2. 分析の資料と方法

対象とした魚種は、縄文時代以降多くの遺跡から出土するマダイ、クロダイ、スズキで、それぞれ瀬戸内海、日本海、太平洋で捕獲した現生魚の骨による分析を試みた（第1表）。骨からの骨コラーゲン抽出は、(南川 1993・2003)の方法に基づいて行った。さらに、日本各地9地点で捕獲したメジナについても分析を試みた（第2表）。メジナは日本国内に広く分布するが養殖が行われていない魚種であるため、分布や食性に人為的な影響が少ないと考えられる。骨と軟組織との同位体組成の違いは、骨コラーゲンの値に $\delta^{13}\text{C}$ で -3.5‰ 、 $\delta^{15}\text{N}$ で 0.5‰ 加えることで見積もることが可能であるため、メジナについては軟組織での分析を行った。軟組織の脱脂方法については(Folch et al. 1957)に基づいて行った。

第1表 骨コラーゲン抽出資料の魚種別・海域別分析個体数

魚種	瀬戸内海	日本海	太平洋	魚種別計
マダイ	3	11	4	18
クロダイ	64	24	1	89
スズキ	30	21	—	51

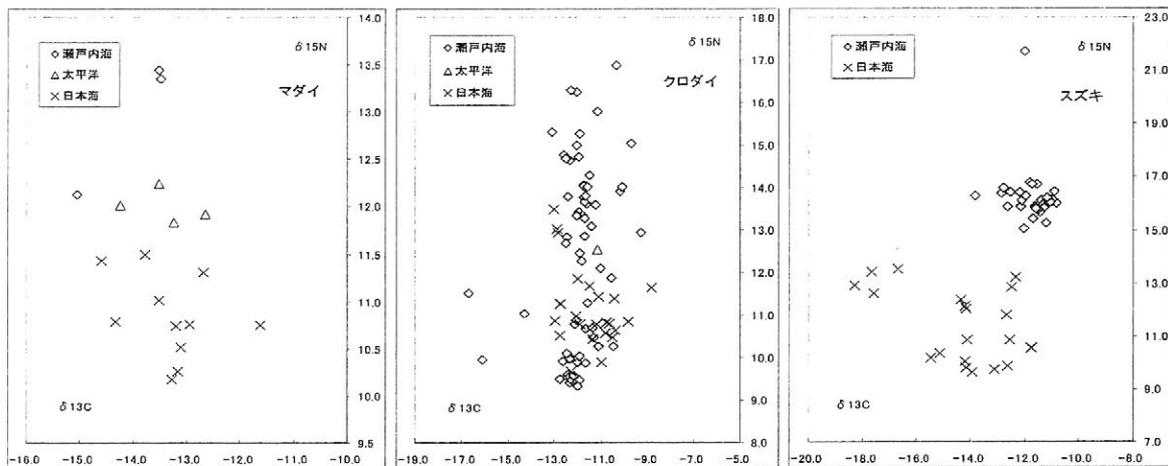
第2表 メジナの産地および分析個体数

産地	個体数	産地	個体数
秋田(男鹿半島)	12	香川(小豆島)	18
静岡(焼津港)	17	広島(倉橋島)	15
静岡(旧志太郡)	17	愛媛(宇和島)	18
三重(尾鷲)	18	大分(上浦)	18
福井(若狭湾)	17	合計	150

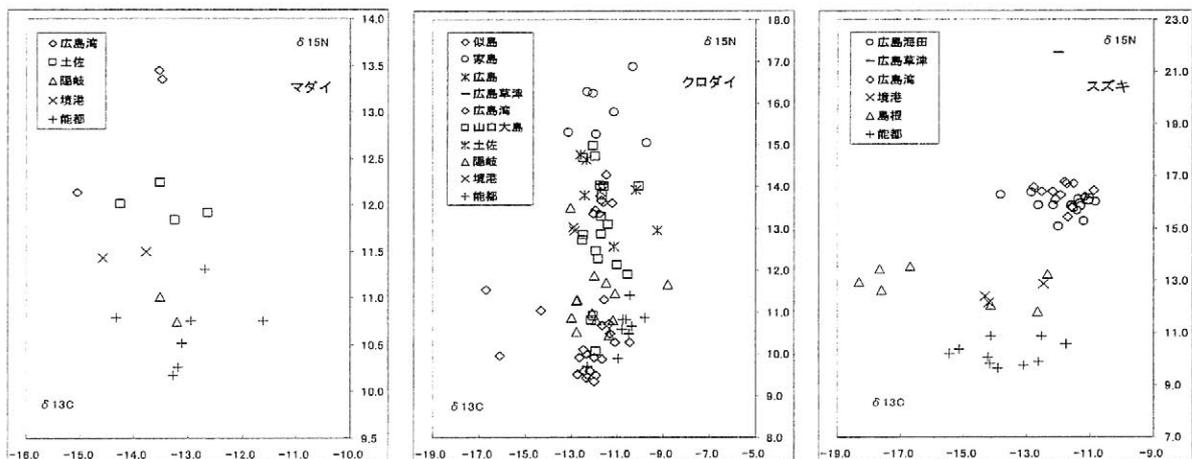
3. 結果

分析の結果、 $\delta^{15}\text{N}$ 値に海域による差異があり、特にマダイとスズキにおいては、瀬戸内海で

値が高く日本海で低い値を示し、太平洋のものはその中間に位置する傾向が認められた(第1図)。クロダイにおいては、同じ瀬戸内海であっても値に大きな開きがあるが、産地ごとにまとまった値を示しているといえる(第2図)。



第1図 魚種別・海域別の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ (単位: ‰)



第2図 魚種別・捕獲産地別の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ (単位: ‰)

4. 展望

以上の結果、魚骨に蓄積される骨コラーゲンの同位体組成は、海域によって差が認められ、それは各海域の食物利用の相違が反映していると考えられる。よって、炭素・窒素同位体分析は、魚類の生息海域を特定する上で有効な分析方法であることが確認できたといえる。今後は、考古遺物で各海域および各時代の分析を試み、またそのデータを蓄積することによって海産魚類の運搬や交流地域の解明などに追究したい。

参考文献

- Jordi Folch, M. Lees, and G.H. Sloane Stanley 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226, 497-509
 南川雅男 1993 「アイソトープ食性解析法」『第四紀試料分析法』東京大学出版会
 南川雅男 2003 「炭素・窒素同位体分析による食性分析」『環境考古学マニュアル』同成社

なお、本研究の成果は、平成16年度公益信託吉田学記念文化財科学研究助成基金ならびに平成17年度財団法人三島海雲記念財団学術奨励賞の研究助成による成果を含むものであり、記して感謝申し上げる次第である。

石器・玉類の原材産地分析（22）

○藁科哲男（遺物材料研究所）

はじめに

本研究では『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、他の産地に一致する可能性が残っているから、一致した産地のものと言い切れない。しかし、一致しなかった場合その産地のものでないと言い切れ、一致しなかった産地との交流がなかったと言い切れる。』を大原則としている。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。

調査した石器・玉類材料原石群・遺物群

蛍光X線分析法により黒曜石の原石・遺物群の個数は合計279群。安山岩の原石・遺物群では合計156群。従って、黒曜石石器1個について必要条件と十分条件で証明結果は279個になる。玉類材料は、ヒスイでは10個の原石群、碧玉・緑色凝灰岩では原石・遺物群で145群、結晶片岩様緑色岩は遺物群のみ5群で、玉類材料については、電子スピン共鳴の信号と比重を産地分析の同定に利用している。

石器材料の産地分析結果

産地分析結果を図1に示す。Tyty I 遺跡出土の RMAG-21、Yst'-Beiaya 遺跡の RMAG-14、-15、Chikaevo I 遺跡の RMAG-10 ~-13、Aion 遺跡の RMAG-20-1、-2 の遺物にはそれぞれ Red-Lake(LakeKrasnoe)産黒曜石が使用されていた。また、カムチャッカの地点不明採取の RKUK-1 の遺物とチュコーチュカ遺跡の RCA-1 の遺物にも、Red-Lake 産黒曜石が使用されていた。

図1 日本・ロシア・アラスカにおける黒曜石原石産地および黒曜石製遺物の原材使用分布圏

●：黒曜石原石使用遺跡

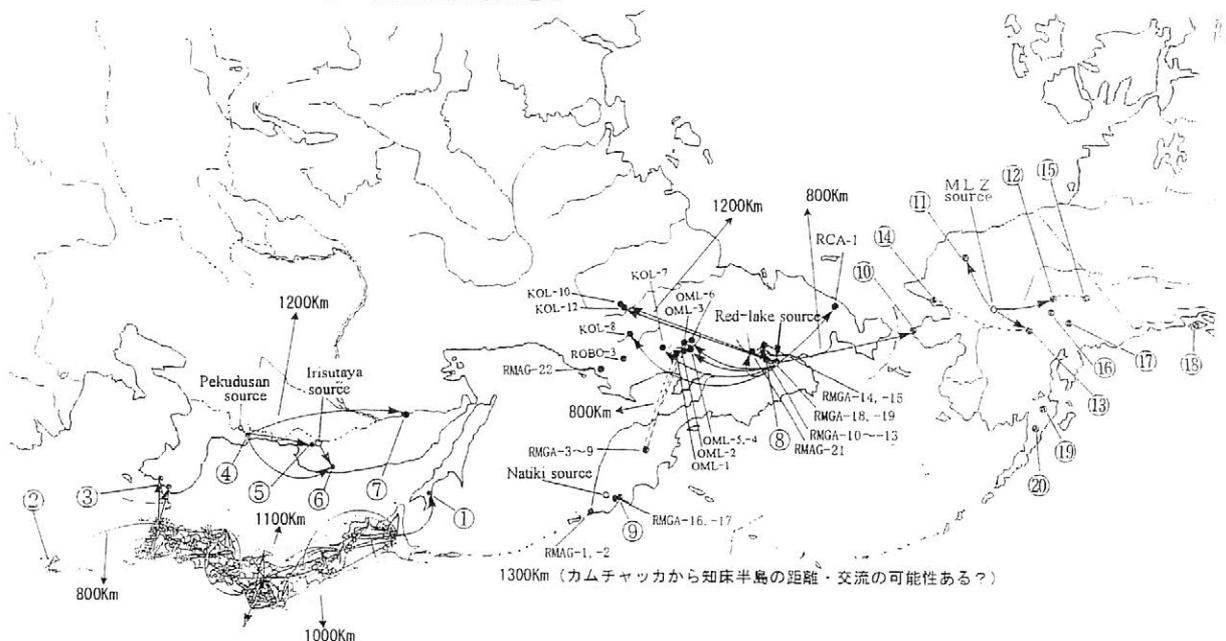
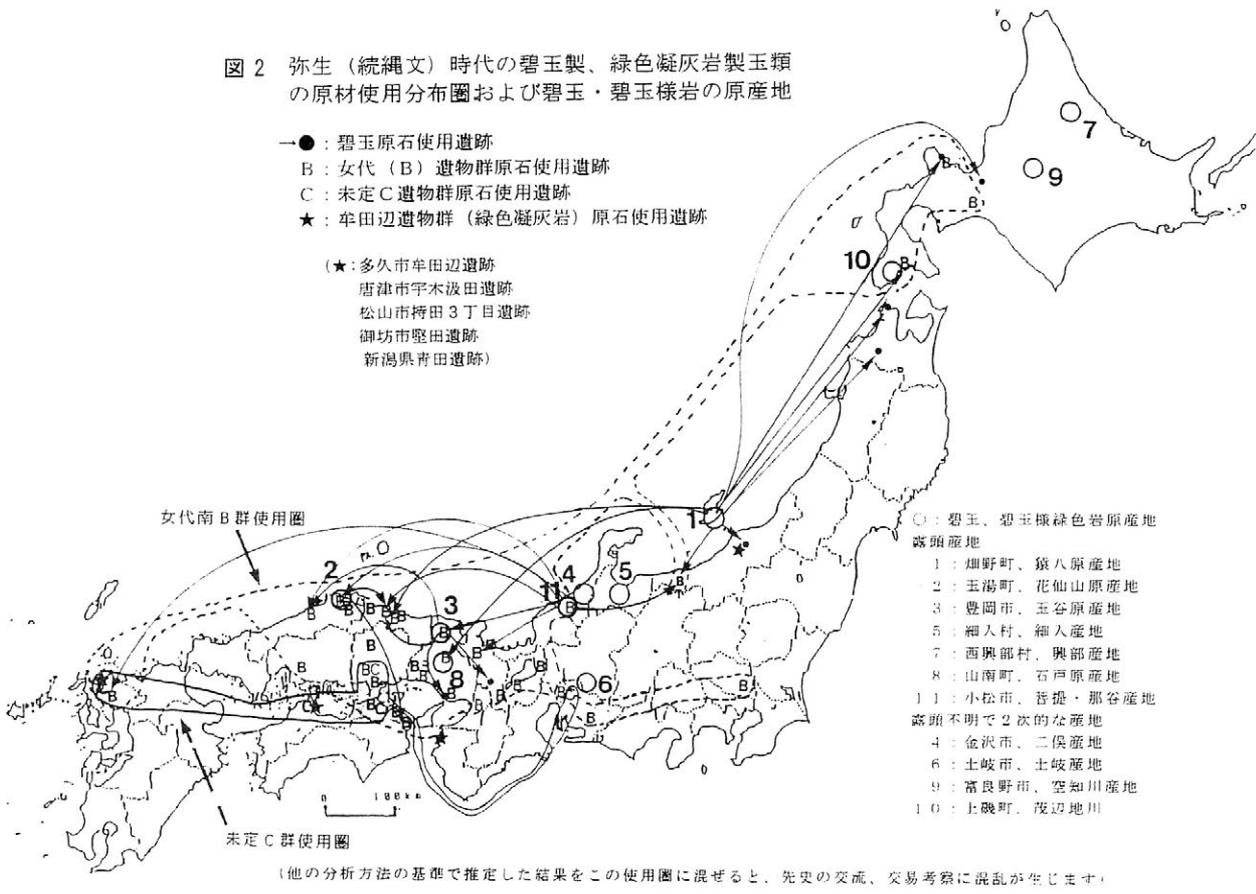


図2 弥生（続縄文）時代の碧玉製、緑色凝灰岩製玉類の原材使用分布圏および碧玉・碧玉様岩の原産地



オモロン川流域の OML-1,2-1,3-1 ~ 3-3 の遺物には、カムチャッカ半島中部地域の RMAG-6 の遺物で作った Ushiki II 遺物群の組成に一致した。また、OML-2-3 の遺物も Ushiki II 遺物群(0.9%) で同定されるが、OML-2-3 遺物でコルギチャン 2-3 遺物群を作った。これらの結果から、Ushiki II 遺物群の原石産地はカムチャッカ半島中部地域またはオモロン川流域に位置する可能性が推測された。RED-LAKE 産原石が伝播したオモロン流域の遺跡は、クバカ地区、イリスティシェリ地区、ミズネティ地区の OML-4、OML-5、OML-6 の各遺物に使用されていた。コリマ川流域の遺跡では、主に RED-LAKE 産原石が伝播している。コリマ川流域遺跡では約 1200Km 伝播した RED-LAKE 産原石が使用されたい。これら結果の中でマガダン地域、オモロン川流域、コマリ川流域、カムチャッカ中部の試料は吉谷昭彦教授、セルゲイ・スローボディン教授との共同研究成果である。

碧玉製玉類材料の産地分析

弥生時代(図2)の碧玉製玉類(管玉)の始まりは弥生前期にみられる未定C群の組成の碧玉で始まり、次に女代南B群(那谷・菩提産)碧玉で作られ、花仙山産碧玉は弥生後期後葉から使用量が増加すると思われる。また、島根県、堀部第2遺跡で見られるよう再びに弥生後期末~古墳前期初頭に未定C群が花仙山群、菩提・那谷産の組成の管玉と共に使用されている。古墳時代になると、花仙山産碧玉の使用が日本全土に広がる。

謝辞

これら研究成果は各地の教育委員会、埋文センター、発掘関係者との共同研究によって得られたもので、紙面の都合でやむなく、単名の発表者になりました。ご協力頂いた関係者に深くここに感謝の意を表すしだいです。

神津島産黒耀石の産地推定に関する基礎的研究 —蛍光 X 線による定量・定性分析から—

○杉原重夫*・長井雅史**・鈴木尚史*・柴田 徹***・小森次郎**
・太田陽介****・金成太郎*****

(*明治大文化財, **日本大文理・明治大文化財, ***考古石材研究所, ****明治大・院)

1. はじめに

蛍光 X 線分析装置を用いた黒耀石遺物の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 線を直接照射して定性・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 線強度が遺物の状態や装置によって変化するため、測定分解能は悪く、また分析機関の間での比較が出来ない。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・中部地域の広範囲で出土することが知られている伊豆諸島神津島産の黒耀石について、原石試料の定量分析を行い定性分析結果と比較した。また、遺跡出土試料の化学分析結果と試料の産出状態に着目し、これまでに提唱されている南関東における黒耀石の流通経路について再検討した。

2. 蛍光 X 線分析

試料は神津島本島の砂糠崎、観音浦、長浜海岸、沢尻湾、高処山麓および南西 4.5km にある恩馳島で採集した。定量分析は波長分散型蛍光 X 線分析装置(リガク製, RIX1000)を用いてガラスビード法で行った。検量線作成条件は佐野(2002)に準じた。定性分析は原岩を砕か、岩石カッターで切断してスラブ状試料を 5~10 個以上作成し、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. 定量分析結果

神津島産黒耀石は従来求められている神津島の流紋岩の組成範囲の内やや K_2O に富む領域に分布する。砂糠崎の試料は恩馳島のものに比べ K_2O に富み(図 1)、Zr、Sr に乏しい。円礫として多量に産出する長浜海岸・沢尻湾では若干 SiO_2 に富むものの、恩馳島・砂糠崎両方の領域にまたがるように分布する。これらは火砕流や泥流堆積物中の黒耀石が海浜円礫として二次的に移動して産出したと考えられるが、噴出源に関しては不明である。

4. 定性分析結果

同一試料の定量分析値と定性分析値を比較すると、正の相関が認められるが、定性分析値は極めて大きなばらつきを示す。これは非破壊試料の分析では試料形状や内部の不均質が影響するためと考えられる。元素比を用いることでばらつきを低減できるが、それでも大きく外れる試料が存在する(図 2)。非破壊試料の定性分析による判別図(望月, 1996 など)は元素比を使用しているため大まかな産地推定には有用であるが、神津島地域内での産出地を厳密に議論するためには分解能が不足する。現状では出土遺物試料の蛍光 X 線分析結果における砂糠崎系や恩馳島系といった系列の区分は便宜的なものとならざるを得ないであろう。

5. 産地推定と流通経路

伊豆諸島の各遺跡、房総・三浦半島および下総・常陸・武蔵野の各台地の各遺跡から出土した黒耀石遺物の約 3,000 点について産地推定を行った。その結果、奥鬼怒湾周辺、奥東京湾周辺、相模湾周辺の大部分の遺跡から出土する黒耀石遺物の 100~90% が神津島産と判定された。このことから伊豆大島を中継地点とし奥鬼怒湾から常陸台地に至る「太平洋沿岸ルート」、奥東京湾から下総・武蔵野台

地に至る「東京湾北上ルート」、相模湾台地に至る「相模湾北上ルート」という黒潮を利用したであろう3つの流通経路が推定された(図4)。静岡県河津町の見高段間遺跡は伊豆半島を経由して駿河湾に至る「伊豆半島縦断ルート」として重要な位置にあったと考えられる。なお伊豆大島下高洞遺跡では縄文時代早期～中期では神津島産が約100%であったが後～晩期では、80%に減少し、霧ヶ峰地区、天城地区からの黒耀石の搬入が認められる(図3)。このことは縄文時代後～晩期における関東地方の神津島産黒耀石の利用比率低下の影響を受けたものと推測され、今後の伊豆諸島における黒耀石を含む多様な遺物を総合的に検討することによって解明できるであろう。

謝辞 黒耀石遺物を提供していただいた各市町村・教育委員会の関係者各位に厚くお礼申し上げます。

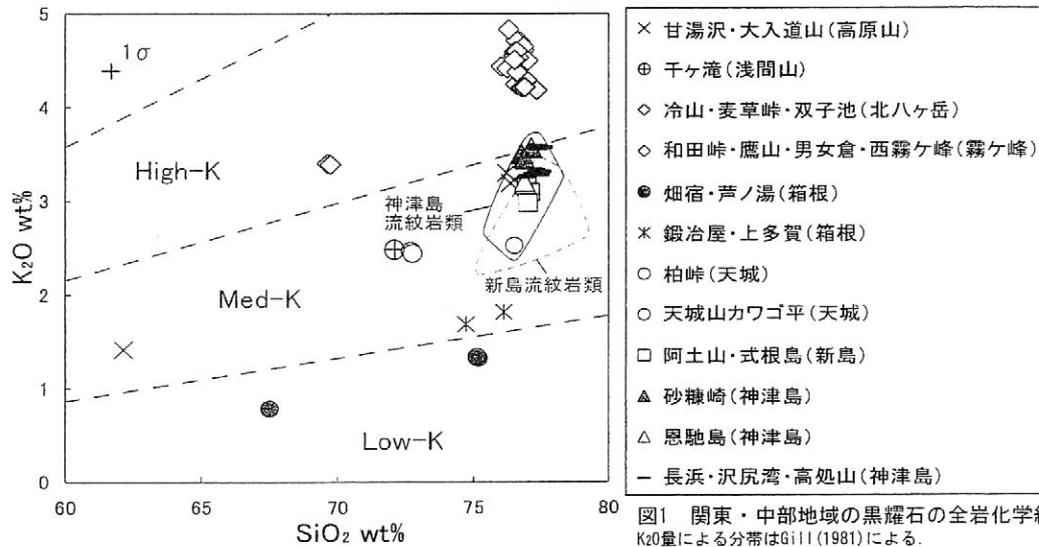


図1 関東・中部地域の黒耀石の全岩化学組成； SiO_2 - K_2O 図。
 K_2O 量による分帯はGill(1981)による。
 新島・神津島の流紋岩類の分析値は東京都(1992)による。

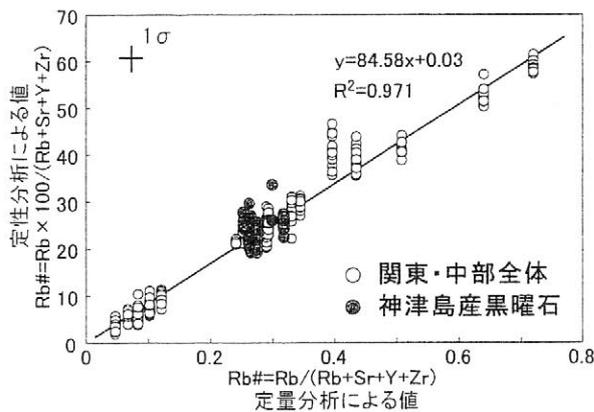


図2 定量分析と定性分析の比較；Rb値。
 定量では重量値(ppm)、定性はカウント値(cps)を使用した。

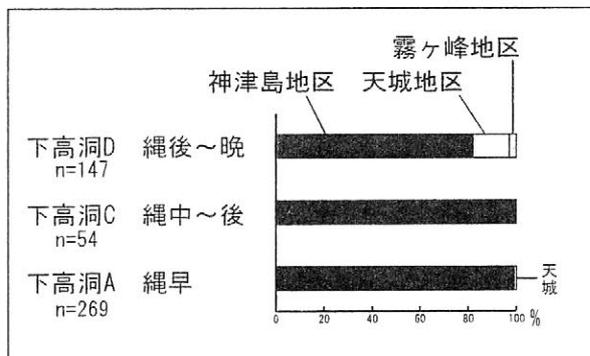


図3 大島の黒耀石利用状況の変遷

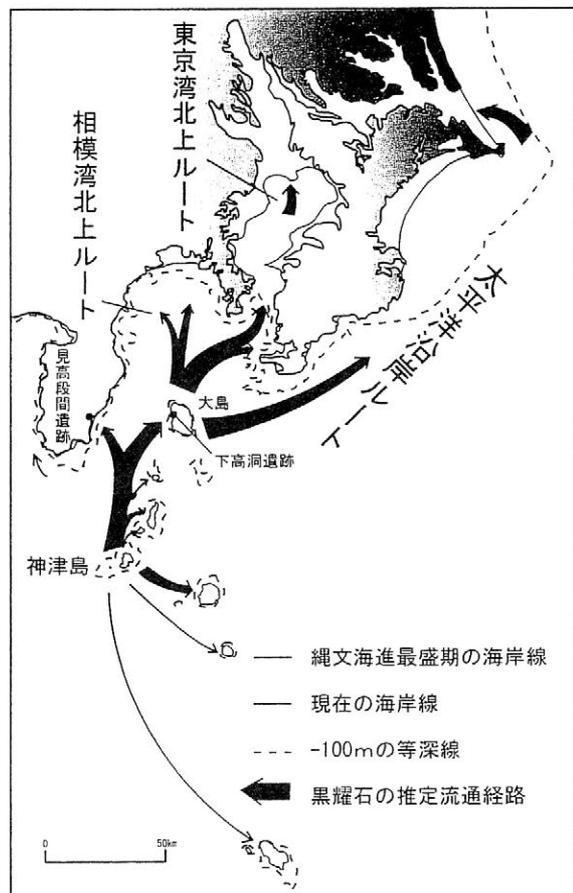


図4 神津島産黒耀石の流通経路(縄文時代)

縄文時代における新潟県内の黒曜石の流通

○菅頭明日香（東京学芸大学大学院）・建石 徹（文化庁）・
佐藤雅一（津南町教育委員会）・二宮修治（東京学芸大学）

1. はじめに

新潟県内より出土した縄文時代の黒曜石資料を対象にした原産地推定は、限られた地域でしかおこなわれておらず、分析点数も少ないため、県内全体での詳細な実態が掴めていない現状である。しかし、当該期の黒曜石の流通に関する研究において、信州の原産地からの距離が関東地方と大差がなく、また東北とのつながりも深い当該地域での黒曜石原産地データの蓄積は、重要である。

本研究では、津南町の3遺跡より出土した黒曜石資料の原産地推定と、新潟県内における黒曜石産地推定事例の収集を行い、縄文時代における新潟県内の黒曜石の流通の一端を検討する。なお、本研究は、津南町教育委員会が主催する馬高文化研究会の成果の一部である。

2. 津南町内遺跡出土黒曜石の原産地推定

新潟県中魚沼郡津南町内の3つの縄文時代遺跡より出土した黒曜石資料について原産地推定を行なった。分析に供した資料は、縄文時代中期を主体とする堂平遺跡から出土した黒曜石20点、道尻手遺跡から出土した黒曜石50点、八反田遺跡から出土した黒曜石119点を原産地推定した。津南町は、新潟県の最南端に位置し、長野県と境を接した信濃川沿岸に広がる河岸段丘の町である。堂平、道尻手遺跡は、信濃川右岸に見られ、八反田遺跡は左岸に位置する。

建石・二宮（2000）は、黒曜石の主成分元素であるSi、Ti、Al、Fe、Mg、Ca、Na、Kの8元素のうち、Fe、Ca、Kの3元素と、これらと挙動に相関性のある微量元素成分元素、Mn、Sr、Rbを加えた6元素での検討が黒曜石の原産地間の識別・分類に特に有効であるとしている。これら6元素をセイコー電子工業製卓上型エレメントモニターSEA-2001を使用し、試料室大気雰囲気下、加速電圧50kV、計測時間120秒での測定を3回ずつ行った。また、関東周辺の黒曜石原産地は、栃木県高原山、長野県星ヶ塔、同小深沢、同麦草峠、同男女倉、東京都神津島、神奈川県畑宿、静岡県柏峠、同上多賀、新潟県板山、山形県月山であり、それらの原産地より原石を採取して、得られた分析値を原産地データとした。遺跡出土黒曜石の原産地推定は、MnO、Fe₂O₃、SrO、CaO、Rb₂O、K₂Oの6元素組成

表1 津南町内各遺跡出土黒曜石の原産地推定結果

遺跡名	時期	板山	星ヶ塔	小深沢	月山
堂平	中期 中葉		1		
	後葉	1		1	
	末葉	4	4		
	時期 検討中	4	4	1	
道尻手	中期 中葉		3		
	末葉		7	1	
	後期 初頭		1		
	後期 前葉		2	1	
八反田	後期		19	16	
	中期中葉～後期中葉		81	37	1

を变量とする（岩石学の慣例に従って、各元素を酸化形で表記した。）クラスター分析（SPSS社製SPSS11.5J）により行い、原産地データとの類似度を検証した。

津南町内各遺跡出土黒曜石の原産地推定結果を表1に示した。遺跡より出

土した黒曜石は、その大半が信州産であり、特に星ヶ塔産と小深沢産を主体としている。今回、分析を行った遺跡では、特に後期に入ると、小深沢産の割合が高い傾向がある。堂平遺跡では、板山産が見られる。

3. 縄文時代における新潟県内の黒曜石の流通

今回の分析結果と過去に報告された新潟県内出土黒曜石資料の原産地推定結果を収集し、地域別、時期別に表2にまとめた。その結果、時期によって利用される原産地の傾向に変化があり、それは上、中越と下越の地域間で異なることが理解できた。

上、中越地域は縄文時代各時期を通じて、信州産、特に星ヶ塔産を使用している。下越地域では、前期を中心として、信州産が卓越し、特に霧ヶ峰系（星ヶ塔ほか）産が多く見られるが、中期以降、板山産が増加し、後期は、板山産と東北産、特に月山産が卓越する。板山産、月山産は、各時期を通して、下越地域以外では、ほとんど認められない。下越地域では、神津島、北海道、隠岐や九州の遠距離産地の黒曜石も出土しているという。

これらを踏まえれば、今回の津南町出土黒曜石資料の分析結果が、信州産、特に星ヶ塔産が卓越したことは、上、中越地域における当該期の傾向とよく調和する。また、板山産と月山産の黒曜石がわずかながら認められることは、興味深い。

今後、同様の分析データを蓄積し、総合的な検討を行う機会を持ちたい。

表2 新潟県内出土黒曜石の原産地推定結果時期別地域別集計表

地域	時期	新潟			信州			東北			関東		北海道		隠岐	九州	
		板山	AC	佐渡	霧ヶ峰系	和田峠系	男女倉	月山	湯ノ倉	男鹿	深浦	高原山	神津島	赤井川	置戸	久見	淀姫
下越	草創期	5			6	1					4	3	10	2	2		
	前期	1			35	2	2									1	
	中期	13			5	1	4										
	後期	23	59		9	1	23	3	2				3	1			1
	晩期	75															
中越	草創期	3			2	3	1										
	早期?					10											
	中期	5			15	2											
	後期				105	56	1										
上越	前期				1		1										
	中期				2												
	後期				4												
佐渡	前期			28	47	5											
	後期			19													

参考文献

建石徹・二宮修治 2000 「蛍光X線分析による粟島台遺跡出土黒曜石の原産地推定」『粟島台遺跡』千葉県銚子市教育委員会

*表2作成に用いた報告書類については、本稿では省略した。改めて、報告する機会を持ちたい。

中世、大分県豊後府内遺跡から出土したメダイの産地推定

○魯 禎^{ニギハヤヒ}・平尾良光(別府大学)・後藤晃一(大分県教育庁)

1. はじめに

メダイはキリストを通じての人類の救援を表現しており、このメダイを持っていることはキリストの祝福を意味する。メダイは、中世ヨーロッパの宣教者が日本へ持ってきて伝えたと理解されている。ポルトガル語でメダルを意味するメダイは、所持したり身に付けたりすることで信仰を深めるものである。日本全国ではキリスト教関連遺跡の発掘が進んでおり、メダイは戦国時代の終わりから近世にかけて西日本、特に九州で出土している。大分県豊後府内跡は戦国時代の太田氏の館跡とされており、キリストとの関係がある遺跡の一つである。

府内跡からは1点のメダイ、そしてメダイと推定される7点の金属製品が近接する調査区から出土した(写真)。これらメダイ及びメダイと推定される金属製品は大きさが縦 2~3cm、横 2~3cm、厚さ 2~3mm の大きさを、ほぼ円形である。これらメダイに関しては考古学的な研究が様々なところで行われた。今回は、これらメダイおよびメダイと推定される金属製品に関する鉛同位体比を測定し、材料の産地を推定を行い、考察した。

2. 鉛同位体比の測定

各資料から鍍金を少量採取した。鍍金試料を硝酸で溶解し、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てレニウムフィラメント上にのせた。準備したフィラメントを質量分析計(本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°Cで測定した。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

測定されたメダイの鉛同位体比の分布を図で示した。この図から判断すると 8 点の資料の中、2 点の資料には中国の華南産の材料を利用した可能性が示された。そして6点の資料が鉛同位体比は日本、朝鮮半島、中国産材料としては今までに見られなかった値を示した。その中で、いくつかの資料は同一の値ではないが、かなり近似していることから、未知の産地の類似材料で作られた可能性があるかと判断される。

今回測定したメダイの特徴から考え、日本で鑄造されたのかもしれないが、材料となった鉛はヨーロッパあるいは南アジアのどこかで生産されたのかもしれない。これらの資料は中世の日本へ外国産材料が流入した可能性を秘めており、今後類似資料との関連性が期待される。日本で出土したメダイだけでなく、ヨーロッパや南アジアのメダイあるいは鉛製品に関する研究が進むと、豊後府内遺跡から出土したメダイの材料や流通経路がより理解できるようになると思われる。

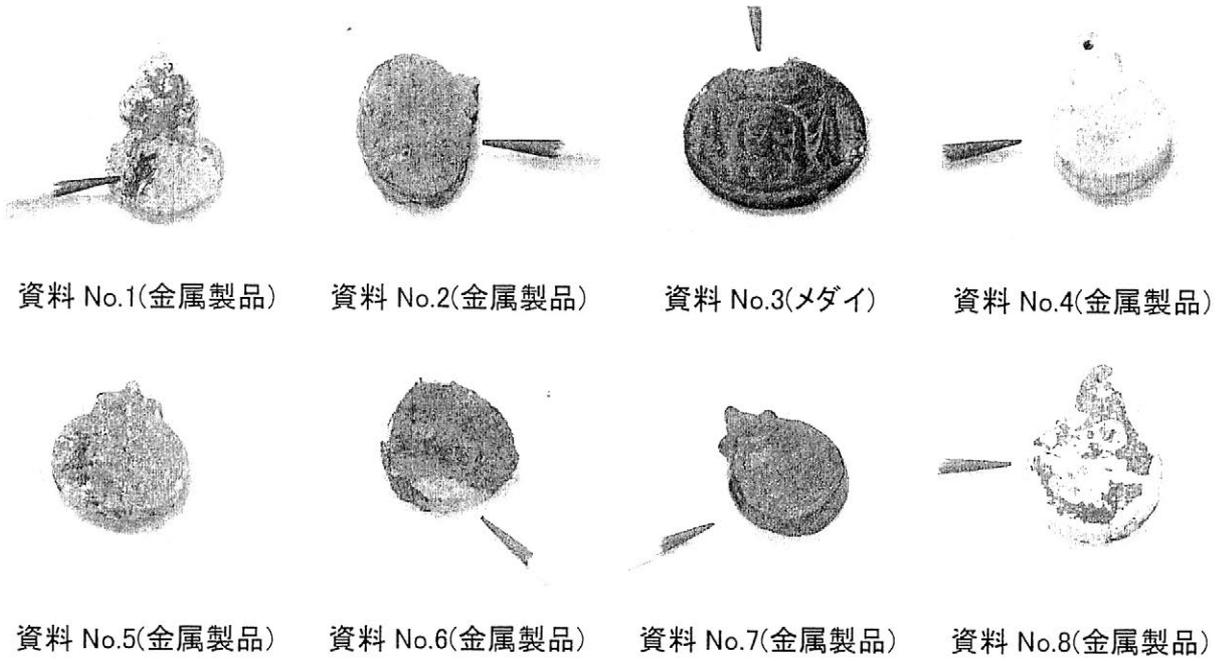


写真 大分県豊後府内遺跡から出土したメダイ及びメダイと推定される金属製品

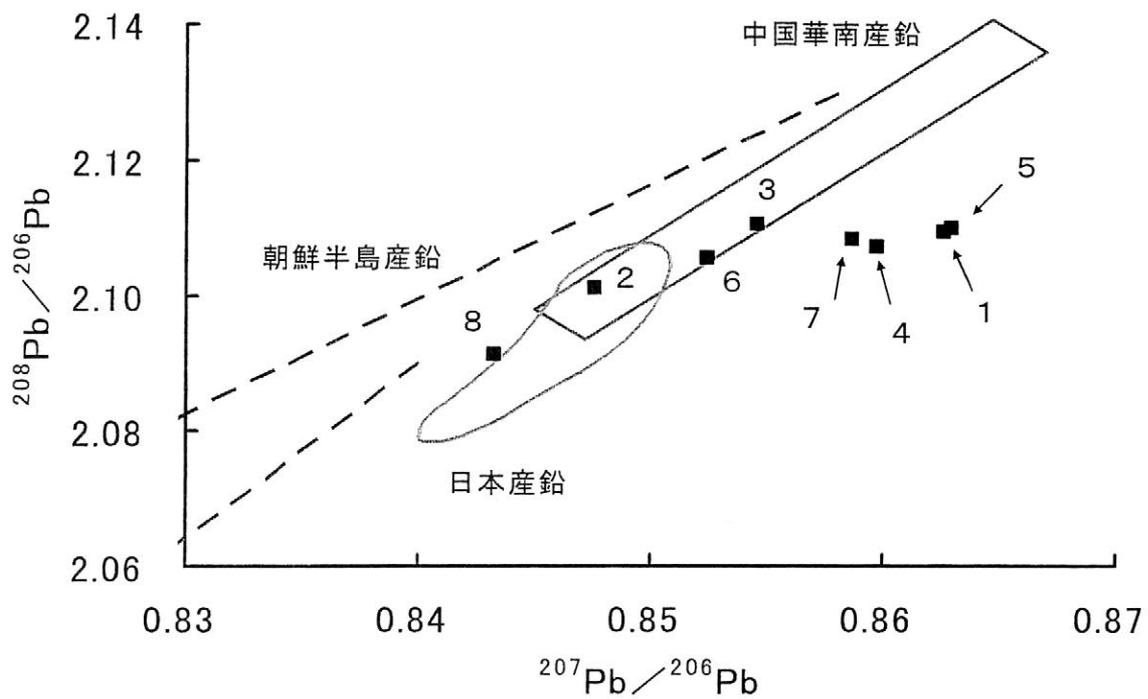


図 大分県豊後府内遺跡から出土したメダイ及びメダイと推定される金属製品の鉛同位体比分布 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ — $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

弥生時代における九州北部の青銅製品の産地推定

○原彰吾・渡辺智恵美・平尾良光(別府大学)
井英明・森下靖士(古賀市教育委員会)

1. はじめに

弥生時代において、九州北部は朝鮮半島や中国大陸との最初の交流地域であり、わが国に青銅製品が早い段階に流入してきている。そのため、九州北部に広がる青銅製品は弥生時代当時の交易および交流などを知る手がかりになり得る。故に、九州北部の福岡県古賀市馬渡・東ヶ浦遺跡と鹿部皇石宮遺跡およびその他の遺跡から出土した細形銅剣、銅矛、銅戈などの青銅製品 22 点の鉛同位体比を測定し、青銅製品の材料の産地に関する調査を行なった。

2. 鉛同位体比の測定

各資料から鉛を微量採取し、試料とした。試料から鉛を化学的に分離し、同位体比を本学に設置されているサーモエレクトロン社製表面電離型質量分析計 MAT262 で測定した。

採取した試料をビーカーに入れ、硝酸を加えて溶解した。この溶液に白金電極を用い、直流2Vで電気分解し、鉛を二酸化鉛として陽極に集めた。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 0.3 μg の鉛を分取し、リン酸とシリカゲルを加えてレニウムフィラメントに載せ、質量分析計に装着した。分析計の条件を整え、測定温度を 1200°C に設定し、鉛同位体比を測定した。同一条件で測定した標準鉛 NBS-SRM-981 で規格化し、測定値とした。

3. 結果と考察

測定した青銅製品 22 点の鉛同位体比分布を図1・2で示した。これらの結果と今までに測定された青銅製品の鉛同位体比分布の傾向を表1にまとめた。

表1 鉛同位体比測定結果一覧

資料名 (資料数)	測定した鉛同位体比の分布	今までに測定された鉛同位体比の分布
細形銅剣(4)	朝鮮半島領域(馬渡・東ヶ浦遺跡の3本)と中国華北領域	朝鮮半島領域、中国華南領域を含み、華北領域まで幅広く分布
細形銅矛(2)	朝鮮半島領域	主として朝鮮半島領域に分布
細形銅戈(3)	朝鮮半島領域	主として朝鮮半島領域に分布
多鈕細文鏡(1)	朝鮮半島領域	朝鮮半島領域に分布
中国鏡(4)	中国華南領域(後漢鏡1面)と中国華北領域(前漢鏡3面)	中国華南領域(後漢鏡)と中国華北領域(前漢鏡)に分布
小型仿製鏡(1)	中国華北領域	主として中国華北の特定範囲(a領域)に分布
小銅鐸(1)	中国華北の特定範囲(a領域)	主として中国華北の特定範囲(a領域)に分布
鋤先(2)	中国華北の特定範囲(a領域)	主として中国華北の特定範囲(a領域)に分布
銅鏃(2)	中国華北の特定範囲(a領域)	主として中国華北の特定範囲(a領域)に分布
巴形銅器(1)	中国華北領域	主として中国華北領域に分布

今回測定した青銅製品はそれぞれ特徴的ではあるが、その一例として、馬渡・東ヶ浦遺跡と鹿部皇石宮遺跡から出土した細形銅戈を取り上げた。馬渡・東ヶ浦遺跡と鹿部皇石宮遺跡の両遺跡は近接しており、出土した細形銅戈は考古学的に形状が類似している。そして鉛同位体比を測定すると、図1で示されるように両遺跡の細形銅戈は似た値を示した。故に、これらの細形銅戈は類似した材料を利用した可能性も考えられる。これらのことから両遺跡は弥生時代当時、関連性があったのではないかと考えられる。

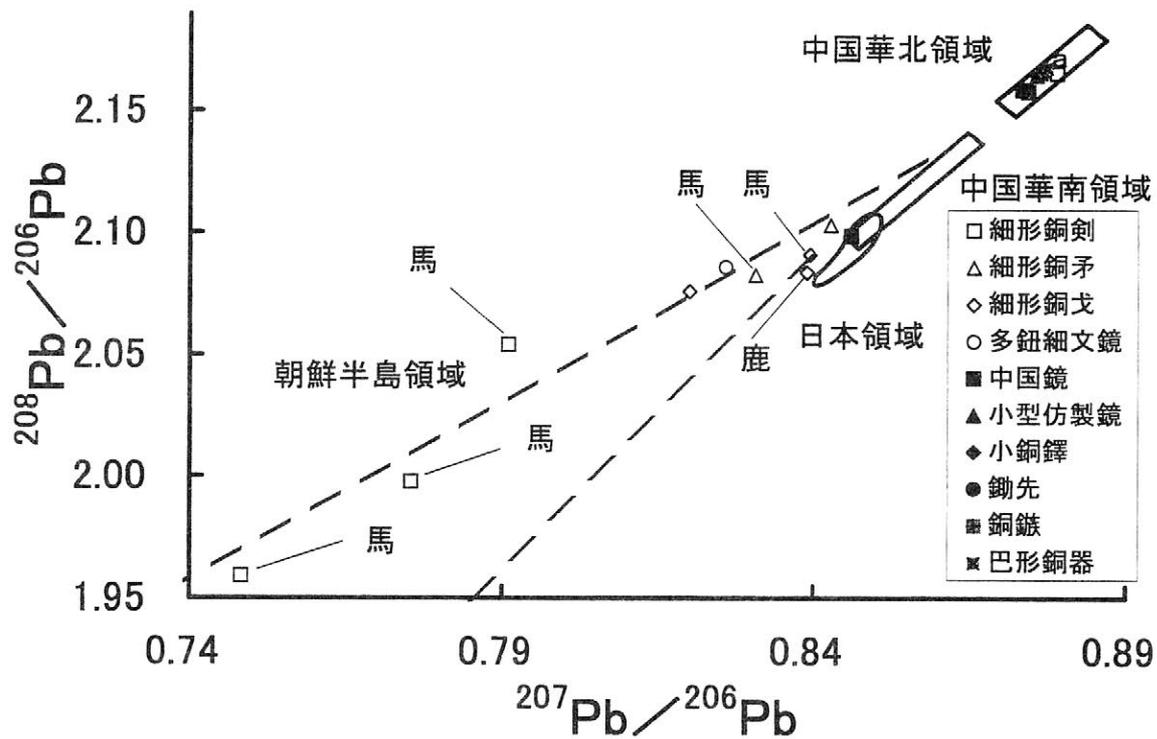


図1 九州北部の遺跡から出土した青銅製品が示す鉛同位体比分布 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ — $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)
 * 馬—馬渡・東ヶ浦遺跡出土青銅製品、鹿—鹿部皇石宮遺跡出土細形銅戈

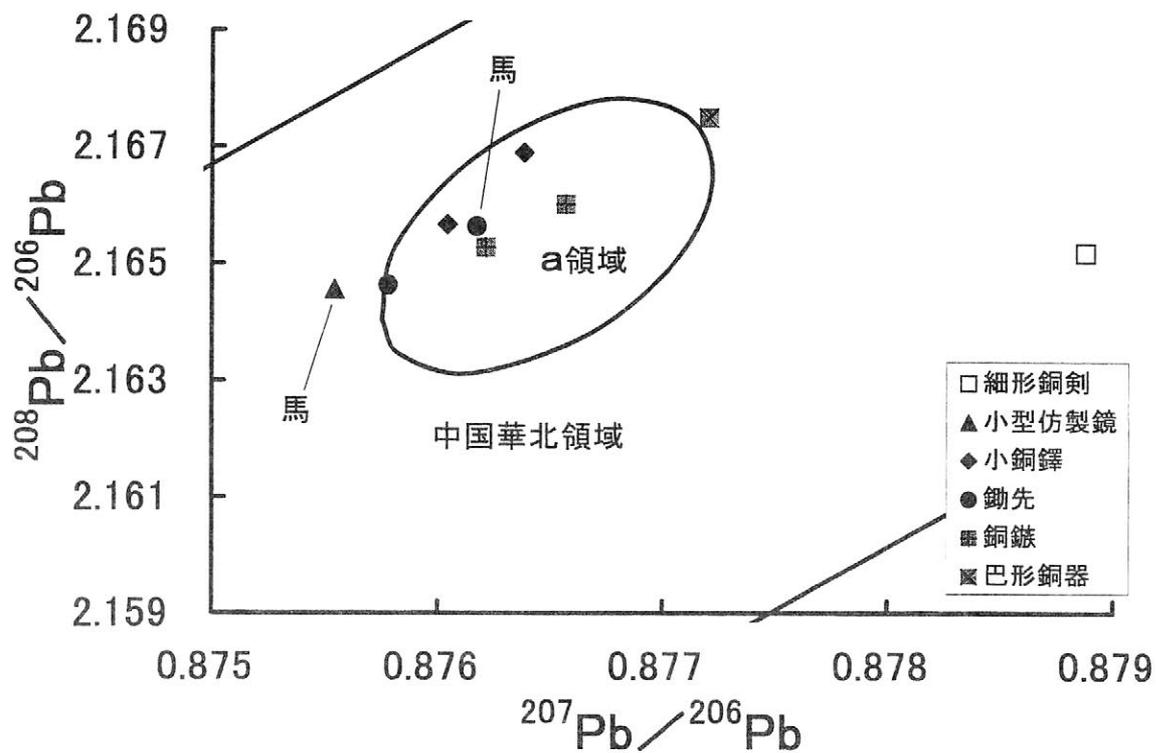


図2 a領域付近拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ — $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)
 * 馬—馬渡・東ヶ浦遺跡出土青銅製品

鉛同位体比から見た鎌倉大仏周辺遺構から出土した銅滓

○角川茂*・平尾良光*・福田誠**・永田勝久**

* 別府大学 ** 鶴見大学

1. はじめに

神奈川県大異山高徳院清浄泉寺所蔵の青銅製阿弥陀如来坐像(通称、鎌倉大仏)周辺遺構から銅滓が出土した。これら銅滓に関して鎌倉市教育委員会の協力を得て、鉛同位体比を測定した。銅滓に含まれる鉛の同位体比を測定することから、材料の産地に関して調査した。その結果に関して報告する。

2. 資料

分析した資料は神奈川県鎌倉市鎌倉大仏周辺遺構から平成12年、13年の大仏周辺遺構発掘調査で出土した銅滓24点である。鎌倉大仏周辺遺構から出土したことから鎌倉大仏の造立との関連性が強く示唆されている。銅滓とは鑄造あるいは精錬等の工程と何らかの関連性が考えられると理解されている資料であり、多くの場合、鑄造時の溶解カス、酸化被膜あるいは残渣として捨てられた部分と考えられている。銅滓の大きさはそれぞれ0.5cm~1.7cmである。形状は球形、楕円形など様々な形をしている。

3. 分析方法

資料の一部を採取し、電気分解法を用いて鉛を分離・精製した。分離した鉛を本学に設置されている表面電離型質量分析計(Finnigan MAT-262)にて測定した。測定値は同一条件で測定した標準鉛NBS-981で標準化した。

測定した同位体比を理解する一つの方法として、これらの鉛同位体比を図1、2で示した。

4. 結果

本資料24点の鉛同位体比値は中国華南産の材料であることを示唆している。さらに図の中で1ヶ所に集中しなかった。同じ鉱山の材料を用いたのであれば、鉛同位体比はほぼ一致するので、本資料は一つの鉱山の材料で鑄造したのではなく、いくつもの鉱山鉛を使用していたことが推定される。同じ出土地区から得られた銅滓が異なった鉛同位体比を示した。1箇所の鑄造場所から異なった材料が用いられたことを示唆する。鑄造の際、2種類以上の材料を混合して青銅製品を作成した例もあるので、大仏製作においても部分的に2種類以上の材料が混合されている可能性があるのではないかと考えた。

本資料の一部が今までに測定されている鎌倉大仏の鉛同位体比と類似した値を示した。このことから銅滓が大仏の鑄造に関与した材料である可能性が高い。大仏全体の鉛同位体比は部位によって異なる可能性が高く、全体として均一の値と見るのは危険である。大仏の各部位の分析が今後行われるならば、大仏と周辺遺構から出土した遺物との関係がさらに解明されると思われる。

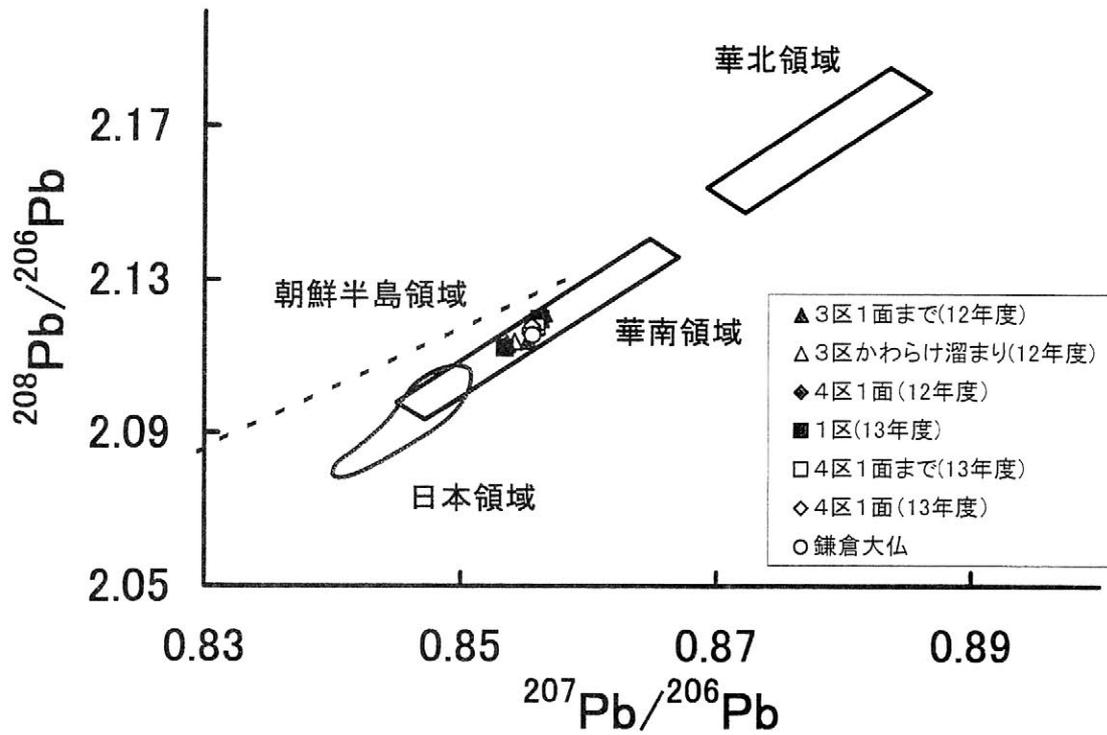


図1 鎌倉大仏周辺遺構から出土した銅滓が示す鉛同位体比分布
 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) - 全体図

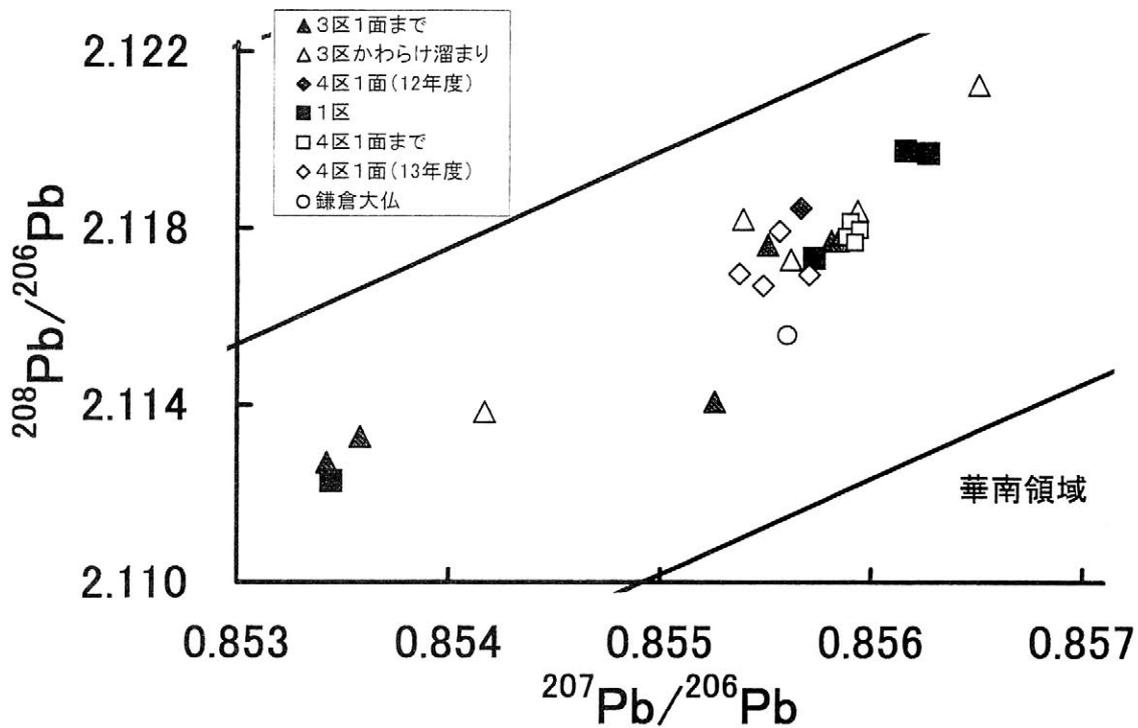


図2 鎌倉大仏周辺遺構から出土した銅滓が示す鉛同位体比分布
 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) - 拡大図

原始古代青銅製品の鉛同位体比分析について

廣坂美穂（岡山理科大学大学院総合情報研究科）

1. はじめに

鉛同位体比法による青銅製品の分析は、日本では1970年代から始まり、70年代後半からは馬淵・平尾両氏が、多数の青銅製品の鉛同位体比を計測し、それらを利用した産地推定の基準仮説を提示している。その基準仮説は現在、青銅製品の議論に多く用いられている。近年、日本出土青銅製品の分析資料が増加し、また、中国、朝鮮半島の資料も多くの分析が行われてきた。

そこで、本研究では、できるだけ多くの日本出土青銅製品（一部、中国、朝鮮半島の資料も含む）や、日本・中国・朝鮮半島各地鉱山の鉛同位体比データを集め、基準仮説と同じ方法で検討を行い、これまでに指摘されている領域内で、いくつかの小グループが見出せる可能性があるのではないかとということについて検討を行ってみた。

2. 資料と方法

分析資料は、原始古代の日本出土青銅製品（一部、中国、朝鮮半島の資料）、日本・中国・朝鮮半島各地鉱山の鉛同位体比データを、論文や報告書などから検索し収集した。本研究では、青銅製品については866点、鉱山データは151点（日本83点、中国36点、朝鮮半島32点）を利用した。

そして、これまでに提示されている基準仮説と同じ方法によるグラフ（縦軸に $^{206}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、横軸に $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ：仮にA式図と呼ばれるもの）の作成を行い検討を行なった。

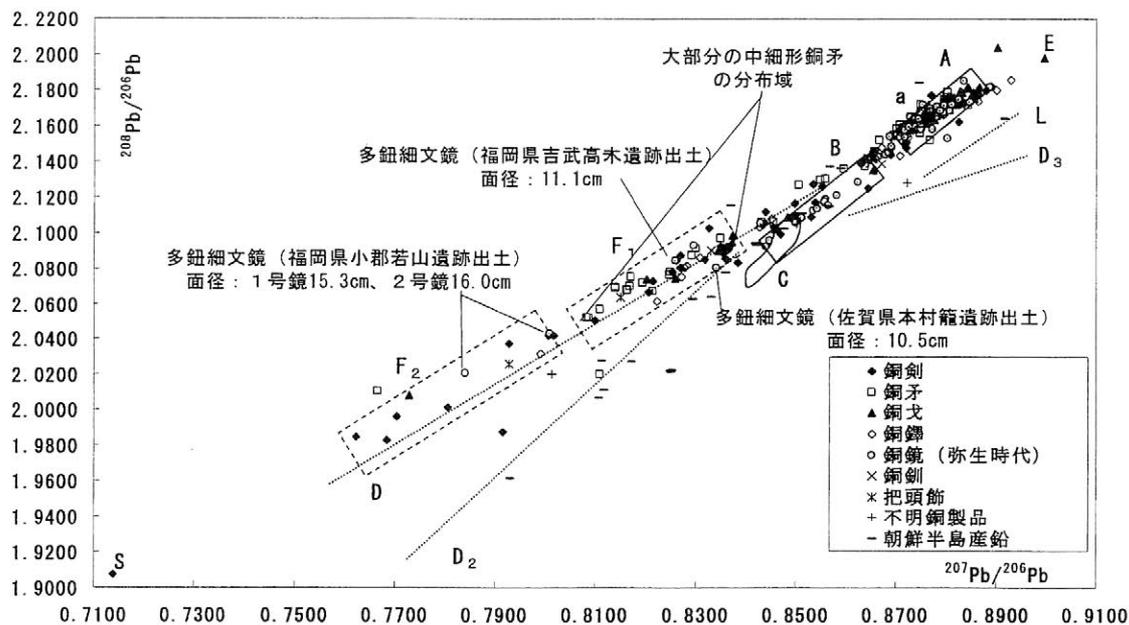
3. 結果と考察

これまでの研究でA式図では、A、a、B、C、D、D₂、D₃、E、L、Sの領域が検討されてきている。今回は、その中の領域Dについて見てみたい。領域Dはこれまでの研究で、朝鮮半島産鉛の可能性があらわになってきている。しかし、今回収集した朝鮮半島産鉛のデータは領域Dではなく、領域A、Bの近くや、領域D₂、Lで見られるものがほとんどであった（第1図）。今後、鉛の産地については、資料を増やし、検討を続けていく必要があると思われる。

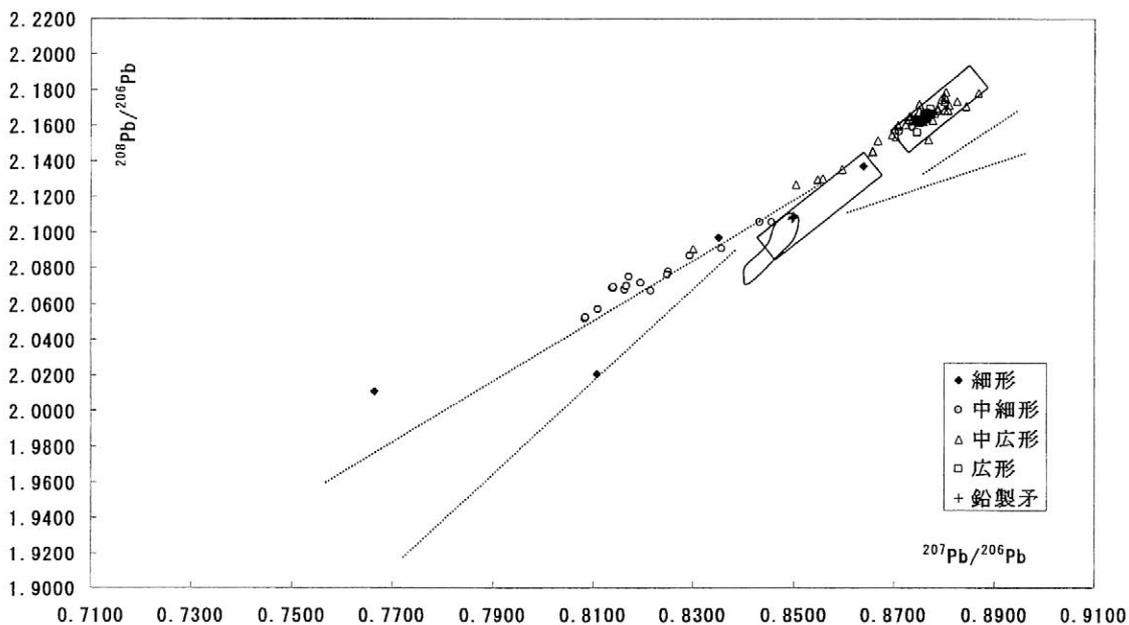
次に、青銅製品のデータをA式図で検討すると、領域Dには60点近くのもの分布する（第1図）。すでに指摘されていることだが、領域Dには、弥生時代のものが多く、銅剣、銅矛、銅戈では細形、中細形、銅鐸では菱環鈕、外縁付鈕1式のような古い形式のもの、銅鏡では多鈕細文鏡のような朝鮮半島系の遺物が分布するとされている。今回、領域Dに見られた遺物の種類は、銅剣、銅矛、銅戈、銅鐸、銅鏡、銅釧、把頭飾、不明銅製品の一部資料であり、弥生時代のものであった。

また、第1図をみると、領域Dで、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が0.8100よりも大きいものと小さいもので、2つのグループに分けられるように見える。ここでは、仮に、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の数值が大きい方をF₁とし、小さい方をF₂とする。これらのグループを分ける根拠であるが、まず、第1図で銅鏡の分布を見ると、領域Dには6点が確認できる。これらの鏡種をみると、6点中5点が多鈕細文鏡で、そのうちF₁側で見られるもの3点中2点は、面径値が10~11cm代（1点は破鏡のため面径不明）であるのに対し、F₂側で見られる2点では、15~16cm代と差があることから、2グループになるであろうと考えた。次に、それぞれのグループの範囲についてである。銅矛のデータを形式ごとにグラフ化すると、第2図のように、それぞれの形式で比較的きれいに分かれ、その中で、中細形銅矛のほとんどがD上にまとまって分布していることが分かる。F₁については、その部分を利用して範囲を決めている。F₂については、

上限は多鈕細文鏡の面径の大きいほうが見られるところから、下限については資料数が少ないこともあり、暫定的ではあるが、分布のまとまりが見られなくなるまでとしている。分布域の数値を示してみると、 F_1 がおよそ $0.8100 \leq ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \leq 0.8400$ 、 $2.0500 \leq ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \leq 2.1000$ 、 F_2 がおよそ $0.7600 \leq ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \leq 0.8000$ 、 $1.9800 \leq ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \leq 2.0500$ である。ただし、これら F_1 、 F_2 の範囲やグループの数については、現在分かっている資料からのものであり、資料増加により変わってくる可能性がある。今後、資料を増やしてより詳しく検討していくつもりである。



第1図 朝鮮半島産鉛と一部資料が領域Dに分布する遺物の鉛同位体比 (A式図)



第2図 銅矛の鉛同位体比 (A式図)

主要参考文献

新井宏 2000 「鉛同位体比による青銅器の鉛産地推定をめぐって」『考古学雑誌』第85巻第2号 日本考古学会:pp. 1-30
 岩永省三 2004 「考古学者からみた青銅器の科学分析」『科学が解き明かす古代の歴史 新世紀の考古科学』クバプロ:pp. 110-119
 平尾良光編 1999 『古代青銅の流通と铸造』鶴山堂
 平尾良光編 2001 『古代東アジア青銅の流通』鶴山堂

島根県の遺跡から発見された朱

○ 今津節生¹⁾、渡辺貞幸²⁾、岩橋孝典³⁾、坂本豊治¹⁾、柴崎晶子³⁾、南 武志⁵⁾

¹⁾ 九州国立博物館, ²⁾ 島根大法文学部, ³⁾ 島根県埋文調査センター,

⁴⁾ 出雲市文化観光部文化財課, ⁵⁾ 近畿大理工学部

1. はじめに

われわれは遺跡出土朱の産地推定に挑んでいる。その過程で、朱－硫化水銀－の構成成分であるイオウの同位体比を調べ、日本産朱鉱石と中国産朱鉱石で明らかな値の違いを観察し、これを基にして中国産朱か日本産朱のどちらを用いているかを検討している。加えて、古代に採掘されたと思われる日本国内の主な産地である三重県丹生鉱山と奈良県大和水銀鉱山あるいは徳島県水井鉱山の朱鉱石の間にもイオウ同位体比が違いを呈することも明らかにしている¹⁾。イオウ同位体比分析とは質量数 32 と 34 のイオウ同位体の存在比であり、地球内部に存在する原始マグマと同じ比を呈すると考えられているキャニオン・ディアブロ隕石のイオウ同位体比を標準とし、それより ³²S が多く存在するとマイナスの値を、³⁴S が多く存在するとプラスの値を呈することを基本としている。³²S は二酸化イオウのような気体に含まれやすく、火山が多い日本では火山活動とともに朱が形成されるためか、標準物質に比べ ³²S を多く含みマイナス値を示すことが多い。一方 ³⁴S は硫酸のような液体に含まれやすく、火山活動がほとんどなく、太古の昔は海中であった中国貴州省などの中国産朱は ³⁴S を多く含み、プラスの値を示す。

朱を埋葬儀式の中に取り入れる風習は中国から伝来したと考えられるが、弥生時代後期頃から西日本各地の有力な墳墓の埋葬施設で朱が発見される。さらに古墳時代前期には、前方後円墳の埋葬儀式に取り入れられて全国各地へ広がってゆく。

本研究では、日本古代の有力地域である出雲地方の弥生時代後期から古墳時代前期の墳墓から発見された朱のイオウ同位体比を測定し、産地の変遷を推定したので報告する。

2. 分析試料と分析方法

分析用朱サンプルとして、出雲市と島根大学より西谷 2 号墓の第 1 主体・第 2 主体と 3 号墓の第 1 主体・第 3 主体・第 4 主体の朱を、島根県教育庁埋蔵文化財調査センターより塚山古墳・上野 1 号墳・塩津山 1 号墳の朱を、さらに島根県教育庁古代文化センターより松本 1 号墳・布志名大谷 III 遺跡 I 区 1 号墓・安養寺 1 号墓・宮山 IV 号墓・吉佐山根 1 号墳の朱を提供していただいた。また、奈良県大和水銀鉱山、三重県丹生鉱山、徳島県水井鉱山辰砂鉱石を産業技術総合研究所地質調査総合センター地質標本館より提供を受けた。中国産辰砂鉱石は、貴州省銅仁市万山特区辰砂鉱山と陝西省安康地区青銅鉱山より採取した。測定用朱は実体顕微鏡下で土壌部と赤色顔料部分に分けて分析に供した。

朱部分を逆王水に溶解し、塩化バリウムを加え硫酸バリウムの沈殿を得た。得られた硫酸バリウムに五酸化バナジウムとケイ酸を加えて混和して管に入れて金属銅を上のにせ、真空下で加熱、二酸化イオウガスを採取した。採取したガスを質量分析計 (DELTAplus, Thermo Finnigan 社) でイオウ同位体比 (³⁴S/³²S) を分析した。別に標準品としてキャニオンディアブロ隕石のイオウ同位体比 (³⁴S/³²S) を分析し、この標準品に対する割合

を $\delta^{34}\text{S}\%$ で表した。

3. 結果および考察

今回、弥生時代後期後葉の出雲地方の王墓と考えられる西谷3号墓と2号墓から出土した朱のイオウ同位体比を測定したところ、表1に示すように出雲地方の他遺跡出土朱と全く異なった値が得られた。古代に開発されていた可能性のある日本および中国の主な朱鉱山のイオウ同位体比を測定すると、日本の主な朱鉱石産地はすべてマイナスの値を示したのに対し、中国の貴州省産と中国陝西省産の朱鉱石はプラスの値を示した。このことから、出雲西谷2号墓と3号墓で用いられた朱は中国産朱ではないかと推察される。これに対し同時代の布志名大谷Ⅲ遺跡1号墓や、弥生後期末の安養寺1号墳や宮山Ⅳ号墓ではマイナスの値が検出された。さらに古墳時代前期の墳墓はすべてマイナスの値を示している。

以上の結果から推察すると出雲の首長墓である西谷遺跡から発見された朱の特異性が明らかである。おそらく西谷遺跡では中国との交易によって得られた朱が独自に蓄積され大量に使用されたと考えられる。同様にプラスの値が検出された同時代の遺跡が、北部九州や丹後地方などの日本海沿岸に点在すること²⁾と考えると、日本海沿岸に中国と交易していた拠点地域が点在していたと思われる。一方、弥生後期末以降、古墳時代にかけて、マイナスの

値を示す日本産の朱が主流を占めることは、古代の有力地域である出雲地方でも、古墳出現前夜の時代から独自性が失われ、他の地域と同様に日本産の朱（丹生産の可能性が高い）が埋葬儀式と共に使用されたと推察される。

1) 南武志、今井亮、豊遥秋、富田克敏、比佐陽一郎、岡山真知子、楊主明、今津節生、中国貴州省と

表1. 島根県出雲地方の遺跡より出土した朱のイオウ同位体比分析

遺 跡 名	時代	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
西谷2号墓 第1主体	弥生時代後期後葉	+7.84
西谷2号墓 推定第2主体	弥生時代後期後葉	+13.10
西谷3号墓 第1主体	弥生時代後期後葉	+9.03
西谷3号墓 第3主体	弥生時代後期後葉	+4.10
西谷3号墓 第4主体副棺	弥生時代後期後葉	+4.50
西谷3号墓 第4主体主棺	弥生時代後期後葉	+7.28
布志名大谷Ⅲ遺跡1号墓	弥生時代後期後葉	-5.15
安養寺1号墳第2主体棺内	弥生時代後期末	-4.78
宮山Ⅳ号墓主体部床面	弥生時代後期末	-5.89
吉佐山根1号墳第3主体	古墳時代前期	-7.34
松本1号墳第1主体	古墳時代前期	-6.54
松本1号墳第2主体	古墳時代前期	-6.11
塩津山1号墳3主体棺内	古墳時代前期	-5.19
上野1号墳	古墳時代前期末～中期初頭	-3.07
塚山古墳主体部	古墳時代中期	-6.06～-8.91

湖南省辰砂鉱石のイオウ同位体比測定, 考古学と自然科学, 46: 67-74 (2004).

2) T. Minami, A. Imai, M. Bunno, K. Kawakami, S. Imazu, Using sulfur isotopes to determine the sources of vermillion in ancient burial mounds in Japan. *Geoarchaeology*, 20: 79-84 (2005).

弥生時代墳墓に使用された粘質土の由来

○中園 聡・大濱春代・川宿田好見・河越彩子・折尾真紀・黒木梨絵（鹿児島国際大学）

1 はじめに

蛍光 X 線分析を用いた弥生土器の胎土分析を実施する過程で、甕棺墓の上甕・下甕間の胎土の類似度等の検討を行い、甕棺の製作が一連の葬送過程の中に組み込まれていた可能性が高いことなどが解明されてきた。こうした甕棺墓をはじめ、木棺墓など弥生時代の墳墓にはしばしば粘質土が使用されており、主として棺の目貼りなどのパッキングの機能を果たしていることが知られている。これまでの我々の蛍光 X 線分析を用いた予備的調査により、甕棺墓の目貼粘土については甕棺の胎土とは異なっており、墓地の地山土と一致するものがあることなどから、墓地またはその近隣で採取されるものであった可能性を考えている。すなわち胎土分析を応用することで、墳墓の構築過程や、ひいては葬送システム全体についての実証的研究に役立つ可能性があるのである。こうした認識にたち、本研究では弥生時代の甕棺墓や木棺墓などの墓壇内の裏込めに使用された粘質土がどこで採取されたものであるのかについて焦点をあて、検討するものであり、そうした過去の人間行動の解明へと取り組む試論的研究の一環としても位置づけられるものである。

2 試料と方法

北部九州の甕棺墓地で採取した甕棺の目貼粘土および、鹿児島県南さつま市高橋遺跡の木棺墓から採取した裏込め土や埋土等を試料とし、蛍光 X 線分析を実施する。比較のため遺跡の基本土層の分析も試みる。

試料を定温乾燥器で十分に乾燥させた後、タングステンカーバイド製乳鉢を用いて粉末にした。次に、粉末試料を塩化ビニール製リングに入れ、約 12t の圧力をかけてプレスし錠剤試料を作成した。それを蛍光 X 線分析測定に供した。使用した装置は、波長分散型蛍光 X 線分析装置（リガク ZSX100e）である。

測定したのは、K、Ca、Fe、Rb、Sr、Na、Mg、Ti の 8 元素で、用いる分析値は、同時に測定された岩石標準試料 JG-1 による標準化値で表示する。

3 結果と考察

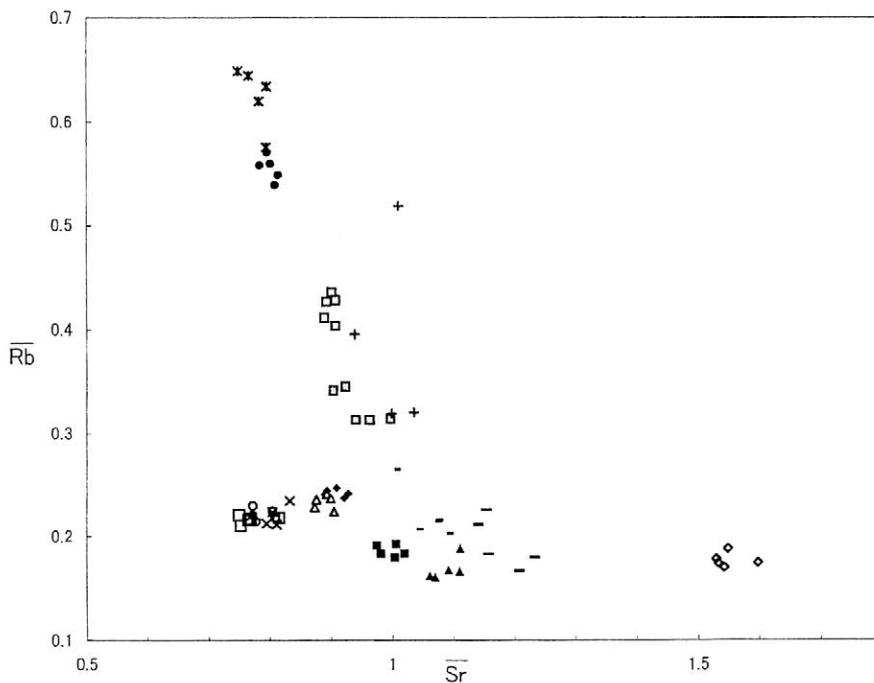
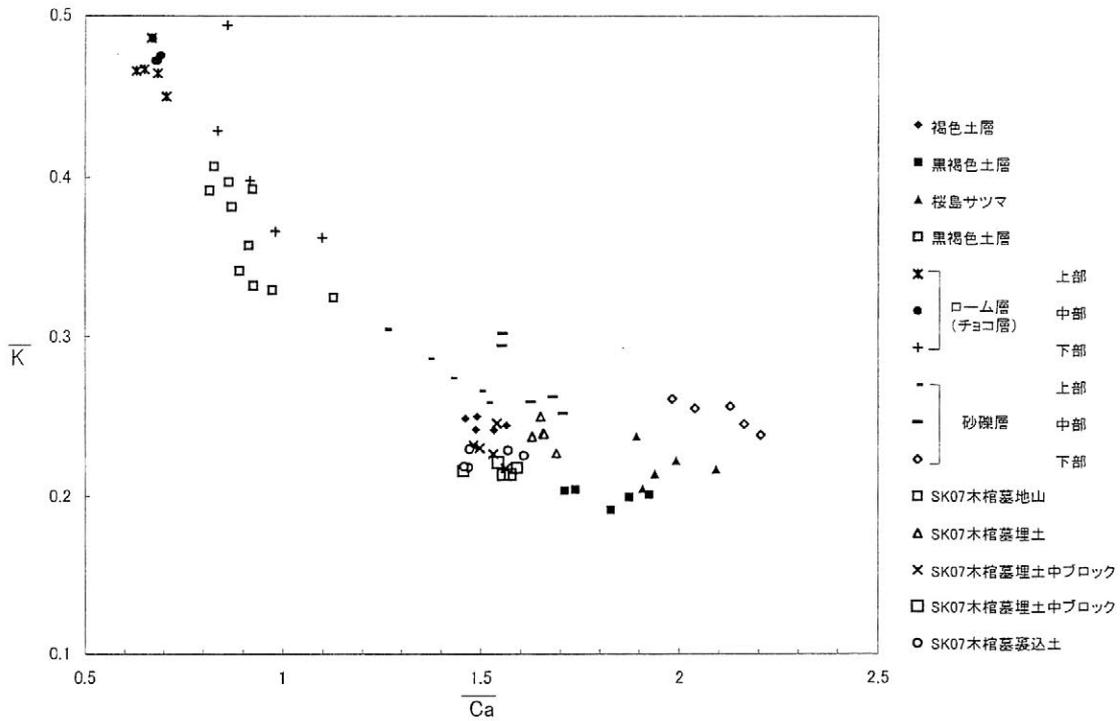
いずれの遺跡でも、墳墓に使用された粘質土は土器胎土とは異なっている。また、粘質土は墓壇が掘り込まれた地山土と一致するものがあり、やはり粘質土は墓壇掘削時に採取されたものであることが多いことが裏付けられた。なお、広大な甕棺墓地の場合、地点によって粘質土の化学特性が異なっている遺跡があり、地質環境の差の反映と考えるのが妥当であることから、墓地の近隣から採取されたと考えられる。さらに、木棺墓においては組み合わせ式の木棺を墓壇内に構築する際に、木棺を固定する裏込めとして粘質土が使用されたとみられるが、遺跡内の基本土層の分析値との比較から、基本土層にみられる粘質土と一致するものがある。したがって、やはり遺跡近隣で採取された土が使用されているのは確かなようである。なお、必ずしも一致しないものもあったが、本来その遺跡に存在した土であると考えてよいようである。このことは後世、遺跡が激しく削平を受けた場合、本来の土層を復元するのにも役立つといえよう。また、墳墓の底面が基本土層におけるとの層に該当するかなど、適切かつ簡便に判断する方法としても有効である。

いずれにせよ、検討を行った対象においては遺跡の近隣で採取された粘土が使用されたと考えられ、こ

れが当時の基本的なパターンであったと、今のところは考えておきたい。

なお、今後埋土の詳細な検討を行うことによって、遺跡の層準のうちどの層に由来する土が遺構内のどこに入っているか、意図的であるか非意図的であるかにかかわらずその分布を明らかにすることができよう。それによって、墳墓構築時の具体的な行為や意図を復元する手がかりとなるのではないかと考えている。

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (S) (課題番号 15102002) の成果の一部である。



蛍光X線分析結果(鹿児島県高橋遺跡)

薩摩半島における弥生土器胎土の化学特性

○中園 聡・三辻利一・河越彩子・川宿田好見・大濱春代・折尾真紀・
黒木梨絵・鬼塚勇樹・花田寛典・本田 望（鹿児島国際大学）

1 はじめに

弥生時代の薩摩半島はその西部を中心として、在地土器に加えて北部九州・瀬戸内・南西諸島など他地域のスタイルをもつ多くの土器が出土する特異な地域である。また、薩摩半島の様式に属する土器は沖縄諸島で多数出土しており、北部九州や瀬戸内地域などでも少数ながら発見されつつある。したがって薩摩半島は、弥生時代の遠隔地交渉の実態を実証的に解明するうえで重要な地域といえる。薩摩半島のどこの弥生土器が搬出されているかなど、遠隔地交渉の具体像を解明するためには小地域や遺跡ごとの胎土の特性を把握することがまず必要である。そこで、本研究では小地域・遺跡ごとの土器の化学特性の把握に焦点をしぼり、検討をするものである。

2 試料と方法

薩摩半島西部（鹿児島県南さつま市内、日置市内）を中心に薩摩半島から出土した弥生土器を対象とする。なお、比較のために縄文時代晩期や古墳時代など相前後する時期も扱う。分析は、三辻の方法により実施された。適量の試料を採取し、試料表面の付着物や汚染を除去するために研削を行ったのち、タングステンカーバイド製乳鉢で粉砕した。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、約 12t の圧力をかけてプレスし、錠剤試料を作成して蛍光 X 線分析を行った。鹿児島国際大学の波長分散型蛍光 X 線分析装置（リガク ZSX100e）を使用し、K、Ca、Fe、Rb、Sr、Na、Mg、Ti の 8 元素を測定した。分析値は同時に分析された JG-1 の各元素の X 線強度を使った標準化値で表示する。

3 結果と考察

薩摩半島は全体として K、Sr において大隅半島と比して大きな値をとり、大隅半島とは判別できるという従来の我々の成果を追認した。また、薩摩半島内でも小地域差が存在し、近接する遺跡間でも胎土の化学特性に差がみられることが多い。このことは、当該地域内において土器の生産が集落単位など在地的に行われていることを示している。したがって、他地域出土の薩摩半島産の土器についても、条件を整えば具体的にどの集落から搬出されたかを推定することが可能であることを示唆しており、胎土と土器の時期や様式などの特徴を総合することにより、搬出・搬入の具体像に接近できる可能性が高まってきた。また、化学特性と地質環境との間にある程度の対応があることも判明した。薩摩半島は火山灰土壌が卓越するが、四万十層群などの分布などもみられ、そうした地質環境が比較的敏感に胎土に反映しているようである。

4 おわりに

以上の成果から、貝輪交易など遠隔地交渉に関与した具体的地域の把握への初期的準備が整ってきたといえる。今後もさらに分析を継続して行い、より広い地域間の化学特性を把握することで遠隔地交渉研究の発展へと結びつけたい。試料の提供など大方のご協力をお願いしたい。

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（S）（課題番号 15102002）の成果の一部である。

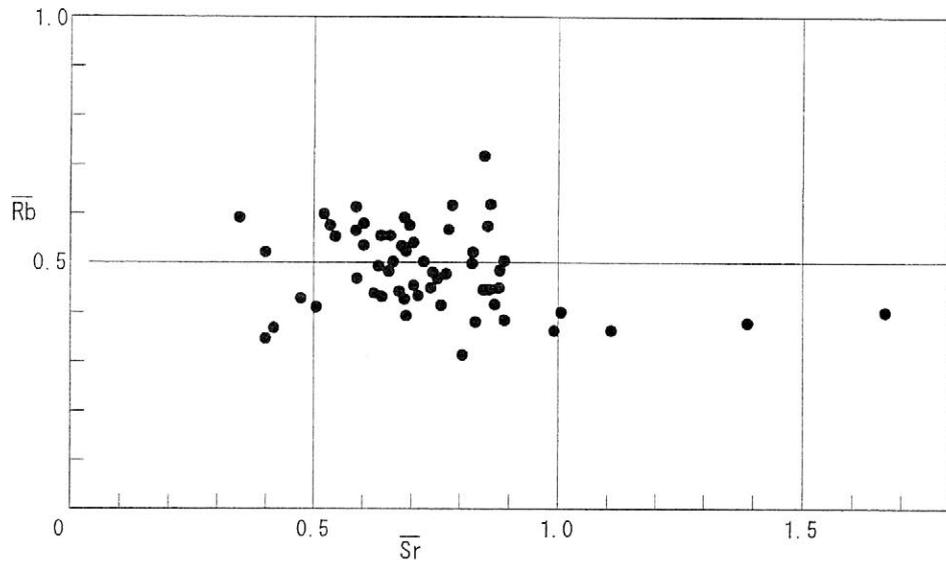


図1 松木藪遺跡におけるRb-Srの二次元分布図

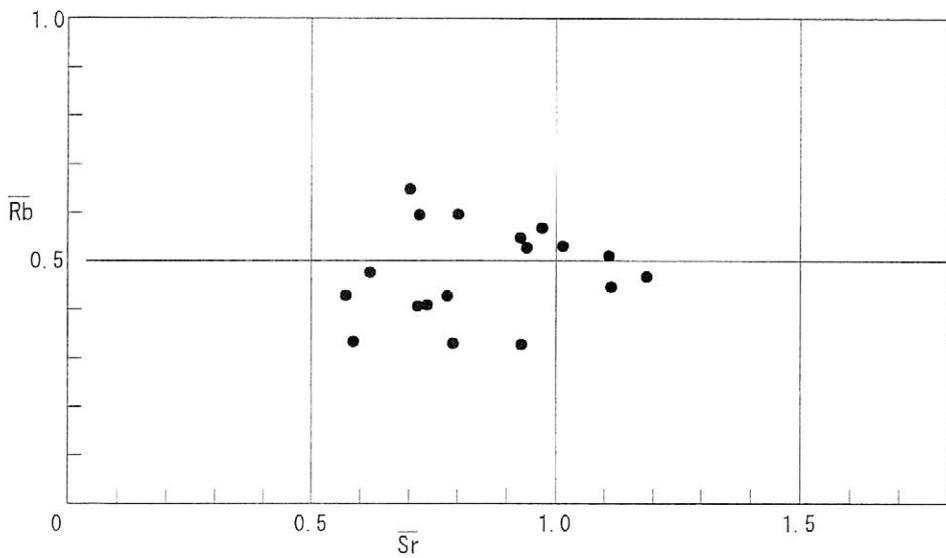


図2 川久保遺跡におけるRb-Srの二次元分布図

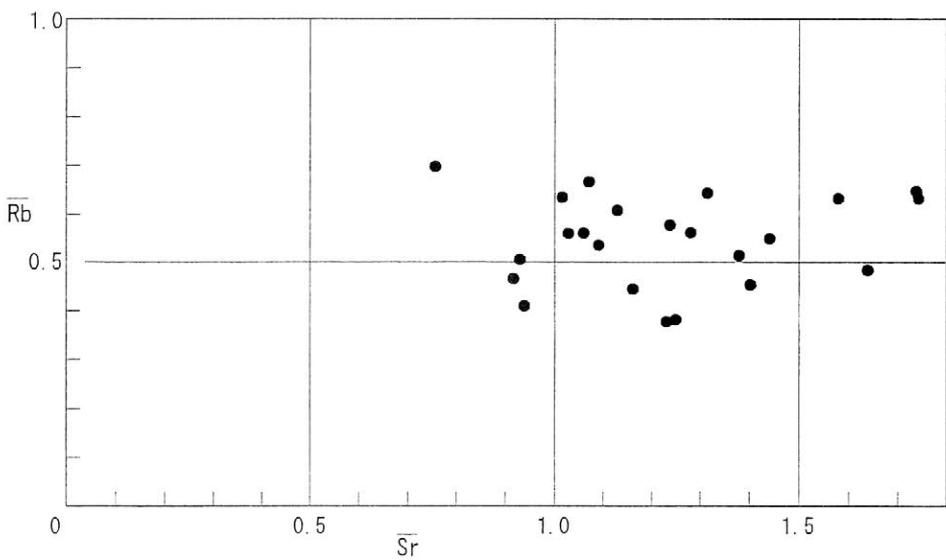


図3 高橋貝塚におけるRb-Srの二次元分布図

生出塚、馬室窯群の埴輪の供給先

三辻利一（大阪大谷大学）、山崎 武（鴻巣市教委）、新井 端（埼玉県甲南町教委）
太田博之（埼玉県本庄市教委）

1) はじめに

埼玉県最大の埴輪窯跡群である生出塚窯群（40 基）の製品は遠く離れた東京都品川区の大井林町1，2号墳や、千葉県市原市の山倉1号墳、栃木県佐野市の八幡山古墳などから検出されており、広域にわたって伝播していることが分かった。当然、さきたま古墳群はじめ、地元、埼玉県内の多数の古墳にも大量に供給されていることが予想される。本報告の目的は蛍光X線分析で生出塚窯群の製品と推定された埴輪を考古学的形式論でも再検討することを目的としている。そうすることによって、産地問題の研究を考古学側と自然科学側とが共有できるからである。この点はこれまでの産地問題の研究で欠落している重要な問題である。

これまでの土器の産地問題の研究で欠落している部分の一つは自然科学側と考古学側の両方の見解がまとめられていない点である。このことは考古学側では生産地の土器の考古学的分類が著しく進んでいるのに対して、消費地遺跡側の土器の考古学的分類、整理が遅れているを示唆している。土器の伝播の研究を推進するためには、消費地遺跡側の土器の考古学側からの整理も必要である。しかし、この作業はかなり困難な部分があると思われる。この壁を乗り越えることができれば、土器の蛍光X線分析の結果はこれまでよりもずっと有効に、考古学研究に活用できるはずである。このような考え方から、さきたま古墳群をはじめ、埼玉県内の古墳から出土した埴輪で、蛍光X線分析で生出塚窯群の製品と推定された埴輪を考古学的に再検討することを試みた。また、本庄市の宥勝寺窯群（3基）、馬室窯群（10基）の製品の供給先についても併せて検討した。

2) 分析法とデータ解析法

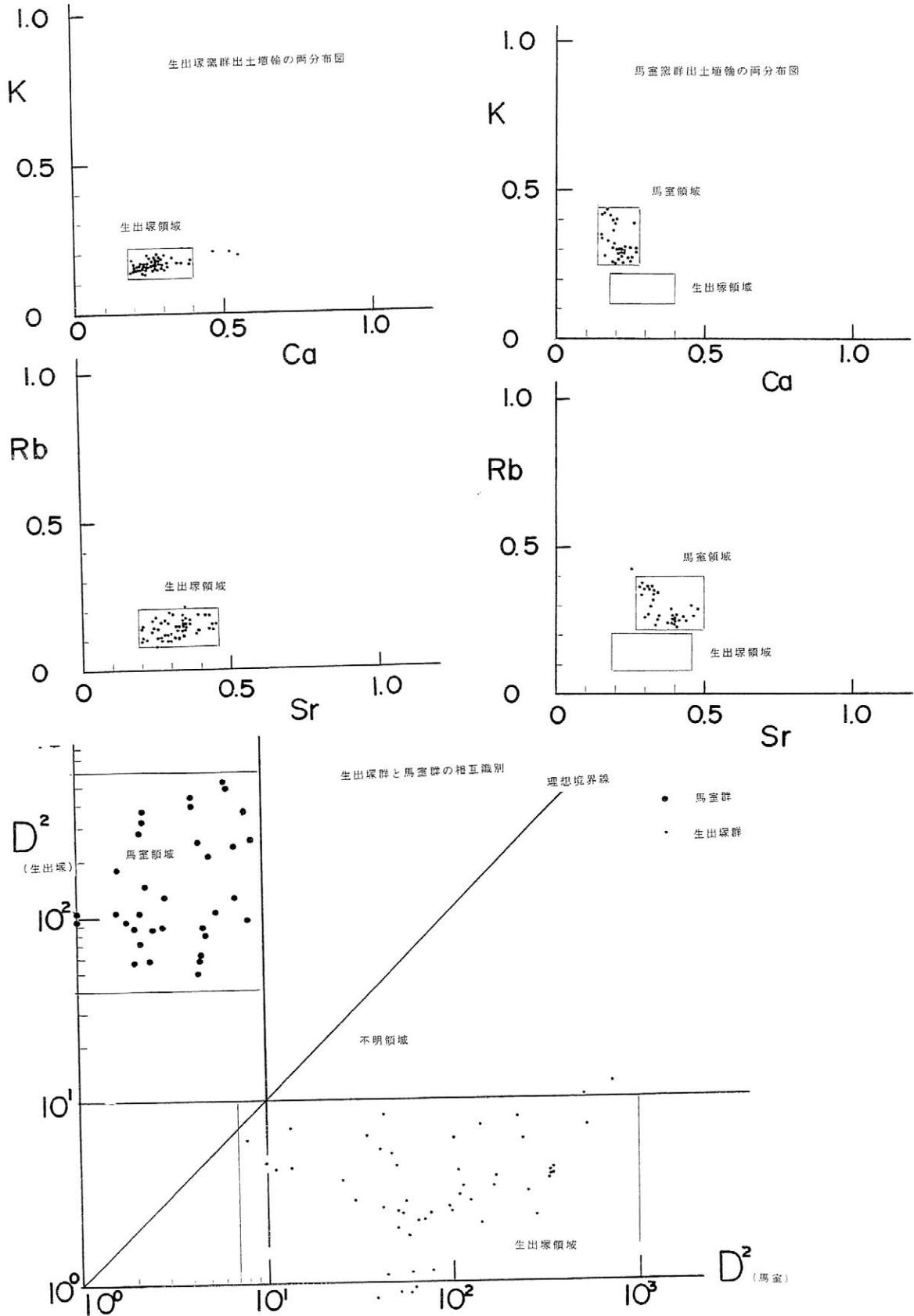
口頭発表の講演要旨の通りであるので、説明を割愛した。

3) 分析結果

蛍光X線分析で生出塚窯群の埴輪と推定された古墳はさきたま古墳群内ではさきたま二子山古墳、さきたま1，2，4，5，6，8，9号墳などである。これに対して、稲荷山古墳の埴輪の胎土は生出塚窯群の埴輪胎土に類似するが、一致はせず、生出塚窯群の製品ではないと推定されている。これらの埴輪は考古学的観察ではどのように解釈されるのが今回の発表の一つのポイントである。

また、生出塚窯群と馬室窯群の埴輪の両分布図を図1，2に示す。両者は容易に相互識別できることが予想される。両者の2群間判別分析の結果は図3に示されている。完全に相互識別できることがわかる。両窯群は距離的には比較的近く、工人の行き来も考えられなくもないくらいの距離にある。埴輪も形式的には類似しているが、胎土の色調の違いから、考古学的観察で相互識別の可能性があると いわれる。馬室窯群には10基の窯跡が発

見されているにもかかわらず、供給先の古墳からはほとんど検出されていない。目下、蛍光X線分析で探査中である。他方、宍勝寺窯群の製品と推定される埴輪は埼玉県美里町の生野山 65 号墳から出土しており、これらが考古学的にも宍勝寺窯群のものと再確認できるかどうかである。考古学と自然科学との本格的な共同研究への第一歩を志向している。



東海地域の窯跡出土中世陶器の化学特性

三辻利一（大阪大谷大学）、柴垣勇夫（静岡大学）

1) はじめに

古代の須恵器については、窯跡出土須恵器の元素分析が全国的に進み、産地推定法も開発されて、その伝播の研究も推進されている。他方、中世陶器は完形品として残っている場合も多く、古代の須恵器に比較して形式研究はより詳細をきわめる。とくに、六古窯の陶器や珠洲陶器の考古学研究は著しく進んでおり、各地の消費地遺跡からも考古学的観察でこれらの産地の中世陶器を見つけ出し、その伝播に関する研究も進んでいる。しかし、六古窯や珠洲窯以外にも各地に中世陶器の窯跡は発見されているが、その伝播についてはほとんど知られていない。九州では中世陶器の窯跡の調査すら十分に行われていない。

中世陶器についても、須恵器と同様、大量の破片試料の元素分析によって、その伝播、流通の研究を展開することは可能である。破片試料から大量の陶器の伝播を追跡するのが元素分析による流通研究の特徴である。本研究では中世陶器にも元素分析による産地推定法を適用し、中世陶器の伝播、流通研究の基礎データを集積することを目的としている。

今回は古代、中世を通して最大の窯業生産地であった東海地域に着目し、生産地である窯跡群の陶器の化学特性を整理するとともに、同じ地域内で製作された古代の須恵器、灰釉陶器、山茶碗の化学特性との比較も行った。

2) 結果

岐阜、愛知、静岡の東海3県内には古代から中世にかけて、須恵器、灰釉陶器、山茶碗を焼成した窯跡が多数ある。まず、これらの生産地の陶器の化学特性を整理することが先決である。これまでに分析対象となった窯跡群のリストを表1に示す。

はじめに、須恵器窯群の化学特性を表2に示す。K、Ca、Feの主成分元素については地域差はあまり認められないが、Rbは美濃須衛が高く、尾北、猿投、豊橋、湖西と南下、東進するにつれて次第に減少する傾向がある。他方、SrとNaは西部の愛知県側よりも東部の静岡県側により高い傾向があることがわかる。これらの微妙な地域差を活用すると、窯群間の相互識別が可能となる。これらの須恵器の殆どは平安時代のものであり、その伝播についての研究はまだ進んでいない。

他方、灰釉陶器の分析データは表3に示されている。須恵器の場合と同様、K、Rbは恵那、美濃須衛に高く、南下、東進するにつれて次第に減少する傾向がある。これに対して、Sr、Naは逆に、増加する傾向があるのは須恵器の場合と同様である。かくして、灰釉陶器も2群間判別分析で相互識別は可能である。表2と表3を比較すると、K、Ca、Rb、Srの分析値は須恵器と灰釉陶器で殆ど同じであり、同じ地域の粘土が須恵器と灰釉陶器の両方の素材となったことを示している。しかし、Feには明らかに違いがある。どの窯群についても、須恵器に比べて灰釉陶器のほうがFeは少なく、意識的にFeを少なくしたことが伺われる。粘土中のFeを除去する方法がない限り、Feの少ない粘土を意識的に採集し、灰釉陶器の素材としたと考えられよう。

今回は新たに、知多半島の常滑窯群、静岡県旗指窯群のデータも加え、須恵器、中世陶器、山茶碗の比較も行った。さらに、2, 3の消費地遺跡出土山茶碗の産地推定も試みた。

表1. 窯群のリスト

須恵器	
美濃須衛群	: 御坊山南3、4、7、9、10、11号、天狗谷10号、寒洞1~3号、稲田2号、老洞1、2号
尾北群	: 篠岡47、56、78、81、87、96、112号
猿投群	: 東山名大1号、東山2、3、5、11、27号、光真寺
豊橋群	: 大沢、東籠田、小谷、中田
湖西群	: 北早稲川、大沢、矢崎南山、上ノ原1、4、5号、古見6号、谷上、東笠子1、2号
清ヶ谷群	: 水ヶ谷奥
灰釉陶器	
恵那群	: 正家1号、永田8号
美濃須衛群	: 東山1、2号、天狗谷1号、谷迫間1号、鎗の木1号、砂行
尾北群	: 篠岡15、17、47、80、87、96、97、99号
猿投群	: 東山鳩の巣、東山1、224号、NN-266、278、282号、K-5、30号、満山12号、広久手C号
幸田群	: 上矢崎、堤ヶ入
二川群	: 苗畑1~5号、大沢A2号、米山4号、葎毛3号
清ヶ谷群	: 白山1号A、宮東、血番山、白山五番山、鬼淵赤山、釜ヶ谷、佐平治谷
山茶碗	
湖西群	: 西笠子45~61号、筒川6、7号、上の原8~10号

表2. 須恵器窯群のデータ

	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
美濃須衛群	0.48	0.08	1.15	0.73	0.33	0.07
(97)	9.40	31.3	16.5	11.0	13.6	28.6
尾北群	0.42	0.05	1.75	0.63	0.22	0.06
(57)	11.9	50.0	23.4	14.3	15.9	33.3
猿投群	0.42	0.06	1.86	0.58	0.24	0.07
(75)	10.7	50.0	24.2	11.2	14.6	28.6
豊橋群	0.40	0.10	1.40	0.52	0.31	0.14
(38)	10.0	25.0	30.7	13.5	14.5	25.0
湖西群	0.43	0.17	1.59	0.51	0.42	0.21
(102)	15.1	29.4	28.9	16.7	14.3	35.7
清ヶ谷群	0.49	0.11	1.87	0.56	0.42	0.34
(16)	11.2	9.10	15.5	8.90	7.10	13.2

上段は平均値（JG-による標準化値であり、下段は変動係数（%）である。カッコ内の数字は分析試料数である。

表3. 灰釉陶器窯群のデータ

	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
恵那群	0.66	0.08	0.63	0.84	0.27	0.04
(20)	16.7	37.5	11.1	15.5	18.5	25.0
美濃須衛群	0.54	0.05	0.74	0.81	0.29	0.07
(58)	9.20	50.0	12.8	11.7	20.7	42.9
尾北群	0.43	0.06	0.77	0.68	0.23	0.07
(67)	15.1	33.3	35.1	14.0	17.4	42.8
猿投群	0.50	0.07	0.88	0.71	0.29	0.10
(77)	18.0	42.9	22.7	15.5	19.0	45.0
幸田群	0.53	0.11	0.76	0.60	0.46	0.14
(60)	13.2	18.2	14.5	10.8	9.80	21.4
湖西群（山茶碗）	0.43	0.10	0.72	0.47	0.38	0.17
(42)	10.0	20.0	15.3	6.40	9.20	11.8
二川群	0.38	0.08	1.16	0.56	0.26	0.10
(84)	13.2	37.5	21.6	16.1	19.2	35.0
清ヶ谷群	0.53	0.09	1.36	0.60	0.38	0.30
(99)	10.4	38.9	25.7	8.30	22.4	30.0

上段は平均値（JG-1による標準化値）であり、下段は変動係数（%）である。カッコ内の数字は分析試料数である。

古墳時代後期の小地域における須恵器生産と流通

—岡山県津山市内の須恵器生産地と消費地の胎土分析から—

○白石 純*・石井悠子**・小林博昭**・小郷利幸***

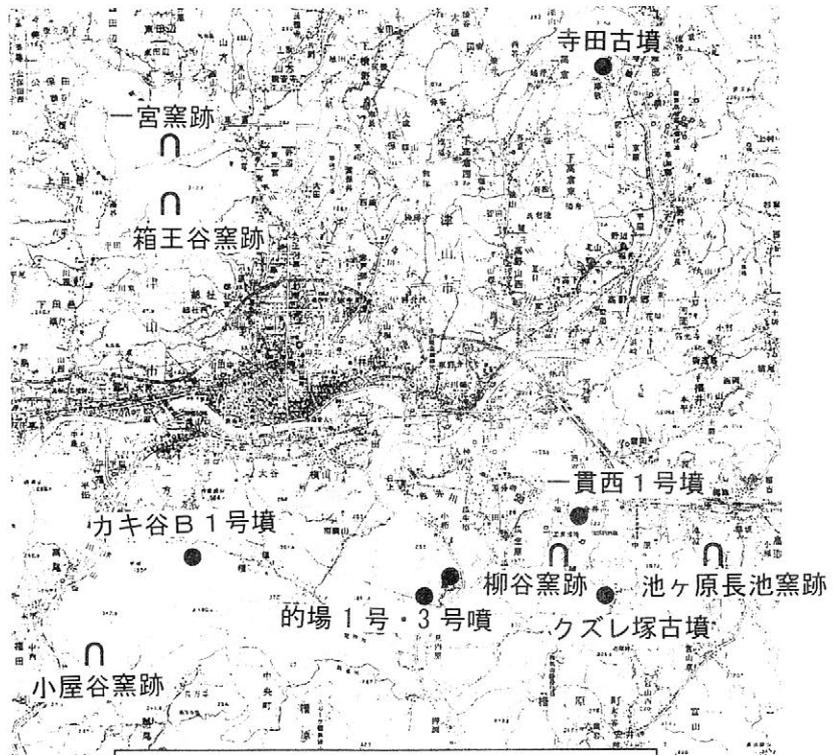
(*岡山理科大学自然科学研究所・**岡山理科大学総合情報学部・***岡山県津山市教育委員会)

1. はじめに

古墳時代後期になると各地方では、須恵器生産が盛んになる。今回、分析対象とした岡山県津山市においても、この時期に5基の須恵器窯跡が確認されている。この研究では、津山市内の5基の窯跡で生産された須恵器が、市内のどの古墳に供給されているか、考古学的形態・技法)調査と自然科学的な胎土分析から検討した。

2. 分析試料と方法

現在までに確認されている窯跡は、第1図に示している5基である。立地などからみると、津山市内を流れる吉井川を挟んで北に位置する一宮窯跡、箱王谷窯跡、吉井川の南に位置する小屋谷窯跡、吉井川の東に位置する柳谷窯跡、池ヶ原長池窯跡と地理的に大きく3つの地域に分類が可能である。また、消費地試料としては、6基の古墳から出土した須恵器を分析した。各古墳の位置は、津山市街の北東部に位置する寺田古墳、吉井川を挟んで南に位置するカキ谷B1号墳、的場1号・3号墳、吉井川の東に位置するクズレ塚古墳、一貫西1号墳である。第1表に分析試料を示す。



第1図 津山盆地内での窯跡・古墳の分布図

分析方法は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置 SEA2010L (セイコーインスツル社製) を使用し、定量は地質調査所 JA-1 標準試料を用いて算出した。

測定した成分は Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Rb, Sr, Zr の 13 成分である。この分析で各試料の胎土差に有効な元素は、Si, Ti, Al, Fe, Ca, K の 6 成分であった。そこで、これらの成分を用いて生産地および消費地試料の胎土差について検討した。

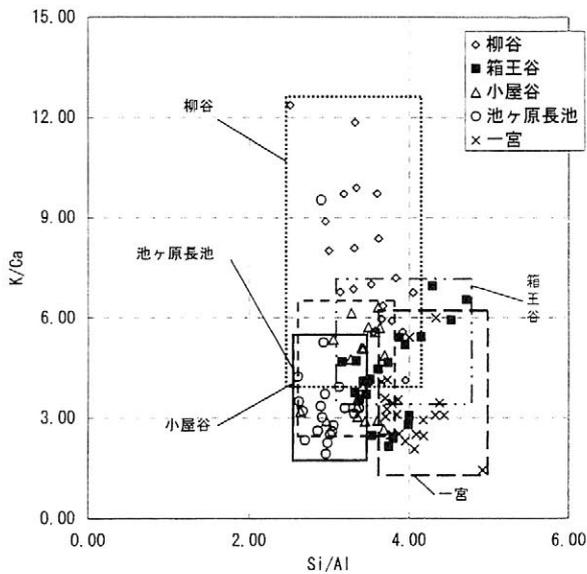
3. 分析結果

分析した5基の窯跡の操業時期は、6世紀後半から7世前半である。第1図 Si/Al-K/Ca 散布図では、各窯跡について比較した。その結果、一部重複する部分もあるが、各窯跡は一宮、箱王谷と柳谷と池ヶ原長池、小屋谷の3つに大きく分類された。第2図 Si/Al-K/Ca 散布図では、各古墳出土の試料を比較した。その結果、2つのグループに分類された。第3図 Si/Al-K/Ca 散布図では、窯跡と

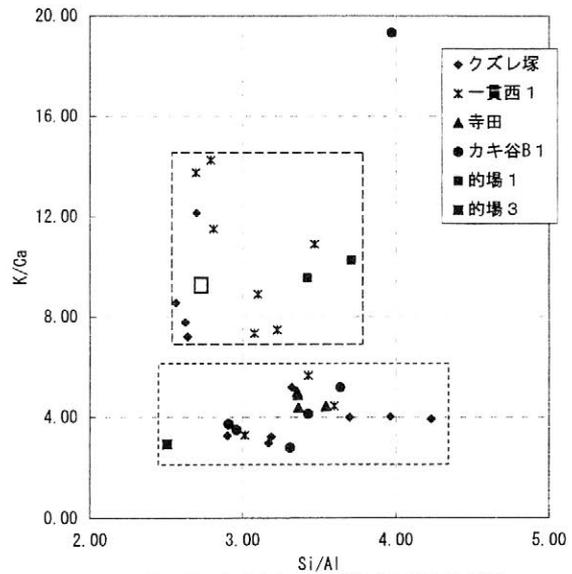
古墳の試料を比較した。すると、クズレ古墳は柳谷と小屋谷、池ヶ原長池と一宮、箱王谷の各窯から、一貫西1号墳は、柳谷と小屋谷、池ヶ原長池から寺田古墳は箱王谷から、カキ谷B1号墳は小屋谷から、的場1号墳は柳谷から、的場3号墳は池ヶ原長池からそれぞれ供給されていると推定された。

4. まとめ

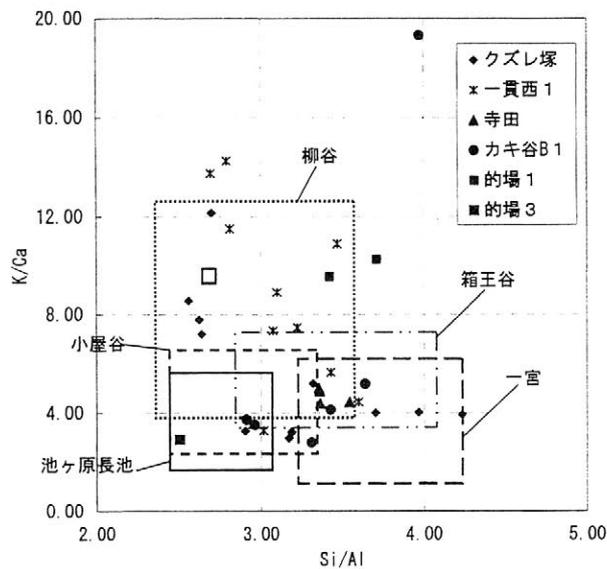
古墳時代後期の津山盆地での須恵器生産と消費について自然科学的な胎土分析により検討した。その結果、各古墳出土の須恵器は、古墳周辺で生産される須恵器が供給されていることが推定された。胎土分析からの推測ではあるが、津山盆地内での須恵器生産は、大きく3つの小地域にわかれた生産供給体制があったのではないかと想定された。ただ、須恵器の窯跡に関しては十分な調査が行われていないことから、窯跡の操業時期、分析試料などで、データの不足も点もあり、今後も試料の蓄積を行い検証していきたい。



第2図 窯跡出土須恵器 (Si/Al-K/Ca散布図)



第3図 古墳出土須恵器 (Si/Al-K/Ca散布図)



第4図 窯跡と古墳出土須恵器の比較 (Si/Al-K/Ca散布図)

第1表 津山盆地の胎土分析した窯跡、古墳一覧表

遺跡名	器種	時期
一宮窯跡	杯	7世紀前半
箱王谷窯跡	杯	?
小屋谷窯跡	杯、甕	?
柳谷窯跡	杯	7世紀前半
池ヶ原長池窯跡	杯	?
寺田古墳	杯	6世紀末～7世紀初
カキ谷B1号墳	杯	6世紀後半～7世紀前半
的場1号墳	杯	7世紀初
的場3号墳	杯	7世紀初
クズレ塚古墳	杯	6世紀後半～7世紀初
一貫西1号墳	杯	6世紀末～7世紀初

ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた 初期イスラーム陶器釉薬の考古化学的研究

○田代哲也*、保倉明子*、中井 泉*、真道洋子**

(*東京理科大学理学部、**中近東文化センター)

【 序 】

釉とは陶器の素地の表面に融着したガラス状の膜である。これまでのイスラーム陶器に関する考古化学的な研究では、ラスター彩陶器などの釉に関する分析は行われている¹⁾が、より日常的な陶器の物質科学的な研究はあまりなされていない。その代表的な釉として緑色の釉が挙げられる。緑色の釉はラスター彩陶器以前からの長い歴史を持っており、中近東や中国など広範囲の地域で使用されていた。本研究では、エジプト・シナイ半島のラーヤ遺跡城塞区²⁾出土陶器の中で、その当時、一般的に使用された緑色の釉に着目した。同遺跡は8～12世紀のイスラーム時代に栄えた紅海沿岸の港市であり、エジプトの様式と、イラクの様式の陶器が共に出土している。その中で、濁りの多い白色地に、淡い緑色とマンガン紫の幾何文様が施されたグループがある。これらは紅海北部で多量に発掘されることからヒジャーズ陶器と呼ばれている。本研究は、このグループに特に着目し、エジプト及びイラク製の陶器を比較資料として、化学組成の観点からヒジャーズ陶器の位置づけを行うことを目的とした。

【 実験 】

ポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA を(財)中近東文化センター・イスラーム・エジプト調査隊(隊長:川床睦夫主任研究員)ツール研究施設に持ち込み、分析を行った。前処理は測定表面をエタノールで拭き取るのみとし、測定は大気下で行った。

測定した陶器はラーヤ遺跡城塞区出土の初期エジプト多彩釉陶器 66 点、初期イラク陶器 28 点、ヒジャーズ陶器 45 点、緑釉陶器 24 点、緑釉押型陶器 1 点である。一方、日本においては同センターが所有するイラク・サーマッラー採集の初期イラク系陶器 12 点、早稲田大学が所蔵するエジプト・フスタート遺跡出土の初期アッバース陶器 30 点についても分析した。測定部位は緑釉部、紫釉部、陶器全体を覆う地釉や透明釉などである。

【 結果と考察 】

釉は鉛の含有量によってアルカリ釉と鉛釉に大きく分類できるが、分析の結果、今回の分析試料は、サーマッラー採集の陶器 2 点を除いて全て鉛釉であることが分かった。鉛含有量に関しては、エジプト製ではほとんどが高鉛釉だったのに対し、イラク製陶器とヒジャーズ陶器では幅広い値を示した。

色別にみると、全ての試料の緑釉部において、他の釉に比べて Cu のピークが明瞭に検出された。その中で、ヒジャーズ陶器に関しては、他の試料と比較して Pb と Cu が少ない傾向が見られ、ヒジャーズ陶器の淡い緑色の原因のひとつと考えられる。イラク製の試料においても Pb と Cu が少ないものが見られたが、エジプト製の試料では Cu の量に関係なく大半が高鉛釉であった。一方、紫釉部では Mn のピークが明瞭に検出された。しかし、初期エジプト多彩釉陶器の暗紫釉からは著しい量の Fe が検出された試料もあり、これは Fe による発色と言える。フスタート出土陶器からも同様の特徴をもつ試料がみられたが、イラク製陶器とヒジャーズ陶器では鉄発色による文様は見られなかった。

次に、緑釉部における Si と Ti の面積強度を励起 X 線の PdL α の散乱線で規格化して図 1 にプロットした。これより、Si と Ti の間に正の相関が見られる 2 つのグループに分かれ、特徴的に Ti が多い領域(i)にはエジプト製陶器が多く分布していることが分かる。これはどの色調部位においても同様の傾向がみられ、シリカ源となる砂がエジプトでは比較的 Ti に富む³⁾ という報告があることから、釉のシリカ源がその原因と考えられる。それに対して、イラク製陶器とヒジャーズ陶器の大部分は、Ti 含有量が比較的少ない領域(ii)に分布していることがわかる。

以上のことから、エジプト製陶器とイラク製陶器には明らかに相違がみられ、ヒジャーズ陶器はイラク製の陶器と似た傾向を示していることが明らかになった。今後は、他の元素においても同様な傾向を示すか検証を行うと同時に、それぞれの元素の定量化を行う予定である。また、緑色の色合いに地域差が見られることに着目し、再現実験などを通してその原因を追究して行く。

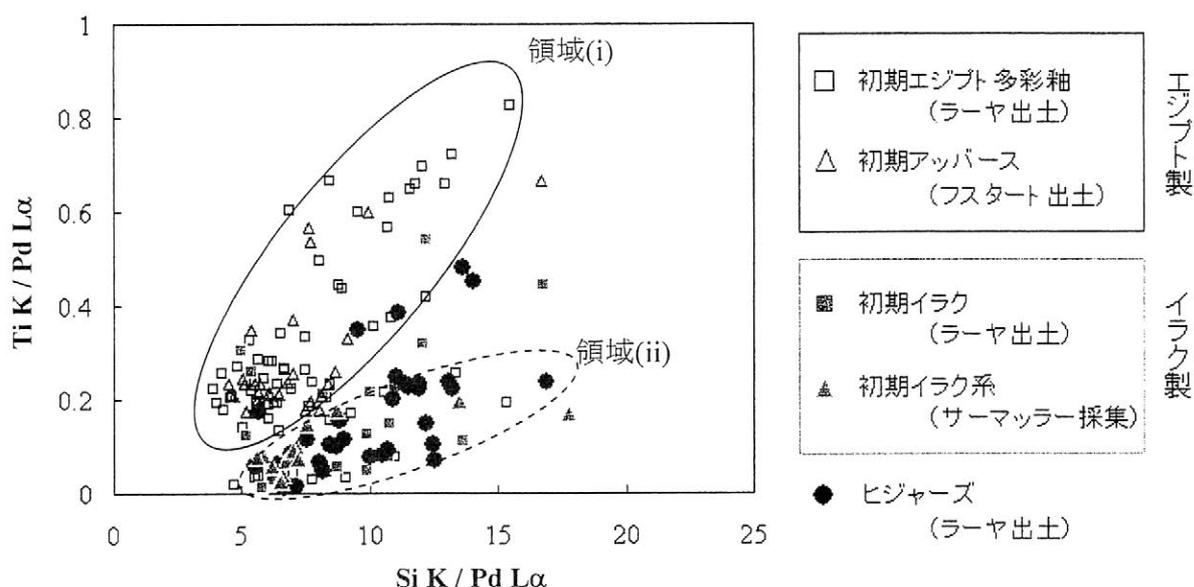


図 1. 緑釉部における Si vs. Ti プロット

1) R. B. Mason and M. S. Tite, *Archaeometry*, 39, 1997, pp. 41-58.

2) 川床睦夫, エジプト・イスラーム考古学 25 年史, 財団法人中東文化センター イスラーム・エジプト調査委員会, 2002

3) D.Foy, M.Picon and M.Vichy, *AIHV Annales du 15e Congrès*, 2001, pp. 138-143.

フラットパネルディテクターを用いた文化財の엑스線構造調査

山梨県立博物館 沓名 貴彦

1. はじめに

엑스線透過画像による文化財の構造調査は、最も基本的な非破壊調査法として広範に用いられている。しかし、得られる画像は専用フィルムや、イメージインテンシファイア(I.I.)を用いるアナログ画像であった。近年、デジタル画像を得られる方法として、イメージングプレート(IP)による調査方法の報告がなされている。1),2),3),4)

当館では、今回엑스線透過調査用機器として、リアルタイムにデジタル画像を得ることが可能なフラットパネルディテクター(FPD)を検出器に用いる엑스線透過装置を設置した。

今回は、この機器を用いた仏像の構造調査について報告する。

2. フラットパネルディテクター(FPD)について

フラットパネルディテクター(FPD)は、近年開発された엑스線検出器であり、大別して直接変換方式と間接変換方式とがある。直接変換方式では엑스線の強弱を、アモルファスセレン半導体により、電子と正孔の負と正の電荷の大きさの信号に直接変換する。変換された電荷の大小信号は、次にアモルファスシリコンによる薄膜トランジスタ(TFT)によりピクセルに対応して読み取られ、デジタル信号に変換される。一方、間接変換方式では엑스線の強弱は蛍光体を介して光に変換される。光の強弱は、次にフォトダイオードアレイにより電荷の大小の信号に変換され、TFT を通してデジタル信号となる。このデジタル信号を処理して直接画像化する。

FPD には、長所として次の点が挙げられる。

1. リアルタイムで画像の確認を行うことができる。
2. ダイナミックレンジが広いため、厚さや密度、材質が大きく異なる資料に対しても、一回の撮影で画像化することができる。
3. 得られる画像がデジタルであるため、画像処理が容易な上、ペーパーレスで保管が可能である。
4. 平面であるため、歪みのない画像が得られる。
5. 消耗品が無い。

欠点として、ピクセルピッチが数百マイクロメートルと、現状では他の方法に比べて大きいことが挙げられるが、今後の開発により改善されると考えられる。

3. 機器について

今回、当博物館に設置された機器の仕様は、以下の通りである。

- ・ 엑스線管球: 160kV、4.5mA (エクスロン社製)
- ・ フラットパネルディテクター: 16ビット、間接変換方式、ピクセルピッチ 400 μ m、512 x 512 ピクセル (パーキン・エルマー社製)

4. 調査報告

今回は、山梨県甲府市善光寺所蔵の木造阿弥陀三尊(国指定重要文化財)のうち、観音菩薩と勢至菩薩の両脇侍像について、엑스線透過画像調査を行った。

調査では、エックス線管球と FPD が向き合う形に取り付けた C 型アーム装置間に像を置き、アームを上下左右に移動させながら、各分割画像の撮影を行った。撮影後、各画像のコントラスト、輝度等の調整を行い、結合を行った。図 1 に、勢至菩薩の画像結合後の正面及び横からによる全身像を示す。

撮影結果から、木目や内割りの状態、釘や鏝の様子、さらには胎内に安置された鏡まで確認することができる。特に鏡については、コントラストや輝度を大きく変化させて文様を読み解くことにより、12 世紀末の和鏡であることが確認された(図 2)。この結果は、この像の制作時期とほぼ一致するため、制作時に胎内に入れられたものと考えられる。

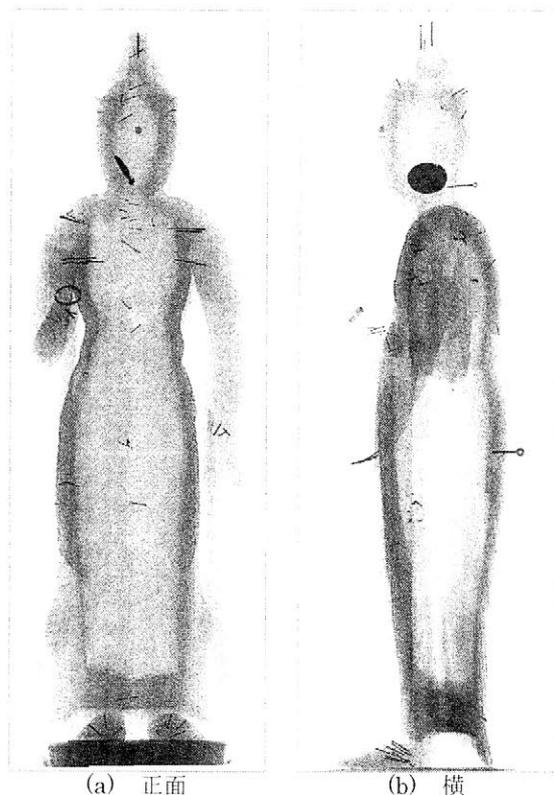


図 1 勢至菩薩エックス線透過画像(結合後)

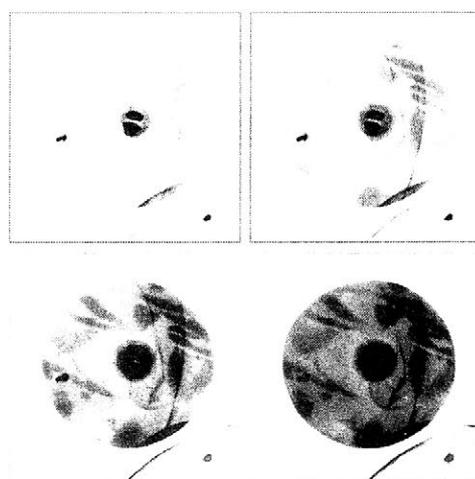


図 2 胎内鏡の文様の状態

5. まとめ

検出器として FPD を用いたエックス線透過撮影結果から、仏像の内部構造や胎内鏡の文様まで読み取ることが可能であった。特に、16 ビットという非常に幅広いダイナミックレンジを有するため、撮影後にコントラストの調整を行うことで、必要な画像が容易に得られた。そのため、リアルタイム画像で確認を行いつつ、ダイナミックレンジの広い画像を撮影するこの手法は、非常に有効な手法であるといえる。

今後、この装置を用いて県内文化財の調査を行い、逐次報告をする予定である。

最後に、この調査を快く御了解いただいた、所蔵者である善光寺様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 三浦定俊、吉田和成:X 線イメージングプレートを用いた近世科学技術資料の調査、第 23 回文化財保存修復学会大会研究発表要旨集、52-53、2001
- 2) 三浦定俊:X 線イメージングプレートを用いた近世科学技術資料の調査(2)、第 24 回文化財保存修復学会大会研究発表要旨集、38-39、2002
- 3) 三浦定俊、松島朝秀:X 線イメージングプレートを用いた近世科学技術資料の調査(3)、第 27 回文化財保存修復学会大会研究発表要旨集、178-179、2005
- 4) 松島朝秀、三浦定俊:FCR によるトヨタコレクションの調査、保存科学、44、25-34、2005

ガス電子増幅フォイルを用いた文化財調査用 X線検出器の開発

○ 犬塚将英*、李栄篤**

*東京文化財研究所、**東京都立大学

1. はじめに

文化財の調査では、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線透過撮影やX線回折などの調査方法は重要な役割を担ってきた。そして、現地調査を余儀なくされる文化財も多いことから、可搬な測定装置の必要性は今後さらに高まっていくだろう。ここ数年で素粒子・原子核物理の分野などを中心に開発研究が進んでいるガス電子増幅フォイル(Gas Electron Multiplier foil, GEM)¹⁾を利用することにより、簡便、安価かつポータブルなX線検出器を製作できる可能性がある。ここでは、GEMを用いて製作したX線透過撮影用のプロトタイプ検出器²⁾とその性能評価について報告する。

2. GEM 検出器

GEMとはポリイミド・フィルムの両面を銅で被覆し、 $\phi 70 \mu\text{m}$ の孔が $140 \mu\text{m}$ のピッチで開けられた構造をしているフィルム状の電子増幅器である(図1)。増幅ガス中に設置したGEMの両銅電極に数百V程度の電圧をかけると、孔の中には急勾配の電場が生じ、ここを電子が通過するときに電子雪崩が発生して信号が増幅される、というのがGEMの動作原理である。

本研究では、GEMを用いて図2に示されているようなX線透過撮影用検出器の設計および製作を行った。100keV程度のX線を光電効果によって吸収するために、質量数の大きいキセノンガスを検出器に満たす。X線が照射されると、GEM上方のドリフト領域で光電効果によって発生した電子は3層構造のGEMを通過するときに増幅されて、読み出しパッドで増幅された電気信号が検出される、というのが検出器の動作原理である。

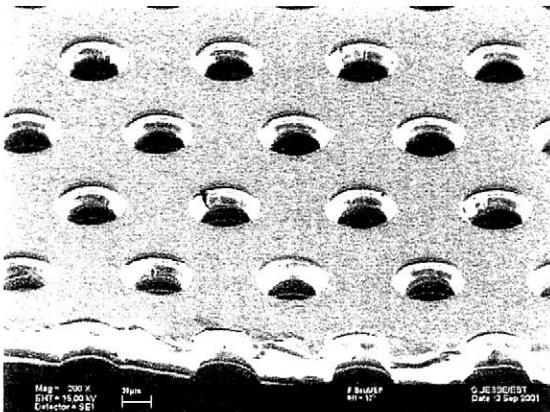


図1 GEMの顕微鏡写真

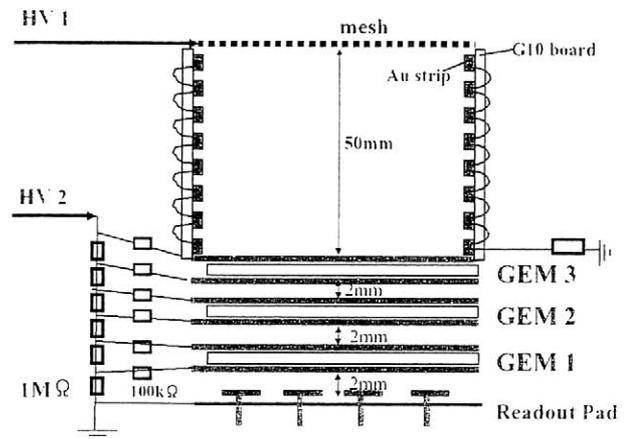


図2 X線透過撮影用検出器の概念図

3. 実験結果

今回はキセノンガスを用いる前に、増幅ガスとして性質が良く知られているアルゴンガスで満たして検出器の動作確認を以下のように行った。

5.9keV の X 線を照射する線源 ^{55}Fe を図 2 の検出器の上部に設置して、信号源とした。この時、読み出し基板から得られた電気信号を AD 変換した後のヒストグラムの例を図 3 上に示した。5.9keV に相当するピークとアルゴンガスを用いた場合に現れるエスケープ・ピークが観測され、このことから検出器が正常に動作していることが確認できた。また、GEM の電圧を変化させた時に、信号増幅率がどのように変化するかを調べた結果を図 3 下に示した。期待される通りに、増幅率は GEM にかける電圧に対して指数関数的に増加することも確認できた。

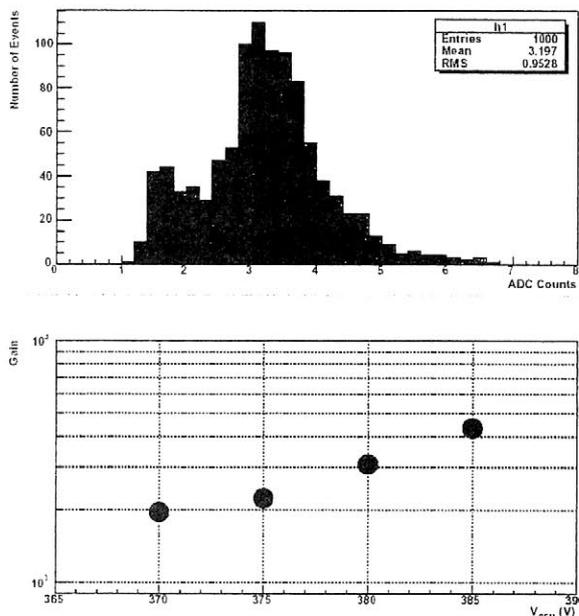


図 3 GEM 検出器から得られた信号分布(上)と増幅率の電圧依存性(下)

4. 今後の予定

今後は以下のような手順で、さらに研究を進めていく予定である。

- ・ 様々な形状、大きさの読み出しパッドを用いて試験を行い、信号の広がりの評価や読み出し基板の最適化を行う。
- ・ 実際の文化財調査にあたっては、100keV 程度の X 線を使用することになる。そのために、検出器内をキセノンガスで満たして、信号源として X 線管球を用いて、高エネルギーかつ高レート of X 線を照射した時の動作確認を行う。
- ・ 高い解像度を有する 2 次元イメージングを実現するために、CMOS などの技術を取り入れた新しい読み出し方法を開発する。

参考文献

- 1) M.Inuzuka, et al.: Gas electron multiplier produced with the plasma etching method, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 525 (2004) 529-534.
- 2) 犬塚将英: ガス電子増幅フォイルを用いた文化財調査用 X 線検出器の開発、保存科学 45 (2006) 121-132.

本研究は平成 17 年度文部科学省科学研究費補助金若手研究(A)「文化財の透過撮影および材質調査を目的とした新しい X 線検出器の開発」によるものです。

文化財の透過X線撮影におけるマンモグラフィ用フィルムの特性

○松島朝秀*、三浦定俊**

*東京芸術大学大学院、**東京文化財研究所

1. はじめに

近年、X線を取り扱う医療分野の中でもX線フィルムを用いたマンモグラフィの画質の向上はめざましい。人体の軟部組織と乳腺疾患との被写体コントラストは非常に小さいため、乳がん検診などで用いられるマンモグラフィのX線フィルムは非常に高い画質基準をもつ。

本研究では、低いX線管電圧と照射時間で微小石灰化や乳腺・腫瘤を鮮明に描出できるマンモグラフィフィルムの特性を文化財の調査で使用されているX線フィルムの特性と比較する事で、文化財分野に応用することが可能であるか検討することを目的とし、文化財資料の中でも透過率の高い資料である絵画を対象とした撮影条件での特性曲線を求め比較した。

2. 実験方法

特性曲線の作成に強度目盛法の一つであるブーツストラップ法を用いた。ブーツストラップ法は、フィルムに2回(2倍)の露光を与えることにより相対露光量が軸上(対数値)で $\log 2 \approx 0.3$ ずつ増すときの濃度変化を利用して特性曲線を求める方法で、医用放射線分野で一般的に用いられる簡便な測定方法で測定誤差が少なく曲線を作成できる。X線の照射は、透過率の高い日本画に用いる条件で行い、被写体として比重の小さいアクリル樹脂を、一段の厚みを1mmにした階段くさびにして用いた。アクリル厚み1mmは、X線管電圧20kVでの金の等価厚み $7.2\mu\text{m}$ に等しい。

実験で使用するフィルムは、富士メディカルX-レイフィルムのマンモグラフィ用フィルムであるAD-M、UM-MA HCの2種類と、これまでの絵画撮影で用いてきた富士フィルム産業用X-レイフィルムのIX-FRを使用した。

試料

階段くさび：アクリル樹脂（日東樹脂工業製、 $15 \times 33\text{cm}^2$ 、厚み1mmごとに30mm）

撮影条件

X線装置：フィリップス MG165 X線管球：フィリップス MCN165(最大定格100kV)

X線管電圧：20kV X線管電流：3mA 照射距離：150cm

照射時間：60秒(一回露光)、90秒(2回露光)

感光体

X線フィルム：AD-M、UM-MA HC（富士フィルム医療用）、IX-FR（富士フィルム産業用）

現像条件

現像液：富士レンドール(20℃) 5分 定着液：富士フィックス 10分

濃度測定条件

X-Rite331(白黒透過濃度測定) 測定スポット径：直径2mm ϕ

3. 結果と考察

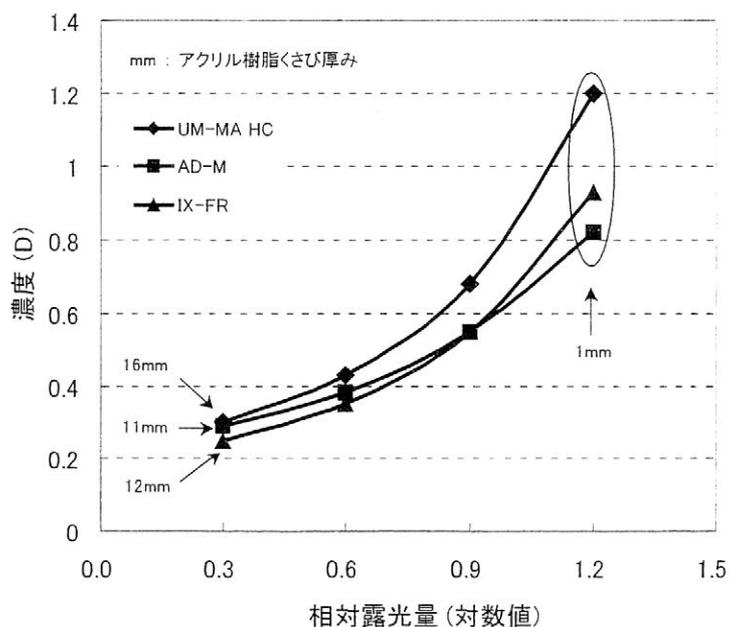


図1 各フィルムの特性曲線の比較

図1にマンモグラフィフィルムのUM-MA HC, AD-Mと, IX-FRの特性曲線を比較した図を示す. フィルム濃度の測定は, 撮影を各フィルムで3回ずつ行い, 白黒透過濃度を5回測定した平均値を求めた.

UM-MA HC, AD-Mの特性曲線を比較すると, UM-MA HCは曲線の立ち上がりがAD-Mよりも大きく, 実験に用いたアクリルくさびに対してはコントラストが高く撮影できることがわかる. 相対露光量1.2での濃度Dはアクリルくさび厚み1mmでの濃度を示しており, UM-MA HCは1.2, AD-Mは0.82であることから, 同じ条件で撮影をしても透過率の高い部分では画像の濃度に0.38の差が生じる. 相対露光量0.3ではUM-MA HCは濃度0.3がアクリルくさび厚み16mmで得られ, AD-Mは濃度0.29を厚み11mmで得られた. 以上の結果は, UM-MA HCはアクリル厚み15mmを濃度差0.9で, AD-Mは厚み10mmを濃度差0.53で撮影できることを示しており, UM-MA HCが今回の実験条件では撮影に適していることがわかる.

次にUM-MA HCとIX-FRを比較すると, 相対露光量1.2での濃度はUM-MA HCは1.2, IX-FRは0.93となりその差は0.27になった. また, 相対露光量0.3ではUM-MA HCは濃度0.3が厚み16mmであることに対して, IX-FRは濃度0.25が厚み12mmで得られ, IX-FRはアクリルくさび厚み11mmを濃度差0.68で撮影できることがわかる. また, 両フィルムを目視で観察すると, UM-MA HCがフィルムの粒度感が緻密で斑が少ない印象を受けた.

4. 結果と考察

マンモグラフィ用フィルムAD-M, UM-MA HCの2種類と, これまでの絵画撮影で用いてきた産業用フィルムIX-FRの特性曲線を比較した結果, 今回の実験条件ではUM-MA HCが広くくさび厚みの範囲で高いコントラストが得られることがわかった.

発表では, UM-MA HCとIX-FRを用いて実際に文化財資料を撮影した結果を合わせて, 文化財分野に応用することが可能であるか検討した結果を示す予定である.

糖アルコール含浸処理における固化・乾燥工程の検討 —最終含浸濃度と結晶化の環境について—

伊藤幸司（(財)大阪市文化財協会）

1. はじめに

1994年に糖アルコール含浸法を開発して以来、処理精度を高めるべく様々な研究、改良を行ってきた。その結果、埋蔵文化財調査機関をはじめとする多くの組織で取り入れられ、処理実績も非常に多くなってきているが、残念ながらトラブルの件数も蓄積されている。

トラブルの内容についてみると、固化・乾燥工程での発生が最も多い。これは当初から課題となっていることで、三水和物結晶の生成が主な原因である。三水和物結晶の生成は、結晶化を図る際の本器中の糖アルコール水溶液濃度と乾燥環境(温度)との条件によって引き起こされるものと考えられ、これを回避するための様々な研究を行い報告してきた。この中には糖アルコールの性状というよりも実作業が原因で生じたものも少なくなく、処理方法を正しく伝えるための普及活動も行ってきた。

このように様々なトラブルに対応してきてはいるが、全て解消できたとは言えず、より精度の高い処理方法への改善を継続している。

今回は、より早く、より安全な結晶化を図るための基礎データを得るべく行った実験の中で得られた温度と結晶化の進行に関する知見を報告する。

2. 作業方法の再考

「同じ方法で同じ作業を行っているのに上手くいかない」という相談を受けることが少なくない。上手く処理を終えたつもりの本器表面があるときから湿っぽくべたつき、白色の結晶を生じるという症状である。これは極度に過飽和状態になった糖アルコール水溶液が結晶しないまま固化し、周りの温湿度の変化で再溶解し始めたものと思われる。この症状は当協会においてはほとんどみられないことから、他機関との作業上の違いを詳細に検討してみた。すると、固化・乾燥工程で各機関のばらつきが多く見られることがわかってきた。「三水和物の生成を抑止するため50℃での結晶化・乾燥が望ましい」ということはよく周知・実践されてはいるが、実際どのように50℃の環境を現出しているのだろうか。

当協会では当初、熱風乾燥器を用いていたが、常時熱風が当たることによって結晶の無水和物化が起こり、試料が崩壊するトラブルが生じた。以来、機密性の低い試験管乾燥器を用いている。同装置はタイマーで稼動(最長連続4時間)するもので、おのずと夜間・休日は庫内の温度が低下する。つまり50℃→室温→50℃→室温を繰り返しているわけである。この点に着目し、以下の実験をおこなった。

3. 実験

恒温恒湿器中で糖アルコール水溶液の結晶化を行い、その生成(進行)を視覚的に比較した。温度・糖度(≒濃度)の設定は以下のとおりで、10分に1秒のインターバル撮影を行った。

実験1

糖度：65°・70°・75°・80°・85°・90° 各Seed入・無

温度：50℃・40℃・30℃・20℃・10℃・0℃・40℃→50℃・30℃→50℃・20℃→50℃・10℃→50℃・0℃→50℃

実験 2

糖度：75°・80°・85° 各 Seed 入

温度：20℃ (2 時間) → (6 時間) → 50℃ (2 時間) → (6 時間) → 20℃ (2 時間)

10℃ (2 時間) → (6 時間) → 50℃ (2 時間) → (6 時間) → 10℃ (2 時間)

0℃ (2 時間) → (6 時間) → 50℃ (2 時間) → (6 時間) → 0℃ (2 時間)

4. 結果

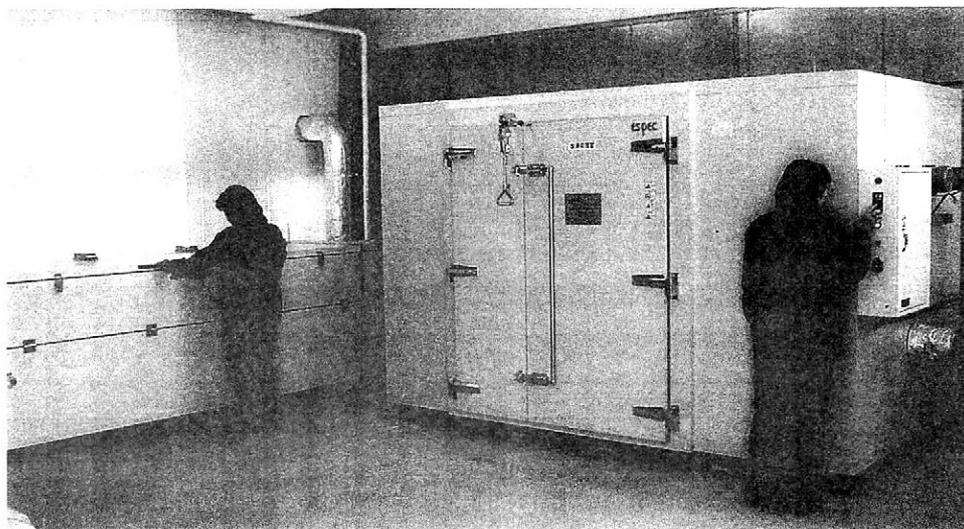
低濃度溶液の温度低下に伴う三水和物結晶の生成は予想以上に進行が早いという印象で、大型木製品など固化・乾燥工程で温度管理が出来ないものについては、濃度管理が非常に重要であることを再認識した。また、濃度に関らず 20℃以下では結晶の生成が著しく遅くなる。しかし、50℃との間を上下させることによって、比較的速いスピードで良好な結晶を生成することがわかった。50℃は生成した三水和物結晶を溶解・消滅する温度でもある。

5. まとめ

最もトラブルを生じやすい固化・乾燥工程において、温度を上下することが結晶化の促進に有効であることがわかってきた。特に、最終含浸濃度が理想値に達しなかった場合に有効となる可能性がある。反面、理想値まで濃度を上げていても、一定よりも低い温度環境に置くとほとんど結晶化は進行しない。もちろん、この状態から温度を上げることによって再度進行するが、このことを意識しておかないとトラブルの遠因となる可能性が高い。今回の実験で現れた現象がそのまま木器中で起こっているとは言わないが、何らかの基準で読み換えることで、実際の処理結果をトレースできるのではないかと考えている。今後は木材への適応試験を行う予定である。

当協会では今回の実験と並行して、糖アルコール含浸処理の精度を向上するため、特化した機器を設計・導入した。同装置は含浸処理室(写真右側、有効寸法 W2750×H1800×D1500mm)と結晶化促進室(W2700×H900×D900mm)からなっている。

含浸処理室では対象資料に合わせた容器単位での個別含浸を行うことで処理効率の向上を図っている。また、結晶化促進室は加熱・加湿が可能で、含浸処理室からの湿った加熱排気を循環させることもできる。意図する結晶化環境が得られるため、より安全、確実に処理を行うことが可能になった。



収縮・変形した出土木製遺物の形状回復に関する研究・その2

—PEG 含浸法による収縮木材の回復試験—

○井上美知子*、植田直見*、伊藤健司*、藤田浩明*、赤田昌倫**

* (財)元興寺文化財研究所 ** 奈良大学大学院

1 はじめに

ポリエチレングリコール(以下、PEG)含浸法による出土木製遺物は、保存処理中に収縮・変形を生じるケースが多く見られる。変形を生じやすい樹種としてアカガシ・クリ・クスノキが挙げられるがその変形回復方法に関しては、系統だった研究報告がなく試行錯誤で可能な限り形状を回復させる方法をとらざるを得なかった。

昨年度は、アカガシ・クリ・クスノギの出土木材で保存処理中に生じる収縮・変形について検討した。その結果、PEG40%, 60%, 80%, 100%浸漬中に収縮・変形を生じたが、中には同一の試験材、同様の含水率でありながら変化の少ない場合もあり、実際の保存処理中に生じる収縮や変形は、芯材・辺材、ぬか目材などの生長履歴も関係していると考えられる事例が多いことが判った(図1)。

今回、上記の広葉樹の出土材を用いて、収縮・変形に至る過程と、回復試験での重量と寸法の推移を追跡し、形状回復に必要な条件の検討を行った。

なお、本研究は平成17年度科学研究費補助金 基盤研究(C)(2)「収縮・変形した出土木材の形状回復に関する研究」(研究代表者 井上美知子 課題番号 16500641)の成果の一部である。

2 実験方法

2-1 試験片の作成

京都府宇治市から出土した直径約70cmのクリ(縄文後期)、兵庫県加古川市から出土した直径約25cmのクスノギ(奈良時代)、大阪市から出土した直径約20cmのアカガシ(江戸時代)を試験に用いた。試験片は約30mm(接線方向)×30mm(放射方向)×30mm(繊維方向)の立方体に切りだした。それぞれの試験片の重量と水中重量を量り以下の式で含水率を求めた。

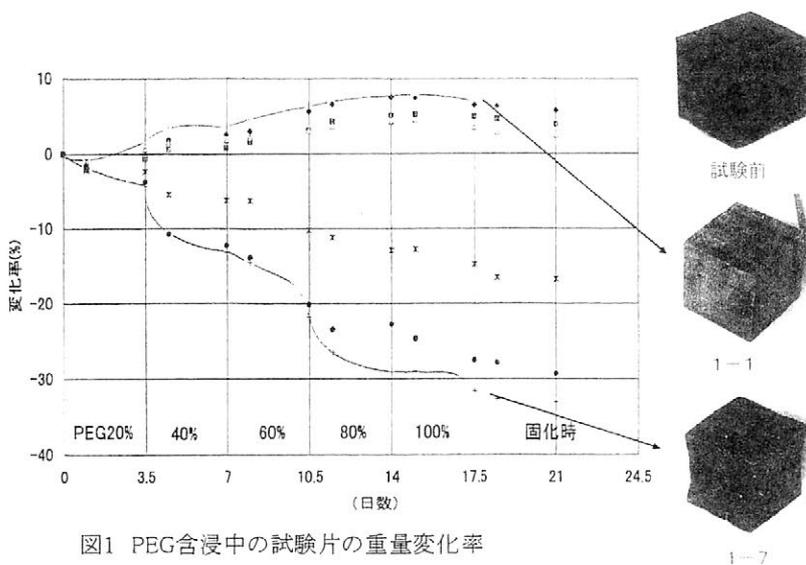


図1 PEG含浸中の試験片の重量変化率 (クリの同一木口面試験片)

$$\text{含水率} = \left(\frac{a-1}{a} \times \frac{A}{B} - 1 \right) \times 100 \quad (a = 1.47 \quad A: \text{空中重量、} B: \text{水中重量})$$

保存処理中の試験片は、3.5日または7日毎に60°CのPEG20, 40, 60, 80, 100%水溶液に順次浸漬した。

2-2 回復試験方法

回復試験は以下の方法によった。

- a. 60℃の水に 10 日間浸漬
- b. 常温の水に 7 日間浸漬後 60℃の加温水に 10 日間浸漬
- c. PEG 濃度を 80%→60%→40%→20%→水と水溶液濃度を下げてそれぞれ 60℃で 7 日間浸漬

3 実験結果

クリの回復試験結果を表 1 に記載した。試験を行ったクリ、クヌギ、アカガシではいずれの方法でも重量および寸法回復がみられほぼ処理前の形状に回復した。

表 1 回復試験による PEG 含浸試験片の重量・寸法変化率(クリ)

サンプルNo.	水(常温7日・60℃10日)				水(60℃10日)			
	3-2(G120)		3-5(G122)		1-2(G140)		1-6(G129)	
	保存処理後	回復試験後	保存処理後	回復試験後	保存処理後	回復試験後	保存処理後	回復試験後
重量変化率(%)	-33.7	-1.8	-29.8	-1.0	4.0	-2.7	-29.3	-1.3
木口接線方向	-6.6	0.8	-5.9	0.1	-2.5	-1.0	-3.9	1.0
木口放射方向	-10.7	-2.1	-13.7	-3.2	-0.3	1.0	-10.4	-3.1
柁目放射方向	-14.4	-2.6	-14.8	-2.9	-2.8	0.3	-3.9	0.5
板目接線方向	-22.2	-3.0	-15.5	-1.4	-2.3	-0.2	-13.3	-3.8

サンプルNo.	PEG80%→60%→40%→20%→水(各濃度7日間・60℃)							
	3-3(G118)		3-6(G124)		1-3(G162)		1-5(G125)	
	保存処理後	回復試験後	保存処理後	回復試験後	保存処理後	回復試験後	保存処理後	回復試験後
重量変化率(%)	-29.1	-2.6	-26.0	-4.3	7.0	-1.7	-8.4	-2.1
木口接線方向	-6.8	-1.3	-4.2	-1.4	-1.0	-0.3	-0.4	-0.4
木口放射方向	-8.9	-1.2	-8.8	0.0	1.5	-0.5	-3.5	0.5
柁目放射方向	-10.8	-3.3	-11.2	-0.4	-0.6	-1.4	-2.0	-0.2
板目接線方向	-14.1	-2.2	-8.4	-0.4	1.5	-0.1	-6.1	-0.2

水に浸漬する a, b の方法では、重量増加と寸法の回復が急激であり、アカガシでは浸漬 1 日目に木口面に細かいヒビを生じた。その後、木材組織中に水が浸透し表面に見えるヒビは消滅する試験片もみられた。

PEG 水溶液に浸漬する c の方法では、PEG80%水溶液から 20%水溶液まで 20%ずつ濃度を下げる毎に重量増加と寸法の回復が生じた。水中では重量と寸法が若干減少する試験片もみられたが、最終的にほぼ処理前の形状に回復した。a, b, c を比較すると最終的な形状に大差はみられなかったが a が最も短期間で形状が回復した。

4 考察

今回、実験に用いた出土材は含水率が高く、PEG 含浸時に大きく収縮・変形する試験片が多かったが、回復試験で順調に形状が回復した。これは、木材組織および木材成分が現生材に近い細胞の戻りも順調であったためと考えられる。しかし、我々が行った含水率が 300~500 のアカガシを用いた同様の回復試験で、PEG80%、60%までは徐々に寸法と重量が増加するが 40%で寸法と重量増加は一定になり、それ以上濃度を下げると再び収縮がはじまった¹⁾。今後、同様の樹種で含水率の異なる出土材を用いて回復試験を行い、さらに寸法回復法の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 植田直見 「PEG 含浸により収縮した出土材の寸法回復に関する試み」 『元興寺文化財研究所研究報告 2001』 p 18-22 (2002)

ポリエチレングリコールの分子量分布変動に伴う

保存処理済み木材遺物への影響

○ 米村祥央、布施明子（東北芸術工科大学）

1. はじめに

ポリエチレングリコール（PEG）は熱などの影響で分子量分布が低分子側にシフトするという物性をもっている。これは長期間の連続加熱をおこなう出土木製品の保存処理中にも当然起こりうることである。保存処理後の経年変化に関する伊藤らの調査¹⁾では含浸薬剤が表面に析出している例や補填剤の剥離など多くの問題が報告されており、保存処理方法、展示・保管環境など、保存処理を多角的に考える必要性を再認識することとなった。その一方で問題の原因・メカニズムの詳細が明らかになっていないことも事実である。本学会では、PEGの分子量分布低下が原因の一つと考えられる、処理後に生じた問題について報告する。

2. 調査方法

【遺物調査】

埋蔵文化財を所蔵する機関において保存処理された出土木製品の現状を集中的に調査した。同時に所蔵環境の温湿度をデータロガー（2005年8月25日～2005年10月25日）で記録した。

【含浸薬剤分析】

保存処理記録よりPEG処理された経歴のある木製品のうち、木胎が軟化している遺物を選出した。小片を水中に入れ、加熱による分解促進を防ぐため、常温で1週間かけて薬剤を抽出させた。ろ過後、水分を常温で蒸発させ、析出物について、示差熱分析をおこなった。低分子化したPEGは熱分析においても融点の低下によって未処理のPEGと明らかな差が生じるからである²⁾。測定雰囲気はAirとし、30℃～80℃を5℃/minの速度で昇温させた。標準試料のPEGは関東化学PEG4000（平均分子量2700-3400）を使用した。

3. 結果および考察

【遺物調査】

調査収蔵施設は一部の収蔵庫以外、空調設備を設けておらず、調査期間において温度は16℃～29℃、相対湿度は50%RHから80%RHの広範囲で変動した。遺物のほとんどはダンボールの箱の中で保管されていた。また、輸送用のエアークャップで包まれた状態で保管されている遺物もあった。

遺物自体に発生していた問題としては、“含浸薬剤が遺物表面に析出したか、吸湿によっ

て濡れ色になっている”、“調査時は比較的表面が乾燥していたが、梱包している薄葉紙に含浸薬剤が染み出した痕跡がある”、“大きく割れて断面も軟化している”“結晶の析出”などである。また、付随した問題として補填部の軟化・剥離・析出物の発生などが確認された。以上の現象は伊藤らがおこなった調査時に全国で確認されたものと同様の結果であった。

【含浸薬剤分析】

熱分析では未使用の PEG のような明白な融点を示す吸熱ピークは得られなかった。これは分子量が少なくとも 600 以下になっていることを示している。常温では固化しない領域であるため、表面に析出したり遺物が軟化してしまうことは当然の結果である。しかし、保存処理が終了した時点で遺物は形状が維持され、含浸薬剤と共に固化していたはずである。その段階で PEG の一部に低分子化が起こっていたかどうかを明らかにすることは不可能であるが、保管中、徐々に低分子化が進んだ可能性もある。木胎に含浸した状態でも条件によっては低分子化が実際に進むのか、今後検討が必要である。

PEG 処理法に限らず、確認できた問題の原因を明らかにすることは、ほとんどのケースで保存処理後の環境などの履歴が明確でないために難しいという問題がある。含浸薬剤の変性を検討してもそれが保存処理時にすでに起こっていたのか、処理後の保管条件などによって起こったことなのかは明らかでない。そのため、これから取り組むべきことは、

1. 問題が生じている処理済み遺物について、含浸薬剤の状態を明らかにすること
2. 保存処理薬剤の物性を多角的に把握することとその周知
3. 保管環境の整備

などである。本報告では処理薬剤の分析を PEG に絞っているが、すでに他の含浸薬剤でも様々な機関で問題が確認されている現状がある。各薬剤の物性によって全て同じ分析方法で比較することはできないが、このような問題に対して広い視点で検討していくことは重要な課題である。保存処理をおこなう側や保存管理する側など、それぞれにデリケートな問題も含んでいるが、貴重な資料を保存していくという目的のもとに協力していくべきである。発表者の所属機関では分子量分布の分析装置を導入する予定である。物性の研究にとどまらず、諸機関で使用中の PEG の診断もおこなっていききたい。

保存処理薬剤物性の詳細な把握や過去の処理法の検討は今後の保存処理をより確実に、安定した条件でおこなうことにつながるものである。

文献

伊藤健司ほか：「保存処理遺物の経年調査(1)～(4)」、日本文化財科学会大会要旨集 (2001～2004)

米村祥央：「出土木製品の保存処理に用いられる PEG の分子量分布の変化(1)、(2)」、日本文化財科学会大会要旨集 (2002、2003)

薬剤含浸処理した資料の接着の力学的研究（5）

○川本耕三・江野朋子・石井里佳・中越正子（（財）元興寺文化財研究所）
中村晋也（金沢学院大学）

1. 緒言

発表者らはこれまで、力学的試験法により保存処理法を評価する研究を主として科学研究費により行ってきた。

昨年は土器（埴輪）や民具（木質材料）の接着に用いられる樹脂が、含浸薬剤や溶剤など資料内に残留する薬剤から受ける影響（劣化）について検討し、接着力が低下する接着剤と浸漬液の組み合わせは、①酢酸ビニル系接着剤のボンド木工用と水・酢酸エチル、②ニトロセルロース系接着剤のセメダイン C とエタノール・酢酸エチル、③エポキシ樹脂系接着剤とエタノール・アセトン・酢酸エチル、④シアノアクリレート系接着剤とアセトン、であったことなどを報告した。

本研究では、出土金属製品を想定し、資料内に残留する薬剤から受ける影響についてオートグラフを用いた力学的試験法により評価した。

2. 実験

まず、出土鉄器と青銅器を想定して、厚さ 10mm の鉄板及び銅板を 30 × 25mm の直方体に切断し、#600 の研磨紙で研磨した後、アセトン洗浄し、デシケータ内で常温の 10%酢酸雰囲気中に静置して 1 週間錆びさせた。

次に、この試験片を 2 個 1 組にして JIS K 6852 (圧縮剪断接着強さ試験) で規定されたように出土金属器の保存処理によく用いら

表 1. 出土金属製品・土器・石材の接着に用いられる樹脂

名称	種類	備考
ハイスーパー5 主剤 硬化剤	ビスフェノール A 型エポキシ樹脂 ポリチオール	セメダイン(株)
ハイスーパー30 主剤 硬化剤	ビスフェノール A 型エポキシ樹脂 ポリチオール	セメダイン(株)
セメダイン C	セルロース系樹脂 アセトン他	セメダイン(株)
アラルナイト・ラビッド主剤 硬化剤	変性エポキシ樹脂 変性ポリチオール	ハンツマン・アドバンスト・マテリアルズ

表 2. 保存処理によって遺物内に残留する可能性がある薬剤

名称	種類	備考
純水	汎用	
エタノール	有機溶剤、汎用	
アセトン	有機溶剤、汎用	
酢酸エチル	有機溶剤、汎用	
キシレン	有機溶剤、汎用	
L-559	石油系炭化水素、V フロン希釈溶剤	日東製油 (株)
パラロイド B-72 (13%キシレン溶液)	アクリル系ポリマー 青銅器等含浸樹脂	ローム・アンド・ハース社
V フロンー液マイルドクリヤー	フッ素・アクリル系樹脂 鉄器等含浸樹脂	大日本塗料 (株)

れる接着剤（表1）で接合し、接着面を水平に保って1週間静置した後、保存処理によって遺物内に残留する可能性がある溶剤等の薬剤（表2）に1週間浸漬し、風乾したものを試料（図1）とした。

この試料をオートグラフ（島津製作所製 AGS-H）に圧縮剪断接着強さ試験治具を装着して 1mm/min の速度で接着強さを測定した。

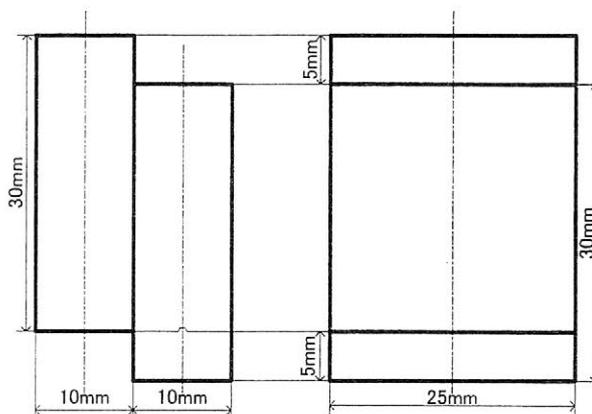


図1. 試料片

3. 結果

薬液浸漬処理した擬似金属器の圧縮剪断接着強さ試験における、破壊の様式を表3に、圧縮剪断接着強さ試験結果を表4に示す。

セメダイン C は純水やアセトンに浸漬すると剥離しやすくなった。

鉄と銅の試料片を比較すると、銅の試料片は接着強さが大きかった。

銅試料を溶剤に浸漬しても、ほとんどの試料片が測定限界を超える強度を示したが、鉄試料では極性の大きい溶剤に浸漬した試料片の接着強度が著しく低下した。

表3. 薬液浸漬処理した擬似金属器の圧縮剪断接着強さ試験における破壊様式

被着材 接合剤 処理薬剤	擬似鉄器			擬似青銅器		
	セメダイン C	ハイスパー 30	ハイスパー 5	セメダイン C	ハイスパー 30	ハイスパー 5
未処理	界面・接着剤	界面	界面	界面	界面	破壊せず
L-559	----	界面	----	----	界面	----
エタノール	接着剤	界面・接着剤	界面	界面	界面	破壊せず
アセトン	接着剤	接着剤	界面	接着剤	界面	破壊せず
キシレン	界面・接着剤	界面	接着剤	界面	界面	破壊せず
酢酸エチル	----	接着剤	----	----	界面	----
純水	接着剤	界面	界面	接着剤	界面	破壊せず

※界面：母材と接着剤の界面剥離、接着剤：接着剤の凝集破壊、被着材：被着材の凝集破壊、破壊せず：圧縮剪断接着強さ 8N/mm² で破壊しないため観察できない

表4. 薬液浸漬処理した擬似金属器の圧縮剪断接着強さ試験

被着材 接合剤 処理薬剤	擬似鉄器			擬似青銅器		
	セメダイン C	ハイスパー 30	ハイスパー 5	セメダイン C	ハイスパー 30	ハイスパー 5
未処理	△	△	○	△	△	○
L-559	----	○	----	----	△	----
エタノール	×	×	×	○	○	○
アセトン	×	×	×	×	○	○
キシレン	△	○	△	○	△	○
酢酸エチル	----	○	----	----	○	----
純水	×	△	△	×	△	○

※○：圧縮剪断接着強さ 8N/mm² 以上、△：同 8N/mm² 以下、×：浸漬液中剥離

この研究は、科学研究費補助金 基盤（C）「薬剤含浸した考古資料の接着の力学的研究」によって行いました。

正福寺遺跡出土植物性編組品の科学的保存処理の研究

○ 山田広幸、西山要一（奈良大学大学院）

はじめに

正福寺遺跡は福岡県久留米市に所在する縄文時代後期の遺跡である。同遺跡は県道の建設に伴い久留米市教育委員会によって平成15年から平成16年にかけて第7次調査が実施された。その際、沢の合流部付近である低湿地部が調査され、木製品をはじめとする多量の水浸有機質遺物と植物性編組品(以下編組品)が出土した。出土した編組品は100点を超えている。

正福寺遺跡出土編組品はつる植物をもじり編み技法で製作したものである。これまで他の遺跡で出土した同様の編組品は、特に脆弱なことから多くが土壌ごと保存処理されてきた。土壌ごと編組品を保存処理し、土壌に亀裂などの変化が発生した場合、遺物に影響を与えることが懸念される。また、土壌内の遺物調査は困難である。そこから調査の効率性、展示時の臨場感を表現するにも土壌を除去した編組品の保存処理は有効であると考えた。そこで今回、複数の方法で編組品の保存処理実験を実施し編組品単体での保存処理について比較検討をおこなった。

処理方法

正福寺遺跡より出土した編組品断片を物理的クリーニングにより土壌を除去した後、サンプル採取の可能な個々の断片試料から縦材と横材に分けサンプルを採取し、加熱乾燥の後含水率を求めた。また、保存処理前後で編物寸法(繊維方向)を測定し、収縮率を求めた。色彩計を使用した色測定は編目に隙間がみられるなど表面の状態が不均一で測定が困難だったため、目視による編組品の色観察を「新版標準土色帳」(農林水産省農林水産技術会議事務局監修 財団法人日本色彩研究所色票監修)を使用しおこなった。

保存処理法はPEG含浸法、糖アルコール含浸法、真空凍結乾燥法の3方法を選択した。

[PEG含浸法] PEG#4000を使用し20%水溶液から100%まで20%ずつ濃度を上昇させ含浸させた。

[糖アルコール含浸法] ラクトール:トレハロース=9:1の30%、50%、65%、85%水溶液で含浸させた。含浸後表面を湯で洗浄し、ラクトール粉末をまぶし、50℃で48時間乾燥させた。その後、再び洗浄し50℃で乾燥させた。

[真空凍結乾燥法] PEG水溶液を用い、40%まで含浸させた。その後-40℃で24時間予備凍結の後、常温で真空乾燥をおこなった。

結果

含水率 編組品から測定した含水率を表1に示す。含水率は概ね400%から500%前半の値を示した。

収縮率 保存処理後の平均収縮率を表2に示す。糖アルコール含浸法で保存処理した際、横材について約10%の収縮が発生した。

色調 目視による編組品の色観察結果を表3に示す。PEG含浸法で保存処理をした遺物には明度がさがったものもあったが、さほど変化は認められなかった。糖アルコ

ール含浸法、真空凍結乾燥法では若干の明度の上昇があった。

まとめ

今回、編組品に対して複数の保存処理を実施したが、各保存処理法で仕上がり具合の色は異なる結果を示した。色や目視による表面の濡れ具合のなどからも PEG 含浸法の仕上がり具合が処理前の編組品の状態に近いようである。PEG 含浸法、真空凍結乾燥法での編組品の保存処理は、材の収縮も抑えられ良好な結果を示した。糖アルコール含浸法での保存処理も乾燥方法などを検討することで材の収縮が改善されるものと思われる。

保存処理後の編組品を手を持つことや、また、つる植物本来の材質感を考慮すると編組品自体が強度と粘りを持つ保存処理方法が必要である。今回実施した保存処理法間でも強度の違いがみられそうであり、今後、保存処理した編組品の強度、粘りにについても検討していきたい。

本研究を進めるにあたり久留米市教育委員会文化財保護課（現在久留米市文化観光部文化財保護課）より資料の提供を受けました。深く感謝いたします。

表 1 編組品含水率

試料名	縦材含水率	横材含水率
SK75 アミ 123No.1	557%	506%
SK49 アミ 112	469%	451%
SK49 アミ 4	523%	511%
SK86No.1	698%	563%
SK49 断片	510%	490%

表 2 編組品平均収縮率

保存処理方法	縦材収縮率	横材収縮率
PEG 含浸法		
糖アルコール含浸法	1.7%	10.4%
真空凍結乾燥法	1.2%	2.4%

表 3 編組品色観察
PEG 含浸法

編物	保存処理前色調	保存処理後色調
SK75 アミ 123No.1	7.5YR 2/3 極暗褐色	7.5YR2/1 黒色
SK75 アミ 123No.2	7.5YR 2/2 黒褐色	7.5YR1.7/1 黒色
SK75 アミ 123No.4	7.5YR 2/1 黒色	7.5YR2/1 黒色
SK86 アミNo.1	7.5YR2/3 極暗褐色	7.5YR1.7/1 黒色

糖アルコール含浸法

編物	保存処理前色	保存処理後色
SK49 アミ 4	7.5YR2/2 黒褐色	7.5YR3/1 黒褐色
SK49 アミ 112	7.5YR2/2 黒褐色	10YR3/1 黒褐色
SK86 アミNo.2	7.5YR2/2 黒褐色	10YR2/3 黒褐色
SK86 アミNo.3	7.5YR2/2 黒褐色	10YR4/2 灰黄褐色

真空凍結乾燥法

編物	保存処理前色調	保存処理後色調
SK49 断片	7.5YR2/2 黒褐色	7.5YR4/3 褐色
SK75 アミ 123No.3	7.5YR2/2 黒褐色	10YR2/1 黒色

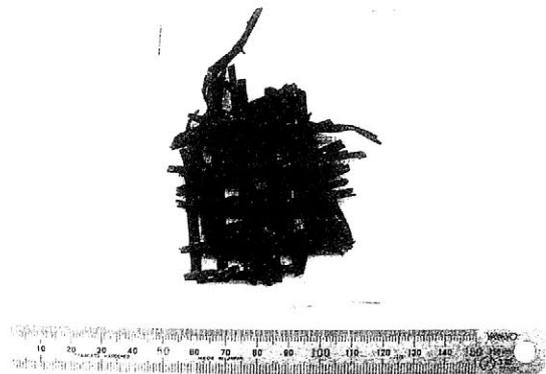
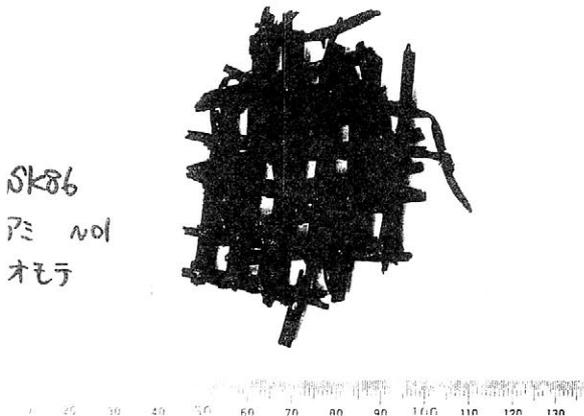


図 1 保存処理前編組品 (PEG 含浸法)

図 2 保存処理後編組 (PEG 含浸法)

古墳出土金属器表面に残る有機物痕跡の一事例 ～ハエ囲蛹殻から見えるもの～

○比佐陽一郎*、大澤元裕**、大塚恵治***

(福岡市埋蔵文化財センター * 日本考古学協会会員 ** 八女市教育委員会)

1. はじめに

考古資料は、発見に至るまでの間に、製作、使用、遺棄、埋蔵といった各場面での履歴情報を残しており、これら情報の取得が考古学において重要な意味を持つことは今さら述べるまでもない。資料の保存処理においては埋蔵環境下での物性変化を対象とすることが多く、単なる資料の保全のみならず、事前調査や作業の過程で得られた情報を考古学に反映させることは大きな課題の一つであるといえる。中でも金属器は有機物との接触により、有機物の組織に金属成分が染みこんで、本来であれば残りにくいその形状を残すことがよく知られている。特に木質や繊維などといった素材は、これまでも研究対象として比較的多くの場面で取り上げられてきた。しかし今回は、やや特異な痕跡について紹介する。その痕跡とはハエの蛹である。

2. 発見の経緯とその後の展開

演者らによる最初の発見は、2004年度に行った福岡県八女市鶴見山古墳から出土した青銅鏡小片の調査においてである。6世紀中頃と見られる横穴式石室から出土した2片の鏡片はいずれも3 cmほどの小さなもので、多様な付着物が認められる中に長さ4.5mm前後、幅1.5～2 mmを計る楕円形をした繭形の窪みが各鏡片の片面のみに10個前後、観察されたのである。当初、何であるか皆目見当が付かなかったが、九州大学田中良之氏による愛媛県葉佐池古墳出土人骨の調査報告によく似たものが示されており、これがハエ囲蛹殻と呼ばれるものであることを知った(田中2003)。特に鶴見山古墳鏡片に残る痕跡は、大きさなどの特徴などからヒメクロバエ属のものと思われる。田中氏は、この種のハエの新鮮な死体ではなく腐肉にたかり、動物実験でも死後3～4日後にあらわれるといった性質や、産卵繁殖には光や開かれた環境が必要であることなどから、遺骸が一定期間オープンな環境におかれた後、埋葬されたことを想定し、更に人骨の状況と合わせて古代の「殯」と結びつけた考察をされている。

しかし、これまで携わってきた金属器の保存処理を振り返ったとき、このような痕跡は決して普遍的では無いものの、頭の片隅に記憶として残っているようなものにも思われた。案の定、意識して見ていると、直後に行った福岡市羽根戸古墳群で出土した鉄製鎌子の保存処理において、やはり同様の痕跡を見いだすことができた。痕跡は表裏を問わず全体に散在。中には破損することなく球体を保ったものも見られる。大きさはやはり4～5 mm程と鶴見山例に共通する。ここでは同一の主体部より数点の鉄器が出土し、他にも繊維が良好に残存するものもあるが、ハエ囲蛹殻の付着が見られたのは鎌子のみであった。

更に5世紀末～6世紀初頭と考えられる行橋市稲重8号墳の甲冑部材(小札)でも同様の痕跡が発見された。上記の例と同様に4～5 mm大で長軸に直行する条線がめぐる楕円形の窪みが見られる。ここでは多数の鉄器が出土するが、小札以外の多くはクリーニングや樹脂含浸が施され、他の資料に残存していたかを知るのが困難なのは皮肉といわざるを得ない。

その後も金属器に残るハエ囲蛹殻の情報を集める中で、関係者の方々からは宮崎県では地下式横穴墓から出土した鉄器に付着していることが早くから紹介されていたこと(戸高1989)や類例も存在すること(東2005)、最近発刊された岡林孝作氏の論功にも、幾つかの事例が紹介されていること(岡林2006)をご教示いただいた。また韓国でも苧浦里E地区3号墳出土鉄器の実測図にそれと思しき状況が記されている例があるなど(釜山大学博物館1987)、国外にも広がりを見せている。

3. まとめ

ハエの蛹というだけでは埋蔵環境を示す一つのトピックでしかないが、そこに殯という歴史的現象が加わることで、情報の持つ意味、重みが変わってくる。しかし、ここでは法医学や考古学的見地から、殯に関して考察することを目的とするものではない。何よりも保存処理に携わる者として、ハエ囲蛹殻はすべての金属器に存在するものではないが、一度認識を持って見ると、それなりの頻度をもって発見されるという点を強調したい。つまり逆に認識がなければ見過ごされ、最悪はグラインダーやエアブラシによって取り除かれてしまう危険もある。保存科学の現場から考古学により多くの情報を提示するためにも、認識の多少や主観に左右されることなくこの様な事例を残し、報告することの必要性を痛感するものである。

また古代の葬送儀礼についての考察を深めるためには、付着する器種、それが存在する時代、地域、埋葬

施設の属性などの検討も必要であろう。それには普遍性が見極めが不可欠であり、その情報獲得の最前線に立つことができるのは保存処理担当者と言える。小稿が特異な付着物に対する認識を広め、注意を喚起するきっかけになれば幸いである。

最後になりましたが、小稿をまとめるにあたり、今津節生、宇野慎敏、瀧川、田中良之、東憲章の各氏には、様々なご教示をいただくなどお世話になりました。記して感謝申し上げます。

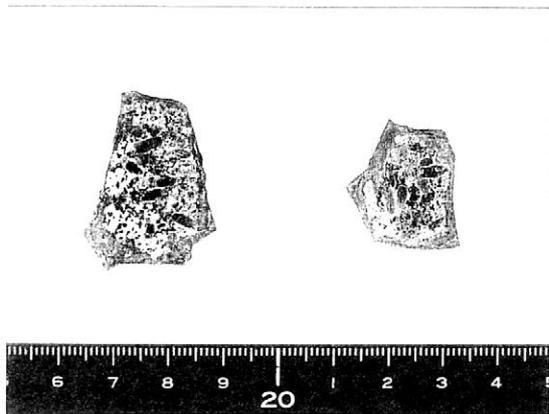
岡林孝作 2006 「三重県安濃町北浦出土鏡に付着したハエ蛹殻」『3次元デジタルアーカイブ古鏡総覧』学生社

田中良之 2003 「人骨およびハエ蛹殻からみた殯について」『葉佐池古墳』松山市文化財調査報告書 92 松山市教育委員会

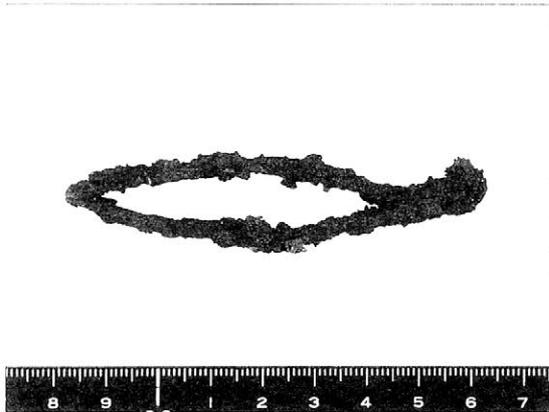
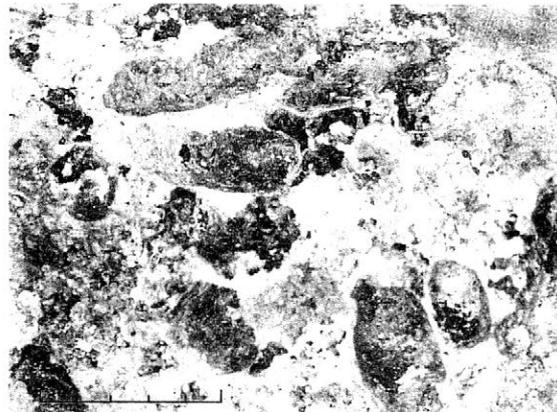
戸高真知子 1989 「奥津城の侵入者たち」『宮崎考古』石川恒太郎先生米寿記念特集号上巻 宮崎考古学会

東憲章 2005 「驚異の依存状態を誇る地下式横穴墓出土の鉄製品と古人骨」『博物館研究』Vol.40 No.12 (財)日本博物館協会

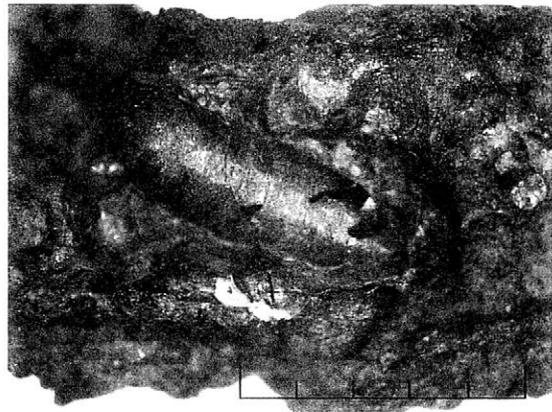
釜山大学校博物館 1987 『陝川芋浦里 E 地区遺蹟』釜山大学校博物館遺蹟調査報告第 11 輯



福岡県八女市鶴見山古墳出土鏡片



福岡市羽根戸古墳群出土鐻子



福岡県行橋市稲童 8 号墳出土土甲冑小札

ハエ蛹殻の諸事例 (左:資料の外観・右:顕微鏡写真)



腐食生成物の形状と陰イオンとの関係

～腐食生成物データベースの構築～

○松井敏也（筑波大学）、渡辺淑恵（山形県埋文センター）

【はじめに】

鉄製文化財の保存はその腐食に対する保存処理が重要である。脱塩処理の対象とされる因子は塩化物イオンや硫酸イオンが主であり、我々はこれまでそれらの形態観察による腐食生成物の分類識別を行ってきた^{1), 2)}。各イオンの濃度と腐食生成物の形状との関係を把握することにより、高度な機器を必要とすることなく、迅速に腐食の診断と腐食促進陰イオンを推定することができる。しかし、脱塩処理において検出される無機陰イオンは塩化物イオンや硫酸イオンと共に他の陰イオンが検出されることがある。本研究では臭化物イオン、フッ化物イオン、リン酸イオンと、比較試料として塩化物イオンを用いた腐食促進試験を行ない、その腐食生成物の形状を観察した結果について報告する。また、それらの腐食の成長過程をモニタリングし、脱酸素・脱水分環境下での変化も調査した。

【実験】

鉄板 (SS400) に NaF、NaBr、Na₃PO₃、NaCl 水溶液 (3%、300ppm、3ppm) を滴下し、30℃・80RH% 雰囲気中で 7 週間曝した。その後、脱酸素・脱水分環境下で 1 年間保管し、その後腐食生成物の変化を光学顕微鏡により観察した。X 線回折分析と赤外線分光分析による調査もあわせて行なった。

【観察結果】

臭化物イオン 3% を滴下した試料が最も腐食速度が早く、その生成物の形状はバルーン状で濡れ色を呈し、これは塩化物イオンによる腐食生成物と類似する。腐食は黒色に変色した生地中央部よりバルーン状に成長が始まる。塩化物イオンではおよそ 24 時間以内、臭化物イオンでは 90 時間以内に形成されることから、発掘時や処理時においては早急な脱水処理が必要であることが再認識された。また臭化物イオン、塩化物イオン共に 50 時間を過ぎた頃からバルーン状の腐食生成物の周縁部に塩の結晶が観察できた。これは塩の濃縮を示しており、その後腐食範囲が急速に拡大しながら、塩の結晶もその腐食範囲に沿って移る事が明らかとなり、塩の濃縮部位が移動を繰り返して腐食を促進させることがわかった。ただ、両イオンとも腐食は直径 1cm 程の範囲に達すると止まった。

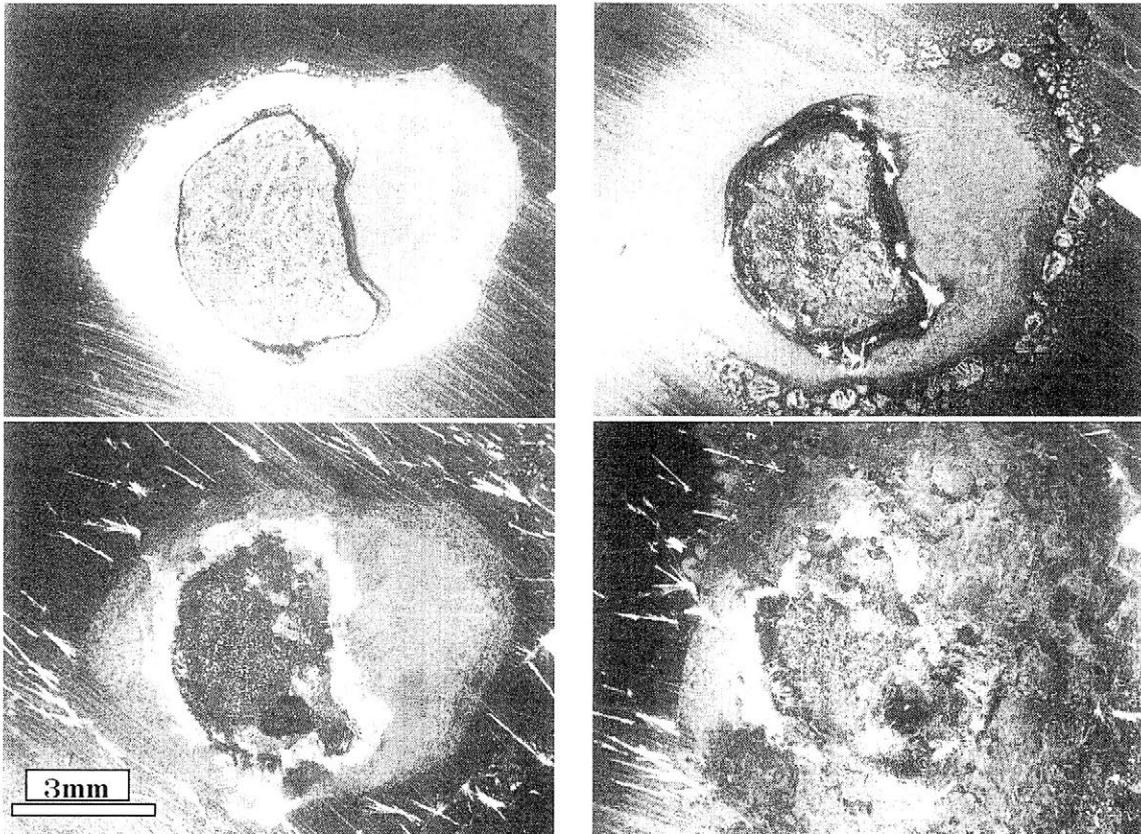
フッ化物イオン、リン酸イオンによる腐食はほとんど進行せず、濃度が低い溶液を滴下した試料のほうが腐食した。これはイオン交換水を滴下した対象試料と類似しており、含有イオンによる腐食ではなく水との反応によるものと考えられた。リン酸イオンは 300ppm の濃度においてもほとんど腐食しないことから不動態皮膜を形成することがわかる。フッ化物イオンは塩化物イオン、臭化物イオンについて不動態を破壊する働きがあることが判明しているが、今回のテストでは腐食は抑制されていた。ハロゲンの内、臭化物と塩化物は同じような腐食挙動を示した。

実験終了後、XRD 分析において塩化物イオンを滴下した試料からは β -FeOOH が検出されたが、臭化物イオンを滴下した試料からは臭化物と鉄との化合物に起因するピークは検出されず、 α -、 γ -FeOOH、Fe₃O₄ 等が検出された。FTIR 分析結果からは塩化物イオンと臭化物イオンの腐食生成物は同様のスペクトルを得た。これは共通して検出された γ -FeOOH のピークと同定できた。このことから、急速に進行する腐食に観察されるバルーン状の腐食生成物の腐食促進因子の同定には XRD 分析が必要である。ただ、この形状を持つ腐食は進行が早いという共通点が見出されたので、バルーン状の形状はルーペや肉眼観察などによる診断の時に指標となるであろう。

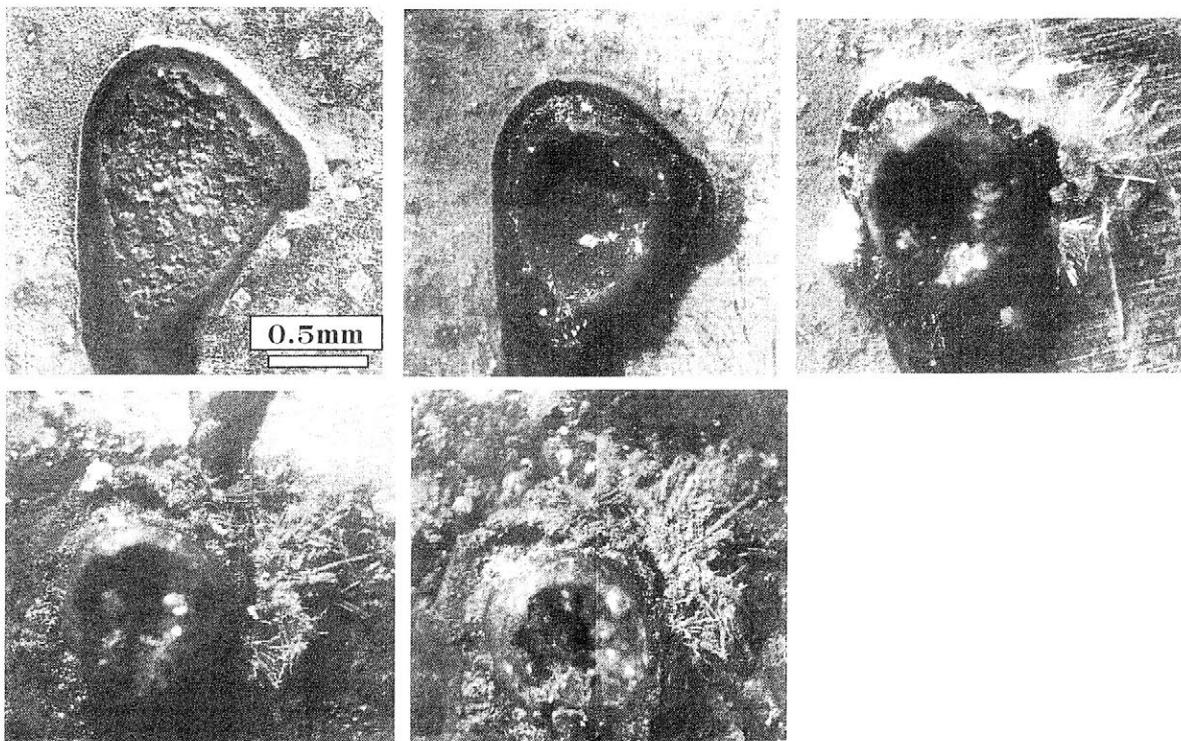
脱酸素・脱水分の環境下で 1 年間保管した結果、フッ化物イオン、リン酸イオン、塩化物イオン試料には腐食範囲の拡大は認められなかった。塩化物イオンは黒っぽく変色した。臭化物イオン試料は腐食の進行が認められた。この原因については今後詳細な調査を行なう必要がある。

今後、腐食促進陰イオンの濃度別による腐食生成物の形状をデータベース化し、鉄製文化財の腐食診断への可能性を見出したい。

- 1) 松井ら、“日本から出土した鉄製遺物の腐食生成物の形状と腐食促進陰イオン(Cl⁻、SO₄²⁻)との関係”、日本文化財科学会誌、37、pp.25-36、1999
- 2) 松井ら、“出土鉄製文化財の保存処理における腐食状態の解明”、東北芸工大紀要、8、pp.66-78、2001



【臭化物イオン3%水溶液滴下による腐食成長過程】左上：12時間後、右上：90時間後-周縁部に結晶、左下：2週間後-結晶の成長とバルーン状さびの形成、右下：1ヶ月後-急速に周囲に進行



【塩化物イオン3%水溶液滴下による腐食成長過程】

上左：5時間後、上中央：25時間後、上右：1週間後-結晶の成長、下左：17日後-白色の結晶が酸化、下右：1ヵ月後-腐食が周囲に進行

弁慶ヶ穴古墳における表面水分量の変化と壁画の見え

朽津信明（東京文化財研究所）

【はじめに】 九州装飾古墳などの古墳壁画は、それを見るときに天候や季節などによって、見え方が異なる場合があることが経験される。従って壁画の公開を考える場合には、壁画の劣化が起きにくい環境を考えるだけでなく、見学者が見学しやすい環境にも配慮する必要があると思われる。熊本県山鹿市の弁慶ヶ穴古墳は、横穴式石室内部に彩色の壁画を持つ装飾古墳であるが、時期によって彩色を認識しやすい時期としない時期とがあることが指摘されていた（図1）。そこで本研究では、壁面の水分量などの計測や、表面状態を観察することに基づいて、壁画を認識しやすい環境条件について検討する。

【調査対象と調査方法】 調査は、彩色壁画の存在する壁面における表面含水率の連続計測と、実体顕微鏡による彩色部分の表面状態観察を中心に行った。壁面含水率は、JT エンジニアリング社製赤外線水分計（JE-100）¹⁾を用いて、1940nm と 2100nm の吸光度に基づいて計算し、一時間に一度の自動計測を継続的に行った。実体顕微鏡は、キーエンス社のVH5000²⁾を現地に持ち込み、壁画に対して非接触の状態で見え方が異なる場合がある赤色顔料部分を観察した。また、弁慶ヶ穴古墳に最も近接したアメダスポイントであるアメダス菊池における一日当たりの降水量のデータを引用した。

【結果】 壁面含水率の測定では、長期間の連続計測が困難であり、最も長く連続してデータが取れた、夏場の約一ヶ月の範囲内では、季節変動のようなものは伺えなかった。しかし、時折パルス状に値が上昇することが見られ、それらはいずれも 10 時間以内で元の値に復帰した（図2）。このパルス状の含水率上昇は、いずれもアメダス菊池において 50mm 以上の日降水量が観察された日から 3～5 日以内に観察されており、それ以外のタイミングでは認められなかった（図2）。壁画の見えは、観察した限りでは夏場に良く、冬場に悪い傾向が見られた。実体顕微鏡による表面観察の結果、顔料層の表面を覆うようにして粘土状の物質が存在しており（図3）、本来の顔料層は表面に晒されてはいないことが確認された。

【考察】 パルス状の表面含水率上昇は、大雨の後に石室内に浸入した水分が壁面を伝ったことによって引き起こされている可能性が考えられる。実体顕微鏡下で観察された、顔料層を覆う粘土の存在（図3）は、こうした壁面を伝う水に含まれていた粘土分が顔料層表面に沈着した結果と考えられる。表面に粘土が不均質に存在していると、乱反射によって本来

の顔料からの反射光が得られにくいため、我々が壁画を認識しにくくなるのに対し、表面に水分が存在するとその乱反射が抑えられるために、顔料本来の色を認識しやすくなるのであろう（図4）。これは、曇りガラスの表面に水滴が付着することで、向こう側が見えるようになるのと同様の理屈と思われる。表面含水率の季節変化は、計測の関係で今回は十分に捉えられてはいないが、壁画が認識しやすいのは湿度が高い夏のシーズンに相当し、それは恐らくは表面含水率が高い季節に相当すると推定される。つまり、通常は文化財保存にとって水分の存在は否定されがちであるが、壁画鑑賞という観点では、水分の存在がむしろ有効と考えられることになり、壁画の公開環境を考える際には、様々な要因を考慮した上での総合的な判断が必要となろう。

文献 1)石崎武志他（2004）保存科学,43,87-94、2)朽津信明（2004）日本文化財科学会第21回大会研究発表要旨集 106-107



図1. 壁画の見えが悪い時（左）と良い時（右）
冬場（左）に悪く、夏場（右）に良い。

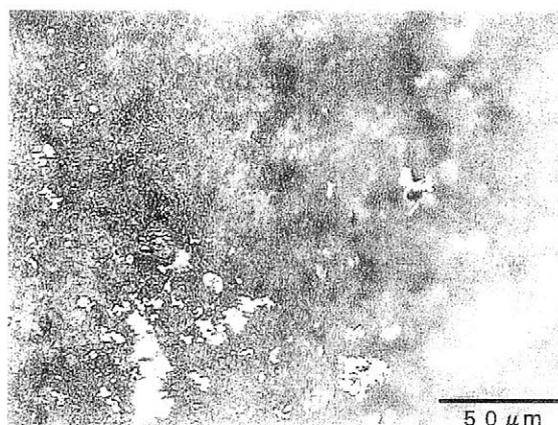


図3. 赤色部分の実体顕微鏡写真
表面が粘土に覆われ、顔料粒子が見えない。

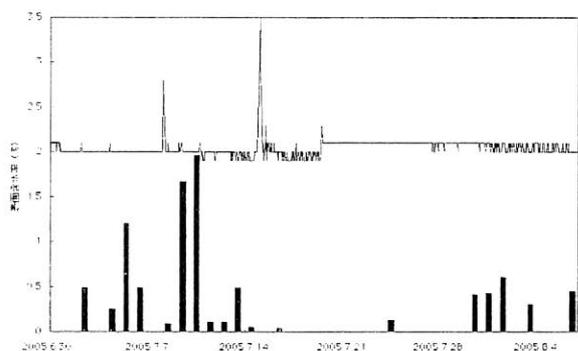


図2. 表面含水率変化と降雨との関係

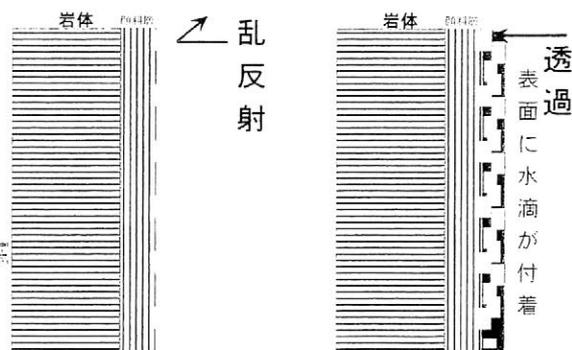


図4. 見えの違いの原因推定図

静岡県袋井市西楽寺所蔵

銅製不動明王像の修復略報

○杉本和江・杉本圭祐（古美術修理すぎもと）・西楽寺・袋井市教育委員会

1、 修復の経緯



写真1 修復前 全体像

静岡県袋井市西楽寺所蔵の銅製不動明王像（以下本像）は、像高127cm、台座を含めると143cmとなる、大型の鑄造像であり、台座銘により製作年代（宝永7年）も製作者（常味）も明らかであるなど、歴史的にも貴重な作品である。

本像の両脚部は、脚部の上下をホゾ組みによって結合し、制作されていたが、時期は不明であるが、ホゾが外れたばかりでなくホゾ自体も折損してしまっていた。近年は牽引などによってかろうじて立っている状態で、しかも当地域は地震の不安の高い地域でもあり、早急な修復が望まれていた。

このような状況から、修復にあたっては、本像が安全かつ安定して自立することが最も望まれ、相応の補強が必要とされた。従って、本来ならば、望ましい方法ではないが、本体の一部を除去して補強を行うこととなった。

なお、本像は分析の結果、鉛青銅であることが判明している。

2、 脚部の状態

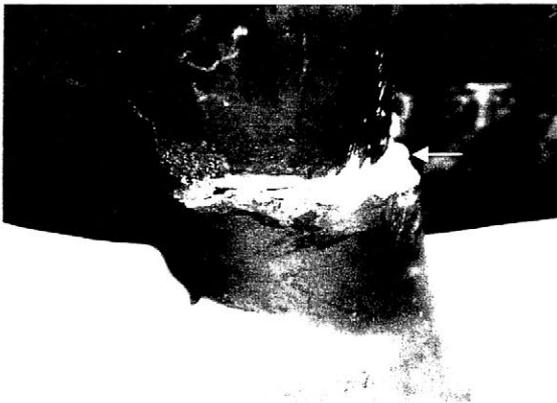


写真1 右脚部の状態

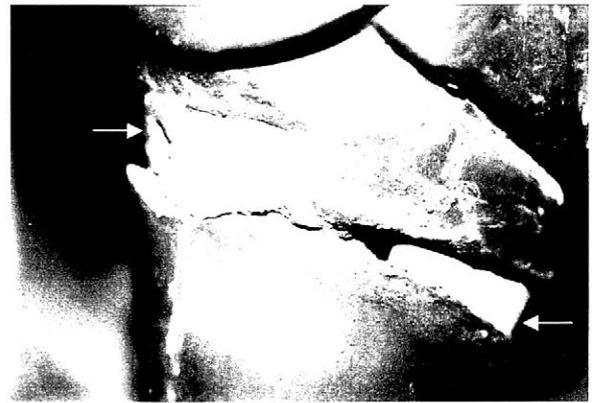


写真3 左脚部の状態

両脚部とも折損して以来、知られている限り全く結合されておらず、像全体をバランスよく脚部下部に乗せているだけの状態であった。但し、写真2・3の矢印で示した物質は、その状態から補修材と考えられ、以前に最低1度は補修して立ち上げていたらしいことがわかった。また、制作時にはホゾで組み合わせると同時に「はんだ」が充填されていたと考えられる。

3、使用材料

樹脂 ; エポキシ樹脂

(アサヒ電化 アデカレジン EP4200・EH4332)

フィルター ; 炭酸カルシウム (日東粉工業)

ガラスマイクロバルーン (アクシーズケミカル MSB-5011)

芯金 ; ステンレスながねじ (市販)

①直径30mm×長さ500mm

②直径4～6mm×長さ300mm程度。左右脚及び挿入箇所によって制限され、長さが異なったため、固定後に必要な長さに切断した。

仕切り材 ; ステンレス平織金網 (市販) 16メッシュ

4、脚部の修復工程

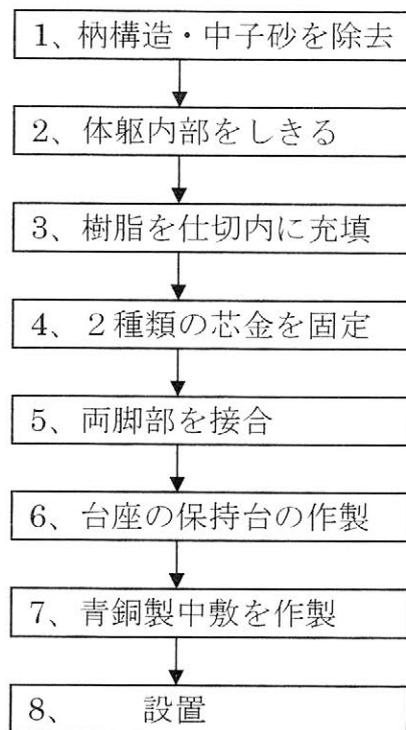


図1 工程フローチャート

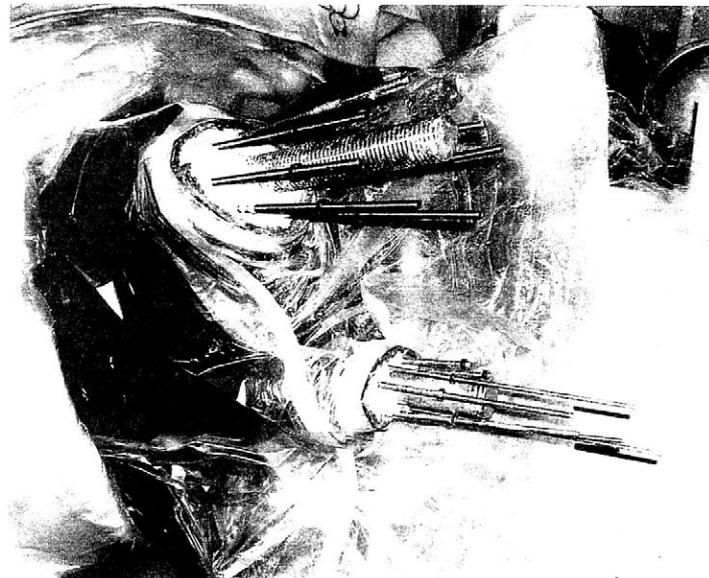


写真4 体軀から脚部に芯金を固定する。

作業は全て脚部のホゾおよびホゾ孔を切除した部分からおこない、作業用の新たな開口部は設けなかった。



写真5 体軀内 首接合部分

5、まとめ

ホゾ孔を除去した部分からは体軀内が観察でき、鑄造技法を含めた宝永期の大型鑄造像の制作技法を観察することが出来た。

本像は、他に右肩の修復などもおこなっており、詳細については追って報告することとしたい。

謝辞

制作技法について富山大学 三船温尚教授には格段のご教授を頂き、ここに記して感謝の意を表します。

和壁の熱ならびに湿気特性について

○宮野則彦*, 宮野秋彦**

(* 日本大学, ** 名古屋工業大学)

1. まえがき

最近、土壁の優れた断熱及び吸放湿特性による防暑、防寒、調湿等の環境制御性能が注目されるようになったが、従来、土壁に関する熱及び湿気特性の系統的な研究¹⁾は極めて少ない。本報では、和壁の熱伝導ならびに吸放湿特性の測定結果を報告する。

2. 測定試料と測定方法

熱伝導特性の測定は、表1及び表2の二組の試料を対象とした。

第1組の試料は、同一素材による「土もの」壁で、竹小舞に作業工程順に荒壁から仕上塗までの段階を、7試料に分けて作成した。

第2組の試料は、和壁の中でも主に「土もの」、「漆喰もの」及び「大津壁」を中心に選び、その仕上塗部分のみについて8試料を作成した。

なお、試料は、全て約3~5年間に亘って大気中で気乾状態となるまで養生した。

熱伝導特性の測定は、JISの平板比較法に拠り、試料温度ならびに含水率を変化させて測定した。吸放湿特性は、第2組の試料を対象として、日射ならびに降雨の影響を避け風防を設けた大気中で、電子天秤(最大秤量3.1kg, 測定精度0.01g)による秤量と、測定場の環境の温湿度測定を約一年間に亘って行なった。

3. 測定結果の解析と検討

表3に測定結果の一覧を示す。図1に第2組試料に関する相当熱伝導率~温度特性の測定結果を示す。図より、和壁の熱伝導特性は概ね三つのグループに分かれることが明らかとなった。

20℃近傍における和壁の相当熱伝導率は、漆喰もの類(2・2,2・8)が最も小さく0.40~0.45 w/m.kで、土もの類(2・1,2・5)が0.45~0.55 w/m.kでこれに次ぎ、大津仕上(2・3,2・4)が最も大きく0.60~0.70 w/m.kとなっている。

温度特性が負特性となるのは、温度上昇に伴って試料の含水率が

表1 第1組試料の概要

No.	工 程
1	片面荒壁、片面荒壁直し
2	片面中塗、片面荒壁直し
3	片面中塗、片面大津壁塗
4	両面中塗
5	両面中塗、荒壁にチップ入り
6	片面荒壁、片面漆喰仕上塗
7	両面漆喰仕上塗

表2 第2組試料の概要

No.	工 程
1	本庄山の土、水ごね仕上
2	漆喰のろ掛け、黒磨き仕上
3	赤土、大津磨き仕上
4	大津仕上、荏油塗
5	白土、表面拭取り仕上
6	大津、藁すき仕上
7	鉄錆土と砂、角又糊ごお仕上
8	消石灰クリーム塗、顔料入り

表3 和壁試料の熱伝導特性に関する測定結果一覧

No.	d	ω	$\lambda_{\theta} = a + b\theta$	λ_{20}	
1	1	28	21.8	$\lambda = 0.567 - 0.00216\theta$	0.524
	2	35	16.4	$\lambda = 0.445 + 0.00073\theta$	0.460
	3	39	22.1	$\lambda = 0.493 - 0.00095\theta$	0.474
	4	40	17.5	$\lambda = 0.487 - 0.00015\theta$	0.487
	5	51	20.0	$\lambda = 0.457 + 0.00021\theta$	0.461
	6	41	19.6	$\lambda = 0.562 - 0.00120\theta$	0.538
	7	54	18.8	$\lambda = 0.482$	0.482
2	1	8	54.3	$\lambda = 0.575 - 0.00382\theta$	0.499
	2	13	47.0	$\lambda = 0.431 - 0.00130\theta$	0.406
	3	9	56.6	$\lambda = 0.761 - 0.00663\theta$	0.629
	4	9	55.9	$\lambda = 0.848 - 0.00816\theta$	0.684
	5	15	52.5	$\lambda = 0.588 - 0.00465\theta$	0.494
	6	14	45.5	$\lambda = 0.587 - 0.00385\theta$	0.512
	7	10	66.6	$\lambda = 0.472 - 0.00208\theta$	0.432
	8	10	46.5	$\lambda = 0.471 - 0.00242\theta$	0.422

注) d: 試料厚 (mm), ω : 容積基準質量含水率 (Kg/m³), λ_{θ} : 相当熱伝導率 (w/m.k), θ : 試料平均温度 (℃), λ_{20} : 20℃の相当熱伝導率 (w/m.k)

減少するため、同一温度による含水率特性については目下実験中である。

図2に第1組と第2組の和壁試料に関する相当熱伝導率～容積基準質量含水率特性を示す。

図は20℃における解析結果であるが、温度特性と同様に、含水特性も概ね三つのグループに分かれる傾向が覗かれる。

図3に第2組の和壁試料に関する相対湿度変化1%当りの吸放湿量を示す。

図より明らかな如く、No.3の赤土による大津磨き仕上の吸放湿特性が際立って大きい他は、それ以外の試料に関する吸放湿量の間には大差が無く、冬季で略0.6g/m².%前後、夏季で約1.2g/m².%前後となっている。なお、土蔵の外壁仕上等に見られる黒磨き仕上は最も吸放湿性能が低いことが分かる。

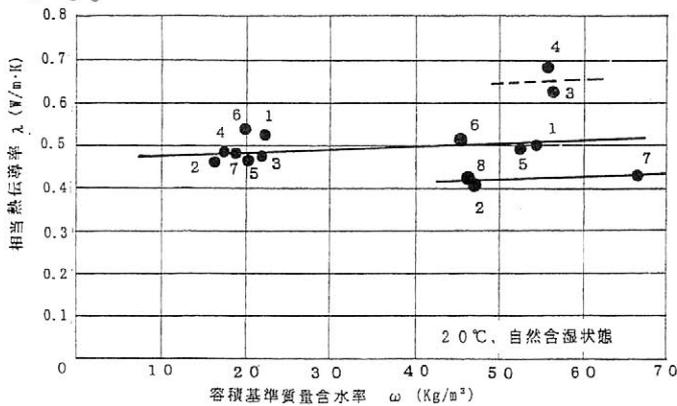


図2 和壁の相当熱伝導率と容積含水率の関係

4. むすび

それぞれの国や地方には、長い年月に亘って形作られてきた伝統的な土壁がある。

中でも、日本の和壁には、北は亜寒帯から南は亜熱帯に及ぶ長大な国土の夫々の環境に配慮した様々な創意工夫が込められている。

今後更に、和壁の熱及び湿気特性に関する系統的な実験、研究を続けたいと考えている。

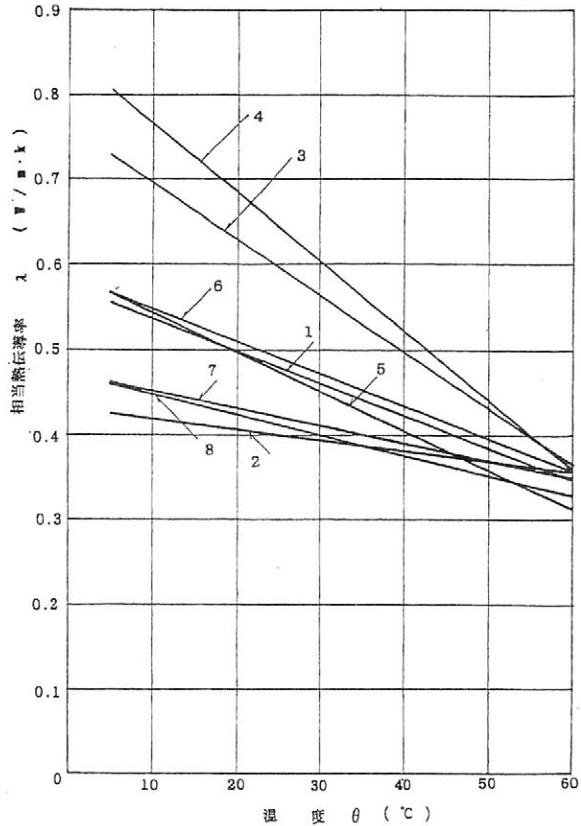


図1 和壁の相当熱伝導率と温度の関係

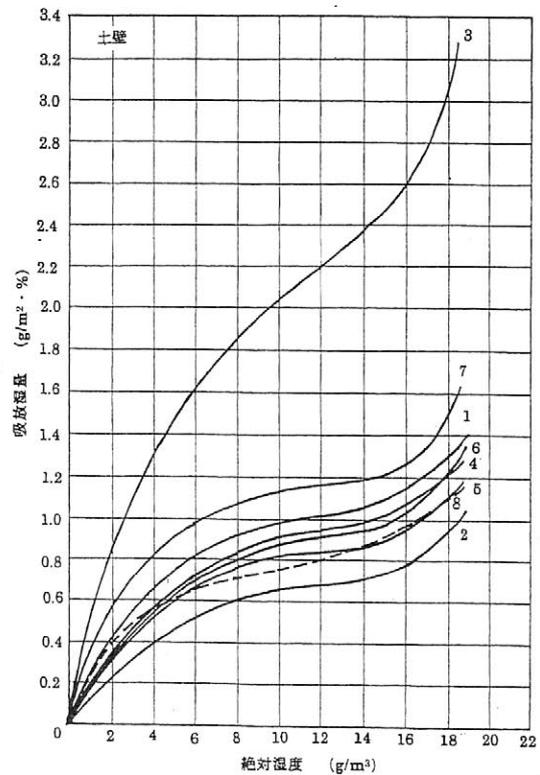


図3 和壁の吸放湿量と絶対湿度の関係

1) : 木下正夫、清水定吉：各種建築構造物の熱伝導に関する研究、東京工業大学学報、第5巻、論文、第10号。

古瓦の熱ならびに湿気特性について

○宮野則彦*, 小林章夫**, 宮野秋彦***

(* 日本大学, ** 瓦宇工業所, *** 名古屋工業大学)

1. まえがき

筆者等は永年に亘り、各種屋根葺き材料の熱及び湿気特性の測定¹⁾を行っている。

今回測定した、古代瓦の熱伝導ならびに吸放湿特性を、これまでの現代瓦の結果と比較検討したところを報告する。

2. 測定試料と測定方法

測定対象とした古代瓦は6種類で、熱伝導特性、吸放湿特性及び気孔率を測定した。熱伝導率の測定は、JISの平板比較法に準拠し、加熱面及び冷却面が試料の曲面に密着するように装置

表1 古代および現代の粘土瓦の伝熱特性等に関する測定結果の一覧

No.	名称	d	$\lambda = a + b\theta$	λ_{20}	r_{20}	ρ	χ_o	χ_c	$\Sigma\chi$
1	平安	23.4	0.411+0.00011 θ	0.413	0.057	1.80	28.1	3.2	31.3
2	鎌倉	25.6	0.256+0.00027 θ	0.261	0.098	1.57	30.3	0.9	31.1
3	鎌倉(当麻)	20.6	0.319+0.00009 θ	0.320	0.064	1.62	35.6	3.5	39.1
4	南北	25.0	0.356+0.00011 θ	0.358	0.070	1.71	34.2	3.2	37.4
5	室町(富貴)	19.9	0.231+0.00130 θ	0.257	0.077	1.61	38.9	0.4	39.3
6	室町	20.4	0.316+0.00059 θ	0.328	0.062	1.68	31.9	3.3	35.2
古代瓦の平均		22.5	0.315+0.00041 θ	0.323	0.071	1.67	33.2	2.4	35.6
行基瓦(現代)		24.9	0.612+0.00110 θ	0.634	0.039	2.14	14.9	7.3	22.2
現代瓦の平均		15.6	0.467+0.00108 θ	0.489	0.033	2.01	21.4	5.1	26.5

d: 厚さ (mm), λ : 相当熱伝導率 ($W/m \cdot K$), λ_{20} : 20°Cの相当熱伝導率 ($W/m \cdot K$), r_{20} : 20°Cの熱伝導抵抗 ($m^2 \cdot K/W$), θ : 温度(°C), ρ : 密度 (g/cm^3), χ_o : 開放気孔率(%), χ_c : 密閉気孔率(%), $\Sigma\chi$: 全気孔率(%)

を改造した。吸放湿特性については、日射ならびに降雨の影響を避けた大気中で、電子天秤(最大秤量3.1kg, 感量0.01g)による試料質量の秤量と、測定場の環境の温湿度測定を1年間に亘って行った。気孔率の測定は、JIS R 2205に準拠したが、24時間浸水後は3時間煮沸した。

3. 測定結果の解析と検討

表1に測定結果の一覧を示す。表にはこれまでに測定し国内各地方で生産されている現代の瓦に対する測定結果が併記されている。

図1は測定結果から相当熱伝導率と気乾密度の関係を示したものである。

図中の○は古代瓦、●及び▲は現代瓦(住宅用: いぶし、塩焼、無釉、片面釉、両面釉等。社寺用: 行基瓦)で、◆は薄型軽量化のために粒度調整した原料土による試作瓦生地である。

なお、★は凍害の発生した瓦である。

図中の回帰実験式は、古代瓦に現代瓦の●と▲を加えて求めたものである。

図から、古代瓦と現代瓦の熱伝導~密度特性の間には連続性のあることが明らかとなった。ここで注目されるのは、◆は特殊粉碎機により粒度を100 μm 以

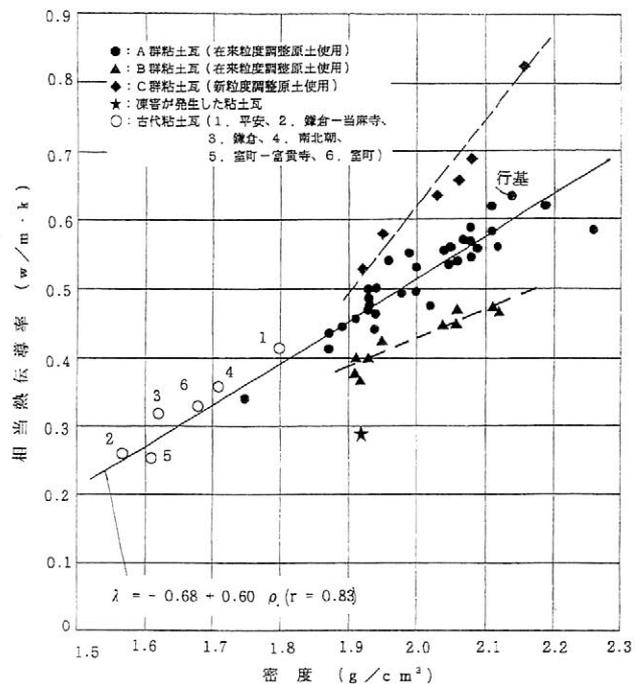


図1 粘土瓦の相当熱伝導率と密度の関係

下に調整した原料土製品で、▲は反対に一般より粗粒を多く含む原料土による製品と考えられる点である。

詳細は今後一層の解析に掛っているが、古代瓦の優れた断熱及び吸放湿性能を解明する手懸かりがここに潜んでいる可能性がある。

図2に粘土瓦の相当熱伝導率と全気孔率の関係を示す。

相当熱伝導率との相関は、図1の密度と図2の全気孔率との間に大差は無いが、図2では、古代瓦の内のNo.2(鎌倉期、当麻寺)のみが大きく離れており、しかも凍害発生瓦よりも全気孔率が僅かながら小さく、更

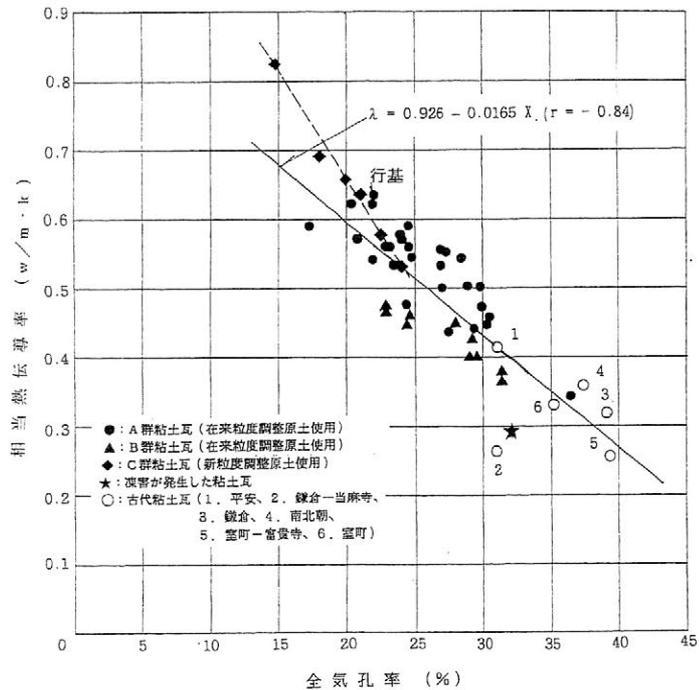


図2 粘土瓦の相当熱伝導率と全気孔率の関係

に加えて相当熱伝導率が6種類の古代瓦の中では最も小さく、その上略同程度の相当熱伝導率を示しているNo.5の室町期の古瓦との間にかなり大きな気孔率の差があることが注目される。この点も今後の解明が必要である。

図3に古代瓦の吸放湿量と絶対湿度の関係を示す。図より古代瓦の吸放湿性能は現代瓦に比べて極めて大きいことが分かる。特に、南北朝期の瓦の吸放湿量は非常に大きい。この点の解明も今後の課題である。ただし、従来言われているように開放気孔率の大小との相関は殆ど認められない。これに加えて、粘土瓦の相当熱伝導率と密閉気孔率との相関

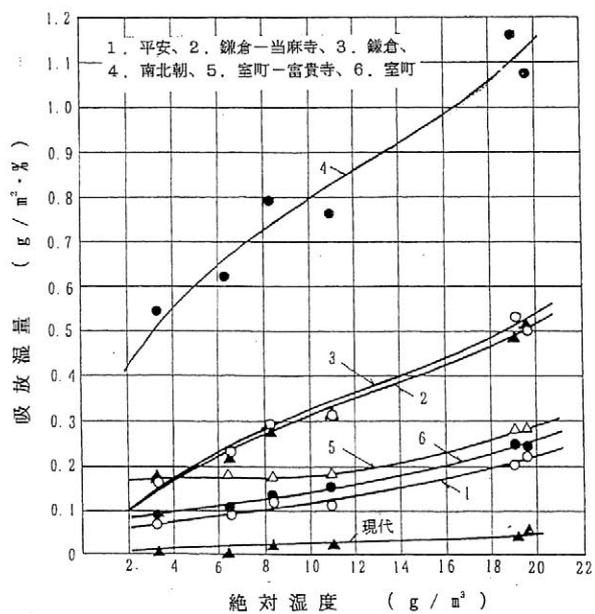


図3 粘土瓦の吸放湿量と絶対湿度の関係

を言う従来の説も誤りであることは前掲の表1を見れば明らかで、むしろ生地組成による影響について解析を進める必要がある。

図1にプロットした現代瓦の中で、沖縄産の赤瓦のみが古代瓦に近い断熱性能を示している点についても生地組成からの解明が必要であろう。

4. むすび

古代瓦と現代瓦の熱及び湿気特性の相違は、原土調整、土練、成型、焼成の製造工程の全てに原因するが、中でも原土調整が最も重要であることが今回の解析結果でも明らかとなった。

1): 宮野秋彦、小林定教、宮野則彦: 粘土瓦の熱伝導特性 その1 (屋根材料の熱伝導特性 第2報)、第17回、日本熱物性シンポジウム (筑波)、1996.11.

歴史的近代建造物における展示室と収蔵室の環境改善

○武田昭子¹、田村朋久²、小嶋康子³、赤沼英男⁴、深山満⁵、若木和雄⁶、増田勝彦¹、宮野秋彦⁷
 (1昭和女子大学、²国立療養所長島愛生園、³神山復生記念館、⁴岩手県立博物館、⁵関東港業(株)、
⁶(独法)建材試験センター、⁷名古屋工業大学)

1. まえがき

歴史的建造物において、歴史資料の保存ならびに展示を行う場合には、建物自体の保全のための改修とその後の維持管理面への配慮が最重要課題となる。今回の調査目的は、歴史的建造物およびその関連資料の現地保存を前提として、施設ならびに資料の保存、展示のための環境改善の方途を探ることにある。3年計画の初年度にあたる17年度は、環境評価のための調査、計測を主に、以下の5項目を実施した。

- ①施設の構造・建築使用材料を、建築図面および現場調査によって確認。
- ②収蔵庫および展示室にデータログを設置し、温度および相対湿度についての年変動、旬間変動、月変動、および日変動についての調査。
- ③施設内の有害生物生息状況についての調査。
- ④施設内の酸、アルカリガス濃度の調査。
- ⑤展示室内の照度測定。

本報では、この中で温湿度調査と害虫生息調査の結果について報告する。

2. 調査対象施設と調査方法の概要

調査対象とした国立療養所長島愛生園は、正面に大きく小豆島を望む瀬戸内海に浮かぶ周囲16kmの小島の中央部に所在する。本土から30m余の海峡で隔絶されていた島は、昭和63年に架橋がようやく実現し陸続きとなった。昭和5年に初の国立ハンセン病療養所として設立され、「小島の春」の舞台ともなり、その後のハンセン病政策に大きな役割と影響を与えた施設でもある。療養生活の傍ら文化活動も盛んで、明石海人等の優れた歌人も輩出している。このように、本施設に今でも残る当時の建物と収蔵資料は、歴史資料として現地保存し、ハンセン病問題を後世に伝える重要な資料となっている。この島の気候は典型的な瀬戸内式気候で、年間を通じて降水量は少なく晴天日数が多い。このため日射量が多く、また、冬でも暖かい。島内の地形は起伏があり、建物は海まで迫り、低地では塩害・高潮等の被害を受け易い。

環境調査の対象とした建物は以下の4箇所である。

- ① 恩賜記念館（旧資料館）：昭和20年竣工。歴史館ができるまで、関係資料の展示・収蔵施設となっていた。冷暖房無。（温湿度測点No.1、害虫調査8地点）
- ② 書庫および物品庫（事務本館2階）：平成8年竣工。北側の窓が大きく開口。関係文書を保管。冷暖房無。（測点No.2、害虫調査4地点）
- ③ 歴史館（旧事務本館）：昭和5年竣工。歴史館として平成15年に整備し公開。鉄筋コンクリート造及び一部木造地上2階建。外壁はリシン仕上げ、屋根は厚型スレート葺。空調。（測点No.3、害虫調査20地点）
- ④ 神谷書庫：自筆原稿など貴重資料を収蔵。背後に土手が迫る。RC造り。冷暖房無（測点No.4）

温湿度計測点のNo.1、2、4は室内を、No.3は展示室の壁付ケース内の温湿度を1時間間隔で記録した。温湿度の測定には小型データロガーを使用し、示度をアスマン通風温湿度計で校正した。対象施設は、かなり広範な地域に点在し、建設場所にも多少の高低差があるが、外気測点は地域の略中央位置にある百葉箱内に設置した。害虫調査はトラップ法で行った。粘着トラップを①～③の建物内に、平成17年6月21日～8月4日の間設置し、その後問題があった歴史館のみ、フェロモントラップで再度調査を行った。

3. 調査結果の解析と検討

本報では、No.1～3に関する解析結果について報告する。図1は各測点の月平均温湿度の年変化、図2は各測点と外気の月平均温湿度差の年変化である。恩賜記念館の温湿度は、開口部が多いため、年間を通じて外気に極めて近似した状態で、特に、夏季4ヶ月間の湿度環境は改善を必要としている。本館2階書庫の温度が、外気より年間平均で4℃も高くなっているのは日射の影響で、窓面での日射遮蔽と外壁躯体の断熱強化が必要である。歴史館ケース内の相対湿度の年変動が、冬季約40%から夏季約70%の間を変動しているのは展示室の空調によるもので、ケースの形式および調湿性能について改善を図る必要がある。

害虫生息調査では、歴史館常設展示室でタバコシバンムシの捕獲が目立った。原因として館外からの侵入または常設展示室からの発生が考えられた。このため、常設展示室を中心にしてタバコシバンムシが捕獲された個所にフェロモントラップを設置し、捕獲状況を確認した。その結果、展示室窓際で大量の捕獲があり、建物の外壁を覆っている植物に生息し、窓が侵入経路となっていると推測された。

4. むすび

本報では、国立療養所長島愛生園における歴史的建造物と、その関連資料の保存・展示環境の改善を目的として調査解析した結果の一部を報告した。歴史的建造物を利用して関係資料を保存または展示するためには多くの解決すべき問題があるが、中でも、地域環境への対応は最も重要である。次報には、更に詳細な解析結果と環境改善の提案について報告したいと考えている。

* 本研究は平成16年度財団法人福武学術文化振興財団研究助成金による研究の一部です。記して深謝の意を表します。

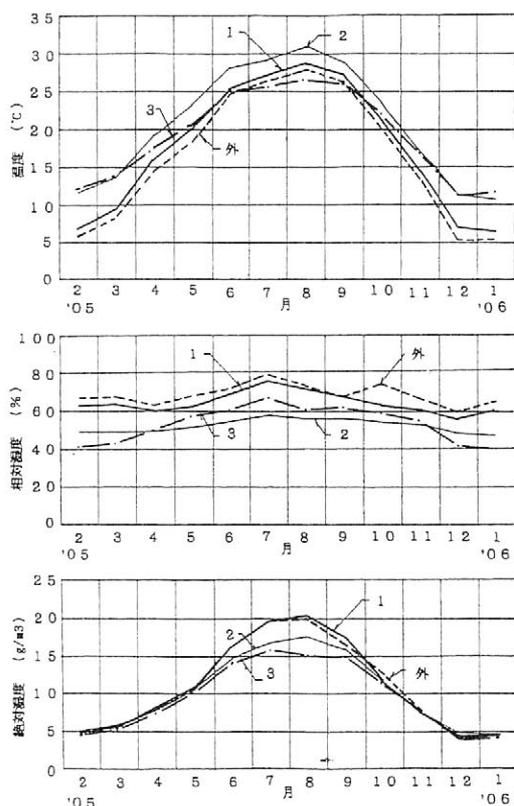


図1. 展示・収蔵空間の月平均温湿度の年変化
1:恩賜記念館 2:本館2階書庫内部
3:歴史館展示ケース内部 外:外気

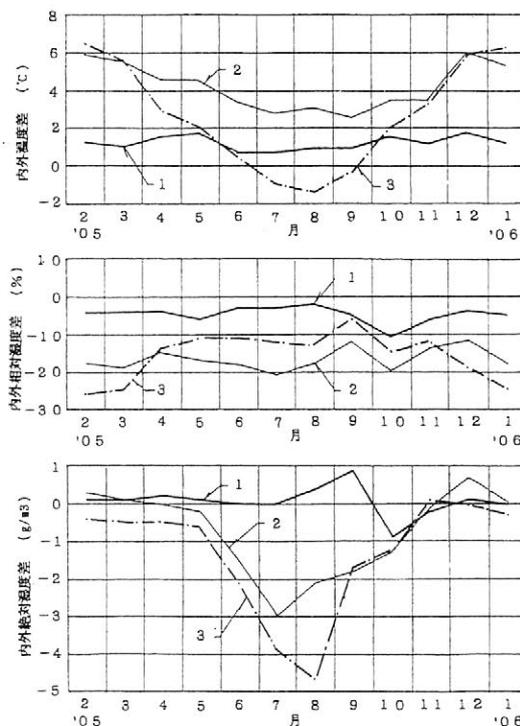


図2. 展示・収蔵空間と外気の月平均温湿度差の年変化
1:恩賜記念館 2:本館2階書庫内部
3:歴史館展示ケース内部

山形県河北町における漆喰壁土蔵の劣化現状と保存対策

○鈴木雄太*、松田泰典*、米村祥央**

(*東北芸術工科大学大学院、**東北芸術工科大学)

1. 緒言

山形県村山盆地には、数多くの土蔵が現存している。中でも、山形県河北町の土蔵は、江戸・明治時代に上方との紅花貿易によってもたらされた歴史と文化を今も護り伝えている。しかし、土蔵の存在感を示している漆喰は屋外環境下において、様々な劣化要因が元で亀裂や剥離、剥落といった劣化が起きている。その中でも、山形という地理的な気候から、物理的劣化の凍結融解が主たる劣化現象と考えられる。漆喰の劣化が土蔵の消失につながることも過言ではないと言える。山形県河北町に現存する漆喰壁土蔵の劣化現状を再現するために、試験片を作成して凍結融解実験を行った。今回は、凍結融解実験の経過報告と、試料作製に用いた消石灰と作成した試験片の XRD 回折ピークから読み取れた点について報告する。

2. 試料 (漆喰試験片)

- ・ 主剤：左官用消石灰 (塩焼き、上塗り用) - 村檜石灰工業株式会社
赤貝貝灰 (上塗り・下地用) - 田島貝灰工業
- ・ 糊剤：巻葉角又 - 日藻工業株式会社、ポリビニルアルコール (以下 PVA) - 市販工業用
- ・ 骨材：麻スサ - 橋本建材工業株式会社
- ・ 下地：砂、土 (採取後、ワラを加えて数ヶ月ねかせたもの) - 山形県山辺・中山産
- ・ ガラス板 (10×10×0.5cm)

以上の材料を用いて、実際の現場で施工されている手順で試験片を作成した (図 1) 材料の組み合わせ (以下 P とする) は以下の通り。

表 1. 漆喰試験片の材料組み合わせ

	消石灰 貝灰	麻スサ	角又	PVA	砂・貝灰	土
P1	○	○		○		○
P2	○	○	○			○
P3	○	○	○		○	

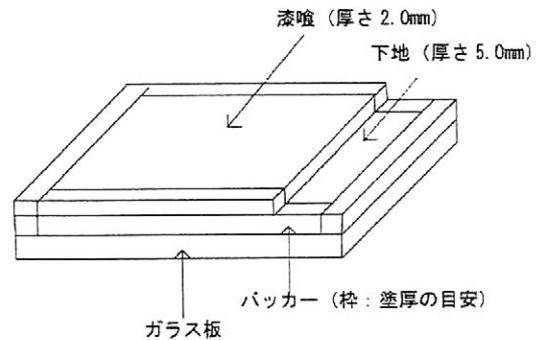


図 1. 漆喰試験片

漆喰配合：消石灰 20kg 貝灰 3kg 麻スサ (漂白済) 200g 角又 250g

下地用砂漆喰配合：漆喰 1：砂 1.6

各パターンとも六枚の試験片を作成し、以下のように記号を振り分けた。

P1 : A~C A'~C' P2 : D~F D'~F' P3 : G~I G'~I'

3. 実験・分析方法

既存研究から、試験片の凍結融解サイクルは恒温恒室機 (ADVANTEC 社製 THN064PA) を用いて -10°C で凍結させ、+10°C で融解させる一日一サイクルし、計 20 サイクルに設定した。試験片は 1 パターン 3 枚として計 9 枚 (A~I) 設置した。蒸留水で浸漬し、無くなったら+10°Cの期間に補充した。同時に、水に浸漬しないものも 3 パターン 9 枚 (A'~I') 設置した。

消石灰、貝灰、試験片の定性・定量分析は X 線回折装置 (BRUKERaxs 社製 D8 DISCOVER with GADDS CA : 二次元検出器搭載) を用いた。実験条件は Co 線源、35kv、40mA、コリメーター0.5mm φ。定性分析は、一次元データを附属ソフト evaluation program にて分析した。分析は P2 において常温大気中に三ヶ月安置しておいた試験片、凍結融解実験五日目の試験片 (水浸、水無) の三通りの試験片と、購入してから常温大気中に安置しておいた消石灰と貝灰を用いた。

4. 結果・考察

蒸留水に浸して凍結融解を行った試験片は五日目に劣化が認められた。P1 の劣化が P2、P3 よりも進行していないのは、糊材として混和した PVA の酢酸基の架橋によるものと考えられる。蒸留水に浸さない試験片に目立った劣化は認められなかった。XRD の回折ピークより主剤の 2 試料のうち貝灰の方が、炭酸化が進んでいた。また、凍結融解実験の水の有無が、試験片の炭酸化に影響を与えている可能性が $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の第一ピーク差から考えられる。実験・分析を積み上げ、漆喰の凍結融解における炭酸化への影響を明らかにしていく。

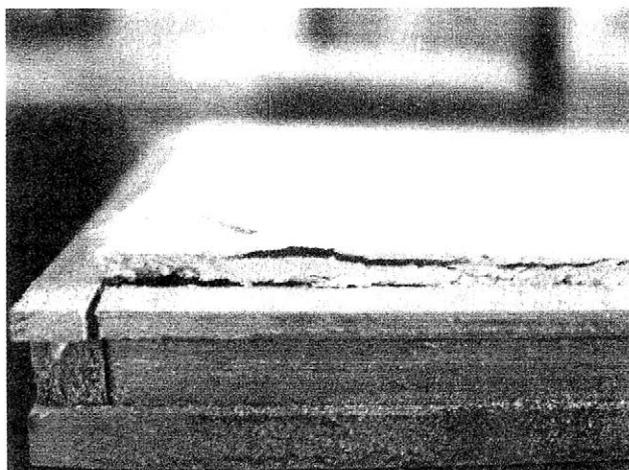


図 2. 試験片 I の剥離状況

表 2. 水漬した試験片の劣化状態 (五日目)

パターン	試験片	亀裂	粉状化	剥離
P1	A			
	B		○	
	C		○	
P2	D	○	○	
	E	○	○	
	F	○	○	
P3	G	○	○	○
	H	○	○	
	I	○	○	○

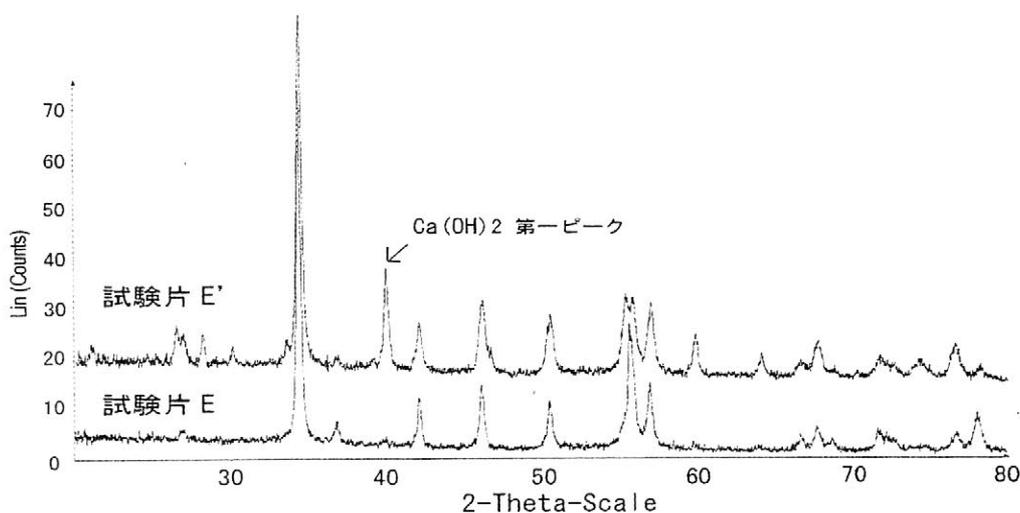


図 3. 試験片 E と E' の回折ピーク

謝辞 本研究に際し、凍結融解メカニズムを北海道立地質研究所の高見雅三氏、試料作製を原田左官工業の原田正一・正志の両氏、試料の分析を BRUKERaxs 株式会社の山田尚氏にそれぞれご教授、ご協力いただきました。記してここに謝意を表します。

二次元検出付き高分解能 X 線回折法による地衣類の石造文化財に及ぼす影響

—山形に残る日本最古の凝灰岩製石鳥居群を事例として—

○張 大石 (東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター)

田辺優子・松田 泰典 (東北芸術工科大学大学院)

1. 緒言

従来から地衣類は石造文化財の劣化因子の一つとしてされている。岩石表面に付着した地衣類は除去を前提とした保存処理が行われているが、岩石の種類や状態による二次的な劣化が懸念される場面も多い。岩石に固着した地衣類は共生する藻類を包含しながら、二次代謝産物として特有の地衣酸を分泌することが知られている。この地衣酸が岩石の表面を溶かしながら偽根を広げ、岩石の剥落につながると考えられている。しかし、地衣類による劣化メカニズムについての基礎研究は少なく、岩石に及ぼす影響も未解明のままとなっている。本研究の目的は、生物劣化因子として地衣類をとりあげ、岩石表面への固着および劣化メカニズムを明らかにする。この上、地衣類による劣化度合いの評価を図り、岩石の種類や状態に応じた保存処理の手法を確立することである。ただし、今回は山形に残る石鳥居群を実例とし、凝灰岩に固着したレブラゴケの影響を調べた。

2. 研究方法

凍結溶解が進む冬季に石鳥居から剥落した地衣類固着片を採集し、レブラゴケと凝灰岩部を含むクロスセクション試料を作製した。岩石の断面や地衣類部までを電子顕微鏡 (SEM: 日本電子製) で観察した後、二次元検出付き高分解能 X 線回折装置 (D8 DISCOVER: BRUKER 社製) を用い、 $100\mu\text{m}$ に絞った X 線をレブラゴケと岩石の中間部に照射した。X 線は Co ターゲットに $35\text{ kV}/40\text{ mA}$ のエネルギーをかけて得た。測定箇所は基質が一定な三箇所を選び、測定時間は 30 分とした。分析試料は山形市所在の元木の石鳥居 (国指定重要文化財) の自然剥落片を用いた。

3. 結果と考察

3-1 SEM 観察結果: 石鳥居の剥落片に固着した地衣類は、子器がなく灰緑色の粉状を特徴とするレブラゴケ (*Lepraria*) を示す。レブラゴケの地衣体はゆるく絡まったフェルト状の菌糸が共生藻を取り囲み、隔膜に区切ら

れた多細胞の菌糸でできている。写真 1 はこのレブラゴケの表面と菌糸組織を示す。この菌糸の径は約 $5\mu\text{m}$ 以下で節目をもちながら不規則的に広がっている。写真 2 は凝灰岩の鏡断面に分布する無数の三次元空隙を示し、その不規則的な径は数十 μm に及ぶ。この空隙に菌糸組織が網目状に広がっていると予想される。深さ方向に対して約 $200\mu\text{m}$ 付近にまで菌糸が広がっていたが、空隙の程度によってはさらに深く広がっている可能性は排除できない。これらの観察結果からレブラゴケが凝灰岩に固着するメカニズムとして、岩石自体に分布する空隙に菌糸組織を網状に伸ばし、物理的なアンカ構造をとっているものと考えられる。凝灰岩は火山の噴火に伴う火山灰が堆積したもので、熱溶解は低いため多種の鉱物組成を包含する多孔質を示す。元木の石鳥居に用いられた凝灰岩は溶解度の低い上、基質の粘土化が著しい。この点を考慮すると、雨水や雪溶け水の供給ルートに沿って着生する地衣類は岩石の空隙を充填する役割をもつと見られる。一方、地衣類には代謝産物の地衣酸を分泌することが知られる。しかし、この地衣成分を染色テストした場合、菌糸部より表面部の地衣体で濃い色を示す。また、地衣酸の多くは環状脂肪酸類であり、岩石に直接化学反応を生じる可能性は低い。

3-2 X 線回折結果: 今回用いた X 線回折装置 (D8 DISCOVER with GADDS CA-ブルッカー社製; 以下は D8) は、従来の文化財用装置と比べて測定範囲の増大、微小部の高精度測定を可能にした「試料水平型 2 軸 ($\theta 1$, $\theta 2$)」の X 線回折装置である。検出器はマルチワイヤー式 2 次元 PSPC を採用することで結晶状態の二次元画像が得られるなどの特徴をもつ。測定は凝灰岩部と地衣類との境界面に分けて行われた。 $100\mu\text{m}$ 範囲の凝灰岩と境界面の測定例を図 1 に示す。二次元画像によるデバイリングはバンド状のスキャン画像を示し、結晶状態の違いや分布状況を把握することが可能となった。このスキャン画像を基に選択的な回折像が採集した。X 線回折像からは、凝灰岩部と境界面ともに Montmorillonite

山形に残る日本最古の石鳥居群の赤外線サーモグラフィによる劣化解析

○張 大 石(東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター)

松田 泰典(東北芸術工科大学 大学院)

1. はじめに

山形に残る日本最古の鳥居群は多孔質の凝灰岩製であり風化しやすく、近年は剥落や崩落個所が急増し適時の保存対策が求められている。本研究の目的は、山形に残る日本最古の石鳥居群を調査対象とし、赤外線サーモグラフィによる石鳥居の劣化状態の診断と解析を行い、今後の保存対策に必要な不可欠な基礎データ作成を図ることである。測定対象とした石鳥居は山形市の「元木の石鳥居」と「成沢の石鳥居」、天童市の「清池の石鳥居」を含む村山、置賜盆地の10基である。ただし、本報では現存する日本最古の鳥居とされる、「元木の石鳥居」について調査結果を報告する。

2. 劣化解析方法

赤外線サーモグラフィ法は材質による影響を受けず、測定距離による移動設置の制限がなく安全である。また、全体的な劣化状態と分布をリアルタイムで可視化できる。今回の石鳥居の劣化状態の測定は、安全性と劣化の全体図作製に有利な赤外線サーモグラフィ法による調査を行った。劣化測定に用いた赤外線サーモグラフィは、TVS-700（日本アビオニクス社製：温度計測機能付き非冷却2次元サーモグラフィ）である。装置の主な仕様を表1に示す。

表1 TVS-700の主な仕様

測定温度範囲	-20℃～500℃
最初温度分解能	0.05℃以下
測定波長	8～14 μm
測定距離	30cm～∞
表示画素数	320H×240V

3. 結果と考察

赤外線サーモグラフィによる元木の石鳥居（御立の鳥居）の測定結果の一例を図1に示す。測定は赤外線放射効果の高い昼間に行われ、雨や雪溶け水に

よって溶解された個所の全容を捉えることができた。元木の石鳥居は測定個所による温度むらが大きく見られ、平均温度では30℃～43℃までの差を示した。図1-Aのプロファイルは最も平均温度の高い笠木の上面の測定結果であり、温度むらが約8℃以上を示した。また、島木での温度むらは約3℃～4℃を、両柱は2℃以内を示し笠と島木部に比して小さい(B～F)。なかでも貫部は1℃～2℃程度で最も温度むらの小さい結果を示した。この笠木部の温度むらは標石や貫などに比べて温度むらが著しい。その原因として、笠の上に多く載っている願掛けの小石や、地衣類や蘚苔類など植物の分布があげられる。小石の大きさと種類、日陰、蘚苔類による水分保持と放射エネルギーの遮蔽などが温度むらに影響を及ぼしたと考えられる。笠木は水分や環境温度による影響を直接受けているだけに、風化による表面の凹凸度合いも高くなっていることが予想される。また、測定基点から100cm～150cmの間と、350cm付近に低温部がある(αとβ)。この低温部は島木にも見られ(B、C)、島木への主な水分供給ルートである可能性を示唆する。しかし、実際には他の多くの個所にも水分供給痕を生じ、これに対応して温度むらの低温ピークが重なっている。この傾向は鳥居の裏(東面)でも同じだが、これは石材の水分による影響と温度むらとは相関があり、水分による影響が大きいほど赤外線放射エネルギーは小さいことを意味する。一方、柱の温度プロファイルでは著しい温度むらは見られない(D、E)。しかし、両柱は共通して中心部に高温ピークを生じ、柱の下段部で温度が低い。柱には笠木と島木と違って固着性地衣類が多く付着しており、中心部(γ)の正規面との温度差は約1℃を示す。平均温度は右柱で30.7℃を、左柱は約31.4℃を示して1℃以内の差を示す。つまり、柱に沿って付着する地衣類は正規石材面との温度むらを生じさせ、地衣類の付着面積と平均温度との相関が予想される。石鳥居に用いられた凝灰岩材は、

新第三紀（約 2400～200 万年前）に形成された火山灰の堆積岩である。岩石学的特性として、基質の粘土化の度合いが高く硬質頁岩の角礫を多く含む。蛍光 X 線分析により割り出された化学組成は、約 9 mass% の Fe 元素を含む珪酸塩質を示す。なかには、水分に溶けやすい K と Ca 元素を約 13mass% 含む。これらが優先的に溶解することで基質としての膠着力を失い、頁岩などの礫は母体から剥がれ落ちる。礫が外された空隙にはさらなる水分が浸み込まれ、劣化速度が加速されていると考えられる。また、鳥居のある場所は交通量の多い国道が走っており、自動車の排気ガスに含まれる硫黄酸化物 (SO_x) や窒素酸化物 (NO_x) による影響を受けやすい。両者は水分の介在で容易く硫酸と硝酸に変化し、石材を溶解しながら黒いシミを形成する。

4. まとめ

本報では赤外線サーモグラフィによる石鳥居の劣

化状態の解析を行った。その結果、赤外線サーモグラフィは文化財に影響を及ぼさない非破壊調査法として、最大の安全性確保と石造文化財における劣化状態の解析に有用な手段である。また、以降の具体的な保存対策に必要とされる基礎データの作成が可能であることが検討できた。課題として、凝灰岩の種類や空隙率、水分保持、凍結溶解などによる熱分布の変動をデータ化し、実測定データとの相関を指標化することで、劣化評価の信頼性を高めていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 矢尾板達也：ロックイン・サーモグラフィによる赤外線応力解析、疲労限界点，平成 12 年度第 1 回赤外線サーモグラフィによる非破壊評価特別委員会，2000. 6

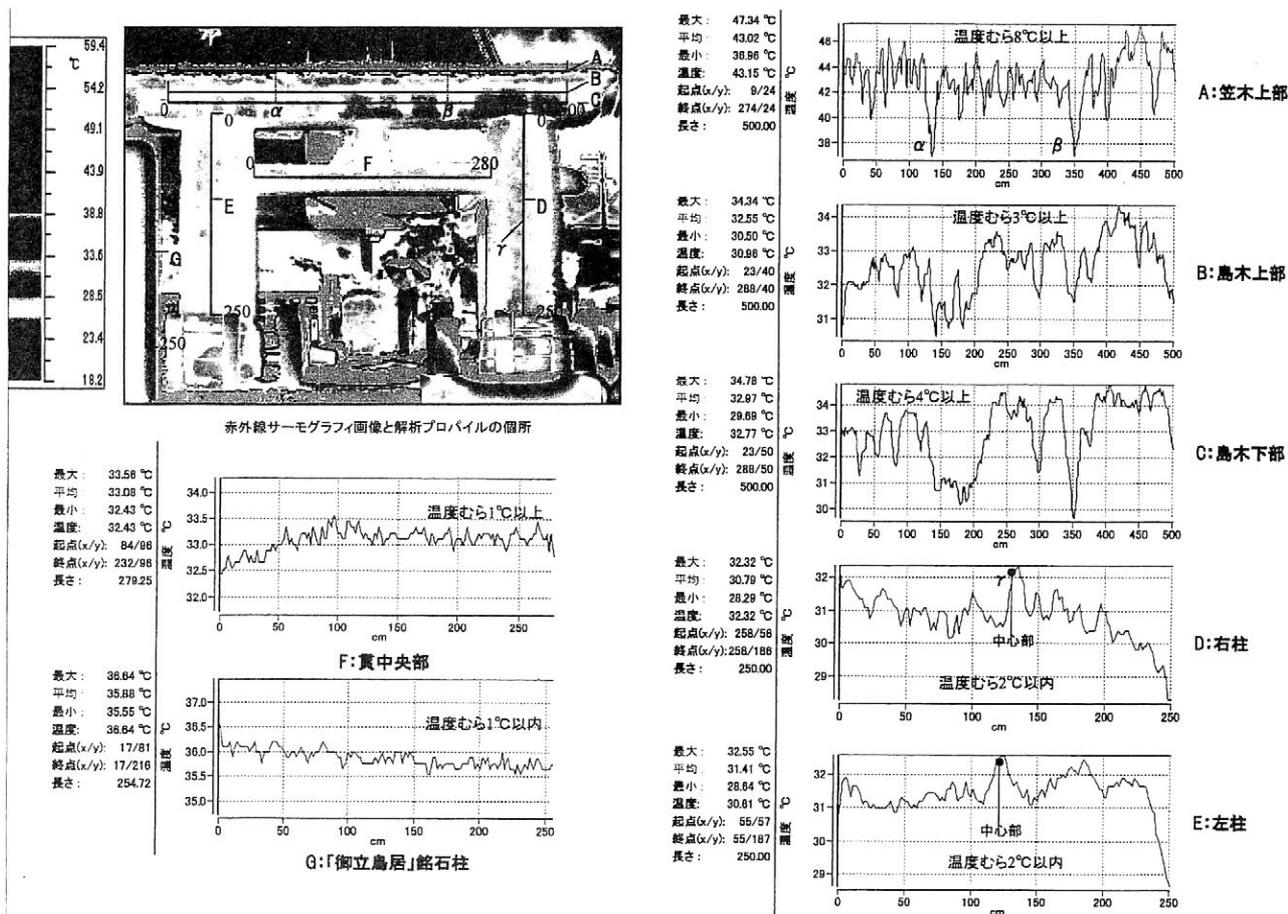


図 1 元木の石鳥居（国指定重要文化財）の赤外線サーモグラフィによる熱解析結果

逗子市名越切通の崩落対策（2） —砂岩に対する保存対策—

○小林 恵*・橋口 稔*・橋本直樹**・沢田正昭***
(*応用地質株式会社・**逗子市教育委員会・***国土館大学)

1. はじめに

国指定史跡名越切通は、鎌倉時代に尾根部の岩盤を掘削して造られた鎌倉七口（七切通）の一つで、鎌倉から逗子、三浦半島に至る主要交通路である。他の七口と比べ保存状態がよく、往時の雰囲気を残しているものの、崩落の危険性から通行禁止となっていた。

名越切通の最も特徴的な部分と言える第1切通（通称「ヲヲホウトウ」）は、第三期中新世から鮮新世の逗子層泥岩（下位）と池子層砂岩（上位）という二つの特徴的な地層からなる。切通路は、これを南北に断ち割る形で開鑿したもので、その崖面は乾湿風化によって徐々に岩盤崩落が進行している。切通の崩落対策は、遺構形状保存の面からも公開活用に向けた安全管理の面からも、史跡全域の整備に先駆けて速やかに行うべき課題であった。そこで平成13年度から3ヵ年をかけて、崩落対策工法の検討を行うための地盤工学的な調査、試験、解析、検討、試験施工を行い、平成16年度に本工事を実施した。本学会第21回大会では、このうち泥岩を対象とした保存対策方法について報告した。そこで、今回は砂岩を対象とした保存対策方法について報告する。

2. 切通崩落のメカニズムと逗子層泥岩の保存対策

当該地に分布する性質の異なる2層の地層（逗子層泥岩と池子層砂岩）の風化による切通の崩落のメカニズムは次のとおりである。

- ① 崖面部分で、下位にあたる逗子層泥岩の風化が先行して崩落する。
- ② 下位にあたる逗子層泥岩が崩落することにより、上位の池子層砂岩がオーバーハング状態となり、崩落する。
- ③ これらサイクルが長期にわたり繰り返され、現在の状態に至っている。

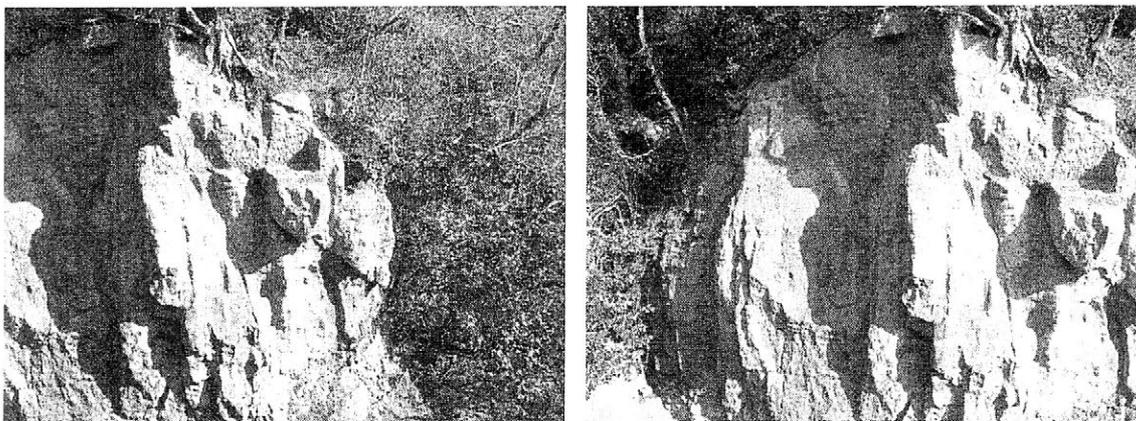
崩落を防止するには、まず下位の逗子層泥岩のスレーキング（乾湿風化）を抑制・抑止することが重要であることから、保存対策の第一段階として平成15年度に逗子層泥岩の基質強化処理、表面強化処理、撥水処理を実施した。

3. 池子層砂岩の保存対策

逗子層泥岩が、スレーキングにより露頭表面に細かい割れ目が発達し、細片状に崩れるのに対し、池子層砂岩は、樹根の影響などにより大きな亀裂が発達し、岩塊として崩落する可能性が高く、また逗子層泥岩の上位にあるため、落石した場合の通行者への危険性が高い。そこで、下記の対策を実施した。

- ① ロックボルト…亀裂の多い風化の進んだ岩盤の崩壊・崩落を防止するため、風化の進んでいない内部の岩盤までロックボルト（ねじ径25mm、L=2.5～3.0m）6本を挿入し、オーバーハング部の岩盤の安定性を確保した。

- ② 棚式補強…ロックボルト工のみでは不安定岩塊の自重を支えることが困難な箇所について、上部にロックボルト（ねじ径 22mm、L=2.5m）2本を施工し、併せて不安定岩塊の下端の安定岩塊に片持ち梁構造の棚を設置した。棚式補強は、ロックボルト（ねじ径 19mm、L=1.25m）2本を打設した上に埋め込み金物を設置した。



竣工写真（左；ロックボルト施工箇所、右；棚式補強施工箇所）

- ③ 亀裂充填…岩盤の亀裂部分に充填材を注入し、岩同士を接着させることで安定性を図った。亀裂への雨水の侵入を防ぎ、亀裂の進行を抑制することが期待できる。
- ④ 樹木伐採…崖面肩付近に連立する樹根の発達により、岩盤を押し割り、切通部の不安定化の誘因となっていたため、影響を及ぼしている樹木 13 本を対象に、根元より約 30～50cm で切断し、切株部には防腐処理剤（雑菌塗布剤；トップジン M ペースト）を塗布した。
- ⑤ 強化撥水处理…砂岩の基質強化を目的として、珪酸エステル系の基質強化剤を塗布した。強化処理後、岩盤への雨水等の浸透を抑制するため、シラン系撥水剤を噴霧した。
- ⑥ 擬岩処理…ロックボルト打設箇所、棚式補強箇所及び全ての亀裂充填箇所について、擬岩処理を行った。

4. まとめ

史跡の保存と公開を考えた場合、できるだけ史跡を傷つけない手法を用いて、来訪者の安全を確保することが望ましい。しかし、そのままの状態では崩落や通行の危険性が回避できない場合には、保存と公開にとってもっとも効果的な土木的手法を使用することが必要である。その際、できるだけ施工箇所が目立たないよう、景観に配慮する必要がある。今回、土木的手法と化学的手法を併用することにより、安全性を確保し、景観にも違和感のない施工を行うことができ、その有効性を確認した。今後は、亀裂内に残存した樹根の処理を行い、対策工の持続性などを定期的にモニタリングし、史跡の適正な維持管理工法を確立することが重要である。なお、本史跡では、本工事終了後の平成 17 年 4 月より切通の通行が可能となっている。

最後になりましたが、本発表にご協力いただいた、工事関係者である(株)鴻池組、(株)信友建設、第二建設(株)、(株)アイ・エヌ・テクニカルラボ（順不同、敬称略）にこの場を借りてお礼申し上げます。

マハタート寺院煉瓦建造物の劣化評価に関するモニタリング
 -建造物の3次元構造アーカイブ技術でのCADから4D-GISへの移行-

○二神葉子*・津村宏臣**

(*東京文化財研究所 **同志社大学)

1. はじめに

筆者らは、2004年からタイ・マハタート寺院煉瓦建造物の劣化評価に関し、デジタル写真測量計測を応用しながら実践的に3次元的な形状劣化のモニタリングを実施している(二神・津村 2005 など)。本研究では、これまでの劣化評価を継続すると同時に、遺跡(遺構)の3次元構造情報に関する情報モデル化に関する研究を進めており、ここでは、従来型の3次元形状情報アーカイブから、4次元的なGISをもちいたアーカイブシステムへの移行と劣化解析に関する現状を報告する。

2. 対象と現状

本研究の対象は、タイのアユタヤに所在するマハタート寺院(Wat Mahathat)の煉瓦建造物である(Fig. 1)。東京文化財研究所では、1992年以降、タイ国文化省芸術総局との文化財保存修復に関わる共同研究を実施しており、本寺院の煉瓦建造物についても、その共同研究サイトの1つである。

現在、2000年に3次元レーザースキャナで取得したXYZ点群データと6×6の写真測量用アナログカメラで撮影した写真、2004と2005年に民生用のデジタルカメラで撮影した写真がアーカイブされており、煉瓦建造物遺構の位値情報と物性(色調)情報の基礎情報となっている。また、写真測量計測技術を用いて、デジタル写真からXYZ点群データを作成し、またこれを空間内挿してDCMを生成する作業を継続している(Fig. 2)。これらの形状データは、現在CADシステムで保管・管理されている。

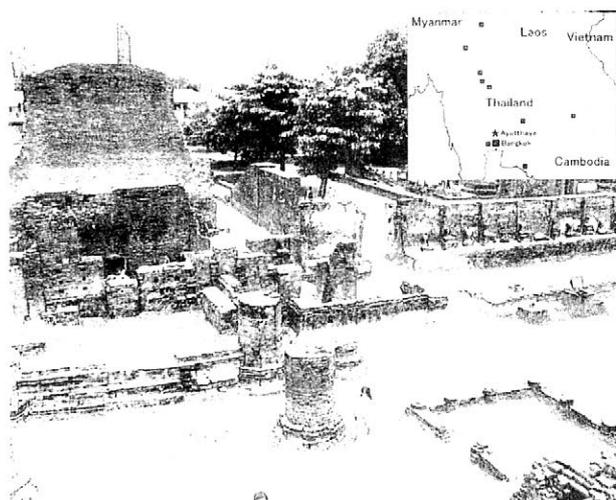


Fig.1 マハタート寺院煉瓦建造物

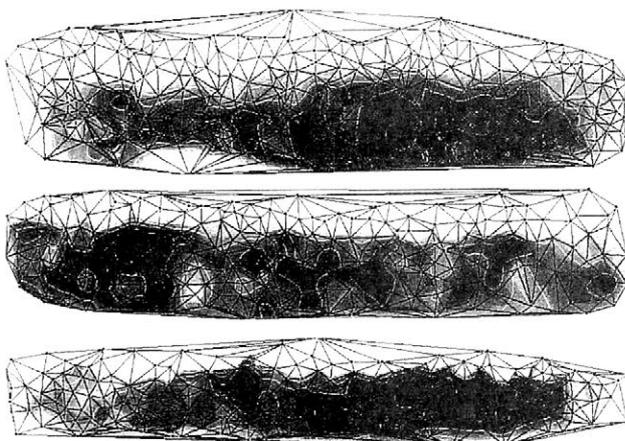


Fig.2 煉瓦表面の3次元DCM(2004)

3. アーカイブと遺跡モデリング

村尾ら(村尾・碓井・森本・清水・野田・藤本 2006)が指摘するように、特に遺構に関するデータでCADシステムを適用することは、図面や形状の再生を目的とするデジタル化

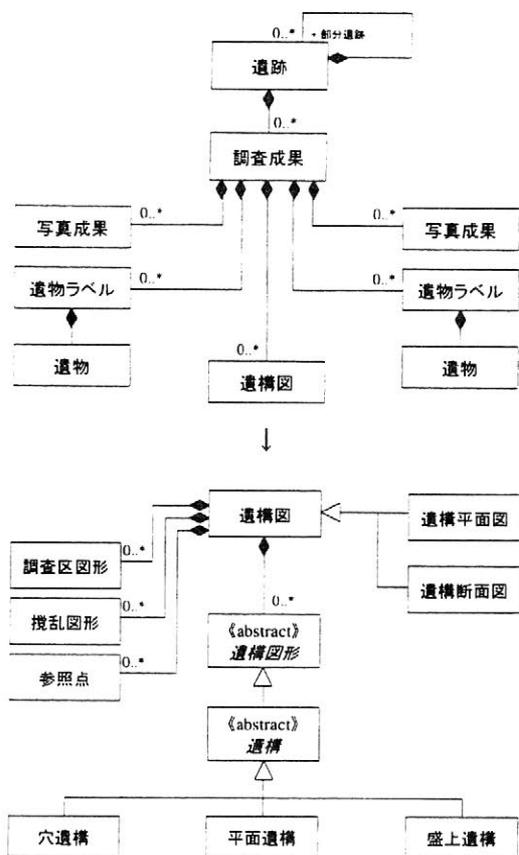


Fig.3 遺跡情報モデリング(村尾ほか 2006 より)

であり、1つ1つのオブジェクトに関する文化財科学や保存修復に関わるデータの意味づけは余り考慮されていない。また、遺跡や遺構の実物を「本質的モデル」として理解し、情報化はこの本質モデルをどのようなビジョンで再モデル化するかであることも、あまり理解されていない。そこで、本研究ではこれまで蓄積されてきたデータを、遺跡情報モデルとして構築することを目指し、村尾らによる Fig. 3 の遺跡情報標準化と情報のクラス化を実施した。

また、写真データについては、カメラに準拠した幾何光学補正をおこない内部標定を実施した。撮影時期が異なる複数の座標系を統一するため、撮影されたオブジェクトから不動と考えられる共通点を選定し、再構築後に座標値を取得した基準点で構築したモデル座標系で統合した。次に、各時期の写真を被写体の規模で分割して相互標定し、それらを接続評定して外部標定解析をおこない、撮影のカメラ位置と対象までの被写体距離、カメラの傾きなど、共線条件の外部標定要素を計算した。こうした XYZ 座標

のモデル座標系が付された写真については、被写体の 3 次元座標値でハイパーリンクし、擬似的な 3 次元写真空間を構築した。

4. 色調情報の解析事例

XZ 座標系の属性値として色情報の付された写真データに関し、煉瓦の劣化評価について、Moran の I 測度を利用した方法を試行した。Moran の I 測度は、特定のピクセルの空間的自己共分散を標準化した統計量であり、

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad n \text{ はピクセル数, } W \text{ は } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \text{ である.}$$

この統計量は、特定のピクセルとその周囲のピクセルの属性値との値の格差で -1 ~ 1 の値をとる。そこで、2000・2004・2005 年の煉瓦表面の微細な凹凸を色調の変化から評価するため、写真の色調情報から明度に当たる値を 0 ~ 255 値に再分類し、3 次元 DCM の差分法による傾度解析で煉瓦の小口面のみを抽出、各年の写真明度の平均値で標準化したピクセル明度データに関して、Moran の I 測度を計出した。

結果(いずれも一部分につき)、2000 年の I 測度が 0.7245、2000 年の I 測度平均が 0.5014、2000 年の I 測度平均が 0.4986 となり、経時変化として煉瓦表面の凹凸度が増していることが明らかとなった。しかし、陰影データの標準化などについては課題として残された。

高松塚古墳墳丘部の地盤特性に関する調査

三村衛*、○石崎武志**、犬塚将英**

*京都大学・防災研、** 東京文化財研究所

1. はじめに

壁画発見より約30年経過した平成13年に石室内部および取合部（石室の南側部分）にカビの発生が見られた。このカビの発生原因を明らかにすること及び対策方法の検討のために、石室周辺の環境状態に関して様々な調査が行われた。調査のために、石室の北側、東側、西側の石室より2m離れた3地点でボーリングを行い、不攪乱の試料を採取し、様々な物理試験を行った。また、ボーリング孔を用いて、墳丘部の振動特性を測定した。ここでは、墳丘部の地盤調査結果の概要について報告する。

2. 墳丘部の試料採取

ボーリング作業は、墳丘の西側（B1）、北側（B2）および東側（B3）で、仮設足場上でを行い、墳丘上に荷重がなるべくかからないようにして行った。また、ボーリング作業では、泥水を使用せずコンプレッサーを用いてエアボーリングによる掘削を行った。ボーリングの詳細は、前回の発表で報告した。墳丘部西側で採取されたボーリングコアの写真、RI密度計による測定結果、及び粒度分布のグラフを図1に示す。コアの写真からは、色調の違いが層状に現れており、数cmごとに土を突き固めた版築の縞模様が、明確に判別できる。RI密度スキヤニングの結果から、約5cmごとの密度の変化が深度方向に繰り返し現れていることがわかる。「明瞭な版築」に分類される上部深度から採取されたものに細粒分含有率が多く含まれる傾向があり、下図に見られるように75 μ m以下の含有率は20%を超えているのがわかる。

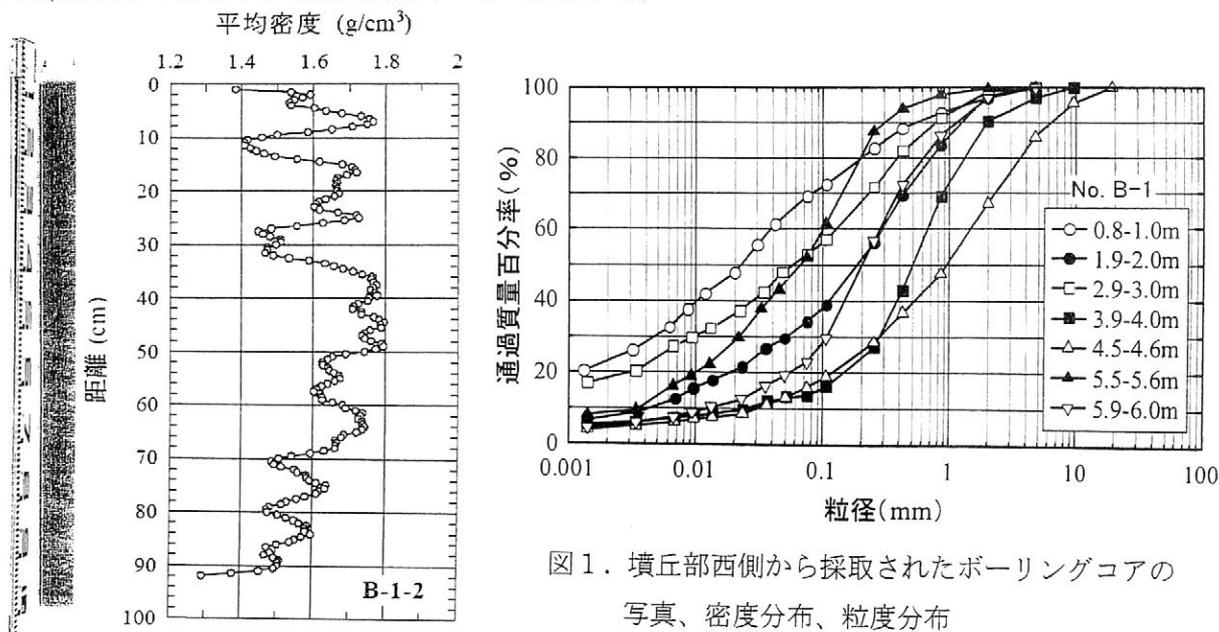


図1. 墳丘部西側から採取されたボーリングコアの写真、密度分布、粒度分布

3. ボーリング孔を用いたP S速度検層

発掘調査によって古墳内部に地震の痕跡と思われる多数の地割れが見つかったことから、高松塚古墳の恒久保存対策の一部に、耐震性という要因を加えないといけないことがわかった。3ヶ所

のボーリング孔を利用してPS速度検層を実施し、墳丘内を伝播する弾性波（P波，S波）速度の震度方向分布を測定し、RI検層で測定した密度値を用いて地盤の剛性率とポアソン比を求めた。弾性波の発生は、P波については地面に置いた銅板を垂直に打撃することにより、またS波については板叩き法によって行った。PS速度検層試験によって得られた結果を図2に示す。高松塚古墳の周囲の地下水位は風化花崗岩の地山内部にあり、少なくとも今回実施したサンプリング後に設置したボーリング孔内はドライな状態である。したがって、墳丘全体は地下水位以上であり、不飽和状態となっている。このため、P波の値は不飽和の影響で非常に小さくなっている。一方、S波についても、3孔ともに風化花崗岩の基盤でかろうじて200m/sを記録するが、版築部では70~160m/sとかなり低い値を示すことがわかる。道路橋示方書による砂質土に対する式を用いてS波速度Vs(m/s)から換算N値を求めてみると、この部分の換算N値は1~8となった。

浅香・桂¹⁾は、セメント改良土のS波速度と一軸圧縮強さの間には次式のような関係が成り立つことを種々の土質材料に対する実験結果に基づいて示している。

$$q_u = a \cdot [\exp(b \cdot V_s) - 1] \quad (1)$$

ここに、a, bは材料によって決まる定数で、原位置土に対しては、a=0.005, b=0.015を与えている。この値を用いてquを計算すると、Vs=160m/s, 70m/sという高松塚版築で最大、最小のS波速度に対する一軸圧縮強さは、それぞれqu=50kN/m², 9.3kN/m²と求められる。針貫入試験による換算一軸圧縮強さ(200~1000kN/m²)と比較すると、オーダーの違う値となっていることがわかる。この結果は、墳丘部の版築自体は、十分に強度があるが、墳丘部全体としては地震の痕跡と思われる地割れにより、構造体としての強度が低くなっていることに対応していると考えられる。

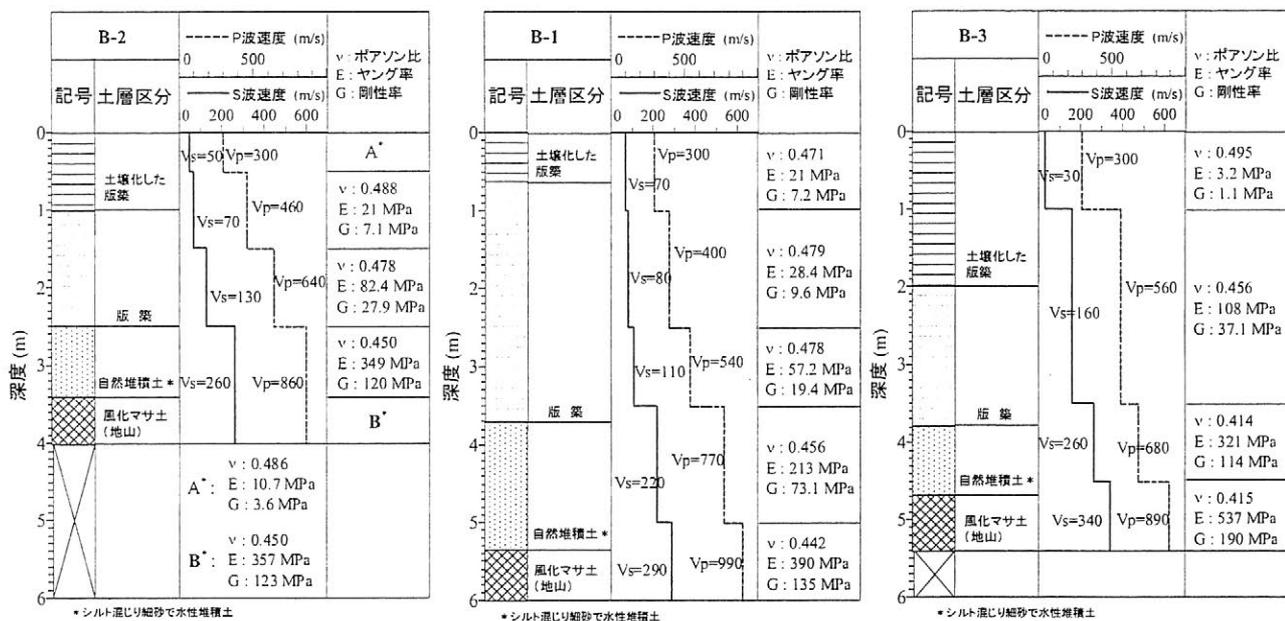


図2 高松塚古墳墳丘におけるPS速度検層試験結果

1) 浅香美治, 桂豊, 「室内配合試験によるセメント改良土のせん断波速度と一軸圧縮強さの関係」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, No.20222, pp.443-444, (2003).

高松塚古墳から採取されたカビ・酵母の発育温度試験

○高鳥浩介・相原真紀・朴奉柱（国立医薬品食品衛生研究所）
・佐野千絵・木川りか・三浦定俊（東京文化財研究所）

1. はじめに

高松塚古墳では、カビ等が生育しやすくなっている要因として石室内の温度上昇もその一因と考えられている。古墳内部での温度がカビ・酵母の発育にどの程度影響を及ぼすか検討するため、高松塚古墳から分離した主要なカビおよび酵母を用いて検証した。

2. 使用菌株

高松塚古墳から最近分離した主要なカビおよび酵母を使用菌株として試験を行った。

- 1) 高松塚古墳から 2001 年 12 月 18 日、2004 年 5 月 19 日、および 9 月 6 日に採取した菌株
カビ 15 株（高松塚古墳 12 菌株および参照菌 3 株）
および酵母 2 株（高松塚古墳 1 菌株、および参照 1 菌株）
- 2) 高松塚古墳から 2004 年 10 月 26 日採取した菌株
カビ 12 株（高松塚古墳 9 菌株および参照 3 菌株）

3. 方法

ポテト・デキストロース寒天培地（直径 90mm のシャーレ）3 枚に各カビを培養し、低温の所定温度(5, 10, 12, 15, 17, 25 C)下でその発育性を検討した。培養後、寒天培地での集落直径 (mm) を経日観察し、その平均値を算出しグラフに示した。

4. 結果と考察

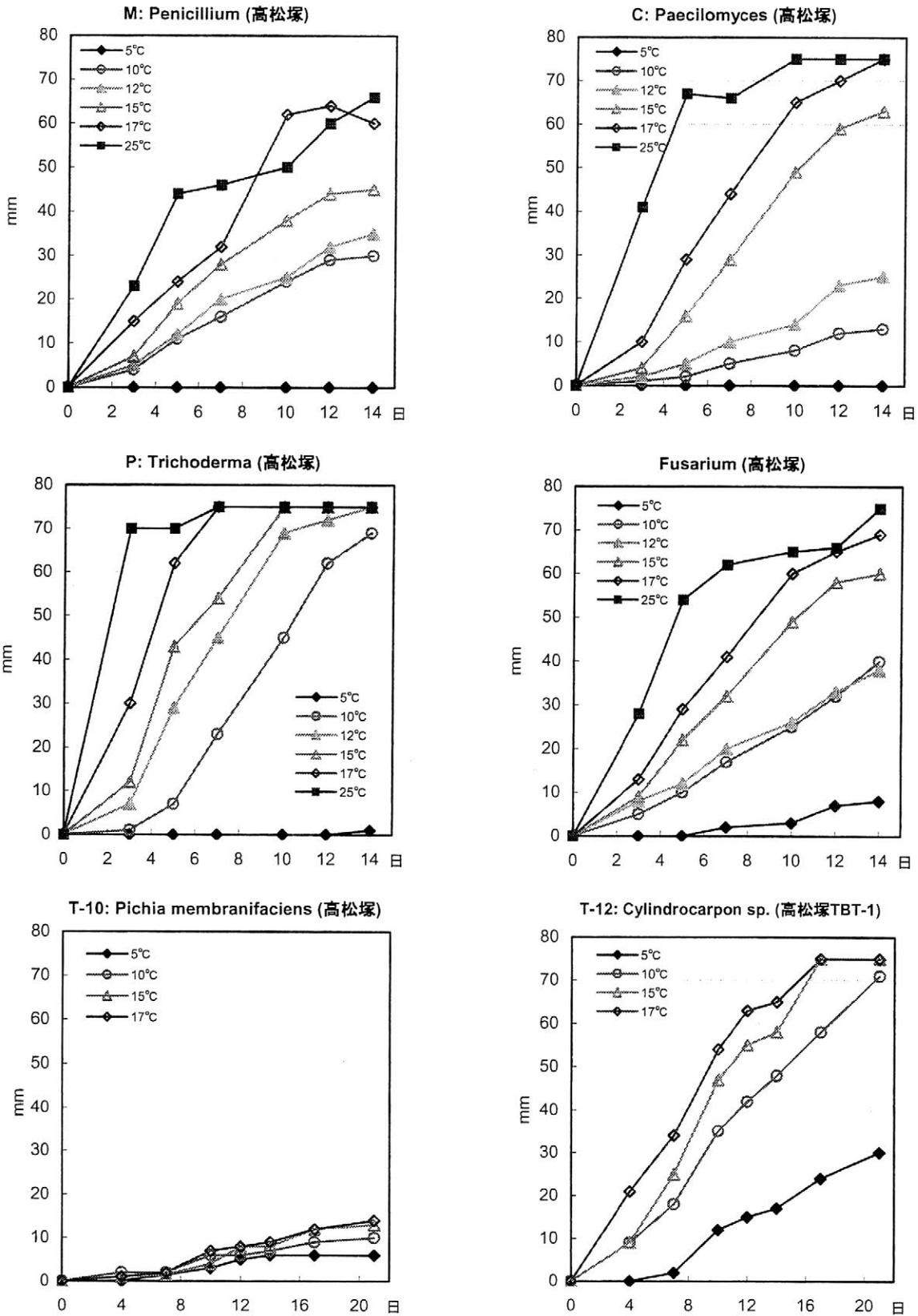
カビ及び酵母の多くは、一般に 20~30℃が適温であり、20℃以下になると発育が弱くなる。高松塚古墳由来のカビ及び酵母を用いて発育温度試験を行ったところ、菌種によって発育に多少の差がみられたが、基本的には菌種に関わりなく低温になるほど発育が弱くなる傾向は共通していた。10℃の発育状態は、15℃と比較すると明瞭に発育差がみられ、ある程度の発育抑制を期待するには、少なくとも 10℃以下が望まれると考えられた。さらに、5℃では多くのカビが明瞭に抑制されたが、その条件でもある程度発育するカビもあった。

10℃前後になると多くの菌株はかなり発育が抑制されたが、10℃以下でも発育を全く抑制するというわけではない。また、5℃では多くのカビは抑制され、長期に及んでも発育を示さない傾向にあったが、なかには発育するカビがあり、低温条件のみを恒久対策とするのは困難であると考えられる。

したがって、低温によるカビ対策は、カビの増殖を相対的に遅くするという観点からは、一時的なカビの緊急対策とはなりうるが、低温条件のみを恒久対策とするのは困難であると考えられる。

<謝辞> 使用菌株につきまして、一部を杉山純多博士にご提供いただきました。記して感謝いたします。

図. 高松塚古墳から採取したカビ・酵母の発育と温度の関係 (今回の結果の一部を示す)



高松塚古墳から採取されたカビ・酵母の発育に対する 温度および湿度の影響

○ 阿部恵子（環境生物学研究所）・杉山純多（テクノスルガ）・
木川りか・佐野千絵・三浦定俊（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）

1. はじめに

古墳内部でのカビ繁殖を抑えるための基礎データをとることを目的とし、最近、高松塚古墳から分離された主要なカビと酵母について、発育と温度・湿度の関係を調査した。

2. 調査方法

カビ 15 株（参照菌 3 株、および高松塚古墳から採取された菌 12 株）および酵母 2 株（参照菌 1 株、および高松塚古墳から採取された菌 1 株）を使用した。

使用菌株は下記の通りである。

<参照菌>

R-1 *Aspergillus terreus* Thom NBRC 6346 / R-2 *Penicillium citrinum* Thom NBRC 6352 /
R-3 *Fusarium moniliforme* Sheldon (As *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenweber) NBRC 31251 /
R-4 *Pichia membranifaciens* (*Pichia alcoholophila*) NBRC 10725

<高松塚採取菌>

T-1 *Acremonium* sp. (sect. *Gliomastix*) / T-4 *Trichoderma* sp. 1-b / T-5 *Gliocladium* sp. 2
T-6 *Penicillium* sp. 4 / T-14 *Fusarium* sp. 4 (以上、2004 年 5 月 19 日採取分)
T-7 *Fusarium* sp. 2 / T-8 *Penicillium* sp. 4 / T-9 *Trichoderma* sp. 4 (以上、2004 年 9 月 6 日採取分)
T-10 *Pichia membranifaciens* / T-11 *Fusarium* sp (以上、2004 年 7 月 16 日採取分)
T-12 *Cylindrocarpon* sp. (褐色) / T-13 *Cylindrocarpon* sp. (褐色) (以上、2001 年 12 月 18 日採取分)

各菌株の胞子を 0.5% グルコースと 0.5% ゼラチンを含む溶液に懸濁し、約 1×10^6 個/ml の胞子溶液をプラスチック板にスポット状に接種し、乾燥させた。その試験片を、温度 10℃、15℃、20℃の 3 段階と相対湿度 80%、90%、100% の 3 段階を組み合わせた環境下で培養した。培養期間は 24 時間および 8 日間の 2 期間とした。

3. 結果

ここでは、表 1 から表 3 にカビについての結果を示す。

相対湿度 80% および 90% では、古墳から採取されたカビは発育がかなり抑えられ、8 日間には生育が認められなかった。一方、相対湿度 100% では、今回の条件下では 10℃ においても、ほとんどのカビが 8 日間で発育した。したがって、高松塚古墳石室を現在汚染している主要なカビの分離株は全て好湿性カビであり、10℃ でもある程度生育できることがわかる。

表1 相対湿度 80%でのカビ発育

菌株	24 時間培養			8 日間培養		
	10℃	15℃	20℃	10℃	15℃	20℃
R-1 <i>Aspergillus terreus</i> Thom NBRC 6346	-	-	-	-	-	-
R-2 <i>Penicillium citrinum</i> Thom NBRC 6352	-	-	-	-	-	-
R-3 <i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon NBRC 31251	-	-	-	-	-	-
T-1 <i>Acremonium</i> sp. T4519-5 より	-	-	-	-	-	-
T-3 <i>Fusarium</i> sp.8 T4519-9 より	-	-	-	-	-	-
T-4 <i>Trichoderma</i> sp. 1-b T4519-9 より	-	-	-	-	-	-
T-5 <i>Gliocladium</i> sp. 2 T4519-8 より	-	-	-	-	-	-
T-6 <i>Penicillium</i> sp. 4 T4519-9 より	-	-	-	-	-	-
T-7 <i>Fusarium</i> sp.2 T4906-8 より	-	-	-	-	-	-
T-8 <i>Penicillium</i> sp. 4 T4906-7 より	-	-	-	-	-	-
T-9 <i>Trichoderma</i> sp. 4 T4906-8 より	-	-	-	-	-	-
T-11 <i>Fusarium</i> sp. (T-10 と同じ試料から分離)	-	-	-	-	-	-
T-12 <i>Cylindrocarpon</i> sp. TBT-1 (褐色になる)	-	-	-	-	-	-
T-13 <i>Cylindrocarpon</i> sp. TBT-2 (褐色になる)	-	-	-	-	-	-
T-14 <i>Fusarium</i> sp.4 T4519-9 より	-	-	-	-	-	-

：発芽が認められない。

表2 相対湿度 90%でのカビ発育

菌株	24 時間培養			8 日間培養		
	10℃	15℃	20℃	10℃	15℃	20℃
R-1 <i>Aspergillus terreus</i> Thom NBRC 6346	-	-	-	-	-	+
R-2 <i>Penicillium citrinum</i> Thom NBRC 6352	-	-	-	-	++	++
R-3 <i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon NBRC 31251	-	-	-	-	-	-
T-1 <i>Acremonium</i> sp. T4519-5 より	-	-	-	-	-	-
T-3 <i>Fusarium</i> sp.8 T4519-9 より	-	-	-	-	-	-
T-4 <i>Trichoderma</i> sp. 1-b T4519-9 より	-	-	-	-	-	-
T-5 <i>Gliocladium</i> sp. 2 T4519-8 より	-	-	-	-	-	-
T-6 <i>Penicillium</i> sp. 4 T4519-9 より	-	-	-	-	-	-
T-7 <i>Fusarium</i> sp.2 T4906-8 より	-	-	-	-	-	-
T-8 <i>Penicillium</i> sp. 4 T4906-7 より	-	-	-	-	-	-
T-9 <i>Trichoderma</i> sp. 4 T4906-8 より	-	-	-	-	-	-
T-11 <i>Fusarium</i> sp. (T-10 と同じ試料から分離)	-	-	-	-	-	-
T-12 <i>Cylindrocarpon</i> sp. TBT-1 (褐色になる)	-	-	-	-	-	-
T-13 <i>Cylindrocarpon</i> sp. TBT-2 (褐色になる)	-	-	-	-	-	-
T-14 <i>Fusarium</i> sp.4 T4519-9 より	-	-	-	-	-	-

：発芽が認められない。+：発芽が認められ、菌糸長が 200 μm 未満。

++：菌糸長が 200 μm 以上で 2000 μm 未満。

表3 相対湿度 100%でのカビ発育

菌株	24 時間培養			8 日間培養		
	10℃	15℃	20℃	10℃	15℃	20℃
R-1 <i>Aspergillus terreus</i> Thom NBRC 6346	-	-	-	-	++	++
R-2 <i>Penicillium citrinum</i> Thom NBRC 6352	-	-	+	+	++	++
R-3 <i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon NBRC 31251	-	-	-	++	++	+++
T-1 <i>Acremonium</i> sp. T4519-5 より	-	-	+	+	++	++
T-3 <i>Fusarium</i> sp.8 T4519-9 より	-	-	+	++	+++	+++
T-4 <i>Trichoderma</i> sp. 1-b T4519-9 より	-	-	+	+	++	+++
T-5 <i>Gliocladium</i> sp. 2 T4519-8 より	-	-	+	+	++	+++
T-6 <i>Penicillium</i> sp. 4 T4519-9 より	-	-	+	+	++	++
T-7 <i>Fusarium</i> sp.2 T4906-8 より	-	-	+	+	+++	+++
T-8 <i>Penicillium</i> sp. 4 T4906-7 より	-	-	+	+	++	++
T-9 <i>Trichoderma</i> sp. 4 T4906-8 より	-	-	-	+	++	+++
T-11 <i>Fusarium</i> sp. (T-10 と同じ試料から分離)	-	-	+	+	++	+++
T-12 <i>Cylindrocarpon</i> sp. TBT-1 (褐色になる)	-	-	-	++	+++	+++
T-13 <i>Cylindrocarpon</i> sp. TBT-2 (褐色になる)	-	-	-	+	++	++
T-14 <i>Fusarium</i> sp.4 T4519-9 より	-	-	+	+	+++	+++

：発芽が認められない。+：発芽が認められ、菌糸長が 200 μm 未満。

++：菌糸長が 200 μm 以上で 2000 μm 未満。+++：菌糸長が 2000 μm 以上。

高松塚古墳・キトラ古墳における微生物調査

○佐野千絵・木川りか・間瀬創・三浦定俊（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）
 ・喜友名朝彦・小出知己・杉山純多（株式会社テクノスルガ）

1. はじめに

高松塚古墳の定期点検（毎年3月に実施、1994年～2000年）に伴う微生物調査は、毎年、文化庁と東京文化財研究所の担当者による目視調査・記録と、滅菌綿棒による定点の拭き取り／培養・同定により行われてきた。菌糸が生育している場合には、滅菌綿棒で採取・培養・同定の手順でおこなっていた。同定は属レベルまでとじていた。

2001年のカビ被害の拡大後、菌類と細菌の混生やバイオフィーム生成など、微生物の種類や量、そして微小動物（ダニ、トビムシなど）との関係を含め、その役割を解明して対策を取ることが必要となり、微生物の精密な同定の重要性が増してきた。両古墳においても2004年9月以降、定期的に専門家による微生物調査を取り入れ、それに伴い採取方法、浮遊菌採取による環境評価、分子系統解析による同定など、微生物調査手法を改良してきた。本報告では各手法について紹介し、古墳の保存に係わる基礎調査としての微生物調査方法について検討した結果を報告する。

2. 微生物調査手法

2-1. 付着菌調査—採取方法と同定手法、レベルを変更

2004年5月に杉山純多による現地調査があり、高松塚古墳のような湿った環境で生育する湿性菌の場合、滅菌綿棒採取では乾燥して死滅することも多いことから、湿った状態で微生物を採取・輸送する方法に変更した。採取してきたサンプルからの菌類の分離には湿室法・塗抹法・希釈法、細菌の分離には塗抹法・希釈法を用いた。

また、適切な対策を取るためにも、微生物の由来を明らかにするためにも、種名までの同定が必要である。遺伝形質として細菌については16S rDNA-Full、カビ・酵母に対しては主として核28S rDNA-D1/D2（一部の分類群には18S rDNAやEF-1 α ）を用いている。そのため、表現形質に加え、遺伝形質（主としてリボソームRNA遺伝子（rDNA）塩基配列）を使った系統解析による統合的（integrated）同定手法を採り入れた。

分離後の菌株は、漆喰壁画を有する古墳で見られた微生物として重要な証拠資料（voucher）であり、保存アンプルあるいはグリセロールストックのいずれかの方法で長期保存を図っている。

2-2. 浮遊菌調査—環境評価法として採用、管理運営方法の改善へ

浮遊菌（空中菌類 air-borne fungi ともいう）量は乾性真菌類による汚染を把握するもので、付着真菌の繁殖との関連も研究途上である。施設の清浄度を評価するためには有益な手法であり、除菌や清掃による効果など、制御状況の評価に用いている。

2-3. 微生物の由来についての検討

微生物の石室内への侵入経路については未解明であり、墳丘を構成する土壌からの微生物移動の他、取り合い部からの汚染、保存施設入り口を経由しての汚染などの可能性がある。この点を検討するため、平成18年度には、発掘に伴い各地点で土壌サンプルを採取し、微生物群の相同性を検証して石室内への微生物の侵入経路を検討する予定である。

平成17年度は、適用する手法の検討のため、下記の土壌試料（深さ5cm地点で採取）に対して、PCR増幅予備試験、DGGE解析、DGGEバンド塩基配列解析等を試験し、古墳内部と周辺環境の微生物群の相

同性について比較検討した。

高松塚古墳：墳丘北側遊歩道より北東の竹藪の中、墳丘北側遊歩道の北崖面1 m下、取合部東、取合部西、温度センサー奥

キトラ古墳：墳丘から東に5 mほど離れた竹藪の中、南西畑の脇、石室内南面下部盗掘口からの流入土、天井石と東壁北寄の目地よりの流入土、天井石と南壁の目地よりの流入土

3. 調査結果の一例

一例として、キトラ古墳保護覆屋内の浮遊菌調査結果と対策について紹介する。

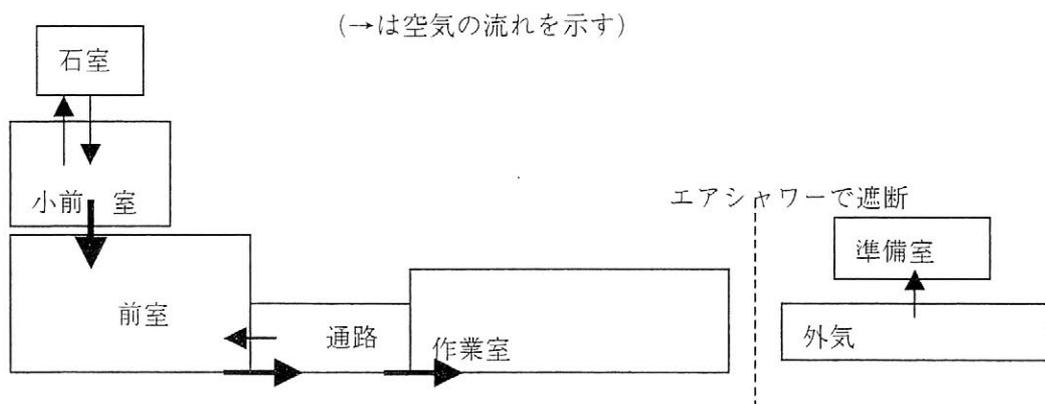
キトラ古墳保護覆屋内では定期的に、点検作業開始時に浮遊真菌、落下真菌試料を採取し、汚染状況を監視している。小前室等室内空間での試料採取では作業者一人のみ入室し、人体からあるいは作業によるの発塵の影響がないように注意した。石室内は狭く、浮遊菌採取用のサンプリングポンプによる発塵が避けられないため落下菌採取を行っている。その際、石室内には入室せずに、侵入口からサンプリングシャーレを導入・回収した。

浮遊真菌採取には BIO SAMP MBS-1000 を MA 培地と組み合わせて用いている。各室内空間のほぼ中央、高さ約1 m地点で 10~50L をサンプリングした。4 日間培養後にコロニー形成単位 (Colony Forming Unit、以下では CFU と省略) を計数し、CFU/m³ を求めた。落下真菌採取は φ 9 cm シャーレに MA 培地を作り、空間に 10 分間静置した。4 日間培養後に CFU を計数した。

真菌量と微生物の種類構成を比較して検討し、保護覆屋内の微生物環境について以下のことがわかった。

- ① 準備室の真菌量は比較的少なく一定で、外気中の真菌量の季節変動に、ある程度影響を受ける。エアシャワーにより、作業室以降の各室に外気の影響は及ばない。
- ② 空調設計の通りに室内空気は流れており、作業室と前室をつなぐ通路の真菌量の増減が隣接する作業室に反映される。空気の流れは基本的に前室→通路であるが、空調系が稼働していないと通路の真菌汚染が前室にも拡大する。
- ③ 室に隣接する小前室から前室へ、空調設計通りに空気は流れており、原則的には小前室は前室の影響は受けない。

原則的に、石室は隣接する小前室の影響を受ける。小前室の環境制御と清浄化が石室内の壁画保存に必須である。



以上の結果から、空調系稼働により浮遊真菌量は抑制されることがわかったので、当初の空調系使用方法を変更して、年間を通して空調は稼働することとなった。また浮遊菌量や種類を定期的に監視しながら、保護覆屋に対して必要な除菌処置や各種殺菌対策などを採り入れている。

<謝 辞>発表にあたり、ご許可いただいた文化庁をはじめとする各関係機関の皆様にご挨拶いたします。

古墳の保存と活用のための生物等被害状況アンケート調査 — 九 州 —

○佐野千絵・石崎武志・三浦定俊（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）

1. はじめに

2002年10月の文化庁による報道公開以降、高松塚古墳のカビ等微生物による劣化について、その原因解明が不十分である、他の古墳では問題がないのにどうして高松塚だけでカビが生えるのか、という疑問が掲出されている。しかし、国内の古墳におけるカビ等生物被害状況調査はこれまで行われておらず、被害状況は明らかではない。そこで、古墳の保存と現場の管理・公開活用のあり方について検討を進めるため、現状調査を計画した。

本報告は、東京文化財研究所保存科学部が調査票を送付して回答を得た九州地方の状況についてまとめたものである。

2. 調査手法

古墳・横穴墓のいずれをも調査対象とし、過去に保存整備に係わる調査研究で当所と連携の深い九州地区、特に近年連携を強化していた福岡県内を、はじめての調査対象地域に選定した。福岡県は装飾古墳・装飾横穴も多く、国庫補助による史跡等保存整備事業の実績も古墳・古墳群、横穴等に対して23件（2004年3月31日現在¹⁾）を数え、管理体制が確立して実質的に有効な回答が見込まれる地域と推測した。そこで福岡県内に対しては、古墳の保存状況について広く情報を得たいと考え、県内全市町村教育委員会96に対して当所からアンケート票を送付して返送を待つ形での調査を行い、66教育委員会から回答を得た（実施時期：2004年1月、回収率68.8%）。

熊本県内については管理古墳数の多くなることが見込まれ、県教育委員会と実施方法の詳細およびアンケート内容、公表手段についてあらかじめ相談した。その過程でアンケート回収率を上げるために、調査対象を装飾古墳を管理する教育委員会に絞り、県教育委員会より装飾古墳の所在する市町村教育委員会一覧の提供を受けて、該当する24教育委員会あてに調査を依頼し、15教育委員会より回答を得た（実施時期：2005年5月、回収率62.5%）。

大分県、長崎県、鹿児島県、宮崎県、佐賀県では、県教育委員会が同一のアンケート票を用いて管理古墳を有する県下教育委員会に対して調査を行い、ご返送いただいたものを集計した。

調査票は、簡潔に生物被害状況を把握することを目的に、樹木による墳丘の倒壊や石室内への漏水等の現象の有無、開口と蘚苔類の繁茂、漏水・開口とカビ被害との関連、昆虫等の影響に着目して設計した。

3. 調査結果

福岡県内の調査地区で古墳を管理しているのは回答のあった66教育委員会のうち53教育委員会で、117基の古墳と11古墳群を管理していた。移設は8基、石室装飾石材等の保存のみとの回答も2例あった。熊本県内については15教育委員会より回答を得て、多数の装飾古墳の管理状況を把握した。

生物的要因による古墳への被害とその可能性を問うたところ、何らかの憂慮すべき事象の発生は、昆虫等の侵入を除き10%以内におさまっており、全体として良く管理されていた。しかし、ゲジゲジ

などの大型節足動物や蛙などの両生類の侵入も報告されており、装飾古墳としての価値を著しく減じる危惧もあり、きちんと閉まる扉の設置等、早急な対策が必要と思われる。特に、常に開口した状態にある古墳では蘚苔類の繁茂が深刻であり、光線が侵入しないようにする工夫が必要である。

福岡県内調査での自由記述によると、天井石の間を埋めている小石崩落、石室内に竹根、墳丘上樹木倒壊の恐れ、公園内盛り土等流出、墳丘裾豪雨により一部崩落、工事で一部削平、一部石材露出など、古墳を取り巻く周辺環境の管理に苦悩していた。カビは一部の古墳で発生しているが、ガラスで密閉以後カビが発生しにくくなった等、外気と遮断すると発生抑制に有効であったとの報告もあった。

熊本県内調査での自由記述においては、周辺雑木の管理に頭を悩ませている状況が多数報告された。倒木処理、倒木危険性のある樹木への対策など、土砂流出も含めて周辺環境をいかに整えるか、巨木への対応、石材にからまる蔦の処理、樹根の処置など生物的要因をいかに抑制するか模索しており、大雨・台風の度に費用面での緊急対応が必要な状況に陥っていた。また、盛り土を増強したところ墓室内の状況が安定した、周辺樹木の整理後に石室内の毀損可能性が減ったなど、周辺環境を整えたことで制御可能な状況になったとの報告例もあった。石材の剥落、折損、劣化、傾斜についても3件指摘があった。解体・再構成が必要であっても費用面で対応が難しく、保存施設整備に苦悩しつつ管理にあっている状況がわかる。カビについては、開口部からの外気侵入や漏水により10%弱の古墳で発生との報告であった。しかし気密性の高い扉の設置、石室の復元などは予算面、技術面含めて対応が困難な状況が報告された。墳丘復元工事後に10年間密閉していたら、装飾文様が見えるように戻ったとの報告もあった。

古墳管理のために必要な情報提供への欲求やそのためのシステム整備については、90%超の要望があった。自由記述においては、より全体的な古墳管理情報として石室内の環境を安定させるために必要な措置についての情報、例えば、石室・石材から盛り土はどの程度の厚さが必要であるか、また、盛り土・版築の構造や構成についての基準、墳丘面に植えるべき植物・適した植生の指針など、科学的な根拠を求めていることがわかる。また、公開方法についての情報、例えば、入室・退室時の消毒の効能や必要性、年間の公開回数や公開時期、照明の種類や照度制限など具体的な方法、公開時の人数制限の必要性、公開による石室内環境の変化のモニタリングはどこまで必要かなど、保存に関する具体的な技術についての基準の提示が求められていることがわかった。また、保存整備後の劣化や不具合についての情報、という回答は、保存整備後に生じた問題については報告書などで公開されることがなく、その整備の適否について判断できないため、現場の担当者が困っていることがわかる。

4. おわりに

古墳の整備状況についてはこれまでほとんど資料がなく、生物被害状況については、どの程度の割合で発生しているか悉皆調査が必要な状況にあった。本調査で、装飾古墳の多い二県での状況がある程度把握でき、古墳の保存環境の研究推進に重要な基礎資料を得ることができたと思う。まずは何よりも、忙しい合間を縫って、本調査にご協力いただいた県教育委員会、市町村教育委員会の担当者の皆様に、心より御礼申し上げたい。我々はこの調査結果に基づき、保存整備後の劣化の事例収集と公開、公開と管理のための環境モニタリングと基準作成、カビ被害抑制手法や殺菌等技術情報について、基礎研究を行い、またすみやかに研究成果を公開・普及する予定である。

1) 資料 国庫補助金による整備事業等、『史跡等整備のてびきー保存と活用のためにー』I 総説・資料編、文化庁文化財部記念物課監修、pp. 228-230、(株)同成社、(2005)

文化財の生物被害防除手法に関するアンケート集計結果

—2005 年臭化メチル全廃を迎えて—

○佐野千絵・木川りか（独立行政法人文化財研究所東京文化財研究所）

1. はじめに

文化財の殺虫殺菌剤として、従来、臭化メチル・酸化エチレン混合製剤（商品名：エキボン）が広く使用されてきたが、モントリオール議定書締約国会合によりオゾン層破壊物質として臭化メチルが指定され、日本では2004年12月31日をもって検疫などを除き、一般用途については、その使用と生産が全廃された。

当所は平成9年より臭化メチル生産停止後の生物被害防止対策の研究を行い、代替手法を検討する過程で化学薬剤による文化財、人体への影響を勘案し、最終的にIPM（総合的有害生物管理）手法による化学薬剤に頼らない文化財の生物被害防止法の構築と、研修等を通しての情報普及を目指してきた。

2005年初に臭化メチル全廃を迎え、実際にどのような代替手法が選択されたか、また、現時点での検討事項等を集約し今後の研究進展と情報普及活動に資することを目的に、2005年12月に文化財の生物被害防除手法アンケート2005を実施した。

2. 調査手法

調査は郵送で調査票を送付・回収する形式で行った。調査対象者として、日本博物館協会加盟団体を二つに分類した。すなわち、東京文化財研究所の主催で開催した「博物館美術館等保存担当学芸員研修」、「文化財保護行政担当者のためのIPM入門」、「IPMワークショップ2004」および「臭化メチル燻蒸代替手法の研究」研究会参加者からなる今後の生物被害防止手法について既に研修を受けたグループと、その他、研修歴のない（と思われる）グループである。後者については、当所が地域団体と共催で開催する「資料保存地域研修」の受講者が含まれる可能性があるが、1時間の講義のみの受講であり、情報の行き届いていないグループに含めて支障ないものと判断した。

既研修グループ368館から245の回答（回収率67%）、未研修グループ431館から298の回答（回収率69%）を得た。回答のあった各グループのプロフィールを右ページの図に記す。設立主体としては、「大学附属・附設」には国立大学法人・大学共同利用機関法人・公立、私立大学を、宗教法人は「その他」とした。類別としては、文書館・図書館等は「その他」に、埋蔵文化財センターは「歴史」へ、建造物（民家など）は「歴史」に区分した。

質問項目は以下の通りである。①防虫防菌の担当者の有無②虫・菌などの被害の経験③文化財害虫・IPM（総合的有害生物防除）についての知識④生物の発生状況や生物被害の調査⑤大規模燻蒸の実施状況⑥使用化学薬剤名⑦燻蒸剤や防虫防菌処理によって過去に収蔵品に被害が出たことがあるか⑧殺虫防虫に今後採用しようと考えている方法は何か⑨カビの処置として現在使用している方法は何か⑩燻蒸装置を持っているか⑪改変の予定があるか⑫生物被害対策への疑問やアイデア（自由記述）。

3. 調査結果

IPM活動では施設への害虫侵入防止が重要であるが、館内生物生息調査は害虫の侵入拡散経路を見つけるために定期的実施することが必要である。既研修館では60%の館で調査が行われていた。こ

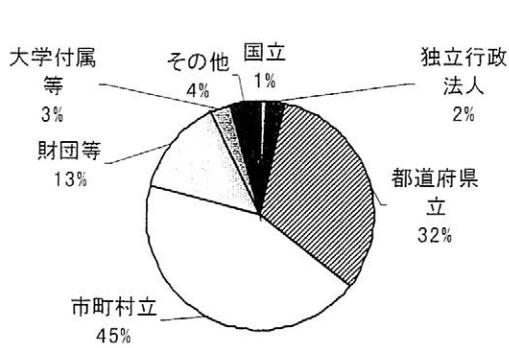


図1-2 既研修館(設立主体別)

□国立 □独立行政法人 □都道府県立 □市町村立
□財団等 □大学付属等 □その他

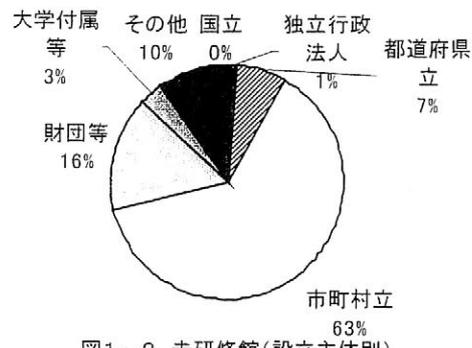


図1-2 未研修館(設立主体別)

□国立 □独立行政法人 □都道府県立
□市町村立 □財団等 □大学付属等
□その他

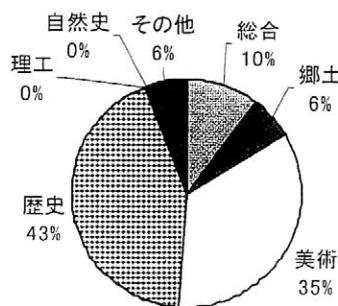


図2-1 既研修者(類別)

□総合 □郷土 □美術 □歴史
■自然史 □理工 □その他

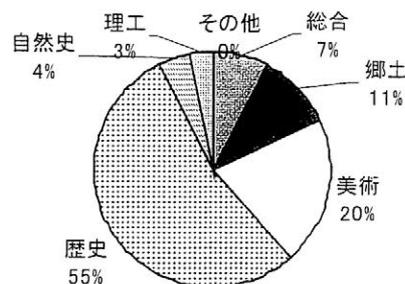


図2-2 未研修館(類別)

□総合 □郷土 □美術 □歴史
□自然史 □理工 □その他

れまでの生物被害対策費には化学薬剤による殺虫殺菌処置のみを指す場合もあったが、今後の維持管理のためには「調査なくして防除なし」、調査をして処置や施設改善をする等、総合的な「生物被害対策」とする等、考え方の枠組みそのものを転換していくことが必要な時期になったと考えている。

今後の生物被害処置法として採用する手法を尋ねたところ、殺虫防虫処置について既研修館では無回答・未定/検討中・その他があわせて7%であるが、未研修館では合計30%もあり、情報不足のため決定に至らない様子がわかる。しかし一方、未研修館であってもIPMの導入を検討している館も多く、その基準となる手法解説などの情報提供が必要と考えている。

既研修館でも未研修館でも、ピレスロイド製剤を主とする忌避処理による処置が約10%超、化学薬剤によるガス燻蒸処理を選択したのは既研修館では24%、未研修館では28%とほぼ同率なのに対して、化学薬剤のみに頼らない低酸素濃度処理・二酸化炭素処理・低温処理・高温処理を検討している割合は既研修館では26%に対して未研修館では9%と大きく差が開いている。これは、新技術についての情報が行き渡っていないため、その実際の作業や効果について疑問があるものと推定される。

4. おわりに

研修による情報普及効果は大きいことが本調査から明らかになった。「文化財の生物被害防止ガイドブック」(東京文化財研究所ホームページにて公開、<http://www.tobunken.go.jp>)やDVD教材「文化財の生物被害防止ガイド」(クバプロ、(2004))などを参考に、化学薬剤のみに頼らずIPM手法に則って、有害生物の侵入や館内での拡散防止など総合的に環境管理する館が増加することを願っている。

文化財所在地点における大気環境調査 — 金沢城三十間長屋・成巽閣を中心に —

○中村晋也（金沢学院大学文化財学科）

滝沢千恵子（金沢学院大学文化財学科卒業生）

1 はじめに

日本における文化財劣化に対する大気汚染の影響については、1950年代の正倉院所蔵の銀製容器の変色問題を契機として、以来、東京文化財研究所が中心となって、東京・京都・鎌倉で調査が行われた。また奈良市内の文化財所在地点における大気汚染が文化財に及ぼす影響調査が、奈良大学の西山を中心に1987年より継続的に続けられ、文化財の損傷とそれらの因果関係を明らかにしてきている。

本研究では、日本海沿岸における代表的な歴史的な文化都市である金沢市をフィールドに、特に金沢城三十間長屋、成巽閣といった金沢市街地の文化財所在地点と、郊外に立地する金沢学院大学構内において、2004年12月より継続的に大気汚染物質濃度（SO₂、NO₂、Cl⁻）の測定を行ったので、その結果を報告するとともに、内陸部の歴史的な文化都市である奈良市内の結果と比較しながら、その特徴を明らかにし、金沢における文化財保存のために、大気汚染に対してどのような取り組みをなす必要があるか考察する。

2 測定地点と方法

2-1 測定地点

測定は、金沢城三十間長屋（屋外）、成巽閣（屋外、1階屋内、2階屋内）、金沢学院大学構内の計5箇所において実施した。

2-2 測定方法（トリエタノールアミン円筒濾紙法：TEA - CF法）

表面積100 cm²の円筒形セルロース濾紙に濃度29.6%のトリエタノールアミン水溶液を含浸し、高さ1.8m、通風率20%のシェルター内にセットし1ヶ月間大気暴露の後、吸着物を抽出しイオンクロマトグラフィーを用いて定量分析し、1ヶ月間の平均濃度を積算的に求めた。

3 測定結果と考察

測定対象としたSO₂、NO₂、Cl⁻ともに、12月～3月の冬季間に比較的高い値を示し、4月～10月の春季から初秋季間では、それらに比して低い値を示す傾向があった。これは気温が下がる冬季間は、空気中に含むことのできる飽和水分量が小さくなり、大気中に含まれる水蒸気の絶対量が少なくなるため、その水蒸気に付着する汚染物質の量が減り、大気中に多く浮遊した状態となっていること、さらに夏季などは空気が拡散するのに対し、冬季は逆転層といわれる上空の冷たい空気が地表付近の空気の上に重くのしかかる現象により対流が起きなくなり、大気が安定化し汚染物質が滞留することがその原因と考えられる。

また市街地の測定箇所である金沢城三十間長屋と成巽閣（屋外）におけるSO₂濃度は、前者が年平均3.6ppb/day・最高4.5ppb/day、後者が年平均3.7ppb/day・最高4.6ppb/dayと、他の成巽閣屋内（年平均2.8～2.9ppb/day・最高3.8ppb/day）や金沢学院大学（郊外に立地）（年平均3.3ppb/day・最高4.1ppb/day）の測定地点よりも高い値を示した。これは同時期に測定された奈良市内の測定箇所のうち、比較的高い濃度を示した平城京跡資料館外（年平均3.4ppb/day・最高3.9ppb/day）や興福寺駐車場（年平均3.3ppb/day・最高4.0ppb/day）と比しても高めの値である。SO₂は石油や石炭など化石燃料の硫黄分の燃焼が発生原因と考えられており、一般に工場地帯近隣で高い濃度を示すことは知られているが、奈良と比しても金沢の測定地近辺が特にそのような状況にあるとは言い難い。一方それらは金沢を代表する商業地域の近隣に立地し、かつ冬季を中心に高い値を示したことから、

前述の気象的要因に加えて、冬季におけるビルや店舗の暖房器具に用いる灯油等の化石燃料の燃焼の増加に伴う、SO₂ 排出量の増加が要因になっていると考えられ、このことが特に寒冷地である金沢が奈良よりも高めの値を示す結果に繋がったのではないかと考える。

車の排気ガスや工場などが主たる発生源と考えられている NO₂ についても、市街地の測定箇所である金沢城三十間長屋と成巽閣（屋外）における濃度は、前者が年平均 6.9ppb/day・最高 10.0 ppb/day、後者が年平均 6.7ppb/day・最高 9.2 ppb/day と、他の成巽閣屋内（年平均 5.7~5.8 ppb/day・最高 8.8 ppb/day）や金沢学院大学（郊外に立地）（年平均 4.5 ppb/day・最高 4.9 ppb/day）の測定地点よりも高い値を示した。しかし同じく奈良の測定地点のうち比較的高濃度を示す興福寺駐車場（年平均 11.8ppb/day・最高 14.7ppb/day）や平城京跡資料館外（年平均 9.8ppb/day・最高 14.1ppb/day）と比べると、低い値を示すものとなった。これは奈良の 2 地点が交通量の多い道路が近くにあり、日常の自動車の交通量も明らかに金沢より多いことに要因があると考えられ、地形的にも奈良の 2 地点は自動車の通行する道路とほぼ同一標高に位置するのに対し、金沢の 2 地点はそれらより一段高い標高に位置することで、自動車の排ガスの影響を受にくいとも考えられる。また成巽閣屋外の測定地点は駐車場に隣接した場所であるが、駐車量も興福寺などと比べると格段に少なく、隣接する兼六園の豊富な樹木が、NO₂ 濃度の緩和に影響を与えているとも考えられる。

一方、Cl⁻については、金沢城三十間長屋で 12-3 月平均 12.0 μg/100 cm³/day・4-10 月平均 2.6 μg/100 cm³/day、金沢学院大学で 12-4 月平均 14.7 μg/100 cm³/day・5-10 月平均 2.4 μg/100 cm³/day という、冬季間のみ極めて高い濃度を観測した。これは近隣のごみ焼却場の影響を受けて高濃度を観測すると考えられている奈良大学構内の年平均 5.0 μg/100 cm³/day・最高 8.7 μg/100 cm³/day（季節による大きな差はない）と比べても、著しく高い濃度といえる。これは金沢では冬季から春季にかけて北西の季節風や偏西風が強く吹き、測定地点の西に位置する日本海からの海塩粒子の飛散がそれらによって運ばれてくるのが原因と考えられ、特に海塩粒子は海面に風が強く吹き白波が立つほどに飛散し大気中に存在し、それに伴い大気中の Cl⁻濃度が高くなると考えられていることから、日本海側に位置する金沢は、冬季の海面の荒れ具合からその量は多いと推測される。また海からの距離が遠い金沢市の東方に位置する金沢学院大学のほうが高い濃度を示した理由としては、大学が立地する山斜面の地形が、吹き込んだ海塩粒子を含んだ北西の風が停滞しやすいことが要因と、石川県保険環境衛生センターの方のご教示を得た。

4 まとめ

今回測定した大気汚染物質（SO₂、NO₂）の濃度は、いずれも環境基準に定められた基準値以下を示すものであり、我々が健康的に生活する上ではなんら問題はない。しかし文化財は自らの回復力を持たず、大気汚染の影響が年々蓄積されると、その劣化速度は急激に速まることはこれまでの研究でも明らかであり、現在まで継承されてきた文化財をこれからも伝えていくには、やはりできるだけそれらを抑える努力をすることは重要であると考ええる。

地球温暖化問題等で「地球にやさしい」取り組みが各地でされつつあるようだが、今回の測定からも化石燃料の燃焼や車の排ガスが原因と推定される、日々の生活の改善によりその抑制効果が期待できるものは多い。「地球にやさしい」=「文化財にやさしい」を目指して、個人個人が日々文化財保存を心がけた生活が望まれる。

謝辞

本研究を行うにあたり、観測機の設置の許可をいただきました石川県金沢城・兼六園管理事務所、（財）成巽閣に深く感謝申し上げます。また濃度測定、機材の借用、奈良市内の観測データの提供においては、奈良大学の西山要一先生に格別のご便宜をいただきましたこと、ここに記して深く感謝申し上げます。

熊本県天草市立歴史民俗資料館におけるIPMの取り組み(1)

○早田紘子・渡辺智恵美（別府大学）、本多康二（熊本県天草市立歴史民俗資料館）

1. はじめに

熊本県天草市立歴史民俗資料館は、天草・本渡地方の歴史と民俗に関するさまざまな資料を展示・所蔵している。

今回同館の紙資料劣化調査を開始したところ、書庫をはじめ館内の数ヶ所から害虫が見つかった。そのため館全体の虫害調査を実施し、害虫の生息状況・被害状況を把握するとともに温湿度調査も実施し、館内環境の把握を行った。

館では年に数回行う燻蒸が唯一の虫害対策であったが、定期的な燻蒸が難しくなったことや今回の害虫発見という事実もあり、2005年夏からIPMの調査・管理をスタートさせた。カビや劣化の問題も取り上げなければならないが、今回は虫害問題を中心に調査を行った。

本発表では今回のIPM導入に際して行った事前調査や問題点をまとめ、報告する。

2. 調査の概要

2-1. 虫害調査

館内に存在する虫を把握し被害の有無を確認するため、館内各所の埃・虫を採取し、それらを実態顕微鏡で観察、虫の同定を行った。

徘徊性の虫の有無を調査するため、粘着トラップ(フェロモン無し)を各所に設置した。

2-2. 温湿度調査

毛髪式温湿度計で館内の温湿度を測定し、館内環境の調査を行った。また館内23箇所に簡易温湿度計を設置し、職員が毎日1回、館内の温湿度を測定することにした。

3. 結果と考察

3-1. 虫害調査

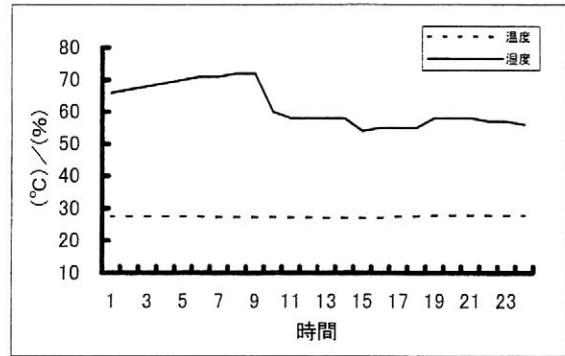
見つかった主な虫について下表に示す。

場 所	発 見 され た 虫	原 因
書庫	シバンムシ、カツオブシムシ、ゴキブリ、アリ、クモ、有翅虫 ほか	・頻繁な人の出入り ・大量の紙資料・木製資料を保管
燻蒸室・写真室	シバンムシ、カツオブシムシ、チャタテムシ、ダンゴムシ、ゴキブリ、アリ、クモ、有翅虫 ほか	・未燻蒸資料の保管
荷解場	大量のシバンムシ、シバンムシアリガタバチ、有翅虫 ほか	・流し台の下の「油かす」にシバンムシが大量発生 ・作業場、道具置き場としての部屋利用
1階収蔵庫	シバンムシ、カツオブシムシ、コナナガシクイ ほか	荷解場からの侵入
1階展示室	シバンムシ、カツオブシムシ、ダンゴムシ、シバンムシアリガタバチ、アリ、ハエ、有翅虫 ほか	正面入口からの侵入
事務室	イエグモ ほか	正面入口からの侵入、水や食物の取り扱い
1階玄関	ダンゴムシ、ガ、ハエ、クモ、ヤモリ、ハチ ほか	正面入口からの侵入
1階廊下	シバンムシ、カツオブシムシ、シバンムシアリガタバチ、タケトラカミキリ、ハエ ほか	正面入口からの侵入、館内各部屋からの飛散

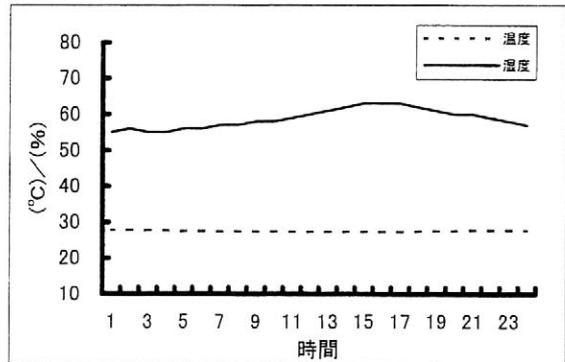
3-2. 温湿度調査

大掛かりな空調機器がない部屋においても、換気扇や除湿機を活用した温湿度管理が行われていた。収蔵庫を除くほとんどの部屋において、営業日と休館日における変動差がみられたため、人の出入りや暖房・冷房の稼働が影響していると考えられる。

一例として書庫内の温湿度を挙げると、温度管理は館内の空調で、湿度は除湿機を24時間自動運転させて管理している。温度は安定していたが、湿度は扉の開閉時や除湿機の停止時(タンクの満水時)に上下する傾向が見られた。特に閉館後から開館までの間の湿度上昇が目立ち、最大で20%、少ない時でも10%程度上昇していた。紙資料を大量に保管する場所であるため、高湿度によるムレやカビなどの問題について対策を行うべきである(グラフ1・グラフ2参照)。



グラフ1: 書庫温湿度グラフ (営業日)



グラフ2: 書庫温湿度グラフ (休館日)

4. まとめ

今回のIPMの導入や温湿度調査は館内環境の改善に加え、職員の館内環境に関する意識を向上させるよい機会となった。特に毎日の温湿度調査は、職員自身が館内の状態を実感として理解することにつながり、温湿度の異変や館内に侵入した虫の存在を注意して見ることができるようになった。調査を行うことで、毎日必ず一度は全部屋に人が入ることになり、自然と「目通し風通し」による日常管理にもつながっている。

現在も調査は継続して行っており、館では今後も日常管理とそこから得られるデータをもとにした年間データの構築を目指す。

天草市は平成18年3月27日に市町村合併を行い、市内の博物館相当施設が10館へと増加した。今後は今回取り上げた資料館だけでなく、その他の館においても足並みをそろえた管理方法の構築を行わなければならない。

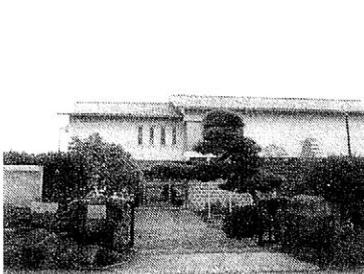


写真1 資料館外観

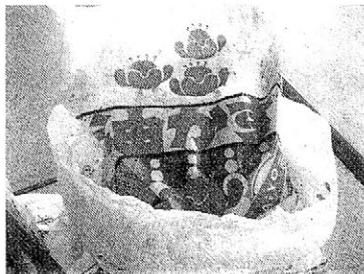


写真2 荷解場の「油かす」



写真3 粘着トラップ

地中レーダ探査法による古墳の研究—その様相と盛土量の推定

○岸田 徹*, 酒井英男*, 菅頭明日香***, 二宮修治**

(*富山大学理学部, **東京学芸大学教育学部)

1. はじめに

古墳の規模と分布の状況は、その地域における当時の社会情勢を知るための、貴重な情報源である。しかし、後世に削平を受け消失した古墳も多く、その復元は困難な場合が多い。我々は、地中レーダ探査により、消失した古墳の様相の復元を試みている。本報告では、徳島県内の古墳について、特に周溝を対象とした研究を報告する。

また、古墳の格の研究においては墳形と共に「規模」が重要で、古墳に投げられた盛土量も有用な情報となる。そのため、富山県内の古墳を対象として、地中レーダ探査と測量を併せて、古墳盛土の最下面と地山面（旧表土面）の境界を把握し、盛土部分を三次元的に捉えて土量を算出した。

2. 調査古墳と探査概要

本研究で対象とした古墳は、徳島県鳴門市の尼塚古墳、および富山県氷見市の阿尾島田 A1 号墳と富山市の富崎千里古墳群第 9 号墳である。探査は中心周波数の異なる 6 種類のアンテナ（450MHz～100MHz）を適宜使用し、行った。

探査結果については、擬似的な地中断面図（Profile 図）と共に、全測線から得られた探査データをまとめ、等深度の反射強度の平面分布を見る Time Slice 図法による解析も行っている。

本研究で対象とする古墳は、起伏が多いため、探査距離の水平距離への補正に留意した。また、消失古墳の探査においては、探査後、GIS (geographic information systems) 上で探査データを管理できる様に、探査区域の四隅に対応する国土座標も調べている。

3. 探査結果と考察

3-1. 消失古墳の復元

尼塚古墳は、過去に掘削を受け、現地表において古墳の存在を確認することは難しい。しかし、地中レーダ探査結果からは、深度約 60～90cm に船底形の土層構造が読み取れ、その内側は反射の弱い異常領域として認められた。これは、溝を埋める土壤の含水率が高いので、レーダ波が減衰しているためと考えられた。以上のことから、この異常は埋没した周溝跡と判断した。また、Time slice 図からは、円を描く古墳の周溝が明確に認められ、尼塚古墳は 2 重の周溝を持つ直径 38m の大規模な円墳として復元された（図 1）。

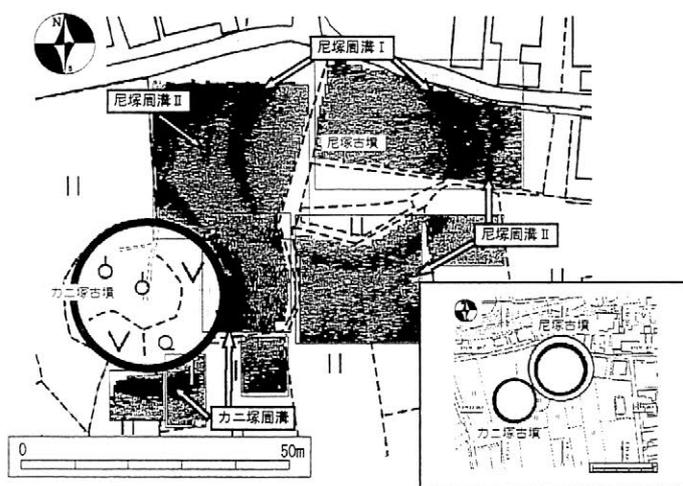


図 1. 尼塚古墳の探査結果（深度 60～90cm）。

3-2. 盛土量の算出

阿尾島田 A1 号墳の前方部で行った探査結果では、地表から深度約 1m まで東下りの構造が表れた（図 2-1）。部分的な発掘調査の結果から、前方部の一部が盛土で形成されていることがわかり、レーダ探査で捉えられたのは盛土と地山の境界面であることが判明した。測量図と探査で得た地山上面の位置データを共に 3 次元化し、両面にはさまれた領域の体積を計算した結果、前

方部の盛土量は約 77 立方メートルと得られた。また、富崎千里古墳群第 9 号墳でも、同様に盛土と地山面の境界が探査によって捉えられた(図 3-1)。同様の手法を用いて盛土の体積を算出した結果、盛土量は約 373 立方メートルと試算できた(図 3-2)。

4. まとめ

地中レーダ探査法を用いて周濠(周溝)を探査し、後世に削平を受けた古墳の墳形や大きさを推定、復元することは十分可能であると考えられる。全国的にも古墳を削って平らにしたことからその名がついたといわれる「平塚」や、かつて古墳群があったことを思わせる「百塚」などの地名が見られる。このような場所を、広範囲に探査して、過去の古墳の立地や形状を復元することは考古学研究にとって重要である。

また、現存する古墳にとっても、地中レーダ探査を用いて古墳の盛土量を求めることは可能になってきた。地山面が平らでない丘陵地の古墳における盛土量の研究は難しいが、探査を利用することで推定できる。ただ、古墳構築における労働力を研究する際には、古墳の時期、立地や形状、内・外部施設等の様々な要素が複雑に絡み合うと考えられる。そうした情報も考慮して、古墳構築における労働力を計算し、複数の古墳の結果を比較することは非常に意義があると考えられ、現在解析を進めている。

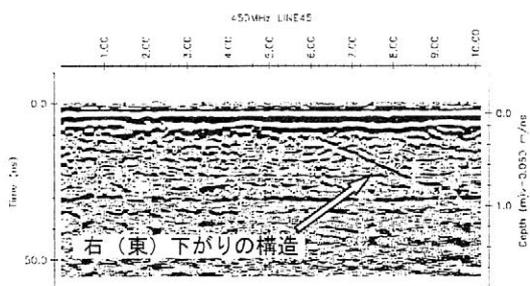


図 2-1. 阿尾島田 A1 号墳の前方部での探査結果 (450MHz アンテナ)。

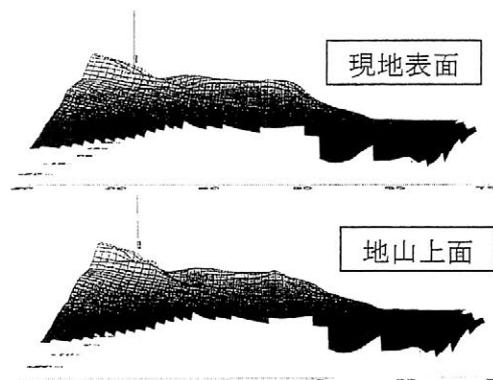


図 2-2. 測量図から作成した現地表面の三次元図(上)と探査結果から推定した地山上面の三次元図(下)。

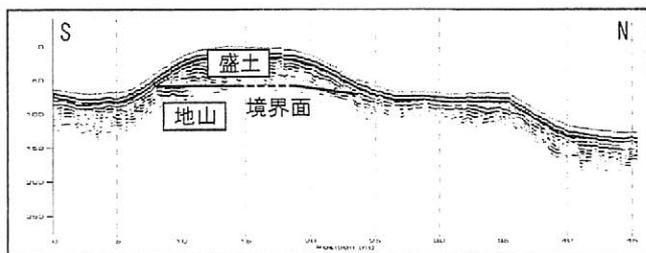


図 3-1. 富崎千里古墳群第 9 号墳の探査結果 (200MHz)。

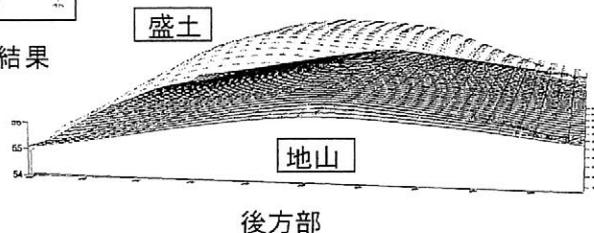


図 3-2. 現地表面と探査結果から得た地山上面の三次元図。

古代土器に残留する有機物の検討

○山下倫子、堀内晶子

(国際基督教大学・教養学部)

1. 背景と目的

古代の有機物質は土壌の酸性度や微生物、空気中の酸素など周囲の環境により分解されやすいと考えられてきた。しかし我々は土器内部のマトリックス内に保持された有機物質のうち特にステロール類は外部の影響を受けにくく比較的安定に残留することを土器のモデル系を使って明らかにしてきた[1]。また、東京都三鷹市の遺跡から出土した縄文土器の浅鉢と深鉢のステロール類の分析から土器の用途が推測できること、当時の食生活が検討できる事を報告してきた[2][3]。しかし、土器に残留する脂質量は、土器の原料となる粘土の種類によって変わってくる(未発表データ)。そこで本研究は年代も出土場所も造りも異なる2世紀後半と考えられる酒津式土器の壺及び甕の分析を行い、残存量及び植物性ステロール(スチグマステロール、カンペステロール、 β -シトステロールの総量)と主に動物由来のコレステロールの比率を求め、縄文土器と比較検討した。

試料

岡山県倉敷市酒津周辺の高梁川河床土中から出土した2世紀後半と考えられる酒津式土器の壺(n=6)、甕(n=6)の土器片を、上部(肩部及び口縁部)、胴部、底部に分類し、各土器片を表面近くの比較的環境の影響を受けやすい「表面」と、土器深部に浸透、吸着残留した比較的環境の影響を受けにくい「深部」に分けて分析した。

比較として、東京都三鷹市国際基督教大学構内から出土した加曾利 E 式縄文土器の浅鉢と深鉢の土器片を同様に分析した結果を用いた。

2. 実験

- 脂質の回収: 「表面」の脂質は土器をそのままクロロホルム:メタノール=2:1で抽出した。「表面」を抽出した後の土器を粉碎器で粉状にし、同様に回収した脂質を「深部」とした。
- ステロールエステルのケン化と遊離ステロールの回収: 回収した脂質に内部標準物質として 5α -コレスタンを加え、30分加熱ケン化した後、ジエチルエーテルを用いて遊離ステロールを抽出、回収した。
- 分析方法: 回収した遊離ステロールは、ピストリメチルトリフロロアセタミドを用いてトリメチルシリル化した後、FID付きガスクロマトグラフ(GL Science, Inert Cap 17 カラム、60m x 0.25mm、280℃)、及びガスクロマトグラフ-質量分析を用いて分析した。

4. 結果

- 総ステロールの残存量は一般的に土器表面より深部が高く、表面と比較して平均3倍のステロール類が深部に残存していた。この傾向は縄文土器と同様であった。しかし、絶対量は縄

文土器の約 1/10 であった。

- b) 縄文土器の浅鉢、深鉢は部位によって残存するステロール量が有意に異なるのが特徴であったが[3]、酒津式土器では壺、甕共に部位による有意差は認められなかった。
- c) 総植物性ステロールとコレステロールの比率は表面と深部で有意差 (T 検定) が認められ、深部により多くの植物性ステロールが残存している事が明らかになった。表面の値は、縄文土器 (T 検定では表面と深部とに有意差がない) と同等であった (図 1-A,1-B)。

5. 考察

縄文土器と胎土組成も使用された環境も異なる酒津式土器の、しかも河原という厳しい状態に置かれた土器からもステロールが検出され、土器が古代の有機物を現代に伝える優れた器で有ること

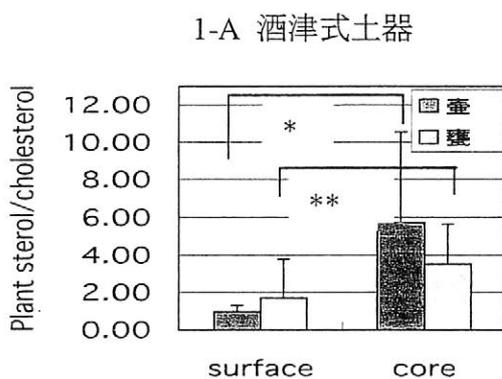


図 1-A. 酒津式壺と甕の表面及び深部に残留する植物性ステロール/コレステロール量

(* : $P=0.05>$, ** : $P=0.10>$)

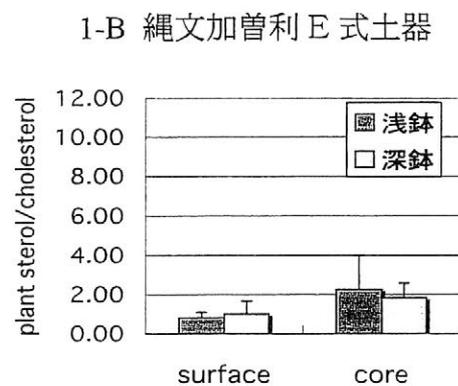


図 1-B. 縄文加曾利 E 式土器の深鉢及び浅鉢に残留する植物性ステロール/コレステロール量

(T 検定による有意差はない)

が明らかになった。土器深部は表面より外部環境の影響を受けにくいと考えられる為、深部に残存していた脂質は表面の脂質より当時の状況を反映できると思われる。総植物性ステロールとコレステロールの比率を当時の食生活の動植物の摂取率と仮定すると、酒津式土器深部の結果から 2 世紀頃の岡山地方では縄文時代の関東地方に比べ植物性食品を多く摂取していたと推測される。しかし、扱った酒津式土器が特定の遺跡から出土したものでは無い事、対象が壺、甕に限られる事を考慮すると、さらに次の検討が必要になる。1) 出土遺跡の明らかな酒津式壺と甕の分析、2) 壺、甕以外の土器の分析を行い土器の用途と残存ステロール類に関連の検討、3) 酒津式土器胎土の脂質保持能力の基礎研究など。

最後に酒津式土器壺、甕の土器片を提供頂いた倉敷考古館の間壁菫子先生に感謝いたします。

[1] 堀内晶子、綾川美由紀、土器に吸着された脂質の基礎的研究 (8) -ステロール、日本文化財科学会第 20 回大会研究発表要旨集、206-207、2003

[2] 堀内晶子、笠間愛央、縄文土器に残留したステロールの分析、日本文化財科学会第 21 回大会研究発表要旨集、206-207、2004

[3] 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 回大会研究発表要旨集、334-335、2005

登呂遺跡の再発掘調査に伴う炭化したコメの分析

○花森功仁子^{*・**}、大角信介^{*・***}、望月峰子^{**}、岡村渉^{****}、佐藤洋一郎^{*****}
 (*岐阜大学連合大学院、**株式会社ジェネテック、***株式会社ベックス、****静岡市役所文化財課、
 *****総合地球環境学研究所)

1. はじめに

登呂遺跡発掘 50 周年を記念して平成 11 年より本格的な再発掘がおこなわれ、遺構より炭化したイネ種子が出土した。本研究では形態観察と DNA 分析により当時水田で栽培されていたイネがどのようなものであったかの推定をおこなった。

2. 材料と方法

サンプルは SD-2003 と SD-2055 の下層遺構（登呂 I 期）と、SD-2008、SD-2001、1-50 号住居北側周溝の洪水直前の遺構（登呂 II 期）の 5 つの遺構より出土したイネ種子 56 点を用いた。まず、サンプルを実体顕微鏡下で形態観察後、各々のサンプルを超音波洗浄器で洗浄し、改変 SDS 法を用いて全 DNA を抽出した。抽出した DNA はランダムプライマー（CMN-A10、CMN-B20）と STS プライマー（DJ6）を用いて、1 回目の PCR 産物をさらに PCR 増幅させる 2 段階 PCR をおこなった。増幅された DNA 断片は 1.5% アガロースゲルで電気泳動し、エチジウムブロマイドによって染色後写真撮影し、そのバンドの位置により判定した。

3. 結果と考察

完形の 52 粒について長さや幅の計測をおこなった結果、極小（8.1~12.0mm）から小（12.1~15.9mm）が中心であり、ほとんどが短粒に属した。遺構ごとにプロットしたものを図 1 に

図1 出土遺構別の長幅比

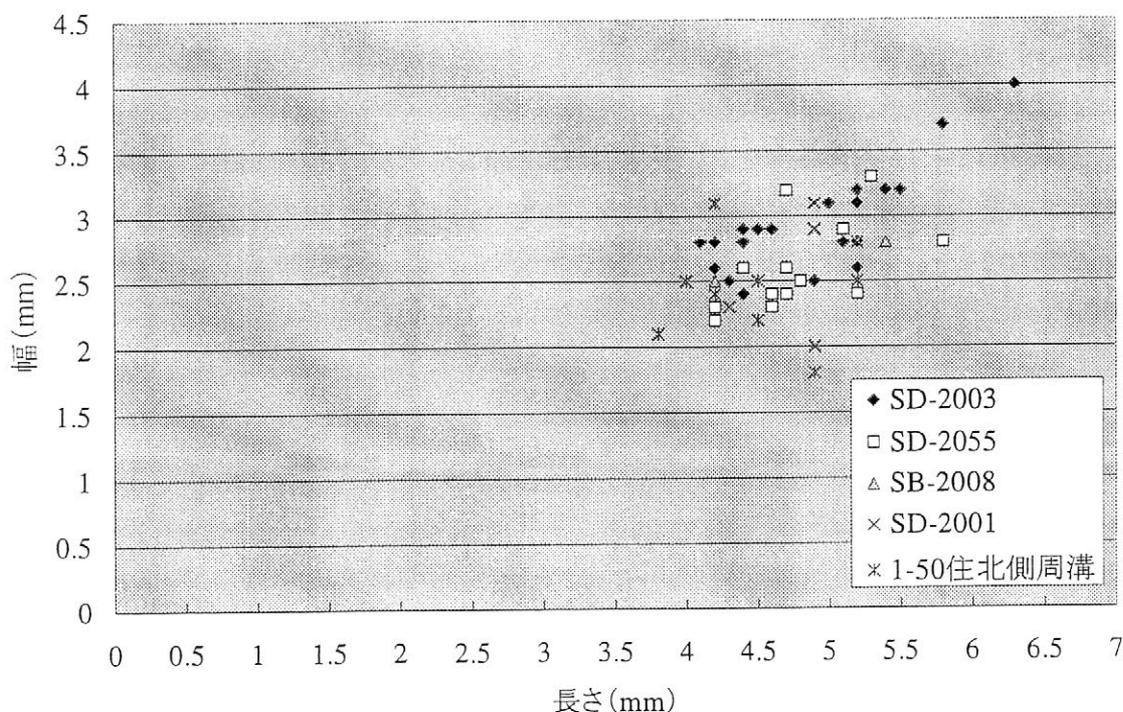


表1 全国の近い時代の遺跡から出土したコメの長幅比

2006年4月現在

遺跡	遺構	時代	長さ (mm)	幅 (mm)	長幅比
北金目(神奈川県平塚市)	住居	弥生時代後期	4.30 ± 0.70	2.66 ± 0.26	1.62 ± 0.21
北金目(神奈川県平塚市)	住居	弥生後期 ～古墳時代初頭	4.10 ± 0.73	2.63 ± 0.51	1.56 ± 0.49
登呂(静岡県静岡市)	水田面	弥生時代後期～	4.75 ± 1.55	2.70 ± 1.30	1.78 ± 0.94
菫蒲ヶ谷(静岡県掛川市)	住居	弥生時代後期	4.00 ± 0.75	2.88 ± 0.88	1.46 ± 0.53
井岡地中ソネ(鳥取県東伯町)	—	弥生時代後期	5.21 ± 0.74	3.17 ± 0.94	1.64 ± 0.27
有鼻(兵庫県三田市)	住居	弥生時代	4.075	2.275	1.79
川除(兵庫県三田市)	住居	弥生時代	4.91	2.3	2.14
妻木晩田(鳥取県大山町)	—	弥生時代	4.8 ± 0.4	2.7 ± 0.4	1.81 ± 0.37
大谷尻(徳島県三野町)	住居	弥生時代	4.475	2.725	1.64
西沼田(山形県天童市)	—	古墳時代後期	4.39 ± 1.32	2.83 ± 0.74	1.55 ± 0.23
泉沢(群馬県前橋市)	住居	古墳時代 (5世紀後半～6世紀)	4.633	3.016	1.54

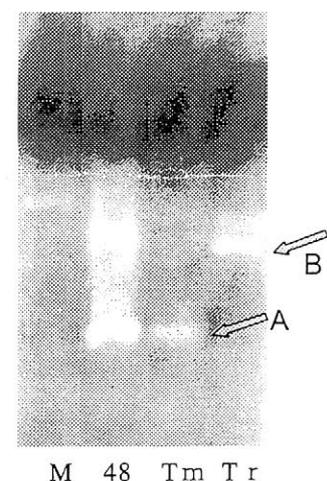
示す。下層遺構(登呂I期)のSD-2003とSD-2055のサンプルは多様であり、登呂II期の遺構は比較的丸く短粒であった。このことから古い登呂I期の方が新しい登呂II期のサンプルより多様性が高かったことが示唆された。この数値を元に、これまで分析した弥生時代から古墳時代にかけて出土したイネ種子との比較を表1に示した。同時代の遺跡の中では今回のサンプルは井岡地中ソネ遺跡の次に長さが長く、幅はほぼ中間の値をとり、長幅比は東日本の遺跡中、もっとも大きな値を示した。

DNAが増幅されたサンプルのうち、2サンプルが熱帯ジャポニカ、4サンプルが温帯ジャポニカと判定され、熱帯ジャポニカの構成比が静岡県近郊の遺跡と比較して平均を上回っていた。熱帯ジャポニカは温帯ジャポニカより一般的に長く、長幅比が大きい特徴をもつため、この結果は形態観察の結果を追認したものとなった。

さらに核DNAを増幅するプライマーDJ6(柴内ら、2005)を用いて、DNAを増幅した。このプライマーは増幅断片の位置によって、温帯ジャポニカと熱帯ジャポニカを判定できるもので、図2のサンプル48については矢印Aの温帯ジャポニカ(図のTmレーン、132bp)と矢印Bの熱帯ジャポニカ(同じくTrレーン、348bp)にバンドが増幅され、両方のDNAを持つことが判明した。したがって、このサンプルは全国の遺跡で初めて核DNAより雑種と判定されたイネ種子である。

登呂I期のサンプルより新しい登呂II期のサンプルの方が多様性が小さくなっている点は、弥生農耕の栽培化と農耕技術の発展がうかがえる貴重なデータである。

図2 DJ6の泳動写真



岡村 秀樹*・北見 周子*・佐野 千絵**

(*国際基督教大学理学科・**東京文化財研究所)

1. はじめに

貴重な文化財は一切損傷を与えてはいけけないのが一般原則であり、また持ち出して研究室に運ぶのはリスクを伴う。文化財の色材分析法としては サンプル採取が不要で非接触で分析が行える光学的手法が望ましいといえるが、特に、その場観察ができるような小型でハンディーな光学的分析装置が開発されれば有用性が高いと考えられる。そのような要請を満たすものとして、近年、ポータブル蛍光X線分析装置が開発され、これを用いた文化財の色材分析が報告されている¹⁾。しかし、軽元素類の染料、天然有機顔料などについてはX線で特定ができない。そのような色材に対しては可視光励起の蛍光スペクトル法による分析が一般に行われているが^{2),3)}、分析装置は比較的大型であり持ち運びが容易ではなかった。光学的手法で小型のものとしては、ハロゲンランプを用いた反射スペクトルによる分析の報告⁴⁾があるが、蛍光分析の報告はこれまででなかった。したがって、その場で、また短時間で分析が行なえる有機分析手法の開発が必要とされていた。

我々は、複数の波長のLEDを搭載し、異なった励起波長による蛍光スペクトルを短時間で取得できる装置を試作した⁵⁾。近年のLEDは高輝度化が著しく、十分な励起光強度が得られるようになった。特に青色LEDの出現により、より広領域の波長での分析が可能になった。LEDを使えば分光器の小型化に有効であるうえ、熱の発生も少なく、測定物に対する影響がほとんどないという利点がある。これにより、LEDを光源として用いて、小型で可搬型の染料の分析装置が実現できる可能性がある。ここでは、キナクリドン系の有機顔料を含む水彩絵具を用いて装置の評価をおこなった結果を報告する。

2. 装置について

今回試作した蛍光スペクトル分析装置の光源として使用したLEDの中心波長は、紫色LED 401 nm、青色LED 466 nm、緑色LED 517 nm、黄色LED 592 nmで、文化財に影響を及ぼさない可視光域である。LEDは定電流駆動され、円形配置で12個搭載され、試料からの距離はそれぞれ約2 cmである。励起光の直接反射をなるべく除去するため、斜め40度の角度で試料を照射するように設計した。試料から放出される蛍光は、試料の前に置かれたレンズによって集光され、コア径400 μ m、長さ2 mの光ファイバーに導入される。励起光はロングパスフィルタによって除かれる。カットオフ波長は、紫色LED に対しては420 \pm 6 nm、青色LED には495 \pm 6 nm、緑色LED には570 \pm 6 nmである。光源部と集光部は一体化され、サイズは、40 mm \times 40 mm \times 80 mmと小型でハンディーな装置とすることができた。分光器は、ファイバー入射型マルチチャンネル分光器 (Spectral Products社製SM242 Spectrometer、スリット幅100 μ m、分解範囲200 nm \sim 1100 nm) を使用した。受光時間を増やすことによって、微弱の蛍光でも分析できる。

3. 実験および結果

試料として、ホルベイン社製水彩絵具の具のパーマネントマゼンタ、チェリーレッド、ブリリアントピンク、ローズバイオレット、パーマネントアリザリソクリムゾンの5つのキナクリドン系画材を用いた。これらは、製造法や補正成分の種類・割合の違いにより色合いが異なるが、同じ有機顔料をベースにし

ている赤色系色材である。蛍光スペクトルピークも基本的に同じであるが、環境や混合成分によるマトリクス効果、あるいは異なる製造法による物質の変化などによって、ピーク位置がシフトする。今回の評価では、これら5つの色材が蛍光スペクトル測定によって識別できるかどうかを調べた。試料は蛍光をほとんど発生しないステンレス板の上に塗った。測定時間はそれぞれの蛍光の強さによって調整し、蛍光のピークをなるべく同じエネルギー量になるようにした。

これらの試料は、500-600nmに吸収があり、紫色、青色、緑色のLEDを励起光として照射し、おのおの蛍光スペクトルを観測することができた。青色LED照射で得られた蛍光スペクトルの一部を図1に示す。ピークの位置と波形の形に注目するためにスペクトルを規格化して比較した。いずれの顔料でも蛍光が認められるが、その位置は紫色LED、緑色LEDの蛍光位置からシフトしており、蛍光バンドがよく分離された質の高い蛍光スペクトルを得ることができた。

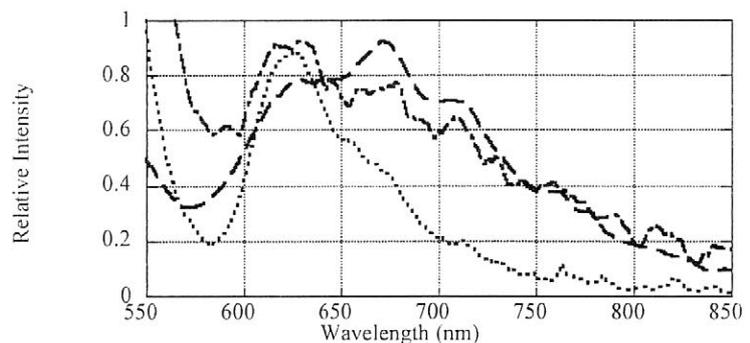


図1 青色LED照射で得た分光スペクトル
 破線：チェリーレッド、点線：パーマネントマゼンタ
 一点破線：パーマネントアリザリンクリムゾン

4. まとめ

以上の実験から、試作したLED光源による分析装置で、十分に蛍光ピークが分離したスペクトルが得られることが明らかとなった。また、異なる波長のLEDを用いることで、異なる照射条件での蛍光スペクトルを簡便に得ることができた。3種類のキナクリドン系顔料については、ピーク位置とピーク高さの相対比から、青色LED照射で得られた蛍光スペクトルから同定が可能と思われる。今後は、多種類のLEDを使用し組み合わせて解析することによって、各種絵の具を同定することも可能と考えられる。

引用文献

- 1) 早川泰弘：ポータブル蛍光X線分析装置による国宝絵画の材質調査、応用物理 Vol.74 1365-1369(2005)
- 2) Y. Matsuda, "Application of fluorescence observation and fluorescence spectroscopy to the examination and analysis for material of artistic and historic works, Publication of Tohoku University of Arts and Designs No4, 42-51 (1997)
- 3) 文化庁監修：国宝高松塚古墳壁画（中央公論美術出版、2004）
- 4) 古田直人、三浦定俊：紫外・可視反射スペクトル法による染料非破壊分析のための基礎研究(1)、保存科学、44、17-24(2005)
- 5) 北見周子、横島瑛莉奈、岡村秀樹、佐野千絵：ポータブル・マルチLED分光装置の試作と蛍光スペクトル法による水彩絵の具同定への応用、保存科学、45、149-155(2006)

漆工品における藍の分光学的手法による 非破壊的検出法（2） —最適測定条件および定量性についての検討—

○ 吉田直人，三浦定俊（東京文化財研究所）

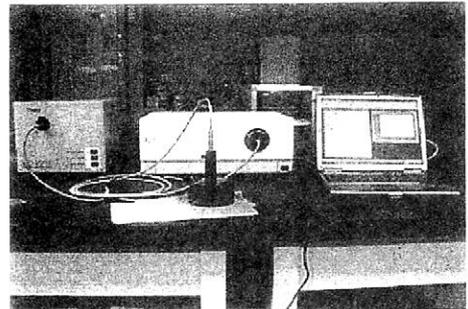
1. はじめに

緑色系漆の製法として、黄色顔料である石黄と染料である藍を混合する手法が知られている。そのうち、蛍光 X 線などでは検出できない藍の存在を非破壊的に検出する手法の確立を目指し、その手段として紫外・可視反射分光法の可能性を検討しているところである。昨年度の大会では、藍（インディゴ）を混合した漆を手板に塗布、乾燥させたモデル試料で、その反射スペクトルから、インディゴに特異的なピークが認められる事を報告した¹⁾。我々は前回の発表以降、この研究を更に進めている。反射スペクトルのみではなく、透過光測定による吸収スペクトルの検討も行い、漆の光吸収特性から求められる測定可能波長域、インディゴ混合量と吸収率との関係、反射スペクトル測定におけるインディゴ粉末による散乱光の影響などについて考察した。

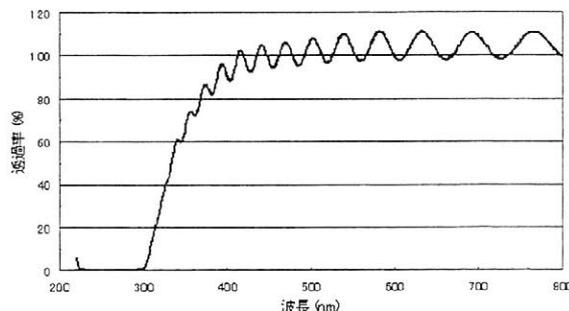
2. 測定機器

光ファイバー投受光型超高感度紫外・可視分光光度計 MCPD-7000（大塚電子、右写真）。

分光器：ブレードホログラフィック型
検出器：冷却型 CCD リニアイメージセンサー
プローブ：石英光ファイバー
測定波長域：220～800 nm



3. 漆の光吸収特性

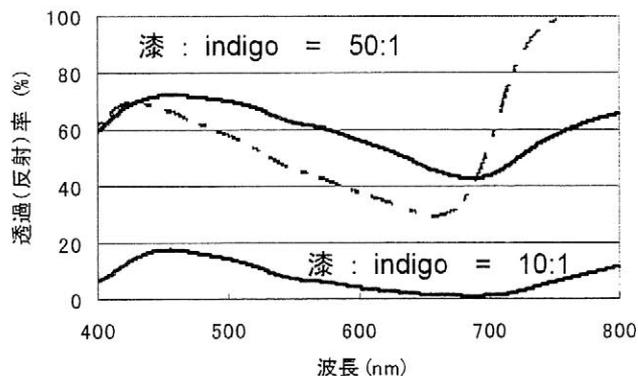


2枚の石英製スライドガラスに挟んだ木地呂漆をサンプルとし、その（スライドガラスのみを基準とした）光透過率を測定した。その結果（左図）、400nmより短波長になると、吸収率は急激に低下し、300nm未満の紫外域では殆ど透過しなくなる事が分かった。従って、漆試料の光透過（反射）スペクトル測定では、漆自身による光吸収の影響が少ない

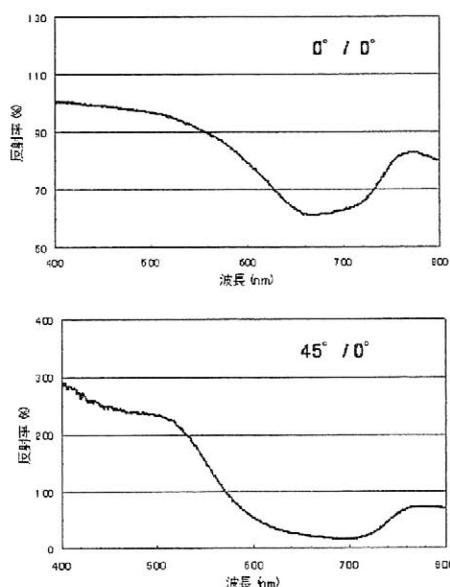
400nmより長波長での測定が適切であると結論した。なお、周期的な透過率の変動は、ガラスを2枚合わせた事による光の干渉である。

4. インディゴを混合した漆の透過スペクトル

先と同様、石英スライドガラスに挟んだ試料の（漆を基準とした）透過スペクトル測定を行い（右図、実線）、同じインディゴを染色した木綿布の反射スペクトルと（点線）と比較したところ、前者のピークは20 nm程度長波長側へのシフトが認められた。これは、木綿布試料と違い、漆に混合したインディゴは粉末として存在していることが（分子状態、光散乱など）影響していると考えている。また、インディゴの重量比が10%程度になると、インディゴに特異的な吸収帯である670 nm付近での光透過はほぼゼロとなった。本会では、インディゴ濃度と透過率との関係について詳しく報告する。



5. 光照射角と反射スペクトルとの関係



インディゴを混合した漆を手板に塗布、乾燥させた試料の反射スペクトルを、照射角を変えて測定、比較した（左図）。透過スペクトルと近い位置に吸収帯が見られるが、照射角 45° では短波長側で「見かけの」反射率が100%を遙かに超え、また透過スペクトルと比較したピークのゆがみも大きくなった。これは、照射角を45°にした場合に、より強く（短波長になるほど）、インディゴ微粉末による光散乱の影響が強くと現れていると考えている。

上記に示した結果、また本会までに新たに得られた知見を基に、反射スペクトル法による緑色漆からのインディゴ検出に際し、必要な条件などについての考察を行う。

- 1) 吉田直人、三浦定俊 「漆工品における藍の分光学的手法による非破壊的検出法」
日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集 352-353 (2005)

TL法を用いた陶磁器の美術史的研究資料としての有効性検証法の可能性

○青木智史*、長友恒人**

(*大阪大学大学院、**奈良教育大学)

1. はじめに

陶磁器を美術史的に研究するとき、その作品の真正性は基本的な条件となる。出土例や由来の明らかな伝世例のある作品に対しては肉眼観察によってその真正性を判定することも可能であるが、そのような判断基準がない作品を美術史研究の対象とするには客観的な評価法が必要となってくる。本研究で用いた TL 法は、陶磁器の資料性を判定する上での客観的な手法となる可能性を有している。TL 法だけで陶磁器の真正性を証明することは困難であるが、その作品が古物であるか否かを判定することは可能である。発表者らがこれまで測定を行ってきた陶磁器の中には、明らかに古物と考えられるが出土例の知られていない作品がいくつか存在する。本発表で紹介する小形の三彩陶もその一例である。このような作品は美術史的研究対象となることはこれまで稀であったが、TL 法によって明確に古物と判定された場合、美術史上の研究対象として検討することは可能ではないだろうか。本発表では、その可能性を模索する。

2. 試料について

測定対象とした 5 点の作品は、いずれも 5cm~8cm 程度の小形の三彩陶である。一見すると唐三彩のようであるが、それらのすべてに出土例が存在せず、また胎土も従来知られてきた唐三彩とは異なっている。しかしながら、釉薬や器形などの点から判断すると、その真正性を完全に否定することも困難である。よって、本研究の測定対象とし、TL 法を適用しより客観的な判断を試みた。

3. 測定

3-1. 蓄積線量評価

すべての試料について準微粒子法で TL 測定を行った。測定装置は Daybreak 社製 1150 型 TL/OSL 装置を用い、検出波長 350-470nm で測定を行った。蓄積線量は付加線量法を採用した。スプラリニアリティー補正のためのアニール条件は、350°C で 60 分間とした。

3-2. 年間線量評価

年間線量のうち、陶磁器胎土由来の α 線量および β 線量については、これ

まで発表者らが開発・適用してきた「軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法⁽¹⁾」を用いて非破壊で評価した。測定対象とした三彩陶はいずれも出土地不明であり付着土も極僅かであるため、周辺土壌からの γ 線量を評価することはできなかった。よって、唐時代の陶磁器付着土をもとにした環境放射線量に関する S. J. Fleming の研究成果⁽²⁾を参考にしつつ、これまで我々が行ってきた測定結果をもとに推定値を用いて周辺土壌からの γ 線量を評価した。

4. 測定結果と考察

測定の結果は、表.1 に示したとおりである。小形三彩陶 05 を除く 4 点の資料は、年間線量に推定値を用いているため TL 年代にバラツキが大きい、いずれも明確に古物と判定できる結果であった。この測定結果が直ちにこれらの小形三彩陶の美術史的資料性を保証するものではないが、資料性の検討に値する作例であることは確かであり、安易に資料性を否定すべきではないように思われる。また、現代の贋作であると考えられる小形三彩陶 05 が、小形三彩陶 04 と極めて近似した作品である事は興味深い。両者は寸法、重量ともに極めて近似しており、器形もよく似ている。しかし、詳細な観察を行うと、両者に細かな部分では技術的な差を見出し得ることがわかる。現状は分類できるだけの資料例がないが、今後の研究によって同様の測定例が充実していけば、それらを分類することは十分可能であろう。出土例のない作例に対しては、TL 法を用いることにより資料性をある程度検証することは可能であろう。従来行われてきた TL 法による陶磁器真贋判定から一歩進んで、より密接に美術史、特に陶磁史研究に TL 法は寄与できる可能性があると考えられる。

表.1 測定結果と TL 年代

試料	蓄積線量 (Gy)	年間線量 (mGy/a)	TL 年代 (年前)	検証結果
小形三彩陶 01	9.65±2.61	7.55±0.69	1280±370	古物
小形三彩陶 02	4.28±0.77	5.12±0.42	840±170	古物
小形三彩陶 03	6.85±0.75	6.83±0.66	1000±150	古物
小形三彩陶 04	9.92±1.99	7.75±0.72	1280±280	古物
小形三彩陶 05	0±0.55	7.66±0.74	—	現代の贋作

§ 参考文献

- (1) たとえば、青木 智史、長友 恒人：軟シリコン樹脂型を用いた年間線量評価法の陶磁器真贋判定法に関する有効性の検証。日本文化財科学会第 20 回研究発表要旨集、204-205、2003。
- (2) Fleming, S. J: THERMOLUMINESCENCE AND GLAZE STUDIES OF A GROUP OF TANG DYNASTY CERAMICS. *Archaeometry* 15 (1), 31-52, 1973.

重要文化財「広島県草戸千軒町遺跡出土品」の

保存処理後遺物の現状と今後の課題（1）

○伊藤健司*・山田哲也*・尼子奈美枝*・植田千佳穂**・鈴木康之**

*財団法人元興寺文化財研究所 ・ **広島県立歴史博物館

1 はじめに

発表者らは、2000～2003 年度に『保存処理後遺物の経年調査』（研究代表者伊藤健司）の課題で科学研究費の採択を受け、全国の公共機関を中心に木製品や金属製品を中心に保存処理後遺物の調査を実施し、2004 年 3 月にその研究成果を報告書としてまとめた。

報告書では、不幸にして変化のあった遺物の要因を、「保存処理方法」・「保管環境」・「取扱い」・「その他（遺物自体や樹脂の劣化など）」に分類し、その要因の解決の必要性和将来的に再処理を考慮すべきであることを指摘し、保存科学研究者、考古学研究者や資料管理者などに公開した。

ただ、この研究課題のため少しでも多くの保存処理後遺物を見出す必要があり、一遺跡の遺物を集中して調査する事例がほとんどなかった。このため、遺跡の時期・遺構や出土状態の関係、出土年度と処理年度の関係、処理方法と使用した薬剤や樹脂との関係などが明確に把握できなかった。

今回、財団法人福武学術文化振興財団より平成 17 年度歴史学・地理学助成を受け、本年 4 月から草戸千軒町遺跡出土品を対象として研究を開始したところであり、今後 1 点ずつの情報を記録化し、得られた記録を詳細に検討した後に、来年度以降に本研究成果の報告を行う予定である。

2 草戸千軒町遺跡と保存処理後遺物について

広島県福山市に所在する草戸千軒町遺跡は、芦田川の河口近くの中洲及びその周辺に広がる鎌倉時代～室町時代にかけての“中世の町”の遺跡である。発掘調査は 1961 年～1994 年の 34 年間にわたり約 67,000 m²を調査され、中世の民衆生活の生活実態が明らかとなった。出土遺物は陶磁器や土器をはじめとして 50 万点以上におよび、中でも低湿地遺跡であることから木製品などの有機質遺物が良好な状態で残存していた。

これらの出土遺物の中から、2004 年 6 月に約 3,000 点が国重要文化財に指定された。このうち木製品・金属製品を中心とした保存処理後遺物は指定品の 1/3 にあたる 1,100 点程度である。その保存処理は、「これ以上の劣化を防ぎ現状を保つ」という明確な目的で、保存処理が本格的に開始されて間もない 1975 年から実施している。

その後、調査主体であった草戸千軒町遺跡調査研究所は 1994 年に発掘調査を終了したことから、指定品を含めた出土遺物は広島県立歴史博物館に移管され展示、収蔵している。

3 草戸千軒町遺跡出土品を研究対象とした理由

保存処理後遺物には保存処理方法自体の問題や保管環境、取扱いなどにより経年変化が生じることがあるため処理後に経年調査が必要であるが、ほとんどの機関ではこの調査を行っていないのが実情であり、本遺跡からの出土遺物を管理している広島県立歴史博物館でも保存処理を行うことが優先され、処理後の調査は行っていなかった。このことから保存処理後遺物の中には、約 30 年間経年変化の調査を実施していないこととなる。このため木製品においては使用した樹脂の劣化や薬剤の溶出などが、金属製品においては新たな錆や亀裂の発生などが懸念される。

一方、本遺跡では、重要文化財に指定された約 1,100 点の保存処理後遺物は、遺物台帳から考古的な情報（時期、出土遺構や出土状態など）、処理情報（年度、機関、再処理の有無など）、履歴（展示や貸出期間など）が明確に把握できる保存処理前後の記録が保管管理されている。さらに長期間にわたり草戸千軒町遺跡調査研究所及び歴史博物館・奈良文化財研究所・（財）元興寺文化財研究所などの

複数の機関が保存処理を担当しており、処理方法の相違と経年変化の関係などについての検討も可能であり本遺跡を研究対象とすることによって、多くの有意義な情報が得られると判断したためである。

4 研究の内容と方法

本研究は、重要文化財に指定された木製品・金属製品などの保存処理後遺物を対象に実態把握のために全点の悉皆調査を実施する。このことは変化のない指定品と変化の生じている指定品とを比較検討することで、その変化の要因を明確にすることが可能となる。さらに保存処理後遺物の有する課題を明らかにし、その成果を公開するものである。なお一部未処理で指定された遺物もあるためあわせて現状調査も行う。

指定品 1点 1点について保存処理前後の記録から現状を比較、確認するとともに、変化の生じている指定品については、避けることのできない遺物本体の劣化によるものなのか、保存処理方法上の問題なのか、保管環境や取扱いなどの管理上の問題なのか、使用した樹脂の劣化によるものなのか、これらの要因が複合しているのかなどを明らかにして行く。

特に、木製品は PEG 含浸法を含め四種類の方法で保存処理を行っている。このため保存処理後遺物の微妙な変化を見逃すことないように細心の注意を払いつつ、変化の要因を的確に判断し詳細に検討し記録化を図り、そのデータを公開する。

これらの調査記録を基にして、早急な修理が必要なのか保管環境などの改善を行うことで現状を維持できるのかの判断資料の一つとする。

5 指定品の現状

指定品は、展示場及び特別収蔵庫で保管している。展示場は開館時には空調を入れ、閉館時には空調を止める管理体制で、特別収蔵庫は 24 時間空調管理（温度 22℃、湿度 55%RH）を行っている。収蔵庫での保管状態は一部の大型資料を除き、木製品は薄葉紙や不織布などに梱包し、金属製品は薄葉紙やビニールパックなどに包んだうえ、1点ずつ紙箱に納めることを基本とする。

一部の指定品を実見した限りにおいて気にかかる点を記載する。

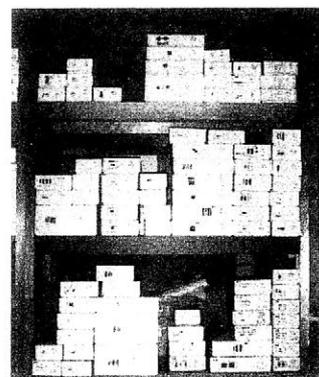
展示品 壁掛け展示してある「格子状木製品」に割損が認められる。

また直接テグスで留めてあるため、部分的にテグスが遺物に食い込んだ状態となっている。

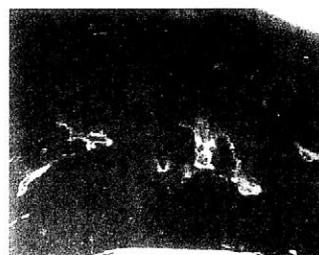
鑄造の鉄製鍋にヘアーラックが生じている可能性がある。

収蔵庫 木製品の一部は、草戸千軒町研究所及び歴史博物館が PEG 含浸法を用いて処理を行っているが、表面処理や接着・復元を実施していないため、下駄や曲物など数点に特別収蔵庫に収納される以前に溶出したと考えられる PEG が、白色に固化している。

鉄製鍵に錆汁が発生し、ラベルの一部に茶褐色のシミが付着している。



特別収蔵庫収納状況



PEGの固化

6 今後の方向性

重要文化財の保存処理後遺物の研究調査は管見では知らない。このため草戸千軒町遺跡出土品の研究調査が初めてと考えられることから、広島県立歴史博物館だけでなく文化庁とも研究方法を詳細に打合せて検討し、その研究成果を細部まで報告する。このことにより本遺跡における指定品の保存処理後の現状を詳細に把握するとともに、今後の展示方法や保管環境などについて、問題点や改善点などの課題を明確にするものである。なお簡易な改善すべき点があれば、その場で実施して行く。

重要文化財は、考古資料であると同時に歴史資料であり、美術品としての価値も持たなければならない。しかし、例え現在考えられる最高水準の保存処理方法や技術を用いても、永久にその形状を保つことは不可能であり、いつかの時期には修理（再処理）が必要である。今回の研究成果は指定品における将来的な修理に向けての基礎的なデータを提供するものである。

文化財修理における自然科学的調査の利用について

○渡辺智恵美 原彰吾 平尾良光（別府大学）井 英明（古賀市教育委員会）
小松 謙（佐賀県教育委員会） 今西寿光（京都科学棟）

1. はじめに

近年の文化財修理では、自然科学的手法を用いて損傷の度合いや材質等について調査を行うことが標準化しつつある。修理前に自然科学的調査を実施することは、文化財そのものが持つ情報を得るだけでなく、修理の現場でも役立つものとなる。とくに出土金属製品は土中に埋もれている間に著しい損傷を受け、出土後も錆の進行によって崩壊や欠損、細片化するのが一般的であり、破片の接合や形状の復元を行うには限界を生じることが少なくない。そのような場合に自然科学的な側面から材質や破面の形状等を調査することによって破片の接合やグルーピングを行うことができ、よりの確な修理が行えるようになる（本学会第20回大会にて、『牟田辺遺跡出土銅釧片のグルーピング-鉛同位体比測定を応用して-』と題して報告済）。今回も鉛同位体比測定による結果を利用して福岡県古賀市馬渡・東ヶ浦遺跡および佐賀県唐津市中原遺跡から出土した複数の銅釧について、破片のグルーピングおよび接合の可能性を探った。

2. 遺跡および遺物の概要

【馬渡・東ヶ浦遺跡】

古賀市青柳町馬渡・東ヶ浦地区の丘陵地に所在する縄文時代～中世にわたって営まれた複合遺跡で、古賀市総合健康文化公園（愛称「古賀グリーンパーク」）の造成工事に伴って調査が行われた。主体となる時期は弥生時代中期および古墳時代中～後期で、とくに弥生時代は出土品も多い。E地区は本遺跡の中でも注目すべき地区であり、住居址のほかにもいろいろな埋葬形式を持つ墓群が確認され、銅剣、銅戈などの青銅製武器類、銅釧、勾玉などの装身具類が甕棺から出土している。今回の発表対象としている銅釧は、E地区3号甕棺から出土した。銅釧は直径約6.5㎝大で、宇木汲田遺跡から出土したものと同様の円環形を呈し、同じ地点からまとめて5点出土した。この内2点は、破面が確実に一致し完形になるが、残る3点については、各破片がどの銅釧に属するか明確ではないが、色調や形状より推定して3個体に分けられた状況にあった。

【中原遺跡】

唐津市に所在する弥生時代～古墳時代にかけて営まれた遺跡である。本遺跡からは合計15点の銅釧が出土している。いずれも弥生時代中期に属する甕棺から出土しており、この内12点はまとめて甕棺の底部から出土し、残る3点は甕棺の中から細片の状態で出土している。鉛同位体比測定は全点実施したが、今回はばらばらの状態で出土した3点について検討した。この破片群も古賀市出土例と同様、色調や形状より推定して3個体に分けられている。

3. 結果

図1および図2は遺跡ごとの銅釧の測定値の分布を示したものである。それぞれ値ごとにグルーピングしたものを○、△、□などで表示した。図からも読み取れるように、

肉眼観察のグループングとは異なった結果となった（写真 1）。とくに中原遺跡出土の銅釧のうち、他の 2 点と比べてやや細い環として一括された（上グループ）破片も二つのグループに分けることができた（測定不能な 1 点を除く：写真 2）。

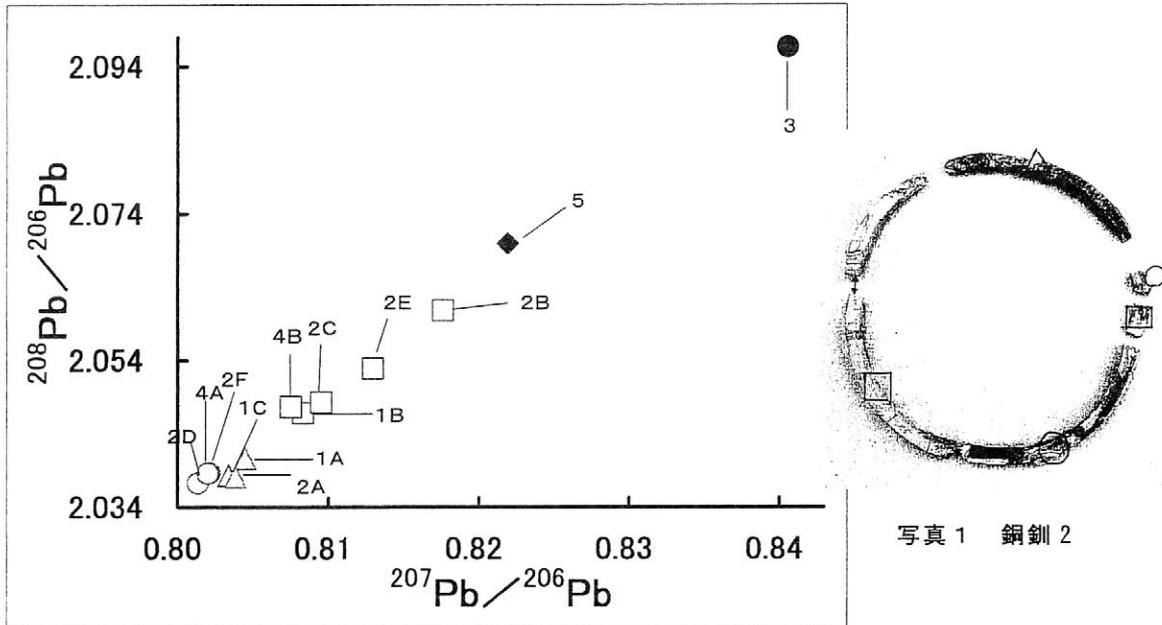


図 1 馬渡・東ヶ浦遺跡出土銅釧の鉛同位体比

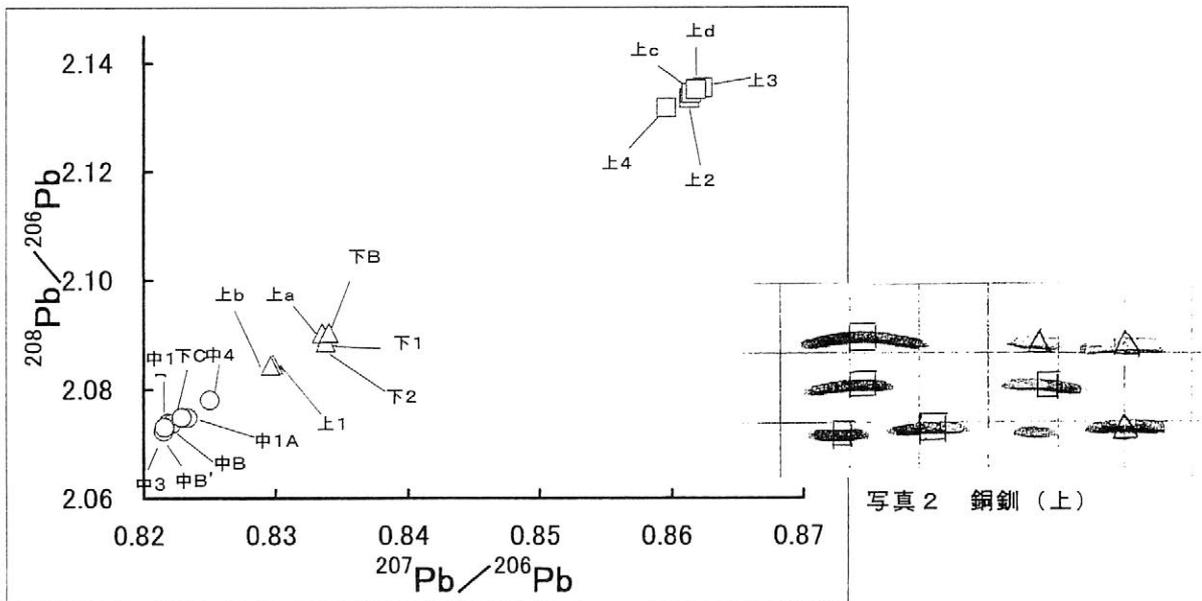


図 2 中原遺跡出土銅釧の鉛同位体比

4. おわりに

冒頭でも述べたように、埋蔵文化財の接合は損傷の性質上、非常に困難を伴うものであり、修理者の技量のみでは対応しきれない問題である。この問題を解決する一助として、自然科学的調査の利用が望ましいと考えている。遺物の管理を行う上でも合理的であり、調査により同一個体と判定された破片を一括管理することで、次回の修理の際にも役立つ有力な情報となる。

臼杵磨崖仏における凍結破碎防止策の検討

○森井順之、川野邊渉

(東京文化財研究所)

1. はじめに

自然崖面に彫刻された磨崖仏は、博物館などの安定した環境下に置くことが不可能であり、温湿度変化や降雨、背後の地下水など自然環境の影響を強く受ける。磨崖仏の場合、特に岩石風化が保存上大きな問題であり、その主な要因として、凍結破碎・塩類風化・植物繁茂が挙げられる。

臼杵磨崖仏でも、過去 2 度の大規模修理において崩落部の復位や石仏表面の強化処理などを行うとともに、降雨や地下水の影響を軽減するための覆屋建設や排水トンネル工事を行い、現在それらは良好に機能している。しかしながら、近年では 2001 年、2005 年冬の寒波により、石仏表面が凍結しその後崩落するなどの被害が生じ、緊急の対策が必要な状況である。

そこで我々は、臼杵磨崖仏の保存に必要な、現地での環境計測および様々な材料・技法に関する実験を行っている。今回は、凍結破碎防止策のひとつとして、赤外線灯照射による石仏表面温度の制御について検討した結果を報告する。

2. 臼杵磨崖仏周辺の気象 (2006 年冬期)

我々は臼杵磨崖仏において、その劣化要因と周辺環境との関係について明らかにするため、2001 年より現地観測を継続している。詳細には、各石仏群にて覆屋内の温湿度、石仏表面の温度・含水率を、屋外では気象ステーションによる気象観測を行っている。

気象ステーションの測定結果のうち、過去 5 年における各月の最低気温、気温が零下を記録した日数を見ると (表 1)、2005 年 12 月の月最低気温が -6.8°C 、零下になった日数が 27 日と 12 月では突出しており、ここ数年で最も寒かったと言える。また、このことは磨崖仏にとって最も高い危険性を有していたと言い換えることができる。

実際、臼杵磨崖仏ではホキ石仏第二群 (ホキ二群) 阿弥陀如来の膝上部分において、2005 年 12 月に凍結破碎現象が生じていたことが、監視カメラの画像分析結果より明らかとなっている。

表 1 臼杵磨崖仏周辺の気温

	月最低気温 ($^{\circ}\text{C}$)				年最低 気温 ($^{\circ}\text{C}$)	日最低気温が零下になった日数			
	1月	2月	3月	12月		1月	2月	3月	12月
2001				-4.0	—				18
2002	-4.6	-4.8	-2.6	-3.9	-4.8	11	12	27	19
2003	-5.8	-5.0	-2.6	-3.7	-5.8	26	14	7	15
2004	-7.0	-5.0	-5.3	-3.7	-7.0	26	17	10	6
2005	-4.7	-5.1	-3.8	-6.8	-6.8	25	19	13	27
2006	-6.6	-6.4			—	22	15		

3. 実験概要

2005年12月にホキ二群で生じた凍結破砕により、磨崖仏の凍結破砕防止策の立案が緊急の課題となった。そこで我々は、石仏表面の温度上昇により凍結しない環境を作るために、翌年1月に赤外線灯を設置、照射実験を開始した（写真1）。

また、実験中のうち数日、最も気温が低い早朝時にサーモビジョンによる撮影を行い、照射前後の石仏表面の温度分布を比較した。

4. 実験結果および考察

今回は、2月24日早朝に実験・撮影した結果を報告する。この日の実験では、赤外線灯照射の有無による表面温度分布の違いを確認するため、照射→消灯を行い、消灯後の温度分布図の変化を見ることとした。

図1は、ホキ二群阿弥陀如来坐像にて、赤外線灯照射時と消灯後の温度分布を比較したものである。図を比較すると、照射時に比べて消灯後は明暗の差が小さい。また、照射時に最も高温となる膝部分では、6.5℃（照射時）から4.5℃（消灯後）と、約2℃低下したことがわかった。

結果、赤外線灯照射により、石仏表面温度が最大2℃程度上昇したことが確認でき、凍結破砕防止策としての有効性が証明された。今後は、凍結を引き起こす環境下での効果を確認するとともに、照射による植物繁茂などの副作用についても評価を進める予定である。

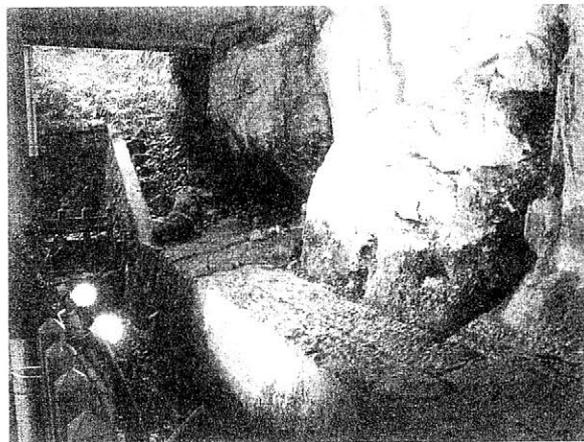
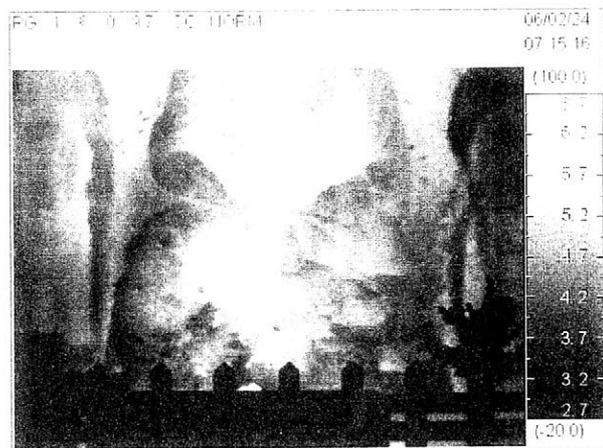
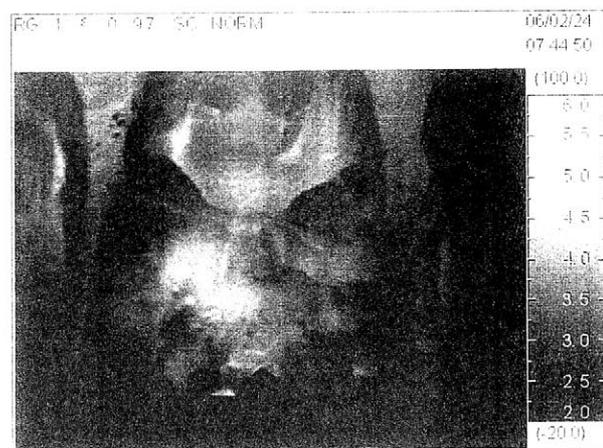


写真1 赤外線灯の照射



（照射時）



（消灯後）

図1 赤外線灯照射前後の温度分布

火災住居跡調査からの実証的な上屋構造復元の取り組み

村本周三¹⁾ 松田功²⁾

1) 総合研究大学院大学博士課程

2) 斜里町立知床博物館

はじめに

竪穴住居の実証的な復元を試みようと思えば、炭化材の出土により上屋構造の一端が垣間見ることができ、火災住居跡は資料としての価値が高い。しかし、非火災住居跡に比べ出土頻度が低い上に、全貌が把握できるほどの資料は検出されないことから、民族調査等の知見が重視され、必ずしも充分な活用がなされてきたとはいえない。

本報告では、縄文時代中期の火災住居跡としては極めて遺存状態がよい北海道斜里町来運1遺跡の火災住居跡を対象として、出土資料のみで上屋構造の復元がどこまで可能であるか検討した。

来運1遺跡出土の火災住居跡の概要

対象とした火災住居跡は、国立歴史民俗博物館による炭素14年代測定で、2100cal BC前後ないし2050cal BC前後と当該地の縄文時代中期末に相当する時期の建設と推定された。規模は長軸13m、短軸12.5mのゆがんだ円形で、同時期の住居跡に比べ、規模が大きい。住居跡のほぼ1/4については炭化材が非常に状態が良く、最外面と思われる部分まで遺存していた。直径3~4cmの格子状に組まれた炭化材が主体であるが、その下より写真中○印のように直径2cm以下の枝様の炭化材が出土した。壁際にはほぼ全周に褐色土が堆積していたが、竪穴の掘り上げ土とは異なる土壌である。

上屋構造の復元に必要な情報と来運1遺跡出土の火災住居跡

これまでの竪穴住居の復元研究が平面形態と柱穴配置を中心としてきた。そのため、火災住居跡を用いた復元研究も、そこから導き出される梁・桁、垂木の配置との関係は重視しなければならない。また、火災住居跡の調査では屋根材が検出されることが期待される。

来運1遺跡の事例は、細い材で細かく小屋組みされていることが特徴である。規模が同時期の住居跡に比べ大きい反面、垂木(ないしは壁材)と推定される材は極端に細い。枝様の炭化材は屋根材の一部と考えられる。全般に華奢で複数年使用することは困難な構造である可能性が高いが、垂木やもやの間隔が狭く、建設に要する労力は高いことが予想される。

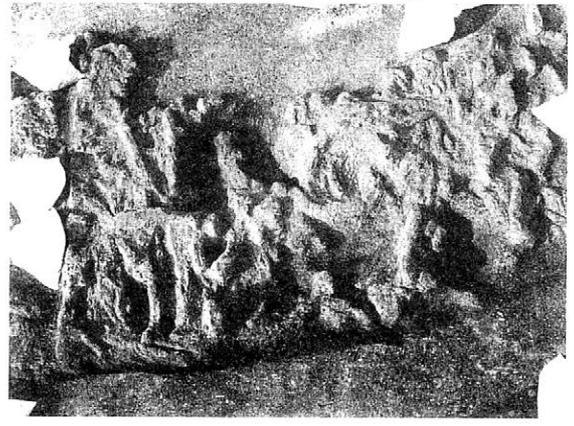
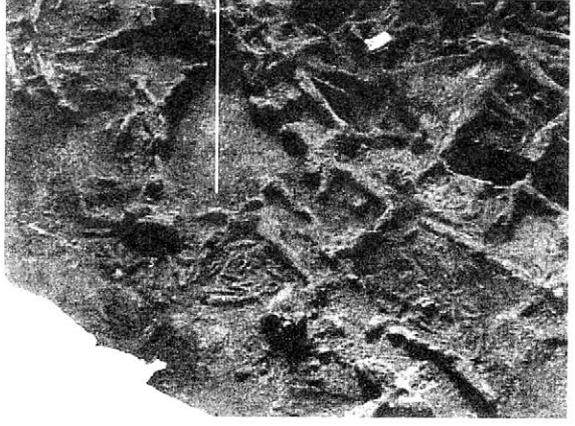
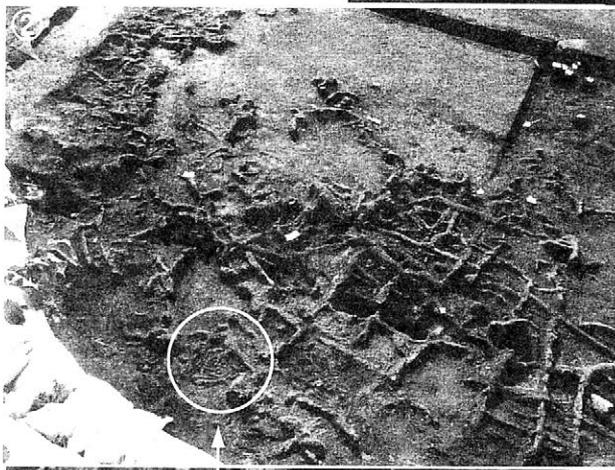
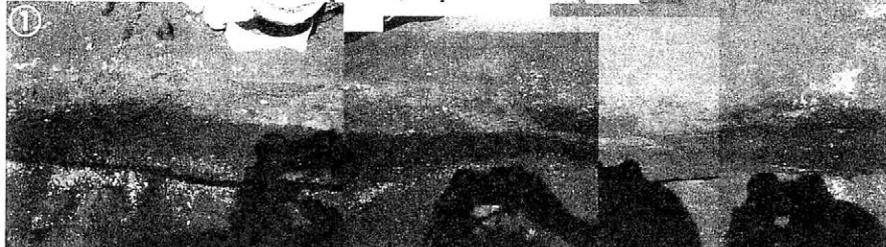
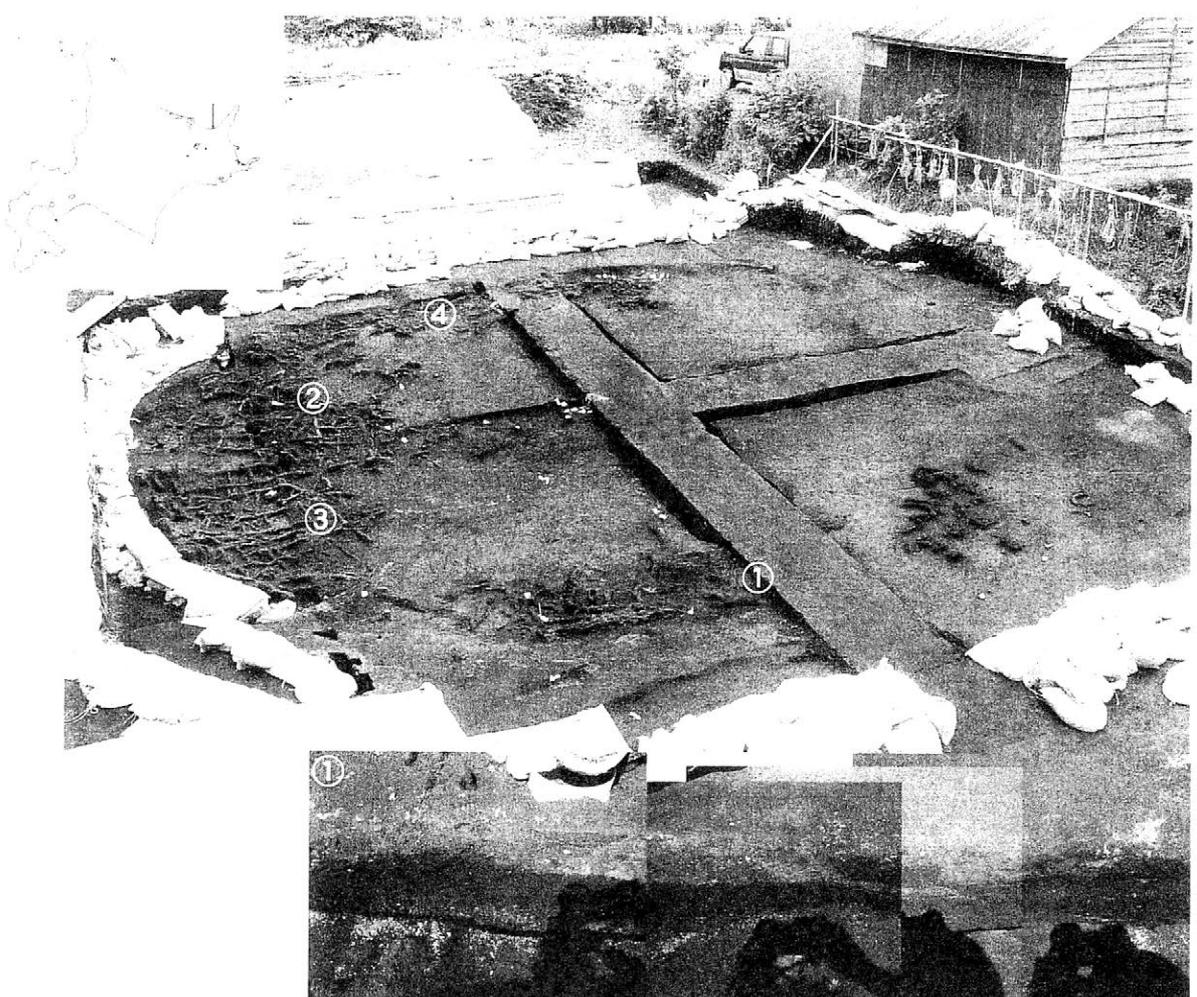
来運1遺跡出土の火災住居跡では欠けている情報

炭化材が良好に遺存しているのは全体の1/4~1/3程度で、屋内の施設も判然としないため、入口がどこであるのかを推定することは困難である。また、屋根の頂部周辺、主柱、梁・桁と推定できる炭化材が検出されなかったため、屋根全体の形態は不明である。ただし、これらの部分は縄文時代の火災住居跡では検出されることが稀であり、特殊な事例ではない。

壁際から検出された褐色土もその機能が判然としない。土屋根や土壁に由来する可能性が全くないわけではないが、小屋組みが華奢であることを考えればその可能性は低いと言わざるを得ない。

おわりに

縄文時代中期の火災住居跡としては極めて遺存状態がよい北海道斜里町来運1遺跡の火災住居跡ではあり、特に細かい材を用いた小屋組みは他に例を見ない。現時点では調査結果のみでは復元に必要な情報が充分とはいえないが、類例の蓄積を待ち更に検討を加えていきたい。



GIS による遺跡評価の可能性 (1)

～近畿地方の金属生産遺跡において～

○ 島津 功 (奈良大学大学院修士課程) 碓井 照子 (奈良大学)

1. はじめに

従来、遺跡の評価というものは、主にその調査地域から出土した考古遺物や遺構に重点を置いて、決定されてきた。しかしながら、その地域でなぜ人がそのような営みを始めたのかという理由があまり重視されていないように感じる。ようやく近年になって、景観考古学や遺跡立地論という形で、遺跡の空間的な解釈がなされつつある。

今回は、そういった研究の諸端として、近畿地方における金属生産遺跡、鍛冶集団遺跡と思われるものを中心に、いくつかの論点を提示し、新たな遺跡評価への可能性について述べることとする。

2. 研究方法

この研究においては、従来のように2次元的手法以外に、3次元的手法を用い、遺跡がもつ地形条件や環境、位置空間的な因子などを模索するために、GIS(地理情報システム)を利用した分析を行う。その結果として、遺跡を構成する因子をGISの分析を含めた結果から抽出し、各遺跡がどのようなまとまりで含んでいるかを解析する。解析後、遺跡評価を含められる因子に重点を置いて、従来とは異なる手法で可能性を提示することとする。これは様々な性格をもつ遺跡・遺物に対して適応できるものと考えられる。

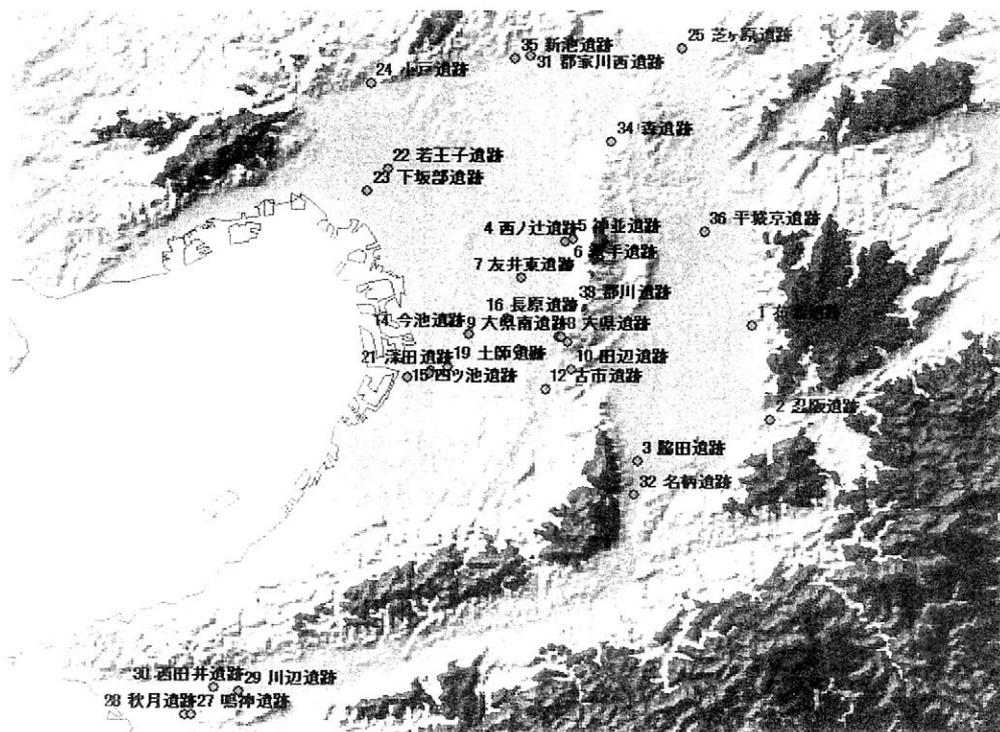


Fig.1 近畿地方の地形図と鍛冶集団遺跡分布図

2. 研究対象

今回は、近畿地方における金属生産に関わる鍛冶集団に着目して実践している(Fig.1)。

鍛冶遺跡の評価というものは、主に出土遺物である鉄滓・羽口。遺構として炉、住居跡などで決められている。これらに関しない遺跡は、想像上での評価は与えられるものの、実証的な評価はないこととなる。しかしながら、金属生産というものは、どの地域でも行われていた物でなく、古代においてはその専門の集団が存在していた。また金属器を生産するということは、砂鉄などから精錬するほど、燃料や水を必要としないにしても、鍛冶集団は、大量にそれらが確保できる地域を選出してきた可能性が高い。また、金属器は当初、祭祀用具として、大陸より伝わったが、それに加え、後には争いの道具の武器としても利用されるようになった。このことから、金属器を作り出す集団というのは、有力貴族の直轄下におかれ、管理されてきたことを考えると、なんらかの位置関係が存在したと思われる。

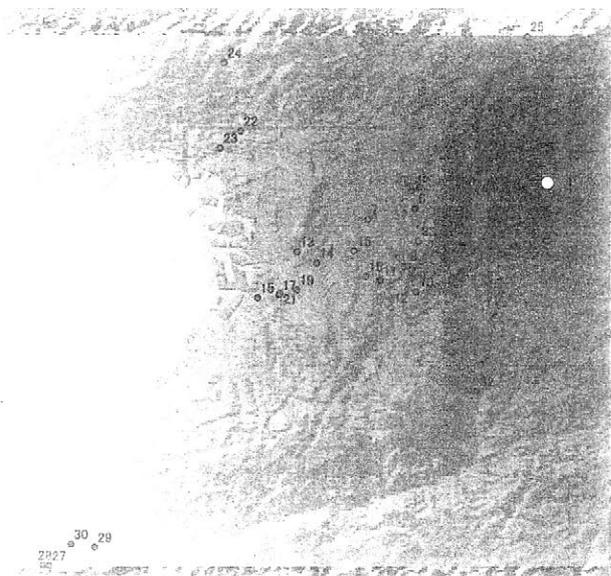


Fig.2 平城宮から各遺跡までの単純距離

今回はこれらのことをふまえ、実証してみることとした。

4. GISによる解析

Fig.1は、地形図の上に鍛冶集団の性格をもつ遺跡に位置情報を与え、表したものである。地形図と位置情報を重ねるだけで、比較的大規模な鍛冶集落といわれる、布留・森・大県・田辺遺跡などは、山際に集まっていることがわかる。ただ、同系統の長原・大県南遺跡などは、山際からはずれる。

Fig.2は単純に平城宮からの距離を同心円状で表したものである。Fig.3は同じく平城宮を中心にしたものであるが、地形の傾斜による移動コストを考慮に入れた。その結果、地図上では同距離に置かれる遺跡も、現奈良県内に存在する遺跡のほうが、移動コストは低いことが分かる。それに対して遺跡は、平城宮周辺より、生駒山地を越えた、平城宮の西南西の方向に集中することがわかる。

今後さらに詳細に解析の事例を蓄積し、構成する因子を提示したいと考えている。

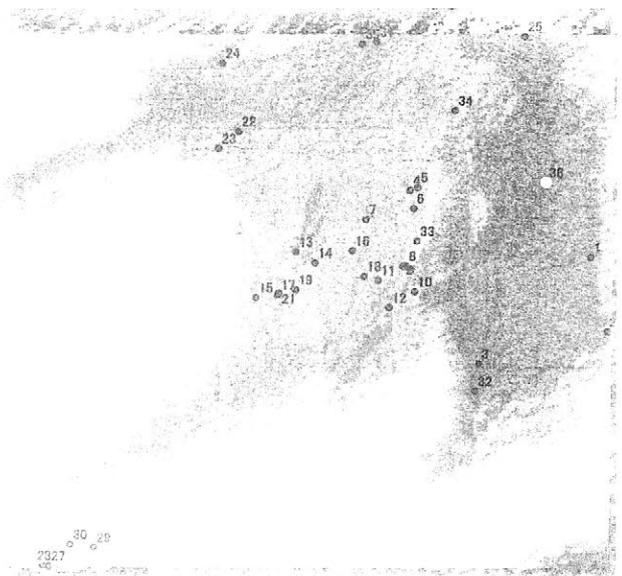


Fig.3 平城宮から各遺跡までのコスト距離

三角縁神獣鏡「同範鏡」における 三次元デジタルアーカイブの考古学研究への応用

○水野敏典*, 樋口隆康*, 岡林孝作*, 山田隆文*, 奥山誠義*, 森本国宏*, 今津節生**
*奈良県立橿原考古学研究所, **九州国立博物館

1. はじめに

我々はこれまで既報^{1),2),3)}の計測機器と方法により銅鏡を中心に考古資料の三次元形状計測を行ってきた。今回は三次元形状計測データから得られた情報を基に考古学研究への応用を試みた一例を報告する。

2. 三次元計測画像の特徴

本研究で用いる三次元計測画像とは、三次元形状計測で得た点群データを Surfer(GoldenSoftware 社)上で CG 化したもので、陰影付き表示処理を行なった画像のことである。①光源の位置を自在に設定できる、②斜め方向からの俯瞰など視点の移動ができる、③色情報を排除した形状の情報のみである、④非接触で高精度の断面図を作成できる、等の特徴があげられる。また、デジタルデータの利点として観察や記録に応じて拡大縮小などの縮尺変更、統一およびトリミング等の加工が自由に出来ることがあげられる。そのため、銅鏡の鏡背文様の観察時には全ての鏡において、文様の方向、光源の位置、縮尺などの諸条件を厳密に統一することを可能とした。遠隔地に所在する複数の銅鏡の鏡背文様を同一条件で一覧表示できるため、通常肉眼や写真等の記録を利用した観察と比べて、飛躍的に詳細な比較検討を可能とし、これを利用して鑄型(範)に由来する個体差を容易に、そして多量に識別できるようになった。

3. 三次元計測画像の考古学研究への応用

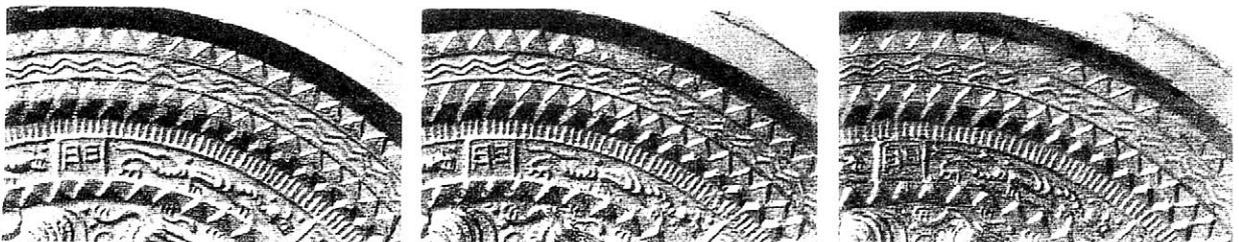
これまでに銅鏡約 630 面の三次元計測画像を作成し、その利用の一つとして、三角縁神獣鏡にみられる同一文様の鏡群、いわゆる「同範鏡」間に見られる鑄型表面の剥落、欠損(以下範キズ)の研究に使用した。

これは、岸本直文⁴⁾による鏡背の範キズの増加傾向をもとに「同範鏡」の製作順序を想定する研究を基本的に継承したものである。三次元計測画像を利用して、より多くの三角縁神獣鏡を検討するなかで、多くの場合に範キズは単純な一列に増加を把握できたが、一方で、一列に把握できない例もあることが確認できた。このことから、考古学的に鑄型(範)が複数存在する場合があることが推測され、その範キズの増加過程をもとに三角縁神獣鏡の「同範鏡」の製作工程の製作モデルを作成した。

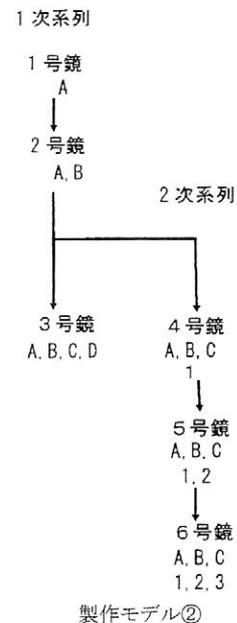
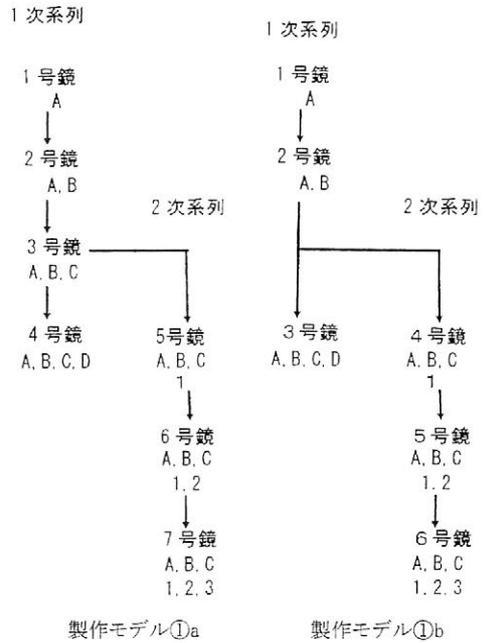
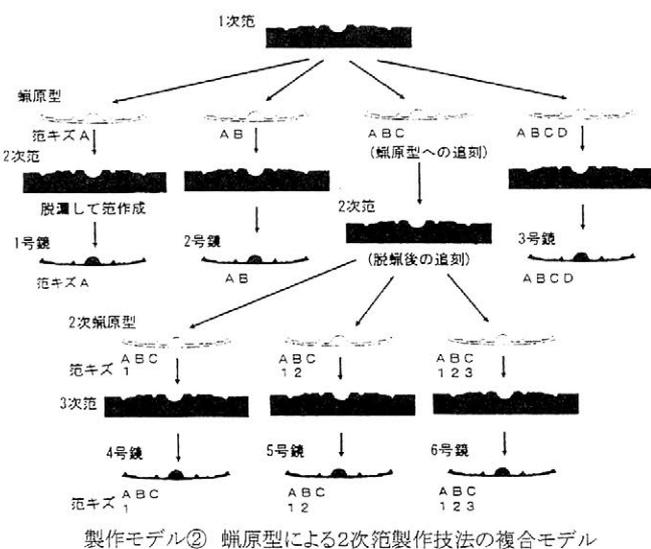
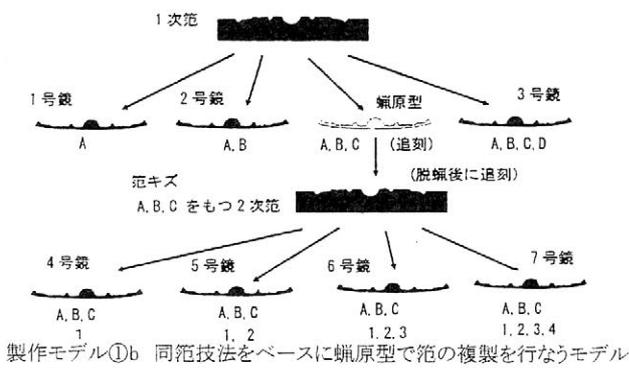
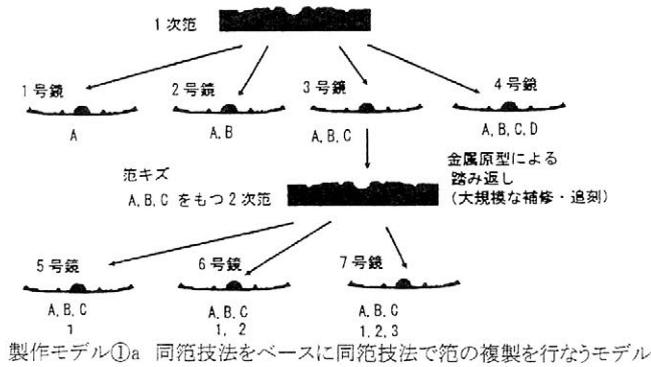
4. 結果

範キズの増加傾向を一列に把握できない「同範鏡」群では、同一文様の銅鏡量産途中の製品を用いて鑄型(範)の複製を行っている可能性を示唆する結果が得られた。

製作工程モデルでは、同範技法、蠟原型における 2 次範の使用を主要技法としたモデルを作成した。この二つのモデルはそれぞれの条件の下で成立し得るため、今回は製作モデルをいずれか一方に限定することはできなかった。また、三角縁神獣鏡のいわゆる舶載鏡と仿製鏡の両群に同様の鑄型(範)複製技術を用いている例を確認できたことから、鑄型(範)複製の技法において、両者の間に大きな違いは見いだせなかった。



外区鋸歯文の面的崩れ(左から黒塚 30 号鏡、黒塚 29 号鏡、花野谷鏡)



参考文献

- 1) 今津節生ほか「三角縁神獸鏡三次元デジタルアーカイブの活用」『日本文化財科学会第21回大会研究発表要旨集』, p184-185, 2004
- 2) 今津節生ほか「博物館展示における三次元デジタルアーカイブの活用」『日本文化財科学会第22回大会研究発表要旨集』, p354-355, 2005
- 3) 奈良県立橿原考古学研究所編『三次元デジタルアーカイブ古鏡総覧』学生社, 2006
- 4) 岸本直文「三角縁神獸鏡の製作技術についての一試論」『権現山51号墳』, p168-175, 権現山51号墳発掘調査団, 1991

本研究は、文部科学省科学研究費補助金「課題番号 14209023」基盤研究 A（研究代表樋口隆康）「三次元デジタルアーカイブを利用した古鏡の総合的研究」の成果の一部と、今年度の「課題番号 18202025」基盤研究 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」の成果の一部を含む。

茶すり山古墳第1埋葬主体部の3D デジタルアーカイブと縮小デジタルレプリカ製作

○塚本敏夫((財)元興寺文化財研究所)

岸本一宏(兵庫県教育委員会) 田端基(朝来市教育委員会)

1. はじめに

考古学の研究は遺跡とそこから出土した遺物の形式学的研究が基礎となっている。したがって、遺跡、遺物の持っている情報を最大限に引きだし、その資料的価値を残すことが重要である。特に、遺跡情報は破壊を前提とした記録保存である場合が多い、しかし、膨大な発掘量を抱え、十分な情報を記録する時間を取れないのが現状である。特に、発掘作業において遺物の出土状況の記録を正確にしかも迅速に記録することは遺物の保存の立場からも重要である。

茶すり山古墳第1埋葬主体部では豊富な副葬品が出土した。そのため、従来の型取りによる立体記録ができなかった。そこで兵庫県教育委員会の依頼で、遺物のデジタルレプリカで既に実績のある3Dデジタルアーカイブ技術でデジタルデータを取得し、将来のレプリカ作製に備えた。

今回、博物館の展示資料として、副葬品出土状況の1/6の縮小デジタルレプリカを製作することとなった。ここでは現在進行中の縮小デジタルレプリカ製作の概要について中間発表する。

2. 茶すり山古墳第1主体部の概要

茶すり山古墳は兵庫県朝来市に所在し、標高約144mの尾根の先端に位置する直径約90mの近畿地方最大の円墳である。墳丘は2段築成で、外表施設として葺石や埴輪がみられる。

墳頂部には二つの埋葬施設があり、第1主体部は東西約13.6m、南北約10.1mで、その中央に長さ約8.5m、幅約1mの組み合わせ式箱形木棺が安置されていたと想定されている。

木棺内からは銅鏡3面をはじめ、甲冑類、多量の刀剣類・鉄鏃、盾、玉類、鉄製工具類や刀剣装飾具の漆膜など、1,750点以上もの多量の副葬品が埋納された当時の配置のまま、密集して出土した。

3. 第1主体部の3次元形状計測

発掘作業中に第1埋葬主体部の副葬品出土状況の記録する目的で3次元形状計測を行なった。

(1) 計測装置

茶すり山古墳の第1埋葬主体部の3次元形状計測には計測スピードが速く、計測精度が良い非接触のレーザスキャン方式であるミノルタ製VIVID900を選定した。

VIVID900の特徴は1視点からの1ショットの計測で約2.5秒と計測スピードが速く、データ量としては640×480点の3次元データとカラー画像データの取得が可能である。また、計測範囲・精度の変更はレンズ交換で行うことができ、計測精度は最小分解能で約0.2mmと高精細である。

(2) 計測方法

今回はVIVID900を溝上部に設置し、wideレンズを使用して、約1mの距離から50cm×50cm程度の領域を幅方向に2ショット、長さ方向に30ショット、計60ショットの計測で全エリアの概略形状計測をカバーした。

計測に際しては、死角の少ない真上から計測しても遺物の安全を確保できるよう専用の計測治具を作製して一点ごとに計測を行った(写真-1)。

また、上部からの一方からのデータでは影の生じやすい、鉄製の甲冑が副葬されている部分については5ショット斜め方向からの計測も実施した。

さらに、銅鏡、勾玉、首飾りなどが副葬されていた個所についてはmiddleレンズで7ショットの詳細計測を行った。

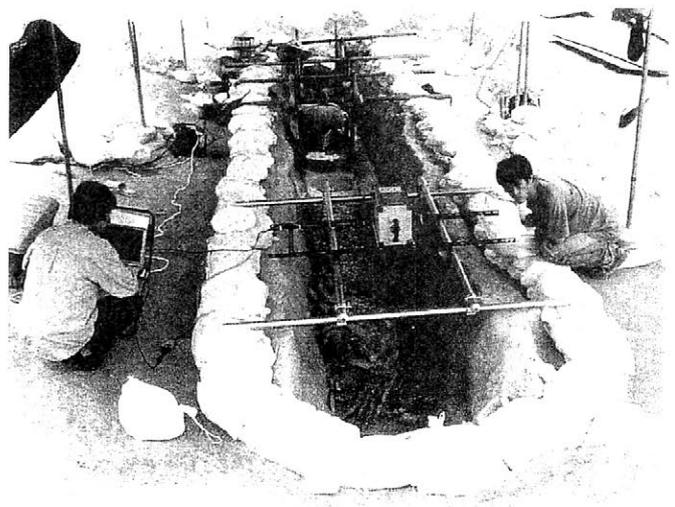


写真-1 第1主体部の3次元形状計測

4. 第1埋葬主体部のデジタルレプリカ製作

(1) 3次元データ合成

VIVID900 で得た3次元データを3Dデータ編集ソフト Poly Works Ver. 9 を使用し合成した。合成データを穴埋め補正後、STLデータに変換した。

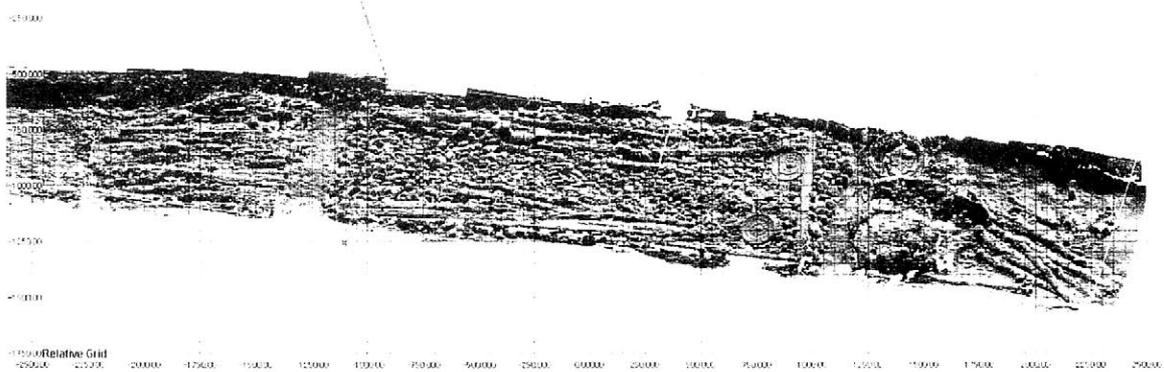


写真-2 第1埋葬主体部の3Dデジタルデータ

(2) 3次元モデリング

STL修正・編集ソフト Magics RP (MATERIALISE社製) で1/6にスケールダウンして積層造形装置に渡せるようにデータをモデリングした。

(3) 1/6の縮小モデルの3次元成形

STLデータから粉末焼結法による積層造形をDTM社製 Sinterstation2000で分割成形した。尚、積層造形は京都府中小企業技術センターで実施している。

(4) 仕上げ加工

積層造形の後、バリや返りをサンドペーパーで仕上げた。

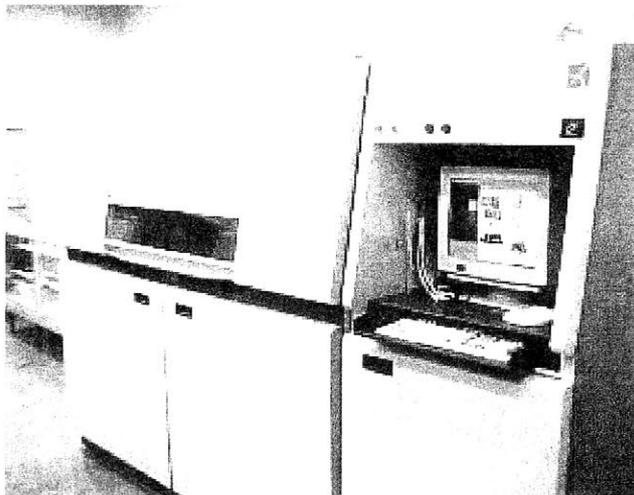


写真-3 3次元成形機

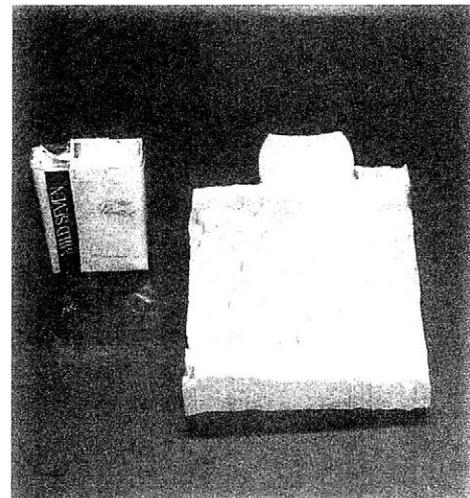


写真-4 縮小デジタルレプリカ(1/6)

5. おわりに

今回、従来ではできなかった埋葬主体部の遺物出土状況の縮小レプリカを3次元デジタルデータを用いて製作した事例を紹介した。現在、主体部全体の1/6縮小デジタルレプリカの製作を進めている。遺跡・遺構を含む考古資料は公開・活用を行えるように早急にデジタルアーカイブしてゆくべきであろう。今後も3Dデジタルデータの有効な表現方法(可視化方法)や活用方法について考えて行く予定である。

遺跡分布情報の大規模データベースの構築と文化と環境の時空間相関
 —“馬高文化”と“信濃川”という時空を結ぶヒトの行動を探る—

○寺村裕史*・津村宏臣*・佐藤雅一**・建石徹***

(*同志社大学 **津南町教育委員会 ***文化庁)

1. はじめに

考古学的手法による文化の実態は「特定の遺物や遺構・遺跡の時空間的なまとまり」の“歴史的解釈”であり、その背景にヒトの行動をアプリオリに想定してきた。しかし、民俗考古学的アプローチ、GIS やシミュレーション工学、複雑系やファジー理論との融合により、行動の想定に“無限の多様性”を考慮する必要があることが明らかとなりつつある。さらに、行動の舞台であるはずの環境は、細緻な復元が実践されているにもかかわらず、それとヒト行動との相関は、同様にアプリオリな解釈にとどまることが少なくない。

こうした問題意識から、本研究では、信濃川という特定の自然環境系と馬高文化を担った特定のヒト行動の相互作用環を明らかにするため、GIS を用いた遺跡大規模データベースの作成とこれを用いた解析を実施した。なお、本研究は新潟県津南町教育委員会共同研究・馬高文化研究会における成果の一部である。

2. 大規模遺跡空間データベースの構築

遺跡空間データベースの構築には、GIS ソフトウェア IDRISI を利用した。既存の遺跡分布情報が国土地理院発行の 1/25000 地形図に遺跡範囲が図示されたアナログデータであったため、最初に、この遺跡範囲のポリゴンデータ作成と重心の析出を行い、その経緯度をアドレスマッチングと再計測により抽出した。範囲は信濃川流域を中心とし、次に、各遺跡の所属時期などの属性について、SQL 構造の属性データベースを作成し、遺跡分布レイヤーとリンクさせた。

対象エリアは東経 137.75~139.75(10 進法変換)、北緯 35.5833~38.00 までの範囲とし、信濃川の集水域全域をカバーした。

自然環境の定量化には、国土地理院発行の 50m メッシュ標高データを利用し、UTM 座標系に変換、ジオコーディングして各種地形量の析出を行った。また、馬高文化研究会では特に、積雪のヒト行動や生業に及ぼす影響について注視しており、これを定量評価するため、衛星リモートセンシングデータと次に示す行動計量モデリングを実施した。

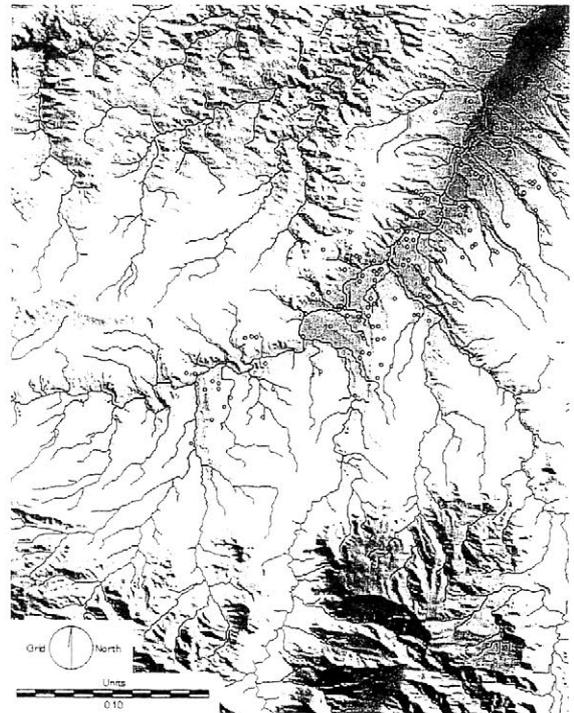


Fig. 1 信濃川の流域・集水解析と DEM
 および遺跡分布レイヤー

3. ヒト行動の計量モデル

ヒトの時空間的行動を評価するモデルとして、Tobler のハイキング関数が知られている。これは、地形傾斜度とヒトの移動距離の関数であり、

$$T = \frac{D \times 60}{6 \times \exp(-3.5 \times |S \times \pi/180 + 0.05|)} \dots \textcircled{1}$$

[T:移動に要する時間, D:移動する水平距離, S:傾斜度]

で、定義される(Tobler 1993)。しかしながら、先史時代における諸活動には、季節性が存在することが一般的に知られており、特に信濃川流域における冬期・夏期の環境変化とヒト行動の相関を捉えるためには、積雪がヒトの移動に与える影響を係数として取り扱う必要がある。そこで、積雪量と歩行・移動時間の関係を指数関数で評価し、これを積雪コスト係数としてハイキング関数と集計する方法を考案した。移動距離に関するDに対し、この積雪コスト関数が掛かったDsを定義し、

$$T = \frac{D_s \times 60}{6 \times \exp(-3.5 \times |S \times \pi/180 + 0.05|)} \dots \textcircled{2}$$

[このとき, $D_s = \{2 - \exp(\tau \times h)\} \times D$ ($\tau = -0.86643$:積雪負荷係数, h =積雪量(m))]

として、積雪量を考慮した移動コスト関数を開発した。このとき、積雪負荷係数 τ は、往時の縄文時代人の推定身長を考慮し、最大積雪量に対し2倍の、腰高積雪量に対し1.5倍の負荷が掛かるよう設定した。

4. 信濃川流域とヒトの行動領域解析

上記②の移動コスト関数を利用し、馬高文化の中心的遺跡の密集する津南を中心に、積雪のある冬期の移動コスト圏を析出したのがFig.2である。夏期の同一移動コスト圏面積と比較すると、約1/4程度の面積に矮小化されていることが解析から明らかとなった。また、これと信濃川の集水域の空間相関係数を、

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

で求めると、夏期の移動コスト圏との相関が0.678となるのに対し、冬期の相関は0.7934となる。仮に特定の考古学的文化要素が信濃川流域に存在する分布位相となる状況が想定されるとすれば、それは夏期の活動よりも、冬期の活動とより密接に結びついて文化生態としての動態を顕現していることを示唆している。今後は、文化要素の時空間傾向分析も含めた分析が重要となる。

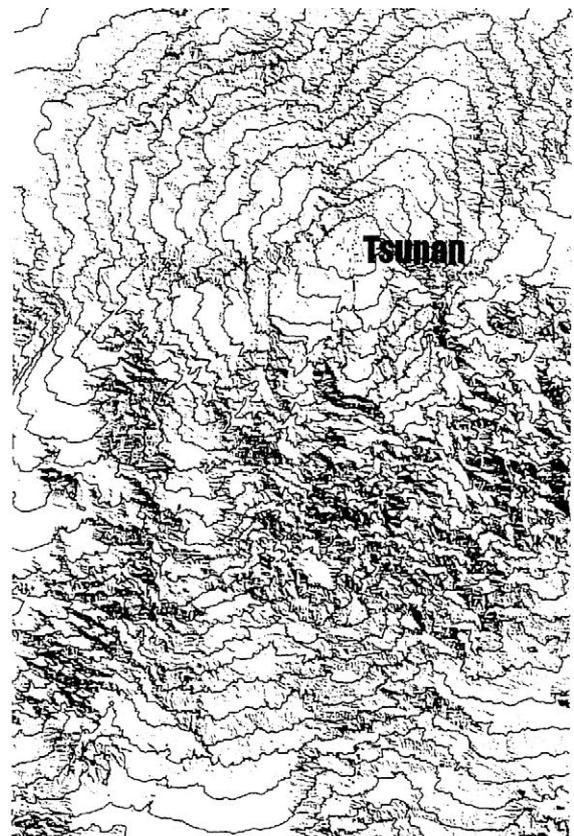


Fig. 2 津南町からの冬期の移動コスト域
(等値線は1時間移動コスト圏)

文化財科学情報の統合的情報システムの構築に関する研究
 —テキストデータアーカイブから時空間情報アーカイブへ—

津村 宏臣
 (同志社大学文化情報学部)

1. はじめに

有史以前より、人類は様々な文化的活動を通して、多くの有形・無形の痕跡を現実社会に残し、そしてそれを伝えてきた。その痕跡は文化財や文化遺産と呼ばれ、地域や時代を超えた人類共有の財産として取り扱われるべき対象とされている。しかし、研究者レベルにおいても、その現状は、歴史学・考古学・文学などの人文社会科学領域、さらに細別された研究領域で、特定の目的に従って一部の情報化がなされているにすぎず、取得データの共有化やそれを用いた領域横断的な研究は困難を極めている。これは、文化財の情報化に関する方法論の未成熟と、これを用いた領域横断的な解析手法の不在が一因と考えられる。文化財や文化遺産を、真に人類共有の財産とするためには、その存在を客観・具体的な情報と言うカタチで提示し、一般レベルも含めた共有を図る必要がある。

2. 文化財と情報エンティティ

本研究では、文化財を1つのデータのかたまり (Entity) として取り扱い、文化現象を総合的に分析する方法論を提案する。これは、1つの文化財に内在 (あるいは外的に付随) する各種のデータを計量・取得し、さらに、それを基準 (時空間情報) により標準化し、それらの時空間的な動態を地理情報システム (GIS) を基盤技術として解析することで、文化生態を明らかにしていく方法である。例えば、1枚の絵画については、Fig. 1 に示すような情報の Entity として扱うことになる。まず、文化財科学領域で実践されている各種の理化学分析により、絵画の物性情報が取得できる。顔料の成分分析データのグルーピングから使用した絵の具を推定するなどのアプローチがある。また、芸術学的方法論により、絵画の形状やメッセージ (論理) 情報が取得できる。配色のパターン化や表現技法の定量評価データから絵画描出の目的や意図というコンテキストに近接する。こうした、文化財そのものに内在する情報だけでなく、あらゆる文化財は付随する外在情報としての時空間情報をもつ。これにより、情報の Entity を標準化すると、文化現象の時空間連関が明らかとなる。文化財を統合的に評価するためには“全ての文化財がもつ情報”を座標軸とし、これによる再配列が不可欠となる。

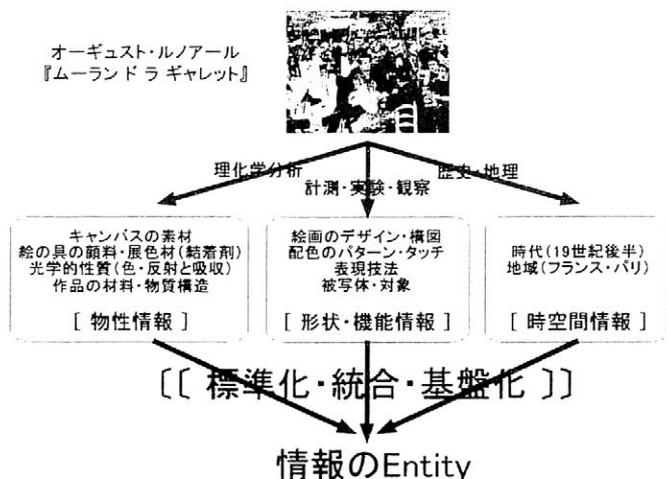


Fig. 1 文化財と情報エンティティの概念

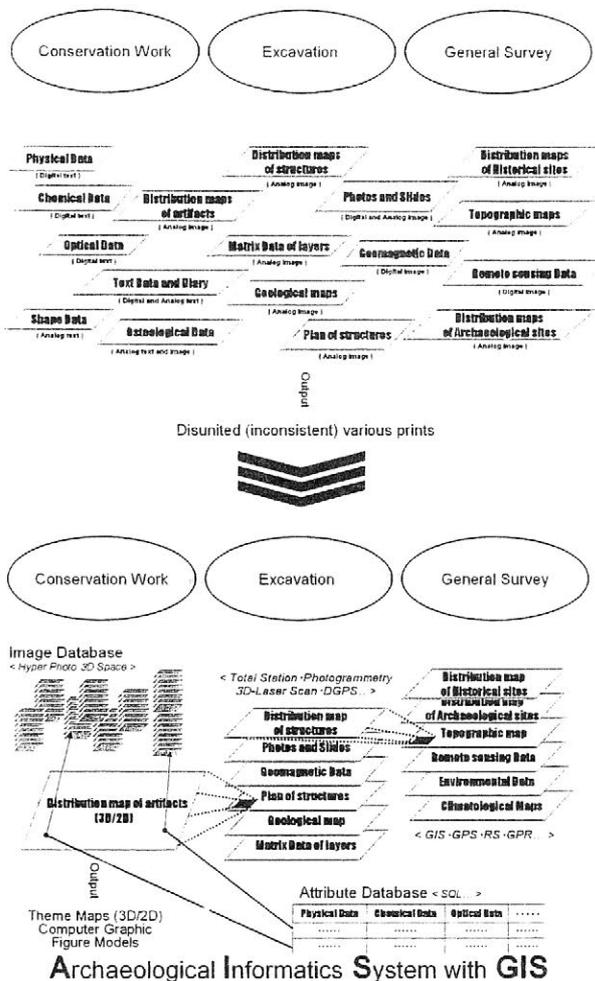


Fig. 2 AISDAS via GIS
(Tsumura and Suzuki 2006)

AISDAS では文化財情報の発生時から時空間情報による座標系の統一を図り、標準化された情報を逐次格納する方法である。以上の2つのアプローチにより、これまでは直接的な関係評価が難しかった文化財に関する異次元情報(例えば、音楽と意匠、胎土の成分と石器の形態)が地図にマッピングされ文化動態モデルの中で位置づけられることで、その連関が評価できるようになる。例えば、Fig. 3は、縄文時代中期の武蔵野台地における土器文様-炉形態-石器型式の時空間相関の時系列動態を行列的に解析した結果である。

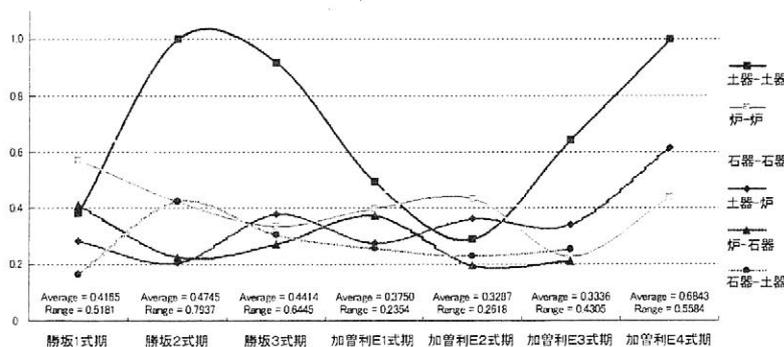


Fig. 3 文化要素の時空間相関係数の時系列動態

3. 遺跡情報の統合

—情報発生時での Entity 化—

本研究では、文化財の情報エンティティ化に関し、2つの実践的アプローチを採用した。1つは、既存の文化財に関する報告を全文テキストデータ化し、文化財の所在地情報と所属時期情報を抽出、これをSQL構造を持ったデータベースに属性情報として格納し、GISの位置情報レイヤーとリンクさせた。これにより、特定の文化財に関する特定の分析結果(e.g. 黒曜石の原産地分析(元素分析))を属性データベースで検索することで、結果をマッピングし、GISの空間解析機能を利用して、その文化動態(行為主担者の時空間的傾向)を解析することが可能となる。現在、その実装を進めており、WebGISとしての公開を予定している。

今1つのアプローチは、遺跡調査において発生する全ての文化財情報を、逐次的に格納する方法であり、現在、アナトリア考古学研究所の協力下で進めているAISDAS via GISプロジェクトがこれにあたる。Fig. 2に示すように、

文化要素(データ)の種別連環に関する定量評価であり、種別を越えた相関は種を同一にする連環より相対的に弱く、その傾向に時系列動態があることが明らかとなった。今後さらなるデータの蓄積により、Virtualなアーカイブが可能となる。

ベリテック社

赤外線無線データロギングシステム

PDA(小型情報端末)の赤外線通信により
手軽に温度湿度データ収集が可能です。



ベリテック社赤外線無線データロギングシステムを導入すれば、PDAの赤外線通信機能を利用し、ガラスケース等の外側からサンプリングしたデータを収集することが可能になります。

・ガラスケース内等にベリテック社製温度湿度データロガーと赤外線通信モジュールを設置。

⇒データ収集、解析の労力の削減。

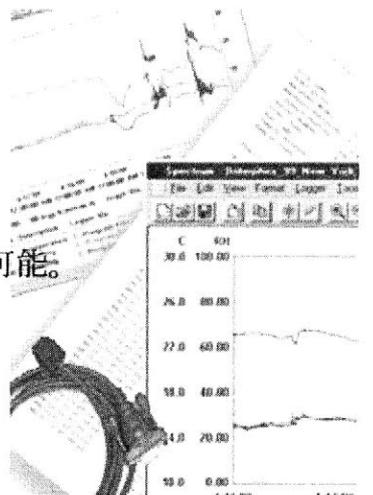
・ガラスケース等の開閉が不要。

⇒ガラスケース内等の環境変化を軽減。

・赤外線通信を利用してモニタリングデータの転送が可能。

・PDAからデータロガーにアクセスすれば、直ぐに環境モニタリングが可能。

⇒内部環境変化の早期発見と対応が可能。



ベリテック社温度湿度データロガー SP-2000

<仕様>

サイズ 71mm * 53mm * 18mm

重さ 60g

電源 10年寿命内蔵電池(サンプリング間隔1分の場合)

内蔵温度センサー

精度 $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ at 25°C

分解能 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ at 25°C

温度測定範囲 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$

内蔵湿度センサー

精度 $\pm 2\%$ 10~90% at 25°C

分解能 $\pm 0.05\% \text{RH}$

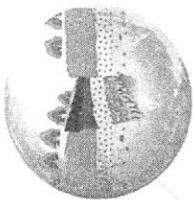
湿度測定範囲 0~100%RH

ベリテック社日本総代理店
株式会社ノヴァエンタプライズ

〒105-0004
東京都港区新橋6-2-9
TEL 03-3437-9281 FAX 03-3437-9611
URL www.nova-ent.co.jp

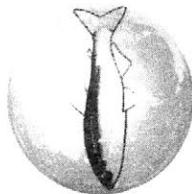
遺跡の立地と年代を調べる

地形地質調査・分析試料採取・テフラ(火山灰)分析・放射性炭素年代測定・
熱ルミネッセンス(TL)年代測定・光ルミネッセンス(OSL)年代測定



古代の 食生活を 推定する

寄生虫卵分析・
トイレ遺構分析

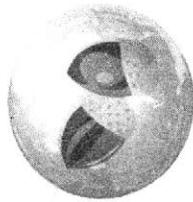


古環境を復原する

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

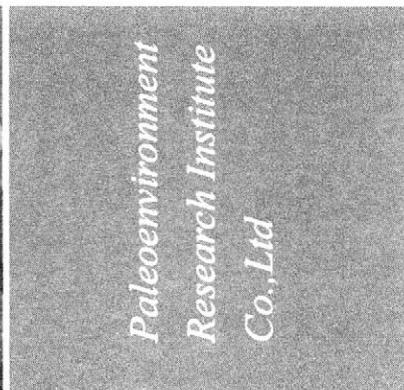
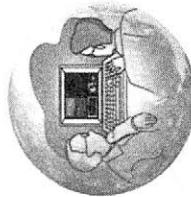


木製品・種実等の
糖アルコール
含浸保存処理



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



本社 / 〒331-0062 埼玉県さいたま市西区土屋 1795-24
Tel.048-622-0389・Fax.048-622-9187

研究所 / 前橋・奈良・宮崎

<http://www.kokankyo.jp>

株式会社
古環境研究所

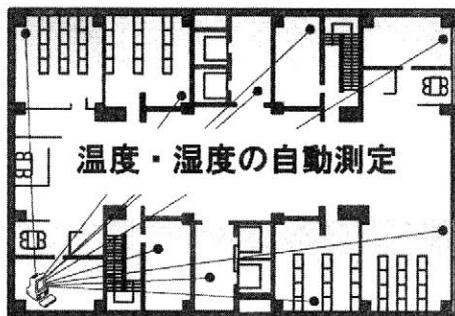
温度・湿度モニタリングシステム

日立ハイテック
HITACHI

展示室、収蔵庫等の管理を支援します

Thermal Inspector (総合温度・湿度モニタリングソフト)

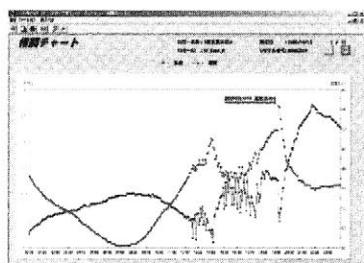
室内の温度、湿度を離れた場所から一目で把握できます。



1台のPCで場内の温度・湿度を一括管理

- ・測定の省力化
測定センサをネットワークで接続し定期的に自動収集を行います。
- ・状態の把握が容易
測定センサ設置位置と最新状態をレイアウト図に表示します。リアルタイムに測定値のチャート表示、表形式の一覧表示機能も搭載。

ダイナミックなリアルタイム表示に加え、データの長期保存に対応します。



- ・多彩なチャート機能で温度・湿度を分析
日付ごとや期間単位にチャートを標準サポート。
- ・集計機能での測定値の把握
測定集計表や期間集計表で測定値の集計表示をすることができます。CSV形式ファイルでの出力が可能です。
- ・チャート図や集計表は印刷機能付き

ベリテック社製Spectrum2000を標準サポート

Thermal Inspector Light (簡易温度・湿度モニタリングソフト)

- ・Spectrumをお使いのお客様に必見。簡単に導入できます。
現在のお使いのSpectrumに対応。ソフトを導入するだけでお使い頂けます。
- ・一括収集も可能です。
オンライン接続にも対応いたしますので離れた場所からロギングデータの一括収集が可能です。

ベリテック社製Spectrumを標準サポート

<Spectrumのお問合せは>

ベリテック社日本総代理店
株式会社ノヴァエンタプライズ

〒105-0004 東京都港区新橋6-2-9
Tel 03-3437-9281

メールによるお問い合わせは・・・info@nova-ent.co.jp
ホームページ・・・http://www.nova-ent.co.jp/



<システムのお問合せは>

日立ハイテック

日立ハイテックデーイーテクノロジー株式会社

〒105-0003 東京都港区西新橋1丁目24-14

【営業部】 Tel 03(3504)3559
【ソフト開発部】 Tel 03(3504)3290

メールによるお問い合わせは・・・htde-soft_sales@deco.hitachi-hitec.com
ホームページ・・・http://www.defsoft.jp



STOP

the

風化

石材強化剤

OH100

石材撥水剤

290

強化剤

OM25 OM50

TRY

the

活性



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

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 [加速器質量分析法 (AMS 法) 自社測定]
- 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]

遺物の材質および技法

- 土器胎土分析 [薄片法・波長分散型蛍光 X 線分析法] ●漆・有機物分析 [顕微赤外分光分析法]
- 顔料分析 [エネルギー分散型蛍光 X 線分析法] ●石器の石材同定 [肉眼および蛍光 X 線分析法]
- 遺物分析 [X 線分析顕微鏡法・マイクロスコープ法・X 線回折法他] ●珪藻分析

遺物の産地

- 黒曜石・サヌカイトの原産地推定法 [エネルギー分散型蛍光 X 線分析法]
- 土器胎土分析 [薄片法・波長分散型蛍光 X 線分析法]

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) ●有孔虫分析

その他

- ボーリング調査 ●土層剥ぎ取り ●アジカメ連写装置

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** Paleo 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 III F 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 アルビアル羽島 1 F 058-391-0881 E-mail: gifu@paleolabo.jp
北海道営業所 062-0052 札幌市豊平区月寒東 2 条 16-1-92 A 棟 215 号室 011-855-3090 E-mail: hokkaido@paleolabo.jp
AMS 年代測定施設 376-0144 群馬県勢多郡黒保根村下田沢赤面 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 2 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 1 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 18 年 9 月 1 日～平成 18 年 10 月 31 日 および平成 19 年 4 月 1 日～平成 19 年 8 月 31 日

4. 支援期間

平成 18 年 9 月 1 日～平成 19 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 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 18 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ください <http://www.paleolabo.jp>

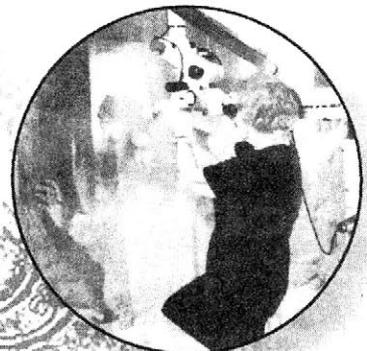
文化財の科学・保存・修復を お手伝い致します



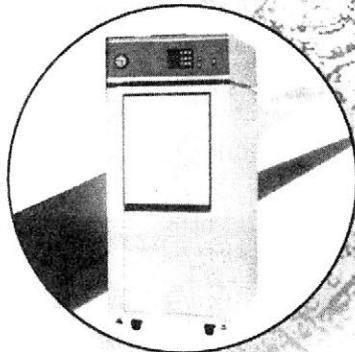
耐光試験機
紫外線強度計照度計



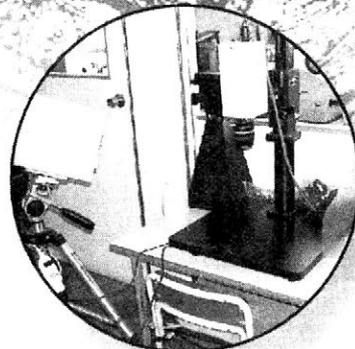
3次元計測器
三次元デジタルライザー



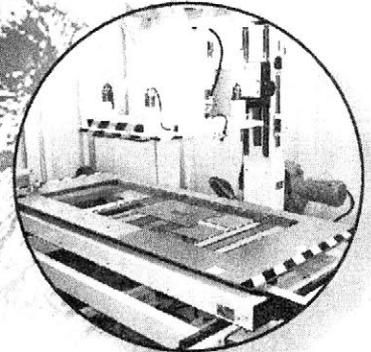
実体顕微鏡
マイクロSCOPE
デジタル顕微鏡



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



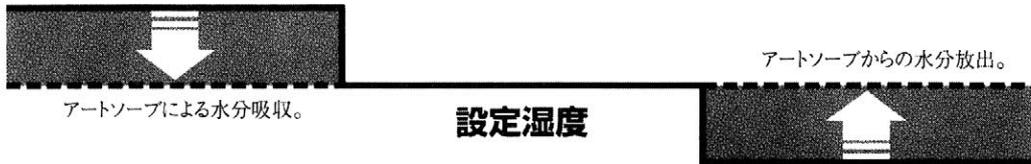
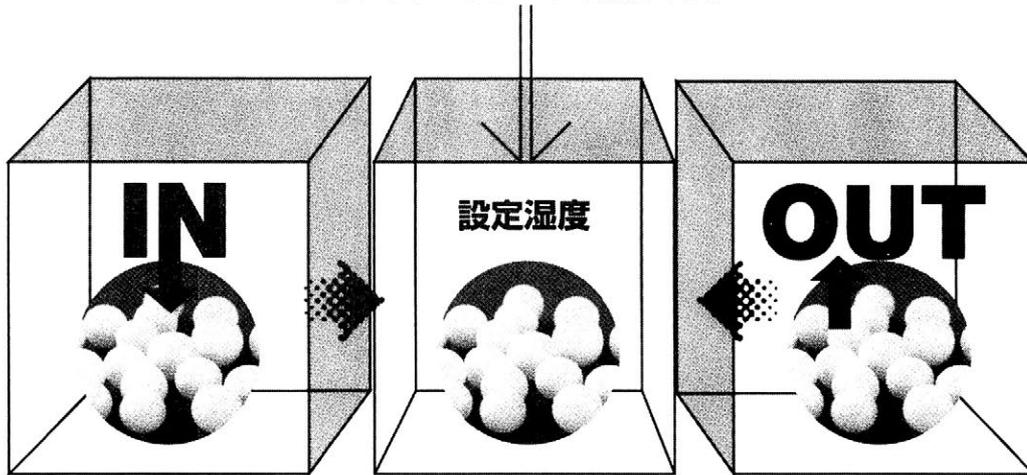
赤外線カメラ
赤外線カメラシステム
赤外線スキャナー



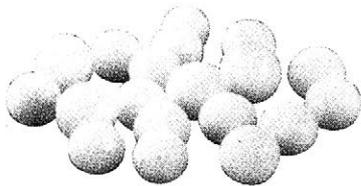
X線透過撮影装置
軟X線
高出力透過X線
大型試料室

アートソープ®

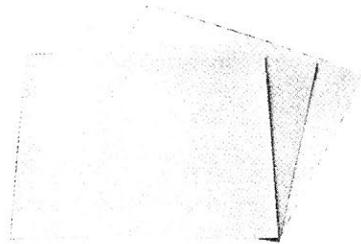
周りの湿度変化に対して常に適切な湿度をキープ、
それがアートソープの役目です。



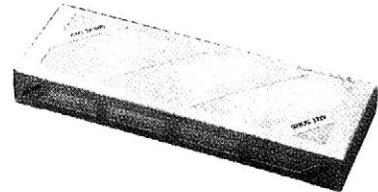
ビードタイプ



シートタイプ

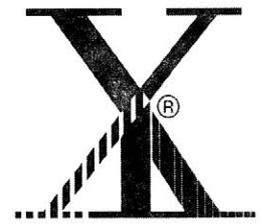


カセットタイプ



富士シリシア化学株式会社

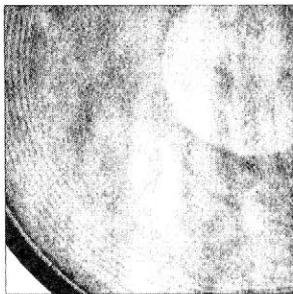
本社	〒487-0013 愛知県春日井市高蔵寺町2-1846	☎ (0568) 51-2511
東京営業所	〒103-0027 東京都中央区日本橋2-1-1 櫻正宗ビル3F	☎ (03) 3275-1621
大阪営業所	〒534-0024 大阪市都島区東野田町3-1-8	☎ (06) 6354-8610
福岡営業所	〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前3-23-22 博多DNビル5F	☎ (092) 473-3771



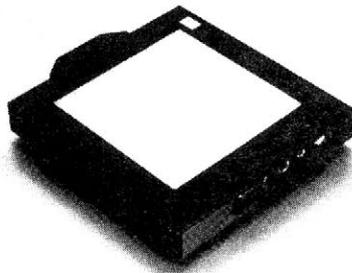
エクスロンのX線検査装置なら 文化財・考古学のあらゆる現場に於ける X線非破壊検査が確実にこなえます。

デジタルX線リアルタイム検査システム Y.IM/3500DD

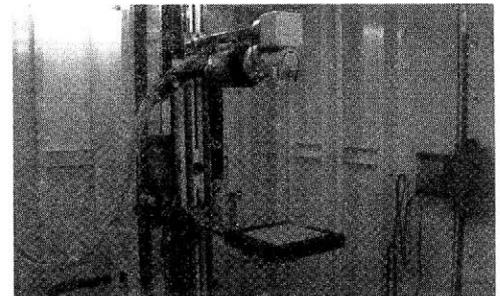
携帯式(SMART300、XPO225)・可搬式(MG)どちらのX線検査装置にも対応する16bitデジタルX線リアルタイム検査システムです。X線吸収差が大きい文化財、考古学品等の画像収集を一度で終了し、ハレーションの少ない画像が得られます。



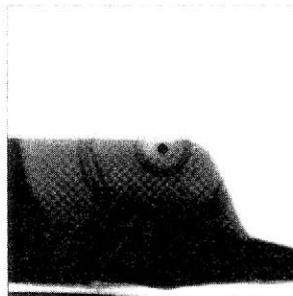
・木材表面の模様



・フラットパネル XRDシリーズ



・X線装置MG165とXRD0840



・吸収体に隠れた部材も一度に映像化

XRDシリーズ

型 式	ピクセル数	ピクセルピッチ	視 野	ダイナミックレンジ
XRD0840	512×512	400 μ m	約200mm×200mm	16ビット
XRD0820	1024×1024	200 μ m		
XRD1640	1024×1024	400 μ m	約400mm×400mm	
XRD1620	2048×2048	200 μ m		

高出力・携帯式X線検査装置 XPO225

狭所や高所及び地下等の足場の悪い調査現場における、X線フィルム撮影、デジタルX線リアルタイム検査の高出力X線源として使用できます。

項 目	仕 様
出力管電圧	25-225kV【1.0kVステップ可変】
出力管電流	0.5-10.0mA【0.1mAステップ可変】
X線管焦点	1.5【IEC336準拠】
発生器外観寸法	Φ295×805mm
発生器重量	28Kg
駆動電源	AC100V 又は AC200V 50/60Hz



*各種X線検査システムを準備しておりますのでご相談下さい。

X線非破壊検査機器の総合メーカー

エクスロン・インターナショナル株式会社

YXLON International K.K.

<http://www.yxlon.co.jp>

本 社 〒140-0013 東京都品川区南大井3-28-10 JK大森ビル1階
大阪支店 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 新大阪御幸ビル2階

TEL 03-5753-6021 FAX 03-5753-6024
TEL 06-6886-5533 FAX 06-6886-5633

23rd

J.S.S.S.C.P Congress



Tokyo Gakugei University

日本文化財科学会第23回大会研究発表要旨集

発行日 2006年6月17日

編集者 日本文化財科学会第23回大会実行委員会

実行委員会

委員長 木下 正史

委員 秋山 純子 網干 守 生野 晴美 今村 峯雄

植月 学 宇田川滋正 上條 朝宏 小林 恵

酒井 英男 鈴木 稔 関 博充 建石 徹

田村 哲 手塚 直樹 手代木美穂 二宮 修治

服部 哲則

事務局 菅頭明日香 新免 歳靖 難波 道成

実行委員会連絡先 東京学芸大学教育学部文化財科学研究室

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1

Tel. & Fax 042-329-7508

E-mail ninomiya@u-gakugei.ac.jp

